

政府间气候变化专门委员会  
第四次评估报告  
第三工作组的报告

---

## 技术摘要

---

**主要作者：**

Terry Barker (英国)、Igor Bashmakov (俄罗斯)、Lenny Bernstein (美国)、Jean E. Bogner (美国)、Peter Bosch (荷兰)、Rutu Dave (荷兰)、Ogunlade Davidson (塞拉利昂)、Brian S Fisher (澳大利亚)、Sujata Gupta (印度)、Kirsten Halsnæs (丹麦)、BertJan Heij (荷兰)、Suzana Kahn Ribeiro (巴西)、Shigeki Kobayashi (日本)、Mark D. Levine (美国)、Daniel L. Martino (乌拉圭)、Omar Masera (墨西哥)、Bert Metz (荷兰)、Leo Meyer (荷兰)、Gert-Jan Nabuurs (荷兰)、Adil Najam (巴基斯坦)、Nebojsa Nakicenovic (奥地利/黑山)、Hans-Holger Rogner (德国)、Joyashree Roy (印度)、Jayant Sathaye (美国)、Robert Schock (美国)、Priyadarshi Shukla (印度)、Ralph E. H. Sims (新西兰)、Pete Smith (英国)、Dennis A. Tirpak (美国)、Diana Urge-Vorsatz (匈牙利)、周大地 (中华人民共和国)

**编审：**

Mukiri wa Githendu (肯尼亚)

**应按照以下方式引用本技术摘要：**

Barker T., I. Bashmakov, L. Bernstein, J. E. Bogner, P. R. Bosch, R. Dave, O. R. Davidson, B. S. Fisher, S. Gupta, K. Halsnæs, G.J. Heij, S. Kahn Ribeiro, S. Kobayashi, M. D. Levine, D. L. Martino, O. Masera, B. Metz, L. A. Meyer, G.-J. Nabuurs, A. Najam, N. Nakicenovic, H. -H. Rogner, J. Roy, J. Sathaye, R. Schock, P. Shukla, R. E. H. Sims, P. Smith, D. A. Tirpak, D. Urge-Vorsatz, D. Zhou, 2007: 技术摘要：气候变化 – 2007：减缓。政府间气候变化专门委员会第四次评估报告第三工作组的报告 [B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, L. A. Meyer, (编辑)]。英国，剑桥，剑桥大学出版社和美国，纽约。

## 目录

1 引言 .....	27
2 范围界定问题 .....	33
3 与长期减缓相关的问题 .....	37
4 能源供应 .....	43
5 交通运输及其基础设施 .....	48
6 住宅建筑和商业建筑 .....	53
7 工业 .....	58
8 农业 .....	63
9 林业 .....	67
10 废弃物管理 .....	71
11 跨行业减缓 .....	76
12 可持续发展与减缓 .....	81
13 政策、手段和合作协议 .....	87
14 知识上的空白 .....	92

## 1 引言

报告的结构、编写依据、交叉性论题的作用以及范围界定问题

本报告的主要目的是评估气候变化的减缓方案。从某些方面把气候变化与发展问题联系起来。本报告对这些联系作了深入的探讨，并说明在哪些方面气候变化和可持续发展正在相互加强。

经济发展的需要、资源禀赋以及减缓和适应能力因区域不同而异。对于气候变化问题，尚无一通百通的方法，解决方案需要根据不同的区域区别对待，以体现不同的社会经济条件并在一定程度上反映地理上的差异。虽然本报告以全球为重点，但是试图针对不同区域的科学技术发现作出有区别的评估。

虽然各减缓方案在各经济行业之间存在显著的差异，但决定按经济行业组织有关短至中期减缓方案。与第三次评估的做法相反，行业减排方案的所有相关方面，如：技术、成本、政策等均放在一起讨论，旨在向用户提供一个有关行业减排方案的综合讨论结果。

因此，本报告分为四个部分。A部分(第1章和第2章)包括引言并为在其它的政策和决策背景下描述气候变化的减缓构建了框架。该部分还介绍了一些重要概念(如：风险和不确定性、减缓与适应的关系、分布和公平性方面以及区域性综合)并对通篇报告中使用的重要术语作了定义。B部分(第3章)通过仔审查一系列稳定性目标的减缓情景对各项长期稳定目标作了评估，包括如何实现各项目标以及会产生多大的相关成本。另外还根据有关实现稳定的决定(UNFCCC的第2条)讨论了适应、减缓和避免气候变化损失三者之间的关系。C部分(第4章-10章)重点放在详细描述产生温室气体(GHG)排放的各个行业、这些行业的短至中期减缓方案和成本、实现减缓的政策、实现减缓的各种障碍以及适应与其它影响GHG排放的政策之间的关系。D部分(第11章-13章)评估了跨行业问题、可持续发展、国家和国际方面的问题。第11章涉及综合减缓潜力、宏观经济影响、技术的发展与技术转让、与其它政策的协同作用和权衡以及跨国界影响(或溢出效应)。第12章讨论了气候减缓与可持续发展的联系。第13章评估了国内气候政策和各种国际合作的形式。本技术摘要还包括第14章，这一章讨论了在认知上的空白。

过去、现在和未来：排放趋势

在1970-2004年期间，《京都议定书》涵盖的GHG排放增加了大约70%(从28.7增至490亿吨CO<sub>2</sub>当量)，仅在1990-2004年期间大约增加了24%，其中二氧化碳(CO<sub>2</sub>)是最大的排放源，已增加了大约80%(见图TS.1)。最大的CO<sub>2</sub>排放增长点源自发电和公路交通运输。自1970年以来，甲烷(CH<sub>4</sub>)排放大约增加了40%，其中有85%的增长来自化石燃料的燃烧和利用。然而，农业是CH<sub>4</sub>的最大排放源。氮氧化物(N<sub>2</sub>O)排放增加了大约50%，主要是由于化肥使用增加和农业增长。在此期间内工业的N<sub>2</sub>O排放下降(一致性高，证据量充分)[1.3]。

蒙特利尔议定书限制的臭氧损耗物质(ODS)的排放量(包括GHG、氯氟碳化物(CFC)、氢氯氟碳化物(HCFC))从1970年的低水平增加到1990年的大约75亿吨CO<sub>2</sub>当量(占总GHG排放量的20%，未在图TS.1中作出标示)，但是此后在2004年又减少了大约15亿吨CO<sub>2</sub>当量，由于在发展中国家淘汰了各类CFC，因此预估臭氧损耗物质排放将进一步减少。在20世纪90年代期间，由于氟化气体取代了ODS，因此《京都议定书》限制的氟化气体(F-气体)(氢氟碳化物(HFC)、全氟化碳(PFC)和SF<sub>6</sub>)的排放(主要是HFC)迅速大幅度增加，估计2004年的排放量大约为5亿吨CO<sub>2</sub>当量(以100年全球变暖潜势(GWP)为基数大约占总排放量的1.1%)(一致性高，证据量充分)[1.3]。

大气CO<sub>2</sub>浓度已从工业化时代前的水平几乎增加了100ppm,于2005年达到379ppm,2000-2005年期间年平均增加速度高于20世纪90年代的增加速度。所有长生命期的GHG气体的总CO<sub>2</sub>当量(CO<sub>2</sub>当量)浓度目前大约为455ppmCO<sub>2</sub>当量。把气溶胶的冷却效应、从土地利用变化释放出的其它空气污染物和气体纳入等效浓度，得到311-435ppm的有效CO<sub>2</sub>-当量浓度(一致性高，证据量充分)。

人为气溶胶排放估值仍有很大的不确定性。关于全球硫化物排放，看起来已从1990年的75±10 MtS下降到2000年的55-62MtS。有关非硫化物气溶胶的资料很少并具有很高的揣测性。(一致性中等，证据量中等)。

2004年，能源供应大约占GHG排放的26%，工业占19%，土地利用变化和林业释放的气体占17%，农业占14%，交通运输占13%，住宅、商业和服务行

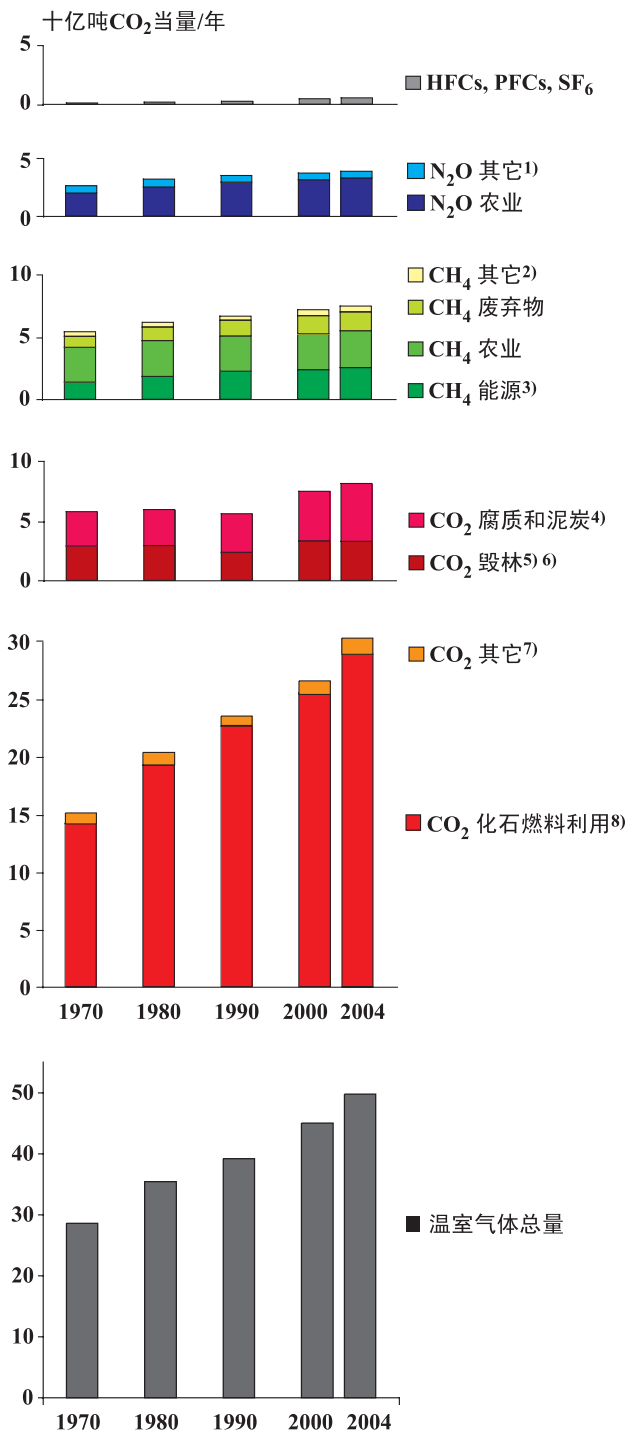


图 TS.1a: 1970-2004年期间按全球变暖潜势 (GWP) 加权平均的全球温室气体排放量。[图1.1a]。  
使用了1996年IPCC第二次评估报告 (SAR) 的100年GWP将温室气体排放转换为CO<sub>2</sub>当量。(参阅UNFCCC报告指南)。包括来自所有源的CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O、HFCs、PFCs 和 SF<sub>6</sub>。图中有关CH<sub>4</sub>和N<sub>2</sub>O的不确定性相当大 (大约为30-50%)，而有关农业和林业的CO<sub>2</sub>的不确定性则更大。

注:

- 1) 其它N<sub>2</sub>O包括工业流程、毁林/草原大火、污水和废弃物焚烧。
- 2) 其它指工业过程和草原燃烧产生的CH<sub>4</sub>。
- 3) 包括生物能源生产和利用过程中的排放。
- 4) 伐木和毁林后残留的地表生物质的腐化(分解)过程以及炭燃烧和干泥炭土壤腐化过程产生的CO<sub>2</sub>排放。
- 5) 以及占总量10%的传统生物质燃烧(假定90%源自可持续性生物质生产过程)。用10%的燃烧后的生物质碳作为木炭进行订正。
- 6) 根据全球林木火灾排放数据库的卫星资料求出的1997-2002年期间大范围森林和灌木生物质燃烧的平均数据。
- 7) 水泥生产和油气田天然气火炬。
- 8) 化石燃料使用包括燃料储存过程产生的排放。

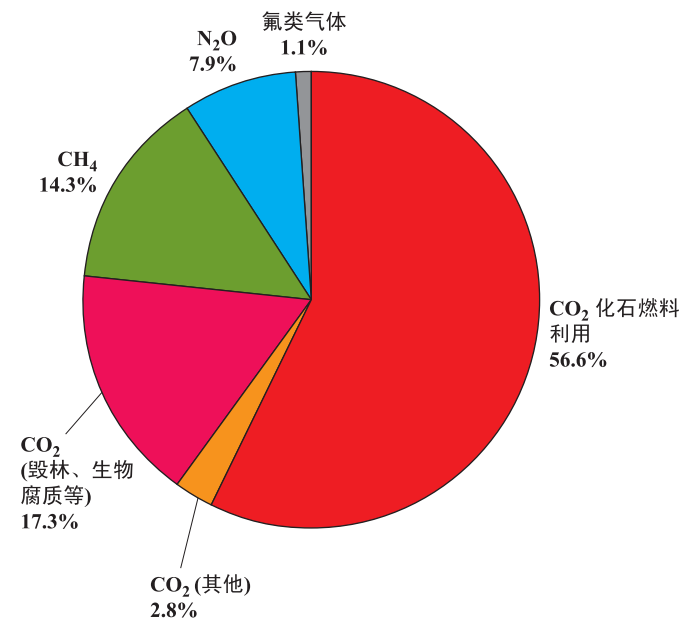
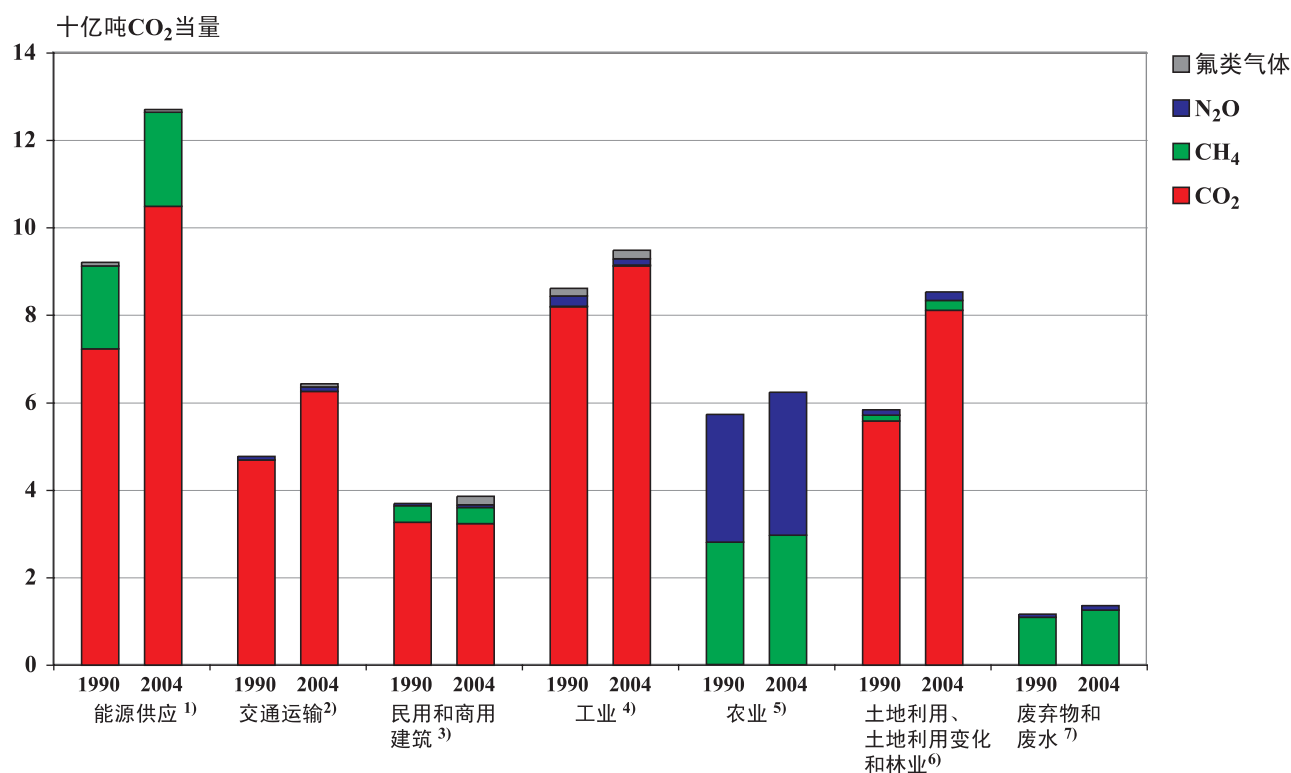


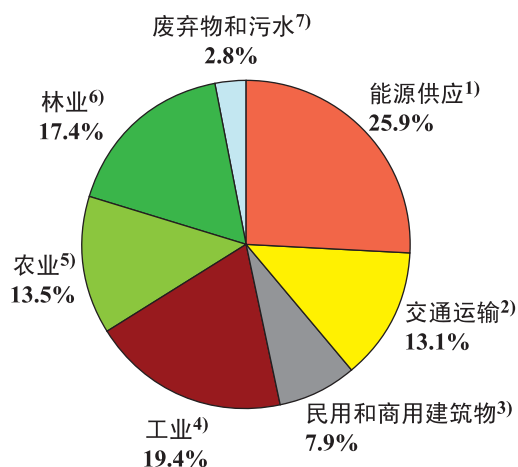
图 TS.1b: 2004年全球人为温室气体排放 [图 1.1b]



图TS.2a和2b注释：使用了1996年(IPCC第二次评估报告(SAR))的100年GWP将温室气体排放转换为CO<sub>2</sub>当量。图中有关CH<sub>4</sub>和N<sub>2</sub>O的不确定性相当大(大约为30-50%)，而有关农业和林业的CO<sub>2</sub>的不确定性则更大。对于大范围生物质燃烧，使用了根据卫星资料建立的“全球燃火排放数据库”中1997-2002期间的平均活动数据。泥炭(燃火和腐化)排放量基于代尔夫特大学水力学小组最近公布的资料。

图TS.2a和2b注释：

- 1) 不包括炼油厂、炼焦炉等，它们已被纳入工业过程。
- 2) 包括国际交通运输(燃料)，但不包括渔业。不包括农用越野车辆和林业越野车辆和机械。
- 3) 包括传统的生物质用途。还报告了第6章提到的各类排放，根据最终使用配额(包括该行业占集中发电造成排放的份额)，从而该行业从较低用电量中产生的任何减缓成就均计入该行业。
- 4) 包括炼油厂、炼焦炉等。还报告了第7章报告的各类排放，根据最终使用配额(包括该行业占集中发电造成排放的份额)，从而该行业从较低用电量中产生的任何减缓成就均计入该行业。
- 5) 包括农业废弃物燃烧和草原燃烧(非-CO<sub>2</sub>)。在本数据库中未对农业土壤CO<sub>2</sub>排放和/或清除作出估算。
- 6) 数据包括毁林的CO<sub>2</sub>排放、伐木和毁林后残留的地表生物质的腐化(分解)过程以及炭燃烧和干泥炭土壤腐化过程产生的CO<sub>2</sub>排放。第9章报告了仅毁林一项产生的各种排放。
- 7) 包括填埋产生CH<sub>4</sub>、污水散发的CH<sub>4</sub>和N<sub>2</sub>O，以及废弃物焚化产生的CO<sub>2</sub>(仅限化石碳)。



图TS.2b: 2004年一些行业的GHG排放 [图1.3b]。

业占8%，废弃物占3%（见图TS.2）。应当把这些图视为标示性，因为仍存在一些不确定性，尤其是有关CH<sub>4</sub>和N<sub>2</sub>O的排放（误差范围估计为30–50%左右），而且农业和林业的CO<sub>2</sub>排放的误差范围更大。（一致性高，证据量充分）[1.3]。

