

2011年世界经济和社会概览



绿色技术
大变革

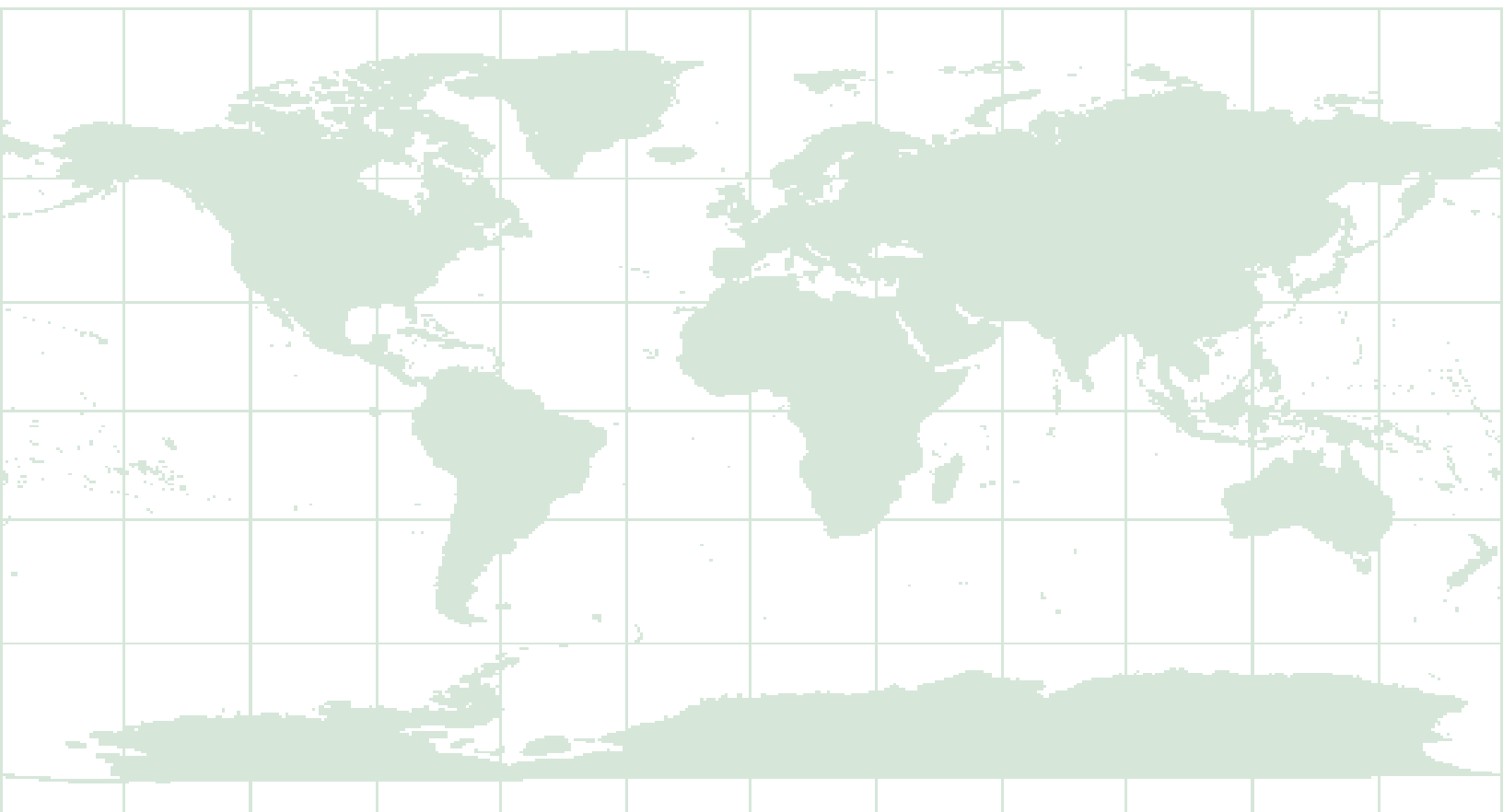


联合国

经济和社会事务部

2011年世界经济和社会概览

绿色技术大变革



联合国
纽约，2012年

经济和社会事务部

联合国秘书处经济和社会事务部是全球经济、社会和环境领域政策与国家行动之间的一个重要纽带。该部在相互关联的三个主要领域开展工作：（一）汇编、产生和分析各种经济、社会和环境数据与信息，供联合国会员国在审查共同问题和评估各种政策选择时参考；（二）便于许多政府间机构成员国就联合行动方针进行谈判，以应对现有的或新出现的全球挑战；以及（三）就如何将联合国大会和首脑会议上拟定的政策框架转化为国家方案的问题向有关国家政府提出建议，并通过技术援助加强国家能力建设。

说 明

联合国文件都用英文大写字母附加数字编号。

E/2011/50/Rev. 1

ST/ESA/333

联合国出版物

版权©联合国，2012年

版权所有

序 言

关于如何生成能源，如何管理我们的自然资源，世界正面临重要决策——做出的选择将影响我们的子孙后代。在全球人口不断增长并对自然环境不断造成压力的背景下，2011年版《世界经济和社会概览》能够指导我们做出集体努力，以实现亟需的以更加绿色、更加洁净的全球经济为目的的技术变革。

过去二十年里的经济增长显著，尤其是在新兴经济体。数亿人摆脱了贫困——亚洲人、拉丁美洲人以及，越来越多的非洲人。

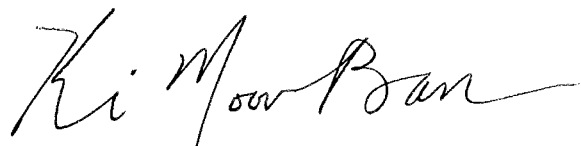
但全球人口预计将在2050年之前达到90亿，我们必须加快富有成果的经济扩张步伐。不过，在实现经济增长的同时，必须尊重作为其基石的人力资本和自然资源，以免我们这个星球维持进步的能力发生意义深远且可能不可逆转的改变。

我们必须把增长和可持续性看作是势在必行和相辅相成的，而不是把它们看作相互冲突、相互竞争的目标。在我们接受一种低碳的、节约资源的、扶持穷人的经济模式时，这是有可能的。

全面的全球能源转型对于这一过程至关重要。本《概览》利用数据、分析和审慎的预测，阐明了这种转型的可行性。它还强调了各种障碍，概述了各国政府和整个国际社会需要做些什么才能尽量利用现有绿色技术——并且产生新用途和新发明，满足处于不同发展阶段的各国的需要。

本《概览》还谈到了到2050年将比现在多出几乎35%的全球人口的吃饭问题——回顾了农业领域的第一次绿色革命，并展望了在改善全球粮食供应并保护其来源方面要有效得多的未来模式。

绿色经济思维可激发政府政策和商业机遇，从而为可持续增长、减轻贫困和保护我们的自然资源提供动力。通过提供大量信息、见解和务实的建议，本《概览》有助于推动关于技术变革在实现更加绿色的未来中的关键作用的全球辩论。全世界正在筹备明年的里约+20联合国可持续发展会议，因此，本《概览》的出版正合时宜，我将本《概览》推荐给能够帮助实现这一共同目标的政策制定者、非政府合作伙伴、企业主管人员和有关个人，无论其身在何处。



秘书长
潘基文

致 谢

《世界经济和社会概览》是联合国秘书处经济和社会事务部（联合国经社部）编写的关于重大发展问题的年度旗舰出版物。

本《概览》是在联合国经社部发展政策和分析司（政策分析司）司长Rob Vos的全面监督和领导下编写的。Manuel F. Montes领导了报告编写团队。政策分析司的核心团队包括Diana Alarcon、Christina Bodourogrou、Nicole Hunt、S. Nazrul Islam、Alex Julca、Mariangela Parra-Lancourt、Vladimir Popov和Shari Spiegel。行政支助由Laura Dix和Lydia Gatan提供。大会事务和会议管理部的Michael Brodsky对原始手稿进行了文字编辑。June Chesney不但从事批评性编辑，还领导了政策分析司的制版和校对团队，该团队成员包括Leah C. Kennedy和Valerian Monteiro（内容设计）。来自联合国经社部可持续发展司（持发司）的同事David O'Connor、Richard A. Roehrl和Friedrich Soltau参加了核心团队，并且还为本报告第二章提供了主要资料。联合国促进性别平等和增强妇女权能署（妇女署）的Sylvie I. Cohen和Andres Figueroa Davila以及联合国森林论坛（联森论坛）秘书处的Barbara Tavora-Jainchill也做出了实质性贡献。

我们衷心感谢持发司司长Tariq Banuri为项目提供的全面智力支持，以及Sally Brooks、Xiaolan Fu、Kelly Sims Gallagher、Arnulf Grübler、Tim Jackson、Bashir Jama、Michael Loevinsohn、Keywan Riahi、Jonathan R. Siegel、Aaron L. Strong和Charlie Wilson为背景研究做出的贡献。衷心感谢来自更广泛的联合国系统的资料和意见，包括亚洲及太平洋经济社会委员会（Rae Kwon Chung和Masakazu Ichimura）、联合国贸易和发展会议（Dimo Calovski, Angel Gonzalez-Sanz、Mongi Hamdi、Richard Kozul-Wright、Michael Lim、Anne Miroux和Padmashree Gehl Sampath）、联合国开发计划署（Francisco Rodriguez及人类发展报告处其他工作人员）和联合国工业发展组织（Augusto Luis Alacorta）。本报告还获益于与国际粮食政策研究所（Claudia Ringler、Mark Rosegrant和Maximo Torero）以及孟加拉国政策对话中心（Fahmida Khatun和Rehman Sobhan）研究人员进行的讨论，获益于经济合作与发展组织的Nick Johnstone提供的数据。除了这些，我们还要感谢在编写本报告的框架内组织的两个讲习班上其他参与者提供的见解，包括Elias G. Carayannis、Chantal Line Carpentier、Ronald E. Findlay和Richard Nelson。

联合国经社部主管经济发展助理秘书长Jomo Kwame Sundaram提供了关键性的整体指导。

概 述

概 要

在未来三四十年里，人类必须好好进行一场根本、彻底的技术改革，否则消除贫穷和避免气候变化及环境退化带来的灾难性影响的全球承诺很可能履行不了。《2011年世界经济和社会概览》分析了在以下方面遇到的挑战和可选办法：如何转向更有效率的技术和可再生能源技术；如何改造农业技术以保障粮食安全，而又不进一步造成土地与水资源退化；以及如何采用所需的技术以适应气候变化，和减少世界各地人口遭受自然灾害的危险。

各国政府要发挥主导作用，实施适当的投资和奖励计划，以加快绿色技术创新和旨在推动可持续生产和消费的结构改革。为了帮助发展中国家进行必要的技术改造，而又不损害它们的增长和减贫愿望，必须加强国际合作，并对多边贸易和融资机制作出重大调整。

绿色技术改造

“一切照旧”行不通了

过去两个世纪，人类在提高物质福利方面取得了巨大的进步；但是，这种进步有其持久的代价，就是我们自然环境的退化。覆盖地球的森林大约一半已经消失，地下水资源渐渐枯竭和遭到污染，生物多样性已大大减少，而矿物燃料燃烧量的增多引起全球变暖，使地球气候的稳定性受到威胁。然而，为了使发展中国家的人口，特别是当前还生活在赤贫之中的几十亿人，以及到本世纪中叶全球还会再增加的20亿人，都能过上像样的生活，还需要有更大得多的经济进展。

如果沿着过去所走的经济增长道路继续走下去，只会进一步加重对全世界资源和自然环境的压力，而这种压力已经快要达到不再能维持生计的极限。所以，不能再“一切照旧”了。即使我们现在把全球经济增长的引擎都关掉，但是在现有的消费型式和生产方法下，自然环境的耗竭和污染仍会继续发生。因此，迫切需要找出新的发展道路，要能够确保环境可持续性，扭转对生态的破坏，并且让全人类今天和明天都能过上像样的生活。

要以绿色经济作为新的范式

为了实现上述目标，需要一种彻底不同的全新经济战略。无论是政府还是私营机构所作的经济决策，都要把重点放在如何增强而不是危害环境可持续性。在这方

面，“绿色经济”被当作关键概念来提倡，这个概念体现一种新的发展范式的许诺，予以实施就有可能确保地球生态系统得到保全，经济增长走上新的道路，而且同时对减少贫穷作出贡献。

绿色经济并没有一个唯一的定义，但是就其基本设想来说，则已有了广泛的一致意见，就是：加强经济增长、社会进步与环境管理，可以是相辅相成的战略目标，在实现这些目标的过程中，可能需要在它们之间作一些权衡折衷，但这是可以克服的。从这个意义上，这个概念的重点与联合国拟定的可持续发展概念的重点完全相符，后者把经济、社会和环境三个层面视为发展的三大支柱，强调发展的代间公平的重要性，就是说，在确保满足这一代人的需要时，不可损害未来世代满足他们自己的需要的能力。

进一步说，绿色经济的概念是基于一种信念，即投资于环境可持续性的好处大于不作这种投资的代价，也大于保护生态系统以免受到“非绿色”（褐色）经济损害的代价。

要进行一场技术革命……

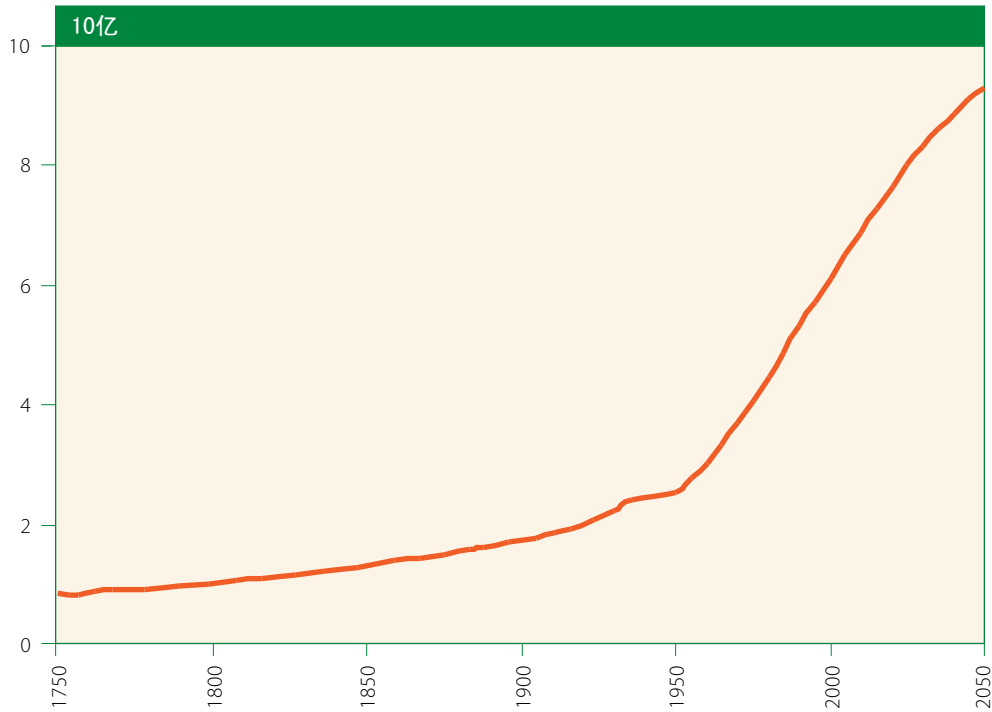
自第一次工业革命以来，全世界人口、人均收入、能源和资源用量、废物和污染物产量（包括温室气体排放量）都是指数式增长。描绘增长情况的曲线都呈现曲棍球球棒的形状（见图O.1(a)至(d)）。与此相关的人类活动的增加，正威胁着快要超过地球作为源与汇的能力极限。

绿色经济的目标，是确保不要超过这些极限。实现这个目标的一种可选办法，是限制收入增长，因为按照现有的生产方法，限制收入增长也会限制资源用量、废物和污染物的增长。但是，这样做会影响到为实现发展目标而作出的努力，所以不符合拥有全世界绝大多数人口的发展中国家的利益。减少人口增长是另一种可选办法；但是，这可以更有效地通过提高生活水平来实现。因此，减少不可再生能源和资源用量，减少废物和污染物，和扭转土地退化及生物多样性丧失，看来是使经济绿化的关键所在。

为此，必须进行一场根本、彻底的技术改革。要对技术进行重大改造，以提高其使用能源和其他资源的效率，同时尽量减少所产生的有害污染物。目前，90%的能量是通过使用矿物燃料的褐色技术产生出来的，这些生产方式所排放的二氧化碳(CO₂)占了总排放量的60%。根据比较慎重的预测，要想把CO₂的等效密度稳定在百万分之450（以符合把全球变暖稳定在比工业化前的温度高2℃的目标），到本世纪中叶，矿物燃料用量要减少80%。在人口不断增长并且日益都市化的情况下，要减少能源用量和温室气体排放量，就必须对消费型式、运输系统、住宅和建筑物基础设施以及用水和卫生系统作出重大改变。

现代农业是全球粮食安全的基础，目前排放的温室气体占总排放量的14%；在世界上许多地方，与农业相关的土地使用和用水管理方式是不可持续的。森林

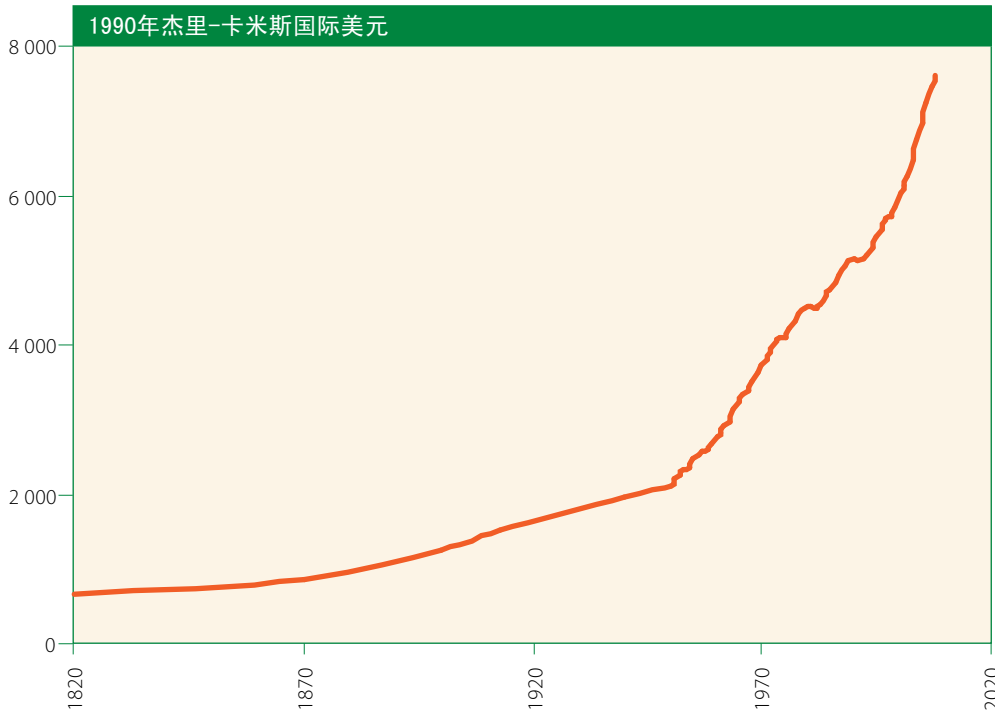
图O.1(a)
1750-2050年全世界人口的指数式增长



资料来源：1750-1949年的资料来自联合国，“世界人口达到60亿”（1999年），第5页，表1，题为“世界人口，从0年至接近稳定”；1950-2050年的资料来自联合国经济和社会事务部人口司，“世界人口前景：2010年订正本”（中等变式）（2011年，纽约）。

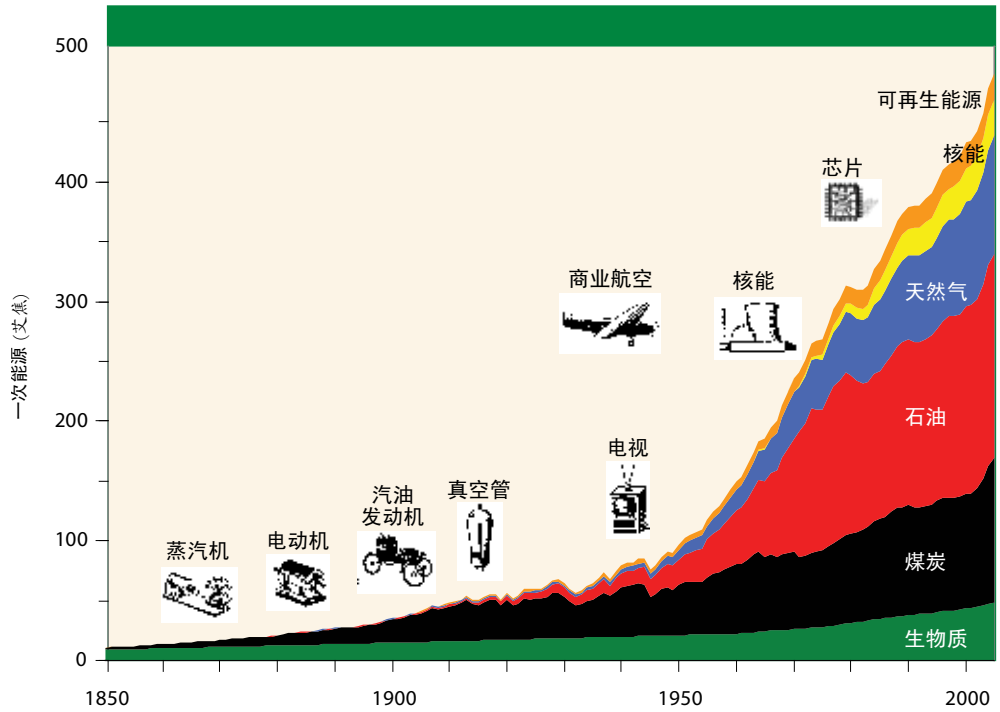
注：从2010年起是基于中等变式的预测。

图O.1(b)
1820-2008年全世界人均收入的快速增长



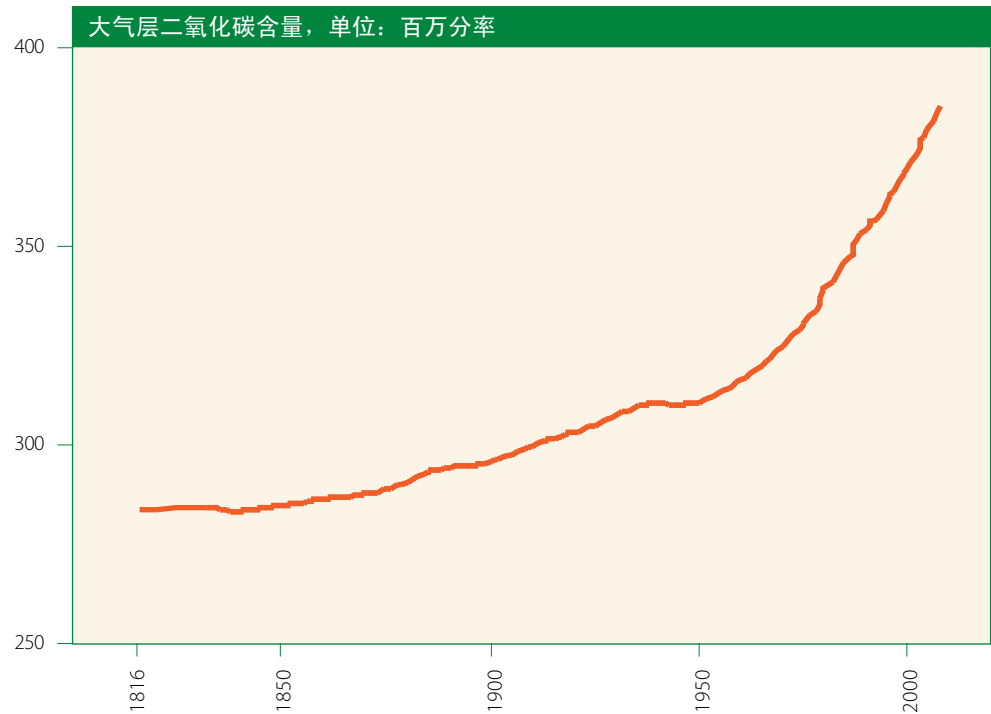
资料来源：Angus Maddison，“Maddison人口和国内总产值数据”。可在线查阅：<http://sites.google.com/site/econgeodata/maddison-data-on-population-gdp>。

图O.1(c)
1850-2000年第一次工业革命后能源消耗量上升情况



资料来源：《2009年世界经济和社会概览》(联合国出版物，出售品编号：C.09.II.C.1)，图二.4。

图O.1(d)
1816-2008年温室气体排放量的指数式增长



资料来源：美国能源部，二氧化碳信息分析中心(见<http://cdiac.esd.ornl.gov>)。

砍伐导致的排放估计占全球排放量的17%，同时还造成生境、物种和生物多样性的丧失。如同能源的情况一样，现在已经有了已知能够确保更可持续的耕作和森林管理、防止土地侵蚀和严格限制农业对水的污染的技术，不过还需要在创新和知识分享方面做很多工作，才能根据当地情况将这些技术加以变通应用。但是，与此同时，由于世界上还有将近10亿营养不良、严重缺乏粮食安全的人，所以到2050年，全球粮食生产要从现在的水平再增加70%到100%，才能喂饱继续增长的人口。因此，迫切需要使农业生产具有环境可持续性，同时要大大提高生产力。很难想象，如果不对现有的生产系统、技术和辅助基础设施进行重点改革，这怎么能做得到。

自1970年代以来，自然灾害的发生率增加了五倍。可以在相当程度上肯定，导致这一增长的部分原因，是人类活动引起的气候变化。森林砍伐、天然海岸保护的退化、薄弱的基础设施，都增加了天气冲击变成人类灾难的可能性，特别是在最不发达国家。因此，为了减少灾害风险，就需要进行重大的技术和社会改革，包括改建脆弱地区的基础设施，和改进那些地区的土地使用与用水管理。在应对气候变化和灾害的社区复原力系统的实施方面，要让社会弱势群体充分参与决策过程。

……一场与以往完全不同的技术革命

绿色经济所需要的技术，很多是已经有的，例如生产可再生能源(风能、太阳能、生物燃料等等)的多种可供选择的技术，碳捕获技术和能源使用效率更高的技术，替代生物不能降解的资源的技术，和可持续的耕作和林业技术，以及使海岸线和基础设施少些遭受自然灾害的技术。这些可选办法都有比较容易投入使用的起点。为了启动向绿色经济的转移，主要的挑战在于如何进一步改进这些技术，加以改造以适应该地和相关部门的具体需要，扩大应用规模以期大大降低成本，以及提供奖励和机制来促进其广泛采用和知识分享。成功地解决这些挑战，是说起来容易做起来难的事。

现有各种经济体系的许多构成部分都“锁定”了要使用非绿色、不可持续的技术，放弃这些技术的成本很高，所以风险很大。发展中国家，特别是低收入发展中国家，由于用电量相对比较少，也许能够“跳跃式”前进，例如用可再生的一次能源来发电。问题是怎样帮助这类国家，使它们能够获得、利用以及最重要的，买得起这些绿色技术。

为了降低单位成本，还需要进一步的创新和扩大规模。技术需要“转让”，让其他国家可以获得，因为大多数创新都发生在发达国家，这些国家里的私营公司是大多数绿色技术的知识产权的主要拥有者。另外，还需要把新技术锁定在新的生产过程之中。为此要将许多现有的基础设施加以改进，并且要积极推广绿色技术和工业。因此，走向绿色经济的技术革命与以往的历次革命有根本的不同，特别在三个方面。

第一，这场革命要在一段特定的、有限的时间内完成。鉴于我们的生态系统现在已经受到的压力，这个目标必须在未来三四十年内实现；这是非常艰巨的挑战，因为技术的推广应用是一个缓慢的过程。以往的技术革命所需的时间通常比现在可以用来进行所需的绿色技术革命的时间长得多。

第二，各国政府要发挥比以往更大得多的核心作用，主要原因之一是上述的时限。在当前情况下，必须加快技术的创新和推广应用，但是如果完全依赖市场力量，那是不大可能发生的。同样重要的是，自然环境是一种公益，不应该由市场来“定价”。绿色技术的市场事实上已经存在，不过还处在初步发展阶段，是由政府的政策催生出来的。政府还要在促进对绿色技术的进一步研究和发展及其推广应用方面发挥关键作用，因为其所带来的好处是由整个社会分享的。此外，由于现在所使用的褐色技术都锁定在整个经济体系里面，要彻底改用绿色技术，就必须改进、调整和更换许多现有的基础设施和其他投资资金。这样的改造成本很高，需要大数额的长期融资，而这是不大可能通过私营途径调集得到的，必须得到政府支持和提供奖励。因此，不仅需要强有力的技术政策，而且必须同时采取积极的工业和教育政策，以推动对基础设施和生产过程进行必要的改革。

第三，由于环境挑战是全球性的，所以要加强国际合作来推进绿色技术革命。气候变化是最明显地体现这个国际层面的例子，但是粮食不安全和森林砍伐也会造成显著的跨界影响，原因包括引起粮食价格不稳定和增加温室气体排放。通过国际贸易和投资，一国的收入和消费会在生产国留下生态足迹。多边环境协定、贸易和投资规则、融资机制和知识产权制度，都需要互相协调一致，以利于推动绿色技术改造。由于现有的新技术很多(虽然不是全部)属于先进国家所有，而且发展中国家进行绿色技术改革的成本相对于它们的收入会高得多，所以全球经济的绿化将带来分配上的重大挑战，也需要通过上述的融资机制和其他国际合作新机制来解决。

今年的《世界经济和社会概览》将探讨技术革命怎样才能满足绿色经济的需求和支持其目标的实现。

技术改革的复杂性

结果不可知

技术改革是一个累积的过程，其方向和结果充满不确定性。历史也显示，生产和消费的改变在技术上没有简单的取巧之道。改变全世界所采用的主要技术，将导致社会结构、市场体制、生活安排和生活方式的显著变化。

根本性的技术改革，无可避免地会在国家间和国家内产生分配上的强大影响。一些国家和群体将因为对他们的产品和资源需求下降而受到不利影响。另一方面，能够坚持作出研究和发展努力，并且与本国经济的其他方面建立起新联系

的国家，将能更好地跟上新形成的技术趋势，其财富和福利都会增长。

技术改革与产业升级和结构改革密切相连

技术能力和应用上的最大进展，应该是发生在发展中世界，因为其技术升级意味着生产结构的改革。一个经济体从事新的、有活力的活动的的能力，是实现可持续发展的关键所在。由于必须改变各种生产过程以维持长期增长和推动发展，各国政府必须选择采取扶持政策。为此可能需要进行奥地利经济学家约瑟夫·舒姆佩特所说的“创造性破坏”，就是发展新的经济活动来取代旧的、生产率较低的经济活动。因此，所有追求可持续发展的国家都必须实行选择性的投资、工业和技术政策。

要建立绿色国家创新体系来加快可持续发展

所有国家都有一个所谓的国家创新体系，它包含教育系统、科技研究机构、私营公司的产品发展部门，以及从事产品和生产过程重新设计的其他机制。所有国家都有国家创新体系，无论其决策者是否意识到它的存在。一个有效的国家创新体系的主要责任，是建立本国选择、吸收和促进最有利于增强有活力的可持续发展的技术的能力。本《概览》提议把可持续发展目标纳入现有国家创新体系的主流，把这些目标放在国家创新体系的核心位置，从而创建出它所称的“绿色国家创新体系”。绿色国家创新体系的另两个作用，是协调对农业、能源业、建筑业、制造业、运输业等等特定部门的创新体系进行方向调整，把重点转向绿色技术，以及确保绿色技术政策、工业政策和需求方政策之间的一致性。

加快向绿色能源的转变

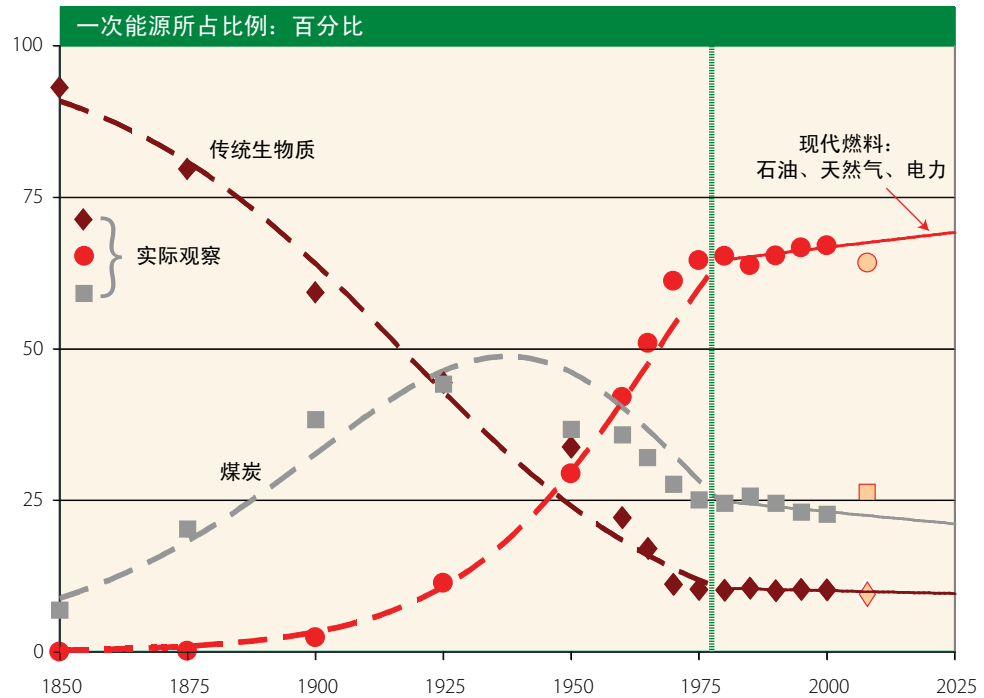
要进行根本的能源转换

能源用量主要在矿物燃料带动下的快速增长，正是人类快要突破地球可持续性界限的原因，因为它导致全球变暖和生物多样性丧失，并且扰乱氮循环平衡和其他用来衡量地球生态系统可持续性的标准。为了避免地球发生重大灾难，迫切需要全面进行全球能源转变。

根据对气候变化的预测，能源转变必须在未来40年内完成，但是历史上和当前的发展情况显示，这实际上是不可能的：以往的重大能源转变用了70到100年时间(图O.2)。自1975年以来，能源体系围绕着矿物燃料的使用稳定了下来，尽管由于1970年代的石油危机，加上全球变暖日益引起的忧虑，各国和国际上都作出了加快能源使用技术改革的努力，可是看不到朝着可再生的和较清洁的

图O.2

1850-2008年全球能源体系发生的两次大规模转变



资料来源：英国石油，“2010年世界能源统计述评”（伦敦，英国石油，2010年）。上网查阅：<http://www.bp.com/productlanding.do?categoryId=6929&contentId=7044622>; Arnulf Grübler，“地球百科”中的“能源转换”（哥伦比亚特区华盛顿，国家科学和环境委员会，环境信息联盟，2011年2月13日）；以及国际能源机构，“非经合组织国家的能源平衡”（巴黎，2010年）。上网查阅：<http://www.iea.org/Textbase/nptoc/greenbal2010TOC.pdf>。

一次能源发生新转变的方向变化。虽然在提高能源效率（即每单位产出的能源用量）和更多地使用某几类碳含量较低的技术方面取得了进展，但是这些成绩远远跟不上能源需求的增加，所以全球温室气体排放量继续升高。在今后几十年，发展中国家为了达到其发展目标，需要高水平的经济增长，所以能源需求也将进一步大大增加。因此，要想避免气候变化带来灾难性的破坏，就必须再把能源效率大大提高，同时加快转向采用可持续的能源。

这样的改造是否可行？

发电厂、炼油厂、建筑物和能源基础设施的使用寿命很长，所以任何能源转换必然也是长期的事情。更换全球现有的矿物燃料和核电基础设施的成本估计至少需要15万亿至20万亿美元（等于全球收入的四分之一到三分之一）。有些发展中国家或许能够直接跳过去采用可再生能源，不过大多数新兴和发展中国家的大部分能源基础设施都已经锁定了要使用矿物燃料。

许多国家已经在作出努力推动较为绿化的能源供应体系，包括投资于能源创新，实行强制上网定价和其他定价措施，和实行监管措施及效率标准来促进能源效率及推广可再生和清洁能源。不过，《概览》中指出，技术改革的进展步伐离到2050年实现全球能源体系完全非碳化的目标所需的

速度还差得远。很明显，目前作出的努力根本未能解决全球的问题，因此发达国家和发展中国家都要作出更大的努力来加快改革。

任务是艰巨的，其原因一部分是锁在褐色能源技术上面的巨大投资，以及其与更广泛的经济体系的相互依存关系；另一部分原因是，如现有知识所显示的，以现有的转换效率，加上在部署这些技术和提高其能源使用效率方面的限制，想大大扩大可再生能源(如风能和太阳能)技术的规模可能会受到技术上的限制。

加快绿色能源转换是可能的，但会很困难

曾经有国家快速进行能源转换的例子。例如，葡萄牙在从2005到2010年的5年间，将可再生能源(包括水力)在能源总供应量中所占的比例从17%提高到45%。这样快速的转换，在资源丰富或者富裕的小经济体进行，很可能比在资源贫乏或者低收入的大国较为容易。1987年《关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书》¹是一个好例子，这份全球性文书成功地提供了一个框架来推动全世界迅速、彻底放弃污染性技术，并且为发展中国家采用新技术提供特别支持。

《概览》的结论是，为了加快绿色转换，必须确保所有国家在多方面的政策互相一致。这些政策多多少少都要根据当地情况和机会加以适应调整，在国家一级实行。不过，要使这些国家政策“合力”达到全球目标(目前还未能做到)，特别是减少温室气体排放的目标，因为气候变化具有全球性质。

全球目标要认知到发展水平的不同

全球能源转换应该同时做到既满足排放目标，又促进发展中国家和发达国家能源用量的上向趋同(前者的人均收入和可用能源平均只有后者的十分之一)。《联合国气候变化框架公约》²的《京都议定书》³要求签署国到2012年使人均CO₂年排放量减到13吨左右，这看来是可以实现的。这个目标的另一面，是发展中国家排放量的增长率也有所下降。为了把CO₂含量保持在得到哥本哈根气候变化首脑会议接受的百万分之450的绝对限度之内，必须加快在可再生或绿色能源转换方面的进展，因为为了不超过这个限度，必须在2050年之前逐步将人均年排放量降到3吨；如果为了使气候稳定下来而设定更严格的限度，则还要降得更低。

不过，现有的知识显示，为了满足越来越大的能源需求，能把可再生能源技术的使用规模扩大到什么程度、把能源效率提高到什么程度，可能是有限度的，所以也许需要考虑制定能源消耗量上限(这对生产和消耗过程会产生显著影响)来配合那些减排目标。《概览》中估计，排放上限约等于每人每年700亿焦耳的一次能源消耗

¹ 联合国，《条约汇编》，第1152卷，第26369号。

² 联合国，《条约汇编》，第2303卷，第30822号。

³ 同上，第1771卷，第30822号。

量，这意味着普通欧洲人要将其目前的能源消耗量减少大约一半，美利坚合众国普通居民要减少大约四分之三。大多数发展中国家国民的平均能源用量在一段时间内仍然可以有相当大的增加。不过尽管如此，为了确保达到全球减排目标，发展中国家也免不了要进行绿色能源转换。

绿色经济政策要在生产和消费链的各个环节保持一致

在加快技术转换以达到排放和能耗指标方面，《概览》建议，政策和行动应遵循下列4项主要目标的指引：

(a) 在能耗水平已经很高的地方，提高最终使用环节能源效率的同时不要扩大消费

要通过技术转变减少能源使用，需要生产能源效率更高的工厂设备、家用电器和汽车，这可能与安装清洁能源供给设施一样重要。但这就要求在一个较受忽略的领域内大幅增加对研究和部署的支持。为了能在宏观层面体现出高效能的最终使用环节带来的收益，重要的是不能让能效的提高成为发达国家增加活动和消费的依据，而只能允许仍在克服能源和收入不足的国家增加活动和消费。

(b) 在全球范围支持广泛的能源技术开发组合，同时在特定地点变通采用更多的成熟技术

现在已经有很多可用于生产清洁能源并减少生产和消费环节能源密集程度的技术。多数专家同意，各国政府、尤其是发达经济体应在整个技术开发链条上，包括在研究、开发和示范、建立市场、推广和商业化改造应用各环节，促进开发广泛的技术组合，包括诸如太阳能、风能、地热和水电等可再生能源。多数发展中国家可能会选择重点更突出的组合，因为这些国家的能源技术改造会在该进程的成熟阶段出现。

(c) 支持更长的实验和发现期

为支持技术发展，必须允许充分实验，以确保能够扩大更高效技术的规模，在所有情况下均能实现商业可行性的最终目标。政府支助方案应确保，不断改进技术的重点应是在示范阶段之后达到广泛的可用性，并应避免过早锁定在非特殊情况下并不可行的次优技术。

(d) 在有关能源的技术开发中使用“智能”治理和问责制战略

必须在全球和国家两级扩大具有广泛代表性的独立技术机构对技术开发公共资金分配情况的监督。支助方案应具有充分的灵活性，根据对潜力和机会成本的考

量，提供和撤回资源。对于私营公司逐步提高工厂设备、汽车和家用电器等终端产品能效的努力，各国政府可以给予补贴和奖励。这种办法的杰出范例是日本的顶级选手方案，该方案将效率最高的产品设定为其他制造商在给定期间内必须符合的标准。以低排放和高能效技术为方向的升级换代应是工业政策的主要目标。

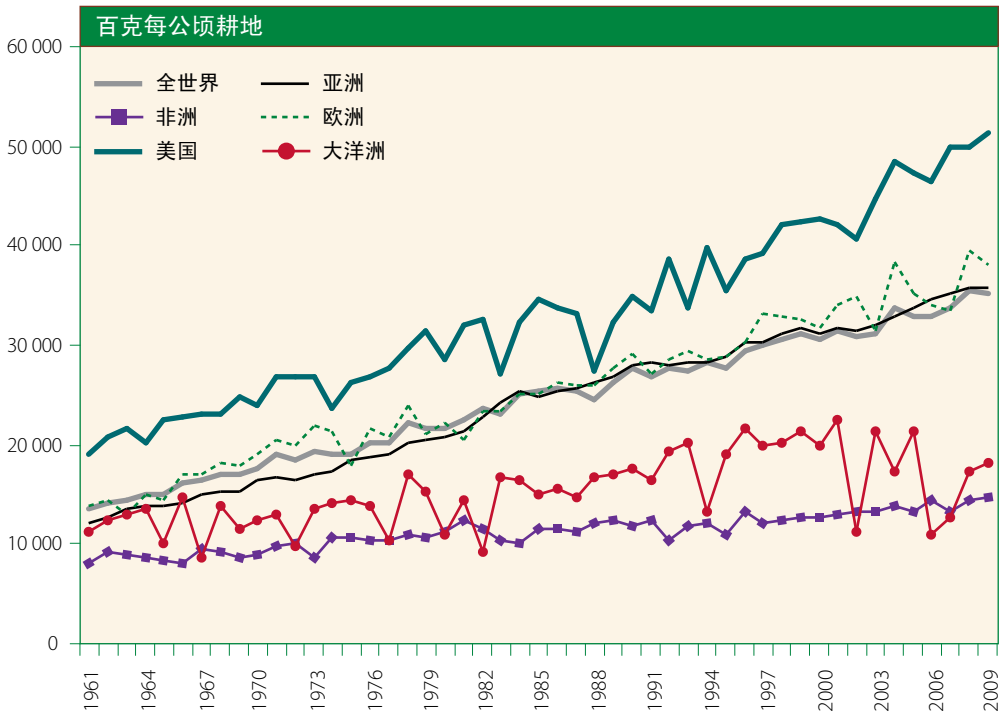
技术转变促进可持续的粮食安全

农业领域的第一次绿色革命其实并不那么“绿色”

最近的粮食危机暴露了全球粮食体系存在的深层结构性问题，也表明需要增加投资和促进农业创新，从而加快粮食生产的增长，以期战胜饥饿，养活不断增长的世界人口。利用现有农业技术和生产体系来实现这一目标将会进一步加剧温室气体排放、水污染、森林砍伐和土地退化，进而给粮食生产增长本身造成更多的环境限制。

1960年代和1970年代所谓的绿色革命，在相当大程度上造就了世界大部分地区的现有粮食体系，当时推动农业产量增长的途径，一方面是更密集地使用灌溉用水以及对环境有害的化肥和杀虫剂，另一方面是推出许多新品种种子(图O.3)。

图O.3
1961-2009年各区域谷类粮油作物生产力增长迥异



资料来源：农业科学和技术指标，由国际粮食政策研究所协助。可查阅：www.asti.cgiar.org/data/。

现在需要一场真正的绿色农业革命……

现在，为实现粮食安全，必须采用绿色技术，以减少化学投入物(肥料和杀虫剂)的使用，并提高能源、水和自然资源的使用效率，还必须大力改进仓储设施和销售工作，从而减少浪费。可以推广一大批已经在发展中国家成功采用并取得高产收益的现有农业绿色技术和可持续做法，其中包括诸如浅耕农业、轮作和间作、雨水收集和循环使用、节水型耕作、农林复合经营、害虫综合管理等技术和做法，以引领根本性转变，从而实现可持续的粮食安全。此外，生物技术、遗传工程、食品辐照、水栽法和厌氧消化很有希望能够增强粮食作物对害虫和极端天气的抵抗力，提高其营养价值，以及减少食物污染和温室气体排放。开发新的高产作物品种是第一次农业绿色革命的核心重点，如今仍应继续，但是应与改进水资源管理和更好地使用农用化学品和有机投入物结合起来，以大幅减少它们对生态的不利影响。例如，水稻集约化种植系统只是简单地改变水稻种子移栽和灌溉的时间和方式，就提高了作物产量，同时还减少了水、化肥和杀虫剂的用量。

……一场以小型农业为关键重点的革命

上述的技术还需要进一步改进，但当前主要的挑战是改变激励架构，以鼓励这些技术得到广泛采用。《概览》重申国际社会在1996年世界粮食首脑会议上以及在确定2007-2008年粮食危机的应对措施时所采取的观点，即供应方的主要政策重点应是促进和发展可持续农业，即发展中国家小农户采取的做法，因为正是在这一领域中，能够最大程度地实现提高生产力和减少农村地区贫穷这两方面的效益。在发展中国家，大多数粮食是当地生产当地消费，小型农场是粮食生产系统中的核心。

1960年代和1970年代的绿色革命没有惠及发展中国家的许多小农户，因为那次革命所注重的单一技术组合没有考虑到亿万农民、特别是非洲农民的不同具体情况。由于没有提供适当技术和更多种类的支持服务(如乡村道路和可持续的灌溉系统等农村基础设施，教育和培训，以及获取土地、信贷、支付得起的投入物和市场信息的机会)，所以小农户通常无法利用已经取得的技术进步。

采取全面办法实现粮食安全至关重要……

因此，存在两方面的政策挑战。第一，必须找到有效方式，使可持续农业技术适应地方情况和小型农场的需求。第二，必须在地方一级引入富有活力的创新进程，包括建立必要的支助基础设施和服务，以及加强农民协会和合作生产的方式(合作社和土地的合并)，特别是对于那些有经济规模效应的农作物。在市场，投入和信贷方面也应该利用经济规模效应。提高了农业生产力则可以提高农民收入并为工业解放了劳动力。

《概览》主张，为应对上述挑战，必须采取全面政策办法，包含一个全面的资源可持续利用国家框架，以及有能力增加农村生产体系的生产力、利润率、稳定性、复原力和气候变化缓和潜力的新技术和创新做法。以土地和其他自然资源的可持续管理为目标的综合办法应包含水源养护、土壤保护和提高生物多样性，能敏感对待权衡取舍问题，并且利用森林和农业两个部门之间的协同作用。在相互竞争的土地用途方面，许多时候只有通过公开和包容各方的谈判和讨论，才能达成涉及到艰难选择的解决办法。尽管如此，部门之间的上述协同作用能产生减少森林砍伐、提高土地生产力和增加可持续的水源供应等结果，通过有利的制度环境推动改善资源管理，从而提供重要的双赢方案。

……并且应得到有利的体制环境的支持

各国应考虑建立一个可持续农业创新体系，将其置于实现粮食安全和环境可持续性全面政策办法的中心位置。可持续农业创新体系是绿色国家创新体系的农业和自然资源管理支柱，能将参与国家农业创新体系的多方行为体——大学、研究机构、公司、农民、民间社会组织和私人基金会联系在一起。

要向可持续农业转变，国家必须具备更强的能力，以适应持续的环境和市场变化。为加快实现所期望的农业转变，政策必须具有一致性，而富有活力的可持续农业创新制度将为此提供框架，包括制定战略，以便因地制宜地调整绿色技术和可持续耕作法，加强小农户通过学习和实验进行创新的能力，并与研究机构、私营公司、非政府组织和地方政府等其他行为体结成伙伴关系，从而确保获得更多机会进入投入物和产品市场。

必须重新建立研究能力

为创建能够在新绿色革命中发挥领导作用的可持续农业创新体系，必须作出新的努力，重建全球和国家在农业和自然资源管理领域的研究能力，可采取的方式包括增加对农业研究和开发的资金支持。上一次绿色革命的经验表明，为采取粮食安全新技术，需要为研究和开发提供长期资金支持。曾经通过国际农业研究磋商小组网络提供上述支助中的相当一部分，但当资源的流入不再稳定且日益减少之后，该网络丧失了引领未来技术创新的能力。国际和国内公共部门在便利农民免费获取信息和技术方面发挥重要作用，方式是提供适当激励使私营和非盈利部门合作开展公益事业，并且重新振兴并帮助国际农业研究磋商小组这样的网络调整工作重点，使其成为可持续农业创新体系和国际合作的组成部分。

上一次绿色革命用了不到10年时间，就以惊人的速度提高了粮食产量。新的农业革命必须增强粮食安全并停止自然资源的耗减，在得到充足资金和政治支持的情况下，可以通过在小型农业中采用已有的技术的方式来实现上述目标。

国际支持至关重要

国际社会可以通过下列方式为农业转型作出重大贡献：消除技术转让障碍，包括私有专利权；履行承诺，按照2009年在意大利拉奎拉举行的八国集团首脑会议上的认捐额，调集200亿美元资金作为支持可持续农业的新增官方发展援助；扩大小农户利用支付环境服务费用机制的机会；经济合作与发展组织(经合组织)成员国取消农业补贴。

减少自然灾害所造成伤害的不对称

气候灾害的发生频率越来越高

在过去的40年里，自然灾害的发生频率增加了4倍。自然灾害增多得最厉害的是由于气候变化造成的水文气象灾害(洪灾、暴风雨、干旱和极端温度)。生态系统中出现的大型破坏性活动常被称为“极端事件”，现在发生的可能性越来越大。在生物多样性领域可能已发生过此类事件(导致了物种的迅速灭绝)，而且在渔业领域和一些水系中可能也快要发生。

发展中国家发展水平低，资源不足，制约它们无法建立更足以抗灾和有灾害复原能力的基础设施，无法落实适当的灾害风险管理战略，造成各方面比较脆弱，因此自然灾害造成的不良后果通常对发展中国家的影响更大。

灾难风险管理应成为国家发展战略中必不可少的一部分

尽管面临的威胁紧迫，但无论是发达国家还是发展中国家，都还未将灾难风险管理和适应气候变化纳入其广泛决策过程的主流。在实践中，往往是出了事才想到应对。与之形成鲜明对比的是，《概览》强调，应把减少灾害风险和适应气候变化方面的投资和技术决定列入国家发展战略。这一做法符合灾难风险管理方面的《2005-2015年兵库行动框架：加强国家和社区的抗灾能力》⁴和《坎昆适应框架》(2010年)。⁵

可以采用现有的技术

为了以可持续方式降低灾害风险，需要改变居住区和基础设施(包括公路、铁路系统及发电厂)的设计。防护堤、防止潮汐和海水倒灌屏障、改进了的用水和作物储存等现有的现代技术，总体上看起来能够抵御大多数(非极端)灾害。有必要

⁴ A/CONF.206/6和Corr.1，第一章，决议2。

⁵ FCCC/CP/2010/7/Add.1，决定1/CP.16，第二节。

通过借鉴本地知识促进技术革新，以便根据当地情况建设能够经受灾害的基础设施、住房和自然沿海保护设施，并使发展中国家更能负担得起这些技术。

需要开展区域和全球合作支持各国的努力

不论哪个国家都有可能发生自然灾害，而且自然灾害往往影响一大片区域。因此有必要将国家一级的灾难风险管理 with 区域合作机制联系起来，包括开展联合监测、预报、建立预警系统及确定减灾战略。

开展国际合作还要求推动向发展中国家转让技术，以减少全球变暖造成的地方性损害。技术转让应确保接受方有能力安装、操作、维护及修理所引进的技术。重要的一点是，当地的适应改造人员要能够研制出低成本版本的进口技术，使进口技术能够适应当地市场和当地情况。国际社会在《兵库行动框架》和《联合国气候变化框架公约》中都指出，有必要为当地的适应改造和灾后复原努力提供外部财政支持，包括为此调集专门用于多边供资的资源。

技术转让与国际合作

多边贸易规则和国际融资需要“绿化”

为了实现全球技术革命，必须持续扩大和改革国际合作与融资。扩大合作和进行改革需要在三个领域开展行动。首先，必须建立一个分享绿色技术的国际制度来推动向发展中国家转让技术和在发展中国家进行技术开发。其中包括在知识产权和多边贸易政策方面采用更广泛的一套手段。其次，必须开辟适当的发展融资和政策空间，激励发展中国家努力升级生产技术，以实现环境可持续性。第三，必须加强国际治理与合作。

要建立一个有效的全球技术开发和推广制度

增强行动培养和提升发展中国家的绿色生产和消费技术，必须成为国际合作的一个关键目标。但由公共引导的技术推广国际机制先例有限，因为历史上，大部分技术知识都属私有财产并通过私营公司的运作进行转让。国际农业研究磋商组织取得了成功经验，使其成为如何通过公共支持的全球和区域研究机构网络在全球迅速推广农业新技术的典范。在气候变化领域，在建立国际公共政策制定能力方面，可以借鉴已经存在的国际科学网络的经验，和政府间气候变化专门委员会工作中的多方利益攸关方合作的范例。国际社会为应对这一挑战，迈出的第一步是2010年11月19日至12月10日在墨西哥坎昆举行的联合国气候变化框架公约缔约方会议第十六届会议上达成一致意见，成立一个技术执行委员会，作为政策制定机

构，⁶落实框架来开展有意义、有效的行动，加强关于技术转让的承诺的履行。⁷在同届会议上还商定成立一个业务机构，负责推动国家、区域、部门及国际技术机构建立网络，并将其称为气候技术中心与网络。⁸

知识产权制度需要改变

管理全球知识产权同样至关重要，因为在绿色技术的各个领域，专利权都争夺得很厉害。例如，一小群私营公司正在积极地为植物基因申请专利，目的是对这些基因将来可能具有的“适应气候变化的特性”拥有权利。授予知识产权是公共政策行动，以后也应该是，目的始终是为了激励而不是限制技术发展方面的私人积极性。目前，授予专利是应用最广、也是利润最大的激励技术发展的办法。

各国在公共政策上达成必要的协议以加快发明和推广至关重要。目前的主要做法，是通过让专利人拥有特许使用权和处置权来保护私人的知识产权。国际上，为了激励绿色技术的发展，需要采取多种公共部门战略，这些战略既要确保制定有吸引力的商业激励办法，使私营部门能利用补贴开展研究，公共部门也可以在研究工作中以合理价格购买技术，同时又能限制制约推广和进一步发展的垄断做法。

可以采用的公共政策手段包括以1960年代和1970年代粮食种植绿色革命中使用的模式，提供全球性研究资金，把研究结果放在公共领域，以供推广。有了技术资金，就应该有可能在不同的技术领域内建立国际创新网络。总体战略还应包括为明确界定的问题找到技术解决办法给予全球性奖励，以及由公共部门以适当价格购买私有技术，以供在公共领域使用。私营部门必须继续在技术发展方面，特别是在发展和改造基本发明以供实际应用方面发挥关键作用。

新的国际机制应允许根据发展水平的不同，在获得新技术方面给予特别和有差别的待遇。例如，可允许发展中国家政府和公司对技术进行适应性改造，但只有在技术的使用开始产生商业收益时才开始支付许可费。当私营部门对关键性技术的特许使用权阻碍了其他必要技术的发展或不利于广泛使用时，技术制度中必须有一种机制能够施行“强制许可”（例如公共卫生中某些领域的做法），使该项技术可供公共使用。

多边贸易规则应使发展中国家在实施工业政策方面拥有更多灵活性

目前以项目为导向的贷款条件和多种多样的国际融资机制使发展中国家难以设计和实行连贯的可持续发展战略。投资措施方面的限制（多边贸易制度和双边条约

⁶ FCCC/CP/2010/7/Add.1，决定1/第十六章，第117(a)段。

⁷ 同上，第119段。

⁸ 同上，第117(b)段和第123段。

施加的限制)束缚着发展中国家工业政策的实施,而与此同时,发达国家正在到处为发展绿色技术干预工业发展。因此,有必要确保发展中国家在发展工业方面拥有充足的政策空间。

多边贸易体制应允许发展中国家拥有比多哈进程提议的更高的、幅度更大的约束关税。同样重要的是考虑承认包括诸如国内内容、技术转让要求等在内的工业政策,使发展中国家能够实行针对具体行业的方案来促进当地工业的蓬勃发展。

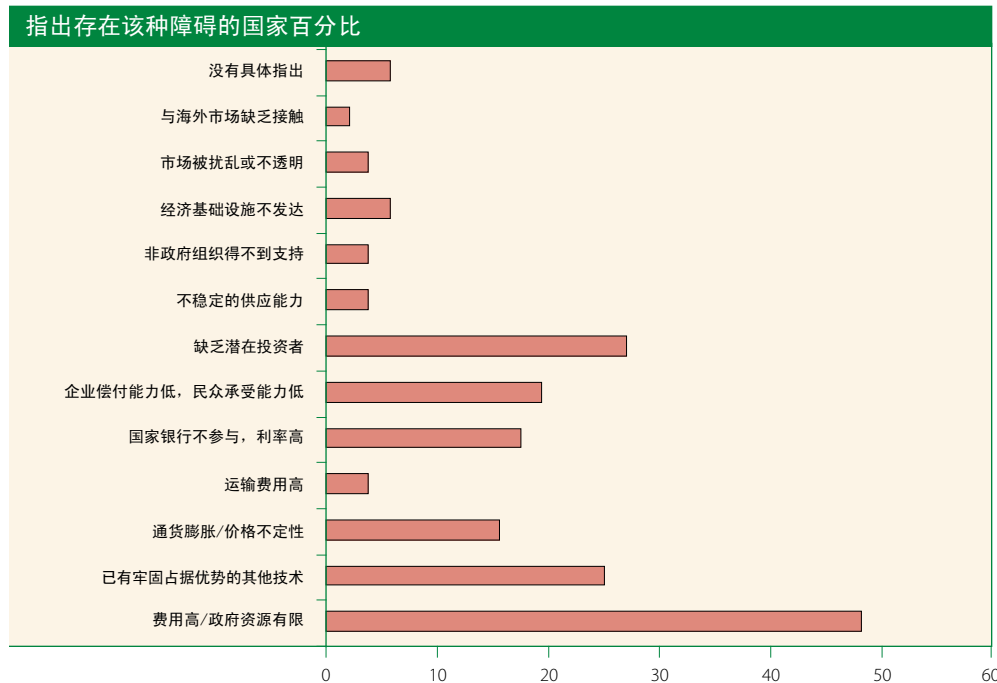
环境标准是促进技术改造的有效工业政策手段。目前,技术标准常常由政府(单边或通过与少数国家商定)确定或由私营公司制定。让所有当事方,特别是发展中国家,更广泛地参与制定这些标准,应能确保所制定的环境标准(包括以绿色标签和生境足迹认证方式实施的标准)不会成为实行不公平贸易保护主义的一种手段。《蒙特利尔议定书》进程规定了受禁物质及淘汰这些物质的进度表,这种做法可以作为这方面的一个范例。

绿色技术转让筹资要求进行国内和国际金融改革

发展中国家的投资率必须大幅提升,以便于引入新的绿色技术。发展中国家不断指出,其迅速采用清洁技术面临的最大障碍是资金不足(图O.4)。

图O.4

技术需要评估中报称的在技术转让方面遇到的经济和市场障碍



资料来源:《联合国气候变化框架公约》,科学和技术咨询附属机构,“根据《公约》为促进技术的发展、采用、推广及转让今后进行融资的可选做法建议:技术转让问题专家组主席的报告”(FCCC/SB/2009/2),图6。

在兼顾各行业一致性的方案下,《概览》估计,为了实现克服贫困,增加粮食生产,消灭饥饿,并保证土地和水资源不退化,避免气候变化灾难,绿色投资每年需要增加世界总产出的3%(2010年约1.9万亿美元)。由于实现技术改造的时限紧迫,需要在今后数年内达到所需的全球绿色投资规模。

必须在发展中国家筹集至少一半所需的投资。调动更多的国内资源(私人储蓄和公共收入)应成为中期向新增投资提供资金的关键。在许多发展中国家,长期筹资的市场不发达,财政基础薄弱,因此,近期大幅增加用于长期投资的国内资金的余地有限。制约发展中国家投资国内资源的其他因素源于全球金融和支付体系的缺陷。若干发展中国家将相当大部分国内储蓄用作国际储备,将其中多半投资于发达国家的金融资产。这种自保做法以及大量金融资源净流入先进市场经济体的状况受制于一个重要的决定因素,即全球资本市场和商品市场的波动。改革国际支付和储备体系,遏制全球市场波动性,减少单个发展中国家对积累储备的需要,可释放大量资源(包括通过使用特别提款权释放主权财富基金的资源),为绿色投资提供长期资金。此外,这样做将推动实现资源净流入发展中国家。

目前,发展中国家绿色技术投资可用的外部资金远不足以应对挑战。在过去两年,全球环境基金和世界银行管理的那些气候变化信托基金每年所能拨付的资金不超过200亿美元。因此,当前技术转让筹资大多依赖外国直接投资流通、对外援助赠款和贷款中的技术合作经费,以及出口信贷机构提供的资金。然而,这些机制都缺少鼓励投资于绿色技术的措施与政策环境。

《哥本哈根协议》承诺,在2010-2012年期间筹集300亿美元,到2020年每年筹集1 000亿美元,用作向发展中国家提供资金,这确是朝着正确方向迈出的一步,但承诺有待兑现。《概览》估计,发展中国家在绿色投资方面每年需要增加约1万亿美元。其中的大部分投资将来自发展中国家的公共和私人投资,但是,国际融资是必不可少的,特别是在最初的几年,以便启动绿色投资和引入外部技术。《哥本哈根协议》的承诺显然不能满足全球在这方面的需求。

要加强全球治理能力

重塑国家发展努力的提议,以及在技术发展与合作、对外援助、投资融资和贸易规则等领域增强国际承诺,都要求建立更强有力的全球治理与协调机制。在今后30至40年中,所有这些努力必须“合力”实现今天看似几乎不可能实现的一系列目标,包括使人均碳排放量减少近四分之三和消除贫穷,因为到时候现在被视为贫困人口将需要近10倍的现代能源供应。

《概览》认识到,技术改造的努力大部分必须在国家一级进行,并且要依靠当地条件和资源。已经指出需要一个有效的全球技术决策机构。若要实现全球总目标,需要满足两个关键条件。第一,需更有效地监测和核查履行国际承诺的情况。就建立共同问责的相应机制而言,可从其他领域的现有模式中汲取经验,诸

如世界贸易组织的贸易政策审查程序。

第二，当前环境、技术转让、贸易、援助和筹资等领域的多边结构显然互不相连，必须着力加强一致性，以便利各国可能制订出的各种各样绿色增长国家战略的互相协调，并确保这些战略合力推动实现环境可持续性的全球目标。

1992年6月3日至14日，在里约热内卢举行的联合国环境与发展会议上，国际社会对“预防原则”达成一致，将其作为制订公共政策的导则。按照这项原则，若一项行动或政策对公众或环境的危害尚未达成科学共识，则实施方有责任证明相关可疑行动或政策不会造成危害。这条预防原则确认，倘若科学调查发现可能存在危害风险，就有社会责任要保护公众免遭危害，这意味着，应尽可能采取一切措施以实现可持续发展。

目 录

	页码
序言.....	iii
致谢.....	iv
概述.....	v
解释性说明.....	xxxiii
章	
一、引言：为什么绿色技术变革是必要的.....	1
发展挑战和新出现的环境危机.....	1
人口和收入不断增长.....	2
人口和收入的增长分布不均.....	3
人口和收入增长对环境的影响.....	3
作为新范例的可持续发展和绿色经济.....	8
技术和结构发生根本转化的必要性.....	11
在环境限制内平等增长.....	17
经济增长是减贫的一个先决条件.....	17
增长与环境保护.....	18
发达国家的增长限制?.....	19
绿色技术大变革.....	20
何种技术革命?.....	20
一场不同于其他的技术革命.....	22
社会转型.....	24
议程.....	25
二、清洁能源技术变革.....	27
引言.....	27
全球能源技术变革.....	30
全球能源系统.....	30
全球能源变革的历史.....	31

	页码
全球能源技术变革的历史.....	32
对未来的设想.....	33
努力加快能源技术变革.....	34
国际能源技术议程.....	34
支持清洁能源技术的国家计划.....	35
为普遍使用现代燃料和电力制定的国家计划.....	36
国家能源技术创新战略.....	37
投资于研究、开发和示范、市场培育及扩散.....	38
市场培育方面的投资.....	39
扩散方面的投资.....	40
政府的能源技术方案.....	41
巴西、美国和毛里求斯的乙醇.....	41
美国以煤炭为基础的合成燃料.....	42
美国的氢气生产.....	42
美国的核电.....	42
德国、丹麦、美国、荷兰、中国和印度的风电.....	43
德国、美国、日本、中国和肯尼亚的光电.....	44
美国和中国的太阳能热水器.....	45
美国、德国、西班牙和北非的聚光太阳能.....	45
中国的小水电和沼气.....	45
发展中国家的高效炉灶.....	46
日本关于最终使用效率的领跑者方案.....	46
美国的汽车燃料效率标准.....	47
从基于市场的措施中汲取的教训.....	47
碳排放价格信号和排放交易.....	47
汽油税.....	48
强制上网定价.....	49
一点一滴都有帮助吗：对目前方式的批判性评估.....	49
计划需在全球范围内加总.....	49
计划也需在系统层面进行加总.....	50
转化方面可行的时间标度.....	52
保持在限制范围内.....	54
提高能效方面的限制.....	57

	页码
政策选择和建议.....	58
需要制定综合、战略性和系统性的方式.....	59
一项全球性的“领跑者方案”.....	61
通过独立的能源系统分析中心进行“现状核实”.....	63
不能一刀切.....	64
三、开展真正的绿色革命以实现粮食安全.....	67
全球粮食危机.....	67
持续的粮食不安全.....	67
2007-2008年世界粮食价格飙升的影响.....	69
粮食价格危机的原因.....	71
粮食危机的对策.....	74
不可持续的自然资源管理对粮食安全和环境均构成威胁.....	74
环境影响.....	74
不可持续的自然资源管理的驱动因素.....	80
粮食安全和小农场主.....	80
实现农业领域真正的绿色技术革命.....	82
可持续农业创新系统框架.....	83
利用农业和自然资源管理领域的现有技术创新方式.....	85
在解决粮食安全方面支持教育、科学和技术的国家战略.....	92
振兴农业研发.....	92
为粮食安全进行的农业研究和开发.....	94
促进粮食安全和环境可持续性的区域和全球伙伴关系.....	99
四、减轻自然灾害对人类的伤害.....	101
导言.....	101
自然灾害的多重影响.....	102
灾害风险概况.....	103
气候变化之过?.....	105
对生计的不均等影响.....	106
“极端”干扰事件的风险加大?.....	107
减少灾害风险和适应气候变化的方法.....	109
现有增量法.....	109
一体化方法的必要性.....	109

	页码
风险、不确定性和灾难.....	110
技术变革之路.....	111
利用当地技术.....	112
制度缺失.....	113
技术变革范围.....	113
现有适应和防灾技术和知识体系.....	113
待填补的技术缺口.....	116
启动部门级抗灾技术变革.....	119
能源挑战.....	119
水与卫生.....	119
健康.....	120
沿海地区.....	121
制度变革和能力建设.....	122
融资和外部转移.....	123
发展方向.....	124
五、国家绿色发展政策.....	131
导言.....	131
市场和系统失灵.....	132
不确定性、外部效应以及与公益物有关的各种问题.....	133
各创新系统.....	134
各国创新系统.....	134
部门绿色创新体系.....	134
“绿色化”国家创新体系.....	135
创新过程.....	137
基础研究、开发与示范 (RD&D).....	137
市场形成与推广.....	138
协调与网络.....	138
各大学、研究所和企业之间的合作.....	139
网络、集群和科学园区.....	139
国际网络和技术转让.....	140
教育.....	145
教育、消费和环境行为.....	145
正规教育.....	146

	页码
发展中国家教育的最新进展	146
创新教育法	147
劳动力市场政策	148
制度、产业政策和基础设施	149
规章制度	149
政府采购、补贴和其他激励措施	150
碳工具	150
投资要求与贸易保护	151
基础设施和商业环境	151
政府机构	152
融资	152
私营部门的绿色基金	153
风险投资	153
小额融资机构和小额融资	153
外国直接投资	154
长期机构投资者	154
私营和公共部门共担风险	154
政策意义	156
政府决策框架	156
绿-体系下的政策改革	158
六、建设全球技术开发与共享制度	161
两项关键的全球挑战	161
全球可持续发展承诺	162
各利益攸关方有关可持续发展的行动会产生聚合效应吗?	163
公私部门在技术开发和推广中的作用	164
工业化和发展中国家的技术开发和推广必须具有聚合效应	164
需要扩大合作性国际科学举措	165
现有机制的缺陷	166
依赖私人投资的技术推广将会太慢	166
全球市场波动和财政约束引起的投资率不足	169
技术开发与转让融资不足	170
国际贸易与投资体制中有限的国内政策空间	178
国际治理的不连贯问题和缺点	178

	页码
在多边贸易规则和国际金融方面实施改革，加速绿色技术开发与推广	179
建立有效的全球技术开发和推广制度.....	179
知识产权制度应以鼓励绿色技术创新为导向.....	180
多边贸易规则应为发展中国家实施产业政策授予更大的灵活性..	182
为绿色技术转让提供融资，需要进行国内和国际金融改革.....	184
提升全球治理水平与能力.....	185
书目	187
方 框	
方框三.1 农业创新.....	84
方框三.2 印度的流域开发.....	87
方框三.3 在哥斯达黎加为生态系统服务付费.....	92
方框四.1 巴西库里提巴高明的综合城市规划.....	112
方框四.2 中国的气候变化适应方案和伙伴关系框架.....	118
方框四.3 韩国的绿色修复工程.....	122
方框五.1 肯尼亚农村的太阳光伏.....	142
方框五.2 孟加拉国太阳能光伏设备的进口.....	143
方框六.1 技术转让专家组.....	166
方框六.2 美国的强制专利许可.....	181
图	
图O.1(a) 1750-2050年全世界人口的指数式增长.....	vii
图O.1(b) 1820-2008年全世界人均收入的快速增长.....	vii
图O.1(c) 1850-2000年第一次工业革命后能源消耗量上升情况.....	viii
图O.1(d) 1816-2008年温室气体排放量的指数式增长.....	viii
图O.2 1850-2008年全球能源体系发生的两次大规模转变.....	xii
图O.3 1961-2009年各区域谷类粮油作物生产力增长迥异.....	xv
图O.4 技术需要评估中报称的在技术转让方面遇到的经济和市场障碍..	xxi
图一.1 现代指数级人口增长.....	2
图一.2 现代世界人均收入加速增长.....	3
图一.3 各地区人均收入趋异，1980-2008年.....	4
图一.4 人口增长方面的区域差异，1750-2150年.....	4
图一.5 第一次工业革命以来能源消费量的增长.....	5
图一.6 大气中二氧化碳浓度的上升，1000-2008年.....	6

	页码
图一.7 全球气温的上升, 1880-2010年.....	6
图一.8 观察到的和预计的全球气温上升情况, 备选方案, 1880-2010年	7
图一.9 不可生物降解物的使用和处置增多, 1900-2000年.....	7
图一.10 经合组织国家中产出的物质密集程度, 1975-2000年.....	12
图一.11 原生金属采掘方面的全球趋势, 1990-2007年.....	13
图一.12 经合组织国家中的直接物质消费, 1975-2000年.....	13
图一.13 根据关于最重要能源的相对份额的B1稳定化方案, 全球能源系统的历史和可能的未来.....	14
图一.14 目前的碳强度, 以及根据备选方案保持在450 ppm的二氧化碳限值之下所需的强度.....	16
图一.15 世界和某些国家及区域的每单位产出的二氧化碳排放强度, 1980-2006年	16
图一.16 矿物燃料消费和二氧化碳产生趋势, 1980-2007年.....	21
图二.1 全球可用能系统的流动, 2005年.....	30
图二.2 发达国家和发展中国家的人均能源使用量和人口趋势, 1800-2009年.....	31
图二.3 全球能源系统经历的两次大规模转化, 1850-2008年.....	32
图二.4 “稳健的”气候变化减缓楔子, 2000-2100年.....	34
图二.5 国际能源机构新政策设想中全球每年对可再生能源的支持, 2007-2035年.....	40
图二.6 全球风电装机容量, 1993-2010年.....	44
图二.7 国际能源机构新政策设想中增加的一次能源需求, 2008-2035年	53
图二.8 国家人均温室气体排放量与人均用电量的对比, 某些国家和地区	62
图三.1 全世界营养不良人口, 1969-2010年.....	68
图三.2 各区域的营养不良人口, 2010年.....	69
图三.3 实际粮食价格指数, 年度平均数, 1990-2011年.....	70
图三.4 谷物名义价格的年化波动, 1957-2009年.....	70
图三.5 世界谷物产量和消费量, 1990-2011年.....	71
图三.6 分配给农业的官方发展援助的总额和份额, 1995-2009年.....	73
图三.7 全球初级生产力净值的变化, 1981-2003年.....	75
图三.8 森林面积的趋势, 1990年、2000年和2010年.....	78
图三.9 发展中国家的公共农业研发投资趋势, 1981-2008年.....	93
图四.1 灾害频率, 1970-2009年.....	102
图四.2 自然灾害导致的估算损失和受灾人数, 1970-1979年, 2000-2009年	103
图四.3 1990-2009年每起灾害的受灾人数, 按国家列示.....	104

	页码
图五.1 新体系.....	136
图五.2 绿-体系资金来源.....	137
图六.1 气候变化缓解技术的增加情况, 1975-2006年.....	169
图六.2 技术需求评估报告中技术转让的经济和市场障碍.....	170
图六.3 经合组织/发展援助委员会用于核心环境以及供水与卫生的援助, 1998-2009年.....	176
 表	
表二.1 能源创新、市场培育和扩散方面全球公私投资的估计数, 2010年.....	38
表二.2 在某些新兴经济体和美利坚合众国与能源相关的研发和示范方面的公私支出, 2004-2008年.....	39
表二.3 世界可再生能源计划.....	55
表二.4 按各自流径上累计的全球转换损失排序的终端设备.....	58
表二.5 引起可持续能源转化的公共政策措施的例子.....	59
表二.6 按国家组列示的可持续能源转化的程式化的潜在影响.....	65
表三.1 土地退化对全球环境的影响.....	76
表三.2 气候变化预测及对农业的相应影响.....	77
表三.3 农业对全球温室气体排放量和其他排放量的贡献.....	77
表三.4 世界各地农场规模的近似平均数.....	81
表四.1 1970-2009年期间按地区开列的自然灾害频率及其影响.....	105
表四.2 气候条件变化的多重潜在影响.....	108
表四.3 气候变化适应技术与知识体系.....	114
表四.4 有关水资源的适应技术.....	120
表四.5 总人口最多且有最大比重的人口生活在低海拔沿海地区 (LECZ) 的国家, 2000年.....	121
表四.6 气候变化适应技术, 按部门和技术成熟阶段开列.....	124
附件表四.1 含适应和降灾险技术战略的各个项目.....	127
表五.1 初等教育入学情况, 1999年和2008年.....	147
表五.2 中等、职业和高等入学情况, 1999年和2008年.....	148
表五.3 绿色技术政策选择方案样本, 按不同发展水平和行政能力的国家开列.....	159
表六.1 减排潜力和缓解技术按部门分布的估算值.....	164
表六.2 不同技术成熟阶段的具体融资障碍.....	171
表六.3 可持续发展的估算投资要求.....	174
表六.4 缓解 (M) 和适应 (A) 气候变化的双边和多边资金.....	177

解释性说明

本报告表中使用了下述符号：

- .. 两点表示没有可用数据或者不单独报告。
- 破折号表示数量为零或可忽略不计。
- 连字号表示项目不适用。
- 减号表示赤字或减少，除非另有说明。
- . 点用来表示小数。
- / 年份之间的斜杠表示作物年度或财政年度，例如2010/11。
- 年份之间使用连字号表示整个期间，例如包括起始年和终了年。

提到“美元”（\$）指的是美国美元，除非另有说明。

提到“十亿”指的是十个亿。

提到“吨”指的是公吨，除非另有说明。

年增长或变化率，除非另有说明，指的是年度复合比率。

由于凑整，表中的细目和百分比加起来不一定等于合计数。

使用了下述缩略语:

CAFE	综合评价燃料效能(标准)(美利坚合众国)
CCS	碳捕获和储存
CDM	清洁发展机制(《京都议定书》)
CERs	核证减排量
CGIAR	国际农业研究磋商组织
CH ₄	甲烷
CO ₂	二氧化碳
CSP	聚光太阳能
DAC	发展援助委员会(经合组织)
DOE	能源部(美利坚合众国)
EGTT	技术转让问题专家组(《气候公约》)
EJ	艾焦耳
ESTs	无害环境技术
EU	欧洲联盟
FAO	联合国粮食及农业组织
FDI	外国直接投资
FFS	农田学校
FIT	强制上网定价
F-gases	氟化气
GATT	《关税和贸易总协定》
GDP	国内生产总值
GE	经基因方法改造过的
GEA	全球能源评估
GHG	全球能源评估
GJ	焦耳
G-NIS	国家绿色创新体系
Gt	十亿吨
GtC	十亿吨碳
GW	千兆瓦
ICT	信息和通信技术

IEA	国际能源机构
IFPRI	国际粮食政策研究所
IGCC	综合气化联合循环
IMF	国际货币基金组织
IPCC	政府间气候变化专门委员会
IPM	虫害综合防治
kg	公斤
kWh	千瓦时
LECZ	低海拔沿海地区
MCDA	多标准决策分析
mpg	每加仑公里数
MtCO ₂ e	公吨二氧化碳当量
Mtoe	百万吨石油当量
MW	兆瓦
NDVI	归一化差异植被指数
N ₂ O	一氧化二氮
NPP	净初级生产力
NIMBY	别在我的后院
NIS	国家创新体系
ODA	官方发展援助
OECD	经济合作与发展组织
PES	为环境服务付费
POP	长期有机污染物
ppm	百万分率
ppmv	按体积计算的百万分率
PPP	购买力平价
PV	光伏
R&D	研究和开发
RD&D	研究、开发和示范
SAIS	可持续农业创新体系
SBSTA	科学和技术咨询附属机构(《气候公约》)

SCC	碳的社会成本
SDRs	特别提款权
SHS	太阳能家庭发电系统
SRI	水稻栽培强化体系
SUV	越野车
TRIPS	《与贸易有关的知识产权协定》
TW	万亿瓦
UNCTAD	联合国贸易和发展会议
UN/DESA	联合国秘书处经济和社会事务部
UNDP	联合国开发计划署
UNEP	联合国环境规划署
UNESCO	联合国教育、科学及文化组织
UNFCCC	《联合国气候变化框架公约》
UNICEF	联合国儿童基金会
UNWTO	联合国世界旅游组织
WEFM	(联合国)世界经济预测模型
WGP	世界总产值
WHO	世界卫生组织
WTO	世界贸易组织
VC	风险资本
ZJ	千万亿兆焦耳

本出版物中所使用的名称和材料的表达方式，绝不意味着联合国秘书处对于任何国家、领土、城市或地区或其当局的法律地位，或者对其边界的划分，表示任何意见。

根据情况，本报告文本中所用的“国家”一词也指领土或地区。

为分析之目的，除非另有说明，使用了下述国家小组和分组：

发达经济体（发达的市场经济体）：

澳大利亚、加拿大、欧洲联盟、冰岛、日本、新西兰、挪威、瑞士、美利坚合众国

8国集团（G-8）：

加拿大、法国、德国、意大利、日本、俄罗斯联邦、大不列颠及北爱尔兰联合王国、美利坚合众国。

20国集团（G-20）：

阿根廷、澳大利亚、巴西、加拿大、中国、法国、德国、印度、印度尼西亚、意大利、日本、墨西哥、大韩民国、俄罗斯联邦、沙特阿拉伯、南非、土耳其、大不列颠及北爱尔兰联合王国、美利坚合众国、欧洲联盟。

欧洲联盟（欧盟）：

奥地利、比利时、保加利亚、塞浦路斯、捷克共和国、丹麦、爱沙尼亚、芬兰、法国、德国、希腊、匈牙利、爱尔兰、意大利、拉脱维亚、立陶宛、卢森堡、马耳他、荷兰、波兰、葡萄牙、罗马尼亚、斯洛伐克、斯洛文尼亚、西班牙、瑞典、大不列颠及北爱尔兰联合王国。

欧盟-15国：

奥地利、比利时、丹麦、芬兰、法国、德国、希腊、爱尔兰、意大利、卢森堡、荷兰、葡萄牙、西班牙、瑞典、大不列颠及北爱尔兰联合王国。

新欧盟成员国：

保加利亚、塞浦路斯、捷克共和国、爱沙尼亚、匈牙利、拉脱维亚、立陶宛、马耳他、波兰、罗马尼亚、斯洛伐克、斯洛文尼亚。

转型期经济体：**东南欧：**

阿尔巴尼亚、波斯尼亚和黑塞哥维那、克罗地亚、黑山、塞尔维亚、前南斯拉夫的马其顿共和国。

独立国家联合体（独联体）：

亚美尼亚、阿塞拜疆、白俄罗斯、格鲁吉亚、^a 哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、马尔代夫共和国、俄罗斯联邦、塔吉克斯坦、土库曼斯坦、乌克兰、乌兹别克斯坦。

发展中经济体：

非洲、亚洲和太平洋地区（澳大利亚、日本、新西兰和亚洲的独联体成员国除外）、拉丁美洲和加勒比。

^a 截至2009年8月19日，格鲁吉亚正式脱离独立国家联合体。不过，由于地理位置相近以及经济结构类似，在该国家组的背景下讨论其表现。

非洲各分组：**北非：**

阿尔及利亚、埃及、阿拉伯利比亚民众国、摩洛哥、突尼斯。

撒哈拉以南非洲：

所有其他非洲国家，在指明的情况下，尼日利亚和南非除外。

亚洲和太平洋分组：**西亚：**

巴林、伊拉克、以色列、约旦、科威特、黎巴嫩、巴勒斯坦被占领土、阿曼、卡塔尔、沙特阿拉伯、阿拉伯叙利亚共和国、土耳其、阿拉伯联合酋长国、也门。

南亚：

孟加拉国、不丹、印度、伊朗（伊斯兰共和国）、马尔代夫、尼泊尔、巴基斯坦、斯里兰卡。

东亚：

亚洲和太平洋地区其他所有发展中经济体。

拉丁美洲和加勒比各分组：**南美：**

阿根廷、（多民族）玻利维亚国、巴西、智利、哥伦比亚、厄瓜多尔、巴拉圭、秘鲁、乌拉圭、委内瑞拉（玻利瓦尔共和国）。

墨西哥和中美洲：

哥斯达黎加、萨尔瓦多、危地马拉、洪都拉斯、墨西哥、尼加拉瓜、巴拿马。

加勒比：

巴巴多斯、古巴、多米尼加共和国、圭亚那、海地、牙买加、特立尼达和多巴哥。

最不发达国家：

阿富汗、安哥拉、孟加拉国、贝宁、不丹、布基纳法索、布隆迪、柬埔寨、中非共和国、乍得、科摩罗、刚果民主共和国、吉布提、赤道几内亚、厄立特里亚、埃塞俄比亚、冈比亚、几内亚、几内亚比绍、海地、基里巴斯、老挝人民民主共和国、莱索托、利比里亚、马达加斯加、马拉维、马尔代夫、马里、毛里塔尼亚、莫桑比克、缅甸、尼泊尔、尼日尔、卢旺达、萨摩亚、圣多美和普林西比、塞内加尔、塞拉利昂、所罗门群岛、索马里、苏丹、东帝汶、多哥、图瓦卢、乌干达、坦桑尼亚联合共和国、瓦努阿图、也门、赞比亚。

