



世界银行

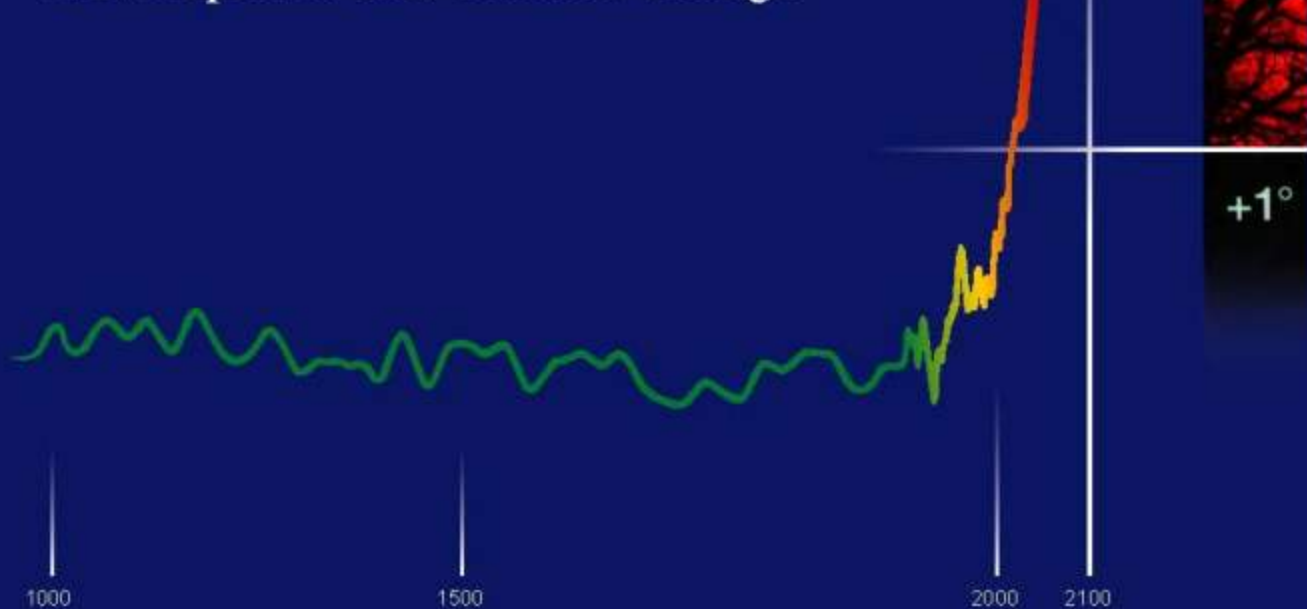
world development report

2010 年世界发展报告



发展与气候变化

Development and Climate Change



清华大学出版社

2010年世界发展报告

发展与 气候变化



世界银行
published for the World Bank

清华大学出版社
北京

World Development Report 2010: Development and Climate Change

Copyright © 2009

The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank

ISBN: 978-0-8213-7987-5

ISSN: 0163—5085

eISBN: 978-0-8213-7988-2

DOI: 10. 1596/978-0-8213-7987-5

This Work was originally published by World Bank in English as World development report 2010: development and climate change in 2009. This Chinese translation was arranged by Tsinghua University Press. In case of any discrepancies, the original language will govern.

This volume is a product of the staff of the World Bank. The findings, interpretations, and conclusions expressed herein are those of the author(s) and do not necessarily reflect the views of the World Bank or the governments they represent.

The World Bank does not guarantee the accuracy of the data included in this work. The boundaries, colors, denominations, and other information shown on any map in this work do not imply any judgment on the part of the World Bank concerning the legal status of any territory or the endorsement or acceptance of such boundaries.

2010 年世界发展报告 发展与气候变化

2009 年, 版权所有

国际复兴开发银行/世界银行

地址: 1818H Street, NW, Washington, DC 20433, USA

本书原版由世界银行以英文出版, 书名为《2010 年世界发展报告 发展与气候变化》。中文版由清华大学出版社出版。本书中文版与英文版在内容上如有任何差异, 以英文版内容为准。

本书是世界银行工作人员的成果, 其中的看法未必反映执行董事会或他们所代表的国家的观点。世界银行不保证本书数据准确无误, 并对任何人引用其中的观点和数据所引起的后果不承担任何责任。本书所附地图的疆界、颜色、名称和其他资料, 并不表示世界银行的任何部门对任何地区的法律地位的看法, 也不意味着对这些疆界的认可或接受。

北京市版权局著作权合同登记号: 图字/01-2010-0287

权利和许可

本书的材料具有版权。未经许可, 复印和(或)转载本作品的全部或部分材料可能违反有关法律。国际复兴开发银行/世界银行鼓励传播其作品, 通常可以迅速准许有关复印和转载的请求。如要求复印或重印本作品, 请填写资料送交版权许可中心(Copyright Clearance Center Inc.), 地址: 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, USA; 电话: 978-750-8400; 传真: 978-750-4470; 网址: www.copyright.com。任何其他关于版权和许可证的询问, 包括各项附属权利, 请寄往世界银行版权部(Office of the Publisher, The World Bank)。地址: 1818 H Street NW, Washington DC 20433, USA; 传真: 202-522-2422; e-mail: pubrights@worldbank.org。

封面设计: Rock Creek Strategic Marketing

封面地球图像: Norman Kuring, Ocean Biology Processing Group, National Aeronautics and Space Administration

内页设计: Naylor Design, Inc.

印刷排版: Precision Graphics

摄影: Gary Braasch: 概述、3、4、5、7 章; Corbis: 1、2、6、8 章

更多有关 2010 WDR 信息, 请访问: <http://www.worldbank.org/wdr>.

2010年世界发展报告

发展与
气候变化

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

气候变化是人类在新世纪面临的最为复杂的挑战之一。没有哪一个国家能独善其身，也没有哪一个国家能独立应对，它涉及敏感的政治决策、艰巨的技术变革和深远的全球影响。气候变化已经危害到改善生活水平和实现联合国千年发展目标方面的努力，发展中国家最容易受到气候变化的负面影响，因此，达成一个承认发展中国家需求的公平高效的气候协定至关重要。金融危机可能会在短期到中期造成困难和减缓经济增长，其持续时间很少超过两三年，气候变暖的威胁远比金融危机要严重得多。因此，世界各国（地区）必须立即行动、共同行动并且不断创新，以应对气候变化的挑战。

本书作为世界发展报告系列的第 32 份报告，旨在结合世界银行的经验与研究，推进对气候变化下发展的更深的认识。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签，无标签者不得销售。

版权所有，侵权必究。侵权举报电话：010-62782989 13701121933

图书在版编目（CIP）数据

2010 年世界发展报告 发展与气候变化/世界银行著；胡光宇等译．--北京：清华大学出版社，2010.5

书名原文：World Development Report 2010：Development and Climate Change

ISBN 978-7-302-22338-2

I. ①2… II. ①世… ②胡… III. ①气候变化-对策-研究报告-世界-2010 IV. ①P467

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2010）第 058857 号

责任编辑：周 菁

责任校对：王荣静

责任印制：

出版发行：清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社总机：010-62770175

投稿与读者服务：010-62776969，c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈：010-62772015，zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

地 址：北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编：100084

邮 购：010-62786544

印 刷 者：

装 订 者：

经 销：全国新华书店

开 本：202×266 印 张：25.75

版 次：2010 年 4 月第 1 版

印 数：1～000

定 价： 元

字 数：540 千字

印 次：2010 年 4 月第 1 次印刷

产品编号：

目 录

前 言

致 谢

缩略语与资料说明

内容提要

概述 改变气候，促进发展 1

行动起来的理由 4

立即行动、共同行动、以创新的方式行动，“气候智能型”社会离我们并不遥远 10

落实——新压力、新工具与新资源 18

第1章 气候变化与发展的关系 37

未减缓的气候变化与可持续发展不相协调 39

权衡利弊 48

延迟全球减排努力的成本 54

只争朝夕：立即激励和长期转化 57

焦点 A 气候变化的理论基础：全球气温上升 2°C，4°C，还是更多 69

第1部分

第2章 人类要自助自立，营造更安全的生存环境 87

适应性管理：在气候变化中生存 89

应对生存风险：规避可规避风险 90

管理金融风险：应对偶发事件的弹性工具 101

管理社会风险：赋予社区保护自我的权力 105

展望 2050 年：将是个怎样的世界？ 111

焦点 B 气候变化中的生物多样性和生态系统服务功能 124

第3章 有效管理供养 90 亿人口的土地和水资源以及保护自然系统 133

- 实施自然资源管理的根本原则 134
- 提高水资源生产率，更好地保护水资源 136
- 提高农业产量，同时保护环境 144
- 加大渔业和水产养殖业保护力度，增加渔业和水产养殖业产出 155
- 建立灵活的国际协商机制 157
- 可靠信息是有效管理自然资源的基础 160
- 碳、粮食和能源价格可以充当跳板 164

第4章 能源需要促发展 和稳气候 187

- 平衡竞争目标 188
- 世界何去何从：转向可持续能源 192
- 提高能效，实现节能 207
- 扩大现有低碳技术的规模 215
- 加速创新和发展先进技术 218
- 必须整合政策 218

第2部分

第5章 发展议题要纳入全球气候框架 231

- 建立气候体制：克服气候与发展的矛盾 231
- 将发展中国家的行动纳入全球体系的选择 238
- 支持发展中国家减排工作 243
- 加强国际支持 将适应行动纳入气候智能型发展 244

焦点 C 贸易和气候变化 248

第6章 拓宽资金渠道，满足减排与适应之需 253

- 资金缺口 254
- 现有气候金融工具的低效性 258
- 扩大气候融资规模 262
- 确保资金的透明、高效和公平使用 270
- 匹配融资需求和资金来源 272

第7章 加速技术创新和推广 281

- 适当的工具、技术和制度可以将我们带入气候智能型世界 283
- 国际合作和成本分摊可以大力推动国内创新 287
- 公共方案、政策和机构促进创新并加速其推广 295

第 8 章 克服行为和体制的滞后效应 313

- 控制个体的行为变化 314
- 重新考虑国家参与 322
- 从政治角度思考气候政策 326
- 从本国开始气候智能型发展 332

文献注释 339**术语表 343****部分指标 351**

- 表 A1 能源相关的排放和碳密度 352
- 表 A2 基于土地的排放 353
- 表 A3 初级能源供应总量 354
- 表 A4 自然灾害 356
- 表 A5 土地、水和农业 357
- 表 A6 国家财富 358
- 表 A7 创新、研究和开发 359
- 定义和说明 360
- 符号和总量指标 364

部分世界发展指标 365

- 数据来源和方法 365
- 国家与地区分类和汇总核算 365
- 术语和国家覆盖范围 366
- 技术注释 366
- 符号 366
- 数据约定 366
- 根据区域和收入划分的经济体：2010 年财政年度 367
- 表 1 主要发展指标 368
- 表 2 贫困 370
- 表 3 千年发展目标：消除贫困、改善生活 372
- 表 4 经济活动 374
- 表 5 贸易、援助与金融 376
- 表 6 其他国家（或地区）的主要经济指标 378
- 技术注释 380
- 统计方法 386
- “世界银行图表集”方法 386

专栏

- 1 所有发展中国家（地区）均易于受气候变化影响——原因是多方面的
- 2 经济增长——必要，但不足够
- 3 “气候保险”的成本
- 4 保障体系——增加收入，降低受气候变化影响的脆弱性
- 5 前景光明的做法：让农民和环境同时受益
- 6 智慧的作用——适应需要新工具和新知识
- 7 城市减少碳足迹
- 8 土地利用、农业与林业在控制气候变化方面的作用
 - 1.1 被赋予权利的妇女将提高适应能力并减缓冲击后果
 - 1.2 减缓气候变化成本和效益的基本贴现原则
 - 1.3 正反馈、临界点、门槛和自然与社会经济体系的非线性
 - 1.4 道德和气候变化
 - FA.1 碳循环
 - FA.2 海洋健康：珊瑚礁和海洋酸化
 - 2.1 适应性管理的特点
 - 2.2 规划更加环保安全的城市：以库里提巴为例
 - 2.3 适应气候变化：亚历山大、卡萨布兰卡和突尼斯
 - 2.4 促进减排与适应性之间的协同作用
 - 2.5 做好准备应对热浪
 - 2.6 克服困难，未雨绸缪：治理极端气候，防止重大灾害
 - 2.7 卫星数据和地理信息有助于低成本管理风险
 - 2.8 创造就业机会，降低洪水风险
 - 2.9 公私合作分担气候风险：蒙古畜牧保险
 - 2.10 加勒比灾难风险基金：通过保险防止灾后服务中断
 - 2.11 印度国家农村就业保障法之下的印度工作福利制
 - 2.12 当代迁移
 - FB.1 什么是生物多样性？什么是生态系统服务？
 - FB.2 生态系统和减排服务的补偿
 - FB.3 《土著人民气候变化宣言》摘录
 - 3.1 稳健改变水资源管理者做生意的方式
 - 3.2 在制度结构没有建立之前建立水权交易市场的危险性
 - 3.3 突尼斯：在误差幅度以内管理水资源
 - 3.4 棕榈油、减排和避免森林砍伐
 - 3.5 产品和市场多样化：热带地区边缘农民的经济和环境选择
 - 3.6 生物技术作物能够帮助农民适应气候变化
 - 3.7 生物炭能够截存碳并大幅度提高收益
 - 3.8 摩洛哥的政策制定者针对谷物进口的艰难抉择
 - 3.9 肯尼亚农业碳融资试点项目
 - 4.1 金融危机为高效清洁能源创造了契机
 - 4.2 高效清洁能源有利于发展
 - 4.3 将二氧化碳当量维持在 450ppm（温度升高 2°C）的目标要求从根本上转变全球能源系统
 - 4.4 为将二氧化碳当量维持在 450ppm（将温度升幅控制在 2°C 内）而调整区域能源构成
 - 4.5 可再生能源技术潜力巨大，但备受制约
 - 4.6 先进技术
 - 4.7 城市政策在实现减排和发展双赢中的作用
 - 4.8 提高能效面临诸多市场和非市场壁垒与失灵问题
 - 4.9 只实行碳定价还不足以解决问题
 - 4.10 加利福尼亚州的能效和可再生能源项目
 - 4.11 世界银行集团为能效融资
 - 4.12 比较能源技术成本的难度——假设问题
 - 4.13 丹麦：维护经济增长的同时减少排放量
 - 4.14 德国的强制购电法、中国的可再生能源法和风电优惠政策以及美国的可再生能源配额标准
 - 4.15 中东和北非的集中型太阳能发电
 - 5.1 当前气候体制
 - 5.2 责任分担提案
 - 5.3 兼顾效果与公平的多轨气候框架
 - FC.1 征收实际碳税
 - 6.1 发展中国家的气候变化适应成本
 - 6.2 评估清洁发展机制的协同效益
 - 6.3 碳税和总量管制与交易规则
 - 6.4 印度尼西亚财政部着手解决气候变化问题
 - 6.5 保护农业土壤碳
 - 6.6 分配优惠发展资金

- 6.7 气候脆弱性与社会能力
- 6.8 气候脆弱性与适应能力
- 7.1 地球工程改变世界气候变化
- 7.2 创新之路困难重重，只有妥善处理复杂系统不同部分关系的政策才能促进创新
- 7.3 创新监控：创建全球气候服务体系和“系统的系统”
- 7.4 国际核聚变实验堆（ITER）：能源研发费用分摊亟待开始
- 7.5 碳捕获和碳封存技术要求国际行动
- 7.6 高效节能冰箱：先期市场承诺项目的先行者？
- 7.7 沿海适应性创新的广阔前景
- 7.8 高校必须创新：非洲案例
- 7.9 国际农业研究磋商组织：应对气候变化的模式？
- 7.10 改进的烹饪炉设计方案可以减少煤烟，为人类健康和减排带来重要益处
- 8.1 气候行动需求的错误传达
- 8.2 对气候变化机制的误解催生自满情绪
- 8.3 对风险的认识是如何阻碍政策的：洪水风险管理
- 8.4 加勒比地区社区全程参与降低山体滑坡风险的行动
- 8.5 传播气候变化信息
- 8.6 将气候教育纳入学校课程
- 8.7 中国和印度气候行动的制度改革之路
- 8.8 《国家适应行动计划》
- 8.9 英国政府提高其气候变化责任
- 8.10 绿色联邦与气候变化政策
- 8.11 获得对总量管制和排放交易的支持
- 8.12 即使没有国家立法，私营部门也正在改变实践

图

- 1 碳足迹分布不均：2005 年低、中、高收入国家的温室气体排放量
- 2 恢复平衡的行动：假设将美国的 SUVs 都换成低油耗轿车，仅此一项所减少的排放量就几乎相当于为 16 亿人供电所产生的排放
- 3 高收入国家过去一直占据过高的全球排放量比例，现在仍是如此
- 4 大气中二氧化碳浓度飙升
- 5 未来前景如何？有两个选择摆在我们面前：一切照旧还是积极减排
- 6 气候影响历时长久：气温和海平面随二氧化碳浓度的升高而上升
- 7 全球二氧化碳当量排放量（按部门统计）：能源部门是主要排放源，农业和林业也占相当分量
- 8 要将世界温度升幅控制在 2℃ 以内，并没有点石成金的妙方，而是需要全面调动现有的措施和先进技术
- 9 高预期需求推动成本降低，太阳能光伏凭借大规模生产降低成本
- 10 将升温控制在 2℃ 所需的每年增量气候成本估值远大于当前资金量
- 1.1 高收入国家的个体排放量远远超过发展中国家
- 1.2 与汽油相比较，美国以农作物为原料的生物燃料增加了二氧化碳排放量和健康成本
- 1.3 评估部分参与气候协议导致的无谓损失
- 1.4 全球绿色刺激支出在上升
- FA.1 全球温室气体排放量呈上升态势
- FA.2 工业革命以来影响气候的主要因素
- FA.3 全球年平均气温及 CO₂ 浓度持续攀升，1880—2007
- FA.4 融化中的格陵兰冰原
- FA.5 余烬烧得更热了：风险和危害的评估值已上升（2001—2007 年）
- FA.6 预计气候变化对各地区的影响
- FA.7 将温度升幅控制在工业化前水平 2℃ 内的方法
- 2.1 受气候有关疾病影响的人数正在上升
- 2.2 即使在干旱易发区非洲，洪水发生的次数也在增长
- 2.3 发展中国家的保险有限
- 2.4 以本土知识、农民行动和社会学习促进沙漠绿化
- 3.1 整个水循环将感受到典型江河流域的气候变化
- 3.2 河流淡水只是地球上可得水很小的一部分——农业用水量最大

- 3.3 和主要作物相比，肉类生产需水更多
- 3.4 集约型牛肉生产是温室气体重要排放者
- 3.5 气候变化导致世界必须加速提高农业生产率
- 3.6 生态系统已经广泛地用于农业
- 3.7 真实图景与电脑模拟的哥伦比亚土地的综合利用
- 3.8 对水产养殖鱼类的需求量将会增加，尤其在亚洲和非洲
- 3.9 渥斯特葡萄园应用遥感技术（西开普，南非）、计量水分生产率
- 3.10 在印度安得拉邦，农民使用极其简单的设备和工具，获得水文数据，控制含水层抽水量
- 3.11 在理想状态下的未来气候智能型农业景观下，农民能够使用新的技术和技能实现产量最大化；通过使自然栖息地融入农业生产景观土地管理者能保护自然系统
- 3.12 未来理想状态下的气候智能型景观将通过自然基础设施、人工基础设施和市场机制，采用灵活技术应对气候冲击
- 3.13 预计到 2050 年，全球谷物价格将上涨 50% 至 100%
- 3.14 农业和土地使用变更排放适用碳税将鼓励人们保护自然资源
- 4.1 排放量成倍增长的背景：能源和碳密度增长不足以抵消因收入增长引起的能源需求量的增长
- 4.2 1850 年至 2006 年的一次能源构成。从 1850 年到 1950 年能源消耗每年增长 1.5%，主要由煤带动；从 1950 年到 2006 年，每年增长 2.7%，主要由石油和天然气带动
- 4.3 虽然发展中国家人均能源消耗和排放都很低，但将成为未来能源消耗和二氧化碳排放的主要增长源
- 4.4 各部门温室气体排放量：世界高收入、中等收入和低收入国家
- 4.5 汽车拥有率随收入提高而增长，但是价格政策、公共交通、城市规划、城市密度能限制汽车使用
- 4.6 世界未来发展之路：与能源相关的人均二氧化碳排放量
- 4.7 只有一半能源模型认为可能实现必要的减排，从而将二氧化碳当量维持在 450ppm（即 2℃）
- 4.8 五种模型估测的将二氧化碳当量维持在 450ppm 和 550ppm（2℃ 和 3℃）所需的全球减排成本和碳价格（2030 年）
- 4.9 把温度升幅控制在 2℃（450ppm）或 3℃（550ppm），必须开展全球行动。即使发达国家到 2050 年实现零排放，仅靠发达国家也无法使温度升幅控制在 2℃ 或 3℃ 以内
- 4.10 世界当前排放趋势和理想排放趋势之间差距甚大，但是清洁能源技术组合能使全球保持在 450ppmCO₂e（或 2℃）
- 4.11 目标：将尚未验证的低碳技术概念推向广泛应用，加大减排力度
- 4.12 随着时间的推移，太阳能光伏电日趋便宜，这归功于研发和对大规模生产预期要求的提高
- FC.1 高收入国家、低收入国家和中等收入国家能源密集型产品的进出口比率
- 6.1 温度指标越严格、越明确，年减排成本越高
- 6.2 巨大缺口：维持 2℃ 轨迹每年所需的气候资金估测值与现有资源比较
- 7.1 过去十年间，全球累计风电装机容量骤升
- 7.2 能源研发、应用的政府预算接近底线，核能在预算中占据主导地位
- 7.3 每年用于能源和气候变化研发的开支远远低于补贴
- 7.4 低碳技术的发明速度快慢不一
- 7.5 政策影响创新链上的每个环节
- 7.6 研究与市场间的“死亡谷”
- 7.7 许多发展中国家的工程招生比例依然很低
- 7.8 电动自行车已经成为中国最便宜最清洁的交通模式
- 7.9 中等收入国家正在吸引五大顶级风能设备公司的投资，但薄弱的知识产权体制限制了技术转让和研发能力
- 8.1 美国消费者的直接行为造成美国 CO₂ 总排量的 1/3
- 8.2 地区性小调整带来全球大收益：若美国将 SUV 替换为节油型小客车，减少的排放量相当于为 16 亿人供电的排放量

- 8.3 个人应对气候变化的意愿因国家而异，而且意愿并不总能转变为行动
- 8.4 气候变化仍然不是优先考虑的问题
- 8.5 对气候变化的关注随着财富的增加而降低
- 8.6 有效治理和良好的环境绩效齐头并进，相得益彰
- 8.7 民主政治的政策输出胜于政策结果

地图

- 1 鉴于目前的农业耕作方式和作物品种，至 2050 年，气候变化将导致大多数国家的农业产量下降
 - 1.1 逐渐消失的喜马拉雅山脉冰川是十几亿人口的用水来源
 - 1.2 富裕国家同样受到异常气候的冲击：2003 年高温致使欧洲国家 70 000 多人死亡
 - 1.3 气候变化可能导致巴西大部分地区尤其是最贫困地区贫困问题的扩大
 - 1.4 中国 2008 年 1 月暴雪严重影响了一时的人口流动——其经济增长支柱之一
 - 1.5 非洲未开发水电潜力巨大，而美国水电资源潜力低利用率高
- FA.1 过去 30 年全球气候的地区性变化
- FA.2 气候系统潜在的倾覆因素：全球分布
 - 2.1 濒临危险：人口和大城市聚集在低海拔沿海地区，受到海平面上升和风暴潮的威胁
 - 2.2 复杂挑战：南亚和东南亚在气候变化中管理城市增长和洪水风险
 - 2.3 现在：北部城市需要做好迎接地中海气候的准备
- 2.4 气候变化加剧美洲登革热的复发
- 2.5 贫穷小国遭遇极端气候时的财政脆弱性
- 2.6 居住在达喀尔城区洪水易发区的塞内加尔移民
 - FB.1 预计许多生态系统变化会发生在生物多样性不突出的北方或沙漠地区，但仍有大量值得关注的重叠地区
 - FB.2 REDD 机制应该首先关注面临毁林高风险、碳储量高的未受保护区域
- 3.1 预计到 21 世纪中期世界许多地区的水资源可得性会发生急剧改变
- 3.2 世界将同时面临干早期变长和降雨强度增大的事件
- 3.3 考虑到当前农业生产实践和作物种类，到 2050 年，气候变化将抑制农业产量
- 3.4 发达国家的集约型农业是造成死区扩大的原因之一
- 3.5 世界粮食贸易依赖少数几国的粮食出口
- 3.6 发达国家拥有更多的数据收集点和时间跨度更长的水资源监测数据
- 7.1 风能地图的完善创造了新的机遇

表

- 1 升温控制在 2℃ 的减排增量成本及相关的融资需求：2030 年前发展中国家的需要
- 2 从长远来看，将花费多大的成本？到 2100 年的减排成本现值
 - FA.1 潜在倾覆因素：诱因、时间范围和影响
 - FB.1 全球各国主要的生态系统服务当前趋势评估
- 4.1 采取何种行动实现将二氧化碳当量维持在 450ppm，从而将温度升幅控制在 2℃ 以内的目标——示范方案
- 4.2 投资应将 2030 年温度升幅控制在 2℃ (450ppmCO₂e)
- 4.3 不同的国家环境需要适合自身的方法
 - 4.4 与技术成熟水平相适应的政策工具
 - 4.5 对能源效率、可再生能源和交通进行政策干预
- 6.1 现有气候融资工具
- 6.2 发展中国家每年所需气候资金的估测值
- 6.3 可能实施清洁发展机制的地区和碳收入（到 2012 年）
- 6.4 新的双边和多边气候基金
- 6.5 对清洁发展机制征税的税负归宿（2020）
- 6.6 减排和适应基金的潜在来源
- 6.7 减少森林采伐和退化的国家及多边倡议
 - 7.1 气候变化专项技术导向型全球协议
 - 7.2 国家创新的主要优惠政策

译校出版与致谢

《2010年世界发展报告 发展与气候变化》是由中国科学院/清华大学国情研究中心、清华控股有限公司的成员企业：道纪忠华公共管理咨询（北京）有限公司、清华大学出版社经过5个月的共同努力合作完成的。本书是由中国科学院/清华大学国情研究中心、清华大学教育研究院、清华大学工程教育研究中心教师胡光宇博士与清华大学出版社签约并负责译校工作。

本书翻译工作由胡鞍钢教授主持，是继世界银行的2004年《中国国家经济备忘录 中国：推动公平的经济增长》、《2005年世界发展报告 改善投资环境促使人人受益》、《2006年世界发展报告 公平与发展》、《2007年世界发展报告 发展与下一代》、《全球化世界中的城市 治理、绩效与可持续发展》、《2008年世界发展报告 以农业促发展》、《2009年世界发展报告 重塑世界经济地理》等著作之后，又一重要的学术翻译成果。

本书在译校工作中赵冰、王海若、陈若愚、程喆、华容、刘胜男、欧仕亮、王淑贞、王一丁等做了大量工作。清华大学出版社的编校人员为本书的如期出版付出了大量的心血，在此一并表示感谢！

前 言

气候变化是人类在新世纪面临的最为复杂的挑战之一。没有哪个国家能够独善其身，也没有哪个国家能够独力应对。气候变化的挑战重重交错，涉及敏感的政治决策、艰巨的技术变革和深远的全球影响。

全球变暖带来降水模式的变化，干旱、洪涝及森林火灾等极端事件的发生日益频繁。海平面的上升将导致人口稠密的沿海地区以及岛屿国家的数百万计的人无家可归。非洲、亚洲和其他地区的贫困人口可能遭遇农作物严重歉收、农业生产力下降以及饥饿、营养不良和疾病增多等困境。

作为一个肩负全人类发展、可持续发展使命的多边机构，世界银行集团有责任尽力阐明不同领域之间的诸多关联，这些领域包括发展经济学、科学、能源、生态、技术、金融以及有效的国际制度和治理结构。世界银行集团拥有186个成员国（地区），推动不同的国家（地区）、私营部门及民间社团为共同目标展开合作，是世行集团每天的挑战。本文为世界发展报告系列的第32份报告，旨在结合世界银行的经验与研究，推进对气候变化下的发展更深的认识。

气候变化对发展中国家的冲击最甚，尽管发展中国家在努力消除贫困，促进经济增长。对这些国家来说，气候变化加剧其脆弱性、侵蚀来之不易的成果并严重破坏发展前景。要达到联合国千年发展目标以及确保2015年后的安全和可持续发展，其实现的难度更大。与此同时，许多发展中国家担心其发展能源的关键需求被限制，担心新规定的出台会导致其从基础建设到创业活动的发展受到抑制。

应对气候变化面临巨大的、多重的挑战，需要有非凡的智慧与合作精神。在我们当前所处的时代，“气候智能”社会已具备实现的可能，但正如本报告所述，要实现这种转变，我们需要立即行动、共同行动并以创新的方式行动。

我们必须立即行动，因为现在的行动将决定未来的气候和塑造未来的选择。我们今天排放的温室气体使得热量在大气中滞留的时间长达数十年甚至数百年。我们正在修建的发电站、水库、房屋、交通系统和城市，能存在50年或更久。我们现在尝试的创新技术和农作物品种会影响能源和食物来源，用以满足2050年30亿新增人口的需求。

我们必须共同行动，因为气候变化是人类面临的共同危机。如不通过全球范围的国际合作来提高能效、开发和应用清洁技术，增加吸收温室气体的自然“碳汇”面积以促进全球环保进程，那么气候变化问题就很难得到解决。人类生命和生态资源都需要保护，我们必须以分别对待和公平的方式共同采取行动。过去发达国家是温室气体的主要排放者，其人均排放量也高于其他国家。因此，这些国家应带头大幅减少碳足迹并鼓励开发绿色替代方案。事实上，世界未来

碳排放量的大部分也将产生自发展中国家。这些国家将需要充足的资金和技术转让机制，从而在不损害其发展的前提下推行低碳模式。这些国家还需要其他国家和地区援助以便于它们适应无法避免的气候变化。

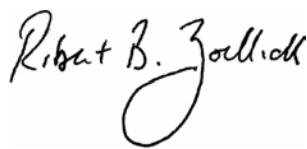
我们必须以创新的方式行动，因为我们不能根据过去的气候规划未来。未来的气候要求我们做到以下几点：基础设施的建设要能够经受新环境的考验并服务于更多的人口；在保护生态系统的同时，利用有限的土地和水资源提供充足的食物和用作燃料的生物质；重新配置全球能源系统。这就要求我们根据温度、降水和物种变化模式的新信息制定适应措施。如此重大的变化将需要更多的资金，用来实施适应和减排措施、加强战略性研究以推广好方法并大胆探索新思路。

我们需要新的动力。2009 年 12 月在哥本哈根达成一项兼顾发展需求和气候措施的气候协议，是至关重要的。

世界银行集团已推出多种融资计划来帮助各国应对气候变化，我们在《气候变化和发展战略框架》中列出了这些计划，其中包括我们成立的碳基金和相关机构，随着节能和可再生新能源融资的大幅增长，碳基金和相关机构还会不断成长。我们努力积累实际经验，针对发展中国家如何为气候变化框架提供支持并从中受益：从防止乱砍滥伐的可行性激励机制，到低碳增长模式以及将适应和减排融为一体的举措。通过这些方式，我们可以为《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC) 进程以及正在筹划新的国际激励和抑制机制的国家提供支持。

但这些远远不够，展望未来，世界银行集团正致力于重塑能源和环境战略，帮助各国加强风险管理，推广保障体系，以应对残余风险。

《2010 年世界发展报告》呼吁针对气候问题采取行动。如果我们立即行动、共同行动并以创新的方式行动，仍然大有机会调整气候走向，进而实现更具包容性的、可持续的全球化目标。



罗伯特·B.佐利克
行长
世界银行集团

致 谢

本报告由 Rosina Bierbaum 和 Marianne Fay 领导的核心小组编写。成员包括 Julia Bucknall, Samuel Fankhauser, Ricardo Fuentes-Nieva, Kirk Hamilton, Andreas Kopp, Andrea Liverani, Alexander Lotsch, Ian Noble, Jean-Louis Racine, Mark Rosegrant, Xiaodong Wang, Xueman Wang 和 Michael Ian Westphal。Arun Agrawal, Philippe Ambrosi, Elliot Diringer, Calestous Juma, Jean-Charles Hourcade, Kseniya Lvovsky, Muthukumara Mani, Alan Miller 和 Michael Toman 对本报告做出了重要贡献。编写小组还得到了 Rachel Block, Doina Cebotari, Nicola Cenacchi, Sandy Chang, Nate Engle, Hilary Gopnik 和 Hrishikesh Patel 的协助。Lidvard Gronnevet 和 Jon Strand 也有贡献。

Bruce Ross-Larson 是本报告的主编。报告中的地图由世界银行地图部门在 Jeff Lecksell 的指导下绘制。出版办公室在 Mary Fisk, Stephen McGroarty 和 Andres Meneses 的管理下提供了编辑、设计、排版和打印等服务。

《2010 年世界发展报告》由发展经济局 (DEC) 和可持续发展部 (SDN) 共同主持完成。这项工作是在发展经济局林毅夫和可持续发展网络 Katherine Sierra 的指导下开展的。Warren Evans 和 Alan H. Gelb 也提供了宝贵的指导。由 Neil Adger, Zhou Dadi, Rashid Hassan, Geoffrey Heal, John Holdren (任期于 2008 年 12 月截止), Jean-Charles Hourcade, Saleemul Huq, Calestous Juma, Nebojša Nakićenović, Carlos Nobre, John Schellnhuber, Robert Watson 和 John Weyant 组成的顾问小组在报告编写过程的各个阶段提供了全面而良好的建议。

世界银行行长罗伯特·B.佐利克提供了建议和指导。

世界银行内外的许多人士为报告提供了意见和建议。发展数据部门为数据附录做出了贡献,并负责“部分世界发展指标”内容。

编写小组从广泛的磋商中获益良多。我们通过实地或视频会议(使用世界银行的全球发展学习网络)的形式在以下各地举办了会议和地区研讨会:阿根廷、孟加拉国、比利时、贝宁、博茨瓦纳、布基纳法索、中国、哥斯达黎加、科特迪瓦、丹麦、多米尼加共和国、埃塞俄比亚、芬兰、法国、德国、加纳、印度、印度尼西亚、肯尼亚、科威特、墨西哥、莫桑比克、荷兰、尼加拉瓜、挪威、秘鲁、菲律宾、波兰、塞内加尔、南非、瑞典、坦桑尼亚、泰国、多哥、突尼斯、乌干达、阿拉伯联合酋长国和英国。编写小组希望借此机会对参与上述研讨会、视频会议的学者、政策研究人员、政府官员以及非政府组织、民间社团和私营机构的工作人员表示诚挚的感谢。

最后,编写小组要对以下机构所给予的慷慨支持致以谢意:挪威政府、英国国际发展部、丹麦政府、德国政府(通过德国技术合作署)、瑞典政府(通过生物多样性中心/瑞典国际生物多样性计划(SwedBio))、环境和社会可持续发展信托基金(TFESSD)、多国规划性赠款以及 Knowledge for Change Program (KCP)。

Rebecca Sugui 担任编写小组高级行政助理,她已经在世界发展报告团队工作了 17 年。Sonia Joseph 和 Jason Victor 担任项目助理, Bertha Medina 担任团队助理。Evangeline Santo Domingo 担任资源管理助理。

缩略语与资料说明

缩略语		GHG	温室气体
AAU	分配数量单位	GM	转基因的
ARPP	配额情况年度报告	Gt	十亿吨
BRIICS	巴西、俄罗斯、印度、印度尼西亚、 中国、南非	GWP	全球变暖潜力
Bt	苏云金杆菌	IAASTD	国际农业科学和技术促进发展评估
CCS	碳捕获和碳封存	IATAL	国际航空旅行税
CDM	清洁发展机制	IDA	国际开发协会
CER	核证的排放减少	IEA	国际能源机构
CGIAR	国际农业顾问小组	IFC	国际金融公司
CIPAV	可持续农业生产研究中心	IFCI	国际森林碳计划
CH ₄	甲烷	IIASA	国际应用系统分析研究所
CO ₂	二氧化碳	IMERS	国际海事减排计划
CO _{2e}	二氧化碳当量	IPCC	政府间气候变化专门委员会
CPIA	国家政策和体制评估	IPR	知识产权
CTF	清洁技术基金	kWh	千瓦时
EE	能源效率	JI	联合履约
EIT	经济转型期	LDCF	最不发达国家基金
ENSO	厄尔尼诺—南方涛动	LECZ	低海拔沿海地区
ESCO	节能服务公司（能源管理公司）	LPG	液化石油气
ETF-IW	环境改造基金—国际窗	MEA	多边环境协议
EU	欧盟	MRGRA	中西部地区减少温室气体排放协议
FCPF	森林碳伙伴基金	MRV	可测量，可报告，可核查
FDI	外国直接投资	NAPA	国家适应行动纲领
FIP	林业投资项目	N ₂ O	一氧化二氮
GCCA	全球气候变化联盟	NGO	非营利组织
GCS	全球气候服务企业	O ₃	臭氧
GDP	国内生产总值	O&M	运行与维护
GEO	地球观测组织	OECD	经合组织
GEOS	全球综合地球观测系统	PaCIS	太平洋气候信息系统
GEEREF	全球能源效率和可再生能源基金	ppb	十亿分之一
GEF	全球环境基金	PPCR	适应气候变化试行框架
GFDRR	全球减灾与恢复基金	ppm	百万分之一
		PPP	购买力平价

R&D	研发
RD&D	研究、开发和推广
RDD&D	研究、开发、示范和推广
REDD	减少发展中国家毁林和森林退化所致排放量
RGGI	区域温室气体减排行动
SCCF	气候变化战略基金
SDII	简单日强度指数
SD-PAMs	可持续发展政策与措施
SO ₂	二氧化硫
SUV	运动型多功能车
toe	油当量吨
TRIPS	与贸易相关的知识产权协定
Tt	万亿吨
UN	联合国
UNFCCC	《联合国气候变化框架公约》
UN-REDD	联合国减少由毁林和森林退化而产生的温室气体排放计划
WCI	西部气候行动
WGI	世界治理指数
WMO	世界气象组织
WTO	世界贸易组织

资料说明：

本报告中各个地区和收入组别所包含的国家（地区），都列在报告末尾“部分世界发展指标”里的经济分类表中。收入是根据人均国民生产总值（GNP）进行分类的，本报告收入分类的阈值可以在“部分世界发展指标”的前言中找到。说明收入分类的图、地图和表（包括部分指标）基于世界银行 2009 年收入分类。部分世界发展指标中的数据基于 2010 年分类。除非另有说明，以数字报告各组平均值和各表都是改组各个国家的未加权平均值。

这里所使用的“国家”一词系其经济含义，并不代表世界银行对某个领土的法律和其他地位的看法。“发展中国家”一词系指中低收入经济体，为方便起见，也可能包括那些从中央计划经济转型的经济体。同样为方便起见，“发达国家”一词指那些高收入经济体。

除非另有说明，美元指现值美元。10 亿（billion）为 1 000 百万，10 000 亿（trillion）为 1 000 个十亿。

内容提要

减贫和可持续发展仍是全球工作的重中之重。在发展中国家有 1/4 的人每天的生活费仍不到 1.25 美元。有 10 亿人缺少清洁的饮用水；16 亿人缺少电力；30 亿人缺少充足的卫生设施。1/4 的发展中国家儿童处于营养不良状态。这些需求仍是发展中国家和发展援助应该优先着手解决的问题。同时，我们认识到，气候变化使未来的发展变得更加困难，而不是更加容易。

气候变化问题亟待解决。气候变化威胁着所有国家，而发展中国家在这种威胁面前最为脆弱。据估计，气候变化造成的损失大约 75%~80% 将由发展中国家承担。即使较工业化之前的时期气温仅升高 2°C（全世界有可能经受的最小升温幅度）也将导致非洲和南亚的国民生产总值永久性降低四到五个百分点。大部分发展中国家缺乏足够的资金和技术能力以应对日愈严峻的气候风险。这些国家的收入和福祉更直接地依赖于易受气候影响的自然资源，而且它们中的大部分处于热带和亚热带地区，而这些地区的气候本来就变化多端。

尤其是在经济增长模式仍为碳密集型并且加速全球变暖的情况下，仅仅凭经济增长，在速度和合理性方面都不足以对抗气候变化造成的威胁。因此，制定气候政策不能限制在增长和气候变化之间做简单的选择。实际上，“气候智能型”政策是指那些能够促进发展、降低脆弱性并为向低碳式增长模式转变提供资金支持的政策。

立即行动、共同行动、以创新的方式行动，“气候智能型”社会离我们并不遥远。

- **立即行动**至关重要，否则由于全世界固守高碳发展道路并导致气候变暖的趋势在很大程度上无法逆转，可以选择的方案将不复存在，成本也将增加。气候变化已经危害到改善生活水平和实现联合国千年发展目标方面的努力。将气温的升高幅度保持在较工业化之前的时期高出不超过 2°C 的水平（这可能是我们所能取得的最好结果）要求我们进行一场真正的能源革命，我们应该立即着手推广能提高能源效率的技术和现有的低碳技术，同时为研发并且实现低碳增长所必需的下一代技术进行大量投资。我们还必须立即采取行动应对目前的气候变化，将人类、基础设施和生态系统受到的损害降到最低，并为未来将发生的更大变化做好准备。

- **共同行动**是降低成本及有效落实适应和减排工作的关键。高收入国家必须率先采取积极行动，降低自身的排放量。这样将能为发展中国家释放一些“污染空间”，更重要的是，它将刺激创新和对新技术的需求，从而使创新与新技术的规模得以迅速扩大。此外，高收入国家率先减排还有助于建立一个足够大且足够稳定的碳市场。尽管需要财政支持作为补充，但所有这些影响对于发

展中国家转向低碳发展道路，同时迅速获取其发展所需的能源服务至关重要。而且，共同行动对于促进更困难环境下的发展也是至关重要的——不断增加的气候风险将超出社区的适应能力。对于通过社会援助项目保护最脆弱的群体、制定国际性风险分担协议以及促进知识、技术和信息的交流来说，国家和国际社会的支持是必不可少的。

- **以创新的方式行动势在必行**，只有这样我们才能在不断变化的世界中拥有一个可以持续的未来。在未来的几十年中，必须对世界能源体系进行变革才能使全球碳排放量降低 50%~80%。基础设施建设必须能承受新的极端情况。要养活新增的 30 亿人口而不对已然不堪重负的生态系统造成更多的威胁，就必须提高农业生产率和水资源利用效率。为了获得食物、生物能源、水电和生态系统服务，人们对自然资源的需求已大大增加。只有长期的、大规模的综合管理和灵活的规划才能在满足这些需求的同时保持生物多样性并维持土地和森林的碳存量。稳健的经济和社会战略将考虑不断增加的不确定性并加强对各种未来气候环境的适应能力，而不只是针对过去的气候环境做出“最佳”应对。有效的政策需要将发展、适应和减排行动一并做出评估，因为所有这些活动都将消耗有限的同类资源（人力、财力和自然资源）。

公平而有效的全球气候协议必不可少。协议应承认发展中国家有各自不同的需求和限制，为这些国家提供资金和技术上的援助，以便它们应对更为严峻的发展挑战，确保这些国家在全球公共资源中不会永远只占很低的份额，并建立实施方与资助方分离的减排机制。未来排放量的增长将大部分出现在发展中国家，这些国家目前的碳足迹过低，而它们的经济必须快速增长才能减轻贫困。高收入国家必须为发展中国家的适应行动和低碳式增长提供资金和技术援助。当前的适应和减排资金还不到 2030 年年需资金的 5%，但资金缺口可以通过创新的融资机制进行填补。

成功的关键是改变行为和转变公众观念。作为公民和消费者的每一个人将决定地球的未来。虽然了解气候变化并认为需要采取行动的人越来越多，但很少有人把气候变化当做需要优先考虑的事。还有太多的人在有机会采取行动的时候没有采取行动。因此，最大的挑战在于改变行为和体制，特别是在高收入国家。公共政策——包括地方、地区、国家及国际层面的——必须做出改变，这样才能使个人和民间的行动更容易实现和更具吸引力。



概述 改变气候，促进发展

十年前，世界上有一半的发展中国家处于赤贫状态，现在减少为 1/4。¹如今，儿童由于营养不良以及早期夭折危险的比例已大大降低。现代化基础设施的普及也更为广泛。促成这些进步的关键因素是：技术创新和机构改革推动了经济的迅速增长，尤其是在当今的中等收入国家，人均收入已经增长了一倍。然而这还远远不够，今年的饥饿人口数量已史无前例地超过 10 亿大关。² 鉴于还有如此众多的人生活在贫困与饥饿中，增长和减贫依然是发展中国家的第一要务。

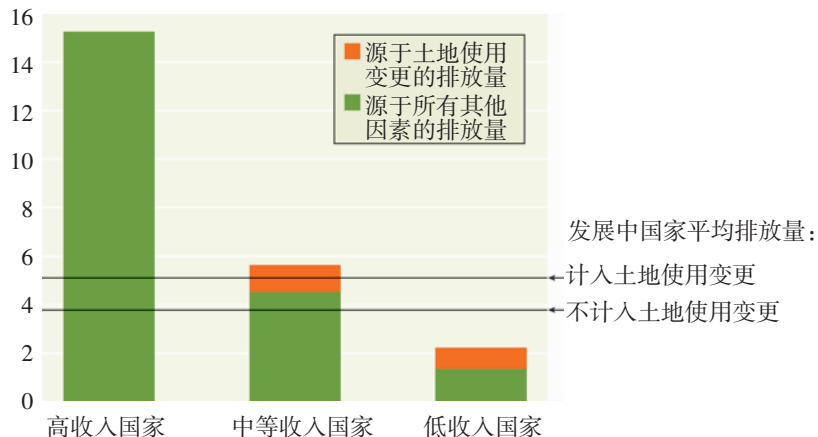
气候变化让我们面临更为严峻的挑战。首先，从更为频繁的干旱、洪水、强风暴和热浪灾害中，我们已经能够感受到气候变化的影响——这些灾害带走了发展所需的资源，给个人、企业和政府带来沉重负担。其次，如果气候变化以当前的速度继续的话，将使发展面临越来越严峻的挑战。到本世纪末，气温可能比工业化之前的时期升高 5°C 甚至更多，世界将会变得与今天大不相同。极端天气事件将更频繁，物种将大量减少，大多数生态系统已经超载并将不断变化，许多物种难逃灭绝的厄运，岛屿国家则面临被整体淹没的威胁。即便我们尽最大努力，也难以将气温保持在比前工业

化时期高 2°C 以下的范围，气候变暖需要很大的适应代价。

高收入国家能够并且必须减少其碳足迹。在人类共有的大气中这些国家不能再继续占用不公平、不可持续的高份额了。而发展中国家虽然目前的平均人均温室气体排放只有高收入国家的 1/3（图 1），但是它们需要大规模扩展能源、运输、城市系统和农业生产活动。如果这些亟须进行的扩展采用传统的技术和碳排放强度，将会产生更多温室气体，从而进一步导致气候变化。因此，问题不仅仅在于如何使发展更好地适应气候变化，而是如何在追求发展和繁荣的同时避免导致“剧烈而危险”的气候变化。³

应对气候变化的政策不是在高增长、高碳型社会和低增长、低碳型社会二者间的简单选择——即：在经济增长和保护地球二者间只择其一的简单问题。大量的低效率情况造成了当今的高碳排放强度。⁴ 举例来说，采用现有技术和最佳操作方案可将工业和电力部门的能源消耗降低 20%~30%，这样就无须牺牲增长来减少碳足迹。⁵ 许多减排行动——即：为减少温室气体的排放而做出的改变——同时还能在很大程度上惠及公共卫生、能源安全、环境的可持续性等领域，并减少财政支出。例如，在非洲地区，减排

图 1 碳足迹分布不均：2005 年低、中、高收入国家的温室气体排放量
人均二氧化碳当量(吨)



出处：世界银行 2008c；WRI 2008，根据 Houghton 2009 增补土地使用变更导致的排放量。
 注：温室气体排放量中包括以下气体的排放量：二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、一氧化二氮（N₂O）以及高全球变暖潜能值的各种气体（含氟气体）。所有气体都以二氧化碳当量（CO₂e）表示，二氧化碳当量是指与气体产生相同变暖效应的二氧化碳量。2005 年，高收入国家源于土地使用变更的气体排放量忽略不计。

是与更加可持续的土地和森林管理、更加洁净的能源（如地热和水力发电）以及可持续的城市运输系统建设相联系的。由此可见，在非洲，减排计划是有可能与进一步发展相协调的，⁶在拉丁美洲情况也是如此。⁷

即便在过去二者总是紧密相关，财富积累和繁荣的发展也并不一定会带来更多的温室气体。但某些消费和生产模式的确会加剧温室气体的排放。即使排除石油生产国不计，高收入国家的人均温室气体排放量差距也达 4 倍之多，从瑞士的人均 7 吨二氧化碳当量（CO₂e）⁸到澳大利亚和卢森堡的人均 27 吨二氧化碳当量不等。⁹

鉴于目前在寻找替代能源方面所做的努力并不充分，因此还不能断言对于化石燃料的依赖是不可避免的。全球每年对石油产品的补贴已高达 1 500 亿美元，而几十年来，在能源（技术的）研究、开发和应用（RD&D）方面的公共支出却总在 100 亿美元左右徘徊，仅在石油危机后有过短暂的大幅增加（参见第 7 章），能源（技术）研发和应用方面的公共支出占全部公共研发和应用支出的 4%。私营部门每年

在能源（技术）研发和利用方面的支出为 400 亿~600 亿美元，占私营部门收入的 0.5%——仅相当于电信 8%、医药 15% 等创新性行业在研发和应用方面投资比率的一个零头。¹⁰

高收入国家必须立即采取积极行动，开始通过技术创新和配套的制度改革向低碳社会转型，来减少它们不可持续的碳足迹。这可为人类共有大气释放一些空间（图 2）。更为重要的是，如果高收入国家做出大幅减少排放的可靠承诺，将会刺激能源、运输、工业和农业领域新技术和新生产流程的研究、开发和应用，这种研究、开发和应用正是目前迫切需要的。对替代技术可预见的巨大需求将使它们的价格降低，从而使它们与化石燃料相比也具有了竞争力。唯有利用价格具有竞争力的新技术，才能既减轻气候变化，又无须牺牲增长。

发展中国家是有机会走低碳道路而不需要牺牲发展的，但这种机会因不同国家而异，并取决于高收入国家资金和技术援助的程度。这种援助应该以公平为原则（并符合 1992 年的《联合国气候变化框架公约》〈United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC〉）：高收入国家的人口只占世界人口的 1/6，但是它们排放的温室气体却占大气中温室气体的近 2/3（图 3）。此类援助也应该是有效的：资助发展中国家尽早开展减排工作——例如，通过未来几十年中的基础设施和住房建设——由此而节省的资金数额巨大，会为所有国家带来明显的经济利益。¹¹然而，光是制定一个大规模、稳定、可预计的资源转移的国际协议就绝非易事，更不要说实施这样一个协议了。

发展中国家，尤其是最贫穷、最易受影响的国家，在适应气候变化方面也需要援助。极端天气事件给这些国家造成的损害最大（参见第 2 章）。

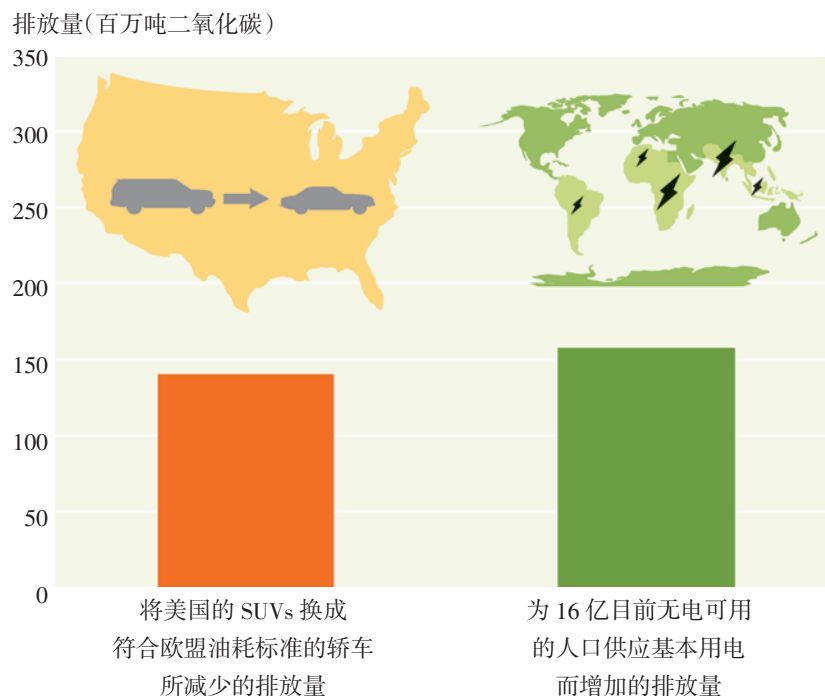
即使今后气候进一步变暖的幅度相对较小，制定和实施发展政策的方式，以及人们生活和谋生的方式也需要做出很大调整，这些国家面临的挑战和机遇也会发生很大变化。

当前的金融危机不能成为将气候（问题）当成次要问题的借口。平均而言，金融危机的持续时间通常不到两年，对国内生产总值（GDP）造成的损失为3%，而在随后8年的复苏和繁荣期，将会出现20%以上的增长，这足以抵消危机期间的损失。¹² 因此，尽管金融危机会造成种种危害，但它总是来了又走。而气候变化造成的日益严峻的威胁却不是这样。原因何在？

因为时间并不利于我们。排放到大气中的温室气体所造成的影响将持续几十年、甚至数千年，¹³ 将来要想恢复到“安全”水平极其困难。气候系统的这种滞后效应严重地限制了我们将来的加速减排来弥补今天努力不足的可能性。¹⁴ 拖延行动还会增加减排的成本，因为气候变暖的影响会进一步恶化，而随着经济受困于高碳型的基础设施和生活方式，我们会失去可供选择的低费用减排方式——结果是气候系统的滞后效应进一步加剧。

我们需要立即采取行动，使气温升幅尽可能地控制在2℃的水平。这样一个升幅并不是理想的目标，然而却可能是我们能够达到的最好结果。关于这一目标从经济角度看是否也是最佳结果，目前经济界尚未达成共识。不过，在决策层和科学界，已有越来越多的人达成共识，认为以2℃为变暖的目标是负责任的做法。¹⁵ 本报告赞同这一观点。从发展的角度看，大大高于2℃的升温幅度是完全无法接受的。将气温升幅控制在2℃需要生活方式的重大转变、真正的能源革命以及土地和森林管理方式的改变，同时做出实质性的努力去适应气候的变暖也依然是需要的。应对气候变化需要动

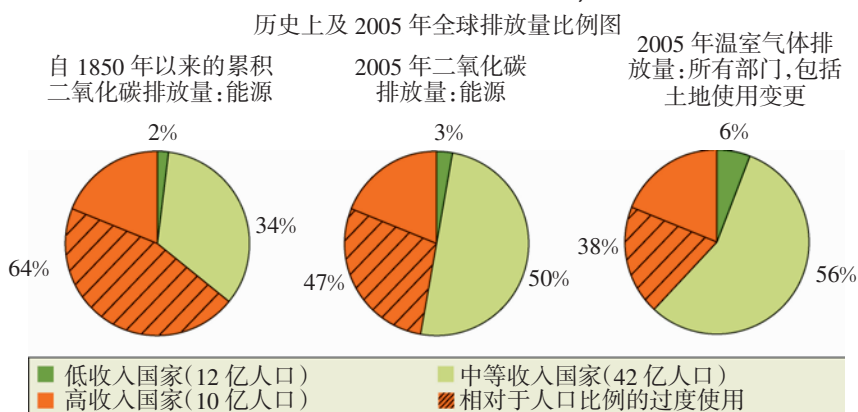
图2 恢复平衡的行动：假设将美国的 SUVs 都换成低油耗轿车，仅此一项所减少的排放量就几乎相当于为 16 亿人供电所产生的排放



出处：世界发展报告（WDR）团队根据 BTS 2008 计算得出。

注：上述数据基于美国的 4 000 万辆 SUV（运动型多用途轿车）每年总共行驶 4 800 亿英里（假设每辆车行驶 12 000 英里）计算得出。按 SUV 车型的平均油耗（18 英里每加仑）计算，这 4 000 万辆车每年消耗 270 亿加仑汽油，每加仑汽油排放 2 421 克碳。如换为节能轿车，以欧盟市场上销售的新型节能轿车的平均油耗计算（45 英里每加仑，参见 ICCT 2007），每年可减少 1.42 亿吨二氧化碳（3 900 万吨碳）排放。据估计，发展中国家贫困家庭平均每人每年用电 170 千瓦时，假定电力供应的碳排放密度为目前的世界平均水平，即 160 克碳每千瓦时，这样计算得出的碳排放量相当于 1.6 亿吨二氧化碳（4 400 万吨碳）。世界地图中电力标志的大小与无电力供应人口的数量相对应。

图3 高收入国家过去一直占据过高的全球排放量比例，现在仍是如此



出处：DOE 2009；世界银行 2008c；WRI 2008，根据 Houghton 2009 增补土地使用变更导致的排放量。

注：这些数据覆盖全球近年的 200 多个国家。19 世纪的数据未涵盖所有国家，但是包含了该时期的所有主要排放国。能源领域的二氧化碳排放包括矿物燃料燃烧、天然气燃烧和水泥生产过程中的排放。温室气体排放量中包括以下气体的排放量：二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、一氧化二氮（N₂O）以及高全球变暖潜能值的各种气体（含氟气体）。其中的部门包括能源和工业生产、农业、土地使用变更（取自 Houghton 2009）和垃圾处理等。相对于人口比例过度使用共有大气的的数据，根据人均排放量中超出均衡的部分计算；2005 年，高收入国家人口占世界人口的 16%；自 1850 年起，当前高收入国家的人口平均约占全球人口的 20%。

用人类所有的创新和智慧。

滞后性、公平和创造性是贯穿于本报告的三大主题。滞后性是气候挑战的本质特点——这是我们需要立即行动的原因。公平是达成有效的全球协议的关键，也是建立信任的关键，要找到一个方案能有效解决人类共有环境所面临的悲剧，我们需要建立相互间的信任——这是我们需要共同行动的原因。创造性是有可能解决这个从政治层面和科学层面来说都很复杂的问题的唯一答案——这种特质使我们能够以与过去不同的方式去行动。立即行动、共同行动、以不同于过去的方式行动——这三点是使我们能够通向“气候智能型”社会的途径。但是首先要人们了解为何要行动起来。

行动起来的理由

进入工业化时期以来，地球的平均

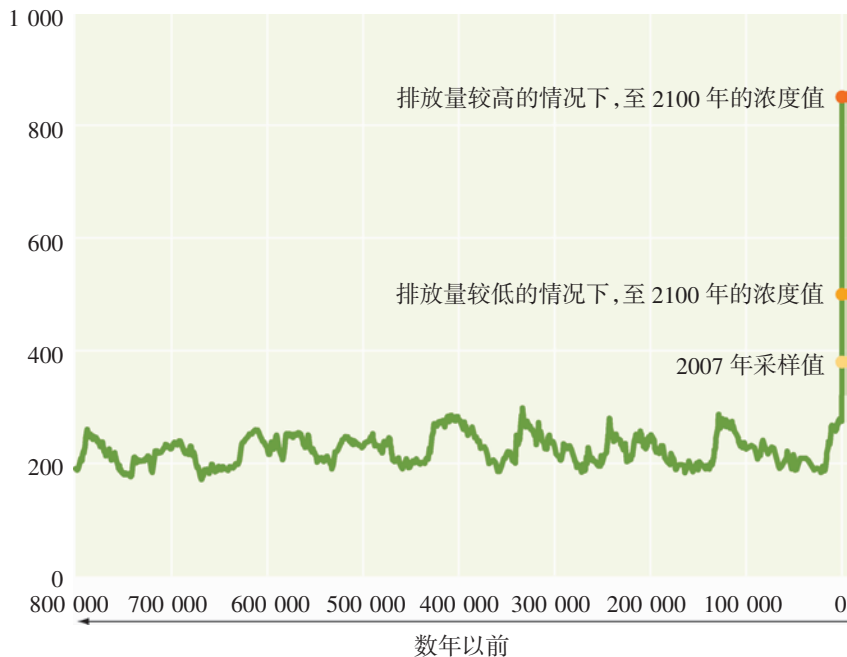
均气温已经升高近 1℃。《政府间气候变化专门委员会第四次评估报告》(the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 中有如下表述：“气候系统变暖已经毋庸置疑。”¹⁶ 这份文件是来自联合国所有成员国的 2 000 多名科学家心血的结晶，是他们的共识。在 80 万年间，全球大气中的二氧化碳（最主要的温室气体）浓度一直在 200ppm~300ppm 之间，但仅在过去 150 年里，就猛增至约 387ppm（图 4），导致浓度升高的原因主要是化石燃料的燃烧，其次还有农业和土地利用方式的变化。10 年前，《京都议定书》(Kyoto Protocol) 签订并对国际碳排放量做出限定，发达国家进入了严格计算它们排放量的第一个阶段，而 10 年后的现在，大气中温室气体的含量依然在增加。更糟糕的是，它们在大气中增加的速度越来越快。¹⁷

空气和海水平均温度的升高、冰雪的大面积融化和海平面的上升已使我们看到了气候变化带来的影响。大冷天以及霜冻天气出现的频率降低，而热浪则变得更常见。尽管澳大利亚、中亚、地中海盆地、非洲萨赫勒地区、美国西部以及其他很多地区的旱灾更加频繁、更加严重，而全球降水量却总体出现增长。大雨和洪涝灾害变得更为常见，风暴和热带气旋造成的危害——可能包括其强度——都有所增长。

气候变化威胁所有国家，但对发展中国家的威胁尤为严重

放任气候变化可能使气温在本世纪内升高 5℃ 以上，¹⁸ 这样的差异已经赶上了今天的气候与上一个冰期的气候之间的差异。上一个冰期期间，冰川延伸到了中欧和美国北部。今天与上一个冰期的气候差异是在数千年间形成的；而人为引起的气候变化只用

图 4 大气中二氧化碳浓度飙升
二氧化碳浓度(ppm)



出处：Lüthi 等 2008。

注：对一块具有 80 万年历史的南极冰岩芯进行分析，其中各时期的气泡记录了最近 80 万年的地球二氧化碳浓度变化。在这一漫长的时期内，自然因素主导大气中的二氧化碳浓度在 170 ppm (parts per million, 百万分比) 和 300 ppm 之间变化。与气温相关的数据表明这些变化对全球气候变化起核心作用。由于人类活动，目前大气中二氧化碳浓度约为 387 ppm，比过去至少 80 万年的最高水平高出约 30%。如果不采取有力控制措施，预计本世纪的排放量将致使二氧化碳浓度比过去 80 万年甚至更长时期内的最高水平高出 1~2 倍，图中所示分别为按两种预计排放量发展至 2100 年时大气中的二氧化碳浓度。

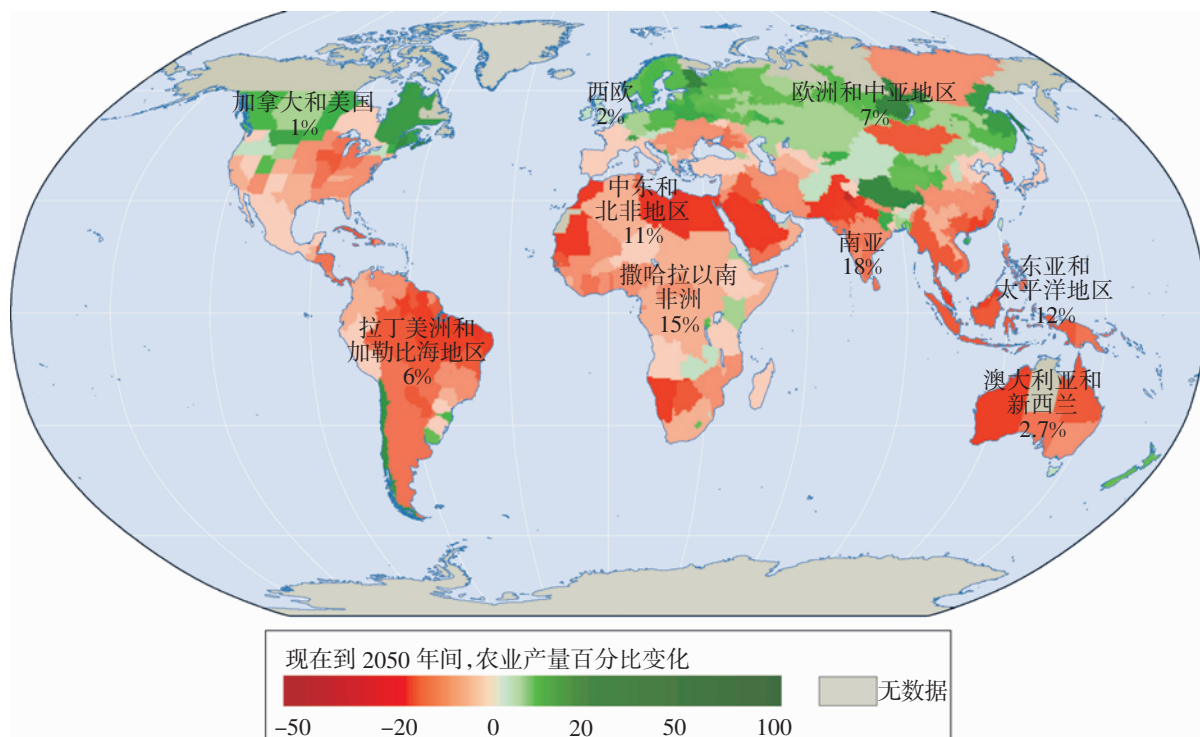
了短短一个世纪。因此几乎没有给社会和生态系统留下适应这一飞快的变化速度的时间。生态系统对人类社会和经济体而言十分重要，如此剧烈的温度变化将使生态系统发生极大的紊乱，例如，亚马逊雨林的枝叶可能会枯萎，安第斯山脉和喜马拉雅山脉的冰川将完全消失，海洋迅速酸化，导致海洋生态系统的破坏和珊瑚礁的死亡。气候变化的速度如此之快、程度如此之大，将导致 50% 以上的物种灭绝。本世纪内，海平面有可能上升一米，¹⁹ 仅在发展中国家，就将对 6 000 多万人和 2 000 多亿美元的资产造成威胁。²⁰ 即便耕作方式做出重大改变，全世界，尤其是热带地区的农业生产率依然可能出现下滑，而且，每年死于营养不良的人可能会增加 300 多万。²¹

即使与工业化前相比温度仅上升

2℃，也会导致新天气类型的出现，从而带来全球性影响。天气越来越多变，极端天气事件发生得越来越频繁、剧烈，受沿海风暴潮威胁的区域面积越来越大，这些都将大大增加造成无法逆转的灾难性后果的风险。可能面临饥荒的人将增加 1 亿~4 亿。²² 没有足够的水满足其需求的人数将增加 10 亿~20 亿。²³

发展中国家更易受气候灾害威胁，同时御灾能力更低。这些气候变化造成的后果对发展中国家的影响大的不合比例。气温上升 2℃ 可能导致非洲和南亚的人均年收入永久性下降 4%~5%，²⁴ 而与之相比，高收入国家收入的下降幅度微乎其微，世界消费全球 GDP 的平均降幅约为 1%。²⁵ 消费的下降将由农业部门受到的影响造成，而农业对非洲和南亚的经济来说尤为重要（地图 1）。

地图 1 鉴于目前的农业耕作方式和作物品种，至 2050 年，气候变化将导致大多数国家的农业产量下降



出处: Müller 等 2009; 世界银行 2008c。

注: 图中颜色显示了与 1996—2005 年间相比, 预计 2046—2055 年间 11 种主要农作物 (小麦、水稻、玉米、黍类、紫花豌豆、甜菜、甘薯、大豆、花生、葵花子和油菜子) 的产量变化百分数。这些产量变化的值是五个全球气候模型中三个预测排放量的均值, 假定不考虑二氧化碳施肥的效应 (环境二氧化碳浓度较高时, 可能会对作物生长和水利用效率产生促进作用)。这些数字表示各个地区的农业在 GDP 中所占的份额 (如果不算南非, 则撒哈拉以南非洲的农业在 GDP 中所占的份额为 23%)。预测显示, 许多在经济上高度依赖农业的地区, 农业产量都将受到显著的负面影响。

专栏 1 所有发展中国家（地区）均易于受气候变化影响——原因是多方面的

发展中国家普遍存在的问题是人力和财政资源有限、制度薄弱，这恰是导致它们的脆弱性的主要因素。但是其他由地理和历史原因产生的因素，作用也很显著。

撒哈拉以南非洲地区自然环境十分脆弱（2/3的面积为沙漠或干旱地区），并极易遭受干旱和洪水的侵袭，而根据预测，随着气候进一步变化，干旱和洪水将变得更加频繁。这一地区的经济体都高度依赖自然资源。生物质能占这些经济体国内一次能源供应的80%。早作农业贡献了约23%的GDP（不包括南非）并雇用了约70%的人口。基础设施不足，尽管资源丰富但储水能力有限，这可能阻碍为适应气候变化而做出的努力。长期使这一地区头号杀手的疟疾正在向曾经安全的纬度更高的地区蔓延。

东亚和太平洋地区易受气候变化影响的一个主要原因是大量的人口居住于沿海地区和地势低洼的岛屿上——中国有1.3亿多人，越南大约有4000万人，或者说超过全国人口一半以上的人住在这样的地区。第二个原因是收入和就业对农业的持续依赖，特别是较为贫穷的国家。随着土地、水和森林资源面临的压力增加——这是人口增长、城市化以及快速的工业化带来的环境恶化所致——气候变化幅度的增大以及极端天气事件的增多将使这些资源的管理变得更为复杂。在湄公河盆地，雨季的降水量将会增加，而旱季将延长两个月。第三个原因是该地区经济体高度依赖海洋资源——例如，仅在东南亚地区，管理良好的珊瑚礁价值就达130亿美元——

这些资源已经因工业污染、沿海开发、过度捕捞以及农药和肥料的溢流而面临很大压力。

东欧和亚洲中部地区易受气候变化影响的原因是苏联对环境管理不力的遗留影响以及该地区大部分基础设施的现状非常糟糕。例如：中亚地区气温不断升高，降水减少，将加剧南部咸海逐渐消失这一环境灾害（从海中引水以便在沙漠气候条件下种植棉花是造成这种灾害的原因），而干涸海床中的沙粒和盐分将被风吹到亚洲中部的冰川上，加剧因气温升高而引起的冰川融化。苏联时代和过渡时期遗留下来的粗制滥造、维护不善而又老化的基础设施和住房难以抵挡风暴、热浪和洪水。

拉丁美洲和加勒比海地区最至关重要的那些生态系统面临着威胁。第一，安第斯山脉的热带冰川预计将会消失，从而改变一些国家能够获得的水量的时间和强度，这一情况可能导致最早在2020年就将出现7700万人用水困难，并威胁到水力发电，而南美洲很多国家一半以上的电力供应依靠水力发电。第二，不断变暖和酸化的海洋将导致加勒比海中珊瑚礁变白的现象更为频繁，还有可能出现顶梢枯死。据估计，加勒比海为该盆地65%的鱼类提供孵化场地，是防止风暴潮侵害的天然屏障，同时，加勒比海还是重要的旅游资产。第三，墨西哥湾湿地遭受的破坏将使这里的沿海地区更易受到飓风的侵袭，并且飓风会变得更为剧烈和频繁。第四，亚马逊雨林的顶梢大量枯死以及大片退化为稀树草原，这将给该地区——甚至可能是

全世界的气候带来严重影响。

水是中东和北非地区最容易受气候变化影响的因素，该地区是世界上最干旱的地区，即使不考虑气候变化影响，预计到2050年这里的人均供水量也将减半。由于中东和北非地区近90%的淡水资源已经储存在水库中，因此该地区基本没有其他可供选择的良策来增加水的储备。水资源匮乏程度的加重加上气候变化幅度的增大将威胁到农业，而农业用水约占该地区用水的85%。另外，该地区的人口和经济活动聚集在易受洪水侵袭的沿海区域，同时，资源短缺还可能加剧社会和政治矛盾，这些问题都会使该地区更易受到气候变化的影响。

南亚由于所处的地理位置，加上贫困程度很高且人口密集，其自然资源基础已经颇为紧张并且已大幅恶化。气候变化可能会通过对雨季以及喜马拉雅山脉冰川融化的影响来对南亚的水资源产生影响。该地区年降水量的70%靠为期4个月的雨季提供。海平面的不断上升是这一地区令人迫切担忧的问题，因为这里拥有绵长且人口密集的海岸线、受到海水入侵威胁的用于耕种的平原，以及很多地势低洼的岛屿。如果发生更严重的气候变化，上升的海水将淹没马尔代夫群岛的大部分以及孟加拉国18%的土地。

出处：de la Torre, Fajnzylber, and Nash 2008; Fay, Block, and Ebinger 2010; 世界银行2007a; 世界银行2007c; 世界银行2008b; 世界银行2009b。

据估计，气候变化造成的损害其代价大部分——约为75%~80%——将由发展中国家承担。²⁶有几个因素可以解释这一点（专栏1）。发展中国家气候敏感型行业的生产尤其需要依赖生态系统服务和自然资源。这些国家的大部分人口居住在容易受灾的地区，

并且经济条件极不稳定。而且它们能够投入适应气候变化的资金和机构能力也是有限的。一些发展中国家的决策者已经注意到，他们用于发展的预算越来越多地被转到应对与天气有关的突发事件上。²⁷

即使气候变暖的幅度不大，高收

入国家也同样不能避免受其影响。实际上，较富裕的国家人均遭受的损害可能更高，因为其人口数量仅占世界人口的16%，却承担着气候变化给全球造成损失的20%~25%。但是雄厚的财力使这些国家能够更好地应对这些影响。气候变化虽然会同时给所有国家都带来严重损害——但是它会加深发达国家和发展中国家间的鸿沟。

增长是提高适应能力的必要途径，但不是充分途径。减贫需要经济增长，经济增长是提高贫穷国家应对气候变化能力的关键。但是，仅靠经济增长并不能解决气候变化问题。经济增长的速度不太可能快到能够帮助贫穷国家解决气候变化问题，经济增长本身反而可能会使贫穷国家面对气候灾害时更加脆弱（专栏2）。增长通常也不够公平，不能确保最贫穷、最脆弱的群体得到庇护，同时也无法确保关键机构恪尽其职。并且，如果是碳密集型方式的增长，则将导致气候的进一步变暖。

但发展低碳模式并不是就一定要放慢经济增长：很多环保法规出台前，总会有人发出关于大规模失业和行业崩溃的警告，而这些警告很少应验。²⁸然而毋庸置疑的是，转型的成本是可观的，这些成本主要体现在发展低碳技术和能源、交通、住房、城市化和农村发展的基础设施。两种常见的论点是，贫穷国家有其他更紧急的方面需要投资，因此转型代价是无法接受的，或者说，不能为了后代，而且可能是更富裕的后代，而牺牲今天贫穷者的福利。这些考量不无道理。但是，采取全面积极的行动应对气候变化，是有坚实的经济依据的。

气候变化经济学理论——降低气候风险的费用是可以承受的

无论选择何种政策，气候变化的

专栏2 经济增长——必要，但不足够

富裕国家有更多的资源应对气候影响，其受过良好教育和更健康的人口自身适应能力也更强。但是经济增长的过程可能会加剧面对气候变化时的脆弱程度，比如，在北京周边的干旱省份，农业、工业、消费用水不断增加，水资源不断减少；再如，为发展旅游业和建造养虾场，印度尼西亚、马达加斯加、泰国和美国墨西哥湾海岸把具有保护作用的红树林砍伐殆尽。

低收入国家的经济增速不可能快到担负得起与富裕国家相当的保护措施。孟加拉国和荷兰是受海平面上升威胁最大的两个国家。孟加拉国已在尽其所能提高应对灾害的能力，该国利用国内外专业技术，建立了极其有效的、以社区为基础

的台风早期预警系统以及洪水预报与应对系统。但是受资源所限——其年均人均收入仅为450美元，可能的一些应对方案并不能一一实现。与此同时，荷兰政府正计划在下个世纪为每个荷兰公民每年投资100美元，以应对气候变化的挑战。但即使是荷兰，其人均收入百倍于孟加拉国人，也无力承担持续保护所有地方的费用，因此已经开始选择性地迁移低洼地区的人口。

出处：Barbier 和 Sathirathai 2004；Delta-commissie 2008；孟加拉国政府 2008 年；Guan 和 Hubacek 2008 年；Karim 和 Mimura 2008 年；Shalizi 2006；and Xia 等 2007。

成本都是高昂的。减排上少投入就意味着适应时多投入，并要承担更大的损害：行动的成本必须与不行动的成本相比较。不过，如第1章中所讨论的那样，这一比较是复杂的，因为将来可用的技术（及其成本）、社会和生态系统的适应能力（及相关花费）、更高的温室气体浓度会造成的损害程度以及灾难性影响发生的极限或临界点温度（参见《焦点科学》）都有着极大的不确定性。这一比较的复杂之处还在于时间分布问题（一代人实现的减排将惠及后来的数代人）和空间分布问题（一些地区更易于受气候变化影响，因此更有可能支持大刀阔斧的全球减排行动）。另外，导致更为复杂的因素还有如何计算生命损失、生计以及生物多样性和生态系统服务等非市场性服务的价值的问题。

经济学家通过通常的成本效益分析试图确定最优化的气候政策。但是，如专栏3所述，分析结果会因对于其他不确定性的推测以及气候变化影响

在时间和空间上分布和计量标准的选择而不同。(技术乐观主义者认为气候变化的影响相对温和,而且是随时间推移而逐渐发生,因此严重低估将来会发生的情况,因而主张当前采取温和的行动。而技术悲观主义者的看法则恰好相反。)因此,经济学家继续对经济最优或社会最优的碳轨迹见仁见智。不过,也有一些共识正在达成。

在主要模型中,分析结果认为升温幅度稳定在 2.5°C 的收益大于成本

(并非一定要稳定在 2°C)。²⁹ 所有模型的结论均认为“一切照旧”(即不采取任何减排措施)将会带来灾难性后果。主张以更循序渐进的方式降低排放量的人认为最优方案,即耗费总成本(指影响一切照旧减排成本的总和)最低的目标,升温可以远远高于 3°C。³⁰ 不过,他们确实发现将升温幅度控制在 2°C 左右产生的增量成本并不大:不到国内生产总值的 0.5% (专栏 3)。换言之,在总成本方面,将温度升幅控

专栏 3 “气候保险”的成本

霍夫(Hof)、丹·艾尔赞(den Elzen)和凡·弗仁(van Vuuren)探讨了最优气候目标针对时间、气候敏感性(二氧化碳浓度较前工业化时期水平提高一倍所导致的变暖幅度)、减排成本、可能的损害和贴现率等预测值的敏感性。为此,他们采用了综合评价模型(FAIR),并按照文献中的范围设置模型参数,这些文献主要来自两个著名经济学家:主张尽早采取激进措施的尼古拉斯·斯特恩(Nicholas Stern)和支持渐进方式的威廉姆·诺德豪斯(William Nordhaus)。

毫无意外,模型中不同的假设产生了完全不同的最优目标。(最优目标是指对未来全球消费的现值造成最小损失的温室气体浓度或大气气温。)³¹“斯特恩假设”(包括相对较高的气候敏感性和气候损害、较长的时间范围以及较低的贴现率和减排成本)得出二氧化碳当量浓度最佳峰值为 540ppm。“诺德豪斯假设”(假设为较低的气候敏感性和气候损害、较短的时间范围和较高的贴现率)得出的最佳峰值为 750ppm。两种假设的气候损失函数都内含了适应成本。

在“斯特恩假设”和“诺德豪斯假设”中,将二氧化碳当量浓度稳定在 500ppm~800ppm 范围内所需的最低成本如图所示(表现为根据模型计算的消费现值与预计全球气候未发生变化时的

消费现值之差)。图中一个鲜明的要点是,在很宽的二氧化碳当量峰值范围内,消费损失曲线相对平滑。在“诺德豪斯假设”中,从 750ppm~550ppm,消费损失相对较低(0.3%)。结果表明,减排到 550ppm 的防范成本不高。在“斯特恩假设”中,550ppm 目标下的未来全球消费的现值比 750ppm 目标下的未来全球消费的现值优于 0.5%。

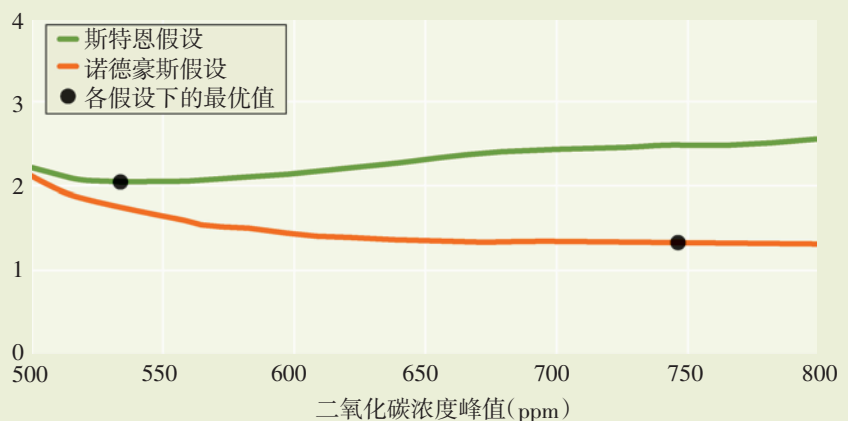
为降低全球变暖所引起灾难性后果的风险,就要选择较低的浓度峰值为目

标。从这一角度看,由较高二氧化碳当量浓度峰值目标转到较低目标的成本,可以看做是气候保险的成本,即世界为降低灾难风险而牺牲的福利。霍夫、丹·艾尔赞和凡·弗仁的分析显示,在对气候系统和气候变化减缓成本相当宽泛的假设范围内,气候保险的成本并不高。

出处: Hof, den Elzen 和 van Vuuren 2008。

权衡减排得失: 与全球不变暖相比,在不同的二氧化碳浓度峰值下消费的下净额

消费净现值的削减(%)



出处: 摘自 Hof, den Elzen, and van Vuuren 2008, 图 10。

注: 曲线表示在二氧化碳浓度峰值目标作用下,若气候保持稳定,消费现值将下降的百分比。“斯特恩假设”和“诺德豪斯假设”指文中所介绍模型的主要参数值的选择。圆点表示每种假设下的最优值,即由减排成本与气候变化带来的损害综合计算得出的,将全球消费损失降至最低的温室气体浓度。

制在 2°C 的方案比最经济、最保守的方案不会高太多。原因何在？部分原因是，压缩减排行动省下的费用大部分由应对更严重影响的额外支出或更高的适应支出所抵消。³¹ 还有一部分原因是激进行动与温和行动之间的真正差异在于未来发生的成本，而渐进主义者严重低估了未来成本。

由于气候变化可引起的潜在损失具有极大不确定性，并有发生灾难性风险的可能，我们有足够理由更早地采取更有力的行动，而不是像简单的成本—效益分析中建议的那样做。这种增量成本可以看做是一笔保险费，目的在于将气候变化保持在科学家认为较安全的范围内。³² 将不到 0.5% 的国内生产总值用作“气候保险”是一个很容易为社会所接受的提议：目前全世界用于保险的支出占全球国内生产总值的 3%。³³

但是，除了“气候保险”问题，还要考虑因而产生的减排成本，以及相应的融资问题。总体来看，预计发展中国家的减排成本到 2030 年时将在每年 1 400 亿美元和 1 750 亿美元之间。这是与“一切照旧”情况对比的增量成本（表 1）。

然而融资需求可能会更高，因为使用可再生能源与提高能效节省的经营成本需要较长时间才能体现出来。例如，据麦肯锡公司（McKinsey）预计，虽然 2030 年时的增量成本可能只有 1 750 亿美元，但所需的前期投资可能要比“一切照旧”的投资需求高出 5 630 亿美元。麦肯锡公司还指出，这相当于在“一切照旧”投资的基础上增加 3 个百分点，这一增额应该在全球金融市场的融资能力范围之内。³⁴

但是，资金历来是发展中国家的一项制约因素，由此导致基础设施投资不足，并倾向于先期投入较低的能源方案——即使这种能源方案的总成本

更高。因此，当务之急是找到合适的融资机制。

长远看呢？随着时间的推移，减排成本将因人口和能源需求的不断增长而增加——但是收入同样也将增长。因此，预计 2100 年的全球减排成本现值将仍然远远低于全球 GDP 的 1%，介于 0.3%~0.7% 之间（表 2）。

表 1 升温控制在 2°C 的减排增量成本及相关的融资需求：2030 年前发展中国家的需要

2005 年不变价值(美元)

模型	减排成本	融资需求
IEA ETP		565
麦肯锡	175	563
MESSAGE		264
MiniCAM	139	
REMIND		384

出处：IEA ETP；IEA 2008c；McKinsey；McKinsey & Company 2009 以及由 McKinsey（J. Dinkel）所提供用于 2030 年的其他数据，使用 1 欧元兑 1.25 美元的汇率换算；MESSAGE；IIASA 2009 以及由 V. Krey 提供的其他数据；MiniCAM；Edmonds and others 2008 以及由 J. Edmonds 和 L. Clarke 提供的其他数据；REMIND；Knopf and others，待出版，以及由 B. Knopf 提供的其他数据。

注：相对于“一切照旧”的基线，减排成本和相关的融资需求都是增量。根据估计，如果温室气体稳定在 450 ppm 二氧化碳当量，将有 40%~50% 的机会将全球到 2100 年的温度升幅控制在 2°C 以内（Schaeffer and others 2008；Hare and Meinshausen 2006）。IEA ETP 是国际能源署开发的模型，McKinsey 是麦肯锡公司开发的专有方法；MESSAGE、MiniCAM 和 REMIND 分别是国际应用系统分析研究所（International Institute for Applied Systems Analysis）、西北太平洋实验室（Pacific Northwest Laboratory）和波茨坦气候影响研究所（Potsdam Institute for Climate Impact Research）的同行评审模型。McKinsey 模型包含了所有行业，而其他模型只包含能源部门的减排工作。MiniCAM 称，2035 年的减排成本以 2000 年的不变美元价值计算将达到 1 680 亿美元；该数值已使用内插法推算至 2030 年并已转换为以 2005 年的不变美元价值计算。

表 2 从长远来看，将花费多大的成本？到 2100 年的减排成本现值

模型	在 450ppm 二氧化碳当量的情况下，到 2100 年的减排成本现值 (占 GDP 的百分比/%)	
	全球	发展中国家
DICE	0.7	
FAIR	0.6	
MESSAGE	0.3	0.5
MiniCAM	0.7	1.2
PAGE	0.4	0.9
REMIND	0.4	

出处：DICE；Nordhaus 2008（从表 5.3 和图 5.3 中估算得出）；FAIR；Hof, den Elzen, and van Vuuren 2008；MESSAGE；IIASA 2009；MiniCAM；Edmonds and others 2008 及个人交流；PAGE；Hope 2009 及个人交流；REMIND；Knopf and others，待出版。

注：DICE、FAIR、MESSAGE、MiniCAM、PAGE 和 REMIND 都为同行评审模型。根据估计，如果温室气体稳定在 450 ppm 二氧化碳当量，将有 40%~50% 的机会将全球到 2100 年的温度升幅控制在 2°C 以内（Schaeffer and others 2008；Hare and Meinshausen 2006）。FAIR 模型的减排费用是在低设置情况下得出（参见 Hof, den Elzen and van Vuuren 2008 表 3）。

然而，发展中国家的减排成本占其 GDP 份额将相对较高，介于 0.5%~1.2% 之间。

目前关于适应所需投资的预计要少得多，而在已有的预计之间进行比较又有困难。有些预计只关注了防御气候影响的外国援助项目成本，有些则只涉及某些特定的领域，着眼于国家整体需要的预计寥寥无几（第 6 章）。世界银行近期一份相关研究显示，仅发展中国家每年所需的投资就可能在 750 亿~1 000 亿美元之间。³⁵

立即行动、共同行动、以创新的方式行动，“气候智能型”社会离我们并不遥远

即便降低气候风险的增量成本不大、投资需求也远未达到无法承担的

程度，但是将气温升幅控制在比前工业化时期水平高 2°C 左右仍是极高的目标。到 2050 年，排放量需要比 1990 年的水平降低一半；而到 2100 年，需要实现零排放或负排放（图 5）。这需要我们立即采取行动，并付出巨大努力：在未来 20 年内，按照现行的发展模式，全球必须减少的排放量相当于目前高收入国家的总排放量。此外，即使升温幅度为 2°C，也将需要付出高昂的适应成本——升温改变人们准备应对的风险类型、住所、食物以及农业生态和城市的设计、发展和管理系统。³⁶

因此，适应的挑战与减排挑战同样重大。但本报告认为，这些挑战可以通过推行“气候智能型”政策，通过立即行动、共同（或全球）行动和创新行动来解决。立即行动，因为气候和社会经济系统的影响有很强的滞后效应；共同行动，目的是降低成本，保护最脆弱的群体；创新行动，因为“气候智能型”社会要求我们转变能源、食物生产和风险管理系统。

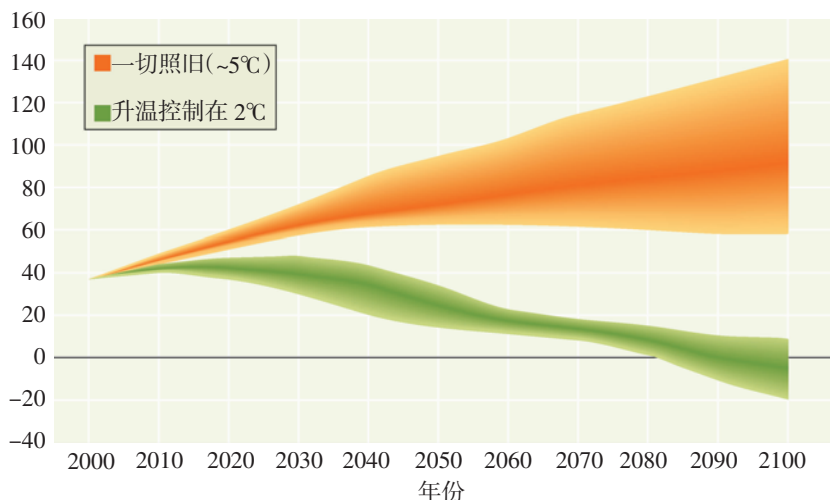
立即行动——滞后效应意味着现在行动与否决定未来的选择

气候系统表现出巨大的滞后效应（图 6）。排放量降低不会很快改变二氧化碳的浓度：大气中的二氧化碳已经存在了几十年到几百年，因此排放量的降低需要持续较长时间才能对浓度产生影响。二氧化碳浓度对气温的作用具有滞后性：浓度稳定下来以后，气温上升仍将持续几个世纪。气温下降对海平面的作用具有滞后性：气温上升引起的海洋热膨胀将持续 1 000 年或更长，而融冰导致的海平面上升则可能持续数千年。³⁷

因此，气候系统的这种内在特性决定了当今的努力能替代多少未来的减排工作。例如，使气温升幅稳定在

图 5 未来前景如何？有两个选择摆在我们面前：一切照旧还是积极减排

预计每年全球总排放量(10 亿吨二氧化碳当量)



出处：Clarke and others，待出版。

注：上方的彩色区域所示为各种模型（GTEM、IMAGE、MESSAGE、MiniCAM）对“一切照旧”情况下的排放量而计算得出的估计值范围。下方的彩色区域所示为能够形成 450 ppm 二氧化碳当量浓度的轨迹（有 50% 的机会将全球温度升幅控制在 2°C 以内）。温室气体排放量中包括二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）和一氧化二氮（N₂O）。负排放（温度升幅控制在 2°C 以内最终要求达到此目标）是指每年的碳排放速度低于自然过程（如植物生长）和人工过程（如生物燃料生长时及燃烧时将二氧化碳固定到地下）吸收和封存的速度。GTEM、IMAGE、MESSAGE 和 MiniCAM 是澳大利亚农业和资源经济局（Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics）、荷兰环境评估局（Netherlands Environmental Assessment Agency）、国际应用系统分析研究所（International Institute of Applied Systems Analysis）以及西北太平洋国家实验室（Pacific Northwest National Laboratory）开发的综合评价模型。

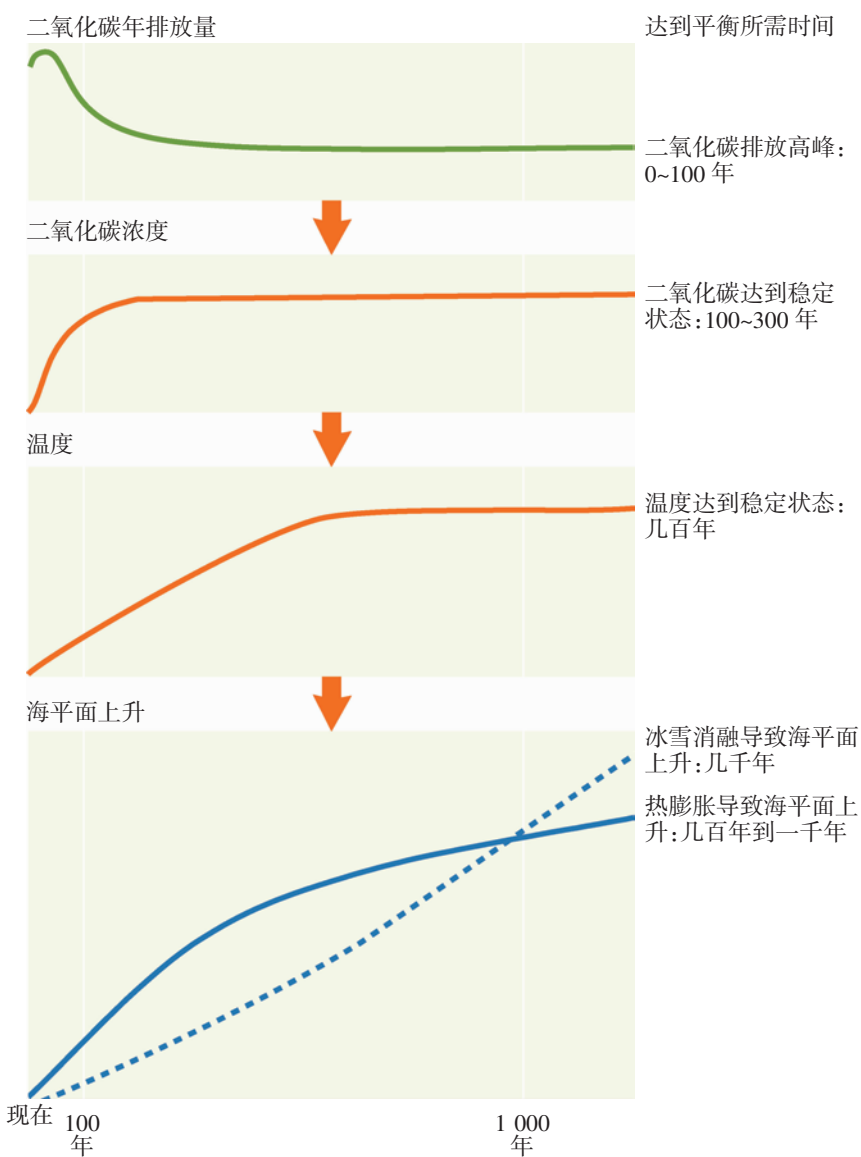
接近 2°C（约 450ppm 二氧化碳当量）将需要全球排放量立即开始以每年 1.5% 的速度减少。如果拖延 5 年将必须采取更快的减排速度。如果拖延更长时间，则将无法达标：如果拖延 10 年时间，很可能导致无法再将气温升幅控制在 2°C 以内。³⁸

现有环境也存在滞后效应，温室减排和适应措施的设计都受此掣肘。基础设施投资往往是一定时间内一次性投入大量资金，并非均匀分布。³⁹而且基础设施的使用期限也长：工厂和发电厂达 15~40 年，公路、铁路及输电网络达 40~75 年。对土地利用和城市形态（城市的结构和密度）所作决策的影响可能持续一个世纪以上。能长期使用的基础设施引发了相关的投资（低密度城市发展汽车、有输气管道的拥有燃气供热和发电能力），因此各地经济形态都受到生活方式和能耗模式的约束。

不过有形资产造成的滞后效应与气候系统的滞后效应并无可比性：有形资本只是对成本有很大影响，但并不会影响到实现特定的减排目标的可行性。从高碳资产向低碳资产转型的时机在时间上分布并不均衡。⁴⁰预计中国在 2000—2015 年间，建筑量会增长一倍。在未来 25 年内，全世界计划兴建的火电发电站数量极为庞大，这些发电站运行期内的二氧化碳排放量相当于进入工业时代以来所有燃煤活动所排放二氧化碳的总和。⁴¹只有离封存地点足够近的设施才可进行改造以用于碳捕获和封存（如果到时有这样能投入商业应用的技术：参见第 4 章和第 7 章）。如果在气候变化的影响下，被迫在运行期结束之前关停这些发电站，其代价将极为高昂。

研发（R&D）和新技术推广中也存在着滞后效应。从历史经验来看，新能源需要 50 年的时间才能发挥出一

图 6 气候影响历时长久：气温和海平面随二氧化碳浓度的升高而上升



出处：世界发展报告团队根据政府间气候变化专门委员会（IPCC）2001 年提供的数据得出。
注：程式化图表；各图中的量级仅作演示说明之用，并非确数。

半的潜力。⁴²研发方面现需大量投资，以确保新技术的开发并使其在短期内快速进入市场。这项投资每年需要额外投入 1 000 亿~7 000 亿美元。⁴³此外，交通、建筑、水资源管理、城市设计以及其他许多行业也都需要创新，这些行业能够影响气候变化，反之也受气候变化的影响——因此，创新也是适应过程中的关键一环。

个人和组织机构的行为也存在滞后效应。尽管气候变化引起了公众更

多的关注，但行为仍未见显著改善。现有的一些节能技术不仅有效，而且不需额外花费，却未被广泛采用。对可再生能源的研发存在投资不足的情况。农民倾向于超量灌溉，由于能源是水供应和处理中的一大投入要素，这将转而影响到能源的使用。灾害频生的区域仍在大兴土木，基础设施的设计依旧参照过去的气候条件进行。⁴⁴改变个人行为和组织机构的目标与标准行之不易，往往还进展缓慢，不过还是有成功的先例（第8章）。

共同行动，实现公平与效率

要想有效地应对气候变化以及降低减排成本，就必须共同行动。⁴⁵适应气候变化也需要共同行动，特别是要改善风险管理，建立社会保障制度，才能保护最脆弱人群。

控制成本，公平分配。能否经济有效地减排决定了减排是否可行。前文中已经提到过减排成本的评估，在评估时，建模人员假设，无论何时何地，只要减排成本最低，就进行减排。无论何地是指任何国家或行业，都要抓住时机，力求采用低能耗、低成本的减排方案。无论何时则指对新设备、基础设施或农林项目进行及时投资，尽可能降低成本，防止经济陷入高碳困境，因为一旦陷入其中，转型成本将极为高昂。对“无论何时何地”规则的执行如有懈怠——在现实世界中，执行不力难以避免，尤其是在缺乏全球碳定价机制的情况下——将极大地增加减排成本。

全球一起进行减排工作益处良多——在这一点上，分析家们意见完全一致。如果有某些国家不减排，则其他国家就必须接受成本更高的减排方案来达成既定的全球性目标。例如，有估计表明，美国的温室气体排放量占全球总量的20%，但美国拒绝加入

《京都议定书》使得实现原定目标的成本上升了60%。⁴⁶

根据公平与效率原则，应当开发金融工具，以区别减排的实施方与资助方。否则，发展中国家中的艰巨减排任务（到2030年，其减排量将占减排总量的65%~70%，减排投资将占全球总量的45%~70%）⁴⁷将难以彻底完成，从而大幅增加达成既定目标的成本。假设在极端情况下，如果因资金缺乏而导致发展中国家的减排工作完全推迟至2020年，届时要想将气候变化稳定在2℃左右，其成本可能是现在的两倍以上。⁴⁸下个世纪的减排成本预计将高达4万亿~25万亿美元，⁴⁹鉴于拖延减排工作将带来如此严重的损失，因此对于高收入国家而言，承担减少气候变化危险的责任，为发展中国家的尽早行动提供资金，其中的经济利益显而易见。⁵⁰总而言之，如果碳融资机制、资金调拨以及价格信号机制运转良好，将大幅降低减排的总体成本，从而更接近“无论何时何地”减排的结果。

改善风险管理，保护贫困人群。在许多地方，以前并不常见的风险如今变得日益普遍：如非洲的洪灾，以及南大西洋有史以来记录的第一次飓风（在2004年袭击了巴西）。⁵¹在变化无常的气候环境中，通过以社区为基础的预警系统、气候监控、更安全的基础设施、加强并强制实施区划和建筑规范以及其他措施来降低灾害风险的重要性与日俱增。金融和体制创新也可减少健康和民生方面的风险。这固然是各国内政，但如果国际社会能提供资金支持并分享好的经验，各国就能做得更好。

正如第2章中所述，积极降低风险还不足够，因为总有残余风险，所以必须通过完善的准备和响应机制来应对。这意味着，发展方式可能需要

变革，要对气候和天气风险给予更多关注。国际合作在这方面会有所帮助，例如，通过共同努力收集更多气候信息并广泛传播（第7章），通过分享最佳做法来应对变化无常的气候。⁵²

保险是另外一种可用于管理残余风险的工具，虽然保险也有其局限性。气候风险呈增长趋势，往往会同时影响整个区域或大量人群，因此气候保险存在困难。即使有保险，个人、社区和私营部门很难完全承担巨大灾害（如大面积洪涝或严重旱灾）造成的损失。在气候更加动荡的条件下，政府会逐渐成为最终承保人，因为政府有责任支持灾后恢复和重建。这就需要政府在危机时期保护自身的流动性，特别是那些比较穷困的小国，其没有雄厚的财力应对气候变化，例如“伊万”飓风在格林纳达造成的损失高达该国GDP的两倍。⁵³如果有资金及时到位，灾后恢复和重建工作就可以立即开始，从而减少灾害对发展的破坏性影响。

跨国金融工具和再保险可助一臂之力。加勒比巨灾风险保险基金（Caribbean Catastrophe Risk Insurance Facility）将风险分摊至16个加勒比国家，如发生破坏性飓风和地震，可利用再保险市场迅速向政府提供流动资金。⁵⁴这种基金可能需要国际社会给予支持。一般而言，在确保发展中国家遭受冲击时能够及时获取所需资源这方面，无论通过何种方式（捐助上述基金或直接提供应急资金），高收入国家均扮演着关键角色。

风险管理架构包括很多方面，保险和紧急援助仅仅是其中两个方面。在帮助人们应对日益频繁的民生威胁方面，社会政策将扮演越来越重要的角色。社会政策可降低经济和社会的脆弱性并增强对气候变化的适应能力。健康、受过良好教育且能够享受社会

专栏4 保障体系——增加收入，降低受气候变化影响的脆弱性

孟加拉国历来就饱受龙卷风和洪灾之苦，而这些灾害将来可能会来得更加频繁、更加严重。为应对气候变化的影响，该国建立了可灵活调整的保障体系，其中最好的几个范例包括弱势群体供餐计划、以工代赈计划和就业保障计划。

弱势群体供餐计划时刻都在运转，受惠家庭通常超过200万户。其计划设计就是当危机出现时能扩大救济面：2008年龙卷风过后，该计划的救济面扩大至1000万户家庭。救济对象的选择确定由基层地方政府负责，由基层行政人员进行监控，工作开展得卓有成效。

以工代赈计划通常在农业淡季运行，遇到突发事件时则会应急启动。该计划的运行同样是与地方政府协作进行，不过管理工作是委托给全国各地的非政府组织。在工作场地出现的工人一般都会分配工作，但工作岗位往往供不应求，因此会通过轮岗方式进行分派。

就业保障计划会向无其他收入来源，也无法获取其他安全保障体

系援助的人群提供最多100天的工作机会，其工资与淡季时的农业收入挂钩。该保障计划的原则是确保让需要帮助的人获得就业机会。如果没有工作提供，申请人也可以获得40天的全额工资和60天的半额工资。

从孟加拉国的这些计划以及印度和其他国家的例子中，可以借鉴很多经验。快速响应机制需要资金及时到位、挑选援助对象的标准以确定需要帮助的人群（长期贫困还是临时需要帮助）以及在危机发生之前制定援助程序。可提前选择一批可以随时开工的项目，这些项目最好是有助于提高对气候的抵御能力，例如蓄水池、灌溉系统、更新造林、筑堤等，堤坝在低洼区域还可兼作道路之用。印度和孟加拉国的经验还表明，公共工程以及设备和物资的选择、设计和实施需要有专业指导（工程师）。

出处：由Qaiser Khan提供。

保障的民众可以更好地应对气候冲击和气候变化。已有社会保障政策的国家需予以强化，还没有的国家则应建立此类政策，其设计应保证能在受到冲击后迅速扩大规模。⁵⁵在还没有的国家建立社会保障体系至关重要，孟加拉国的例子表明，即使是在非常贫穷的国家也可建立社会保障体系（专栏4）。开发机构需要将社会保障体系的成功模式推广到其他地区，并根据不断变化的气候所产生的需求做出调整。

确保所有国家有充足的粮食和水资源。气候变化和人口压力两种因素结合起来给水资源和粮食安全带来了

重重挑战，虽然农业生产率和用水效率有所提高，但国际行动对于水资源和粮食安全问题仍然至关重要。全世界 1/5 的可再生淡水资源都由多国共享。⁵⁶ 其中包括 261 条越境河流，这些江河流域居住着全世界 40% 的人口并由 150 多项国际条约进行管理，有些条约的签约方并未涵盖沿岸所有国家。⁵⁷ 如果各国想更有效地管理这些资源，就要通过建立新的国际条约或修正现有条约来加强国际合作。由于难以预料的变化越来越多，水资源分配系统需要进行改进，只有沿岸所有国家都参与进来并承担水道管理的责任，这种国际合作才能真正有效。

同样，很多依赖粮食进口的国家干旱情况加剧，随着极端事件的增多，收入与人口的增长，粮食进口的需求会越来越大。⁵⁸ 但全球粮食市场的情况却不容乐观，只有少量国家出口粮食。⁵⁹ 因此，供需的微小变化可能会对价格产生很大影响。这样，市场影响力薄弱的小国家可能很难保证稳定

可靠的粮食进口来源。

要确保所有国家有足够的水资源和粮食，就必须改善贸易体系，使价格不易出现大幅波动。通过减少贸易壁垒帮助发展中国家进入市场、使运输不易受气候影响（例如，增加全年运行的公路）、改进采购方式以及就气候和市场指数提供更全面的信息，所有这些措施都可提高粮食贸易效率，并防止粮食价格出现大幅波动。增加主要谷物和食品的战略储备，采用风险对冲工具，也是防止价格暴涨的手段。⁶⁰

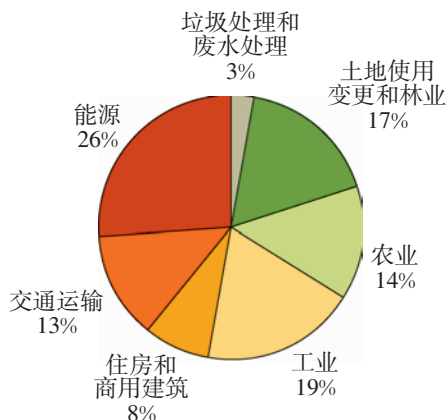
行动创新——实现能源、粮食生产方式和决策系统转型

为实现减排目标，我们需要变革能源系统以及农业、土地利用和森林的管理方式（图 7），增加应对气候变化的适应措施。不管是作物选择还是水电站兴建数量，所作决策不能只是针对过去的气候进行优化调整，而应能够适应我们在将来可能面对的气候形势变化。

引发真正的能源革命。能否在不影响经济增长的情况下大幅地、快速地减少排放量？多数模型的答案都是肯定的，但其实现却很困难（参见第 4 章）。大幅提高能源效率、加强能源需求管理以及广泛应用现有的低排量电力资源，可以完成将全球温度变化控制在 2℃ 所需的减排量的一半（图 8）。许多措施还有可观的协同效益，却受到难以逾越的体制和资金局限，而无法实行。

如果能够广泛应用，现有的技术和实践方案确实能为我们争取到时间。要实现这一点，合理的能源定价非常重要。削减能源补贴和提高燃油税会有政治阻力，但最近石油和天然气价格的涨落却为我们提供了良好时机。事实上，欧洲国家正是利用 1974 年的

图 7 全球二氧化碳当量排放量（按部门统计）：能源部门是主要排放源，农业和林业也占相当分量



出处：IPCC 2007a，图 2.1。

注：以二氧化碳当量计算的 2004 年人为温室气体排放量（参见图 1 了解二氧化碳当量的定义）。与土地利用和土地变更（如农用肥料、畜牧业、毁林和烧荒）相关的排放量约占温室气体总排放量的 30%。森林和其他植被以及土壤吸收的碳是碳汇的重要组成部分，因此改善土地利用的管理对减少向大气中排放温室气体至关重要。

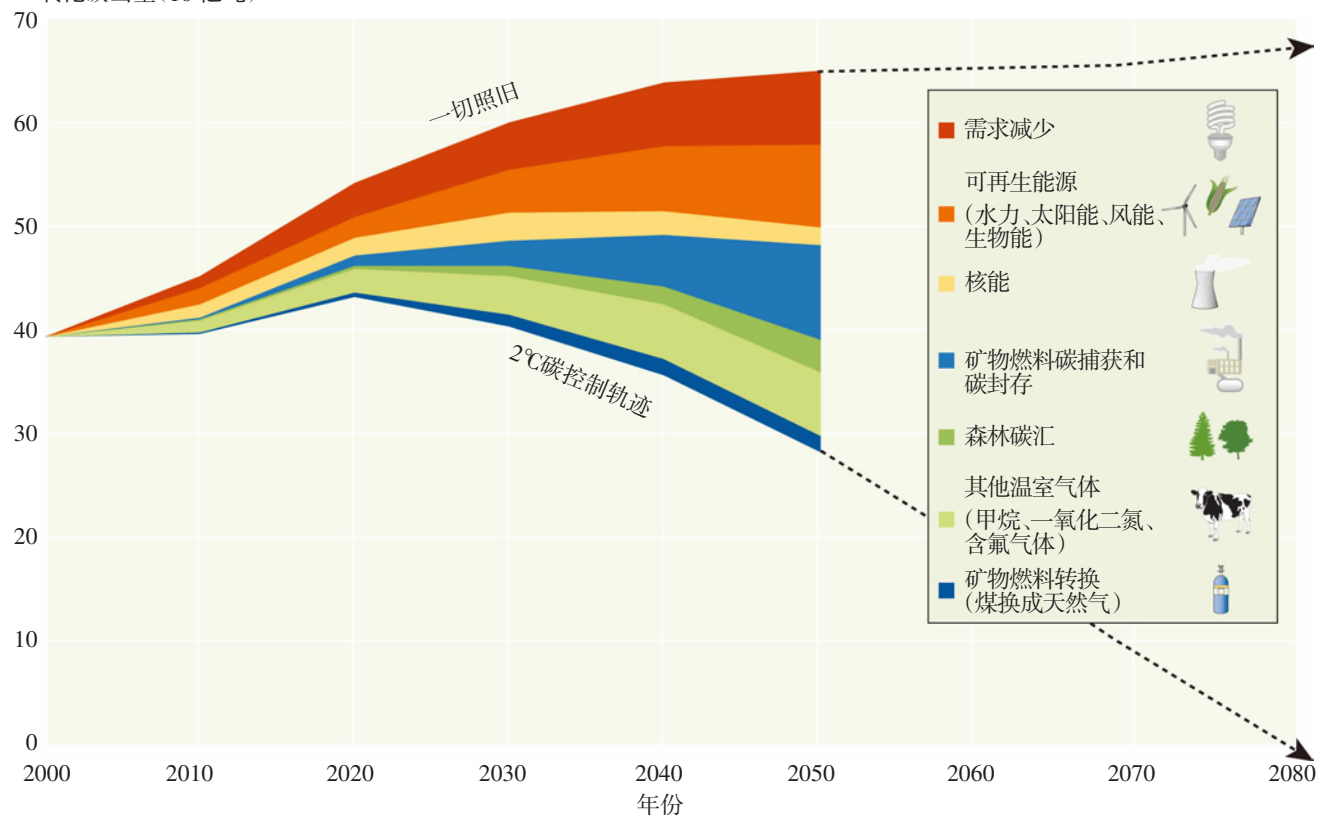
石油危机引入了高燃油税。如果欧洲的油价接近美国的水平，汽油需求量很可能会翻番。⁶¹ 同样，欧洲的电价是美国电价的两倍，因此欧洲的人均用电量仅为美国的一半。⁶² 价格有助于解释为何欧洲人均排放量（10 吨二氧化碳当量）比美国（23 吨）低一半还多。⁶³ 2007 年，全球发展中国家的能源补贴约为 3 100 亿美元，⁶⁴ 更多的高收入人群从中受益。合理调整能源补贴，让贫困人群受益，倡导可持续的能源和交通发展，可以降低全球二氧化碳排放量并产生许多其他效益。

然而价格只是推动节能的一种工具，节能议程还受市场失灵、交易成本过高以及资金限制的影响。因此还需要规范、监管改革以及经济激励措施，这些方法不但必要，而且具有成本效益。能效标准和标识计划的成本

约为 1.5 美分/千瓦时，远低于任何供电方案，⁶⁵ 同时，工业能效目标还可激励创新和提高竞争力。⁶⁶ 要提高家庭、商用建筑和工业的能效，公用事业是最有效的实施渠道，因此，应为公用事业建立节能激励机制。其实现方法为：使公用事业的利润与销售总额脱离，转而建立利润与节能成效的正向关联。这种方法来源于加利福尼亚州一个极好的节能方案；采用该方案已成为美国各州从 2009 年财政刺激方案中获得联邦节能专项拨款的一项必要条件。

在可再生能源方面，如果监管框架能够保证独立发电商得到公正、公开的电力入网渠道，能够签署长期电力购买协议，就会吸引投资者。实际操作方式有多种：如在德国和西班牙，强制以固定价格购买可再生能源（称

图 8 要将世界温度升幅控制在 2°C 以内，并没有点石成金的妙方，而是需要全面调动现有的措施和先进技术
二氧化碳当量(10 亿吨)



出处：世界发展报告团队根据 IIASA 2009 提供的数据得出。

为“标杆电价”)；而在美国的多个州，规定可再生能源必须占到能源的一定份额。⁶⁷ 很重要的一点是，可再生能源需求的预计增长会降低其生产成本，所有国家都可从中受益。事实上，经验表明，需求的预期对推动价格下降的影响可能比技术创新更大(图9)。

然而新技术同样不可或缺。本报告讨论的每种能源模式都表明，仅仅通过节能和广泛应用现有技术无法将全球升温控制在2℃以内。新技术起到很重要的作用，如碳捕获和碳封存、第二代生物燃料和太阳能光伏技术。

大多数新技术的应用还不成熟。正在进行的碳捕获和碳封存示范项目，目前每年只能封存约400万吨二氧化碳。⁶⁸ 要充分证明此技术在其他地区和环境中的可行性，需要兴建约30家标准规模的工厂，总成本为750亿~1000亿美元。⁶⁹ 要将温度升幅控制在2℃以内，需要在2020年之前拥有每年封存10亿吨二氧化碳的能力。

生物燃料研究也需要投资。扩大第一代生物燃料的生产规模将导致天然森林和草地大片流失，侵占生产粮食的耕地。⁷⁰ 依赖于非粮食作物的第二代生物燃料，可以使用贫瘠土地，因此可减少占用农业用地。但是第二代生物燃料还是可能会导致牧场和草

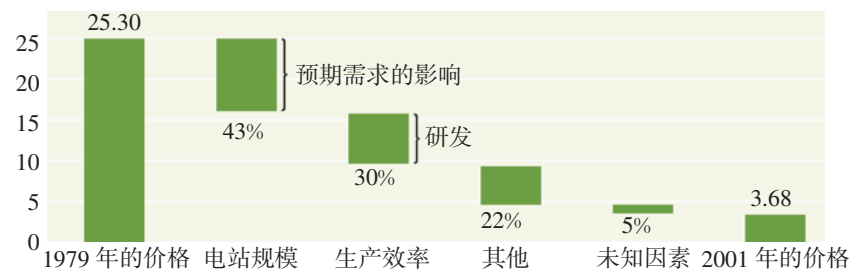
原生态系统遭受破坏，并且占用更多水资源。⁷¹

气候智能技术要想有所突破，还需对研发、示范和应用增加更多投入。如前文提到的，不论是与预计的需求相比，还是与创新行业的投资相比，全球每年用于能源研发的公共和私人资金都相当有限。投资有限导致进展缓慢，可再生能源方面的专利仍然只占全部专利的0.4%。⁷² 此外，发展中国家要能够获取这些技术，一方面需要发展中国家提高自身甄别和适应新技术的能力；另一方面要加强国际间的技术转让机制(参见第7章)。

改变土地和水资源管理方式，平衡各方需求。到2050年，世界将需要养活新增的30亿人口，并应对更富裕人群的饮食需求变化(富裕人群消费更多肉类产品，这是一种消耗更多资源的获取蛋白质方式)。而这一切必须在频频发生风暴、干旱和洪灾的严峻气候形势下实现。同时，农业也必须实施减排，因为农业每年造成的毁林量占总毁林量的一半，并直接产生占总排放量14%的二氧化碳。生态系统已经因环境污染、人口压力和过度使用而受损，但是还要面对气候变化的威胁。在更为严峻的气候形势下，既要减少温室气体的排放量，还要生产更多粮食以及更好地保护环境，这项任务极为艰巨。要完成这一使命，就需要对农业、森林和其他生态系统、城市以及能源在土地和水资源方面的竞争性需求进行平衡。

为此，应提高农业生产率，每一滴水、每一公顷土地都应有更高的产出，但要避免像当前的集约化农业一样增加环境成本。而且，社会也必须为保护生态系统付出更多努力。为避免农作物占用更多的土地并扩张至“无人管理”的土地和森林，农业生产率可能需要每年提高1.8%，没有气候

图9 高预期需求推动成本降低，太阳能光伏凭借大规模生产降低成本
各因素对成本降低的影响(美元/瓦特)



出处：取自 Nemet 2006。

注：柱状图所示为1979—2001年之间太阳能光伏发电站的成本降低情况，其影响因素包括电站规模(由预期需求决定)和提高效率(由研发所得创新推动)等。“其他”影响因素包括主要投入项——硅价格的降低(12%)以及一些细小的因素(包括在能源输出量不变的情况下减少硅的需求量，降低由制造误差导致的产品废弃率等)。

变化的情况下是增加 1%。⁷³ 生产率的提高很大程度上有赖于发展中国家，因为高收入国家的农业生产率已经接近极限。所幸的是，新的技术和做法不断涌现（专栏 5）。有些可提高生产率并增强对气候的适应能力，同时将碳固定在土壤中，并减少养分流失从而防止对水生态系统造成破坏。不过如何深化推广这些技术和做法，还需更多研究。

物种和生态系统的保护工作也有待改善，并且要与粮食生产（不管是农业还是渔业）更好地进行协调。地球上 12% 的土地均为保护区，但这只占海洋和淡水系统的一小部分，而且由于物种分布范围有可能移至保护区范围以外，因此不能仅仅依靠这一种方法来维持生物多样性。在生态农业中，农民的耕地和自然栖息地有机融合，反而为物种迁移提供便利。除了有益于生物多样性之外，生态农业还可增强农业对气候变化的防御能力，提高农业生产率和农民收入。在中美

洲，生态农场在“米奇”飓风中受损仅为其他农场的一半甚至更少。⁷⁴

改善水资源管理对于农业适应气候变化至关重要。由于气温的升高会增加蒸发量，江河流域来自冰雪、蓄水层的水回补都会减少。通过应用新技术和现有技术、提高信息质量以及改善使用方式，可以提高水资源的利用率。即使是较为贫困的国家和小农场主，也可实现上述目标：印度安得拉邦（Andhra Pradesh）实施了一种很简单的雨水和地下水监控方法，使 100 万农户自愿地减少了地下水使用，从而达到了地下水的可持续性。⁷⁵

修筑大坝也可以增加水资源，虽然大坝只是解决方案中的一部分，而且大坝的设计必须灵活，以应对不同的降雨量。此外，使用再生水和海水脱盐也能增加水资源，其中，海水脱盐虽然比较昂贵，但在沿海地区的高价值项目中仍可使用，如果是通过可再生能源（参见第 3 章）进行脱盐，这种方法就更加可行。

专栏 5 前景光明的做法：让农民和环境同时受益

前景光明的做法

免耕（即不在土地上进行翻耕播种而是将种子直接种入土壤）、残茬管理和合理使用化肥等种植方法可保持土壤水分、加强水分渗透、增加碳封存量、减少养分流失并提高产量。这些做法已在全球 2% 的耕地上应用，并可能会继续推广。目前主要还是高收入国家采用免耕做法，但正在印度等国快速推广。2005 年，印度河—恒河平原的农民在小麦、水稻种植中，有 160 万公顷采用了免耕法；2008 年，印度两个邦（哈里亚纳和旁遮普）有 20%~25% 的小麦种植采用了最低程度的翻耕法。在巴西，有 45% 的耕地采用此做法。

前景光明的技术

精准农业技术能够做到定点、定

时、最小定量地供肥供水，这项技术可以帮助高收入国家、亚洲和拉丁美洲的集约型、高投入农场降低排放量，减少养分流失，提高用水效率。可限制气态氮排放的控释氮肥新技术，通过深施超微粒化肥或向化肥中添加生物抑制剂实现。遥感技术可以传递土壤湿度和灌溉需求的精准信息，因此可以减少无效用水量。其中一些技术对于发展中国家的农民来说仍然过于昂贵（因此可能需要设立土壤碳留存补偿方案，或调整用水价格），但其他一些手段，如实施生物抑制剂无须额外工作，还可提高生产率。

借鉴过往经验

基于亚马逊雨林土著居民所用的一种技术，有种方法可在提高土壤生产率

的同时大规模固碳。在近乎完全隔离氧气的低温条件下燃烧作物秸秆或粪肥（生物质）会产生生物炭，一种碳含量非常高的木炭型固体。如简单地焚烧生物质或使其腐烂，生物质中所含的碳就会释放到环境当中，而生物炭在土壤中高度稳定，可将碳锁定，从而避免上述情况发生。在工业环境中，这种方法可将一半的碳转变成生物燃料，而另一半则转变成生物炭。最新研究表明，生物炭或许能将碳封存数百年甚至上千年，目前已有更多研究在对此进行确证。

出处：de la Torre, Fajnzylber 和 Nash 2008；Derpsch 和 Friedrich 2009；Erenstein 2009；Erenstein 和 Laxmi 2008；Lehmann 2007；Wardle, Nilsson 和 Zackrisson 2008。

改变传统行为和技术改革也是一项挑战，尤其是在乡村、贫困地区和偏远地区。这些地区的许多管理者身处远地，不愿冒险，又面临着不同的制约和激励因素，因而引入新的行为方式尤其困难。技术推广机构能为农民提供的支持通常非常有限，其工作人员大多是工程师和农学家而非训练有素的宣传人员。要应用新兴技术，还需让高等技术教育进入农村社区。

变革决策过程——高风险、更复杂环境下的适应性政策的制定。稳态是指自然系统在固定的变化范围内波动的状态，长久以来，基础设施的设计和规划、保险定价以及众多个人决策（从种植和收割日期到工厂选址和房屋设计）都是以此概念为基础，但随着气候的变化，这种稳态已不复存在。⁷⁶气候变化使得决策者原本就面临的不确定性因素更加复杂。越来越多的决策须在趋势变幻莫测而且变化日趋剧烈的环境中制定，更何况还有可能的碳排放限制。

从澳大利亚到英国的全球许多国家、许多城市、许多公共和私营机构目前开发和用的方法均表明，即使没有昂贵而复杂的未来气候模型，也可以增强适应能力。⁷⁷当然，较好的预测和较少的不确定性会更好，这些新方法侧重于“稳健”战略，即旨在应对多种未来可能的气候形势，而不是针对一组特定的目标（专栏6）。⁷⁸其实，稳健战略可能很简单，比如挑选能够适应多种气候类型的不同种子。

稳健的战略通常可使我们具备灵活、多变、充裕的反应能力。这种战略主张采取“无悔”的行动，即使没有气候变化，这样的行动也能产生效益（如提高用水效率和能源效率）。这种战略还主张制订可以取消的、灵活

的方案以尽可能降低错误决策的成本（沿海地区的城市规划所受到的严格限制很容易就能放松，而采取强制后撤和加强环境保护的做法却可能困难重重而又代价高昂）。稳健的战略中包括安全边际，目的是增强应对气候变化的能力（即：支付相应的边际成本，以便建一座更高的桥而不是一座会被洪水淹没的桥，或者将安全网扩展至那些生活困难的边缘地区的人群）。此外，稳健的战略有赖于长期的规划，而这种长期规划必须基于情况分析以及针对未来可能出现的各种局面所做的战略评估。⁷⁹筹划和实施战略时的广泛参与性至关重要，因为这使得我们可以利用当地人对目前存在的脆弱性状况的了解，并使战略的受益人建立主人翁意识。

为适应气候变化制定相关政策这一行为本身也需要具有适应性，并且需要根据收集和监控的信息定期对这种行为进行评估。由于技术的进步，以低成本收集和监控信息变得越来越可行。例如，水资源管理中的一个关键问题在于缺乏对地下水资源的了解或不清楚谁消耗了什么水资源。新的遥感技术使我们能够推测地下水资源的消耗量、确定哪些农民的用水效率较低以及确定何时增加或减少供水，从而在不影响粮食产量的情况下最大程度地提高用水效率（第3章）。

落实——新压力、新工具与新资源

前文已经阐明为应对气候变化的挑战需要采取的行动步骤。其中很多部分像是发展或环境科学教科书的标准说法：改善水资源管理、提高能源效率、推广可持续发展的农业耕作方法、取消不正当的补贴。但是以往的经验表明这些措施往往难以落实，由

专栏 6 智慧的作用——适应需要新工具和新知识

无论为减排付出多少努力，人类还是需要适应气候的重大变化——这些变化无处不在，遍布多种不同领域。

自然资本

要应对气候变化并确保农业、林业和渔业的生产率，自然资本的多样性必不可少。例如，需要有能在干旱、高温和二氧化碳浓度升高等条件下良好生长的各种作物，但是以私营部门和农民为主导的挑选作物过程偏向于能够适应以往或当前气候条件的同质性品种，而不是能够在更高的温度、湿度或干旱条件下始终保证高产量的多样化品种。需要加速育种计划，使基因资源的保护范围能覆盖现有作物、品种及其野生近缘种。受人类干扰相对较少的生态系统，如森林小流域、红树林和湿地等，可对气候变化的影响起到缓冲作用。在变化无常的气候环境下，这些生态系统本身也面临着危险，因而其管理方法需更具

积极性和适应性。可能需要在自然地域间建立联系（如迁移走廊），为气候变化所致的物种迁移提供便利。

有形资本

气候变化对基础设施的影响方式可能难以预测并因地而异。例如，不管是丹吉尔湾（Tangier Bay）、纽约还是上海，这些低洼地区的基础设施都受河流洪泛及海平面上升的威胁。高温会使沥青变软并可能导致封路；高温会影响输电线的输电能力，还会使核电站和核电站所需的冷却水温度上升，同时会增加电力需求。不确定性可能影响的不仅是投资决策，还可能包括基础设施的设计方案，使其必须承受未来的气候形势考验。水资源供应的不确定性使得我们必须利用综合管理策略和雨水改良技术来共同抵御气候变化的风险。未来根据气候变化设计基础设施时，将需要更多的技术知识和更强的工程能力。

人类健康

卫生系统适应气候变化的措施首先需要依据现有知识制订切实可行的方案。但是其他方面还会需要新的技术。基因组学方面所取得的进展使我们能够设计出新式诊断工具，可对新型传染病进行检测。这些工具与通信技术方面的进步结合起来，就可探知卫生方面的最新趋势，使医务人员能够进行早期干预。此外，各种技术创新正在使医疗工作发生巨变。例如，手持诊断设备和视频会诊的出现扩展了远程医疗的应用前景，并且使偏远社区能够更容易地与全球卫生基础设施建立联系。

出处：Burke, Lobell 和 Guarino 2009; Ebi 和 Burton 2008; Falloon 和 Betts (待出版); Guthrie, Juma 和 Sillem 2008; Keim 2008; Koetse 和 Rietveld 2009; 国家工程学院 2008; Snoussi 及其他 2009。

此产生的问题是：什么才能带来所需的改革和人们行为的改变？这一问题的答案就在于将新的压力、新的工具和新的资源结合起来。

越来越多的人认识到气候变化问题及其在当前和未来要我们为之付出的代价，新的压力即随之出现。但并非所有的认识都能转化为行动：“气候智能型”发展政策要取得成功，首先必须解决个人和组织行为中的滞后效应。每个国家对气候变化所持的立场将决定全球性协议的成败——不仅仅是是否采纳这个协议的问题，还包括这个协议的实施。尽管很多气候与发展问题在国家甚至地方层面就能得到解决，但是我们仍然需要签订一项全球协议，以便形成行动所需的新工具和新资源（参见第 5 章和第 8 章）。因此，一方面随着公众行为和观念的改变，新的压力必然在各国国内出现；

另一方面必须达成一个将发展现状考虑在内的、效率高且效果好的国际协议，以便使人们能够采取行动。

新压力——成功的关键是行为变革与大众观念转变

国际制度能够影响国家政策，而它们本身又是各国国内因素的产物。在政治规范、治理结构和既得利益集团的推动下，各国将国际法转化成国内的政策，并同时形成国际制度。⁸⁰此外，由于缺乏全球性强制执行机构，促使各国履行国际义务的动机一般来自其国内。

“气候智能型”发展政策要取得成功，必须考虑这类地域决定因素。各国所遵循的减排政策取决于诸如：能源结构、现有和潜在的能源资源以及倾向于采取国家主导的政策还是市场主导的政策等国内因素。谋求为地方

带来额外的好处——例如：更清洁的空气、技术的转让和能源的安全等——对于“气候智能型”发展政策赢得足够的支持是至关重要的。

“气候智能型”发展政策还必须解决个人和组织行为中的滞后效应。使现代经济摆脱对化石燃料的依赖并增强适应气候变化的能力，这需要消费者、企业领导人和决策层观念上的转变。要改变根深蒂固的行为方式就必须特别注重非市场性政策和干预措施。

纵观全球，各类灾害风险管理计划关注的焦点都是改变公众对于风险的认知。伦敦市将有针对性地宣传和项目作为“伦敦变暖行动计划”（“London Warming” Action Plan）的核心内容。美国各地的公用事业公司开始利用社会规范和社区内的压力来鼓励降低能源消费，做法很简单：只需向各个家庭说明他们的能源消耗量与其他家庭的比较结果，并对消耗量降至平均线以下的情形表示赞许，就足以鼓励大众降低能源消费（参见第8章）。

此外，应对气候挑战还需要改变政府的运作方式。气候政策虽触及众多政府机构的职责范围，却并非由其中任何一家全权负责。无论就减排还是适应气候变化而言，许多必须采取的行动都应该从长远的角度着眼，这样的着眼点是任何一个行政机构本身所难以具备的。包括巴西、中国、印度、墨西哥和英国在内的多个国家已设立负责气候变化事务的领导机构和高层协调机构，并加大了政策制定过程中对科技信息的使用。

省、市以及地区的政府和管理机构更接近排放源，也能更直接地感受到气候变化的影响。除了执行和阐明国家的政策法规以外，它们还在那些对减排和适应气候变化来说十分关键的领域内行使决策、监管以及规划的

职能。对减排来说十分关键的领域有：交通、建设、公共服务、地方宣传；对适应气候变化来说十分关键的领域有：社会保护、减灾、自然资源管理。因为这些（级别的）政府更贴近市民，所以它们能够提高公众的认识和动员私营部门方面发挥更大作用。⁸¹再者，在中央政府与公众的交叉点，地方政府扮演着充分发挥政府责任感的角色。很多地方政府在开展气候变化应对行动方面的表现优于中央政府，其原因即在于此（参见专栏7）。

新工具与新资源——全球协议的作用

没有全球合作，采取迅速而全面的行动就是不可能的。而开展全球合作需要达成一项各方均认为公平合理的协议——高收入国家需要以最快的速度采取最严格的应对措施；中等收入国家需要展开大规模的减排和适应气候变化的行动；低收入国家的当务之急则是获取技术和财政援助以摆脱容易受到当今气候条件损害的局面，否则应对未来的气候变化对它们而言就更无从谈起了。此外，这个协议必须在达成气候目标方面是行之有效的，而且它还应借鉴其他国际性协议，并吸取以往大规模国际性资源转移的经验教训。最后，这个协议必须是效率高的，这需要充足的资金以及能将减排的落实与减排的资金来源区分开的金融工具，从而以最低的成本实现减排目标。

公平合理的协议。规模足以应对气候变化的全球合作只有在下面三个条件下才能实现：它必须基于一个全球协议，这个协议能满足发展中国家的需要并能解决它们面临的制约因素；它必须能够将减排行动在何处落实与减排的费用由谁负担区分开；它必须创造出鼓励和促进减排的金融工具，

专栏 7 城市减少碳足迹

向碳中和城市转变的过程表明，即使在缺乏国际性协议和严格的国家政策的情况下，地方政府仍会采取行动。美国政府拒绝加入《京都议定书》，但是根据“市长气候保护协议”，美国有近千个城市一致同意实现《京都议定书》中设定的目标。在拥有 300 万人口的中国北方城市日照，市政府利用奖励措施和法律手段双管齐下的方式，鼓励大规模地有效使用可再生能源。在日照，摩天大楼全部使用太阳能，而且全市 99% 的家庭都在使用太阳能暖气。几乎所有的交通信号灯、路灯和公园照明均由太阳能光伏电池供电。全市总计有达 500 000 平方米的太阳能热水板，大约

相当于 0.5 兆瓦电热水器。由于实行上述措施，能源消耗量下降了将近 1/3，而二氧化碳排放量降低了一半。

在中国之外的其他地方，向碳中和城市转变的行动也在迅速推开。2008 年，悉尼通过提高能源效率、使用可再生能源和实行碳补偿行动等方法，成为澳大利亚首个实现碳中和的城市。哥本哈根计划到 2025 年将碳排放量降至零，这一计划包括投资风能以及通过提供免费停车和充电等优惠政策来鼓励使用电动车和氢动力车。

全世界共有 700 多个城市和地方政府参与“城市致力于气候保护运动”（Cities for Climate Protection Campaign），

该运动的目的是通过采取气候保护政策和实施量化措施，减少温室气体的排放（<http://www.iclei.org>）。与诸如：C40 城市气候领导集团（C40 Cities Climate Leadership Group）和气候变化全球市长会议（World Mayors Council on Climate Change）等其他的地方政府组织一道，这 700 多个城市和地方政府已经着手寻求获得授权以及将城市和地方政府纳入《联合国气候变化框架公约》。

出处：Bai 2006；世界银行 2009d；C40 城市气候领导集团（<http://www.c40cities.org>，访问日期 2009 年 8 月 1 日）。

即使是在煤炭储量丰富但收入微薄的国家，或者历史上很少甚至没有过影响气候的行为的国家，这种金融工具都能起到鼓励和促进减排的作用。上述这些国家能否把握机遇，走上更加可持续的发展道路，在很大程度上取决于高收入国家能够提供的财政和技术支持。否则，高昂的转型成本可能会让这些国家望而却步。

然而，全球合作需要的不仅仅是财政捐助。行为经济学和社会心理学表明，如果人们认为某项协议对自己有失公平，即使他们会因此项协议受益，他们也倾向于拒绝它。⁸² 因此，单凭合作符合所有人的利益这一点并不能保证成功。发展中国家确实存在顾虑，担心将应对气候变化与谋求发展结合起来的努力可能会使减排的责任转移到发展中国家头上。

公平的原则必须庄严地载入全球协议中，这对于消除此类顾虑和建立相互信任能起到很大作用（参见第 5 章）。将人均排放量的长期目标定为一个区间，这能够确保每个国家都能公

平分担减少大气中的温室气体的责任。印度最近发表声明称，其人均排放量永远都不会超过高收入国家的水平。⁸³ 因此，高收入国家必须采取强有力的行动将自身的碳足迹降至可持续发展的水平，这一点至关重要。这样既能展示高收入国家的领导作用、激励创新，又能使所有国家向低碳增长模式转型成为可能。

发展中国家的另一大顾虑是如何获取技术。尽管与气候相关的技术创新仍集中在高收入国家，但发展中国家正在逐渐增加它们在技术领域的比重（中国在总体的可再生能源专利排名中位列第七，⁸⁴ 而印度一家公司目前在公路电动车领域居于领先地位）。⁸⁵ 此外，发展中国家——至少是较小或较贫困的发展中国家——可能需要援助才能开发新技术或者使新技术适应它们特定环境的需要。对于适应气候变化的努力而言，这可能是个突出的问题，因为，为适应气候变化而开发的技术，其地域特点可能很强。

迄今为止，在国际间转让清洁技

术的进展并不显著。在清洁发展机制（Clean Development Mechanism, CDM）资助的项目中，最多只有 1/3 的项目中出现了技术转让。清洁发展机制是为发展中国家低碳技术投资提供资金支持的主要渠道。⁸⁶ 全球环境基金（Global Environment Facility）曾每年为气候减排项目拨款大约 1.6 亿美元，⁸⁷ 该组织目前为 130 个国家的技术需求评估提供支持。新成立的清洁技术基金（Clean Technology Fund）不久前承诺提供大约 50 亿美元，用于协助发展中国家扶持与清洁技术有关的大规模、高风险投资项目，但是目前关于哪些技术可以称得上清洁技术还存在争议。

在各种技术协议的基础上构筑一个全球性的气候协议可以推动技术创新并确保发展中国家能够获取此类技术。对于开发和共享“气候智能型”技术而言，国际合作至关重要。在开发方面，大规模、高风险的技术，例如碳捕获和碳封存（CCS）技术，需要达成成本分摊协议（参见第 7 章）。就相关标准达成国际协议为技术创新带来了市场。国际社会对技术转让的支持可采取联合生产和技术共享的方式，或者也可以为因采用新型的、更清洁的技术而发生的增量成本提供资金支持的方式（为执行关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书而建立的多边基金就是以这种方式发挥作用的）。

全球协议还必须为高收入国家所接受。这些国家担心自身将为此背负沉重的经济负担，并且希望确保它们提供的资金援助能够实现预期的减排与适应气候变化的效果。它们还担心，根据各国发展水平的不同区别对待会使发展中国家推迟行动时间，这可能会削弱它们自己相对于与领先的中等收入国家所具有的竞争力。

效果好的协议——从援助效果与

国际性协议中得到的经验。有效的气候协议能够实现减排与适应气候变化的议定目标。这样的一个协议可以在从援助效果与国际性协议中得到的经验基础上设计。气候融资并不是援助融资，但援助的经验确实能提供重要的借鉴，其中明确的一点就是除非一个国家做出的承诺符合其既定目标，否则承诺很难得到遵守——外力和内因孰轻孰重由此可见。因此，为适应气候变化与减排而进行的融资活动应围绕鼓励受援国制定并拥有低碳发展日程来组织安排。援助的经验还表明，资金来源的多样性会使受援国产生大量的交易成本并降低援助的效果。而且，尽管资金来源不同，但使用这种用于适应气候变化和减排的资源却必须整合到该国的主要发展行动中来。

各种国际性协议的经验表明，要让立场相去甚远的各方最终达成一个协议，根据各国发展水平的不同区别对待不失为一个适当的方法。以世界贸易组织（World Trade Organization）为例：给予发展中国家特殊的差别待遇，这是“二战”后大多数时期这个多边贸易体系的决定性特征。围绕《联合国气候变化框架公约》巴厘岛行动计划中提出的多轨框架而举行的一系列气候问题谈判中不断出现各种提议。⁸⁸ 这些提议都要求发达国家就产出目标做出承诺，这里“产出”指的就是温室气体排放，而对发展中国家则只要求它们承诺改变政策而没有要求它们对排放量目标做出承诺。

根据各国发展水平的不同区别对待的方式之所以吸引人有三个理由。其一，能增加同时带来发展效益的减排机会。其二，这种方式非常适合发展中国家。发展中国家人口和经济的高速增长导致资本存量迅速增大（迅速增大的资本存量中既有可能带来有益的“锁定”效应，又有可能带来不

利的“锁定”效应)，同时增强了使能源、城市和交通系统转向低碳发展道路的迫切性。对那些难以衡量的排放在其整体排放中所占比重较高的国家，基于政策的发展道路还能为它们提供一个良好的框架。难以衡量的排放是指来自土地利用、变更及林业的排放。其三，采用这种方式不太需要监测各类复杂的流动状况——对于大多数国家而言，监测复杂的流动状况都是一项巨大的挑战。尽管如此，即便只是为了了解其有效性，对这种方式进行一定的总体监控和评估也是至关重要的。⁸⁹

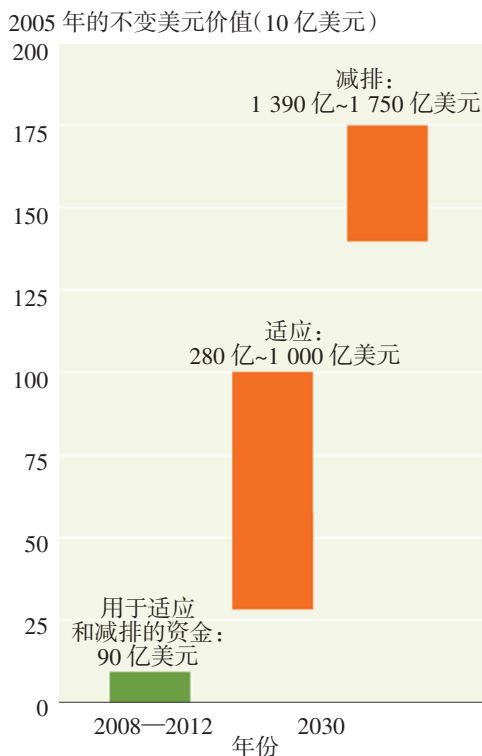
效率高的协议——气候融资的作用

气候融资可以通过将应对气候变化行动的提供方与资助方区分开而使公平与效率协调起来。如果有足够的资金流向发展中国家——再结合能力建设以及技术的获取，将能够为低碳增长和发展提供有力支持。如果引导减排融资流向减排成本最低的地方，就能够提高效率。如果引导适应性融资流向资金需求最大的地方，则可以避免气候灾害造成过大的危害和损失。在应对气候变化方面，气候融资提供了能将公平、效率与效果协调起来的办法。

但是，当前气候融资的水平根本无法满足可以预见的需求。表 1 所示的预计值显示，发展中国家每年所需的减排成本可能达到 1 400 亿~1 750 亿美元，相关的融资需求为 2 650 亿~5 650 亿美元。与之形成鲜明对比的是，预计到 2012 年减排融资实际的年平均流量仅为 80 亿美元左右。同样，发展中国家每年需要的适应性融资估计为 300 亿~1 000 亿美元，而目前每年能提供的适应性融资不到 10 亿美元（图 10），也是相形见绌。

除气候融资不足之外，还存在资金的筹措和调配效率极低的问题。效

图 10 将升温控制在 2°C 所需的每年增量气候成本估值远大于当前资金量



出处：请参见第 9 页的表 1 以及第 6 章中的讨论。

注：仅包含发展中国家的减排和适应成本。柱状图所示为把升温控制在 2°C 的适应和减排工作所需增量成本的预计范围。与此增量成本相关的减排融资需求还要高得多，到 2030 年每年的减排融资将在 2 650 亿~5 650 亿美元之间。

率方面的问题主要包括资金来源分散，实施市场机制（例如清洁发展机制）的成本过高，以及适应融资的融资工具不足并具有扭曲性。

第 6 章中标明的各类双边和多边气候变化应对基金（包括目前提议建立的和已在运行的）将近有 20 种。资金来源的这种分散性本身是有代价的，《援助实效问题巴黎宣言》（*Paris Declaration on Aid Effectiveness*，以下简称《巴黎宣言》）对此问题表述如下：一方面，每个基金都有自己的管理方式，这将提高发展中国家的交易成本；另一方面，如果资金的来源过于单一，则它就未必能与国家的发展目标相一致。《巴黎宣言》的其他原则，包括国家自主权、捐助方的协调和相互问责

制等，也会因为资金来源的高度分散而面临挑战。由此可见，我们显然有必要逐步合并资金来源，并且最终将其数量限制在一定范围内。

展望未来，给碳定价（无论是通过征税还是通过设定排放上限并建立交易机制）都是生成碳融资资源并将这些资源投向效率较高的项目的最佳办法。但就近期而言，清洁发展机制和其他注重实效的碳抵消机制可能仍是发展中国家减排融资最主要的基于市场的融资工具，因此，也是对来自高收入国家的直接资助的一种重要补充。

清洁发展机制在许多方面的表现都超过了我们的预期，它迅速地成熟起来、促进了学习、使人们对各种减排方法有了更多的了解并培养了能力。但是它也有很多局限性，例如能够同时带来的发展效益较低、额外性存在问题（因为清洁发展机制是根据一个基准线来为减排形成碳信用额度的，而对基准线的选择总会受到质疑）、管理不善、运行效率低下、覆盖范围有限（不涉及交通等重要领域），另外，人们对市场在 2012 年之后能否持续下去也存在担心。⁹⁰ 就应对气候变化的行动的效果而言，我们还必须明白，清洁发展机制下的交易无法在协定的承诺之外减少全球的碳排放量——其作用只是改变减排地点（在发展中国家而不是发达国家减排）以及降低减排成本（从而提高效率）。

在《京都议定书》框架下设立的适应基金采用一种新型融资工具，即对“核证减排量”（由清洁发展机制建立的碳抵消单位）征收 2% 的税费。显然，利用这种融资工具可以扩充资金来源，但是正如第 6 章中所述，这种工具也包含某些消极特征。这种工具的课税对象是有益事物（减排资金）而不是有害事物（碳排放），而且和任

何税种一样，它也存在不可避免的效率低下问题（无谓损失）。对清洁发展机制市场的分析表明，因征税而导致交易中的利益损失最终将由发展中国家（碳信用额度的提供方）来承担。⁹¹ 适应资金也需要一个分配机制，理想的情况是这种分配机制能采取透明、高效和公平的原则——遵循高效原则的做法能引导资金流向在气候变化的影响下最脆弱的国家以及管理适应项目能力最强的国家，而公平原则要求将侧重点放在最贫穷的国家。

要巩固并拓展气候融资体制，需要改革现有的融资工具并发掘新的气候融资来源（参见第 6 章）。鉴于清洁发展机制在为发展中国家的项目生成碳融资方面所起的作用，对其进行改革显得尤为重要。在相关的改革提议中，有一组提议旨在通过简化项目审批手续（包括升级审核与行政职能）来实现降低成本的目标。还有一组重要的提议关注的是：如何使清洁发展机制能支持政策和规划方面的变革而不仅仅限于支持项目本身。“行业无损失减排目标”（Sector no-lose targets）就是一个例子，可以说明什么是基于业绩的机制。根据这种机制，如果某一行业的减排量低于议定的基准线，可通过出售碳信用额度来获益，即使减排目标没有实现也不会受到处罚。

林业是能够利用气候融资实现减排的又一领域（专栏 8）。在当前的气候谈判中有可能诞生针对森林碳定价的一些新机制。目前已经有几项行动方案，包括世界银行的“森林碳伙伴基金”（Forest Carbon Partnership Facility）在内，已经开始探索如何通过资金激励措施来减少发展中国家乱砍滥伐森林的现象，进而减少碳的排放。这期间面临的主要挑战是：为减少因毁林和森林退化而产生的排放量，制

专栏 8 土地利用、农业与林业在控制气候变化方面的作用

土地利用、农业与林业在减排方面蕴涵着巨大潜力，但是在气候谈判中又往往成为争议的焦点。排放量和吸收量能够得到足够精确的测量吗？森林面积的大小会因为气候变化引起的火灾出现自然波动，对此该如何处理？如果某国在气候谈判前数十年甚至数百年就已采取行动，是否应获得碳信用额度的奖励？因基于土地的活动而获得的碳信用额度是否会充斥碳市场而导致碳价格下降，削弱促使人们进一步减排的动机？这些问题多数已取得进展，而且政府间气候变化专门委员会已制定出测量与土地相关的温室气体的指导原则。

2000—2005 年间，全球平均净毁林量为每年 730 万公顷，每年由此产生的二氧化碳排放量为 50 亿吨左右，大约相当于二氧化碳目标减排量的 1/4。在发展中国家再造林以及改善森林管理的效果相当于 9 亿吨减排量。可是，改善发展中国家的森林管理状况和减少毁林这类内容目前尚未进入《联合国气候变化框架公约》的清洁发展机制。

现在人们还有意创建一种新机制，为改善对土壤碳以及由农业活动产生的其他温室气体的管理提供资金。从技术角度而言，通过减少土壤翻耕、改善湿地和稻田管理以及改进牲畜和粪肥管理，可减排大约 60 亿吨二氧化碳当量的温室气体。按每吨二氧化碳当量 20 美元的碳价格计算，每年在农业活动中能够实现的减排量大约为 15 亿吨。

林业和农业减排可以带来多种协同效益。森林维护不仅能为人类提供更多元化的谋生手段，而且有助于保护生物多样性，在出现洪水和山体滑坡等极端灾害事件时森林还可发挥减轻灾害影响的作用。减少翻耕、改善肥料管理可以提高生产率。此外，还能生成可观的资源——至少对于拥有大片森林的国家而言是这样的。如果森林碳市场能够发挥出全部潜力，印度尼西亚每年可赚取 4 亿~20 亿美元。至于土壤碳，即使是在非洲，那里接近一半的土地含碳量相对较低，其土壤固碳的潜力仍在每年

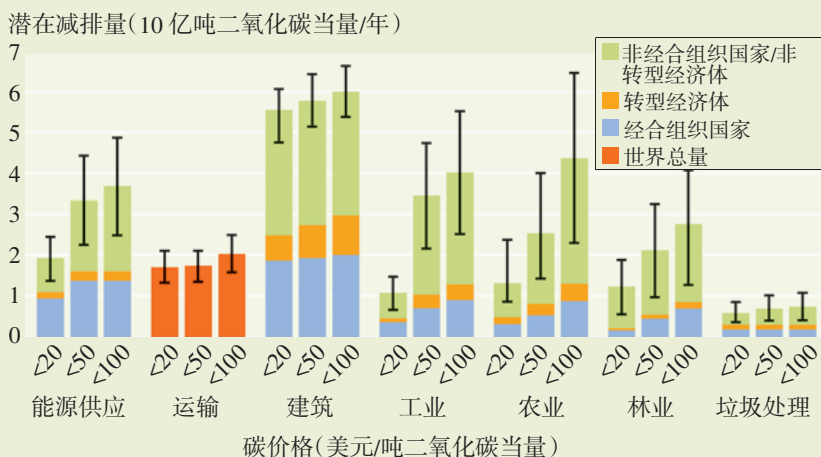
1 亿~4 亿吨二氧化碳当量之间。按每吨 10 美元的碳价格计算，则这一数额与目前对非洲的官方发展援助金额相当。

主要在构成雨林国家联盟 (Coalition for Rainforests) 一批发展中国家的推动下，土地使用、土地用途变更与林业会计核算被重新纳入《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC) 的日程。这些国家在寻求各种机会根据它们共同但又各自有所区别的责任为减排贡献力量，同时为改善其森林系统的管理而进行碳融资。关于“减少发展中国家毁林和森林退化所致排放量” (Reduced Emissions from Deforestation and Forest Degradation, REDD) 的谈判还在继续，但是大多数国家都希望将来在哥本哈根签署协议时，能将 REDD 的某些部分写入其中。

关于土壤碳的各种尝试，进展相对较慢。尽管农业固碳的成本低廉、技术简单而且能有效应对气候变化，但为农业固碳开发一个市场却绝非易事。不过，肯尼亚的试点项目 (参见第 3 章) 以及芝加哥气候交易所 (Chicago Climate Exchange) 的土壤碳抵消交易都表明是存在这样的机会的。推动土壤固碳项目的发展有三个步骤。

第一，碳监测应遵循“以活动为基

这不仅是能源问题，当碳定价保持在高位时，农业和林业联合减排的潜力将超过经济环境中其他任何单一部门



出处: Barker 等 2007b, 图 TS.27。

注: EIT = 转型经济体; 各部门的全球经济潜力的估计范围以黑色的垂直线段表示。

础”的方式，即以农民从事的活动而不是费用高昂的土壤分析为基础来评估减排量。对于不同的农业生态区和气候带，在评估的时候应谨慎地选用不同的减排要素来考量。对农民来说，这种方法更简单、更廉价也更易于预测，因为他们预先就知道某种特定行为会带来什么报偿，或者可能带来什么损失。

第二，借助“整合商”减少交易成本 (在肯尼亚的试点项目中，正是由“整合商”来整合许多小农场的活动)。通过与多家农场合作，整合商可建立一种永久的保护并将固碳时偶尔出现的逆转平衡掉。将一系列据保守估计有永久固碳效果的项目汇集起来，可使土壤固碳的效果完全等同于其他部门二氧化碳减排的效果。

第三，后勤帮助，特别是对那些需要帮助才能付得起首期费用的贫困农民的帮助，必须将加强推广服务包括在内，这些服务对于宣传固碳实践知识和传播有关资金的信息至关重要。

出处: Canadell 及其他 2007; Eliasch 2008; 国际粮农组织 2005; Smith 及其他 2008; Smith 及其他 2009; Tschakert 2004; 联合国环境署 1990 年; 自愿碳标准 2007 年, 世界银行 2008c。

定一个国家战略和实施框架；建立排放量的参照情形；建立监测、报告与核查系统。

为减少土壤碳排放量而采取的行动（例如，通过激励措施改变翻耕方式）也应成为资金激励措施鼓励的对象——而且对确保自然区域不被用来生产食物和生物燃料至关重要。但是与减少森林碳排放相比，减少土壤碳排放的一整套方法还较不成熟，主要的监测问题还有待解决（参见专栏 8）。必须迅速制订试点项目规划，以鼓励农业向更具适应性和可持续性的方向发展，并且使农业得到更多资源、引入更多创新技术，最近几十年来农业在这两方面一直是欠缺的。⁹²

在各国国内，公共部门在很多方面发挥着关键作用，如为气候变化应对行动制定激励措施（通过补贴、税收、总量控制或各种法规），提供信息和宣传教育，以及消除妨碍应对行动的市场运转失灵现象。但是大部分资金，尤其是适应性项目的资金，来自私营部门。对私营的基础设施服务提供商而言，监管体制的灵活性将是恰当的激励措施的关键所在，只有在恰当的激励措施促进下，他们才愿意向抵御气候变化的项目投资或者经营这类项目。尽管在某些适应性投资项目（例如：防洪）中利用私人资本是可能的，但是迄今为止，发展中国家在基础设施方面的公私合作经验表明，能够利用私人资本的项目比较有限。

我们的当务之急是为适应项目筹集更多资金，而拍卖分配数量单位（AAU，即：根据《联合国气候变化框架公约》各国同意接受的有约束力的排放上限指标）。对国际间交通运输产生的排放进行征税，以及征收全球性碳税等创新性方案每年可能带来数百亿美元的新增资金。就减排而言，显然

只需对碳进行有效定价，无论是通过征税还是排放限制与额度交易，都能带来明显的转变。一旦实现碳的有效定价，那么由于投资者和消费者都会将碳的价格考虑在内，私营部门将成为大部分减排所需资金的来源。但是，在国家一级的层面上征收碳税或建立碳交易市场未必能为发展中国家带来所需的资金流动。如果气候问题的解决方案都是公平合理的话，那么改革清洁发展机制及基于业绩的机制、将各国的碳市场联系起来、分配与出售分配数量单位，以及财政援助等措施都能为发展中国家带来资金。

本报告付印时，各国正在《联合国气候变化框架公约》的支持下就达成一项全球性气候协议进行谈判。其中很多国家还处在这次近几十年来最严重的金融危机的剧痛中。财政方面的重重困难和当前的迫切需求可能会使各国的立法机关很难同意将资源用于应对更长远的威胁，当然这种观点并不正确。

不过，许多国家已经采取了以在恢复增长的同时建立绿色经济为目标的财政复苏一揽子计划。未来几年内全球将投入 4 000 多亿美元以刺激经济复苏并创造就业岗位。⁹³ 投资于提高能源效率的项目可以一举三得：节约更多能源、减少排放量、增加就业机会。

由于政治领域的阻力，目前的气候谈判进展缓慢，其进程将于 2009 年 12 月在哥本哈根达到顶峰。鉴于本报告中强调的所有理由——即：气候系统、基础设施和社会经济系统三者的滞后效应——我们急需签署一项气候协议。但这项协议必须是一个智慧的协议，能够产生激励作用，促进有效解决方案的形成，推动资金的流动和新技术的开发。同时，这项协议

还必须是一个公平合理的协议，能够满足发展中国家的需要和期望。唯其如此，才能为发展创造出适宜的气候环境。

注释

1. 赤贫定义为每日生活费在 1.25 美元以下。Chen 和 Ravallion 2008。

2. FAO 2009b。

3. 《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC) 第二条要求“将大气中温室气体的浓度稳定在防止气候系统受到危险的人为干扰的水平上”。[http:// unfccc.int/resource/docs/con- vkp/conveng.pdf](http://unfccc.int/resource/docs/con- vkp/conveng.pdf), 访问时间: 2009 年 8 月 1 日)。

4. 定义为每生产 1 美元 GDP 所产生的碳。

5. 鉴于电力部门和工业领域目前的能源结构, 这种做法可使全球范围内的二氧化碳排放量每年减少 40 亿 ~60 亿吨, IEA 2008e。高收入国家的建筑部门也可能实现相似的减排幅度(例如, 请参阅 Mills 2009)。

6. 世界银行 2009b。

7. de la Torre, Fajnzylber 和 Nash 2008。

8. 不同温室气体的截热潜能各不相同。二氧化碳当量 (CO₂e) 浓度可以用来表述这些温室气体所产生的复合全球变暖效应, 即在特定时间段内具备同等截热潜能的二氧化碳数量来表述。

9. 本报告作者根据《气候分析指标工具》(WRI 2008) 提供的数据计算得出。如果将巴巴多斯(人均 CO₂e 为 4.6 吨)这样的小岛国及卡塔尔(人均 CO₂e 为 55 吨)和阿联酋(人均 CO₂e 为 39 吨)等石油生产国也计算在内, 差距将会更大。

10. IEA 2008c。

11. Edmonds 和其他人 2008; Hamilton 2009。Blanford, Richels 和 Rutherford (2008) 还指出, 提前公布减排日期的国家能节省大量投资, 因为固定资产投资者能针对未来监管体制和碳价格来进行规划设计, 从而最大程度地减少资产浪费。

12. 在世界各国同时发生的金融危机, 通常持续时间长短一致, 复苏也类似, 只是损失通常会更严重(平均为国内生产总值的 5%)。IMF 2009, 表 3.1。即便是美国的“大萧条”也不过是从 1929 年 8 月到 1933 年 3 月, 持续时间为三年半(National Bureau of Economic Research Business Cycle Expansion and Contraction database [http:// www.nber.org/cycles.html](http://www.nber.org/cycles.html), 访问时间: 2009 年 8 月 1 日)。

13. Matthews 和 Caldeira 2008。

14. Schaeffer 和其他人 2008。

15. 会导致气候发生危险变化的临界值还需论证, 但是政府间气候变化专门委员会(IPCC)的近期研究结论指出, 如果较前工业化时期气温的升幅超过 2°C, 就将极大地增加风险, 因此将“升幅控制在 1.6°C~2.6°C 以内会有显著效益”。Fisher 和其他人 2007; IPCC 2007b; IPCC 2007c; Parry 和其他人 2007。近期出版的科学著作作为较前工业化时期的温度升幅应控制在接近 2°C 的观点提供了进一步支持。Focus A on science 气候变化的理论基础; Mann 2009; Smith 和其他人 2009。2009 年气候变迁国际科学大会组织者总结指出: “越来越多的人已经达成共识, 认为当代社会和生态系统都将很难应对幅度高于 2°C 的气候变暖。”(<http://climatecongress.ku.dk/>, 访问时间: 2009 年 8 月 1 日)。其他呼吁将气温上升控制在 2°C 以下的文献有 European Commission 2007、SEG 2007 和 International Scientific Steering Committee 2005。

许多人正在采取措施保护我们的环境。我认为, 我们只有通过团结合作才能做出成绩。就算是儿童, 我们也可以携起手来为保护环境提供帮助, 因为我们是新一代。我们应该珍爱我们自己的自然环境。

——刘俊言, 中国, 8 岁



Anoushka Bhari, 肯尼亚, 8 岁

在 2009 年 7 月召开的主要经济体能源与气候论坛上，来自澳大利亚、巴西、加拿大、中国、欧盟、法国、德国、印度、印度尼西亚、意大利、日本、韩国、墨西哥、俄罗斯、南非、英国和美国的领导人一致认可全球平均气温较前工业化时期气温升幅应不高于 2°C 的科学观点 (http://usclimatenetwork.org/resource-database/MEF_Declaration1-0.pdf, 访问时间: 2009 年 8 月 1 日)。

16. IPCC 2007c。

17. Raupach 和其他人 2007。

18. Lawrence 和其他人 2008; Matthews 和 Keith 2007; Parry 和其他人 2008; Schefler, Brovkin 和 Cox 2006; Torn 和 Harte 2006; Walter 和其他人 2006。

19. Horton 和其他人 2008。

20. 这一估计并没有考虑更多风暴带来的损失加剧，只是根据当前的人口和经济活动而言。因此，如果没有大规模的适应措施，这一估计可能严重偏低。Dasgupta 和其他人 2009。

21. Stern 2007。

22. Easterling 和其他人 2007, 第 299 页, 表 5.6。

23. Parry 和其他人 2007, 第 66 页, 表 TS.3。

24. Nordhaus 和 Boyer 2000。Stern 2007 还发现印度和东南亚地区因气候变化而蒙受的损失将大大高于世界平均水平。

25. Nordhaus 2008; Stern 2007; Yohe 和其他人 2007, 图 20.3。

26. 《斯特恩气候变化报告》(*Stern Review of Climate Change*) 运用 PAGE 模型估算, 气候变化造成的损失有 80% 将由发展中国家承担; Hope 2009 中对数据进行了进一步的详细分析。RICE 模型 (Nordhaus 和 Boyer 2000) 采用了 de Bruin, Dellink 和 Agrawala (2009) 的适应措施, 估算出气候变化造成的损失有 75% 将由发展中国家承担。另请参见 Smith 和其他人 2009; Tol 2008。请注意, 由于未考虑失去生态系统功能的损失, 因此这一估算结果很可能偏低。有关这些模型反映气候变化影响成本的所受局限, 请参见第 1 章的相关讨论。

27. 这一情况是向东非及拉丁美洲国家咨询情况时注意到的。

28. Barbera 和 McConnell 1990; Barrett 2005; Burtraw 和其他人 2005; Jaffe 和其他

人 1995; Meyer 1995。

29. Hope 2009; Nordhaus 2008。

30. Nordhaus 2008。

31. 甚少模型包含适应成本。参见 de Bruin, Dellink 和 Agrawala (2009) 的分析。

32. Nordhaus 2008, 第 86 页, 图 5.3。诺德豪斯 (Nordhaus) 发现, 与其 3.5°C 的最优目标相比, 将气温升幅稳定在 2°C 每年所产生的额外成本为国内生产总值的 0.3%; 将升幅控制在 2.5°C 每年产生的额外成本不到国内生产总值的 0.1%。

33. 发展中国家平均保险支出是国内生产总值的 1.5%, 包括健康险, 但不包括人寿险 (Swiss Re 2007)。

34. McKinsey & Company 2009。

35. 按不变美元价值计算, 世界银行 2009c。

36. Adger 和其他人 2009。

37. IPCC 2001。

38. Mignone 和其他人 2008。如果没有有效、能投入应用的地球大气工程技术, 这将是真实后果 (参见第 7 章)。

39. 原因在于技术供应中的规模经济 (如法国的核能项目, 集中式太阳能发电似乎也如此)、网络效应 (高速公路或铁路建设项目)、人口或经济冲击。此处及本段的其余部分都基于 Shalizi 和 Lecocq 2009。

40. Shalizi 和 Lecocq 2009。

41. Folger 2006; Levin 和其他人 2007。

42. Häfele 和其他人 1981, Ha-Duong, Grubb 和 Hourcade 1997 中引述。

43. Davis 和 Owens 2003; IEA 2008a; Nemet 和 Kammen 2007; SEG 2007; Stern 2007。

44. Repetto 2008。

45. Stern 2007 第六部分。

46. 根据 Nordhaus 2008 中所用公式计算。

47. 这些值根据以下资料取整得出。据政府间气候变化专门委员会估计, 以碳价格达到 50 美元 / 吨二氧化碳当量计算, 到 2030 年, 发展中国家的减排量将达到 65% (Barker 和其他人 2007a 中表 11.3)。而据 McKinsey & Company (2009) 估计, 如果使用最低成本分配方式, 在 450 ppm 情况下此份额将达到 68%。对于最低成本下 2030 年发展中国家占全球减排投资的份额, 虽然 REMIND 给出了一个偏差较大的估计值 (91%), 该值在 450 ppm 二氧化碳当量浓度的情况下预计为 44% ~ 67% (表 4.2: MESSAGE: 44% ;

McKinsey: 56%; IEA ETP: 67%)。在本世纪的整个减排过程中(使用2100年之前所有投资的现值), 预计发展中国家所占的份额还要略高, 其范围在66% (Edmonds和其他人2008)~71% (Hope 2009) 之间。

48. Edmonds 和其他人 2008。

49. 在 425~450ppm 二氧化碳当量或 2°C 的稳定条件下, IIASA 2009 预计该成本为 4 万亿美元, Knopf 及其他人(待出版) 预计为 6 万亿美元, Edmonds 和其他人 2008 预计为 9 万亿美元, Nordhaus 2008 预计为 11 万亿美元, 而 Hope 2009 预计为 25 万亿美元。这些都是现值, 彼此之间的巨大差异主要是由于所用的贴现率不同。所有预计都假设随时随地, 只要成本最经济就减排。

50. Hamilton 2009。

51. 无名飓风 (The Nameless Hurricane), http://science.nasa.gov/headlines/y2004/02apr_hurricane.htm. 访问时间: 2009 年 3 月 12 日。

52. Rogers 2009; Westermeyer 2009。

53. OECs 2004。

54. 世界银行 2008a。

55. Kanbur 2009。

56. FAO 2009a。

57. 世界观察研究所 (Worldwatch Institute)《世界形势 2005: 趋势和事实》——水资源冲突和安全合作 (<http://www.worldwatch.org/node/69>, 访问时间: 2009 年 7 月 1 日), Wolf 和其他人 1999。

58. Easterling 和其他人 2007; Fisher 和其他人 2007。

59. FAO 2008。

60. von Braun 和其他人 2008; 世界银行 2009a。

61. Sterner 2007。2007 年, 欧元区的平均油价比美国的油价高出两倍多 (1.54 美元/升对 63 美分/升)。非收入原因导致的排放量差异可由人均排放量对收入的回归残差进行解释。对汽油价格进行残差回归时, 其弹性估计为 -0.5, 即保持人均收入不变时, 油价翻倍则排放量减半。

62. 根据美国能源信息署提供的 2006—2007 年平均家用电价 (<http://www.eia.doe.gov/emeu/international/elecprh.html>, 访问时间: 2009 年 8 月 1 日)。

63. 排放量数据来自 WRI 2008。

64. IEA 2008c; UNEP 2008。据欧洲环境署 (EEA 2004) 2004 年的一份报告估计,

欧洲在 2001 年的能源补贴为 300 亿欧元, 其中 2/3 用于化石燃料, 其余用于核能与可再生能源。

65. <http://www.eia.doe.gov/emeu/international/elecprh.html>, 访问时间: 2009 年 7 月。

66. Price 和 Worrell 2006。

67. ESMAP 2006。

68. <http://co2captureandstorage.info/index.htm>, 访问时间: 2009 年 8 月 1 日。

69. Calvin 和其他人 (即将出版); IEA 2008a。

70. Gurgel, Reilly 和 Paltsev 2008; IEA 2006; Wise 和其他人 2009。

71. NRC 2007; Tilman, Hill 和 Lehman 2006; WBGU 2009。

72. OECD 2008。

73. Lotze-Campen 和其他人 2009; Wise 和其他人 2009。参见第 3 章的讨论。

74. Scherr 和 McNeely 2008。

75. 世界银行 2007b。

76. Milly 和其他人 2008。

77. Fay, Block 和 Ebinger 2009; Ligeti, Penney 和 Wieditz 2007; Heinz Center 2007。

78. Lempert 和 Schlesinger 2000。

79. Keller, Yohe 和 Schlesinger 2008。

80. Cass 2005; Davenport 2008; Dolsak 2001; Kunkel, Jacob 和 Busch 2006。

81. Alber 和 Kern 2008。

82. Guth, Schmittberger 和 Schwarze 1982; Camerer 和 Thaler 1995; Irwin 2009; Ruffle 1998。

83.《印度时报》, <http://timesofindia.india-times.com/NEWS/India/Even-in2031-Indias-per-capita-emission-will-be-1/7th-of-US/articleshow/4717472.cms>, 访问时间: 2009 年 8 月。

84. Dechezleprêtre 和其他人 2008。

85. Maini 2005; Nagrath 2007。

86. Haites 和其他人 2006。

87. <http://www.gefweb.org/uploadedFiles/Publications/ClimateChange-FS-June2009.pdf>, 访问时间: 2009 年 7 月 6 日。

88. http://unfccc.int/meetings/cop_13/items/4049.php, 访问时间: 2009 年 8 月 1 日。

89. 发展与援助机构已经在转向重影响评估、基于成果的援助形式, 这说明了投入导向型项目 (投入导向型项目监控资金调拨数额和建成学校数量, 而不是学校毕业生数量或者学生表现的改善) 有一定程度的不足之

处。然而，此处定义的“投入导向型”方案略有不同，因为“投入”是指政策变革而非狭义的资金投入——例如采用并执行某种燃料效率标准，而不是为能源效率项目提供财政支持。尽管如此，为了解哪些方案切实有效，我们仍需要进行监控和评估。

90. Olsen 2007; Sutter 和 Parreno 2007; Olsen 和 Fenhann 2008; Nussbaumer 2009; Michaelowa 和 Pallav 2007; Schneider 2007。

91. Fankhauser, Martin 和 Prichard。即将出版。

92. 世界银行 2007d。

93. 在未来几年内，全球出台的激励计划预计将向主要的气候变化领域投入大约 4 300 亿美元：其中 2 150 亿美元用于能源效率，380 亿美元用于低碳可再生项目，200 亿美元用于碳捕获和封存，920 亿美元用于智能电网。Robins, Clover 和 Singh 2009。关于预期创造的就业机会，请参阅第 1 章。

参考文献

- Adger, W. N., S. Dessai, M. Goulden, M. Hulme, I. Lorenzoni, D. R. Nelson, L. O. Naess, J. Wolf, and A. Wreford. 2009. "Are There Social Limits to Adaptation to Climate Change?" *Climatic Change* 93 (3-4): 335-54.
- Agrawala, S., and S. Fankhauser. 2008. *Economic Aspects of Adaptation to Climate Change: Costs, Benefits and Policy Instruments*. Paris: Organisation for Economic Cooperation and Development.
- Alber, G., and K. Kern. 2008. "Governing Climate Change in Cities: Modes of Urban Climate Governance in Multi-Level Systems." Paper presented at the OECD Conference on Competitive Cities and Climate Change, Milan, October 9-10.
- Bai, X. 2006. "Rizhao, China: Solar-Powered City." In *State of the World 2007: Our Urban Future*, ed. Worldwatch Institute. New York: W.W. Norton & Company Inc.
- Barbera, A. J., and V. D. McConnell. 1990. "The Impacts of Environmental Regulations on Industry Productivity: Direct and Indirect Effects." *Journal of Environmental Economics and Management* 18 (1): 50-65.
- Barbier, E. B., and S. Sathirathai, ed. 2004. *Shrimp Farming and Mangrove Loss in Thailand*. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing.
- Barker, T., I. Bashmakov, A. Alharthi, M. Amann, L. Cifuentes, J. Drexhage, M. Duan, O. Edenhofer, B. Flannery, M. Grubb, M. Hoogwijk, E. I. Ibitoye, C. J. Jepma, W. A. Pizer, and K. Yamaji. 2007a. "Mitigation From a Cross-Sectoral Perspective." In *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, and L. A. Meyer. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Barker, T., I. Bashmakov, L. Bernstein, J. E. Bognner, P. R. Bosch, R. Dave, O. R. Davidson, B. S. Fisher, S. Gupta, K. Halsnaes, B. Heij, S. Khan Ribeiro, S. Kobayashi, M. D. Levine, D. L. Martino, O. Masera, B. Metz, L. A. Meyer, G.-J. Nabuurs, A. Najam, N. Nakićenović, H.-H. Rogner, J. Roy, J. Sathaye, R. Schock, P. Shukla, R. E. H. Sims, P. Smith, D. A. Tirpak, D. Urge-Vorsatz, and D. Zhou. 2007b. "Technical Summary." In *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, and L. A. Meyer. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Barrett, S. 2003. *Environment and Statecraft: The Strategy of Environmental Treaty-Making*. Oxford: Oxford University Press.
- Blanford, G. J., R. G. Richels, and T. F. Rutherford. 2008. "Revised Emissions Growth Projections for China: Why Post-Kyoto Climate Policy Must Look East." Harvard Project on International Climate Agreements, Harvard Kennedy School Discussion Paper 08-06, Cambridge, MA.
- BTS (Bureau of Transportation Statistics). 2008. *Key Transportation Indicators November 2008*. Washington, DC: U.S. Department of Transportation.
- Burke, M., D. B. Lobell, and L. Guarino. 2009. "Shifts in African Crop Climates by 2050 and the Implications for Crop Improvement and Genetic Resources Conservation." *Global Environmental Change* 19 (3): 317-325.
- Burtraw, D., D. A. Evans, A. Krupnick, K. Palmer, and R. Toth. 2005. "Economics of Pollution Trading for SO₂ and NO_x." Discussion Paper 05-05, Resources for the Future, Washington, DC.
- Calvin, K., J. Edmonds, B. Bond-Lamberty, L. Clarke, P. Kyle, S. Smith, A. Thomson, and M. Wise. Forthcoming. "Limiting Climate Change to 450 ppm CO₂ Equivalent in the 21st Century." *Energy Economics*.
- Camerer, C., and R. H. Thaler. 1995. "Anomalies: Ultimatums Dictators and Manners." *Journal of Economic Perspectives* 9 (2): 109-220.
- Canadell, J. G., C. Le Quere, M. R. Raupach, C. B. Field, E. T. Buitenhuis, P. Ciais, T. J. Conway,

- N. P. Gillett, R. A. Houghton, and G. Marland. 2007. "Contributions to Accelerating Atmospheric CO₂ Growth from Economic Activity, Carbon Intensity, and Efficiency of Natural Sinks." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 (47): 18866–70.
- Cass, L. 2005. "Measuring the Domestic Salience of International Environmental Norms: Climate Change Norms in German, British, and American Climate Policy Debates." Paper presented at the International Studies Association, March 15, Honolulu.
- Chen, S, and M. Ravallion. 2008. "The Developing World Is Poorer than We Thought, But No Less Successful in the Fight against Poverty." Policy Research Working Paper 4703, World Bank, Washington, DC.
- Clarke, L., J. Edmonds, V. Krey, R. Richels, S. Rose, and M. Tavoni. Forthcoming. "International Climate Policy Architectures: Overview of the EMF 22 International Scenarios." *Energy Economics*.
- Dasgupta, S., B. Laplante, C. Meisner, D. Wheeler, and J. Yan. 2009. "The Impact of Sea Level Rise on Developing Countries: A Comparative Analysis." *Climatic Change* 93 (3–4): 379–88.
- Davenport, D. 2008. "The International Dimension of Climate Policy." In *Turning Down the Heat: The Politics of Climate Policy in Affluent Democracies*, ed. H. Compston and I. Bailey. Basingstoke, UK: Palgrave Macmillan.
- Davis, G., and B. Owens. 2003. "Optimizing the Level of Renewable Electric R&D Expenditures Using Real Options Analysis." *Energy Policy* 31 (15): 1589–1608.
- de Bruin, K., R. Dellink, and S. Agrawala. 2009. "Economic Aspects of Adaptation to Climate Change: Integrated Assessment Modeling of Adaptation Costs and Benefits." Environment Working Paper 6, Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris.
- de la Torre, A., P. Fajnzylber, and J. Nash. 2008. *Low Carbon, High Growth: Latin American Responses to Climate Change*. Washington, DC: World Bank.
- Dechezleprêtre, A., M. Glachant, I. Hascic, N. Johnstone, and Y. Ménière. 2008. *Invention and Transfer of Climate Change Mitigation Technologies on a Global Scale: A Study Drawing on Patent Data*. Paris: CERNA.
- Deltacommissie. 2008. *Working Together with Water: A Living Land Builds for Its Future*. Netherlands: Deltacommissie.
- Derpsch, R., and T. Friedrich. 2009. "Global Overview of Conservation Agriculture Adoption." In *Lead Papers, 4th World Congress on Conservation Agriculture*, February 4–7, 2009, New Delhi, India. New Delhi: World Congress on Conservation Agriculture.
- DOE (U.S. Department of Energy). 2009. "Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC)." DOE, Oak Ridge, TN.
- Dolsak, N. 2001. "Mitigating Global Climate Change: Why Are Some Countries More Committed than Others?" *Policy Studies Journal* 29 (3): 414–36.
- Easterling, W., P. Aggarwal, P. Batima, K. Brander, L. Erda, M. Howden, A. Kirilenko, J. Morton, J.-F. Soussana, J. Schmidhuber, and F. Tubiello. 2007. "Food, Fibre and Forest Products." In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. ed. M. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, and C. E. Hanson. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Ebi, K. L., and I. Burton. 2008. "Identifying Practical Adaptation Options: An Approach to Address Climate Change-related Health Risks." *Environmental Science and Policy* 11 (4): 359–69.
- Edmonds, J., L. Clarke, J. Lurz, and M. Wise. 2008. "Stabilizing CO₂ Concentrations with Incomplete International Cooperation." *Climate Policy* 8 (4): 355–76.
- EEA (European Environment Agency). 2004. "Energy Subsidies in the European Union: A Brief Overview." Technical Report 1/2004, EEA, Copenhagen.
- Eliasch, J. 2008. *Climate Change: Financing Global Forests: The Eliasch Review*. London: Earthscan.
- Erenstein, O. 2009. "Adoption and Impact of Conservation Agriculture Based Resource Conserving Technologies in South Asia." In *Lead Papers, 4th World Congress on Conservation Agriculture*, February 4–7, 2009, New Delhi, India. New Delhi: World Congress on Conservation Agriculture.
- Erenstein, O., and V. Laxmi. 2008. "Zero Tillage Impacts in India's Rice-Wheat Systems: A Review." *Soil and Tillage Research* 100 (1–2): 1–14.
- ESMAP (Energy Sector Management Assistance Program). 2006. *Proceedings of the International Grid-Connected Renewable Energy Policy Forum*. Washington, DC: World Bank.
- European Commission. 2007. "Limiting Global Climate Change to 2 Degrees Celsius—The Way Ahead for 2020 and Beyond: Impact Assessment Summary." Commission Staff Working Document, Brussels.

- Falloon, P., and R. Betts. Forthcoming. "Climate Impacts on European Agriculture and Water Management in the Context of Adaptation and Mitigation: The Importance of an Integrated Approach." *Science of the Total Environment*.
- Fankhauser, S., N. Martin, and S. Prichard. Forthcoming. "The Economics of the CDM Levy: Revenue Potential, Tax Incidence and Distortionary Effects." Working paper, London School of Economics.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2005. "Global Forest Resources Assessment 2005: Progress towards Sustainable Forest Management." Forestry Paper 147, Rome.
- . 2007. "The World's Mangroves 1980–2005." Forestry Paper 153, Rome.
- . 2008. *Food Outlook: Global Market Analysis*. Rome: FAO.
- . 2009a. "Aquastat." Rome.
- . 2009b. "More People than Ever Are Victims of Hunger." Press release, Rome.
- Fay, M., R. I. Block, and J. Ebinger. 2010. *Adapting to Climate Change in Europe and Central Asia*. Washington, DC: World Bank.
- Fisher, B. S., N. Nakićenović, K. Alfsen, J. Corfee Morlot, F. de la Chesnaye, J.-C. Hourcade, K. Jiang, M. Kainuma, E. La Rovere, A. Matysek, A. Rana, K. Riahi, R. Richels, S. Rose, D. van Vuuren, and R. Warren. 2007. "Issues Related to Mitigation in the Long-Term Context." In *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, and L. A. Meyer. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Folger, T. 2006. "Can Coal Come Clean? How to Survive the Return of the World's Dirtiest Fossil Fuel." December. *Discover Magazine*.
- Government of Bangladesh. 2008. *Cyclone Sidr in Bangladesh: Damage, Loss and Needs Assessment for Disaster Recovery and Reconstruction*. Dhaka: Government of Bangladesh, World Bank, and European Commission.
- Guan, D., and K. Hubacek. 2008. "A New and Integrated Hydro-Economic Accounting and Analytical Framework for Water Resources: A Case Study for North China." *Journal of Environmental Management* 88 (4): 1300–1313.
- Gurgel, A. C., J. M. Reilly, and S. Paltsev. 2007. "Potential Land Use Implications of a Global Biofuels Industry." *Journal of Agricultural and Food Industrial Organization* 5 (2): 1–34.
- Güth, W., R. Schmittberger, and B. Schwarze. 1982. "An Experimental Analysis of Ultimatum Bargaining." *Journal of Economic Behavior and Organization* 3 (4): 367–88.
- Guthrie, P., C. Juma, and H. Sillem, eds. 2008. *Engineering Change: Towards a Sustainable Future in the Developing World*. London: Royal Academy of Engineering.
- Ha-Duong, M., M. Grubb, and J.-C. Hourcade. 1997. "Influence of Socioeconomic Inertia and Uncertainty on Optimal CO₂-Emission Abatement." *Nature* 390: 270–73.
- Häfele, W., J. Anderer, A. McDonald, and N. Nakićenović. 1981. *Energy in a Finite World: Paths to a Sustainable Future*. Cambridge, MA: Ballinger.
- Haites, E., D. Maosheng, and S. Seres. 2006. "Technology Transfer by CDM Projects." *Climate Policy* 6: 327–44.
- Hamilton, K. 2009. "Delayed Participation in a Global Climate Agreement." Background note for the WDR 2010.
- Hare, B., and M. Meinshausen. 2006. "How Much Warming Are We Committed to and How Much Can Be Avoided?" *Climatic Change* 75 (1–2): 111–49.
- Heinz Center. 2007. *A Survey of Climate Change Adaptation Planning*. Washington, DC: John Heinz III Center for Science, Economics and the Environment.
- Hof, A. F., M. G. J. den Elzen, and D. P. van Vuuren. 2008. "Analyzing the Costs and Benefits of Climate Policy: Value Judgments and Scientific Uncertainties." *Global Environmental Change* 18 (3): 412–24.
- Hope, C. 2009. "How Deep Should the Deep Cuts Be? Optimal CO₂ Emissions over Time under Uncertainty." *Climate Policy* 9 (1): 3–8.
- Horton, R., C. Herweijer, C. Rosenzweig, J. Liu, V. Gornitz, and A. C. Ruane. 2008. "Sea Level Rise Projections for Current Generation CGCMs Based on the Semi-Empirical Method." *Geophysical Research Letters* 35: L02715—doi:10.1029/2007GL032486.
- Houghton, R. A. 2009. "Emissions of Carbon from Land Management." Background note for the WDR 2010.
- ICCT (International Council on Clean Transportation). 2007. *Passenger Vehicle Greenhouse Gas and Fuel Economy Standard: A Global Update*. Washington, DC: ICCT.
- IEA (International Energy Agency). 2006. *World Energy Outlook 2006*. Paris: International Energy Agency.
- . 2008a. *CO₂ Capture and Storage—A Key Abatement Option*. Paris: International Energy Agency.

- . 2008b. *Energy Efficiency Policy Recommendations: In Support of the G8 Plan of Action*. Paris: International Energy Agency.
- . 2008c. *Energy Technology Perspective 2008: Scenarios and Strategies to 2050*. Paris: International Energy Agency.
- . 2008d. *World Energy Outlook 2008*. Paris: International Energy Agency.
- . 2008e. *Worldwide Trends in Energy Use and Efficiency: Key Insights from IEA Indicator Analysis*. Paris: International Energy Agency.
- IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis). 2009. "GGI Scenario Database." Laxenburg, Austria.
- IMF (International Monetary Fund). 2009. *World Economic Outlook: Crisis and Recovery*. Washington, DC: IMF.
- International Scientific Steering Committee. 2005. *Avoiding Dangerous Climate Change: International Symposium on the Stabilization of Greenhouse Gas Concentrations*. Report of the International Scientific Steering Committee. Exeter, UK: Hadley Centre Met Office.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2001. *Climate Change 2001: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva: IPCC.
- . 2007a. *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva: IPCC.
- . 2007b. "Summary for Policymakers." In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, and C. E. Hanson. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- . 2007c. "Summary for Policymakers." In *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, and H. L. Miller. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Irwin, T. 2009. "Implications for Climate Change Policy of Research on Cooperation in Social Dilemma." Policy Research Working Paper 5006, World Bank, Washington, DC.
- Jaffe, A., S. R. Peterson, P. R. Portney, and R. N. Stavins. 1995. "Environmental Regulation and the Competitiveness of U.S. Manufacturing: What Does the Evidence Tell Us?" *Journal of Economic Literature* 33 (1): 132–63.
- Kanbur, R. 2009. "Macro Crises and Targeting Transfers to the Poor." Cornell Food and Nutrition Policy Program, Working Paper 236, Ithaca, NY.
- Karim, M. F., and N. Mimura. 2008. "Impacts of Climate Change and Sea-Level Rise on Cyclonic Storm Surge Floods in Bangladesh." *Global Environmental Change* 18 (3): 490–500.
- Keim, M. E. 2008. "Building Human Resilience: The Role of Public Health Preparedness and Response as an Adaptation to Climate Change." *American Journal of Preventive Medicine* 35 (5): 508–16.
- Keller, K., G. Yohe, and M. Schlesinger. 2008. "Managing the Risks of Climate Thresholds: Uncertainties and Information Needs." *Climatic Change* 91: 5–10.
- Knopf, B., O. Edenhofer, T. Barker, N. Bauer, L. Baumstark, B. Chateau, P. Criqui, A. Held, M. Isaac, M. Jakob, E. Jochem, A. Kitous, S. Kypreos, M. Leimbach, B. Magné, S. Mima, W. Schade, S. Scricciu, H. Turton, and D. van Vuuren. Forthcoming. "The Economics of Low Stabilisation: Implications for Technological Change and Policy." In *Making Climate Change Work for Us*, ed. M. Hulme and H. Neufeldt. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Koetse, M., and P. Rietveld. 2009. "The Impact of Climate Change and Weather on Transport: An Overview of Empirical Findings." *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 14 (3): 205–21.
- Kunkel, N., K. Jacob, and P.-O. Busch. 2006. "Climate Policies: (The Feasibility of) a Statistical Analysis of their Determinants." Paper presented at the Human Dimensions of Global Environmental Change, Berlin.
- Lawrence, D. M., A. G. Slater, R. A. Tomas, M. M. Holland, and C. Deser. 2008. "Accelerated Arctic Land Warming and Permafrost Degradation during Rapid Sea Ice Loss." *Geophysical Research Letters* 35: L11506–doi:10.1029/2008GL033985.
- Lehmann, J. 2007. "A Handful of Carbon." *Nature* 447: 143–44.
- Lempert, R. J., and M. E. Schlesinger. 2000. "Robust Strategies for Abating Climate Change." *Climatic Change* 45 (3–4): 387–401.
- Levin, K., B. Cashore, S. Bernstein, and G. Auld. 2007. "Playing It Forward: Path Dependency, Progressive Incrementalism, and the 'Super

- Wicked' Problem of Global Climate Change." Paper presented at the International Studies Association 48th Annual Convention, February 28, Chicago.
- Ligeti, E., J. Penney, and I. Wieditz. 2007. *Cities Preparing for Climate Change: A Study of Six Urban Regions*. Toronto: Clean Air Partnership.
- Lotze-Campen, H., A. Popp, J. P. Dietrich, and M. Krause. 2009. "Competition for Land between Food, Bioenergy and Conservation." Background note for the WDR 2010.
- Lüthi, D., M. Le Floch, B. Bereiter, T. Blunier, J.-M. Barnola, U. Siegenthaler, D. Raynaud, J. Jouzel, H. Fischer, K. Kawamura, and T. F. Stocker. 2008. "High-Resolution Carbon Dioxide Concentration Record 650,000–800,000 Years before Present." *Nature* 453 (7193): 379–82.
- Maini, C. 2005. "Development of a Globally Competitive Electric Vehicle in India." *Journal of the Indian Institute of Science* 85: 83–95.
- Mann, M. 2009. "Defining Dangerous Anthropogenic Interference." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (11): 4065–66.
- Matthews, H. D., and K. Caldeira. 2008. "Stabilizing Climate Requires Near-zero Emissions." *Geophysical Research Letters* 35: L04705–doi:10.1029/2007GL032388.
- Matthews, H. D., and D. W. Keith. 2007. "Carbon-cycle Feedbacks Increase the Likelihood of a Warmer Future." *Geophysical Research Letters* 34: L09702–doi:10.1029/2006GL028685.
- McKinsey & Company. 2009. *Pathways to a Low-carbon Economy. Version 2 of the Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve*. McKinsey & Company.
- McNeely, J. A., and S. J. Scherr. 2003. *Ecoagriculture: Strategies to Feed the World and Save Biodiversity*. Washington, DC: Island Press.
- Meyer, S. M. 1995. "The Economic Impact of Environmental Regulation." *Journal of Environmental Law and Practice* 3 (2): 4–15.
- Michaelowa, A., and P. Pallav. 2007. *Additionality Determination of Indian CDM Projects: Can Indian CDM Project Developers Outwit the CDM Executive Board?* Zurich: University of Zurich.
- Mignone, B. K., R. H. Socolow, J. L. Sarmiento, and M. Oppenheimer. 2008. "Atmospheric Stabilization and the Timing of Carbon Mitigation." *Climatic Change* 88 (3–4): 251–65.
- Mills, E. 2009. *Building Commissioning: A Golden Opportunity for Reducing Energy Costs and Greenhouse Gas Emissions*. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory.
- Milly, P. C. D., J. Betancourt, M. Falkenmark, R. M. Hirsch, Z. W. Kundzewicz, D. P. Lettenmaier, and R. J. Stouffer. 2008. "Stationarity Is Dead: Whither Water Management?" *Science* 319 (5863): 573–74.
- Müller, C., A. Bondeau, A. Popp, K. Waha, and M. Fader. 2009. "Climate Change Impacts on Agricultural Yields." Background note for the WDR 2010.
- Nagrath, S. 2007. "Gee Whiz, It's a Reva! The Diminutive Indian Electric Car Is a Hit on the Streets of London." *Businessworld* 27(2), October 16.
- National Academy of Engineering. 2008. *Grand Challenges for Engineering*. Washington, DC: National Academy of Sciences.
- Nemet, G. 2006. "Beyond the Learning Curve: Factors Influencing Cost Reductions in Photovoltaics." *Energy Policy* 34 (17): 3218–32.
- Nemet, G., and D. M. Kammen. 2007. "U.S. Energy Research and Development: Declining Investment, Increasing Need, and the Feasibility of Expansion." *Energy Policy* 35 (1): 746–55.
- Nordhaus, W. 2008. *A Question of Balance: Weighing the Options on Global Warming Policies*. New Haven, CT: Yale University Press.
- Nordhaus, W., and J. Boyer. 2000. *Warming the World: Economic Models of Climate Change*. Cambridge, MA: MIT Press.
- NRC (National Research Council). 2007. *Water Implications of Biofuels Production in the United States*. Washington, DC: National Academies Press.
- Nussbaumer, P. 2009. "On the Contribution of Labeled Certified Emission Reductions to Sustainable Development: A Multi-criteria Evaluation of CDM Projects." *Energy Policy* 37 (1): 91–101.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). 2008. *Compendium of Patent Statistics 2008*. Paris: OECD.
- OECS (Organization of Eastern Caribbean States). 2004. *Grenada: Macro-Socio-Economic Assessment of the Damages Caused by Hurricane Ivan*. St. Lucia: OECS.
- Olsen, K. H. 2007. "The Clean Development Mechanism's Contribution to Sustainable Development: A Review of the Literature." *Climatic Change* 84 (1): 59–73.
- Olsen, K. H., and J. Fenhann. 2008. "Sustainable Development Benefits of Clean Development Mechanism Projects. A New Methodology for Sustainability Assessment Based on Text Analysis of the Project Design Documents Submitted for Validation." *Energy Policy* 36 (8): 2819–30.

- Parry, M., O. F. Canziani, J. P. Palutikof, and coauthors. 2007. "Technical Summary." In, *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. M. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, and C. E. Hanson. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Parry, M., J. Palutikof, C. Hanson, and J. Lowe. 2008. "Squaring Up to Reality." *Nature* 2: 68–71.
- Price, L., and E. Worrell. 2006. "Global Energy Use, CO₂ Emissions, and the Potential for Reduction in the Cement Industry." Paper presented at the International Energy Agency Workshop on Cement Energy Efficiency, Paris.
- Project Catalyst. 2009. *Adaptation to Climate Change: Potential Costs and Choices for a Global Agreement*. London: ClimateWorks and European Climate Foundation.
- Raupach, M. R., G. Marland, P. Ciais, C. Le Quéré, J. G. Canadell, G. Klepper, and C. B. Field. 2007. "Global and Regional Drivers of Accelerating CO₂ Emissions." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 (24): 10288–93.
- Repetto, R. 2008. "The Climate Crisis and the Adaptation Myth." School of Forestry and Environmental Studies Working Paper 13, Yale University, New Haven, CT.
- Robins, N., R. Clover, and C. Singh. 2009. *A Climate for Recovery: The Colour of Stimulus Goes Green*. London, UK: HSBC.
- Rogers, D. 2009. "Environmental Information Services and Development." Background note for the WDR 2010.
- Ruffle, B. J. 1998. "More Is Better, But Fair Is Fair: Tipping in Dictator and Ultimatum Games." *Games and Economic Behavior* 23 (2): 247–65.
- Schaeffer, M., T. Kram, M. Meinshausen, D. P. van Vuuren, and W. L. Hare. 2008. "Near-Linear Cost Increase to Reduce Climate Change Risk." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (52): 20621–26.
- Scheffer, M., V. Brovkin, and P. Cox. 2006. "Positive Feedback between Global Warming and Atmospheric CO₂ Concentration Inferred from Past Climate Change." *Geophysical Research Letters* 33: L10702–doi:10.1029/2005GL025044.
- Scherr, S. J., and J. A. McNeely. 2008. "Biodiversity Conservation and Agricultural Sustainability: Towards a New Paradigm of Ecoagriculture Landscapes." *Philosophical Transactions of the Royal Society* 363: 477–94.
- Schneider, L. 2007. *Is the CDM Fulfilling Its Environmental and Sustainable Development Objective? An Evaluation of the CDM and Options for Improvement*. Berlin: Institute for Applied Ecology.
- SEG (Scientific Expert Group on Climate Change). 2007. *Confronting Climate Change: Avoiding the Unmanageable and Managing the Unavoidable*. Washington, DC: Sigma Xi and the United Nations Foundation.
- Shalizi, Z. 2006. "Addressing China's Growing Water Shortages and Associated Social and Environmental Consequences." Policy Research Working Paper 3895, World Bank, Washington, DC.
- Shalizi, Z., and F. Lecocq. 2009. "Economics of Targeted Mitigation Programs in Sectors with Long-Lived Capital Stock." Policy Research Working Paper 5063, World Bank, Washington, DC.
- Smith, P., D. Martino, Z. Cai, D. Gwary, H. H. Janzen, P. Kumar, B. McCarl, S. Ogle, F. O'Mara, C. Rice, R. J. Scholes, O. Sirotenko, M. Howden, T. McAllister, G. Pan, V. Romanenkov, U. Schneider, S. Towprayoon, M. Wattenbach, and J. U. Smith. 2008. "Greenhouse Gas Mitigation in Agriculture." *Philosophical Transactions of the Royal Society* 363 (1492): 789–813.
- Smith, J. B., S. H. Schneider, M. Oppenheimer, G. W. Yohe, W. Hare, M. D. Mastrandrea, A. Patwardhan, I. Burton, J. Corfee-Morlot, C. H. D. Magadza, H.-M. Fussel, A. B. Pittock, A. Rahman, A. Suarez, and J.-P. van Ypersele. 2009. "Assessing Dangerous Climate Change Through an Update of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Reasons for Concern." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (11): 4133–37.
- Snoussi, M., T. Ouchani, A. Khouakhi, and I. Niang-Diop. 2009. "Impacts of Sea-level Rise on the Moroccan Coastal Zone: Quantifying Coastal Erosion and Flooding in the Tangier Bay." *Geomorphology* 107 (1–2): 32–40.
- Stern, N. 2007. *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Sterner, T. 2007. "Fuel Taxes: An Important Instrument for Climate Policy." *Energy Policy* 35: 3194–3202.
- Sutter, C., and J. C. Parreno. 2007. "Does the Current Clean Development Mechanism (CDM) Deliver its Sustainable Development Claim? An Analysis of Officially Registered CDM Projects." *Climatic Change* 84 (1): 75–90.
- Swiss Re. 2007. "World Insurance in 2006: Premiums Came Back to 'Life.'" Zurich: Sigma 4/2007.