图TS.3给出了人口变化和人均收入变化（国内总产值（GDP），按人均等价购买力—GDP<sub>ppp</sub>/人均<sup>1</sup>表示）对能源有关的CO<sub>2</sub>排放的贡献、能源强度（一次能源总供应量（TPES）/GDP<sub>ppp</sub>）以及碳强度（CO<sub>2</sub>/TPES）。其中某些因子激励CO<sub>2</sub>排放（条块的零线以上部分），其它因子则可降低排放（条块的零线以下部分）。黑色虚线表示每十年的实际排放变化。根据图TS.3，人口和GDP<sub>ppp</sub>/人均增长幅度（以及由此产生的人均能源使用）已超过并预估将继续超过能源强度（TPES/GDP<sub>ppp</sub>）的降幅并掩盖了这样一个事实，即：当前按每个GDP<sub>ppp</sub>单位的CO<sub>2</sub>排放比20世纪70年代初低40%并且下降速度已快于每个GDP<sub>ppp</sub>单位的一次能源或快于每个一次能源单位的CO<sub>2</sub>。能源供应的碳强度（CO<sub>2</sub>/TPES）对20世纪80年代和2000年之间的CO<sub>2</sub>排放起到了一种抵消效应，但是从那时起已逐步增加并预估在2010年之后将不存在这种效应（一致性高，证据量充分）[1.3]。

2004年，附件一国家占全世界人口的20%，

却占全球GHG排放的46%，而非附件一国家占世界人口的80%，仅占全球GHG排放的54%。在最高人均GHG排放（北美）与最低人均GHG排放（非附件一南亚国家）之间形成的区域反差在以下方面更为突出（见图TS.4a）：占世界5%的人口（北美）排放19.4%的GHG，而占世界30.3%（非附件一南亚国家）却排放13.1%的GHG。如果采用每个GDP<sub>ppp</sub>单位GHG公制排放量，则出现另一种不同的情况（见图TS.4b）。照此计算，附件一国家产生了57%的世界总产值，GHG强度为产生0.68公斤CO<sub>2</sub>当量/美元GDP<sub>ppp</sub>（而非附件一国家则为1.06公斤CO<sub>2</sub>当量/美元GDP<sub>ppp</sub>）（一致性高，证据量充分）[1.3]。

预估全球能源使用和供应—GHG排放的主要驱动因子—继续增长，特别是由于发展中国家追求工业化。若不改变能源政策，在2025–2030年时间框架内为全球经济运行提供的混合能源将基本保持不变，80%以上的能源供应依赖产生GHG排放的化石燃料。照此计算，在2030年与能源有关的CO<sub>2</sub>排放预估比2000年高40–110%，排放增量的三分之二至四分之三源自非附件一国家，虽然发达国家的人均排放仍将保持相当高的排放量，即：附件一国家为9.6吨CO<sub>2</sub>/人均至15.1吨CO<sub>2</sub>/人均，相比之下非附件一国家为2.8吨CO<sub>2</sub>/人均至5.1吨CO<sub>2</sub>/人均（一致性高，证

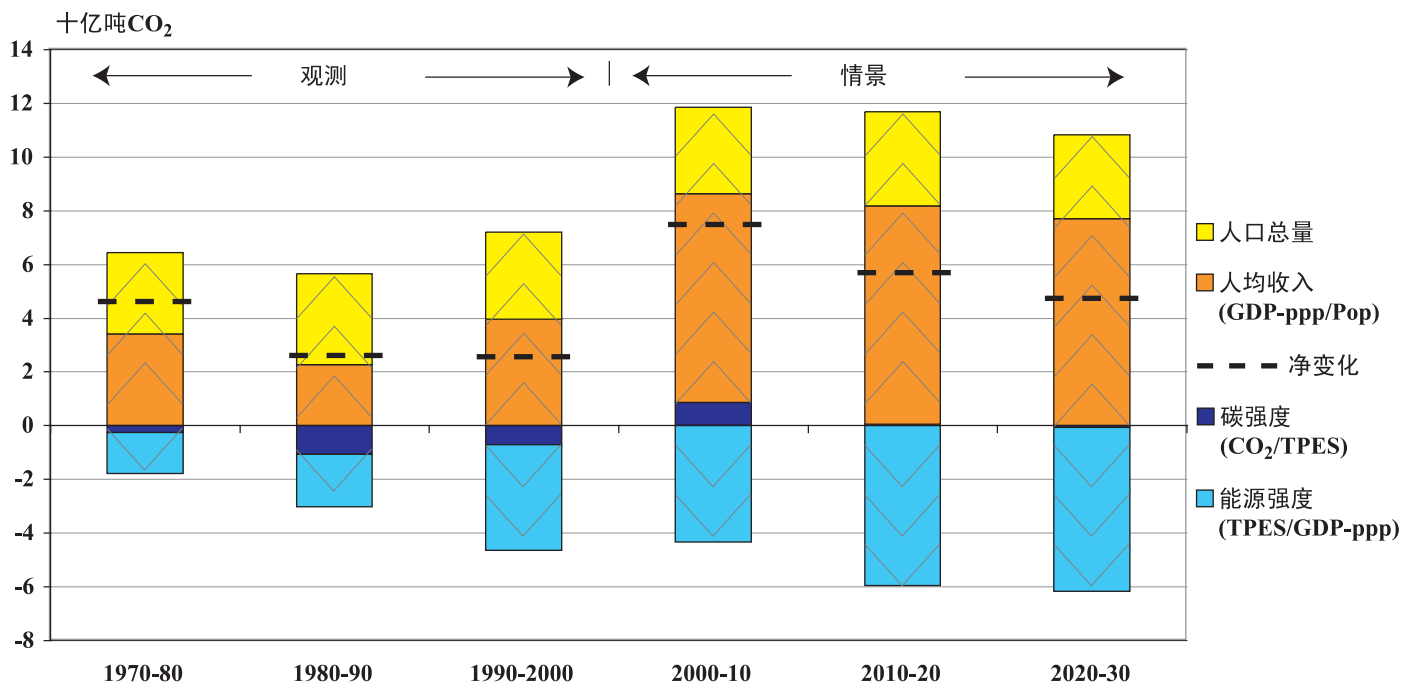


图 TS.3: 过去三个十年和未来三个十年全球尺度与全球能源相关的CO<sub>2</sub> 排放变化分解示意图 [图1.6].

1. 在本报告中GDP<sub>ppp</sub> 值仅用于解释目的。

据量充分)[1.3]。

针对2030年，总GHG排放(《京都议定书》气体)的各项预估一致表明与2000年相比将增加25-90%，较为近期的预估高于先前的预估(一致性高，证据量充分)。

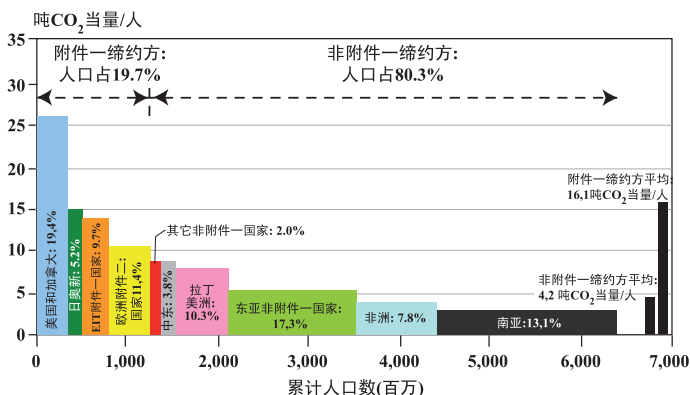
针对2100年，SRES<sup>2</sup>的一系列情景(与2000年相比，从减少40%至增加250%之间不等)仍然有效。较为近期的预估趋于偏高：与2000年相比，增加90%至250%(见图TS.5)。考虑了气候政策的情景还表明全球排放将继续增加多个十年，关于这些政策的实施当前正在讨论之中。

那些出于气候变化之外的其它理由已采取行动的发展中国家(如：巴西、中国、印度和墨西哥)在过去30年期间已经每年减少了大约5亿吨CO<sub>2</sub>；即：

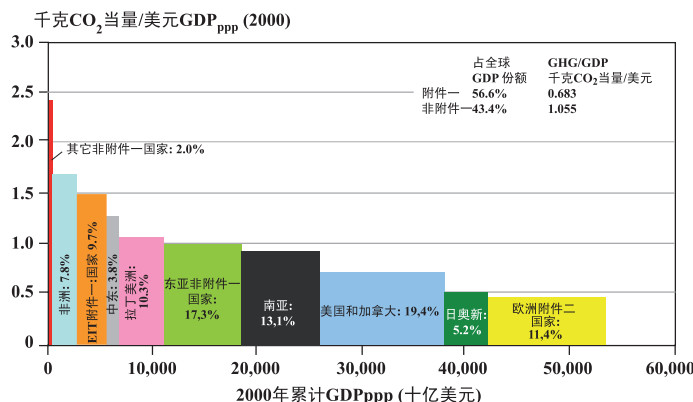
超过了附件一国家根据《京都议定书》需要减少的排放量。许多这类减排行动的动机是发展经济、减少贫困、能源安全和当地的环境保护。因此，最具有前景的政策途径似乎是那些使气候保护与发展重点之间的自然协同作用实现最大化的政策途径，以便同时推动两者的发展(一致性高，证据量中等)[1.3]。

### 国际响应

联合国气候变化框架公约(UNFCCC)是促进对气候变化作出国际响应的主要载体。该公约于1994年3月生效并几乎已得到各国政府的普遍批准—联合国194个成员国中已有189个国家批准(2006年12月)。2005年在CMP1<sup>3</sup>大会上建立了通过加强履约应对气候变化的长期合作行动对话，采取了开放式



图TS.4a: 2004年按不同国家类别人口划分的区域人均温室气体排放分布(所有京都议定书涉及的气体，包括土地利用所产生的各类气体)。各条块中标出的百分比表示各区域占全球GHG排放中的份额。[图1.4a]。



图TS.4b: 2004年按不同国家类别的GDP等价购买力以美元为单位的区域温室气体(所有京都议定书涉及的气体，包括土地利用所产生的各类气体)排放的分布。各条块中标出的百分比表示各区域占全球GHG排放中的份额。[图1.4b]

注：根据UNFCCC和京都议定书的划分标准对国家进行分类；这意味着从那时起凡已加入欧盟的国家仍被列为经济转型(EIT)的附件一国家。没有2004年所有国家的全套资料。每个国家类别的国家包括：

- EIT附件一国家：白俄罗斯、保加利亚、克罗地亚、捷克共和国、爱沙尼亚、匈牙利、拉托维亚、立陶宛、波兰、罗马尼亚、俄罗斯联邦、斯洛伐克、斯洛文尼亚、乌克兰。
- 欧洲附件二国家和M&T: 奥地利、比利时、丹麦、芬兰、法国、德国、希腊、冰岛、爱尔兰、意大利、列支敦士登、卢森堡、荷兰、挪威、葡萄牙、西班牙、瑞典、瑞士、英国、摩纳哥、土耳其。
- JANZ国家: 澳大利亚、日本、新西兰。
- 中东: 巴林、伊朗伊斯兰共和国、约旦、科威特、黎巴嫩、阿曼、卡塔尔、沙特阿拉伯、叙利亚、阿拉伯联合酋长国、也门。
- 拉丁美洲&加勒比海地区: 安提瓜&巴布达、阿根廷、巴哈马、巴巴多斯、伯利兹、玻利维亚、巴西、智利、哥伦比亚、哥斯达黎加、古巴、多米尼加、多米尼加共和国、厄瓜多尔、萨尔瓦多、格林纳达、危地马拉、圭亚那、海地、洪都拉斯、牙买加、墨西哥、尼加拉瓜、巴拿马、巴拉圭、圣卢西亚、圣文森特的格林纳丁斯、苏里南、特立尼达和多巴哥、乌拉圭、委内瑞拉。
- 非附件一东亚国家: 柬埔寨、中国、朝鲜(人民民主主义共和国)、老挝(人民民主主义共和国)、蒙古、韩国、越南。
- 南亚: 阿富汗、孟加拉、不丹、科摩罗、库科群岛、斐济、印度、印度尼西亚、基里巴斯、马来西亚、马尔代夫、马绍尔群岛、密克罗尼西亚(联邦)、缅甸、瓦努阿图、瑙鲁、纽埃、尼泊尔、巴基斯坦、帕劳、巴布亚新几内亚、菲律宾、不丹、萨摩亚、新加坡、所罗门群岛、斯里兰卡、泰国、东帝汶、汤加、图瓦卢、瓦努阿图。
- 北美国家: 加拿大、美利坚合众国。
- 其它非附件一国家: 阿尔巴尼亚、亚美尼亚、阿萨拜疆、波斯尼亚赫塞格维纳、塞浦路斯、格鲁吉亚、哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、马耳他、马尔多瓦、圣马力诺、塞尔维亚、塔吉克斯坦、土库曼斯坦、乌兹别克斯坦、马其顿共和国。
- 非洲: 阿尔及利亚、安哥拉、贝宁、博茨瓦纳、布基纳法索、布隆迪、肯尼亚、莱索托、利比亚、马达加斯加、马拉维、马里、毛里塔尼亚、毛里求斯、摩洛哥、莫桑比克、纳米比亚、尼日尔、尼日利亚、卢旺达、圣多美和普林西比、塞内加尔、塞舌尔、塞拉利昂、南非、苏丹、斯威士兰、多哥、突尼斯、乌干达、坦桑尼亚共和国、赞比亚、津巴布韦。

2. SRES指在IPCC排放情景特别报告(IPCC, 2000b)中描述的各类情景。A1情景族描述了这样一个未来世界：经济增长非常快，人口增长低，新的更高效的技术被迅速引进。B1描述了一个趋同的世界：全球人口与A1相同，在本世纪中叶达到峰值之后下降，经济结构迅速调整。B2描述了这样一个世界：“强调经济、社会和环境可持续发展的局地解决方案”。其特征是全球人口增长幅度不大，经济发展处于中等水平，与A1B情景相比技术变化速度较为缓慢且更加多样化。

3. 缔约方大会(COP)是公约的最高机构，它同时也作为京都议定书的缔约方会议(MOP)。CMP1指缔约方大会的第一次会议，该会议也作为京都议定书的缔约方会议。

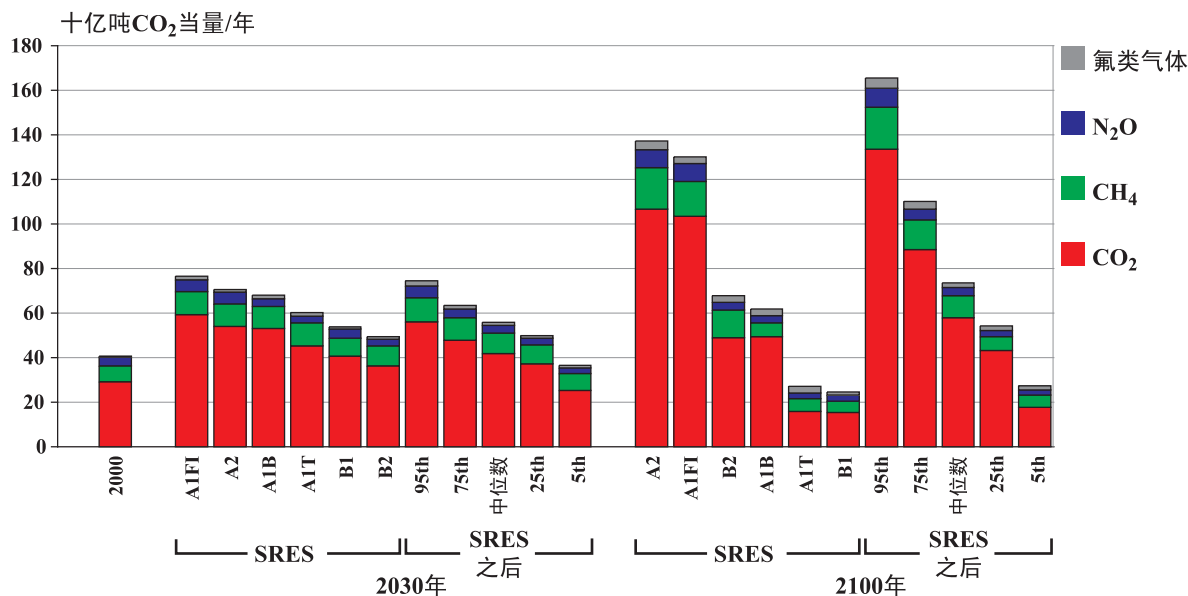


图 TS.5: 根据IPCC SRES和SRES之后文献得出的2000年全球温室气体排放量、预估的2030年和2100年的温室气体排放量。正如第3章所述, 此图还显示出SRES之后的各情景中排放的频率分布 (第5个、第25个百分位、中位数、第75和第95个百分位)。氟类气体包括 HFCs, PFCs和SF<sub>6</sub> [1.3、3.2、图 1.7]。

的和无约束力的意见和信息交流形式, 以支持公约的有力实施。

对上述条约的第一个补充性文件—《京都议定书》于1997年通过并于2005年2月生效。截至到2007年2月, 168个国家和欧洲经济共同体已批准了该议定书。根据《京都议定书》第3.1条, 附件一缔约方同意累计减少其GHG总体排放, 至少比1990年的排放水平低5%。《京都议定书》的生效标志着朝着实现UNFCCC的最终目标: 避免危险的对气候系统的人为干扰方向迈出了第一步, 虽然步伐并不太大。然而, 议定书所有签字方的全面实施仍远远尚未扭转全球GHG排放的总体趋势。《京都议定书》的优势在于它提供了一些市场机制, 如: GHG排放交易及其体制结构。然而, 该议定书的一个弱点是它未得到一些GHG排放大国的批准。在CMP1会议上设立了一个新的关于在《京都议定书》2012年之后附件一国家义务的特设工作组(AWG)并在CMP2会议上同意将于2008年对《京都议定书》第9条进行第二次审议。

还有一些有关开发和实施GHG减排新技术的自愿性国际倡议。其中包括: 碳固化问题领导层论坛(旨在促进CO<sub>2</sub>的捕获和封存)、氢问题伙伴关系、甲烷与市场伙伴关系以及亚太清洁发展和气候伙伴关系(2005), 此项倡议包括澳大利亚、美国、日本、

中国、印度和韩国。自2005年在苏格兰的格伦伊格尔斯召开的八国峰会以来, 气候变化也已成为八国集团一个重要的日益关切的问题。在上述会议上, 制定了一项行动计划, 该计划赋予了国际能源机构、世界银行和可再生能源和能效伙伴组织支持上述努力的任务。此外, 格伦伊格尔斯会议为最大的排放国建立了一个关于清洁能源、气候变化和可持续发展的对话进程。国际能源机构(IEA)和世界银行被赋予了为上述对话进程提供咨询的责任 [1.4]。

### 公约第2条与减缓

联合国气候变化框架公约第2条要求防止对气候系统造成危险的干扰并因此要求在可实现这一目标的某个时间框架内将大气GHG浓度稳定在可实现上述目标的水平上。第2条的标准规定了危险的人为气候变化(风险)包括: 粮食安全、生态系统的保护和可持续发展的经济发展。实施公约第2条意味着回答一些复杂的问题:

#### 气候变化到什么程度才是危险的?

针对第2条作出的各项决策需要判定作为政策目标的气候变化程度, 并对减排路径以及对所需的适应规模产生根本性影响。选择某个稳定的水平, 这意味着——对照可能威胁经济可持续性的应对措施



产生的各种风险来平衡气候变化的各种风险(从渐进的变化到极端事件,以及不可逆转的气候变化,其中包括与粮食安全、生态系统和可持续发展)。虽然对‘危险的干扰’作出的任何判断一定是一种社会和政策判断,它取决于被视为可接受的风险程度大小,如果要想实现稳定,大幅度减排则不可避免,稳定水平愈低,实现大幅度减排须愈早。(一致性高,证据量充分)[1.2]。

#### 可持续发展:

预估的人为气候变化看来可能对可持续发展产生不利的影响,其影响趋于随着GHG浓度的升高而增加(WGII AR4,第19章)。经妥善设计的气候变化响应可成为可持续发展的一个不可分割的组成部分,而且两者能够相互加强。气候变化的减缓能够保护或加强自然资本(生态系统、环境资源和经济活动所需的汇)并防止或避免对各人类系统的破坏,因而为提高社会经济发展所需资本的总体生产力做出贡献,其中包括减缓和适应能力。反之,可持续发展路径能够降低对气候变化的脆弱性并减少GHG排放(一致性中等,证据量充分)[1.2]。

#### 分配问题:

气候变化受当前排放和未来影响以及脆弱性的极不对称分布的支配。能够通过分配减缓或适应成本,通过分配未来的排放权利以及通过确保机构和程序的公正性的方式来详细确定公平性。由于工业化国家是过去和当前大部分GHG的排放源,并具有采取行动的技术和财政能力,公约把减缓气候变化的最初步骤中最沉重的担子压在了这些国家的肩上。这已在‘共同但有区别的责任’中得到体现(一致性高,证据量充分)[1.2]。

