



经济及社会理事会

Distr.: General
12 January 2001
Chinese
Original: English

可持续发展委员会

第九届会议

2001年4月16日至27日

各有关利益方关于可持续能源和运输问题对话

秘书长的说明

增编

科学技术界提出的讨论文件*

目录

	页次
专题 1. 公平获得清洁能源.....	4
专题 2. 能源生产、分配和消费选择.....	6
专题 3. 实现可持续运输能源的公、私伙伴关系.....	12
专题 4. 可持续运输规划：人的住区的设计和车辆备选方案的选择和模式.....	15

* 国际科学理事会和世界保护联盟联合提出；其中的观点和意见不一定是联合国的观点和意见。

科学界的作用

1. 本文件¹审查了有关全球向可持续能源和运输系统过渡的四个关键议题。重点放在与科学和技术相关的方面。这些方面是重要的。例如，未来能源预测的大部分变化是因为假设的技术进步速度和性质不同。

2. 然而，向可持续性成功过渡不仅要求科学和技术知识。这种过渡要求经济手段和正确的公共政策。迄今为止，争取可持续性的进展受到不当政策及其所依据政治选择的限制大于与科学和技术相关的制约。可持续性或许要求甚至更多的根本性社会调整。² 价值系统有必要尽量减少目前对材料和能源的强调，并鼓励更高效地使用材料和能源，实行更可持续的消费方式。科学和技术可帮助促进这种过渡，但这将不够。没有“技术解决办法”。社会科学可以在这方面发挥重大作用。

3. 《21世纪议程》认识到科学技术（科技）界在实现环境与发展目标，特别是通过提供信息来帮助决策者制定和选择适当政策方面的重要性。该议程强调有必要改进科技界、决策者和公众之间的交流与合作。科理会/教科文组织世界科学会议（1999年6月，布达佩斯）和国际问题学院间小组组织的世界科学院联合会会议（2000年5月，东京）在这方面采取了步骤。科技界第一次参加可持续发展委员会进程是对这项任务的进一步回应。

4. 在讨论关于能源和运输的具体议程项目以前，国际科技界希望提请注意可持续发展委员会和其他单位应仔细审议并采取行动的几个一般问题。

5. 第一个关切是能源研究和开发（能源研发）开支的下降趋势。从1980年到1999年，占全世界大部分这种开支的国际能源机构成员国的政府能源研发开支减少了50%以上。（许多国家的政府各类研发开支也一直停滞不前，但未如此急剧下降。）可再生能源及核能研发开支的下降超过了平均数。³ 私人能源研发开支好象也减少了，而且多数私人能源研发集中于少数（主要是发达的）国家。此外，政府和私人能源研发重点好象均从基础、长期研究转向风险较低、更近期的能源

¹ 国际科学理事会（科理会）由98个多学科国家科学成员（科学院或科学研究理事会）和26个国际、单学科科学联合会组成。它是科学界的重要国际论坛。世界保护联盟是有关保护的最大的世界组织。它使181个国家的76个州、111个政府机构、732个非政府组织、36个附属机构及大约1万名科学家和专家结成世界范围的伙伴关系。还感谢世界工程组织联合会（工组联）和国际问题学院间小组对本文件的重大贡献。这些组织与其会员进行了协商，以反映然、社会、工程和医学的广泛意见。但本文不代表这些组织的正式立场或声明。

² 迈向可持续的21世纪：科学和技术的贡献，世界科学院联合会的声明，2000年5月，[http://interacademies.net/intracad/tokyo2000.nsf/all/sustainability statement](http://interacademies.net/intracad/tokyo2000.nsf/all/sustainability%20statement)。还见日本科学理事会的声明，确认人的尊严和自我价值以全面解决教育和环境问题，2000年7月。

³ 国际能源机构，能源研发数据库，http://data.iea.org/iea/link_wds.asp

研发项目。这是特别令人担忧的，因为如果照顾到发展中国家的发展，实现《联合国气候变化框架公约》（气候公约）《京都议定书》所预见的减少二氧化碳排放的承诺，从长期来讲，将需要能源技术的实质性突破。与后续干预相比，如买下技术以减少其单位成本，基础研究不昂贵。因此，这是对未来的廉价保险。重要的是不要狭隘地看待那种可能证明对可持续能源和运输重要的研究。基础研究的结果是无法预测的，有用的研究结果可能出自意料之外的来源。例如，大气科学、信息技术、材料科学和生物技术等领域，可能产生促进能源和运输可持续性的发现。完全依赖市场不可能产生适当的能源研发水平和种类，因为个别公司很难独占长期、高风险研发的益处，所以这种研发趋于供应不足。⁴

6. 第二，需要大力加强发展中国家和转型期国家的科学和技术能力。这些国家需要足够的科技技术和基础设施（如实验室、设备和支持性机构），以发展、改造并生产它们具体需要的技术；将这些技术有效地引进市场；并不断提供所需的维修。

7. 第三，充分和公开交流科学和技术数据及信息对研究和教育至关重要。获得这种资料的机会是应付可持续发展的挑战——包括与能源和运输相关的挑战的基本要求。限制获得这种数据和信息或施加额外使用费的企图与日俱增。随着对知识产权的态度和政策的变化，人们对充分和公开获得数据和信息的重要性，如果不是忽视了的话，也是低估了。这给一般科学事业带来严重风险，而且有可能对发展中国家和转型期国家产生特别消极的后果。

8. 第四个问题涉及科学和科学界的道德和责任。有效地回应科学/政策问题，包括与能源和运输相关的问题，要求科学实践忠诚和客观。在世界科学会议和其他场合上讨论了这项原则，但需要在可持续发展委员会进程中予以重申和加强。