- Tilman, D., J. Hill, and C. Lehman. 2006. "Carbon-Negative Biofuels from Low-Input High-Diversity Grassland Biomass." *Science* 314: 1598–1600.
- Tol, R. S. J. 2008. "Why Worry about Climate Change? A Research Agenda." *Environmental Values* 17 (4): 437–70.
- Torn, M. S., and J. Harte. 2006. "Missing Feedbacks, Asymmetric Uncertainties, and the Underestimation of Future Warming." *Geophysical Research Letters* 33 (10): L10703–doi:10.1029/2005GL025540.
- Tschakert, P. 2004. "The Costs of Soil Carbon Sequestration: An Economic Analysis for Small-Scale Farming Systems in Senegal." *Agricultural Systems* 81 (3): 227–53.
- UNEP (United Nations Environment Programme). 1990. *Global Assessment of Soil Degradation*. New York: UNEP.
- . 2008. *Reforming Energy Subsidies: Opportunities to Contribute to the Climate Change Agenda*. Nairobi: UNEP Division of Technology, Industry and Economics.
- UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). 2008. *Investment and Financial Flows to Address Climate Change: An Update*. Bonn: UNFCCC.
- Voluntary Carbon Standard. 2007. "Guidance for Agriculture, Forestry and Other Land Use Projects." VCS Association, Washington, DC.
- von Braun, J., A. Ahmed, K. Asenso-Okyere, S. Fan, A. Gulati, J. Hoddinott, R. Pandya-Lorch, M. W. Rosegrant, M. Ruel, M. Torero, T. van Rheenen, and K. von Grebmer. 2008. "High Food Prices: The What, Who, and How of Proposed Policy Actions." Policy Brief, International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- Walter, K. M., S. A. Zimov, J. P. Chanton, D. Verbyla, and E. S. Chapin III. 2006. "Methane Bubbling from Siberian Thaw Lakes as a Positive Feedback to Climate Warming." *Nature* 443: 71–75.
- Wardle, D. A., M.-C. Nilsson, and O. Zackrisson. 2008. "Fire-derived Charcoal Causes Loss of Forest Humus." *Science* 320 (5876): 629.
- WBGU (German Advisory Council on Global Change). 2009. *Future Bioenergy and Sustainable Land Use*. London: Earthscan.
- Westermeyer, W. 2009. "Observing the Climate for Development." Background note for the WDR 2010.
- Wise, M. A., K. V. Calvin, A. M. Thomson, L. E. Clarke, B. Bond-Lamberty, R. D. Sands, S. J. Smith, A. C. Janetos, and J. A. Edmonds. 2009. *The Implications of Limiting CO₂ Concentrations for Agriculture, Land Use, Land-use Change Emissions and Bioenergy*. Richland, WA: Pacific Northwest National Laboratory (PNNL).
- Wolf, A. T., J. A. Natharius, J. J. Danielson, B. S. Ward, and J. K. Pender. 1999. "International Basins of the World." *International Journal of Water Resources Development* 15 (4): 387–427.
- World Bank. 2007a. *East Asia Environment Monitor 2007: Adapting to Climate Change*. Washington, DC: World Bank.
- . 2007b. *India Groundwater AAA Mid-term Review*. Washington, DC: World Bank.
- . 2007c. *Making the Most of Scarcity: Accountability for Better Water Management Results in the Middle East and North Africa*. Washington, DC: World Bank.
- . 2007d. *World Development Report 2008: Agriculture for Development*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008a. *The Caribbean Catastrophe Risk Insurance Facility: Providing Immediate Funding after Natural Disasters*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008b. *South Asia Climate Change Strategy*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008c. *World Development Indicators 2008*. Washington, DC: World Bank.
- . 2009a. *Improving Food Security in Arab Countries*. Washington, DC: World Bank.
- . 2009b. *Making Development Climate Resilient: A World Bank Strategy for Sub-Saharan Africa*. Washington, DC: World Bank.
- . 2009c. *The Economics of Adaptation to Climate Change*. Washington, DC: World Bank.
- . 2009d. "World Bank Urban Strategy." World Bank, Washington, DC.
- WRI (World Resources Institute). 2008. "Climate Analysis Indicators Tool (CAIT)." Washington, DC.
- Xia, J., L. Zhang, C. Liu, and J. Yu. 2007. "Towards Better Water Security in North China." *Water Resources Management* 21 (1): 233–47.
- Yohe, G. W., R. D. Lasco, Q. K. Ahmad, N. Arnell, S. J. Cohen, C. Hope, A. C. Janetos, and R. T. Perez. 2007. "Perspectives on Climate Change and Sustainability." In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, and C. E. Hanson. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

气候变化与发展的关系

公元前 2200 年左右，地中海西风风向的改变和东亚季候风的减弱造成此后 300 年降雨量的减少和温度的降低，破坏了爱琴海到印度河地区的农业生产。这次气候变化摧毁了埃及古老的法老统治的王国和美索不达米亚地区萨尔贡大帝的帝国。¹短短几十年内，幼发拉底河北部流域沿岸的城市荒芜了，而这里曾经是阿卡得人的粮食基地。位于幼发拉底河北部流域的泰尔雷兰市建成一半的纪念馆也终止了。²此后，随风而来的厚厚尘埃掩盖了这座被遗弃的城市废墟。

美索不达米亚南部地区灌溉密集，官僚制度完备，给养分配组织精密。即使这样，该地区也未能迅速适应新的环境。失去了北方舶来的雨养谷物，同时又不得不对灌溉渠道的干涸问

题和来自北方荒芜城市的移民问题，帝国于是土崩瓦解了。³

社会的发展从来都取决于气候，但是直到现在，社会才开始意识到气候有赖于人类自身的行为这样一个事实。工业革命以来温室气体排放量的飙升已经改变了人类和环境的关系。换言之，不仅气候影响发展，发展反过来也影响气候。

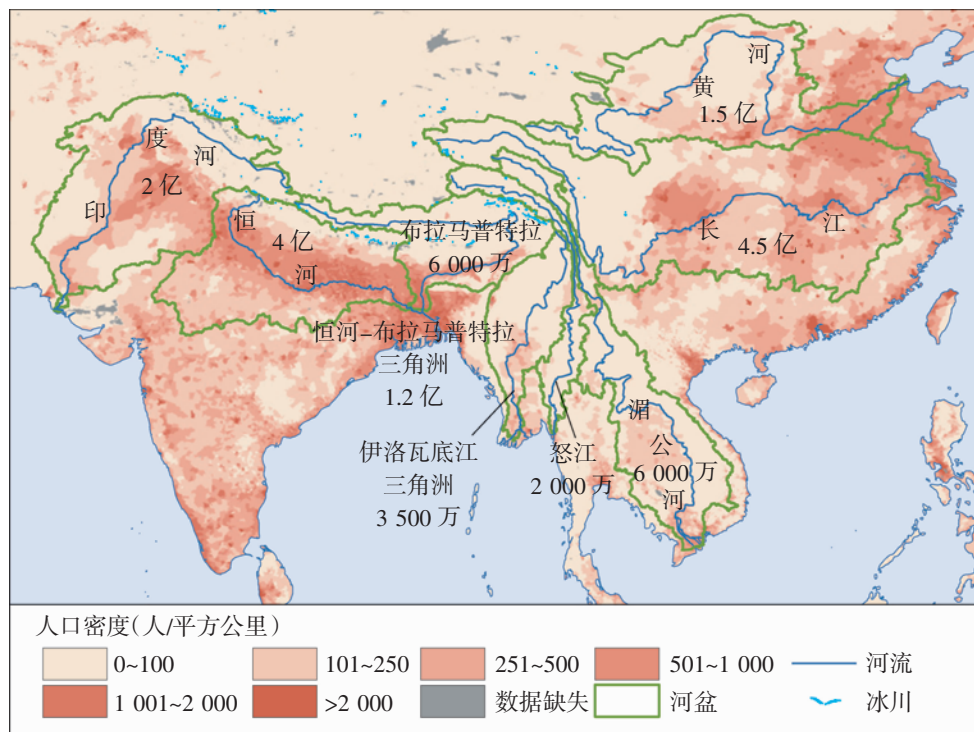
如果任其自由发展，气候变化将逆转发展进步的趋势，减少当代和未来人口的福祉。毋庸置疑，地球将以空前的速度变暖，世界各地都会受到冲击，而发展中国家受到的冲击最大。随着海平线的上升，海水淹没了居住区，污染了清洁水，从孟加拉国到佛罗里达州数百万人口将因此遭受灾难。⁴半干旱非洲地区较高的降雨变率和更严重的旱灾将削弱提高粮食安全和抗击营养不良问题的努力。⁵喜马拉雅山脉和安第斯山脉的冰川调节河流流量，用于水力发电，同时还为十多亿农场和城市人口提供清洁用水，冰川的加速消失将对农村地区的民生和主要粮食市场产生威胁（参见地图 1.1）。⁶

因此，世界需要立即行动、果断行动，以应对气候变化。尽管有关减少气候变化的成本和效益的辩论仍在进行，我们仍然有充分的理由立即采取行动，避免温度的无节制上升。我

主要内容

发展目标受到气候变化的威胁，其中贫困国家和贫困人群所受的影响最大。而要控制气候变化，则无论是富裕的还是贫困的国家都必须以温室气体密度更低的模式来实现发展。我们必须立即采取行动：国家的发展决策将使世界陷入特定的碳密度状况并决定未来的变暖趋向。一切照旧的发展模式将导致全球气温在本世纪上升 5℃ 甚至更多。我们必须共同采取行动：推迟发展中国家的减排工作可能会导致减排成本增加一倍，而如果不能为发展中国家筹集到大量的资金，这种情况就很有可能发生。但是，如果我们立即行动并共同行动，那么将气温升幅保持在 2℃ 左右的增量成本就不会太高；而且，考虑到可能发生更剧烈气候变化的危险，这种增量成本也是合理的。

地图 1.1 逐渐消失的喜马拉雅山脉冰川是十几亿人口的用水来源



出处：国际地球科学信息网络中心，<http://sedac.ciesin.columbia.edu/gpw/global.jsp>（1999年5月15日登录），Armstrong 等 2005，美国环境系统研究所 2002，世界发展报告工作组。

注：喜马拉雅山脉的冰川调节了主要流域的水资源流量，这些流域供养了众多农业和城市人口，其中恒河流量的 3% 和印度河流量的 45% 来自冰雪融水。冰川和积雪储量的减少将导致多雨季节河流流量的增加和洪水泛滥，以及温暖干旱季节农业需要水资源时期水资源的匮乏。本地图所标示的冰川储存位置仅包括面积大于 1.5 平方公里的冰川。数字是生活在每一河盆区的人口数量。

们不能接受气候变化可能造成的不能挽回的灾难性后果，并且我们不确定气候变化所带来的后果会以何种方式及怎样的迅猛之势降临，这促使我们采取果断行动。整个气候系统、建筑环境以及个体和机构行为的滞后性要求我们立即采取行动。

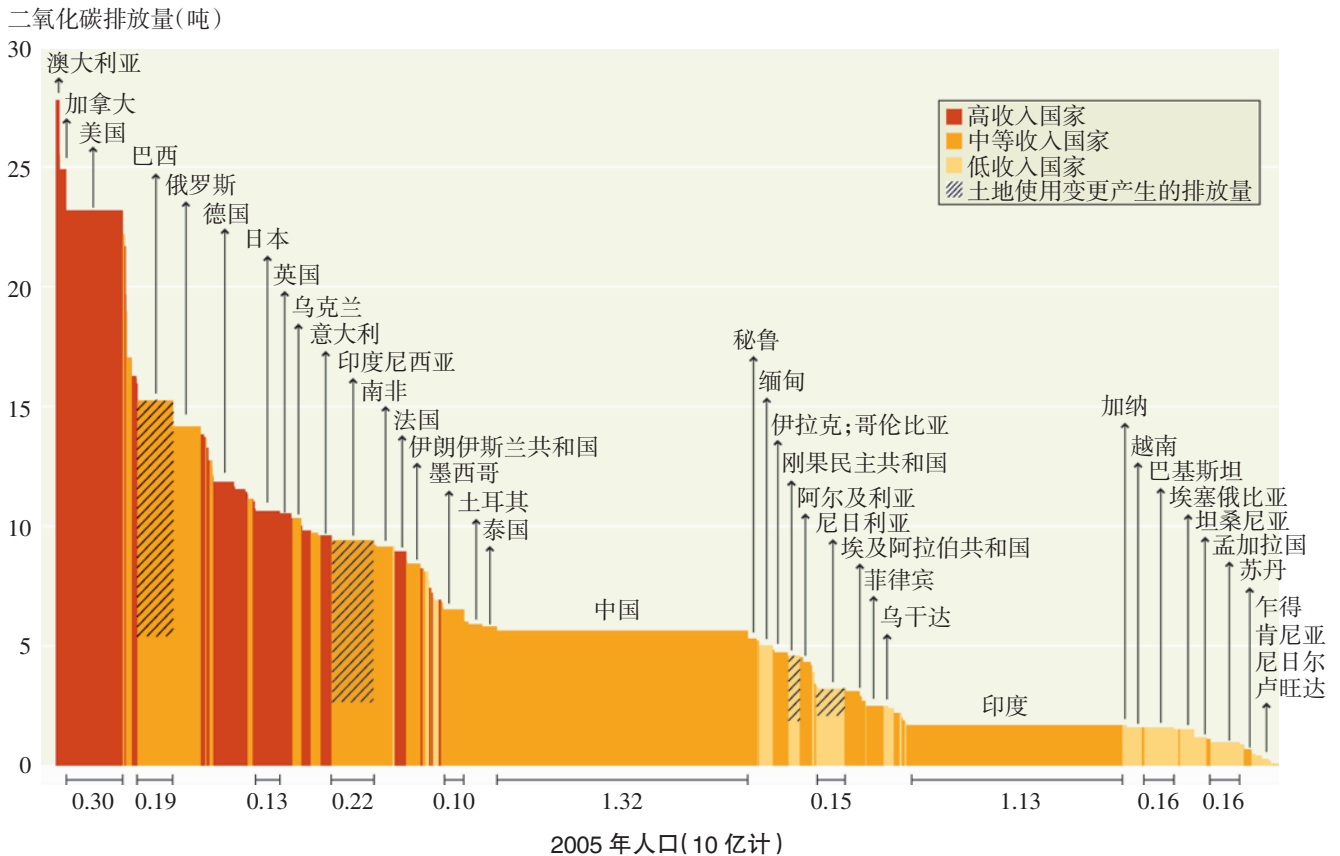
在过去的两个世纪中，大部分高碳发展道路带来的直接效益为当今的高收入国家所攫取。过去和现在全球分配极不均衡的排放量给各国目前和未来发展带来的极不平等危害，令人触目惊心（参见图 1.1，同时参见焦点 A 图 FA.6 和概述）。但是，如果各国愿意行动起来，经济动因可以推动各国达成全球性协议。

选择正确政策应对气候变化和促进发展的机会之窗正在关闭。国家愈

是沿袭现在的排放轨迹，愈是难以逆转这一趋势和改变与之相适应的基础设施、经济和生活方式。为实现减排目标，高收入国家必须重塑建筑和经济环境，必须倡导并资助发展中国家向低碳发展模式转型。为应对气候变化带来的挑战，国际社会和各国都必须以更高的效率运用自然资源管理、能源供给、城市化、社会安全网、国际财政转移支付、技术创新和治理等领域中已知的成功运作模式和基本转型道路。

金融危机造成的严重危害席卷全球，在不削弱可持续发展基础的前提下增加人们的机会和提高物质待遇仍然是世界上相当一部分地区面临的主要挑战。当务之急是要稳定金融市场和保护实体经济发展、劳务市场和弱

图 1.1 高收入国家的个体排放量远远超过发展中国家



出处：温室气体排放量为世界资源研究所 2008 年数据，其中加入了土地使用变更造成的温室气体排放量，该数据为霍顿 2009 年数据。人口数据为世界银行 2009c 数据。

注：每一柱体的宽度代表该国或该地区的人口，高度代表人均排放量，因此，柱体的面积代表排放总量。图中没有显示卡塔尔（人均排放量相当于 55.5 吨二氧化碳）、阿拉伯联合酋长国（38.8）和巴林（25.4）的排放量，这些国家的排放量高于 Y 轴。在巴西、印度尼西亚、刚果等较大的国家中，能源消耗导致的排放量不高，但土地使用变更造成的排放量不小，因此，本图用影线表示该国因土地使用变化造成的排放量。

势群体。世界必须利用国际合作和国内干预的有利时机解决其他发展问题，其中解决气候变化问题是重中之重。

未减缓的气候变化与可持续发展不相协调

即使全球气温不变暖，社会、经济 and 环境的全面可持续发展也是一项艰巨的任务。经济增长不可或缺，但是，如果不能实现减贫目标和增加平等机会，单纯的经济增长还不足以实现可持续增长。而环境保护缺位将最终威胁经济和社会发展成果。这些观点早已有之，而人们只是在重复这些观点，二十多年后的今天，使用最广

泛的可持续发展的概念仍然是“既满足当代人的需求，又不对后代人满足其需求的能力构成危害的发展”。⁷ 因此，未减缓的气候变化与可持续发展不相协调。

气候变化威胁发展成果

根据最新预测结果，1990—2005 年期间脱贫人口约为 4 亿人，⁸ 尽管 2005—2008 年期间逐步扩大的全球金融危机和粮价飙升削弱了这些成果。⁹ 1990 年以来，婴儿死亡率从每 1000 名新生儿死亡 106 例降至 83 例。¹⁰ 然而，发展中国家将近一半的人口（48%）依然生活在贫困中，每日生活

费不足 2 美元。¹¹ 将近 1/4 的人口，即 16 亿人口缺少电力，¹² 1/7 的人口缺少清洁用水。¹³ 每年仍然有 1 000 万左右五岁以下儿童死于呼吸道感染病、麻疹、腹泻等可预防和可治疗的疾病。¹⁴

在过去的半个世纪里，自然资源（其中包括矿物燃料）的使用促进了福利水平的提高，却也造成了自然资源退化和气候变化，这种使用模式不可持续。在追求增长的过程中忽视自然环境保护，导致人们面对自然疾病更加脆弱（参见第 2 章）。而且最贫困人口往往更依赖自然资源获得生计。大约 70% 的世界极贫困人口生活在乡村。

到 2050 年，除非人口发展趋势发生重大变化，世界人口将增至 90 亿，届时当今发展中国家的人口将增加 25 亿。人口数量的增加加大了生态环境和自然资源的压力，加剧了对水土资源的争夺，扩大了能源需求。大多数新增人口生活在城市中，这有助于限制资源退化和个体能源消耗。但是，如果城市化未能得到有效管理，资源退化和个体能源消耗都会加剧，人类也会更加脆弱。

气候变化给发展造成了附加成本，其影响已经显露无遗。¹⁵ 根据最新科学证据，当前温室气体排放量和海平面上升趋势均超过预测，表明这一问题正在急剧恶化。¹⁶ 直到现在，气候变化仍在继续破坏社会经济发展和自然环境，换言之，破坏的速度甚至比预期更快（参见焦点 A 关于科学的论述）。¹⁷ 温度和雨量的多变性和更加多变的、不可预测的或极端的气候可能改变今天的生产效益、收入、健康和人身安全并最终改变未来发展的道路和水平。

气候变化将对众多领域和生产环境产生影响，其中包括发展中国家和发达国家的农业、林业、能源和沿海地区。气候变化对发展中国家的影响

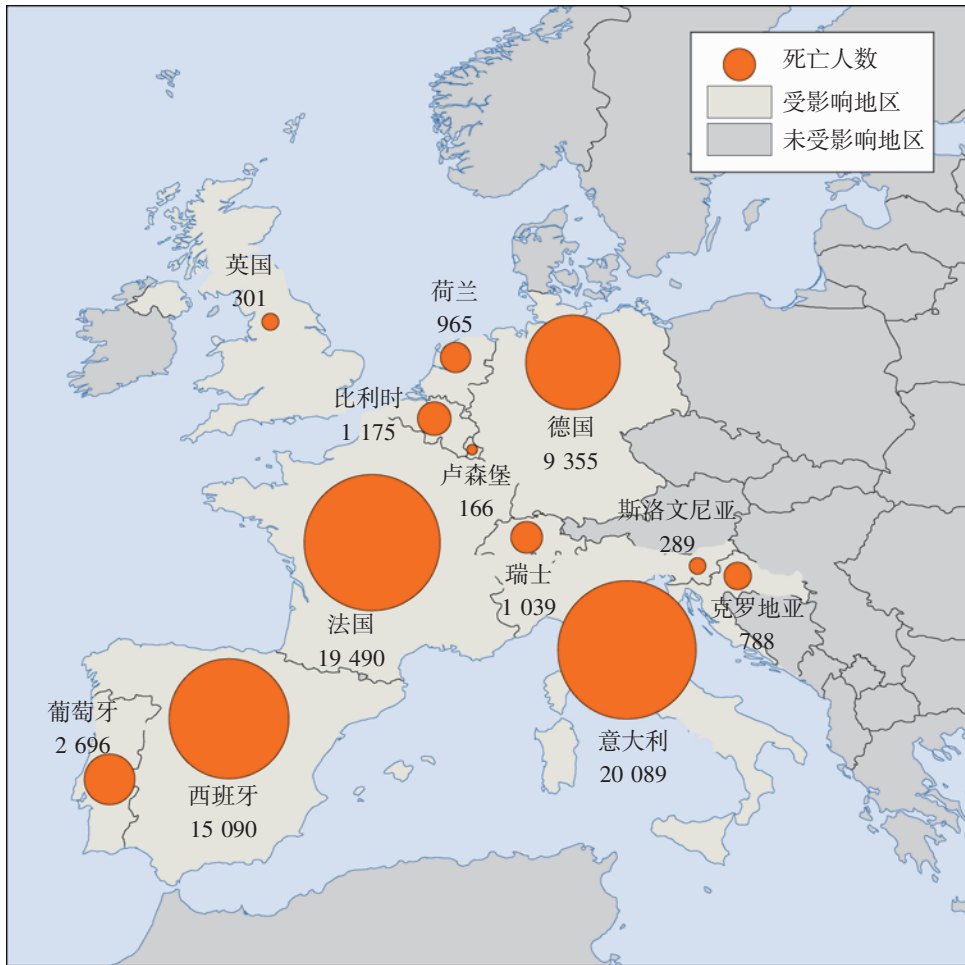
更甚，部分因为它们更容易遭遇气候冲击，部分因为它们的适应能力较低。但是没有国家可以独善其身。2003 年的夏季高温天气造成欧洲十几个国家 70 000 多人口死亡（参见地图 1.2）。暖冬在某种程度上造成了加拿大西部山区森林松毛虫的流行，这沉重打击了林牧业，偏远社区居民的生计和健康受到威胁，政府拨款数百万对其进行调节和预防。¹⁸ 发达国家和发展中国家为了应对未来类似的威胁必将消耗实际人力和经济成本，尽管它们并不能够完全消除直接损失。

气候变暖可以同时国内生产总值的水平 and 增长产生巨大影响，至少在贫穷国家如此。对气温年度变化的审视（相对于国家平均值）表明，在异常温暖的年度，发展中国家国内生产总值的水平及随后的增长率都将降低。¹⁹ 气候温暖的持续可能增强国家的适应性，从而降低气候变暖的经济影响，但是，气候变暖趋势比较明显的发展中国家，其增长率较低。²⁰ 来自撒哈拉沙漠以南非洲地区的证据显示预计大幅度增加的雨量变化也将降低国内生产总值并增加贫困。²¹

农业生产率是加剧发展中国家脆弱性的众多因素之一（参见第 3 章，地图 3.3）。在小幅度气候变暖和二氧化碳施肥水平较低的情况下，北欧和北美的谷物产量和森林生长有可能实现增加。²² 但是，主要的全球稻米大宗生产国——中国和日本的稻米产量极有可能下降，而中亚和南亚的小麦、玉米和大米生产尤其可能遭遇沉重打击。²³ 即使气候变暖的幅度没有达到前工业化时代的 2°C~2.5°C，²⁴ 撒哈拉沙漠以南非洲地区雨养半干旱地区农作物和畜牧业也将陷入萧条。

如前所述，印度自 20 世纪 80 年代后水稻生产率增速的减缓（自 20 世纪 60 年代绿色革命以来）归咎于大米

地图 1.2 富裕国家同样受到异常气候的冲击：2003 年高温致使欧洲国家 70 000 多人死亡



出处：Robine 等 2008。

注：高温引发的死亡人口是指死亡人口中超过不出现高温情况时预测死亡人口的那部分，预测值基于平均死亡趋势基线。

价格的下跌和灌溉基础设施状况的恶化，但是，地区污染和全球变暖造成的不利气候现象也是原因之一。²⁵ 根据既往气候和农业产出的年度变化可以推知，即使将短期适应的因素考虑在内，在未来 30 年内，印度主要农作物的产量也将降低 4.5%~9%。²⁶ 考虑到预期人口增长和发展中国家农业国内生产总值每增长一个百分点将使最贫的 1/3 人口的消费增加 4%~6% 这一事实，气候变化对贫穷和国内生产总值的意义重大。²⁷

气候变化对健康的影响增加了人力和经济损失，这在发展中国家尤甚。世界卫生组织预测 2000 年气候变化造

成的伤残调整期望寿命损失年数高达 550 万人年，其中 84% 生活在撒哈拉沙漠以南非洲、东亚和南亚。²⁸ 气温上升造成受到疟疾和登革热威胁的人口数量增加，发展中国家的负担尤其沉重。²⁹ 撒哈拉沙漠以南非洲之前脑膜炎的肆虐与荒漠草原和其他地区干旱面积的扩大密切相关。³⁰ 一些地区农业产量的降低将加剧营养不良问题，降低人们的疾病抵抗力。预计到 2020 年，在人均收入不足 6 000 美元的国家，仅仅气候变化引起的腹泻疾病造成的负担将增加 5%。温度升高可能增加心血管疾病，这在热带地区尤其明显，但高纬度地区（和高收入国家）也不

能例外，而高温引发病例的增加量已超过了低温导致死亡的减少量。³¹

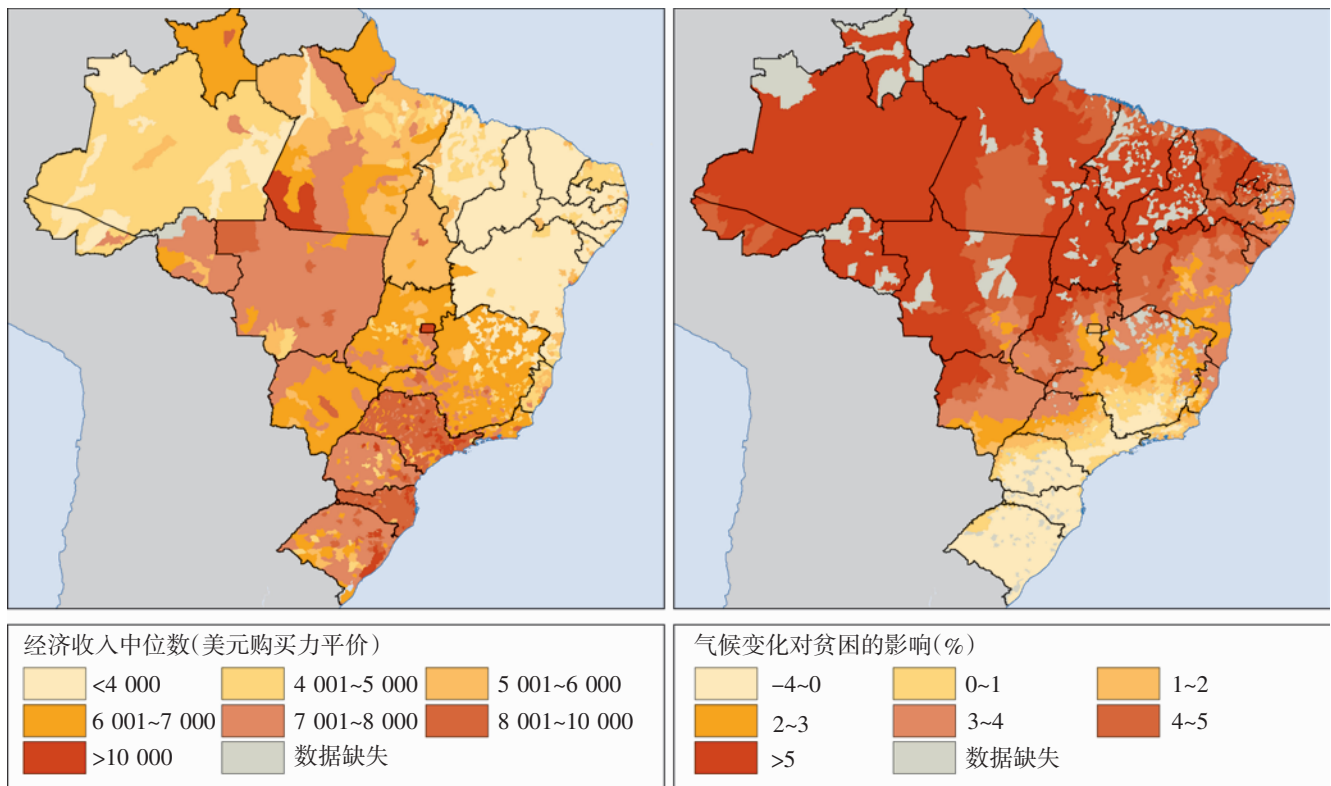
不利的气候变化趋势、气候多变性和气候冲击并不歧视低收入者，但富裕人口和地区的确能更成功地应对这些冲击（参见地图 1.3）。1998 年横扫洪都拉斯的米奇飓风影响的富裕家庭数量超过贫困家庭。但是，贫困家庭的损失更大：在遭受侵袭的家庭中，贫困家庭丧失了 15%~20% 的家庭财产，而富裕家庭的损失仅为家庭财产的 3%。³² 不利气候冲击的长期影响也很大：所有受到影响的家庭的资产积累速度都降低了，但是贫困家庭的降幅更大。³³ 而且这种影响因性别而异（参见专栏 1.1）：较之于滞留在灾后临时住处时间较长、自力更生恢复资产的女性户主家庭，男性户主家庭更容

易获得新住处和工作，在灾后临时住处生活的时间也较短。³⁴

气候变化、环境退化、市场和体制失灵的共同作用可能导致贫困不断加剧的恶性循环。沿海生态体系的逐渐退化、降雨量可预测性的降低或者更加剧烈的飓风都可能导致人们深陷这一循环。³⁵ 大规模的自然灾害带来的冲击显而易见，微小的重复性冲击或降雨量年度分布的微小变化也可能对人们的福祉产生突然却持久的影响。

消费水平长期低于规定的门槛值，这一现象被称为贫困陷阱。有关贫困陷阱的经验证据繁复不一。³⁶ 但是，有关贫困人口遭遇打击后物质资产恢复较慢、人力资本增长不足的证据日益增多。在埃塞俄比亚，季节降雨量骤

地图 1.3 气候变化可能导致巴西大部分地区尤其是最贫困地区贫困问题的扩大



出处：国际地球科学信息网络中心，<http://sedac.ciesin.columbia.edu/gpw/global.jsp>（1999 年 5 月 15 号登录）；Dell, Jones 和 Olken 2009；Assuncao 和 Chein 2008。

注：21 世纪中期气候变化导致的贫困程度预测值基于农业产量预计降低 18% 来计算。贫困变化率以百分数表示；例如，预测东北部的贫困率为 30%（基于 2000 年每天 1 美元数据），这一贫困率可能上升 4%，达到 34%。预测值考虑了内部移民因素，移民贫困结果计入移民遣出区结果。

专栏 1.1 被赋予权利的妇女将提高适应能力并减缓冲击后果

妇女和男性对气候变化的体会不同。由于责任不同、脆弱性不同以及减缓和适应气候变化的能力不同，气候冲击和相关政策并不具有性别中立性。资产价值和资产权利、金融服务可获得性、教育水平、社会网络以及参与地方组织决定了基于性别的脆弱性模式。在某种情况下，面对气候冲击，妇女的生计和人身安全更为脆弱。但是有证据显示，在妇女享有和男性平等经济社会权利的状况下，灾害不具有性别歧视。妇女被赋予权利并参与决策可以改善环境和生计，惠及全体人口。

妇女参与灾害管理将挽救生命

妇女参与灾难防备和灾难恢复工作可以改善极端气候发生前、发生中和发生后的社区福利。在1998年的洪都拉斯米奇飓风中，其他社区人口大量死亡，而拉玛斯卡社区却无一人死亡，六个月以前一家灾难管理机构在该社区开展的性别敏感的关于灾难管理和早期预警体系的教育促成了这一成果。尽管男性和女性均参与灾难管理活动，但最终承担持续监控早期预警体系任务的是妇女。她们风险意识和管理能力的提高使得市政当局及时组织居民撤离。此外，灾后恢复的教训显示，妇女负责的食物分配体制腐败问题较少，食物分配更加

公正。

妇女参与将促进生物多样性和改善水资源管理

2001—2006年期间，突尼斯的Zammour地区山区生态系统的植物面积扩大、生物多样性得到保护、受侵蚀土地得到稳定，这是由于这项反沙漠化计划邀请妇女参与讨论表达观点，结合了当地妇女管理水资源的知识，并由妇女负责贯彻实施。该项目评估并应用了创新性、高效性雨水采集和保护方法，其中包括为减少灌溉水蒸发而在石头缝里种植，为稳定侵蚀土地种植地方水果果树等。

妇女参与将提高食品安全和保护森林

2001年以来，危地马拉、尼加拉瓜、萨尔瓦多和洪都拉斯的妇女种植了400 000棵Maya果树。这不仅提高了食品安全，而且，由于平衡基金赞助方寻求与美国和欧洲国家的碳排放权交易机会，妇女及其家庭还受益于气候变化基金。在津巴布韦，居住在公用土地上的800 000多户家庭中，由女性主导的家庭高达一半以上。那里，妇女团体通过种植树木、培育苗圃以及林地所有权和管理等方式管理森林资源和发展计划。

女性构成了至少一半的世界农业工

人，饮用水和木柴收集的工作主要是由妇女和少女完成的。如果不借鉴妇女在自然资源管理方面的知识（包括传统知识和高效利用能源的知识），我们就不能充分实践适应气候变化行动和实现减排潜力，这在农业和林业中尤其明显。

妇女参与将促进公共卫生

印度当地居民熟悉中草药和灌木并将之用于治疗。作为自然的管理员，当地妇女的相关知识尤为丰富，可以识别将近300种有用的森林生物种类。

在全球范围内，无论是中美洲、北非、南亚还是撒哈拉沙漠以南非洲，实行性别敏感原则的气候变化适应行动和减缓行动取得了重要成果：妇女充分参与决策不但可以而且将挽救生命，保护脆弱的自然资源，减少温室气体排放量并将培育当前和未来人口的适应能力。灾难预防、气候变化适应和减缓行动的机制和融资中如果缺少妇女的声音和支持，将是不完善的，从设计、决策到贯彻实施都需要妇女的全力参与。

出处：Nilufar Ahmad 提供，基于 Parikh 2008；Lambrou 和 Laub 2004；Neumayer 和 Plumper 2007；Smyth 2005；Aguilar 2006；联合国国际减灾战略秘书处 2007；联合国开发计划署 2009；Martin 1996。

减所带来的灾害甚至在四五年后还抑制人们的消费水平。³⁷在巴西，旱灾过后是短期内农村工资水平的大幅度下降，而长达五年后，受灾工人的工资水平才能赶上其他工人。³⁸

除信贷限制外，保险或抵押担保也限制了贫困农户进行生产性投资的机会，致使他们为抵御未来冲击而选择低风险低回报的投资。³⁹印度农村的贫困农民普遍投资效益受降雨量变化影响不大的资产或技术，从而减缓了气候风险的危害，但是这些资产或技术平均回报低，农村地区由此陷入不

平等模式。⁴⁰

气候冲击也可能对人们的健康和教育产生长期影响。对科特迪瓦降雨模式和儿童教育投资关系的研究显示，气候变化高于正常情况的地区，男孩和女孩的入学率均下降20%。⁴¹环境冲击如果和其他问题交织在一起，将产生长期影响。童年在早期发育阶段（1~2岁）遭遇旱灾或内乱的津巴布韦人，身高降低3.4厘米，受教育年限减少将近一年，入学时间推迟将近六个月。一生收入将减少14%，这对在贫困线边缘挣扎的人口而言，举

足轻重。⁴²

在气候变化中平衡增长和评估政策效果

增长：改变碳迹和脆弱性。到 2050 年，今天发展中国家中相当一部分人口将实现中产阶级的生活方式。但是，按照当前中产阶级的平均碳迹水平，地球已经不堪 90 亿人口的重负。年排放量将增加将近两倍。而且，并非所有的发展都能增强适应性：增长的速度可能不够快，而且即使它降低了某些方面的脆弱性，同时它也增加了其他方面的脆弱性。而且，应对气候变化的拙劣政策本身就可能对可持续发展构成威胁。

但是，仅仅因为富裕阶层已经率先抵达收入阶梯顶端而否认世界贫困人口沿收入阶梯上升的机会，无论从道德的角度还是政治的角度都是不能让人接受的。当前，发展中国家每年的温室气体排放量约为世界总排放量的一半，而其人口却占世界人口的将近 85%。低收入国家和中等收入国家公民的人均能源型碳迹分别是 1.3 公吨和 4.5 公吨二氧化碳当量，而高收入国家这一数值则高达 15.3 吨。⁴³而且，大部分历史排放量，也就是说现在存在于大气中的大部分二氧化碳，是由发达国家造成的。⁴⁴因此，解决气候变化对人类福利的威胁这一问题不仅仅取决于“气候智能型”发展，即增加收入和适应能力的同时降低预期排放量的发展，而且还要求在发达国家实现适应力增强和绝对排放量降低的“气候智能型”富裕。

有证据显示，政策将对收入增长时的碳迹变化产生重大影响。⁴⁵如同国内生产总值的能源密度，⁴⁶富裕国家（包括石油生产国和小岛国）公民的人均碳迹随十二个因素而变化，这表明碳迹并不总是随着收入的增加而增加。

而且，今天发展中国家人均资源使用量远远低于美国等发达国家同等收入水平时期的使用量，这就显示了低碳增长的可能性。⁴⁷

气候变化的适应行动和减缓行动需要纳入“气候智能型”发展战略，即增加弹性、减小未来变暖的威胁并改善发展成果的发展战略。气候变化的适应行动和减缓行动可以促进发展，经济繁荣可以提高收入并形成良好的机制。居住在建筑条件较好房屋中、生活方式健康、能够获得银行贷款和社会保障的人口能够采取更强有力的措施应对气候变化并承担其后果。气候变化已经发生，甚至在短期内可能上升，因此，通过推行稳健的、灵活的发展政策，增强适应性，乃是当务之急。

经济繁荣总是与适应生态条件变化的活动密切相关。但是，由于经济增长已经改变了环境而且环境在加速变化，持续性增长和适应能力就需要我们理解所居环境，创新并推广新的适应性技术和实践。正如经济历史学家所言，人类相当一部分创造潜力被用于适应不断变化的世界。⁴⁸但是，适应行动并不能解决气候变化造成的所有问题，对长期发生的较大规模的变化尤然（参见第 2 章）。⁴⁹

国家不能迅速摆脱有害的增长方式以适应气候的变化。一些增长战略，无论是政府还是市场推行的，都会加剧环境脆弱性，在自然资源遭到过度开采的情况下尤其如此。根据苏联发展计划，灌溉棉花耕作扩展到水资源紧张的中亚地区，这一发展行动几乎造成了咸海的消失，对渔民、牧民和农民的生计产生了严重的威胁。⁵⁰无论在圭亚那还是在路易斯安那，清理红树以发展集约型养虾业或房地产业的活动都加剧了沿海居住区硬件设施的脆弱性，这是因为红树是抵御风暴潮

的天然缓冲带。

在正常状况下运作良好的基础设施一旦遭遇气候冲击便会显得不堪一击，同时先前未经检验的制度缺陷也将暴露无遗，即使增长迅速的国家或高收入国家也不能例外。例如，尽管中国过去二十多年经济增长引人注目，2008年1月一场突如其来的严重暴雪使数百万流动工人滞留异乡，经济增长带来的劳动力市场转型是造成这一现象的原因之一（参见地图1.4）。工人返乡过年导致铁路运输系统崩溃，数百万工人滞留在工作地，南部和中部省份出现了食品供应短缺和电力供应不足的危机。飓风卡特里娜暴露了美国灾难应急反应不力、装备落后，这表明即使一个国家保持几十年稳定的繁荣发展也不一定具备完善的应对气候冲击的计划（包括推广战略和良好的适应行动）。平均工资的高水平也不一定能够保障对贫困社区的保护。

移民政策——好还是坏。移民政策可用于产生共同经济利益，此外，移民政策有助于实现减排，创造地方和区域机会。进入21世纪，巴西的乙醇产量增加了一倍多，⁵¹生物燃料可能使巴西迈入世界能源供给大国的行列。发展中国家，特别是撒哈拉沙漠以南非洲的未开发水电潜力巨大（参见地图1.5）。北非和中东终年阳光照射充足，欧洲对太阳能需求量的扩大将使其受益（参见第4章，专栏4.15）。⁵²然而，证据显示是北欧而不是北非推广并扩大了太阳能生产，这证明许多国家可再生能源生产的比较优势仍然没有得到最大限度的开发。

但是，如果在制定和贯彻实施减缓政策的过程中没有考虑附加效应，减缓政策也可能走上错误道路，破坏人类福祉。而美国的清洁纤维素乙醇，乃至汽油和以农作物为原料的生物燃料生产造成了地方污染从而消耗了较

高的健康成本，但其所贡献的二氧化碳减排量却微不足道（参见图1.2）。⁵³而且，美国和欧洲的生物燃料政策使投入从食品转移至生物燃料产品，推动了全球食品价格的上涨。⁵⁴食品价格的上涨常常提高贫困率。⁵⁵由于食品纯生产者从中受益而纯购买者遭遇损失，食品价格上涨对贫困的总体影响取决于经济体的结构。但是，包括阿根廷、

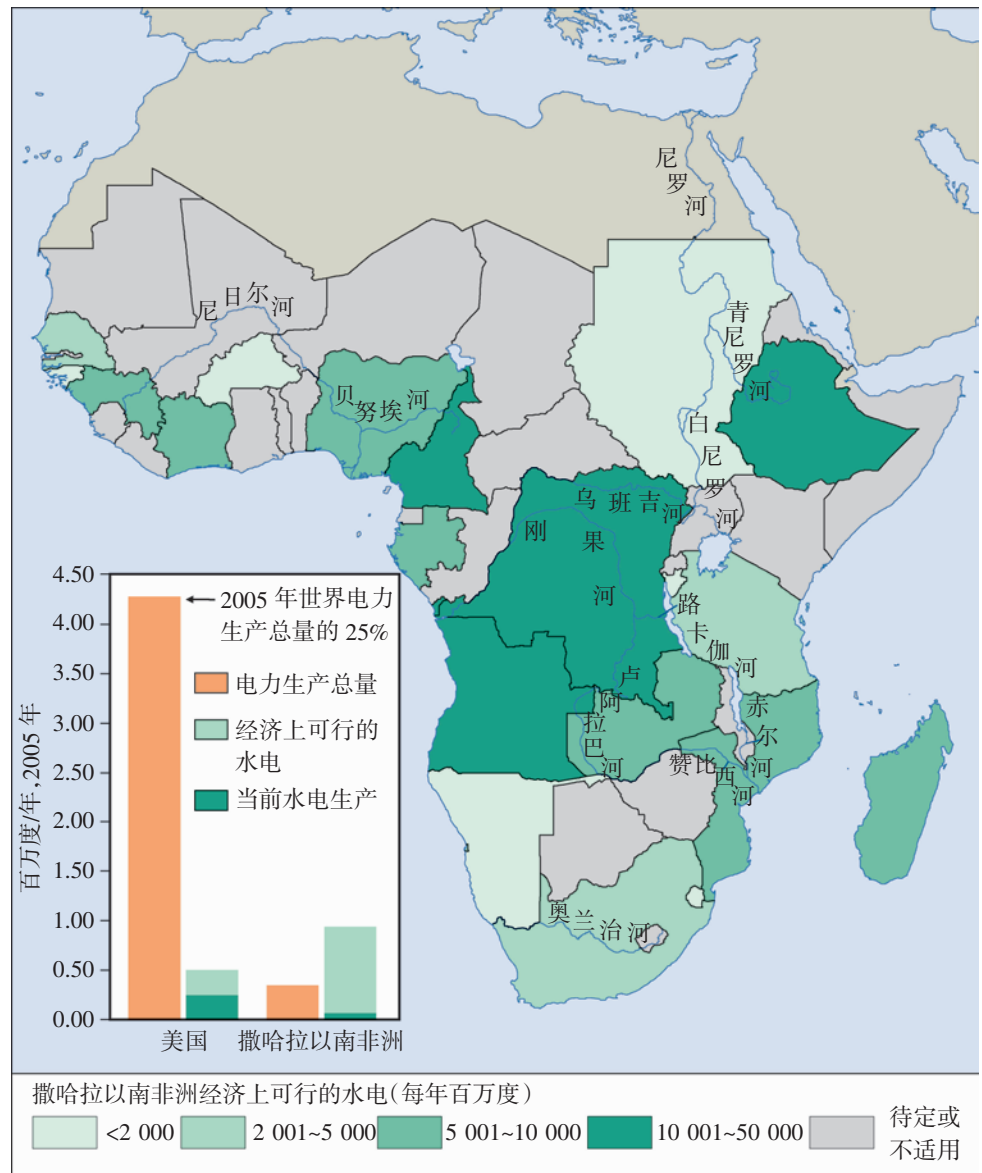
地图1.4 中国2008年1月暴雪严重影响了一时的人口流动——其经济增长支柱之一



出处：亚洲空间信息和分析网络澳洲中心 2004；Huang 和 Magnoli 2009；美国农业部海外局，商品信息报告，2008/02/01，<http://www.pecad.fas.usda.gov/highlights/2008/02/MassiveSnowStorm.htm>（2009年7月14号登录）；中华人民共和国政府交通运输部，“应对极端雨雪天气措施及保障措施”，2008年2月1号，<http://www.china.org.cn/e-news/news/080201-2.htm>（2009年7月14号登录）。

注：箭头的宽度代表中国春节节日期间人口流动的规模，基于回乡劳动力移民的估测值。预测国内移民总量在1.3亿和1.8亿之间。对暴雪影响严重程度的预测基于1月份累积雨量以及暴雪爆发时的中国新闻和政府传播。

地图 1.5 非洲未开发水电潜力巨大，而美国水电资源潜力低利用率高



出处：国际水力与水坝杂志，世界地图册，2006 (<http://hydropower-dams.com>，2009 年 7 月 9 号登录)；国际能源署经合组织国家能源平衡 2008；国际能源署非经合组织国家能源平衡 2007 (http://www.oecd.org/document/10/0,3343,en_21571361_33915056_39154634_1_1_1_1,00.html，2009 年 7 月 9 号登录)。

注：美国已开发 50% 以上的水电潜力，而撒哈拉沙漠以南非洲得到开发的水电潜力仅为 7%~8%。美国的发电总量在图中按比例标示。

印度和乌克兰在内的许多粮食盈余国政府实施出口禁令和其他保护措施，限制了国内生产者的收益、减少了粮食供给，缩小了未来市场解决方案的范围。⁵⁶

贸易和减排政策之间的关系错综复杂。有人建议出口产品的碳含量计入出口目的国的碳迹量，这样出

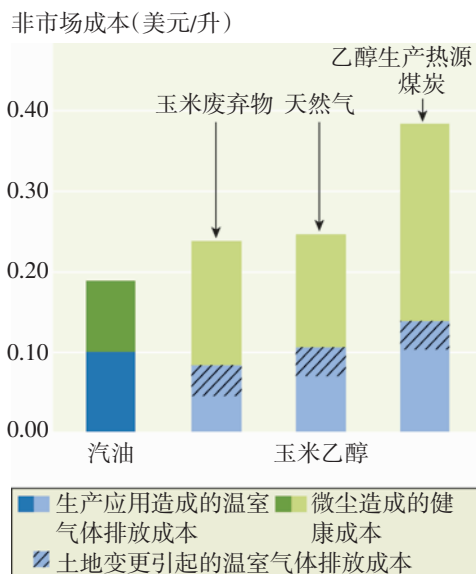
口国就不必因生产他国所需的重工业产品而受罚。但是，如果进口国为补偿碳价而对含碳商品征收边境税，出口国会因竞争力的削弱，而承担一部分损失（参见焦点 C 关于贸易的论述）。

绿色税。如同第 6 章所述，碳税是控制二氧化碳排放量的有效工具，

但是，包含环境成本的（绿色税）税制改革可能是一种退步，这取决于一国的经济结构、目标质量和负担的分配。与其他经合组织国家一样，⁵⁷英国实行碳税由所有家庭均摊的政策就是一种严重的退步，原因在于贫困家庭能源开销在家庭总支出中的所占比例远远超过富裕家庭。但是，制定分级税率或基于现行社会政策机制的针对性计划可以抵消这种退步效应。⁵⁸

正如对中国的一项近期研究表明，发展中国家的绿色税甚至可能是累进税。中国的大部分贫困家庭居住在农村，他们消费产品的碳密度远远低于城市中比较富裕的一般家庭消费产品的碳密度。在人均平等的基础上，碳税收入再循环进入经济运营，累进效应仍然很显著。⁵⁹

图 1.2 与汽油相比较，美国以农作物为原料的生物燃料增加了二氧化碳排放量和健康成本



出处：Hill 等 2009。

注：成本按照每升汽油或汽油等价替代物的美元价值计算。由于一升乙醇从生产到最后燃烧使用中，颗粒物排放影响排放量的多少，健康（绿色）成本为预测成本。温室其他排放成本（蓝色）假定碳价格为每吨 120 美元，基于碳捕获和碳封存的预测价格。部分温室气体排放量（图表中斜影线部分）是生产乙醇过程中的土地开垦、土地变更和土地耕作引起的。

在为绿色税获得政治支持的同时保证不损害贫困人口的利益，殊非易事。对拉丁美洲和东欧而言，收入循环至关重要，这是因为相当一部分贫困人口生活在城市地区，绿色税将给它们造成直接损失。但是收入循环和英国研究所建议的针对性计划的实施都需要通过政策转变来获得坚定的支持，而发展中国家对能源和其他基础设施服务累退补贴的相关政治法规牢不可破，因此，该措施在发展中国家难以推行。如果不实行收入循环，碳定价或绿色税（即使是累进制）将可能损害贫困家庭的利益，这是因为贫困家庭家庭收入的 25% 都用于电、水和交通消费。甚至一般家庭总收入的 10% 也用于此类消费，这也可能造成政治上的困难。⁶⁰

由于绿色基础设施建设、运营和服务所需的高昂预付成本对经济供应方面的打击，贫困人口的实际收入在短期内也将减少。⁶¹绿色税可能给家庭支出造成直接影响（由能源价格的上涨造成）和间接影响（生产成本的增加造成消费品价格的上涨，从而对家庭总支出产生影响）。在马达加斯加开展的一项研究发现由于食品、纺织品和运输价格的上涨，间接影响造成的福利损失可能达到 40%。⁶²尽管中产阶级直接消费的基础设施服务较多，但占人口 20% 的最贫困人口的实际收入损失最大。

世界仍极有可能采用能源关税和补贴方案，在增加成本回收的同时更好地为贫困人口谋利益。⁶³对那些将能源价格和水价管理纳入社会政策体系的国家而言，气候变化（和绿色税收收益）使得推广收入支持计划既有价值，又具可行性。能效提升降低了成本，而绿色技术又比传统的高碳技术经济。例如，墨西哥乡村地区使用改造升级的以木柴为燃料的烹调炉将使

未来 20 年中二氧化碳的排放量减少 1.6 亿吨，而二氧化碳排放量每减少一吨的纯经济收益（来自较低的能源成本和良好健康状况）为 8~24 美元。⁶⁴

权衡利弊

尽管很少有人仍然对缓解气候变化行动的必要性持有争议，但是，关于在多大程度上以多快的速度缓解气候变化的争论仍在继续。要使全球平均气温变化低于“危险”水平（参见焦点 A 关于科学的论述），全球必须立即行动（行动的代价是高昂的）起来，到 2050 年实现预计排放量减少 50%~80% 的目标。

不断有证据表明，如果将气候体系的滞后性、建筑环境的滞后性以及减少由高温引发的不确定性因素和灾难性后果所带来的利益这一点纳入考虑范围，立即和大幅度的减缓行动将变得更加有效。气候体系的滞后性是指气温变暖及其影响积聚缓慢，但在很大程度上却不可逆转；建筑环境的滞后性是指如果今天形成高排放量的固定资本，那么未来减排的成本将会更高。⁶⁵

应对气候变化的任何措施都是权衡利弊、优势和劣势以及利益和成本的过程。问题是如何权衡这些条件。在政策重要性难分上下和资源稀缺这样一个不可避免的情况下，成本分析法是评估政策的一项重要工具。但是，成本和效益的货币化很容易忽略非市场化的环保商品和服务，而在未来风险（及对风险的态度）高度不确定的情况下实现货币化是不可能的。

这就需要附加决策工具补充成本—效益分析法，确立整体目标和可接受的风险。多标准方法可以提供一些非货币形式的权衡之策。面对风险规避和未来气候风险的不确定性，

“可容忍窗口”法可以指明在选定的可承受风险范围内的排放量路径，进而评估行动的成本。⁶⁶“稳健决策”可以突出强调那些对抵御不良未来后果有积极作用的政策。⁶⁷

成本—效益争论：为何这不仅仅和贴现率有关

自 2007 年《气候变化经济评价》一书出版以来，关于气候变化政策成本—效益分析的经济学讨论就变得尤为活跃。书中预测，未能缓解的气候变化所带来的潜在成本很高（国内生产总值的永久性年损失高达 5%~20%），所以建议立即采取有力行动。这一建议和其他许多模式截然不同。其他模式提倡以“气候政策斜坡”为主要形式的缓慢减排的经济发展模式。⁶⁸

关于合理贴现率的学术争论极有可能永远得不到解决，而贴现率正是导致斯特恩和其他人的结果产生分歧的原因（参见专栏 1.2）。⁶⁹斯特恩采用的贴现率很低。按照这种方法，依据一般道德原则，后代可能更富裕的事实是导致未来人类福利低于当代的唯一因素；而根据其他方法，后代的人类福利和当今一代旗鼓相当。⁷⁰倡导高贴现率或低贴现率的各方都能列出众多的论点来支持自己的判断。遗憾的是，代际福利经济学对解决这一问题爱莫能助——它产生的问题多于它能给出的答案。⁷¹

然而，提倡迅速开展有效行动减少温室气体排放量并不仅仅取决于低贴现率。尽管低贴现率是决定成本和效益相对重要性的重要因素，其他因素，即使使用的是高贴现率，也以加强迅速有效的减排行动的方式提高了减缓行动的效益（避免损失）。⁷²

更广泛的影响。大多数关于气候

专栏 1.2 减缓气候变化成本和效益的基本贴现原则

对一定时期内的资源配置进行评估是应用经济学和项目管理的主题之一。这类评估已经广泛用于分析减缓气候变化行动的成本和效益问题。但是，关于参数的校正值仍然存在着重大分歧。

社会贴现率是指把整个社会未来的货币成本和收益折算为真实社会现值或者对当今决策者的价值的贴现率。那么根据定义，代际福利分析的主要工具，即总期望净现值在长期的福利分配中不再奏效。在一个充满诸如气候变化等长期问题的环境中确定合理的贴现率值，需要慎重考虑经济和道德因素（参见专栏 1.4）。

三个因素决定贴现率。第一个因素是对未来福利的重视度，这是因为未来福利发生得较晚。这种纯粹时间上的偏好率可以看做是不耐心的标度。第二个因素是人均消费增长率：如果增长很快，未来一代的富裕程度更高，从而降低了今天承担的未来气候破坏相对于当前减排成本的损失。第三个因素是随着收入的增加，消费边际效应（消费量的测量工具）骤减的速率。

对于如何选择这三个决定社会贴现率的数值，尚未达成一致意见。伦理判断和实证信息均用于评估过去行为的偏好性，有时两者联合使用。由于减排政

策的成本需要马上兑付，而政策（避免损失）带来的大部分收益在遥远的将来才能实现，社会贴现率参数的选择将对气候政策的制定产生重大影响。

出处：Stern 2007; Stern 2008; Dasgupta 2008; Roemer 2009; Sterner 和 Persson 2008.

注：由于消费增加 1 元给贫困人口带来的效益大于消费数量已经很大的人口，边际消费效益会随着收入的增加而下降。变化的斜率，即边际消费效益相对于收入水平变化的弹性，也用于测量风险容忍度和不平等程度。

变化影响的经济学模型并不将生物多样性的丧失和有关的生态系统服务视为影响因素——这一矛盾性忽略等同于分析消费品和环境商品之间的均衡关系而未将环境商品的个体实用功效包括进去。⁷³ 尽管我们很难计算损失的环境服务的估测市场值，并且这种估测值也因文化和价值体系而异，但是这类损失确实会付出一定代价。随着环境服务变得相对或绝对稀缺，损失造成了环境服务成本的相对提升。将环境损失纳入标准一体化评估模型会大幅度增加应对未缓和的气候变化的总成本。⁷⁴ 事实上，如果将生物多样性的损失视为构筑标准模型的考虑因素，那么即使贴现率较高，开展减排行动也变得越加刻不容缓。

更加精确模型化的动态：门槛效应和滞后性。将气温变化和 Related 货币化损失联系起来的损伤函数，在以成本—效益分析建立的模型中通常呈平稳上升趋势。但是，愈来愈多的科学证据显示，由于正反馈、临界点和门槛的作用，自然系统对气候变化的反应可能呈非线性（参见专栏 1.3）。正

反馈的情况可能发生。例如，如果气温变暖导致永久冻土消融，释放出其包含的大量甲烷（有效温室气体），从而进一步加剧气温变暖问题。门槛效应或临界点的发生是指自然（或社会经济）体系中相对快速且大规模变化导致的严重而不可改变的损失。正反馈、临界点和门槛意味着尽可能地降低气候变化的速度和规模具有重大意义。⁷⁵

气候体系的巨大滞后性增加了人类对正反馈、门槛效应和气候变化影响不可逆转性的关注。科学家已经发现，在排放终止的一千年后，温室气体浓度引起的变暖现象仍有可能在很大程度上得不到恢复。⁷⁶ 延迟减排意味着放弃较低变暖轨迹的选择，例如，延迟 10 年以上将可能致使气温变暖不能稳定在 3℃ 以内。⁷⁷ 此外，即使温室气体浓度稳定下来，几个世纪内气候体系仍将不断变化（参见概述）。因此，只有立即减排才能保留选择价值，即避免失去选择稳定结果的机会。

交通、能源、住房和城市结构（城市规划方式）等建筑环境的滞后性

专栏 1.3 正反馈、临界点、门槛和自然与社会经济体系的非线性

气候体系中的正反馈

正反馈扩大了温室气体的效应。地球表面反射的变化或反射率就是正反馈之一：冰雪等高反射率表面将太阳的温暖光线反射到大气中，但是，较高的温度导致冰雪融化，地球表面吸收了更多的能量，周而复始，从而导致进一步变暖，进一步融化。

自然体系的临界点

即使平稳适度的气候变化也可能导致自然体系到达某一点，发生相对剧烈的、可能加速的、不可逆转的、最终破坏力强大的变化。例如，区域森林的毁灭可能是由于干旱、虫灾和高温的共同影响超过了生理极限造成的。一个可能发生并引起全球关注的临界点是覆盖格陵兰岛冰层的大面积融化。变暖超过特定水平，夏季消融的部分在冬季不会重新冻结，于是融化率骤升，致使海平线上升 6 米。

社会经济体系的门槛

直接影响的经济成本可能造成强大的门槛效应，而仅仅根据气候条件变化的既往经验调整当前基础设施和生产活动使之稳健发展是造成这一效应的原因。这表明，只要气候变化滞留在过去变化的层面，任何影响增加的现象都是由人口和资产的日益集中而不是气候引起的；但是，如果未来气候条件持续超过界限，门槛效应可能飙升。

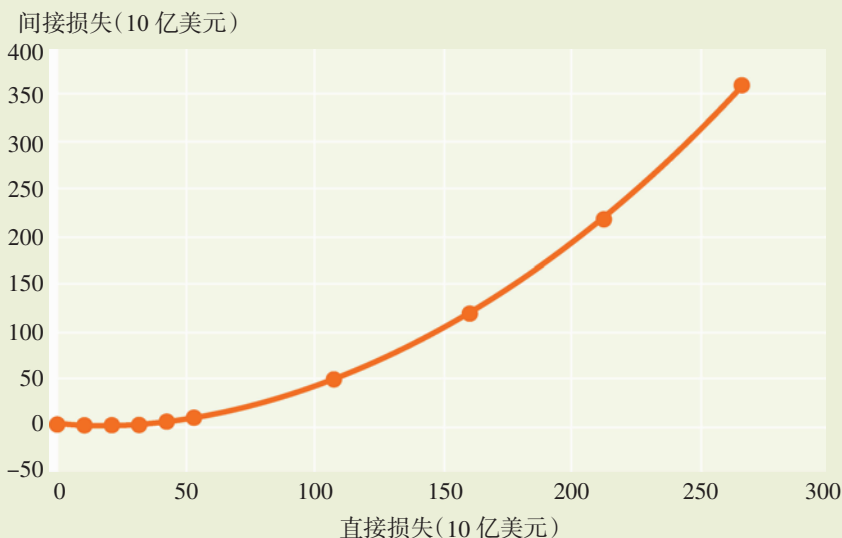
非线性和间接经济效应

这些影响的经济反应本身呈非线性，其原因部分在于气候变化影响加大了对适应性的要求，同时可能降低了适应能力。直接影响也可能产生间接效应（宏观经济反馈，经营中断，供应链中断），致使应对更大直接损失的成本大幅度上升。在一些自然灾害中，这些效应显而易见。路易斯安那的近期证据表明在间接损失微不足道的情况下，经济容纳直接损失的能力可以达到 500 亿美

元。但是，在破坏力更大的灾难中，间接损失迅速上升（参见图表）。卡特里娜飓风的直接损失高达 1 070 亿美元，间接损失高达 420 亿美元；而一个直接损失高达 2 000 亿美元的类似灾害造成的间接损失高达 2 000 亿美元。

出处：Schmidt 2006; Kriegler 等 2009; Adams 等; Hallegatte 2008; Stéphane Hallegatte 个人访谈，2009 年 5 月。

间接损失随着直接损失的增加而飙升



出处：Stéphane 提供数据，基于 Hallegatte 2008。

也很严重。为应对这种滞后性，有人主张延缓减排投资，避免陷入不必要的高成本低碳投资方式。他们主张等到廉价技术能够实现迅速高效减排、人们对社会需要抵御的风险了解更透彻的时候再开展减排。

但是在实践上，延缓基础设施和能源供应的重大投资而不削弱经济发展是不可能的。2002—2030 年期间，发展中国家的能源需求可能增加两倍。此外，许多高收入国家的发电厂建于

19 世纪五六十年代，它们的使用寿命即将终结，这意味着在未来 20 年内，即使需求保持不变，这些国家也需要建造许多新工厂。目前，煤厂仍然是许多国家最经济的选择，此外，煤厂还保障了煤炭储量丰富的国家的能源安全。如果以上所有计划建设的燃煤电厂在未来 25 年内建造并投入使用，它们运营期间的二氧化碳排放量将相当于工业革命以来所有燃煤活动所释放的二氧化碳。⁷⁸ 因此，没有当今电力

部门坚决的减排承诺，人类将可能陷入相对高排放轨迹的困境。

以较低的成本大规模改造这类投资项目有时无法实现。改造并不总是可行，而且成本可能惊人。仍然以煤炭为例，碳捕获和碳封存是一种用于捕获矿务燃料电厂产生的二氧化碳并将之储存在地下的技术。该技术要求电厂距离二氧化碳储存地点在 50 英里和 100 英里之间，否则输送二氧化碳的成本将难以承受。⁷⁹ 对拥有大量储存地点的国家而言，这不是问题：中国 70% 的电厂距离储存地点不远，因此，如果该技术具有商业可行性，可以对这些电厂进行改造。印度、南非和许多其他国家却并非如此，在那里，除非新工厂距离少数几个现有储存地点距离不远，改造的成本将难以承受（参见第 4 章和第 7 章）。

发展中国家的既有基础设施少于发达国家，这一弹性优势赋予发展中国家跨越式采用清洁技术的潜力。发达国家必须引导新技术进入市场领域，与大家共享部署经验知识。改变排放量轨迹的能力取决于可利用的、合适的、价格可承受的技术，如果没有今天的研发投资、知识传播和边实践边学习，在以后一段时间内，这些技术不会出现。

不同时期可资利用的从高碳转入低碳增长的长期资本储备并不均等。⁸⁰ 如果没有所需技术或其价格不够低廉，或者人们尚未掌握运用这些技术的技能，未来转向能源节约型和经济效益型体制的选择在实际运作中可能行不通（参见第 7 章）。⁸¹ 没有积极的研究和示范活动推动潜在技术沿着成本曲线和学习曲线发展，未来将没有可资利用的转变能源体制的高效的、价格可承受的预防式技术。因此，发达国家必须引领发展，率先将新技术推向市场，共享部署经验知识。

考虑不确定因素。气候政策的经济评估必须考虑一些不确定因素，包括负面影响的规模和发生时间，以及减缓气候变化行动的可行性、成本和时间安排。气候变化可能引发大规模灾难，这是目前争论的中心所在，也是大多数经济模型忽略的一个重要不确定因素（参见焦点 A 关于科学的论述）。⁸² 对于这类灾难风险的内在概率分布，人类一无所知，而且可能永远都无法掌握。加大减排力度势必会降低发生灾难的可能性，尽管很难衡量其降低的程度。即使发生概率很低，在爆发全球性灾难的可能性威胁下，社会也会增强为更快、更积极地实施减排埋单的意愿，以期通过减排避免灾难的发生。⁸³

即使不考虑灾难风险，气候变化的经济和生态影响仍然存在重大的不确定因素。人类不知道气候变暖可能的速度和最终的严重程度；不知道气候变率和气候极端性的变化（而不仅仅是平均温度）将如何影响自然环境和人类福祉。另一方面有关人类适应能力、适应成本以及不可避免的残余损失程度的知识也是有限的。发明、传播和应用新技术速度也是重大的不确定因素。

不确定性仅仅随着气候变暖的速度和程度发生变化，这是采取立即行动和积极行动的主要理由。⁸⁴ 不断增多的不确定因素需要能够应对众多不同气候和结果的适应战略。这类战略的确存在（如下所论），但是，较之于由健全的知识构筑的战略而言，这类战略效益较低。所以不确定因素会造成高昂代价，而成本也会随不确定性增加而增加。

如果不存在滞后性和不可逆转性的问题，我们就可以改变应对气候变化的决策，而调整应对气候变化行动也将是个低成本的平稳过程，因此，

不确定因素就不会显得如此重要。但是气候体系、建筑环境、个体和机构行为的巨大滞后性使得在出现新信息或新技术发展缓慢的情况下，即使可以朝着更加紧迫更加严格的方向调整减排行动，其成本也将是高昂的。因此，在存在不确定因素的条件下，滞后性大大增强了气候政策决策的潜在负面意义。而且，在不确定性和滞后性、不可逆转性交织在一起共同作用于气候变化的情况下，加大预防性减排行动的力度就显得尤为关键。

在不确定因素作用下的决策经济性证明气候变化影响的不确定性要求加大减排力度。⁸⁵ 不确定性为采取迭代法选择目标——以坚决的姿态开始减排行动提供了有力的论据。这种积极的姿态不能因学习前景（获得了改变我们对不确定性评估的新知识）而削弱。⁸⁶

对整体和价值的规范性选择。气候变化政策要求短期行动和长期利益的协调，个体选择和全球影响的平衡。因此，道德选择是气候变化政策的基本驱动力。的确，这类决策是对他人福利的关注。

将非市场化环境产品（及它们为后代而存在）的获益直接纳入福利经济模型是实现这些平衡的方法之一。⁸⁷ 量化这些协调作用在实际操作中受到限制，但是这些框架的确为进一步评估各种平衡点提供了一个出发点，包括评估随着收入增加环境保护投资的提高、衡量当前消费和捍卫未来人口福利及其存在的高额成本之间可能的协调。⁸⁸

而且，模型计算不同收入水平的个体或国家所受影响的方式对预测损失资产的价值影响甚大。⁸⁹ 除贴现率所表达的代际利害关系之外，为实现公平，可以使用公平权数表示损失一元对贫困人口的价值高于对富裕人口的

价值。该方法更好地表达了人类福利（而不仅仅是收入）。而且由于贫困人口和贫困国家更容易遭受气候变化的冲击，该方法大幅度增加了气候变化引起的损失预测值。相比之下，用金钱计量全球损失并将其表示为全球国内生产总值的一部分，即根据对总产出的贡献衡量绝对损失，就相当于给贫困人口损失一个很低的权数。

价值观体系同样对环境决策产生影响。最近，气候变化已经上升为一个人权问题（参见专栏 1.4）。大多数社会的伦理或宗教体系都尊重自然，认为人类有管理自然及自然财富的责任，尽管结果常常背离理想化的期望。17 世纪上半期，大面积的森林采伐使日本迅速陷入环境灾难。但是从 1700 年开始，日本建立了严密的林地管理体制。⁹⁰ 当时统治日本的德川幕府之所以采取行动，就是出于对后代家庭需要的考虑（儒家文化传统影响的结果）⁹¹ 和维护等级政治体制的意愿。今天，日本的森林覆盖率几乎高达 80%。⁹²

可选择的决策框架

气候变化的不确定性、滞后性和道德规范强调了谨慎行动的必要性，从而强调了立即行动、积极行动的必要性，但是，经济学家和决策者仍在继续就减排行动的力度进行分析争论。不同成本—效益分析的结论极易受到基线情景、减少和损失函数及贴现率等初始假设的影响，其中包括可能导致决策困境的模型化公式的隐形假设。⁹³

可选择的决策框架包括更广泛的成本和效益评估、风险规避津贴和道德判断，因而可以在存在众多知识缺口和障碍的情况下更有效地支持决策。将上述某些评估（选择价值、生态服务、断裂风险）纳入体系的更广泛的成本效益评估（尽管难以实现）乃是

专栏 1.4 道德和气候变化

气候变化的复杂性突出了几个道德问题。考虑到温室气体排放和其影响之间时空的长期脱节，有关公平公正的问题就显得尤其重要。气候变化问题至少引起了三个主要的道德问题：影响评估，权衡代际平等及责任与成本分配。

影响评估

包括经济学在内的几个学科认为福利水平应当是评估政策的中心标准。但是，即使在“功利主义减少”的框架中也存在重大分歧，最引人注目的是关于采用哪个贴现率和如何计算目前和今后不同个体间的福利总量等问题。人们普遍认为仅仅因为影响发生在40年甚至400年以后就降低气候对经济和人类的影响并非正当理由。持异议者认为如果其他投资可以带来更好的回报，那么让当代人口配置资源用于减缓未来气候变化就非公平之举，这就回到了权衡不同不确定选择的成本和利益问题。

近期讨论强调以人权作为评估影响的相关标准。某些人权，尤其是社会经济权利将受到气候冲击的危害，也可能受到某些政策措施的危害。其中包括食物权、用水权和居住权。气候影响还可能对民事权利和政治权利的行使和实现产生直接和间接影响。但是，确立二者

之间的因果关系是一个重大问题，可能限制国际或国内纠纷中人权法的适用范围。

由于引起气候变化的原因多种多样，在诉讼中，在气体排放国和承受排放影响国家之间建立直接联系绝非易事。另一个导致责任和危害难以用法律术语界定的障碍是排放量的分散性及其影响的时间跨度：在有些情况下，危害是由几代人造成的，而未来许多代人仍能感受到现代人所遭受的危害。

权衡代际平等

代际平等是影响评估不可或缺的一部分。将代际平等纳入基础经济模型中具有重大意义。如同专栏1.2所述，标准现值准则考虑未来的成本和效益，从而瓦解了沿用至今的福利分配体制。替代方案包括当代效用的最大化，涵盖对未来人口利他主义的考虑，考虑未来人口生存方式的不确定性。

责任与成本分配

或许最具争议的问题是由谁来承担解决气候变化问题。其中一种道德伦理层面的回应是“污染者付费”原则：应当根据每一国家或每一团体对气候变化的影响程度分配责任。这种观点的特别

之处在于它主张在建立责任制度时需考虑累计历史排放量。持异议者认为由于过去的排放者没有意识到自身行为的后果，这种“可原谅的无知”可以获得减排义务的豁免，但是由于人们早就认识到了温室气体对气候的负面影响，因此，这种观点已经遭到批判。

责任分担的另一个关注点是过去人们从温室气体排放中受益的方式（参见概述图3）。显然，发达国家排放了迄今为止大气中的大部分二氧化碳气体，攫取了由此获得的大部分利益，但是，发展中国家也从由此形成的繁荣中获取了些许好处。一种反映主张忽略过去排放量，将权利按人口平均分配给未来所有排放者。但是还有一种反映认为最终重要的不是排放量的分配，而是包括气候变化危害和减排成本在内的经济福利的分配。这表明在一个财富分布不均衡的世界里，负担成本的责任应该更多地由富裕国家承担，尽管这一结论并不排斥高收入国家提供外部资金帮助较贫困国家在国内开展减排行动（参见第6章）。

出处：Singer 2006; Roemer 2009; Caney 2009; 世界银行 2009b.

众望所归。然而，为建立具体的环境发展目标和政策，必须竭尽所能透明化、规范化政策选择的结果，从而为决策者提供信息。这有助于决策者赢得不同阶层利益相关者的支持，而他们是现实世界成本的分担者，利益的享有者。

其中一种可选择的框架是可容忍窗口，也称作“护栏”法。选择一个减排目标之窗，或“护栏”法界定的范围来限制气温变化，而变化率（基于专家的判断）被认为是可容忍的水平。⁹⁴窗口由从几个气候敏感体系中选择出来的限制因素规定。第一个限制

因素可以由社会对与既定的气温变化率和变化程度相关的既定国内生产总值损失的规避来决定。第二个限制因素可以由社会对社会冲突及其造成的不平等结果的规避来决定。第三个限制因素即变暖门槛，只要超越了门槛的限定值某些生态体系就会崩溃。⁹⁵

由于限制因素由每个系统判定的可容忍水平组成，所以“护栏”法并不要求给出损失的货币预测值（例如，可能很难将严重旱灾后被安置的人口数量转变为国内生产总值）。决定排放量护栏价值的因素包括对门槛效应潜在性的科学分析，以及对长期存在于

不同减排和适应战略中的残余风险和脆弱性的非货币化判断。若想将成本保持在护栏的建议值内，需要综合考虑多个护栏提供的关于气候安全水平判断。在多标准的基础上，决策者可以做出明智的、更全面的评估（长期内可以定期重新审核该评估），决定最佳护栏的所在。

上述稳健决策等决策支持技术可用于完善方法，从而解决难于评估的不确定性问题。⁹⁶ 在一个概率未知、未来高度不确定的环境中，稳健战略回答了下述问题，“考虑到我们不能预测未来，我们应该采取何种行动使我们不希望发生的后果的概率降低到我们可以接受的程度？”⁹⁷ 面对气候变化，政策已成为一个应急问题，即考虑到众多可能的结果，最佳战略是什么，而不只是传统上战略最佳化的问题。该方法的讲授基础并非新鲜事物；它可以追溯到萨维奇 20 世纪 50 年代关于“最小化最大的后悔值”研究。⁹⁸

寻求稳健而不仅仅是单一的最佳战略可通过基本上达到基线情景计划来实现。设计不同的情景，将可供利用的政策选择的稳健性——即它们避免既定结果的能力——在不同的情景中进行比较。这类分析包括影响未来的“行动设计”，降低未来脆弱性的“行动防御”和显示重新评估或转变战略必要性的“指向标”。在探索性建模方法中，稳健决策分析也可以通过应用更多的定量工具来实现，比如使用数学方法描述在严重不确定条件下的决策及其后果。

根据稳健决策，成本、效益和气候政策的内在权衡将在所有的情景中进行评定。政策规定并不追求平均绩效优于其他政策的“最佳”政策（即传统意义上的效用最大化）。相反，稳健的政策是那些以稳健的方式抵御未来不可预测问题的政策。在这种框架

下近期政策可以理解为限制政策调整成本的手段——对当前的研发和基础设施投资予以支持，为明天敞开低碳未来的选择。⁹⁹

延迟全球减排努力的成本

当今的全球变暖主要是由富裕国家的排放量引起的。¹⁰⁰ 发展中国家关注对它们的发展实行限制的后果，这是理所当然的。这足以证明体现在《联合国气候变化框架公约》“共同但有区别的责任”原则中的论点。该论点认为，考虑到高收入国家的历史责任和今天远远高于发展中国家的人均排放量，它们应该率先减排。发达国家资金和技术资源丰富，这进一步要求它们承担减排的大部分成本，而不论减排行动在哪里开展。

但是，单单富裕国家的减排行动并不足以将变暖限制在可容忍的水平下。尽管低收入和中等收入国家，尤其是低收入国家的历史累计人均排放量很小，¹⁰¹ 但是中等收入国家的能源相关的二氧化碳年排放总量已经赶上了富裕国家，而热带国家土地使用变更造成了当前最大的排放量。¹⁰² 更重要的是，中等收入国家使用矿物燃料的预期变化表明它们的二氧化碳排放量将持续上升，在以后的几十年中，其累计排放量将超过发达国家。¹⁰³

正如《联合国气候变化框架公约》和巴厘行动计划所述，¹⁰⁴ 这意味着所有国家在全球减排协议中都有自己的责任，而且这种责任必须和它们的发展阶段相适应。按照这种方法，发达国家率先实现重大减排目标，并协助发展中国家建立低碳增长的基础和满足公民的适应需求。《联合国气候变化框架公约》也呼吁发达国家对发展中国家超额减排和适应成本予以补偿。

全球行动的关键在于建立允许减排国家不同于付费国家的全球机制

(第6章的主题)。议定的国际财政资源转移可以使高收入国家为发展中国家实行的减排措施提供直接融资。(在发展中国家,减排常常需要将未来减排轨迹调整至更具可持续性的水平,而不是降低绝对的排放量)。让高收入国家提供大规模资金援助是一个巨大挑战。但是,如果高收入国家决意降低全球排放总量,那么提供资金保证发展中国家开展显著的减排行动就符合它们的利益。预测全球减排成本时通常会假定减排将发生在成本最低的任何地方和任何时间。相对于预测轨迹,许多低成本减排措施发生在发展中国家。因此,全球最低成本的减排道路往往意味着发展中国家大规模的减排行动,这和由谁付费无关。¹⁰⁵

对于任何选定的减排目标来说,任何国家延迟大幅减排行动,都可能造成更高的全球成本。例如,根据某项估计¹⁰⁶,如果发展中国家把减排行动延缓到2050年,那么为实现一项特定目标所需的总成本将增加一倍以上。另一项统计表明,如果一项国际协议只有5个排放总量最高的国家(占总排放量的2/3)参与,所需成本将是所有国家都参与进来的三倍。¹⁰⁷这一差异的原因在于,为达到一项设定的目标而缩小减排机会,不仅要求采取负成本和低成本措施,也要求采取高成本措施。

在实施负成本(净收益)措施和高成本措施上,发达国家和发展中国家具有同样的潜力。但是,低成本减排措施主要由发展中国家采用(很多在农业和林业领域)。应用所有可用的措施对实现大幅度减排极为关键。这一点在麦肯锡公司的分析中有所阐释(参见图1.3a),但是结果并非唯一的。如果发展中国家不实施减排,对于任何设定的减排目标,总成本都将高得多(仅仅在发达国家,减排的边

际成本通常高出我们考虑国际总体措施时的成本。边际成本——图1.3b中的红线;国际措施——图1.3b中的橘黄色线)。总减排潜力的下降和全球减排成本的增加(主要由高收入国家的减排途径产生)——并不取决于特定模式。¹⁰⁸它们也不是由发达国家和发展中国家之间的机会与成本不同造成的。如果发达国家拒绝减排,全球成本同样会上升,同时丧失一部分潜力(参见图1.3c)。

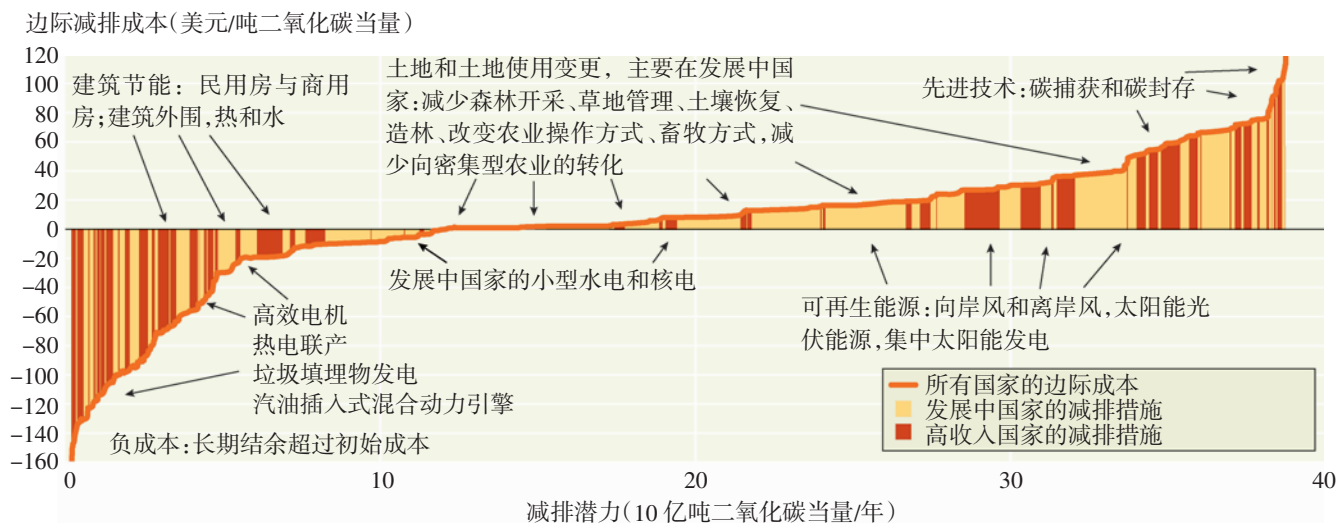
全球减排成本提高纯粹是无谓损失——额外的成本浪费,未带来任何收益。避免这些无谓损失(参见图1.3b和图1.3c中的边际成本曲线之间的阴影部分)为我们提供了广泛的激励和空间——在协商减排行动的地点和融资的同时,使所有参与者都更富裕。为实现一项设定的减排目标,把世界当做一个整体、在所有国家都实施一套完整的措施,成本要低得多。如果有足够多的国家参与全球减排目标,而且发达国家承担发展中国家目前的融资成本,那么所有的参与者都将更加富裕。

较之于将减排行动延迟10年甚至更长开始后开始逐步实施国家目标和政策的行为,发达国家有方法和动力为非附录一的国家¹⁰⁹提供足够的资金,使这些国家通过接受转移资金有财力立即加大减排力度。对于一项设定的减排目标,通过减少无谓损失,每转移1美元,平均能产生3美元收益——这些收益可以通过谈判进行分享。换言之,发展中国家加入到实现全球目标中是非常值得的。分担无谓损失能够形成强劲的动力,为全球提供一个公平的参与环境。这不是一个零和博弈。¹¹⁰

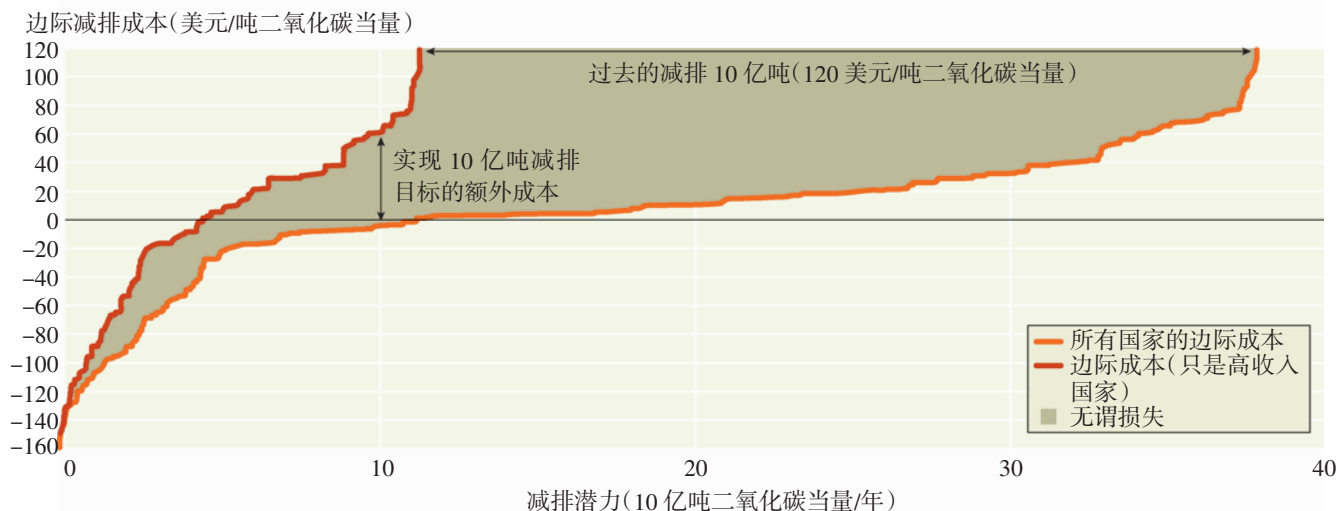
换句话说,绝对不能低估达成全球减排目标共识的困难。原因在于,这一共识通常受到国际“公地悲剧”

图 1.3 评估部分参与气候协议导致的无谓损失

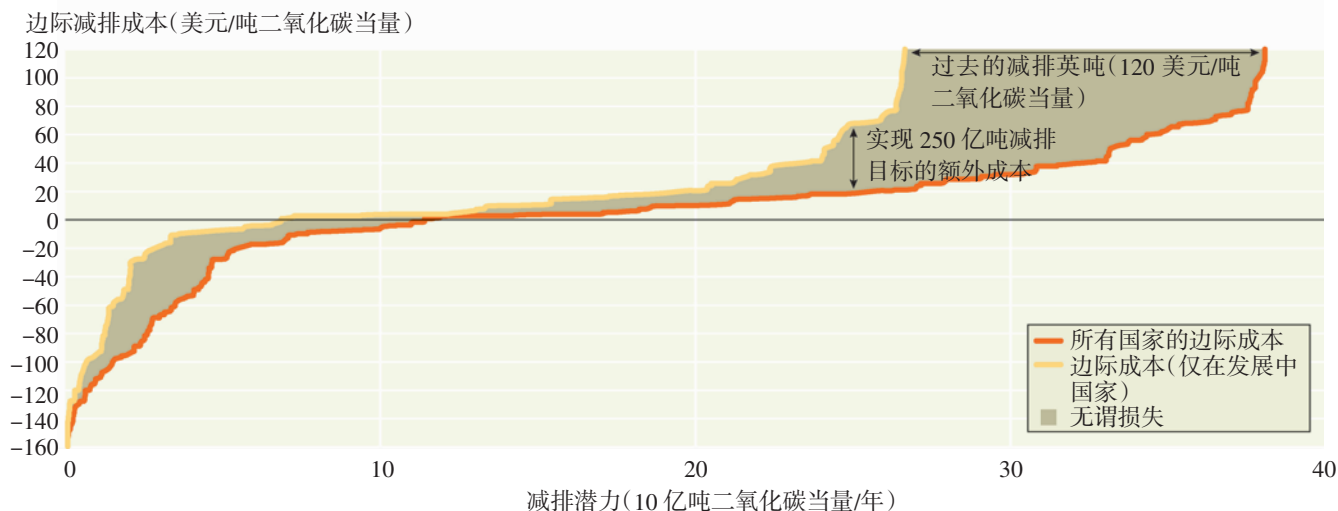
a. 2030 年以后常规全球温室气体减排边际成本曲线



b. 仅在发达国家实施减排造成的无谓损失：有限参与边际成本曲线



c. 仅在发展中国家减排造成的无谓损失：有限参与边际成本曲线



出处：麦肯锡公司 2009 年为世界发展报告工作组提供的进一步数据分类。

注：图 a 中的条栏代表各种减排措施，条栏的宽度表示每项措施的减排量，条栏的高度代表该措施每减排一吨可避免的排放所需的成本。描绘条栏的高度可得到边际减排成本曲线。图 b 和图 c 分别表现了仅在发达国家展开减排和仅在发展中国家展开减排的边际减排成本曲线，以及由此得出的在相关情景下的无谓损失。通过财政机制可以避免或最小化无谓损失。这些机制把减排投资者与实践者区别开来，确保采用最有效的减排措施。

的破坏：所有国家都能从全球参与中获益，但是单边的参与动力对所有国家来说，都很微弱。这不仅仅是因为所有国家都喜欢免费，想享有收益而不承担费用。¹¹¹ 大多数国家都很小，以至于如果一个国家决定从一项全球协议中退出，这项协议也将失效。然而，如果协议适用于所有国家，就将降低在第一时间达成一致的可能性。¹¹²

实际上，探索各种联盟结构和国际资源转移方式，劝说不情愿的参与者继续留在联盟内——这反映出达成稳定协议（符合自我利益的协议）、推动国际深入开展高成本减排的困难。对于更温和、更低廉的全球减排来说，稳定而有效的合作是可能的。但是，这种减排并不足以应对更大规模的气候变化对稳定性的威胁。¹¹³

只争朝夕：立即激励和长期转化

2008年，美国楼市和金融市场崩溃并最终横扫很多国家，致使全球经济遭受重挫。自“大萧条”以来，世界从未经历过如此严重的金融和经济动荡。信贷市场冻结，投资商为确保资金安全而撤离市场，很多货币重新联合起来，证券市场急剧下滑。在金融动荡的最严重时期，美国在一次开盘的损失就高达13 000亿美元。¹¹⁴

这场危机对世界实体经济和发展指标的持续影响巨大并将继续下去。预计2009年，全球经济将会收缩。世界范围内的失业率仍在上涨。2007年12月至2009年3月衰退期间，仅美国就失去了500万个工作机会。¹¹⁵ 一些预测显示，发展中国家失去了3 200万个工作。¹¹⁶ 由于2009年的经济衰退，大约5 300万~9 000万人将无法摆脱贫困。¹¹⁷ 随着发达国家财政状况的不断

恶化，它们的注意力转移到国内的重点任务，官方发展援助——已经大大低于数个捐赠国承诺的目标——很可能会下降。

由于经济衰退，一些地区在面向将来的挑战时将更为脆弱。例如，21世纪的第一年，撒哈拉以南非洲的经济快速增长，但是这一增长将要承受商品价格崩溃和全球经济活动的考验。在世界范围内，依靠在发达国家打工的国民的汇款生存的国家和社区，随着财政转移的失败，受到了严重影响。¹¹⁸ 例如，截至2009年3月的6个月内，墨西哥收到的汇款减少了92 000万美元，下降了14%。¹¹⁹

金融危机使发展背上额外负担，很可能分散人们对气候变化紧迫性的注意力。随着经济发展减缓，收入减少，援助缩水，个人、社区和国家面对气候威胁时将更为脆弱。虽然经济减缓可能会带来暂时的减排，但是对于已有的气候变暖状况，人类依然很脆弱。如果不采取共同努力来减少增长造成的排放量，随着经济的恢复，排放量将继续增加。

很多发达国家和发展中国家的政府正在扩大公共消费，应对危机。在多个国家和地区的刺激计划中，提议的花费已达24 000亿~28 000亿美元。¹²⁰ 政府希望增加消费，提高有效需求以保护或创造就业机会——这是阻止经济下滑的首要任务之一。世界银行已经提议，高收入国家把经济刺激计划资金的7%转变为“脆弱基金”，使发展中国家在经济危机中承担的社会成本最小化。¹²¹

绿色刺激计划案例

尽管经济紊乱，应对气候变化的紧急行动依然在发挥作用。随着全世界范围内的贫困和脆弱性的增加，这些行动变得更为迫切。因此，通过经

济刺激计划来推动更绿色的经济，应对气候变化的同时维持增长——成为公众议题最近关注的焦点。

财政刺激计划如何同时应对经济衰退和气候变化呢？解决气候变化问题要求政府干预，不仅仅是因为气候变化是由大规模负面外部性造成的。金融市场和实体经济几十年一遇的危机也要求增加公共消费。

投资气候政策是解决短期内经济危机的有效办法。低碳技术能够增加净工作机会，因为它们比高碳部门劳动密集度高。¹²² 有一些估算表明，政府投资绿色项目 10 亿美元，每年就能产生 30 000 个工作岗位，比传统基础设施项目多 7 000 个。¹²³ 另一些估算表明，花费 1 000 亿美元能够产生 200 万个工作岗位，其中约一半岗位是直接产生的。¹²⁴ 但由于是短期刺激，就业增长不能长期维持。¹²⁵

世界范围内的绿色消费

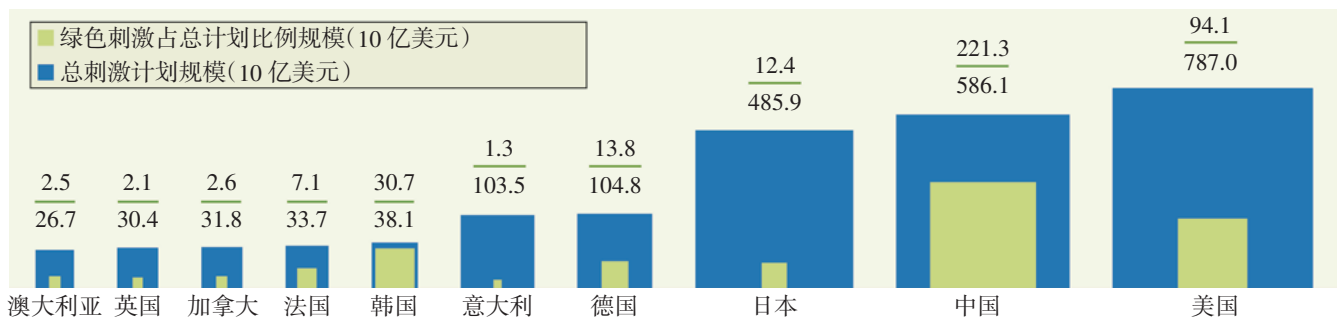
许多国家已经把“绿色”投资部分（包括低碳技术、能效、研发、水和污染管理）纳入它们的刺激计划中（参见图 1.4）。韩国将财政计划的 80.5% 投资于绿色工程。美国刺激计划大约有 1 000 亿~1 300 亿美元用于气候变化相关的投资。总体而言，世界财政刺激的一部分，大约 6 360 亿美元会用于绿色投资，预计一半将会在

2009 年使用。¹²⁶

这些投资的效率取决于它们能够多快被利用，如何完成创造就业机会和利用未充分利用资源的目标，以及它们在多大程度上把经济转变为长期的、低碳设施的、低排放量的、高弹性的经济。¹²⁷ 例如，公共建筑的能效投资是很有吸引力的，因为它们通常是“做好准备的”，而且是劳动密集型，能够为公共部门产生长期节约效应。¹²⁸ 其他能效措施也有相似的好处，不仅能降低私人建筑的社会能源成本，还能改善水、卫生设施和交通运输状况。

根据具体的经济条件和就业需求，各国的项目和投资组合差异很大。例如，拉丁美洲的大多数刺激计划将主要用于公共事业（包括高速公路），少部分用于减排。¹²⁹ 韩国希望在未来四年能够产生 96 万个工作机会，所以它们的大部分投资（133 亿~163 亿美元）主要用于三个项目：河流恢复，公路和铁路交通的扩张，以及农村和学校的节能。预计这些项目将产生 50 万个就业机会。¹³⁰ 中国将投资 850 亿美元建设铁路运输，它不仅可以作为公路和空运的低碳替代品，还可缓解交通运输的瓶颈制约。另外将投资 700 亿美元建立新的电力网络，提高电能的能效和普及性。¹³¹ 在美国，有两个低成本项目（67 亿美元用于改造联邦大楼，62 亿美元用于家庭取暖）将在每年产

图 1.4 全球绿色刺激支出在上升



出处：Robins, Clover 和 Singh 2009。

生大约 32.5 万个就业机会。¹³²

大多数发展中国家的刺激计划并没有强调减排部分，但是它们也能改进适应气候变化的弹性和创造就业机会。例如，哥伦比亚的改进水和卫生网络项目，大约每投资 10 亿美元就能产生 10 万个直接就业机会，同时降低水污染导致生病的风险。¹³³ 发展中国家和发达国家都应该考虑诸如河床和湿地修复的适应措施，它们不仅是劳动密集型项目，而且能够降低一些群体的身体和经济脆弱性。这些机会也确保适应措施在项目结束后，还能持续发挥作用。

随着危机的蔓延，上述数字也可能变化。它不能确保财政刺激的绿色元素能够产生就业机会，也不能保证成功改变经济的碳组合。即使做最好的打算，财政干预也不足以消除高碳路径带来的风险和气候的脆弱性。但是也要抓住机会立即开展绿色投资，为低碳型经济打下基础。

中长期根本性转变

作为对抗金融危机的财政扩张计划的组成部分，低碳和高弹性投资不足以解决气候变化的长期问题。社会保护、碳融资、研发、能源市场、土地和水资源的管理都需要发生根本的转变。

中期和长期的挑战就是寻找能够实现持续发展和限制气候变化双重目标的路径。达成一项公平和公正的全球性协议将是避免最坏情况的一个重要步骤。它要求转变富国（或者说各地有钱人）的碳密集型的生活方式，和发展中国家碳密集型的成长路径。反过来，这就要求补充社会经济的变化。

实践证明，修改社会规范，鼓励低碳型生活方式，是实现成功的重要因素（参见第 8 章）。但是，行为转变需要与机构改革、额外资金以及旨在

避免温度不可逆转的、灾难性上升的技术创新协同作用。在任何情况下，强有力的公共政策能够帮助推动经济吸纳不可避免的气候影响的冲击，最小化社会净损失，并保护最可能蒙受损失的那些人的福利。

应对气候变化会产生推进发展进程、促进那些迟早会发生福利增加改革的动力。例如，共同努力，提高能效，促进发展的政策能够创造更环保，更具适应力的城市。改进城区设计，提高能效（例如通过提高公共交通和交通拥堵收费标准）能够提高人身安全和生活质量。这在很大程度上取决于现有不完全制度和政策被加强和替换的程度，而全球变暖和国际技术财政支援的加强为其提供了较大的政治空间。

公民个人将在公共辩论和实施解决方案中发挥很大作用。民意调查报告显示世界各国人民都在关心气候变化，甚至在最近金融风暴时期也是如此¹³⁴（虽然美国最近趋势的证据是混淆的）。¹³⁵ 大多数政府也承认，至少其话语认为危险是巨大的。国际社会也承认了这个问题，例如 2007 年诺贝尔和平奖就用于奖励科学评估和气候变化的公共交流的行为。

决策者的挑战就是确保这种觉醒能够产生动力促进机构和行为变革，并符合最弱势群体的需求。¹³⁶ 20 世纪 90 年代的金融危机推动了拉丁美洲的社会安全网的改造，建立了墨西哥的进步—机会计划（Progresos—Oportunidades），巴西的家庭津贴计划（Bolsa Escola—Bolsa Família），这些都是近几十年社会政策创新的最好范例。¹³⁷

当前危机已经削弱了无管制市场的信心。因此，世界需要更好的管理，更多的干预和更多的政府责任制。为了应对气候变化，创新减排和适应性方法，世界需要引进“气候智能型”

管理。气候变化是人类历史上最严重的市场失灵现象。这种政策为政府旨在纠正气候变化的干预的规模和范围开辟了道路。

注释

1. Weiss 和 Bradley 2001。
2. Ristvet 和 Weiss 2000。
3. Weiss 2000。
4. Harrington 和 Walton 2008; 国际季风研讨会和城市环境地理信息系统 2007。
5. Schmidhuber 和 Tubiello 2007。
6. Bates 等 2008。
7. 世界环境与发展委员会 1987。
8. Chen 和 Ravallion 2008。
9. 世界银行 2009a。
10. 联合国 2008。
11. Chen 和 Ravallion 2008。
12. 国际能源机构 2007。
13. 联合国 2008。
14. 联合国 2008。
15. 联合国开发计划署 2008。
16. 国际业余无线电联盟 2009。
17. Smith 等 2009。
18. Patriquin 等 2005; Patriquin, Wellstead 和 White 2007; 气候问题太平洋研究所 2008。
19. 注意: 即使在比较贫困的国家的温度通常比较温暖的情况下也存在这种关系。Dell, Jones 和 Olken 2008。
20. Dell, Jones 和 Olken 2008。
21. Brown 等 2009。
22. 政府间气候变化专门委员会 2007b。
23. Cruz 等 2007。
24. Easterling 等 2007。
25. Auffhammer, Ramanathan 和 Vincent 2006。
26. Guiteras 2007。
27. Ligon 和 Sadoulet 2007。
28. Campbell-Lendrum, Corvalan 和 Pruss-Ustun 2003。
29. 在众多受到影响的国家和地区中, 其中包括哥伦比亚 (Vergara 2009), 高加索 (Rabie 等 2008), 埃塞俄比亚 (Confalonier 等 2007) 和南太平洋群岛 (Potter 2008)。
30. Molesworth 等 2003。
31. Confalonieri 等 2007。
32. Confalonieri 等 2007; Morris 等 2002。
33. Carter 等 2007。
34. 世界银行 2001。
35. Azariadis 和 Stachurski 2005。
36. Lokshin 和 Ravallion 2000; Jalan 和 Ravallion 2004; Dercon 2004。
37. Dercon 2004。
38. Mueller 和 Osgood 2007。
39. Azariadis 和 Stachurski 2005。
40. Rosenzweig 和 Binswanger 1993。
41. Jensen 2000。
42. Alderman, Hoddinott 和 Kinsey 2006。
43. 该数字包括除土地使用变更排放量外的所有温室气体。如果加上土地使用变更排放量的预测值, 发展中国家在全球排放量中的比例接近 60%。
44. 世界资源研究所 2008。
45. Chomitz 和 Meisner 2008。
46. 作者基于气候分析指标工具的计算 (世界资源研究所 2008)。高收入国家的人均温室气体排放量 (土地使用变更排放量除外) 在 4.5 公吨和 55.5 公吨之间 (如果不包括小岛国家和石油生产国, 这一数值为 7~27 公吨)。按照市场兑换率, 每 1 000 美元产出的排放量为 0.15~1.72 公吨; 根据平价购买力计算, 排放量为 0.20~1.04 公吨。
47. Marcotullio 和 Schulz 2007。
48. Rosenberg 1971。
49. 政府间气候变化专门委员会 2007。

照管好地球, 照顾好生物, 别将一个没有生机的地球留给自己的孩子。

——Lakshmi Shree, 印度, 12 岁



50. Lipovsky 1995。
51. “巴西乙醇年出口量”和“巴西乙醇产量”, <http://english.unica.com.br/dadosCota-cao/estatistica/> (2008年12月登录)。
52. Ummel 和 Wheeler 2008。
53. Hill 等 2009。
54. Mitchell 2008。
55. Ivanic 和 Martin 2008。
56. Ng 和 Aksoy 2008;世界银行 2008。
57. Cramton 和 Kerr 1999。
58. Ekins 和 Dresner 2004。
59. Brenner, Riddle 和 Boyce 2007。
60. Benitez 等 2008。
61. Estache 2009。
62. Andriamihaja 和 Vecchi 2007。
63. Komives 等 2005。
64. Johnson 等 2008。
65. Pindyck 2007;Weitzman 2009a; Hallegatte, Dumas 和 Hourcade 2009。
66. Yohe 1999; Toth 和 Mwandosya 2001。
67. Lempert 和 Schlesinger 2000。
68. Nordhaus 2008a。关于模型及其结果的案例,请查阅:Heal 2008;Fisher 等 2007;Tol 2005; Hourcade 和 Ambrosi 2007。
69. 5%的估测值基本上是由贴现率造成的,但是5%~20%的差值将非市场影响(包括健康和环境)、气候对温室气体较高的敏感度以及公平权重应用等考虑了进去。Stern 2007; Dasgupta 2007; Dasgupta 2008。
70. 关于讨论, 请查阅 Dasgupta 2007; Dasgupta 2008 和专栏 1. 4。
71. Dasgupta 2008。
72. Heal 2008;Stern 和 Persson 2008。
73. Guesnerie 2004;Heal 2005;Hourcade 和 Ambrosi 2007。
74. Sterner 和 Persson 2008。
75. Hourcade 等(2001)研究了7个不同的综合评估模型相对于损失函数的灵敏性,发现如果发生了气温增加3°C或者二氧化碳浓度增加了500ppm的损失,最佳排放浓度可能意味着和今天排放趋势的背离。他们普遍提出,如果气温变暖导致损失飙升的概率不为零,就有理由尽早行动,从而使飙升的损失低于他们贴现率的权重。
76. Solomon 等 2009。
77. Mignone 等 2008。
78. Folger 2006;Auld 等 2007。
79. 第4章专栏 4. 6 介绍了碳捕获和碳封存技术。
80. Shalizi 和 Lecocq 2009。
81. 关于一般讨论, 请查阅 Arthur 1994;关于成本增加更加具体的应用和能效领域革新投资的必要性,请查阅 Mulder 2005。
82. Weitzman 2007;Weitzman 2009a; Weitzman 2009b;Nordhaus 2009。
83. Gjerde, Grepperud 和 Kverndokk 1999; Kousky 等 2009。
84. Hallegatte, Dumas 和 Hourcade 2009。
85. 关于近期审核,查阅 Pindyck(2007)和 Quiggin (2008)。
86. O'Neill 等 2006。
87. Sterner 和 Parsson(2008)将环境产品的效用功能纳入了他们的模型。
88. Portney 和 Weyant 1999。
89. Fisher 等 2007;Hourcade 和 Ambrosi 2007; Tol 2005。
90. Diamond 2005。
91. Komives 等 2007; Diamond 2005。
92. Diamond 2005。
93. Hof, den Elzen 和 van Vuuren 2008。
94. Bruckner 等 1999。
95. Yohe 1999。
96. Toth 和 Mwandosya 2001。
97. Lempert 和 Schlesinger 2000。
98. Savage 1951;Savage 1954。
99. Klaus, Yohe 和 Schlesinger 2008。
100. 政府间气候变化委员会 2007a
101. 关于累计排放量和人口比例的比值,参见概述图 3。
102. 国际能源机构(2008)认为非经合组织(经济合作与发展组织简称经合组织)国家的能源利用引起的排放量已经达到了经合组织国家 2004 年的排放水平(二氧化碳的年度排放量大约为 130 亿吨)。世界资源研究所的气候分析指标工具排放量指标数据库基于世界银行发达国家和发展中国家定义的研究给出了相同的结论;世界资源研究所 2008。
103. Wheeler 和 Ummel 2007。
104. 第5章专栏 5. 1 详细描述了《巴厘岛行动计划》。
105. 预计 2030 年 65%~70%的减排,或者说 45%~70%的投资成本发生在发展中国家。在本世纪的整个减排过程中(使用 2100 年之前所有投资的现值),预计发展中国家所占的份额应当达到 65%~70%。至于资料来源,参阅概述第 47 条注释。
106. Edmonds 等 2008。
107. Nordhaus 2008b。
108. 参见 Edmonds 等 2008。
109. 参见上述注释 108 和第 5 章专栏 5. 1。

110. Hamilton 2009。
111. Barrett 2006, Barrett 2007。
112. Barrett 和 Stavins 2003。
113. Carraro, Eykmans 和 Finus 2009; 与 Carlo Carraro 的个体访谈, 2009。
114. Brinsley 和 Christie 2009。
115. 劳动统计局 2009。
116. ILO 2009。
117. 世界银行 2009a。
118. Ratha, Mohapatra 和 Xu 2008。
119. Banco de México, <http://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?accion=consultarCuadro&idCuadro=CE99&locale=es> (访问时间 2009 年 5 月 15 日)。
120. Robins, Clover 和 Singh 2009。
121. Robert B. Zoellick, “世界一揽子刺激方案”, 《纽约时报》, 1 月 22 日, 2009。
122. Fankhauser, Sehleier 和 Stern 2008。
123. Houser, Mohan 和 Heilmayr 2009。
124. Pollin 等 2008。
125. Fankhauser, Sehleier 和 Stern 2008。
126. Robins, Clover 和 Singh 2009。
127. Bowen 等 2009。
128. Bowen 等 2009; Houser, Mohan 和 Heilmayr 2009。
129. Schwartz, Andres 和 Dragoiu 2009。
130. Barbier 2009。
131. Barbier 2009。
132. 作者根据 Houser, Mohan 和 Heilmayr 2009 计算。
133. Schwartz, Andres 和 Dragoiu 2009。
134. Accenture 2009。
135. 皮尤民众与媒体研究中心 2009。
136. Ravallion 2008。
137. 这些项目首先使用基于激励的转移支付补充贫困家庭的收入, 同时鼓励同贫穷斗争的行为。与传统收入支持方式不同, 这些项目是向贫困家庭直接发放现金, 但条件是他们必须参与营养和健康计划(接种疫苗、产前保健) 或送子女上学。Fiszbein 和 Schady 2009。
- 参考文献**
- ACASIAN (Australian Consortium for the Asian Spatial Information and Analysis Network). 2004. “China Rail Transport Network database.” Griffith University, Brisbane.
- Accenture. 2009. *Shifting the Balance from Intention to Action: Low Carbon, High Opportunity, High Performance*. New York: Accenture.
- Adams, H. D., M. Guardiola-Caramonte, G. A. Barron-Gafford, J. C. Villegas, D. D. Breshears, C. B. Zou, P. A. Troch, and T. E. Huxman. 2009. “Temperature Sensitivity of Drought-Induced Tree Mortality Portends Increased Regional Die-Off under Global-Change-Type Drought.” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (17): 7063–66.
- Aguilar, L. 2006. “Climate Change and Disaster Mitigation: Gender Makes a Difference.” International Union for Conservation of Nature, Gland, Switzerland.
- Alderman, H., J. Hoddinott, and B. Kinsey. 2006. “Long-Term Consequences of Early Childhood Malnutrition.” *Oxford Economic Papers* 58 (3): 450–74.
- Andriamihaja, N., and G. Vecchi. 2007. “An Evaluation of the Welfare Impact of Higher Energy Prices in Madagascar.” Working Paper Series 106, World Bank, Africa Region, Washington, DC.
- Armstrong, R., B. Raup, S. J. S. Khalsa, R. Barry, J. Kargel, C. Helm, and H. Kieffer. 2005. “GLIMS Glacier Database.” National Snow and Ice Data Center, Boulder, CO.
- Arthur, W. B. 1994. *Increasing Returns and Path-Dependence in the Economy*. Ann Arbor, MI: University of Michigan Press.
- Assunção, J. J., and F. Chein. 2008. “Climate Change, Agricultural Productivity and Poverty.” Background Paper for de la Torre and others, 2008, *Low Carbon, High Growth: Latin America Responses to Climate Change*. Washington, DC: World Bank.
- Auffhammer, M., V. Ramanathan, and J. R. Vincent. 2006. “Integrated Model Shows that Atmospheric Brown Clouds and Greenhouse Gases Have Reduced Rice Harvests in India.” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103 (52): 19668–72.
- Auld, G., S. Bernstein, B. Cashore, and K. Levin. 2007. “Playing It Forward: Path Dependency, Progressive Incrementalism, and the ‘Super Wicked’ Problem of Global Climate Change.” Paper presented at the International Studies Association annual convention, February 28, Chicago.
- Azariadis, C., and J. Stachurski. 2005. “Poverty Traps.” In *Handbook of Economic Growth*, vol. 1, ed. P. Aghion and S. Durlauf. Amsterdam: Elsevier.
- Barbier, E. B. 2009. *A Global Green New Deal*. Nairobi: United Nations Environment Programme.
- Barrett, S. 2006. “The Problem of Averting Global Catastrophe.” *Chicago Journal of International Law* 6 (2): 1–26.

- . 2007. *Why Cooperate? The Incentive to Supply Global Public Goods*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Barrett, S., and R. Stavins. 2003. "Increasing Participation and Compliance in International Climate Change Agreements." *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics* 3 (4): 349–76.
- Bates, B., Z. W. Kundzewicz, S. Wu, and J. Palutikof. 2008. "Climate Change and Water." Technical Paper, Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva.
- Benitez, D., R. Fuentes Nieva, T. Serebrisky, and Q. Wodon. 2008. "Assessing the Impact of Climate Change Policies in Infrastructure Service Delivery: A Note on Affordability and Access." Background note for the WDR 2010.
- Bowen, A., S. Fankhauser, N. Stern, and D. Zenghelis. 2009. *An Outline of the Case for a "Green" Stimulus*. London: Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment and the Centre for Climate Change Economics and Policy.
- Brenner, M. D., M. Riddle, and J. K. Boyce. 2007. "A Chinese Sky Trust? Distributional Impacts of Carbon Charges and Revenue Recycling in China." *Energy Policy* 35 (3): 1771–84.
- Brinsley, J., and R. Christie. 2009. "Paulson to Work Quickly with Congress to Revive Plan (Update 1)." Bloomberg, September 29.
- Brown, C., R. Meeks, Y. Ghile, and K. Hunu. 2009. "An Empirical Analysis of the Effects of Climate Variables on National Level Economic Growth." Background paper for the WDR 2010.
- Bruckner, T., G. Petschel-Held, F. L. Toth, H.-M. Fussel, C. Helm, M. Leimbach, and H.-J. Schellnhuber. 1999. "Climate Change Decision Support and the Tolerable Windows Approach." *Environmental Modeling and Assessment* 4: 217–34.
- Bureau of Labor Statistics. 2009. "Employment Situation Summary." Washington, DC.
- Campbell-Lendrum, D. H., C. F. Corvalan, and A. Pruss-Ustun. 2003. "How Much Disease Could Climate Change Cause?" In *Climate Change and Human Health: Risks and Responses*, ed. A. J. McMichael, D. H. Campbell-Lendrum, C. F. Corvalan, K. L. Ebi, A. Githeko, J. D. Scheraga, and A. Woodward. Geneva: World Health Organization.
- Caney, S. 2009. "Ethics and Climate Change." Background paper for the WDR 2010.
- Carraro, C., J. Eykmans, and M. Finus. 2009. "Optimal Transfers and Participation Decisions in International Environmental Agreements." *Review of International Organizations* 1 (4): 379–96.
- Carter, M. R., P. D. Little, T. Mogue, and W. Negatu. 2007. "Poverty Traps and Natural Disasters in Ethiopia and Honduras." *World Development* 35 (5): 835–56.
- Chan, K. W. 2008. "Internal Labor Migration in China: Trends, Geographical Distribution and Policies." Paper presented at the Proceedings of United Nations Expert Group Meeting on Population Distribution, Urbanization, Internal Migration and Development, New York.
- Chen, S., and M. Ravallion. 2008. "The Developing World Is Poorer than We Thought, But No Less Successful in the Fight against Poverty." Policy Research Working Paper 4703, World Bank, Washington, DC.
- Chomitz, K., and C. Meisner. 2008. "A Simple Benchmark for CO₂ Intensity of Economies." Washington, DC: Background Note for the World Bank Internal Evaluation Group on Climate Change and the World Bank Group.
- Confalonieri, U., B. Menne, R. Akhtar, K. L. Ebi, M. Hauengue, R. S. Kovats, B. Revich, and A. Woodward. 2007. "Human Health." In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, and C. E. Hanson. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Cramton, P., and S. Kerr. 1999. "The Distributional Effect of Carbon Regulation: Why Auctioned Carbon Permits Are Attractive and Feasible." In *The Market and the Environment*, ed. T. Sterner. Northampton, UK: Edward Elgar Publishing.
- Cruz, R. V., H. Harasawa, M. Lal, S. Wu, Y. Anokhin, B. Punsalmaa, Y. Honda, M. Jafari, C. Li, and N. Huu Ninh. 2007. "Asia." In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, and C. E. Hanson. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Dasgupta, P. 2007. "Comments on the Stern Review's Economics of Climate Change." *National Institute Economic Review* 199: 4–7.
- . 2008. "Discounting Climate Change." *Journal of Risk and Uncertainty* 37 (2): 141–69.

- Dell, M., B. F. Jones, and B. A. Olken. 2008. "Climate Change and Economic Growth: Evidence from the Last Half Century." Working Paper 14132, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.
- . 2009. "Temperature and Income: Reconciling New Cross-Sectional and Panel Estimates." *American Economic Review* 99 (2): 198–204.
- Dercon, S. 2004. "Growth and Shocks: Evidence from Rural Ethiopia." *Journal of Development Economics* 74 (2): 309–29.
- Diamond, J. 2005. *Collapse: How Societies Choose to Fail or Succeed*. New York: Viking.
- Easterling, W., P. Aggarwal, P. Batima, K. Brander, L. Erda, M. Howden, A. Kirilenko, J. Morton, J.-F. Soussana, J. Schmidhuber, and F. Tubiello. 2007. "Food, Fibre and Forest Products." In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. M. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, and C. E. Hanson. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Edmonds, J., L. Clarke, J. Lurz, and M. Wise. 2008. "Stabilizing CO₂ Concentrations with Incomplete International Cooperation." *Climate Policy* 8 (4): 355–76.
- Ekins, P., and S. Dresner. 2004. *Green Taxes and Charges: Reducing their Impact on Low-income Households*. York, UK: Joseph Rowntree Foundation.
- ESRI (Environmental Systems Research Institute). 2002. "ESRI Data and Maps." Redlands, CA.
- Estache, A. 2009. "How Should the Nexus between Economic and Environmental Regulation Work for Infrastructure Services?" Background note for the WDR 2010.
- Fankhauser, S., F. Schilleier, and N. Stern. 2008. "Climate Change, Innovation and Jobs." *Climate Policy* 8: 421–29.
- Fisher, B. S., N. Nakićenović, K. Alfsen, J. Corfee Morlot, F. de la Chesnaye, J.-C. Hourcade, K. Jiang, M. Kainuma, E. La Rovere, A. Matysek, A. Rana, K. Riahi, R. Richels, S. Rose, D. van Vuuren, and R. Warren. 2007. "Issues Related to Mitigation in the Long-Term Context." In *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, and L. A. Meyer. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Fiszbein, A., and N. Schady. 2009. *Conditional Cash Transfers: Reducing Present and Future Poverty*. Washington, DC: World Bank.
- Folger, T. 2006. "Can Coal Come Clean? How to Survive the Return of the World's Dirtiest Fossil Fuel." December. *Discover Magazine*.
- Gjerde, J., S. Grepperud, and S. Kverndokk. 1999. "Optimal Climate Policy under the Possibility of a Catastrophe." *Resource and Energy Economics* 21 (3–4): 289–317.
- Guesnerie, R. 2004. "Calcul Economique et Développement Durable." *La Revue Economique* 55 (3): 363–82.
- Guiteras, R. 2007. "The Impact of Climate Change on Indian Agriculture." Department of Economics Working Paper, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA.
- Hallegatte, S. 2008. "An Adaptive Regional Input-Output Model and its Application to the Assessment of the Economic Cost of Katrina." *Risk Analysis* 28 (3): 779–99.
- Hallegatte, S., P. Dumas, and J.-C. Hourcade. 2009. "A Note on the Economic Cost of Climate Change and the Rationale to Limit it to 2°K." Background paper for the WDR 2010.
- Hamilton, K. 2009. "Delayed Participation in a Global Climate Agreement." Background note for the WDR 2010.
- Harrington, J., and T. L. Walton. 2008. "Climate Change in Coastal Areas in Florida: Sea Level Rise Estimation and Economic Analysis to Year 2080." Florida State University, Tallahassee, FL.
- Heal, G. 2005. "Intertemporal Welfare Economics and the Environment." In *Handbook of Environmental Economics, Vol. 3*, ed. K.-G. Maler and J. R. Vincent. Amsterdam: Elsevier.
- . 2008. "Climate Economics: A Meta-Review and Some Suggestions." Working Paper 13927, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.
- Hill, J., S. Polasky, E. Nelson, D. Tilman, H. Huo, L. Ludwig, J. Neumann, H. Zheng, and D. Bonta. 2009. "Climate Change and Health Costs of Air Emissions from Biofuels and Gasoline." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (6): 2077–82.
- Hof, A. F., M. G. J. den Elzen, and D. P. van Vuuren. 2008. "Analyzing the Costs and Benefits of Climate Policy: Value Judgments and Scientific Uncertainties." *Global Environmental Change* 18 (3): 412–24.

- Houghton, R. A. 2009. "Emissions of Carbon from Land Management." Background note for the WDR 2010.
- Hourcade, J.-C., and P. Ambrosi. 2007. "Quelques Leçons d'un Essai à Risque, l'évaluation des Dommages Climatiques par Sir Nicholas Stern." *Revue d'économie politique* 117 (4): 33–46.
- Hourcade, J.-C., M. Ha-Duong, A. Grübler, and R. S. J. Tol. 2001. "INASUD Project Findings on Integrated Assessment of Climate Policies." *Integrated Assessment* 2 (1): 31–35.
- Houser, T., S. Mohan, and R. Heilmayr. 2009. "A Green Global Recovery? Assessing U.S. Economic Stimulus and the Prospects for International Coordination." Policy Brief PB09-03, World Resources Institute, Washington, DC.
- Huang, Y., and A. Magnoli, eds. 2009. *Reshaping Economic Geography in East Asia*. Washington, DC: World Bank.
- IARU (International Alliance of Research Universities). 2009. "Climate Change: Global Risks, Challenges and Decisions." IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Copenhagen.
- IEA (International Energy Agency). 2007. *World Energy Outlook 2007*. Paris: IEA.
- . 2008. *World Energy Outlook 2008*. Paris: IEA.
- ILO (International Labour Organization). 2009. *Global Employment Trends: January 2009*. Geneva: ILO.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007a. *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II, and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva: IPCC.
- . 2007b. "Summary for Policymakers." In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, and C. E. Hanson. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Ivanic, M., and W. Martin. 2008. "Implications of Higher Global Food Prices for Poverty in Low-Income Countries." Policy Research Working Paper 4594, World Bank, Washington, DC.
- IWM (Institute of Water Modelling) and CEGIS (Center for Environmental and Geographical Information Services). 2007. *Investigating the Impact of Relative Sea-Level Rise on Coastal Communities and Their Livelihoods in Bangladesh*. Dhaka: IWM, CEGIS.
- Jalan, J., and M. Ravallion. 2004. "Household Income Dynamics in Rural China." In *Insurance against Poverty*, ed. S. Dercon. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Jensen, R. 2000. "Agricultural Volatility and Investments in Children." *American Economic Review* 90 (2): 399–404.
- Johnson, T., F. Liu, C. Alatorre, and Z. Romo. 2008. "Mexico Low-Carbon Study—México: Estudio Para la Disminución de Emisiones de Carbono (MEDEC)." World Bank, Washington, DC.
- Klaus, K., G. Yohe, and M. Schlesinger. 2008. "Managing the Risks of Climate Thresholds: Uncertainties and Information Needs." *Climatic Change* 91: 5–10.
- Komives, K., V. Foster, J. Halpern, Q. Wodon, and R. Abdullah. 2005. *Water, Electricity, and the Poor: Who Benefits from Utility Subsidies?* Washington, DC: World Bank.
- Komives, K., V. Foster, H. Halpern, Q. Wodon, and R. Krznaric. 2007. *Food Coupons and Bald Mountains: What the History of Resource Scarcity Can Teach Us about Tackling Climate Change*. New York: United Nations Development Programme.
- Kousky, C., O. Rostapshova, M. A. Toman, and R. Zeckhauser. 2009. "Responding to Threats of Climate Change Catastrophes." Background paper for the *Economics of Natural Disasters*, Global Facility for Disaster Reduction and Recovery, World Bank, Washington, DC.
- Kriegler, E., J. W. Hall, H. Held, R. Dawson, and H. J. Schellnhuber. 2009. "Imprecise Probability Assessment of Tipping Points in the Climate System." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (13): 5041–46.
- Lambrou, Y., and R. Laub. 2004. *Gender Perspectives on the Conventions on Biodiversity, Climate Change and Desertification*. Rome: Food and Agriculture Organization.
- Lempert, R. J., and M. E. Schlesinger. 2000. "Robust Strategies for Abating Climate Change." *Climatic Change* 45 (3–4): 387–401.
- Ligon, E., and E. Sadoulet. 2007. "Estimating the Effects of Aggregate Agricultural Growth on the Distribution of Expenditures." Background paper for the WDR 2008.
- Lipovsky, I. 1995. "The Central Asian Cotton Epic." *Central Asian Survey* 14 (4): 29–542.
- Lokshin, M., and M. Ravallion. 2000. "Short-lived Shocks with Long-lived Impacts?"

- Household Income Dynamics in a Transition Economy.” Policy Research Working Paper 2459, World Bank, Washington, DC.
- Marcotullio, P. J., and N. B. Schulz. 2007. “Comparison of Energy Transitions in the United States and Developing and Industrializing Economies.” *World Development* 35 (10): 1650–83.
- Martin, A. 1996. “Forestry: Gender Makes the Difference.” International Union for Conservation of Nature, Gland, Switzerland.
- McKinsey & Company. 2009. *Pathways to a Low-carbon Economy: Version 2 of the Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve*. McKinsey & Company.
- Mignone, B. K., R. H. Socolow, J. L. Sarmiento, and M. Oppenheimer. 2008. “Atmospheric Stabilization and the Timing of Carbon Mitigation.” *Climatic Change* 88 (3–4): 251–65.
- Mitchell, D. 2008. “A Note on Rising Food Prices.” Policy Research Working Paper 4682, World Bank, Washington, DC.
- Molesworth, A. M., L. E. Cuevas, S. J. Connor, A. P. Morse, and M. C. Thomson. 2003. “Environmental Changes and Meningitis Epidemics in Africa.” *Emerging Infectious Diseases* 9 (10): 1287–93.
- Morris, S., O. Neidecker-Gonzales, C. Carletto, M. Munguia, J. M. Medina, and Q. Wodon. 2002. “Hurricane Mitch and Livelihoods of the Rural Poor in Honduras.” *World Development* 30 (1): 39–60.
- Mueller, V., and D. Osgood. 2007. “Long-term Impacts of Droughts on Labor Markets in Developing Countries: Evidence from Brazil.” Earth Institute at Columbia University, New York.
- Mulder, P. 2005. *The Economics of Technology Diffusion and Energy Efficiency*. Cheltenham, UK: Edward Elgar.
- Neumayer, E., and T. Plumper. 2007. “The Gendered Nature of Natural Disasters: The Impact of Catastrophic Events on the Gender Gap in Life Expectancy, 1981–2002.” *Annals of the Association of American Geographers* 97 (3): 551–66.
- Ng, F., and M. A. Aksoy. 2008. “Who Are the Net Food Importing Countries?” Policy Research Working Paper 4457, World Bank, Washington, DC.
- Nordhaus, W. 2008a. *A Question of Balance: Weighing the Options on Global Warming Policies*. New Haven, CT: Yale University Press.
- . 2008b. “The Role of Universal Participation in Policies to Slow Global Warming.” Paper presented at the Third Atlantic Workshop on Energy and Environmental Economics, A Toxa, Spain.
- . 2009. “An Analysis of the Dismal Theorem.” Cowles Foundation Discussion Paper 1686, New Haven, CT.
- O’Neill, B. C., P. Crutzen, A. Grüber, M. Ha-Duong, K. Keller, C. Kolstad, J. Koomey, A. Lange, M. Obersteiner, M. Oppenheimer, W. Pepper, W. Sanderson, M. Schlesinger, N. Treich, A. Ulph, M. Webster, and C. Wilson. 2006. “Learning and Climate Change.” *Climate Policy* 6: 585–89.
- Pacific Institute for Climate Solutions. 2008. “Climate Change and Health in British Columbia.” University of Victoria, Victoria.
- Parikh, J. 2008. *Gender and Climate Change: Key Issues*. New Delhi: Integrated Research and Action for Development.
- Patriquin, M., A. M. Wellstead, and W. A. White. 2007. “Beetles, Trees, and People: Regional Economic Impact Sensitivity and Policy Considerations Related to the Mountain Pine Beetle Infestation in British Columbia, Canada.” *Forest Policy and Economics* 9 (8): 938–46.
- Pindyck, R. 2007. “Uncertainty in Environmental Economics.” *Review of Environmental Economics and Policy* 1 (1): 45–65.
- Pollin, R., H. Garrett-Peltier, J. Heintz, and H. Scharber. 2008. *Green Recovery: A Program to Create Good Jobs and Start Building a Low Carbon Economy*. Washington, DC: Center for American Progress.
- Portney, P. R., and J. P. Weyant. 1999. *Discounting and Intergenerational Equity*. Washington, DC: Resources for the Future.
- Potter, S. 2008. *The Sting of Climate Change: Malaria and Dengue Fever in Maritime Southeast Asia and the Pacific Islands*. Sydney: Lowy Institute for International Policy.
- Quiggin, J. 2008. “Uncertainty and Climate Policy.” *Economic Analysis and Policy* 38 (2): 203–10.
- Rabie, T., S. el Tahir, T. Alireza, G. Sanchez Martinez, K. Ferl, and N. Cenacchi. 2008. “The Health Dimension of Climate Change.” Background Paper for *Adapting to Climate Change in Europe and Central Asia*, ed. M. Fay, R. I. Block, and J. Ebinger, 2010, World Bank, Washington, DC.
- Ratha, D., S. Mohapatra, and Z. Xu. 2008. *Outlook for Remittance Flows 2008–2010*. Washington, DC: World Bank.
- Ravallion, M. 2008. “Bailing Out the World’s Poorest.” Policy Research Working Paper 4763, World Bank, Washington, DC.

- Ristvet, L., and H. Weiss. 2000. "Imperial Responses to Environmental Dynamics at Late Third Millennium Tell Leilan." *Orient-Express* 2000 (4): 94–99.
- Robine, J.-M., S. L. K. Cheung, S. Le Roy, H. Van Oyen, C. Griffiths, J.-P. Michel, and F. R. Herrmann. 2008. "Death Toll Exceeded 70,000 in Europe during Summer of 2003." *Comptes Rendus Biologies* 331 (2): 171–78.
- Robins, N., R. Clover, and C. Singh. 2009. *A Climate for Recovery: The Colour of Stimulus Goes Green*. London: HSBC.
- Roemer, J. 2009. "The Ethics of Distribution in a Warming Planet." Cowles Foundation Discussion Paper 1693, New Haven, CT.
- Rosenberg, N. 1971. "Technology and the Environment: An Economic Exploration." *Technology and Culture* 12 (4): 543–61.
- Rosenzweig, M. R., and H. P. Binswanger. 1993. "Wealth, Weather Risk and the Composition and Profitability of Agricultural Investments." *Economic Journal* 103 (416): 56–78.
- Savage, L. J. 1951. "The Theory of Statistical Decision." *Journal of the American Statistical Association* 46 (253): 55–67.
- . 1954. *The Foundations of Statistics*. New York: John Wiley & Sons.
- Schmidhuber, J., and F. N. Tubiello. 2007. "Global Food Security under Climate Change." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 (50): 19703–08.
- Schmidt, G. 2006. "Runaway Tipping Points of No Return." Real Climate, July 5, 2009.
- Schwartz, J., L. Andres, and G. Dragoiu. 2009. "Crisis in LAC: Infrastructure Investment, Employment and the Expectations of Stimulus." World Bank, LCSSD Economics Unit, Washington, DC.
- Shalizi, Z., and F. Lecocq. 2009. "Economics of Targeted Mitigation Programs in Sectors with Long-Lived Capital Stock." Policy Research Working Paper 5063, World Bank, Washington, DC.
- Singer, P. 2006. "Ethics and Climate Change: Commentary." *Environmental Values* 15: 415–22.
- Smith, J. B., S. H. Schneider, M. Oppenheimer, G. W. Yohe, W. Hare, M. D. Mastrandrea, A. Patwardhan, I. Burton, J. Corfee-Morlot, C. H. D. Magadza, H.-M. Füssel, A. B. Pittock, A. Rahman, A. Suarez, and J.-P. van Ypersele. 2009. "Assessing Dangerous Climate Change through an Update of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 'reasons for concern.'" *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (11): 4133–37.
- Smyth, I. 2005. "More than Silence: The Gender Dimensions of Tsunami Fatalities and Their Consequences." Paper presented at the WHO Conference on Health Aspects of the Tsunami Disaster in Asia, Phuket, Thailand.
- Solomon, S., G.-K. Plattner, R. Knutti, and P. Friedlingstein. 2009. "Irreversible Climate Change due to Carbon Dioxide Emissions." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (6): 1704–09.
- Stern, N. 2007. *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- . 2008. *Key Elements of a Global Deal on Climate Change*. London: London School of Economics and Political Science.
- Sterner, T., and U. M. Persson. 2008. "An Even Sterner Review: Introducing Relative Prices into the Discounting Debate." *Review of Environmental Economics and Policy* 2 (1): 61–76.
- Tol, R. S. J. 2005. "The Marginal Damage Cost of Carbon Dioxide Emissions: An Assessment of the Uncertainties." *Energy Policy* 33: 2064–74.
- Toth, F., and M. Mwandosya. 2001. "Decision-making Frameworks." In *Climate Change 2001: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. B. Metz, O. Davidson, R. Swart, and J. Pan. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Ummel, K., and D. Wheeler. 2008. "Desert Power: The Economics of Solar Thermal Electricity for Europe, North Africa, and the Middle East." Working Paper 156, Center for Global Development, Washington, DC.
- UNDP (United Nations Development Programme). 2008. *Human Development Report 2007/2008. Fighting Climate Change: Human Solidarity in a Divided World*. New York: UNDP.
- . 2009. *Resource Guide on Gender and Climate Change*. New York: UNDP.
- UNISDR (United Nations International Strategy for Disaster Risk Reduction). 2007. *Gender Perspective: Working Together for Disaster Risk Reduction. Good Practices and Lessons Learned*. Geneva: UNISDR.
- United Nations. 2008. *The Millennium Development Goals Report 2008*. New York: UN.
- Vergara, W. 2009. "Assessing the Potential Consequences of Climate Destabilization in Latin America." Sustainable Development Working Paper 32, World Bank, Latin America and Caribbean Region, Washington, DC.
- WCED (World Commission on Environment and Development). 1987. *Our Common Future*. Oxford, UK: WCED.

- Weiss, H. 2000. "Beyond the Younger Dryas: Collapse as Adaptation to Abrupt Climate Change in Ancient West Asia and the Eastern Mediterranean." In *Environmental Disaster and the Archaeology of Human Response*, ed. G. Bawden and R. M. Reycraft. Albuquerque: Maxwell Museum of Anthropology.
- Weiss, H., and R. S. Bradley. 2001. "What Drives Societal Collapse?" *Science* 291: 609–10.
- Weitzman, M. 2007. "A Review of the *Stern Review on the Economics of Climate Change*." *Journal of Economic Literature* 45 (3): 703–24.
- . 2009a. "On Modeling and Interpreting the Economics of Catastrophic Climate Change." *Review of Economics and Statistics* 91 (1): 1–19.
- . 2009b. "Reactions to the Nordhaus Critique." Harvard University. Cambridge, MA.
- Wheeler, D., and K. Ummel. 2007. "Another Inconvenient Truth: A Carbon-Intensive South Faces Environmental Disaster, No Matter What the North Does." Working Paper 134, Center for Global Development, Washington, DC.
- World Bank. 2001. "Hurricane Mitch: The Gender Effects of Coping and Crises." Notes of the Development Economics Vice Presidency and Poverty Reduction and Economic Management Network 56, Washington, DC.
- . 2008. "Double Jeopardy: Responding to High Food and Fuel Prices." Working Paper 44951, Washington, DC.
- . 2009a. *Global Monitoring Report 2009: A Development Emergency*. Washington, DC: World Bank.
- . 2009b. "World Bank Statement to the Tenth Session of the United Nations Human Rights Council." Geneva.
- . 2009c. *World Development Indicators 2009*. Washington, DC: World Bank.
- WRI (World Resources Institute). 2008. "The Climate Analysis Indicators Tool (CAIT)." Washington, DC.
- Yohe, G. W. 1999. "The Tolerable Windows Approach: Lessons and Limitations." *Climatic Change* 41 (3–4): 283–95.

气候正在变化——现在这已不容争辩。科学共识认为，主要由于人类活动，世界正逐渐变暖。政府间气候变化专门委员会在它的第四次评估报告中说：“气候系统的变暖显而易见。”¹ 工业革命前的近一百万年间，大气中的二氧化碳（CO₂）浓度一直处于 170ppm~280ppm 之间。而现在的水平已大大超出了这个范围——387ppm——比过去 80 万年中的最高值还要高，而且其增长速度也可能越来越快。² 在排放量较高的情况下，21 世纪末的二氧化碳浓度可能会超过地球上数千万年的水平。

《联合国气候变化框架公约》（*United Nations Framework Convention on Climate Change*, UNFCCC）第二条制定了这样目标“将温室气体排放量稳定在可以避免人为干扰气候系统危险的范围内。”³ 根据该公约为避免“危险性”干扰所界定的范围，它是指将排放量控制在“能使生态系统自然适应气候变化，确保粮食生产不受到威胁，以及让经济以可持续的方式发展”的水平内。鉴于已观察到的气候变暖跟干旱、洪水、热浪、森林火灾、强降水活动等已经威胁到人类和自然系统的灾害有着种种联系，我们尚不清楚能否完全实现该目标。

强有力的证据表明，如果全球变暖超过 2°C，社会和生态系统对全球变暖的适应能力将受到严峻考验。⁴ 如果全球能将人为造成的升温控制在比工业化之前高出 2°C 的范围内，就有可能避免格陵兰冰原和西南极洲冰原的大量融化，以及由此引起的海平面升高；就有可能控制许多地区洪水、干旱、森林大火发生次数的增加；就有可能控制传染性疟疾蔓延和极度炎热所造成的死亡和疾病的增加；就有可能避免 1/4 的已知物种走向灭绝；就有可能避免全球粮食的大幅减产。⁵

但是，即便将全球气温的上升控制在工业化前水平的 2°C 以内，世界也将发生重大变化。前工业化时代以来，地球平均温度上升了 0.8°C，然而高纬度地区已经在遭受环境和文化上的破坏；随着升温的继续，这种更大的冲击将不可避免。2°C 的升温会导致更频繁和高强度的极端天气事件，包括热浪、世界上许多地区的水缺乏加剧、不少热带地区粮食减产以及生态系统破坏，如海水升温 and 酸化造成的大片珊瑚礁死亡。

模型预测显示，除非全球迅速采取措施来改变排放途径，到 2100 年时全球平均气温将比前工业化时期高出 2.5°C~7°C，⁶ 这取决于能源消耗的规模和增长速度、对化石燃料能源使用的限制和零碳能源技术的发展速度（参见第 4 章）。虽然跟季节性气温变化相比，这样的升温幅度并不算大，但 2.5°C 相当于从奥斯陆到马德里的温差。而 7°C 相当于上次冰川时代的顶峰过后的气温回升幅度，这样的升温却导致了曾覆盖北欧和北美的两千米厚冰川的融化。⁷ 据预测，在未来几十年里，全球平均气温将以每 10 年 0.2°C~0.3°C 的速度上升，⁸ 这会使物种和生态环境的适应能力面临严峻考验（参见焦点 B 生物多样性）。

界定“危险的人为干扰”是政治决策而非科学结论。《京都议定书》签署 10 年后，当我们首次对发达国家碳排放量进行严格计算时，全球正围绕着未来几十年的行动步骤展开磋商，这段时期将在很大程度上决定我们的子孙后代继承的是一个温度升幅稳定在 2°C 左右的地球还是一个气温升高更高的地球。“危险”这个定义包含着几重意思——总体变暖的强度、变暖的速度、突然或急剧变化的风险和跨过不可逆转的危险门槛的可能性。本焦点关注气候系统的运转方式、到目前为止已观察到的变化、2°C 升温相比于 5°C 预示着什么、越过不可逆转的门槛的风险，以及将增温控制在 2°C 内的挑战。

气候系统的运转方式

地球的气候取决于来自太阳的能量、以辐射形式返回给太空的能量，以及大气、陆地、海洋、冰川和生物之间的能量转移。大气的组成成分尤为重要，因为某些气体和气溶胶（非常小的颗粒）会影响进入地球的太阳辐射和离开地球的红外线辐射的流动。水蒸气、二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、臭氧（O₃）和一氧化二氮

(N₂O) 都是自然存在于大气中的温室气体。它们阻碍红外线能量(热量)从地球逃走从而使地表升温。这种由自然水平的温室气体所造成的升温效应被称作“自然温室效应”。自然温室效应使得地球温度升高了约 33℃, 使地球的大部分水资源以液态形式存在, 从而允许生命从赤道到两极都存在。

人类活动所释放的气体极大地扩大了自然的温室效应。工业革命以来, 尤其是过去的 50 年

内, 全球平均二氧化碳浓度大大地提高了。20 世纪内, 二氧化碳浓度从 280ppm 提高到了 387ppm——几乎提高了 40%——这主要是燃烧碳基化石燃料和其次的森林采伐和土地使用变更(参见专栏 FA.1) 造成的。现在煤、石油和天然气的燃烧所释放的二氧化碳占每年总排放量的 80%, 土地使用变更和森林采伐占余下的 20%。在 1950 年时, 化石燃料燃烧和土地使用变更所排放的二氧化碳几乎相等; 从那以后, 能源的使用

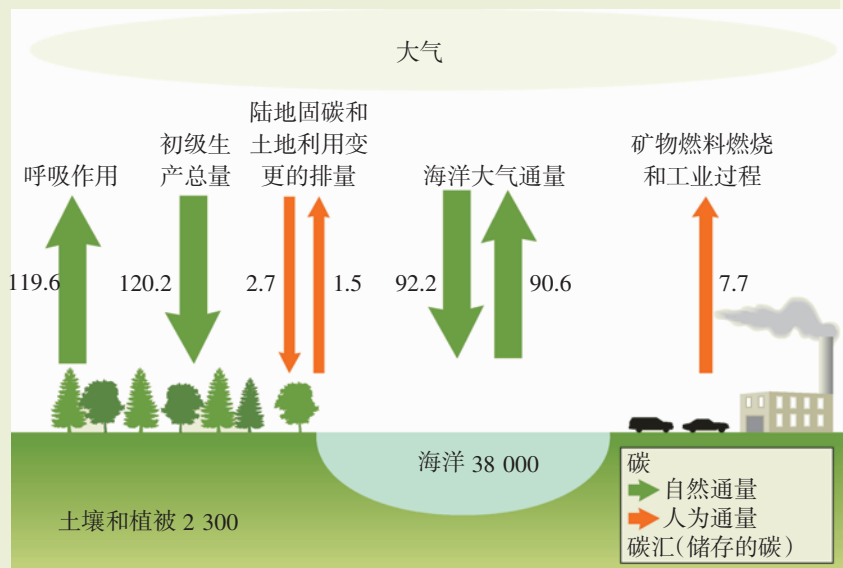
增长了 18 倍。由于化石燃料的燃烧、工农业活动, 以及土地使用变更, 其他温室气体如甲烷和一氧化二氮的浓度也大大提高(参见图 FA.1)。⁹

某些人类制造的污染物质使地球升温, 而另一些则使地球降温(参见图 FA.2)。有些会长期存在, 有些则短期消失。二氧化碳、一氧化二氮和卤化碳¹⁰ 能使地球升温, 而且由于这些气体的新增浓度会持续数个世纪, 它们的增温效应会造成长期的气候变化。

专栏 FA.1 碳循环

大气中的二氧化碳含量是由生物地球化学循环所控制的, 这个循环使碳在海洋、陆地、生命原料和大气之间重新分配。目前大气含有 8 240 亿吨碳。2007 年人为的碳排放量达到了 90 亿吨, 其中 77 亿吨的碳(或 285 亿吨的二氧化碳)来自化石燃料的燃烧, 余下的部分则来自土地覆被的变化。(10 亿吨相当于 10 亿公吨。碳量乘以 3.67 便是碳排量和碳通量转换成二氧化碳的总量。)

大气中的二氧化碳浓度目前正以每年 2ppm 的速度上升, 这相当于大气中碳含量每年增加约 40 亿吨(换句话说, 大约一半化石燃料燃烧所排放的二氧化碳量将导致大气中碳含量的长期升高)。其余的二氧化碳会被“碳汇”——海洋和陆地生态系统——所吸收。海洋每年吸收约 20 亿吨的碳(即图示中 92.2 和 90.6 的差值再加上少量的陆地到海洋的通量)。海洋和陆地生态系统(植物的光合作用减去呼吸作用)所净吸收的碳与土地利用变更和化石燃料燃烧的预计碳排放量会导致大气中的碳含量超过历史记录。目前陆地生态系统似乎吸收了多余的碳排放量。27 亿吨的“剩余碳汇”应该主要来自土地覆被的变化(植树造林减去森林采伐的净森林增长)和



出处: 来自非政府间气候变化专门委员会 2007b。

全球森林生长(二氧化碳施肥效应)所吸收的碳的增加。

陆地生态系统约吸收掉 23 000 亿吨碳——地表生物圈约吸收 5 000 亿吨碳, 土壤约吸收 3 倍于生物圈的碳。减少森林采伐应该成为减缓排放量增长的重要途径。不过即使想尽一切办法来增加陆地的碳存量, 气候变化以及火灾、虫害、干旱、热应激发生频率的增加仍将带来诸多挑战。根据一些模型所示, 如果化石燃料的二氧化碳排放量依然居

高不下, 那么森林和其他陆地生态系统吸收的碳量可能会减少甚至发生逆转, 并在本世纪末变成碳的净排放源。温度较高的海洋吸收二氧化碳的过程会减缓, 因此更大比例的化石燃料所产生的二氧化碳将留在大气中。

出处: Fischlin 等 2007; 政府间气候变化专门委员会 2000; 政府间气候变化专门委员会 2001; Canadell 等 2007; Houghton 2003; Prentice 等 2001; Sabine 等 2004。

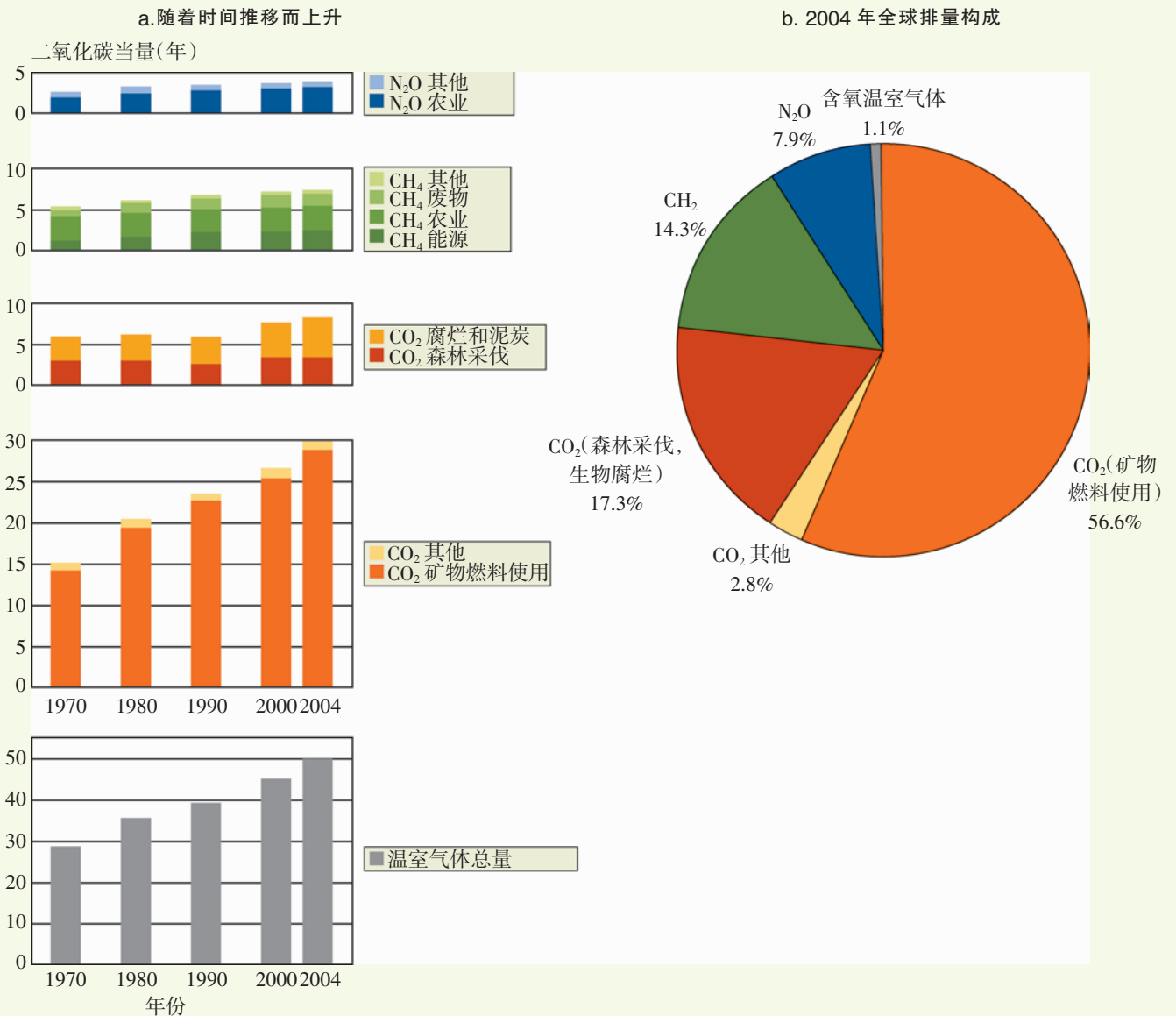
相比之下，甲烷的影响仅会持续数十年，气溶胶对气候的影响——有的是升温的，如黑炭（煤烟）；有的是降温的，如反射性硫酸盐¹¹——仅持续数天到数周。¹² 所以尽管未来几十年内由燃煤所致的二氧化碳排放的减少将缓解长期的升温，但主要由燃煤

所排放的硫对大气的降温效应也会减弱，这也可能导致 0.5°C 的升温。

目前的大气温度已经比工业化前水平（参见图 FA.3）高出了 0.8°C。如果不是反射粒子（如硫酸盐气溶胶）的降温效应和几十年来海洋吸收的红外线辐射的增

量达到海洋温度均衡，人类活动引起的全球的平均气温上升很有可能已经比目前高出了 1°C。因此，单是目前温室气体浓度的增加几乎就能让全球升高 2°C，而温度升幅超过 2°C 将会使全球遭受破坏性冲击甚至“危险”后果。¹³

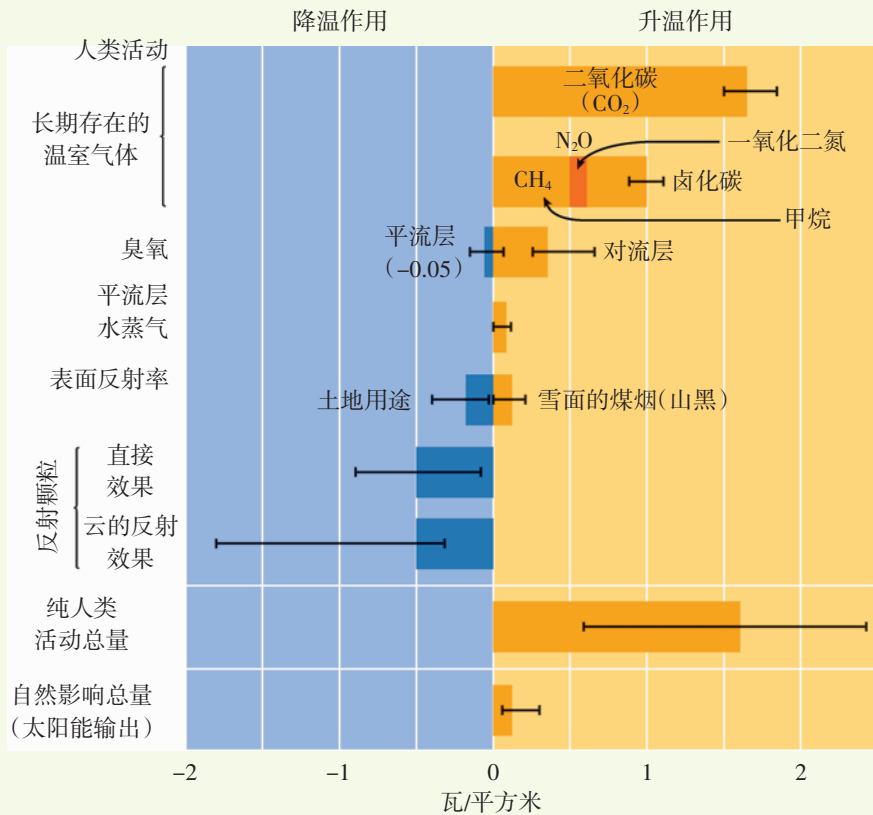
图 FA.1 全球温室气体排放量呈上升态势



出处：根据 Barker 等 2007 修改。

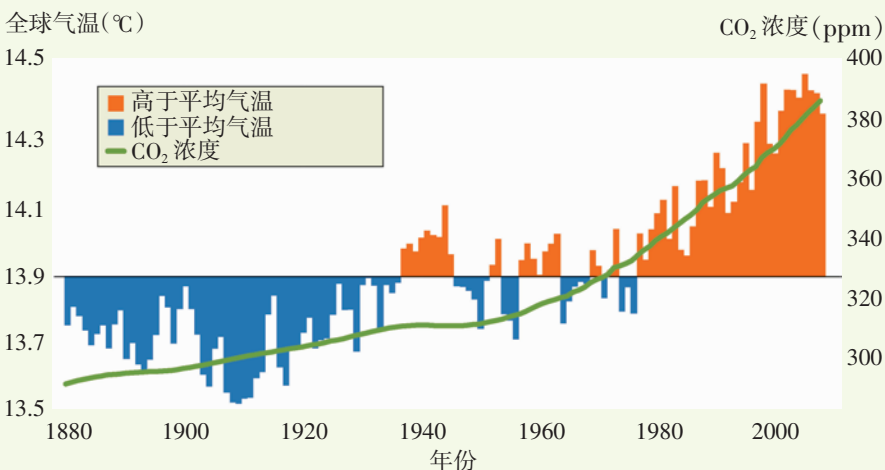
注：该图展示了一些中到长期温室气体的来源和增长率。矿物燃料和土地使用变更已成为 CO₂ 的主要来源，能源和农业排放的 CH₄ 大致相当。N₂O 主要来自农业。图中不包括的其他温室气体有：炭黑（煤烟）、对流层臭氧和卤化碳。不同气体排放当量的比较是基于对 100 年全球变暖潜力（100-year Global Warming Potential）的使用；参见注释 9 的解释。

图 FA.2 工业革命以来影响气候的主要因素



出处：根据 Karl, Melillo 和 Peterson 2009 改编。

注：上图显示了自工业时代（1950 年至今）以来不同因素对地球气候的升温作用（橙色条）和降温作用（蓝色条）的总和，结果以瓦/平方米表示。图的上部包括所有主要的人为因素，图的第二部分包括了太阳，太阳是对气候有长期影响的唯一主要自然因素。单个火山的降温效应也是自然的，但相对较短（2~3 年），因此它们的影响没有被包括在该图里。这张图的下部显示出人类活动的净效应总量（升温效应减去降温效应）是重要升温因素。每个条形上的细线表示不确定性范围的估测值。

图 FA.3 全球年平均气温及 CO₂ 浓度持续攀升，1880—2007

出处：改编自 Karl, Melillo 和 Peterson 2009。

注：橙色柱表示高于 1901—2000 年平均水平的温度，蓝色柱表示低于平均的温度。绿色线条表示 CO₂ 浓度。虽然长期全球变暖趋势明显，单独年份的气温升高与上一年并无相关联系，而且有的年份的变化大于其他年份。温度上的年度间波动由自然进程引起，如厄尔尼诺现象、拉尼娜现象和火山爆发即是如此。

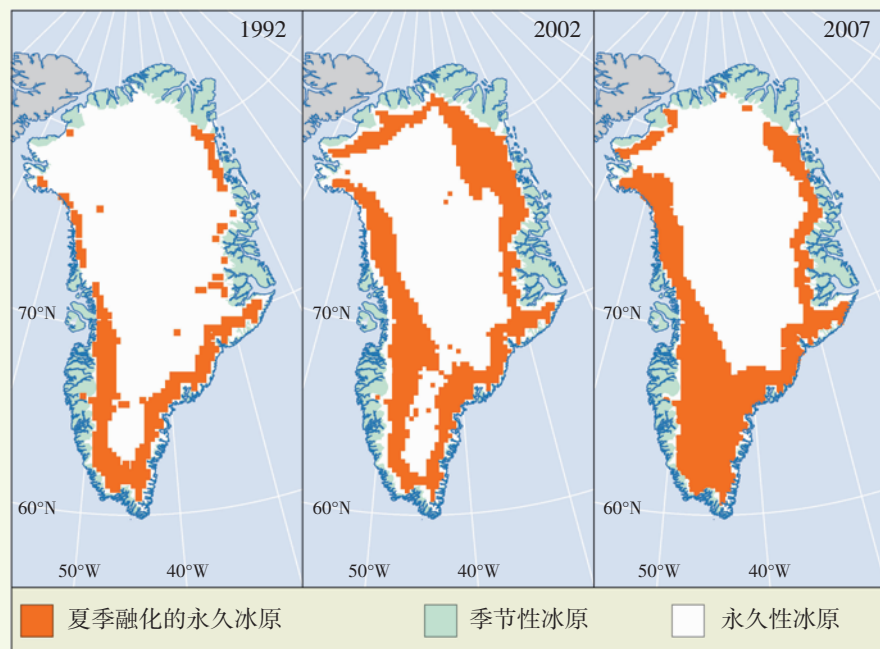
目前观察到的气候变化和我们对气候变化理论认识改变的意义

19 世纪中叶以来的气候变化在当今一些观察到的现象中显得尤为明显，如气温和海洋温度的升高、世界尤其是南极和格陵兰岛冰雪的大范围融化（参见图 FA.4）以及全球海平面的升高。寒冷天气和霜冻越来越少，而热浪的发生频率和强度越来越大。洪水和干旱都变得更加频发。¹⁴ 尽管降水总量在增加，大陆的内部却趋于干旱。从全球范围来看，随着温度升高加速地球水循环，全球的降水量在增加，尽管萨赫勒和地中海地区也遭受了更频繁和更严重的旱灾。强降雨和洪水变得更为常见，而且有证据表明风暴和热带气旋的强度也加大了。¹⁵

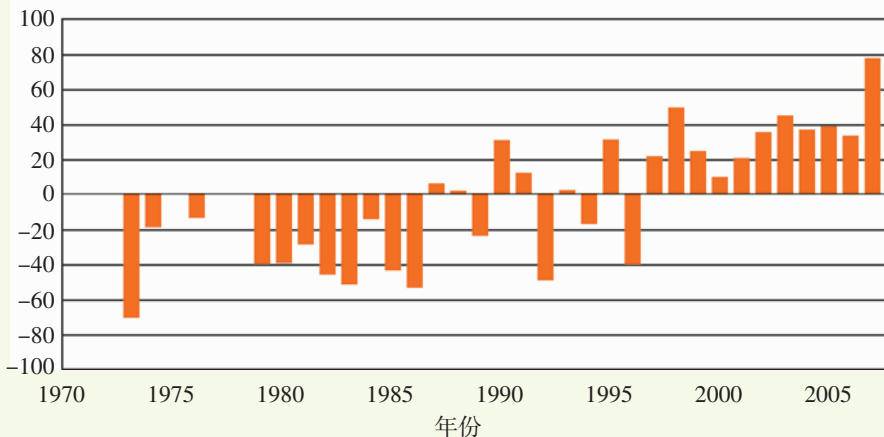
这些影响不是平均地分布在全球各地（参见地图 FA.1）。正如所料，两极的气温变化更大，且北极的一些地区仅仅在过去的 30 年内温度就升高了 0.5°C。¹⁶ 在低纬度地区——接近赤道的地区——被吸收的红外线的大部分作用于蒸发，这限制了升温却导致大气中水蒸气的增加，这些水蒸气又变成了对流风暴和热带气旋活动中的强降雨。

在未来数十年中，许多生态系统的适应力可能无法抵挡气候变化和栖息地退化、物种入侵以及大气和水污染等其他危机的联合冲击。生态系统的主要变化将表现为气候变化对动植物理想地域分布的改变。农业、林业、渔业生产率以及其他生态服务都将受到影响。¹⁷ 已有 20 000 组数据集显示大范围的物种迁移，气温升

图 FA.4 融化中的格陵兰冰原



季节性融化(×1 000 km²)



出处：上图：改自 ACIA2005 和环境科学合作研究所 (CIRES), <http://cires.colorado.edu/steffen/greenland/melt2005/> (2009 年 7 月登录)。下图：复制自 Mote 2007。

注：格陵兰地图上的橙色区域显示了冰原夏季融化的规模，近几年来规模迅速上升。2007 年融化的冰比 2005 年多了 10%。条形图显示，尽管冰雪覆盖面积有季节性变化，但在过去十多年里，冰原面积已大大减小。

高导致物种平均每 10 年向两极移动 6 000 米或每 10 年向山顶移动 6 米。¹⁸ 这些急剧变化与某些长期建立的捕食者-猎物关系不同步，某些物种可能因过早或过晚迁移到捕食地而无法找到它们传统的食物。

过去 20 年里，我们对气候变

化科学的认识大大地进步了。例如，1995 年政府间气候变化专门委员会得出下述结论：“证据比较显示人类对全球气候的影响明显。”¹⁹ 2001 年政府间气候变化专门委员会得出下述结论：“新的和更有说服力的证据表明过去 50 年内的变暖由人类活动引起。”此

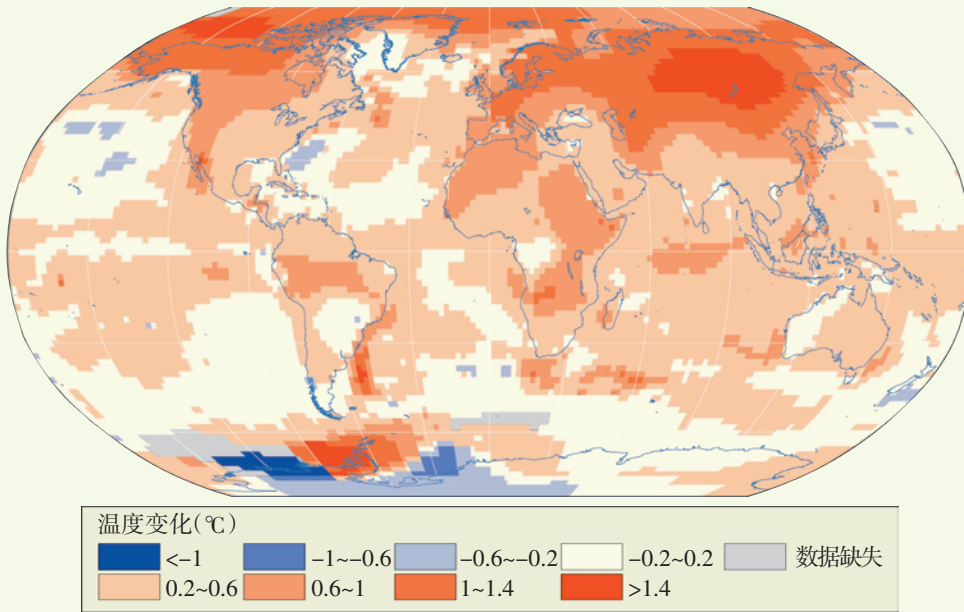
后 6 年，也就是 2007 年，政府间气候变化专门委员会得出下述结论：“毋庸置疑，气候系统在变暖。²⁰ 20 世纪中叶以来绝大部分观察到的全球平均气温的升高可能是由人为造成的温室气体浓度的提高所导致。”²¹

2001 年和 2007 年，科学界将对气候变化影响的最好认识或需要关注的原因总结为五类：珍稀物种/受到威胁的生态系统，极端天气活动，影响的广度，总的经济影响，以及严重的不连续性。在“燃烧余烬”图中，红色的浓淡程度表示对被讨论问题效应的忧虑程度（参见图 FA.5）。比较左右两组图示的柱 B 可以发现，2001—2007 年可获取的最佳信息的变化将红色区域推向代表着极端天气事件的 0 度线——也就是说，在目前全球平均气温下，极端天气事件已呈上升趋势。比较两组图示的柱 E 可以发现如果全球气温在目前水平上再升高 2°C，那么不连续性的威胁会变更大，例如海洋传送带热量分配系统的变化或者北极冰雪大量融化或者甲烷大量释放。

2007 年政府间气候变化专门委员会第四次评估报告定稿之后，新的信息已进一步提高了科学认识。这些信息包括更新后的最近气候变化观察结果、将观察到的气候变化更好地归结于人为和自然诱发因素、对于碳循环反馈的更好认识和对未来极端天气事件预测和巨大灾难性变化的潜在性的预测。²² 根据现在的评估，许多风险比原先预想的要大，尤其是 21 世纪内大规模海平面上涨和极端天气事件增加的风险。

地图 FA.1 过去 30 年全球气候的地区性变化

a. 温度



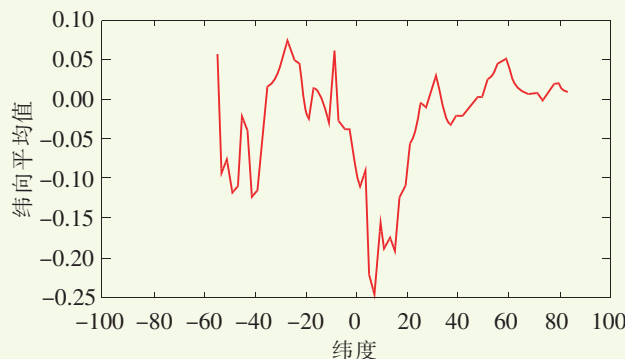
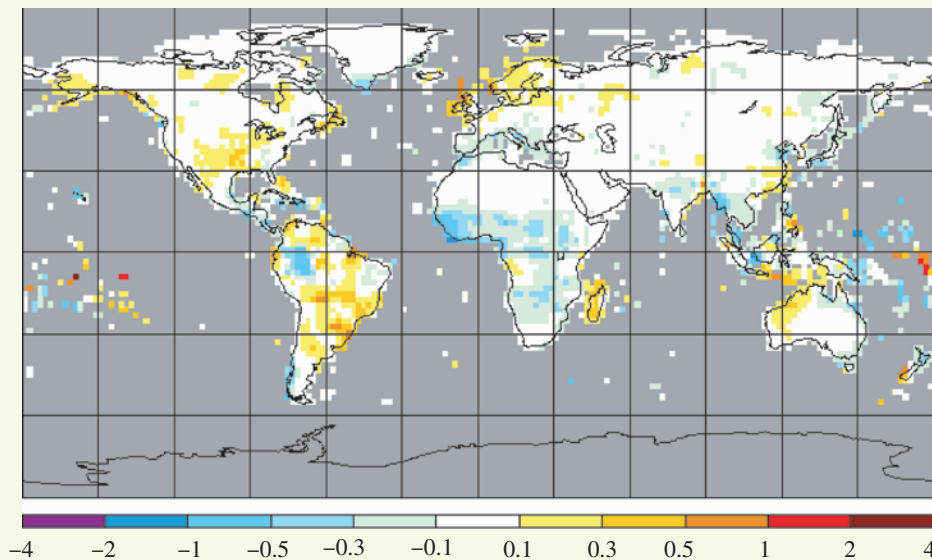
出处：戈达德空间科学研究所（GISS），http://data.giss.nasa.gov/cgi-bin/gistemp/do_nmap.py?year_last=2009&month_last=07&sat=4&sst=1&type=anoms&mean_gen=07&year1=1990&year2=2008&base1=1951&base2=1980&radius=1200&pol=reg（2009年7月登录）。

注：黄色、橙色和红色表示 1980 年至今与之前 30 年相比的平均气温上升（°C）高纬度地区，尤其是北半球高纬度地区的升温幅度最大。

b. 降雨量数据

1980—2000/1951—80 降水异常(毫米/每天)

-0.03

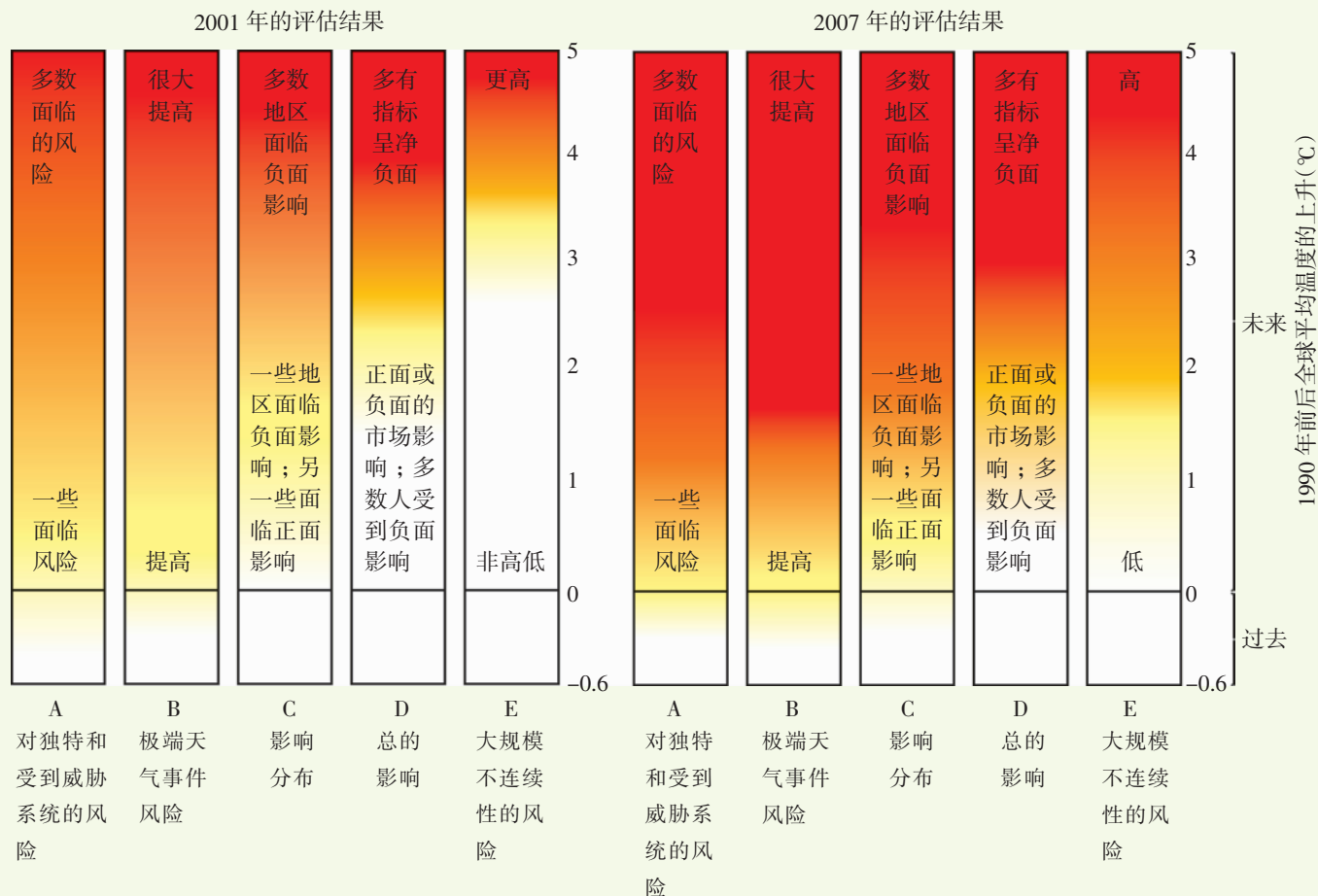


世界地图右上角的数字是各地数据的平均值。

出处：戈达德空间科学研究所。

注：橙色表示降雨量的日减少量（以毫米表示），蓝色表示 1980 年到现在（与此前三十年相比较而言）的增加量。干旱化问题在内陆地区最为严重，相反，许多沿海地区的降雨强度却已经增强。降雨量地理分布的变化将对农业发展产生深远影响。

图 FA.5 余烬烧得更热了：风险和危害的评估已上升（2001—2007 年）



出处：摘自 Smith 等 2009。

注：上图显示出气候变化的风险，比较 2001 年的描述（左）和更新数据后的描述（右）。气候变化的结果由条形图与与目前水平相比的全球平均气温上升（0°C~5°C）来表示。每条柱形图表示一类具体影响。例如，“唯一和受威胁的系统”，如高山草甸和北极生态系统，最为脆弱（由柱形图 A 的阴影表示）且很小的气温变化就可以导致巨大损失。从黄到红的色彩变化代表着风险的逐步上升。1900—2000 年，全球平均气温提高 30.6°C（此后每 10 年全球平均气温约上升 0.2°C），就已经产生了一些影响。2001 年以来，对目前水平上 1°C 或工业化前水平上 2°C 的升温危害的估计已经提高。

气温升幅超过 2°C 将改变未来

未来气候变化对人类和环境的自然冲击将包括生态系统压力的加大甚至崩溃，物种多样性减少，生长季节的时间变化，海岸侵蚀和地下蓄水层盐渍化，永冻土层融化，海洋酸化，²³ 虫害和疾病范围的变化。图 FA.6 描述了不同温度下和世界不同地区所受的

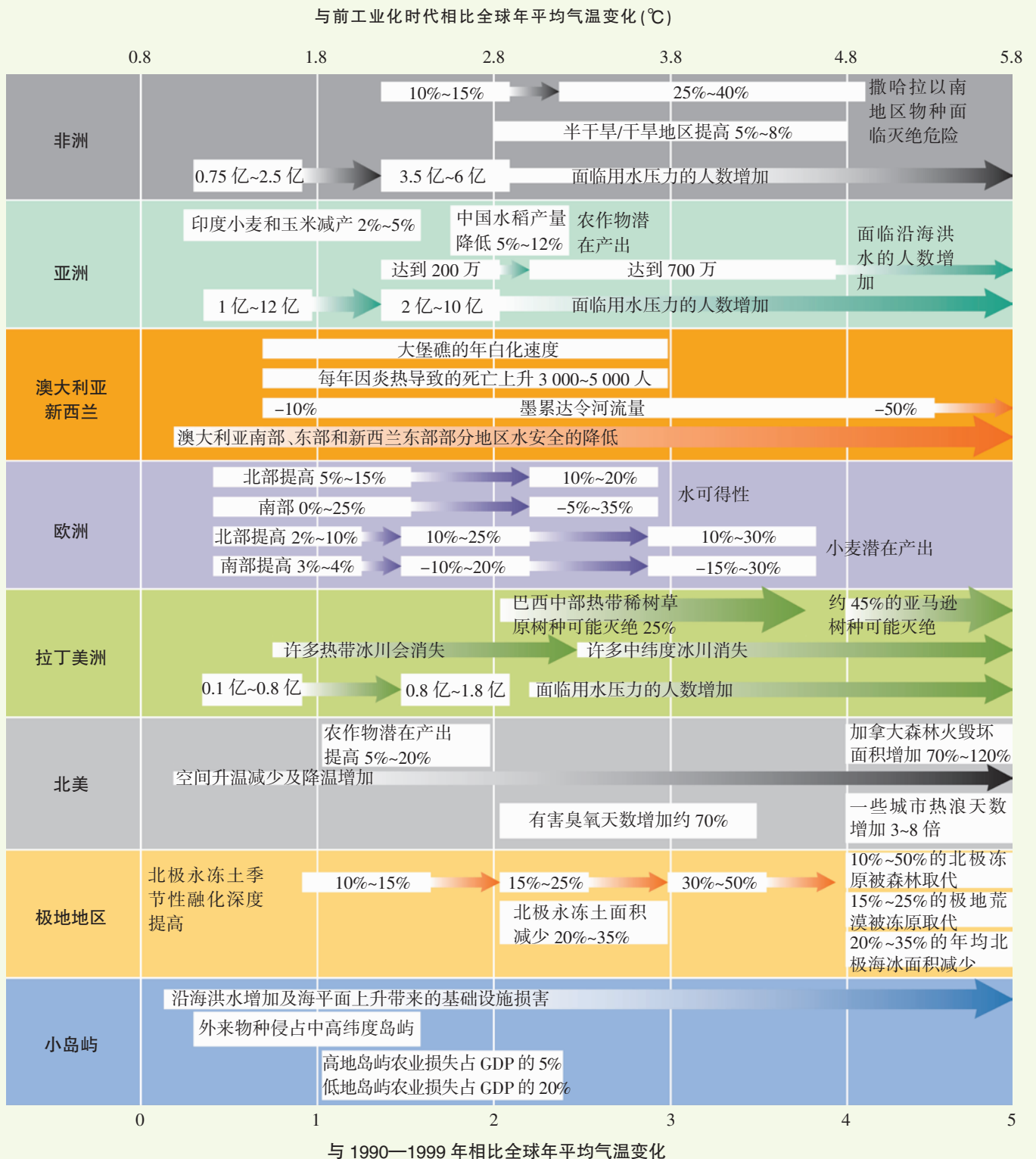
影响。

未来气候变化对人类和环境的影响随着温度升幅和地区位置而不同（参见图 FA.6）。如果气温比工业化前高 2°C，中纬度和少雨的低纬度地区无水可用的人口将增加 4 亿~17 亿人。遭遇严重缺水的人群将集中于非洲和亚洲。在这样的高温条件下，绝大多数的珊瑚礁会死去（参见专栏 FA.2），一些原先在低纬度地区大

量种植的农作物，尤其是谷物，将无法在气候改变的条件下茁壮成长。大约 1/4 的动植物可能面临濒临灭绝的风险（参见焦点 B）。²⁴ 社区将遭受更多的热应激侵袭，沿海地区将遭受更频繁的洪灾。²⁵

假如气温比工业化前水平升高 5°C 会怎样呢？大约又有 30 亿人会面临用水困难，几乎所有的珊瑚礁都死去，全球约 50% 的物种将最终灭绝，温带和热带的农

图 FA.6 预计气候变化对各地区的影响



出处: 改编自 Parry 等 2007。

专栏 FA.2 海洋健康：珊瑚礁和海洋酸化

大气中二氧化碳浓度升高的直接化学产物就是，海洋酸化问题会在未来数十年或数世纪内加剧。过去 200 年中，吸收大约 1/3 人为二氧化碳排放量使得表层海水的 pH 值降低了 0.1 个单位（pH 值代表酸碱度，它由对数标度来衡量。pH 值降低 0.1 个单位就意味着海水酸度升高了 30%）。据预计，表层海水的 pH 值在未来 100 年内会下降 0.3~0.5 个单位，这会使得海水酸度比过去数千万年的水平还高。海洋酸化的一个最严重的结果就是给许多海洋具有光和作用的微生物和动物带来问题，如珊瑚虫、双壳贝类和浮游生物等需要用碳酸钙来制造壳和鳞甲的生物。当海水酸度上升时，钙化的过程将无法进行。将受到影响的一些最丰富的生命形态是浮游生物。浮游生物位于海洋食物链的底端，是鱼类和海洋哺乳类动物的主要食物来

源。从已掌握的证据来看，海洋物种和生态系统是否能够适应迅速改变的海洋化学性质和在这样环境中进化存在着很大的不确定性。目前，关于海水中的高浓度二氧化碳影响的研究还处在初期。

但对珊瑚礁而言，不利的已经显而易见。珊瑚礁属于对气候变化和大气成分变化最敏感的海洋生态系统之一，且受到直接人为活动和全球气候变化的共同破坏。它们的消亡将直接影响到几百万人。热带和深海的珊瑚礁是全球海洋物种多样性的中心。它们每年为约 500 万人提供价值约 3 750 亿美元的服务和商品。世界上大约有 3 000 万极贫困人口直接依靠珊瑚礁生态系统获取食物。

近期的气温升高已经将珊瑚礁推到了它能承受的极限边缘。表层海水温度的升高给珊瑚造成压力并导致珊

瑚白化（珊瑚礁共生藻类的死亡），这常导致珊瑚大面积死亡。如果海洋升温高出工业化前水平 2°C，尤其是海洋酸化将减少碳酸盐含量从而阻止珊瑚礁增殖，那么许多地区生态系统的临界点很可能被打破。一旦珊瑚死亡，大型藻类将占领死亡的珊瑚礁而使珊瑚无法在这些地方重新生长。管理不善将放大这些动力机制，因为过度捕捞草食性珊瑚礁鱼类将导致大型藻类数量的大量增加，并且森林采伐和落后的农业方式使营养物质流失并沉淀在海洋中，这会促进大型藻类的生长从而加重对珊瑚的损害。

出处：Barange 和 Perry 2008; Doney 2006; Fabry 等 2008; Wilkinson 2008。

作物将会减产，约 30% 的海岸湿地将被海水淹没，世界将面临海平面上升数米的问题，卫生系统将承受营养不良、疟疾和心肺疾病造成的巨大压力。²⁶ 预计陆地生态系统将会从碳“汇”（储存）变为碳排放之源；无论这种碳是以二氧化碳还是以甲烷的形式排放，它都将加快全球变暖的步伐。²⁷ 许多小岛国家和沿海平原都将被风暴潮和主要冰原融化导致的海平面的上升所吞没，随着海洋冰层缩小北极居民的传统生活方式将遭到破坏。

最近的证据表明海洋冰层消失、格陵兰和南极冰原融化、海平面上升，以及永久冻土和山地冰川融化的速度比政府间气候变化专业委员会 2007 年报告完成时所预计的还要快。²⁸ 新的分析指出

西非干旱²⁹和亚马逊雨林干枯的³⁰可能性比之前的预计更大。³¹

尽管科学上的不确定性经常被用作待收集到更多证据后再采取行动控制气候变化的理由，最近的这些令人吃惊的现象都说明不确定性也可能会切断另一条路，也说明后果可能比预料的更糟。正如概述和第一章所强调的，考虑到在气候系统、基础设施和技术流通、社会经济系统遭受不可逆转的影响和存在惰性的潜在性前提下，不确定性成为采取预防性措施应对气候变化的理由。

跨越门槛？

这些影响还不能完全地展现发生极端天气事件的可能性和不确定性，或者界定不可逆转大灾

难性事件的门槛。尽管气候变化常常以全球平均气温逐渐升高为特征，这种表现形式至少在两方面存在缺陷和产生误导性。

首先，历史和古气候学的记录都表明预测的气候变化也可以呈跳跃和转变的形式而不是逐渐变化。如上文提到的，格陵兰冰原和西南极洲冰原尤其受到全球变暖的威胁，而且似乎存在着某些机制能使得它们冰的储量发生大规模和急剧的变化。³² 这点十分重要，因为如果这两片冰原的冰完全融化，海平面会升高 12 米。一些分析表示在升温的环境下，这个过程是缓慢的将需要几千年或更多的时间。但最近的研究表明，由于这些冰面大部分处于海面以下并被升温的海水包围着，它们融化的速度会快很多，可以

料想大约会花几个世纪。³³ 这两块冰原或者其中一块的融化速度如果迅速加快, 再加上伴随的大洋环流的改变, 将会成为导致升温的世界气候系统出现临界点的原因之一, 在这样的情况下任何改变都可能是无法逆转的——会导致系统进入另外一种状态, 从而出现环境和社会严重脱节现象的相应上升。³⁴

其次, 没有人生活在全球平均气温中。气候变化对不同地区的影响会大大不同, 而且常常会与其他环境压力相互作用。例如, 蒸发量和降水量都在上升并且还会在全球范围内继续上升, 但是当大气环流发生改变时, 这样的变化就会呈现区域差异, 有的地区会变得更加湿润, 有的地区会变得更加干燥。可能出现的其他后果包括风暴路径的改变, 热带气旋的加强和极端降水活动, 雪线的升高从而减少春季积雪量, 高山冰川的进一步融化,³⁵ 冬季降雪和海冰覆盖的范围缩小, 土壤湿度蒸发速度的加快从而导致更加频繁和严重的干旱和火灾, 永冻土的减少, 以及空气污染事件的增多。世界上季风和海洋—大气涛动(如厄尔尼诺/南方涛动和北大西洋涛动)的时机和模式也可能发生变化。地图 FA.2 和表 FA.1 展示了一些可能的临界点, 它们的位置、可能诱发变化的温度及其可能产生的影响。

我们能否力争将温度升幅控制在 2°C 以内并避免温度升高 5°C 或更高?

许多研究表明将大气温室气体浓度稳定在 450ppm 的二氧化碳或二氧化碳当量的水平会有 40%~50% 的可能性将全球平均气温上升控制在工业化前水平的 2°C 以内。³⁶ 许多排放途径都能帮我们完成这样的目标, 但是它们都需要使排放量在 10 年后达到峰值, 然后就开始全球范围的下降直至在 2050 年时降到目前排放水平的一半, 并且在 2050 年以后继续降低排放量。然后, 如果要想对将升温控制在某一温度之下更有信心, 那么就必须以更大的幅度和更快的速度进行。正如图 FA.7c 所示, 一条以 2°C 为目标的“最佳猜测”途径并不能排除最终升温 4°C 的可能性。

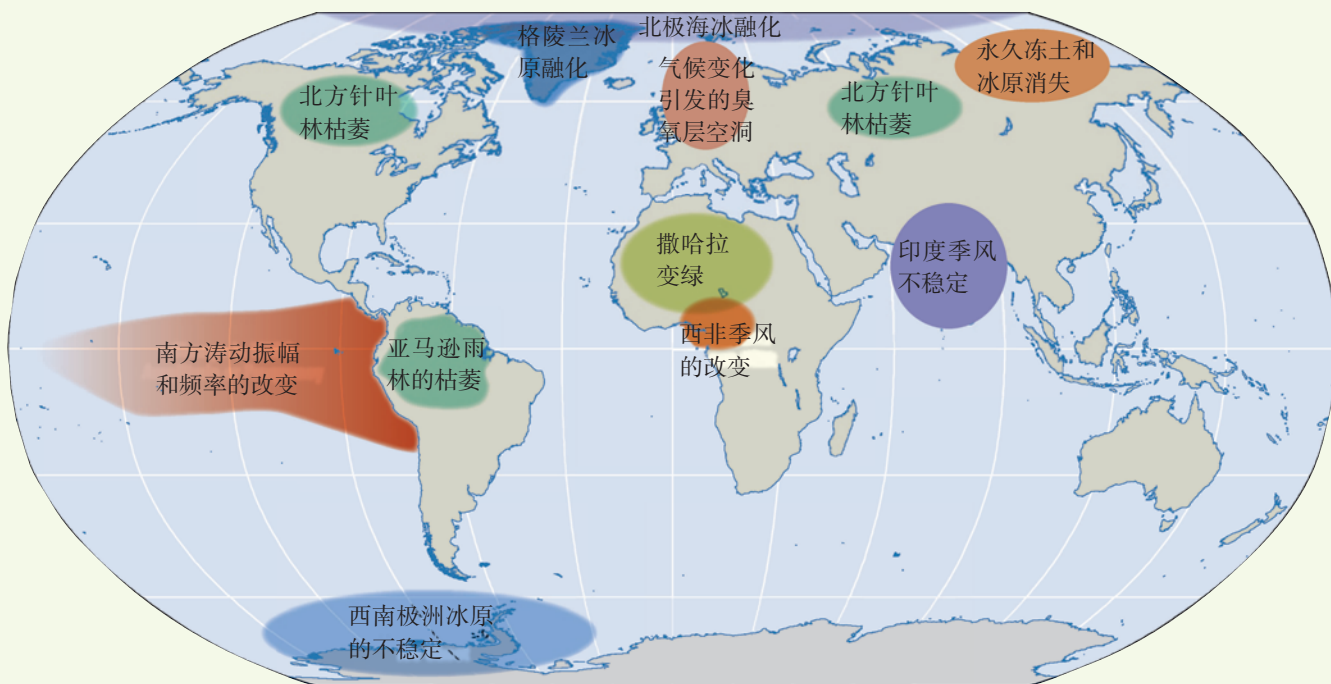
关于这个问题的一种更稳健的思路是制定排放预算。要想将二氧化碳引起的升温控制在 2°C 之内就需要将其排量限制在 1 万亿吨 (Tt) 碳 (3.7 万亿吨二氧化碳) 之内。³⁷ 全球在过去的两个半世纪内已经排放了这个数量一半的碳。对于 21 世纪, 如果按照目前的老路走下去, 那么 40 年内就会排放掉另外一半数量的碳, 迫使未来几代必须实现碳的零排放。

累计预算的概念为考虑短期和长期指标提供了一个框架。例如, 如果 2020 年排放量较高, 那么 2050 年的排放量就需要较低以保持总体预算数量。如果在减排

开始之前, 我们允许碳排量再增加 20%~40%, 那么它的减少率就必须在每年 4% (图 FA.7a 中的橙色途径) 和 8% (蓝色途径)。作为比较, 在《京都议定书》中, 富裕国家同意在 2008—2012 年间将排放在 1990 年水平上平均降低 5.2%, 然而全球总排放需要以每年 4%~8% 的速度下降才能将升温控制在 2°C 之内。

由其他温室气体如甲烷、黑炭和一氧化二氮所造成的升温——目前约导致了总体升温的 25%——表明二氧化碳的排量还必须被限制在更低的数量内以使人类活动造成的升温在 2°C 左右。这些其他的温室气体可能占到我们碳预算中剩余 5 000 亿吨当中的 1 250 亿吨, 这意味着可以排放的二氧化碳的总量——以碳来计算——实际上只有 3 750 亿吨。³⁸ 降低 2020 年数量多、存在时间短的温室气体的短期措施可以减缓温度上升的速度, 这些气体包括甲烷、黑炭或者对流层的臭氧。减少 50% 黑炭、70% 臭氧³⁹, 或者停止森林破坏这三项的每一项都能抵消掉约 10 年的化石燃料的排放量, 而且可以协助减少二氧化碳排量对升温的限制作用。如要确实地降低过度升温的风险, 就有可能要求实现负排放。要达成这个目标——即不增加新的排放并且从大气中减少已有的二氧化碳——是可能通过采用生物燃料作为能源供给和碳固定来实现的 (参见第 4 章)。

地图 FA.2 气候系统潜在的倾覆因素：全球分布



出处：改编自 Lenton 等 2008。

注：气候系统的几个地区性特点有临界点，这意味着关键点的一个微变可以引发气候系统突然和不可逆转的变化。这些临界点在本世纪可能被引发，这取决于气候变化的速度和强度。

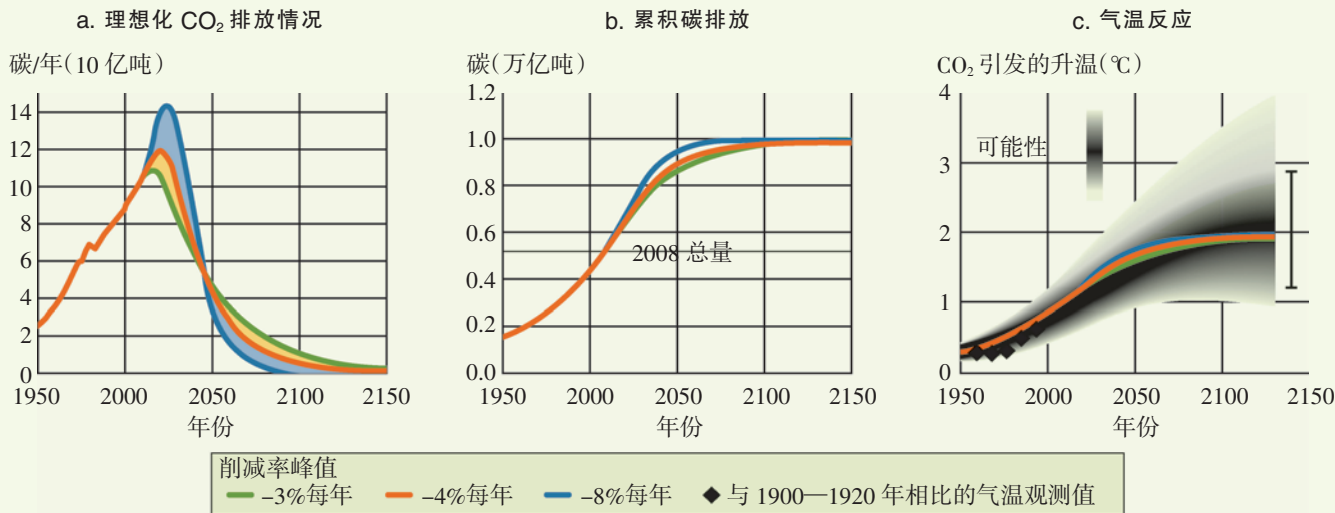
表 FA.1 潜在倾覆因素：诱因、时间范围和影响

倾覆因素	引发的升温幅度	转变时间跨度	主要影响
北极夏季海冰的消失	+0.5 ~ 2°C	~10 年 (快)	放大增温效应，生态系统改变
格陵兰冰原融化	+1 ~ 2°C	>300 年 (慢)	海平面上升 2 ~ 7 米
西南极洲冰原融化	+3 ~ 5°C	>300 年 (慢)	海平面上升 5 米
大西洋热盐环流的崩溃	+3 ~ 5°C	~100 年 (逐渐)	欧洲区域性降温
厄尔尼诺—南方涛动的持续	+3 ~ 6°C	~100 年 (逐渐)	东南亚和其他地区干旱
印度夏季季风	N/A	~1 年 (快)	干旱
撒哈拉/撒赫勒及西非季风	+3 ~ 5°C	~10 年 (快)	季风携带能力上升
亚马逊雨林的干枯和死亡	+3 ~ 4°C	~50 年 (逐渐)	物种多样性破坏降水减少
针叶林带北移	+3 ~ 5°C	~50 年 (逐渐)	生物群落改变
南极底层海水升温	不明	~100 年 (逐渐)	海洋环流改变，碳封存能力下降
苔原融化	正在进行	~100 年 (逐渐)	扩大升温，生物群落改变
永冻土融化	正在进行	<100 年 (逐渐)	甲烷和二氧化碳释放而扩大的升温
海洋甲烷水化合物释放	不明	1 000 ~ 100 000 年	甲烷释放加剧升温

出处：改编自 Lenton 等 2008。

注：专家认为，在西南极洲冰原融化、格陵兰冰原融化、亚马逊森林死亡、海洋环境破坏等系统的集合中，在全球平均升温 2°C ~ 4°C 的前提下超越临界点的可能性至少有 16%。当温度升幅超过 2000 年水平 4°C 时，其可能性将升高至 50% 以上。在很多情况下，这些数字会大大高出目前气候危害评估中所估计的大型气候灾难的可能性；例如，Stern (2007) 假设在升温 5°C 的情况下冰原融化掉 5% ~ 20% 的可能性为 10%。

图 FA.7 将温度升幅控制在工业化前水平 2°C 内的方法



出处: Allen 等 2009a。

注: 三条理想化 CO₂ 排放轨迹 (图 FA.7a) 的每一条都与 1 万亿累积碳排放量 (图 b) 一致。每一条轨迹都产生相同范围的升温 (图 c), 这种升温与气候系统反应的不确定性相关 (灰色阴影和红色错误条), 这是基于累积总量不受影响的前提。图 FA.7a 中的蓝、绿、红曲线都与 1 万亿吨的碳预算一致, 但排放峰值越高和越晚, 减排的速度就必须更快, 以保持相同的累积预算额。图 FA.7c 中的菱形代表与 1900—1920 年相比的气温观测值。尽管 2°C 的升温是最可能的结果, 气温高于工业化前水平 4°C 的可能性仍不能排除。

注释

1. IPCC 2007b。政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 由世界气象学会和联合国环境规划署共同成立于 1988 年, 以总结一段时期中气候变化的主要评估报告中的科学知识。IPCC 的第一部报告完成于 1990 年, 第二部完成于 1995 年, 第三部完成于 2001 年, 第四部完成于 2007 年。

2. Raupach 等 2007。

3. http://unfccc.int/essential_background/convention/background/items/1353.php (2009 年 8 月 30 日登录)。

4. Smith 等 2009。

5. Parry 等 2007。

6. 两极的气温升高大约是全球平均值的两倍。

7. Schneider von Deimling 等 2006。

8. 1990 年以来, 气温观测值平均每 10 年升高 0.2°C, 这使我们对预测未来变化充满了信心。参见 IPCC 2007a, 表 3.1, 该表列出了在任何情况下, 气温每 10 年 0.1~0.6°C 的升幅。

9. 根据世界气象组织最新估计,

2008 年 CO₂ 平均浓度为 387ppm (百万分之)。甲烷和一氧化二氮浓度也有所上升, 分别达到了 1789ppb 和 321ppb (十亿分之)。二氧化碳当量 (CO₂e) 浓度表示的是, 与一定量和比例的温室气体在一定时期内所造成全球变暖程度相当的 CO₂ 总量。例如, 气体量一定时, 以 100 年为期, 甲烷的全球变暖潜力 (GWP) 为 25, 一氧化二氮为 298。这表明, 排放 1 公吨的甲烷和 1 公吨的一氧化二氮分别会造成 25 公吨和 298 公吨二氧化碳可能造成的气温升高幅度。幸运的是, 这些气体的排放量并不如 CO₂ 那么多, 因而它们有效地升温影响更小。然而, 要注意的是既定的时间长度不同 GWP 也会不同; 例如甲烷的短期 (20 年) GWP 是 75, 这表示在短期内甲烷排放量是十分重要的, 且控制它们的排量可以减缓气候变化的速度。

10. 卤化碳是碳原子和卤素原子 (氟、氯、溴, 或者碘) 的化合物。这些化合物通常非常稳定不易反应。为了保护臭氧层, 它们已被禁用, 之前这些化合物普遍用于冰箱和绝缘材料。因为

这些化合物也会导致全球变暖, 蒙特利尔议定书及其修订案对它们的禁止也会限制全球变暖 (事实上, 比《京都议定书》更有成效)。虽然已经引入的这些化合物的替代物减少了全球的变暖和臭氧层破坏, 这些替代化合物使用量的增加在长期也会造成重大的升温效应, 因而在未来的几十年内, 这些化合物的排放也应逐渐减少。

11. 在硫酸盐粒子形成的几周内, 自然作用会将其带离大气, 这是导致降水酸化 (酸雨) 的主要原因。降水酸化会降低土壤肥力, 破坏植物和建筑物, 以及损害人类健康。

12. Forster 等 2007。

13. Adger 等 2008; SEG 2007。

14. 《2005 年千年生态系统评估》。这些表面上互相排斥的变化是可能发生的, 因为随着气温升高, 蒸发和大气吸纳水蒸气的能力都会上升。随着大气水蒸气含量的增加, 对流雨会增强, 并导致更频繁的洪水。同时, 更高的气温会导致陆地蒸发的加速, 导致土壤湿度的降低和干旱发展速度的加快。因此, 同

一个地区可以在不同时间遭受更大洪水和更严酷的干旱。

15. Webster 等 2005。

16. 高纬度地区的冰雪融化导致气温升高的“极地放大效应”，这是因为高反射度的冰雪表面被黑土表面和开阔水域所替代，这两种表面更吸热，并将进一步加剧升温 and 冰雪融化。

17. Allison 等 2005。

18. Parry 等 2007。

19. IPCC 1995。

20. IPCC 2001。

21. IPCC 2007a。IPCC 使用“非常可能”来表示高于 90% 的可能性。

22. Füssel 2008; Ramanathan 和 Feng 2008。

23. Brewer 和 Peltzer 2009; McNeil 和 Matear 2008; Silverman 等 2009。

24. Parry 等 2007。

25. Parry 等 2007, 表 TS3。

26. Battisti 和 Naylor 2009; Lobell 和 Field 2007。

27. 全球森林专家组关于森林在气候变化中的适应性的见解。

28. 美国国家冰雪数据中心, <http://nsidc.org> (2009 年 8 月登录); Füssel 2008; Rahmstorf 2007。

29. Shanahan 等 2009。

30. Phillips 等 2009。

31. Allan 和 Soden 2008。

32. Rignot 和 Kanagaratnam 2006; Steffensen 等 2008。

33. Füssel 2008。

34. Lenton 等 2008。

35. UNEP-WGMS 2008。

36. 参见概述和第 4 章。

37. Allen 等 2009b。

38. Meinshausen 等 2009。

39. Wallack 和 Ramanathan 2009。

参考文献

ACIA. 2005. *Arctic Climate Impact Assessment*. New York: Cambridge University Press.

Adger, W. N., S. Dessai, M. Goulden, M. Hulme, I. Lorenzoni, D. R. Nelson, L. O. Naess, J. Wolf, and A. Wreford. 2008.

“Are There Social Limits to Adaptation to Climate Change?” *Climatic Change* 93 (3-4): 335-54.

Allan, R. P., and B. J. Soden. 2008. “Atmospheric Warming and the Amplification of Precipitation Extremes.” *Science* 321 (5895): 1481-84.

Allen, M., D. Frame, K. Frieler, W. Hare, C. Huntingford, C. Jones, R. Knutti, J. Lowe, M. Meinshausen, and S. Raper. 2009a. “The Exit Strategy.” *Nature Reports Climate Change* 3: 56-58.

Allen, M., D. J. Frame, C. Huntingford, C. D. Jones, J. A. Lowe, M. Meinshausen, and N. Meinshausen. 2009b. “Warming Caused by Cumulative Carbon Emissions towards the Trillionth Tonne.” *Nature* 458: 1163-66.

Allison, E. H., W. N. Adger, M. Badjeck, K. Brown, D. Conway, N. K. Dulvy, A. S. Halls, A. Perry, and J. D. Reynolds. 2005. *Effects of Climate Change on the Sustainability of Capture and Enhancement Fisheries Important to the Poor: Analysis of the Vulnerability and Adaptability of Fisherfolk Living in Poverty*. London: UK Department for International Development (DfID).

Barange, M., and R. I. Perry. 2008. “Physical and Ecological Impacts of Climate Change Relevant to Marine and Inland Capture Fisheries and Aquaculture.” Paper presented at FAO conference on Climate Change and Fisheries and Aquaculture. Rome.

Barker, T., I. Bashmakov, L. Bernstein, J. E. Bogner, P. R. Bosch, R. Dave, O. R. Davidson, B. S. Fisher, S. Gupta, K. Halsnaes, B. Heij, S. Khan Ribeiro, S. Kobayashi, M. D. Levine, D. L. Martino, O. Masera, B. Metz, L. A. Meyer, G.-J. Nabuurs, A. Najam, N. Nakićenović, H.-H. Rogner, J. Roy, J. Sathaye, R. Schock, P. Shukla, R. E. H. Sims, P. Smith, D. A. Tirpak, D. Urge-Vorsatz, and D. Zhou. 2007. “Technical Summary.” In B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, and L. A. Meyer, ed., *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Battisti, D. S., and R. L. Naylor. 2009. “Historical Warnings of Future Food Insecurity with Unprecedented Seasonal Heat.” *Science* 323 (5911): 240-44.

Brewer, P. G., and E. T. Peltzer. 2009. “Oceans: Limits to Marine Life.” *Science* 324 (5925): 347-48.

Canadell, J. G., C. Le Quere, M. R. Raupach, C. B. Field, E. T. Buitenhuis, P. Ciais, T. J. Conway, N. P. Gillett, R. A. Houghton, and G. Marland. 2007. “Contributions to Accelerating Atmospheric CO₂ Growth from Economic Activity, Carbon Intensity, and Efficiency of Natural Sinks.” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 (47): 18866-70.

Doney, S. C. 2006. “The Dangers of Ocean Acidification.” *Scientific American* 294 (3): 58-65.

Fabry, V. J., B. A. Seibel, R. A. Feely, and J. C. Orr. 2008. “Impacts of Ocean Acidification on Marine Fauna and Ecosystem Processes.” *ICES Journal of Marine Sciences* 65 (3): 414-32.

Fischlin, A., G. F. Midgley, J. T. Price, R. Leemans, B. Gopal, C. Turley, M. D. A. Rounsevell, O. P. Dube, J. Tarazona, and A. A. Velichko. 2007. “Ecosystems, Their Properties, Goods and Services.” In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. M. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, and C. E. Hanson. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Forster, P., V. Ramaswamy, P. Artaxo, T. Bernsten, R. Betts, D. W. Fahey, J. Haywood, J. Lean, D. C. Lowe, G. Myhre, J. Nganga, R. Prinn, G. Raga, M. Schulz, and R. Van Dorland. 2007. “Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing.” In *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, and H. L. Miller. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Füssel, H. M. 2008. “The Risks of Climate Change: A Synthesis of New Scientific Knowledge Since the Finalization of the IPCC Fourth Assessment Report.” Background note for the WDR 2010.

Global Forest Expert Panel on Adaptation of Forests to Climate Change. 2009. *Adaptation of Forests and People*

- to *Climate Change: A Global Assessment Report*. Vienna: International Union of Forest Research Organizations.
- Houghton, R. A. 2003. "The Contemporary Carbon Cycle." In *Treatise on Geochemistry*, vol 8, *Biogeochemistry*, ed. W. H. Schlesinger. New York: Elsevier.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 1995. *Climate Change 1995: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II, and III to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva: IPCC.
- . 2000. *IPCC Special Report: Methodological and Technological Issues in Technology Transfer—Summary for Policymakers*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- . 2001. *Climate Change 2001: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- . 2007a. *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva: IPCC.
- . 2007b. "Summary for Policymakers." In *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, and H. L. Miller. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Karl, T. R., J. M. Melillo, and T. C. Peterson. 2009. *Global Climate Change Impacts in the United States*. Washington, DC: U.S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research.
- Kriegler, E., J. W. Hall, H. Held, R. Dawson, and H. J. Schellnhuber. 2009. "Imprecise Probability Assessment of Tipping Points in the Climate System." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (13): 5041–46.
- Lenton, T. M., H. Held, E. Kriegler, J. W. Hall, W. Lucht, S. Rahmstorf, and H. J. Schellnhuber. 2008. "Tipping Elements in the Earth's Climate System." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (6): 1786–93.
- Lobell, D. B., and C. B. Field. 2007. "Global Scale Climate-Crop Yield Relationships and the Impacts of Recent Warming." *Environmental Research Letters* 2: 1–7.
- McNeil, B. I., and R. J. Matear. 2008. "Southern Ocean Acidification: A Tipping Point at 450-ppm Atmospheric CO₂." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (48): 18860–64.
- Meinshausen, M., N. Meinshausen, W. Hare, S. C. B. Raper, K. Frieler, R. Knutti, D. J. Frame, and M. R. Allen. 2009. "Greenhouse-Gas Emission Targets for Limiting Global Warming to 2°C." *Nature* 458 (7242): 1158–62.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis Report*. Washington, DC: World Resources Institute.
- Mote, T. L. 2007. "Greenland Surface Melt Trends 1973–2007: Evidence of a Large Increase in 2007." *Geophysical Research Letters* 34 (22): L22507–doi:10.1029/2007GL031976.
- Parry, M., O. F. Canziani, J. P. Palutikof, and Co-authors. 2007. "Technical Summary." In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. M. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, and C. E. Hanson. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Phillips, O. L., L. E. O. C. Aragao, S. L. Lewis, J. B. Fisher, J. Lloyd, G. Lopez-Gonzalez, Y. Malhi, A. Monteagudo, J. Peacock, C. A. Quesada, G. van der Heijden, S. Almeida, I. Amaral, L. Arroyo, G. Aymard, T. R. Baker, O. Banki, L. Blanc, D. Bonal, P. Brando, J. Chave, A. C. A. de Oliveira, N. D. Cardozo, C. I. Czimczik, T. R. Feldpausch, M. A. Freitas, E. Gloor, N. Higuchi, E. Jimenez, G. Lloyd, P. Meir, C. Mendoza, A. Morel, D. A. Neill, D. Nepstad, S. Patino, M. C. Penuela, A. Prieto, F. Ramirez, M. Schwarz, J. Silva, M. Silveira, A. S. Thomas, H. Steege, J. Stropp, R. Vasquez, P. Zelazowski, E. A. Davila, S. Andelman, A. Andrade, K. J. Chao, T. Erwin, A. Di Fiore, H. Euridice, H. Keeling, T. J. Killeen, W. F. Laurance, A. P. Cruz, N. C. A. Pitman, P. N. Vargas, H. Ramirez-Angulo, A. Rudas, R. Salamao, N. Silva, J. Terborgh, and A. Torres-Lezama. 2009. "Drought Sensitivity of the Amazon Rainforest." *Science* 323 (5919): 1344–47.
- Prentice, I. C., G. D. Farquhar, M. J. R. Fasham, M. L. Goulden, M. Heimann, V. J. Jaramillo, H. S. Keshgi, C. Le Quere, R. J. Scholes, and D. W. R. Wallace. 2001. "The Carbon Cycle and Atmospheric Carbon Dioxide." In *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. J. T. Houghton, Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C. A. Johnson. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Rahmstorf, S. 2007. "A Semi-Empirical Approach to Projecting Future Sea-level Rise." *Science* 315: 368–70.
- Ramanathan, V., and Y. Feng. 2008. "On Avoiding Dangerous Anthropogenic Interference with the Climate System: Formidable Challenges Ahead." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (38): 14245–50.
- Raupach, M. R., G. Marland, P. Ciais, C. Le Quere, J. G. Canadell, G. Klepper, and C. B. Field. 2007. "Global and Regional Drivers of Accelerating CO₂ Emissions." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 (24): 10288–93.
- Rignot, E., and P. Kanagaratnam. 2006. "Changes in the Velocity Structure of the Greenland Ice Sheet." *Science* 311 (5763): 986–90.
- Sabine, C. L., M. Heiman, P. Artaxo, D. C. E. Bakker, C.-T. A. Chen, C. B. Field, N. Gruber, C. Le Quere, R. G. Prinn, J. E. Richey, P. Romero-Lankao, J. A. Sathaye, and R. Valentini. 2004. "Current Status and Past Trends of the Carbon Cycle." In *The Global Carbon Cycle: Integrating Humans, Climate, and the Natural World*, ed. C. B. Field and M. R. Raupach. Washington, DC: Island Press.
- Schneider von Deimling, T., H. Held, A. Ganopolski, and S. Rahmstorf. 2006. "How Cold Was the Last Glacial Maximum?" *Geophysical Research Letters* 33: L14709, doi:10.1029/2006GL026484.
- SEG (Scientific Expert Group on Climate Change). 2007. *Confronting Climate*

- Change: Avoiding the Unmanageable and Managing the Unavoidable*. Washington, DC: Sigma Xi and the United Nations Foundation.
- Shanahan, T. M., J. T. Overpeck, K. J. Anchukaitis, J. W. Beck, J. E. Cole, D. L. Dettman, J. A. Peck, C. A. Scholz, and J. W. King. 2009. "Atlantic Forcing of Persistent Drought in West Africa." *Science* 324 (5925): 377–80.
- Silverman, J., B. Lazar, L. Cao, K. Caldiera, and J. Erez. 2009. "Coral Reefs May Start Dissolving When Atmospheric CO₂ Doubles." *Geophysical Research Letters* 36 (5): L05606—doi:10.1029/2008GL036282.
- Smith, J. B., S. H. Schneider, M. Oppenheimer, G. W. Yohe, W. Hare, M. D. Mastrandrea, A. Patwardhan, I. Burton, J. Corfee-Morlot, C. H. D. Magadza, H.-M. Fussel, A. B. Pittock, A. Rahman, A. Suarez, and J.-P. van Ypersele. 2009. "Assessing Dangerous Climate Change through an Update of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 'Reasons for concern.'" *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (11): 4133–37.
- Steffensen, J. P., K. K. Andersen, M. Bigler, H. B. Clausen, D. Dahl-Jensen, H. Fischer, K. Goto-Azuma, M. Hansson, S. J. Johnsen, J. Jouzel, V. Masson-Delmotte, T. Popp, S. O. Rasmussen, R. Rothlisberger, U. Ruth, B. Stauffer, M. L. Siggaard-Andersen, A. E. Sveinbjornsdottir, A. Svensson, and J. W. C. White. 2008. "High-Resolution Greenland Ice Core Data Show Abrupt Climate Change Happens in Few Years." *Science* 321 (5889): 680–84.
- Stern, N. 2007. *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- UNEP-WGMS (United Nations Environment Programme–World Glacier Monitoring Service). 2008. *Global Glacier Changes: Facts and Figures*. Châtelaine, Switzerland: DEWA/GRID-Europe.
- Wallack, J. S., and V. Ramanathan. 2009. "The Other Climate Changers." *Foreign Affairs* 5 (88): 105–13.
- Webster, P. J., G. J. Holland, J. A. Curry, and H. R. Chang. 2005. "Changes in Tropical Cyclone Number, Duration, and Intensity in a Warming Environment." *Science* 309 (5742): 1844–46.
- Wilkinson, C., ed. 2008. *Status of Coral Reefs of the World 2008*. Townsville: Australian Institute of Marine Science.