#### 特定时间:

由于气候系统和社会经济系统的惯性,目前启动的减缓行动的效益也许只有在几十年之后才能产生显著的但已避免的气候变化。这意味着减缓行动需要在短期内开始,以便产生中期和长期效益并避免锁定碳密集型技术(一致性高,证据量充分)[1.2]。

#### 减缓与适应:

适应和减缓是对气候变化做出的两种类型的政策响应,它们能够互补,互为替代或互不依赖。由于气候系统存在惯性,因此无论减缓措施的规模有多大,适应措施将总是需要的。在今后20年左右,即便出台最激进的气候政策,它也无法避免已经‘加

载到’气候系统中的增暖。避免气候变化产生的效益将只有在上述时间以后才能逐渐积累显现。在较长时间内,在今后几十年之后,减缓投资将产生更大的避免气候变化的潜力,而且这一潜力大于当前所能够预料的任何适应方案(一致性中等,证据量中等)[1.2]。

#### 风险与不确定性:

履行公约第2条的一个重要方面是在评估气候变化风险和严重性过程中和在评价降低风险所需的减缓行动(及其成本)水平过程中涉及到的不确定性。鉴于这一不确定性,针对履行公约第2条的决策会融入了风险管理原则而从中受益。一个谨慎而富有前瞻性的风险管理方法将会在避免气候变化损害的成本和效益的基础上囊括适应和防御性减缓措施,同时还应考虑最坏结果的(很小)发生几率(一致性中等,证据量中等)[1.2]。

## 2 范围界定问题

### 减缓气候变化与可持续发展

在气候变化与发展之间存在一种双向关系。一方面,对气候变化的脆弱性受到发展格局和收入水平的制约和强有力的影响。有关技术、投资、贸易、贫困、社会权利、社会政策或治理的决策也许看起来与气候政策无关,但是这些决策也许对排放、所需减缓范围以及对由此产生的成本和效益带来深刻的影响[2.2.3]。

另一方面,在更可持续的发展意义上,气候变化本身和适应政策及减缓政策可对发展产生显著的积极影响。这引申出这样一个理念,即:气候变化政策可被视为1)依靠自身的权利(‘气候优先’);或2)作为可持续发展政策的一个不可或缺的组成部分(‘发展优先’)。可把这一辩论界定为一个可持续发展的问题,而不是一个单纯的环境问题,这也许能够更好地满足各国的需要,与此同时承认排放的驱动力与助长排放的发展路径相关[2.2.3]。

发展路径的演进是经济和社会交易的产物,而发展路径受到政府政策、私营行业举措的影响,并受到客户消费倾向和选择的影响。这包括与自然保护、法律框架、知识产权、法律规则、税收和法规、粮食生产、保障与安全、消费模式、人才和机构能力建设、研发、财政方案、技术转让、能源效

率和能源方案等相关的一系列政策。这些政策通常并非作为一揽子一般性发展政策的一部分出台并逐步推行，而通常是针对更具体的政策目标，如：空气污染标准、粮食安全和健康问题、GHG减排、特定群体创收，或绿色技术的产业发展等。然而，这类政策能够对可持续性和温室气体减缓以及对适应结果产生显著的影响。这种存在于减缓气候变化与发展之间的强有力的关系既适用于发达国家，也适用于发展中国家。第12章以及第4-11章也用一定的篇幅均对上述问题作了详细的阐述[2.2.5; 2.2.7]。

新出现的文献已指出了一些方法，用于确定、特征化描述和分析可持续发展与气候变化响应之间的相互作用。一些作者已提示：能够把可持续发展作为一个共同评估社会、人文、环境和经济因素的框架予以对待。解决这些因素的一种方式是利用一些经济、环境、人文和社会指标评估各项政策对可持续发展的影响，其中包括定量和定性衡的量标准（一致性高，证据量有限）[2.2.4]。

### 决策、风险和不确定性

减缓政策的制定是为了应对气候变化影响风险方面的关切。然而，针对这些关切做出适当反应的决策就是处理各种不确定性。风险是指这样一些情况，其结果及其后果的概率能够通过成熟的理论和可靠的、完整的资料予以确定，而不确定性是指相关资料也许零散或缺乏的情况。不确定性的原因包

括证据数量不足或相互矛盾，也包括人类行为。不确定性的人类因素，特别是协调和战略行为问题，构成了与减缓气候变化相关的不确定性的主体（一致性高，证据量充分）[2.3.3; 2.3.4]。

支持决策的分析能够有助于决策者决策，在没有一个普遍达成共识的最佳政策的情况下尤为如此。为此，已有一些分析方法可供选择，每种方法都有各自的优点和缺点，这些方法有助于将气候变化问题的信息内容保持在大批决策者的认知范围内，并保障在许多参与方之间开展更有依据的和更有效的对话。但在确定、衡量和量化许多变量方面仍存在一些突出的问题，而这些变量对任何支持决策分析框架都是重要的内容，尤其是对那些不具有市场价值的自然系统和人类健康的影响；对此，所有方法都对现实作了简化处理（一致性高，证据量充分）[2.3.7]。

当许多负责不同的价值体系的决策者参与决策时，尽可能清楚地了解预期借鉴的任何分析结果所依据的价值判断，这对决策者是有帮助的。但只要分析的目的是展现那些与高不确定性和高风险相关的选择，那么这可能尤为困难和细微（一致性中等，证据量中等）[2.3.2; 2.3.7]。

综合评估能够让决策者了解地球物理方面的气候变化、气候影响预测、适应潜力和减排成本与避免气候变化损失的效益之间的关系。这些评估具有处理不完整的或不精确数据的框架。

表 TS.1: 不确定性的定性定义[表 2.2]

	一致性高， 证据量有限	一致性中等， 证据量中等	一致性高， 证据量充分
	一致性中等， 证据量有限	一致性中等， 证据量中等	一致性中等， 证据量充分
	一致性低， 证据量有限	一致性低， 证据量中等	一致性低， 证据量充分
就某个具体研究发现达成的一致性程度			
	证据量（独立来源的数量和质量）		

注：本表是基于两方面的不确定性：证据量<sup>5</sup>和一致性水平。关于某一特定技术的证据量是通过审查独立来源信息的数量和质量作出的评估。一致性水平表示在一定范围内研究结果的主观概率。

4. IPCC的规则允许既可使用经同行细审的文献，也可使用未经同行评审但作者认为具有同等质量的文献。

5. 在本报告中“证据”的定义是：表示一个信念或主张是否真实或有效的信息或迹象。关于详细的解释，参见术语表。

为了体现所涉及到的不确定性，本报告使用了表TS.1中的术语，用于描述评估专家根据基础文献(表中的行)并根据某项研究发现按IPCC规则<sup>4</sup>进行量化的独立来源的数量和质量(表中的列)对各自评价陈述达成一致的相对水平。就人为选择而言，本报告未使用‘可能性’和‘信度’等其它表述方法，因为使用其它方法均无法对减缓所涉及的不确定性作出充分的特征表述(一致性高，证据量充分)[2.4]。

### 成本、效益、概念(包括私人成本和社会成本视角)和与其它决策框架的关系

有不同的定义减缓潜力的方法，因此明确潜力的具体含意很重要。‘潜力’用于表示GHG减排的程度，即：与某个基线或基准个例相比，某项减缓方案能够通过在一定时期内避免一吨碳的特定成本所实现的减排量。衡量单位通常用相对于基线排放的避免排放百万吨碳或CO<sub>2</sub>当量表示[2.4.3]。

**市场潜力**指基于私人成本和私人贴现率<sup>6</sup>的减缓潜力，它可以是在预测的市场条件下预计出现的潜力，包括当前出台的政策和措施，同时关注限制实际吸收的各种障碍。

**经济潜力**指GHG的减缓量，它考虑了社会成本和效益以及社会贴现率<sup>7</sup>，同时假设市场效率通过政策和措施而提高，并且各种障碍被清除。然而，目前自下而上和自上而下的经济潜力研究在考虑生活方式选择和包括所有外部因素(如局地空气污染)方面存在局限性。

**技术潜力**指通过实施一项经过示范的技术或做法能够减少GHG排放。在此没有具体提及成本，只提及了‘实际限制’，尽管在某些情况下考虑了隐含的经济因素(一致性高，证据量充分)[2.4.3]。

针对市场潜力的研究能够用于向决策者通报有关减缓潜力的信息(包括现行的政策和障碍)，而针对经济潜力的研究表示如果出台适当的新政策和附加政策，清除各种障碍并纳入社会成本和效益，则可取得什么样的结果。因此，经济潜力一般大于市场潜力。减缓潜力的估算使用的不同类型的方法。有两大类，即“自下而上”的方法和“自上而下”的方法，这两类方法主要用于评估经济潜力：

- **自下而上的研究**基于对减缓方案的评估，突出强调具体的技术和规定。这类研究一般是针对行业的研究，宏观经济视为不变。正如第三次评估，对行业的估值进行累积综合，旨在为本次评估提

供一个有关全球减缓潜力的估值。

- **自上而下的研究**评估各减缓方案的整体经济潜力。这类研究利用有关减缓方案的全球一致性框架和综合信息，并抓住宏观经济反馈和市场反馈。

自下而上的研究对评估行业层面的具体政策方案尤其有用，例如提高能效的方案，而自上而下的研究对评估跨行业和整体经济的气候变化政策有用，如碳税和实现稳定排放的政策。自第三次评估以来，自下而上和自上而下的模型已变得更为相似，因为自上而下的模型采纳了更多的技术减缓方案(参见第11章)，而自下而上的模式采纳了更多的宏观经济反馈和市场反馈，而且这两种模型结构均采用了障碍分析。

### 减缓和适应的关系：能力和政策

气候变化的减缓和适应有一些共同的因素，在应对气候变化方面可以互补，互相替代，具有独立性或竞争性，并且还有很大不同的特征和时间尺度[2.5]。

适应和减缓两者均对社会能力提出要求，均与社会和经济发展有着密切的联系。应对气候变化取决于气候风险的程度、社会的自然和人为资本资产、人力资本和机构以及收入。这些加起来将确定一个社会的适应和减缓能力。支持发展的政策和提高其适应和减缓能力的政策也许(但不一定)有许多共同之处。可选择一些政策，使其对自然系统和社会经济系统产生协同影响，但是有时可能不得不做出困难的权衡取舍。决定各利益攸关方和社会实施气候变化减缓和适应措施能力的关键因素包括：获取资源、市场、金融、信息和一些治理问题(一致性中等，证据量有限)[2.5.2]。

### 分配和公平性方面

关于气候变化的决策对地方、国家、区域之间和几代人之间的公平性有大的影响，并且应用不同的公平性方法对政策建议，乃至对气候政策的成本和效益的分配有重大影响[2.6]。

针对社会正义的不同方法能够用于评估气候变化政策的公平性后果。正如第三次评估报告(TAR)所指出的那样，鉴于在不同的利益攸关方之间对某些公平性原则具有很强的主观倾向，找出结

6. 私人成本和贴现率体现了私人消费者和公司视角；关于更完整的解释见术语表。

7. 社会成本和贴现率体现了社会视角。社会贴现率低于私人投资者所使用的那些贴现率；更完整的解释见术语表。

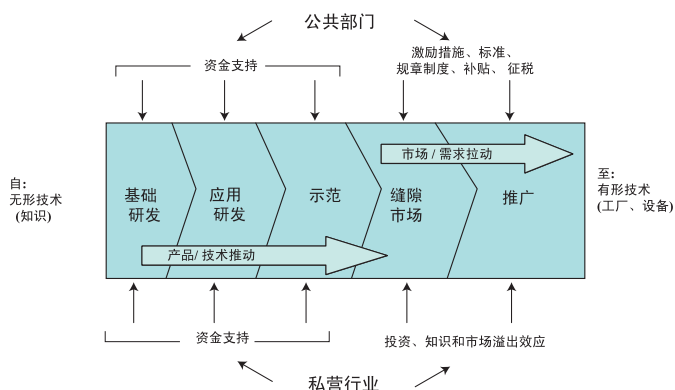


图 TS.6: 技术开发周期及其主要驱动力[图2.3]。

注：在此说明的程式化技术生命周期阶段之间存在重要的重叠和反馈。因此该图并非表示一个创新的‘线性’模型。在术语上对‘技术’加以细微区分，认识到这一必要性是很重要的，当讨论不同减缓和适应方案时尤为如此。

合公平性原则的切实可行的方法则更有成效。公平性方法各不相同，有传统经济方法、基于权利的方法等。经济方法是评估不同群体乃至整个社会的福利得失，而基于权利的方法则侧重于权利，例如对所有国家按人均计算排放或按GDP计算排放，而不考虑减缓成本或减缓能力。文献还包括一种侧重于机遇和自由的能力方法，该方法从气候政策方面可解释为减缓或适应或避免对气候变化脆弱的能力（一致性中等，证据量中等）[2.6.3]。

### 技术研究、开发、部署、推广和转让

应对气候变化的速度和成本还将关键取决于能够在未来降低排放技术的成本、性能和可提供性，虽然其它因素（如：财富和人口的增长）也很重要[2.7]。

技术同时影响气候变化问题的规模和其解决方案的成本。技术是整套的能力和工具，涉及专门知识、专业技术、经验和设备，被人类用来提供服务并转化为资源。技术在减缓GHG排放方面的主要作用是控制限排的社会成本。许多研究表明改进目前正在使用的减排技术并开发和部署先进的减排技术具有显著的经济价值（一致性高，证据量充分）[2.7.1]。

可预计一系列技术组合在实现《联合国气候变化框架公约》的目标和管理气候变化的风险方面能够发挥作用，因为需要大量减排，各国的情况大不相同，而且各方案的业绩具有不确定性。气候政策不是技术变化的唯一决定因素。然而，对未来

情景的评审（参见第3章）表明在气候政策未出台的情况下，技术变化的总体速度可与气候政策的影响一样大，若不是更大的话（一致性高，证据量充分）[2.7.1]。

技术变化尤为重要，因为气候变化的特征是具有长期时间尺度。从技术创新到全面推广的滞后期以及资本周转率的滞后期，典型的时间尺度为十年或百年，因为能源资本存量和基础设施的特点是生命周期长。

许多方法都用于将技术变化的过程分成不同的阶段。一种方法是将技术变化视为一个大致分为两个过程：1)构思、创造和开发新技术或提高现有技术推进“技术前沿”；2)推广或部署这类技术。我们对技术及其在解决气候变化问题方面的作用的认识正在不断提高。但是技术的创造、开发、部署并最终替代这些过程则是复杂的（参见图TS.6），并且对这些过程还没有简单的描述。技术开发和部署的特点是两个公益性问题。第一，研发水平欠佳，因为私人决策者无法捕捉到私人投资的全部价值。第二，有一个传统的环境外部性问题，即：私人市场并非体现气候变化的全部成本（一致性高，证据量充分）[2.7.2]。

技术变化的三个重要来源是研发、学习和外溢效应。

- 研发包含一系列活动，其中企业、政府或其它实体提供资源，专门获得新的知识，并体现在新技术或改进的技术中。
- 学习是支撑技术进步的复杂源泉的综合结果，往往包含研发、外溢效应和规模经济等的重要贡献。
- 外溢效应指将创新的知识或创新的经济效益从个人、企业、行业或其它实体转让给另一个人、企业、行业或实体，或从一项技术转换为另一项技术。

从整体而言，经验和理论证据强有力地表明上述所有三者都在技术进步方面发挥着重要作用，并且没有令人信服的理由使人认为某一个方面要比其它两个方面重要得多。由于其它行业的外溢效应对能源行业的创新产生了巨大影响，所以一个确凿的、广泛的技术基础对于与气候变化相关的技术开发以及对于显性气候变化研究或能源研究同等重要。需要开展一系列研究，因为事先确定赢家 and 输家是是不可能的。技术变化的源泉往往归于一般驱动

力‘供应推动’(如通过研发)或‘需求拉动’(如通过学习)。但是,它们之间不是一种简单的替代关系,但也许是具有很强互补性互动关系(一致性高,证据量充分)[2.7.2]。

关于技术转让,IPCC技术转让方法和技术问题特别报告(2000年)的主要发现仍然有效:东道国和受援国都需要创造一个适当的有利环境(一致性高,证据量充分)[2.7.3]。

### 区域因素

气候变化研究中使用了各种不同的区域定义,这取决于所考虑问题的特点和方式方法上的差异。可能出现的区域表征的多样性阻碍了针对特定区域和尺度的各类研究之间信息的可比性和信息的传递。本报告主要选择了务实的方法对区域信息进行分析并阐述各项研究发现[2.8]。

## 3 与长期减缓相关的问题

### 基线情景驱动

人口预估目前普遍低于IPCC排放情景特别报告(SRES)的预估,因为新的资料表明世界许多地区的出生率大幅下降。迄今为止,这些新的人口预估在许多新的排放情景分析文献中尚未采用。纳入了这些预估的研究报告得出的结果的总体排放水平大同小异,因为其它驱动因子发生了变化,如经济增长(一致性高,证据量充分)[3.2.1]。

经济增长的前景并没有太多改变。在公布的GDP数字中有相当大的重叠,新情景的中间值略有下调,与SRES情景前文献中的中间值相比下调了约7%。资料显示GDP预估的分布没有明显变化。对非洲、拉丁美洲和中东地区经济增长的预估均低于SRES情景中的水平(一致性高,证据量充分)[3.2.1]。

### 基线情景排放(所有气体和行业)

到2100年在SRES之后的文献中整个基线情景所反映的有关能源和工业CO<sub>2</sub>排放的产生范围非常大,从17到约135GtCO<sub>2</sub>当量(4.6–36.8GtC)<sup>8</sup>,与SRES的范

围基本相同(图TS.7)。不同的理由可以解释这样一个事实:排放没有下降,尽管对人口和GDP的预估有所降低。在所有其它因素均相等的情况下,人口预估下降则会导致排放减少。但是,在使用下降预估的情景中,其它排放驱动因子的变化部分抵消了人口下降的后果。没有几项研究采纳了人口下降预估,但是凡在采纳人口预估的研究中,表明人口下降已被更高的经济增长率所抵消,并且/或者转向碳密集更高的能源系统,如转向煤,因为石油和天然气的价格在不断上涨。多数情景显示在本世纪大多数时间内排放将增加。但是,新、旧文献中也都有些基线(基准)情景显示排放达到峰值之后便开始下降(一致性高,证据量充分)[3.2.2]。

预估与土地相关的GHG基线排放会随着对耕地需求的增加而上升,但是速率比与能源相关的排放增加要慢。至于土地利用变化(主要是毁林)造成的CO<sub>2</sub>排放,SRES之后的情景显示了与SRES情景相似的趋势:缓慢下降,可能导致到本世纪末达到零净排放。

预估非CO<sub>2</sub>温室气体的整体排放(主要源于农业)将增加,但是比CO<sub>2</sub>排放的速度略低,因为最重要的CH<sub>4</sub>和N<sub>2</sub>O均源于农业活动,并且农业的增长低于能源利用的增长。近期文献的排放预估与SRES相类似。最近的非CO<sub>2</sub>温室气体排放基线情景表明农业CH<sub>4</sub>和N<sub>2</sub>O排放到本世纪末都将增加,有些基线显示有可能增加一倍。虽然预估某些含氟化合物的排放将下降,但预计其中许多排放将大幅上升,因为部分排放行业增长速度快,并且ODS被HFC所取代(一致性高,证据量中等)[3.2.2]。

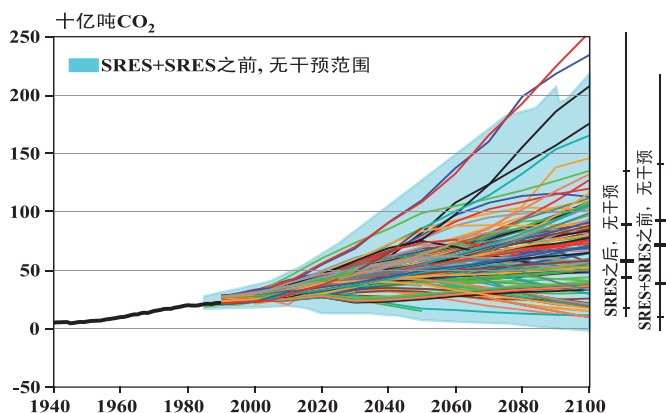
自SRES以来,气溶胶前体物SO<sub>2</sub>和NO<sub>x</sub>排放预估发生了明显变化。最近的文献显示这些排放的短期增长比SRES预估的要慢。因此,最近的文献也显示两种排放源的长期幅度也有所降低。最近的情景预估硫排放会较早达到峰值,并且水平比SRES预估的要低。为数不多新的情景已经开始探讨黑碳和有机碳的排放路径(一致性高,证据量中等)[3.2.2]。