9. 最后，公众对能源和环境问题的认识仍然薄弱。有必要对大众以及作出并执行政策的政治家和公职人员进行这些事项的公开教育。

10. 一般建议：

(a) 政府、科学和国际组织应与私营部门及其他有关机构合作，对能源和运输研究与开发的目前公共和私人开支是否足够和有效进行国际评估。这种评估应建议：需要提供多少资金；如何从公共和私人来源调动认为需要的任何额外资金；研究优先事项应是什么。除其它可能性以外，应考虑联合国皇家学会关于以自有资源设立国际能源银行的建议，该银行将根据某一科学家、工程师和经济学家国际委员会的建议拨款。⁵

⁴ 能源和环境研究的筹资和优先政策，H. J. Koch 在欧洲核能机构科学和技术研究与发展讨论会上的基调发言，意大利弗拉斯卡蒂，1998年10月，<http://www.iea.org/new/speeches/koch/1998/italy.htm>

⁵ 皇家学会，核能：未来的气候，伦敦，1999年。

(b) 各国政府、国际组织、主要群体及其他方面应就发展中国家和转型期国家目前的科学能力建设活动进行审查（包括自然、社会、工程和医学科学），并采取审查所建议的行动来加强并扩大这些活动。应考虑建立区域中心以促进有关能源和运输的信息传播和技术转让。

(c) 各国政府和其他组织视情况采取措施，一般性地为科学研究和教育、环境和发展，尤其是为能源和运输提供充分和公开的数据和信息。

(d) 科学界应在其他有关机构的支持与合作下，分析并监测科学工作的道德所涉问题和管制手段；促进公共对科学知识及其应用的道德所涉问题的认识和辩论；并拟定、通过和遵守有关科学的道德和行为守则。

(e) 科学界应同政府和其他有关方面一起，针对公众以及决策者和政策执行者，在其各自责任范围内，开展能源和环境问题积极的信息和教育方案。

专题 1. 公平获得清洁能源

11. **问题**——约有 20 亿人，主要在发展中国家农村地区，无法获得现代形式的能源。这个数字与 1970 年的大致相同，因为这些地区的人口增长抵销了这段时间内 10 亿多人获得电力和其他现代能源的成就。没有清洁和便利的能源对健康、生活质量和经济具有严重后果。依靠传统（未加工）的燃料及做饭方法导致广泛的呼吸道疾病。必须到比以往更远的地方背木柴耗费时间，引起肌肉和骨骼问题，使劳动力无法投入更具生产性的用途。这加剧与毁林和土壤侵蚀相关的问题。这还帮助延续性别不平等现象，因为负担主要落在妇女和女童身上。农村无法获得原材料加工和其他工业应用所需的能源数量和种类，限制了这些区域的经济增长潜力。由此产生的缺乏生产性就业机会，将过剩人口推向城市，从而加剧城市化问题。

12. 发展中国家多数未来人口的增长，无论如何，将出现在城市地区。因此未来的挑战不仅是使农村穷人融入现代能源经济；还要满足发展中国家城市居民的能源需要，那些尚未获得现代形式能源的人以及今后几十年将成为城市居民的几十亿人的能源需要。这个问题被综合称为 20+20 亿问题：满足目前处于现代体系之外的人的能源需要，并供应预期增加的人口——几乎其所有人将在南方，而且在城市里。

13. 如果南方未满足的能源需要以北方的方式予以满足，这将造成重大的全球和地方环境问题。因此应根据这些国家的急迫发展需要，使用现有最清洁的能源。

14. **解决办法**——虽然从受影响的人数和土地面积来讲，这个问题是很严重的，但是它在所需能源方面微不足道。例如，20 亿人没有用现代燃料做饭的需要，相

当于全球商业能源消费的 1.3% 或全球石油消费的 3.0%。⁶ 只能期待市场弥补这种需要的一部分——农村的部分比城市的小——因为有关的人收入低，建设必要的基础设施费用昂贵。因此还需要适当设计的政府干预。

15. 现有技术，如果予以有效和更为广泛的采用，可在很大程度上解决这个问题。例如，过去 20 年左右研制并大规模使用的改良型生物物质炉子——主要用于做饭，也用于取暖——在减少住户和当地空气污染以及方便方面有很大改进。人们熟悉的矿物燃料，如木炭、煤油、液化石油气可发挥更大作用，只要买得起，而且有必要的基础设施。生物物质产生的气体——牲畜粪便无氧细菌作用产生的沼气，以及作物秸秆化学处理产生的发生炉煤气——比未处理的生物物质优势大，在许多南方地区越来越多地被用来做饭。其广泛使用的潜力，特别是发生炉煤气的潜力相当大。农村电气化对于现代农业和农村工业，以及改善农村人口生活水平依然至关重要。1970 年至 1990 年期间，传统的集中统筹的电气化办法使 8 亿农村人获得了电力，其中大部分人在中国。（中国还推行了分散式能源，包括一项大规模的微型水力方案。）虽然国家电网对于人员稀少的地区和买不起的最穷者来说有缺陷，但它将继续扩展。生产、运销和终端使用的效率对于集中统筹式电力尤为重要。

16. 采用分散式（“分布式”）电力生产和运销系统——有些是新的，有些是传统的——的趋势给农业社区带来新的可能性。这种趋势不限于农村或发展中国家。有关主要技术是光电效应；小型风轮机；小水力；发生炉煤气的生物力；小型（或“微型”）燃气轮机；地热；燃料电池；往复式发动机；以及与现有资源配套的上述技术的混合。基于这类能源的微型电网的分布式发电系统，避免了传统电力输送和分销网络的高成本和必然损耗，而且更适合边远和人员稀少的地区。这些能源相对清洁，并避免大量维修和燃料运输的需求以及柴油的污染。另一个好处是它们使地方能够掌控和能由私人资本管理和部署。它们的前途既产生于技术进步，又产生于便利当地发电输入电网的机构发展（放松管制）。⁷