小岛屿发展中国家和地区：

美属萨摩亚、安圭拉、安提瓜和巴布达、阿鲁巴、巴哈马、巴巴多斯、伯利兹、英属维京群岛、佛得角、北马里亚纳群岛、科摩罗、库克群岛、古巴、多米尼克、多米尼加共和国、斐济、法属波利尼西亚、格林纳达、关岛、几内亚比绍、圭亚那、海地、牙买加、基里巴斯、马尔代夫、马绍尔群岛、毛里求斯、密克罗尼西亚（联邦）、蒙特塞拉特、瑙鲁、荷属安第斯、新喀里多尼亚、纽埃、帕劳、巴布亚新几内亚、波多黎各、圣基茨和内维斯、圣卢西亚、圣文森特和格林纳丁斯、萨摩亚、圣多美和普林西比、塞舌尔、新加坡、所罗门群岛、苏里南、东帝汶、汤加、特立尼达和多巴哥、图瓦卢、美属维京群岛、瓦努阿图。

《联合国气候变化框架公约》缔约方：**附件一缔约方：**

澳大利亚、奥地利、白俄罗斯、比利时、保加利亚、加拿大、克罗地亚、捷克共和国、丹麦、爱沙尼亚、欧洲共同体、芬兰、法国、德国、希腊、匈牙利、冰岛、爱尔兰、意大利、日本、拉脱维亚、列支敦士登、立陶宛、卢森堡、摩纳哥、荷兰、新西兰、挪威、波兰、葡萄牙、罗马尼亚、俄罗斯联邦、斯洛伐克、斯洛文尼亚、西班牙、瑞典、瑞士、土耳其、乌克兰、大不列颠及北爱尔兰联合王国、美利坚合众国。

附件二缔约方：

附件二缔约方是属于经济合作与发展组织成员但不属于转型期经济体的附件一缔约方。

第一章

引言：为什么绿色技术变革是必要的

概 要

- ◆ 地球自然环境恶化的累积效应大大增加了可持续发展挑战的严峻程度。由于人口继续增加，人类生产和消费的有害影响在增多，利用现有技术为人类生活提供食物及必需品预计将越来越不可行。
- ◆ 一如既往的做法并不可取。通过现有“褐色技术”来推动收入增长，从而消除贫困，这种尝试将超出环境可持续性的极限。
- ◆ 需要开展一场全球绿色技术变革，比第一次工业革命规模更大，时限更短。一系列必要的新技术必须使今天的穷人能够达到适足的生活水准，同时减少排放和污染，终结地球不可再生资源锐减的局面。
- ◆ 在全球范围内以更快的速度发起一场新技术革命需要政府实施积极主动的干预，以及更广泛的国际合作。掀起技术变革需要推动社会转型，需要改变居住和消费模式，需要更好的社会价值标准。

发展挑战和新出现的环境危机

自第一次工业革命以来，能源技术方面的重大转变（从肌肉力量到水，然后是蒸汽，再后来是碳氢化合物）以及其他革新使生产和人类活动大幅增长。然而，使物质财富总量得以增长的那些技术却导致世界自然环境的持续恶化。如果继续沿着过去经济发展的道路前行的话，自然资源所承受的压力会进一步加大，地球的生态系统会失去平衡。按照现有消费习惯和生产方式，即使我们现在熄灭全球增长的引擎，世界自然环境的损耗和恶化也会继续下去。为了帮助穷人摆脱贫困，让包括到本世界中叶将成为地球居民的新增20亿人在内的所有人能够过上体面生活，必须取得更大的经济进步。因此，当务之急是找到新的发展道路，以确保环境的可持续性，弥补对生态的破坏，与此同时，让后世后代所有人都能过上体面的生活。

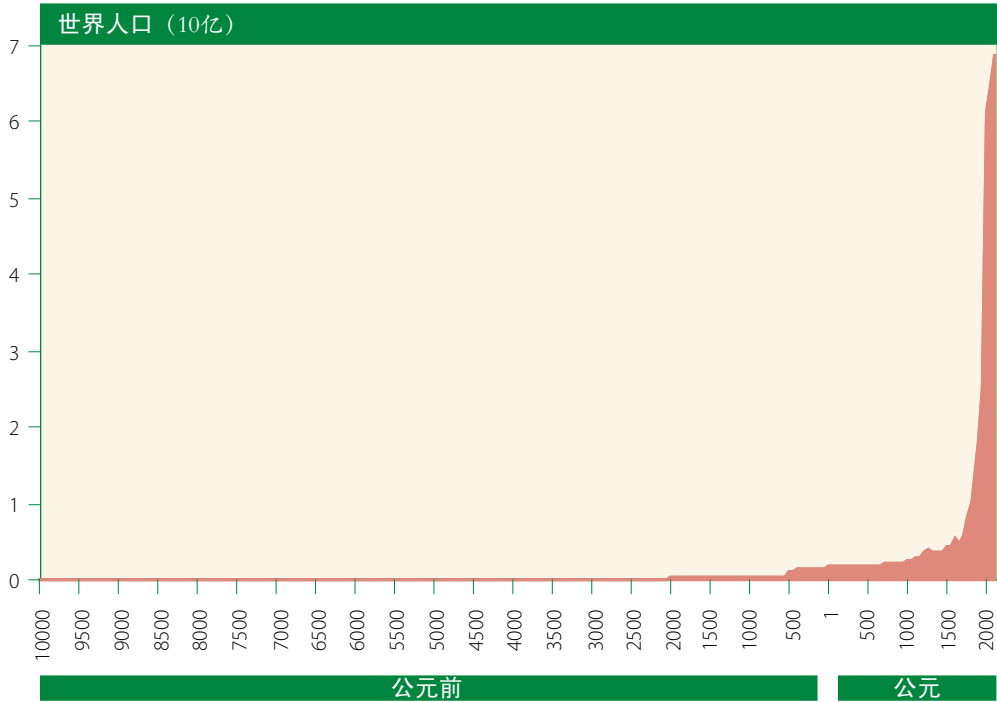
当前的经济增长模式导致了环境危机

人口和收入不断增长

人口和产品的增长呈现出“曲棍”模式

在过去两个世纪里，不论是人口还是收入，都呈几何级数增长。在人类历史的大部分时期，世界人口规模保持着相对稳定，然而，随着第一次工业革命的发生，世界人口开始加速增长（图一.1）。¹世界人口从1800年的大约10亿增长至2010年以前的大约65亿。据联合国的预测，到本世纪末很可能增长到大约90亿。

图一.1
现代的指数级人口增长



资料来源：公元前10 000-1749年，美国人口普查办公室的网站(www.census.gov/ipc/www/worldhis.html)；1750-1949年，联合国，1999年，“60亿人的世界”（ESA/P/WP.154）（1999年10月12日），表1；1950-2010年，联合国，经济和社会事务部，人口司，《世界人口前景：2010年订正本》（中位变差）（纽约，2011年）。

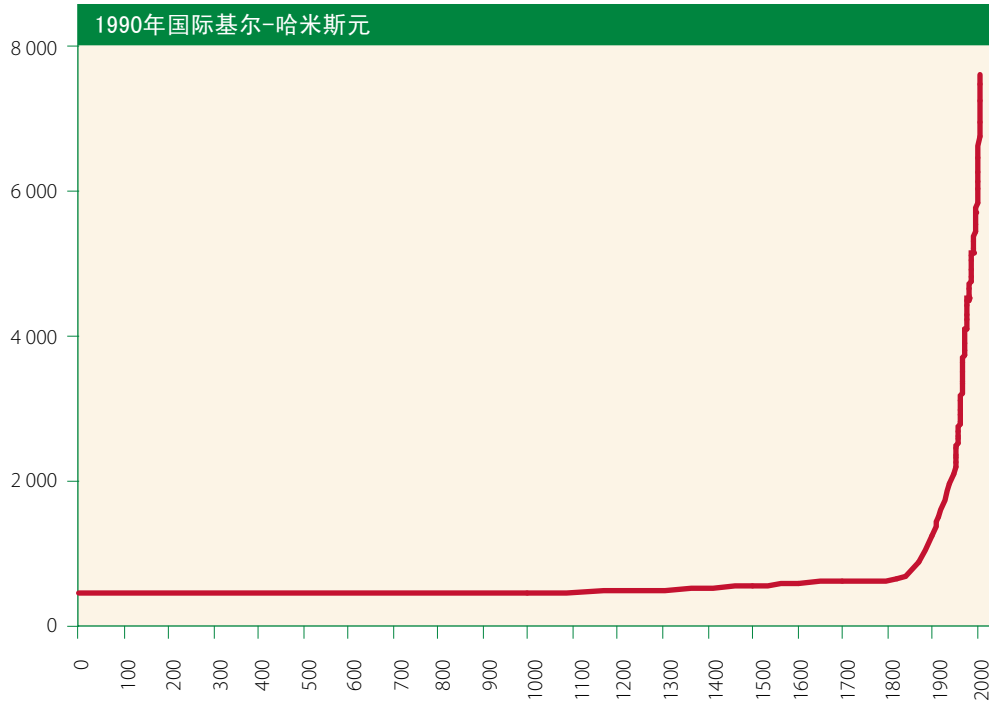
同样，在人类历史的大多数时期，人均福利是以非常缓慢的速度增长的，随着工业革命的发生才出现飞速增长。²自1820年以来，收入的增长同人口规模一样，呈现出“曲棍模式”（见图一.2），人均收入增速比1000-1820年时期快24倍。³

¹ 据估计，早在公元前10 000年，新石器革命之初，世界人口仅有大约100万。随着新石器农业的成功以及青铜器和铁器时代文明的出现，人口有了增长。不过，即使是在第一次工业革命发起时（公元1750年），世界人口也不过7.5亿。自1820年以来，人口以每年1%的速度增长，这个速度比1000-1820年这一时期高6倍（Maddison, 2007年，第69页）。

² 据Maddison（2007年）称，公元1000至1820年间，世界平均收入只增长了大约50%。他的研究显示，大多数古代社会的年人均收入约为400国际购买力平价美元（IPPP\$）。DeLong（1998年）认为这个数字要低得多，为IPPP\$ 90。不管怎样，在1820年以前，经济增长总体上是广泛的，主要是为了适应人口的四倍增长。

³ 自1820年以来，人均收入以每年1.2%的速度增长（Maddison, 2007年）。

图一.2
现代世界人均收入加速增长



资料来源：Maddison关于人口和GDP的数据。可查阅<http://sites.google.com/site/econgeodata/maddison-data-on-population-gdp>。

人口和收入的增长分布不均

观察到的人均收入的增长大多集中在目前世界上的发达地区（图一.3）。在亚洲、非洲和拉丁美洲的大多数地方观察到的增长幅度要小得多。在发达国家，收入的增长伴随着出生率和死亡率的大幅下降以及寿命的增长，从而加快了人口的转变。相反，相对于死亡率而言，发展中国家的出生率仍要高很多，收入增长较慢，人口增长较快（图一.4）。⁴收入和人口分布的不均在许多方面加剧了环境危机。

收入和人口增长的分
布极不均

人口和收入增长对环境的影响

地球在确保人类生存方面具有双重功能，它既是生产和消费所需自然资源的“源”，又是生产和消费所产生的废弃物（包括污染物）的吸收汇。人口和平均收入激增对这一双重功能的影响，再加上其他推动因素，播下了环境危机的种子。

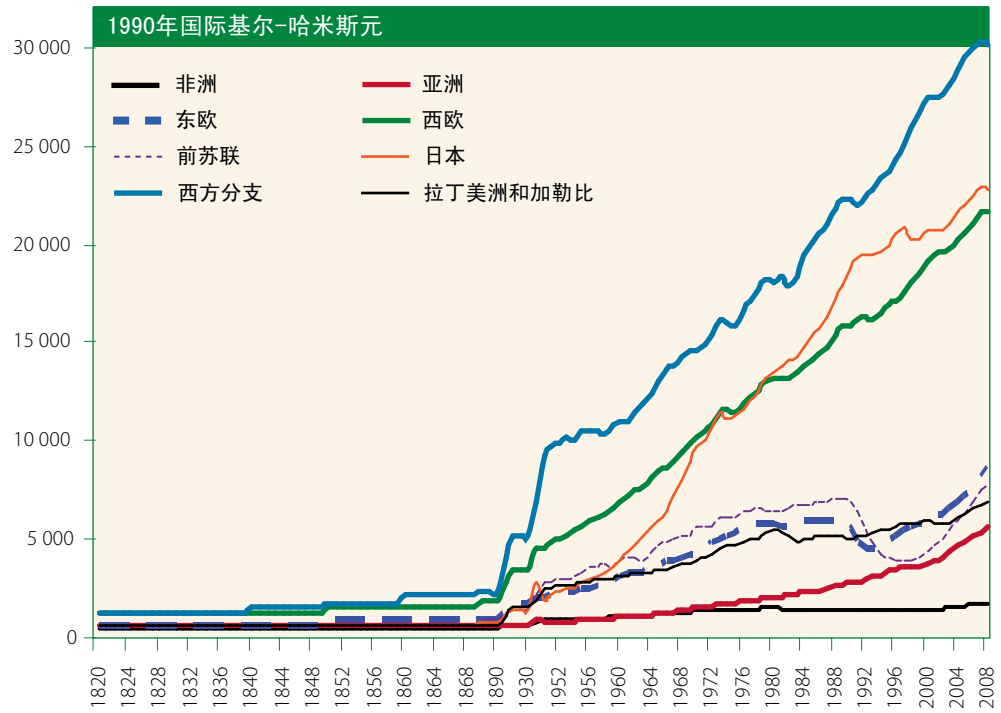
地球作为“源”和
“汇”的能力正在达到
极限……

人口和收入增长的曲棍模式体现在能源消费的指数式增长（图一.5）。⁵能

⁴ 1750至2008年间，欧洲、北美洲和大洋洲的人口合计数几乎增长了7倍，从1.67亿增长到11.03亿，而亚洲、非洲和拉丁美洲（包括加勒比）的人口合计数增加了9倍，从6.24亿增加到56亿。

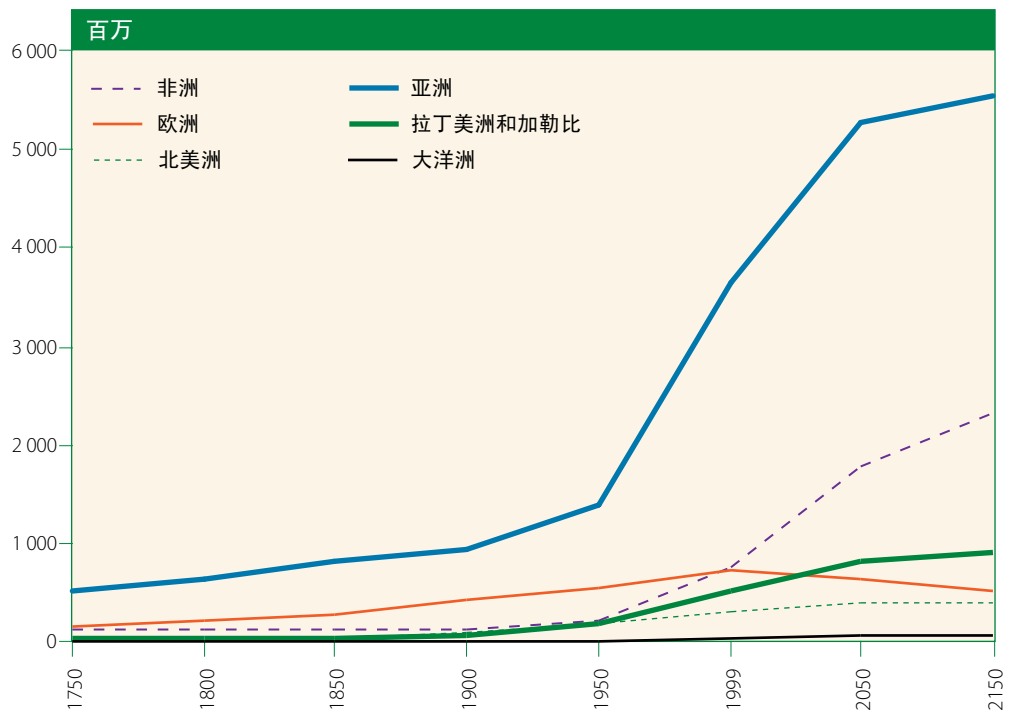
⁵ 一次能源消费量从1850年的略高于10艾焦耳（EJ）增至2000年的500 EJ。

图一.3
各地区人均收入趋异，1820-2008年



资料来源：Maddison关于人口和GDP的数据。可查阅<http://sites.google.com/site/econgeodata/maddison-data-on-population-gdp>。

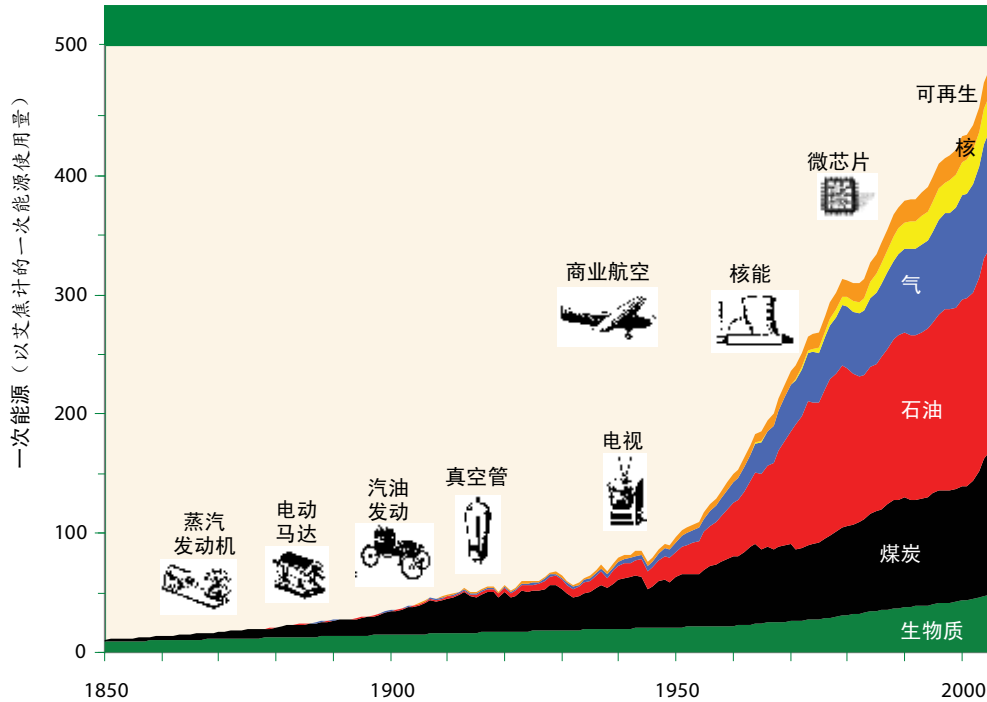
图一.4
人口增长方面的区域差异，1750-2150年



资料来源：联合国，“60亿人口的世界”（ESA/P/WP.154）（1999年10月12日），表2。

注：2008年以后的人口估计数依据的是联合国经社部人口司的中位变差预测。

图一.5
第一次工业革命以来能源消费量的增长



资料来源：联合国（2009年），图II.4。

源消费的增长导致排入大气的二氧化碳（CO₂）的量相应增加，从工业化前大约260百万分率（ppm）的水平上升至2010年的近400 ppm（图一.6）。⁶二氧化碳和其他温室气体浓度的不断上升导致全球平均气温也急剧上升，如今比1850年左右和以前的数个世纪观测到的气温平均高1°C左右（图一.7）。在温室气体排放继续存在的趋势下，全球气温预计将进一步升高，到本世界末有可能比工业化之前的水平平均高出2°C到5°C（图一.8），这将超过气候稳定的极限，足以导致剧变（联合国，2009年）。近年来影响加大的极端天气事件证明，这些变化具有极大的破坏性（见第四章）。

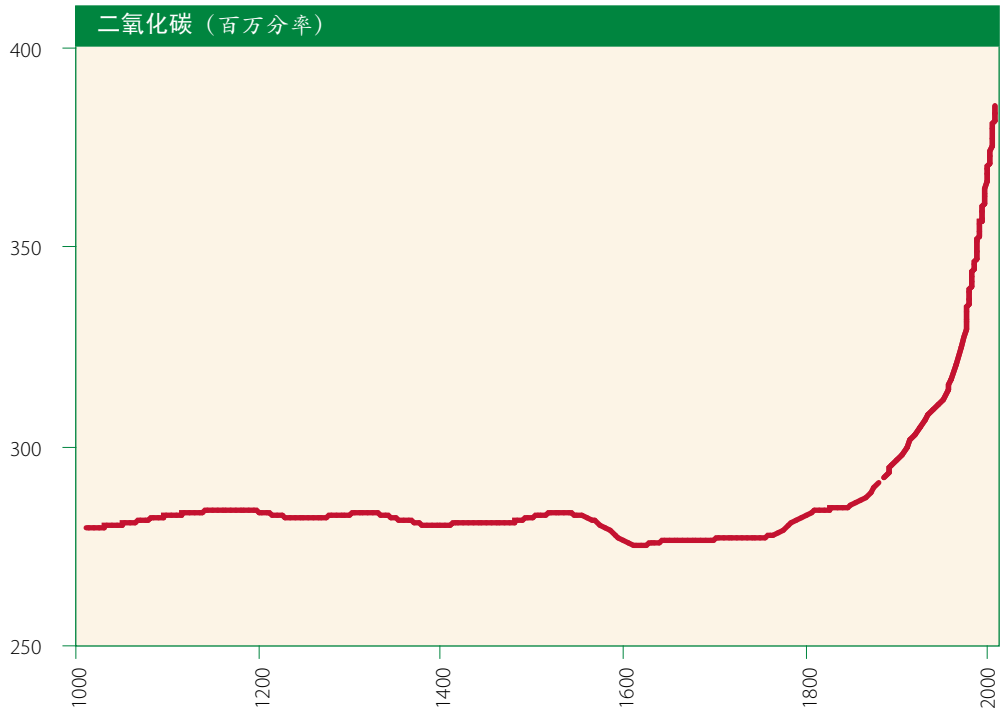
废弃物的数量也呈现长期上升的态势，同时，其构成方面的变化令人担忧。废弃物正变得越来越不可生物降解，越来越有毒，越来越有放射性。例如，如今不可生物降解的塑料在GDP中的比重远远超过木材、纸张、铁、铜、铅、铝、磷和碳酸钾等自然物质（图一.9）。

这一简短的调查证明，自第一次工业革命以来，人口、收入、资源利用和排入地球生态系统的废弃物的增长从几乎水平的模式转变为几乎垂直的模式。这一转变导致地球生态系统遭到无法补救的损害，并且正在失去平衡。根据《千年生态系统评估》（2005年）：

……导致对地球环境和生态系统的严重损害……

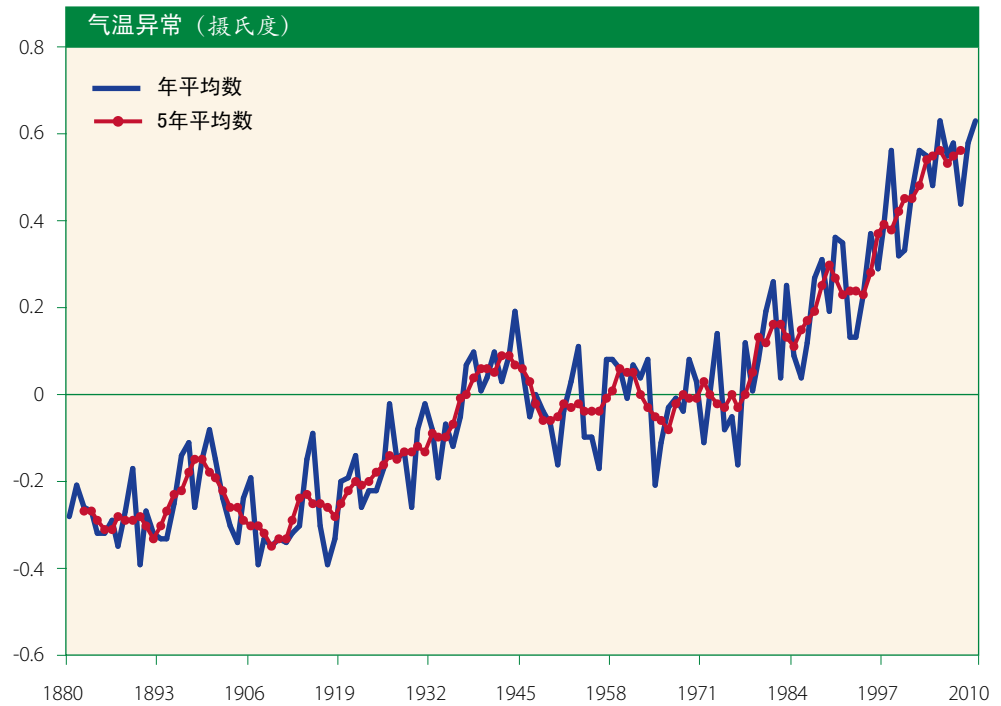
⁶ 二氧化碳排放量从工业化前不到5千兆吨（Gt）的水平（这与空气吸收能力大致相当）升至大约40 Gt。

图一.6
大气中二氧化碳浓度的上升，1000-2008年



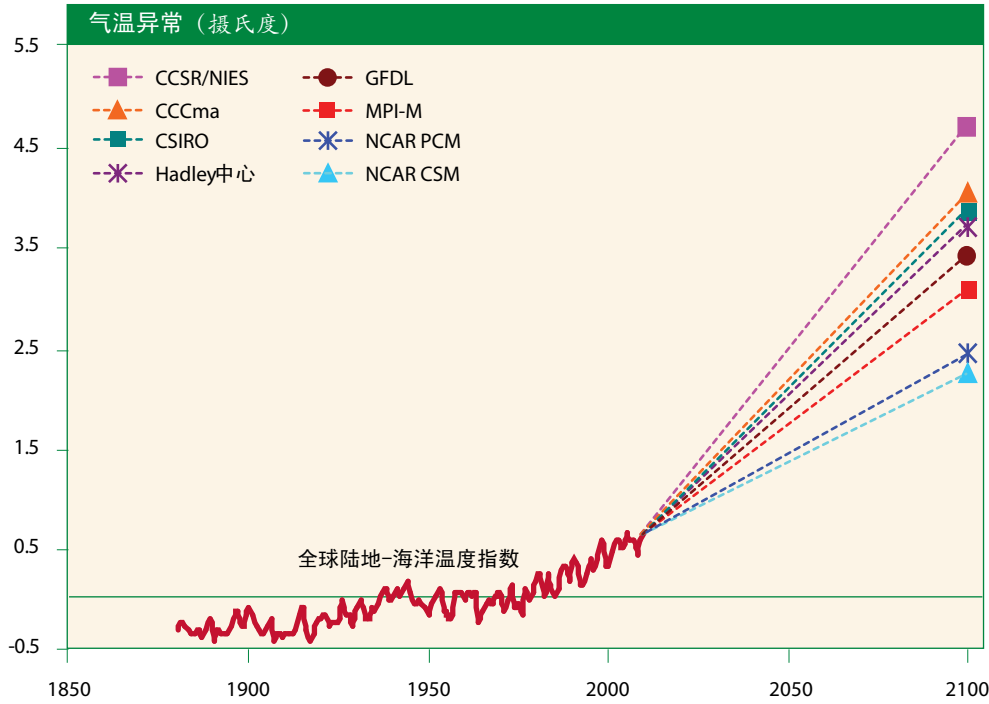
资料来源：美国能源部，二氧化碳信息分析中心。数据可查阅<http://cdiac.esd.ornl.gov>。

图一.7
全球气温的上升，1880-2010年



资料来源：国家航空航天局，戈达德空间研究所(GISS)。数据可查阅<http://www.data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs>。

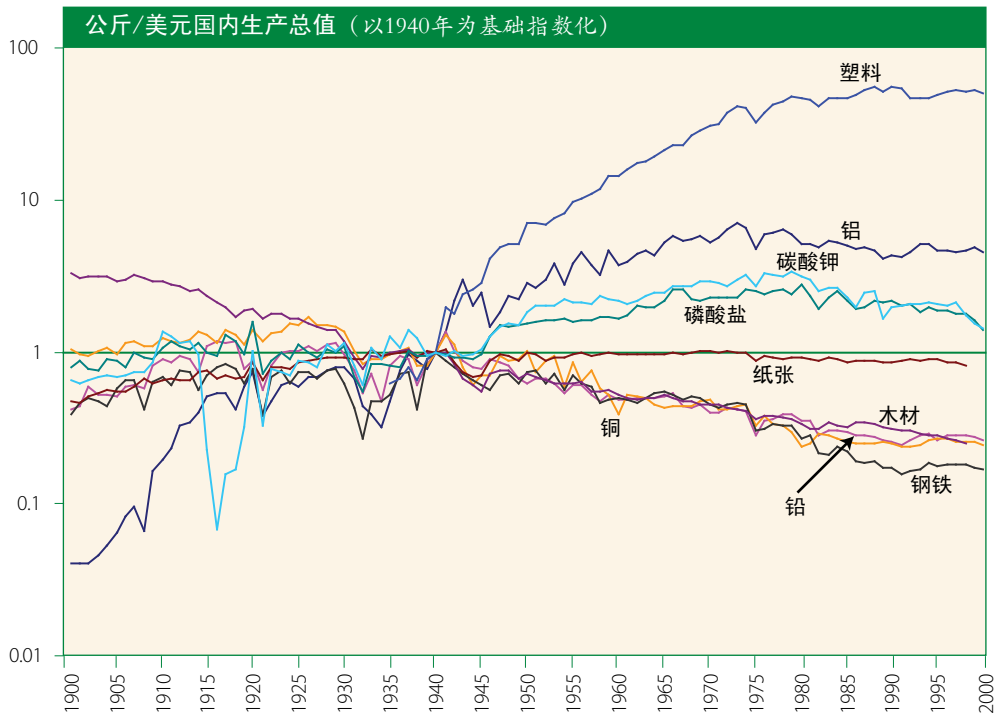
图一.8
观察到的和预计的全球气温上升情况，备选方案，1880-2010年



资料来源：1850-2010年：戈达德空间研究所 (GISS)，数据可查阅 <http://www.data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs>；2100年：数据可查阅 http://en.wikipedia.org/wiki/File:Global_Warming_Predictions.png。

注：本图所示的所有预测都是基于政府间气候变化专门委员会（气候专委会）的A2方案（详情见气候专委会，2007年b）。该方案的基础是关于，除其他外，未来产出和人口增长以及全球经济一体化的特殊设想。预测之间的差异来自关于排放量及其对气温上升的影响的不同假设。

图一.9
不可生物降解物的使用和处置增多，1900-2000年



资料来源：Wernick等人 (1997年)。

- 24个生态系统中，60%如今已经退化或遭到超出生态极限程度的开发；
- 自1900年以来世界丧失了50%的湿地；
- 与1700-1850年相比，1950年之后的30年中，有更多的土地被转化为农田；
- 过去300年中森林面积缩小了大约40%；
- 25个国家完全丧失了自己的森林，29个国家的森林覆盖面积不足10%；
- 目前的物种灭绝速度大约比地球历史上的一般速度快1 000倍；
- 自1980年以来世界丧失了50%的红树林；
- 农业占世界用水的70%；
- 如今水坝蓄水量比1960年多4倍；
- 如今水库里的水比自然河流中的水多3至6倍。

疾病大规模流行和物种灭绝的威胁正在逼近

正如上文详细叙述的，生态退化和毁灭正在对地球作为自然资源源泉这一功能造成惊人影响，包括对土地质量、土地利用模式和粮食生产的不利影响，这些影响正在加剧粮食不安全的局面（正如第三章中论述的）。非线性变化的风险大大增加，这些风险可导致突发灾害，使生态系统失去平衡。渔业衰亡、疾病大规模流行和物种灭绝是日益逼近的威胁。生态恶化和毁灭正在加大人类的脆弱性，尤其是对那些不得定居在对风险敏感地区的人而言。例如，红树林退化是2004年12月印度洋海啸造成大量人员伤亡的原因之一（见关于自然灾害频度和强度上升趋势及其影响的第四章）。

显然，目前的曲棍式发展模式及与之相伴的资源利用和废弃物排放激增是不可持续的。问题是能够做些什么来确保发展不超越地球承载能力的极限，同时确保，除其他外，地球上的所有居民都能在目前世界发达地区和发展中地区生活水平一致的基础上，过上令人满意的生活。

作为新范例的可持续发展和绿色经济

可持续发展的概念

可持续发展需要兼顾经济及社会发展与环境保护

关于目前的发展模式不可持续的论据几十年前就已提出，但未导致方向的转变。为了融合现有力量，指导其执行新的政策方式，世界环境与发展委员会（布伦特兰委员会）在其1987年题为“我们共同的未来”的报告（世界环境与发展委员会，1987年）中，提出了如今得到广泛赞同的可持续发展概念的定义，即“满足当代人的需要但不损害后代满足其自身需要的能力”的过程（第8页）。然而，尽管该定义得到了广泛认可，但由于这个概念略显笼统，引起了各种各样的解释

和说明。⁷不过，在1992年联合国环境与发展会议上达成的国际一致意见的框架内，正如该会议通过《关于环境与发展的里约宣言》（联合国，1993年）和《21世纪议程》（同上）所反映的，可持续的概念被认为是包含对三个目标的追求：经济发展、社会发展和环境保护。

布伦特兰委员会报告特别关注这三个目标的相互关系，指出其中任何两个目标之间都是双向联系的关系。⁸特别是，由于注意到社会发展对维持经济发展和环境保护的必要性，委员会指出“（a）普遍贫困的世界总是容易遭受生态灾难和其他灾难”，⁹并且“社会内部权力和影响力的分配是大多数环境和发展挑战的核心”。¹⁰委员会还强调，可持续发展并非一个仅适用于发展中国家的目标，也必须是发达国家的一个目标。

可持续发展也是发达国家的一个目标

世界环境与发展委员会的工作促使联合国环境规划署（环境署）理事会在其第十五届会议上决定建议联合国大会召集一个联合国环境与发展会议（联合国大会，1989年）。1992年6月举行了该会议，即俗称的里约地球首脑会议。上文提到的《关于环境与发展的里约宣言》宣布了发展权等其他权利（原则3），并且，鉴于对全球环境恶化所起的作用不同，各国负有共同但有区别的责任（原则7）。《21世纪议程》向国际社会提出了二十一世纪将要实现的一系列非常广泛的目标。想方设法地迫使就《21世纪议程》中包含的承诺采取行动需要会员国就实现发展合作的具体步骤，或者至少就具体指标达成一致意见。2000年千年发展目标的提出可以被看作是向着在实现社会发展目标的具体指标上达成一致意见迈出了一步。¹⁰

想方设法地迫使就《21世纪议程》中做出的承诺采取行动需要会员国在要采取的具体步骤上达成一致

于是，在二十一世纪伊始，国际社会既拥有包含经济发展、社会发展和环境保护的广泛的可持续发展议程，又拥有实现具体的社会发展目标的一系列指标，在实现这些目标的激励下已经出现了值得注意的行动和政策倡议。

⁷ 例如，在一些人看来，可持续发展的概念意味着当代人必须给下一代留下与其从上一代那里继承来的同样多的“自然资本”。换言之，保护自然资本的存量是可持续发展的一个条件。关于可持续发展的各种定义的汇编和讨论，见Pearce、Markandya和Barbier（1989年）。

⁸ 这里对“经济发展”和“社会发展”的区分遵循的是主流文献中的共同惯例，根据这一惯例，减少贫困和不平等，增加穷人和弱势群体机会和权力等目标被认为是社会（而非经济）目标。相反，其他理论方面的观点把减贫、减少收入及资产方面的不平等以及改善对生产资源的获取看作是是提高经济效益和促进增长同样重要的经济目标和条件。

⁹ 见1987年8月4日A/42/427号文件，附件，概览，第27段。

¹⁰ 同上，第1章，第43段。

“绿色经济”的概念

绿色经济的概念是对环境危机进一步加剧的回应

尽管“绿色经济”是一个旧的术语，¹¹其在目前的应用有时与2008年危机和为克服危机而做出的努力中所考虑的经济刺激方案的环境可持续性背景有关。部分是由于受到2009年12月7日至19日在哥本哈根举行的联合国气候变化框架公约缔约方会议第十五届会议前夕举行的与气候变化有关的谈判的影响，¹²许多人赞成把这些经济刺激方案变成“绿色的”。一些国家确实有意识地做出了努力，在其经济刺激方案中包含旨在保护环境和减缓气候变化的项目。随着时间的推移，除了绿色经济外，其他一些表达方式，如绿色增长、绿色刺激方案、绿色技术、绿色部门、绿色企业和绿色工作，也变得十分常见。

然而，尽管绿色经济的概念用得越来越多，但并没有一个明确的定义。由于注意到使用该概念的多种方式，秘书长在提交大会的一份报告中得出结论，“‘绿色经济’是一个总括术语”（联合国大会，2010年a，第57段），因此要求“在绿色经济与可持续发展的关系方面进一步澄清概念”（出处同上，第57(a)段）。

由于各种原因，坚持绿色经济的概念可能是一种冒险

一般说来，使用绿色经济的概念是为了在努力实现可持续发展的同时强调环境可持续性和环境保护。可能是因为缺乏明确的定义，目前对绿化经济的兴趣使人回想起在布伦特兰委员会努力在可持续发展概念上达成一致的那个时期人们的关切和辩论。在当前的辩论中，许多发展中国家的代表表达的观点是，由于各种原因，坚持绿色经济的概念可能是一种冒险（Khor，2011年a）。他们担心：(a) 这可能导致只关注环境，从而导致社会发展目标的边缘化，如果在全球一级获得通过，聚焦于绿色经济可能削弱发展中国家发展权的重要性和紧迫性；(b) 这样一个焦点可能导致使用相同的标准来评判发达国家和发展中国家的“一刀切”方式，从而损害上文提到的在地球首脑会议上通过的“共同但有区别的责任”原则；(c) 绿化世界经济的努力可能诱使发达国家将新的贸易限制强加于发展中国家；以及(d) 绿色经济框架可能导致对提供给发展中国家的国际发展援助和贷款附加新的政策条件。

与绿色经济有关的努力应符合可持续发展框架

通过确保绿色经济的概念不损害可持续发展的均衡方式，可消除此种担忧。促进经济增长、社会进步和环境管理可被看作是互补的战略目标。正如上文所指出的，由于人类活动水平的指数级增长，地球作为源和汇的能力正在或者已经达到极限。强调绿色经济的必要性有助于将注意力集中在这些局限和限制上。在这个意义上，绿色经济的概念强调的是在经济和社会发展方面代际平等的重要性，也就是说，确保满足现代人的需要不损害后代满足他们自己的需要的能力；此外，该概念所依据的假设是投资于环境可持续性的收益大于不这样做的成本，因

¹¹ 如，见Pearce、Markandya和Barbier（1989年）。

¹² 联合国，《条约汇编》，第1771卷，第30822号。

为不得不保护生态系统避免与“非绿色”（褐色）经济有关的损害的成本大于投资于可持续性的预计成本。

技术和结构发生根本转化的必要性

为了确保不超越极限，打破地球生态系统的平衡，需要对生产和消费过程进行彻底的技术改造和结构转化，以实现绿色经济，这就必须实现至少下述五项目标：

- (a) 在绝对值方面，以及，相对的，就每单位产出而言，减少整体上对资源的需求，尤其是对能源的需求；
- (b) 在资源使用总量一定的情况下，用可再生能源替代不可再生能源；
- (c) 在产出或废弃物给定水平上，用可生物降解的替代不可生物降解的；
- (d) 在给定的资源使用水平上，减少废弃物（包括污染物）；
- (e) 保护生物多样性和生态系统。

这些绿色经济目标相互关联。例如，用可再生资源取代不可再生资源有助于突破资源限制（第一项目标）和减少废弃物（第四项目标）。同样，减少资源开采和废弃物生成是保护生物多样性和生态系统的最有效手段（第五项目标）。要确定实现这些目标需要些什么，就必须进行详细研究。

减少对资源的需求

在绝对值和单位产出两方面减少对资源的需求应当是绿化经济的一个关键目标。许多观察家指出，在大幅降低生产和消费过程中的资源密集程度方面存在很大余地；并且有提高资源效率的大量证据，反映出使资源消耗量增长与产出增长“脱钩”的趋势。例如，1975–2000年期间，经济合作与发展组织（经合组织）成员国中，单位产出的物质资源使用量减少了大约一半（图一.10）。此外，自1970年代以来，产出的能源密集程度大幅降低，现在全球的能源密集程度比1970年低大约30%。在美利坚合众国和大不列颠及北爱尔兰联合王国，现在的能源密集程度比1980年大约低40%（Jackson, 2009a, 第48页）。¹³

然而，尽管在降低产出的密集程度方面取得了这样的进展，但在世界范围内，生产中使用的物质和能源的绝对值以及产生的废弃物的数量仍在继续增加，

保持在地球能力的必要限度内……

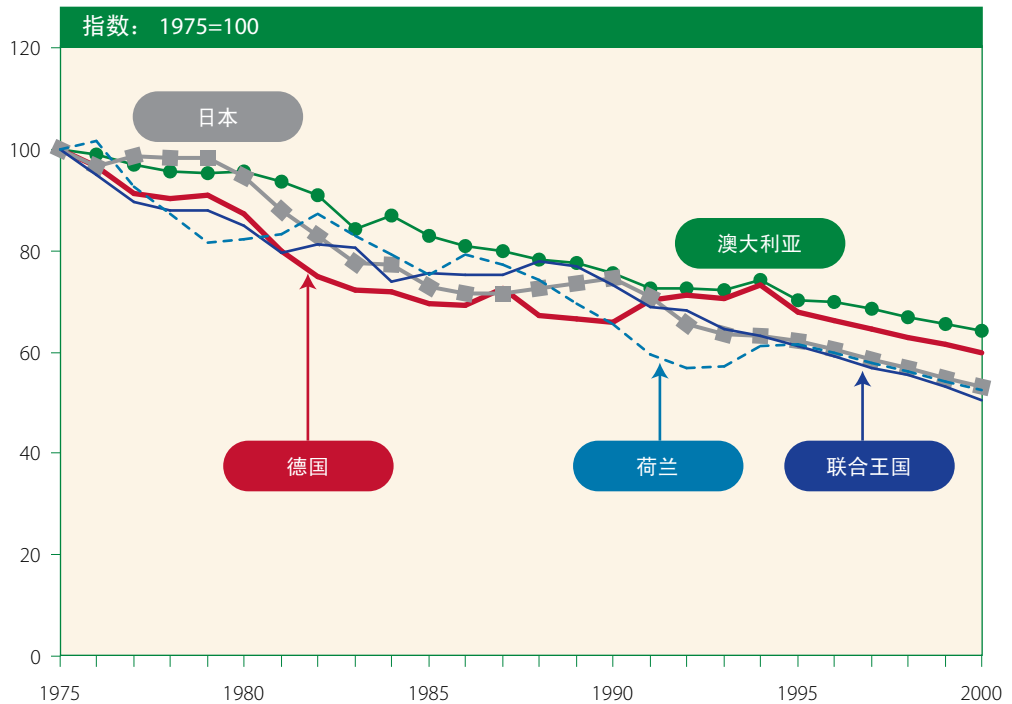
用可再生资源替代不可再生资源

在资源使用效率方面有所提高……

但总的资源需求并没有减少

¹³ 不过，应注意的是，在发达国家，产出的物质和能源密集程度的降低在很大程度上是通过将物质和能源密集型制造业务转移到发展中国家实现的。

图一.10
经合组织国家中产出的物质密集程度，1975-2000年



资料来源：Jackson
(2009年b)，第70页。

诸如铁、镍、矾土、铜和锌之类的金属的世界消费量继续呈上升趋势就是证明（图一.11）。虽然一些主要的发展中国家的快速增长是造成这一持续趋势的原因之一，但在发达国家，尽管人口增长率低，在生产中资源效率得到了提高，但资源的消耗量也在继续增加（图一.12）。因此，证据表明，尽管在相对脱钩方面取得了一些进展，但实现绝对脱钩的目标仍然渺茫。

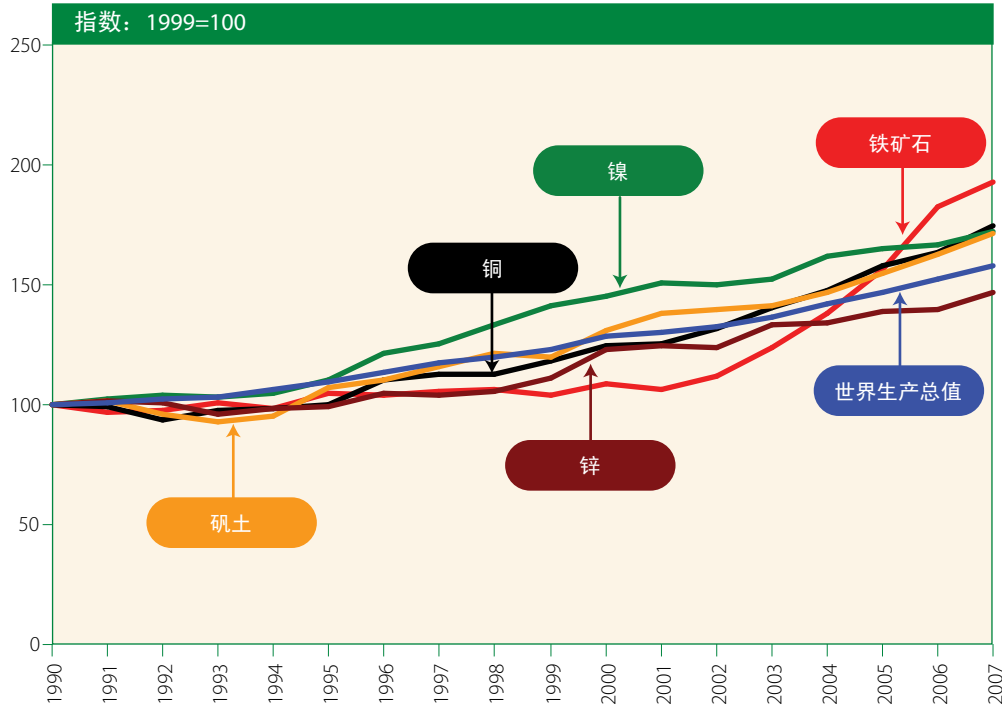
用可再生资源取代不可再生资源

用可再生资源取代不可再生资源常常能产生双赢的解决办法

应通过用可再生资源取代不可再生资源，进一步克服地球作为自然资源的来源的局限性。由于许多可再生资源（如太阳能和风力）也是产生废弃物较少的资源，用这些资源来取代不可再生资源将产生双赢的解决办法，因为这样可以克服地球作为源和汇的功能的局限性。

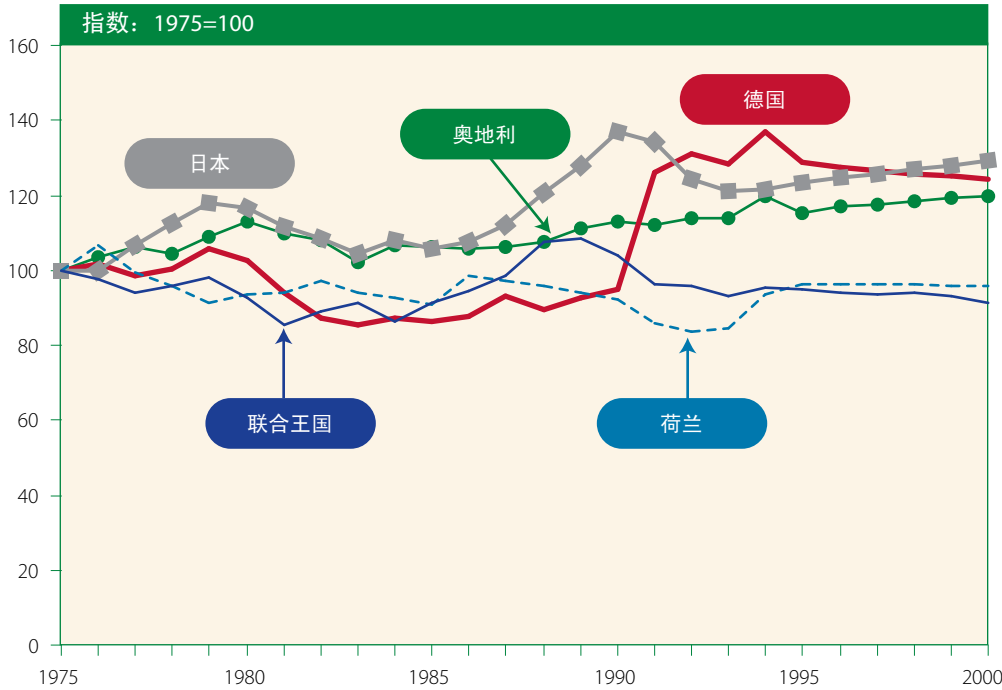
迄今为止，在用可再生资源取代不可再生资源方面取得的进展太慢，不足以逆转当前的趋势。自第一次工业革命以来，不可再生能源的使用总量不断上升，尤其是煤、天然气和石油之类的矿物燃料；其使用量的上升速度自1950年以来有所加快。因此，不可再生的高碳能源占2000年能源使用总量的约85%（图一.13）。因此，当务之急是使人类社会放弃不可再生资源，转而使用可再生资源。

图一.11
原生金属采掘方面的全球趋势，1990-2007年



资料来源：Jackson (2009年b)，第74页。

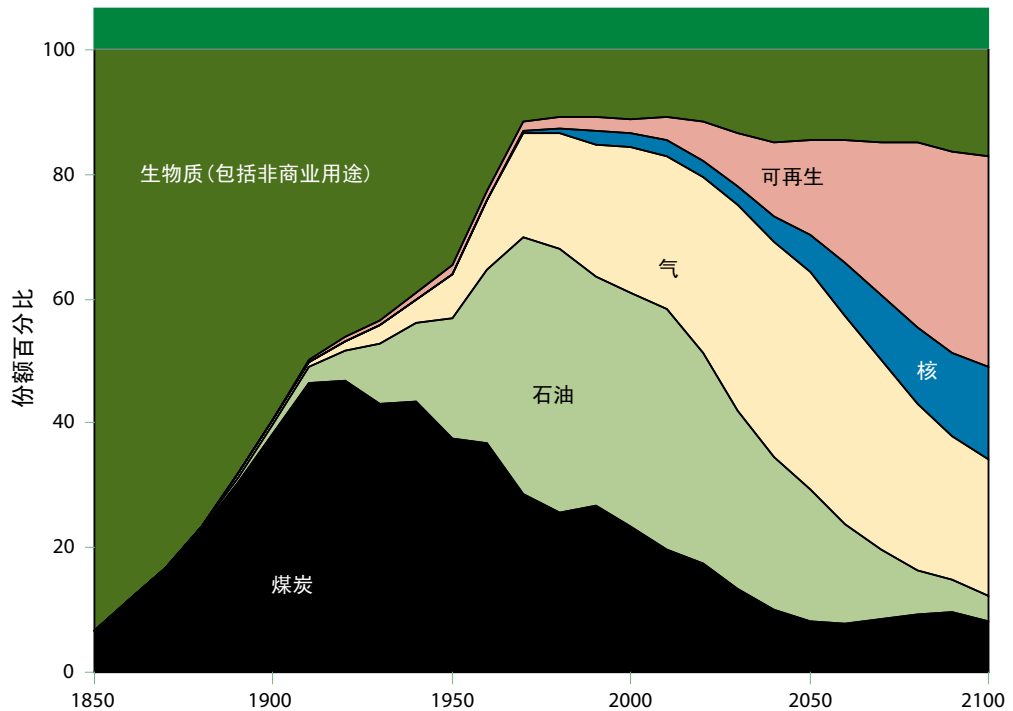
图一.12
经合组织国家中的直接物质消费，1975-2000年



资料来源：Jackson (2009年b)，第72页。

图一.13

根据关于最重要能源的相对份额的B1稳定化方案，全球能源系统的历史和可能的未来



资料来源：联合国（2009年），图II.6。

注：B1是政府间气候变化专门委员会（气候专委会）考虑的稳定化方案之一。在可能的方案中这是理想的方案之一，规定了快速经济增长，向着服务和信息经济快速转化，到2050年人口增至90亿，随后下降，物质的密集程度降低和引入清洁的和节省资源的技术，以及一个更加一体化的世界。关于B1及其他方案的更多详情由气候专委会提供（2007年a，第44页）。

在某些情况下，生产可再生能源可能会消耗更多资源

然而，在某些情况下，生产可再生能源（如某些生物燃料）可能会消耗更多资源，因此用可再生资源取代不可再生资源不一定能减少资源需求总量。尽管如此，在用可再生资源取代不可再生资源没有增加并且事实上有所减少所用的资源和产生的废弃物的总量时，这样的取代总是可取的。

用可生物降解的取代不可生物降解的

当务之急是用可生物降解的取代不可生物降解的

产出和废弃物中大多数不可生物降解，这成为对地球环境的严重威胁。正如图一.9中所示，国内生产总值（GDP）中塑料的比重随着时间的推移而稳步上升，如今大大超过了木材、纸张和金属类的自然产出之比重。不幸的是，目前使用的塑料大多不可生物降解。尽管一些支持塑料的人认为广泛使用的塑料袋将在500年后分解，但事实上，这种说法并无可靠依据（Lapidos，2007年）。

所幸的是，如今对塑料的有害影响的认识在提高；因此，许多社区、城市和国家正在采取措施限制对塑料的使用。例如，在美国，加利福尼亚州在2007年规定限制使用塑料袋。欧洲的一些城市采取了类似措施。在发展中国家，孟加拉国在2002年再次对塑料袋的使用发出了禁令。

已经有了用于生产可生物降解的塑料的技术

用于生产可生物降解的塑料的技术已经有了。现有可生物降解的塑性材料有两大类：“聚酯聚合物（可生物降解）和增效和混合聚合物（生物基）（Alire，2011年；Kaeb，2011年）。

然而，用可生物降解塑料取代不可生物降解塑料的努力面临许多障碍，包括难以找到目前有一系列用途的某些类别的不可生物降解材料的适当替代物；尽管生产可生物降解的生物基替代物在技术上是可行的，但生产成本一般较高。

减少废弃物

尽管地球作为资源来源这一能力的极限在历史上受到较多关注，但事实证明，其作为废弃物的汇的能力的极限如今更是经常受到关注。地球作为汇的能力的极限值是固定的，这在全球变暖威胁的背景下更为明显，全球变暖是向大气中过度排放温室气体特别是二氧化碳的直接结果。甚至在更早的时候，过度排放含氯氟烃导致的臭氧空洞让我们看到了超越地球作为一个汇的极限所带来的威胁。因此，减少废弃物（尤其是污染物）应该是绿色经济最重要的一个目标。

减少二氧化碳排放的任务尤为艰巨。为了将地球温度的进一步上升限制在高于工业化前平均水平 2°C 以下，正如国际上所商定的，大气中的二氧化碳浓度不应超过450 ppm。由于到2050年世界人口预计将达到90亿，假定2007到2050年之间年均收入增长为2%，那么单位产出的二氧化碳排放强度的平均值必须从2007年的768克减少到2050年的6克，这样才能避免气候的不稳定（图一.14）。

产出的物质和能源密集程度下降多少在一定程度上促进了世界范围内国内生产总值的二氧化碳强度平均值的降低（图一.15）。¹⁴然而，正如资源利用方面的情况一样，国内生产总值的碳强度的下降并未导致二氧化碳排放总量的减少（图一.16）。事实上，尽管做出了与气候变化有关的努力，但是2001年以来二氧化碳排放量的增速似乎加快了。具有讽刺意味的是，增长的主要原因是附件1国家的排放量上升，根据《联合国气候变化框架公约京都议定书》，¹⁵这些国家有义务减少其排放量。

此外，废弃物的构成情况进一步恶化，可以看到不可生物降解物的比例上升。通常含有放射性成分的电子废弃物的比例上升是另一个越来越令人担忧的问题。总的说来，废弃物正变得更加有害、毒性和辐射更强（Baker等人，2004年）。

保护生物多样性和生态系统

由于其自身的性质，农业生产严重依赖于环境的质量。不幸的是，如第三章中所论述的，促进粮食生产力大幅提高的农业现代化并未促进对自然资本的保护。在

地球作为废弃物和污染物的汇的能力极限值是固定的

降低产出的物质和能源密集程度促进了国内生产总值的碳强度平均值的下降

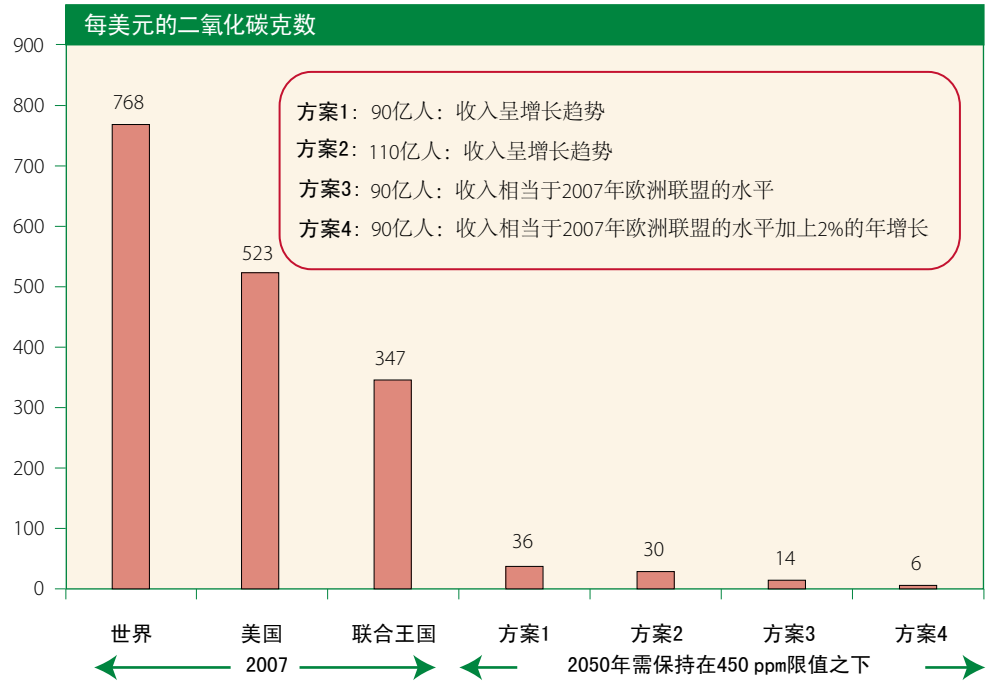
不幸的是，农业现代化并未促进对自然资本的保护

¹⁴ 全球碳强度下降了大约四分之一，从1980年的略高于每美元1公斤二氧化碳降为2006年的770克。然而，这一下降似乎主要是2000年以前中国国内生产总值的二氧化碳强度锐减的结果，在那以后该国的下降趋势有一些逆转。

¹⁵ 联合国，《条约汇编》，第2303卷，第30822号。

图一.14

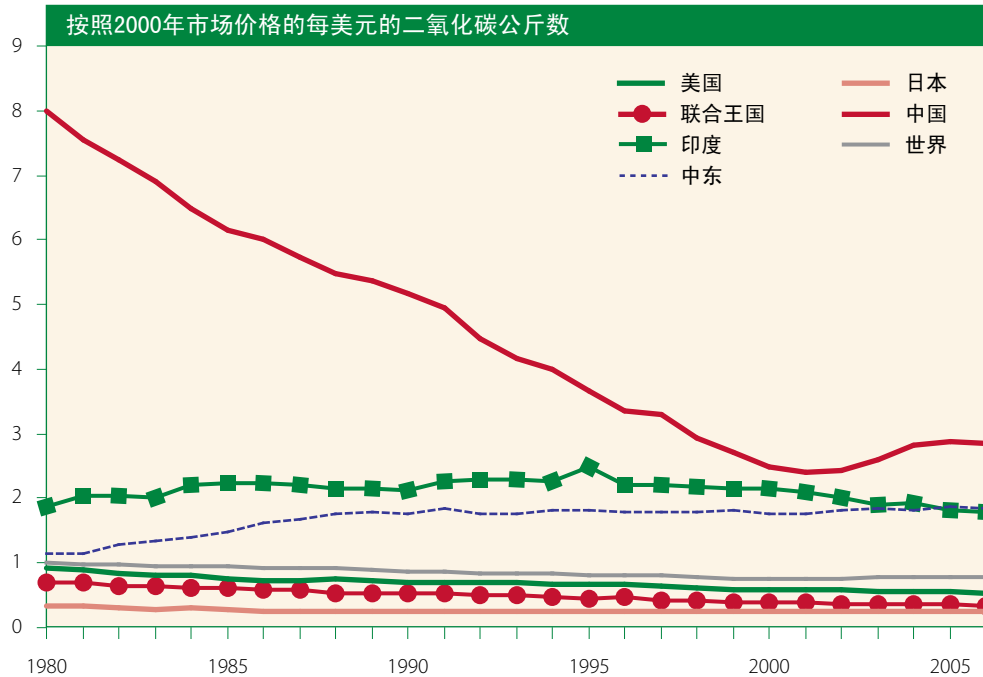
目前的碳强度，以及根据备选方案保持在450 ppm的二氧化碳限值之下所需的强度



资料来源: Jackson (2009年b), 第81页。

图一.15

世界和某些国家及区域的每单位产出的二氧化碳排放强度，1980-2006年



资料来源: Jackson (2009年b), 第70页。

许多地区，现代技术和生产系统加速了土地的退化、森林的砍伐和退化、地下水资源的消耗和包括河流在内的地表水体的退化。全世界的农业部门目前占温室气体排放量的约14%，在世界许多地区，相关的土地利用和水资源管理是不可持续的。森林砍伐和退化估计占全球排放量的17%，并且通常导致生境、物种和生物多样性的丧失。与此同时，近10亿人营养不良，面临严重的粮食不安全。为了养活不断增长的人口，到2050年全球粮食产量必须比现在的水平提高70%到100%。因此，迫切需要使农业生产变得在环境上具有可持续性，同时大幅提高生产力。很难想象若不彻底改造现有生产系统、技术和支持性的基础设施，如何实现这一目标。

正如本《概览》第四章中所分析的，自然灾害的发生自1970年代以来增加了5倍。可以相当肯定地说，自然灾害增加的部分原因是人类活动导致的气候变化。砍伐森林、对天然海岸的保护减弱以及糟糕的基础设施，这些都加大了天灾转为人祸的可能性，尤其是在最不发达国家。

此外，在任何社会，自然资本丧失对穷人和弱者的影响大于对富人的影响。由于更加依赖小农农业、野外捕鱼、采摘林产品等，穷人更加依赖与自然资本有关的服务。

在环境限制内平等增长

关于发展权的《关于环境与发展的里约宣言》原则7经常被解释为经济“趋同”，借以帮助发展中国家在收入水平和生活水平方面赶上发达国家。“向上趋同”需要发展中国家的收入水平和生活水平更快增长，以消除与发达国家之间的差距。按照“向下趋同”的平行概念，发达国家的人均生态足迹应减少，以便与目前在发展中国家看到的低水平相接近。

世界既需要“向上趋同”，也需要“向下趋同”

尽管做出了长达半个多世纪的发展努力，但在发展和减贫方面取得的进展仍然不均衡。按照世界银行界定的每人每天1.25美元的国际贫困线（以2005年的购买力平价值）标准，2005年有14亿人生活在贫困中，占发展中世界人口的26%。在撒哈拉以南非洲地区和南亚，贫困比率分别为50.4%和40.3%。

经济增长是减贫的一个先决条件

经济增长是减贫和改善其他经济和社会指标的一个先决条件。最近一段时期，东亚，特别是中国的经验证明了这一点。由于30多年的高速增长，中国成功地使6亿人摆脱了贫困。按照1.25美元这个界限的定义，中国的穷人数量从1981年的8.351亿减少到了2005年的2.077亿，这意味着贫困率从84.0%下降到了15.9%。同样，在越南，贫困率从1981年的90.4%下降到2005年的17.1%。相反，撒哈拉以

共同增长对减贫来说是必要的

南非洲地区未能实现快速经济增长，也未能实现减贫。因此，该地区的穷人数量在1981-2005年期间从2.12亿增加到了3.88亿。

过去数十年里，几乎没有任何证据表明能够在没有快速经济增长的情况下实现持续减贫。经济增长对减贫的影响在很大程度上取决于如何分享经济增长。正如主编Besley和Cord（2007年，第1页）所指出的：“在最初极度不平等的国家或增长的分配模式对穷人不利的国家，增长在降低贫困程度方面效果不大。”

增长需要结构转变和部门特殊政策

一个经济体有能力产生新的充满活力的活动对于其维持经济增长至关重要（Ocampo，2011年a）。新的充满活力的活动的出现涉及劳动者和资源从低生产率部门向高生产率部门流动，使经济产出增加，收入增多。在一个全球化的经济体，这一过程还需要查明一个国家在哪些部门拥有比较优势或者能够在今后加强其比较优势。因此，成功的发展和转型需要采取产业（或生产部门）政策，需要实施此种政策的必要空间。

增长与环境保护

在实现增长的同时必须顾及地球能力的限制

在现有技术的基础上实现快速经济增长一般需要更多的投入，同时也会产生更多的废弃物。由于这个原因，常常建议权衡经济增长与环境保护。然而，无需做这样的权衡。在提高资源效率和实现可持续发展方面进行投资，这一具体目标就是无需做这样的权衡的原因。此外，由于这样的投资将产生新的经济活动，在不超越环境可持续性极限的情况下，持续的经济增长（尤其是对发展中国家来说）是有可能的。

联合国环境规划署最近的一份报告（2011年）估计，从现在起到2050年，每年需要投资目前世界生产总值的2%，才能使发展转向绿色增长的道路，从而消除目前对环境的各种担忧。利用基于模型的预测，该报告确定，与一切照旧方案相比，绿色经济方案可以维持较高（而不是较低）的国内生产总值增长率。不过，这些投资需求的估计数可能较低。《2009年世界经济和社会概览》（联合国，2009年）以及本《概览》第二章报告指出，为了实现满足减缓气候变化这一个目标所需的能源转化，每年需要投资世界生产总值的大约2.5%（约1.6万亿美元）。该分析还建议，需要率先进行公共投资，以激励私营部门提供资金。此外，利用联合国全球政策模型进行的模拟表明，这样一种绿色投资方案将加快发展中国家的经济增长（同上）。

尽管此种方案分析的结果依赖于模型化框架所含的假设，但结果的确表明，在发展中国家兼顾快速增长与环境保护是可行的。

发达国家的增长限制？

上述全球可持续增长方案所依据的假设包括假定绿色技术实际上可以快速推广，其成本不会过高。然而，正如第二章中所论述的，某些原因让此种与技术有关的乐观主义打了折扣，因为要加快创新，确保节约资源和减少废弃物的技术，尤其是与能源有关的技术得到广泛应用，就必须克服巨大的技术障碍。因此，举例来说，如果无法通过在能源效率和产生可再生能源方面加快技术进步来实现减排目标，可能就必须在能源消费本身，以便及时实现减缓气候变化的目标。

在这种情况下可考虑限制经济增长的提议。这样一种方式的支持者特别强调发达国家自愿接受对产出和消费增长的某些限制，以限制废弃物的产生和不可再生资源的使用。他们的提议以若干论据为基础：首先，发达国家接受限制将使整个世界更容易保持在地球承载力范围之内；其次，发达国家接受此种限制将给发展中国家的增长腾出更多空间，从而促进向上趋同；第三，发达国家接受限制还将通过更快速地减少发达国家中的生态足迹，促进向下趋同；第四，自愿限制增长将使发达国家自身获益，因为现有消费模式的进一步扩张将损害而不是提高生活质量。基于此，在发达国家自愿限制增长对发达国家和发展中国家可能都有益。

增长有极限的论据并不新鲜。1970年代，罗马俱乐部委托进行的研究就提醒人们注意资源可利用性方面的限制。后续研究重申有必要接受对增长的限制，同时更加重视地球作为汇的限制。布伦特兰委员会在其报告中也承认，有必要考虑对世界产出和消费总量设置某些限制，委员会指出，可持续发展的概念的确意味着限制，尽管可能需要逐步施加限制。该报告建议“较富裕者采取符合地球生态手段的生活方式”¹⁶并且，在那些感觉自己的国家达到“稳定水平”的政治领袖的责任方面，注意到这样一个事实：“许多工业化国家的发展道路显然是不可持续的。”¹⁷

最近，一些研究越来越强调上述关于在发达国家限制增长的第四个论据。为了证明自己，其中许多人列举了来自多国数据的证据，证据表明，超出一定水平的人均收入后，生活质量并没有多大改善。例如，以预期寿命为生活质量的一个客观衡量标准，可以看到，超出约10 000美元的人均收入水平后，预期寿命没有多大提高。同样，正如本《概览》第三章所指出的，多国证据表明超出大约110吉兆（GJ）（即人均2吨石油当量（toe））的能源使用水平后，在人类发展（用人类发展指数衡量）方面没有显著的额外增益。

超过物质消费的一定水平，生活质量不一定会改善……

……这表明发达国家可关注生活质量问题而不是物质增长

超出一定水平的人均收入后生活质量会停止改善吗？

¹⁶ 见A/42/427，附件，第1章，第29段。

¹⁷ 同上，主席的前言。

尽管通过在发达国家设置增长极限来限制对能源和其他资源的使用可能使全世界获益，但对许多国家来说，“没有增长的繁荣”前景可能不太有吸引力。造成相关困难的原因在于Jackson（2010年）所说的“增长困境”。事实上，尽管目前的增长模式是不可持续的，但在目前的经济结构和社会结构下，一个没有增长的经济体是不稳定的。因此，接受和实现没有增长的繁荣需要对经济体和社会进行重大的结构转化。

绿色技术大变革

不管是不是接受在发达国家限制增长，让全球发展步入可持续的轨道需要绿化经济增长。实现技术进步至关重要，并且在许多方面将导致现有生产方式和消费习惯发生重大改变。

何种技术革命？

正如上文所阐释的，需要进行技术改造，以消除过去的技术革命所造成的不利影响，同时保留其积极成就，使人类与自然的关系进入一个新阶段。在第一次工业革命之前，人类通常都受自然的支配。主要能量来源是动物和人本身的肌肉力量。对肌肉力量的依赖限制了人类开采自然资源并把自然资源转化为消费品的程度。因此，在数千年里，生活的物质水平一直很低。在前工业化时代，增长通常是水平的，包括向新的领地扩张以及人口密度增加，然而这一事实并不意味着在这一时期没有取得令人印象深刻的技术成就。¹⁸

作为第一次工业革命的核心，技术革命可以说成功地推翻了自然的统治权，确立了人对自然的霸权。许多人把这一革命看作是浮士德式的交易，通过这一交易人类选择了以自然为代价不断地增加物质消费。后来的技术革命只是增强了人类将自己的意愿强加于自然的能力——人口激增和收入和消费水平上升证明了这样的胜利。然而，如今到了人类需要恢复自然的统治权的关键时刻，不是因为他们没有能力继续征服自然，而是因为过度利用自然的能力对人类自身不利。

这一新技术革命有哪些具体方面？了解过去技术革命的特征可有助于回答这个问题。在第一次工业革命之前、期间及之后，发生了许多变化，包括社会组织 and 意识形态的彻底转变，正如19世纪的古典经济学家们以及后来的Karl Polyani（1944年）恰当描述的。不过，从技术角度看，主要变化在于用蒸汽机取代肌肉力量来作为主要动力。然而，这是有代价的，因为蒸汽机需要煤，人类

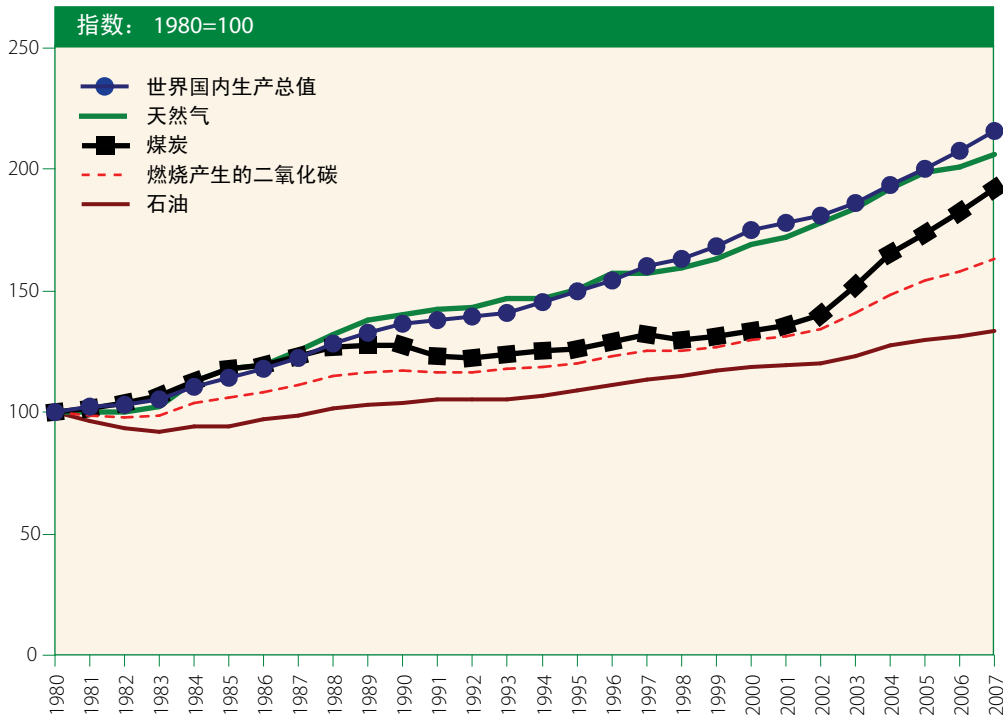
迄今为止工业发展意味着以环境保护为代价实现物质增长

第一次工业革命开启了一个依赖于矿物燃料的时代

¹⁸ 根据工业化前的经验，大多数古典经济学家的著作都是在“静止状态”而不是持续增长方面形成的概念。

越来越依赖矿物燃料的时代就此到来。后来电的发明使人们得以将能源应用于各种机器，规模和应用范围都很大；不过，由于发电主要还是依赖矿物燃料，矿物燃料的使用呈指数式增长（图一.16）。

图一.16
矿物燃料消费和二氧化碳产生趋势，1980-2007年



资料来源：Jackson
(2009年a)，第50页。

第一次工业革命改变了能源的性质，使得利用机器（而不是肌肉）进行生产成为可能，并且提高了金属的重要性（生产那些机器必须使用金属），而第二次工业革命的重大成就是化学工业的发展，这不仅导致对自然界中已有的物质进行加工和提炼，还导致对新的物质进行制造。不幸的是，这些新产品中有许多被证明是不可生物降解的，例如塑料。

在引入新能源和新材料的同时，越来越多的产品被开发出来，至少在发达国家是如此。与此同时，进步也导致假冒伪劣消费的生产和产品寿命的缩短，从而浪费了人力和物力。

新技术革命必须消除过去技术革命的不利影响，同时保持和强化其积极成就，这意味着：消除对矿物燃料的依赖；逆转越来越多地使用不可生物降解物的趋势；通过减少每单位产出对资源的需求以及奢侈消费品的生产以及通过提高产品的耐用年限来保护环境；通过转向可再生的投入物以及推广不可再生投入物的

第二次工业革命带来了有害的不可生物降解物

新技术革命必须克服对矿物燃料和不可生物降解物的依赖

重复使用和回收利用来减少废弃物；逆转土地退化进程，在不超越其能力的情况下使得土地可以养活2050年之前地球上将新增的30亿居民；使各个社会，尤其是在世界较脆弱的地区，更容易保护自己免遭正变得更加频繁的自然灾害的侵害。

要想成功实现上述目标，以绿色经济为目的的技术革命必须具备与以前技术革命截然不同的某些特征。

一场不同于其他的技术革命

一个压缩的时间框架

只剩下30或40年！

与以往的技术革命不同，一般说来，以往的技术革命是自然演变的过程，有充分的时间来实现其目标，而绿色技术革命则必须在一个大大压缩的时间框架里进行，因为环境危机十分严重。其严重性在气候变化威胁中体现得最为明显，正如已经指出的，气候变化的威胁要求在2050年以前大幅削减温室气体的排放量，以避免可能的灾难性影响。换言之，相关技术变革需要在未来40年内完成。环境危机的许多其他方面——例如物种丧失、土地退化和荒漠化、砍伐森林以及淡水和地下水资源的减少——同样要求在一个紧迫的、压缩的时间框架内完成技术变革。然而，在此种限制下实现必要的技术变革将是一个巨大挑战，因为，众所周知，技术扩散是一个缓慢的过程，以前的技术革命所花费的时间一般都长得多（约70年或更长的时间）（Wilson和Grübler，2010年；以及第二章）。

更强的社会引导和更大的政府作用

政府在过去的技术革命中发挥了重要作用……

与传统观点不同，政府在过去的技术革命中发挥了重要作用。例如，在英国第一次工业革命期间，如果没有英国政府的殖民政策和贸易政策的支持，以及确保殖民地作为原材料来源和垄断市场，以机器为基础的棉纺织品生产就不会兴旺发达。没有政府用蒸汽机装备所有皇家海军舰船的决定，蒸汽机不会有那样的发展。第二次工业革命中化工业的兴起在很大程度上得益于第二批工业化国家政府的保护政策。更近一些时候，核电厂的发展主要得益于与战争有关的对发展原子弹的重视。最后，互联网的发展主要归功于美国国防部与通信有关的项目。与此同时，大部分技术扩散取决于依赖于以市场为基础的过程。

……并且将在如今所需的技术革命中发挥重要作用

在引发出于若干原因实现绿色经济目标所需的技术变革中，政府必须发挥更大的核心作用。首先，前面说过需要加快步伐：单凭自发的市场力量，加快所需的技术创新和扩散是不可能实现的。还有一点很重要：自然环境是一种公益资源，因此，不由市场“定价”。尽管绿色技术有市场，但这些市场通过落实政府政策才刚刚发展起来。因此，政府将在促进绿色技术更为广泛的研究、开发和扩散方面发挥关键作用，因为这会让整个社会受益。此外，由于现有褐色技术已经深入整个经济系统，向绿色技术彻底转变意味着调整、改进或取代大量现有基础设施和其他投资。这样的转化花费巨大，并且需要大规模的长期资金投入，不可

能完全通过私人倡议来动员。因而需要政府的支持和激励措施。因此，不仅需要强有力的技术政策，而且这些政策必须与旨在实现基础设施和生产工艺方面的必要转变的积极的产业政策和教育政策相配套。

需要产业政策来积极促进减少资源需求、用可再生投入物来取代不可再生投入物和用可生物降解物来取代不可生物降解物的生产活动和工艺。这方面积极的政府干预至关重要，因为在自由市场中确定的价格并不是环境影响和长期资源限制的可靠指标，因此，无法引导有利于可持续生产的投资激励决定和资源分配决定。这一战略的核心应是一种强有力的技术政策，其重点在于适应和传播绿色技术以及将绿色经济活动看作需要适当支持（补贴（有时限更好），贷款，或许还包括一定程度的贸易保护）的“婴儿产业”。一项绿色产业政策将优先重视促进可持续发展、在产生经济中的反向和正向联系方面前景不错并且与更为广泛的发展优先事项相一致的新的公共和私人投资。这样的行动应得到用于发展必要的基础设施以及向穷人获得基本的能源和水以及卫生设备的公共部门投资的支持。另外还包括实施适当的监管、定价政策、税收和补贴，以限制污染物和排放量、限制过度开发自然资源，确保价格更好地反映环境的价值，以及将环境标准纳入政府采购政策。然而，无论如何都不应对穷人不利，尤其是在有关产品或服务是基本产品或服务时。因此，如果水的价格普遍过低，那么在重新估算水的价格时，应出台差异化定价制度，以确保穷人用得起水。

产业政策对于新技术革命来说是必要的

扩大国际合作

出于若干原因，绿色技术革命需要比以前的技术革命更大范围的国际合作。首先，许多绿色技术针对的是被视为公益的东西。仅通过个别国家的努力是不可能保护这些全球共有的东西，除其他外，包括大气、海洋、野生鱼类资源、生物多样性和生态系统。相反，为了开发和部署能够保护这些共有物的技术，所有国家必需进行合作。

新技术将涉及“公益”，并且常常是“全球公益”……

其次，通过国际贸易和投资，一个国家中的收入和消费与生产国留下的生态足迹有关。多边环境协定、贸易和投资规则、融资工具和知识产权制度都需要协调一致，以促进绿色技术变革。由于大多数，尽管不是全部，现有新技术都为发达国家所有，对发展中国家来说，鼓励绿色技术变革的成本相对于其收入而言过于高昂，在绿化全球经济方面必须考虑分配方面的重要问题，这也需要通过融资机制及其他新型国际合作机制来解决。

……因此技术革命需要全球合作

上文强调的有必要扩大国际合作必须包含扩大发达国家与发展中国家之间的合作。在以前始于第一次工业革命的技术革命期间，发展中国家的作用有限。它们基本上都沦为了供应物质资源和提供垄断市场的殖民地。在其历史作用的基础上，一般说来，这些国家基本上仍被看作是发达国家创造的技术的接受者。然而，以绿色经济为目的的技术革命要取得成功，发展中国家必须成为开发、使用以及广泛分享新技术的真正的合作伙伴。

发展中国家作为“合作伙伴”可在新技术革命中发挥重要作用

事实上，当今发展中国家本身是一个相当多样化的群体，技术能力差异很大。中国、印度和巴西等国已经在开发、制造、部署和出口（包括向发达国家）各种绿色技术（诸如太阳能电池板、风力发电机和生物燃料技术）方面发挥着领先作用。此外，贯穿发达国家和发展中国家的并且代表新的全球分工的全球价值链不能被归入基于“提供者-接受者”关系的传统技术转让范例。事实上，许多发展中国家已经成为绿色技术创新、生产和部署的合作伙伴。这一作用有可能变得越来越重要，未来其影响会更加广泛。此外，即使是那些不参与目前与绿色技术的开发和生产有关的全球分工的发展中国家，也能够作为这些更加绿色的技术的潜在市场发挥重要作用。规模扩大是降低目前许多绿色技术的高成本的最重要的手段。发展中国家人口众多，如果它们也开发并能够负担得起这些新技术和产品的，是能够实现这样的规模的。因此，发展中经济体适应绿色技术对于加快旨在使绿色技术在商业上变得可行的进程至关重要。

在绿色技术变革的背景下，发展中国家的发展抱负既是一个挑战也是一个机遇

因此，发展中国家的发展抱负对绿色技术变革来说既是一个挑战也是一个机遇。与绿色经济有关的目标必须适应发展中国家实现更高水平的物质财富的迫切需要，从这个意义上说，这样的抱负是一个挑战。与此同时，这样的抱负又是一个机遇，因为许多发展中国家仍处在城市化的初级阶段，需要从传统燃料转向现代燃料并克服其他障碍。因此，转向（或跃向）绿色技术在一些发展中国家可能证明比在发达国家更容易，发达国家面临着将已经成熟的褐色技术和基础设施转化为绿色技术和基础设施的任务。因此，发展中国家可以提供可能对发达国家有益的绿化经验。

社会转型

作为技术变革的前提和补充，社会变革是必要的

出于供求方面的原因，绿化经济需要重大的社会转型。在供应方面，没有社会转型，促进必要的技术变革所需的政策和制度可能无法实施。在需求方面，消费习惯和生活模式必须适应自然界、产品包装和现代便利条件的改变。此外，正如上文指出的，理想的技术变革可能并未以必要的速度和规模发展，因此供应方面的改变可能不够：那么就需要在需求方面做出改变，例如上文在“增长限制”下讨论的改变。然而，没有彻底的社会转型，就不能期望在这些需求方面发生改变。

转变居住、运输和消费模式

社会变革可促使在消费模式方面发生必要改变

一个社会的物质和能源消费大都取决于居住模式，正如日本的紧凑型城市化所证明的，这部分解释了为什么其经济的能源密集程度明显低于美国（Duro和Padilla, 2011年）。确实，日本的紧凑型城市化在很大程度上是由该国多山的地形决定的，在那里，所发现的用于居住和城市发展的有限空间都围绕着河口。

不过，日本的经验的确证明，选择紧凑型城市化是降低物质和能源需求的一种方式。

居住和运输模式也影响消费模式。在住房和家居用品和服务上的支出如今是个人消费的最主要部分。相反，在发达国家的总体消费中，食品所占的份额如今非常小。与此同时，住房和家居用品上的支出主要取决于房屋的大小，而房屋的大小又取决于居住模式。紧凑型城市化一般导致公寓生活，而城市无计划扩张则导致居住在大房子里，这需要更多的能源，更多的家具——事实上，几乎什么都要更多。

在不久的将来，世界将继续经历城市的进一步增长，尤其是在发展中国家。城市收入的增长将导致消费模式发生改变。高蛋白食物的消费量将上升，由于需要将土地用于饲养牲畜，土地所承受的压力将相应地加大。除食品外的消费需求预计也会上升，一同增加的还有资源的使用和废弃物的产生，条件是可技术来满足需求。这样的趋势将突出绿色技术变革的必要性，但也意味着旨在影响消费行为的政策在促进向可持续发展道路转变方面至关重要。

城市收入增长将使得消费模式发生改变

社会价值体系的改变

没有社会价值体系方面的改变，绿化经济以及确保可持续发展和减贫不超出地球能力极限所需的技术变革和社会转型是不可能的。各个社区必须开始更加重视构成后世代所有人共享的资源的地球自然环境。社会和政治演讲以及政府优先事项必须更多地反映价值观中的这一变化；社会必须确保其用于衡量社会和经济趋势的工具，例如经济产出的概念，¹⁹也反映这些价值标准，这样就能反馈在这些价值标准融入人们生活方面正在取得的进展。改变个人和社会的价值标准可能比转变技术、生产工艺和消费模式更具挑战性。