总之,对文献中的SRES与新情景进行比较可以看出各主要驱动力和排放范围无很大变化。

### GDP换算方法

对于长期情景,经济增长通常按GDP或国民生

8. 这是完整分布的第5至第95百分位



图TS.7: 文献中SRES和SRES之前与能源相关的和工业的CO<sub>2</sub>排放情景与SRES之后情景的比较[图3.8]。

注: 图右侧的两条垂直线表示情景分布的最低到最高范围, 并表示到2100年各分布的第5、第25、第50、第75和第95百分位。

产总值(GNP)增长形式报告。为了获得各国之间经济活动实际规模有意义的动态比较, GDP按某个基准年的不变价格报告。

换算系数、市场汇率(MER)或等价购买力(PPP)的选择取决于正在开展分析的类型。然而, 当计算排放量(或其它物理量, 如能源)时, 选择MER或基于PPP的GDP, 这并不重要, 因为当GDP数字发生变化时, 排放强度也将发生变化(以补偿方式)。因此, 如果使用一套前后一致的换算方法, 那么换算方法的选择应不会明显地影响最终的排放水平。文献中一些新的研究均认同汇率的实际选择本身并不对长期排放预估产生明显的影响。在SRES中, 无论是用MER还是用PPP衡量四大情景系列中的经济活动, 其排放轨迹均相同。

有研究发现在按PPP和MER估算的排放水平之间存在一些差别。除其它因素之外, 这些结果关键取决于趋同性假设。在一些短期情景中(到2030年), 采用了自下而上的方法, 即: 假设生产力的增长和投资/节余决策是模式中出现增长的主要驱动因子。在长期情景中, 自上而下的方法更常用, 即基于趋同性假设或其它关于长期增长潜力的假设, 对实际增长率作了更直接的描述。当从按MER计算转为按PPP计算时, 由于在调节能效提高的换算过程中存在不一致性, 故有可能产生不同的结果。

从数量有限的那些基于PPP研究的新证据表明当使用一致的换算方法时, GDP换算方法的选择(MER或PPP)对预估的排放没有明显的影响。与由其参数假设引起的不确定性相比, 如技术变化, 差

异即便存在也比较小。关于这一问题的辩论清楚地表明模拟人员需要在解释换算系数时应更加透明, 并在作出外部因子假设时需要小心谨慎(一致性高, 证据量充分)[3.2.1]。

## 稳定情景

文献中的一个常用目标是CO<sub>2</sub>浓度在大气中实现稳定。如果所研究的GHG不止一种, 那么一种可替代的方案是按CO<sub>2</sub>当量浓度或辐射强迫设置一个GHG浓度目标, 从而根据其辐射特性对不同气体的浓度进行加权。另外一种方案是稳定全球平均温度或以该温度为目标。与温度目标相比, 辐射强迫的各项目标的优点在于辐射强迫的计算不取决于气候敏感性。缺点是对每个辐射强迫水平都可能产生一系列宽泛的温度影响。但另一方面, 温度目标有一个重要的优点: 与气候变化的影响有着更为直接的关联性。另一种方法是针对具体稳定目标或辐射强迫目标计算自前工业化时代以来可能超过全球年平均温度上升特定值的风险或概率。

在已发表的研究结果中, 到2100年, 在CO<sub>2</sub>当量浓度(或辐射强迫)与仅限CO<sub>2</sub>的浓度之间存在明显而强烈的相关性, 因为CO<sub>2</sub>是辐射强迫最重要的贡献因子。根据这种关系, 为便于情景比较和评估, 将稳定情景(既有多气体研究, 也有仅限CO<sub>2</sub>的研究)分为不同的类别, 这些类别在目标的严格程度上各不相同(表TS.2)。

至关重要的是, 任何具体浓度或辐射强迫目标都需要将排放降至非常低的水平, 因为海洋系统和陆地系统的清除过程已饱和。提高稳定目标可将这一最终结果的时间推至2100年之后。但是, 为了达到某一特定的稳定目标, 排放最终必须降至大大低于目前水平。为了实现第一类和第二类稳定, 在考虑的许多情景下, 需要在接近本世纪末时达到净负排放(图TS.8)(一致性高, 证据量充分)[3.3.5]。

减排时间的设定取决于稳定目标的严格程度。严格的目标需要提早达到CO<sub>2</sub>排放峰值(参见图TS.8)。在最严格稳定类别(第一类)的大多数情景下, 需要在2015年之前排放开始下降, 到2050年进一步下降, 降至当前排放量的50%以下。对于第三类, 在这类情景中全球排放一般于2010-2030年左右达到峰值, 之后于2040年前后回到2000年的平均水平。对于第四类, 于2040年前后达到排放中值(图TS.9)。(一致性高, 证据量充分)

表 TS.2: 根据不同的稳定目标和可替代稳定度量对最近的 (第三次评估报告之后的) 稳定情景所作的分类 (表3.5)。

类别	额外辐射强迫 (W/m <sup>2</sup> )	CO <sub>2</sub> 浓度 (ppm)	CO <sub>2</sub> -当量浓度 (ppm)	达到平衡时超过工业化时代之前的全球平均温度的增幅, 使用‘最佳估值’的气候敏感性 a), b)(°C)	CO <sub>2</sub> 排放峰值年 <sup>c)</sup>	到2050年全球CO <sub>2</sub> 排放变化(2000年排放的百分比) <sup>c)</sup>	经评估的情景数量
第一类	2.5-3.0	350-400	445-490	2.0-2.4	2000 - 2015	-85 ~ -50	6
第二类	3.0-3.5	400-440	490-535	2.4-2.8	2000 - 2020	-60 ~ -30	18
第三类	3.5-4.0	440-485	535-590	2.8-3.2	2010 - 2030	-30 ~ +5	21
第四类	4.0-5.0	485-570	590-710	3.2-4.0	2020 - 2060	+10 ~ +60	118
第五类	5.0-6.0	570-660	710-855	4.0-4.9	2050 - 2080	+25 ~ +85	9
第六类	6.0-7.5	660-790	855-1130	4.9-6.1	2060 - 2090	+90 ~ +140	5
合计							177

注:

- a) 注意由于气候系统的惯性, 到2100年达到平衡的全球平均温度不同于预计的全球平均温度
- b) 所用的是简单关系  $T_{eq} = T_2 \times CO_2 \times \ln([CO_2]/278) / \ln(2)$  和  $\Delta Q = 5.35 \times \ln([CO_2]/278)$ 。反馈的非线性 (包括例如冰盖和碳循环) 可以引起有效气候敏感性对时间依赖性, 并导致更高变暖水平具有更大的不确定性。最佳估测的气候敏感性 (3°C) 是指最可能达到的值, 即: 气候敏感性PDF模态, 这与WGI的气候敏感性评估相一致并从第一工作组第四次评估报告, 图2, 框10.2所述的其它考虑中得出。
- c) 幅度范围相当于第三次评估报告 (TAR) 情景分布的第15至第85百分位。表示CO<sub>2</sub>排放, 因此可将多气体情景与仅限CO<sub>2</sub>情景进行比较。注意须谨慎使用分类。每一类包括一系列从上限到下限的研究。对研究的分类基于所报告的各项目标 (因而包括了模拟的不确定性)。此外, 这种与不同稳定度的关系也具有不确定性 (参见图 3.16)。

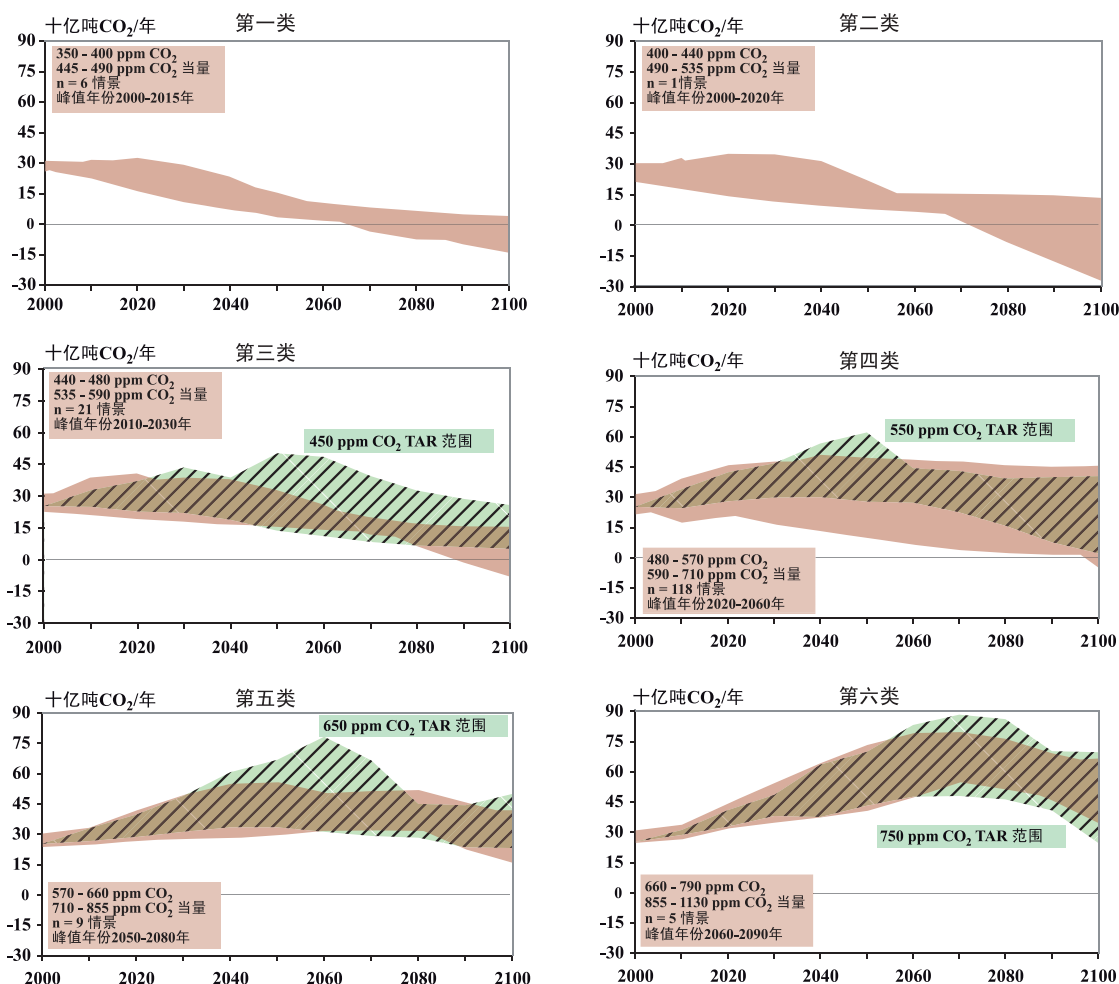
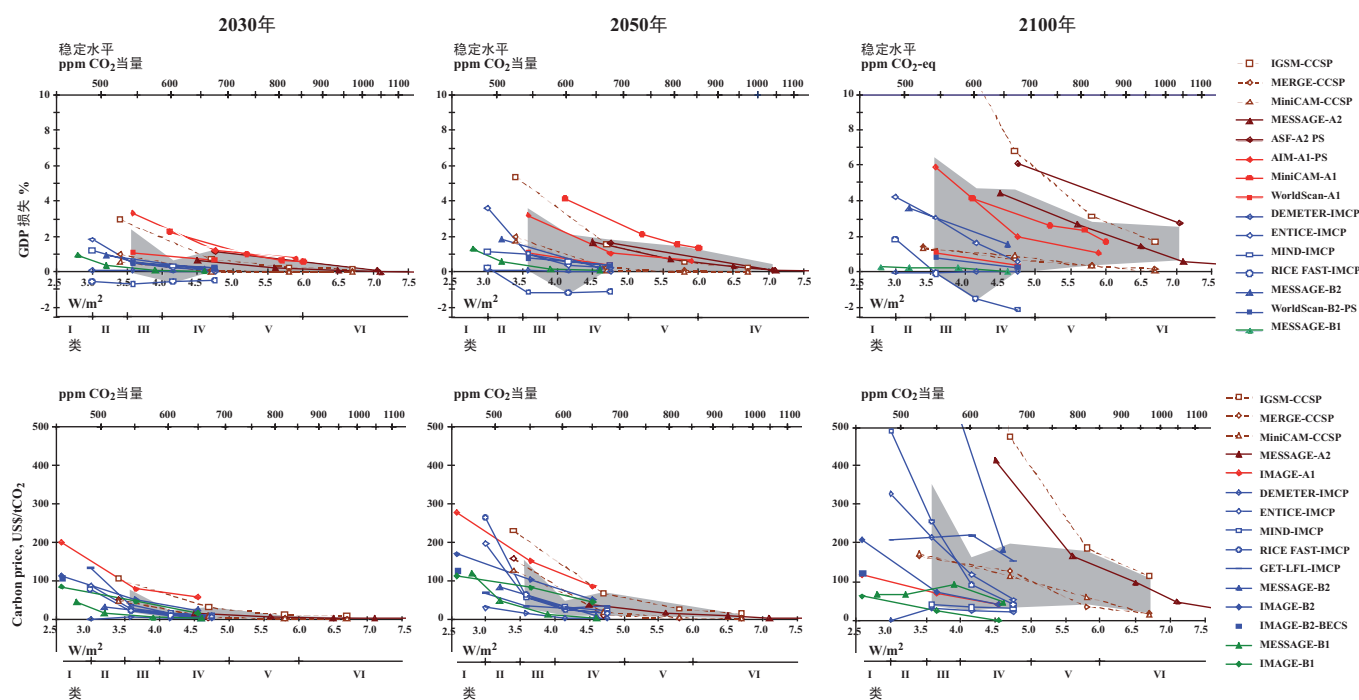


图 TS.8: 可替代的稳定目标类别减缓情景的排放路径 (在每个图块的绿框中分别对第一类至六类稳定目标作出定义)。淡褐色阴影区给出了自TAR之后开发的近期减缓情景所反映的CO<sub>2</sub>排放。绿色阴影区描述了80多个 TAR 稳定情景 (Morita等, 2001年)。第一类和第二类情景探讨了低于TAR最低目标的各项稳定目标。由于行业和产业的覆盖范围的不同, 年排放基数在模式之间可能有所不同。为了达到较低的稳定水平, 一些情景利用技术将CO<sub>2</sub>从大气中清除 (负排放), 如利用碳捕获和封存生产物质能源[图3.17]。



图TS.9: 减缓成本与各长期稳定目标之间的关系(与工业化前水平相比的辐射强迫、W/m<sup>2</sup>和CO<sub>2</sub>当量浓度)[图3.25]。

注: 各图块给出了按GDP百分比损失量衡量的成本(上), 并给出了碳价(下)。左侧图块针对2030年, 中间图块针对2050年, 右侧图块针对2100年。个别有色线条表示有选择的研究, 其具有代表性的成本动态估算范围从很高到很低不等。具有类似基线假设的模式情景用相同颜色表示。灰色阴影区代表TAR和TAR之后情景的第80百分位。实线表示具有代表性的考虑所有辐射效应气体的情景。虚线代表多气体情景, 其目标是根据六种《京都议定书》气体而设定的(其它多气体情景考虑了所有辐射效应气体)。根据CO<sub>2</sub>浓度和辐射强迫目标(参见图3.16)之间的关系, 增加了CO<sub>2</sub>稳定情景。

实现稳定的成本取决于稳定的目标和水平、基线和所考虑的技术组合、以及技术变化的速度。全球减缓成本<sup>9</sup>随着稳定水平的下降和基线排放的提高而增加。到2050年将多气体稳定在650ppmCO<sub>2</sub>当量(第四类)所需成本在2050年在GDP损失2%或增长一个百分点<sup>10</sup>之间。如果稳定在550ppmCO<sub>2</sub>当量的水平上(第三类), 这些成本的增幅很小, GDP损失4%<sup>11</sup>。至于445和535ppmCO<sub>2</sub>当量之间的稳定水平, 成本是GDP损失低于5.5%, 但是研究数量有限, 并且研究一般采用低的基线。

与仅减少CO<sub>2</sub>排放相比, 多气体方法并包括碳汇一般可大幅度降低成本。实现稳定的全球平均成本尚不确定, 因为在模式中关于基线的假设和减缓方案存在很大差异, 并产生主要影响。对于某些国家、某些行业或在较短时段, 因全球长期平均值的

不同, 成本可能有很大的差异(一致性高, 证据量充分)[3.3.5]。

最近关于实现稳定的研究发现土地利用减缓方案(非CO<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub>)为实现到2100年的稳定目标提供了具有成本效益的减排灵活性。根据某些情景, 增加商业性生物质能源(固体燃料和液体燃料)对实现稳定是有意义的, 这在本世纪内可提供5-30%的累计减排, 并可能占一次能源总量的10-25%, 尤其这项净负排放战略还将生物质能源与CO<sub>2</sub>捕获和封存结合起来。

对基线的选择对于确定实现稳定的性质和成本具有关键意义。这种影响主要是由于在基线情景中对技术变化作了不同的假设。

9. 在本报告评估的有关减缓组合和宏观经济成本的研究基于全球最低成本方法, 使用了优化减缓组合, 而排放补贴则没有分配到各个区域。如果排除了区域, 或选择了非优化组合, 全球成本将上升。某一特定稳定水平的减缓组合及其成本的变化是因不同的假设所引起的, 如: 对基线的假设(基线愈低, 成本则愈低)、各种GHG和所考虑的减缓方案(气体种类和减缓方案愈多, 成本则愈低)、减缓方案的成本曲线以及技术变化的速度。

10. 给出了分析资料的中位数和第10-90百分位数范围。

11. 到2050年时GDP的4%损失量相当于GDP年增长率减少约0.1个百分点。



## 技术的作用

几乎所有的情景都假设在本世纪内将会发生技术和结构上的变革，与试图“保持”当前相同的GDP排放强度和经济结构的假设情况相比，这可能导致排放相对减少(参见第2章，第2.9.1.3节)。

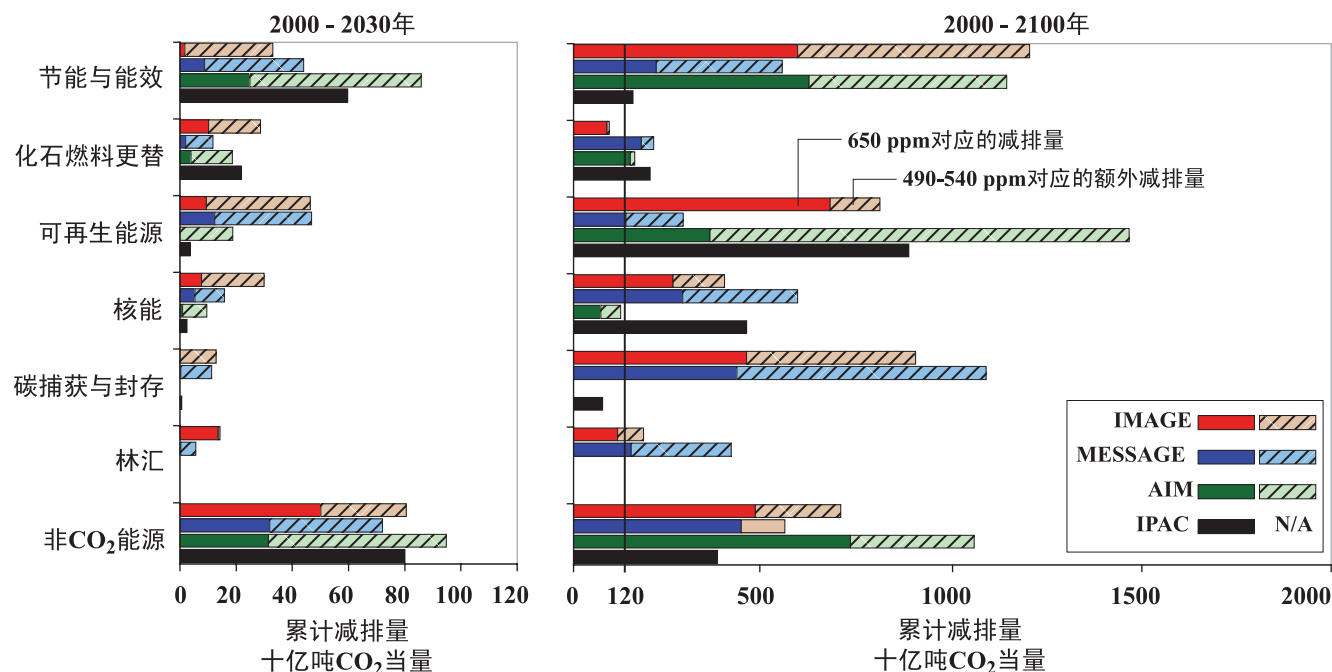
基线情景通常假设有重要的技术变化以及高新技术获得推广。在减缓情景中，存在由各种政策和措施‘诱发’的更多的技术变化。长期稳定情景强调技术改进、先进技术、边干边学，以及旨在完成各项稳定目标和降低成本的内生技术变化。大部分文献介绍了各种情景中主要由外界产生的技术改进以及先进技术的应用，而新的文献则涵盖了边学边干和内生技术变化。这些新的情景表明，由于模式假设提早部署各种技术将导致有效益的学习和成本下降，因此提早行动会产生更高的效益(一致性高，证据量充分)[3.4]。