17. 更广泛使用这些技术的主要障碍是费用。获得电的机会不一定导致消费电；当地收入必须可以承担这种费用。费用一直在下降。就农村而言，如果考虑到避免的输送和分销成本和损耗，而且如果适当计入外部环境和社会成本（目前没有将“外差因素”计入项目成本），那么可持续技术会比更多的常规技术更加便宜。鉴于熟悉曲线陡斜，可合理预期，随着这些技术使用范围扩大，成本可望进一步大大减少，就象移动式电话和个人计算机一样。⁸ 燃料电池的资本成本，目前在

⁶ 《世界能源评估》，联合国开发计划署、联合国经济和社会事务部和世界能源理事会，纽约，2000 年，第 369 页。本文多处援引这份背景报告。科学界对该报告作出了实质性贡献。该报告正确和全面地审查了“能源和可持续性挑战”问题的目前认识状况。

⁷ 电子革命，《经济学家》，2000 年 8 月 3 日。

⁸ N. Nakicenovic 及其他人编辑，全球能源展望，联合国剑桥，1998 年，第 50 页。

每千瓦 5 000 美元至 1 万美元之间，可降低到每千瓦 250 美元，与目前的燃气轮机竞争。⁹在适当情况下，发生炉煤气已经比进口柴油燃料发电更加便宜。加速研究、示范和开发以及“买下”会加快减少成本的过程。《世界能源评估》（第 376 页）载有一个很有用的表，该表显示农村能源的一些近期、中期和长期技术选择。

18. 建议：

(a) 发展中国家政府应在双边和多边捐助者以及科学技术界的支持下，促进发展竞争性和适当管制的能源市场，特别是为了目前无法获得商业能源的人口。能源政策应确认市场和私人资本均可发挥重要作用，而且在市场力量不能满足需要时，政府干预可发挥这种作用，如针对性补贴或价格鼓励。

(b) 各国政府应与有关伙伴合作，对可供开发的可再生能源进行逐区域、有系统的评估。应收集并公布太阳能、降雨、风、和生物物质的可靠资源数据，以协助投资者作出有关可再生能源项目的决定。

(c) 工业化国家政府应与其他有关组织合作，同发展中国家和转型期国家伙伴一起，制定新的合作方案并加强现存合作方案，以便开发并实行基于可再生能源技术（包括能源效率）及其与矿物能源混合的综合系统，为城市和农村地区提供全面的能源服务。

(d) 各国政府应同科学团体和私营部门一起，促进关于工业规模生物物质能源转换技术的能源研发的国际合作，强调那些既供电又提供一两个共同产品（暖气、液体燃料、化学品、食品/饲料/纤维）的技术。

(e) 各国政府和国际组织，掌握所有有关来源的投入和咨询意见，应对发展中国家的能源需要作出综合评估，并确定满足这些需要的选择，不仅考虑到狭窄的经济标准，而且考虑到更广泛的社会关切，如创造就业、性别方面和健康影响。这种评估应建议筹资和管制安排；查明机构制约及改革和创新的机会；并提议创造充分的当地能力来设计、改造、生产、传播、操作和维修有关能源技术的战略。应优先考虑为农村提供能源，满足人民的基本需要，并创造就业和创收机会，以便扶贫并提高生活质量。

专题 2：能源生产、分配和消费选择

19. 问题——现行能源制度不能满足世界相当多人口的需要，不公正的能源利用模式也越来越难以让人忍受。现在富国人均能源利用量是穷国的八倍。现行能源利用模式难以保持：它们在家庭、地方、区域和全球造成了严重的空气污染。这些问题中最严重、最棘手的，似乎是大气中的温室气体（主要是二氧化碳）含量增加及由这些气体益趋密集可能产生的可见气候变化。政府间气候变化问题小组

⁹ 发展中国家科学和技术委员会的来函，根据电力研究所的资料。

(气候小组)早在 1995 年就断言,“证据的权衡对照表明,人类对全球气候有明显影响。”气候小组已经成了以科学影响有关这一问题的国际公共政策的有用机构。

20. 这些趋势都是不利的。随着世界经济的增长和南方人均能源消费量和(鉴于人口增长)能源消费总量的增加,继续“处之泰然”就会促使大气中的二氧化碳水平大幅度提高(到 2020 年估计在 60%以上)。改变当前进程的政治和经济决心尚不明显。鉴于现有社会资本周转缓慢,新能源系统即使可以建立,但要实行起来,达到必要的规模,也需要相当的时间。还必需再过相当长的时间才能看出新系统减少碳排放量对气候稳定性的影响。

21. **解决办法**——环境影响是人口规模、消费水平与形态及技术的产物。现在有种技术和能源,将它们以不同的方式组合起来,最终就会使世界能源的生产和消费走上更为持久的道路。不过,若不采取措施限制和稳定世界人口、改变能源和物资密集程度¹⁰较低的人口的消费形态,单靠技术和能源组合是不够的。

22. 量化设想已经提出,根据各种人口统计、经济、技术及政策假定估计世界能源生产与利用。¹¹向可持续能源过渡的种种设想,预测了允许经济继续增长但更清洁更有效的能源系统。与现在相比,这些能源系统少用石油和煤炭,相应多用天然气、可再生能源,根据一些设想还要用核能。下文审查了这些能源领域中的技术发展情况。