第 1 部分

1



人类要自助自立,营造更安全的生存环境

在孟加拉国,又一次洪水过后,人们正在决定是重建家园,还是去拥挤的首都达卡寻找新的生存机会。以前,这样的洪水难得一遇,而如今却数年一次。在遭遇史上最严重的火灾后,澳大利亚南部深林的居民正在考虑是否重建房屋——请注意,他们同时还在饱受着史上最漫长、最严重的干旱的困扰。极端的天气造成的损失不可避免,然而不同的社会已经主动或者被动地承担了各自的风险,并研究应对风险的战略。有的损失之大、应对之不足,使发展受到阻碍。随着气候的变化,越来越多的人群面临着陷入“适应赤字”的风险。

传统上,营造更安全的生存环境、增强对气候的适应能力是家庭和社区¹的责任。这种责任通过其生活方式、资产配置和区域偏好体现出来。经验表明,本地决策、多样化和

社会学习是一个灵活性和适应性较强社区²的显著特点,而弱势社区能成为创新和适应的高效主体。³但是,气候变化的强大威胁已超出了地方的应对能力,要求更多全国性甚至全球性支持。

人类的脆弱性不是静态的,气候变化效应将增加人类脆弱性的表现形式。拥挤的城市发展成了危险区域;自然系统因现代农业而发生变化;基础设施建设(大坝和公路)在给人类创造新机会的同时,也可能带来新的风险。气候变化与这些过程相叠加,给自然系统、人类系统和社会系统带来了额外的压力。人们需要学会在几乎必然发生变化、却无从准确预知的环境中生活。

无论选择哪种减排路径,未来数十年内的气温及其他气候因素的变化都将基本一致。目前的气温已经比前工业化时代高出1℃左右,且所有减排的现实情况都显示,到21世纪中期,气温将再升高1℃。2050年及以后的世界将与今天大为不同,其差异程度取决于减排效果。下一代及下下一代人将可能面临两种不同的情况。第一种情况是:全球努力将变暖幅度限制在前工业化时期之上2℃~2.5℃左右。第二种情况是:排放量更高,最终导致气温比前工业化时期高出5℃或

主要内容

气候进一步变化是在所难免的。这将使人们,特别是贫困国家的人们,面临生存环境和经济的双重压力。适应气候变化需要稳健的决策——以长期的眼光进行规划,并广泛地考虑各种气候和社会经济情况。各国可以降低多变和极端天气所带来的生存环境和经济方面的风险,也可以保护最为脆弱的群体。一些现行的做法(例如:保险和社会保障)必须加以推广,另一些做法(例如:城市和基础设施规划)则需要改变。即使不发生气候变化,这些适应行动也是大有益处的。各种有望的行动方案正在涌现,但以必要的规模实施这些方案,还需要资金、人力、智慧和信息。

以上。⁴

即使在全球变暖幅度较小的情况（即第一种情况）下，众多生态系统也将承受越来越大的压力：病虫害的模式将持续变化；农业的实际耕作方式或耕作区域也必须大幅改变。在全球变暖幅度较大的情况（即第二种情况）下，大部分不利趋势将更为严重，而少数有利趋势（如提高较凉爽作物种植区的农业生产率）将被逆转：农业耕作方式和农业产区的位置将经历转型变革；风暴强度将更高；海平面很可能上升 1 米左右；⁵洪水、干旱和极端气温将更为常见。⁶据记载，过去 10 年是气温最高的时期。但到 2070 年，最凉爽的年份将比目前最炎热的年份还要热。气候变化将导致生存环境的恶化和生态压力的加剧，社会紧张状态也将随之趋紧。

在温度升幅更大的情况下，无论减排与否，全球变暖都将引发地球系统的反应，使进一步限制全球变暖更为困难。正如一些人对亚马逊和北方泥炭地的预测那样，这些反应将使生态系统迅速崩溃（参见焦点 A）。在这种环境下，人类将目睹各个社会和经济体遭受迅速扩大的损失和成本——这需要人类具备史无前例的适应能力。可以预见，国际自然资源紧张局势将会加剧；越来越多的人会从受到严重影响的地区迁移出去。⁷

即使在温度升幅较小的情况下，人类适应气候变化的过程也将极具挑战且成本巨大。一切照旧的发展模式远远不能满足要求。更广泛、更快地实施已验证的成功政策极为重要，因为现行适应性措施体现了人类、机构和市场的创造力。在气温升幅较大的情况下，我们面临的问题是：全球变暖是否正接近或已超过人类的适应水平。⁸有人确信比起物质、生物和经济门槛，道德、文化、知识和对待风险

的态度更大地限制了人类的适应能力。⁹因此，后代需要做出的适应努力取决于如何有效减缓气候变化。

环境影响的扩大意味着对未来发展的更多物质限制。“气候智能型”政策必须应对环境风险更大、更复杂这一挑战。发展实践必须更加适应不断变化的基准，健全针对信息不完全采取的策略。¹⁰例如，在多变的天气条件下，耕作策略必须更加稳健，以维持产量的长期稳定，而不是使产量最大化；在沿海城市，城市规划者必须预测人口的发展，考虑海平面上升及洪水可能带来的新风险；公共健康工作者必须做好准备，应对与气候相关的疾病模式的惊人变化。¹¹对基于风险的规划与战略来说，信息发挥着关键作用——信息是制定良好政策、完善风险管理的基础。

生态系统及生态系统服务的管理将变得更加重要和艰巨。受到良好管理的水土能调节洪水；完整的海岸湿地能缓冲风暴的袭击。但是，自然资源管理将面临包括极端天气增加在内的气候急速变化以及气候等因素对生态系统日益增加的威胁（例如土地使用和人口变化）。¹²管理生存环境风险，是“气候智能型”发展模式不可或缺的组成部分——避免不可避免的气候变化后果的必要步骤。

然而，并不是所有气候变化的物质影响都可避免，特别是与极端灾难性天气事件相关联的影响。在气候变化的环境下，很难对极端灾难性气候的可能性进行评估。鉴于极端灾难性气候发生地区和时间的不确定性，我们不可能消除其造成的风险，即使尝试也需要巨额成本。无论对家庭还是对政府来说，充分的资金准备对于应对气候变化极为重要。这就需要建立灵活的风险分担机制。

第 1 章讨论过，在应对自然和经

济风险，以及制定长期适应性决策方面，贫困人口的能力最为薄弱。相对于其他人群，气候变化对他们的影响更大，无论他们是从事糊口农业的农民，还是在城市边缘洪泛区的无地棚户居民。其他社会群体也因为权力缺失、生产资料匮乏或缺少话语权而遭受着和贫困人口一样的很多困难。¹³ 社会政策可以辅助自然和经济风险管理，为管理弱势人群所遭受的风险、推动社区成为气候变化的管理主体提供诸多工具。

本章关注的是，哪些措施可以帮助人们应对当今多变的气候与未来几十年的气候变化。本章首先描述了一个政策框架，该框架的基础是针对气候不确定性的稳健策略，以及适应动态条件的管理实践。然后，考察了如何对自然风险、金融风险及社会风险进行管理。

适应性管理：在气候变化中生存

气候变化是另一个需要决策者管理的未知因素。即使没有气候变化，在实际决策中，决策者每天也面临着诸多不确定因素：针对不可预见的需求，制造商需要投资于能在一定生产领域获利的灵活的生产设备；军事指挥者强调压倒性的兵力优势；金融投资者通过投资多样化保护自己免受市场波动的影响。上述所有规避方式都可能导致预期未来目标的次优化结果，但是，在不确定的情况下，这些方式稳健有利。¹⁴

一系列复杂的不确定因素——人口、技术、市场和气候——要求在信息不完善的基础上做出政策与投资决策。地方和国家的决策者甚至面临更大的不确定性，因为预测尺度越精细，预测的精确度越低——这是粗略、笼统的模型在细化时的天生缺陷。在无

法观测决策参数的情况下，¹⁵ 面对各种未知的可能性，直接应对现实世界中变化着的基准和间歇波动¹⁶（参见第1章）的稳健战略不失为合适的框架。

将不确定性视为气候变化问题的固有特性，将稳健性视为决策标准，这意味着需要改变决策战略，以实现长期的投资和规划。这要求我们反思传统模式——在传统确定性模型中未来是可预测的。

首先，我们应该优先采用无悔举措，即：即使不发生气候变化，也能带来收益的投资和政策。几乎每个领域都存在无悔举措：在水资源管理和土地管理方面（参见第3章）；在卫生方面减少水传播疾病（控制下水道渗漏）；在降低灾害风险方面（避免高风险区）；在社会保护领域（为贫困人口提供援助）。然而，这些举措通常未能得以实施（参见第8章）¹⁷，一方面是由于信息匮乏、交易成本高昂；另一方面是由于认识的局限和政治失灵。

其次，进行新投资的同时购买“安全边际”，通常能以较低成本增强气候适应能力。例如，建造一座更高的大坝或将附加群体囊括在社会保护计划内，所需的边际成本可能比较低。¹⁸ “安全边际”不仅利于应对气候变化可能产生的影响（更恶劣的气候），也利于应对社会经济发展中的不确定性（需求变化）。

再次，支持可逆、灵活的举措。承认决策有可能是错误的，从而将逆转决策的成本尽可能控制在最低水平。例如，面对不确定的洪水灾害，采取限制性的城市规划比灾害发生后的撤退或保护措施更为容易逆转，且成本更低。又如，在气候变化趋势和幅度不确定的情况下，保险能够灵活地管理风险、保护必要投资。¹⁹ 改种耐旱作物（而不是投资于灌溉）的农民可以利用保险保护他们对

新种子的季节性投资免受严重旱灾的损害。在风暴频发地区，相对于投资基础设施或疏散人群以保护整个海岸地区来说（而这些可能是不必要的），预警系统、疏散计划和（可能很昂贵的）财产保险等措施综合起来，能更加灵活地挽救生命、重建家园。²⁰

最后，通过前瞻性情景分析，通过对未来多种可能情况下采用战略的评估，使长期规划制度化。这要求我们对投资进行周期性回顾（并且在必要时进行修改），并通过对投资结果的反复学习，改善其政策和实际操作。同时，为了应对气候变化在更广范围上扩张，拓宽规划的空间范围也同样关键。例如，冰川融化能改变下游几百公里以外的城市供水；大面积干旱能影响地区性谷物市场；环境恶化会加速农村人口向城市迁移。但是，由于管理实践的普遍惰性，所需的结构性调整也许很难实现。²¹

通过适应性管理实施上述战略，需要信息的不断进步、灵活而稳健的规划设计、实施中的参与机制，以及对反馈信息的监控和评估。这需要把决策和管理与生态、社会环境及进程重新结合起来（例如流域

和生态区域），并由当地或社区管理体系驱动。²² 适应性管理强调科学知识和地方知识充分的管理，强调旨在增进理解、以学习为目标并提高不确定情况下决策能力的政策试验（参见专栏 2.1）。²³

让利益相关者都参与到规划当中，能够增强他们的归属意识，使行动更容易坚持下去。²⁴ 以波士顿和伦敦的气候变化战略为例：在波士顿，战略的进程以研究为主导，利益相关者未能融合到进程当中。结果，研究结束后，被认为过于专业，影响甚微。而伦敦采取了自下而上的方式，众多利益相关者都涉入其中。《伦敦全球变暖报告》发布后，利益相关组织则转变为气候变化合作伙伴组织，继续进行适应性规划。²⁵

基于风险的、主张稳健长期规划的决策模型和适当的地方、社区和国家治理结构——是适应气候变化必不可少的措施。²⁶ 稀缺资源（土地、水）的压力加剧，社会人口大规模转型（人口增长、城市化、全球化）以及多变的气候交织在一起，使风险管理迫在眉睫。风暴对一座快速发展的现代沿海城市可能造成的破坏，要比对过去沿海城市人口较少、尚未建好时期造成的破坏大得多。面对气候变化带来的不确定性，稳健性策略和适应性管理为更好地应对自然、经济和社会风险提供了合适框架。

应对生存风险：规避可规避风险

在有效的管理下，自然体系能够把人类的脆弱性降低为气候风险，发展共同利益，减少贫困，保护生物多样性和固碳。基于生态系统的适应——维持或恢复自然生态系统，减少人类的脆弱性——是降低气候风险

专栏 2.1 适应性管理的特点

适应性管理是面对不确定性时，引导人们进行干预的一种途径。其基本理念是：利用新的科学信息和技术知识，增进理解，明确未来的决策，监控干预结果，并制定新的行动。在此框架下建立一种机制，对可能出现的不同情况以及结构性和非结构性措施进行评估，理解并质疑各项假设，清晰地考虑各种不确定性。适应性管理在规划和能力构建上的时间跨度很长，并在恰当的空间尺度上与生态进程相结合。适应性管理为不同的管理层级、区域和生产部门提供建设性的合作框架；扩大利益相关者（包括研究中心和非政府组织）在解决问题和决策制定过程中的参与度；并通过适应性立法，为当地行动和应对新信息提供支持。

出处：改编自 Raadgever 等,2008；Ols-son,Folke 和 Berkes 2004。

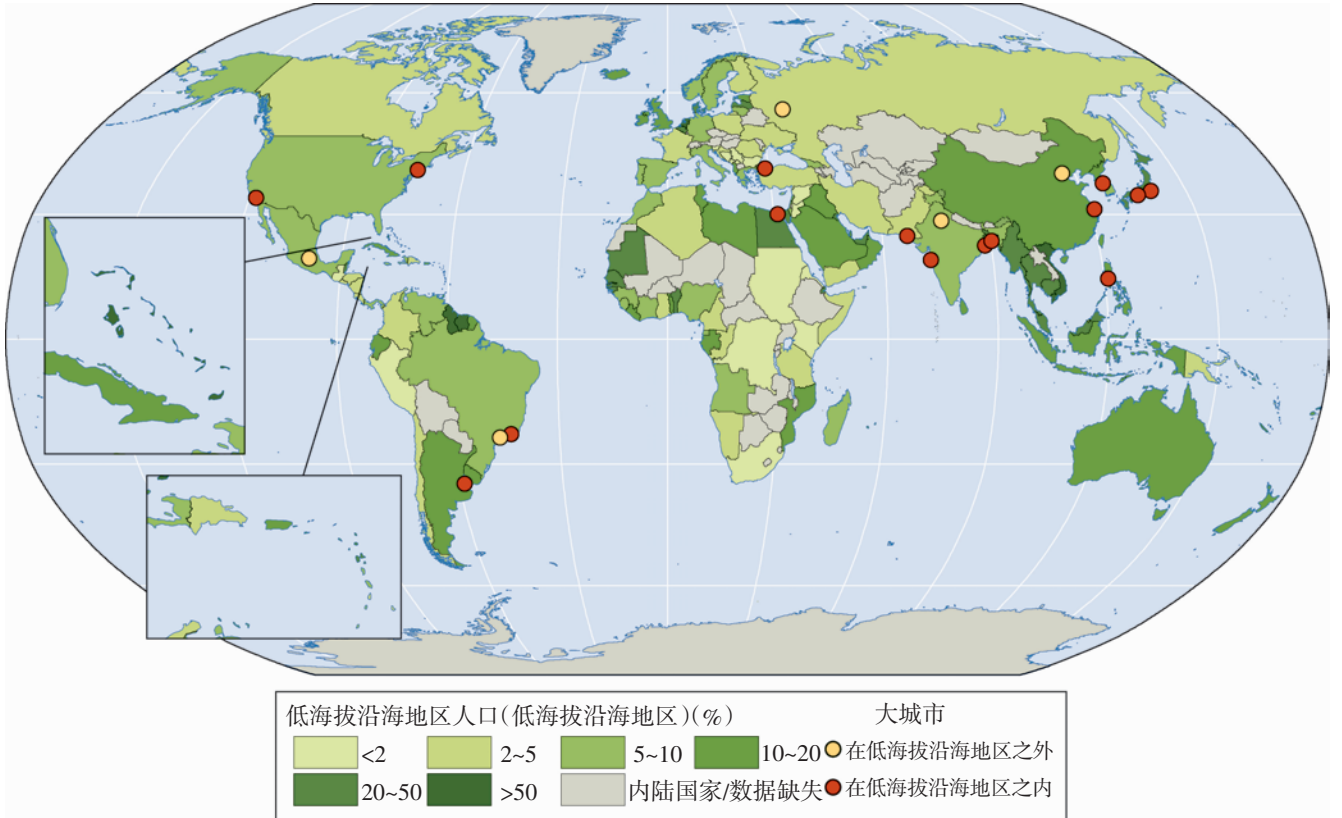
的经济有效的途径，并有多重益处（参见焦点 B）。例如，森林蓄水区比非森林蓄水区能更有效地缓冲中等降水带来的水流。但是，当雨水更大时，蓄水区会趋于饱和，大部分雨水会快速流过土地。²⁷ 当自然排水系统带走水流时，需要下游的植草湿地进一步缓冲水流。如果湿地用于农业和城市用地，这一简化的排水系统就会失效，从而导致洪水泛滥。可见，对洪水问题的综合治理必须包括：维护蓄水区，管理湿地和河道，合理布局基础设施，适度进行城市扩张。同理，沿海红树林通过吸收水分，同时通过延伸红树林后方的人居环境与海洋的距离，从而减轻风暴潮袭击的损害。

建设“气候智能型”城市

当今世界 50% 的人口居住在城市。到 2050 年，这一比重将上升到 70%。²⁸ 95% 的城市人口增长（每月新增 500 万居民）发生在发展中国家。其中，小型城市的生长最为迅速。²⁹ 城市地区聚集了人力和经济资产。历史上，城市通常是由沿海地区的河流汇合区发展起来的，而这也恰恰是灾害易发区。由于海平面上升和沿海洪流，低海拔沿海地区面临着风险。而事实是，世界上 20 座大城市（人口超过 100 万的城市）中的 15 座就在这些区域。这里是全球大约 6 亿人口的家园（参见地图 2.1）。³⁰

气候变化仅仅是造成城市脆弱性

地图 2.1 濒临危险：人口和大城市聚集在低海拔沿海地区，受到海平面上升和风暴潮的威胁



出处：联合国 2008a。

注：2007 年的大城市包括：北京、孟买、布宜诺斯艾利斯、开罗、加尔各答、达卡、伊斯坦布尔、卡拉奇、洛杉矶、马尼拉、墨西哥城、莫斯科、新德里、纽约、大阪、里约热内卢、圣保罗、首尔、上海和东京。大城市被定义为居住人口在 1 千万以上的城市地区。

的诸多因素之一。对很多沿海城市来说，移民增加了城市人口，这些人口受到海平面上升、风暴潮和洪水的威胁。³¹以上海为例，每年的人口净流入量超过了自然增长率4倍。³²此外，由于抽取地下水，以及大坝上游泥沙沉积的减少，导致河流三角洲地带的很多城市正在下沉。在很多沿海城市（如新奥尔良、上海），地面下沉的问题已存在多年。在河内、雅加达和马尼拉，地面下沉正在发展成为威胁。³³此外，城市在内陆腹地的发展导致上游用水需求增加。很多河流，包括尼罗河，都无法再流到它们的三角洲地带。

稳健的城市化进程能够增强人类对气候相关风险的适应性。管道供水、污水管道系统、废物收集和其他大多数基础设施及公共娱乐设施的人均成本，会随着人口密度的提高而降低；合理的城市规划能控制洪水易发区的扩大，并提供有效的服务；基础设施的建设（堤岸和防洪堤）能为很多人提供生存保障，并在气候变化导致风险扩大时增加安全边际；良好的通信、交通及预警系统能帮助人们迅速撤离。例如，在古巴，当飓风临近时，多达800万人可以在48小时内有序撤离。³⁴这些措施能有效提高城市居民短期内应对冲击的能力，以及长期内对气候变化的适应能力。³⁵

城市是适应性很强的动态系统，面对环境挑战，能提出一系列创造性应对方案。很多国家正在探寻新的城市发展战略，旨在加强地区繁荣。例如，韩国开展了一项雄心勃勃的计划，通过发展“创新城市”扩展本国的经济繁荣。³⁶这些工作大多强调技术创新，为重新设计未来城市、应对气候变化的挑战提供了新的机会。

然而，试图通过公共政策的干预来影响城市地区的空间模式，其结果

参半。例如，埃及曾经试图通过建设卫星城，缓解开罗的人口压力，但并未能吸引到预计人口。结果，在抑制人口增长方面，该计划收效甚微。部分原因在于，该计划缺乏推动区域一体化的政策。³⁷成功的政策能在城市化早期促进人口聚集和迁移，而在晚期，则能推动城市间的相互联系。能够提高社会公平度（扩大服务准入），增强城市空间整合（通过交通系统）的基础设施公共投资才是最有效的途径。³⁸

和谐的城市化进程很鲜见。它会造成污染、不堪的贫困和社会混乱。目前，发展中国家的城市地区，有7.46亿人口生活在贫困线以下，占世界贫困人口的四分之一。³⁹城市贫困人口遭受的不仅仅是低收入和低消费。过度拥挤、缺乏保障、在易滑坡区和洪水易发区的非法居住区、恶劣的卫生条件、危房、营养不足以及健康状况欠佳，使8100万人口城市贫民窟人群的生存环境更加恶化。⁴⁰

众多脆弱面要求我们需要全面改善城市的规划与发展。政府机构，特别是地方政府机构，能够塑造家庭和企业的适应能力（参见专栏2.2）。但是，社区和非政府组织（NGO）的行动也十分重要，特别是那些建造房屋和直接提供服务的组织，例如贫民窟居住者组织。⁴¹良好的规划和制度能够确定城市的高风险区域，帮助低收入人群寻找安全、经济的住房。例如，自1960年以来秘鲁伊洛的人口增长了5倍，但当地政府成功安置了这些人口。⁴²此外，在保护城市地区时，基础设施建设中的硬投资也很重要。例如，北非的沿海城市建造了海塘和堤岸（参见专栏2.3）。

城市地区面临的一个主要威胁是洪水。洪水的暴发通常由建筑、基础设施和铺筑路面阻碍渗透而引发。同时，不堪重负的排水系统使洪水更加

专栏 2.2 规划更加环保安全的城市：以库里提巴为例

从 1950—1990 年，巴西库里提巴的人口增长了 7 倍。尽管如此，由于采取良好的管理方式和社会合作，库里提巴成为了清洁、高效的城市。库里提巴的成功秘诀来自于创新性的总体规划——1968 年由库里提巴城市规划与研究院（IPPUC）采用并实施。在城市基础建设方面，IPPUC 采用了经济适用的技术，而不单纯追求高科技的解决方案（如地铁和昂贵的垃圾分理机械厂）。

库里提巴采用综合方式规划土地使用和交通：通过放射状（轴向）的布局，分流市区交通（城市 3/4 的人口使用高效的公交系统）；将工业中心建造在城市中心区附近，使工人的上下班交通里程最小化；在工业区周围布局众多的自然保护区，以抵御洪水。

库里提巴的另一成功秘诀是它的废弃物管理方式。90% 的居民回收了 2/3 以上的垃圾。在低收入人群区，传统的

废弃物管理较难实施，于是实施了“垃圾购买”措施，大家可以用垃圾交换公共汽车币、多余的食物和学校的教材。

其他城市正在复制库里提巴模式。例如，在墨西哥的华雷斯，市政规划院正在建造新的房屋，把之前的洪水易发区建作城市公园。

出处：Roman 2008。

猛烈。在治理良好的城市，洪水几乎不是问题。在极端天气造成的洪水超过基础保护设施的承受能力时，与城市结构相契合的地表排水系统也能够疏导洪水（参见专栏 2.3）。相比之下，如果固体废物没有恰当处理，排水系统未能得到良好维护，排水渠将被迅速阻塞。即使降雨量很小，也会在当地引发洪水。1990—1996 年期间，这种状况导致圭亚那乔治敦发生了 29 次洪水。⁴³

为应对气候变化，城市也必须关

注自身以外的地区。安第斯山脉的很多城市正在重建供水系统，以应对冰川融化及最终消失造成的问题。冰川融化意味着旱季供水将变得困难。冰川的储水和调节作用，需要由水库来弥补。⁴⁴ 在东南亚三角洲（例如曼谷和胡志明市），快速扩张的城市郊区正在侵占稻田，由此降低了水土保持能力，提高了洪水风险。⁴⁵ 如果上游储水区的能力达到极限，无法吸纳更多水分，风险将会加剧。我们要努力提高南亚和东南亚的江河流域的径流量峰值，

专栏 2.3 适应气候变化：亚历山大、卡萨布兰卡和突尼斯

亚历山大、卡萨布兰卡和突尼斯——每座城市拥有 300 万~500 万人，它们正在评估气候变化可能影响的范围，并通过一项正在进行的地区性研究，规划 2030 年的适应情况。对于不断加剧的威胁，三座城市在早期有不同的反应方式。

在亚历山大，最近建成的滨海道路——一条六车道的高速干道，恰好建在海岸，使海岸侵蚀更加恶化，海床也更为陡峭，风暴潮得以袭击离海更远的城区。现在，在没有足够的工程勘探和相关机构的协调下，它们正在进行海防建设。城市附近有一个湖泊，曾是天然的废水置换器。但是目前，湖泊正遭受

严重污染及房地产威胁——开发作为建筑用地。

为应对最近灾难性的城市洪水，卡萨布兰卡改善上游的流域管理，拓宽主要的排水渠。家庭水网的漏洞得到修理，由此节约的水相当于 80 万人的消费量。但是，由于控制沿海建造、减少海滩沙石开采的手段有限，沿海区域管理仍然事关重大。

突尼斯也正在通过改善排水渠和控制天然水库周边的非正式建筑，来应对城市洪水的风险。人们正在建造海堤，保护最受威胁的沿海城区。新的总体规划中，城市发展将远离海岸。但是，已经低于海平面的城市中心区仍在下沉，

港口、物流设备、发电站和水处理站都受到威胁。如果实施重大的重建计划，将会加剧海平面上升对城市的威胁。

应对气候变化方面，亚历山大、卡萨布兰卡和突尼斯应该首要关注城市规划的改善：明确土地使用和扩展情况，把脆弱性降到最低；减轻关键基础设施（如港口、公路、桥梁和水处理厂）面临的威胁；提高相关机构的协调反应能力和应急管理能力。此外，在减少温室气体排放量的同时，应该提高建筑和市政系统的能源效率，从而增强对气候变化的适应能力。

出处：Bigio 2008。

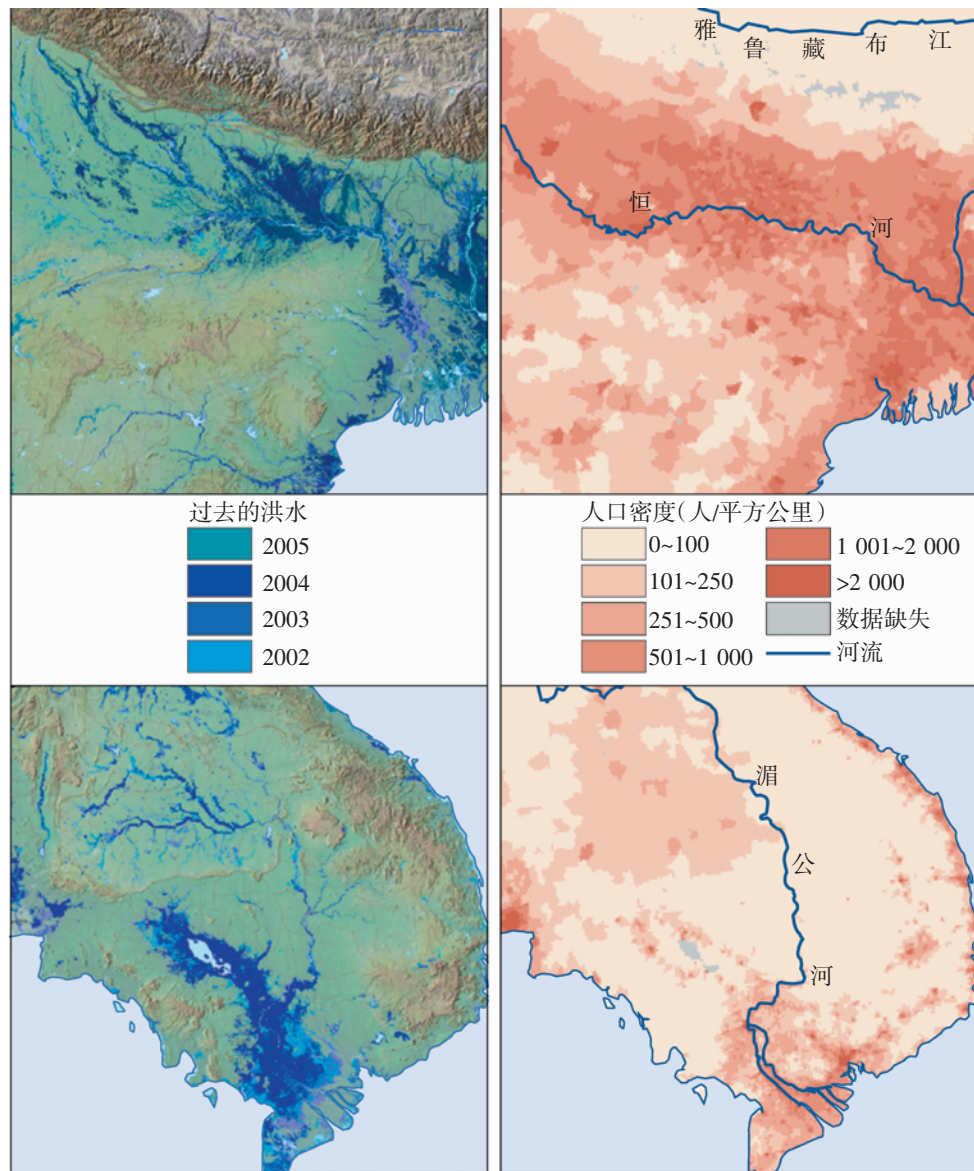
以应对气候变化，这需要上游做出更多努力，来保护下游的城市中心区（参见地图 2.2）。⁴⁶

当地城市政府能够推动风险的降低，促进风险规划。进行干预和确定关键点的首要步骤是，联合民众、企业及官方一起建立风险信息数据库。

通过行政命令和立法委员会制定城市的政令，能够为更多人所接受。例如，在风暴和洪水频发的菲律宾马卡蒂市，灾难协调委员会负责城市的灾难风险管理规划。⁴⁷

很多推动当地发展、增强极端气候灾害调节能力的市政行动，都与

地图 2.2 复杂挑战：南亚和东南亚在气候变化中管理城市增长和洪水风险



出处：世界发展报告小组分析。洪水数据：达特茅斯洪水观测站 2009。人口数据：国际地球科学信息网络集团 2005。

注：南亚和东南亚的经济活动和人民文化中根深蒂固的特点与洪水问题交织在一起。一些主要江河流域（恒河，上；湄公河，下）的洪泛平原聚集了大量人口，使农业和不断扩张的城市中心面临季节性洪水风险。一方面由于上游喜马拉雅蓄水区的冰川融化；另一方面由于季雨变得更短更猛烈，气候变化很可能带来更猛烈的洪水，也很可能改变这一区域的洪水模式。同时，城市中心正在快速侵占农业区，而农业区是洪水的天然保持区，这使未来管理洪水和城市扩张面临新的复杂性。

适应性措施相重叠，包括供水、卫生设施、排水、以预防为主的健康保健以及防灾准备（参见专栏 2.4）。在城市框架下，这些干预措施很可能关系到决策者的切身利益（参见第 8 章）。⁴⁸ 显然，为打破气候行动的政治僵局，与城市切身利益相关的、以适应性为目标的措施更容易被接受。⁴⁹

建设“气候智能型”城市需要大量运用新兴技术。然而，在发展中国家，大部分可用的技术专家都集中在中央政府，地方政府只有少数几个。⁵⁰ 市区大学对支持城市适应并实施“气候智能型”举措将发挥关键作用，通过改变课程设置和教学方法，使得学生能够花更多的时间在实践中解决当地的问题。

维护人们身体健康

在一些地区，尤其是非洲和南亚，与气候相关的疾病，例如营养不良、腹泻性痢疾以及病媒传染的疾病（特别是疟疾），已经给人类带来沉重的健康负担。气候变化将会加重这种负担，对贫困人口尤为严重（参见第 1 章）。⁵¹ 据估计，近几十年内，气候变化导致每年新增 15 万死亡人口，但这也许只是冰山一角。⁵² 气候变化通过水、

卫生设施、生态系统、食品生产和人类居住产生的间接影响，可能更为严重。其中，儿童尤其容易受到影响。营养不良和传染病（主要是腹泻性痢疾）会使儿童的认知和学习能力受阻，对他们的未来生产力产生永久性影响，导致恶性循环。在加纳和巴基斯坦，营养不良和腹泻疾病将造成长期生产力丧失，由此带来的损失预计高达国内生产总值（GDP）的 9%。如果适应气候变化的进程慢，损失还将增大。⁵³

近几年发生的热浪（如 2003 年发生在欧洲导致 7 万人死亡的热浪）表明，即使高收入国家也可能是脆弱的。⁵⁴ 如果热岛效应导致城市气温比周边农村地区高出 3.5°C~4.5°C，⁵⁵ 热浪的频率和强度都可能增加（参见地图 2.3）。⁵⁶ 为做好更充分的准备，一些国家和大城市已经建立起热浪健康预警系统（参见专栏 2.5）。

媒介生物疾病正向更广泛的地区蔓延，重新在东欧和中亚地区传播开来。⁵⁷ 在热带地区，疟疾给经济造成沉重负担，⁵⁸ 每年导致 100 万人死亡（大多数是儿童）。预计到 2030 年，仅仅在非洲，气候变化就将导致 9 000 多万人（14% 的增长率）染上疟疾。⁵⁹

专栏 2.4 促进减排与适应性之间的协同作用

城市的空间规划，或者说城区形式，决定了能源的利用和效率。在城市化发展的早期阶段，人口和消费迅速聚集。在人口更密集的城市地区，能源效率更高，工作距离也更短（参见第 4 章，专栏 4.7）。但是，随着人口、经济活动和基础设施密集度的提高，气候对城市的影响也会扩大。例如，随着城市发展，有助于减少城市热岛效应的绿地很可能被侵占用于建筑目的。同样地，

不断提高密集度、不断占用渗透区，将破坏城市的排水系统，而这些系统能够缓解洪水威胁。

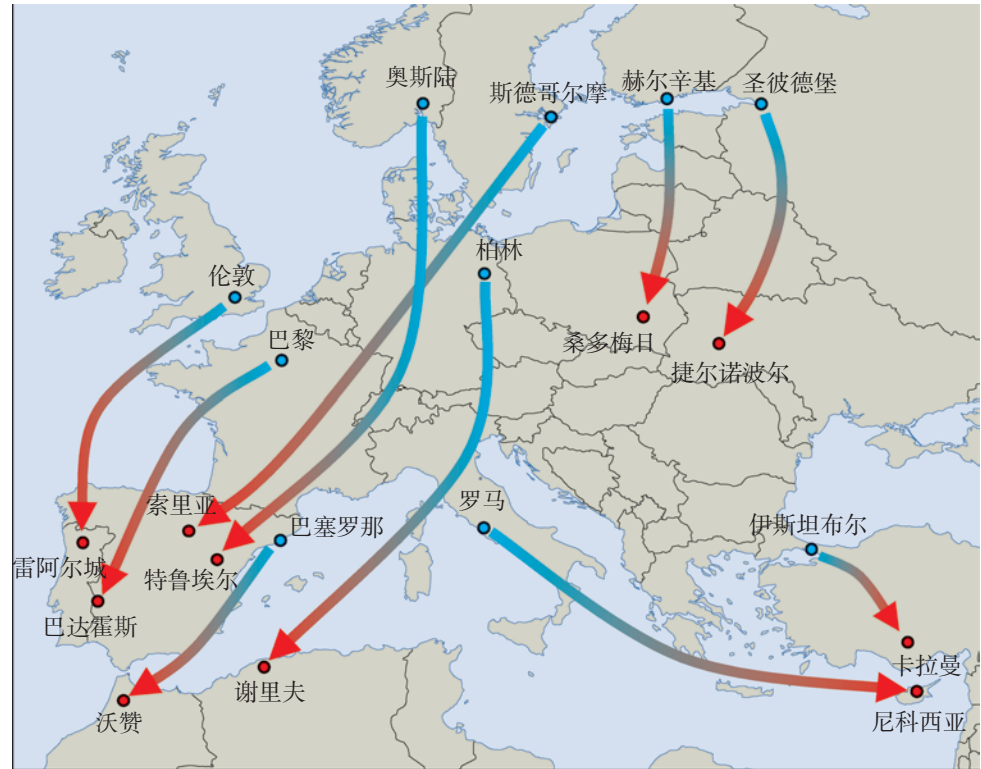
“气候智能型”城市规划，能够促进减排和适应性之间的协同作用。例如，促进可再生能源的利用有助于分散能源供应。绿地可以提供荫凉，减少人们对空调建筑或热浪期间离开城市的需求。绿化屋顶可以节省能源，削弱热带风暴，带来降温效果。适应性和减排之间

的协同作用通常与建筑物高度、布局、空间、材料、荫蔽、通风和空气调节相关。

中国一些城市地区（例如上海附近的东滩）的规划，已经把生态原则、社会感知及能源效率和“气候智能型”设计结合在一起。但是，到目前为止，大部分规划还处于设想阶段。

出处：Girardet 2008；Laukkonen 等 2009；McEvoy, Lindley 和 Handley 2006；Wang 和 Yaping 2004；世界银行 2008g；Yip 2008。

地图 2.3 现在：北部城市需要做好迎接地中海气候的准备



出处：世界发展报告工作组，根据 Kopf, Ha-Duong 和 Hallegatte 2008 改编。

注：随着全球温度上升，气候地带将北移，到 21 世纪中期，很多中欧和北欧城市将“感受到”地中海气候。这并不是一个好消息，会产生以下重大影响：自来水公司需要调整管理计划；公共医疗卫生服务需要为更极端的炎热天气做好准备（类似于 2003 年的欧洲热浪）。虽然温度上升几摄氏度似乎对奥斯陆的严冬有利（地图所示情景相当于全球气温相对于目前上升 1.2℃），但规划、公共卫生管理和城市基础设施等方面必须进行重大改变。为应对严寒而设计并建造的建筑将不得不承受更干旱炎热的气候，历史建筑可能会遭受无法修复的破坏。目前建造新的建筑则面临更大的挑战，它们的设计必须高度灵活，以逐步适应未来几十年内不同气候条件。

专栏 2.5 做好准备应对热浪

2003 年热浪过后，西班牙卫生部 and 全民健康保障体系实施了一项综合性、跨部委、跨机构的行动计划，应对将来热浪对健康的影响。^a 通过热健康预警系统，此项计划把健康响应和沟通（所有卫生保健层面）结合起来。

此项计划在夏季有三个层面的行动：

- 6 月 1 日启动零号行动，重点在于做好准备。

- 7—8 月，启动壹号行动，重点在于做好气象评估（包括每天记录气温和湿度）、疾病监控、预防措施评估以及风险人群的保护。

- 气温上升超过警戒线时（沿海地区为 35℃，内陆地区为 40℃），才会启动贰号行动。卫生保健、社会保护和紧急服务响应都将被启动。

这项行动计划及其健康响应系统，主要依靠当地的基础卫生保健中心（包括社会服务）。这些中心负责确认及定位脆弱人群（以增强它们的可及性），以及在夏季宣传公共健康信息。它们也收集健康数据，用来监控和评估热浪对健康的影响和干预的有效性。

其他地方也在开展类似行动。英国威尔士设计了一个准备和响应热浪的计划框架。该框架为预防和应对热浪相关

疾病提供指南。在夏季，它将运行一个早期预警系统，并且建立与气象办公室的沟通机制。^b

在大城市上海，热健康警报系统已被纳入多灾种管理计划。^c

出处：

a. CatSalut 2008。

b. 威尔士议会政府 2008。

c. 上海多灾种早期预警系统示范项目，<http://smb.gov.cn/SBQXWebInEnglish/TemplateA/Default/index.aspx>（2009 年 3 月 13 日登录）。

登革热也开始蔓延（参见地图 2.4），预计到 2070 年，气候变化将使风险人群的数量翻倍，从占世界人口的 30% 上升到 60%（50 亿~60 亿人口左右）。⁶⁰ 为检测并监控流行疾病，国家卫生体系需要进一步完善监控和预警系统。⁶¹ 目前，世界很多地区的监控都无法预测新的疾病威胁，例如，在非洲，随着城市居民区扩展到疾病传染区，疟疾正在城市居民中蔓延。⁶² 卫星遥感和

生物传感器通过监测早期气候因素的变化，能够提高监控体系的精确性，预防疾病暴发。⁶³ 目前，先进的季节性气候预测模型能够预测疟疾传染的高峰期，给非洲地方政府提供信息，建立预警系统，从而有更长的前置时间做出更有效的应对措施。⁶⁴

大多数疾病预防措施都不是新出现的。但是，随着气候的变化，更好地实施这些业已完善的公共安全措施

地图 2.4 气候变化加剧美洲登革热的复发



出处：泛美卫生组织 2009。

注：传染病和虫媒病向全世界范围内的新的地理区蔓延。在美洲，由于人口密度的增加和国际旅游与贸易的广泛开展，登革热发病率正在上升。气候变化带来的湿度和温度变化加剧了这一威胁，使病媒（蚊虫）得以在以前不适合的地区滋生。参阅 Knowlton Solomon 和 Rotkin-Ellman 2009。

显得更为紧迫。⁶⁵ 中断传染途径要求人们更好地管理水（城市排水系统），改善卫生设施和卫生条件（下水道系统、卫生设施、洗手习惯），有效控制传病媒介，限制或消灭传染病原体的侵害。⁶⁶

这些干预手段要求跨部门协调行动和公共支出。对于水传染病来说，卫生机构、公共工程和公用事业都应该参与到干预行动中来。⁶⁷ 共同管理水、卫生设施、卫生保健和食品安全——

并与健康和疾病管理相结合——能够获得很高的回报。如果能够提高绩效，我们也可以让私营部门参与进来。例如，20 世纪 90 年代，阿根廷供水服务私有化大幅度降低了水传染病引发的儿童死亡率。⁶⁸

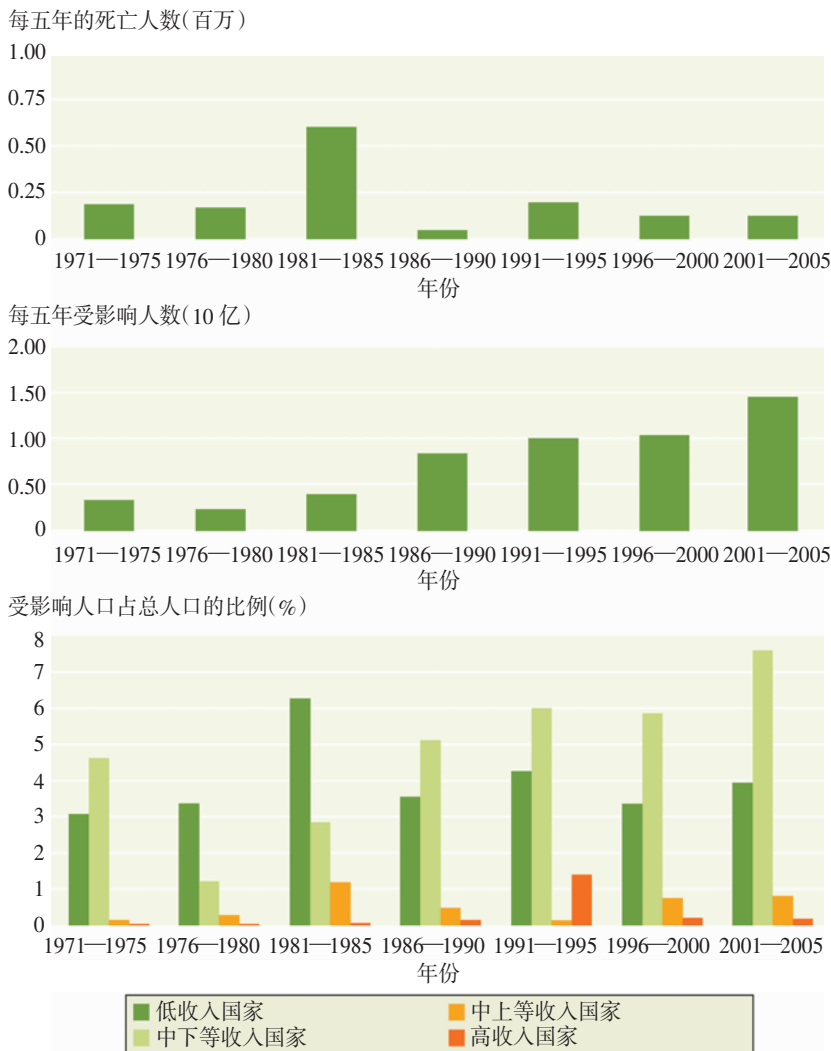
监控和管理气候变化对健康的影响，要求推广新型诊断工具的应用。基因组和信息技术的进步，加速了多种诊断工具的设计，从而有助于监控疾病传播并预防新疾病的暴发。新型通信工具使人们能够更加便捷、及时地收集、分析并共享信息。⁶⁹ 但是，仅有这些工具是不够的，还需要开展广泛的培训项目，培训卫生保健工作者。同样地，要使卫生保健融入到其他活动中，必须进行重大的体制改革。例如，学校可以作为基础卫生保健的主要提供中心，也可以成为医疗信息和教育的来源。

做好准备，应对极端气候

应对自然灾害的经济代价越来越高。更好地应对自然灾害，对适应气候变化极为关键。天气引起的自然灾害所造成的死亡率正在下降，⁷⁰ 但是风暴、洪水、干旱带来的经济损失却在上升（从 20 世纪 80 年代早期到 21 世纪初期，高收入国家的损失从 200 亿美元/年上升到 700 亿美元/年；中低收入国家则从 100 亿美元/年上升到 150 亿美元/年）。⁷¹ 但是很大程度上，这一上升是由每个地区经济价值风险性提高所导致的，而不是气候的变化。⁷² 受影响的人群（指灾难过后需要人道主义援助的人群）数量持续上升，这些人口主要集中在城市人口迅速增加的中低收入国家（参见图 2.1）。⁷³ 在发展中国家，大约 90% 的经济损失都由家庭、企业和政府承担，剩余的由保险和捐助资金承担。

要确保已取得的发展成果摆脱风

图 2.1 受气候有关疾病影响的人数正在上升



出处：世界发展报告工作组；灾害流行病学研究中心 2009。

注：过去 40 年，死亡率有所下降，但受影响人口每 10 年会增加一倍（受影响人口是指在紧急时期需要立即援助，包括难民和被疏散的人口）。在中低收入国家，每年几乎有 8% 的人口受到影响。这一增长不仅仅是因为气候变化，很大程度上也是由于人口增长，基础设施的脆弱性和灾害报道的改进。这些影响不仅真实的存在，而且也阐释了人类在展望一个受到更大气候压力的未来时，关注目前适应赤字的重要性。

险，必须系统地降低灾难的影响。工作重点应该从应对灾难事件转向前瞻性的灾难风险管理，从响应措施转向预防措施。按照《兵库行动框架》（联合国制定的2005年政策框架）所确定的减灾原则，恢复与重建旨在降低未来灾害的风险，从而使人道主义和发展议程相结合。⁷⁴在此框架内，私营部门也可以发挥建设性作用，提供金融（保险、风险评估）和技术（通信、建设、服务提供）方案⁷⁵。

随着气候变化，有效管理极端气候事件、进行灾难风险管理以应对风险并预防损失的必要性正在上升（参见专栏2.6）。⁷⁶在很多地方，以前罕见的风险目前正在蔓延。例如，在非洲，洪水发生的次数正在快速增长（参见图2.2）。又如，巴西在2004年遭遇了第一次南大西洋飓风。⁷⁷

极端天气可能会影响哪些地区、将产生什么后果——要得到这些信息，必须获取社会经济数据（例如，标示

专栏 2.6 克服困难，未雨绸缪：治理极端气候，防止重大灾害

世界上很多地区都会发生周期性的极端气候事件——风暴、洪水、干旱、野火。这些事件是气候系统的组成部分。气候变化很可能会改变极端天气的模式，但是系统的风险管理能够削弱其负面影响。基本步骤包括：风险评估、风险降低和风险缓解。^a

风险评估是风险管理的前提条件，是决策的基础，关注行动和资源。第一步是确定相关风险。这通常不需要复杂的技术。例如，亚洲的稻农能轻易确定最易发生洪水的农田；水库管理员了解在低水位时期协调供电和供水需求的困难；社区能确定易受灾害天气影响的社会群体和个人。

下一步是量化风险。量化风险的途径很多，主要取决于风险评估的范围。社区通常采用简单的参与技巧，以容易观测的指标（例如干旱期间主要作物的市场价格）为基础，在家庭和社区层面展开行动。它们也可以利用社区地图册来确定洪水易发区。部门层面（农业或水力发电）或国家层面的风险评估通常需要更为系统的定量数据分析（绘制农业区域或地区性水力发电）。

理解风险要求对科学、技术和制度投资，提高观测、记录、研究、分析、

预测、建模和标识自然灾害和风险性的能力。地理信息系统能够把这些信息源整合起来，为国家机构和地方决策者提供理解风险的强大工具。众多中低收入国家目前正在进行评估，系统地增强灾害治理能力。^b

降低风险要求将风险纳入整体发展策略框架。随着人口密度的增加和基础设施的增多，这一任务显得更为重要。20世纪90年代末以来，人们越来越多的认识到，应对自然灾害引发的风险，需要有中期战略发展框架、立法和制度机构、部门战略和政策、预算进程、独立项目、监控和评估的保障。主流化需要人们分析潜在灾害事件与政策、项目和工程之间相互影响的方式。

发展行动并不一定能降低人们应对自然风险时的脆弱性，而且可能会无意造成新的脆弱性，或强化现有的脆弱性。因此，为维持共同发展、减少贫困、增强应对灾害的适应性，必须寻求非常明确的方案。降低灾害风险的行为应当增强适应性，有利于社区适应新增风险。但这个目标也不一定能实现。例如，根据当前可能性设计的防洪工程，由于鼓励人们开发洪水易发区致使其更容易遭遇洪水侵袭，可能增加未来损

失。所以，当前决策和长期规划都必须考虑气候变化趋势。

缓解风险要求人们采取行动最大限度降低事件发生期间和事后的影响。预警和监测系统利用信息技术和通信系统，为人们预报极端事件。为利用这些信息挽救生命，灾害管理机构应采用恰当的信息接收机制，并在事件发生之前，通知潜在受灾群体。这需要训练系统的响应力，能力建设、增强意识；需要国家、地区及当地机构之间的协调行动。灾后迅速采取目标明确的行动也同样重要。这些行动包括，为受灾最重的人群提供社会保护，制定恢复和重建战略。

出处：世界发展报告工作组；Ranger, Muir-Wood 和 Priya 2009；联合国 2007；联合国 2009；美国国家科学研究委员会 2006；Benson 和 Twigg 2007。

a.此处“缓解”是指避免极端天气事件造成的损失。例如，预测到紧急威胁时，采取紧急措施疏散泛滥区居民。

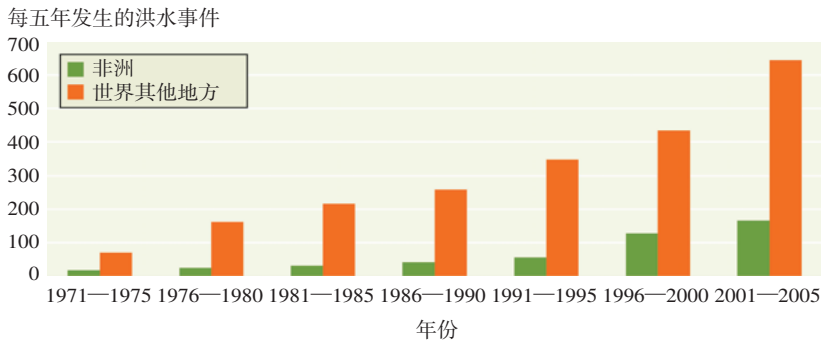
b.全球减灾和恢复基金，www.gfdr.org（2009年5月15日登录）；Prevention, www.proventionconsortium.org（2009年5月15日登录）。

人口密度和土地价值的地图) 和生存环境信息 (关于降水或极端天气事件的记录)。⁷⁸ 但由于气候条件不断变化, 以前的情况并不能预示将来的情况 (例如, 曾经罕见的气候事件如今可能变得频繁)。在评估风险、评价规划决策时, 未来气候的不确定性已成为一个重要因素。监控并定期更新社会经济信息, 了解土地使用和人口统计资料的变化, 也同等重要。卫星和地理信息技术提供了强有力的工具, 使人们能够迅速而经济有效地得到生存环境和社会经济方面的信息 (参见专栏 2.7 及第 3 章和第 7 章)。

作为一项公共服务, 很多发达国家都为居民、企业以及地方政府提供详细的洪水风险地图。⁷⁹ 1976 年以来, 中国政府开始绘制并出版洪水风险地图, 对人口最密集区的江河流域的高风险区进行了标识。通过这些工具, 居民能获得何时、何地、以何种方式疏散的信息。地图也可以用于土地使用规划和建筑设计。⁸⁰ 为当地社区提供这些服务能够促进当地的行动。例如, 在波哥达, 类似的关于地震易发区的风险信息增强了群体的应变能力。⁸¹

风险永远不可能被消除。为保护人类, 做好应对极端事件的准备极其重要。预警系统和响应计划 (例如紧急情况下的撤离) 能够挽救生命, 避免不必要的损失。社区参与到准备工作和应急沟通当中, 有利于自我保护。例如, 居住在布济河 (Búzi River) 沿岸的莫桑比克人, 通过收音机向下游人群发出洪水警报。⁸² 即使在偏远封闭的社区, 通过地方行动也能减少风险, 创造就业机会, 并减少贫困 (参见专栏 2.8)。在国家层面, 财政上未雨绸缪、及时援助灾区, 对避免长期损失极为关键。

图 2.2 即使在干旱易发区非洲, 洪水发生的次数也在增长



出处: 世界发展报告工作组从灾害流行病学研究中心 2009 年得出的分析。
注: 洪水在世界各地特别是非洲变得越来越频繁。洪水开始袭击新的地区, 发生间隔之间的恢复时间越来越短。20 世纪 70 年代以来, 对洪水灾害的报道有所改进, 但这并不是被报道洪水灾害数量上升的主要原因, 因为非洲发生的其他灾害的频率, 例如干旱和地震, 并没有表现出类似的增长。

专栏 2.7 卫星数据和地理信息有助于低成本管理风险

卫星数据和地理信息技术通常是免费或低价的。但是, 为使用这类技术, 我们需要在计算机上运行软件或工具。通过监测湿度和植被, 卫星为农业推广服务提供了宝贵信息。通过跟踪热带风暴, 卫星为沿海人群提供预警服务。通过绘制洪水影响地图, 卫星为恢复和重建活动提供支持。通过地图标示森林和生物量, 卫星为土著

森林居住者提供信息。卫星的高分辨率传感器能确定城市扩展的地区是否为高风险区。将全球定位设备应用于调查中, 可以提供人类生活和和自然环境相互影响的新信息。地理信息系统能简化数据管理, 确保及时提供信息, 提供经济高效的工具, 建立知识库, 为数据和知识有限的地方制定政策、了解风险模式提供依据。

发展中国家广泛而高效地使用这些技术, 并不需要硬投资。所需的主要投资方向是高等教育、制度能力建设、强调使命的地区研究中心, 同时, 需要推动私营企业的发展。

出处: ESA 2002; NRC 2007a, 2007b。

管理金融风险：应对偶发事件的弹性工具

公共政策制定的框架明确界定了公共部门、私营部门、家庭和个人的责任与作用。该框架的核心是基于分级责任制的风险管理实践。轻微旱灾引起的作物减产，可以通过非正式的、以社区为主导的风险分担机制，由家庭进行管理。当然，如果短期内连续发生数场轻微旱灾，则需另外考虑（参见第1章）。如果发生更为严重的干旱（譬如十年一遇的干旱），可以通过私营部门的风险转移工具来进行管理。如果发生更严重、涉及面更广的灾害事件，政府必须担当应对问题的最后一道防线。政府必须制定框架，允许各社区在框架内自助，允许私营部门发挥积极的商业上可行的作用。同时，政府必须预作安排，承担灾害天气造成的损失。

提供多重保护

在适应性框架下，使用并支持保险机制已经得到人们的重视。⁸³ 保险能够保护人们免受极端气候事件带来的损失，能够提供国际援助、政府及市民不能支付的费用。⁸⁴ 在保险机制方面，人们已经开发并测试了一些新型方法，例如私募市场中与天气相关的保险衍生产品和小额保险产品。在印度，降水严重短缺的情况下，针对小农阶层的天气指数保险为成百上千的农民提供了补偿。另外，加勒比共同保险集团也在灾后立刻为政府提供了流动资金。⁸⁵

但是，保险并非是一劳永逸的制胜法宝，只是更广泛的风险管理框架的组成部分，有助于促进风险降低（避免不必要的损失），为良好的风险管理实践提供奖励（如安装火灾报警器，房主能抵减保险费）。如果气候以

专栏 2.8 创造就业机会，降低洪水风险

在利比里亚，暴雨很频繁。但是由于多年的忽视和内战，排水系统已经几十年没有得到维护了。结果，在农村和城市地区，洪水反复引发灾难。由于没有资源，政府官员和市民都没有将清理排水管道作为工作重点。但是，在国际美慈组织（Mercy Corps）——一个国际非政府组织——在此实施现金支付工资的措施之后，政府官员接受了维

修管道的任务。2006年9月，5个国家启动了为期一年的清理与整修排水系统的项目。结果，雨水的流动大大增强，洪水和相关的健康风险得到缓解。此外，这个项目也重新改造了水井，并通过清理道路、建造小型桥梁改善了市场准入状况。

出处：美慈组织 2008。

可预测的趋势发展（例如变得更炎热或更干燥），保险机制则不可行。保险适用于异常而罕见的气候影响，能帮助家庭、企业和政府根据时间推移（通过提供常规保费，而不是一次付清所有费用）和地理分布（通过与其他机构分担风险）降低风险。所以，保险并不能消除风险，而是降低保险系统内的个人损失的差异性。

应对风暴、洪水和干旱的保险，无论提供给政府还是个人，都很难进行管理。气候风险容易同时影响整个地区或大批人群。例如，2002年，干旱的夏季加上酷冷的严冬，使蒙古数千畜牧者目睹自己的牲畜死去（参见专栏 2.9）。很多气候风险都具有这种共变性特征，由于索赔理赔集中需要大量的后备资金和管理工作，这类保险业务很难开展。⁸⁶ 这是气候风险没有得到广泛普及、特别是在发展中国家普及的原因之一。确实，小额信贷机构通常会限制农业贷款在总投资组合中的份额，目的是防止大范围天气影响造成客户拖欠保费。⁸⁷

即使没有气候变化，提供金融服务也是发展面临的一个长期挑战。在发展中国家，获得保险产品通常更加困难（参见图 2.3）。在农村，金融服务的渗透程度通常更低。例如，菲律

专栏 2.9 公私合作分担气候风险：蒙古畜牧保险

社区、政府和企业共同分担风险是气候风险管理的一个重要理念。蒙古牧民、政府、保险公司创建了一种机制，以管理冬春周期性酷寒引发的牲畜大范围死亡形成的金融危机。2002 年，酷寒导致蒙古 17% 的牲畜死亡（某些地区甚至达到 100%），损失共计 2 亿美元（占 GDP 的 16%）。为管理由此导致的金融风险，畜牧者、国家政府和保险公司制定了一项方案。

在这项方案中，牧民承担较小的损失，这些损失并不影响他们经营畜牧业和维持生活。同时，他们也通常与社区其他成员合作，一起应对较小的损失。

更大的损失（10%~30%）则由保险公司所提供的商业牲畜保险承担。牧民和保险公司都无法承受的灾难性牲畜死亡带来的损失，则由政府提供的社会保险项目承担。这一多重途径，为牧民的自我保险、商业保险和社会保险制定了明确框架。

这一方案的重要创新之一是使用了指数保险，而不是个人畜牧保险。由于对个人损失的评估通常存在道德风险，而且成本高昂，以致个人畜牧保险效率低下。而指数保险这一新型方式，不需要进行个人损失评估，而是根据该地区的平均畜牧死亡率，为畜牧者提供补

偿。这一方式鼓舞了曾经积极性很低的蒙古保险公司，为畜牧者提供商业保险。

所有参与者都从该方案中受益：牧民购买保险，免受不可避免的损失；保险公司在农村地区扩大了业务，改善了农村的金融服务；政府通过提供完善的社会保险，得以更好地管理金融风险。在过去，灾害天气使政府面临重大的潜在威胁，不得不对更大的风险。现在，由于政府承担起灾难性后果，一般死亡率水平以内的灾害则由商业保险在可负担范围内承担起来。

出处：Mahul 和 Skees 2007; Mearns 2004。

农作物保险公司业务只覆盖了大约 2% 的农民，而且这 2% 也集中在生产力相对较高、更富裕的区域。⁸⁸ 为农村人口提供金融服务颇具挑战和风险，因为很多农村家庭没有融入到货币化经济当中，而且多在气候敏感性的行业中谋生。虽然城市地区的人口更加集中，但是金融服务仍然很难覆盖非正规经济中的贫穷人口。

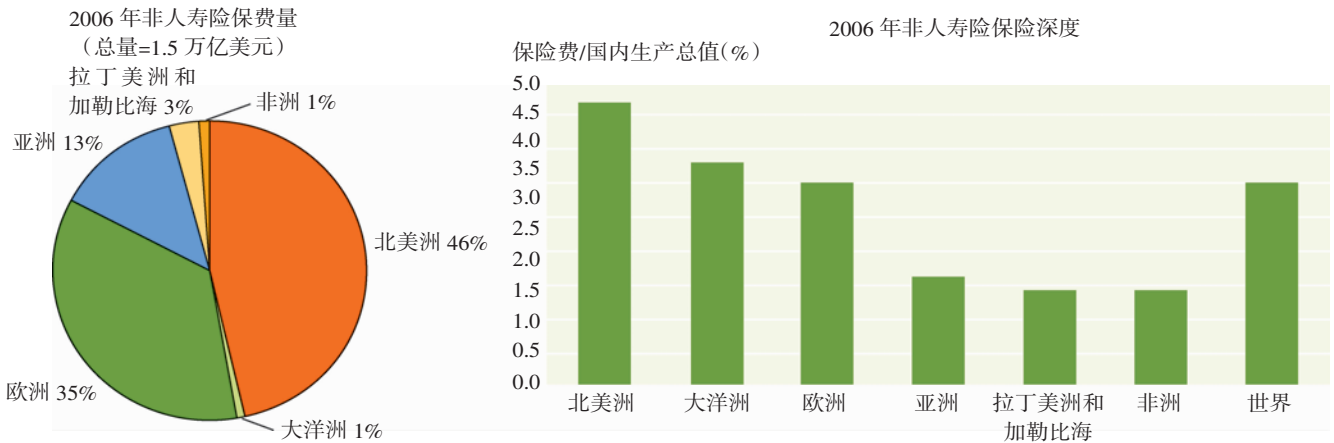
气候变化将进一步削弱气候相关风险的可保险性。未能遏制的气候变化将加剧气候风险的不可保险性，或者使保费超出可承受范围。可保险性有三方面要求：确定和量化（或至少局部评估）事件发生的可能性及相关损失；制定保费标准；在个人或集体中分散风险。⁸⁹ 满足这三个条件可使得风险具有可保险性，但不一定能保证获利（很多农业保险项目的低保费/索赔率都反映了这一情况），运作保险项目的交易成本也可能很高昂。⁹⁰ 气候变化的不确定性将导致保险计算过程混乱，而这些过程是保险市场的基础。⁹¹ 此外，由于气候变化引发更同步、更

广泛、更系统的全球及地区影响，而这种影响又难以在其他地区或市场得到抵偿，分散风险将变得更加困难。

市场导向型可保险性的降低意味着政府必须成为保险的最后一道牢固防线。这是很多政府正在扮演的隐性角色。但是，无论在发展中国家还是在发达国家，政府以往在这方面的业绩都不显著。例如，2005 年的卡特里娜飓风重创美国洪水保险计划，破产金额达 10 倍以上。当年的理赔资金比其过去 37 年的理赔资金之和还多。如果没有大量补贴，政府资助的作物保险项目很难在经济上得以维持。⁹² 此外，如果由灾难性事件引发的巨大损失可以代表未来任何由气候变化引起的损失，那么，在应对超出私营部门承受能力的破坏时，公共部门必须扮演更重要的角色。⁹³

保险并非化解气候风险的万全之策，只是应对气候变化部分影响的策略之一。保险通常不适合长期的不可逆影响，例如海平面上升和沙漠化。这些趋势将给保险公司带来巨额损失，

图 2.3 发展中国家的保险有限



出处：瑞士再保险 2007。

注：从保费的地区分布（左）和非人寿保险保险深度（保费占国内生产总值的百分比）（右）可以看出，发达国家是保险产品的主要市场。非人寿保险包括财产保险、意外事故保险、责任保险（也称一般保险）、医疗保险和其他未被定义为人寿保险的保险项目。

因此具有不可保险性。我们必须在风险管理和适应策略的整体框架内考虑保险，包括对土地使用和建筑法规的良好规范，避免保险合同中抵押品导致的无效行为或不良适应（例如在风暴易发的海岸持续居住）。⁹⁴

维持政府的资金能力

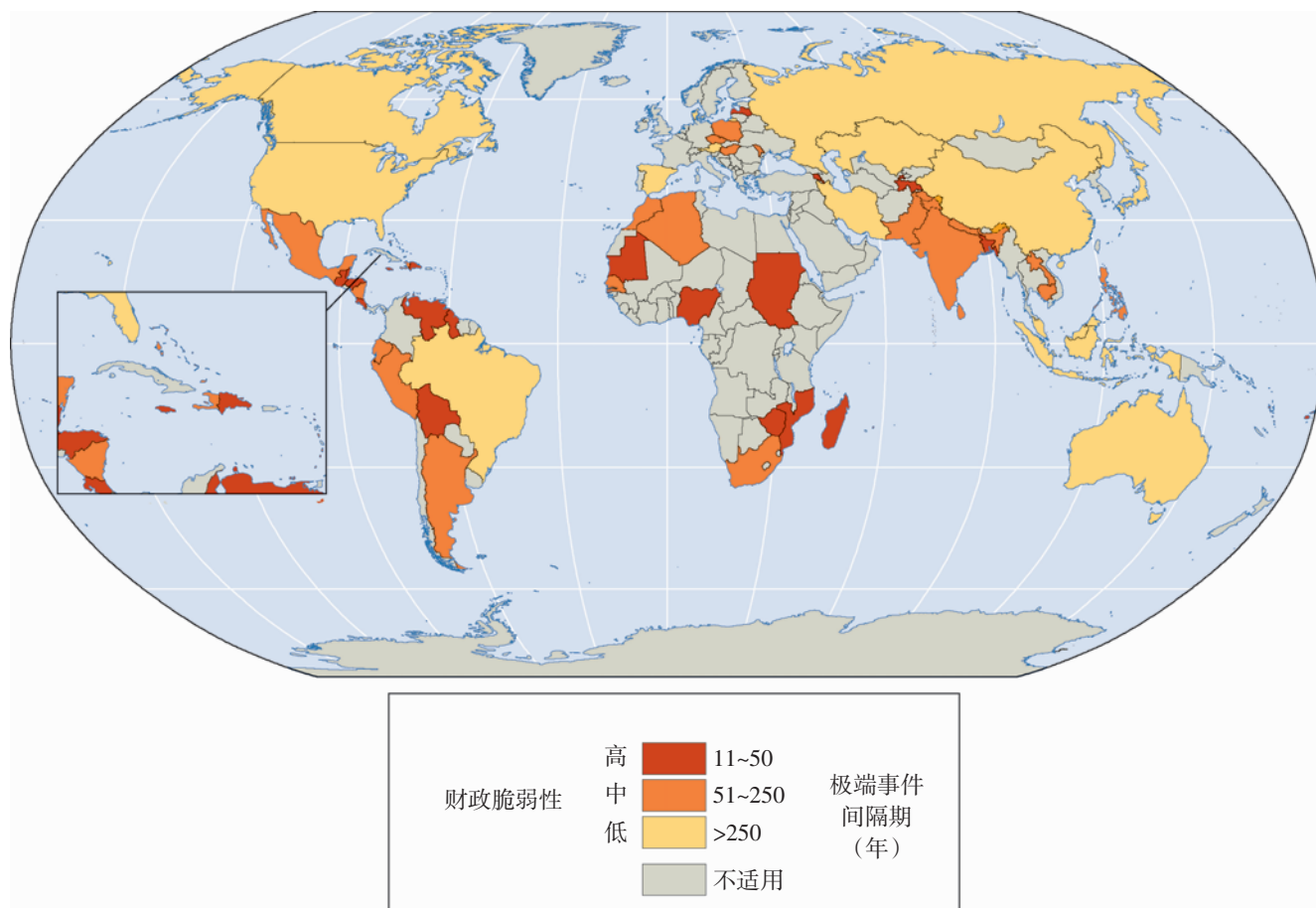
政府能够通过财政规划，为灾难性气候影响做好准备，并在灾难的后续影响中，保证关键政府服务的提供。⁹⁵ 政府通过预先安排财政——例如灾难储备基金、应急信贷额度、灾难债券——迅速展开行动，扩大社会保障计划，使无家可归、失去工作以及丧失基本生活资料的家庭和社区免受长期损失。⁹⁶ 如果能够及时提供重建及恢复所需的资金，将减少灾难对发展的干扰。

由于灾害带来的损失程度与经济规模相关，很多小国家应对灾害的能力更为脆弱（参见地图 2.5）。例如 2004 年，在格林纳达，飓风“伊万”导致的损失相当于该国 GDP 的 200% 以上。⁹⁷ 由于外援并不总能及时到

达，16 个加勒比国家联合制定了一项结构完善的风险管理金融计划，精简应急基金的筹集过程，最大限度避免服务中断。自 2007 年实施以来，该项计划在破坏性飓风和地震发生之后，迅速为政府提供流动资金，通过创造性地进入国际再保险市场，在全球范围内分散并化解风险（参见专栏 2.10）。

通过利用信息、市场、良好的规划和技术援助，即使贫穷的经济体也能更有效地管理气候风险。通过与保险公司和国际金融机构建立合作关系，政府能够克服私营部门对低收入市场资金投入和专业知识的困难。例如 2008 年，马拉维率先与一家国际再保险公司订立了天气指数风险管理合同，使其免受干旱可能引发的国家粮食产量下降的损失（通常伴随地区商品价格的剧烈波动和食品不安全）。通过收取保险费，该公司承诺，在发生始料未及的严重干旱时（由马拉维气象局监测并报告），按约定支付马拉维政府理赔金额。世界银行财政部受托于双方，充当市场中介，增强了双方的交

地图 2.5 贫穷小国遭遇极端气候时的财政脆弱性



出处: Mechler 等 2009。

注: 地图显示了国家面临洪水和风暴时陷入财政困难的程度。例如, 在深红色标识的国家, 预计严重天气灾害 (超过公共部门重建被毁基础设施、按预定规划继续发展的能力) 需要 11~50 年 (即每年发生的可能性是 2%~10%)。小型经济体的严重财政困难表明, 必须进行财政应急规划, 以增强政府应对未来灾害的恢复能力。这一分析只涵盖了 74 个灾害最频繁的国家, 在过去 30 年中, 洪水、风暴和干旱给这些国家造成了占国内生产总值至少 1% 的直接损失。

易信心。由于保险费和干旱参数事先已经约定, 公司能够快速支付理赔金额, 政府能够在最脆弱地区受到干旱影响之前地区商品市场上预先购买粮食, 从而尽快确保粮食安全。这种方式大大减少了响应成本, 降低了对国际援助的依赖。⁹⁸

确保这些行动的经济可行性和可持续性, 必须系统地推进减灾, 降低政府面临日常损失时对这些融资安排

的依赖程度。应急融资会产生机会成本, 只能用来应对政府最紧急的资金需求及最严重的损失。政府行动能够避免可避免的后果, 降低最极端后果发生的可能性——农业推广服务, 建筑法规的执行和城市战略性规划就是这方面的例子。预警系统也同样重要, 可以防止生命损失和经济破坏。这些由政府支持的系统可以产生巨大的效果。例如, 在孟加拉国, 这些措施减

少了洪水和风暴引起的死亡，由此降低了政府需要承担的经济损失。⁹⁹

管理社会风险：赋予社区保护自我的权力

气候变化并非均衡地影响每个人。¹⁰⁰对贫困家庭来说，即使是一般的气候威胁，也可能造成生命和物质财产不可挽回的损失。¹⁰¹对儿童来说，气候变化将产生长期的影响，通过影响教育（受灾后从学校退学）、健康（恶劣的卫生条件、水媒病和虫媒病的综合影响）和发育，最终影响其终身的经济状况。¹⁰²气候变化给发展中国家的女性造成尤其严重的影响。变幻莫测的天气使她们承担着更多家庭责任（例如收割并出售野生产品）。¹⁰³家庭和社区通常依赖传统知识，对生存选择、资产分配和地点偏好做出决定，以适应气候变化。¹⁰⁴如果能得到社会体系的支持（结合社区共享、公共社会保险（如养老金）、私人资金和保险以及公共安全网），人类将更乐于并能够改变现状。

增强社区恢复能力

地方性和传统性知识对管理气候风险非常重要，原因有二。¹⁰⁵首先，很多社区——特别是土著居民组成的社区——拥有环境相关的知识和解决气候风险的策略。在适应能力脆弱的社区，应对环境风险的常用方法，为人们将发展与气候适应结合在一起提供了借鉴。例如在非洲，社区能够适应长期的干旱期。¹⁰⁶但是，这些传统的应对和适应策略只能解决某些可察觉的风险，而无法应对气候变化带来的不确定的多样化风险。¹⁰⁷从这个方面来说，社区也许能很好地适应气候，但不太能适应气候变化。¹⁰⁸其次，适应的

专栏 2.10 加勒比灾难风险基金：通过保险防止灾后服务中断

对于小岛屿国家的政府来说，自然灾害带来的诸多挑战中，最紧急的是获得资金来源，用以实施紧急恢复工作，维持关键的政府服务。对加勒比国家来说，这项挑战尤其严峻，这些国家的经济恢复力被不断恶化的脆弱性和高额债务所限制。

新成立的加勒比灾难风险基金为加勒比共同体政府提供了业务中断性的保险工具。政府遭受飓风或地震带来的灾难性损失时，该项基金为其提供短期流动资金。

用于长期恢复的融资方法有很多，但加勒比灾难风险基金通过参数保险填补了短期融资需求的空白。该项计划的资金支付不需要等待现

场评估或正式确认损失，而是以特定强度的预定事件的发生为支付依据。由于对事件强度的测定能即刻完成，这种类型的保险的成本通常更低，并能迅速理赔。这项基金使各参与国把个体风险融入到更为多样化的整体中，获得进入再保险市场的机会，并进一步在地区之外分散风险。

这一保险机制应该纳入到综合金融策略中，通过应用一系列工具，应对不同类型的事件和可能性。

出处：Ghesquiere, Jamin 和 Mahul 2006；世界银行 2008e。

地方性意味着，不同城市或农村地区可能有不同的需求。这意味着采取一刀切的统一政策和方案是行不通的。¹⁰⁹

在世界范围内，社区适应能力建设，即面对变化保持关键功能、自我组织并学习的能力建设显而易见。¹¹⁰在越南沿海地区，风暴袭击和海平面上升给应对机制造成较大威胁。20世纪90年代末期，政府削减多项国家服务之后，地方集体决策和信用交易网络用社会资本和学习替代了政府规划和基础实施。（不过近几年来，政府已经认识到其在加强社区适应能力和基础设施建设中应该发挥的作用，目前正在广泛推动灾难风险管理）。¹¹¹

居住在北极西部的因纽特人，面临着海冰消失、野生生物分布变化的威胁。他们已经调整了生存活动的时间，猎取的物种也更为多样。他们通过分享食物、扩大贸易、建立新的地方机构，增强群体的适应性。¹¹²同样的，发展中国家的土著群体正在采取

措施（如雨水收集、作物和生存方式多样化，以及季节性迁移的变化），减少气候变化带来的负面影响，并利用由此产生的新机会。¹¹³

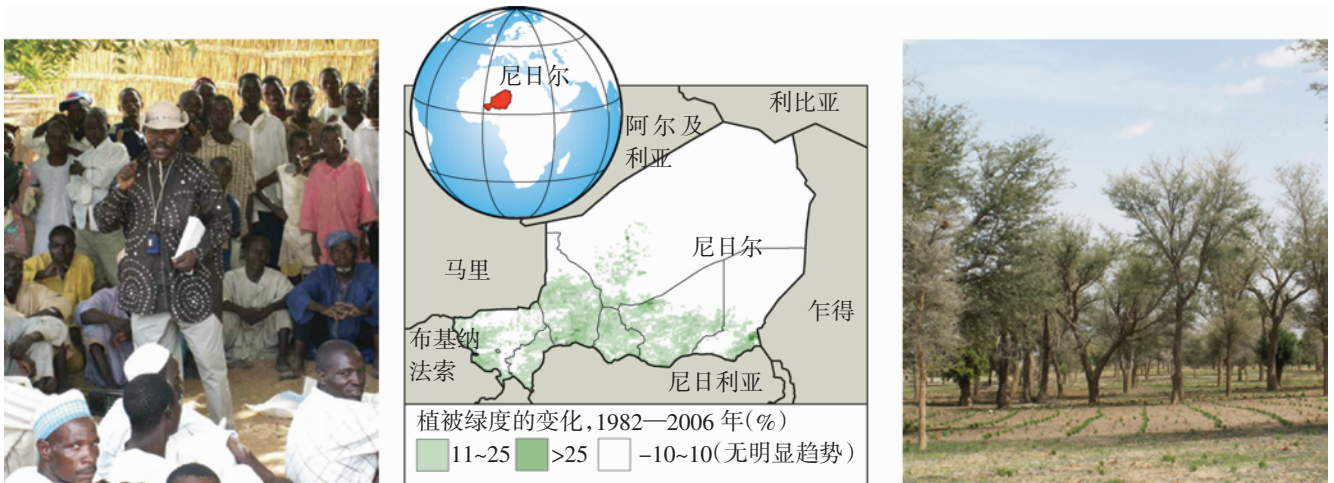
通常，社区对当地气候灾害发生的时间、地点以及特定灾害的知识了解更多，也知道这些灾害如何对它们的资产和生产活动产生影响。同时，社区管理气候变化造成的社会和生态关系能力更高。同时，与外部参与者相比，社区在实施发展计划和环境项目上所需的成本也更低（参见图 2.4）。最近一项对 11 000 多名渔民的调查显示，取消地区总体的捕捞限制，引入可转让的个人捕捞配额，可以大大降低渔业崩溃的可能性。¹¹⁴ 当地社区和主要利益相关者积极参与共同经营，是渔业取得成功的关键。¹¹⁵

除了提高适应能力，资源分散性管理也有促进减排和适应的协同作用。

例如，在热带地区，如果当地社区是森林的所有者，有更大的决策自主权和管理更大林区的权力，森林公地管理能够同时带来生活效益（适应）和碳储存增益（减排）。¹¹⁶ 很多发展中国家在保证资源共有的基础上，下放森林管理权，赋予当地居民管理森林的权力，通过其特有的时间空间知识，制定合理的规则，建立相应的组织，并与政府机构合作实施这些规则。¹¹⁷ 赋予当地居民土地权、确保他们发挥管理作用，从而提高森林和生物多样性资源管理的有效性，例如在墨西哥和巴西。¹¹⁸

以社区为主导的有效适应建立在社会学习、经验交流、技术和科学信息相结合的基础上。¹¹⁹ 当人们由于季节性就业或自然灾害影响在城市和农村地区之间迁移时，通常会追随其早期移民的亲戚朋友。¹²⁰ 如果人们采用新技

图 2.4 以本土知识、农民行动和社会学习促进沙漠绿化



出处：世界资源研究所等 2008；Botoni 和 Reij 2009；Herrmann, Anyamba 和 Tucker 2005。
注：在尼日尔，农民使不断侵蚀的沙漠发生了转变：20 世纪 80 年代被沙漠剥蚀的土地如今已布满茂盛的树林、灌木和庄稼。转变如此巨大，我们甚至能从卫星上观测到其效果。受到影响的土地达 500 万公顷（大约相当于哥斯达黎加的国土面积），几乎占到尼日尔耕地的一半。重新绿化创造的新的经济机会使数百万人受益，加强了食品安全，提高了干旱适应能力。这一成功的关键在于采用了一项低成本的技术，即：利用有数百年历史的林地管理模式实施农民管理的自然更新。在 20 世纪 80 年代重新引入这项本地技术取得一定的早期成功之后，农民获得效益并把该技术推广开来。通过捐助支持农民参观考察，促进农民与农民的交流，进一步增强了社会学习效应。在改革土地使用权和森林政策过程中，中央政府扮演了关键角色。

术或改变作物生产形式，其决策取决于社会网络中的信息流。¹²¹ 如果人们选择到另一个地区增强技能或接受教育，其决定通常受到同辈人的影响。¹²²

在过去，以社区和经验为主导的社会学习是应对气候风险的主要方式，但现在却不足以应对气候变化。因此，以社区为主导的有效的气候适应策略必须实现社区资产（当地较高的能力和知识、社会资本的潜在储备、更低的成本）和适应赤字（有限的科学知识、狭隘的行动范围）之间的平衡。

众多社区主导型适应性活动都得到非政府组织和中间机构的广泛支持。但是，它们只涉及极小部分的风险。因此，在更广的范围内推广它们的成功经验迫在眉睫，但这通常受到当地利益相关者和政府机构之间的脆弱关系甚至矛盾的限制。权力、责任和资金常常会阻碍它们的合作。成功推广社区推动型发展，要求其支持者和政府同时考虑项目之外的程序，以及避免资金来源中止时项目不了了之的转变或过渡。成功的关键因素包括积极性和责任感——这要求各个层面都有适当的激励措施。¹²³ 新适应基金能大规模支持扩展此类项目。据估计到2012年，新适应基金能管理价值约5亿~12亿美元的资源，从而直接支持各个层面的政府机构、非政府组织和其他中间机构。¹²⁴

为最脆弱人群提供安全网

气候变化将加剧生存威胁，并使更多人更频繁、更长期地暴露在气候风险下。这就要求社会政策对那些生活受到气候变化逐步影响的人群予以援助。极端天气也可能直接影响家庭。安全网（社会援助）必须防止最脆弱人群的经济能力的下滑。气候压力的持续（这在干旱中很常见）导致物价

上涨和波动，不同程度地影响贫困人口和脆弱人群，2008年的粮食危机正是这样。¹²⁵ 高粮价将加剧需要购买粮食养家糊口的人群的贫困，造成营养恶化、健康和教育的下降，使贫困人口丧失生产资料。¹²⁶ 在发展中国家一些地区，食品安全及相关的价格波动已经导致系统性的风险。而气候变化将加剧这些风险。¹²⁷

气候冲击有两个重要特点。第一，无法准确确定影响对象和地点。在危机发生到一定程度之前，人们常常不能确定受到影响的人口范围，因而很难迅速有效地做出反应。第二，无法预先确定发生的时间。这两方面特点意味着必须构思并设计社会政策，以应对未来的气候威胁。社会保护应该成为一种体系而不是孤立的干预，应该在恰当的时间恰当地点付诸实施。安全网必须有灵活的融资和应急目标定位，逐步延伸，有效应对偶发事件。¹²⁸

广泛的安全网可以为贫困家庭提供现金或实物补助，用以应对长期威胁。¹²⁹ 如果有效使用这些工具，将能立即减少不公平现象。这些也是解决商品价格上涨导致的贫困问题的首选之策。同时，促进家庭投资于未来的生活，通过减少消极应对策略（如旱季出售牲畜），加强对风险的管理。安全网也能鼓励家庭投资于人力资本（教育、培训、营养），从而增强长期适应能力。

灵活的分级安全网在应对冲击时，能够发挥保险功能。安全网通常分阶段开展。其首要任务从迅速提供食物、卫生保健和清洁，转向最终恢复、重建，以及预防和减缓灾害（如有可能）。为充分发挥保险功能，安全网必须有反周期的逐级预算，有目标明确

的规则来确定有临时需求的人群，能够在遭遇冲击迅速响应的弹性实施机制，并且在灾前确定基本的组织程序和责任。¹³⁰ 通过季节性预报和公告发出预警，提前启动安全网，做好物流和食品运送的准备。¹³¹

已建立安全网的地方需要大力巩固安全网；未建立安全网的地方需要建立安全网。很多低等收入国家都无力为贫困人口提供永久补助。但是，即使在尚未普遍展开安全网的贫困国家，可分级安全网通过提供基本形式的免保费保险，展开核心社会保护，用以预防生命和资产的过度损失。¹³²

例如，埃塞俄比亚的生产安全网把永久性社会援助（一项长期的工作福利项目，对象是 600 万面临食品不安全困扰的家庭）和分级安全网结合起来，在严重干旱时期，为数百万暂时贫困的家庭迅速提供服务。这项活动的主要创新是以已观测到的天气影响指数为依据，为面临粮食不安全困扰的地区迅速提供更多分级的、针对性的援助，通过保险机制获得应急融资。¹³³

以工代赈项目也是安全网应对措施的重要组成部分。¹³⁴ 这些项目通常是劳动密集型公共事业项目，在建造或维修公共基础设施的同时，为目标人群提供收入。这些项目关注资产和高回报率的活动，例如储水、灌溉系统和筑堤。这些活动能提高社区的适应能力。充分有效实施这些项目，需要有明确的目标、周密的计划、可预测的资金、选择和实施上的专业指导，以及可信的监控和评价（参见专栏 2.11）。

安全网也能促进能源政策的改革。提高燃料价格能够提高能效，经济利益和财政积余，但也会带来巨大的政治和社会风险。安全网能够保护贫困

人口免受高价能源的威胁，帮助取消巨额、沉重、倒退、气候破坏型的能源补贴（参见第 1 章）。¹³⁵ 能源补贴是应对高价燃料的常规措施，但通常效率低下，目标指向模糊。但是，取消补贴通常也会产生问题。近年来，一些中等收入国家（巴西、中国、哥伦比亚、印度、印度尼西亚、马来西亚和土耳其）通过安全网来推动取消化石燃料补贴。¹³⁶ 取消补贴之后的现金补贴必须选准目标群体，确保贫困人口得到合理补偿——印度尼西亚的改革表明，即使发生严重的目标错误，底层的 40% 人口仍然能够在转移时获得补偿。¹³⁷

促进移民，应对气候变化

移民通常是应对气候变化的有效方法——而且不幸的是，在某些情况下，这也是唯一的应对方法。预计到 2050 年，面临移民、流离失所和重新安置的人口将达到 2 亿~10 亿左右¹³⁸（依据：广泛评估面临风险增长的人群，而不是分析他们面临风险时是否会移民。¹³⁹）。适应行动，例如海岸保护，将消减气候影响，减少移民。¹⁴⁰

当前的移民大致反映了在不久的将来移民的地理趋向（参见专栏 2.12）。在发展中国家，绝大多数气候变化导致的移民可能是从农村迁往城镇。世界上大多数移民都发生在国家内部，经济移民和非自愿移民的路径多有重叠。移民促进政策应该考虑这些因素。

鲜有证据表明，气候变化导致的移民会引发或加剧冲突，但这种状况可能会改变。因环境变化而移民的人们，其权利很可能被侵夺，缺乏应对冲突的能力。¹⁴¹ 移民和冲突在时间和空间的重合，并不一定体现出二者的因果关系。¹⁴² 同样，暴力冲突和资源稀缺

专栏 2.11 印度国家农村就业保障法之下的印度工作福利制

在之前马哈拉施特拉邦成功规划的基础上，印度展开了一项就业保障项目。通过自选方式，该项目为每个自愿参与的家庭提供不少于 100 天的有薪就业保障，每日最低工资不低于法定标准。参与家庭不需要证明自己的贫困。甚至在无法提供工作机会时，这一项目也会支付一部分工资。

该项目规定，至少 1/3 的工作机会提供给女性，必须提供现场托儿服务和工伤医疗保险。提供工作必须迅速，如

有可能，工作地点设在家庭 5 公里范围内。实施过程中，项目网站上列出工作清单和订约人，力保透明，防止腐败和低效问题。自 2005 年项目开展以来，4 500 万户家庭已经贡献了 200 万天劳动，完成了 300 万项任务。^a

通过适当的引导，该项目能够支持“气候智能型”发展。开展此项目能引导大量劳动力从事适应性工作，包括水土保持、集水区保护和种植工作。该项目能为活动的完成提供资金工具，为设

计和实施项目提供技术支持。因此，通过生产性的气候适应型资产的创造和维护，这一项目在农村发展中发挥关键作用。^b

出处：

a. 国家农村就业保障法——2005 年，<http://nrega.nic.in/> (2009 年 5 月登录)。

b. CSE India, http://www.cseindia.org/programme/nrml/update_january08.htm (2009 年 5 月 15 日登录)；CSE 2007。

专栏 2.12 当代迁移

对气候变化引发的移民，目前尚没有明晰的预测。短期内，气候威胁可能会造成以当前移民方式移民的人数递增 (参见左图)，而非完全新型的人口流动方式。世界上大部分移民在国家内部流动。例如，中国的国内移民数量 (大约 13 000 万人) 相当于世界其他国家的国际移民总量 (2000 年估计为 17 500 万人)。大多数国内移民都是从农村迁往城市的经济移民。大体估计，农村到农村的移民也很可观。这使农村劳动力市场的供求趋于平衡，是农村移民路径的一部分。

国际移民主要集中在发达国家。大约 2/3 的国际移民发生在发达国家之间。发达国家接收的新移民比发展中国家多，全球大约一半的国际移民是女

性，一半的国际移民来自于 20 个国家。不到 10% 的国际移民是由于迫害 (“难民”) 而被迫越过国境线。然而，如果按国内难民人口定义，预计全球被迫迁移的人口 (参见右图) 数量可达 2 600 万人。为躲避战乱、种族冲突和人权侵犯的移民与经济迁移者的路径和媒介越来越趋向一致。从现有国际统计资料来看，国内难民的产生并不能归因于环境恶化或自然灾害，但是，大多数与气候变化相关的强迫性移民很可能仍然发生在国家内部或地区内部。

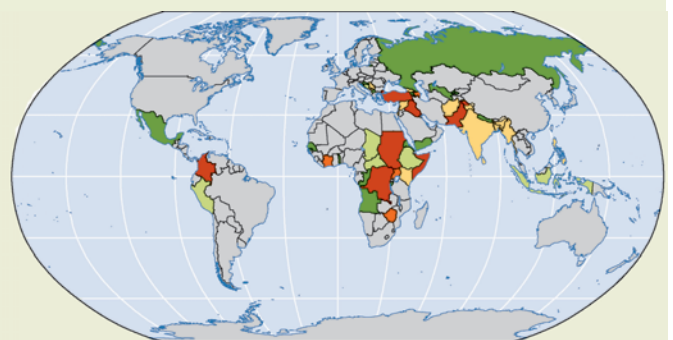
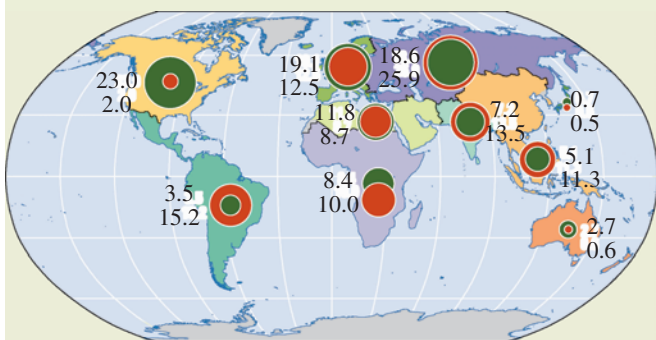
移民流向不是偶然的，而有一定模式。早期移民能够重建生活、并帮助后来移民克服移民障碍的地区，通常是迁移者流动集中的地区。这些模式很大程度上归因于移民障碍及克服障碍所需的

努力。移民障碍通常包括经济困难，如交通花费，抵达后的住房费用，以及寻找新的收入途径时的生活花费。观察结果显示，迁移过程中会出现“移民峰”现象，即：收入水平超过基本生存需求时，群体的移民率会提高，随着原居地和主要迁往地之间的差距缩小，群体的移民率降低。“移民峰”解释了为什么贫困人口中的最贫困者不迁移或只迁移很短的距离。

出处：Tuñón 2006；世界银行 2008f；联合国 2005；联合国 2006；Migration DRC 2007；de Haas 2008；Lucas 2006；Sorensen, van Hear 和 Engberg Pedersen 2003；Amin 1995；Lucas 2006；Lucas 2005；Massey 和 Espana 1987；de Haan 2002；Kolmannskog 2008。

国际劳动力移民

境内流离失所者



国际移民地区分布 (%)
2000 年国际移民总数=1.75 亿 (100%)
● 流入 ● 流出

境内流离失所者 (百万)
0~0.1 0.1~0.2 0.2~0.5
0.5~1 >1 零移民/数据缺失

出处：Parsons 等 2007；境内流离失所监测中心 2008。

(水资源战争)¹⁴³或破坏之间的联系也很少得到证实(贫困、机构失效更具解释效力)。¹⁴⁴这种因果关系的不确定性并不意味着未来气候变化与资源短缺、粮食不安全、灾害性事件、受灾地区治理不力等因素并发时,移民不会增加潜在冲突。¹⁴⁵

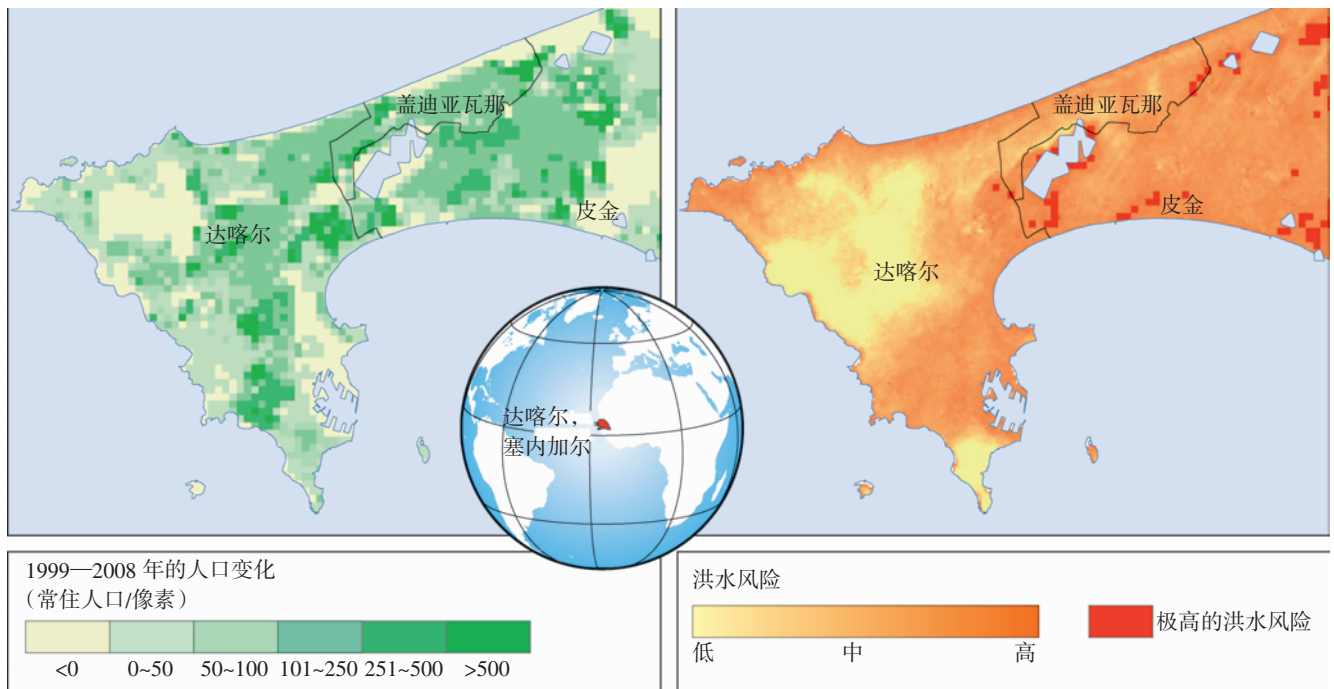
移民的负面影响可以推动各国制定政策,力求减少并控制移民率。但是,对于受气候灾害影响、视移民为唯一选择的人们来说,这种政策对他们几乎没有影响。确实,移民限制政策很少获得成功,甚至弄巧成拙,反而增加了移民自由和迁出区迁入区的成本。¹⁴⁶促进迁移以应对气候影响,应该形成协调的移民和发展政策,满足自愿移民者的需要,提升他们的创业能力和科技能力。

在可能的范围内,政策应该限制移民在长期面临气候风险的地区居住

(参见地图 2.6)。1995—2005 年间,国内动荡导致哥伦比亚 300 万人流离失所。大多数人迁移到中小城市。很多人搬到了城市边缘易受洪水和山体滑坡影响的地区,以及垃圾场附近。由于缺乏教育和工作技能,他们只能获得最低工资的 40%。¹⁴⁷根据对非自愿移民和再定居的预测,前瞻性规划应该明确替代场所,实施补偿计划,使移民者能够重置并开发新的生存资源,为社区生活建设公共和社会基础设施。这些政策与目前很多应对非自愿迁移者和难民的工作形成鲜明对比——无论是针对国内难民还是国际难民。

近年的经验为重新安置移民提供了一些参考经验。首先,让重新安置的社区参与到迁移规划和重建中来,最大限度降低对外部合约人和机构的依赖性。重新安置的居民必须依照接收地区的标准和价格得到补偿,参与

地图 2.6 居住在达喀尔城区洪水易发区的塞内加尔移民



出处: Geoville Group 2009。

注: 农业部门经济增长缓慢,使首都达喀尔成为塞内加尔大批国内移民涌入之地。1988—2008 年,40%的达喀尔新居民搬到了洪水高风险区,是住在达喀尔城区(19%)和农村区(23%)人口的两倍。由于城市扩张在地理空间上受限,移民高峰导致人口高度集中于城区和城市周边地区(在地图中,每 16 像素(即图中的最小单位,译者注)为 1 平方公里)。

新地区的基础设施的设计和建设。如有可能，重新安置的社区的决策机构应该得到最大程度的尊重。

展望 2050 年：将是个怎样的世界？

这份报告一再突出以下主题：社会、气候和生物系统的惰性支持着目前的行动方案。今天的儿童在 2050 年将承担起领导职位。如果全球温度升高 2°C，他们将面临巨大变化。然而，管理这些变化只是他们面临的诸多挑战之一。如果全球温度升高 5°C，前景将更不容乐观。我们清楚地了解到，过去半个多世纪的减排努力远远不够。气候变化不仅仅是诸多挑战中之一——它将是主要的挑战。

注释

1. 世界资源研究所等 2008；Heltberg, Siegel 和 Jorgensen 2009。
2. Tompkins 和 Adger 2004。
3. Enfors 和 Gordon 2008。
4. 第一种近似于 B1 SRES 场景，温室气体将稳定在 450 ppm~550 ppm CO_{2e}，最终温度比前工业化时代高出 2.5°C 左右。第二种情景是，排放量将大大增加，近似 A1B

SRES 场景，温室气体稳定在大约 1 000 ppm，最终气温将比前工业化时代高出 5°C 左右；参阅 Solomon 等 2007。

5. Horton 等 2008；Parry 等 2007；Rahmstorf 等 2007。
6. Allan 和 Soden 2008。
7. 德国全球变化问题咨询理事会 2008。
8. Adger 等 2008。
9. Repetto 2008。
10. Lempert 和 Schlesinger 2000。
11. Keim 2008。
12. 千年生态系统评估 2005。
13. Ribot, 待出版。
14. Lempert 和 Schlesinger 2000；Lempert 2007。
15. Lewis 2007。
16. Lempert 和 Schlesinger 2000；Lempert 和 Collins 2007。
17. Bazerman 2006。
18. Groves 和 Lempert 2007。
19. Ward 等 2008。
20. Hallegatte 2009。
21. Pahl-Wostl 2007；Brunner 等 2005；Tompkins 和 Adger 2004；Folke 等 2002。
22. Cumming, Cumming 和 Redman 2006。
23. Olsson, Folke 和 Berkes 2004；Folke 等 2005；Dietz, Ostrom 和 Stern 2003。
24. Dietz 和 Stern 2008。
25. Ligeti, Penney 和 Wieditz 2007。

我想和世界的领导者接触，帮助启发教育意识，推动当地政府的努力，赋予儿童保护环境和恢复环境的权力。社会和政治机构必须响应并修改策略，以保护公共健康，特别是儿童公共健康。作为一个小学五年级学生，我认为，这些是确保我们的地球母亲得以生存下去的可能方式。

——Dave Laurence A. Juntilla，菲律宾，11 岁



26. Pahl-Wostl 2007。
27. 联合国粮食和农业组织和国际林业研究中心 2005。
28. 联合国 2008b。
29. 联合国 2008a。
30. Balk, McGranahan 和 Anderson 2008。低海拔沿海地区是指海拔 10 米以下的沿海地区；参阅社会经济数据和应用中心，<http://sedac.ciesin.columbia.edu/gpw/lec2.jsp> (2009 年 1 月 8 日登录)。
31. McGranahan, Balk 和 Anderson 2007。
32. 上海的净移民率为 4%~8%。1995—2006 年间，由于自然变化，下降了约 2%；参阅联合国 2008a。
33. Nicholls 等 2008。
34. Simms 和 Reid 2006。
35. 世界银行 2008a。
36. Seo 2009。
37. 世界银行 2008g。
38. 世界银行 2008g。
39. 根据 2.15 美元/天的贫困线计算；参阅 Ravallion, Chen 和 Sangraula 2007。
40. 联合国 2008a。
41. Satterthwaite 2008。
42. Díaz Palacios 和 Miranda 2005。
43. Pelling 1997。
44. 世界银行 2008c。
45. Hara, Takeuchi 和 Okubo 2005。
46. Bates 等 2008。
47. 世界银行 2008a。
48. Satterthwaite 等 2007。
49. McEvoy, Lindley 和 Handley 2006。
50. Laryea-Adjei 2000。
51. Confalonieri 等 2007。
52. 只包括主要的死因死亡率，不包括间接影响和发病率；参阅 McMichael 等 2004；全球人道主义论坛 2009。
53. 世界银行 2008b。
54. Robine 等 2008。
55. Solomon 等 2007；Luber 和 McGeehin 2008。
56. Corburn 2009。
57. Fay, Block 和 Ebinger 2010。
58. Gallup 和 Sachs 2001。
59. Hay 等 2006；这项评估只涵盖了媒
60. Hales 等 2002；如果没有气候变化，到 2085 年，预计全球只有 35% 的人口将面临危险。
61. 世界卫生组织 2008；de la Torre, Fajnzylber 和 Nash 2008。
62. Keiser 等 2004。
63. Rogers 等 2002。
64. 世界气候方案 2007。
65. 世界卫生组织 2005；Frumkin 和 McMichael 2008。
66. 更好的卫生条件和卫生保健有利于健康。萨尔瓦多（巴西一座拥有 240 万人的城市）的卫生条件的改善对城市儿童健康的影响就是一个例证。2003—2004 年期间，整座城市的疾病蔓延程度降低了 22%，高风险社区降低了 43%。这种改善很大程度上归功于新的基础设施（Barreto 等 2007）。
67. 美国医学作家协会 2007。
68. Galiani, Gertler 和 Schargrotsky 2005。
69. Richmond 2008。
70. 越来越多的证据证明，有关灾难损失的现存数据遗漏了大多数小规模事件，而这些小规模事件导致的死亡占自然灾害引发的死亡的 1/4。对于城市人口和基础设施面临的气候变化威胁，很多当地政府的决策者都认识不足；参阅 Awuor, Orindi 和 Adwera 2008；Bull-Kamanga 等 2003；Roberts 2008。
71. Hoeppe 和 Gurenko 2006。
72. 联合国 2009。
73. 联合国 2008a。
74. 国际减灾策略组织，<http://www.unisdr.org/eng/hfa/hfa.htm> (2009 年 3 月 12 日登录)。
75. 世界经济论坛 2008。
76. Milly 等 2002。
77. The Nameless Hurricane, http://science.nasa.gov/headlines/y2004/02apr_hurricane.htm (2009 年 3 月 12 日登录)。
78. Ranger, Muir-Wood 和 Priya 2009。
79. 一个例子就是苏格兰环境保护局提供的信息服务，www.sepa.org.uk/flooding (2009 年 3 月 12 日登录)。
80. Lin 2008。

81. Chesquiere, Jamin 和 Mahul 2006。
82. Ferguson 2005。
83. Linnerooth-Bayer 和 Mechler 2006。
84. Mills 2007。
85. Manuamorn 2007; Giné, Townsend 和 Vickery 2008; 世界银行 2008e。
86. Hochrainer 等 2008。
87. Christen 和 Pearce 2005。
88. Llanto, Geron 和 Almario 2007。
89. Kunreuther 和 Michel-Kerjan 2007; Tol 1998。
90. 世界银行 2005。
91. Mills 2005; Dlugolecki 2008; ABI 2004。
92. Skees 2001。
93. 这提出了以下几项重要议题: 必须制定并实施土地使用规范和制度; 高风险地区必须通过法律强制执行保险。同时还有几项同等重要的议题: 怎样解决居住在高风险地区而无风险主导型保险费支付能力的人群的问题?
94. Kunreuther 和 Michel-Kerjan 2007。
95. Cummins 和 Mahul 2009。
96. 参阅 Cardenas 等 2007, 墨西哥通过市场工具进行自然灾害的主权金融风险风险管理。
97. Mechler 等 2009。
98. 世界银行提供基于索引的天气衍生工具合约, <http://go.worldbank.org/9GXG8E4GP1> (2009年5月15日登录)。
99. 孟加拉国政府 2008。
100. Bankoff, Frerks 和 Hilhorst 2004。
101. Dercon 2004。
102. Alderman, Hoddinott 和 Kinsey 2006; Bartlett 2008; 联合国儿童基金会 2008; del Ninno 和 Lundberg 2005。
103. Francis 和 Amuyunzu-Nyamongo 2008; Nelson 等 2002。
104. Ensor 和 Berger 2009; Goulden 等 2009; Gaillard 2007。
105. Adger 等 2005; Orlove, Chiang 和 Cane 2000; Srinivasan 2004; Wilbanks 和 Kates 1999。
106. Stringer 等, 待出版; Twomlow 等 2008。
107. Nelson, Adger 和 Brown 2007。
108. Walker 等 2006。
109. Gaiha, Imai 和 Kaushik 2001; Martin 和 Prichard 2009。
110. Gibbs 2009。
111. Adger 2003。
112. Berkes 和 Jolly 2002。
113. Macchi 2008; 特波提巴基金 2008。
114. Costello, Gaines 和 Lynham 2008。
115. Pomeroy 和 Pido 1995。
116. Chhatre 和 Agrawal, 待出版。
117. Ostrom 1990; Berkes 2007; Agrawal 和 Ostrom 2001; Larson 和 Soto 2008。
118. Sobrevila 2008; White 和 Martin 2002。
119. Bandura 1977; Levitt 和 March 1988; Ellison 和 Fudenberg 1993; Ellison 和 Fudenberg 1995。
120. Granovetter 1978; Kanaiaupuni 2000; Portes 和 Sensenbrenner 1993。
121. Buskens 和 Yamaguchi 1999; Rogers 1995。
122. Foskett 和 Helmsley-Brown 2001。
123. Gillespie 2004。
124. 世界银行 2009。
125. Ivanic 和 Martin 2008。
126. Grosh 等 2008。
127. Lobell 等 2008。
128. Kanbur 2009; Ravallion 2008。
129. Grosh 等 2008。
130. Grosh 等 2008; Alderman 和 Haque 2006。
131. 饥荒预警系统网络, www.fews.net (2009年5月15日登录)。
132. Alderman 和 Haque 2006; Vakis 2006。
133. Hess, Wiseman 和 Robertson 2006。
134. del Ninno, Subbarao 和 Milazzo 2009。
135. IEG 2008; Komives 等 2005。
136. 世界银行 2008d。
137. 世界银行 2006。
138. Myers 2002; Christian Aid 2007。
139. Barnett 和 Webber 2009。
140. Black 2001; Anthoff 等 2006。

141. Gleditsch, Nordås 和 Salehyan 2007。
 142. Reuveny 2007。
 143. Barnaby 2009。
 144. Theisen 2008; Nordås 和 Gleditsch 2007。
 145. 德国全球变化问题咨询理事会 2008; Campbell 等 2007。
 146. de Haas 2008。
 147. Bartlett 等 2009。

参考文献

- ABI (Association of British Insurers). 2004. *A Changing Climate for Insurance: A Summary Report for Chief Executives and Policymakers*. London: ABI.
- Adger, W. N. 2003. "Social Capital, Collective Action, and Adaptation to Climate Change." *Economic Geography* 79 (4): 387–404.
- Adger, W. N., S. Dessai, M. Goulden, M. Hulme, I. Lorenzoni, D. R. Nelson, L. O. Naess, J. Wolf, and A. Wreford. 2008. "Are There Social Limits to Adaptation to Climate Change?" *Climatic Change* 93 (3–4): 335–54.
- Adger, W. N., T. P. Hughes, C. Folke, S. R. Carpenter, and J. Rockstrom. 2005. "Social-ecological Resilience to Coastal Disasters." *Science* 309 (5737): 1036–39.
- Agrawal, A., and E. Ostrom. 2001. "Collective Action, Property Rights, and Decentralization in Resource Use in India and Nepal." *Politics and Society* 29 (4): 485–514.
- Alderman, H., and T. Haque. 2006. "Counter-cyclical Safety Nets for the Poor and Vulnerable." *Food Policy* 31 (4): 372–83.
- Alderman, H., J. Hoddinott, and B. Kinsey. 2006. "Long Term Consequences of Early Childhood Malnutrition." *Oxford Economic Papers* 58 (3): 450–74.
- Allan, R. P., and B. J. Soden. 2008. "Atmospheric Warming and the Amplification of Extreme Precipitation Events." *Science* 321: 1481–84.
- Amin, S. 1995. "Migrations in Contemporary Africa: A Retrospective View." In *The Migration Experience in Africa*, ed. J. Baker and T. A. Aina. Uppsala: Nordic Africa Institute.
- AMWA (Association of Metropolitan Water Agencies). 2007. *Implications of Climate Change for Urban Water Utilities*. Washington, DC: AMWA.
- Anthoff, D., R. J. Nicholls, R. S. J. Tol, and A. T. Vafeidis. 2006. "Global and Regional Exposure to Large Rises in Sea-level: A Sensitivity Analysis." Research Working Paper 96, Tyndall Center for Climate Change, Norwich, UK.
- Awuor, C. B., V. A. Orindi, and A. Adwera. 2008. "Climate Change and Coastal Cities: The Case of Mombasa, Kenya." *Environment and Urbanization* 20 (1): 231–42.
- Balk, D., G. McGranahan, and B. Anderson. 2008. "Urbanization and Ecosystems: Current Patterns and Future Implications." In *The New Global Frontier: Urbanization, Poverty and Environment in the 21st Century*, ed. G. Martine, G. McGranahan, M. Montgomery, and R. Fernandez-Castilla. London: Earthscan.
- Bandura, A. 1977. *Social Learning Theory*. New York: General Learning Press.
- Bankoff, G., G. Frerks, and D. Hilhorst. 2004. *Mapping Vulnerability: Disasters, Development and People*. London: Earthscan.
- Barnaby, W. 2009. "Do Nations Go to War over Water?" *Nature* 458: 282–83.
- Barnett, J., and M. Webber. 2009. *Accommodating Migration to Promote Adaptation to Climate Change*. Stockholm: Commission on Climate Change and Development.
- Barreto, M. L., B. Genser, A. Strina, A. M. Assis, R. F. Rego, C. A. Teles, M. S. Prado, S. M. Matos, D. N. Santos, L. A. dos Santos, and S. Cairncross. 2007. "Effect of City-wide Sanitation Programme on Reduction in Rate of Childhood Diarrhoea in Northeast Brazil: Assessment by Two Cohort Studies." *Lancet* 370: 1622–28.
- Bartlett, S. 2008. "Climate Change and Urban Children: Impacts and Implications for Adaptation in Low and Middle Income Countries." *Environment and Urbanization* 20 (2): 501–19.
- Bartlett, S., D. Dodman, J. Haroy, D. Satterthwaite, and C. Tacoli. 2009. "Social Aspects of Climate Change in Low and Middle Income Nations." Paper presented at the Cities and Climate Change: Responding to an Urgent Agenda. World Bank Fifth Urban Research Symposium, Marseille, June 28–30.
- Bates, B., Z. W. Kundzewicz, S. Wu, and J. Palutikof. 2008. "Climate Change and Water." Technical paper, Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva.
- Bazerman, M. H. 2006. "Climate Change as a Predictable Surprise." *Climatic Change* 77: 179–93.

- Benson, C., and J. Twigg. 2007. *Tools for Mainstreaming Disaster Risk Reduction: Guidance Notes for Development Organizations*. Geneva: ProVention Consortium.
- Berkes, F. 2007. "Understanding Uncertainty and Reducing Vulnerability: Lessons from Resilience Thinking." *Natural Hazards* 41 (2): 283–95.
- Berkes, F., and D. Jolly. 2002. "Adapting to Climate Change: Social Ecological Resilience in a Canadian Western Arctic Community." *Ecology and Society* 5 (2): 18.
- Bigio, A. G. 2008. "Concept Note: Adapting to Climate Change in the Coastal Cities of North Africa." World Bank, Middle East and Northern Africa Region, Washington, DC.
- Black, R. 2001. "Environmental Refugees: Myth or Reality?" New Issues in Refugee Research Working Paper 34, United Nations High Commissioner for Refugees, Geneva.
- Botoni, E., and C. Reij. 2009. "La Transformation Silencieuse de l'Environnement et des Systèmes de Production au Sahel : Impacts des Investissements Publics et Privés dans la Gestion des Ressources Naturelles." Technical report, Free University Amsterdam and Comité Permanent Inter-États de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel (CILSS), Ouagadougou, Burkina Faso.
- Brunner, R. D., T. A. Steelman, L. Coe-Juell, C. M. Cromley, C. M. Edwards, and D. W. Tucker. 2005. *Adaptive Governance: Integrating Science, Policy, and Decisions Making*. New York: Columbia University Press.
- Bull-Kamanga, L., K. Diagne, A. Lavell, F. Lerise, H. MacGregor, A. Maskrey, M. Meshack, M. Pelling, H. Reid, D. Satterthwaite, J. Songsore, K. Westgate, and A. Yitambe. 2003. "Urban Development and the Accumulation of Disaster Risk and Other Life-Threatening Risks in Africa." *Environment and Urbanization* 15 (1): 193–204.
- Buskens, V., and K. Yamaguchi. 1999. "A New Model for Information Diffusion in Heterogeneous Social Networks." *Socio-logical Methodology* 29 (1): 281–325.
- Campbell, K. M., J. Gullede, J. R. McNeill, J. Podesta, P. Ogen, L. Fuerth, R. J. Woolsey, A. T. J. Lennon, J. Smith, R. Weitz, and D. Mix. 2007. *The Age of Consequences: The Foreign Policy and National Security Implications of Global Climate Change*. Washington, DC: Center for a New American Security and the Center for Strategic and International Studies.
- Cardenas, V., S. Hochrainer, R. Mechler, G. Pflug, and J. Linnerooth-Bayer. 2007. "Sovereign Financial Disaster Risk Management: The Case of Mexico." *Environmental Hazards* 7 (1): 40–53.
- CatSalut. 2008. *Action Plan to Prevent the Effects of a Heat Wave on Health*. Barcelona: Generalitat de Catalunya Departament de Salut.
- Chhatre, A., and A. Agrawal. Forthcoming. "Carbon Storage and Livelihoods Generation through Improved Governance of Forest Commons." *Science*.
- Christen, R. P., and D. Pearce. 2005. *Managing Risks and Designing Products for Agricultural Microfinance: Feature of an Emerging Model*. Washington, DC: CGAP; Rome: IFAD.
- Christian Aid. 2007. *Human Tide: The Real Migration Crisis*. London: Christian Aid.
- CIESIN (Center for International Earth Science Information Network). 2005. "Gridded Population of the World (GPWv3)." CIESIN, Columbia University, and Centro Internacional de Agricultura Tropical, Palisades, NY.
- Confalonieri, U., B. Menne, R. Akhtar, K. L. Ebi, M. Hauengue, R. S. Kovats, B. Revich, and A. Woodward. 2007. "Human Health." In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, and C. E. Hanson. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Corburn, J. 2009. "Cities, Climate Change and Urban Heat Island Mitigation: Localising Global Environmental Science." *Urban Studies* 46 (2): 413–27.
- Costello, C., S. D. Gaines, and J. Lynham. 2008. "Can Catch Shares Prevent Fisheries Collapse?" *Science* 321 (5896): 1678–81.
- CRED (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters). 2009. "EM-DAT: The International Emergency Disasters Database." CRED, Université Catholique de Louvain, Ecole de Santé Publique, Louvain.
- CSE (Center for Science and Environment). 2007. "An Ecological Act: A Backgrounder to the National Rural Employment Guarantee Act (NREGA)." CSE, New Delhi.
- Cumming, G. S., D. H. M. Cumming, and C. L. Redman. 2006. "Scale Mismatches in Socio-Ecological Systems: Causes, Consequences, and Solutions." *Ecology and Society* 11 (1): 14.

- Cummins, J. D., and O. Mahul. 2009. *Catastrophe Risk Financing in Developing Countries. Principles for Public Intervention*. Washington, DC: World Bank.
- Dartmouth Flood Observatory. 2009. "Global Active Archive of Large Flood Events." Dartmouth College, Hanover, NH. Available at www.dartmouth.edu/~floods. Accessed January 19, 2009.
- de Haan, A. 2002. "Migration and Livelihoods in Historical Perspectives: A Case Study of Bihar, India." *Journal of Development Studies* 38 (5): 115–42.
- de Haas, H. 2008. "The Complex Role of Migration in Shifting Rural Livelihoods: A Moroccan Case Study." In *Global Migration and Development*, ed. T. van Naerssen, E. Spaan, and A. Zoomers. London: Routledge.
- de la Torre, A., P. Fajnzylber, and J. Nash. 2008. *Low Carbon, High Growth: Latin American Responses to Climate Change*. Washington, DC: World Bank.
- del Ninno, C., and M. Lundberg. 2005. "Treading Water: The Long-term Impact of the 1998 Flood on Nutrition in Bangladesh." *Economics and Human Biology* 3 (1): 67–96.
- del Ninno, C., K. Subbarao, and A. Milazzo. 2009. "How to Make Public Works Work: A Review of the Experiences." Discussion Paper 0905, Social Protection and Labor, World Bank, Washington, DC.
- Dercon, S. 2004. *Insurance against Poverty*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Díaz Palacios, J., and L. Miranda. 2005. "Concertación (Reaching Agreement) and Planning for Sustainable Development in Ilo, Peru." In *Reducing Poverty and Sustaining the Environment: The Politics of Local Engagement*, ed. S. Bass, H. Reid, D. Satterthwaite, and P. Steele. London: Earthscan.
- Dietz, T., E. Ostrom, and P. C. Stern. 2003. "The Struggle to Govern the Commons." *Science* 302 (5652): 1907–12.
- Dietz, T., and P. C. Stern, eds. 2008. *Public Participation in Environmental Assessment and Decision Making*. Washington, DC: National Academies Press.
- Dlugolecki, A. 2008. "Climate Change and the Insurance Sector." *Geneva Papers on Risk and Insurance—Issues and Practice* 33 (1): 71–90.
- Ellison, G., and D. Fudenberg. 1993. "Rules of Thumb for Social Learning." *Journal of Political Economy* 101 (4): 612–43.
- . 1995. "Word-of-Mouth Communication and Social Learning." *Quarterly Journal of Economics* 110 (1): 93–125.
- Enfors, E. I., and L. J. Gordon. 2008. "Dealing with Drought: The Challenge of Using Water System Technologies to Break Dryland Poverty Traps." *Global Environmental Change* 18 (4): 607–16.
- Ensor, J., and R. Berger. 2009. "Community-Based Adaptation and Culture in Theory and Practice." In *Adapting to Climate Change: Thresholds, Values, Governance*, ed. N. Adger, I. Lorenzoni, and K. L. O'Brien. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- ESA (European Space Agency). 2002. *Sustainable Development: The Space Contribution: From Rio to Johannesburg—Progress Over the Last 10 Years*. Paris: ESA for the Committee on Earth Observation Satellites.
- Fankhauser, S., N. Martin, and S. Prichard. Forthcoming. "The Economics of the CDM Levy: Revenue Potential, Tax Incidence, and Distortionary Effects." Working Paper, London School of Economics.
- FAO (Food and Agriculture Organization) and CIFOR (Center for International Forestry Research). 2005. "Forests and Floods: Drowning In Fiction or Thriving On Facts?" FAO Regional Office for Asia and the Pacific Publication 2005/03, Bangkok.
- Fay, M., R. I. Block, and J. Ebinger, eds. 2010. *Adapting to Climate Change in Europe and Central Asia*. Washington, DC: World Bank.
- Ferguson, N. 2005. *Mozambique: Disaster Risk Management Along the Rio Búzi. Case Study on the Background, Concept, and Implementation of Disaster Risk Management in the Context of the GTZ-Programme for Rural Development (PRODER)*. Duren: German Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, Governance and Democracy Division.
- Folke, C., S. Carpenter, T. Elmqvist, L. Gunderson, C. S. Holling, B. Walker, J. Bengtsson, F. Berkes, J. Colding, K. Danell, M. Falkenmark, L. Gordon, R. Kasperson, N. Kautsky, A. Kinzig, S. Levin, K.-G. Mäler, F. Moberg, L. Ohlsson, P. Olsson, E. Ostrom, W. Reid, J. Rockström, H. Savenije, and U. Svedin. 2002. *Resilience and Sustainable Development: Building Adaptive Capacity in a World of Transformations*. Stockholm: Environmental Advisory Council to the Swedish Government.
- Folke, C., T. Hahn, P. Olsson, and J. Norberg. 2005. "Adaptive Governance of Social-

- ecological Systems." *Annual Review of Environment and Resources* 30: 441–73.
- Foskett, N., and J. Hemsley-Brown. 2001. *Choosing Futures: Young People's Decision-Making in Education, Training and Career Markets*. London: RoutledgeFalmer.
- Francis, P., and M. Amuyunzu-Nyamongo. 2008. "Bitter Harvest: The Social Costs of State Failure in Rural Kenya." In *Assets, Livelihoods, and Social Policy*, ed. C. Moser and A. A. Dani. Washington, DC: World Bank.
- Frumkin, H., and A. J. McMichael. 2008. "Climate Change and Public Health: Thinking, Communicating, Acting." *American Journal of Preventive Medicine* 35 (5): 403–10.
- Gaiha, R., K. Imai, and P. D. Kaushik. 2001. "On the Targeting and Cost Effectiveness of Anti-Poverty Programmes in Rural India." *Development and Change* 32 (2): 309–42.
- Gaillard, J.-C. 2007. "Resilience of Traditional Societies in Facing Natural Hazards." *Disaster Prevention and Management* 16 (4): 522–44.
- Galiani, S., P. Gertler, and E. Schargrodsky. 2005. "Water for Life: The Impact of the Privatization of Water Services on Child Mortality." *Journal of Political Economy* 113 (1): 83–120.
- Gallup, J. L., and J. D. Sachs. 2001. "The Economic Burden of Malaria." *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 64 (1–2): 85–96.
- Geoville Group. 2009. "Spatial Analysis of Natural Hazard and Climate Change Risks in Peri-Urban Expansion Areas of Dakar, Senegal." Paper presented at the World Bank Urban Week 2009. Washington, DC.
- Ghesquiere, F., L. Jamin, and O. Mahul. 2006. "Earthquake Vulnerability Reduction Program in Colombia: A Probabilistic Cost-Benefit Analysis." Policy Research Working Paper 3939, World Bank, Washington, DC.
- Gibbs, M. T. 2009. "Resilience: What Is It and What Does It Mean for Marine Policymakers?" *Marine Policy* 33 (2): 322–31.
- Gillespie, S. 2004. "Scaling Up Community-Driven Development: A Synthesis of Experience." FCND Discussion Paper 181, Food Consumption and Nutrition Division, International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- Giné, X., R. Townsend, and J. Vickery. 2008. "Patterns of Rainfall Insurance Participation in Rural India." *World Bank Economic Review* 22 (3): 539–66.
- Girardet, H. 2008. *Cities People Planet: Urban Development and Climate Change*. 2nd ed. Chichester, UK: John Wiley & Sons.
- Gleditsch, N., R. Nordås, and I. Salehyan. 2007. "Climate Change and Conflict: The Migration Link." Coping with Crisis Working Paper Series, International Peace Academy, New York (May).
- Global Humanitarian Forum. 2009. *The Anatomy of A Silent Crisis*. Geneva: Global Humanitarian Forum.
- Goulden, M., L. O. Naess, K. Vincent, and W. N. Adger. 2009. "Assessing Diversification, Networks and Traditional Resource Management as Adaptations to Climate Extremes." In *Adapting to Climate Change: Thresholds, Values, Governance*, ed. N. Adger, I. Lorenzoni, and K. O'Brien. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Government of Bangladesh. 2008. *Cyclone Sidr in Bangladesh: Damage, Loss and Needs Assessment for Disaster Recovery and Reconstruction*. Dhaka: Government of Bangladesh, World Bank, and the European Commission.
- Granovetter, M. 1978. "Threshold Models of Collective Behavior." *American Journal of Sociology* 83 (6): 1420–43.
- Grosh, M. E., C. del Ninno, E. Tesliuc, and A. Ouerghi. 2008. *For Protection and Promotion: The Design and Implementation of Effective Safety Nets*. Washington, DC: World Bank.
- Groves, D. G., and R. J. Lempert. 2007. "A New Analytic Method for Finding Policy-Relevant Scenarios." *Global Environmental Change* 17 (1): 73–85.
- Hales, S., N. de Wet, J. Maindonald, and A. Woodward. 2002. "Potential Effect of Population and Climate Changes on Global Distribution of Dengue Fever: An Empirical Model." *Lancet* 360: 830–34.
- Hallegatte, S. 2009. "Strategies to Adapt to an Uncertain Climate Change." *Global Environmental Change* 19 (2): 240–47.
- Hara, Y., K. Takeuchi, and S. Okubo. 2005. "Urbanization Linked with Past Agricultural Landuse Patterns in the Urban Fringe of a Deltaic Asian Mega-City: A Case Study in Bangkok." *Landscape and Urban Planning* 73 (1): 16–28.
- Hay, S. I., A. J. Tatem, C. A. Guerra, and R. W. Snow. 2006. *Population at Malaria Risk in Africa: 2005, 2015, and 2030*. London: Centre for Geographic Medicine, KEMRI/Wellcome Trust Collaborative Programme, University of Oxford.
- Heltberg, R., P. B. Siegel, and S. L. Jorgensen. 2009. "Addressing Human Vulnerability to Climate Change: Toward a 'No-Regrets' "

- Approach." *Global Environmental Change* 19 (1): 89–99.
- Herrmann, S. M., A. Anyamba, and C. J. Tucker. 2005. "Recent Trends in Vegetation Dynamics in the African Sahel and Their Relationship to Climate." *Global Environmental Change* 15 (4): 394–404.
- Hess, U., W. Wiseman, and T. Robertson. 2006. *Ethiopia: Integrated Risk Financing to Protect Livelihoods and Foster Development*. Rome: World Food Programme.
- Hochrainer, S., R. Mechler, G. Pflug, and A. Lotsch. 2008. "Investigating the Impact of Climate Change on the Robustness of Index-Based Microinsurance in Malawi." Policy Research Working Paper 4631, World Bank, Washington, DC.
- Hoeppe, P., and E. N. Gurenko. 2006. "Scientific and Economic Rationales for Innovative Climate Insurance Solutions." *Climate Policy* 6: 607–20.
- Horton, R., C. Herweijer, C. Rosenzweig, J. Liu, V. Gornitz, and A. C. Ruane. 2008. "Sea Level Rise Projections for Current Generation CGCMs Based on the Semi-Empirical Method." *Geophysical Research Letters* 35:L02715. DOI:10.1029/2007GL032486.
- IDMC (Internal Displacement Monitoring Centre). 2008. *Internal Displacement: Global Overview of Trends and Developments in 2008*. Geneva: IDMC.
- IEG (Independent Evaluation Group). 2008. *Climate Change and the World Bank Group-Phase I: An Evaluation of World Bank Win-Win Energy Policy Reforms*. Washington, DC: IEG Knowledge Programs and Evaluation Capacity Development.
- Ivanic, M., and W. Martin. 2008. "Implications of Higher Global Food Prices for Poverty in Low-Income Countries." Policy Research Working Paper 4594, World Bank, Washington, DC.
- Kanaiaupuni, S. M. 2000. "Reframing the Migration Question: An Analysis of Men, Women, and Gender in Mexico." *Social Forces* 78 (4): 1311–47.
- Kanbur, R. 2009. "Macro Crises and Targeting Transfers to the Poor." Cornell University, Ithaca, NY.
- Keim, M. E. 2008. "Building Human Resilience: The Role of Public Health Preparedness and Response as an Adaptation to Climate Change." *American Journal of Preventive Medicine* 35 (5): 508–16.
- Keiser, J., J. Utzinger, M. C. Castro, T. A. Smith, M. Tanner, and B. H. Singer. 2004. "Urbanization in Sub-Saharan Africa and Implications for Malaria Control." *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 71 (S2): 118–27.
- Knowlton, K., G. Solomon, and M. Rotkin-Ellman. 2009. "Fever Pitch: Mosquito-Borne Dengue Fever Threat Spreading in The Americas." Issue Paper, Natural Resources Defense Council, New York (July).
- Kolmannskog, V. O. 2008. *Future Floods of Refugees: A Comment on Climate Change, Conflict and Forced Migration*. Oslo: Norwegian Refugee Council.
- Komives, K., V. Foster, J. Halpern, Q. Wodon, and R. Abdullah. 2005. *Water, Electricity, and the Poor: Who Benefits from Utility Subsidies?* Washington, DC: World Bank.
- Kopf, S., M. Ha-Duong, and S. Hallegatte. 2008. "Using Maps of City Analogues to Display and Interpret Climate Change Scenarios and Their Uncertainty." *Natural Hazards and Earth System Science* 8 (4): 905–18.
- Kunreuther, H., and E. Michel-Kerjan. 2007. "Climate Change, Insurability of Large-Scale Disasters and the Emerging Liability Challenge." Working Paper 12821, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.
- Larson, A., and F. Soto. 2008. "Decentralization of Natural Resource Governance Regimes." *Annual Review of Environment and Resources* 33: 213–39.
- Laryea-Adjei, G. 2000. "Building Capacity for Urban Management in Ghana: Some Critical Considerations." *Habitat International* 24 (4): 391–402.
- Laukkonen, J., P. K. Blanco, J. Lenhart, M. Keiner, B. Cavric, and C. Kinuthia-Njenga. 2009. "Combining Climate Change Adaptation and Mitigation Measures at the Local Level." *Habitat International* 33 (3): 287–92.
- Lempert, R. J. 2007. "Creating Constituencies for Long-term Radical Change." Wagner Research Brief 2, New York University, New York.
- Lempert, R. J., and M. T. Collins. 2007. "Managing the Risk of Uncertain Threshold Responses: Comparison of Robust, Optimum, and Precautionary Approaches." *Risk Analysis* 27 (4): 1009–26.
- Lempert, R. J., and M. E. Schlesinger. 2000. "Robust Strategies for Abating Climate Change." *Climatic Change* 45 (3–4): 387–401.

- Levitt, B., and J. G. March. 1988. "Organizational Learning." *Annual Review of Sociology* 14: 319–38.
- Lewis, M. 2007. "In Nature's Casino." *New York Times Magazine*, August 26, 2007.
- Ligeti, E., J. Penney, and I. Wieditz. 2007. *Cities Preparing for Climate Change: A Study of Six Urban Regions*. Toronto: The Clean Air Partnership.
- Lin, H. 2008. *Proposal Report on Flood Hazard Mapping Project in Taihu Basin*. China: Taihu Basin Authority of Ministry of Water Resources.
- Linnerooth-Bayer, J., and R. Mechler. 2006. "Insurance for Assisting Adaptation to Climate Change in Developing Countries: A Proposed Strategy." *Climate Policy* 6: 621–36.
- Llanto, G. M., M. P. Geron, and J. Almario. 2007. "Developing Principles for the Regulation of Microinsurance (Philippine Case Study)." Discussion Paper 2007-26, Philippine Institute for Development Studies, Makati City.
- Lobell, D. B., M. Burke, C. Tebaldi, M. D. Mastrandrea, W. P. Falcon, and R. L. Naylor. 2008. "Prioritizing Climate Change Adaptation Needs for Food Security in 2030." *Science* 319 (5863): 607–10.
- Luber, G., and M. McGeehin. 2008. "Climate Change and Extreme Heat Events." *American Journal of Preventive Medicine* 35 (5): 429–35.
- Lucas, R. E. B. 2005. *International Migration and Economic Development: Lessons from Low-Income Countries: Executive Summary*. Stockholm: Almkvist & Wiksell International, Expert Group on Development Issues.
- . 2006. "Migration and Economic Development in Africa: A Review of Evidence." *Journal of African Economies* 15 (2): 337–95.
- Macchi, M. 2008. *Indigenous and Traditional People and Climate Change: Vulnerability and Adaptation*. Gland, Switzerland: International Union for Conservation of Nature.
- Mahul, O., and J. Skees. 2007. "Managing Agricultural Risk at the Country Level: The Case of Index-based Livestock Insurance in Mongolia." Policy Research Working Paper 4325, World Bank, Washington, DC.
- Manuamorn, O. P. 2007. "Scaling Up Microinsurance: The Case of Weather Insurance for Smallholders in India." Agriculture and Rural Development Discussion Paper 36, World Bank, Washington, DC.
- Massey, D., and F. Espana. 1987. "The Social Process of International Migration." *Science* 237 (4816): 733–38.
- McEvoy, D., S. Lindley, and J. Handley. 2006. "Adaptation and Mitigation in Urban Areas: Synergies and Conflicts." *Proceedings of the Institution of Civil Engineers* 159 (4): 185–91.
- McGranahan, G., D. Balk, and B. Anderson. 2007. "The Rising Tide: Assessing the Risks of Climate Change and Human Settlements in Low Elevation Coastal Zones." *Environment and Urbanization* 19 (1): 17–37.
- McMichael, A., D. Campbell-Lendrum, S. Kovats, S. Edwards, P. Wilkinson, T. Wilson, R. Nicholls, S. Hales, F. Tanser, D. Le Sueur, M. Schlesinger, and N. Andronova. 2004. "Global Climate Change." In *Comparative Quantification of Health Risks: Global and Regional Burden of Disease Attributable to Selected Major Risk Factors*, vol. 2, ed. M. Ezzati, A. D. Lopez, A. Rodgers, and C. J. L. Murray. Geneva: World Health Organization.
- Mearns, R. 2004. "Sustaining Livelihoods on Mongolia's Pastoral Commons: Insights from a Participatory Poverty Assessment." *Development and Change* 35 (1): 107–39.
- Mechler, R., S. Hochrainer, G. Pflug, K. Williges, and A. Lotsch. 2009. "Assessing Financial Vulnerability to Climate-Related Natural Hazards." Background paper for the WDR 2010.
- Mercy Corps. 2008. "Reducing Flood Risk through a Job Creation Scheme." In *Linking Disaster Risk Reduction and Poverty Reduction: Good Practices and Lessons Learned: 2008*, ed. Global Network of NGOs for Disaster Risk Reduction. Geneva: United Nations Development Programme and International Strategy for Disaster Reduction (ISDR).
- Migration DRC. 2007. "Global Migrant Origin Database." Development Research Centre on Migration, Globalisation and Poverty, University of Sussex, Brighton.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Washington, DC: World Resources Institute.
- Mills, E. 2005. "Insurance in a Climate of Change." *Science* 309 (5737): 1040–44.
- . 2007. "Synergism between Climate Change Mitigation and Adaptation: Insurance Perspective." *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 12: 809–42.
- Milly, P. C. D., R. T. Wetherald, K. A. Dunne, and T. L. Delworth. 2002. "Increasing Risk of

- Great Floods in a Changing Climate.” *Nature* 415 (6871): 514–17.
- Myers, N. 2002. “Environmental Refugees: A Growing Phenomenon of the 21st Century.” *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 357 (1420): 609–13.
- NRC (National Research Council of the National Academies). 2006. *Facing Hazards and Disasters. Understanding Human Dimension*. Washington, DC: National Academies Press.
- . 2007a. *Contributions of Land Remote Sensing for Decisions about Food Security and Human Health*. Washington, DC: National Academies Press.
- . 2007b. *Earth Science and Application from Space: National Imperatives for the Next Decade and Beyond*. Washington, DC: National Academies Press.
- Nelson, D. R., W. N. Adger, and K. Brown. 2007. “Adaptation to Environmental Change: Contributions of a Resilience Framework.” *Annual Review of Environment and Resources* 32: 395–419.
- Nelson, V., K. Meadows, T. Cannon, J. Morton, and A. Martin. 2002. “Uncertain Prediction, Invisible Impacts, and the Need to Mainstream Gender in Climate Change Adaptations.” *Gender and Development* 10 (2): 51–59.
- Nicholls, R. J., P. P. Wong, V. Burkett, C. D. Woodroffe, and J. Hay. 2008. “Climate Change and Coastal Vulnerability Assessment: Scenarios for Integrated Assessment.” *Sustainability Science* 3 (1): 89–102.
- Nordås, R., and N. Gleditsch. 2007. “Climate Change and Conflict.” *Political Geography* 26 (6): 627–38.
- Olsson, P., C. Folke, and F. Berkes. 2004. “Adaptive Comanagement for Building Resilience in Social-Ecological Systems.” *Environmental Management* 34 (1): 75–90.
- Orlove, B. S., J. H. Chiang, and M. A. Cane. 2000. “Forecasting Andean Rainfall and Crop Yield from the Influence of El Niño on Pleiades Visibility.” *Nature* 403 (6765): 68–71.
- Ostrom, E. 1990. *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*. New York: Cambridge University Press.
- Pahl-Wostl, C. 2007. “Transitions toward Adaptive Management of Water Facing Climate and Global Change.” *Water Resources Management* 21: 49–62.
- PAHO (Pan American Health Organization). 2009. “Dengue.” Washington, DC, http://new.paho.org/hq/index.php?option=com_content&task=view&id=264&Itemid=363 (accessed July 2009).
- Parry, M., O. F. Canziani, J. P. Palutikof, and others. 2007. “Technical Summary.” In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. M. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, and C. E. Hanson. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Parsons, C. R., R. Skeldon, T. L. Walmsley, and L. A. Winters. 2007. “Quantifying International Migration: A Database of Bilateral Migrant Stocks.” Policy Research Working Paper 4165, World Bank, Washington, DC.
- Pelling, M. 1997. “What Determines Vulnerability to Floods: A Case Study in Georgetown, Guyana.” *Environment and Urbanization* 9 (1): 203–26.
- Pomeroy, R. S., and M. D. Pido. 1995. “Initiatives towards Fisheries Co-management in the Philippines: The Case of San Miguel Bay.” *Marine Policy* 19 (3): 213–26.
- Portes, A., and J. Sensenbrenner. 1993. “Embeddedness and Immigration: Notes on the Social Determinants of Economic Actions.” *American Journal of Sociology* 98 (6): 13–20.
- Raadgever, G. T., E. Mostert, N. Kranz, E. Interwies, and J. G. Timmerman. 2008. “Assessing Management Regimes in Transboundary River Basins: Do They Support Adaptive Management.” *Ecology and Society* 13 (1): 14.
- Rahmstorf, S., A. Cazenave, J. A. Church, J. E. Hansen, R. F. Keeling, D. E. Parker, and R. C. J. Somerville. 2007. “Recent Climate Observations Compared to Projections.” *Science* 316 (5825): 709.
- Ranger, N., R. Muir-Wood, and S. Priya. 2009. “Assessing Extreme Climate Hazards and Options for Risk Mitigation and Adaptation in the Developing World.” Background paper for the WDR 2010.
- Ravallion, M. 2008. “Bailing Out the World’s Poorest.” Policy Research Working Paper 4763, World Bank, Washington, DC.
- Ravallion, M., S. Chen, and P. Sangraula. 2007. “New Evidence on the Urbanization of Poverty.” Policy Research Working Paper 4199, World Bank, Washington, DC.
- Repetto, R. 2008. “The Climate Crisis and the Adaptation Myth.” Yale School of Forestry and Environmental Studies Working Paper 13, Yale University, New Haven, CT.

- Reuveny, R. 2007. "Climate Change Induced Migration and Violent Conflict." *Political Geography* 26 (6): 656–73.
- Ribot, J. C. Forthcoming. "Vulnerability Does Not Just Fall from the Sky: Toward Multi-Scale Pro-Poor Climate Policy." In *The Social Dimensions of Climate Change: Equity and Vulnerability in a Warming World*, ed. R. Mearns and A. Norton. Washington, DC: World Bank.
- Richmond, T. 2008. "The Current Status and Future Potential of Personalized Diagnostics: Streamlining a Customized Process." *Biotechnology Annual Review* 14: 411–22.
- Roberts, D. 2008. "Thinking Globally, Acting Locally: Institutionalizing Climate Change at the Local Government Level in Durban, South Africa." *Environment and Urbanization* 20 (2): 521–37.
- Robine, J.-M., S. L. K. Cheung, S. Le Roy, H. Van Oyen, C. Griffiths, J.-P. Michel, and F. R. Herrmann. 2008. "Death Toll Exceeded 70,000 in Europe during the Summer of 2003." *Comptes Rendus Biologies* 331 (2): 171–78.
- Rogers, D., S. E. Randolph, R. W. Snow, and S. I. Hay. 2002. "Satellite Imagery in the Study and Forecast of Malaria." *Nature* 415 (6872): 710–15.
- Rogers, E. 1995. *Diffusion of Innovations*. New York: Free Press.
- Roman, A. 2008. "Curitiba, Brazil." In *Encyclopedia of Earth—Environmental Information Coalition*. Washington, DC: National Council for Science and the Environment.
- Satterthwaite, D. 2008. "The Social and Political Basis for Citizen Action on Urban Poverty Reduction." *Environment and Urbanization* 20 (2): 307–18.
- Satterthwaite, D., S. Huq, M. Pelling, A. Reid, and R. Lankao. 2007. *Adapting to Climate Change in Urban Areas: The Possibilities and Constraints in Low and Middle Income Countries*. London: International Institute for Environment and Development.
- Seo, J.-K. 2009. "Balanced National Development Strategies: The Construction of Innovation Cities in Korea." *Land Use Policy* 26 (3): 649–61.
- Simms, A., and H. Reid. 2006. *Up in Smoke? Latin America and the Caribbean: The Threat from Climate Change to the Environment and Human Development*. London: Working Group on Climate Change and Development, International Institute for Environment and Development, New Economics Foundation.
- Skees, J. R. 2001. "The Bad Harvest: Crop Insurance Reform Has Become a Good Idea Gone Awry." *Regulation* 24 (1): 16–21.
- Sobrevila, C. 2008. *The Role of Indigenous People in Biodiversity Conservation: The Natural but Often Forgotten Partners*. Washington, DC: World Bank.
- Solomon, S., D. Qin, M. Manning, R. B. Alley, T. Berntsen, N. L. Bindoff, Z. Chen, A. Chidthaisong, J. M. Gregory, G. C. Hegerl, M. Heimann, B. Hewitson, B. J. Hoskins, F. Joos, J. Jouzel, V. Kattsov, U. Lohmann, T. Matsuno, M. Molina, N. Nicholls, J. Overpeck, G. Raga, V. Ramaswamy, J. Ren, M. Rusticucci, R. Somerville, T. F. Stocker, P. Whetton, R. A. Wood, and D. Wratt. 2007. "Technical Summary." In *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, and H. L. Miller. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Sorensen, N., N. van Hear, and P. Engberg-Pedersen. 2003. "Migration, Development and Conflict: State-of-the-Art Overview." In *The Migration-Development Nexus*, ed. N. van Hear and N. Sorensen. New York and Geneva: United Nations and International Organization for Migration.
- Srinivasan, A. 2004. "Local Knowledge for Facilitating Adaptation to Climate Change in Asia and the Pacific: Policy Implications." Working Paper 2004-002, Institute for Global Environmental Strategies, Kanagawa, Japan.
- Stringer, L. C., J. C. Dyer, M. S. Reed, A. J. Dougill, C. Twyman, and D. Mkwambisi. Forthcoming. "Adaptations to Climate Change, Drought and Desertification: Local Insights to Enhance Policy in Southern Africa." *Environmental Science and Policy*.
- Swiss Re. 2007. "World Insurance in 2006: Premiums Came Back to Life." Zurich: Sigma (April).
- Tebtebba Foundation. 2008. *Guide on Climate Change and Indigenous Peoples*. Baguio City, the Philippines: Tebtebba Foundation.
- Theisen, O. M. 2008. "Blood and Soil? Resource Scarcity and Internal Armed Conflict Revisited." *Journal of Peace Research* 45 (6): 801–18.
- Tol, R. S. J. 1998. "Climate Change and Insurance: A Critical Appraisal." *Energy Policy* 26 (3): 257–62.

- Tompkins, E. L., and W. N. Adger. 2004. "Does Adaptive Management of Natural Resources Enhance Resilience to Climate Change?" *Ecology and Society* 9 (2): 10.
- Tuñón, M. 2006. *Internal Labour Migration in China*. Beijing: International Labour Organisation.
- Twomlow, S., F. T. Mugabe, M. Mwale, R. Delve, D. Nanja, P. Carberry, and M. Howden. 2008. "Building Adaptive Capacity to Cope with Increasing Vulnerability Due to Climatic Change in Africa: A New Approach." *Physics and Chemistry of the Earth* 33 (8–13): 780–87.
- UNICEF (United Nations Children's Fund). 2008. *Climate Change and Children: A Human Security Challenge*. Florence: UNICEF.
- United Nations. 2005. *Trends in Total Migrant Stock: The 2005 Revision*. New York: United Nations Population Division, Department of Economic and Social Affairs.
- . 2006. *The State of the World's Refugees: Human Displacement in the New Millennium*. Oxford, UK: United Nations High Commissioner for Refugees.
- . 2007. *Drought Risk Reduction Framework and Practices: Contribution to the Implementation of the Hyogo Framework for Action*. Geneva: United Nations International Strategy for Disaster Reduction.
- . 2008a. *State of the World's Cities 2008/9. Harmonious Cities*. London: Earthscan.
- . 2008b. *World Urbanization Prospects: The 2007 Revision*. New York: United Nations Population Division, Department of Economic and Social Affairs.
- . 2009. *2009 Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction: Risk and Poverty in a Changing Climate*. Geneva: United Nations International Strategy for Disaster Reduction.
- Vakis, R. 2006. "Complementing Natural Disasters Management: The Role of Social Protection." Social Protection Discussion Paper 0543, World Bank, Washington, DC.
- Walker, B., L. H. Gunderson, A. Kinzig, C. Folke, S. Carpenter, and L. Schultz. 2006. "A Handful of Heuristics and Some Propositions for Understanding Resilience in Social-Ecological Systems." *Ecology and Society* 11 (1):13.
- Wang, R., and Y. E. Yaping. 2004. "Eco-city Development in China." *Ambio: A Journal of the Human Environment* 33 (6): 341–42.
- Ward, R. E. T, C. Herweijer, N. Patmore, and R. Muir-Wood. 2008. "The Role of Insurers in Promoting Adaptation to the Impacts of Climate Change." *Geneva Papers on Risk and Insurance Issues and Practice* 33 (1): 133–39.
- WBGU (German Advisory Council on Global Change). 2008. *Climate Change as a Security Risk*. London: Earthscan.
- Welsh Assembly Government. 2008. *Heatwave Plan for Wales: A Framework for Preparedness and Response*. Cardiff, UK: Welsh Assembly Government Department for Public Health and Health Professions.
- White, A., and A. Martin. 2002. *Who Owns the World's Forests? Forest Tenure and Public Forests in Transition*. Washington, DC: Forest Trends and Center for International Environmental Law.
- WHO (World Health Organization). 2005. *Health and Climate Change: The Now and How. A Policy Action Guide*. Geneva: WHO.
- . 2008. *Protecting Health from Climate Change: World Health Day 2008*. Geneva: WHO.
- Wilbanks, T. J., and R. W. Kates. 1999. "Global Change in Local Places: How Scale Matters." *Climatic Change* 43 (3): 601–28.
- World Bank. 2005. *Managing Agricultural Production Risk: Innovations in Developing Countries*. Washington, DC: World Bank.
- . 2006. *Making the New Indonesia Work for the Poor*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008a. *Climate Resilient Cities: A Primer on Reducing Vulnerabilities to Climate Change Impacts and Strengthening Disaster Risk Management in East Asian Cities*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008b. *Environmental Health and Child Survival: Epidemiology, Economics, Experiences*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008c. *Project Appraisal Document: Regional Adaptation to the Impact of Rapid Glacier Retreat in the Tropical Andes*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008d. *Reforming Energy Price Subsidies and Reinforcing Social Protection: Some Design Issues*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008e. *The Caribbean Catastrophe Risk Insurance Facility: Providing Immediate Funding after Natural Disasters*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008f. *World Development Indicators 2008*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008g. *World Development Report 2009. Reshaping Economic Geography*. Washington, DC: World Bank.

- . 2009. *Development and Climate Change: A Strategic Framework for the World Bank Group: Technical Report*. Washington, DC: World Bank.
- World Climate Programme. 2007. *Climate Services Crucial for Early Warning of Malaria Epidemics*. Geneva: World Climate Programme.
- World Economic Forum. 2008. *Building Resilience to Natural Disasters: A Framework for Private Sector Engagement*. Geneva: World Economic Forum, World Bank, and United Nations International Strategy for Disaster Reduction.
- WRI (World Resources Institute), United Nations Development Programme, United Nations Environment Programme, and World Bank. 2008. *World Resources 2008: Roots of Resilience: Growing the Wealth of the Poor*. Washington, DC: WRI.
- Yip, S. C. T. 2008. "Planning for Eco-Cities in China: Visions, Approaches and Challenges." Paper presented at the 44th ISOCARP Congress. The Netherlands.

地球支撑着一张复杂的网。这张网覆盖了 300 万~1 000 万动植物物种¹和更多的微生物物种。人类这个单一物种能够保护或破坏这张网的功能²，这还是第一次。似乎只有少数物种与人类的日常生活有关。提供最基本营养物质的物种只有几十种——人类 20% 的卡路里是从稻米中摄取的³，20% 来自于小麦⁴；少数约几种家畜家禽和猪一起提供了动物蛋白中的 70%，只有 20% 的动物蛋白来自于鱼类，而鱼虾贝类丰富了人们的饮食品种。⁵ 据估计，人类消费了 1/3 转移到植物的太阳能。⁶

人类的福祉依赖于很多物种。它们在功能健全的生态系统中相互作用，起到净化水资源、传授花粉、分解废物、保持土壤肥力、减少水流和极端天气所带来的影响、满足社会文化需求等作用（参见专栏 FB.1）。千年生态系统评估得出结论，在被检查的 24 项生态系统服务中，15 个正在退化或者是不可持续的利用（参见表格 FB.1）。土地利用变更（其中大多数改用于农业或水产养殖）、营养过剩和气候变化是导致生态系统服务退化的主要原因。生态系统服务退化带来的种种恶果集中发生在一些特定的地方，这些

地方贫困人口受到的影响尤其严重，这是由于他们主要直接依靠生态系统服务生存。⁷

对生物多样性和生态系统服务的威胁

在过去的两个世纪，人类已经成为了地球上主要生物灭绝趋势的推动者。由于人类消耗了食物网中的大部分的能量，并且为了促进价值最高作物的扩展，改变了地表覆被的结构，致使物种灭绝速度较之于人类主宰地球之前增加了 100~1 000 倍⁸。在过去的几十年中人们已经意识到了人类

对生物多样性的影响以及这些影响所带来的威胁。很多国家已经实施了不同成效的生物多样性保护项目，一些国际条约和协议也协调各项措施来减缓或阻止生物多样性的损失。

气候变化还带来了另外的一项威胁。过去，通过物种迁移，灭绝和新生，地球的生物多样性适应了气候变化，甚至适应了迅速的气候变化。但是，无论如何努力减缓气候变化，在以后大约一个世纪左右，变化率仍然会继续增长，远远超过以往的速率，而不同于陨星发生后的种群灭绝。举例来说，据估计，在距今 10 000 年前的最近一次冰川期的兴衰中，树木物种迁移的速率每年大约只有 0.3~0.5 千米。这仅仅是下个世纪气候带变化速率的 1/10。⁹ 一些物种能够很快地迁移到一个新的地方，并在那里繁衍，但是还有很多的物种不能够保持下去，特别是在今天这种地貌分散的情况下；伴随着气候变化，生态系统进行剧烈的重组，更多的物种将因此灭绝（参见地图 FB.1）。对物种损失的最乐观的估计显示，温度每升高 1℃，大约 10% 的物种将灭亡。¹⁰ 更多的物种将有大规模减少的风险。¹¹

通过改造土地的活动来缓解气候变化的努力可能会有利于生物多样性和生态系统的保持，也可能进

专栏 FB.1 什么是生物多样性？什么是生态系统服务？

生物多样性包括生命的各种形式。它包括遗传多样性、种群多样性、物种多样性和生态系统多样性。生物多样性增强了生态系统服务，它包括现有利用价值、潜在利用价值（能为后代人提供选择的价值）和内在价值。

物种的数量被当做一个地区多样性的标志，尽管它只粗略地描述了遗传多样性和生态系统相互影响的复杂性。世界上有 500 万~3 000 万的特殊物种。它们中的大部分是微生物，只有 175 万物种被正式地描绘出来。2/3 的多样性在热带。在厄瓜多尔一个 25 公顷的小片土地上的树的种类就比加拿大和美

国所有的树种都要多，它的鸟类及哺乳类的种类是美国和加拿大的一半以上。

生态系统服务是对个人或社会有价值的生态过程或功能。千年生态系统评估将生态系统服务主要划分为五大类：产品，如从土地和水中获得的产品；调节，如控制气候和灾害；维持更新，如养分循环和庄稼的传粉；文化，如给精神文明和娱乐所带来的效益；保持，如维持多样性。

出处：千年生态系统评估 2005；Kraft, Valencia 和 Ackerly 2008；Gitay 等 2002。

表 FB.1 全球各国主要的生态系统服务当前趋势评估

服务	子类别	状态	注释
提供服务			
食物	作物	↑	大幅增产
	畜牧业	↑	大幅增产
	捕鱼业	↓	由于过量捕获而导致产量下降
	水产养殖	↑	大幅增产
	野生食物	↓	产量减少
纤维	木材	+/-	一些地区森林流失，另一些地区增加
	棉、麻、丝	+/-	某些纤维减产，其他增产
	木材燃料	↓	产量减少
基因资源		↓	灭绝和作物基因资源流失
生物化工，天然药物，药品		↓	灭绝或过量使用而减少
淡水		↓	饮用水、工业用水和灌溉用水不可持续；水能总量不变，但大坝能源用量增加
调节服务			
空气质量调节		↓	空气自我清洗能力减弱
气候调节	全球	↑	全球来说，从中世纪以来，生态系统一直是吸收碳的仓库
	地区和地方	↓	优势的负面影响（例如，土地覆盖的变化会影响当地气温和降水）
水调节		+/-	根据生态系统变化和分布而不同
侵蚀调控		↓	土壤退化更严重
水净化与垃圾处理		↓	水质变差
疾病管制		+/-	随生态系统变化而不同
害虫治理		↓	杀虫剂的使用导致天然控制水平降低
授粉		↓	大量传粉全球明显减少
自然灾害调节		↓	自然缓冲变弱（湿地、红树林）
文化服务			
精神和宗教价值		↓	神圣的丛林和物种迅速减少
美学价值		↓	自然土地在数量和质量上都在下降
娱乐和生态旅游		+/-	越来越多地方开发，但许多地方在退化

出处：千年生态系统评估 2005。

一步对其造成威胁。通过重新造林，恢复植被和开展类似减少耕地面积的农业实践将会增加碳汇。这些措施能够创造出一个复杂多样的地貌从而有利于生物多样性的保持。但是计划不周的缓解措施却会适得其反。大坝能为灌溉和能源的生产提供很大的便利，但同时它可能威胁到生物的多样性。因为它直接引起的洪水泛滥和剧烈的变化威胁到了下游河流及其赖以维系的生态系统。

我们能做些什么？

在不断变化的气候条件下，我们必须转移工作重点，积极采取适应性管理措施来保持生态系统的多样性。在某些地方，积极的管理措施表现为进一步提高保护措施以免人为的干扰。而在其余的保护区却需要对种群和生态系统进程进行干预，使这些生态系统进程比现在的更加牢固和实际。在任何情况下我们都要认真

考虑生态系统多样性的价值，这不仅仅是因为气候的变化也因为土地和海洋资源利用的日益激烈的竞争。

这需要一个持续的过程来预测出生态系统在与其他环境因素相互作用的同时如何对气候变化做出反应。有的物种会灭绝，有的能保存下来，有的会迁徙，这样就会形成新的物种组合。预测此类变化的能力将永远不足而且也不尽如人意，所以任何管理行

地图 FB. 1 预计许多生态系统变化会发生在生物多样性不突出的北方或沙漠地区，但仍有大量值得关注的重叠地区



出处：世界报告工作组根据 Myers 等 (2000)，Fischlin 等 (2007)。

注：地图展示了生物多样性热点地区——特殊物种丧失其栖息地后的聚集地（国际会谈和 Myers 等 2000）——和 2000 年相比 2100 年生态系统变化（如政府间气候变化专门委员会在菲施林的展示图 4.3 (a)）的重叠区域，这些变化只是生态系统可变改变范围的指示性标记，包括森林覆盖率、草地、灌木林地，草本覆盖率和沙漠改良的增减。

动都必须在灵活的、具有适应性的框架下进行。

一些物种的损失是不可避免的，一些物种要被迁移到植物园、动物园或种子库中以便保护。有必要将生态系统服务传递过程中的关键物种标示出来，必要时还应当予以积极的管理。在不断变化的气候条件下，对于土地和海洋的预应式管理还是一项相当新而且尚未清楚的进程。有关识别实际管理响应的知识相对不足，因而我们有必要大力分享知识成果、最佳实践和能力建设等成果。

保护区

任何对优先保护区（保护区）的扩大或调整措施都要顺应湿度和土壤在高度和纬度上的梯度变化。扩大和调整保护区的提议有可能会产生土地分配和生物多样性的资源管理在优先次序上产生冲突（比如钱是用于征用土地还是用于积极的栖息地管理）。对此，我们有强有力的工具来选择最优的土地分配方法，从而实现特定的保护目标。这个方法能实现平衡各个竞争需求的目标。¹²

但是仅仅设置保护区不是解

决气候变化问题的方法。在过去的 10 年中，保护区迅速增长，目前已经覆盖了地球 12% 的土地面积。¹³ 但是这些仍然不足以保护生物多样性。在人口压力和土地竞争日益严重的情况下，保护区不可能会有大的增长。这意味着那些高保护价值地区周边和毗邻地区的土地以及管理和依靠这些土地的人们对于在气候变化下的物种的命运起着日益重要的作用。

我们迫切需要一个更加灵活的生物多样性保护战略。这个战略能够考虑各个社会团体的利益。迄今为止，创建保护区最主要的

参与者是非政府组织和中央政府。为了保证维护生物多样性所要求的灵活性,这些基质土地和水的经营者、拥有者、股东都有必要参与到管理中去。这就要求实施一定的激励和补偿措施激励参与者维护基质土地,为物种提供生存场所和廊道。就像已经运用到一些水产业当中的措施,这其中包括增加对环境服务和“栖息地银行”¹⁴的支出,以及对基于权力的资源准入方法的进一步研究。

生物多样性规划和管理

随着气候的变化,我们应该大力发展生态系统生存能力的有效管理计划,来保护水土以及重要的生物栖息地。这些计划包括以下的要求:

- 应对火灾、害虫、营养物质含量等主要胁迫因素的“气候智慧型”管理措施。

- 面对气候变化,改变管理重点的决策程序和启动机制。举例来说,如果一个保护区在很短的时间内遭受两场火灾,从而不可能恢复到原先的栖息环境和价值。这时,我们应该贯彻积极管理使其过渡为其他生态体系结构的计划。

- 将当地居民或直接依赖这些水土资源的人口的利益、权利、贡献纳入规划。

这些预应式计划即使是在发达国家也很少实现。¹⁵加拿大已经采取了一项预应式管理措施来应对其北部地区持续的气温上升。¹⁶其他国家也在概括预应式管理的核心原则:预测变化;管理区域生物多样性,包括保护区及其周围的环境;遇到不可避免风险时确定重点以支持决策。¹⁷但是在世界上很多地区,生物多样性的管

理仍然不足。1999年,国际自然保护联盟测定出在10个发展中国家里,基本符合要求的保护区不足1/4,超过10%的保护区已经完全退化了。¹⁸

以社区为基础的保护区

我们可以大规模采用以社区为基础的保护方案。这些项目旨在增加当地人对自然资源的使用权和管理权,允许最接近自然资源的人口在分担保护成本(如野生动物对庄稼的毁坏)的同时也可以分享它带来的利益。但是这样的项目并不是灵丹妙药,我们需要加大努力来设计有效的方案。

在发展中国家,社区参与对于成功保护生物多样性必不可少,但是长期的成功实践(如在哥斯达黎加和巴西出现的海龟蛋大丰收)寥寥无几。¹⁹显然,某些因素促进了一些区域性项目,如南非的野生动物保护项目的成功。这些因素包括:政府稳定,资源价值高(标志性的野生生物);能够支撑出口导向型资源利用的强大经济(包括旅游和狩猎);人口密度低;地方良治和政府缓解歉收年景的社会保障政策。但是即使这些条件都满足了,在某些国家,穷人从中得到的利益也往往得不到增长。²⁰

海洋生态系统管理

有效的土地管理也有益于海洋生态系统。由陆地径流引起的沉淀和富营养化现象降低了珊瑚礁等海洋生态系统的恢复能力。²¹而这些珊瑚礁的经济价值往往比那些影响它们的农业用地的经济价值要高。²²

对于渔业来说,管理生物多样性的主要工具是基于生态系统

的渔业管理²³。它和沿海地区(包括海洋保护区)管理结合在一起,²⁴并使国际合作遵循海洋法。²⁵人们认为,渔业危机重重,渔业管理不善责无旁贷。²⁶但是我们已经知道了渔业管理的基本需要。通过减少过量捕捞和捕鱼强度,使其达到可持续发展的水平,气候变化能为实施改革提供额外推动力。²⁷我们必须实施一项可持续的,可以长期获益的战略。这项战略评估开采存量时,与参照点相比较。这些参考点考虑了不确定因素和气候变化。²⁸渔业可持续发展的主要挑战是将高水平的政策目标转变为实际行动。²⁹

生态系统服务补偿

一个时期以来,生态系统服务补偿被视为取得保护自然资源、提供生态系统服务众多成果的有效而公正的方法。兹举例如下:为上流土地管理者提供补偿,促使他们以保护生态系统服务的方式(如保证水流清洁)管理水域;与周边财产因禁猎而遭遇损失的土地所有者分享保护区的收益;最近为土地所有者增加或维护其土地的碳存量的行为予以补偿。专栏FB.2提供了保护自然资源和碳截存的多样服务的例子。

经验表明,由于服务提供之后才能获得补偿,和类似的政府出资项目相比,用户资助的方案更适合当地需求,监控和实施也更有效。³⁰

《联合国气候变化框架公约》正在研究的“减少毁林及森林退化造成的碳排放”(简称REDD)可能为资源保护和改良土地管理追加补偿支付提供了一个巨大契机。REDD通过对减少森林砍伐和森林退化的国家提供补偿支付来降低

专栏 FB.2 生态系统和减排服务的补偿

两种成功的补偿规划包括“摩尔多瓦土壤保护”项目和玻利维亚 Los Negros 山谷的“鸟类保护和分水岭保护”项目。二者均由“世界银行生物碳基金会”资助。在摩尔多瓦，20 000 公顷国有或公有的已退化侵蚀的农业用地正在重新造林，减少土壤侵蚀并为当地社区提供林业产品。预计到 2017 年为止，该项目截留大约 250 万

吨的二氧化碳当量。在玻利维亚，住在 Amboró 的国家公园附近的农民因为保护分水岭（包括 11 种受到威胁的候鸟生活的雾林自然环境）而得到补偿。这既有利于当地的生物多样性也有利于旱季水供应。

出处：世界银行碳财部门。

排放量。这些支出可能是一项改善的清洁发展机制进程中基于市场的机制的一部分，它们也可能来自一项新型金融机制的非市场性质支出。这项新型金融机制不与排放承诺机制紧密联系。REDD 的挑战在于它的施行，第 6 章将对其进行详细讨论。

如果 REDD 保护高碳储量和森林砍伐风险的生物多样性地区，它就能对保护生物多样性和缓解气候变化做出巨大贡献。已经存在识别这种地区的技术，并且该技术可以用来指导资金配置³¹（参见地图 FB.2）。

在气候变化的条件下有效应对对生态系统不断变化的影响和竞争性使用，政府将有必要引进有力的、与当地情况相适应的政策、措施和激励机制来改变根深蒂固的行为方式，其中有些行为方式还是非法的。这些行动将会与一些社区的偏好背道而驰，所以适当的管理和鼓励措施之间的平衡至关重要。REDD 对居住在森林地区的居民和社区有潜在利益，但是为了取得这些利益，必须满足一些条件。例如，如果地方居民的身份和权利不被认可或者他们对土地、区域和资源的权利得不

到保障时，他们不可能从 REDD 中获益（参见专栏 FB.3）。以社区为基础的自然资源管理活动的经验表明，当地居民，包括土著居民参与，自然资源监控可以为森林生物量和自然资源趋势提供精确的、有成本效益的、适应当地的可靠信息。

以生态系统为基础的适应

“硬性”适应措施，比如建造海岸防护墙，河堤和水坝来控制河道水流，都对生物多样性造成威

胁。³² 适应目标经常通过对生态系统更好的管理来实现，而不是通过物理和工程干预来实现。例如，海岸生态系统作为对抗狂风巨浪的缓冲带比海堤更加有效。其他可选择的方法包括管理水库和河滩来调节下游水流或者引进气候适应能力强的农业生态系统和陆地畜牧业来支持健全的维生手段。

以生态系统为基础的适应旨在通过对生态系统的保护、修复和管理来提高人们应对气候变化的恢复力并降低脆弱性。当我们把它纳入适应战略整体时，它有助于提高适应的成本效益，并产生社会效益。

除了对适应产生直接效益外，以生态系统为基础的适应活动也可以为人类、生物多样性和减排带来间接效益。例如，为海岸线提供保护并使其免于狂风巨浪袭击的红树林系统的修复同时也可以增加捕鱼的机会，并能固碳。以生态系统为基础的适应选择总比建立在基础设施和工程上的选择更容易被农村贫困人口、妇女

专栏 FB.3 《土著人民气候变化宣言》摘录

“减少毁林及森林退化造成的碳排放”（REDD）中的所有倡议必须保障土著人民对自身权益的认知和实现，包括土地所有制的安全性，在采取任何行动之前按照传统方式、用途、习惯法对土地权益的认可，以及森林对气候、生态系统和人类多重效益的认可。（第五款）

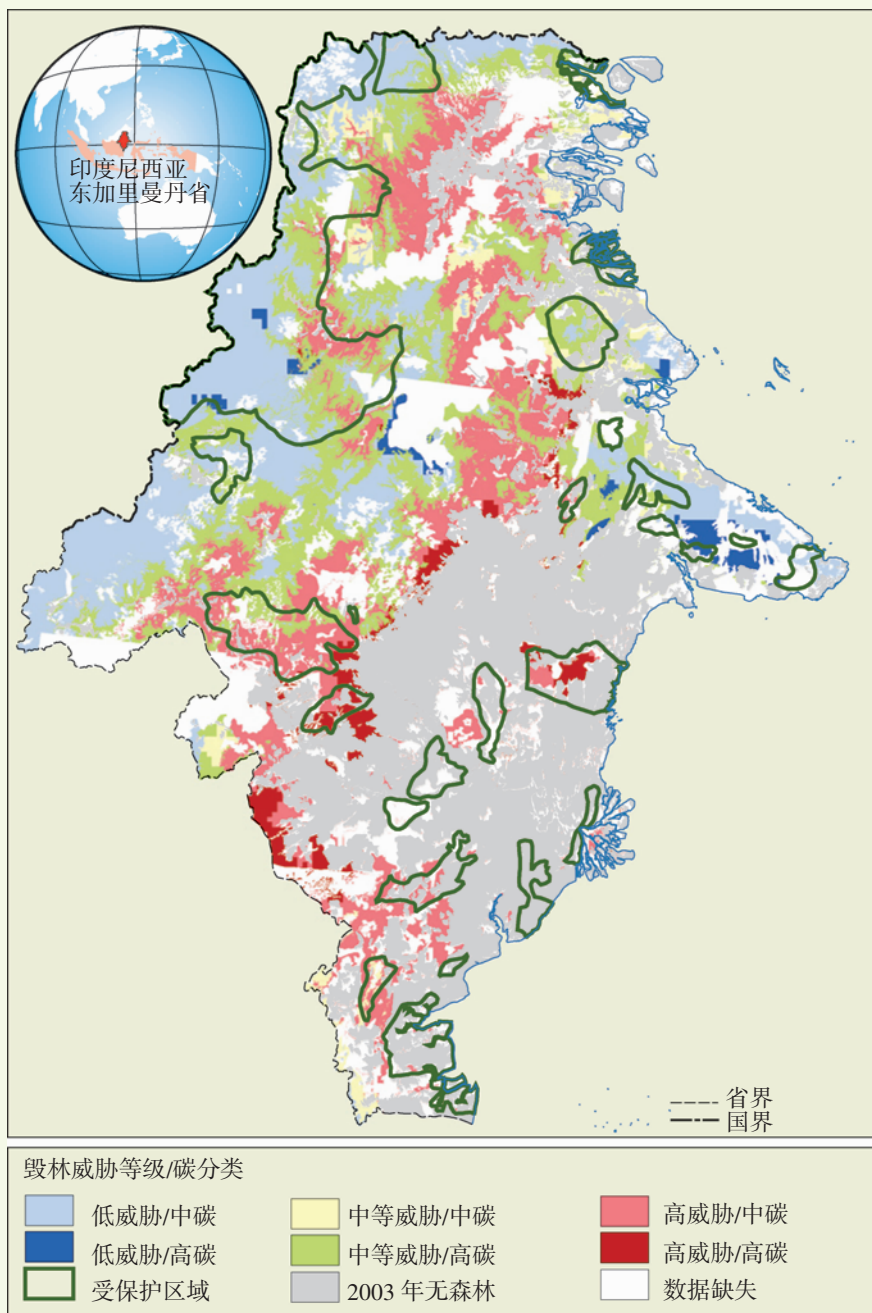
“我们呼吁发达国家和发展中国家的适度规模融资，我们呼吁创立一项基金，使土著居民能够全面有效参与包括适应、减排、监控和适宜技术转让在内的气候过程，从而促进权力下放，能力建设和教育。我们强烈敦促

相关的联合国机构促进和资助土著青年和妇女的参与、教育和能力建设，确保他们参与到所有与气候变化有关的国际和国内进程。”（第七款）

“假如我们作为代际知识保护人的基本权利得到完全承认和尊崇，我们愿意与全人类共享我们与气候变化相关的传统知识、创新型新方法和实践行动。我们再次重申集体行动刻不容缓。”（结尾段）

该宣言发表于 2009 年 4 月 24 日在安克雷奇举行的“土著人民气候变化全球峰会”。

地图 FB. 2 REDD 机制应该首先关注面临毁林高风险、碳储量高的未受保护区域



出处: Brown 等 1993; Harris 等 2009。

注: 最近一项关于印度尼西亚东加里曼丹地区的研究使用的是 GEOMOD 和印度尼西亚热带森林的碳存量数据, 从而确认最适合 REDD 活动的地区。地图显示毁林风险最高的地区也是碳存量高的地方。现有或拟保护区覆盖图可以让决策者确定直接财政投资地区, 以及在 REDD 机制下全力以赴, 以获得最大利益, 即深红色 (高威胁/高碳) 地区, 不包括现有保护区的界线。

和其他弱势群体所利用。和以社区为基础的适应方法一样, 以生态系统为基础的适应建立在有效的地方知识和需求上。

以生态系统为基础的适应可

能需要优先考虑一些生态系统服务, 同时以牺牲其他生态系统服务为代价。例如, 利用湿地来保护海岸可能需要将重点放在泥沙的堆积和稳固上, 可能以野生

物和娱乐休闲为代价。用高密度的灌木林巩固斜坡是一个高效的以生态系统为基础的适应。它可以在天气变化的情况下增加降雨强度。然而, 气候变化导致降雨模式变化多端。在与此相关的干旱时期, 斜坡可能遭遇野火, 从而毁坏灌木, 导致适应目标的灾难性逆转。而且, 这经常与在气候变化下日益改变的降雨形式有关。所以, 必须对以生态系统为基础的适应进行风险评估和成本效益评估。

注释

1. McGinley 2007。
2. Vitousek 等 1999。
3. Fitzgerald, McCouch 和 Hall 2009。
4. Brown 2002。
5. 世界卫生组织和联合国粮农组织 2009。
6. Haberl 1997。
7. 千年生态系统评估 2005。
8. Lawton 和 May 1995。
9. England 等 (2004) 估算大约从 8 000 年以前的最后一个冰川时代开始, 冰川平均每年退缩 0.1 千米, 最终给物种快速迁移至极地带来了约束。
10. 生物多样性公约 2009; Fischlin 等 2007。
11. Foden 等 2008。
12. Bode 等 2008; Joseph, Maloney 和 Possingham 2008; McCarthy 和 Possingham 2007。
13. 联合国环境规划署—世界保护与监测中心 2008。
14. 这是交易保护价值高的土地的一种形式。一些拥有这种土地的所有人选择将它们存到“生境银行”。如果需要损坏这种土地, 例如兴建高速公路, 那么项目人员就需要从银行购买相同的保护价值高的土地权利。
15. Heller 和 Zavaleta 2009。
16. Welch 2005。
17. Hannah 等 2002; Hannah, Midgley 和 Miller 2002。

18. Dudley 和 Stolton 1999。
19. Campbell, Haalboom 和 Trow 2007。
20. Bandyopadhyay 和 Tembo 2009。
21. Smith, Gilmour 和 Heyward 2008。
22. Gordon 2007。
23. FAO 2003; FAO 2005; Stiansen 等 2005。
24. Halpern 2003; Harmelin-Vivien 等 2008。
25. Lodge 等 2007。
26. Cunningham 和 Bostock 2005。
27. OECD 2008; World Bank 2008。
28. Beddington, Agnew, 和 Clark 2007。
29. FAO 2003; FAO 2005; ICES 2008a; ICES 2008b。
30. Wunder, Engel, 和 Pagiola 2008。
31. Brown 等 1993; Harris 等 2009。
32. 这部分节选自技术专家组为生物多样性公约和《联合国气候变化框架公约》组织的 2009 年生物多样性和气候变化会议的准备材料。
- ### 参考文献
- Bandyopadhyay, S., and G. Tembo. 2009. "Household Welfare and Natural Resource Management around National Parks in Zambia." Policy Research Working Paper Series 4932, World Bank, Washington, DC.
- Beddington, J. R., D. J. Agnew, and C. W. Clark. 2007. "Current Problems in the Management of Marine Fisheries." *Science* 316 (5832): 1713–16.
- Bode, M., K. A. Wilson, T. M. Brooks, W. R. Turner, R. A. Mittermeier, M. F. McBride, E. C. Underwood, and H. P. Possingham. 2008. "Cost-Effective Global Conservation Spending Is Robust to Taxonomic Group." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (17): 6498–501.
- Brown, S., L. R. Iverson, A. Prasad, and L. Dawning. 1993. "Geographical Distribution of Carbon in Biomass and Soils of Tropical Asian Forests." *Geocarto International* 4: 45–59.
- Brown, T. A. 2002. *Genomes*. Oxford: John Wiley & Sons.
- Campbell, L. M., B. J. Haalboom, and J. Trow. 2007. "Sustainability of Community-Based Conservation: Sea Turtle Egg Harvesting in Ostional (Costa Rica) Ten Years Later." *Environmental Conservation* 34 (2): 122–31.
- Convention on Biological Diversity. 2009. *Draft Findings of the Ad Hoc Technical Expert Group on Biodiversity and Climate Change*. Montreal: Convention on Biological Diversity.
- Cunningham, S., and T. Bostock. 2005. *Successful Fisheries Management. Issues, Case Studies and Perspectives*. Delft, The Netherlands: Eburon Academic Publishers.
- Dudley, N., and S. Stolton. 1999. "Conversion of Paper Parks to Effective Management: Developing a Target." Paper presented at the Joint Workshop of the IUCN/WWF Forest Innovations Project and the World Commission on Protected Areas in association with the WWF-World Bank Alliance and the Forests for Life Campaign. June 14. Turrialba, Costa Rica.
- England, J. H., N. Atkinson, A. S. Dyke, D. J. A. Evans, and M. Zreda. 2004. "Late Wisconsinan Buildup and Wastage of the Innuitian Ice Sheet across Southern Ellesmere Island, Nunavut." *Canadian Journal of Earth Sciences* 41 (1): 39–61.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2003. "The Ecosystem Approach to Fisheries: Issues, Terminology, Principles, Institutional Foundations, Implementation and Outlook." Fisheries Technical Paper 443, FAO, Rome.
- . 2005. *Putting Into Practice the Ecosystem Approach to Fisheries*. Rome: FAO.
- Fischlin, A., G. F. Midgley, J. T. Price, R. Leemans, B. Gopal, C. Turley, M. D. A. Rounsevell, O. P. Dube, J. Tarazona, and A. A. Velichko. 2007. "Ecosystems, Their Properties, Goods and Services." In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. M. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, and C. E. Hanson. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Fitzgerald, M. A., S. R. McCouch, and R. D. Hall. 2009. "Not Just a Grain of Rice: The Quest for Quality." *Trends in Plant Science* 14 (3): 133–39.
- Foden, W., G. Mace, J.-C. Vie, A. Angulo, S. Butchart, L. DeVantier, H. Dublin, A. Gutsche, S. Stuart, and E. Turak. 2008. "Species Susceptibility to Climate Change Impacts." In *The 2008 Review of the IUCN Red List of Threatened Species*, ed. J.-C. Vie, C. Hilton-Taylor, and S. N. Stuart. Gland, Switzerland: International Union for Conservation of Nature.
- Gitay, H., A. Suarez, R. T. Watson, and D. J. Dokken, eds. 2002. *Climate Change and Biodiversity*. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva.
- Gordon, I. J. 2007. "Linking Land to Ocean: Feedbacks in the Management of Socio-Ecological Systems in the Great Barrier Reef Catchments." *Hydrobiologia* 591 (1): 25–33.
- Haberl, H. 1997. "Human Appropriation of Net Primary Production as an Environmental Indicator: Implications for Sustainable Development." *Ambio* 26 (3): 143–46.
- Halpern, B. S. 2003. "The Impact of Marine Reserves: Do Reserves Work and Does Reserve Size Matter?" *Ecological Applications* 13 (1): S117–37.
- Hannah, L., T. Lovejoy, G. Midgley, W. Bond, M. Bush, J. Lovett, D. Scott, and F. I. Woodward. 2002. "Conservation of Biodiversity in a Changing Climate." *Conservation Biology* 16 (1): 264–68.
- Hannah, L., G. Midgley, and D. Miller. 2002. "Climate Change-Integrated Conservation Strategies." *Global Ecology and Biogeography* 11 (6): 485–95.
- Harmelin-Vivien, M., L. Le Direach, J. Bayle-Sempere, E. Charbonnel, J. A. Garcia-Charton, D. Ody, A. Perez-Ruzafa, O. Renones, P. Sanchez-Jerez, and C. Valle. 2008. "Gradients of Abundance and Biomass across Reserve Boundaries in Six Mediterranean Marine Protected Areas: Evidence of Fish Spillover?" *Biological Conservation* 141 (7): 1829–39.
- Harris, N. L., S. Petrova, F. Stolle, and S. Brown. 2009. "Identifying Optimal Areas for REDD Intervention: East Kalimantan, Indonesia, as a Case Study." *Environmental Research Letters* 3:035006, doi:10.1088/1748-9326/3/3/035006.
- Heller, N. E., and E. S. Zavaleta. 2009. "Biodiversity Management in the Face of Climate Change: A Review of 22 Years of Recommendations." *Biological Conservation* 142 (1): 14–32.
- ICES (International Council for the Exploration of the Sea). 2008a. *ICES Advice*

- Book 9: Widely Distributed and Migratory Stocks*. Copenhagen: ICES Advisory Committee.
- . 2008b. *ICES Insight Issue No. 45*. Copenhagen: ICES.
- Joseph, L. N., R. F. Maloney, and H. P. Possingham. 2008. "Optimal Allocation of Resources among Threatened Species: A Project Prioritization Protocol." *Conservation Biology* 23 (2): 328–38.
- Kraft, N. J. B., R. Valencia, and D. D. Ackery. 2008. "Functional Traits and Niche-Based Tree Community Assembly in an Amazonian Forest." *Science* 322 (5901): 580–82.
- Lawton, J. H., and R. M. May. 1995. *Extinction Rates*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Lodge, M. W., D. Anderson, T. Lobach, G. Munro, K. Sainsbury, and A. Willock. 2007. *Recommended Best Practices for Regional Fisheries Management Organizations*. London: Chatham House for the Royal Institute of International Affairs.
- McCarthy, M. A., and H. P. Possingham. 2007. "Active Adaptive Management for Conservation." *Conservation Biology* 21 (4): 956–63.
- McGinley, M. 2007. *Species Richness*. Washington, DC: Encyclopedia of Earth—Environmental Information Coalition, National Council for Science and Environment.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis Report*. Washington, DC: World Resources Institute.
- Myers, N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. B. da Fonseca, and J. Kent. 2000. "Biodiversity Hotspots for Conservation Priorities." *Nature* 403: 853–58.
- OECD (Organisation for Economic Cooperation and Development). 2008. *Recommendation of the Council on the Design and Implementation of Decommissioning Schemes in the Fishing Sector*. Paris: OECD.
- Smith, L. D., J. P. Gilmour, and A. J. Heyward. 2008. "Resilience of Coral Communities on an Isolated System of Reefs following Catastrophic Mass-Bleaching." *Coral Reefs* 27 (1): 197–205.
- Stiansen, J. E., B. Bogstad, P. Budgell, P. Dalpadado, H. Gjosaeter, K. Hiis Hauge, R. Ingvaldsen, H. Loeng, M. Mauritzen, S. Mehl, G. Ottersen, M. Skogen, and E. K. Stenevik. 2005. *Status Report on the Barents Sea Ecosystem 2004–2005*. Bergen, Norway: Institute of Marine Research (IMR).
- UNEP-WCMC ((United Nations Environment Program—World Conservation Monitoring Center). 2008. *State of the World's Protected Areas 2007: An Annual Review of Global Conservation Progress*. Cambridge, UK: UNEP-WCMC.
- Vitousek, P. M., H. A. Mooney, J. Lubchenco, and J. M. Melillo. 1999. "Human Domination of Earth's Ecosystems." *Science* 277 (5325): 494–99.
- Welch, D. 2005. "What Should Protected Area Managers Do in the Face of Climate Change?" *The George Wright Forum* 22 (1): 75–93.
- WHO and FAO (World Health Organization and Food and Agriculture Organization). 2009. "Global and Regional Food Consumption Patterns and Trends." In *Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases*. Geneva and Rome: WHO and FAO.
- World Bank. 2008. *The Sunken Billions: The Economic Justification for Fisheries Reform*. Washington, DC: World Bank and FAO.
- Wunder, S., S. Engel, and S. Pagiola. 2008. "Taking Stock: A Comparative Analysis of Payments for Environmental Services Programs in Developed and Developing Countries." *Ecological Economics* 65 (4): 834–52.