不同种类的情景也反映出减缓措施的不同贡献。然而，所有的稳定情景一致认为，全部减排中的60-80%应当来自能源和工业行业。非CO<sub>2</sub>气体以

及土地利用将为剩余的30-40%减排做出贡献(参见图TS.10中所列举的示例)。探索更严格稳定水平的新的研究表明：需要更广泛的技术组合。那些技术可能包括核能、碳捕获和封存(CCS)，以及采用碳捕获和封存的生物能源(BECS)(一致性高，证据量充分)[3.3.5]。

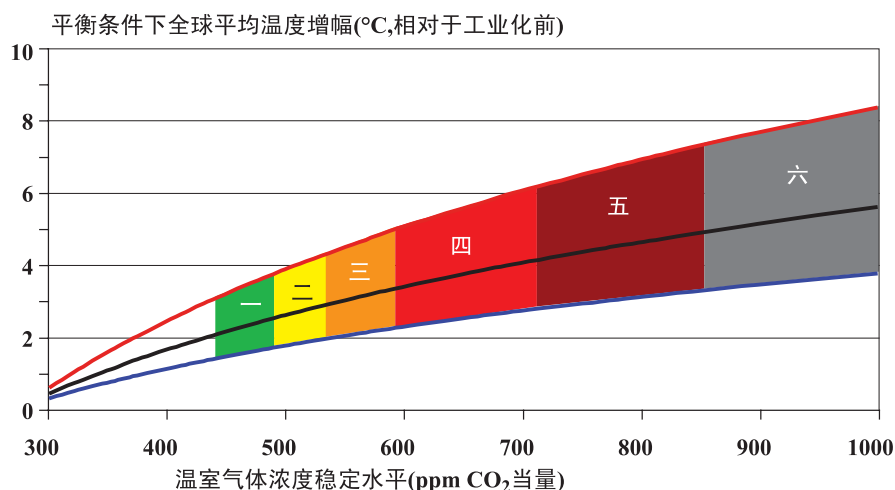
## 根据气候变化影响和不确定性决策的减缓与适应

对关键脆弱性的关切以及有关什么是危险气候变化的概念将影响长期气候变化目标的决策，从而影响减缓路径。关键脆弱性遍布于不同的人群和自然系统，在不同程度的温度变化中都存在。更严格的稳定情景将实现更严格的气候目标，并使得触发与气候变化有关的关键脆弱性的风险降低。如果采用气候敏感性<sup>12</sup>的“最佳估值”，最严格的情景(稳定在445-490ppmCO<sub>2</sub>当量)可能在平衡条件下把全球平均温度的上升限定为比工业化前高2-2.4℃，它要求排放在15年内达到峰值，到2050年时约为目前水平的50%。稳定在535-590ppmCO<sub>2</sub>当量情景可能把温度上升限定在比工业化前高2.8-3.2℃，稳定在



图TS.10: 2000-2030年期间各项可替代的减缓措施的累计减排量(左图)和2000-2100年期间的累计减排量(右图)。本图分别表示为稳定在低水平(490-540 ppm CO<sub>2</sub>当量)和中水平(650 ppm CO<sub>2</sub>当量)上的四种模式(AIM、IMAGE、IPAC和MESSAGE)所展现的情景。深色矩形图标表示达到650 ppm CO<sub>2</sub>当量目标的减排量，浅色矩形图标表示达到490-540 ppm CO<sub>2</sub>当量目标的减排增量。注意：某些模式未考虑增加林汇(AIM和IPAC)或CCS(AIM)的减缓作用，并注意：低碳能源方案占能源总供应量的份额大小还取决于基线是否包括上述方案。CCS包括生物质的碳捕获和封存。林汇包括因毁林所造成的减排[图3.23]。

12. 平衡条件下的气候敏感性是气候系统对持续辐射强迫响应的一种度量。它不是预估，而是被定义为二氧化碳浓度翻倍后的全球平均地表变暖[AR4 WGI SPM]。



图TS.11: 图TS. 8中报告的稳定情景类别（彩色带），及其与高于工业化前的平衡条件下全球平均温度的关系[图3.38]。

注：中间的黑线—3°C“最佳估值”气候敏感性；顶部的红线—4.5°C气候敏感性可能范围的上限；底部的蓝线—2°C气候敏感性可能范围的下限。彩色阴影区表示与表TS2中第一类至第六类稳定情景相对应的大气中GHS稳定后的浓度范围。

590-710ppmCO<sub>2</sub>当量的情景可能把温度上升限定在比工业化前高3.2-4°C，它们分别要求排放在今后25年和55年内达到峰值(参见图TS.11)[3.3, 3.5]。

较高的气候敏感性风险使得超过任何特定关键脆弱性阈值的概率增加。那些导致临时超过任何浓度上限的排放情景有可能在本世纪内引起较高的气候变化速率，以及使得超过关键脆弱性阈值的概率增加。旨在探索碳循环和气候反馈影响的研究结果表明，上述浓度水平以及与之相关的特定排放情景的变暖可能被低估了。对于较高的气候敏感性，为达到同样的浓度水平，需要在初期就采取更加严格的减缓措施。

有关适当的减缓水平的决策是一个反复的风险管理过程，需要考虑在减缓和适应方面的投资、作出气候变化决策的共生效益，以及气候变化所造成的损失。它是与有关可持续性、公平性和发展路径的决策相互交织在一起的。成本效益分析作为一个可用的工具，试图以货币计算方式对气候变化的损失进行量化(如碳的社会成本(SCC)或按时间贴现的损失)。由于在对非市场损失进行量化时存在大量的不确定性和困难，因此还很难对SCC作出具有信度的估算。结果取决于大量无法确切了解的规范性和经验性假设。根据对减缓成本和效益的综合分析得出的有限和初步分析结果表明，这些结果在数值上具有广泛的可比性，但尚无法明确地确定某个效益超过成本的排放路径或稳定水平。对不同减缓路径的

经济成本和效益的综合评估表明，经济上的最佳减缓时机和水平依赖于假设的气候变化损失成本曲线的不确定形态和特征。

对这种依赖性举例说明如下：

- 如果气候变化损失成本曲线缓慢而有规律地上升，并且预期性好(及时适应的潜力增加)，则可以证明，推后减缓和欠严格减缓在经济上是合算的；
- 或与此相反，如果损失成本曲线急剧上升，或呈非线性趋势(例如，脆弱性阈值，或甚至出现小概率的灾难性事件)，则可以证明，提早减缓和更严格的减缓在经济上是合算的。(一致性高，证据量充分)[3.6.1]。

### 短期与长期间的联系

对于任何选定的GHG稳定目标，可以就减缓时机作出近期决定，以帮助在长期稳定目标范围内维持一致的排放轨迹。对全球长期稳定目标的整体经济模拟能够有助于通报近期的减缓选择。利用具有稳定目标(范围为3-5W/m<sup>2</sup>)的各种情景(第二类-第三类)的短期和长期模式的汇总结果揭示，到2030年，对低于20美元/吨CO<sub>2</sub>当量的碳价，可以预计所有GHG的减排量在9-18GtCO<sub>2</sub>当量/年的范围内。对低于50美元/吨CO<sub>2</sub>当量的碳价，这一范围是14-23GtCO<sub>2</sub>当量/年，对低于100美元/吨CO<sub>2</sub>当量的碳

价，该范围是17-26GtCO<sub>2</sub>当量/年(一致性高，证据量充分)。

关于公布的边际成本，有三个重要考虑事项需要牢记。首先，这些减缓情景假设有完全的灵活性，即无论“什么”和“在哪里”都适用；也就是说，只要模式开始分析，允许在GHG中有完全的替代，以及减排可以发生在世界的任何地方。第二，在超过2030年的时间跨度内，实现这些减缓水平的边际成本将会增加。第三，在经济行业层面上，所有GHG的减排潜力在不同的模式情景中存在显著差异(一致性高，证据量充分)[3.6.2]。

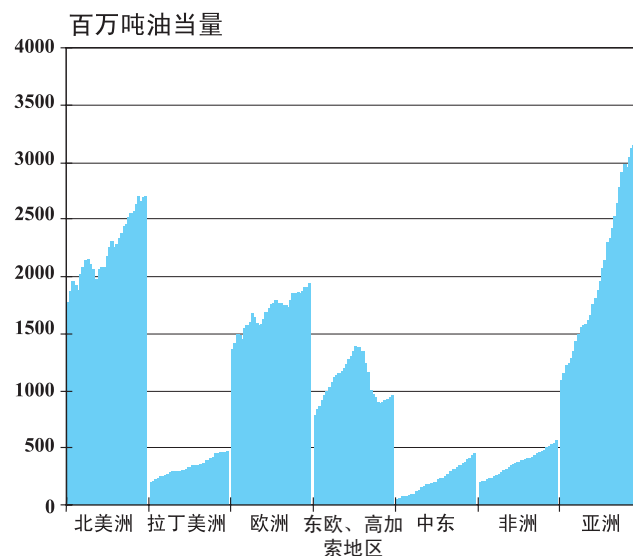
风险管理或“对冲”方法在缺乏长期目标，以及在面对大量与减缓成本、适应效果和气候变化负面影响有关的不确定性时，可能有助于决策者推动减缓决策。理想的对冲策略的范围与时机将取决于投注额、胜算比，以及社会对风险的态度，例如，关于地球物理系统和其它关键脆弱性突变的风险。有多种综合评估方法，它们可以在与这类长期气候目标有关的决策框架内对减缓效益进行评估。当新的信息可以利用时，将有充足的机会学习，并作出中期订正。然而，短期行动将在很大程度上确定全球长期平均温度，从而判定哪些相应的气候变化影响是能够避免的。减排滞后导致投资锁定在更多的排放密集型基础设施及发展路径上。这大大限制了实现较低稳定水平的机遇，并增加了更严重的气候变化影响的风险。因此，近期决策分析不应与考虑长期气候变化后果的分析相脱离(一致性高，证据量充分)[3.6, 3.5.2]。

## 4 能源供应

### 到2030年行业的状况与发展

全球能源需求继续增长，但存在区域差异。1990—2004年期间，全球一次能源消耗的年平均增长率为1.4%。在东欧、高加索和中亚，由于经济转型，过去二十年的年均增长率低于这一增长率，但目前该地区的能源消耗正再次上升(图TS.12)(一致性高，证据量充分)[4.2.1]。

许多发展中国家的人均能耗正在快速增长。非洲是人均能耗最低的区域。石油和天然气价格的上涨危及到最贫穷国家的能源获取、公平性和可持续



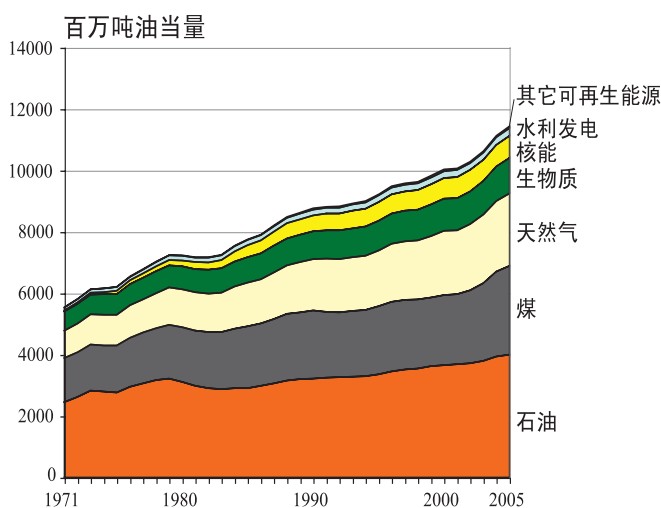
图TS.12: 1971—2003年期间年平均一次能源消耗，包括传统生物质[图4.2]

注: EECCA = 东欧、高加索和中亚地区各国。1000 Mtoe = 42 EJ。

发展，并影响到减贫目标的实现，而这些目标意味改进电力的获取、现代烹饪和取暖使用的燃料，以及交通运输(一致性高，证据量充分)[4.2.4]。

在过去30年里，化石燃料的消耗稳步增加。核能的消耗继续增长，但增长率低于20世纪80年代。大型水力发电和地热能源相对稳定。1970—2004年期间，化石燃料所占份额从86%下降到了81%。风能和太阳能的增长最快，不过其基数很低(图TS.13)(一致性高，证据量充分)[4.2]。

大多数照常排放(BAU)情景指出，世界人口和GDP继续增长(尽管人口的增长率低于几十年前预



图TS.13: 不同类型燃料的全球一次能源消耗[图4.5]

计的增长率)，从而导致能源需求显著增加。预估亚洲的高能源需求增长率(1990-2004年期间为每年3.2%)将继续维持，并主要由化石燃料来满足(一致性高，证据量充分)[4.2]。

在考虑气候变化的减缓时，绝对化石燃料在全球层面的匮乏不是一个显著因素。常规石油产品最终将达到峰值，但峰值何时出现及其影响如何尚无法准确地确定。与常规石油相比，常规天然气能源较为丰富，但和石油一样，它在全球的分布是不均匀的。在未来，不能为消费国提供安全的石油和天然气可能驱使各国转向煤碳、核能和/或可再生能源。还存在一种转向更有效、便捷的能源载体(电力，以及液体和气体燃料)的趋势，以取代固体燃料(一致性高，证据量充分)[4.3.1]。

自第三次评估报告(TAR)以来，世界所有区域对能源供应安全的重视程度不断增强。与此相伴的是：基础设施的投资减少；全球需求增加；关键地区政治上不稳定；以及冲突、恐怖主义和极端天气事件的威胁等。发展中国家对新能源基础设施的投资，以及发达国家能力的提升打开了一扇机会大门，可借以发挥选择能源结构的共生效益，以便使原本可能产生的GHG排放有所下降(一致性高，证据量充分)[4.2.4；4.1]。

许多政府面临的复杂难题已经变为如何以最佳方式满足对可靠能源服务的日益增长的需求，同时限制其机构的经济成本、确保能源安全、减少对进口能源的依赖，以及把相关的GHG和其它污染物的排放降至最低。为世界每个区域选择能源供应系统，这将取决于这些系统的发展、现有的基础设施，以及当地可用能源的可比成本(一致性高，证据量充分)[4.1]。

如果化石燃料的价格居高不下，需求有可能会暂时减少，直到油砂、油页岩、煤液化、气液化等形式的其它碳氢化合物储量在商业上可行为止。一旦这种情况发生，由于碳强度的增加，排放量将进一步上升，除非采用二氧化碳捕获和封存(CCS)。鉴于对能源安全的关切不断增加，以及最近天然气价格的上涨，对新的、效率更高的燃煤电厂的兴趣正日益上升。未来GHG排放的一个关键问题是准备以多快的速度为新的燃煤电厂装备CCS技术，这将增加电的成本。兴建“随时捕获”电厂是否比电厂改造或者建设结合CCS的新电厂更具成本效益，这要取决于经济和技术假设。持续走高的化石燃料价格还可能引发更多的核能和/或可再生能源，尽管价格的不稳定

性对投资者是一个非刺激因素。对安全、武器扩散及核废料的关切依然是发展核能的制约因素。氢也有可能最终作为低碳排放的能源载体而发挥作用，这取决于氢的来源，以及用来从煤或天然气生产氢的CCS的成功吸收。可再生能源必须以分配的方式加以利用，或者可能需要集中，以满足城市和工业对密集能源的需求，由于与化石燃料不同，可再生能源分布广泛，而每个开采区的能源收益率低(一致性中等，证据量中等)[4.3]。

如果能源需求继续沿当前的轨迹增加，到2030年，一个改进的基础设施和转换系统需要的累计总投资将超过20万亿( $20 \times 10^{12}$ )美元<sub>2005</sub>。相比之下，目前全球能源产业所需要的基本建设投资总额大约为每年3000亿( $300 \times 10^9$ )美元(一致性中等，证据量中等)[4.1]。

## 全球和区域排放趋势

除东欧、高加索和中亚各国(那里的排在1990年之后呈下降趋势，目前又开始上升)以及欧洲(目前排放稳定)之外，碳排放一直持续上升。到2030年照常排放将大幅增加。如果不采取有效的政策行动，预计来自化石燃料燃烧的全球CO<sub>2</sub>排放至少将增加40%以上，即从2000年的大约25GtCO<sub>2</sub>当量/年(6.6GtC当量)增加到2030年的37-53GtCO<sub>2</sub>当量/年(10-14 GtC当量)[4.2.3]。

2004年，发电和热力供应的排放仅为12.7 GtCO<sub>2</sub>当量(占总排放的26%)，其中包括来自甲烷的2.2GtCO<sub>2</sub>当量。按照2006年世界能源展望的基准，到2030年，这些排放将增加到17.7GtCO<sub>2</sub>当量(一致性高，证据量充分)[4.2.2]。

## 关于发电行业减缓技术与规范、方案、潜力及成本的描述和评估

发电行业具有采用多种技术实现减缓的显著潜力(表TS.3)。每项技术减缓的经济潜力取决于通过一切努力实际部署各种技术的预期结果如何，即便有吸收速率、公众的接受程度、能力建设，以及商业化方面的某些实际限制。各方案之间的竞争以及终端使用中节能和能效的影响不包括在内[4.4]。

在碳价为<20美元/吨CO<sub>2</sub>时，有各种能源供应减缓方案而且均具有成本效益，这些方案包括燃料转换和电厂效率的提高、核能，以及可再生能源系统。在碳价较高时，CSS将变得更具成本效益。其它

表TS.3: 单独采用每个成本范围的估计减缓潜力份额得出的、截止2030年的选定发电减缓技术所能避免的GHG潜在排放（高出IEA世界能源展望（2004）参考基准的数值）（2006美元/吨CO<sub>2</sub>当量）[表4.19]。

	区域分组	减缓潜力：到2030年可避免的总排放量	具体碳价范围的减缓潜力（%）（可避免的美元/吨CO <sub>2</sub> 当量）				
			<0	0-20	20-50	50-100	>100
燃料转换和电厂效率	OECD <sup>a</sup>	0.39		100			
	EIT <sup>b</sup>	0.04		100			
	非-OECD	0.64		100			
	世界	1.07					
核能	OECD	0.93	50	50			
	EIT	0.23	50	50			
	非-OECD	0.72	50	50			
	世界	1.88					
水力发电	OECD	0.39	85	15			
	EIT	0.00					
	非-OECD	0.48	25	35	40		
	世界	0.87					
风能	OECD	0.45	35	40	25		
	EIT	0.06	35	45	20		
	非-OECD	0.42	35	50	15		
	世界	0.93					
生物能	OECD	0.20	20	25	40	15	
	EIT	0.07	20	25	40	15	
	非-OECD	0.95	20	30	45	5	
	世界	1.22					
地热	OECD	0.09	35	40	25		
	EIT	0.03	35	45	20		
	非-OECD	0.31	35	50	15		
	世界	0.43					
太阳能PV和太阳能聚热发电	OECD	0.03				20	80
	EIT	0.01				20	80
	非-OECD	0.21				25	75
	世界	0.25					
CCS + 煤碳	OECD	0.28			100		
	EIT	0.01			100		
	非-OECD	0.20			100		
	世界	0.49					
CCS + 天然气	OECD	0.09				100	
	EIT	0.04			30	70	
	非-OECD	0.19				100	
	世界	0.32					

注：

- a. 经济合作与发展组织  
b. 经济转型国家

尚在制定中的方案包括先进的核能、先进的可再生能源、第二代生物燃料，以及从更长远着眼，可能利用氢作为能源载体（一致性高，证据量充分）[4.3, 4.4]。

由于表TS.3的估值针对特定方案的减缓潜力，没有考虑实际的混合能源供应结构，因而这些估值

不能相加。为此，需要对混合能源的供应结构进行额外分析，以避免重复计算。在这种分析中，假设热力发电能力将逐步被取代，并根据下列条件建设符合要求的电厂：

- 1) 假设20%的燃煤发电厂从煤转换为天然气，因为这是最廉价的方案。

表TS.4: 用新的、更有效能的补充和替代电厂所能满足的2010—2030年电力需求预估增加量, 以及由此得出的高于2004年世界能源展望基准的减缓潜力 [表4.20]。