社会变革需要社会价值体系方面的改变

议 程

本章介绍的社会转型的各个方面超越了本《概览》的范围。不过，通过将这些问题先提出来，本《概览》更能侧重于一些关键领域中的技术变革挑战。第二章探讨了与能源部门有关的变革问题，在该部门中取得进展对于消除贫穷、减缓全球变暖和保护地球自然环境至关重要。第三章对真正的绿色农业革命发出了呼声，研究了保护生态系统和确保对土地和森林的可持续管理等挑战。第四章的重点是人类社会如何能够避免自然灾害的频率和强度上升，许多自然灾害是肆意开采资源和产生废弃物引起的。第五章详细研究了有利于必要的技术变革的国家制度安

¹⁹ 关于努力将环境方面纳入国民收入账户的例子，见联合国和联合国环境规划署（2000年）；以及2008年《国民账户体系》第29章（欧洲委员会、国际货币基金、经济合作与发展组织、联合国和世界银行，2009年）（<http://unstats.un.org/unsd/nationalaccount/docs/SNA2008.pdf>），其中环境核算的概念已经充分融入国民账户体系。

排。最后一章考虑了全球协调和机构建设的问题，这些对实现绿色技术变革至关重要。

第二章

清洁能源技术变革

概 要

- ◆ 需在四十年内实现全球可持续能源转化，速度远远超过以往。
- ◆ 全球可持续能源政策必须特别考虑希望用上电和获得现代能源服务的30亿穷人。
- ◆ 目前国家和全球政策和方案的范围并非“加起来就是”达到全球减排目标所需采取的行动范围。荒谬的是，这些政策和方案在预期成果方面还过于野心勃勃，无视在推广已有技术方面存在的某些生物物理、技术经济和社会政治限制。有必要实际核查当前计划，以便可以在较大范围内设计出务实的和有针对性的倡议。
- ◆ 需要采取全面的，战略性的和系统性的方式，强调绩效目标、利基市场和技术组合，尤其是与最终使用有关的。为了缓解技术创新要求的压力，在2050年之前，有必要考虑将一次能源使用限制在人均70焦耳（GJ），将二氧化碳排放量限制在人均3吨。对能源使用和排放量的此种限制不会影响发展中国家实现与发展有关的愿望。
- ◆ 可持续能源转化给发达的和新兴的市场经济体都提供了重要的经济机遇，但给较为贫穷和脆弱的国家增加了发展挑战，因此，它们需要得到国际社会的更大支持。

引 言

在过去两个世纪里，能源技术¹给社会和环境带来了很大影响。事实上，现代文明在很大程度上依赖于矿物燃料能源技术，这些技术使得高密度的城市定居点成为可能。虽然技术进步消除了许多问题，但也带来了新的并且常常出乎意料的问题（Grübler, 1998年；Diamond, 2005年）。燃烧矿物燃料所导致的温室气体排放是源于人类活动的全球变暖的主要原因。所有能源技术，无论是否以化石为基础，都会消费资源，占用土地并且污染空气、水和大气。对能源的使用已经达到了对一系列基本的地球系统进程而言超越地球极限的程度，包括在全球变暖和生物多样性丧失方面，这有可能导致灾难性的环境改变（Rockström等人，2009年）。

¹ 就本章而言，能源技术不仅包括物质投入和设备，还包括软件（即清楚明白或不言而喻的知识以及人的技能）和“软件”（即制度、条例和文化规范）（Dobrov, 1979年）。

已宣布的在全球范围内建立一个可再生低碳能源系统的目标依然模糊

尽管气候变化政策已有20年的历史；尽管有数以千计的方案、倡议、条例、以市场为基础的文书和国际协定；尽管提供了几千亿美元的补贴、资金，做出了研发努力，提供了发展援助，但是，已宣布的在全球范围内建立一个可再生低碳能源系统的目标依然模糊。2005年，矿物燃料占全球一次能源组合的85%，而低碳的核能占6%，水力发电占3%，生物质燃料占4%。现代可再生能源所占比例总计不到1%。

以矿物燃料为基础的新工厂还将运行数十年

全球二氧化碳排放量以每年超过3%的速度增长，大大超过之前的几十年（van Vuuren和Riahi，2008年）。过去10年是两个世纪中首个由“碳复苏”导致的二氧化碳排放强度增加的10年，与1990年代快速转向天然气的情况形成反差。2010年，全球碳份额估计达29%，在相对数方面高于1973年第一次石油危机时，在绝对数方面大约是那一时期的两倍。2000年代，仅中国每年新增的煤炭发电能力就超过大不列颠及北爱尔兰联合王国装机容量的总数（国际能源机构，2010年b，第202页）。这些与所宣布的减少温室气体的目标背道而驰的趋势绝非仅在新兴经济体存在。即使是在减少温室气体的政府目标最为宏大的德国，有10个煤炭发电厂正在建造中。还有12个煤炭发电厂在筹备中（Bundesnetzagentur，2009年）。这些以矿物燃料为基础的发电厂将运行数十年，使减少温室气体的努力更加困难。

与温室气体排放量目前一直快速增长的趋势相反，需要在2050年以前使全球排放量减少50%–80%，在本世纪下半叶呈现负增长，这样才能将二氧化碳浓度稳定在大约按体积计算百万分之450（ppmv），这是政府间气候变化专门委员会（气候专委会）建议的目标，也是2010年11月29日至12月10日在墨西哥坎昆举行的第十六届联合国气候变化框架公约缔约方会议²商定的目标。考虑到与取代基于矿物燃料的生产操作有关的限制，这基本上要求到本世纪中期使全世界的发电和运输部门变成不含碳的部门。今天仅二氧化碳装置和设施就会在2010至2060年累积大约496千兆吨的二氧化碳，导致大气浓度约为430 ppmv（Davis、Caldeira和Matthews，2010年）。换言之，即使全球立即停止建造新的燃烧矿物的发电厂，到本世纪中期也会接近450 ppmv的全球设想目标。考虑到长期资本存量和快速增加的能源需求，需要全面公正地审查这一全球目标是否宏大。

40%的人，即27亿人仍依赖于传统的生物质燃料，例如木材、大粪和木炭

与此同时，大约40%的人（即27亿人）仍依赖于传统的生物质燃料，例如木材、大粪和木炭。低效火炉产生的空气污染每年导致150万人早亡，超过疟疾、结核病或艾滋病毒的致死人数。大约五分之一的人（即14亿人）仍然生活在没有电的环境中，主要是在南亚和撒哈拉以南非洲地区（国际原子能机构、联合国开发计划署和联合国工业发展组织，2010年）。更多的人，尤其是在城市地区，都能用上电，但用不起。联合国秘书长能源和气候变化问题咨询小组提出了到2030年普遍获得现代能源服务的目标（联合国，2010年a）。必须指出的是，到

² 联合国，《条约汇编》，第1771卷，第30822号。

2030年使将近30亿人普遍获得现代能源服务只需增加3%的发电量，增加的石油需求不到1%，增加的二氧化碳排放量不到1%（国际原子能机构、联合国开发计划署和联合国工业发展组织，2010年）。因此，世界上穷人对发展的渴望与解决气候问题的努力并不冲突。仅占世界人口7%的5亿富人对全部温室气体排放量的一半负有责任。他们生活在世界各国，其收入超过了美利坚合众国的普通公民。相反，31亿穷人仅对全部温室气体排放量的5%-10%负有责任（Pacala，2007年；Chakravarty等人，2009年）。

全球能源挑战巨大，《全球能源评估》（Riahi等人，即将发表）探讨的多重全球性目标就是证明：（a）确保在2030年以前普遍获得电力和煮饭用的现代燃料；（b）在2030年以前将空气污染引起的早亡人数减少50%；（c）在2100年以前将全球平均气温变化限制在高于工业化前水平2°C（概率超过50%）；以及（d）在2050年以前实现能源安全，例如，限制能源贸易，增加能源供应的多样性和复原力。实现《全球能源评估》的目标需要在一代人的时间里全面转变全球能源技术系统，与历史上的数次能源转化的情况相比，这个期限要短很多。各国政府呼吁采取协调行动，以加快向更清洁的能源技术进行技术转变。许多技术乐观主义者相信加快这一步骤至关重要，并且在这方面创造了“能源技术创新需要”这个术语（Holdren，2006年）。这方面的创新包括从逐步改进到彻底突破和从技术及基础设施到社会制度和个人行为的一个完整系列（Wilson和Grübler，2010年）。

在目前关于如何满足能源技术创新需要的国内和全球辩论中充斥着过分简单化的解决方案。技术乐观主义者提议采取“大力推进”政策来推广可用技术。其他人则看重市场激励，希望通过“内在化环境外部效应”来“得到正确价格”，从而促成必要的技术变革。几个亚洲国家的政府正在奉行以能源技术为重点的产业政策，这些政策大多在发展方面有实际的好处。然而，证据表明，这些方式中没有哪种有可能在所需的全球规模上使能源技术变革的速度加快到足够的程度。事实上，最近几十年里，大多数政府的能源技术方案和私营部门的项目没有达到其宏伟目标。需要核实现状，以便政府能够在与挑战相当的范围内设计出更好的政策和方案。需要做出更有针对性和更大的努力，以转向更加清洁的可再生能源，以确保气候稳定化，同时使发展中国家能够满足其与发展愿望相关的对商业能源的不断增长的需求。历史上，如此巨大的挑战是逐一解决，而不是同时解决的。

几个亚洲国家的政府正在奉行以能源技术为重点的产业政策，这些政策大多能为发展带来有实际好处

全球能源技术变革

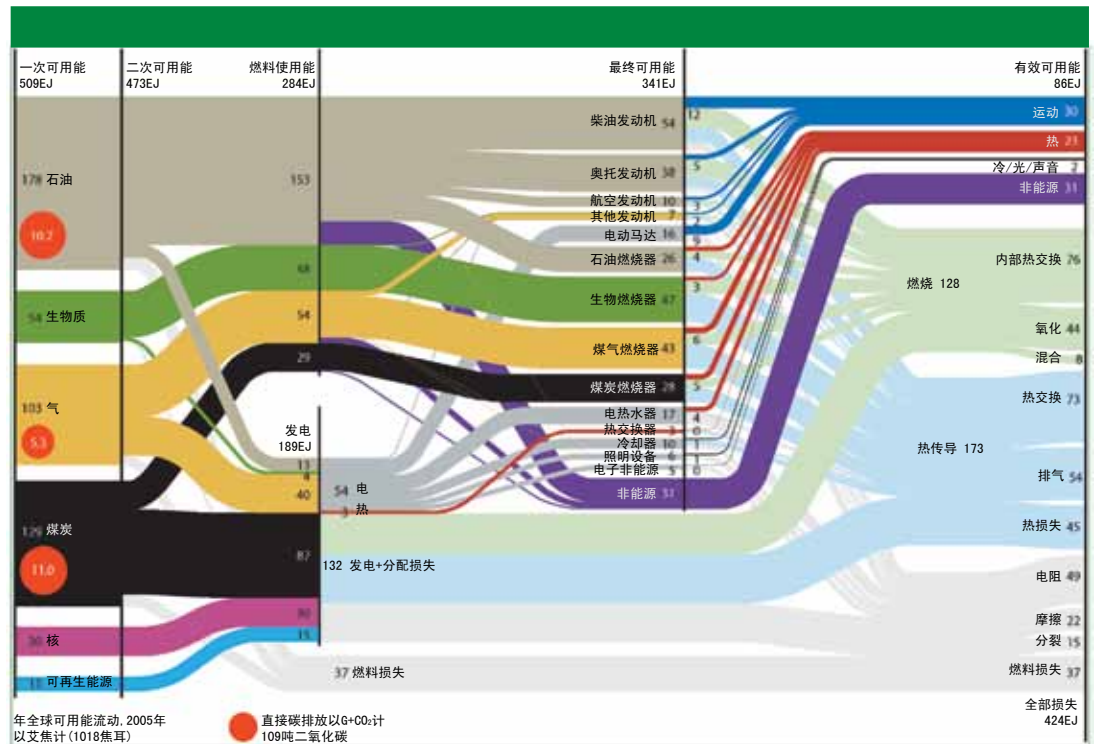
过去的能源技术变革为当前的努力提供了经验教训，可启迪未来21世纪的能源技术变革设想。³

全球能源系统

不应孤立地分析具体的能源技术

全球能源系统是一个全球范围内能源转换器和能源流的复杂网络。图二.1显示了相关的全球“可用能”流动，即从初级采掘一直到第二级、最后和有效能级别的可用能源的最大合计数。从图中可以看出，矿物能源占优势，全球系统的效率总体低下。还应注意的是，减少温室气体的努力大都集中于供电，尽管主要损失发生在从最后到可用级别。可用能源被分为运动（运输和机器）、热（主要是建筑物）和非能源（主要是6种物质）。作为相互关联的能源技术的基础的全球基准能源系统甚至更为复杂。由于整个系统不只是其各个组成部分之和，出于大多数目的，不应孤立地分析具体的能源技术（例如风力发电厂）或该系统的具体部分（例如可再生能源）。

图二.1
全球可用能系统的流动，2005年



资料来源: Cullen和 Allwood (2009年)。

³ 本小节借鉴了Wilson和Grübler (2010年) 以及Grübler等人的著作 (即将发表)。

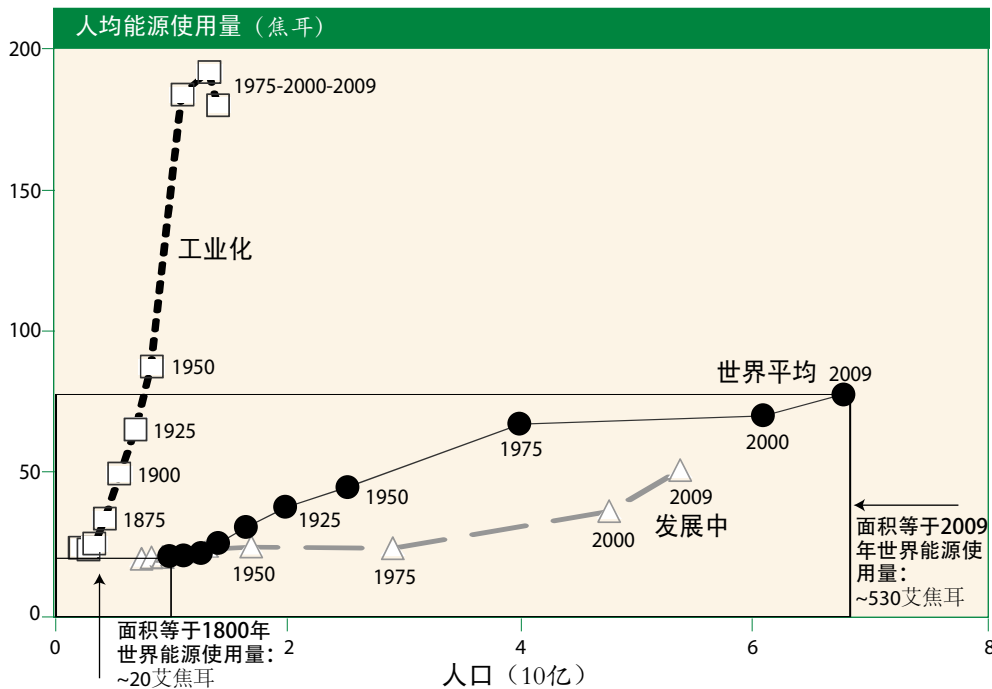
全球能源变革的历史

在过去的200年中，全球能源使用量增长了25倍——2009年为530艾焦耳（EJ），相比之下，人口则增长了7倍，其原因是基本的能源技术发生转变，使得对更加优质的能源服务的需求成为可能。在整个二十世纪，发达国家的能源消耗总量远远高于发展中国家。不过，最近几十年，中国、印度和其他新兴经济体中的能源需求增长迅速，截至2009年，发展中国家使用的一次性能源占一半以上。预计在未来的几十年里，该份额将会继续增长，至少达到三分之二。目前，有27亿人仍在依赖传统的非商业燃料，工业化前的社会中典型的燃料。他们使用的一次性能源仅为人均15至50 GJ，提供的有效能源服务约为人均2至5 GJ。自1975年以来，发展中国家的人均能源使用量加速增长，而发达国家的使用量保持稳定（图二.2）。

从极其耗能到极其节能，各国的发展轨迹仍然不同。资源禀赋或社会结构方面最初的差异可因经济活动、技术采用率、消费模式和基础设施方面的差异长期存在，影响着依赖路径的能源技术变革的方向（Wilson和Grübler，2010年）。在1990年的换能效率的水平上，人均40-50 GJ的一次能源这一最低水平就能保证像样的生活质量（Smil，2004年）。多国证据显示，一般说来，以一般的转换效率，超过人均110 GJ的一次能源使用量不会带来更多的人类发展收益。如果从总体上讲，全球换能效率从目前的11%提高到17%，就可以用人均70 GJ的一次能源提供相同水平的能源服务。

一般说来，一次性能源的使用超过人均110 GJ不会获得更多的人类发展收益

图二.2
发达国家和发展中国家的人均能源使用量和人口趋势，1800-2009年



资料来源：Wilson和Grübler（2010年）。
 注：包括非商业能源。利用《联合国气候变化框架公约》的附件一（工业化）和非附件一（发展中）国家类别对国家进行分类。利用英国石油公司（2010年）和国际能源机构（2010年a）的资料对Grübler（2008年）提供的数据进行了更新。1950年以前的数据是估计数。

全球能源技术变革的历史

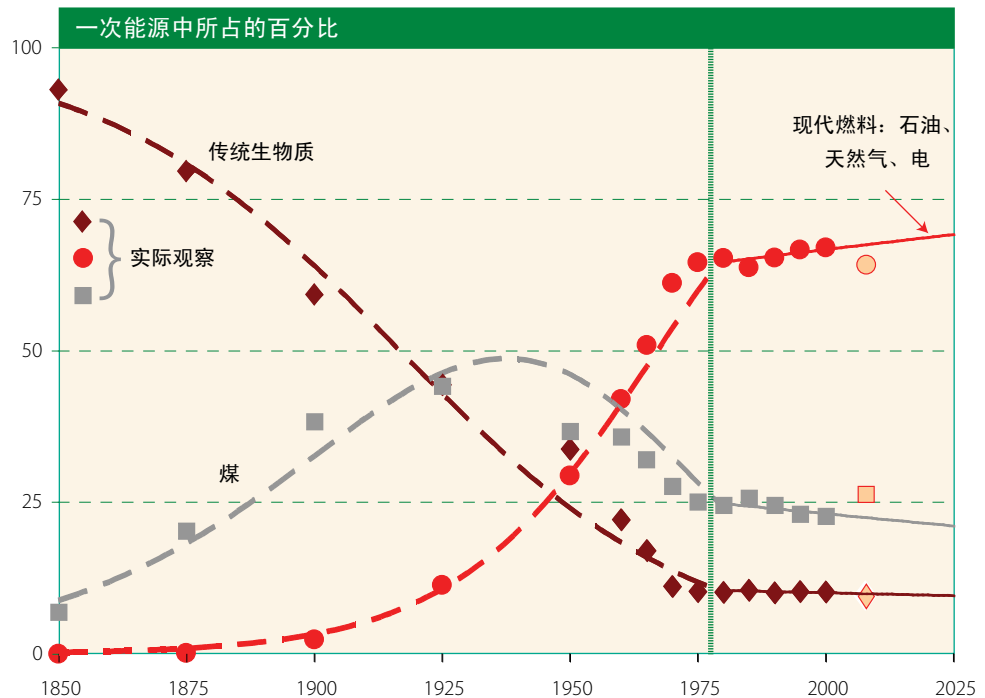
自工业革命开始以来，两次重大的能源技术变革决定了全球能源系统的结构和能源使用的性质（Nakicenovic、Grübler和McDonald，1998年）。第一次变革与依赖煤炭的蒸汽动力的出现有关（Landes，1969年），历经一个多世纪（图二.3）。第二次变革以基于电和石油的技术取代基于煤炭的蒸汽技术为特征，只完成了一半，因为有27亿人仍得不到现代能源服务（《全球能源评估》，即将发表）。

在各种各样的技术中，能源技术变革速度没有任何差异证据

这些向更高质量的能源燃料转变是通过从传统燃料向石油、天然气和核的连续替代发生的。在全球一级，这样的取代每隔70-100年就发生一次，持续了250年，一直到1975年（Marchetti和Nakicenovic，1979年）。然而，自1975年以来，这一进程减缓到大约250年的全球转化时间，主要原因是政府干预和政治因素导致的石油价格高企和波动。此外，在工厂和单位一级，自十九世纪以来，在各种各样的技术中，能源技术变革速度没有任何差异证据（Wilson，即将发表）。历史上能源技术变革以若干典型模式为特征（Wilson和Grübler，2010年）：

- 最终使用推动供应方发生转变；
- 在初级市场利基中质量/性能支配着成本；
- 能源技术并非单独发生改变，而是成群地改变，有“溢出”；
- 能源技术变革的时间期限是数十年而不是数年；

图二.3
全球能源系统经历的两次大规模转化，1850-2008年



资料来源：英国石油公司（2010年）；Grübler（2008年）；以及国际能源机构（2010年a）。
注：菱形、圆点和正方形是实际的数据点，包括2008年的估计值。虚线是符合1850-1975年期间数据的耦合逻辑方程。

- 试验和学习先于“升级”和广泛扩散；
- 换能能力扩张的规模和速度呈负相关；
- 在后来的“接受”地区扩散比在最初的“创新”地区快，但最大市场渗透水平较低；
- 学习能源技术既需要充足的时间，也需要资源。

对未来的设想

从1950年到1990年，与能源有关的全球温室气体排放量每年增加约3%，其原因主要是人口（+1.8%）和收入（+1.9%）增加，低能耗的消费模式（-0.3%）以及更好的低碳技术（-0.4%）减轻了人口和收入增加的后果（Waggoner和Ausubel，2002年）。政策一般强调作为减少排放量的主要手段的技术，技术的确是一个有力的驱动因素。就决定未来的温室气体排放量而言，未来的能源技术变革与二十一世纪中长期的人口和经济发展同等重要（Roehrl和Riahi，2000年）。替代技术战略只会逐步导致排放量水平趋异，需经过几十年或者更长的时间，原因是发电厂、提炼厂、建筑物和能源基础设施的使用期长（Grübler，2004年）；各种环境后果表明，随着新技术逐步取代以前的技术，近期的技术和政策决定将播下后来趋异的种子。

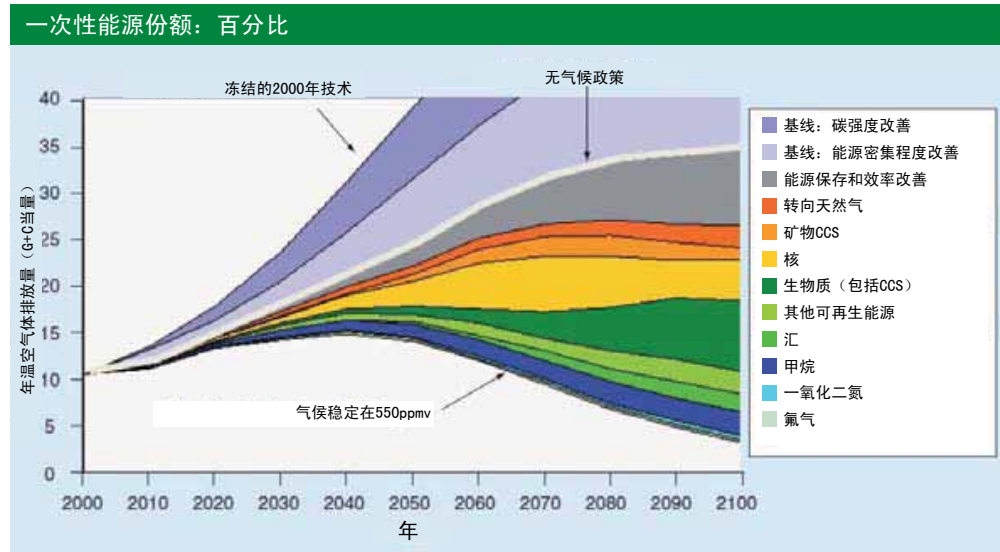
情景分析有助于通过与能源需求、资源限制和可获得性、技术成本以及温室气体限制范围有关的各种假设来确定可靠的能源技术组合（Roehrl和Riahi，2000年；Riahi、Grübler和Nakicenovic，2007年；Grübler和Riahi，2010年）。图二.4显示了2100年以前二氧化碳浓度稳定在550 ppmv所需的高排放量基线设想下能源技术对温室气体减排的贡献。最上面两个“减缓楔子”显示的是在2000年技术发展“冻结”的基线上（供应方）碳排放强度改善以及（需求方）能源密集程度改善的贡献（以每年千兆吨碳（GtC）计）。这一差异表明了渐进式的能源效率提高对创新的挑战。一般认为“存在解决气候问题的技术”，这反映出不需要必然是破坏性的革命性变革（例如，核聚变）的观点，但这样的观点低估了实现符合历史趋势的持续渐进式改进的挑战。

这些减缓楔子的排序在各种设想中是非常可靠的，能源的保存和效率占到减排量的一半以上。事实上，在各种设想中，能效提高所做的贡献占到2000至2100年累计温室气体减排量的59%，相比之下，可再生能源（18%）、核能（9%）、矿物燃料（6%）和其他手段（8%）所做的贡献要小得多（Riahi、Grübler和Nakicenovic，2007年）。

一些全球设想探讨了不影响经济发展的低人均能源使用量和低温室气体排放量的可行水平。例如，GEA的效率设想显示，2010到2050年，世界平均的人均

“存在解决气候问题的技术”的说法低估了所需做出的努力程度

图二.4
“稳健的”气候变化减缓楔子，2000–2100年



一次性能源使用量可从71 GJ降至63 GJ，而平均的人均国内生产总值（GDP）仍会增长两倍（以恒值美元计）。这意味着生态效益提高2.2倍，几乎可以达到von Weizsäcker、Lovins和Lovins（1998年）最初建议的财富翻番和资源使用量减半的“4倍”目标。因此，按照本《概览》提出的目标（见下文），到本世纪中叶就将实现世界平均能源使用水平不到人均70 GJ的目标。

努力加快能源技术变革

自1970年代以来全球能源转化的步伐明显放慢了

尽管为应对1970年代的石油危机在国家和国际层面为加快能源技术变革做出了努力，尽管目前对全球变暖忧心忡忡，尽管制定了确保普遍获得现代能源服务的目标，但自1970年代以来全球能源转化的步伐明显放慢了。

国际能源技术议程

在国际一级出现了一个复杂的组织和机构体系，目的是促进能源技术合作，提供用于清洁能源投资的财政资源和有利于低碳能源技术的价格信号；此外，一个用于几千亿美元的转让的全球系统正在形成。

国际能源机构（能源机构）拥有40项多边技术倡议，又称执行协议，覆盖一整套能源技术，其中包括各种旨在加快部署清洁能源技术和用于碳捕获和碳存储的具有成本效益的技术的自愿参与方案。不过，迄今为止，这些国际努力对全球能源转化的影响相对较小。

例如，《联合国气候变化框架公约京都议定书》下的清洁发展机制⁴有望极大地激励向发展中国家转让清洁能源技术，并大大降低发达国家的成本。2008年，清洁发展机制交易的市场价值达到65亿美元，但此后由于金融危机以及对未来气候政策制定的不确定下降了约60%。展望2012年，可再生能源项目估计将占清洁发展机制项目总数的61%，占经证明的排放削减量的35%，而工业用气和甲烷项目所占的比例略低于余下经证明的排放削减量的一半。如果得到全面实施，2002-2008年期间订约的清洁发展机制项目将需要1 060亿美元的低碳投资，主要是在“清洁”能源方面（Kossov和Ambrosi，2010年）。不过，清洁发展机制的投资集中在少数新兴的大经济体，如中国、巴西和印度。

清洁发展机制的投资集中于中国、巴西和印度等少数新兴的大经济体

1991至2009年，作为《联合国气候变化框架公约》财政机制的全球环境基金（全环基金）向气候减缓活动拨付了超过27亿美元，同时还利用170亿美元进行融资。2008年，世界银行还设立了气候投资基金，这是多边发展银行为填补气候融资缺口做出的集体努力。到2010年，捐助者承诺捐赠64亿美元给新基金。其中一个组成部分，清洁技术基金为扩大清洁技术的示范、部署和转让提供资金，重点是那些有巨大减缓潜力的国家。第一轮投资机会包括13个国家、能效项目、公共汽车快速交通、聚光太阳能发电和风力发电。

转让无害环境技术得到了《联合国气候变化框架公约》的确认，但实地行动的进展相对缓慢。缔约方会议在其第十六届会议上同意设立一个气候技术中心和网络，其宗旨是支持技术转让和地方技术创新能力。

《联合国气候变化框架公约》确认了转让无害环境技术的必要性

支持清洁能源技术的国家计划

发达经济体最近为支持清洁能源技术所做出的努力一般都集中在用于培养利基市场和促进新技术的商业扩散的经济手段上。新兴的和其他的发展中经济体支持清洁能源技术的努力一般集中在形成国内的研究、开发、制造和出口能力上。中国2011年3月批准的十二五规划包括一项绿色增长战略，旨在通过为开发和部署风能、太阳能、水电、核能、能效、电动汽车、“智慧电网”、基础设施和高速铁路做出具体努力，获得技术领先地位。它包括一项安装1 000万个电动汽车充电站以及在2020年以前将可再生能源的装机能力提高47%的计划。它计划在2015年以前投资570亿欧元于新的超高压传输线，投资4 600亿欧元来开发智慧电网并将核电容量从10 GW提高到50 GW，不过大部分投资将继续用于“清洁”煤炭。南非计划减缓其温室气体排放量的增长并在2030年后减少其排放量，途径是提高能效、对可再生能源实行强制上网定价、为煤电厂和煤制油厂发展碳捕获和碳存储、对煤电厂征税以及引入煤炭税。大韩民国正在实施一项绿色增长战略和五年行动计划，目的是在2030年以前使能源密集程度降低46%，可再生能源的份额达到11%。2008-2030年国家能源计划预计将投资于低碳运输、混合动力汽车、可再生

新兴的和其他的发展中经济体支持清洁能源技术的努力一般都集中在形成国内制造和出口能力上

⁴ 联合国，《条约汇编》，第2303卷，第30822号。

能源技术以及建造10个核电站。墨西哥制定了2000到2050年将其温室气体排放量减少50%的指导目标，其特殊气候变化方案对风电、废热发电、高效的家用电器和照明、促进铁路货运以及600 000个高效炉灶做出了规定。

最贫困的和最脆弱的经济体的能源计划旨在在政府的当务之急和援助者的优先事项之间找到平衡，以便利用发展援助。例如，一些小岛屿发展中国家的能源计划和政策旨在解决其特殊的脆弱性和促进可再生能源。例如，马尔代夫宣布，其目标是在2020年以前实现一个碳平衡的能源部门；图瓦卢旨在到2020年实现100%使用可再生能源；巴巴多斯、毛里求斯和帕劳在热太阳能热水方面有一些实际经验；马尔代夫和图瓦卢正在试验混合太阳能-柴油发电；在圣基茨和尼维斯以及圣卢西亚，地热能正处在早期探索阶段。然而，尽管有这样的承诺，但在大多数小岛屿发展中国家，矿物燃料使用量的增速仍然高于可再生能源的使用量的增速（联合国，2010年a）。

为普遍使用现代燃料和电力制定的国家计划

2008年，世界上有电可用的农村人口不到65%

2008年，世界上有电可用的农村人口不到65%（国际能源机构，2009年）。三分之二用不上电的人在撒哈拉以南非洲地区和南亚。在撒哈拉以南非洲地区，只有11%的农村人口有电可用。1970至1990年，超过10亿人用上了电，其中半数都在中国。1990至2008年，又有将近20亿人用上了电（《全球能源评估》，即将发表）。然而，没有证据显示过去100年中电气化是在增速还是减速。历史上，电气化过程在所有国家历经数十年。联合王国和美国花费了大约50年的时间才在1950年左右实现普遍用电。在新兴经济体中，墨西哥、中国、巴西、泰国和毛里求斯在1990年代实现了普遍用电。然而，印度和南非距离这个目标还有一段距离，所有最不发达国家也一样。在实现普遍使用电力所需的时间上，泰国大约为20年，中国是40年，墨西哥是90年。人口密度低的国家或者由分散岛屿组成的国家面临特殊挑战。由于建设成本高，尽管小岛屿发展中国家做出了特殊努力，偏远岛屿上的电气化程度仍然有限。例如，2005至2009年期间，斐济完成了大约900个农村电气化社区项目，目的是在2016年以前实现普及用电（联合国大会，2010年b）。

对发展中国家的贫困家庭来说，家庭照明估计能使月收入增加5至16美元

电气化的好处是明显的。对发展中国家的贫困家庭来说，拥有家庭照明估计能使月收入增加5至16美元。一般说来，通过增加娱乐、节省时间、教育和提高家庭生产力，获得电力的额外好处约为每月每户家庭20-30美元（世界银行，独立评估小组，2008年）。这些好处远远超过了贫困家庭一般支付的每月2-5美元的电费。

用于照明的煤油、蜡烛和电池的能效很低。因此，在贫困国家，用煤油照明的成本为每千瓦时（kWh）3美元，高于用太阳能的费用，太阳能的成本为每千瓦时2.2美元。在贫困国家，柴油发电机和微发电设施提供的照明成本一般为每千

瓦时0.5-1.5美元，相比之下，传统的集中式发电设施提供的照明的实际成本为每千瓦时不到0.3美元。然而，对传统设施来说，向贫困家庭提供服务只有在对照明的需求水平高于每月25千瓦时的情况下才具有经济效益，而每月1到4千瓦时的单位成本已经让贫困家庭获益良多。

对发展中国家中最贫困的人来说，做法（以及特别是在寒冷气候中取暖）可占到能源消费总量的90%或者更多（世界能源理事会和联合国粮食及农业组织，1999年）。相对简单和便宜的改良炉灶可将做饭所需的燃料数量减少多达30%（《全球能源评估，即将发表》）。下文叙述了这些炉灶方案中的一些，包括其成本。

相对简单和便宜的改良炉灶可将发展中国家中最贫困的人做饭所需的燃料数量减少多达30%

国家能源技术创新战略

越来越多的国家政府（主要是中国、日本和大韩民国政府）以及欧洲联盟（欧盟）采取或遵循某种国家能源技术创新战略。这样的战略一般是国家创新系统的一部分，如第五章中所论述的，并且为包含技术生命周期各个阶段的一整套政策和方案提供了一个框架。欧盟《里斯本战略》为一系列研究、开发和示范框架方案提供了一个广泛的框架。日本长期专注于提高特定技术的性能目标，这使得该国成为了能效领域的世界先锋。中国和大韩民国实施了强调快速采用、地方研究以及制造和部署能力的产业政策，并辅之以灵活的财政和管理支持，以加快质量改进。

在中国，能源技术研发开展迅速，主要由国有企业主导，国有企业占与能源有关的所有研发活动的85%。与经济合作与发展组织（经合组织）成员国的情况类似，能源研发受供应方选择支配，其中超过半数产生了与矿物燃料有关的技术，30%与电力、运输和分配有关。最近，政府强化了其专利制度，自2002年以来专利申请数量出现激增，中国专利局很快就会成为世界上最大的专利局。风力发电部门为中国快速形成地方能力提供了一个很好的例子。外国制造企业在中国的市场份额（占累计风力发电装机容量的份额）从2004年的75%下降到2008年的38%，国内制造企业所占的份额从23%上升到59%。⁵如此快速地取代公司的市场地位在其他国家的能源市场闻所未闻（见第五章）。

中国专利局将很快成为世界上最大的专利局

⁵ 数据来自Tan等人（2010年）。

投资于研究、开发和示范、市场培育及扩散

表二.1提供了能源创新、市场培育和扩散方面全球公私投资的估计数（Wilson和Grübler，2010年；Grübler等人，即将发表）。2010年，在商业扩散方面的投资达1万亿至5万亿美元，大体上市场培育方面的投资超过1 500亿到1 800亿美元，研发和扩散方面的投资超过500亿美元。研发和扩散以及政府驱动的市场培育投资集中在电力和燃料供应方面，而大多数私营部门在扩散方面的投资以最终使用和效率为目标。

表二.1

能源创新、市场培育和扩散方面全球公私投资的估计数，2010年

十亿，2005年美元			
	创新研发和示范	市场培育	扩 散
最终使用和效率	>>8	5	300-5 000
矿物燃料供应	>12	>>2	200-550
核能	>10	0	3-8
可再生能源	>12	~20-60 ^a	>20
发电、运输和分配	>>1	~100	450-520
其他 ^b 及未指明	>>4	<15	..
总 计	>50	<150-180	1 000-5 000

资料来源：Grübler等人（即将发表）；以及国际能源机构（2010年b）。

^a 高估计数来自国际能源机构（2010年b）。

^b 氢、燃料电池、其他电力和储存技术，以及基础能源研究。

研究、开发和示范（RD&D）方面的投资

发达国家如今用于能源相关研究和开发的公共支出水平仍大大低于1970年代和1980年代早期的水平

2010年研发和示范方面500亿美元的公私投资中只有五分之一投向最终使用技术和能效。能源供应业的研究强度与纺织业相当，但大大低于制造业。在发达国家，与能源有关的研究和示范方面的公共投资水平仍然很低，占公共研发和示范投资总额的5%。为了应对1970年代的石油危机，这方面的公共投资增长迅速，但随着石油价格的回落和私营化，投资在1980年代中期大幅减少，2000年以后，由于担心全球变暖，才又有所回升。如今，在发达国家，用于与能源有关的研究和示范的公共支出水平仍然大大低于1970年代和1980年代初期水平，尽管自1980年代以来总的（而不只是能源）研发和示范预算翻了一番（Nemet和Kammen，2007年）。核、聚变、矿物燃料和可再生能源技术研发和示范方面的公共支出均低于1980年的支出水平。

在过去的20年里，新兴经济体在公共研发和示范支出方面名列前茅。在可再生能源专利方面它们也名列前茅。在巴西、俄罗斯联邦、印度、墨西哥、中国和

南非，能源研发和示范支出约为190亿美元（以购买力平价计），超过国际能源机构公共能源研发和示范预算的合计数（以购买力平价计，估计为127亿美元）。这让人对新能源技术是在经合组织各国开发并转让给发展中国家的传统观点产生了怀疑。在新兴经济体，能源研发和示范投资集中在矿物燃料和核能上，可再生能源和能效方面的投资不足（表二.2）。

表二.2
在某些新兴经济体和美利坚合众国与能源相关的
研发和示范方面的公私支出，2004–2008年^a

百万美元，按照2008年购买力平价							
	矿物 (包括CCS)	核能 (包括聚变)	电力、 运输、分配 和储存	可再生能源	能效	能源技术 (未指明)	总 计
中国	7 044	19	..	..	161	5 885	14 772
巴西	1 246	8 ^b	122 ^b	46 ^b	46 ^b	196	1 664
俄罗斯联邦	430	..	22 ^b	14 ^b	25 ^b	553	1 045
印度	800	965 ^b	35 ^b	57 ^b	..	..	1 857
墨西哥	140	32 ^b	79 ^b	..	263 ^c	19 ^c	534
南非	164	164	26 ^c	7 ^c	..	9 ^b	370
小 计	9 624	>1 187	>285	>124	>497	>6 662	>18 580
美国	1 821	804	319 ^b	699 ^b	525 ^b	2 510	6 678

资料来源：Gallagher等人（即将发表）。

^a 有可用资料的最近年份。

^b 仅政府。

^c 仅私营部门。

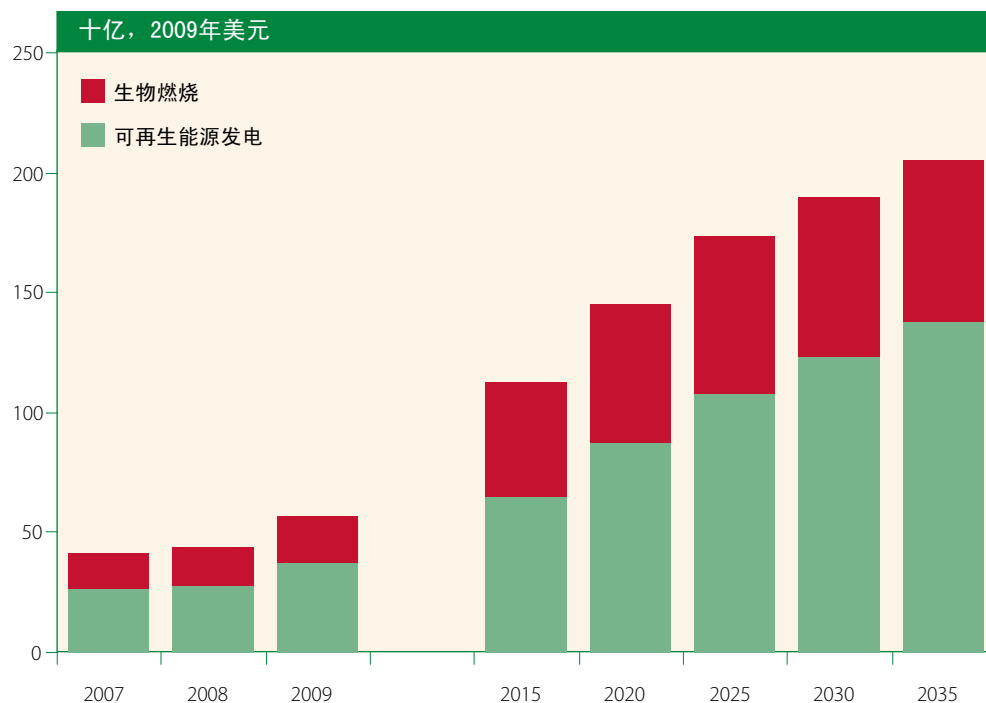
市场培育方面的投资

市场培育方面的投资，包括在早期技术扩散方面的公私投资，有时也被称为“利基市场”投资。这包括针对某些技术的政府采购和政府补贴，以及私人投资，包括可再生性能标准、碳税和强制上网定价（第五章）。市场培育方面的全球投资为1 500亿美元至1 800亿美元，其中发电、传输和分配方面大约1 000亿美元，可再生能源方面大约200亿美元至600亿美元，最终使用和效率方面大约50亿美元。鉴于目前发达国家和发展中国家的政府计划，可再生能源方面的利基市场投资预计将在未来几年迅速增加。国际能源机构（2010年b）估计，政府对可再生能源的支持将从2009年的570亿美元增加到2035年的2 050亿美元（图二.5）。⁶相比之下，2009年矿物燃料消费补贴为3 120亿美元（同上）。这些数字的确表明政府偏

市场培育方面的干预包括在早期技术扩散方面的公私投资和政府采购

⁶ 这意味着单位补贴的世界平均数将从2009年的5.5美分/kWh下降至2035年的2.3美分/kWh，但没有考虑将间歇性可再生能源纳入网络的额外费用。

图二.5
国际能源机构新政策设想中全球每年对可再生能源的支持，2007–2035年



资料来源：国际能源机构（2010年b）。

注：国际能源机构新政策设想假定审慎实施最近宣布的即使并未正式通过的承诺和计划。

向于可再生能源，因为，除输电网外，政府对现代可再生能源的补贴为9.7美元/GJ，而对矿物燃料的补贴为0.8美元/GJ。

扩散方面的投资

能源和最终使用技术方面的全球投资额超过供应方面投资的一倍

2010年全球供应方面的能源投资约为7 400亿美元，其中可再生能源方面的投资为700亿美元。这些投资主要用于发电、传输和分配（51%）以及矿物燃料供应方面的上游投资（46%），包括石油勘探和生产部分以及天然气勘探和生产部分，这两部分分别占19%和13%。最重要的可再生能源投资是在水力发电（年容量增加25–30千瓦特(GW)）和生物燃料（200亿美元，其中巴西乙醇占80亿美元）方面。全球在能源最终使用技术方面的投资超过供应方投资的一倍，2005年估计达到1.7万亿美元，其中将近1.2万亿是在公路用车方面（Grübler等人，即将发表）。

能源投资方面的公司合作伙伴关系变得日益普遍，尽管发生了全球金融危机，但2009年上半年的投资额仍然达到近400亿美元。能源技术领域的其他私营部门投资包括天使投资人投资、公司内部投资、债务工具、项目融资、合并和收购以及投资于能源技术上市公司。近年来，与能源有关的风险资本投资风行欧盟和北美洲，达到155亿美元，占2008年能源技术扩散领域所有私人投资的10%（国际能源机构，2009年）。这些投资大多数集中在太阳能、生物燃料、生物质、电

池技术、智慧型电表、软件以及高效能源方面。

政府的能源技术方案

下述政府能源技术方案的某些例子给未来的方案提供了重要的经验教训。⁷大多数方案都以供电或替代燃料为重点。

巴西、美国和毛里求斯的乙醇

面对石油危机和糖出口方面的贸易优惠消失，巴西军政府在1975年发起了世界第一个大规模的乙醇方案，补贴制造商，奖励使用者，目的是快速转向依靠乙醇运行的专用发动机。由于1980年代中期汽油价格低，发起了一个国家研究方案，使得2009年生产成本从35美元/GJ（2004年美元）降至不到10美元/GJ，这主要是通过提高产量实现的。在巴西，由甘蔗提炼的乙醇的能源回报是能源投入的8.3倍（从3.7到10不等），产量高达每公顷5 500公升。此外，多种燃料发动机（与外国汽车公司一起开发）的出现使得用户可以选择理想的乙醇与汽油组合，从而产生燃料竞争，避免自2003年起未来石油价格的下跌。为消除1975至2004年较高乙醇生产成本和世界石油价格之间的差异而提供的补贴累计估计达500亿美元。近年来石油价格的攀升意味着2004年以后乙醇生产成本低于世界石油价格。多种燃料发动机大获成功，到2008年已经占到轻型车登记数量的81%（巴西，全国汽车制造商协会，2008年）。在这种情况下，应该指出的是，2009年1月，由于全球经济衰退，汽油价格再次低于乙醇生产成本，但到2011年1月，情况又出现了逆转。

在美国，用玉米进行燃料用乙醇的工业性生产始于1980年，1995年达到50亿公升，2008年达到350亿公升。2007年，美国国会通过了一项法案，授权在2022年以前玉米生产1 400亿公升乙醇，这相当于美国汽油需求量的大约13%。如果在国内实现这一目标，将需要使用美国收获的所有玉米。

近年来，赤道地区的许多发展中国家试图学习巴西在乙醇方面的经验，用各种当地作物进行试验。一个有趣的例子来自毛里求斯，毛里求斯创建了一个当地甘蔗和生物燃料研究所。虽然甘蔗产量降低以及经营规模较小导致乙醇价格大约是巴西乙醇价格两倍，但毛里求斯还是成功地用甘蔗渣进行了合算的废热发电。然而，应该指出的是，即使所有赤道国家都达到像巴西那么高的甘蔗产量，即使全世界生产的所有甘蔗（2005年为1 900万公顷）都被用来生产乙醇，得到的产量也只能满足全世界汽油需求量的6%左右。

即使把全世界生产的所有甘蔗都用于生产乙醇，得到的产量也仅能满足世界汽油需求量的约6%

⁷ 本小节参考了《全球能源评估》关于能源技术创新的模块（Grübler等人，即将发表），该模块还提供了一系列详细的案例研究。

美国以煤炭为基础的合成燃料

面对第二次石油危机，美国实施了一个用煤炭生产合成燃料的大规模方案。1980年，美国成立了合成燃料公司，目的是对技术进行了改进，以便到1992年每天生产200万桶液体燃料，成本为每桶60美元，以取代25%的美国石油进口。随着石油价格的回落，该方案在5年后被取消，产量仅达到每天10 000桶，发生的成本为50亿美元（以1980年的价格）（Gaskins和Stram，1991年）。尽管没能达到预期目标，但该方案的确发展了煤气化技术，为1990年代以来遍布全世界的高效率的整体煤气化联合循环火力发电厂打下了基础。

美国的氢气生产

与乙醇和合成燃料方面大规模的扩散投资相比，对氢气生产和处理（即材料科学）的支持一直是小规模，只限于研发。然而，在某些工业生产过程中，氢气有所表现。在美国，在没有任何补贴的情况下，尽管存在与氢气处理有关的重大挑战，氢气的年产量在1971至2003年增加了10倍多，生产成本降低了4倍（Ausubel，2007年）。在路易斯安那州与得克萨斯州之间正在运行一条氢气管道；并且一些州正在考虑将氢气混入国家天然气管道系统这一早就有的想法。

美国的核电

起初安全并非核电的一项重要性能标准，这一事实具有深远影响

核电方面的经验是政府为加快一项新能源技术的开发、部署和扩散而进行的野心勃勃的“大力推进”尝试的最好例子。正如上文所指出的，自1974年以来，在国际能源机构国家，与能源有关的公共研发和示范方面的所有累计补贴中有超过半数用在核电技术方面。自1950年代以来，早期核电站的促进者的热切期望反映在刘易斯·斯特劳斯1954年的讲话中，他说核电将“便宜得可忽略不计”。1970年代之初，国际原子能机构（原子能机构）预计全球核电装机容量在2000年以前将达到至少2.5兆瓦（TW），事实上实际总量为351千兆瓦（GW）。第一座核电站于1956年开始在联合王国运行。在美国，1965至1969年订购的核电站多达65个，到1970年末，该国拥有107个在建的或购买的在线核电站。1970年代初期，单个核电站规模快速扩大到超过1GW，使得成本降到了低于煤电厂的水平。此后，越来越高的成本以及施工期拖延使得核电越来越没有竞争力。1978年至今，再没有订购新的核电厂。原因包括石油价格低廉（就1980年代和1990年代的大部分时间而言）以及与安全监管有关的成本上升。美国1953年发起的“原子能和平用途方案”是一项典型的政府大力推进技术的举措，这缩短了形成期，在这一期间一般要测试各种设计。最后，用于核潜艇的压水反应堆设计成为了唯一占优势的可操作商用反应堆设计。然而，核潜艇中反应堆的主要性能标准是紧密度和无需换料。安全并非一项关键的性能标准，这具有深远的影响。当商用核电站的事故使得加强安全的必要性越来越明显时，借助改装和加强监管实现了这个目标，

到1978年，在美国平均每天新增1.3项新条例。结果是出现了与日益复杂的技术系统和改装导致的成本超支有关的额外风险。简而言之，政府有意促进没有适当的性能标准的核电的商业化，这就导致劣质设计得到利用。被动安全系统和高温反应堆等替代设计出现得太晚。

德国、丹麦、美国、荷兰、中国和印度的风电

首批风电厂是1880年代开发的，但现在占主导地位的设计直到1970年代才得以选定和部署。丹麦、美国、德国、联合王国、瑞典和荷兰是风能创新领域的早期行动者，但采用的方式不同。在1970年代和1980年代，德国和瑞典专注于向快速扩大至2-4兆瓦特（MW）提供公共研发支持，但仅向市场培育提供有限支持。由于过早地扩大规模，未能形成一个可持续的产业（Meyer, 2007年），已经建立的风电厂没有什么积极性去部署难以维修的高成本、间歇式风力涡轮机。丹麦、荷兰和美国专注于研发和在利基市场上部署规模较小和较简单的风力涡轮机。丹麦在1978年建立了一个风力涡轮机试验站，从1979年起发放型式认证，还在这一年引进了投资和生产补贴（Grübler等人，即将发表）。结果是该行业持续增长，新的参与者进入（农夫和市政当局）并且可靠性非常高（1985年为98%）（Heymann, 1998年）。尽管荷兰在1981年也建立了一个试验场，但它所重视的是制造商之间的竞争而不是合作，这导致进展速度要慢得多，并且可靠性较低。在美国，一些补贴方案的引入导致风电迅猛发展，到1986年，加利福尼亚安装了1.2 GW风电，当时占世界总量的90%。然而，私营部门的“补贴收获”刺激了盲目发展以及不恰当的操作测试。到1985年，美国只有38%的风电厂在正常运转；1986年，当政府补贴减少时，该行业陷入困境。

自1990年代起，丹麦、德国和西班牙开展了许多规模越来越大的风电项目。1980至2000年，kWh的风电成本下降了一半，可靠性、效率、涡轮噪音水平以及电网的稳定性都得到很大的提高。德国引入了强制上网定价，从1991年到1996年，风力发电场和涡轮的平均价格下降了30%（学习率为10%），出口价格约为国内平均价格的一半（Junginger、Faaij和Turkenburg, 2005年）。德国的强制上网定价实际上交叉补贴了技术转让和包括中国和印度在内的其他国家风电行业的发展。自1996年起，在德国，价格开始上涨，原因是国内有快速扩张需求，为了向新兴经济体出口也有快速扩张需求，后来还由于商品价格的提高。

自1990年代以来，中国和印度利用产业政策，包括法律规定、关税、税收和补贴，来支持国内的风电研究和风电行业（见第五章）。此外，中国在国内授权进行组件生产，并且与印度一起，制定了国内技术认证方案。正如欧洲的情况一样，风电厂不一定是建在最合适的多风的地方：当地的政策环境是一个更为重要的因素。例如，2004年，在印度，泰米尔纳德邦的风电装机容量占57%，而它只有7%的风力资源（全球风能理事会，世界可持续发展学会和印度风力涡轮机制造协会，2011年）。到2010年年底，全世界的风电装机容量为194 GW（图二.6），

劣质技术的过早推广可能对形成一个可持续产业构成障碍

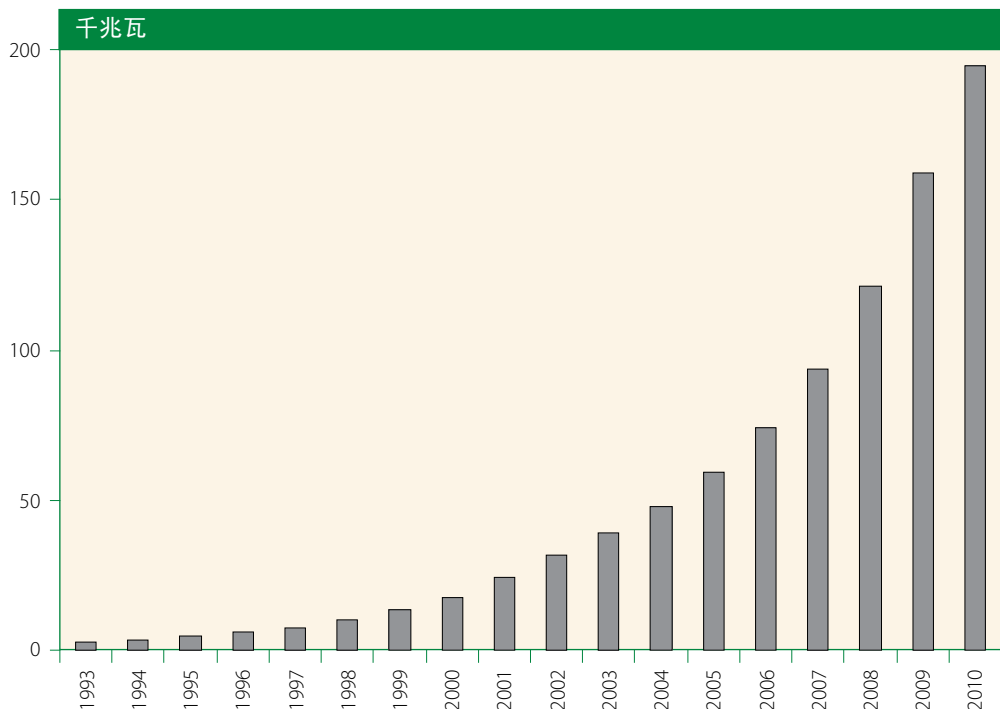
自1990年代以来，中国和印度利用产业政策，包括法律规定、关税、税收和补贴，来支持国内的风电研究和风电行业

其中欧洲84 GW，美国40 GW，中国42 GW，印度13 GW。2010年，装机容量新增35.7 GW，比2009年少6%。超过一半的新增装机容量在中国（16.5 GW）和印度（2.1 GW），相比之下，欧洲为9.8 GW，美国为5.1 GW（Euroobserver，2011年）。

德国、美国、日本、中国和肯尼亚的光电

光电（PV）是在美国发明的，但并未在美国大规模部署。在几十年的时间里，通过其研发，以及1994至2004年的“阳光方案”，日本改进了自己的技术，成功地将一个3kW的屋顶系统的成本从600万日元降至200万日元。阳光方案令人瞩目，因为在该方案存续期间，逐步淘汰了光电补贴（2001年最高时达到约2.5亿美元）。尽管日晒水平低，但由于其慷慨的强制上网定价，德国如今绝对是世界上最大的光电市场。中国生产和出口绝大多数太阳能电池板，其中大多数售往德国，德国仍是制造厂所需的机器的生产者。最近，离网光电在没有电的贫困地区越来越普遍，因为电价普遍高昂，而需求水平低。第五章中叙述了肯尼亚和孟加拉国的例子。

图二.6
全球风电装机容量，1993-2010年



资料来源：Euroobserver
(2011年)。

美国和中国的太阳能热水器

美国国家实验室和大学的研究在1970年代改进了太阳能热水器技术。一项关键的突破是吸收更多阳光的选择性涂层的生产。在美国联邦和州补贴以及未来能源价格高预期的驱动下，自1970年代以来，太阳能热水器行业蓬勃发展，一个10亿美元的产业就此产生。1980年代，存在滥用慷慨补贴（补贴收获）的情况，导致所安装的系统不佳。在几年的时间里，大约一半的系统就不再运转了（Taylor, 2008年）。1984年，对新设施的税额减免到期，美国的太阳能热水器行业土崩瓦解，该技术总的来说被抛弃了20年。可靠性差的看法依然存在，并且在目前大约3 000万亿美元的产业规模下，该看法被证明难以消除。比美国为改进太阳能热水器技术而做出的努力更为成功的是夏威夷一项根据检查结果补偿消费者的方案。目前的技术具有成本效益，尤其是在热水需求高的大型设施中。尽管自1976年以来技术质量有所改进，但单位成本并未大幅下降，而是主要取决于钢铁和玻璃的价格（Taylor等人，2007年）。相反，太阳能热水器在中国迅速得到采纳，今天全世界100 GW装机容量大部分为中国所有。

比美国为改进太阳能热水器技术而做出的努力更为成功的是夏威夷一项根据检查结果补偿消费者的方案

美国、德国、西班牙和北非的聚光太阳能

美国、德国和西班牙在太阳能热力发电方面开展了长期研究方案，包括对各种设计进行试验。⁸ 1968年在意大利建成了第一个现代聚光太阳能发电厂，其容量为1兆瓦特。1984年在加利福尼亚建造的一个354 MW的发电厂的抛物线型槽设计成为主流。作为效率的一个关键决定因素的各种工作流体（例如熔盐）得以运用。由于成本较高并且沙漠地区中的用水冲突，太阳能的总体分布情况仍远不及风能普遍。在美国，生产聚光太阳能的成本约为每千瓦时12-18美分，而核能为2美分，尽管将来随着定日镜和燃气轮机的使用成本可降至5美分。

由于成本较高并且沙漠地区中的用水冲突，太阳能的总体分布情况仍远不及风能普遍

最近组建了一个主要由德国公司构成的产业联盟，目标是在北非建造一个国家规模的聚光太阳能发电厂，并由高压交流电（HVAC）线与欧洲电网相连。该计划俗称为“沙漠技术”。该联盟规划了一个4 000亿欧元的聚光太阳能发电厂，以及太阳能光伏和风力发电，占地面积为17 000平方公里，位于撒哈拉，到2050年可供应欧洲15%的电力。除了成本，实现“沙漠技术”目标的主要障碍事实上仍是地缘政治方面的障碍。

中国的小水电和沼气

中国的水电潜力居世界之首。“大跃进”期间（开始于1958年），计划在1967年以前修建2.5 GW的小型水电厂，但只完成了0.5 GW（Carin, 1969年）。在1970至1979年新一波修建热潮中，水电厂的数量从26 000增至90 000，平均规模增长

⁸ 设计包括抛物线型槽、碟式斯特林、线性菲涅耳聚光反射装置和太阳能塔。

了一倍，仅达到70 kW。1980年代以来修建了兆瓦和千兆瓦级别的大型水电厂。仓促修建的小型水电厂所带来的许多技术和维修问题（淤塞、干旱、漏缝）意味着低负荷因素以及成本较高（Smil, 2010年a）。2006年，中国建成了世界上最大的水电厂，容量为18.2 GW。从1970年代早期起，中国就提倡依靠动物粪便、人类粪便、垃圾和废水运行的小规模沼气池。一个10立方米（m³）的沼气池被认为足以提供一个家庭煮饭和照明所需的沼气。建成的沼气池在1973年以前约为30 000个，在1975年以前约为400 000个。中国为1985年设定的官方目标是2 000万个，但事实上，到1984年其数量还不到400万个，由于缺乏必要的维修技术，数百万个沼气池被废弃（同上）。

发展中国家的高效炉灶

有各种适应当地需要、燃料供应、可用技术和支付能力的炉灶模式

《全球能源评估》审查了1980年以来在8个亚洲国家、12个非洲国家和9个拉丁美洲国家实施的51项方案，这些方案的目标是向贫困家庭分发清洁炉灶。审查内容包括成本、效率和所用技术。审查表明有各种适应当地需要、燃料供应、可用技术和支付能力的炉灶模式。能源效率从使用稻草和树枝的简单泥炉（其中有几千个是经过培训的工匠在越南以1.8美元的成本制作的）的15%到中国一项方案中高达40%不等，该方案涉及300 000个黏土炉，这些炉灶使用煤块，是1980年代以来在当地车间制造的。没有证据表明，随着时间的推移，效率有了系统性的提高，或者成本出现下降。在拉丁美洲，方案一般是小规模，但通常都有补贴，补贴力度不同，在危地马拉、多民族玻利维亚国和萨尔瓦多，某些情况下不同可达100%，而在亚洲和非洲国家，补贴水平差异很大，主要取决于炉灶的类型。值得注意的是自1990年代以来一项旨在分发500多万个Chulha炉灶的大规模方案，这种炉灶使用一系列薪柴、稻草、粪便和农业肥料，能效在20%到28%之间，供货成本仅为1.80-4.60美元，取决于补贴水平（补贴从零到78%不等）。在印度、津巴布韦、卢旺达、马里、尼日尔、布基纳法索和危地马拉，生产的金属炉灶约比Chulha炉灶贵10倍，但能效一般高一些——接近30%。

日本关于最终使用效率的领跑者方案

根据领跑者方案，在标准制定过程中市场上最节能的产品确定了所有相应的产品制造商将在下一个阶段力争达到的标准

自1980年以来，日本对设备和汽车维持了强制性的能效标准。然而，这一做法不太成功，因为这些标准一般是在与行业协商的基础上制定的。1998年，作为其气候变化政策的一个基石，日本发起了领跑者方案，目的是提高终端产品的能效。其想法是在标准制定过程中，市场上最节能的产品确定了所有相应的产品制造商将在下一个阶段力争达到的“领跑者标准”。⁹能效标准是由经济、贸易和产业部及由来自学术界、产业界、消费者群体、地方政府和大众传媒的代表组成的咨

⁹ 由领跑者制定标准，同时考虑技术潜能。根据不同参数设定差异化标准。根据统合平均数来评价符合标准的情况。

询委员会讨论和确定的。每隔两、三年对该方案的范围进行一次审查。最初是9种产品，到2009年扩大到21种产品（Grübler等人，即将发表）。目标产品占到了住宅用电的70%多。迄今为止，该方案设定的所有目标都已实现或超额实现。例如，室内空调的能效提高了68%，冰箱的能效提高了55%，电视的能效提高了26%，计算机的能效提高了99%，荧光灯的能效提高了78%，贩卖机的能效提高了37%，使用汽油的客车的能效提高了23%（日本，能源保护中心，2008年），这表明在技术上有了重大改进，并且在能效领域达到了世界最高水平。然而，并不清楚该方案是否可在日本之外成功复制，特殊的成功要素包括数量有限的技术能力强的国内制造商，他们愿意在即使没有处罚手段的情况下达到标准。

美国的汽车燃料效率标准

1970年代初，美国汽车的典型效率与1930年代相同——每加仑13英里（mpg），这意味着85%的汽油被浪费掉了（Smil，2010年a）。1975年引入的统合评价燃料效能（CAFE）标准使美国客车的平均能效提高了一倍，到1985年达到27.7 mpg，但没有取得更大进展，直至在2007年修订了CAFE标准。事实上，越野车（SUV）、厢式货车和皮卡广受欢迎降低了美国车辆的效率，在2006年以前其效率仅为22 mpg。2007年对CAFE的修订不再把被列为SUV的轻型卡车或乘用车厢式车排除在外（除非它们超过4.5 t总车重这一级别），目的是在2020年以前使车辆的效率提高到35 mpg。相比之下，世界最早大批量生产的汽车，1913年的福特T型车平均为25 mpg。目前新西兰的所有新车都在34至62 mpg之间。欧盟在2012年以前要实现的统合车辆标准为130 gCO₂/km，对一辆以汽油为燃料的汽车而言相当于47 mpg（即51公升（l）/100公里）。

越野车（SUV）、厢式货车和皮卡广受欢迎降低了美国车辆的效率

从基于市场的措施中汲取的教训

高涨的石油价格、汽油税、补贴和许可证贸易计划是“天然的”尝试，让人看到市场措施的影响，例如能源或碳税。

碳排放价格信号和排放交易

碳的社会成本（SCC）反映的是被排放的一个单位的碳在其存在于大气期间外部效应的大小。根据最理想的气候政策，设定的减排标准应使得减排成本（边际减排成本）等于碳的社会成本。碳的社会成本的估计数各不相同。例如，联合王国政府以前为政策和项目评估使用的估计数为每吨二氧化碳41到124美元，中央案例为83美元。来自其他模型例如气候和经济动态整合模型（DICE）的估计数要低得多。最近，在欧盟排放贸易计划（ETS）中，补贴的市场价格在每吨二氧化碳20美元上下。至于个人行为，MacKay（2008年）所做的计算表明，只有很高的

排放交易计划的易变有碍向低碳设施投资

碳排放价格才会对驾驶和飞行等活动产生显著影响。例如，他的结论是，在每吨150美元的情况下，天然气的家庭用户会注意到其暖气费中的碳排放成本；每吨250美元的价格将使一桶石油的实际成本增加100美元；在370美元的情况下，碳污染的成本之高足以大大降低人们的飞行欲望；在900美元的情况下，驾驶习惯可能会发生很大变化。现行的补贴价格似乎过低，难以促进对低碳技术的“市场拉动”，排放交易计划的易变有碍向低碳设施投资。

排放交易市场需要审慎的设计和明确考虑参与者的战略博弈行为的复杂监管框架。例如，就德国排放交易而言，第一份《国家分配计划》（《分配计划一》，2005–2007年）的设计导致高排放者获得“意外”收益，进一步强化了与天然气相比投资于煤炭的现有偏好（Pahle、Fan和Schill，2011年）。相反，替代分配规则，例如许可权的完全拍卖或单一最佳可用技术基准会大大强化天然气投资动机。目前德国在建的煤电厂共有10个（11.3 GW），计划还要建造12个煤电厂，加起来大约要占到2008年德国最高电力需求的大约32%（Bundesnetzagentur，2009年）。换言之，制度设计的细节至少同政策工具的整体选择一样重要。

汽 油 税

2010年11月，各国的汽油零售价为大约每公升2.2美分到256美分不等，差异大的原因是大规模的政府干预，其形式为汽油补贴或汽油税（德国国际合作机构，2011年）。差异大不是汽油零售价格独有的特点，而是大多数能源市场的特点。15个国家（主要是石油生产国）有“很高的补贴”，零售价从每公升1到51美分不等，低于当时每桶81美元的世界原油价格。8个国家（主要是非常贫穷的国家）的零售价为每公升0.52美元到0.76美元，后者是当时美国的一般水平。大多数发展中国家的零售价为每公升0.77美元到1.46美元，后者相当于欧盟内部最低价格水平（罗马尼亚的水平）。一个混合的国家小组，包括几乎所有欧盟成员国、日本、高收入石油生产国（挪威和联合王国）以及几个最不发达国家（塞内加尔和马拉维）的零售价格为每公升1.46美元到2.54美元。汽油价格高企并未遏制富裕国家中车辆英里数的增长，但却培养了对更小和更省油的车辆的偏好。尽管如此，由于缺乏条例，不论汽油零售价格水平高低，收入是交通能源需求的主要驱动因素

许多经验表明，基于价格激励的政策方式存在局限性

这些实例说明，基于价格激励的政策方式存在局限性。在对全球二氧化碳税进行辩论的背景下，有必要指出的是，汽油税相当于在中国每吨二氧化碳248美元的碳税，在日本451美元，在德国575美元，在荷兰753美元，在土耳其832美元，而在委内瑞拉玻利瓦尔共和国汽油补贴相当于每吨二氧化碳碳税减免202美元。¹⁰ 隐含碳税比清洁发展机制下或欧盟-欧盟排放贸易计划市场上一般的碳排

¹⁰ 每公升0.01美元的汽油税相当于每吨二氧化碳4.14美元。

放价格高10到100倍，也高于根据大多数减缓设想（例如见《全球能源评估》，即将发表；以及政府间气候变化专门委员会，2001年）整个能源部门要达到450 ppmv这一所宣布的稳定化目标所需的碳税。然而，只有监管措施（例如日本的领跑者方案措施）对燃料效率和道路车辆排放量产生了重大影响。

强制上网定价

强制上网定价（FITs）确保再生电的供应商获得一个能让其收回成本并获利的价格，即使该价格高于为基于矿物燃料的替代品所支付的价格。强制上网定价或者是一个基于发电成本的固定价格，不受市场约束（比如在德国），或者是市场电价之上的一个固定溢价（比如在西班牙）。全世界约75个国家和国家以下（州/省）管辖区采纳了强制上网定价政策（REN21，2010年）。对经合组织和某些发展中国家扶持可再生能源发电的政策所做的一项研究得出的结论是，在采纳了强制上网定价的管辖区，可再生能源的市场增长率最高，与标准的可再生能源组合方案相比，在强制上网定价政策下，每千瓦时的付费一般较低（国际能源机构，2008年a）。然而，正如任何补贴手段一样，谨慎设计和定期修正强制上网定价是确保以最低社会成本实现目标所必需的，这需要政府具有很强的能力。监管俘获是普遍现象，在这种情况下，根深蒂固的行业利益即使在立法目标得以实现之后也能设法获得补贴。

谨慎设计和定期修正强制上网定价是确保以最低社会成本实现目标所必需的

一点一滴都有帮助吗：对目前方式的批判性评估

上一节叙述了出于推动清洁能源技术的研究、开发和部署以应对石油危机给能源带来的挑战以及气候变化挑战的需要，大规模政府干预和私营部门的应对措施。然而，自1970年代以来，在全球燃料组合方面，能源技术变革的速度大大放缓，没有证据表明，不论是在燃料方面还是在部门、工厂或单位方面，加快能源技术变革的想法获得了普遍认同。有鉴于此，需要在科学的基础上审查现实情况，以评估当前计划和做法的影响。

计划需在全球范围内加总

在最基础一级，各项倡议需进行加总（在算术方面），以实现在国家和全球一级所宣布的宏伟目标。尽管自2000年以来，就可再生能源技术扩散而言，增长速度令人印象深刻，但显而易见的是，目前的轨迹距离在2050年之前实现全球能源系统彻底脱碳的现实路径还很遥远。同样，核能的重生很难弥补日益被淘汰的旧有能力的丧失。

通过进行简单的数量级评估，MacKay（2008年）和Smil（2010年a）阐明了现有主要计划和提案之不可行。MacKay（2008年）也概述了世界、美国、联合

要实现排放目标需要在全球范围进行转化

王国和欧洲其余地区的低碳能源计划：这些计划在全球排放量目标方面进行加总，但要实现这些目标需要再全球范围进行转化。MacKay指出，现有能源计划加起来无法实现这种转化。所有行动都有帮助，但如果行动规模小，帮助也小。例如，习惯性地拔掉电话充电器的电源，节省的能源大约相当于开车3秒钟所耗费的能源。

在国际一级，全球环境问题，特别是全球变暖的问题常常被认为是发达国家的问题，但事实上，人口众多的新兴发展中经济体日益成为全球排放量和资源使用量增长的主要原因。没有今天发展中国家的参与和行动，任何全球环境问题都不可能有什么切合实际的解决办法。例如，今天与能源有关的投资大都在发展中国家。2010-2050年期间，估计能源系统的累计成本（包括投资和运营成本）在发达国家约为60万亿美元，在发展中国家约为80万亿美元（《全球能源评估》，即将发表）。

计划也需在系统层面进行加总

计划也需在能源系统需求和整体进展衡量标准如全球生态效益方面进行加总，因为能源技术是一个复杂且相互依存的系统组成部分，同时也因为，为了在地方甚至国家一级实现生态效益而拟定的措施不一定能够合力打造一个全球高效节能的系统。

如果简单地将生产工厂转到国外，那么一项成功的国家气候政策的最终结果可能是世界总体排放量的上升

首先，计划需在全球能源-经济-环境（E3）系统方面加总。例如，仅从能源系统角度而言，以现代生物燃料满足今天对汽油、柴油和煤油需求的约20%在技术和经济方面是可行的。然而，这可能会对农业、粮食价格、生态系统、水的可获得性、氮循环、能源需求和价格以及最重要的农村和城市地区穷人的生计产生重大影响（另见第三章）。因此，20%的份额可能不够。至于联合王国的气候政策，其实施导致了温室气体排放量的减少，国家提早实现了其在《京都议定书》下做出的承诺；但是，尽管这样的成就值得称许，但有必要查明的是，排放量减少是否确实是技术或消费模式发生根本改变的结果。事实上，如果将进口到联合王国的产品所含的温室气体排放量包括在内，那么与联合王国中的能源和产品需求有关的总体温室气体排放量在1992至2004年期间增长了12%（Minx等人，2009年）。换言之，温室气体污染被输出至国外。此外，很可能这样的生产（其中大多数被转到了新兴经济体）是以较低能效和较高排放强度进行的。因此，联合王国令人称赞的气候政策的最终结果很可能是世界温室气体总体排放量的上升，与预期目标正好相反。这个例子突出了全球协调的重要性，以及从系统和全球角度实际审查措施的必要性。

其次，计划也需在国家E3系统方面进行加总。这方面要考虑的一个现象是“回弹效应”（Jevons悖论），即能源效率提高导致能源消耗增多的效应。尽管在地方一级回弹效应可能很小，但在国家或全球经济体一级，该效应一般很大。因此，一个制造工厂的能源效率提高，尽管从公司一级的生态效益的角度看非常

令人满意，但由于能源价格下降，实际收入提高，所取得的进展可能会部分或全部被抵消。需要采取补充措施和条例，以防止或者至少限制回弹效应的出现。

与此同时，提高能效的激励措施很诱人，尤其是在最终用途方面。例如，从油井里的原油到有用的运输服务，能源链的一般复合效率只有约2%（假定是单人占用一个有5个座位的客车）。虽然在这种情况下将初级能源转化为最终能源的效率高达93%（包括运输、提炼和分配），但最终能源转化为有效能的效率仅为10%（这是20%引擎效率和50%传动系统和汽车效率的结果）。如果汽车满员的话，复合效率将从2%提高至10%。相反，想象不出未来有什么引擎技术能够使一个单人占有车辆提高同样的整体效率。引擎效率必须达到100%，这在热力学上是不可能的。还应当指出的是，提高供电技术效率的潜力是有限的，其中一些技术，例如燃气联合循环和整体煤气化联合循环（IGCC）工厂，其运行即将达到其理论极限。同样，与其他物质相比，柴油和天然气所谓的累积完善度很高，这意味着在这一领域只有很小的改善空间（Szargut, 1988年）。相反，在最终用途设备方面，效率提高的潜力仍然较大。

最终用途设备效率仍有较大的提升潜力

第三，计划需在能源系统本身一级进行加总。例如，目前，作为工业原料，矿物燃料没有好的替代品。需要由煤制成的焦炭，作为从矿石中得到的熔铁的还原剂。在现代鼓风炉中不能使用木炭的传统替代品，即使可以在某种形式下使用，仅生铁熔炼就需要每年3.5 Gt的干木材，这需要相当于巴西森林三分之二的林场。同样，就在制造塑料和为化肥生产合成氨中使用的碳氢化合物原料（每年大约1 000亿立方米（Gm³）而言，没有以植物为基础的替代品。因此，任何逐步淘汰矿物燃料的提议都需要有针对性地研究替代工艺。

目前，作为工业原料，矿物燃料没有好的替代品

第四，计划需在发电系统一级进行加总。例如，由于其间歇性和需要备份能力，风力发电能够实现的温室气体排放量的可能减少几乎完全取决于其所依附的现有电力系统。事实上，建造一个风力发电厂不一定会导致排放量减少，尤其是备份能力由煤电提供时。在德国，风电的“性能分数”估计在2010年为大约10%，随着风电装机容量的增加（假定目标为99%的电网可靠性）（Deutsche Physikalischen Gesellschaft, 2010年），2030年预计将降至3%。这意味着，对于每GW新增风电装机容量而言，由于风的间歇性，需要增加0.9 GW备份电力（例如煤碳、天然气或核能），以确保电网的可靠性。因此，在德国（以及其他许多国家），风电的扩张主要减少了对矿物燃料的需求，但难以在欧洲电网中替代燃烧矿物的发电厂的能力，这解释了风电的二氧化碳减少成本的高系统估值，即每吨二氧化碳40至80欧元。相比之下，在假定完全取代以矿物为燃料的发电能力基础上估值较低（德国能源署，2005年）。

如果备份能力由煤电提供的话，建造一个风力发电厂不一定会导致排放量减少

部署间歇性可再生能源的宏伟计划需要以开发智能电网计划为基础。《全球能源评估》（即将发表）估计，2030年所需零碳能源的份额需达到22%左右，这样才能有至少50%的概率实现不高于工业化前水平2°C的目标。只有最雄心勃勃的技术乐观主义设想才能达到如此高的份额，正如对可再生能源设想的文献综述

所阐明的（Hamrin、Hummel和Canapa，2007年）。技术上最为乐观的国际能源机构设想（IEA ETP tech plus）勉强达到这一水平。其他的包括限制二氧化碳的欧盟世界能源技术展望-2050（WETO-H2）设想，以及绿色和平组织的“革命”设想。在这些设想中，假设确实大胆，需要前所未有的技术进步、国际合作和转让。该评论还表明，根据这些以及甚至不那么野心勃勃的可再生能源设想，预计在2020年以前将达到超过5%的间歇性现代可再生能源全球份额。这将需要某种智能电网来处理负载平衡，而这意味着这些情景计划假设未来10年内在最大经济体中重建现有电网，这是一项特别宏伟的事业（以前的能源转化中相似的事业花费了50多年的时间）。

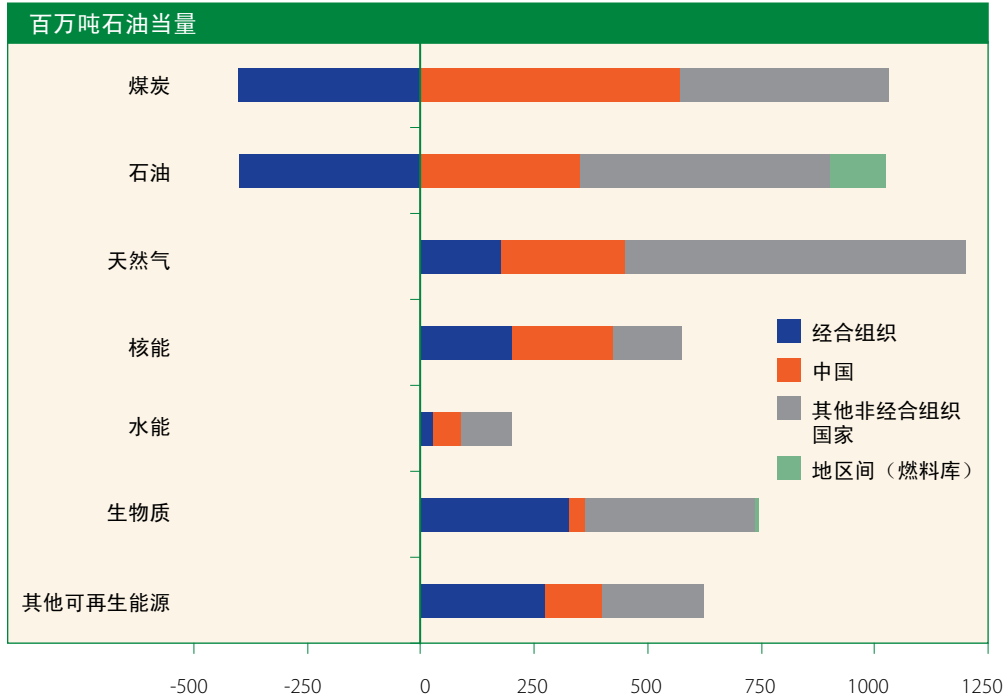
全世界已经宣布的国家计划加起来并不足以实现全球减排目标

国际能源机构（2010年b）介绍了一种“新政策设想”，该设想假定最近宣布的承诺和计划得以实现，包括正在讨论但尚未通过的那些。在该设想中，非经合组织国家对各种能源的需求增加，而经合组织国家中对煤炭和石油的需求减少。就全球而言，新增的一次性能源需求主要针对矿物燃料，这种情况会持续到2035年，即使在这一非常雄心勃勃和乐观的设想中也是如此（图二.7）。这意味着矿物燃料因此会在一次能源组合中保持其核心作用，其份额将从2008年的81%下降至2035年的74%。全球排放量将继续上升，但速度放慢，在2035年达到35 Gt（比2008年的水平高21%）。发展中国家将是上升的主要原因，而发达国家的排放量将在2015年以前达到高峰，随后下降。这将导致温室气体（当量）浓度稳定在650 ppmv以上，可能使得长期气温上升超过3.5°C。换言之，全世界已经宣布的国家计划加起来，再加上2010年在缔约方会议坎昆会议上所商定的，也不足以实现全球减排目标。

转化方面可行的时间标度

Smil（2010年b）对能源转化的全面解释表明，所设想的向非矿物燃料进行的全球转化的规模比过去的转化规模大20倍左右（2010年矿物燃料的使用量约为425 EJ，而1890年传统生物质的使用量是20 EJ）。的确，今天以矿物燃料为基础的能源系统的物理量巨大。有几千个大型煤矿和煤电厂，大约50 000个油田，由至少300 000 km石油管道和500 000 km天然气管道组成的一个世界网络，以及300 000 km的运输线。在全球范围内，现有矿物燃料和核电设施的替代成本至少为15万亿-20万亿美元。仅中国就在2000至2008年新增了超过300 GW的煤炭发电能力，投资超过3 000亿美元，这些要到2030-2040年才能收回成本，可能将运行至2050-2060年。事实上，大多数能源基础设施是最近在新兴经济体部署的，是全新的，一般使用寿命至少为40-60年。显而易见，世界不可能突然决定舍弃15万亿-20万亿美元的基础设施，代之以标价更高的可再生能源系统。与此同时，应该指出的是，对改变现有能源系统的长期激励措施也应是强有力的，尤其是鉴于石油进口商在2007年花费了大约2万亿美元来购买原油这一事实。

图二.7
国际能源机构新政策设想中增加的一次能源需求，2008-2035年



资料来源：国际能源机构（2010年b）。

在全球范围内，现代可再生能源（风、地热、太阳光伏、太阳热能和现代生物燃料）占1990年一次能源的0.45%，2008年一次能源的0.75%，每年平均增长2.9%。在同一期间，这一增长速度大于煤炭（1.6%）、原油（1.5%）和天然气（1.2%）的平均年增长速度。然而，在绝对值方面，现代可再生能源只增长了50 Mtoe，相比之下，煤炭（760 Mtoe）、石油（1 080 Mtoe）和天然气生产（990 Mtoe）的增长数量要大得多。1990至2008年现代可再生能源的增长速度远低于历史上煤炭的扩张（1850至1870年每年5%）；石油的开采（1880至1900年每年8%）以及天然气的生产（1920至1940年每年8%）速度。2008年，现代可再生能源（其中一半是风电）占全球电力生产的3%。

1990至2008年现代可再生能源的增长速度远远低于历史上1880至1900年以石油为基础的能源8%的扩张速度

与此同时，十九世纪末首次使用的内燃发动机和柴油发动机仍在为大约10亿台汽车、卡车、火车、轮船和重型机械提供动力，合计能力约为150兆瓦（TW）（相当于世界能源需求的10倍）（Smil, 2010年b）。若不利用占主导地位的原动力和现有能源基础设施的解决办法，将需要数十年的时间才能在一次性能源组合中取得重大进展。为了在2050年之前使全球能源系统转化为一个几乎无碳的系统，需要采取史无前例的世界性协调措施。

小国、资源丰富的国家或富裕国家能够比大国、资源匮乏的国家或低收入的国家实现更快转化

一些国家更快地实现了能源转化。例如，在荷兰格罗宁根发现巨型天然气气田后，天然气份额从1958年的1%上升至1965年的5%和1971年的50%。葡萄牙

在2005至2010年的短短五年时间就将可再生能源包括水电的份额从17%提高到了45%，并且计划在2011年成为首个创建全国性电动汽车充电网络的国家。然而，必须强调的是，小国、资源丰富的国家或富裕国家能够比大国、资源匮乏的国家或低收入的国家实现更快转化。

加快部署现代可再生能源的一个途径是重建国家电网，以使其智能化并加强跨境的电力互联。要实现目前的宏伟目标需在未来10年内重建世界上大多数电网，这将是另一个绝对史无前例的成就，这并不是说在技术上不可行，而是说其社会和经济成本巨大，并且会转移其他亟需资源，尤其是世界上穷人的资源。