23. 基于氢分子的燃料电池或甲烷、甲醇之类的富氢燃料,使用可能越来越广,而且也应当予以鼓励。氢分子像电一样,使用时不排放或几乎不排放污染物或二氧化碳。除了这一固有优势外,燃料电池还可以用于生产静态能和运输。从长期来看,利用可再生能源,通过水电解生产氢分子是可取的。在此种生产有利可图之前,可以从天然气或其他矿物燃料制取氢分子,如果能除去和隔绝伴生的二氧化碳,就可以清洁制取。也可以利用核电,电解制取氢分子。

24. 采取适当政策劝阻使用不可持续的能源和鼓励使用可持续能源,是很有必要的。这些政策包括取消矿物燃料使用补贴;(考虑“各种外在特点”)对所有备选能源定出全部成本价;目标明确而审慎地利用财政措施和补贴鼓励可持续性更强的能源利用模式;加大对清洁备选能源研究示范与开发的财政支持。

25. 一项“最佳可行”设想认为,1990 至 2100 年期间世界能源利用会增加一倍;化石碳的排放量会减少一半以上;人均国民生产总值和人均能源利用,如在工业国家和发展中国家之间,也趋于均等。在工业国家中,预计人均国民生产总值水

¹⁰ 皇家学会,迈向可持续消费:欧洲远景,伦敦,2000 年。

¹¹ N.Nakicenovic, 同前; Brown, M., M. Levine, 美国碳减少假设:2010 年以后能源技术的潜在影响,能源效率和低碳技术问题实验室工作组,劳伦斯柏克利国家实验室,LBL40533(加利福尼亚,柏克利,1997 年); John Holdren, 《能源、环境和发展挑战》,在世界各科学院会议上的讲话:迈向可持续的 21 世纪,东京,2000 年 5 月,同前。

平为此时的三倍多，而人均能源利用则削减一半以上。在发展中国家中，人均国民生产总值增加 25 倍，人均能源利用增加三倍。¹²

静态能源选择方案

26. **矿物燃料**——世界一次能源约有 80% 仍由矿物燃料提供。纵使开始大力鼓励利用可再生能源，但矿物燃料在今后的几十年里仍是能源生产的主要部分。因此，抓住各种机会，使矿物燃料更清洁，降低其碳含量，至关重要。矿物燃料利用目前有三种主要趋势：(一) 发电效率不断提高（联合循环燃气轮机 55%，同时发热发电为 60% 以上；而蒸汽发电厂则为 35-40%）；(二) 尤其是因为实行了烟道气处理和脱硫技术等环境控制措施，能源生产越来越清洁；(三) 现在主要是因为发电由用煤到用天然气的转变，出现了一种向脱碳发展的趋势。¹³ 科技界希望能够使一些矿物燃料制度与严格限制温室气体排放的世界相容。¹⁴ 这么做的种种可能选择包括：

(a) 进一步提高能量传输与最终利用效率；

(b) 继续完成由用煤和石油到用天然气的转变，因为天然气每产生千瓦时的能量就可以少产生 50% 的碳，而且藏量丰富，非常规形式的天然气（如深海笼形水合物）尤其丰富；

(c) 减少天然气骤燃；

(d) 如借助综合气化联合循环技术和热量与能量联合（同时发热发电）技术，提高转换技术的效率；

(e) 隔绝深海和油气层一类的地质层组中所藏碳质燃料产生的二氧化碳，不过这种技术仍然要求进行大量研究，包括研究它对海洋生态环境的影响；

(f) 从煤矿中获取沼气，例如在中国和印度等国这就增加了清洁能源供应，又减少了温室气体排放。在这两个国家中，人为引发的地下煤火产生了大量的二氧化碳排放物；还可以进一步努力控制和扑灭地下煤火。

27. 这其中有几项与天然气有关，天然气作为一次能源在今后几十年内还可能越来越重要。有许多事可以通过研究示范与开发来做，以扩大这种能源，更有效更清洁地利用这种能源。¹⁵

¹² Holdren, 同上。

¹³ 皇家学会，同前，第 112 页。

¹⁴ R. H. Socolow 编，《燃料脱碳和碳隔绝：报告委员会委员的讲习班报告》。能源与环境研究中心第 32 号报告，普林斯顿大学，1997 年。<http://www.princeton.edu/~ceesdoe>。

¹⁵ 国际地质科学联合会通信。另见 N. Nakicenovic 等编著的《全球天然气概览》，国际应用系统分析研究所和国际燃气业联合会，2000 年。

28. **核能**——核能虽从减少温室气体角度看很有吸引力，但并没有像一度期待那样增加其在一次能源中所占的份额。而且现有份额在今后一、二十年中还会下降，因为现有反应堆报废速度比新反应堆投入使用速度要快。问题是成本高，和对安全、核废料处理、电厂报废、武器扩散及缺少电厂维护与安全的专门知识的关切。轻水反应堆占世界动力反应堆的约 80%，其安全记录良好，坎杜型反应堆的安全记录也不错。此外，新核电厂的基本设计，旧厂改造及操作实践、程序与训练，都有了相当大的进展。尽管反应堆的基本设计变化微乎其微，但现在正研究或开发几种反应堆的新设计或概念，它们与至今所用的根本不同，而且通过种种被动安全特性内化可以大大提高安全性。这些新设计和概念包括高温氦反应堆；先进的轻水反应堆；和加速器驱动的快速反应堆，或“能量放大器”。法国和日本正在重新处理燃烧过的核燃料，以便在反应堆中再用。不过，重新处理费用昂贵，而且会产生扩散危险极大的钚。重新处理核燃料要做到更安全，更经济且预防扩散，还需要研究。废料处理是核能所面临的一个极为棘手的问题。公众并不因安全和废料处理至今已有种种改进而乐意接受核能，科学界本身对此问题的看法也莫衷一是。最后还有聚变，现在每年正花费大约 10 亿美元研究核变，一旦证实可行，聚变就会提供充足的电能，要处理的放射性废物问题比较小。现在几乎可以肯定能够制造一种产能多于耗能的机器，但在投入实用之前还有许多问题要克服。聚变至早在 21 世纪下半叶之前要为满足世界能源需要做出重大贡献似乎不可能。¹⁶