有效管理供养 90 亿人口的土地和水资源以及保护自然系统

气候变化已经影响到了社会赖以获取食物、燃料、纤维和许多其他服务的自然受管系统——森林、湿地、珊瑚礁、农业和渔业。它会降低许多地区的农业产出，使世界难以满足增长的食物需求。当世界面临陆地、水、生物多样性、鱼和其他自然资源的剧烈竞争的时候，气候变化问题也随之凸显出来。同时，世界将面临把农业、森林采伐、土地使用变更和森林退化等问题带来的温室气体减少 30% 的压力。

为满足竞争要求，减少面对气候变化的脆弱性，世界需要平衡从自然资源中生产更多东西和保护这些资源之间的关系。这就意味着提高水、土地、森林、渔业和生物多样性管理效率以获得社会所需的产品和服务，同

时避免因过度使用、污染和侵占造成的资源退化。

必须提高用水效率。为了达到这个目的，管理人员需要立足整个流域进行思考，设计出有效灵活的方法分配人类用水的数量和质量（如能源、农业、渔业和城市消费），以及健康的生态系统使用水的数量和质量（如森林、湿地和海洋）。

世界各国同样需要它们农业产量的增加。从 20 世纪 60 年代开始，重要农产品产量的增长率就一直下降。面对气候变化，如果世界想要满足食品的需求，就必须扭转这个趋势。尽管模型多种多样，但是所有的模型都显示需要显著提高生产率。¹ 我们不能像过去那样，以土壤、水或者生物多样性为代价来提高生产率。所以各国需要加快研究、加强推广服务，提高市场基础设施水平，将农产品推向市场。但是，各国同样需要给予农民激励以减少土壤和森林采伐造成的碳排放。各国还需要帮助农民抵御气候的不可预测性，主要途径包括让农民的收入来源和作物基因特点多样化，以及更好地将生物多样性整合到农业系统之中。

采取气候智能的做法取决于更好地管理生物多样性——将自然栖息地

主要内容

我们需要生产足够的粮食来养活全世界不断增长的人口，但气候变化使得实现这一目标变得更难了。气候变化还将改变水资源的时间、水源及水质。为了避免侵害已然不堪重负的生态系统，各国必须将目前的农业生产率的增长速度提高一倍，同时尽可能地减轻由此引起的环境破坏。这就需要我们以不懈的努力来推广已经掌握但未受重视的做法、确定能够经受气候冲击的作物品种搭配、使农村拥有更多的谋生手段、改善林业和渔业管理，并对信息系统进行投资。各国需要通过合作来管理共享的水资源和促进食品贸易。保证基本政策的正确性非常重要，而新的技术和做法也正在出现。财政激励措施会有所帮助。一些国家正在将对农业的补贴转用于对环保行动的支持。另外，利用树木和土壤储存碳信用额度有助于达到减排和水土保持目标。

整合到农业系统中，保护湿地，保持地下蓄水层储备的水资源。各国越来越多地使用提高土壤和水生产率的技术。但是，要使创新产生成果，我们的决策必须基于可信赖的跨部门分析，并且使用者有来自政策、制度和市场状况的正确的激励措施。

许多自然资源是跨国界的。气候变化使得资源管理变得更加困难。人口的增长增加了需求，各国需要加强合作，共同管理国际水、森林和渔业资源。所有国家将更多地将注意力转向国际农业市场，并将受益于许多措施（例如，贮备管理，更有竞争性的采购技术，海关和港口物流）。这些措施提高了食物贸易的可靠性和效率。

气候变化也凸显了自然资源信息的重要性。在变化性和不确定性更强的气候条件下，利害关系更大，决策也更复杂，在此形势下，传统信息和现代信息，国际信息和地方信息都将产生高额回报。信息为资源管理、食品生产和有效的贸易提供支持。如果社会能够提供来源可信的信息，并且使信息传递给使用者（从国际江河流域地方政府到田间的农民），使用者能够做出更为明智的选择。

这些解决方案中的诸多内容在自然资源文献中都已经倡导很久了，但是产生成果却缓慢得令人沮丧。但是，下述三个新的因素能够提供新的激励。这些因素都与气候变化相关。第一，气候冲击和需求的增长会推动食品价格增长，进而推动创新，提高生产率。第二，可能会扩大碳市场，付钱给农民将碳存在土壤里。该措施会产生保护森林以及采取更多可持续耕作技术的动因。这些技术还没有在必要的规模上得到证实，但其潜力是巨大的，对于农业生产率和减贫的附加益处也是巨大的。如果碳价格足够高的话，源自农业的全球减排就能相当于能源

部门的减排了（参见概述，专栏 8）²。第三，各国可以改变他们支持农业的方式。富裕的国家每年提供 2 580 亿美元支持农业³，多于半数的钱取决于作物的产量或者投入的大小。尽管存在政治有阻力，各国开始改变补贴的条款以鼓励在一个大范围内实施气候智能型措施。

本章首先讨论了在国家的层面上如何提高农业和渔业生产率，并且更有效地保护自然资源。接下来讨论了如何支持国家行动，强调国际合作以及信息在全球和地区层面上的重要作用。最后重点讨论了激励措施如何推进有利实践的贯彻实施，如何帮助社会平衡增产的需要和更好地保护自然资源之间的关系。

实施自然资源管理的根本原则

一个详尽的文献建议加强影响人们管理农业、水产养殖和健康生态体系的政策和制度。有些措施能够提高所有部门的生产率，同时长期保护生态平衡。没有一种方法能够独自起作用。任何方法都需要其他方法的支持才能有效运作。任何方法的改变都可能改变整个系统。

有些主题跨越部门、气候和不同收入群体反复出现。

- 创新型决策工具能够让使用者确定不同行为对自然资源的影响。

- 研发新技术并且让它们和当地情况相适应，以此提高资源管理能力，正如咨询服务能够帮助客户知道他们有多少种不同的选择一样。

- 产权激励使用者保护或者投资资源。

- 给资源定价是一种反映资源全部价值的方法，激励人们提高资源的使用效率。

● 规管制度完善的市场对于农业和自然资源的功能非常重要。基础设施同样重要，这样制造商能够有效地进入市场。

● 有效的制度对于制定和执行规则非常重要。

● 在所有层面上，信息都使得使用者和管理者能够做出更好的选择。

如同本章所论，这些基本原则适用于水、农业和渔业。

想要了解这些动因如何激励一个特定社区，我们以摩洛哥乌姆赖比阿河流域平原上的农民为例。工程师设计了一个可行的滴灌系统，该系统能够使农民从他们得到的水中获得更高的收益（通过提高产出或者转向价值更高的作物）。经济学家计算出这是可以赢利的。水文学者计算出在不忽视环境需求的同时，他们能够保证分配给农民的用水量。社会学者与农民谈话，并且发现他们中80%的人想要投资于这项技术。营销专家和有意购买新作物的农产品加工商沟通过。政府愿意支付一大部分钱。但是即使这样，推动技术进展仍然困难重重。

除非多数农民愿意将滴灌装置安装在他们的农田里，否则在大坝和农田之间安装改良新管道是不值得的。然而，农民必须确定真的会铺设新管道，水真的会在其中流动才愿意缴纳定金。他们也需要新系统的使用信息。过去，灌溉机构为农民提供建议，现在正日益将咨询服务承包给私人公司。灌溉机构必须找到这些公司，与它们签署合同并且监督这些公司——这些工作需要许多不同的技能。而农民需要信任这些新的顾问。

农民选择种植糖料作物和小麦，部分原因在于政府的价格支持，这就降低了他们转向高价值水果和蔬菜等其他作物的积极性。如果国际贸易协议能够保证新作物的可靠市场，农民

可能做出改变。但是由于路况不好、缺少冷冻运输和现代化包装设备，果蔬产品在到达目的地之前已经腐烂。

良好的新咨询服务将使农民了解如何转向出口果蔬产品生产以提高自己的收入。推广服务能帮助他们组织欧洲的购买者，与购买者互动。新的基础设施（可靠的称重站、冷藏设施）会使承担作物转换的风险成为可能。如果农民能够从他们信赖的来源得到信息，知道他们的行为会对地下蓄土层产生何种影响，他们作为一个群体会决定更负责地使用水资源。如果流域机构有新的计划工具，它能够根据不同用户（包括环境）的优先顺序更有效地分配水资源。在长期，新的举措为土壤中的碳定价，或者改变水的分配，这可能产生激励，激励农民使用不同的土地管理方法种植作物。过程中的每一步都切实可行，长远来看每一个参与者都将受益。这个挑战来自于协调多个机构并且长时间坚持将事情做到底。

自然资源不能分别管理，在气候变化的情况下尤其如此。我们需要新的方法将水、农业、森林和渔业纳入更大的环境之中，产生一系列关联的结果。在某些社区里，农民已经开始减少化肥的使用量来保护水生生态系统，渔业管理者开始考虑为一个物种制定捕捞限度如何对其他物种产生影响。这些管理工具名称不一：基于生态系统的管理、综合土壤肥力管理、适应性管理，等等。但是所有的管理工具都具备如下重要特征：它们协调许多不同的变量（更大的系统、更长的时间框架以及根据经验学习），而这些变量比传统的方法要多。他们强调，为保证建议的准确性、选址确切并适应不断变化的状况，需要得到有关被管理资源的可靠信息。由于气候变化性不断提高，气候变化降低了生态系

统响应的可预测性。资源管理者需要用稳健的计划应对不确定性，需要考虑到在不同条件下、不同行动所产生的各种潜在后果。

适应性管理（如同第 2 章所述）需要应用于资源管理的各个层面。个体农民能够监测土地，在不损害生态系统的情况下根据当地的土壤、水、气候和作物的状况调整化肥的使用量。农村社区能够根据他们每年从地下水中安全汲取的用水量调整他们的种植选择，蓄水层只是抵御旱灾的保证，干旱时期转向蓄水层，从中汲水。政策制定者可以使用稳健的政策制定工具制定

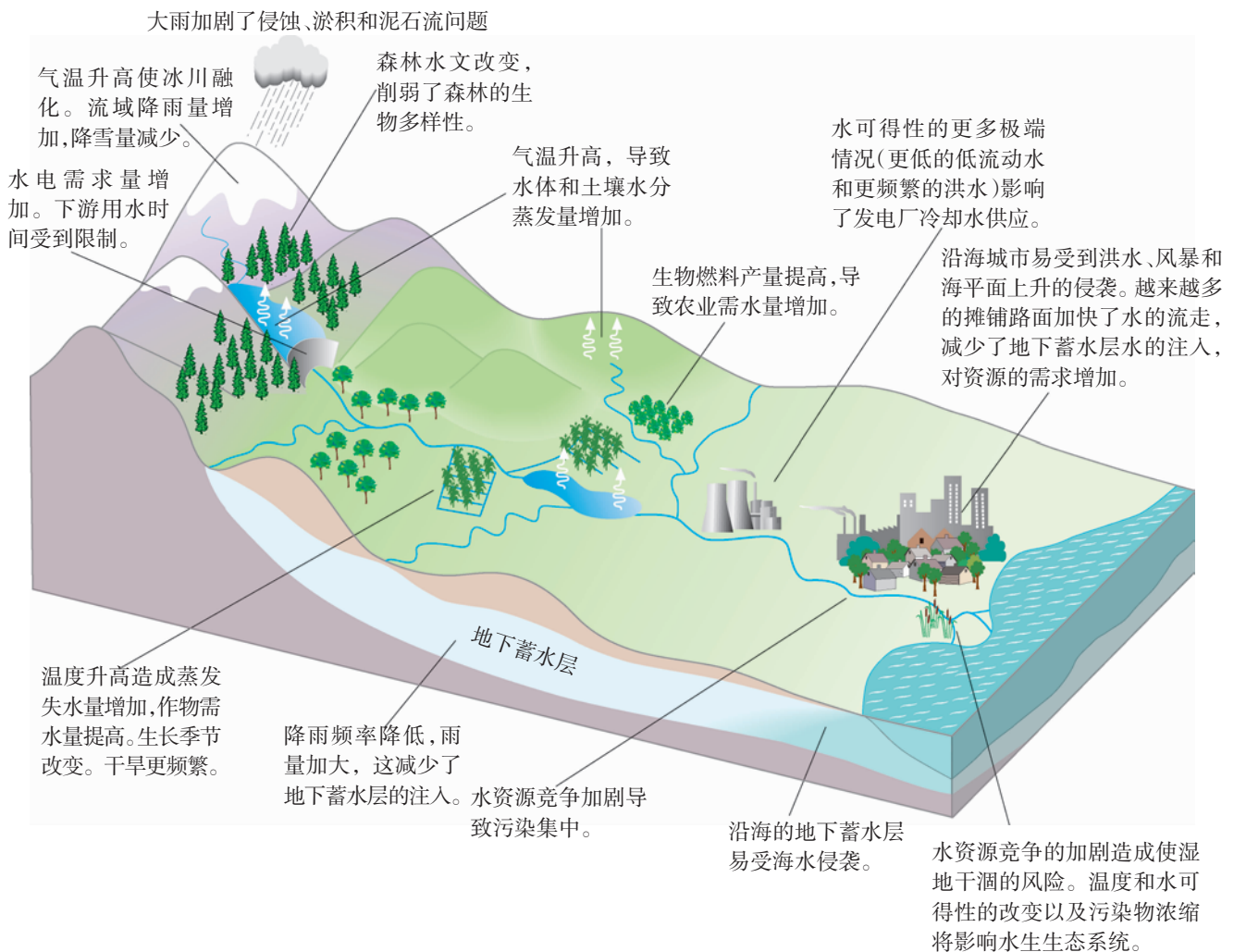
更有弹性的国际协议，以分享资源。本章提供应用新的工具和技术的细节来管理水、农业和渔业，并倡导系统方法应对这三个领域的气候变化。

提高水资源生产率，更好地保护水资源

气候变化提高了管理世界水资源的难度

人们将通过水资源感受到气候变化的许多影响。整个水循环将受到影响（参见图 3.1）。随着变暖加快水文

图 3.1 整个水循环将感受到典型江河流域的气候变化



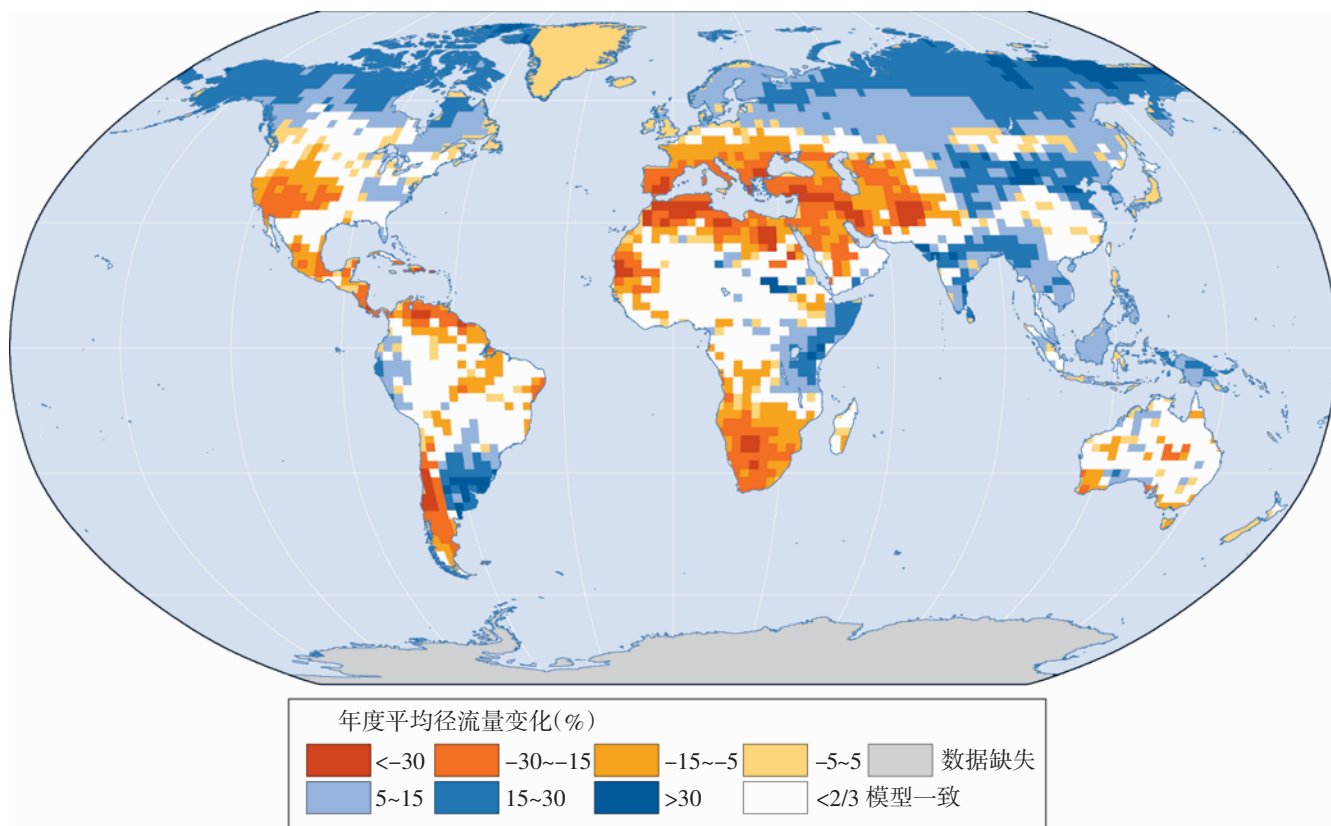
出处：世界发展报告工作组基于世界银行的研究，待出版；Bates 等 2008。

循环，世界作为一个整体将变得更为湿润，同时蒸发会使得干旱的情况更为普遍（参见地图3.1）。多数地方的降雨强度增加，降雨更加多变，通常在两次降水之间会有更长的干旱时期（参见图3.2）。⁴降雨对人类活动和自然系统的影响将分布更广。现在需要冰川和融雪的地区最初会有更多的淡水，但是随着时间的推移淡水供应将降低。⁵这个改变非常快，并且不可预测，以至于传统的农业和水资源管理的方法都不再奏效。这种情况已经出现在秘鲁科迪勒拉布兰卡的当地社区中，面对非常快的改变，农民的传统做法已然失效。政府和科学家正在和农民合作，试图帮助他们找到新的解

决方案。⁶

丰富关于世界水资源的知识会改善管理。为管理好水资源，关键在于了解每个流域可用水的数量及其用途。这听起来似乎很简单，但事实并非如此。联合国《世界水资源发展报告》称：“没有几个国家知道有多少水正在使用，做什么用途，现在可用水的数量和质量如何，减少多少数量、降低多少质量是否会产生严重的环境后果，多少钱正投资于水基础设施。”水的账目是复杂的。⁷定义和方法都不同，不确定的情况很常见。比如，太平洋学会在2007年认为阿拉伯埃及共和国每年可再生的水资源是86.8立方千米，而地球趋势报告则认为是58立方千

地图3.1 预计到21世纪中期世界许多地区的水资源可得性会发生急剧改变

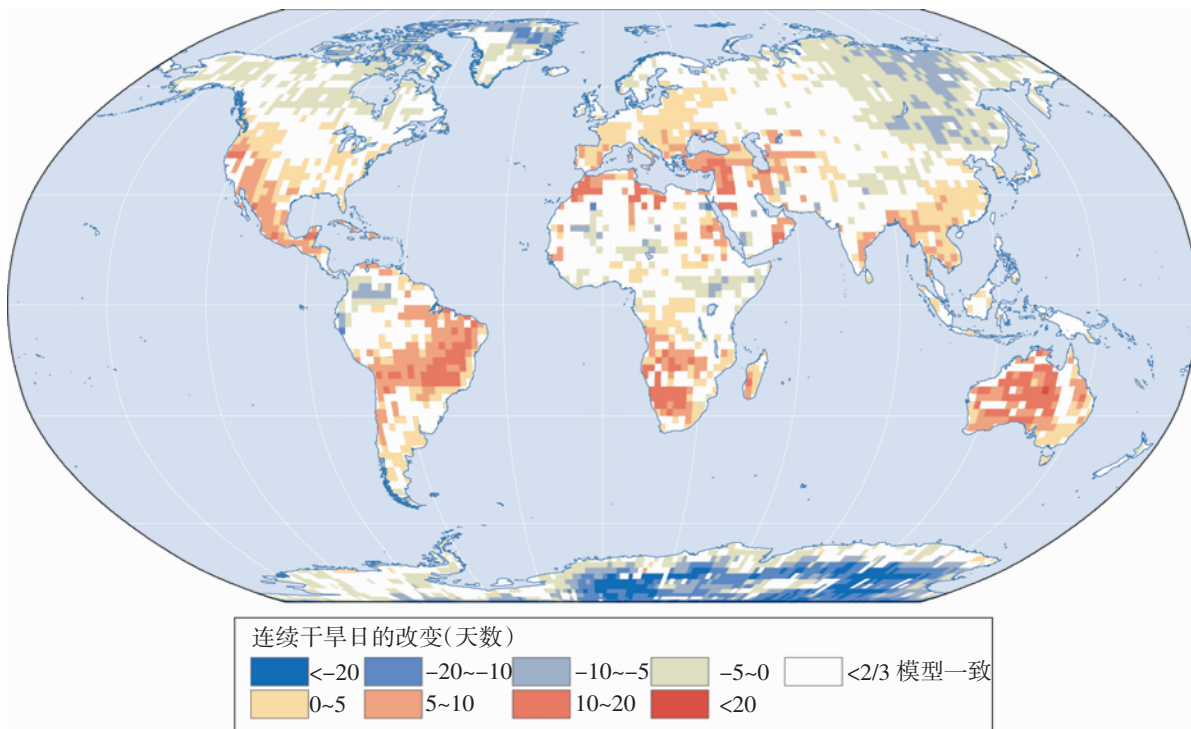


出处：米利等2008；米利、邓界和雄奇亚2005。

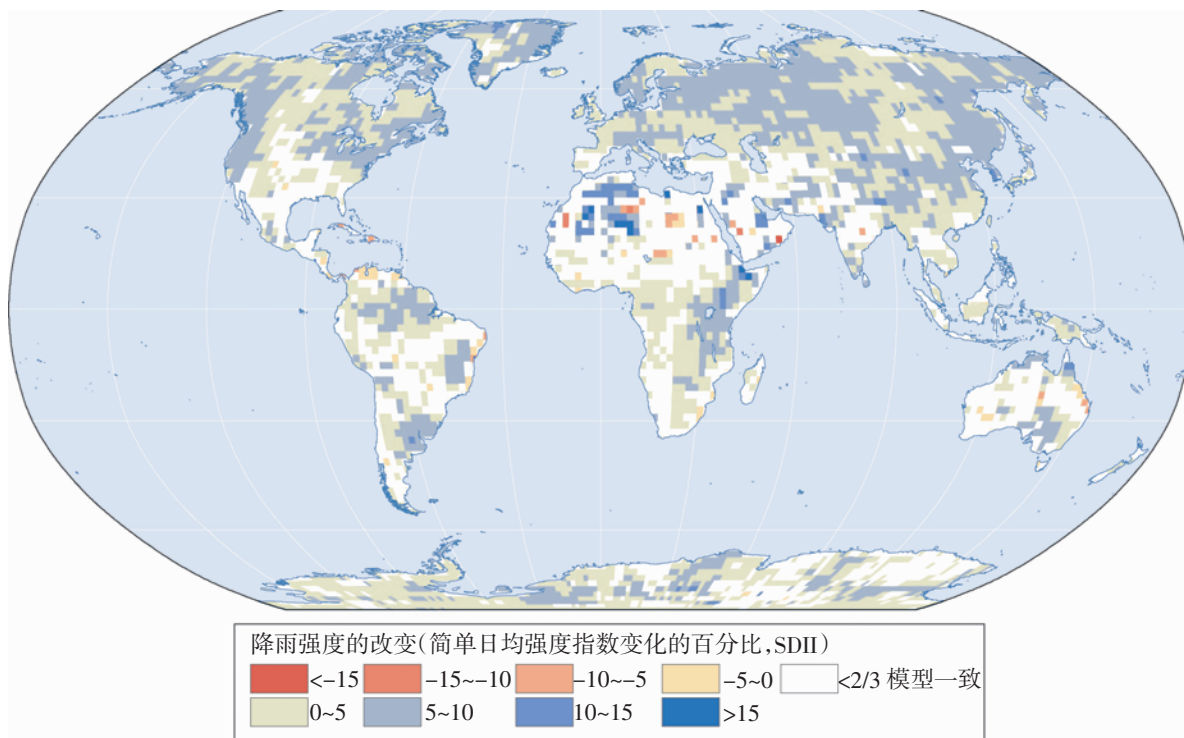
注：这些颜色表示较之于1900—1970年，2041—2060年期间年度径流量变化的百分比（使用政府间气候变化委员会排放预测特别报告AIB情景、基于12个全球气候模型的中位数）。白色表示不到2/3的模型一致认为径流量会增加或减少的区域。径流量等于降水量减去蒸发量，但这里是年度平均值，这可能掩盖了季节降水量的变化，比如洪水和干旱的增加。

地图 3.2 世界将同时面临干旱期变长和降雨强度增大的事件

a. 干旱期变长



b. 降雨强度增大



出处: 世界气候研究计划国际耦合模式比较计划多模型数据库 (http://www-pcmdi.lln.gov/ipcc/about_ipcc.php), 世界银行分析。

注: 本地图表明较之于 1980—1999 年, 2030—2049 年的年度平均变化值 (基于 8 个使用排放预测特别报告 A1B 情景的气候模型)。“干旱”日的定义是降水小于 1 毫米, 而“降雨”日是降水多于 1 毫米。降水强度 (SDII, 简单日均强度指数) 是预计年降水量除以“降雨”天数。白色区域是与模型高度不一致的区域 (印证变化迹象的模型少于 2/3)。

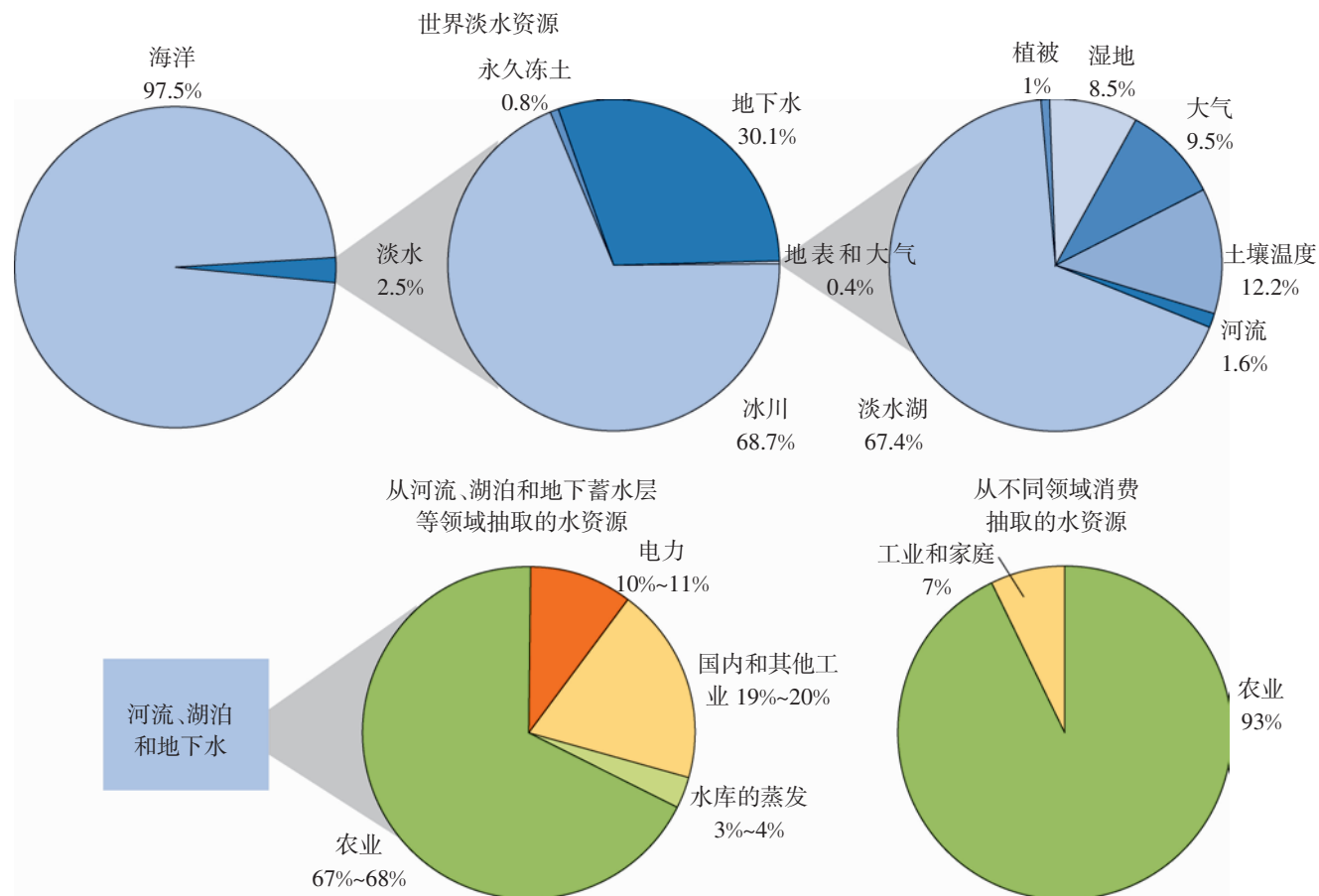
米。两个报告都引用了相同的信息来源。不确定性源于对于使用这个词的不同解释（较高的数据包括了埃及重复利用的水，而较低的数据没有包括）。⁸

地球包含了固定的水量，水的形式和位置因时空而异。⁹ 人类对海洋海水、冰川淡水、大气中的水等大部分水资源都没有什么控制力。多数投资集中于江河和湖泊中的水，但是土壤中的水分和地下水共占世界可用淡水资源的98%（参见图3.2）。¹⁰ 许多人担心可以得到多少饮用水，但是没有意识到农业消耗了大部分人类用水。每

一天，一个人喝掉2~4升水，但是食物生产消费了2 000~5 000升水。¹¹ 平均数字掩盖了相当多的变化。在有些流域，工业和城市用水占据主导地位，考虑到现在的城市增长速度，越来越多的流域将陷入这样的情况。¹²

气候变化将减少雪和冰川中的自然水储量，从而影响地下蓄水层的储量，这就要求水资源管理者用不同的方法设计和运营水库。水资源管理者必须管理整个水循环。它们再也承担不起只重视江河和湖泊中的小部分水资源管理，而任由土地所有者管理地下水和土壤中的水所造成的代价。许

图3.2 河流淡水只是地球上可得水很小的一部分——农业用水量最大



出处: Shiklomanov 1999; Shiklomanov 和 Rodda 2003; Vassolo 和 Döll 2005。

注: 当人类使用水的时候, 他们影响其他用水人可以得到水的数量、时间和质量。人类使用水通常包括从湖泊中、河流中或地下水中取水。人们要么消费掉这些水, 使得它重新进入水文循环的大气部分, 要么让其重新回到水文流域。当灌溉作物用水的时候, 这是一种消费性使用——在流域的其他部分就不能再使用了。与此相反, 从大坝中释放水驱动水电涡轮机是一种非消费性使用, 因为下游用户可以使用这些水, 尽管不一定能在合适的时间使用, 但是如果循环水得不到妥善处理, 下游水质就会受到影响。

多流域将同时经历需求量增加，可用水减少，变化性增加的情况。如果这些地方水资源管理者的决策不能够应对许多不同的结果，他们的回旋余地就很小。有一些工具能够帮助社会应对这些变化，这覆盖了从政策改革到决策协定，从数据收集技术到新基础设施设计的诸多领域。

气候变化对水文的影响意味着既往经验已经不能够指导未来水文情况。因此，就像其他自然资源管理者那样，水利工程师正在开发新工具，其中考虑了一系列范围和时间框架的影响，来帮助评估交易，做出应对未来不确定性的正确选择（参见专栏 3.1）。¹³

气候变化使贯彻执行稳健的水政策更加重要

高效分配水资源，将水消费控制在安全水平内对气候变化日益重要。在水资源缺乏的时候，个体用户用水量可能太多，剥夺了他人的用水权利，损害了生态系统及其提供的服务。当流域中水资源消费量超过了可用水量

时，用户必须减少用水量，因而必须根据某种程序或原则分配水资源。政策制定者有两个选择：他们可以为具体用户制定用水数量并强制实施，或者利用价格鼓励使用者减少用量，甚至在用户之间进行用水量交易。不管哪种方法，良好政策的制定和执行需要准确的信息和有力的制度支持。

数量分配最为常见，将它们做好却殊非易事。尽管南非的计划仍在实施中，它是最严密的计划之一。1998 年《国家水法》规定水资源是公共财产，不能为私人所有。¹⁴ 所有的使用者都必须登记、取得用水权并且为此付款，这包括他们自己花钱从河流和地下水中取水。河川径流减少活动是水使用的一个类目，意味着人工林场的所有者必须和灌溉者或城市自来水公司一样申请用水许可证。目前只有人工林业被列入径流减少活动，但是雨养农业或者回收已用水技术可能会出现。认为林业也是用水者，这就使得土地使用直接与其他水使用者竞争。水唯一得到保证的权利是生态保护区，保证每个人每天至少有 25 升水保证基

专栏 3.1 稳健改变水资源管理者做生意的方式

在不确定因素下，传统决策以既往的风险网络为基础，应用概率分布为不同的行动选择排序。但是，当决策者不知道或者不能就行动与结果的关系、不同事件的差异度或评估不同结果的方式达成一致认识，这种方法就难以胜任了。正如第 2 章所示，正确的决策是一种选择。正确的战略指那些在未来可能的情景下绩效高于其他替代战略的战略。它们产生于计算机模拟模型，这些模型并不预测未来，但是它们创造未来可能的大型整体效果，识别候选的正确战略，并且系统地评估它们的绩效。这个过程并不是选择最佳的解决方案，而是找到一种战略使得一系列可能的脆弱

性减到最少。

南加利福尼亚州的内陆帝国公共事业局用这种方法应对气候变化对于城市水资源管理计划的长期影响。首先，事业局结合了 21 个气候模型的结果得出未来可能的地区气候情况。数百个情景和水资源管理模拟模型一起对未来气候变化、地下水的数量和可得性、城市化进展、规划成本和进口水成本的假设进行了探索。然后，事业局用不同方法计算出 200 个情景之下水的不同成本。他们否决了 35 年内成本超过 37.5 亿美元的所有战略。情景发现分析认为如果降水骤降、进口水价大幅度变化和自然渗入地下蓄水层的水减少同时发生，那么

这个成本就不能接受。

这个过程的目标是在这三种情况同时发生时减少事业局的脆弱性。事业局发现的新的管理应对措施包括提高用水效率，截留更多的暴雨水补充地下水，水循环，以及在丰水年进口更多的水，这样在枯水年就可以汲取地下水了。该局发现，如果这些措施都被采纳，成本可能几乎永远都不超过 37.5 亿美元的门槛。

出处：Groves 等 2008；Grove 和 Lempert 2007；Groves, Yates 和 Tebaldi 2008。

本的人类需求。¹⁵

水价几乎总是低于它的价值，难以刺激用户提高用水效率。¹⁶ 文献无一例外地号召以经济手段减少用水需求。¹⁷ 水服务收费（灌溉、饮用水、废水回收和处理）能够弥补提供服务和维护基础设施的成本。¹⁸

价格杠杆对需求的影响因水资源的利用类型而异。对于市政用水，价格可以有效降低需求，特别是与使用者的范围相结合的时候。当价格高的时候，许多水厂和用户修补漏水地方，只在需要的时候使用水。¹⁹ 但是因为城市消费量平均只占用水量的20%，用水整体效果依然有限（参见图3.2）。由于市政用水基本上是非消费型的，减少城市用水对增加流域中其他地方水资源可得性的影响微不足道。

对于灌溉这种消费性用水，定价更为复杂。首先，用水量难以测量。第二，经验告诉我们，农民只有在价格增加到成本的几倍才会减少用水量。然而，多数国家发现增加收费以收回运营成本在政治上不具有可行性。第三，地表水价格骤增会刺激能够钻井的农民改用地下水，这转嫁但不能消除过度用水的问题。²⁰

多数国家里，州或者其他水资源所有者会对城市自来水厂或者灌溉机构征收从河流或者地下蓄水层中的取水费用。这叫做主体水。由于许多技术和政治的原因，没有几个国家对主体水的收费能够对水资源在不同竞争性使用者之间的分配产生影响。²¹ 的确，没有国家能够应用价格分配地表水，²² 尽管澳大利亚在为建立这样的系统而努力。²³ 设置地表水和地下水用于灌溉的定额或实际消费的水量（蒸发）定额尽管并不简单，但较之于以价格限制水消费量，更切合政治和管理实际。²⁴

从长远来看，可交易水权能够改

善水资源管理，但是对于多数发展中国家而言，在短期内这并不是一个现实的选择。可交易权力有有效分配水资源的巨大潜力，并对放弃水资源使用权的人口进行补偿。²⁵ 澳大利亚、智利、南非和美国西部已经实施正式的可交易水权方案。澳大利亚的评估表明可交易水权有助于农民抗击干旱，并且在没有政府干预的情况下刺激创新和投资。

但是设计细节在很大程度上影响事业的成败，而建立必要的制度又是一个很长的过程。即使在澳大利亚这样一个有着悠久良治历史、顾客受过教育并习惯遵守规则、而且分配规则在权利系统建立之前已经广泛执行的国家，发展这种能力也需要几十年的时间。²⁶ 如果国家没有制度能力来执行分配给个体用户的定额，国家就会允许水资源贸易，从而导致这些国家水资源过度开采大幅度增加（参见专栏3.2）。

气候变化降低了未来水资源的可预测性，使建立可交易水权的挑战更为严峻²⁷。即使气候稳定，复杂的机构发现预先确定安全分配给不同用户的水量和旨在保护环境的留置水量殊非易事。²⁸ 但是，由于没有合理计算特定用途（如园艺业和自然植被）或用户行为的变化，澳大利亚和智利实际分配的水资源使用权超过了其水资源可用量。他们经历了痛苦的再分配或减少分配的过程。²⁹ 建立合理的用水量定额调控市场是很好的长期目标，但是大多数发展中国家在采用该系统前需要实行一系列重要的临时措施。³⁰

气候变化要求投资新技术并且提高现有技术的应用水平

水储存有助于应对变化性问题。河流、湖泊、土壤和地下蓄水层的

专栏 3.2 在制度结构没有建立之前建立水权交易市场的危险性

基于澳大利亚经验的评论总结到“伴随着事后认识和新经验所带来的好处，现在越来越清楚的是……有必要处理设计的问题。当且仅当针对贸易和相关治理安排所设计的分配使用管理制度防止了过度分配，水贸易才有可能实现绝对成功。反对不注意设计细节的开发市场是有道理的”。

设计关注的问题包括会计（合理评估相通的地表和地下水，气候转到更干旱的情况时应该如何规划，以及由于政府补助种植园林业扩大而增加的消费）和制度问题（设计单独的规则和机构定

义权利，管理分配，控制水的使用，在过程的初期进行精确的记录，让未用的水一年一年持续下去，发展私人经纪业，保证信息及时流向各方）。

有些国家有着长期存在的非正式的水贸易协议。这些通常是基于惯例的做法。例如摩洛哥比底特的农民已经进行几十年的水贸易基于根据惯例建立的规则。这个体系根据一个详细列表运作，整个社区都能得到该列表。该列表确认每个股东并规定以小时流量表示的每个股东的用水权利。

在没有建立和执行水权的情况下允

许交易的方案会加剧过度开发问题。也门共和国塔伊兹城附近的农民把他们的地下水卖给水罐车来供给城市。在该市场形成之前，农民汲取的地下水仅仅满足灌溉作物的需求量。通过提高单位水的价格，该贸易增加了使用地下水的好处。由于农民汲取井水的行为不受控制，对于他开采的数量没有限制。因此，未受监管的市场加速了地下水层的枯竭。

出处：CEDARE 2006；世界银行 2007b；Young 和 McColl，待出版。

水储存是管理变化性的所有战略的重要方面——对于干旱（储存水以备干旱时期使用）和洪水（保持储存容量能够承载过流）都是这样的。因为气候变化会减少以冰、雪形式储存的水和地下蓄水层中的自然储量（减少补给水分），许多国家需要增加人为储量。

水规划者需要考虑在整个环境中的储存选择。储存在土壤中的水可能更有效地用于土地覆被，特别是提高雨养农业的生产率。随着地表水越来越不可靠，形势本已严峻的地下水管理变得更加重要。在应对公共供给和降雨不可靠这一问题时，地下水发挥着缓冲作用。比如，它供应印度 60% 的灌溉农业和 85% 的农村饮用水，以及德里家庭一半的饮用水。如果管理得当，地下水可以继续起到自然缓冲作用。但是现在离管理得好还差得远。在全世界的干旱地区，地下水层过度开采。据估计，印度每年高达 1/4 的收成因为地下水的枯竭而存在风险。³¹

提高地下水管理水平需要采取行动，提高供给（人工补给水分，加速自然补给，地下蓄水层中加入障碍减

缓地下流动）和需求的质量。地下水不能单独管理——必须和地表水的管理结合在一起。³² 增强供给的技术不够简单。比如，当水和适宜蓄水而超载的地下蓄水层不在一起的时候，人工补给水分就不太实用。印度价值 60 亿美元的人工补水项目中的 43% 都可能用于为没有过度开采的地下水层注水。³³

水坝将会是气候变化和水资源管理的重要组成部分。它们需要与内在的灵活性设计一起应对流域中可能的降水和径流量变化。许多建筑水坝的最佳地点已经开发，但是建新大坝的潜力仍然存在，特别是在非洲。如果管理得当，水坝会提供水电，帮助抵御干旱和洪水。关于水坝经济影响的综合分析不多，但是四个案例研究表现出了积极的直接经济影响和显著间接影响，贫困人口有时受益不均衡。³⁴ 比如，埃及的阿斯旺水坝产生的每年净经济效益相当于埃及国民生产总值（GDP）的 2%³⁵。它发电 80 亿千瓦时，足以满足全国村镇的电力需求。它使农业推广和尼罗河全年航行（刺激了对尼罗河观光的投资）成为可能，并且使埃及的农作物和基础设施免受旱涝侵害。但是大坝同样有众所周知的

负面效果,³⁶ 必须慎重权衡其利弊。气候变化鼓励稳健的设计: 当国家面临降雨增多还是减少不确定性时, 那么建立未来可以改变的结构具有成本效益。随着水利系统复杂性的提高, 各国需要可靠的水文学的、营运的、经济的和财务上的分析, 以及更有效的制度 (参见专栏 3.3)。

非传统技术能够提高一些水资源短缺地区的水资源可得性。通过淡化海水或微咸水以及重复使用已处理废水可以增加水供应。2004年³⁷, 淡化水占有所有用水量的0.5%, 未来淡化水必定得到更广泛的应用。

技术发展, 包括节能过滤器, 使得淡化的价格下降。实验计划开始用可再生能源为淡化厂提供电力³⁸。根据工厂的规模和技术, 脱盐水可以以每立方米0.5美元的价格输送到自来水公司。这比淡水的常规来源还是更贵些。³⁹ 因此, 脱盐水通常只用于最高价值的使用, 比如城市水供应或者旅游胜地。⁴⁰ 这倾向于限制在沿海地区, 因为内陆的脱盐水供应会增加成本。⁴¹

在不增加水资源供应的前提下生产更多的食物殊非易事, 但是一些新方法会有帮助。管理水资源以满足未来需要同样包括提高水的使用效益, 特别是农业用水效益。农业用水占河流和地下水汲取量的70% (参见

图 3.2)。⁴²

这似乎出现了提高雨养农业水资源生产率的机会。雨养农业为世界上大多数穷人提供生计, 生产总值占全世界农作物总值的一半以上, 用水占世界农业用水的80%。⁴³ 下一个部分将讨论的选择, 包括地面覆盖、保护性耕作, 以及相似的技术在土壤中保存水, 减少蒸发失水, 增加植物用水。其他的选择包括小规模雨水储存, 有的时候叫做径怜蓄。

在多种提高雨养农业产量的干预方法中, 有些方法 (地面覆盖、保护性耕作) 将可能使没有任何产量而蒸发的水实现转移。其他方法 (径怜蓄、泵抽地下水) 使得本来可以由下游用户使用的水实现转移。水充足的时候, 这种转移对于其他用户的影响难以察觉, 但是水量减小凸显了这种影响。这里重申, 地方、流域、区域层次水资源的全面计量和水土资源整体规划可以保证评估的合理性, 从而提高干预措施的效果。

除水资源最为匮乏的盆谷外, 灌溉农业对气候变化的适应能力更强,⁴⁴ 因此, 人们期望未来灌溉农业提高其世界食物产量中的比例。由于增加总体灌溉面积的可能性很小, 每公顷的生产率将必须增加。的确, 从2000年到2050年, 预期灌溉土地面积的增

专栏 3.3 突尼斯: 在误差幅度以内管理水资源

突尼斯是一个典型的水资源接近极限的国家, 这对水资源管理者提出了要求。突尼斯人均可再生水资源仅有400立方米, 具有很强的可变性, 在时空中分布很不均匀。突尼斯在管理水资源方面面临着巨大的挑战。然而, 与其马格里布邻国相比, 它经历了连续干旱后没有给农民配给用水, 也没有向依赖驳船供应用水的城市求助。它建了大坝, 用

管道将其连接在一起, 在国家中不同地区转移水资源。

随着最有希望的计划的形成, 政府在更为边远的地区建设了更多的基础设施。流向大海的河水用大坝拦了起来, 尽管在那些流域, 水的需求并没有那么紧张。储存的水可以用水泵使其跨过山脉, 注入国家的主要河流之中。新的水增加了供应, 稀释了该地区的盐浓度,

而这里的水需求是最高的。另外, 突尼斯处理并再次将1/3的城市废水用于农业和湿地, 并且人工为地下水层补水。突尼斯的水管理者现在面临一系列复杂的决策: 他们必须实现水的数量、时间、质量和能源成本的最优化, 展现人类集中管理资源能力的重要性。

出处: Louati 2009。

长仅有 9%。⁴⁵ 而且由于城市、工业和水电用水需求量的增长，水生产率（在这种情况下，单位水分配灌溉的农业产出）也必须提高。当和有效的政策和机制结合在一起时，新技术有可能提高水资源生产率。⁴⁶

实现“每滴水”生产更多作物涉及投资和制度变革的复杂结合。从亚美尼亚到赞比亚的广大国家正对新的基础设施投资，以有效地将水从水库输送到作物那里，减少蒸发损失。但是，正如先前摩洛哥农民的例子所示，只有当地的输水机制可靠，在决策时农民能够表达自己的意见，而且农民能够获得关于如何最大限度地受益于新的基础设施和技术进步的建议，投资才能奏效。只有与个体用水量（包括地下水和地表水）限制结合在一起，新基础设施才能够对水资源管理有所帮助。否则，由于灌溉增加的利润会诱使农民扩大耕种面积，或者两倍、三倍地播种，导致农民从井中汲取更多的水。当然，这对个体农民有益，但是对于流域中的其他用户就不好了。⁴⁷

良好的作物管理可以通过开发耐寒作物品种，让作物在需水较少的冬天生长，从而提高水的生产率。⁴⁸ 在温室里或者在荫凉处种植作物也能够减少蒸发造成的水消耗量，尽管这增加了生产成本。⁴⁹ 如果作物在产出作物之前就死掉了，那么它们消耗的水就浪费了。因此，更为广泛地采用耐旱和耐热品种会提高水和农业的生产率。⁵⁰

适时灌溉也有助益。如果农民不确定实际用水量，他们通常会过量灌溉，因为水稍微超量比严重缺水的危害要小。通过监测整个生长期水的摄入，农民能够提供作物需要的准确的水量，只有在需要的时候才浇水。遥感系统开始帮助农民非常准确地感

知植物所需的水量，这甚至在植物出现迹象之前就可以感知到。⁵¹ 但是因为技术的需求，这类精细农业只限于世界的一小部分农民。⁵²

在这项技术得以普遍应用之前，有可能应用简单的自动化系统帮助贫穷的农民提高应用灌溉水的精确度。之前我们谈到的在政府计划下改用滴灌的农民将受益于一项简单的技术，这项技术使用一个适合当地生长情况的标准的灌溉方程式。根据该地区的气候情况，该系统将向农民的手机发短信，告诉他们当天该灌溉多少个小时。根据这个信息能够使它们避免过度灌溉。⁵³

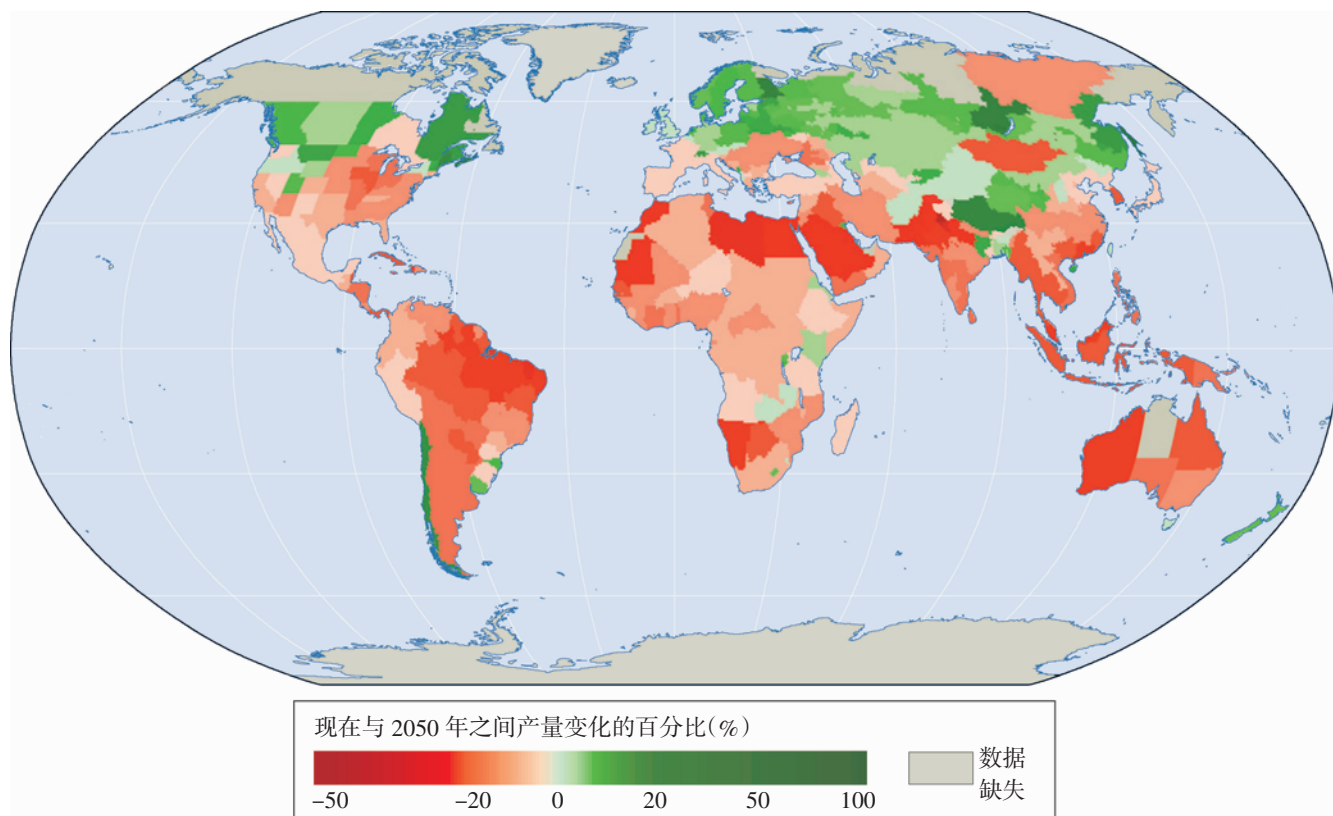
提高农业产量，同时保护环境

气候变化将推动社会加速提高农业生产率

气候变化将抑制农业产量。气候变化给农业生产带来了互相矛盾的压力。它将通过气温升高、作物用水需求增加、降雨变化加大和洪水、干旱等极端气候增加，直接影响农业。它将增加一些国家的产量，但是多数发展中国家的产量会减少，从而降低全球平均产出（参见地图 3.3）。

在中高纬度上，伴随二氧化碳施肥和降雨变化，⁵⁴ 当地气温仅仅 1°C~3°C 的升幅可能将对农作物生产产生较小的有利影响。⁵⁵ 哈萨克斯坦、俄罗斯联邦和乌克兰的地理位置使它们受益于气温上升，但是它们可能不能完全利用这些机会。苏联解体以后，不再用于生产的耕地共有 2 300 万公顷，其中将近 90% 的耕地原来用于农作物生产。⁵⁶ 尽管自从 1991 年开始，世界粮食生产平均每年增长 1.5%，哈萨克斯坦和乌克兰的产量却下降，俄罗斯的

地图 3.3 考虑到当前农业生产实践和作物种类，到2050年，气候变化将抑制农业产量



出处：Müller等2009。

注：该图表明2046—2055年与1996—2005年相比，11种主要作物产量变化百分比的预测值（小麦、水稻、玉米、小米、紫花碗豆、甜菜、甘薯、大豆、落花生、向日葵、油菜子）。这些值是5个全球气候模型3种排放情景的平均值，假设没有CO₂施肥（见注54）。预计在许多严重依赖农业的地区，产量将受到气候变化的严重负面影响。

产量增长幅度不大。如果这些国家利用气温变暖增加农业产量，它们就需要建立更健全的制度和更完善的基础设施。⁵⁷即使它们做到了，极端的气候也会抵消提高的平均状况：如果考虑到俄罗斯极端气候的可能性，到了21世纪70年代，食物生产不足的年份会是现在的三倍。⁵⁸

预计气候变化将对多数发展中国家当前的农业生产产生不利影响。在低纬度地区，即使气候增加1℃~2℃，主要的谷物生产也会减少。⁵⁹多种研究评估表明，到21世纪80年代，在高碳排放情况下，如果算上二氧化碳施肥，世界农业生产率将下降3%；如果不算二氧化碳施肥，下降16%。⁶⁰对于发展中国家来说，下降幅度会更大，

算上二氧化碳施肥时为9%，不算则是21%。

使用20个全球气候模型的作物模型和产出对12个食物不安全地区的分析表明，如果不进行改进，到2030年亚洲和非洲将遭遇作物产量大幅下降的状况。这些损失包括一些对地区粮食，安全至关重要的作物，包括南亚的小麦、东南亚的水稻和南非的玉米。⁶¹这些预测可能低估了影响：预测气候变化对农业影响的模型通常关注平均变化水平，排除了极端事件、多变性和农业害虫的影响。这些都有可能增长。气候变化同样使某些土地不再适合农业，这在非洲尤其严重。⁶²一项研究预计到2080年，受到气候和土壤严重限制的撒哈拉以南非洲的土地

将从 2 600 万公顷增加至 6 100 万公顷,⁶⁵ 占该地区可耕地的 9%到 20%。⁶⁴

缓解气候变化的努力将给土地施加更大的压力。除了减少产量之外,气候变化将对农民和其他土地管理者施加温室气体减排压力。2004 年,约 14%的全球温室气体排放来自农业。这包括来自化肥的一氧化二氮,来自家畜、粮食生产和粪肥储藏的甲烷,还有燃烧生物质产生的二氧化碳,但未包括土壤管理、草原燃烧和森林采伐导致二氧化碳排放量。⁶⁵ 发展中地区是温室气体最大的排放源。其中,亚洲、非洲和拉丁美洲占总体排放量的 80%。

林业、土地使用和土地使用变更占每年温室气体排放量的 17%,其中 3/4 来自热带雨林采伐,⁶⁶ 其余多数来自排干和燃烧泥炭地。世界泥炭地储存的碳与亚马逊雨林地区储存的碳量相当。两者存储的碳量均大约相当于全球化石燃料 9 年的排放量。在赤道附近的亚洲地区(印度尼西亚、马来西亚和巴布亚新几内亚),泥炭地燃烧和森林采伐产生的排放量,与这些国家化石燃料的排放量相当。⁶⁷ 与养殖业生产相关的排放量相当于多个领域的排放量(农业、林业和废弃物)。总体来说,这一排放量预计占全球总量的 18%,多数表现为动物、粪肥和清理草场时的甲烷排放。⁶⁸

开发生物燃料以减少气候变化将加剧对土地的竞争。目前的估计表明,能源作物的专用产地只占全球可耕地的 1%,但是发达国家和发展中国家的生物燃料立法支持扩大生产。全球乙醇产量从 2000 年的 180 亿升每年增加到了 2007 年的 460 亿升,而生物柴油的产量实现了近 8 倍的增长,达 80 亿升。预计到 2030 年,用于生物燃料的土地将增加 4 倍,多数增长发生在北美(占 2030 年可耕地面积的 10%)和

欧洲(15%)。⁶⁹ 预测表明,到 2030 年,非洲只有 0.4%的可耕地、亚洲和拉丁美洲只有约 3%的可耕地将专门用于生物燃料生产。⁷⁰ 关于 2030 年之后的预测表明,在减缓气候变化的某些情景下,到 2100 年,用于生产生物燃料的土地将超过 20 亿公顷——鉴于现在耕地只有 16 亿公顷,这个数字是非常巨大的。这些预测体现出,多数大规模生产生物燃料的土地将源于自然森林和牧场的转化。⁷¹

如果需求量迅速增长,生物燃料将成为农业市场中一个显著要素,将提高初级产品价格。目前大部分生物燃料作物需求量,主要来源于政府目标和补贴,以及高油价的刺激。如果没有人为支持,除了巴西的甘蔗乙醇燃料,生物燃料的竞争性仍然微弱。由于生产过程中会用到化石燃料,地面清理的过程中也会产生排放量,因此,人们也不清楚生物燃料会减少多少温室气体排放。尽管生物燃料有降低温室气体排放量的潜力,但是如果考虑生产过程中产生的排放量和相应的土地使用变更,当前生物燃料的实际净碳减排量还存在争议。另外,生物燃料对于土地的需求已经开始与生物多样性保护相抵触。因此,制定生物燃料推广的指导原则非常重要,以免除对其他环境目标的不利影响(参见专栏 3.4)。对生物燃料进行周期性综合记录——包括其对减排的贡献和使用的 水与肥料——可能减缓土地转化的速度。

目前正在开发的第二代生物燃料,如水藻、麻风树属、甜高粱和柳树,尽管会损害牧场和草原生态系统,但可以通过减少土地使用面积或利用边际土地,减少与食物作物农业用地的竞争。多年生作物(如柳枝稷)有更深的根系,能更好地抵御土壤及养分流失,养料需求较少,比现有生物燃

专栏 3.4 棕榈油、减排和避免森林砍伐

棕榈树种植园集中反映了当今土地使用中的诸多问题。棕榈树是高产作物，可食用也可作为生物燃料原料，为小农生产者提供了机会。但是它破坏了热带森林，也随之削弱了热带雨林对全球气候系统的诸多有益作用，包括温室气体减排。自1961年以来，棕榈树的种植增长了两倍，面积达1300万公顷，多数扩张发生在印度尼西亚和马来西亚，一半以上在近年遇到砍伐的毁林土地上扩张。最近，巴西亚马逊、巴布亚新几内亚和马达加斯加公布了新的棕榈树特许文件，这使人们更加担心这样的扩张

趋势很可能还会继续下去。

在印度尼西亚和马来西亚，小农生产者目前管理着35%到40%的棕榈树种植地，提供了卓有效益的多样化生计。由于棕榈仁必须在收割后24小时内送到磨坊加工，因此许多租种棕榈树的土地都集中在磨坊周围。换句话说，磨坊周围很大比例的土地都用于种植棕榈树，要么是大片商业种植园，要么是密密麻麻小农场。一些种植园的景观设计（例如设置农林带使棕榈树种植园顺利向林地过渡），能减少种植园景观对生物多样性的破坏，进一步为小农生产者

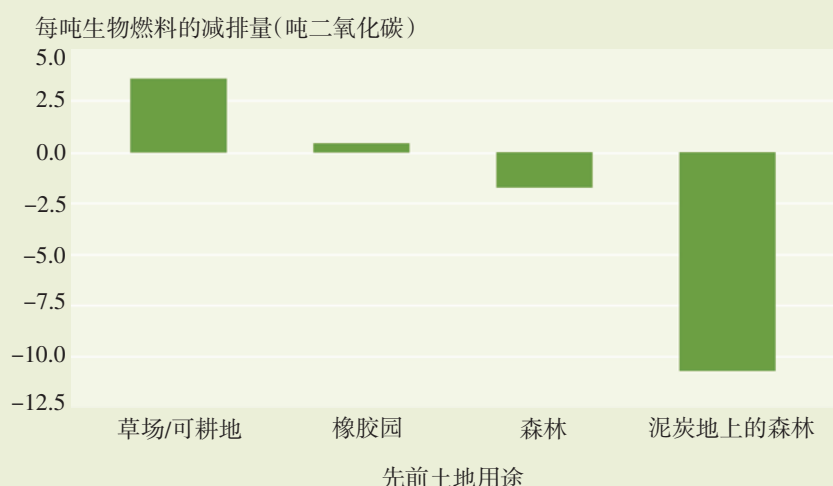
提供多样化经营。

棕榈油加工而成的生物柴油的温室气体减排价值仍有待商榷。详细的生命周期分析表明，碳排放量的净减少取决于棕榈树种植园以前的土地覆被情况（参见图）。在草场和农田之上建立的种植园大大降低了排放量，而如果清理泥炭林地生产棕榈油，那么净排放量会大幅度增加。

扩展碳市场以包括森林砍伐和森林退化引起的减排是非常重要的平衡工具，其中一方是棕榈油生产的相对价值和森林砍伐，另一方是森林资源保护。这一平衡对确保生物多样性和减排都至关重要。

最近的研究表明，如果将上述机制限于自愿市场内，将土地转化为生产棕榈油将比保持土地原貌、通过REDD碳信用获得的收益高6到10倍。如果REDD信用和弹性市场中交易的碳信用价格一样，那么土地保护的收益率就会大大增加，甚至可能超过棕榈油的利润，从而降低农业转产的吸引力。因此，如果做法得当，REDD可以真正地减少森林砍伐，从而促进全球减排。

棕榈油加工成的生物柴油，其减排效果因棕榈树种植园土地先期用途的不同而不同



出处：Henson 2008。

出处：Butler, Koh 和 Ghazoul, 待出版；Henson 2008；Koh, Levang 和 Ghazoul, 待出版；Koh 和 Wilcove 2009；Venter 等 2009。

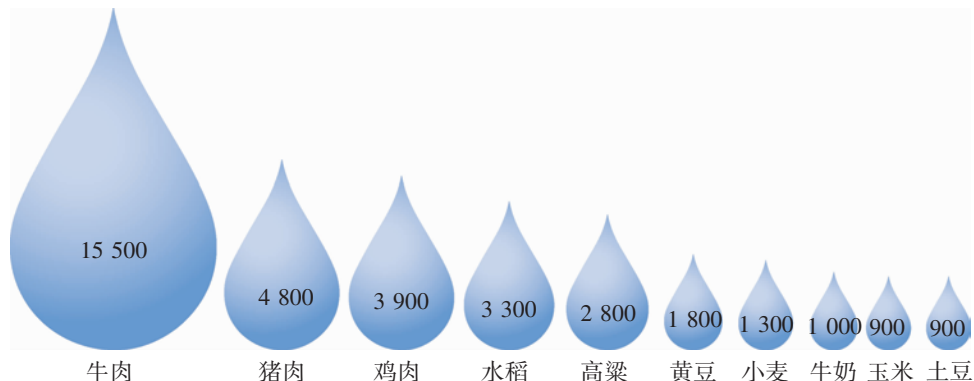
料原料的固碳率更高，⁷²但由于需水量较高，无法在干旱地区实现可持续生产。各国需要进行更多的研究来提高未来生物燃料的生产率和减排潜力。

人口增长、肉食偏好以及气候增长要求大幅度提高农业生产率。2050年，供养世界人口的土地的需求量将在很大程度上取决于人们的食肉量。肉是人们摄取蛋白质的资源密集型方式，因为这需要土地建立牧场、种植谷物饲料。所需资源取决于肉的类型及生产方式。美国工业饲养场生产1千

克牛肉可能需要15000升水（参见图3.3）。^{73、74}但是非洲的大规模牛肉生产的需水量为每千克146升到300升不等，具体需水量因天气情况而不等。⁷⁵即使与其他肉类生产相比，按每千克算，牛肉生产也是温室气体密集型生产。生产每千克肉排放16千克二氧化碳当量（参见图3.4）。⁷⁶

尽管会消耗大量资源，肉类需求量仍将随人口和收入的增长而增长。提高肉产品消费量有利于改善贫困消费者的健康水平，因为他们需要摄取

图 3.3 和主要作物相比，肉类生产需水更多
(每千克产品的需水量/升)



出处：水足迹 <http://www.waterfootprint.org> 2009 年 5 月 15 日登录；Cleick 2008。

注：图中表明制造 1 千克产品（或 1 升牛奶）所需水的升数。牛肉生产用水仅表示密集型生产体系的使用量。

蛋白质和微量营养元素。⁷⁷ 但是到 2050 年，预计牛肉、家禽、猪肉和牛奶的产量将比 2000 年增加至少一倍，以应对越来越多、越来越富有的城市化人口的需求。⁷⁸

气候变化导致产量下降——世界将要在这种情况下满足对食物、纤维和生物燃料的不断上涨的需求——同时保护储存碳并提供其他基本服务的生态系统。人类扩大适合农业生产土地的可能性不太大。研究表明，由于高纬度地区的适宜农业的土地增长将被低纬度的土地损失相抵消，到 2080 年，

全球适合农业生产的土地将和今天一样多。⁷⁹

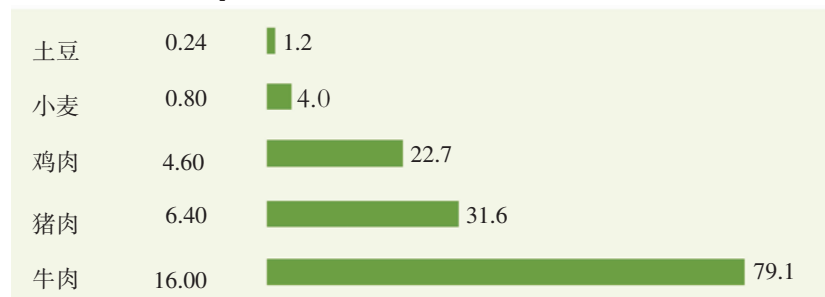
因此我们需要提高农业生产率（吨每公顷）。虽然增长模式不同但一项研究表明，直至 2055 年，全球农业生产率需保持每年 1.8% 的增长——几乎是平常情况下 1% 增长速率的两倍（参见图 3.5）。⁸⁰ 这就意味着产量在未来 50 年内将增长一倍以上。世界上许多主要的谷物产地，比如北美，谷物产量正在接近极限，⁸¹ 因此很大一部分农作物增产要靠发展中国家来完成。这意味着不仅仅要加速产量的增长，还要扭转最近的减缓趋势：所有发展中国家的谷物生产增长率从 1961 年至 1990 年间的 3.9% 下滑到 1990 年至 2007 年间的 1.4%。⁸²

气候变化要求提高农业生产率和农业规划的多样性

生产率的增长不能以破坏土壤、水资源和生物多样性为代价。集约型农业常常损害自然系统。如在发达国家盛行的高产农业，通常以专营某种作物或者动物的农场和农业化肥的大量使用为基础。这种农业生产方式可以损害水资源的数量和质量。20 世纪

图 3.4 集约型牛肉生产是温室气体的重要排放者

食物种类 排放量
(1 千克) (千克 CO₂e) 相当于开车的距离(千米)



出处：Williams, Audsley 和 Sandars 2006。

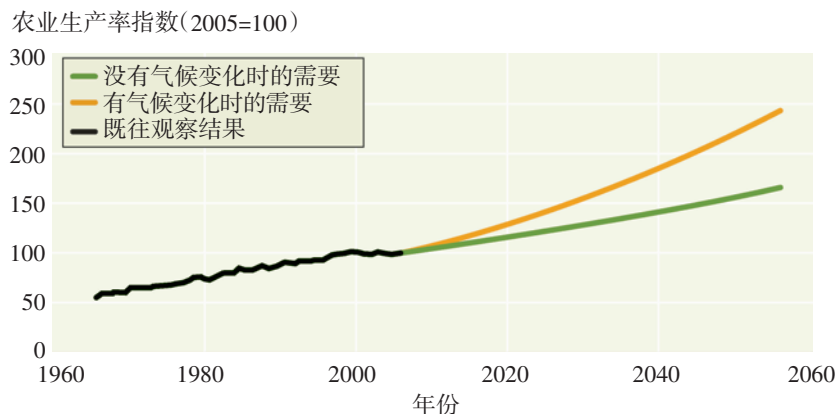
注：本图表明生产 1 千克某一特定产品（工业国）所排放的以千克表示的二氧化碳当量。驾驶距离当量表示以汽油为动力、每消耗 1 升汽油的平均行驶距离为 11.5 千米的汽车排放一定数量二氧化碳时的行驶距离，比如，制造 1 千克牛肉和开车 79.1 千米都会带来 16 千克的排放量。

60年代以来，化肥流失使沿海低氧“死区”的数量骤增。目前，它们覆盖了大约245 000平方公里地区，多数在发达国家的近海地区（参见地图3.4）。⁸³ 过度灌溉通常会导致盐分在土壤中集结，降低土壤肥力，限制粮食生产。在全世界2.6亿公顷灌溉土地中，遭受盐化作用不利影响的土地约为2 000万~3 000万公顷。⁸⁴

我们必须减少对环境有危害的集约型农业，特别是考虑到进一步推广农业产生的环境问题。如果每公顷土地的农作物和家畜产量没有提高，粗放型生产致使农作物用地和草场面积扩大，土地资源压力将在20世纪中期以来，6.8亿公顷牧场（占世界牧场总面积的20%）已遭到破坏。⁸⁵ 将土地转为农业用地已经大大损害了许多生态系统（图3.6）。

绿色革命展现了提高农业生产率的巨大好处，同时也表现出，缺乏适

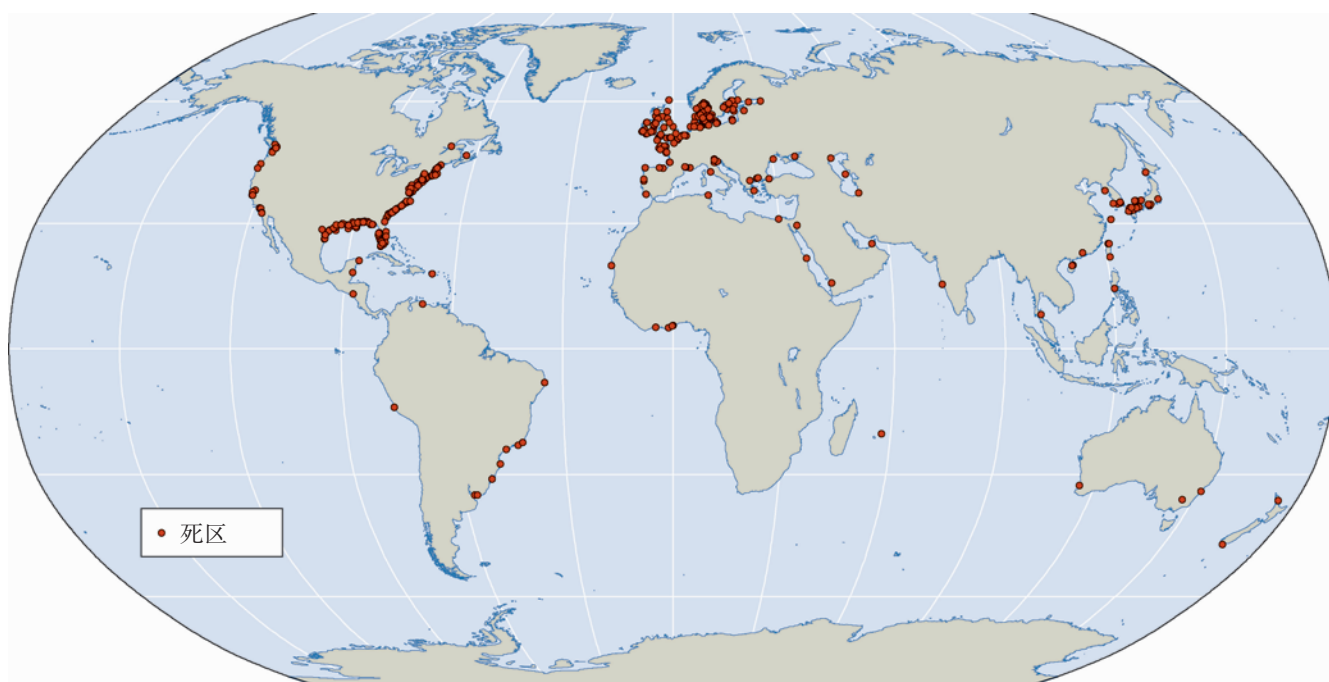
图3.5 气候变化导致世界必须加速提高农业生产率



出处：Lotze-Campen 等 2009。

注：该图表示了在两种情景下，所需的农业生产率的年度增长。在指数中，100表示2005年的生产率。该推测包含所有主要粮食和饲料作物。绿线代表一种情形，即在没有气候变化的情况下全球人口在2055年增至90亿；人均卡路里消耗总量和饮食结构中肉食卡路里与伴随经济发展的人均收入增长成比例的增长；贸易进一步自由化（在未来50年中，农业贸易在总产量中的比例增加一倍）；农田继续以每年0.8%的历史速度增长；没有气候变化影响。橘黄色线代表气候变化和相关社会响应这样一种情形：没有二氧化碳施肥；农业贸易降至1995年的水平（大概为总产量的7%），这是基于气候变化引起的价格波动导致保护主义、减排政策限制了农田扩张（因为森林保护运动）并增加了生物能源需求量的假设。没有二氧化碳施肥；农业贸易降至1995年的水平（大概为总产量的7%）。这是基于一种假设的，即与气候变化相关的价格波动引发保护主义。减排政策限制了农田的扩张（因为森林保护运动）和对于生物能源需求的增加达到2055年全球100EJ。

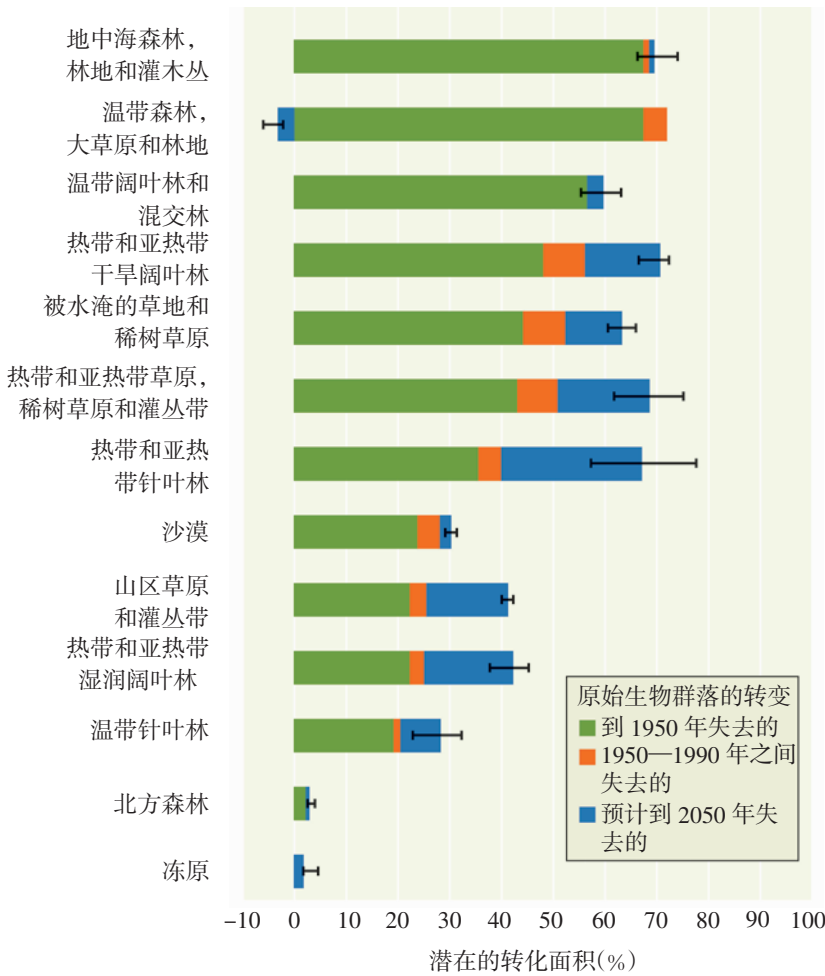
地图3.4 发达国家的集约型农业是造成死区扩大的原因之一



出处：Diaz 和 Rosenberg 2008。

注：在发达国家，集约型农业常常以高环境成本为代价，包括过剩肥料的流失导致沿海地区出现死区。死区的定义是极度低氧地区，即每升水中的氧浓度低于0.5毫升。这些情况通常导致海中有机体的大量死亡，尽管在这些地区中，发现有机体能够在每升水中含有0.1毫升的氧气中生存。

图 3.6 生态系统已经广泛地用于农业



出处：新千年生态系统评估 2005。

注：该预测基于世界如何处理生态系统服务的 4 种情景，并且包括关于生态系统管理、贸易自由化、技术和处理公共产品的假设。

当政策和投资支持的技术在保护自然资源方面的不足。1970 年到 1995 年期间，新技术与灌溉和农村基础设施投资相结合，使亚洲的谷物产量增长了一倍。这一时期，农业增长及其引起的食品价格下降使实际人均收入增长近一倍。尽管人口增长了 60%，但其中的贫穷人口从占人口总数的 60% 减少到 30%。⁸⁶ 拉丁美洲同样获益匪浅。但是在非洲，基础设施不足、运输成本高昂、灌溉设施低投资以及不利于农民的价格和市场政策，阻碍了新技术的推广。⁸⁷ 尽管绿色革命在全球范围内是成功的，但在亚洲许多地方，

却伴随着过度使用化肥、农药和水资源所导致的环境破坏。不合理的补贴、价格和贸易政策鼓励水稻和小麦的单作，以及过度投入是造成这些环境问题的原因。⁸⁸

气候智能型农业要求收入来源、生产选择和遗传物质的多样性。气候变化使世界更加难以预测。作物歉收将更为频繁。缓冲不确定性的方法之一是在所有层面上实行多样化（参见专栏 3.5）。第一种多样化是收入来源多样化，即创造农业以外的一些收入来源。⁸⁹ 随着农场规模变小、生产投入价格增长，农民必定会选择这种方式。的确，在亚洲多数地方，小农和无地工人家庭收入的一大半通常源自非农领域。⁹⁰

第二种多样化是增加农场产品的种类。在经济快速增长的经济体中，特别是在亚洲和拉丁美洲，由于出口市场扩大和国内需求繁荣，许多集约农业区作物多样化的机会正在迅速扩张。⁹¹ 在这些地区，农民可以转向牲畜、园艺和专业农业生产。⁹² 这些活动通常能获得单位土地的高回报，而且是劳动密集型的，因此非常适合小农场。

第三种多样化是在作物品种中增加基因的多样性。目前高产农场使用的高产品种，都是在以下假设基础上培育的：气候在一个稳定的框架中变化；培育者的目标是培育纯度更高的种子。但是，在变化的气候中，农民不能再依赖于一小部分只能适应小环境的品种。农民需要每批种子所包含的遗传物质都能够应付不断变化的气候状况。不管当年气候如何，都有一些植物能够茁壮成长。几年之内，即使“正常”年份产量可能较低，但多元品种的产量将比单一品种产量高。

标准栽培实验表明，二氧化碳浓度增加和温度升高的情况下（反映了政府间气候变化专门委员会对 2050 年

专栏 3.5 产品和市场多样化：热带地区边缘农民的经济和环境选择

热带地区面临巨大挑战：农村人口（包括当地人）持续贫穷；自然资源退化；生物多样性损失以及气候变化后果。国际市场热带产品价格的易变性同样影响当地经济。虽然世界上许多农民有自己的生存机制，但是，改善生计应对预期气候变化影响的努力需要创新型制度和增加收入并保证安全。

农业和农林产品多样化战略在气候智能发展方面有巨大潜力。通过这一战略，农民能够养活自己，即使发生干旱、虫害或国际市场价格走低的问题，他们都能维持当地市场的产品流量，进行出售或者物物交换。

以墨西哥的小型咖啡农场为例。2001年和2002年，国际咖啡价格大幅下跌，导致墨西哥咖啡价格低于生产成本。为了减轻农民损失，韦拉克鲁斯州政府建立了“韦拉克鲁斯指定品种”，并且只对海拔600米以上高质量咖啡产

区的农民进行补贴，提高了该地区的咖啡价格。由于该政策对居住在600米海拔以下的低质量产区的数千生产者不利，政府授权韦拉克鲁斯大学探索咖啡单作之外的其他谋生途径。

通过联合国商品共同基金，多产低地咖啡区的多样化获得国际咖啡组织的财政援助，并受其监督。该援助在两个自治市首先展开试点，试点区由1500名农民组成，他们居住在住户为25户到100户的偏远社区。

传统上，很多农民是在多作物体系中种植咖啡，从而有机会在每小块土地上测试经济价值和文化价值各异的树木和植物品种的布局：西班牙香椿和洪都拉斯桃花心木（用于木材和家具），美洲橡胶树、肉桂、番石榴（作为食物和植物药）、麻风树属（用于食物和生物燃料）、多香果、可可、玉米、辣椒、西番莲和咖啡。除了肉桂树，所有的树

木、草本植物和农产品在当地都是熟悉的。肉桂树通常是进口的，有潜在的巨大市场。在这个创新的多样化系统中，农民们正在学习何种方式和布局能发挥最大的生产潜力。

一家合作公司把不同的农产品组合起来。这些农产品市场价值相近，但对气候、害虫和市场风险的承受能力各异。早期结果表明，这种组合方法效果不错，改善了生活，增强了社区的适应能力。该公司已经能够卖掉所有产品类型，有些的价格要高于项目开展之前。在项目开展的头两年，公司引进了100万株原生木材树。

当地的反馈是，这些实践减少了侵蚀，提高了土壤质量，使周围生态系统获益，缓解了未来与气候变化相关的潜在洪水。

出处：由 Arturo Gomez-Pompa 提供。

的预测），早期小麦或者大麦品种可能生长得更快，比20世纪后期引入的现代的品种更有优势。⁹³而且，对作物的野生近缘品种目前包含的遗传物质加以利用，可以使经济作物更能适应环境变化。温度上升和二氧化碳水平提高对一些杂草的生长有利，⁹⁴而对于培育的近缘品种的影响没有那么大。因此，野草的基因可以用来改善经济作物的栽培品种，生产更多适应性强的品种。⁹⁵

生产景观和生物多样性并行不悖。保护区是开展保护的基础，但在气候变化的条件下，保护区远远不能满足保护生物多样性的需要（参见焦点B关于生物多样性的论证）。1970年到2007年，世界保护区面积大概翻了两番，覆盖了地球大约12%的土地，⁹⁶但即使这样也不足以保护生物多样性。

为完全保护大陆物种，需涵盖物种来源的广泛的地理范围，非洲必须增加10%的保护区域，这几乎是目前保护区域的两倍。⁹⁷保护区位置固定，而且常常由于栖息地受到破坏而被孤立，设施不良，无法适应由于气候变化导致的物种迁移变化。一项对南非、墨西哥和西欧的保护区的研究表明，截至2050年，6%到20%的物种将消失。⁹⁸另外，考虑到未来经济压力和通常薄弱的监控实施系统，现有的土地储备受到威胁。1999年，国际自然保护联盟认为，在10个发展中国家，得到适当管理的保护区不足总面积的1/4，10%以上的保护区已经全面衰退。⁹⁹在非洲、被调查的保护区中，至少有75%的保护林地缺乏长期资金，尽管国际捐赠者捐赠了其中的94%。¹⁰⁰

土地利用的景观尺度法能够促进保护区外的生物多样性，这是促进生态系统转变、物种分布和推广生态服务的基础。用于生态农业的土地前景良好。¹⁰¹ 生态农业在提高农田生产率的同时，保护生物多样性，改善周边土地的环境状况。通过发展生态农业，农民能够提高农业产出并减少成本，降低农业污染，为生物多样性创造栖息地（参见图 3.7）。

保护生物多样性的有效政策能有力地激励农民，最大限度地减少自然保护区转化为农田，在他们的土地上保护甚至扩大高质量的栖息地。其他选择包括激励在保护区和其他栖息地之间发展生态网络和生态走廊。北美和欧洲的研究表明，将其他土地从传统的农业生产中撤出（获得补贴而休耕）毫无疑问地增加了生物多样性。¹⁰²

提高生物多样性的农业实践有许多连带利益，例如减少对于自然灾害的脆弱性，提高农场收入和生产率，加强对气候变化的适应性。1998 年飓风米奇发生期间，在洪都拉斯、尼加拉瓜和危地马拉，使用生态农业技术的农场比使用传统技术的农场受到破坏的损失分别小 58%、70% 和 99%。¹⁰³

在哥斯达黎加，植物防风林和篱笆在用牧草和咖啡提高农民收入的同时，增加了鸟类多样性。¹⁰⁴ 在赞比亚，在改进的休耕活动中，通过种植豆科植物¹⁰⁵ 和草皮覆盖作物，提高了土壤肥力，抑制了杂草生长，并且控制了侵蚀，因此使农场年净收入增长了两倍。¹⁰⁶ 如果农田距离自然或半自然栖息地较近，蜜蜂授粉更为有效。¹⁰⁷ 这个发现意义重大，因为在世界的 107 种主要作物中，有 87 种需要动物授粉。¹⁰⁸ 荫凉地带的咖啡系统能够保护作物不受极端气温和干旱的侵害。¹⁰⁹

在哥斯达黎加、尼加拉瓜和哥伦比亚，林牧复合系统把森林和草场结合起来，改善了牧牛生产的持续性，实现了农民收入的多样化并增加了农民收入。¹¹⁰ 这样的系统将对适应气候变化尤为重要。在多数旱灾中，树能保留枝叶，提供草料和荫凉，从而稳定牛奶和肉类的产量，同时提高水的质量。农业生产和收入可以和生物多样性保护并行不悖。的确，在很多情况下，原生生态系统比转化后的生态系统产生的收入更多。在马达加斯加，15 年内管理 220 万公顷森林的成本是

图 3.7 真实图景与电脑模拟的哥伦比亚土地的综合利用



出处：照片由 Wafeter Galindo 拍摄，来自哥伦比亚可持续农业系统研究中心。图中表示芬卡“拉锡霍纳”，在中科迪勒拉山脉考卡山谷。Arango 2003。

注：第一张照片是真实的风景。第二个图是计算机生成的，表现出如果遵循生态农业原则提高农场的生产率，该地区的景貌。生产率的提高将减少山坡的放牧强度，保护流域，造林固碳，提高农田间栖息地的生物多样性。

9 700 万美元。这一价值是指土地转为农业用地可能带来的经济利益。但是，同期、管理良好的森林（其中一半来自流域保护和减少土壤侵蚀）所带来的价值估计在 15 000 万~18 000 万美元之间。¹¹¹

几十年的发展经验表明，在实践中保护生物多样性的栖息地非常困难。但是，新的方案正在形成，从财政上积极鼓励土地所有者停止土地转化。这些计划包括从以下方式中取得收入：生态系统为社会提供的服务（见焦点 B），保护地役权（付钱给农民，使脆弱土地退耕）¹¹² 和可交易开发权。¹¹³

气候变化要求更快采用提高生产率的技术和方法，应对气候变化并减少排放量

必须同时采取几项措施以提高生产率。在过去 10 年中，农业研究和扩展资金不足。从 1980 年到 2007 年，尽管预测认为农业研究和扩展的回报率很高（30%到 50%），¹¹⁴ 官方发展资助中，农业所占份额从 17% 下降到 4%。¹¹⁵ 1980 年以来中低收入国家的农业研发公共支出开始缓慢增长，从 1981 年的 60 亿美元到 2000 年的 100 亿美元（按照 2005 年美元的购买力计算），并且在这些国家中，私人投资在农业研发中所占份额依然很小（6%）。¹¹⁶ 如果这些国家要满足其食物需求量，必须逆转这些趋势。

刚刚落下帷幕的农业知识、科学与技术促进发展综合评估会议（IAASTD）表明，农业发展要在气候变化中获得成功，需要结合现有的和新兴的方法。¹¹⁷ 首先，国家可以依赖农民的传统知识。这些知识包含了很多地方性的适应方法和风险管理措施，并可能推广到更广泛的地区。第二，

促进世界适应气候变化（通过提高生产率）并减缓气候变化（通过减少农业排放量）。

第三，新型或者非传统耕作方式能够提高生产率，减少碳排放量。农民开始采取“保护性农业”方法。这包括最小限度耕作（播种时对土壤的干扰最小，土壤表面的残余覆盖至少是 30%），作物残余物和作物轮作。这些耕作方法能够增加产出，¹¹⁸ 控制土壤侵蚀和流失，¹¹⁹ 提高水和养料的使用效率，¹²⁰ 减少生产成本，并在很多情况下实现固碳。¹²¹

2008 年，世界约 6.3% 的可耕地，即 1 亿公顷可耕地采用了最小限度耕作方式进行农业生产，这大约是 2001 年的两倍。¹²² 这一措施主要在发达国家实施，因为这些技术需要重型设备，这些设备尚未针对亚洲和非洲的情况进行调整。¹²³ 最小限度耕作也使杂草、害虫和疾病控制更为复杂，需要改善管理。¹²⁴

尽管如此，2005 年，印度恒河平原的稻麦农作制度中，农民依然在 160 万公顷的土地上实施了免耕。¹²⁵ 2007 年到 2008 年，仅在印度两个邦（哈里亚纳邦和旁遮普邦）就预计有 20% 到 25% 的小麦采用最小限度耕作方式，相当于 126 万公顷。¹²⁶ 产出增加了 5% 到 7%，每公顷成本减少了 52 美元。¹²⁷ 约 45% 的巴西农田采用这些方法耕作。¹²⁸ 最小限度耕作法的应用可能会持续增多，特别是在合规碳市场能购买土壤固碳技术的时候。

生物技术能够提高作物生产率，提高作物适应气候压力（如干旱和高温）的能力，促进温室气体减排，减少杀虫剂和除草剂的使用，并改良植物，使之成为更好的生物燃料原料（参见专栏 3.6）。因此，生物技术能够提供一种转换的方法，平衡水土资源紧张和农业生产率之间的关系。但是，

基因改良在短期内几乎不可能对水生生产率产生影响。¹²⁹

气候智能型农业实践改善农村生活，同时缓解并适应气候变化。作物新品种、长期作物轮作（尤其是多年生作物），减少休耕地使用，保护性耕作，覆盖作物以及生物碳等都能够增加碳储量（参见专栏 3.7）。在生长期至少排干稻田一次，在闲季将稻草废料敷在土壤上能够使甲烷排放量减少 30%。¹³⁰ 通过采用优质饲料、精准饲养策略并改善放牧实践，可以减少来自牲畜业的甲烷排放量。¹³¹ 单是改善草场管理一项就使农业的温室气体减排潜力达到 30%（到 2030 年，全球 30 亿公顷土地的年排放量达到 13 亿吨二氧

化碳当量）。¹³²

随着各国加强农业生产，土壤施肥造成的环境影响将凸显出来。¹³³ 发达国家和亚洲、拉丁美洲的一些地区可以通过减少肥料使用量来减少温室气体的排放量，同时防止土壤养分流失，保护水生生态系统。改变施肥的比例和时间也能够有效降低土壤微生物释放的一氧化二氮。控制氮肥¹³⁴ 施加量也有助于提高资源效率（每单位氮的产出），但迄今为止，对于多数发展中国家的农民来讲，这种方法仍过于昂贵。¹³⁵ 通过降低氮挥发，新型生物抑制剂可以以较低的价格实现同样的目标。由于无须额外劳动投入，而且管理变化不大，这种方法很可能会受到农民的欢迎。¹³⁶

专栏 3.6 生物技术作物能够帮助农民适应气候变化

传统选择和植物育种已经培育出现代品种，使生产率获得大幅度增长。在将来，通过基因技术（基因改良，即 GM）把植物育种和选择优良基因特征结合起来，很可能培育能更好地适应虫害、干旱和其他气候变化带来的环境压力的作物品种。

在过去的 12 年里，很多具有改良基因性状的作物广泛地用于商业化经营。2007 年，约 11 400 万公顷土地种植转基因作物品种，大多数有抗虫害或耐除草剂性状。这类作物用地的 90% 分布在四个国家（阿根廷、巴西、加拿大和美国）。这些技术将大大减少环境污染，提高作物生产率，减少生产成本，并且降低一氧化二氮的排放量。到目前为止，成功的培育计划已经培育出多种作物品种，包括能抵御多种虫害和疾病的木薯和玉米以及抗除草剂的大豆、油菜子、棉花和玉米品种。种植抗虫转基因作物的农民已经减少了杀虫剂的使用量，并减少了所用除草剂中的活性成分。

直接影响作物产量的基因，以及与适应多种压力相关的基因已经找到，并且正在田间进行评估。新品种可以改善作物应对水供应不稳定造成的问题，并且具有改善水转化方式的潜力。能在较长干早期存活的育种植物是适应气候变化更为重要的因素。基因改良作物的初期实验和田间试验表明，以传统育种方法培育耐旱品种，实现耐旱品种产量在旱季和非旱季的稳定，使其非旱季产量不受影响，有可能取得进展。

然而，基因改良作物存在争议，必须考虑公众的接受力和安全性。公众担心的是，有意改良基因物质是否道德，是否会对食品安全和环境造成潜在风险，以及伦理道德问题。经过 10 余年实验，仍没有关于人类健康受到基因改良作物不良影响的案例记录，但是公众的接受力仍然有限。环境风险包括：基因改良植物与野生近缘植物交叉授粉，产生有高抗性的蔓延性强的野草，适应基因改良植物的新害虫迅速进化。但是，科学证据和 10 年的商业化运作证

明，采取适当的安全措施能够防止目标害虫抵抗能力的增强，防止商业栽培转基因作物造成的环境损害（如基因和野生近缘交叉）。如果一小部分改良基因品种取代了传统品种，作物的生物多样性有可能减少，但传统作物栽培同样存在这一风险。引入几个种类的基因改良作物可能减少其对生物多样性的影响，例如在印度有 110 多种苏云金杆菌棉花。尽管基因改良作物过去的表现不错，建立以科学为基础的生物研究安全性监控体制仍然有必要。这样，通过分析具体问题，对比可供选择技术的潜在风险，考虑特定的性状以及农业生态学的环境，对风险和益处进行分析。

出处：Benbrook 2001；联合国粮食及农业组织 2005；Guere, Mehta -Bhatt 和 Sengupta 2008；James 2000；James 2007；James 2008；Normile 2006；Phipps 和 Park 2002；Rosegrant, Cline 和 Valmonte -Santos 2007；世界银行 2007c。

专栏 3.7 生物炭能够截存碳并大幅度提高收益

在调查亚马逊盆地一些异常肥沃的土壤时，科学家发现漫长的碳化过程改变了土壤。土著居民在低温并且几乎完全缺氧的情况下燃烧土地上本就很潮湿的有机物（农作物残余物和粪便）。结果产生一种含碳量很高的木炭类固体，这种固体被称为生物炭。科学家已经在几个国家的现代工业化环境中再现了这一过程。

土壤中的生物炭非常稳定。针对此项技术及其可行性的研究一直在继续。已有研究显示，生物炭能够将碳锁定在土壤中数百、甚至数千年，同时部分研

究者认为某些土壤的效果会差很多。不过，如果没有这些生物炭锁定碳元素，它们很可能会通过燃烧和分解被释放到大气中。

因此，生物炭的碳减排潜力很高。为了给出一个规模的概念，这里以美国为例。利用此项技术，美国的林业、农业的废弃生物量，再加上生长在闲置土地上的生物量，能够截存美国 30% 化石燃料燃烧的排放物。生物炭还可以增加土壤肥力。它能够聚集养分、改良退化土壤，有助于减少人造肥料的使用，进而减少对河流的污染。因此，生物炭有

很大的潜力。但仍存在两项挑战：明确化学构成和如何建立大规模的应用机制。

很多领域还需要进一步加强研究，其中包括测量生物炭的长期碳截存潜力的方法、环境风险评估、生物炭在不同类型土壤中的特性、经济可行性和对发展中国家的潜在利益。

出处：Lehmann 2007 年 a, Lehmann 2007 年 b; Sohi 等 2009; Wardle, Nilsson 和 Zackrisson 2008 年; Wolf 2008。

如果生产者 and 农民受到激励采用新的施肥技术，提高施肥效率，很多国家都可以在减少排放量和水污染的情况下保持农业增长。

相比之下，撒哈拉沙漠以南非洲、由于土壤自然肥力低，这些国家不可避免地会使用更多的无机肥料。具有定点监测功能的综合管理程序可以降低过度施肥的风险。但由于对有效实施综合管理程序的必要研究、推广和信息服务的投入不足，大多数发展中国家很少采用这类管理程序，这也正是本章反复关注的议题。

要进一步提高发展中国家的农业生产率，就必须将保障农民能够负担肥料的措施纳入到肥料政策框架内¹³⁷。这也包括更广泛的计划，例如肯尼亚的农工投入推进项目，这一计划通过同当地公司以及国际种子公司合作，提高农业投入（通过利用当地可获得的材料制造肥料，提供改良的种子，并在农村分发化肥）和改进农艺技法（改进施肥技术、土壤管理、有效控制杂草和病虫害）。

加大渔业和水产养殖业保护力度，增加渔业和水产养殖业产出

海洋生态系统必须面对至少同陆地生态系统一样大的压力

1800 年以来¹³⁸，海洋吸纳了大约一半的人类排放物和超过 80% 的热量。¹³⁹ 这导致海洋以空前的速度变暖和酸化，对水产领域造成了巨大影响（参见焦点 A：气候变化科学）。¹⁴⁰

生态管理有助于协调各种措施，有效应对渔业危机。即使没有气候变化，也已经有 25% 至 30% 的海洋鱼类资源处于过度捕捞、枯竭或者正在从枯竭中缓慢恢复的状态下——在这种情况下，收益远远低于理论上的最大值。约 50% 的海洋鱼类资源得到充分利用，捕量达到或接近其可持续捕量的极限。未被充分利用的海洋鱼类资源的比重从 20 世纪 70 年代中期的 40% 下降至 2007 年的 20%。¹⁴¹ 人类有可能从捕鱼业中获取更大的价值——

例如，通过减少无意中捕获的鱼类数量，据估计，这种情况占到世界捕鱼总量的 1/4。¹⁴² 目前，世界海洋渔业很有可能已经达到极限，因此只有采取更多的可持续性措施才能维持渔业的生产率。¹⁴³

生态管理关注的是整个生态系统，而并非某些特定的物种和地区，它将人类看做整个系统不可分割的一部分，从而能够有效地保护沿海和海洋生态系统的结构、功能和关键进程¹⁴⁴。政策包括沿海管理，地区管理，海洋保护区，捕鱼及渔具限制、捕鱼许可、分区以及执行海洋法。有效管理海洋生态系统也包括土地管理活动，土地管理最大限度降低水体富营养化事件给海洋生态系统造成的巨大压力，如世界很多国家的珊瑚礁问题。¹⁴⁵ 珊瑚礁的经济价值比造成珊瑚礁问题的农业高出很多倍。¹⁴⁶

发展中国家已经取得一些成就。一个在菲律宾中部达纳杰岸礁实施的项目已经使该区域的鱼类资源超过历史水平。¹⁴⁷ 很多发展中国家的生态管理实施效率确实比很多发达国家更高。¹⁴⁸

气候变化将带来食品价格上涨、鱼类蛋白质需求量增加、保护海洋生态系统必要性等方面的新压力，这可

能会促使各国政府实施长期以来倡导的改革。改革包括使捕捞量降低到可持续的水平，取消刺激捕鱼船过度捕捞的不正当补贴。¹⁴⁹ 每年新建渔船低于 20 世纪 80 年代后期的 10%，但捕捞过度问题仍然不容忽视。¹⁵⁰ 据估计，全球由于海洋捕鱼业监管缺失造成的经济损失为每年 500 亿美元¹⁵¹。设置捕捞权份额有助于激励个体和社会进行可持续的捕捞。这些计划将捕捞权分配给各种形式的专业捕鱼者，其中包括分配给社区捕鱼单位和个体捕鱼者的份额。¹⁵²

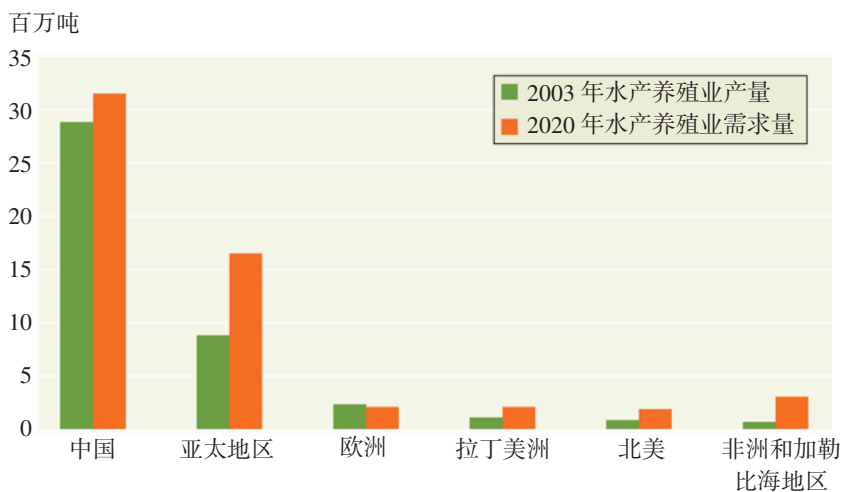
水产养殖将有助于满足日益增长的食物需求

世界消费的动物蛋白质中，8%是鱼类和贝类。¹⁵³ 全世界每年新增人口大概为 7 800 万，¹⁵⁴ 为维持目前平均每人每年 29 千克的消费量，¹⁵⁵ 全世界鱼类和贝类产量需要每年增加 220 万吨。如果捕鱼业不能得到恢复，那么只有水产养殖业可以满足未来的需求。¹⁵⁶

2006 年，水产养殖业为全世界生产了 46% 的鱼类食物。¹⁵⁷ 在过去 10 年中，其年均增速为 7%，超过了人类人口增长速度。对于一些品种而言，生产率实现了数量级的跃升，因此降低了价格并扩展了市场。¹⁵⁸ 发展中国家，尤其在亚太区域的发展中国家，是生产的主导者。中国市场上 90% 的鱼产品来自水产养殖业。¹⁵⁹

据估计，对水产养殖鱼类的需求量将增加（参见图 3.8）但是气候变化将对全世界的水产养殖业产生影响。海平面上升、更严重的风暴、海水入侵热带地区主要河流三角洲都会危害水产养殖业，水产养殖业涉及的多为耐盐性较差的鱼种，例如湄公河三角洲的鲶鱼。温带地区日益升高的水温可能会超过养殖生物体的最佳温度范围。伴随着温度的升高，预计水生生

图 3.8 对水产养殖鱼类的需求量将会增加，尤其在亚洲和非洲



出处：DeSilva 和 Soto, 2009。

物的发病概率和影响也会增加。¹⁶⁰

预计2010年至2030年间水产养殖业的年均增长率为4.5%。¹⁶¹但该部门的可持续增长需要克服两个主要障碍。首先是广泛以鱼蛋白和鱼粉油为鱼饲料给捕捞渔业带来的压力。¹⁶²水产养殖业的增长将来自不依赖鱼饲料的鱼种；如今，40%的水产养殖业都依赖于工业喂养，主要的原材料来自于海洋和沿海的生态系统，而这些自然系统的资源本已非常紧张。¹⁶³植物养殖法（例如含油种子饲料）大有前途¹⁶⁴，某些做法已经在不影响增长或收益的前提下，¹⁶⁵完全用植物替代鱼粉来喂养植食性和杂食性鱼类。饲养植食性和杂食性鱼类能提高资源利用效率，¹⁶⁶目前这类鱼产品仅占总产量的7%左右。例如，水产养殖业生产1千克鲑鱼、长须鲸或虾需要2.5千克至5千克的野生鱼类制作的饲料。¹⁶⁷

其次，水产养殖业可能会导致环境问题。当前世界20%至50%的红树林缩减是由沿海水产养殖业造成的；¹⁶⁸如果红树林进一步缩减，生态环境的自我调节能力将受到影响，从而导致沿海地区人口更易遭受热带风暴的袭击。水产养殖也向海洋倾泻大量废物，造成某些海域的富营养化问题。新型污水管理技术——如水循环、¹⁶⁹更合理的饲料搭配，整合和混养互补有机体以减少废物产生¹⁷⁰——可以减轻对环境的影响。因此，可以在稻田、灌溉渠道、季节性池塘等未被充分利用的水体中合理发展水产养殖业。农业—水产养殖业一体化方案有利于实现养分的循环利用，水产养殖业中产生的废物变成了农业的投入（肥料），农业生产中产生的废物则成为了水产养殖业中的饲料，这样就能够最大限度地利用资源和减少污染。¹⁷¹这些方法实现了收入的多样化，并为亚洲、拉丁美洲和撒哈拉以南非洲的很多地区提供了

食物。¹⁷²

建立灵活的国际协商机制

管理自然资源、应对气候变化要求加强国际合作。它还要求提高国际粮食贸易的可靠性，使各国更好地应对气候变化的冲击，并进一步挖掘农业潜力。

共享水道的国家需要就水道管理达成共识

大约1/5的世界淡水水道穿越国境或本身就构成边境线，在某些地区，尤其是发展中国家，这一比例要高得多。然而，处于条约管理之下的水道仅有1%。¹⁷³此外，适用于所有涉及水道问题国家的国际水道公约寥寥无几。¹⁷⁴1997年，联合国大会通过《国际水道非航行使用法公约》。¹⁷⁵

为应对气候变化所造成的水资源挑战，沿岸各国之间的合作是基础。只有沿岸各国签署旨在应对洪涝干旱多变性的包容性协议，使所有沿岸国家承担共同管理水道的责任并共享水道，才能成功实现合作。通常，水资源协议是将固定的水量分配给各方，而气候变化使这个协议的议定困难重重。基于流量百分比的分配可以有效应对多变性。“利益共享”办法更好，这种方法关注的不是水量，而是从水资源利用带来的经济、社会、政治和环境价值。¹⁷⁶

各国需要共同努力，提高渔业管理水平

鱼产品是国际化最强的食物商品。1/3的世界鱼产品进入国际贸易流通，在所有初级商品之中，这一比重最高。¹⁷⁷由于鱼类储量的减少，欧洲、北美和亚洲许多国家从发展中国家进口的鱼产品总量开始增加。¹⁷⁸需求增加和

对捕鱼设备的过度投资（欧洲捕鱼船的总规模比鱼类资源可承受捕捞极限高出 40%），这正在引起南地中海、西非和南美鱼类资源的枯竭。尽管每年鱼产品的国际贸易额高达数十亿美元，发展中国家对在其海域捕鱼的外国渔船征收的费用却相对很小。即使在金枪鱼丰富的西太平洋，发展中小岛国所获得的回报仅占所捕获金枪鱼价值的 4%¹⁷⁹。通过改变鱼类种群分布、破坏原有的食物链、打乱鱼类原本已不堪重负的生理状态，气候变化使问题进一步恶化。¹⁸⁰ 由于鱼类资源减少，捕鱼船队不能冒险到深海捕鱼，这就要求谈判以达成资源分配的新协议。

为促进适应性并管理渔业权利，从法律和制度两个方面发展国际资源管理体制、以及相应的监管系统非常重要。加强区域渔业管理组织有助于达成此类协定。¹⁸¹ “本格拉洋流大海洋生态系统项目”是一个非常有益的尝试。安哥拉、纳米比亚和南非西岸的本格拉生态系统是世界上资源最富饶的地区之一，是鱼类、海鸟和海洋哺乳动物等多样化生物的栖息地。有证据显示，气候变化正在使该生态系统的一些重要商业物种从热带地区向极地转移。¹⁸² 这进一步加剧了已经存在的生态紧张局势。过度捕捞、钻石和油气开采共同造成了这一局势。2006 年，安哥拉、纳米比亚和南非联合建立第一个旨在管理大型海洋生态系统的机构——本格拉洋流委员会。三国致力于共同管理渔业，适应气候变化。¹⁸³

提高农产品贸易的可靠性将有助于各国应对突发极端气候事件

即使农民、企业、政府和水资源管理者大幅度提高水土资源的生产效率，世界上仍将有一些地区因水资源匮乏难以生产他们所需的全部食物。决定粮食进口和自产的数量在很大程

度上影响着农业生产效率和水资源管理。（参见专栏 3.8）当资源禀赋和增长潜力不足时，寻求粮食自给自足会造成沉重的经济和环境成本。

许多国家所需食物的很大一部分是通过进口获得——多数阿拉伯国家一半以上的食物需要进口——日益恶劣的自然条件意味着所有国家都需要作好国内歉收的准备。¹⁸⁴ 气候变化将使今天本来就干旱少雨的国家更加干旱，这进一步加剧了收入和人口增长造成的粮食需求量增加的问题。因此，居住在常年大量进口食品来满足需求的地区的人口增加。此外，由于气候变化增加了极端气候事件发生的概率和强度，更多的人口将遭遇国内农业大幅减产的情况。在几项全球情景中，由于气候变化，发展中国家的净进口将增加 10% 到 40%。¹⁸⁵ 到 2050 年，谷物贸易量将增长一倍以上，肉类产品贸易量将是当前贸易量的四倍以上。¹⁸⁶ 多数依赖粮食进口的国家将是发展中国家。¹⁸⁷

正如 2008 年食品价格的大幅度上涨所显示，全球粮食市场并不稳定。价格为什么会上涨？首先，粮食市场规模很小：只有 18% 的世界小麦产量和 6% 的世界稻米产量用于出口。其余的都在产地消费掉了。¹⁸⁸ 而且只有少数几个国家出口粮食（参见地图 3.5）。如此小的市场规模使得任何供应或需求的微小变化都可以导致价格的剧烈波动。其次，全球人均粮食库存处于历史的最低水平之一。最后，生物燃料市场的蓬勃发展，使一些农民退出粮食生产，这极大地促进世界粮食价格的上涨。

当国家丧失了对国际市场的信任，他们应对价格上涨的措施会使事情进一步恶化。2008 年，许多国家限制出口或控制价格，以尽量减少高价格对本国国民的影响，这些国家包括阿根廷、

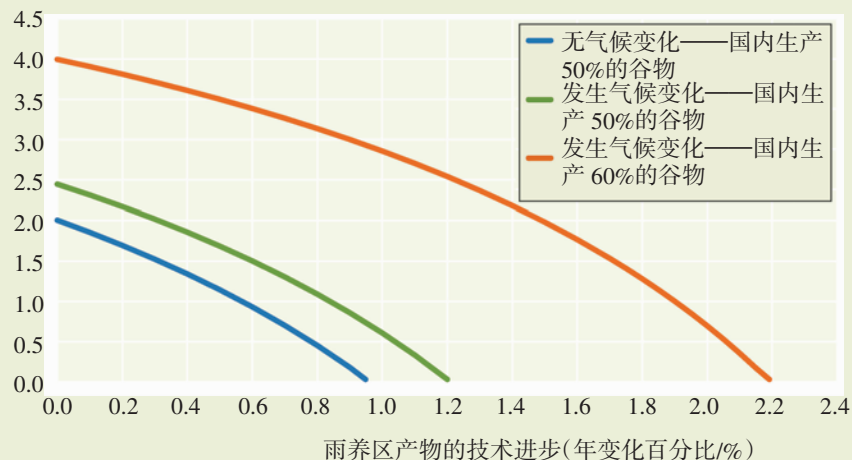
专栏 3.8 摩洛哥的政策制定者针对谷物进口的艰难抉择

摩洛哥水资源严重紧缺，而且人口不断增长，它消费的谷物有一半需要进口。即使没有气候变化，如果它想在不断增加用水量的前提下保证谷物进口率低于50%，摩洛哥将必须提高技术水平，实现下述两个选择的有机结合：要么灌溉区每单位水的产出增长2%；要么雨养区每单位土地的产出增长1%（图中蓝线）。

温度的升高且降水量减少加大了这项任务的挑战性：技术进步的速度需要比没有气候变化的情况下快22%至33%。（取决于所选择的政策工具）（图中绿线）。但如果这个国家试图进一步减少气候变化对国内农业的冲击，并且保护自己不受国际市场价格波动的影响，决定将粮食自给率由目前的50%提高到60%，它必须使灌溉区雨养水资源使用效率每年提高4%，或将雨养区中

水资源使用效率提高2.2%，亦或者能达到同样效果的两种方案的任意组合（橙色线）。换句话说，摩洛哥若要有效应对气候变化，其技术进步速度要比在没有气候变化时高出1至1.4倍。而只

灌溉效率技术进步(年变化百分比/%)

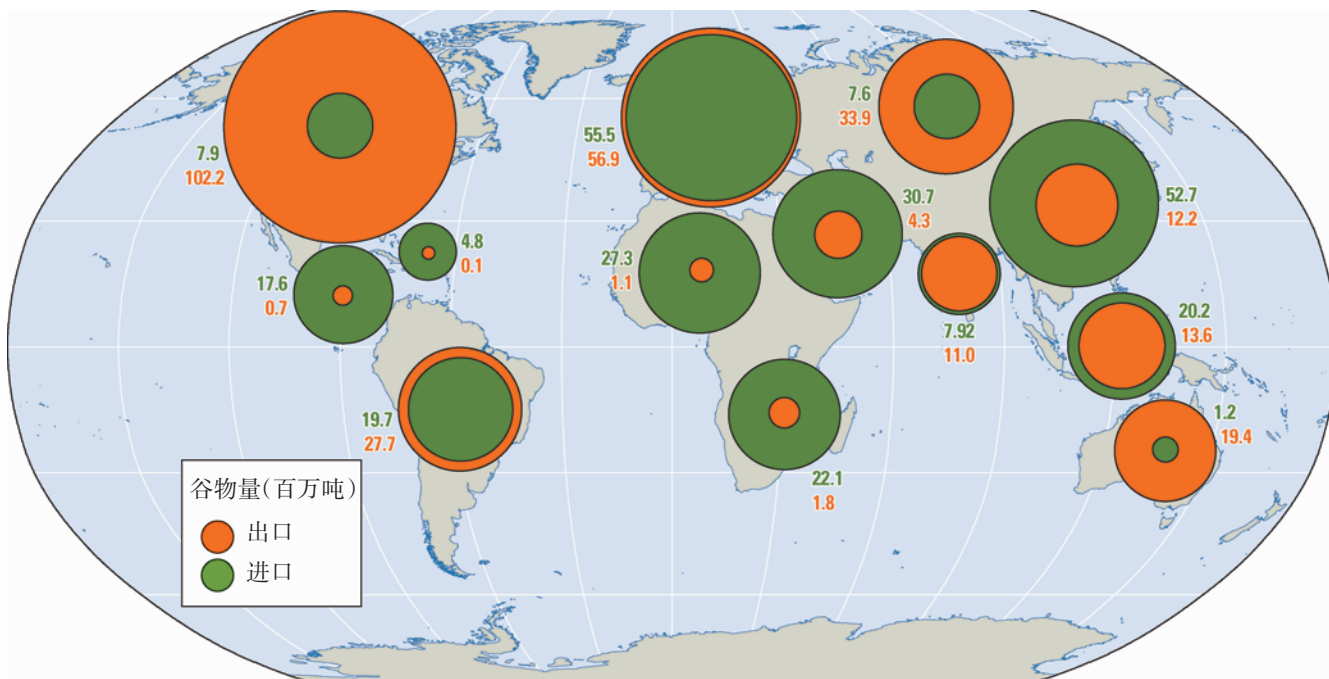


有大幅度提高国内的产出效率，减少净进口，摩洛哥才能实现上述目标。

出处：世界银行，待出版 a。

摩洛哥在不增加用水量的前提下实现谷物自给自足

地图 3.5 世界粮食贸易依赖少数几国的粮食出口



出处：世界粮农组织 2009c。

注：每年进出口量为 2002 年至 2006 年 4 年的平均值。

印度、哈萨克斯坦、巴基斯坦、俄罗斯、乌克兰和越南。印度禁止大米和豆类出口，阿根廷提高牛肉、玉米、大豆和小麦的出口税率。¹⁸⁹

出口禁令或高额出口关税使国际粮食市场变得更小和更加动荡。例如，印度对稻米的出口限制给孟加拉国的消费者带来了不利影响，并打击了印度稻农投资农业的积极性，而投资是生产率长期增长的重要动因。此外，出口禁令刺激了卡特尔的形成，破坏贸易信任，并会刺激贸易保护主义。国内价格管制通常会适得其反，因为这会导致最需要资源的人无法得到资源并且挫伤了农民生产粮食的积极性。

各国可以采取改善市场准入状况

各国可以单方面采取行动以改善其进入国际粮食市场的准入状况，这对于那些自身行为不会影响市场但却需要大量进口食物的小国而言是非常重要的方法。最简单的方法之一是完善采购方法。发放措施严格的进口招标，如电子招投标和先进的信贷、对冲金融产品，都能够帮助政府做好生意。另一种选择是放宽跨国采购的法律限制，这样小国可以组织起来形成规模经济。¹⁹⁰

第三项措施是积极管理资产。国家需要充足的国家储备和最先进的风险对冲工具，这些工具通过期货和期权购买小额实物资产和虚拟资产。模型显示，2007年11月到2008年10月小麦价格飙升时，埃及支付了约27亿美元购买小麦，但是，如果埃及采用期货和期权工具，它可以节省5%到24%的费用。全球共同管理资产的行为也有助于防止价格飙升。¹⁹¹ 小规模粮食储备可以减缓应对紧急粮食问题的压力。国际社会协作建立的全球粮食储备可以减轻实现粮食自足的压力。

创新的虚拟储备可以防止市场价格暴涨，使价格保持在更接近于长期市场决定的水平，避免全球粮食储备面临风险。¹⁹²

不受气候影响的运输服务对于保障全年的市场准入也非常关键，在埃塞俄比亚这样降水量变化巨大的国家尤其如此。增加投资改善供应链物流——道路、港口、海关设施、批发市场、地秤和仓库——将有助于消费者以更低的价格获得更多的食物。但是“制度基础设施”同样必要。海关和仓储的透明度、可预见性和诚信同硬件设施一样重要。

进口国同样可以对生产国供应链的各部门投资。对生产国的供应链基础设施、农业研发投资也是有可能的，而且风险较小。

规范贸易的国际规则仍然是蓝图的重要组成部分

世界贸易组织多哈回合谈判的议程旨在消除贸易壁垒，改善发展中国家的市场准入状况。但是2008年，谈判终止了。一项研究认为如果各国不能在多哈回合谈判中达成一致¹⁹³，全世界在国际贸易中将至少损失1.1万亿美元。达成协议是改善全球粮食贸易至关重要的第一步。重点措施包括降低有效税率和减少发达国家对农业的补贴和保护。¹⁹⁴

可靠信息是有效管理自然资源的基础

对天气和气候服务投资可以带来巨大收益，但发展中国家严重缺乏这些服务

通常情况下，一国气象服务的投入产出比大概在1:5到1:10之间，¹⁹⁵ 一项研究显示，中国的投入产出比是

1:69,¹⁹⁶ 天气和气候服务可以在一定程度上消除极端气候事件的影响（参见第2章和第7章）。根据联合国国际减灾战略，洪水预警最高可以减少35%的损失。¹⁹⁷ 大部分发展中国家，尤其是非洲国家，亟须更好的天气和水文预报系统（参见地图3.6）。世界气象组织认为，非洲每26 000平方公里的面积才有一个气象站，是建议最低限度数量的1/8。¹⁹⁸ 由于高质量的数据有助于充分认识长期的气候变化趋势数据收集和归档也非常重要。世界许多气候数据库都有20世纪40年代以来的电子数据，但只有少数几个数据库有此前所有可得数据的电子版档案。¹⁹⁹

提高预报水平将有助于改善决策

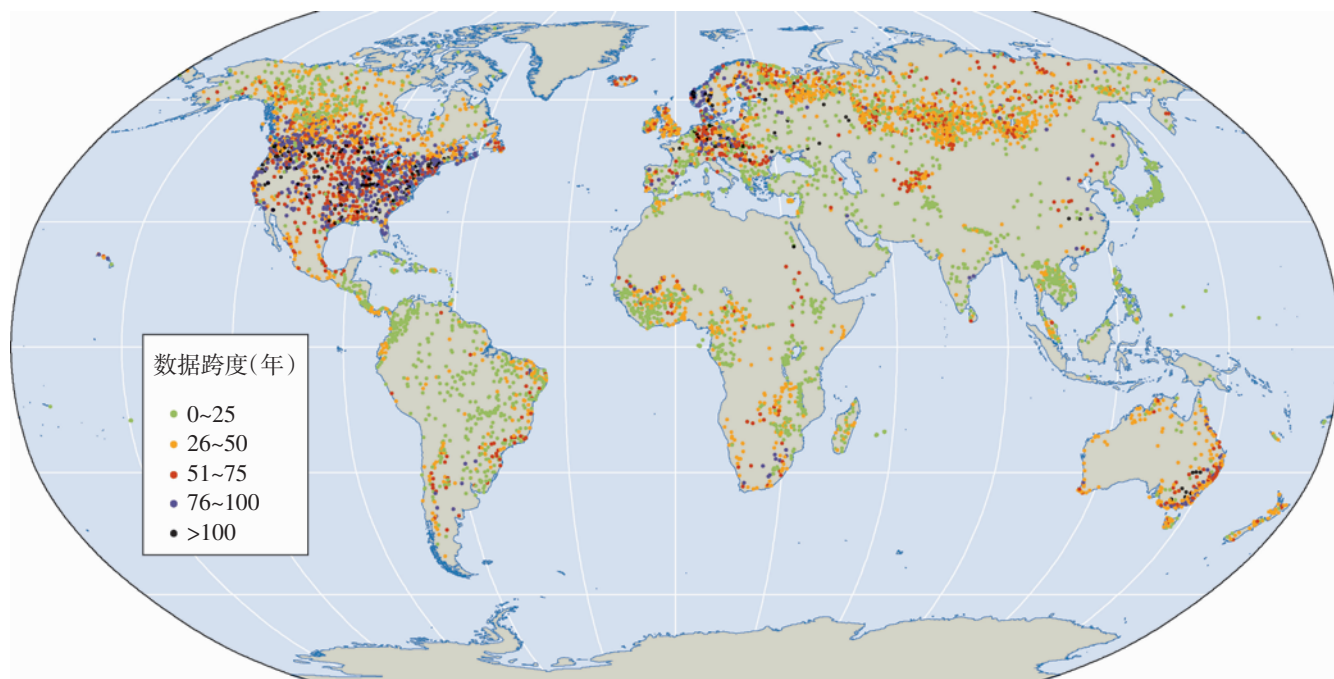
孟加拉国的降水预报只能提前一至三天；但农民需要更早的预报以安排播种、收获和施肥的时间，在粮食危机常常持续数月的雨养农业区尤其

如此。目前孟加拉国特别是热带地区和受到厄尔尼诺南方涛动影响的地区²⁰⁰的季节性气候预测已经有了显著改善（降水和温度在数月内相对于基准水平如何变化）。现在已经能够更加准确地预报印度尼西亚和菲律宾的季风性降雨和非洲、巴西、印度和东南亚一个季节中的阴雨天数量。²⁰¹ 南美、南亚和非洲基于厄尔尼诺的季节性天气预报有助于提高粮食产量，巩固粮食安全。²⁰² 例如，津巴布韦的棉农可以根据季节预报来调整播种时间和作物品种增加收益（增幅随降水量变化而变化，可以从降水量充沛的17%，到降水量不足时的3%）。²⁰³

新型遥感监控技术为可持续发展带来希望

政策制定者难以遏制水土资源及其他相关生态系统过度开发的原因在于资源管理者和使用者都没有准确、

地图 3.6 发达国家拥有更多的数据收集点和时间跨度更长的水资源监测数据



出处：全球分布和时间序列跨度由全球径流量数据中心（GRDC）提供。

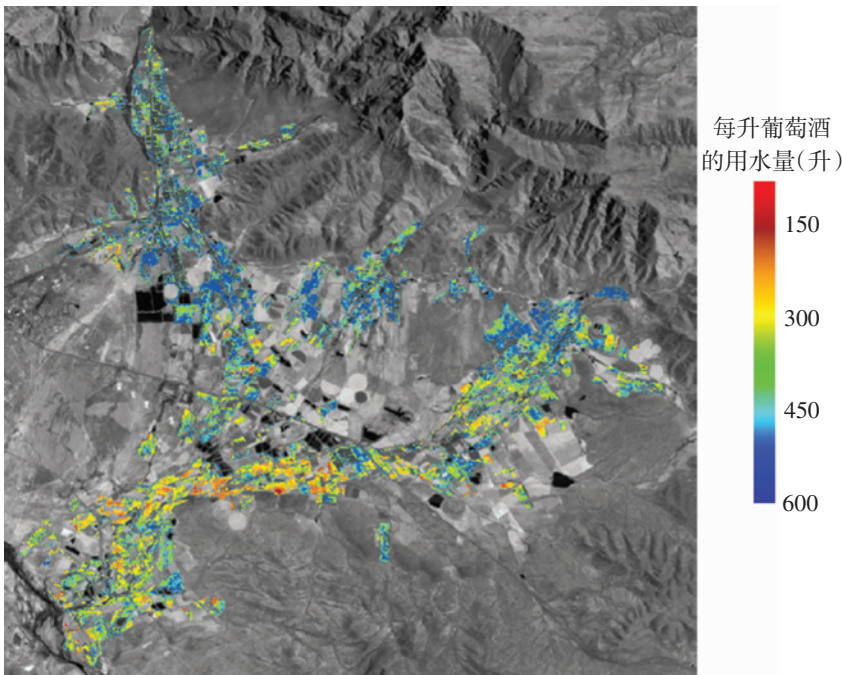
注：本地图显示的是能够提供河流径流量数据的排放监控站位置。

及时的信息。他们不知道这些资源现存数量，正在使用的数量，以及他们的行为会对未来资源造成何种影响。但是，新型遥感技术的出现填补了部分空白，为有效提高水资源分配效率的决策提供信息并帮助执行水限制政策。

测量水资源生产效率是遥感技术最有前途的应用之一。²⁰⁴ 将卫星的热成像照片、作物类型现场数据和地理信息系统中的地图结合起来，科学家可以测度任何地理层次的收益率（农场、流域或国家）。这使得水资源管理者能够做出更好的决策配置水资源，并为水资源使用效率最低的农民提供专门咨询服务。它还能给重要投资决策提供指导——例如，是对雨养农业区还是灌溉农业区投资。它可以帮助管理者测量节水灌溉技术投资的实际效果，而在过去这是非常困难的（参见图 3.9）。

直到最近，对于所有国家而言，测量地下水消耗量都非常困难和昂贵，

图 3.9 渥斯特葡萄园应用遥感技术（西开普，南非）、计量水分生产率



出处：水资源监督, www.waterwatch.col (2009 年 5 月 1 日登录)。

注：红色区域土地的耕作者每生产 1 升葡萄酒的用水量仅为蓝色区域土地的 1/4。除测量水资源生产率外，政府也能应用这些技术开展咨询服务、推进法律执行。

而很多发展中国家则完全忽略了这项工作。为数十万私人水井安装测量仪并测度其用水量成本过于昂贵。但是新型遥感技术可以测量整个区域蒸腾总量。如果能够知道渗透至地下和用于灌溉的地表水的量，那么便可以估算出地下水净消费量。²⁰⁵ 一些国家正在尝试利用遥感技术所获得的数据加强对地下水的管理，例如摩洛哥农民正在考虑采用滴灌技术（如本章开篇所述）。执法可以采取如下手段：当某位农民的水分蒸腾量超过限制水平时，抽水泵即自动关闭，且系统自动发短信给此人的手机，警告他用水量即将超过配额，并提醒检查员去监督这些农场。²⁰⁶

遥感信息绘制的数字地图可以为资源管理者提供多方面帮助。根据遥感信息绘制的非洲土壤数字地图，对土地的可持续管理大有裨益。目前使用的土壤地图是 10 年前甚至 30 年前绘制的，而且通常没有实现数字化，难以为制定土壤肥力和土壤侵蚀方面的管理政策提供足够信息。一个国际联合组织正在使用最新技术，从非洲大陆开始，绘制全球数字地图。²⁰⁷ 利用卫星图像等新技术，科学家可以测量河川径流、土壤水分和储水量（湖泊、水库、含水层、雪和冰），预报洪水灾害。科学家也能测量作物产量、作物应力、二氧化碳吸收、物种组成和丰富度、土地覆被、土地覆被变化（例如森林采伐）和初级生产力。他们甚至能够绘制个别入侵植物物种的蔓延情况。²⁰⁸ 由于更新时间不同，他们的测量尺度不同。但是通过如此先进的技术，管理者可以获得准确而规律的数据。甚至在几年前，这都是无法想象的。根据卫星和天气条件，他们能够每天甚至每 15 分钟就更新一次数据。

研发是充分发挥新信息技术优势的必要条件。在管理气候变化相关的

自然资源问题上，新技术和信息系統有广泛的应用空间。对自然资源管理的卫星数据投资将获得长远回报。这一潜力还远远没有得到开发，在最贫困国家尤其如此。一项关于荷兰的研究认为，为管理水质（富营养化、藻类水华、混浊度）而对卫星观测进行额外投资，包括卫星的资本成本在内，获得财政收益的可能性为75%。²⁰⁹因此，这些工具的研发及在发展中国家的应用已经成熟，可进行公共投资和私人投资。²¹⁰

可靠性更高的信息赋予社区改善自然资源管理的能力

管理自然资源通常要求政府制定并实施法律、限制或价格政策。由于政治及社会经济的压力，这些措施很难实施，在制度薄弱的地区尤其如此。如果资源使用者能够获得准确信息，了解自身行动可能产生的影响，他们甚至会越过政府，同心协力减少掠夺式开发，通常还能够增加收入。正如近期一项研究强调，海洋捕鱼业治理不善造成全球成本，这从经济上有力地证明改革会带来出路。²¹¹

印度的几个案例表明，更畅通的信息能提高农业生产效率和福利水平。在印度的马德亚普拉德什邦，印度烟草公司（ITC）的一家子公司建立了名为eChoupal的体系，以期降低采购成本，提高从农民处购买的大豆的质量。eChoupal是乡村互联网亭，由当地企业家经营。农民通过eChoupal了解大豆期货价格，绕过中间商和批发市场，把产品直接出售给ITC。通过eChoupal，ITC降低了每吨产品的采购成本，农民则及时知道自己将得到的价格，减少浪费，提高效率。互联网亭初始资本成本的投资回收期约为4年到6年。²¹²

另一个例子是联合国粮农组织在

印度安得拉邦赞助的一个项目。该项目极大地减少了对含水层的过度利用。该项目通过低技术、低成本途径，使社区能够评估自己的资源状况。该项目不使用昂贵设备，也不雇用专业水文地质学家，而是借助社会学家和心理学家，研究如何最好地激励村民减少目前的耗水量。项目开展过程中，产生了“赤脚水文地质学家”，为当地人讲解他们赖以生存的含水层（参见图3.10）。这些农民不是专家，甚至常常是文盲，但获得了非常有用的数据。他们甚至把数据出售给政府，用于水文服务。通过这一项目，村民们认识到自己的行动可能产生的影响，了解了社会规范，获得了关于作物新品种和技术的信息，从而同意改变作物并采取减少水分蒸发的生产方式。

该项目有近100万农民参与。期间没有任何经济激励措施或对不服从行为的惩罚措施，完全依靠参与者自我约束。参与的村庄减少了抽水量，而周边村庄的抽水量仍在增加。如此大规模的行动，费用却极低——共有65个村庄参与，²¹³每个村庄每年花费2000美元。这一行动有巨大的推广潜力，但

图3.10 在印度安得拉邦，农民使用极其简单的设备和工具，获得水文数据，控制含水层抽水量



出处：银行职员。

注：在获得信息的情况下，每位农民都能在每个用水量上升的季节设定自己安全抽水的上限。通过技术支持，他们能更好地管理水土，改变作物并耕种不同的作物品种，从而从用水中获得更高的回报。

主要是在硬岩含水层地区。这些地区容易迅速失水和补水,而且没有其他地区常见的底层。²¹⁴

这些措施鼓励参与者减少对自然资源的过度使用,减少对臃肿的政府机构的依赖,克服更宽泛的治理难题。这些措施也能成为政府与社区合作、改变使用者行为的工具。以中国的海河流域为例。海河流域是中国最缺水的区域,但却是极其重要的农业生产区。海河流域和另外两个相邻流域的小麦产量,占中国小麦产量的一半。海河流域的水资源受到污染,湿地生态系统受到威胁,地下水也严重过度开采。流域每年消耗的地下水比其吸收的雨量高出 25%。²¹⁵

政府与 30 万农民合作,改革海河流域的水资源管理。改革强调减少耗水总量,而不仅仅是提高水生产率。改革将灌溉设施投资与咨询服务结合起来实现土壤水量最大化。改革限制了含水层水量的使用。改革引进了新机制,例如把管理灌溉服务的责任转移给农民群体,提高地表水灌溉的成本回收。改革利用最新监控技术,通过结合卫星数据测量水分生产率和地基层的地下水消耗量和传统农业服务结合在一起。这些监控措施为决策者和农民提供了实时信息。他们根据这些信息调整自己的行动并监控违规行为。²¹⁶

这些措施取得了显著成效。通过转向种植价值更高的作物,农民提高了收入,减少了耗水量。商品作物产量增加了 2 倍,很多地区的农业收入增加了 4 倍,每单位耗水量的农业产量增加了 60%至 80%。该地区的用水总量下降了 17%,地下水消耗速率为每年 0.02 米。没有实施该项目的地区,其消耗速率是每年 0.41 米。

总之,农民和其他资源管理者可以利用现有的及正在开发的技术和工

具管理水资源、土地、农业和渔业。在理想状态下,合适的人将能够获得这些技术和工具。但是,只有依靠合理的政策和基础设施,才能有效利用这些技术和工具。图 3.11 和图 3.12 展示了这个理想状态下的世界。在过去几十年里,社会在走向这个理想状态的过程中障碍重重。但是随着环境的变化,这一过程可能加快。

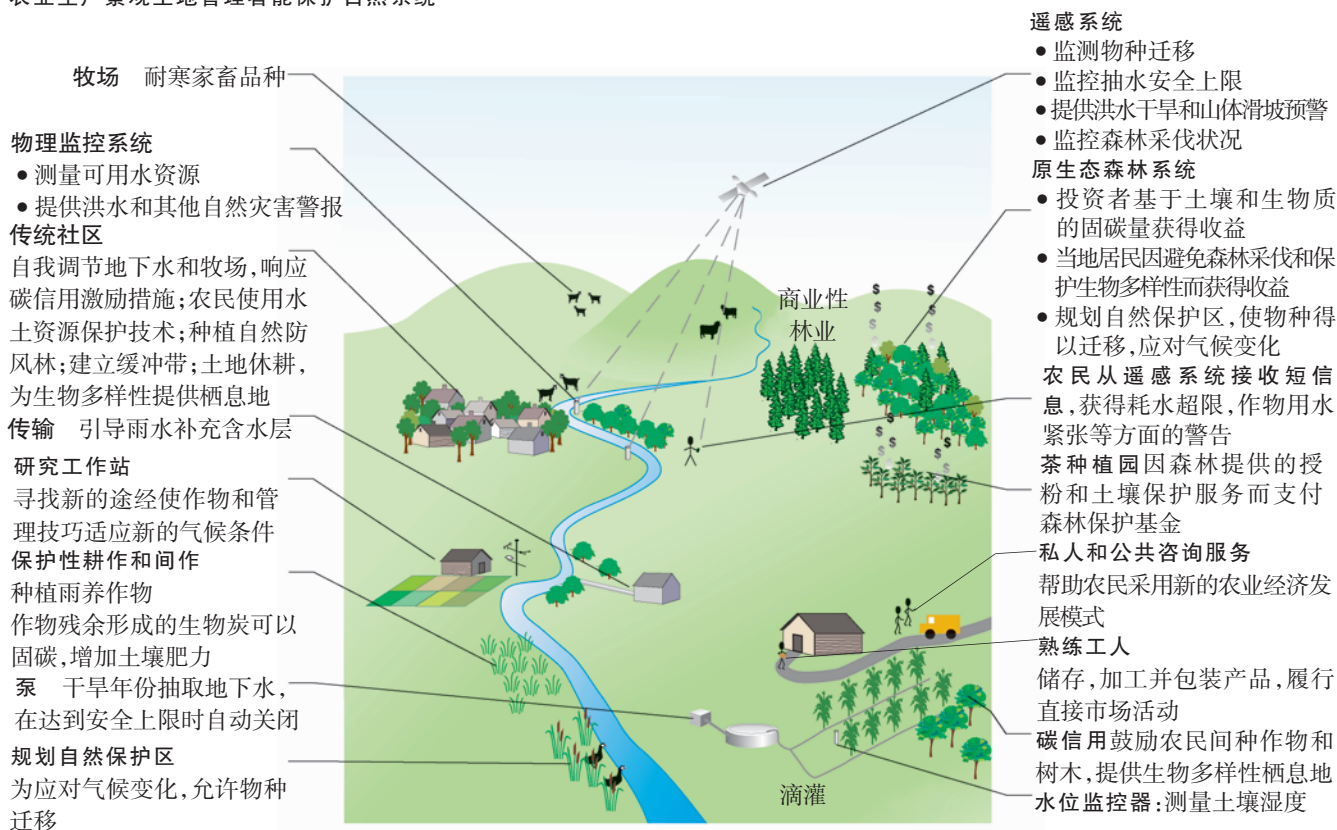
碳、粮食和能源价格可以充当跳板

本章介绍了很多新的途径,帮助发展中国家应对气候变化带来的水土资源管理的额外压力。我们反复强调,只有在完善的制度和明智的政策下——即当“基础”合理时,新技术和新投资才能有效。然而,世界上最贫困的国家通常缺少合理的“基础”。即使在最佳环境下,建立“基础”——建立完善的制度,改革补贴机制,改变贵重商品的分配方式——也是一个长期过程。

本章提出了应对气候变化的诸多方法,帮助各国改善水土管理。这些方法要求农民(很多是世界最贫困人口)改变耕作方式。这些方法还要求违法者(非法伐木工、非法矿工)及举足轻重的富裕人群(包括地产开发商)停止给他们带来暴利的行为。本章建议,加速过去几十年里进程缓慢的行动。期待通过大规模改革以真正解决我们面临的气候变化挑战,是否现实呢?

以下三个新的因素有望克服过去阻碍这些进步的一些困难,促进变革。第一,气候变化将提高能源、水土资源的价格,继而提高粮食等农产品的价格。这将加大创新步伐和加快采用新的生产方式,从而提高生产力。当然,价格上涨也将使过度开采资源或

图 3.11 在理想状态下的未来气候智能型农业景观下，农民能够使用新的技术和技能实现产量最大化；通过使自然栖息地融入农业生产景观土地管理者能保护自然系统



出处: 世界发展报告小组。

侵占自然栖息地变得更加有利可图。第二, 在碳景观中实施碳价格, 可能会鼓励土地所有者保护自然资源。如果能够克服实施过程中的困难, 农民就可以免于承担采用新方法时面临的风险。这也将鼓励土地所有者保护自然系统。第三, 世界每年有 2 580 亿美元用于农业补贴。即使这些补贴只是部分地重新分配给固碳和生物多样性保护, 它也能在以必要的规模示范本章所介绍的技术和方法。

能源、水和农产品价格上涨能够推动创新, 增加投资以提高生产力

受各项因素的综合影响, 在未来几十年内粮食价格将上涨。这些因素包括, 人口增长和日益富裕的人口粮食需求量的上升; 生物燃料产量的上

升 (这将导致对农业用地和水资源的争夺)。此外, 气候变化将增加粮食种植的难度。正如第 4 章所说的那样, 气候变化政策很可能推动能源价格上涨。²¹⁷

电力价格上涨意味着, 用泵抽出的水的价格也将上涨。在这种情况下, 有效的水分配机制将更为重要。努力减少维护不善的水传输和分配网络中的渗漏, 也同样重要。能源价格上涨也将增加政府供水补贴的成本。这将促进长期要求的对水管理政策和投资的改革。²¹⁸ 此外, 由于肥料是石油化工产品, 油价上涨也将促进人们更加谨慎地使用肥料。

预计粮食价格将增高, 长期内更加波动。国际农业科技发展评估预计 2000 年至 2050 年期间, 在常规市场,

图 3.12 未来理想状态下的气候智能型景观将通过自然基础设施、人工基础设施和市场机制，采用灵活技术应对气候冲击

城市

建造在远离洪泛区的地区

- 分散的能源系统，包括可再生能源
- 规划低碳运输
- 建筑物使用低环境影响建筑材料
- 根据上升的温度和严重的风暴决定道路材料和设计排水系统

建立保税仓库区
储存谷物，应对国际谷物市场中的价格冲击

废水处理厂
处理水

- 注入含水层免受盐水入侵
- 输入沿海湿地弥补过度抽水
- 用于上游灌溉

保护湿地用于固碳、提供栖息地和净化水资源

保护红树林

- 响应碳信用激励措施
- 提供生态系统服务，包括鱼育苗和风暴保护



大坝

- 提供能源和灌溉，预防干旱和洪水
- 重新设计应对暴雨，使环境破坏降到最小

升级港口和海关设施促进国际贸易

电站截存碳并储藏
在地下

生物工程树在过
去的荒地固碳

现代作物品种适应气候
变化压力

沿海农业以含水层的水
进行灌溉，含水层受到保
护免受海水入侵

海水淡化

- 使用可再生能源
- 为城市和沿海农业供水

规范渔业
确保捕捞的可持续性

出处：世界发展报告工作组。

玉米、大米、大豆和小麦的价格都将上涨 60%至 97%；牛肉、猪肉和禽肉的价格将上涨 31%至 39%。²¹⁹ 其他世界粮食体系的模拟也显示，气候引发的谷物产量下降将导致粮食价格上涨。²²⁰ 大多数预计显示，即使农民采取措施适应气候变化，谷物价格也将上涨。²²¹ 到 2080 年，不同的情景模型预测：如果使用二氧化碳肥料，世界粮食价格将上涨约 7%至 20%；如果不使用二氧化碳肥料，将上涨 40%至 350%（参见图 3.13）。²²²

粮价上涨对贫困人口（80%的收入用于食物）的打击最为严重。气候变化风险导致的价格上涨，将使数个低收入国家的粮食安全受到威胁。虽然不同情景模拟的预测结果不同，但有一点是明确的，即气候变化将使更

多更贫困国家的人们面临饥饿的威胁。南亚和非洲的饥饿人数增长最快²²³。

气候变化要求调整水土资源的使用。和能源价格一样，粮食价格也将对这一调整造成深刻影响。对农民、公共部门和私人部门来说，投资农业、土地和水的回报越来越高。私营农业公司、国际援助捐赠者、国际发展银行和国家政府都将目睹国际粮食价格上涨，并迅速采取行动。但是，正如 2007—2008 年粮食价格危机所反映的那样，农民获得的国际粮价上涨的信息是不完全的。例如，大多数撒哈拉沙漠以南非洲的农民在一段时间以后才获悉粮价上涨的消息，和亚洲、拉丁美洲的大多数地方相比，他们从粮价上涨中获得的收入更缓慢、更不完全。²²⁴

农村基础设施的质量越好，受益

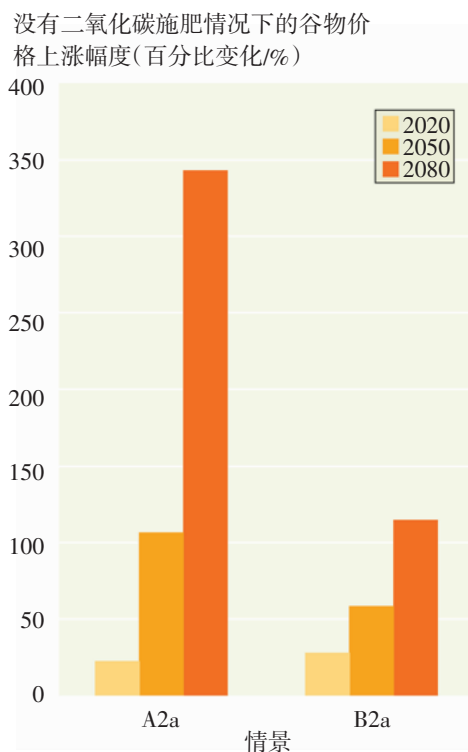
于较高国际粮价的农民就越多。粮价上涨会促使人们把土地变更为作物和牲畜用地，对生态系统造成负面影响。但是，粮价上涨也将促使人们对农业研究、灌溉设施和农业基础设施进行大规模投资，从而促进生产。能源和粮食价格的共同增长将使一些大型投资有利可图，包括用于发电和灌溉目的的大型多功能大坝。用高粮价来刺激创新型投资和政策改革，从而提高农业生产率并确保水土资源的可持续利用，这非常重要。

农业领域内的减排固碳国际交易，将鼓励人们更好地保护自然系统

在《京都议定书》的清洁发展机制下，发展中国家的农业土壤固碳项目没有资格把碳信用出售给发达国家的投资者。如果他们获得资格，对农民等土地使用者的激励措施将发生根本性改变。在受到气候变化影响的世界里，覆盖了农业和其他土地管理实践排放的温室气体的碳市场，是推动可持续发展的最重要机制之一。农业领域的碳市场潜力巨大：到2030年，每年预计产生460亿吨以上的二氧化碳，比林业（每年产生780亿吨二氧化碳）的一半还多。²²⁵如果CO₂e以每吨100美元的价格出售，农业领域的潜在减排量将与能源的潜在减排量相当（参见概述，专栏8）。模型显示，农业和土地使用变更的碳定价有利于预防人们改变原生的生态系统（参见图3.14中的“未管理地”），以满足对生物燃料的不断上涨的需求。

虽然目前还没有建立起以碳价保护土壤碳的机制，但是农业减排的潜力巨大。即使在非洲（碳相对贫瘠的旱地占大陆44%），农业固碳的可能性也是巨大的。²²⁶预计到2030年，非洲大陆的平均农业减排潜力将达到每年1亿至4亿吨CO₂e。到2030年²²⁷，即

图 3.13 预计到 2050 年，全球谷物价格将上涨 50% 至 100%



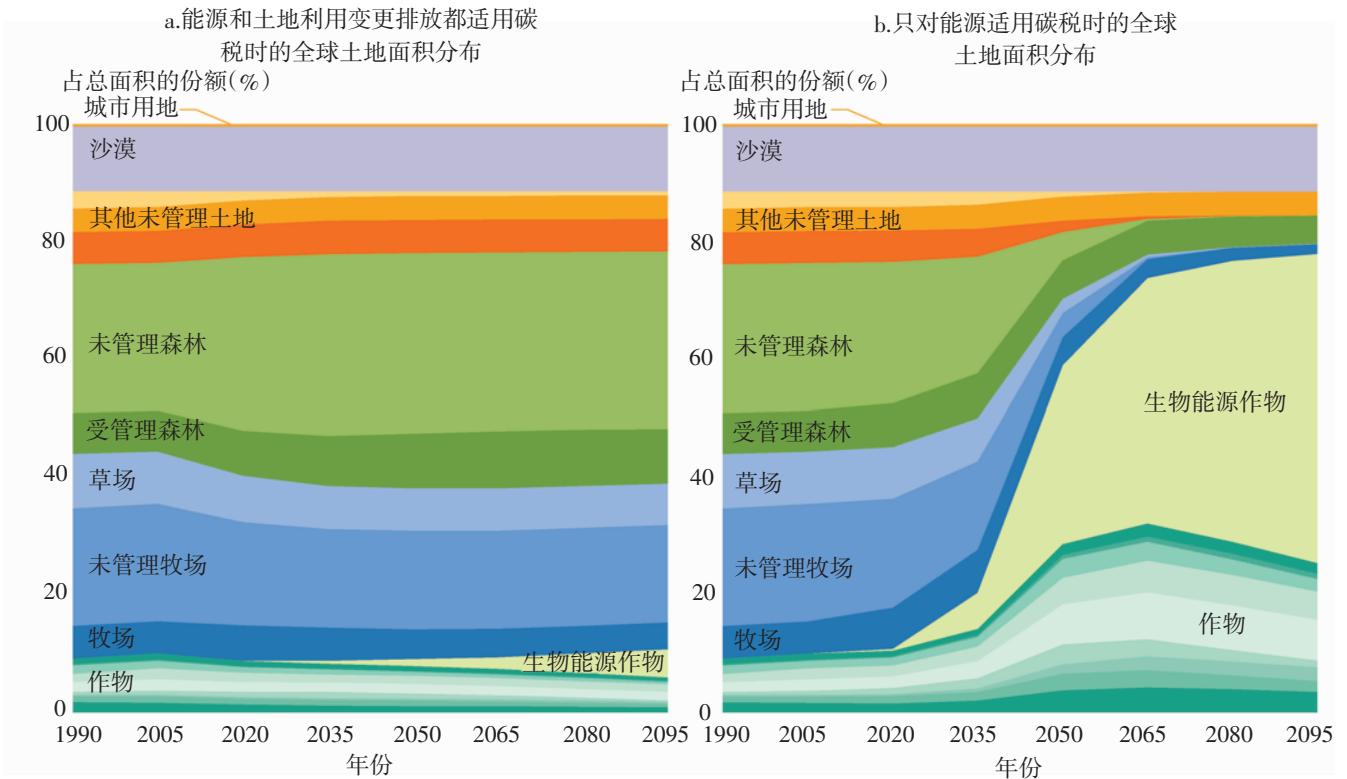
出处：Parry 等 2004。

注：政府间气候变化委员会（IPCC）排放情景特别报告（SRES）的 A2 情景描述了在世界人口不断增长的情况下，人均收入增长的趋势。各地区之间的技术变革不同，并比其他情景更缓慢。B2 情景描述的是，人口增长率低于 A2 情景，经济发展和技术变革都处于一般水平。

使以每吨 10 美元这一较低的价格出售，所获的财政收入也将相当于非洲每年获得的官方发展援助。²²⁸一项对非洲牧民的研究显示，即使自然资源管理的进步不大，每公顷土地每年也能产生 0.5 公吨额外碳汇。如果以每公吨二氧化碳 10 美元的价格出售，他们的收入将增加 14%。²²⁹

农业固碳是应对气候变化的相对经济有效的方式。预计 2030 年农业的应对成本低于林业部门（1.8 美元每公吨 CO₂e 和 13.5 美元每公吨 CO₂e）。²³⁰原因之一在于，很多农业技术在促进固碳的同时，也能提高农业产量和收入。

图 3.14 农业和土地使用变更排放适用碳税将鼓励人们保护自然资源



出处: Wise 等 2009。

注: 基于 MiniCAM 全球综合评估模型做出的预测。两种情景都展现了 2095 年时二氧化碳浓度达到 450ppm 的途径。在图 3.14a 中, 对化石燃料、工业和土地利用变更的排放征税。在图 3.14b 中只对化石燃料和工业排放征税。如果不对陆地排放进行征税, 种植者很可能侵入自然栖息地, 以应对生物燃料的需求。

提高土壤固碳能力的技术已经存在, 但是没有被应用。原因很多, 其中包括, 适合热带和亚热带土壤的管理技术知识不足; 创新技术的推广体制薄弱; 缺乏产权, 无法激励短期成本高而长期回报率也高的投资; 肥料税收政策不合理; 交通基础设施薄弱。

我们可以采取四个实际步骤, 开拓碳市场。第一, 碳市场(本地的和 国际的)参与者必须共同签署简化的精算财务体系, 管理农民的活动, 并保守估计相关固碳, 而不是试图详细监控每个领域的碳排放量和碳吸收量。²³¹对发展中国家众多分散的小农进行固碳测量, 这既不经济也不可行。此外, 方法必须透明, 农民能够预先知 道不同行动将有怎样的报酬和惩罚。

土壤吸收或排放碳的过程是复杂

的。这一过程取决于土壤特质、气候条件、耕作体系和土地使用历史。即使在同一块土地内, 这一过程也可能不同。另外, 对于已有的差异来说, 每年的变化通常很小。而且, 固碳很快会达到平稳阶段。土壤中的碳积累通常在 15 年至 30 年后达到饱和。具体时间取决于农业类型。饱和之后, 减排空间将很小。²³²此外, 在重黏土壤中发展免耕农业, 会释放出一氧化二氮——一种强大的温室气体。这些排放量将大大超过第一个五年采用新技术所带来的碳储存收益。因此, 对某些类型的土壤来说, 免耕也许并不是温室气体减排的良好技术。²³³但是, 根据现有数据和模型, 对农业生态区和气候带的每次农业实践的固碳量进行大致估计, 是有可能的。此外, 目前

测量土壤碳的经济有效的技术（利用激光、探地雷达以及伽玛射线光谱）能够更快地测量固碳量，并更加精细地更新模型。²³⁴同时，项目可以对不同土壤类型的固碳进行保守估计，并关注土壤碳储存和流动更确定的地区（例如生产力更高的农业区）。此外，对不同耕作系统和土壤类型来说，任何固碳技术（例如保护性耕作）都不是万能的。

1986年以来，美国农业部在近1400万公顷土地上实施了土地保护区计划，这正是这一体系的模型之一。²³⁵这一自愿性项目旨在减少土地侵蚀。土地拥有者和农业生产者签署合同，退耕高度侵蚀性和环境敏感性耕地和牧场，休耕10年至15年，并因此得到回报。随着项目的不断发展，目标对象扩展到保护野生生物栖息地及水质。这一项目的报酬以该计划以及特定行动（例如滨岸缓冲带和防风林带）的累计环境收益指数为依据。每块土地的实际环境收益不是直接测量的，而是根据行动测量的，农业固碳活动也可以采取相似的以行动为测量基础的体制。²³⁶

第二，开发“集合体”——通常是私营机构或非政府组织。“集合体”

把众多小农、森林居住者和牧民联合起来，降低活动交易成本。如果没有“集合体”，市场将倾向于选择大型再造林项目，这是因为发展中国家的小农人均拥有的土地不能产生较大的固碳量。扩大规模也将减少参与者对碳储量不确定性和短暂性的顾虑。采用精算法对一系列项目的保守性估计，土壤固碳完全能够达到与其他部门二氧化碳减排量相当的水平。²³⁷

第三，必须解决固碳管理实践中的先期成本。采用新的生产方式存在风险，对贫困农民来说尤其如此。²³⁸然而，碳融资通常是在农民实际减排之后才支付（参见专栏3.9描述的肯尼亚试点项目）。我们可以以抵押贷款的形式，或让投资者预先支付部分报酬把对未来碳融资的承诺，预先支付给农民，购买农民的风险。

第四，农民必须了解自己的选择。这包括为发展中国家提供更好的农业咨询服务。农业推广服务是优良的投资：全球的平均回报率是85%。²³⁹这要求有能力进行测量或检验结果的公司或组织参与其中。

芝加哥气候交易所是自愿市场的分支机构，它显示了景观相关活动的固碳交易能够带来收益。²⁴⁰排放者能够

专栏 3.9 肯尼亚农业碳融资试点项目

肯尼亚西部两个试点项目的初期结果显示，小农农业可以和碳融资相结合。一个试点项目是在86000公顷的土地上，推行复合作物体系。一个8万农民组成的注册协会担当集合体。另一个咖啡项目规模较小，迄今覆盖了7200公顷土地，由9000名农民充当成员的合作社担当集合体。两个项目平均拥有的土地规模都较低（约为0.3公顷）。

预计两个项目每年的固碳量将分别

达到516000吨和30000吨二氧化碳。固碳行动包括减少耕作面积、覆盖作物、残留物管理、地面覆盖、堆制肥料、绿肥、更有针对性地使用肥料、减少生物质燃烧和农林业。这些项目采用了活动主导型监控。对未来20年固碳情况的估计来自于RothC模型。世界银行生物碳基金正在购买碳信用。每吨的价格由基金和项目开发者（VI Agroforestry，瑞典合作中心和ECOM农工业集团）协商决定。社区获得的全部收入中，80%将属

于社区，20%将用于监控和项目发展。

我们总结出两条经验：第一，必须有良好的集合体，特别是能够为农业实践提供建议的集合体。第二，监控方法必须简单、可行、透明。这样农民能够很容易咨询到相关信息，知道自己将从每项活动中得到的准确收益。这一体系将鼓励人们参与项目。

出处：Kaonga和Coleman 2008；Woelcke和Tennigkeit 2009。

从连续的保护性耕作、草地种植和牧场管理中获得碳信用。在农业碳交易中，参与者必须把所获储存中的 20% 用来预防将来的反弹。交易所显示，简单规则和现代化监控技术能够克服技术上的障碍。然而，一些批评家认为，“额外性”还没有得到充分评估：存在碳市场时的净减排量，也许并不高于没有碳市场时的净减排量。

在短期内，自愿减排市场正在酝酿农业和景观层面的固碳方法。但是，如果这些措施要往这一方向发展，必须把碳市场与未来全球履约市场联系起来。如果不割裂农业和林业部门的固碳，景观层面的固碳承诺将更容易实现。

固碳行为将对水土资源管理和产出产生积极影响²⁴¹。因此，土壤管理的碳融资最重要的一个方面是，充当“杠杆”，促进可持续的农业实践。这也将带来很多其他益处。从 1945 年至 1990 年，非洲的土壤退化导致农业减产约 25%。²⁴² 撒哈拉以南的非洲约有 86% 缺水的土地。²⁴³ 有效的碳融资机制有利于遏制土地退化。土壤履约碳市场在促进产量增加和自然资源平衡、促进世界最贫困地区的农村发展上，大有潜力。然而，这样的市场还没有形成。验证，尺度和时间方面的技术问题还有待解决。联合国气候变化框架公约提出分阶段开展能力建设和提供财政支持。第一阶段包括技术、监控方法和融资机制。第二阶段，把土壤碳技术与更广泛的碳市场相结合。²⁴⁴

调整农业补贴是实现气候智能型水土资源管理的重要机制

经合组织成员国每年提供的农业补贴为 2 580 亿美元，占农业收入的 23%。²⁴⁵ 其中只有 2% 用于非商品性服务（例如，建造缓冲带保护通航水道，保护灌木树篱或濒危物种）。

气候变化的政治强制性和改革补贴计划提供了机会，把补贴更多地应用于缓解气候变化和适应性措施。这将有利于保护境内土壤、水和生物多样性资源，并增加农业产量。除了这些直接收益之外，这一资源配置也能阐明气候智能型技术是否能广泛运用于发展中国家，并吸引企业智慧和能源，寻找解决可能出现的技术和监控问题的新途径。

欧盟已经对其共同农业政策进行了改革。给予农民的任何低收入补贴，都视其满足良好环境和农业标准的程度而定。任何支持农村发展的补贴，都用来支持有利于提高竞争力、管理环境和土地、提高生活质量并扩大多样性的措施。在农村发展支持项目下，如果农民提供的环境服务超过法定标准，将得到补偿。²⁴⁶ 这项改革前景良好，能迅速推行气候智能型和农民智能型农业和自然资源政策。这项机制可以首先在欧盟试点，然后运用到发展中国家的水土资源管理中。

为应对气候变化对自然资源的影响，并同时减排温室气体，社会必须提高水土资源生产率，并更好地保护资源。要创造更多产品，他们需要增加对农业和水资源管理的投资，在发展中国家尤其如此。对农业来说，这意味着投资于道路、研究和开发，同时实施更好的政策和制度。对水来说，这意味着使用新的决策工具和更可靠的数据，强化政策和制度，并对基础设施投资。农产品价格的预期上涨将刺激农民和其他资源使用者进行创新和投资。但是赢利增加也将刺激资源的过度开采。自然资源保护要求付出和促进生产同等的努力。

现有的很多工具、技术和途径，能帮助使用者更好地保护自然资源。但是，使用者通常缺少应用这些工具、技术和途径的合理动因。时间和空间

会出现不平衡。一个农民的最优选择，也许并不是整个景观或流域的最优选择。短期内最优选择，也许并非长期的最优选择。采取不同的行动也意味着，必须要求贫困农民和农村居民去承担他们也许不愿承担的责任。

政府和公共组织能够采取三种类型的行动，使对资源使用者的激励措施更加气候智能化。第一，他们能够提供信息，供人们做出最优选择，实施合作协议。这可能是高技术信息，也可能是社区自己获取的信息。第二，他们可以为土壤中的保留碳或固碳定价。如果行动合理，将减少农民采用新的行动方式的风险，同时也能帮助资源使用者做出更长远的决策。第三，他们可以重新配置农业补贴，特别是在富裕国家，这样就能鼓励气候智能型实践在农村的发展。通过重新配置，这些补贴的重新配置可以显示出如何大规模采纳新技术。他们也能促使个人行动更加满足景观的要求。第四，他们也能够吸引智慧和创造性，实现供养90亿人口的行动的审慎平衡，减少温室气体排放量，保护自然资源的基础。

注释

1. 见 Lotze-Campen 等 2009 中的例子。
2. 政府间气候变化专门委员会 2007b。
3. 经合组织 2008。

4. Burke 和 Brown 2008; Burke, Brown 和 Christidis 2006。

5. Milly 等 2008; Barnett, Adam 和 Lettenmaier 2005。

6. de la Torre, Fajnzylber 和 Nash 2008。

7. 世界水评估计划 2009。

8. Perry 等，待出版。

9. 世界水评估计划 2009。

10. 世界银行，待出版 d。

11. 世界银行，待出版 d。

12. Molden 2007。

13. Milly 等 2008; Ritchie 2008; Young 和 McColl 2005。

14. 作为国家水资源的公共受托人，政府通过水事部部长做出行动。政府必须保证水以可持续的、公正的方式受到保护、使用、开发、节约、管理和控制。这对所有人都有好处，并且以宪法命令为依据。Salman M. A. Salman, 世界银行员工，个人访谈，2009年7月。

15. Dye 和 Versfeld 2007。

16. Bates 等 2008。

17. Molle 和 Berkoff 2007。

18. Molle 和 Berkoff 2007; 经合组织 2009。

19. Olmstead, Hanemann 和 Stavins 2007。

20. Molle 和 Berkoff 2007。

21. Asad 等 1999。

22. Bosworth 等 2002。

23. 见默里达令流域协定的附件 E, http://www.mdbc.gov.au/about/the_mdbc_agreement。

24. Molle 和 Berkoff 2007。

25. Rosegrant 和 Binswanger 1994。

26. 世界银行 2007b。

27. Bates 等 2008; Molden 2007。

28. Young 和 McColl 2005。

29. <http://www.environment.gov.au/water/mdl/overalllocation.html>(2009年5月7日登录)。

30. Molden 2007。

由于人类的行为，我们的地球正面临环境问题——砍伐树木，空气污染，使用不可再生或不可回收的塑料袋，农业中的化学危害……植树可以减少二氧化碳。

——Lakshmi Shree, 印度，12岁



31. 世界银行, 待出版 b。
32. 世界银行, 待出版 b。
33. 世界银行, 待出版 b。
34. Bhatia 等 2008。
35. Strzepek 等 2004。
36. 世界水坝委员会 2000。见 ritchie 2008 针对阿斯旺大坝对尼罗河三角洲土壤肥力的讨论。
37. 世界水资源评估计划 2009。
38. 丹佛斯集团。http://www.danfoss.com/Solutions/Reverse+Osmosis/Case+stories.htm (2009年5月9日登录)。
39. 世界粮农组织 2004 b。
40. 海水淡化在世界某些地区的高价值农业中也是可行的, 例如西班牙。Gobierno de españa 2009。
41. 世界水资源评估计划 2009。
42. Molden 2007。
43. Molden 2007。
44. Molden 2007。
45. Rosegrant, Cai 和 Cline 2002。
46. 见 2008 年 12 月 1 日印度金融快报参考, 引自 Perry 等, 待出版。
47. De Fraiture 和 Perry 2007; Molden 2007; Ward 和 pulido-Velazquez 2008。
48. Perry 等, 待出版。
49. Moller 等 2004; Perry 等, 待出版。
50. Perry 等, 待出版。
51. www.fieldlook.com (2009 年 5 月 5 日登录)。
52. Perry 等, 待出版。
53. 世界银行, 待出版。
54. 二氧化碳 (CO₂) 是植物光合作用的输入要素, 通过这个过程植物利用阳光制造碳水化合物。因此, 高浓度的二氧化碳对很多作物很有好处, 能够提高微生物增殖水平和最终产量。另外, 更高的二氧化碳浓度能够减少植物气孔开口进而减少植物的水分损失, 而通过这些气孔植物散失大量水分。诸如大米、小麦、大豆、豆类和树木这些所谓的 C3 作物, 比玉米、小米和高粱这些 C4 作物受益更多。但最近的田间实验表明, 过去的实验夸大了这一积极作用。例如, 一项研究显示, 含量在百万分之五百五十时, 小麦产量增幅为 13%, 而不是 31%; 大豆产量增幅为 14%, 而不是 32%; 对于 C4 作物而言, 则没有影响, 并不是原来所认为的 18%。Cline 2007。因此, 本章图形仅展示不进行二氧化碳施肥情况下的增产情况。
55. Easterling 等 2007。
56. 欧洲复兴开发银行和世界粮农组织 2008。
57. Fay, Block 和 Ebinger 2010。
58. 食物生产不足是指在 1961 年至 1990 年间, 天气使某区域重要作物年产量降至不足该区域这段时间内年平均产量的 50%。如果不止一个区域发生粮食生产不足, 可能会减少粮食不足地区从其他地区进口粮食的可能性, 因而引起粮食安全问题。Alcamo 等 2007。
59. Easterling 等 2007。
60. Cline 2007。政府间气候变化专门委员会名为 SRES A2 的高排放模拟情景, 通过一系列模型证明, 2080 年至 2099 年的平均气温将比 1980 年至 1999 年平均气温高 3.13°C。Meehl 等 2007。
61. Lobell 等 2008。
62. Schmidhuber 和 Tubiello 2007。
63. 基于五个气候模型和 SRES A2 高排放模拟情景推定。Fischer 等 2005。
64. 计算根据世界粮农组织 2009c。
65. 政府间气候变化专门委员会 2007a。
66. 排放来自于荒地开垦和土壤侵蚀。
67. van der Werf 等 2008。
68. Steinfeld 等 2006。
69. 这 18% 包括畜牧生产多个种类的排放量, 例如为畜养牲畜而进行的土地使用、土地使用变更和林地。在畜牧生产的温室气体排放量中, 土地使用导致的排放量占 36%; 粪肥管理占 31%; 动物直接排放占 25%; 饲料生产占 7%; 加工和运输占 1%。Steinfeld 等 2006。
70. 国际能源机构 2006。这种估计基于仍然维持目前的贸易限制的假定。如果这些限制发生变化, 尤其是美国生物燃料进口限制发生变化, 生产会发生巨大的地域性变化。
71. Gurgel, Reilly 和 Paltsev 2008。
72. 美国国家科学研究委员会 2007; Tilman, Hill 和 Lehman 2006。
73. Beckett 和 Oltjen 1993。
74. Hoekstra 和 Chapagain 2007。Pimentel 等 (2004) 估计每千克牛肉需要 43 000 升水。
75. Peden, Tadesse 和 Mammo 2004。在这个系统中, 一头牛要在 2 年内净长 125 公斤, 需每天消耗 25 升水, 并需要吃掉大量的作物残茬。
76. Williams, Audsley 和 Sandars 2006。此外, 一些资料显示, 肉类生产会造成更高的排放——例如, 生产每千克牛肉要排放 30 千克二氧化碳 (Carlsson-Kanyama 和 Gonzales 2009)。

77. Randolph 等 2007; Rivera 等 2003。
78. Delgado 等 1999; Rosegrant 等 2001; Rosegrant, Fernandez 和 Sinha 2009; Thornton 2009; 世界银行 2008e。
79. 一项研究显示, 2080 年, 可用“好的”和“最好”的农业用地仍将各保持在 26 亿和 20 亿公顷, 和 1961 年到 1990 年的平均水平相仿(基于 Hadley 中心 HadCM3 气候模型和高排放水平推定, SRES A1F1)。Fischer, Shah 和 van Velthuisen 2002; Parry 等 2004。
80. Lotze-Campen 等 2009。
81. Cassman 1999; Cassman 等 2003。
82. 根据世界粮农组织 2009c 计算。
83. Diaz 和 Rosenberg 2008。
84. Schoups 等 2005。
85. Delgado 等 1999。
86. Hazell 2003。
87. Hazell 2003; Rosegrant 和 Hazell 2000。
88. Pingali 和 Rosegrant 2001。
89. Reardon 等 1998。
90. Rosegrant 和 Hazell 2000。
91. Rosegrant 和 Hazell 2000。
92. 有一种特殊的农产品被称为功能食品。这些产品以食物或饮料的形式影响人体机能, 对健康产生有益的影响, 使机能表现优于正常营养水平。例子包括抗氧化食物, 例如瓜拉那、有机巴西莓、富含维生素 A 的黄金稻、深橙色果肉的白薯、有益于改善胆固醇水平的植物固醇黄油和有益心脏健康的富含脂肪酸的鸡蛋。Kotilainen 等 2006。
93. Ziska 2008。
94. T. Christopher, “野草能否帮助解决气候危机?”《纽约时报》, 2008 年 6 月 29 日。
95. Ziska 和 McClung 2008。
96. 联合国环境规划署世界保护监测中心 2008。海洋中受到保护的区域更少。大约只有 258 万平方公里的海洋被划为海洋保护区, 占世界海洋总面积的 0.65% 或专属经济区以外的海洋总面积的 1.6%。Laffoley 2008。
97. Gaston 等 2008。
98. Hannah 等 2007。
99. Dudley 和 Stolton 1999。
100. Struhsaker 和 Siex 2005。
101. Scherr 和 McNeely 2008; McNeely 和 Scherr 2003。
102. van Buskirk 和 Willi 2004。
103. McNeely 和 Scherr 2008。
104. Chan 和 Daily 2008。
105. 豆科树种共生菌瘤能够固定大气中的氮, 因而能够提高其自身及周边土壤中的养分。
106. McNeely 和 Scherr 2003。
107. Ricketts 等 2008。
108. Klein 等 2007。
109. Lin, Perfecto 和 Vandermeer 2008。
110. 世界银行 2008a。
111. 世界银行 2008a。
112. 在每年用于土地托管和保护地役权的 60 亿美元的支出中, 有 1/3 发生在发展中国家。Scherr 和 McNeely 2008。
113. 典型的保护区划分通常划定可进行发展的区域和限制发展的保护区域。可交易发展权赋予单纯的区域划分以灵活性, 能够在确保保护目标的同时提供遵守的动力, 有助于维持保护的可持续性。一些土地所有者同意限制自己土地的发展——即对他们的私人产权施加限制——并获得一定的回报。例如, 政府法律可以规定, 所有私人土地都必须有 20% 为自然林地。只有从其他土地所有者购买超出其法定森林覆盖率森林所带来的“剩余发展权”时, 土地所有者才可以将土地森林覆盖率降至 20% 以下, 这种发展权交易严格按照森林储备状况进行。Chomitz 2004。
114. 世界银行 2008c。
115. Alston 等 2000; 世界银行 2007c。
116. Beintema 和 Stads 2008。
117. 国际农业科技评估 2009。
118. Blaise, Majumdar 和 Tekale 2005; Govaerts, Sayre 和 Deckers 2005; Kosgei 等 2007; Su 等 2007。
119. Thierfelder, Amezquita 和 Stahr 2005; Zhang 等 2007。
120. Franzluebbbers 2002。
121. Govaerts 等 2009。
122. Derpsch 和 Friedrich 2009。
123. Derpsch 2007; Hobbs, Sayre 和 Gupta 2008。
124. 世界银行 2005。
125. Derpsch 和 Friedrich 2009; Erenstein 和 Laxmi 2008。
126. Erenstein 2009。
127. Erenstein 等 2008。
128. de la Torre, Fajnzylber 和 Nash 2008。
129. Passioura 2006。
130. Yan 等 2009。
131. Thornton 2009。
132. Smith 等 2009。
133. Doraiswamy 等 2007; Perez 等 2007; Singh 2005。
134. 例如尿素煤球或颗粒的深安置。

135. Singh 2005。
136. Singh 2005。
137. Poulton, Kydd 和 Dorward 2006; Dorward 等 2004; Pender 和 Mertz 2006。
138. Hofmann 和 Schellnhuber 2009; Sabine 等 2004。
139. Hansen 等 2005。
140. 世界粮农组织 2009e。
141. 世界粮农组织 2009e。
142. Delgado 等 2003。
143. 世界粮农组织 2009e。
144. Arkema, Abramson 和 Dewsbury 2006。
145. Smith, Gilmour 和 Heyward 2008。
146. Gordon 2007。
147. Armada, White 和 Christie 2009。
148. Pitcher 等 2009。
149. 经合组织 2008; 世界银行 2008d。
150. 世界粮农组织 2009e。
151. 世界银行 2008d。
152. Costello, Gaines 和 Lynham 2008; Hardin 1968; Hilborn 2007a; Hilborn 2007b。
153. 世界粮农组织 2009c。鱼类和海鲜包括海洋和淡水的鱼类和无脊椎动物。动物蛋白质总量包括所有的鱼类和海鲜,再加上所有的陆地产肉类、奶类和其他动物产品。2003 年数据。
154. 联合国 2009。
155. 世界粮农组织 2009c (2003 年数据)。
156. 世界粮农组织 2009e。
157. 世界粮农组织 2009e。
158. 世界银行 2006。
159. De Silva 和 Soto 2009。
160. De Silva 和 Soto 2009。
161. 世界粮农组织 2004a。
162. Gyllenhammar 和 Hakanson 2005。
163. Deutsch 等 2007。
164. Gatlin 等 2007。
165. Tacon, Hasan 和 Subasinghe 2006。
166. Tacon, Hasan 和 Subasinghe 2006。
167. Naylor 等 2000。
168. Primavera 1997。
169. Tal 等 2009。
170. Naylor 等 2000。
171. 世界粮农组织 2001; Lightfoot 1990。
172. Delgado 等 2003。
173. 世界粮农组织 2009b。
174. 例如, 中国和尼泊尔便不是孟加拉国和印度关于恒河流域水资源协议的当事方, 因此没有获得分配。
175. Salman 2007。
176. Qaddumi 2008。
177. Kurien 2005。
178. 世界粮农组织 2009e。
179. Duda 和 Sherman 2002。
180. 世界粮农组织 2009d; Sundby 和 Nakken 2008。
181. Lodge 2007。
182. BCLME 规划 2007。
183. 全球环境基金 2009。
184. 世界银行 2009。
185. Fischer 等 2005。
186. Rosegrant, Fernandez 和 Sinha 2009。
187. Easterling 等 2007。
188. 世界粮农组织 2008。
189. Mitchell 2008。气候变化的冲击导致各国食品贸易的限制性政策, 使价格进一步上涨; 见 Battisti 和 Naylor 例 2009。
190. 世界银行 2009。
191. 世界银行 2009。
192. von Braun 等 2008。
193. Bouet 和 Laborde 2008。
194. 其他问题需要逐案评估, 例如对特殊产品的关税减免, 像对发展中国家食品安全和农村发展至关重要的产品。世界银行 2007c。
195. 世界气象组织 2000。
196. Xiaofeng 2007。
197. 联合国 2004。
198. “非洲气象站需要大发展。”科学与发展网。www.SciDev.net, 2006 年 11 月 7 日登录。
199. 世界气象组织 2007。
200. Barnston 等 2005; Mason 2008。
201. Moron 等, 待出版; Moron, Robertson 和 Boer 2009; Moron, Robertson, 和 Ward 2006; Moron, Robertson 和 Ward 2007。
202. Sivakumar 和 Hansen 2007。
203. Patt, Suarez 和 Gwata 2005。
204. Bastiaanssen 1998; Menenti 2000。
205. 水资源监督, www.waterwatch.nl (2009 年 5 月 9 日登录)。
206. Bastiaanssen, W., 水资源监督网个人访谈, 2009 年 5 月登录。
207. http://www.globalsoilmap.net/(2009 年 5 月 15 号登录)。
208. Bindlish, Crow 和 Jackson 2009; Frappart 等 2006; Turner 等 2003。
209. Bouma, vander Woerd 和 Kulik 2009。
210. 联合国教科文组织 2007。
211. 世界银行 2008d。
212. Kumar 2004。
213. 世界银行 2007a。
214. 世界银行, 待出版 b。

215. 世界银行 2008b。
216. 世界银行 2008b。
217. Mitchell 2008。
218. Zilberman 等 2008。
219. Rosegrant, Fernandez 和 Sinha 2009。
220. Parry 等 1999; Parry, Rosenzweig 和 Livermore 2005; Rosenzweig 等 2001。
221. Rosenzweig 等 2001。
222. Parry 等 2004。
223. Fischer 等 2005; Parry 等 1999; Parry 等 2004; Parry 2007; Parry, Rosenzweig 和 Livermore 2005; Schmidhuber 和 Tubiello 2007。
224. Dawe 2008; Robles 和 Torero, 待出版; Simler 2009。
225. 麦肯锡公司 2009。
226. Perez 等 2007。
227. Smith 等 2009。
228. 1996 年至 2004 年间非洲的官方发展援助约为每年 13 亿美元: 世界银行 2007c。
229. Perez 等 2007。
230. 麦肯锡公司 2009。
231. 这些活动的留存收益将通过最先进的测量技术和模型定期更新。
232. West 和 Post 2002。
233. Rochette 等 2008。
234. Johnston 等 2004。
235. Sullivan 等 2004。
236. 但是, 在保护储备计划中, 土地所有者同政府的竞价博弈同碳排放市场的情况有很大不同。
237. 麦肯锡公司 2009。
238. Tschakert 2004。
239. Alston 等 2000。
240. 芝加哥气候交易所, <http://www.chicagoclimatex.com/index.jsf> (2009 年 2 月 10 日登录)。
241. Lal 2005。
242. 联合国环境规划署 1990。
243. Swift 和 Shepherd 2007。
244. 世界粮农组织 2009a。
245. 经合组织 2008。
246. http://ec.europa.eu/agriculture/capreform/infosheets/crocom_en.pdf (2009 年 5 月 12 日登录)。
- of Climate Change Impacts on Food Production Shortfalls and Water Availability in Russia.” *Global Environmental Change* 17 (3–4): 429–44.
- Alston, J. M., C. Chan-Kang, M. C. Marra, P. G. Pardey, and T. Wyatt. 2000. *A Meta-Analysis of Rates of Return to Agricultural R&D: Ex Pede Herculem?* Washington, DC: International Food Policy Research Institute.
- Arango, H. 2003. *Planificación Predial Participativa, Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria*. Cali, Colombia: Fundación CIPAV, Ingeniero Agrícola.
- Arkema, K. K., S. C. Abramson, and B. M. Dewsbury. 2006. “Marine Ecosystem-Based Management: From Characterization to Implementation.” *Ecology and the Environment* 4 (10): 525–32.
- Armada, N., A. T. White, and P. Christie. 2009. “Managing Fisheries Resources in Danajon Bank, Bohol, Philippines: An Ecosystem-Based Approach.” *Coastal Management* 307 (3–4): 308–30.
- Asad, M., L. G. Azevedo, K. E. Kemper, and L. D. Simpson. 1999. “Management of Water Resources: Bulk Water Pricing in Brazil.” Technical Paper 432, World Bank, Washington, DC.
- Barnett, T. P., J. C. Adam, and D. P. Lettenmaier. 2005. “Potential Impacts of a Warming Climate on Water Availability in Snow-dominated Regions.” *Nature* 438: 303–09.
- Barnston, A. G., A. Kumar, L. Goddard, and M. P. Hoerling. 2005. “Improving Seasonal Prediction Practices through Attribution of Climate Variability.” *Bulletin of the American Meteorological Society* 86 (1): 59–72.
- Bastiaanssen, W. G. M. 1998. *Remote Sensing in Water Resources Management: The State of the Art*. Colombo: International Water Management Institute.
- Bates, B., Z. W. Kundzewicz, S. Wu, and J. Palutikof. 2008. “Climate Change and Water.” Technical Paper, Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva.
- Battisti, D. S., and R. L. Naylor. 2009. “Historical Warnings of Future Food Insecurity with Unprecedented Seasonal Heat.” *Science* 323 (5911): 240–44.
- BCLME Programme. 2007. “The Changing State of the Benguela Current Large Marine Ecosystem.” Paper presented at the Expert Workshop on Climate Change and Variability and Impacts Thereof in the BCLME Region, May 15. Kirstenbosch Research Centre, Cape Town.

参考文献

Alcamo, J., N. Dronin, M. Endejan, G. Golubev, and A. Kirilenko. 2007. “A New Assessment

- Beckett, J. L., and J. W. Oltjen. 1993. "Estimation of the Water Requirement for Beef Production in the United States." *Journal of Animal Science* 77 (4): 818–26.
- Beintema, N. M., and G.-J. Stads. 2008. "Measuring Agricultural Research Investments: A Revised Global Picture." Agricultural Science and Technology Indicators Background Note, International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- Benbrook, C. 2001. "Do GM Crops Mean Less Pesticide Use?" *Pesticide Outlook* 12 (5): 204–07.
- Bhatia, R., R. Cestti, M. Scatista, and R. P. S. Malik. 2008. *Indirect Economic Impacts of Dams: Case Studies from India, Egypt and Brazil*. New Delhi: Academic Foundation.
- Bindlish, R., W. T. Crow, and T. J. Jackson. 2009. "Role of Passive Microwave Remote Sensing in Improving Flood Forecasts." *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters* 6 (1): 112–16.
- Blaise, D., G. Majumdar, and K. U. Tekale. 2005. "On-Farm Evaluation of Fertilizer Application and Conservation Tillage on Productivity of Cotton and Pigeonpea Strip Intercropping on Rainfed Vertisols of Central India." *Soil and Tillage Research* 84 (1): 108–17.
- Bosworth, B., G. Cornish, C. Perry, and F. van Steenbergen. 2002. *Water Charging in Irrigated Agriculture: Lessons from the Literature*. Wallingford, UK: HR Wallingford Ltd.
- Bouët, A., and D. Laborde. 2008. "The Cost of a Non-Doha." Briefing note, International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- Bouma, J. A., H. J. van der Woerd, and O. J. Kulik. 2009. "Assessing the Value of Information for Water Quality Management in the North Sea." *Journal of Environmental Management* 90 (2): 1280–88.
- Burke, E. J., and S. J. Brown. 2008. "Evaluating Uncertainties in the Projection of Future Drought." *Journal of Hydrometeorology* 9 (2): 292–99.
- Burke, E. J., S. J. Brown, and N. Christidis. 2006. "Modeling the Recent Evolution of Global Drought and Projections for the 21st Century with the Hadley Centre Climate Model." *Journal of Hydrometeorology* 7: 1113–25.
- Butler, R. A., L. P. Koh, and J. Ghazoul. Forthcoming. "REDD in the Red: Palm Oil Could Undermine Carbon Payment Schemes." *Conservation Letters*.
- Carlsson-Kanyama, A., and A. D. Gonzales. 2009. "Potential Contributions of Food Consumption Patterns to Climate Change." *American Journal of Clinical Nutrition* 89 (5):1704S–09S.
- Cassman, K. G. 1999. "Ecological Intensification of Cereal Production Systems: Yield Potential, Soil Quality, and Precision Agriculture." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 96 (11): 5952–59.
- Cassman, K. G., A. Dobermann, D. T. Walters, and H. Yang. 2003. "Meeting Cereal Demand While Protecting Natural Resources and Improving Environmental Quality." *Annual Review of Environment and Resources* 28: 315–58.
- CEDARE (Center for Environment and Development in the Arab Region and Europe). 2006. *Water Conflicts and Conflict Management Mechanisms in the Middle East and North Africa Region*. Cairo: CEDARE.
- Chan, K. M. A., and G. C. Daily. 2008. "The Payoff of Conservation Investments in Tropical Countryside." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (49): 19342–47.
- Chomitz, K. M. 2004. "Transferable Development Rights and Forest Protection: An Exploratory Analysis." *International Regional Science Review* 27 (3): 348–73.
- Cline, W. R. 2007. *Global Warming and Agriculture: Impact Estimates by Country*. Washington, DC: Center for Global Development and Peterson Institute for International Economics.
- Costello, C., S. D. Gaines, and J. Lynham. 2008. "Can Catch Shares Prevent Fisheries Collapse?" *Science* 321 (5896): 1678–81.
- Dawe, D. 2008. "Have Recent Increases in International Cereal Prices Been Transmitted to Domestic Economies? The Experience in Seven Large Asian Countries." Agricultural Development Economics Division Working Paper 08-03, Food and Agriculture Organization, Rome.
- De Fraiture, C., and C. Perry. 2007. "Why Is Agricultural Water Demand Unresponsive at Low Price Ranges?" In *Irrigation Water Pricing: The Gap between Theory and Practice*, ed. F. Molle and J. Berkoff. Oxfordshire, UK: CAB International.
- de la Torre, A., P. Fajnzylber, and J. Nash. 2008. *Low Carbon, High Growth: Latin American Responses to Climate Change*. Washington, DC: World Bank.
- De Silva, S., and D. Soto. 2009. "Climate Change and Aquaculture: Potential Impacts, Adaptation and Mitigation." Technical Paper 530, Food and Agriculture Organization, Rome.
- Delgado, C. L., M. W. Rosegrant, H. Steinfeld, S. Ehui, and C. Courbois. 1999. "Livestock to 2020: The Next Food Revolution." Food, Agriculture, and Environment Discussion Paper 28, International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- Delgado, C. L., N. Wada, M. Rosegrant, S. Meijer, and M. Ahmed. 2003. *Outlook for Fish to 2020:*

- Meeting Global Demand*. Washington, DC: International Food Policy Research Institute.
- Derpsch, R. 2007. "No-Tillage and Conservation Agriculture: A Progress Report." In *No-Till Farming Systems*, ed. T. Goddard, M. A. Zoebisch, Y. T. Gan, W. Elli, A. Watson, and S. Sombatpanit. Bangkok: World Association of Soil and Water Conservation.
- Derpsch, R., and T. Friedrich. 2009. "Global Overview of Conservation Agriculture Adoption." In *Lead Papers 4th World Congress on Conservation Agriculture*. New Delhi: World Congress on Conservation Agriculture.
- Deutsch, L., S. Graslund, C. Folke, M. Troell, M. Huitric, N. Kautsky, and L. Lebel. 2007. "Feeding Aquaculture Growth through Globalization: Exploitation of Marine Ecosystems for Fishmeal." *Global Environmental Change* 17 (2): 238–49.
- Diaz, R. J., and R. Rosenberg. 2008. "Spreading Dead Zones and Consequences for Marine Ecosystems." *Science* 321 (5891): 926–29.
- Doraiswamy, P., G. McCarty, E. Hunt, R. Yost, M. Doumbia, and A. Franzluebbbers. 2007. "Modeling Soil Carbon Sequestration in Agricultural Lands of Mali." *Agricultural Systems* 94 (1): 63–74.
- Dorward, A., S. Fan, J. Kydd, H. Lofgren, J. Morrison, C. Poulton, N. Rao, L. Smith, H. Tchale, S. Thorat, I. Urey, and P. Wobst. 2004. "Institutions and Policies for Pro-Poor Agricultural Growth." *Development Policy Review* 22 (6): 611–22.
- Duda, A. M., and K. Sherman. 2002. "A New Imperative for Improving Management of Large Marine Ecosystems." *Ocean and Coastal Management* 45: 797–833.
- Dudley, N., and S. Stolton. 1999. *Conversion of "Paper Parks" to Effective Management: Developing a Target*. Gland, Switzerland: Report to the WWF-World Bank Alliance from the International Union for the Conservation of Nature and WWF, Forest Innovation Project.
- Dye, P., and D. Versfeld. 2007. "Managing the Hydrological Impacts of South African Plantation Forests: An Overview." *Forest Ecology and Management* 251 (1–2): 121–28.
- Easterling, W., P. Aggarwal, P. Batima, K. Brander, L. Erda, M. Howden, A. Kirilenko, J. Morton, J.-F. Soussana, J. Schmidhuber, and F. Tubiello. 2007. "Food, Fibre and Forest Products." In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. M. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, and C. E. Hanson. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- EBRD (European Bank for Reconstruction and Development) and FAO (Food and Agriculture Organization). 2008. "Fighting Food Inflation through Sustainable Investment." EBRD and FAO, London.
- Erenstein, O. 2009. "Adoption and Impact of Conservation Agriculture Based Resource Conserving Technologies in South Asia." In *Lead Papers, 4th World Congress on Conservation Agriculture, February 4–7, 2009, New Delhi, India*. New Delhi: WCCA.
- Erenstein, O., U. Farooq, R. K. Malik, and M. Sharif. 2008. "On-Farm Impacts of Zero Tillage Wheat in South Asia's Rice-Wheat Systems." *Field Crops Research* 105 (3): 240–52.
- Erenstein, O., and V. Laxmi. 2008. "Zero Tillage Impacts in India's Rice-Wheat Systems: A Review." *Soil and Tillage Research* 100 (1–2): 1–14.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2001. "Integrated Agriculture-Aquaculture." Fisheries Technical Paper 407, Rome.
- . 2004a. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2004*. Rome: FAO.
- . 2004b. "Water Desalination For Agricultural Applications." Land and Water Discussion Paper 5, FAO, Rome.
- . 2005. *Agricultural Biodiversity in FAO*. Rome: FAO.
- . 2008. *Food Outlook: Global Market Analysis*. Rome: FAO.
- . 2009a. "Anchoring Agriculture within a Copenhagen Agreement: A Policy Brief for UNFCCC Parties by FAO." FAO, Rome.
- . 2009b. "AquaStat." FAO, Rome.
- . 2009c. "FAOSTAT." FAO, Rome.
- . 2009d. "Fisheries and Aquaculture in a Changing Climate." FAO, Rome.
- . 2009e. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2008*. Rome: FAO.
- Fay, M., R. I. Block, and J. Ebinger, ed. 2010. *Adapting to Climate Change in Europe and Central Asia*. Washington, DC: World Bank.
- Fischer, G., M. Shah, F. Tubiello, and H. T. Van Velthuizen. 2005. "Socio-economic and Climate Change Impacts on Agriculture: An Integrated Assessment, 1990–2080." *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 360: 2067–83.
- Fischer, G., M. Shah, and H. van Velthuizen. 2002. "Climate Change and Agricultural Vulnerability." Paper presented at the World Summit on Sustainable Development, Johannesburg.
- Franzluebbbers, A. J. 2002. "Water Infiltration and Soil Structure Related to Organic Matter

- and Its Stratification with Depth." *Soil and Tillage Research* 66: 197–205.
- Frappart, F., K. D. Minh, J. L'Hermitte, A. Cazenave, G. Ramillien, T. Le Toan, and N. Mognard-Campbell. 2006. "Water Volume Change in the Lower Mekong from Satellite Altimetry and Imagery Data." *Geophysical Journal International* 167 (2): 570–84.
- Gaston, K. J., S. F. Jackson, L. Cantu-Salazar, and G. Cruz-Pinon. 2008. "The Ecological Performance of Protected Areas." *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 39: 93–113.
- Gatlin, D. M., F. T. Barrows, P. Brown, K. Dabrowski, T. G. Gaylord, R. W. Hardy, E. Herman, G. Hu, A. Krogdahl, R. Nelson, K. Overturf, M. Rust, W. Sealey, D. Skonberg, E. J. Souza, D. Stone, R. Wilson, and E. Wurtele. 2007. "Expanding the Utilization of Sustainable Plant Products in Aquafeeds: A Review." *Aquaculture Research* 38 (6): 551–79.
- Gleick, P. 2008. *The World's Water 2008–2009: The Biennial Report on Freshwater Resources*. Washington, DC: Island Press.
- GEF (Global Environment Facility). 2009. *From Ridge to Reef: Water, Environment, and Community Security: GEF Action on Transboundary Water Resources*. Washington, DC: GEF.
- Gobierno de España. 2009. *La Desalinización en España*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Gordon, I. J. 2007. "Linking Land to Ocean: Feedbacks in the Management of Socio-Ecological Systems in the Great Barrier Reef Catchments." *Hydrobiologia* 591 (1): 25–33.
- Govaerts, B., K. Sayre, and J. Deckers. 2005. "Stable High Yields With Zero Tillage and Permanent Bed Planting?" *Field Crops Research* 94: 33–42.
- Govaerts, B., N. Verhulst, A. Castellanos-Navarrete, K. D. Sayre, J. Dixon, and L. Dendooven. 2009. "Conservation Agriculture and Soil Carbon Sequestration: Between Myth and Farmer Reality." *Critical Reviews in Plant Sciences* 28 (3): 97–122.
- Groves, D. G., M. Davis, R. Wilkinson, and R. Lempert. 2008. "Planning for Climate Change in the Inland Empire: Southern California." *Water Resources Impact* 10 (4): 14–17.
- Groves, D. G., and R. J. Lempert. 2007. "A New Analytic Method for Finding Policy-Relevant Scenarios." *Global Environmental Change* 17 (1): 73–85.
- Groves, D. G., D. Yates, and C. Tebaldi. 2008. "Developing and Applying Uncertain Global Climate Change Projections for Regional Water Management Planning." *Water Resources Research* 44 (12): 1–16.
- Gruere, G. P., P. Mehta-Bhatt, and D. Sengupta. 2008. "Bt Cotton and Farmer Suicides in India: Reviewing the Evidence." Discussion Paper 00808, International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- Gurgel, A. C., J. M. Reilly, and S. Paltsev. 2008. *Potential Land Use Implications of a Global Biofuels Industry*. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology Joint Program on the Science and Policy of Global Change.
- Gyllenhammar, A., and L. Hakanson. 2005. "Environmental Consequence Analyses of Fish Farm Emissions Related to Different Scales and Exemplified by Data from the Baltic: A Review." *Marine Environmental Research* 60: 211–43.
- Hannah, L., G. Midgley, S. Andelman, M. Araujo, G. Hughes, E. Martinez-Meyer, R. Pearson, and P. Williams. 2007. "Protected Areas Needs in a Changing Climate." *Frontiers in Ecology and Evolution* 5 (3): 131–38.
- Hansen, J., L. Nazarenko, R. Ruedy, M. Sato, J. Willis, A. Del Genio, D. Koch, A. Lacis, K. Lo, S. Menon, T. Novakov, J. Perlwitz, G. Russell, G. A. Schmidt, and N. Tausnev. 2005. "Earth's Energy Imbalance: Confirmation and Implications." *Science* 308 (5727): 1431–35.
- Hardin, G. 1968. "The Tragedy of the Commons." *Science* 162 (3859): 1243–48.
- Hazell, P. B. R. 2003. "The Green Revolution: Curse or Blessing?" In *Oxford Encyclopedia of Economic History*, ed. J. Mokyr. New York: Oxford University Press.
- Henson, I. E. 2008. "The Carbon Cost of Palm Oil Production in Malaysia." *The Planter* 84: 445–64.
- Hilborn, R. 2007a. "Defining Success in Fisheries and Conflicts in Objectives." *Marine Policy* 31 (2): 153–58.
- . 2007b. "Moving to Sustainability by Learning from Successful Fisheries." *Ambio* 36 (4): 296–303.
- Hobbs, P. R., K. Sayre, and R. Gupta. 2008. "The Role of Conservation Agriculture in Sustainable Agriculture." *Philosophical Transactions of the Royal Society* 363 (1491): 543–55.
- Hoekstra, A. Y., and A. K. Chapagain. 2007. "Water Footprints of Nations: Water Use by People as a Function of Their Consumption Pattern." *Water Resources Management* 21 (1): 35–48.
- Hofmann, M., and H.-J. Schellnhuber. 2009. "Oceanic Acidification Affects Marine Car-

- bon Pump and Triggers Extended Marine Oxygen Holes." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (9): 3017–22.
- IAASTD (International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development). 2009. *Summary for Decision Makers of the Global Report*. Washington, DC: IAASTD.
- IEA (International Energy Agency). 2006. *World Energy Outlook 2006*. Paris: IEA.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007a. *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva: IPCC.
- . 2007b. "Summary for Policymakers." In *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, and L. A. Meyer. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- James, C. 2000. *Global Review of Commercialized Transgenic Crops*. Ithaca, NY: International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications.
- . 2007. *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2007*. Ithaca, NY: International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications.
- . 2008. *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2008*. Ithaca, NY: International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications.
- Johnston, C. A., P. Groffman, D. D. Breshears, Z. G. Cardon, W. Currie, W. Emanuel, J. Gaudinski, R. B. Jackson, K. Lajtha, K. Nadelhoffer, D. Nelson, W. MacPost, G. Retallack, and L. Wielopolski. 2004. "Carbon Cycling in Soil." *Frontiers in Ecology and the Environment* 2 (10): 522–28.
- Kaonga, M. L., and K. Coleman. 2008. "Modeling Soil Organic Carbon Turnover in Improved Fallows in Eastern Zambia Using the RothC-26.3 Model." *Forest Ecology and Management* 256 (5): 1160–66.
- Klein, A. M., B. E. Vaissiere, J. H. Cane, I. Steffan-Dewenter, S. A. Cunningham, C. Kremen, and T. Tscharntke. 2007. "Importance of Pollinators in Changing Landscapes for World Crops." *Proceedings of the Royal Society* 274 (1608): 303–13.
- Koh, L. P., P. Levang, and J. Ghazoul. Forthcoming. "Designer Landscapes for Sustainable Biofuels." *Trends in Ecology and Evolution*.
- Koh, L. P., and D. S. Wilcove. 2009. "Is Oil Palm Agriculture Really Destroying Tropical Biodiversity." *Conservation Letters* 1 (2): 60–64.
- Kosgei, J. R., G. P. W. Jewitt, V. M. Kongo, and S. A. Lorentz. 2007. "The Influence Of Tillage on Field Scale Water Fluxes and Maize Yields in Semi-Arid Environments: A Case Study of Potshini Catchment, South Africa." *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C* 32 (15–18): 1117–26.
- Kotilainen, L., R. Rajalahti, C. Ragasa, and E. Pehu. 2006. "Health Enhancing Foods: Opportunities for Strengthening the Sector in Developing Countries." Agriculture and Rural Development Discussion Paper 30, World Bank, Washington, DC.
- Kumar, R. 2004. "eChoupals: A Study on the Financial Sustainability of Village Internet Centers in Rural Madhya Pradesh." *Information Technologies and International Development* 2 (1): 45–73.
- Kurien, J. 2005. "International Fish Trade and Food Security: Issues and Perspectives." Paper presented at the 31st Annual Conference of the International Association of Aquatic and Marine Science Libraries, Rome.
- Laffoley, D. d'A. 2008. "Towards Networks of Marine Protected Areas: The MPA Plan of Action for IUCN's World Commission on Protected Areas." International Union for Conservation of Nature, World Commission on Protected Areas, Gland, Switzerland.
- Lal, R. 2005. "Enhancing Crop Yields in the Developing Countries through Restoration of the Soil Organic Carbon Pool in Agricultural Lands." *Land Degradation and Development* 17 (2): 197–209.
- Lehmann, J. 2007a. "A Handful of Carbon." *Nature* 447: 143–44.
- . 2007b. "Bio-Energy in the Black." *Frontiers in Ecology and the Environment* 5 (7): 381–87.
- Lightfoot, C. 1990. "Integration of Aquaculture and Agriculture: A Route Towards Sustainable Farming Systems." *Naga: The ICLARM Quarterly* 13 (1): 9–12.
- Lin, B. B., I. Perfecto, and J. Vandermeer. 2008. "Synergies between Agricultural Intensification and Climate Change Could Create Surprising Vulnerabilities for Crops." *BioScience* 58 (9): 847–54.
- Lobell, D. B., M. Burke, C. Tebaldi, M. D. Mastrandrea, W. P. Falcon, and R. L. Naylor. 2008. "Prioritizing Climate Change Adaptation Needs for Food Security in 2030." *Science* 319 (5863): 607–10.

- Lodge, M. W. 2007. "Managing International Fisheries: Improving Fisheries Governance by Strengthening Regional Fisheries Management Organizations." Chatham House Energy, Environment and Development Programme Briefing Paper EEDP BP 07/01, London.
- Lotze-Campen, H., A. Popp, J. P. Dietrich, and M. Krause. 2009. "Competition for Land between Food, Bioenergy and Conservation." Background note for the WDR 2010.
- Louati, Mohamed El Hedi. "Tunisia's Experience in Water Resource Mobilization and Management." Background note for the WDR 2010.
- Mason, S. J. 2008. "Flowering Walnuts in the Wood' and Other Bases for Seasonal Climate Forecasting." In *Seasonal Forecasts, Climatic Change and Human Health: Health and Climate*, ed. M. C. Thomson, R. Garcia-Herrera, and M. Beniston. Amsterdam: Springer Netherlands.
- McKinsey & Company. 2009. *Pathways to a Low-Carbon Economy: Version 2 of the Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve*. Washington, DC: McKinsey & Company.
- McNeely, J. A., and S. J. Scherr. 2003. *Ecoagriculture: Strategies to Feed the World and Save Biodiversity*. Washington, DC: Island Press.
- Meehl, G. A., T. F. Stocker, W. D. Collins, P. Friedlingstein, A. T. Gaye, J. M. Gregory, A. Kitoh, R. Knutti, J. M. Murphy, A. Noda, S. C. B. Raper, I. G. Watterson, A. J. Weaver, and Z.-C. Zhao. 2007. "Global Climate Projections." In *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, and H. L. Miller. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Menenti, M. 2000. "Evaporation." In *Remote Sensing in Hydrology and Water Management*, ed. G. A. Schultz and E. T. Engman. Berlin: Springer-Verlag.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Biodiversity Synthesis*. Washington, DC: World Resources Institute.
- Milly, P. C. D., J. Betancourt, M. Falkenmark, R. M. Hirsch, Z. W. Kundzewicz, D. P. Lettenmaier, and R. J. Stouffer. 2008. "Stationarity Is Dead: Whither Water Management?" *Science* 319 (5863): 573–74.
- Milly, P. C. D., K. A. Dunne, and A. V. Vecchia. 2005. "Global Pattern of Trends in Streamflow and Water Availability in a Changing Climate." *Nature* 438 (17): 347–50.
- Mitchell, D. 2008. "A Note on Rising Food Prices." Policy Research Working Paper 4682, World Bank, Washington, DC.
- Molden, D. 2007. *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. London: Earthscan and International Water Management Institute.
- Molle, F., and J. Berkoff. 2007. *Irrigation Water Pricing: The Gap between Theory and Practice*. Wallingford, UK: CAB International.
- Moller, M., J. Tanny, Y. Li, and S. Cohen. 2004. "Measuring and Predicting Evapotranspiration in an Insect-Proof Screenhouse." *Agricultural and Forest Meteorology* 127 (12): 35–51.
- Moron, V., A. Lucero, F. Hilario, B. Lyon, A. W. Robertson, and D. DeWitt. Forthcoming. "Spatio-Temporal Variability and Predictability of Summer Monsoon Onset over the Philippines." *Climate Dynamics*.
- Moron, V., A. W. Robertson, and R. Boer. 2009. "Spatial Coherence and Seasonal Predictability of Monsoon Onset over Indonesia." *Journal of Climate* 22 (3): 840–50.
- Moron, V., A. W. Robertson, and M. N. Ward. 2006. "Seasonal Predictability and Spatial Coherence of Rainfall Characteristics in the Tropical Setting of Senegal." *Monthly Weather Review* 134 (11): 3248–62.
- . 2007. "Spatial Coherence of Tropical Rainfall at Regional Scale." *Journal of Climate* 20 (21): 5244–63.
- Müller, C., A. Bondeau, A. Popp, K. Waha, and M. Fader. 2009. "Climate Change Impacts on Agricultural Yields." Background note for the WDR 2010.
- NRC (National Research Council). 2007. *Water Implications of Biofuels Production in the United States*. Washington, DC: National Academies Press.
- Naylor, R. L., R. J. Goldburg, J. H. Primavera, N. Kautsky, M. C. M. Beveridge, J. Clay, C. Folke, J. Lubchenco, H. Mooney, and M. Troell. 2000. "Effects of Aquaculture on World Fish Supplies." *Nature* 405 (6790): 1017–24.
- Normile, D. 2006. "Agricultural Research: Consortium Aims to Supercharge Rice Photosynthesis." *Science* 313 (5786): 423.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). 2008. *Agricultural Policies in OECD Countries: At a Glance 2008*. Paris: OECD.

- . 2009. *Managing Water for All: An OECD Perspective on Pricing and Financing*. Paris: OECD.
- Olmstead, S., W. M. Hanemann, and R. N. Stavins. 2007. "Water Demand under Alternative Price Structures." Working Paper 13573, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.
- Parry, M. 2007. "The Implications of Climate Change for Crop Yields, Global Food Supply and Risk of Hunger." *SAT e-Journal* 4 (1), Open Access e-Journal, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT). <http://www.icrisat.org/Journal/SpecialProject/sp14.pdf>.
- Parry, M., C. Rosenzweig, A. Iglesias, G. Fischer, and M. Livermore. 1999. "Climate Change and World Food Security: A New Assessment." *Global Environmental Change* 9 (S1): S51–S67.
- Parry, M., C. Rosenzweig, A. Iglesias, M. Livermore, and G. Fischer. 2004. "Effects of Climate Change on Global Food Production under SRES Emissions and Socio-Economic Scenarios." *Global Environmental Change* 14 (1): 53–67.
- Parry, M., C. Rosenzweig, and M. Livermore. 2005. "Climate Change, Global Food Supply and Risk of Hunger." *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 360 (1463): 2125–38.
- Passioura, J. 2006. "Increasing Crop Productivity When Water Is Scarce: From Breeding to Field Management." *Agricultural Water Management* 80 (1-3): 176–96.
- Patt, A. G., P. Suarez, and C. Gwata. 2005. "Effects of Seasonal Climate Forecasts and Participatory Workshops among Subsistence Farmers in Zimbabwe." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102 (35): 12623–28.
- Peden, D., G. Tadesse, and M. Mammo. 2004. "Improving the Water Productivity of Livestock: An Opportunity for Poverty Reduction." Paper presented at the Integrated Water and Land Management Research and Capacity Building Priorities for Ethiopia Conference. Addis Ababa.
- Pender, J., and O. Mertz. 2006. "Soil Fertility Depletion Sub-Saharan Africa: What Is the Role of Organic Agriculture." In *Global Development or Organic Agriculture: Challenges and Prospects*, ed. N. Halberg, H. F. Alroe, M. T. Knudsen, and E. S. Kristensen. Wallingford, UK: CAB International.
- Perez, C., C. Roncoli, C. Neely, and J. Steiner. 2007. "Can Carbon Sequestration Markets Benefit Low-Income Producers in Semi-Arid Africa? Potentials and Challenges." *Agricultural Systems* 94 (1): 2–12.
- Perry, C., P. Steduto, R. G. Allen, and C. M. Burt. Forthcoming. "Increasing Productivity in Irrigated Agriculture: Agronomic Constraints and Hydrological Realities." *Agricultural Water Management*.
- Phipps, R., and J. Park. 2002. "Environmental Benefits of Genetically Modified Crops: Global and European Perspectives on Their Ability to Reduce Pesticide Use." *Journal of Animal and Feed Science* 11: 1–18.
- Pimentel, D., B. Berger, D. Filiberto, M. Newton, B. Wolfe, E. Karabinakis, S. Clark, E. Poon, E. Abbett, and S. Nandagopal. 2004. "Water Resources: Agricultural and Environmental Issues." *BioScience* 54 (10): 909–18.
- Pingali, P. L., and M. W. Rosegrant. 2001. "Intensive Food Systems in Asia: Can the Degradation Problems Be Reversed?" In *Tradeoffs or Synergies? Agricultural Intensification, Economic Development and the Environment*, ed. D. R. Lee and C. B. Barrett. Wallingford, UK: CAB International.
- Pitcher, T., D. Kalikoski, K. Short, D. Varkey, and G. Pramod. 2009. "An Evaluation of Progress in Implementing Ecosystem-Based Management of Fisheries in 33 Countries." *Marine Policy* 33 (2): 223–32.
- Poulton, C., J. Kydd, and A. Dorward. 2006. "Increasing Fertilizer Use in Africa: What Have We Learned?" Discussion Paper 25, World Bank, Washington, DC.
- Primavera, J. H. 1997. "Socio-economic Impacts of Shrimp Culture." *Aquaculture Research* 28: 815–27.
- Qaddumi, H. 2008. "Practical Approaches to Transboundary Water Benefit Sharing." Working Paper 292, Overseas Development Institute, London.
- Randolph, T. F., E. Schelling, D. Grace, C. F. Nicholson, J. L. Leroy, D. C. Cole, M. W. Dement, A. Omoro, J. Zinsstag, and M. Ruel. 2007. "Invited Review: Role of Livestock in Human Nutrition and Health for Poverty Reduction in Developing Countries." *Journal of Animal Science* 85 (11): 2788–2800.
- Reardon, T., K. Stamoulis, M. E. Cruz, A. Balisacan, J. Berdugue, and K. Savadogo. 1998. "Diversification of Household Incomes into Nonfarm Sources: Patterns, Determinants and Effects." Paper presented at the IFPRI/

- World Bank Conference on Strategies for Stimulating Growth of the Rural Nonfarm Economy in Developing Countries, Airlie House, Virginia.
- Ricketts, T. H., J. Regetz, I. Steffan-Dewenter, S. A. Cunningham, C. Kremen, A. Bogdanski, B. Gemmill-Herren, S. S. Greenleaf, A. M. Klein, M. M. Mayfield, L. A. Morandin, A. Ochieng, and B. F. Viana. 2008. "Landscape Effects on Crop Pollination Services: Are There General Patterns?" *Ecology Letters* 11(5):499–515.
- Ritchie, J. E. 2008. "Land-Ocean Interactions: Human, Freshwater, Coastal and Ocean Interactions under Changing Environments." Paper presented at the Hydrology Expert Facility Workshop: Hydrologic Analysis to Inform Bank Policies and Projects: Bridging the Gap, November 24, Washington, DC.
- Rivera, J. A., C. Hotz, T. Gonzalez-Cossio, L. Neufeld, and A. Garcia-Guerra. 2003. "The Effect of Micronutrient Deficiencies on Child Growth: A Review of Results from Community-Based Supplementation Trials." *Journal of Nutrition* 133 (11): 4010S–20S.
- Robles, M., and M. Torero. Forthcoming. "Understanding the Impact of High Food Prices in Latin America." *Economia*.
- Rochette, P., D. A. Angers, M. H. Chantigny, and N. Bertrand. 2008. "Nitrous Oxide Emissions Respond Differently to No-Till in a Loam and a Heavy Clay Soil." *Soil Science Society of America Journal* 72: 1363–69.
- Rosegrant, M. W., and H. Binswanger. 1994. "Markets in Tradable Water Rights: Potential for Efficiency Gains in Developing Country Water Resource Allocation." *World Development* 22 (11): 1613–25.
- Rosegrant, M. W., X. Cai, and S. Cline. 2002. *World Water and Food to 2025: Dealing with Scarcity*. Washington, DC: International Food Policy Research Institute.
- Rosegrant, M. W., S. A. Cline, and R. A. Valmonte-Santos. 2007. "Global Water and Food Security: Emerging Issues." In *Proceedings of the International Conference on Water for Irrigated Agriculture and the Environment: Finding a Flow for All*, ed. A. G. Brown. Canberra: ATSE Crawford Fund.
- Rosegrant, M. W., M. Fernandez, and A. Sinha. 2009. "Looking into the Future for Agriculture and KST." In *IAASTD Global Report*, ed. B. McIntyre, H. R. Herren, J. Wakhungu, and R. T. Watson. Washington, DC: Island Press.
- Rosegrant, M. W., and P. B. R. Hazell. 2000. *Transforming the Rural Asian Economy: The Unfinished Revolution*. New York: Oxford University Press.
- Rosegrant, M. W., M. Paisner, S. Meijer, and J. Witcover. 2001. *Global Food Projections to 2020: Emerging Trends and Alternative Futures*. Washington, DC: International Food Policy Research Institute.
- Rosenzweig, C., A. Iglesias, X. Yang, P. R. Epstein, and E. Chivian. 2001. "Climate Change and Extreme Weather Events: Implications for Food Production, Plant Diseases and Pests." *Global Change and Human Health* 2 (2): 90–104.
- Sabine, C. L., R. A. Feely, N. Gruber, R. M. Key, K. Lee, J. L. Bullister, R. Wanninkhof, C. S. Wong, D. W. R. Wallace, B. Tilbrook, F. J. Millero, T.-H. Peng, A. Kozyr, T. Ono, and A. F. Rios. 2004. "The Oceanic Sink for Anthropogenic CO₂." *Science* 305: 367–71.
- Salman, S. M. A. 2007. "The United Nations Watercourses Convention Ten Years Later: Why Has Its Entry into Force Proven Difficult?" *Water International* 32 (1): 1–15.
- Scherr, S. J., and J. A. McNeely. 2008. "Biodiversity Conservation and Agricultural Sustainability: Towards a New Paradigm of Ecoagriculture Landscapes." *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 363: 477–94.
- Schmidhuber, J., and F. N. Tubiello. 2007. "Global Food Security under Climate Change." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 (50): 19703–08.
- Schoups, G., J. W. Hopmans, C. A. Young, J. A. Vrugt, W. W. Wallender, K. K. Tanji, and S. Panday. 2005. "Sustainability of Irrigated Agriculture in the San Joaquin Valley, California." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102 (43): 15352–56.
- Shiklomanov, I. A. 1999. *World Water Resources: An Appraisal for the 21st Century*. Paris: UNESCO International Hydrological Programme.
- Shiklomanov, I. A., and J. C. Rodda. 2003. *World Water Resources at the Beginning of the 21st Century*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Simler, K. R. 2009. "The Impact of Higher Food Prices on Poverty in Uganda." World Bank, Washington, DC.
- Singh, U. 2005. "Integrated Nitrogen Fertilization for Intensive and Sustainable Agriculture." *Journal of Crop Improvement* 15 (2): 259–88.
- Sivakumar, M. V. K., and J. Hansen, ed. 2007. *Climate Prediction and Agriculture: Advances and Challenges*. New York: Springer.

- Smith, L. D., J. P. Gilmour, and A. J. Heyward. 2008. "Resilience of Coral Communities on an Isolated System of Reefs Following Catastrophic Mass-bleaching." *Coral Reefs* 27 (1): 197–205.
- Smith, P., D. Martino, Z. Cai, D. Gwary, H. H. Janzen, P. Kumar, B. McCarl, S. Ogle, F. O'Mara, C. Rice, R. J. Scholes, O. Sirotenko, M. Howden, T. McAllister, G. Pan, V. Romanenkov, U. Schneider, S. Towprayoon, M. Wattenbach, and J. U. Smith. 2009. "Greenhouse Gas Mitigation in Agriculture." *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 363: 789–813.
- Sohi, S., E. Lopez-Capel, E. Krull, and R. Bol. 2009. *Biochar, Climate Change, and Soil: A Review to Guide Future Research*. Australia: CSIRO Land and Water Science Report 05/09.
- Steinfeld, H., P. Gerber, T. Wassenaar, V. Castel, M. Rosales, and C. De Haan. 2006. *Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options*. Rome: Food and Agriculture Organization.
- Struhsaker, T. T., P. J. Struhsaker, and K. S. Siex. 2005. "Conserving Africa's Rain Forests: Problems in Protected Areas and Possible Solutions." *Biological Conservation* 123 (1): 45–54.
- Strzepek, K., G. Yohe, R. S. J. Tol, and M. W. Rosegrant. 2004. "Determining the Insurance Value of the High Aswan Dam for the Egyptian Economy." International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- Su, Z., J. Zhang, W. Wu, D. Cai, J. Lv, G. Jiang, J. Huang, J. Gao, R. Hartmann, and D. Gabriels. 2007. "Effects of Conservation Tillage Practices on Winter Wheat Water-Use Efficiency and Crop Yield on The Loess Plateau, China." *Agricultural Water Management* 87 (3): 307–14.
- Sullivan, P., D. Hellerstein, L. Hansen, R. Johansson, S. Koenig, R. Lubowski, W. McBride, D. McGranahan, M. Roberts, S. Vogel, and S. Bucholtz. 2004. *The Conservation Reserve Program: Economic Implications for Rural America*. Washington, DC: United States Department of Agriculture.
- Sundby, S., and O. Nakken. 2008. "Spatial Shifts in Spawning Habitats of Arcto-Norwegian Cod Related to Multidecadal Climate Oscillations and Climate Change." *ICES Journal of Marine Sciences* 65 (6): 953–62.
- Swift, M. J., and K. D. Shepherd, ed. 2007. *Saving Africa's Soils: Science and Technology for Improved Soil Management in Africa*. Nairobi: World Agroforestry Centre.
- Tacon, A. G. J., M. R. Hasan, and R. P. Subasinghe. 2006. "Use of Fishery Resources as Feed Inputs for Aquaculture Development: Trends and Policy." FAO Fisheries Circular 1018, Rome.
- Tal, Y., H. Schreier, K. R. Sowers, J. D. Stubblefield, A. R. Place, and Y. Zohar. 2009. "Environmentally Sustainable Land-Based Marine Aquaculture." *Aquaculture* 286 (1–2): 28–35.
- Thierfelder, C., E. Amezquita, and K. Stahr. 2005. "Effects of Intensifying Organic Manuring and Tillage Practices on Penetration Resistance and Infiltration Rate." *Soil and Tillage Research* 82 (2): 211–26.
- Thornton, P. 2009. "The Inter-Linkage between Rapid Growth in Livestock Production, Climate Change, and the Impacts on Water Resources, Land Use, and Reforestation." Background paper for the WDR 2010.
- Tilman, D., J. Hill, and C. Lehman. 2006. "Carbon-Negative Biofuels from Low-Input High-Diversity Grassland Biomass." *Science* 314: 1598–1600.
- Tschakert, P. 2004. "The Costs of Soil Carbon Sequestration: An Economic Analysis for Small-Scale Farming Systems in Senegal." *Agricultural Systems* 81: 227–53.
- Turner, W., S. Spector, N. Gardiner, M. Fladland, E. Sterling, and M. Steininger. 2003. "Remote Sensing for Biodiversity Science and Conservation." *Trends in Ecology and Evolution* 18 (6): 306–14.
- UNEP (United Nations Environment Programme). 1990. *Global Assessment of Soil Degradation*. New York: UNEP.
- UNEP-WCMC (World Conservation Monitoring Centre). 2008. *State of the World's Protected Areas 2007: An Annual Review of Global Conservation Progress*. Cambridge, UK: UNEP-WCMC.
- UNESCO. 2007. "A Global Perspective On Research And Development." Institute for Statistics Fact Sheet 5, UNESCO, Montreal.
- United Nations. 2004. *Guidelines for Reducing Flood Losses*. Geneva: United Nations Department of Economic and Social Affairs, United Nations International Strategy for Disaster Reduction, and the National Oceanic and Atmosphere Administration.
- . 2009. *World Population Prospects: The 2008 Revision*. New York: UN Department of Economic and Social Affairs.
- Van Buskirk, J., and Y. Willi. 2004. "Enhancement of Farmland Biodiversity within Set-Aside Land." *Conservation Biology* 18 (4): 987–94.
- van der Werf, G. R., J. Dempewolf, S. N. Trigg, J. T. Randerson, P. S. Kasibhatla, L. Giglio, D. Murdiyarso, W. Peters, D. C. Morton, G. J. Collatz, A. J. Dolman, and R. S. DeFries. 2008. "Climate Regulation of Fire Emissions and Deforestation in Equatorial Asia." *Proceedings*

- of the National Academy of Sciences 105 (51): 20350–55.
- Vassolo, S., and P. Döll. 2005. “Global-Scale Gridded Estimates of Thermoelectric Power and Manufacturing Water Use.” *Water Resources Research* 41: W04010–doi:10.1029/2004WR003360.
- Venter, O., E. Meijaard, H. Possingham, R. Dennis, D. Sheil, S. Wich, L. Hovani, and K. Wilson. 2009. “Carbon Payments as a Safeguard for Threatened Tropical Mammals.” *Conservation Letters* 2: 123–29.
- von Braun, J., A. Ahmed, K. Asenso-Okyere, S. Fan, A. Gulati, J. Hoddinott, R. Pandya-Lorch, M. W. Rosegrant, M. Ruel, M. Torero, T. van Rheenen, and K. von Grebmer. 2008. “High Food Prices: The What, Who, and How of Proposed Policy Actions.” Policy brief, International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- Ward, F. A., and M. Pulido-Velazquez. 2008. “Water Conservation in Irrigation Can Increase Water Use.” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (47):18215–20.
- Wardle, D. A., M.-C. Nilsson, and O. Zackrisson. 2008. “Fire-derived Charcoal Causes Loss of Forest Humus.” *Science* 320 (5876): 629–29.
- West, P. O., and W. M. Post. 2002. “Soil Organic Carbon Sequestration Rates by Tillage and Crop Rotation: A Global Data Analysis.” *Soil Science Society of America Journal* 66: 1930–46.
- Williams, A. G., E. Audsley, and D. L. Sandars. 2006. *Determining the Environmental Burdens and Resource Use in the Production of Agricultural and Horticultural Commodities*. London: Department for Environmental Food and Rural Affairs.
- Wise, M. A., K. V. Calvin, A. M. Thomson, L. E. Clarke, B. Bond-Lamberty, R. D. Sands, S. J. Smith, A. C. Janetos, and J. A. Edmonds. 2009. “Implications of Limiting CO₂ Concentrations for Land Use and Energy.” *Science* 324 (5931): 1183–86.
- Woelcke, J., and T. Tennigkeit. 2009. “Harvesting Agricultural Carbon in Kenya.” *Rural* 21 43 (1): 26–27.
- Wolf, D. 2008. “Biochar as a Soil Amendment: A Review of the Environmental Implications.” Swansea University School of the Environment and Society, http://www.orgprints.org/13268/01/Biochar_as_a_soil_amendment_-_a_review.pdf (accessed July 15, 2009).
- World Bank. 2005. *Agriculture Investment Sourcebook*. Washington, DC: World Bank.
- . 2006. *Aquaculture: Changing the Face of the Waters: Meeting the Promise and Challenge of Sustainable Aquaculture*. Washington, DC: World Bank.
- . 2007a. “India Groundwater AAA Mid-term Review” (internal document), World Bank, Washington, DC.
- . 2007b. *Making the Most of Scarcity: Accountability for Better Water Management Results in the Middle East and North Africa*. Washington, DC: World Bank.
- . 2007c. *World Development Report 2008. Agriculture for Development*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008a. *Biodiversity, Climate Change and Adaptation: Nature-Based Solutions from the World Bank Portfolio*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008b. *China Water AAA: Addressing Water Scarcity*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008c. *Framework Document for a Global Food Crisis Response Program*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008d. *The Sunken Billions. The Economic Justification for Fisheries Reform*. Washington, DC: World Bank and FAO.
- . 2008e. *World Development Report 2009. Reshaping Economic Geography*. Washington, DC: World Bank.
- . 2009. *Improving Food Security in Arab Countries*. Washington, DC: World Bank.
- . Forthcoming a. *Agriculture and Climate Change in Morocco*. Washington, DC: World Bank.
- . Forthcoming b. *Deep Wells and Prudence: Towards Pragmatic Action for Addressing Groundwater Overexploitation in India*. Washington, DC: World Bank.
- . Forthcoming c. *Projet de Modernisation de l’Agriculture Irriguee Dans le Bassin de l’Oum Er Rbia. Mission d’Évaluation Aide Memoire*. Washington, DC: World Bank.
- . Forthcoming d. *Water and Climate Change: Understanding the Risks and Making Climate-Smart Investment Decisions*. Washington, DC: World Bank.
- World Commission on Dams. 2000. *Dams and Development: A New Framework for Decision Making*. London and Sterling, VA: Earthscan.
- WMO (World Meteorological Organization). 2000. “Fifth WMO Long-term Plan

- 2000-2009: Summary for Decision Makers." Geneva: WMO.
- . 2007. *Climate Information for Adaptation and Development Needs*. Geneva: WMO.
- World Water Assessment Programme. 2009. *The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World*. Paris and London: UNESCO and Earthscan.
- Xiaofeng, X. 2007. *Report on Surveying and Evaluating Benefits of China's Meteorological Service*. Beijing: China Meteorological Administration.
- Yan, X., H. Akiyama, K. Yagi, and H. Akimoto. 2009. "Global Estimations of the Inventory and Mitigation Potential of Methane Emissions from Rice Cultivation Conducted Using the 2006 Intergovernmental Panel on Climate Change Guidelines." *Global Biogeochemical Cycles* 23: 1–15.
- Young, M., and J. McColl. 2005. "Defining Tradable Water Entitlements and Allocations: A Robust System." *Canadian Water Resources Journal* 30 (1): 65–72.
- . Forthcoming. "A Robust Framework for the Allocation of Water in an Ever Changing World." In H. Bjornlund, ed., *Incentives and Instruments for Sustainable Irrigation*. Southampton: WIT Press.
- Zhang, G. S., K. Y. Chan, A. Oates, D. P. Heenan, and G. B. Huang. 2007. "Relationship between Soil Structure and Runoff/Soil Loss After 24 Years of Conservation Tillage." *Soil and Tillage Research* 92: 122–28.
- Zilberman, D., T. Sproul, D. Rajagopal, S. Sexton, and P. Hellegers. 2008. "Rising Energy Prices and the Economics of Water in Agriculture." *Water Policy* 10: 11–21.
- Ziska, L. H. 2008. "Three-year Field Evaluation of Early and Late 20th Century Spring Wheat Cultivars to Projected Increases in Atmospheric Carbon Dioxide." *Field Crop Research* 108 (1): 54–59.
- Ziska, L. H., and A. McClung. 2008. "Differential Response of Cultivated and Weedy (Red) Rice to Recent and Projected Increases in Atmospheric Carbon Dioxide." *Agronomy Journal* 100 (5): 1259–63.