保持在限制范围内

能源计划必须考虑某些类型的限制：

- 生物物理限制：在地球极限内，按照自然法则，什么是可能的？
- 科学技术限制：在技术上什么是可做的？
- 经济限制：什么是负担得起的？
- 社会政治限制：在社会和政治方面什么是可接受的？

在制定能源计划时必须考虑生物物理限制

当能源技术的支持者和反对者就其潜力进行针锋相对的陈述时，分歧往往反映出所考虑的限制的不同类型（MacKay，2008年）。例如，一位太阳能的支持者可能指出，地面吸收太阳辐射的潜能是790 zettajoules（ZJ），约为2010年矿物燃料采掘数量的2 000倍。Smil（2010年b，第110页）指出，“唯有太阳直接辐射这种形式的可再生能源其陆地通量总值不仅远远超过今天对矿物燃料的需求，而且超过21世纪实际上可想象的任何能源总需求水平”。然而，这是生物物理方面可得到的——不是技术上可利用的。排除占世界陆地面积的大约一半的不合适的地方（其特点是日晒弱或难以到达）后，可利用的只有470 ZJ左右。然而，在技术上可能只能利用其中的一小部分，在经济或政治方面可接受的部分就更小了。例如，野心勃勃的《全球能源评估》能效设想假设太阳能光伏、太阳能和太阳热水方面的技术经济潜力为2.6 ZJ。

如果不利用至少某种形式的太阳能，那么在技术上不可能提供今天西欧一般的能源使用量水平。

MacKay（2008年）提供了欧洲、联合王国、美国和世界利用可再生能源的技术潜力的人均估计数。甚至在不考虑任何经济和社会政治限制的情况下，他提供了一个世界低碳能源计划，并且估计除太阳能以外的全球可再生能源的潜力为人均83 GJ左右（表二.3）。换言之，如果不利用至少某种形式的太阳能，那么在技术上就不可能达到今天西欧一般的能源使用量水平。地中海附近荒漠中国家大小的太阳能设施可向欧洲和北非的10亿人供电；美国和墨西哥荒漠中亚利桑那州大小的设施可向北美的5亿人供电。

表二.3
世界可再生能源计划

可再生能源	MacKay(2008年)			Riahi等人 (即将发表)
	技术潜力 (EJ)	人均技术潜力 (GJ)	评论和假设	2050年以前对 《全球能源评估》 设想来说的 技术-经济潜力
风	189	27.4	陆上和海上。绿色和平组织和欧洲风能协会的估计	170
水	28.8	4.11	国际水电协会和国际能源机构的估计	28
潮汐	1.2-2.6	0.18-0.37		..
波浪	3.9	0.57	10%的原始波浪发电转化为50%的效率	..
地热	63.1	9.14	用美国的地热潜力推断世界的潜力	17
生物燃料	284	41	用于生物燃料的世界全部耕地或农田（2700万平方公里）。功率密度0.5W/m ² ，在加工和耕作中损失33%	117+28
非太阳能总计	571	83	以上合计	360
太阳光伏 (PV)	..	..		1 650
聚光太阳能 (CSP)	..	..		990
太阳能总计：太阳热水器、 太阳光伏和聚光太阳能	370 EJ	>54	地中海附近荒漠中国家大小的太阳能发电设施可为欧洲和北非的10亿人供电；美国和墨西哥荒漠中亚利桑那州大小的设施可为北美的5亿人供电	2 640

资料来源：MacKay（2008年）；以及Riahi等人（即将发表）。

注：按照2010年69亿的世界人口对数据进行了转化和调整。

这样一个全球能源计划将对社会经济和生态系统产生巨大影响。例如，利用284 EJ的生物燃料将需要将全世界大约2 700平方公里的农田或耕地用来种植生物燃料，这显然是不可行的。而相比之下，今天全球矿物燃料基础设施对土地的要求不到30 000 km²，大约相当于比利时的大小（Smil，2010年b）。MacKay的数量级估计数阐明了现有技术限制，以及原则上在非同寻常的政治和财政承诺下在技术上能够实现什么。

可再生能源的技术限制主要是技术的空间功率密度、其转化效率以及部署潜力。太阳能达到的空间功率密度比风能高两个数量级，比光合作用高三个数量级。原则上，太阳能能达到与房屋中以及一些较小城市中的需求密度相当的功率密度。然而，工业、高层建筑和大城市（世界人口大都生活在大城市）需要比太阳能提供的更高的功率密度。矿物燃料和核能提供了这样的功率密度，其所显示的功率密度甚至高于高层建筑所需（Smil，2010年a）。相反，为了向城市地区

为了向城市地区供电，风电需要很大的土地面积和电力基础设施

供电，功率密度不到0.5 W/m²的风能或生物质需要很大的土地面积和电力基础设施。事实上，英国和大部分中欧的能源需求足迹大于除太阳以外的可再生能源所能提供的（MacKay，2008年）。

在关于低碳能源技术的潜力的全球辩论中，得到最多关注的是经济限制和可承受性。除了水电（其潜力小但质量高）和风电（质量低）之外，现代可再生能源仍昂贵得多，虽说事实的确如此，但经济限制说到底是一个次要的限制因素，因为凭借政治意愿和特殊努力可以克服这一限制。

社会-政治限制难以克服。事实上，大多数能源技术辩论完全无视相关的社会政治限制。在多元化的民主社会中，“别在我的后院”（NIMBY）态度是一个强大的因素。有一些反对管道、煤电厂、风电厂和太阳能电厂，尤其是核电设施的民间运动。意大利逐步淘汰了核电，德国、瑞典和比利时在某个时间点上做出了淘汰决定。一个极端例子是德国Konrad放射性废物仓库获得许可证花费了25年的时间，包括与将近289 387人公开协商，这些人正式提出了超过1 000个问题。针对电力运输线路和管道也有类似的“别在我的后院”运动。在德国，早在碳捕获和碳存储商业化之前就有了针对碳捕获和碳存储的“别在我的后院”运动（Roehrl和Toth，2009年）。在较为贫困的国家，较高的能源价格一般意味着较高的粮食价格，可能还会导致更加严重的贫困、社会冲突，甚至是骚乱。

欧盟的NEEDS项目量化了欧洲国家使用的能源技术的全部（直接和间接）成本。此外，与决策者们一起开展了一项多标准决策分析（MCDA），向他们提供关于外部效应的全部信息/数据。决策者们对能源技术的偏好等级与直接成本和全部成本大不相同，反映出不同的社会政治偏好（Hirschberg等人，2009年）。不管是在欧洲还是在中国，在对公用事业和决策者进行的多标准决策分析中，此种差异都是一个定论（Hirschberg等人，2006年；2009年）。这样的结果对于清洁能源的全部成本定价办法来说不是一个好兆头，因为制约因素是社会政治方面的而不是技术和经济方面的。

逐步取消矿物燃料补贴是联合国环境规划署（环境署）的提议，但也是20国集团所表达的意愿，这为社会政治限制的重要性提供了另一个例子。2009年，发展中国家占3 120亿美元的矿物燃料消费补贴的大头。其中，石油产品获得了1 260亿美元，天然气获得了850亿美元，火力发电获得了950亿美元，煤炭获得了60亿美元。现代能源获取水平低的国家¹¹中，矿物燃料消费补贴达710亿美元，这些国家中，对住宅用煤油、电和液化石油气（LPG）（有时被称为“穷人用的燃料”）的补贴不到500亿美元（国际能源机构，2010年b）。因此，能源获取问题主要是一个分配问题，而不是可用能源的绝对值问题。国际能源机构估计，为了

在较为贫困的国家，较高的能源价格一般意味着较高的粮食价格，可能还意味着更加严重的贫困、社会冲突，甚至是骚乱

能源获取问题主要是一个分配问题，而不是可用能源的绝对值问题

¹¹ 定义是电气化比率不到90%或者获得清洁烹调设施的比率不到75%的国家。

在最贫困的发展中国家解决这个问题，只要在发展中国家重新分配12%的矿物燃料消费补贴就可以实现普遍获得现代能源服务。

提高能效方面的限制

如上所述，提高能效再加上限制能源消费，在帮助实现全球目标方面有很大潜力。然而，部署和采用更有效的换能器显然障碍重重，要考虑技术和经济方面的限制。克服已知障碍的解决办法是有的，但需要决策者们的长期承诺以及稳定的系统性方式。

必须考虑能效提高方面的技术限制。2005年，全球能量转换（从一次能源到服务）方面的整体效率约为11%（Cullen和Allwood，2010年a）。换言之，如果所有能量转换装置的运行都达到其理论上的最大效率，全球能源需求可降至目前水平的九分之一，同时提供同样的能源服务。说得更实际些，如果假设一个几乎完美的世界，全球一次能源需求可减少73%（或者不到四分之一），同时提供当前水平的能源服务，这主要通过转向被动系统实现（Cullen、Allwood和Borgstein，2011年）。这与总体提高“25%”和“20%”的普遍看法相符（von Weizsäcker、Lovins和Lovins，1998年）。

2005年，一次有效能到最终有效能的转换效率高达67%（燃料损失、发电和分配损失），但最终有效能到可用有效能的转换效率仅为25%（转换损失）。因此，509 EJ的一次有效能只提供86 EJ的可用有效能（以动力、热、冷/光/声音形式及其他非能源形式），而128 EJ损失在燃烧中，173 EJ损失在热传递中，123 EJ损失在电阻、摩擦、裂变即其他与燃料有关的现象中。此外，在将有效能转换为最终服务过程中会发生系统损失（“服务效率”）。¹²

重要的是要考虑整个链条中的能效之和。例如，如果链条中各装置的转换损失仅减少1%（并且进行相应的限制以避免引起Jevons悖论），那么就可以节省全世界475 EJ一次能源的7%，即大约33 EJ——这个数字几乎相当于当时中国的能源需求。在这个例子中，上游（燃料转化和发电）效率的提高仅能节省5 EJ，而下游（最终使用转换装置）效率的提高幅度要大得多，可节省28 EJ（Cullen和Allwood，2010年b）。

Cullen and All word（2010年b）对能源链上终端设备相对于其理论上的理想值的累计全球转化损失进行了估计和排序（表二.4）。该表表明通过电热水器、柴油发动机、电动马达、生物质燃烧器、煤气燃烧器和奥托发动机方面的效率提高将实现最大节能潜力。在照明设备、电子设备和航空发动机方面可能实现。

如果所有能量转换装置的运行都达到其理论上的最大效率，全球能源需求可降至目前水平的九分之一

正是通过电热水器、柴油发动机、电动马达、生物质燃烧器、煤气燃烧器和工厂设备方面的效率提高将实现最大节能

¹² 提供的全球与能源有关的服务包括客运、空运、建筑物、取暖、食物、卫生、通信和照明（Cullen和Allwood，2010年b）。

最小的绝对值增长。换言之，目前重视电灯泡、待机损失和航空发动机方面能源提高的政策预计在全球层面产生不了多大的合力。

表二.4

按各自流径上累计的全球转换损失排序的终端设备

终端设备	效率(百分比)	损失(EJ)
电热水器	7	54
柴油发动机	20	47
电动马达	17	46
生物质燃烧器	6	46
煤气燃烧器	12	41
奥托发动机	12	36
冷却器	2	33
煤炭燃烧器	17	26
石油燃烧器	14	24
热交换器	2	20
光装置	4	17
电子产品	2	16
航空发动机	25	8
其他发动机	18	8

资料来源：Cullen和Allwood（2010年b）。

政策选择和建议

能源技术创新事关重大。这关系到每一个人，并且常常带有很强的政治性。能源技术政策必须全面，并且得到产业政策的支持，尤其是在支持技术寿命周期的市场培育阶段的背景下（第五章）。更重要的是，全球的和国家的能源政策也是发展政策，因此，必须显示出对穷人的特别关心。政府必须进行制度设计，确保以科学为依据对能源技术政策进行实际审查。可以利用各种政策手段，包括经济手段、监控措施以及合作（表二.5）。一揽子最佳政策在很大程度上取决于国家机关、发展阶段、资源禀赋和社会政治偏好，并且将随时间的推移而改变。在设计一揽子政策的时候应进行深入分析，简单规定可能具有相反效果。不过，过去的经验能够为广泛的指导性原则和绩效指标提供启发，分析应以这些为指南（Grübler等人，即将发表；Wilson和Grübler，2010年）。

表二.5
引起可持续能源转化的公共政策措施的例子

类别	类别	例子
经济手段	补贴	汽油补贴 强制上网定价 财政激励 对研发的直接补贴 贷款软化/担保 对面向穷人的公共运输的补贴
	税	汽油税 研发退税 碳排放税
	许可证贸易	碳排放交易市场 可再生能源信贷交易
	政府采购/投资	绿色采购 研发基础设施方面的公共投资 国家对示范项目的出资 政府资助的研发，国家实验室 国家/州资助或管理的风险资本 教育和培训领域的公共投资 科技园区方面的政府投资
指挥和控制措施	标准和条例	生物燃料混合标准 能效标准 可再生能源义务 炉灶标准
	目标和指标	部门能源密集程度指标 温室气体减少指标 能源获取指标
合作	国内	促进合作研发和示范 公私伙伴关系和知识交流
	国际	用于能源获取和清洁技术的官方发展援助 (ODA) 给予特殊集群技术的贸易优惠 关于技术合作的双边和多边协定

资料来源：促进可持续发展世界商业理事会（2011年）。

需要制定综合、战略性和系统性的方式

需要制定综合、战略性和系统性的方式（更多细节见第五章）。与技术有关的个别政策手段的选择必须适合技术以及国家和地方情况。无视技术变革的系统性特征常常导致片面观以及支离破碎的或者甚至矛盾的政策。需要避免过分简单化的

无视技术变革的系统性特征往往导致片面观以及支离破碎的甚至互相矛盾的政策

方式，因为这种方式一般是以传言而不是事实证据为依据。综合方式的共同利益可能是巨大的。例如，在2030年以前使空气污染导致的早亡人数减半以及确保能源安全的成本可降至四分之一，条件是在努力实现这些目标的同时大力采取温室气体减排措施。在2030年以前实现电力和现代煮饭用燃料的普遍获取不会与其他目标相冲突（Riahi等人，即将发表）。

借鉴过去的历史但要当心其无法避免的不连续性

在没有经过试验和测试的漫长形成期的情况下，由政策驱动的新技术的推广和部署可能导致额外风险，并且可能陷入劣质技术的泥潭（Wilson，即将发表）。历史上，与现代可再生能源技术的较低能源质量（间歇性和低功率密度）相比，新能源技术具有性能和质量优势，这导致其过早地被对价格敏感的消费者采纳。矿物燃料资源的限制，再加上外部性定价，可能使得可再生能源更具成本竞争力，但对土地的争夺将限制可再生能源的大规模部署。另外，战胜既得利益至关重要，因为历史上，使创新的国家与落后的国家区分开来的正是政治努力和公共基础设施投资（Moe，2010年）。

通过组合多样化、场景分析以及与技术无关方式和受技术约束方式的均衡混合来控制不确定性

应避免事先挑选技术赢家，应促进广泛技术组合的发展。这样做可防范技术创新的固有不确定后果的风险。不论是在私营部门还是公共部门中，失败都远多于成功。在推广前需要将足够的时间和资源用于试验，以避免过早锁定未达最佳标准的技术和组合（van den Bergh等人，2007年）。

技术组合应代表整个能源系统并考虑所有创新阶段

技术组合应代表整个能源系统并考虑所有创新阶段，以保持各种选择的可利用性，但应避免将技术风险大规模地转移至公共部门。还应注意的是资本密集程度较低，范围较小（例如粒状的）的技术一般整体风险较低。可利用情景分析，通过查明“可靠的”技术组合来防范风险。在这种情况下，应考虑仔细平衡与技术无关的政策（例如碳税）和受技术约束的政策（例如强制上网定价），以及短期和长期政策目标（Sandén和Azar，2005年）。

遵循促进利基市场中高效创新的政策

应优先重视旨在创造基于优质技术的利基市场的政策，以使其在积累经验的初步发展阶段避开充分的商业竞争（Schot和Geels，2008年）。目前，只在少数明显的利基中，高成本的终端用户可能被说服为环境公益买单。¹³ 历史证据支持利基

¹³ 一些例子是：无燃料投入（远程离网应用中的太阳能光伏）、安静运行（潜水艇中的核电）以及储存能力（用于网络备份的燃料电池）。

市场方式，并说明了与旨在降低单位成本的“买跌”学习曲线努力有关的实际问题。新技术可能不需要补贴，条件是尽管成本要高得多，但其显示的性能高。

遵循稳定、可靠、协调和正合时宜的创新政策

与以应变政策为主要特征的现有做法相比，关于创新系统的方向和轮廓稳定的和一致的预期是必要的，这样才能让创新的参与者投入资源（Bosetti和Victor，2011年）。需对创新政策进行协调，这需要在技术的整个生命周期提供一贯支持，但在大多数国家不协调似乎是通病。¹⁴动态技术标准可能是有效的，正如日本针对节能设备的“领跑者方案”所证明的。重要的是为技术方案选择切合实际的目标，并控制创新系统参与者的预期，因为过去的方案常常失信于人，原因就是没有实现其过于宏大的目标。更重要的是，应避免不恰当地压缩形成阶段和支持过早推广的政策，正如目前在促进碳捕获和碳存储方面所采取的方式一样。

应避免不恰当地压缩形成阶段和支持过早推广的政策

终端技术创新至关重要

需要增加用于极其节能的终端技术方面的公共创新支出。过去对此种技术的支持证明是具有成本效益的和成功的，投资产生了很高的社会收益（Fri，2003年）。在全球范围内需更加重视提高最终使用能效，并辅之以行为改变和对能源、土地、水和物质使用的限制。

一项全球性的“领跑者方案”

应考虑一项遵循日本的“领跑者方案”的基本原理的全球性方案。这样一项方案将促进国家、社区和个人间的合作，以实现减少一次能源的使用和温室气体的排放。特征相似的群体中业绩最好的将依次为下一阶段设定落后者将尽力达到的标准。例如，日本可能为设定标准和指标的领跑者，而在最终使用能效方面处于技术领先地位的其他经济体将达到这些标准和指标。其他例子可能包括对使用运输服务方面的高耗能模式负有责任的商人或者高收入的住房拥有者。

此外，该方案还可力求实现个别的一次能源使用目标和温室气体排放目标。鉴于已经指出的快速进行可持续能源转化的技术限制，也许需要制定能源使用和排放量的人均最高限值，以应对挑战。上述分析显示人均70 GJ的限值似乎是一个在2050年以前实现的合理的长期目标。该限值相当于目前中国的人均一次能源使用量和世界的平均水平（图二.8）。然而，应注意的是，建议的是与环境影响关系最大的一次能源（而不是最终能源）的限值。事实上，合理限制一次性能源的使用可有力地刺激能效的提高，并且可确保在减少一次能源使用量的情况下继续提供更多更好的能源最终使用方面的服务。

合理地限制一次性能源的使用可有力地刺激能效的提高

¹⁴ 例如，矿物燃料补贴危及对低碳技术的支持，需求上升阻碍了运输领域的效率提高。

在有环境意识的西欧社会，例如丹麦社会，人均一次性能源的消耗量约为150 GJ。随着能效的提高，再加上为尽量减少反弹效应而采取的措施，该数字可降至70 GJ的目标值。对美国来说，这方面的挑战要大得多，美国目前的人均使用量是340 GJ。这样一个限值仍将给印度等贫困国家的能源需求增长留下很大空间，印度的人均使用量仅为15 GJ。在理想的情况下，按照个人公平的原则，作为平均数，70 GJ这一人均一次性能源使用量目标将适用于个人，而不是国家。国家之间的能源使用量差异巨大，世界上最富有的5亿人（世界人口的7%）使用了全部一次性能源的一半以上，这些人有的生活在发达国家，有的生活在发展中国家（Pacala, 2007年）。根据个人公平的原则，在国家间分担负担与在国家平均数的基础上分担负担大不相同，最贫困的国家除外，不论采取哪种方式，因为它们几乎都没有此义务。

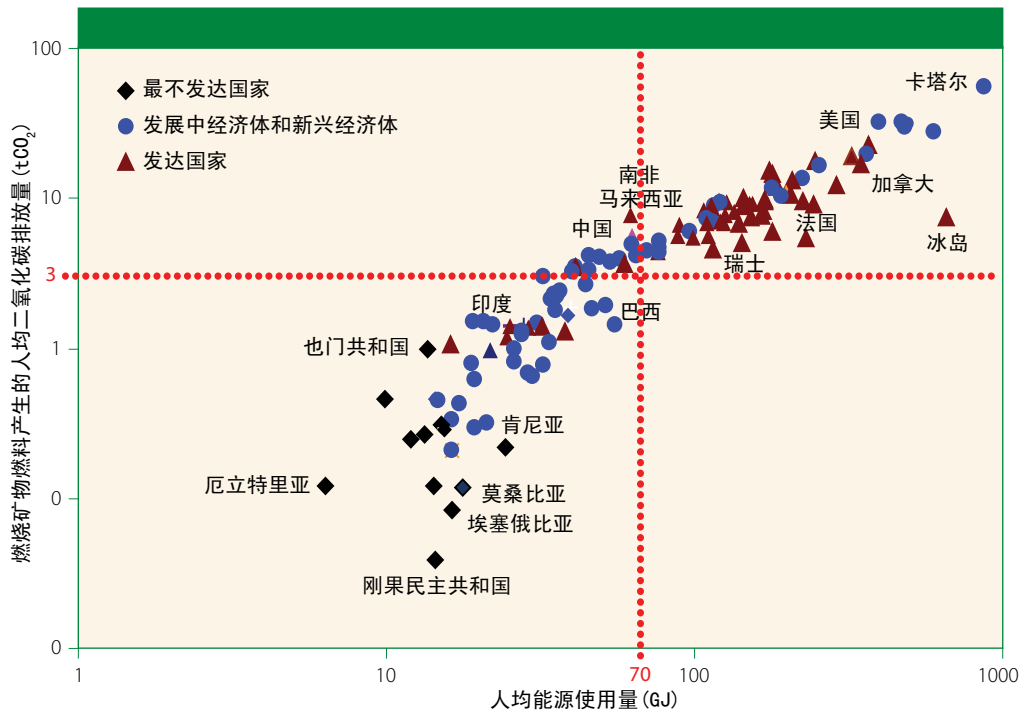
能效提高和一次能源使用量降低将在很大程度上化解高耗能经济体快速脱碳需要所带来的压力

能效提高和一次能源使用量降低将在很大程度上化解高耗能经济体快速脱碳需要所带来的压力。事实上，本章提供了广泛的证据，以说明在不限制一次能源使用量的情况下，全球能源以期望的速度实现向低碳和可再生能源转化为什么可能证明是不可能的。最近关于2050年以前如何在丹麦实现100%的可再生能源系统的一项研究得出的结论是，只有将一次性能源法人使用量减半至人均70 GJ才能实际达到这样一个预期结果（Lund和Mathiesen, 2009年）。

与人均能源使用量目标密切相关的是2050年以前要实现的3 tCO₂这个个人二

图二.8

国家人均温室气体排放量与人均用电量的对比，某些国家和地区



资料来源：世界银行，世界发展指标，2011年。可查阅<http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators>。

氧化碳排放量限值。¹⁵理想情况下，这样一个限值同样是基于个人公平而不是国家间的公平。从2007年至2030年，这样的限制只涉及人均年收入超过40 000美元的人（按购买力平价计算）。2007年，60个最贫困国家和地区的与能源有关的人均二氧化碳排放量的平均数¹⁶不到1 tCO₂；相比之下：越南和印度1.4 tCO₂；巴西和印度尼西亚1.9 tCO₂；埃及2.3 tCO₂；毛里求斯和法属波利尼西亚3 tCO₂；瑞士、瑞典和中国5 tCO₂；法国和委内瑞拉（玻利瓦尔共和国）6 tCO₂；冰岛和意大利7.7 tCO₂；德国、日本、俄罗斯联邦和大韩民国10 tCO₂；美国和澳大利亚19 tCO₂；文莱达鲁萨兰国20 tCO₂；卡塔尔高达55 tCO₂（美国能源部，二氧化碳信息分析中心，2011年）。

在重要的全球设想中，《全球能源评估》的混合设想似乎大致符合这里所提议的重点和目标。该设想预计2010年至2050年全球与能源有关的投资累计为65万亿美元，即每年约1.6万亿美元。其中约23万亿需用于提高效率，12万亿用于智能电网（传输和分配），8万亿用于可再生电力，合计4万亿美元用于煤电厂和核电厂。矿物燃料开采需13万亿美元，与生物质有关的技术部署需2万亿美元（Riahi等人，即将发表）。

2010年至2050年全球与能源有关的投资需为65万亿美元，即每年约1.6万亿美元

通过独立的能源系统分析中心进行“现状核实”

理论上，政策制定者可以规定与技术无关的性能指标，以避免偏向任何特定技术。他们仍可参与创新周期的所有阶段，以确保一致性和延续性，但将把资源集中于研究、开发，可能还有示范。实际上，大多数国家已经在直接或间接参与挑选赢家。在能够利用现有技术的晚工业化国家，关于这些技术的现有信息将减少与投资具体部门有关的不确定性。这使得发展中国家以合理的成本获取与技术有关的信息并且不受私人知识产权或垄断做法的不当制约变得尤为重要。即使是在发达国家，挑选胜出技术的做法也被认为是不可避免的。重要问题是应由谁来挑选，以及如何挑选。一般说来，政策制定者最好应把重点放在制定广泛的政策目标而不是详细的技术问题上。为了协调复杂的、相互依存的能源系统的各个部门的众多参与者的行动，战略性长期规划至关重要。市场可以在一定程度上起到协调作用，但从未设计出可有效协调全球能源系统向实现全球政策目标发展的市场。

实际上，大多数国家已经在直接或间接参与挑选赢家

¹⁵ Pacala（2007年）建议在未来50年将“公平的”个人二氧化碳排放量限值降至3.6 tCO₂，以实现将浓度稳定在450 ppmv的目标。然而，考虑到气候变化预计的不确定性，并且应用审慎原则，将目标设为2050年以前人均3 tCO₂将确保可以足够高的概率实现稳定化目标（Jonas等人，2010年）。

¹⁶ 所有排放量估计都是以生产为基础的。只有联合王国拥有基于消费的温室气体排放量的可用数字。

在大多数发展中国家，政府继续直接或间接地“管理”能源系统（一些自主的独立的电力生产除外）。能源和经济规划单位一般对政府计划和目标进行深入评估。虽然，在理论上，能源计划将建立在其独立评估的基础上，实际上，能源规划单位并非总是独立的，评估不是遭到扭曲以支持政策决定就是被丢弃一边。

学者们进行的能源评估
不一定是独立的

在实现了能源市场自由化的国家，政府也直接（例如通过强制上网定价或可再生能源标准）或间接（例如通过制度设计）挑选赢家。这些国家一般早就取缔了规划单位，分析由学术机构进行，近来则由监管者进行。然而，学者们进行的深入的能源评估不一定是独立的，因为他们的资金一般来自政府、行业协会或说客们提供的预算外资源。此外，监管者（一般）只负责能源系统的次级组成部分（例如，电力市场），有自身的战略利益。

因此，无论市场自由化程度和发展阶段如何，政府可考虑设立完全独立于世界的能源系统分析中心，确保核实现状，调整政策和倡议。通过参与全球网络，这些中心还将促进全球一致，以及与绿色增长和可持续发展愿望的协调。一个生态效益目标的全球分级可能是使协调系统化的一个简单办法。

不能一刀切

由于其本身的性质，能源政策干预将导致结构性的经济变革。能源政策一般还会对分配产生巨大影响，使一些产业和家庭类型得到比其他产业和家庭类型更大的好处。国家不同，与可持续能源转化有关的所需结构性变革的程度和性质也会有很大不同。因此，对分配的影响也会不同。

较为贫困和脆弱的国家
需要得到国际社会的更大支持

可持续能源转化为发达国家和新兴发展中国家提供了重要的经济机会，但给较为贫困和脆弱的国家带来了更多的发展挑战，它们需要得到国际社会的更大支持。

表二.6极其格式化地展示了对按收入水平和净燃料出口者或进口者身份分类的国家组的潜在影响。显然，全球和国家范围内的分配影响将取决于一系列因素，例如对矿物燃料进口和出口的依赖程度、当地技术能力建设对预期经济增长的影响以及国家在工业化努力中吸引新技术生产的机会。评估这些挑战和机会对福利和分配的影响并非本《概览》的目的。不过，在设计全球和国家政策时需充分考虑此种影响。

重要的新兴经济体拥有
广阔的能源技术市场的事实为当地的技术能力建设和产业能力升级提供了机会

重要的新兴经济体拥有广阔的能源技术市场的事实为当地的技术能力建设和产业能力升级提供了机会，正如中国的情况一样。日晒充足、石油资源丰富的国家也有大量机会实现其产业基础的多样化和利用现有石油基础设施（例如，通过制造和在靠近现有石油设施的荒漠地区部署太阳能反应器，以及将二氧化碳和水转化为汽油的反应器）。

表二.6

按国家组列示的可持续能源转化的程式化的潜在影响

驱动因素	国家组					
	低收入		中等收入		高收入	
	石油/ 商品出口者	石油/ 商品进口者	石油/ 商品出口者	石油/ 商品进口者	石油/ 商品出口者	石油/ 商品进口者
能源进出口账 (石油价格和数量)	预计无明显变化, 因为主要是中等成本的生产者	进口帐较少	预计无明显变化, 因为主要是中等成本的生产者	进口帐较少	对高成本生产者(例如, 在北海地区、加拿大)来说出口收入减少, 对低成本生产者(中东)来说无明显变化	进口帐较少
经济增长对地方技术能力建设的影响	可以利用最近的石油/商品收益来实现绿色技术的多样化。与新兴经济体竞争的巨大挑战	无论如何挑战都很严峻	由于市场快速发展, 成本相对低廉, 有可能在“绿色”技术开发和生产中发挥牵头作用	与现有石油基础设施相关的绿色技术利基市场中的多样化机会的相关挑战; 例如, 在日晒多的地方; 以及为提供合成汽油的目的开发和部署太阳能反应器	非工业化和与转型无关的境外生产带来的持续挑战。能够利用研究来保持技术领先地位吗	
制造、工业化和非工业化(例如境外生产)						
与政策有关的市场(例如, 碳排放交易)	取决于市场设计的详细情况					
贫困、就业和社会影响	国家间的分布取决于许多因素(例如, 气候脆弱性)。国内分布取决于国家的社会经济政策和措施					
污染影响分布不均						

资料来源: 联合国经社部。

可持续能源转化给在当地技术能力建设方面面临更多障碍(包括市场规模小)的最贫困国家带来了挑战。工业化经济体将继续面临非工业化和境外生产的挑战, 这些趋势与可持续能源转化无关, 其主要机会在于利用其高度发达的研究能力以维持在技术密集细分市场中的技术领先地位。

目前, 在新技术创新的情况下将大大增加这些机会, 因为成熟技术的市场和知识产权由发达世界的公司所控制

第三章

开展真正的绿色革命以实现粮食安全

概 要

- ◆ 最近的粮食危机揭示了全球粮食系统更深层次的结构问题以及在农业领域增加资源和促进创新以加快粮食生产的必要性。到2050年，粮食生产不得不增加70%到100%，以解决日益增长的人口的吃饭问题。以现有的农业技术、做法和土地使用模式，不可能在不进一步增加温室气体排放、水污染和土地退化的情况下做到这一点。由此导致的环境损害将阻碍粮食产量的增加。
- ◆ 实现可持续粮食安全将为消除饥饿和营养不良，缓解粮食价格波动和保护环境提供长期解决办法。然而，这需要彻底改变现有政策——这一改变将导致目前零碎的创新制度得到加强，并增加用于农业发展和可持续资源管理的资源。
- ◆ 主要挑战是改变激励结构以推动和促使小农场主发展可持续农业。有证据表明，对于大多数作物来说，最理想的农场是小规模的，正是在这一级别上可以最大限度地实现可持续生产力增长和农村减贫。

全球粮食危机

价格上涨引发了2007-2008年粮食危机，2011年，粮食价格飞涨再次出现，暴露了全球粮食系统的可持续性及其提供充足和负担得起的粮食的能力所受的严重威胁。为了应对在未来几十年里扩大粮食生产以养活世界人口的挑战，农业领域需要重大转变。1960年代和1970年代所谓的绿色革命促进了世界农业生产力的提高，但同时未能对自然资源加以可持续地管理，也没有促进世界上许多穷人的粮食安全。当今世界需要在农业领域开展真正的绿色革命——这样一场革命有助于推动技术创新，目的是通过更广泛的支持农业发展的措施中所包含的在环境方面可持续的自然资源管理，大幅提高小农场主的生产力。

最近的全球粮食危机暴露了粮食安全所受的长期威胁

持续的粮食不安全

由于2007-2008年粮食价格暴涨以及随之发生的经济危机，2009年，全球营养不良者的人数超过了10亿人，这对世界经济、社会和政治稳定构成了威胁。尽管随着经济的复苏，2010年饥饿人口的人数和比例有所下降，尤其是在亚洲，但

全世界有将近10亿人营养不良……

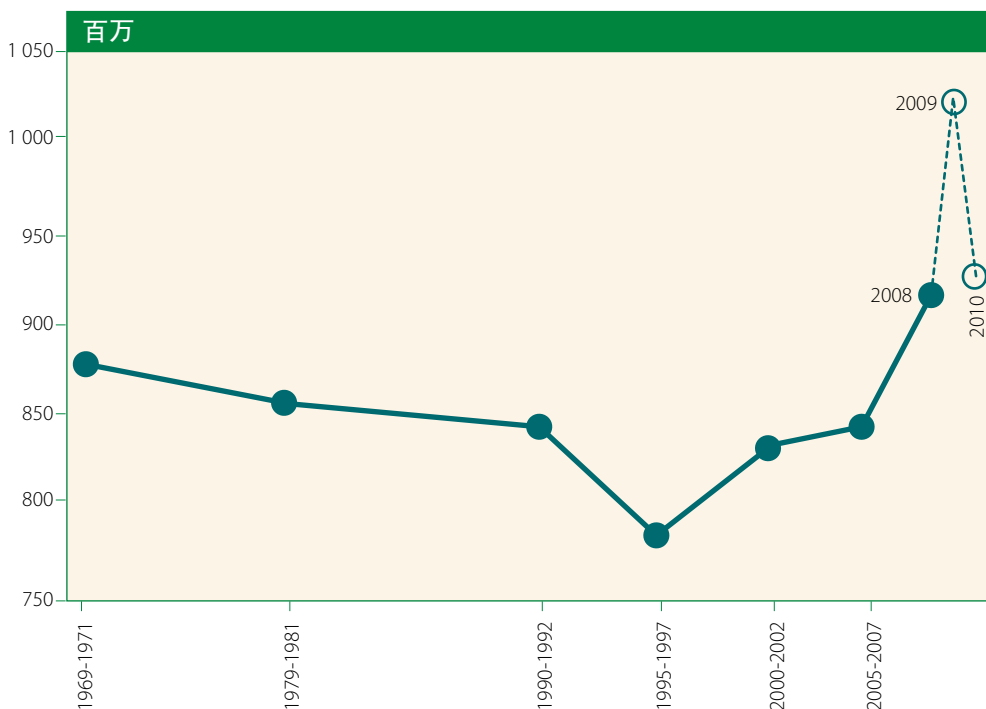
这些数字仍高于危机前水平，那时有9.25亿人营养不良（联合国粮食及农业组织，2010年a）（图三.1）。

……三分之二生活在
7个国家

《世界粮食首脑会议行动计划》（联合国粮食及农业组织，1996年）认为，“如果所有人在任何时候都能实质上负担得起充足、安全和有营养的食物来满足其饮食需要和食物偏好，过上积极健康的生活时”（第1段），即实现了粮食安全。因此，根据这一定义，营养不良是粮食不安全的关键指标。世界上营养不良者绝大多数（98%）生活在发展中国家，其中三分之二集中在7个国家（孟加拉国、中国、刚果民主共和国、埃塞俄比亚、印度、印度尼西亚和巴基斯坦）。大多数饥饿者（5.78亿）生活在亚洲和太平洋地区，但撒哈拉以南非洲地区所占比例最大（30%，即2.39亿人）（图三.2）。

虽然各国进展情况不同，但作为一个群体，发展中国家没有更接近世界粮食首脑会议上确立的粮食安全目标：1990-1992年至2010年营养不良者的人数上升了将近10%。¹

图三.1
全世界营养不良人口，1969-2010年

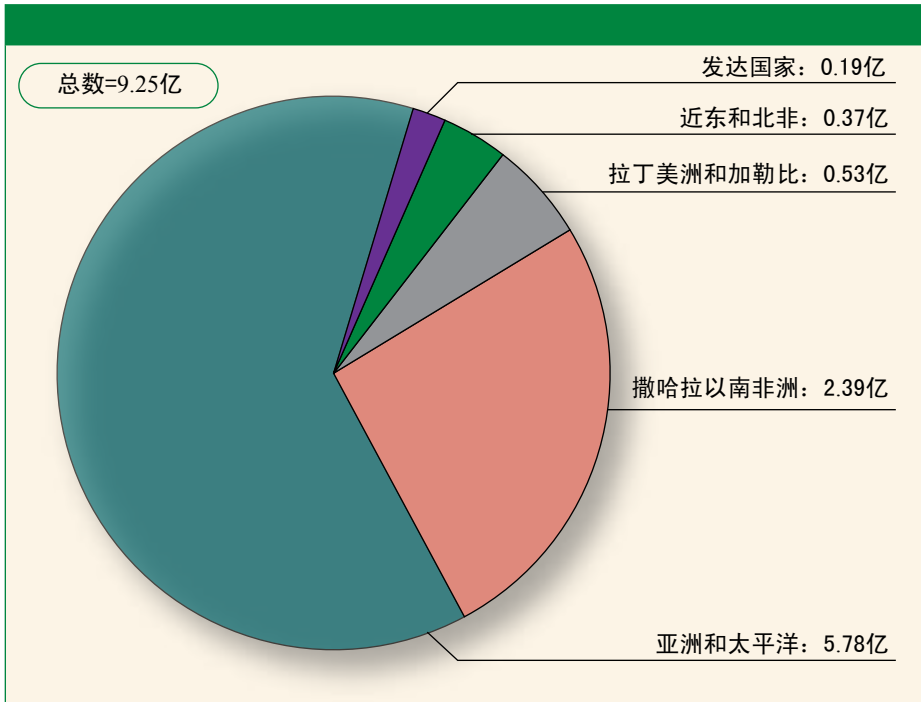


资料来源：联合国粮食
及农业组织
(2010年a)。

注：当卡路里摄入低于
最低食物能量要求时会
出现营养不良的情况，
最低食物能量要求是轻
微活动和可接受的最低
身高体重比所需的能量
数。它随国家和时间而
变化，并取决于性别和
人口的年龄结构。

¹ 1996年世界粮食首脑会议上商定的承诺包括要求至少在2015年以前将世界营养不良者的人数减半（联合国粮食及农业组织，1996年，第7段）。

图三.2
各区域的营养不良人口，2010年



资料来源：联合国粮食及农业组织。可查阅<http://www.fao.org/worldfoodsituation/wfs-home/foodpricesindex/en>。

在被认为面临“长期粮食安全危机”的22个国家，营养不良者的人数超过了1.65亿（约占世界总数的20%）。科特迪瓦的营养不良者所占比例不足15%，在刚果民主共和国则几乎达到70%（联合国粮食及农业组织，2010年a）。

2007-2008年世界粮食价格飙升的影响

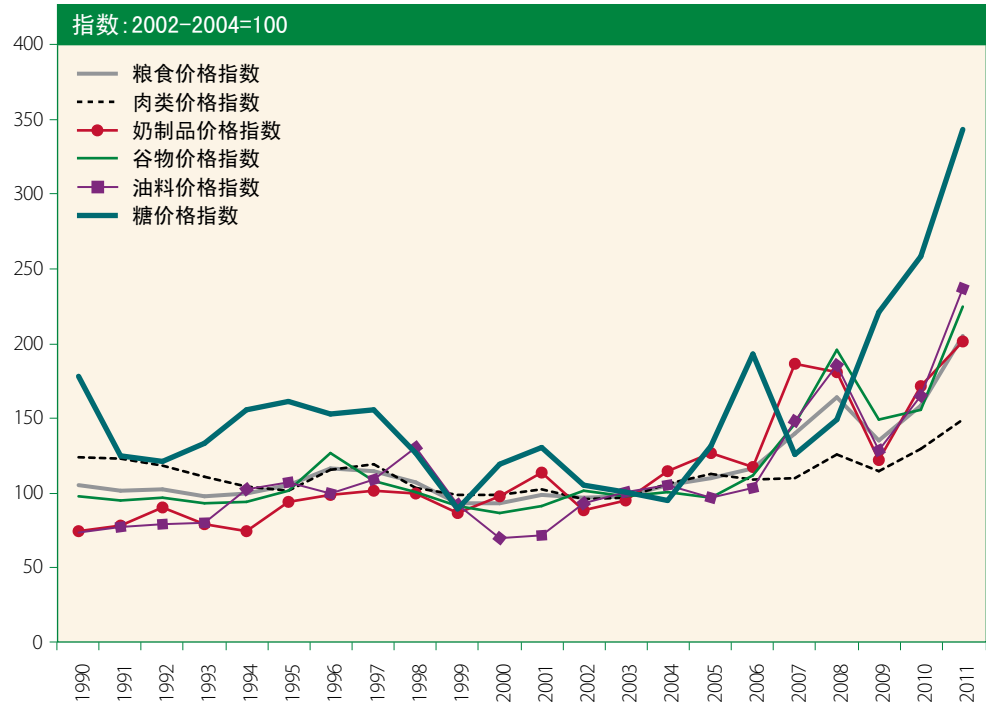
2007-2008年期间，世界粮食价格出现暴涨。2006到2008年，玉米、小麦和大米的价格翻了一番多。2008年末，粮食价格出现回落，但随后出现反弹，到2011年2月创下高价新记录（图三.3）。尽管证据相互矛盾，但最近价格的上涨似乎还伴随着波动的加大，导致不确定性上升，从而阻碍了在人力资本和物质资本、技术以及创新方面的投资（联合国粮食及农业组织，2009年a）（图三.4）。

2007-2008年的粮食危机对生活条件产生了严重影响，超过30个国家爆发的骚乱证明了这一点。有证据表明，由于2007-2008年能源和商品价格上涨，41个国家的国内生产总值（GDP）减少了3%至10%（世界银行，2008年a）。粮食价格上涨对那些将收入的50%到70%用在粮食上的穷人产生了尤为不利的影响（von Braun，2009年）。由于粮食价格高涨，估计2007-2008年期间穷人的数量增加了1亿，2010年下半年增加了近5 000万（世界银行，2008年b；2011年）。

2007-2008年粮食价格危机后，贫困人口的数量估计增加了1亿

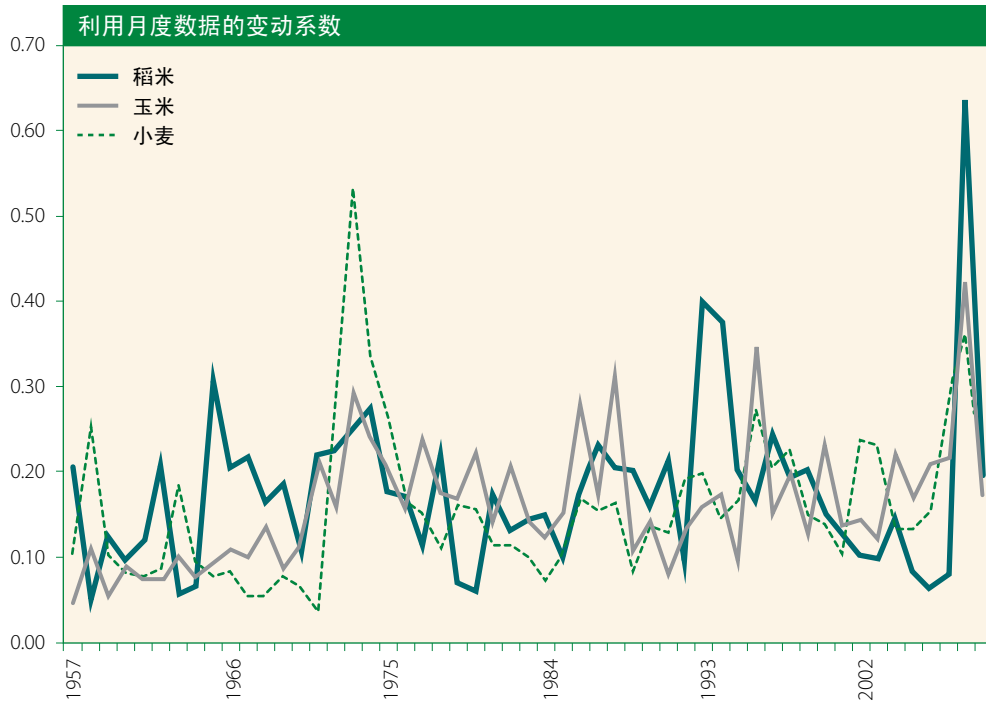
全球粮食价格反弹，2011年创下新高

图三.3
实际粮食价格指数，年度平均数，1990-2011年



资料来源：联合国粮食及农业组织。可查阅<http://www.fao.org/worldfoodsituation/wfs-home/foodpricesindex/en>。

图三.4
谷物名义价格的年化波动，1957-2009年



资料来源：经济合作与发展组织和联合国粮食及农业组织（2010年）。

价格上涨的影响本质上取决于国家的经济结构、部门联系、贸易地位、贫困水平以及饮食多样化情况（Rapsomanikis, 2009年）。尽管价格上涨对提高生产力是一种激励，但由于没有资金、农业投入物、市场和技术，许多小农场主无力应对这种情况（联合国, 2008年a）。不过，在净生产家庭所占比例大的发展中国家，粮食价格高企推动了对农业劳动力的需求和收入的提高（Chant、McDonald和Vershoor, 2008年）。虽然印度、中国和印度尼西亚等国家通过限制大米和其他作物出口控制了国际粮食价格升高对国内的影响（Timmer, 2009年），但最近一次价格暴涨（2010–2011年）的证据表明，国内和国际粮食价格的趋同趋势加大，鉴于最近全球价格急剧上升，这令人感到担忧（Ortiz、Chai和Cummins, 2011年）。

粮食价格危机的原因

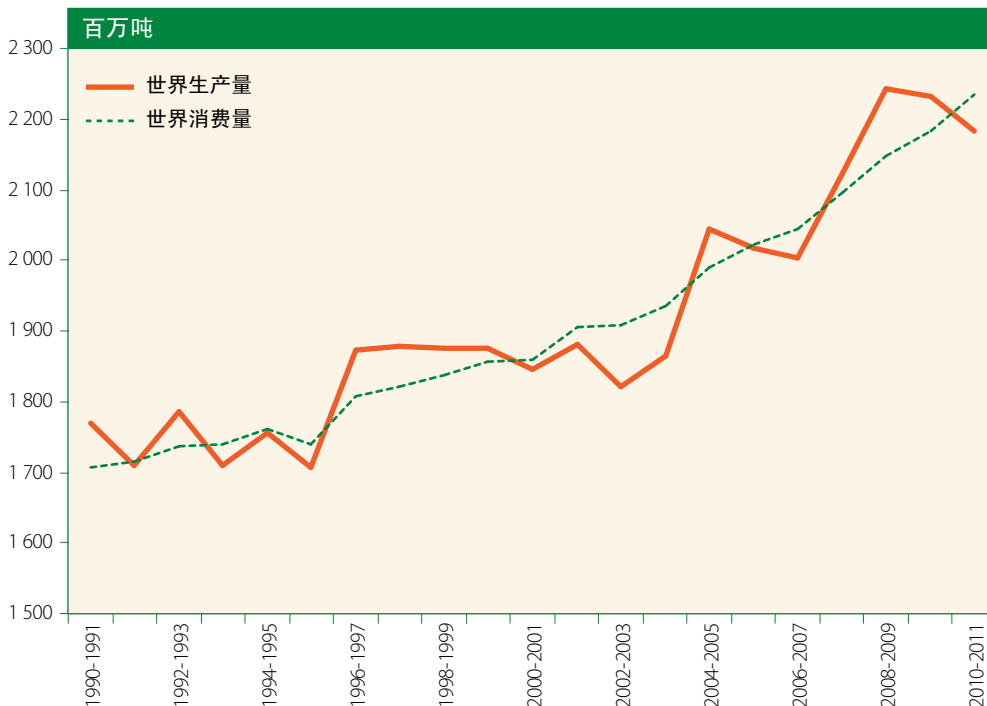
世界粮食危机是需求危机和供应危机叠加的结果（例如，2006–2008年，世界谷物产量低于消费量）（图三.5）。

需求方面的原因

过去20年里，全球人口持续增长，特别是在发展中国家（见图O.1(a)），同时，人们收入也在增加，尤其是在东南亚，这不仅增加了食品消费，还改变了饮食模

富人日益增多、商品投机、贸易政策和美元贬值推高了粮食价格

图三.5
世界谷物产量和消费量，1990–2011年



资料来源：美国农业部生产、供应和分配数据库。

式，对动物蛋白（以及因此对粮食）的需要增加就反映了这一点。在过去10年里，中国和印度的肉类消费分别增加了约25%和140%（女王陛下政府，2010年）。

2008年，用以标价大多数食品的美元的大幅贬值也加剧了价格的上涨。联合国粮食及农业组织（粮农组织）估计，美元每贬值1%，农业商品的价格就会上升0.3%到0.8%（Sarris，2009年）。此外，政府试图通过贸易保护措施使国内市场不受国际粮食价格飙升和预期的粮食短缺的影响，这进一步提高了全球价格水平及其波动程度。粮食价格持续高企和波动也被认为是最近商品期货市场上金融投机显著加剧的结果（Gilbert，2008年；联合国，2011年）。

供应方面的原因

争夺土地、气候条件、生物燃料政策、能源价格高企以及农业生产和投资方面的结构性问题是供应方面的因素

由于土地退化以及其他用途的竞争，如城市发展和生产非粮食作物，可用于粮食耕种的土地减少了。砍伐森林的主要驱动因素是对农业用地的争夺，在非洲是为了自给农业，在拉丁美洲为了进行大规模家畜养殖和大豆种植（Stern，2007年）。此外，外国投资者越来越多地购买农田，导致偏好出口产品而不是国内粮食生产。2009年，估计外国人购买了发展中国家5 600万公顷的土地，比前10年增加了10倍，其中三分之二是在非洲，并且有时涉及有争议的“抢地”行为（Deininger等人，2010年）。

2005-2006年，包括澳大利亚的干旱在内的不利天气条件可能与气候变化有关，导致庄稼歉收，并造成价格上涨压力（联合国粮食及农业组织，2008年）。同样，俄罗斯联邦和乌克兰的有害气候现象，尤其是最近的热浪，被认为是最近国际价格飙升的主要推手（世界银行，2011年）。

尽管仍存在争议，但造成2008-2009年粮食危机的最重要的影响因素可能是将一部分粮食产品用于生产生物燃料（Mitchell，2008年；联合国粮食及农业组织，2009年a）。2007年，仅乙醇工厂就占当年世界玉米新增用量的四分之三，占玉米总产量的12%。在美国，国内供应的玉米三分之一用于乙醇生产，生物燃料部门占欧洲联盟（欧盟）菜籽油产量的约60%（联合国粮食及农业组织，2009年a）。美国和欧盟的生物燃料生产得到国家补贴和税费的支持，2007年，发达国家在这些补贴上的支出为110亿美元（联合国，2008年a）。那些试图说明生物燃料需求对世界粮食价格影响的研究结论大相径庭，认为该需求对2007-2008年粮食价格飙升的影响从15%到70%不等。粮食与燃料的直接竞争导致出现了支持不与粮食竞争的新一代生物燃料的呼声（Vos，2009年）。

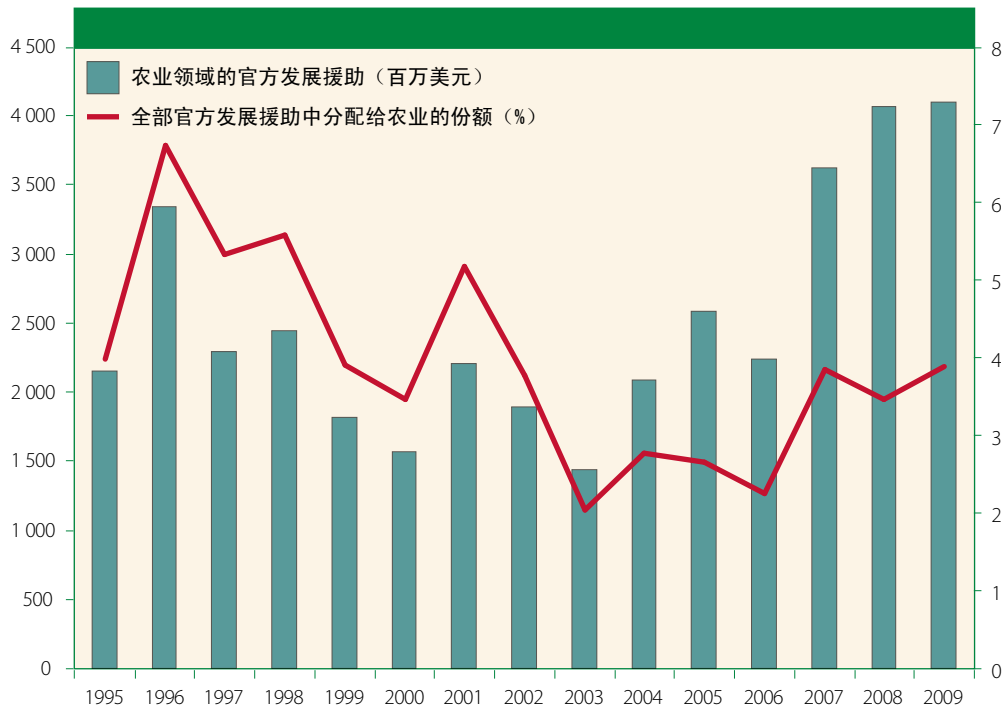
2007-2008年，由于石油价格上涨，导致肥料、运费和其他粮食生产成本上升，并且刺激了扩大生物燃料的动机。结果，粮食价格上升，波动幅度加大（联合国，2008年a）。

若干阻碍粮食生产扩大的结构性障碍已经查明，包括农业投资减少，其原因包括公共投资减少以及早期粮食价格偏低（联合国，2008年a）。全部官方发展援助中，分配给农业的份额从1978年18%的最高点下降至2009年的4%，专门用于农业的官方发展援助在1990年代大幅减少（联合国，2008年a）（见图三.6）。在这种情况下，国际货币基金组织（基金组织）、世界银行以及其他机构因为以实施损害粮食自足和增加进口的政策（例如放弃肥料补贴和偏向经济作物）为条件提供国外援助而受到批评（Stiglitz，2002年）。与此同时，捐助国继续参与向生产者和消费者提供扭曲的农业补贴（2008年经济合作与发展组织的支出为3 760亿美元），损害了发展中国家农民的竞争力（联合国，2010年b）。

上文研究的各种错综复杂的因素导致了全球粮食危机。在这种情况下，全世界营养不良者的人数（10亿）与吃得过多的肥胖者的人数相当。最近几十年里，尽管农业生产率持续增长，且一般说来食物价格低廉，但全世界的饥荒状况仍在加剧，这一现实令人对全球粮食分配系统的效率产生强烈质疑（Godfray等人，2010年a）。此外，75%到90%的主要粮食品种是在当地生产和消费的，这说明世界面临着局部地区长期粮食不安全状况扩散的前景（联合国贸易和发展会议，2010年）。

世界面临着局部地区长期粮食不安全状况的扩散

图三.6
分配给农业的官方发展援助的总额和份额，1995-2009年



资料来源：经合组织统计摘要。

粮食危机的对策

全球粮食价格攀升促使国际社会承诺提供200亿美元的外部援助

面对粮食价格飙升，国内和国际层面立即做出政策回应。例如，2008年在北海道洞谷湖举行的8国集团首脑会议上，捐助者们承诺提供100亿美元的官方发展援助，用于与饥饿作斗争（8国集团，2008年）；2009年在意大利安奎拉举行的8国集团首脑会议上，捐助者们承诺在3年的时间里提供200亿美元，用于以可持续的方式解决粮食不安全问题（8国集团，2009年）。

在国家层面，各国反应不一，采取的政策措施各种各样，主要是短期措施，包括降低进口关税，价格控制、出口限制、减少库存、制定粮食方案、新的生物燃料政策以及商品期货市场监管（经济合作与发展组织和联合国粮食及农业组织，2010年）。一项评估10个新兴经济体的此种应对措施的研究表明，作为应对粮食短缺的紧急措施，提供有针对性的安全网具有重要意义。虽然贸易保护和建立粮食库存可在短期内增加国内粮食供应，但同时，这种措施被证明代价不菲，且由于其限制了国际市场上的粮食供应，对维持粮食高价起到了推波助澜的作用（Jones和Kwiecinski，2010年）。

不可持续的自然资源管理对粮食安全和环境均构成威胁

农业领域使用的技术导致了不利的环境后果……

一系列基本的自然资源（如土地、水、空气和生物多样性）为人类赖以生存的基本产品和服务的生产提供了不可或缺的基础。在过去半个世纪里，自然资源可利用率的下降速度超过历史上任何可比时期，原因主要是人类以农业活动的形式干预环境。尽管这些活动对生产和提供粮食、饲料和燃料至关重要，但却造成了不利的环境和社会经济后果，例如土地退化、水污染、气候变化、生物多样性丧失、长期生产力下降、贫困、移徙和不健康（《农业知识、科学和技术促进发展国际评估》，2009年）。

环境影响

……包括自然资源消耗严重

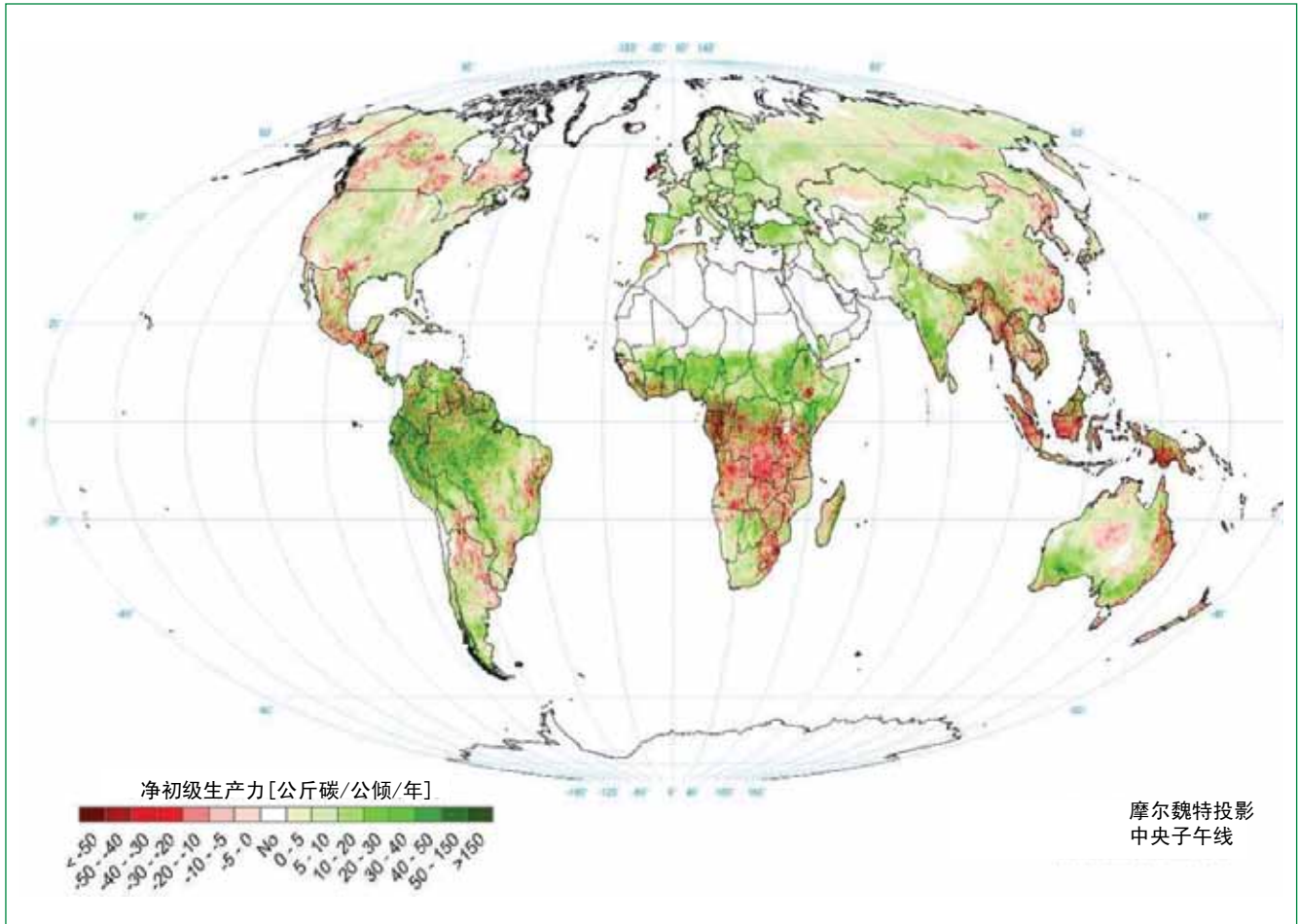
土地退化是世界最大的环境挑战之一，有可能会造成社会不稳定，并危及粮食安全，加重贫困（《千年生态系统评估》，2005年）。土地退化的定义是生态系统功能和生产力长期下降，造成土地退化的主要原因是土地和水管理不善，包括过度耕作、过度放牧、砍伐森林和灌溉不当（Berry、Olson和Campbell，2003年）。

世界上将近一半的土地都在退化

在世界许多地区，土地退化正在加剧，无论从严重程度和范围来说都是如此，世界约40%的土地都退化了（25%是在过去25年里退化的），估计有15亿人直接依赖于农业（Bai等人，2008年）。图三.7描述了1981–2003年期间全球土地生产力（在固定二氧化碳方面）的改变。²退化区域主要位于：赤道以南非洲地

² 用以衡量土地退化的是以净初级生产力计量的归一化差异植被指数的变化。净初级生产力是植被固化大气中的二氧化碳程度，要减去呼吸损耗；偏离标准植被用作土地退化或

图三.7
全球初级生产力净值的变化，1981-2003年



资料来源：Bai等人（2008年），图2。

区、东南亚和中国东部、澳大利亚中北部、南美大草原以及西伯利亚和北美的北方森林带（出处同上）。

土地变化对气候、生物多样性、水生态系统、地貌及其他生态系统服务产生不利影响（见表三.1）。虽然农业是造成气候变化问题的一个很大原因，但也容易受到气候变化效应的影响。由于温度、降水和气候变异性方面的改变影响种植季节的时间选择和长度以及产量，从而加剧土地退化和水荒，气候变化在许多方面对农业有影响（Agrawala和Fankhauser主编，2008年；以及表三.2）。显而易见的是，在这方面，随着气温上升，中高纬度的农作物生产率预计将提高，较低纬度的农作物生产率将降低（政府间气候变化专门委员会，2007年a）。例如，

农业是气候变化的一个原因，也受气候变化之害

改善的指标。作为替代，与控制植被生产力和土地/大气通量的生物物理变量有关的遥感归一化差异植被指数也被用于估计植被变化（Bai等人，2008年）。

表三.1
土地退化对全球环境的影响

环境构成或进程	土地退化所产生的影响的基础
气候变化	<ul style="list-style-type: none"> • 土地使用方面的改变，尤其是退化，是全球碳循环的一个重要因素 • 土壤管理方面的改变可导致大气碳的固存 • 农业是甲烷（CH₄）和一氧化二氮（N₂O）排放的一个主要原因 • 地表的改变（例如，反射率和粗糙度方面的改变）在区域和全球气候变化中起着重要的作用 • 人类活动导致沙暴发生增多 • 燃烧生物质加剧气候变化
生物多样性	<ul style="list-style-type: none"> • 砍伐森林导致生境和物种的丧失 • 土地使用方面的改变和管理，包括分割和燃烧，导致生境和生物多样性的丧失 • 作物生产导致的非点源污染破坏了水生生境和生物多样性
水资源	<ul style="list-style-type: none"> • 农业活动是水污染的一个重要原因 • 土地使用和覆盖层的变化改变了全球水循环 • 土壤尘埃在大气中沉积破坏了珊瑚礁
持久性有机污染物（POPs）	<ul style="list-style-type: none"> • 土壤含有大量持久性有机污染物 • 燃烧生物质产生持久性有机污染物

资料来源：东安格利亚大学，海外发展小组（2006年）。

估计在南部非洲，2000年至2020年产量的降幅可能高达50%（政府间气候变化专门委员会，2007年b）；并且，在2080年以前，由于气候变化的直接影响，有饥饿风险的人可能会增加6亿（联合国开发计划署，2007年，概览，第9页）。

然而，存在重要的反馈机制，因为农业活动和土地退化产生温室气体排放，从而加剧气候变化。这些也影响地表反射率，因而引起不利的天气模式（东安格利亚大学，海外发展小组，2006年）。尽管估计数很不确定，但农业活动占温室气体排放量的大约30%（二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）和一氧化二氮（N₂O））（Baumert、Herzog和Pershing，2005年）。农业是CH₄（总排放量的50%）和N₂O（70%）的主要排放源（Bhatia、Pathak和Aggarwal，2004年）。牛和其他牲畜产生的排放量占甲烷排放量的四分之一多一点。

逆转植被（尤其是森林）和土壤中的碳固存进程对减缓气候变化的潜力令人非常感兴趣。表三.3概述了农业对温室气体排放的贡献。

表三.2
气候变化预测及对农业的相应影响

预计变化	基于对二十一世纪的预测的未来趋势的可能性	预计对农业的影响
在大多数陆地区域，寒冷的日夜气温较高，天数较少；炎热的日夜气温较高，更为频繁	几乎是肯定的	较寒冷环境中的产量增加；较温暖环境中的产量减少
温暖期/热浪：在大多数地区频率增加	非常可能	由于关键生长阶段的热应力，较温暖地区的产量减少；山火危险加大
极端降水事件：在大多数地区频率增加	非常可能	破坏农作物；土壤侵蚀，由于土壤遭到水淹，无法耕种土地
受干旱影响的面积增加	可能	土地退化；产量减少/农作物遭到破坏和绝收；牲畜死亡数量增多；山火风险加大
热带气旋活动增加	可能	破坏农作物；树木被风吹倒
极高海平面的发生率上升	可能	灌溉用水和井水盐碱化

资料来源：政府间气候变化专门委员会（2007年a），表3.2。

表三.3
农业对全球温室气体排放量和其他排放量的贡献

温室气体	二氧化碳	甲烷	一氧化二氮	一氧化氮	氨
主要影响	气候变化	气候变化	气候变化	酸化	酸化富营养化
农业资源	土地使用的改变，尤其是砍伐森林	反刍动物（15）	牲畜（包括农田所施粪肥）（17）	生物质燃烧 （13）	牲畜（包括农田所施粪肥）（44）
		稻米生产（11）	矿物肥料（8）	粪肥和矿物肥料（2）	矿物肥料（17）
		生物质燃烧 （7）	生物质燃烧 （3）		生物质燃烧 （11）
农业排放量占人为造成的总排放量的比例（百分比）	15	49	66	27	93

资料来源：联合国粮食及农业组织（2003年）。

注：造成土地退化的原因用粗体字表示。各类排放占全球总排放量的比例在括号中显示。

总的说来，农业是水
源枯竭和污染的主要
缘由

获得充足和安全的水对于粮食生产、减贫和人类健康来说至关重要。然而，对水资源日益增加和相互竞争的需求导致地表水资源严重枯竭（Smakhtin、Revena和Döll，2004年）。农业灌溉占用水总量的大约70%。

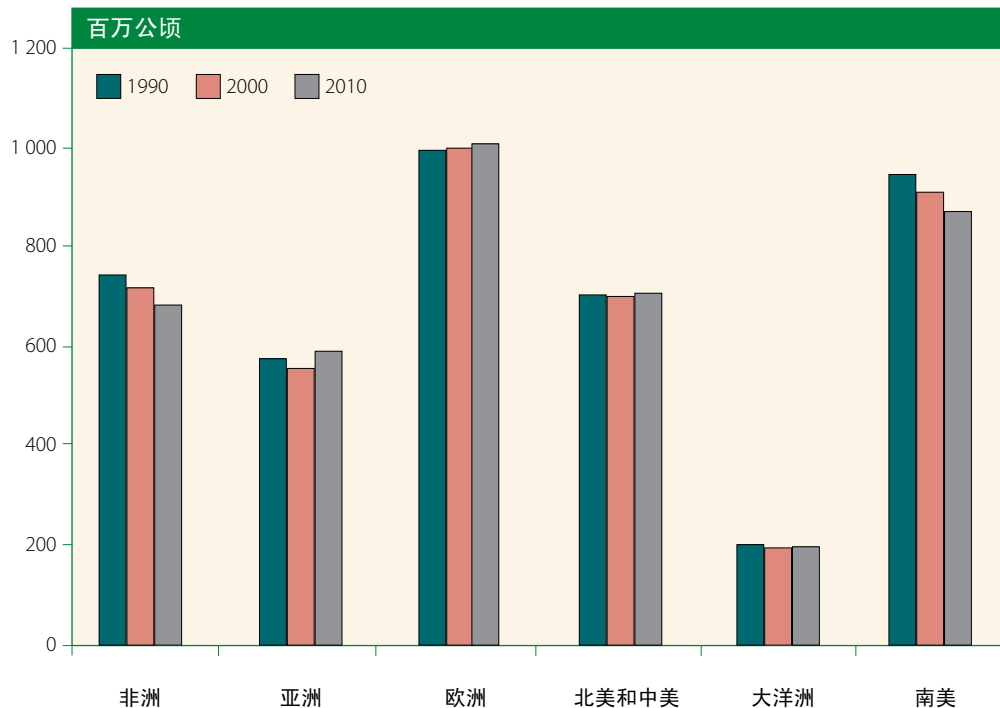
此外，由于集约农业等原因，水质似乎变差了，在许多发达国家和发展中国家，集约农业成为了水污染的主要原因，水污染使得集约农业难以维持，并给人类健康带来风险（Molden和de Fraiture，2004年）集约化畜牧业生产大概是造成水污染的最大部门原因（Steinfeld等人，2006年）。过度使用农用化学品（杀虫剂和肥料）也污染了水道。过度捕鱼和湿地及其他水生境的丧失大大降低了沿海和海洋生态系统产生鱼类供人类捕捉的能力。

砍伐森林是生物多样性
丧失的一个重要原因

通过提供农作物和牲畜繁殖所需的遗传物质，工业所需的原材料以及其他生态系统服务，生物多样性对农业和粮食安全提供支持（《农业知识、科学和技术促进发展国际评估》，2009年）。在过去一个世纪里，生物多样性丧失得最多，原因是生境遭到破坏，而生境遭到破坏的主要原因则是森林被转为农业用地。

虽然在过去25年里，工业化国家的森林面积有所增加，但在发展中国家森林的平均减少率约为10%（联合国粮食及农业组织，2007年）（图三.8）。砍伐森林的问题在湿热带尤为严重（Moutinho和Schwartzman主编，2005年）。1990年到2005年，非洲和南美的森林净损失最大，非洲占最近全球损失量的一半多，尽管该大陆所拥有的森林只占世界的15%多一点（东安格利亚大学，海外发展小

图三.8
森林面积的趋势，1990年、2000年和2010年



资料来源：联合国粮食
及农业组织
(2010年b)。

组，2006年）。生境破坏和退化对鸟类和两栖动物来说是主要的全球威胁，影响到几乎90%的濒危物种（自然保护联盟，物种生存委员会，2004年）。就热带森林而言，这一点尤为明显，热带森林占地球陆地面积的不到10%，却为地球50%-90%的陆地物种提供了生存之地（《千年生态系统评估》，2005年）。

工业化农业的扩大也加剧了农业生态系统的简单化，以及物种数量和变异性的减少。此外，由于生物多样性、生态系统功能和生态复原力的降低，单一作物的生产加大了环境风险（《农业知识、科学和技术促进发展国际评估》，2009年）。此外，过度开采海洋资源的情况相当严重，估计有20%的淡水鱼物种已经灭绝（Wood、Sebastian和Scherr，2000年），而全球某些商业鱼类和其他海洋物种受到威胁（《农业知识、科学和技术促进发展国际评估》，2009年）。

社会经济影响

不可持续的自然资源管理也会带来不利的社会经济后果。尤其是，土地退化可导致严重的生产力丧失，从而危及粮食安全（Sanchez，2002年）。虽然，在各个区域，生产力所受影响差别很大，但受影响的主要是人口已饱受贫困和饥饿之苦的地区（Oldeman，1998年）。由于土壤侵蚀和荒漠化，一些土地的生产力已经下降了50%（Dregne，1990年）。全球范围内每年损失750亿吨土壤，约4 000亿美元，每人每年近70美元（Lal，1998年）。在西非国家，土壤压实导致产量下降了40%到90%（Kayombo和Lal，1994年）。营养素（氮、磷和钾）贫化也对全球经济造成了严重影响，尤其是在撒哈拉以南非洲地区。在南亚，水浸导致的经济损失估计每年为5亿美元，盐碱化导致的损失为15亿美元（联合国粮食及农业组织，1994年）。砍伐森林还会加剧粮食不安全，因为森林提供粮食、投入物和服务，支持农作物和牲畜生产（联合国粮食及农业组织，2006年）。在对7个发展中国家进行的一项案例研究分析中，Berry、Olson和Campbell（2003年），估计可持续土地管理问题使农业GDP下降了3%到7%。

依赖于农业的穷人的分布和脆弱环境的分布之间通常密切相关。穷人有可能耕种的是更加陡峭的土地和更加干旱、较不肥沃的土壤并且在较为偏远的地区（世界银行，2003年）。在撒哈拉以南非洲地区和南亚，土壤退化程度更严重，人口增长速度更快，粮食不安全的情况也更加严重（Bai等人，2008年；联合国粮食及农业组织，2010年a）。在墨西哥，土地退化是移徙的驱动因素（Berry、Olson和Campbell，2003年）。砍伐森林可能将对靠森林谋生的15亿人中的许多人带来尤为不利的影 响，尤其是因为这些人占赤贫者中的90%（世界银行，2004年）。

自然资源退化还会加剧性别不平等，因为履行妇女的职责需要花费更多时间，例如生产粮食、收集柴禾，保存土壤和水。例如，在印度以农业为主的拉贾斯坦邦，每月每户家庭需要花费大约50人时来收集柴禾（Laxmi等人，2003年）。

不可持续的自然资源管理会造成不利的社会经济后果……

……包括长期生产力降低，贫困、移徙和不健康

在马拉维，妇女每周花费4到15个小时来收集柴禾（Rehfuess、Mehta和Prüss-Üstün，2006年）。

农业生产系统可能会进一步对人类健康产生不利影响。无机肥料和牲畜废弃物造成的水污染对饮用水和水生食物的安全构成危害。杀虫剂对农场工人的健康有不利影响（世界水资源评估方案，2003年）。农产品的运输也促进了害虫和疾病的跨界传播（《农业知识、科学和技术促进发展国际评估》，2009年）。此外，荒漠化引起的沙尘暴可能导致呼吸障碍，包括支气管炎（《千年生态系统评估》，2005年）。

不可持续的自然资源管理的驱动因素

自然资源退化是糟糕的土地和水管理做法造成的

在解释前所未有的全球土地、水和生物多样性退化和耗竭时，可看到自然和人为因素的综合影响，包括人口压力等间接因素和土地使用模式等直接因素。

自然资源退化通常是由社会经济和政治因素驱动的进程中糟糕的土地和水资源管理做法引起的（Bai等人，2008年）。土地分割和农场规模有限导致牲畜管理不当，以及土地退化。此外，人为引起的气候变化通过洪水、干旱、火灾、土壤改变和生物多样性丧失，加剧了资源的退化。另一方面，通过植树造林和其他可持续发展的土地、水资源及审理管理做法和技术，人能够成为逆转资源退化的一个重要因素（Eswaran、Lal和Reich，2001年）。

不可持续的自然资源管理的基础是许多相互关联的经济和社会政治驱动因素，包括贫困、不平等、人口趋势、国家资源分配、土地分布和权利、政治稳定、管理和机构、关于土地的社会观和价值观以及消费和生产模式。例如，贫困的小农场主可能过度开采自然资源，尤其是在面临人口压力和合适土地不足时，拉丁美洲安第斯高地上minifundias的情况便是如此。另一方面，由于过度使用化学品和采用不可持续的土地管理做法以提高生产力和利润，大规模耕种也可能是土地退化的一个原因。

粮食安全和小农场主

小农场主是反贫困和饥饿斗争的核心力量

由于大多数粮食都是在当地生产和消费的，小农场主是应对粮食安全挑战的核心力量。世界上大多数赤贫者和大约一半的营养不良者生活在发展中国家的总共5亿个农场里（几乎占全世界农场的90%），每个农场所占有的土地不到2公顷（国际粮食政策研究所，2005年）。

农场规模随区域而变化，平均的农场规模从非洲和亚洲的1.6公顷到北美洲的超过120公顷不等（表三.4）。有证据显示，由于人口压力和土地稀缺，小农场主拥有的平均农场规模正在缩小。几个非洲国家最末端25%的农村农业家庭人均拥有不到0.1公顷的土地（Jayne等人，2003年）。

表三.4
世界各地农场规模的近似平均数

区 域	平均农场规模 (公顷)
非洲	1.6
亚洲	1.6
拉丁美洲和加勒比地区	67.0
欧洲 ^a	27.0
北美洲	121.0

资料来源：von Braun，2009年。

^a 只有西欧的数据。

发展中国家小农场主在农业部门占有主要地位，而妇女在其中人数众多，一般是在自给农业中。在非洲和东亚及东南亚，妇女占农业劳动力的40%多（联合国粮食及农业组织，2011年）。农业劳动力中女性所占的比例估计在科特迪瓦和尼日尔为36%，在莱索托为60%。然而，女农民获得土地、贷款、市场和技术的机会较少：在北非和西非只有5%的土地所有者是妇女，在撒哈拉以南非洲只有15%，在拉丁美洲的一些国家只有25%；此外，其农场的平均规模要小得多（同上）。

在低收入国家，农村地区有30亿人；25亿人从事农业，15亿人靠小农场谋生（联合国粮食及农业组织、国际农业发展基金和国际劳工组织，2010年；前瞻研究所，2011年）。主要依靠小规模农场的国家和社区不仅是最贫困的，也是受生态系统退化威胁最大的（联合国环境规划署，2002年）。例如，在中国和印度等国（这些国家尽管在农业发展方面投资巨大，但却占世界营养不良者的大多数），粮食不安全风险最大的地区常常要与糟糕的自然条件和脆弱的生态作斗争（Xiao和Nie，2009年；M S Swaminathan研究基金会和世界粮食计划署，2008年）。

在可预见的未来，由于小规模农场肯定在农业部门占有主要地位，解决其所面临的特殊挑战对于消除贫困和饥饿至关重要（Dixon、Gibbon和Gulliver，2001年）。尽管国际组织对加强小农场主的作用以确保实现更大的粮食安全的重要性开始有了共识，但需要出台有效的政策来确保小农场主的生存能力，尤其是考虑到提高国际竞争力，强化营销链条和质量标准，以及自然资源退化的情况（Hazell等人，2010年）。

关于低收入国家农业发展的文献的结论大都表明，小农场单位的生产率一般高于大规模农场。小农场主不仅通常以更加集约化的方式利用土地和劳动力，而且劳动力交易成本也较低。然而，对于其种植受益于显著的规模经济和高投入技术的某些农作物来说，或者当小农场主缺乏高效农业的关键条件，比如营销机

妇女几乎占农村劳动力的一半……

……但其获得土地、贷款、市场和技术的机会有限

在生产率、生产粮食和保护环境方面，小规模 and 多样化耕作具有优势……

会、质量保障以及获得投入物、市场、信贷和信息的机会时，这些优势就会消失。

但如果没有适当的支持，其可能导致不可持续地利用自然资源……

贫困可能促使小农场主作为短期生存手段，变本加厉地以不可持续的方式开采资源（Lutz主编，1998年）。例如，在赞比亚北部，劳动力多的家庭收入更高，但对森林的砍伐也最多（Holden，1991年）。不过，Altieri（2008年）指出，在生产率（产量高出20%–60%）、粮食生产和环境保护（包括减缓气候变化）方面，小规模、多样化耕种仍比大规模单一栽培系统具有明显优势。

虽然承认小农场主面临的挑战，但这些结论增强了在粮食安全战略中应赋予他们突出作用的想法。女农民发挥着尤为重要的作用；例如，在非洲，她们占农业产出的一半多（Mehra和Rojas，2008年）。在发展中国家，作为城市地区主要的粮食供应者，小农场主常常本身就有营养不良的情况。因此，加强粮食安全，甚至促进经济增长，在很大程度上将取决于消除小农场主面临的障碍，提高其生产力，同时特别关注女农民的需要。

实现农业领域真正的绿色技术革命

农业领域需要实现彻底转变……

上文的分析表明，以可持续的方式与饥饿和营养不良作斗争，避免粮食价格过高和波动，这需要在更加广泛的可持续自然资源管理的框架内，以一种完全不同的方式解决粮食生产所遭遇的结构性限制问题。为此，有必要为可持续利用资源建立一个全面的国家框架，并且利用必要的技术和创新来提高农村生产系统和森林的生产率、获利能力、稳定性、复原力和减缓气候变化的潜力。保持水资源、保护土壤和提高生物多样性有必要成为可持续土地和森林管理的综合方式的组成部分，³该方式还必须纳入生物物理变量以及社会文化、制度和行为变量，同时承认农业的多功能性。

……以发挥增加粮食生产和加强可持续自然资源管理之间的协同增效作用……

例如，一种整体的、跨部门的方式应考虑平衡，并依靠森林与农业部门之间的协同增效作用。鉴于用地方面的冲突，应通过公开、包容的讨论和协商找到解决办法，包括做出艰难抉择。另一方面，前面提到的部门间的协同增效作用除其他外，促进了土地退化减少，生产率提高；可持续的水供应；以及绿色能源基础设施和建筑物，它得益于有利的制度环境，加强了资源管理，提供了重要的“双赢”选择。

³ 可持续土地管理的定义是“利用土地资源，包括土壤、水、动物和植物，来生产商品，以满足不断变化的人类需求，同时确保这些资源的长期生产潜力，维持其环境功能”（联合国，1993年）。尽管就可持续森林管理而言没有一个普遍认可的定义，但联合国森林论坛指出，“可持续森林管理，作为一个动态的和变化的概念，旨在为了后世后代的利益，维持和增加各类森林的经济、社会和环境价值”（联合国森林论坛，2007年）。

适当的制度环境在支持小规模耕作以增加农业投资，提高生产率和保护自然资源方面同样至关重要。在建设农村基础设施（包括道路、储存设施和灌溉系统）；增加市场机会（包括获得信贷、投入物和保险）；提供推广服务，进行技术能力建设；鼓励多方利益攸关者之间的协调以及确保产权（包括土地重新分配）方面，国家可发挥重要作用。

为了确保更加高效地使用能源，并减少化肥和杀虫剂的使用，可持续农业在发达国家也应成为一个优先事项。在经合组织国家，大量补贴农业，包括补贴生物燃料的生产（导致一部分粮食作物被用于生物燃料的生产）导致全世界农业生产和消费经济严重失衡。

激励农业领域新技术革命的政府政策将不得不利用过去30年在创新方面的丰富经验。最近关于农业领域创新的文献利用农业创新系统的概念来“表示经济和非经济行为人网络，以及这些行为人之间的联系，（以便）使设计适合特定环境的解决方案所需的那种技术、组织和社会学习成为可能”（联合国贸易和发展会议，2010年，第1.6节）。我们建议使用可持续农业创新系统的概念来强调为创新建立一个全面的政策框架，该框架能够应对提高粮食生产的生产力和环境可持续性的双重挑战。可持续农业创新系统是绿化国家创新系统（G-NIS）大概念的农业支柱，如第五章所论述的。

在简要概述了可持续农业创新系统框架后，本节将介绍与农业领域技术创新和自然资源管理有关的现有流程，并简要回顾与1960年代和1970年代绿色革命经验相比较的可持续农业领域最近的创新经验。在这一背景下，选定了四个关键目标，实现这些目标需要战略政策的支持，以实现向可持续农业的转化，这四个目标是：(a) 增加了解所有技术选择的机会；(b) 增加获得支持性服务的机会，包括消除阻碍小农场主更快提高生产率的政策障碍；(c) 农业创新进程中的性别敏感度，以及(d) 加强合作和伙伴关系以加快创新。

可持续农业创新系统框架

可持续农业创新系统观有助于认识到创造和利用全球知识的行为人的多样性（包括大学、研究机构、公司、农场主、从事推广工作者、民间社会组织和私人基金会）、其利益、创新过程中互动发生的制度背景、学习和制度改革的动力（Spielman, 2005年）。可持续农业创新系统观也有助于强调创新不但对于生产而且对于改善流程、产品和营销以及通过让不同的行为人参与进来在系统的各个部门加强组织和伙伴关系具有重要意义。

创新系统观使创新的循序渐进性得到承认——在正式和非正式制度、支持性政策和利益攸关者参与框架内，通过系统供应方代理人和需求方代理人相互作用的累积效应来实现，正如方框3.1介绍的案例所表明的（Brooks和Loevinsohn, 2011年）。