29. **可再生能源**——实现能源持久利用的各种设想，都设想取自地热、风能、太阳能、生物物质、水力及海洋能源等可再生能源的一次能源份额大幅度增加。生物物质上文讨论农村能源时已讨论过。农业和林业残余物及主要为生产能量而种植的新作物，也可以提供发电、运输等所需要的大规模能源。海洋能源非常充足，可以以不同方式予以开发：拦潮坝、海浪、潮流或海洋流、海洋热能转换。如能进行经济开发，海洋能源就能提供巨大的清洁电力。海洋能源对工程构成巨大挑战，因此在近期内开发前景似乎有限。但各种技术都处于早期发展阶段，进一步的研究示范与开发可能会改变这一评估。

30. 有些可再生能源提供间歇电力，如太阳照耀时才有太阳能，风吹时才有风力。这些能源都提出了能量储存问题。储存可行的办法包括电池和压缩空气。另一吸引人的办法就是利用这种间歇动力进行电解制取氢。现今开发成本很高，可是优势很大，值得优先研究。

31. 可再生能源并非不影响环境，但与矿物燃料相比，总的说来要清洁得多，可持续性更强。它们还带来其他好处，如节省外汇，为当地创造就业机会而且创收。1998 年，世界能源消费总量中可再生能源仅占 14%，其中约有三分之二是传统的生物物质（主要做饭取暖的薪柴）（世界能源评估）。因此现在可再生能源仅占 5

¹⁶ 皇家学会和皇家工程学院，《核能：未来的气候》，1999 年。

%左右，其中近一半又是传统的水力发的电——虽然水力发电利用现在迅速增加。扩大可再生能源的潜力很大，各种设想都设想本世纪下半叶可再生能源在一次能源中所占份额可达到 20%至 50%。（德国气候变化立法要求到 2020 年达到 50%）。可再生能源科学总的说来已得到了相当深入的理解。生产技术开发和市场开辟近年来都取得了显著进展。在非针对性的市场上价格还不具有竞争力，可这些技术一旦得到更广泛的使用，规模经济和沿着熟练曲线进展，终会像所有的新技术一样进一步降低成本。

32. **水力发电**——这一公认的能源，利用可能会更广。根据世界能源评估，这种经济可用的潜能目前只有三分之一得到了利用。其余的潜能多数蕴藏在发展中国家。当前的产量多自大水力发电厂。只有 3.5%的能量和产量来自小水力发电厂；不过其份额因电力系统分散化趋势的出现可能会增加。近年来水力发电厂的发展，也因为与某些种类的工程尤其是大坝相关的环境问题和社会问题，受到限制。在许多情况下，大坝都没有产生预期的益处，而且对社会和环境却有着相当大的、常常是消极的影响。（虽然在热带国家水库很浅的大水力发电厂因植物腐烂产生了大量的二氧化碳气体，但大坝对环境的影响主要局部的。）世界水坝委员会最近一份报告全面而客观地评论了这一争论，建议利用种种机会从现有水坝中获得最大益处，而且在审议新水坝工程时应全面评估现有的选择方案。¹⁷

33. **风力**——世界各地与电网相连的风轮机发电能力，近年来剧增，而且预计将继续增长。风轮机越来越大，转子直径随着先进的材料而加大。风能的终极技术潜力很大，在 2 至 6TW, 即占当今世界能源消费总量的五分之一至二分之一。价格与风速密切相关，因此经济适用的地区比较少。需要对储存技术进行更深入的研究示范和开发，以使发电量适应风力变化。

34. **地热**——地热能可以用来取暖发电。目前全球地热发电约为 8 000MW, 其中多数在美洲和亚洲。约有 15 000WM 的地热用来取暖，其中几乎近 40%用在欧洲。利用当今的回收和利用技术，地热发电可以增加七倍，利用先进的钻探和渗透推进技术则可以增加十二倍。地热大大促进一些发展中国家包括菲律宾、萨尔瓦多、尼加拉瓜、哥斯达黎加、肯尼亚和印度尼西亚的能源平衡。扩大利用地热同燃烧矿物燃料发电相比，可以大大减少二氧化碳的排放。然而地热流体所含毒性气体构成了一个环境问题；有时除去毒性气体或将之再注入钻孔既可能又经济。最近一大发展是研制了地面源热泵。这些根据季节不同，把地面用作取暖的热源和冷却池。它们因为不依赖地下热水或水蒸汽，所以到处都可以用。它们在瑞士、德国和美国已得到广泛应用，最近在澳大利亚也得到了应用。这是一种节能型的供暖制冷方式，其应用在迅速扩大。