能源需要促发展和稳气候

到

21 世纪中叶，全球经济将翻两番，而按照当前趋势，能源相关的二氧化碳排放量将增长一倍以上，这可能使世界步入一个气温比前工业化时期至少上升 5℃ 的灾难性轨道。但这并非不可避免。如果全球共同行动起来，采取正确的政策和低碳技术，就有办法转入可持续性较高的轨道，使气温升幅维持在 2℃ 左右。同时，节约能源、改善公共健康卫生、增强能源安全以及增加就业机会等措施将有力促进经济和社会发展。

可持续能源道路要求所有国家立即行动起来，提高能源效率并大幅度降低碳强度。可持续能源道路要求能源组合从化石燃料转向可再生能源甚至核能，并广泛应用碳捕获和碳封存技术。反过来，这要求大幅度降低成

本，广泛应用可再生能源技术，安全封存核废料与遏制核武器扩散，取得从电池技术到碳捕获和碳封存技术的突破性进展。这也要求从根本上改变经济发展和生活方式。任何一个条件不能满足，将气温上升控制在高于前工业化水平 2℃ 左右的目标就可能落空。

要将气候变暖控制在 2℃，全球碳排放量就必须在 2020 年达到顶峰，并在 2050 年下降到现在水平的 50% 到 80%，并且持续下降至 2100 年甚至更久的时间。如果行动延迟十年，这个目标就不可能实现。能源设施的滞后性意味着今后十年的投资将会在很大程度上决定 2050 年及此后的排放量。延迟行动会使世界陷于高碳型基础设施，此后则需要耗巨资改进基础设施、提前报废现有能源设施。

各国政府不应以当前金融危机为借口延迟应对气候变化的行动。未来的气候危机有可能对世界经济造成更大的危害。经济滑坡能将排放量的正常增长延缓几年，但不可能从根本上改变长期趋势。相反，经济滑坡是各国政府引导投资清洁高效能源，同时实现刺激经济增长和缓解气候变化双重目标的契机（参见专栏 4.1）。

在协商全球气候协议的同时，各

主要内容

解决气候变化问题需要所有国家立即行动，而且需要从根本上转变能源系统——显著提高能源效率，大幅度转向可再生能源甚至核能，以及广泛使用先进的技术来捕获和封存碳排放。发达国家必须带头大幅度降低自身的排放量（到 2050 年应降低 80%），将新技术推向市场，并资助发展中国家转向清洁能源之路。另外，立即行动也符合发展中国家的利益，这样它们可以避免陷入高碳型基础设施的困境。许多改变（例如：取消扭曲的价格信号和提高能源效率）对发展和环境都大有裨益。

专栏 4.1 金融危机为高效清洁能源创造了契机

对清洁能源来说，金融危机既是挑战也是机遇。化石燃料价格的骤降不利于节约能源，也削弱了可再生能源的竞争优势。市场需求和投资因宏观经济环境疲软以及信贷紧缩而日益下滑。而可再生能源因其资金密集的自然属性而受到剧烈冲击（可再生能源前期投资成本高，但运营和燃料成本低）。到 2008 年

第四季度为止，清洁能源投资比 2007 年底的最高值少了一半以上。^a

但是金融危机为转向低碳经济创造了契机，因而不应该成为延迟缓解气候变化行动的借口（参见第 1 章）。首先刺激对高效能源，可再生能源以及公共交通方面的投资能创造就业机会，打造经济的生产能力。^b其次，能源价格下跌

为新兴经济体取消化石燃料补贴，发达国家征收燃料税创造了以政治和社会可接受的方式进行的宝贵机会。

出处：世界发展报告（WDR）工作组

a. 世界经济论坛 2009。

b. Bowen 等。

国政府可以立即采取气候智能型国内政策，使用现有的低碳技术。提高能源效率是效果最大的、成本最低的减排渠道，对发展效益和未来节能来说也非常合理。能源供给方（如燃煤、燃油、燃气、发电、输电以及配电）和需求方（建房、交通以及生产使用能源）在这方面都有很大的潜力。但如此巨大的效率潜能尚未开发，这说明了实现难度之大。实现大规模节能要求上调能源价格，取消化石燃料补贴，并实施有效监管、财政激励措施、制度改革和融资机制协同作用的战略，以解决市场失灵和非市场壁垒问题。

第二大减排渠道是使用低排放甚至是零排放燃料，尤其是可再生能源发电。今天，许多技术已经投入市场，它们不仅有益于发展，而且在合理的政策框架下可以得到广泛应用。推广这些新技术需要给碳排放定价，并为应用低碳技术提供财政激励措施。大规模的技术应用有助于降低成本，提高竞争优势。

但这些有益于发展和气候变化的双赢举措不足以维持气温升幅维持在 2°C 的轨迹。社会亟须大规模应用碳捕获或碳封存等尚未验证的先进技术。加速推广和应用这些技术要求大力推进研发、示范以及技术共享和转让。

对启动私人的稳定投资和创新、

从而以最低成本实现最大减排量而言，碳排放总量管制和排放交易计划或者碳税等经济范畴的、市场导向的机制至关重要。政府内部需要采取协调统一的办法来发展低碳经济，同时实现社会、经济干扰风险的最小化。

发达国家应率先致力于深度减排、制定碳价格和开发先进技术。这不仅是促进亟须技术研发的最可靠的途径，也能保证以具有竞争力的价格获取这些技术。但除非发展中国家在发展的同时转变能源系统，否则很难实现将气候变暖控制在工业化水平以上 2°C 左右的目标。转变能源系统要求发达国家将大量财政资源和低碳技术向发展中国家转移。

在高、中、低收入国家中，能源减排路径，以及实现这些路径所需的政策和技术组合各不相同，这取决于其经济结构、资源禀赋及其制度和技术力量。十二个高、中收入国家的排放量占全球能源相关排放量的 2/3，减少这些国家的排放量对避免气候变化的风险至关重要。本章分析了某些国家的减排路径及其面临的挑战，介绍了一些有助于维持 2°C 轨道的政策工具组合和清洁能源技术。

平衡竞争目标

能源政策必须实现维持经济发展、

增加世界贫穷国家获得能源的机会、提高能源安全和改善环境这四个互相竞争的目标之间的平衡，这殊非易事。化石燃料燃烧排放的温室气体接近70%¹，是地方主要的有害空气污染源。许多双赢的选择可以做到减少燃烧化石燃料，缓解气候变化，并减轻当地空气污染程度（参见专栏4.2）。其他选择则仍有待进一步衡量。比如，燃煤产生的硫酸会危害人类健康，形成酸雨，但却能冷却当地气温，抵消气候变暖的影响。

发展中国家需要可靠经济的能源为16亿缺电人口和26亿缺少清洁炊用燃料的人口提供服务。增加低收入国家，尤其是南亚和撒哈拉沙漠以南非洲国家的供电和清洁炊用燃料而增加的全球二氧化碳排放量不到2%。²在炊用和供暖中，以现代能源替换传统的生物燃料能减少黑碳排放量——全球变暖的重要因子³——从而改善妇女儿童健康，使其避免传统生物燃料产生的高浓度的室内空气污染，减少森林采伐和土地退化（参见第7章，专栏7.10）。⁴

能源供应还面临着适应挑战。气温上升可能增加了对制冷的需求，而

降低了对供暖的需求。⁵制冷需求的上升，加重了电网系统的负担，比如在2007年的欧洲热浪中就是如此。2005年发展中国家13%的能源生产率的变化是由极端气候造成的。⁶多变的降水模式影响了水电的可靠性。正如2007年热浪中法国缺电事件所示，干旱和热浪影响了供水和水温，进而妨碍了热能和核能发电，⁷这是因为热电厂和核电厂都需要大量水进行冷却。

于是在不牺牲气候利益的前提下为经济发展和繁荣提供可靠、经济的能源服务成了一个挑战。目前低收入国家的能源需求量和能源引起的排放量只占全球的3%。即使它们的能源需求量将随着收入的增长而提高，到2050年其排放量仍然只占全球排放量的一小部分。但中等收入国家经济持续扩张，重工业比例巨大，其能源需求量很高。而发达国家则需要大量能源维持其目前的生活方式。

选择低碳能源可以降低价格波动，保证能源供给，从而大幅度提高能源安全。⁸提高能效可降低能源需求，而可再生能源使能源组合多样化，并降低燃料价格冲击的可能性。⁹

煤是碳强度最高的化石燃料，许

专栏 4.2 高效清洁能源有利于发展

重视能效和清洁能源对发展的作用——节约更多能源，降低当地空气污染程度，提高能源安全，增加当地工业就业量，提高生产力增强竞争力——能证明部分减排成本的合理性，增强绿色政策的号召力。节约能源能抵消很大一部分减排成本。^a和不采取行动相比，为使气温变暖控制在2℃以内而需要将相关二氧化碳浓度保持在450ppm的行动使2030年当地空气污染（二氧化硫与一氧化氮）降低25%到30%。^b2006年，可再生能源产业（直接或间接）为世界

创造了230万个就业机会，提高能效的行动为美国新增了800万就业机会。^c过去35年中，加利福尼亚州的能效和技术创新项目使该州的生产总值实现了实际增长。^d

许多发达国家和发展中国家正在为清洁能源技术制定目标和政策（参见下页表）。这些行动多数是由国内发展利益驱动的，但也能大量减少二氧化碳排放量。中国政府制定了从2005年到2010年能源强度降低20%的目标。截至2010年，中国将每年减少15亿吨二

氧化碳排放量，这是世界上力度最大的减排目标，是欧盟在《京都议定书》中承诺的3亿吨减排目标的5倍，是加利福尼亚州1.75亿吨减排目标的8倍。^e

出处：

a.国际能源署2008b；麦肯锡公司2009a。

b.国际能源署2008c。

c.环境能源研究院2008。

d.Rolamd-Holst 2008。

e.Lin 2007。

多高增长地区附近煤炭资源丰富，是廉价而安全的能源供给来源。近来由于油价波动，天然气供给不稳定，致使许多（发达和发展中）国家更加重视燃煤电厂。降低对油气资源进口的依赖，转向液化煤和气化煤生产将导致二氧化碳排放大量增加。2000 年以来，全球煤消费量增长速度超过任何燃料，造成经济发展、能源安全和气候变化之间难以平衡的窘境。

面对这些挑战和竞争目标，单凭市场无法及时输送足以防止危险性气候变化的高效清洁能源。应该对污染收费。实现必要的能效进步要求采取价格激励措施、有效监管和进行制度改革。而对尚未验证技术的投资风险和规模则要求

公共部门对其予以大力支持。

摒弃高碳型消费习惯

能源消费总量及其碳强度（定义为每单位能源消费产生的二氧化碳排放量）共同决定了能源的二氧化碳排放量。能源消费随着收入和人口的增长而升高，但是经济结构（制造业和采矿业的能源强度高于农业和服务业）、气候（气候影响着制冷或供暖需求）以及政策（能源价格越高，法规越严格的国家往往能效越高）也会产生影响。同样，国内能源资源（国家潜在煤或水资源是否丰富）和政策也会导致能源的碳强度不同。因此低碳型发展路径的政策措施包括

许多国家制定了能源与气候变化的国家计划或提案（此为专栏 4.2 表）

国家	气候变化	可再生能源	能效	交通
欧盟	从 1990 年到 2020 年减排 20%（如果其他国家承诺大量减排，则为 30%）；从 1990 年到 2050 年减排 80%	到 2020 年占一次能源构成的 20%	到 2020 年比参照案例节能 20%	到 2020 年生物燃料占交通燃料的 10%
美国	到 2020 年减排达到 1990 年水平；从 1990 年到 2050 年减排 80%	到 2025 年占电力的 25%		到 2016 年燃料效益标准增长到每加仑 35 英里
加拿大	从 2006 年到 2020 年减排 20%			
澳大利亚	从 2000 年到 2020 年减排 15%			
中国	国家气候变化战略及气候变化政策与行动白皮书，成立总理负责下的节能减排领导小组	到 2020 年占一次能源的 15%	从 2005 年到 2010 年能源强度降低 20%	达到每加仑 35 英里的燃料效益标准；计划成为电动车的世界领先者；目前正在大规模建设地铁
印度	国家气候变化行动计划：人均减排不超过发达国家水平，建立了由总理领导的气候变化顾问委员会	到 2012 年可再生能源量达 230 亿瓦特	到 2012 年节能 100 亿瓦特	城市交通政策；增加公共交通投资
南非	制定长期减排方案：排放量在 2020 年至 2050 年达到顶峰，再经过 10 年平稳期之后，开始绝对下降	到 2013 年占能源构成的 4%	到 2015 年能效提高 12%	计划成为世界电动车领先者；扩建巴士快速交通
墨西哥	从 2020 年到 2050 年减排 50%；制定国家气候变化战略；设立秘书处间气候变化委员会，促进协调	到 2012 年占能源构成的 8%	能效标准，热电联供	增加公共交通投资
巴西	国家气候变化战略；到 2018 年使森林砍伐减少 70%	到 2030 年占能源构成的 10%	到 2030 年节能 103 太拉时	世界甲烷生产的领先者

出处：中国政府 2008；印度政府 2008；墨西哥政府 2008；巴西气候变化部际委员会 2008；皮尤中心 2008a；皮尤中心 2008b；项目推进 2009。
注：表中部分目标为正式承诺目标，其余目标仍在讨论中。

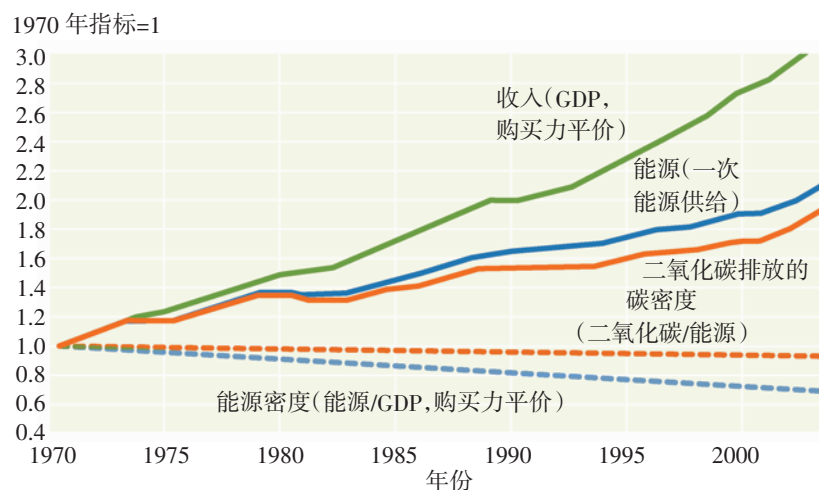
提高能效和转向低碳型生活方式以降低能源强度（定义为1美元GDP所消耗的能源），以及通过转向使用低碳燃料来降低能源碳强度。

20世纪70年代以来，能源消费量翻了一番，这和持续增长的碳强度一起导致了碳排放量成倍增长（参见图4.1）。能源强度的改进远不能抵消世界收入三倍增长的速度。而且化石燃料使用量的大幅度增长抵消了清洁能源生产的大部分成果。化石燃料在全球能源供给中占据主导地位，占一次能源构成的80%以上（参见图4.2）。¹⁰

当前大气中2/3与能源相关的累积二氧化碳是由发达国家排放的。¹¹发达国家人均能源消耗量比发展中国家高出4倍。但发展中国家每年与能源相关的碳排放量已经占到世界的52%，其能源消耗增长迅速——估计未来20年全球能源消耗、煤使用量以及与能源相关的二氧化碳排放增长量的90%是由发展中国家引起的。¹²据估计，发展中国家的人口比例很大，因此到2030年，即使其人均能源消耗仍然很低，发展中国家每年消耗的能源也要比发达国家高70%（参见图4.3）。

从全球范围看，发电厂是最大的温室气体排放者（26%），其次为工业（19%）、交通运输（13%）、建筑（8%），¹³此外还包括土地利用变更，农业以及浪费（参见图4.4）。但具体情况因收入群体而异。高收入国家的碳排放主要源自发电和运输，而低收入国家的碳排放主要源于土地利用变更和农业。在中等收入国家，发电、工业和土地利用变更是主要的碳排放来源。土地利用变更产生的碳排放集中在少数几个国家（巴西和印度尼西亚土地利用变更产生的碳排放量占全球的一半）。发电仍将可能是

图4.1 排放量成倍增长的背景：能源和碳密度增长不足以抵消因收入增长引起的能源需求量的增长



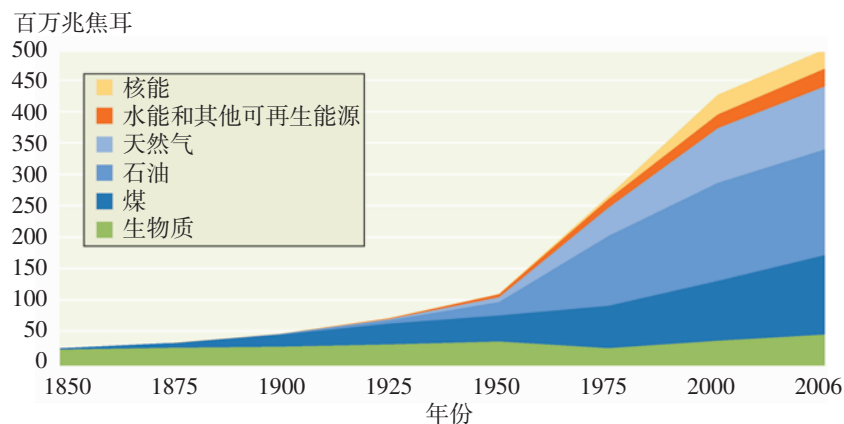
出处：政府间气候变化专门委员会2007。

注：GDP以美元购买力平价计算。

最大的碳排放源，不过估计交通和工业的碳排放量将迅速上升。

城市是人们的生产生活中心，消费了全球2/3以上的能源，排放了70%以上的二氧化碳。在未来20年，城市将经历空前的发展，人口将从30亿增长到50亿，并且主要集中在发展中国家。¹⁴从现在到2050年，世界建筑量可能会翻一番，大多数新建筑将由发

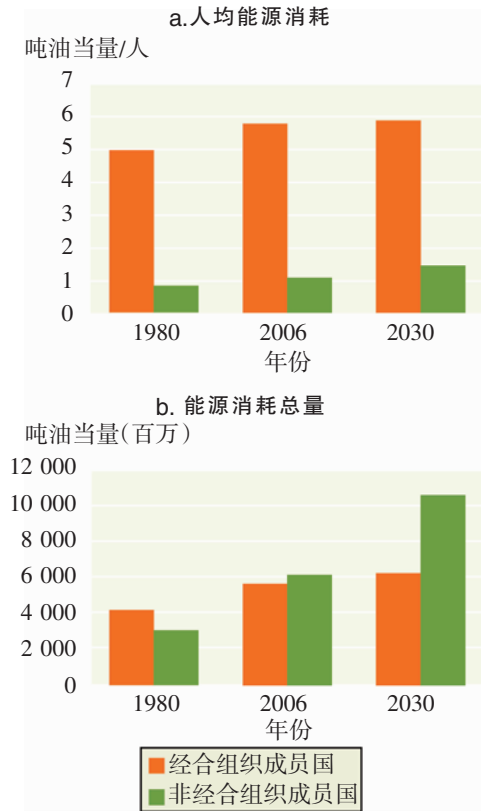
图4.2 1850年至2006年的一次能源构成。从1850年到1950年能源消耗每年增长1.5%，主要由煤带动；从1950年到2006年，每年增长2.7%，主要由石油和天然气带动。



出处：世界发展报告工作组，采用Grübler 2008以1850年至2000年的数据和国际能源署（2006年数据）的数据。

注：为确保两组数据的一致性采用等值代入法，将水能转换为等值的一次能源——假设为平均发电能效为38.6%的传统火力发电厂生产等量电力所需的能源数量。

图 4.3 虽然发展中国家人均能源消耗和排放都很低，但将成为未来能源消耗和二氧化碳排放的主要增长源



出处：世界发展报告工作组，数据引自国际能源署 2008c。

注：Toe 意为吨油当量。

展中国家建造。¹⁵ 如果城市以扩张而非提高密度的方式发展，公共运输将难以支撑持续增长的交通需求。

汽车拥有率随收入增长而迅速增长。按照目前的趋势，2005 年至 2050 年期间新增汽车将达到 23 亿辆，其中 80% 以上集中在发展中国家。¹⁶ 但是如果采取合理政策，汽车拥有率的大幅度增长不一定转化成相应的汽车使用率的增长（参见图 4.5）。¹⁷ 汽车会增加交通运输业能源需求量和碳排放量，因而价格政策（比如道路收费、高额停车费）、公共交通基础设施和城市类型将发挥重要作用。

发展中国家可以效仿欧洲和亚洲

发达地区，实现汽车拥有率和使用率的分离。在收入和汽车拥有率同等的情况下，欧洲和日本的行车里程比美国减少了 30% 至 60%。中国香港的汽车拥有率仅是纽约的三分之一，而纽约是美国人均汽车拥有率最低的城市。¹⁸ 这是如何实现的呢？只能通过城市高度密集化，实行高燃料税，制定道路收费政策，建立良好的公共交通基础设施等综合措施。同样，欧洲每千人的公共道路路程是美国的 4 倍。¹⁹ 而在许多发展中国家，公共交通建设没有与城市同步发展，因此个人汽车拥有率不断上升，交通堵塞问题与日俱增。

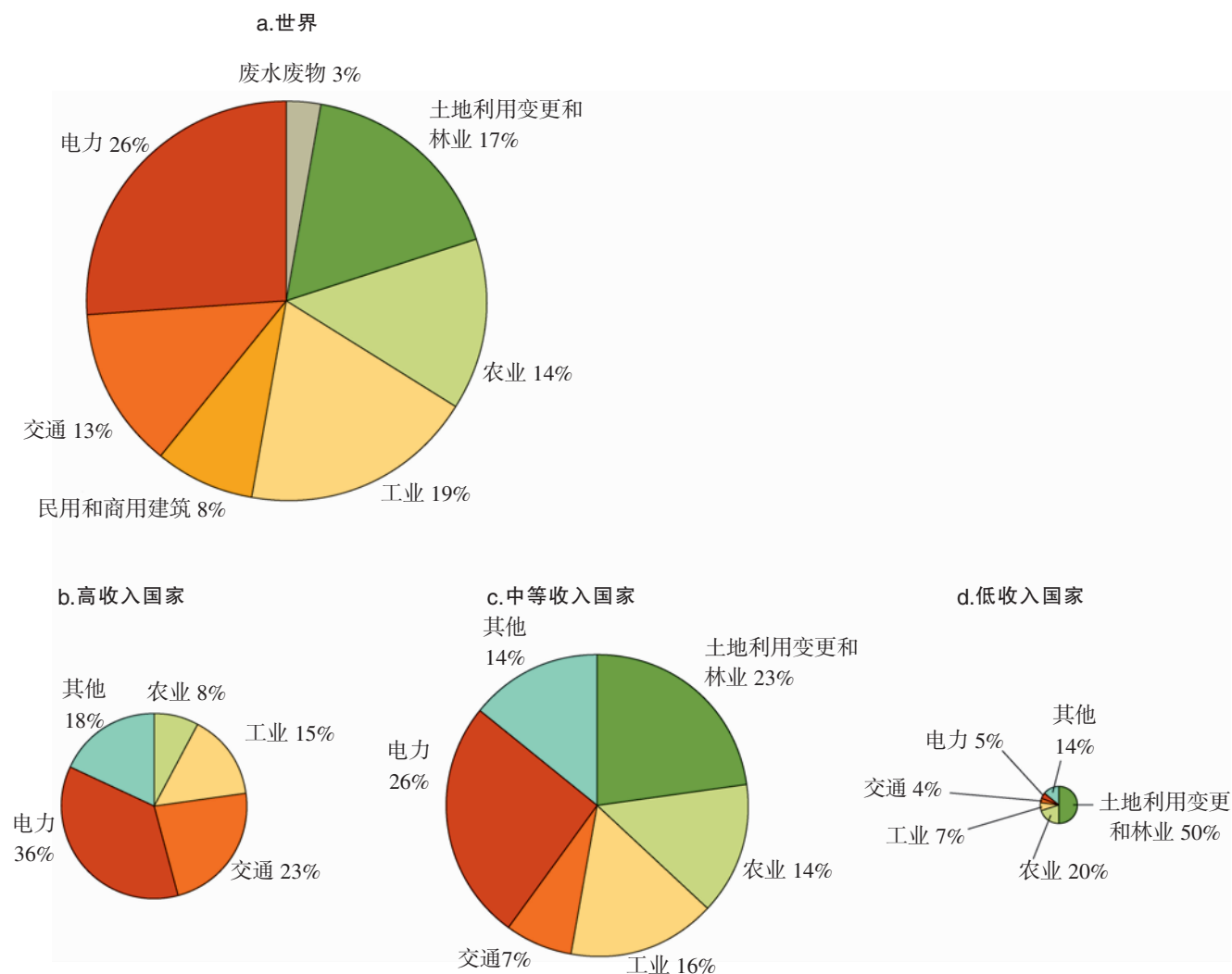
交通基础设施也对居住模式产生了影响。大规模修建公路促进了低密度居住区的形成，这是一种公共交通系统难以提供服务的城市类型。居住区密度低，这增加了集中为建筑提供节能供暖的难度。²⁰

世界何去何从：转向可持续能源

要实现可持续、公平的发展与繁荣，高收入国家应该大幅度降低碳排放量——以及人均碳排放量（参见图 4.6 蓝色箭头）。发展中国家也应该避免走美国、澳大利亚等发达国家的碳密集型发展道路，而采取低碳型发展道路（橙色箭头）。这就要求发达国家从根本上改变生活方式，发展中国家迅速转向新的发展模式。

要实现这些目标，就应该协调足以防止危险性气候变化的行动与在技术上以可接受成本可以实现的行动之间的关系。将气温控制在不高于前工业化温度 2°C 的范围内，就意味着全球碳排放量必须在 2020 年之前达到顶峰，到 2050 年下降至目前水平的 50% 至 80%，接近 2100 年时甚至可能实现负排放。²¹ 这是一项艰巨的任务，只

图 4.4 各部门温室气体排放量：世界高收入、中等收入和低收入国家



出处：世界发展报告工作组，数据引自 Barker 等 2007（图 4.4a）和世界资源研究所（图 4.4b，图 4.4c 和图 4.4d）。

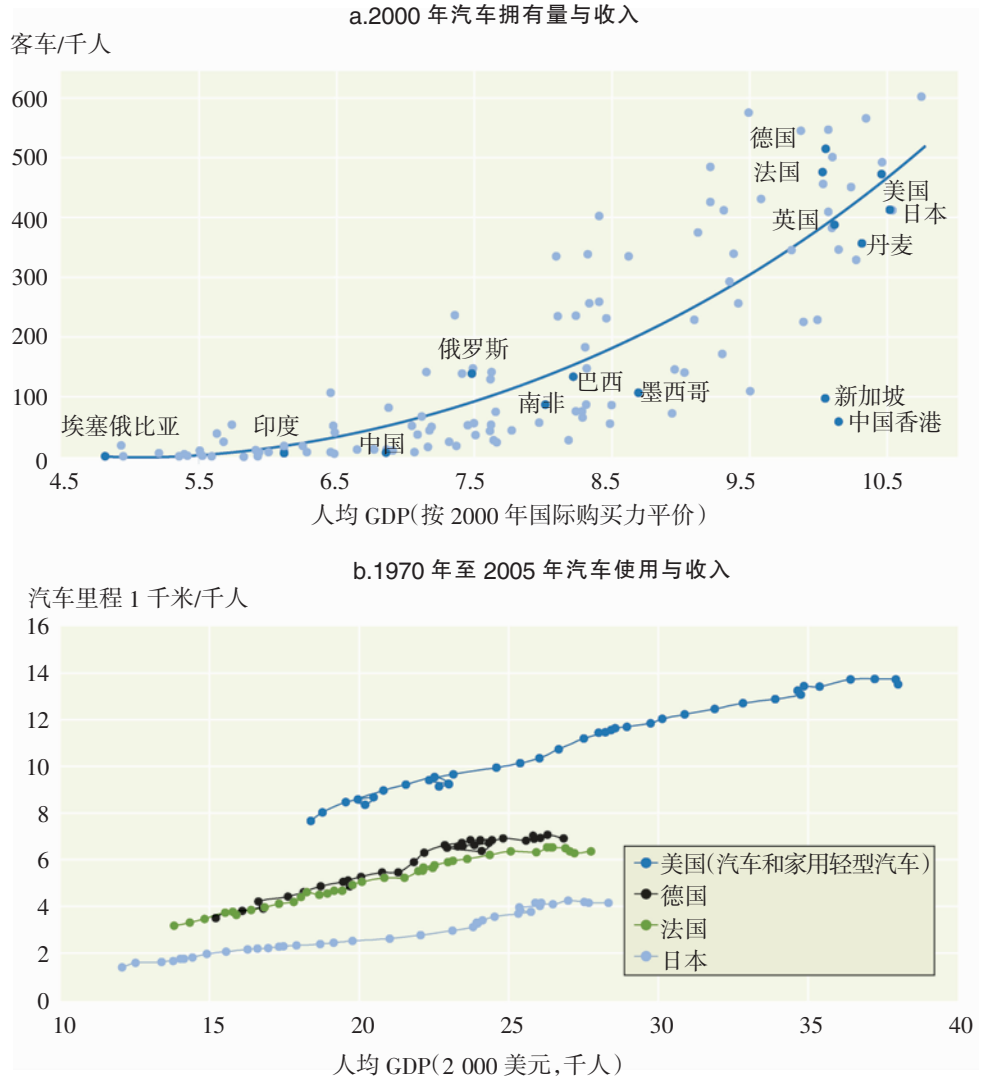
注：图 4.4a 中为 2004 年全球排放量各部门的比例。图 4.4b，图 4.4c 和图 4.4d 中反映的高、中等、低收入国家的各部门排放比例，基于 2005 年能源和农业部门的排放量，以及 2000 年土地利用变更和林业部门的排放量。每个饼图的大小代表其温室气体排放量，包括了高、中、低收入国家的土地利用变更的排放量，所占比例分别为 35%、58% 和 7%。能源的二氧化碳排放量比例，分别为 49%、49% 和 2%。在图 4.4a 中，电力部门的排放量包括了建筑用电的排放量，图 4.4b 中未包括土地利用变更和林业的排放量，因为高收入国家这方面的排放量可以忽略不计。

有约一半的能源模型认为这是可行的（参见图 4.7），即使这样，实现该目标还要求世界各国立即采取行动。

更具体地说，将气候变暖保持在 2°C 左右要求将大气中的温室气体浓度控制在 450ppm 的二氧化碳当量之内。²² 目前温室气体浓度已经达到了 387ppm 二氧化碳当量，而且正在以每年 2ppm 的速度增长。²³ 因此，将气候变暖控制在 2°C 左右所允许的

碳排放量增长空间已经不大了。多数模型假设，将二氧化碳当量维持在 450ppm，要求数十年内二氧化碳浓度超过 450ppm，然后在 21 世纪末回落到 450ppm（参见表 4.1）。加速减少甲烷、黑碳等短期性温室气体的排放量，只能减少而无法避免超额排放量。²⁴ 此外，维持 450ppm 二氧化碳当量的目标，必须依靠基于生物质的碳捕获和碳封存技术²⁵ 实

图 4.5 汽车拥有率随收入提高而增长，但是价格政策、公共交通、城市规划、城市密度能限制汽车使用



出处：Schipper 2007；世界银行 2009c。
 注：图 4.5b 中的数据，1992 年之前为西德数据，此后为统一后德国的数据。注意英国、日本、法国和德国（a 图）之间相近的汽车拥有率和行车里程的悬殊（b 图）。

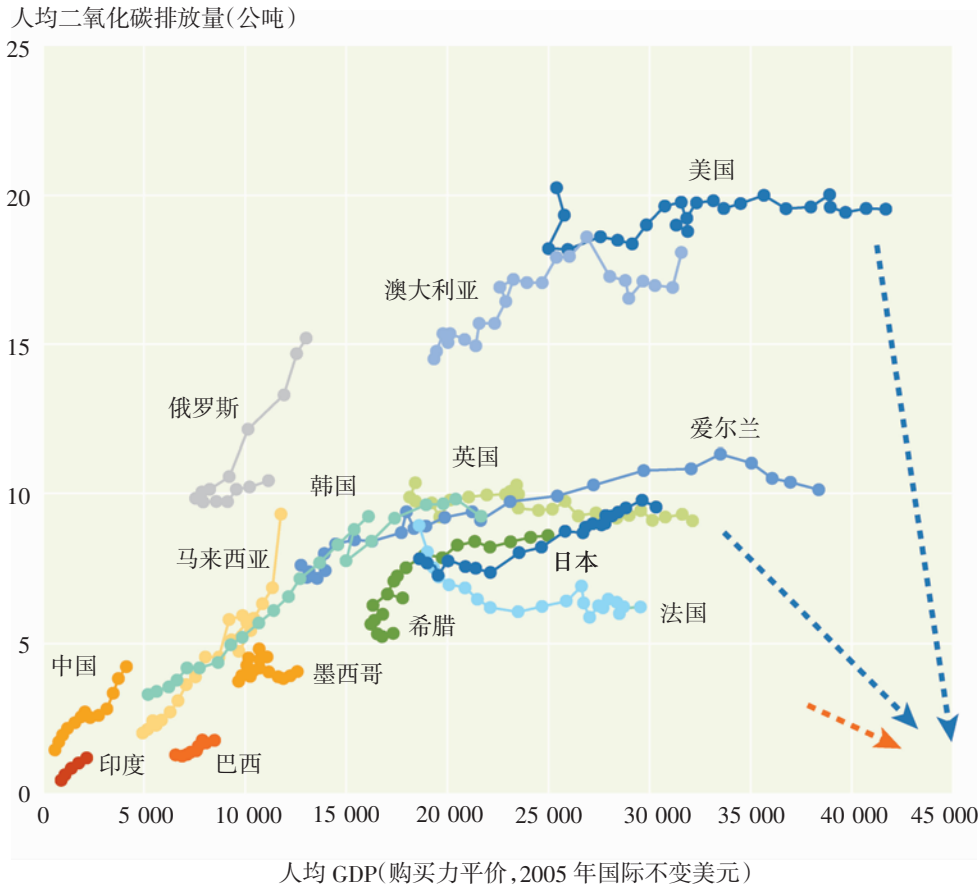
现负排放。²⁶ 但是考虑到粮食生产和碳储存对水土资源的争夺（参见第 3 章），生物质的可持续供给难以得到保证。²⁷ 因而要想将气候变暖限制在 2℃ 以内，就必须从根本上转变全球能源结构²⁸（参见专栏 4.3 和专栏 4.4；参见尾注第 28 条关于模型的详解）。

假设任何时间、任何地点的所有减排行动都以最低成本进行（参见图 4.8），预计将二氧化碳当量维

持在 450ppm 的支出为 2030 年全球 GDP 的 0.3% 至 0.9%。²⁹ 该估测值和当前能源领域总支出占 GDP 总量 7.5% 构成了鲜明对比。而且，不行动成本——即气温升幅较大造成的损害——可能远远超过减排成本（参见第 1 章关于气候政策成本与效益的分析）。

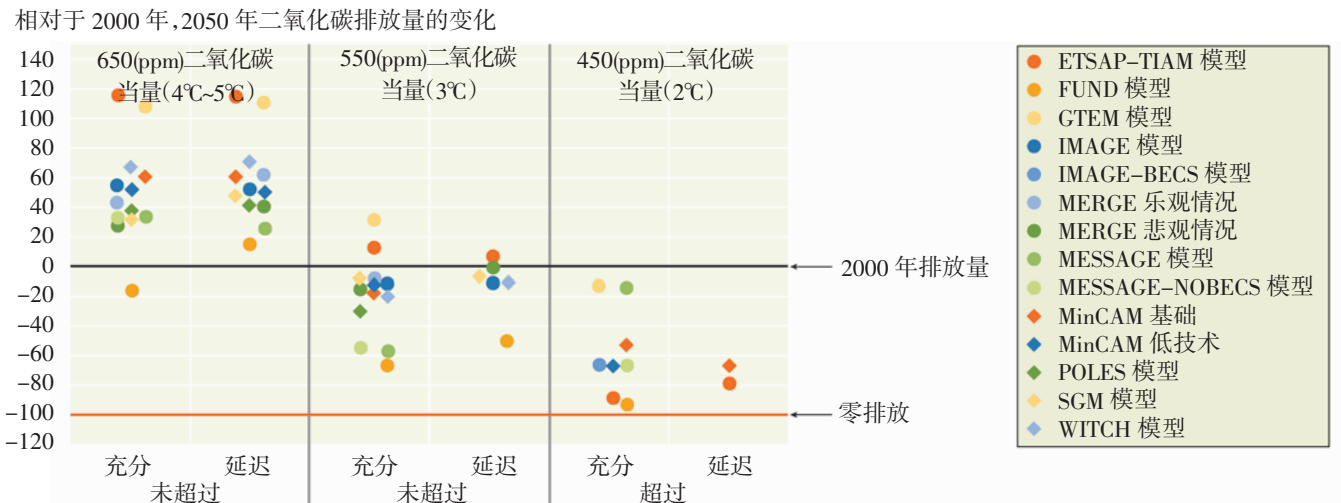
使二氧化碳当量维持在 450ppm 要求到 2030 年应用边际成本为每吨二氧化碳 35 至 100 美元的技术，那么到 2030 年全球每年将需要 4 250 亿至

图 4.6 世界未来发展之路：与能源相关的人均二氧化碳排放量



出处：引自美国国家研究委员会 2008，以世界银行 2008e 数据为基础。
注：排放量和人均 GDP 为 1980 年至 2005 年数据。

图 4.7 只有一半能源模型认为可能实现必要的减排，从而将二氧化碳当量维持在 450ppm (即 2°C)



出处：Clark 等，待出版。

注：每个点都代表 2050 年某一特定模型实现维持二氧化碳当量浓度特定目标（450ppm，550ppm，650ppm）所需的减排量；每个栏中点的数量标志着 14 种模型和模型变体中能够寻找到实现指定浓度结果的路径的数量。“超过”表示一种允许浓度在 2100 年前先超过目标再回落的减排路径。而“未超过”表示浓度在任何时候都不得超过目标。“充分”指的是所有国家都充分参与，因而在任何时候任何地点，只要成本效益最高，就能实现减排。“延迟”意思是高收入国家从 2012 年开始减排，巴西、中国、印度和俄罗斯从 2030 年开始减排。其他国家从 2050 年开始减排。

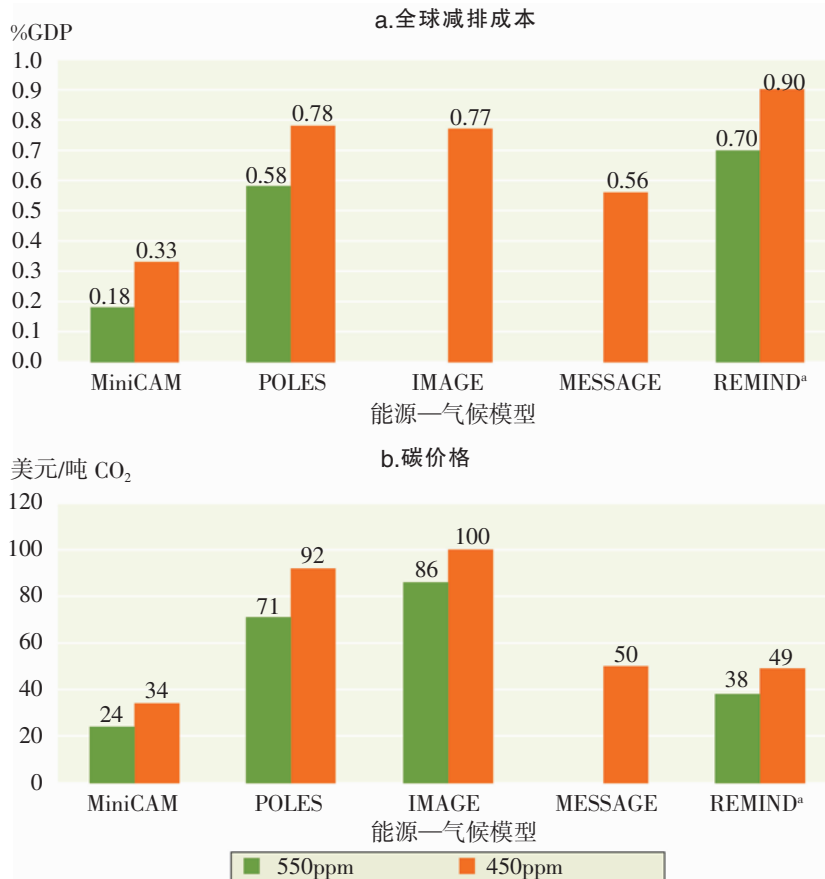
表 4.1 采取何种行动实现将二氧化碳当量维持在 450ppm, 从而将温度升幅控制在 2°C 以内的目标——示范方案

	未超过	超过
立即参与	1) 所有地区立即参与 2) 到 2020 年大幅度减排 70% 3) 到 2020 年实现能源系统的根本转变, 包括新建 500 个核反应堆, 捕获 200 亿吨 CO ₂ 4) 到 2020 年, 全球碳价格为每吨 CO ₂ 100 美元 5) 从 2020 年起对土地利用引起的排放量征税	1) 所有地区立即参与 2) 到 2020 年新建 126 个核反应堆, 捕获近 10 亿吨 CO ₂ 3) 21 世纪末, 全球实现负排放, 因而需要广泛应用基于生物质的碳捕获和碳封存技术 4) 到 2095 年碳价格上升到每吨 CO ₂ 775 美元 5) 可能未对土地利用引起的排放征税, 但碳税增加了 2 倍, 从而使完成目标成本大幅度增长
延迟参与	X	1) 非附件一缔约国(发展中国家)自参与之日起大幅度减排 2) 到 2050 年附件一缔约国(高收入国家)实现负排放, 到本世纪末, 全球实现负排放, 因而需要广泛应用基于生物质的碳捕获和碳封存技术 3) 碳的初始价格由每吨 CO ₂ 50 美元上升到每吨 CO ₂ 2 000 美元 4) 由于农作物生产转移到不参与地区, 引起该地区土地利用变更, 排放量大幅度增加, 从而导致大量碳泄漏

出处: Clarke 等, 待出版。

注: 每时每刻将二氧化碳浓度维持在 450ppm 甚至更低的范围内几乎是不可能的。如图右栏所示, 如果 2100 年前碳浓度超过 450ppmCO_{2e}, 想将升温控制在 2°C 左右则是一个巨大挑战。附件一中的国家都是经合组织国家和转型经济体, 它们都致力于实现《京都议定书》的减排目标, 而非附件一缔约国并未做出任何减排承诺。

图 4.8 五种模型估测的将二氧化碳当量维持在 450ppm 和 550ppm (2°C 和 3°C) 所需的全球减排成本和碳价格 (2030 年)



出处: 世界发展报告工作组, 数据引自 Knopf 等, 待出版; Rao 等 2008; Calvin 等, 待出版。

注: 图表比较五种能源—气候模型——MiniCAM, IMAGE, MESSAGE, POLES 和 REMIND 的减排成本和碳价格 (参见第 28 条注释, 模型的假设的方法论)。MiniCAM, POLES, IMAGE 和 MESSAGE 模型显示了能源系统转型带来的相对于基准线的成本降低, 基准线为 2030 年国内生产总值的百分比, 这里国民生产总值为外源型。

a.REMIND 模型的减排成本以表示为相对于基准线的 2030 年国内生产总值损失的宏观经济成本计算, 这里国民生产总值为内生型。

专栏 4.3 将二氧化碳当量维持在 450ppm (温度升高 2°C) 的目标要求从根本上转变全球能源系统

为撰写本报告,工作组对五种全球能源—气候模型进行了验证。这五种模型的方法论、假定基准线、技术水平、学习率、成本以及温室气体含量(不光是二氧化碳)各不相同。实现 450ppm 二氧化碳当量的目标取决于基准线的特点。一些综合评估模型采用化石燃料密集型、高能耗发展型的基准线,因而不能实现 450ppm 二氧化碳当量的轨迹。

很多模型采用不同的碳排放路径和能源减排战略,但都能以较低成本实现 450ppm 二氧化碳当量的目标。^a不同的碳排放路径实现了减排量的短期、中期(2005—2050)与长期平衡。如果 2050 年之前减排量较小,那从长期来看就必须通过广泛使用基于生物质的碳捕获和碳封存技术,大幅度降低碳排放量。^b如表 4.2 所示,由于各模型的方法论和假设不同,短期(2030 年)的投资需求也就不一样。各种模型从目前到 2050 年的能源构成(见对开页的数据)差异很大,但结论却不变。这意味着应该根据国家和时间变化采取不同的技术组合——最低成本战略有赖于能源技术的广泛组合。

将二氧化碳当量维持在 450ppm 的能源结构可能不同,但我们必须利用所有的选择

能源类型	目前的能源构成		2050 年的能源构成			
	全球	全球	美国	欧盟	中国	印度
全部的百分比 (%)						
煤(未安装 CCS)	26	1~2	0~1	0~2	3~5	2~3
煤(安装 CCS)	0	1~13	1~12	2~9	0~25	3~26
石油	34	16~21	20~26	11~23	18~20	18~19
天然气(未安装 CCS)	21	19~21	20~21	20~22	9~13	5~9
天然气(安装 CCS)	0	8~16	6~21	7~31	1~29	3~8
核能	6	8	8~10	10~11	8~12	9~11
生物质(未安装 CCS)	10	12~21	10~18	10~11	9~14	16~30
生物质(安装 CCS)	0	2~8	1~7	3~9	1~12	2~12
非生物质可再生能源	3	8~14	7~12	7~12	10~13	5~19
总计(百万兆焦耳每年)	493	665~775	87~121	70~80	130~139	66~68

出处:世界发展报告工作组,数据引自 Richi, Grubler 和 Nakicenovic 2007; 国际应用系统分析研究所 2009; Calvin 等,待出版; 国际能源署 2008b。

设定全球能源构成,将二氧化碳当量保持在 450ppm

使二氧化碳当量保持在 450ppm,这要求进行一场全球能源变革——大幅度降低能源总需求,调整能源构成。要实现这个目标,全球气候—能源模型必须采取积极的节能措施,大幅度降低全球能源需求,到 2050 年从大约 9 亿兆焦耳的正常状态降到 6.5~7.5 亿兆焦耳,降幅约 17%至 28%。

多数模型计划将化石燃料占能源供给的比例从目前的 80%削减为 2050 年的 50%~60%。在将来碳受到限制的世界中,广泛使用碳捕获和碳封存技术(CCS)能支持化石燃料(特别是煤和天然气)的使用。假如未来十年或二十年中碳捕获和碳封存从技术上和经济上都适合广泛应用,截至 2050 年,80%至 90%的火电厂将安装碳捕获和碳封存技术(参见下表)。^c

我们需要以可再生能源和核能来补充这部分大幅度减少的化石燃料。可再生能源的增幅最大,将从目前(主要是传统生物燃料和水能)的 13%上升到 2050 年的 30%至 40%,到那时现代生

到 2050 年实现能源相关的排放量减少一半,要求发电部门深入开展脱碳行动

部门	2005—2050 期间,该部门应降低的碳排放量的预计百分比 (%)	
	IEA	MiniCAM
发电	-71	-87
建筑	-41	-50
交通	-30	+47
工业	-21	-71
总计	-50	-50

出处:世界发展报告工作组,数据引自国际能源署 2008b; Calvin 等,待出版。

物燃料(包括已安装和未安装碳捕获和碳封存技术的)将占据主导地位,其次为太阳能、风能、水能和地热能(见专栏图)。此外还要促进核能使用——从目前的 5%上升到 2050 年的大约 8%至 15%。^d

为此我们必须加大工作力度,与基准线相比,未来 40 年每年新增 17 000 个风电机(每个为 4 兆瓦),2.15 亿平方米太阳能电板,80 个集中的太阳能发电厂(每个为 250 兆瓦),以及 32 个核电站(每个为 1 000 兆瓦)。^e要率先实现切实减排,工业和建筑业要紧跟其后(见上表)。

出处:

a. Knof 等; Rao 等 2008。

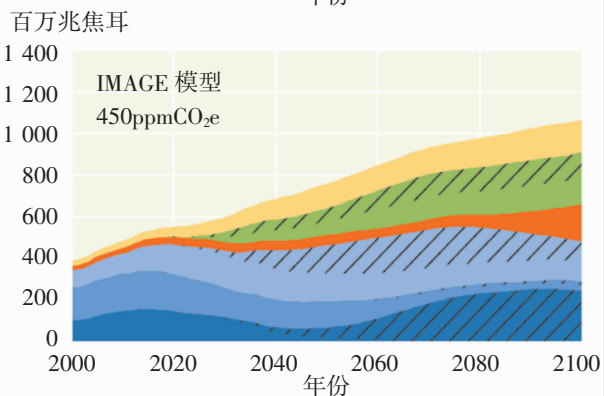
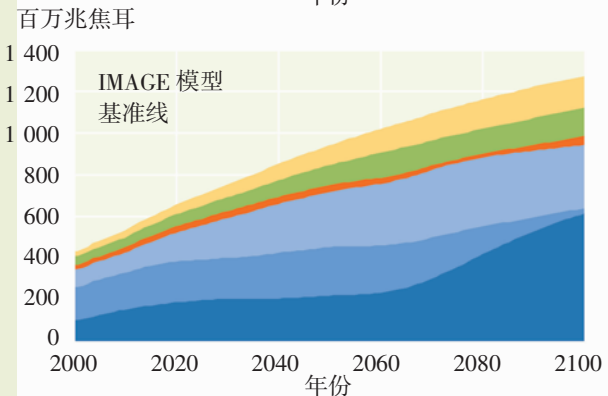
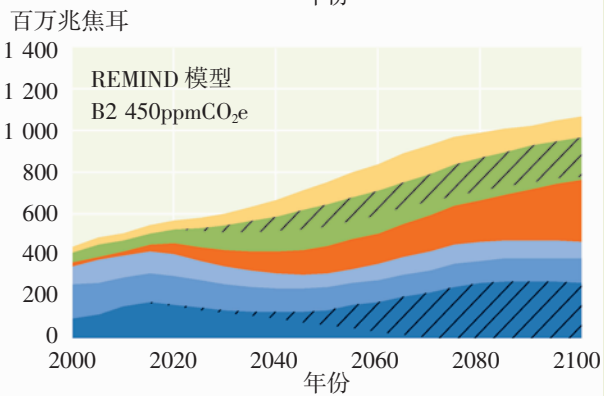
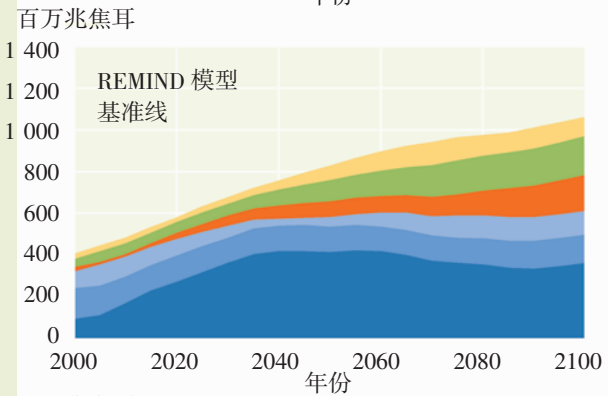
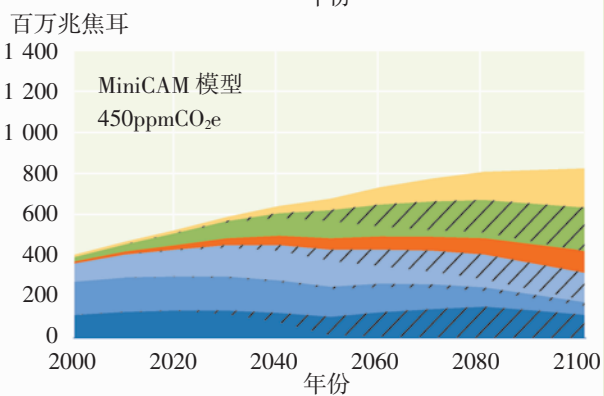
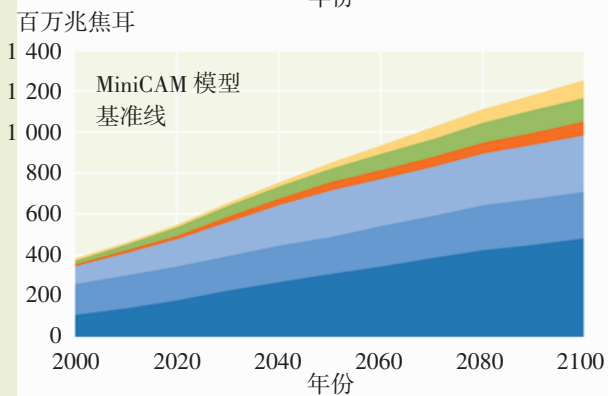
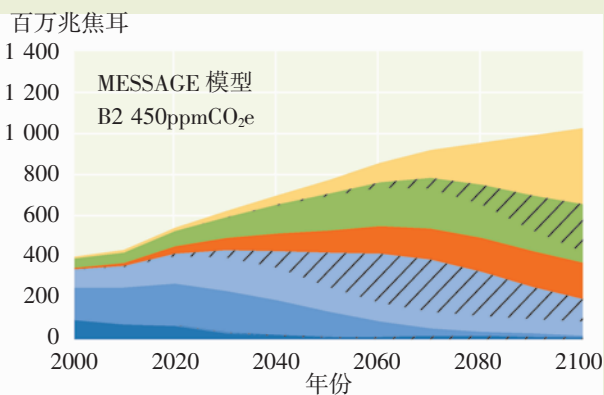
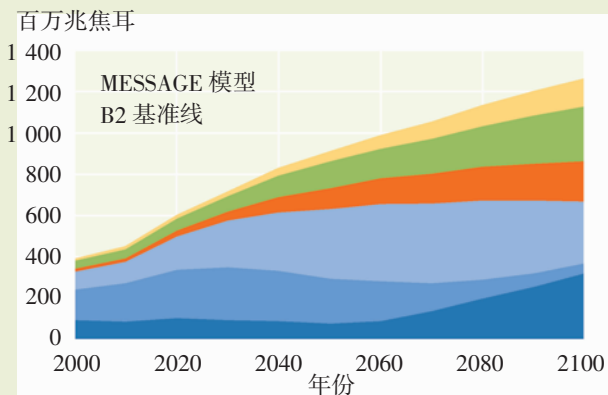
b. Riahi, Grubler, Nakicenovic 2007; 国际应用系统分析研究所 2009。

c. 国际能源署 2008b; Calvin 等,待出版; Riahi, Grubler, Nakicenovic 2007; 国际应用系统分析研究所 2009,待出版; van Vuuren 等; Weyan 等 2009。

d. 国际能源署 2008b; Calvin 等; Riahi, Grubler, Nakicenovic 2007; 国际应用系统分析研究所 2009; van Vuuren 等。

e. 国际能源署 2008b。

将二氧化碳当量维持在 450ppm 的目标要求从根本上转变全球能源系统



核能 生物质 非生物质可再生能源 天然气 石油 煤 已安装碳捕获和碳封存技术

专栏 4.4 为将二氧化碳当量维持在 450ppm (将温度升幅控制在 2°C 内) 而调整区域能源构成

国家决策者必须理解 450ppm 二氧化碳当量目标对于国家能源系统的含义。大多数综合评估模型采用最低成本法,使减排在成本最低的国家 and 部门进行,^a而费用却不一定由采取减排措施的国家承担(参见第 6 章)。本章并不提出各国间分担费用或分配减排的方法;这是个协商解决的问题。

目前美国、欧盟和中国的排放量几乎占世界排放总量的 60%。印度人口占世界人口总量的 18%,但是现在其排放量只占全球的 4%,如果不采取减排政策,这一比例估计会在 2050 年之前上升到 12%。因此这些国家的减排对稳定气候至关重要。

美国和欧盟

截至 2050 年,和能效保持不变相比较,提高能效可以使发达国家能源需求总量降低 20%。这就要保持过去 20 年的趋势,使未来 40 年的能源强度年均降低 1.5% 至 2%。要实现将二氧化碳当量维持在 450ppm 的目标,美国和欧盟需要在 2050 年之前大幅度减少石油消费量,这是个巨大挑战,因为它们现在消费着几乎全球一半的石油产量。它们还要大幅度降低煤消费量——对美国来说任务尤为艰巨,因为美国是世界上第二大产煤国和用煤国——并且广泛应用碳捕获和碳封存技术。

美国和欧盟有能力实施这些措施,克服挑战。它们潜在的可再生能源数量巨大。一些模型预测到 2050 年,美国 80% 至 90% 的燃煤和燃气电站以及 40% 的生物燃料电站将必须安装碳捕获和碳封存技术(参见专栏 4.3 下端表)。考虑到估算的二氧化碳封存能力,这也许切实可行。但根据某些 450ppm 二氧化碳当量方案的推测,如果到 2050 年欧洲一次能源组合中天然气的比例从目前的 24% 上升到 50%,能源安全危机就可能出现,近期欧洲天然气供给的中断尤其凸显了这一问题。要实现将二氧化碳当量保持在 450ppm 的目标,在 2030 年之前美国每年还必须追加 1 100 亿至 1 750 亿美元的投资(占其 GDP 的 0.8% 至 1%),欧盟还必须追加

900 亿至 1 300 亿美元的投资(占其 GDP 的 0.6% 至 0.9%)(参见表 4.2)。

中国

中国是世界上最大的产煤国和用煤国,大幅度减排对于中国来说任重道远。中国 70% 的商业能源需求来自于煤(美国是 24%,欧盟是 16%)。要达到将二氧化碳当量保持在 450ppm 的目标,到 2050 年,中国一次能源总需求必须比预期的正常水平降低 20% 至 30%。未来 40 年中能源强度将必须以每年 3.1% 的速度下降。

1980 年到 2000 年期间,中国 GDP 翻了两番,而能源消费量只翻了一番,令人瞩目。自 2000 年起,虽然工业分部门的能源强度继续下降,但是总体趋势却往相反方向发展。主要原因是在国内生产和出口生产的强力驱动下,重工业比例急剧上升。^b中国钢产量占世界产量的 35%,水泥占 50%,铝占 28%。在能源密集型工业主导经济的发展阶段,在保持发展的同时减少排放量是个巨大挑战。

过去十年里,中国燃煤发电厂的平均能效已经提高了 15%,达到了 34%。过去两年里,中国实行关闭小型煤电站的政策,代之以大型节能的煤电厂,年均二氧化碳排放量减少了 6 000 万吨。大多数新建的煤电厂都配备了最高水平的超临界和超超临界技术。^c

尽管中国已取得这些进展,但是要实现将二氧化碳当量维持在 450ppm 以内的目标,中国还必须大幅度降低煤在一次能源构成中的比例(见专栏 4.3 下端表)。到 2050 年,可再生能源能满足 40% 的能源总需求。一些方案提出了雄心勃勃的核能计划,据此,中国将新建一批核电站,建设速度是法国最快速度的 3 倍,到 2050 年中国

的核能总量将达到法国目前水平的 7 倍。有的模型预计到 2050 年中国的天然气在一次能源构成中的比例将从目前的 2.5% 上升到 40%,但考虑到中国天然气储量有限,该预测将难以实现。

鉴于中国的煤储量很大,未来几十年煤仍然可能是中国重要的能源来源。因而在未来碳受到限制的世界中,碳捕获和碳封存技术对于中国来说至关重要。一些 450ppm 二氧化碳当量方案预测,到 2050 年,中国 85% 至 95% 的煤电厂将安装碳捕获和碳封存技术——将超过目前预测的经济可行的容量,在 100 千米排放源内每年 30 亿吨二氧化碳的封存能力。但随着现场评估的提高,技术的突破性发展以及碳排放定价的完善,这种情况会得到改善。要实现 450ppm 二氧化碳当量方案,则要求到 2030 年在中国年均增加投资 300 亿至 2 600 亿美元(占其 GDP 的 0.5% 至 2.6%)

印度和其他发展中国家

由于可替代资源和碳封存地点有限,印度在根本转变其排放路径上面临巨大的挑战。与中国类似,印度严重依赖煤炭(煤占印度商业能源需求的 53%)。印度若要实现将二氧化碳当量保持在 450ppm 之内的目标,则需要一场真正的能源革命。从目前到 2050 年印度能源强度每年要下降 2.5%,到 2050 年要使主要能源总需求相对正常状况下降 15% 至 20%,这要求印度付出过去十年双倍的努力。但是印度仍有很大的潜力来提高能效、降低输电和配电中 29% 的电损,从而接近世界电损平均 9% 的水平。虽然印度燃煤电厂的能效近年有所提高,但平均能效仍在 29% 的低水平徘徊,而且几乎所有的燃煤电厂都是采用亚临界技术。

和中国一样,印度要达到 450ppm 二氧化碳当量的目标,需要大幅度降低煤在一次能源构成中的比例。水力发电(1 500 亿瓦)和陆上风电(650 亿瓦)潜能绝对数量大,但相对于未来能源需求量比较小(在 450ppm 二氧化碳当量方案中,到 2050 年占电力构成的 12%)。在进口天然气和水电方面,印度仍有尚

未开发的巨大潜力，但是难以达成跨国能源贸易协议。如果要大力发挥太阳能的作用，就必须大幅度降低成本。在一些模型提出的 450ppm 二氧化碳当量方案中，到 2050 年印度需要依赖生物燃料提供 30% 的一次能源。但这可能超过了印度生物燃料的可持续生产潜力，因为生物燃料生产会与农林业争夺水土资源。

印度经济适用的碳封存地点十分有限，总封存容量不到 50 亿吨二氧化碳。正如一些 450ppm 二氧化碳当量方案的预测，即使印度到 2050 年 90% 的燃煤电厂安装了碳捕获和碳封存技术，该容量也足够封存三年的二氧化碳。增加场地评估和技术突破能够改变现状。要达到将二氧化碳当量保持在 450ppm 内的目标，2030 年印度需要每年增加 400 亿至 750 亿美元的投资（为印度 GDP 的 1.2% 至 2.2%）。

目前，撒哈拉沙漠以南的非洲国

家（南非除外）只占全球与能源相关的二氧化碳排放量的 1.5%，估计到 2050 年会增至 2% 至 3%。为贫困人口提供基本的现代能源服务是重中之重，由此增加的全球温室气体排放量微不足道。但是全球清洁能源改革也与低收入国家息息相关，它们可以跨越到下一代技术。清洁能源在提高能源获取方面可以发挥很大作用，而提高能效则是短期内解决电力供应不足的低成本方法。

根据 450ppm 二氧化碳当量的方案中的气候—能源模型，大部分发展中国家需要提高可再生能源生产。非洲、拉丁美洲和亚洲可以转向现代生物燃料，从而为缓解气候变化做出贡献。虽然气候变化引起的水文循环不稳定影响了水量，拉丁美洲和非洲仍有大量尚未开发的水能。这些国家也需要大力促进天然气开发。

出处：Calvin 等，待出版；Chikkatur 2008；Da-

howski 等 2009；de la Torre, Fajnzylber 和 Nash 2008；Dooley 等 2006；德国全球变化咨询委员会 2008；印度政府计划委员会 2006；Holloway 等 2008；国际能源署 2008b；国际能源署 2008c；IIASA 2009；Lin 等 2006；McKinsey & Company 2009a；Riahi, Grübler 和 Nakic'enic' 2007；Wang 和 Watson 2009；Weber 等 2008；世界银行 2008c；Zhang 2008。a. 这以全球统一碳市场为基础，不考虑各国间明确的费用分摊。事实上，也不可能这么做。第一章中讨论了费用分摊，第六章讨论非附件一缔约国推迟参与减排的影响。我们也审视了发展中国家的模式（中国和印度），但没有关于 450ppm 二氧化碳当量方案的公共信息。

b. Lin 等 2006。2005 年中国出口生产引起的排放量约占其排放量的三分之一（Weberand 等 2008）。

c. 超临界和超临界电厂通过更高的蒸汽温度和压强，达到更高的能效，分别为 38%~40% 和 40%~42%。相比之下，亚临界电厂的平均能效只有 35%~38%。

1 万亿美元的减排投资（参见表 4.2）。³⁰ 未来的能源节约将最终抵消相当一部分先期投资。³¹ 而未来十年这类投资的大部分将集中在资金短缺的发展中国家。消除改革障碍，在必要的时间和地点将资金导向低碳型投资将是一个挑战。

将二氧化碳当量维持在较高的水平，比如 550ppm，是一个较易实现的选择。这个浓度使气候变暖超过 3°C 的可能性为 50%，而且增加了气候变化损害的风险，但却给碳排放量上升到顶峰（2030 年）留出更多时间。碳排放量应当在 2050 年前回落到目前的水平，之后继续大量减少。550ppm 二氧化碳当量的减排成本多少会降低，为 2030 年全球 GDP 的 0.2% 至 0.7%（参见图 4.8a），此外，由于未来 20 年需要每年追加大约 2 200 亿美元的投资，这要求到 2030 年采用边际成本为每吨二氧化碳 25 至 75 美元的技术（参见

图 4.8b）。³² 要达到这个中等目标仍需要深化政策改革。

行动——全球立即行动

全球行动推迟十年以上，将导致二氧化碳当量保持在 450ppm 的目标不能实现。³³ 当排放量达到顶峰，时间上的灵活性将大大减少。要实现将二氧化碳当量维持在 450ppm 之内的目标，全球与能源相关的二氧化碳排放量需要在 2020 年达到顶峰，从 2005 年的 260 亿吨上升至 280 亿至 320 亿吨，之后在 2050 年前下降到 120 亿至 150 亿吨。³⁴ 该轨迹要求自 2020 年起每年减少 2% 至 3% 的碳排放量。如果 2020 年之后的十年中碳排放量持续上升，那每年就必须减少 4% 至 5% 的碳排放量。相反，大多数国家实际上走的是高碳型发展道路，自 2000 年到 2006 年碳排放量每年以 3% 的速度增长，全球二氧化碳总排放量将超过政府间气候

变化专业委员会 (IPCC) 预测的最差状况。³⁵

未来十年中新建的电站、建筑物、公路和铁路所用的技术将会在很大程度上决定 2050 年及以后的碳排放量。这是为什么呢？因为能源设施的周期很长——一个电站的能源设施周期是几十年，而城市基本设施的能源设施周期可达一百年。³⁶ 延迟行动会造成未来减排成本大幅度上涨，而且会使世界陷入长达几十年的高碳型基础设施的困境。即使是现有的低成本清洁能源技术也得经过数十年才能充分进入能源领域。假设新技术发展需要一个很长的前置期，那么在 2030 年开始大规模应用先进技术要求现在就采取积极行动。

而且，延迟行动还会造成高额能源基础设施改造费用，或造成能源基础设施提前报废。不论是电站还是建筑物，按当前的标准建造后再改造，会比从一开始就建造新型、节能、低碳的基础设施成本高得多。强制性提前报废低效的能源设施同样如此。节能通常是扩大新设施前期投资的合理原因，但因此而提前报废既有能源设施的可能性却较小。即使提高二氧化碳的价格，也无力改变这种情况。³⁷

城市化的规模和速度为避免陷入高碳型发展模式提供了无可比拟的机遇。国家，尤其是发展中国家可以抓住机遇，做出重大决策，建设布局紧凑、建筑能效高、具有良好公共交通体系并使用清洁能源交通工具的低碳型城市。

能源基础设施滞后性的好处之一在于，在新建基础设施中使用高效低碳技术能促进低碳路径的形成。从现在到 2020 年，发展中国家将建设至少一半的长期能源设施。³⁸ 例如，中国 2015 年的建筑存量，至少有一半是需要到 2000 年到 2015 年期间建成的。³⁹ 而在

表 4.2 投资应将 2030 年温度升幅控制在 2°C (450ppmCO₂e)
(2005 年不变美元, 10 亿美元)

区域	国际能源署	麦肯锡	MESSAGE	REMIND
			模型	模型
全球	846	1 013	571	424
发展中国家	565	563	264	384
北美		175	112	
欧盟		129	92	
中国		263	49	
印度		75	43	

出处：国际能源署 2008b；knopf 等，待出版，其他数据引自 B.knopf；Riahi，Grubler 和 Nakicenovic 2007；国际应用系统分析研究所 2009 和引自 V.krey 的其他数据；麦肯锡公司 2009a，及其他引自麦肯锡 (J.Dinkel) 的数据。

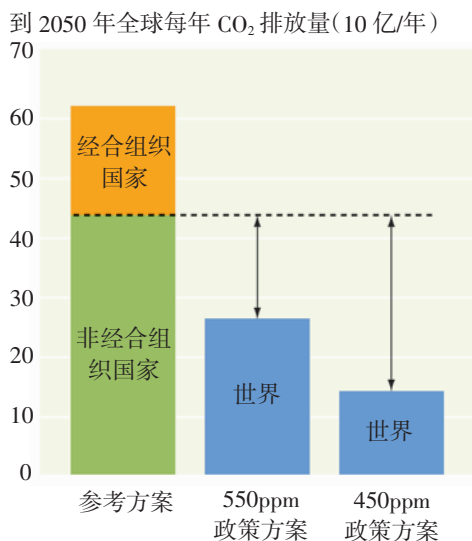
发达国家，更置住宅房还需经过很长时间，因而这种机会比较少——2050 年法国住宅房存量的 60% 已经建好了。这种情况不利于降低供暖和制冷需求，因为这需要改造或更换建筑外壳。在今后十年中，发达国家和发展中国家仍有很多机会建设使用清洁能源技术的发电厂，避免陷入更加依赖高碳型燃料的困境。

《巴厘行动计划》形成了《联合国气候变化框架公约》下的协商机制，根据其中所列的原因，发达国家应该率先减少碳排放量 (参见第 5 章)。但是单凭发达国家，就算它们将本国的碳排放量减为零 (参见图 4.9)，也无法将温度升幅控制在 2°C 内。到 2050 年，世界人口将达到 90 亿，其中 80 亿生活在今天的发展中国家，预计世界排放量的 70% 由这些人口的活动造成。⁴⁰ 其中发达国家可以在发展先进低碳技术、展示低碳型发展模式可行性的同时，也能够给发展中国家提供资金援助和低碳技术转让 (参见表 4.3)。

按照前沿技术和合理政策行动

要缩小世界目前的发展方向与理想发展方向的差距，应该如何从根本上转变能源系统呢？答案是应该扩大高效清洁能源技术的应用，降低

图 4.9 把温度升幅控制在 2°C (450ppm) 或 3°C (550ppm)，必须开展全球行动。即使发达国家到 2050 年实现零排放，仅靠发达国家也无法使温度升幅控制在 2°C 或 3°C 以内



出处：引自国际能源署 2008b；Calvin 等，待出版。

注：即使发达国家（橙色部分）与能源相关的排放量减少到零，如果发展中国家（绿色部分）不采取减排行动，排放量仍将超过到 2050 年实现 550ppmCO₂e 和 450ppmCO₂e 方案所要求的全球排放水平。

能源强度，转向低碳燃料。按照当前趋势，到 2050 年，全球与能源相关的二氧化碳排放量将从 2005 年的 260 亿吨增长到 430 亿至 620 亿吨。⁴¹但是要实现 450ppm 二氧化碳当量的目标，二氧化碳排放量到 2050 年就必须降低到 120 亿至 150 亿吨，相差了 280 亿至 480 亿吨（参见图 4.10）。模型提出四种技术以弥补这个差距——提高能效（弥补量最大），其次为可再生能源，碳捕获和碳封存技术以及核能。⁴²

这些技术受到自然和经济因素的制约，尽管制约的程度因国家而异。这要求将这些技术结合起来，以最低成本大幅度减少碳排放量，实现将二氧化碳当量维持在 450ppm 的目标。提高能效受到一些阻碍因素和市场失灵问题的困扰。风能、水能和地热能受到地理因素的限制；生物燃料因为必须与粮食和森林争夺水土资源而受到制约（参见第 3 章）；而太阳能目前成本过高（参见专栏 4.5）。至于核能，人们比较担心核武器扩散，核废料处理以及核反应堆安全等问题。在发电厂安装碳捕获和碳封存技术的市场可行性尚未得到证明，不仅成本高，而且某些国家可能因缺少封存地点而受到限制。

对这些技术参数的敏感性分析表明，如果不大幅度提高能效、大规模应用可再生资源以及碳捕获和碳封存技术，就无法实现将二氧化碳当量维持在 450ppm 的目标；⁴³这说明如果减少核能的应用，就必须大大增加碳捕获和碳封存技术以及可再生能源的使用。⁴⁴然而，碳捕获和碳封存技术的有效性以及第二代生物燃料的研发还有很大的不确定性。根据目前已掌握的技术，要想采用一个灵活的技术组合，其选择余地相当有限。

从历史上来看，技术创新和突破已经降低了克服技术壁垒、实施及

表 4.3 不同的国家环境需要适合自身的方法

国家	低碳技术和政策
低收入国家	通过联网或非联网供电，扩大能源获取机会 在成本最低时，应用高能效和可再生能源 取消化石燃料补贴 采用收回成本的价格政策 跨越到分布式发电，该电网基础设施尚不存在
中等收入国家	提高能源效率、扩大可再生能源规模 将城市和交通措施与低碳技术使用结合起来 取消化石燃料补贴 采用成本收回价格政策，包括当地的外部因素 开展新技术的研究、开发与示范
高收入国家	国内着手大幅度减排 给碳定价：实行碳排放总量管制与交易制度，或碳税 取消化石燃料补贴 扩大新技术的研究、开发与示范 改变高能源消费的生活方式 为发展中国家提供融资和低碳技术

出处：世界发展报告工作组。

专栏 4.5 可再生能源技术潜力巨大，但备受制约

生物质

在用于发电、供暖和交通运输的所有可再生能源中，现代生物能源的减排潜力最大。^a 使用生物残余物的最大挑战在于以合理的价格为发电厂提供长期的、稳定的生物残余物；而主要困难是物流方面的制约以及收集生物燃料的成本。如果管理不当，能源作物将会与粮食生产发生冲突，对粮食价格造成不良影响（参见第3章）。生物燃料生产也容易受到气候变化的直接影响。

鉴于生物燃料受到可持续供给的制约，人们可能高估了未来生物燃料的重要性，除非技术突破导致生物燃料的产量大幅度提高。气候—能源模型预测到2050年生物燃料将增加近4倍，约1.5亿至2亿兆焦耳，这几乎是世界一次能源的1/4。^b 但是，在不破坏粮食生产和森林资源的情况下，到2050年生物燃料最大可持续的技术潜力为年均0.8亿至1.7亿兆焦耳，^c 并且只有其中一部分在经济上具有可行性。此外，一些气候模型依赖于尚未验证的、基于生物燃料的碳捕获和碳封存技术，以期实现负排放，并为本世纪上半叶争取一些时间。^d

一些液化生物燃料，如玉米乙醇，主要用于交通运输。从循环周期来看，它们只会增加而不会减少碳排放量。第二代生物燃料的给料主要是麦秆、甘蔗渣、草本植物和木材等木质纤维原料，有望实现高产量低温室气体排放的可持续生产，但目前仍处于研发阶段。

太阳能

太阳能是地球上最丰富的能源，也是发展最快的可再生能源产业。太阳能应用有两大关键技术——太阳光电系统和集中型太阳能发电。太阳光电系统把太阳能直接转化为电能。集中型太阳能发电使用镜面将太阳光聚集在热载体流体上，产生蒸汽带动传统涡轮机。集中型太阳能发电成本较低，潜能最大，能产生大量基荷发电，代替化石燃料发电厂。但是该技术需要水源冷却涡轮机，

而太阳能发电厂往往建在沙漠地区，因而该技术在沙漠地区的应用受到很大限制。由于集中型太阳能发电只能利用直射太阳光，其推广就受到地理因素限制。此外，电力传输的基础设施以及大量融资需求也限制了集中型太阳能发电。太阳光电系统则相对不受地理位置的限制，容易建设，同时适用于联网和非联网电力系统。太阳能热水器能大幅减少楼房热水器的燃气或用电量。中国在全球太阳能热水器市场中占主导地位，生产了全球60%以上的太阳能热水器。

排放一吨二氧化碳的煤的价格为60美元至90美元，按照当前成本，集中型太阳能发电可以与之竞争。^e 但考虑到学习成本和规模经济，集中型太阳能发电在十年内就能对煤形成价格优势，并且到2020年，全球安装的集中型太阳能发电总功率能达到450亿~500亿瓦特。^f 同样，太阳光电系统的学习率为发电能力每翻一番，成本降低15%至20%。^g 由于目前全球发电能力仍比较小，通过学习降低成本的潜力非常巨大。

风能、水能和地热能

风能、水能和地热能都受到资源和适宜地点的限制。过去五年里，风能以年均25%的速度发展。2008年，风能新增发电能力达1200亿瓦特。2008年欧洲的风能新增发电率超过其他任何发电技术。但是气候变化将影响风能资源，风速将变快，但风型更加不稳定。^h

水能是世界上主要的电力可再生能源，占世界电能的16%，但受到地理位置（全球经济上可开发的潜在水能为每年6000亿瓦特）、大资本需求、发展周期长、社会环境影响以及气候多变性（水源尤为明显）的制约。超过90%的经济上可开发而未开发的潜在水能都集中在发展中国家，主要是撒哈拉沙漠以南非洲国家、东南亚以及拉丁美洲。ⁱ 非洲只开发了其8%的潜在水能。

对于非洲和南亚的许多国家来说，它们可以通过区域性水电贸易，实现零排放、成本最低的能源供给。但由于缺乏政治意愿、政治互信以及对能源安全的关注，这种贸易受到了限制。气候变化的加大会影响水文循环系统。干旱或冰川融化导致某些地区水电供给不稳。尽管如此，水电应用在经过20年的停滞，开始扩张范围。水电应用资本需求大，而当前金融危机增加了筹集资金的难度。

地热可用于发电、供暖以及制冷。地热为冰岛提供了26%的电力和87%的楼房供暖。但开发地热能，前期地质勘探和钻井需要大量资金投入。

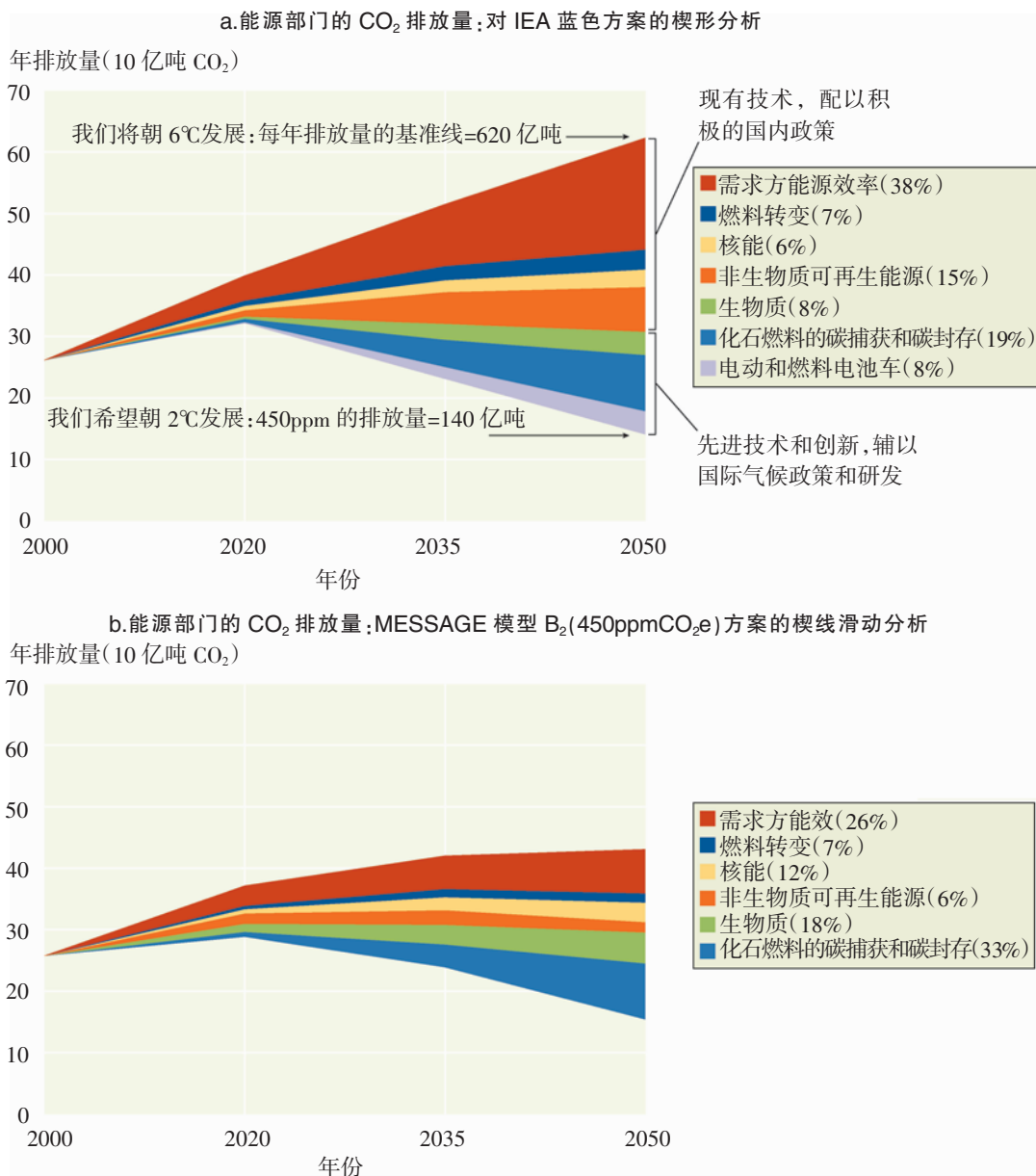
智能电网和仪表

通过发电站与用户之间的电子信息互换，智能电网可以实时地平衡供求，调节高峰用电，并让用户成为电力生产与消费的积极参与者。随着风能、太阳能等不稳定的可再生能源在发电中的比例日益增大，智能电网可以更好地应对发电量波动的问题。^k 通过智能电网，电动汽车可以在合适的时候蓄电，或将电返售给电网。智能仪表则可以向用户传递信息，通过更换配置或更改使用时间，降低成本。

出处：

- a. 国际能源署 2008b。
- b. 国际能源署 2008b; Riahi, Grubler 和 Nakicenovic 2007; 国际应用系统分析研究所 2009; Knopf 等。
- c. 德国全球变化咨询委员会 2008; Rokityanskiy 等 2006; Wise 等 2009。
- d. Riahi, Grubler 和 Nakicenovic 2007; 国际应用系统分析研究所 2009。
- e. 国际能源署 2008b; Yates, Heller 和 Yeung 2009。
- f. Yates, Heller 和 Yeung 2009。
- g. Neij 2007。
- h. Pryor, Barthelmie 和 Kjellstrom 2005。
- i. 国际能源署 2008b。
- j. 世界银行 2008b。
- k. 世界观察研究所 2009。

图 4.10 世界当前排放趋势和理想排放趋势之间差距甚大，但是清洁能源技术组合能使全球保持在 450ppmCO₂e (或 2°C)



出处: 世界发展报告工作组, 数据引自 Riahi, Grubler 和 Nakicichovic 2007; 国际应用系统分析研究所 2009; 国际能源署 2008b。

注: 燃料转变是指从煤转向天然气。非生物质可再生能源包括太阳能、风能、水能和地热能。化石燃料碳捕获和碳封存是为化石燃料安装碳捕获和碳封存技术。根据基准线, 每种楔形部分的实际减排潜能在不同模型中各不相同, 但总结论保持一致。

时有效政策所需的成本——这是当前世界面临的一大挑战。在众多案例中我们以酸雨和臭氧层损耗为例, 可以证明, 在相关法规出台之前, 按照已有技术估算出的环保成本被过分夸大了。⁴⁵

我们应当根据各种技术的成熟程

度和各国环境调整气候智能型发展政策。反过来, 气候智能型发展政策能加速这些技术的研发和应用 (参见图4.11 和表 4.4)。

能源效率。 短期内最大、成本最低的减排方式是提高能源供需双方的能效, 其中包括发电、工业、建筑

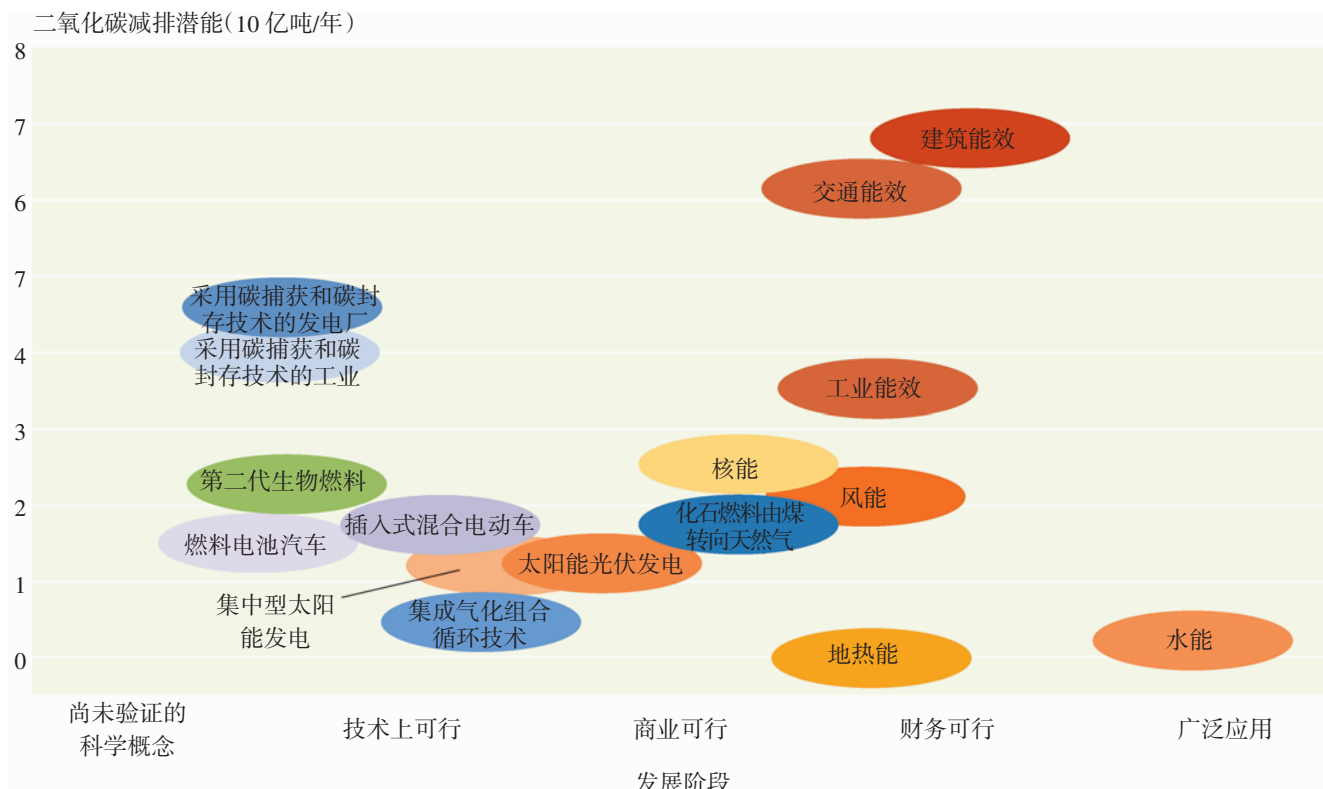
以及交通运输等行业。成熟技术通过捕获煤矿、城市固体废物和气体燃烧排放的甲烷并减少传统生物燃料的黑碳排放量，⁴⁶在近期内降低了温室气体的排放量。这些技术还能增强煤矿安全，减少空气污染，提高公共健康水平。⁴⁷许多对投资者而言具有经济可行性的提高能效的措施并未充分实行。实施这些低成本的节能措施要求建立健全能效标准和准则等规章制度，同时实行财政激励、进行制度改革、建立融资机制、提高消费者意识，从而纠正市场失灵，消除市场障碍。

现有的供给方低碳技术。在中短期内，电力行业所需的可再生能源和核能等低排放或零排放燃料可以在商业市场上获得，而合理的政策和监管机制可以大大扩展低排放或零排放燃料的应用。

稳健的智能电网可以增强电力系统的稳定性，最大程度减少对不稳定的可再生能源和分布式发电系统的依赖（参见专栏 4.5）。从燃煤转向使用天然气也可以大量减少碳排放量，但增大了天然气进口国的能源安全风险。多数可再生能源技术具有经济可行性，但不具有财务可行性，因此需要采取某种形式的补贴（内化外部性），使其在成本上具备较之于化石燃料的竞争力。大规模采用这些技术要求化石燃料价格能反映出全部的生产成本和外部性，此外还包括采用低碳技术的财政激励措施。

先进技术。可以以商业手段获得的技术对中短期减排目标的实现贡献良多⁴⁸，而将气候变暖控制在 2°C 则要求以空前的规模和速度发展和应用先进技术（如电力和工业部门使用碳捕获和碳

图 4.11 目标：将尚未验证的低碳技术概念推向广泛应用，加大减排力度



出处：世界发展报告工作组，数据引自世界银行 2008a 和国际能源署 2008a（国际能源署蓝色方案 2005 年的减排潜能）。

注：参见表 4.4 中技术发展阶段的详细定义。一项特定技术组合可以同时不同国家，以不同的规模，在不同的阶段上发展。例如，在美国大部分地区风能已具备相对于燃气发电厂的成本竞争力（Wiser 和 Bolinger 2008）。但在中国和印度，风能相比燃煤电厂，经济上可行，但财务上不可行。要扩大清洁能源的应用范围和规模，就必须按照表 4.4 自上而下的要求循序渐进。

表 4.4 与技术成熟水平相适应的政策工具

成熟水平	状 况	下阶段应解决的问题	政策支持
技术可行性	基本原理已在实验室或小范围内通过验证、测试,但仍存在技术和成本壁垒。	开发与示范:证明规模应用的可行性,实现成本最小化,将全球外部因素内部化。	技术开发政策: 大量的公共或私人研发,并开展大规模的试点实验。 通过碳税或总量管制和排放交易体系将全球外部因素内部化。 技术转让。
商业可行性和经济可行性	可从商家获取技术,预计成本已充分掌握。 国家的发展利益促成技术的经济可行性,但如果没有补贴和/或将当地外部因素内部化,则仍不能与化石燃料相竞争。	为清洁能源和化石燃料创造公平的竞争平台。	制定国内政策,创造公平的竞争平台: 取消化石燃料补贴,将当地外部因素内部化。 为清洁能源技术制定财政激励措施。
财务可行性	对项目投资者来说,技术在财务上是可行的——与化石燃料相比具有成本竞争优势,或资金回报率高,期权需求的回收期短。	市场失灵和壁垒阻碍了通过市场加速技术应用的进程。	制定法规,制定财政激励措施解决市场失灵问题和壁垒。 支持技术传送机制和融资项目,扩大技术应用。 开展消费者教育活动。
广泛应用	通过市场运作,技术得到广泛应用。		

出处:世界发展报告工作组。

封存技术、第二代生物燃料以及电动车) (参见专栏 4.6)。正如将低碳技术转让给发展中国家的国际努力一样,对碳进行足额定价的政策非常重要。鉴于技术研发时期较长,而将气温升幅控制在 2°C 内会使排放高峰提前到来,各国政府应当持续加大研发与示范力度,加速先进技术的创新和应用。发达国家应当率先应用这些技术。

我们应当采用综合系统办法,保证各部门和整个经济领域减排政策的协调统一;建立诸如碳总量管制和排放交易体系或碳税等市场导向机制(参见第 6 章),鼓励私营部门对低成本、低排放技术投资,从而实现大幅度减排。

城市与交通综合方案综合考虑城市规划、公共交通系统、节能建筑物、可再生能源的分布式发电系统以及清洁能源汽车(参见专栏 4.7)。拉丁美洲快速公交系统的革新——公交车专

用道、预付车费、高效的联合运输——这都是更广泛的城市转型的典范。⁴⁹ 交通模式转向公共交通工具有利于节省交通时间、缓解交通拥挤、降低本地空气污染程度、提高公共健康水平。

转变人们的行为和生活方式,打造低碳型社会,要求全社会长期的共同的教育努力。通过减少旅行、供暖、制冷、家电使用并转向公共交通,到 2030 年,生活方式的转变能使二氧化碳排放量年均减少 35 亿至 50 亿吨——占所需减排量的 8% (参见第 8 章)。⁵⁰

各国政府不必等待全球达成应对气候变化的协议——它们可以立即在国内实行高效清洁能源政策,这从发展和经济的协同利益上来看都是合理的。这样的国内双赢措施对缩小减排差距大有裨益,⁵¹ 但是国际社会必须达成气候协议以补充国内政策,弥补剩余减排差距。

专栏 4.6 先进技术

碳捕获和碳封存技术（CCS）能使化石燃料燃烧产生的碳排放量降低85%~95%，在碳受限制的世界中，该技术对维持化石燃料的使用至关重要。它包括三个主要步骤：

- 在燃烧前后阶段，捕获发电厂、工业生产等大型固定污染源的二氧化碳。
- 通过管道运输到封存地点。
- 封存的方法是将二氧化碳注入某些地质特征的地点，包括：废弃的油田或天然气田（有助于石油和天然气恢复）、煤床（有助于煤床甲烷恢复）、深盐湖区以及海洋。

目前，一吨二氧化碳的价格为50美元至90美元，因此，与传统的煤相比，碳捕获或碳封存技术具有竞争优势。^a然而碳捕获和碳封存技术仍处于研发阶段，技术上尚未成熟。至于碳排放源附近经济可行的封存地点的数量，各国情况大相径庭。早期降低成本的方式是以废弃的油田和天然气田为封存地点，但是为实现大幅度减排就需要将二氧化碳封存

在盐湖的深层含水层。碳捕获和碳封存技术也大幅度降低了发电厂的效率，而且还有发生泄漏事故的可能性。

近期首要任务应当是鼓励发展大型示范项目，降低成本。目前正在进行的大型商业性碳捕获和碳封存技术示范工程有四处——Sleipner项目（挪威）、Weyburn项目（加拿大—美国）、Salah项目（阿尔及利亚）以及Snohvit项目（挪威）——大多数是天然气或汽化煤项目。这些项目每年共捕获400万吨二氧化碳。将二氧化碳当量维持在450ppm要求到2020年建成30个大型示范项目。^b捕获低效发电厂的二氧化碳不具有经济可行性，因此应该应用高效技术建设新发电厂，以便于将来以碳捕获和碳封存技术对其进行改造。我们应当建立与二氧化碳封存相关的法律和监管体制，解决长期问题。欧盟已经颁布了关于二氧化碳封存位置的指令，美国也提出了碳捕获和碳封存法案。世界还需要进一步评估潜在的碳封存地点，特别是发展中

国家的封存地点。如果国际社会不能通力合作解决这些技术、法律、制度、财政以及环境问题，就需要十年甚至更长的时间才能大规模应用先进技术。

插入式混合电动车可以作为近期内向纯电动车过渡的工具。^c它将电池与小型内燃机结合起来，这样有时开车就可以使用夜间充好的电。这种车使用可再生能源发的电，比汽油动力车排放的二氧化碳少65%，^d但是增加了耗电量，而且其净排放量取决于电源。我们还必须改进蓄电技术，并降低成本。电动车以电池为唯一动力来源，这就要求其电池容量大于插入式混合电动车电池容量，而且它们的价格也更高。

出处：

- a. 国际能源署 2008b。
- b. 国际能源署 2008b。
- c. 国际能源署 2008b。
- d. 自然资源保护委员会 2007。

提高能效，实现节能

从全球范围看，能效投资每增加1美元，投入方节省的投资就超过2美元，这种回报在发展中国家甚至更高。⁵²因此在能源计划中应当同时考虑能效（负兆瓦）和传统的供给方计量方法（兆瓦）。提高能效可以降低消费者的能源支出，提高工业竞争力，创造就业机会。提高能效对2°C轨迹来说至关重要，因为提高能效后，短期内不必扩大能源总供给，从而为开发先进的清洁能源技术、并投入市场争取了一些时间。

建筑物消耗了全球近40%的终端能源，⁵³其中一半用于采暖和热水，其余的用于家用电器，包括照明、空调和冰箱等。⁵⁴提高建筑物能效要从建筑

物外壳（屋顶、墙、窗户、门以及绝缘材料）、采暖和热水以及家用电器入手。提高建筑物能效是成本效益最高的减排方式之一，其90%可实现的减排成本低于每吨二氧化碳20美元的价格。⁵⁵研究发现，如果按照生命周期计算，⁵⁶现有的能效技术将使新建筑物消耗的能源降低30%至40%。

这些研究多数基于高收入国家数据，而发展中国家基准线相对较低，因此提高能效可以节省更多能源。比如，中国的建筑物目前使用的采暖技术所消耗的能源比西欧多50%至100%。在中国，提高建筑物能效会增加10%的建筑成本，但能节省50%以上的能源成本。⁵⁷技术创新，比如先进的建筑材料，能进一步提高能效（参见第7章）。零排放综合建筑设计，结

专栏 4.7 城市政策在实现减排和发展双赢中的作用

人们常常举例说明城市化是全球碳排放量增长的主要推动因素^a，但人们更容易理解城市化作为发展的主要推动力量而发挥的作用^b。因此它就成为制定气候与发展政策的重要结合点。大部分排放量是由城市引起的，确切原因在于城市是生产和消费最集中的地区。如果实行合理的政策，城市人口和经济活动的高度集中其实可以提高效率。诸多因素要求出台一个城市气候工作日程。

首先，城市越密集，能源效应和排放效应也就越高（比如交通部门；参见下图），而且地方政策对鼓励城市密集化至关重要。^c第二，基础设施对民用和商用地选址的长远决策有深远影响，削弱了碳排放对价格信号的反应能力。因此需要制定辅助性的法规和土地利用。第三，城市由相互独立的系统构成——道路和公共交通路线；生活用水，废水和

供电；民用、商用以及工业建筑——这些系统一旦定位，就很难更改，因此对于快速城市化的国家来说设计低排放型城市的任务日益紧迫。

在第 8 章提到城市已经成为政治动力的来源，并在发动国内行动的同时，会推动国际层面的减排行动。一般假设认为地方决策仅仅关注当地事务，与此相反，美国已有 900 多个城市签署并承诺达到或超过《京都议定书》规定的温室气体减排目标，^d 而由各大洲主要城市组成的 C40 城市气候变化领导小组将促进抵御气候变化行动作为自己的宗旨。^e

从实际地方层面出发应对气候变化等全球性问题，这是城市独特的功能。许多城市已经立法，限制使用塑料袋、一次性杯子和瓶装水。这些行动可能对于传递社会信息有重要作用，但到目前为止对环境保护的影响微乎其微。一些

作用更大，影响更远的行动——如交通拥堵收费、鼓励绿色建筑、支持减少对汽车依赖性的城市规划、整合土地税中的碳定价和开发权——将最终要求以完整的文化动因克服根深蒂固的高碳型生活方式取向。幸运的是许多城市实行的减排措施也有助于适应气候变化，这就降低了协调成本。

出处：世界发展报告工作组。

a. Dodman 2009。

b. 世界银行 2008f。

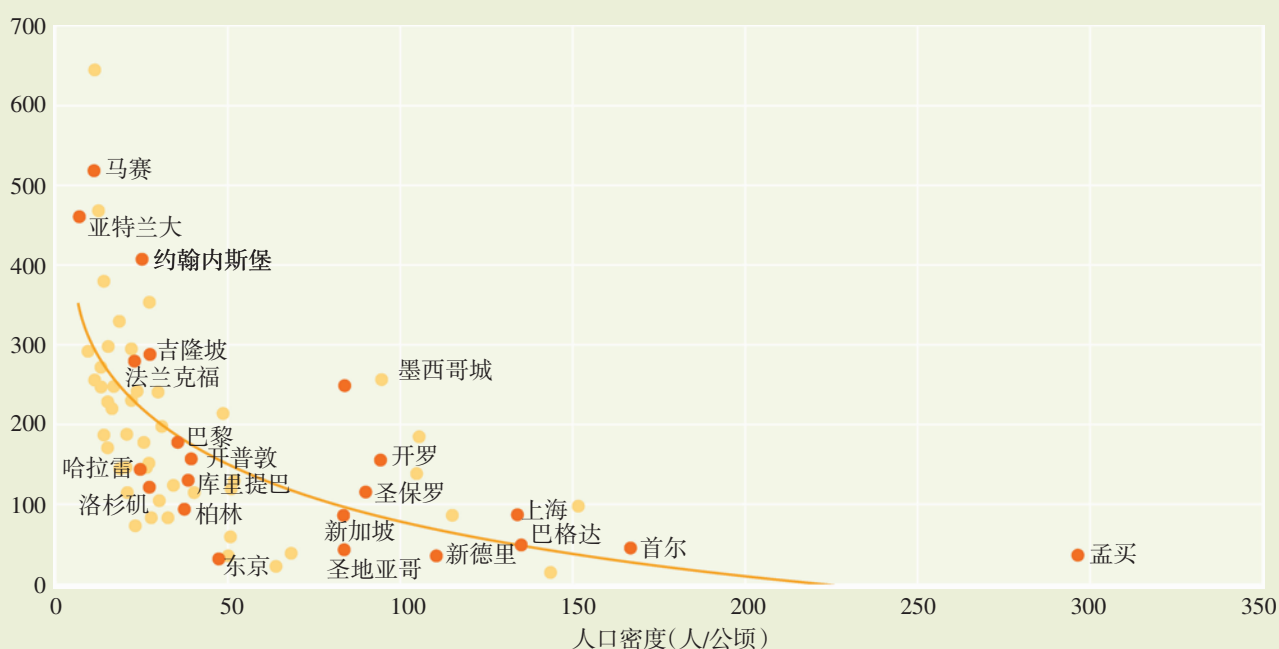
c. 世界银行 2009b。

d. 美国气候变化保护协议市长会议。

e. 登录 <http://www.c40cities.org/>。此外，联合国城市和地方政府以及国际地方环境保护行动委员会通过一个共同决定，要求增加城市在联合国气候变化框架公约的协商过程中的发言权。

城市越密集，交通排放量就越低

人均交通排放量 (千克/人)



出处：世界银行 2009b。

注：数据未根据收入进行矫正，因为对收入和密度的回归分析显示，关键因素是密度而不是收入，为 1995 年数据。

合能效措施并使用太阳能和生物燃料供电供暖，这具有技术和经济可行性，而且其成本正日益降低。⁵⁸

制造业消耗的能源占全球的 1/3，发展中国家的工业节能潜力尤为巨大。节能机会主要包括提高发动机和锅炉等能源密集型设备的能效，以及提高钢铁、水泥、化学和石化等能源密集型产业的能效。热电联产是成本效益最高的办法之一。现有技术和最佳方式，可以使工业部门的能耗降低 20% 至 25%，从而在不滞缓经济增长的前提下减少碳足迹。⁵⁹ 墨西哥国家石油公司是墨西哥最大的国有石油公司，该公司通过热电联产提供的电容量，占该国发电总量的 6%，而且排放成本为负（这意味着先前浪费掉的水电资源产生的收入不仅足以补偿投资，而且有盈余）。⁶⁰

提高机动车燃料能效，如转而采用混合动力车，是短期和中期内交通部门成本效益最高的减排方法。改善动力传动系统（例如，通过减少传统内燃机使用）和革新其他设计，比如减轻机车重量、优化变速器、安装再生制动起止系统，也能提高燃料能效。

此外，密集程度较高、空间布局更紧凑、为防止城市扩张而允许城市中心和交通走廊毗邻地带增长的多功能混合城市规划可以大幅度降低能源需求量和二氧化碳排放量。它减少了交通工具的行车里程，并使依靠地区和一体化能源系统供暖成为可能。比如，墨西哥密集型的城市发展预计从 2009 年到 2030 年可以减少 1.17 亿吨二氧化碳当量的排放，同时还能带来其他的社会和环境效益。⁶²

市场和非市场的壁垒与失灵问题

提高能效的巨大潜能尚未完全开发，这说明实现低成本节能实非易

事。小型分散的能效措施涉及众多利益相关者以及数千万个体决策者，较之于大型供给方，能效措施更加复杂。投资能效需要大量前期投资，而未来节能效果并不明朗，因此与以资产为基础的能源供给交易相比，这是一种风险投资。各种市场失灵与市场壁垒，以及非市场壁垒制约了能效的提高，解决这些问题需要政策干预，从而又进一步提高了成本（参见专栏 4.8）。效果反弹也令人担心：高能效设备降低了能源支出，用户往往会增加能源消费，抵消了一部分节能成果。但根据以往经验，反弹一般不大或适中，长期的效果反弹在 10% 到 30% 之间，增加的能源消费一般用于个人交通以及供暖和制冷，⁶³ 而这些都可以通过价格信号得到缓解。

价格必须反映真实成本

许多国家间接或直接地对化石燃料进行补贴，扭曲人们对清洁能源的投资决策。据估计，20 个补贴最高的发展中国家的能源补贴总计约 3 100 亿美元，约占 2007 年全球 GDP 的 0.7%。⁶⁴ 大量的补贴人为地降低了化石燃料价格，阻碍了节约能源行动，降低了清洁能源的吸引力。⁶⁵

取消化石燃料补贴能降低能源需求，鼓励清洁能源供给，减少二氧化碳排放量。大量证据表明提高能源价格能大幅度减少能源需求。⁶⁶ 如果欧洲推行美国的低燃料税政策，欧洲的燃料消费量就会增加为现在的两倍。⁶⁷ 取消电力和工业部门的化石燃料补贴可以使全球年均二氧化碳排放量降低 6%，并且使全球国内生产总值增加。⁶⁸

但是取消这些补贴并非易事——这需要强烈的政治意愿。燃料补贴往往以保护贫困人口为理由，但实际上富裕群体攫取了大部分补贴。第 1 章和第 2 章讨论过，如果在对低收入群

专栏 4.8 提高能效面临诸多市场和非市场壁垒与失灵问题

● 能源价格低，或定价太低。能源价格低不利于鼓励节能。

● 管制失灵。采用不计量供暖不能鼓励用户调节温度，功能设定鼓励了低效使用能源。

● 缺少机构支持，机构能力薄弱。提高能效的措施很分散。在协调和提高能效方面缺乏机构支持，而且没人重视这个问题。能提供高能效的机构数量极少，其能力也须经过长期建设。

● 激励措施缺失或错位。发电或售电能赢利，而节能不能赢利。对大多数消费者来说，能源成本小于其他支出。

由于能源费用由房客支付，房东就不会主动考虑高效的家电或绝缘材料。

● 消费偏好。消费者购买汽车通常考虑型号、速度和外观，而不是能效。

● 前期成本高。许多高效的产品前期成本较高。个体消费者一般追求较短的回报期，不愿意投入太高的前期成本。除了消费偏好因素，低收入消费者可能负担不起高能效的产品。

● 融资障碍和高交易成本。许多能源效应项目很难获得融资。金融机构通常对能效不熟悉或不感兴趣，这是因为交易额小，交易成本高，风险大。许

多能源服务公司也缺少抵押品。

● 无法获取能效产品。高收入和中等收入国家能够获得的一些高能效设备，低收入国家则由于进口关税太高而无法获得。

● 公共意识薄弱，信息有限。消费者能够获取的关于能效成本、益处和技术的信息非常有限。通过审计能源使用状况，公司能了解节能的信息，但它们不愿意花这笔钱。

出处：世界发展报告工作组。

体进行有效社会保护的同时，分阶段取消化石燃料补贴，那么这项改革不仅具有政治可行性，也能为社会所接受。推行这项改革，还需要各能源公司共享重要信息，提高能源领域的信息透明度，从而使政府和其他利益相关者了解情况，更好地做出决策和对取消补贴进行评估。

能源价格必须反映生产成本，包括当地和国际环境的外部因素。化石燃料燃烧造成的城市空气污染增加了健康风险，导致人口早亡。空气污染引起的下呼吸道疾病已成为低收入国家的头号死亡原因和全球的主流疾病负担。⁶⁹到2020年，中国的温室气体排放量比正常状况降低15%，每年因发电和家庭使用能源导致的污染而早亡的人口减少了12.5万至18.5万例。⁷⁰对本地空气污染进行定价能非常有效地降低相关的卫生成本。

通过碳税或总量管制和排放交易体系（参见第6章）对碳进行定价，可以从根本上促进先进清洁能源技术的发展，使之与化石燃料相抗衡。⁷¹这

也能鼓励私营部门大规模投资高效清洁能源技术（参见第7章），进行技术创新。这还大大降低了相关投资风险。⁷²发达国家应该率先实行碳定价。保护贫困人口免受高价能源的损害并补偿亏损产业是合理的考虑，对发展中国家而言尤其如此。同时，碳税或许可证标售的收入可以帮助建立社会保障体系和形成非扭曲的收入补助，这也能够促进清洁能源的发展（参见第1章和第2章）。

单凭价格政策不足以解决问题；能效政策同样重要

单凭价格政策不足以确保能效和低碳技术的大规模研发和应用（参见专栏4.9）。部门不同，能效面临的障碍也不同。在少数决策者决定是否采用能效措施的电力部门，财政激励措施可能有效。至于交通、建筑物和工业部门，其能源需求不太受价格影响，是否采用能效措施，取决于众多分散的个体的偏好，而且要求他们采取行动，因此制定法律法规会更

有效。制定一套政策工具可以消除能效壁垒，推广以往成功的经验。

法律法规。成本效益最高的措施包括制定经济领域的能源强度目标、电器标准、建筑条例、工业绩效目标（每单位产出消耗的能源）以及燃料效率标准。制定国家能效目标的国家超过了35个。法国和英国已经在能效责任上走先一步，规定能源公司要完成节能配额。日本制定的能效绩效标准要求电力公司节约的电力达到其基准销售或负荷的一定比例。⁷³巴西、中国和印度都制定了节约能源法，但是如同所有情况，效果取决于执法力度。其他方法还包括强制性逐步淘汰白炽灯。

遵守能效标准可以避免或推迟扩大发电容量，降低消费者价格。而工业能源绩效目标能刺激创新，增强竞争力。在欧洲，新建的遵守建筑条例的建筑物累计节省的能源比在1970年第一次石油危机前建造的建筑物多60%。⁷⁴美国的冰箱能效标准已经在过去30年里节省了1500亿瓦特，比美国所有核项目的总容量还多。⁷⁵能效标准和贴标签的做法成本大约是1千瓦时1.5美分，比电力供应措施成本低得

多。⁷⁶20世纪70年代以来，美国冰箱的平均价格下降了一半多，而其能效却增长了3/4。⁷⁷

财政激励。许多发展中国家法律执行不力，这是一个大问题。应该以鼓励消费者和生产者的财政激励措施补充法律法规。低收入消费者对前期成本较高的高能效产品反应最为敏感。财政激励措施，比如消费者回扣和能效抵押贷款，可以抵消这些前期成本。⁷⁸这样可以改变消费习惯，提高消费者支付能力，帮助新型高能效生产者克服进入市场的障碍。另外，法律法规很难克服效果反弹，因此需要采取价格政策遏制消费。已经证明燃料税是降低交通能源需求的成本效益最高的方法之一。其他措施还包括交通拥堵计价和保险费，或者基于行车里程的燃油附加税，以及提高轻型货车和运动型多用途车的税率（参见表4.5）。

电力需求管理可以节省大量能源。成功的关键就在于电力公司赢利和售电脱钩，从而鼓励电力公司节约能源。电监会先预测一个需求量，然后允许电力公司根据这个预测值收费，收回成本并获得固定的回报。如果需求量比预测值低，电监会则允许电力公司提

专栏 4.9 只实行碳定价还不足以解决问题

单凭碳定价并不能保证大规模应用高效清洁能源，因为这不能完全克服低碳技术革新和传播的市场失灵与非市场障碍问题。^a

第一，碳定价只能解决其中一个障碍。其他的障碍，如制度能力和融资不足等，阻碍了节能服务的供应。

第二，能源需求的价格弹性从长期看比较高，但是短期内价格缺乏弹性，因为人们很少会因为燃料价格变化而在短期内降低交通需求和家庭能源消费。

汽车燃料价格在历史上曾有一次在短期内具有弹性，弹性仅为-0.2到-0.4，^b和近年相比还少-0.03至-0.08，^c但是长期价格弹性可能达到-0.6至-1.1。

第三，在中国这样高速增长的发展中国家，高机会成本可能导致采取能效措施的价格弹性很高。一项具有20%回报率能效措施很有吸引力，但是假如其他同等风险的投资能带来更高的回报，那么投资者可能就不会投资能效了。

因此，实行严格的价格政策很重要，但是还不够。必须结合法律法规，纠正市场失灵，清除市场和非市场障碍，促进清洁技术发展。

出处：

a. ETAAC 2008。

b. Chamon, Mauro 和 Okawa 2008。

c. Hughes, Knittel 和 Sperling 2008。

高价格，以使它们获得规定的利润；如果需求量比预测值高，电监会则降低价格，将超额利润返还给消费者（参见专栏 4.10）。

机构改革。 进行机构改革，如设置一个专门能效机构，对协调多方利益相关者和促进管理能效项目至关重要。包括发达国家和发展中国家在内的 50 多个国家设置了国家能效机构。

它可以是专门负责清洁能源或能效（最普通的）的政府机构，比如泰国的替代能源发展和能效部，也可以是独立的公司或机构，比如韩国的能源管理公司。要获得成功，这种机构必须拥有充足的资源，具备与多方利益相关者交涉的能力，进行独立决策，并且保持结果监测的可信度。⁷⁹

能源服务公司（ESCOs）提供一

表 4.5 对能源效率、可再生能源和交通进行政策干预

政策领域	能源效率与需求方管理干预	可再生能源干预	需要解决的壁垒问题
经济领域	取消化石燃料补贴 税（燃料税或碳税） 数量限制（总量管制和排放效益）		价格不包含环境外部性 累退税或扩大需求 化石燃料补贴造成价格扭曲
法律法规	经济领域能效目标 能效责任 电器标准 建筑条例 工业能源绩效目标 燃料经济标准	强制性购买，公平开放的上 网访问 可再生能源组合标准 低碳燃料标准 技术标准 联网管制	缺少有关可再生能源独立发电商的 法律框架 缺少可再生能源输送通道 缺少和错置鼓励节约的措施 供应导向的思想 不明确的联网要求
财政激励	税收抵免 建设津贴 消费回扣 分时计费 燃料税 拥挤收费 以发动机大小为基础的税收 以汽车行驶里程计算的保险或征税 对轻型卡车和运动型多功能车征税	电网回购净计量 环保执照 实时电价 税收抵免 建设津贴	资本成本高 不利的价格规则 电力公司和消费者 缺少节能动力
制度安排	电力公司 专门的能效机构 独立的公司或机构 能源服务公司	电力公司 独立的发电厂商	分散的参与者太多
融资机制	贷款融资和部分贷款担保 电力公司能效，需求方管理项目，包 括系统利益基金	系统利益基金 风险管理和长期融资优惠 贷款	资本成本高，与短期贷款不匹配 能源服务公司缺少抵押品，交易 量小 预期风险高 交易成本高 缺乏经验和知识
推广及教育	能效标签 安装仪表 消费者教育	关于可再生能源利益的教育	缺少信息和意识 丧失生活情趣 公共福利设施

出处：世界发展报告工作组。

专栏 4.10 加利福尼亚州的能效和可再生能源项目

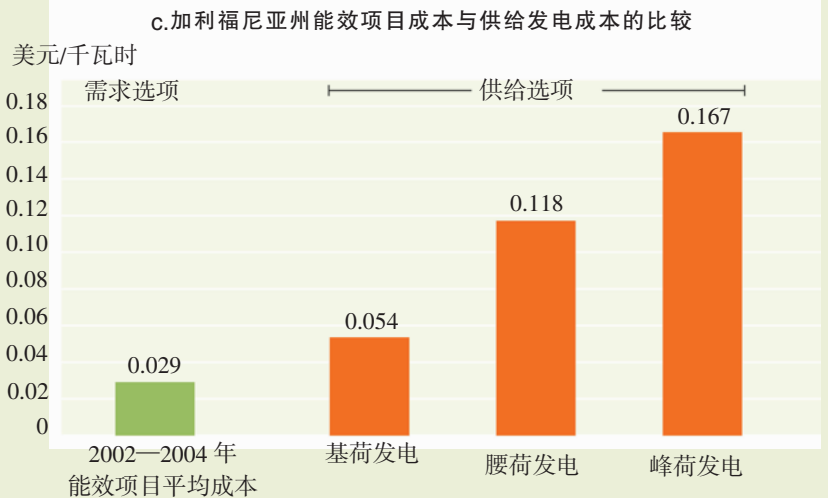
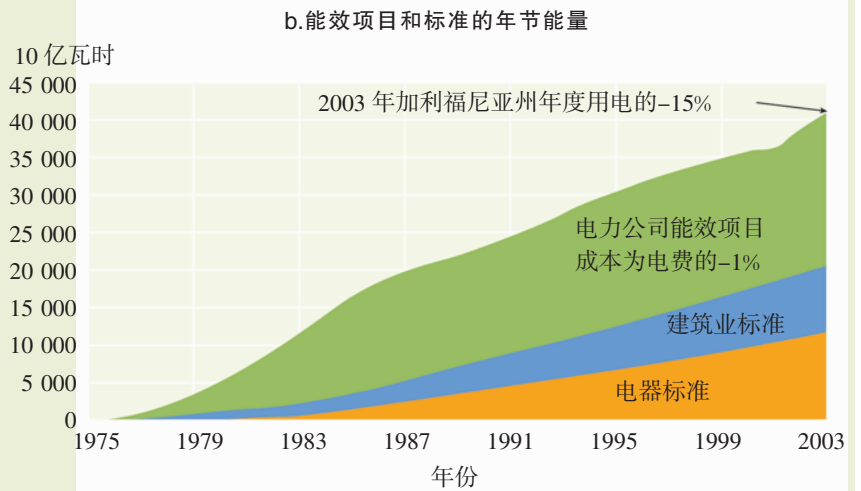
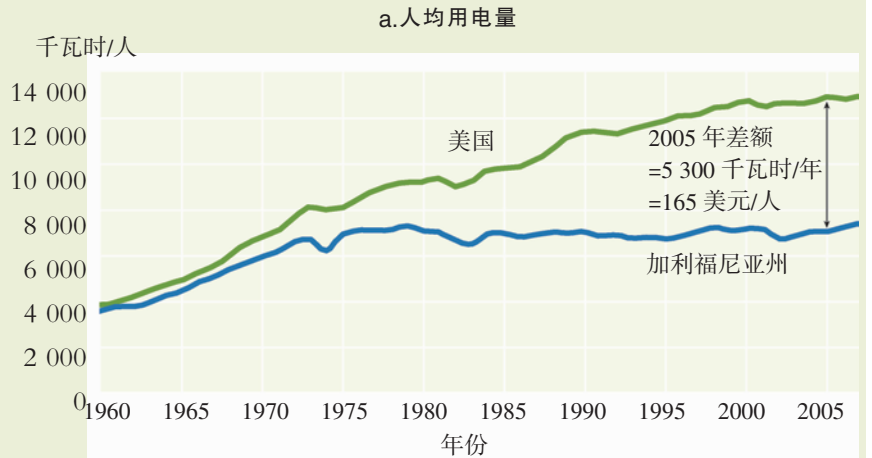
加利福尼亚州是美国能效领域的领先者，在过去 30 年中其人均用电量一直处于平稳状态，而且远远低于美国平均用电量（参见 a 小图）。据估计，该差额的 1/4 主要是实行电器标准和建筑条例，以及在电力公司需求管理项目中实行财政激励措施的结果（参见 b 小图）。从 1982 年开始，加利福尼亚州开始实行赢利和销售相分离的政策，而且近来采取“分离—增收”的进一步举措——如果电力公司实现或超额实现节能目标，就能获得额外的收入。

该州的能效项目每年的预算是 8 亿美元，通过交通电力附加费筹集资金，用于电力公司采购、需求管理以及研究和开发。这个项目的平均成本约是每千瓦时 3 美分，远远低于供给措施的成本（参见 c 小图）。为了推广可再生能源，该州执行可再生能源组合标准，要在 2010 年之前把可再生能源在发电量中的比例提高 20%。

在 2005 年 7 月，加利福尼亚州成为美国第一个发布气候变化行政指令的州，目标是到 2010 年将温室气体排放降到 2000 年水平，到 2020 年降到 1990 年水平，到 2050 年前降到不及 1990 年水平的 80%。预计约 50% 的减排量归功于能效提高。

出处：加利福尼亚州能源委员会 2007a；Rosenfeld 2007；Rogers, Messenger 和 Bender 2005；Sudarshan 和 Sweeney。

在过去 30 年中，加利福尼亚州的人均耗电量保持平稳，这归功于电力需求方管理以及能效标准的实施。能效成本远远低于供电成本。



系列能效服务，如能源审计、推荐节能措施、为客户提供融资服务以及整合能效项目。大部分能源服务公司很难从商业银行获得足够的融资，因为它们的资产负债表不规范，而且收入主要依靠节能，因而潜在的借贷风险较高。政府和国际发展银行的政策、融资和技术支持，能促进能源服务公司的发展，并能使其业务模式成为主流模式。以中国为例，在世界银行的支持下经过十年能力建设，中国的能源服务公司已从 1997 年的三家企业增加到 2007 年的 400 多家，能源绩效合同总额达到了 10 亿美元。⁸⁰

融资机制。发展和经营能效服务，促进能效投资，这主要是制度性问题。国内资金一般不成问题，但是与发展项目和筹集资金相关的组织结构和制度系统不够完善，这可能对融资构成障碍。能效项目的三个主要融资机制是能源服务公司、电力公司需求管理方案以及作为专门机构或循环基金会的商业银行内部运营的贷款融资和部分贷款担保计划。⁸¹

地方商业银行贷款为项目的可持续性和效果最优化勾勒了最美好的前景。国际金融机构支持的部分风险担

保项目、降低了商业银行能效项目的风险，从而增强了银行借力启动能效融资的信心（参见专栏 4.11）。另一种常见的方法是成立专项循环基金，特别是在那些能效投资处于初期阶段、银行不愿提供融资的国家。⁸² 这种方法带有过渡性，而可持续发展是一个核心问题。

电力公司需求方管理通常是通过系统利润基金筹集资金（通过向所有电力用户按千瓦时收取附加费来筹资），这种方法比政府预算支出更具可持续性。由电力公司或专门能效机构管理的基金包括从化石燃料转向可再生能源的增量成本、消费者回扣、优惠贷款、研发资金、消费者教育资金以及低收入消费者的帮扶资金。

公共采购。大量购买能效产品能大幅度降低成本，吸引更多合同和银行借款，并能降低交易成本。乌干达和越南各购买了合同额度为 100 万美元的日光灯管，不仅大幅度降低了灯管成本，还凭借技术规范 and 保修期提高了产品质量；通过安装这些灯管，减少了 30 兆瓦高峰时期需电量。⁸³ 政府机构（通常为经济体中最大的能源用户）公共采购能降低成本，显示政府在提高能效方面的决心和领导力。但是行政指令、刺激措施、采购和预算准则必须到位。⁸⁴

消费者教育。教育能促进消费者转变生活方式，了解更多消费选择，比如能效贴标，使用电表和供暖表，特别是使用智能化仪表。把提高消费者意识的活动与法律法规和实行财政激励措施结合起来，可以达到最好的效果。根据过去在公共卫生领域的经验，采取干预措施改变人们的行为方式必须多管齐下——包括政策、实体环境（设计适合步行的城市和绿色建筑）、社会文化（大众传媒）、人际

专栏 4.11 世界银行集团为能效融资

世界银行和国际金融公司已经为众多能效金融中介项目提供资金，这些项目主要在东欧和中亚开展。国际金融公司和匈牙利能效担保基金一起，率先通过选定的国内银行提供担保机制。全球环境基金拨款 1 700 万美元，为价值 9 300 万美元的能效投资提供担保。目前尚无担保方被要求替人还贷，这提高了地方银行对能效贷款的信心和熟悉程度。

从中获得的一个重要教训就是

技术援助的重要性，特别是在初期，要提高能效意识，为银行发展金融机制提供培训和咨询服务，而且要构建项目开发者的能力。保加利亚金融机构和能源服务公司的制度能力建设——从最初提出项目概念到财务收尾——需要的成本大概占整个项目初期成本的 10%，预计将来会降到 5% 至 6%。

出处：世界发展报告工作组；Taylor 等 2008。

(面对面接触) 以及个人等层面 (参见第8章)。⁸⁵

扩大现有低碳技术的规模

到2050年, 可再生能源在能源结构中的比例为50%左右。⁸⁶ 过去二十年里, 可再生能源的成本持续下降, 风能、地热能和水能的成本已经或几乎可以与化石燃料竞争。⁸⁷ 太阳能成本仍比较高, 但是未来几年估计会顺着学习曲线迅速降低 (参见专栏4.12)。随着化石燃料价格的日益高涨, 成本差距日益缩小。生物质、低热能和水能可以提供基荷发电, 但太阳能和风能

发电具有间歇性。

输电网中间歇性能源的比例过高会影响稳定性, 但这可以通过抽水蓄能、负荷管理、修建蓄能设施、与其他国家电网互联以及智能化电网等方法解决。⁸⁸ 当引入分布式发电系统和多种可再生能源时, 智能化电网可以提高电网稳定性。高压直流线路可以降低远程输电的线路损耗, 这就解决了可再生能源远离消费中心的问题。大规模应用太阳能、风能以及电动车, 还需要进一步降低蓄能成本, 提高蓄能运行能力。因此即使所需可再生能源的量很大, 转换也能成功进

专栏 4.12 比较能源技术成本的难度——假设问题

人们很难对不同的能源技术进行成本比较。比较发电技术的常用方法是比较每千瓦时发电的成本。通常使用平准成本法对提供相同能源服务的不同替代能源进行周期经济成本的比较。首先是以一种简单的资金回收系数法计算资金成本。这种方法根据设备使用期将资本划分为若干等额款项, 即年度资金成本。然后年度资金成本再计入年度运营维修 (O&M) 成本和燃料成本, 从而得到平准成本。因此, 资金成本、运营维修成本、燃料成本、折现率和容量因子都是平准成本的重要决定因素。

实际上, 成本因具体时间和地点而不同。可再生能源的成本与当地资源和地点紧密相关。比如, 风能成本根据具体的风力资源地点而大有不同。劳动力成本和建设时间也是重要因素, 对化石燃料和核电站而言尤其如此。比如, 中国燃煤电厂的成本是世界同类型电厂成本的1/3到1/2。美国建设核电站所需的前置期长, 造成核电站成本居高不下。

其次, 通过对不同能源技术进行综合比较评价, 可以在一次燃料的整个周

期内对每单位能源效益的所有经济属性进行比较。比较化石燃料和核能与其他可再生能源的成本应该考虑它们提供服务的不同性 (基荷或间歇性能源)。一方面, 太阳能和风能的产出不稳定, 虽然可以通过多种途径提高其产出, 但通常会增加额外成本; 另一方面, 太阳能和风能技术获得许可和所需的建设时间比大型化石燃料和核能电厂要短得多。

最后, 比较化石燃料和清洁能源成本时, 应该综合考虑诸如环境成本和能源组合多样性价值等外部因素。碳价格会大大提高化石燃料的成本。化石燃料价格波动会造成额外的负外部性。燃料价格提高20%, 天然气发电的成本就会提高16%, 燃煤发电的成本会提高6%, 而可再生能源不会受到实质影响。增加了可再生能源之后, 避免了化石燃料价格和供给的波动, 从而提高了能源组合的多样化价值。将能源组合多样化价值纳入对可再生能源的评估, 能提高可再生能源的吸引力。^b

权衡新技术时也应将成本降低潜力考虑进去。对新技术未来成本的动态分析取决于对学习率的假设——与能力增

长相关的成本降低。在过去的20年里, 风能的成本几乎降低了80%。技术突破和规模经济也能带动成本迅速降低, 因而一些专家预计, 根据这种现象太阳能电池价格在短期内会大幅度下降。^c

根据金融分析, 制度环境 (不管是公共融资还是私人融资) 和政府政策 (税收和法律法规) 通常是决定因素。融资成本对于资金密集度最高的技术, 如风能、太阳能和核能来说异常重要。一份来自加利福尼亚州的研究表明, 风能发电站的成本比一个天然气复合循环电站的成本还高, 而且私有 (商业)、投资者所有和公有的电站的成本都不相同。^d

出处:

- 资本回收系数 = $[i(1+i)^n] / [(1+i)^n - 1]$, 其中 i 是折现率, n 指系统资本回收周期时间。
- 世界经济论坛 2009。
- 德意志银行顾问团 2008 (规划的光电成本控制)。
- 加利福尼亚州能源委员会 2007b。

行。比如，丹麦的风能发电量已经占其发电总量的 20%（参见专栏 4.13）。

可再生能源政策：财政激励措施和法律法规

通过长期购电协议，制定透明的、有竞争力的、稳定的价格，能有效地吸引投资者对可再生能源投资。而且有效的法律法规框架能为独立发电厂商提供一个公平开放的联网机会。世界现行的两种可再生能源发电的强制性政策是：强制购电法（规定了固定价格）和可再生能源配额制标准（规定可再生能源份额的指标）（参见专栏 4.14）。⁸⁹

强制购电法要求以固定价格强制性购买可再生能源。德国、西班牙、肯尼亚和南非等国实行强制购电法后，都在一个极短的时间内将可再生能源的市场占有率提到了最高。该方法价格明确、管理简单，而且有助于创立地方制造业，因而对投资者很有吸引力。强制收购通常有三种定价方式——传统发电的规避成本、可再生能源成本加合理利润以及平均零售价（净计量电价的方法允许用户将剩余电

力以零售价回售给电力公司，这些剩余电力通常是在家庭或工作时通过太阳能光伏发电产生）。主要的风险是定价过高或过低，因此电网回购价格需要定期调整。

可再生能源配额制标准要求特定地区电力公司的能源达到规定的可再生能源发电量最小配额或者最低装机容量。许多美国地方州、英国和印度邦已经开始实行这套标准。电力公司主要通过发电、购买其他电力生产商的电、第三方向电力公司的用户直接售电，或者购买可交易可再生能源许可来完成目标。但是除非出台单个技术指标或招标，否则可再生能源配额制标准缺少明确的价格保证，往往只对既有公司和成本最低的技术有利。⁹⁰ 设计和管理可再生能源配额制标准比强制购电法复杂。

另外一种达到可再生能源目标的方法是采取竞争性招标，以最低价格投标供给一定数量可再生能源的发电商可以赢得合约。中国和爱尔兰已经采取这种做法。招标是降低成本的有效方法，但其主要风险就是有些投标人出价过低，实际上

专栏 4.13 丹麦：维护经济增长的同时减少排放量

从 1990 年到 2006 年，丹麦的国内生产总值年均增长约 2.3%，高于欧洲 2% 的平均水平。同时，丹麦的碳排放量降低了 5%。

合理的政策使发展和排放相分离。丹麦与斯堪的纳维亚半岛的其他国家是世界上首批在 20 世纪 90 年代初期实行化石燃料碳税的国家。同时丹麦还实行一系列政策促进可持续能源的应用。目前丹麦约 25% 的发电量和 15% 的一次能源消费来自可再生能源，主要是风能和生物燃料，其目标是到 2025 年将可再

生能源的使用率至少提高到 30%。作为北欧电力网的成员，丹麦超过 50% 的用电靠水电供应，而且能灵活地出口剩余风电，并在风力资源匮乏的时候进口挪威的水电。Vestas 是丹麦的主要风能公司，拥有 15 000 名员工，并占领了全球 1/4 的风力涡轮机市场。在短短 15 年中，丹麦的可再生能源技术出口已经飙升到 105 亿美元。

丹麦的能源碳强度低，此外，丹麦的能源强度也是欧洲最低的，这归功于丹麦在工业部门实行的严格的建筑业

和电器标准以及自愿达成的节能协议。以热电联产为基础的地区联合供暖网络提供了丹麦冬季所需供暖的 60%，其中超过 80% 来自之前在发电中浪费掉的热能。

出处：世界发展报告工作小组根据世界资源研究所 2008 编写；丹麦能源构成情况报告，http://ec.europa.eu/energy/energy_policy/doc/factsheets/mix/mix_dk_en.pdf（2009 年 8 月 27 日登录）。

专栏 4.14 德国的强制购电法、中国的可再生能源法和风电优惠政策以及美国的可再生能源配额制标准

发展中国家占全球可再生能源总量的40%。到2007年已有60个国家制定了可再生能源政策，其中23个是发展中国家。^a世界上可再生能源装机容量最大的三个国家是德国、中国和美国。

德国的强制购电法

在20世纪90年代初，德国还没有可再生能源产业。现在德国已经成为全球可再生能源的领导者，其可再生能源产业总值达到数十亿美元，而且提供了25万个就业机会。^b1990年，德国政府通过了强制购电法，要求电力公司以固定价格购买各种可再生能源生产的电。2000年德国可再生能源法案根据可再生能源发电成本和发电量规定了持续20年的各种可再生能源技术的固定收购价格。为鼓励降低成本和对技术创新，在预定公式的基础上，价格随着时间的推移而降低。此外，该法案将风能发电超出传统发电的成本分摊给国内的

用电客户。^c

中国的可再生能源法和风电优惠政策

中国是第一批通过可再生能源法的发展中国家之一，目前拥有世界上最大的可再生能源容量，约占其能源总量的8%和总发电量的17%。^d该法案规定了电网强制回购生物电能，而风能则采取优惠政策。从2003年开始，中国政府开始推行风电优惠政策，提高风电容量，降低成本。第一轮招标的价格低于平均成本，这挫伤了风电开发商和国内生产商的热情。之后中国改善了优惠方案，地方实行了电网强制回购措施，到2008年中国新增的风电装置容量上升到世界第二。政府设定的到2020年风能发电300亿瓦的目标可能会提前实现。地方风电占发电容量70%的要求，以及要求采用和获取国际设计机构新技术的技术转化模式大大促进了国内风电

工业的发展。

美国联邦生产税减免政策和可再生能源配额制标准

美国实行可再生能源发电税收减免政策，促进了发电容量大幅度增长，但该政策每年的实施并不稳定，导致美国风电发展此起彼伏。而美国目前已有二十五个州实行了可再生能源配额制标准。因而，2007年美国风电占新增发电容量的35%，而美国现在的风电装机容量居世界首位。^e

出处：

- a. REN 21 2008。
- b. 联邦环境部 2008。
- c. Beck 和 Martinot 2004。
- d. REN 21 2008。
- e. Wisser 和 Bolinger 2008。

在项目中没有履约。

可以采取以下几种财政激励措施鼓励可再生能源投资：通过补贴降低前期资金成本；通过投资退税或生产退税降低资金和运营成本；通过碳信用改善收益流；通过优惠贷款和担保提供财政支持。基于产出的激励措施比基于投资的激励措施更适用于联网可再生能源发电系统。⁹¹对装机容量的每千瓦投资激励措施不一定能刺激发电或维持发电站绩效。但是对发电的产出激励措施实现了满意的结果，即以可再生能源发电。可再生能源超过化石燃料的任何成本最终都会分摊到用户身上，或者通过系统效益收费、化石燃料碳税，或者政府预算或捐赠的专项基金来冲抵。

核能和天然气

核能是缓解气候变化的重要举措，但受到四个问题的困扰：成本比燃煤电厂高，⁹²核武器扩散的风险，核废料管理的不确定性，公众对核反应堆安全的顾虑。目前国际核能安全措施不足以应对日益扩大的核能应用所带来的安全挑战。⁹³但是下一代核反应堆设计改进了安全特性，而且比当前核反应堆的经济效益更高。

核能应用需要大量资金和训练有素的员工，投产的前置期长，因而短期内不大可能通过核能实现减排。从规划、审批到建设一个核电站一般需要十年或更长时间。由于近几十年来缺乏规则，世界上制造核电站关键部件的能力受到限制，而重建这些能力至少还需要十年时间。⁹⁴

在用于发电以及民用与工业用途的化石燃料中，天然气是碳强度最低的一种。短期内以天然气取代煤可以大幅度降低碳排放量。一些限制气候变暖超过 2°C 的方案预测到 2050 年天然气在主要能源构成中的比例将从现在的 21% 上升到 27% 至 37%。⁹⁵ 但是天然气发电的成本取决于天然气价格，而天然气价格近年来波动很大。而且和石油一样，全球 70% 的天然气储量集中在中东和欧亚大陆。天然气进口国担忧能否保证天然气的安全供应。因此，能源多样化和供应安全顾虑也制约了天然气在全球能源构成中的比例低于一些气候—能源模型所设定的比例。⁹⁶

加速创新和发展先进技术

加速创新和发展先进技术需要对碳进行足额定价，对研发和示范的大规模投资，以及进行空前的全球合作（参见第 7 章）。将技术驱动（如通过提高研发力度）和需求拉动（增加规模经济）结合起来，是大幅度降低先进技术成本的关键因素（参见图 4.12）。

电力公司发电规模所用的技术要求实行与小型发电技术不同的政策和

措施。我们可能需要国际曼哈顿方案发展前者，例如基于发电站的碳捕获或碳封存技术，其规模之大足以支撑技术成本沿学习曲线而大幅度削减。技术开发商——电力公司或独立的电力生产商——通常拥有足够的资源和能力，但是仍需要足额碳定价和投资补贴来克服高资金成本壁垒。相反，许多小型分散的清洁能源技术则要求“百花齐放”，满足众多地方性小生产商的原始资本和风险资本需求，而在发展中国家还要提供商务发展咨询服务。

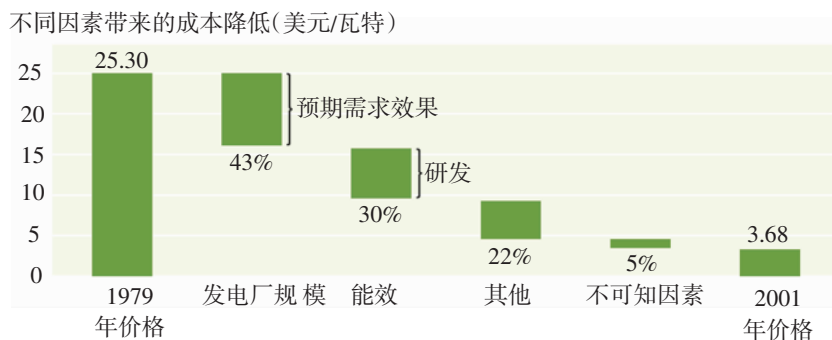
要实现气温升幅 2°C 轨迹目标，发展中国家需要遵循不同的技术路径。预计大部分新增能源需求量和碳排放量将集中在发展中国家，然而发达国家吸引的清洁能源技术投资却远远超过发展中国家。通常新技术首先出现在发达国家，然后通过商业性展览传播到发展中国家，比如风电技术。⁹⁷ 但是为实现气温升幅 2°C 轨迹的目标，碳排放量需要在 10 年内达到峰值，因此，发达国家和发展中国家应该同时并立即开始大规模试用先进技术。研发活动在巴西、中国、印度以及其他几个发展中技术领先国家迅速发展，这种模式正在崛起。生产太阳能电池、高能效照明设备和乙醇的成本最低的国家都是发展中国家。

发展中国家面临的主要障碍之一是开发和示范先进清洁能源技术的增量成本很高。发达国家应该大幅度增加财政支持，通过全球技术基金等机制将低碳技术向发展中国家转移。发达国家还应该率先促进技术突破（参见第 7 章）。地中海太阳能计划就体现出发达国家和发展中国家在大规模示范和应用集中型太阳能上的亲密合作（参见专栏 4.15）。

必须整合政策

我们应当协调整合各种政策措施，

图 4.12 随着时间的推移，太阳能光伏电日趋便宜，这归功于研发和对大规模生产预期要求的提高



出处: 改编自 Nemet 2006。

注: 成本降低按 2002 年美元价格计算。条形图显示了从 1979 年到 2001 年太阳能光伏发电成本降低的部分由不同因素构成, 包括发电厂规模 (由预期需求决定), 能效提高 (由研发创新来推动)。其他还包括主要投入硅价格的降低 (12%), 以及诸多次要的因素 (包括相应能源输出所需的硅数量降低, 以及生产失误造成的废品率的降低)。

专栏 4.15 中东和北非的集中型太阳能发电

到 2020 年，地中海太阳能计划将产生 200 亿兆的集中型太阳能发电量和可再生能源发电量，从而满足中东国家和北非国家的能源需求，同时出口到欧洲。这项雄心勃勃的计划能降低集中型太阳能发电的成本，使之足以与化石燃料竞争。只需不到 1% 的撒哈拉沙漠面积（参见下面地图），集中型太阳能发电就能满足欧洲全部的电力需求。

为这个太阳能项目融资极富挑战，但也为发达国家和发展中国家就扩大可再生能源应用规模进行合作提供了绝佳机会，这对欧洲和北非都有好处。

首先，欧洲的绿色电力需求和可再生能源电网回购措施大幅度提高了集中型太阳能发电的财政可行性。

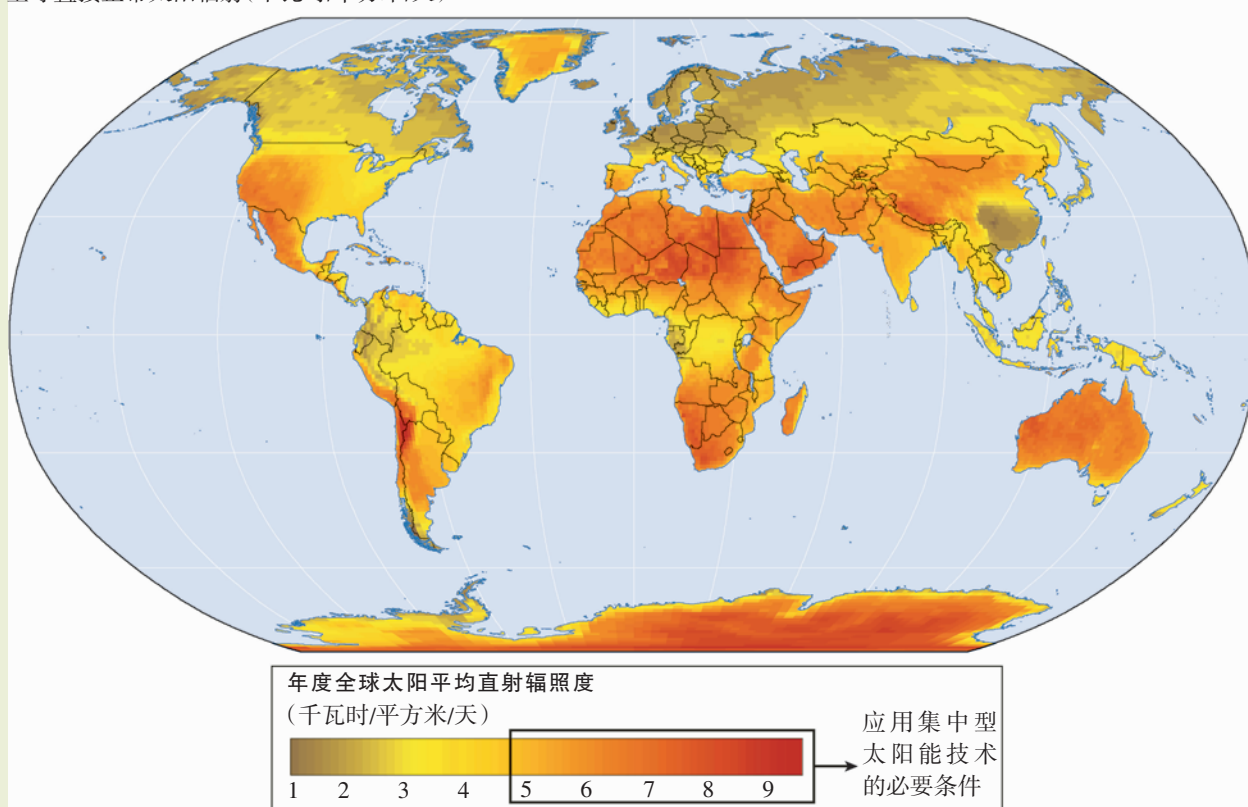
第二，要求全球环境基金、清洁技术基金以及碳融资等双边或多边基金提

供投资补贴、优惠融资和收入，以支付集中型太阳能发电的增量成本，特别是用于支付中东和北非国内市场需求的那部分成本。

第三，一个成功的项目需要区域内各国政府实施政策措施，为可再生资源创造有利的环境，取消化石燃料补贴。

出处：世界发展报告工作组。

全球直接正常太阳辐射(千瓦时/平方米/天)



出处：联合国环境项目，太阳能和风能资源评估，<http://swera.unep.net/index.php?id=metainfo&rowid=277&metaid=386>（2009年7月21日登录。）

实现其互补作用并减少其矛盾。比如，减少交通部门排放量需要整合三足鼎立的方法。按难度排列，依次是汽车转型（燃料能效、插入式混合动力车和电动车），燃料转型（从甘蔗中

提取乙醇、第二代生物燃料和氢气），交通方式转型（城市规划和公共交通系统）。*生物燃料政策需要协调好能源交通政策与农业、林业和土地政策的关系，处理好水土资源的竞争性分

配（参见第 3 章）。如果贫穷国家的能源作物侵占农业用地，那么必要的“挽救”性干预措施有可能导致情况进一步恶化，因为减排有可能增加气候影响的脆弱性。⁹⁹大规模使用插入式混合电车和电动车将导致用电需求大幅度上涨，除非低碳能源发电量的比例进一步提高，否则将威胁到预期的减排目标。要合理制定鼓励可再生能源的措施，否则将降低热电联产中的热能生产率。

政策、战略和制度安排也必须进行跨部门整合。由于制度分割和激励措施不到位，跨部门行动通常很难开展。找到切入点对于推动进程至关重要，比如城市的减排行动可以从地方政府入手，特别是建筑和交通方式的转变入手。对国家、省市和各级地方政府的政策和战略进行整合也很重要（参见第 8 章）。

综上所述，低碳技术和政策措施可以使世界步入气温升幅 2℃ 轨迹，但这要求能源领域从根本上转向非碳能源。这需要发达国家和发展中国家立即采取行动，进行全球合作，并切实履行承诺。现在政府可以采取双赢政策，包括进行法规制度改革，采取财政激励措施，构建融资机制来大幅度提高现有的低碳技术，在能效和可再生能源领域尤其如此。

要加速发展和应用先进低碳技术，足额碳定价和提高技术发展至关重要。发达国家必须率先履行承诺实现国内大幅度减排，同时为发展中国家提供资金和低碳技术。发展中国家需要转向气候智能型发展模式。转型已经具备所需的技术和经济条件，但只有强烈的政治意愿和空前的全球合作、才能使转型成功。

注释

1. 政府间气候变化专门委员会（IPCC）2007。

2. 这是作者的估测；Socolow 2006。预测基于平均七人的贫困家庭一个月用电 100 千瓦时，相当于每人每年 170 千瓦时。目前，为全球 16 亿人口供电排放的碳强度平均为每千瓦时 590 克二氧化碳，总量相当于 1.6 亿吨二氧化碳。Socolow 2006 假设为 26 亿人口平均提供 35 千克清洁炊用燃料（液化石油气）将排放 2.75 亿吨二氧化碳。因此 4.35 亿吨二氧化碳的总量只占目前全球 260 亿吨二氧化碳排放量的 2%。

3. 黑碳，是由化石燃料燃烧不完全产生的，在大气中吸收热量，从而导致全球变暖，如果雪和冰含有黑碳，则减弱其反射功率，加速融化。与二氧化碳不同的是，黑碳在大气中仅滞留数日或数周时间，因此减少黑碳排放可立即实现减排效果。此外，黑碳是主要的大气污染源，以及发展中国家疾病和早亡的主要原因。

4. 地球物理勘探工作者协会 2007。

如果我们不采取行动，我们将失去我们亲爱的地球。尽快找到公正的解决方法，在事情不可挽回之前扭转日复一日的破坏趋势，是我们共同的责任。

——Maria Kassabian，尼日利亚，十岁



5. Wilbanks 等 2008。
6. 麦肯锡公司 2009b。
7. Ebinger 等 2008。
8. 能源安全的意义和重要性根据各个国家的收入、能耗、能源以及贸易伙伴的不同而不同。许多国家依赖进口石油和天然气,造成经济脆弱性,引起国际局势紧张。世界上最贫困的国家(人均年收入仅为或低于300美元)面对燃料价格波动尤为脆弱,石油价格每桶增加10美元,这些国家的GDP就平均降低1.5%(世界银行2009a)。
9. 燃料价格每上涨20%,天然气发电的成本就增长16%,燃煤发电的成本增长6%,而可再生能源不受实质影响;参见2009世界经济论坛。
10. 国际能源署 2008b。
11. 世界资源研究所 2008;也可参阅概述中的历史上碳排放量的报告。
12. 国际能源署 2008c。
13. 政府间气候变化专门委员会 2007。
14. 联合国 2007。
15. 国际能源署 2008b。
16. Chamon, Mauro 和 Okawa 2008。
17. Schipper 2007。
18. Lam 和 Tam 2002; 2000 美国人口普查, http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_U.S._cities_with_most_households_without_a_car (2009年5月登录)。
19. Kenworthy 2003。
20. 地区供暖系统将集中在某一地区的热电联产电厂或大型锅炉生产的热电分配给民用建筑或商用建筑。
21. 可以通过将碳隔离在陆地生态系统的方式实现负排放(例如通过种植更多林木),也可以通过对生物燃料采用碳捕获和碳封存技术的方式实现负排放。
22. 将温室气体控制在450ppm二氧化碳当量的浓度就可以保证将气温升幅控制在超过前工业化时期温度2℃以内的可能性为40%至50%。Schaeffer 等 2008; Hare 和 Meinshausen 2006。
23. Tans 2009。
24. Rao 等 2008。
25. 从植物获取的生物质可以用作碳中和燃料,因为植物生长时能从大气中吸收碳,作为燃料燃烧时又排放碳。以生物质为基础的碳捕获和碳封存技术可以通过捕获生物质燃烧排放出的碳来实现大规模的负排放。
26. Weyant 等 2009; Knopf 等,待出版; Rao 等 2008; Calvin 等,待出版。
27. 德国全球变化咨询委员会 2008; Wise 等 2009。
28. 这五种模式(MESSAGE, MiniCAM, REMIND, IMAGE 和 IEA ETP)是源自欧洲和美国的全球领先的能源—气候模型,平衡了自上而下和自下而上的方法以及不同的减排路径。MESSAGE是由国际应用系统分析协会(IIASA)开发的,采用MESSAGE建模系统。该系统由能源系统工程优化模型MESSAGE和自上而下的宏观经济平衡模型MACRO组成,此外还有林地管理模型DIMA和农业建模框架AEZ-BLS。这种分析涉及B2方案,因为它介于A2(高人口增长方案)和B1(在缺少有效气候政策的情况下,貌似达到低碳目标的最佳案例)之间,具有正常变化率力学的特征(Riahi, Grübler 和 Nakićenović 2007; Rao 等 2008)。MiniCAM,是由美国西北太平洋国家实验室开发的,结合了技术完善的全球能源—经济—农业—土地使用模型和一套联合气体循环、气候和融冰的模型(Edmonds 等 2008)。REMIND,是由波茨坦气候影响研究所开发的,是一种优化发展模型,结合了自上而下的宏观经济模型和自下而上的能源模型,目标是福利最大化(Leimbach 等,待出版)。IMAGE模型,是由荷兰环境评估署开发的,是一种综合评估模型,包括了TIMER 2 能源模型和气候政策模型FAIRSiMcaP(Bouwman, Kram 和 Goldewijk 2006)。第五种模型是国际能源署的能源技术远景,这是基于MARKAL能源模型的线性规划最优化模型(国际能源署 2008b)。
29. 与基准线相比,减排成本包括额外资本投资成本、运营和维修成本以及燃料成本。Rao 等 2008; Knopf 等,待出版; Calvin 等,待出版; Riahi, Grübler 和 Nakićenović 2007; 国际应用系统分析学会 2009。
30. Riahi, Grübler 和 Nakićenović 2007; 国际应用系统分析学会 2009; Knopf 等,待出版; 国际能源署 2008c。
31. 国际能源署 2008b; 麦肯锡公司 2009a。
32. Knopf 等,待出版; Calvin 等,待出版;

国际能源署 2008c。

33. Rao 等 2008; 国际能源署 2008b; Mignone 等 2008。如果缺少高效可行的工程技术, 就会出现这种情况 (参见第 7 章的讨论)。

34. 国际能源署 2008b; 国际能源署 2008c; Riahi, Grübler 和 Nakićenović 2007; 国际应用系统分析学会 2009; Calvin 等, 待出版。

35. Raupach 等 2007。

36. Shalizi 和 Lecocq 2009。

37. Philibert 2007。

38. 麦肯锡公司 2009b。

39. 世界银行 2001。

40. 国际能源署 2008b; Calvin 等, 待出版; Riahi, Grübler 和 Nakićenović 2007; 国际应用系统分析学会 2009。

41. 国际能源署 2008b; Calvin 等, 待出版; Riahi, Grübler 和 Nakićenović 2007; 国际应用系统分析学会 2009。所需减排量的大小取决于基准线方案, 这在不同的模型中差别很大。

42. 国际能源署 2008b; Riahi, Grübler 和 Nakićenović 2007; 国际应用系统分析学会 2009; 国际汽车零部件集团 2007。应注意土地利用变更和减少甲烷是非能源部门达到 450ppm CO₂e 轨迹的重要措施 (参见第 3 章), 尤其是在短期内能为新技术的发展争取时间。

43. Knopf 等, 待出版; Rao 等 2008。

44. Rao 等 2008; Calvin 等, 待出版; Knopf 等, 待出版。

45. Barrett 2003; Burtraw 等 2005。

46. 甲烷分子, 是天然气的主要成分, 比二氧化碳分子造成全球变暖的潜力大 21 倍。

47. 地球物理勘探工作者协会 2007。

48. 国际能源署 2008b; 麦肯锡公司 2009b。

49. de la Torre 等 2008。

50. 麦肯锡公司 2009a。

51. 墨西哥低碳研究证实了将近一半的减排潜力来自带来净正效益的干预 (Johnson 等 2008)。

52. Bosseboeuf 等 2007。

53. 国际能源署 2008b; 世界观察研究所 2009。

54. 联合国环境规划署 2003。

55. 政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 2007。

56. Brown, Southworth 和 Stovall 2005; Burton 等 2008。通过对 10 个国家 146 个环保建

筑进行基于经验的全面审查, 总结出环保建筑比传统建筑的平均成本高 2%, 但是平均降低 33% 的耗能 (Kats 2008)。

57. Shalizi 和 Lecocq 2009。

58. Brown, Southworth 和 Stovall 2005。

59. 国际能源署 2008b。

60. Johnson 等 2008。

61. Brown, Southworth 和 Stovall 2005; 经济与技术进步顾问委员会 2008。

62. Johnson 等 2008。

63. Sorrell 2008。

64. 国际能源署 2008c。

65. Stern 2007。用一小部分补贴支持清洁能源技术, 例如一年补贴可再生资源 100 亿美元。

66. 世界银行 2008a。

67. Sterner 2007。

68. 联合国环境规划署 2008。

69. Ezzati 等 2004。

70. Wang 和 Smith 1999。

71. 1 吨二氧化碳 50 美元的碳税可以转换为燃煤电厂每千瓦时 4.5 分的税, 或石油每加仑 45 分 (1 升 12 分) 的税。

72. Philibert 2007。

73. 世界可持续发展工商理事会 2008。

74. 世界能源委员会 2008。

75. Goldstein 2007。

76. Meyers, McMahon 和 McNeil 2005。

77. Goldstein 2007。

78. 能效抵押允许借贷者通过家庭能效措施进行节能, 以此获得更大的抵押资格。

79. 能源部门管理援助计划 2008。

80. 世界银行 2008d。

81. Taylor 等 2008。

82. 世界银行 2008b。

83. 在批量采购中, 每个灯管约值 1 美元, 而不是 3 到 5 美元, 此外还要加上价值 1 美元的其他成本, 包括配送、意识、倡导、监管和检验成本。

84. 能源部门管理援助计划 2009。

85. Armel 2008。

86. 国际能源署 2008b; Riahi, Grübler 和 Nakićenović 2007; 国际应用系统分析学会 2009。

87. 风能、地热能和水电的成本因资源和地点不同而大不相同。

88. 国际能源署 2008a。
89. 能源部门管理援助计划 2006。
90. 例如, 可再生能源配额制标准往往有利于风能, 而不利于太阳能。
91. 世界银行 2006。
92. 麻省理工学院 2003; 基斯通中心 2007。
93. 麻省理工学院 2003。
94. 世界观察研究所 2008; 国际能源署 2008b。
95. Calvin 等, 待出版; Riahi, Grübler 和 Nakićenović 2007; 国际应用系统分析学会 2009。
96. Riahi, Grübler 和 Nakićenović 2007; 国际应用系统分析学会 2009。
97. Gibbins 和 Chalmers 2008。
98. Sperling 和 Gordon 2008。
99. Weyant 等 2009。

参考文献

- Armel, K. C. 2008. "Behavior, Energy and Climate Change: A Solutions-Oriented Approach." Paper presented at the Energy Forum, Stanford University, Palo Alto, CA.
- Barker, T., I. Bashmakov, L. Bernstein, J. E. Bognner, P. R. Bosch, R. Dave, O. R. Davidson, B. S. Fisher, S. Gupta, K. Halsnaes, B. Heij, S. Khan Ribeiro, S. Kobayashi, M. D. Levine, D. L. Martino, O. Masera, B. Metz, L. A. Meyer, G.-J. Nabuurs, A. Najam, N. Nakićenović, H.-H. Rogner, J. Roy, J. Sathaye, R. Schock, P. Shukla, R. E. H. Sims, P. Smith, D. A. Tirpak, D. Urge-Vorsatz, and D. Zhou. 2007. "Technical Summary." In *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, and L. A. Meyer. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Barrett, S. 2003. *Environment and Statecraft: The Strategy of Environmental Treaty-Making*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Beck, F., and E. Martinot. 2004. "Renewable Energy Policies and Barriers." In *Encyclopedia of Energy*, ed. C. J. Cleveland. Amsterdam: Elsevier.
- Bosseboeuf, D., B. Lapillonne, W. Eichhammer, and P. Boonekamp. 2007. *Evaluation of Energy Efficiency in the EU-15: Indicators and Policies*. Paris: ADEME/IEEA.
- Bouwman, A. F., T. Kram, and K. K. Goldewijk. 2006. *Integrated Modelling of Global Environmental Change: An Overview of IMAGE 2.4*. Bilthoven: Netherlands Environmental Assessment Agency.
- Bowen, A., S. Fankhauser, N. Stern, and D. Zenghelis. 2009. *An Outline of the Case for a "Green" Stimulus*. London: Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment and the Centre for Climate Change Economics and Policy.
- Brazil Interministerial Committee on Climate Change. 2008. *National Plan on Climate Change*. Brasilia: Government of Brazil.
- Brown, M. A., F. Southworth, and T. K. Stovall. 2005. *Towards a Climate-Friendly Built Environment*. Arlington, VA: Pew Center on Global Climate Change.
- Burton, R., D. Goldston, G. Crabtree, L. Glicksman, D. Goldstein, D. Greene, D. Kammen, M. Levine, M. Lubell, M. Savitz, D. Sperling, F. Schlachter, J. Scofield, and J. Dawson. 2008. "How America Can Look Within to Achieve Energy Security and Reduce Global Warming." *Reviews of Modern Physics* 80 (4): S1-S109.
- Burtraw, D., D. A. Evans, A. Krupnick, K. Palmer, and R. Toth. 2005. "Economics of Pollution Trading for SO₂ and NO_x." Discussion Paper 05-05, Resources for the Future, Washington, DC.
- California Energy Commission. 2007a. "2007 Integrated Energy Policy Report." California Energy Commission, Sacramento, CA.
- . 2007b. "Comparative Costs of California Central Station Electricity Generation Technologies." California Energy Commission, Sacramento, CA.
- Calvin, K., J. Edmonds, B. Bond-Lamberty, L. Clarke, P. Kyle, S. Smith, A. Thomson, and M. Wise. Forthcoming. "Limiting Climate Change to 450 ppm CO₂ Equivalent in the 21st Century." *Energy Economics*.
- Chamon, M., P. Mauro, and Y. Okawa. 2008. "Cars: Mass Car Ownership in the Emerging Market Giants." *Economic Policy* 23 (54): 243-96.
- Chikkatur, A. 2008. *Policies for Advanced Coal Technologies in India (and China)*. Cambridge, MA: Kennedy School of Government, Harvard University.
- Clarke, L., J. Edmonds, V. Krey, R. Richels, S. Rose, and M. Tavoni. Forthcoming. "International Climate Policy Architectures: Overview of the EMF 22 International Scenarios." *Energy Economics*.
- Dahowski, R. T., X. Li, C. L. Davidson, N. Wei, J. J. Dooley, and R. H. Gentile. 2009. "A Pre-

- liminary Cost Curve Assessment of Carbon Dioxide Capture and Storage Potential in China." *Energy Procedia* 1 (1): 2849–56.
- de la Torre, A., P. Fajnzylber, and J. Nash. 2008. *Low Carbon, High Growth: Latin American Responses to Climate Change*. Washington, DC: World Bank.
- Deutsche Bank Advisors. 2008. *Investing in Climate Change 2009: Necessity And Opportunity In Turbulent Times*. Frankfurt: Deutsche Bank Group.
- Dodman, D. 2009. "Blaming Cities for Climate Change? An Analysis of Urban Greenhouse Gas Emissions Inventories." *Environment and Urbanization* 21 (1): 185–201.
- Dooley, J. J., R. T. Dahowski, C. L. Davidson, M. A. Wise, N. Gupta, S. H. Kim, and E. L. Malone. 2006. *Carbon Dioxide Capture and Geologic Storage: A Core Element of a Global Energy Technology Strategy to Address Climate Change—A Technology Report from the Second Phase of the Global Energy Technology Strategy Program (GTSP)*. College Park, MD: Battelle, Joint Global Change Research Institute.
- Ebinger, J., B. Hamsó, F. Gerner, A. Lim, and A. Plecas. 2008. "Europe and Central Asia Region: How Resilient Is the Energy Sector to Climate Change?" Background paper for Fay, Block, and Ebinger, 2010, World Bank, Washington, DC.
- Edmonds, J., L. Clarke, J. Lurz, and M. Wise. 2008. "Stabilizing CO₂ Concentrations with Incomplete International Cooperation." *Climate Policy* 8 (4): 355–76.
- EESI (Environmental and Energy Study Institute). 2008. *Jobs from Renewable Energy and Energy Efficiency*. Washington, DC: EESI.
- ESMAP (Energy Sector Management Assistance Program). 2006. *Proceedings of the International Grid-Connected Renewable Energy Policy Forum*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008. *An Analytical Compendium of Institutional Frameworks for Energy Efficiency Implementation*. Washington, DC: World Bank.
- . 2009. *Public Procurement of Energy Efficiency Services*. Washington, DC: World Bank.
- ETAAC (Economic and Technology Advancement Advisory Committee). 2008. *Technologies and Policies to Consider for Reducing Greenhouse Gas Emissions in California*. Sacramento, CA: ETAAC.
- Ezzati, M., A. Lopez, A. Rodgers, and C. Murray, eds. 2004. *Climate Change. Comparative Quantification of Health Risks: Global and Regional Burden of Disease Due to Selected Major Risk Factors, vol. 2*. Geneva: World Health Organization.
- Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety. 2008. *Renewable Energy Sources in Figures: National and International Development*. Berlin: Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety.
- German Advisory Council on Global Change. 2008. *World in Transition: Future Bioenergy and Sustainable Land Use*. London: Earthscan.
- Gibbins, J., and H. Chalmers. 2008. "Preparing for Global Rollout: A 'Developed Country First' Demonstration Programme for Rapid CCS Deployment." *Energy Policy* 36 (2): 501–07.
- Goldstein, D. B. 2007. *Saving Energy, Growing Jobs: How Environmental Protection Promotes Economic Growth, Profitability, Innovation, and Competition*. Berkeley, CA: Bay Tree Publishing.
- Government of China. 2008. *China's Policies and Actions for Addressing Climate Change*. Beijing: Information Office of the State Council of the People's Republic of China.
- Government of India. 2008. *India National Action Plan on Climate Change*. New Delhi: Prime Minister's Council on Climate Change.
- Government of India Planning Commission. 2006. *Integrated Energy Policy: Report of the Expert Committee*. New Delhi: Government of India.
- Government of Mexico. 2008. *National Strategy on Climate Change*. Mexico City: Mexico Intersecretarial Commission on Climate Change.
- Grübler, A. 2008. "Energy Transitions." *Encyclopedia of Earth*, ed. C. J. Cleveland. Washington, DC: Environmental Information Coalition, National Council for Science and Environment.
- Hare, B., and M. Meinshausen. 2006. "How Much Warming Are We Committed to and How Much Can Be Avoided?" *Climatic Change* 75 (1–2): 111–49.
- Holloway, S., A. Garg, M. Kapshe, A. Deshpande, A. S. Pracha, S. R. Kahn, M. A. Mahmood, T. N. Singh, K. L. Kirk, and J. Gale. 2008. "An Assessment of the CO₂ Storage Potential of the Indian Subcontinent." *Energy Procedia* 1 (1): 2607–13.
- Hughes, J. E., C. R. Knittel, and D. Sperling. 2008. "Evidence of a Shift in the Short-Run Price Elasticity of Gasoline Demand." *Energy Journal* 29 (1): 113–34.
- IAC (InterAcademy Council). 2007. *Lighting the Way: Toward a Sustainable Energy Future*. IAC Secretariat: The Netherlands.
- IEA (International Energy Agency). 2007. *Renewables for Heating and Cooling: Untapped*

- Potential*. Paris: IEA and Renewable Energy Technology Development.
- . 2008a. *Empowering Variable Renewables: Options for Flexible Electricity Systems*. Paris: IEA.
- . 2008b. *Energy Technology Perspective 2008: Scenarios and Strategies to 2050*. Paris: IEA.
- . 2008c. *World Energy Outlook 2008*. Paris: IEA.
- IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis). 2009. "GGI Scenario Database." IIASA, Laxenburg, Austria.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. "Summary for Policymakers." In *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, and L. A. Meyer. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Johnson, T., F. Liu, C. Alatorre, and Z. Romo. 2008. "Mexico Low-Carbon Study—México: Estudio Para la Disminución de Emisiones de Carbono (MEDEC)." World Bank, Washington, DC.
- Kats, G. 2008. *Greening Buildings and Communities: Costs and Benefits*. London: Good Energies.
- Kenworthy, J. 2003. "Transport Energy Use and Greenhouse Gases in Urban Passenger Transport Systems: A Study of 84 Global Cities." Paper presented at the third International Conference of the Regional Government Network for Sustainable Development, Fremantle, Australia.
- Keystone Center. 2007. *Nuclear Power Joint Fact-Finding*. Keystone, CO: The Keystone Center.
- Knopf, B., O. Edenhofer, T. Barker, N. Bauer, L. Baumstark, B. Chateau, P. Criqui, A. Held, M. Isaac, M. Jakob, E. Jochem, A. Kitous, S. Kypreos, M. Leimbach, B. Magné, S. Mima, W. Schade, S. Scriciu, H. Turton, and D. van Vuuren. Forthcoming. "The Economics of Low Stabilisation: Implications for Technological Change and Policy." In *Making Climate Change Work for Us*, ed. M. Hulme and H. Neufeldt. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Lam, W. H. K., and M.-L. Tam. 2002. "Reliability of Territory-Wide Car Ownership Estimates in Hong Kong." *Journal of Transport Geography* 10 (1): 51–60.
- Leimbach, M., N. Bauer, L. Baumstark, and O. Edenhofer. Forthcoming. "Mitigation Costs in a Globalized World." *Environmental Modeling and Assessment*.
- Lin, J. 2007. *Energy in China: Myths, Reality, and Challenges*. San Francisco, CA: Energy Foundation.
- Lin, J., N. Zhou, M. Levine, and D. Fridley. 2006. *Achieving China's Target for Energy Intensity Reduction in 2010: An Exploration of Recent Trends and Possible Future Scenarios*. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratories, University of California–Berkeley.
- McKinsey & Company. 2009a. *Pathways to a Low-carbon Economy: Version 2 of the Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve*. McKinsey & Company.
- . 2009b. "Promoting Energy Efficiency in the Developing World." *McKinsey Quarterly*, February.
- Meyers, S., J. McMahan, and M. McNeil. 2005. *Realized and Prospective Impacts of U.S. Energy Efficiency Standards for Residential Appliances: 2004 Update*. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California–Berkeley.
- Mignone, B. K., R. H. Socolow, J. L. Sarmiento, and M. Oppenheimer. 2008. "Atmospheric Stabilization and the Timing of Carbon Mitigation." *Climatic Change* 88 (3–4): 251–65.
- MIT (Massachusetts Institute of Technology). 2003. *The Future of Nuclear Power: An Interdisciplinary MIT Study*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Neij, L. 2007. "Cost Development of Future Technologies for Power Generation: A Study Based on Experience Curves and Complementary Bottom-Up Assessments." *Energy Policy* 36 (6): 2200–11.
- Nemet, G. 2006. "Beyond the Learning Curve: Factors Influencing Cost Reductions in Photovoltaics." *Energy Policy* 34 (17): 3218–32.
- NRC (National Research Council). 2008. *The National Academies Summit on America's Energy Future: Summary of a Meeting*. Washington, DC: National Academies Press.
- NRDC (National Resources Defense Council). 2007. *The Next Generation of Hybrid Cars: Plug-in Hybrids Can Help Reduce Global Warming and Slash Oil Dependency*. Washington, DC: NRDC.
- Pew Center. 2008a. "Climate Change Mitigation Measures in India." International Brief 2, Washington, DC.
- . 2008b. "Climate Change Mitigation Measures in South Africa." Pew Center on Global Climate Change International Brief 3, Arlington, VA.

- Philibert, C. 2007. *Technology Penetration and Capital Stock Turnover: Lessons from IEA Scenario Analysis*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development and International Energy Agency.
- Project Catalyst. 2009. *Towards a Global Climate Agreement: Project Catalyst*. Synthesis briefing paper, ClimateWorks Foundation.
- Pryor, S., R. Barthelmie, and E. Kjellstrom. 2005. "Potential Climate Change Impacts on Wind Energy Resources in Northern Europe: Analyses Using a Regional Climate Model." *Climate Dynamics* 25 (7–8): 815–35.
- Rao, S., K. Riahi, E. Stehfest, D. van Vuuren, C. Cho, M. den Elzen, M. Isaac, and J. van Vliet. 2008. *IMAGE and MESSAGE Scenarios Limiting GHG Concentration to Low Levels*. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis.
- Raupach, M. R., G. Marland, P. Ciais, C. Le Quere, J. G. Canadell, G. Klepper, and C. B. Field. 2007. "Global and Regional Drivers of Accelerating CO₂ Emissions." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 (24): 10288–93.
- REN 21. 2008. *Renewables 2007 Global Status Report*. Paris and Washington: Renewable Energy Policy Network for the 21st Century Secretariat and Worldwatch Institute.
- Riahi, K., A. Grübler, and N. Nakićenović. 2007. "Scenarios of Long-Term Socio-Economic and Environmental Development under Climate Stabilization." *Technological Forecasting and Social Change* 74 (7): 887–935.
- Rogers, C., M. Messenger, and S. Bender. 2005. *Funding and Savings for Energy Efficiency Programs for Program Years 2000 through 2004*. Sacramento, CA: California Energy Commission.
- Rokityanskiy, D., P. C. Benitez, F. Kraxner, I. McCallum, M. Obersteiner, E. Rametsteiner, and Y. Yamagata. 2006. "Geographically Explicit Global Modeling of Land-Use Change, Carbon Sequestration, and Biomass Supply." *Technological Forecasting and Social Change* 74 (7): 1057–82.
- Roland-Holst, D. 2008. *Energy Efficiency, Innovation, and Job Creation in California*. Berkeley, CA: Center for Energy, Resources, and Economic Sustainability, University of California–Berkeley.
- Rosenfeld, A. H. 2007. "California's Success in Energy Efficiency and Climate Change: Past and Future." Paper presented at the Electricite de France, Paris.
- Schaeffer, M., T. Kram, M. Meinshausen, D. P. van Vuuren, and W. L. Hare. 2008. "Near-Linear Cost Increase to Reduce Climate-Change Risk." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (52): 20621–26.
- Schipper, L. 2007. *Automobile Fuel, Economy and CO₂ Emissions in Industrialized Countries: Troubling Trends through 2005/6*. Washington, DC: EMBARQ, the World Resources Institute Center for Sustainable Transport.
- SEG (Scientific Expert Group on Climate Change). 2007. *Confronting Climate Change: Avoiding the Unmanageable and Managing the Unavoidable*. Washington, DC: Sigma Xi and United Nations Foundation.
- Shalizi, Z., and F. Lecocq. 2009. "Economics of Targeted Mitigation Programs in Sectors with Long-lived Capital Stock." Policy Research Working Paper 5063, World Bank, Washington, DC.
- Socolow, R. 2006. "Stabilization Wedges: Mitigation Tools for the Next Half-Century." Paper presented at the World Bank Energy Week, Washington, DC.
- Sorrell, S. 2008. "The Rebound Effect: Mechanisms, Evidence and Policy Implications." Paper presented at the Electricity Policy Workshop, Toronto.
- Sperling, D., and D. Gordon. 2008. *Two Billion Cars: Driving Towards Sustainability*. New York: Oxford University Press.
- Stern, N. 2007. *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Sterner, T. 2007. "Fuel Taxes: An Important Instrument for Climate Policy." *Energy Policy* 35: 3194–3202.
- Sudarshan, A., and J. Sweeney. Forthcoming. "Deconstructing the 'Rosenfeld Curve.'" *Energy Journal*.
- Tans, P. 2009. "Trends in Atmospheric Carbon Dioxide." National Oceanic and Atmospheric Administration, Boulder, CO.
- Taylor, R. P., C. Govindarajalu, J. Levin, A. S. Meyer, and W. A. Ward. 2008. *Financing Energy Efficiency: Lessons from Brazil, China, India and Beyond*. Washington, DC: World Bank.
- UNEP (United Nations Environment Programme). 2003. "Energy and Cities: Sustainable Building and Construction." Paper presented at the UNEP Governing Council Side Event, Osaka.
- . 2008. *Reforming Energy Subsidies: Opportunities to Contribute to the Climate Change Agenda*. Nairobi: UNEP Division of Technology, Industry and Economics.

- United Nations. 2007. *State of the World Population 2007: Unleashing the Potential of Urban Growth*. New York: United Nations Population Fund.
- van Vuuren, D. P., E. Stehfest, M. den Elzen, J. van Vliet, and M. Isaac. Forthcoming. "Exploring Scenarios that Keep Greenhouse Gas Radiative Forcing Below 3 W/m² in 2100 in the IMAGE Model." *Energy Economics*.
- Wang, T., and J. Watson. 2009. *China's Energy Transition: Pathways for Low Carbon Development*. Falmer and Brighton, UK: Sussex Energy Group and Tyndall Centre for Climate Change Research.
- Wang, X., and K. R. Smith. 1999. "Near-term Benefits of Greenhouse Gas Reduction: Health Impacts in China." *Environmental Science and Technology* 33 (18): 3056–61.
- WBCSD (World Business Council for Sustainable Development). 2008. *Power to Change: A Business Contribution to a Low Carbon Economy*. Geneva: WBCSD.
- Weber, C. L., G. P. Peters, D. Guan, and K. Hubacek. 2008. "The Contribution of Chinese Exports to Climate Change." *Energy Policy* 36 (9): 3572–77.
- Weyant, J., C. Azar, M. Kainuma, J. Kejun, N. Nakićenović, P. R. Shukla, E. La Rovere, and G. Yohe. 2009. *Report of 2.6 Versus 2.9 Watts/m² RCPP Evaluation Panel*. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Wilbanks, T. J., V. Bhatt, D. E. Bilello, S. R. Bull, J. Ekmann, W. C. Horak, Y. J. Huang, M. D. Levine, M. J. Sale, D. K. Schmalzer, and M. J. Scott. 2008. *Effects of Climate Change on Energy Production and Use in the United States*. Washington, DC: U.S. Climate Change Science Program.
- Wise, M. A., L. Clarke, K. Calvin, A. Thomson, B. Bond-Lamberty, R. Sands, S. Smith, T. Janetos, and J. Edmonds. 2009. "The 2000 Billion Ton Carbon Gorilla: Implication of Terrestrial Carbon Emissions for a LCS." Paper presented at the Japan Low-Carbon Society Scenarios Toward 2050 Project Symposium, Tokyo.
- Wiser, R., and M. Bolinger. 2008. *Annual Report on U.S. Wind Power Installation, Cost, and Performance Trends: 2007*. Washington, DC: U.S. Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy.
- World Bank. 2001. *China: Opportunities to Improve Energy Efficiency in Buildings*. Washington, DC: World Bank Asia Alternative Energy Programme and Energy & Mining Unit, East Asia and Pacific Region.
- . 2006. *Renewable Energy Toolkit: A Resource for Renewable Energy Development*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008a. *An Evaluation of World Bank Win-Win Energy Policy Reforms*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008b. *Energy Efficiency in Eastern Europe and Central Asia*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008c. *South Asia Climate Change Strategy*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008d. *The Development of China's ESCO Industry, 2004–2007*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008e. *World Development Indicators 2008*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008f. *World Development Report 2009: Reshaping Economic Geography*. Washington, DC: World Bank.
- . 2009a. *Energizing Climate-Friendly Development: World Bank Group Progress on Renewable Energy and Energy Efficiency in Fiscal 2008*. Washington, DC: World Bank.
- . 2009b. "World Bank Urban Strategy." World Bank, Washington, DC.
- . 2009c. *World Development Indicators 2009*. Washington, DC: World Bank.
- World Economic Forum. 2009. *Green Investing: Towards a Clean Energy Infrastructure*. Geneva: World Economic Forum.
- World Energy Council. 2008. *Energy Efficiency Policies around the World: Review and Evaluation*. London: World Energy Council.
- Worldwatch Institute. 2008. *State of the World 2008: Innovations for a Sustainable Economy*. New York: W.W. Norton & Company.
- . 2009. *State of the World 2009: Into a Warming World*. New York: W.W. Norton & Company.
- WRI (World Resources Institute). 2008. "Climate Analysis Indicators Tool (CAIT)." Washington, DC.
- Yates, M., M. Heller, and L. Yeung. 2009. *Solar Thermal: Not Just Smoke and Mirrors*. New York: Merrill Lynch.
- Zhang, X. 2008. *Observations on Energy Technology Research, Development and Deployment in China*. Beijing: Tsinghua University Institute of Energy, Environment and Economy.