……在一个全面的促进可持续利用资源的国家框架内

农业创新系统方式可有助于加快新的绿色革命

整个粮食链条上的所有行为人、机构和程序，都必须是政策创新框架的组成部分……

方框三.1

农业创新

虽然缺乏适当的支持来确保普遍受益，但农业研究和实验方面的发展并不弱，即使是在挑战最大的一些非洲地区也是如此（联合国贸易和发展会议，2010年）。下文讨论的两项成功经验表明，多方利益攸关者对以环境可持续的方式帮助小农场主快速提高生产率做出的贡献。小农场主直接参与继续学习和适应过程是成功的一个关键因素。

水稻强化栽培体系（SRI）

稻米是穷人唯一最重要的主食，尤其是在亚洲。以目前持续淹没农田和大量使用无机肥料的做法，稻米生产是甲烷气体排放的主要来源之一，也是土地污染和水污染的主要原因之一。估计全世界24%-30%的淡水用于生产稻米。

在援非社、乐施会美国分会、世界自然基金会-国际半干旱热带作物研究所项目以及世界银行的支持下，在40个国家成功进行了一项名为“水稻强化栽培体系”的创新，其成果令人印象深刻。只需稍微改变一下农作物管理，将数量较少的种子引入未经水淹的新农田，并加大种子之间的间隔，增加有机化肥的使用，进行虫害综合防治管理，农作物就更能抵御气候变化、害虫和疾病。根据当地条件，产量最多可提高50%。节水达25%到50%；每公顷投入成本估计减少23%，主要原因是减少了农用化学品的使用；农民收入大幅提高。

据Brooks和Loevinsohn（2011年，第11页）称：“在应用水稻强化栽培体系的面积似乎最大的印度，建立了交流经验和在与政府互动中发挥牵头作用的‘学习联盟’……（尤其是在地方一级）……尤其是在Andhra Pradesh, Tamil Nadu and Tripura。”然而，正规研究机构的参与比较边缘化，只在中国和印度尼西亚有一些积极经验。柬埔寨、中国、印度、印度尼西亚和越南政府赞同这些创新，将其纳入了国家粮食安全战略（援非社、乐施会、世界自然基金会-国际半干旱热带作物研究所项目，2010年，第3页）。

农田学校方式

大量使用杀虫剂导致东南亚广泛的环境污染和职业中毒，这种情况促使研究机构开发了一种综合方式的基础，目的是通过保护益虫（蜘蛛和蜡蝉等）和更好地管理农田生态，来改进害虫防治管理。在菲律宾和印度尼西亚开展了10年多的农田学校为农民通过田间观察和试验来学习提供了一个机会。

在印度尼西亚政府、美国国际开发署和联合国粮食及农业组织的支持下，农田学校方式传入其他发展中国家（即孟加拉国、柬埔寨、中国、印度、老挝人民民主共和国、尼泊尔、菲律宾、斯里兰卡、泰国和越南），并且根据不同耕种体系做了改变。管理技能的范围得到了扩大，包括生产蔬菜、棉花、土豆、木本作物、水果、玉米、家禽和奶牛、土壤肥力的管理、土地和水资源管理、地下水管理、保护性农业、土地退化管理、农林业、社区林业、渔业和生物多样性的保护。

通过多方利益攸关方的积极参与，从虫害综合防治和农田学校经验中产生的农业创新体系成为了可能。菲律宾和印度尼西亚的国家和国际研究机构向农田学校提供了科学知识，印度尼西亚的非政府组织开发了促进成人学习所需的教学方法。通过财政捐助、提供信息和开展宣传，双边捐赠者和国际组织（例如粮农组织）在支持其他国家创建农田学校方面起着关键作用。

如今在亚洲、撒哈拉以南非洲地区、拉丁美洲和加勒比地区、东北非、中东欧、美利坚合众国和西欧的87个国家正在开展农田项目。农田项目方式促进了农民技能的提高、信息需求的增长，农作物管理也变得更加灵活。

资料来源：Brooks和Loevinsohn（2011年）；Braun和Duveskog（2008年）；以及援非社、乐施会美国分会、世界自然基金会-国际半干旱热带作物研究所项目（2010年）。

政策挑战在于如何超越对创新经验多样性的认识，以便设计出能够激励和支持作为粮食生产系统组成部分的行为人（农民、民间社会组织 and 公司）的创新能力的干预措施和政策。文献查明了促进和支持创新的两条轨迹：政策导致的“安排轨迹”和市场信号引发的“机会轨迹”。Brooks和Loevinsohn（2011年）通过增加形成于当地环境的“内生”轨迹，扩大了这一框架。

……以便能够支持设计有效的机制来促进可持续农业领域的创新

在各个国家，这些平行轨迹相交于知识和创新的产生点。政策应旨在加强各种进程之间的相互作用，以确保创新同时有助于减贫、粮食安全和环境可持续性。如果创新仅由利润动机驱动，那么对实现这些目标没有帮助，大多数农业活动的情况就是如此。此外，在引导为实现可持续发展议程中确立的目标而做出创新努力方面，传统的公私合作伙伴关系不太成功（Hall，2010年）。

政策制定者面临的挑战在于，新技术和农作物管理做法的采纳既有成功又有失败，且许多有争议的问题不易解决。在此背景下，如何确定和支持有希望的创新轨迹。关于什么是有效干预措施的问题依然存在，包括：优先事项是否应该是培养农民的技术能力，或推广既有技术做法和产品（Brooks和Loevinsohn，2011年）；战略是否应该是加强农业组织或加强其与投入物供应商的联系。为了回答这些问题，农村发展方案的管理本身也应发生深刻转变。公共政策和项目管理工具（逻辑框架和监测及评估系统）的应用有必要变得不那么僵硬，应该更加灵活，适应性更强，以便能够超越成果这个狭隘的中心，努力加强创新过程（Berdegué，2005年）。例如，重视复制（或推广）成功创新经验这一非常普遍的做法可能过于狭隘而不能对试验和学习产生激励作用，试验和学习必然包括从失败中学习的能力。

政策必须支持地方创新

能够激励创新的政策议程需要目前支持农业发展的机构和机制发生彻底改变。有必要在公共机构中发起学习和创新进程——该进程有助于将创新及全国性的制度改革作为战略重心，以支持保障粮食安全的技术-制度议程，按照该议程，地方创新能够蓬勃发展（Leeuwis和Hall，2010年）。

利用农业和自然资源管理领域的现有技术创新方式

可持续农业领域的地方创新

为了应对天气和其他冲击，地方的农民和社区表现出了很强的创新能力。地方上强化害虫和杂草管理、提高水效率和生物多样性的成功经验数以千计，包括在以自然资源基础薄弱，普遍贫困为特征的最富挑战性的环境中极为成功的创新故事（世界银行，2007年，2008年c；Thapa和Broomhead，2010年；Spielman和Pandya-Lorch，2009年；援非社、乐施会美国分会和世界自然基金会-国际半干旱热带作物研究所项目，2010年；Pretty等人，2006年）。

为了应对冲击，地方社区和农民不断进行创新……

……其许多创新导致在环境方面可持续的做法得以采纳

……但他们常常缺乏资源，以扩大生产并在当地环境外应用自己的经验

Pretty等人（2006年）评估了57个贫困国家中286项可持续创新经验，涉及3 700万公顷土地。⁴在4年中，虽然所评估的1 260万个农场差异很大，但农作物产量有了很大提高（平均79%）、水效率更高了，碳固存明显，杀虫剂的使用量减少了70.8%，而平均产量则提高了41.6%。

通常，当地农民和农场社区中的创新经验是其为应对土壤贫化、水匮乏、艾滋病毒/艾滋病、灾害性事件以及其他不利因素所采取的生存策略的一部分；不过，一般说来，大规模利用这些经验的条件不具备。虽然当地的女性劳动者拥有管理有利于生物多样性和可持续农业的传统知识的经验，但难以获得土地、投入物和信贷常常阻碍了这些成功经验的推广（世界银行，2009年）。

不过，有几个很出名的影响广泛的创新例子。虫害综合防治方式、推广农田学校和水稻强化栽培体系都是通过多方利益攸关者之间极其有效的合作产生广泛影响的很好的创新例子（见方框三.1）。

其他有广泛影响的创新包括在非洲推广使用NERICA（非洲新稻）的磨坊主和政治家网络、尼泊尔的手工纸业、印度以出口芒果为目的的小规模生产商组织、孟加拉国微型灌溉的推广（Hall、Dijkman和Sulaiman，2010年）以及印度的流域管理（方框三.2），其他例子还有很多。⁵

在农业领域采取可持续做法是支持应用“可持续农业强化”这一新出现的概念，这个概念也可称作“农业生态方式”、“生态集约农业”及“低外部投入技术”（国际农业发展基金，2011年）。这些做法有几个共同点：

- 取得成功经验的基础是农民直接参与旨在因地制宜地应用知识、技术和管理做法的学习和创新；
- 包括政府、非政府组织和多边组织在内的各个方面的行为人的积极参与不仅对扩大创新至关重要，而且对于传播知识、培养农民的能力、加强信任以及降低与新的技术和农业做法有关的风险也至关重要；

⁴ 农业可持续性的核心在于采取旨在增加粮食生产而不对环境造成不利影响的技术和做法。所评估的项目涉及发展中国家耕种面积的3%。

⁵ 世界银行（2007年a）记录了亚洲、非洲和拉丁美洲的8个案例研究；最近，Juma（2011年）发表了来自全世界的几个案例研究。不过，文献中有更多的案例研究，包括关于国内和国际非政府组织的实践的案例，其中一些可查阅<http://www.fara-africa.org/>；<http://www.fodderinnovation.org/>；<http://www.cos-sis.org/>；<http://www.papandina.org/>；http://www.oxfam.org/en/search/apachesolr_search/food%20security%20oxfam%20programs；http://www.worldvision.org/content.nsf/learn/ways-we-help-foodsecurity?Open&lpos=bot_txt_Food-Security#response；<http://www.agra-alliance.org/>；<http://www.sristi.org/cms/>；和<http://www.prolinnova.net/>。

方框三. 2

印度的流域开发

在印度，流域（即同一条河道流经的土地）是最近几十年里大力发展的重点。这些极其贫困和缺乏粮食安全的地区一般都以被冲刷的边坡和退化的草地和森林为特征。

早期流域恢复项目重视退化的物理征兆，表现为建造旨在蓄水和减缓侵蚀的基础设施，禁止在山脊上放牧和采摘林产品。虽然这些项目取得了显著的成果，并惠及下游河段的农民，但对依赖于来自上游地区的饲料和林产品的妇女和处于边缘地位的无地农民造成了不利影响。

1970年代在乡村一级发起了一些创新项目，授予包括妇女在内的无地者使用产生的额外地表水的权利，作为他们配合上游土壤和植被保护的交换条件。随后他们可以向农民出售这些水或者在租来的土地上使用这些水。

这些项目在环境和社会经济方面带来的巨大好处使得政府和非政府组织作出更多努力，包括扩大基于自然资源的就业机会和农业之外的地方机会。如果考虑周全，实施得当，这样的方案在农场产出、生态保护、无地者就业、性别均等和妇女就业方面可产生巨大收益。

总的说来，印度的流域开发突出说明了在利用可产生多种公平的和可持续的收益的环境创新中各种行为人参与其中和关注当地环境的重要性。

资料来源：Brooks和Loevisohn（2011年）。

- 调整管理农业研发和做法的机构的规则、规范和价值标准在促使农民发生行为改变（鼓励他们采用新的做法），重新定义妇女的作用以及建立更加密切的互动网络方面同样具有重要意义。

在大大造福小农场主、农村社区和穷人的成功的创新经验中，技术知识与农民有关，是农民可以获取的，并且伴随着有利的环境，在这样的环境中，他们能够克服在采用新技术和农业做法方面面临的种种限制（Berdegúe，2005年）。

1960年代和1970年代绿色革命期间的农业研究与开发

不久前，发展中国家和捐赠者通过促进农业经济发生深刻转变的政策来应对广泛的贫困和粮食不安全。1960年代和1970年代所谓的绿色革命给亚洲和拉丁美洲带来了新技术和创新，这是在一个世界人口的将近三分之一（10亿人）面对饥饿和营养不良威胁的时期为增加粮食生产而做出的努力的一部分（Spielman和Pandya-Lorch，2009年）。

技术创新的基础是培育新的作物品种，主要是小麦、水稻和玉米，这些品种更能抵御害虫和疾病，对化学营养素更敏感，并且一年可以收割两次，甚至三次（国际粮食政策研究所，2002年）。在亚洲，谷物产量在1970至1995年期间从每年3.13亿吨提高到了6.5亿吨；在亚洲和拉丁美洲国家，人均卡路里摄入量有所增加，实际人均收入大幅提高，贫困随即减少（Hazell，2009年）。

正如在最初的绿色革命中一样，促进粮食安全的可持续农业需要长期的研究支持、用于农业发展的充足投资以及体制改革

绿色革命引发的技术创新和扩散得益于一个大规模的和相互关联的国际研究中心系统，该系统由国际农业研究磋商组织协调，并且得到发达国家和发展中国家及私人捐赠者提供的充足资金支持。在一个公开和自由交流信息及植物基因材料的环境中，这些中心支持研究活动、基因库和苗圃方案（Dubin和Brennan，2009年）。国际农业研究磋商组织所属中心可获得的预算从1970年的1 500万美元增加到1990年的3.05亿美元（Padley和Beintema，2001年）。

各国政府拓宽了农村道路，扩大了灌溉和电力设施，并改进了储存设施。支持农民的基础教育、农业研究和推广服务也得到了改进，用于农业发展的国际贷款受到优先重视。

遗憾的是，在气候、土壤、杂草和害虫方面农业生态条件不同的地区不可照搬伴随绿色革命的“一揽子技术”，尤其是撒哈拉以南非洲地区，以及在主食消费更加多样化，包括小米、高粱和木薯（其改良品种的出现要晚很多）的地区。同样，绿色革命所产生的技术以大量使用化肥、化学杀虫剂和水为基础，对环境产生了不利影响。

从第一次绿色革命可得到三个教训

从绿色革命经验中得到的三个重要教训与讨论农业领域的新一轮转化有关，即：(a) 新技术的开发需要对研发的长期资金支持以及有效和自由的信息流动；(b) 新技术的采纳需要一个有利的制度框架、基础设施方面的大量投资、农民的能力发展以及获得投入物、贷款和市场的机会；以及(c) 农业领域的创新需要各国政府以及其他国际利益攸关者做出长期政治承诺。未来，农业对环境的影响是一个大问题。需要新技术和农业做法方面的彻底改革来减少温室气体排放、土地退化和过度开采和污染地下水层，增加农业和林业的碳固存能力。

有必要提供多种技术选择，以应对重重挑战

没有一种技术是万能的……

与依赖于广泛采纳“一揽子技术”的绿色革命经验相比，在今天的环境中实现粮食安全将需要农业生态千差万别各个地区的大量小规模生产者迅速提高生产率。没有哪种“技术解决办法”可使得实现更快地提高生产率和改善环境可持续性变得简单。相反，有必要向农民提供一系列技术选择。

……有必要提供广泛的技术选择，以满足农民的特殊需要……

可以利用农业领域各种各样的技术和丰富的可持续做法来掀起所需的彻底变革，以便在避免规模扩大耕地和进一步损耗自然资源的情况下提高粮食产量，最近的研究发现通过更好地利用现有知识和技术可大大提高生产率，例如在非洲平均产量大约可提高两到三倍（《展望》，2011年）。同样，粮农组织（2011年）估计，如果妇女拥有更多获得土地、外部投入物和技术的机会，那么在发展中国家，农业产量可增加2.5%–4.0%，营养不良者的人数可减少12%到17%（也就是说，1亿到1.5亿人可免于饥饿）。

……包括传统知识和做法

传统知识和做法证明对提高生产率和确保环境可持续性来说有意义：例如，少耕、轮作和套植、水的回收利用、节水型种植、使用绿肥、农林业和虫害综合

防治已经被成功采纳，使生产率得到大幅提高。

尽管为了减少外部投入物的使用和提高水效率以减少对环境的不利影响需要继续进行创新，但绿色革命中出现的技术将继续在发展新作物培育和大大提高生产率的高产品中发挥重要作用。

虽然生物技术、基因工程、食品照射、⁶水栽法和厌氧分解方面取得的现代进展有望提高粮食作物抵抗害虫和极端天气的能力，提高其营养价值，减少食品污染和温室气体排放，但仍需要采取适当的激励措施来扩大关于与穷人相关的农作物和方法的研究。

一般而言，关于满足不同农业生态地区农民的特殊需要的技术选择，除了需要一个新的政策框架和更多地投资于农业发展以便让这些技术可以作为小农场主的选择外，没有什么可说的。在源于绿色革命的技术导致过度使用农用化学品和地下水层枯竭的亚洲和一些拉丁美洲国家，各国政府也许需要重新考虑是继续补贴化肥和杀虫剂的使用，还是促进可持续技术的获得以增加有机肥料的使用，提高水资源管理效率。在小农场主一般只使用推荐外部投入物的一部分的撒哈拉以南非洲地区，降低粮食不安全程度也许需要设计新的激励措施，以增加化学投入物的使用，同时采用可持续技术和做法。

从政策角度看，问题是如何提高认识并鼓励采用可持续技术和农作物管理做法。如果需要权衡增加粮食产量与遏制环境恶化，政策挑战将变得更加复杂，正如在不顾对环境的不利影响增加农用化学品补贴以提高粮食产量的例子中一样。在许多发展中国家，协调这两个目标——粮食安全和环境可持续性——需要彻底改变当前的政策目标，包括广泛传播信息，通过适当的推广服务、消除政策限制和适当鼓励与多方利益攸关者建立更加牢固的伙伴关系，向小农提供技术支持，正如下文所论述的。

必须重新思考政策目标和需要进行工具设计……

扩大支助服务和土地改革以及消除土地改革的政策障碍

在粮食不安全的国家，需要在生产率大幅提高和环境可持续性之间实现微妙平衡，这就需要增加投资，提高实施国家粮食安全战略的能力，战略的目的是：增加小农获得技术的机会；增加旨在扩大农村道路基础设施和农作物储存设施的投资；确保土地使用权和改进租赁协议；扩大农村信贷和基于天气的作物保险创新机制；以及增加获取信息以及信息和通信技术的机会。

……同时增加对农业基础设施的投资，增加获得贷款和技术的机会

由于创新与冒险紧密相关，需引入降低风险机制，以防小农场主蒙受巨额收入损失。补贴、税收激励、创新保险政策和新式风险资本也许能够提供这种保护（Leeuwis和Hall，2010年）。

⁶ 食品照射是一种物理过程，就是让食品接受高穿透性的能量——伽马射线或高能电子——这可以使不想要的微生物统一失去活性，而不改变所加工的食品的基本性质。这是一种安全和具有成本效益的消除食品污染的方式。

还需要消除导致贫困长期存在的制度失灵

政策挑战在于，如何动员扩大一系列对于提高小农场主的创新能力和在动态市场上的竞争力至关重要的支助服务所需的资源。在许多情况下，增加农村发展投资和将关注重点转向支持小农场主需要克服现有权力关系在变革道路上设置的障碍（Spielman，2005年）。农村贫困和粮食不安全常常是“制度失灵”（包括协调失灵、土地不安全、性别歧视和土著人民边缘化）的结果，这妨碍了更具活力的粮食生产系统的发展。

大多数国家中一个最具争议性的问题是土地分配。在很大程度上，小农场主的低收入和粮食不安全可追溯至没有获得充足的土地，这或者是因为地块非常小，或者是因为产权不太明确。旨在改善土地获取情况并向各种形式的农民协会提供支持的传统的土地改革有助于在生产以及，更重要的是，在粮食作物的营销方面实现规模经济。不过，改变土地分配做法、保障财产权以及出台有利于小农场主的激励措施常常需要形成可能对现状构成挑战的政治同盟。

在政府选择优先重视减贫和粮食安全的巴西、中国和印度等国出现了富有活力的创新系统，以支持农业发展。在其他情况下，由于国际组织、国内非政府组织和地方政府认可有助于知识传播、农民更多的参与和能力发展、建造所缺基础设施和增加获得贷款、信息及其他支助服务的机会有新做法，推广创新做法——例如关于水稻强化、农民培训以及上文提到的印度流域计划的办法——成为可能。

国家粮食安全和可持续农业战略必须明确承认在引起农业领域的彻底转变方面存在的政治经济障碍，转变的重点是提高小规模粮食生产者的生产能力。

对性别问题有敏感认识的农业创新

有利于可持续农业安全的创新必须特别关注妇女

除非促进农业创新的政策把性别问题作为一个明确的重点，妇女将继续在获得新技术和支助服务方面处于不利地位。由于身兼多职，农村地区的妇女从事着繁重的劳动：除了提供传统的家庭照料，农村妇女一般还负责取水和打柴，喂养动物，绿化庭院，并且常常参与有偿就业。简单的省力工具（包括绿色炉灶和合适的种植和除草工具）以及更加方便地获得家庭用水将帮助她们节省时间。

在促进创建一个满足妇女需要的富有活力的创新系统中，重要的是了解限定妇女作用的制度和当地价值观的影响。通常，创建农业领域对性别问题有敏感认识的创新系统还需要彻底消除妨碍妇女更方便地获得安全的土地保有权、贷款和技术援助的制度限制。

创新伙伴关系

过去30年中的成功创新经验证明，在多方利益攸关者之间建立伙伴关系以提高小农场主获得技术、投入物和较大市场的能力很重要。虽然私营企业通过各种机制在加快农业创新方面发挥着日益重要的作用，将小农排除在外的风险也很大。通

过进行适当监管以预防粮食市场上的垄断做法，以及改善获得信息、贷款和保险的机会，小农场主更有能力参与与私营企业的互惠伙伴关系。

也许近年来变革的最重要驱动因素之一是粮食零售业的转变。控制拉丁美洲粮食市场40%到50%，中国约10%，南非30%和印度尼西亚50%的大型超市链条的出现使得有严格质量标准的大量粮食的采购变得集中，这一现象导致传统批发商和小型零售店被取代。对小农场主来说，参与这一市场取决于其是否能够满足严格的质量标准和通过合作社及其他形势的联盟实现其产品的协调商业化。不过，遭到排斥的风险很大，尤其是对偏远和难以到达地区的农民而言（Berdegué，2005年）。在满足质量标准方面，向农民提供技术援助将有助于增加其参与大型市场的机会。

近年来，道德和环境认证程序的推广正在为形成将小农与大型出口市场联系起来的价值链提供新的机会。例如，香蕉业的自愿标准和认证方案涉及一系列范围广泛的问题，包括环境保护、劳工权利、职业安全和健康、社会平等以及当地社区的福利。⁷通过提供价格溢价；改善市场准入和稳定性；帮助使生产合理化、降低成本、改善劳动管理和提高工作者的道德水平和参与程度；改善公司形象；甚至帮助保护生产性自然资源，这些自愿标准和认证方案对参与的生产者和交易者来说大有裨益。不过，主要是大型市场上的大公司制定的针对粮食安全、质量、可追溯性和良好农业做法的其他类型的标准通常不确保价格溢价，因此可能会伤害小规模香蕉种植者，因为这些标准大大提高了其成本（联合国粮食及农业组织，2008年）。

用对保护水文服务感兴趣的企业和政府的资源支付生态服务能够在增加贫困农村社区的收入和保护生态多样性方面起到重要作用（方框三.3）。不过，需要建立新机制，以便将环境服务付费（PES）扩大至小农以保护自然资源，保护生物多样性和增加农业和林业中的碳固存。

民间社会组织和私人慈善机构正在成为农业创新领域的重要参与者。最近，大多数以扶贫和积极的环境影响为特点的创新故事都离不开国际和国内民间社会组织的积极参与，这些组织参与依赖于环境的各种活动：为农村地区有利于穷人的制度改革进行宣传和游说；充当研究和农业做法之间的中介；农民的能力建设和信息及良好做法的传播；为投入物的采购和粮食营销促进集体行动和创建农民组织；帮助创建价值链以降低交易成本；通过为农民创建非正式安全网来防范风险；增强妇女参与营销和创新的能力；以及，在私人慈善机构的情况下，直接资助研究、能力建设和获取技术。

适当监管、技术援助和更容易获得支持性服务对于预防不平等的和以利用为目的的伙伴关系是必要的

自愿标准和认证方案、支付生态服务和生产价值链……

……能够提高参与可持续农业的小农的生产率

作为小农场主和其他群体之间的中介，民间社会组织起着重要作用

⁷ 香蕉业最常见的标准包括与有机农业、雨林联盟和公平贸易运动以及SA 8000和ISO 14001有关的那些。

方框三.3

在哥斯达黎加为生态系统服务付费

鼓励保护和恢复森林生态系统的一种方式是为保护工作直接付费给私人土地所有者（Ferraro和Simpson，2000年）。为植树造林、森林管理和保护工作付费有利于改善参与林业的个人和社区的生计。

在哥斯达黎加，1970年代砍伐森林的速度惊人，因此哥斯达黎加率先实施了国家一级的为环境服务付费方案，1996年森林保护立法中承认生态系统服务，这对方案的实施起到了促进作用。在这一以市场为基础的系统，土地所有者为林业生态系统提供的环境服务获得直接付款，包括(a) 温室气体排放减少；(b) 水文服务；(c) 保护生物多样性；以及(d) 为促进休闲娱乐和生态旅游提供美丽的风景（Malavasi和Kellenberg，2002年）。

国家生态系统付费方案被认为遏制了对哥斯达黎加雨林的破坏，并且在1987至2000年期间使国家超过四分之一的地块重新变成了森林。通过对7 000多中小规模的私人土地所有者提供的环境服务进行奖励，该计划还促进了社会发展（Pax Natura，2011年）。

2008年，该方案的预算接近1 300万美元，涉及面积652 000公顷。该方案从对保护水文服务感兴趣的企业那里获得资金，资金数额与来自矿物燃料税的政府出资以及多边贷款和赠款相当（《生态系统市场》，2010年）。

资料来源：联合国/经社部。

各类活动有其自身的动力，不一定与其他活动有联系。各行为人也都有其自己的特殊利益，对自身利益的追求不一定总是体现为小农场主的福利得到改善，或者创新能力得到提高。

政府条例对于加强公平和富有活力的伙伴关系具有重要意义

政府政策在促进作为可持续农业创新系统的一部分的多方利益攸关者做出更大贡献和创建一个监管系统以“增强信任和合作，规定出资和报酬，及时告知遵守义务的情况，执行协议，承认和保护各方权利”方面可以发挥重要作用（Berdegué，2005年，第21页）。虽然任何政府政策都不得不适应本国特殊情况，但在可持续农业创新系统中加强伙伴关系需要参与者合作制定明确的战略，以实现农业改革目标，同时确保有充足资源来扩大农村基础设施和支持向小农提供服务。

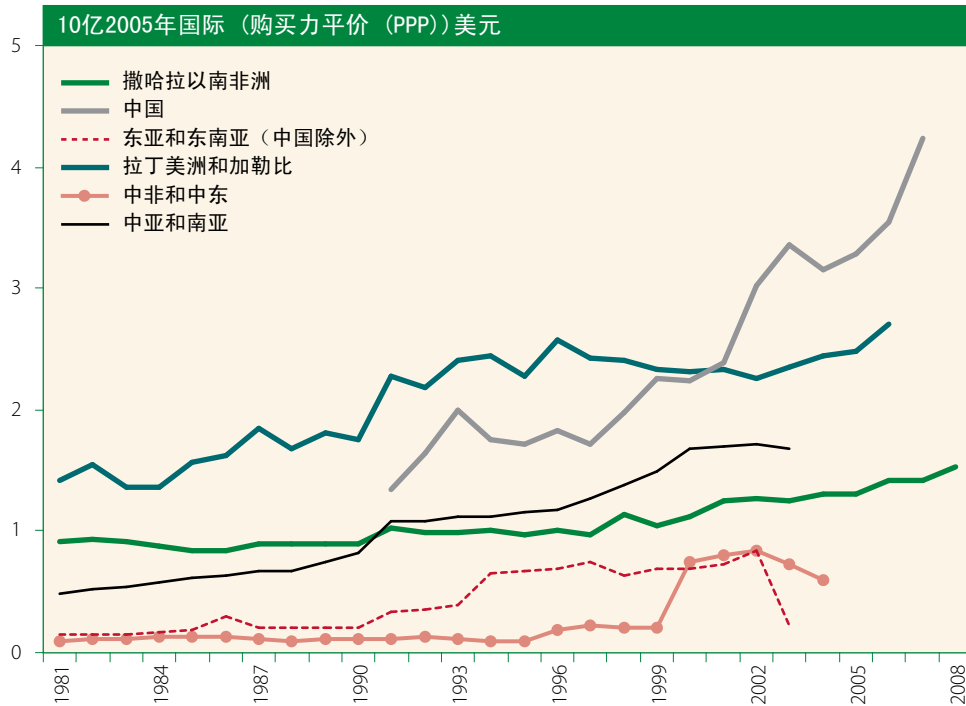
在解决粮食安全方面支持教育、科学和技术的国家战略

振兴农业研发

用于农业研究和开发的资源有限，并且高度集中

粮食安全问题的核心是对粮食生产主要用于当地消费的小农的资金支持不够，政府的关注度也不够。1980年代以来，国际上对农业研究的支持力度下降，国家农业研究中心的种子生产和分配方案缩小了（Dubin和Brennan，2009年）。在非洲、东亚和东南亚（中国除外）和中东，农业研发方面的支出仍然处于低水平（图三.9）。

图三.9
发展中国家的公共农业研发投资趋势，1981-2008年



资料来源：联合国/经社部的估计数，以农业科学和技术指标（ASTI）为依据，得到了国际粮食政策研究所（IFPRI）的帮助（<http://www.asti.cgiar.org/data/>）。

此外，农业研发投资主要集中在少数国家。2000年，发达国家占公共农业研发总数的57%。发展中国家中，在亚洲和太平洋地区，中国和印度占此类投资的67%；在拉丁美洲，巴西独占总数的45%。在撒哈拉以南非洲地区，年度农业研发投资在1981-2000年增加了0.6%，1990年代期间略有减少（Beintema和Elliott，2009年）。

虽然私营公司成了农业研发领域的主要参与者，尤其是在生产农业化学投入物、机械和生物技术方面，但其重点主要是有利可图的研究（以满足富有消费者的需求，）以及面向大农场主的中间投入物（Ervin、Glenna和Jussaume，2010年）。

虽然目前的农业知识和技术为实现可持续农业提供了一系列替代选择，新做法和新技术的采纳需要在研发领域投入更多资金，以确保适应小农场主所处的农业生态条件的多样性。此外，由于快速变化的气候模式和粮食市场，需要持续研究和开发新技术及农作物管理。明确的国家教育、科学和技术战略对于加快生产率提高和环境可持续性至关重要，国家促进粮食安全的科技战略需要针对三个发展领域：农业研究和开发，包括通过私营部门；加强对小农场主的技术援助，主要是通过推广服务；以及改善对农民的教育，包括促进同伴学习的创新机制。

国家农业教育、科学和技术战略需得到更多稳定资源

为粮食安全进行的农业研究和开发

在制定国家教育、科学和技术战略过程中，重要的是对农业研究结构有清楚了解，以便查明目前参与的机构；其利益以及从事的研究类型。这样的了解有助于设计合适的激励措施，以促进科学界、农民和私营公司及非政府组织之间的有效合作。查清目标、行为人和资源之间的关系有助于利用现有能力，促进打造富有活力的可持续农业创新系统的过程。

为粮食安全开展的公共农业研发

以可持续粮食安全为目标的研究具有公益特征……

农业研究应考虑相关农业生态地区的气候、土壤和水资源条件；如果不增加适应方面的投资，技术和技能不易跨地区转让（Padley和Beintema，2001年）。因此，使技术适应特殊耕种条件应在发展中国家公共研究机构的日常工作事项中占据核心位置。

农业研发是典型的公益例子：如果没有公共部门的参与，农业研发方面投资不足的情况将继续存在，尤其是在那些市场规模小，消费者贫困的地区（在这方面，发展中国家主要粮食品种的例子尤其有意义）。农民能够根据自己的特殊需要进行创新和技术改造的重要性得到广泛承认，但同时必须辅之以正规农业研发，常常是引导。

……因此，需要政府提供充足和稳定的资金支持

公共机构将继续是发展中国家正规农业研发的主要资金来源；农业研究中可实现的显著规模经济、规模和范围甚至导致私人研究依赖于公共机构所进行的基础研究和创新（同上）。除了少数例外，发展中国家的国家研究机构缺乏通过适当的基础设施、有竞争力的工资和研究资金有效运作的充足资金。业务预算不稳定有损其独立性和有效运作的的能力。农业研究是累积的，成熟周期比较长；工资中断和对过程的记录不详会加剧知识的长期损失。例如，小麦、水稻或玉米新品种的开发需要7到10年的培育期（同上）。

定期划拨公共资源对于维持研究基础设施和科研人员的足够薪水很重要。来自销售产品和提供服务（例如种子和实验室服务）的内部产生的资金在智利、中国和印度尼西亚等国正变得越来越重要，可补充经常预算。不过，旨在从各种来源（其驱动因素常常是商业利益或捐赠者偏好，而不是社会和环境方面的关切）获得资源的竞争导致研究目标各不相同。仔细评估资金来源有助于预防研究偏离其公益重点（Echeverria和Beintema，2009年）。

除了可持续的财政资源，公共研究机构还需要彻底改变其目前线性分层的运作模式，以提高对农民需求的敏感度，包括通过联合试验和学习。

在这方面，包含农学家、水工程师和营养学家在内的多学科小组必不可少

公共研究机构还需要扩大其传统的学科方式，纳入跨学科重点，以满足农民的广泛需要。各种涉及农业生态的农村经济学的转化需要生物学家、农学家、水工程师、营养学家、经济学家和社会政治学家的专门知识（Lipton，2010年）。妇女的参与，尤其是在妇女占农业劳动力的相当比重的撒哈拉以南非洲地区，对

于增强其在农业研究和推广服务中的代表性和决策地位以及满足其特殊需要同样至关重要。

国家公共研究中心能力的增强是个长期的过程，需要大量可持续的投资及其组织文化的彻底改变。发展中国家大量农业研发资源集中于少数国家——巴西、中国和印度——这些国家发展了能够参与前沿研究的富有活力的创新体系。就小国和穷国而言，集中资源以强化地区研究议程也许对于加强其集体能力来说是最有效的选择。有前景的区域和南南农业合作经验包括，例如巴西和中国研究机构以及非洲机构之间协议。

私营部门在顺应气候的农作物方面的研究

为实现粮食安全和应对气候变化而进行快速技术创新将需要密切与私营部门的合作，以扩大在前沿领域的研究。虽然私营公司在农业技术开发中的作用增大，但下面我们选择关注生物技术领域的私人研究，这一研究仍存争议。

生物技术有可能改良穷人种植的农作物品种，办法是使这些品种抗除草剂，减少对化学杀虫剂和更加顺应水压的依赖，并提高其营养价值。因此，生物技术或许能够应对贫困和粮食不安全地区各种各样的农业生态条件，条件是目前的研究议程能够扩大，以反映小农场主所面临的挑战。迄今为止，生物技术领域的私人研究集中于开发容易受专利保护的产品，主要重点是使有利可图的植物（主要是大豆、玉米、棉花和菜籽）形成对杂草和害虫的抵抗力，这些植物是大农场主感兴趣的。

虽然扩大研究议程以便为粮食安全作出更大贡献在技术上是可行的，但迫切需要对这一技术的更大影响进行独立评估。生物技术并未充分回应对长期环境影响和对野生植物品种可能的溢出效应的担忧。例如，Bt棉花⁸和玉米使用的除草剂和杀虫剂较少，但如果这些农作物品种形成对毒性小的化学除草剂和杀虫剂的抵抗力，未来也许需要毒性更大的投入物。

此外，最近的研究发现，基因流问题，即基因从经基因方法改造过的（GE）农作物传播至未经基因方法改造过的农作物，是一种比最初想的要严重得多的现象。在这种情况下，如果“在人类培养的农作物有野生亲属的发展中国家更加广泛地采用经基因方法改造过的农作物”的话，采用转基因农作物可能会造成非常不利的生态影响（Ervin、Glenna和Jussaume，2010年，第7页）。

将来，在全面披露信息的基础上更好地理解转基因的后果，包括逐个进行严格评估，对于在发展中国家就更大规模地使用该技术做出知情决策至关重要。

在探讨生物技术对促进粮食安全和可持续农业的潜力中，一个合理的担忧是研究和产品集中于两个大公司：DuPont Pioneer和Monsanto，它们占全世界转基因

通过生物技术有可能开发出对穷人非常有用的农作物……

……但有必要扩大研究议程，纳入贫困国家中消费的农作物

⁸ Bt棉花是一种抗害虫的转基因品种。

农作物面积的比例最大（Ervin、Glenna和Jussaume，2010年）。种子和投入物的成本可能阻碍小农场主使用这项技术，如果市场仍由对价格施加影响的少数大公司控制的话尤其如此。⁹

生物技术领域的研究需要公共研究机构、私营部门和小农之间更加密切和更为直接的合作……

然而，生物技术仍然可以是在目前技术下生产率低下地区的贫困农业生态地区（如自然资源退化的非洲、中美洲和亚洲的部分地区）促进农业转化的一个有效手段。不过，需要彻底改变该领域的激励和创新管理结构，确保，除其他外，(a) 粮食生产和环境可持续性目标成为生物技术研究议程的中心；(b) 所有利益攸关者，但尤其是小农场主，能够积极参与研究议程的制定；(c) 科研人员考虑小农场主的需要、消费者口味、当地市场和环境的特点；(d) 信息得到充分披露和公开流动；(e) 进行同伴审查以评估生物技术可能对环境产生的意外后果；以及(f) 出台有效的反垄断条例（Wright和Shih，2010年）。

……通过创新伙伴关系，包括购买专利、奖励、合营、共同投资和预售协议……

虽然在这方面没有简单的答案，但政府资助的研究应明确以粮食安全的战略优先事项为重点，包括提高主要粮食品种的产量和抵抗力，提高农作物的营养价值，促进可持续利用自然资源以及/或减少外部化学投入物的使用。有必要探讨旨在使私营部门参与进来的创新机制：在竞争基础上签订的注重成果的绩效合作——例如，关于开发更耐水压和对肥料更敏感的经改良的种子或农作物品种的合同——也许是激励私人研究的手段之一。其他手段包括购买专利、奖励和相称奖励。（Elliot，2010年；Bhagwati，2005年）。在保持研究产品的公益性质的适当协议的框架内，还应探讨更加传统的补贴、共同投资安排和合营手段的使用（Pardey和Beintema，2001年）。¹⁰

虽然还需要在农业领域进行测试，但2010年针对疫苗生产的预先市场承诺机制，即捐赠者以预先确定的价格进行大量预购以吸引大型医药公司的参与，也许可为激励促进粮食安全的私人研究和技术创新努力提供重要的经验教训。¹¹

笼统而言，建立与私营公司的伙伴关系很重要，但具体就粮食安全而言，发展中国家的政府和公共研究机构有必要充分参与制定研究议程，包括全面的风险评估以及关于使用新技术的适当条例（Lipton，2010年）。

⁹ 自1996年引进经基因方法改造的种子以来，种子价格上升了30%，涨价幅度之大超过其他投入物（Ervin、Glenna和Jussaume，2010年）。

¹⁰ 与目前私营公司和公立大学之间的联合有关的问题之一是，研究产品常常受共同资助研究的私营公司持有的版权保护。

¹¹ 加拿大、意大利、挪威、俄罗斯联邦和联合王国政府以及比尔与梅林达·盖茨基金会与葛兰素史克和辉瑞公司签订了一项协议，根据该协议，两家公司承诺在10年的时间里每年降价供应3 000万剂疫苗给发展中国家，条件是捐赠者额外支付20%的剂量。见http://www.gavialliance.org/media_centre/press_releases/2010_03_23_amc_commitment.php（2011年2月6日查阅）。

技术支持和推广服务

在农业领域促进教育、科学和技术的有效战略的第二个支柱是传播信息和技术，在绿色革命期间，传播信息和技术主要由农业推广工作者进行。在目前的背景下，大量参与者（民间社会组织、私营部门、农民和多边组织）为传播信息和技术贡献着自己的力量。

全球农业发展研究会议进行的一项调查估计，全球约有5亿农业推广工作者，其中大多数是公务员。尽管数量似看似庞大，但一般看法是这还不够，尤其是与小农场主的需要相比，大多数小农场主都得不到农业推广工作者的服务（Lele等人，2010年）。在促进使用商业化产品方面无特殊利益的农业推广工作者仍是传播知识、信息和培训小农场主的重要手段，条件是他们自己受过适当培训，有明确授权，并且在完成工作方面受到适当鼓励。

需要明确涉及妇女得不到技术支持的问题。在非洲，妇女得到的农业推广服务占7%，得到的提供给小农场主的贷款不到10%。¹²此外，由于教育课程一般将特别关系到妇女的主题（例如营养、卫生、保健、针对某一性别的工具和管理）排除在外，在农业教育、研究和推广服务中必须纳入性别分析和有针对性的倡议（Davis等人，2007年）。

例如，在埃塞俄比亚和莫桑比克，用于扩大研究和培训设施以及留住教职员工的资源不足影响到学生所受教育的质量。研究生教育本质上更多的是概念层面的，而不是管理层面和面向实际的，因此无法在改善生产和营销所需的一系列服务方面培养农民的创新能力和集体行动的能力（同上）。

在促进农业研究方面拥有悠久传统的印度，Hall等人（1998年）发现，在科学家和推广服务提供者之间，或者在生产领域与收割后领域的科学家之间几乎没有互动。按学科划分机构以及高度集中化的管理削弱了技术支持对农民的意义，妨碍了公共农业研发机构、私营部门、农民协会和民间社会组织之间的伙伴关系的形成。科学家和推广服务工作者对生产和营销的看法往往相当零散，无法实际利用研究成果和知识。

为公共研究和培训提供足够资金的更长期承诺需要伴随更新技术教育方式——这种方式本质上更加实际和面向解决问题和决策，并且更加能够让农民和民间社会组织参与为新问题找到跨学科的和有创造性的解决办法。

基础教育和同伴学习

有效的可持续农业创新系统的第三个支柱是基础教育和成人扫盲及培训。农民的创新、相互学习和适应变化的能力在很大程度上取决于其能否获得和处理信息，

农业领域大规模的推广服务对有效的技术适应来说很重要

……特别关注女农民

正规和非正规教育以及同伴学习对于提高农民的创新能力至关重要

¹² 新时代农场工作者，“性别革命：变革的先决条件”（2008年7月）。见<http://www.new-ag.info/focus/focusItem.php?a=493>。

包括通过信息和传播技术。农村地区优质教育的快速扩张，包括成人扫盲和培训，应在任何旨在加强农民对快速变化的农业生态和市场条件的应对能力的战略中得到优先重视。灵活的土地管理以及生产、储存和营销做法和技术领域的创新能力需要适当运用信息和技术，这是继续学习过程的一部分（Davis等人，2007年）。

知识传播和培训方面更具创新性的机制也需要得到加强。农田学校——在87个国家运作——的经验表明，在正规和非正规研究机构的参与下，通过农民间的学习，可促进创新和灵活的自然资源管理（另见方框3.1）。在职培训和远程教育也被证明是有效的，并日益成为推广服务的补充。

在农村教育之外

旨在改变行为的教育对于减少废弃物和促进采纳可持续饮食和消费做法也很重要

教育对于引发确保粮食安全和保护环境所需的社会转型也很重要。正规和非正规教育、推广服务、广告和信息公司、政治和民间社会动员是创造更具可持续性的粮食生产和消费模式的重要手段。

在生产方面，农民需要了解信息，接受培训和受到鼓励，以便采纳更加可持续的做法。然而，养活日益增多和富裕的人口挑战也要求在消费包括饮食模式方面改变行为。尤其是，为满足不断增加的对肉类的需要而快速增长的牲畜养殖部门是导致缺水、污染、土地退化和温室气体排放的首要原因。这引发了支持素食的呼声。¹³然而，动物蛋白在营养方面的重要性（尤其是在发展中国家），以及各种牲畜之间在生产效率和环境影响方面的差异¹⁴可证明，对消费红肉和乳制品的警告不无道理（Godfray等人，2010年b）。还可利用广告、宣传、教育，甚至立法来引起思想、文化和行为方面的改变，以降低发达世界的高零售水平和家庭厨房垃圾水平。

建立新的机构，通过加强可持续农业创新系统的多个节点和改变行为，为实现可持续农业和粮食安全铺平道路，这是一个长期过程，需要资源承诺，对总体变化方向的清晰想象以及适应不断变化的环境的能力。实现粮食安全和可持续农业的国家战略将帮助政府确保在一般分散化的农业创新体系中的一致性，并且帮助引导捐赠资源和私营部门投资的方向。没有这个起码的框架，也许不能及时促进农村结构转变，以防止人类和环境对当前的粮食生产和消费系统产生不可逆转的损害。

¹³ 见David Batty和David Adam, “Vegetarian diet is better for the planet. Says Lord Stern”, 2009年10月26日。见<http://www.guardian.co.uk/environment/2009/oct/26/palm-oil-initiative-carbon-emissions>（2011年3月14日查阅）。

¹⁴ 据估计，牛（集约化生产下）消费的水为每头每天114–125公升，鸡为1.3–1.8公升；生产1公斤肉，每头牛需要8公斤谷物，而鸡需要1公斤饲料（联合国粮食及农业组织，2006年；政府间气候变化专门委员会，2007年b）。2005年，联合王国的乳制品和牛肉部门排放的CH₄和N₂O超过24公吨二氧化碳当量（MtCO₂e），相比之下，家禽部门为2 MtCO₂e（Radov等人，2007年）。

促进粮食安全和环境可持续性的区域和全球伙伴关系

国际社会可为促进粮食安全和环境可持续性的全球议程做出巨大贡献。第六章研究了与各个领域的国际合作有关的挑战。就农业和可持续土地管理而言，兑现2007-2008年粮食危机后做出的财政承诺将为实现消除贫困目标的承诺开一个好的先例。预计可采取国际行动的其他领域包括：

- 改革经合组织国家中的农业补贴，包括生物燃料补贴，并且支持新一代生物燃料，以减少用于粮食生产的农业用地被转作他用的情况；
- 增加对农业研发的国际投资以促进粮食安全，并且私营部门参与开发。绿色革命期间为国际农业研究磋商组织的有效运行提供充足资金对于通过积极主动的适应和传播来促进快速创新至关重要，并且在提供基础设施和其他所需投入物方面，政府常常起到支持和促进作用。在国际财政支持下，重建全球、区域和国家的农业研发能力，可促使农业生产率快速提高；
- 为环境服务扩大对发展中国家小农场主付款的新型融资机制，该机制有助于保护自然资源，保护生物多样性，增加农业和林业部门的碳固存；
- 消除妨碍市场扩大以纳入发展中国家的小规模生产者的粮食贸易方面的非关税壁垒；
- 通过绿色/生态足迹标准；
- 有效监管商品期货市场以防粮食价格投资。

短期内，预防作为气候灾害应对措施粮食作物出口禁令和恐慌性购买将有助于遏制价格飙升。此外，利用安全网和食品援助来保护弱势人群的机制对于减少粮食价格上涨的影响来说是必要的。建立全球粮食储备可以是应对粮食紧急情况的一个选择，但需要更加详细地审查对援助的管理和部署，以确保援助是一项有效的应急措施，避免对当地粮食生产系统产生长期不利影响。

为环境服务付费和更好地监管商品市场可促进粮食安全和环境保护方面的国际合作

第四章

减轻自然灾害对人类的伤害

概 要

- ◆ 在过去40年里，自然灾害，尤其是水灾和暴风雨的发生频率增加了四倍，这种不断升级的灾害风险部分与气候变化效应有关。而在这种不断增加的风险所带来的负面后果中，发展中国家所占比重较高。
- ◆ 自然环境管理不善和人为的气候变化加剧了灾害风险。为减少自然事件风险，需要从长计议。最有效的方式是将一体化预防框架列入国家的各项发展战略。
- ◆ 现有技术和知识体系（包括体现在传统和土著知识中的体系）能够胜任减少风险和适应气候变化的重任。适应和投资成本是这些体系在各地应用的瓶颈问题，因为还存在着具有竞争性的其他公共优先事项。为确保灾害风险管理得到适当关注，必须将减灾和适应方案作为国家各项发展战略中不可分割的组成部分。

导 言

据记载，1970年代，全世界每年大约发生69起自然灾害。到二十一世纪第一个十年，这一平均数已上升至每年350起。部分与全球变暖有关的自然环境变化加剧了灾害风险，为适应这些变化，人类的聪明才智正在经受着考验。在不断增加的灾害风险所带来的不利后果中，发展中国家所占的比重往往不成比例，发展水平较低和资源不足问题使他们面临着多重脆弱性问题，而这会使他们无法更迅速地建立抗灾基础设施和建设旨在减少风险的知识能力。

易受伤害程度与不均等的发展水平和贫困率有关。在一个受环境制约的世界，克服这些挑战性问题意味着必须为绿色增长迅速进行全面技术变革。可供经济增长使用的关键投入（如，可再生能源和水）具有不确定性，因此迫切需要利用各种技术减少灾害风险，确保可持续发展。解决这方面的不均等问题需要将适当的技术内容列入各项适应战略以及贫困人口和最脆弱人口的生计中。

灾害脆弱性与发展水平
及贫困率高度相关

本章将对各种战略方案进行评价，这些方案的目的是促进和实现必要的技术变革，以适应和减少灾害风险，建设本国的应对能力，使国家能够快捷有效地处理自然灾害对生计所带来的不利影响和发生灾难性事件的可能性。

自然灾害的多重影响

在过去的40年中，自然灾害数量已增加了四倍

如上所述，在过去的40年里，自然灾害数量增加了四倍。图四.1显示了水灾、暴风雨、干旱、极端气温、地震、火山、滑坡和野火的这种趋势。到目前为止，增加的大部分可能都与水文气象灾害（水灾、暴风雨、干旱和极端气温）的发生率上升有关，而这又与气候变化有关。此外，持续干旱的数量增加了两倍。

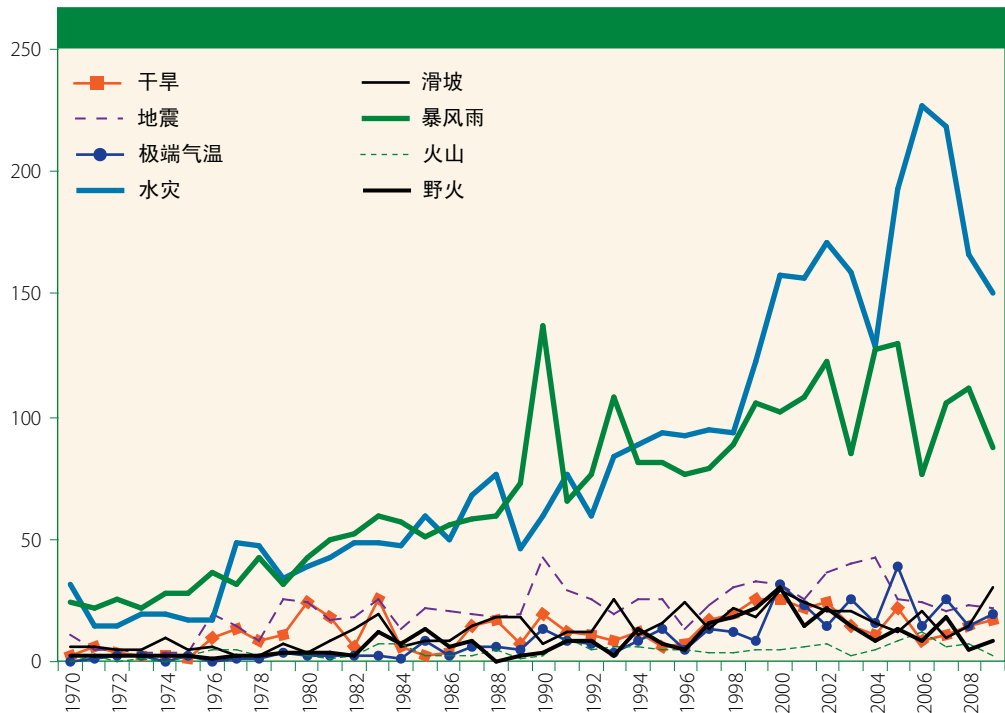
《2008年世界经济和社会概览》（联合国，2008年b，第81页）强调指出，尽管地质灾害可能会带来严重损害，但水文气象灾害“成为大规模（灾难性）灾害的可能性最大，也是近几十年中灾害报道数量不断上升的主要原因”。

在很多国家和地区，天气都变得更加无常难料，经常会遭遇极端气温问题。在近几十年里，一些地区遭受了更加严重的强降雨问题，而其他地区则遭遇了从干旱转向持续干旱的问题。很多国家不仅会经常遭遇严重暴风雨和降水等自然力量的袭击，还会遭遇严重的干旱问题。

水文气象灾害发生的频率不断上升，其强度不断加大使其进一步恶化。1970–2004年这35年期间，1类飓风和暴风雨的数量大致保持不变，但在所有海洋盆地中，最强类别（4类和5类）中的飓风和暴风雨却几乎翻了一倍

气候类事件发生的频率不断上升，其强度不断加大使其进一步恶化

图四.1
灾害频率，1970–2009年



资料来源：联合国/经社部，采用了灾害流行病学研究中心（CRED）国际灾害数据库（EM-DAT）的数据，鲁汶天主教大学，布鲁塞尔，2009年。网址：www.emdat.net。

(Webster等人, 2005年)。2000–2009年期间持续时间在一两年或两年以上的干旱数量是1970–1979年期间的三倍。

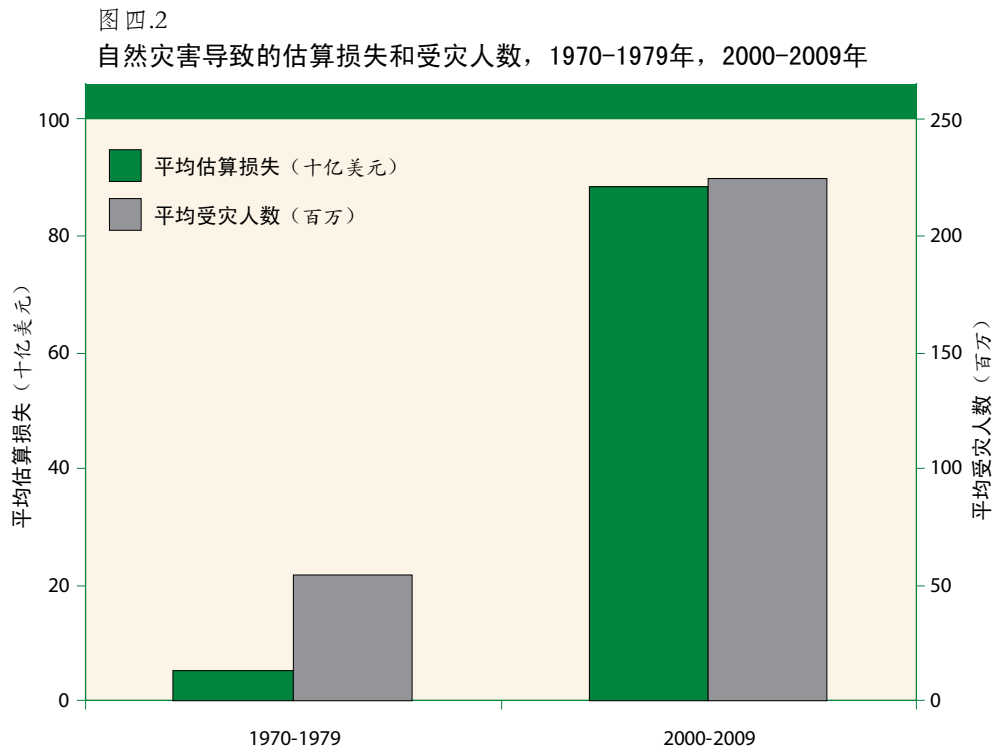
灾害风险概况

长期以来, 每起灾害的平均死亡人数一直呈下降趋势, 从而使各种灾害的年均死亡人数大致保持不变。但与此同时, 自然灾害的频率不断上升, 从而使受灾人数和估算损失费用大幅上升(图四.2)。2000年以来的年均损失为880亿美元, 而19世纪70年代平均为120亿美元。灾害对生命的威胁程度降低了, 但却给受灾社区的生计和福利造成了更大的破坏性影响。

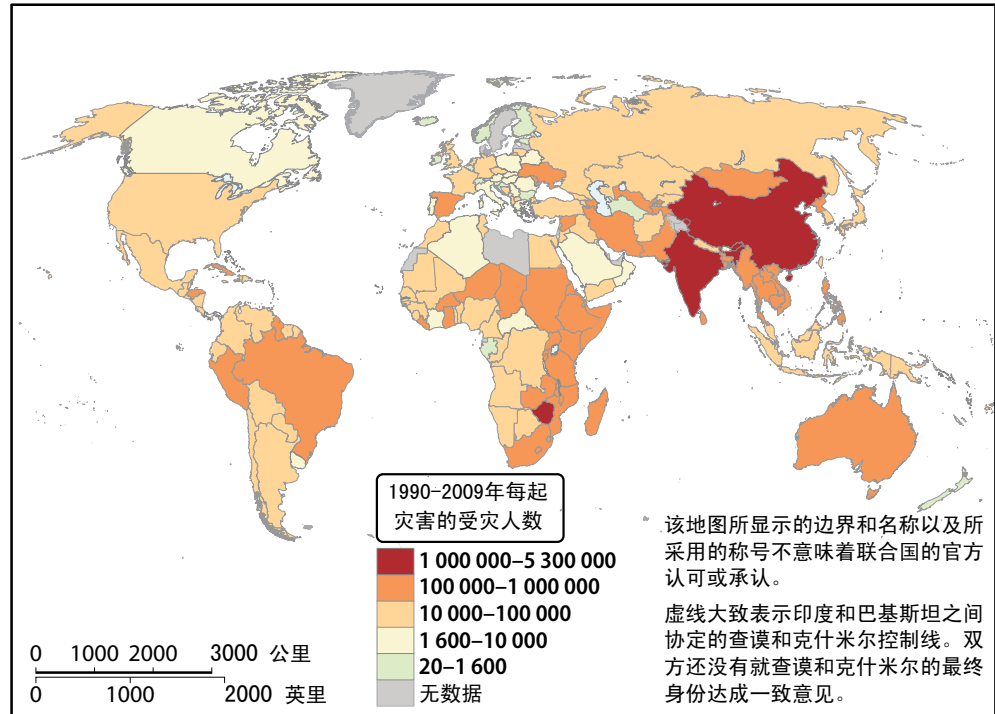
在发展中国家, 按受灾人数和死亡情况测算的人类成本要高出很多, 当然, 地区之间也存在差异。图四.3显示, 发展中国家人口具有更大的脆弱性, 其中亚洲发展中国家的受灾人数(伤者和无家可归者)最多, 但非洲和拉美大部分地区的受影响程度也很高。在发达国家(最突出的是澳大利亚和西班牙), 自然力量的每起事件也会使很多人受到影响, 只是这些国家的抗灾能力一般会更

灾害对生计的破坏性正在加大

在发展中国家, 灾害对人类的影响要大得多



图四.3
1990-2009年每起灾害的受灾人数，按国家列示^a



地图编号：4441，联合国
2011年5月

现场支持部
制图科

资料来源：联合国/经社部，以灾害流行病学研究中心（CRED）国际灾害数据库（EM-DAT）的数据为基础，鲁汶天主教大学，布鲁塞尔，2009年。网址：www.emdat.net。

注：灰色区表示无灾害发生率，即：没有可用数据或者无人受到灾害的影响。

^a 包括水灾、暴风雨、干旱、极端气温、地震、火山、滑坡和野火。

大多数灾害都发生在发展中地区

尽管所有地区都会遭遇自然灾害，但大多数灾害（包括干旱、地震、极端气温、水灾、滑坡、暴风雨、火山和野火）都往往发生在发展中国家（表四.1）。另外，到目前为止，大多数伤、亡和无家可归者（95%）都是由发展中地区的自然灾害引起的。发展中地区每100 000名居民的平均死亡人数要比发达地区高5倍。在考虑到最不发达国家和小岛屿发展中国家组的情况下，发展中地区和发达地区的发散趋势仍在继续，但在比例上存有差异。最不发达国家每100 000名居民的死亡人数要比发达地区高12倍，而小岛屿发展中国家组则高出2.5倍以上。此外，最不发达国家每100 000名居民的受灾人数要比发达地区高出16倍，而小岛屿发展中国家则大约高出10倍。其受灾人数略低于发展中国家平均数的原因是，很多最不发达国家和小岛屿发展中国家的人口密度都较小。澳大利亚和新西兰是例外，因为在过去20年里，这些国家一直受到极端气温、暴风雨和水灾、干旱和野火以及地震的影响，气候事件的发生率较高。

表四.1

1970-2009年期间按地区开列的自然灾害频率及其影响

	灾 害 数	死亡人数(千)	受灾人数 (百万)	死亡人数 (每100 000人)	受灾人数 (每100 000人)
发展中地区	6 482	2 788	5 966	68	145 182
非洲	1 200	705	370	109	56 982
亚洲（日本除外）	3 478	1 828	5 401	61	179 051
拉美和加勒比	1 575	250	191	57	43 717
大洋洲	229	4	4	68	59 101
发达地区	2 451	153	84	14	7 364
澳大利亚和新西兰	238	1	16	6	78 216
欧洲	1 281	127	37	18	5 251
日本	180	10	4	8	3 100
北美洲	752	15	27	5	9 356
合 计	8 933	2 941	6 049	56	115 361
备忘项:					
最不发达国家	1 363	981	631	189	121 471
小岛屿发展中 国家	636	18	35	37	72 760

资料来源：联合国/经社部，灾害传染病学研究中心（CRED）国际灾害数据库（EM-DAT）的数据，鲁汶天主教大学，布鲁塞尔，2009年。网址：www.emdat.net。

气候变化之过？

如图四.1所示，自1950年代以来，与气候有关的灾害数量一直在加速增长，而地质物理灾害则保持了相对稳定的上升趋势。这说明，存在着一种驱动气候类灾害事件不断上升的因素，研究人员已试图通过复杂的模型对气象灾害与气候变化的关联度进行量化，但政府间气候变化专门委员会（2007年a）警告说，结果通常不是结论性的，因为气候模型不断在更新和改进。到目前为止的模型分析显示，气候变化会使大多数陆地的寒夜变暖或减少，并使日间气温上升和酷热天数增加。温暖天气和热浪的情况很可能会增多，干旱的频率和持续时间很可能会上升。这会使大多数温暖地区的农业减产，并对地下水的供应和质量产生不利影响，而绝大多数发展中国家都位于这些地区。气候变化还会使大多数地区的强降雨频率以及强热带旋风所在地区的旋风数量上升。基于模型模拟数据的估计显示，热带海表温度每上升1摄氏度，将会使飓风表面风速上升1%-8%，使核心降雨程度上升6%-18%（美国气候变化科学规划署，2008年）。

对于很多发展中国家而言，环境约束和冲击已是其恶性循环的一部分，这使他们陷入了低收入困境，破坏了他们的资源基础，限制了他们使自己免受未来冲

与气候有关的灾害数量
一直在加速增长

防灾可为旨在利用更先
进技术的基础设施建设
提供契机

击的能力（联合国，2008年b；2009年）。一方面，发展中国家需要考虑到这些不利影响，另一方面，他们还可借此机会改变生活安排、建设能够吸收劳动力的基础设施、采用旨在适应和减少灾害风险的更先进的技术。

对生计的不均等影响

低收入人群通常最容易受到定居问题困扰

自然灾害给发展中地区带来的负面影响最为严重（联合国，2008年b；2009年）。撒哈拉以南非洲的干旱和部分亚洲的洪水已使数以千计的生计遭到破坏，而热浪则加剧了一些国家缺水的风险。另外，城市发展往往会给环境带来压力，从而会导致洪水之类的灾害，在这方面，低收入人群最容易受到定居问题困扰。富裕人群，不管是否来自发展中国家，通常都更有能力抵御水灾，2005年新奥尔良的卡特里娜飓风就证实了这一点（McGranahan、Balk与Anderson，2007年）。

气候变化若不加控制，将会导致农业减产，到2050年，还将增加营养不良儿童人数

气候变化一直与生长季节交替有关，会给水源带来威胁，并使粮食短缺问题恶化。未加控制的气候变化会导致农业减产，一项估计显示，到2050年，这反过来会使营养不良儿童人数增加20%（联合国粮农组织，2009年b）。对粮食生产和营养状况产生的不良影响将产生涟漪效应，会直接影响就业、收入以及贫穷小农和城市居民的生计。例如，孟加拉的海水泛滥使渔民的生计受到影响，因为如今的河流被污染，鱼礁被破坏。到2050年，孟加拉每年将有7 000万人受到气候变化的影响。

更加频繁的极端气温将会造成破坏性后果

各种征兆的气候变化会带来不同影响。例如，更频繁的极端气温可能会带来破坏性后果。2010年夏，俄罗斯联邦迎来了有史以来最严重的热浪，这次热浪导致56 000人丧生，100 000人无家可归，500 000多公顷的森林被火灾烧毁。一般而言，持续时间更长和程度更加严重的干季已严重破坏了阿根廷、加拿大、俄罗斯联邦、乌克兰和美国的收成。

同样，气候变化和自然灾害对健康带来的风险范围很可能会很大，全球所有地方都会受到影响，这一点可从欧洲近期热浪中史无前例的死亡人数中看出。但健康风险与其他风险密切相关，对气候敏感的疾病必然会给最贫困人口带来沉重负担，这些人口也是医疗服务覆盖最少的人群。实际上，在过去，最容易受到气候变化冲击的人群是那些不能较好获得医疗部门干预措施保护的人群。同时，对不同地区受影响程度产生最大影响的不是气候变化程度上的差异，而是原有健康问题规模的差异。世界卫生组织近期评估（世卫组织，2009年）的估计数显示，1970年代以来，适度变暖所带来的疾病负担正在使低收入国家每年因为气候敏感性健康问题（营养不良、腹泻、疾病和疟疾）而丧生的人数大约增加了150 000人。所增加的这些死亡人数集中分布在那些已经属于易受攻击人群的人口中；例如，90%的疟疾和腹泻负担，以及几乎所有由营养不足所致的疾病负担都由5岁及5岁以下的儿童负担（Campbell-Lendrum，2009年；联合国，2009年）。从长期来说，气温升高不仅会导致可能会引起心血管和呼吸道疾病的过多臭氧和其他空气污染物，还会带来过多的花粉和其他空气过敏原，这些会引发哮喘，并

使穷人和老人受到最大的冲击（Beggs, 2004年）。

很多最重大的传染病都对气温和降水条件高度敏感，气温上升会使粮食和水源中细菌污染物的存活率和复制率上升，这是导致腹泻疾病的主要原因，在贫穷国家尤其如此。发展中地区由虫媒病引起的人均死亡率几乎比发达地区高300倍（世界卫生组织，2009年）。这为妇女带来了双重负担，她们可能会因为疾病方面的烦恼而受到歧视（联合国儿童基金会，2008年；联合国妇女观察，2011年）。

水灾可能会给人类健康带来额外风险。孟加拉地下水的砷污染很严重，水灾使农村人口的脆弱性率上升。长期接触砷会损害健康，包括某些癌症发病率的上升。

水文气象灾害对健康和福利的最直接影响很可能取决于水的可用性。据估计，非洲有四分之一的人口（大约2亿人）都面临着用水紧张问题（Ludi, 2009年）。气温上升和更加变化无常的降水会减少可用淡水，从而更加难以满足饮用、烹饪和洗涤等方面的基本需求。同时，除其他方面以外，水灾次数增多还与更强的降水和较低沿海地区的海平面上升有关，这会进一步污染淡水供应，从而进一步加剧缺水问题。

这些地区的大量人口会进一步加大沿海生态系统所面临的风险。在人口超过500万的全球所有城市中，有三分之二的城市位于沿海地区，这些地区的海拔还不足10米。除其他因素以外，城市发展的加快以及地下取水量的增多已使某些地方的地面下沉。例如，中国天津周围的领土以每年大约五公分的速度下沉。在那些位于大河三角洲的城市中，陆地区域正在因为泥沙沉积而消失。如果不加大保护力度，地势较低的地区将会更容易遭受更频繁的水灾、海岸侵蚀和盐水浸入地下水的问题。

因此，自然灾害会对各个社区产生不同影响，具体情况将取决于灾害的性质、地理位置、基础设施的抗灾能力以及受灾地区人口的准灾程度。表四.2简要列出了气候类似自然灾害风险加大可能带来的一些影响。

“极端”干扰事件的风险加大？

近期研究证实，生态系统受到重大干扰的可能性加大，通常被称作“极端事件”的这些重大干扰可能已在某些生物多样性领域发生（迅速灭绝的物种可说明这一点），而且可能很快会对渔业和某些水系统产生影响（Rockström等人，2009年）。

发生极端事件的可能性增加了，因此，主要利益攸关方编制了一份有关该主题的特别报告，以便对当前有关气候变化的适应战略进行重新评估（政府间气候变化专门委员会，2009年）。报告认为，“生态系统和自然资源逐渐发生的非线

发展中地区由虫媒病引起的人均死亡率几乎比发达地区高300倍

气候类灾害对健康和福利的最直接影响取决于水的可用性

地势较低的地区更容易遭受更频繁的水灾和海岸侵蚀问题

发生极端事件的可能性增加

表四.2
气候条件变化的多重潜在影响

自然灾害风险加剧	潜在影响
地方气候可变性加大	<ul style="list-style-type: none"> • 极端事件使时间损失大幅上升
海平面上升	<ul style="list-style-type: none"> • 沿海陆地损失 • 各种供水和排水系统问题 • 水灾损失风险加大
干旱加重	<ul style="list-style-type: none"> • 闷热干旱的夏季用水需求增加 • 火灾隐患增加，非正规定居点的隐患尤其严重 • 滋生新虫媒疾病和水传染病的风险加大，或者这些疾病空间分布变化的风险加大
洪灾频率和规模上升	<ul style="list-style-type: none"> • 运输系统受干扰 • 滋生新虫媒疾病和水传染病的风险加大，或者这些疾病空间分布变化的风险加大 • 极端事件使时间和出行损失大幅上升
热浪	<ul style="list-style-type: none"> • 炎热和空气污染使死亡率和健康风险上升 • 各种能源供应问题 • 水需求增加
风暴和风暴潮的次数增多	<ul style="list-style-type: none"> • 水灾风险加大 • 由于各极端事件的交互作用，暴风雨和水灾可能会带来排水系统的阻塞问题

资料来源：根据Birkmann等人（2010年a）的资料改编。

性变化以及不断加重的脆弱性会进一步加剧极端天气事件的后果”（第2页）。按照当前的全球平均气温，极端事件的发生可能已经增加，如果全球变暖所提高的平均温度比前工业化时期的水平高出2摄氏度以上，则会加剧大规模中断事件的发生风险，如“海洋传送带热分配系统的变化，或者可能导致大规模甲烷释放的灾难性北极融化”。尤其是，目前海平面大幅上升和极端气候事件的风险要比以前预料的大（世界银行，2010年）。

极端事件更有可能跨越 边境

极端事件更有可能跨越边境，会对受灾经济体的不同部门带来严重的破坏后果。2004年的亚洲海啸以及2011年的日本地震提醒我们，如果受灾地区在地理位置和现有社会和经济基础设施的抗灾水平方面尤其脆弱，那么灾害可能会带来惊人的损害和损失。在印尼所发生的合计损害和损失中，社会部门（健康、教育和住房）更为突出，而在斯里兰卡，遭受更大损失的则是生产部门（渔业、工商业、旅游业和农业）（Birkmann等人，2010年b）。

潜在灾难预测方案的预测结果具有不确定性，这些方案有关未来气候、全球变暖程度和临界点的假设通常带有自身色彩（Gillett等人，2011年）。大规模灾

害和灾难的风险在不断上升，在能够充分了解其起因的情况下，不仅迫切需要转变个人和社会行为，而且还迫切需要利用现有技术减少灾害影响。

减少灾害风险和适应气候变化的方法

现有增量法

尽管威胁迫在眉睫，但无论是发达国家，还是发展中国家，都还没有将灾害风险管理 and 气候变化适应问题列入其更广泛的决策主流（Adger等人，2003年；Huq和Reid，2004年）。在解决这类调整问题时，往往是在现有政策设计和实施机构中“额外添加”一部分，而不是按照更加一体化的方式，通过调整原有设计来应对气候变化（O’ Brien等人，2008年）。将适应措施等同于紧急救援措施，并按照一个依赖于捐助（常用方法）的框架来应对挑战问题不仅无济于事，而且还导致了通常不一致的见解，从而使所采取的措施要么（通过应对措施）重点应对气候变化的影响，要么努力通过现有项目和活动中气候防护措施来减少风险遭遇，这在灾害风险管理的情况下，尤其明显。尽管这两种方法具有共同目标，但有关应对和防护措施的观点很可能会滑向不同的政策方向，分散行动至多只能解决部分问题，在最糟糕的情况下，这种行动会导致新问题或加剧现有问题（Sanchez-Rodriguez、Fragkias和Solecki，2008年）。

在最糟糕的情况下，分散行动可能会导致新问题或加剧现有问题……

正如2008年和2009年《世界经济和社会概览》所述（联合国，2008年b；2009年），在应对自然灾害方面，的确有可能会忽略脆弱性问题和不当适应措施背后的结构性原因，包括会对社会和经济安全带来一系列密切关联的复合威胁，这一问题已经显现。

……包括会对社会和经济安全带来一系列密切关联的复合威胁

为了对适应问题和气象灾害采取更为一致的方法，近期做出了各种努力，这些努力强调了市场激励机制的核心作用（经济合作与发展组织，2008年）。在对减少灾害风险和适应气候变化的成本与收益进行评估时，这些努力不仅有助于突出其中存在的方法问题，而且还有助于强调积极激励措施的作用，帮助扩大更有效应对战略和减灾险战略的范围。

但这种方法往往会根据一些列离散和互不关联的威胁来看待挑战问题，并进而按照增量改进法来解决这些问题，因而会忽略应对气候类威胁时可能需要的大规模投资和一体化政策举措。

一体化方法的必要性

另一方法是从抗灾能力建设的角度来看待适应问题，这种方法需要通过提高社会经济发展水平来进行气象灾害和危害方面的抗灾能力建设，其目的是为受威胁社区和国家提供必要的社会和经济缓冲机制。正如2008年和2009年《世界经济和社会概览》（联合国，2008年b；2009年）所述，这种方法有助于解决更重大的发

《兵库行动框架》有助于将气候变化适应问题和降灾险问题纳入各项国家发展战略中

展问题，即：克服一系列相互关联的社会经济脆弱性问题。

如今，降灾险战略正日益朝着这一方面迈进。截至2005年，这些战略在处理自然灾害的负面影响时，一直未能明确认识到气候变化的影响。不过，这种经历有助于累积宝贵知识，便于了解如何处理和减少各种灾害的负面影响。如上所述，在过去的二十年里，对于不同收入水平的大多数国家来说，每起灾害的死亡人数已明显减少。但气象灾害即水文气象灾害的发生率上升了，因而需要重新审视降灾险战略。在《2005-2015年兵库行动框架：国家和社区抗灾能力建设》中，¹ 168个政府同意通过以下方式使气候变化适应行动和降灾险行动实现一体化：(a) 确定与气候有关的灾害风险；(b) 设计具有针对性的降险措施；(c) 改善气候风险信息用途（第19(c)段）。这种做法的重点是对更频繁和更密集的水文气象灾害做出有效反应，需要将降险问题纳入国家各项发展战略的主流。

在思考降灾险问题时，重要的是要注重各种旨在应对火山爆发、海啸和地震的政策措施。气候变化适应战略则重在提高水文气象灾害方面的抗灾能力，尤其是要寻找一种预防性的可持续降灾险措施。随着人们对人为气象灾害的关注度不断加大，降灾险战略的眼光也变得更加长远，人们开始更多地通过可持续发展投资来预防灾害。

风险、不确定性和灾难

经济学对“风险”和“不确定性”这两个概念进行了重要区分。在本文中，“风险”是指“可从经济体和生态系统过往行为中推断的”某个负面事件的概率和影响（Ocampo等人，2011年，第19页）。因此，风险将指世界上某些地区因飓风和热带风暴而遭遇损害的可能性。从某种程度上说，这些风险的预计成本可以量化，因此，可根据潜在损害，储备相应的资源。

即使各种风险可以量化，这些风险因相互作用而带来的影响也可能是不确定的

不确定性是指负面事件的概率和规模无法从过往信息中加以推断的一种情形。“已知的未知事件”可能具有不确定性；在这种情况下，可能会意识到某个灾难性事件（如，自然灾害）的发生概率，但却没有什么线索可用了解这种灾害是否会启动那些超出了某个阈值的不可逆进程。一些预测方案，如有关未来气候变化的某些预测方案纳入了这种形式的不确定性。但即使可以对各种风险进行量化，也可能无法确定这些风险因相互作用而产生的影响。在这方面，Rockström等人（2010年）指出，不确定性之一是无法确定“可能会触发哪些人为的意外——尽管已经确定了一些风险，如：非洲和印度季风突变、冰川融化速度加快、雨林迅速草原化、2007年北极地区冰层出现（明显的）意外崩塌等”（第34页）。

当问题涉及风险时，尤其是如果涉及疾病和其他健康方面的问题时，社会将

¹ A/CONF.206/6和Corr.1，第一章，决议2。

有义务做出相应投资，并留出足够资源，以应对各种灾害和威胁人类生命的其他事件所带来的估算影响。在可以精算风险及其在人口中的分布情况时，可利用私人保险筹集所需资源。即使可以很好地量化风险，也需要通过适当的公共投资来吸引私人投资者参与各个领域，例如：一般公共卫生和季节性防洪。在国内现有技术不足以应对这些风险的情况下，公共机构可以进口，或者进行技术开发方面的投资。可将成本-效益方面的计算数据作为指导，以确定所需的公共资金、适当的融资形式和将各种风险纳入国家发展战略中的方式。

但当威胁属于不确定事件时，所提供的指导则只限于受影响概率和威胁规模。为确定极端事件的潜在费用，需要了解一国的预防战略和抗灾能力建设能够实现怎样的目标。不过，可以将这些威胁纳入国家计划。国家当局也可考虑通过详细研究，了解极端事件的可能性和选定灾害的潜在费用。近期肆虐的一些自然灾害说明，自然事件普遍具有不确定性，气候防护基础设施建设不可能消除所有风险。

建议详细研究选定灾害的可能性和潜在费用

在给定极端事件可能性的情况下，防护性投资和技术难题的处理需要提出三组关键问题：

- 何种基础设施才具有抗灾能力，这种基础设施需要多少投资？是否应该对那些概率很小的破坏性灾难采取防范性消除措施？应该如何从成本-效益的角度权衡面向当代和后代的必要投资？在有些情况下，可以提出一个更具针对性的问题，即：在有些情况下，如对于某些小岛屿发展中国家而言，提高抗灾能力是否具有可行性？是否可能需要其他“适应战略”，如：大规模撤离受威胁人口；
- 需要通过何种研发来促进自然灾害防御能力的提升？是为基础设施的气候防护功能设计更好的技术解决方案并提升自然环境的管理水平？
- 如何使这些考虑因素与更广泛的国家可持续发展战略和全球减灾战略保持一致？

技术变革之路

为实现减少灾险影响的总体目标，各个社会在投资和技术政策方面面临艰难抉择。由于资源有限，减灾的覆盖面也势必有限。各国的地理背景不同，灾害史不同，气候变化的预计影响不同，因而极端事件的性质和规模也会各不相同。在一些国家中，如更容易受极端事件冲击的小岛屿发展中国家，可供选择的战略将更加有限。在实际灾害规模超出本国用以应对和预防灾害的资源限度时，受限于自有资源的国家将最终需要其他国家的援助。

尽管没有一个可用来解决这些问题的通用战略，但各项国家发展战略可明确确定那些会对预计发展成果带来风险的自然灾害，并据此确定那些必须通过投资

和技术开发项目加以优先解决的风险。各国政府还可确定地区性自然灾害，并据此促进地区投资战略。

利用当地技术

很多穷国所面临的战略挑战是将本地有关适应方法的最佳知识与先进的专业知识相结合

很多穷国所面临的战略挑战是将本地有关适应方法的最佳知识与合格专业人员和从业者的专业知识相结合。《联合国气候变化框架公约》（2006年）强调指出，“大多数适应方法都涉及某种形式的技术——最广义的形式不仅包括材料或设备，而且包括多种形式的知识”（前言）。《坎昆适应框架》（《联合国气候变化框架公约》，2011年，第1/CP.16号决定，第二节）强调，适应方法“应将现有的最佳科学知识作为基础和指导，并在适当的情况下，将传统知识和本土知识作为基础和指导，以便将适应方法纳入相关社会、经济和环境政策及行动中”（第12段）。

一些社区利用本地知识，兴建高脚屋和水上菜园来抵御洪水，而卫星遥感技术则为防洪提供了更准确的气象预报。这类地方行动至关重要。（巴西）库里提巴具有前瞻性的绿色一体化城市规划项目为统筹兼顾之目的，一方面寻求促进绿色经济增长，另一方面则努力进行抗灾能力建设，以抵御更强烈和更频繁的自然灾害，包括洪水、极端气温和人口密度，此外，该项目还开发了绿色区域（方框四.1）。（越南）胡志明市的各个社区开展了红树林恢复活动，地方行动对有效适应活动至关重要（见下文和附件四.1）。

方框四.1

巴西库里提巴高明的综合城市规划

尽管库里提巴的人口从1960年的361 000人增长到2008年的1 828 000人，但却没有经历扩张所伴随的典型问题，即：拥堵、污染和公共空间的减少。例如，在1970–2008年期间，尽管该城市的人口密度增加了三倍，但其绿化区域却从每人1平方公里扩大到50平方公里以上。

城市规划的关键之一是选择了“放射状线性分支模式”的增长，这有助于促进绿化区域，并通过土地利用分区和公共交通基础设施供应，鼓励市中心的交通疏导，还有助于促进抗气候住房的开发，鼓励各种服务和工业沿着放射性轴线选址。

通过将易泛滥地区转化为公园和兴建蓄存洪水的人工湖，库里提巴成功地解决了一个可能会涉及高昂费用的洪灾问题。该战略的费用（包括贫民窟居民的重新安置费用）估计要比兴建混凝土运河的费用少五倍。除其他成果外，还包括邻近地区的地产价值上升了，税收增加了。

库里提巴还促进了废水管理基础设施和公众对于废物分类和回收利用的意识。该城市有70%的居民积极参与了回收利用活动，有13%的固体废物在库里提巴进行了回收利用，而圣保罗则只有1%。

资料来源：联合国环境规划署（2010年a）；与Rabinovitch（1992年）。

制度缺失

《坎昆适应框架》重申了制度这一焦点问题，该框架强调指出，“适应……要求通过适当的制度安排来促进适应行动和支持”（第2(b)段）。这类安排的内容之一是政府将降灾险研究与教育投资纳入科学、技术和生产部门政策，并使其成为国家绿色创新体系的一部分（更详细的讨论，见第五章）。

各个社会还必须克服地方调用技术时所遇到的政治阻力。在可持续发展道路的建设过程中，不同的利益攸关方具有不同的利益，如何利用这些相关者的力量，对于任何政府来说，都不是一项轻松的工作。2005年，为了将各种不同的利益、想法和活动纳入一个旨在恢复首尔清溪川的三年期项目，开展了（时间通常很长的）各种对话和谈判。在市长的领下，该市的政届、商届和居民团体寻找了一种能够协调其各自观点兼顾城市增长和可持续发展的方法。地方溪流的恢复和水系统的改善提高了抗灾能力。

技术变革范围

灾害频率增加以及极端事件可能性上升使适应性投资迫在眉睫。对于最穷的国家而言，国际合作需要强调适应，非减缓行动。对于很多发展中国家而言，仅应对气候变化额外负担的需求就超过了其本国资源，因而需要外部支持。在这些国家中，投资和技术抉择需要重点解决最迫切的危害问题。

可持续的降灾险活动需要改变定居点和基础设施（包括公路、铁路系统和电厂）的设计。适应技术投资必须包括抗灾基础设施的安装，同时还应在可持续国家发展战略的背景下，创建多元化经济（联合国，2008年b；2009年）。²各国需要编制一份有关其脆弱性问题和灾害潜在影响的详细评估书，以确定其应优先采取的应对措施。例如，俄罗斯联邦水文气象和环境监测联邦服务局根据极端气象事件的频率、强度和持续时间以及气候的波动性，编制了有关基础设施的各种指数。在西伯利亚，建立在永久冻结带之上的基础设施已达到了越来越不能接受的风险水平（因为气候变暖降低了永久冻结带的土壤承载力），因此需要有新式建筑技术来更新基础设施（《联合国气候变化框架公约》，科学与技术咨询附属机构，2010年）。