	到2030年时电厂效率 (基于IEA 2004a) <sup>a</sup> (%)	2010年时的现存发电混合比 (TWh)	到2030年时新增电厂的发电量(TWh)	到2030年时, 取代2010年现存老电厂的新电厂的发电量 (TWh)	在各种碳价下, 到2030年时建成的包括CCS的所有新电厂和更替电厂在混合能源发电中所占的份额 (美元/吨CO <sub>2</sub> 当量) <sup>b</sup>			通过燃料转换、CCS, 以及用风能、太阳能、地热、水力发电、核能和生物质等低碳方案取代某些化石燃料的发电, 由此可以避免的GtCO <sub>2</sub> 当量总数		
					<20 美元/TWh	<50 美元/TWh	<100 美元/TWh	<20 美元/t	<50 美元/t	<100 美元/t
<b>OECD</b>		11,302	2942	4521	7463			1.58	2.58	2.66
煤碳	41	4079	657	1632	899	121	0			
石油	40	472	-163C	189	13	2	0			
天然气	48	2374	1771	950	1793	637	458			
核能	33	2462	-325	985	2084	2084	1777			
水力发电	100	1402	127	561	1295	1295	1111			
生物质	28	237	168	95	263	499	509			
其它可再生	63	276	707	110	1116	1544	1526			
能源					0	1282	2082			
CCS										
<b>经济转型国家 (EIT)</b>		<b>1746</b>	<b>722</b>	<b>698</b>	<b>1420</b>			<b>0.32</b>	<b>0.42</b>	<b>0.49</b>
煤碳	32	381	13	152	72	46	29			
石油	29	69	-8	28	11	7	4			
天然气	39	652	672	261	537	357	240			
核能	33	292	-20	117	442	442	442			
水力发电	100	338	35	135	170	170	170			
生物质	48	4	7	2	47	109	121			
其它可再生	36	10	23	4	142	167	191			
能源					0	123	222			
CCS										

注:

- 根据WEO 2004 (IEA, 2004b) 计算的隐含效率 = 输出功率 (EJ) / 估计的输入功率 (EJ)。参见第11章的附录1。
- 在碳价较高时, 用低碳和零碳方案取代更多的煤、石油和天然气发电。由于在大部分区域, 当碳价 < 20美元/吨CO<sub>2</sub>当量时, 核能和水力发电的成本有竞争力 (第4章, 表4.4.4), 因此其所占份额保持不变。
- 负的数据表示生产下降, 这一点在分析中已有说明。

- 到2030年, 对现有的化石燃料电厂进行更替并兴建新的电厂, 以满足日益增长的电力需求, 这一举措将与高效化石燃料电厂、可再生能源、核能, 以及拥有CCS的燃煤和燃气电厂共同发挥作用。并未作出有关电厂提前退役或搁浅资产的假设。
- 到2030年, 电力生产中采用低碳或零碳技术的比例将占到最大估算份额。这些份额是基于科学文献而得出的, 同时考虑到可用资源、相对成本, 以及与电网间歇性问题有关的供电的变化, 并根据碳成本水平而对上述份额作了有区别的对待。

到2030年, 通过改进热电厂的效率、燃料转换, 以及实施更多的核能、可再生能源、燃料转换

以及CCS等举措来满足日益增长的需求, 它们所产生的减缓经济潜力, 当碳价 < 100美元/吨CO<sub>2</sub>当量时约为7.2GtCO<sub>2</sub>当量。当成本 < 20美元/吨CO<sub>2</sub>当量时, 减排潜力估计为3.9GtCO<sub>2</sub>当量(表TS.4)。在这一碳价水平上, 电力生产中的可再生能源份额可能从2010年的20%增加到2030年的约30%。当碳价 < 50美元/吨CO<sub>2</sub>当量时, 该份额将增加到总发电量的35%。当碳价 < 50美元/吨CO<sub>2</sub>当量时, 核能份额在2030年将达到约18%, 由于其它技术可能与之竞争, 在更高的碳价上这一份额将不会有很大的变化。

关于经济潜力的评估, 通常假设低碳或零碳技术的应用占到最大技术份额, 因此, 发现文献中的估值多位于宽泛区间的高端。例如, 如果假设仅占到70%的份额, 当碳价 < 100美元/吨CO<sub>2</sub>当量时, 减

缓潜力可能几乎减半。终端用电行业电力需求的潜在节能将减少对电力行业减缓措施的需求。如果考虑到有电力需求的建筑业和工业产业中减缓措施的影响(在第11章概述),能源供应行业的减缓潜力则低于这里所报告的独立数字(一致性中等,证据量有限)[4.4]。

#### 减缓方案与脆弱性和适应之间的相互作用

许多能源系统本身对气候变化是脆弱的。基于化石燃料的近海及沿海石油和天然气开采系统对极端天气事件是脆弱的。如果河水变暖,常规电厂及核电厂的冷却可能成为问题。可再生能源也可能受到气候变化的负面影响(如受云量变化影响的太阳能系统;受河流流量变化、冰川和积雪融化影响的水力发电;受风速变化影响的风力发电;以及干旱和高温使能源作物减产)。一些对气候变化的适应措施要使用能源,如空调和水泵,并有可能导致更高的CO<sub>2</sub>排放,为此,需要更多的减缓(一致性中等,证据量有限)[4.5.5]。

#### 气候政策的成效和经验、潜力、障碍、机遇以及实施问题

为了能产生任何长期的重大影响需要立即采取短期行动,这一点已变得很明显,它需要运用各种各样的政策手段,因为没有单一手段能够在全球基础上完成能源供应系统的大规模转换。大规模能源转换技术有几十年的生命期,因此,每年只需要1-3%的转换率。这意味着,今天做出的决策将影响几十年的碳排放技术的部署速率。这些政策将对发展路径产生深远的影响,尤其是在一个快速发展的世界中[4.1]。

经济和管理手段一直在使用。鼓励更多地采用低碳能源供应系统这一方法包括减少对化石燃料的补贴,以及通过政府积极参与市场创建来激励特定技术的领先者(如丹麦的风能和日本的太阳能光伏发电(PV))。减少对化石燃料的补贴一直很困难,因为它由遇到了既得利益者的阻力。在支持可再生电力项目方面,上网电价政策比基于配额的绿色证书交易体系更为有效。然而,随着可再生能源在混合能源电力中的份额不断增加,对这类上网价的调整就成为一个问题。预计交易许可证制度和京都灵活机制的启用将对减排做出实质性贡献(一致性中等,证据量中等)[4.5]。

#### 综合性政策和非气候政策,以及减缓政策的共生效益

能源供应行业GHG减缓的共生效益可能是相当大的。当采用有成本效益的节能措施时,消费者可以从较低的能源成本中立即获得经济利益。在能源供应安全、技术创新、减少空气污染,以及就业方面,通常也会在局地范围产生其它的共生效益。可再生能源尤为如此,它能够减少对进口的依赖,并在许多情况下把少输电损失和成本降至最低。用可再生能源提供电力、运输燃料和热量不易受到价格波动影响,但在很多情况下具有较高的成本。与常规技术相比,可再生能源技术的单位能源产出更为劳动密集型,因此可以提供更多的就业机会。不过,新能源系统基础设施的高投资可能成为实施的一个主要障碍。

连续经历高速增长的发展中国家将需要大量增加能源服务,目前这些服务主要靠化石燃料予以满足。日益增长的对现代能源服务的获取可能产生多重效益。这些服务的应用有助于改善空气质量,尤其是在大都市地区,并使GHG的排放减少。估计到2030年,发展中国家需要建设2400GW的新电厂及相关的基础设施,以满足不断增加的消费者需求,这需要大约5万亿(5×10<sup>12</sup>)美元的投资。如果管理得当,如此庞大的投资将为可持续发展提供机遇。政策制定与GHG减缓目标相结合能够提供上述优势,并将推行与就业、贫困和公平有关的发展目标。对可能出台政策的分析应考虑这些共生效益。然而,需要再次指出,在特定情况下,继续减少空气污染或能源安全的目标可能导致更多的能源利用以及相关的GHG排放。

发展自由能源市场自由化和私有化的政策,其目的是提供更多的竞争和更低的消费品价格,但在这方面并非总是成功的,经常会导致缺少资本投资,以及漠视对环境的影响(一致性高,证据量充分)[4.2.4, 4.5.2, 4.5.3, 4.5.4]。

#### 技术研究、开发、推广和转让

能源技术研发的投资总体上比1970年代末达到的水平有所下降,这主要是由石油危机造成的。1980至2002年期间,与公共能源有关的研发投资实际减少了50%。目前水平有所上升,但可能仍不足以发展那些旨在减少GHG排放和满足日益增长的能源需求所必需的技术。为了快速部署低碳能源技术,





速度增长(每年3-5%)，预估将从2002年占世界交通能源利用的31%增加到2050年的43% [5.2.1, 5.2.2]。

预计在今后的几十年中，交通运输活动将强劲增长。除非对当前的能源利用模式做出重大调整，各预估结果预计：世界交通运输能源的利用将继续以每年2%的速度增长，到2030年，能源利用和碳排放比2002年的水平要高出约80% [5.2.2]。

在发达经济中，机动车拥有量已经达到每十个居民中有5至8部汽车(图TS.14)。在发展中世界，机动车拥有量的水平则低得多；非机动车交通发挥着重要作用，并对二轮和三轮摩托车及公共交通有更多的依赖。然而，预计在今后几十年里，发展中世界的交通运输现代化将快速发展。随着收入的增加以及旅游者对时间价值意识的增强，预计旅游者会选择更快捷的交通方式，从非机动车转向汽车、航空和高速铁路。提速通常导致更高的能源强度和更多的GHG排放。

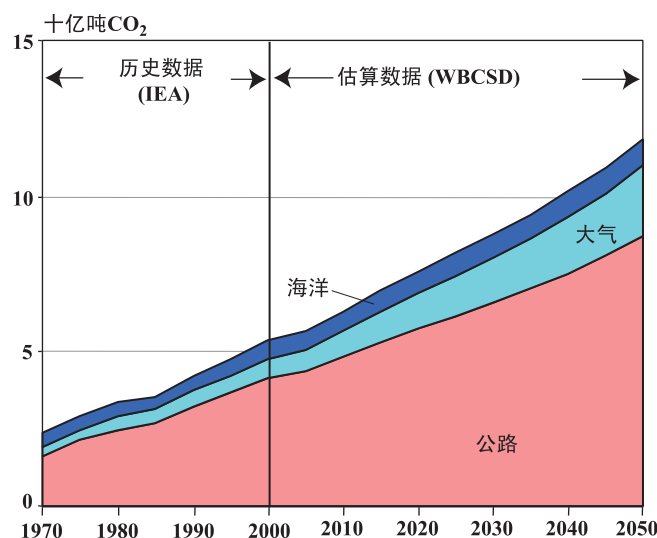
除GHG排放外，机动车交通运输还在世界各地的大城市中引起交通堵塞和空气污染问题(一致性高，证据量充分) [5.2.1, 5.2.2, 5.5.4]。

### 排放趋势

2004年，交通运输对与总能源有关的GHG排放的贡献率约为23%，CO<sub>2</sub>和N<sub>2</sub>O的排放总计约为6.3-6.4GtCO<sub>2</sub>当量。交通行业的CO<sub>2</sub>排放(2004年为6.2GtCO<sub>2</sub>当量)自1990年以来增加了约27%，其增长率在终端用户行业中是最高的。公路运输目前占交通CO<sub>2</sub>总排放的74%。非OECD国家的份额现在为36%，如果继续目前的趋势，到2030年将迅速增加到46%(一致性高，证据量中等) [5.2.2]。

交通运输行业通过燃烧燃料以及车辆空调中的F气体也产生少量的CH<sub>4</sub>和N<sub>2</sub>O排放。CH<sub>4</sub>排放占交通运输GHG总排放的0.1-0.3%，N<sub>2</sub>O排放占总排放的2.0-2.8%(所有数字仅基于美国、日本和欧盟的资料)。2003年全球F气体(CFC-12+HFC-134a+HCFC-22)排放占交通CO<sub>2</sub>总排放的4.9%(一致性中等，证据量有限) [5.2.1]。

全球航空业CO<sub>2</sub>排放的估算值增加了约1.5倍，即从1990年的330兆吨CO<sub>2</sub>/年增加到2000年的480 MtCO<sub>2</sub>/年，占到人类CO<sub>2</sub>排放总量的约2%。预估航空CO<sub>2</sub>排放会继续强劲增加。在没有更多措施的情况下。预估的飞机燃油效率每年以1-2%量级的提高，其大部分将为每年约5%的交通运输增长所抵消，从



图TS.15: 历史的和预估的源自交通运输的CO<sub>2</sub>排放 [图5.4]。

而导致预估每年有3-4%的排放增长(一致性高，证据量中等)。此外，航空的总体气候影响比其CO<sub>2</sub>单独影响大得多。除了排放CO<sub>2</sub>外，飞机还通过排放氮氧化物(NO<sub>x</sub>)对气候变化产生影响，当在巡航高度上排放时，这种排放对形成GHG臭氧特别有的影响。飞机还对凝结尾迹的形成有触发作用，据推测这将加强卷云的形成，从而加大全球变暖的总体效应。估计即使不考虑卷云增加的潜在效果，这些影响也将比航空CO<sub>2</sub>的单独影响高出约二至四倍。未来航空减缓政策的环境成效将取决于这些非CO<sub>2</sub>影响能够在多大程度上得到解决(一致性高，证据量中等) [5.2.1, 5.2.2]。

以上讨论的所有预估都假设世界的石油供应将大于足以支持预期的交通活动增长所需要的数量。不过，目前正在进行一场辩论，内容涉及世界是否正在接近常规石油开采的顶峰，这可能要求有效而迅速地向可替代能源转型。并不缺少可替代能源，包括油砂和油页岩、煤制油、生物燃料、电力和氢。在这些可替代能源中，非传统化石碳资源有可能生产出与现有运输基础设施高度兼容的最廉价的燃料。遗憾的是，发掘这些化石资源作为运输的动力可能增加上游的碳排放，以及大量增加输入大气中的碳 [5.2.2, 5.3]。

### 关于减缓技术及做法、方案、潜力与成本的描述与评估

由于交通运输主要依赖于单一的化石资源，另

由于用任何已知技术来捕获交通运输工具的碳排放是不可行的，因此，交通运输行业有别于其它使用能源的行业。与空气污染、交通堵塞，以及能源安全(原油进口)问题一样，对GHG的减排进行检查也是十分重要的。因此，解决方案必须尝试从整体上对交通运输问题的改进进行优化，而不能仅局限于GHG排放 [5.5.4]。

自第三次评估报告(TAR)以来，减缓技术已经有了重大进展，在全球范围内发起了有关氢动力燃料电池车辆的重要研究、开发和示范计划。此外，还有很多改进常规技术的机会。生物燃料继续在某些市场中发挥重要的作用，未来将有更大的潜力。关于非CO<sub>2</sub>排放，已经开发了基于GWP制冷剂的车辆空调系统 [5.3]。

### 道路交通：高效技术和可替代燃料

自TAR以来，道路车辆的能源效率已得到改进，这是由于清洁定向喷射涡轮增压(TDI)柴油机的市场获得成功，以及许多高效技术继续打入市场；混合动力车也发挥了作用，虽然其市场渗透率目前还较低。预计将对混合动力车和TDI柴油发动机做出进一步的技术改进。这些技术与其它技术相结合，

包括材料替代、减少气动阻力、减少滚动阻力、减少发动机摩擦和泵气损失等，到2030年，有可能使‘新’的轻型车辆的燃料节约将近一倍，从而使每辆车行驶里程的碳排放减少约一半(注意，这只是针对新车的，而不是机动车总数的平均值)。(一致性中等，证据量中等)[5.3.1]。

生物燃料有潜力取代交通运输行业所使用的石油的一部分，但不是全部。最近的IEA报告估计，在25美元/吨CO<sub>2</sub>当量的价格上，到2030年，生物燃料的份额可能增至约10%，其中包括用纤维素生物质制成的生物燃料的一小部分贡献。这种潜力在很大程度上取决于生产效率、先进技术的研发(如通过酶法工艺，或气化与合成对纤维素进行转换)、成本，以及与其它土地利用的竞争。目前，在可以避免的CO<sub>2</sub>排放方面，乙醇的成本和性能是不利的，除非用低工资国家的甘蔗生产乙醇(图TS.16) (一致性中等，证据量中等)[5.3.1]。

氢燃料车辆的经济和市场潜力仍然不确定。高效(超过90%)但续航里程低和电池寿命短的电动车辆的市场渗透有限。这两种方案的排放取决于氢和电的生产。如果采用CCS技术从煤碳、天然气(目前最便宜的方式)或从生物质、太阳能、核能或风能中

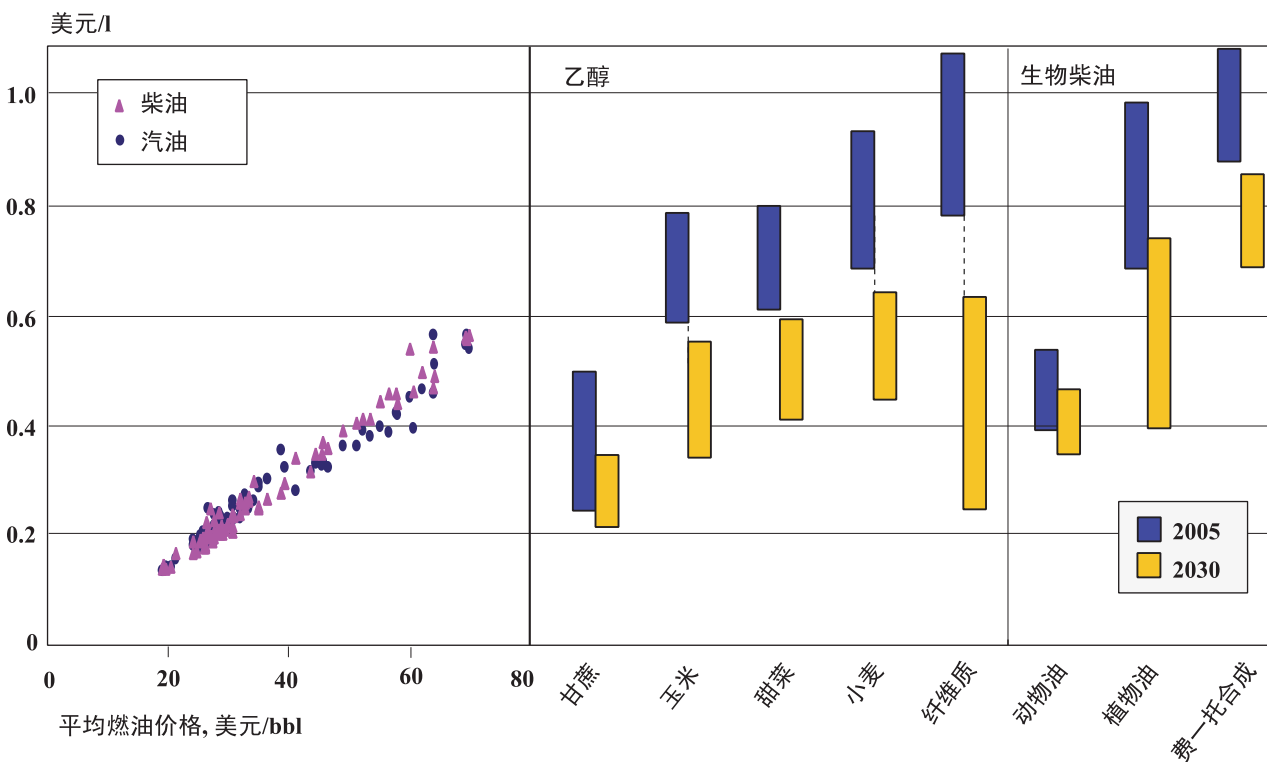


图 TS.16: 针对一系列原油价格，当前和未来的生物燃料的生产成本与汽油和柴油出厂价（离岸价）的比较 [图5.9]。  
注：价格不含税

制氢，则几乎可以消除从油井-到-车轮过程中产生的碳排放。低碳或零碳排放的燃料电池、储氢、氢或电的生产和电池需要有更多的技术进步和/或降低成本(一致性高, 证据量中等)[5.3.1]。

2030年用于轻型车辆的能效方案的总减缓潜力约为0.7–0.8GtCO<sub>2</sub>当量，其成本低于100美元/吨CO<sub>2</sub>。现有资料不足以对重型车辆作出类似的估算。如前所述，如果使用当前的高级生物燃料，在2030年将额外减少排放600–1500MtCO<sub>2</sub>当量，其成本低于25美元/吨CO<sub>2</sub>(一致性低, 证据量有限)[5.4.2]。