第 2 部分

2



联合国气候变化大会

印度尼西亚巴厘岛努沙杜亚, 2007年12月3日—14日



发展议题要纳入全球气候框架

在过去的二十年中我们已经建立并逐步发展了一整套国际气候体制，其主要支柱是《联合国气候变化框架公约》和《京都议定书》（参见专栏 5.1）。《京都议定书》为发达国家的温室气体排放量设立了国际约束限额。它创造了一个碳市场，以此拉动私人投资和降低减排成本，同时促使各国制定国家气候变化战略。

但是现行的国际体制存在很大的局限性。它未能有效控制温室气体排放量，自《京都议定书》签订以来，温室气体排放量已增长了 25%。¹ 并且它只为发展中国家提供非常有限的支持。到目前为止，其中的“清洁发展机制”几乎没有为国家综合发展战略带来任何转型变化（参见第 6 章“清洁发展机制”的优势与劣势）。全球环境基金已在气候项目上投资 27 亿美元，² 但远远少于所需

要的流动资金量。到目前为止，国际体制未能推动各国在研究和发展的合作，也未能为低碳发展所需的技术转让和应用（参见第 7 章）筹集到大量资金。除了鼓励贫困国家制定“国家适应行动方案”，它几乎没有为适应活动提供任何具体的支持。同时“适应基金”迟迟不能启动，远远不能达到预期要求（参见第 6 章）。

2007 年《巴厘岛行动计划》发起谈判，目标是在 2009 年哥本哈根召开的缔约方第 15 次会议上最终达成“一致结果”。谈判为巩固气候体制并克服其弊端提供了机会。

建立气候体制：克服气候与发展的矛盾³

如果我们认真应对气候变化问题，除了整合发展问题和气候变化问题，我们将别无选择。经济增长使温室气体排放量增加，继而造成气候问题。一个有效的机制必须激起各国反思工业化发展的轨迹，同时解开碳排放对发展进程的束缚。但是，出于伦理与实际原因，反思又必须符合发展意愿，形成公平的气候机制。

直到最近，气候变化都不曾被视为反思工业发展的契机。气候议题曾被主流决议排斥在外，这些主流决

主要内容

像气候变化这样一种规模的全球性问题需要国际协作才能解决。然而，具体实施却取决于各国内部的行动。因此一个有效的国际气候体制必须将发展所关注的问题纳入其中。打破环境与公平截然分离的局面。制定一种多轨气候行动框架，为发达国家和发展中国家分别确立不同的目标和政策，这不失为一条出路；这种框架需要考虑如何界定和衡量成功。国际气候体制还要支持将适应行动纳入发展进程。

专栏 5.1 当前气候体制

《联合国气候变化框架公约》于 1992 年通过，1995 年正式生效。终极目标是将大气中温室气体的浓度稳定在防止气候系统受到“危险的”人为干扰的水平上。气候公约将世界各国主要分为三组，分别履行不同的义务：

附件 1 中所列的缔约方指 1992 年时的 24 个工业发达国家，包括经合组织（OECD）成员国以及俄罗斯、波罗的海诸国以及少数中东欧国家等处于经济转型期的国家。它们承诺采取气候变化政策和措施，到 2000 年将其温室气体排放量恢复到 1990 年的水平。

附件 2 所列的缔约方包括附件 1 中的《联合国气候变化框架公约》经合组织成员国，但不包括处于经济转型期的国家。要求这些国家为发展中国家提供资金，帮助发展中国家履行义务并适应气候变化造成的不利影响。此外，它们应采取一切可行的措施促进发展，向处于经济转型期的国家和发展中国家转让环境友好型技术。

未列在附件 I 中的缔约方大多是发展中国家。它们承担一般义务，制定并执行包括减缓和适应气候变化措施的国家计划。

缔约方会议是气候公约的最高决策机构，已签署和批准气候公约的各国代表每年与会一次，审议气候公约的实施

情况，进一步完善气候公约各项规则并协商新的实质性的责任承诺。

《京都议定书》补充并强化了气候公约。该议定书于 1997 年通过，2005 年 2 月正式生效，到 2009 年 1 月 14 日共有 184 个缔约方通过该议定书。

议定书的核心在于经过激烈的谈判，它为附件 I 所列各缔约方分别制定了具有法律约束力的减排指标。

除了为附件 I 所列各缔约方制定减排指标外，议定书还包含了一系列适用于所有缔约方的承诺（以《联合国气候变化框架公约》为典范），其中包括：

- 采取措施提高排放数据的质量。
- 制定国家减排和适应性方案。
- 促进环境友好型技术的转让。
- 在科研和国际气候观察网络中的合作。
- 支持教育、培训、公众意识以及能力建设行动。

议定书开创了三个创新机制——联合履行机制、清洁发展机制和国际排放贸易机制——旨在通过为缔约方开辟减排途径而提高气候变化减缓行动的成本效用，或提高国外价格远低于国内价格的碳汇。

2007 年，《联合国气候变化框架公约》缔约国通过了巴厘岛行动计划，全面启动了通过现在、以后乃至 2012 年

以后的长期合作行动，全面有效可持续地实施公约，从而实现在 2009 年 12 月在哥本哈根召开的第 15 届《公约》缔约国会议上达成一致协议。

《巴厘岛行动计划》围绕减缓、适应、技术和资金这四个主要基石展开讨论。缔约方也同意协商长期合作行动的共同愿景问题，其中包括全球减排目标。

出处：摘自《联合国气候变化框架公约》2005；《联合国气候变化框架公约》的第 1/CP.13 决定，<http://unfccc.int/resource/docs/2007/cop13/eng/06a01.pdf>（2009 年 7 月 6 日登录）。

a.《京都议定书》的各缔约方已经接受限制排放量及减少碳排放量的任务。联合履行机制允许具有减排指标的国家通过实施减排项目完成自己的减排指标。清洁发展机制（CDM）允许具有减排指标的国家通过与无减排目标的发展中国家进行项目合作来实现减排承诺。国际排放贸易机制允许一个超额完成减排指标的国家，将超额完成的指标以贸易的方式转让给另外一个未能完成减排任务的发达国家。改编自 http://unfccc.int/kyoto_protocol/mechanisms/items/1673.php（2009 年 8 月 5 日登录）。

议主要涉及融资、投资、技术和制度变革等领域。但是这样的时代已经大体上结束了。各国领导人和公众对气候变化的认识已经上升至一个新的水平，他们同意将气候变化纳入发展决议中。

将意愿转化为有效的气候机制，我们需要同时为包括公平、气候、社会和经济发展的多个领域制定多元化的目标。认为这些目标之间不存在矛盾，这是一种幼稚的认识。实际上，折中观念恰恰证明了将气候变化

纳入发展存在的强大政治壁垒。高收入国家与发展中国家视角及概念框架的差异妨碍了将气候活动纳入发展进程的有益研讨。许多矛盾冲突发生在南北国家之间。

为了确保气候体制适应发展要求，识别并引入反对派观点，然后试图超越它们，这是一个有益的方法。这一章将讨论气候变化与发展进程中存在的四点矛盾：环境与公平；责任分担与把握机遇尽快行动；可预测的气候

变化与不可预测的发展进程；气候融资与所有权的制约性。这些矛盾是一种特性描述，粗略地指出了分歧所在及可能的解决方案，要知道实际上一个国家的立场，无论是北部阵营国家还是南部阵营国家，都要比那些极端描述更加细致入微。本章的第二部分探讨将发展中国家纳入国际框架中的多种途径。

减缓气候变化：环境与公平

自从气候体制建立以来，公平目标与环境目标就被双双列为核心要素。但是随着时间的流逝，这些目标在互相作用中从互补走向对立，使气候变化谈判陷入了僵局。立场不同的南北线各国思考气候问题时，公平与环境越来越被视为一对矛盾体。

在过去的二十多年中，气候变化主要被理解为环境问题，这一观点直接从以下科学研究中得出：人为排放量与日俱增，海洋生物圈吸取温室气体的能力又有限，大气中的温室气体越积越多，从而引起了气候影响。该观点认为气候问题属于全球性共同行动，解决方法就是各国通过谈判确定绝对减排目标。

这种对环境的绝对强调催生出一一种与之相矛盾的观点，即气候变化问题本质上是公平问题。它强调虽然存在环境限制因素，但气候问题主要是由于发达国家不合理地占用有限的生态空间造成的。按照这一观点，以公正为基础的分配原则（例如以人均排放量和历史排放量为中心的分配原则）应该为公平的气候体制奠定基础。

公平目标与环境目标已成为争论的两个对立面。高收入国家认为新兴工业化国家已成为排放大国并且其未来排放量还会持续增加——因此

需要承诺实现绝对减排目标。⁴工业化经济体和发展中经济体认为以绝对减排量为基础的气候体制将它们永久禁锢在不平等的排放量限制中，这是不可行的。而且，自从气候谈判开始以来的二十年间，许多发达国家的排放量依然持续增加，这一事实也加强了我们对公平的重视。寻找解决方案已成为当务之急。许多发展中国家，特别是工业化发展迅速的大国担忧减排行动的责任和注意力会越来越多地转移到它们身上。所谓的“主要排放源”，包括工业化发展迅速的大国，是这个问题的主要担忧者，也是公平观点的主要倡导者。

一个有效而合法的全球性气候体制必须找到协调这些对立框架并且同时考虑这两方面的途径。首先，要以多元化精神探讨全球气候谈判。考虑到两者根深蒂固的政治立场以及无可置疑的真实性，气候问题的环境架构与公平架构都不能作为谈判的绝对指导，即使两者都是必不可少的。混合式方法论试图在发展的框架下重新展开探讨，有效地拓宽讨论范围。一种方法试图围绕发展权而不是排放权和识别国家在应对气候变化中的“责任”与“能力”来重新界定问题。⁵另一种方法建议将发展中国家的可持续发展政策和方法（方法指将国家置于低碳式轨迹的发展道路，同时完全不与国内优先发展任务相冲突），与发达国家⁶的绝对量减排目标相结合。虽然所有提议的细节还有待商榷，但围绕环境与发展的有效结合而建立的实用主义政策将会在气候体制中发挥重要作用。

但是，为了让发展中国家相信兼顾气候行动和发展需求不会让它们承担更加沉重的减排责任，全球气候体

制就必须包括公平原则作为保障。比如将各国人均排放量的长期目标定为一个区间；这个原则是一个道德范畴，一个保证气候体制未来不会陷入不平等困境的方式。而且，虽然具体细节有待商榷，合理的气候体制需要以某种形式的平等原则为基础。

既然《联合国气候变化框架公约》明确证实了北方国家对温室气体积聚的历史责任，如果发达国家不率先立即开展强有力的减排行动，就很难想象如何建立有效的气候体制，环境—公平矛盾迟滞了气候谈判的进程，北方国家基于公平原则率先行动和谈判中的多元化精神结合起来，可以为解决这一矛盾奠定基础。

责任分担与把握机遇率先行动

气候变化挑战中的环境论与公平论都假设困难在于责任分担问题。责任分担意味着减缓气候变化的措施会给国家经济造成相当大的成本。由于现有的基础设施和经济生产都是建立在碳免费的基础上，如果以高价碳建设经济与社会，势必会造成巨额调节成本。南北阵营针对气候政策的矛盾症结就在于责任分担，因为气候问题中的环境论和平等论意味着截然不同的两种责任分担方式，所以也会产生不同的政治成本。

认识到责任分担如何造成这一政治痼疾，那些主张尽早实施气候变化减缓行动的人们力图发展视气候减缓为应当抓住的机遇而不是责任分担的论断。他们指出，在环境管制的历史中，证明减缓成本少于我们所担忧的数额的事例举不胜举，其中酸雨和臭氧层破坏两个事例很突出。⁷即使减缓气候变化行动会增加成本总量，率先采取减排技术的国家也将获得相对优势。它们具有抢先占领随着碳定价而涌现的新市场的优势。许多气候减缓

项目的机遇——特别是提高能效——能够通过负经济成本获得，进而还能为本国发展带来其他协同利益。在中期，随着其经济向低碳模式转变最早行动方可以让社会收集到来自机构、市场和技术的大量正反馈信息。在瞬息万变的环境中，机会永远属于最早实施减缓气候变化行动并从中寻找优势的国家，这与其他国家的行为无关。

但重要的是，我们不能过高估计这个论断的重要性。理论上来说，气候变化与工业化发展的密切相关性表明调节成本很可能居高不下，而过去的比较，如对酸雨和臭氧层破坏的比较只存在有限的相关性。无论是依靠免费碳创造积聚的工业资本或是对化石燃料禀赋的依赖都不能轻轻抹杀。持怀疑态度的人会注意到，目前为止，主要发达国家还未采取任何实际行动去抓住气候变化中存在的机遇，并帮助发展中国家实现这个机遇。

此外，即使国家相信机遇说，它们也很有可能采取策略，在责任分担问题上保持公立立场，从而赢得更好的谈判交易成果，尽管私下它们可能联合共同把握一切可能的机遇。所以，短期内把握机遇不可能取代责任分担政策占据主导地位——它仅仅为改变气候变化问题中的政治立场痼疾提供了一个很有限的开放空间。

但是，把握这个有限的开放空间又至关重要。气候行动中蕴藏的经济机遇可以打破僵持已久的政治平衡，从而开启将经济与社会带入未来低碳发展之路的艰巨任务。无法预估美好前景的开始非常艰难，但同时又至关重要，因为它会吸引赞同低碳未来的支持者，开启低碳模式发展的试验历程，增加落后行动国家的发展成本，从而产生拉动效应。把握机遇的表述并非无懈可击，但这并不否认它有潜在的反责任分担倾向，责任分担是气候辩论中的重要

专栏 5.2 责任分担提案

紧缩和趋同

这个方案赋予每人等量的排放权利。因此，所有国家都要努力将人均排放量控制在同一水平。这样一来，总体排放量将呈现紧缩趋势，而人均排放量则趋同于一个数值。各国还将进一步就趋同值，趋同的方法以及实现时间进行谈判。

温室发展权

《温室发展权》方案提出贫穷国家不应将它们有限的资源用于减缓气候变化。相反，富裕国家具有较高的气候变化适应能力和减排能力，应当对现有排放量承担更多的责任，并负担更多的气候减缓和适应成本。

这个方案的创新之处在于它是依据个人收入而不是国家收入来估算国家减排义务。因此一个国家的减排能力（在不牺牲生活必需品的前提下所能利用的资源）和减排责任（对气候变化问题的影响）取决于国内“发展门槛”以上人口的总收入或总排放量。这个门槛按收入比例计算排放额，定为每人日收入 20 美元（人均年收入 7 500 美元）。按照能力与责任指标，计算得出，为将 2020 年全世界温度升幅控制在 2℃ 以内，温室发展权框架全球减排量的 29% 分配给美国，其次是欧盟，减排任务额为 23%，再次是中国，减排任务额

是 10%。印度负担的全球减排量在 1% 左右。

巴西提案：历史责任

1997 年，在《京都议定书》的谈判中，巴西政府提出以“历史责任”为依据分配气候公约附件 I 缔约方（有法定减排目标的国家）的减排义务。这个提案试图说明“附件 I 国家历史排放的温室气体与引起的地球表面平均温度升幅之间的关系”。它的突出特征是提出了分配各国减排责任的方法，以引起全球温度升高的责任为依据分配附件 I 缔约方各自的减排任务。

《巴西提案》包括一个“政策制定模型”用来确定各国的排放任务目标，以及“协定气候变化模型”用来评估各国历史排放的温室气体对全球升温的影响。

碳预算

中国社会科学院的研究团队认为

● 温室气体排放权是保障生存和发展的基本人权。公平是保障人与人之间的公平，而不是国与国之间的公平。

促进人与人之间的公平，关键是保障当代人的权利，控制人口增长是促进可持续发展，减缓全球气候变化的政策选择之一。

● 考虑到发展积累的社会财富伴随温室气体的排放，人与人之间的公平包

括历史、现实和未来发展全过程的公平。

● 考虑到首要目标是满足人的基本需求，温室气体排放权的分配，应该反映自然环境的差异。

如果仅考虑化石能源排放的二氧化碳，假设全球碳排放量在 2015 年达到顶峰，2050 年的排放量降至 2005 年水平的 50%，那么 1900—2050 年间全球碳预算大约为年人均 2.33 公吨二氧化碳。最初碳预算分配与各国基年人口成比例，并按照各国气候、地理和自然资源等因素加以调整。

尽管发展中国家历史排放量常常远远低于碳预算，因而拥有发展和排放的权利，但不得通过碳预算的转移弥补发达国家历史上的超额排放和保障未来基本需求所需的碳预算。

这张碳预算转移的历史负债单总计约为 4 600 亿吨二氧化碳，如果以当前国际市场 13 美元/吨二氧化碳估算，其总价值高达近 59 万亿美元，远远高于目前发达国家向发展中国家实际提供的应对气候变化的援助资金。

通过碳市场的交易可以部分抵消发达国家居高不下的人均排放量，但必须实行累进碳税，同时将未实现的减排量计入下个承诺期。

概念（参见专栏 5.2）。

可预测的气候变化结果与不可预测的发展进程

责任分担与气候问题的环境结构密切相关，所以为了避免发生灾难性气候变化，各国有必要建立绝对减排目标。根据政府间气候变化专门委员会（IPCC）的评估建议，一些国家和提倡者已经强烈呼吁制定将气温升幅尽可能控制在 2℃ 以内的全球性目标，

为实现这个目标，2050 年全球温室气体排放量至少要降低至 1990 年水平的 50%（政府间气候变化专门委员会评估指数范围 50%~85% 的最低限度）。⁸ 一些发达国家积极响应，已经提交了国家减排目标（完成期限是 2050 年，某些国家为暂定年限）。⁹ 基本目的是衡量和测定各国应对气候挑战的行动进程。

全球目标是对发达国家在应对严峻气候挑战中所承诺的减排义务

进行评估的有效途径。但是，正如第 4 章所讨论的那样，减排量数字明确显示，要实现全球目标，发展中国家同样责无旁贷；全球减排目标与发达国家减排量指标总和之间的差距需要由发展中国家来填补。因此少数发展中国家抵制制定减排目标这一方案，它们认为这是强制发展中国家承担减排义务的卑劣手段，它们坚决要求同时讨论分配框架。¹⁰ 发展中国家并不是反对制定全球减排目标，更多的是源于这样一种理解，这些预测会将一切国家行动与实现绝对减排目标联系起来，最终使发展中国家的发展在灾难性下滑中陷入绝对排放上限的约束中。

从发展的视角看气候变化的挑战，结论截然不同。基于丰富而复杂的理论发展史，最近的一些发展思路开始集中思考发展制度及制度惰性（参见第 8 章）。按照此观点，规范的“游戏规则”和不规范的规则，包括那些深植于各国文化中的规则都是经济激励措施、制度改革、技术创新和社会变革的重要决定因素。在不同行为者组织制度变革和转变激励措施的过程中，策略极其重要。决策者的心智地图同样重要，这关系到国家在发展中如何履行减排承诺。这里有三点相关的关键原则。第一，发展是变革的过程，动力很大程度上来源于底层；第二，历史和过去的制度模式对发展具有很大的影响，所以普遍模式作用有限——模式不具有普遍性；第三，变革特性同样适用于发达国家，即使不健全、不完善的制度带来的挑战不那么严峻，而自上而下的政策、价格信号被认为是变革的主要驱动力。

据此，发展中国家的低碳发展道路是一个长期的过程，与发达国

家相比，不必那么严格地遵从目标与时间表。相反，只有将这个目标融入政府机构、企业单位、公民社会和广大民众都全面参与的更大更广泛的发展进程中——发展中国家才有可能转向低碳发展道路。换句话说，气候变化必须与发展进程相结合。举个例子，我们应该重新思考未来低碳模式下的城市规划，办公地点与居所同处一地以减少交通需求，设计更多可持续发展的建筑，策划公共交通的解决方案（参见第 4 章）。较之于目标主导的短期方法，该方法可能强调在现有的城市基础设施中增加更多节能汽车。

正如第 4 章所强调的那样，这两种方法缺一不可。一个可以取得短期成果，另一个允许必要的长期转型。因此，二者相辅相成。一个以气候为导向的观点利于制定一系列短期的政策指令，借助大量方法和手段，只需要极小的调整就可以被各国执行并取得发展利益。这些政策指令大多适用于提高能效领域，比如加强建筑规范，提高设备标准等。¹¹ 这些方法都可以融入长期的发展进程，旨在透过气候透镜重新思考发展。

但是各国在关注短期目标和可预测成果的同时，不应忽略转向低碳发展模式的长期性根本性转变。如果发展中国家过于热衷制定具体标准，检测气候工作，那么长期性全球目标也会陷入这种单纯追求指标的风险中。如上所述，许多转变方法并不服从于自上而下的规划，按照预测和简单的计量标准去衡量也行不通。实际上，执著于计量标准及可预测性，只会形成降低不遵守规划风险的温和性措施。另外，全球目标中任何一个通过减少发达国家排放量而达

成的含糊目标的暗示都鼓励我们形成一种战略性博弈机制；在这些条件下，各国就有理由说服国际社会，国内能够采取的行动不仅很少，而且成本也很高。

协调这两种观点，就需要在短期至中期内，至少到2020年，实行成套的双轨方案。与《联合国气候变化框架公约》中“共同但有区别的责任”原则相一致，为减少碳排放量，发达国家同意优先考虑经济活动的可预测性，为国际社会应对气候变化的挑战提供保证。2020年的短期目标和2030年的中期目标与2050年的目标具有同等重要意义，因为减排行动越早，见效越快，就越能赢得发展中国家的信心。发展中国家可以沿着第二条轨道前进，我们将在本章稍后部分讨论，制定优先顺序使它们的经济和社会转向低碳发展模式。

我们应当清楚，这些方法不需要也不应该降低生活标准，相反，我们应当运用这些方法积极探索以发展解决气候问题的双赢结果。在长期目标框架内，发展中国家可以同意实行短期“最佳实践”方法——主要为提高能效——该方法可以同时带来气候和发展效益。同意积极实施这些方法可以确保发展中国家在短期内取得一些可预测的气候成果。

融资问题：制约性与所有权

前面所述的矛盾与气候融资行动中的问题密切相关。国际社会已达成广泛共识，发达国家转移部分基金援助发展中国家适应气候变化，同时提供专项资金资助减缓气候变化的行动。但问题是，有多少资金可利用，如何控制资金的支出，根据何种标准对其进行监控。这里我们将一一讨论这些问题。

发达国家政府希望它们提供的任何基金都可以有效地用于气候变化减缓行动或者适应行动中，进而获得实际的可测量的减排成果（温室气体排放量和脆弱性方面的成果）。为此，它们希望监管资金运用状况，在目前财政紧缩，发达国家赞助者援外意愿微弱的情况下尤其如此。减排融资更是如此。实际上，许多发达国家认为公共基金在援助发展中国家气候融资上收效甚微。相反，它们认为应当扩大市场机制运用的资金的比例。

发展中国家对这些基金的态度迥然相异，它们认为气候变化问题并不是它们造成的，这些基金是用来帮助它们适应和减缓气候变化的。因此，它们回避任何援助的含义，强烈抵抗任何条件性的限制。相反，它们认为应当在受援国重点任务的指导下使用这些基金。

双方的立场似乎都有道理。发展中国家完全有理由认为气候基金转移不是援助，因为发达国家应当承担气候问题的大部分责任。但是让发达国家为援助基金签一张没有任何基金使用责任机制的空白支票，在政治上相当困难。那么我们有必要从以往的教训中学习如何使用制约性这一工具。

某种程度上，正是发展辩论中关于制约性的历史形成了如今发展中国家在气候辩论中的立场。公民社会及其他参与者把制约性视作削弱民主、强迫实施不被赞同的改革的工具。由于制约条件不能有效帮助政府实行具有政治阻力的改革，在十年内制约性让位于一个几乎相反的概念，即改革议程借款人“自主权”，作为政策改革借款的前提。¹²气候变化的教训是，即使完全基于实用主义原则而将问题中与责任相

关的原则抛开，制约性也不能成为让政府在几乎没有国内支持的情况下采取措施的有效工具。

幸运的是，存在一个更有效的途径来阐述气候基金的使用方法。第一步，我们的注意力要从由捐赠方预先确定减排行动计划转为鼓励受援国围绕自主开发及制定低碳发展日程使用基金。这与第6章将要讨论的减贫战略很相似，以受援国政府自主设计的战略为中心，将多个捐赠方聚集到一起。这个方法着重强调实行捐赠方和受援方共同审核和监管气候融资的管理机制。

第二步，开展减排融资以支持发展中国家的低碳发展模式和具体的减排行动。具体行动应得到捐赠方和受援方的同意，并在气候变化减缓行动和发展收益两个领域发挥双重职能。正如前面所讨论的那样，许多提高能效的措施能够促使双方更加轻松达成协议。

双方达成支持低碳发展的协议更具挑战性和复杂性。但是以往有关制约性的教训告诉我们应当通过建立受援国的自主权来探索低碳发展的途径。一些政府制定长期碳排放量减少战略，作为识别具体行为和赢取国际支援基础的努力是一种引人瞩目的模式，这些国家包括墨西哥和南非。本章其余部分将讨论发展这些途径的方法。

将发展中国家的行动纳入全球体系的选择

国际社会应当说服发展中国家，使它们相信如果它们开始迅速向低碳发展模式转变，就存在将气候变化与发展进程结合起来的可行途径。如果国际气候体系鼓励发展中国家加大行动力度，它就必须包

含适合发展中国家国情的新方法。对发展中国家的任何减排要求都必须围绕“深刻理解经济形势和治理环境所决定的发展选择和发展第一要务”¹³这一原则。未来气候体系必须保证承认发展中国家的减排努力，同时还能保证实现它们的发展目标。

迄今为止，减排行动的首选方法是按照历史年排放水平制定的经济活动碳排放量目标，如同《京都议定书》所述。该方法基于输出（强调排放量的“输出”），核心目的在于将大气中聚集的温室气体控制并保持在可承受的浓度。¹⁴确定经济活动碳排放量目标有两大优势。一是它能提供明确的环境成果（假设可以达到）；二是它允许各国自由选择适合本国国情的最经济有效的减排方案。这个目标驱动型方法仍然适用于发达国家。

但是这样一个以气候为中心的方法，至少在现行气候体制内，用于发展中国家是存在问题的。很多发展中国家认为设定总排放量上限就是为经济增长设定了上限。这些国家已经展示了竞争优势，它们担忧应对气候变化的行动会削弱它们的竞争力。这些担忧源于这样一个事实，即发展中国家排放量的增长主要是由能源及经济增长的发展需要引起的。同时作为一个实际问题，制定和遵守经济活动的碳排放量目标需要准确地测量和周密地设计国家经济活动的排放量，而这个能力正是许多发展中国家所欠缺的。

所以，要想使发展中国家全面参与气候体系，就需要引入更适合它们环境的可供选择的途径。这些途径应当建立在已经在国家范围内开发或者实行的行动和战略类型上。和排放量目标不同，这些行

动可以大致被定义为“基于政策的”，关注产生排放量的活动而不是排放量本身。国家可以通过引入标准或者激励机制来转变行为或者技术，从而提高能效。减少温室气体排放量只是其中一个结果，政策也产生与国家核心发展目标息息相关的效益，比如增强能源购买能力及能源获取能力。各国可以根据国情采用不同的政策和行动来实现各种发展目标，包括经济增长、能源安全以及在增强流动性的同时减少排放量。

问题的关键在于如何协调该方法与第4章所传达的紧迫性，即除非全球立即行动，否则不可能将全球气温升幅控制在2℃以内。如下所述，对多轨框架和预先承诺影响的最新分析表明灵活的方法可能有效。

一体化多轨气候框架

为了更好地将发展要求和应对气候变化的努力结合起来，必须提高全球气候体制的灵活性，使之适合不同的国情和战略，对减排努力而言尤其如此。《京都议定书》制定了单一类型的减排承诺，它是对排放量具有约束力的、绝对的、经济范畴的约束。从环境影响和经济效益来看，这是正确的方案，但是从政治和实际状况来看，它并不适合此时的发展中国家。

将不同国家不同的方法糅合在一起就可形成一个更加灵活的体制，我们可以称其为“一体化多轨”框架。¹⁵很多国际体系都具备这一方法的特征，比如，多边贸易体系，它包括所有世贸组织成员国都通过的协议以及成员国小组中签订的复边协议。《欧洲联合国远程越界环境污染公约》和《国际防止船舶污染公约》包括了核心的协议，制定了

共同条款和附件，确立了有区别的责任。这些领域的经验给气候政策制定者提供了宝贵的借鉴。但是为和一套独特的政治政策规则相匹配，气候体系需要独特的架构。

在诸多条款中，多轨气候体系至少要包括两条截然不同的减排路线：

- 目标路线。针对发达国家和其他可能做好承诺减排的国家，制定具有约束力的、绝对的、经济范畴的减排目标，该目标承自《京都议定书》第一承诺期制定的减排目标。有减排任务的国家有权全面参与议定书所提议设立的国际排放权贸易体系。

- 政策路线。在这条路线中，其他国家同意通过采取国家推动的政策和行动来减少排放量和排放量的增长。这些政策可以按照领域来制定或者以经济活动范围为基础，包括提高能效标准、可再生能源目标、财政手段和土地利用政策。国家可以推行独立政策或者全面的低碳发展战略，识别重点领域和优先政策以及贯彻这些政策或措施所需的支持。

最近，对混合型框架的模拟表明多轨方法在环境效力和公平方面作用显著，效率降低也是合理的，这是让更多的国家参与到气候政策当中，让各国排放量共同达到将温室气体控制在450 ppm二氧化碳浓度或者550 ppm二氧化碳当量浓度目标所应当付出的成本（参见专栏5.3）。

另一个模型也显示如果多轨气候框架可以为一国何时签署具有约束力的协议提供确定性，那么该多轨框架就会非常有效。¹⁶实际上，这就减少了任何国家在未来加入具有约束力的协议的成本，因为它长期推动转变，投资者就可以在考虑投资选择时将最终的政策变化考虑在

专栏 5.3 兼顾效果与公平的多轨气候框架

根据最近巴特勒纪念研究院下属联合气候变化研究院与皮尤全球气候变化中心共同制作的全球气候变化模型显示，如果各国都按照“一体化多轨”气候框架制定的路线开展减排行动，即发达国家承担经济活动减排义务，发展中国家执行无目标的减排政策，那么到 21 世纪中叶可以实现将大气中的温室气体浓度控制在 450 ppm 的 2100 年目标。^a

全球政策体系规定，发达地区 2020 年排放量要在 2005 年的水平上减少 20%，2050 年要减少 80%；发展中地区要在能源、运输、工业及建筑行业实行一系列减排政策，比如碳排放强度目标，能效标准及可再生能源利用目标。具体的政策及实施力度根据各个发展中国家地区的具体国情而定。“政策

性信用额度”因发展中国家实行气候政策而实现减排，将其中一部分作为可交易信用额度奖励发展中国家，允许在国际碳市场上出售（最初 2020 年可交易信用额度是减排量的 50%，直到 2050 年减为 0）。

分析显示，2050 年的减排量目标几乎同那些在理想化“高效”450 ppm 轨迹引导下的目标一样不合理，该理想轨迹认为无论何时何地都能用最低成本在全球排放交易中实现减排。到 2050 年全球减排成本也将高于在一个有效方案统筹下的全球减排行动成本，这就强调了在 21 世纪中叶建立全球范围内各国广泛参与的碳排放交易市场以及全球减排的重要性。但是，即使在效率损失的情况下，2050 年的减排投资成本依然还不到全球国内生产总值的 2%。此

外，政策性信用额度方案重新分配了全球的减排投资成本，在很大程度上降低了发展中地区减排成本在国内生产总值中的比例。同时在方案实行早期，一些发展中国家（地区）出售碳排放信用额度的收入超过了国内减排行动的成本，产生经济净收益。

出处：Calvin 等 2009。

a. 这个模型并没有特别注意温度升高值。但是 450 ppm 的二氧化碳浓度相当于 550 ppm 的二氧化碳当量浓度（一种用来表述温室气体混合物的量的方法，并不单指二氧化碳），所以，温度升高值可能在 3℃左右。本报告出版时，将大气中温室气体控制在 450 ppm 二氧化碳当量浓度的目标并没有付诸实施，在这种情况下，将全球温度升幅控制在 2℃以内的可能性为 40%~50%。

内，这样可以减少被法令限制的资金和高昂的改进费用。

除了减排路线，一个综合协议还需包括：

- 以适应性规划及其实施帮助脆弱国家的适应行动路线。
- 支持发展中国家的技术、融资和能力建设等横向促动因素。
- 按照《巴厘岛行动计划》的规定，测量、报告、核实发展中国家的减排行动和对发展中国家减排行动的支持。

第4章指出，如果发展中国家延迟参与减排行动，将温度升幅控制在 2℃以内几乎是不可能的。而多轨框架强调双赢选择，使尽早行动成为可能。这里讨论的模式和方法证明，多轨气候框架方案和前瞻性、可预测政策值得一试，它们可以协调立即行动和将发展与扶贫作为第一要务二者之间的关系。

政策型减排路线

肯定和推进发展中国家的减排行动，需要在气候体制中为减排行动规定一个更广泛、更灵活的全新的范畴，将多项行动纳入其中。发展中国家开始识别那些国家层面的不是专门为或者主要为解决气候变化问题或者减排行动而制定的现存政策和既定政策。由于这些政策的制定以国情为依据，它们直接反映了一个国家的国情以及它的发展目标和发展要务。实际上许多政策是由能源可得性和能源安全、更好的空气品质、提高运输服务水平和可持续林业等发展目标推动形成的，而减排成果只是附带的共同利益。

如果机制允许将各国制定的政策纳入国际框架，它将对发展中国家带来四点优势。第一，发展中国家

可以自行安排本国的减排工作，与发展日程相一致。第二，各国可以推行符合本国国情、能力和减排潜力的国家一揽子计划。第三，如果配以完善的支持机制，政策在获得强大支持的前提下，可以均衡实施或层层实施。第四，国内政策既可以为发展中国家更有效的减排工作指明道路，又没有规定约束性的排放限额，发展中国家认为排放限额给国家的经济增长和发展进程带来不合理的制约。

政策型路线以各种形式出现在学术文献中。其中“可持续发展的政策和方法”（SD-PAMs），期望发展中国家的自愿承诺。¹⁷另一种提议是“基于政策的承诺”，虽然所含政策内容和可持续发展的政策与方法相同，但在国际框架中，它被视为一种承诺而不是自愿行动。¹⁸自《巴厘岛行动计划》实施以来，各国政府开始提出各种建议，探讨在未来的气候协议中政策型路线该如何运行的方方面面。¹⁹

作为国际气候框架变革的一部分，政府在制定一条新的政策型路线时，需要考虑几点相关问题，包括：

- 各国政府提出政策和行动的过程及其在国际框架中的体现。
- 政策和行动的合法性。
- 通过与其他机制相结合，激励和支持路线的贯彻实施。
- 测量、报告、核证以及支持政策和行动的标准和机制。

推行政策行动的进程。为使国际框架承认各国的政策措施，政府需要制定推进步骤，同时尽可能让其他国家和组织考虑及接纳它们。在谈判过程中，一些国家提议建立“登记处”，记录国家尚在计划或者准备执行的有效的减排行动。²⁰

问题的关键在于，推进减排行动的过程是发生在气候问题新协议的谈判过程中还是这些谈判的结果之

一。大多数发展中国家对后者满意。在这种情况下，新的气候协议需要为发达国家制定具有法律约束力的减排目标，确立支持发展中国家减排和适应工作的机制，明确界定发展中国家的减排工作。但是发达国家不愿意接受具有法律约束力的减排目标，除非主要发展中国家能够同时说明它们将采取的减排措施。在这种情况下，为了全面达成协议，将针对发达国家的具有法律约束力的减排目标同发展中国家具体的政策措施结合在一起，就必须将确定发展中国家的减排行动的过程纳入谈判进程。

在任何一种情况下，各国都需要考虑推行政策措施是否应该完全自由无限制。各国可以提议任何类型的政策和行动，或者任意限定气候政策和行动的范围。谈判提议为减排行动制定一个选择单，或者说准备一个“工具箱”，供发展中国家选用。²¹这个选择单可以识别广泛的行动范畴，各国可以根据自己选择的范畴制定详细的政策和行动计划。也就是说，为了行动的一致性及可比性，建立一些国家描述其减排行动时可以遵循的模板可能有益。

另一个重要的考虑因素是量化减排行动对排放量的预期影响，虽然实行政策型路线的国家不用为具体的排放限额做出承诺，但是其他国家希望了解它们的政策措施对未来排放量的影响，至少实行政策型路线的国家应该准备提供这方面的计划。根据各种推行过程类型的不同，排放计划应由政府间机构或者独立的第三方机构制定和确证实施情况。

法律特征。《巴厘岛行动计划》明确区分了针对发达国家的“适当的国内减排义务和行动”和针对发展中国家的“适当的国内减排行

动”，这意味着发展中国家的行动不用采取具有法律约束力的承诺形式。实际上，发展中国家在后巴厘岛谈判中提出的各种提议，包括提议为发展中国家减排行动设立登记处，都在强调行动本身的自愿性质。

但是《巴厘岛行动计划》并没有明确地排除发展中国家的义务，这与1995年通过的柏林授权正相反，柏林授权为后来的《京都议定书》制定了谈判框架。但在目前进行的谈判中，某些发达国家坚决要求一些发展中国家的行动应当具有法律约束力，²²然而至少在现阶段发展中国家不愿做出具有法律约束力的承诺。

相关支持。只有加大国际支持力度，发展中国家才能有效开展减排工作。实际上，根据《巴厘岛行动计划》，发展中国家的减排行动将得到“技术、资金以及能力建设的支持和促进”。接下来我们将讨论产生这些支持的潜在机制。如果缔约国决定让发展中国家实行政策型减排路线，那么问题是在路线中的各项行动如何得到来自各方面具体支持。

此外，任何促使国家提出行动建议的过程，都能够同时指明实施方式及对行动的支持力度。比如，国家在减排行动登记处登记一项新的行动，它可以注明为实施该行动所需支持的类型和程度。或者一国可能详细说明它准备独自承担的减排行动和在获得支持后才准备承担的更高层次的减排行动。发展中国家还可以在登记处记录一项行动的实施过程，相关认证机构就可以根据议定的标准做出一份评估报告，依照国家的国情和能力判断其所需的支持。以上所有措施都能保证发展中国家可以得到与其减缓行动相适应的支持。

测量、报告及核证。《巴厘岛行动计划》各缔约方承诺发达国家和发

展中国家的减排行动——以及对发展中国家减排行动的支持——都要“可测量、可报告以及可核查”（MRV）。有效地履行 MRV 条件能够促使建立和保持各缔约方对各方减排行动及整个机制的信心。MRV 条件必须权衡处理好透明化和问责制与国家主权之间的关系，才能真正切实可行。

在现有的体制下，发展中国家很少报告所需要支持——国家“信息通报”（包括排放清单）也很少上报，也不进行审核。在未来的协议中，需要通过更加严格的措施确保政策型路线下发展中国家的行动切实满足 MRV 条件。第一，各缔约方需要考虑何种行动易于被测量、被核证。一些发展中国家认为只有那些接受发达国家支持的行动才需要履行 MRV 条件。第二，核查工作是由本国自行完成，还是交由国际机构或者第三方机构来完成。在一些国际体系中，各缔约国根据国家制度核查行动实施情况，但必须与国际指导方针相一致。也可以通过国际专家组评估缔约国的行动（发达国家的信息通报和排放清单在《联合国气候变化框架公约》和《京都议定书》的框架下接受评估）。

第三是指采用的衡量标准，这与核查方法无关。政策型路线的理论基础之一是允许各缔约国选择最适合本国国情和发展目标的行动类型，进而所呈现出的多样性会给 MRV 条件带来挑战，这是因为要用不同的衡量标准去测量和核证多种类型的行动（效率标准、可再生能源目标、碳税）。所以 MRV 条件的结构在很大程度上取决于对行动的定义。反过来，行动可测量、可核查的要求也在很大程度上影响各国对解释行动的方式。以某种方式让行动类型在政策型路线的允许范围内——比方说，可以罗列一个行动清单供各国选择——这样可以使 MRV 条件易于管理。

同样对发达国家支持的测量和核查工作在很大程度上取决于具体支持的类型及机制。如果新协议认识到支持来源于双边渠道，那么相关标准就需要确定流动资金哪些是“气候相关的”和“新的和额外的”。总体上，多边手段提供的支持，如国际碳税和国家排放配额，更易于核查。

支持发展中国家减排工作

发展中国家发展并有效执行减排行动的能力在某种程度上取决于国际社会能否给予其充足且可预见的支持。支持大体包括资金、技术以及能力建设。这可能包括分析减排潜力，识别温室气体减排机会，以最小成本获得最高协同效益；制定和执行温室气体减排政策，推广应用可获得的最佳减排技术，测量和核查减排行动以及伴生可持续发展效益。

大力支持要求配套机制以启动私人投资的方式筹集和引导公共资源。在任何情况下，私人投资都是向低碳经济转型的主要资金来源（参见第6章）气候机制包含公共财政和市场机制两大支持形式，未来协议必须大力深化推广这两大支持形式。

公共财政

全新的多边努力必须增加支持发展中国家的公共财政。其中的关键问题包括资金来源、融资标准、融资工具、与私人资本相结合以及新的融资机制的管理与治理（所有问题都将在第6章详尽讨论）。这里只想强调几点发现。

气候体制下的大部分资金都来源于捐赠国，因此，资金既不充足又缺乏稳定性。几项正在讨论中的方案提出了更多可靠的资金来源，其中包括基于协定评估标准的资金承诺、征收国际航空税或其他温室气体排放税、拍卖发达国家国际排放配额。发展中国家于2008年12月在波兰波兹南联合国气候变化会议

上提出的将现行清洁发展机制交易中征税的条款用于《京都议定书》中其他灵活的市场机制中（国际排放贸易和联合履行机制）的提议是另一种选择。²³

任何新的融资都可以根据所支持的活动的类型有效选择利用拨款、优惠贷款、贷款担保和其他风险减缓工具等融资工具。技术方面包括购买和使用知识产权及其相关技术的付款。选择活动的重要标准是一美元投资产生的预计减排量，项目对东道国可持续发展目标的作用或项目启动碳融资或其他私人投资的能力。

市场机制

《京都议定书》清洁发展机制产生了大量资金，为发展中国家的清洁能源项目和其他减少温室气体排放量的项目提供支持。清洁发展机制已经取得许多成果，但经验也凸显了许多可能改进的问题和领域（参见第6章）。除对原始清洁发展机制模型进行改革外，为刺激更大规模的投资和减排，各国已经开始考虑排放配额的替代措施。

正如最初设想和目前运行的那样，清洁发展机制产生的排放信用因个体项目提议和核查的不同而不同。大量实践证明，这个以项目为基础的方法将许多减排潜力巨大的战略拒之门外，而且交易成本高昂，管理不善，这些问题严重限制了清洁发展机制的预期目标，即转变长期碳排放趋势的目标。作为解决这些隐患的初步尝试，各缔约方批准建立一个“规划方案下的”清洁发展机制，允许多种不受时空限制的活动集成为一个单独项目。但减排成果的测量依然以各个分散的活动为基础。

多种新的模式目前正处于讨论阶段，包括行业减排配额和政策减排配额。通过政策及其他更广泛的计划获得排放配额，可以促进和支持大规模的减排工作。比如，行业减排法对整个

行业的排放量进行测量，一个国家的碳排放量只要低于议定的排放量基准线，就可以获得排放配额（这个方法有时被称为“行业无损配额”，因为即使超出基准线国家也不会受到任何影响）。这个基准线的设定可以按照前例，奖励任何低于预期排放水平的国家。或者基准线可以低于经常标准，要求国家在有资格取得配额时，先行自主承担减排任务。考虑到未来排放计划的不确定性，一切按照前例的基准线多少有点主观，可能会引起争议。

根据政策减排法，国家通过实行气候体系承认的减排政策或采取技术行动取得可核查的减排成果，从而获得配额。这个方法非常适合政策型减排路线，为各国提供发展、提议和执行与发展目标相一致减排政策的市场激励措施。可以建立一整套方法论量化不同政策类型的减排成果。因其政策行动取得的所有减排成果而获得碳排放配额的国家可能导致配额的供应量过多。发达国家可能依然对此持反对意见，理由是它们认为发展中国家应当承担一部分政策行动的成本。发展中国家可以通过实行两种举措来解决这种隐忧，只有在切实达到减排标准后才能配发信用额度或者扣减信用额度（比如，每减少两吨的排放量获得一顿的信用额度）。

加强国际支持 将适应行动纳入气候智能型发展

加大国际社会对适应行动的支持力度不可或缺，这是因为人们已经感受到气候变化的影响，而且贫困人口对气候变化的影响最小，却正在面临最严重的风险。但是适应行动必须拓展到气候框架之外。正如第 2 章和第 3

章所述，无论是国内还是国际社会，适应行动的相关问题及优先顺序都要与经济发展、发展计划和决策系统全面结合起来考虑。国际气候体系的作用在于推动国际支持，促进各国的适应行动。这里所关注的是在国际气候体系下如何最有效地鼓励和促进适应行动。

在当前气候体系下的适应行动

《联合国气候变化框架公约》的各缔约方都承诺实施国内减排措施并合作应对气候变化所带来的影响。考虑到最不发达国家应对气候变化不利影响的特别需要，必须给予它们特别的关注²⁴。《联合国气候变化框架公约》鼓励和支持最不发达国家完成并提交“国家适应行动计划”，明确每个国家的重点适应行动以满足适应气候变化的最迫切需求（参见第 8 章）。目前已有 41 个最不发达国家提交了国家适应行动计划²⁵。2005 年，国际社会批准了五年期的《内罗毕工作方案》，帮助最不发达国家了解和评估气候变化的影响，以期各国决策者就适应气候变化行动和措施做出明智的决策²⁶。

目前在《联合国气候变化框架公约》下运作的适应基金主要来源于全球环境基金下适应战略重点计划；其余的基金来源于完全投入运行的《联合国气候变化框架公约》下的适应基金。

迄今为止，国际行动已经为适应行动提供了信息和能力建设支持，而且它已经为推动适应行动在国家层面的有效实施、获得技术或建设国家机构以推动适应行动进程发挥了作用。国际行动受到资金有限、国家规划和发展机构参与有限的制约。《联合国气候变化框架公约》一般会涉及一些环境机构；它们集中应对气候变化问题，但是很难引导实施全方位、多领

域的适应行动。

在《联合国气候变化框架公约》下加强适应行动

妥善解决国家发展进程问题是鼓励尽早制订计划，加强气候适应能力，阻止加剧气候脆弱性的投资项目的基石。《联合国气候变化框架公约》的实施可以通过如下方式完成和推动国家发展计划。

- 支持脆弱国家制定全面的适应行动战略。这些战略将建立适应行动框架，加强国家实施适应行动的能力。这些适应行动战略应在“国家适应行动计划”的基础上设计，确定急需的优先适应项目，制订全面的长期计划，以识别气候风险、现存及需要的适应能力，将气候风险管理完全纳入发展决策的国家政策和措施中。除了组织国家适应行动，这些战略还可以通过气候机制或其他渠道作为目标性实施协助的基础。

- 交流经验和成功实践，协调规划方法，以支持国家、地区和国际系统中的气候变化适应行动和气候复原行动。²⁷ 这可以给国家的脆弱性评估、如何将适应行动纳入行业和国家的发展计划和政策提供指导，并帮助国家获得适应技术。《联合国气候变化框架公约》下的全球成员国体系给国家、组织和私人企业提供了一个独一无二

的论坛，在这里它们可以交流经验，互相学习。引导国家发展机构参与该论坛是获得成功的基本因素。除了利用《联合国气候变化框架公约》推广信息，还可以建立区域性卓越中心，以促进本地、国家及区域的适应行动。地方首先感受到气候变化的直接影响，所以相应措施需要与当地的特定环境相适应。在国际社会的支持下，区域性卓越中心可以推动能力建设、协调研究活动、交流经验和最佳实践。

- 提供可靠的适应基金援助各国实施其国家适应战略认为急需实行的措施。适应基金大部分来源于公共财政（参见第6章）。寻找更多的适应性资金渠道并与现有的发展资金相结合，是各国有效开展适应行动的基本要素。资金可以来源于捐助，清洁发展机制税收，排放许可的税收及拍卖收入。制定分配资金的标准和确定管理适应资金的制度安排同等重要（参见第6章）。公平有效地分配和使用适应性资金符合每个人的利益，浪费性资源使用会削弱公众对整个气候行动议程的支持。

在《联合国气候变化框架公约》框架下，我们需要建立新机构为各国提供指导、评估各国的适应行动战略、建立分配资源的标准。该机构必须与其他国际发展机构密切合作，同时又

让我们携手努力……现在而不是不可挽回之前拯救地球母亲。

——Sonia R. Bhayani, 肯尼亚, 8岁



要保持足够的独立性对国家战略和资源配置标准进行可信的评估。

正如本章前面所述,现行的《联合国气候变化框架公约》体制中有关适应行动的条款并不完备。《巴厘岛行动计划》为各国提供了简化适应行动、调配充足资金支持适应性行动的重大契机。

注释

1. 1997年(签订《京都议定书》)至2006年间,能源相关排放量增长了24%,参见二氧化碳信息分析中心数据(DOE2009)。

2. 全球环境基金通过各种多边组织管理项目和投资,此外,它还是《国际环境公约》的金融机制,其中包括《联合国气候变化框架公约》。全球环境基金还提供了价值172亿美元的联合融资;参见全球环境基金2009。

3. 这一节引自Dubash2009。

4. 绝对减排目标指相对于目前水平的净减排量,这和预期排放量轨迹的改变不同。

5. Baer, Athanasiou 和 Kartha 2007, 参见专栏5.2。

6. Baumert 和 Winkler 2005。

7. Burtraw 等 2005; Barrett 2006。

8. 参见焦点A关于科学的论述和第4章的讨论。

9. 欧洲的《联合国气候变化框架公约》意见书, http://unfccc.int/files/kyoto_protocol/application/pdf/ecredd191108.pdf (访问于2009年8月5日)。

10. 印度和中国的《联合国气候变化框架公约》意见书 http://unfccc.int/files/kyoto_protocol/application/pdf/indiasharedvisionv2.pdf http://unfccc.int/files/kyoto_protocol/application/pdf/china240409b.pdf (2009年7月6日登录)。公民社会观点请看第三世界网,“理解欧洲委员会的气候交流,” <http://www.twinside.org.sg/title2/climate/info.service/2009/climate.change.20090301.htm>。(2009年7月8日登录)。

11. 例如麦肯锡全球研究院(2008)指出六个政策领域的重点行动减少了在成本曲线中显示的40%的成本。

12. Dollar 和 Pritchett 1998。

13. Heller 和 Shukla 2003。

14. Heller 和 Shukla 2003。

15. Bodansky 和 Diringer 2007。

16. Blanford, Richels 和 Rutherford 2008; Richels, Blanford 和 Rutherford, 待出版。

17. Winkler 等 2002。

18. Lewis 和 Diringer 2007。

19. 请参见,南非的《联合国气候变化框架公约》意见书 (http://unfccc.int/files/meetings/dialogue/application/pdf/work-ing_pper_18_south_africa.pdf, 韩国意见书 <http://unfccc.int/resource/docs/2006/smsn/parties/009.pdf> 2009年6月登录)。

20. 南非和韩国的《联合国气候变化框架公约》意见书 (<http://unfccc.int/resource/docs/2006/smsn/parties/009.pdf> 2009年6月登录)。

21. 韩国的《联合国气候变化框架公约》意见书 http://unfccc.int/files/meetings/dialogue/application/pdf/working_paper_18_south_africa.pdf (2009年6月登录)。

22. 比如,美国和欧盟在向《联合国气候变化框架公约》递交的意见书中提出,主要的发展中国家应该制订并向《联合国气候变化框架公约》提交低碳发展战略计划。见 UNFCCC/AWGLCA/2009/MISC.4 网址:<http://unfccc.int/resource/docs/2009/awglca6/eng/misc04p02.pdf> (2009年8月5日登录)。

23. Akanle 等 2008。见 http://unfccc.int/kyoto_protocol/mechanisms/items/1673.php (2009年7月8日登录)中有关《京都议定书》中灵活机制的信息。

24. 《联合国气候变化框架公约》第4.1条款。

25. 《联合国气候变化框架公约》秘书处, http://unfccc.int/cooperation_support/least_developed_countries_portal/submitted_napas/items/4585.php (2009年8月5日登录)。

26. 《联合国气候变化框架公约》第4/CP.11决议。

27. 美国勘探地球物理学家协会 2007。

参考文献

Akanle, T., A. Appleton, D. Bushey, K. Kulovesi, C. Spence, and Y. Yamineva. 2008. *Summary of the Fourteenth Conference of Parties to the UN Framework Convention on Climate Change and Fourth Meeting of Parties to the Kyoto Protocol*. New York: International Institute for Sustainable Development.

Baer, P., T. Athanasiou, and S. Kartha. 2007. *The Right to Development in a Climate Constrained World: The Greenhouse Development Rights Framework*. Berlin: Heinrich Böll Foundation, Christian Aid, EcoEquity, and Stockholm Environment Institute.

- Barrett, S. 2006. "Managing the Global Commons." In *Expert Paper Series Two: Global Commons*. Stockholm: Secretariat of the International Task Force on Global Public Goods.
- Baumert, K., and H. Winkler. 2005. "Sustainable Development Policies and Measures and International Climate Agreements." In *Growing in the Greenhouse: Protecting the Climate by Putting Development First*, ed. R. Bradley and K. Baumert. Washington, DC: World Resources Institute.
- Blanford, G. J., R. G. Richels, and T. F. Rutherford. 2008. "Revised Emissions Growth Projections for China: Why Post-Kyoto Climate Policy Must Look East." Kennedy School Discussion Paper 08-06, Harvard Project on International Climate Agreements, Cambridge, MA.
- Bodansky, D., and E. Diringer. 2007. "Towards an Integrated Multi-Track Framework." Pew Center on Global Climate Change, Arlington, VA.
- Burtraw, D., D. A. Evans, A. Krupnick, K. Palmer, and R. Toth. 2005. "Economics of Pollution Trading for SO₂ and NO_x." Discussion Paper 05-05. Resources for the Future, Washington, DC.
- Calvin, K., L. Clarke, E. Diringer, J. Edmonds, and M. Wise. 2009. "Modeling Post-2012 Climate Policy Scenarios." Pew Center on Global Climate Change, Arlington, VA.
- DOE (U.S. Department of Energy). 2009. "Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC)." Oak Ridge, TN.
- Dollar, D., and L. Pritchett. 1998. *Assessing Aid: What Works, What Doesn't and Why*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Dubash, N. 2009. "Climate Change through a Development Lens." Background paper for the WDR 2010.
- GEF (Global Environment Facility). 2009. "Focal Area: Climate Change," Fact Sheet, GEF, Washington, DC, June.
- Heller, T., and P. R. Shukla. 2003. "Development and Climate Change: Engaging Developing Countries." In *Beyond Kyoto: Advancing the International Effort against Climate Change*, ed. J. E. Aldy, J. Ashton, R. Baron, D. Bodansky, S. Charnovitz, E. Diringer, T. C. Heller, J. Pershing, P. R. Shukla, L. Tubiana, F. Tudela, and X. Wang. Arlington, VA: Pew Center on Global Climate Change.
- Jiahua, P., and C. Ying. 2008. "Towards a Global Climate Regime." *China Dialogue*, December 10. <http://www.chinadialogue.net/article/show/single/en/2616>.
- Lewis, J., and E. Diringer. 2007. "Policy-Based Commitments in a Post-2012 Framework." Working paper, Pew Center on Global Climate Change, Arlington, VA.
- McKinsey Global Institute. 2008. *The Carbon Productivity Challenge: Curbing Climate Change and Sustaining Economic Growth*. McKinsey & Company.
- Meyer, A. 2001. *Contraction and Convergence: The Global Solution to Climate Change*. Totnes, Devon: Green Books on behalf of the Schumacher Society.
- Richels, R. G., G. J. Blanford, and T. F. Rutherford. Forthcoming. "International Climate Policy: A Second Best Solution for a Second Best World?" *Climate Change Letters*.
- SEG (Scientific Expert Group on Climate Change). 2007. *Confronting Climate Change: Avoiding the Unmanageable and Managing the Unavoidable*. Washington, DC: Sigma Xi and The United Nations Foundation.
- UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). 2005. *Caring for Climate: A Guide to the Climate Change Convention and the Kyoto Protocol*. Bonn: UNFCCC.
- Winkler, H., R. Spalding-Fecher, S. Mwakasonda, and O. Davidson. 2002. "Sustainable Development Policies and Measures: Starting from Development to Tackle Climate Change." In *Building on the Kyoto Protocol: Options for Protecting the Climate*, ed. K. A. Baumert, O. Blanchard, S. Llosa, and J. Perkaus. Washington, DC: World Resources Institute.

国际贸易与气候变化体制之间的相互作用对发展中国家意义重大。尽管各国绝对有理由去探索贸易体制与气候变化体制之间的协同作用并调整可以促进生产、贸易及对清洁技术投资的政策,然而,各国更重视贸易措施在全球气候谈判中的制裁作用。

为实现《京都议定书》2012年目标及此后的目标,各国展开了减少温室气体排放量的竞赛。竞争导致各国开始重视贸易制裁,它们提议设立关税和边境调节税,以补偿二氧化碳排放总量管制对经济发展造成的不利影响。各国还担心碳密集型产业“渗透”到不执行《京都议定书》的国家中去。

改善当前和未来人类福祉是全球贸易体系和气候体系的目标。正如世界贸易组织承认追求“保护和保护环境”¹的重要性,《京都议定书》明确规定各国应当“以对国际贸易造成的影响最小的方式……努力执行政策和措施”,《联合国气候变化框架公约》在多个场合也突出强调了相似的观点,多哈公报明确表示“支持和维护开放的、非歧视的多边贸易体制和致力于保护环境、促进可持续发展的目标能够而且必须相互支持”。²这样,两大协议承认并尊重彼此的规定。

尽管气候和贸易之间存在协同增效潜力,其目标又互为支持,然而多年来,气候和贸易进程大体上独立发展。虽然《京都议定书》的实施揭露了经济增长和环境保护的矛盾,《京都议定书》的目标也为通过调整发展和能源政策,刺激生产、贸易及对清洁技术的投资提供了契机。

最近将气候和贸易联系起来尝试受到广泛质疑。在2007年召开的联合国气候变化框架公约

巴厘岛大会贸易部长会议上,尽管缔约方达成广泛共识,认为贸易和气候在几个领域互为支撑,它们指出二者之间可能发生矛盾,在谈判2012年后《京都议定书》时代的气候承诺时尤其可能引起矛盾。

发展中国家普遍认为,贸易谈判中任何有关气候变化问题(或者,更广泛地说,任何环境相关的问题)的讨论最终都会导致高收入国家设立“绿色壁垒”,这会对它们的发展造成不利影响。发展中国家反对将气候问题纳入贸易体系进行讨论,他们声称气候变化问题首先属于并且必须在《联合国气候变化框架公约》的框架内进行谈判。甚至如果没有《联合国气候变化框架公约》的要求,世界贸易组织都不太热衷于扩大气候问题的讨论范围。有趣的是,不论如何辩论,越来越多的区域性贸易协定(很多包括发展中国家)中都包括详细的环境条款。但是几乎没有证据显示各国为实现积极的环境成果而做出一点点有意义的贡献。³而且,区域性贸易协定对气候变化等全球性环境问题的作用有限,全球性环境问题必须有一个全球性的解决方案。

新发展

利用惩罚性贸易制裁支持国内气候行动的做法仍然盛行,而当前金融危机又使得这一做法为人们所接受,美国国会提出的所有能

源和气候政策法案,均对不控制碳排放的国家的某些商品实行贸易制裁或征收关税(或者同等惩罚性手段)。同样地,欧盟委员会决定加强欧洲温室气体减排机制,同时也意识到新立法会给欧洲公司带来一定风险,因为与气候保护法不那么严厉的国家的公司相比他们就处在竞争劣势。

经济和法律文献就实施环境边境措施进行了广泛讨论。世界贸易组织和其他贸易协定的确允许可能违反自由贸易规则的“例外条款”,但是只要它们符合“非歧视”或“最小贸易限制”原则⁴,它们就被认为是必要的措施,或保护环境或有限自然资源的相关努力。贸易措施经常被认为是确保各国行动符合《多边环境协定》(MEAs)的一个途径。实际上《多边环境协定》,比如《濒危物种国际贸易公约》和《巴塞尔公约》,都是通过使用贸易限制手段来达到目标,所有缔约国也都认同这一手段。但是,就气候变化问题而言,实施根据国家政策制定的单边贸易措施或根据工序和生产方法制定的生产标准或者同时实施两者会带来一个难题,即评估贸易措施和气候变化政策的相容性。征收国占有税收或税收返还纳税国,两种方式会产生迥然相异的政治经济形势。

但是由于世界贸易组织至今尚未出台明确规定,法律专家就征收包含碳税是否符合国际贸易法仍然存在分歧。但是,最近的提

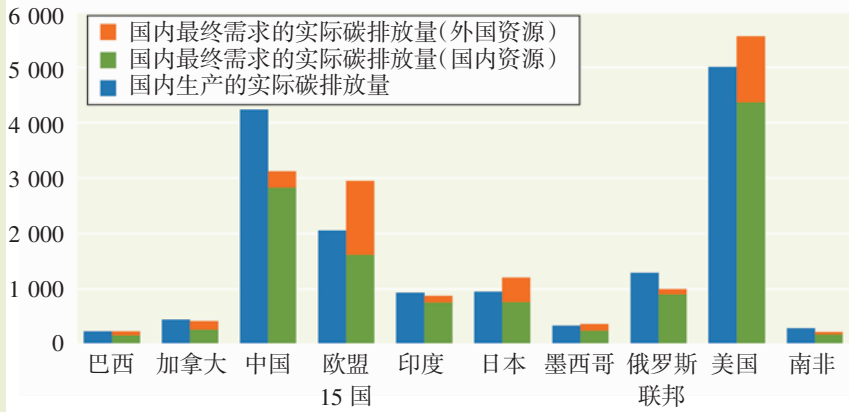
专栏 FC.1 征收实际碳税

是应该在碳排放地征收碳税，还是根据产品“包含的”或“实际的”碳排量，即产品生产过程和运输过程中的碳排放量在产品消费地征收碳税？很多主要的出口国认为，他们因为碳排放而受到碳关税的处罚，但实际上很大一部分碳排放量都是在生产出口产品即供其他国家消费的产品时产生的。根据对多区域投入—产出表碳流量的分析数字显示，中国和俄罗斯是实际碳的净出口国，而欧盟、美国和日本是净进口国。

但是，如果有国家不征收碳税，碳税征收国将考虑对竞争力的影响和碳泄漏效应，为创造公平竞争的环境，碳税征收国可能考虑对进口产品征收实际碳税。下表显示了如果对进口产品和服务征收每吨二氧化碳 50 美元碳税的各国现行关税和有效关税之和。

每吨二氧化碳 50 美元的碳价与最近国际市场的水平一致——根据 2008 年《欧洲排放权交易体系》计算则高达每吨 35 欧元。从下表我们可以看出，如果按照这个关税体系开展国际贸易，发展中国家会背负数额巨大的边境碳税。

生产型排放量和消费型排放量(百万吨 CO₂)



出处: Atkinson 等 2007。

备注: 蓝条高度表示生产产品和服务的总排放量; 绿条表示满足国内最终需求的国内碳排放量部分 (国内实际碳排放量); 橙条表示满足国内最终需求的国外碳排放量部分 (国外实际碳排放量)。如果蓝条高于另两个的总和, 那么就表示这个国家是实际碳排放量净出口国。

毫无疑问,单方面实施“实际碳税”将成为贸易摩擦的根源,给已经受到当前金融危机冲击的国际贸易体系造成更大的损害。为应对气候问题而为边境关税打开方便之门,可能产生大量的贸易措施以解决某些领域的竞争不平衡问

题。由于准确测量碳含量将非常复杂且易于形成争端。此外,征收实际碳税会加重低收入国家的负担,而这些国家对气候变化的影响微乎其微。

实际碳税为每吨二氧化碳 50 美元时,进口产品和服务的平均关税

%

		进口国										平均值
		巴西	加拿大	中国	欧盟 15 国	印度	日本	墨西哥	俄罗斯	美国	南非	
出口国	巴西	0.0	3.4	3.2	3.2	2.8	4.0	2.7	2.6	3.0	2.9	3.1
	加拿大	4.5	0.0	3.4	3.4	3.7	3.2	2.8	2.8	2.6	3.0	2.8
	中国	12.1	10.5	0.0	10.5	13.4	10.4	9.9	10.0	10.3	11.1	10.5
	欧盟 15 国	1.6	1.1	1.1	0.0	1.3	1.2	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2
	印度	8.3	7.8	9.2	7.7	0.0	6.8	8.1	8.7	7.9	5.3	7.8
	日本	1.4	1.3	1.5	1.4	1.6	0.0	1.4	1.4	1.2	1.3	1.4
	墨西哥	3.5	2.1	4.2	4.0	10.8	4.0	0.0	4.1	1.7	3.5	2.1
	俄罗斯	18.0	14.3	12.4	11.8	12.8	11.3	14.7	0.0	10.4	15.9	11.7
	美国	3.3	3.0	3.1	3.1	3.3	3.0	2.8	2.8	0.0	3.2	3.0
	南非	15.9	10.1	10.6	9.8	11.5	11.4	16.6	7.9	8.9	0.0	10.1
平均值		3.7	2.9	2.2	5.0	4.5	4.8	3.3	2.6	3.0	2.9	

出处: Atkinson 等 2009。

备注: 最后一列表示出口国需负担的贸易加权关税平均值; 最后一行表示进口国制定的贸易加权关税平均值。

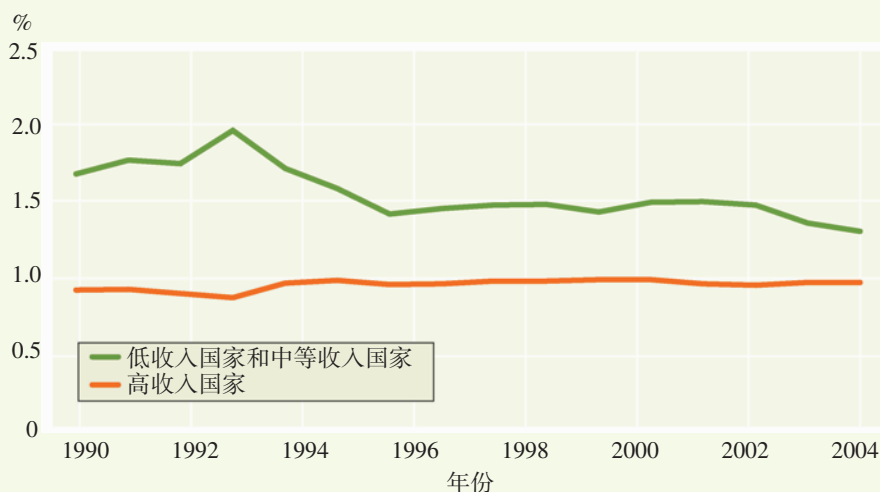
案却对发展中国家的制造业产品贸易产生了重大影响（参见焦点 C 专栏）。

由于碳密集型企业可以很容易将生产转移到无减排义务的国家,任何豁免发展中国家减排义务的方案都可能没有效力,许多高收入国家对此表示担忧。这种转移被称为“碳泄漏”。它不仅会削弱《京都议定书》所产生的环境效益,同时还会影响发达国家工业的竞争力。而对于水泥、化工这样的能源密集型工业来说,国际竞争力至关重要。这与“污染避难所”争论差可比拟,这一争论在 20 世纪 90 年代的贸易和环境文献中占据了主导地位。

近期世界银行研究审查了所有因气候政策严厉而转移碳密集型工业的证据,大部分发生在发达国家。影响能源型行业转移的因素之一通常是能源相对价格,此外包括土地及劳动力成本。研究以高收入国家、低收入国家和中等收入国家的能源密集型产品的进出口比率作为生产和贸易模型转变的代替物(参见焦点图 1)⁵。图中发达国家的进出口比例呈现上升趋势而发展中国家则呈现下降趋势。虽然这不是最后结论,但结果显示碳密集型产业已经开始向温室气体排放不受总量管制限制的国家转移。但是高收入国家的进出口比例仍然小于 1 而发展中国家仍然大于 1,这说明高收入国家依然是能源密集型产品的净出口国,发展中国家则是净进口国。

同样,一些高收入国家的公司实施“碳标签”制度作为减缓气候变化机制。“碳标签”制度指测量产品及服务生产过程中的碳排放量,并将排放量信息传递给消费者以及公司内部的采购活动决策者。精

图 FC.1 高收入国家、低收入国家和中等收入国家能源密集型产品的进出口比率



出处:世界银行 2008。

心设计的“碳标签”制度能够激励供应链各环节生产向低排放产地转移。因此可能成为消费者通过其购买偏好参与应对气候变化行动的途径。

“碳标签”制度的不利之处在于它可能给低收入国家的出口造成严重影响。⁶由于需测量碳含量并获取相关认证以参与“碳标签”贸易制度,低收入国家向有气候政策限制的国家出口产品将面临更严峻的挑战,这种担忧越来越大。低收入国家的产品出口通常依靠长途运输、产品由相对较小的公司或农场生产,所以很难加入复杂的“碳标签”制度。

对包括低收入国家在内的整个国际供应链的碳排放结构的科学研究存在一个巨大的知识鸿沟有待填补。现有的少数研究显示,碳排放模式相当复杂,单一地理因素无法作为排放量的优良代表量,因为最优越的生产条件远远可以抵消运输的劣势。比如,在肯尼亚种植玫瑰再空运至欧洲市场销售所产生的碳排放量大大低于在荷兰种植玫瑰产生的碳排放量。

“碳标签”制度的设计及执行

需要面对一系列复杂的技术挑战。⁷第一,使用富裕国家生产商提供的二手数据衡量低收入国家生产商的碳排放量忽视了一个事实,即富裕国家和低收入国家应用的技术存在巨大差距。第二,有关排放因子使用的技术问题——产品的制造及使用的各个特定环节的碳排放量——该如何来估算。第三,系统边界的界定,指包含在温室气体排放评估中的对产品生产各个环节的界定。评估一个体系、产品或者活动的碳足迹都要依照“系统边界”的界定规则。

积极行动

技术转移是近期贸易和气候出现交叠的另一个领域。“清洁发展机制”对援助发展中国家应对温室气体排放的技术转移项目的类型及数量都有明确限制(见第 6 章),考虑到这一点,我们应该通过放宽贸易和投资规范以加速向发展中国家的技术转移。⁸从世界贸易组织多哈回合谈判一开始,环境产品和服务的贸易自由化就提上了日程。世界贸易组织成员国一致认为环境产品的贸易自由化应有

利于环境保护。但是,由于高收入国家和发展中国家在自由化产品的确定和自由化方式上存在分歧,目前尚未取得实质性进展。

世界银行等已经开始行动,⁹通过确定受到关税或非关税壁垒限制的气候友好型产品和服务,并将通过世界贸易组织谈判撤除壁垒视为优先解决的问题,从而推进相关谈判。由于世贸组织成员国仍未就既可以促进气候政策目标的实现又可以平衡各国贸易利益分配的“气候友好型”定义达成一致,这种行动努力仍然充满挑战性。争论焦点之一是既可以减少温室气体排放量又可以满足消费者需求的“两用型”技术,焦点之二是农产品,这一直是多哈回合谈判的争论难题。

另一个问题是,发展中国家之间清洁技术贸易(南南贸易)的巨大潜力,这个问题常常被忽视。传统意义上,发展中国家是清洁技术的进口国,而高收入国家是出口国。但是由于发展中国家不断提高的气候投资及自身巨大的消费市场,他们现已成为清洁技术的主要发展者。¹⁰作为风能的主要研发和投资国,中国为全球风能市场带来了关键性的发展。同样,其他发展中国家也已成为可再生能源的制造国,印度的太阳能电池制造能力在四年间已提高数倍,而巴西一直是生物燃料生产的世界领导者。这些发展呼吁着清洁技术双边贸易的自由化,这也会推动未来南南技术转移的蓬勃发展。

贸易和气候变化的未来之路

由于担心一方压倒另一方,各国一般不愿加强贸易和气候体制的联系。发展中国家正在崛起为清洁技术的生产大国和出口大国,而

清洁技术贸易为发展中国家提供了可能的经济机遇,因而这一观点并不合理。即使事关非常复杂的议题,贸易体制也可能取得进步。世界贸易组织于1997年成功签订《信息技术协议》的经验告诉我们,任何关于气候友好型产品和服务的协议都要按照分步骤完成的方法来实施,只有这样才能使发展中国家逐步适应实行贸易自由化,这包括提高海关总署的效率和协调气候友好型产品海关税的分类。同时各国应该通过一揽子资金和技术援助措施支持气候友好型产品和服务的贸易自由化。推迟贸易和气候行动议程至多哈回合之后的新一轮漫长的世界贸易组织谈判相当危险,因为美国和欧盟提出的各类气候相关贸易制裁可能成为现实,这一危险迫在眉睫。

如果气候相关的贸易措施对发展中国家极其不利,他们可以通过气候和贸易谈判来夺回应有的权益。或者发展中国家可以选择接受由主要贸易合作伙伴制定的新的政策和标准,来维护他们的市场准入权益。在任何一种情况下,发展中国家都必须提高自身能力建设以更好地理解 and 响应这些发展。此外,所有全球性贸易和气候变化协议都突出强调了资金和技术转移的重要意义。

虽然贸易和气候体制的结合会给各国带来种种利益,但各国也不应该低估发达国家单方面强制征收碳关税给国际贸易体系带来的危害,尤其是发展中国家还将承担不合理的责任。因此,保证追求全球气候目标和维护公平、开放和规范化的多边贸易体系这一经济增长和发展的基础之间的协调,这符合发展中国家的利益。毋庸置疑,发达国家在这一问题上拥有更

大的利益和维护贸易体系的责任。

注释

1. 1995年签订的建立世界贸易组织《马拉喀什协议》的导言。
2. 引自世界银行2008。
3. Gallagher 2004。
4. 见《1947年关税与贸易总协定》第XX条款的(b)和(g)。世界贸易组织1986。
5. 世界银行2008。
6. Brenton, Edwards-Jones 和 Jensen. 2009。
7. Brenton, Edwards-Jones 和 Jensen. 2009。
8. Brewer 2007。
9. 世界银行2008。
10. 世界银行2008。

参考文献

- Atkinson, G., K. Hamilton, G. Ruta, and D. van der Mensbrugge. 2009. "Trade in 'Virtual Carbon': Empirical Results and Implications for Policy." Background paper for the WDR 2010.
- Brenton, P., G. Edwards-Jones, and M. Jensen. 2009. "Carbon Labeling and Low Income Country Exports: An Issues Paper." *Development Policy Review* 27 (3): 243-267.
- Brewer, T. L. 2007. "Climate Change Technology Transfer: International Trade and Investment Policy Issues in the G8+5 Countries." Paper prepared for the G8+5 Climate Change Dialogue, Georgetown University, Washington, DC.
- Gallagher, K. P. 2004. *Free Trade and the Environment: Mexico, NAFTA and Beyond*. Palo Alto, CA: Stanford University Press.
- World Bank. 2008. *International Trade and Climate Change: Economic, Legal and Institutional Perspectives*. Washington, DC: World Bank.
- WTO (World Trade Organization). 1986. *Text of the General Agreement on Tariffs and Trade 1947*. Geneva: WTO.



拓宽资金渠道，满足减排与适应之需

发达国家必须率先应对气候变化问题。然而，如果发展中国家不开展减排行动，那么世界减排就会既无效果，也无效率。这是前面章节所表达的两个重要信息。应对气候挑战还有第三个重要的因素：公平。要采取公平的方法限制全球温室气体排放量，就必须承认发展中国家有合理的发展需求，承认它们的发展可能受到气候变化的危害，承认历史上，它们对气候变化的影响微不足道。

发达国家流入发展中国家的气候融资，包括财政转移和市场交易，是应对气候问题时协调公平与效果效率的主要方式。资金流入能够帮助发展中国家降低温室气体的排放量并适应气候变化的影响。此外，开发和推广新技术需要资金。减排、适应和技术应用都应该促进发展中国家的经济继

续增长并减少贫困。对发展中国家而言，获得更多的资金至关重要，这正是原因所在。

减排、适应和技术需要巨额资金。在未来二十年内，发展中国家每年减排需要花费1 400亿到1 750亿美元（还需要2 650亿到5 650亿美元的相关融资）。从2010年到2050年，平均每年需要的适应性投资为300亿到1 000亿美元（以整数计算）。这与目前每年大约1 000亿美元的发展援助相当。然而，减排、适应融资的力度远远不够，融资还不到项目所需资金的5%。

而且，现有的融资手段限制很多，效率很低。高收入国家政府的捐款受到政治和财政周期分割与波动的影响。清洁发展机制（CDM）是发展中国家减排资金的主要来源，虽然很成功，但在设计上存在缺陷，运营与管理也受到限制。因此，通过清洁发展机制筹集适应资金的方式也受到限制，而这种方式是当前适应资金的主要来源。

因此，必须开发新的资金来源。政府必须介入，但发展新的创新型融资机制并利用私人资金同样重要。私营部门将通过碳市场和相关工具，在减排融资中发挥重要作用。在促进能力建设、弥补市场缺陷和重视被市场忽略的地区上，官方资金和国际资金

主要内容

气候融资为降低排放量和适应气候变化的行动提供了能兼顾公平、效能和效率的方法，但目前的融资水平远远低于预计的需求—发展中国家目前每年气候融资为100亿美元，而到2030年时预计每年需要300亿~1 000亿美元的适应资金和1 400亿~1 750亿美元的减排资金（还需要2 650亿~5 650亿美元的相关融资）。填补这项资金缺口需要对现有的碳市场进行改革并开拓新的资金来源（包括碳税）。为碳定价将改变国家的气候融资状况。但是，如果想让发展中国家的经济增长和贫困工作在碳排放受限的世界中不受阻碍，则必须实现国际间的财政资源转移和排放权的交易。

将发挥重要补充作用。由于私营机构(家庭和公司)将负担很大一部分适应资金,私人融资对适应行动同样重要。

有效适应与稳步发展紧密相连,发展中贫穷国家最需要气候适应援助。为此,公共财政将发挥重要作用。

除筹集新资金外,提高现有资源的利用效率同样重要。这就要求挖掘包括发展援助在内的现有资金的协同增效效益并协调方案的贯彻实施。资金缺口、多样化需求和国情差异要求采用一系列工具。关注效能和效率,意味着必须持续增加气候融资和支出。

融资需求与气候变化国际协议的范围、时限相联系。适应所需的资金规模将直接由协议的实施效果决定。第1章表明,无论是发达国家还是发展中国家,延迟减排行动都将使限制全球变暖的成本大大增加。概述中表明,根据稳定气候的最低成本路径,大部分(至少65%)¹减排行动将在发展中国家进行。假如高收入国家为发展中国家提供足够的财政激励,促使它们转向低碳发展路径,那么限制全球变暖的成本将会大大降低。如同其他章节强调的那样,发展中国家要转

向低碳发展路径,就必须将资金与技术引进、能力建设相结合。

本章主要涉及为减排行动筹集充足资金和应对不可避免的变化影响。本章评估了减排、适应实际所需资金和到2012年为止可获得的资金之间的缺口,然后通过审视现有气候融资工具的低效率情况,讨论其他可能的融资途径(参见表6.1),并提出一些模型,旨在提高现有机制—尤其是清洁发展机制的成效并分配适应资金。本章强调发展中国家的资金需求,同时涉及效果、效率和公平问题。

资金缺口

成功解决气候变化问题需要花费数万亿美元。具体数额将取决于全球应对气候问题的决心、组织结构、措施时效、执行效率、开展减排行动的地区以及融资方式。国际社会、国家政府、地方政府、公司和家庭将承担这些费用。

资金需求

根据政府间气候变化专门委员会(IPCC)第四次评估的成本估算,到2050年减少50%全球温室气体排放

表 6.1 现有气候融资工具

工具类型	减排行动	适应行动	研发和推广
以市场机制来降低气候行动成本并形成激励措施	排放权交易(清洁发展机制,联合执行,自愿)、可交易可再生能源证书,债务工具(债券)	保险(集合基金,指数,天气衍生产品、巨灾债券)生态系统服务,债务工具(债券)	
为试用新工具、扩大行动规模并推动行动提供资源和优惠贷款(派款和包括官方发展援助和慈善捐款在内的捐赠),并作为利用私营领域资金的种子资金	全球环境基金,清洁技术基金,联合国减少森林采伐和森林退化排放量合作项目,森林投资项目,森林碳伙伴基金	适应资金、全球环境基金、最不发达国家基金、气候变化战略基金、气候弹性试点项目和其他双边及多边基金	全球环境基金、全球环境基金/国际金融公司地球基金、全球能效和可再生能源基金
其他工具	财政激励措施(投资税收优惠、贴息贷款、目标税收或补助、出口信贷),规范和标准(包括商标),鼓励奖和先期市场承诺,贸易技术协议		

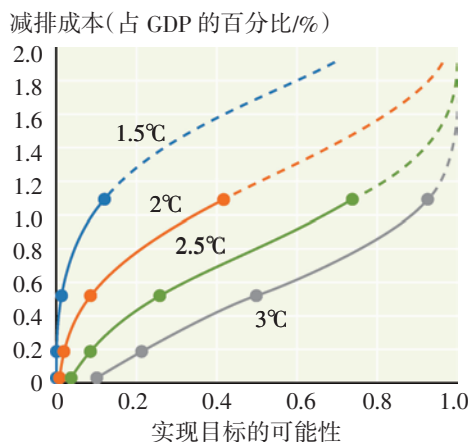
出处:世界发展报告工作组。

注:清洁发展机制;CTF=清洁技术基金;FCPF=森林碳伙伴基金;FIP=森林投资项目;GEEREF=全球能效和可再生能源基金(欧盟);GEF=全球环境基金;IFC=国际金融公司;JI=联合执行;LDCF=最不发达国家基金;PPCR=气候弹性试点项目;SCCF=气候变化战略基金;UN-REDD=联合国减少森林采伐和森林退化排放量合作项目。

量的成本为国内生产总值（GDP）的1%~3%。²多数科学家认为要将全球变暖的幅度控制在比工业化之前高2℃以内，这是必须达到的最低减排量（参见概述）。

然而，减排成本易受政策选择的影响。制定并有效实现严格的减排目标将使成本急剧上升（参见图6.1）。如果世界偏离最低成本路径，减排成本也会增加。如同前面章节所述，如果发展中国家起初不参与行动，全球减排成本会大幅度增加（这是《京都议定书》创建清洁发展机制的动因）。同样，不全面考虑各种减排机会，也会大大增加减排的总成本。

图 6.1 温度指标越严格、越明确，年减排成本越高



出处：Schaeffer 等 2008。

区别减排成本（低碳项目在其生命周期的增量成本）和增量投资需求（该项目产生的额外资金需求）也很重要。由于许多清洁投资前期资本成本很高，而随后运营成本形成积余，因而增量资金需求高于减排模型报告的总体成本。两者之间的差额可高达三倍（参见表 6.2）。对于财政紧张的发展中国家来说，高额前期资本成本降低了它们投资低碳技术的积极性。

表 6.2 公布了在未来十年内将大气中二氧化碳当量（以二氧化碳当量表示的所有温室气体的总量）维持在

450ppm，所需要的增量成本和相关融资需求，以及到 2030 年所需的适应投资。为达到将二氧化碳当量维持在 450 ppm 的目标，到 2030 年前，发展中国家每年需要承担 1 400 亿~1 750 亿美元的减排成本，和 2 650 亿~5 650 亿美元的融资需求。就适应性而言，最具比较性的预测为联合国气候变化框架公约和世界银行计算的中期适应成本（到 2030 年），在 300 亿~1 000 亿美元之间。

许多已确定的适应需求要求公共支出。根据联合国气候变化框架公约秘书处³，私人资金占已确定的投资的 1/4，虽然这个估算不可能包括所有用于适应气候变化的私人投资。

这些数字只是对适应成本的粗略估算，既不精确，也不全面。大多数数字是以未来预防气候变化的基础设施的成本为基础，根据经验法则推算出来的。它们低估了可能的适应响应的多样性，也忽略了行为、创新、实际操作以及经济活动地点等的变化。他们还忽略了对人类健康和自然生态系统的影响等非市场影响的适应需求。放弃某些选择可以降低适应成本（例如，节省高额结构性投资）；⁴而放弃某些选择可能提高适应成本。这些估算更没有考虑有效适应之外的滞后损失。最近，出现了一种新的计算适应费用的方法，它涵盖了上述的各种复杂因素，专栏 6.1 介绍了这种方法。

适应成本估算也忽略了适应和发展之间的紧密关系。虽然没几个研究能明确这点，但是除了估算原本应当用于气候智能型投资的支出，这些研究也估算了适应气候变化的额外支出，例如适应因收入变动和人口增长产生的影响以及弥补现有适应赤字的支出。但是，在实践中，很难区分适应基金和发展基金。例如，对教育、健康、卫生、生存保障投资既可以带来良好

专栏 6.1 发展中国家的气候变化适应成本

2009 年，世界银行公布了一项对气候变化适应性经济成本的研究结果，提出了关于发展中国家适应成本的最新、最全面的估测，涉及国家个案研究和全球适应成本估测。该研究的核心要素有以下四点：

研究范围：研究的领域有农业、林业、渔业、基础设施、水资源管理、沿海地区，包括对健康和生态系统服务的影响以及极端天气造成的影响。基础设施

可以分为交通运输、能源、水和卫生、通信以及城市和社会基础设施。

基准线：估测不包括现有的“适应赤字”，即国家不能完全或最理想地适应气候变化的程度。

适应水平：对大多数部门来说，该研究估测的是将福利水平恢复到无气候变化时的福利水平所需的成本。

不确定性：为了估测气候变化可能的极端后果，研究采用了包括从最潮湿到

最干燥气候预测的一般循环模型，政府间气候变化专门委员会描绘的可能的社会经济和排放轨迹 A2 情景包括该模型。

在这些设计要素的基础上，研究得出在 2010 年到 2050 年间，全球应对发展中国家气候变化适应成本的成本估测值在 750 亿~1 000 亿美元之间。^a

出处：世界银行 2009。

a. 以 2005 年不变美元表示。

表 6.2 发展中国家每年所需气候资金的估测值
(2005 年, 10 亿美元)

估算来源	2010-2020	2030	
减排成本			
麦肯锡公司		175	
西北太平洋国家实验室		139	
减排融资需求			
国际应用系统分析学会	63 ~ 165	264	
国际能源署 能源技术展望	565 ^a		
麦肯锡公司	300	563	
波茨坦气候影响研究所		384	
适应成本			
	2010-2015	2030	措施
短期			
世界银行	9 ~ 41		气候防护发展援助成本，国内外投资
斯特恩报告	4 ~ 37		气候防护发展援助成本，国内外投资
联合国开发计划署	83 ~ 105		同世界银行，加上适应减贫战略文件和强化灾难响应的成本
乐施会	> 50		同世界银行，加上国家适应行动计划和非政府组织项目的成本
中期			
联合国气候变化框架公约		28 ~ 67	2030 年在农业、林业、水、卫生、沿海地区保护和基础设施的成本
项目推进		15 ~ 37	2030 年在能力建设、研究、灾难管理和联合国气候变化框架公约下的部门成本（仅包括最脆弱国家和公共领域）
世界银行（适应气候变化经济学）		75 ~ 100	2010 年至 2050 年，农业、林业、渔业、基础设施、水资源管理和沿海地带的年均适应成本，其中包括对卫生、生态系统服务的影响和极端气候的影响

出处：减排数据来源于国际应用系统分析学会（2009）和 V. Krey；国际能源署（2008）；麦肯锡公司（2009）和麦肯锡（J. Dinkel）提供的 2030 年额外数据（1 欧元 = 1.25 美元）；西北太平洋国家实验室数据源自 Edmonds 等（2008）和 J. Ednal. 和 J. Clarke；波茨坦气候影响研究所数据源自 Knopf 和 B. Knopf 等，适应数据来源于 Agrawala 和 Frakhausor（2008），世界银行（适应气候变化经济学）数据源自世界银行（2009）；项目推进（2009）。

注：估算是将温室气体二氧化碳当量（CO₂e）维持在 450 ppm，这样，到 2010 年全球气温升幅低于 2°C 的可能性为 40% ~ 50%。

a. 国际能源机构数据为到 2050 年的年平均数据。

发展，也有助于降低社会经济面对气候或非气候压力的脆弱性。从短期来看，发展援助是弥补适应赤字的重要因素，可以降低气候风险，提高经济生产率。但是增加适应融资同样不可或缺。

迄今可获得的减排资金

在未来的几十年里，世界将投入数万亿美元提升和扩建世界能源和交通基础设施。巨额投资为全球经济转向低碳路径提供了机会，但如果错失良机，陷入高碳发展的风险就会增加。如前面章节所示，新的基础设施投资应该导向低碳型发展路径。

投资同时需要公共资金和私人资金。现在已经存在多种工具（参见表6.1）。每种工具都将促进气候行动：调动额外资源、将公共和私人资金导入低碳型和气候智能型投资、支持研发和应用气候友好型技术。

公共部门主要为大型基础项目提供资金，然而很大一部分打造低碳型经济的投资——从提高能效到清洁能源汽车再到可再生能源——来自私人部门。现在，政府在全球经济领域的投资不及投资总额的15%，却控制了大部分影响能效产品生产机会的基础设施投资。

促使私人部门投资减排的方式很多，⁵但是在发展中国家，清洁发展机制是最重要的市场工具。到现在为止，已经启动的获得认可的减排项目达到4 000多个。其他类似的机制，如联合执行（工业国家的等同机制）和自发碳市场对一些地区（转型国家）和部门（林业）也很重要，但是这些机制的规模要小得多。在清洁发展机制框架下，发展中国家采取减排行动可产生“碳信用”——用协定的基准衡量，由气候变化框架公约支持的独立实体核查——并且可以在碳市场进行交易。

例如，某欧洲电力公司可以从一个启动节能项目的中国钢铁企业购买减排信用（通过直接购买或财政支持）。

清洁发展机制产生的财政收入与必须募集的减排资金的数额有一定的联系。然而迄今为止，清洁发展机制产生的财政收入是发展中国家减排资金的最大来源。在2001年（可以注册清洁发展机制项目的第一年）到2012年（履行《京都议定书》承诺的最后期限）间，通过采用可再生能源、提高能效和燃料转换，清洁发展机制将实现15亿吨二氧化碳当量的减排目标。这能为发展中国家提供180亿美元（在150亿至240亿美元之间波动）的直接碳收入，具体数额因碳价而异（参见表6.3）⁶。此外，每一美元碳收入平均撬动4.6美元的投资，而在一些可再生能源项目中最高可撬动9美元。据估计，在2002年至2008年间，清洁发展机制撬动了约950亿美元的清洁能源投资。

相比较而言，2002—2007年间用于减排的官方发展援助大约为190亿美元。⁷而2002—2008年间，发展中国家的可持续能源投资总计约为800亿美元。⁸

捐赠者和国际金融机构正在建立新的金融工具，扩大对到2012年低碳投资筹备的支持（参见表6.4）。在这些措施促进下，到2012年，融资总额达到190亿美元，尽管这同时包括减排和适应资金。

目前减排资金明显不足（参见图6.2）。将表6.4中的捐赠资金（假定只用于减排）和到2012年清洁发展机制的计划资金合并起来，到2012年一共能获得大约370亿美元的减排资金，或者每年不足80亿美元的减排资金。这与发展中国家到2030年每年大约1 400亿~1 750亿美元的预测减排费用相距很远，也

远远不能满足相关的融资需求（2 650 亿~5 650 亿美元相距更远）。

当前可获得的适应融资

直到最近，适应融资才开始启动。当前，它的主要来源是通过全球环境基金和世界银行等双边或多边机构筹集资金的国际捐赠者。

适应基金建立于 2007 年 12 月，

它是拥有独立资金来源的融资机制，是发展过程中的重大进步。它的主要收入来源于向清洁发展机制征收 2% 的税，这是种新型的融资来源（后面会具体讨论），在中期内可以筹集 3 亿至 6 亿美元的资金，具体数额因碳价而异（参见表 6.4 和尾注 7）。

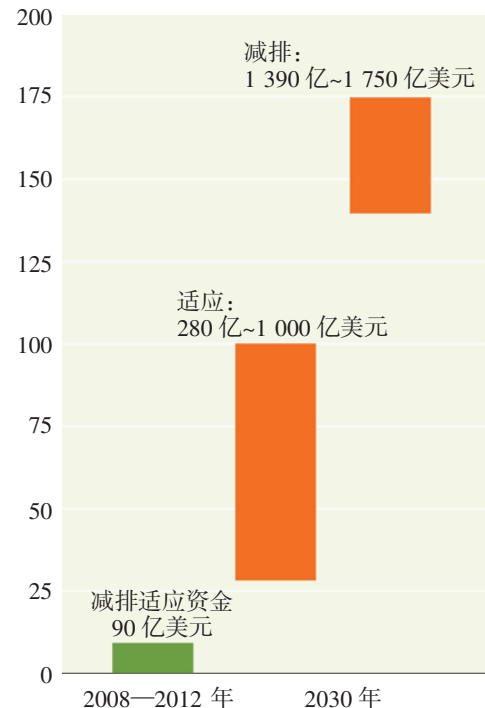
除私人资金之外，从现在到 2012 年还会筹集 22 亿~25 亿美元的适应资金，具体数额由适应基金的融资方式决定。现在每年可能筹集的适应资金不到 10 亿美元，远远少于中期计划需求的每年 300 亿~1 000 亿美元（参见表 6.2）。表 6.2 对 2008—2012 年每年可获得的气候资金（包括减排和适应，每年大概 100 亿美元）和预计中期所需融资进行了比较。

现有气候金融工具的低效性

低效率会使那些原本规模庞大而

图 6.2 巨大缺口：维持 2°C 轨迹每年所需的气候资金估测值与现有资源比较

2005 年不变美元, 百万



出处：2030 年数据见表 6.2；2008—2012 年数据见文章。

表 6.3 可能实施清洁发展机制的地区和碳收入（到 2012 年）

根据地区分类	确认的减排量 (百万吨)	百万美元	占总量百分比 (%)
东亚太平洋地区	871	10 453	58
中国	786	9 431	52
马来西亚	36	437	2
印度尼西亚	21	252	2
欧洲和中亚	10	119	1
拉丁美洲和加勒比海地区	230	2 758	15
巴西	102	1 225	7
墨西哥	41	486	3
智利	21	258	1
阿根廷	20	238	1
中东和北非	15	182	1
南亚	250	3 004	17
印度	231	2 777	16
撒哈拉以南非洲	39	464	3
尼日利亚	16	191	1
发达国家	85	1 019	6
根据收入分类			
低收入国家	46	551	3
尼日利亚	16	191	1
中低收入国家	1 127	13 524	75
中国	786	9 431	53
印度	231	2 777	16
印度尼西亚	21	252	2
中高收入国家	242	2 906	16
巴西	102	1 225	7
墨西哥	41	486	3
马来西亚	36	437	2
智利	21	258	1
阿根廷	20	238	1
高收入国家	85	1 019	6
韩国	54	653	4
总收入	1 500	18 000	100

出处：联合国环境规划署 2008。

注：包括被取消和被否决的项目。

a. 100 万确认的减排量 = 100 万吨二氧化碳当量。

成本高昂的项目耗费更多成本。显然，这要求提高气候融资及其应用的效率。气候资金的效率包括下面三个方面：气候资金来源的分散性、减排碳补偿贸易市场的局限性、为适应基金融资而对核证减排量征税的可能成本。

气候融资的分散性

如表 6.4 所示，目前存在专项气候资金扩散的风险。交易成本增加致使受援国获得资金较晚，而且增加了与国家发展目标协调一致的难度，因而，气候资金的分散性可能降低气候资金的整体效果。任何一种新的资金来源，不论用于经济发展还是气候变化，都附带一系列成本，其中包括交易成本（随着融资来源的增多，总成本也会上升），低效率资金分配（特别是以狭义概念界定资金时），以及扩大规模的局限性。当前气候资金的分散性和低水平凸显了持续探讨改善融资结构、扩大资金规模和保障资金多渠道有效流动的重要性。

虽然气候融资与发展援助不能一概而论，但是发展援助效率方面的经验，气候融资也是可以借鉴的。关注援助分散性的消极影响，是促成《援助实效问题巴黎宣言》的重要动因。该宣言主要重申《阿克拉行动议程》，捐赠者和受援者都要致力于将所有权、对接、协调性、结果导向和共同受托责任等主要原则纳入发展活动中。

《巴黎宣言》提出很多关于发展中国家气候投资融资的重要议题，许多已被采纳并反映在《巴厘岛行动计划》等协议文件中：⁹

- 所有权原则。气候变化是一个发展问题，这是本报告的主旨。就此达成共识对建立国家所有权至关重要，必须将此共识纳入国家发展战略。

- 对接原则。确保气候行动和国家优先任务的对接，是提高气候资金

效果的第二个重要步骤。从项目转向领域和规划层面可以促进这一进程。融资的可预测性和可持续性是对接的另一个重要方面。资金波动导致气候行动断断续续，这将降低行动的整体效果。

- 协调原则。各种气候资金的用途如此不同，以致气候资金的分散性对

表 6.4 新的双边和多边气候基金

基金	总数额（百万美元）	时期
联合国气候变化框架公约基金		
适应战略优先基金	50 (A)	GEF3—GEF4
最不发达国家基金	172 (A)	2008 年 10 月生效
特别气候变化基金	91 (A)	2008 年 10 月生效
适应基金	300—600 (A)	2008—2012
双边协议		
冷却地球伙伴倡议（日本）	10 000 (A + M)	2008—2012
环境转型基金——国际窗口（英国）	1 182 (A + M)	2008—2012
气候与森林倡议（挪威）	2 250	
联合国开发计划署——西班牙千年发展目标基金	22 (A) / 92 (M)	2007—2010
气候行动全球活动（欧盟委员会）	84 (A) / 76 (M)	2008—2010
国际气候行动（德国）	200 (A) / 564 (M)	2008—2012
国际森林碳倡议（澳大利亚）	160 (M)	2007—2012
多边协议		
全球减灾与灾后恢复机制	15 (A) (承诺 8 300 万美元)	2007—2008
联合国减少由森林采伐和森林退化而产生的温室气体排放计划	35 (M)	
碳伙伴基金（世界银行）	500 (M) (承担 1.4 亿美元)	
森林碳伙伴基金	385 (M) (承担 1.6 美元)	2008—2020
气候投资基金（包括）	6 200 (A + M)	2009—2012
清洁技术基金	4 800 (M)	
气候策略基金（包括）	1 400 (A + M)	
森林投资项目	350 (M)	
可再生能源规模化发展项目	200 (M)	
气候适应试点项目	600 (A)	

出处：联合国气候变化框架公约 2008a 及作者最新修改。

注：一些双边倡议的部分资金来源于多边倡议（例如，一些由气候投资发展基金或森林碳伙伴基金认捐的基金）。这导致一些重复计算，很难确切描述发展中国家可获得的气候变化资源，气候投资基金由世界银行统一管理，所有多边开发银行共同执行。气候投资基金的所有数据为 2009 年 7 月前数据，那时 2.5 亿美元的气候战略基金尚未分配，而可再生能源规模化发展项目还需要至少 2.5 亿美元的启动资金。A = 适应融资；M = 减排融资；ETF - IW = 环境转型基金 - 国际窗口；GCCA = 气候行动全球活动，IFCA = 国际森林碳倡议；UN - REDD = 联合国减少由森林采伐和森林退化而产生的温室气体排放计划，CFDRR = 全球减灾与灾后恢复机制。在 2009 年 7 月，气候与森林倡议（挪威）认捐达 4.3 亿美元。

协调不同资金来源，以及发挥适应、减排和发展资金的协同增效作用造成了巨大的挑战。

●结果导向原则。气候行动的结果日程与其他发展领域并没有本质区别。维护对气候融资和建立气候行动国家所有权的公共支撑，制定和实施有意义的成果指标至关重要。

●共同责任原则。许多发达国家实现京都目标的进展缓慢，从而引起了公众对其气候行动责任的关注。任何气候变化全球协议都必须以一个框架为基础，如《巴厘岛行动计划》所说，高收入国家有责任实现减排目标，提供气候资金；发展中国家有责任采取气候行动，有效利用气候资金。除了提供资源，监测并报告气候资金流动以及核证结果都是后续气候谈判的中心议题。

除了资金来源，另外一个重要问题就是气候基金应该资助哪些投资及相关融资模式。尽管有些气候投资投向单个项目——如，建立一个低碳型电厂——多数情况下，转向领域或规划层次可以提高效率。在大多数情况下，国家适应资金应该和国家总体发展资金结合在一起，而不是专门用于适应项目。

更为一般的做法是，气候资金可以模仿现在许多低收入国家的减贫战略方法，而不必过于循规蹈矩。这就需要减贫援助资金和受援国的减贫战略结合起来。根据贫困分析和国家优先任务的定义，和对公民社会参与过程的核证，该战略为减贫项目融资获得捐赠者的广泛支持奠定了基础。单个项目是特例，并没有成为惯例。如果国家把气候行动纳入发展战略，那么相似的气候融资方法同样可行。

清洁发展机制的不足之处

促进发展中国家减排工作的主要

方法是清洁发展机制。市场促进减排的能力提高了。但是，清洁发展机制也有内在的不足之处，给整个流程和融资效率带来问题。

不稳定的环境完整性。清洁发展机制的长期成效可以通过其对减少温室气体排放量的贡献得到有效评估。为了巩固《京都议定书》的环境效益，清洁发展机制必须减少额外的排放量。针对清洁发展机制的额外减排，曾经一度发生了激烈争论。¹⁰单个项目的额外减排量，很难证明也很难核证，因为参考点从定义上讲是一个假想的现实，它既有争议也不能得到确切论证。关于基准线和额外减排量的争论一直困扰着清洁发展机制进程，寻找更简单的替代方法论证额外减排量已经刻不容缓。我们也需要进一步探讨基准线和具体、必要活动的肯定列表等方法，以简化项目准备和监测工作。重新审视额外减排，这不仅能够解决清洁发展机制的不足，也能增加该机制的公信力。

对可持续发展的作用不足。建立清洁发展机制有两个目标：气候变化全球减排行动和发展中国家的可持续发展。但是，清洁发展机制降低减排成本的成效高于其促进可持续发展的成效。¹¹如果国家以非正式的方式承认众多地方共同利益与国家发展重点相一致，该项目就有助于可持续发展。虽然很多评论者接受这种广义的定义，¹²一些非政府组织发现在验收（例如水电站、棕榈油种植园以及消除工业废气）和实施某些项目中存在的不足。审视清洁发展机制，发现其项目文件对可持续发展的关注是粗略不均衡的，项目开发者对这些概念兴趣不大，缺乏理解。

管理不力和低效运营。通过执行理事会管理私营行为者主导的市场，是清洁发展机制的独特之处。执行理

专栏 6.2 评估清洁发展机制的协同效益

清洁发展机制可能给主要国家带来三种广域范畴的协同利益（不包括销售碳信用的收入）：技术转移和推广；促进就业和经济增长；促进环境和社会的可持续发展。

可以根据项目设计文件（搜集不同协同效益的关键词）估量项目对这三种目标的贡献。Haites, Maosheng 和 Seres 就曾使用这种方法评估过清洁发展机制的技术转移效益；Watson 和 Frankhauser 曾使用这种方法评估对经济增长和可持续发展的贡献。

Haites, Maosheng 和 Seres 发现只有约 1/3 的清洁发展机制项目通过设备、知识的推广或两者同时扩散对技术转移产生贡献。详细研究发现，这些项目主要是外国捐助者资助的项目。只有

1/4 由主办国开发的项目对技术转移有贡献。技术转移一般和大型项目相联系。虽然只有 1/3 的项目产生技术转移效益，但是其减排量却占减排总量的 2/3。大约只有 26% 的“小型”项目能够产生技术转移效益。

但是技术转移是个很难界定的概念。对减排而言，在很大程度上，它不是共享的、只为运营某一特定过程的运营或管理技能专用知识。Dechezleprêtre 及其同事研究了受专利保护的技术转移，发现《京都议定书》并没有加快技术流动，尽管它可能更多地刺激了创新。

Watson 和 Frankhauser 发现，足足有 96% 的项目对环境和社会的可持续发展有贡献，但是大多数都与促进经济增长、增加就业联系在一起。大约 80% 以

上的项目对就业产生影响，23% 的项目使生活更美好。但是相对于其他项目，工业气体项目（18% 的氢氟碳化物，全氟化碳和氮氧化物的减排项目）和化石燃料转换项目（43%）对就业的贡献相对于其他项目（至少 65%）要小很多。

如果用传统和狭义的方式来定义可持续发展，那么 67% 的项目产生培训和教育效益（增加人力资本），24% 的项目将减少污染，或者产生环境协同效益（增加自然资本），以及 50% 的项目产生基础设施和技术效益（增加人造资本）。

出处：Haites, Maosheng 和 Seres 2006；Watson 和 Frankhauser 2009；Dechezleprêtre 等 2009。

事会本质上是联合国委员会，决定计算方法并审批创造市场基础资产的项目。清洁发展机制的信誉在很大程度上取决于其健全的管理框架以及私营领域对该机制提供的机会的信心。¹³ 对执行理事会决策过程缺乏透明度和可预测性的抱怨正日渐高涨。¹⁴ 同时，清洁发展机制结构也开始显露不足之处，这也是成功的代价。长达一年的项目审批过程引起了许多怨言，¹⁵ 项目评估也迟滞了一到两年。¹⁶ 清洁发展机制是支持发展中国家减排的重要措施，但这些都严重制约着清洁发展机制的继续发展。

覆盖范围有限。清洁发展机制项目的分布并不均衡。整整有 75% 的“碳补偿贸易”销售收入流向巴西、中国和印度（参见表 6.3）。低收入国家几乎被忽略，仅获得 3% 的碳收入，而且有 1/3 用于尼日利亚的三项天然气燃烧项目。各部门也有类似的集中现象，大多数减排行动集中在少数几个

工业天然气项目中。建筑、家庭环境和交通系统大约产生全球 30% 的含碳气体，¹⁷ 而且也是新兴市场里碳排放量增长最快的行业，然而清洁发展机制并不能帮助它们提高效率。¹⁸ 清洁发展机制既不支持可持续生计，也不能使农村和城郊贫困地区获得能源供应。¹⁹ 清洁发展机制不包括砍伐森林的排放量，那么很多未开发的热带发展中国家还会成为最大的排放来源。²⁰

市场连续性的不确定性进一步削弱了激励机制的作用。清洁发展机制并没有使发展中国家朝着低碳发展路径前进。²¹ 它的激励力量太薄弱，难以完成必要的经济转型，而没有经济转型，发展中国家的碳密集产业仍将继续发展。²² 清洁发展机制项目的方法结构及资金筹集不足，导致其能够开展的项目寥寥无几。2012 年以后碳补偿贸易市场能否持续下去的不确定性，也将对交易产生负面影响。

适应资金的效率成本

对清洁发展机制征收 2% 的税，这是适应融资的重要来源，也是适应基金的主要收入来源。该税可以扩展到其他贸易计划（如联合实施）上。对适应基金而言，这是一条不错的融资途径，能够提供绝对的额外减排量，但同时也会产生一些经济问题。清洁发展机制税收来自对好产品（减排收入）的征税，而不是坏产品（排放物）。一般而言，征税带来两个基本问题：

- 通过征税筹集的额外适应资金的规模应该是多大？征税带来的经济效益损失又是多少（用经济术语表示即无谓损失）？

- 如何在销售者（发展中国家）和购买者（发达国家）之间分配税负？

根据对英国政府 GLOCAF 模型的分析，碳交易计划增加适应收入的能力取决于已经批准的全球气候交易种类。²³ 预期需求差异会导致收入差异，在不确定促进国内减排的补充措施是否会限制需求时尤其如此。其次，尽管影响程度较轻，预期供应差异也会导致收入差异，包括未来体制能否覆盖避免森林采伐形成的信用以及其他很少进行碳交易的领域和地区的碳信用。

收入也取决于税率。如果到 2020 年需求没有受到限制，那么现在 2% 的税率预期能够带来每年大约 20 亿美元的收入。但假如限制购买碳信用额，那么收入会减少一半以上（参见表 6.5）。如果要实现每年 100 亿美元的税收，税率就得提高到 10%，而且需要取消所有的补充限制措施。即使这么高的税率，税收的经济成本也会很低，在和交易的总体收入相联系时尤其如此。

和其他税收一样，征税成本由碳信用额交易的买方和卖方根据各自对价格变化的反应（价格供需弹性）共同承担。如果需求受限，买方对税收反应不强烈，那么大多数的税收将由他们承担。如果需求限制放松，那么反应也会改变。毫无疑问，税率变化对发展中国家非常不利，为保证它们碳信用额的竞争力，它们需要承担 2/3 的税负。也就是说，发展中国家将是适应基金的主要贡献者（通过放弃碳市场交易收入）。向清洁发展机制征税不是为了把资金从发达国家转移到发展中国家，而是为了使资源从清洁发展机制的主要使用大国（巴西、中国、印度，参见表 6.3）转到更有资格获得适应资金的弱势国家。

扩大气候融资规模

为了弥补资金缺口，就必须拓展多种资金渠道，改革现有工具，从而提高效率扩大规模。本节将重点讨论有关这方面的主要挑战，主要有如下建议：

- 利用新的收入来源支持国家政府、国际组织以及专门的融资机制（如适应基金）开展的适应和减排行动。

- 通过改革清洁发展机制，提高碳市场的效率，促进私人减排融资。

- 扩大对土地利用、土地利用变更

表 6.5 对清洁发展机制征税的税负归宿（2020）

（百万美元）

税率	收入	净损失	发展中国家的负担
2%			
受限制的需求和少量供应	996	1	249
无限制需求和大量供应	2 003	7	1 257
10%			
受限制的需求和少量供应	4 946	20	869
无限制需求和大量供应	10 069	126	6 962

出处：Fankhauser, Martin 和 Prichard, 待出版。

注：需求受到限制时，地区至多购买其目标量的 20% 信用；需求不受限制时，就是完全自由交易。而少量供应时，清洁发展机制就像现在一样运营。而大量供应时，碳交易在部门和地区范围内扩大规模，包括从 REDD 中获得的信用（虽然现在森林退化的排放量没有包括在清洁发展机制范围内）。在需求受到限制，少量供应时，整个市场规模（不包括二级交易）大约是 500 亿美元，在需求不受限制，大量供应时，大约是 1 000 亿美元。

专栏 6.3 碳税和总量管制与交易规则

减缓气候变化的市场手段主要有碳税与总量管制和交易计划。这两种手段避开了固定配额或技术标准（政府经常采用的管制手段），使个人企业和家庭能够自主寻找实现气候目标的最低成本路径。

碳税是一种价格工具，通过对燃料里的碳含量征税，从而促进转向低碳燃料或提高燃料利用效率。然而，由于政府对燃料转换和提高能效成本的信息不完全，从而不确定在给定税率下到底能产生多大的减排效果。如果政府能够确定全球协定的减排总量，那么它们就能调节税率，使排放量达到协定数量之内。

在总量管制和交易计划下，政府颁发排放许可证，允许合法排放含碳物体，计划参与者能够自由买卖。因为每个企业和部门转换燃料和提高能效的边际成本不同，所以交易就有可能产生利润。例如，一个企业减排的边际成本较高，另一个企业成本较低，那么低成本的企业就能以高出边际成本的价格销售其排放许可证，同时降低自己的排放量，从而获得利润。而只要许可证价格低于高成本企业减排的边际成本，那么高成本企业购买许可证就有利可图。总量管制和交易是一种数量工具，一国碳排放总量不超出管制总量具有高度确定性，但许可证的价格水平和稳定性就不确定了。

这两种手段主要有以下区别：

效率

因为减排成本的信息不对称，所以

任何减排的市场手段都有因使用过多或不足而导致成本过高或破坏过大的风险。Weitzman 通过研究发现，在不确定性情况下，市场手段的选择取决于破坏和减排成本函数的斜率。讨论气候变化时，它表达的意思并不明确，因为破坏函数的性质并不确定。然而，温室气体是存积性污染物，很多人都认为在短期内，每吨排放量的破坏是持续的，这样征税就更加合适。

价格波动

虽然总量管制和交易能够确定碳排放总量，但它可能导致许可证价格的不确定。如果商业周期或低碳—高碳相对价格改变，许可证的价格也会受到直接影响。价格波动不仅给制定减排战略造成困难，也会削弱对减排新技术研发投资的积极性。银行融资或借款津贴是两种能够抑制价格波动的简单手段。

再循环收入

碳税是国家财政收入的直接来源，政府有权决定是把碳税收入用于财政支出，还是通过降低或取消其他税收进行再循环利用。在一定程度上，再循环利用增加了税收系统的总效率，它能够产生双重利润。但是如果碳税降低了税收系统的效率，那么双重利润就得不到保证。如果由政府拍卖排放许可证，那么这也将是财政收入的一个来源。

政治经济学

任何一个气候目标都有固定的碳预算，因而，具有确定性的数量工具可能更受某些群体的欢迎。但是，任何一个人，无论是企业还是个人，都不喜欢税

收。这样看来，总量管制交易应该更受欢迎，但是排斥税收也有可能导致企业抵制许可证拍卖，要求许可证自由分配。一般来说，不通过拍卖分配许可证将会导致寻租和贪污行为。

管理效率

发展中国家将会重点考虑管理气候政策的成本及所需的制度和人力资本。对含碳燃料征税可能更符合成本效益，因为它可以在现存管理系统上对燃料征收消费税。相反，建立一个拍卖市场交易许可证，会很复杂，同时需要一位管理者对参与者参加的整个市场进程进行监督。另外，许可证制度也需要对个体排放者进行监督和执行，然而对征税的监督成本就要少得多了。

碳税与总量管制和交易并不总是相互排斥。欧盟采取交易的方式处理大排放源（公用事业，热能生产，大型能源密集型工业设备，航空，将在 2011 年分阶段进行），约占欧盟排放量的 40%。很多部门也使用其他手段（包括有些欧盟国采取的碳税）进行减排，重点有住房和服务、交通、废物管理和农业等部门。相比之下，澳大利亚和美国主要采用总量管制和交易来控制温室气体排放（通过一系列相应政策和措施，例如可再生能源组合标准）。

出处：Bovenberg 和 Goulder 1996；Weitzman 1974；Aldy, Ley 和 Parry 2008；Newell 和 Pizer 2000。

和林业的绩效奖励，平衡这些领域的私人 and 公共融资

- 发挥私人融资在适应融资中的杠杆作用。

各国也必须考虑气候行动的财政框架。政府减缓气候变化和延迟适应行动会对收入、补助和国际资金流动产生重要的财政影响。这个框架主要包括以下要素：

选择减排工具。碳税和可交易许可证的效益高于政策规定，它们都能带来巨大的财政收入（假定许可证是由政府主持拍卖的）。专栏 6.3 重点说明了碳税和碳交易方法的主要特征。

财政中立。国家政府可以选择使用碳税收入，减免其他扭曲税，从而促进发展和增加福利。但是，发展中国家的财政收入基础通常薄弱，

专栏 6.4 印度尼西亚财政部着手解决气候变化问题

印度尼西亚财政部已经认识到减缓和适应气候变化要求管理宏观经济、制订财政政策计划、改变收入来源，保险市场以及长期投资选择。在将发展列为第一要务的同时，印度尼西亚政府也在努力平衡经济、社会和环境目标。采用气候友好型技术的发展投资，转入更清洁、更有效的增长路径，从而使国家受益。通过采取清洁能源发展路径，或减少森林采伐来降低排放量，从而在碳市场上获得潜在收入，这都是利益所在。财政部将在融资、发展、实施气候变化政策和项目过程中发挥基础作用。为了获得所需资金，印度尼西亚设计了制度

组合和配套国家政策，强大的支持框架以及长效引资激励机制。

财政部的比较优势在于它可以考虑影响整个经济的分配和激励决策。在管理气候融资机会时，财政部承认投资者和捐赠者对方法及制度的信心十分重要。在能源领域发展、基础建设和房地产行业，相对于私人投资，捐助资金（不论是赠予还是软性贷款）很少，印度尼西亚仍然需要稳健的政策和激励措施来吸引、利用私人投资，促进可持续发展和低碳路径。

印度尼西亚采取了很多措施。2005年和2008年，印度尼西亚降低化石燃

料补贴，使能源价格趋于合理；通过实施和监控项目，降低森林采伐率；同时，通过税收优惠，鼓励进口和安装污染控制设备。财政部和发展计划部已经制定了国家蓝图和预算优先次序，将气候变化问题纳入国家发展进程中。财政部正在调整金融财政政策，以推动气候友好型投资，转向包括可再生能源和地热能资源的低碳能源，并加强对林业部门的财政激励。

出处：财政部（印度尼西亚）2008。

可能会降低实施财政完全中立原则的积极性。

行政简化和成本。由于可以对含碳燃料征收碳税，所以在现存燃料消费基础上建立征税系统就很简单。为分配许可证并保证遵守规则，总量管制和交易规则可能造成大量行政成本。

分配性影响。根据消费的碳密集度及其工作领域是否因碳税和总量管制而萎缩，任何减排的价格工具对不同收入群体产生的分配性影响都不同。如果对低收入家庭产生了极不合理的影响，就有可能需要补偿性财政行动。

政策连贯性。现行的补贴计划，特别是对能源和农业的补贴，可能与减排和适应气候变化的行动相抵触。在气候变化情况下对水等日渐减少的商品进行补贴，结果可能适得其反。

专栏 6.4 重点阐述了印度尼西亚财政部把气候问题纳入总体宏观经济和财政措施的行动。

为适应、减排开拓新的资金渠道

各种公共机构——国家政府、国际组织以及联合国气候变化框架公

约的官方融资机构——都是气候智能型发展的主要推动者。迄今为止，它们的活动资金几乎全部来自政府收入。但当气候变化每年需要花费上百亿、上千亿美元的时候，完全依靠政府贡献就不太可能了。虽然会有新的资金来源，但是发展援助的经验告诉我们，传统捐赠融资筹集的金额有限。发展中国家甚至担忧发达国家不能完全在现有发展援助的基础上追加额外援助。

因此，世界将必须开拓新的资金渠道。目前有几项关于资金来源特别是适应资金来源的建议，其中包括：

国际协调碳税。建议在国际上统一征收碳税，但由国家对其进行管理，由于税基广而收入相当稳定，国际协调碳税深孚众望。甚至有提议认为应该直接针对排放量征税，而不像清洁发展机制一样针对减排量。这样碳税不仅不会造成无谓损失，而可能产生可取的、有益的、正面的效果。国际协调碳税最主要的缺点就是会侵犯主权国家的税收主权。因此，这个选择很难获得国际共识。

对国际运输排放量征税。把碳税征收范围缩小到国际空运和海运两个领域是有益处的，因为目前尚未对这两领域的碳排放进行管理，而且其排放量正在急剧上升。这两个领域的国际化性质合乎财政部长的得意，其税基之广足以保证筹集到数量可观的资金。但是这些领域的全球治理很复杂，相当一部分权利掌握在国际机构（例如国际海事组织）手中。因此，建立这种税会遭遇很大的行政障碍。

拍卖碳排放量配额。《京都议定书》以分配数量单位的方式规定了各方的减排承诺（一个国家被允许排放的碳量）。最初挪威提出了一个创新做法，即预留一部分分配的碳排放数量，拍卖给出价最高者，再把收入用做适应资金。

国内拍卖收入。碳排放量配额国内拍卖基于大多数发达国家将很快制

定相当完整的碳排放总量管制和交易计划，并且该计划中大部分的许可证通过拍卖而非免费分发的方式颁布的假设。只有发达国家正在实施或切实考虑碳排放总量管制和交易计划，拍卖才有可能进行。但是，正如国际协调碳税会侵犯国家税收主权一样，专项拍卖收入会侵犯民族政府的财政自主权，所以也很难实施。

每种选择都有其利弊。²⁴最重要的是选择结果要能够提供安全、稳定、可预测、足够的收入。这表明融资需要来自不同的渠道。表 6.6 展示了由发达国家和发展中国家提出的潜在资金来源。

在短期内，动力主要来自国际社会通过财政刺激，克服目前经济低迷问题并开始新一轮经济增长的努力（参见第 1 章）。²⁵全球范围的财政一揽子计划已经超过 2 万亿美元，主

表 6.6 减排和适应资金的潜在来源

建 议	资金来源	注 释	年筹资额 (10 亿美元)
77 国集团和中国	附件 I 中缔约国国内生产总值的 0.25%~5%	根据 2007 年国内生产总值计算	201~402
瑞士	1 吨二氧化碳 2 美元（每个居民免征 1.5 吨二氧化碳当量）	每年（基于 2012 年预测）	18.4
挪威	碳排放量配额拍卖的 2%	每年	15~25
墨西哥	根据发达国家国内生产总值、温室气体、人口和拍卖许可证的贡献	每年，随着国内生产总值和排放量的增加而扩大	10
欧盟	继续对清洁发展机制征收 2% 的税	2020 年的需求范围（从低到高）	0.2~0.68
孟加拉国，巴基斯坦	继续对清洁发展机制征收 3%~5% 的税	2020 年的需求范围（从低到高）	0.3~1.7
哥伦比亚，最不发达国家	对联合执行和排放交易征收 2% 的税	每年，2012 以后	0.03~2.25
最不发达国家	国际航空旅行税（IATAL）	每年	4~10
最不发达国家	征收舱载燃料税	每年	4~15
图瓦卢	国际航空和海运排放许可拍卖	每年	28

出处：联合国气候变化框架公约 2008a。

注：AAU：分配数量；IATAL：国际航空旅行适应税；IMERS：国际海事减排计划；附件 I 的缔约国包括 1992 年经合组织的高收入成员国和经济转型的国家。附件 I 的缔约国承诺它们将实现自己或联合提出的具体目标。

要有美国 8 千亿美元的一揽子计划和中国 6 千亿美元的一揽子计划。其中 18% (约 4 000 亿美元) 的资金是用于高效能源和可再生能源的绿色投资, 而在中国的计划中, 一部分资金用于适应行动。²⁶ 这些投资在未来的 12~18 个月发挥作用, 有力推动世界经济转入低碳路径。同时, 一揽子计划旨在刺激国内经济活动, 而对发展中国家的国际气候融资活动, 它们至多产生间接影响。

仅有融资不足以解决问题: 市场手段是基础, 辅助政策工具不可或缺

随着更多的国家和区域行动开始探索排放权交易, 碳交易市场将可能在促进和资助必要的投资模式和生活方式转变中发挥重要作用。通过购买发展中国家的减排量, 碳排放总量管制和交易系统能够为发展中国家的低碳投资提供资助。碳市场还能寻找解决气候问题的有效方法提供动力。

展望未来, 稳定气温要求全球努力减排。到那时候, 碳会有一个世界价格, 所有国家都将进行碳交易并对其征税和管理。一旦形成有效合理的碳价格, 市场力量将推动消费和投资决策转向低碳选择。而且, 全球努力将消除许多困扰当前碳市场的难题, 其中包括额外性、碳泄漏、竞争力、规模等。当前, 这些难题影响巨大。为解决这些难题, 最终顺利转入全球碳市场不容忽略。然而, 市场失灵问题在所难免, 这就要求政府进行干预纠正。

有助于形成长期的、可预测的、充分的碳价格的决策是有效减排的必要条件, 但如同第 4 章所示, 不是充分条件。例如市场或管理失灵会阻碍风险研发或提高能效的活动。其他如

城市规划不会直接受到价格影响。农林业促进发展中国家减排和固碳行为的潜力巨大, 但是太复杂 (社会问题复杂), 因而不能仅仅依靠市场激励机制。许多气候行动, 如克服能效障碍、降低已知风险、深入发展国内金融资本市场, 以及加快推广气候友好型技术都要求实施配套财政政策干预。

扩大碳市场规模, 提高碳市场效率

2012 年以后市场缺乏持续性是目前碳市场发展动力的最大风险。2012 年后全球碳市场是否会继续存在具有很大的不确定性, 减排目标的力度、碳信用额的最终需求量、与不同交易计划的联系程度、现有和未来体制中补偿的作用等问题也随之出现。明确以中期目标支撑的 2050 年全球减排目标 (由联合国气候变化框架公约确定), 能够为私营领域未来数年的主要投资决策提供长期的碳价格信号和确定性, 这些决策会对排放轨迹产生长期影响。

建立全球碳市场的下一步骤是使发达国家转入低碳路径, 同时为发展中国家转入低碳路径提供资金和其他必要资源。制定一个支持和促进转型的框架 (转入多国承担减排目标的综合体系), 是气候协议面临的主要挑战之一。如同第 5 章所言, 可以设想一个转型因能力和责任而趋于严格的渐进性参与过程: 采取气候友好型政策 (许多发展中国家已经达到的阶段), 限制排放量增长, 制定减排目标。为了支持这个渐进过程, 人们已经提出了多种利用碳资金的模型。²⁷

但是在相当长的一段时间内, 附件 I 中的国家对国际碳的补偿交易需求量可能仍然不足以在奖励发展中国家减排成就的同时维持碳高价。在能够提供可靠的、规模化的碳信用供给的前提下, 为附件 I 国家设定更宏伟

的目标，²⁸可以扩大与发展中国家在扩大减排规模方面的合作。

对清洁发展机制效果和效率的关注，产生了大量关于巩固、扩大和发展该机制的提议。广义上，这些提议可以概括为两条路线。一条是简化清洁发展机制的路线，通过提高效率和管理能力，降低交易成本，使其更适合一个由私营部门主导的增长中的市场。另一条路线是扩大清洁发展机制对转型的影响，增加碳融资，集中投资路径，影响排放趋势。

到2012年，实现清洁发展机制的渐进式改革以外的其他目标可能不太现实。一些实践者呼吁更大的改进。但是许多国家处于学习工具技能阶段，它们的第一个项目在几个月前才刚刚开始。其他人则重视扩大2012年后减排规模的协议和工具。在2012年前，立即对清洁发展机制进行大幅度修改的政治空间很小，甚至没有。许多发展中国家则强调大部分修改将要求补充完善京都议定书。因此，确立改革步骤，可以区分清洁发展机制改进或变化的水平，最终形成两种不同的财政体制，与公共资源资助的非市场机制平行运作或互相补充。

基于活动的清洁发展机制。有计划建议继续根据既定规则运行基于活动的清洁发展机制，同时对其进行针对性的改善。规则试图区分和奖励优于规范的个体活动（而不是改进规范）。很多小国家的大中型设备安装项目都能单独列为有效的清洁发展机制项目；诸如灯泡或炉灶等微技术都能选择注册为现行清洁发展机制下有组织的项目（从而通过集中化降低交易费用）。很多小国或最不发达国家迫切需要难得的机构能力，这甚至超过了对复杂的温室气体计算方案的需要。这就意味着，对某些（也许是大多数）发展中国家而言，制定另一套

规则以促进其减排能力进入市场完全没有必要。

主要管理改革将以提高质量、相关性以及清洁发展机制内部信息流动的连贯性为目标；清洁发展机制执行委员会要聘用专业的全职人员，并考虑如何提高从业人员的代表性；加强过程中的问责制，可能包括这样一个机制，即为项目参与者提供请求委员会决策的机会。与此同时，国家必须营造一个大体上有利于引进低碳投资的良好商业环境。

扭转趋势的市场机制。新的机制将寻求更全面地扭转长期排放趋势。不论是建立在现行清洁发展机制之内还是之外，它都会支持使发展中国家步入低碳路径的政策改变。通过实施特定的减排政策和项目，从而实行多种来源的减排，该机制将对由此实现的减排予以承认和支持。一个有计划的清洁发展机制可能是扭转趋势的市场机制的第一阶段，允许通过实施跨越时空的政策，将不受限制的类似活动整合在一起。支持部门转变的提案可以分为两类：一类是在不同国家同一部门内运营的工业间协议发展而成的提案；另一类是国家政府实施特定政策或项目的决策发展而成的提案。

关于清洁发展机制和碳融资如何支持发展中国家的气候友好型政策的观点层出不穷。拟议的方案都考虑了如何利用碳融资机制来奖励政策的可测量成果（减排量）。变量包括国际协议中的政策和国家承诺（强制或弹性的），地理层次（地区或国家），或部门范围（部门内或跨部门）。在这些方案中，行业无损目标引起了广泛兴趣，根据行业无损目标，如果一个国家碳排放量少于约定量，它就可以销售碳信用额（低于正常水平），如果没有完成目标，也不会受到惩罚。发展中国

专栏 6.5 保护农业土壤碳

农业部门的减排潜力巨大。以土壤固碳作为主要机制，到 2030 年预计每年大约可以固定 60 亿吨二氧化碳当量 (CO₂e)。许多减排机会 (包括耕地管理、牧场管理、有机土壤管理、退化土地恢复和牲畜管理) 使用的都是现有技术，能够立即应用。而且，这些选择也具有成本优势：假设一吨二氧化碳当量的价格不足 20 美元，到 2030 年，农业部门的全球减排潜能每年大约可以达到 20 亿吨二氧化碳当量。

将农业土壤碳纳入碳市场，扩

大碳市场规模，能够使碳融资在稳健的土地管理中发挥更重要的作用。农业土壤固碳能够提升农业生产率，加强农民应对气候变化的能力。增加土壤有机碳能改善土壤结构，减少土壤的被侵蚀和养分流失。随着土壤碳量增加，储水能力会更好，从而提高农业系统抵御干旱的能力。土壤固碳的这些积极的生物物理作用，直接提高作物、饲料、种植产量和土地生产率。然而，监测和核查固碳储存和永久性的问题仍有待解决。

家亟须扩大私人部门的投资 (超越现在清洁发展机制的涉及范围)，该机制适合发展中国家，而且与可持续发展的优先顺序相一致。

为减少森林采伐和退化而产生的温室气体排放量计划提供财政刺激

特别需要关注的是，发展中国家缺乏减少森林采伐和森林退化造成的排放量的财政激励 (REDD)。2005 年，发展中国家近 1/4 的碳排放量来自于土地利用变更和林业，因而这是个被忽略的巨大排放源。²⁹ 但是土地利用、土地利用变更和林业一直都是

气候谈判的争议性问题。将其纳入《京都议定书》受到重重阻挠。因此，只有造林和再造林属于清洁发展机制允许的范围，欧盟排放贸易计划则把它们排除在外。

最初，联合国减少由森林采伐和森林退化而产生的温室气体排放计划主要关注那些采伐森林的国家 (参见表 6.7)。然而，一些森林覆盖率很高的国家几乎没有采伐森林，它们寻求支持，以便实现可持续的森林管理和保护。而在其他国家的 REDD 活动致使森林采伐和农业扩张跨国界转移 (泄漏) 的情况下，它们尤其要寻求支持。另一些国家已经采取了可持续管理林业的措施和政策，它们力图通过类似于环境服务支付机制的市场解决方案，获得国际社会对其减排努力的认可。如第 3 章所论，通过绩效机制来保护土壤碳的方式 (参见专栏 6.5) 也得到推动，但是对它的讨论尚未达到讨论 REDD 的程度。

REDD 涉及很多群体和其他社会目标，有正面也有负面影响。它能给当地居民提供新的收入来源，但他们很担心 REDD 机制会威胁他们获得和使用传统土地的权利。REDD 可以为生物多样性价值高的地区提供资源，提高其保护水平，也能使森林采伐和土地开垦跨国界转移到生物多样性水平很高的地区 (渗漏的另一个例子)。

一般认为，在高森林覆盖率国家接受 REDD 财政资助之前，它们需要做好准备工作，即建立政策、法律、组织和技术模块。为应对森林采伐和森林退化的整体原因并遏制泄露，REDD 准备工作的关键部分应该在国家层面而不是项目层面上进行。

森林碳合作基金 (FCPF) 旨在帮助热带和亚热带地区的森林国家为加入 REDD 做准备，并试行基于绩效的激励措施。在森林碳合作基金框架

表 6.7 减少森林采伐和退化的国家及多边倡议

倡议	预计资金总额 (百万美元)	时期
国际森林碳倡议 (澳大利亚)	160	2007—2012
气候与森林倡议 (挪威)	2 250	2008—2012
森林碳伙伴基金 (世界银行)	300	2008—2018
森林投资项目 (气候投资基金的一部分)	350	2009—2012
联合国减少由森林采伐和森林退化而产生的温室气体排放计划	35	2008—2012
亚马逊基金	1 000	2008—2015
刚果盆地森林基金	200	不确定

出处：联合国气候变化框架公约 2008b。

注：括号里的名称是提出倡议的国家或机构。

下，REDD 的准备工作包括全国的 REDD 战略和实施框架；森林采伐和森林退化所致排放量的国家参考情景；以及全国的监测、报告和核证体系。由联合国粮食农业组织、联合国开发计划署以及联合国环境规划署联合主办的 UN-REDD，也是一个类似的项目。

在国家 REDD 战略中，各国将对其迄今为止的土地利用和林业政策进行评估，确定森林采伐和森林退化的动因。下一步就是构思应对动因的战略选择，并从成本效率、公平性和可持续性的角度评估这些选择。接下来，就要对实施 REDD 战略的法律和制度安排进行评估，包括协调国家 REDD 实施、促进 REDD 发展并筹集资金的机构，REDD 资金流动的利益共享机制和管理 REDD 活动（包括产生的减排量和相应的收入流动）的国家碳注册制度。此外，国家将对实施战略所需的投资和能力建设进行评估，并对不同策略和实施方案（利益、风险和降低风险措施）的环境和社会影响进行评估。

准备加入 REDD 的国家需要设计国家参考情景。情景应该包括追溯性部分，计算近期历史平均排放水平，还包括基于经济增长趋势和国家发展规划上的未来排放预测。

全国性监测、报告和核证（MRV）体系是以绩效为基础的支付系统的核心。监测、报告和核证体系包括对生物多样性、生计和碳消费水平的支付影响。监测、报告和核证体系必须包括远程遥感技术和地面测量方法。以社区为基础的自然资源管理经验表明，让当地居民（包括土著居民）参与监测自然资源，可以提供低成本的、准确的地方森林生物群和自然资源趋势信息。³⁰可以让当地社区监控 REDD 计划中自然资源存储、利益共享以及

广泛的社会和生态影响。参与法有可能极大地改善 REDD 计划的治理和管理能力。

在大规模的、以绩效为基础的 REDD 支付计划实施之前，大多数森林国家都需要改革政策，实施投资计划。这些森林国家也可能需要投资来建设机构能力，改善森林治理和信息管理，增强森林保护和持续管理能力，减轻森林压力（通过把农业活动迁离森林和提高农业生产率）。几项旨在协助这些国家开展这些活动的措施已经出台或正在制定中（参见表 6.7）。另外，世界银行已经在气候投资基金框架下提出了一个森林投资项目，同时查尔斯王子主持的雨林项目和雨林国家联盟最近也提出由金融机构发行债券筹集大量资金，资助森林国家保护森林和发展项目。这个例子阐明了组合工具引导行为和投资转变的方式：需要将前期融资（优惠融资和创新融资）和以绩效为基础的激励措施结合起来促进政策改革、能力建设并制定投资方案。这个例子还强调了公共财政促进气候行动的重要作用。

撬动私人资金适应融资

减排强调源自碳市场的私人资金，而适应资金主要来自于官方。这并不奇怪，因为适应与良好发展息息相关，而且许多适应措施都是公共物品。例如，保护沿海地区（地方公共物品）和及时提供气候信息（国家公共物品）就是此类产品。

尽管减排主要依赖公共财政，很多适应负担也将由个人和企业承担。例如，气候自然灾害的保险主要由私营部门提供。同样，资本存量（私人住宅、厂房和机器）的气候防护工作将主要由私人业主承担，尽管国家必须提供防洪措施和开展灾害救济。私营公司还拥有和经营一些公共设施

(港口、发电厂、供水和排污系统)，为了适应全球变暖它们必须得到调整。

对政府而言，让私营部门参与适应融资有三个方面的挑战：让私人行为者参与适应活动；分担适应的公共基础设施成本；利用私人资金资助专项适应投资。

让私人行为者有效适应

从穿衣到种植再到房屋的设计方式，大多数消费和企业决策都会直接或间接受到气候因素的影响。人们已经习惯于这些隐蔽的适应决策。政府的主要作用就是提供一个有利于做出决策的经济环境。它包括经济激励形式（适应投资优惠税率，根据风险收取不同的物业税，差异化保险费），规范管理（区域规划，建筑标准），或者只是教育和更好的信息服务（例如长期的天气预告，农业推广服务）。

这些措施隐含经济成本，例如达到更严格的建筑规定，使用不同种类的种子，缴纳更高的保险费等。这些成本也会分散到各个部门，例如生产者把高成本传递给顾客，保险计划帮助集中风险等。或许除了政府的管理成本和保护弱势群体免受政策负面影响之外，几乎没有必要开展适应专项融资。

分担适应性公共设施的成本。大部分的公共适应资金会用于国家交通基础设施、电网、供水系统和通信系统的气候防护。不论这些服务是由公共、私人还是商业化公共实体提供，费用都是由纳税人（国内或国外——如果提供了适应援助）或者使用者通过高额关税支付的。

对于基础设施服务的提供者来说，气候变化（和气候政策）和监管、商业和宏观经济风险等风险因素一样需要关注。³¹因此，尽早监管体制内建立可预测的适应责任机制不失为明

智之举。不确定性越大，就越需要建立一个更加灵活的监管制度，因为事前监管不能有效应对不可预见的变化情况。新型和创新的监管方法是不错的替代方案。英国能源监管部门采取的模式就是典范，它们只履行审计职能，而把投资决策权留给政府和私营部门的主要行为者。³²

利用私人资金资助专项适应投资。出于种种原因，私人参与专项适应基础设施的范围可能受到限制。由于专项适应投资不能给私人运营者带来商业利润，公共部门必须对其予以补偿。这样就产生了政府债务责任，需要记录在公共账目上。效率论点同样不能让人信服。³³适应设施结构（例如防洪设施）的价格相当低廉，操作简单，这样私人管理者的运营效率利润空间就微乎其微了。建设和设计阶段的效率利润空间可能较大，但可以通过合理的采购机制平均分配效率利润。

一般而言，私人资金在发展中国家基础设施融资需求总额中的比例不大，而在当前金融危机期间，这一比例可能不会增加。³⁴由于上述原因，基础设施专家告诫大家在筹集气候变化资金时，不要对公私合作的期望太高。³⁵

确保资金的透明、高效和公平使用

无论筹措额外资金怎样成功，气候资金都将很匮乏，所以就必须透明、公平地分配并有效使用资金。

在减排方面，资金分配主要考虑效率。减排是全球的公共事务，无论减排发生在哪里，各地的收益都是一样的（虽然减排成本的分配引起了公平问题）。如果合理框架到位（主要是指一个允许在全球范围内挖掘减排机会，同时能够保护东道主国家利益的碳市场）将碳市场、其他基于绩效的

体制，和用于被市场忽略的商机的公共资金结合起来，就能有效公平地分配资本。

相比之下，适应资金的分配提出了效率和公平两个重要问题。与减排资源分配不同，适应资源的分配意义很大。非洲农民不能再继续获得用以保护小島国家的资金。适应资金如何分类的问题还在继续争论，并且已经延伸为如何分配这些资金。发展中国家引用全球污染者付费原则，倾向于把适应资金视为损坏赔偿。从发展中国家的观点来看，如何使用适应资金的问题已经超出了高收入国家的意图。但是高收入国家强烈认为应该有效利用稀缺的资金资源，这和正当理由或资金来源无关。

我们当然可以认为有效公平地分配和使用适应资金符合每个人的利益。浪费资源会削弱公众对气候日程的支持。所以，透明、有效、公平地分配适应资金至关重要。作为处理资金分配的发展机构典范，国际开发协会（IDA）将资金需求、政府吸收能力和中央政府绩效等因素结合起来，建立了指数模型（参见专栏 6.6）。国际开发协会的方法并非完美无缺。各国适用同一公式，它基本上为各国规定了一样的发展模式。³⁶对形成标准而言，这已经带来了问题，而对正确适应模型知之甚少的气候变化而言，更可能带来问题。即使如此，旨在解决这些问题的分配适应资金的实证方法至少包括三个目的：如果分配过程不包括游说和谈判，它能减少交易成本；把分配过程建立在实证基础上，它能支持结果议程；以分配过程中的透明性支持共同责任。

资金需求措施应该和气候脆弱性概念密切相关。正如政府间气候变化专门委员会（IPCC）所言，脆弱性是适应能力、气候敏感性和气候变化风

险的函数。³⁷因此，资金需求措施可能是敏感性、脆弱性的某些人口加权指数，或许还有贫困加权。特别对于大国来说，必须考虑各地区的分配影响和脆弱性差异。

显然，中央政府绩效和资金吸收能力能够决定一国的适应能力，但是它们不是气候适应的唯一决定性绩效因素。“社会能力”是决定当地气候影响严重程度的重要因素，它包括不公平要素（基尼系数）、金融市场深度、赡养比率、成人识字率和女性教育程度。

总之，适应资金的分配指数包括下列要素：

分配指数=中央政府绩效

- × 吸收能力
- × 社会能力缺乏程度
- × 气候敏感性
- × 气候变化脆弱性
- × 人口数量权重
- × 贫穷权重

其实，建立这样的指数存在很多挑战。有关发展中国家脆弱性的信息仍然零碎不全。困难在于它们往往通过复杂的、不明确的方式把它们不确定的可能影响转化为脆弱性。未来气候方案内在的不确定性进一步加剧了环境和社会经济联系的不确定性。模型主要依赖少数几个界定的社会经济预测值，但每个模型都有潜在变化的范围。所以关于未来气候方案的许多研究都关注某个部门内或某些特定结果的可能影响，例如海平面上升造成的健康状况和损失变化。少数研究试图把这些结果转化为对脆弱性的实际评估。³⁸

使用国际开发协会的分配方法，将带来一定风险。因为气候适应分配指数对那些气候敏感性和风险性很高、但制度薄弱的贫穷国家不利。如果确

专栏 6.6 分配优惠发展资金

国际开发协会 (IDA) 为以透明、经验的方式分配减排资金提供了一个可能模式。这个 10 年来逐步完善的资源分配模型每年将大约 100 亿美元的优惠资金分配给世界上最贫穷的国家。

国际开发协会分配公式可分解为三个基本指数：优惠资金的需求量、吸收能力和中央政府的绩效。需求的基本标准是各国的平均贫穷程度（加权以照顾最贫穷国家）乘以国家人口数量。吸收能力由世界银行投资组合绩效衡量（拖延付款、贷款或信贷核销都是表示吸收额外资金能力差的明确指标）。根据援助效益结果，管理能力最强的国家权重也最大，因为证据表明这些国家最能利用援助资源促进经济增长。中央政府绩效包括两个摘自世界银行国家政策和体制评估的次级指标：宏观经济、结构和社会政策质量，

制度和治理质量。

公式将 68% 的权重分配给管理；将 24% 的权重分配给宏观经济、社会和结构政策；将 8% 的权重分配给吸收能力。然后把总成绩乘以国家的人口数量，再以人均收入加权（需求权重）得到最后的比分，以此分配优惠资金。

因为这个公式可能不利于一些最需要融资的国家，所以每年都有一部分资金是自上而下直接分配的：每个国家都能收到最低分配；结束了冲突、制度极其薄弱的国家得到额外援助；分配一部分作为自然灾害津贴。另外，国际开发协会为能够获得商业融资的混合型国家设置资金上限。

出处：国际开发协会 2007；Burnside 和 Dollar 2000。

定要使用分配公式，那么针对极其脆弱国家的津贴就必须成为整体分配框架的一部分。

专栏 6.7 阐述了建立脆弱指数的初步尝试步骤，它描述了预测实际影响的综合指数和社会能力综合指数的关系。这个程序化工作的结果只是象征性的，但是它指出最脆弱的国家主要分布在撒哈拉以南非洲。³⁹ 专栏 6.8 的散点图通过国际开发协会的分配公式，得出的预计影响指数和国家绩效值之间的关系图（包括中央政府能力和吸收资金能力）。同样，撒哈拉以南非洲国家的吸收能力很差，预计所受影响也最大。

匹配融资需求和资金来源

应对气候变化是严峻的社会经济、技术、制度和政策挑战。尤其是

对发展中国家而言，它还是一个融资挑战。大约到 2030 年，发展中国家每年需要用于减排的累计投资将达到 1 400 亿~1 750 亿美元（还有 2 650 亿~5 650 亿美元的相关融资需求）。到那时，每年的适应融资需求也会达到 300 亿~1 000 亿美元。这是超过发展融资需求基准线的额外需求，但同样重要，它将帮助弥补现有的适应资金缺口。

虽然现在发展中国家气候相关的融资来源在增加，但只占预期需求的很小一部分。没有哪个来源能够独自提供那么多的额外融资，所以需要合并多个资金来源。如果扩大碳交易市场，那么到 2020 年，每年大约能从对清洁发展机制的适应税收中获得大约 20 亿美元的适应融资。而销售碳排放配额，对国际运输征收排放税和全球碳税等每年各能筹集大约 150 亿美元的适应资金。

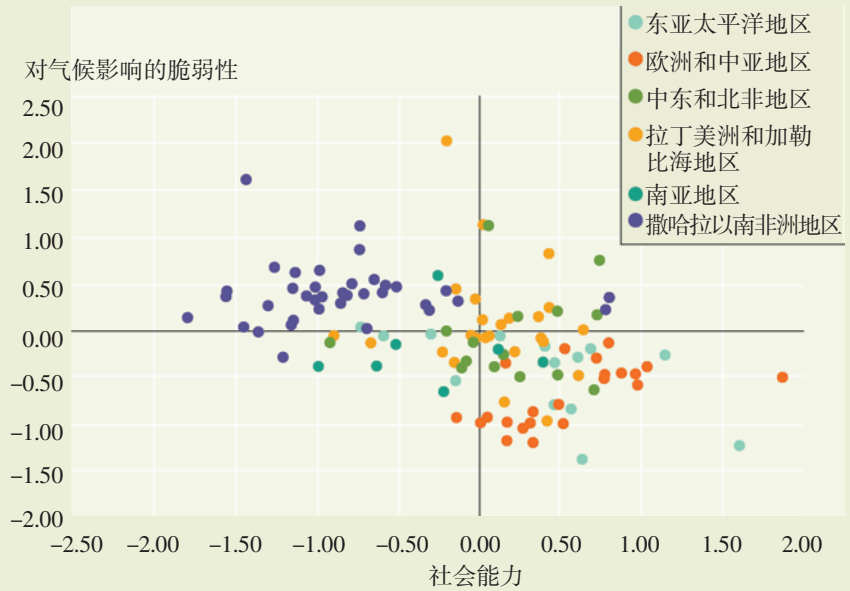
国家减排的大部分资金将来源于私营部门。但是公共政策应该创造一个有利于吸引低碳投资的良好商业环境，包括但不限于一个扩大的、有效的、管理良好的碳市场。可能还需要补充性公共融资（来自财政转移的可能性最大）克服投资壁垒（例如与风险相关的壁垒），并覆盖那些被私营部门忽视的领域。同时也需要严格的排放目标（首先适用于高收入国家，而后是其他国家）、创造足够的补偿需求并维持碳价。

只要大多数国家在国际气候协议下制定了总量管制目标，不论是通过碳税还是总量管制和交易体系，市场都能自动产生国家所需的相当一部分减排资金（碳价决定消费和生产计划）。但是国内碳市场不能自动形成资金的国际流动。发展中国家的减排资金来源于财政转移，来源于国内排放交易计划，或者来自碳排放量配额交

专栏 6.7 气候脆弱性与社会能力

该图描绘了实际影响综合指数与社会能力综合指数的关系。实际影响是气候敏感度和气候变化暴露度的函数，摘自多个全球影响研究。

以预计影响衡量的社会能力和脆弱性，分别是下表所述指标的综合指数。



指 标	度量标准	出 处	假 设	
影响	海平面上升	海平面每升高 1 米，受到影响的人口百分比	Dasgupta 等 2007	假设内陆国家不受影响
	农业	2050 年产量损失百分比，政府间气候变化专门委员会排放情景报告情景 A2b	Parry 等 2004	产量降低代表国家福利减少。气候变化使产量提高，福利增加。当前农场适应水平
	健康	2050 年，增加的死亡百分率	Bosello, Roson 和 Tol 2006	气候变化对健康造成影响而增加的死亡率
	灾难	灾害中遇难人口百分比（以历史数据为基础）	灾难流行病学研究中心 2008	以现有灾难模式代表未来的风险区域
社会能力	文化	大于 15 岁的识字人口百分比（1991—2005）	世界银行 2007c	识字率越高，社会能力越强
	年龄抚养赡养比率	供养人口与劳动人口比率（2006）	世界银行 2007c	年龄抚养赡养比率越低，社会能力越强
	初等教育完成率（女性）	女性初等教育完成率的百分比（1991—2006）	世界银行 2007c	完成率越高，社会能力越强
	基尼	基尼系数（最新数据）	世界银行 2007c	不公平性越低，社会能力越强
	私营部门的国内信贷	私营部门的国内信贷额占国内生产总值的百分比	世界银行 2007c	投资越多，社会能力越强
	治理	世界治理指标（WGI）发言权与共同责任	Kaufman, Kraay 和 Mastruzzi 2008	世界治理指标分数越高，社会能力越强

易。让资金从发达国家流入发展中国家有几种方式。但是资金流动对于保证气候问题解决方案的效果、效率和公平性至为重要。

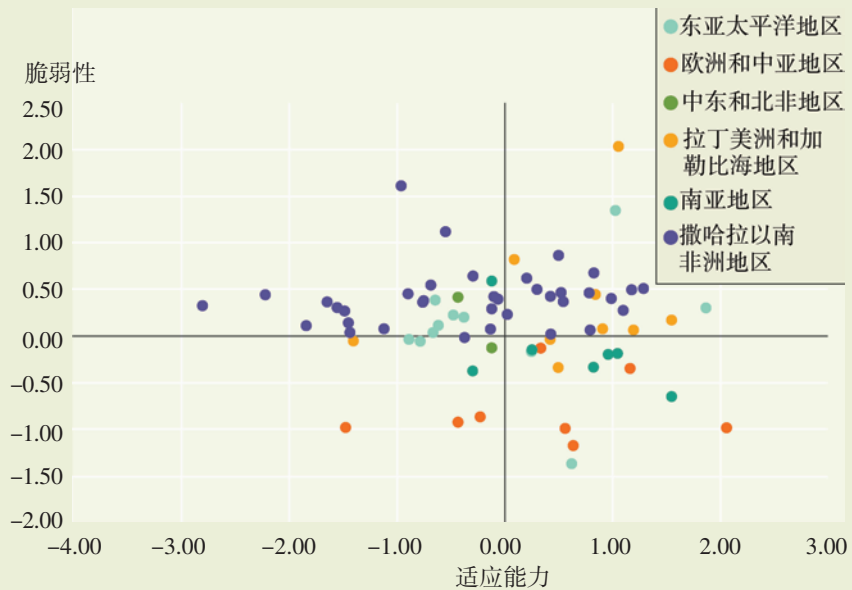
专栏 6.8 气候脆弱性与适应能力

该图描绘了通过国际开发协会分配公式计算出来的，影响指数和国家绩效措施（包括中央政府能力和吸收资金能力）之间的关系。

适应能力是下表所述指标的综合指数，根据下列公式计算：

国家绩效 = $0.24 \times$ 平均值 (CPIAa, CPIAb 和 CPIAc) + $0.68 \times$ CPIAd + $0.08 \times$ ARPP。

CPIA = 国家政策和制度评估；ARPP = 投资组合绩效年度报告。



指标	度量标准 (年)	出处	假设
适应能力			
经济管理	CPIAa (2007)	世界银行	国家绩效越好，适应能力越强
结构政策	CPIAb (2007)	世界银行	
社会包容和公平政策	CPIAc (2007)	世界银行	
公共管理和制度 (治理)	CPIAd (2007)	世界银行	
吸收资金能力	世界银行风险组合 (累计折旧)	世界银行	

出处：CPIA 数据 <http://go.worldbank.org/S2THW1X60>。欲知 CPIA 分数计算的详细过程，参见世界银行 2007b。ARPP 分数记录在世界银行 2007a 中。

注释

1. 详情参见概述。
2. Barker 等 2007。
3. 联合国气候变化框架公约 2008a。
4. Agrawala 和 Fankhauster (2008) 重审了适应成本；Klein 和 Persson (2008) 讨论了适应和发展的关系。Parry 等 (2009) 批评了联合国气候变化框架公约评估的适应成本，认为实际成本要高出 2~3 倍。
5. 除了碳交易市场，可交易绿色证书和白色证书计划（分别代表可再生能源的扩大和以需求管理措施提高能效）都是基于市场机制的例子，它们都能为减排服务。其他工

具包括财政刺激（税收或补助、价格支持、投资的税收优惠、补贴性贷款）和其他政策与措施（标准，标志等）。

6. 东道国的财政收入低于清洁发展机制市场总体规模，主要有两个原因：首先初级市场上大多数清洁发展机制的交易基于排放量减少后付款的期货购买协议。根据项目绩效，碳及交割的数量和日期可能差异很大。项目开发者更愿意以折扣价销售这些预期碳信用，以消除运输风险。其次是在到达终端用户前，清洁发展机制的碳信用能在二级市场上进行多次买卖。活跃于二级市场的金融中介机构承担了运输风险，在没有发生运输

风险时，较高的销售价格就对其提供了补偿。和初级市场交易不同，这些交易并没有直接导致排放量减少。清洁发展机制的二级市场交易仍在不断增加，2008年交易量超过260亿美元（2007年的五倍）。相比之下，在经济不景气和对2012年以后市场不确定性的阴影下，清洁发展机制初级市场交易量首次下滑到72亿美元（比2007年少12%）。参见Capoor和Am-brosi（2009）。

7. 经合组织/发展援助委员会，气候变化资料由Rio Marker提供 http://www.oecd.org/document/11/0,3343,en_2649_34469_11396811_1_1_1_1,00.html（2009年5月登录）。

8. 联合国环境规划署2009。清洁发展机制的清洁能源投资预期收益高于发展中国家的可持续能源投资的实际收益，因为得到核证的减排量进行交易时，许多清洁发展机制的项目都处于初级阶段（不运转或处于委托中或财务收尾时）。

9. 参见《巴厘岛联合国气候变化框架公约》第十三次会议的决议1/CP.13（2007年12月）<http://unfccc.int/resource/docs/2007/cop13/eng/06a01.pdf#page=3>（2009年7月3日登录）。

10. 例如，Michaelowa和Pallav（2007），Schneider（2007）声称一些项目无论如何都会发生。相比之下，商业组织抱怨额外性测试过于严格（国际排放交易协会2008；联合国气候变化框架公约2007）。

11. Olsen 2007；Sutter和Parreno 2007；Olsen和Fenhann 2008；Nussbaumer 2009。

12. Cosby等2005；Brown等2004；Michaelowa和Umamaheswaran 2006。

13. Streck和Chagas 2007；Meijer 2007；Streck和Lin 2008。

14. 国际排放交易协会2005；Stehr 2008。

15. 国际排放交易协会2008。

16. Michaelowa和Pallav 2007；国际排放交易协会2008。

17. Barker等2007。

18. Sperling和Salon 2002。

19. Figueres和Newcombe 2007。

20. Eliasch 2008。

21. Figueres，Haite和Hoyt 2005；Wara 2007；Wara和Victor 2008。

22. Sterk 2008。

23. 参见Fankhauser，Martin和Prichard，待出版。

24. 参见Müller 2008讨论。

25. Barbier 2009；Bowen等2009。

26. Robins，Clover和Magness 2009（第一章有讨论）。

27. 其中包括与某些具体部门相关的减排回报模型，以及建立在不同目标形式（例如密集度，绝对或相对减排目标）基础上的模型。信用成绩只发生在国家层面，或者涉及项目活动。信用可以以初始补助的分配为基础（总量管制和交易计划），或者以事后情况为基础（信用基准）。它也可以与现存的碳市场相联系或相分离。建立在排放量交易基础上的机制可能直接或间接与其他碳市场相联系，并创造出可以完全、部分或不取代现存碳市场的碳信用。

28. 如果完成目标，到2020年，高收入国家总共的排放量只比1990年少10%~15%。这远远低于政府间气候变化专门委员会在2020年的时间框架目标一比1990年的排放量减少25%~40%。参见Howes 2009。

29. 世界资源研究所2008；Houghton 2009。

30. Danielsen等2009。

31. Vagliasindi 2008。

32. Pollitt 2008。

温度在升高，冰雪在融化。小男孩垂头丧气地坐着。一只小鸟掉了下来——又一个空气污染的受害者。花儿长在垃圾桶附近。早在小男孩带它们去见小鸟之前，它们已经枯萎了。为了改变这种现象，我呼吁全世界的领导人保持大自然干净，使用太阳能和风能，促进科技发展。

——Shant Hakobyan，亚美尼亚，12岁



33. Agrawala 和 Fankhauser 2008。
34. 在 2005—2007 年间, 公私合作模式的投资承诺达到发展中国家国内生产总值的 0.3%~0.4% (基础设施数据库私方参与, <http://ppi.worldbank.org/>)。相比之下, 基础设施投资需求大约占国内生产总值的 2%~7%, 高速发展国家 (如中国和越南) 的投资每年超过其国内生产总值的 7%。Estache 和 Fay 2007。
35. Estache 2008。
36. Kanbur 2005。
37. Füssell 2007。
38. 例如, 影响和脆弱性研究包括: Bättig, Wild 和 Imboden (2007); Deressa, Hassan 和 Ringler (2008); Diffenbaugh 等 (2007); Giorgi (2006)。其他研究关注部门损失或案例分析/国家具体的脆弱性, 参见: Dasgupta 等 (2007) 对沿海地区的研究; Parry 等 (1999) 和 Parry 等 (2004) 对全球农业产量变化的研究; Arnell (2004) 以及 Alcamo 和 Henrichs (2002) 对获取水资源变化的研究; Tol, Ebi 和 Yohe (2006), Bosello, Roson 和 Tol (2006) 对健康的研究。
39. 在专栏 6.7 和专栏 6.8 中, 先把个别指标移到 Z-SCORE 模型上, 然后取一个未加权的平均结果计算出综合指数。

参考文献

- Agrawala, S., and S. Fankhauser. 2008. *Economic Aspects of Adaptation to Climate Change: Costs, Benefits and Policy Instruments*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Alcamo, J., and T. Henrichs. 2002. "Critical Regions: A Model-based Estimation of World Water Resources Sensitive to Global Changes." *Aquatic Sciences* 64 (4): 352-62.
- Aldy, J. E., E. Ley, and I. Parry. 2008. *A Tax-Based Approach to Slowing Global Climate Change*. Washington, DC: Resources for the Future.
- Arnell, N. W. 2004. "Climate Change and Global Water Resources: SRES Emissions and Socio-Economic Scenarios." *Global Environmental Change* 14 (1): 31-52.
- Bättig, M. B., M. Wild, and D. M. Imboden. 2007. "A Climate Change Index: Where Climate Change May Be Prominent in the 21st Century." *Geophysical Research Letters* 34 (1): 1-4.
- Barbier, E. B. 2009. *A Global Green New Deal*. Geneva: United Nations Environment Programme.
- Barker, T., I. Bashmakov, L. Bernstein, J. E. Bognner, P. R. Bosch, R. Dave, O. R. Davidson, B. S. Fisher, S. Gupta, K. Halsnaes, B. Heij, S. Khan Ribeiro, S. Kobayashi, M. D. Levine, D. L. Martino, O. Masera, B. Metz, L. A. Meyer, G.-J. Nabuurs, A. Najam, N. Nakićenović, H.-H. Rogner, J. Roy, J. Sathaye, R. Schock, P. Shukla, R. E. H. Sims, P. Smith, D. A. Tirpak, D. Urge-Vorsatz, and D. Zhou. 2007. "Technical Summary." In *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, and L. A. Meyer. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Bosello, F., R. Roson, and R. S. J. Tol. 2006. "Economy-Wide Estimates of the Implications of Climate Change: Human Health." *Ecological Economics* 58 (3): 579-91.
- Bovenberg, A. L., and L. Goulder. 1996. "Optimal Environmental Taxation in the Presence of Other Taxes: General Equilibrium Analyses." *American Economic Review* 86 (4): 985-1000.
- Bowen, A., S. Fankhauser, N. Stern, and D. Zenghelis. 2009. *An Outline of the Case for a "Green" Stimulus*. London: Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment and the Centre for Climate Change Economics and Policy.
- Brown, K., W. N. Adger, E. Boyd, E. Corbera-Elizalde, and S. Shackley. 2004. "How Do CDM Projects Contribute to Sustainable Development?" Tyndall Centre for Climate Change Research Technical Report 16, Norwich, UK.
- Burnside, C., and D. Dollar. 2000. "Aid, Policies and Growth." *American Economic Review* 90 (4): 847-68.
- Capoor, K., and P. Ambrosi. 2009. *State and Trends of the Carbon Market 2009*. Washington, DC: World Bank.
- Cosbey, A., J. Parry, J. Browne, Y. D. Babu, P. Bhandari, J. Drexhage, and D. Murphy. 2005. *Realizing the Development Dividend: Making the CDM Work for Developing Countries*. Winnipeg: International Institute for Sustainable Development.
- CREED (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters). 2008. "EM-DAT: The International Emergency Disasters Database." Université Catholique de Louvain, Ecole de Santé Publique, Louvain.
- Danielsen, F., N. D. Burgess, A. Balmford, P. F. Donald, M. Funder, J. P. Jones, P. Alviola, D. S. Balet, T. Blomley, J. Brashares, B. Child, M. Enghoff, J. Fieldsa, S. Holt, H. Hubertz, A. E. Jensen, P. M. Jensen, J. Massao, M. M. Mendoza, Y. Nqaqa, M. K. Poulsen, R. Rueda,

- M. Sam, T. Skielboe, G. Stuart-Hill, E. Topp-Jorgensen, and D. Yonten. 2009. "Local Participation in Natural Resource Monitoring: a Characterization of Approaches." *Conservation Biology* 23 (1): 31–42.
- Dasgupta, S., B. Laplante, C. Meisner, D. Wheeler, and J. Yan. 2007. "The Impact of Sea Level Rise on Developing Countries: A Comparative Analysis." Policy Research Working Paper 4136, World Bank, Washington, DC.
- Dechezleprêtre, A., M. Glachant, I. Hascic, N. Johnstone, and Y. Menière. 2008. *Invention and Transfer of Climate Change Mitigation Technologies on a Global Scale: A Study Drawing on Patent Data*. Paris: CERNA.
- Deressa, T., R. M. Hassan, and C. Ringler. 2008. "Measuring Ethiopian Farmers' Vulnerability to Climate Change Across Regional States." Discussion Paper 00806, International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- Diffenbaugh, N. S., F. Giorgi, L. Raymond, and X. Bi. 2007. "Indicators of 21st Century Socio-climatic Exposure." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 (51): 20195–98.
- Edmonds, J., L. Clarke, J. Lurz, and M. Wise. 2008. "Stabilizing CO₂ Concentrations with Incomplete International Cooperation." *Climate Policy* 8 (4): 355–76.
- Eliasch, J. 2008. *Climate Change: Financing Global Forests: The Eliasch Review*. London: Earthscan.
- Estache, A. 2008. *Public-Private Partnerships for Climate Change Investments: Learning from the Infrastructure PPP Experience*. Brussels: European Center for Advanced Research in Economics and Statistics.
- Estache, A., and M. Fay. 2007. "Current Debates on Infrastructure Policy." Policy Research Working Paper 4410, World Bank, Washington, DC.
- Fankhauser, S., N. Martin, and S. Prichard. Forthcoming. "The Economics of the CDM Levy: Revenue Potential, Tax Incidence, and Distortionary Effects." Working paper, London School of Economics.
- Figueres, C., E. Haites, and E. Hoyt. 2005. *Programmatic CDM Project Activities: Eligibility, Methodological Requirements and Implementation*. Washington, DC: World Bank Carbon Finance Business Unit.
- Figueres, C., and K. Newcombe. 2007. "Evolution of the CDM: Toward 2012 and Beyond." Climate Change Capital, London, UK.
- Füssel, H. M. 2007. "Vulnerability: A Generally Applicable Conceptual Framework for Climate Change Research." *Global Environmental Change* 17 (2): 155–67.
- Giorgi, F. 2006. "Climate Change Hot-Spots." *Geophysical Research Letters* 33(8):L08707–doi:10.1029/2006GL025734.
- Haites, E., D. Maosheng, and S. Seres. 2006. "Technology Transfer by CDM Projects." *Climate Policy* 6: 327–44.
- Houghton, R. A. 2009. "Emissions of Carbon from Land Management." Background note for the WDR 2010.
- Howes, S. 2009. *Finding a Way Forward: Three Critical Issues for a Post-Kyoto Global Agreement on Climate Change*. Canberra: Crawford School of Economics and Government, Australian National University.
- IDA (International Development Association). 2007. *IDA's Performance Based Allocation System: Simplification of the Formula and Other Outstanding Issues*. Washington, DC.
- IEA (International Energy Agency). 2008. *Energy Technology Perspective 2008: Scenarios and Strategies to 2050*. Paris: IEA.
- IETA (International Emissions Trading Association). 2005. *Strengthening the CDM: Position Paper for COP 11 and COP/MoP 1*. Geneva: IETA.
- . 2008. *State of the CDM 2008: Facilitating a Smooth Transition into a Mature Environmental Financing Mechanism*. Geneva: IETA.
- IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis). 2009. "GGI Scenario Database." Laxenburg, Austria.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Kanbur, R. 2005. "Reforming the Formula: A Modest Proposal for Introducing Development Outcomes in IDA Allocation Procedures." Centre for Economic Policy Research Discussion Paper 4971, London.
- Kaufman, D., A. Kraay, and M. Mastruzzi. 2008. *World Governance Indicators 2008*. Washington, DC: World Bank.
- Klein, R. J. T., and A. Persson. 2008. "Financing Adaptation to Climate Change: Issues and Priorities." European Climate Platform Report 8, Centre for European Policy Studies, Brussels.
- Knopf, B., O. Edenhofer, T. Barker, N. Bauer, L. Baumstark, B. Chateau, P. Criqui, A. Held, M. Isaac, M. Jakob, E. Jochem, A. Kitous, S. Kypreos, M. Leimbach, B. Magné, S. Mima, W. Schade, S. Scricciu, H. Turton, and D. van Vuuren. Forthcoming. "The Economics of Low Stabilisation: Implications for Technological Change and Policy." In *Making Climate Change Work for Us*, ed. M. Hulme and H. Neufeldt. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- McKinsey & Company. 2009. *Pathways to a Low-carbon Economy: Version 2 of the Global*

- Greenhouse Gas Abatement Cost Curve*. McKinsey & Company.
- Meijer, E. 2007. "The International Institutions of the Clean Development Mechanism Brought before National Courts: Limiting Jurisdictional Immunity to Achieve Access to Justice." *NYU Journal of International Law and Politics* 39 (4): 873–928.
- Michaelowa, A., and P. Pallav. 2007. *Additional-ity Determination of Indian CDM Projects. Can Indian CDM Project Developers Outwit the CDM Executive Board?* Zurich: University of Zurich.
- Michaelowa, A., and K. Umamaheswaran. 2006. "Additionality and Sustainable Development Issues Regarding CDM Projects in Energy Efficiency Sector." HWWA Discussion Paper 346, Hamburg.
- Ministry of Finance (Indonesia). 2008. *Climate Change and Fiscal Policy Issues: 2008 Initiatives*. Jakarta: Working Group on Fiscal Policy for Climate Change.
- Müller, B. 2008. "International Adaptation Finance: The Need for an Innovative and Strategic Approach." Economic Working Paper 42, Oxford Institute for Energy Studies, Oxford, UK.
- Newell, R. G., and W. A. Pizer. 2000. "Regulating Stock Externalities Under Uncertainty." Working Paper 99-100, Resources for the Future, Washington, DC.
- Nussbaumer, P. 2009. "On the Contribution of Labelled Certified Emission Reductions to Sustainable Development: A Multi-criteria Evaluation of CDM Projects." *Energy Policy* 37 (1): 91–101.
- Olsen, K. H. 2007. "The Clean Development Mechanism's Contribution to Sustainable Development: A Review of the Literature." *Climatic Change* 84 (1): 59–73.
- Olsen, K. H., and J. Fenhann. 2008. "Sustainable Development Benefits of Clean Development Mechanism Projects. A New Methodology for Sustainability Assessment Based on Text Analysis of the Project Design Documents Submitted for Validation." *Energy Policy* 36 (8): 2819–30.
- Parry, M., C. Rosenzweig, A. Iglesias, G. Fischer, and M. Livermore. 1999. "Climate Change and World Food Security: A New Assessment." *Global Environmental Change* 9 (S1): S51–S67.
- Parry, M., C. Rosenzweig, A. Iglesias, M. Livermore, and G. Fischer. 2004. "Effects of Climate Change on Global Food Production Under SRES Emissions and Socio-Economic Scenarios." *Global Environmental Change* 14 (1): 53–67.
- Parry, M., N. Arnell, P. Berry, D. Dodman, S. Fankhauser, C. Hope, S. Kovats, R. Nicholls, D. Satterthwaite, R. Tiffin, and T. Wheeler. 2009. *Assessing the Costs of Adaptation to Climate Change: A Review of the UNFCCC and Other Recent Estimates*. London: International Institute for Environment and Development and Grantham Institute for Climate Change.
- Pollitt, M. 2008. "The Arguments For and Against Ownership Unbundling of Energy Transmission Networks." *Energy Policy* 36 (2): 704–13.
- Project Catalyst. 2009. *Adaptation to Climate Change: Potential Costs and Choices for a Global Agreement*. London: Climate Works and European Climate Foundation.
- Robins, N., R. Clover, and J. Magness. 2009. *The Green Rebound: Clean Energy to Become an Important Component of Global Recovery Plans*. London: HSBC.
- Schaeffer, M., T. Kram, M. Meinshausen, D. P. van Vuuren, and W. L. Hare. 2008. "Near-linear Cost Increase to Reduce Climate Change Risk." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (52): 20621–26.
- Schneider, L. 2007. *Is the CDM Fulfilling Its Environmental and Sustainable Development Objective? An Evaluation of the CDM and Options for Improvement*. Berlin: Institute for Applied Ecology.
- Sperling, D., and D. Salon. 2002. *Transportation in Developing Countries: An Overview of Greenhouse Gas Reduction Strategies*. Arlington, VA: Pew Center on Global Climate Change.
- Stehr, H. J. 2008. "Does the CDM Need and Institutional Reform?" In *A Reformed CDM: Including New Mechanisms for Sustainable Development*, ed. K. H. Olsen and J. Fenhann. Roskilde, Denmark: United Nations Environment Programme, Risoe Centre Perspective Series 2008.
- Sterk, W. 2008. "From Clean Development Mechanism to Sectoral Crediting Approaches: Way Forward or Wrong Turn?" JIKO Policy Paper 1/2008, Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy, Wuppertal, Germany.
- Streck, C., and T. B. Chagas. 2007. "The Future of the CDM in a Post-Kyoto World." *Carbon & Climate Law Review* 1 (1): 53–63.
- Streck, C., and J. Lin. 2008. "Making Markets Work: A Review of CDM Performance and the Need for Reform." *European Journal of International Law* 19 (2): 409–42.
- Sutter, C., and J. C. Parreno. 2007. "Does the Current Clean Development Mechanism (CDM) Deliver Its Sustainable Development Claim? An Analysis of Officially Registered CDM Projects." *Climatic Change* 84 (1): 75–90.
- Tol, R. S. J., K. L. Ebi, and G. W. Yohe. 2006. "Infectious Disease, Development, and Cli-

- mate Change: A Scenario Analysis." *Environment and Development Economics* 12: 687–706.
- UNEP (United Nations Environment Programme). 2008. "UNEP Risoe CDM/JI Pipeline Analysis and Database." Roskilde, Denmark.
- . 2009. *Global Trends in Sustainable Energy Investment 2009: Analysis of Trends and Issues in the Financing of Renewable Energy and Energy Efficiency*. Paris: UNEP and New Energy Finance.
- UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). 2007. *Call for Input on Non-Binding Best-Practice Examples on the Demonstration of Additionality to Assist the Development of PDDs, Particularly for SSC Project Activities*. Bonn: UNFCCC.
- . 2008a. *Investment and Financial Flows to Address Climate Change: An Update*. Bonn: UNFCCC.
- . 2008b. *Mechanisms to Manage Financial Risk from Direct Impacts of Climate Change*. Bonn: UNFCCC.
- Vagliasindi, M. 2008. "Climate Change Uncertainty, Regulation and Private Participation in Infrastructure." Background note for the WDR 2010.
- Wara, M. 2007. "Is the Global Carbon Market Working?" *Nature* 445: 595–96.
- Wara, M., and D. Victor. 2008. "A Realistic Policy on International Carbon Markets." Working Paper 74, Program on Energy and Sustainable Development, Stanford University, Stanford, CA.
- Watson, C., and S. Fankhauser. 2009. "The Clean Development Mechanism: Too Flexible to Produce Sustainable Development Benefits?" Background paper for the WDR 2010.
- Weitzman, M. L. 1974. "Prices vs. Quantities." *Review of Economic Studies* 41 (4): 477–491.
- World Bank. 2007a. "Annual Report On Portfolio Performance, Fiscal Year 2006." Quality Assurance Group, World Bank, Washington, DC.
- . 2007b. "Country Policy And Institutional Assessments 2007: Assessment Questionnaire." Operations Policy And Country Services, World Bank, Washington, DC.
- . 2007c. *World Development Indicators 2007*. Washington, DC: World Bank.
- . 2009. *The Economics of Adaptation to Climate Change*. Washington, DC: World Bank.
- WRI (World Resources Institute). 2008. "Climate Analysis Indicators tool (CAIT)." Washington, DC.



加速技术创新和推广

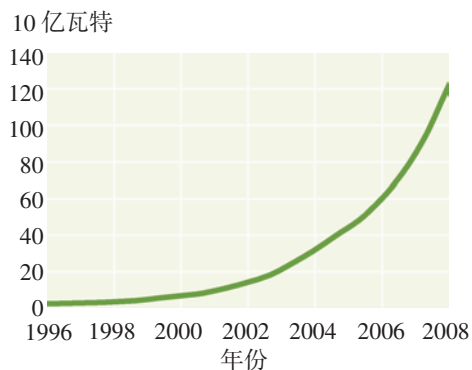
早在发明电力之前，欧洲就已经广泛应用风车长期为农业活动提供能源。借助技术创新和推广的力量，风能发电正在推动世界进行一场真正的能源革命，这场革命正处在第一阶段。1996年至2008年间，全球风电装机容量增加了20倍，达到1 200亿多瓦，每年减少约1.58亿吨的二氧化碳（CO₂）排放量，同时提供了大约40万个就业机会（参见图7.1）。¹该增长在很大程度上归功于政府激励机制和公共和私人资助的研究，研究降低了风能技术成本并提高了效率。

尽管大多数装机容量在欧洲和美国，但这种模式正在发生转变。2008年，印度和中国各自的风电装机容量

超过了除美国外的任何其他国家。两国的风电装机容量之和将近世界总量的百分之二十。例如印度苏司兰公司，它是世界领先的风力发电机制造商，在亚洲地区聘用了13 000名员工。可以说风能技术的全球起飞，为气候智能型发展树立了先例。而互补优势，例如全球风能资源的地理分布信息，使选址决策更容易（参见地图7.1）。

技术创新及相关制度调整是以合理成本管理气候变化的关键。加强国家创新和技术能力可以成为经济发展的强力催化剂。²高收入国家是世界的主要排放者，它们可以以气候智能型替代品取代高碳技术产品，同时对未来的突破型创新进行大规模投资。中等收入国家可以保证它们的投资将它们导

图7.1 过去十年间，全球累计风电装机容量骤升

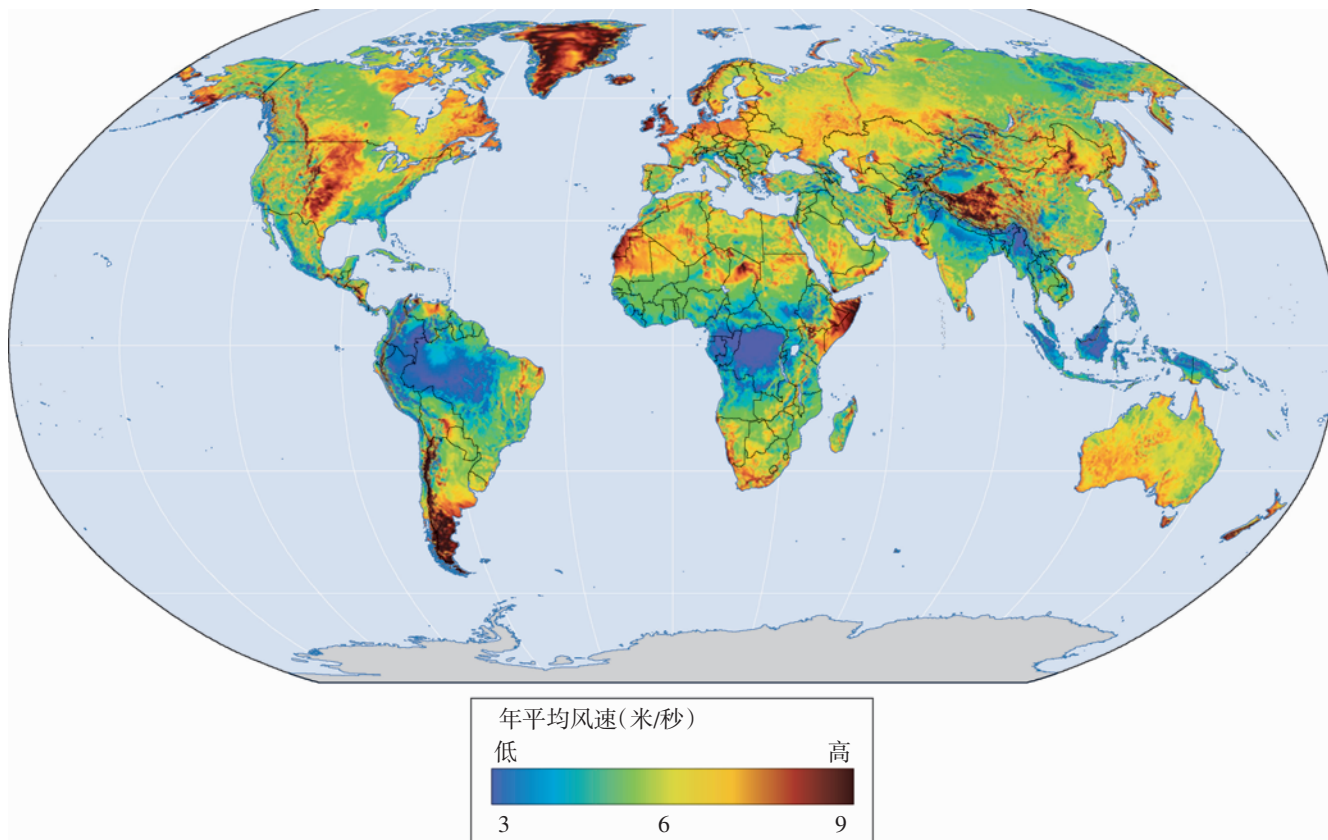


出处：全球风能理事会 2009。

主要内容

达到气候变化和发展目标需要大力加强国际社会的努力以推广现有技术并开发和应用新技术。目前公共和私人投资每年只有数百亿美元，这一数额亟须扩大到每年数千亿美元。以增加对研发的公共投资为基础的“技术推动型”政策不足以实现上述目标，它们还需要“市场拉动型”政策的配合，“市场拉动型”政策能够制定针对公共和私营部门的激励机制，从而鼓励创业，促进合作乃至在貌似不可能的地方找出全新的解决方案。推广气候智能型技术需要的不止是将现成的设备送到发展中国家，它还需要培养发展中国家的吸收能力，并加强其公共和私营部门遴选、采用、调整、改进和应用最适合的技术的能力。

地图 7.1 风能地图的完善创造了新的机遇



出处:数据由 3Tier Inc 提供。

注:图中显示的是世界各地年平均风速的 5 公里分辨图,平均以 80 米高度计算(一些风车的高度)。

入低碳发展路径,它们的企业从现有技术中获得收益,有利于增强全球竞争力。通过以地方知识和技能识别、评估、采用和完善现有技术,低收入国家可以保证自己拥有一定的技术能力,以适应气候变化。第 8 章指出,实现技术变革带来的好处要求大力改变人类和组织行为方式,并采纳一系列创新型支持型政策,以降低人类的脆弱性,管理自然资源。

然而,当前全球创新和推广气候智能型技术的努力远远不能满足未来几十年大幅度减排和适应的需求。研发、示范和应用(RDD&D)投资不足,金融危机减少了对气候智能型技术的私人投资,从而延迟了技术推广。以适当规模发展技术和促进创新不仅需要各国合作

和集中资源,还需要精心设计国内政策以促进知识基础设施及商业环境的发展,支持创新和技术推广。大多数发展中国家,特别是低收入国家,市场规模很小,就个别国家而言,对希望引进新技术的企业家没有吸引力,但是邻近各国可以通过扩大区域经济一体化来实现规模效应。

世界必须扩大国际合作规模,提供更多融资,并制定政策刺激对气候智能型创新的需求,而不是仅仅强调研发补贴。通过创造规模经济和刺激气候智能型技术的发展,对激励性制度的国际协调(例如碳定价)可以对投资产生乘数效应。创新奖励和采购津贴,可以挖掘需求,激发创造力。当重点研究内容成本较高

时，联合开发、示范和应用可以推动技术革新。我们还应当拓宽技术转让的概念，将国家吸收利用现有技术的能力包括进去。在这方面，强调具体技术系统或子系统的国际气候公约提供了独特机会。另外，将费用分摊和技术转让捆绑起来可以促成协议。

配套国内政策可以保证有效地选择、评估和吸收技术。但是，和技术改进一样，选择、评估和整合国外技术带来了常被忽略的学习成本，所以，为建设该能力，必须对学院、研究机构企业的知识基础设施予以支持。

通过对技术兴衰和冗余政策与因素的阻碍或促进作用的系统分析，本章阐明了组合并扩大所选政策能取得的效果。本章首先介绍了降低温室气体排放技术的重要性，适应气候变化所需要的工具，以及两者对创造有竞争力的经济的作用。然后，本章评估了发明、创新和市场推广之间的差距。最后研究国际和国内政策如何缩小这一差距。

适当的工具、技术和制度 可以将我们带入气候智能型世界

为防止全球气温升幅超过 2℃，今后几十年全球温室气体排放量必须减少 50% 至 80%。短期内排放大国可以利用现有减排技术大大减少排放量。

但是实现更严格的中期减排目标要求技术突破的支持。模型显示未来四项关键技术是解决方案的核心，其中包括：能源效率、碳捕获和碳封存、新一代可再生资源（包括生物质能、风能和太阳能），以及核能（参见第 4 章）。³ 以上四方面都要求加大研发和示范力度，以确定其能否在市

场中迅速推广应用而没有不良后果。

尽管发展前景良好，短期和中期减排战略仍面临着巨大挑战。提高效率和使用低排放能源的终端技术可以抑制能源需求总量，但这要求改变个人和企业的行为方式（参见第 8 章）。如果能在电厂附近找到合适位置，如果政府提供利于长期封存的资源和政策支持，碳捕获和封存技术就可以发挥很大作用⁴。生物技术和第二代生物燃料可以大大减少二氧化碳排放量，但同时增加了对土地资源的需求量（参见第 3 章）。改善能源储存和传输将迅速推广风能和太阳能（光伏和太阳热能）的应用。新一代核电厂可以在世界范围内广泛部署，但必须克服体制限制、安全和扩散问题，以及一些国家的公众抵制问题。此外有人提出，地球工程学方案不仅可以降低排放率，也可以削弱气候变化的影响（参见专栏 7.1）。

适应行动中的技术与创新研究远远少于减缓行动中的技术与创新研究，但未来气候状况和当前气候状况存在根本区别却显而易见。应对气候变化没有任何历史经验，这就要求世界各国增加区域范围内的机构合作，增加新的规划工具，增强应对伴随气候变化所产生的多种环境压力的能力。为理解脆弱性、开展反复评估并制定帮助社会应对气候变化的战略，我们需要扩大投资。⁵

将气候变化纳入发展战略中考考虑，将促进对适应行动的思考。⁶ 第 2 章讨论为什么气候变化要求我们合理设计物质基础设施，保护人类健康。第 3 章讨论为什么适应气候变化要求管理自然资源的新方法。例如，促进能源体系、农作物、经济活动的多元性，也能帮助社区迅速适应突变情况。创新是一切活动不

专栏 7.1 地球工程改变世界气候变化

考虑到气候变化速度，现有的减排和适应方案不足以避免较大的影响。因此，可能的地球工程方案越来越受到关注。地球工程是一种为限制气候变化原因及其影响而采取的行动或干预行为。地理工程包含的原理有：提高海洋或植物对二氧化碳（CO₂）的吸收率或封存率，折射或反射大气层中的阳光，以及将使用能源产生的二氧化碳封存于水库中。最后一种方式在第 4 章中讨论过，所以本专栏侧重讨论其他两个。

地面管理增加土壤或森林中的碳储量，也是一种封存额外二氧化碳的可能方式，这在第 3 章中讨论过。也可以通过在海洋中添加铁或尿素来刺激浮游植物生长和海藻开花来封存二氧化碳。这些微小植物进行光合作用时，会从水表摄取二氧化碳。所以该方法的效果将取决于二氧化碳的长期变化。如果这些植物与以浮游生物为食的动物产生的粪便混合在一起并沉淀到海底，数千年内，二氧化碳基本上就从环境中消失了。然而，最近的研究结果显示，之前关于碳去除能力的量化研究大大高估了其能力。此外，我们需要更多的实验来验证碳截留有效期以及短时间内海洋生态系统中铁或尿素突增所造成的毒性影响。如果进一步的研究确定了其潜力，它就可以成为地球工程方案之一，在相应规模下迅速启动。

在海洋表层添加营养丰富的凉水也可以刺激海洋生产力，进而去除表层水中的二氧化碳。其次，这种降温也将使对高温极其敏感的珊瑚受益。最后，表层水降温还可以降低飓风强度。对波动力泵将冷水抽到海面的研究表明这种方式可能有效，

但有待更多的研究和调查证实。

其他消除温室气体的地球环境工程包括，以二氧化碳吸收方案削减大气中气体（然后将捕获的碳封存于地表之下或者深海），或者用激光摧毁存在期长的卤化碳分子—破坏臭氧层的罪魁祸首，同时也是强大的温室气体（参见焦点 A “科学”）。当然这些方案还处于早期实验阶段。

研究提供了一些反射阳光的方式。有些方式可能针对特定地区，例如防止北冰洋冰层和格陵兰冰原的进一步融化。其中一种方式即往大气中注射硫酸盐气溶胶。事实表明这是一种有效的降温方式，1991 年皮纳图火山喷发导致地球在一年内温度下降了将近 1℃。但这种冷却方式要求持续或定期的注射、释放气溶胶。此外，硫酸气溶胶会加剧臭氧消耗，增加酸雨，造成不良的健康影响。

另外，可以利用自动化船舶向天空中喷洒海雾，从而“美白”空气，增加覆盖世界 1/4 的海洋云层的反射率。然而云层分布不均可能导致区域性严寒和炎热，以及船舶喷洒带来的区域干旱。

增加土地表层的反射率，例如将屋顶和路面涂成白色或浅色，也可以通过节约能源并将阳光反射到太空，帮助减缓全球变暖，这一措施等同于全世界的汽车在道路上少行驶 11 年。

另一方案是在太阳和地球之间安装太阳能导流盘，一个直径约 1 400 公里的磁盘可以减少约百分之一的太阳辐射量，这相当于 21 世纪排放量辐射驱动力的预测值。但分析表明，执行该战略最具成本效益的方案是在月球建立生产导流盘的工厂。这是一个相当困难的任务。使用多镜面等相似的想法也被讨论

过（例如使用 55 000 面围绕太阳的镜子，每面镜子的面积约为 10 平方公里）。但是，每面镜子沿着轨道在地球和太阳之间穿行时，会遮蔽阳光，造成地球表面的太阳光闪烁不定。

甚至存在类似于改变天气的地球工程方案，例如试图将热带风暴推到远离人类居住区的海上，从而减少损失。虽然这种研究思想还处于初期阶段，最新气候模式已经能够分析这些方案的潜在影响，几十年前第一次尝试改造飓风时，这还不可能办到。

虽然一个国家也可能开展地球工程，但每个国家都会因此受到影响。因此，开始地球工程管理问题的讨论非常重要。投资者投资的铁施肥实验已经遭到相关国际实体或拥有管辖权的机构的质疑。运用地球工程限制热带气旋的强度或北极变暖问题会更加复杂。因此，除了对可能的地球工程方式及其影响进行科学研究外，也应当对其进行社会、伦理、法律以及经济学研究，以探索何种地球工程措施可以被国际社会接受，何种地球工程措施不被国际社会接受。

出处：S. Connor,《气候大师：“将屋顶涂成白色”》，《新西兰先驱报》，2009 年 5 月 28 日；美国气象协会（AMA），http://www.ametsoc.org/policy/2009geoengineeringclimate_amsstatement.html（2009 年 7 月 27 日登录）；Atmocean 公司，<http://www.atmocean.com/>（2009 年 7 月 27 日登录）；MacCracken, 2009; “地球工程：曙光面前总有乌云”，《经济学家》，2009 年 1 月 29 日；同时见美国能源部长 Steven Chu, <http://www.youtube.com/watch?v=5wDlkKroOUQ>。

可或缺的构成因素。

研究还需要了解气候变化的影响和各国采取的不同适应方法。同时这种研究必须描述多重压力对自然和社会经济体系、生物多样性的

脆弱性和保护以及对大气和海洋环流变化的影响。这类研究必然产生新的监测工具、提高适应能力的新战略和完善的应急规划。因此，国家层面的科学研究能力不可或缺。

减排和适应能力有助于建立极具竞争力的经济体系

许多先进技术，如信息和通信技术，既可以专门应对气候变化，又可以广泛应用于提高生产力。传感器在工业自动化中的价值很高，但也可以帮助废物管理者遏制污染。移动电话有助于应对即将发生的灾难，例如2004年，发生在印度沿海纳拉瓦都村庄的海啸。⁷同时移动电话也可以用来提高企业的生产力，在贝宁、塞内加尔和赞比亚，移动电话被用来传播粮食价格和农业创新技术方面的信息。⁸

关注气候变化产生技术机遇，利用该机遇可以为技术领先创造契机并形成新的竞争优势。例如，中国还没有进入碳密集型增长路径，它有巨大潜力（和经济吸引力）跨越旧的低效技术。和发达国家不同，中国未来10年的住宅和工业资本存量中，很大一部分仍然处于待建状态。通过利用现有技术，例如优化发动机系统（泵和压缩机），到2020年中国可以在提高生产率的同时使其能源需求量降低20%。⁹

当前的全球经济衰退可以为创新和气候智能型增长提供平台。危机可以促进创新，因为危机迫切强调动员资源并打破壁垒，而这些通常是创新的阻碍物。¹⁰研发（R&D）的机会成本是一种长期投资，在经济危机时期较低。¹¹20世纪90年代初期，芬兰成功地从严重的经济衰退中恢复。主要原因有二：经济重组转向创新型经济；政府大幅度增加研发投入为私营部门发展铺垫道路。气候智能型研发也可以取得同样的成果。

由于回报率高，研发为经济增长提供了尚未利用的机遇。多种测量方法显示研发投入的回报率在20%至

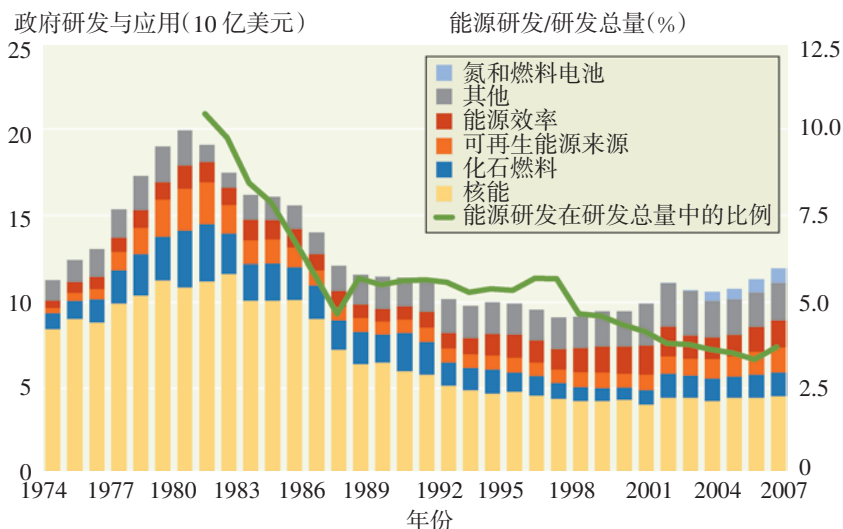
50%之间，远远高于资本投资的回报率。¹²预测还表明，发展中国家可以将现有研发投入提高一倍以上。¹³然而，经验表明研发具有顺周期性，随着经济繁荣或衰退而波动。经济衰退时目光短浅的企业常常会限制创新投入，即使这是一个次优战略。¹⁴许多国家在应对经济衰退时制订刺激一揽子计划，及时为气候智能型创新提供了新的投资机会（参见第1章）。¹⁵

目前的全球经济衰退，为陷入高碳生活方式的高收入国家提供了经济转型的契机。如何克服技术惯性和制度依赖，是这些国家转向低碳型经济的最大障碍。¹⁶惯性和依赖属于现有技术经济体系的一部分，无法通过外交程序消除。消除惯性和依赖要求经济结构发生实质性变化。气候智能型政策需要一系列机制来确认受损者和最大限度降低社会经济的混乱程度。

尽管气候智能型创新主要集中在高收入国家，但发展中国家正在做出重要贡献。从2004年到2007年，发展中国家在能源效率和可再生能源方面的投资（26亿美元）比例从13%提高到了23%。¹⁷82%的投资集中在巴西、中国和印度这三个国家。世界上最畅销的公路电动车的开发商和生产商是一家印度风投公司——雷瓦电动车公司。作为先行者，它已经打入了汽车制造商市场，包括高收入国家的市场。¹⁸

2005年，新金砖六国（巴西、俄罗斯联邦、印度、印度尼西亚、中国和南非）的可再生能源专利仅占全球的6.5%。¹⁹但是它们正在迅速赶超高收入国家，年专利增长率是欧盟（EU）或美国的两倍多。它们正在增强可再生能源的技术优势，2003年至2005年间，它们在这一领域取得了大约0.7%的专利，而美国所占比例不足0.3%。2005年，中国可再生能源专利总数在世界排名第七，地热和水泥发明领域的专

图 7.2 能源研发、应用的政府预算接近底线，核能在预算中占据主导地位



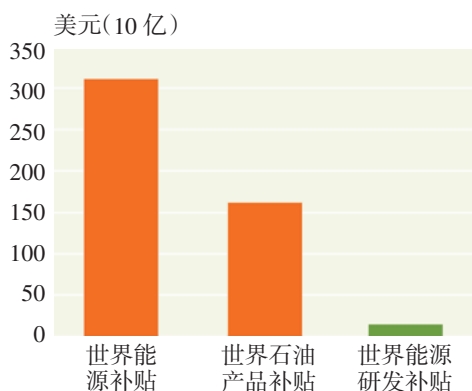
出处：国际能源机构 2008a；国际能源机构，<http://www.iea.org/Textbase/starts/rd.asp>（2009 年 4 月 2 日登录）；经济合作与发展组织，<http://www.oecd.org/statsportal>（2009 年 4 月 2 日登录）。注：研发与应用以 2007 年价格和汇率计算。左轴值为研发和应用（即研发之外，还包括示范），这在能源领域很典型。但由于跨部门领域只能获得研发数据，右轴只包含研发。

利仅次于日本，排名第二，这两者是温室气体减排的主要潜在来源。²⁰

各国需要努力推广现有的并创造新的气候智能型技术

对能源相关研发和应用的投入，无论是公共投资还是私人投资，都远

图 7.3 每年用于能源和气候变化研发的开支远远低于补贴



出处：国际能源机构 2008a，国际能源机构 2008b，<http://www.iea.org/textbase/stats/rd.asp>（2009 年 4 月 2 日登录）。注：全球补贴估值基于 20 个补贴最高的非经合组织国家（经合组织国家的能源补贴最小）。

远达不到转向气候智能型世界所需的资金。从绝对数字来看，全球政府能源研发和应用预算自 20 世纪 80 年代早期开始下降，1980 年到 2007 年间几乎下降了一半（参见图 7.2）。能源预算在政府研发预算中的比例（不包含示范）也大幅度下降，从 1985 年的 11% 降至 2007 年的 4% 以下（参见图 7.2 中绿线），降幅主要集中在核能上。与政府对能源或石油产品的补贴相比，这一特征更加明显（参见图 7.3）。但是最近有关方面呼吁将能源研发投入增至每年 1 000 亿美元至 7 000 亿美元，²¹ 这是可以实现的。日本已经率先垂范，将国内生产总值（GDP）的 0.08% 用做公共能源研发和应用投资。这远远高于国际能源机构（IEA）高收入和上中等收入成员国平均每年 0.03% 的支出。²²

最近迎来了投资高潮，对能源研发和应用的私人投资达到每年 400 亿美元至 600 亿美元，已远远超过了公共投资。不过，即便能源研发和应用投资能达到国内生产总值的 0.5%，也远远低于电子产业每年 8%，制药行业每年 15% 的研发和应用投资。²³

有些技术的发展过于缓慢。虽然自 20 世纪 90 年代中期以来可再生能源专利申请迅速发展，但是截至 2005 年也只有 700 个专利申请，不及专利申请总量的 0.4%。²⁴ 大部分低碳技术专利申请主要集中在废物、照明、甲烷和风能方面，而太阳能、海洋能源和地热等其他前景广阔的技术专利申请比较有限（参见图 7.4），几乎没有在大幅度降低成本上取得进展。

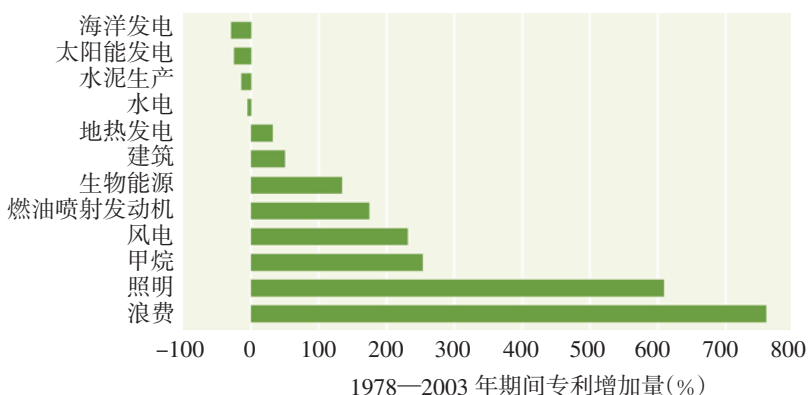
发展中国家的适应性创新仍然落后。直接采用国外技术比重新发明技术更节省成本，但是有时解决本土问题的技术方案并不存在。²⁵ 因此，创新并不仅仅与高收入经济体相关。例如，生物技术的进步增强了适应对农林业产生影响的气候事

件(如干旱、热浪、虫灾和疾病)的能力。但是,发展中国家的专利权在全球生物专利技术总量中的比例仍然微不足道。²⁶这给发展适应气候变化的地区特色农业和健康响应造成了困难。此外,虽然发展中国家农业研发投资自1981年以来不断增长,但仍然微不足道。高收入国家农业研发投资仍占全球农业研发投资总量的73%以上。发展中国家公共部门对农业研发的投资占93%,而在高收入国家这一比率仅有47%。和私营领域相比,公共组织在研究成果的市场化方面效率较低。²⁷

国际合作和成本分摊可以大力推动国内创新

推动科技变革的合作包括立法和法规的一致、知识共享和协调、成本分摊以及技术转让(参见表7.1)。目前已开展了一些工作,而其他机会尚待开发。

图 7.4 低碳技术的发明速度快慢不一



出处: Dechezlepretre 等 2008。

由于所需技术的组合方式和发展阶段不同,而且在全球的适用率也大不相同,所以需要适用所有的合作方式。此外,分散行动不能产生气候智能型技术。创新应当被视为诸多行动者、技术、路径依赖和学习过程相互作用的结果,而不只是单个产品的研发(参见专栏7.2)。²⁸研发、示范和应用补贴必须和市场刺激企业创新、沿创新链推进技术的激励措施相结合

表 7.1 气候变化专项技术导向型全球协议

协议类型	范畴	已有协议	潜在影响	风险	实施	目标
立法与规范的一致	技术应用和绩效管理	非常少(主要在欧盟)	影响较高	政府作出错误的技术选择	难	能源技术锁定效果大(运输)高度分散化(能效)
知识共享与协调	知识交流与研究合作	很多(例如国际能源机构)	影响较低	不存在重大风险	易	所有部门
	自愿性标准和标签	一些(能源之星,ISO 14001)	影响较低	采用标准和标识的私营部门有限	易	工业和消费产品;通信系统
创新的成本分摊	补贴性“技术推动型”工具	非常少(国际热核聚变反应堆)	影响较高	研究结果不确定	难	竞争前研发和应用,以及重要的规模经济(碳捕捉和碳封存,深海风能)
	奖励性“市场拉动型”工具	非常少(安萨里X奖)	影响一般	补偿和规定的努力可能会导致不合理的创新水平	难易 适中	具体的中等规模的问题;发展中国家市场方案;不需要基础研究的解决方案
	弥补缺距工具	非常少(卡塔尔—英国清洁技术投资基金)	影响较高	由于缺乏交易、资金闲置	难易 适中	示范和应用阶段的技术
技术转让	技术转让	一些(清洁发展机制,全球环境基金)	影响较高	接收国吸收能力低	难易 适中	已确立的(风能、能效),特定区域的(农业)、公共部门的(预警、海岸保护)技术

出处: Davis 和 Davis 2004; De Coninck 等 2007; Justus 和 Philibert 2005; Newell 和 Wilson 2005; Philibert 2004; 世界银行 2008a。

专栏 7.2 创新之路困难重重，只有妥善处理复杂系统不同部分关系的政策才能促进创新

多数国家的政府政策仍然由已经过时的线性创新驱动，这种观念认为创新分为以下四个连续阶段：

- 研究开发，找到具体问题的解决方案，并应用于新技术。
- 项目示范，进一步完善技术，并在实际大规模应用中进一步展示其功能。
- 开始应用，一旦解决了基本技术障碍并显出其商业潜能就开始应用。
- 技术推广，技术具备市场竞争力就开始推广。

但是经验表明创新过程的复杂程度不止于此。

大部分创新会在这个或那个阶段遭到失败。应用阶段（制造商）或传播阶段（零售商和消费者）的信息反馈到前期阶段，会彻底影响创新进程，产生出乎意料的想法或产品，有时也伴随着不可预见的成本。有时促进突破性创新的不是研发，而是将现有技术组合在一起的新的商业模式。而人们尚未充分理解学习曲线，根据学习曲线，累积产量或累积研发导致单位成本下降。

所以，为什么这对政策有影响？线性观点误导人们，使人们以为简单的增加研发投入（技术推动型）和促进市场需求（市场拉动型），就可以管理好创

新。虽然这两种政策都很重要，但却忽视了企业、顾客、政府、学校等众多参与者在不同创新阶段的贡献。伙伴关系，通过销售或购买技术进行学习，通过模仿进行学习，这些都发挥着关键作用。促进推广的力量同样重要。同样，兼容性、感知利益和使用新产品的学习成本也是创新的重要因素。有效的政策必须视创新为系统的一部分，寻求激励创新过程各个方面的方法，在存在市场缺口的情况下尤其如此。

出处：Tidd 2006；世界银行 2008a。

（参见图 7.5）。²⁹ 创新必须依靠跨部门的知识流动，以及信息通信技术和生物技术等广域技术的进步。

国家间法规一致性是任何气候智慧型技术协议的基础

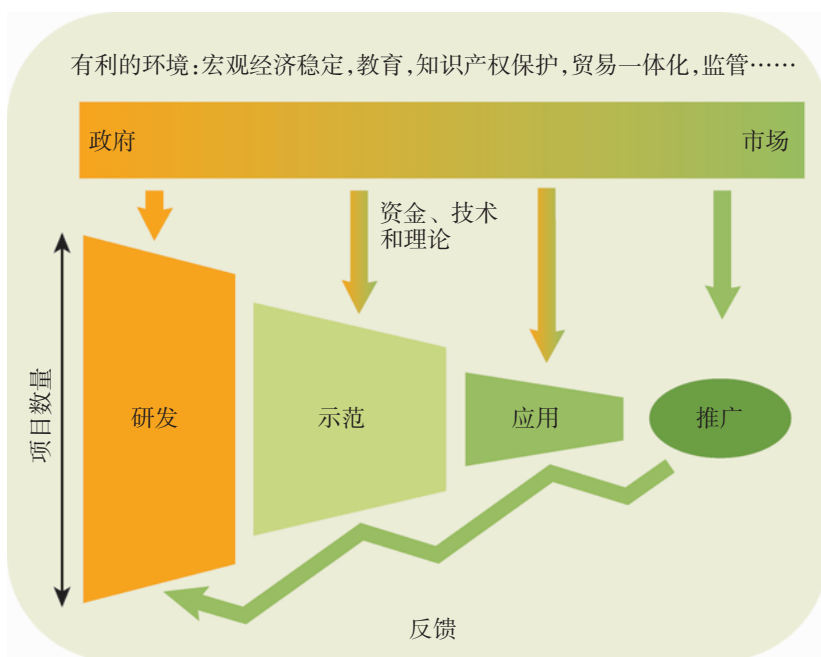
大地理区域内协调一致的激励措

施可以为气候智慧型创新创建大型的投资群体和市场。碳定价、调节不同可再生能源比例的可再生能源投资组合标准、机动车燃油经济性标准等性能强制规定（参见第 4 章），均具有成本效益并能促进低碳技术的发展和推广。例如，由于出现了紧凑型荧光灯和发光二极管等节能技术，一些国家采取措施逐步淘汰白炽灯。全球范围内协调一致的法规，能促进低碳产品市场的发展，这和 20 世纪 90 年代移动电话整合其全球移动通信系统标准有异曲同工之妙，标准整合为欧洲手机市场的突破性发展奠定了基础。

知识共享和合作协议是有效的补充

知识协议可以解决创新和推广过程中的市场和系统失灵问题。这种协议可以协调国家的研究议程，信息交流体系及自愿性标准和标签计划。研究合作协议包括了国际能源署（IEA）42 项技术协议的许多内容，根据协议，各国资助和实施不同领域的具体项目，涉及从先进燃料电池到电动汽车的一系列产品。³⁰ 这种协议可以避免国家间

图 7.5 政策影响创新链上的每个环节



出处：根据国际能源机构 2008a 改编。

重复投资。协议为国家共同决定方向及分工，从而确保关键技术，特别是和发展中国家相关的技术不被忽视，（如发展中国家生物燃料和低容量发电）。信息交换系统包含全球综合地球观测系统（GEOSS），从各种观测和测量系统中提取数据（参见专栏 7.3）。

能源之星计划协议是国际标签协作的典范，各国政府机构制定了统一的能效认定标准，将一些自愿性能效标签计划整合在一起。³¹

《蒙特利尔协定》技术和经济评估小组提供了一个气候变化技术协定模板，这里指臭氧枯竭影响技术协定模板。评

专栏 7.3 创新监控：创建全球气候服务体系和“系统的系统”

今天对趋势、不寻常事件及远期预测的连续可靠的数据和信息的需求前所未有。许多领域的公共和私人实体越来越多地将气候信息纳入其规划，这些部门包括运输、保险、能源、水资源、农业和渔业。这种预测成为它们适应战略的重要组成部分。

全球气候服务（GCS）企业可以提供与气候有关的信息，以供社会更好的规划和预测从几个月到几十年间的气候条件。该企业将建立在现有观测系统之上，但必须远远超越这些系统。全球气候服务企业也可以提供信息，帮助治理规划城市基础设施，以应对一百年极大降水和风暴潮事件，现在它们发生的规模更大、频率更高；帮助农民确定合适的农作物和干旱时期的水资源管理；监测森林和土壤中碳储存和碳流动的变化；评估气候变化条件下灾难响应战略的效力。

全球气候服务将要求各国政府、各私营部门以及其他机构建立创新伙伴关系，其设计方案非常关键。从今天的观察结果和建模能力开始，发展辐轴式网络方案，从而使全球服务向区域服务供应商提供信息，接着区域服务供应商再将信息传送到本地供应商，这消除了每个社区独立发展极其复杂的信息的要求。

建立全球气候服务组件

发展全球气候服务的一些必要信息，最初是由美国国家气象和水文服务中心提供的，现在越来越多的由全球气候监测系统、通过不同的政府机构和非政府机构提供。此外，其他一些机构，如世界数据中心和国际研究所也定期提

供与气候有关的数据和预测产品，包括月度和年度预测。

此外，一些区域气候服务也开始形成。例如，太平洋气候信息系统提供的将当前和未来气候观测、营业性预测服务和气候预测相结合的区域框架。这一系统促进了资源和专业知识的集中，以及对区域重点的确定。重点之一是：创立以网络为基础的门户网站，以提高美国国家海洋和大气管理局及其在整个亚太地区的合作伙伴提供的气候数据、产品和服务的可得性。

另外一个例子是区域气候中心的形成。世界气象组织（WMO）自1999年正式倡导界定并成立区域气候中心。世界气象组织一直对区域中心不应重复或取代现有机构责任，而应当为以下五个关键领域提供支持的观点予以关注：1.业务运营，包括解读从全球预测中心输出的数据；2.协调工作，以加强观测、通信及计算机网络的协作；3.数据服务，包括数据提供、归档，并确保数据质量；4.培训和能力建设；5.研究气候变化倾向、可预测性和区域影响。

将气候服务与创新型监测系统相结合

建立一个全面而综合的系统来监控整个地球环境变化已经超越了单个国家的能力。分析这一系统产生的数据价值也是如此。这也是地球观测小组（GEO）——政府和国际组织之间自愿合作的机构——制定全球综合地球观测系统概念的原因所在。全球综合地球观测系统为协调、加强和补充现有的全球地球观测系统提供制度机制保障。全球综合地球观测系统在九个领域为决策

者、资源管理者、科研人员以及其他决策者提供支持。这九个领域包含：减轻灾害风险、适应气候变化、综合管理水资源、海洋生物资源管理、保护生物多样性、可持续农林业、公共卫生管理、能源资源分配和天气监测。该系统综合了海洋浮标、水文站、天文站、遥感卫星以及以互联网为基础的地球监测门户网站的信息。

早期进展如下。

- 2007年，中国与巴西联合发射了地面成像卫星，致力于为非洲提供地球观察数据。

- 美国最近将世界最大规模的遥感影像档案40年的数据开放给公众。

- 中美洲的地区监测和可视系统（SERVIR）是最大的开放数据系统，包含：环境数据、卫星图像、文档、元数据和网上地图应用。SERVIR在非洲内罗毕的区域站点可以预测高风险区域的洪水和裂谷热爆发。

- 地球观测小组已开始通过集成模型、实地监测和遥感来测量森林引起的碳储存和碳排放。

出处：全球综合地球观测系统，<http://www.epa.gov/geoss>（2009年1月登录）；地球观测小组，<http://www.earthobservations.org>（2009年1月登录）；IRI 2006；注释来自 Tom Karl，国家海洋和大气管理局，气候数据中心，2009；亚太地区的综合气候信息产品（PRICITIP），<http://www.pricip.org/>（2009年5月29日登录）；Rogers 2009；Westermeyer, 2009。

估小组将各国政府、企业、学术专家和非政府组织纳入工作组，确立具体技术的技术可行性，淘汰产品的时间表，以及含氯氟烃和其他引起臭氧枯竭的化学产品的使用。各小组表明，技术协调协定与排放管制结合在一起时，效果最好，这是因为排放管制刺激了行业参与。³² 在气候变化领域复制这种模式的挑战是，解决影响气候变化的广泛技术问题需要众多工作组。所以一开始就将该模式限制在几个战略领域的方法更具可行性。

欧盟（EU）的标准化“新方法”也为协调气候智能型标准提供了模型。欧盟内部的商品交易必须符合基本安全、公共卫生、消费者保护和环境保护规则。起初，欧盟通过要求各成员国统一详细技术规范的法律来解决这个问题。但这种方法使欧洲理事会陷入僵局，同时更新立法以体现技术的进步也非常困难。为克服这一问题，1985 年欧盟制定了新方法。根据新方法：商品等级必须遵守非常广泛的、技术中立的、立法明文昭示的“基本要求”，当然这一立法必须由全体欧盟成员国正式通过。为满足新方法的要求，产品需要符合欧盟统一标准，这一标准由三个区域自愿性标准组织制定。其中，技术委员会由各行业、政府、学术界和来自欧盟不同国家的消费者组成，通过一致决策达成标准协

议。技术委员会对欧盟成员国任何希望参与的利益相关者开放。可以以类似的方法制定气候公约，协调各国大量的气候智能型规章。其中的气候公约得到了通过开放性决策过程独立发展而来的自愿性标准的支持。³³

自愿性标准、标签以及协作研究是一种成本较低的技术合作方式，但是评估它们是否会产生额外技术投资非常困难。³⁴ 它们单独解决大规模投资的需求、紧迫性以及从操作中学习碳捕获和封存这类技术的可能性不大。

如果能跨越执行障碍，成本分摊协议的回报潜力最高

成本分摊协议可以是“技术推动型”协议，根据协议，多个国家在不知道是否会成功的情况下对有前途的技术的联合研发提供补贴（参见图 7.5，自上而下，最左侧的橙色箭头）；也可以是“市场拉动型”协议，根据协议，多个国家提供资金奖励那些展现出商业潜力的技术，这些商业潜力通过反馈信息提供市场信号。这些协议还可以弥补创新链上研究和市场之间的缺口。

研发协议。支持气候变化创新的国际费用分摊方案寥寥无几，其中耗资 120 亿美元的核聚变试验反应堆（参见专栏 7.4）和其他几个技术协议由拥有数百万预算的国际能源机构（IEA）协调。另一个研究机构合作模

专栏 7.4 国际核聚变实验堆（ITER）：能源研发费用分摊亟待开始

ITER 计划是一个展示核聚变科学和技术可行性的国际研究和发展项目，在不产生放射性废物的前提下，利用核聚变发电。该项目的合作伙伴包括中国、欧盟、印度、日本、韩国、俄罗斯联邦和美国。

ITER 计划在 1986 年时提出，1990 年完成设施设计。建造实验性反应堆的最初计划始于 1997 年，但试验设计、成本分摊、设计场所、施工场所以及员工等原因致使计划延期。一些国家退出了 ITER，有些国家后来重新加入，一些国

家暂时撤回资金。

ITER 展示了谈判一个耗资超过 120 亿美元、结果不确定的研究项目的困难。2006 年建设资金最终获得批准。一旦 ITER 计划于 2017 年前后完成，ITER 计划将运行 20 年。

出处：<http://www.iter.org>（2008 年 12 月 12 日登录）。

注：ITER 代表国际热核试验反应堆，简称为国际核聚变实验堆。

是美洲国家间全球变化研究所，这是一个由 19 个美洲国家共同支持的政府间组织，重点是促进科学信息在科学家之间和科学家与决策者之间的交流。该中心旨在鼓励区域方式，而不是国家方式。

由于基础研究和示范项目的费用和不确定性很高，在其中大规模推行费用公摊研究协议极有可能。研究联盟也非常适合进行规模经济和学习经济的长期研究，例如碳捕获和封存（参见专栏 7.5）、第三代光电技术、深海风能、第二代生物燃料和气候监测技术。在知识产权问题更加突出，个别国家希望获得先发优势的情况下，商业化色彩较浓的技术的合作范围较为狭窄。

费用分摊协议应当以少数极其重

要的领域为重点，并在现有的谈判结构下由集中化国际机构协商达成。国际热核试验反应堆（ITER）项目表明，如果国家违背承诺或拒绝执行，大规模的费用分摊协议将难以付诸实施。保证这类协议资金的可持续性要求实施更多的激励措施，如退出违约金或新成员加入时经各成员国同意增加其投资的合同承诺（到某一上限），以限制搭便车行为并将气候条约与费用分摊协议紧密结合在一起。³⁵ 高收入国家可以承担大部分技术贡献。但为使协议真正生效，合作研究协议必须资助发展中国家参与，尤其是资助快速增长的中等收入国家参与，因为它们必须尽早建立技术能力这一长期气候智能型发展的基本要素。为保证通过市场推广技术，私营部

专栏 7.5 碳捕获和碳封存技术要求国际行动

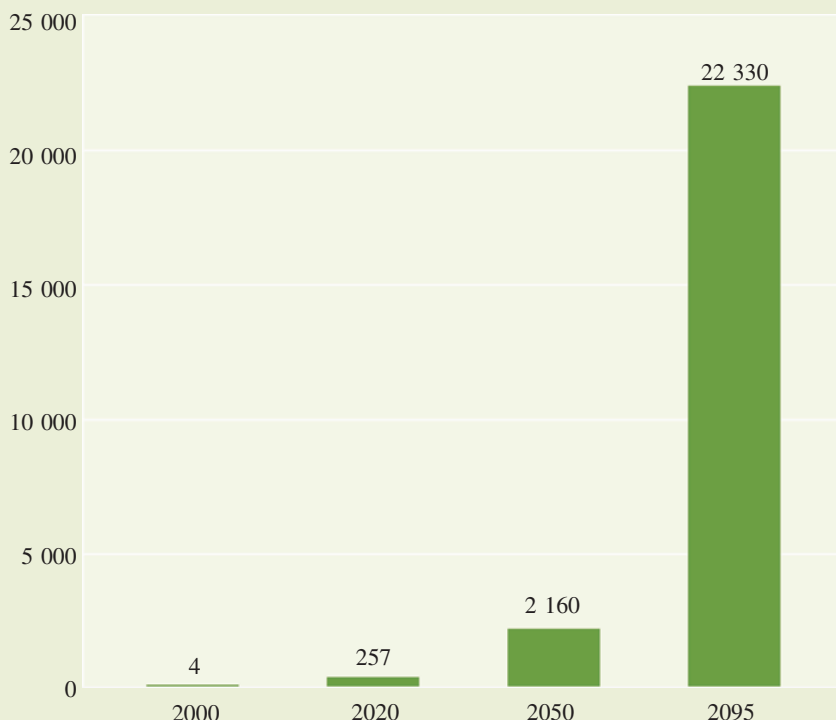
利用碳捕获和碳封存来实现排放量减少 1/5 的目标，以限制大气中二氧化碳的浓度，例如限制在 550ppm 的浓度，固碳技术就必须将现在每年 370 万吨碳封存能力提升到 2020 年的 25 500 万吨，^a 到 21 世纪末至少提升到 220 亿吨，或者等同于目前全球能源使用的排放量（参见右图）。每家捕获和封存碳的工厂耗资 15 亿美元到 25 亿美元，而且到 2020 年需要建立 20~30 个工厂来证明该技术的商业可行性，这是单个国家无力承担的。现在对端的碳捕获和碳封存的商业项目只有四个。它们的容量比 1 000 兆瓦的商业电厂在运营寿命期内所需要的量小一个到两个数量级。

出处：Edmonds 等 2007；国际能源机构 2006；国际能源机构 2008b。

注 a：要把碳转换为二氧化碳，须乘以 3.67。

碳捕获和碳封存技术需要大量额外行动

清除的二氧化碳/年(百万吨)



注：2000 年观测数据。其他年度的预测基于将温室气体的浓度限制在 550ppm。

门也必须参与研究合作。

“市场拉动型”——奖励性协议。

很多突破性创新来自创新可能性很小的地方，这些地方很容易被资助计划所忽视。1993年，一家日本乡村小公司的工程师中村修二（Shuji Nakamura）利用有限的预算独立研制成功了首支蓝色发光二极管，引起科学界的震动。对今天发明的明亮高效的白色发光二极管而言，这是关键的一步。³⁶很多全球领先的创新者，包括计算机巨头戴尔—其研发开支在销售额中的比例远远小于其行业伙伴，³⁷但是，它们评估高潜力技术和理念、与其他人合作研发，并将新技术推向市场等方面的技能独一无二。³⁸一些最有前途的气候智能型技术可能出自那些通常与气候变化不相关的部门。例如，通过保存土壤水分，高吸水聚合物在促进旱地和其他植被退化生态系统的植被恢复等方面发挥着重要作用。但是对这项技术感兴趣的多数是吸水材料生产者等产品制造商。同样，防水材料生产商可以制作洗涤次数少的衣服，从而大幅度减少水和能源的使用量。

和一开始就挑选优胜者相比，对风险承担者予以奖励的金融工具表现为更大的、有待开发的契机。一些意料之外领域的迅速发展，或者传统研发补贴计划容量忽略的新商业模式可能形成技术问题的解决方案。新的全

球金融工具赋予市场寻找创新型方案的灵活性。

诱导奖励和先期市场承诺是两种联系密切的“市场拉动型”奖励机制，奖励在竞争中实现预先确定的技术目标的创新。诱导奖励包含认识奖励；先期市场承诺是一种金融承诺，用来资助未来根据预定价格和数量购买的产品或服务。

尽管国际资助的气候智能型奖励尚无先例可循，但近来一些国家公共和私人倡议引起的兴趣正日益高涨。设立于20世纪90年代中期价值1000万美元的安萨里X奖，旨在鼓励非政府的太空飞行。在2004年获奖者产生之前，竞争共诱导了26个私人研究小组投资1亿美元，产生了10倍于奖金的投资。³⁹2008年3月，X奖基金会和商业合作伙伴宣布了一项新的价值1000万美元的奖项：奖励设计、制造和向市场推出长里程车辆的制造者。来自14个国家的111个团队已经在注册参与竞争。⁴⁰

先期市场承诺通过保证最低市场需求、减少不确定性而鼓励创新，促进了美国环境保护机构与非营利性组织和公用机构合作推广气候智能型技术（参见专栏7.6）。最近一个国际创新是由全球疫苗免疫联盟（GAVI）和世界银行一起设计的肺炎球菌疫苗试点项目。⁴¹2007年，捐赠国为该试点项目做出15亿美元的先期市场承诺。捐助资金和少量的受援国的资金被用来购买疫苗，条件是试点项目必须达到制定的绩效目标，但现在判断其成功与否可能还为时过早。⁴²

“市场拉动型”诱导机制可以补充但是不能取代“技术推动型”激励机制。市场拉动型技术能够扩大公共财政资源，促进、发展概念验证和工作原型的竞争。由于奖励不以往业绩为依据，诱导机制的进入壁垒不高，小型组织和来自发展中国家的组织也可以参与竞争。但这

专栏 7.6 高效节能冰箱：先期市场承诺项目的先行者？

1991年，在高效节能冰箱项目下，一个公用事业财团决定集中3000多万美元奖励生产和销售零臭氧消耗的氯氟烃冰箱生产者，该冰箱能源使用量比现行标准低25%。获奖者从单个产品销售中取得固定的收益，这一收益不得超过基金会设定的上限。惠而浦公司的研究成果超过了性能要求，获得了这一奖

项并在全国推广。但是由于市场接受度低，公司卖出的冰箱不足以实现全部的奖金。尽管如此，竞争产生了技术外溢，参与竞争的厂商自行设计了自己节能冰箱。

出处：Davis 2004；Newell 和 Wilson 2005。

些激励不能把风险降到一定点上，从而使私人投资者也愿意大规模融资或参与初始阶段的研究。

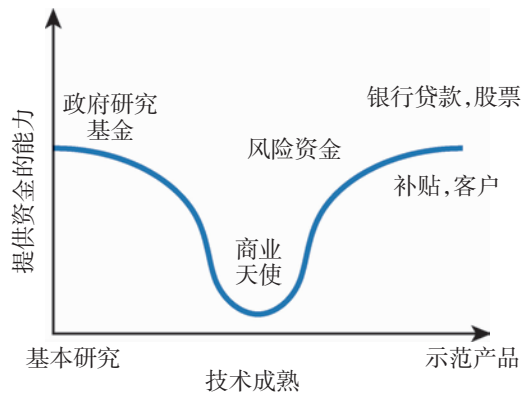
奖金和先期市场承诺为多边筹资提供了巨大潜力。由于奖励并不限于商业化领域，它们可以用来解决商业化前的研究问题，例如电池蓄电或光电技术。私人 and 公共机构在全球技术市场上寻找技术（标明现金奖励）解决方案时，可能会产生竞争。世界银行集团正在探索清洁能源创新早期阶段的奖金竞争。这些竞争由全球环境基金（GEF）和国际金融公司（IFC）创建的新地球基金支持。