气候变化适应技术方面的各项投资可成为经济多元化建设战略的一部分

现有适应和防灾技术和知识体系

适应和降灾险技术及知识体系复杂多样。表四.3分类列出了用以适应和减少自然灾害负面影响的技术和知识体系。

² 减缓气候变化的绿色技术战略分析，见第二章。

表四.3
气候变化适应技术与知识体系

适应战略	洪水	干旱	海平面上升	热浪	暴风雨	一般适应技术
	兴建堤坝、闸门和套堤，以保护海岸、工业和住户；兴建高地缓冲带、水库、水上社区/房屋、抗洪建筑/基础设施	留出备用输水管和供水，兴建雨水收集系统	抬高低地；加高高风危险地带的住房；兴建水上社区和水广场、海堤和海岸防护建筑；防洪新建筑	改变建筑设计及其建设	采用可持续的城市排水系统（雨水储留池、兴建的湿地）	改善非正式定居点的卫生设施；改善水处理水平；筛查病原体遗传分子
基础设施	改善低收入住房的建设水平；在高地兴建住房	改善供水基础设施	重新装备；淡化技术	种树	改善非正式住房的建设水平	改善公共交通；发展城市轨道交通
	高级雨水道，加固并改建关键的基础设施，如采用较大直径的管道	工业制冷采用先进的高效再循环技术	重新开发城市地区	城市种植绿荫树	用于监测和报警系统的技术	催化转换器；高烟囱
	工业系统的选址远离脆弱性地区	新品种作物、灌溉系统、有效的防风设施、侵蚀防止技术	工业系统的选址远离脆弱性地区；利用实际屏障保护工业设备	安装高反照率屋顶；工业制冷采用先进的高效再循环技术	开发抗灾基础设施（雨水排水装置，新式污水处理设备）；高级雨水道；防洪	为低收入群体兴建坚固住宅
	修订并实施建筑标准规范；提供适当的洪灾保险	改善用水效率标准	修订和实施建筑标准规范	修订建筑规范	改进非正式住宅相关规定	新建筑导则；排放控制措施
规 章	禁止在高风险地带/地区新建建筑物，加强土地使用的限制	建立并实施有关用水限制的规章制度	禁止在高风险地带/地区新建建筑物，加强土地使用的限制		建筑标准（包括更大的风暴风险）；修订建筑规范	新规则法律；交通限制
	改进非正式定居点的相关规定	修订并实施建筑标准规范				湿地保护法；水质条例

表四.3
降灾险和适应气候变化的技术政策和投资（续）

适应战略	洪水	干旱	海平面上升	热浪	暴风雨	一般适应技术
管理	移民安置	减少淡水污染；再生水（灰水）	移民安置	城市绿化计划；绿色建筑计划；城市绿色带支持	监测预警和撤离系统	通过教育让住户清除那些携带水传播疾病的東西
	更新泛洪区地图落实/更新洪水撤离带地图	制订全面的水战略；实现水资源计划的一体化	监测和评估有关气候影响的各项指标	提高人们对炎热相关压力与管理的意识；热-健康警报系统	禁止在高风险地带新建建筑物	全市战略性综合规划；旨在减少城市热岛效应的规划
	培训关键基础设施护卫队	改变消费者行为	地方和地区气候模型、监测系统以及预警和撤离系统	进行气候类健康威胁方面的公共教育；卫生行为	保护红树林	国家健康保险计划；接种疫苗、浸泡蚊帐；建坑厕
	与易遭遇风险的紧邻合作	减少漏水管		尽量少地表铺砌活动	重大/关键基础设施护卫队；采用避雨所	污染警报；开水使用通告
	制定应急准备计划；制订公共应急计划	建立和培训关键基础设施护卫队增加生态控火方面的培训		空气质量管理系统；减少空调耗能	保护有助于管理雨水径流的绿化带	按照能够提高热电联产系统效率的方式规划城市；优化太阳能的使用
	改善洪水警报和撤离系统	监测、预警和撤离系统；进行宣传		重大/关键基础设施护卫队	保护集水区	将城市交通与土地格局联系起来促进大众公共交通；拼车
		移民临时安置		应急准备计划	应急准备计划	集体住宅；就业岗位与商店

资料来源：联合国/经济和社会事务部。

适应和降灾险技术政策可根据其各个层面分为三类：(a) 基础设施，(b) 规章和(c) 管理。例如，高级雨水排水道和新建筑物的防洪功能属于基础设施投资。新节水标准和建筑改进规范属于规章一类的措施：例如，圣卢西亚对其建筑规范进行了修订，以减少飓风、洪水和极端气温的负面影响。红树林保护、移民安置点和绿色城市的规划则是旨在改善管理专门知识水平的措施。

大多数减灾举措都可采用已知技术和本土知识

如表四.3所示，兴建水上社区、水广场和海岸防护建筑可有助于解决海平面上升和洪水问题。禁止在高风险地带建设新的建筑物可有助于防止暴风雨和洪水的负面影响。同样，通过培训提高人们对热压力的意识可有助于减少干旱和热浪的影响。《联合国气候变化框架公约》科学与技术咨询附属机构（2010年）指出，哥伦比亚的加勒比岛屿地区通过雨水收集系统有效地减少了岛屿含水层的压力，多民族玻利维亚国也正在通过该系统减少干旱对艾马拉人农民生计的负面影响。

从表内项目可以看出，所需适应行动可能要在很大程度上依赖已知技术和本土知识。所面临的更大挑战是提供必要的技术能力和管理技能，以兴建堤坝、改善低收入住房的建设水平、建立和落实用水规章、建立监测和预警系统、改善紧急事件和撤离的准备水平，所有这些都是降灾险的关键干预措施。增强这些领域的人力资源至关重要。灾害应对措施方面的投资（包括用以扩大基础设施和基本服务的投资）可能会对最穷国家的发展产生强大影响，因而必须纳入公共部门的规划。但整套的降灾险项目并不代表发展战略。至于一国的有限投资资源应有多少用于这些项目，仍需做出“艰难抉择”。

待填补的技术缺口

所需技术变革规模将因背景不同而异

由于所需技术变革将因背景不同而异，而各自背景则取决于灾险程度、现有适应技术以及各国已有的适应和降灾险战略种类，因此，需要提出以下问题：不同国家的灾险程度如何？目前采用的实际适应技术和知识体系是什么？还应解决哪些技术缺口问题？根据问题答案做出的选择必须能够反映很多发展中国家所面临的财政资源受限问题。

尽管相关文献已进行了讨论，但并不是上表列出的所有适应技术都得到广泛使用或被纳入现有项目中。实际上，其中很多技术只在特定背景下使用，而且使用规模也各不相同。附件四.1介绍了25个进行中的适应项目，这些项目选自70个国家135个项目的数据库（其中一些项目包括技术要素）。³在所有项目中，75%以上的项目通常都侧重于农村部门，验证了Birkmann和von Teichman（2010年）所强调的观点，即：一般来说，有关城市地区的适应战略较少。该附件列出了各

³ 该数据库最初由McGray、Hammill和Bradley（2007年）编制。

国容易遭受的主要灾害类型、目前使用的适应技术类型以及这些技术的实施规模。

在数据库的所有项目中，大约有三分之一的项目采用了技术战略，这种使用通常与其他战略相结合，如：基础设施、降灾险、提高意识、规划和制度建设。例如，孟加拉乡村银行项目将技术与授权战略相结合，也就是向穷人提供贷款，用于那些尤其能够适应暴雨和洪水，且在发生严重洪灾时可以方便拆除和重新安装的房屋设计。另一优点是该项目是国家性的，灾险管理部门被列入了孟加拉的国家发展战略中。同样，波哥达项目通过改进风险检测技术、应急响应、灾后恢复融资和宣传活动，减少了洪水和滑坡风险，为实现其目标，该项目结合采用了有形和无形适应战略，如：保险、监测预警系统、制度建设、基础设施改善和宣传活动。

荷兰气候变化研究援助方案署的国家级项目采用了类似方式，该项目侧重于制度建设政策和资源有效利用战略，其目的是改进也门的水管理。这些项目证明，技术改进和能力建设活动是提高已脆弱性人群（包括妇女、儿童和老人）抗灾能力的核心。在这些人群能够平等参与预防性灾害管理活动的情况下，死亡人数一直为零（世界银行，2010年a）。

联合国开发计划署（开发署）也一直在积极促进各种气候变化适应技术。⁴ Tessa和Kurukulasuriya（2010年）将计划署的29个国家项分为四个不同类别：（a）在农业/粮食保障和水资源管理领域实施的各种项目（主要分布在非洲），（b）有关灾险管理基础设施的各种项目（分布在亚洲、非洲和太平洋地区），（c）旨在改善生态系统（森林、湿地和海岸生态系统）管理的各种项目，以及旨在进行利益相关者和机构能力建设的各种项目，（d）以改善农民和牧民技术能力以及落实可持续土地管理技术为目的的可持续土地管理项目。

旨在促进适应技术和降险战略的跨国项目也很重要。例如，在世界银行的资金支持下，加勒比共同体秘书处正致力于该共同体沿海资源的维护工作，其方式是促进风险沟通战略，开展旨在促进技术使用的试点项目，策划各种方法和宣传活动。同样，非政府组织“援助行动社”有关灾险管理的跨国农村项目使孟加拉、加纳、海地、肯尼亚、马拉维和尼泊尔的各个社区参与了各种旨在提高高风险地区各校安全水平的活动，从而使这些学校能够在降灾险宣传活动中起到模范带头作用。以提高意识、制度建设和基础设施投资支持为中心的各项战略为该项目的实施提供了支持。

很多自然灾害的负面影响都具有多面性，因此促进多边适应战略至关重要。方框四.2举例说明了这种项目，即：为加强以技术为核心的适应战略而在中国和多边组织之间建立的伙伴关系。

旨在促进适应技术和降险战略的跨国项目至关重要

⁴ 全球环境基金（GEF）是最大的基金，捐献金额达6 600万美元。

方框四. 2

中国的气候变化适应方案和伙伴关系框架

在中国“2007年国家气候变化战略”的背景下，中国政府和若干联合国组织^a签署了一个为期三年金额达1 900万美元的联合方案，以协调各种有助于各社区抵御气候变化负面影响的战略和政策。其目的是将该战略纳入各项政策和法律措施中，提高地方能力，改善融资技术转让与融资模式的伙伴关系，确保易暴险社区对气候变化的适应性。

暴险评估和适应性是该方案的主要内容之一，另外两项内容是缓解和气候变化政策。有关适应性的内容用以解决以下领域的问题：(a) 减贫；(b) 黄河流域的农业发展，包括暴险评估和适应措施；(c) 黄河流域的水管理，包括改善高风险地区的地下水监测；(d) 使中国卫生计划和做法适应气候变化的战略；以及(e) 就业暴险评估和适应战略的制定。

预计中国将会感受到气候变化的影响，而贫困地区则更容易受到这种影响。在中国西部，喜马拉雅山脉的冰川融化、陆地移动格局以及大量上游和下游人口的用水将会给生计增加风险。在东南沿海，海平面上升给当地人们的生活带来了威胁。因此，需要有能够与各项政策相关联的暴险评估和适应措施，以消除贫困、对抗疾病和确保环境的可持续性。

气温变化和降水会对水资源产生重大影响。经证明，分析气候变化与水文系统之间的关系有助于防止水类灾害。半干旱地区对地下水的依赖程度越来越高，而地下水枯竭和水质恶化程度预计会不断加剧，因此，需要评估地下水位及其质量的实际变化，以及生计所受到的影响。这将有益于适当的调整政策，包括采取限制措施，并在可能的情况下，采取回灌地下水的各种措施。

由于气候变化可能会带来病媒分布的变化和虫媒病的增加，所以中国国家环境与卫生行动计划重点将气候变化问题纳入了各项防治政策的主流，这些政策主要针对那些具有健康敏感性的重大气候后果，如：水压力/荒漠化、洪灾、沙尘暴和烟雾。另外，该计划还以促进适应能力作为其重点。

气候变化对就业的负面影响仍然是一个未探讨领域，但后果很可能会很大。作物分布和收成的重大变化会大大影响农村地区人口，从而迫使这些人口向城市和工业区迁移。政府和商业部分需要评估就业可能受到的影响，以制订有效的政策和应对措施。关注就业问题可为方案的其他活动提供补充和支持。

该方案的目的是以联合国在新旧项目和高层政策问题处理方面的经验为基础，借助于联合国系统各个组织之间潜在的协同作用，利用其他双边和多边组织的补充支持，关注农村地区，以实现环境和社会协同效益的最大化。联合国各机构和中国政府之间的磋商、优先事项的确定、伙伴关系的建立以及实施和监测活动的开展都有助于树立一个可被其他国家效仿的典范。

资料来源：中国气候变化伙伴关系框架文件。网址：http://www.mdgfund.org/sites/default/files/China%20Environment_JP%20Signed.pdf。

^a 联合国环境规划署 (UNEP)、世界卫生组织 (WHO)、联合国粮农组织 (FAO)、国际劳工组织 (ILO)、联合国开发计划署 (UNDP)、联合国教科文组织 (UNESCO) / 亚太经社委员会/联合国亚太农业工程与机械中心 (ESCAP/UNAPCAEM)、联合国儿童基金会 (UNICEF) 与联合国工业发展组织 (UNIDO)。

启动部门级抗灾技术变革

能源挑战

能源部门所需的技术变革（见第二章）要求安装新型能源工厂和基础设施，这在发展中国家最为普遍。由于有必要通过气候防护措施使这些设施和相关基础设施免受影响，所以发展中国家必须进行本国能力建设，以建设和维护这类设施。降险专家建议迁移或加固存储设施、工厂、建筑、道路、水与卫生基础设施，以防止更长期干旱、强降雨、洪水和海平面上升可能带来的影响。例如，阿尔巴尼亚更强和更密集的洪水促使政府建立了更小的水电站和较大的水渠。通过更有效的供电，这些电站具有开辟可持续发展道路的潜力。

不应忽视防气候清洁能源工厂和基础设施的必要性

水与卫生

《联合国气候变化框架公约》（2006年）讨论了全面的水管理框架，又称水资源综合管理（IWRM）。该方法承认，水资源是有限的，“所有人都应能获得必要的供水，给水应进行参与式管理，尤其需要关注穷人利益”（第16页）。该框架确定了各种形式的供水管理，这些管理考虑了各生态系统，包括作物、牧业、渔业和林业活动。

表四.4举例说明了水资源方面的适应技术，强调了用水的多部门性以及适应技术的双面性（供应与需求）。有些技术是过渡性或地方性的，例如，雨水收集、水库和大堤建设。其他技术的实施则需要专门设备或知识，例如，目的是提高涡轮效率和水淡化水平。水管理技术的实施也需要规章制度，如：实施水标准、抑制泛洪区的发展。

为应对因气候变化而加大的疫情爆发风险，温暖地区的国家将不得不增强其各个系统，以保障水的蓄存与处理，例如：可通过废水再循环和淡化来实现这一目的。在很多发展中国家，住户和定居点的清洁水供应需要有可靠节水技术方面的投资。例如，利用雨水收集系统的可持续城市排水系统可促进城市抵御过度降雨的能力，避免由此产生作为病媒（如蚊子）栖息地的污染水。

由于气候变化之故，温暖地区的国家将不得不增强其各个系统，以保障水的蓄存与处理

水与卫生系统必须能够抵御强降雨和长期干旱的影响。生态卫生和厕所系统在安全处理人类排泄物时，不需要用水，这可成为缺水状况下的关键技术。

表四.4
有关水资源的适应技术

使用类别	供 方	需 方	
市政或国内	• 增加水库库容	• “灰”水再循环	
	• 水淡化	• 减少渗漏	
	• 跨流域调水	• 采用无需用水的卫生系统	
		• 实施水标准	
工业制冷	• 采用较低等级的水	• 提高效率和再循环水平	
水电	• 增加水库库容	• 提高涡轮效率	
航行	• 兴建闸坝	• 改变船体规模和航行频率	
污染防治	• 处理厂升级	• 减少污水量	
	• 重复使用和回收材料	• 促进使用化学品的替代品	
洪水管理	• 兴建水库和防洪堤	• 改善洪水警报数据	
	• 保护和恢复湿地	• 抑制泛洪区的发展	
农业	雨养	• 改善水土保持状	• 采用耐干旱作物
	灌溉	• 改变耕作法	• 提高灌溉效率
		• 收集雨水	• 改变灌溉用水的定价
资料来源：《联合国气候变化框架公约》（2006年），图5。			

健 康

各种适应技术需要减少贫穷社区易受气候变化影响的问题，这需要加强公共健康系统和城市规划水平（包括在无风险地区建房）。

为处理不断增加的健康风险遭遇，需要改善住房和学校建设

为应对不断增加的健康风险遭遇，如：水传播疾病和虫媒病，将需要在气候变化会提升平均气温的地区，改善住房和学校建设水平。气温上升会带来负面影响，因而需要增加公共卫生基础设施方面的投资——单是为了保护既得的健康收益，就需要增加这类投资。旨在减少健康风险的措施应具有性别和环境敏感性，在制定技术和公共卫生战略的情况下，尤应如此。

低成本和低技术解决方案（如，蚊帐和水过滤器）只能是建立有效公共卫生体系这一更广大综合方案的一部分。地方、地区和国家可利用卫星测绘与地理信息系统，监测那些可能会受气候敏感性疟疾和其他传染病影响的地区，这类系统有助于保健专业人员评估优先事项、重新分配资源和预防未来爆发疾病。如果穷国能够获得相应的资金、知识和专门技巧，这些技术的使用可能会更有成效。

沿海地区

海平面上升会危及低海拔沿海地区居住人口的安全。⁵低海拔沿海地区大约有88%的人口（其中半数以上生活在城市地区）是居住在发展中国家的人口。低海拔沿海城市（如，拉各斯、开普敦、马普托和蒙巴萨）通常集中了大量低收入城市居民。集中在这些城市的经济生产场所和战略基础设施也容易受到气候变化的影响。表四.5显示，在人口最稠密的一些发展中国家（如，中国、印度、孟加拉、越南和印尼），生活在这些地区的人口最多。该表还显示，在低海拔地区居住人口占有最大比重的前10个国家中，有8个为低收入国家或中下等收入国家。

海平面上升会危及低海拔沿海地区居住人口的安全

表四.5

总人口最多且有最大比重的人口生活在低海拔沿海地区（LECZ）的国家，2000年

前10	国 家	按低海拔沿海地区 居住总人口排序 (百万)	国 家	按低海拔沿海地区 居住人口所占比重排序 (%)
1	中国	143 880	巴哈马	88
2	印度	63 188	苏里南	76
3	孟加拉	62 524	荷兰	74
4	越南	43 051	越南	55
5	印尼	41 610	圭亚那	55
6	日本	30 477	孟加拉	46
7	埃及	25 655	吉布提	41
8	美国	22 859	伯利兹	40
9	泰国	16 478	埃及	38
10	菲律宾	13 329	冈比亚	38

资料来源：McGranahan、Balk和Anderson（2007年），表3。

注：总人口不足100 000人或面积不足1 000平方公里的国家或地区不在此列。如果列入所有国家，则表内前10个国家中将有7个国家或地区的人口不足100 000人，前五名国家或地区有90%以上的部分位于低海拔沿海地区（马尔代夫、马歇尔群岛、图瓦卢、开曼群岛、特克斯和凯科斯群岛）。

构建物的规模和密度进行限制；对用以稳定海岸线的许可形式做出具体规定。就住宿而言，极端气候事件警报系统、新建筑规范、具有更大泵流量和更宽

⁵ 根据定义，低海拔沿海地区是指邻近海岸线的陆地海拔不超过10米，宽度通常不足100公里。

管道的排水系统将极为重要（《联合国气候变化框架公约》，科学与技术咨询附属机构，2010年）。

更宽泛地说，有关新定居点技术适应问题的政策行动包括三个方面：(a) 新建建筑物的节能技术；(b) 定居点的规划，包括建设能够防御洪水的适当基础设施（荷兰）、兴建可以用作洪水缓冲带的绿化区（巴西）、设计多土地用途城市环节交通和改善生物多样性（首尔）；(c) 提供有利于气候的城市服务，例如，提供能够负担得起的高效公共交通和适当的住房（见方框四.3）。

方框四.3

韩国的绿色修复工程

韩国的洪灾和干旱程度很可能会恶化，在考虑到未来可能发生的社会经济和自然变化时，水资源过少和过多的威胁问题将极为严重。为有效应对预计的气候不规律问题，水控制政策正变得越来越重要。

确保水资源安全是气候变化适应性的关键内容。在这方面，四江修复工程的计划之一是在2012年确保大约13亿立方米的水。2009年推出的该工程旨在修复汉江、洛东江、锦江和荣山江，包括若干个有关各江支流的相关工程。有很大一部分适应资金（280亿）将用于该工程（韩国经济“绿色化”的总投资大约为840亿美元）。

该工程有五项目标：(a) 通过保障充裕的水资源解决缺水问题；(b) 实施具有很好协调性的洪水防治措施；(c) 改善水质和恢复生态系统；(d) 为当地居民创造多用途空间；以及(e) 促进以江河为中心能够抵御气候影响的地区发展。从总体上说，该工程预计将会创造340 000个就业岗位，带来大约40万亿圆（311亿美元）的积极经济效应。

将继续通过制定森林保护和森林生态系统管理方案，继续进行生态防御系统的开发。韩国的目的是通过促进森林保护和森林生态系统管理方案，将国家森林资源的产量从8.62亿立方米增加到9.53亿立方米。为提供能够防御暴风雨、旋风、洪灾和海平面上升问题的天然屏障，朝鲜半岛大部分地区的森林和湿地正在得到适当保护，其抵御能力也得到提高。

通过再造森林来恢复生态可大大提升抵御能力。根据联合国环境规划署牵头的生态系统和生物多样性经济学研究对大量修复工程进行的评审显示，恢复生态可从三个重要的适应领域改善抵御能力：(a) 淡水保障；(b) 粮食保障（包括手工渔业和小型农产生率）；(c) 自然灾害（旋风、暴风雨、洪水和干旱）的风险管理。

资料来源：联合国环境规划署（2010年b）。

制度变革和能力建设

贫穷国家若想有效落实降灾险技术，需要加强其制度建设。《联合国气候变化框架公约》⁶根据技术转让框架评估了发展中国家在进行技术需求评估方面的制度缺口。技术需求评估可跟踪了解必要的新设备和技术需求（“硬技术”）以及实际知识和技能需求（“软技术”），以适应和减少气候变化负面影响方面的脆弱性问题（Hecl, 2010年）。在其技术需求评估中，68个国家都强调了作为技术优先事项的能力开发。

⁶ 联合国，《条约汇编》，第1771卷，第30822号。

各个政府和国际社会为能力开发投资提供支持将至关重要，能力开发包括注重技术类职业的高等教育以及旨在促进可持续消费做法的各种项目。尼日利亚政府通过一个项目来提供这种支持，即：由经过专门培训的讲师为拉各斯小学和小学后在校儿童提供有关气候变化效应和环境管理的教育。然后由青年人作为变革媒介向更广泛的社会传播。拥有已培训讲师的很多小学和小学后机构都建立了“气候变化俱乐部”。

在发展中国家，地方创新能力建设对可再生能源技术的适应性很重要。必须积极支持下代技术人员和专业人员的培训，国家创新计划应包括支持地方教育与研究以及它们与国际创新中心的联系（联合国，经济及社会事务部，2009年）。

挑战是创建能够有助于易脆弱性社区获取知识、资金和适应技术的制度机制。财政制度的目的是将资源转向那些在技术上处于劣势的经济部门和受教育水平较低的人口，需要广泛探讨和设计这类制度，以减少负面响应所带来的影响。同样，由所有利益相关者（包括女性和男性）积极参与适应技术的落实活动，可促进适应举措获得更大的支持。

推广项目可成为低收入城市社区之间共享技术转让和能力建设信息的重要手段，也可成为鼓励居民形成自有网络的重要工具。例如，社区组织可能是一个有效的信息共享机制，可成为政府举措和社区活动之间的一种低成本纽带，而投资激励措施和税收减免可引导地方私人部门进行技术转让。非政府组织可发挥其中介作用，以促进投资、确定各种适应技术、提供管理和技术援助。

为了让私营部门参与，需要加强国家的制度基础，包括提供各种激励措施，例如，建筑变革、灾害保险、开发新式消费产品。还可催生使私人保险公司参与标准实施的各项政策。

融资和外部转移

各种适应技术可按部门和技术成熟阶段进行划分（见表四.6）。在这些技术中，农业、牧业和渔业占了其中的大部分，其次是沿海地带和基础设施部门。预警和预报部门采用的“高级”类别技术数量最多。适应气候变化负面效应的技术要求增加年度投资和资金流。2030年，全球所需的资金估计数介于326亿美元至1 631亿美元（《联合国气候变化框架公约》，科学与技术咨询附属机构，2009年，表8）。这些估计数据包括基础设施、健康、供水和沿海项目，并以可能发生的气候变化进程为假设。不过，还需通过更详细和更局域化的研究提高其精确性。此外，协助发展中国家取得有关气候变化影响和极端事件的现实估计数据，也有助于改善全球数据库质量。尽管这些数据反映了很大的不确定性，但作为大致正确的估计数据，这些数据表明，适应举措的所需资源成本很高，但并非高不可攀。

必须积极支持下代技术人员和专业人员的培训

在低收入城市社区，推广项目对于能力建设可能很重要

粗略数据显示，适应举措的所需资源成本很高，但并非高不可攀

与现有估计数据相比，可以认为，坎昆承诺是向发展中国家进行资金转移用于气候变化之目的第一小步

《坎昆适应框架》承认，“发达缔约国将致力于一项目标……到2010年每年联合动员1 000亿美元，以满足发展中国家的需求”（见FCCC/CP/2010/7/Add.1，决定第1/CP.16号，第98段）。与现有估计数据相比，可以认为，坎昆承诺是向发展中国家进行资金转移用于气候变化之目的第一小步。这些资金“出自各个来

表四.6
气候变化适应技术，按部门和技术成熟阶段开列^a

部 门	适应技术		各阶段技术所占的百分数		
	数 量	百 分 数	高 级	现 代	传 统
沿海地带	27	16.4	18.5	25.9	55.6
能源	6	3.6		33.3	66.7
健康	18	10.9	38.9	38.9	22.2
预警与预测	13	7.9	84.6	15.4	
基础设施	23	13.9	8.7	47.8	43.5
陆地生态系统	8	4.8		25.0	75.0
水资源	28	17.0	25.0	46.4	28.6
农业、牧业与渔业	42	25.5	21.4	31.0	47.6
合 计	165	100.0	41.0	57.0	67.0

资料来源：《联合国气候变化框架公约》，科学与技术咨询附属机构（2009年），表11。有关适应技术的清单，见附件二，表20。

^a 传统/本土技术是传统社会为解决特定地方问题而首先开发的技术。现代技术由第一次工业革命以来所创造的各种方法组成，包括使用合成材料、现代医药、杂交作物、现代形式的交通和新化学品。高技术由那些根据最新科学进步成果创造的各种技术所组成，包括信息通讯技术、计算机监测和建模、转基因生物体工程学。

源——公共和私人来源，双边和多边来源，包括备选来源”（同上，第99段），“有相当大一部分的新多边适应资金要通过绿色气候资金（流动）”（同上，第100段）。

还需确定相应的制度机制，用以实施和监测用于“相当大一部分的待分配适应资金”。但是，贫穷国家可持续发展计划的实施显然需要稳定的地方资金来源和有效的国际资源动员。需要采取具体步骤以满足发展中国家的需求。

发展方向

国内社会优先事项将决定有多少技术和投资支出可用来减少更长期灾害和实际灾难事件

借鉴本土知识、调整用以兴建基础设施和住房的现有技术、安装监测和相应系统是成功降灾险举措的关键。但公共部门预算有限，而各项投资又竞相争取预算资金，因此，降灾险投资会受到限制。一起极端灾害可能会彻底毁掉数十年的发展

投资成果，有鉴于此，每个社会将仍然需要确定其有多少资源可用于降灾险活动。一方面，通常会优先考虑用以应对季节性和已知风险的项目投资，另一方面，国内的各种社会优先事项将决定有多少技术和投资支出可用以减少更长期灾害和实际灾难事件。因此，至关重要的是要将降灾险和气候变化适应举措列入国家发展战略，以确保在这一背景下确定灾险管理优先事项。

跨界自然灾害需要加强监测、预测和警报系统方面的区域合作。各国也可以合作进行灾险评估，开展旨在减少风险的跨国项目。

气候变化引起的更长期灾害在来源上具有全球性，其影响则具有局部性。全球合作需要促进向发展中国家转让技术。为了能够发挥外国技术在适应和降险项目中的优势，技术转让应确保受让方有能力安装、运营、维护和维修进口技术。地方适配单位如能生产成本较低的进口技术，并按照国内市场和情况调整进口技术，也可能很重要。国际社会已承诺为地方适应项目提供外部援助，尽管大多数估计数据都显示，有关适应资源的总要求并不是高不可攀，但还需为那些流向发展中国家的适当可预测资源商定具有可操作性的形式（见第六章）。

使生计免受灾害影响、减少灾害风险和气候变化适应项目能为发展做贡献（联合国，2008年b）。如前所述，这类项目与其他发展要务（包括建设、住房、交通系统、基本服务供应、制造和吸收就业等方面的要务）之间具有协同增效作用。为确保减少自然灾害和气候变化的影响，外国和本土技术所需适应性的管理举措应列入更大的国家工业发展和创新项目。本主题将在第五章进行讨论。

气候变化引起的更长期灾害在来源上具有全球性，影响则具有局部性

使生计免受灾害影响、减少灾害风险和气候变化适应项目能为发展做贡献

附件表四.1
含适应和降灾险技术战略的各个项目

国家	最高灾害发生率， 1990-2009年	环境变化的负面影响	所用战略	规模	案例说明
阿根廷	洪水(29)	毁坏人类定居点；渔业生产率下降；作物收成下降；洪灾；长短期干旱	赋权	社区（农村）	阿根廷的农村电气化项目使分散社区有机会获取电学方面的技术和教育，有助于他们抵御洪水、干旱和作物损失方面的问题。
孟加拉	风暴(84)	缺水；滑坡；作物收成下降；家畜和/或家禽生产率下降；长短期干旱；洪灾	农业；资源；技术；赋权	社区（农村）	南南北北组织与湿地生态研究学会正在针对海平面上升和风暴威胁问题采取若干措施（如，作物多样化、灾害准备）。
孟加拉	风暴(84)	毁坏人类定居点；洪灾	技术；赋权	国家（城市和农村）	孟加拉乡村银行行为两类住房设计提供贷款，这两类住房是专门针对大雨和洪水设计的，在发生严重洪水事件时，甚至可以拆除和重新安装。
哥伦比亚	洪水(42)	洪灾；滑坡	保险；监测和预警系统；制度；基础设施；宣传	地方（城市）	由于担心洪水和滑坡，波哥大正在改善风险探测技术、应急响应、恢复用资金和宣传。
古巴	风暴(21)	海岸淹没或侵蚀	资源；基础设施	国家（城市和农村）	古巴开发了海滩修复技术以恢复海岸的生态和功能价值。
印度	洪水(141)	缺水、洪水、干旱	技术；赋权	地方（农村）	（非政府组织）塔伦-印地协会促进了土节制坝的建设，以保留季风水用于干旱时期。
印度尼西亚	洪水(85)	毁坏人类定居点；洪灾	宣传；制度；监测和预警系统；规划	社区（城市）	红十字会正在东雅加达建立制度体系和计划，以采取前瞻性气候变化应对措施，包括提高意识和建立预警系统。

附件表四.1
适应和降低风险战略的各个项目（续）

国家	最高灾害发生率， 1990-2009年	环境变化的负面影响	所用战略	规模	案例说明
马达加斯加	风暴(29)	长短期干旱；洪灾	监测和预警系统；宣传；资源	国家（农村）	世界自然基金会和保护国际基金会正在分析和加强宣传海陆环境在气候变化方面的暴险。
马里	洪水(14)	作物收成下降	监测和预警系统；宣传；技术	国家（农村）	马里政府和瑞士发展与合作署采用农场主收集的数据帮助农场主做出种植决定。
莫桑比克	洪水(17)	缺水；长短期干旱	技术；资源	社区（农村）	南南北组织与地方伙伴正在向农场主提供可再生资源以解决缺水问题。
跨国（喀麦隆、斐济、坦桑尼亚联合共和国）	洪水(37)	洪灾	资源；规划；技术；制度	跨国（农村）	世界自然基金会正在测试用以恢复退化红树林的各种方法，以便使红树林能够抵御气候变化的影响。
跨国（尼泊尔、马拉维、海地、肯尼亚、加纳、孟加拉国、印度）	洪水(297)	-	制度；宣传；政策；基础设施	社区（城市和农村）	援助行动社正在加强高风险地区地区的学校安全，以使学校成为降灾风险的典范。
跨国（南部非洲各国：安哥拉、博茨瓦纳、科摩罗、刚果民主共和国、马达加斯加、马拉维、莫桑比克、纳米比亚、南非、斯威士兰、坦桑尼亚联合共和国、赞比亚、津巴布韦）	洪水(157)	虫媒疾病的传播	监测和预警系统	跨国（城市和农村）	抗疟疾倡议组织开发了一种利用气候数据预测疟疾爆发情况的监测和预警系统。
跨国（西非各国：佛得角、冈比亚、几内亚比绍、毛里塔尼亚、塞内加尔）	洪水(32)	海岸淹没或侵蚀；渔业生产率下降；生物多样性流失	规划	社区（城市和农村）	联合国开发计划署正在将令人关注的气候变化问题，如：海岸侵蚀和鱼类种群下降，纳入海岸综合管理中。
尼泊尔	洪水(20)	毁坏人类定居点；洪灾	技术	社区（农村）	中间技术开发组的项目通过加强地方社区建立预警系统的能力，加强地方社区建立预警系统的能力，来减少洪水的影响。

附件表四.1
含适应和降低风险技术战略的各个项目 (续)

国家	最高灾害发生率， 1990-2009年	环境变化的负面影响	所用战略	规模	案例说明
尼加拉瓜	风暴(15)	滑坡； 洪灾	技术； 监测和 预警系统	社区（农村）	北大西洋地区的自治政府改善了其用以应对暴雨和洪水的其用以应对对风暴和洪水的预警系统和灾害防治计划。
秘鲁	洪水(23)	作物收成下降； 长短期干旱； 洪灾	技术	社区（农村）	Waru waru恢复工程恢复了古渠技术，以便在干旱期间为农场提供湿度，并在在大雨期间进行排水。
菲律宾	风暴(136)	洪灾； 长短期干旱	资源； 技术	地方（农村）	乐施会建立了救济和恢复项目，以应对不断增加的暴风雨、干旱、洪水和战争问题。项目包括食品和药品供应、信贷和创业培训。
萨摩亚	风暴(4)	风暴	资源	社区（农村）	Matafa村正在保护其附近的红树林，以维护生物多样性、创收和保护该村不受风暴潮的影响。
萨摩亚	风暴(4)	洪灾	资源	社区（农村）	Lepa-Komiti Tumama正在帮助Lepa村蓄存可供洪水期间使用的干净饮用水。
南亚（不丹、印度、尼泊尔、巴基斯坦） 注：中国西藏的数据未单独列报。	洪水(211)	冰川湖溃决洪水； 洪灾	监测和预警 系统	跨国（城市和农村）	国际山区综合开发中心正在开发有关冰川湖溃决洪水的数据库和预警系统。
塔吉克斯坦	洪水(19)	缺水； 洪灾； 长短期干旱； 滑坡	技术； 制度； 政策	国家（农村）	乐施会正在通过引进新技术、促进新作物和推出备灾项目，解决与干旱和洪水有关的供水问题。

附件表四.1
适应和降低风险技术战略的各个项目（续）

国家	最高灾害发生率， 1990-2009年	环境变化的负面影响	所用战略	规模	案例说明
坦桑尼亚联合共和国	洪水(22)	作物收成下降	技术；规划	地方（城市和农村）	坦桑尼亚联合共和国正在就气候变化对潘加河的影响问题，通过改进技术知识和流域管理水平进行相应的准备。
泰国	洪水(49)	毁坏人类定居点；洪水	技术；农业；资源	社区（农村）	在自主适应的情况下，下松柯姆河流域（Songkram）的社区修改了他们有关渔具和稻谷种植的战略，以符合气候变化（如，洪水和干旱）的要求。
也门	洪水(21)，风暴(2)	缺水；长短期干旱	资源；制度建设；政策	国家（城市和农村）	荷兰气候变化研究的也门援助项目重点关注了社区对气候变化的适应问题，尤其是用户规划问题。

资料来源：联合国/经社部，以McGray、Hammill和Bradley为依据。

注：

所用适应战略包括：农业；改变农业做法；宣传；提高意识；赋权；为人们赋权；基础设施；改善基础设施；制度；制度建设；监测和预警系统；建立监测预警系统；规划；推进规划进程；政策；促进政策变革；资源；改变自然资源管理办法；技术；促进技术变革。

蓝色阴影表示联合国开发计划署的项目。

黄色阴影表示各项技术战略。

第五章

国家绿色发展政策

概 要

- ◆ 技术创新是可持续发展的核心。“追赶”工业化国家需要强有力的技术政策。以绿色可持续性为导向的国家创新系统（G-NIS）应列入各发展中国家的各项国家发展战略。
- ◆ 绿色技术的普遍适应和推广需要通过有效的政府工业政策“挤入”私人投入。应将绿色技术作为新产业，并提供适当支持，包括公共部门在基础设施方面的投资、补贴和信贷准入。
- ◆ 建设创新型经济不是克服价格扭曲问题或落实产权。创新型经济需要相互学习、信息交流、及时提供资金和其他资源，以及各企业、大学、研究中心、政策制订者和其他行动者之间的协调。

导 言

技术创新是经济和社会发展的核心。建设技术能力能够帮助发展中国家“追赶”更先进国家，因此，创新政策必须在促进可持续发展中发挥重要作用。本章认为，以可持续发展为导向的各项创新政策应纳入各国的各项国家发展战略。

运用绿色技术能为发展中国家带来很多好处。可改善国内基础设施，有助于覆盖那些因服务不到位而缺电、缺乏干净水与卫生设施的社区，还可创造就业。很多绿色产品都是首先在工业化国家中开发的，因此，发达国家至发展中国家的技术转让将是这一进程中不可分割的一部分。传统观念认为，技术由北方发达国家开发，然后简单地转让给南方发展中国家，这种观念具有误导性。技术转让不只是进口硬件：为符合本地条件的要求，还涉及复杂的知识共享和技术适应过程。更宽泛而言，创新不限于新突破：大多数创新都涉及对现有技术的逐渐改进和调整。

从这个意义上说，创新在很多新兴市场和发展中国家都很普遍。尤其是，中国和印度的某些绿色技术已经处于全球领先地位，如：太阳能光伏（PV）板、风能涡轮机、电动和混合动力车，其部分原因是，他们能够改进和调整现有技术和生产工艺。有些低收入国家也开始开发本国的技术能力，成功地适应了绿色技术，并建立了新行业，如：孟加拉的太阳能光伏业。

绿色技术具有创造新行业和新岗位的潜力

技术转让不只是硬件进口

若没有政府支持，私人投资者很可能不会对众多的新技术进行投资

在所有情况下，政府政策都会创新进程中发挥重要作用。没有政府支持，私人投资者通常不太可能投资于新技术，当这些技术与现有技术相比在成本上不具有竞争优势时，尤其如此。很多绿色技术都属于这种情况，其部分原因是，市场价格没有全面反映采用棕色技术的社会成本（如，温室气体排放和其他环境风险），而这些技术会与绿色技术之间形成竞争。这一问题的典型解决方案是利用市场机制，即：旨在将社会成本纳入市场价格的碳税或“限量与交易”计划，以及鼓励绿色技术投资的强有力的知识产权。但碳税会提高能源价格，从而可能会带来扰乱贫穷国家经济发展的不适当影响，而强有力的知识产权则可能妨碍知识转让并抑制创新。此外，在很多发展中国家，这种方法都可能会遇到负担能力方面的碰壁问题，不过，在未来几十年的结构变革中，这些国家必须参与这种技术改造。

建设创新型经济不是克服价格扭曲问题和落实产权

更宽泛而言，建设创新型经济不是克服价格扭曲问题或落实产权。创新型经济需要相互学习、信息交流、及时提供资金和其他资源，以及各企业、大学、研究中心、政策制订者和其他行动者之间的协调。国家创新系统（NIS）方法强调了这些关系的重要性。因此，相对于市场方法而言，这种方法可为创新政策分析提供更有用的框架。以绿色可持续性为导向的国家创新系统方法（G-NIS）将很多绿色技术的公益品属性纳入了国家创新系统框架中，因而对长期可持续发展的创新决策尤其重要。

应将绿色技术作为新兴产业

该框架说明，绿色技术的适应和推广需要积极的产业政策。应将绿色技术视为新产业，并提供适当支持，包括公共部门对基础设施的投资、补贴和信贷准入（Ocampo, 2011年b）。各项政策还应鼓励国内外企业、研究所、大学、政策制订者和其他行动者之间的互动和知识共享。基于绿色系统法的其他政策建议可包括股权挂钩型融资和长跨度绿色国家资金这类创新来源。

追赶工业化国家需要强有力的技术政策。以绿色可持续性为导向的国家创新系统（G-NIS）方法强调，政策制订者的确需要就如何才能为创新提供最佳支持做出抉择，该方法为政府决策和投资框架提供了建议。

市场和系统失灵

很多经济学家都认为，政府的作用是纠正市场失灵问题。与之相反，国家创新系统法或多系统法则认为，政府的作用是纠正系统错误，这种系统错误可能包括市场失灵问题，也可能包括难以通过传统经济模型予以反映的各主体或机构之间的松散关系。系统分析还会重点关注一个领域激励措施的变化将会如何对其他领域的激励措施产生不利影响。

不确定性、外部效应以及与公益物有关的各种问题

所有投资都具有不确定性，但创新投资的不确定性尤其大，因为现今投资项目的未来成果不能确定。¹创新还会面临与公益物有关的问题。单纯形式的知识属于公益物，前提是可供所有人使用，并且一个人的使用不会限制其他人的使用。因此，私人企业难以从研究活动中获得全部回报。在市场失灵法中，专利的目的是通过提供固定期限的垄断权使创新者对新知识成果拥有一定程度的所有权。

相反，系统法则强调，强有力的知识产权也可能破坏知识共享，从而阻碍创新。此外，即使在有这种制度机制的情况下，投资者在研发（R&D）方面的投资也仍然不足（Mani，2002年）。通常采用的政策应对措施是资助基础研究或设立公共研究所。但多系统法还可能意味着需要通过联合研究补助金鼓励各大学、研究所和企业之间的合作。

绿色技术创新具有更大的不确定性、外部效应、路径依赖，以及与公益物有关的额外问题。投资风险更大，因为整个市场（而不只是具体技术）的未来情况具有更大的不确定性。绿色技术与目前使用的棕色技术之间会有竞争，棕色技术的大部分外部效应和其他社会成本都没有列入市场价格中。如上所述，碳税和限量-交易计划的目的是解决这些问题。但为涵盖所有外部效应而提高的价格幅度很可能会大得不具有政治上的可行性（Mowery、Nelson和Martin，2010年）。对于发展中国家来说，这些计划可能会遇到问题，因为会提高现有能源和其他投入的价格，而这可能会扰乱经济发展，至少在新能源出现前会如此。在考虑到较高能源价格给穷人带来的潜在影响时，问题可能会特别大。鼓励绿色技术推广的工业政策是另一政策处方。此外，有些贫穷国家通过产业鼓励政策，还有机会进行跨越式发展。

绿色技术创新具有高度的不确定性、外部效应、路径依赖，以及与公益物有关的额外问题

对于现有碳技术，还有新技术难以克服的路径依赖问题，即使在新技术可能具有优势的情况下，也是如此。例如，现有技术具有较大的基础设施沉没成本，这会限制其更换。新技术通常会产生较高的运营费，而且在早期开发阶段，可靠性会差一些。大多数绿色技术都是如此，即使像具有较长历史的风能和太阳能光伏技术，也是如此（Mowery、Nelson和Martin，2010年）。任何一种新技术都还有可能难以克服主导型技术“体制”，难以改变通常属于整个系统（如，能源系统）的体制（Smith，2009年）。此外，现有技术往往为既得利益服务，因此，政策制订者很难牺牲现有技术来支持新技术。

绿色技术与目前使用的棕色技术之间相互竞争

绿色技术还具有与公益品相关的其他问题。如上所述，绿色技术可为基础设施提供支持，可覆盖那些服务不到位的社区，还可促进公平、提高能源、粮食和水的保障水平，具有创造新产业和新岗位的潜力（Cosbey，2011年a）。但私人投资者对绿色技术的投资往往不足，因为其投资回报中无法体现这些公共利益。

¹ 当前市价不能准确传达企业投资信息（换言之，没有有关知识的期货市场）。

最后，金融市场往往目光短浅，且以繁荣-萧条周期为其特征，在缺乏流动性的新投资领域（如，绿色技术），这种情况可能尤其严重（Stiglitz等人，2006年）。例如，尽管“各绿色投资基金”在2007年前筹集了大量资本，但在金融危机期间及以后，大部分基金都遭遇了大规模撤资问题（见下文讨论）。不能指望通过周期性融资来为长期可持续发展提供支持，政策制订者应重点关注其他形式的投资。

各创新系统

各国创新系统

每个国家都有一个国家创新体系，不管政策制订者是否意识到这种体系

国家创新体系（NIS）概念首次于1980年代推出（Nelson和Winter，1982年；Freeman，1997年）。尽管国家创新体系的一般概念广为人们所接受（Nelson，1993年；Lundvall（编），2010年；Metcalf，1994年），但却没有一个统一的定义。按照宽泛的定义，如Edquist（2004年）给出的定义，国家创新体系是指“会对创新的开发、推广和使用产生影响的所有重要经济、社会、政治、组织、制度和其他因素”。因此，每个国家都有一个国家创新体系，不管政策制订者是否意识到这种体系。这是一个会随时间发生变化的动态体系。尽管不是由政府创造的，但各项政府政策却可以加强（或削弱）其有效性。

部门绿色创新体系

部门创新体系可解决整个经济部门在创新过程中的差异问题

例如，绿色技术创新涵盖了一系列广泛的经济部门，包括能源、交通、农业、工业生产、材料、建筑、水与废水管理（Johnstone、Hascic和Popp，2010年）。这些部门具有不同的特点，如：企业规模、外国直接投资（FDI）的作用、技能要求、资本密集度和融入全球市场的程度。例如，能源部门往往由少数大企业占主导地位，而发展中国家的农业则由众多农村小型土地所有者组成，这可能会使创新的知识共享和推广活动尤其具有挑战性。因此，农业创新体系需要重点关注非正规部门，如：社区网络（Gallagher等人，2011年；Juma，2011年）。部门创新体系（Malerba，2002年；Malerba和Nelson，2008年）可解决整个经济部门在创新过程方面的差异问题。

由于具体部门的创新体系具有专业化特点，因此，将其作为部门政策分析框架，将尤其有用。第二章和第三章考察了能源和农业创新体系；文献（联合国贸发会议，2010年；Grubler等人，即将再版；Juma，2011年）对两类体系都进行了相当深入的讨论。还有很多有关其他部门体系的文献，如：化学品、医药品和电子产品，但需要对其他部门以绿色可持续性为导向的创新体系进行更多研究。

单纯依赖部门体系可能会忽略整个经济范围的各种联系

但是，单纯依赖部门体系可能会忽略整个经济范围内的各种联系，尤其是与绿色创新有关的各种联系，因为一个部门的环境外部效应可能会影响其他部门。

例如。水力发电厂是清洁能源的来源之一，但通常具有负面外部效应，如：迁移人口、损害农业、减少鱼类种群和采伐森林。²另一方面，还可能具有正面效应，如：降低洪水风险，进行农业灌溉。国家体系，尤其是以可持续性为导向的国家体系，可为促进人们更深入地了解水力发电厂与其他能源之间的所有关系以及取舍情况。尽管在任何情况下，政策制订者都可能会考虑其中的大部分影响，但以绿色可持续性为导向的国家创新体系（G-NIS）可为此提供一个系统框架。

“绿色化”国家创新体系

国家创新体系的绿色化需要将可持续性这一专有特性纳入多体系框架中。³尽管各项政府政策在国家创新体系中，尤其在发展进程早期阶段中，具有重要性，但在以绿色可持续性为导向的国家创新体系中，这些政策尤其重要，因为国内缺乏绿色技术市场。以绿色可持续性为导向的国家创新体系法在整个创新周期中都强调旨在创造市场需求的各种激励措施和产业政策（如，上网电价、低息贷款和政府采购），而在一般情况下，这些却不是国家创新体系所需要的（Stamm等人，2009年）。由于与绿色技术有关的不确定性加大，政策制订者可能需要强调私营部门和公共部门之间共担风险的程度，以鼓励私营部门投资。此外，以绿色可持续性为导向的国家创新体系将环境和其他外部效应考虑在内，并将各种技术、产业和环境政策纳入一个框架。

绿色创新体系强调旨在创造市场需求的激励措施和产业政策

尽管以绿色可持续性为导向的国家创新体系（以下简称“绿-体系”）会因为各国现有制度、人力资本、商业环境、基础设施、地理状况和一般发展水平的不同而在各国之间有差异，但却具有共同因素（见图五.1）。绿-体系以创新过程为其核心，参与其中的行动者包括各企业、政府机构、大学、研究所、培训机构、消费者、金融和非金融机构、私人基金会和民间社会。

各行动者之间的各种关系和互动是创新过程的关键。这些关系包括创新者网络、研究集群以及各大学和企业、上游和下游供应商及其顾客、买主和卖主之间的协调。制度和基础设施是创新过程的背景，在图五.2中以淡红色圆圈表示。各项产业政策，如政府采购、税收计划和补贴确定了有关行动者的激励措施，同时也构成了该体系。

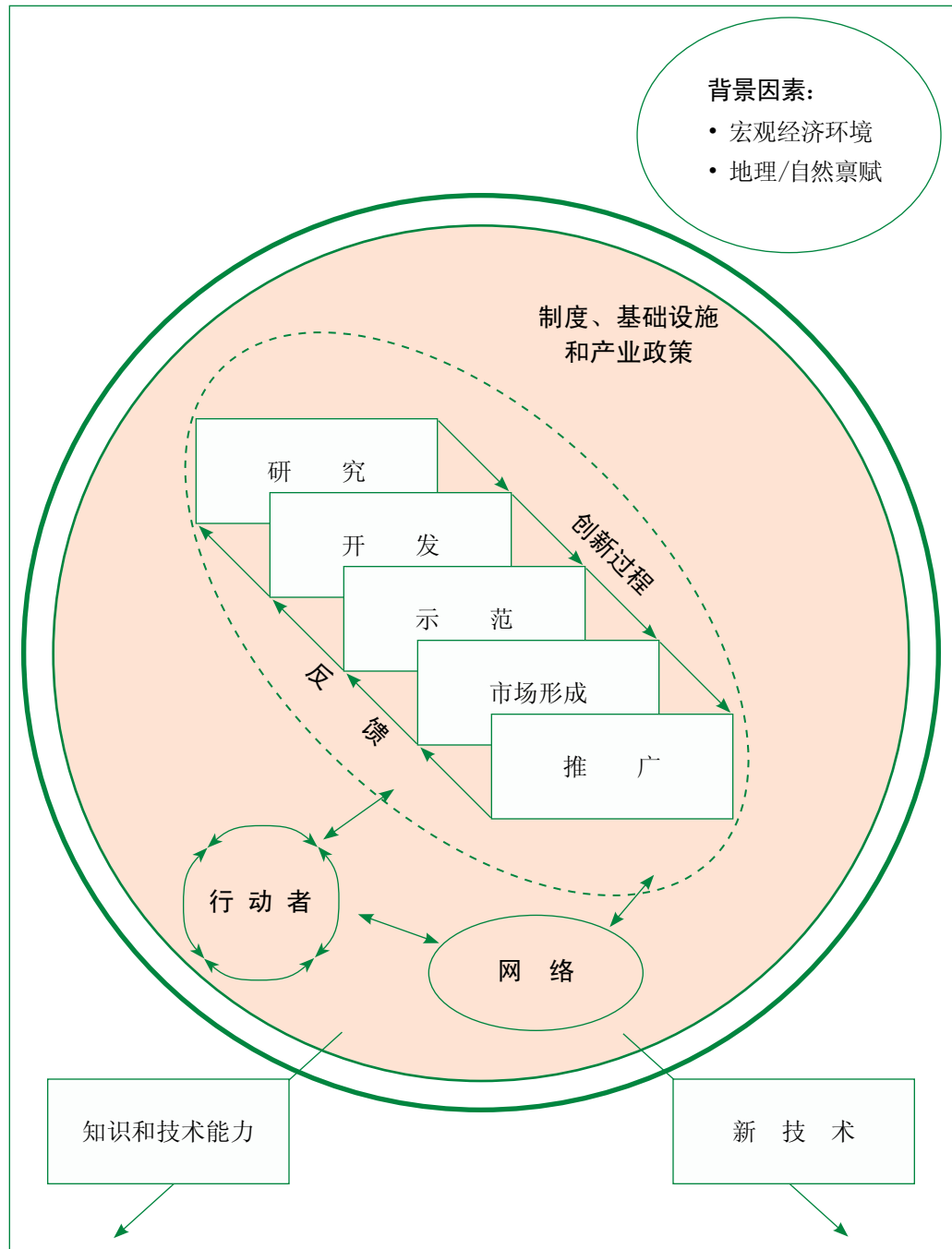
知识、性能增强和新技术是该体系的重要产出。可将这些视为该体系的积极外部效应，在图五.2中以箭头（从绿-体系至其余经济体的箭头）表示。绿-体系的其余内容包括各种背景因素，如宏观经济环境、地理状况和自然禀赋。在图中，这些因素被放在该系统之外，是决定各项政策是否有效的背景因素。

知识、性能增强和新技术是该体系的重要产出

² 建设水力发电厂还会留下明显的碳足迹。

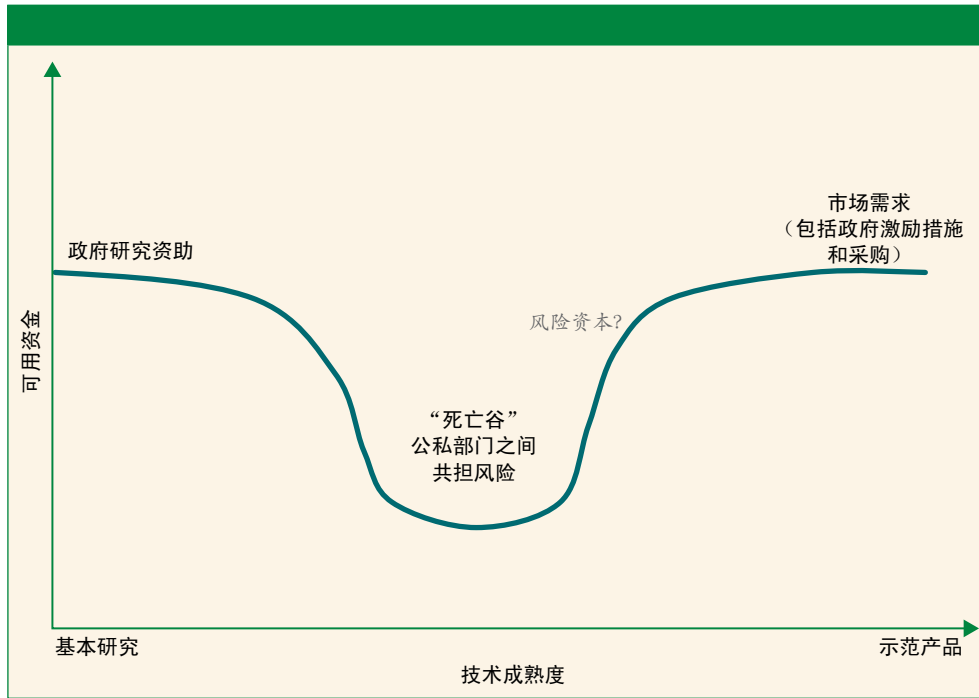
³ 以可持续性为导向的创新体系概念首次由Stamm提出（Stamm等人，2009年；Rennkamp和Stamm，2009年），该体系当时简称为“SoIS”。

图五.1
新体系



资料来源：联合国/经社部。

图五.2
绿-体系资金来源



资料来源：联合国/经社部；和世界银行(2010年a)。

创新过程

创新过程由相互依存的各个阶段组成（Mowery和Rosenberg，1979年），这些阶段会相互反馈（见图五.1）。文献通常会提及该过程中的四个阶段：研究、开发、示范和推广（RDD&D）。在Grubler等人（即将出版）之后，又在通常的四个阶段之外，加上了“市场形成”阶段，因为新绿色产品市场通常不会在推广阶段之后自动形成。

创新过程有五个阶段。除了通常的四个阶段外，还有市场形成阶段

这五个阶段不一定按顺序进行：有时，一些阶段会被跳过，或者不适用于给定技术或流程（Gallagher等人，2011年；Grubler和Messner，1998年）。此外，各阶段会相互反馈，因此，通常会同时发生。例如，在推广过程中，终端用户会向生产者提供反馈，而这应能带来产品的改进和进一步调整。

基础研究、开发与示范（RD&D）

图五.2显示了创新过程的各个发展阶段（RD&D）以及不同阶段通常可用的融资类型。通过资助大学或建立公共研究实验室，政府通常成为基础研究的主要行动者。在美国、欧洲以及更近期的中国，过去几个年代的很多技术突破（包括航空学和电子学）都是由政府推进或资助的（联合国，经济和社会事务部，2008年）。

政府通常是基础研究的主要行动者，而开发与示范则以企业内的创业实验为基础

以创业实验为基础的开发与示范一般在企业内进行。在这些阶段，企业家可能会继续获取具有商业用途的产品类信息，而这些信息则会反馈到研究中。例如，在开发三叶垂直轴发电机之前，曾实验了若干类型的风力发电机。同样，日本汽车制造商通过创业实验开发混合动力车（Grubler等人，即将再版）。

但这些高级阶段的产品开发一般融资有限，在所谓的死亡谷阶段尤其如此，因为投资风险很高，但政府资助却通常有限（Gallagher等人，2011年）。这一阶段的资金通常来自企业家的储蓄或家人。风险资本（VC）尽管不太愿意承担与某些绿色技术投资有关的风险，但往往会为那些已在市场上得到证实的项目提供资金，在发展中国家尤其如此（见下文讨论）。很多技术（尤其是绿色技术）的开发阶段需要以政府政策作为补充。

市场形成与推广

在绿色技术的情况下，市场需求主要取决于政府政策

技术推广及其普遍适应是创新过程的关键部分，通常由私营部门提供资金。但很多清洁能源技术之所以不能从产品开发阶段过渡到推广阶段，不一定是因为技术问题，而是因为它们相对于现有棕色技术而言，过于昂贵，或者，由于路径依赖的缘故，极难将它们纳入现有体系中（与有关）或由于其他原因所导致的市场需求缺乏问题，极难扩大规模。

如第二章所述，过去新能源产品市场的形成重在创造受到保护的“空缺”市场。这些市场可使初级产品开发阶段的产品不会面临全面的商业竞争，其依据是，有些终端用户预计会愿意按照较高的价格购买优质技术，因此，这些技术将无需补贴。但在如今，很少有空缺市场能让那些对成本不敏感的终端用户愿意购买环境公益品，因此，该策略不太适合绿色技术。

有关市场形成的各项政策包括环境规章制度

为克服市场形成和推广的壁垒问题，政府在市场形成阶段的作用可能至关重要。如下文所述，有关市场形成的各项政策包括环境规章制度、最低生产限额、公共采购政策、补贴和上网电价，还包括旨在鼓励私营部门加大投资的风险共担政策。

协调与网络

创新需要相互学习。因此，在创新过程中，信息交流、协调和反馈很重要。的确，创新、适应和推广要取决这些互动情况。研究者和企业之间的协调至关重要，各企业、网络和集群之间的互动也是如此。此外，国内和国际企业之间的互动可促进国内企业利用全球知识和进行国内能力建设的能力。各政府机构、企业、研究所、大学和民间社会之间的互动将有助于提供决策所需的信息。

各大学、研究所和企业之间的合作

有证据表明，各大学、公共研究组织和企业之间的合作很可能会激励私营部门的研发（Jaumotte和Pain，2005年），如果没有这些互动，则很可能会减少创新水平（Soete、Verspagen和ter Weel，2009年）。这些联系在创新水平很高的国家（如，美国、瑞典和新加坡）往往很强。但大学和中心的知识不会自动转用于商业目的。在亚洲的新兴工业化国家中，各政府曾努力通过帮助（如，合作研发补助），激励这类关系（Kim与Nelson（编），2000年）和科技园。

但在很多发展中国家，各大学和企业之间的联系都很薄弱。墨西哥的研发集中在各大学中，但大学不一定会与私营企业进行互动（Casas，2005年）。非洲各个大学往往是集中化的，那些不在其附近的生产者，往往并不知道这些大学（Metcalf和Ramlogan，2005年）。像一些新兴工业化国家和某些拉美国家那样，将私营部门的投入纳入教育政策，可促进各企业和大学之间加强合作（见下文讨论）。此外，各种合作研发项目、联席会议和研讨会以及鼓励公私部门之间研究人员流动性的各项政策可帮助解决这一问题。例如，瑞典的大学教授，除了从事教学和研究外，还有义务与校外的各个企业和利益相关者之间互动（Edquist，2006年）。

网络、集群和科学园区

近邻之间的学习和知识溢出效应往往更强（Walz，2010年；Archibugi和Pietrobelli，2003年），各企业之间的知识转移通常不太正规（Grubler等人，即将再版）。鼓励企业之间人员互动的企业集群和网络可促进知识溢出效应。

研究网络对于知识共享也很重要，一些新兴市场和发展中国家正在采取措施建立这类网络。哥伦比亚已建立了一个国家研究所网络，其目的是可开发可持续能源技术，新加坡的各大学一直在开发绿色建筑和水技术（Cannady，2009年）。但最不发达国家通常不具备建设这类网络所需的资源或临界规模。因此，这些国家应形成区域研发网络，并进行南南合作，以发挥所有成员国资源的杠杆作用。例如，一些中非国家最近形成了一个大学网络，由其中研究人员从事医学领域的工作（Cannady，2009年）。⁴区域网络还可为发挥更富裕国家资源的杠杆作用提供宝贵机会。

如果说近邻有助于提高知识溢出效应，那么可通过地方科学园区，将国内外企业、大学、研究中心、实验室和相关商业单位聚集在一起，促进绿色创新。在发达国家和新兴市场经济体，科学园区的建立一直很成功，一些非洲发展中国家（如，塞内加尔（Tavares，2009年）和加纳）正在计划新建科学园区。另外，还在某种程度上讨论了作为国家园区备选方案的区域科学园区建设。例如，联合国

大学和研究中心的知识不会自动转用于商业目的

最不发达国家形成区域研发网络，并进行南南合作

⁴ 见<http://www.edctp.org/Networks-of-Excellence.641.0.html>。

教育、科学与文化组织（教科文组织）运营的项目正在研究是否有可能在奈洛比兴建一个科学院，这可作为整个非洲的模范“技术中心”（联合国教育、科学和文化组织，2011年a）。

科学园区还可提供支持服务、金融服务和基础设施（包括建筑、会议室、电话、互联网、电力和交通），不过，如下文所述，企业孵化器也可承担这一作用。此外，在一些国家（如，印度），科学园区的企业可免去进口关税和配额要求，还可免受有关资金汇出的资本控制措施的制约。

科学园区的最重要职能是促进各行动者之间的互动

经验表明，科学园区最重要的职能是促进各行动者之间的互动。但政策制定者有时会以互动关系和知识溢出效应的促进为代价，而只关注园区的实体存在。如果不是有目的地鼓励各行动者之间的互动，则科学园区最终可能会变成房地产活动，而不会促进创新和发展。另一方面，如果已经存在各种联系或产业集群，则不一定需要将昂贵科学园区的兴建作为召集各行动者的一种方式。鼓励互动和共享的其他方式可能更有力，也更负担得起。成本较低的选择方案可包括：建立资源中心，为大学校内和附近企业建立技术转让中心；经常组织各种会议和研讨会，召集国内外科学家、工程师、企业家、从业者和政策制定者。此外，随着时间的推移，虚拟科学园区可能会取代实体科学园区。但是，如上所述，如果园区的目的是鼓励各行动者之间的互动，则不能低估实体相邻近的重要性。因此，虚拟园区不太可能完全取代实体园区，至少在不久的将来会如此。尽管可以组织“在线会议和对话”，但持续保持互动和虚拟联网似乎更难。

国际网络和技术转让

技术转让只有在以本土研究和国内能力作为补充的情况下才有效

很多绿色技术都是全球开发的，因此，国际交往在技术转让中发挥着重要作用。这可通过传统形式的技术转让加以促进，不过，还可包括其他形式的知识共享、转让和合作。传统的技术转让机制是外国直接投资、进口和许可。但经验表明，这些措施只有在以本土研究和国内能力作为补充的情况下，才会有效（Li，2008年；Fu，2008年；Mani，2002年）。的确，发展中国家企业参与国内研发的一个主要动机是，希望获取其他地方开发的知识（Cohen和Levinthal，1990年；Grubler等人，即将再版）。这种本土研究不一定局限于大学或研究所的基础研究，完全还可以包括“边做边学”和试验活动。

传统的技术转让机制是外国直接投资（FDI）、进口和许可

如今，各国还利用其他技术转让方法，如：与国际公司联合进行研发、外国直接投资流出（包括国内实体收购外国企业）、现有知识中心的海外研发、全球合资企业、基于移民和国外教育形式的人员流动、参与全球价值链以便获取供应链内转让的知识（Lema和Lema，2010年；Fu、Pietrobelli和Soete，2010年）。科学杂志和会议可作为获取国际研究的渠道，很多技术信息可通过互联网获得。此外，传统措施，如外国直接投资和合资企业，有时还伴随着各种投资要求和旨在促进更有效技术转让的其他政策（见下文讨论）。其中一些机制可能与经济合作与发展组织（经合组织）所采用的方法相去甚远。尽管某些机制（如，外国直接

投资流出) 有更高的资源要求, 但并非在所有情况下都是如此, 因此, 欠发达国家不应将这些形式的知识转让排除在外。

外国直接投资和投资绩效措施

外国直接投资可通过若干方式实现技术溢出效应, 如: 从国外向国内企业转移训练有素的劳动力, 外国或国内供应商与其客户之间的垂直溢出效应, 外国和本地企业之间的合资企业, 以及外国企业与其本地关联企业之间的各种转让。但从外国企业的角度来看, 外国直接投资的目的是创造利润而非转让技术, 通常情况下, 企业会努力限制而非促进知识转让 (Fu、Pietrobelli和Soete, 2010年)。

通过外国直接投资实现知识溢出效应的有效性具有各种经验证据 (Fu、Pietrobelli和Soete, 2010年)。在新加坡和中国这类具有积极溢出效应的国家, 溢出效应很可能是政府推行明确政策的结果 (Mani, 2002年; Lema和Lema, 2010年)。例如, 中国采取了本地含量要求, 即: 要求外国企业从本国卖主那里购买投入品。在一些情况下, 还有培训和联合研发项目要求。而墨西哥却没有此类政策, 因此, 无法那么成功地通过外国直接投资实现溢出效应。一项估计数据显示, 墨西哥的本国企业只为外国企业提供了约5%的投入品, 而中国企业提供的投入品则超过了20% (Gallagher和Shafaeddin, 2010年)。

外国直接投资的知识溢出效应很可能是政府推行明确政策的结果

此外, 外国直接投资可能会减少或挤出本土研发 (经济合作与发展组织, 2002年)。在中国, 这一现象与外国和本国企业之间的人才竞争有关 (Fu和Gong, 2011年)。在技术能力更有限的国家, 这种情况可能会更加突出。工作人员在外国和本国企业之间的流动在某种程度上有助于消除这一倾向, 至少会在更长的时间段中有如此作用。在中国, 创新外国企业的聚集更有可能带来知识溢出效应 (Chen、Li和Shapiro, 2009年), 这进一步为建设科学园区和采用较低成本的备选方案提供了证据。

通过关键进口实现技术转让: 肯尼亚和孟加拉国

一般认为, 进口机械设备是技术转让的另一办法。但尚不清楚该机制的有效性, 因为进口机械不一定意味着国家掌握了机械设计的方法。国家首先需要通过机械的保养、维护和“逆向工程”熟悉其中所包含的技术, 这需要有本地能力和进行本土研发。

孟加拉国和肯尼亚的太阳能光伏发电案例可为基于进口的技术转让提供对比研究。两国农村人口的通电情况都很差, 两国都阳光充足, 这使家用太阳能系统 (SHS) 与农村地区的其他能源相比具有某种程度的竞争优势。在这两个国家, 私营企业都进口了家用太阳能设备, 家用太阳能设备的销售都较成功。但只有孟加拉国趁机发展了本地的制造业。

孟加拉国首先引进家用太阳能系统, 然后借此机会发展了本地的服务业和制造业

在肯尼亚 (见方框五.1), 19世纪90年代初首次从国外进口了太阳能设备

的经销商技术专门知识很少，进口设备存在不少质量问题，而国内企业又缺乏相应的维修技术。截至2009年，大多数技术人员仍然缺乏适当的技术培训（Hankins、Anjali和Kirai，2009年）。缺乏国内能力还意味着，肯尼亚缺乏实施和执行各项标准的制度能力。此外，缺乏国内融资手段则意味着，设备主要供应给了最富裕的农村人口。此外，地方企业也没有进行本土研究或重大的适应活动。

方框五.1

肯尼亚农村的太阳光伏

肯尼亚的离网家用太阳能光伏系统（SHS）市场为商业市场，政府极少参与。这是一个充满活力的太阳能市场，2004年的销售达150 000个单位，而2009年则接近300 000个单位（21世纪可再生能源政策网络，2010年）。然而，尽管在商业上比较成功，但该行业一直在为质量问题所困扰（Jacobson和Kammen，2007年），因为国内不仅缺乏专业知识和能力，而且监管制度也很薄弱。

1990年代，肯尼亚已有相当多的家用太阳能光伏系统要靠进口。但如上所述，国内缺乏专业经验阻碍了该行业的发展。例如，只有17%的太阳能技术人员能够根据尺寸要求准确地生产家用太阳能光伏系统电池板（Duke、Jacobson和Kammen，2002年）。有相当一部分的进口电池板都存在着严重的质量问题，购买劣质系统的很多住户都失去了其大部分或全部投资（同上）。截至2009年，技术员的培训仍然不足，为家用太阳能光伏系统提供服务的大约2 000名安装技术员一般都缺乏充分的正规培训（Hankins、Anjali和Kirai，2009年）。

尽管存在质量问题，但对该系统的需求一直在持续增长，因为农村地区缺乏可行的替代解决办法。但融资却有限，即使可以利用融资，也往往令人望而却步，该系统的总成本会由此增加80%（Ondraczek，2011年）。因此，最富裕的农村家庭才会购买家用太阳能光伏系统，差不多有近半数的家用太阳能光伏系统是由前10%的农村人口拥有的（Jacobson，2005年）。由于缺乏融资渠道，所以对家用太阳能光伏系统的需求往往是对组件的需求，也就是说，供应商是按组件而非整个系统出售的，这加剧了质量问题（Hankins、Anjali和Kirai，2009年）。

为了应对地方用户所施加的压力，肯尼亚标准局起草了太阳能产品性能标准。但该局没有设计和实施各项标准所需的专业知识。由于肯尼亚仍然没有国内认可的实验室，所以质量标准需要在国外认证（Jacobson和Kammen，2007年），这必然会增加国内成本，限制消费者和供应者之间的潜在反馈信息。截至2009年，标准的实施仍然很糟糕，这使市场上的太阳能光伏系统在消费者心中成了“二流”产品（Hankins、Anjali和Kirai，2009年）。至于国内产业和附属服务的建设，尽管国内有三家本地电池制造商和九家灯具制造商，但家用太阳能光伏系统的大部分组件仍靠进口（国际能源署，光伏发电系统方案，2003年）。

资料来源：联合国/经社部。

孟加拉国已开始向非洲出口太阳能电池板

孟加拉国的情况（见方框五.2）与肯尼亚形成了鲜明对比。孟加拉国因其职业教育系统而在开始阶段就具有比肯尼亚更强的人力资源。乡村能源公司（SK）是孟加拉国乡村银行的附属机构，该机构不仅进行了地方能力建设投资：由经过培训的工程师向不太熟练的技术工人传授如何维修设备，而且还从事内部研究，这降低了成本，并帮助乡村能源公司开发了配套业务。孟加拉国利用其小额信贷网络为家用太阳能系统（SHS）提供融资，并覆盖了更广大的人口。政府建立了

方框五. 2

孟加拉国太阳能光伏设备的进口

孟加拉国的家用太阳能系统（SHS）产业与小额融资机构、国际组织和政府之间建立了伙伴关系。孟加拉国乡村银行的附属单位“乡村能源公司（GS）”从1996年开始进口家用太阳能设备。到2010年，该公司已向孟加拉的离网农村客户销售了650 000个单位的设备（Gallagher等人，2011年）。

50年前建立的标准化技术和职业基础设施为专业知识库打下了基础，从而使该行业得以发展。孟加拉国负责销售、安装和维护家用太阳能系统的绝大多数现场工程师都获得了孟加拉国技术教育委员会颁发的工程专业毕业证书。在这些工程师中，有很多都为妇女，他们还就如何装配和维修太阳能光伏系统各组件的问题对受教育程度较低的妇女进行培训，这对那些受教育程度较低的工人产生了积极的瀑布式下传效应。

家用太阳能系统销售一般采用小额融资方式。为推进这一举措，政府于1997年设立了金融机构“基础设施开发有限公司（IDCOL）”，资金来自世界银行。该公司与伙伴组织（如，乡村能源公司）一起合作，负责销售设备和向客户提供融资。为确保质量标准，这些组织应按要求出售那些经过技术标准委员会核准的组件——委员会的专家来自政府、农村电力机构和技术大学。

除了参与销售外，乡村能源公司还从事本土研究，这为其减少电池板成本、调整技术和开发附属产品（如，手机充电器）提供了帮助（Chhabara，2008年）。最初，大多数电池板组件都靠进口，但如今，所有部件都是国产的。在这方面，一家在最初阶段为太阳能系统生产铅酸蓄电池的本地公司“Rahimafrooz”已扩大了其业务，包括向尼泊尔和不丹出口。更近一些时候，该公司在孟加拉国兴建了首个太阳能电池板装配厂（Parvez，2009年）并开始向非洲出口电池板（Ahmed，2011年）；此外，该公司还就孟加拉国兴建5兆瓦（mw）太阳能电厂的问题，与塔塔-英石油太阳能公司（TATA BP）之间签署了谅解备忘录（每日之星，2010年），这促进了国际联系的建设。

除了通过这些新制造行业创造就业外，离网太阳能部门还在孟加拉国农村创造了数以千计的就业岗位。乡村能源公司本身雇用了7 500个以上的人员，设立了45个由妇女工程师负责运营的技术中心。这些中心培训了3 000多名农村妇女，这些妇女一般没有其他创收机会。

资料来源：Gallagher等人（2011年）。

国有基础设施开发公司，并确定了用以支持融资和确保质量的标准。同时，孟加拉国的各个公司还利用该部门的增长优势提供配套服务。如今，家用太阳能系统的所有部件均为国产。此外，孟加拉国还建立了其首个太阳能设备组装厂，并开始向非洲出口太阳能电池板。

孟加拉国和肯尼亚的案例可为基于进口的技术转让提供若干教训。首先，在孟加拉国，国内能力不仅对设备的维修和运营至关重要，对建设配套业务、促进就业和增长也很重要。孟加拉国的经验显示了职业教育和在职培训的重要性，也表明妇女在促进绿色创新方面所能起到的作用。第二，在孟加拉国，本土研究有助于削减成本，带来成功的适应和新业务的开发。第三，监管者有制度能力，才能实施质量标准。第四，各个高校、监管机构、国内外企业之间的协调是孟加拉国成功的一个重要因素，而在肯尼亚，这些联系却很薄弱。最后，在孟加拉国，政府实施了质量标准，并建立了农业能源开发基金，目的是解决资金不足的问题。

许可和其他技术转让方式：中国和印度

第三种传统方式是许可协议，在绿色技术领域，这一方式的使用相当广泛。许可在知识益处效应方面的有效性取决于当地能力和研发。

许可协议一直用于绿色
技术转让

中国和印度都将许可协议作为其最初进行清洁能源-风能和太阳能投资的一部分，并将本土研究作为许可的补充，其中，本土研究通常与国内大学和研究所合作进行，并以补贴和政府投资作为支持。随着时间的推移，许可方式转向了与外国伙伴一起合作开发，各企业努力建设了学习网络（Lema和Lema，2010年）。

各公司可通过合作研发
与国际企业和大学之间
建立战略伙伴关系

尽管在战略上存在差异（中国企业重在建设国内学习网络，而印度公司则侧重于国际学习网络），但两个国家的公司都通过合作研发与国际企业和大学之间建立了战略伙伴关系。例如，印度的风能公司“Suzlon”在德国、荷兰和美国建立了研发中心和制造部门，目的是利用国外专门技术（Lewis，2007年a）。尽管中国的风能发电机产业最初以国内市场为重点，但其太阳能产业则以出口为重点，以利用发达国家有关太阳能的政府补贴，这凸显了国际市场对国内创新体系的重要性（Fu，2011年）。

两个国家还受益于接受过海外培训的人力资源。中国最重要的太阳能企业的许多领导人都有海外求学经历，他们要么回到本国创业，要么被招聘到现有企业（Gallagher等人，2011年）。

从人才流失到人才流入

中国和印度的案例说明了散居国外对于国际知识转让的潜在作用。但很多发展中国家的情况却与此相反：技术熟练的劳动力向发达国家移民，在过去两个年代中，这种情况迅速上升（Docquier、Lohest和Marfouk，2007年）。从国内能力建设角度来说，政策制订者所面临的挑战首先是如何通过国内机会的开发留住那些受过教育的人；其次是如何吸引国外散居人员回国，或者通过其他方式鼓励国外散居人员交流其专门知识和技能，同时形成业务关系（联合国贸发会议，2007年）。

一些先进的新兴市场和新兴工业化经济体（如，中国、韩国和中国台湾省）都制订了旨在鼓励移民回国的计划。中国建立了100多个专门的高科技园，以吸引海外侨胞回国（Dahlam，2008年）。中国台湾省为潜在雇主和回国研究人员设立了国家信息交换所，并为回国人员提供机票和其他补贴（Davone，2007年）。

有能力吸引国外散居人
员可能是知识转让的一
个重要因素

但其中很多战略的有效性都取决于一国的发展水平（联合国贸发会议，2007年）。尽管中国等新兴工业化国家可利用暂时移民的学生和工人开发科技能力，但在非洲，有这个能力的国家却非常少。不过，尽管很难吸引国外散居人员，这方面的能力却是知识转让中的一个重要因素，这对于那些教育体系薄弱的国家将尤其重要。实际上，很多国家都有资助计划鼓励公民到海外接受学生时代的教育，但前提是，这些学生在毕业或取得工作经验之后要回到本国（一般是在公共

部门)工作若干年,以便将其技能带回本国。

为了吸引新生代的科学家,政策制订者需要建立科学基础设施,并通过促进创新和合作进行文化变革(Tole和Vale, 2010年)。从本质上讲,各国目前为可持续导向型创新所应采取的措施可帮助吸引国外散居人员,并因此形成良性循环。

教 育

教育在绿-体系中可发挥着多重作用。可影响消费选择和向消费者进行环境教育;可建设必要的创新技能、技术适应和制度能力;还可提高政策制订者的意识;产生积极外部效应,如:受教育父母(尤其是妇女)向其子女传授的积极效益(Schultz, 2002年)。

建设绿色创新所需的技术能力既需要边学边干,也需要正规教育。各国教育体系需要为各部门(如,农业、能源和交通)的创新开发技术基础,还应发展职业培训(见本文观点),当然教育改革的性质取决于一国的经济结构、财政手段和发展水平。此外,非传统形式的教育可提高教育者和企业之间的协调水平,还可增加受教育机会并降低教育成本。

与私营部门之间的伙伴关系有助于为一国确定最适当的教育和培训战略。例如,在韩国,私营部门和公共部门之间的伙伴关系对于发展职业培训体系中的政府主导型投资发挥了作用(Hawley, 2007年)。同样,一些拉美国家的政府与私营公司之间成功地建立了旨在改善技术教育的伙伴关系(Alvarez等人, 1999年)。这些伙伴关系还能帮助加强经济体内各主体之间的互动关系。

与私营部门之间的伙伴关系可帮助政策制订者确定适当的教育战略

教育、消费和环境行为

信息宣传和民间社会动员可提高公众的环境敏感度和责任感,并可促进节能和循环利用等领域的可持续行为。各项研究显示,向消费者进行有关其能源消费模式的教育,可使消费者从高耗能项目转向低耗能项目,从而减少消费(一项研究显示,在美国大约可减少11%的消费)(Gardner和Stern, 2008年)。

节约教育对于企业的影响甚至更大。联合国工业发展组织(工发组织)-联合国环境规划署一个以培训、宣传和政策建议为重点的项目使各个企业通过节约行为节省了大笔开销。例如,肯尼亚的纸张制造商Chandaria工业公司通过参与该项目,节省了40%的能源、48%的材料和181%的水。二氧化碳(CO₂)排放强度减少了28%,废水排放减少了64%,废物强度减少了62%(联合国工业发展组织, 2010年)。

节约教育可影响消费者和企业的行为

正规教育

职业教育对于技术技能建设可能尤其有用

至于发展中国家是应集中精力改善初等和中等教育，还是应该集中改善高等教育，还有些争论。初等教育对于半熟练劳动力的发展至关重要。在有大规模农业部门的低收入国家中，让农民具备获知和实施可持续农业和林业做法所需要的基本技能，可能很关键。但尽管千年发展目标为突出初等教育普及的重要性，而列入了该内容，但在绿色技术领域，中等教育、职业教育和高等教育将具有同样的重要性。中等教育可提供国家经济增长所需的核心技能和知识。职业教育对于技术能力建设可能尤其有用；成功的职业教育还可在教育和产业之间建立重要的联系。例如，在孟加拉国（见方框五.2）和中国，职业学校培训的工人队伍对于开发国内太阳能光伏产业至关重要（Gallagher等人，2011年）。在巴西，全国雇主联合会是针对劳动力市场短缺提供优质培训的主要机构。

政府可从科学领域有针对性的干预措施中受益

但提供职业教育的费用可能较高；例如，在撒哈拉以南非洲，其费用要比普通中等教育高14倍（Johanson和Adams，2004年）。这样，在科学领域采取有针对性的干预措施将会使政府受益。高等教育，尤其是科学与工程教育，可帮助各国培养全球竞争力和进行技术能力建设（世界银行，2010年b）。

发展中国家教育的最新进展

很多技术和职业课程都与就业市场缺乏联系

有关教育成果的一项评估显示，各国内部和各国之间所有等级的教育之间都存在巨大差异。在过去的十年里，初等教育的普及工作总体上取得了令人鼓舞的进展，2008年学年末，发展中世界的净入学率已达到87%（表五.1）。不过，联合国教科文组织（2011年b）的估计显示，2015年，仍将有超过5 000万的儿童失学，很多国家的教育质量仍然很差。尽管有一些改进，但很多发展中地区的中等学校的入学水平仍然是一个关切（表五.2）。各国技术和职业教育的覆盖面存在着很大差异。但很多技术和职业教育课程都存在投资不足、质量差和与就业市场缺乏联系的问题。发展中国家高等学习的入学率上升了，但很多地区的入学率仍然较低，非洲只有6%。

女性受教育人数较少仍然是世界上很多地区的问题。尽管发展中国家的性别差异一直在缩小，但在技术和职业教育中以及高等教育的科学和技术领域，该问题仍然很突出（Hyde，1993年）。另外，在有些国家中，如孟加拉国，妇女培训在绿色技术部门的建设中一直很关键（见方框五.2）。

表五.1
初等教育入学情况，1999年和2008年

百分比				
	净入学率		毛入学率	
	学年截止		学年截止	
	1999	2008	1999	2008
世界	82	88	98	107
发达国家和地区	96	95	103	101
欧洲	97	96	105	103
北美洲	94	93	101	99
澳大利亚和新西兰	95	97	100	105
日本	100	100	101	102
发达国家和地区	80	87	98	108
非洲	61	77	81	100
亚洲（日本除外）	85	90	100	110
拉丁美洲和加勒比	92	94	121	116
大洋洲	..	..	81	..

资料来源：联合国教科文组织统计研究所（加拿大蒙特利尔）。

根据定义，毛入学率（GER）是指特定教育等级各年龄段学生的总入学情况，用该教育等级所对应官方年龄组中的人口比例表示。由于早入学或晚入学和/或留级的缘故，毛入学率可能会超过100%。

创新教育法

有很多新方法可用来降低成本和改善受教育机会，其中很多方法都以职业培训为重点。这些创新方法是正规教育体系的补充，并以绿色岗位所需的技能为重点。

在初等教育一级，伙伴关系将非洲学校与大不列颠及北爱尔兰联合王国联系起来（大不列颠及北爱尔兰联合王国，英国理事会，2011年）。中等教育可通过电视或其他媒体形式的远程教育加以扩大，很多拉美国家都采取了这种方式（世界银行，2007年b）。哥斯达黎加以面向小企业的职业培训为重点，通过政府与非政府组织及商业单位之间的合作，设立了一个为期一年的技术专业学位（Alvarez等人，1999年）。在高等一级，远程学校可大大降低优质教育的成本，墨西哥的虚拟千年大学证实了这一点（Alvarez等人，1999年）。高等教育采用远程学习课程和附属学校的另一个好处是，学生不必前往发达国家，因此可以减少人才流失风险。社区学习中心可用来促进基础教育、培训教师、开发本地业务和加强民间社会、提供获取信息和通信技术（ICT）工具的机会，并可向小村庄的人口提供宝贵信息（联合国教育、科学与文化组织，2011年a）。

远程学习课程和高等教育的附属学校可减少人才流失风险

很多国家都缺乏熟练工人，如：绿色经济部门的工程师、保养人员和现场管理人员，只是需求因部门而异。例如，可持续农业属于知识密集型，需要通过推广服务、农民田间学校和/或成人扫盲活动，对农民进行培训（见第三章讨论）。

表五.2
中等、职业和高等入学情况，1999年和2008年

百分比						
	中等		高等		职业	
	毛入学率		毛入学率		技术/职业教育在中等教育总数中所占的份额	
	学年截止		学年截止		学年截止	
	1999	2008	1999	2008	1999	2008
世界	59	68	18	27	11	11
发达国家	98	99	54	70	17	16
发展中国家和地区	52	63	11	20	9	10
非洲	32	41	8	10	12	10
亚洲（日本除外）	53	66	11	20	..	..
拉美和加勒比	80	89	21	38	11	11
大洋洲	34	..	4	..	..	..