¹⁷ 《水坝与发展：一项新决策框架》，<http://www.damsreport.org>。

35. **太阳能**——各种太阳能采集技术——光电技术、太阳热电和低温太阳能——都有很大潜力。上文已提出这三种技术中目前成本最高的光电技术在闭塞的农村地区的应用情况。光电技术能否推广，取决于其成本，但有越来越多的证据表明，它很有竞争力，在十年内会成为分布各地、与电网相连的动力。资本成本今后几年会从每千瓦 6 000 美元降至每千瓦 3 000 美元；这样一来，无需扩增电力网，在工业国家和发展中国家就会有相当大的市场，与电力网相连光电系统就会变得很有竞争力。¹⁸ 太阳热电应用也会扩大。热能技术都有一个优势，可以融入现有矿物燃料发电厂，因此可以逐步采用，灵活性很大。这是一种诱人的选择，可以用来满足发展中国家城市人口不断扩大的能源需要。实践明实成功的低温太阳能收集器技术可以进一步推广，尤其是用于烧热水、供暖供冷，用于做饭的可能不大。

36. **能源效率**——增效措施公认是减少现有发电系统的费用和污染的最佳办法。发电可以增效，尤其是利用热量和动力联合生产（同时发热发电），把效率由当前普遍的 30% 提高到 60% 左右；输电配电系统进行更新换代，推行严格的保养制度，可以增效；最终使用，采用节能装置、节能照明设备和节能发动机等，也可以增效。有实践证明成功的技术支持这些措施。增效常常是利可图的。必要的期初投资支出的投资回收期常常很短，有时不足一年。可利用法定标准、奖励措施和信息/标记方案，鼓励采取最终用途增效措施。必需找出鼓励能源效率投资的办法，要特别注意发展中国家。当然，要先投资培训和机构建设才行。这就要求彻底改变当前创办企业进行能源投资的常规办法。

37. **建议**¹⁹

(a) 各国政府应当鼓励市场引进无害环境的能源技术，消除价格反常和管理障碍，鼓励竞争，排除能源增效障碍，从而鼓励资本流入高效和清洁能源的生产与使用。

(b) 能源定价公共政策应当规定能源选择应在商定可行的机制内计入环境成本和社会成本。使用矿物燃料的补贴应当通通取消。如果照必然趋势靠市场力量促进可持续性，就必须采取上述措施。

(c) 各国政府和其他有关行动者应当鼓励使用氢燃料，特别要进行技术研究示范和开发，降低利用碳质给料制取氢的成本，同时促进收集副产品二氧化碳以

¹⁸ 可再生能源咨询服务，《基于光电学的网络时代的现在与未来：确有保障的大市场能把光电系统的费用降到已装机每千瓦 3 000 美元吗？》为国际金融公司环境项目股进行的评价（1999 年 3 月 1 日）。

¹⁹ 本文件所载建议，除其他来源外，还主要参考了巴西、法国、匈牙利、南非、联合王国和美国国家科学院或国家研究委员会的意见。

作最终处理。科技界和各国政府应当进行国际合作，确定、开发和示范前景广阔的综合系统，利用矿物原料隔绝分离的二氧化碳制取氢，利用可再生能源制取氢。

(d) 应当研究二氧化碳的隔绝，包括考虑迅速的气候变化、环境和社会影响研究及隔绝可能性逐区域评估制订二氧化碳永久储存的标准。

(e) 应当加强支持所有阶段天然气循环（勘探与生产、运输和分配、天然气转化及发电）的研究示范和开发。这应当包括研究水合物之类的非常规天然气的勘探技术；开发液化天然气技术；开发氢分子制取设备以促进燃料电池应用；在动力减少时控制二氧化碳。

(f) 应当鼓励进行国际研究，着重研究种种先进技术，以降低核裂变能源系统的成本，加强其安全，改善其废料管理，减少对其扩散的抗拒；研究已用过的核燃料和高放射性废物地下处理及其对环境的长期影响，包括研究国际临时储存设备。

(g) 各国政府和研究供资机构应当与有关伙伴合作，采取措施，加速与电力网相联的间断可再生电力技术（风、光电、太阳热电）及其与生物物质和矿物能源混合技术的应用。

(h) 各国政府和其他研究供资机构应当支持电力生产、传输及最终用途的增效研究。着重研究节能装置、节能照明设备、节能发动机及同时发热发电等技术，特别要研究它们在发展中国家的应用。还应当研究鼓励采取这些技术的奖励制度。

专题 3. 实现可持续运输能源的公、私伙伴关系

38. **问题**——在世界范围内，汽车是二氧化碳排放的重要来源。汽车还是氮氧化物的主要来源，氮氧化物是污雾的前体，与微粒排放和铅排放共同对健康造成严重有害影响。以柴油作燃料的车辆，尤其是卡车和大客车，是排放物、尤其是微粒污染的重要来源。在发展中国家，使用陈旧技术的两轮车或三轮车是主要的污染源。原先经合组织国家才有的车辆使用方式正在日益普及：1995年，亚洲售出的新车辆比西欧和北美加起来还要多；在俄国、中国和其他地方，有小汽车的人越来越多。大型客用车辆燃料利用效率不高，造成了特殊的问题；在美国，越野车被划入卡车一类，这样就毋须遵守较为严格的汽车燃料效益标准。飞行也是温室气体排放的主要来源²⁰；预期这一类的排放量会有迅速增加。各国政府、实业界人士和科学家若不能作出协同努力，仍采取一如既往的态度，这个问题就可能更趋严重。