当应用学习成本过高，或当没有早期使用者愿意支付初始技术费用，或当市场过小或风险太大时，先期市场承诺可能发挥作用。这些技术的要求方市场被分割（各国政府），财政资源有限（特别是发展中国家），潜在的市场规模不明确（长期的政策不确定性）。⁴³

弥补商业化缺口的协议。创新的主要障碍是“死亡谷”，即缺乏将应用研究推向市场的资金（参见图 7.6）。各国政府通常愿意投资那些未经证实的技术的研发，私人部门愿意投资那些在市场上已被证明的技术的研发，（如图 7.3 所示之研发模块），但是对技术示范和应用阶段的投资不值一提。⁴⁴政府担心扭曲市场，私人投资者认为风险太大，因此，它们通常不愿意资助早期的技术尝试。只有为数不多的独立投资者和企业例外，它们被称为“商业天使”。风险资本家通常只对应用已示范技术的公司投资。2006 年，风险资本家能够调用的资金不超过清洁技术领域可用资本的 73%，这是因为能从死亡谷中幸存下来的公司寥寥无几。⁴⁵

许多气候智能型技术也缺乏风险资金。风险过高的资本密集型能源技术需要巨额示范成本，能源技术市场

图 7.6 研究与市场间的“死亡谷”



出处：世界银行发展报告工作组。

不太可能吸引投资者。由于债务成本增高，⁴⁶ 预计当前金融危机将迟滞企业的风险投资。而且，大部分风险投资行业集中在少数几个发达国家，这与几个快速增长的中等收入国家中的机会相距甚远。⁴⁷

技术商业化方案可以保障技术与气候智能型技术潜在客户之间的联系，对常常实现突破性创新但面临巨大资金和市场准入限制的小企业而言尤其如此。为了使符合技术发展需要的技术商业化，美国环境保护署通过小型企业创新研究项目，为小型企业提供资金。⁴⁸ 对有意投资小型企业中具有潜在价值的创新项目的大型企业，法国政府通过 Passerelle 项目提供共同资助。⁴⁹ 其他方案为合作项目也提供特别补助，以鼓励技术外溢。

由于发展中国家的研究和市场之间存在巨大缺口，同时由于许多本土问题的解决方案可能来自国外，专项多边基金可以支持发展中国家参与的研究项目。该基金可以激励开展满足发展中国家需要的研究，例如耐旱作物的研究。在高收入国家和数个迅速发展的中等收入国家，多边努力也可以促进气候智能型风险投资基金的迅速增长。这些中等收入

国家（包括中国和印度）有大规模的创新活动和金融基础设施，能够吸引风险投资者。在以色列、韩国和中国台湾地区，政府扮演了核心投资者的角色，吸引其他资金，提供风险资本。⁵⁰ 这些战略可以为新兴技术在全球经济中扎根提供“生命之谷”。

国际行动的规模和范围远远不足以应对挑战

技术转让包括支持信息、专有技术、经验和设备流向政府、企业、非营利性组织，以及研究和教育机构的广泛流程。吸收国外技术远远不止于物资设备融资和技术许可证。它要求国家建设识别、理解、应用和复制有用技术的能力。如下所述，国际政策可以与国家完善国家机构、创造良好技术转让环境的努力共同发挥作用。

国际组织。许多应对环境挑战的国际组织主要是以任务为中心，其中包括世界卫生组织、粮食及农业组织和联合国环境规划署。但我们可以鼓励这些机构联合行动，加强现有机构应对气候变化的充分性和连续性。

同样，许多专门解决特定环境问题的国际协议由于正在实施中，应当相互加强。⁵¹ 在预计气温升幅不超过 2°C 或 5°C 或某一更高值的世界里，可以以协议对减排和适应的支持能力为基础，以目标和实现方式为依据对这些协议进行评估。

融资机制。清洁发展机制（CDM）是发展中国家低碳技术领域的主要融资渠道，通过公共和私人资本的杠杆性融资，已经资助了 4 000 多个低碳项目。但是，多数项目不涉及国外知识或设备转让⁵²（第 6 章讨论了扩大清洁发展机制、加快技术转让所受的限制）。

目前，全球环境基金（GEF）是

促进环保、同时支持国家可持续发展目标的项目的最大投资者。作为联合国气候变化框架公约（UNFCCC）的金融部门，全球环境基金为 130 多个国家的技术需求评估提供了支持。1998 年至 2006 年期间，全球环境基金的大部分减排资金（每年约 2.5 亿美元）用于消除推广节能技术的壁垒。⁵³ 全球环境基金适应性努力的重点是构建识别最不发达国家迫切需要的能力。由于其提出的 2010—2014 年期间适应性投资 5 亿美元的保守性预算，它的影响将有限。⁵⁴

通过支持有着良好长期减排潜力的清洁能源和基础设施领域的大规模风险投资，新的碳伙伴基金将为发展中国家提供辅助性援助。⁵⁵ 清洁技术基金（多方捐助者于 2008 年创建的价值 52 亿美元的基金）是另一种为低碳技术的示范、应用和转让提供低息融资的努力。2009 年期间，埃及、墨西哥和土耳其成为第一批受益于该基金的国家，融资总计 10 亿美元。

《蒙特利尔协定》显示了如何通过促进技术升级的边际成本筹资成为环境公约的义务性条款，从而保证多边资金的持续性。履行《蒙特利尔协定》的多边基金通过提供边际合规成本基金，激励发展中国家加入该协议。⁵⁶ 作为交换条件，发展中国家同意逐步取消导致臭氧枯竭的有害物质。这一基金提供赠款或贷款，用以支付设施转换、培训、人事和技术许可等费用。该协议被视为成功的技术推广模型，但温室气体排放源比氯氟烃的数量级更大，而许多温室气体减排技术也尚未投入市场。与多边基金类似，气候变化基金需要适度扩大规模。⁵⁷

财政技术资源。正如第 6 章强调的，大幅度增加发展中国家的融资势在必行。到 2030 年，预计每年减排和

适应所需的额外融资将在 1 700 亿美元到 7 650 亿美元之间波动。但是单靠财政转移不足以解决问题。获取技术并不容易，它是个漫长的、昂贵的冒险过程，时时遭遇市场失灵的困扰。由于需要设计符合地方要求的系统，适应技术应当依靠当地技能和知识（参见专栏 7.7）。

即使可以引进技术，有效利用该技术的探索过程、先验技术知识、技能和资源也不可或缺。这种能力取决于多种形式的知识，其中包括许多无形的不容易融合或转让的知识。例如，可以外包的大型能源项目要求地方决策者具有评估国外公司优势的能力，运作能力和维护能力。欧盟正在进行管理碳捕获与碳封存相关风险的立法工作，⁵⁸ 但很少有国家具备制定这类立法的技术能力，这也是技术应用的另一个障碍。

通过将技术转让的范围从转让物质技术、有形技术扩展至提升人和企业的吸收能力，多边基金可以提升其对发展中国家技术转让和吸收的影响力。技术吸收是一种学习过程：从国外技术投资中学习；从教育和培训中学习；从与国内外互动和合作中学习；从研发中学习。多边基金为技术转让提供了以下三方面支持：资助发展中国家对本土或国外技术的投资；如上所述，资助发展中国家参与上述知识交流、协作和费用分摊协议；如下所述，支持国家的知识基础设施和私营部门。

公共方案、政策和机构促进创新并加速其推广

创新是一个复杂系统互动的结果，该系统依靠政府、大学研究机构、企业、消费者和非营利机构等众多参与者各自的能力。提高这些参与

专栏 7.7 沿海适应性创新的广阔前景

随着气候的变化，孟加拉国沿海地区将遭受更频繁的风暴潮和潮汐。位于伯明翰的阿拉巴马大学正同孟加拉国的研究人员一起研究利用轻质复合材料建造住宅基地和构架。这种超强的建筑材料由黄麻中的纤维和可再生塑料一起编织而成，遇到飓风会弯曲但不会折断，可以随涨潮的潮水漂浮。黄麻是孟加拉国普通的植物。黄麻不需要化肥、农药或灌溉，可以生物降解，价格低廉，并且已经被广泛

地应用于生产衣服、绳索等物品。当地建筑师正在为房屋设计应用该技术贡献力量。孟加拉国的研究人员也将对大规模生产黄麻制品贡献专业知识。

出处：伯明翰-阿拉巴马大学，<http://main.uab.edu/Sites/MediaRelations/articles/55613/>（2009年2月17日登录）；2009年3月4日采访阿拉巴马大学教授 Nassim Uddin 所得信息。

者的能力，完善参与者之间的互动方式，是解决发展和气候变化问题的一项艰巨而必不可少的任务。表 7.2 描述了不同收入水平的国家鼓励创新的主要优惠政策。

技能和知识构成了建设气候智能型经济的主要支柱。基础教育为吸收技术和减少经济不平等奠定了基础，但适当规模的工程师和研究人员团队同样重要。工程师在应用环境特定适应技术中发挥着作用，在灾后重建工作发挥着重要作用，但低收入国家的工程人员严重不足（参见图 7.7）。孟加拉国是一个极端的例子，它特别容易受到飓风和海平面上升的侵袭：2006 年，工程系招生比例仅占人口的 0.04%。而与孟加拉国人均国内生产总值（GDP）相近的吉尔吉斯斯坦共和国，这一数据为 0.43%。⁵⁹ 管理和创业技能同样重要，它们将促进科技知识在私营部门的实际应用。而在包括公用事业管理、通信、城市规划和气候政策发展在内的众多公共部门中，技能同样不可或缺。

可以通过对构成国家知识基础设施的机构和项目投资的方式来获得技能和知识。大学、学校、培训机构、研发机构和实验室等机构，以及农业

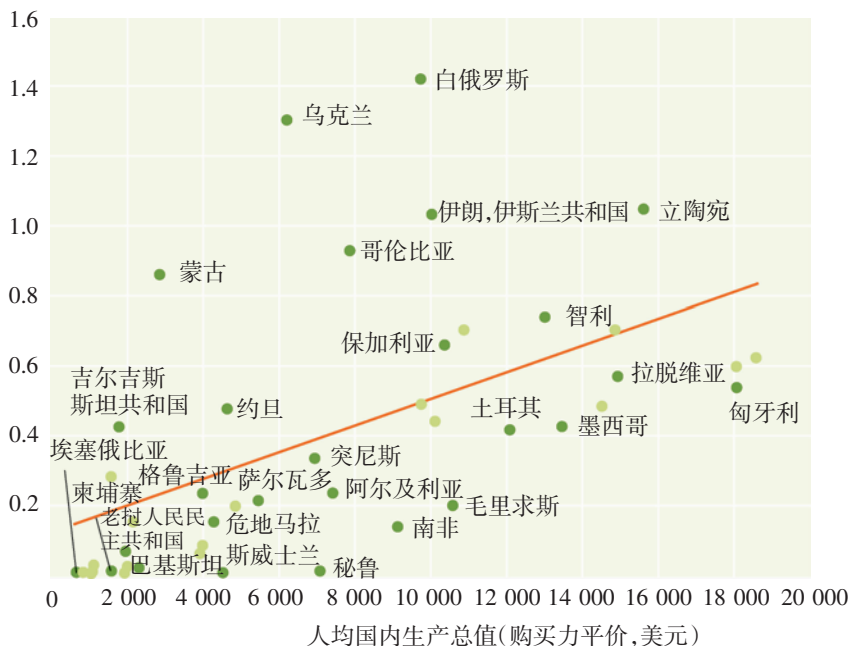
表 7.2 国家创新的主要优惠政策

国家	主要政策
低收入国家	投资工程、设计和管理技能 对研究机构的适应性研发、示范和推广增拨资金 增强学术研究机构、私营部门和公共规划部门的联系 对采用适应性技术的行为予以补贴 改善商业环境 随时引进外部知识和技术 推行智能气候标准
中等收入国家	建立减排技术引进激励机制,在迅速工业化的国家中创建本地生产的长期条件 在迅速工业化的、创新密度高的国家(例如中国和印度),建立气候智能风险投资的奖励机制 改善商业环境 加强知识产权制度 促进气候智能型技术的外商直接投资 增强学术研究机构、私人部门和公共规划部门之间的联系
高收入国家	推行气候智能绩效标准和碳定价 通过补贴、奖金、风险投资激励机制和鼓励企业、其他资源和智能气候创新用户间协作的政策增强减排和适应性创新及推广 协助发展中国家提高技术吸收和创新能力 支持向发展中国家转让技能和技术 支持中等收入国家参与长期的能源研发,示范和应用项目 与发展中国家共享气候变化的相关数据
所有国家	消除气候智能型技术的贸易壁垒 取消对高碳技术的补贴 重新界定知识型机构,尤其是大学作为低碳实践推广中心的作用

出处:世界发展报告工作组。

图 7.7 许多发展中国家的工程招生比例依然很低

工程、制造和建筑的高等教育招生占总人口的比例(%)



出处:世界发展报告工作组基于联合国教科文组织统计研究院的数据, <http://stats.uis.unesco.org/unesco/ReportFolders/ReportFolder.aspx> (2009年8月30日登录)。

推广和商业孵化⁶⁰等技术服务,可以提升私人 and 公共运用气候智能型技术的能力,依据健全科学做出决策。

建立机制激励私营部门投资气候智能型技术,是构建气候智能型经济的另一个支柱。这意味着不仅需要建立监管激励机制,也需要创建支持性环境与配套公共支持方案,促进商业创新和技术吸收。

知识基础设施是建立和适应地方减排和适应系统的关键

在发展中国家,科研机构可以帮助政府更好地应对气候变化所带来的后果。例如,印度尼西亚和泰国正在利用美国宇航局卫星,监测对疟疾在东南亚传播造成的环境影响,其中包括降雨模式和植被覆盖情况。⁶¹ 研究机构可以与政府机关和私人承包商合作,

以确定、设计、应用、运营和维护沿海适应技术。它们可以将地方知识与替代农林复合系统的科学实验相结合，帮助农民制定适应战略；也可以将当地居民的森林保护知识与基因优良的种植材料相结合，支持森林管理。⁶²它们可以通过咨询、测试、故障排除和培训帮助企业提高其流程的能源效率。

中等收入国家的研究机构也可以应对长期减排面临的挑战。掌握有用的能源技术需要一个学习过程，该过程可能需要数十年。农业和健康依赖于生物技术和气候科学，用以开发新技术和满足规划需要。发展国家智能电网取决于能否掌握集成通信、遥感和测量技术。

但是，在对学术研究机构投资后，许多政府发现它们对发展的贡献微乎其微。⁶³其原因是：通常研究不是由需求驱动的，加上研究机构、大学、私营部门和社区之间的联系极少（参见专栏 7.8）。⁶⁴此外，历史上许多发展中国家的大学注重教学，而很少注重研究。

政府资金转而支持竞争性研究而不是保证机构资金，对提高公共研究机构的效率大有裨益。厄瓜多尔政府的农业服务现代化项目为一项竞争性

研究补贴项目提供资金，支持创新性战略工作，即通过控制果蝇，控制病虫害对传统出口作物的损害，降低新型出口产品的生产成本，开拓新的出口市场。该计划将新的研究文化和新的研究组织引入研究系统。联合融资要求使国家研究经费增长了 92%。⁶⁵机构改革扩大了私人部门在研究机构治理中的发言权，奖励将知识和技术转让给外部客户的活动，因而同样发挥了促进作用。⁶⁶有些情况下“桥梁机构”，例如企业孵化器，可以促进研究机构知识外溢。2007 年，全世界（不包含中国的）有 283 个清洁技术公司正在孵化，这是 2005 年数量的两倍。⁶⁷

高收入国家可以通过帮助发展中国家构建能力、与研究机构开展合作关系，来支持全球发展和推广气候智能系统。例如，美国哥伦比亚大学的国际气候与社会研究所与非洲、亚洲和拉丁美洲当地机构的合作。

另一个例子是国际农业研究磋商组织（CGIAR）。它是一个由捐助者资助的、分散的、合作性的全球研究机构。国际农业磋商组织已经将气候适应的有关议题作为研究对象（参见专

专栏 7.8 高校必须创新：非洲案例

大多数的非洲捐赠援助，并没有解决利用世界上现有的丰富知识促进长期发展的需求。非洲高等教育的平均入学率接近 5%，而在经济发达国家，这一数据通常超过 50%。然而挑战不仅仅在于增加非洲大学入学人数，还要使它们成为发展的引擎。

大学有机会与私人部门建立更密切的联系，培养更多的投入职业生涯的大学生，将知识应用于经济。例如，美国赠地学院历史悠久：自 19 世纪以来，赠地学院一直直接与当地社区合作，传播

农业知识。未来任务要求大学的目标、职能以及结构发生质的变化。作为这一进程的一部分，需要对课程设计、教学、位置、学生选拔和大学管理进行根本性改革。

加强跨学科培训，以解决超越传统学科界限而关联的问题。南非的斯泰伦博斯大学是调整课程以满足研发组织需求的典范。这是世界上第一所将设计和发射先进微型卫星作为培训内容的大学。该项目旨在建设遥感、航天器控制以及地球科学领域的新技术能力。乌干达马

凯累累大学的新教学方法允许学生在社区内解决公共健康问题，并将其作为培训的一部分。其他技术领域的学生也可以使用类似的方法，如基础设施的发展和维护。

出处：Juma 2008；美国赠地学院，<https://www.aplu.org/NetCommunity/Page.aspx?PID=183>；海洋赠地学院，<http://www.seagrant.noaa.gov/>（2009 年 8 月 31 日登录）。

栏 7.9)。类似的方法也可以用于其他气候技术。国际农业磋商组织的经验表明，可以资助发展中国家的区域研究中心，使其重点研究生物量、生物能源、节能建筑、甲烷减排和森林管理等数量有限的、明确界定的区域主题。

知识机构可以帮助宣传和协调政策，特别是针对特定环境的适应政策。由于人们开始将适应气候变化纳入政策过程，所以分享解决方案和经验就变得更加重要。⁶⁸ 当规划者、管理者和决策者开始认识到将各自决策结合起来可以降低面临气候变化的脆弱性时，一个巨大的机会就产生了：加强各部门之间的协调以提高资源的利用效率，与其他国家、地区和地方共享宝贵信息。⁶⁹ 建立和管理“信息交换所”，整理并公布来自世界各地的成功的适应案例和计划，将有助于社区做出适应决策。⁷⁰

利用碳定价和规章制度动员私营部门

正如第 4 章的讨论，碳定价对于促进“市场推动型”创新和减排技术的应用必不可少。⁷¹ 随着相对价格的变动，为节省价格提高的要素，企业有可能响应新型技术投资。⁷² 有确凿证据表明，价格可以诱导技术变革。⁷³ 一项研究发现，如果能源价格保持在较低的 1973 年水平并一直持续到 1993 年，美国的空调能源效率将可能比现在低 16%。⁷⁴

规章及其有效执行也可以诱导创新。和碳定价一样，排放或能源效率的绩效标准也可以诱导技术变革，因为它们与企业面对的排放污染物的隐含价格相关。⁷⁵ 在美国，由于预期国家将采取新的二氧化硫控制标准，二氧化硫排放技术的专利申请活动于 20 世纪 60 年代末开始活跃。从 1975

专栏 7.9 国际农业研究磋商组织：应对气候变化的模式？

国际农业研究磋商组织 (CGIAR) 是由发展中国家、工业化国家、基金会、国际组织 (包括世界银行在内) 等 64 个成员构成的战略伙伴联盟。1971 年，许多发展中国家遭受的饥荒危险引起了广泛关注，为此成立了国际农业研究磋商组织。它通过改良农作物品种，为提高农业生产率做出了巨大贡献，对绿色革命的到来起着关键作用。随着时间推移，国际农业研究磋商组织的任务已经扩大到政策和体制问题、生物多样性保护以及渔业、森林、土壤和水等自然资源管理等领域。

国际农业研究磋商组织通过协助 15 个独立的研究中心来支持农业研究。这些研究中心通常在发展中国家，运作挑战性的项目，并拥有独立的工作人员和管理体制。这是一种自主治理的、基础广泛的合作伙伴关系，旨在应对全球性或区域性重大问题，例如，基因资源

保护和改良、水资源短缺、微量营养素缺乏及气候变化等问题。2008 年，国际农业研究磋商组织对其管理、科研工作及合作伙伴关系进行了独立审查。审查结论表明自成立以来，该组织的研究产生了全面高收入，效益远远超出成本。估计中心及合作成员国每年从产量效益提高和产量效益稳定的农作物品种中获得的收益超过 100 亿美元，这主要归功于小麦、大米和玉米等大宗作物的改良。自然资源管理研究也表明投资带来了巨大利益和高回报。但是，由于当地的集体行动、推广服务，或者财产转让权等复杂因素，这些努力对各地的影响也各不相同。评论认为国际农业研究磋商组织是“世界上最具创新性的发展伙伴关系”之一，这归功于它的多学科研究活动，以及广泛的合作。评论也发现，国际农业研究磋商组织已经游离其相对优势，而日益繁重的任务也削弱了

其影响力。与此同时，该组织面临着食品价格波动、更为极端的天气模式、全球粮食需求的增加、日益严峻的自然资源压力等前所未有的挑战。

2008 年 12 月，国际农业研究磋商组织采用了新的商业模式。改革采取了渐进式方法，重点关注几个重要问题的战略性“超级规划”。改革还强调重视成果导向型研究的日程设置和管理，明确责任，简化管理和规划，增强合作关系。这些变化将巩固磋商组织，以便它可以更有效的处理众多复杂的全球性问题，包括气候变化等。但判断这一改革是否成功，为时尚早。

出处：国际农业研究磋商组织，<http://www.cgiar.org/> (2009 年 3 月 5 日登录)；国际农业研究磋商组织独立审查组 2008；国际农业研究磋商组织科学委员会 2008；世界银行 2008a。

年到1995年，技术进步使清除电厂排放物中二氧化硫的资本成本减少了一半，二氧化硫清除份额从不到75%上升到95%以上。⁷⁶ 规章制度也可以为企业提供发展新技术的利基市场，并使国家取得竞争优势。2004年，中国一些城市禁止以汽油为燃料的摩托车，这一禁令与电动摩托车技术和电池技术改进、城市化加速、汽油价格上涨以及购买力提高相一致。禁令推动了电动自行车市场的繁荣，从1998年的仅仅4万辆上升到2008年的2100万辆。电动自行车比其他机动车交通方式（包括公共汽车）更为便宜和清洁（参见图7.8），中国也正在向发达国家出口这些低碳车辆。⁷⁷

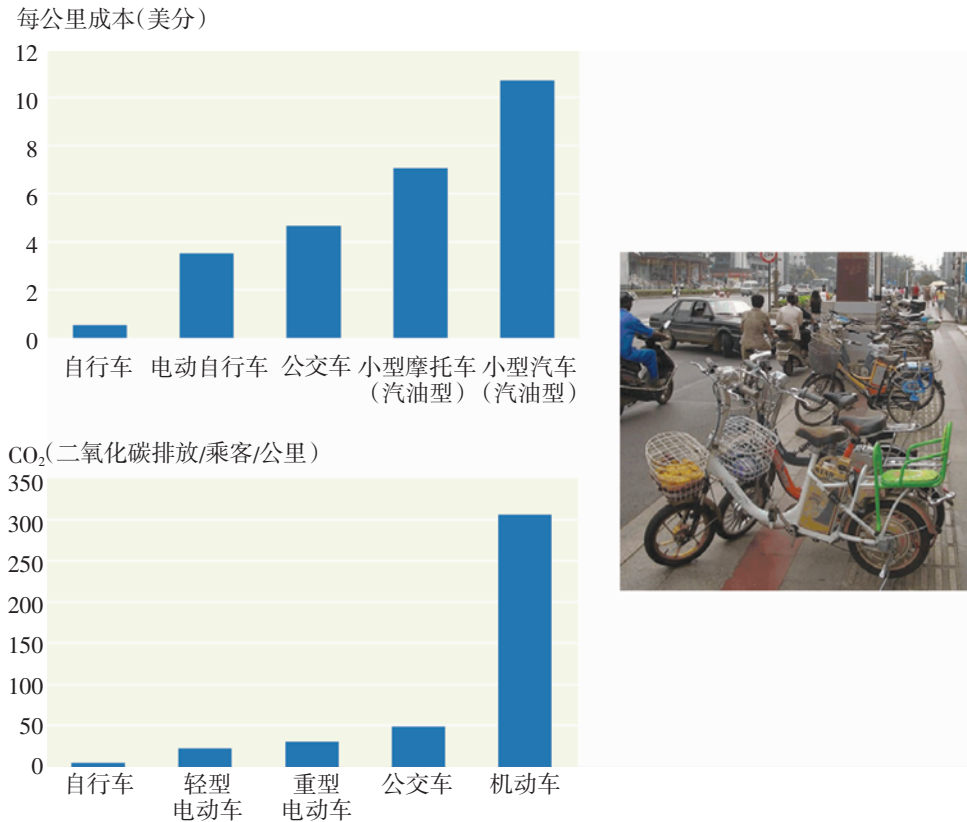
但是单一的规章制度存在缺陷。和价格信号不同，规章制度可能限制企业

的灵活性，针对特定技术的规章制度尤其如此。它们还可能导致社会选择成本较高的减排措施。但是它们是碳定价的必要补充（参见第4章）。研究还比较分析了环境规章制度和市场型奖励机制对创新的影响：一般认为只要利益相关者可以预见政策的发展和实施，那么综合利用不同的政策工具可能是最有效的方式。⁷⁸

有利的商业环境为推广气候智能型技术和创新提供了基础框架

为保证公司避免不必要的风险、获得信息、在明确的法律框架内运营并获得支持性市场制度，市场需要正常运作。稳定土地所有制、记录土地权利、加强土地出租和销售市场，以及拓宽金融服务通道，可以

图 7.8 电动自行车已经成为中国最便宜最清洁的交通模式



出处: Cherry 2007, Weinert, Ma 和 Cherry 2007, 图片出自维基百科全书。

注: 电动自行车排放量指全部生命周期的排放量, 这里包括生产, 能源生产和使用过程中的排放量, 对于普通自行车只包含生产过程中的排放量。

激励农村小农户间的技术转让（参见第3章）。⁷⁹但是良好的商业环境需要承认弱势群体的基本权利，特别是当地居民的权利。他们严重依赖土地和自然资源，许多人已经变成无地农民，或以小块土地为生，甚至居住权都无法得到保障。⁸⁰

减少企业的进入壁垒，提供灵活的劳动力市场，支持可以带来突破性创新的技术启动和带给农民新型化肥或种子的农业企业。⁸¹印度的杂交珍珠米案例表明，20世纪80年代末的市场自由化不仅加强了私营企业在种子研发和分销方面的作用，也大大提高了创新率。⁸²宏观经济的稳定以及金融部门的良好运作也是良好环境的支柱。基本的基础设施服务，例如，持续的能源和水供应同样不可或缺。

消除清洁能源技术（如清洁煤、风力发电、太阳能光伏发电以及节能照明等）的关税壁垒和非关税壁垒，可以使这些技术在18个温室气体排放量高的发展中国家的贸易额提高14%。⁸³配额、原产地规则或海关编码规格不清楚等进口贸易壁垒，提高了产品的国内价格，使其缺乏成本效益，从而阻碍了气候智能型技术的转让。在埃及，光伏发电板的平均关税是32%，是经济合作与发展组织（OECD）中高收入国家3%关税的十倍。在尼日利亚，光伏发电板的潜在用户面临着70%的非关税壁垒和20%的关税壁垒。⁸⁴生物燃料遭遇的关税打击尤其沉重。2006年，乙醇和一些生物柴油原料的关税（包括巴西乙醇的进出口关税）全年总额为60亿美元。与此同时，2006年，经合组织国家对其国内生物燃料生产者的补贴总额达到110亿美元。结果，人们并非选择技术最具成本效益的区域进行投资。巴西是世界上乙醇生产成本最低的国家。2004年至2005年间，其乙醇生产量增幅不

大，仅为6%。与此同时，美国超过25%和欧盟超过50%的关税保护促使美国和德国的乙醇生产量分别增加了20%和60%。⁸⁵取消这些关税和补贴可能会将生产重新分配到最有效的生物燃料生产国中。⁸⁶

营造对外商直接投资（FDI）有吸引力的投资环境，对加快技术转让和吸收至关重要。⁸⁷2007年，发展中国家的电力、燃气和水的固定资本构成总额中，外商直接投资占12.6%，这是多边和双边援助总额的三倍。⁸⁸高收入国家的跨国公司大量投资印度的光电产品（英国石油旗下的太阳能企业BP Solar）、巴西的乙醇产品（美国阿彻丹尼尔斯米德兰和嘉吉公司）和中国的风能（西班牙歌美飒公司和丹麦的维斯塔斯公司）。1993年，中国仅拥有1个外资研发实验室，到2005年增长为700个。⁸⁹通用电气公司是世界能源生产和节能产品的领导者，2000年它在中国和印度建立了全球研发中心，中心现在雇用的研究人员成千上万。图7.9强调了风能设备研发和生产全球化给中等收入国家带来的机遇。

发展当地的生产能力，可以帮助这些国家确保长期吸收气候智能型技术及其在全球市场中的竞争力，降低价格，提高性能。颁发许可证或国外直接投资将使这一过程以最快的速度进行。

为促进气候智能型技术的转让，中等收入国家可以允许国外公司设立全资子公司，而不是强制其建立合资公司或颁发许可证。它们也可以通过培训和能力培养的投资，发展本地供应商或为外资投资公司发展潜在合作伙伴。⁹⁰它们也可以确保其知识产权体制充分保护国外技术转让和研发。

知识产权（IPR）执行力度较小时（参见图7.9），由于担心竞争对手的使用，国外公司可能不愿转让它们最先

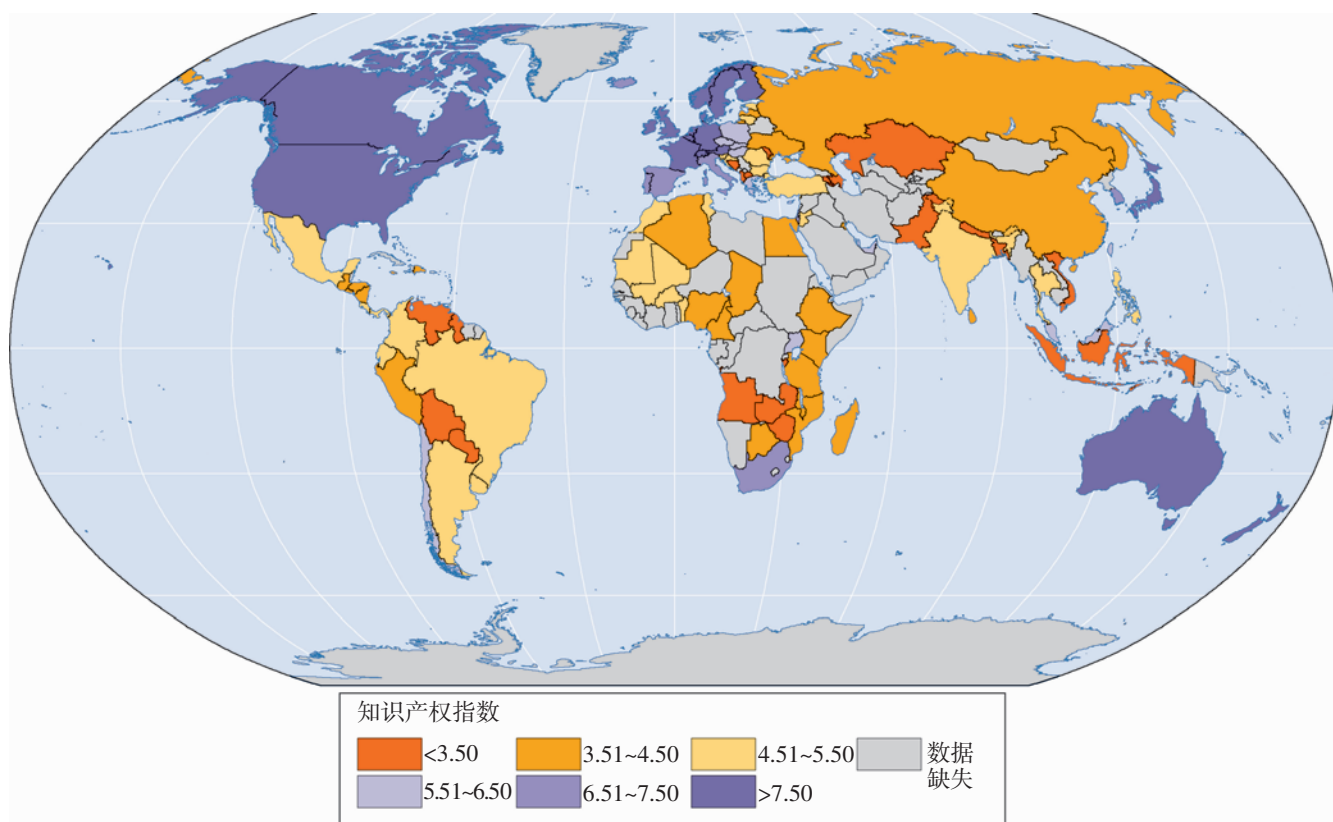
进的技术，这也是中国风能设备所面临的窘境。⁹¹ 知识产权执行不力会阻碍国外子公司扩大其研发活动的规模，阻碍国外风险投资家对国内有发展前途的企业进行投资。⁹² 尽管全球风能设备的国外子公司对当地的制造业和研发投资，它们在巴西、中国、印度和土耳其注册的专利却很少。

这些国家薄弱的知识产权体制阻碍了其研发规模的扩大。⁹³

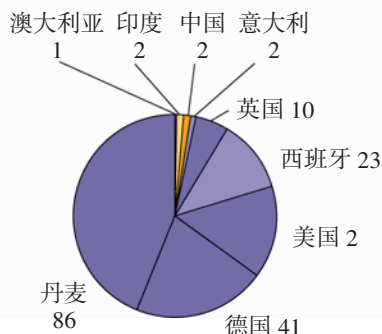
然而，如果专利由于其范围过于广泛而阻碍其他有用发明，知识产权也可能阻碍创新。评论家认为，一些有望用于合成生物燃料的合成生物产品和流程的专利申请范围过于宽泛，科学家担心它们可能会阻止相关领

图 7.9 中等收入国家正在吸引五大顶级风能设备公司的投资，但薄弱的知识产权体制限制了技术转让和研发能力

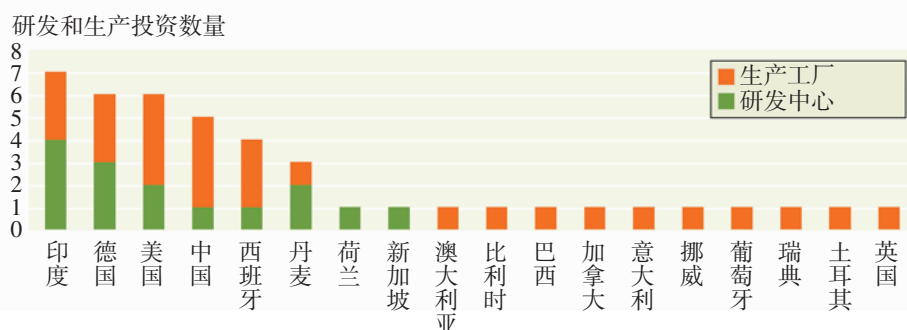
a. 知识产权性能



b. 2007年风力发电专利数量



c. 五大顶级风能公司的投资布局



出处：美国、日本、欧洲和国际专利申请数据库公布的专利数据；年度报告，以及维斯塔斯、通用电气、歌美飒、Enercon 和苏司兰网站数据（2009年3月4日登录）；Dedigma.2009。

注：一个国家的知识产权分值反映了其基于知识产权保护政策及其执行力度的知识产权指数的排名。

域的科学进步。⁹⁴ 如果公司为保持其市场支配力而拒绝授权技术，较强的知识产权保护也可能阻碍技术转让。

迄今为止，没有任何证据表明，过度严格的知识产权是将可再生能源生产能力转让给中等收入国家的一大障碍，但是人们担心终有一天这一幕会上演。巴西、中国和印度已经加入了全球光电、风电和生物燃料的领袖行列中。它们通常通过获得技术授权跨入这一行列。由于光电和生物燃料领域的专利活动加速，以及风能领域的设备供应商的持续整合，知识产权问题可能会更多地阻碍技术转让活动。⁹⁵

在低收入国家，薄弱的知识产权似乎不是应用先进气候智能型技术的障碍。不过，可预见和明确界定的知识产权仍然可以刺激国外的技术转让。由于国内生产能力有限，获得许可并发展适合地方的技术对这些国家而言并不是现实的选择。⁹⁶ 它们通常通过进口设备吸收能源技术。就气候适应而言，通常掌握在发达国家手中的专利权和植物品种权很少成为小国或低收入国家的问题。在一个特定国家注册专利，其保护也仅限于该国市场。很多外国公司不会在低收入国家登记它们的知识产权，因为这些国家并不是有吸引力的市场或潜在的竞争者。因而，较贫困的国家可以采用国外的技术或工具。⁹⁷

高收入国家可以确保气候智能型技术领域行业的过度整合不会减少对发展中国家的技术许可的激励。它们也可以确保国家政策不阻止外国公司获得对全球意义重大的、公共资助的气候智能型技术。许多国家规定，大学不得将国家政府资助的技术转让给外国公司。⁹⁸ 其他的建议包括国际组织买断专利，并把气候智能型知识产权转让到公共领域中。

高收入国家还可以确保国际公约，例如世界贸易组织的国际公约，考虑气候智能型技术的知识产权、转让和推广。世界贸易组织贸易相关的知识产权协定（TRIPS）规定了适用于世贸组织成员的最低法律保护标准。但是贸易相关的知识产权协议同样认为不应滥用专利权，也就是说，专利不应阻止技术为亟须技术的发展中国家服务。事实上，贸易相关的世贸知识产权协议包含相关条例，允许发展中国家在没有征得知识产权所有者同意的情况下使用专利发明。⁹⁹ 如果与贸易相关的知识产权协议将减排和适应技术排除在外，世贸组织及其成员将可以限制滥用知识产权保护。

但是总体而言，相对于其他成本（如管理和培训费用）和障碍（如吸收能力有限），我们可能高估了知识产权对技术转让的影响。构建工程技术能力对增强发展中国家的吸收能力大有裨益。

公共资金可以帮助企业克服创新和技术推广相关的市场失灵问题

碳定价和排放标准在提高低碳技术和创新领域的投资上，存在一个限度。即使对潜在客户具有经济吸引力的新技术也并不总能很快被采用（参见第4章，专栏4.5）。加快技术变革要求以探索广泛技术选择组合的公共资金来补充碳定价和法规。¹⁰⁰ 众所周知，市场失灵导致私人在创新和推广方面投资不足，这是数十年来实行公共融资政策的基础。¹⁰¹

在具备工业能力的中等收入国家，财政支援可以针对地方设计、生产和出口智能型气候系统的活动。公共资金政策可笼统地将创新定义为对企业而言新的适应性、改良的和发展中的产品、流程和服务，无论其是否是新的市场产品、流程和服务。这一

定义把有助于建立技术吸收力的研发溢出效应也考虑在内。¹⁰² 例如，土耳其的科技发展基金会为采用或发展能源效率、可再生能源和更清洁生产系统的企业提供了高达 100 万美元的无息贷款。¹⁰³ 低收入小国阻碍技术吸收的市场壁垒更多。在这些国家，公共财政支持可以有选择地资助企业的技术吸收和相关的技术咨询和培训。

公共支持的技术推广项目消除了信息和技术在企业、农民和公共机构之间的距离。最有效的项目符合实际需求，解决多重障碍，而且一开始就让社区机构参与其中。这创造了地方购买力，形成了持续性，并保证了项目与当地发展目标的一致性。¹⁰⁴ 在南非，金属处理厂的清洁生产示范项目之所以取得成功，恰恰是由于其同时处理从有关清洁技术优势的信息匮乏到缺乏立法或执法不力等一系列问题。由需求驱动的项目获得了所有利益相关者的加盟，广泛包括企业所有者、管理人员、工作人员、顾问、监控者和供应商，并结合了意识提升运动、培训、技术咨询和财政援助。¹⁰⁵ 中国政府提升和推广生物质能烹饪炉技术的战略也同样取得了成功，因为它认识到了体制的创新性质，而且该技术主要也是由需求驱动的（参见专栏 7.10）。

如同第 4 章所述，政府采购是另一个“市场拉动型”工具，它可以为气候智能型技术创造一个利基市场，但是它有赖于良好的治理和健全的体制环境。当政府成为废水管理、建筑业、运输设备和服务等领域的主要客户时，公共采购偏好可以刺激气候智能型创新和技术的应用。德国和瑞典 60% 以上的招标已经纳入了“绿色”标准。¹⁰⁶

阻止难以控制的气候变化，应对它对社会不可避免的影响和实现全球

发展目标，要求大幅度提高国际社会推广现有技术和应用新技术的力度。对于雄心勃勃的高优先度倡议，例如碳捕获和碳封存技术，各国可以集中资源，共担风险，共享联合研发、示范和应用带来的学习益处。它们可以创建新的全球融资机制。基于增加公共研发投资的“技术推动型”政策不足以实现我们的技术目标。或者说它们需要与“市场拉动性”政策相配合，建立公共和私营部门奖励措施，鼓励创业精神和协作，并在貌似不可能的地方找到创新的解决方案。

人类必须保证技术进步迅速进入那些亟须技术但最无力采用技术的国家。推广气候智能型技术需要的远不止于将现成可用的设备运输到发展中国家。也就是说，它要求建立技术吸收能力，即公共和私营部门确定、应用、改进、完善和采用最适当技术的能力。这也需要创造环境，以贸易和投资促进各国之间的减排和适应技术转让。

注释

1. 全球风能理事会，http://www.gwec.net/fileadmin/documents/PressReleases/PR_stats_annex_table_2nd_feb_final_final.pdf（2009 年 4 月登录）。

2. Metcalfe 和 Ramlogan 2008。

3. Edmonds 等 2007；Stern 2007；世界银行 2008a。

4. 大多综合评估模型表明 21 世纪的碳封存量需求不超过 6 000 亿吨（22 200 亿吨二氧化碳）。全球潜在的地质储存能力已公布的估测值约为 30 000 亿吨碳（110 000 亿吨二氧化碳）。Dooley, Dahowski 和 Davidson 2007。

5. 勘探地球物理学家学会（SEG）2007，重点参见附录 B，“将适应纳入规划管理和技术/研发的部门工具包”。

6. Heller 和 Zavaleta 2009。

7. Hulse 2007。

8. 联邦秘书处 2007。

专栏 7.10 改进的烹饪炉设计方案可以减少煤烟，为人类健康和减排带来重要益处

约 20 亿发展中国家人口依靠生物能取暖和做饭。从中美洲到非洲、印度和中国的农村地区，简易炉灶所释放的二氧化碳和炭黑（煤烟中微小碳粒），以及不完全燃烧的产物（一氧化碳、氮化合物、甲烷和挥发性有机化合物），对健康构成了严重危害。每年因呼吸燃烧固体生物质形成的室内烟雾而死亡的人数达 160 万，其中大约有 100 万是五岁以下的儿童。

最近的研究表明，炭黑推动气候变化的力量可能是政府间气候变化专门委员会以前估算的两倍。新的分析表明，1976 年以来的北极变暖，70% 以上是由炭黑引起的，炭黑也可能是喜马拉雅冰川缩小的重要因素。

发展中国家家庭炉灶燃烧固体燃料所排放的炭黑占世界炭黑排放总量的 18%，因此，改善燃烧从而减少烟尘和其他气体排放量的新炉灶技术，不仅对人类健康有益，更有助于减排。

大量资金用于支持液化石油气（LPG）炉灶这一生物质炉灶的清洁替代物。支持主要以补贴液化石油气炉灶方式进行。但实践证明，在发展中国家推广该技术成效甚微。即使有补贴，大多数贫困人口依然无力负担燃料费用。在过去的 20 年里，引进改良生物质炉灶的

公共项目产生了混合效果。印度政府为其分销的 800 万台炉灶补贴 50% 的成本。起初，由于炉灶的设计并不符合当地人们的工具和食物，该计划遇到了一些困难。但是在过去的五年里，政府推出了新的研究以纠正这些问题。改良炉灶也正在其他国家普及。中国政府认识到，满足人们需求是成功的关键，而且这不可能通过自上而下的供应驱动型方式实现。政府把自己的职责界定为研究、技术培训、制定生产标准，并减少生产和推广新炉灶的官僚主义障碍。此外，充分调动企业部门在当地的分销作用。

考虑到最近生物质炉灶的技术进步，它们对健康的影响和最近显示的它们对气候的影响，应大规模推广高质量的生物质炉灶，并提高其商业化程度。最有效的炉灶应当是贫困人口负担得起的，适合当地烹饪需求的，耐用并且吸引客户的炉灶。苏里亚特试点评估项目，将会就改进炉灶对气候变暖 and 人体健康方面的益处，做迄今为止最全面最严谨的科学评价。该项目将会支持印度三个不同区域的 15 000 个家庭引入新的炉灶。通过以先进传感器技术监测污染物，测量太阳能对于空气的加热程度，结合美国航天局卫星测量的数据，项目组希望看到一个“炭黑空洞”，即在干预区范围

一名妇女正在使用 Envirofit G-3300 炉灶进行烹饪



图片提供：Envirofit 印度。

内，大气中缺少寻常的炭黑颗粒物，并测量这一做法将如何影响区域温度和人类健康。这项研究也将加深今后炉灶项目如何满足家庭需求和行为的理解。

出处：Bond 等 2004；Columbia Earthscape, <http://www.earthscape.org/tr1/kad09/>（2009 年 5 月 14 日登录）；Forster 等 2007；Hendriksen, Ruzibuka 和 Rutagambwa 2007；Project Surya, <http://www-ramanathanuacsdedu/ProjectSurya.html>（2009 年 8 月 31 日登录）；Ramanathan 和 Carmichael 2008；Ramanathan, Rehman 和 Ramanathan 2009；Shindell 和 Faluvegi 2009；Smith, Rogers 和 Cowlin 2005；联合国环境规划署 2008b；Watkins 和 Ehst 2008 上。

9. 麦肯锡全球研究所 2007。
10. Leadbeater 等 2008。
11. Aghion 等 2005。
12. Salter 和 Martin 2001。
13. De Ferranti 等 2003。
14. Barlevy 2007。
15. Robins 等 2009。
16. Berkhout 2002。
17. 联合国环境规划署（UNEP）2008a。
18. A. Gentleman, “炸药桶转化为电动汽车的动力”，《国际先驱论坛报》，2006 年 8 月 14 日；Maini 2005；S. Nagrath, “哎呀，是辆 Reva 车！风行于伦敦街头的印度小型电动车！”《商务世界》，2008 年 12 月 19 日。
19. 专利数量经常用于衡量发明活动，

但由于某些类型的发明不及其他类型适合申请专利，比较国家间的专利数量也可能存在缺陷。

20. 经合组织（OECD）2008；Dechezleprêtre 等 2008。
21. 国际能源机构（IEA），2008a；勘察地球物理学家学会 2007；Stern 2007；Nemet 和 Kammen 2007；Davis 和 Owens 2003；总统科技顾问委员会（PCAST）1999。
22. 根据国际能源机构（IEA）的研发和应用统计数据，包括除澳大利亚、比利时、捷克共和国、希腊、卢森堡、波兰、斯洛伐克共和国和西班牙以外的国际能源机构高收入国家和上中等收入国家。
23. 国际能源机构 2008a。

24. 经合组织 2008。
25. 例如, 农作物及种植方法往往需要适应当地的气候、土壤和技术条件。
26. 经合组织 2008。
27. Beintema 和 Stads 2008。
28. Carlsson 2006; Freeman 1987; Lundvall 1992; Nelson 1996; 经合组织 1997。
29. 总统科技顾问委员会 (PCAST) 1999。
30. 国际能源机构, <http://www.iea.org/Textbase/techno/index.asp> (2008年12月15日登录)。
31. <http://www.energystar.gov/> (2008年12月15日登录)。
32. Milford, Duchter 和 Barker 2008; Stern 2007。
33. Guasch 等 2007。
34. De Coninck 等 2007。
35. De Coninck 等 2007。
36. 千年技术奖, <http://www.millenniumprize.fi> (2009年2月16日登录)。
37. Jaruzelski, Dehoff 和 Bordia 2006。
38. Chesbrough 2003。
39. Newell 和 Wilson 2005; X 大奖基金会, <http://www.xprize.org/> (2008年12月15日登录)。
40. 前进汽车 X 奖, <http://www.progressiveautoxprize.org/> (2009年4月19日登录)。
41. 肺炎是全球幼儿死亡率的首要原因; 世界银行 2008a。
42. 世界银行 2008a。
43. 世界银行 2008a。
44. Branscomb 和 Auerswald 2002。
45. DB 顾问 2008。
46. 联合国环境规划署 (UNEP) 2008a。
47. Nemet 和 Kammen 2007。
48. 国家环境研究中心, <http://www.epa.gov/ncer/sbir/> (2009年4月登录)。
49. Passerelles Pacte PME, http://www.oseo.fi/a_la_une/actualites/passerelles_pacte_pme (2008年11月30日登录)。
50. Goldberg 等 2006。
51. 适当框架中的公约包括气候变化 (联合国气候变化框架公约, 或简称 UNFCCC)、生物多样性 (生物多样性公约)、荒漠化 (防止荒漠化公约)、拉姆萨尔湿地, 国际水道共享, 以及食用与农用植物基因资源方面的公约。
52. Brewer 2008; DeConinck, Haake 和 van der Linden 2007; Dechezleprêtre, Glachant 和 Menièrè 2007。
53. Doornbosch, Gielen 和 Koutstaal 2008; 全球环境基金 (GEF), <http://www.gefweb.org/> (2008年12月4日登录)。
54. 全球环境基金 2008; 全球环境基金 2009。
55. 世界银行碳融资部, <http://wbcarbon-finance.org/> (2008年12月4日登录)。
56. Barrett 2006。
57. De Coninck 等 2007。
58. 欧洲碳捕获和碳封存 (CCS), http://ec.europa.eu/environment/climat/ccs/work_en.htm (2009年7月2日登录)。
59. 联合国教科文组织统计研究所 (UNESCO), <http://www.uis.unesco.org> (2009年1月18日登录)。
60. Lundvall 2007。
61. 人道主义实践网络, <http://www.odihpn.org/report.asp?id=2522> (2009年1月14日)

我希望通过我的图画向包括世界领导者在内的所有人传达我的希望: 阻止全球变暖, 推动利用太阳能, 因为太阳能强大、清洁而且几乎是取之不竭的……只要我们愿意, 我们可以把太阳转化为我们每天的能源来源。政府和企业应该支持应用太阳能, 科学家应该探索太阳能的最佳利用方式。这样, 家庭、器械、机器、工厂和交通工具就能便易地使用太阳能。

——Laura Paulina Tercero Araiza, 墨西哥, 10岁。



- 登录); Kiang 2006。
62. 政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 2000。
 63. Goldman 和 Ergas 1997; 世界银行 2007a。
 64. Juma 2006。
 65. 世界银行 2005。
 66. Watkins 和 Eht 2008。
 67. 联合国环境规划署 2005。
 68. Huq, Reid 和 Murray 2003。
 69. 参见以生态系统为基础的管理, 第3章。
 70. 勘探地球物理学家学会 (SEG) 2007。
 71. Schneider 和 Goulder 1997; Popp 2006; 同时参见第4章。
 72. Hicks 1932。
 73. Hayami 和 Ruttan 1970; Hayami 和 Ruttan 1985; Ruttan 1997; Jaffe, Newell 和 Stavins 2003; Popp 2002。
 74. Newell, Jaffe 和 Stavins 1999。
 75. Jaffe, Newell 和 Stavins 2003。
 76. Taylor, Rubin 和 Hounshell 2005。
 77. Weinert, Ma 和 Cherry 2007; 气候组织 2008; Hang 和 Chen 2008; C. Whelan, “电动自行车开始盛行”《纽约时报》, 2007年3月14日, <http://www.time.com/time/world/article/0,8599,1904334,00.html> (2009年7月5日登录)。
 78. Bernauer 等 2006。
 79. 世界银行 2007b。
 80. De Chavez 和 Tauli-Corpuz 2008。
 81. 世界银行 2008b; Scarpetta 和 Tressel 2004。
 82. Matuschke 和 Qaim 2008。
 83. 这些国家是: 阿根廷、孟加拉国、巴西、智利、中国、哥伦比亚、阿拉伯埃及共和国、印度、印度尼西亚、哈萨克斯坦、马来西亚、墨西哥、尼日利亚、菲律宾、南非、泰国、委内瑞拉、玻利维亚共和国和赞比亚。世界银行 2008c。
 84. 世界银行 2008c。
 85. Steenblik 2007。
 86. 国际货币基金组织 (IMF) 2008。
 87. Goldberg 等 2008。
 88. Brewer 2008。
 89. 联合国贸易与发展会议 (UNCTAD), 2005。
 90. Maskus 2004; Hoekman, Maskus 和 Saggi, 2004; Lewis 2007。
 91. Barton 2007。
 92. Branstetter, Fisman 和 Fritz Foley 2005; 德勤会计师事务所 2007。
 93. Dedigama 2009。
 94. 国际贸易和可持续发展中心 (ICTSD) 2008。
 95. Barton 2007; Lewis 2007; ICTSD 2008。
 96. Hoekman, Maskus 和 Saggi 2004。
 97. 世界银行 2007b。
 98. Barton 2007。
 99. 国际贸易和可持续发展中心 (ICTSD) 2008。
 100. Baker 和 Shittu 2006; Jaffe, Newell 和 Stavins 2003; Schneider 和 Goulder 1997; Popp 2006。
 101. Nelson 1959; Arrow 1962。
 102. Cohen 和 Levinthal 2009。
 103. 土耳其技术发展基金会, <http://www.ttg.org.tr/en/page.php?id=35> (2009年3月5日登录)。
 104. 政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 2000。
 105. Koefoed 和 Buckley 2008。
 106. Bouwer 等 2006。

参考文献

- Aghion, P., G. M. Angeletos, A. Banerjee, and K. Manova. 2005. “Volatility and Growth: Credit Constraints and Productivity-Enhancing Investments.” Department of Economics Working Paper 05-15. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA.
- Arrow, K. J. 1962. “Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention.” In *The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors*, ed. R. Nelson. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Baker, E., and E. Shittu. 2006. “Profit-Maximizing R&D in Response to a Random Carbon Tax.” *Resource and Energy Economics* 28 (2): 160–180.
- Barlevy, G. 2007. “On the Cyclicalities of Research and Development.” *American Economic Review* 97 (4): 1131–1164.
- Barrett, S. 2006. “Managing the Global Commons.” In *Expert Paper Series Two: Global Commons*. Stockholm: Secretariat of the International Task Force on Global Public Goods.

- Barton, J. H. 2007. "Intellectual Property and Access to Clean Energy Technologies in Developing Countries: An Analysis of Solar Photovoltaic, Biofuels and Wind Technologies." Trade and Sustainable Energy Series Issue Paper 2, International Centre for Trade and Sustainable Development, Geneva.
- Beintema, N. M., and G. J. Stads. 2008. "Measuring Agricultural Research Investments: A Revised Global Picture." Agricultural and Technology Indicators Background Note, International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- Berkhout, F. 2002. "Technological Regimes, Path Dependency and the Environment." *Global Environmental Change* 12 (1): 1–4.
- Bernauer, T., S. Engel, D. Kammerer, and J. Seijas. 2006. "Explaining Green Innovation." Working Paper 17, Center for Comparative and International Studies, Zurich.
- Bond, T. C., D. G. Streets, K. F. Yarber, S. M. Nelson, J.-H. Woo, and Z. Klimont. 2004. "A Technology-Based Global Inventory of Black and Organic Carbon Emissions from Combustion." *Journal of Geophysical Research* 109: D14203–doi:10.1029/2003JD003697.
- Bouwer, M., M. Jonk, T. Berman, R. Bersani, H. Lusser, V. Nappa, A. Nissinen, K. Parikka, P. Szuppinger, and C. Viganò. 2006. *Green Public Procurement in Europe 2006—Conclusions and Recommendations*. Haarlem: Virage Milieu & Management.
- Branscomb, L. M., and P. E. Auerswald. 2002. *Between Invention and Innovation: An Analysis of Funding for Early-Stage Technology Development*. Gaithersburg, MD: National Institute of Standards and Technology.
- Branstetter, L., R. Fisman, and C. F. Foley. 2005. "Do Stronger Intellectual Property Rights Increase International Technology Transfer? Empirical Evidence from U.S. Firm-Level Data." Working Paper 11516, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.
- Brewer, T. L. 2008. "International Energy Technology Transfer for Climate Change Mitigation: What, Who, How, Why, When, Where, How Much . . . and the Implications for International Institutional Architecture." Working Paper 2048, CESifo, Venice.
- Carlsson, B. 2006. "Internationalization of Innovation Systems: A Survey of the Literature." *Research Policy* 35 (1): 56–67.
- CGIAR Independent Review Panel. 2008. *Bringing Together the Best of Science and the Best of Development: Independent Review of the CGIAR System: Report to the Executive Council*. Washington, DC: Consultative Group on International Agricultural Research.
- CGIAR Science Council. 2008. *Report of the First External Review of the Generation Challenge Program*. Rome: Consultative Group on International Agricultural Research.
- Cherry, C. R. 2007. "Electric Two-Wheelers in China: Analysis of Environmental, Safety, and Mobility Impacts." Ph.D. thesis. University of California, Berkeley, CA.
- Chesbrough, H. W. 2003. *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Climate Group. 2008. *China's Clean Revolution*. London: The Climate Group.
- Cohen, W. M., and D. A. Levinthal. 2009. "Innovation and Learning: The Two Faces of R&D." *Economic Journal* 99 (397): 569–96.
- Commonwealth Secretariat. 2007. *Commonwealth Ministers Reference Book 2007*. London: Henley Media Group.
- Davis, G., and B. Owens. 2003. "Optimizing the Level of Renewable Electric R&D Expenditures Using Real Option Analysis." *Energy Policy* 31 (15): 1589–1608.
- Davis, L., and J. Davis. 2004. "How Effective Are Prizes as Incentives to Innovation? Evidence from Three 20th Century Contests." Paper presented at the Danish Research Unit for Industrial Dynamics Summer Conference on Industrial Dynamics, Innovation and Development. Elsinore, Denmark.
- DB Advisors. 2008. "Investing in Climate Change 2009 Necessity And Opportunity In Turbulent Times." Global team, DB Advisors, Deutsche Bank Group, Frankfurt.
- de Chavez, R., and V. Tauli-Corpuz. 2008. *Guide on Climate Change and Indigenous Peoples*. Baguio City, Philippines: Tebtebba Foundation.
- de Coninck, H. C., C. Fisher, R. G. Newell, and T. Ueno. 2007. *International Technology-Oriented Agreements to Address Climate Change*. Washington, DC: Resources for the Future.
- de Coninck, H. C., F. Haake, and N. J. van der Linden. 2007. *Technology Transfer in the Clean Development Mechanism*. Petten, The Netherlands: Energy Research Centre of the Netherlands.
- de Ferranti, D. M., G. E. Perry, I. Gill, J. L. Guasch, W. F. Maloney, C. Sanchez-Paramo, and N. Schady. 2003. *Closing the Gap in Education and Technology*. Washington, DC: World Bank.

- Dechezleprêtre, A., M. Glachant, I. Hascic, N. Johnstone, and Y. Menièrè. 2008. *Invention and Transfer of Climate Change Mitigation Technologies on a Global Scale: A Study Drawing on Patent Data*. Paris: CERNA.
- Dechezleprêtre, A., M. Glachant, and Y. Menièrè. 2007. "The Clean Development Mechanism and the International Diffusion of Technologies: An Empirical Study." Working Paper 2007.105, Fondazione Eni Enrico Mattei, Milan.
- Dedigama, A. C. 2009. *International Property Rights Index (IPRI): 2009 Report*. Washington, DC: Property Rights Alliance.
- Deloitte. 2007. *Global Trends in Venture Capital 2007 Survey*. New York: Deloitte Touche Tohmatsu.
- Dooley, J. J., R. T. Dahowski, and C. Davidson. 2007. "CCS: A Key to Addressing Climate Change." In *Fundamentals of the Global Oil and Gas Industry 2007*. London: Petroleum Economist.
- Doornbosch, R., D. Gielen, and P. Koutstaal. 2008. *Mobilising Investments in Low-Emissions Technologies on the Scale Needed to Reduce the Risks of Climate Change*. Paris: OECD Round Table on Sustainable Development.
- Edmonds, J., M. A. Wise, J. J. Dooley, S. H. Kim, S. J. Smith, P. J. Runci, L. E. Clarke, E. L. Malone, and G. M. Stokes. 2007. *Global Energy Technology Strategy Addressing Climate Change: Phase 2 Findings from an International Public-Private Sponsored Research Program*. Washington, DC: Battelle Pacific Northwest Laboratories.
- Forster, P., V. Ramaswamy, P. Artaxo, T. Bernsten, R. Betts, D. W. Fahey, J. Haywood, J. Lean, D. C. Lowe, G. Myhre, J. Nganga, R. Prinn, G. Raga, M. Schulz, and R. Van Dorland. 2007. "Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing." In *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, and H. L. Miller. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Freeman, C. 1987. *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*. London: Pinter.
- GEF (Global Environment Facility). 2008. *Transfer of Environmentally Sound Technologies: The GEF Experience*. Washington, DC: GEF.
- . 2009. *Draft Adaptation to Climate Change Programming Strategy*. Washington, DC: GEF.
- Global Wind Energy Council. 2009. *Global Wind 2008 Report*. Brussels: Global Wind Energy Council.
- Goldberg, I., L. Branstetter, J. G. Goddard, and S. Kuriakose. 2008. *Globalization and Technology Absorption in Europe and Central Asia*. Washington, DC: World Bank.
- Goldberg, I., M. Trajtenberg, A. B. Jaffe, J. Sunderland, T. Muller, and E. Blanco Armas. 2006. "Public Financial Support for Commercial Innovation." Europe and Central Asia Chief Economist's Regional Working Paper 1, World Bank, Washington, DC.
- Goldman, M., and H. Ergas. 1997. "Technology Institutions and Policies: Their Role in Developing Technological Capability in Industry." Technical Paper 383, World Bank, Washington, DC.
- Guasch, J. L., J. L. Racine, I. Sanchez, and M. Diop. 2007. *Quality Systems and Standards for a Competitive Edge*. Washington, DC: World Bank.
- Hang, C. C., and J. Chen. 2008. "Disruptive Innovation: An Appropriate Innovation Approach for Developing Countries." ETM Internal Report 1/08. National University of Singapore, Division of Engineering and Technology Management, Singapore.
- Hayami, Y., and V. W. Ruttan. 1970. "Factor Prices and Technical Change in Agricultural Development: The United States and Japan." *Journal of Political Economy* 78: 1115–41.
- . 1985. *Agricultural Development: An International Perspective*. Baltimore: John Hopkins University Press.
- Heller, N. E., and E. S. Zavaleta. 2009. "Biodiversity Management in the Face of Climate Change: A Review of 22 Years of Recommendations." *Biological Conservation* 142 (1): 14–32.
- Hendriksen, G., R. Ruzibuka, and T. Rutagambwa. 2007. *Capacity Building for Science, Technology and Innovation for Sustainable Development and Poverty Reduction*. Washington, DC: World Bank.
- Hicks, J. R. 1932. *The Theory of Wages*. London: Macmillan.
- Hoekman, B. M., K. E. Maskus, and K. Saggi. 2004. "Transfer of Technology to Developing Countries: Unilateral and Multilateral Policy Options." Policy Research Working Paper 3332, World Bank, Washington, DC.

- Hulse, J. H. 2007. *Sustainable Development at Risk: Ignoring the Past*. Ottawa: Foundation Books/IDRC.
- Huq, S., H. Reid, and L. Murray. 2003. "Mainstreaming Adaptation to Climate Change in Least Developed Countries." Working Paper 1: Country by Country Vulnerability to Climate Change, International Institute for Environment and Development, London.
- ICTSD (International Centre for Trade and Sustainable Development). 2008. "Climate Change, Technology Transfer and Intellectual Property Rights." Paper presented at the Trade and Climate Change Seminar. Copenhagen.
- IEA (International Energy Agency). 2006. *Energy Technology Perspectives: In Support of the G8 Plan of Action. Scenarios and Strategies to 2050*. Paris: IEA.
- . 2008a. *Energy Technology Perspective 2008: Scenarios and Strategies to 2050*. Paris: IEA.
- . 2008b. *World Energy Outlook 2008*. Paris: IEA.
- IMF (International Monetary Fund). 2008. *Fuel and Food Price Subsidies: Issues and Reform Options*. Washington, DC: IMF.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2000. *Special Report: Methodological and Technological Issues in Technology Transfer: Summary for Policymakers*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- IRI (International Research Institute for Climate and Society). 2006. "A Gap Analysis for the Implementation of the Global Climate Observing System Programme in Africa." Technical Report IRI-TR/06/1, IRI, Palisades, N.Y.
- Jaffe, A., R. G. Newell, and R. N. Stavins. 2003. "Technological Change and the Environment." In *Handbook of Environmental Economics, vol. 1*, ed. K. G. Maler and J. R. Vincent. Amsterdam: Elsevier.
- Jaruzelski, B., K. Dehoff, and R. Bordia. 2006. *Smart Spenders: The Global Innovation 1000*. McLean, VA: Booz Allen Hamilton.
- Juma, C. 2006. *Reinventing African Economies: Technological Innovation and the Sustainability Transition: 6th John Pesek Colloquium on Sustainable Agriculture*. Ames, IA: Iowa State University.
- . 2008. "Agricultural Innovation and Economic Growth in Africa: Renewing International Cooperation." *International Journal of Technology and Globalisation* 4 (3): 256–75.
- Justus, D., and C. Philibert. 2005. *International Energy Technology Collaboration and Climate Change Mitigation*. Paris: OECD/IEA.
- Kiang, R. 2006. *Malaria Modeling and Surveillance Verification and Validation Report, Part 1: Assessing Malaria Risks in Thailand Provinces Using Meteorological and Environmental Parameters*. Greenbelt, MD: NASA Goddard Space Flight Center.
- Koefoed, M., and C. Buckley. 2008. "Clean Technology Transfer: A Case Study from the South African Metal Finishing Industry 2000–2005." *Journal of Cleaner Production* 16S1: S78–S84.
- Leadbeater, C., J. Meadway, M. Harris, T. Crowley, S. Mahroum, and B. Poirson. 2008. *Making Innovation Flourish*. Birmingham, UK: National Endowment for Science, Technology, and the Arts.
- Lewis, J. I. 2007. "Technology Acquisition and Innovation in the Developing World: Wind Turbine Development in China and India." *Studies in Comparative International Development* 42: 208–32.
- Lundvall, B. A., ed. 1992. *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. London: Pinter.
- . 2007. "National Innovation-Systems: Analytical Concept and Development Tool." *Industry and Innovation* 14 (1): 95–119.
- MacCracken, M. 2009. "Beyond Mitigation: Potential Options for Counter-Balancing the Climatic and Environmental Consequences of the Rising Concentrations of Greenhouse Gases." Policy Research Working Paper Series 4938, World Bank, Washington, DC.
- Maini, C. 2005. "Development of a Globally Competitive Electric Vehicle In India." *Journal of the Indian Institute of Science* 85: 83–95.
- Maskus, K. E. 2004. "Encouraging International Technology Transfer." Project on Intellectual Property Rights and Sustainable Development 7, United Nations Conference on Trade and Development and International Centre for Trade and Sustainable Development, Chavand, France.
- Matuschke, I., and M. Qaim. 2008. "Seed Market Privatisation and Farmers' Access to Crop Technologies: The Case of Hybrid Pearl Millet Adoption in India." *Journal of Agricultural Economics* 59 (3): 498–515.
- McKinsey Global Institute. 2007. *Leapfrogging to Higher Productivity in China*. McKinsey & Company.
- Metcalfe, S., and R. Ramlogan. 2008. "Innovation Systems and the Competitive Process in

- Developing Economies." *Quarterly Review of Economics and Finance* 48 (2): 433–46.
- Milford, L., D. Duchter, and T. Barker. 2008. *How Distributed and Open Innovation Could Accelerate Technology Development and Deployment*. Montpelier, VT: Clean Energy Group.
- Nelson, R. R. 1959. "The Simple Economics of Basic Scientific Research." *Journal of Political Economy* 67: 297–306.
- . 1996. *National Innovation Systems*. New York: Oxford University Press.
- Nemet, G., and D. M. Kammen. 2007. "U.S. Energy Research and Development: Declining Investment, Increasing Need, and the Feasibility of Expansion." *Energy Policy* 35: 746–55.
- Newell, R. G., A. B. Jaffe, and R. N. Stavins. 1999. "The Induced Innovation Hypothesis and Energy-saving Technological Change." *Quarterly Journal of Economics* 114: 941–75.
- Newell, R. G., and N. E. Wilson. 2005. "Technology Prizes for Climate Change Mitigation." Discussion Paper 05-33, Resources for the Future, Washington, DC.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). 1997. *National Innovation Systems*. Paris: OECD.
- . 2008. *Compendium on Patent Statistics 2008*. Paris: OECD.
- PCAST (President's Committee of Advisors on Science and Technology). 1999. *Powerful Partnerships: The Federal Role in International Cooperation on Energy Innovation*. Washington, DC: PCAST.
- Philibert, C. 2004. *International Energy Technology Collaboration and Climate Change Mitigation*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development and International Energy Agency.
- Popp, D. 2002. "Induced Innovation and Energy Prices." *American Economic Review* 92 (1): 160–80.
- . 2006. "R&D Subsidies and Climate Policy: Is There a Free Lunch?" *Climatic Change* 77: 311–41.
- Ramanathan, N., I. H. Rehman, and V. Ramanathan. 2009. "Project Surya: Mitigation of Global and Regional Climate Change: Buying the Planet Time by Reducing Black Carbon, Methane and Ozone." Background note for the WDR 2010.
- Ramanathan, V., and G. Carmichael. 2008. "Global and Regional Climate Changes Due to Black Carbon." *Nature Geoscience* 1: 221–27.
- Robins, N., R. Clover, and C. Singh. 2009. *A Climate for Recovery: The Colour of Stimulus Goes Green*. London, UK: HSBC.
- Rogers, D. 2009. "Environmental Information Services and Development." Background note for the WDR 2010.
- Ruttan, V. W. 1997. "Induced Innovation, Evolutionary Theory and Path Dependence: Sources of Technical Change." *Economic Journal* 107 (444): 1520–29.
- Salter, A. J., and B. R. Martin. 2001. "The Economic Benefits of Publicly Funded Basic Research: A Critical Review." *Research Policy* 30 (3): 509–32.
- Scarpetta, S., and T. Tressel. 2004. "Boosting Productivity Via Innovation and Adoption of New Technologies: Any Role for Labor Market Institutions?" Policy Research Working Paper 3273, World Bank, Washington, DC.
- Schneider, S. H., and L. H. Goulder. 1997. "Achieving Low-Cost Emissions Targets." *Nature* 389 (6646): 13–14.
- SEG (Scientific Expert Group on Climate Change). 2007. *Confronting Climate Change: Avoiding the Unmanageable and Managing the Unavoidable*. Washington, DC: Sigma Xi and the United Nations Foundation.
- Shindell, D., and G. Faluvegi. 2009. "Climate Response to Regional Radiative Forcing during the Twentieth Century." *Nature Geoscience* 2: 294–300.
- Smith, K. R., J. Rogers, and S. C. Cowlin. 2005. "Household Fuels and Ill-Health in Developing Countries: What Improvements Can be Brought by LP Gas?" Paper presented at 18th World LP Gas Forum, Sept. 14–16, Shanghai.
- Steenblik, R., eds. 2007. *Biofuels: At What Cost? Government Support for Ethanol and Biodiesel in Selected OECD Countries*. Geneva: International Institute for Sustainable Development, Global Subsidies Initiative.
- Stern, N. 2007. *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Taylor, M. R., E. S. Rubin, and D. A. Hounshell. 2005. "Control of SO₂ Emissions from Power Plants: A Case of Induced Technological Innovation in the U.S." *Technological Forecasting and Social Change* 72 (6): 697–718.
- Tidd, J. 2006. *Innovation Models*. London: Imperial College London.
- UNCTAD (United Nations Conference on Trade and Development). 2005. *World Investment Report 2005: Transnational Corporations and the Internationalization of R&D*. New York: United Nations.
- UNEP (United Nations Environment Programme). 2008a. *Global Trends in Sustainable*

- Energy Investments*. Paris: UNEP Sustainable Energy Finance Initiative.
- . 2008b. *Reforming Energy Subsidies: Opportunities to Contribute to the Climate Change Agenda*. Nairobi: UNEP Division of Technology, Industry and Economics.
- Watkins, A., and M. Ehst, eds. 2008. *Science, Technology and Innovation Capacity Building for Sustainable Growth and Poverty Reduction*. Washington, DC: World Bank.
- Weinert, J., C. Ma, and C. Cherry. 2007. "The Transition to Electric Bikes in China: History and Key Reasons for Rapid Growth." *Transportation* 34 (3): 301–18.
- Westermeyer, W. 2009. "Observing the Climate for Development." Background note for the WDR 2010.
- World Bank. 2005. *Agricultural Investment Sourcebook*. Washington, DC: World Bank.
- . 2007a. *Building Knowledge Economies: Advanced Strategies for Development*. Washington, DC: World Bank Institute.
- . 2007b. *World Development Report 2008: Agriculture for Development*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008a. "Accelerating Clean Technology Research, Development and Deployment: Lessons from Nonenergy Sector." Working Paper 138, World Bank, Washington, DC.
- . 2008b. *Doing Business 2008 Report*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008c. *International Trade and Climate Change: Economic, Legal and Institutional Perspectives*. Washington, DC: World Bank.



克服行为和体制的滞后效应

许多针对适应和减排的政策已为人所知。可靠的产权、能效技术、以市场为基础的生态税和可交易许可证——都已试行和研究几十年了。但是它们实施起来仍然困难重重。它们的成功不仅仅取决于新的资金和技术，而且还取决于特定复杂环境下具体的社会、经济、政治因素，这些因素通常被称为体制——影响政策设计、贯彻和结果的正式和非正式规则。¹

价值、规范和组织安排可以使政策变化变得困难。经验会制订目前和将来的行动计划。即使在新的挑战面前，个体和组织的行为方式也很难改变。政治传统会限制政策选择。举例来说，大多数国家仍然通过政策和监管机构而不是管理需求来保障能源供给。当经济并不把污染看做公共损害时，污染税会引起决策者和公众的

抵制。经济利益会阻碍节能技术的应用。²

上述例子展现了应对气候变化紧迫性的另一个方面。不光气候具有滞后性，技术、资本存量 and 政策都必须克服体制的滞后效应。体制常具有黏性，一旦实行并为人们接受，它就会限制政策改变和未来的选择。³

对气候智能型发展政策而言，体制的滞后效应有三个含义。首先，体制变革应该具有优先权。成功与否取决于重塑支持干预行为的体制框架。第二，体制改革会带来收益。应对气候政策的体制决定因素可以保证干预行为的有效性和持续性，充分发挥资金和技术的作用，并产生额外的发展效益。第三，体制变化是可行的。扩大性别参与，承认土著居民的权利，改革产权和塑造个体动机殊非易事，但并非不能实现。上述许多变革无须技术突破或额外资金就可以实现。更重要的是，这些干预多属于国家甚至地方的政策范围，例如，全球性气候协定根本不需要扩大新闻自由或者公民社会发言权。⁴

本章讨论阻碍气候智能型发展的体制滞后效应的行为的、组织的和政治的决定因素。它也展示了这些力量是如何影响新政策的贯彻并阻碍它们

主要内容

要想在应对气候挑战方面取得成效，只是进行国际间的资金调拨和转让是不够的，还要克服气候变化应对行动所面临的心理、体制和政治障碍。这些障碍源于人们认识和思考气候问题的方式、官僚机构运作方式以及对政府行为起决定作用的各种利益。政策改变需要政治动机甚至机构责任的转变，另外，还需要积极推广气候政策，使其渗透到社会规范和个人行为当中，从而将公众的关注转化为理解，并将理解转化为始于每个家庭的实际行动。

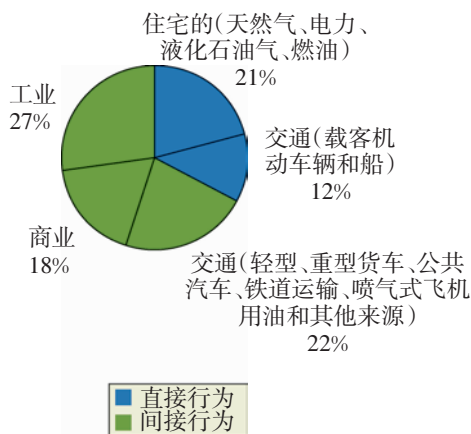
在发达国家和发展中国家取得成功的。本章还讨论了克服体制滞后效应需要重新考虑的政府职能的范围和性质。我们将从个体思想开始讨论。

控制个体的行为变化

理解人为活动的动机对气候智能型发展政策至关重要。首先，无数的个人消费行为是气候变化的根源。作为消费者，众多个体构成了减排能力的蓄水池。发达国家排放量的一大部分就直接源于旅行、采暖和购买食物等个人决定。美国的家庭约占国家二氧化碳排放量的 33%——比美国工业和除中国外的其他国家的排放量还多（参见图 8.1 和图 8.2）。⁵ 如果完全采用现有的家庭和机动车辆的节能措施，就可以节约将近 30% 的能源，这是美国能源消费总量的 10%。⁶ 第二，更大的组织和政治系统变革的进程是由个体驱动的。尤其是在民主国家，许多政府行为都是公民和选民压力的结果。第三，在设计和贯彻政策时，决策者的思维过程和其他个体是一样的。

关于改变个体行为的争论集中在

图 8.1 美国消费者的直接行为造成美国 CO₂ 总排量的 1/3



出处：美国能源信息署 2009；美国环境保护署 2009。

市场机制上，对能源和稀缺资源的更合理定价可以引导个体远离碳密集型消费并鼓励他们保护濒危的栖息地和更好地管理生态系统。然而，个人和团体消费的动机超越了价格因素的影响。许多低成本低能耗的技术早已出现。“无悔”投资，如改善建筑隔热性、处理漏水问题和在洪水易发区限制建房等带来的收益超越了减排和适应。那么，为什么它们还没被采用呢？因为关注不等于理解，理解不一定会导致行动。

关注不等于理解

过去的十年里，对气候变化的关注增加了，但这并没有带来广泛的个体行动。⁷ 的确，乘飞机、驾车、去国外度假以及家电使用在全球范围内上升了。⁸

怎么解释认识和行动的脱节呢？对气候变化的关注并不一定表示我们理解了它的驱动力和动力机制或者所需的反应。民意调查显示公众承认他们对气候变化的原因和解决办法仍然感到困惑。⁹ 这道公众态度中的“绿色鸿沟”部分源于气候科学的传播方式和我们的头脑对气候动力机制的理解或误解（参见专栏 8.1）。¹⁰

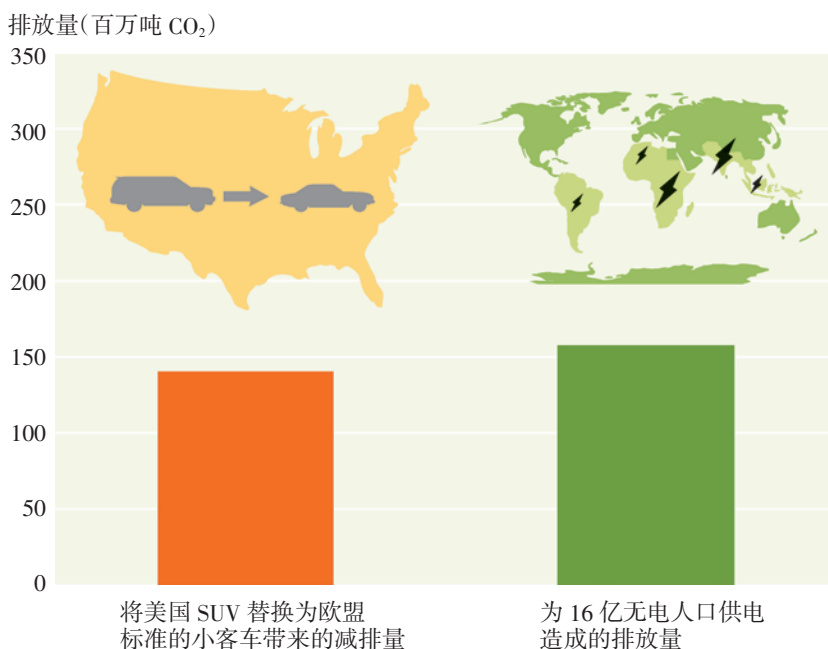
标准信息赤字模型假设人们的信息较多时，他们的行为也会不同。¹¹ 现在的人们可以接触到大量关于气候变化成因、动力机制和影响方面的信息。显然，这些信息已经提高了人们的关注，但却没有引起行动。¹² 原因在于信息可以产生对“授权”的误导性感觉，在与更“现实”的信息碰撞时这种感觉变为了矛盾的无能为力。通过强调问题的独特性质和规模来传达紧迫性可能会导致工作停滞不前。¹³ 相似的，强调减排和适应行动的多方参与性质也会提醒人们，问题的解决不取决于

单个个体，从而导致公众的无助感和无力感。¹⁴这也许可以解释为什么在更容易获得气候变化信息的发达国家，人们对能否解决问题并不那么乐观（参见图 8.3）。

要想带来行动，认识需要建立在来源可靠的确切的信息之上。气候变化科学的大众传播方式可能加剧问题的复杂性。科学争论在对理论和结论的检验和反复审核之中演进。新闻报道可以从一个极端转向另一个极端，这会在公众中制造更多的困惑，公众可能会把争论当做是相反观念的扩散而不是科学的发展。¹⁵而且，媒体报道需要体现客观、中立的立场，这导致对气候科学持相反意见但缺乏科学专业知识和身份的人士的过多报道。¹⁶

为了寻找震撼人心的报道，媒体常常回避科学界对不确定性的谨慎措辞。因而读者面对的是缺乏科学谨慎度和带有强烈感染力的信息，这些信息可能又会被其他措辞同样强烈的信息所驳斥，这损害了读者对信息来源的感知可信度。除对公众（和决策者）认识气候变化的起因、影响和潜在的解决方案造成困惑外，不同类型的描述可能丑化个体并引起个体的负

图 8.2 地区性小调整带来全球大收益：若美国将 SUV 替换为节油型小客车，减少的排放量相当于为 16 亿人供电的排放量



出处：世界发展报告工作组根据 BTS 2008 进行的计算。

注：估算基于美国 4 000 万 SUV（运动型多功能车）每年总共行驶 4 800 亿英里（假设每辆车行驶 12 000 英里）的假设。以每加仑汽油 18 英里的耗油量计算，SUV 每年消耗 270 亿加仑汽油，并且每消耗 1 加仑汽油就排放出 2 421 克碳。将 SUV 替换为符合欧洲市场油耗要求的车，每年可少排放 1.42 亿吨 CO₂（3 900 万吨碳）。发展中国家贫困家庭用电量估计为每人每年 170 千瓦时，且假定每千瓦时电所排放的碳为目前世界的平均量 160 克，相当于这些家庭用电会排放 1.6 亿吨 CO₂（44 百万吨碳）。上图中电路符号的大小与该地区无电可用人口的数量相关。

专栏 8.1 气候行动需求的错误传达

关于气候变化的报道可能造成使公众不采取行动的负面效果。一份对媒体和环境组织关于气候变化表达方式的语言学分析显示，越多使用体现气候变化毁灭性和准圣经性影响的词汇和图片，人们就越容易回避这方面内容。将气候变化描绘成“恐怖的天气”可能引发一系列有害的反应，因为人们倾向于认为人类无法控制天气。他们无法阻止和改变天气。他们

为它做好准备，适应它，或者远离它。对气候变化长线和规模的关注促使人们产生“它不会在我的有生之年发生”以及“个人什么也做不了”的想法。

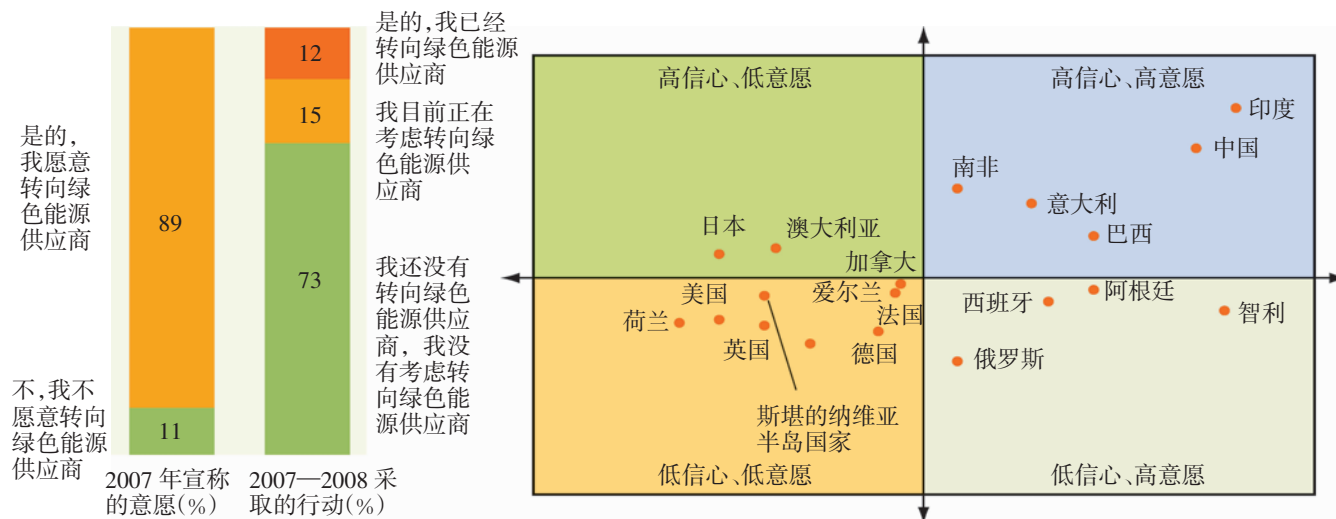
在强调气候变化巨大规模的同时告诉人们他们可以通过一些小行动来解决这个问题（比如换一个灯泡）制造了一种脱节，这种脱节降低了这些信息的可信性，促使人们认为行动毫无意义。一

个典型的全球变暖新闻报道——罗列科学证据，强调不采取行动的严重后果，并催促立即采取行动——可以导致人们认为预防措施毫无意义。

出处：Retallack, S., www.opendemocracy.net/globalization_climate_change_debate/ankelohe_3550.jsp (2008 年 7 月 17 日登录)。

图 8.3 个人应对气候变化的意愿因国家而异，而且意愿并不总能转变为行动

a. 在全球范围中, 个人的行动意愿并未转变为实际行动 b. 在新兴市场, 对解决气候变化更有自信的人具有更高的行动意愿



出处: Accenture 2009。

注: “2009 埃森哲气候变化调查”对 22 个发达和新兴经济体的 10 733 名个人进行了调查。该样本对发达国家总人口和发展中国家城市人口具有代表性。图 a: 被采访者被问及如果绿色能源供应商提供的服务有助于减排, 他们是否愿意转向这些供应商。意愿并没有变为行动, 且大多数的被访者仍从以前的发电厂家处购电。图 b: 基于问卷, 所有国家以两种标准分类——信心和意愿。信心衡量个体对个体、政治家和能源提供者找到问题解决方法的能力的乐观程度。新兴经济体的受访者总体上对人类采取行动解决气候变化显得更为乐观。

罪感, 而当消费问题被刻画为消费者的问题时, 这甚至能引起对个体的中伤。¹⁷ 这能使人们排斥这些信息而不是采取相应的行动。

从关注转向理解的另一个挑战与思维认识问题的方式有关。气候变化的动态在几方面考验着我们的思维能力。¹⁸ 心理研究表明个人处理多原因问题的能力不足。¹⁹ 用单原因的解释方法来简化问题会导致对单一解决方案的寻找和对(通常不存在的)科技银弹的关注。影响我们反应能力的滞后效应可能与对存量—流量关系的有限理解相关, 这种关系描绘了温室气体的积累、减少和稳定。即使排放量以最大幅度骤减, 全球进一步变暖也不能终止, 短期和中期的适应需求也不会消失。我们与这个事实斗争, 但是, 没有详细的解释, 我们就是无法理解它(参见专栏 8.2)。²⁰

理解并不一定导致行动

知识通过价值系统传播, 而价值系统由心理、文化和经济因素塑造, 这些因素决定我们是否采取行动。这里我们试图说明的问题不是我们是不理性的, 而是我们需要更好地理解我们是如何做出决定的。物种的进化决定了我们大脑运作的方式。我们很擅长对威胁做出反应, 这样的威胁通常与人的面孔相关, 表现得出乎意料、剧烈而直接, 明显与人类健康相关, 考验我们的道德体系, 引起我们的本能反应, 或者唤醒了近期的个人经历。²¹ 气候变化的缓慢速度及其风险的被延缓、无形和统计上的性质无法打动我们(参见专栏 8.3)。

行为经济学显示人在不确定情况下的决策特点限制了我们自然的适应本能。²² 我们容易低估累积的可能性(在一段时期内一个事件的发生概率之和), 这可以解释为什么在火灾、洪

水、地震多发区建设仍在继续。人们十分喜欢保持现状，宁愿只进行小的调整。当成绩很难衡量时人们会不知所措，正如在灾害准备中不存在明显的违反事实的情况。我们是“近视的决策者”，对未来事件的重要性大打折扣并优先考虑在空间和时间上更接近的问题。例如，较之于比较隐蔽的问题（物种灭绝），显而易见的环境问题（城市空气污染）更容易动员公众。个人将气候变化问题排在其他更贴近家庭生活的环境问题之后（参见图 8.4）。²³

即使人们确实是完全理性的，知识也不一定会导致行动。他们的“有限顾虑”可能阻碍他们根据已有的信息采取行动，因为他们会优先考虑安全、居所等人的基本需求。²⁴他们也会评估一项决策的市场和非市场成本。根据与核心价值系统相冲突的信息（例如重建定居点和迁移的号召或者限制消费模式的号召）来行动的成本可能不菲。解释和协调额外信息的成本的确高昂。对于一个必须决定是否继续在洪水易发区重建家园的家庭，或

专栏 8.2 对气候变化机制的误解催生自满情绪

人们对控制温室气体排放政策的支持受到他们对气候变化机制有限理解的阻碍。实验表明大多数人对这个问题的存量-流量基本性质存在误解：他们以为将排放率稳定在目前水平就可以稳定大气中的二氧化碳浓度并停止气候变化。然而，排放量的流量就像流进浴缸的水流一样：只要流入的水量大于流出的水量，浴缸里的水位就会上升。只要排放量大于陆地和水生系统的吸

收量，温室气体的浓度就会上升。即使对于视气候变化为优先的人来说，对存量-流向过程的误解也会滋生观望政策，这限制了稳定气候积极政策的公众压力和政治意愿。可以通过类比的沟通策略，例如上述浴缸的例子来纠正这类错误认识。

出处：Sternman 和 Sweeney 2007；Moxnes 和 Saysel 2009。

一个在沿海低地地区设计和施行建筑标准的地方政府，交易的成本可能是巨大的。还有，减排——通常还有适应——使他们上演了一出贫民需要集体行动的悲剧。在需要合作解决这些问题时理性和自利的个人常面临着结构性障碍。²⁵在这种情况下合作要求明确的回报——气候变化的影响和反应明显不符合这种情况。²⁶

专栏 8.3 对风险的认识是如何阻碍政策的：洪水风险管理

应对危机的动机主要与对风险影响的严重性和可能性的认识相关。

人们对概率的认识和他们估计概率时惯用的方法可能具有误导性。例如，在预测一个事件在某地发生的概率时，人们以此地与此类事件的经常发生地的相似度为基础。人们对一个事件清晰和形象的记忆使得人们高估它的可能性。观察证实，人们常常高估低概率事件的可能性并低估高概率事件的可能性。与乘车相比，人们更害怕坐飞机（尽管车祸死亡的风险明显较高）。与此相似的是，海啸等低概率自然灾害比风暴潮等频率更高的事

件获得了更广泛的关注。

莫桑比克农民和决策者在 2000 年洪水及其后政府实施的重建计划中都表现出这些行为方式。农民（多于决策者）倾向于维护现状：农民常常以不利结果的风险来衡量适应气候变化的行动。例如，迁移到较高安全地区的决定包含着失掉生计和脱离社区的风险。种植耐旱作物的决定可能导致在雨水充足的情况下产量减少的风险。希望避免对不利结果承担责任的农民会避免做出新选择。对比之下，决策者可能因避免了不利结果而获得个人威望，但他们的行动必须是显而易见的——比如，通过重

建帮助农民生存下去。

不同的参与者对概率的认识也不同。马普托的决策者有将林波波河洪泛区仅仅与洪水风险相联系的倾向。但是，气候风险之外的很多其他因素同样影响洪泛区居民的生活。和农民相比较，决策者们有高估气候相关风险的倾向。如果不充分进行风险分析和有效沟通，对风险认识的重大分歧可能妨碍成功地设计和执行政策。

出处：Patt 和 Schroter 2008。

a. Tversky 和 Kahneman 1974。

b. Kahneman 和 Tversky 1979。

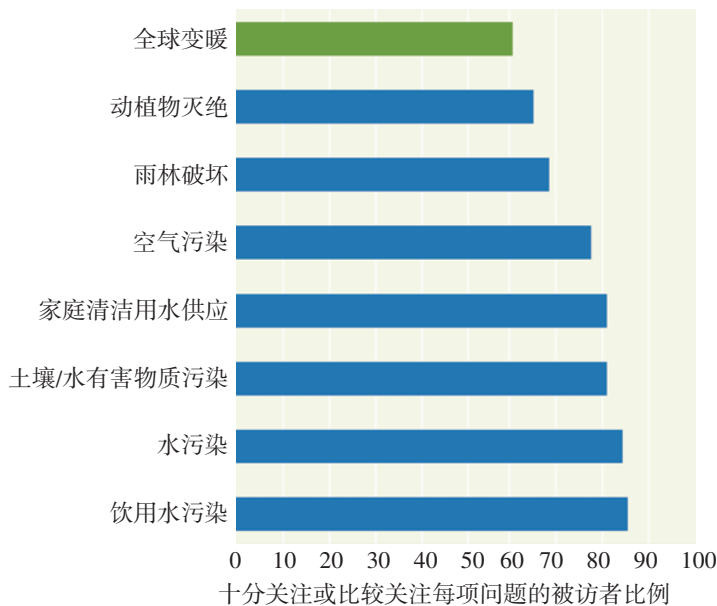
理解行为改变的障碍也需要超越基于对个体分析的心理学解释——并关注社会因素影响人们认识、决定和行动的方式。人们自然地抵制和否认与他们的文化价值观或意识形态信仰相反的信息。这包括与归属感和身份认同相冲突的信息，也包括与自由权和消费权相冲突的信息。需求观念及其衍生的优先考虑是由社会和文化构建的。²⁷这可能解释了为什么对环境问题的认识通常随财富增加而提高，但对气候变化的认识却不然（参见图 8.5）。²⁸收入（和碳排放）越高的个人（和国家）可能会漠视全球变暖以避免降低消费水平和改变生活方式导致的潜在成本。²⁹

人们也会建构和重构信息来减少信息带给人们的不安感，这导致了社会组织性的否认策略，这种策略影响社会和政府理解和应对气候变化的方

式。³⁰气候变化标准表述的演变为我们提供了一个例子。强调国家排放量而不是人均排放量可以导致生活在非排放大国的人将他们的责任减到最小并以此解释他们的不作为。强烈呼吁国际响应冲淡了在任何情况下都需要国内行动这一事实。而且可以夸大动因和影响的不确定性来证明不采取行动的合理性。

这些否认形式并不抽象，而且也不仅仅局限于气候政策。类似的过程出现在不同等级的日常决策中，而且应对它们是解决重要发展挑战的一部分，例如减少艾滋病的传播或降低与公共水资源和公共卫生相关的疾病发病率。我们需要将否定看做个人和社区面对无法管理和不愉快事件的应对策略，而不是反常现象。抵制变革从来不仅仅是忽视的结果——它是个人基于物质和文化价值观的认识、需求和需要的结果。

图 8.4 气候变化仍然不是优先考虑的问题



出处：Gallup Poll, www.gallup.com/poll/106660/Little-Increase-Americans-Global-Warming-Worries.aspx (2009年3月6日登录)。

注：受访者被问到以下问题：“我将向您读一个环境问题的列表。当我念到每一个问题时，请告诉我您对这个问题是十分担忧、比较担忧、有一点担忧还是一点也不担忧。”以上结果是基于2009年3月5-8日的电话访问。样本由1012名18岁或18岁以上的美国公民组成。

鼓励行为改变

决策者需要了解这些行动障碍并据此来选择政策。三个政策领域与此相关：沟通、制度调适和社会规范。

从信息到沟通。迄今为止实行的信息、教育和提高认识等措施，效果最好时不足以促进人们采取行动，最差时则产生了反作用。这就要求找到一条提供气候变化信息的不同途径。³¹首先，在传递气候变化信息时，信息驱动的途径必须转变为以观众为中心的途径。科学家和媒体需要共同努力以提高他们信息的突出特点。第二，如同艾滋病预防等其他政策领域，改变需要包括传播的市场化途径，在这种环境下个人不是被动的信息接收者，而是问题起因和解决方案的积极参与者（参见专栏 8.4）。

精心策划的信息交流运动视个体

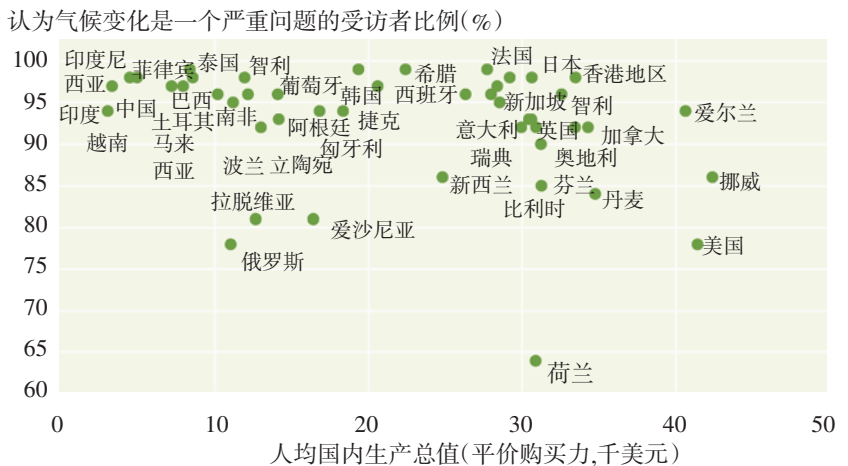
为社区的一员；而不是无法管理的大型群体的一个无能为力个体，从而促使个体行动。这样的方法使一个全球问题与个人直接相关，并强调地方和个人对解决办法的所有权。限制企业和政府的“漂绿”行为——公开承认气候变化的事实却不采取任何行动——对避免困惑和公众的抵制十分重要（参见专栏 8.5）。

一个有争议的问题是，公众对诸如气候变化这类高度复杂问题的详细理解对有效决策来说是否可行或甚至必要。回答是否定的，或者说并不总是肯定的。决策大部分时候建立在被公众完全忽视的技术细节上。很少有人了解，影响他们购买和食用、或生产和出售的食品价格的贸易政策是如何的复杂。当购买必不可少时，政策常常以其他手段对其予以鼓励。

然而将信息和公众认知视为不必要因素是错误的。近期研究强调，信息对昂贵措施取得公众支持具有关键作用。提供人们消费决定的更准确信息——如通过碳标记和智能仪表——的好处早已被证实。在美国进行的一项调查发现导致公众对总量管制和碳交易计划负面认识的一个主要因素并不是担心额外费用，而是对它们有效性的有限理解，这降低了公众对它们的信任。³² 同理，一旦公众完全理解环境税并不单为筹款而是改变行为的方式，他们对环境税的反对就会减少。³³

制度调适。除了信息传播，另一个气候政策的关键问题是设计干预方案，该方案必须考虑限制积极行动的社会和心理因素。有效的适应干预应该做到降低个人决定的交易成本，并加强现有信息的所有权。这就要求适应战略了解社区对风险、脆弱性和能力的认识（参见专栏 8.5）。实现国家和地方灾害准备、适应规划和减排的参与性自我评价制度化可能十分

图 8.5 对气候变化的关注随着财富的增加而降低



出处: Sandvik 2008。

注: 公众对全球变暖的关注度以百分比表示, 该百分比基于认为气候变化是严重问题的受访者人数比例。它们来源于 ACNielsen 在 2007 年进行的关于消费者对全球变暖态度的在线调查。46 国的受访者被问到他们认为全球变暖是多严重的问题 (按从 1 到 5 排序)。访问的基础人口是已听说或读到过全球变暖的人。

有用。

限制个人轻视未来价值的倾向是另一个行动方向。虽然轻视未来是天生的心理倾向, 然而它也会随着社会

专栏 8.4 加勒比地区社区全程参与降低山体滑坡风险的行动

MoSSaiC 项目试行过一个在脆弱社区降低山体滑坡风险的新方法, 这个项目以提高东加勒比地区社区的斜坡管理为目的。MoSSaiC 确定和实行了低成本的方法, 根据这种方法, 社区居民先指出已观察到的有排水问题的区域, 再评估通过管理表层水来降低塌方风险的各个方案。

具体活动包括什么? 包括管理各种形式的表层水 (如屋顶水、灰水、坡面漫流的雨水), 监测浅层地下水的状况, 以及建设低成本排水系统。所有的工程都以招标方法由社区承包商完成。这种社区全程参与的方式鼓励社区参与高滑坡风险地区地表水管理的设计、执行和维护。它产生了一个由社区所有而不是

由机构或者政府强加的方案。

MoSSaiC 为社区提供就业机会和提高风险意识, 从而降低了山体滑坡的风险——而且还通过参与的方法将这个方案推向其他社区。这个方案表明, 改变社区对危险化解的认识可以提高社区对气候风险的认识。它还在项目的输入和输出环节之间建立了信息反馈的循环。由于 80% 的项目资金都投入到社区内部, 社区和政府就能在风险认识、输入和有形结果之间建立起清晰的联系。

出处: Anderson 和 Holcombe 2007。

专栏 8.5 传播气候变化信息

一个问题的表达方式——用于传递信息的词语、隐喻、故事和图像——决定了行动。在评价并相应地接受或排斥一条信息时，表述会唤醒头脑深处的世界观、广泛被接受的假设和文化模式。如果事实与表述不符，人们会排斥事实而不是表述。

基于这样的理解，我们可以决定什么样的方法更好地服务于目标，是服从还是打破主流话语，还是使用不同的观念、语言、图像来重新表述问题以唤

起另一种思维方式并促进另一种选择方案。

将这种传播方法用于气候变化的方式有许多种：

- 将这个问题放在责任、管理能力、视野和创新力等更高的价值之下。
- 将减排行动冠以新思考、新技术、事先计划、聪明、远见、平衡、效率和谨慎关怀的特征。
- 以简化模型、类比和比喻帮助大众理解全球变暖是如何运作的——

理解信息和建立恰当的推理（用“热量捕捉”代替“温室气体效应”）。

• 调整传播焦点以强调气候问题的人为因素和现有的解决问题的方法，这表明人类现在可以也应该采取行动来避免这个问题。

• 预先唤起解决方法的存在性和有效性。

出处：Lorenzoni, Nicholson-Cole 和 Whitmarsh 2007。

特点和外部压力的改变而改变。来自秘鲁的证据表明，无法获取信贷和保险且产权薄弱的农民轻视未来价值的比率更高——而且更高的轻视率会刺激破坏森林。³⁴ 改善信贷获得和产权的制度性改革可以影响农民轻视未来行为的内在行为动机。教育也能起到相同作用（参见专栏 8.6）。

同理，当干预政策依赖面对先期成本和长期利益的个人和企业（如能效投资产生的利益）时，它应该考虑通过退税和补贴为个人和企业提供当前利益。为私人参与者提供长期政策导向也可以发挥作用。2007 年一项针对商业领导者的国际调查发现 81% 的受访人认为政府需要提供清晰的长期政策信号以帮助企业发现改变和计划投资的动力³⁵（政府提供长期方向信号的方式在下文讨论）。

气候政策还应注意个人有偏爱局部的、可视的和对私人有保障的结果这种倾向。减排措施产生全球性和扩散性收益，并且适应性措施的直接收益可能会也可能不会立竿见影，这取决于所考虑的气候事件的类型和变化的速率。总体来说公众可能会认为这些收益遥远而不确定。制度的作用在

于明确传递适应和减排的直接收益和共同收益，尤其是要强调涉及人类健康的收益，这个话题能打动人们。

改进后的成本-收益工具可以鼓励公共和个人决策者更果断地行动。节能项目的成本收益估计通常不包括非能源的共同收益。这包括更洁净的空气和水带来的公众健康收益，房屋居住舒适度的提高和更高的劳动生产率。³⁶ 从矿物燃料转向可再生资源可以创造工作机会。³⁷ 制造业领域的案例研究结论表明这些效益可能相当大，有时可以与节能效益相媲美。³⁸ 因此投资收益的时间可以大大缩短，这提升了投资动力。同理，碳税或能源税收入专款专用可以提高减排收益的可见度。虽然人们认为财政专款专用经济效率低，但它可以提高新增税的政治接受度，因为公众可以清晰地看到钱的流向。

社会规范。 社会规范是大部分人认可的行为模式——是人们用于衡量自己行为是否恰当的准绳。社会规范可以通过塑造人们的行为来取得社会所需要的结果，而且这样的过程通常成本较低。基本上讲，人们希望自己的行为为社会所接受而且倾向于效仿

他人，当他人数量众多行为相似时尤其如此。

社会规范在不确定性的条件下影响尤为巨大。³⁹ 当人们寻找如何行为的线索时，他们依赖别人的行动方式。建立在社会规范上的亲环境行为胜于传统的说教方式。不乱扔垃圾就是一个例子。

一个与环境相关的例子来自一项对加州居民进行的心理实验，这项实验测试社会规范对能源消费的影响。⁴⁰ 家庭平均能源消费量信息通过能源账单传递给三组家庭，其中一组家庭能源消费量高，两组家庭能源消费量低。这规定了社会规范。其中一组能源消费量低的家庭收到了对他们低能源消费水平的正面反馈（一张笑脸），这表示对他们能源账单的赞赏。高能源消费家庭在收到能源消费量信息的同时还收到了对他们能源消费的负面反馈（一张哭脸）。实验的结果是：高能源消费的家庭降低了消费水平，而低能源消费的家庭保持了他们低于平均水平的消费量。第三组——低能源消费家庭，在受到社会规范影响后并没有收到对他们行为的正面反馈——提高了他们的能源消费量以达到平均水平。急于降低能耗的公共事业体已在美国10个主要都市采用了这样的方法，其中包括芝加哥和西雅图。

利用社会规范的力量要求提高行动和其影响的可见性。公众对影响目前能源消费的个人决定和行动还知之甚少，即使是小范围内家庭和朋友圈子也是如此。在这样的情况下，互动模式、趋同心理模式和群体行为等因素将不能发挥作用，而在服从交通管制等可见的行为改变或服从等情况中，这些因素通常会发生作用。

对合作的研究也得出了相同的结论。除非其他人行为的信息是可行的，不然人们倾向于不合作。⁴¹ 江河流

专栏 8.6 将气候教育纳入学校课程

教育有助于推动行为改变。在菲律宾，总统签署了《2008 国家环境意识与教育法案》，这部法案提倡将气候变化教育纳入各级学校课程。黎巴嫩 1998 年教育改革将气候研究，包括气候变化，加入了科学、市政和地理的课堂。2006 年，美国国家环境保护局为中学生创建了以气候变化为基础的教育资源，使他们能够计算排放清单。2007 年，加拿大各省承诺要将气候变化加入学校课程。根据第三次气候变化国家信息通报，澳大利亚政府为促进气候变化教育提供支持并开发资料，例如由澳大利亚温室气体办公室开发的学校资源包。

将气候变化教育纳入学校课程是第一步。培养一批解决气候变化问题的新的专业化骨干同等重要（参见第 7 章）。最后，受过良好教育的公民是推动改变的基本力量。研究表明学生和大众对气候变化的许多方面、温室效应和臭氧层空洞都存在误解。为克服这些缺点，必须准确地、系统地气候变化的信息传播给公众。

出处：Hungerford 和 Volk 1990；Kastens 和 Turrin 2006。
a. Gautier, Deutsh 和 Rebich 2006。

域的农民不仅需要收到他们自己的用水量信息，还需要知道他们的用水量与其他人相比是否偏高或偏低。鼓励洪水多发区居民采取保护措施，可以通过让他们知道社区中的其他人都迅速地采取了这些措施来实现。相反，如果强调过多的人没有采取基本的节能措施，将导致更少而不是更多的人采取节能措施。

社会规范可以补充法律、法规、征税和价格政策等传统公共政策途径和方法。考虑群体行为可以改善这些方法的效果，并为将不同工具结合起来创造机会。但是一些建立在经济激励基础上的政策可能会削弱社会规范的力量，从而可能导致负面影响多于正面影响。为污染或排放定价可能会给污染者这样的印象：只要愿意为污染付费，他们就可以污染。同理，执行不力的法规或者规则可以逃避的观念可以强化自利行为，并削弱合作。⁴²

对社会规范更为激进的需求强调发展的其他参数，例如强调转向将福祉和消费分离的观念。⁴³ 对绿色税等工

具的政治反对可以通过退税方案来克服——例如，在瑞典，对发电商排放的一氧化二氮征收高额税在政治上是可以被接受的，这是因为根据发电量，这些税可以被全额退还给发电商。⁴⁴

显然，这些办法还不足以确保气候政策的成功。但它们可能被证明是必要的。鼓励减排和适应性的行动改变仅靠提供额外的信息、资金或技术是不够的。以非传统的方法来补充传统的方法，其成本通常较低。与其将这些行动的社会和心理动机简单地视为适应和减排的障碍，决策者还不如使用它们来制定更加有效和可持续的政策。

重新考虑国家参与

过去的 30 年里，国家在许多气候问题关键领域中，例如能源研究中的作用被削弱了。随着“政府”转向“治理”，随着国家转而强调引导和支持私营领域的职能，政府不再使用直接干预手段。⁴⁵ 这样的大趋势隐藏了一幅复杂图画。20 世纪的欧洲见证了不同形式和程度的国家资本主义。东亚国家的经济崛起，包括中国，显示出国家在“治理市场”并促成最成功的加速发展方面的优越性。⁴⁶ 最近，2008 年的金融危机显示了管理不规范和无限限制市场的缺陷，从而引起了对国家参与的重新重视。

气候变化要求对引起这一问题的多个市场失灵问题进行公共干预。这些问题包括价格失灵，研究和技术发展失灵，全球、国家和地方协调和集体行动失灵。⁴⁷ 作为公共产品的提供者和外部性的纠正者，政府需要纠正这些市场失灵问题。但政府干预还有更具体的动机。

首先，私有经济在应对气候挑战中扮演着关键的角色，但是过分强调

这一点却非明智之举。尽管私有经济对 20 世纪 80 年代和 90 年代的主要投资项目做出了积极贡献，但是在基础设施建设方面私有部门的参与十分有限。尽管气候变化减排和适应所需的额外投资和融资需要从私有部门获取，然而政府的政策和激励仍是最基本的因素。⁴⁸ 此外，能源提供商和电力部门通常是政府所有的或者是由政府监管的私人企业。改变生产设施的构成可能需要补贴和前期的固定资本投资。商业行为显然具有确保能效投资丰厚收益的动机，但是，正如第 4 章讨论的，克服市场障碍很可能需要政府的行动。当新技术的高成本（例如，低排放车辆或者太阳能发电机）限制供给和需求时，就需要一系列政府激励机制来拓展市场。

第二，减排和适应都可能提高公共开支。拍卖排放许可证或对碳排放征税可以创造收入。保持支出平稳将要求政府实行复杂的全额退税或者全额收入循环机制。但财政中立政策对于急需资金来支持适应性和新能源基础设施建设和保有财政赤字的国家来说是一种奢侈。正如第 7 章所强调的，政府已经在技术研发和示范等领域中发挥了重要作用，政府需要继续扩大在这些领域中的作用。政府可以通过为市场投资不足而社会效益巨大的投资提供补贴（例如有风险的能源研发），或者通过调控对社会有害的投资征税的方式，来改变激励机制。

第三，极端天气事件频率和破坏程度的增加将迫使政府强化其保险职能。正如第 2 章所言，保险市场只能做到为气候风险提供保险。面对美国和日本海岸线、上中等收入加勒比岛屿和北欧洪泛平原等地所受危害的上升趋势，发达世界的保险系统已经显得力不从心。气候变化将加剧可保险性问题，这要求重新协商公私保险系

统的界限。政府将面临成为更大人群、更严重破坏的最终承保人的压力。同时，政府也将需要应对道德风险问题，道德风险诱使投保人做出错误的选择。

第四，作为知识和学习平台，政府将必须采取更多行动，涉及适应问题时尤其如此。⁴⁹正如第7章讨论的，这将需要更大的研发投入和更大的激励技术创新的有效市场。它也需要将气象服务转化为气候服务，监督信息在不同级别间的传递，将国际体制和组织当做政策学习的中心，便于各国政府互相学习并将他人政策修改成符合当地情况的政策。

第五，作为政治合法性的首要来源，政府将需要引导私有部门、促进社区行动并建立起适应和减排决策和行动的理想分权制度。除了引导职能之外，政府还需要履行“保障”职能：保证指标和目标可以通过对规章、税收、长期规划和信息沟通的重新重视而实现。⁵⁰

这些办法并不意味着国家机构规模需要扩大——政府的规模并不总是和更好地提供公共产品相联系。⁵¹相反的，如第2章指出的，这意味着认识到，气候变化带来的新挑战也将提高政府失灵的成本。应对这些挑战将要求扩展政府的目标和议程，以及提高政府干预的种类、范围和质量。

向气候智能型政府转变

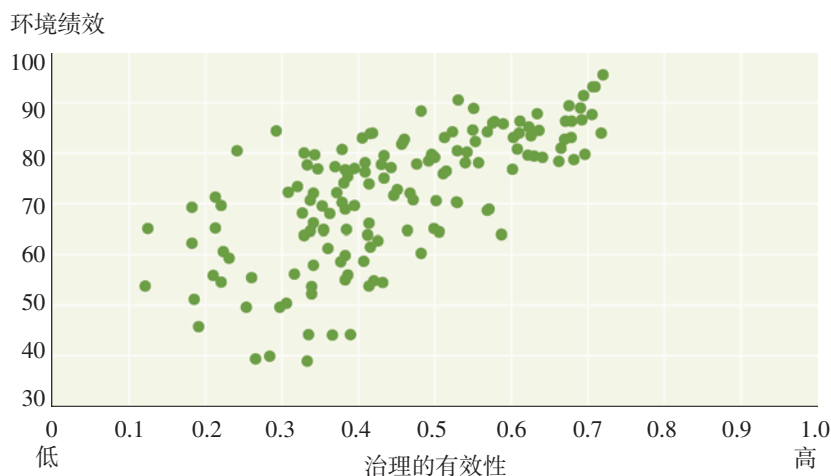
未来政府如果希望成功的应对气候挑战，就需要反省它们的运行机制。当工作重点从认识气候变化的原因和影响转向设计对策时，政府的体制将需要重新组织。⁵²

在大多数国家，没有任何政府部门能完全控制气候变化的政策；相关的政令、职责和工作人员分布在政府不同的部门。然而，有能力强制实施碳预算机构的政府寥寥无几。此外，气候影

响和所需应对措施时效超过任何一届政府的任期。而且，官僚体制的学习能力并不强。⁵³气候变化是公共政策领域的新课题，而且行动又迫在眉睫，因此决策者需要做好失败准备，并且从失败中吸取教训。学术文献认为这些问题是组织行动失败的主要原因。⁵⁴

政府的效率对于平衡适应融资的效果具有关键作用。如第6章所述，目前的大多数适应性活动都是通过孤立的、互不相连的项目来实施。分散的适应性融资阻碍了其设计和发展过程的主流化和规模化，增加了资金接收者和捐赠者的交易成本，并且将政治家和政府官员的时间和注意力从处理国内重要问题转向了管理援助资金相关的活动。适应活动所需的数百亿美元的资金可能会对发展中国家有限的资金吸纳能力造成额外压力。许多最需要适应支持的发展中国家都是管理和吸纳资金能力较弱的国家。当接收者管理资金的能力有限时，捐赠者会加强对资金和项目情况的控制，这

图 8.6 有效治理和良好的环境绩效齐头并进，相得益彰



出处：Kaufman, Kraay 和 Mastruzzi 2007；Esty 等 2008。

注：环境绩效由一个环境绩效指数衡量 (<http://epi.yale.edu/>)。政府治理的有效性居于 0—1 区间，该数值是对世界治理指标数据库 212 个国家 1996—2007 年间治理效率指标作对数变化而得。它结合了高收入和发展中国家大量企业、公民和受访者观点。

专栏 8.7 中国和印度气候行动的制度改革之路

中国展示了气候政策的责任是如何从政府工作的边缘成为核心的。中国政府最初在 1990 年成立了应对气候变化的专门机构。在认识到这个问题的关联性和多领域性后，1998 年，中国政府成立了国家气候变化对策协调小组。

2007 年，小组被改组成国家应对气候变化领导小组。在中国总理领导下，领导小组对 28 个政府成员单位的战略、政策和方法进行协调。在 2008 年政府改革中，其综合处被编入国家发展与改革委员会，负责气候变化的总体工作，并有专家委员会为其决策提供科学信息。

印度是另一个发展中国家气候行动的例子。它的气候变化委员会由总理领

导。该委员会制定并监督实施《气候变化国家行动方案》。该方案包含了八个跨部门领域的国家使命，因为这些计划包括了太阳能、提高能源效率、可持续栖息地、水资源保护、喜马拉雅生态保护、建设“绿色印度”、可持续农业计划，以及气候变化战略知识平台计划。“国家行动方案”的愿景是逐步以非矿物能源和可再生能源替代矿物能源。

许多发达国家和发展中国家已经采取了类似的制度性改革措施。

出处：世界发展报告工作组。

进一步限制了国家系统并导致低能力、资金缺口和资金分散的恶性循环。⁵⁵

提高中央政府的能力

当政治领导人积极关注官员观点、舆论和外部利益相关者时，国家就会前进。相反，当领导人未能采取行动时，国家便会落后。这不足为奇。决策者也是人，因而个人决策方法的失误也会影响到组织（包括政府）决策的方法。⁵⁶但是，领导力不仅仅是个人问题，它也是制度化问题，并且和气候政策职责、协调和责任的组织方式有关（参见图 8.6）。

气候政策的责任分配。在大多数国家，气候变化仍然是环境部门的专门职责。但气候政策涉及更多超越环境保护界限的领域，包括贸易、能源、交通运输以及财政政策。与财政、商务和经济发展部门相比，环境部门通常较弱。它们的资源通常较少，而且通常由内阁中年轻的政治家所代表。

尽管分配气候职责并没有单一的方法可循，职责的重新整合至关重要（参见专栏 8.7）。在预算独立、专家队伍和提出并实施立法的权威的基础上整合官僚机构，从而集中权力并避免可以导致行动失败的责任分散问题。建立由资深内阁部长领导的部级气候机构，或将气候政策纳入已成立的主要机构的日程显示出官僚体系整合的趋势。

促进一体化和机构间协作。官僚体系整合虽然重要，却可能不足以解决问题。仅仅建立一个独立的机构可能会起负面作用。一个行政体系的政策连贯性要求将气候计划纳入整个政府一体化。这里面临的挑战是政府工作中典型的条块分割和处理多维问题时的组织筒仓趋势。一体化的方法包括，在各部委或机构内设立气候单位，并辅以国家和地方关于适应性和减排的部门性计划。除了可以修改它们的职权，相关的公共机构——例如涉及公共健康、能源、林业和土地使用规划与自然资源管理的公共机构——可以在气候变化机构的领导之下协调其工作。实现此类协作需要重新考虑水文气象服务的作用（参见第 7 章）。

新的协作主体——气候变化内阁委员会，可以公开地将气候问题和已认识到的严重问题如能源相联系；或者政府内领导机构领导的协作委员会——可以将政府不同部门的气候变化官员集中在一起。气候政策的协作可能也成为总理的职责范围——例如，在总理办公室内确立参谋职能。

在一体化和协作方面，应当对部门政策和战略制定予以特别关注。正如第 4 章所示，许多国家的能源政策都强调市场改革和价格政策，将竞争引入能源领域，建立监管机构，保证以低价格为消费者供给能源。⁵⁷直到最

专栏 8.8 《国家适应行动计划》

《国家适应行动计划》(NAPAs)是最不发达国家为确定适应气候变化的优先序所做的最突出的国家努力,它遭受到了三方面的批评。首先,在NAPAs的实施过程中,它在不同国家实施相似的项目,忽视了各国特殊的适应性需求。第二,许多适应性项目很难与标准的发展项目相区别。第三,在NAPAs的实施过程中,它未能让东道国主要的政府部门和决策者参与其中或者未对地方体制性需求予以足够重视。

按照这些批评,世界发展报告小组发起了两次非洲和亚洲国家的NAPAs高层官员会议,一次于2008年10月在曼谷召开,一次于2008年11月在约翰内斯堡召开。这两次会议表明实际情况更复杂,某些批评可能是不恰当的。

虽然从整体看来适应性需求和项目

可能显得相似,根据当地最相关的气候危害和威胁,它们在不同国家是极为不同的。在论证某些项目是最紧迫的适应需求时,所用的语言存在着相似性,而NAPAs的标准方针可以解释这种相似性。农业、自然资源和灾害管理项目的数量优势反映出一个事实,气候变化的影响将首先体现在初级产品生产和灾害管理相关的领域。最后,NAPAs经费有限,因此无法实现超出国界和多部门间以及决策者间的计划。

但这些批评有另外的一面——最不发达国家看待它们自己筹备的NAPAs的方式。

资金支持严重不足:38份NAPAs文件中所有被视为紧迫项目的总成本少于20亿美元。尽管价格标签很低,但是可获得的资金支持非常有限,这引起

了对捐赠者援助的关注,同时扩大了信任差距。

结构松散:适应性的制度安排需要变得更加长期,更好地与各政府部门联系在一起,并获得财政和计划部门支持,加强与省和行政区的联系。计划可以由专门的机构制订,但计划需要由现有的体制和政府机构执行,因为许多项目都是部门性的。

能力低:大多数最不发达国家的适应性计划力和执行力仍然较低。技术能力、知识、培训、设备和建模能力等仍需要改进;这些领域的某些能力可以从大学和民间的专家那里获得。

出处:世界发展报告工作组。

近,减排甚至都没有引起能源政策对其稍加关注。随着气候变化在政治议程上被逐渐提前,能源机构的政令、政策以及指导它们的能源战略将更新,将低碳供应和作为核心责任的能效包括进去。

战略文件可以增加适应性活动的协作。以最不发达国家的《国家适应行动计划》(NAPAs)为例。《国家适应行动计划》的初衷是确定技术优先序,它通过不同机构、各级政府以及商业和公民社会的广泛参与,来查明各国特殊的气候影响并为地方量身设计应对方法。在这个意义上,它能为适应性成为政府重点工作的中心提供制度框架。但要巩固其战略功能,就必须得到内部和外部利益相关者的更多关注(参见专栏8.8)。

强化政府责任。当责任界限不明确时,政府可能不会对特定政策问题采取措施,这可能是由问题的本质或

者制度缺陷造成的。以应对自然灾害为例,除非一国定期遭受严重天气事件的袭击,否则政府工作常常疏忽避免和应对灾难的响应工作。公共并不认为某些行动(如灾害避免)是政府的职责,而领导人发现他们即使采取此类行动,也不大可能因此而受到审核、奖励或者惩处。如果努力和结果之间的关系不为公众所知,政府就会缺乏行动的动机。

政府对气候政策的责任可以通过两种方式得到提高:加强垂直机构对核心政府部门,如对财政部或总理负责;以及加强政府对议会、公众和自治机构负责(参见专栏8.9)。议会可以召开听证会、绩效监控、教育公众,和要求政府定期汇报气候目标、政策和成就。将气候政策目标写进法律可以成为强化政府责任的工具,并可保证政府短暂任期结束后行动的延续性。独立的专家咨询团可以向政府提建议

专栏 8.9 英国政府提高其气候变化责任

通过调整和建立气候行动的制度性机制，英国也采取了措施强化政府对其行为结果的责任。英国采取的措施有：

- 通过了气候变化法案，通过制定五年碳预算以规定每年允许的排放量，该法案为英国官方的短期、中期、长期 CO₂ 排放量提供了法律基础。三个五年预算总计 15 年，将随时生效，它提供了国民经济碳排放发展的中期愿景。

- 创立了一个气候变化领导机构即能源与气候变化部。

- 在《第 27 号公共部门协议》中正式界定了能源与气候变化部在若干政策目标上对财政部的责任，并设定了交

付目标以衡量其贯彻执行的性能。这些目标包括减少英国排放量的具体步骤，增加可持续用水量，降低英国经济的碳密度。

- 成立了气候变化委员会，该委员会是一个独立的专家顾问团，可以向政府建议实现目标的方法。该委员会每年向议会报告，而且政府必须做出正式的回复。每五年该委员会将提供一份国家长期目标进展状况的综合评估报告。

出处：世界发展报告工作组。

和向议会报告。

改变地方政府行动

地方和地区政府可以提供更接近排放源头和气候变化影响的政治和行政空间。地方和地区政府承担着贯彻和制定国家政策的责任，它们在一些减排（交通、建筑、公共服务提供、地方倡议）和适应行动（社会服务、降低灾难风险、自然资源管理）的关键领域履行决策、监管和规划职能。由于贴近公民，地方政府可以强化公共意识并调动非政府因素。作为政府和公众的交点，地方和地区政府成为了政府发挥适当责任的平台。⁵⁸

可能由于这些原因，地方政府常先于国家政府采取气候行动。正如第 2 章展示的，区域和地方通常更适合设计和贯彻农业、基础设施规划、培训和水资源管理等领域的适应性措施。而且地方政府在减排方面也可发挥领导作用。美国东西部沿海州已制定了各自的地方战略和目标，然后联合起来开辟了区域性碳市场的试点（参见专栏 8.10）。全

球的许多城市都拥有气候行动计划和战略，这些城市采用了《京都议定书》的目标以补偿国家政府的不作为，它们正成为国家和国际城市倡议的活跃成员，例如 C40 是全球最大城市承诺应对气候变化的网络。

地方政府的相关性要求它们必须参与气候政策。气候政策分权化利弊不一，并且它的最理想水平和广度必须视具体情况而言。⁵⁹ 地方政府与中央政府面临着相同的局限，通常地方政府的局限性更严重。地方气候政策责任通常由一个环境机构承担，存在一体化和协作的问题。地方政府通常面临资源和能力缺口，而且财政能力更弱，这限制了地方实行环境税。尽管地方政府最接近公众，地方政府常常缺乏国家政府的合法性，这是因为它们的地方选举参与投票的人数较少和较弱的选举授权或较弱的选举运行能力。所有这些使得气候政策的分权化困难重重。

国家政府可以采用授权、规章和权威等措施强化垂直合作。授权措施包括传播知识和推广最佳的实践方法。与竞争和对绩效最佳的地方政府予以奖励相联系的标杆行动引人注目，越南的“省级城市竞争力指数”就是此类标杆行动的典范。规章措施包括以绩效为基础的公共部门协议，这些协议不仅将资金与居民人数和地方政府管辖的地域联系起来，还与实现目标的成就相关。权威措施包括颁布国家法律，以要求地方政府制订相关部门的战略计划，或者制订使地方官员对中央政府负责的治理方案，如土地利用变更。

从政治角度思考气候政策

任何公共政策的设计及其结果都取决于下述三个因素：民间社团的力量、数量和规模；官僚文化和预算法

专栏 8.10 绿色联邦与气候变化政策

联邦体制中的地方行政区早已充当着政策试验和改革的实验室。^a就效果和效率而言，“绿色联邦”政策已经在国家、省级和地方政府取得了不同程度的成功。在环境政策方面，地方政府发挥了表率作用。^b

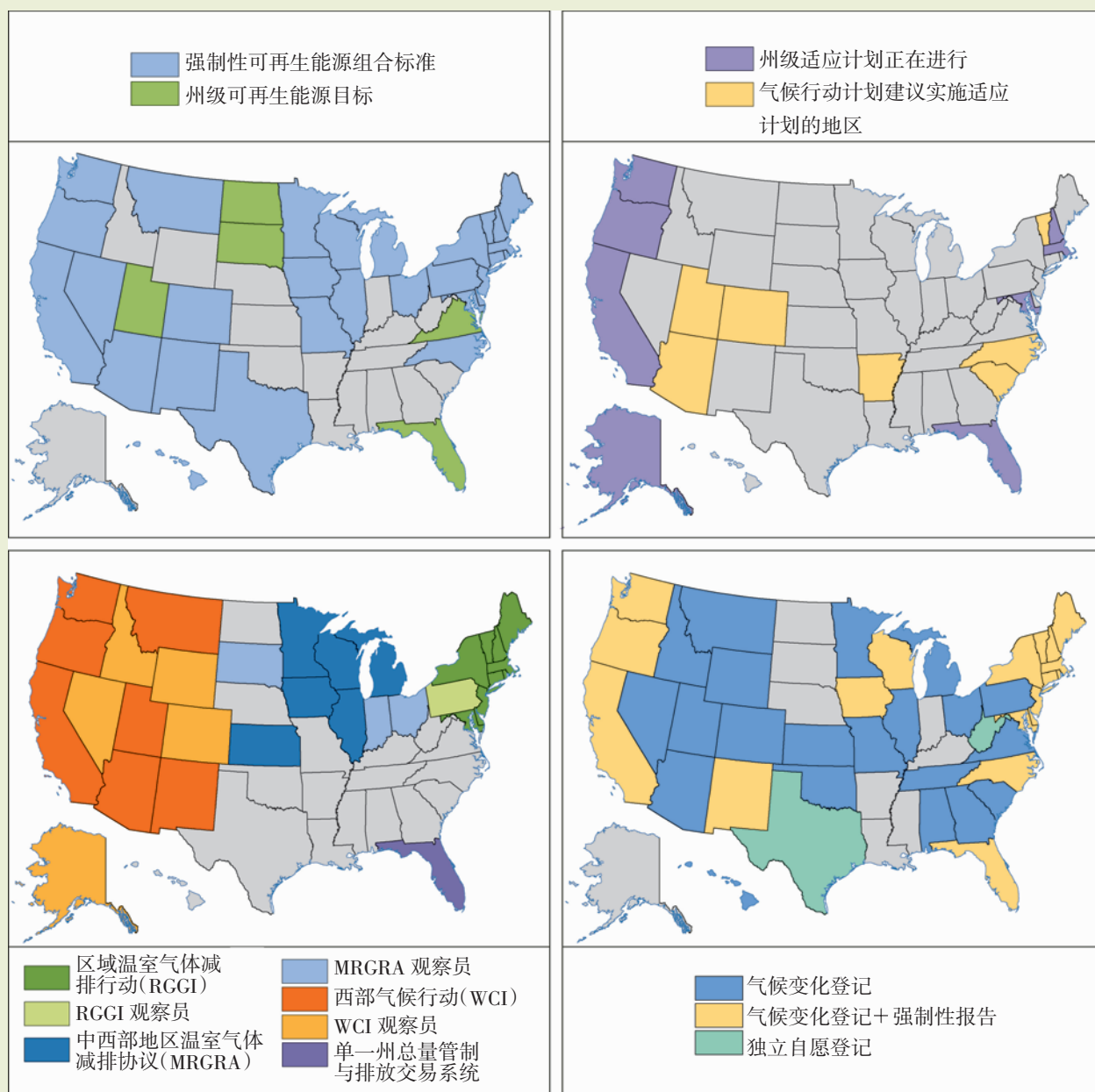
支持“绿色联邦”的论点包括低

级别政府针对当地独特的资源和人口制定政策的能力，以及地方政府以创新型地方试验和学习的方式驱动进展缓慢的国家政策的机会。“绿色联邦”的批评者引述碳泄漏风险和企业迁移到监控松弛地区的动机作为反对理由。这个过程通常被称为“逐底竞争”，因为它降低

了环境质量并降低了公共产品和服务的提供。

但对于气候政策，“绿色联邦”展现出了可喜的成果。一个最突出的例子是美国（参见专栏地图）。尽管国家政府决定不批准《京都议定书》，而且缺乏国家整体气候变化政策，地方政府

美国绿色联邦主义:各州和地区行动



(待续)

专栏 8.10 (续)

已经率先采取行动。^e 许多地区建立了温室气体监测和登记系统及减排目标。许多州已独立地制定和实施了减排和适应计划或者制定了可再生能源组合标准和减排目标。城市和直辖市也已开展了综合的气候变化审计和规划项目，并设定自己的减排目标。

这些行动合成了巨大的减排量，有

人宣称这样的努力已导致了“逐顶竞争”。^f 如果几个有减排硬指标的州能实现他们的 2020 目标，那么 2020 年美国的国家排放量可以稳定在 2010 年水平。^g

出处：各州行动由皮尤全球气候变化中心跟进 (www.pewclimate.org)。

a. Osborne 1988。

b. Oats 和 Portney 2003。

c. Lutsey 和 Sperling 2008。

d. Kunce 和 Shogren 2005。

e. Rabe 2002。

f. Rabe 2006。

g. Lutsey 和 Sperling 2008。

案；促进政治利益表达和组织的因素。⁶⁰ 除了为发达国家和发展中国家经济提供能源之外，矿物燃料还供养着一批左右国家政治的特殊利益集团。许多发展中国家，不仅不为碳定价，而且还对其予以补贴（参见第 4 章）。2007 年年末，约 1/5 的国家对汽油予以补贴，略多于 1/3 的国家对柴油予以补贴。超过 2/3 的低收入和下中等收入国家对煤油予以补贴。⁶¹ 显然，能源部门大量依赖矿物燃料的国家和能源高度密集的经济体改革时面临着很大抵制。⁶² 其结果是，全世界碳排放源和驱动物者常常与政府的政治合法性联系在一起。

每个政治系统都有应对气候变化的优势和劣势，例如民主系统。强有力的证据显示在气候政策方面，民主比独裁政府表现更好。⁶³ 政治自由改善环境绩效，在贫困的国家尤其如此。⁶⁴ 扩大公民自由有助于提高空气质量和水质，例如减少空气中二氧化硫和微粒与降低水中的大肠菌量和溶解氧水平。⁶⁵ 民主国家更可能加入国际环境组织和协定，通常也能更快地批准这些协定，并对解决全球共有资源问题，如臭氧层枯竭进行跟踪记录。⁶⁶

然而有时政府的政策输出（签署国际承诺书）比政策结果（实际减排量）要好，《京都议定书》的情况就是这样。⁶⁷ 就个体消费者和投票人而

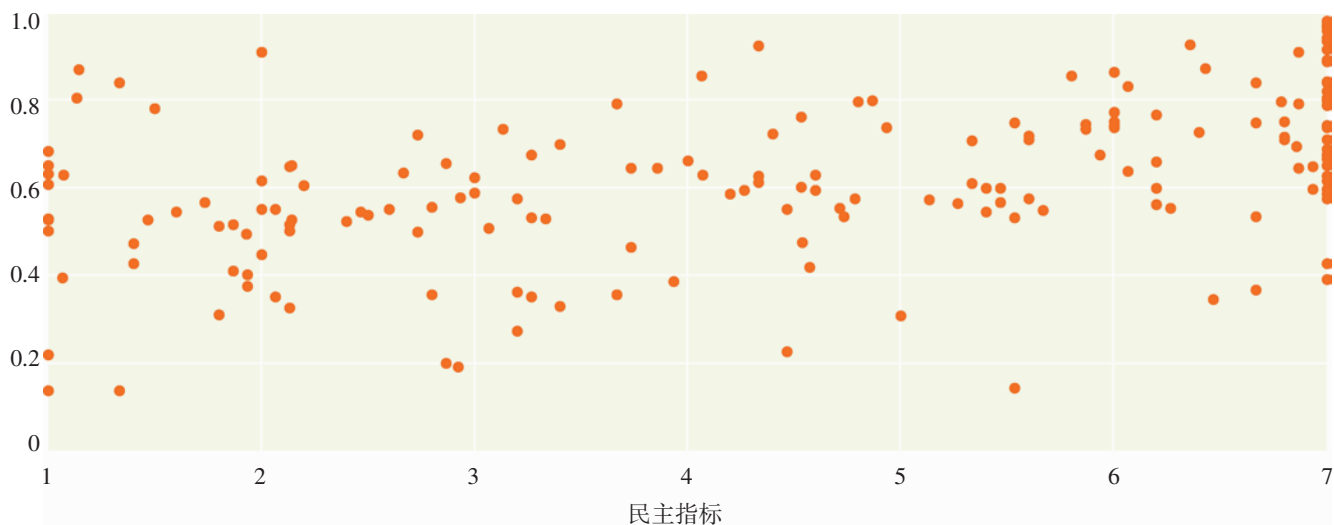
言，民主在解决问题时其承诺表态胜于实际行动，消费者观念的“绿色距离”转变为政府的言行不一（参见图 8.7）。⁶⁸ 这有几个原因。尽管公众对气候变化的关注度正在提高，政治家仍担心他们的选民支持率，他们认为一旦政策直接和明显地影响到选民的的个人成本利益（如碳税和能源税、价格上涨和就业减少），选民对气候行动的支持率就会下降。⁶⁹ 这也许能解释为什么难以通过影响到个人选择的限制性措施实现减排。干预个人的流动选择在政治上要比干预发电厂更有难度。⁷⁰

用政治术语来讲，气候行动面临着一道“极限”。人们首先处理可见和直接问题的倾向转化为优先处理地方环境问题（如基础卫生设施、水和空气质量、有害物质排放带来的风险和地方性栖息地保护）和忽视解决跨国界问题（如生物多样性丧失、过度捕捞或气候变化）的政治偏向。⁷¹ 极限也具有时间维度。长期问题，尤其是与公共产品相关的问题，很难解决。气候变化也不例外。⁷² 代际问题需要长期政策框架，而这与政府任期和选举周期不一致。

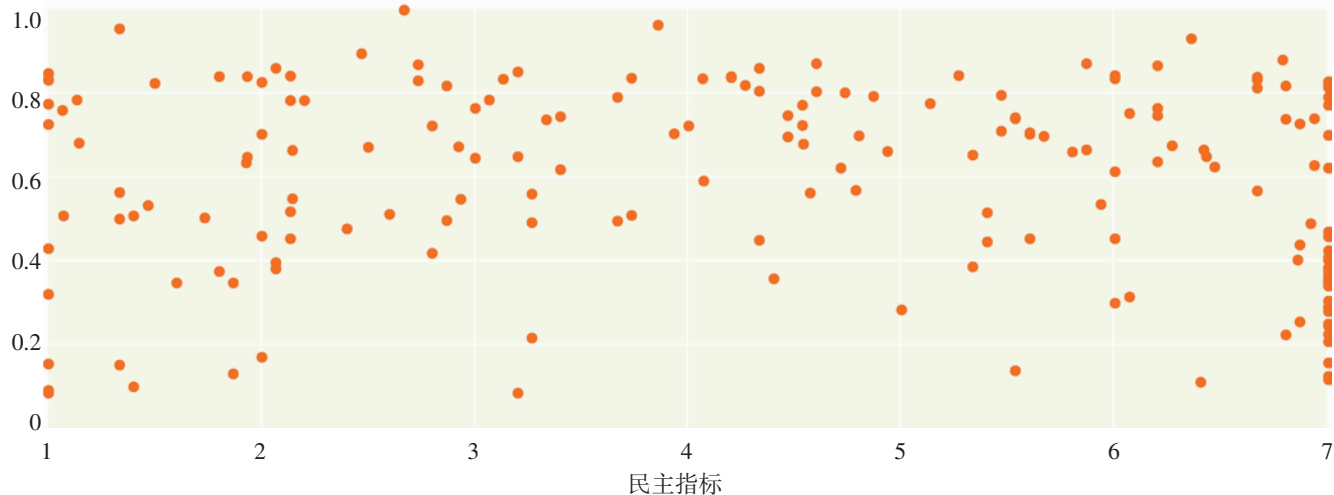
当政策因得不到公众支持而束之高阁，短视行为会产生错误的动机。灾害风险管理正是一个例子，因为公众（选民）通常无法从预防的角度思考问题，标准的适应性措施可能会失

图 8.7 民主政治的政策输出胜于政策结果

输出:政策、法律、国际协议



结果:减排



出处: Bättig 和 Bernauer 2009。

注: 政策输出是气候变化政策的行为合作指数, 涉及协议批准、报告和财政支持——它在 0~1 的区间, 数值越大表示合作越多。政策结果也是气候变化政策的行为合作指标, 它涉及排放趋势和排放水平——其值位于 0~1 的区间, 数值越大表示合作越多。自由之家提供的政治权利指标衡量民主程度, 包括选举过程的自由程度、政治多元性和参与度以及政府职能。自由之家将政治权利评级为 1—7, 1 表示最自由, 7 表示最不自由。然而, 在本图中, 原始数据的含义被反转了, 7 代表自由程度最高。数据为 1990—2005 年平均值。本图表明政策输出和民主程度之间有正相关的关系, 正如自由之家政治权利指标所示; 民主国家总体上讲有更好的政策输出。相反, 民主程度与气候结果 (减排) 之间并无重要联系 (使用 2003 年减排数据与 1990 年水平比较)。

败。因此, 决策者忽视灾难预防和准备, 这些议题不会帮他们赢得选票。反过来, 决策者意识到救灾比预防灾害具有更高的政治收益, 这成为了道德隐患。这完全不是纯理论。如果灾害的成本大大提高, 这部分是因为政

府意识到为遭受严重气候事件侵害的群体和地区提供补偿可以带来很大的选举收益。⁷³ 这样的观念阻碍了政策变革并强化了不良政策。政府农作物保险降低了农民预防气候灾害的动力。救灾行为使公民和地方政府将补偿视

为应得权利而不采取预防措施。⁷⁴

气候改革依靠政治支持。任何政策变革都会遇到抵制，当这种变革给大量不同参与者带来显性成本时尤其如此。在这一点上，气候政策是最佳典型，因为其成本对众多经济团体和广大民众而言显而易见。可以通过多种途径建立气候政策的公共支持。

设计大多数（重要）政治行动者认可的干预措施

设计能带来共同收益的政策。遵守和贯彻国际环境义务的国家之所以这样做是因为空气污染、水质退化、直观的环境威胁等地方问题的驱动。⁷⁵当个人能看到直接收益时，他们就更容易为公共产品做出贡献。积极寻求重合的目标和利益应该成为在政治上可持续的气候政策的核心部分。⁷⁶不是所有的气候智能型发展政策都是气候特定的，而且一系列行动可以克服经济发展和气候行动（观察到的）的平衡问题。挑战在于从能源安全、能源效率、公共健康、减少污染和降低灾害风险等方面制定气候行动的地方、私人、近期的目标和共同权益。

针对主要选民。气候政策的共同

收益可以赢得持反对意见的既得利益者的支持。以劳动力为例，当气候政策会对就业造成短期负面影响时，应向有组织的劳工明确补偿性收益。可以通过下述阐释来改变工会的看法：低碳经济劳动密集度为什么高于传统经济；节能如何能转化为更高的、劳动密集型支出；对技术开发和应用的投资如何创造就业；以及能源税收入如何抵消对劳动力的征税，并增加对工人的需求。审慎评估政策是否过度倾向某一关键群体或者另一群体十分重要。将低碳经济视为商业机遇的群体会大力支持气候政策，但传统产业仍会继续反对气候政策。基于溯往原则的排放许可证常被用做一项战略措施，以获得长期商业买进，但是这个方案也导致了公众抵制（参见专栏 8.11）。

依靠共识过程和共识工具。预先取得一项具体措施主要利益相关者的认同可以降低政治损害。除确定共同利益之外，共识政策包括建立咨询系统和自愿性方案，以约束工业团体等主要行为者遵守气候政策的方针。在环境政策上，咨询性政治系统好像效率更高。⁷⁷

提高公众对改革的接受度

追求公平、平等和包含性。决策者对不平等的厌恶是道德和政治的产物，因为再分配的结果通常会带来政治收益或选民的拥护。公众更有可能接受政策变化，如果公众认为这种变化能解决一个重大问题，或者公众发现政策变化的成本和收益是平均分配的。这就要求设计渐进的、公平的气候政策，并包括对最贫困人口透明的补偿方式。绿色财政政策可以具有渐进性，并发挥着强有力的平衡作用。⁷⁸碳税的收入循环和许可证的拍卖收入可以支持减税和提供经济刺激。为社会保障计划标记碳许可证和碳税

专栏 8.11 获得对总量管制和排放交易的支持

为履行《京都议定书》对其规定的责任，欧盟最近创造了一个排放量交易系统。总体看来，这个系统有许多良好特点。特点之一是该系统要求欧盟国家按企业过去实绩值（无偿分配）给企业分配碳信用，即使这些碳信用可产生潜在的巨大租金和拍卖碳信用具有明显的经济收益。该分配机制的设定期限仅仅五年，部分原因就在于溯往原则及与之相关的默认的巨大收益。

这种短期分配机制避免了放弃通过租金创造和租金截留带来的大量财富。但是主要污染者获得的这笔飞来横财引起了媒体的关注，而且疏远了公众。该五年计划也会引起企图对下一个分配规则产生影响的反常战略行为，因为受到希望进入该行业的企业的抵触。

出处：世界发展报告工作组。

的收入可以提高能源定价改革的接受度。在若干欧洲国家，对空气污染物、有害废物、有毒化学物质收费降低了个人收入所得税和社会保险税。

以身作则。决策者可以通过改变政府行为来设定社会规范。除了提供减排直接收益和促进对新技术的研发和投资之外，政府绿色行动可以发挥重要的沟通作用。情况允许时，政府还可以修改公共采购等工具以支持绿色目标。

化天气自然灾害为教育机会。灾害可以提供“焦点事件”，焦点事件导致政策变化，虽然机会之窗通常为期不长。⁷⁹欧洲2003年热浪，2005年的卡特里娜飓风，以及2009年澳大利亚的山火都提高了对气候变化的关注。此类事件可以为政府采取平常不受欢迎的政策提供机会。⁸⁰灾后重建也为摒弃旧的做法和建设更加有弹性的社区和社会提供了机会。

提高政策的接受度。如果保持势头，快速突然的政府行动可以绕过希望维持现状的群体并创造一种无法避免的感觉。⁸¹但是，渐进主义也可以提高政策的接受度，因为渐进型政策变革引起的关注和抵制通常较小。这可以解释为什么主要经济体开始减排的步伐是缓慢的。虽然逐渐积累的改变很小，但却可以为以后更大的变化提供平台。在此，建立可预测性，即为政府政策设定长期方向，将允许（政府内外的）利益相关者认清要求他们重新为其活动定位的动机。⁸²

加强沟通。精心设计的沟通战略不仅有助于改变行为，也可以为改革动员政治支持。即使当获取补贴的群体组织性较强，且比改革的受益群体（消费者和纳税人）更为强大，公共信息宣传也是促成改革成功的关键。沟

通需要强调填补知识缺口和应对反对改革的理性基础。例如，澄清一些关于气候政策消极面的没有确凿证据的认识可以降低不确定性和反对力度。研究表明，对逐底竞争和竞争力丧失的担忧被扩大了，而且对新的绿色科技的投资可以带来环境产品和服务市场的发展。⁸³同理，强调环境税不单是国家收入来源而是改变行为的关键，这是提高公众接受度的中心。

应对政治系统的结构缺陷

强化政治多元化。既得利益者，包括那些害怕气候政策会危害其生意或行业的既得利益者，可能从限制气候政策的范围和效果中受益。利益集团企图捕获和挟持气候政策，而减少它们此类活动的方法就包括强化政治多元化。这对政策变化可能有不同的影响。大量投票者行使否决权可能导致政策僵局。⁸⁴但是通过赋予制衡利益集团话语权，政治多元化总体上减少了幕后游说活动和腐败行为。⁸⁵环境利益已压倒试图在食品安全、可再生能源配额制、废物监管等领域限制严格环境政策的商业利益。⁸⁶政治多元化也可以促进环境和商业利益联合充当变革的驱动力。

提高透明度。澄清能源成本及其构成（生产、进口、分配补贴、税）可以为能源市场改革创造支持。在减排政策上，透明化能源成本报告的一个主要优势是碳的附加成本是以相对的方法计算的。透明度在提高公众对能源补贴成本，评估利弊权衡和区分成功者与失败者等方面的认识十分有效。一些国家有补贴汇报系统，以增进公众对其成本和收益的了解。⁸⁷

增加政策被逆转的难度。通过增加政策被逆转的难度，政治和体制安

专栏 8.12 即使没有国家立法，私营部门也正在改变实践

即使在缺乏整体气候变化立法的国家，私营部门也已经采取行动减少温室气体排放量。已制定自愿排放目标和报告标准的企业数量正在上升。2008 年，美国股东在董事会上提出了创纪录的 57 份气候相关的气候决议——这是 5 年前数量的两倍。平均 23% 的股东支持这类措施——这是另一项历史新高。

碳密集型企业也已聚集起来讨论减缓气候变化的战略。2009 年年初，美国的“气候行动伙伴”——二十几家主要温室气体排放公司和几个非政府组织

的联盟，制订了一个统一的联邦立法行动计划，这份计划号召到 2050 年时减少 2005 排放量的 80%。商业圆桌，一个美国领先公司的联合会，以规划现在到 2025 年间改善自然保护、提高效率 and 国内能源生产的方法。威尔士王子国际商业领袖论坛，一个为 100 多家国际领先公司提供支持的独立组织，认识到气候变化对商业运营和责任的影响，发起了“商业和环境计划”。

这股驱动力正推动整个行业改变其实践。2009 年 3 月，美国保险公司协

会实施了一项史无前例的要求，它要求所有保险公司必须估计气候变化对其所承保公司的风险，并制定管理这些风险的方法。这些风险包括气候变化影响直接带来的风险及减缓气候变化的政策行动带来的间接风险。同理，金融投资也正致力于提高披露上市公司气候风险的力度，同时也促进气候智能型投资。

出处：世界发展报告工作组。

排有助于避免将气候行动的责任转嫁给后代。这样的安排可以包括修正宪法和制定气候变化法律。⁸⁸ 但它也可以包括从长远角度出发建立的独立机构，正如货币机构控制通货膨胀的方式一样。

从本国开始气候智能型发展

长期以来，对气候变化做出适当反应的任务集中表现为对国际协议，即全球性协议的需要。虽然全球性协议十分重要，但其只是答案的一部分。气候变化当然是全球市场失灵的表现，但却是根据地区定义的原因和影响来描述的，并由具体情况所决定。

这表明气候政策——在减排和适应性两方面——都有其地区性决定因素。一项美国开展的针对采取可再生能源配额制的研究表明，政治自由主义、可再生能源潜力及局部空气污染物浓度都提高了一州采取该制度的可能性。另外一方面，碳排放强度倾向于降低可能性。⁸⁹ 国际制度影响国内政策，国内政策也影响国际制度。一国塑造、适应和贯彻气候协议的行动取决于国内的激励机制。政治规范、

制度结构以及既得利益集团影响国际规范向国内政治话语和政策的转化，同时也通过推动国家行动来影响国际制度。⁹⁰ 一国的财富、能源结构和经济偏好（例如对国家驱动或市场驱动响应的倾向）将影响减排政策。选择征税和总量管制与排放交易系统时，除考虑经济和行政因素外也会考虑文化和政治传统。由于缺乏国际制裁机制，必须在国内找到履行国际承诺的动机，该动机可以是更清洁的空气、技术转让和能源安全等地方性收益的集合。

气候行动正在进行。各个国家已经不同程度地做出了承诺和展开了减排行动。小国（由于其在全球减排中的作用微不足道，理论上存在搭便车的动机）已经采取的行动比大国更有效。在一些国家，地方性措施和本土政策已经开始影响国家政策和国家的国际位置。而且私有部门正显示旧的行为方式可以让位于新的视野（参见专栏 8.12）。

体制的滞后效应限制了气候政策，而转变这种滞后效应需要从根本上改变信息阐述和决策。国家和地方政府

55. 经合组织 2003。
56. Bazerman 2006。
57. Doern 和 Gattinger 2003。
58. Alber 和 Kern 2008。
59. Estache 2008。
60. Kunkel, Jacob 和 Busch 2006。
61. 国际货币基金组织 2008。
62. Kunkel, Jacob 和 Busch 2006。
63. Congleton 1992; Congleton 1996。
64. Barrett 和 Graddy 2000。
65. Torras 和 Boyce 1998。
66. Congleton 2001; Schneider, Leifeld 和 Malang 2008。
67. Rowell 1996; Vaughn-Switzer 1997。
68. Bättig 和 Bernauer 2009。
69. Compston 和 Bailey 2008。
70. Bättig 和 Bernauer 2009。
71. Bättig 和 Bernauer 2009。
72. Sprinz 2008。
73. Schmidlein, Finch 和 Cutter 2008; Garrett 和 Sobel 2002。
74. Birkland 2006。
75. Dolsak 2001。
76. Agrawala 和 Fankhauser 2008。
77. Compston 和 Bailey 2008。
78. Ekins 和 Dresner 2004。
79. Birkland 2006。
80. Compston 和 Bailey 2008。
81. Kerr 2006。
82. “清洁空气的严重障碍”, 《纽约时报》, 2008/07/16。
83. Janicke 2001。
84. Tsebelis 2002。
85. Dolsak 2001。
86. Vogel 2005; Bernauer 和 Caduff 2004; Bernauer 2003。
87. 国际货币基金组织 2008。
88. Kydland 和 Prescott 1977; Sprinz 2008。
89. Matisoff 2008。
90. Davenport 2008; Kunkel, Jacob 和 Busch 2006; Dolsak 2001; Cass 2005。
- Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Alber, G., and K. Kern. 2008. “Governing Climate Change in Cities: Modes of Urban Climate Governance in Multi-level Systems.” Paper presented at the OECD Conference on Competitive Cities and Climate Change, Milan, October 9–10.
- Anderson, M. G., and E. A. Holcombe. 2007. “Reducing Landslide Risk in Poor Housing Areas of the Caribbean: Developing a New Government-Community Partnership Model.” *Journal of International Development* 19: 205–21.
- Bannon, B., M. DeBell, J. A. Krosnick, R. Kopp, and P. Aldous. 2007. “Americans’ Evaluations of Policies to Reduce Greenhouse Gas Emissions.” Technical paper, Stanford University, Palo Alto, CA.
- Barrett, S., and K. Graddy. 2000. “Freedom, Growth and the Environment.” *Environment and Development Economics* 5 (4): 433–56.
- Bättig, M. B., and T. Bernauer. 2009. “National Institutions and Global Public Goods: Are Democracies More Cooperative in Climate Change Policy?” *International Organization* 63 (2): 1–28.
- Bazerman, M. 2006. “Climate Change as a Predictable Surprise.” *Climatic Change* 77: 179–93.
- Bernauer, T. 2003. *Genes, Trade, and Regulation: The Seeds of Conflict in Food Biotechnology*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Bernauer, T., and L. Caduff. 2004. “In Whose Interest? Pressure Group Politics, Economic Competition and Environmental Regulation.” *Journal of Public Policy* 24 (1): 99–126.
- Bernauer, T., and V. Koubi. 2006. “States as Providers of Public Goods: How Does Government Size Affect Environmental Quality?” Working Paper 14, Center for Comparative and International Studies, Zurich.
- Birkland, T. A. 2006. *Lessons from Disaster: Policy Change after Catastrophic Events*. Washington, DC: Georgetown University Press.
- Bostrom, A., M. G. Morgan, B. Fischhoff, and D. Read. 1994. “What Do People Know about Global Climate Change? Mental Models.” *Risk Analysis* 14 (6): 959–70.
- Boykoff, M., and M. Mansfield. 2008. “Ye Olde Hot Aire: Reporting on Human Contributions to Climate Change in the U.K. Tabloid Press.” *Environmental Research Letters* 3: 1–8.
- Brechin, S. R. 2008. “Ostriches and Change: A Response to Global Warming and Sociology.” *Current Sociology* 56 (3): 467–74.

参考文献

- Accenture. 2009. *Shifting the Balance from Intention to Action: Low Carbon, High Opportunity, High Performance*. New York: Accenture.
- Agrawala, S., and S. Fankhauser. 2008. *Economic Aspects of Adaptation to Climate Change: Costs, Benefits and Policy Instruments*. Paris:

- BTS (Bureau of Transportation Statistics). 2008. *Key Transportation Indicators November 2008*. Washington, DC: U. S. Department of Transportation.
- Bulkeley, H. 2000. "Common Knowledge? Public Understanding of Climate Change in Newcastle, Australia." *Public Understanding of Science* 9: 313–33.
- Cass, L. 2005. "Measuring the Domestic Salience of International Environmental Norms: Climate Change Norms in German, British, and American Climate Policy Debates." Paper presented at the International Studies Association, Honolulu.
- Cialdini, R. B., and N. J. Goldstein. 2004. "Social Influence: Compliance and Conformity." *Annual Review Psychology* 55: 591–621.
- Clifford Chance. 2007. *Climate Change: A Business Response to a Global Issue*. London: Clifford Chance.
- Compston, H., and I. Bailey. 2008. *Turning Down the Heat: The Politics of Climate Policy in Affluent Democracies*. Basingstoke, UK: Palgrave Macmillan.
- Congleton, R. D. 1992. "Political Regimes and Pollution Control." *Review of Economics and Statistics* 74: 412–21.
- . 1996. *The Political Economy of Environmental Protection*. Ann Arbor, MI: University of Michigan Press.
- . 2001. "Governing the Global Environmental Commons: The Political Economy of International Environmental Treaties and Institutions." In *Globalization and the Environment*, ed. G. G. Schulze and H. W. Ursprung. New York: Oxford University Press.
- Davenport, D. 2008. "The International Dimension of Climate Policy." In *Turning Down the Heat: The Politics of Climate Policy in Affluent Democracies*, ed. H. Compston and I. Bailey. Basingstoke, UK: Palgrave Macmillan.
- Doern, G. B., and M. Gattinger. 2003. *Power Switch: Energy Regulatory Governance in the 21st Century*. Toronto: University of Toronto Press.
- Dolsak, N. 2001. "Mitigating Global Climate Change: Why Are Some Countries More Committed than Others?" *Policy Studies Journal* 29 (3): 414–36.
- Dunlap, R. E. 1998. "Lay Perceptions of Global Risk: Public Views of Global Warming in Cross-National Context." *International Sociology* 13: 473–98.
- EIA (Energy Information Administration). 2009. *Annual Energy Outlook 2009*. Washington, DC: EIA.
- Ekins, P., and S. Dresner. 2004. *Green Taxes and Charges: Reducing their Impact on Low-income Households*. York, UK: Joseph Rowntree Foundation.
- EPA (Environmental Protection Agency). 2009. *Draft Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990–2007*. Washington, DC: EPA.
- Estache, A. 2008. "Decentralized Environmental Policy in Developing Countries." World Bank, Washington, DC.
- Esty, D. C., M. A. Levy, C. H. Kim, A. de Sherbinin, T. Srebotnjak, and V. Mara. 2008. *Environmental Performance Index*. New Haven, CT: Yale Center for Environmental Law and Policy.
- Foa, R. 2009. "Social and Governance Dimensions of Climate Change: Implications for Policy." Policy Research Working Paper 4939, World Bank, Washington, DC.
- Gardner, G. T., and P. C. Stern. 2008. "The Short List: The Most Effective Actions U.S. Households Can Take to Curb Climate Change." *Environment Magazine*.
- Garrett, T. A., and R. S. Sobel. 2002. "The Political Economy of FEMA Disaster Payments." Working Paper 2002-01 2B, Federal Reserve Bank of St. Louis.
- Gautier, C., K. Deutsch, and S. Rebich. 2006. "Misconceptions about the Greenhouse Effect." *Journal of Geoscience Education* 54 (3): 386–95.
- Giddens, A. 2008. *The Politics of Climate Change: National Responses to the Challenge of Global Warming*. Cambridge, UK: Polity Press.
- Griskevicius, V. 2007. "The Constructive, Destructive, and Reconstructive Power of Social Norms." *Psychological Science* 18 (5): 429–34.
- Haites, E. 2008. "Investment and Financial Flows Needed to Address Climate Change." Breaking the Climate Deadlock Briefing Paper, The Climate Group, London.
- Hardin, G. 1968. "The Tragedy of the Commons." *Science* 162: 1243–48.
- Hungerford, H., and T. Volk. 1990. "Changing Learner Behavior through Environmental Education." *Journal of Environmental Education* 21: 8–21.
- ICCT (International Council on Clean Transportation). 2007. *Passenger Vehicle Greenhouse Gas and Fuel Economy Standard: A Global Update*. Washington, DC: San Francisco: ICCT.
- IMF (International Monetary Fund). 2008. *Fuel and Food Price Subsidies: Issues and Reform Options*. Washington, DC: IMF.

- Immerwahr, J. 1999. *Waiting for a Signal: Public Attitudes toward Global Warming, the Environment and Geophysical Research*. New York: Public Agenda.
- IPPR (Institute for Public Policy Research). 2008. *Engagement and Political Space for Policies on Climate Change*. London: IPPR.
- Irwin, T. 2008. "Implications for Climate Change Policy of Research on Cooperation in Social Dilemma." Policy Research Working Paper 5006, World Bank, Washington, DC.
- Jacques, P., R. Dunlap, and M. Freeman. 2008. "The Organisation of Denial: Conservative Think Tanks and Environmental Skepticism." *Environmental Politics* 17 (3): 349–85.
- Janicke, M. 2001. "No Withering Away of the Nation State: Ten Theses on Environmental Policy." In *Global Environmental Change and the Nation State: Proceedings of the 2001 Berlin Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change*, ed. F. Biermann, R. Brohm, and K. Dingwert. Berlin: Potsdam Institute for Climate Impact Research.
- Kahneman, D., and A. Tversky. 1979. "Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk." *Econometrica* 47: 263–91.
- Kallbekken, S., S. Kroll, and T. L. Cherry. 2008. "Do You Not Like Pigou, or Do You Not Understand Him? Tax Aversion and Earmarking in the Lab." Paper presented at the Oslo Seminars in Behavioral and Experimental Economics, Department of Economics, University of Oslo.
- Kastens, K. A., and M. Turrin. 2006. "To What Extent Should Human/Environment Interactions Be Included in Science Education?" *Journal of Geoscience Education* 54 (3): 422–36.
- Kaufman, D., A. Kraay, and M. Mastruzzi. 2007. *World Governance Indicators 2007*. Washington, DC: World Bank.
- Kellstedt, P., S. Zahran, and A. Vedlitz. 2008. "Personal Efficacy, the Information Environment, and Attitudes toward Global Warming and Climate Change in the United States." *Risk Analysis* 28 (1): 113–26.
- Kerr, S. 2006. "The Political Economy of Structural Reform in Natural Resource Use: Observations from New Zealand." Paper presented at the National Economic Research Organizations meeting, Paris.
- Krosnick, J. 2008. "The American Public's Views of Global Climate Change and Potential Amelioration Strategies." *World Development Report 2010 Seminar Series*, presentation, World Bank, Washington, DC.
- Krosnick, J., A. Holbrook, L. Lowe, and P. Visser. 2006. "The Origins and Consequences of Democratic Citizen's Policy Agendas: A Study of Popular Concern about Global Warming." *Climate Change* 77: 7–43.
- Kunze, M., and J. F. Shogren. 2005. "On Inter-jurisdictional Competition and Environmental Federalism." *Journal of Environmental Economics and Management* 50: 212–24.
- Kunkel, N., K. Jacob, and P.-O. Busch. 2006. "Climate Policies: (The Feasibility of) a Statistical Analysis of their Determinants." Paper presented at the Human Dimensions of Global Environmental Change, Berlin.
- Kydland, F. E., and E. C. Prescott. 1977. "Rules rather than Discretion: The Inconsistency of Optimal Plan." *Journal of Political Economy* 85 (3): 473–91.
- Laitner, J., and H. Finman. 2000. *Productivity Benefits from Industrial Energy Efficiency Investments*. Washington, DC: EPA Office of the Atmospheric Programs.
- Layard, R. 2005. *Happiness: Lessons from a New Science*. London: Penguin.
- Leiserowitz, A. 2007. "Public Perception, Opinion and Understanding of Climate Change: Current Patterns, Trends and Limitations." Occasional Paper for the *Human Development Report 2007/2008*, United Nations Development Programme, New York.
- Lorenzoni, I., S. Nicholson-Cole, and L. Whitmarsh. 2007. "Barriers Perceived to Engaging with Climate Change among the UK Public and Their Policy Implications." *Global Environmental Change* 17: 445–59.
- Lutsey, N., and D. Sperling. 2008. "America's Bottom-up Climate Change Mitigation Policy." *Energy Policy* 36: 673–85.
- Maslow, A. H. 1970. *Motivation and Personality*. New York: Harper & Row.
- Matisoff, D. C. 2008. "The Adoption of State Climate Change Policies and Renewable Portfolio Standards." *Review of Policy Research* 25: 527–46.
- Meadowcroft, J. 2009. "Climate Change Governance." Policy Research Working Paper 4941, World Bank, Washington, DC.
- Miller, D. 2008. "What's Wrong with Consumption?" University College London, London.
- Moser, S. C., and L. Dilling. 2007. *Creating a Climate for Change: Communicating Climate Change and Facilitating Social Change*. New York: Cambridge University Press.
- Moxnes, E., and A. K. Saysel. 2009. "Misperceptions of Global Climate Change: Informa-

- tion Policies.” *Climatic Change* 93 (1–2): 15–37.
- Nisbet, M. C., and T. Myers. 2007. “Twenty Years of Public Opinion about Global Warming.” *Public Opinion Quarterly* 71 (3): 444–70.
- Norgaard, K. M. 2006. “People Want to Protect Themselves a Little Bit: Emotions, Denial, and Social Movement Nonparticipation.” *Sociological Inquiry* 76: 372–96.
- . 2009. “Cognitive and Behavioral Challenges in Responding to Climate Change.” Policy Research Working Paper 4940, World Bank, Washington, DC.
- North, D. C. 1990. *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Oats, W. E., and P. R. Portney. 2003. “The Political Economy of Environmental Policy.” In *Handbook of Environmental Economics*, ed. K. G. Maler and J. R. Vincent. Amsterdam: Elsevier Science B.V.
- O’Connor, R., R. J. Bord, B. Yarnal, and N. Wiefek. 2002. “Who Wants to Reduce Greenhouse Gas Emissions?” *Social Science Quarterly* 83 (1): 1–17.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). 2003. *Harmonizing Donor Practices for Effective Aid Delivery*. Paris: OECD.
- Olson, M. 1965. *The Logic of Collective Action*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Oreskes, N. 2004. “Beyond the Ivory Tower: The Scientific Consensus on Climate Change.” *Science* 306 (5702): 1686.
- Ornstein, R., and P. Ehrlich. 2000. *New World, New Mind: Moving toward Conscious Evolution*. Cambridge, MA: Malor Books.
- Osborne, D. 1988. *Laboratories of Democracy: A New Breed of Governor Creates Models for National Growth*. Boston: Harvard Business School Press.
- Ostrom, E. 2009. “A Polycentric Approach for Coping with Climate Change.” Background paper for the WDR 2010.
- Patt, A. G., and D. Schröter. 2008. “Climate Risk Perception and Challenges for Policy Implementation: Evidence from Stakeholders in Mozambique.” *Global Environmental Change* 18: 458–67.
- Rabe, B. G. 2002. *Greenhouse and Statehouse: The Evolving State Government Role in Climate Change*. Arlington, VA: Pew Center on Global Climate Change.
- . 2006. *Race to the Top: The Expanding Role of U.S. State Renewable Portfolio Standards*. Arlington, VA: Pew Center on Global Climate Change.
- Repetto, R. 2008. “The Climate Crisis and the Adaptation Myth.” Yale School of Forestry and Environmental Studies Working Paper 13, Yale University, New Haven, CT.
- Retallack, S., T. Lawrence, and M. Lockwood. 2007. *Positive Energy: Harnessing People Power to Prevent Climate Change*. London: Institute for Public Policy Research.
- Roland-Holst, D. 2008. *Energy Efficiency, Innovation, and Job Creation in California*. Berkeley, CA: Center for Energy, Resources, and Economic Sustainability, University of California at Berkeley.
- Romm, J. J., and C. A. Ervin. 1996. “How Energy Policies Affect Public Health.” *Public Health Reports* 111 (5): 390–99.
- Rowell, A. 1996. *Green Backlash: Global Subversion of the Environmental Movement*. London: Routledge.
- Sandvik, H. 2008. “Public Concern over Global Warming Correlates Negatively with National Wealth.” *Climatic Change* 90 (3): 333–41.
- Schmidtlein, M. C., C. Finch, and S. L. Cutter. 2008. “Disaster Declarations and Major Hazard Occurrences in the United States.” *Professional Geographer* 60 (1): 1–14.
- Schneider, V., P. Leifeld, and T. Malang. 2008. “Coping with Creeping Catastrophes: The Capacity of National Political Systems in the Perception, Communication and Solution of Slow-moving and Long-term Policy Problems.” Paper presented at the Berlin Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change: “Long-Term Policies: Governing Social-Ecological Change,” Berlin, Feb. 22–23.
- Sehring, J. 2006. “The Politics of Water Institutional Reform: A Comparative Analysis of Kyrgyzstan and Tajikistan.” Paper presented at the Berlin Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change: “Resource Policies: Effectiveness, Efficiency and Equity,” Berlin, November 17–18.
- Soderholm, P. 2001. “Environmental Policy in Transition Economies: Will Pollution Charges Work?” *Journal of Environment Development* 10 (4): 365–90.
- Sprinz, D. F. 2008. “Responding to Long-term Policy Challenges: Sugar Daddies, Airbus Solution or Liability?” *Ökologisches Wirtschaften* 2: 16–19.
- Stern, N. 2006. *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

- Sterner, T. 2003. *Policy Instruments for Environmental and Natural Resources Management*. Washington, DC: Resources for the Future.
- Sternman, J. D., and L. B. Sweeney. 2007. "Understanding Public Complacency about Climate Change: Adults' Mental Models of Climate Change Violate Conservation of Matter." *Climatic Change* 80 (3-4): 213-38.
- Swallow, B., M. van Noordwijk, S. Dewi, D. Muryarso, D. White, J. Gockowski, G. Hyman, S. Budidarsono, V. Robiglio, V. Meadu, A. Ekadinata, F. Agus, K. Hairiah, P. Mbile, D. J. Sonwa, and S. Weise. 2007. *Opportunities for Avoided Deforestation with Sustainable Benefits*. Nairobi: ASB Partnership for the Tropical Forest Margins.
- Torras, M., and J. K. Boyce. 1998. "Income, Inequality and Pollution: A Reassessment of the Environmental Kuznets Curve." *Ecological Economics* 25 (2): 147-60.
- Tsebelis, G. 2002. *Veto Players: How Political Institutions Work*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Tversky, A., and D. Kahneman. 1974. "Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases." *Science* 211: 1124-31.
- Vaughn-Switzer, J. 1997. *Environmental Politics*. London: St. Martin's Press.
- Vogel, D. 2005. *The Market for Virtue: The Potential and Limits of Corporate Social Responsibility*. Washington, DC: Brookings Institution Press.
- Wade, R. 1990. *Governing the Market*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Ward, B. 2008. *Communicating on Climate Change: An Essential Resource for Journalists, Scientists, and Educators*. Narragansett, RI: Metcalf Institute for Marine and Environmental Reporting, University of Rhode Island Graduate School of Oceanography.
- Weber, E. U. 2006. "Experience-Based and Description-Based Perceptions of Long-Term Risk: Why Global Warming Does Not Sare Us (Yet)." *Climatic Change* 77: 103-20.
- Wimberly, J. 2008. *Climate Change and Consumers: The Challenge Ahead*. Washington, DC: EcoAlign.
- Winter, D. D., and S. M. Koger. 2004. *The Psychology of Environmental Problems*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- World Bank. 1992. *World Development Report 1992. Development and the Environment*. New York: Oxford University Press.
- . 1997. *World Development Report 1997. The State in a Changing World*. Washington, DC: World Bank.
- . 2002. *World Development Report 2002. Building Institutions for Markets*. Washington, DC: World Bank.

文献注释

世界银行内外许多人士为工作组提出了建议。Shardul Agrawala, Montek Singh Ahluwalia, Nilufar Ahmad, Kulsum Ahmed, Sadiq Ahmed, Ahmad Ahsan, Ulrika Åkesson, Mehdi Akhlaghi, Mozaharul Alam, Vahid Alavian, Harold Alderman, Sara Amiri, David Anderson, Simon Anderson, Ken Andrasko, Juliano Assunção, Giles Atkinson, Varadan Atur, Jessica Ayers, Abdulhamid Azad, Sushenjit Bandyopadhyay, Ian Bannon, Ellysar Baroudy, Rhona Barr, Scott Barrett, Wim Bastiaanssen, Daniel Benitez, Craig Bennett, Anthony Bigio, Yvan Biot, Jeppe Bjerg, Brian Blankespoor, Melinda Bohannon, Jan Bojo, Benoît Bosquet, Aziz Bouzaher, Richard Bradley, Milan Brahmabhatt, Carter Brandon, Gernot Brodnig, Marjory-Anne Bromhead, Andrew Burns, Anil Cabraal, Duncan Callaway, Simon Caney, Karan Capoor, Jean-Christophe Carret, Raffaello Cervigni, Rita E. Cestti, Muyeye Chambwera, Vandana Chandra, David Chapman, Joelle Chassard, Flávia Chein Feres, Ashwini Chhatre, Kenneth Chomitz, David A. Cieslikowski, Hugh Compston, Luis Constantino, Jonathan Coony, Charles Cormier, Christophe Crepin, Richard Damania, Stephen Danyo, Michael Davis, Melissa Dell, Shantayanan Devarajan, Charles E. Di Leva, William J. Dick, Simeon Djankov, Carola Donner, Diletta Doretti, Krystel Dossou, Navroz Dubash, Hari Bansha Dulal, Mark Dutz, Jane Olga Ebinger, M. Willem van Eeghen, Nada Eissa, Siri Eriksen, Antonio Estache, James Warren Evans, Mandy Ewing, Pablo Fajnzylber, Charles Feinstein, Gene Feldman, Erick C. M. Fernandes, Daryl Fields, Christiana Figueres, Cyprian F. Fisiy, Ariel Fiszbein, Richard Fix, Paolo Frankl, Vicente Fretes Cibils, Alan Gelb, Francis Ghesquiere, Dolf Gielen, Indermit S. Gill, Habiba Gitay, Barry Gold, Itzhak Goldberg, Jan von der Goltz, Bernard E. Gomez, Arturo Gomez Pompas, Christophe de Gouvello, Chandrasekar Govindarajalu, Margaret Grosh, Michael Grubb, Arnulf Grübler, José Luis Guasch, Eugene Gurenko, Stéphane Hallegatte, Tracy Hart, Marea Eleni Hatzioios, Johannes Heister, Rasmus Heltberg, Fernando L. Hernandez, Jason Hill, Ron Hoffer, Daniel Hoornweg, Chris Hope, Nicholas Howard, Rafael de Hoyos, Veronika Huber, Vijay Iyer, Michael Friis Jensen, Peter Johansen, Todd Johnson, Torkil Jonch-Clausen, Benjamin F. Jones, Ben Jones, Frauke Jungbluth, John David Kabasa, Ravi Kanbur, Tom Karl, Benjamin S. Karmorh, George Kasali, Roy Katayama, Andrzej Kędziora, Michael Keen, Kieran Kelleher, Claudia Kemfert, Karin E. Kemper, Qaiser Khan, Euster Kibona, Richard Klein, Masami Kojima, Auguste Tano Kouamé, Jarl Krausing, Holger A. Kray, Alice Kuegler, Norman Kuring, Yevgeny Kuznetsov, Christina Lakatos, Julian A. Lampietti, Perpetua Latasi, Judith Layzer, Danny Leipziger, Robert Lempert, Darius Lilaoonwala, James A. Listorti, Feng Liu, Bertrand Loiseau, Laszlo Lovei, Magda Lovei, Susanna Lundstrom, Kathleen Mackinnon, Marília Magalhães, Olivier Mahul, Ton Manders, McKinsey & Company (Jeremy Oppenheim, Jens Dinkel, Per-Anders Enkvist, and Biniam Gebre), Marília Telma Manjate, Michael Mann, Sergio Margulis, Will Martin, Ursula Martinez, Michel Matera, J. M. Mauskar, Siobhan McInerney-Lankford, Robin Mearns, Malte Meinshausen, Abel Mejía, Stephen Mink, Rogerio de Miranda, Lucio Monari, Paul Moreno López, Roger Morier, Richard Moss, Valerie Müller, Robert Muir-Wood, Enrique Murgueitio Restrepo, Siobhan Murray, Everhart Nangoma, Mudit Narain, John Nash, Vikram Nehru, Dan Nepstad, Michele de Nevers, Ken Newcombe, Brian Ngo, Carlo del Ninno, Andy Norton, Frank Nutter, Erika Odendaal, Ellen Olafsen, Ben Olken, Sanjay Pahuja, Alessandro Palmieri, Gajanand Pathmanathan, Nicolas Perrin, Chris Perry, Djordjija Petkoski, Tanyathon Phetmanee, Henry Pollack, Joanna Post, Neeraj Prasad, Tovondriaka Rakotobe, Nithya Ramanathan, V. Ramanathan, Nicola Ranger, Dilip Ratha, Keywan Riahi, Richard Richels, Brian Ricketts, Jeff Ritchie, Konrad von Ritter, David Rogers, Mattia Romani, Joyashree Roy, Eduardo Paes Saboia, Claudia Sadoff, Salman Salman, Jamil Salmi, Klas Sandler, Apurva Sanghi, Shyam Saran, Ashok Sarkar, John Scanlon, Hartwig Schäfer, Imme Scholz, Sebastian Scholz, Claudia Sepúlveda, Diwesh Sharan, Bernard Sheahan, Susan Shen, Xiaoyu Shi, Jas Singh, Emmanuel Skoufias, Leopold Some, Richard Spencer, Frank Sperling, Sir Nicholas Stern, Thomas Sterner, Andre Stochniol, Rachel Strader, Charlotte Streck, Ashok Subramanian, Vivek Suri, Joanna Syroka, Mark Tadross, Patrice

Talla Takoukam, Robert P. Taylor, Dipti Thapa, Augusto de la Torre, Jorge E. Uquillas Rodas, Maria Vagliasindi, Hector Valdes, Rowena A. Valmonte-Santos, Trond Vedeld, Victor Vergara, Walter Vergara, Tamsin Vernon, Juergen Voegelé, Paul Waide, Alfred Jay Watkins, Kevin Watkins, Charlene Watson, Sam Wedderburn, Bill Westermeyer, David Wheeler, Johannes Woelcke, Henning Wuester, Winston Yu, Shahid Yusuf, N. Robert Zagha, Sumaya Ahmed Zakieddeen 和 Jürgen Zatlter 等人为本报告提出了宝贵的建议和指导,做出了可贵的贡献。

我们非常感谢世界各地参与本报告咨询并为本报告提供建议的人士。此外,我们非常感谢客座博客及在我们“气候变化中的发展”博客上提供建议的公众人士。

Gytis Kanchas, Polly Means, Nacer Mohamed Megherbi, Swati Mishra, Prianka Nandy, Rosita Najmi 和 Kaye Schultz 等为工作组提供了宝贵的协助。Anita Gordon, Merrell J. Tuck-Primdahl 和 Kavita Watsa 等协助工作组进行咨询和媒体传播工作。

尽管我们努力列出一张包括所有人的名单,但依然可能遗漏了某些对本报告做出贡献的人。工作组对此表示歉意并重申对所有为本报告做出贡献者的谢意。

本报告引用了世界银行一系列文件和大量的外部资料。背景文件可以从世界银行网站 www.worldbank.org/wdr2010 上查阅,也可以向世界发展报告办公室索取。背景文件的观点并不一定代表世界银行或本报告的观点。

背景文件

- Atkinson, Giles, Kirk Hamilton, Giovanni Ruta, and Dominique van der Mensbrugge. “Trade in ‘Virtual Carbon’: Empirical Results and Implications for Policy.”
- Barnett, Jon, and Michael Webber. “Accommodating Migration to Promote Adaptation to Climate Change.”
- Benitez, Daniel, Ricardo Fuentes Nieva, Tomas Serebrisky, and Quentin Wodon. “Assessing the Impact of Climate Change Policies in Infrastructure Service Delivery: A Note on Affordability and Access.”
- Brown, Casey, Robyn Meeks, Yonas Ghile, and Kenneth Hunu. “An Empirical Analysis of the Effects of Climate Variables on National Level Economic Growth.”
- Caney, Simon. “Ethics and Climate Change.”
- Dubash, Navroz. “Climate Change Through a Development Lens.”
- Figueres, Christiana, and Charlotte Streck. “Great Expectations: Enhanced Financial Mechanisms for Post-2012 Mitigation.”
- Foa, Roberto. “Social and Governance Dimensions of Climate Change: Implications for Policy.”
- Hallegette, Stéphane, Patrice Dumas, and Jean-Charles Hourcade. “A note on the economic cost of climate change and the rationale to limit it below 2°C.”
- Hourcade, Jean-Charles, and Franck Nadaud. “Long-run Energy Forecasting in Retrospect.”

- Irwin, Tim. “Implications for Climate-change Policy of Research on Cooperation in Social Dilemmas.”
- Liverani, Andrea. “Climate Change and Individual Behavior: Considerations for Policy.”
- MacCracken, Mike. “Beyond Mitigation: Potential Options for Counter-Balancing the Climatic and Environmental Consequences of the Rising Concentrations of Greenhouse Gases.”
- Meadowcroft, James. “Climate Change Governance.”
- Mechler, Reinhard, Stefan Hochrainer, Georg Pflug, Keith Williges, and Alexander Lotsch. “Assessing Financial Vulnerability to Climate-Related Natural Hazards.”
- Norgaard, Kari. “Cognitive and Behavioral Challenges in Responding to Climate Change.”
- Ostrom, Elinor. “A Polycentric Approach for Coping with Climate Change.”
- Ranger, Nicola, Robert Muir-Wood, and Satya Priya. “Assessing Extreme Climate Hazards and Options for Risk Mitigation and Adaptation in the Developing World.”
- Shalizi, Zmarak, and Franck Lecocq. “Climate Change and the Economics of Targeted Mitigation in Sectors with Long-lived Capital Stock.”
- Strand, Jon. “‘Revenue Management’ Effects of Climate Policy-Related Financial Flows.”
- Thornton, Philip. “The Inter-linkages between Rapid Growth in Livestock Production, Climate Change, and the Impacts on Water Resources, Land Use, and Deforestation.”
- Watson, Charlene, and Samuel Fankhauser. “The Clean Development Mechanism: Too Flexible to Produce Sustainable Development Benefits?”

背景注释

- Benitez, Daniel, and Natsuko Toba. “Transactional Costs and Marginal Abatement Costs.” “Review of Energy Efficiency Policies.” “Promoting Energy Efficiency: Issues and Lessons Learned.”
- Beringer, Tim, and Wolfgang Lucht. “Second Generation Bioenergy Potential.”
- Estache, Antonio. “Public Private Partnerships for Climate Change Investments: Learning from the Infrastructure PPP Experience.”
- . “What Do We Know Collectively about the Need to Deal with Climate Change?”
- . “How Should the Nexus between Economic and Environmental Regulation Work for Infrastructure Services?”
- Füssel, Hans-Martin. “Review and Quantitative Analysis of Indices of Climate Change Exposure, Adaptive Capacity, Sensitivity, and Impacts.”
- . “The Risks of Climate Change: A Synthesis of New Scientific Knowledge Since the Finalization of the IPCC Fourth Assessment Report.”
- Gerten, Dieter, and Stefanie Rost. “Climate Change Impacts on Agricultural Water Stress and Impact Mitigation Potential.”
- Haberl, Helmut, Karl-Heinz Erb, Fridolin Krausmann, Veronika Gaube, Simone Gingrich, and Christof Plutzer. “Quantification

- of the Intensity of Global Human Use of Ecosystems for Biomass Production.”
- Hamilton, Kirk. “Delayed Participation in a Global Climate Agreement.”
- Harris, Nancy, Stephen Hagen, Sean Grimland, William Salas, Sassan Saatchi, and Sandra Brown. “Improvement in Estimates of Land-Based Emissions.”
- Heyder, Ursula. “Ecosystem Integrity Change as Measured by Biome Change.”
- Hoorweg, Daniel, Perinaz Bhada, Mila Freire, and Rutu Dave. “An Urban Focus—Cities and Climate Change.”
- Houghton, Richard. “Emissions of Carbon from Land Management.”
- Imam, Bisher. “Waters of the World.”
- Lotze-Campen, Hermann, Alexander Popp, Jan Philipp Dietrich, and Michael Krause. “Competition for Land between Food, Bioenergy, and Conservation.”
- Louati, Mohamed El Hedi. “Tunisia’s Experience in Water Resource Mobilization and Management.”
- Meinzen-Dick, Ruth. “Community Action and Property Rights in Land and Water Management.”
- Müller, Christoph, Alberte Bondeau, Alexander Popp, Katharina Waha, and Marianela Fader. “Climate Change Impacts on Agricultural Yields.”
- Rabie, Tamer, and Kulsum Ahmed. “Climate Change and Human Health.”
- Ramanathan, N., I. H. Rehman, and V. Ramanathan. “Project Surya: Mitigation of Global and Regional Climate Change: Buying the Planet Time by Reducing Black Carbon, Methane, and Ozone.”
- Rogers, David. “Environmental Information Services and Development.”
- Vagliasindi, Maria. “Climate Change Uncertainty, Regulation and Private Participation in Infrastructure.”
- Westermeyer, William. “Observing the Climate for Development.”