资料来源：联合国教科文组织统计研究所（加拿大蒙特利尔）。

劳动力市场政策

教育与培训需要配套的劳动力市场政策，以鼓励求职者和雇主之间的适当匹配。政府可通过各种干预措施，包括上述的职业培训，以及就业服务、资格评定方案和技能认证，帮助促进劳动力的流动和求职（世界银行，2010年b）。这些政策的附带好处是，可提高知识溢出效应，加速技术转让。需要尽量减少向绿色经济过渡的相关成本，包括转离高碳产业所带来的失业问题，而这不仅需要采取有针对性的措施，如：工人再培训，还可能需要通过发展援助（包括“贸易援助”）提供国际支持。

为绿色经济建设适当的技能需要以有效的劳动力市场制度为配套，包括各种形式的工人保护。绿色工作需要提供体面的工作——适当的工资、安全工作条件、工作保障和工人权利（联合国环境规划署，2008年）。在一些部门中，各种被视为绿色的岗位（如，亚洲的电子废物回收业、拉美生物燃料的原料种植部门）实际上会使工人暴露在环境和其他风险之下。例如，回收是很多发展中国家重要的可持续行业：在中国，正规废物收集系统的就业人数有130万，另有250万人口为非正式工人或废物收集者，其他回收领域的人口则多达1 000万人；在巴西，从事原料收集活动的人口有50万（联合国环境规划署，2008年）。然而，回收工作通常是有害健康的，但却没有安全与环境方面的规定。有关劳动力市场的制度与规章需要解决这些问题。

绿色发展需要有效的劳动力市场制度，包括各种形式的工人保护

制度、产业政策和基础设施

有很多制度和财政激励措施可促进或妨碍创新。制度包括法律、规则和那些会影响积极性和行为的既定社会和文化惯例（Edquist, 1997年），⁵如：专利法、限量与交易制度和各种规章制度。正如绿-体系的其他领域一样，这些因素与该体系的其他因素之间应为双向关系。国内制度和现有基础设施可确定各种激励措施，影响行动者的行为方式。僵化的基础设施或制度可能会妨碍创新。

由于可持续技术缺乏市场需求，所以需要将各种旨在激励私营部门投资的政府产业政策作为绿-体系的核心。这类政策将绿色经济活动视为“新生产业”，因而需要提供适当支持，包括规章要求、政府采购、补贴（最好与业绩挂钩并设定时限）、信贷准入，以及可能情况下的某种贸易保护（见第六章的讨论）。在很多国家中，需要公共部门进行基础设施投资，以支持这些产业政策举措。此外，政策框架应包括一个可以促进建立灵活稳定制度的政府机构体系。

可能需要公共部门进行基础设施投资以支持产业政策举措

规章制度

规章制度，如各项指标和标准，通常可作为限制或禁止某种行为的手段（联合国环境规划署，2011年）。但规章制度还应有利于创新。环境规章制度，如：排放限制、食品农药、污染物和水污染，不仅会对环境的改善产生一阶效应，而且还可能成为国内绿色技术需求的驱动因素。

各项规章制度应有利于创新

很多发展中国家正在采用各项指标。例如，45个发展中国家采用了可再生能源指标，该指标用以确定绿色能源目标，通常为总能耗的5%-20%（21世纪可再生能源政策网络，2010年）。但这些指标的有效性因国而异，很多国家可能会错过其2010年指标。很多国家采用的另一措施是要求能源公司从可再生来源采购一定百分比的能源（Kempener、Diaz Anadon和Condor Tarco，2010年），该措施尤其是针对公共能源公司。这些是比较容易管理和实施的直接指标。

各项标准，包括建筑能效规范以及有关空气、水和燃料效率的标准，可创造绿色技术需求，同时改善环境与健康。例如，中国的燃料效率标准使节省燃料的技术得以采用和改进（Gallagher，2006年）。同样，水安全标准可促进开发能够安全蓄存和处理水的系统，例如：废水循环利用和进行淡化，或者改善传统或本地技术（如，收集雨水）。这类标准可在一段时间内逐步实施，如有必要，可通过事先颁布的条例为各主体留出调整的时间。

各项标准可创造绿色技术需求

确定各项标准的一个极有效方案是日本的电气“领跑者计划”（见第二章讨论）。该计划以各行动者之间的合作为基础。市场上最节能的产品将作为所有相关制造商和产品下阶段有待实现的“领跑者标准”。节能标准然后由经济产业省及其顾问委员会确定，委员会成员由来自学术界、产业界、消费者群体、地方政

⁵ 注意，该清单不包括各种组织（如，政府机构），这些被列为行动者。

府和大众媒体的代表组成。

其他规章制度包括直接命令。如，韩国制定了“生产者延伸责任”的政策，要求各公司回收包装。该方案使回收利用增加了14%，估计节省了16亿美元（联合国环境规划署，2011年）。其他命令包括有关绿色技术的直接要求。例如，孟加拉要求在新建筑中采用太阳能光伏技术；以色列要求采用太阳能热水；其他国家（如，巴西）则要求采用生物燃料。

基于数量的限制措施通常要比与价格有关的干预措施更能收到减少风险的效果。

经济学家以往偏爱以价格为基础的机制（如：税收）而非以数量为基础的规章制度（如，上述规定）。但有关价格类干预措施的证据远不明朗，而经济学的理论工作显示，相对于与价格有关的干预措施而言，基于数量的限制措施能更有效地减少风险（Stiglitz等人，2006年）。此外，相对于更复杂的价格类激励措施而言，基于数量的干预措施通常更容易管理，因此，对于那些管理能力薄弱的国家而言，这类干预措施将尤其有用。

政府采购、补贴和其他激励措施

政府采购（如成批采购清洁能源用车）的目的是创造市场需求，补贴和税收抵免旨在降低投资者的最初投资，而上网电价（FIT）则旨在确保较高的回报。其中很多手段已为发展中国家所采用。有18个发展中国家采用了绿色投资税收抵免措施，17个采用了公共投资，17个（包括阿尔及利亚、蒙古、斯里兰卡和乌干达）采用了上网电价——该措施可确保清洁能源生产者的价格高于现有市场价格（21世纪可再生能源政策网络，2010年）。其中很多机制都受到了批评，因为这些机制可能会导致难以从政治上消除的补贴锁定问题——尽管可以通过设定时限从某种程度上减少这一风险。

产业政策也可用来加速行为改变

产业政策也可用来加速行为改变。如果设计得当，其中某些工具可带来多重收效。例如，向农民支付固碳费有助于消除大气中的二氧化碳（缓解）和促进土壤恢复力（适应力），并可通过提高收成改善生产水平（Ocampo，2011年）。

碳 工 具

另一组工具是将环境外部效应纳入碳技术中，以“纠正价格”，从而使可持续技术与现有技术相比时更有竞争力。这些工具包括“限量与交易”政策和碳税。如上所述，对于贫穷的发展中国家来说，两套政策都会带来问题，因为很可能会增加的能源成本会干扰经济发展，至少在有新能量来源之前，会是如此。

“限量与交易”是一种数量控制措施，旨在对企业可以生产的碳量进行限制，但该措施更接近市场机制，而非上述的规管措施。相对于以价格为基础的各种机制而言（如，碳税），“限量与交易”制度的优点在于限量设定了法定污染限度，而税收则在假设数量将会通过提高价格进行相应调整的情况下，确定某种

价格。碳税的优点是可以提高政府税收。此外，一些研究显示，在某些条件下，碳税更有可能激励创新（Scotchmer，2010年）。⁶

也许最重要的是，对于那些没有强大行政能力的发展中国家来说，国内实施“限量与交易”计划的难度可能会极大。2007-2008年的金融危机暴露了金融市场可被轻易操纵的程度，即使在最先进的市场也不例外。因此，在大多数发展中国家，操纵、市场失灵和激励措施被扭曲的风险会极大。此外，至于纠正价格的问题，碳税和“限量与交易”计划的规模可能会大得不具有政治上的可行性（Mowery、Nelson与Martin，2010年）。

投资要求与贸易保护

除了价格激励措施和数量限制外，很多新兴工业化经济体都通过投资要求和保护主义措施来建设和保护国内产业。例如，印度和中国都通过调整关税要求来保护国内太阳能和风能产业的发展（Lema和Lema，2010年）。中国还对外国直接投资提出了投资要求，包括本地含量、合资企业、本地招聘和强制性研讨会要求），其目的是鼓励外国公司向中国公司进行技术转让（Lewis，2007年a；2007年b）。

但如第六章所述，按照世界贸易组织的规则，这些措施以及上述很多数量和价格激励措施可能不符合规定，这可能会限制政策范围，从而使发展中国家难以“追赶”。实际上，Gallagher和Shafaeddin（2010年，第37页）指出：“经合组织的各个政府已开始将中国的政策称为‘强迫转让’，并为消除或减少这种问题，进行了调查和成立工作队”。此外，国际知识产权可能会限制技术转让和国内从事创新的能力，当然，其程度将取决于所涉及的经济部门、经济活动和发展水平（见第六章的讨论）。

基础设施和商业环境

为激励创新，产业政策措施需要以公共部门在国内基础设施方面的投资为补充。这种投资可能会带来多重收益。例如，公共部门在清洁交通或能源、水与卫生服务领域的投资可减少贫困、改善健康水平和创造更好的投资环境。

创新和创业活动还需要有各种便利设施、法律和商业服务以及电信服务。对于不具备支持性基础设施的国家来说，另一种办法是建设能够提供这些服务的企业孵化器和技术转让中心。这些可以是独立的或作为科学园区的一部分，如：突尼斯（世界银行，2010年b）。

需要加强行政能力以实施“限量与交易”计划

很多新兴工业化经济体都通过投资要求来建设国内产业

国际知识产权可能会限制技术转让和国内从事创新的能力

各国可为企业孵化器和技术转让中心提供支持

⁶ 根据Scotchmer的资料，当能源需求缺乏弹性时，“限量与交易”条例可能会使新技术得不到完全推广，而税收条例则可鼓励创新的全面推广。

第二个重要因素是商业环境的性质——官僚作风对从商便利性的影响程度会对该性质产生影响。尽管情况各不相同，但一般而言，政府应集中精力减少那些会给创业带来不必要麻烦的繁文缛节，同时将那些服务于某种目的的规章与那些只会助长低效问题的规章区分开来。例如，投资者可能会将那些需要记录环境风险的条例视为繁文缛节，但这些条例却是一国监管框架的必要组成部分。

政府机构

在很多国家，如非洲国家，各项制度僵化，因此难以对发展中经济体不断变化的创新体系需求作出反应（Oyelaran-Oyeyinka，2005年）。尽管可能很难克服制度强化问题，但旨在促进创新的政府机构架构能更好地管理绿-体系，从而有助于克服其中的某些障碍。

目的是保留分散政府组织的灵活性，同时保持协调性

非洲经济委员会（ECA）（联合国，非洲经济委员会，2007年）将政府机构架构分为三类：多元主义型、协调型和中央集权主义型。多元主义机构具有独立的各个政府机构和部委，没有协调机制，这种安排可能会导致与重叠和缺口问题有关的高成本。协调制度由政府部门启动其自身的计划，但设有协调机构。这类结构往往会导致各部委之间出现敌对行为，采用该结构的很多经合组织国家正在对其有效性产生质疑。在中央集权制度下，所有绿色技术项目和问题都由单一部委协调。部际委员会负责制定政策、核定技术预算和监察与技术政策有关的所有政策。目的是保留分散政府组织的灵活性，同时保持一个中央协调机构。

非洲经济委员会（联合国，非洲经济委员会，2007年）认为，中央集权制度是最适合发展中国家（如非洲国家）的架构。鉴于绿-体系的复杂性，协调机构对于政策设计很可能会发挥重要作用。但在绿-体系框架中，重要的是要将所有关键利益相关者（包括私营部门和民间社会）纳入设计过程中。没有通用的解决方案，至于哪种结构最适合，将取决于国家的具体情况。

不管选择怎样的结构，都需要有配套的监测和评估机构，以限制政治人物被私营部门利用的问题。确保协调机构与最高政治机构之间的关系也很重要，因为没有明确和强有力的政治承诺，其他领域迫切的短期优先事项可能会转移注意力和资源。

融 资

绿-体系的最重要功能之一是动员必要的资本为创新提供资金。从理论上说，政府会为公益品提供资金，如：基础设施和可能情况下的教育，其余则由私营部门提供。但如前所述，有关绿色技术创新投资的界限很模糊，这与它们作为公益品的身份有关。

至于哪种融资来源最适于一个国家，将取决于其金融市场结构和项目的风险

水平。还有国际公共资金可用来帮助各国提供绿色技术投资所需的资金，包括通过《联合国气候变化框架公约》、⁷世界银行集团和其他援助来源获得资金（见第六章的讨论）。

私营部门的绿色基金

所谓的绿色基金是指投资于可持续技术的共同基金和对冲基金。但这些基金往往是短视的，具有很强的顺周期性，会在繁荣期间增加，而在经济下滑期间下降。其部分原因是基金经理本身目光短浅，还有部分原因是他们资金的筹集来源往往会在繁荣期间增长，而在经济衰退时期骤降（Stiglitz等人，2006年）。例如，在太阳能和风能项目前景因为规章变化和信贷紧缩而变得黯淡的情况下，2010年头10个月，投资者从可再生能源资金中赎回了12亿美元的资金，而在2009年，这些资金却增长了12亿美元（Sills，2010年）。从本质上讲，这些资金属于绿色热钱，政府应警惕它们所提供的融资类型。

所谓的绿色基金往往是短视的，具有很强的顺周期性

风险投资

风险投资（VC）是创新过程中推广阶段常用的融资形式，这尤其是因为很多风险资本家可协助发展业务。与绿色基金不同，风险投资往往具有较长的锁定期，也就是说，投资者在长达7到10年的期限内不能撤出其投资。⁸一般来说，在发展中国家，由于所涉风险很大，风险投资一直没有进入绿色技术投资领域（见上文讨论）。尽管在金融市场危机前，曾为绿色技术投资筹集了大量风险资本，但大多数资金都被投给了发达国家。大致有四分之一的资金从未付诸使用过，因为人们一直认为绿色投资风险过大，甚至在发达国家，也是如此（世界银行，2010年b）。

一般来说，在发展中国家，由于所涉风险很大，风险投资一直没有进入绿色技术投资领域

小额融资机构和小额融资

小额融资可为覆盖农村人口发挥作用，目前，这些人口缺乏用电、清洁用水和烹饪炉具。目前，太阳能灯、水净化器和炉具采用了小额融资和微型寄售⁹模式（Rosenberg，2011年）。更清洁烹饪产品、生物燃料和低排放农业领域还有更多机会（Rippey，2009年）。

一些小额金融机构，如孟加拉国的乡村银行，也成功设立了子公司，该公司通过其小额信贷网络为清洁能源产品（如，离网太阳能系统）提供贷款（见方框

一些小额融资机构已设立了子公司，以便为清洁能源产品提供融资

⁷ 联合国，《条约汇编》，第1771卷，第30822号。

⁸ 不过，有证据显示，研发方面的风险资本投资具有某种顺周期性（Barlevy和Tsiddon，2006年；Ouyang，2009年）。

⁹ 在微型寄售中，消费者在一段时间内付清产品的价款，在全部款项付清之前，产品所有权一直归经销商所有。

五.2的讨论)。这些贷款的很多融资都来自政府设立的银行或多边机构。同样,斯里兰卡的可再生能源项目则依靠一个与太阳能公司合作的小额融资机构网络(REN21, 2010年)。

外国直接投资

外国直接投资可成为长期投资的一个来源。尽管有证据显示,外国直接投资也具有某种顺周期性(Stiglitz等人, 2006年),但与证券组合投资相比,其程度要轻得多。但如上所述,为确保在技术转让方面的有效性,外国直接投资需要以旨在鼓励知识溢出效应的国内政策作为补充。

长期机构投资者

长期投资者包括国内和国际养老基金以及主权财富基金(SWF)。¹⁰尽管各基金不同,但所有这些投资者的投资期往往都较长,可在某种程度上避免上升的短视问题。此外,由于主权财富基金和公共养老基金代表了公民,所以其中很多基金都认识到其行为要对社会负责:绿色投资可促进其在这方面的合法性和声誉(Bolton、Guesnerie和Samama, 2010年)。

养老基金往往是比较保守的投资者,因为其负债结构以养老金领取者的未来领款为基础,而这比较稳定的。因此,在发展中国家,养老基金可能很难投资于早期阶段的绿色技术创新,这与很多项目的高度不确定性有关。不过,一些大型公共养老基金,如:加拿大和荷兰的公共部门基金,已开始投资绿色能源项目。强调风险共担政策的政府政策对于这些投资者可能尤其重要。

此外,主权财富基金也进行了重要的绿色投资。大多数主权财富基金都需要保护财富并将财富转给后代。因此,从资产-负债的角度看,绿色投资对它们具有意义,因为与气候变化有关的风险可视为民族国家的潜在负债(Bolton、Guesnerie和Samama, 2010年)。

私营和公共部门共担风险

如上述分析所示,私营部门投资绿色创新的主要障碍使创新过程存在很大的不确定性,很多绿色产品都缺乏市场。旨在促进政府和私营部门共担风险的各种机制可在某种程度上克服这些障碍。这些包括传统的风险共担形式(如公私合伙企业)和更具创新性的各种机制,如:与股权挂钩的融资方式、农村基金和国家绿色长线基金。

一些大型公共养老基金和主权财富基金已开始投资清洁能源项目

创新过程具有很大的不确定性,很多绿色产品都缺乏市场

¹⁰ 但很多看似长期的投资者,如养老基金(国内和国际)都按照短期的方式管理其投资。

公私合伙企业（PPP）和开发银行

政府和私营部门共同投资于公司合伙企业，共同承担项目费用。在美国，公私合伙企业是政府创新政策的一个重要组成部分（Audretsch、Link和Scott，2002年），尤其有助于克服市场引进新技术时的相关风险。一个突出例子是，旨在解决酸雨问题的1986年美国清洁煤炭技术方案。该行业几乎在项目成本中占了三分之二，能源部（DOE）的一项研究发现，“能源部和产业合作方之间共担成本常常可改善基础研究、开发与示范项目的绩效，并可提升与这类项目有关的经济效益和其他效益”（国家研究理事会，2001年）。

在很多发展中国家，公共部门的开发银行可为长期投资提供另一资金来源。在巴西、中国和印度，开发银行一直很重要，在基础设施领域尤其如此。通常专为农村项目融资的地方公共银行是这类融资来源之一。这些银行通常通过私人公司、非政府组织和小额融资小组提供贷款，更近一些时候，则通过农村能源基金提供贷款。在公私合伙企业和开发银行的情况下，重要的是要建立各种机制，对其有效性作出判断，并尽量减少潜在的滥用问题。

重要的是要建立各种机制，对公私合伙企业的有效性作出判断，并尽量减少潜在的公私合伙企业滥用问题

农村可再生能源基金

一些国家，如：孟加拉国、马里、塞内加尔和斯里兰卡，已经设立了各种农村能源基金（21世纪可再生能源政策网络，2010年）。这些基金具有三重好处：减少贫困、改善基础设施（包括通电）和鼓励绿色技术适应和推广方面的投资。农村基金往往将融资与工程学、项目管理和可行性研究方面的建议相结合。

股权挂钩型融资

本章和其他部分讨论的很多政府政策（如，政府补贴、税收优惠和低息贷款）都属于政府向私营部门企业的转移，其目的是“挤入”私人投资。从本质上讲，是纳税人为私营部门活动提供补贴，但如果企业获得成功，则创业者可获取所有利润。

风险挂钩型融资方式是无条件资助和低息贷款之外的另一可选方式。与国内生产总值（GDP）挂钩型债券类似（Griffiths-Jones和Sharma，2006年），股权挂钩型贷款或债券有助于贷款人（本情况下，为政府）共享成功项目的潜在好处。¹¹如果企业失败，则国家的纳税人会失去其投资——但这种损失类似于他们在传统补贴中的支出；但是，如果企业获得成功，则政府将会拥有企业的股份，纳税人将会因其所承担的风险而获得相应的报酬。这些方式的结构较简单，可为企业提供低风险融资，同时还能确保纳税人能够获得投资回报。

风险挂钩型融资方式是无条件资助和低息贷款之外的另一可选方式

¹¹ 可将融资结构确定为贷款（附随无表决权的认股权证），其偿还将视企业成功与否而定。在成功的情况下，企业业主可按基于事先商定规则的价格买下政府股份。

可设立国家长线绿色基金，让公私部门共担风险，同时“挤入”私人投资

国家长线绿色基金

全球清洁技术基金是全球应对气候变化举措的重要部分，在这方面已经予以了很多关注（见第六章的讨论）。从本国角度看，国内长线清洁能源基金可成为绿-体系框架的一部分。这类基金可从长期投资者那里筹集资本。这种组织结构的独特之处是不允许期限较短的投资者参与该基金。¹²政府要么与私人投资者一起投资，要么提供担保并提前筹备一部分资本。在两种方式下，政府都对基金保有某种股权，作为其共担风险的报酬，而纳税人可获得投资回报。

投资者很可能会被该基金所吸引，其原因有几个。¹³第一，可在一个具有巨大潜力的领域拥有股份，而风险却减少了。第二，政府承担的风险与投资者一样，政府和投资者的权益大致一致，因此，政府不太可能制定有损基金投资的政策。第三，由于政府建立监管和政策框架，他们一般了解什么类型的项目最有利于其国家。这一点在绿色技术方面尤其明显，因为该市场主要由政府政策决定，从而使政府成为一个宝贵的共同投资者。

政府还可从这类组织结构中获得若干好处。第一，政府可发挥其自有投资的杠杆作用，并吸引那些通常不会投资于早期创新阶段的投资者。第二，该基金很可能不在资产负债表之列，因为，在会计上，它被视为投资而非支出。这意味着，它不会影响预算，政府可能会发行“绿色债券”为额外项目提供资金。第三，该基金不同于常见的财政激励措施，前者使政府能够在其出资的项目中拥有股权，而后者大多属于提供给投资者的让予。

该基金的投资战略以创新为重点。不过，问题仍然存在，基金如何着手选择所要出资的投资项目？在本情况下，该问题的答案尤其重要，因为该答案可为更宽泛的问题提供见解，这个问题是“政府应如何着手选择其投资”？

政策意义

政府决策框架

有关政府如何干预市场的争论一直在继续。一些人以东亚成功为依据，认为政府应选择或将目标瞄准特定的活动或企业。其他一些人则以政府失败为依据，认为政府干预措施的目的是在不偏向特定活动的情况下，改善市场情况（Lall和Teubal，1998年）。如，确定各项标准，并由私营部门决定如何才能最好地达到这些标准的要求。然而，尽管标准是一个重要工具，但如上所述，标准不太可能

¹² 根据其提供的流动性进行衡量。

¹³ 由于该基金将会进行直接股权投资，所以无需有一个完善的债券或股票市场作为其可行性的先决条件。

足以用来激励必要的绿色技术创新。没有其他形式的政府支持，将不太可能发展清洁技术市场；这样，政府仍然需要为绿色技术提供补贴。因此，问题仍然存在，也就是，政府应如何选择所要补贴的技术或部门？

绿-体系的各项目标可提供若干通用准则。第一，政府应致力于可持续导向型投资。第二，应优先考虑那些可能会对“挤入”私人投资起到关键作用的基础设施投资。第三，应考虑那些会在体系内其他方面产生积极外部效应且其溢出成果具有较大学习潜力的投资。尽管该问题的更详细答复势必要因一国的具体特点而定，但本章将通过金融资产管理类的类比来确定答复框架（这是上述基金机构如何有用的原因之一）。

Grubler等人（即将再版）建议，各国政府应创造一个含有各种技术的多元化组合，这需要采用粒化法，这种方法按照一系列较小规模的创新来分布风险，无要求政府过早选择一些资本密集型项目。但在有时，尤其对于小型经济体和发展中国家来说，最适合的是较大项目，因此这种小型的多元化方法将不适用于这种选择。此外，多元化组合只有在满足以下条件的情况下才是最佳投资方法：(a) 投资回报不具有相关性，(b) 与其他投资者相比，该投资者没有任何独特知识或比较优势。如果一个投资者具有独特知识，则投资于该信息要比多元化更有可能获利。风险资本家会一直投资于更为集中的投资组合，同时仍然通过多重投资保持一定程度的多元化，其中很多投资实际上需要对政府政策走向作出有依据的推测。

同样，当一个政府或非政府组织具有独特洞察力时，如巴西政府有关甘蔗和生物燃料的洞察力，或者孟加拉国乡村银行有关孟加拉国农村太阳能潜力的洞察力，则可以而且应该利用该知识。更宽泛地说，当一个政府不具有独特洞察力时，则适合采用多元化指数基金法；而当政府的确有了该洞察力后，则可采用更为集中的风险资本型方法（不过，这仍然保持了某种程度的多元化）。

当然，政府洞察力建设并不总是简单易行。政府学习是一个以试验为基础的互动过程。私营部门创新者、研究实验室、供应商和需求者的反馈是决策过程的关键部分。绿-体系强调政策制定者和私营部门、大学和研究所之间互动关系的重要性，这种关系可进一步促进政府决策。此外，大多数政府要比其他行动者更了解未来的规章架构、法律框架和体系中的参与者，而且通常对相关部门的现有各个项目拥有更多的信息。

正如私营部门一样，并不是所有政府投资都会盈利，有些投资会失败。毕竟，美国新的商业机构有50%以上会在其出现后的头四年中倒闭（Shane, 2008年）。成功风险资本家的选择只在部分时间是正确的，¹⁴同时赢者与输者之间的

在对某些投资的适当性有了独特见解时，政府应将该知识用于直接投资抉择

如私营部门一样，并不是所有政府投资都会盈利，有些投资会失败

¹⁴ 在有些估计数据中，成功风险资本家作出正确选择的时间比例低至10%（Grubler等人，即将再版）。粗略的估计数据显示，该数据尽管可能大于10%，但很可能会小于50%。

得失将相互抵消。但，特定投资的失败并不意味着战略本身的失败。重要的是要改变人们对政府失败含义的理解。如上所述，一国的基金结构可在这方面起到帮助作用，因为它将个别决定纳入了更大的框架中。此外，基金很可能由独立经理人负责管理，因此，还可帮助解决某些与政府管理不当有关的问题。

应根据总战略而非具体项目的成功与否来判断各个政府

不过，确实会因为管理不当、无能和/或欺诈，而出现政府失败问题。历史显示，没有一个强有力的治理结构，政府计划将会被裙带关系和任人唯亲等问题所困扰。一套结构合理的投资评估与监测规则是创新过程中的关键内容。例如，亚洲新兴工业化国家将有效政策与那些用以判断其有效性的机制相联系，同时有一个能够调适失灵政策的灵活政策制度（Kim和Nelson（编），2000年）。实施这种战略无疑很难，但改善政府机构的结构可能是迈向理想方向的一步。

绿-体系下的政策改革

绿-体系可为理解创新政策提供一个连贯的系统框架

需要通过强有力的技术和创新政策迎接与实现可持续绿色增长有关的各项挑战。绿-体系为理解创新政策提供了一个连贯的系统框架。绿-体系内的各项政策应纠正该体系内的效率低下问题而不是具体的市场失灵问题。例如，如果系统性效率低下问题是由各大学和企业之间缺乏协调引起的，则政府可为联合研发提供资助，并配置必要的资金创建科学园区和/或鼓励研究机构与企业之间的流动性。

各项政策选择将取决于一国的具体情况，包括发展水平和行政管理能力

不过，没有通用的解决方案，各项政策选择将取决于一国的具体情况，包括发展水平和行政管理能力。表五.3概括了本章所讨论的众多政策措施，并通过一般性例子说明了各项政策是如何适用于那些具有薄弱、中等和强大行政和创新能力的国家的。从总体上说，绿-体系中的各项政策应通过教育、知识溢出效应和干中学的方式，促进技术能力建设、技术转让、相互学习和创业。

产业政策是绿-体系的核心。当然，这些政策会出现某些失灵问题，但在当前，需要重新评价政府失灵的含义，以便从更广泛的视角对政府绩效作出判断——这种视角将以加强长期可持续绿色增长的重要性为焦点。

表五.3

绿色技术政策选择方案样本，按不同发展水平和行政能力的国家开列

	行政与创新能力		
	弱	中 等	强
正规教育	初等和中等教育，强调职业教育；开始加强高等教育，包括一些人员接受海外教育	初等、中等和高等教育，强调职业培训；加强高等教育	对能力的需求较高；更强调高等教育，包括研究生和博士一级的教育
技术转让	外国直接投资和全球价值链与国内研究和各项政策相结合；鼓励与外国企业之间建立合资企业以及各企业之间的流动性	进口的逆向工程，外国直接投资和全球价值链与国内研究和各项政策相结合；鼓励与外国企业之间建立合资企业、各企业之间的流动性以及散居国外的人员回国。	流出外国直接投资，与国际企业联合进行研究；共享科学研究
其他产业政策	强调规章制度和基于数量的激励措施；潜在投资规章制度；基础设施投资	广泛系列的数量和价格类激励措施；潜在投资规章制度；基础设施投资	广泛系列的数量和价格类激励措施；注重国内和出口市场
补充市场形成政策	政府采购	政府采购，上网电价	政府采购，上网电价
其他共担风险机制	公私合伙企业；开发银行；国家基金；股权挂钩型融资；农村基础设施基金	公私合伙企业；开发银行；国家基金；股权挂钩型融资；农村基础设施基金	公私合伙企业；开发银行；股权挂钩型融资；国家基金；农村基础设施基金
重点建设……之间的联系	大学与企业；地区知识网络；科学园区；人员流动	大学和企业；区域知识网络；科学园区；人员流动	建设国际知识网络；与国际企业联合进行研发；流出外国直接投资
知识产权	知识产权制度薄弱	兼有薄弱制度和强大制度的优点	很可能有一个更强的制度；不过仍然鼓励关键部门共享知识

资料来源：联合国/经社部。

第六章

建设全球技术开发与共享制度

概 要

- ◆ 需要持续扩大和改革国际合作与金融，以实现全球技术革命。在未来的三四十年里，各国举措以及各技术领域所作出的努力需要发挥“聚合效应”，以实现全球要求的目标，即：减少环境退化问题，同时增加人类在消除贫困方面的经济活动。
- ◆ 绿色产业的特点是属于新生产业。恢复国家技术开发能力至关重要，在发展中国家尤其如此。多边贸易纪律如今严重限制了产业发展，因此，需要进行改革，以便能够在所有国家之间适当促进基于绿色技术的各项经济活动。
- ◆ 有必要创建一个由政府主导的全球技术共享制度，同时建设各种国际技术研究与应用中心网络。为实现旨在迅速推广技术的全球目标，需要采用更多种类的多边知识产权形式。
- ◆ 为促进新绿色技术引进活动，需要将发展中国家的投资率至少提高2%–4%，并在未来四十年里保持较高水平。为实现可持续发展所需的较高投资率，需要为发展中国家提供宏观经济政策空间。这需要改善金融监管的协调水平、有效控制不稳定的私人资本流动、加强有关长期投资和外部冲击的国际融资机制。

两项关键的全球挑战

如前几章所述，有效的国家教育和创新制度必须与本地的现有条件相称，并以本地现有条件为基础。预计将会出台各种国家战略和制度方案。本章将对用以促进和支撑这些多元化国家方案的全球体制进行评价。

发展中国家持续大幅提升其技术能力是实现可持续发展的必要因素。在国际上，这一目的的实现将面临两个相互关联的挑战。第一项挑战是确保个别国家政府和私营部门举措的“聚合效应”能够带来技术发展和推广，即：他们需要通过降低能源系统的碳排放水平，生产更节能和少产废物的用具，采用可持续的农业生产方法确保食品安全等措施，使可持续发展目标能够取得足够的进展。国际机制必须能够聚合预期种类的国家战略。需要大大加强技术与产业评价、规划、激励和合作方面的国际机制。各利益相关者，包括政府、私营部门各个主体、科学界和民间社会的其他相关者，需要通过适当的监测系统为其行为和承诺负责。

所需国家战略必须具有“聚合效应”，以满足全球目标的要求

需要对国际贸易、援助、金融和技术共享方面的现有机制进行重大改革

第二项挑战是释放各国的行动力量和创造力，以满足全球有关减贫和环境可持续性的目标。目前，多边贸易体系、双边和区域自由贸易协议及投资条约成了制约国家创新和产业发展的壁垒。需要对国际贸易、援助、金融和技术共享方面的现有机制进行重大改革。还需要扩大投资、资金流动和技术合作。国际规则应使发展中国家能够将绿色技术发展纳入本国的各项发展战略。

本章正文将首先简单介绍可持续发展、技术开发和推广方面的国际合作基础，其次将讨论各种挑战问题——为确保各利益相关者的举措能够为实现可持续发展目标发挥聚合效应，可能会遇到这些挑战。然后将探讨多边安排现存的不足问题，最后将分析克服这些不足问题所需的各项改革。

全球可持续发展承诺

必须将扩大行动，培养和提升发展中国家的绿色生产和消费技术作为国际合作的重点。在面临气候变化挑战的背景之下，《联合国气候变化框架公约》技术转让专家组¹（《联合国气候变化框架公约》，科学与技术咨询附属机构，2009年，第216段）将各种问题概括如下：“实施挑战是鼓励开发一系列不断变化着的技术（目前包括大约147项缓解技术和165项适应技术），这些技术处于不同的技术成熟阶段，且对进一步开发具有不同的要求。”大约有150个发展中国家需要这些技术转让和对这些技术进行调整，每个国家都对特定技术具有自身的需求，都需要创造能够为这些技术提供支持的环境。

为消除贫困，建议将全球制度转向政府主导的技术推广

值得注意的是，根据通过的《21世纪议程》（联合国，1993年），自1992年以来，联合国环境与发展大会（又称“地球峰会”，1992年6月在里约热内卢召开）的成果之一是：以减贫和环境可持续性为依据，建议将全球技术体制转向政府目标主导的技术推广。《21世纪议程》程纳入了一项基于各项原则而非行动的政治承诺。后续各项政治协议一直重申了该项政治承诺。作为一项协议，《联合国气候变化框架公约》将各国在应对气候变化挑战方面的共有责任作为重点（这与《21世纪议程》不同，该议程将发展方面的相关责任作为重点），该公约重申了其第4条中的承诺，即：“附件二所列的发达缔约国和发达缔约方应采取一切可行措施，酌情促进、帮助和资助无害环境技术的转让和获取”（第5段）。

《21世纪议程》第三十四章“无害环境技术转让、合作与能力建设”列入了有关该问题的最早参考文献，并列出了所涉的关键参数。该议程认定“需要以优惠条件取得和转让无害环境技术，对发展中国家尤应如此。为此，需要采取辅助措施，促进技术合作，使之能够转让必要的技术诀窍，同时建立能够有效利用和进一步开发被转让技术的经济、技术和管理能力”。《议程》还呼吁各个政府、私营部门和研究所在技术转让中发挥其作用，同时承认长期伙伴关系在各级进行

¹ 联合国，《条约汇编》第1771卷，第30822号。

系统培训和能力建设中的作用（第34.4段）。

国际技术推广领域的一个重要行动先例是在国际农业研究协商小组（以下简称“农研商小组”）主持下进行的（见第三章讨论），这为创新食品生产技术的研究和应用提供了支持，目的是应对人口增长超过食品生产这一可察觉的风险。农研商小组创造了面向公有领域的技术（最初曾由私有基金会提供资金），并在这方面建立了很多重要的合作性全球技术制度，该制度专门将发展中国家的需求作为重点。

各利益攸关方有关可持续发展的行动会产生聚合效应吗？

自地球峰会以来，在可持续发展目标的驱动之下，多边技术转让承诺一直在不断增长，这反映了国际上新出现的重要共识：在国际层面，公共部门必须加大其参与技术开发和推广的力度。挑战是如何动员所有利益攸关方履行这些承诺，以及如何确保他们的行动和倡议能够产生聚合效应，以确保实现可持续发展目标。在国际一级，公共干预措施必须更广泛地加速和扩大绿色技术的研究与推广，以(a) 扭转能源技术变革局势，因为全球燃料结构一直还处于1970年代的水平；(b) 恢复土地生产率，同时提高粮食生产；(c) 减少极端自然事件不断增加给人类所带来的伤害（分别见第二章、第三章和第四章）。

公共干预措施必须更广泛地加速和扩大绿色技术的研究和推广

上述技术转让专家组（《联合国气候变化框架公约》，科学与技术咨询附属机构以及附属执行机构，2008年）的主席在其临时报告中专门针对缓解技术，提供了有关各部门相对影响的估计数据（表六.1）。减少能源使用所带来的温室气体排放（见第二章）和管理林地（见第三章有关土地管理的讨论）可能是缓解气候变化的最大贡献者。转向更具可持续性的农业（第三章）和节能建筑也可能带来显著和几乎差不多的缓解效应，具体取决于所涉的技术。在列入表六.1中的共147项技术中，有51项技术（或35%的技术）处于技术成熟阶段的利用阶段，尤其是，所有农业技术都处于这一阶段。如第三章所述，技术利用举措需要公共部门的支持，最好着眼于小农。交通部门是重要的能源终端用户（第二章），相对于其他部门而言，该部门处于最基本研究成熟阶段的技术数量最多，但其中一些技术已经具有商业可行性，也就是说，迅速采用成熟的交通技术可能很快会带来成果。

为减少该部门的温室气体排放（第三章），同时在2050年之前使粮食增产70%-100%，提升农业技术将至关重要。节能建筑中更能抵御极端天气事件的新技术可对减排产生2%-40%的贡献（表六.1）。

表六.1
减排潜力和缓解技术按部门分布的估算值

部 门	2020年对总减排潜力的预估贡献 (百分比)	技术数量 (在总数中所占的百分比)	技术成熟阶段				
			研 发 (百分比)	示 范 (百分比)	利 用 (百分比)	推 广 (百分比)	商业上成熟 (百分比)
农业	8-17	8 (5%)	0	0	100	0	0
建筑	2-40	35 (24%)	3	3	51	23	20
能源供应	14-30	32 (22%)	9	38	28	13	13
森林	9-39	9 (6%)	0	67	0	11	22
工业	8-17	17 (12%)	0	6	24	71	0
交通	7-13	37 (25%)	19	11	27	19	24
废物	2-8	9 (6%)	11	0	22	33	33
合 计		147 (100%)	12 (8%)	24 (16%)	51 (35%)	35 (24%)	25 (17%)

资料来源：《联合国气候变化框架公约》，科学与技术咨询附属机构及执行附属机构（2008年），表10。

公私部门在技术开发和推广中的作用

由于挑战是更广泛地检验、推广和扩大绿色技术，所以私营部门的参与将至关重要。通过长期公共政策保持稳定的激励措施对于绿色技术方面的私人投资和风险承担必不可少。原油和碳许可价格的近期波动不利于有益的私人风险承担行为。

提高技术利用程度可激励私营部门进一步进行技术创新

为保持稳定的国际绿色技术开发和利用价格，先进经济体通过自身税收和监管政策发挥其作用将至关重要；提高技术利用程度可激励私营部门进一步技术创新。第五章已就国家发展战略和创新制度如何通过更快采用绿色技术来实现可持续发展目标的问题进行了讨论。所提议的国家创新体系（绿-体系）的作用之一（见第五章的讨论）是“市场形成”，这需要通过政府采购和共担投资风险之类的政策，鼓励加大利用新技术方面的私人投资，直至这些技术具有优于老技术的成本优势时为止。

工业化和发展中国家的技术开发和推广必须具有聚合效应

对于那些已经具有商业竞争力或几乎具有竞争性的绿色技术而言，公共部门的国际作用必须是：确保发展中国家能够按照符合其发展需求和全球社会可持续发展目标的速度和规模利用这些技术。一项关键的政府干预措施是为利用这类技术提供充足和稳定的开发资金。通过不断增长的国际合作来确定开发资金的创新性来

源，可为这类融资提供一个长期、稳定而且具有较少政治或然性的基础（见联合国大会，2009年）。例如，所提议的国际交通收费也许可以带来碳效率和收入方面的好处（联合国，2010年a）。

尽管印度、中国和巴西等一些大型新兴市场经济体似乎能够采取必要的技术举措，而且已经可以和工业化国家相竞争，但占压倒性多数的发展中国家却不属于这种情况。如果国际技术开发和推广体制是为了促进可持续发展，那么其规则和机制必须将负担得起的新绿色技术作为必要发展事项。

公共融资将有助于扩大市场规模，从而激励私营公司扩大规模和继续降低成本。还需要通过公共行动确保按照合理成本提供关键的新技术。在一段较长的时间内，购买各项技术的价格应与风险项目的价格之间具有可比性。多边知识产权体制的影响将在下文进行讨论。

需要扩大合作性国际科学举措

就各种尚未商业化的技术而言，加强和配置国际公共部门在其开发方面的促进作用将是一件紧迫的优先事项。的确，有各种单独的技术可为交叉和联合开发提供较大的可能性。各个政府、学术界、研究所和私营公司中间有各种重要参与者会根据自身的利益相互竞争和协调。

政府间气候变化专门小组、联合国气候变化框架公约和民间社会团体在国际舞台上的参与者将努力通过其开创的先例，为国际届提供一系列的知识和就技术问题达成共识的各种方法。尽管这些成就直接与气候变化相关，并且只反映了一小部分的绿色经济建设目标，但却的确囊括了那些需要为可持续发展作出努力的所有关键技术部门。问题是如何将这种“知识整合与验证”的成果转化为具体行动的指南。

各国政府应促进建立多国工作机构，机构成员将来自官员、学术界和私营部门，其目的是加速国际技术推广和具体技术领域的共享确定政策和方法。其中每个机构都可保持一个国际专家网，各专家应能从事技术评估，包括确定那些需要追加资金的领域，以及那些需要调整公共政策的领域——例如，需要将某些技术置于不受专利限制的公有领域。按照农研商小组的模型，这些网络将从公共和私人捐赠方那里筹集和收取资金来为研究、试验和运用提供资金。框架公约的技术转让专家组为这种努力提供了模板（方框六.1）。

政府间气候变化专门委员将努力就技术问题达成共识的方法为国际社会提供先例

方框六.1

技术转让专家组

^a FCCC/CP/2001/13/Add.1和Corr.1, 第二节。

^b FCCC/CP/2007/6/Add.1, 第1/CP.13号决定。

资料来源：联合国/经社部，第40-41页。

技术转让专家组作为一项制度安排，由《联合国气候变化框架公约》缔约方大会于2001年建立，其目的是促进实施《马拉喀什协定》^a所提供的技术转让框架。专家组持续通过年度报告向缔约方大会告知其工作状况和进展；经过若干年后，该专家组已生产了各种针对性和指导性的产品，缔约方大会可利用这些产品制定有关气候变化缓解和适应技术的具体战略。

专家组根据其职权范围组织研习会和编制各种技术文件、报告和手册，用以分析和确定各种能够促进和推进技术转让活动的方法。专家组根据这些活动向科学与技术咨询附属机构（SBSTA）提供建议。

专家组与技术转让机制有关的新兴工作领域之一是纳入技术开发和转让融资方面的创新选择方案。该领域工作的一项主要产出一直被作为从业指南，其目的是帮助发展中国家的项目开发编制能够符合国际资金提供者各项标准的项目建议书。

另一重要工作领域的焦点是开发各种工具——这些工具应能支持发展中国家满足其在适应气候变化方面的特殊需求。主要产出之一是一份背景文件，该文件列出了具体领域（沿海地带、水资源、农业、公共卫生和基础设施）的各种教训，其中包括15个案例研究。报告突出了用以加强适应技术转让的潜在政策建议。

根据《框架公约》第十三届缔约方大会在实施《巴厘行动计划》背景下有关其改组的要求，^b强化后的专家组细化了2008-2009年工作方案，纳入了旨在确定技术转让机制的内容，包括创新融资、与相关公约之间的合作和政府间程序、内生技术开发和合作技术研发。

在巴厘岛召开的第十三届会议要求缔约方大会开发一组可供执行附属机构用来定期监督和评估技术转让框架实施有效性的绩效指标，以便采取有意义的有效行动促进《框架公约》第4.5条的实施——这是缔约方大会未来工作方案的一部分。工作包括三项任务：开发一组候选绩效指标；检验绩效指标；编制有关指标使用的建议（《联合国气候变化框架公约》科学与技术咨询附属机构，2008年）。绩效指标体系将作为评估和监测无害环境技术开发与转让情况的方法学机制。

现有机制的缺陷

在现有国际框架下，将无法实现可持续发展。为实现该目标，所有举措都需要具有“聚合效应”，或者能够给能源和交通、农业和土地管理以及降灾险管理带来必要的技术变革（详见前几章）。必须克服所需举措面临的五个关键制约因素。

依赖私人投资的技术推广将会太慢

较新绿色技术的特点是运营成本要比现有技术高

目前，绝大部分环境技术都在私人手中（包括大学，在最近几个年代中，各大学的收入需要依赖知识产权）。技术转让需要严重依靠外国直接投资（FDI）流动、外部援助赠款和贷款的技术合作规定以及出口信贷机构融资。较新绿色技术的特点是运营成本要比现有技术高，而且它们在发展中国家中的具体运用往往会带来额外成本，因为对较老技术的依赖会导致国内人员技能和基础设施的不足问题。第五章曾强调，由于技术开发具有路径依赖问题，所以公共部门在引导和促

进重大技术转变方面一直发挥着必不可少的作用。自然环境保护属于公益活动，因此，显然有理由要求采取强有力的技术和产业政策，不能指望通过自由运行的市场提供有利于大规模绿色技术投资的适当激励措施。

在《联合国气候变化框架公约》下，为实施技术转让采取“有意义和有效行动”的框架以五个要素作为其基础，这五个要素需要公共部门发挥强有力的作用，它们是：(a) 技术需求评估；(b) 技术信息；(c) 有利的环境；(d) 能力建设；和(e) 为技术合作、开发和转让提供制度和资金支持促进机制。在实践中：

实施重点一般是在发展中国家创造有利于外国投资的条件，同时进行旨在吸收和利用进口技术的能力建设。对于技术供应国政府可以为而且应该为促进和加速技术转让所采取的措施，一直重视较少。到目前为止，一直没有有效的方法用来衡量和证实无害环境技术转让的程度。²

由于需要依赖私人转让，所以国际知识产权制度有可能会成为发展中国家技术升级的决定性因素。在世界贸易组织《与贸易有关的知识产权协议》制度的框架下，以及众多双边和区域贸易及投资条约的框架下，1990年代出现了多边知识产权制度。从可操作的角度看，《与贸易有关的知识产权协议》包括承认和落实世贸组织成员国所创造的私有知识产权（世界贸易组织，1994年）。就那些属于世贸组织成员的最不发达国家而言，在其本国政策中承认这些产权的宽限期为2013年（医药品的宽限期为2016年）。在国家一级，该制度具有两项功能：(a) 将知识产权列为私有财产；(b) 将国家强制的垄断使用权作为承认私有财产和激励私人创新的主要方法。非产权所有人必须支付特权使用费，调整和进一步创新技术。大多数知识产权的所有权都在发达国家，因此，在《与贸易有关的知识产权协议》之后，知识产权成了发展中国家的一项开发成本，与其他所有用以克服发展不足问题的支出一起列入预算。

从可操作的角度看，《与贸易有关的知识产权协议》(TRIPS)需要承认和落实国家创造的私有知识产权

² 联合国，经济和社会事务部，2008年，第vi页。

在《与贸易有关的知识产权协议》下，世界贸易组织成员国保留了重要的灵活性和保障措施

在《与贸易有关的知识产权协议》下，世界贸易组织成员国保留了重要的灵活规定和保障措施（联合国，2010年b，第65页）。各国可根据本国的战略目标，对可专利性的三项标准进行解释，这三项标准是：新颖性、独创性和产业适用性。各政府还可颁发强制许可，并可基于既定的社会目标进行“平行进口”，但要提供适当的补偿。“有能力为之”的发展中国家可根据其发展抱负利用这些灵活规定。

在实践中，一直难以利用这些灵活规定（联合国，2010年c，第82-83页）。一方面，以贸易为导向的国家会努力保持其在外国公司面前的“受欢迎声誉”。另一方面，很多国家都是双边条约的签署国，而这些条约所要求的知识产权保护要比《与贸易有关的知识产权协议》更严格。

在技术落后于前沿水平的国家中，难以找到证据表明，加强产权是促进创新的重要因素

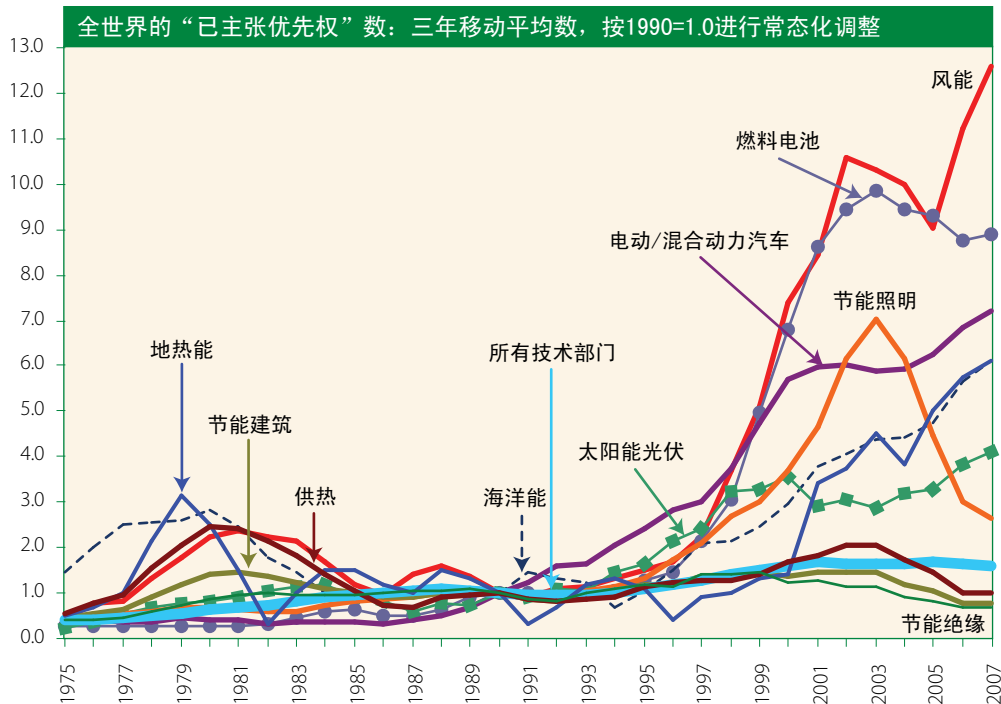
可强制实施的全球知识产权制度是发展中国家致力于可持续发展必备的环境条件之一。Odagiri等人（2010年）报告的国家案例研究显示，尽管《与贸易有关的知识产权协议》妨碍了国家创新，主要是医药产业的创新，但在其他产业中的制约程度却没有这么大，在需要产品装配的产业中，尤其如此。颇为明显的是，这些案例研究还显示，在技术落后于前沿水平的国家中，难以找到证据显示，加强产权是激励创新的重要因素。从总体上说，除医药品以外，《与贸易有关的知识产权协议》在其头10年中似乎没有产生很大的影响，这与各产业的具体特征有关。所援引的大多数案例研究都针对那些具有成功产业发展政策的国家，这些国家的决心及其旨在促进创造活动的举措使他们能够在无法按照合理价格购买特定技术之后，越过知识产权方面的相关障碍。

各绿色技术领域的专利申请很活跃

各绿色技术领域的专利申请很活跃。例如，一小群私营公司正在积极申请植物基因专利，其目的是对这些可能会为未来“气候做准备”的基因取得所有权（Shashikant，2009年，第23页）。与其他技术相比，尤其是气候变化缓解技术的国际产权活动有了显著增长（图六.1）。对绿色技术的强烈兴趣以及各大经济体（包括诸如印度和中国之类的发展中国家）之间日益激烈的竞争显示，如果假设《与贸易有关的知识产权协议》不仅会对那些具有强大产业政策的国家产生较好影响，而且也会在绿色技术的情况下，产生良性影响，将是不明智的。

相反，1960年代和1970年代，农业领域绿色革命在国际上迅速推广的例子（见第三章）一直是政府主导型而非私人部门依赖型国际技术转让的重要先例。为协助实现旨在提高粮食生产使粮食生产与人口增长保持同步的全球目标，“神奇种子”在农研商小组的主持下，成了不受专利权限限制的公有领域。

图六.1
气候变化缓解技术的增加情况，1975-2006年



资料来源：经合组织，全球与结构政策工作组（2010年），图3。网址：<http://www.oecd.org/environment/innovation>。

注：“已主张优先权”是指在提交专利时，专利申请人保留在其他管辖区提交申请的权利，这意味着可能会进行国际申请。

全球市场波动和财政约束引起的投资率不足

从中期来说，发展中国家提高国内资源动员（私人储蓄和政府收入）是为可持续发展作出额外投资努力的关键。但很多发展中国家的长期融资市场都不完善，财政基础也很薄弱，从近期来说，这使长期投资的国内融资无法实现大幅增长。制约发展中国家国内投资的另一无心之失与全球金融和支付体系的缺陷有关。很多发展中国家都将相当大的一部分国内储蓄作为国际储备，这些储备主要投资于发达国家的金融资产，每年的投资金额超过5 000亿美元³（联合国，2011年），这比不上发展中国家绿色投资需求，后者每年大约需要1.1万亿美元（见下文）。这种自我保护形式的代价高昂，金融资源向先进市场经济体的净转移数巨大，其中的重要原因之一是全球资本和商品市场波动。

对于很多发展中国家来说，波动的全球金融流动和开放的资本账户会不适当地限制国内财政政策，从而会出现通货膨胀偏向、小幅赤字和外部冲击引起的公

不稳定的全球金融流动和开放的资本账户会不适当地限制国内财政政策

³ 2000年至2010年期间，发展中国家投资于发达国家资产的总额为5.5万亿美元，而转型经济体的投资则为8 000亿美元（联合国，2011年）。

共投资支出波动问题。尤其是，对于那些在出口能力方面仍然薄弱的国家来说，如：商品出口国、国际借款渠道有限的国家，财政政策在消除消费波动、保持公共投资率挤入私人冒险行为方面的能力有限。在下滑时期，由于有严格的财政赤字指标需要完成，这些方面的公共机构被迫推迟或终止基础设施和其他长期投资项目，这会破坏其中期增长前景。

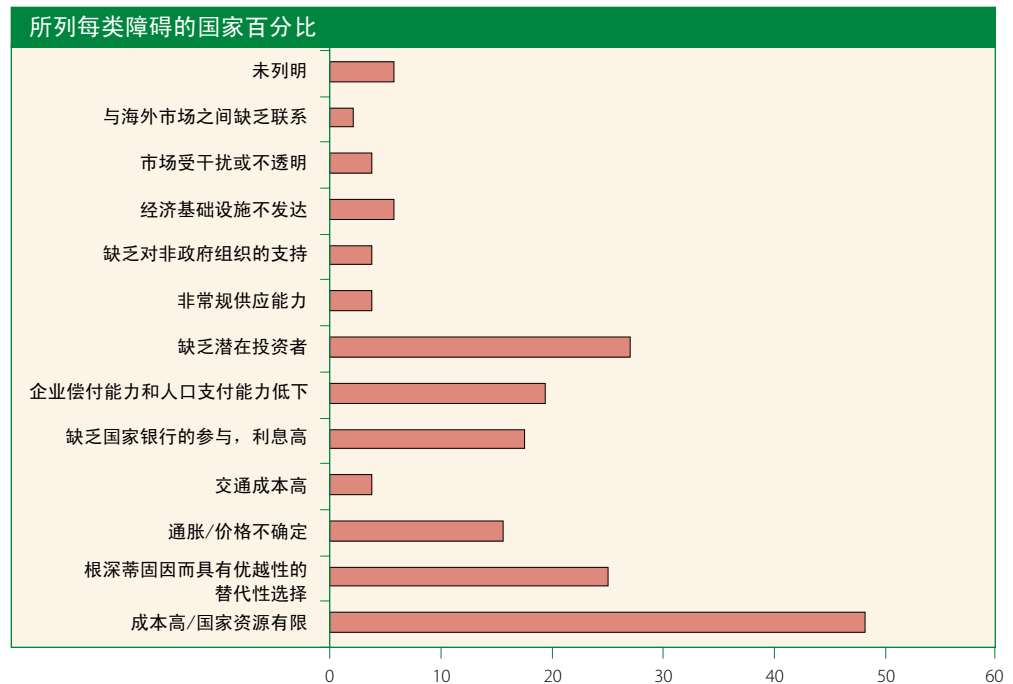
技术开发与转让融资不足

每个阶段的技术开发都伴随着资金障碍

融资不足一直被发展中国家列为其迅速采用清洁技术的最大障碍（图六.2）。在技术开发的每个阶段，都存在着妨碍他们寻找必要资金的公共部门和私人部门障碍（表六.2对此进行了简要总结）。这些可能是经济障碍——绿色技术资金与其他公共优先事项的资金相互竞争，内部回报率不足会限制私人冒险行为（第五章）。还可能是政治障碍，如：政府在面临既定利益和消费者偏好等阻力的情况下，不愿意干预市场（第二章）。还可能会有制约国内能力的因素，如：源于教育投资不足的制约因素（第五章）。最后，还存在着与国际合作有关的障碍，如：出口信贷机构条件与本地金融要求之间的矛盾所引起的障碍。

图六.2

技术需求评估报告中技术转让的经济和市场障碍



资料来源：《联合国气候变化框架公约》，科学与技术咨询附属机构，以及执行附属机构（2009年），图6。

表六.2
不同技术成熟阶段的具体融资障碍

技术成熟阶段	差距与障碍类型	融资障碍	
		公共资金	私人资金
研究与开发	概念校验	<ul style="list-style-type: none"> 需要公共资金的其他政治优先事项 基本研究成果不确定 教育与培训结果不确定 	<ul style="list-style-type: none"> 回报率不足 溢出效应使出资者无法获得投资收益
研究与开发	技术	<ul style="list-style-type: none"> 需要公共资金的其他政治优先事项 	<ul style="list-style-type: none"> 缺乏良好的技术信息，这会带来高风险问题 溢出效应使出资者无法获得投资收益
研究与开发、示范	规模	<ul style="list-style-type: none"> 原型规模扩大的成本较高 	<ul style="list-style-type: none"> 缺乏技术跟踪记录，这会带来高风险问题
研究与开发、示范、利用	成本	<ul style="list-style-type: none"> 达到具有重大意义的利用水平需要很高的费用 	<ul style="list-style-type: none"> 缺乏旨在克服成本问题的政策，这会导致内部回报率低下问题
研究与开发、示范、利用、推广	经济	<ul style="list-style-type: none"> 不愿意干预市场，在巨大变革危及既有利益时，尤其如此 税收政策不灵活 	<ul style="list-style-type: none"> 能源定价与补贴；缺乏碳价格或碳价格不足 前期资本成本很高 共同利益缺乏估价，这会带来内部回报率低下问题 需要大量的平行基础设施，这会使前期费用很高
研究与开发、示范、利用、推广	社会	<ul style="list-style-type: none"> 存在着社会/消费者偏好方面的既得利益 教育与培训投资不足 	<ul style="list-style-type: none"> 缺乏消费者或用户市场 动机分裂（委托-代理问题） 劳动力缺乏技能
研究与开发、示范、利用、推广	制度	<ul style="list-style-type: none"> 存在着制度背景方面的既有利益 财政政策失灵 	<ul style="list-style-type: none"> 缺乏监管框架 缺乏国际标准 技术锁定 在无害环境技术方面，出口信贷机构的条件与本地融资条件之间缺乏匹配

资料来源：《联合国气候变化框架公约》，科学与技术咨询附属机构及执行附属机构（2008年），表11。

可持续发展的投资要求

实现可持续发展所需投资的估计数在不断增多。如第二章所述，在2010—2050年期间，能源转换的年投资需求估计为1.6万亿。第三章介绍了世界人口不断增长的情况下，实现粮食保障的目标。在这方面，Nelson等人（2009年）建议，为克服气候变化而可能带来的收成下降问题，需要从2000年开始通过每年大约70亿美元的投资来保持卡路里摄入量。根据公布的估计数据，发展中国家在适应方面的融

资要求每年介于500亿美元至1 000亿美元之间（O'Connor, 2009年）。发达国家的已公布估计数据则每年介于150亿美元至1 500亿美元之间（Stern, 2007年）。

可持续发展投资估计数
差异很大，这与假设和
方法的多样性有关

有关可持续发展投资要求的已公布估计数据各种各样，这与不同研究所用假设和方法的多样性有关。一些差异与各指标的不同目标有关（例如，550与450 ppmv二氧化碳大气浓度）。所含投资的覆盖面也存在着差异（例如，是否将兴建的额外交通基础设施纳入边远地区风能农场安装成本的估计数据中或者改良可持续农业技术推广成本的估计数据中）。此外，估计数据往往会低估发展中国家在基础设施和庇护所方面的投资要求，以及气候变化导致死亡率增加和疾病负担加重情况下的相关成本（O'Connor, 2009年）。Nelson等人（2009年）对粮食保障所需投资成本的估计数据（见前段引用的内容）是以各地区的成本估计数据为基础的，不包括额外的基础设施成本（道路和灌溉系统）。

重要的是要区分基线投
资和增量投资需求

重要的是要区分总投资和基线预测方案下只反映额外投资（“增量”投资）的投资估计数据，前者既包括“一切照旧”假设情况下（传统和绿色）能源生产的基线投资成本预测数据，也包括加速能源过渡的增量成本。根据2009年全球能源评估（GEA）的具体预测方案，能源转换的年投资要求为16亿美元（见第二章），该要求既包括“一切照旧”预测方案下的投资需求，也包括扩大可再生能源技术规模和促进节能的额外投资要求。根据国际能源署（能源署）（2009年）的报告，为了在2050年将浓度稳定在450 ppmv二氧化碳当量的水平，2020年全球增量投资需求只有4 270亿美元（超过预计人口和收入增长所需的投资），其中差不多有2 000亿美元的投资需求发生在非经济合作与发展组织（经合组织）的国家中（到2030年，全球投资成本预计将会上升到1.2万亿美元，或者将为世界总产值（WGP）的1.1%）。该估计数据与全球能源评估具体预测方案中每年16亿美元的总投资（增量投资加上基线投资）要求一致，后一数据大约为世界总产值的2.5%。

最后，基础预测方案有关其他变量的假设将会影响估计数据（如，有关人口和经济增长的假设——这两者之间及其与投资之间也会相互作用），这也正是每个估计数据都按所选特定预测方案加以报告的原因。

联合国环境规划署（2011年）选择了另一组预测方案，根据其提议，从2010年至2050年的投资要求估计为世界总产值的2%左右（从金额上说，从2010年起，这相当于1.3万亿美元）。这是相当于联合国环境规划署所定基线预测方案而言的预估增量投资要求。

如期取得实现缓解目标
的进展大大减少适应
成本

所有估计数据都有众多注意事项和不确定性，具体取决于各种有争议的假设，这些假设涉及成本和技术学习曲线、各部门技术变革的相互作用程度，以及气候变化缓解、适应和防灾险作为一个统一体被纳入考虑的程度。例如，加速实现缓解目标很可能会大大减少适应成本。

表六.3列出了本概览所列各个部门的预估投资需求，该表努力确保了各部门

在预测方案方面的某种一致性。估计数据做出了及时实施缓解举措的强假设。表中纳入了在2030年前普及现代能源和确保足够粮食的估计数据。表六.3的值与联合国环境规划署2011年的估计数据大致一致，但表明，用以引导绿色能源转换的投资需求可能会更高一些。但值得注意的是，各数据不具有严格意义上的可比性，因为以模型为基础的基本预测方案在各项研究之间有差异。

在给定这些注意事项的情况下，根据表六.3所报告的估计数据，似乎可以合理地将实现可持续发展目标的总增量投资要求确定为世界总产值的3%左右。

在表六.3的项目中，农业投资的估计数据仅针对发展中国家，假设（以现有研究为依据）大约有80%的适应投资需要在发展中国家进行。根据表六.3报告的“居中”估计数据，气候变化适应和可持续农业的增量投资要求仅为绿色投资总数的6%-7%。换言之，所需大多数追加资源将用于绿色能源转换投资。大约有三分之二有关能源和能源终端用途的投资将需要在发展中国家进行，而其中的大部分将用于绿色能源体系开发，这与发达国家相反，在发达国家，将用于能源系统中现有投资资本的更换和改造。

对发展中国家的资金转移

因此，绿色技术方面的很多增量投资都需要在发展中国家进行。尽管绝大多数基本研发都将在发达国家进行，但发展中国家在示范、利用和推广（包括建设相关基础设施）方面的作用可能会更大。在发展中国家，新技术的安装可能不仅是为了取代现有“棕色”活动，而且是为了扩大经济活动规模。

就缓解气候变化而言，发展中国家具有提高清洁基本能源供应的最大潜力（第二章；联合国，2009年）。因此，尽管从单个项目来说，发达国家的成本要高一些，但能源转换的大部分增量投资都需要在发展中国家进行。至少有半数与缓解气候变化有关的估算增量投资（采用表六.3中估计数据的假设）以及所有用以确保粮食安全的可持续农业增量投资都需要在发展中国家进行。如果发展中国家在增量投资中所占的比例大致为60%，⁴那么发展中国家的年增量投资将至少为1.1万亿美元。

自地球峰会以来，已为确保可持续发展所需的资金做出了很多努力。最近，于2009年12月在哥本哈根召开的联合国气候变化大会上，发达国家承诺在2010-2012年期间每年提供300亿美元，并在2020年前每年提供1 000亿美元，用于较贫

实现可持续发展目标的总增量投资要求大约为世界总产值的3%

发展中国家绿色技术的增量投资每年将大约需要1.1万亿美元

自1992年的里约大会以来，已为促进可持续发展所需投资的可用资源做出了很多努力

⁴ 对发展中国家采用了较高的占比，即：60%，这与能源部门的当前占比一致。表六.3显示，适应性（假设缓解能够及时进行）和农业方面的增量投资要求在总投资要求中的占比不过6%-7%，而有关这些部门的预估报告数据却是发展中国家全数需要的。可将60%视为发展中国家所需全球投资比例的下限。

表六.3
可持续发展的估算投资要求

部门/主题	期 间	估计数据值域	能源供应	终端能源消耗 (器具等)	适 应	农业与粮食	各行 合计
假定目标			稳定温室气体浓度， 将升温幅度限制在 摄氏2度以下 (至少50%的概率)	终端能效率大幅 提高，稳定温室 气体，将升温幅度 限制在摄氏2度以下	假设缓解成功时，用以 确保生计的最低投资	提高农业产量， 以便在不进一步扩大 农业用地的情况下， 确保实现全球粮 食保障水平	
增量投资 要求	年度， 2000-2050年， 按2010年 美元计算， 单位： 十亿美元	值域	400-1600	-	50-160	15-30	
		居中估计数据 其他来源的 估计数据	1 000 340-1360 (政府间气 候变化专门委员会) 465 (Riahi等人，即 将出版)	800 125-1 400 (联合国/经社部， 估计数据基于Wilson 和Grübler， 2010年)	105	22 67 (粮农组织， 全球视角研究 组，2006年) 14 (Fan和 Rosegrant， 2008年)	1 927
注释			仅能源供应。 终端耗能器具的投资 需求是该数额的几倍	终端耗能器具 (不只是能源本身)	这些数据假设将温室气体 浓度稳定在450 ppmv 以下。在没有缓解的情况 下，适应需求可能 是原来的10-100倍	数据仅指发展中 国家。包括基本农业 和相关下游服务的 投资，但不包括农村 道路和教育方面的 公共投资	
“一切照 旧”(BAU) 预测方案的 投资需求	年度， 2000-2050年， 单位： 十亿美元	居中估计数据	1 400	1 000	-	200	2 600
		其他来源的 估计数据	1 200 (Rao2009 年； van Vuuren等 人，未出版) 870 (国际能源 署，2008年b)	380-4 200 (联合国/经社部， 估计数据基于Wilson 和Grübler， 2010年)		142 (粮农组织， 全球视角研究组， 2006年)	
实现各项 目标的 总投资需求	年度， 2000-2050年， 单位： 十亿美元	值域	1 600-2 600	-	50-160	200-240	
		居中估计数据 其他来源的 估计数据	2 400 820-2 260 (Riahi等 人，即将出版)	1 800 500-5 600 (联合国/经社部， 估计数据基于Wilson 与Grübler， 2010年)	90 49-17其中发展中国家为 27-66 (《联合国气候变化 框架公约》，2007年)； 86-109 (联合国开发计划 署，2007年)。9-41 (世界银行，2007年a)	220 209 (粮农组织， 全球视角研究组， 2006年)	4 510

表六.3 (续)

部门/主题	期	估计数据领域	能源供应	终端能源消耗 (器具等)	适 应	农业与粮食	各行 合计
额外投资需求 (“一切照 旧”之外的 额外投资)	累计, 2000-2050年 单位: 万亿美元	价值域	20-70	6-70	2-7	0.6-1.2	92
		居中估计数据 其他来源的 估计数据	46 17-68 (政府间 气候变化专门 委员会, 2007年b) 25-80 (van Vuuren等 人, 2007年); -10至48 (Stern, 2007年) (少减排) 45-90 (国际能源 署, 2008年b) 15 (Rao, 2009年)	40 6-70 (联合国/经社部, 估计数据基于Wilson 与Grübler, 2010年)	4.5	1.2 3.4 (粮农组织, 全球视角 研究组, 2006年)	
“一切照旧” 的投资需求	累计, 2000-2050年 单位: 万亿美元	居中估计数据	60	95	-	~10 [1.3 (仅针对 粮食); 9.0 (发展中国家 所有农业)]	165
		其他来源的 估计数据	26 (国际能源 署, 2008年b) (仅至2030年); 60 (Rao, 2009年; van Vuuren 等人, 未出版); 80-130	19-210 (联合国/经社部, 估 计数据基于Wilson与 Grübler, 2010年)		7.1 (粮农组织, 全球视角 研究组, 2006年)	
实现各项 目标的总投资 需求	累计, 2000-2050年, 单位: 万亿美元	价值域	106	135	2-7	10-12	257
		居中估计数据 其他来源的 估计数据	36-93 (Riahi等人, 即将出 版)	25-280 (联合国/经社部, 估计数据基于Wilson 与Grübler, 2010年)	4.5 2.5-8.6 (《联合国气候变化框架 公约》, 2007年)	11.2 10.5 (粮农组织, 全球视角 研究组, 2006年)	

资料来源: 联合国/经社部。

注: 黄色阴影区域表示按2010年美元计算的年度估计数据; 蓝色阴影区域表示2000-2050年的累计估计数据。

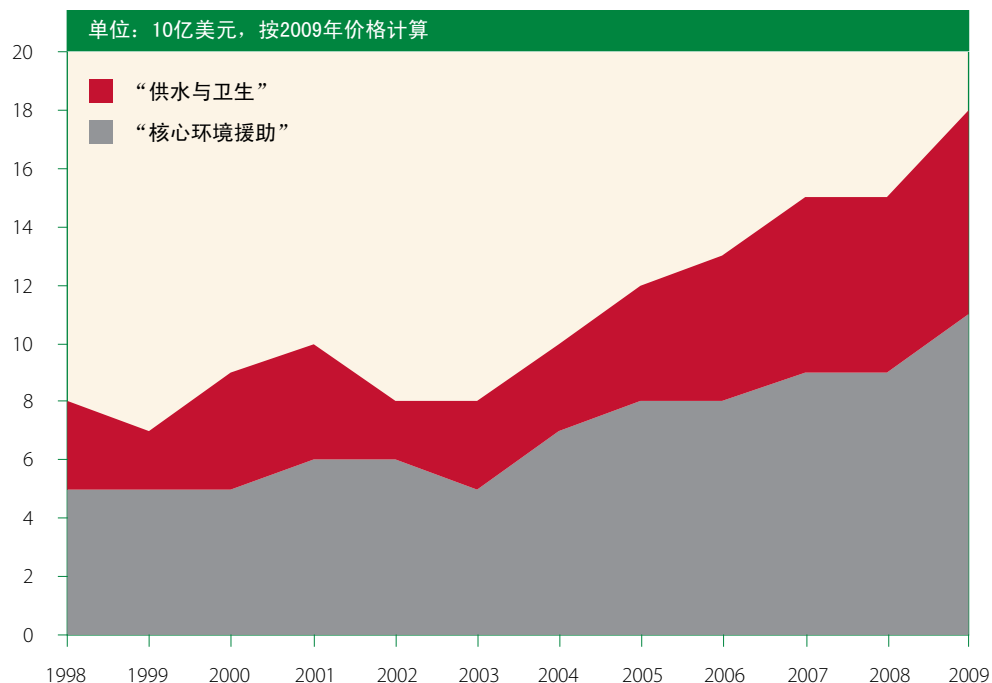
困国家应对气候变化。国际货币基金组织（基金组织）工作人员工作报告中的一份建议对特别提款权（SDR）的使用进行了探讨，要求发起“绿色基金”，在“启动阶段”（2011-2013年），每年的新融资流量大约为170亿美元，并在2020年之前迅速增加到1 000亿美元（Bredenkamp和Pattillo，2010年）。2010年11月，秘书长的能源与气候变化顾问小组（联合国，2010年c）在其报告中指出，1 000亿美元的转移目标可通过公共和私人融资机制实现。

环境援助一直未能与各援助项目的平均增长水平保持同步

从1998年至2007年，来自经济合作与发展组织/发展援助委员会国家的官方发展援助（ODA）中作为环境援助的部分每年都按照5%的速度稳步增长。到2009年，几乎达到180亿美元（图六.3）。不过，环境援助一直未能与各援助项目8%的平均增长水平保持同步，其所占份额低于健康以及人口和政府服务援助。不过，可以认为绝对水平（180亿美元）处于哥本哈根关于2010-2012年期间向发展中国家承诺300亿美元气候融资的范畴之内。如果哥本哈根承诺的资金流是作为现有承诺的“追加”部分（而非现有承诺的重新分类）加以兑现，那么这种转移似乎翻了一番，但由于可持续投资需要在其他很多部门（如能源）进行投资，所以与预估的总需求相比，该转移还有很大差距。此外，秘书长的高级顾问小组没有解释2020年1 000亿美元的承诺不只来自官方发展援助，而是来自很多来源，包括私人投资。

图六.3

经合组织/发展援助委员会用于核心环境以及供水与卫生的援助，1998-2009年



资料来源：经合组织/发展援助委员会债权人报告系统。

注：有关“供水与卫生”以及“核心环境援助”的定义，见Castro和Hammond（2009年）。

从多边角度看，具体的资金流有很多。这些列在表六.4中，该表显示了通过各种融资机制流向发展中国家的一系列承诺资金。共认捐180亿美元，存入20亿美元，支付7.34亿美元（O'Connor, 2009年）。

表六.4
缓解（M）和适应（A）气候变化的双边和多边资金

资 金	总金额（百万美元）	期 间
《联合国气候变化框架公约》下的出资		
适应战略优先事项基金	50（A）	全球环境基金第三增资期-第四增资期
最不发达国家基金	172（A）	截至2008年10月
气候变化专项基金	91（A）	截至2008年10月
适应基金	300-600（A）	2008-2012年
双边倡议		
地球降温伙伴倡议（日本）	10 000（A+M）	2008-2012年
ETF-IW（英国）	1 182（A+M）	2008-2012年
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年
GCCA（欧洲委员会）	84（A）/76（M）	2008-2010年
国际气候倡议（德国）	200（A）/564（M）	2008-2012年
IFCI（澳大利亚）	160（M）	2007-2012年
多边倡议		
GFDRR	15（A）（共承诺8 300万美元）	2007-2008年
UN-REDD	35（M）	
碳伙伴融资工具（世界银行）	500（M）（已承诺140）	
森林碳伙伴基金（世界银行）	385（M）（已承诺160）	2008-2020年
气候投资基金，包括：	6 200（A+M）	2009-2012年
清洁技术基金	4 800（M）	
战略性气候基金，包括	1 400（A+M）	
森林投资计划	350（M）	
扩大可再生能源规模	200（M）	
抵御气候的试点项目	600（A）	

资料来源：世界银行（2010年a），表6.4。

缩写：ETF-IW（环境转型基金-国际窗口）；GCCA（全球气候变化联盟）；IFCI（国际森林碳倡议）；UN-REDD（联合国减少毁林和森林退化所致排放的合作计划）；GFDRR（全球减灾与恢复基金）；GEF（全球环境基金）。

国际贸易与投资体制中有限的国内政策空间

发展中国家有限的国内政策空间可成为迅速引进绿色技术的障碍

从中期来说，在多边和双边贸易承诺，以及双边投资协议中，发展中国家在产业发展方面的国内政策空间有限，这可能是这些国家迅速引进绿色技术的障碍之一。一般技术，尤其是绿色技术大多是从国外进口的。本国在进行新产业和新产品的能力建设期间，本地生产者需要有一个不受外国竞争影响的保护期。与外国公司之间的关系应能为本地经济带来技术转让方面的好处，这也至关重要。绿色部门具有新生产业的诸多特征（第五章），为进行该部门的建设，需要为国内当局的产业政策提供空间。

多边贸易体制为产业政策提供的空间有限

目前建立的多边贸易体制为这类政策提供的空间有限。双边贸易条约通常含有限制程度更高的规定。由于产业政策往往是为了促进居民和本国公司的能力，这会对外国国民构成歧视，所以只有有限数量的活动（如，基础研究和区域开发）属于世界贸易组织规则的许可范畴。最近，美国关于加拿大上网电价计划和中国清洁能源技术补贴的两起申诉可能会最终提交给世界贸易组织的争端解决机制进行处理。这些起诉的潜在后果是，将会随意允许和禁止一组具体的产业政策。多哈贸易谈判的趋势说明，如今，有关制成品的较高约束关税可能会进一步缩减发展中国家的产业政策空间。

国际治理的不连贯问题和缺点

全球治理体系没能为各专业治理领域之间保持有效的协调机制

如第五章所述，在恢复自身能力以制定强有力的技术政策方面，很多发展中国家的政府都面临着挑战。而在国际舞台上，进行技术开发管理和促进方面的公共能力建设，则面临着双倍挑战，因为没有任何协调与治理体系能够与各国现有体系相比。从实践和政策的角度看，确定公共部门在国际经济和发展合作领域中的必须角色将面临不同的挑战。近期发生在粮食、能源和金融领域的全球金融危机暴露了各项制度和规则的缺陷，其中的大部分制度和规则都是在60多年以前确定的（联合国，2010年c）。全球治理体系没有为各专业治理领域的协调保持有效机制，也没有防止出现各种相互抵触的决定。此外，缺乏一整套重要的公共国际制度，例如，有权协调金融监管、债务化解和自然人流动方面的问题。

可持续发展目标有关发展、环境政策和技术合作方面的国际举措是跨领域的

可持续发展目标有关发展、环境政策和技术合作方面的国际举措是跨领域的。有一些不断演变的国际机制，这些机制旨在解决交叉领域所出现的各种挑战，尤其是在《联合国气候变化框架公约》之下加以解决。例如，该公约在其成果中始终强调，公共部门领导之下的技术推广具有至关重要的重要性。这需要修订全球贸易与金融体制，因为该体制几乎是专门依靠私人渠道进行国际技术推广。这方面的努力将受到考验，因为各个国家和私营公司会努力通过援助、贸易和金融舞台上的各种行动，在绿色技术领域寻求生存或者获得主导地位。

在多边贸易规则和国际金融方面实施改革， 加速绿色技术开发与推广

实现全球技术革命和克服现有机制的缺陷，需要在国际合作和金融方面持续加大力度和进行改革。首先，需要建立国际技术共享制度，以促进发展中国家的可持续发展，同时还需要将更广泛系列的工具纳入知识产权和多边贸易政策领域。第二，必须为发展中国家具有激励作用的各种举措提供足够的发展融资和政策空间，以进行生产技术升级，确保环境的可持续性。第三，必须提升国际治理和合作的水平。

建立有效的全球技术开发和推广制度

需要扩大发展中国家在绿色生产和消费技术方面的培养和升级活动，这应成为国际合作的关键目标。如上所述，公共部门引导下的国际技术推广机制没有什么先例。过去，大部分技术知识都是通过私营公司的操作以私有财产形式加以体现和转让的。

农研商小组通过公共支持的全球和区域研究所网络，促进了新农业技术在全球的推广，可将其成功经验中的各个要素纳入全球制度设计中。《1987年关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书》⁵是一个成功的全球框架范例，根据该框架，各主权国家可以朝着全球目标转变，以便从根本上迅速脱离具有污染的技术，同时为发展中国家采用新技术提供特别支持。支持包括创建一个由发达国家资助但由捐助国和受惠国共同管理的资金池，用以支持转向新技术的过渡费用。

在气候变化领域，国际决策能力建设可利用已有的国际科学网络和政府间气候变化专门委员会所提供的多利益相关者实例。国际社会已为迎接这一挑战迈出了第一步：2010年11月/12月在墨西哥的坎昆召开了《联合国气候变化框架公约》第十六届缔约国大会，大会目的是设立一个旨在作为政策制定机构的技术执行委员会（TEC），以实施一个具有意义的有效行动框架，促进技术转让承诺的实施。该次会议就执行机构的设立达成了协议，这个即将命名为“气候技术中心和网络（CTCN）”的机构主要是为了促进国家、区域、部门和国际技术机构之间的联网。

《蒙特利尔议定书》创建了一个由捐助国和受惠国共同管理的资金池，用以支付转向新技术的过渡费用

⁵ 联合国《条约汇编》第1522卷，第26369号。

知识产权制度应以鼓励绿色技术创新为导向

知识产权的授予应始终属于公共政策行动，并以鼓励而非限制私人积极性为其目的

全球知识产权管理也是至关重要和合乎逻辑的重要原则。知识产权的授予应始终属于公共政策行动，并以鼓励而非限制私人技术开发积极性为政策之目的。公共政策应首先将“遵守气候变化政策作为公益”活动（Maskus和Okediji，2010年，第viii页）。目前，授予专利是最普遍和最有利的技术开发激励措施。国家所需的是制定一项公共政策，为国际知识产权确保一个具有较高水准和透明度的严格认可程序。发展中国家尤其应提高其辖区内的专利注册标准。各项研究显示，没有证据表明，加大知识产权保护力度会促进国内的技术开发或推广，在处于较低发展水平的情况下，尤其如此（Odagiri等人，2010年；Dosi、Marengo和Pasquali，2007年）。

知识产权制度不应妨碍非技术所有人从事各种可能会改进这类技术的试验和检验活动

各国就加速发明和推广所需的公共政策问题达成协议将至关重要。目前，保护私人知识产权的主要方法是通过强制措施使所有人享有专门使用和利用权。从国际上来说，需要通过更广泛的公共部门战略组合来鼓励绿色技术开发。需要为私人研究确保足够的商业积极性，而这需要采用补贴措施，并由政府按照合理成本进行技术采购，同时限制垄断做法，因为这会限制推广和进一步开发。也就是说，知识产权制度不应妨碍非技术所有人从事各种可能会改善该技术或者可能会帮助进行国内新能力建设的试验或者检验。原本可以成功减少有害物质的《蒙特利尔议定书》存在着无法调和的问题：根据该议定书，印度的化学品制造商未能按照合理成本从拥有相关技术的少数发达国家制造商那里购买到用以生产许可冷却剂化学品的技术。

有关强制许可的限制性规定与遵守气候变化政策这一公共目的不一致

Maskus和Okediji（2010年）为有利于“各种无害环境技术（EST）”的国际知识产权制度改革提供了事实证明。他们根据工业化国家的经验指出，强制许可“在明确的条件下，是方便人们取得技术的有效工具”（第viii页）。其中一些条件列在《与贸易有关的知识产权协议》的限制性规定和例外规定中，需要列入技术接受方的国内条例中。有关强制许可的限制性规定与遵守气候变化政策这一公共目的不一致。例如，根据该协议第31条第(f)款的规定，世贸组织成员不能利用强制许可从事以出口市场为目的的生产。如果这些许可主要是为了使各国能够遵守排放指标，那么对于技术接收方来说，出于出口目的的生产将不具有商业利益。另一方面，Maskus和Okediji（2010年，第34页）指出，“具有讽刺意义的是，由于气候变化属于全球公共品，所以从事出于出口目的的生产实际上是有益的，因为这最终会提高无害环境技术的流通数量”。

国际社会可考虑一系列的政策工具：

1. 将基本技术或具有多重用途的技术置于不受专利限制的公有领域

国际社会或自我选定的国家组（包括发展中国家的各个组）可召集专家委员会，确定哪些技术符合基本技术标准。为将这些技术置于公有领域，各国要么对这些技术行使征用权（例如，根据《与贸易有关的知识产权协议》对个别国家强制许

可权的应用进行协调⁶），要么按照合理的报酬率购买这些技术。很多工业化国家（包括美国）的法学都可为强制许可的应用提供大量来源的先例和依据，更不用说联邦根据征用权或反托拉斯法所享有的将私有财产转为公用的权力（同上，第31页）。方框六.2概括了美国法律体系中的一些现有先例。