²⁰ 气候变化问题政府间小组，《飞行与地球大气层》，<http://www.grida.no/climate/ipcc/aviatipn/index.htm>

39. **解决办法**——运输部门和其他部门一样，长期目标应当是基本不排放污染空气物质和温室气体（世界能源评估，第 274 页）。最近二十年来，工业化国家在减少车辆排放污染物（如氮氧化物、硫氧化物、铅、微粒物质）方面取得长足的进展，但就温室气体的排放而言，则进展甚微或根本没有进展。要实现后一个目标，就必须开发且大量引进（这是一个缓慢的过程）效率更高、更清洁的车辆动力源。迄今为止，电动车辆收效不大；需要进一步进行有关蓄电池的研究。内燃机采用氧化燃料或酒精的办法对保护环境有所帮助，还有创造就业机会和节约外汇等其他一些好处。由合成气制造的燃料也可以成为内燃机的清洁能源，如合成中间馏出物和二甲醚。利用这些燃料的战略有一项有利条件，那就是：在几十年之内，制造氢分子最便宜的方法可能就是利用合成气，因此，这些战略将铺平以氢为基础的能源经济之路。

40. 较为充分的解决办法将采用更清洁的车载动力源，该动力源是由较为清洁的一次能源产生。一些国家正在把大客车和商用车辆改为采用压缩天然气和燃料电池。在近期而言，小汽车最有希望的新品种为电力/内燃机混合驱动车辆。用燃料电池作动力的车辆正在商业开发之中，可能很快会成为有吸引力的一项选择。这两种情况下都需要所用的电力或车载氢源（氢分子、汽油、甲醇或氢化物）的清洁生产（如利用可再生资源或经过炭隔绝的矿物燃料）。选择燃料电池车辆方面的长、短期备选方案是相互联系的。利用汽油作为氢源，至少在过渡期间这样做，会促进基础设施方面出现所需的必要变更。以合成气为基础的战略可能会用甲醇作为来源，而加工车载甲醇要比汽油来得容易。对于汽油和甲醇而言，燃料电池动力车辆比内燃机在效益和排放方面都有大的优势。

41. 随着高效发动机的开发和新型轻材料及流体力学设计的使用，减少车辆排放的可能性就更多、更大了。正在开发能在高温下工作并使动力系统把更多可用能源转化为动力的材料。其中包括自行监测和自行修复的材料、智能材料、能进行生物降解的材料、高强度金属合金和塑料，以及新的半导体。

42. 结成公、私伙伴关系，开发和促进较清洁车辆和燃料的余地很大。²¹ 在美国、欧洲和日本，可以找到伙伴关系的有益例证。美国结成研制新一代车辆伙伴关系，三大小汽车制造商正同政府合作，开发用于新一代车辆的技术，其燃料效益最高可达 1994 年可比家用轿车的三倍，而性能、成本、安全和排放方面并不逊色。三个工业伙伴都仿造采用压缩点火、直接喷射发动机的混合电驱动火车、生产出了“概念车”。该方案很有意思的一项特征在于对实现该目标的进展情况进行独立、以科学为依据的审查。²² 美国能源部同电池制造厂商之间也进行协作，通过

²¹ 总统科学技术顾问委员会，有力的伙伴关系：国际能源研究、开发、示范和部署合作小组的报告，华盛顿，1999 年。

²² 国家研究理事会，审查研发新一代车辆伙伴关系的研究方案：第六次报告，美国首都华盛顿，2000 年。

高级电池财团、开发蓄能电池尖端系统。在欧洲，欧盟委员会同小汽车制造厂商及炼油厂商合作，以确定这两个产业究竟如何分担实现开发目标的费用和责任，才是最合算的。这项“汽车 - 石油”方案是依照实据进行决策的又一项有趣举措，使道路运输的排放大为减少。但该方案并未直接处理温室气体问题。在日本，本田和丰田得到政府帮助，各自都生产出了电力/汽油混合商用车，其燃料效益大为提高。在其中一些方案中，也正在就氢/燃料电池动力车进行联合研究和开发。法国设立了由政府主持的研究网络，促进公、私研究机构在有关燃料电池的工作方面进行合作；该网络目前开展 56 项研究活动。巴西政府、燃料生产厂商和车辆生产厂商联合开展了一大方案，从甘蔗中提取乙醇、利用蔗渣作为提炼燃料；并改装车辆，使之能采用乙醇，或生产采用乙醇的车辆。该方案把汽油使用量和进口量减少一半，显著改善了一些车辆排放情况。在中国台湾（那里四分之三的机动车辆为两轮摩托车，占一氧化碳排放量的 35% 和碳氢化合物总排放量的 18%），政府同摩托车制造厂商及零部件供应商合作，开发电动小摩托并投入市场。

43. 提议：

(a) 各国政府应当同车辆制造业和能源业，并同科学/工程界协作结成伙伴关系，研究、开发和示范低成本、高效益的清洁运输用动力源。上述各项备选车辆和燃料的开发工作（除铅工作除外）都需要进行研究、开发和示范。不仅应当做小汽车方面的工作，而且还要做二轮和三轮车辆及卡车和大客车的燃料电池系统的工作，因为后面这几种车辆是发展中国家污染和温室气体的重要来源。汽油中要除铅，所有适当车辆都必须装催化转化器。

(b) 研究和开发的优先重点应当是利用再生制动系统并采用流线型轻塑料结构坚固材料，改进电力/汽油混合车辆并降低其成本；还要生产氢燃料，最好利用可再生资源这样做，以及基本无污染的汽车燃料电池。还应当研究开发从纤维素生物物质中提取乙醇燃料的更好的生产方法。