对未来使用节约燃料技术减少CO<sub>2</sub>排放的潜力带来的严重威胁是，这些技术可能用于增加车辆的动力和大小，而没有用于提高总体燃料经济性和碳减排。市场对动力和大小的偏好消耗了过去20年期间在减缓和减少GHG排放方面的许多潜力。如果这一趋势继续下去，这将会大大削弱上述先进技术对GHG的减缓潜力(一致性高, 证据量充分)[5.2; 5.3]。

### 空中交通

可通过包括技术、航务和空中交通管理在内的各种手段提高民用航空的燃油效率。到2015年，技术发展可能使燃油效率比1997年提高20%；到2050年可能提高40–50%。民用航空每年以5%的速度继续增长，这类改进不可能阻止全球航空旅行增加碳排放。如果能开发生物燃料来满足航空业的严格燃油技术规格，那么引入生物燃料可能会减缓航空业的一些碳排放，但是这些燃料的成本及其在生产过程中的排放此时尚无定论(一致性中等, 证据量中等)[5.3.3]。

可通过以下方式能够在能源使用方面(排放最少的CO<sub>2</sub>)优化飞机航务：将滑行时间降至最短；在最佳的巡航高度上飞行；在最短距离的大圆弧航线上飞行；把飞机在机场上空保持高度盘旋和分层盘旋等待着陆的时间降至最短。估计这些策略的温室气体减排潜力为6–12%。最近，研究人员已开始研究将飞机航务对气候的总影响降到最低的潜力，包括对臭氧的影响、凝结尾迹和氧化亚氮的排放。2030年航空的减缓潜力为280MtCO<sub>2</sub>/年，每吨CO<sub>2</sub>的成本小于100美元(一致性中等, 证据量中等)[5.4.2]。

### 海上运输

自第三次评估报告以来，国际海事组织

(IMO)的评估发现，通过运用最新知识(如船体及螺旋桨的设计和维修)，综合各项技术措施，旧船舶的碳排放可减少4-20%，新船舶的碳排放可减少5-30%。然而，由于发动机的使用寿命长，所以需要几十年时间才能对现有船舶采取大规模的减排措施。航务措施(包括航线规划和减速)的短期潜力在1-40%之间不等。研究估测，在落实所有措施之后，到2010年全世界船队的最大减排率约为18%；到2020年为28%。这些数据不能估算减缓潜力的绝对值；而且预计减缓潜力不足以抵消同期航运活动的增长(一致性中等, 证据量中等)[5.3.4]。

### 铁路运输

与铁路运输相关的GHG减排的主要机遇包括：改进空气动力学、减轻火车的重量、引入再生能源制动和车载储能；当然还包括减缓发电产生的GHG排放。目前尚无有关总减缓潜力和总成本的估算[5.3.2]。

### 方式转变和公共交通运输

提供公共交通系统及其相关的基础设施并提倡非机动车交通有助于减缓GHG排放。然而，当地条件决定将多大交通量转变为能源密集度较低的交通方式。另外，车载率和各种交通方式的一次能源也对减缓潜力起决定作用[5.3.1]。

城市交通的能源需求在很大程度上受到已建成的环境密度和空间结构的影响以及受到交通基础设施位置、范围和性质的影响。大载客量的公共汽车、轻轨交通和地铁或市郊铁路正越来越多地被用于发展公共交通。公共汽车快速中转系统具有相对较低的资本和运营成本，但尚不能确定是否这类中转系统能够在发展中国家实施，虽然在南美同样取得了成功。如果用于旅客运输的公共汽车的份额增加5-10%，CO<sub>2</sub>排放则将减少4-9%，其成本大约为60-70美元/吨CO<sub>2</sub>[5.3.1]。

在欧洲，超过30%的小轿车行驶里程低于3公里；50%的小轿车行驶里程低于5公里。虽然这个数字在其它大陆可能不同，但在以下方面存在减缓潜力，即将小轿车交通转变为非机动车交通(步行或骑自行车)，或避免出现以牺牲非机动车交通为代价而发展小轿车交通。各种减缓潜力高度依赖当地的条件，但在空气质量、交通堵塞和道路安全方面带来相当可观的共生效益(一致性高, 证据量充分)

[5.3.1]。

### 交通运输行业总的减缓潜力

由于缺乏有关重型车辆、铁路运输、航运和交通方式分流变化/提倡公共交通的资料，因此只能对CO<sub>2</sub>减缓的总潜力和成本作出部分估算。对于高达100美元/吨CO<sub>2</sub>当量的碳价，估计提高轻型车辆和飞机的能效并用生物燃料代替传统的化石燃料的总经济潜力约为1600–2550 MtCO<sub>2</sub>。这是对交通运输行业减缓潜力作出的一个低估(一致性高，证据量中等) [5.4.2]。

### 气候政策、潜力、障碍和机遇/实施问题的成效与经验

#### 道路交通运输的政策和措施

考虑到更高的人口密度对公共交通的使用、步行、骑自行车和CO<sub>2</sub>排放产生的积极影响，交通运输行业中一个重要的政策要素是制订更好的空间综合规划。有一些可供某些国家大城市借鉴的好例子。如果得到严格执行并得到支持，交通需求管理(TDM)则能有效地减少私家车旅行。如提供信息、运用沟通策略和教育技术等软措施鼓励人们改变个人行为，这使澳大利亚的某座城市减少开车14%；使德国的某座城市减少开车12%；使瑞典的某座城市减少开车13%(一致性中等，证据量中等) [5.5.1]。

节约燃料的标准或CO<sub>2</sub>标准有效地减少了GHG排放，迄今为止，交通运输的增长掩盖了其影响。多数工业化国家和一些发展中国家对新的轻型车辆制定了节约燃料的标准。各项标准的形式和严格性差别很大，从统一的强制性企业平均标准、到按车辆载重量或大小制订的达标标准、一直到自愿的全行业标准均各布相同。在提高车辆的燃料经济性方面，在提高按道路车辆平均的燃料经济性方面，以及在减少燃料使用和碳排放方面，燃料节约标准一直普遍有效，但取决于这些标准的严格程度。在一些国家，汽车行业中某些部门出于各种理由(经济效率和安全性等)强烈反对燃料节约标准。如果把财政激励措施与消费者信息相结合，则能显著地提高这些标准的总体效果(一致性高，证据量充分) [5.5.1]。

车辆购置税、注册税、使用税和机动车燃油税、道路和停车定价政策是影响车辆能源使用和GHG排放的重要决定因素。这些因素已被各国使用，用于提高一般性收入，部分用于将车辆使用的

外部成本内部化，或用于控制公共道路的堵塞。具有限制作用的燃料税或CO<sub>2</sub>税出台的一个重要理由是价格弹性往往比需求的收入弹性小得多。从长远看，需求的收入弹性一般是交通运输总需求的价格弹性的1.5–3倍，这意味着随着收入的增加，价格信号却变得不那么有效。退还节油车辆的购置税和注册税一直证明是行之有效的做法。一些城市采用了道路和停车定价政策，这对小轿车交通产生了明显的影响(一致性高，证据量充分) [5.5.1]。

许多政府已经引入或有意图实施各种政策，以便在国家减排战略中推广生物燃料。就CO<sub>2</sub>减排而言，生物燃料的好处主要体现在从油井-到-车轮这一过程，如果把与生物燃料有关的激励措施与从油井-到-车轮过程中的整体CO<sub>2</sub>效率捆绑在一起，那么这些激励措施就是更有效的气候政策。因此，应将混合燃料的优惠税率、补贴和配额按照从油井-到-车轮的整个周期中与每种燃料相关的CO<sub>2</sub>净减排量的效益进行校准计算。为避免生物燃料生产对可持续发展造成的负面影响(如生物多样性的影响)，可把生物燃料的激励措施与某些附加条件捆绑在一起。

#### 航空和海洋交通运输的政策和措施

为减少空中和海上交通运输因燃烧船用燃料而产生的排放，需制定新的政策框架。国际民航组织(ICAO)和IMO研究了限制GHG排放的各种方案。然而，上述两个机构都不能为政策实施设计一个适当的框架。但是，ICAO赞同这样一个理念，即通过一个自愿方案实施开放的国际排放交易体系，或者将国际航空纳入现有的排放交易系统。

对航空而言，燃料或排放费和交易具有显著的减排潜力。为减少航空工业对气候产生的影响，地理范围(所覆盖的航线和运营商)、拟划拨给民航行业的补贴数额和非CO<sub>2</sub>气候影响的范围将是决定排放交易成效的关键设计要素。排放费或交易将导致燃料成本增加，这对发动机效率将产生积极的影响 [5.5.2]。

目前海运行业的政策措施主要根据用船舶燃料效率指数制定的自愿方案。少数地方正征收根据环境差异而所制定的不同的港口税。限制船舶排放的其它政策包括把国际海运纳入国际排放交易方案、燃料税和法规手段(一致性高，证据量中等) [5.5.2]。

#### 影响GHG排放和GHG减缓政策共生效益的非气候综合政策

最近，交通运输规划和政策更加重视可持续发

展问题。这包括减少石油进口、改善空气质量、降低噪音污染、提高安全性、减少交通堵塞并改善对交通运输设施的使用。这些政策能够与GHG减排一起发挥重要的协同作用(一致性高, 证据量中等) [5.5.4; 5.5.5]。

## 6 住宅建筑和商业建筑

### 行业状况和排放趋势

2004年, 建筑行业的GHG直接排放(不包括用电产生的排放)约为5GtCO<sub>2</sub>当量/年(3GtCO<sub>2</sub>当量/年CO<sub>2</sub>; 0.1GtCO<sub>2</sub>当量/年N<sub>2</sub>O; 0.4 GtCO<sub>2</sub>当量/年CH<sub>4</sub>和1.5GtCO<sub>2</sub>当量/年卤烃)。最近的数字包括蒙特利尔议定书所涉及的F-气体, 和大约为0.1–0.2GtCO<sub>2</sub>-当量/年的HFC。随着该行业的减缓包括许多节电措施, 因此一般只计算减缓潜力, 其中包括节电措施。为了进行比较, 通常给出建筑行业的排放数字, 包括该行业用电产生的排放。当包括用电产生的排放时, 建筑行业产生的与能源有关的CO<sub>2</sub>排放大约为8.6Gt/年, 或占2004年全球排放总量的33%。GHG排放总量(包括用电产生的排放)估计则达到10.6 GtCO<sub>2</sub>当量/年(一致性高, 证据量中等) [6.2]。

### 未来建筑物使用能源所产生的碳排放

建筑行业的文献使用了一套混合基线。因此, 本章对建筑行业的基线作出了定义, 大约介于SRESB2和A1B2之间, 而2030年的GHG排放为14.3GtCO<sub>2</sub>当量(包括用电产生的排放)。SRES B2和

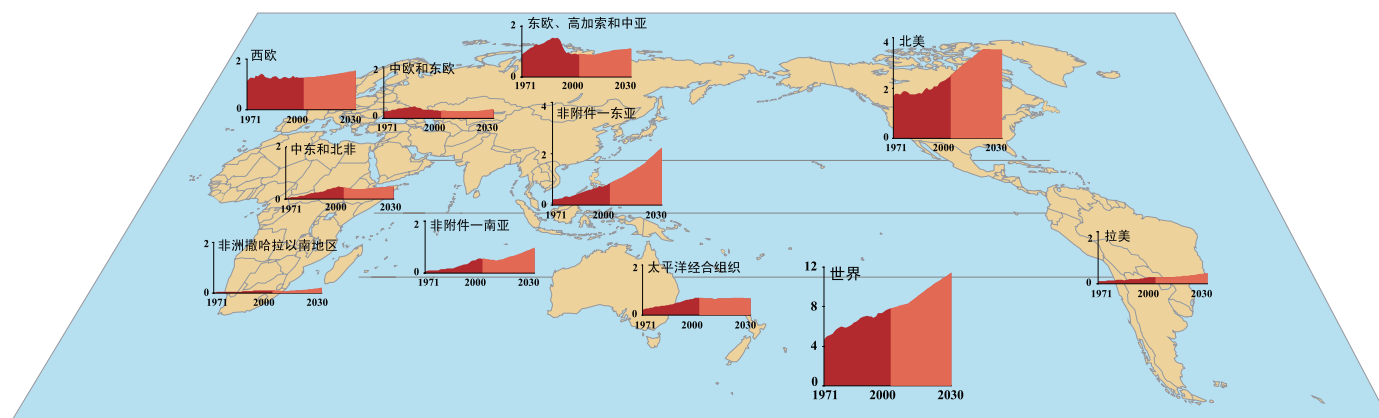
A1B情景下相应的排放量为11.4GtCO<sub>2</sub>和15.6GtCO<sub>2</sub>。在基于相对较低经济增长的SRESB2情景下(图TS.17), 北美洲和非附件一东亚地区占排放增加量的最大部分。在经济快速发展的SRES A1B情景下, 所有的CO<sub>2</sub>排放增量都来自发展中国家, 这些地区的顺序为亚洲、中东和北非、拉丁美洲和非洲次撒哈拉地区。整体而言, 在B2情景下, 在2004-2030年期间CO<sub>2</sub>排放的年平均增加比例为1.5%; 在A1B情景下CO<sub>2</sub>排放的年平均增比例为2.4%(一致性高, 证据量中等) [6.2, 6.3]。

### 减缓技术和规范

减少建筑物GHG排放的措施分为三类: 1) 减少建筑物的能源消耗<sup>13</sup>和有形能源; 2) 转化成低碳燃料, 包括更高份额的可再生能源; 3) 控制非CO<sub>2</sub> GHG气体的排放。依靠更好的隔热包层<sup>14</sup>、改进后的设计方法和建筑物施工、更有效的设备和减少对能源服务的需求, 目前许多技术能籍此减少建筑物的能源消耗。加热和制冷的相对重要性取决于气候条件, 因此由于区域的不同而异。同时, 被动式设计技术的效果也取决于气候条件, 而且湿热和干热地区之间也存在重要的区别。居住者的行为(包括避免设备不必要的运行, 设置适应性的加热和制冷温度而不是温度保持不变)也是限制建筑物能源使用的一个重要因素(一致性高, 证据量充分) [6.4]。

### 建筑行业的减缓潜力

与预估的排放相比, 在今后数年内能够在建筑物能源使用方面实现CO<sub>2</sub>大量减排。在各种能效技



图TS.17: 1971–2030年期间建筑物的CO<sub>2</sub>排放(GtCO<sub>2</sub>), 包括用电产生的排放[图6.2]。

注: 深红色—历史排放; 浅红色—根据SRES B2情景的预估。EECCA=东欧、高加索和中亚地区的国家。

13. 这包括建筑物内所有形式的能源使用, 包括用电。

14. “隔热包层”一词指建筑物的外壳, 它作为一种阻隔多余热量或质量在建筑物内外之间转移的屏障。

表TS.5: 2020a 年建筑业碳储量的GHG减排潜力 [表6.2]。

经济区	按区域审核的国家/ 国家集团	建筑 <sup>b</sup> 减排潜力, 占国家基 线的%	涵盖最大潜力的措施	提供最便宜减缓方案的措 施
发达国家	美国、欧盟15国、加拿大、希腊、澳大利亚、韩国、英国、德国、日本	技术: 21%-54% <sup>c</sup> 经济(<美元0/吨CO <sub>2</sub> 当量): 12%-25% <sup>d</sup> 市场: 15%-37%	1.建筑外层翻新, 包括隔热, 尤其是窗户和墙壁; 2.空间供热系统; 3.高能效的照明, 尤其是向紧凑型荧光灯(CFL)和高效率镇流器转换。	1.家用电器, 比如高能效的电视机和外围设备(处于开启模式和待机状态), 冰箱和冷藏室, 通风设备和空调; 2.水暖设备; 3.照明的最佳做法。
经济转型国家	匈牙利、俄罗斯、波兰、克罗地亚, 作为一个集团: 拉脱维亚、立陶宛、爱沙尼亚、斯洛伐克、斯洛文尼亚、匈牙利、马耳他、塞浦路斯、波兰、捷克共和国	技术: 26%-47% <sup>e</sup> 经济(<美元0/吨CO <sub>2</sub> 当量): 13%-37% <sup>f</sup> 市场: 14%	1.先期和后期隔热和替换建筑物部件, 尤其是窗户; 2.高能效的照明, 尤其是向CFL转换; 3.高能效的家用电器, 如冰箱和热水器。	1.高能效的照明及其控制; 2.水和空间加热控制系统; 3.建筑物部件尤其是窗户的翻新和替换。
发展中国家	缅甸、印度、印度尼西亚、阿根廷、巴西、中国、厄瓜多尔、泰国、巴基斯坦、南非	技术: 18%-41% 经济(<美元0/吨CO <sub>2</sub> 当量): 13%-52% <sup>g</sup> 市场: 23%	1.高能效的照明, 尤其是向CFL转换、适度翻新和煤油灯; 2.改进后的各种炊事炉灶, 尤其是生物质炉灶、LPG和煤油炉灶; 3.高能效的家用电器, 如空调和冰箱。	1.改进后的照明, 尤其是对CFL进行改型和高能效的煤油灯; 2.各种改进后的炊事炉灶, 尤其是生物质炉灶、煤油炉灶; 3.高能效的电器产品, 如冰箱和空调。

注:

- a. 欧盟15国、希腊、加拿大、印度和俄罗斯除外, 这些国家实现目标年为2010年; 匈牙利、厄瓜多尔和南非除外, 这些国家实现目标年为2030年。
- b. 考虑到仅有一种类型的潜力, 根据研究的局限性来解释发达国家的市场潜力大于经济潜力这一事实, 因此反映可能有更高经济潜力的某些研究信息缺失。
- c. 两者均针对2010年而言, 如果使用近似的潜力2020公式 = (1 - (1 - 潜力2010)) 对该潜力进行外推, 以此作为未来基线的百分比(假设2000年为开始年), 该+区间为38%-79%。
- d. 对2010年而言, 如果使用建议的外推公式, 该区间为22%-44%。
- e. 最后一个为2010年的数字, 如果使用外推公式, 相当于2020年的72%。
- f. 第一个为2010年的数字, 如果使用外推公式, 相当于2020年的24%。
- g. 最后一个为2030年的数字, 如果使用建议的外推公式推导中期潜力, 那么相当于2020年的38%。

术、规范和系统方面具有相当多的经验; 在提高建筑物能效的政策和计划方面具有同样丰富的经验, 所有这些经验都给这种观点增添了相当高的信度。可通过降低生命期成本的方式能够实现上述节能的很大一部分, 从而做出了具有净负成本的CO<sub>2</sub>减排(一般投资成本较高, 但运行成本较低)(一致性高, 证据量充分)[6.4; 6.5]。

一项针对80项研究的调查结果支持上述结论(表TS.5)。这表明, 就成本效益和潜在的节能而言, 高能效照明技术是几乎所有国家建筑物GHG减排措施中最有前景的措施之一。到2020年, 在全世界采用最低生命周期成本照明系统能减少排放约760 MtCO<sub>2</sub>, 平均成本为-160美元/吨CO<sub>2</sub> (即: 纯经济收

益)。就节能量而言, 几乎所有的研究都先提出了改进寒冷气候区的隔热和分区供暖系统, 在温暖气候区采取与空间制冷和通风有关的提高能效的措施, 以及改进发展中国家的炊事炉灶。在节能潜力方面排位较靠前的其它措施包括: 太阳能热水装置、节能型家用电器和能源管理体系。

就成本效益而言, 高能效的炊事炉灶在发展中国家仅次于照明位列第二, 同时工业化国家位列第二的措施也随气候和地理区域各不相同。针对经济转型国家的几乎所有研究(一般在偏凉的气候区)发现, 与供热有关的措施最具成本效益, 包括墙、屋顶、窗户和地板的隔热, 以及改进后的分区供暖系统的供热控制。发达国家通常把与家用电器相关的

表TS.6: 随成本变化的2020年全球CO<sub>2</sub>减缓潜力预估 [表6.3]。

世界区域	2020年 基线排放	2020年成本类别中作为CO <sub>2</sub> 基线排放预估份额的减缓潜力(成本单位: 美元/吨CO <sub>2</sub> 当量)				2020年成本类别中CO <sub>2</sub> 减缓潜力绝对值, GtCO <sub>2</sub> 当量(成本单位: 美元/吨CO <sub>2</sub> 当量)			
	GtCO <sub>2</sub> -eq	<0	0-20	20-100	<100	<0	0-20	20-100	<100
全球	11.1	29%	3%	4%	36%	3.2	0.35	0.45	4.0
OECD(-EIT)	4.8	27%	3%	2%	32%	1.3	0.10	0.10	1.6
EIT	1.3	29%	12%	23%	64%	0.4	0.15	0.30	0.85
非-OECD	5.0	30%	2%	1%	32%	1.5	0.10	0.05	1.6