2. 为特定问题的技术解决方案提供现金奖励

国际社会或者自我选定的国家组可组建专家委员会，对需要技术解决方案的问题进行界定，并为解决方案给予奖励。组内国家将为技术池贡献技术，并获得相应的奖励。

3. 列出池内的技术清单，允许合格方（如，发展中国家，或发展中国家的企业）无偿使用该技术，直至这种技术取得商业成果为止

邀请私人 and 公共财产的所有人为技术池贡献技术。技术使用方将在技术使用使其获得商业回报时，（按照以前协定的费率）开始支付合理的专利使用费。

方框六.2

美国的强制专利许可

在美国，强制专利许可一直有专门的立法对其作出规定，一些相关的例子包括：

- 《原子能法案》，^a 在被授予专利权的创新“(u)对于生产或利用特殊核材料或原子能有用”时，该法案允许这种强制许可。原子能委员会可决定是否应该授予强制专利许可，并可就许可持有人的合理专利使用费作出决定。
- 《拜杜法案》，^b 当联邦资助和合约的接受方“没有采取，或不会在合理时间内采取有效措施来实际应用标的发明”时，该法案允许进行强制专利许可。联邦政府还可行使“介入权”——这需要证明：为“缓解健康或安全需求”或者“满足联邦条例所列的公共使用要求”，需要实施强制专利许可。
- 《清洁空气法案》^c 也对强制专利许可作出了规定，当被授予专利的创新是满足排放要求所需要的，并且没有可用的合理备选方案，而不采用被授予专利权的创新将会“减少竞争或者导致垄断倾向”时，该法案允许这种许可。区法院可在首席检察官的协助下，决定是否应该授予强制专利许可，并可制定合理的条款。

发达国家政府授予或扬言授予强制许可的情况有很多，出于各种目的的这些许可是为了克服专利障碍。其中很多国家的法院都采用由侵权方向专利持有人支付专利使用费的方式，而非向专利持有人颁发禁令的方式来利用强制许可。发展中国家也正在越来越多地利用强制许可的规定，不过主要是为了进口或生产可负担得起的非专利药品。

^a 《美国法典》第42编第2183节；另见<http://www4.law.cornell.edu/uscode/42/2183.html>和<http://www.cptech.org/ip/health/cl/us-misc.html>。

^b 《美国法典》第42编第7608节，另见<http://www4.law.cornell.edu/uscode/42/7608.html>。

^c 《美国法典》第35编第203节，另见<http://www4.law.cornell.edu/uscode/35/203.html>。

资料来源：Shashikant（2009年），第43页。

⁶ 只有在服务于国内市场的情况下，才允许强制许可。专利持有人在出口市场仍受保护。

国际社会可就哪些棕色技术将在某个日期禁止使用的问题作出决定

建立旨在促进技术转让的资金池是确保各技术开发倡议能对全球目标产生聚合效应的关键。这些资金池可用以购买技术，或资助研究和提供奖励。国际社会可就哪些棕色技术将在某个日期禁止使用的问题作出决定；需要替代技术的国家可利用这些资金履行其义务。有了这些资金，应该可以在不同技术领域建立国际创新网络。私营部门必须在技术开发领域发挥关键作用，在适应和开发基于实际应用之目的的基本发明方面，尤应如此。

新国际制度应根据发展水平，对获取新技术作出差异化的特别规定。例如，可允许发展中国家的政府和企业着手适应技术，但只有当其使用开始产生商业回报时，才开始支付专利使用费。如果私人部门对关键技术享有的专有使用权会妨碍其他必要技术的开发或不利普遍使用，那么技术制度必须有相应的机制可用来实施“强制许可”，以便将该技术置于不受专利权限制的公有领域，公共卫生领域就属于这种情况。

多边贸易规则应为发展中国家实施产业政策授予更大的灵活性

重要的是要为发展中国家的产业发展确保足够的政策空间

目前，以项目为导向的贷款条件和不断增多的国际融资机制阻碍了发展中国家在设计和实施连贯的可持续发展战略方面所作出的努力。多边贸易体制和双边条约可能会对“投资措施”做出限制性规定——如，禁止施加技术转让或本国含量方面的要求，当发达国家有关绿色技术建设的产业干预措施在不断增多时，这些规定将会制约各种旨在实施产业政策的举措。

过去，多边贸易体制下富裕国家的农业补贴一直是令人头疼的来源之一。由于既需要加速技术推广促进可持续农业（第三章），也需要国家适应气候变化（第四章），因此，全球环境制度必须纳入的内容之一是，加快消除这些补贴对发展中国家的有害影响。

为了与促进绿色技术开发和变革的目标保持一致，多边贸易体制必须开始认识到产业政策在创造“绿色空间”方面的作用。

只要产业政策不会受到一国双边贸易或投资协议的影响，多边贸易体制就不会妨碍那些会对不可贸易品部门（如，基础设施建设）产生影响的产业政策——包括服务于绿色目标的产业政策。旨在影响公共教育和加强一体化规划的环境条例和干预措施；透明度、问责制和执法力度的改善；环境法律、建筑规范和交通标准的改革；以及监测尺度和指标的升级（Cosbey，2011年a），都不会与世贸组织纪律相冲突。

承认绿色政策空间可能需要重新审订《与贸易有关的投资措施协议》所含的限制性措施

就可贸易品部门而言，关键的手段通常是提高约束关税的范围和水平：财政上受制约的发展中国家可利用这种关税发展特定产业。此外，至于可贸易品部门，承认绿色政策空间的必要性，可能意味着需要重新审订世界贸易组织《与贸易有关的投资措施协议》（TRIM）所含的限制性措施（世界贸易组织，1994年），以及《有关补贴和反补贴措施的协议》（同上）。

建立一种多边制度，承认国家产业政策的作用，协调面向发展中国家的金融和技术资源转移是一种挑战，这种挑战可明确通过国际协议进行解决，或者实际上通过世界贸易组织争端解决机制的贸易争端裁决加以解决（同上，第56页）。后一方法的缺点是，可能会给公共政策和私人投资带来长时间的不确定性（Cosbey，2011年b）。最好在世贸组织的支持下，重新审订这些协议，同时认识到，不能完成多哈谈判将会妨碍新问题谈判的启动。

以外国竞争者为代价且有可能遭遇贸易争端问题的国内绿色产业促进政策可采取以下形式（同上，第54页）：

- 为国内绿色部门提供研究、开发和利用方面支持；
- 为绿色部门提供有条件的支持，以促进绿色新生产业；
- 基于生产和加工法（PPM）的各项条例、标准和禁止性规定。

第一种政策形式包含了早期的创新阶段，尽管这种形式比较不受争议，但却将财政资源更有限的发展中国家置于劣势之中。在第二种政策形式下，世界贸易组织协议对那些需要以出口绩效或本国含量为条件的国内产业补贴进行了限制。

第三种政策形式是基于生产与加工法的各项政策，为该形式提供逻辑基础的原则断定，产品生产方法将决定其对环境的影响。问题是，各国是否可以根据潜在进口品的生产方式通过边境调整关税来保护其本国产业。基于生产与加工法的各项政策会受到《关税与贸易总协定》（GATT）相关规则以及《世界贸易组织贸易技术壁垒协议》的制约（世界贸易组织，1994年）。《关贸总协定》-世贸组织规则对两个环境相关领域中的这些制约情况作出了例外规定。《关贸总协定》第二十条第（b）款对“保护人类、动植物生命或健康所必要的”措施作出了例外规定，第（g）款的例外规定是“与可耗竭自然资源保护有关的措施，前提是这些措施需与国内限制生产和消费的措施一道生效”。Khor（2010年，第8页）认为，这些例外规定只在该条的引言背景下适用，该条要求，措施的使用不得“在条件相同的两个国家之间构成任意的或不合理的歧视，或者对国际贸易构成变相的限制”。

环境标准一直是加速技术改造的有效产业政策手段。目前，技术标准通常由各个政府决定（单边决定或通过少数国家之间的协议决定）或由私人公司制定。应由所有方，尤其是发展中国家，更广泛地参与这些标准的制定工作，工作应确保环境标准（包括通过绿色标志和生态足迹证书）不会成为促进不公平贸易保护主义的一种手段。同样，《蒙特利尔议定书》程序可作为一个例子，该程序确定了将会被禁止的物质以及消除这种物质的步伐：《蒙特利尔议定书》为调整商定的标准提供了金融支持。如果由于其他国家所制定的标准而使一国在经济上处于劣势，那么可以设计一个类似但却更有雄心的补偿机制，并将该机制作为可持续发展全球融资机制的一部分。此外，全球技术政策机制（如，2010年11月/12月在坎昆建立的技术执行委员会）可作为一个上诉机构——通过该机构，缔约方如果

以外国竞争者作为代价的国内绿色产业促进政策会遭遇贸易争端问题

由所有方，尤其是发展中国家，更广泛地参与国际标准制定工作可有助于消除不公平的贸易做法

受到了所制定标准的不利影响，则请求专家组作出裁决，以确定有关标准是否有科学和实际考虑因素（而非保护主义行动）为其提供支持。

世贸组织纪律对发展中国家和发达国家的绿色产业发展都有制约作用。如果目的是加速绿色技术发展，那么有关世贸组织纪律的重新思考和谈判需要注意两个方面：（a）为了给有利于国内产业的临时性歧视行为提供一个合理依据，应商定什么类型的绿色发展指标——新颖性、风险程度、高水平初始成本；（b）如何将“共同但却有区别的责任”原则纳入旨在促进可持续发展的贸易纪律应用中。

为绿色技术转让提供融资，需要进行国内和国际金融改革

在2010年至2050年期间，为及时推广新绿色技术，必须提高大多数发展中国家的投资率，每年的提高幅度大约为1万亿美元。尤其是发展中国家，需要消除国际上对国内可持续发展投资的长期融资所施加的各种限制。

最重要的第一步是确保为投资目的所动员的国内资源被引向绿色投资和产业。在为绿色部门的启动项目提供融资方面，公共资源的可用性很重要。为筹集公共资源，需要克服国内资源约束问题，这不仅需要拓宽收入基础，而且需要通过建设国内债券市场，提高长期融资的能力。为了与有效的资本账户管理和审慎的监管条例相配合，还需要加强与其他国家之间的国际税务合作。本国政府还应通过有效的监督和监管，促进国内出现强大的金融部门。所有这些步骤都有助于政府获取各种将会对保持私人储蓄和投资活动至关重要的逆周期政策工具。

如果投资率较高且需要进口技术和设备，则会引致较高的对外赤字。低收入国家将需要更多的援助来为这些赤字提供资金。能够进入国际私人市场和外国直接投资的更先进发展中国家，可通过这种方式为其大部分对外赤字提供资金。旨在建立有序市场的主权债务机制和规则改革将会增加发展中国家可用的长期发展资金流。

目前，需要扭转从发展中国家至发达国家的净资金转移局势。波动的国际私人资产流动缺乏充分监管，而储备支付和汇率机制则存在着缺陷，这推动了发展中国家对发达国家流动金融资产的积累，从而导致了不当的转移问题（联合国，2010年c）。国际金融体系改革是可持续发展融资的先决条件，因为一旦进行了这种改革，作为一个群组的发展中国家便可将其储蓄重新引向一个可以满足其自身融资需求的轨道。增强型的全球和区域储备池安排可通过个别国家的储备积累，减少自我保护的必要性（联合国，2010年c），并可释放大量资源（包括来自主权财富基金的资源）用于绿色投资的长期融资需求。此外，还可有效促进面向发展中国家的净资源转移。

通过各种措施，例如资本监管方面的合作举措，确保发展中国家具有足够的政策空间可用来获取国内来源的长期融资（Ocampo，2011年b，第30页），将可

在为绿色部门的启动项目提供融资方面，公共资源的可用性将很重要

目前需要扭转从发展中国家至发达国家的净资金转移局势

发展中国家必须有足够的政策空间可用来获取国内来源的长期资金

减少所需的外部融资量，并可减少他们遭遇外债危机的风险。这需要有配套的“发展导向型”宏观经济政策方法，该方法需要将有效的资本账户控制措施和逆周期财政和货币政策（联合国，2010年c）纳入可持续发展的工具包中。

外国投资和私人流动

根据近期经验，只要接收国对外国投资者采取战略姿态，积极地将技术获取方面的规定纳入投资者方案中，外国直接投资便可在发展中国家的绿色技术推广中发挥重要作用。这方面的先例有：通过合资企业和技术共享，在中国出现了具有国际竞争力的公司（如，金风科技）（联合国，经济和社会事务部，2008年；本文第五章）。在国家创新体系的框架内，发展中国家可将技术转让的相关规定纳入外国投资审批中。从国际上来说，这需要放宽《与贸易有关的投资措施协议》中限制技术转让的规定。

提升全球治理水平与能力

根据提议，需要重新确定国家发展举措，加强技术开发与合作、外部援助、投资融资与贸易规则方面的国际合作，这需要强有力的全球治理与协调机制。在未来三至四个年代中，所有这些举措都必须能够发挥“聚合”效应，以实现今天看似几乎无法实现的各项指标，如：人均碳排放减少将近四分之三和消除贫困等，这需要为那些如今被列为贫穷的人群增加将近10倍的现代能源供应。

技术改造的大部分举措都必须在国家一级进行，必须以当地条件和资源为基础（第五章）。如前所述，需要有一个有效的全球技术决策机构。成功的条件有几个。第一，需要对国际承诺的履行情况进行更有效的监督和核实。在建立相互问责机制时，可汲取其他领域现有模式的教训，如：世贸组织的贸易政策审查程序。

技术改造的大部分举措都必须在国家一级进行，必须以当地条件和资源为基础

第二，有关环境、技术转让、贸易、援助和融资的多边架构存在着基本原则相互脱节的问题，因此需要大大提高这些基本原则之间的一致性，以协调那些可能会有不同的国家绿色增长战略，确保这些战略能够为环境可持续性方面的全球指标，发挥“聚合效应”。例如，《世贸组织服务贸易总协定》意在促进国际金融服务的扩大（世贸组织，1994年），但这不适当地限制了个别国家监管国内金融市场的能力。为了对各种全异机制的责任范围作出更好的界定，确保现有机构有关它们的活动能够得到协调，需要各主导经济国之间达成协议（联合国，2010年c）。

第三，需要进行能力建设，（在先例有限的情况下），还需要在公共技术决策中，建立互信关系。一个尤其重要的技术问题是，需要决定最适合将哪些技术置于公有领域中——要么按照合理成本从私人所有人那里购买，要么通过强制许可。如第二章所强调的那样，在能源技术的情况下，尤其需要通过各种机制的建

在国际公共技术决策中，需要建立互信关系

设，为国际技术决策机构提供有效的技术投入，这些机构应具有适当的独立性，以便能够独立于政治和商业利益之外。如前所述，政府间气候变化专门小组促进了以政治问责为条件的技术投入，该小组的惯例可为国际建设提供基础。

国际机制应该能够对捐赠方和受赠方履行其承诺的情况进行监督

第四，必须提升国际融资机构的治理水平，以加强协调和强化问责制。目前，似乎有太多的基金和计划不能动员足够的资源（联合国，2009年），这些资金和计划过于以项目为导向，而且还会受捐赠方政策条件的制约（而不是与国家可持续发展战略保持一致）。至于捐赠方与国家优先事项保持一致的问题，筹资机制可纳入类似于巴黎宣言所含的治理原则。另一重要问题是，所建立的国际机制应该可以就资金转移的指导原则和标准作出决定，并能对捐赠方和受赠方履行其承诺的总水平进行监督。根据成功的《蒙特利尔议定书》，77国集团和中国进行的气候变化框架谈判已提议了相应的方法。这需要建立一个委员会，该委员会将向《联合国气候变化框架公约》的缔约方会议提供报告，并将确保代表的公平性和地区的均衡性。没有遵守委员会政策的捐赠方流量将不算作这些捐赠方对《公约》承诺的履行。

在1992年同意将可持续发展作为发达国家和发展中国家的共同目标之后，全球社会需要在加强全球，尤其是经济治理方面取得迅速进展。各国际机构和机制最好列出被普遍认可的各种指标和具体的全球指标，这些指标应可以用来帮助监测进展和确保所采取行动的责任性。的确，改善治理水平可使各个部门采取不同行动，并使各国能对全球需求发挥聚合效应。

书 目

- Adger, W. N., and others (2003). Adaptation to climate change in the developing world. *Progress in Development Studies*, vol. 3, No. 3, pp. 179-195.
- Africare, Oxfam America and WWF-ICRISAT Project (2010). More rice for people, more water for the planet. Hyderabad, India.
- Agrawala, Shardul, and Samuel Fankhauser, eds. (2008). *Economic Aspects of Adaptation to Climate Change: Costs, Benefits and Policy Instruments*. Paris: Organization for Economic Cooperation and Development.
- Ahmed, Mushir (2011). Solar energy use sees major growth. *Financial Express* (Dhaka), vol. 18, No. 77 (30 January). REGD NO DA 1589. Available from http://www.thefinancialexpress-bd.com/more.php?news_id=124464&date=2011-01-30.
- Alire, Rod (2011). The reality behind biodegradable plastic packaging material: the science of biodegradable plastics. Redwood City, California: FP International. Available from http://www.fpintl.com/resources/wp_biodegradable_plastics.htm.
- Altieri, Miguel A. (2008). Small farms as a planetary ecological asset: five key reasons why we should support the revitalization of small farms in the global South. Oakland, California: Food First/Institute for Food and Development Policy. 15 April. Available from <http://www.foodfirst.org/en/node/2115>.
- Alvarez, Benjamín, and others (1999). Education in Central America. Development Discussion Paper, No. 711 (June). Cambridge, Massachusetts: Harvard University, Harvard Institute for International Development.
- Archibugi, D., and C. Pietrobelli (2003). The globalisation of technology and its implications for developing countries: windows of opportunity or further burden? *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 70, No. 9, pp. 861-883.
- Audretsch, David B., Albert N. Link and John T. Scott (2002). Public/private technology partnerships: evaluating SBIR-supported research. *Research Policy*, vol. 31, No. 1 (January), pp. 145-158.
- Ausubel, Jesse H. (2007). Renewable and nuclear heresies. *International Journal of Nuclear Governance, Economy and Ecology*, vol. 1, No. 3, pp. 229-243.
- Bai, Z. G., and others (2008). Global assessment of land degradation and improvement: 1. identification by remote sensing. Report 2008/01. Wageningen, Netherlands: ISRIC—World Soil Information, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Baker, Elaine, and others (2004). Vital waste graphics. Nairobi: Basel Convention

- Secretariat, UNEP Division of Environmental Conventions, Grid-Arendal and UNEP Division of Early Warning Assessment—Europe.
- Barlevy, G., and D. Tsiddon (2006). Earnings inequality and the business cycle. *European Economic Review*, vol. 50, No. 1, pp. 55-89.
- Baumert, Kevin A., Timothy Herzog and Jonathan Pershing (2005). *Navigating the Numbers: Greenhouse Gas Data and International Climate Policy*. Washington, D.C.:World Resources Institute.
- Beggs, P. J. (2004). Impacts of climate change on aeroallergens: past and future. *Clinical and Experimental Allergy*, vol. 34, No. 10, pp. 1507-1513.
- Beintema, Nienke, and Howard Elliott (2009). Setting meaningful investment targets in agricultural research and development: challenges, opportunities and fiscal realities. Paper prepared for the Expert meeting on “How to Feed the World in 2050”, organized by FAO, Rome, 24-26 June 2009.
- Berdegue, Julio A. (2005). Pro-poor innovation systems. Background paper commissioned by the International Fund of Agricultural Development, December.
- Berry, Len, Jennifer Olson and David Campbell (2003). Assessing the extent, cost and impact of land degradation at the national level: findings and lessons learned from seven pilot case studies. Report commissioned by Global Mechanism of the United Nations Convention to Combat Desertification, with support from the World Bank.
- Besley, Timothy, and Louise J. Cord, eds. (2007). *Delivering on the Promise of Pro-Poor Growth: Insights and Lessons from Country Experiences*. Washington, D.C.: World Bank; Basingstoke, United Kingdom: Palgrave Macmillan.
- Bhagwati, Jagdish (2005). Development aid: getting it right. *OECD Observer*, No. 249 (May).
- Bhatia, Arti, H. Pathak and P. K. Aggarwal (2004). Inventory of methane and nitrous oxide emissions from agricultural soils of India and their global warming potential. *Current Science*, vol. 87, No. 3 (August), pp. 317-324.
- Birkmann, Jörn, and Korinna von Teichman (2010). Integrating disaster risk reduction and climate change adaptation: key challenges - scales, knowledge, and norms. *Sustainability Science*, vol. 5, No. 2, pp. 171-184.
- Birkmann, Jörn, and others (2010a). Adaptive urban governance: new challenges for the second generation of urban adaptation strategies to climate change. *Sustainability Science*, vol. 5, No. 2, pp. 185-206.
- _____ (2010b). Extreme events and disasters: a window of opportunity for change? analysis of organizational, institutional and political changes, formal and informal responses after mega-disasters. *Natural Hazards*, vol. 55, No. 3 (December), pp. 637-655.
- Bolton, Patrick, Roger Guesnerie and Frederic Samama (2010). Towards an international green fund. Mimeo. October.
- Bosetti, V., and D.G. Victor (2011). Politics and economics of second-best regulation of greenhouse gases: the importance of regulatory credibility. *Energy Journal*, vol. 32, No. 1.

- Braun, Arnoud, and Deborah Duveskog (2008). The Farmer Field School approach: history, global assessment and success stories. Background paper commissioned by the International Fund for Agricultural Development for the *IFAD Rural Poverty Report 2009* (October).
- Brazil, Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (2008). Brazilian automotive industry yearbook 2008. São Paulo, Brazil.
- Bredenkamp, Hugh, and Catherine Pattillo (2010). Financing the response to climate change. IMF Staff Position Note, No. SPN10/06. Washington, D.C.: International Monetary Fund. 25 March.
- British Petroleum (2010). Statistical review of world energy 2010. London: British Petroleum. Available from <http://www.bp.com/productlanding.do?categoryId=6929&contentId=7044622>.
- Brooks, S., and M. Loevinsohn (2011). Shaping agricultural innovation systems responsive to food insecurity and climate change. Background paper prepared for *World Economic and Social Survey 2011*.
- Bundesnetzagentur (2009). Bundesnetzagentur official website (www.bundesnetzagentur.de) (accessed 21 April 2011).
- Campbell-Lendrum, D. (2009). Saving lives while saving the planet: protecting health from climate change. Background paper prepared for *World Economic and Social Survey 2009*.
- Cannady, Cynthia. (2009). Access to climate change technology by developing countries: a practical strategy. *ICTSD Intellectual Property and Sustainable Development Series Issue Paper*, No. 25. Geneva: International Centre for Trade and Sustainable Development. September.
- Carin, Robert (1969). Power industry in Communist China. Hong Kong: Union Research Institute.
- Casas, R. (2005). Exchange and knowledge flows between large firms and research institutions. *Innovation: Management, Policy and Practice*, vol. 7, No. 2-3, pp. 188-199.
- Castro, Rocio, and Brian Hammond (2009). The architecture of aid for the environment: a ten year statistical perspective. CFP Working Paper Series, No. 3. Washington, D.C.: Concessional Finance and Global Partnerships Vice Presidency, World Bank. October. Table A.2.
- Chakravarty, Shoibal, and others (2009). Sharing global CO₂ emission reductions among one billion high emitters. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 106, No. 29, pp. 11884-11888.
- Chant, Lindsay, Scott McDonald and Arjan Verschoor (2008). Some consequences of the 1994-1995 coffee boom for growth and poverty reduction in Uganda. *Journal of Agricultural Economics*, vol. 59, No. 1 (February), pp. 93-113.
- Chen, Dong, Jing Li and Daniel Shapiro (2009). FDI knowledge spillovers and product innovations of Chinese firms. SLPTMD Working Paper Series, No. 028. Oxford: University of Oxford, Department of International Development.
- Chhabara, Rajesh (2008). Grameen's World Bank deal brings solar power to Bangladesh. Climate Change Corp, 23 April. Available from <http://www>.

climatechangecorp.com/content.asp?ContentID=5283.

- Cohen, W. M., and D. A. Levinthal (1990). Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*, vol. 35, No. 1 (March), pp. 128-152.
- Cosbey, Aaron (2011a). Trade, sustainable development and a green economy: benefits, challenges and risks. In United Nations, United Nations Environment Programme and United Nations Conference on Trade and Development, *The transition to a green economy: benefits, challenges and risks from a sustainable development perspective*. Report by a Panel of Experts to the Second Preparatory Committee Meeting for the United Nations Conference on Sustainable Development, New York, 7 and 8 March 2011. Pp. 39-67.
- _____ (2011b). Are there downsides to a green economy? the trade, investment and competitiveness implications of unilateral green economic pursuit. In United Nations Conference on Environment and Development, *The road to Rio+20: the green economy, trade and sustainable development*. Geneva: UNCTAD.
- Cullen, Jonathan, and Julian M. Allwood (2009). Prioritising energy efficiency opportunities for practical change. University of Cambridge. Poster presented at the Institute of Physics. Available from <http://www.lcmp.eng.cam.ac.uk/wp-content/uploads/081111-iop-poster.pdf>.
- _____ (2010a). Theoretical efficiency limits for energy conversion devices. *Energy*, vol. 35, No. 5 (19 January), pp. 2059-2069.
- _____ (2010b). The efficient use of energy: tracing the global flow of energy from fuel to service. *Energy Policy*, vol. 38, No. 1, pp. 75-81.
- _____, and Edward H. Borgstein (2011). Reducing energy demand: what are the practical limits? *Environmental Science and Technology*, vol. 45, No. 4, pp. 1711-1718.
- Dahlman, Carl (2008). Innovation strategies of three of the BRICS: Brazil, India and China - what can we learn from three different approaches? SLPTMD Working Paper Series, No. 023. Oxford: University of Oxford, Department of International Development.
- Daily Star (2010). Rahimafrooz plans 5MW solar power plant. Business Desk, 31 October. Dhaka. Available from <http://www.thedailystar.net/newDesign/news-details.php?nid=160646>.
- Davis, Kristin, and others (2007). Strengthening agricultural education and training in sub-Saharan Africa from an innovation systems perspective: case studies of Ethiopia and Mozambique. IFPRI Discussion Paper, No. 00736 (December). Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute.
- Davis, Steven J., Ken Caldeira and H. Damon Matthews (2010). Future CO₂ emissions and climate change from existing energy infrastructure. *Science*, vol. 329, No. 5997, pp. 1330-1333.
- Davone, Richard (2007). Diasporas and development. Resource paper prepared for the Global Workshop on Migration of Talent and Diasporas of the Highly Skilled, Buenos Aires, 26 and 27 April 2005. Available from <http://info.worldbank.org/etools/docs/library/152385/richarddavone.pdf>.
- Deininger, Klaus, and others (2010). *Rising Global Interest in Farmland: Can It Yield*

- Sustainable and Equitable Benefits?* Washington, D.C.: World Bank.
- DeLong, J. Bradford (1998). Estimating world GDP, one million B.C.-present. Berkeley, California: University of California, Berkeley. Available from http://www.j-bradford-delong.net/TCEH/1998_Draft/World_GDP/Estimating_World_GDP.html.
- Deutsche Energie-Agentur (DNA) (2005). *Energiewirtschaftliche Planung für die Netzintegration von Windenergie in Deutschland bis zum Jahr 2020*. Köln, Germany. 24 February.
- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (2011). International fuel prices 2010/2011: data preview January 2011. Available from www.gtz.de/de/dokumente/giz2011-international-fuel-prices-2010-2011-data-preview.pdf (accessed 25 April 2011).
- Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG) (2010). *Elektrizität: Schlüssel zu einem Nachhaltigen und klimaverträglichen Energiesystem—eine Studie der Deutsche Physikalische Gesellschaft*. Bad Honnef, Germany. June.
- Diamond, Jared (2005). *Collapse: How Societies Choose to Fail or Succeed*. New York: Viking Press.
- Dixon, John A., David P. Gibbon and Aidan Gulliver (2001). *Farming Systems and Poverty: Improving Farmers' Livelihoods in a Changing World*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; Washington, D.C.: World Bank.
- Dobrov, Gennady M. (1979). The strategy for organized technology in the light of hard-, soft-, and org-ware interaction. *Long Range Planning*, vol. 12, No. 4 (August), pp. 79-90.
- Docquier, Frédéric, Olivier Lohest and Abdeslam Marfouk (2007). Brain drain in developing countries. *World Bank Economic Review*, vol. 21, No. 2, pp. 193-218.
- Dosi, Giovanni, L. Marengo and C. Pasquali (2007). Knowledge, competition and innovation: is strong IPR protection really needed for more and better innovations? *13 Mich. Telecomm. Tech. L. Rev.* 471 (2007).
- Dregne, H. E. (1990). Erosion and soil productivity in Africa. *Journal of Soil and Water Conservation*, vol. 45, No. 4 (July/August), pp. 431-436.
- Dubin, H. J., and John P. Brennan (2009). Fighting a “shifty enemy”: the international collaboration to contain wheat rusts. In *Millions Fed: Proven Successes in Agricultural Development*, David J. Spielman and Rajul Pandya-Lorch, eds. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute. Pp. 19-24.
- Duke, R. D., A. Jacobson and D. M. Kammen (2002). Photovoltaic module quality in the Kenyan solar home systems market. *Energy Policy*, vol. 30, No. 6 (6 May), pp. 477-499.
- Duro, Juan Antonio, and Emilio Padilla (2011). Inequality across countries in energy intensities: an analysis of the role of energy transformation and final energy consumption. *Energy Economics*, vol. 33, No. 3 (May), pp. 474-479.
- Echeverria, Ruben G., and Nienke M. Beintema (2009). Mobilizing financial resources for agricultural research in developing countries: trends and mechanisms.

- Rome: Global Forum on Agricultural Research (GFAR).
- Ecosystem Marketplace (2010). Costa Rica water-based ecosystem services markets: forest trends. Available from http://www.ecosystemmarketplace.com/pages/dynamic/web.page.php?section=water_market&page_name=crwb_market (accessed 12 April 2011).
- Edquist, C. (1997). *Systems of Innovation: Technologies, Institutions, and Organizations*. New York: Routledge.
- _____ (2004). Reflections on the systems of innovation approach. *Science and Public Policy*, vol. 31, No. 6, pp. 485-489.
- _____ (2006). Systems of innovation: perspectives and challenges. In *The Oxford Handbook of Innovation*, J. Fagerberg, D. Mowery and R. R. Nelson, eds. New York: Oxford University Press, pp. 181-208.
- Elliot, Kimberley Ann (2010). Pulling agricultural innovation and the market together. Working paper No. 215 (June). Washington, D.C: Centre for Global Development.
- Ervin, David E., Leland L. Glenna and Raymond A. Jussaume, Jr. (2010). Are biotechnology and sustainable agriculture compatible? *Renewable Agriculture and Food Systems*, vol. 1, No. 1 (18 February), pp. 1-15.
- Eswaran, H., R. Lal and P. F. Reich (2001). Land degradation: an overview. In *Responses to Land Degradation: Proceedings of the Second International Conference on Land Degradation and Desertification*. Held in Khon Kaen, Thailand. New Delhi: Oxford Press.
- Euroserver (2011). Wind power barometer. Le Journal de l'éolien, No. 8 (February). Available from <http://www.euroserv-er.org/pdf/baro201.pdf>.
- European Commission, International Monetary Fund, Organisation for Economic Cooperation and Development, United Nations and World Bank (2009). *System of National Accounts 2008*. Sales No. E.08.XVII.29.
- Fan, Shenggen, and Mark W. Rosegrant (2008). Investing in agriculture to overcome the world food crisis and reduce poverty and hunger. IFPRI Policy Brief, No. 3. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute. June. Available from <http://www.ifpri.org/sites/default/files/publications/bp003.pdf>.
- Ferraro, Paul J., and R. David Simpson (2000). The cost-effectiveness of conservation payments. Discussion paper, No. 00-31 (July). Washington, D.C.: Resources for the Future.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (1994). *Land Degradation in South Asia: Its Severity, Causes and Effects Upon the People*. Rome: FAO, United Nations Development Programme and United Nations Environment Programme.
- _____ (1996). *Report of the World Food Summit, 13-17 November 1996*. WFS 96/REP. Part one, appendix.
- _____ (2003). World agriculture: towards 2015/2030 prospects for food nutrition, agriculture and major commodity groups — interim report. Rome.
- _____ (2006). *Global Forest Resources Assessment 2005: Progress Towards Sustainable Forest Management*. Rome.
- _____ (2007). *State of the World's Forests 2007*. Rome.

- _____ (2008). Crop prospects and food situation, No. 2. Benin. Rome.
- _____ (2009a). Investing in food security. Rome. November.
- _____ (2009b). *The State of Food Insecurity in the World 2009: Economic Crises—Impacts and Lessons Learned*. Rome.
- _____ (2010a). *The State of Food Insecurity in the World 2010: Addressing Food Insecurity in Protracted Crises*. Rome.
- _____ (2010b). Global forest resource assessment 2010: key findings. Rome.
- _____ (2011). *The State of Food and Agriculture 2010/2011: Women in Agriculture — Closing the Gender Gap for Development*. Rome.
- _____, Global Perspectives Studies Unit (2006). World agriculture: towards 2030/2050 - prospects for food, nutrition, agriculture and major commodity groups. Interim report. Rome. June.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, International Fund for Agricultural Development and International Labour Organization (2010). *Gender Dimensions of Agricultural and Rural Employment: Differentiated Pathways out of Poverty*. Rome: FAO, International Fund for Agricultural Development and International Labour Organization.
- Foresight (2011). The future of food and farming: challenges and choices for global sustainability. London: Government Office for Science.
- Freeman, Chris (1997). The “National System of Innovation” in historical perspective. In *Technology, Globalisation and Economic Performance*, D. Archibugi and J. Michie, eds. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press. Pp. 24-49.
- Fri, R.W. (2003). The role of knowledge: technological innovation in the energy system. *Energy Journal*, vol. 24, No. 4, pp. 51-74.
- Fu, Xiaolan (2008). Foreign direct investment, absorptive capacity and regional innovation capabilities: evidence from China. *Oxford Development Studies*, vol. 36, No. 1, pp. 89-110.
- _____ (2011). Key determinants of technological capabilities for a green economy in emerging economies. Background paper prepared for *World Economic and Social Survey 2011*.
- _____, and Yundan Gong (2011). Indigenous and foreign innovation efforts and drivers of technological upgrading: evidence from China. SLPTMD Working Paper, No. 016. Oxford: University of Oxford, Department of International Development.
- Fu, Xiolan, Carlo Pietrobelli and Luc Soete (2010). The role of foreign technology and indigenous innovation in emerging economies: technological change and catching up. Inter-American Development Bank Technical Notes, No. IDB-TN-166 (September). Washington, D.C.: Inter-American Development Bank, Institutional Capacity and Finance Sector.
- Gallagher, Kelly Sims (2006). Limits to leapfrogging in energy technologies? Evidence from the Chinese automobile industry. *Energy Policy*, vol. 34, No. 4 (March), pp. 383-394.
- _____, and others (2011). Harnessing energy: technology innovation in developing countries to achieve sustainable prosperity. Background paper prepared for *World Economic and Social Survey 2011*.

- _____ (forthcoming). Trends in investments in global energy RD&D. Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change.
- Gallagher, K. P., and M. Shafaeddin (2010). Policies for industrial learning in China and Mexico. *Technology in Society*, vol. 32, No. 2, pp. 81-99.
- Gardner, G. T., and P. C. Stern (2008). The short list: the most effective actions US households can take to curb climate change. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, vol. 50, No. 5, pp. 12-25.
- Gaskins, D., and B. Stram (1991). A meta plan: a policy response to global warming. Center for Science and International Affairs Discussion Paper, No. 91-3. Cambridge, Massachusetts: John F. Kennedy School of Government, Harvard University. June.
- Gilbert, Christopher L. (2008). How to understand high food prices. Discussion paper, No. 23. Trento, Italy: Department of Economics, University of Trento. Available from http://www.unitn.it/files/23_08_gilbert.pdf.
- Gillett, Nathan P., and others (2011). Ongoing climate change following a complete cessation of carbon dioxide emissions. *Nature Geoscience*, vol. 4, No. 2 (February), pp. 83-87.
- Global Energy Assessment (forthcoming). *The Global Energy Assessment*. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.
- Global Wind Energy Council, World Institute of Sustainable Development, and Indian Wind Turbine Manufacturing Association (2011). Indian wind energy outlook 2011. Brussels: Global Wind Energy Council; Pune, India: World Institute of Sustainable Development; Chennai, India: Indian Wind Turbine Manufacturing Association. Available from http://www.indianwindpower.com/pdf/iweo_2011_lowres.pdf.
- Godfray, H. Charles J., and others (2010a). The future of the global food system. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 365, No. 1554, pp. 2769-2777.
- _____ (2010b). Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*, vol. 327, No. 5967, pp. 812-818.
- Griffith-Jones, Stephany, and Krishnan Sharma (2006). GDP-indexed bonds: making it happen. DESA Working Paper, No. 21 (April). New York: Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat. ST/ESA/DWP/2006/21.
- Group of 8 (2008). Leaders' statement on global food security, Hokkaido, Japan, 8 July. Available from http://www.mofa.go.jp/policy/economy/summit/2008/doc/doc080709_04_en.html.
- _____ (2009). Chair's summary, L'Aquila, Italy, 10 July. Available from http://www.g8italia2009.it/static/G8_Allegato/Chair_Summary,1.pdf (accessed 4 April 2011).
- Grübler, Arnulf (1998). *Technology and Global Change*. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.
- _____ (2004). Transitions in energy use. In *Encyclopedia of Energy*, vol. 6. Amsterdam: Elsevier. Pp. 163-177.
- _____ (2008). Energy transitions. In *The Encyclopedia of EARTH*. Washington,

- D.C.: Environmental Information Coalition and National Council for Science and the Environment. 13 February.
- _____, and Sabine Messner (1998). Technological change and the timing of mitigation measures. *Energy Economics*, vol. 20, No. 5-6, pp. 495-512.
- Grübler, Arnulf, and Keywan Riahi (2010). Do governments have the right mix in their energy R&D portfolios? *Carbon Management*, vol. 1, No. 1, pp. 79-87.
- Grübler, Arnulf, and others (forthcoming). The energy technology innovation system. In *The Global Energy Assessment*. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.
- _____. (forthcoming bis). Policies for innovation. In *The Global Energy Assessment*. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.
- Hall, Andy (2010). Entrepreneurs: what sort do we really need? Link Look (June). United Nations University.
- _____, Jeroen Dijkman and Rasheed Sulaiman V. (2010). Research into use: investigating the relationship between agricultural research and innovation. UNU- MERIT Working Paper Series, No. 2010-44 (July). Maastricht, Netherlands: United Nations University - Maastricht Economic and Social Research and Training Centre on Innovation and Technology.
- Hall, Andy, and others (1998). Institutional developments in Indian agricultural R & D systems: emerging patterns of public and private sector activity. (October). Chatham, United Kingdom: Food Security Department, Natural Resources Institute; Hyderabad, India: National Centre for Agricultural Economics and Policy Research.
- Hamrin, Jan, Holmes Hummel and Rachael Canapa (2007). Review of the role of renewable energy in global energy scenarios. Paper prepared for the International Energy Agency (IEA) Implementing Agreement on Renewable Energy Technology Deployment. San Francisco, California: Center for Resource Solutions. June.
- Hankins, Mark, Saini Anjali and Paul Kirai (2009). Target market analysis: Kenya's solar energy market. Berlin: Deutsche Gesellschaft für technische Zusammenarbeit (GTZ). November. Available from <http://www.gtz.de/de/dokumente/gtz2009-en-targetmarketanalysis-solar-kenya.pdf>.
- Hawley, Josh (2007). Public private partnerships in vocational education and training: international examples and models. Washington, D.C.: World Bank. Available from http://siteresources.worldbank.org/EXTECAREGTOPEUCATION/Resources/444607-1192636551820/Public_Private_Partnerships_in_Vocational_Education_and_Training.pdf (accessed 29 March 2011).
- Hazell, Peter B.R. (2009). Transforming agriculture, the green revolution in Asia. In *Millions Fed, Proven Successes in Agricultural Development*, David J. Spielman and Rajul Pandya-Lorch, eds. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute. Pp. 25-32.
- _____, and others (2010). The future of small farms: trajectories and policy priorities. *World Development*, vol. 38, No. 10 (October), pp. 1453-1526.

- Hecl, Vladimir (2010). Technology needs assessments under the UNFCCC process. Power Point presentation at the Latin American and Caribbean Regional Workshop on Preparing Technology Transfer Projects for Financing, Belize City, 5 May.
- Heymann, Matthias (1998). Signs of hubris: the shaping of wind technology styles in Germany, Denmark, and the United States, 1940-1990. *Technology and Culture*, vol. 39, No. 4, pp. 641-670.
- Hirschberg, Stephan, and others (2006). Strengths and weaknesses of current energy chains in a sustainable development perspective. *ATW-Internationale Zeitschrift für Kernenergie*, vol. 51, No. 7 (July), pp. 447-457.
- _____ (2009). Final report on sustainability assessment of advanced electricity supply options. Deliverable D10.2 - RS2b. New Energy Externalities Developments for Sustainability (NEEDS), Project No. 502687. Project co-funded by the European Commission within the Sixth Framework Programme. April.
- HM Government (2010). *The 2007/2008 Agricultural Price Spikes: Causes and Policy Implications*. London.
- Holden, S. T. (1991). Peasants and sustainable development: the Chitemene region of Zambia — theory, evidence and models. Unpublished PhD dissertation. Ås, Norway: Department of Economics and Social Sciences, Agricultural University of Norway.
- Holdren, John P. (2006). The energy innovation imperative: addressing oil dependence, climate change, and other 21st century energy challenges. *Innovations: Technology, Governance, Globalization*, vol. 1, No. 2, pp. 3-23.
- Huq, Saleemul, and Hannah Reid (2004). Mainstreaming adaptation in development. *IDS Bulletin*, vol. 35, No. 3, pp. 15-21.
- Hyde, Karin A.L. (1993). Sub-Saharan Africa. In *Women's Education in Developing Countries: Barriers, Benefits and Policies*, E. M. King and M. A. Hill, eds. Baltimore, Maryland: The Johns Hopkins University Press. Chap. 3.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2001). *Climate Change 2007: Mitigation—Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, B. Metz and others, eds. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press. Available from http://www.grida.no/publications/other/ipcc_tar/?src=/climate/ipcc_tar/.
- _____ (2007a). *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Geneva.
- _____ (2007b). *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 and others, eds. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.
- _____ (2009). Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. Scoping Paper - IPCC Special Report, submitted to IPCC at its thirtieth session, Antalya, Turkey, 21-23 April. Available from <http://www.ipcc.ch/meetings/session30/doc14.pdf>.
- International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development (2009). *Agriculture at a Crossroads: Global Report*, Beverly D.

- McIntyre and others, eds. Washington, D.C.: Island Press.
- International Energy Agency (2008a). Deploying renewables: principles for effective action. Paris: OECD. Available from http://www.iea.org/G8/2008/G8_Renewables.pdf.
- _____ (2008b). *Energy Technology Perspectives 2008 - Scenarios and Strategies to 2050*. Paris: OECD.
- _____ (2009). *World Energy Outlook 2009*. Paris: OECD.
- _____ (2010a). Energy balances of non-OECD countries, 2010 ed. Paris. Available from <http://www.iea.org/Textbase/nptoc/greenbal2010TOC.pdf>.
- _____ (2010b). *World Energy Outlook 2010*. Paris: OECD.
- _____, Photovoltaic Power Systems Programme (2003). 16 case studies on the deployment of photovoltaic technologies in developing countries. Paris. September. IEA-PVPS T9-07:23.
- International Energy Agency, United Nations Development Programme and United Nations Industrial Development Organization (2010). Energy poverty: how to make modern energy access universal? Special early excerpt of the World Economic Outlook 2010 for the United Nations General Assembly on the Millennium Development Goals. September. Available from http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2010/weo2010_poverty.pdf.
- International Food Policy Research Institute (2002). Green revolution, curse or blessing? Washington, D.C.
- _____ (2005). The future of small farms. Proceedings of a research workshop, Wye, United Kingdom, 26-29 June 2005, jointly organized by International Food Policy Research Institute (IFPRI)/2020 Vision Initiative, Overseas Development Institute (ODI) and Imperial College, London. Washington, D.C.
- International Fund for Agricultural Development (2011). *Rural Poverty Report 2011: New Realities, New Challenges — New Opportunities for Tomorrow's Generation*. Rome.
- IUCN, Species Survival Commission (2004). *2004 Red List of Threatened Species: A Global Species Assessment*, J. E. M. Baillie and others. Gland, Switzerland.
- Jackson, Tim (2009a). Prosperity without growth? the transition to a sustainable economy London: Sustainable Development Commission.
- _____ (2009b). *Prosperity Without Growth: Economics for a Finite Planet*. London: Earthscan.
- _____ (2010). Philosophical and social transformations necessary for the green economy. Background paper prepared for *World Economic and Social Survey 2011*.
- Jacobson, Arne (2005). The market for micro-power: social uses of solar electricity in rural Kenya. Working Paper No. 9. Nairobi: Egerton University, Tegemeo Institute of Agricultural Policy and Development.
- _____, and D.M. Kammen (2007). Engineering, institutions, and the public interest: evaluating product quality in the Kenyan solar photovoltaics industry. *Energy Policy*, vol. 35, No. 5, pp. 2960-2968.

- Japan, Energy Conservation Center (2008). *Top-Runner Program: developing the world's best energy-efficient appliances*, revised ed. Tokyo.
- Jaumotte, Florence, and Nigel Pain (2005). An overview of public policies to support innovation. *OECD Economics Department Working Paper*, No. 456 (December). Paris.
- Jayne, T. S., and others (2003). Smallholder income and land distribution in Africa: implications for poverty reduction strategies. *Food Policy*, vol. 28, No. 3, pp. 253-275.
- Johanson, Richard K., and Arvil V. Adams (2004). *Skills Development in Sub-Saharan Africa*. World Bank Regional and Sectoral Studies. Washington, D.C.: World Bank.
- Johnstone, Nick, Ivan Hascic and David Popp (2010). Renewable energy policies and technological innovation: evidence based on patent counts. *Environmental and Resource Economics*, vol. 45, No. 1 (January), pp. 133-155.
- Jonas, M., and others (2010). Dealing with uncertainty in greenhouse gas inventories in an emissions constrained world. Paper prepared for the Third International Workshop on Uncertainty in Greenhouse Gas Inventories, Lviv, Ukraine, 22-24 September 2010.
- Jones, Darryl, and Andrzej Kwiecinski (2010). Policy responses in emerging economies to international agricultural commodity price surges. *OECD Food, Agriculture and Fisheries Working Papers*, No. 34. Paris.
- Juma, Calestous (2011). *The New Harvest: Agricultural Innovation in Africa*. New York: Oxford University Press.
- Junginger, M., A. Faaij and W. C. Turkenburg (2005). Global experience curves for wind farms. *Energy Policy*, vol. 33, No. 2 (January), pp. 133-150.
- Kaeb, Harald (2011). European bioplastics: introduction. Available from <http://www.european-bioplastics.org/>.
- Kayombo, B., and R. Lal (1994). Response of tropical crops to soil compaction. In *Soil Compaction in Crop Production*, B. D. Sloane and C. Van Ouwerkerk, eds. Amsterdam: Elsevier. Pp. 287-315.
- Kempener, Ruud, Laura Diaz Anadon and Jose Condor Tarco (2010). Energy innovation policy in major emerging countries. Belfer Center for Science and International Affairs Policy Brief (December). Cambridge, Massachusetts: Harvard University, John F. Kennedy School of Government.
- Khor, Martin (2010). The climate and trade relation: some issues. *South Centre Research Paper*, No. 29 (May). Geneva: South Centre.
- _____ (2011a). Global debate on green economy. *Star online* (Petaling Jaya, Malaysia). 24 January. Available from <http://thestar.com.my/columnists/story.asp?col=globaltrends&file=/2011/1/24/columnists/globaltrends/7856802&sec=Global%20Trends>.
- _____ (2011b). Challenges of the green economy concept and policies in the context of sustainable development, poverty and equity. In United Nations, United Nations Environment Programme and United Nations Conference on Trade and Development, *The transition to a green economy: benefits, challenges and risks from a sustainable development perspective*. Report by a Panel of Experts to the Second Preparatory Committee Meeting for the

- United Nations Conference on Sustainable Development, New York, 7 and 8 March 2011. Pp. 68-96.
- Kim, Linsu, and Richard R. Nelson, eds. (2000). *Technology, Learning and Innovation: Experiences of Newly Industrializing Economies*. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.
- Kossoy, Alexandre, and Philippe Ambrosi (2010). State and trends of the carbon market 2010. Washington, D.C.: World Bank.
- Lal, Rattan (1998). Soil erosion impact on agronomic productivity and environment quality. *Critical Reviews in Plant Sciences*, vol. 17, No. 4 (4 July), pp. 319-464.
- Lall, S., and M. Teubal (1998). “Market-stimulating” technology policies in developing countries: a framework with examples from East Asia. *World Development*, vol. 26, No. 8, pp. 1369-1385.
- Landes, David S. (1969). *The Unbound Prometheus: Technological Change and Industrial Development in Western Europe from 1750 to Present*. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.
- Lapidos, Juliet (2007). Will my plastic bag still be here in 2507? how scientists figure out how long it takes your trash to decompose. *Slate*. 27 June. Available from <http://www.slate.com/id/2169287/>.
- Laxmi, Vijay, and others (2003). Household energy, women’s hardship and health impacts in rural Rajasthan, India: need for sustainable energy solutions. *Energy for Sustainable Development*, vol. 7, No. 1 (March), pp. 50-68.
- Leeuwis, Cees, and Andy Hall (2010). Facing the challenges of climate change and food security: the role of research, extension and communication institutions — final report. (October). Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Wageningen University and UNU-MERIT.
- Lele, Uma, and others (2010). Transforming agricultural research for development. Paper commissioned by the Global Conference on Agricultural Research (GCARD) for the Global Conference on Agricultural Research in Development, Montpellier, France, 28-31 March 2010.
- Lema, Rasmus, and Adrian Lema (2010). Whither technology transfer? the rise of China and India in green technology sectors. Paper prepared for the 8th GLOBELICS International Conference “Making Innovation Work for Society: Linking, Leveraging and Learning”, Kuala Lumpur, 1-3 November.
- Lewis, Joanna I. (2007a). Technology acquisition and innovation in the developing world: wind turbine development in China and India. *Studies in Comparative International Development*, vol. 42, No. 3, pp. 208-232.
- _____ (2007b). A review of the potential international trade implications of key wind power industry policies in China. Paper prepared for the Energy Foundation China Sustainable Energy Program. San Francisco, California: Center for Resource Solutions. October.
- Li, Xuan (2008). Patent counts as indicators of the geography of innovation activities: problems and perspectives. South Centre Research Paper, No. 18 (December). Geneva: South Centre. December.
- Lipton, Michael (2010). From policy aims and small-farm characteristics to farm science needs. *World Development*, vol. 38, No. 10 (October), pp. 1399-1412.

- Ludi, Eva (2009). Climate change, water and food security. *ODI Background Note* (March). London: Overseas Development Institute.
- Lund, H., and B. V. Mathiesen (2009). Energy system analysis of 100% renewable energy systems: the case of Denmark in years 2030 and 2050. *Energy*, vol. 34, No. 5, pp. 524-531.
- Lundvall, Bengt-Åke, ed. (2010). *National Systems of Innovation: Toward a Theory of Innovation and Interactive Learning*. London: Anthem Press.
- Lutz, Ernst, ed. (1998). *Agriculture and the Environment: Perspectives on Sustainable Rural Development*. Washington, D.C.: World Bank.
- MacKay, David J.C. (2008). *Sustainable Energy—Without the Hot Air*. Cambridge, United Kingdom: UIT Cambridge Ltd.
- Maddison, Angus (2007). *Contours of the World Economy, 1 - 2030 AD: Essays in Macro-Economic History*. New York: Oxford University Press.
- Malavasi, Edgar Ortiz, and John Kellenberg (2002). Program of payments for ecological services in Costa Rica. Paper prepared for a conference of the IUCN Forest Conservation Programme.
- Malerba, F. (2002). Sectoral systems of innovation and production. *Research Policy*, vol. 31, No. 2, pp. 247-264.
- _____, and Richard R. Nelson (2008). *Catching Up: In Different Sectoral Systems*. Globelics Working Paper Series, No. 08-01. Aalborg, Denmark: Global Network for the Economics of Learning, Innovation, and Competence Building Systems (Globelics), Department of Business Studies, Aalborg University.
- Mani, S. (2002). *Government, Innovation and Technology Policy: An International Comparative Analysis*. Cheltenham, United Kingdom: Edward Elgar.
- Marchetti, Cesare, and Nebojsa Nakicenovic (1979). The dynamics of energy systems and the logistic substitution model. RR-79-13 (December). Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis. Available from <http://cesaremarchetti.org/abstract.php?id=23>.
- Maskus, Keith, and Ruth Okediji (2010). Intellectual property rights and international technology transfer to address climate change: risks, opportunities and policy options. *ICTSD Issue Paper*, No. 32 (December). Geneva: International Centre for Trade and Sustainable Development.
- McGranahan, Gordon, Deborah Balk and Bridget Anderson (2007). The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones. *Environment and Urbanization*, vol. 19, No. 1 (April), pp. 17-37.
- McGray, Heather, Anne Hammill and Rob Bradley (2007). *Weathering the Storm: Options for Framing Adaptation and Development*. Washington, D.C.: World Resources Institute. Available from http://pdf.wri.org/weathering_the_storm.pdf.
- Mehra, Rekha, and Mary Hill Rojas (2008). A significant shift: women, food security and agriculture in a global marketplace. Washington, D.C.: International Center for Research on Women (ICRW).
- Metcalf, J.S. (1994). Evolutionary economics and technology policy. *Economic Journal*, vol. 104, No. 425, pp. 931-944.

- _____, and R. Ramlogan (2005). Limits to the economy of knowledge and knowledge of the economy. *Futures*, vol. 37, No. 7, pp. 655-674.
- Meyer, Niels I. (2007). Learning from wind energy policy in the EU: lessons from Denmark, Sweden and Spain. *European Environment*, vol. 17, No. 5, pp. 347-362.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Washington, D.C.: Island Press.
- Minx, Jan, and others (2009). Understanding changes in UK CO₂ emissions 1992-2004: a structural decomposition analysis. London: United Kingdom Department for Environment, Food and Rural Affairs. December.
- Mitchell, Donald (2008). A note on rising food prices. World Bank Policy Research Working Paper, No. 4682. Washington, D.C.
- Moe, E. (2010). Energy, industry and politics: energy, vested interests, and long-term economic growth and development. *Energy*, vol. 35, No. 4, pp. 1730-1740.
- Molden, David, and Charlotte de Fraiture (2004). Investing in water for food, ecosystems and livelihoods. Blue Paper prepared for the Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture, organized by International Water Management Institute, Stockholm, August 2004.
- Moutinho, Paulo, and Stephan Schwartzman, eds. (2005). *Tropical Deforestation and Climate Change*. Belém, Brazil: Instituto de Pesquisas Ambiental da Amazonia; Washington, D.C.: Environmental Defense.
- Mowery, D., and N. Rosenberg (1979). The influence of market demand upon innovation: a critical review of some recent empirical studies. *Research Policy*, vol. 8, No. 2, pp. 102-153.
- Mowery, David C., Richard R. Nelson and Ben Martin (2010). *Technology Policy and Global Warming: Why New Policy Models are Needed (Or Why Putting New Wine in Old Bottles Won't Work)*. London: National Endowment for Science, Technology and the Arts (NESTA). October.
- MS Swaminathan Research Foundation and World Food Programme (2008). Report on the state of food insecurity in rural India. Rome: WFP.
- Nakicenovic, Nebojsa, Arnulf Grübler and Alan McDonald (1998). *Global Energy: Perspectives*. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.
- National Research Council (2001). *Energy Research at DOE: Was It Worth It? Energy Efficiency and Fossil Energy Research 1978 to 2000*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Nelson, Gerald C., and others (2009). *Climate Change: Impact on Agriculture and Costs of Adaptation*. IFPRI Food Policy Report. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute. October.
- Nelson, Richard R. (1993). *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*. New York: Oxford University Press.
- _____, and S. G. Winter (1982). *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge, Massachusetts: Belknap Press (of Harvard University Press).
- Nemet, Gregory, and Daniel Kammen (2007). U.S. energy research and development: declining investment, increasing need, and the feasibility of expansion. *Energy Policy*, vol. 35, No. 1, pp. 746-755.
- O'Brien, Karen, and others (2008). Disaster risk reduction, climate change adaptation

- and human security. *Global Environmental Change and Human Security (GECHS) Report*, No. 2008: 3. Report prepared for the Royal Norwegian Ministry of Foreign Affairs by the Global Environmental Change and Human Security (GECHS) Project. Oslo: University of Oslo. Available from http://www.gechs.org/downloads/GECHS_Report_3-08.pdf.
- O'Connor, David (2009). Clarifying climate change financing estimates. Informal note. New York: Division for Sustainable Development, Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat.
- Ocampo, José Antonio (2011a). Summary of background papers. In United Nations, United Nations Environment Programme and United Nations Conference on Trade and Development, *The transition to a green economy: benefits, challenges and risks from a sustainable development perspective*. Report by a Panel of Experts to the Second Preparatory Committee Meeting for the United Nations Conference on Sustainable Development, New York, 7 and 8 March 2011. Pp. 1-14.
- _____ (2011b). The Macroeconomics of the Green Economy. In United Nations, United Nations Environment Programme and United Nations Conference on Trade and Development, *The transition to a green economy: benefits, challenges and risks from a sustainable development perspective*. Report by a Panel of Experts to the Second Preparatory Committee Meeting for the United Nations Conference on Sustainable Development, New York, 7 and 8 March 2011. Pp. 14-38.
- Odagiri, Hiriyuki, and others (2010). Conclusion. In *Intellectual Property Rights, Development, and Catch-up: An International Comparative Study*, Hiriyuki Odagiri, and others, eds. Oxford: Oxford University Press. Pp. 412-430.
- Oldeman, L. R. (1998). Soil degradation: a threat to food security. Report 98/01. Wageningen, Netherlands: International Soil Reference and Information Centre.
- Ondraczek, J. (2011). The sun rises in the East (of Africa): a comparison of the development and status of the solar energy markets in Kenya and Tanzania. Working Paper FNU-195 (4 March). Hamburg, Germany: University of Hamburg, Research Unit Sustainability and Global Change.
- Organization for Economic Cooperation and Development (2002). *Science and Technology Industry Outlook, 2002*. Paris.
- _____ (2008). *Economic Aspects of Adaptation to Climate Change: Costs, Benefits and Policy Instruments*. Paris.
- _____, Working Party on Global and Structural Policies (2010). Climate policy and technological innovation and transfer: an overview of trends and recent empirical results. 7 July. ENV/EPOC/GSP(2010)10/FINAL. Paris.
- Organization for Economic Cooperation and Development and Food and Agriculture Organization of the United Nations (2010). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2010-2019*. Paris: OCED; Rome: FAO.
- Ortiz, Isabel, Jingqing Chai and Matthew Cummins (2011). Escalating food prices: the threat to poor households and policies to safeguard a recovery for all. UNICEF Social and Economic Policy working paper (11 February). Available from <http://ssrn.com/abstract=1760162>.
- Ouyang, Min (2009). On the cyclicity of R&D. Paper prepared for the University

- of California Riverside Conference on “Business Cycles: Theoretical and Empirical Advances”, Riverside, California, 10 and 11 April.
- Oyelaran-Oyeyinka, B. (2005). Systems of innovation and underdevelopment: an institutional perspective. *Science Technology Society*, vol. 11, No. 2 (September), pp. 239-269.
- Pacala, Stephen (2007). Equitable solutions to greenhouse warming: on the distribution of wealth, emissions and responsibility within and between nations. Speech prepared for the IIASA Conference on Global Development: Science and Policies for the Future, 13-16 November 2007. Available from www.iiasa.ac.at/Admin/INF/conf35/docs/speakers/speech/ppts/pacala.pdf; www.iiasa.ac.at/iiasa35/docs/speakers/speech/pdf/Pacala_speech.pdf.
- Pahle, Michael, Lin Fan and Wolf-Peter Schill (2011). How emission certificate allocations distort fossil investments: the German example. *DIW Discussion Paper*, No. 1097 (January). Berlin: Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung.
- Pardey, Philip G., and Nienke M. Beintema (2001). *Slow Magic: Agricultural R & D a Century after Mendel*. (26 October). Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute.
- Parvez, Hossain Sohel (2009). Rahimafrooz to set up solar panel assembling plant. *Daily Star* (Dhaka), 24 June. Available from <http://www.thedailystar.net/newDesign/news-details.php?nid=93896>.
- Pax Natura (2011). Payment for environmental services (PES) program highlights. Available from <http://www.paxnatura.org/CostaRicanPESProgram.htm>.
- Pearce, David, Anil Markandya and Edward Barbier (1989). *Blueprint for a Green Economy*. London: Earthscan.
- Polyani, Karl (1944). *The Great Transformation: The Political and Economic Origins of Our Times*. Boston, Massachusetts: Beacon Press.
- Pretty, J. N., and others (2006). Resource-conserving agriculture increases yields in developing countries. *Environmental Science and Technology*, vol. 40, No. 4, pp. 1114-1119.
- Rabinovitch, Jonas (1992). Curitiba: towards sustainable urban development. *Environment and Urbanization*, vol. 4, No. 2 (October), pp. 62-73.
- Radov, Daniel, and others (2007). Market mechanisms for reducing GHG emissions from agriculture, forestry and land management. London: Department for Environment, Food and Rural Affairs. 18 September. Available from <http://archive.defra.gov.uk/evidence/economics/foodfarm/reports/ghgemissions/wholerep.pdf>.
- Rapsomanikis, George (2009). *The 2007-2008 Food Price Swing: Impact and Policies in Eastern and Southern Africa*. *FAO Commodities and Trade Technical Paper*, No. 12. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Rao, S. (2009). Investing in a climate friendly future. IIASA, Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA).
- Rehfuess, Eva, Sumi Mehta and Annette Prüss-Üstün (2006). Assessing household solid fuel use: multiple implications for the Millennium Development Goals. *Environmental Health Perspectives*, vol. 114, No. 3 (March), pp. 373-378.

- REN21 (2010). *Renewables 2010 Global Status Report*. Paris: REN21 Secretariat.
- Rennkamp, B., and A. Stamm (2009). Towards innovation systems for sustainability: the role of international cooperation (from innovation for sustainability in a changing world). Paper prepared for the Second South African-German Dialogue on Science for Sustainability, Pretoria, 26 and 27 October.
- Riahi, Keywan, Arnulf Grübler and Nebojsa Nakicenovic (2007). Scenarios of long-term socio-economic and environmental development under climate stabilization. *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 74, No. 7, pp. 887-935.
- Riahi, Keywan, and others (forthcoming). The GEA scenario: energy transition pathways for sustainable development. In *The Global Energy Assessment*. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.
- Rippey, P. (2009). Microfinance and climate change: threats and opportunities. CGAP Focus Note, No. 53 (February). Washington, D.C.: Consultative Group to Assist the Poor.
- Rockström, Johan, and others (2009). A safe operating space for humanity. *Nature*, vol. 461, No. 7263 (24 September), pp. 472-475.
- _____ (2010). Making progress within and beyond borders. In *Global Sustainability: A Nobel Cause*, Hans Joachim Schellnhuber and others, eds. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.
- Roehrl, Richard Alexander, and Keywan Riahi (2000). Technology dynamics and greenhouse gas emissions mitigation: a cost assessment. *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 63, No. 2-3, pp. 231-261.
- Roehrl, Richard Alexander, and Ferenc Toth (2009). A critical comparison of geological storage of carbon dioxide and nuclear waste in Germany: status, issues, and policy implications. Paper prepared for the Eighth Conference on Applied Infrastructure Research, Berlin, 9 and 10 October 2009.
- Rosenberg, Tina (2011). When microcredit won't do. *New York Times*. Opinionator, 31 January. Available from <http://opinionator.blogs.nytimes.com/2011/01/31/when-microcredit-wont-do/>.
- Sanchez, Pedro A. (2002). Soil fertility and hunger in Africa. *Science*, vol. 295, No. 5562 (15 March), pp. 2019-2020.
- Sanchez-Rodriguez, Roberto, Michail Fragkias and William Solecki (2008). Urban responses to climate change: a focus on the Americas. Report prepared for the International Workshop on Urban Responses to Climate Change, New York, 26 and 27 September 2007. June. Available from <http://ccsl.iccip.net/ur2cc.pdf>.
- Sandén, Björn A., and Christian Azar (2005). Near-term technology policies for long-term climate targets: economy wide versus technology specific approaches. *Energy Policy*, vol. 33, No. 12, pp. 1557-1576.
- Sarris, Alexander (2009). Evolving structure of world agricultural trade and requirements for new world trade rules. Paper presented at the FAO Expert Meeting on "How to Feed the World in 2050", Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 24-26 June 2009.
- Schot, J., and F.W. Geels (2008). Strategic niche management and sustainable innovation journeys: theory, findings, research agenda, and policy. *Technology Analysis and Strategic Management*, vol. 20, No. 5, pp. 537-554.

- Schultz, T. P. (2002). Why government should invest more to educate girls. *World Development*, vol. 30, No. 2, pp. 207-225.
- Scotchmer, S. (2010). Cap-and-trade, emissions taxes, and innovation. In *Innovation Policy and the Economy*, vol. 11, Josh Lerner and Scott Stern, eds. Chicago, Illinois: University of Chicago Press.
- Shane, S. A. (2008). *The Illusions of Entrepreneurship: The Costly Myths That Entrepreneurs, Investors, and Policy Makers Live By*. New Haven, Connecticut: Yale University Press.
- Shashikant, Sangeeta (2009). IPRs and technology transfer issues in the context of climate change. Background paper prepared for *World Economic and Social Survey 2009*.
- Sills, Ben (2010). BlackRock blames loan crisis for clean-energy outflow. *Bloomberg News*, 26 December. Available from <http://www.businessweek.com/news/2010-12-26/blackrock-blames-loan-crisis-for-clean-energy-outflow.html> (accessed 25 March 2011).
- Smakhtin, Vladimir, Carmen Revenga and Petra Döll (2004). *Taking into Account Environmental Water Requirements in Global-Scale Water Resources Assessments. Comprehensive Assessment Research Report*. Colombo: Comprehensive Assessment Secretariat.
- Smil, Vaclav (2004). World history and energy. In *Encyclopedia of Energy*, vol. 6. Amsterdam: Elsevier. Pp. 549-561.
- _____ (2010a). *Energy: Myths and Realities: Bringing Science to the Energy Policy Debate*. Washington, D.C.: American Enterprise Institute for Public Policy Research. Press.
- _____ (2010b). *Energy Transitions: History, Requirements, Prospects*. Santa Barbara, California: Praeger.
- Smith, Keith (2009). Climate change and radical energy innovation: the policy issues. TIK Working Papers on Innovation Studies, No. 20090101. Oslo: University of Oslo, Centre for Technology, Innovation and Culture.
- Soete, L., B. Verspagen and B. ter Weel (2009). Systems of innovation. UNU-MERIT Working Paper Series, No. 2009-062. Maastricht, Netherlands: United Nations University - Maastricht Economic and Social Research and Training Centre on Innovation and Technology. December.
- Spielman, David J. (2005). Innovation systems perspectives on developing-country agriculture: a critical review. International Service for National Agricultural Research (ISNAR) Division Discussion Paper, No. 2 (27 September). Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute. Available from <http://www.ifpri.org/sites/default/files/publications/isnardp02.pdf>.
- _____, and Rajul Pandya-Lorch (2009). Fifty years of progress. In *Millions Fed: Proven Successes in Agricultural Development*, David J. Spielman and Rajul Pandya-Lorch, eds. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute. Pp. 1-18.
- Stamm, Andreas, and others (2009). Sustainability-oriented innovation systems: towards decoupling economic growth from environmental pressures? *DIE Discussion Paper*, No. 20/2009 (November). Bonn: Deutsches Institut für

- Entwicklungspolitik (German Development Institute).
- Steinfeld, Henning, and others (2006). *Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Stern, Nicholas (2007). *Stern Review: The Economics of Climate Change*. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.
- Stiglitz, Joseph E. (2002). *Globalization and Its Discontents*. New York: W.W. Norton and Company.
- _____, and others (2006). *Stability with Growth: Macroeconomics, Liberalization and Development*. New York: Oxford University Press.
- Szargut, J. (1988). Energy and exergy analysis of the preheating of combustion reactants. *International Journal of Energy Research*, vol. 12, No. 2 (March-April), pp. 45-58.
- Tan, Xiaomei, and others. (2010). *Scaling Up Low-Carbon Technology Deployment - Lessons from China*. Washington, D.C.: World Resources Institute.
- Tavares, Raymond (2009). Science and technology parks: an overview of the ongoing initiatives in Africa. *African Journal of Political Science and International Relations*, vol. 3, No. 5 (May), pp. 208-233.
- Taylor, Margaret (2008). Beyond technology-push and demand-pull: lessons from California's solar policy. *Energy Economics*, vol. 30, No. 6, pp. 2829-2854.
- _____, and others (2007). Government actions and innovation in clean energy technologies: the cases of photovoltaic cells, solar thermal electric power, and solar water heating. Pier Project report. Sacramento, California: California Energy Commission. October.
- Tessa, Bertrand, and Pradeep Kurukulasuriya (2010). Technologies for climate change adaptation: emerging lessons from countries pursuing adaptation to climate change. *Journal of International Affairs*, vol. 64, No. 1 (fall/winter), pp. 17-31.
- Thapa, Dipti, and Marjory-Anne Broomhead (2010). Opportunities and challenges for a converging agenda: country examples. Conference edition background paper prepared for the The Hague Conference on Agriculture, Food Security and Climate Change, organized by the World Bank, The Hague, October 2010.
- Timmer, C. Peter (2009). Rice price formation in the short run and the long run: the role of market structure in explaining volatility. CGD Working Paper, No. 72 (21 May). Washington, D.C.: Center for Global Development.
- Tole, S., and R.D. Vale (2010). Young leaders for biology in India. *Science*, vol. 329, No. 5998, p. 1441.
- United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland, British Council (2011). Partnerships in education: innovative approaches to learning. Available from <http://www.britishcouncil.org/morocco-support-education-partnership.htm>.
- United Nations (1993). *Report of the United Nations Conference on Environment and Development, Rio de Janeiro, 3-4 June 1992*, vol. I, *Resolutions Adopted by the Conference*. Sales No. E.93.I.8 and corrigendum. Resolution 1, annex I (Rio Declaration on Environment and Development). Resolution 1, annex II (Agenda 21).
- _____. (2008a). Comprehensive framework for action. Prepared by the High-level

- Task Force on the Global Food Crisis. 15 July.
- _____ (2008b). *World Economic and Social Survey 2008: Overcoming Economic Insecurity*. Sales No. E.08.II.C.1.
- _____ (2009). *World Economic and Social Survey 2009: Promoting Development, Saving the Planet*. Sales No. E.09.II.C.1.
- _____ (2010a). Energy for a sustainable future: summary report and recommendations of the Secretary-General's Advisory Group on Energy and Climate Change (AGECC). 28 April. Available from <http://www.un.org/wcm/webdav/site/climatechange/shared/Documents/AGECC%20summary%20report%5B1%5D.pdf>.
- _____ (2010b). *MDG Gap Task Force Report 2010: The Global Partnership for Development at a Critical Juncture*. Sales No. E.10.I.12.
- _____ (2010c). *World Economic and Social Survey 2010: Retooling Global Development*. Sales No. E.10.II.C.1.
- _____ (2011). *World Economic Situation and Prospects 2011*. Sales No. E.11.II.C.2.
- _____, Department of Economic and Social Affairs (2008). Climate change: technology development and technology transfer. Background paper prepared for the Beijing High-level Conference on Climate Change: Technology Development and Technology Transfer, Beijing, 7 and 8 November.
- _____ (2009). Climate change: technology development and technology transfer. Background paper prepared for the Delhi High-level Conference on Climate Change: Technology Development and Transfer, New Delhi, 22 and 23 October. Available from http://www.un.org/esa/dsd/dsd_aofw_cc/cc_pdfs/conf1009/Background_paperDelhi_CCTT_12Oct09.pdf.
- United Nations, Economic Commission for Africa (2007). Building science, technology and innovative systems for sustainable development in Africa. Addis Ababa. January.
- United Nations, General Assembly (1989). *Official Records of the General Assembly, Forty-fourth Session, Supplement No. 25. A/44/25. Annex I, decision 15/3*.
- _____ (2009). Progress report of the Secretary-General on innovative sources of development finance. 29 July. A/64/189 and Corr.1.
- _____ (2010a). Progress to date and remaining gaps in the implementation of the outcomes of the major summits in the area of sustainable development, as well as an analysis of the themes of the Conference. Report of the Secretary-General prepared for the first session of the Preparatory Committee for the United Nations Conference on Sustainable Development, 17-19 May 2010. A/CONF.216/PC/2. 1 April.
- _____ (2010b). Five-year review of the Mauritius Strategy for the Further Implementation of the Programme of Action for the Sustainable Development of Small Island Developing States. Report of the Secretary-General. A/65/115.
- United Nations and United Nations Environment Programme (2000). *Handbook of National Accounting: Integrated Environmental and Economic Accounting—An Operational Manual*. Studies in Methods, Handbook of National Accounting, Series F, No. 78. Sales No. E.00.XVII.17.

- United Nations Children's Fund (2008). Arsenic mitigation in Bangladesh. Available from <http://www.unicef.org/bangladesh/Arsenic.pdf>.
- United Nations Conference on Trade and Development (2007). *The Least Developed Countries Report 2007: Knowledge, Technological Learning and Innovation for Development*. Sales No. E.07.II.D.8.
- _____ (2010). *Technology and Innovation Report 2010: Enhancing Food Security in Africa through Science, Technology and Innovation*. Sales No. E.09.II.D.22.
- United Nations Development Programme (2007). *Human Development Report 2007/2008: Fighting Climate Change—Human Solidarity in a Divided World*. Basingstoke, United Kingdom: Palgrave Macmillan.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (2011a). Creation of pilot science park in Africa. Available from <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/science-technology/sti-policy/african-sti-policy/creation-of-a-pilot-science-park-in-an-african-country/> (accessed 18 March 2011).
- _____ (2011b). *Education for All Global Monitoring Report 2011: the Hidden Crisis - Armed Conflict and Education*. Paris.
- United Nations Environment Programme (2002). *Global Environment Outlook 3: Past, Present and Future Perspectives*. London: Earthscan.
- _____ (2008). UNEP background paper on green jobs. Nairobi. Available from http://www.unep.org/labour_environment/pdfs/green-jobs-background-paper-18-01-08.pdf.
- _____ (2010a). Green economy: developing country success stories. Geneva: Division of Technology, Industry and Economics. Available from http://www.unep.org/pdf/GreenEconomy_SuccessStories.pdf.
- _____ (2010b). Overview of the Republic of Korea's National Strategy for Green Growth. Prepared by the Programme as part of its Green Economy Initiative. Geneva: Division of Technology, Industry and Economics, Economics and Trade Branch. April.
- _____ (2011). Towards a green economy: pathways to sustainable development and poverty eradication - a synthesis for policy makers. Nairobi.
- United Nations Forum on Forests (2007). Report of the United Nations Forum on Forests on its seventh session (24 February 2006 and 16 to 27 April 2007). *Official Records of the Economic and Social Council, 2007*, Supplement No. 22. E/2007/42.
- United Nations Framework Convention on Climate Change (2006). *Technologies for Adaptation to Climate Change*. Bonn: Adaptation, Technology and Science Programme of the UNFCCC Secretariat. Available from http://unfccc.int/resource/docs/publications/tech_for_adaptation_06.pdf.
- _____ (2007). Investment and financial flows to address climate change. Bonn. Available from http://unfccc.int/resource/docs/publications/financial_flows.pdf.
- _____ (2011). Report of the Conference of the Parties on its sixteenth session, held in Cancun from 29 November to 10 December 2010: addendum. Part two:

- action taken by the Conference of the Parties at its sixteenth session. FCCC/CP/2010/7/Add.1. Available from <http://unfccc.int/resource/docs/2010/cop16/eng/07a01.pdf#page=4>.
- _____, Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice (2008). Proposed terms of reference for a report on performance indicators and for a report on future financing options for enhancing technology transfer. Note by the Chair of the Expert Group on Technology Transfer. 20 May. FCCC/SBSTA/2008/INF.2.
- _____. (2009). Recommendations on future financing options for enhancing the development, deployment, diffusion and transfer of technologies under the Convention. Report by the Chair of the Expert Group on Technology Transfer. FCCC/SB/2009/2. 26 May.
- _____. (2010). Report on the technical workshop on costs and benefits of adaptation options: note by the Secretariat. 8 September. FCCC/SBSTA/2010/9.
- _____, and Subsidiary Body for Implementation (2008). Identifying, analysing and assessing existing and potential new financing resources and relevant vehicles to support the development, deployment, diffusion and transfer of environmentally sound technologies. Interim report by the Chair of the Expert Group on Technology Transfer. 20 November, FCCC/SB/2008/INF.7.
- United Nations Industrial Development Organization (2010). Enterprise benefits from resource efficient and cleaner production. Vienna. Available from http://www.unido.org/fileadmin/user_media/Services/Environmental_Management/Cleaner_Production/RECP_Peru.pdf.
- United States Climate Change Science Program (2008). Weather and Climate Extremes in a Changing Climate: Regions of Focus: North America, Hawaii, Caribbean, and the U. S. Pacific Islands. Report by the United States Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research, Thomas R. Karl, and others, eds. Synthesis and Assessment Product 3.3. Washington, D.C.: United States Department of Commerce and National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) National Climatic Data Center.
- United States Department of Energy, Carbon Dioxide Information Analysis Center (2011). List of countries by carbon dioxide emissions per capita. Available from Wikipedia (http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_carbon_dioxide_emissions_per_capita) (accessed 1 March 2011).
- University of East Anglia, Overseas Development Group (2006). Global impacts of land degradation (August). Norwich, United Kingdom.
- UN Women Watch (2011). Women, gender equality and climate change. Fact sheet. Available from http://www.un.org/womenwatch/feature/climate_change/ (accessed 1 March 2011).
- van den Bergh, Jeroen C.J.M, and others (2007). *Evolutionary Economics and Environmental Policy: Survival of the Greenest*. Cheltenham, United Kingdom: Edward Elgar Publishing.

- van Vuuren, D. P., and Keywan Riahi (2008). Do recent emission trends imply higher emissions forever? *Climatic Change*, vol. 91, No. 3, pp. 237-248.
- van Vuuren, D. P., and others (2007). Stabilizing greenhouse gas concentrations at low levels: an assessment of reduction strategies and costs. *Climatic Change*, vol. 81, No. 2, pp. 119-159.
- _____ (unpublished). Exploring scenarios that keep greenhouse gas radiative forcing below 3 W/m² in 2100. *Energy Economics*.
- von Braun, Joachim (2009). Overcoming the world food and agriculture crisis through policy change and science. Prepared for the Trust for Advancement of Agricultural Sciences (TAAS), Fourth Foundation Day Lecture, organized by International Food Policy Research Institute, New Delhi, 6 March 2009. Available from <http://www.ifpri.org/publication/oming-world-food-and-agriculture-crisis-through-policy-change-and-science>.
- von Weizsäcker, Ernst U., Amory B. Lovins and L. Hunter Lovins (1998). *Factor Four: Doubling Wealth-Halving Resource Use—The New Report to the Club of Rome*. London: Earthscan.
- Vos, Robert (2009). Green or mean: is biofuel production undermining food security? In *Climate Change and Sustainable Development: New Challenges for Poverty Reduction*, M. A. Mohammed Salih, ed. Cheltenham, United Kingdom: Edward Elgar Publishing.
- Waggoner, P.E., and J. H. Ausubel (2002). A framework for sustainability science: a renovated IPAT identity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 99, No. 12 (11 June), pp. 7860-7865.
- Walz, Rainer (2010). Competences for green development and leapfrogging in newly industrializing countries. *International Economics and Economic Policy*, vol. 7, Nos. 2-3, pp. 245-265.
- Webster, P. J., and others (2005). Changes in tropical cyclone number, duration and intensity in a warming environment. *Science*, vol. 39, No. 5742 (16 September), pp. 1844-1846.
- Wernick, Iddo K., and others (1997). Materialization and dematerialization: measures and trends. In *Technological Trajectories and the Human Environment*, Jesse H. Ausubel and H. Dale Langford, eds. Washington, D.C.: National Academies Press. Pp. 135-156.
- Wilson, Charlie, and Arnulf Grübler (2010). Lessons from the history of technology and global change for the emerging clean technology cluster. Background paper prepared for *World Economic and Social Survey 2011*.
- Wilson, Charlie (forthcoming). Historical scaling dynamics of energy technologies: a comparative analysis.
- Wood, Stanley, Kate Sebastian and Sara J. Scherr (2000). *Pilot Analysis of Global Ecosystems: Agroecosystems*. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute and World Resources Institute.
- World Bank (2003). *World Development Report 2003: Sustainable Development in a Dynamic World — Transforming Institutions, Growth, and Quality of Life*. Washington, D.C.: World Bank; New York: Oxford University Press.

- _____ (2004). *Sustaining Forests: A Development Strategy*. Washington, D.C.
- _____ (2007a). *Enhancing Agricultural Innovation: How to Go Beyond the Strengthening of Research Systems*. Washington, D.C.: World Bank.
- _____ (2007b). *Building Knowledge Economies: Advanced Strategies for Development*. Washington, D.C.
- _____ (2008a). World Bank President to G8: “World entering a danger zone”. News and Broadcast (2 July). Available from <http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/NEWS/0,,contentMDK:21828803~pagePK:34370~piPK:34424~theSitePK:4607,00.html> (accessed 12 January 2011).
- _____ (2008b). Food price crisis imperils 100 million in poor countries. News and Broadcast. Available from <http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/NEWS/0,,contentMDK:21729143~pagePK:64257043~piPK:437376~theSitePK:4607,00.html> (accessed 12 January 2011).
- _____ (2009). *Global Economic Prospects 2009: Commodities at the Crossroads*. Washington, D.C.
- _____ (2010a). *World Development Report 2010: Development and Climate Change*. Washington, D.C.
- _____ (2010b). *Innovation Policy: A Guide for Developing Countries*. Washington, D.C.
- _____ (2011). Food price watch. Available from http://www.worldbank.org/foodcrisis/food_price_watch_report_feb2011.html (accessed 24 March 2011).
- _____, Independent Evaluation Group (2008). *The Welfare Impact of Rural Electrification: A Reassessment of the Costs and Benefits—An IEG Impact Evaluation*. Washington, D.C.
- World Business Council for Sustainable Development (2011). *Innovating for green growth: drivers of private sector RD&D*. Geneva.
- World Commission on Environment and Development (1987). *Our Common Future*. Oxford: Oxford University Press.
- World Energy Council and Food and Agriculture Organization of the United Nations (1999). *The challenge of rural energy poverty in developing countries*. London: World Energy Council.
- World Health Organization (2009). *Gender, climate change and health*. Draft discussion paper. Geneva. Available from http://www.who.int/globalchange/publications/reports/final_who_gender.pdf.
- World Trade Organization (1994). *Legal Instruments Embodying the Results of the Uruguay Round of Multilateral Trade Negotiations, done at Marrakesh on 15 April 1994*. Sales No. GATT/1994-7. Geneva: GATT secretariat.
- World Water Assessment Programme (2003). *Water for People, Water for Life: The United Nations World Water Development Report*. Oxford: Berghahn Books.
- Wright, Brian, and Tiffany Shih (2010). *Agricultural innovation*. NBER Working Paper, No. 15793 (March). Cambridge, Massachusetts: National Bureau of Economic Research.
- Xiao, Y. L., and F. Y. Nie (2009). *A Report on the Status of China's Food Security*. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press.

2011年世界经济和社会概览：绿色技术大变革

为了应对可持续发展的挑战，需要一场不亚于第一次工业革命那样的技术革命。在过去两个世纪中，人类福祉有了巨大改善，但其代价是我们的自然环境持续恶化。继续沿着既定的经济增长道路走下去，意味着地球将超出确保人类福祉以及作为在创造该福祉中产生的废弃物和污染物的吸收汇的能力。

《2011年世界经济和社会概览》分析了在向以更高效的和可再生能源技术为基础的“绿色经济”转变，变革农业技术以便在不进一步恶化土地和水资源的情况下确保粮食安全，以及利用技术来适应气候变化和减少自然灾害给人类带来的风险方面所面临的挑战和选择。

所需的全球技术变革将必须在不到40年的时间里完成，也就是说，比完成以前的技术大变革的速度快一倍。为了重建地球维持人类生活的能力，使发展中国家能够开展必要的技术变革——让其能够实现自己的增长和减贫愿望的变革，必须迅速采取行动，建立一个全球技术开发和共享机制，大大提高公共部门的能力，并且大幅调整多边贸易和融资机制。

联合国的相关出版物：

《2010年世界经济和社会概览：调整全球发展》

销售编号E.10.II.C.1 ISBN 978-92-1-109161-8 页数：200 价格：\$65.00

《2011年世界经济形势和前景》

销售编号E.11.II.C.2 ISBN 978-92-1-109162-5 页数：200 价格：\$30.00

其他相关出版物可查阅

<http://www.un.org/en/development/desa/policy/publications/index.shtml>。