(c) 政府间组织在所有有关伙伴的支助和参与下，应当安排开展一项研究，综合评估生物燃料用于运输的情况，同时考虑到该问题的经济、社会和环境方面。

(d) 减少交通运输所排放的温室气体的各项战略应当基于全面的燃料周期分析，科学界和工程界应当优先开发和应用包含外在成本和利益的生命周期分析方法。²³

(e) 研究和开发的一项优先领域应当是开发方便、经济和安全的机动车储氢方法，如炭纳米纤维。

²³ 澳大利亚，工程院，可持续的运输：回应挑战（1999 年），第 13 页。

专题 4. 可持续运输规划：人的住区的设计和车辆备选方案的选择和模式

44. **问题**——大多数人，发达国家的人当然是这样，认为出门方便是一项基本自由。但出门方便同可持续性越来越多地发生冲突。运输是耗能大户，对环境有着深远的影响，但现代生活方式有赖于现代运输系统。人们看到经济发展与环境保护之间有冲突，这一冲突贯穿运输辩论的全过程，不过，适当的政策和技术回应可以减缓这一冲突。

45. 由于使用了上文所述依靠有害环境动力源的车辆，交通运输成为温室气体和其他污染问题的重要来源；这还不够，它还提出了可持续性的其他问题，因为世界各地的人们对交通运输的需求都在增加，而运输供应的传统模式严重依赖私人机动车，不可能无限制地扩大下去。除空气质量的问题之外，由此而来的交通阻塞耽搁越来越多的时间，还带来相关费用，本来出门方便的目的达不到，不利于提高效益。发展中国家的公共交通往往拥挤不堪、长年失修、速度缓慢又不安全。工业化国家的公共交通往往也不完备。世界各国在开发住区时，往往不作充分的交通规划或土地使用规划。结果，城区或郊区的“无计划扩展”对出门方便、尤其是对私人车辆的使用提出了较高的要求；如果在上述两方面作了充分规划，就不必出现这么高的要求。不同交通方式之间的联接往往不存在或者不够。

46. 大多数政府倾向于鼓励公路交通和个人车辆，而不是铁路和其他形式的公共交通；这样一来，问题就更严重了。这方面的做法往往是限制用户的成本（至少是表面成本），而通过税收制度和补贴制度把实际成本分摊给大众。基础设施的费用多半由社会承担，这还不算，用户一般也只负担使用费和维修费的一部分；而各种交通模式之间，这一数额差异也很大。极少适当考虑到外在因素。

47. **解决办法**—— 需要有两种相辅相成的办法来迎接这些挑战。一要采取能减少人们对机动车交通的需求的生活方式和土地使用模式。有关方法包括综合规划土地使用和交通，考虑鼓励进行更密集的城市开发；旅行需求管理和减少需求战略，如取消免费停车的做法，对公交乘客进行补贴，以及共用小汽车/箱型车；以及旨在使公众交通运输行为可持续化的宣传、教育和奖励方案。²⁴

48. 第二种方法是利用适当政策和现代技术，努力把对可利用的交通运输的需求同可持续目标统一起来。此外着重强调影响对交通运输的需求在不同模式和个人系统及公交系统之间的分配情况。公交系统同个人汽车的使用相比，应当享有优先，如通过利用燃料和车辆税等经济工具。可以利用智能型交通系统等技术发展，引进并指导公路收费；开发各种模式的国家运输资料系统，可以有助于改善不同方式之间交通运输的规划。公交系统的成功典例——如中国香港、巴西库里蒂巴和美国俄勒冈州波特兰的公交系统——可供其他城市借鉴。新颖的共用汽车制

²⁴ 澳大利亚，工程院，同前。

度，如柏林的 Stattauto Berlin 和欧洲汽车共用计划，也许值得进一步研究。²⁵ 通过利用地下管线和其他后勤系统，可以减少对车辆散装货运的需求。

49. 提议：

(a) 所有各级的公共决策者，以及科学家和工程师，应当三管齐下：鼓励可持续的生活方式和土地使用模式，同时利用开发适当技术的工作来建立可持续运输系统。这项工作应争取：不分昼夜、都能安全步行；鼓励骑自行车作为替代公交的安全方式；使乘公共汽车同坐小汽车旅行相比更有竞争力；在最大限度内，把铁路用于客、货运；开发安全、无害环境的管线的充分潜力；减少空中旅行对环境的影响；鼓励利用海运；方便年青人、老年人和有身体缺陷的人出门乘车。

(b) 交通规划工作应当纳入更广泛的、跨学科的居民区规划之中。这一进程应当充分利用自然科学家和社会科学家及所有有关专业工程师的跨学科参与。

(c) 公、私两方面的供资机构应当推动对交通用户动机进行行为研究，如大量使用造成污染的车辆原因何在，怎样才能吸引人们利用公交系统或共用小汽车代步。最后还应当支持对可持续运输所涉机构问题进行研究。

* * *

本文简要评论涉及能源和运输的可持续发展问题，得到了众多科学家和科学机构的帮助。本论文内容比较单一，然而，科学界的工作确是独立而迥异的，科学界丰富多彩的特征是其最重要的一项财富。

必须要看到，本论文所突出表明的、关于能源和运输的趋势，实际上正在朝与我们建议相反的方向发展。能源领域的官方发展投资急剧减少。政府对新能源技术的研究与开发的投资额也有下降。同发展中国家几乎没有进行任何研究与开发方面的协作。机构建设和支助能源、运输的其他重要能力建设没有得到大力支持，在发展中经济体和转型期经济体尤其如此。必须要扭转这些趋势——我们相信，科学界可以对这一进程作出重大贡献。

在所有各级，在所有区域，**科学对于善政而言都是必不可少的**。国际科学界参加可持续发展委员会的进程，就表明它随时愿意协同各国政府、国际组织、其他重要团体和全社会，在确定、实施促进可持续发展的适当解决办法方面，发挥积极作用。

²⁵ <http://www.stattauto.de/ECS.html>