术语表

削减 (abatement)：参见减排 (mitigation)。

适应：自然或人类系统对实际或预期的气候刺激因素及其影响所做出的趋利避害的反应。各种类型的适应是可以区分的，包括预防性适应和对性适应、自发性适应和计划性适应，以及集体性适应和个体性适应等。

适应基金：适应基金旨在为《京都议定书》发展中缔约国的具体适应项目和规划提供资金。其资金包括清洁发展机制 (CDM) 的部分收益以及接受的其他来源的资金。

适应能力：即系统应对气候变化 (包括气候多变性和极端天气情况) 的调节能力，旨在趋利避害及应付气候变化所带来的后果。

适应性管理：根据从以前的政策和实践成果中吸取的经验，试探性地不断改进管理政策和管理实践的系统化过程。

额外性：在清洁发展机制下，额外性指一个项目除了产生碳补偿之外能否带来额外减排量，如果没有清洁发展机制提供的资金和技术支持，不会产生这些额外减排量。某项活动在清洁发展机制项目支持的情况下所产生的排放量就构成了基准线，并

根据该基准线来衡量额外性。相对于碳补偿的潜在买方直接在国内降低其排放量，如果 CDM 项目的碳补偿和销售缺乏额外性，就可能导致向大气排放的温室气体量增加。

造林：在从未或近期内未植过树的土地上种植林木。

附件 I 缔约方：附件 I 缔约方包括经济合作与发展组织 1992 年期间的工业成员国，也包括俄罗斯联邦、波罗的海诸国和若干中、东欧国家等转型期经济体 (即 EIT 缔约方)。这些国家承诺限制本国温室气体排放量。

非附件 I 缔约方：主要为未做出限制本国温室气体排放承诺的发展中国家，它们承认制定和实施国家减排和适应计划的一般性义务。

人为的：直接由人类行为导致的。例如，通过燃烧化石燃料提供能源会导致人为温室气体 (GHG) 排放，而植物的自然腐烂则会产生非人为排放。

分配数量单位 (AAU)：在《京都议定书》第一阶段中，每个附件 I 缔约国获准排放的温室气体总量 (计量单位：吨二氧化碳当量)。

《巴厘岛行动计划》：在印度尼西亚巴厘岛召开的 2007 年联合国气候变

化大会上推出的一个为期两年的计划，根据该计划，各国应就 2010 年后如何应对气候变化进行谈判，以形成长期的合作行动计划，并于 2009 年年底在丹麦达成一个能够得到各方同意的结果。该计划有四项重点工作：减排、适应、资金以及技术。

生物多样性：所有生命形式（包括基因、种群、物种和生态系统）的多样性。

生物燃料：由有机物质制成的燃料或由植物制成的可燃油。例如，酒精、造纸黑液、木材和大豆油等就属于生物燃料。

第二代生物燃料：通过化学或生物过程从木质材料中获得的乙醇和生物柴油等产品。

总量管制与排放交易：一种结合了市场调节和监管手段的控制污染物排放的方法。一方面为特定时间段设定总排放量的限额（总量管制）；另一方面单个缔约方得到排放权（可通过授予或者拍卖获得），可以合法排放污染物，但排放量不得超过该缔约方拥有的排放权所允许的量。各缔约方可自由交易排放权，如果不同缔约方的减排边际成本不同，这种交易就将产生收益。

碳捕获和碳封存 (CCS)：将二氧化碳从工业以及能源相关的来源中分离出来、输送到封存地点并且长期与大气隔绝的过程。

二氧化碳 (CO₂)：一种可以自然产生的气体，也是燃烧化石燃料（石油、天然气和煤等化石类碳沉积物）、燃烧生物质以及土地利用变更和工业

过程的副产品。二氧化碳是影响地球辐射平衡的主要人为温室气体，是衡量其他温室气体的参照气体，因此，其全球变暖潜能指数为 1。

二氧化碳当量 (CO₂e)：一种用来表述温室气体混合物的量的方法。等量的不同温室气体产生的全球变暖效应有所不同。例如，排放到大气中的甲烷产生的变暖效应大约相当于等量二氧化碳的 20 倍。对于给定的温室气体混合物，产生与其相当的全球变暖效应所需的二氧化碳量即为该混合气体的二氧化碳当量。温室气体的排放量（流量）和浓度（存量）都可以用二氧化碳当量来表示。温室气体的量也可用碳当量来表示，计算方法是使用二氧化碳当量乘以 12/44。

二氧化碳施肥：大气中二氧化碳 (CO₂) 浓度的增高对植物生长的促进作用。根据其光合作用机制的不同，某些种类的植物对大气中二氧化碳浓度的变化更为敏感。

碳足迹：某人或某组织的某一特定活动或所有活动所产生的碳排放量。碳足迹有多种衡量方式，并且可能包括某一活动投入项的整个生产环节中所产生的间接排放量。

碳密度：通常是指为生成一个单位的国内生产总值 (GDP) 而进行的所有经济活动所产生的碳或二氧化碳当量排放量，即国内生产总值的碳密度。碳密度也可以指某一特定公司或行业为生成一美元的生产总值或是一美元的增加值所产生的碳排放量。此概念也用于表示每消耗一个单位的能源或燃料所产生的碳排放量，即能源的碳密度，其大小取决于能源的来源、燃料的混合比例以及所用技术的效率。

所有经济活动的平均能源碳密度与国内生产总值的能源密度的乘积即为国内生产总值的碳密度。

碳锁定：能够长期维持一定水平的碳排放量的行为。例如，除非有补偿性的政策来限制燃料或车辆的使用，否则扩建道路和公路会在之后的几十年内锁定因燃烧化石燃料而产生的碳排放量。

碳汇：任何能够去除大气中二氧化碳的过程、活动或机制。森林和其他植被可视为碳汇，因为它们能通过光合作用去除二氧化碳。

清洁发展机制 (CDM)：《京都议定书》框架下的一种机制，发达国家可通过该机制为发展中国家的温室气体减排或去除项目提供资助，并借此获得碳信用额度，这些碳信用额度可以用来抵消发达国家自身的排放量，从而使其排放量不超出强制性限额。CDM 允许温室气体减排项目在那些根据《京都议定书》的协议没有减排指标的缔约国中进行。

气候敏感性：由大气中二氧化碳当量浓度加倍引起的全球平均表面温度的变化，是将预计排放量转换为对升温情况及其影响的预测的一个重要参数。

消耗性用水：取自引用供水且不能回归到水资源系统中的水量（例如，生产制造、农业和烹饪过程中消耗的、不能回归到溪流、江河或水处理厂的水量）。

应对能力：人员、机构和系统利用现有技能和资源应对和处置不利条件、突发事件或灾难的能力。应对能

力指对某一事件做出反应的短期能力，而适应能力指做出系统性改变以减小气候变化影响的长期能力。

损害函数：在涉及气候变化的内容中，指气候变化与生产或消费的下降、资产（可能包含生态系统或人类健康）的损失之间的关系。

无谓损失：不产生任何收益的成本。

贴现率：个人或企业的未来消费或福利按现值折算的比率，通常以百分比表示。

降尺度法：一种从大尺度（200千米以上）气候预测模型或数据分析中获取局地区域尺度（10~100千米）信息的方法。动力降尺度法利用的是运行于大尺度全球模型中的某一特定区域的高分辨率模型；统计降尺度法利用的是大尺度大气变量与局地或气候变量之间的统计关系。

预警系统：一种能生成和传播及时有效的警告信息的机制，从而使面临危害的个人、社区和组织有足够的时间进行相应的准备和采取适当的行动，从而降低危害的可能性或减少造成的损失。

生态系统功能：对个人或社会具有价值的生态系统过程或功能，例如提供食物、水净化以及休闲机会等。

蒸气蒸腾作用：水循环的一个重要组成部分，是一种包括地表蒸发（来自土壤和水体等）和植物蒸腾（植物以蒸气形式丧失的水分，主要通过其叶片完成）的复合过程。

森林退化：不可持续的采伐或土地利用行为（包括伐木、火灾及其他人为干扰）导致的森林生物量减少。

地球工程：一种用来对抗和抵御气候变化影响的大规模的环境工程。地球工程提出的措施包括：向高层大气注入颗粒物以反射阳光，以及用铁对海洋施肥以增加海藻摄入二氧化碳的量。

基尼系数：一种衡量收入或财富分配不均等程度的常用指标，其数值在 0（表示完全平等）~1 之间。

环境税：一种旨在通过对环境破坏行为征税提升环境质量的税项。

温室气体 (GHG)：大气中任何能够使来自太阳的热量滞留在地球大气中（即：产生温室效应），并进而导致气候变化的气体。最常见的温室气体包括二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、一氧化二氮（N₂O）、臭氧（O₃）及水蒸气（H₂O）。

创新：对全新或经过明显改进的产品、服务、程序或方法的创造、吸收或利用。

机构：能够保证社会秩序和实现社会协作的结构和机制，负责对特定人群的行为进行管理。

综合评估：一种分析方法，能在统一的框架内将物理学、生物学、经济学和社会科学的研究成果与模型以及上述各种因素之间的相互作用结合起来，以预测气候变化的影响及相应的应对政策。

知识产权 (IPR)：对艺术性和商

业性智力创造成果享有的法定财产权，其中包括对新技术及相应法律范畴的专利权。

政府间气候变化专门委员会 (IPCC)：IPCC 于 1988 年由世界气象组织和联合国环境署设立，该委员会负责调查全世界的科学技术文献并发布评估报告，其报告被公认为是现有的有关气候变化的最可靠的信息来源。该委员会还负责方法论的制定并对来自《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC) 附属机构的具体要求做出回应。政府间气候变化委员会独立于《联合国气候变化框架公约》。

《京都议定书》：由《联合国气候变化框架公约》的缔约国根据该公约于 1997 年在日本东京签署通过的一项协议。该协议要求发达国家做出减少温室气体排放量的承诺，这种承诺具有法律约束力。

碳泄漏：在涉及气候变化的过程中，指减排项目实施区域外的碳排放量因实施区域内的减排活动而增加的过程，该过程会削弱减排项目效果。

土地利用、土地利用变更与林业 (LULUCF)：指包括由人类引起的土地利用、土地利用变更及林业活动在的一系列活动，这些活动可以导致温室气体的排放也可以去除大气中温室气体。LULUCF 是用于报告温室气体存量的一个类别。

适应不良：导致气候变化脆弱性增加的活动或行为。

市场拉动：根据市场对产品和服务的需求而不是根据科学价值或自上而下的政府政策对研发 (R&D) 资源

做出的配置。

减排：人类为减少温室气体排放或加强碳汇而进行的干预活动。

国家适应行动方案 (NAPA)：由最不发达国家 (LDC) 制订的行动方案，用以确定哪些行动可满足适应气候变化的迫切需求。

无悔项目：在涉及气候变化的内容中，指那些不论是否会影响气候或受气候影响都只会产生社会和/或经济效益的项目。

“谁污染谁付费”原则：环境法中规定污染者必须承担污染成本的原则。因此，污染者有责任承担污染防控措施的成本。

正反馈：某一系统的一个变量引起另一个变量的变化，进而反过来又影响到第一个变量；正反馈中加强初始效果，而负反馈会削弱初始效果。

防范原则：该原则认为，如果科学上无法确定某项行动或政策不会导致严重的或不可逆转的破坏，那么举证责任应由该项行动或政策的支持者来承担。《联合国气候变化框架公约》第三条某款规定，缔约方应当采取防范措施来预见、防止或极力避免可能引起气候变化的事件并尽力减小气候变化的不利影响；为了确保以最低的成果实现最大的全球效益，用于应对气候变化的政策和措施必须是低成本的，如果考虑到这一点，那么就不能以科学上无法确定是否会发生严重的或不可逆转的破坏来作为推迟实施防范措施的理由。

公共产品：在消费方面具有非排他性（无法阻止任何人享受其利益）

和非竞争性（某一个体享受其利益并不会减少其他人可用的利益数量）的物品。减缓气候变化即为公共产品的一个例子，因为无法阻止任何个人或国家享受稳定气候的利益，而且某一个体或国家享受稳定气候的利益并不会降低其他人或国家从中受益的能力。

研发、示范和推广 (RDD&D)：新方法、新技术、新设备和新产品的研发、示范和推广。

减少发展中国家毁林和森林退化所致排放量 (REDD)：REDD 是旨在减少林地温室气体排放量的一整套行动。用于 REDD 的财政激励措施可能是气候变化政策响应的一部分。

再造林：在之前是林地但已转为他用的土地上种植林木。

再保险：将原始保险的一部分风险转嫁给二级保险人（再保险人），本质上是“对保险人的保险”。

适应能力：社会或生态系统在保持基本结构和运行方式、自组织能力以及适应压力和变化的能力不变的同时承受干扰的能力。

重现期：某一特定事件重复出现的平均时间间隔。

风险评估：包括风险识别、风险量化、风险降低和风险缓解在内的一种标准化风法。

稳健决策：在面临不确定性时，所选的措施或政策不是未来世界最有可能出现的形势下的最优方案，而是未来各种可能的形势下都可以接受的方案。这一过程需要从多种模型、假

设和损失函数等各个方面对方案进行评估，尽可能减少预期的缺憾，而不是追求未来可能出现的某一特定形势下的最大收益。

安全网：旨在保护人们免受洪水、干旱、失业、疾病或负担家计之人死亡这类冲击影响的机制。

固碳：在气候背景中，从大气中去除碳并将其封存到新的森林、土壤碳库或地下储库等碳库的过程。

生物固碳：通过土地使用变更、造林、再造林、填埋场碳封存以及扩大农业固碳实践等从大气中去除二氧化碳并将其封存到有机物质中的过程。

社会学习：社会学习是人们通过公开强化或惩罚机制，或通过观察生活中其他社会角色而学习到新行为的过程。如果人们看到他人的某种行为取得了积极而满意的结果，他们就更可能会以之为榜样，仿效并实施这种行为。

社会规范：某一群体通过心理趋同压力用以规范自身行为的或明或暗的价值观、信仰以及规则；个人用来评判可接受行为和不可接受行为的标准。

社会保护：旨在支持社会的贫困人口和弱势群体以及帮助个人、家庭和社区进行风险管理的一系列公共干预措施，例如，失业保险计划、收入补贴和社会福利事业等。

太阳能光伏 (PV)：将太阳光(包括紫外线辐射)直接转换成电能的技术研究领域；制造和使用太阳能电池(由太阳能电池板组成)过程中所应用的技术。

排放情景特别报告情景 (SRES 情景)：对未来可能状况的一组描述或情景设置，用于政府间气候变化专门委员会的相关建模。SRES 情景根据人口、技术和社会发展变化的假设来预测未来的碳排放量。SRES 由四个情景系列组成： A_1 、 A_2 、 B_1 和 B_2 。在 A_1 代表的未来世界，经济高速增长，世界人口在 21 世纪中叶达到峰值后开始下降，高新技术日新月异。 A_2 代表非常不平衡的世界，全球人口持续增加，经济增长呈区域性，与其他情景相比，经济增长更不均衡，也更缓慢。 B_1 代表趋同世界，全球人口状况与 A_1 情景相同，但经济结构迅速转向服务和信息经济，物料密度降低，清洁和资源高效型技术得到应用。最后， B_2 代表的世界注重实现经济、社会和环境可持续发展的区域解决方案，人口持续增长(低于 A_2 的速度)，经济发展速度适中。

稳态：自然系统在恒定的变化范围内波动的概念，其变化范围由过往的经验界定。

补充政策：《京都议定书》规定，排放权交易及联合执行活动可作为发达国家降低本国温室气体排放量国内政策(如能源税和燃料效率标准)的补充。根据对补充性的拟议定义，发达国家可能需要在本国完成给定比例的减排目标。该问题有待缔约方进一步协商和澄清。

技术转让：共享技能、知识、技术和制造方法以确保更广泛的人群可以受益于科技发展的过程。

技术推动：主要由内在的科学兴趣而非市场需求驱动的研发资源分配。

阈值：在气候变化背景中，指突然或迅速变化能够发生的限度值。

交易成本：商品或服务的货币成本或价格之外与商品或服务的交易相关的成本。例如搜索和信息成本或维持治安和执法所需的成本。

不确定性：某一值（如气候系统的未来状态）未知程度的表达方式。信息缺乏或关于已知甚或可知内容的分歧都可能导致不确定性。不确定性有多种来源，从数据量化误差到人类行为的难以预测性，都可能是其来源。因此，不确定性可以用定量的度量方式（如由多种模型计算得出的一系列数值）表示，也可以用定性的说明（如具有反思价值的专家判断）来表示。但是，在经济学中，不确定性指的是奈特不确定性（Knightian uncertainty），这种不确定性是不可度量的。该概念是相对风险而言的，在风险的概念中，某些事件的发生与可知的概率分布有关。

联合国气候变化框架公约（UNFCCC）：1992年5月通过的一个公约，其最终目标是“将大气中温室气体的浓度稳定在防止气候系统受到危险的人为干扰的水平上”。

虚拟水：商品和服务生产过程中直接或间接消耗的水量。

脆弱性（也称做气候脆弱性）：某个系统遭受气候变化（包括气候多变性和极端天气情况）不利影响的容易程度及其应对气候变化不利影响的困难程度。脆弱性由气候变化的特性、幅度和速率，某个系统受其影响，以及该系统敏感性和适应能力三者之间力量的变化而决定。

天气衍生品：减轻反常天气带来风险的金融工具，例如为特定的天气情况（如八月份极度寒冷或异常炎热支付赔偿）。

天气保险指数：基于是否达到预先商定的具体天气参数指数值而进行的保险赔偿，其指数值由特定气象站在预先指定的时期内测量得出。此项保险可以在指数过高或过低而引发作物损失时提供赔偿。赔偿金额根据预先商定的每指数单位的投保额（如美元/毫米降雨量）进行计算。

三赢：在本报告中，指可使适应、减排（和发展）同时受益的措施。

部分指标

表 A1 能源相关的排放和碳密度

表 A2 基于土地的排放

表 A3 初级能源供应总量

表 A4 自然灾害

表 A5 土地、水和农业

表 A6 国家财富

表 A7 创新、研究和开发

定义和说明

符号和总量指标

部分世界发展指标

数据来源和方法

国家与地区分类和汇总核算

术语和国家覆盖范围

技术注释

符号

数据约定

根据区域和收入划分的经济体：2010 年财政年度

表 1 主要发展指标

表 2 贫困

表 3 千年发展目标：消除贫困、改善生活

表 4 经济活动

表 5 贸易、援助与金融

表 6 其他国家(或地区)的主要经济指标

技术注释

统计方法

“世界银行图表集”方法

表 A1 能源相关的排放和碳密度

	二氧化碳 (CO ₂) 排放量								非 CO ₂ 排放 (甲烷、一氧化二氮)		碳密度			
	年排放总量		变化比率	人均排放量		占世界排放总量比重	1850 年以来的累积排放量	年排放总量		能源		收入		
	公吨 (百万)		%	公吨		%	公吨(10 亿)	CO ₂ 当量 (百万公吨)		每吨原油当量排放的 CO ₂ (公吨)		每千美元 GDP 排放的 CO ₂ (公吨)		
	1990	2005	1990—2005 ^a	1990	2005	2005	1850—2005	1990	2005	1990	2005	1990	2005	
阿尔及利亚	68	91	33.3	2.7	2.8	0.34	2.8	9.6	15.5	2.86	2.63	0.44	0.39	
阿根廷	105	142	35.3	3.2	3.7	0.54	5.6	10.0	19.1	2.28	2.24	0.43	0.34	
澳大利亚	260	377	45.0	15.2	18.5	1.42	12.5	27.5	38.8	2.97	3.12	0.65	0.58	
奥地利	58	77	33.6	7.5	9.4	0.29	4.3	1.4	1.4	2.31	2.27	0.28	0.28	
白俄罗斯	108	61	-43.8	10.6	6.2	0.23	4.0	2.9	3.3	2.55	2.26	1.65	0.73	
比利时	109	112	2.7	10.9	10.7	0.42	10.4	2.8	2.4	2.19	1.81	0.44	0.34	
巴西	195	334	70.8	1.3	1.8	1.26	8.8	10.9	14.7	1.40	1.54	0.18	0.21	
保加利亚	75	46	-38.7	8.6	6.0	0.17	3.0	6.0	4.8	2.61	2.30	1.13	0.64	
加拿大	433	552	27.5	15.6	17.1	2.08	23.8	41.0	57.8	2.07	2.02	0.58	0.49	
智利	32	59	81.7	2.5	3.6	0.22	1.8	2.4	3.4	2.30	1.99	0.37	0.30	
中国	2 211	5 060	128.9	1.9	3.9	19.06	94.3	192.9	218.7	2.56	2.94	1.77	0.95	
哥伦比亚	45	61	34.0	1.4	1.4	0.23	2.2	5.1	7.1	1.83	2.12	0.26	0.23	
捷克	154	118	-23.3	14.9	11.5	0.44	10.7 ^b	10.9	7.2	3.14	2.61	0.92	0.57	
丹麦	51	48	-5.9	9.9	8.8	0.18	3.4	0.9	1.6	2.84	2.43	0.39	0.26	
埃及	81	149	83.3	1.5	2.0	0.56	3.2	8.5	16.0	2.54	2.43	0.45	0.45	
芬兰	55	55	0.7	11.0	10.6	0.21	2.3	1.4	1.8	1.92	1.61	0.47	0.35	
法国	355	388	9.3	6.3	6.4	1.46	31.7	16.3	13.2	1.56	1.41	0.25	0.21	
德国	968	814	-15.9	12.2	9.9	3.06	117.8 ^c	47.8	28.9	2.72	2.36	0.49	0.32	
希腊	71	96	35.6	6.9	8.6	0.36	2.6	4.6	5.8	3.18	3.08	0.34	0.29	
匈牙利	71	58	-18.3	6.8	5.7	0.22	4.1	6.0	5.4	2.47	2.07	0.55	0.34	
印度	597	1 149	92.6	0.7	1.1	4.33	28.6	53.1	89.2	1.87	2.14	0.58	0.47	
印度尼西亚	151	349	131.7	0.8	1.6	1.31	6.8	41.2	58.8	1.46	1.98	0.41	0.49	
伊朗	178	431	142.3	3.3	6.2	1.62	8.6	24.4	64.9	2.58	2.73	0.52	0.67	
伊拉克	61	99	62.0	3.3	3.5	0.37	2.2	4.1	3.3	3.21	3.31	..	..
爱尔兰	31	44	41.7	8.8	10.5	0.16	1.6	1.3	1.8	3.00	2.89	0.50	0.28	
以色列	34	60	78.3	7.2	8.6	0.23	1.5	0.2	0.4	2.77	2.83	0.41	0.38	
意大利	398	454	14.0	7.0	7.7	1.71	17.9	16.8	18.5	2.69	2.44	0.30	0.28	
日本	1 058	1 214	14.8	8.6	9.5	4.57	46.1	10.0	7.1	2.38	2.30	0.33	0.31	
哈萨克斯坦	233	155	-33.6	14.3	10.2	0.58	9.9 ^d	28.8	13.2	3.17	2.73	2.01	1.17	
朝鲜	114	73	-35.5	5.6	3.1	0.28	5.9 ^e	26.9	27.3	3.43	3.42	..	..
韩国	227	449	97.6	5.3	9.3	1.69	9.0 ^e	6.6	7.7	2.43	2.11	0.50	0.44	
科威特	27	76	184.0	12.7	30.1	0.29	1.6	5.4	9.1	3.36	2.71	..	0.67	
利比亚	37	47	28.8	8.4	7.9	0.18	1.3	..	..	3.16	2.65	..	0.63
马来西亚	52	138	163.9	2.9	5.4	0.52	2.7 ^e	..	..	2.24	2.09	0.43	0.46
墨西哥	293	393	33.9	3.5	3.8	1.48	12.5	47.9	86.1	2.38	2.22	0.38	0.33	
摩洛哥	20	41	111.2	0.8	1.4	0.16	0.9	..	..	2.72	3.08	0.29	0.39
荷兰	158	183	15.6	10.6	11.2	0.69	8.3	3.3	2.6	2.36	2.22	0.41	0.32	
尼日利亚	68	97	43.0	0.7	0.7	0.36	2.3	25.8	66.2	0.95	0.92	0.49	0.39	
挪威	30	38	27.9	7.0	8.2	0.14	1.9	0.9	1.7	1.39	1.15	0.22	0.17	
巴基斯坦	61	118	94.1	0.6	0.8	0.45	2.4 ^e	7.5	12.5	1.40	1.55	0.34	0.35	
菲律宾	36	77	113.1	0.6	0.9	0.29	1.9	3.6	2.6	1.38	1.76	0.24	0.31	
波兰	349	296	-15.3	9.2	7.8	1.11	22.6	23.5	20.9	3.50	3.19	1.14	0.57	
葡萄牙	40	63	59.1	4.0	6.0	0.24	1.7	1.1	1.7	2.30	2.32	0.26	0.30	
卡塔尔	14	44	202.1	30.8	54.6	0.16	0.9	..	..	2.21	2.71	..	0.77
罗马尼亚	167	91	-45.5	7.2	4.2	0.34	6.9	24.5	13.2	2.67	2.37	0.91	0.45	
俄罗斯	2 194	1 544	-29.6	14.8	10.8	5.81	92.5 ^d	406.4	206.4	2.50	2.35	1.17	0.91	
沙特阿拉伯	169	320	89.6	10.3	13.8	1.21	7.4	2.3	3.9	2.75	2.28	0.54	0.65	
塞尔维亚	59	50	-14.3	7.8	6.8	0.19	..	..	..	3.02	3.13	..	0.78
新加坡	29	43	49.7	9.5	10.1	0.16	1.4	0.2	0.8	2.16	1.39	0.39	0.23	
斯洛伐克	57	38	-32.8	10.8	7.1	0.14	3.2 ^b	1.7	1.6	2.67	2.03	0.86	0.45	
南非	255	331	29.9	7.2	7.1	1.25	14.1	10.6	12.5	2.79	2.59	0.93	0.83	
西班牙	208	342	64.7	5.3	7.9	1.29	10.0	5.3	6.6	2.28	2.36	0.27	0.29	
瑞典	53	51	-4.5	6.2	5.7	0.19	4.1	2.1	2.2	1.12	0.98	0.25	0.18	
瑞士	41	45	9.0	6.2	6.1	0.17	2.4	0.7	0.6	1.67	1.67	0.18	0.17	
叙利亚	32	48	51.6	2.5	2.6	0.18	1.2	..	..	2.72	2.62	0.85	0.64
泰国	79	214	172.6	1.4	3.4	0.81	3.9	13.0	19.2	1.79	2.13	0.35	0.48	
土耳其	129	219	70.3	2.3	3.0	0.82	5.3	26.1	56.6	2.43	2.56	0.31	0.29	
土库曼斯坦	47	42	-11.3	12.8	8.6	0.16	2.1 ^d	19.7	46.4	2.38	2.51	..	..
乌克兰	681	297	-56.4	13.1	6.3	1.12	22.6 ^d	139.7	118.4	2.68	2.07	1.63	1.13	
阿联酋	52	112	114.1	28.0	27.3	0.42	2.2	20.1	40.0	2.26	2.45	0.60	0.57	
英国	558	533	-4.4	9.7	8.8	2.01	68.1	36.9	27.0	2.63	2.27	0.42	0.28	
美国	4 874	5 841	19.9	19.5	19.7	22.00	324.9	298.8	242.8	2.53	2.49	0.61	0.47	
乌兹别克斯坦	120	110	-8.4	5.9	4.2	0.41	6.9 ^d	28.1	40.3	2.59	2.34	2.93	2.10	
委内瑞拉	112	150	33.4	5.7	5.6	0.56	5.3	30.5	46.3	2.56	2.48	0.59	0.57	
越南	17	81	376.5	0.3	1.0	0.31	1.5 ^e	3.5	4.9	0.70	1.58	0.28	0.45	
全世界	20 693t	26 544t	28.3w	4.0w	4.2w	100.00w	1 169.1s	1 861.0t	1 978.9t	2.39w	2.35w	0.57w	0.47w	
低收入国家	549	707	28.9	0.7	0.6	2.66	24.0	115.5	256.4	1.38	1.26	0.46	0.38	
中收入国家	9 150	12 631	38.0	2.6	3.0	47.59	395.1	1 168.3	1 279.4	2.41	2.49	0.80	0.61	
高收入国家	10 999	13 207	20.1	11.8	12.7	49.75	750.1	577.2	557.1	2.44	2.32	0.47	0.39	
欧盟 15 国	3 122	3 271	4.8	8.6	8.5	12.32	284.8	142.1	115.7	2.36	2.11	0.36	0.28	
OECD 国家	11 121	12 946	16.4	10.7	11.1	48.77	764.7	644.6	651.4	2.46	2.33	0.47	0.37	

a. 1990—2005 年间, CO₂ 排放量改变的百分比。

b. 捷克斯洛伐克 1992 年前的累积排放量比例是以基于它们在 1992—2006 年间在总排放中所占比重计算。

c. 1991 年前德国累积排放量比例是德意志联邦共和国和德意志民主共和国之和, 1991—2006 年间是德国排放总量。

d. 白俄罗斯、俄罗斯、哈萨克斯坦、土库曼斯坦、乌克兰和乌兹别克斯坦 1992 年前的累积排放量比例是基于苏联国家 1992—2006 年间的排放总比例计算。

e. 韩国和朝鲜 1950 年前的排放量是基于全朝鲜半岛数据, 巴基斯坦和孟加拉国 1971 年前的排放量是基于东西巴基斯坦的数据, 马来西亚的排放量还包括其在马来西亚联邦的排放份额, 越南排放量包括越南民主共和国和南越共和国的排放。

表 A2 基于土地的排放

表 A2a 毁林造成的 CO₂ 排放量

	年均水平				
	总排放量		人均排放量		平均占总排放量的比重
	公吨(百万)	排名	公吨	排名	%
	1990—2005 ^a	1990—2005 ^a	1990—2005 ^a	1990—2005 ^a	1990—2005 ^a
阿根廷	33	25	0.9	48	0.6
玻利维亚	139	7	15.2	1	2.5
巴西	1 830	1	9.8	5	32.4
柬埔寨	84	10	6.0	13	1.5
喀麦隆	70	12	3.9	18	1.2
加拿大	70	12	2.2	29	1.2
中国	57	18	0.0	83	1.0
刚果(金)	176	4	3.0	24	3.1
厄瓜多尔	84	10	6.5	12	1.5
危地马拉	62	16	4.9	17	1.1
洪都拉斯	48	20	7.0	10	0.8
印度尼西亚	1 459	2	6.6	11	25.9
马来西亚	139	7	5.4	15	2.5
墨西哥	40	23	0.4	63	0.7
缅甸	158	5	3.3	20	2.8
尼日利亚	158	5	1.1	40	2.8
巴布亚新几内亚	44	21	7.2	8	0.8
秘鲁	70	12	2.6	27	1.2
菲律宾	70	12	0.8	50	1.2
俄罗斯	58	17	0.4	61	1.0
坦桑尼亚	51	19	1.3	35	0.9
土耳其	34	24	0.5	58	0.6
委内瑞拉	187	3	7.0	9	3.3
赞比亚	106	9	9.3	6	1.9
津巴布韦	40	22	3.1	22	0.7

a 数据为 1990—2005 年的平均值。

表 A2b 农业造成的非 CO₂ 排放量[甲烷(CH₄) 一氧化二氮(N₂O)]

	年总量		占总排放量比重		人均		
	CO ₂ 当量(百万公吨)		%		CO ₂ 当量(公吨)		
	1990	2005	2005	1990	2005	排名	
	1990	2005	2005	1990	2005	1990	2005
阿根廷	114	139	2.3	3.5	3.6	6	7
澳大利亚	97	110	1.8	5.7	5.4	4	4
孟加拉国	60	80	1.3	0.5	0.5	77	70
玻利维亚	22	46	0.8	3.3	5.0	7	5
巴西	426	591	9.7	2.9	3.2	8	8
加拿大	57	73	1.2	2.1	2.3	15	10
中国	905	1 113	18.3	0.8	0.9	62	48
哥伦比亚	61	89	1.5	1.8	2.1	19	11
刚果(金)	36	75	1.2	0.9	1.3	53	21
埃塞俄比亚	39	55	0.9	0.8	0.7	60	58
法国	110	103	1.7	1.9	1.7	18	15
德国	110	84	1.4	1.4	1.0	32	37
印度	330	403	6.6	0.4	0.4	84	83
印度尼西亚	106	132	2.2	0.6	0.6	73	66
墨西哥	67	77	1.3	0.8	0.7	61	57
缅甸	50	78	1.3	1.2	1.6	38	16
尼日利亚	75	115	1.9	0.8	0.8	63	52
巴基斯坦	58	79	1.3	0.5	0.5	76	73
俄罗斯	222	118	1.9	1.5	0.8	25	50
泰国	79	89	1.5	1.4	1.4	27	18
土耳其	80	76	1.3	1.4	1.1	29	31
英国	54	48	0.8	0.9	0.8	57	54
美国	427	442	7.3	1.7	1.5	20	17
委内瑞拉	47	52	0.9	2.4	1.9	11	12
越南	48	65	1.1	0.7	0.8	67	55

表 A3 初级能源供应总量

	初级能源供应总量									电力消费量		电气化率 人口百分比 (%)
	化石燃料比重			可再生能源比重			核能比重	人均		2000—2006 ^b		
	占总体百分比(%)			占总体百分比(%)				千瓦时	变化百分比 (%)			
	年总量		煤	天然气	石油	水电、太阳能、 风能和地热	生物和 垃圾			占总体百分 比(%)	2006		1990—2006^{a}
石油当量(百万吨)	2006	2006						2006	2006			2006
阿尔巴尼亚	2.7	2.3	1.1	0.6	66.8	19.1	10.1	0.0	961	84.0	..	
阿尔及利亚	23.9	36.7	1.9	65.2	32.6	0.1	0.2	0.0	870	60.6	98	
安哥拉	6.3	10.3	0.0	6.4	27.5	2.2	63.9	0.0	153	155.5	15	
阿根廷	46.1	69.1	1.1	49.3	38.0	4.7	3.7	2.9	2 620	100.7	95	
亚美尼亚	7.9	2.6	0.0	53.1	15.2	6.1	0.0	26.6	1 612	-40.7	..	
澳大利亚	87.7	122.5	43.9	19.1	31.6	1.3	4.1	0.0	11 309	34.6	100	
奥地利	25.1	34.2	11.8	21.8	42.0	9.6	13.1	0.0	8 090	32.5	100	
阿塞拜疆	26.1	14.1	0.0	63.5	34.4	1.5	0.0	0.0	2 514	-2.7	..	
巴林	4.8	8.8	0.0	75.4	24.6	0.0	0.0	0.0	12 627	92.1	99	
孟加拉国	12.8	25.0	1.4	46.6	17.8	0.5	33.7	0.0	146	221.2	32	
白俄罗斯	42.3	28.6	0.1	60.3	31.5	0.0	4.9	0.0	3 322	-24.2	..	
比利时时	49.7	61.0	7.8	24.6	40.1	0.1	5.9	19.9	8 688	36.2	100	
贝宁	1.7	2.8	0.0	0.0	37.1	0.0	61.1	0.0	69	104.5	22	
玻利维亚	2.8	5.8	0.0	27.5	55.5	3.2	13.8	0.0	485	76.9	64	
波斯尼亚和黑塞哥维那	7.0	5.4	62.4	5.9	22.3	9.3	3.4	0.0	2 295	-24.6	..	
博茨瓦那	1.3	2.0	32.5	0.0	36.6	0.0	23.2	0.0	1 419	96.0	39	
巴西	140.0	224.1	5.7	7.8	40.2	13.4	29.6	1.6	2 060	41.5	97	
文莱	1.8	2.8	0.0	73.1	26.9	0.0	0.0	0.0	8 173	87.7	99	
保加利亚	28.8	20.7	34.1	14.0	24.7	1.9	3.9	24.6	4 315	-9.3	..	
柬埔寨	0.0	5.0	0.0	0.0	28.4	0.1	71.3	0.0	88	..	20	
喀麦隆	5.0	7.1	0.0	0.0	16.3	4.5	79.2	0.0	186	-3.1	47	
加拿大	209.5	269.7	10.2	29.5	35.3	11.4	4.7	9.5	16 766	3.8	100	
智利	14.1	29.8	13.3	21.9	38.3	9.9	15.9	0.0	3 207	157.3	99	
中国	863.2	1 878.7	64.2	2.5	18.3	2.2	12.0	0.8	2 040	299.1	99	
香港(中国)	10.7	18.2	38.6	13.2	44.9	0.0	0.3	0.0	5 883	40.8	..	
哥伦比亚	24.7	30.2	8.2	20.3	45.0	12.2	14.9	0.0	923	11.6	86	
刚果(金)	11.9	17.5	1.5	0.0	3.1	3.9	92.4	0.0	96	-19.9	6	
刚果(布)	0.8	1.2	0.0	1.6	35.2	2.7	57.5	0.0	155	-8.2	20	
哥斯达黎加	2.0	4.6	0.9	0.0	47.6	35.8	15.5	0.0	1 801	65.7	99	
科特迪瓦	4.4	7.3	0.0	18.8	16.9	1.8	63.8	0.0	182	21.3	..	
克罗地亚	9.1	9.0	7.0	26.2	51.5	5.8	4.1	0.0	3 635	21.5	..	
古巴	16.8	10.6	0.2	8.3	79.5	0.1	11.9	0.0	1 231	1.6	96	
塞浦路斯	1.6	2.6	1.4	0.0	96.4	1.7	0.5	0.0	5 746	78.9	..	
捷克	49.0	46.1	45.2	16.4	21.4	0.5	4.0	14.8	6 511	16.6	..	
丹麦	17.9	20.9	26.2	21.7	39.4	2.6	12.9	0.0	6 864	15.5	100	
多米尼加	4.1	7.8	6.4	3.5	70.4	1.5	18.0	0.0	1 309	242.1	93	
厄瓜多尔	6.1	11.2	0.0	5.0	83.2	5.5	5.2	0.0	759	58.5	90	
埃及	32.0	62.5	1.4	44.4	50.0	1.9	2.3	0.0	1 382	100.2	98	
萨尔瓦多	2.5	4.7	0.0	0.0	44.0	24.4	31.6	0.0	721	95.9	80	
厄立特里亚	..	0.7	0.0	0.0	26.9	0.0	73.1	0.0	49	..	20	
爱沙尼亚	9.6	4.9	57.0	16.5	15.1	0.2	10.7	0.0	5 890	0.0	..	
埃塞俄比亚	15.0	22.3	0.0	0.0	8.8	1.3	90.0	0.0	38	91.5	15	
芬兰	28.7	37.4	13.7	10.4	28.2	2.7	20.4	15.9	17 178	37.6	100	
法国	227.6	272.7	4.8	14.5	33.3	1.9	4.4	43.0	7 585	26.9	100	
加蓬	1.2	1.8	0.0	5.8	33.4	4.5	56.4	0.0	1 083	13.9	48	
格鲁吉亚	12.3	3.3	0.3	41.3	23.5	14.0	19.3	0.0	1 549	-42.1	..	
德国	355.6	348.6	23.6	22.8	35.4	1.4	4.6	12.5	7 175	8.0	100	
加纳	5.3	9.5	0.0	0.0	31.7	5.1	63.3	0.0	304	-1.1	49	
希腊	22.2	31.1	27.0	8.8	57.3	2.5	3.3	0.0	5 372	69.0	100	
危地马拉	4.5	8.2	4.8	0.0	39.7	4.0	51.6	0.0	529	136.8	79	
海地	1.6	2.6	0.0	0.0	23.3	0.9	75.8	0.0	37	-36.2	36	
洪都拉斯	2.4	4.3	2.7	0.0	50.6	5.1	41.5	0.0	642	72.2	62	
匈牙利	28.6	27.6	11.1	41.5	27.6	0.4	4.3	12.8	3 883	13.2	..	
冰岛	2.2	4.3	1.8	0.0	22.9	75.3	0.1	0.0	31 306	94.0	100	
印度	319.9	565.8	39.4	5.5	24.1	1.9	28.3	0.9	503	82.3	56	
印度尼西亚	102.8	179.1	15.5	18.6	33.0	3.7	29.2	0.0	530	228.3	54	
伊朗	68.8	170.9	0.7	51.5	46.3	0.9	0.5	0.0	2 290	134.9	97	
伊拉克	19.1	32.0	0.0	8.9	90.5	0.1	0.1	0.0	1 161	-7.6	15	
爱尔兰	10.3	15.5	11.0	26.0	54.8	1.3	1.4	0.0	6 500	72.1	100	
以色列	12.1	21.3	36.0	8.8	52.4	3.4	0.0	0.0	6 893	65.1	97	
意大利	148.1	184.2	9.1	37.6	44.1	4.6	2.6	0.0	5 762	39.0	100	
牙买加	2.9	4.6	0.5	0.0	88.7	0.3	10.5	0.0	2 450	178.8	87	
日本	443.9	527.6	21.3	14.7	45.6	2.1	1.3	15.0	8 220	26.7	100	
约旦	3.5	7.2	0.0	28.0	70.0	1.4	0.0	0.0	1 904	81.2	100	
哈萨克斯坦	73.6	61.4	49.3	30.6	18.8	1.1	0.1	0.0	4 293	-27.3	..	
肯尼亚	11.2	17.9	0.4	0.0	20.2	5.9	73.6	0.0	145	16.3	14	
朝鲜	33.2	21.7	86.9	0.0	3.3	5.0	4.8	0.0	797	-36.1	22	
韩国	93.4	216.5	24.3	13.3	43.2	0.2	1.1	17.9	8 063	239.8	100	
科威特	8.0	25.3	0.0	38.3	61.7	0.0	0.0	0.0	16 314	101.2	100	
吉尔吉斯斯坦共和国	7.6	2.8	18.3	22.9	20.8	45.5	0.1	0.0	2 015	-12.9	..	
拉脱维亚	7.9	4.6	1.8	30.5	31.9	5.1	25.9	0.0	2 876	-15.1	..	
黎巴嫩	2.3	4.8	2.8	0.0	91.5	1.4	2.7	0.0	2 142	354.9	100	
利比亚	11.5	17.8	0.0	29.4	69.7	0.0	0.9	0.0	3 688	130.1	97	
立陶宛	16.2	8.5	3.1	28.7	30.3	0.4	8.8	27.0	3 232	-19.7	..	
卢森堡	3.5	4.7	2.3	26.2	63.3	0.4	1.3	0.0	16 402	20.1	100	

(续)

	初级能源供应总量								电力消费量		电气化率
	化石燃料比重					可再生能源比重		核能比重	人均		
	年总量		占总体百分比(%)			占总体百分比(%)			占总体百分比(%)	千瓦时	变化百分比(%)	人口百分比(%)
	石油当量(百万吨)		煤	天然气	石油	水电、太阳能、风能和地热	生物和垃圾	2006					1990—2006^{a}	2000—2006^{b}
1990	2006	2006	2006	2006	2006	2006	2006	2006	1990—2006 ^a	2000—2006 ^b	
马其顿	2.7	2.8	45.4	2.4	35.0	5.5	6.0	0.0	3 496	25.3	..
马来西亚	23.3	68.3	12.0	44.4	38.8	0.9	4.1	0.0	3 388	187.5	98
马耳他	0.8	0.9	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	4 975	79.1	..
墨西哥	123.0	177.4	4.9	27.4	56.8	4.8	4.6	1.6	1 993	50.3	..
摩尔多瓦	9.9	3.4	2.5	66.7	19.4	0.2	2.2	0.0	1 516	-44.4	..
蒙古	3.4	2.8	71.7	0.0	24.0	0.0	3.8	0.0	1 297	-19.1	65
摩洛哥	7.2	14.0	27.8	3.4	63.3	1.1	3.2	0.0	685	85.8	85
莫桑比克	6.0	8.8	0.0	0.3	6.6	14.4	81.6	0.0	461	1 040.4	6
缅甸	10.7	14.3	0.8	12.4	12.7	2.0	72.1	0.0	93	104.5	11
纳米比亚	..	1.5	1.9	0.0	65.4	8.8	12.7	0.0	1 545	..	34
尼泊尔	5.8	9.4	2.7	0.0	8.6	2.4	86.2	0.0	80	129.2	33
荷兰	67.1	80.1	9.7	42.7	40.4	0.3	3.3	1.1	7 057	35.2	100
荷属安的列斯	1.5	1.7	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	5 651	59.2	..
新西兰	13.8	17.5	11.9	18.7	39.4	24.0	6.0	0.0	9 746	14.5	100
尼加拉瓜	2.1	3.5	0.0	0.0	39.0	8.7	52.2	0.0	426	44.7	69
尼日利亚	70.9	105.1	0.0	8.6	11.2	0.6	79.6	0.0	116	32.6	46
挪威	21.4	26.1	2.7	18.2	34.0	39.6	5.1	0.0	24 295	4.0	100
阿曼	4.6	15.4	0.0	67.6	32.4	0.0	0.0	0.0	4 457	107.3	96
巴基斯坦	43.4	79.3	5.4	31.6	23.9	3.5	34.9	0.8	480	73.6	54
巴拿马	1.5	2.8	0.0	0.0	71.7	11.1	17.4	0.0	1 506	76.4	85
巴拉圭	3.1	4.0	0.0	0.0	30.5	116.5	52.0	0.0	900	78.4	86
秘鲁	10.0	13.6	5.9	12.3	50.3	14.0	17.4	0.0	899	64.1	72
菲律宾	26.2	43.0	13.4	5.8	31.8	22.9	26.1	0.0	578	60.7	81
波兰	99.9	97.7	58.5	12.7	24.1	0.2	5.5	0.0	3 586	9.3	..
葡萄牙	17.2	25.4	13.0	14.3	53.8	5.1	11.9	0.0	4 799	89.0	100
卡塔尔	6.5	18.1	0.0	82.2	17.8	0.0	0.0	0.0	17 188	75.7	71
罗马尼亚	62.5	40.1	23.5	36.4	25.3	4.0	8.1	3.7	2 401	-17.9	..
俄罗斯	878.9	676.2	15.7	53.0	20.6	2.3	1.1	6.1	6 122	-8.3	..
沙特阿拉伯	61.3	146.1	0.0	36.7	63.3	0.0	0.0	0.0	7 079	77.8	97
塞内加尔	1.8	3.0	3.4	0.3	55.7	0.7	39.6	0.0	150	52.3	33
塞尔维亚	19.5	17.1	51.0	11.7	27.5	5.5	4.7	0.0	4 026	13.9	..
新加坡	13.4	30.7	0.0	20.9	79.0	0.0	0.0	0.0	8 363	72.1	100
斯洛伐克	21.3	18.7	23.9	28.8	18.3	2.1	2.6	25.4	5 136	-7.3	..
斯洛文尼亚	5.6	7.3	20.3	12.4	36.5	4.3	6.5	19.9	7 123	39.9	..
南非	91.2	129.8	71.7	2.9	12.4	0.3	10.5	2.4	4 810	8.5	70
西班牙	91.2	144.6	12.4	21.5	49.0	3.0	3.6	10.8	6 213	76.3	100
斯里兰卡	5.5	9.4	0.7	0.0	40.7	4.2	54.3	0.0	400	159.5	66
苏丹	10.7	17.7	0.0	0.0	21.8	0.7	77.5	0.0	95	91.5	30
瑞典	47.6	51.3	4.7	1.7	28.5	10.5	18.4	34.0	15 230	-3.8	100
瑞士	24.8	28.2	0.6	9.6	46.0	10.1	7.2	25.8	8 279	11.7	100
叙利亚	11.7	18.9	0.0	27.0	71.2	1.8	0.0	0.0	1 466	117.6	90
塔吉克斯坦	5.6	3.6	1.3	13.4	44.7	39.1	0.0	0.0	2 241	-33.0	..
坦桑尼亚	9.8	20.8	0.2	1.5	6.6	0.6	91.0	0.0	59	15.0	11
泰国	43.9	103.4	12.1	25.8	44.4	0.7	16.6	0.0	2 080	181.4	99
多哥	1.3	2.4	0.0	0.0	13.4	0.3	84.5	0.0	98	12.6	17
特立尼达和多巴哥	6.0	14.3	0.0	87.7	12.1	0.0	0.2	0.0	5 008	87.0	99
突尼斯	5.1	8.7	0.0	39.4	47.2	0.1	13.3	0.0	1 221	91.2	99
土耳其	52.9	94.0	28.1	27.6	33.4	5.5	5.5	0.0	2 053	130.2	..
土库曼斯坦	19.6	17.3	0.0	71.3	29.4	0.0	0.0	0.0	2 123	-7.4	..
乌克兰	253.8	137.4	29.1	42.4	10.8	0.8	0.4	17.1	3 400	-29.0	..
阿联酋	23.2	46.9	0.0	72.0	28.0	0.0	0.0	0.0	14 569	66.2	92
英国	212.3	231.1	17.9	35.1	36.3	0.3	1.7	8.5	6 192	15.6	100
美国	1 926.3	2 320.7	23.7	21.6	40.4	1.6	3.4	9.2	13 515	15.6	100
乌拉圭	2.3	3.2	0.1	3.2	64.6	9.7	14.9	0.0	2 042	63.9	95
乌兹别克斯坦	46.4	48.5	2.2	85.8	10.9	1.1	0.0	0.0	1 691	-29.1	..
委内瑞拉	43.9	62.2	0.1	37.6	50.6	11.0	0.9	0.0	3 175	28.9	99
越南	24.3	52.3	16.8	9.5	23.4	3.9	46.4	0.0	598	511.2	84
也门	2.6	7.1	0.0	0.0	98.9	0.0	1.1	0.0	190	58.9	36
赞比亚	5.5	7.3	1.4	0.0	9.7	11.0	78.2	0.0	730	-3.2	19
津巴布韦	9.4	9.6	22.2	0.0	7.1	5.0	63.3	0.0	900	4.5	34
全世界	8 637.3t	11 525.2t	26.6w	21.0w	35.7w	2.8w	9.8w	6.3w	2 750w	29.6w	..
低收入国家	400.2	575.5	7.3	19.1	7.8	3.1	53.8	0.1	311	18.7	..
中等收入国家	3 797.2	5 348.7	35.8	19.2	29.9	3.2	12.3	2.0	1 647	58.2	..
高收入国家	4 479.4	5 659.1	13.9	22.9	43.7	2.5	3.4	11.0	9 675	27.5	..
欧盟15国	1 324.2	1 542.8	20.5	24.5	40.9	2.4	5.0	15.1	7 058	25.5	..
OECD国家	4 521.8	5 537.4	20.5	21.9	39.7	2.8	3.8	11.1	8 413	24.4	..

a. 表示一定时期内变量变化的百分比。b. 可获得的最近年数据。

表 A4 自然灾害

	死亡率		受灾人口			经济损失			海岸线 千米	沿海低海拔 地区人口比重 %	沿海低海拔 地区面积比重 %
	干旱	洪水和风暴	干旱	洪水和风暴	人口比例	干旱	洪水和风暴	单次灾害 最大损失			
	人口数量		人口数量(千人)		%	(千美元)		占GDP比例	2008	2000	2000
	1971—2008 ^a	1971—2008 ^a	1971—2008 ^a	1971—2008 ^a	1971—2008 ^a	1971—2008 ^a	1971—2008 ^a	1961—2008 ^a	2008	2000	2000
安哥拉	2	7	69	18	2.2	0	263	..	1 600	5.3	0.3
阿根廷	0	13	0	355	1.1	3 158	229 348	0.8	4 989	10.9	1.9
澳大利亚	0	10	186	108	4.8	262 447	390 461	3.2	25 760	12.1	1.6
巴哈马	0	1	0	1	0.2	0	67 116	9.8	3 542	87.6	93.2
孟加拉国	0	5 673	658	8 751	9.1	0	445 576	9.8	580	45.6	40.0
伯利兹	0	2	0	8	3.6	0	14 862	200.2	386	40.3	15.6
贝宁	0	3	58	56	5.3	17	214	..	121	21.0	1.6
玻利维亚	0	22	92	62	2.4	25 411	43 050	18.7	0	0.0	0.0
巴西	1	102	993	384	1.4	124 289	157 849	1.2	7 491	6.7	1.4
柬埔寨	0	30	172	251	5.8	3 632	8 634	9.2	443	23.9	7.4
乍得	0	8	62	18	6.0	2 184	30	..	0	0.0	0.0
中国	93	1 304	9 642	53 460	5.2	522 350	4 791 624	2.9	14 500	11.4	2.0
哥斯达黎加	0	5	0	39	1.0	632	19 668	2.4	1 290	2.4	3.5
古巴	0	6	22	331	3.1	4 819	287 436	..	3 735	13.3	21.1
捷克	0 ^c	2 ^c	0 ^c	8 ^c	0.1 ^c	0 ^c	122 263 ^c	3.2	0	0.0	0.0
吉布提	0	6	26	18	8.5	0	151	..	314	40.6	1.9
多米尼克	0	1	0	3	3.5	0	7 412	100.8	148	6.7	4.5
多米尼加	0	75	0	111	1.6	0	71 240	36.4	1 288	3.3	4.7
厄瓜多尔	0	21	1	43	0.5	0	40 972	3.3	2 237	14.0	3.2
埃塞俄比亚	10 536	51	1 361	59	6.6	2 411	424	..	0	0.0	0.0
斐济	0	8	8	26	4.8	789	18 078	17.1	1 129	17.6	10.6
格鲁吉亚	0	3	18	1	0.8	5 263	15 259	26.8	310	6.2	2.2
加纳	0	7	329	94	8.1	3	882	4.5	539	3.7	1.0
格林纳达	0	1	0	2	1.6	0	23 803	205.1	121	6.4	6.5
危地马拉	1	73	5	24	0.2	632	48 434	3.9	400	1.4	2.1
圭亚那	0	1	16	12	5.7	763	16 692	56.3	459	54.6	3.7
海地	0	225	55	131	2.8	0	21 707	62.6	1 771	9.2	5.1
洪都拉斯	0	621	19	109	2.9	447	130 421	72.9	820	4.6	5.6
印度	8	2 489	25 294	22 314	7.2	61 608	1 055 375	2.5	7 000	6.3	2.5
印度尼西亚	35	182	121	206	0.3	4 216	62 572	9.3	54 716	19.6	9.3
伊朗	0	102	974	101	4.8	86 842	202 133	3.5	2 440	2.1	1.6
意大利	0	8	0	2	0.1	21 053	597 289	2.7	7 600	9.3	6.3
牙买加	0	7	0	56	2.4	158	68 304	26.1	1 022	7.9	6.9
约旦	0	1	9	0	0.2	0	26	7.5	26	0.0	0.0
肯尼亚	5	23	960	56	9.7	39	588	..	536	0.9	0.4
朝鲜	0	49	0	314	1.4	0	622 156	..	2 495	10.2	3.8
韩国	0	116	0	76	0.2	0	391 754	1.2	2 413	6.2	5.0
老挝	0	5	112	123	6.3	26	8 657	22.8	0	0.0	0.0
黎巴嫩	0	1	0	3	0.1	0	4 342	2.8	225	13.7	1.6
马达加斯加	5	54	74	231	3.6	0	55 337	14.8	4 828	5.5	2.7
马拉维	13	16	518	50	12.3	0	837	..	0	0.0	0.0
马来西亚	0	12	0	15	0.1	0	28 039	0.9	4 675	23.5	6.2
毛里求斯	0	1	0	26	2.9	4 605	16 352	21.3	177	9.4	6.1
蒙古	0	5	12	53	3.7	0	2 376	145.3	0	0.0	0.0
莫桑比克	2 633	65	455	328	13.8	1 316	22 846	9.9	2 470	11.8	3.2
尼泊尔	0	137	121	87	2.0	263	25 804	24.6	0	0.0	0.0
尼加拉瓜	0	105	15	53	1.4	474	46 256	27.7	910	2.1	6.2
尼日尔	0	3	335	10	13.2	0	295	..	0	0.0	0.0
巴基斯坦	4	273	58	1 163	1.3	6 500	120 942	10.5	1 046	2.9	2.8
秘鲁	0	55	87	75	0.7	7 526	1 916	5.2	2 414	1.8	0.5
菲律宾	0	743	172	2 743	4.5	1 696	164 362	11.0	36 289	17.7	7.7
波多黎哥	0	15	0	5	0.1	53	82 789	3.2	501	18.4	10.8
俄罗斯	0 ^c	32 ^c	26 ^c	58 ^c	0.1 ^c	0 ^c	147 461 ^c	6.9	37 653	2.4	1.7
萨摩亚	0	1	0	7	4.6	0	13 858	248.4	403	23.6	8.4
塞内加尔	0	6	199	18	11.3	9 863	1 168	13.6	531	31.5	7.5
南非	0	34	460	22	1.1	26 316	50 502	0.7	2 798	1.0	0.1
西班牙	0	22	158	21	2.5	280 526	245 471	2.4	4 964	7.7	1.3
斯里兰卡	0	45	165	282	3.1	0	12 049	3.7	1 340	11.8	8.3
圣卢西亚	0	2	0	2	1.9	0	29 731	365.0	158	4.3	4.1
苏丹	3 947	19	611	155	6.0	0	14 505	1.1	853	0.6	0.1
斯威士兰	13	1	43	24	18.3	46	1 426	10.7	0	0.0	0.0
塔吉克斯坦	0 ^c	39 ^c	100 ^c	19 ^c	2.9 ^c	1 500 ^c	12 037 ^c	15.7	0	0.0	0.0
坦桑尼亚	0	15	210	22	2.0	0	179	..	1 424	2.3	0.3
泰国	0	95	618	929	2.2	11 166	132 709	..	3 219	26.3	6.9
突尼斯	0	8	1	7	0.1	0	8 889	7.8	1 148	14.8	3.3
美国	0	272	0	672	0.1	187 763	12 104 146	1.0	19 924	8.1	2.6
瓦努阿图	0	3	0	6	4.4	0	5 395	139.9	2 528	4.5	7.4
委内瑞拉	0	801	0	20	0.1	0	84 697	3.3	2 800	6.8	3.6
越南	0	393	161	1 749	3.0	17 082	157 603	..	3 444	55.1	20.2
津巴布韦	0	4	365	9	10.7	67 105	7 308	29.3	0	0.0	0.0

a. 1971—2008 年间变量的年平均均值。

b. 1911—2008 年间单次灾害造成的最大损失。

c. 1990 年前的数据是根据 EAI-DAT 中南斯拉夫、捷克斯洛伐克和苏联的详细灾害信息得出。

表 A5 土地、水和农业

	耕地面积 (百万公顷)	灌溉土地比重 农田百分比	水产养殖产量 (百万美元)	预计到 2050 年的实际影响				预计对农业影响	
				温度变化	热浪持续 时间的变化	降水量	降水强度	农业产出	农业收益
				°C	天数	变化率(%)		变化率(%)	
				2000—2050	2000—2050	2000—2050 ^a	2000—2050 ^a	2000—2080 ^a	2000—2050 ^a
阿尔及利亚	7.5	6.9	0.9	1.9	22.2	-4.9	7.2	-36.0	-6.7
阿根廷	28.5	..	16.7	1.2	5.9	0.7	3.5	-11.1	-13.8
澳大利亚	49.4	5.0	478.8	1.5	10.9	-1.4	2.1	-26.6	-16.4
白俄罗斯	8.0	56.1	1 522.6	1.4	8.7	1.4	5.4	-21.7	8.9
孟加拉国	5.5	2.0	1.8	1.7	28.8	2.7	4.9	..	29.6
玻利维亚	3.1	4.1	2.0	1.6	16.4	-0.9	2.5	..	-13.7
巴西	59.0	4.4	598.0	1.5	13.5	-2.0	3.0	-16.9	-16.1
保加利亚	3.2	16.6	18.2	1.7	27.2	-4.3	3.0	..	-7.0
布基纳法索	4.8	0.5	0.9	1.4	5.7	0.3	0.0	-24.3	-4.4
柬埔寨	3.7	7.0	7.6	1.2	4.0	3.3	1.7	-27.1	-19.3
喀麦隆	6.0	0.4	0.8	1.3	2.0	0.9	3.0	-20.0	-6.6
加拿大	45.7	1.5	788.2	2.1	28.2	8.5	4.9	-2.2	19.5
智利	2.0	81.0	5 314.5	1.2	4.9	-3.5	1.2	-24.4	47.7
中国	143.3	35.6	44 935.2	1.7	16.1	4.5	5.4	-7.2	8.4
哥伦比亚	2.0	24.0	277.2	1.4	4.0	1.2	2.4	-23.2	-3.3
刚果(金)	6.7	0.1	7.4	1.4	2.0	0.8	3.1	-14.7	-7.0
科特迪瓦	3.5	1.1	2.2	1.3	1.9	-0.3	-0.2	-14.3	-12.9
古巴	3.7	19.5	35.0	1.1	2.0	-12.0	-0.9	-39.3	-18.1
捷克	3.0	0.7	49.5	1.7	20.3	0.3	4.6	..	14.3
丹麦	2.2	9.0	11.4	1.4	11.0	5.0	5.8	..	16.1
埃及	3.0	100.0	1 192.6	1.6	14.7	-7.0	-1.6	11.3	-27.9
爱沙尼亚	13.1	2.5	..	1.4	3.1	2.4	5.0	-31.3	0.5
芬兰	2.2	2.9	63.8	2.1	29.6	5.6	4.4	..	15.7
法国	18.5	13.3	757.2	1.5	12.3	-3.5	3.2	-6.7	-2.6
德国	11.9	4.0	191.1	1.5	14.8	2.4	5.0	-2.9	9.5
加纳	4.2	0.5	2.5	1.3	1.3	-1.0	0.8	-14.0	-10.1
希腊	2.6	37.9	533.3	1.7	16.0	-10.9	1.8	-7.8	-3.5
匈牙利	4.6	3.1	4.6	1.9	25.0	-1.3	6.5	..	-10.8
印度	159.7	32.9	4 383.5	1.6	10.8	1.9	2.7	-38.1	-12.2
印度尼西亚	23.0	12.4	2 854.9	1.2	0.4	1.8	2.5	-17.9	-17.7
伊朗	16.5	47.0	451.1	1.8	19.9	-15.6	4.2	-28.9	-7.3
伊拉克	5.8	58.6	35.8	1.8	22.3	-13.3	6.1	-41.4	-18.5
意大利	7.7	25.8	757.4	1.5	12.3	-7.0	4.6	-7.4	-2.7
日本	4.4	35.1	4 279.9	1.4	4.0	0.5	3.8	-5.7	0.6
哈萨克斯坦	22.4	15.7	0.9	1.8	28.5	5.6	5.0	11.4	7.7
肯尼亚	5.3	1.8	6.3	1.2	2.5	7.5	8.0	-5.5	6.1
朝鲜	2.8	50.3	32.6	1.7	10.0	6.0	7.0	-7.3	-0.7
马达加斯加	3.0	30.6	47.5	1.2	2.1	-4.1	1.1	-26.2	-0.5
马拉维	2.6	2.2	3.6	1.4	7.5	-0.1	2.4	-31.3	-3.0
马里	4.8	4.9	0.6	1.7	16.1	8.4	3.8	-35.6	-9.6
墨西哥	25.0	22.8	535.5	1.6	16.8	-7.2	1.6	-35.4	-0.5
摩洛哥	8.5	15.4	6.9	2.1	21.1	-16.8	5.3	-39.0	-25.2
莫桑比克	4.4	2.6	4.6	1.3	5.9	-2.7	1.4	-21.7	-10.4
缅甸	10.1	17.0	1 862.4	1.3	8.6	1.9	3.7	-39.3	-15.4
尼泊尔	2.4	47.1	43.7	1.7	21.8	3.6	4.9	-17.3	-10.6
尼日尔	14.5	0.5	0.9	1.6	16.1	5.6	2.5	-34.1	-1.7
尼日利亚	32.0	0.8	24.8	1.3	4.1	0.6	1.1	-18.5	-9.9
巴基斯坦	21.3	82.0	214.2	1.8	19.8	-3.0	3.5	-30.4	-32.9
秘鲁	3.7	27.8	271.8	1.5	5.0	1.2	3.3	-30.6	0.6
菲律宾	5.7	14.5	1 371.4	1.2	1.3	2.1	1.7	-23.4	-14.3
波兰	12.1	..	15.0	1.7	21.6	1.8	4.4	-4.7	16.7
罗马尼亚	9.3	5.8	22.5	1.7	28.9	-4.2	5.3	-6.6	-8.1
俄罗斯	121.8	3.7	326.1	2.2	29.5	8.8	5.5	-7.7	11.0
沙特阿拉伯	3.5	42.7	186.4	1.8	13.9	-10.5	1.8	-21.9	-28.3
塞内加尔	2.6	4.8	0.2	1.6	6.0	-1.9	3.1	-51.9	-19.3
南非	14.8	9.5	33.3	1.5	9.5	-4.5	1.4	-33.4	-5.2
西班牙	13.7	20.3	384.2	1.6	15.2	-11.9	0.9	-8.9	-1.3
苏丹	19.4	10.2	3.8	1.6	9.5	-0.6	-0.1	-56.1	-7.0
瑞典	2.7	4.3	21.4	1.8	22.0	5.1	5.3	..	19.8
叙利亚	4.9	24.3	24.8	1.7	23.4	-13.6	3.7	-27.0	-4.5
坦桑尼亚	9.2	1.8	0.1	1.3	2.3	4.4	6.0	-24.2	-2.0
泰国	14.2	28.2	2 432.8	1.2	8.1	2.7	2.2	-26.2	-15.9
多哥	2.5	0.3	12.0	1.3	1.5	-2.0	-0.5	..	-14.0
土耳其	23.8	20.0	64.6	1.7	24.3	-10.2	1.0	-16.2	-1.0
乌干达	5.4	0.1	115.7	1.3	1.7	3.4	6.6	-16.8	-5.0
乌克兰	32.5	6.6	76.9	1.7	28.5	-0.7	4.0	-5.2	-7.4
英国	5.7	3.0	927.9	1.1	5.1	2.5	3.7	-3.9	3.2
美国	174.4	12.5	944.6	1.8	24.4	2.7	4.0	-5.9	-1.7
乌兹别克斯坦	4.7	84.9	2.4	1.7	21.5	-0.1	3.4	-12.1	-2.8
委内瑞拉	2.7	16.9	65.8	1.6	10.3	-6.4	1.1	-31.9	-9.8
越南	6.6	33.7	4 544.8	1.2	7.3	3.6	1.7	-15.1	-11.4
赞比亚	5.3	2.9	8.7	1.5	8.1	0.6	3.9	-39.6	1.3
津巴布韦	3.2	5.2	5.1	1.5	12.3	-3.7	4.8	-37.9	-10.6

a. 在给定期限内变量改变的百分比变动。

表 A6 国家财富

	总财富	生产资本和 城市土地	无形资本	自然资本	牧场	农田	受保护区域	经济林 资源	木材资源	底土资产
	美元/人	美元/人	美元/人	美元/人	美元/人	美元/人	美元/人	美元/人	美元/人	美元/人
	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
阿尔及利亚	18 491	8 709	-3 418	13 200	426	859	161	16	68	11 670
阿根廷	139 232	19 111	109 809	10 312	2 754	3 632	350	219	105	3 253
澳大利亚	371 031	58 179	288 686	24 167	5 590	4 365	1 421	551	748	11 491
奥地利	493 080	73 118	412 789	7 174	2 008	1 298	2 410	144	829	485
孟加拉国	6 000	817	4 221	961	52	810	9	2	4	83
比利时	451 714	60 561	388 123	3 030	2 161	575	0	20	254	20
玻利维亚	18 141	2 110	11 248	4 783	541	1 550	232	1 426	100	934
巴西	86 922	9 643	70 528	6 752	1 311	1 998	402	724	609	1 708
保加利亚	25 256	5 303	16 505	3 448	1 108	1 650	217	102	126	244
布基纳法索	5 087	821	3 047	1 219	191	547	100	142	239	0
喀麦隆	10 753	1 749	4 271	4 733	179	2 748	187	357	348	914
加拿大	324 979	54 226	235 982	34 771	1 631	2 829	5 756	1 264	4 724	18 566
乍得	4 458	289	2 307	1 861	316	787	80	366	311	0
智利	77 726	10 688	56 094	10 944	1 001	2 443	1 095	231	986	5 188
中国	9 387	2 956	4 208	2 223	146	1 404	27	29	106	511
哥伦比亚	44 660	4 872	33 241	6 547	978	1 911	253	266	134	3 006
科特迪瓦	14 243	997	10 125	3 121	72	2 568	11	102	367	2
多米尼加	33 410	5 723	24 511	3 176	386	1 980	461	37	27	286
厄瓜多尔	33 745	2 841	17 788	13 117	1 065	5 263	1 057	193	335	5 205
埃及	21 879	3 897	14 734	3 249	0	1 705	0	0	0	1 544
埃塞俄比亚	1 965	177	992	796	197	353	167	16	63	0
法国	468 024	57 814	403 874	6 335	2 091	2 747	1 026	77	307	87
德国	496 447	68 678	423 323	4 445	1 586	1 176	1 113	39	263	269
加纳	10 365	686	8 343	1 336	43	855	7	76	290	65
希腊	236 972	28 973	203 445	4 554	573	3 424	57	101	82	318
危地马拉	30 480	3 098	24 411	2 971	218	1 697	181	57	517	301
海地	8 235	601	6 840	793	112	668	3	3	8	0
匈牙利	77 072	15 480	56 645	4 947	1 131	2 721	366	42	152	536
印度	6 820	1 154	3 738	1 928	192	1 340	122	14	59	201
印度尼西亚	13 869	2 382	8 015	3 472	50	1 245	167	115	346	1 549
伊朗	24 023	3 336	6 581	14 105	611	1 989	109	26	0	11 370
意大利	372 666	51 943	316 045	4 678	1 083	2 639	543	51	0	361
日本	493 241	150 258	341 470	1 513	316	710	364	56	38	28
肯尼亚	6 609	868	4 374	1 368	529	361	113	129	235	1
朝鲜	141 282	31 399	107 864	2 020	275	1 241	441	30	0	33
马达加斯加	5 020	395	2 944	1 681	345	955	36	171	174	0
马拉维	5 200	542	3 873	785	45	474	26	56	184	0
马来西亚	46 687	13 065	24 520	9 103	24	1 369	161	188	438	6 922
马里	5 241	621	2 463	2 157	295	1 420	44	276	121	0
墨西哥	61 872	18 959	34 420	8 493	721	1 195	176	128	199	6 075
摩洛哥	22 965	3 435	17 926	1 604	453	993	7	24	22	106
莫桑比克	4 232	478	2 695	1 059	57	261	9	392	340	0
尼泊尔	3 802	609	1 964	1 229	111	767	81	38	233	0
荷兰	421 389	62 428	352 222	6 739	3 090	1 035	527	7	27	2 053
尼日尔	3 695	286	1 434	1 975	187	1 598	152	28	9	1
尼日利亚	2 748	667	-1 959	4 040	78	1 022	6	24	270	2 639
巴基斯坦	7 871	975	5 529	1 368	448	549	94	4	7	265
秘鲁	39 046	5 562	29 908	3 575	341	1 480	98	570	153	934
菲律宾	19 351	2 673	15 129	1 549	45	1 308	59	17	90	30
葡萄牙	207 477	31 011	172 837	3 629	934	1 724	385	107	438	41
罗马尼亚	29 113	8 495	16 110	4 508	1 154	1 602	175	65	290	1 222
俄罗斯	38 709	15 593	5 900	17 217	1 342	1 262	1 317	1 228	292	11 777
卢旺达	5 670	549	3 055	2 066	98	1 849	27	9	81	2
塞内加尔	10 167	975	7 920	1 272	196	608	78	147	238	4
南非	59 629	7 270	48 959	3 400	637	1 238	51	46	310	1 118
西班牙	261 205	39 531	217 300	4 374	971	2 806	360	105	81	50
斯里兰卡	14 731	2 710	11 204	817	84	485	166	24	58	0
瑞典	513 424	58 331	447 143	7 950	1 676	1 120	1 549	908	2 434	263
叙利亚	10 419	3 292	-1 598	8 725	730	1 255	0	6	0	6 734
泰国	35 854	7 624	24 294	3 936	96	2 370	855	55	92	469
突尼斯	36 537	6 270	26 328	3 939	736	1 546	8	12	27	1 610
土耳其	47 859	8 580	35 774	3 504	861	2 270	86	34	64	190
英国	408 753	55 239	346 347	7 167	1 291	583	495	14	44	4 739
美国	512 612	79 851	418 009	14 752	1 665	2 752	1 651	238	1 341	7 106
委内瑞拉	45 196	13 627	4 342	27 227	581	1 086	1 793	464	0	23 302
赞比亚	6 564	694	4 091	1 779	98	477	78	716	276	134
津巴布韦	9 612	1 377	6 704	1 531	258	350	70	341	211	301
全世界	95 860	16 850	74 998	4 011	536	1 496	322	104	252	1 302
低收入国家	7 532	1 174	4 434	1 925	189	1 143	111	48	109	325
中等收入国家	27 616	5 347	18 773	3 426	407	1 583	129	120	169	1 089
高收入国家 (OECD)	439 063	76 193	353 339	9 531	1 552	2 008	1 215	183	747	3 825

表 A7 创新、研究和开发

	研发支出	研发部门的 研究人员数	三方专利族	知识经济	最新技术可得性	公司层面技术 吸收能力
	占 GDP 比重	每百万人	每百万人	指数	指数	指数
	2005—2006 ^a	2005—2006 ^a	2005	2008	2008—2009 ^a	2007—2009 ^a
奥地利	2.4	3 473	39.7	8.9	6.2	6.2
比利时	1.9	3 188	34.4	8.7	6.1	5.5
加拿大	2.0	..	24.0	9.2	6.2	5.6
中国	1.3	..	0.3	4.4	4.2	5.1
捷克	1.4	2 371	..	7.8	5.1	5.4
丹麦	2.5	5 202	42.2	9.6	6.5	6.2
爱沙尼亚	0.9	2 478	..	8.3	5.8	5.5
芬兰	3.5	7 545	53.0	9.4	6.6	6.1
法国	2.1	3 353	39.4	8.5	6.2	5.6
德国	2.5	3 359	76.4	8.9	6.2	6.0
希腊	0.5	1 744	..	7.4	4.7	4.4
匈牙利	0.9	1 574	4.1	7.9	4.7	4.7
冰岛	2.8	7 287	..	8.9	6.7	6.6
印度	..	..	0.1	3.1	5.2	5.5
爱尔兰	1.3	2 797	15.0	8.9	5.5	5.5
以色列	4.5	..	60.3	8.2	6.1	6.0
意大利	1.1	1 407	12.3	7.9	4.7	4.6
日本	3.3	5 512	117.2	8.6	6.2	6.3
朝鲜	3.0	3 756	58.4	7.7	5.8	5.8
科威特	..	74	..	6.0	5.4	5.5
立陶宛	0.8	2 230	..	7.7	5.0	5.0
卢森堡	1.6	4 877	50.5	8.7	5.7	5.5
马其顿	0.2	547	..	5.3	3.6	3.4
荷兰	1.7	2 477	66.9	9.3	6.2	5.5
新西兰	1.2	4 207	15.3	8.9	..	5.5
挪威	1.5	4 668	25.6	9.3	6.4	6.1
波兰	0.1	1 627	..	7.4	4.4	4.7
葡萄牙	..	2 007	..	7.5	5.7	5.4
俄罗斯	1.1	3 227	0.4	5.4	3.9	4.1
新加坡	2.4	5 497	24.3	8.2	6.2	6.0
斯洛伐克	0.5	2 027	..	7.3	5.1	5.4
斯洛文尼亚	1.5	2 627	..	8.3	5.1	4.9
南非	0.9	361	0.6	5.6	5.4	5.5
西班牙	1.1	2 528	4.5	8.2	5.2	5.0
瑞典	3.9	6 095	81.0	9.5	6.6	6.2
瑞士	..	..	107.6	9.2	6.4	6.2
突尼斯	1.0	1 450	..	4.7	5.4	5.4
乌克兰	1.0	..	..	5.8	4.2	4.5
英国	1.8	2 995	27.4	9.1	6.2	5.6
美国	2.6	4 651	53.1	9.1	6.5	6.3

注释：表格中 40 个国家的筛选依据是表格中所涉及的 6 个变量中至少 4 个有数据。

a. 表中数据可获得的最近年份的数据。

定义和说明

表 A1 能源相关的排放和碳密度

列	指标	注释
二氧化碳排放量		
1, 2	年排放总量 (百万公吨)	能源部门二氧化碳 (CO ₂) 排放总量, 包括电力和热力生产部门, 制造业和建筑业, 天然气、运输业以及世界资源研究所 (2008) 涉及的其他行业, 占全球能源相关 CO ₂ 排放总量 4% 的工业生产排放 (主要是水泥生产) 不包括在内。我们使用 2005 年全球 CO ₂ 排放量将表格缩短到了 65 个经济体, 这 65 个经济体贡献了该年度全球能源部门 CO ₂ 排放量的 96%。总量是以全球 210 个国家计算的。
2, 3	变化比率 (%)	1990 年 (基年) 至 2005 年能源相关 CO ₂ 排放变化比率。
4, 5	人均排放量 (公吨)	年排放总量除以年中人口数 (世界银行 2009), 表示为每人的 CO ₂ 的排放量。
6	占全世界排放总量比重 (%)	衡量一国、地区或收入群体 CO ₂ 排放量占世界总排放量的比重。
7	1850 年以来的累计排放量 (十亿公吨)	美国能源部 (2009) 统计的 1850 年至 2005 年 CO ₂ 累积排放量。排放源包括燃烧固体、液体和气体燃料, 以及水泥生产和天然气燃烧。为保持历史一致性, 采用燃料产量数据而不是消耗量数据。CO ₂ 排放量不包括以垃圾、农业、土地使用和国际运输用油的排放。累积排放量覆盖年限基于数据的可获得性, 最大的 25 个排放国的数据从 1850 年开始, 较小排放国和岛国的数据开始时间在 1900 年到 1950 年之间。
8, 9	非 CO ₂ 排放 (甲烷、一氧化二氮) 年排放总量 (百万公吨 CO ₂ 当量)	世界资源研究所 (2008 年) 统计的能源部门所排放甲烷 (CH ₄) 和一氧化二氮 (N ₂ O) 总量, 以二氧化碳当量计。这一指标包括生物燃烧, 石油和天然气系统, 煤炭开采以及其他固定和移动的来源造成的排放。二氧化碳当量 (CO ₂ e) 是指与一定量的温室气体混合物产生相同的温室效果的 CO ₂ 的量 (见术语表)。
10, 11	碳密度能源 (吨 CO ₂ /吨石油当量)	CO ₂ 的排放量比能源生产量。这个比率用来衡量能源生产的清洁程度, 表示每吨原油当量 (国际能源局 2008a, 2008b) 的 CO ₂ 排放量 (世界资源研究所 2008)。
12, 13	碳密度收入 (吨 CO ₂ /购买力平价下国内生产总值的千美元)	CO ₂ 的排放量比国内生产总值。这个指标用来衡量经济的清洁程度, 表示每 1 000 美元 PPP 国内生产总值的 CO ₂ 排放量。排放量数据来自世界资源研究所 (2008), 国内生产总值数据来自世界银行 (2009)。

表 A2 基于土地的排放

表 A2.a 毁林造成的 CO₂ 排放量

列	指标	注释
1, 2	年均 CO ₂ 排放量 (百万吨) 和排名	对毁林造成的 CO ₂ 排放量的估计, 基于霍顿 (2009) 数据和《2005 年联合国森林资源评估》(世界粮农组织 2005) 对热带森林覆盖率变化的估计。对毁林造成的 CO ₂ 排放的估计在不同时间有很大不同, 这也是由于数据的不确定性造成的: 对于毁林率和转做其他用途的森林碳储量的不同估计大为不同。为了说明年际总体趋势, 测度不确定性, 本报告的数据皆基于 1990 年至 2005 年年平均排放数据。如表所示, 2005 年, 因砍伐森林造成 CO ₂ 排放量最多的 25 个国家的排放量占全世界排放总量的 95%。发达国家的森林保有量基本没有变化, 并略有增长。本排名依据为 1990 年至 2005 年间年平均排放量。
3, 4	人均 CO ₂ 排放量 (吨) 和排名	将毁林造成的年均排放量除以年中人口数, 表示平均每人负担的因毁林造成的 CO ₂ 排放量。人口数字来源于世界银行 (2009)。人均排放量排名共统计 186 个国家 (参见第 1 章, 图 1.1)。
5	平均占总排放量的比重 (%)	衡量 1990 年至 2005 年各国毁林造成的 CO ₂ 排放占全球同类排放的比例。

表 A2. b 农业造成的非 CO₂ 排放量

列	指标	注释
1, 2	年排放量 (百万吨 CO ₂ e)	世界资源研究所 (2008) 提供的农业部门的甲烷和一氧化二氮排放量, 以 CO ₂ e 计。二氧化碳当量 (CO ₂ e) 是指与一定量的温室气体混合物产生相同的温室效果的二氧化碳的量 (见术语表)。农业的排放主要源于水稻种植、农业土壤、施肥和牲畜肠内发酵 (打嗝)。根据政府间气候变化专门委员会的碳排放源分类, 农业部门中燃料燃烧产生的碳排放被归为能源部门, 而不是农业部门。表中所示的最大的 25 个排放国, 其排放量占全球排放总量的近 70%。
3	占总排放量的比重 (%)	衡量某一国家或地区农业部门造成的排放占全球同类排放的比重。
4-7	人均排放量 (百万吨 CO ₂ e) 和排名	将 1990 年和 2005 年农业部门造成的年均排放量除以年中人口数 (世界银行 2009), 表示平均每人负担的 CO ₂ e。人均排放量排名统计超过 200 个国家。

表 A3 初级能源供应总量

列	指标	注释
1, 2	每年初级能源供应总量 (百万吨石油当量)	初级能源供应总量 (TPES) 是一种衡量商业能源消费量的手段。TPES 是本地能源产量、进口、库存变化之和减去出口和国际航运船舶存油。TPES 构成中, 化石燃料比重下降, 可再生能源比重上升, 是某国向绿色经济转型的重要指标。样本共包括 135 个国家, 其中 OECD 国家数据来源于国际能源局 (2008a), 非 OECD 国家的数据来源于国际能源局 (2008b)。
3-5	初级能源供应总量中化石燃料的比重 (%)	化石燃料在总能源中所占比重, 包括煤、石油和天然气。其中, 煤炭包括煤及煤产品 (能源 2008a, 2008b)。石油包括原油、液化天然气、原料和石油产品。天然气仅指天然气。
6, 7	初级能源供应总量中可再生能源的比重 (%)	初级能源供应中水电、太阳能、风能、地热能、生物质和垃圾利用产生的能量所占的比重 (国际能源局 2008a, 2008b)。生物质, 也被称为传统燃料, 是由动物和植物材料组成 (木材、植物废料、乙醇、动物材料/废料, 以及亚硫酸盐碱液)。垃圾包括城市垃圾 (居住、商务和公共服务部门产生的垃圾, 由市政当局收集并集中处理, 用以供热或供电) 和工业垃圾。
8	初级能源供应总量中核能所占比重 (%)	初级能源总供应中来自核能发电的比重 (国际能源局 2008a, 2008b)。
9, 10	人均电力消费量 (千瓦时)	根据国际能源局 (2008c, 2008d) 数据计算的人均电力消费量衡量某一国家或地区人均电力生产量。既包括各种公共和私人电厂, 也包括热电联产电厂, 还包括由核能、水电 (不包括抽水蓄能电站)、地热、风电、太阳能和其他可再生能源生产的电力。化学过程生热而产生的电能不包括在内。电力消费量等于电力生产总量加上进口量再减去出口量和输送损失。
11	电气化率 (%)	根据国际能源局 (2008c, 2008d) 数据算得的 2000 年至 2006 年间能够用上电的人口比重。

表 A4 自然灾害

列	指标	注释
1, 2	死亡人数 (人)	死亡人数为 CRED (2009) 统计的在一次灾害 (包括干旱、洪水和风暴) 发生后, 被确认死亡或由于失踪被认定死亡的人数 (在官方数据可获取时采用官方数据)。数值为 1971 年至 2008 年每年平均数。
3 - 5	受灾人口数 (千人)	受灾人口数为 CRED (2009) 统计的在一次灾害 (包括干旱、洪水和风暴) 发生后, 受伤、无家可归和需要紧急援助的人口数, 同时包括被疏散的人口数。数值为 1971 年至 2008 年每年平均数。
6, 7	经济损失 (千美元)	经济损失为 CRED (2009) 统计的由灾害事件造成的损失。数值为 1971 年至 2008 年每年平均数。
8	单次灾害最大损失 (占 GDP 的比重)	1961 年到 2008 年由单次灾害造成的最大损失 (Mehler 等 2009)。表中列出了这个时期至少发生一次单次灾害损失超过 GDP 的 8% 的经济体。灾害类型包括干旱、洪水、风暴、寒流和森林火灾。单次灾害最大损失被界定为以美元计的单次灾害全部损失 (CRED 2009) 除以国内生产总值 (世界银行, 2009)。
9	海岸线 (公里)	海岸线指美国中央情报局 (2009) 统计的陆地 (包括岛屿) 与海洋边界总长度。
10	沿海低海拔地区人口比重 (%)	根据国际地球科学信息网络集团 (CIESIN 2006) 的界定, 为在沿海低海拔地区 (定义为沿岸海拔小于等于 10 米的区域) 居住人口占总人口的比重。
11	沿海低海拔地区面积比重 (%)	根据国际地球科学信息网络集团 (CIESIN 2006) 的界定, 为在沿海低海拔地区 (定义为沿岸海拔小于等于 10 米的区域) 面积占总面积的比重。

表 A5 土地, 水和气候变化的预计影响

列	指标	注释
1	耕地面积 (百万公顷)	耕地面积是指适宜播种各种轮作作物的土地, 如小麦、玉米和水稻。世界银行 (2009)。
2	灌溉土地比重 (占总耕地的百分比/%)	世界银行 (2009) 统计的灌溉农田占农田总面积的比重。
3	水产养殖业产量 (百万美元)	水产养殖生产包括在咸水、淡水和海洋环境养殖各种鱼类、软体动物、甲壳类动物和水生植物等水生生物, 既包括内陆水域也包括海洋水域。水产养殖产业产量是特指水产养殖活动最终产品的产出。数据来源于世界粮农组织 (2009)。
4 - 7	预计到 2050 年的实际影响	预计到 21 世纪中叶, 气候变化造成的实际影响。选定的指标包括年平均气温变化, 降水量和降水强度的变化, 以及热浪的持续时间的变化。这些预测取自政府间气候变化专门委员会《第四次评估报告》(IPCC 2007) 19 个循环模型结论的平均值。相对于 1980 年至 1999 年间的情况, 估计了 2030 年至 2049 年间会发生的变化。指标按照各国面积加权平均。
8, 9	预计对农业的影响	根据 Cline (2007) 的“首选估计”, 2000 年至 2008 年间的农业产出的变化比率 (定义为每公顷收入)。根据 Müller 等 (2009), 对农业产量的影响定义为小麦、大米、玉米、谷子、紫花豌豆、甜菜、甘薯、大豆、花生、葵花子、油菜子等作物产量从 2000 年到 2050 年的平均变化率。

表 A6 国家财富

列	指标	注释
1	总财富 (美元/人)	过去国家创造的财富总量, 反映所有商品、资源和服务的价值, 其中包括自然、人造无形资产。自然资本的子类别包括森林、土壤和农业资源, 反映该国对自然资源的依赖程度, 以及对气候变化的承受能力。所有指标单位皆是美元/人, 为总价值除以年中人口 (世界银行 2005)。
2	生产资本 (美元/人)	生产资本包括机器、设备、建筑物和城市土地。
3	无形资产 (美元/人)	无形资产包括原始劳动、人力资本、社会资本和诸如制度质量的其他因素。无形资产为社会总资本与生产资本和自然资本总和之差。
4	自然资本 (美元/人)	自然资本包括能源资源 (石油、天然气、硬煤和褐煤)、矿产资源 (铝土矿、铜、金、铁、铅、镍、磷、银、锡、锌)、木材资源、经济林资源、农田、牧场和保护区。
5	牧场 (美元/人)	与牧场有关的自然资本, 反映牧场每年创造产品的价值。假定牧场的收益占产出总额的 45%, 这是基于牛肉、羊肉、奶和羊毛等产品的国际市场价格。
6	农田 (美元/人)	与耕地相关的自然资源, 反映每年可用耕地的农业产量。农田的收益为作物的市场价值与作物生产成本之差。
7	受保护区域 (美元/人)	与保护区有关的自然资本, 反映了保护区每年创造的价值, 包括娱乐、旅游和其他现存价值。
8	经济林资源 (美元/人)	经济林资源的效益包括林副产品、狩猎、娱乐和分水岭保护。每年收益基于如下假设: 每个国家都有 1/10 的森林可以获得从发达国家的每公顷 190 美元收益到发展中国家的每公顷 145 美元收益。
9	木材资源 (美元/人)	木材资源是指针叶树和非针叶树圆材 (原木) 制品。由于木材价值根据市场价值来估计, 因此能够提供木材的森林和不能提供木材的森林便被明确区别开来。能够提供木材的森林是指基础设施方圆 50 公里以内的森林。
10	底土资产 (美元/人)	底土资产是指在目前的价格水平和技术条件下, 已被证实具有经济开采价值的, 存于地表或地下的矿藏。

表 A7 创新、研究和开发

列	指标	注释
1	R&D 支出 (占 GDP 比重%)	研发支出 (R&D) 是用于系统性创新工作的现期资本支出, 这种创造性工作增加人类知识, 包括人文、文化和社会的知识, 以及知识的新应用。研发涵盖基础研究, 应用研究和实验发展。研发支出比重指的是某一年总研发支出除以 GDP, 数据来自世界银行。
2	研发部门的研究人员数 (每百万人)	每百万人中从事研究开发工作的研究人员数。
3	三方专利族 (每百万人)	定义为由欧洲专利局、日本专利局、美国专利和商标局为单个发明批准的专利。这是衡量专利申请数和人均专利数的很好指标 (OECD 2008)。
4	知识经济指数	知识经济指数 (世界银行 2008) 是一个基于世界银行知识评估方法 2008 (KAM) 的总指数, 代表着一个国家或地区实现知识经济的准备水平。KEI 是 4 个次级指标的简单平均, 分别代表着知识经济的 4 个支柱: (1) 经济激励和体制制度; (2) 教育和培训; (3) 创新和技术应用; (4) 信息和通信技术基础设施。
5	最新技术的可得性指数	该指数指示该国的最新技术的可得性, 该指数介于 1 (技术没有被广泛使用) 和 7 (技术被广泛使用) 之间。完整的国家名单参见世界经济论坛 (2009)。
6	公司层面技术吸收能力指数	该指数指代该国吸收新技术的能力。该指数介于 1 (不能吸收新技术) 和 7 (积极吸收新技术) 之间。完整的国家名单参见世界经济论坛 (2009)。

符号和总量指标

.. 表示数据无法获得或者该总量因为数据缺失而无法计算。

0 或 0.0 表示数据为 0 或少于单位一半。

当按级别表示时，总量核算就是把各地区和收入群体数据简单相加。总增长率和比率通常以加权平均的方式计算。

各经济体的汇总数值可能是总数（如果总数包括对缺少数据及未报告数据国家的估计数值，标以 t，如果只是简单加总，标以 s）、加权平均数（w）或中位数（m）。汇总数值包括那些不在主表上国家的数据。

参考文献

- CIA. 2009. "The World Factbook 2009." Washington, DC: Central Intelligence Agency. Available at <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/index.html> (accessed July 2009).
- CIESIN. 2006. "Low Elevation Coastal Zone (LE CZ) Urban-Rural Estimates, Global Rural-Urban Mapping Project (GRUMP), Alpha Version." Palisades, NY: Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC), Columbia University. Available at <http://sedac.ciesin.columbia.edu/gpw/lecz> (accessed July 2009).
- Cline, W. R. 2007. *Global Warming and Agriculture: Impact Estimates by Country*. Washington, DC: Center for Global Development and Peterson Institute for International Economics.
- CRED. 2008. "EM-DAT: The OFDA/CRED International Emergency Disaster Database." Brussels, Belgium: Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), Université Catholique de Louvain - Ecole de Santé Publique.
- DOE (U.S. Department of Energy). 2009. "Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC)." DOE, Oak Ridge, TN.
- FAO. 2009. "Global Aquaculture Production 1950–2007." Rome, Italy: UN Food and Agriculture Organization Fisheries and Aquaculture Department. Available at <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/query/en> (accessed July 2009).
- Houghton, R. A. 2009. "Emissions of Carbon from Land Management." Background note for the WDR 2010.
- IEA (International Energy Agency). 2002. *World Energy Outlook 2002*. Paris: IEA.
- . 2006. *World Energy Outlook 2006*. Paris: IEA.
- . 2008a. *Energy Balances of Non-OECD Countries—2008 Edition*. Paris: IEA.
- . 2008b. *Energy Balances of OECD Countries—2008 Edition*. Paris: IEA.
- . 2008c. *Energy Statistics of Non-OECD Countries—2008 Edition*. Paris: IEA.
- . 2008d. *Energy Statistics of OECD Countries—2008 Edition*. Paris: IEA.
- Mechler, R., S. Hochrainer, G. Pflug, K. Williges, and A. Lotsch. 2009. "Assessing the Financial Vulnerability to Climate-Related Natural Hazards." Background paper for the WDR 2010.
- Müller, C., A. Bondeau, A. Popp, K. Waha, and M. Fader. 2009. "Climate Change Impacts on Agricultural Yields." Background note for the WDR 2010.
- OECD. 2008. *Compendium of Patent Statistics 2008*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.
- . 2009. "OECD Science and Technology Database - Main Science and Technology Indicators." Paris, Organisation for Economic Co-operation and Development. Available at <http://www.sourceoecd.org> (accessed July 2009).
- World Bank. 2005. *Where is the Wealth of Nations? Measuring Capital for the 21st Century*. Washington, DC: World Bank.
- . 2008. "Knowledge Assessment Methodology - Knowledge Economy Index (KEI)." Washington, DC: World Bank. Available at http://info.worldbank.org/etools/kam2/KAM_page5.asp (accessed August 2009).
- . 2009. *World Development Indicators 2009*. Washington, DC: World Bank.
- World Economic Forum. 2009. *Global Information Technology Report 2008–2009*. Geneva, Switzerland: World Economic Forum.
- WRI. 2008. "Climate Analysis Indicators Tool (CAIT)." Washington, DC: World Resources Institute.

部分世界发展指标

在本年度的发展报告中，发展数据被归纳在 6 个表格中，这些表格提供了 130 多个经济体最近几年可以获得的具有比较性的社会经济数据，对某些发展指标而言，提供了前一年的数据。附加表格提供了数据较少或人口不足 300 万的 78 个经济体的发展指标。

本报告的指标是从《2009 年世界发展指标》的 800 多个指标中选出来的。作为年度性出版物，《世界发展指标》从全方位的视角展示了发展的进程。《世界发展指标》的 6 个主要部分涵盖了下述对发展做出贡献的因素：千年发展目标和人力资本发展、环境可持续性、宏观经济绩效、私营部门发展和投资环境，以及影响发展外部环境的全球因素。值得注意的是，今年的贫困表格（表 2）采用了每天 1.25 美元和 2 美元的全球贫困线的标准，该贫困线基于 2005 年购买力平价（PPP）。

除了《世界发展指标》，一个单独出版的数据库还提供了 227 个经济体和地区的 800 个时间序列指标。该数据库可以通过在线订阅（WDI Online）或购买光盘获得。

数据来源和方法

这里引用的社会经济和环境数据有下述几个来源：世界银行收集的原始数据、成员国的统计出版物、研究机构、联合国（UN）及其专门机构、国际货币基金组织（IMF）和经合组织（OECD）等国际组织（完整的数据来源列表，请参阅技术注释之后的“资料来源”）。尽管各国和国际机构报告的大部分统计资料在统计口径、定义和分类等方面都使用了国际标准，但基本数据收集汇编能力和资源方面的差异必然导致数据在及时性和可信度方面的差异。对某些内

容而言，数据的相互矛盾要求世界银行工作组对其进行审核，以保证采用最可信的数据。在某些情况下，在由于可用数据不足而不能提供说明某些程度和趋势的可靠测算时，或者在不能完全遵循国际标准的情况下，数据被排除在外。

这里的数据基本上与《2009 年世界发展指标》相一致。然而，在可获取最新数据时，本报告对原数据进行了修改与更新。数据的差异也可能是历史序列修订和计算方法变化的结果。因此，不同版本的世界银行出版物可能采用了不同批次的数据。建议读者勿对不同出版物或同一出版物的不同版本间的数据序列加以汇编。可以通过《2009 年世界发展指标》光盘中或者 WDI Online 获得一致的时间序列数据。

除非特别说明，所有美元均系现值美元。换算各国货币数值所使用的不同方法在技术注释中说明。

鉴于世界银行的首要工作在于为其中低收入成员国提供贷款和政策建议，这些表格涉及的问题主要集中在这些国家。为便于比较，在可能的情况下表格也提供了高收入国家的经济信息资料。高收入国家信息，请参考各国统计出版物或世界经合组织与欧盟的出版物。

国家与地区分类和汇总核算

大多数表格底端的汇总数值包括按照人均收入和地区划分的国家和地区。这里使用人均国民收入总值对收入进行了如下分类：低收入国家，2008 年的人均国民收入总值等于或低于 975 美元；中等收入国家，人均国民收入总值为 976~11 905 美元；高收入国家，人均国民收入总值等于或大于 11 906 美元。人均国民收入总值 3 855 美元进一步划分了中下等收入国家和中上等收入国家。依据人均收入划分的国家与地区收入分组每年都发生变化，所以每个收入分组

的组成国家也每年变化。当最新分组发生变化时，就必须按照新的收入分组，重新计算过去所有时期的汇总数值，以保证时间序列的一致性。各组别所包括的国家（包括人口不足 300 万的国家），见本书末尾的国家和地区分类统计表。

各表下方的汇总数值可能是总数（如果总数包括对缺少数据及未报告数据的国家的估计数值，标以 t，如果只是简单加总，标以 s）、加权平均数（w）或中位数（m）。汇总数值包括那些主表（表 6 中包括的国家）未列出的国家的数据，这些国家的数据有的可以获得，有的是基于与报告国的发展趋势相一致的假设估算得到。这使各个时期国家覆盖范围标准化，从而提供了更具一致性的汇总数值。当缺失的资料占全部测算值的 1/3 或以上时，该组测算值即记为不可获取。“技术注释”中的“统计方法”小节提供了汇总方法的更多信息。用于汇总的权数分别列在各表的技术注释中。

术语和国家覆盖范围

本报告中，“国家”一词并不是指政治独立，而可能是指提供独立社会经济统计数据的领土。本报告依据 2008 年的世界格局提供各国的数据，并根据目前政治格局修订了历史数据。所有表格都表明了例外情况。除非另有说明，中国的数据不包括中国香港、中国澳门以及中国台湾的数据。除非另有说明，印度尼西亚的数据包括 1999 年以来东帝汶的数据。2006 年 6 月 3 号，黑山宣布脱离塞尔维亚黑山共和国而独立，因此，在可获得数据的情况下，本报告分别列出了二者的数据。然而，塞尔维亚的某些指标仍包括黑山直到 2005 年的数据；表对这些数据做了脚注。1999 年后，根据联合国安理会第 1244 号决议，科索沃（塞尔维亚的一个地区）被置于国际托管之下，因此，塞尔维亚的大多数指标都不包括科索沃；例外情况都已标明。

技术注释

由于数据质量和各国比较经常存在问题，我们鼓励读者参考“技术注释”、“按收入和地区划分的国家分类表”以及各表的脚注。更全面的资料文献请见《2009 年世界发展指标》。

符号

.. 表示无法获得数据或者因为数据缺失无法计算总量。

0 或 0.0 表示数据为 0 或小数点后数字小到约等于 0。

/ 日期中的/，如 2003/04，表示该时间，通常为 12 个月，跨越了两个日历年度，并表示一个耕种年度，一个调查年度或一个财政年度。

\$ 无特殊说明时，表示现价美元

> 表示大于

< 表示小于

数据约定

- 空白表示不适用，或者汇总数据不具有分析意义。

- 十亿表示 1 000 个百万。

- 百万兆表示 1 000 个十亿。

- 斜体数字表示非具体指出的年度和时期，或非整期的增长率。

- 脚注标注了超出范围三年的数据。

读者可以从《2009 年世界发展指标》中获得更多信息。《2009 年世界发展指标》可以通过网络、电话或传真等方式订购。

欲知更多信息或进行在线订购，请访问：

<http://www.worldbank.org/data/wdi2009/index.htm>.

电话订购：1-800-645-7247 或者 703-661-1580

传真订购：703-661-1501

邮购地址：The World Bank, P.O. Box 960, Herndon, VA20172-0960, U.S.A

根据区域和收入划分的经济体：2010 年财政年度

东亚和太平洋地区		拉美和加勒比地区		南亚		高收入的经合组织国家	
美属萨摩亚	中高收入国家	阿根廷	中高收入国家	阿富汗	低收入国家	澳大利亚	
柬埔寨	低收入国家	伯利兹	中高收入国家	孟加拉国	低收入国家	奥地利	
中国	中低收入国家	玻利维亚	中低收入国家	不丹	中低收入国家	比利时	
斐济	中高收入国家	巴西	中高收入国家	印度	中低收入国家	加拿大	
印度尼西亚	中低收入国家	智利	中高收入国家	马尔代夫	中低收入国家	捷克	
基里巴斯	中低收入国家	哥伦比亚	中低收入国家	尼泊尔	低收入国家	丹麦	
朝鲜	低收入国家	哥斯达黎加	中高收入国家	巴基斯坦	低收入国家	芬兰	
老挝	低收入国家	古巴	中高收入国家	斯里兰卡	中低收入国家	法国	
马来西亚	中高收入国家	多米尼克	中高收入国家			德国	
马歇尔群岛	中低收入国家	多米尼加	中低收入国家			希腊	
密克罗尼西亚	中低收入国家	厄瓜多尔	中低收入国家			匈牙利	
蒙古	中低收入国家	萨尔瓦多	中低收入国家			冰岛	
缅甸	低收入国家	格林纳达	中高收入国家	撒哈拉以南非洲		爱尔兰	
帕劳	中高收入国家	危地马拉	中低收入国家	安哥拉	中低收入国家	意大利	
巴布亚新几内亚	低收入国家	圭亚那	中低收入国家	贝宁	低收入国家	日本	
菲律宾	中低收入国家	海地	低收入国家	博茨瓦纳	中高收入国家	韩国	
萨摩亚	中低收入国家	洪都拉斯	中低收入国家	布基纳法索	低收入国家	卢森堡	
所罗门群岛	低收入国家	牙买加	中高收入国家	布隆迪	低收入国家	荷兰	
泰国	中低收入国家	墨西哥	中高收入国家	喀麦隆	中低收入国家	新西兰	
东帝汶	中低收入国家	尼加拉瓜	中低收入国家	佛得角	低收入国家	挪威	
汤加	中低收入国家	巴拿马	中高收入国家	中非	低收入国家	葡萄牙	
瓦努阿图	中低收入国家	巴拉圭	中低收入国家	乍得	低收入国家	斯洛伐克	
越南	低收入国家	秘鲁	中低收入国家	科摩罗	低收入国家	西班牙	
		圣基茨-尼维斯-安圭拉岛	中高收入国家	刚果(金)	中低收入国家	瑞典	
		圣卢西亚	中高收入国家	刚果(布)	中低收入国家	瑞士	
欧洲和中亚		圣文森特和格林纳丁斯	中高收入国家	科特迪瓦	低收入国家	英国	
阿尔巴尼亚	中低收入国家	苏里南	中高收入国家	厄立特里亚	低收入国家	美国	
亚美尼亚	中低收入国家	乌拉圭	中高收入国家	埃塞俄比亚	低收入国家		
阿塞拜疆	中低收入国家	委内瑞拉	中高收入国家	加蓬	中高收入国家		
白俄罗斯	中高收入国家			冈比亚	低收入国家	其他高收入经济体	
波斯尼亚和黑塞哥维那	中低收入国家	中东和北非		加纳	低收入国家	安道尔	
保加利亚	中高收入国家	阿尔及利亚	中低收入国家	几内亚	低收入国家	安提瓜岛	
克罗地亚	中高收入国家	吉布提	中低收入国家	几内亚比绍	低收入国家	阿鲁巴	
格鲁吉亚	中低收入国家	埃及	中低收入国家	肯尼亚	低收入国家	巴巴多斯	
哈萨克斯坦	中高收入国家	伊朗	中低收入国家	莱索托	中低收入国家	巴林	
吉尔吉斯斯坦	低收入国家	伊拉克	中低收入国家	利比里亚	低收入国家	巴巴多斯	
拉脱维亚	中高收入国家	约旦	中低收入国家	马达加斯加	低收入国家	百慕大	
立陶宛	中高收入国家	黎巴嫩	中低收入国家	马拉维	低收入国家	文莱	
马其顿	中低收入国家	利比亚	中高收入国家	马里	低收入国家	开曼群岛	
摩尔多瓦	中低收入国家	摩洛哥	中高收入国家	毛里塔尼亚	低收入国家	克罗地亚	
黑山	中高收入国家	叙利亚	中低收入国家	毛里求斯	中高收入国家	塞浦路斯	
波兰	中高收入国家	突尼斯	中低收入国家	马约特岛	中高收入国家	赤道几内亚	
罗马尼亚	中高收入国家	约旦河西岸及加沙地区	中低收入国家	莫桑比克	低收入国家	爱沙尼亚	
俄罗斯	中高收入国家	也门	低收入国家	纳米比亚	中低收入国家	法罗群岛	
塞尔维亚	中高收入国家			尼日尔	低收入国家	法属波利尼西亚	
塔吉克斯坦	低收入国家			尼日利亚	低收入国家	格陵兰岛	
土耳其	中高收入国家			卢旺达	低收入国家	关岛	
土库曼斯坦	中低收入国家			圣多美和普林西比	低收入国家	中国香港	
乌克兰	中低收入国家			塞内加尔	中低收入国家	马恩岛	
乌兹别克斯坦	低收入国家			塞舌尔	中高收入国家	以色列	
				塞拉利昂	低收入国家	科威特	
				索马里	低收入国家	列支敦士登	
				南非	中高收入国家	中国澳门	
				苏丹	中低收入国家	马耳他	
				斯威士兰	中低收入国家	摩纳哥	
				坦桑尼亚	低收入国家	荷兰安的列斯	
				多哥	低收入国家	新喀里多尼亚	
				乌干达	低收入国家	北马亚纳群岛	
				赞比亚	低收入国家	阿曼	
				津巴布韦	低收入国家	波多黎各	
						卡塔尔	
						圣马力诺	
						沙特阿拉伯	
						新加坡	
						斯洛文尼亚	
						中国台湾	
						特立尼达和多巴哥	
						阿拉伯联合酋长国	
						美属维尔京群岛	

注：本表对世界银行的所有成员经济体和所有其他人口超过 3 万的经济体进行了划分。根据世界银行阿特拉斯法计算的 2008 年人均国民收入，对经济体进行了分组分类。975 美元或以下为低收入组；976 ~ 3 855 美元为中低收入组；3 856 ~ 11 905 美元为中高收入组；11 906 美元或以上为高收入组。

出处：世界银行数据。

表1 主要发展指标

	人口			人口年龄 构成 0-14岁	国民总收入(GNI) ^a 以PPP衡量的国民总收入				人均国内 生产总值 增长率	人口预期寿命		15岁以上 成人识字率	
	(百万)	平均	密度(每人		(十亿 美元)	人均 (美元)	(十亿 美元)	(人均 美元)		2007—2008	男性		女性
		(增长率)	口平方公里)										
阿富汗	..	..	..	..	9.8	..	30.6 ^d	..	..	..	..	..
阿尔巴尼亚	3	0.3	115	24	12.1	3 840	25.0	7 950	5.6	71	80	99	
阿尔及利亚	34	1.5	14	28	146.4	4 260	272.8 ^d	7 940 ^d	1.5	71	74	75	
安哥拉	18	2.9	14	45	62.1	3 450	90.5	5 020	11.8	45	49	..	
阿根廷	40	1.0	15	25	287.2	7 200	559.2	14 020	6.0	72	79	98	
亚美尼亚	3	0.0	109	21	10.3	3 350	19.4	6 310	6.6	70	77	99	
澳大利亚	21	1.4	3	19	862.5	40 350	727.5	34 040	1.9	79	84	..	
奥地利	8	0.5	101	15	386.0	46 260	314.5	37 680	1.5	77	83	..	
阿塞拜疆	9	0.9	105	25	33.2	3 830	67.4	7 770	9.6	64	71	100	
孟加拉国	160	1.6	1 229	32	82.6	520	230.6	1 440	4.7	65	67	53	
白俄罗斯	10	-0.4	47	15	52.1	5 380	117.6	12 150	10.2	65	76	100	
比利时	11	0.5	354	17	474.5	44 330	372.1	34 760	0.4	77	83	..	
贝宁	9	3.3	78	43	6.0	690	12.7	1 460	1.8	60	62	41	
玻利维亚	10	1.9	9	37	14.1	1 460	40.1	4 140	4.3	63	68	91	
波斯尼亚和黑塞哥维那	4	0.3	74	16	17.0	4 510	32.5	8 620	6.2	72	78	..	
巴西	192	1.2	23	26	1 411.2	7 350	1 932.9	10 070	4.1	69	76	90	
保加利亚	8	-0.7	70	13	41.8	5 490	91.1	11 950	6.5	69	76	98	
布基纳法索	15	3.1	56	46	7.3	480	17.6	1 160	1.5	51	54	29	
布隆迪	8	2.8	314	39	1.1	140	3.1	380	1.4	49	52	..	
柬埔寨	15	1.7	83	34	8.9	600	26.8	1 820	3.4	57	62	76	
喀麦隆	19	2.2	41	41	21.8	1 150	41.3	2 180	1.9	50	51	..	
加拿大	33	1.0	4	17	1 390.0	41 730	1 206.5	36 220	-0.6	78	83	..	
中非共和国	4	1.7	7	41	1.8	410	3.2	730	0.9	43	46	..	
乍得	11	3.4	9	46	5.9	530	12.9	1 160	-3.1	49	52	32	
智利	17	1.0	22	23	157.5	9 400	222.4	13 270	2.2	75	82	97	
中国	1 326	0.6	142	21	3 899.3	2 940	7 984.0	6 020	8.4	71	75	93	
中国香港	7	0.6	6 696	13	219.3	31 420	306.8	43 960	1.6	79	85	..	
哥伦比亚	45	1.4	40	30	207.4	4 660	379.1	8 510	1.3	69	77	93	
刚果(金)	64	3.0	28	47	9.8	150	18.4	290	3.2	45	48	..	
刚果(布)	4	2.2	11	41	7.1	1 970	11.2	3 090	3.7	53	55	..	
哥斯达黎加	5	1.8	89	26	27.5	6 060	49.6 ^d	10 950 ^d	1.5	76	81	96	
科特迪瓦	21	2.2	65	41	20.3	980	32.6	1 580	-0.1	56	59	..	
克罗地亚	4	0.0	79	15	60.2	13 570	81.7	18 420	2.4	72	79	99	
捷克共和国	10	0.2	135	14	173.2	16 600	237.6	22 790	2.3	74	80	..	
丹麦	5	0.4	130	18	325.1	59 130	205.0	37 280	-1.8	76	81	..	
多米尼加共和国	10	1.5	203	32	43.2	4 390	77.6 ^d	7 890 ^d	4.1	69	75	89	
厄瓜多尔	13	1.1	49	31	49.1	3 640	104.7	7 760	5.4	72	78	84	
阿拉伯埃及共和国	82	1.9	82	32	146.9	1 800	445.4	5 460	5.1	68	72	66	
萨尔瓦多	6	0.4	296	33	21.4	3 480	40.9 ^d	6 670 ^d	2.1	67	76	82	
厄立特里亚	5	3.8	49	42	1.5	300	3.1 ^d	630 ^d	-1.2	56	60	..	
埃塞俄比亚	81	2.6	81	44	22.7	280	70.2	870	8.5	54	56	..	
芬兰	5	0.3	17	17	255.7	48 120	189.5	35 660	0.4	76	83	..	
法国	62	0.7	113	18	2 702.2 ^e	42 250 ^e	2 134.4	34 400	-0.2	78	85	..	
格鲁吉亚	4	-1.0	63	17	10.8	2 470	21.2	4 850	2.8	67	75	..	
德国	82	0.0	236	14	3 485.7	42 440	2 952.4	35 940	1.5	77	82	..	
加纳	23	2.2	103	39	15.7	670	33.4	1 430	4.0	56	57	65	
希腊	11	0.4	87	14	322.0	28 650	320.0	28 470	2.5	77	82	97	
危地马拉	14	2.5	126	42	36.6	2 680	64.2 ^d	4 690 ^d	1.5	67	74	73	
几内亚	10	2.0	40	43	3.7	390	11.7	1 190	6.0	56	60	..	
海地	10	1.6	355	37	6.5	660	11.5 ^d	1 180 ^d	-0.5	59	63	..	
洪都拉斯	7	1.9	65	38	13.0	1 800	28.0 ^d	3 870 ^d	2.2	67	74	84	
匈牙利	10	-0.2	112	15	128.6	12 810	178.6	17 790	0.8	69	77	99	
印度	1 140	1.4	383	32	1 215.5	1 070	3 374.9	2 960	5.7	63	66	66	
印度尼西亚	228	1.3	126	27	458.2	2 010	875.1	3 830	4.9	69	73	92	
伊朗伊斯兰共和国	72	1.5	44	24	251.5	3 540	769.7	10 840	4.2	69	73	82	
伊拉克	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
爱尔兰	4	2.0	65	21	221.2	49 590	166.6	37 350	-4.4	77	82	..	
以色列	7	1.9	338	28	180.5	24 700	200.6	27 450	2.3	79	83	..	
意大利	60	0.6	204	14	2 109.1	35 240	1 810.6	30 250	-1.8	79	84	99	
日本	128	0.1	350	13	4 879.2	38 210	4 497.7	35 220	-0.7	79	86	..	
约旦	6	2.6	67	35	19.5	3 310	32.7	5 530	2.3	71	74	91	
哈萨克斯坦	16	0.6	6	24	96.2	6 140	152.0	9 690	1.9	61	72	100	
肯尼亚	39	2.6	68	43	29.5	770	60.9	1 580	0.9	53	55	..	
韩国	49	0.4	492	17	1 046.3	21 530	1 366.9	28 120	1.9	76	82	..	
吉尔吉斯斯坦共和国	5	1.0	28	30	3.9	740	11.3	2 130	6.2	64	72	99	
老挝人民民主共和国	6	1.7	27	38	4.7	750	12.8	2 060	5.6	63	66	73	
黎巴嫩	4	1.2	405	26	26.3	6 350	45.0	10 880	6.9	70	74	90	
利比里亚	4	3.7	39	43	0.6	170	1.1	300	2.4	57	59	56	
利比亚	6	2.0	4	30	72.7	11 590	98.1 ^d	15 630 ^d	5.0	72	77	87	
立陶宛	3	-0.5	54	15	39.9	11 870	61.1	18 210	3.6	65	77	100	
马达加斯加	19	2.8	33	43	7.8	410	19.9	1 040	4.1	59	62	..	
马拉维	14	2.6	152	46	4.1	290	11.9	830	7.0	48	48	72	
马来西亚	27	1.9	82	30	188.1	6 970	370.8	13 740	2.9	72	77	92	
马里	13	3.0	10	44	7.4	580	13.9	1 090	1.9	52	57	26	
毛里塔尼亚	3	2.8	3	40	2.6	840	6.3	2 000	-0.6	62	66	56	

(续)

	人口				国民总收入(GNI) ^a		以PPP衡量的国民总收入		人均国内生产总值增长率	人口预期寿命		15岁以上成人识字率
	(百万)	平均(增长率)	密度(每人/平方公里)	人口年龄构成0~14岁	(十亿美元)	人均(美元)	(十亿美元)	人均(美元)		男性	女性	
					2008	2008	2008	2008				
墨西哥	106	1.0	55	29	1 061.4	9 980	1 517.2	14 270	0.8	73	77	93
摩尔多瓦	4	-1.5	111	17	5.3 ^g	1 470 ^g	11.7	3 210	8.2	65	72	99
摩洛哥	31	1.2	70	29	80.5	2 580	135.3	4 330	4.6	69	73	56
莫桑比克	22	2.2	28	44	8.1	370	16.7	770	4.5	42	42	44
缅甸	49	0.9	75	27	..	..^c	63.1 ^d	1 290 ^d	11.7	59	65	..
尼泊尔	29	2.0	200	37	11.5	400	32.1	1 120	3.6	63	64	57
荷兰	16	0.4	485	18	824.6	50 150	685.1	41 670	1.7	78	82	..
新西兰	4	1.3	16	21	119.3	27 940	107.1	25 090	-2.5	78	82	..
尼加拉瓜	6	1.3	47	36	6.1	1 080	14.9 ^d	2 620 ^d	2.2	70	76	78
尼日尔	15	3.5	12	50	4.8	330	10.0	680	6.0	58	56	29
尼日利亚	151	2.4	166	43	175.6	1 160	293.1	1 940	3.0	46	47	72
挪威	5	0.8	16	19	415.3	87 070	279.0	58 500	0.7	78	83	..
巴基斯坦	166	2.3	215	37	162.9	980	448.8	2 700	3.7	65	66	54
巴拿马	3	1.8	46	30	21.0	6 180	39.5 ^d	11 650	7.5	73	78	93
巴布亚新几内亚	6	2.3	14	40	6.5	1 010	12.9 ^d	2 000	3.7	55	60	58
巴拉圭	6	1.9	16	34	13.6	2 180	30.0	4 820	4.0	70	74	95
秘鲁	29	1.3	23	31	115.0	3 990	230.0	7 980	8.6	71	76	90
菲律宾	90	1.9	303	34	170.4	1 890	352.4	3 900	2.0	70	74	93
波兰	38	-0.1	124	15	453.0	11 880	659.7	17 310	4.8	71	80	99
葡萄牙	11	0.5	116	15	218.4	20 560	234.6	22 080	-0.2	75	82	95
罗马尼亚	22	-0.5	94	15	170.6	7 930	290.3	13 500	9.4	69	76	98
俄罗斯	142	-0.4	9	15	1 364.5	9 620	2 216.3	15 630	7.5	62	74	100
卢旺达	10	2.5	394	42	4.0	410	9.9	1 010	8.2	48	52	..
沙特阿拉伯	25	2.2	11	33	374.3	15 500	554.4	22 950	2.1	71	75	85
塞内加尔	12	2.6	63	44	11.8	970	21.5	1 760	-0.2	54	57	42
塞尔维亚	7	-0.3	83	18	41.9	5 710	81.9	11 150	6.1	71	76	..
塞拉利昂	6	3.4	78	43	1.8	320	4.2	750	2.4	46	49	38
新加坡	5	2.3	7 024	17	168.2	34 760	232.0	47 940	-4.1	78	83	94
斯洛伐克共和国	5	0.0	112	16	78.6	14 540	115.2	21 300	6.2	71	78	..
索马里	9	3.0	14	45	..	..^c	..	..	..	47	49	..
南非	49	1.3	40	31	283.3	5 820	476.2	9 780	1.3	49	52	88
西班牙	46	1.5	91	15	1 456.5	31 960	1 418.7	31 130	-0.3	78	84	98
斯里兰卡	20	0.9	310	24	35.9	1 790	89.9	4 480	5.8	69	76	91
苏丹	41	2.1	17	40	46.5	1 130	79.8	1 930	5.9	56	60	..
瑞典	9	0.5	22	17	469.7	50 940	352.0	38 180	-1.0	79	83	..
瑞士	8	0.8	191	16	498.5	65 330	354.5	46 460	0.5	79	84	..
阿拉伯叙利亚共和国	21	3.1	116	35	44.4	2 090	92.4	4 350	1.6	72	76	83
塔吉克斯坦	7	1.3	49	38	4.1	600	12.7	1 860	6.2	64	69	100
坦桑尼亚	42	2.7	48	45	18.4 ^h	440 ^h	52.1	1 230	4.4	55	56	72
泰国	67	1.0	132	22	191.7	2 840	403.4	5 990	2.0	66	72	94
多哥	6	2.6	119	40	2.6	400	5.3	820	-1.4	61	64	..
突尼斯	10	1.0	66	24	34.0	3 290	73.0	7 070	4.1	72	76	78
土耳其	74	1.3	96	27	690.7	9 340	1 017.6	13 770	2.5	69	74	89
土库曼斯坦	5	1.4	11	30	14.3	2 840	31.2 ^d	6 210 ^d	8.4	59	68	100
乌干达	32	3.2	161	49	13.3	420	36.1	1 140	6.0	52	53	74
乌克兰	46	-0.8	80	14	148.6	3 210	333.5	7 210	2.7	63	74	100
阿联酋	4	4.0	54	19	..	..ⁱ	..	..	5.7	77	81	90
英国	61	0.5	254	18	2 787.2	45 390	2 218.2	36 130	0.1	77	82	..
美国	304	0.9	33	20	14 466.1	47 580	14 282.7	46 970	0.2	75	81	..
乌拉圭	3	0.1	19	23	27.5	8 260	41.8	12 540	8.6	72	80	98
乌兹别克斯坦	27	1.3	64	30	24.7	910	72.6 ^d	2 660 ^d	7.2	64	70	..
委内瑞拉	28	1.7	32	30	257.8	9 230	358.6	12 830	3.1	71	77	95
越南	86	1.3	278	27	77.0	890	232.9	2 700	4.7	72	76	..
约旦河西岸和加沙地区	4	3.4	638	45	..	..^f	..	..	..	72	75	94
也门共和国	23	3.0	44	44	21.9	950	50.9	2 210	0.9	61	64	59
赞比亚	13	2.3	17	46	12.0	950	15.5	1 230	3.4	45	46	71
津巴布韦	12	0.0	32	40	..	..	..	..	..	43	44	91
全世界	6 692 ^s	1.2 ^w	52 ^w	27 ^w	57 637.51	8 613 ^w	69 309.0 ^t	10 357 ^w	0.8 ^w	67 ^w	71 ^w	84 ^w
低收入国家	973	2.1	52	38	509.6	524	1 368.8	1 407	4.1	57	60	64
中等收入国家	4 651	1.1	60	27	15 159.6	3 260	28 619.5	6 154	5.0	67	71	83
下中等收入国家	3 702	1.2	119	28	7 691.9	2 078	17 001.7	4 592	6.3	66	70	81
上中等收入国家	948	0.8	21	25	7 471.9	7 878	11 663.5	12 297	3.8	68	75	93
中、低收入国家	5 624	1.3	59	29	15 683.1	2 789	29 971.3	5 330	4.9	65	69	81
东亚和太平洋	1 931	0.8	122	23	5 080.5	2 631	10 425.9	5 398	7.2	70	74	93
欧洲和中亚	441	0.1	19	19	3 274.0	7 418	5 393.2	12 219	5.2	65	74	98
拉丁美洲和加勒比地区	565	1.2	28	29	3 833.0	6 780	5 827.4	10 309	3.2	70	76	91
中东和北非	325	1.9	38	31	1 052.9	3 242	2 330.6	7 308	3.9	68	72	73
南亚	1 543	1.6	323	33	1 521.6	986	4 217.6	2 734	5.3	63	66	63
撒哈拉以南非洲	818	2.5	35	43	885.3	1 082	1 628.3	1 991	2.5	51	53	62
高收入国家	1 069	0.7	32	18	42 041.4	39 345	39 686.3	37 141	0.0	77	82	99

a. 计算中使用了世界银行图表集方法。b. PPP即购买力平价,见技术注释。c. 估计为低收入(975美元或以下)。d. 基于回归的估计数,其他数是从最新的国际比较项目基准估计推算得出。e. GNI和人均GNI估计数中包括法属圭亚那、瓜德罗普、马提尼克和留尼汪等法国海外部分。f. 估计为中低收入(976美元至3 855美元)。g. 数据不包括德涅斯特利亚。h. 仅为坦桑尼亚大陆的数据。i. 估计为高收入(11 906美元及以上)。

(续)

	国家贫困线				国际贫困线							
	国家贫困线下人口				调查年份	每天生活费 低于1.25美 元的人口比例 (%)	每日1.25 美元标准下 的贫困缺口 比例(%)	每天生活费 低于2美元 的人口比例 (%)	调查年份	每天生活费 低于1.25美 元的人口比例 (%)	每日1.25 美元标准下 的贫困缺口 比例(%)	每天生活费 低于2美元 的人口比例 (%)
	调查年份	全国 百分比 (%)	调查年份	全国 百分比 (%)								
尼泊尔	1995—96	41.8	2003—04	30.9	1995—96 ^a	68.4	26.7	88.1	2003—04 ^a	5.1	19.7	77.6
荷兰	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
新西兰	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
尼加拉瓜	1998	47.9	2001	45.8	2001 ^c	19.4	6.7	37.5	2005 ^c	15.8	5.2	31.8
尼日尔	1989—93	63.0	..	..	1994 ^a	78.2	38.6	91.5	2005 ^a	65.9	28.1	85.6
尼日利亚	1985	43.0	1992—93	34.1	1996—97 ^a	68.5	32.1	86.4	2003—04 ^a	64.4	29.6	83.9
挪威	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
巴基斯坦	1993	28.6	1998—99	32.6	2001—02 ^a	35.9	7.9	73.9	2004—05 ^a	22.6	4.4	60.3
巴拿马	1997	37.3	..	..	2004 ^c	9.2	2.7	18.0	2006 ^c	9.5	3.1	17.8
巴布亚新几内亚	1996	37.5	..	..	..	..	..	..	1996 ^a	35.8	12.3	57.4
巴拉圭	1990	20.5 ⁱ	..	..	2005 ^c	9.3	3.4	18.4	2007 ^c	6.5	2.7	14.2
秘鲁	2001	54.3	2004	53.1	2005 ^c	8.2	2.0	19.4	2006 ^c	7.9	1.9	18.5
菲律宾	1994	32.1	1997	25.1	2003 ^a	22.0	5.5	43.8	2006 ^a	22.6	5.5	45.0
波兰	1996	14.6	2001	14.8	2002 ^a	<2.0	<0.5	<2.0	2005 ^a	<2.0	<0.5	<2.0
葡萄牙	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
罗马尼亚	1995	25.4	2002	28.9	2002 ^a	2.9	0.8	13.0	2005 ^a	<2.0	<0.5	3.4
俄罗斯联邦	1998	31.4	2002	19.6	2002 ^a	<2.0	<0.5	3.7	2005 ^a	<2.0	<0.5	<2.0
卢旺达	1993	51.2	1999—2000	60.3	1984—85 ^a	63.3	19.7	88.4	2000 ^a	76.6	38.2	90.3
沙特阿拉伯	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
塞内加尔	1992	33.4	..	..	2001 ^a	44.2	14.3	71.3	2005 ^a	33.5	10.8	60.3
塞尔维亚	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
塞拉利昂	1989	82.8	2003—04	70.2	1989—90 ^a	62.8	44.8	75.0	2002—03 ^a	53.4	20.3	76.1
新加坡	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
斯洛伐克共和国	2004	16.8	..	..	1992 ^c	<2.0	<0.5	<2.0	1996 ^c	<2.0	<0.5	<2.0
索马里	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
南非	..	..	..	..	1995 ^a	21.4	5.2	39.9	2000 ^a	26.2	8.2	42.9
西班牙	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
斯里兰卡	1995—96	25.0	2002	22.7	1995—96 ^a	16.3	3.0	46.7	2002 ^a	14.0	2.6	39.7
苏丹	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
瑞典	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
瑞士	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
阿拉伯叙利亚共和国	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
塔吉克斯坦	1999	74.9	2003	44.4	2003 ^a	36.3	10.3	68.8	2004 ^a	21.5	5.1	50.8
坦桑尼亚	1991	38.6	2000—01	35.7	1991—92 ^a	72.6	29.7	91.3	2000—01 ^a	88.5	46.8	96.6
泰国	1994	9.8	1998	13.6	2002 ^a	<2.0	<0.5	15.1	2004 ^a	<2.0	<0.5	11.5
多哥	1987—89	32.3	..	..	..	..	..	..	2006 ^a	38.7	11.4	69.3
突尼斯	1990	7.4	1995	7.6	1995 ^a	6.5	1.3	20.4	2000 ^a	2.6	<0.5	12.8
土耳其	1994	28.3	2002	27.0	2002 ^a	2.0	<0.5	9.6	2005 ^a	2.7	0.9	9.0
土库曼斯坦	..	..	..	..	1993 ^c	63.5	25.8	85.7	1998 ^a	24.8	7.0	49.6
乌干达	1999—2000	33.8	2002—03	37.7	2002 ^a	57.4	22.7	79.8	2005 ^a	51.5	19.1	75.6
乌克兰	2000	31.5	2003	19.5	2002 ^a	<2.0	<0.5	3.4	2005 ^a	<2.0	<0.5	<2.0
阿拉伯联合酋长国	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
英国	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
美国	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
乌拉圭	1994	20.2 ^b	1998	24.7 ^b	2005 ^{b,c}	<2.0	<0.5	4.5	2006 ^{b,c}	<2.0	<0.5	4.2
乌兹别克斯坦	2000—01	31.5	2003	27.2	2002 ^a	42.3	12.4	75.6	2003 ^a	46.3	15.0	76.7
委内瑞拉	1989	31.3	1997—99	52.0	2003 ^c	18.4	8.8	31.7	2006 ^c	3.5	1.2	10.2
越南	1998	37.4	2002	28.9	2004 ^a	24.2	5.1	52.5	2006 ^a	21.5	4.6	48.4
约旦河西岸加沙地区	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
也门共和国	1998	41.8	..	..	1998 ^a	12.9	3.0	36.3	2005 ^a	17.5	4.2	46.6
赞比亚	1998	72.9	2004	68.0	2002—03 ^a	64.6	27.1	85.1	2004—05 ^a	64.3	32.8	81.5
津巴布韦	1990—91	25.8	1995—96	34.9	..	..	..	..	..	..	..	..

a. 基础支出基数。b. 仅包括城区。c. 收入基数。d. 根据空间消费价格指数调整。e. 由于安全问题,调查只涉及56%的农村村庄和65%的农村人口。f. 城市和农村的加权平均估值。g. 仅包括郊区。h. 根据调查设计变化,最近几年的调查与之前的数据严格意义上不可比。i. 调查包括亚松森都会区。

表3 千年发展目标:消除贫困、改善生活

	消除极端贫困与饥饿			完成全部初等教育	促进性别平等	降低儿童死亡率	改进母亲健康状况	艾滋病及其他疾病防治	确保环境的可持续性		全球发展伙伴关系	
	最贫困的20%人口占国家消费或收入比例(%)	弱势就业占就业的百分比(%)	5岁以下儿童营养不良状况(%)	初等教育完成率(%)	初等和中等教育中男女学生比(%)	5岁以下儿童每千人死亡人数	十万婴儿安全出生母人数	15-49岁人口艾滋病患病率(%)	每十万人肺结核发病率	每人的二氧化碳排放量(公吨)	改善的卫生系统的可及率人口百分比(%)	每百人中的网民数量 ^a
	1990—2007 ^b	2007	2000—2007 ^b	2007	2007	2007	2005	2007	2007	2005	2006	2008
阿富汗	..	..	32.9	38	58	257	1 800	..	168	..	30	1.9
阿尔巴尼亚	7.8 ^c	..	17.0	96	97	15	92	..	17	1.1	97	15.1
阿尔及利亚	6.9 ^c	..	10.2	95	99	37	180	0.1	57	4.2	94	10.3
安哥拉	2.0 ^c	..	27.5	..	..	158	1 400	2.1	287	0.5	50	3.1
阿根廷	3.4 ^{d,e}	20 ^f	2.3	99	104	16	77	0.5	31	3.9	91	28.1
亚美尼亚	8.6 ^c	..	4.2	98	104	24	76	0.1	72	1.4	91	5.6
澳大利亚	5.9 ^c	9	..	..	97	6	4	0.2	6	18.1	100	55.7
奥地利	8.6 ^c	9	..	102	97	4	4	0.2	12	8.9	100	59.3
阿塞拜疆	13.3 ^c	53	14.0	113	97	39	82	0.2	77	4.4	80	10.8
孟加拉国	9.4 ^c	85	39.2	56	107	61	570	..	223	0.3	36	0.3
白俄罗斯	8.8 ^c	..	1.3	92	101	13	18	0.2	61	6.5	93	29.0
比利时	8.5 ^c	10	..	86	98	5	8	0.2	12	9.8	..	65.9
贝宁	6.9 ^c	..	21.5	64	73	123	840	1.2	91	0.3	30	1.8
玻利维亚	1.8 ^c	..	5.9	98	99	57	290	0.2	155	1.0	43	10.5
波斯尼亚-黑塞哥维那	6.9 ^c	..	1.6	..	99	14	3	<0.1	51	6.9	95	34.7
巴西	3.0 ^c	27	2.2	106	103	22	110	0.6	48	1.7	77	35.5
保加利亚	8.7 ^c	8	1.6	98	97	12	11	..	39	5.7	99	30.9
布基纳法索	7.0 ^c	..	35.2	37 ^g	84 ^g	191	700	1.6	226	0.1	13	0.9
布隆迪	9.0 ^c	..	38.9	39	90	180	1 100	2.0	367	0.0	41	0.8
柬埔寨	7.1 ^c	..	28.4	85	90	91	540	0.8	495	0.0	28	0.5
喀麦隆	5.6 ^c	..	15.1	55	85	148	1 000	5.1	192	0.2	51	3.0
加拿大	7.2 ^c	10 ^f	..	96	99	6	7	0.4	5	16.6	100	72.8
中非共和国	5.2 ^c	..	21.8	30 ^g	..	172	980	6.3	345	0.1	31	0.4
乍得	6.3 ^c	..	33.9	30	64	209	1 500	3.5	299	0.0	9	1.2
智利	4.1 ^c	25	0.6	95	99	9	16	0.3	12	4.1	94	32.6
中国	5.7 ^c	..	6.8	101	100	22	45	0.1 ^h	98	4.3	65	22.5
中国香港	5.3 ^c	7	..	102	98	..	..	..	62	5.7	..	59.1
哥伦比亚	2.3 ^c	41	5.1	107	104	20	130	0.6	35	1.4	78	38.4
刚果(金)	5.5 ^c	..	33.6	51	73	161	1 100	..	392	0.0	31	0.5
刚果(布)	5.0 ^c	..	11.8	72	91	125	740	3.5	403	0.6	20	4.3
哥斯达黎加	4.2 ^c	20	..	91	102	11	30	0.4	11	1.7	96	33.6
科特迪瓦	5.0 ^c	..	16.7	45	..	127	810	3.9	420	0.5	24	3.2
克罗地亚	8.7 ^c	16	..	101	102	6	7	<0.1	40	5.2	99	50.6
捷克共和国	10.2 ^c	12	2.1	93	101	4	4	..	9	11.7	99	48.3
丹麦	8.3 ^c	..	..	101	102	4	3	0.2	8	8.5	100	84.2
多米尼加共和国	4.0 ^c	43	4.2	91 ^g	103 ^g	38	150	1.1	69	2.0	79	26.0
厄瓜多尔	3.4 ^c	34 ^f	6.2	106	100	22	210	0.3	101	2.2	84	9.7
阿拉伯埃及共和国	9.0 ^c	25	5.4	98	95	36	130	..	21	2.2	66	15.4
萨尔瓦多	3.3 ^c	36	6.1	91	101	24	170	0.8	40	1.1	86	12.5
厄立特里亚	..	..	34.5	46	78	70	450	1.3	95	0.2	5	3.0
埃塞俄比亚	9.3 ^c	52 ^f	34.6	46	83	119	720	2.1	378	0.1	11	0.4
芬兰	9.6 ^c	..	..	98	102	4	7	0.1	6	10.1	100	78.8
法国	7.2 ^c	6	..	..	100	4	8	0.4	14	6.2	..	51.2
格鲁吉亚	5.4 ^c	62	..	92	98	30	66	0.1	84	1.1	93	8.2
德国	8.5 ^c	..	..	103	99	4	4	0.1	6	9.5	100	76.1
加纳	5.2 ^c	..	13.91	78 ^g	95 ^g	115	560	1.9	203	0.3	10	4.3
希腊	6.7 ^c	28	..	101	97	4	3	0.2	18	8.6	98	32.3
危地马拉	3.4 ^c	..	17.7	77	93	39	290	0.8	63	0.9	84	10.1
几内亚	5.8 ^c	..	22.5	64	76	150	910	1.6	287	0.1	19	0.9
海地	2.5 ^c	..	18.9	..	..	76	670	2.2	306	0.2	19	10.4
洪都拉斯	2.5 ^c	..	8.6	89	106	24	280	0.7	59	1.1	66	9.1
匈牙利	8.6 ^c	7	..	92	99	7	6	0.1	17	5.6	100	54.8
印度	8.1 ^c	..	43.5	86	91	72	450	0.3	168	1.3	28	7.2
印度尼西亚	7.1 ^c	63	24.4	105	98	31	420	0.2	228	1.9	52	11.1
伊朗伊斯兰共和国	6.4 ^c	43	..	105	105	33	140	0.2	22	6.5	..	32.0
伊拉克	..	..	7.1	75	78	44	300	..	56	..	76	0.9
爱尔兰	7.4 ^c	11	..	97	103	4	1	0.2	13	10.2	..	63.5
以色列	5.7 ^c	7	..	102	101	5	4	0.1	8	9.2	..	27.9
意大利	6.5 ^c	22	..	102	99	4	3	0.4	7	7.7	..	48.6
日本	10.6 ^c	11	..	..	100	4	6	..	21	9.6	100	69.0
约旦	7.2 ^c	..	3.6	102	102	24	62	..	7	3.8	85	25.4
哈萨克斯坦	7.4 ^c	..	4.9	104 ^g	99 ^g	32	140	0.1	129	11.9	97	12.3
肯尼亚	4.7 ^c	..	16.5	93	95	121	560	..	353	0.3	42	8.7
韩国	7.9 ^c	25	..	102	96	5	14	<0.1	90	9.4	..	77.1
吉尔吉斯斯坦共和国	8.1 ^c	47	2.7	95	100	38	150	0.1	121	1.1	93	14.3
老挝人民民主共和国	8.5 ^c	..	36.4	77	86	70	660	0.2	151	0.2	48	1.6
黎巴嫩	..	..	..	83 ^g	103 ^g	29	150	0.1	19	4.2	..	38.3
利比里亚	6.4 ^c	..	20.4	55 ^g	..	133	1 200	1.7	277	0.1	32	0.6
利比亚	..	..	..	..	105	18	97	..	17	9.5	97	4.7
立陶宛	6.8 ^c	..	..	95	100	8	11	0.1	68	4.1	..	52.9
马达加斯加	6.2 ^c	86	36.8	62	96	112	510	0.1	251	0.2	12	1.7
马拉维	7.0 ^c	..	18.4	55	100	111	1 100	11.9	346	0.1	60	2.2
马来西亚	6.4 ^c	22	..	96	104	11	62	0.5	103	9.3	94	62.6
马里	6.5 ^c	..	27.9	52	76	196	970	1.5	319	0.0	45	1.0
毛里塔尼亚	6.2 ^c	..	30.4	59	103	119	820	0.8	318	0.6	24	1.4

(续)

	消除极端贫困与饥饿			完成全部初等教育	促进性别平等	降低儿童死亡率	改进母亲健康状况	艾滋病及其他疾病防治	确保环境的可持续性		全球发展伙伴关系	
	最贫困的20%人口占国家消费或收入比例 (%)	弱势就业占就业的百分比 (%)	5岁以下儿童营养不良状况 (%)	初等教育完成率 (%)	中等教育中男女学生比 (%)	5岁以下儿童每千人死亡人数	十万婴儿安全出生母亲死亡人数	15~49岁人口艾滋病患病率 (%)	每十万人中肺结核发病率	每人二氧化碳排放量 (公吨)	改善的卫生系统的可及率人口百分比 (%)	每百人中的网民数量 ^a
	1990—2007 ^b	2007	2000—2007 ^b	2007	2007	2007	2005	2007	2007	2005	2006	2008
墨西哥	4.6 ^c	29	3.4	105	99	35	60	0.3	20	4.1	81	21.9
摩尔多瓦	7.3 ^c	32	3.2	93	102	18	22	0.4	141	2.1	79	19.1
摩洛哥	6.5 ^c	52	9.9	83	88	34	240	0.1	92	1.6	72	33.0
莫桑比克	5.4 ^c	..	21.2	46	85	168	520	12.5	431	0.1	31	1.6
缅甸	..	..	29.6	..	..	103	380	0.7	171	0.2	82	0.1
尼泊尔	6.1 ^c	..	38.8	78 ^g	98 ^g	55	830	0.5	173	0.1	27	1.4
荷兰	7.6 ^c	..	..	..	98	5	6	0.2	8	7.7	100	86.8
新西兰	6.4 ^c	12	..	..	102	6	9	0.1	7	7.2	..	69.2
尼加拉瓜	3.8 ^c	45	7.8	74	103	35	170	0.2	49	0.7	48	2.8
尼日尔	5.9 ^c	..	39.9	40	71	176	1 800	0.8	174	0.1	7	0.5
尼日利亚	5.1 ^c	..	27.2	72	84	189	1 100	3.1	311	0.8	30	7.3
挪威	9.6 ^c	6	..	97	99	4	7	0.1	6	11.4	..	84.8
巴基斯坦	9.1 ^c	62	31.3	63	80	90	320	0.1	181	0.9	58	11.1
巴拿马	2.5 ^c	28	..	99	101	23	130	1.0	47	1.8	74	22.9
巴布亚新几内亚	4.5 ^c	..	..	..	..	65	470	1.5	250	0.7	45	1.8
巴拉圭	3.4 ^c	47	..	95	99	29	150	0.6	58	0.7	70	8.7
秘鲁	3.9 ^c	40 ^f	5.2	104	102	20	240	0.5	126	1.3	72	24.7
菲律宾	5.6 ^c	45	20.7	94	102	28	230	..	290	0.9	78	6.0
波兰	7.3 ^c	19	..	96	99	7	8	0.1	25	7.9	..	44.0
葡萄牙	5.8 ^c	18	..	104	101	4	11	0.5	30	5.9	99	41.9
罗马尼亚	8.2 ^c	32	3.5	120	99	15	24	0.1	115	4.1	72	23.9
俄罗斯联邦	6.4 ^c	6	..	93	98	15	28	1.1	110	10.5	87	21.1
卢旺达	5.3 ^c	..	18.0	35	100	181	1 300	2.8	397	0.1	23	3.1
沙特阿拉伯	..	..	..	93	94	25	18	..	46	16.5	99	29.2
塞内加尔	6.2 ^c	..	14.5	50	94	114	980	1.0	272	0.4	28	8.4
塞尔维亚	8.3 ^{c,i}	23	1.8	..	102	8	..	0.1	32	6.5 ^j	92	32.1
塞拉利昂	6.1 ^c	..	28.3	81	86	262	2 100	1.7	574	0.2	11	0.3
新加坡	5.0 ^c	10	3.3	..	..	3	14	0.2	27	13.2	100	67.7
斯洛伐克共和国	8.8 ^c	10	..	94	100	8	6	<0.1	17	6.8	100	51.3
索马里	..	..	32.8	..	..	142	1 400	0.5	249	0.1	23	1.1
南非	3.1 ^c	3	..	84	100	59	400	18.1	948	8.7	59	8.6
西班牙	7.0 ^c	12	..	99	103	4	4	0.5	30	7.9	100	57.4
斯里兰卡	6.8 ^c	41 ^f	22.8	104	..	21	58	..	60	0.6	86	5.7
苏丹	..	..	38.4	50	88	109	450	1.4	243	0.3	35	9.2
瑞典	9.1 ^c	..	..	95	99	3	3	0.1	6	5.4	100	79.7
瑞士	7.6 ^c	10	..	88	97	5	5	0.6	6	5.5	100	75.2
阿拉伯叙利亚共和国	..	..	..	114	96	176	130	..	24	3.6	92	16.8
塔吉克斯坦	7.7 ^c	..	14.9	95	89	7	170	0.3	231	0.8	92	7.2
坦桑尼亚	7.3 ^c	88 ^f	16.7	112 ^g	..	116	950	6.2	297	0.1	33	1.2
泰国	6.1 ^c	53	7.0	101	104 ^g	7	110	1.4	142	4.1	96	20.0
多哥	7.6 ^c	..	..	57	75	100	510	3.3	429	0.2	12	5.4
突尼斯	5.9 ^c	..	..	100	104	21	100	0.1	26	2.2	85	27.1
土耳其	5.2 ^c	36	3.5	97	90	23	44	..	30	3.5	88	33.1
土库曼斯坦	6.0 ^c	..	..	..	..	50	130	<0.1	68	8.6	..	1.4
乌干达	6.1 ^c	..	19.0	54	98	130	550	5.4	330	0.1	33	7.9
乌克兰	9.0 ^c	..	4.1	101	100	24	18	1.6	102	6.9	93	22.4
阿联酋	..	..	..	105	101	8	37	..	16	30.1	97	86.1
英国	6.1 ^c	..	..	..	102	6	8	0.2	15	9.1	..	79.4
美国	5.4 ^c	..	1.3	96	100	8	11	0.6	4	19.5	100	72.4
乌拉圭	4.5 ^c	25	6.0	104	98	14	20	0.6	22	1.7	100	40.2
乌兹别克斯坦	7.1 ^c	..	4.4	97	98	41	24	0.1	113	4.3	96	8.8
委内瑞拉	4.9 ^c	30	..	95 ^g	102 ^g	19	57	..	34	5.6	..	25.6
越南	7.3 ^c	..	20.2	..	..	15	150	0.5	171	1.2	65	21.0
约旦河西岸和加沙地区	..	36	..	83	104	27	..	..	20	..	80	9.6
也门共和国	7.2 ^c	..	..	60	66	73	430	..	76	1.0	46	1.4
赞比亚	3.6 ^c	..	23.3	88	96	170	830	15.2	506	0.2	52	5.5
津巴布韦	4.6 ^c	..	14.0	..	97	90	880	15.3	782	0.9	46	11.4
全世界	.. ^w	.. ^w	23.1 ^w	87 ^w	95 ^w	68 ^w	400 ^w	0.8 ^w	139 ^w	4.5 ^{w, k}	60 ^w	21.3 ^w
低收入国家	..	..	27.8	65	91	120	790	2.3	275	0.5	38	3.7
中等收入国家	..	..	22.7	91	96	58	320	0.6	138	3.1	58	14.7
下中等收入国家	..	..	25.8	90	94	65	370	0.4	147	2.6	52	11.7
上中等收入国家	..	..	..	98	100	25	110	1.5	105	5.1	82	26.6
中、低收入国家	..	..	24.0	86	95	74	440	0.9	162	2.7	55	12.8
东亚和太平洋	..	..	12.6	100	100	27	150	0.2	136	3.6	66	23.3
欧洲和中亚	..	..	..	98	97	23	45	0.6	84	7.0	89	23.4
拉丁美洲和加勒比地区	..	..	..	97	101	26	130	0.5	50	2.5	78	26.6
中东和北非	..	..	..	91	93	38	200	0.1	41	3.6	74	24.2
南亚	..	..	40.9	79	90	78	500	0.3	174	1.1	33	6.6
撒哈拉以南非洲	..	..	26.5	63	88	146	900	5.0	369	0.9	31	4.5
高收入国家	..	..	..	98	99	7	10	0.3	16	12.6	100	67.1

a. 数据来自国际电信联盟 (ITU) 世界电信发展报告数据库, 第三方使用这些数据时请引用 ITU, 注明引用。b. 数据为最近可获得的最近年度数据。c. 指这些人口支出占总支出的比重, 人均支出为筛选依据。d. 城市数据。e. 指这些人口收入占国民总收入的比重, 人均收入为筛选依据。f. 有限范围。g. 数据为 2008 年数据。h. 包括中国香港。i. 包括黑山。j. 包括科索沃和黑山。k. 包括没有分配给特定国家的排放量。

表 4 经济活动

	国内生产总值		农业生产率		占 GDP 增加值			家庭最终 消费占 GDP 比重	政府支出占 GDP 比重	资本形成 总额占 GDP 的百 分比比重	净出口占 GDP 的 比重	GDP 隐含 平减指数 平均增长 率(%)		
	2008 (百万美元)	2000—2008 年均增长 率(%)	每个农业 工人的农业 增加值 (以 2 000 美元计)	比重			2008 (%)						2008 (%)	2008 (%)
				2008	2008	2008								
阿富汗	10 170	..	..	..	37	25	38	98	11	31	-39	7.1
阿尔巴尼亚	12 295	5.4	778	1 449	21	20	59	85	10	32	-27	3.5		
阿尔及利亚	173 882	4.3	1 911	2 225	9	69	23	22	7	37	35	9.4		
安哥拉	83 383	13.7	165	174	10	86	4	37	.. ^a	12	50	48.1		
阿根廷	328 385	5.3	6 767	10 072	9	34	57	59	13	24	4	12.8		
亚美尼亚	11 917	12.4	1 476 ^b	3 692	18	45	37	75	12	38	-25	4.6		
澳大利亚	1 015 217	3.3	20 839	29 908	..	..	..	55	18	29	-2	3.8
奥地利	416 380	2.1	12 048	21 920	2	31	67	54	18	21	7	1.8		
阿塞拜疆	46 259	18.1	1 084 ^b	1 143	6	71	23	25	10	23	42	10.9		
孟加拉国	78 992	5.9	254	338	19	29	52	79	5	24	-8	4.8		
白俄罗斯	60 302	8.6	1 977 ^b	3 153	9	39	53	54	16	35	-6	25.5		
比利时	497 586	2.0	..	39 243	1	24	75	52	22	22	3	2.0		
贝宁	6 680	3.9	326	519	..	..	..	..	..	..	..	3.3
玻利维亚	16 674	4.1	670	773	14	42	44	61	12	16	12	7.0		
波斯尼亚和黑塞哥维那	18 452	5.5	..	8 270	..	..	..	85	22	23	-30	3.8
巴西	1 612 539	3.6	1 507	3 119	7	28	65	61	20	19	0	8.1		
保加利亚	49 900	5.8	2 500	7 159	7	31	61	70	16	37	-23	5.6		
布基纳法索	7 948	5.6	110	173	33	22	44	75	22	18	-15	2.4		
布隆迪	1 163	2.9	108	70	..	..	..	91	29	16	-36	9.6
柬埔寨	9 574	9.7	..	314	32	27	41	83	3	21	-8	4.7		
喀麦隆	23 396	3.5	389	648	20	33	48	68	13	19	1	2.2		
加拿大	1 400 091	2.5	28 243	44 133	..	..	..	56	19	23	3	2.0
中非共和国	1 970	0.6	287	381	53	14	32	95	3	10	-9	2.2		
乍得	8 361	10.4	173	215	23	42	35	69	6	15	10	8.3		
智利	169 458	4.4	3 573	5 309	4	47	49	55	10	21	14	6.6		
中国	4 326 187	10.4	258	407	11	49	40	37	14	43	7	4.3		
中国香港	215 355	5.2	..	..	0	8	92	60	8	20	11	-1.7
哥伦比亚	242 268	4.9	3 080	2 749	9	34	57	64	13	24	-1	6.9		
刚果(金)	11 588	5.5	184	149	41	27	31	82	11	17	-10	28.3		
刚果(布)	10 699	4.0	..	..	5	60	35	29	14	27	30	7.0
哥斯达黎加	29 834	5.5	3 143	4 506	7	29	64	69	13	27	-10	10.2		
科特迪瓦	23 414	0.6	598	795	24	25	51	77	8	10	5	3.4		
克罗地亚	69 333	4.6	5 425 ^b	11 354	6	28	65	59	19	31	-8	3.8		
捷克共和国	216 485	4.6	..	5 521	2	38	60	48	20	27	5	2.2		
丹麦	342 672	1.7	15 190	38 441	1	26	73	50	26	23	1	2.3		
多米尼加共和国	45 790	5.4	1 924	3 305	11	28	61	81	6	20	-7	15.0		
厄瓜多尔	52 572	5.0	1 686	1 676	7	36	57	67	12	24	-3	9.5		
阿拉伯埃及共和国	162 818	4.7	1 528	2 072	14	36	50	72	11	24	-7	7.8		
萨尔瓦多	22 115	2.9	1 633	1 638	13	28	58	98	9	15	-22	3.7		
厄立特里亚	1 654	1.3	..	71	24	19	56	86	31	11	-28	18.0		
埃塞俄比亚	26 487	8.2	..	158	43	13	45	85	11	21	-17	8.7		
芬兰	271 282	3.0	18 818	31 276	3	32	65	52	21	22	5	1.1		
法国	2 853 062	1.7	22 234	44 080	2	21	77	57	23	22	-2	2.1		
格鲁吉亚	12 793	8.1	2 443 ^b	1 791	10	24	66	76	21	31	-28	7.3		
德国	3 652 824	1.2	13 724	25 657	1	30	69	57	18	18	7	1.1		
加纳	16 123	5.6	293	320	32	26	42	81	14	32	-26	18.7		
希腊	356 796	4.2	7 536	8 818	4	23	73	71	17	26	-23	3.3		
危地马拉	38 977	3.9	2 120	2 623	11	28	62	90	4	24	-28	5.2		
几内亚	4 266	3.1	142	190	8	35	58	85	5	13	-2	20.2		
海地	6 953	0.5	..	..	..	..	..	98	.. ^a	26	-2	16.7
洪都拉斯	14 077	5.3	1 193	1 483	13	27	61	83	14	30	-28	6.5		
匈牙利	154 668	3.6	4 122	6 922	4	29	66	67	9	22	1	5.0		
印度	1 217 490	7.9	324	392	18	29	53	56	11	39	-6	4.6		
印度尼西亚	514 389	5.2	484	583	14	48	37	63	8	28	1	10.9		
伊朗伊斯兰共和国	385 143	6.0	1 954	2 561	10	45	45	45	14	31	10	17.9		
伊拉克	..	..	..	1 756	..	..	..	..	..	..	..	..
爱尔兰	281 776	5.0	..	17 107	2	35	63	46	16	27	11	2.9		
以色列	199 498	3.5	..	..	..	..	..	58	25	19	-2	1.1
意大利	2 293 008	0.9	11 528	23 967	2	27	71	59	20	21	0	2.6		
日本	4 909 272	1.6	20 445	35 668	1	30	68	57	18	24	1	-1.2		
约旦	20 013	6.7	1 892	1 360	4	32	64	108	18	19	-45	4.2		
哈萨克斯坦	132 229	9.5	1 795 ^b	1 557	6	42	52	35	10	35	-20	15.1		
肯尼亚	34 507	4.6	334	333	21	13	65	79	11	25	-14	6.5		
韩国	929 121	4.5	..	11 451	3	37	60	55	15	31	-1	2.2		
吉尔吉斯斯坦共和国	4 420	4.4	675 ^b	979	34	19	48	101	18	26	-45	6.8		
老挝人民民主共和国	5 431	6.9	360	459	40	31	29	69	8	38	-15	9.4		
黎巴嫩	28 660	4.0	..	29 950	5	22	73	91	14	20	-25	2.2		
利比里亚	870	-1.1	..	..	54	19	27	116	15	20	-51	10.5
利比亚	99 926	4.1	..	..	..	..	..	..	..	..	..	22.2
立陶宛	47 341	7.7	..	3 790	4	33	63	66	18	27	11	4.0		
马达加斯加	8 970	3.8	186	174	25	17	57	85	5	36	-45	11.5		
马拉维	4 269	4.2	72	116	34	21	45	85	11	32	-28	19.3		
马来西亚	194 927	5.5	386	525	10	48	42	46	12	22	20	4.4		
马里	8 740	5.2	208	241	37	24	39	76	11	23	-10	4.2		
毛里塔尼亚	2 858	5.1	574	356	13	47	41	61	20	26	-7	11.3		

(续)

	国内生产总值		农业生产率		占GDP增加值			家庭最终消费占GDP比重	政府支出占GDP比重	资本形成总额占GDP的百分比	净出口占GDP的比重	GDP隐含平减指数平均增长率(%)
	2008 (百万美元)	2000—2008 年均增长率(%)	每个农业工人的农业增加值 (以2 000美元计)		比重							
			1990—1992	2003—2005	农业	工业	服务业					
					2008	2008	2008	2008 (%)	2008 (%)	2008 (%)	2008 (%)	2000—2008
墨西哥	1 085 951	2.7	2 256	2 793	4	37	59	66	10	26	-2	8.2
摩尔多瓦	6 048	6.3	1 286 ^b	816	11	15	74	97	19	37	-53	11.6
摩洛哥	86 329	5.0	1 430	1 746	16	20	64	61	16	33	-9	1.6
莫桑比克	9 735	8.0	107	148	28	26	46	75	12	23	-10	8.1
缅甸	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
尼泊尔	12 615	3.5	191	207	34	17	50	79	10	32	-21	6.2
荷兰	860 336	1.8	24 914	42 049	2	24	74	47	25	20	8	2.2
新西兰	130 693	3.0	19 155	27 189	..	..	..	60	19	23	-1	3.0
尼加拉瓜	6 592	3.5	..	2 071	19	30	51	90	12	32	-34	8.5
尼日尔	5 354	4.4	152	157 ^b	..	..	..	..	..	..	..	2.6
尼日利亚	212 080	6.6	..	..	31	41	28	..	..	..	13	17.0
挪威	449 996	2.5	19 500	37 039	1	43	56	42	20	23	16	4.7
巴基斯坦	168 276	5.8	594	696	20	27	53	80	9	22	-10	7.3
巴拿马	23 088	6.6	2 363	3 904	6	17	76	65	11	23	1	2.2
巴布亚新几内亚	8 168	2.8	500	595	33	48	19	44	10	19	27	7.3
巴拉圭	15 977	3.7	1 596	2 052	23	20	57	69	9	20	3	10.5
秘鲁	127 434	6.0	930	1 481	7	38	55	61	9	27	2	3.5
菲律宾	166 909	5.1	905	1 075	15	32	53	77	10	15	-2	5.2
波兰	526 966	4.4	1 502 ^b	2 182	4	30	65	66	15	23	-3	2.6
葡萄牙	242 689	0.9	4 642	6 220	3	24	73	65	20	22	-7	2.9
罗马尼亚	200 071	6.3	2 196	4 646	8	34	58	73	11	26	-10	17.0
俄罗斯联邦	1 607 816	6.8	1 825 ^b	2 519	5	38	57	45	19	25	11	16.5
卢旺达	4 457	6.7	167	182	35	12	53	90	9	21	-19	10.0
沙特阿拉伯	467 601	4.1	7 875	15 780	2	70	27	26	20	19	35	8.9
塞内加尔	13 209	4.4	225	215	15	23	62	82	10	30	-22	2.9
塞尔维亚	50 061	5.7	..	..	13	28	59	84	17	23	-24	17.2
塞拉利昂	1 953	10.3	..	..	43	24	33	80	13	20	-12	9.3
新加坡	181 948	5.8	22 695	40 419	0	28	72	39	11	31	19	1.5
斯洛伐克共和国	94 957	6.3	..	5 026	4	41	55	54	16	28	1	3.7
索马里	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
南非	276 764	4.3	1 786	2 495	3	31	66	61	20	22	-4	7.1
西班牙	1 604 174	3.3	9 511	18 619	3	30	67	57	18	31	-7	3.9
斯里兰卡	40 714	5.5	679	702	13	29	57	70	16	27	-13	10.6
苏丹	58 443	7.4	414	667	26	34	40	59	16	24	1	9.9
瑞典	480 021	2.8	22 533	35 378	2	29	70	47	26	20	8	1.7
瑞士	488 470	1.9	19 884	23 588	1	28	71	59	11	22	8	1.0
阿拉伯叙利亚共和国	55 204	4.4	2 344	3 261	20	35	45	75	12	14	0	8.4
塔吉克斯坦	5 134	8.6	346 ^b	409	18	23	59	114	8	20	-42	21.0
坦桑尼亚 ^c	20 490	6.8	238	295	45	17	37	73	16	17	-6	9.4
泰国	260 693	5.2	497	624	12	46	43	51	13	28	8	2.4
多哥	2 823	2.5	312	347	..	..	..	..	16	..	-27	1.1
突尼斯	40 180	4.9	2 422	2 700	10	28	62	65	14	25	-3	2.9
土耳其	794 228	5.9	1 770	1 846	10	28	62	71	13	22	-5	16.9
土库曼斯坦	18 269	14.5	1 222 ^b	..	..	..	..	..	..	..	11	12.2
乌干达	14 529	7.5	155	175	23	26	52	82	12	24	-18	5.1
乌克兰	180 355	7.2	1 195 ^b	1 702	8	37	55	64	17	25	-6	15.7
阿联酋	163 296	7.7	10 454	25 841	2	59	39	45	10	21	24	7.7
英国	2 645 593	2.5	22 664	26 942	1	23	76	63	22	19	-4	2.7
美国	14 204 322	2.5	20 793	42 744	1	22	77	70	16	20	-6	2.6
乌拉圭	32 186	3.8	6 304	8 797	11	27	63	69	12	23	-4	8.2
乌兹别克斯坦	27 918	6.6	1 272 ^b	1 800	23	33	43	55	16	19	10	25.5
委内瑞拉	313 799	5.2	4 483	6 331	..	..	..	53	10	23	14	26.3
越南	90 705	7.7	214	305	20	42	38	66	6	42	-13	7.8
约旦河西岸和加沙地区	..	-0.9	..	..	..	..	..	..	..	..	..	3.4
也门共和国	26 576	3.9	271	328 ^b	..	..	..	..	..	..	..	13.6
赞比亚	14 314	5.3	159	204	21	46	33	66	9	22	3	17.1
津巴布韦	..	-5.7	240	222	..	..	..	..	..	..	..	232.0
全世界	60 587 016t	3.2w	731w	908w	3w	28w	69w	61w	17w	22w	0w	..
低收入国家	568 504	5.8	222	268	25	29	46	75	9	27	-11	..
中等收入国家	16 826 866	6.4	470	650	10	37	53	56	14	30	1	..
下中等收入国家	8 377 130	8.3	359	499	14	41	45	50	13	36	1	..
上中等收入国家	8 445 380	4.6	1 998	2 721	6	33	61	61	15	23	1	..
中、低收入国家	17 408 313	6.4	432	577	11	37	53	57	14	29	1	..
东亚和太平洋	5 658 322	9.1	295	438	12	48	41	42	13	39	6	..
欧洲和中亚	3 860 600	6.3	1 749	2 076	7	34	60	60	15	24	0	..
拉丁美洲和加勒比地区	4 247 077	3.9	2 125	3 044	6	32	62	63	14	23	0	..
中东和北非	1 117 198	4.7	1 583	2 204	12	41	48	57	12	28	3	..
南亚	1 531 499	7.4	335	406	18	29	53	61	11	36	-7	..
撒哈拉以南非洲	987 120	5.2	263	279	14	32	54	67	16	23	-3	..
高收入国家	43 189 942	2.3	15 906	25 500	1	26	73	62	18	21	-1	..

a. 一般政府支出的数据无法单独获得,它包括在家庭最终消费支出中。

b. 缺乏数据,三年数据不完整。

c. 数据仅指坦桑尼亚大陆。

表5 贸易、援助与金融

	商品贸易		制成品出口 占商品出口 总量比(%)	高技术出口占 商品出口总量 比重(%)	经常账户 余额(百万 美元)	外国直接 投资(百 万美元)	官方发展 援助(人 均美元) ^a	外债		银行部门提供的	
	出口 (百万美元)	进口 (百万美元)						总额(百 万美元)	现值(占 GNI的%)	国内信贷占 GDP 百分比(%)	净移民数 (千人)
	2008	2008	2007	2007	2008	2007	2007	2007	2007	2008	2000—2005 ^b
阿富汗	680	3 350	..	..	..	288	..	2 041	18 ^d	0	..
阿尔巴尼亚	1 353	5 230	70	12	-1 924	477	97	2 776	22	68	-100
阿尔及利亚	78 233	39 156	1	2	..	1 665	12	5 541	4	-12	-140
安哥拉	66 300	21 100	..	..	9 402	-893	14	12 738	32	10	175
阿根廷	70 588	57 413	31	7	7 588	6 462	2	127 758	63	24	-100
亚美尼亚	1 069	4 412	56	2	-1 356	699	114	2 888	38	17	-100
澳大利亚	187 428	200 272	19	14	-44 040	39 596	..	..	..	151	641
奥地利	182 158	184 247	82	11	14 269	30 717	..	..	..	129	220
阿塞拜疆	31 500	7 200	6	4	16 454	-4 749	26	3 021	14	17	-100
孟加拉国	15 369	23 860	91	..	857	653	10	22 033	22	60	-700
白俄罗斯	32 902	39 483	53	3	-5 050	1 785	9	9 470	25	31	20
比利时	476 953	469 889	78	7 ^c	-12 015	72 195	..	..	..	115	196
贝宁	1 050	1 990	9	0	-217	48	56	857	12 ^d	15	99
玻利维亚	6 370	4 987	7	5	1 800	204	50	4 947	24 ^d	48	-100
波斯尼亚和黑塞哥维那	5 064	12 282	61	3	-2 765	2 111	117	6 479	42	59	62
巴西	197 942	182 810	47	12	-28 191	34 585	2	237 472	25	102	-229
保加利亚	23 124	38 256	55	6	-12 577	8 974	..	32 968	100	67	-41
布基纳法索	620	1 800	..	..	..	600	63	1 461	14 ^d	16	100
布隆迪	56	403	21	4	-116	1	59	1 456	97 ^d	35	192
柬埔寨	4 290	6 510	..	..	-1 060	867	46	3 761	46	16	10
喀麦隆	4 350	4 360	3	3	-547	433	104	3 162	5 ^d	6	-12
加拿大	456 420	418 336	53	14	27 281	111 772	..	..	..	191	1 089
中非共和国	185	310	36	0	..	..	27	973	48 ^d	18	-45
乍得	4 800	1 700	..	..	..	603	33	1 797	19 ^d	-3	219
智利	67 788	61 901	10	7	-3 440	14 457	7	58 649	45	83	30
中国	1 428 488	1 133 040	93	30	426 107	138 413	1	373 635	13	126	-2 058
中国香港	370 242 ^e	392 962	68 ^e	19	30 637	54 365	..	..	..	125	113
哥伦比亚	37 626	39 669	39	3	-6 761	9 040	17	44 976	28	43	-120
刚果(金)	3 950	4 100	..	..	..	720	20	12 283	111 ^d	5	-237
刚果(布)	9 050	2 850	..	..	-2 181	4 289	36	5 156	93 ^d	-19	4
哥斯达黎加	9 675	15 374	63	45	-1 578	1 896	12	7 846	35	54	84
科特迪瓦	10 100	7 150	18	32	-146	427	8	13 938	67 ^d	20	-339
克罗地亚	14 112	30 728	68	9	-6 397	4 916	37	48 584	109	75	-13
捷克共和国	146 934	141 882	90	14	-6 631	9 294	..	..	..	58	67
丹麦	117 174	112 296	66	17	6 938	11 858	..	..	..	210	46
多米尼加共和国	6 910	16 400	..	..	-2 068	1 698	13	10 342	33	39	-148
厄瓜多尔	18 511	18 686	8	7	1 598	183	16	17 525	50	18	-400
埃及	25 483	48 382	19	0	412	11 578	14	30 444	25	78	-291
萨尔瓦多	4 549	9 755	55	4	-1 119	1 526	14	8 809	50	45	-340
厄立特里亚	20	530	..	..	..	-3	32	875	41 ^d	125	229
埃塞俄比亚	1 500	7 600	13	3	-828	223	31	2 634	8 ^d	47	-340
芬兰	96 714	91 045	81	21	10 121	11 568	..	..	..	88	33
法国	608 684	707 720	79	19	-52 911	159 463	..	..	..	126	761
格鲁吉亚	1 498	6 058	45	7	-2 851	1 728	87	2 292	20	33	-309
德国	1 465 215	1 206 213	83	14	243 289	51 543	..	..	..	126	930
加纳	5 650	10 400	11	1	-2 151	970	50	4 479	22 ^d	33	12
希腊	25 311	77 970	52	8	-51 313	1 959	..	..	..	109	154
危地马拉	7 765	14 545	50	3	-1 697	724	34	6 260	21	37	-300
几内亚	1 300	1 600	..	..	-456	111	23	3 268	64 ^d	..	-425
海地	490	2 148	..	..	-80	75	73	1 598	20 ^d	23	-140
洪都拉斯	6 130	9 990	29	1	-1 225	816	65	3 260	21 ^d	50	-150
匈牙利	107 904	107 864	81	25	-12 980	37 231	..	..	..	81	70
印度	179 073	291 598	64	5	-9 415	22 950	1	220 956	20	70	-1 540
印度尼西亚	139 281	126 177	42	11	606	6 928	4	140 783	43	37	-1 000
伊朗伊斯兰共和国	116 350	57 230	10	6	..	755	1	20 577	8	51	-993
伊拉克	59 800	31 200	0	0	2 681	383	..	..	..	..	..
爱尔兰	124 158	82 774	84	28	-12 686	26 085	..	..	..	194	230
以色列	60 825	67 410	76	8	1 596	9 664	..	..	..	81	115
意大利	539 727	556 311	84	7	-78 029	40 040	..	..	..	133	1 750
日本	782 337	761 984	90	19	156 634	22 180	..	..	..	293	82
约旦	7 790	16 888	76	1	-2 776	1 835	88	8 368	54	122	104
哈萨克斯坦	71 184	37 889	13	23	6 978	10 189	13	96 133	131	34	-200
肯尼亚	4 972	11 074	37	5	-1 102	728	34	7 355	26	35	25
韩国	422 007	435 275	89	33	-6 350	1 579	..	..	..	113	-65
吉尔吉斯斯坦共和国	1 642	4 058	35	2	-631	208	52	2 401	43 ^d	14	-75
老挝人民民主共和国	1 080	1 390	..	..	107	324	65	3 337	84	7	-115
黎巴嫩	4 454	16 754	..	..	-1 395	2 845	229	24 634	111	177	100
利比里亚	262	865	..	..	-211	132	192	2 475	978 ^d	161	62
利比亚	63 050	11 500	..	..	28 454	4 689	3	..	..	-47	14
立陶宛	23 728	30 811	64	11	-5 692	2 017	..	..	..	64	-36
马达加斯加	1 345	4 040	57	1	..	997	48	1 661	21 ^d	9	-5
马拉维	790	1 700	11	2	..	55	53	870	9 ^d	16	-30
马来西亚	199 516	156 896	71	52	28 931	8 456	8	53 717	34	115	150
马里	1 650	2 550	3	7	-581	360	82	2 018	16 ^d	13	-134
毛里塔尼亚	1 750	1 750	0	..	..	153	117	1 704	85 ^d	..	30

(续)

	商品贸易		制成品出口 占商品出口 总量比(%)	高技术出口占 商品出口总量 比重(%)	经常账户 余额(百万 美元)	外国直接 投资(百 万美元)	官方发展 援助(人 均美元) ^a	外债		银行部门提供的		净移民数 (千人)
	出口	进口						总额(百 万美元)	现值(占 GNI的%)	国内信贷占GDP 百分比(%)		
	(百万美元)	(百万美元)	2007	2007	2008	2007	2007	2007	2007	2008	2000—2005 ^b	
墨西哥	291 807	323 151	72	17	-15 957	24 686	1	178 108	20	37	-2 702	
摩尔多瓦	1 597	4 899	32	5	-1 009	493	73	3 203	72	40	-320	
摩洛哥	20 065	41 699	65	9	-1 222	2 807	35	20 255	29	98	-550	
莫桑比克	2 600	4 100	6	2	-975	427	83	3 105	15 ^d	14	-20	
缅甸	6 900	4 290	..	..	802	428	4	7 373	46	..	-1 000
尼泊尔	1 100	3 570	..	..	6	6	21	3 645	22 ^d	53	-100
荷兰	633 974	573 924	60	26	65 391	123 609	..	..	..	198	110
新西兰	30 586	34 366	25	10	-11 317	2 753	..	..	..	151	103
尼加拉瓜	1 489	4 287	10	4	-1 475	382	149	3 390	31 ^d	66	-206	
尼日尔	820	1 450	6	14	-314	27	38	972	12 ^d	6	-29	
尼日利亚	81 900	41 700	1	8	21 972	6 087	14	8 934	6	26	-170	
挪威	167 941	89 070	18	18	83 497	3 788	..	..	..	..	84
巴基斯坦	20 375	42 326	79	1	-8 295	5 333	14	40 680	25	46	-1 239	
巴拿马	1 180	9 050	11	0	-2 792	1 907	-40	9 862	70	86	8	
巴布亚新几内亚	5 700	3 550	..	..	..	96	50	2 245	42	26	0
巴拉圭	4 434	10 180	14	6	-345	196	18	3 570	35	22	-45	
秘鲁	31 529	29 981	12	2	1 505	5 343	9	32 154	42	19	-525	
菲律宾	49 025	59 170	51	54	4 227	2 928	7	65 845	51	46	-900	
波兰	167 944	203 925	80	4	-29 029	22 959	..	195 374	53	60	-200	
葡萄牙	55 861	89 753	74	9	-29 599	5 534	..	..	..	185	291
罗马尼亚	49 546	82 707	80	4	-24 642	9 492	..	85 380	67	41	-270	
俄罗斯联邦	471 763	291 971	17	7	102 331	55 073	..	370 172	39	27	964	
卢旺达	250	1 110	5	16	-147	67	75	496	8 ^d	..	6	
沙特阿拉伯	328 930	111 870	9	1	95 080	-8 069	-5	..	..	10	285
塞内加尔	2 390	5 702	36	4	-1 311	78	71	2 588	21 ^d	25	-100	
塞尔维亚	10 973	22 999	66	4	-15 989	3 110	113	26 280	86	38	-339	
塞拉利昂	220	560	..	..	-181	94	99	348	10 ^d	14	336
新加坡	338 176 ^e	319 780	76 ^e	46	39 106	24 137	..	..	..	84	139
斯洛伐克共和国	70 967	73 321	87	5	-4 103	3 363	..	..	..	54	10
索马里	..	..	..	..	..	141	44	2 944	..	..	-200
南非	80 781	99 480	51 ^f	6	-20 981	5 746	17	43 380	19	88	700	
西班牙	268 108	402 302	75	5	-154 184	60 122	..	..	..	213	2 504
斯里兰卡	8 370	14 008	70	2	-3 775	603	29	14 020	42	43	-442	
苏丹	12 450	9 200	0	1	-3 268	2 426	52	19 126	93 ^d	17	-532	
瑞典	183 975	166 971	77	16	40 317	12 286	..	..	..	136	186
瑞士	200 387	183 491	91	22	41 214	49 730	..	..	..	185	200
阿拉伯叙利亚共和国	14 300	18 320	32	1	920	600	4	..	..	37	300
塔吉克斯坦	1 406	3 270	..	..	-495	360	33	1 228	30	28	-345
坦桑尼亚	2 870	6 954	17	1	-1 856	647	68	5 063	15 ^{d,g}	17	-345	
泰国	177 844	178 655	76	27	15 755	9 498	-5	63 067	29	136	1 411	
多哥	790	1 540	62	0	-340	69	19	1 968	80 ^d	25	-4	
突尼斯	19 319	24 612	70	5	-904	1 620	30	20 231	65	73	-81	
土耳其	131 975	201 960	81	0	-41 685	22 195	11	251 477	47	51	-71	
土库曼斯坦	10 780	4 680	..	..	..	804	6	743	7	..	-25
乌干达	2 180	4 800	21	11	-1 088	484	56	1 611	9 ^d	12	-5	
乌克兰	67 049	84 032	74	4	-12 933	9 891	9	73 600	66	82	-173	
阿联酋	231 550	158 900	3	1	..	..	..	..	..	67	577
英国	457 983	631 913	74	20	-78 765	197 766	..	..	..	215	948
美国	1 300 532	2 165 982	77	28	-673 261	237 541	..	..	..	220	5 676
乌拉圭	5 949	8 933	30	3	-1 119	879	10	12 363	69	33	-104	
乌兹别克斯坦	10 360	5 260	..	..	..	262	6	3 876	20	..	-400
委内瑞拉	93 542	49 635	5	3	39 202	646	3	43 148	26	20	40	
越南	62 906	80 416	57	6	-6 992	6 700	29	24 222	35	95	-200	
约旦河西岸和加沙地区	..	..	..	..	..	..	504	..	..	..	11
也门共和国	9 270	9 300	1	1	-1 508	917	10	5 926	23	11	-100	
赞比亚	5 093	5 070	13	2	-505	984	85	2 789	7 ^d	19	-82	
津巴布韦	2 150	2 900	48	3	..	69	37	5 293	121	..	-700	
全世界	16 129 607t	16 300 527t	72 ^w	18 ^w	..	2 139 338s	16 ^w	..s	..	158 ^w	.. ^{w,h}	
低收入国家	167 308	239 464	44	4	..	19 975	37	156 551	..	46	-3 728	
中等收入国家	4 905 095	4 547 215	61	19	..	501 721	9	3 260 910	..	74	-14 512	
下中等收入国家	2 627 173	2 376 905	71	23	..	232 806	9	1 228 986	..	98	-11 119	
上中等收入国家	2 276 454	2 164 216	52	13	..	268 916	9	2 031 924	..	53	-3 393	
中、低收入国家	5 072 412	4 786 667	60	19	..	521 696	19	3 417 461	..	74	-18 240	
东亚和太平洋	2 081 208	1 762 013	77	31	..	175 340	4	741 471	..	117	-3 722	
欧洲和中亚	1 141 248	1 146 612	45	6	..	151 521	13	1 214 038	..	42	-2 138	
拉丁美洲和加勒比地区	873 299	896 683	54	12	..	107 270	12	825 697	..	62	-5 738	
中东和北非	418 183	315 621	16	4	..	28 905	55	136 448	..	48	-1 850	
南亚	225 882	380 660	66	5	..	29 926	7	304 713	..	69	-3 181	
撒哈拉以南非洲	336 637	296 944	30	8	..	28 734	44	195 094	..	41	-1 611	
高收入国家	11 060 159	11 522 679	75	18	..	1 617 642	..	..	..	191	18 091

a. 对 OECD-DAC 中的 II 类国家的官方援助和官方发展援助的差异在 2005 年有所减少。区域合计数包括区域内未在表中涉及的国家,世界总计数和收入组总计数包括未按国家和地区分配的援助。b. 表示 5 年内的总量。c. 包括卢森堡。d. 数据来自低收入国家的债务的可持续性分析。e. 包括再输出。f. 仅指南非的进出口总额数据,商品出口份额数指的是南非关税同盟(博茨瓦纳、莱索托、纳米比亚、南非)的数据。g. GNI 仅指坦桑尼亚大陆。h. 由联合国计算的世界总额之和为 0,不过由于这里总额计算是采用世界银行的定义,地区和收入组群总值并不为 0。

表 6 其他国家(或地区)的主要经济指标

	人口			人口年龄构 成 0~14 岁	国民总收入(GNI) ^a		按 PPP 衡量的国民总 收入(GNI) ^b		人均 GDP 增长率(%) 2007—2008	出生时预期寿命		成人识字率占 15 岁及以上人 口百分比(%)
	(千人)	年均增长 率(%)	人口密度(每平 方千米人口)		(百万美元)	人均美元	(百万美元)	人均美元		男性(岁)	女性(岁)	
	2008	2000—2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2007	2007	2007	
美属萨摩亚	66	1.7	331	..	..	..^d	..	..	..	..	..	..
安道尔	84	3.7 ^e	178	..	..	..^e	..	..	..	..	..	..
安提瓜岛	86	1.3	194	..	1 165	13 620	1 760 ^f	20 570 ^f	1.6	..	..	..
阿鲁巴	105	1.9	586	20	..	..^e	..	..	..	72	77	98
巴哈马	335	1.3	33	26	..	..^e	..	..	-0.2	71	76	..
巴林	767	2.1	1 080	27	..	..^e	..	..	..	74	77	89
巴巴多斯	255	0.2	594	18	..	..^e	..	..	..	74	80	..
伯利兹	311	2.7	14	36	1 186	3 820	1 875 ^f	6 040 ^f	0.9	73	79	..
百慕大	64	0.4	1 284	..	..	..^e	..	..	4.3	76	82	..
不丹	687	2.5	15	31	1 302	1 900	3 349	4 880	12.0	64	68	53
博茨瓦纳	1 905	1.2	3	34	12 328	6 470	24 964	13 100	-2.2	50	51	83
文莱	397	2.2	75	27	10 211	26 740	19 540	50 200	-1.3	75	80	95
佛得角	499	1.6	124	37	1 561	3 130	1 720	3 450	4.5	68	74	84
开曼群岛	54	3.7	209	..	..	..^e	..	..	..	..	..	99
海峡群岛	149	0.2	787	16	10 241	68 640	..	..	5.7	77	81	..
科摩罗	644	2.2	346	38 [#]	483	750	754	1 170	-1.4	63	67	75
古巴	11 247	0.1	102	18	..	..^d	..	..	..	76	80	100
塞浦路斯	864	1.2	93	18	19 617 ^h	22 950 ^h	20 549	24 040	3.3	77	82	98
吉布提	848	1.9	37	37	957	1 130	1 972	2 330	2.1	54	56	..
多米尼加	73	0.3	98	..	349	4 770	607 ^f	8 300 ^f	2.9	..	..	..
赤道几内亚	659	2.8	24	41	9 875	14 980	14 305	21 700	8.4	49	51	..
爱沙尼亚	1 341	-0.3	32	15	19 131	14 270	25 848	19 280	-3.6	67	79	100
法罗群岛	49	0.7	35	..	..	..^e	..	..	..	77	81	..
斐济	839	0.6	46	32	3 300	3 930	3 578	4 270	-0.3	67	71	..
法属波利尼西亚	266	1.5	73	26	..	..^e	..	..	..	72	77	..
加蓬	1 448	2.0	6	37	10 490	7 240	17 766	12 270	0.2	59	62	86
冈比亚	1 660	3.0	166	42	653	390	2 130	1 280	3.0	54	57	..
格陵兰	57	0.1	0 ⁱ	..	..	..^e	..	..	..	..	..	..
格林纳达	106	0.6	310	28	603	5 710	850 ^f	8 060 ^f	2.2	67	70	..
关岛	175	1.5	325	28	..	..^e	..	..	..	73	78	..
几内亚比绍	1 575	2.4	56	43	386	250	832	530	0.5	46	49	..
圭亚那	763	0.1	4	30	1 081	1 420	1 916 ^f	2 510 ^f	3.1	64	70	..
冰岛	317	1.5	3	21	12 702	40 070	7 993	25 220	-1.6	79	83	..
马恩岛	81	0.6	141	..	3 516	43 710	..	..	7.3	..	..	..
牙买加	2 689	0.5	248	30	13 098	4 870	19 785 ^f	7 360 ^f	-1.8	70	75	86
基里巴斯	97	1.7	119	..	193	2 000	353 ^f	3 660 ^f	1.8	59	63	..
朝鲜	23 858	0.5	198	22	..	..^j	..	..	..	65	69	..
科索沃	..	..	..	..	..	..^k	..	..	..	..	..	..
科威特	2 728	2.7	153	23	99 865	38 420	136 748	52 610	3.7	76	80	94
拉脱维亚	2 266	-0.6	36	14	26 883	11 860	37 943	16 740	-4.2	66	77	100
莱索托	2 017	0.8	66	39	2 179	1 080	4 033	2 000	3.4	43	42	..
列支敦士登	36	1.1	222	..	..	..^e	..	..	..	..	..	..
卢森堡	488	1.4	188	18	41 406	84 890	31 372	64 320	-2.5	76	82	..
中国澳门	526	2.2	18 659	13	18 142	35 360	26 811	52 260	10.4	79	83	94
马其顿	2 038	0.2	80	18	8 432	4 140	20 266	9 950	5.0	72	77	97
马尔代夫	310	1.6	1 035	29	1 126	3 630	1 639	5 280	4.0	68	69	97
马耳他	411	0.7	1 286	16	6 825	16 680	9 192	22 460	3.1	77	82	92
马绍尔群岛	60	1.9	331	..	195	3 270	..	..	-0.8	..	..	..
毛里求斯	1 269	0.8	625	23	8 122	6 400	15 841	12 480	4.7	69	76	87
马约特	191	2.91	511	40	..	..^d	..	..	..	..	..	..
密克罗尼西亚	111	0.5	159	37	260	2 340	334 ^f	3 000 ^f	-1.3	68	69	..
摩纳哥	33	0.3 ^c	16 821	..	..	..^e	..	..	..	..	..	..
蒙古	2 632	1.2	2	27	4 411	1 680	9 158	3 480	7.9	64	70	97
黑山	622	-0.7	45	20	4 008	6 440	8 661	13 920	6.9	72	76	..
纳米比亚	2 114	1.5	3	37	8 880	4 200	13 248	6 270	1.0	52	53	88
荷兰安的列斯	194	0.9	242	21	..	..^e	..	..	..	71	79	96
新喀里多尼亚	246	1.8	13	26	..	..^e	..	..	..	72	80	96
北马里亚那群岛	85	2.3 ^c	186	..	..	..^e	..	..	..	..	..	..
阿曼	2 785	1.8	9	32	32 755	12 270	55 126	20 650	5.1	74	77	84
帕劳	20	0.7	44	..	175	8 650	..	..	-1.6	66	72	..
波多黎各	3 954	0.4	446	21	..	..^e	..	..	..	74	83	..
卡塔尔	1 281	9.1	116	16	..	..^e	..	..	..	75	77	93
萨摩亚	182	0.6	64	40	504	2 780	789 ^f	4 340 ^f	-3.6	69	75	99
圣马力诺	31	1.3 ^m	517	..	1 430	46 770	..	..	3.1	79	85	..
圣多美和普林西比	161	1.7	168	41	164	1 020	286	1 780	3.9	64	67	88

(续)

	人口			人口年龄构 成 0~14 岁 人口(%)	国民总收入(GNI) ^a		按 PPP 衡量的国民总 收入(GNI) ^b		人均 GDP 增长率(%) 2007—2008	出生时预期寿命		成人识字率占 15 岁及以上人 口百分比(%) 2007
	(千人)	年均增长 率(%)	人口密度(每平 方千米 人口)		(百万美元)	人均美元	(百万美元)	人均美元		男性(岁)	女性(岁)	
	2008	2000—2008	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2007	2007		
塞舌尔	86	0.8	188	..	889	10 290	1 707 ^f	19 770 ^f	1.3	69	78	..
斯洛文尼亚	2 039	0.3	101	14	48 973	24 010	54 875	26 910	2.5	74	82	100
所罗门群岛	507	2.5	18	39	598	1 180	1 309 ^f	2 580 ^f	4.9	63	64	..
圣基茨和尼维斯	49	1.3	189	..	539	10 960	746 ^f	15 170 ^f	8.8	..	..	..
圣卢西亚	170	1.1	279	27	940	5 530	1 561 ^f	9 190 ^f	1.1	73	76	..
圣文森特和 格林纳丁斯	109	0.1	280	27	561	5 140	957 ^f	8 770 ^f	0.9	69	74	..
苏里南	515	1.2	3	29	2 570	4 990	3 674 ^f	7 130 ^f	6.0	65	73	90
斯威士兰	1 168	1.0	68	40	2 945	2 520	5 852	5 010	1.1	46	45	..
东帝汶	1 098	3.7	74	45	2 706	2 460	5 150 ^f	4 690 ^f	9.6	60	62	..
汤加	104	0.6	144	37	265	2 560	402 ^f	3 880 ^f	0.7	69	75	99
特立尼达和多巴哥	1 338	0.4	261	21	22 123	16 540	32 033 ^f	23 950 ^f	3.0	68	72	99
瓦努阿图	231	2.5	19	39	539	2 330	910 ^f	3 940 ^f	4.2	68	72	78
维尔京群岛(美)	110	0.1	314	21	..	..^e	..	..	..	76	82	..

a. 计算使用世界银行图表集法。b. PPP 表示购买力平价,见技术注释。c. 数据为 2003—2007 年数据。d. 估计为中高收入(3 856 ~ 11 905 美元)。e. 估计为高收入(11 906 美元及以上)。f. 以回归数为基础,其他数据从最近的国际比较项目基准估计数推出。g. 包括马约特岛。h. 不包括土耳其塞族人。i. 少于 0.5。j. 估计为低收入(975 美元及以下)。k. 估计为中低收入(976 ~ 3 855 美元)。l. 数据为 2002—2007 年数据。m. 数据为 2004—2007 年数据。

技术注释

技术注释讨论本报告所选用指标的资料来源和编纂方法，这些指标包括在今年的“世界发展指标”中。具体指标的注释根据指标在表中的顺序编排。

资料来源

这里的部分世界发展指标选自《2009 年世界发展指标》。在可能的情况下，我们还对截止日期后的数据进行了补充。此外，表 1 和表 6 包括了最新公布的 2008 年人口和人均国民总收入的估计数。

世界银行出版物《世界发展指标》的统计数据有多种资料来源。发展中国家外债数据资料由发展中成员国通过“债务人报告制度”直接向世界银行汇报。其他数据资料来源主要有联合国及其专门机构、国际货币基金组织和提交给世界银行的国家报告。为提高及时性和一致性，《2009 年世界发展指标》同时使用了世界银行工作人员提供的估计数。大多数国家的国民账户估计值可以通过世界银行经济考察团从会员国政府那里获得。在某些情况下，为保证与国际通用的定义和概念协调一致，工作人员对数据进行了调整。从各国取得的绝大多数社会数据来源于日常行政管理的档案，特别调查或定期调查。

更详细的数据注释，请参见世界银行《2009 年世界发展指标》。

数据的一致性与可靠性

虽然我们努力实现数据的标准化，但仍难以保证其具有完全的可比性，因此，在解释这些数据时必须小心谨慎。影响数据可得性、可比性和可靠性的因素很多，主要有：许多发展中国家的统计体系仍然薄弱；国与国之间统计方法、统计口径、做法和定义的差异很大；跨国和跨时期比较涉及一些复杂的技术性和概念性问题，而这些问题又不能得到明确解决。由于特殊情况，或者由于一些经济体正在经历着一些问题（比如冲突导致的问题）影响了数据的收集和报告，所以这里的数据覆盖范围也许并不全面。因此，虽然认为这些数据最具权威性，但它们只能被视为不同国家之间发展趋势的标志和主要差别的表征，而不是这些差别的准确计量。世界银行不同版本的出版物提供的数据可能有所不同，这是各国更新数据并对历史数据修订的结果，也是统计方法改变的结果。因此，建议读者别去比较不同版本或者不同版本世界银

行出版物的数据序列。读者可以从《2009 年世界发展指标》的光盘和在线获取前后一致的时间序列。

比率和增长率

为方便参阅，各表列示的通常是一些比率或增长值，而不是简单的基数值。可以从《2009 年世界发展报告》的光盘获得这些数据的原始数据值。除非另有说明，增长率都是根据最小平方回归法计算的（参阅下面的统计方法）。因为该方法考虑了一定时期内可以得到的全部数据，该方法产生的增长率所反映的一般趋势不会过于受异常数值的影响。为排除通货膨胀的影响，在计算增长率时使用了不变价格的经济指标。斜体数据是一年或一个时期的数据，而不是栏首特指年份或时期的数据——对经济指标而言，特定时期指所标时间的前两年或后两年；社会指标则指前或后三年，这是因为社会指标的收集一般都是不定期进行的，而且短期内的变化也不会太大。

不变价格序列

一国或地区的经济增长是用于在该国或该地区进行生产经营的个人和企业所创造出来的增加值来测算的。因此，测算实际的增长要求用不变价格测算的 GDP 及其组成要素。世界银行收集用各国货币计值的不变价格国民账户序列，并以该国的原始基年来记录。为获得可比的不变价格数据序列，以共同的参考年份（当前世界发展指标是用 2000 年），按产业起源重新测定 GDP 和增加值。这一计算过程导致了重新测定的 GDP 值和 GDP 各组成部分加总值之间的偏差。鉴于这些偏差的划归会造成各国增长率的扭曲，这些偏差被置于一边。

汇总数值

大多数表格最后列示了不同地区和收入组别国家的汇总数值，这些数值在按级别表示时只是简单的加总计算值。总增长率和比率通常以加权平均的方式计算。社会指标的汇总数值根据人口或人口组别加权得出，但婴儿死亡率则是根据出生婴儿数加权计算得出的。欲知更多的信息，请参阅具体指标的注释。

涵盖多年的汇总数值是以前后一致的国家组别划分为基础计算出来的，这样，汇总数据的构成不会因时间的变化而变化。只有当某一特定年份得到的国别数据占整个组别国家的至少 2/3 时，才使用这种计算

方法以 2000 年为基年编制出该国别组的测算值。只要符合这个标准，即可认为数据缺失国家的各项指标与提供了估计数据的国家相同。读者应当记住，汇总数值旨在为每一个统计项目提供代表性的总量，因此，不能根据国家组别指标回溯推断出任何有关国家行为的有意义的结论。此外，估计过程可能导致总计数和下级组别汇总数据之间的差异。

表 1. 主要发展指标

人口的定义基于事实，即一国人口包括所有居民，无论其法律地位或公民权状况如何；但不在避难国永久居住的难民除外，他们通常被认为是原籍所在国的人口。用年度中期的估值表示（欧统局、联合国人口司和世界银行）。

人口年均增长率即一个时期内人口指数的变化（参见下面的统计方法部分）（欧统局、联合国人口司和世界银行）。

人口密度即年度中期人口与土地面积（以平方千米记）的比值。土地面积是指一个国家除内陆水域和沿海水域外的总面积（欧统局、联合国人口司和世界银行）。

0~14 岁人口年龄构成是指 0~14 岁人口在总人口中所占的比例（欧统局、联合国人口司和世界银行）。

国民总收入（GNI）是对国民收入最广义的测算，它测算的是居民所拥有的来自国内和国外资源的全部增加值。国民总收入包括国内生产总值和源自国外的初级收入净额。本国货币数据通过“世界银行图表集”换算成现值美元。该方法使用三年汇率平均数以消除汇率的短期波动（有关世界银行图表集方法的进一步讨论，参见后面的“统计方法”部分）（世界银行）。

人均国民总收入即国民总收入与年度中期人口的比值，并通过世界银行图表集的方法换算成现值美元。为便于分析，世界银行使用按美元计价的人均国民总收入对国家和地区进行划分并以此确定借款资格（世界银行）。

按 PPP 衡量的国民总收入是使用购买力平价（PPP）换算因子将国民总收入转换成国际美元。因为名义汇率并不总是反映国家之间的价格水平差异，本表按照购买力平价汇率，将 GNI 和人均国民收入

换算成国际美元（1 国际美元对于国内的 GNI 具有与美元对美国的 GNI 相同的购买力）。使用购买力平价指数可以对各国实际价格水平进行标准化的比较，这与使用传统的价格指数可以对一段时间内的实际价值进行比较一样。这里使用的购买力平价换算因子取自 2005 年“国际比较项目”对 146 个国家所进行的价格调查。经济合作与发展组织国家的数据取自 2005 年完成的最新一轮调查。本调查不包括的国家的估计数，可以使用可得数据并利用统计模型推导出来。想要了解 2005 年国际比较项目的详情，可以登录 www.worldbank.org/data/iecp（世界银行、欧统局/经合组织）。

按 PPP 衡量的人均国民总收入是按购买力平价计算的 GNI 除以年度中期人口的值（世界银行、欧统局/经合组织）。

国内生产总值（GDP）人均增长率是基于不变价格测算的 GDP。GDP 增长率是衡量一国经济增长的广义尺度。可以通过以下方法估算以不变价格计算的 GDP，即测算出一段时间内商品与服务的生产总量，以一组被认可的基年价格对它们进行估值，并减去以不变价格计算出来的中间投入的成本。详情请参阅统计方法一节中的最小平方增长率部分（世界银行、欧统局/经合组织）。

出生时预期寿命指假定婴儿出生时的死亡率格局在他一生中保持不变，该婴儿可能生存的年数。指标中分别提供了男性与女性的数据（欧统局、联合国人口司、世界银行）。

成人识字率是指 15 岁及 15 岁以上的识字者占 15 岁及 15 岁以上总人口的比例；识字者指那些能够读和写有关日常生活的简单陈述句并能理解其含义的人。在实践中，这一指标难以度量。以上述定义来测算识字率，需要在假定一些条件不变的情况下进行人口普查或者抽样调查测算。许多国家用自己报告的数据来估计识字人口数。一些国家利用教育程度作为中介变量，但使用不同的受教育时间或教育完成率的水平。由于数据收集的定义和方法因国而异，应当谨慎使用这些数据（教科文组织统计研究所）。

表 2. 贫困

世界银行定期与国家机构、其他发展机构、民间社会团体和穷人组织等合作，对正在积极实行其计划

的国家进行贫困评估。贫困评估报告贫困程度和原因，以及提出减贫策略。自从 1992 年开始，世界银行已经进行了 200 多次贫困评估，成为表格中使用国际贫困线的贫困估算的主要来源。作为减贫计划的一部分，各国汇报了相似的评估结果。

世界银行也会采用国际贫困线进行贫困估算，以监视全球范围内的减贫情况。世界银行基于对 22 个国家的家庭调查数据，在《1990 年世界发展报告》中第一次发布了发展中国家的全球贫困状况 (Ravallion, Datt, and van de Walle 1991)。从那以后，有大量的国家加入进来，进行家庭的收入和支出调查。

国家和国际贫困线。国家贫困线是用来估算与一国特定经济社会环境相符的贫困现象，而不是用来进行国际贫困率的比较。国家贫困线的设定反映了当地对于非贫困的消费或收入水平的认识。人为设定的贫困和非贫困之间的界限随着一国的平均收入水平的提高而提高，因此并不能进行国家间的比较。但是，国家贫困估算是用来制定国家减贫和监督措施的合适方法。

对贫困测量的国际比较具有理论和实际两方面的问题。不同国家对贫困有不同的定义标准，因此，很难达到跨国比较的一致性。富国的贫困线比穷国贫困线的标准更高，购买力水平也更高。国际贫困线试图使贫困线的实际价值在各国之间保持不变，正如进行时间比较一样，而不论其国家平均收入水平如何。

自从发布《1990 年世界发展报告》以来，世界银行致力于采用一个普遍标准来衡量极端贫困，把这种贫困定位为最贫穷国家的贫困水平。不同国家的人民福利水平可以通过调整当地货币购买力的差异，从而使用同一规模进行衡量。《1990 年世界发展报告》选择了每天 1 美元的标准，这是按 1985 年的国际价格来测算的，并用购买力平价换算因子换算成当地货币。因为这是当时低收入国家较为典型的贫困线。不久以后，按 1993 年国际价格计算，贫困线由每天 1 美元改为 1.08 美元。最近，根据 2005 国际比较项目对购买力平价数据的编辑，以及更多的国家家庭收支调查数据，国家贫困线又进行了修改。最新的极端贫困线是按 1995 年购买力平价计算的每天 1.25 美元，这代表了根据人均消费排序的最穷的 15 个国家的贫困线。最新的贫困线保持了极端贫困的原来标准（世界上最贫穷国家典型的贫困线），但使用发展中国家花费的最新消息对其进行了更新。

调查数据的质量和可获得性。贫困估算是通过抽样本家庭收支信息进行调查得出的。为了使贫困估算有效，调查必须在国家内具有代表性，而且包括足够的信息用于综合计算家庭的消费和收入（包括自己生产的消费和支出），从而可能建立一个正确的个人消费和支出的权重分配。在过去 20 年里，开展贫困调查的国家数和调查频率都在迅速扩大。数据质量也在不断提高。现在世界银行的贫困监控数据库包括 115 个发展中国家的 600 多次调查数据。调查随机采访了 120 万个家庭，代表了发展中国家 96% 的人口。

使用调查数据进行计算事项。在衡量家庭生活水平时，除了要考虑调查数据的频率和时限性，还有其他数据问题。一个问题就是选择收入还是消费作为福利的指标。收入规模通常更加难以准确衡量，而消费与生活水平的概念联系更为密切。收入也会因不同时间而不同，即使生活水平并未发生变化。但是消费的数据并不总是可获得的：这里最新报告中约 2/3 的国家的估算就使用了消费数据。另一个问题是，即使相似的调查也可能不具有严格的可比性，因为他们选取的消费品数量，受访者回忆其消费的时间期限，以及调查员的培训和素质都有差异。选择性应答也是一些调查需要考虑的问题。

不同发展阶段的国家之间的比较也会带来潜在问题，因为非市场物品消费的相对重要性存在差异。总消费支出应该包括所有实物消费（包括自产物品，这在不发达的农业经济体中格外重要）的当地市场价值，但实际情况可能不是这样。如今多数调查都包括了自产实物消费的估计值。同理，收入也应该包括非市场产品生产带来的推算利润，但实际上也往往没有这样做（在 1980 年以前的调查中这一忽略是一个很大的问题）。如今大多数调查数据都包括了自已生产的消费和收入价值，尽管估价方法存在差异。

定义

调查年份是指基本数据收集的年份。

位于国家贫困线下的人口，是指生活在国家贫困线下的人口比例。国家估计数基于对家庭调查中次级分组进行人口加权而得的估计数（世界银行）。

每天生活费不足 1.25 美元的人口和每天生活费不足 2 美元的人口是指按 2005 年国际价格计算的每天生活水平低于 1.25 美元和 2 美元人口比例。由于购买力平价的汇率调整，单个国家的贫困率不能与以

前版本报告的贫困率比较（世界银行）。

贫困缺口是指低于贫困线的平均不足量（非贫困的不足量记为零），以相当于贫困线的百分比来表示。这一指标反映了贫困的深度和发生率（世界银行）。

表 3. 千年发展目标：消除贫困、改善生活

最贫困的 20%人口占国家消费和收入的比例是指最贫困的 20%人口占国家消费的比例，在某些情况下，它是指最贫困的 20%人口占国家收入的比例。该指标是一个分布测量指标。在平均收入既定的前提下，国家消费（或收入）分布不平衡程度越高，其贫困率也越高。数据来自具有国家代表性的家庭调查。鉴于基本家庭调查的方法和所采集的收入数据类型不尽相同，国家间分布数据不能进行严格意义上的比较。世界银行工作组努力保证数据具有最大限度的可比较性。在可能的情况下，本报告使用消费数据而不是收入数据（世界银行）。

弱势就业是指无收入的家庭工人和自就业的工人的总和占总就业人口的比例。无收入的家庭工人和自就业的工人的比例来自就业状态的信息。每个就业状态人群会面对不同的经济风险，但无收入的家庭工人和自就业的工人是最脆弱的，因此他们最有可能陷入贫困。他们最不可能有正式的工作安排，也最不可能有防范经济冲击的社会的保护和安全体系，而且往往不能积攒足够的储蓄来抵消这些冲击（国际劳工组织）。

儿童营养不良状况是指体重低于 0~59 个月的国际参照人群中中等体重水平体重 2 个标准离差的 5 岁以下儿童的百分比。表格展示了世界卫生组织（WHO）2006 年公布的儿童成长的新数据。儿童营养不良状况的估计值来自国家调查数据。低于标准体重的儿童百分比通常作为衡量营养不良最常用的指标。低于标准体重，即使程度轻微，也会增加儿童的死亡风险和限制儿童认知能力的发育。此外，这个问题甚至还会传递给下一代，营养不良的母亲产下的婴儿更有可能低于标准体重（世界卫生组织）。

初等教育完成率指完成小学最后一年教育（或毕业）的学生的百分比。小学最后一级的学生总数与本级复读学生人数之差占法定毕业年龄儿童的总人数的比值，即为初等教育完成率。该指标反映了各国按照《国际教育标准分类》（ISCED）界定的小学周期，周期范围存在差异，很小部分的国家初等教育是 3 年或

4 年，大多数国家为 5 年或 6 年，还有小部分国家为 7 年。由于课程设置和学业完成的标准不同，初等教育完成率很高并不必然代表学生的认知程度很高（教科文组织统计研究所）。

初等和中等教育中男女学生比例指在小学和中学中入学女生总人数与入学男生总人数之比。

消除教育的性别不平等有助于提高女性的地位和能力。该指标是用来计量女孩上学机会的不完美的手段。各国入学率数据由各国教育机构上报到教科文组织（UNESCO）统计研究所。初等教育使儿童具备基本的读、写和算术能力，以及初步理解历史、地理、自然科学、社会科学、艺术和音乐等学科的能力。中等教育结束自初等教育就开始的基础教育，并以终身学习和人类发展为目标，通过更专业化的教师，提供更偏重于学科导向或技能导向的指导。

5 岁以下儿童死亡率指如果按照目前特定年龄的死亡率，新生儿在 5 岁以前死亡的概率。这一概率以在每千人中所占的比率来表示。死亡率数据的主要来源是人口动态登记系统以及基于抽样调查或普查得到的直接或间接估计数。为了确保各国各时期 5 岁以下儿童死亡率的可比性和不同机构估算的一致性，联合国儿童基金会（UNICEF）和世界银行开发并使用了一种统计方法，利用各种信息来协调差异。该方法利用加权最小平方法，得到了一个死亡率和参照时期相关性回归曲线（儿童死亡率估算机构间集体）。

产妇死亡率是指在怀孕和生孩子期间因为妊娠相关原因每 100 000 个婴儿安全出生妇女的死亡人数。该值是根据模型的估计值。模型估计值是根据世界卫生组织（WHO）、联合国儿童基金（UNICEF）、联合国人口基金（UNFPA）和世界银行估算所得。对于拥有准确记录死亡原因信息的动态登记系统的国家，报告数据和使用数据是一样的。对于拥有数据的国家，不论是来自不准确记录死亡原因信息的动态登记系统，还是家庭调查，报告的产妇死亡率根据错误计算和分类因素进行了调整。对于没有历史经验数据的国家（大约 35% 的国家），其产妇死亡率是基于使用社会经济信息（包括生育、接生员和国内生产总值）的模型得出的（世界卫生组织、联合国儿童基金会、联合国人口基金、世界银行）。

艾滋病患病率是指 15~49 岁人口感染艾滋病毒的百分比。成人艾滋病患病率反映了各国人口中艾滋病毒感染程度。然而，国家艾滋病毒感染率低有可能

存在误导性。在艾滋病潜伏严重的地区，艾滋病毒通常开始只集中在特定区域或特定人群中，继而蔓延开来威胁到更广泛的人群。发展中国家的很多地区，大多数新感染人群为年轻人，年轻妇女尤其容易受到感染（艾滋病毒/艾滋病联合国家项目 [UNAIDS] 和世界卫生组织）。

肺结核发病率是指新的结核病（肺、涂阳、肺外）病例数。由单一病原体形成的结核病是造成发展中国家成人死亡的主要原因。在高收入国家，许多人认为结核病重新出现主要是由移民携带过来的。表中结核病的发病率的估算通过采用报告病例和由世界卫生组织召集的 80 个传染病专家估算的病例的比率对报告案例进行调整而得出的。

二氧化碳排放量是指矿物燃料燃烧、水泥制造等过程产生的二氧化碳，包括消耗固体、液体、气体燃料以及煤气时产生的二氧化碳量（二氧化碳信息中心、世界银行）。

改善的卫生设施的可及性是指至少获得足够的粪便处理设施（私人或共享，但非公共）的人口数目百分比，它可以有效地预防人类、动物和昆虫接触排泄物（设施不必包括使污水流出时变得无害的处理）。改善的设施范围从简单的保护坑式马桶到连接污水处理的抽水马桶。为了有效，设施必须正确建立和恰当维护（世界卫生组织和联合国儿童基金会）。

网民是指使用网络的人们（国际电信部）。

表 4. 经济活动

国内生产总值 (GDP) 是指按购买者价格计算的，居住在一国国内生产者在经济中生产的总增加值，加上不包括在产品增加值中所有税收，再减去不包括在产品增加值中的所有补贴的总值。计算中没有扣除装配资产的折旧值或自然资源的损耗和退化值。增加值是一个部门的所有产出减去中间投入后的净产值。产业增加值的起始值根据《国际标准产业分类》(ISIC) 第 3 次修订版确定。世界银行按惯例使用的美元及官方的平均汇率来自 IMF 当年公布的数字。如果官方汇率在与外国货币和贸易产品进行交易时使用的汇率发生分歧，可使用替代换算因子进行换算（世界银行、经合组织、联合国）。

GDP 年均增长率按当地货币不变价格的 GDP 数据计算（世界银行、经合组织、联合国）。

农业生产率指以 2000 年不变美元价格得出的农

业增加值与农业生产工人数量的比率。农业生产率用每单位投入产出的增加值表示。农业增加值包括林业和渔业的增加值。因此，土地生产率需要谨慎使用（粮农组织）。

增加值指用所有的产值减去中间的投入以后的产业净值。产业增加值的起始值根据《国际标准产业分类》(ISIC) 第 3 次修订版确定（世界银行）。

农业增加值指符合 ISIC 第 1~5 类的行业，包括林业、渔业（世界银行）。

工业增加值包括采矿业、制造业、建筑业、电力、水利和天然气 (ISIC 第 10~45 类的行业)（世界银行、经合组织、联合国）。

服务业增加值指 ISIC 第 50~99 类的行业（世界银行、经合组织、联合国）。

家庭最终消费支出指全部商品和服务的市场价值，包括家庭购买的耐用品（如小汽车、洗衣机、家用电脑）。它不包括住房的购买，但包括自有住房的推算租金。它也包括为取得政府有关的许可证和执照而支出的有关费用。这里家庭消费支出还包括对来自非营利机构为家庭提供服务上的支出，尽管这方面的支出只在个别国家有所报告。在具体操作中，家庭消费支出也可能包括不同资料来源的数据在使用中的统计差异（世界银行、经合组织）。

一般政府最终消费支出包括目前所有政府用于商品和服务采购的所有经常性支出（包括工资支出）。它还包括用于国防和安全的大部分支出，但不包括作为政府资本形成部分的军事支出（世界银行、经合组织）。

资本形成总额指经济单位固定资产支出加上存货和贵重物品的净变化值，固定资产包括土地的改进（如围墙、沟渠、排水系统等）；工厂、机器和购置的设备；建筑物、公路、铁路以及其他基础设施，包括商业和工业用建筑、办公楼、学校、医院和私人住宅。存货是指公司在生产和销售“运行过程”中由于暂时的和未预想的经济波动而发生的货物储存。根据 1993 年 SNA 的规定，贵重物品净获得值也是资本形成总额的组成部分（世界银行、经合组织）。

商品和服务外部余额是指商品和服务的出口减去其进口得出的差额。商品和服务的贸易包括一国居民之间及其与世界其他国家之间涉及所有权变动的一切交易，包括一般商品、需要加工和维修的货品、非货币性的黄金和服务等（世界银行、经合组织）。

GDP 隐含平减指数反映了所有最终需求项，包括政府消费、资本形成、国际贸易，以及主要构成因素——私人最终消费的价格变化，用现价 GDP 对不变价格 GDP 的比率来计算。GDP 平减指数也可以由帕氏指数直接得到，帕氏指数是报告期产出数量的加权计算的价格指数（大多数发展中国家的国民账户指标由世界银行派访和常驻代表团从各国统计组织和中央银行处获取，高收入国家的数据则来自 OECD 数据库）。

表 5. 贸易、援助与金融

商品出口显示了按美元计的向世界其他地区提供的以离岸价格 (f.o.b.) 计的货物价值。

商品进口显示了按美元计的从世界其他地区购买的以到岸价格 (c.i.f.) 计的货物价值（货物成本包括保险费和运输费）。商品贸易的数据来源于世界贸易组织 (WTO) 年度报告。

制成品出口由日用品组成，包括贸易标准产业分类 (SITC) 第 5 节（化学品）、第 6 节（基本制成品）、第 7 节（机械和运输设备）和第 8 节（杂项制成品），不包括第 68 类的商品（联合国统计司的商品贸易统计数据库）。

高技术品出口是指研发含量高的产品。包括航空航天器、计算机、制药品、科研仪器及电子机械等高技术产品（联合国统计司的商品贸易统计数据库）。

经常账户余额是商品和服务出口净值与净收入和经常性转移支付净值之和（国际货币基金）。

外国直接投资 (FDI) 是投资者在其所属经济体以外的地方，为获得对一个企业经营的持续管理权益（10% 及其以上有投票权的股票）而进行的投资净流入量。它是国际收支账户中列示的股权资本量、收益的再投资、其他长期资本和短期资本之和。外国直接投资数据基于国际货币基金组织报告的国际收支数据，并以世界银行工作组使用联合国贸易与发展会议数据得出的估测值及国家官方数据为补充。

官方发展援助 (ODA) 或官方援助指来自 OECD 的高收入成员国的，这是向发展中国家提供的官方发展援助的主要来源，但提供官方发展援助的一些重要的捐助国也并非 OECD 的“发展援助委员会” (DAC) 的成员。发展援助委员会对官方发展援助设

有三项标准：它由官方部门执行；它以推动经济发展或提高福利为主要宗旨；该援助按特惠条件提供，贷款中至少有 25% 以上的贷款成分（以 10% 的贴现率计算）。

官方发展援助 (ODA) 由符合发展援助委员会关于 ODA 的定义、提供给 DAC 受援国名单上第一部分国家和地区的赠款、贷款和偿还款项净额组成。和以往的受援国名单比较，发展援助委员会新名单更加重视客观需求标准的基础地位，包括所有八国集团或欧盟成员国（包括那些已经确定明确加入欧盟日期的国家）之外的低收入和中等收入国家（经合组织发展援助委员会）。

外债总额是对非本国居民的应以外币、货物或服务偿还的债务。它是公共的、公共担保和私人无担保的长期债务，国际货币基金信贷的使用，以及短期债务之和。短期债务包括原偿还期为一年和一年以下的的所有债务以及长期债务的利息拖欠额（世界银行）。

外债现值是短期外债加上公共的、公共担保的以及私人无担保的长期外债整个现存贷款有效期间债务还本付息总额贴现值之和。外债数据的主要来源，是世界银行根据债务人报告制度从其已得到国际复兴开发银行贷款或国际开发协会信贷的成员那里得到的报告信息，其他信息源于世界银行、国际货币基金组织、亚洲发展银行、亚洲发展基金和泛美开发银行的档案资料。见世界银行年度性出版物《全球金融报告》发布发展中国家的外债汇总表格。

银行部门提供的国内信贷包括向不同部门发放的所有信贷总额，但不包括向中央政府的信贷，因为它是净值。银行部门包括货币当局、存款货币银行以及其他可得到数据的银行机构（包括那些不接受可转让的存款，但存在定期和储蓄存款的负债的机构）。其他银行机构的例子有储蓄和抵押贷款机构和建筑贷款协会（数据来源于 IMF 的《国际金融统计》）。

净移民数是在一定时期内的移民总数，即移民入境人数减去移民出境人数，计算同时包括本国和非本国居民。表中显示的数据为 5 年的估计值（数据来自联合国人口司《世界人口展望：2008 年修订版》）。

表 6. 其他国家（或地区）的主要经济指标
参考表 1 《主要发展指标》中的技术注释。

$$(p_n - p_{n-1}) / p_{n-1}$$

统计方法

本节描述最小平方增长率、指数（终点）增长率的计算，以及以美元表示的计算 GNI 和人均 GNI 换算因子的“世界银行图表集”方法。

最小平方增长率

当能够得到足够长时间内的数据序列以保证计算的可靠性时，都使用了最小平方增长率方法。如果一个时期半数以上的观测数据缺失的话，则不予计算增长率。

最小平方增长率 r 是这样估算的：对相关期间内该变量的对数年度值趋势线做线性回归，回归方程采取以下形式：

$$\ln X_t = a + bt$$

这相当于复合增长率方程的对数转换形式：

$$X_t = X_0(1+r)^t$$

在这个方程中， X 是变量， t 是时间， $a = \log X_0$ ， $b = \ln(1+r)$ 是待估参数。如果 b^* 是 b 的最小平方估计值，平均增长率 r 就是 $[\exp(b^*) - 1]$ ，乘以 100 以表示为百分比。

计算的增长率是一个平均比率，是整个时期可获得的观察数的样本值。它未必能使任何两个时期的实际增长率相匹配。

指数增长率

对于特定人口统计数据来讲，特别是劳动力和人口数量，两个时点之间的增长率按以下方程计算：

$$r = \ln(p_n / p_1) / n$$

这里 p_n 和 p_1 是期间的最终和最初观察值， n 是期间的年数， \ln 是自然对数符号。这种增长率是以这两个时点间的连续指数增长模型为基础的，没有考虑这一数据序列中的中间值。还需要注意的是，指数增长率并不与用一年的间隔期内所测算出来的年变化率相一致，年变化率表示为：

“世界银行图表集”方法

世界银行在计算以美元计值的 GNI 和人均 GNI 时，为了某些操作上的考虑，使用了“图表集”换算因子。使用“图表集”换算因子的目的，就是要减少汇率波动在对各国投入的跨国比较中的影响。“图表集”任何年份的换算因子是一国当年和前两年的汇率（或替代换算因子）的平均数，对日本、英国、美国和欧元区区的通货膨胀率之间的差异进行了调整。一国的通货膨胀率是根据该国 GDP 平减指数的变化来测算的。代表国际通货膨胀率趋势的日本、英国、美国和欧元区区的通货膨胀率，使用特别提款权（SDR）减缩指数的变化测算的（特别提款权，或 SDRS，是 IMF 的记账单位）。SDR 减缩指数是由按 SDR 计值的日本、英国、美国和欧元区区的 GDP 平减指数的加权平均计算出来的。权数代表一个 SDR 单位中所包含的各国货币的数量。由于 SDR 的构成和每种货币的相对汇率都在发生变化，上述权数也会随着时间而变化。SDR 减缩指数首先以 SDR 计值计算出来，然后用 SDR-美元的“图表集”换算因子来折算成美元计值。“图表集”换算因子用于各国 GNI 的计算，得出的以美元表示的 GNI 除以年中人口数，即得到人均 GNI。

当一段时期内的官方汇率视为不可信或不能够代表有效汇率时，“图表集”公式（见下方）使用了另外一种汇率的估测法。

下面的公式描述了 t 年的图标集换算因子计算方法：

$$e_t^* = \frac{1}{3} \left[e_{t-2} \left(\frac{p_t}{p_{t-2}} / \frac{p_t^{SS}}{p_{t-2}^{SS}} \right) + e_{t-1} \left(\frac{p_t}{p_{t-1}} / \frac{p_t^{SS}}{p_{t-1}^{SS}} \right) + e_t \right]$$

以及计算 t 年以美元表示的人均 GNI 的方法：

$$Y_t^* = (Y_t / N_t) / e_t^*$$

这里， e_t^* 是 t 年的“图表集”换算因子（本国货币对美元）， e_t 是 t 年的年均汇率（本国货币对美元）； p_t 是 t 年的 GDP 平减指数； p_t^{SS} 是 t 年以美元计价的特别提款权平减指数； Y_t^* 是 t 年用美元计算的人均“图表

集” GNI值； Y_t 是 t 年的本期GNI（以本国货币表示）； N_t 是指 t 年的年中人口数。

替代换算因子

世界银行系统地评价了作为换算因子的官方汇率的适宜性。当官方汇率由于与国内外货币交易和产品

贸易中实际使用的汇率存在极大的差额而被判定为越轨时，就使用替代换算因子；如同《2007年世界发展指标》的“基本数据文献表”所示，这种情况仅发生在少数国家中。替代换算因子也被用于“图表集”方法中，并作为单一年份的换算因子而被用于“部分世界发展指标”的其他地方。

走向危险地带

人类活动正在使全球变暖。在过去的 1 000 年中，地球平均温度变动范围小于 0.7°C（图中绿色部分）；然而，在过去的 100 年里，人类所排放的温室气体已使全球温度急剧上升（图中黄色部分）。由于温室气体排放量日益增长，预计今后 100 年内温度的升幅（图中红色部分）可能会使全球温度比工业化之前升高 5°C。人类从未经历如此急剧的气候变暖，而它产生的实际影响将对发展形成严重的制约。只有立即采取行动，大力控制温室气体的排放，才可能避免全球变暖的危险。

过去 1 000 年全球温度的变化是根据一些间接估算方法（如树木年轮分析或冰芯采样）得出，这些方法可确定长期温度变化的范围。随着 19 世纪现代气象观测技术的兴起，全球温度的估算更为精确；过去 150 年左右的气温

数据显示，全球温度比工业化前升高了将近 1°C。全球气候模型可以通过估算未来排放量对地球气候的影响，来预测本世纪全球温度的多种可能情况。这些估算显示，即使在减排方面作出最大努力，全球温度仍然可能升高 2°C 甚至更高（这种温度升幅已非常危险）。而大多数模型显示，减排不力将导致全球升温 3°C 甚或 5°C 或者甚至更高（虽然如此巨大的温度升幅可能性较小）。

封面上三幅地球影像是根据人造卫星在 1998 年至 2007 年间的夏季所采集的数据复合而成。海洋颜色的深浅体现了叶绿素的浓度变化，而叶绿素的浓度又标示着是全球海洋植物（浮游植物）的分布状况。深蓝色表示的是叶绿素较低的区域，叶绿素浓度按绿色、黄色和红色顺序依次升高。陆地颜色显示的是植被情况，白

色、棕色和棕黄色代表最小的植被覆盖量，而从浅绿色到深绿色则表示植被密度越来越高。陆地上和海洋中的生物过程对调节地球温度和碳循环有关键作用。世界人口呈不断增长趋势，上述地球影像呈现的信息对管理有限的自然资源至关重要。

资料来源

Jones, P. D., and M. E. Mann. 2004. "Climate Over Past Millennia." *Reviews of Geophysics* 42(2): doi:10.1029/2003RG000143.

Jones, P. D., D. E. Parker, T. J. Osborn, and K. R. Briffa. 2009. "Global and Hemispheric Temperature Anomalies—Land and Marine Instrumental Records." In *Trends: A Compendium of Data on Global Change*. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, TN. doi: 10.3334/CDIAC/cli.002

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva: IPCC.

与前工业化时期的温度对比(°C)