注: 随成本和区域变化的全球累计潜力基于17项研究, 这些研究详细报告了随成本变化的潜力。

措施作为最具成本效益, 而在偏暖的气候区与制冷相关的设备升级排位靠前。空调节能比其它能效措施花费更高, 但仍然具有成本效益, 因为这些措施有助于取代更昂贵的高峰期用电。

与最近的现行规范(一般成本很低或没有额外成本)相比, 单个新的建筑物可以节能75%或者更高。认识到这些节能需要一个综合的设计过程, 需要建筑师、工程师、承包商和客户的参与, 同时要充分考虑被动减少建筑物能源需求的各种机会 [6.4.1]。

研究发展中国家建筑物的GHG减缓尤为重要。可使制造出的炊事炉灶燃烧更加有效, 并更加完全地燃烧颗粒物, 通过改善室内的空气质量来造福乡村的居民, 同时减少GHG的排放。可在当地找到改进的、低GHG的原料来源。在城市和越来越多的农村地区, 需要把工业化国家的所有现代技术用于减少GHG排放 [6.4.3]。

商业建筑物节能的新兴领域包括: 采用控制和信息技术来对商业建筑物进行连续的监测、诊断并通报故障情况(‘智能控制’); 各系统逐渐减少通风、制冷和除湿的需求。先进的窗户、被动式太阳能设计、消除建筑物和管道泄漏的技术、节能电器、控制备用和闲置设备的能耗以及固态照明, 所有这些对住宅和商业行业也很重要(一致性高, 证据量充分) [6.5]。

居住者的行为、文化和消费选择以及各种技术的利用是建筑物能源使用的主要决定因素, 并在决定CO<sub>2</sub>的排放方面发挥根本的作用。然而, 几乎未对非技术方案的减排潜力进行评估, 并对各种可能的政策杠杆了解甚少(一致性高, 证据量中等)。

通过在全世界应用最佳规范和回收方法, 这提供了大幅度减少建筑行业直接排放氟化气体的机遇, 所有的F-气体在2015年的减缓潜力达到0.7 GtCO<sub>2</sub>当量。减少卤烃制冷剂的方法主要包括: 避免空调和制冷装置的泄漏(如在正常使用期间、维护过程中和报废阶段); 并减少新设备对卤烃的使用。决定是否能够实现该潜力的一个关键要素是实施这些旨在实现减排的各措施的成本。这些成本的差异很大, 如在净收益到300美元/吨CO<sub>2</sub>当量之间不等(一致性高, 证据量充分) [6.5]。

### 建筑行业的减缓潜力

有以下方面的全球潜力, 即: 到2020年住宅和商业行业的预估的各基线排放大约减少30%(表TS.6)。至少能够以20美元/吨CO<sub>2</sub>当量的成本避免另外3%的基线排放; 如果成本高达100美元/吨CO<sub>2</sub>当量, 则还能减少4%的基线排放。然而, 由于存在低成本的很大机遇, 仅在有限的范围内对高成本潜力作了评估, 所以该数字是低估值。利用全球建筑物基线排放预估值<sup>15</sup>, 这些估值代表CO<sub>2</sub>当量在2020年以0美元、20美元/吨CO<sub>2</sub>当量和100美元/吨CO<sub>2</sub>当量的价格分别减少了3.2、3.6和4.0Gt(一致性高, 证据量充分) [6.5]。

真正的潜力可能更高, 因为这些研究没有考虑所有的最终用途的能效提高方案。忽略了非技术方案及其显著的共生效益, 如同先进的综合高能建筑。然而, 市场潜力远远小于经济潜力。

虽然2030年的信息有限, 但已将2020年经济潜力的研究结果外推至2030年, 以便能与其它行业

15. 根据17项用于推导全球潜力的研究计算出基线CO<sub>2</sub>排放的预估值(如果某项研究不包括任何一个基线, 则使用另一项国家减缓报告的预估值)。

表TS.7: 根据从2020年数据外推得出的随成本变化的2030年全球CO<sub>2</sub>减缓潜力的预估值 [表6.4].

减缓方案	区域	2030年基线预估值	低于100美元/吨CO <sub>2</sub> 当量的潜力		不同成本类别的潜力		
			低	高	<0美元/吨CO <sub>2</sub>	0-20美元/吨CO <sub>2</sub>	20-100美元/吨CO <sub>2</sub>
					<0美元/吨碳	0-73美元/吨碳	73-367美元/吨碳
节电 <sup>a)</sup>	OECD	3.4	0.75	0.95	0.85	0.0	0.0
	EIT	0.40	0.15	0.20	0.20	0.0	0.0
	非-OECD/EIT	4.5	1.7	2.4	1.9	0.1	0.1
节约燃料	OECD	2.0	1.0	1.2	0.85	0.2	0.1
	EIT	1.0	0.55	0.85	0.20	0.2	0.3
	非-OECD/EIT	3.0	0.70	0.80	0.65	0.1	0.0
总计	OECD	5.4	1.8	2.2	1.7	0.2	0.1
	EIT	1.4	0.70	1.1	0.40	0.2	0.3
	非-OECD/EIT	7.5	2.4	3.2	2.5	0.1	0.0
	全球	14.3	4.8	6.4	4.5	0.5	0.7

注:

- a) 由于使用了不同基线，所以表TS.8节电潜力的绝对值和第11章表11.3不同。然而，其占基线百分比的潜力估值在两种情况下均相同。此外，表11.3不包括能源供应部门已经考虑的减排份额，而表TS.7没有将该潜力分开。

进行比较。表TS.7给出了估值。外推至2030年的潜力表明，在全球，可分别以<0、<20和<100美元/吨CO<sub>2</sub>当量的成本每年分别减少4.5、5.0和5.6 GtCO<sub>2</sub>当量。这相当于预估的基线排放量的30%、35%和40%。由于现有的2030年的研究非常有限，因此与这些数字相关的确信性水平大大低于2020年数字的确信性。(一致性中等，证据量少)。

未来长期展望：假设建筑行业的减缓方案成本高达25美元/吨CO<sub>2</sub>当量，发现2050年将减少大约7.7 GtCO<sub>2</sub>当量的排放。

### 减缓方案与脆弱性和适应的相互作用

如果世界变暖，温带气候区用于供暖所使用的能源将减少(如欧洲、亚洲和北美洲的部分地区)，而全世界大多数地区用于制冷的能源将增加。一些研究表明，在那些处于温带气候的国家中，为进行额外制冷所增加的用电将超过供暖减少的用电，而且预计南欧夏季用电高峰有可能大大增加。变暖对CO<sub>2</sub>排放产生的净效应可能增加，即使在最终能源总体需求下降的地方也是如此，这取决于某些特定国家发电所需的混合能源。这就造成一个正反馈循环：更多的机械制冷排放更多的GHG，从而加剧了变暖(一致性中等，证据量中等)。

由于同时着手解决减缓和适应问题，因此建筑行业的投资也许减少气候变化的总成本。这些协同作用最重要的部分包括：通过以下措施减少制冷需求或能源的使用，如：使用综合的建筑物设计、被动式太阳能建设、高效供暖和制冷的热泵、适

应性釉面玻璃窗、散热少的高能效家用电器、以及各种装修新，包括增加隔热、针对特定气候和防风暴的优化装修。适善的城市规划(包括城市中日益增加的绿地面积和冷屋顶)被证明是限制‘热岛’效应的一种有效方式，从而减少制冷需求和发生城市火灾的可能性。在室外温度很高但居住者能接受要求更高的室内(舒适)温度，目前设计中需要经常考虑的事项包括适应性舒适度(一致性高，证据量中等) [6.9]。

为减少建筑物使用能源所产生的CO<sub>2</sub>排放的政策成效和经验

到2020年实现这种减排需要快速设计、实施和执行有力的政策，旨在提高建筑物和设备的能效、推广可再生能源(只要具有成本效益)和新建筑物的先进设计技术(一致性高，证据量充分) [6.5]。

然而，存在相当多的障碍有待克服，以实现高标准的负排放和低成本减缓潜力。这些包括有形成本、激励机制和效益之间的不匹配(如房东和房客之间)、对获得融资的限制、能源价格补贴、产业和设计过程的零散性。这些障碍在住宅和商业行业表现得尤为强大而且变化多样，因此只有通过一系列多种政策手段和良好执行力度，才能克服这些障碍(一致性高，证据量中等)。

事实证明，许多国家在有关削减建筑物GHG排放的一系列政策是成功的。根据在选择最佳做法的基础上政策手段的成效，表TS.8概括了所使用的关键的政策工具，并对它们作了比较。经过审核的多数工具能实现显著的节能和CO<sub>2</sub>减排。在对大约30个



表TS.8: 为减少建筑行业GHG的排放, 选定的政策工具依靠最佳做法所产生的影响和效果 [表6.6]。

政策手段	减排成效 <sup>a</sup>	成本效益 <sup>b</sup>	成功、主要优势和局限性的特殊条件, 共生效益
电器标准	高	高	成功的要素: 定期更新标准、独立控制、信息、沟通和教育
建筑规范	高	中等	对于目标之外的改进尚无激励措施。执行后才能见效。
公共领导层计划, 包括采购制度	高	高/中等	能够有效地用于展示新技术和新做法。强制性计划比自愿计划的潜力更大。成功的要素: 宏伟的能效标签制度和检测。
提高能效义务和配额	高	高	必要的不断完善: 新的能效措施、对转变市场有短期激励措施等。
需求方管理方案	高	高	商业行业比住宅行业往往更加具有成本效益
能源业绩 建立契约方面的支持/ ESCO支持	高	中等	优势: 不需要公共支出或市场干预, 提高竞争力的共生效益。
能效证明方案	中等	中等	没有长期的经验。交易成本可能高。需要体制结构。与现行政策有深入的互动。就业效益。
《京都议定书》的灵活机制 <sup>d</sup>	低	低	到目前为止, 建筑物方面的CDM和JI项目的数量有限。
(对CO <sub>2</sub> 或燃料)征税	低	低	影响取决于价格的弹性。收入可专用于进一步提高能效。如与其它工具相结合将更加有效。
免税/减税	高	高	如果结构妥善, 将激励采用高能效的设备和新的建筑物。
资本补贴、赠款、补贴贷款	高	低	对低收入家庭有积极影响; 存在“免费搭车”的风险, 或许引发创业投资。
标签和认证方案	中等/高	高	强制性计划比自愿计划更加有效。与其它工具和定期的更新材料结合可提高有效性。
自愿协议和谈判协议	中等/高	中等	当规章制度难于执行时可能有效。如果与财务激励机制和制度制约相结合, 则有效。
教育和信息计划	低/中等	高	住宅行业比商业行业更加适用。成功的条件: 与其它措施结合后更加适用。
强制性审计和能源管理要求	高, 但有可变性	中等	如果与诸如财政激励机制等其它措施相结合最有效。
详细记帐和披露计划	中等	中等	成功的条件: 与其它措施和定期评价相结合。

注:

- a) 包括便于实施、执行的可行性和简单性、在许多地方的适用性、对实现的节能总量做出贡献的其它要素。  
b) 共生效益与避免的碳排放的特定社会成本相关。  
c) 能源服务公司  
d) 联合实施、清洁发展机制、国际排放交易 (包括绿色投资方案)

国家的60项政策进行评估中, 通过建筑物规范、电器标准和免税政策, 可最大程度地减少CO<sub>2</sub>的排放。家电标准、提高能效的义务和配额、需求方管理计划和强制性标签是具有成本效益的政策工具。补贴和能源或碳税是成本效益最低的工具。各信息计划也具有成本效益, 当与其它大多数政策措施相配套时尤为如此(一致性中等, 证据量中等)[6.8]。

那些旨在减少泄漏或不鼓励含氟制冷剂使用的政策和措施在未来可能大大减少F-气体的排放(一致

性高, 证据量中等)[6.8.4]。

迄今为止, 各项政策的有限的总体影响源于以下几个因素: 1) 执行过程缓慢; 2) 缺乏建筑规范(尽管事实上能够在无重大财政让步的情况下开展CO<sub>2</sub>中性建设, 但许多政策的要求通常贴近共同做法)、电器标准和标签进行定期更新; 3) 经费不足; 4) 执行力度不够。在发展中国家和经济转型国家, 由于没有具体实施, 加上实施机制差或不完善, 所以使提高能效的政策打了折扣。由于在发达国家对

建筑物进行的定期翻新与缓慢的建筑物交付之间时间间隔长，因而建造现有建筑物外表结构的GHG减排措施的推广也成为另一种挑战（一致性高，证据量充分）[6.8]。

### 共生效益以及与可持续发展的关联性

建筑物可再生能源的能效和利用促成了可持续发展与GHG减排之间的协同作用。对最不发达国家而言，其中与之最为密切相关的是安全有效的炉灶，在减少GHG排放的同时，重要的是可通过减少室内空气污染来降低死亡率和患病率。安全有效的炉灶还可减少妇女和儿童捡拾传统炉灶燃料的工作量，并降低对稀缺自然资源的需求。减少室外空气污染是另一重要的共生效益。

总之，在发达国家和发展中国家，提高建筑物的能效以及清洁有效地使用当地的可再生能源，其结果是：

- 大大节省有关能源的投资，因为效能比新供给的成本低廉；
- 节约的资金用于其它目的，如基础设施投资；
- 提高系统可靠性和能源安全；
- 促进获取能源服务；
- 减少贫困；
- 改善当地的环境质量；
- 通过创造新的商业机会，并通过把节约能源成本的资金以另一种方式支出所产生的倍增效应，对就业产生积极影响。

越来越多的证据表明，设计优良的高能效建筑常常会提高居住者的工作效率和健康（一致性高，证据量中等）[6.9]。

工业化国家对发展中国家和经济转型国家制定和实施旨在提高建筑物及设备能效政策的支持，能够为减少二氧化碳排放的增长，为改善人民的福祉做出重大贡献。将针对可持续发展的国际援助或其它公共和私人资金用于提高建筑物能效和提倡可再生能源的计划，这能够实现多重发展目标并产生长期影响。发达国家向发展中国家转让知识、专业技术和最新技能能够促进太阳能光伏发电技术(PV)的使用，包括以PV为电源的发光二极管(LED)照明、

高隔热建筑材料、高效的家电和采光、综合设计、建筑能源管理系统以及太阳能制冷。然而，也还将需要资本筹措 [6.8.3]。

### 技术研究、开发、部署、推广和转让

虽然目前有许多切实可行、具成本效益的技术和做法，但在某些行业还需要进行研究和开发，比如：高性能控制系统<sup>16</sup>；先进的窗用釉面玻璃工艺；新型绝隔热板材料；利用被动能源及其它可再生能源的各种系统；增加热储存的相变材料；高性能地源可逆热泵；使用余热的综合家电及其它设备；新型制冷技术，以及利用全社区网络向建筑物提供暖、制冷和电力。这些技术和系统的示范和专业人员培训是将这些新技术推向市场的必要步骤 [6.8.3]。

### 长期展望

建筑物GHG的长期减排应尽快开始，因为建筑存量的周转缓慢。为实现新建筑物的大规模节能，应尽快讲授、推广建筑物综合设计和管理的新方法，并付诸于大规模实践。目前尚未向建筑业的大部分专业人员提供此类培训。由于非技术性机会在建筑中的重要作用，宏伟的GHG的减排措施也许需要将文化观念转变为一种根本的价值观，即一个提倡气候保护和可持续发展的社会，这给建筑物的建设带来了社会压力，并导致建筑物使用的材料对环境留有更少的影响痕迹（一致性高，证据量中等）[6.4.1, 6.8.1]。

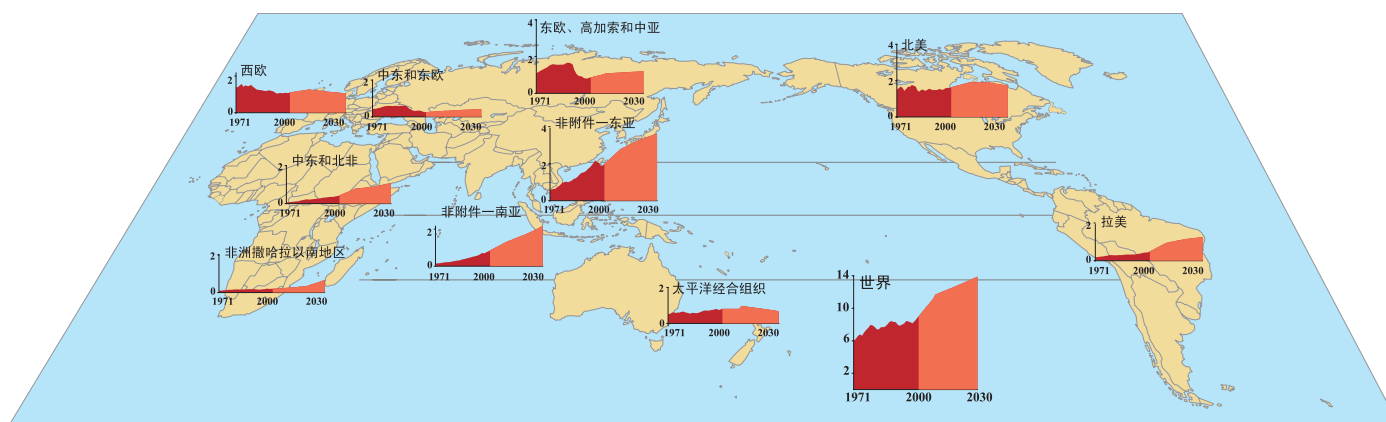
## 7 工业

### 行业现状、发展趋势及其影响

在大多数国家，能源密集型工业(钢铁、有色金属、化工和化肥、石油提炼、水泥以及制浆和造纸)的能耗占整个制造行业的85%。由于其它行业的能耗增长迅速，因此制造行业占全球一次能源的份额已由1971年的40%下降为2004年的37% [7.1.3]。

大部分能源密集型工业目前位于发展中国家。总体上，2003年，发展中国家的钢铁产量占全球的42%、氮肥产量占全球的57%、水泥产量占全球的78%、铝产量约占全球的50%。2004年，发展中国家

16. 需要建立先进的控制系统，使所有能源服务功能纳入商用建筑的规划及其使用（‘智能控制’）。



图TS.18: 1971-2030年, 工业CO<sub>2</sub>排放量(GtCO<sub>2</sub>; 包括用电)。[表7.1, 7.2]。

注: 深红色- 历史排放; 浅红色 - 根据SRES B2情景所作的预估。资料引自Price等人(2006年), 第7章未涉及中期年份。EECCA = 东欧、高加索地区和中亚国家。

的工业最终能耗占46%、发达国家占43%、经济转型国家占11%。发展中国家的许多设施(铝业、水泥和化肥工业)是新型的并采用了最新技术, 而且特定能耗最低。然而, 像在工业化国家一样, 仍有许多陈旧的低效设施。这就在发展中国家产生了投资, 提高能效, 实现减排的巨大需求。随着人口和GDP的增长, 预计能源密集型工业在20世纪的强势增长还将持续 [7.1.2; 7.1.3]。

尽管大规模制造在全球能源密集工业中占主导, 但在许多发展中国家, 中小型企业(SME)也占有重要的份额。虽然规章制度和国际竞争促使大型工业企业转为使用环境无害技术, 但SME或许没有经济或技术能力来安装必要的控制设备, 或革新缓慢。SME的这些局限给GHG减排提出了特殊的挑战(一致性高, 证据量充分)[7.1.1]。

### 排放趋势 (全球和区域)

工业GHG直接排放量目前约为7.2GtCO<sub>2</sub>当量。由于本章讨论的减排方案包括针对减少工业用电的各项措施, 含用电产生的排放, 这对于进行比较是重要的。2004年, 工业的GHG总排放量约为12 GtCO<sub>2</sub>当量, 约占全球总量的25%。工业的CO<sub>2</sub>排放量(含用电)从1971年的6.0GtCO<sub>2</sub>增长至2004年的9.9 GtCO<sub>2</sub>。2004年, 发达国家占与能源有关的CO<sub>2</sub>总排量的35%、经济转型国家占11%、发展中国家占53%(见图TS.18)。工业也会在化石燃料的非能源使用过程中以及在非化石燃料资源中造成CO<sub>2</sub>排放。2000年, 此类排放的总量为1.7 GtCO<sub>2</sub>(一致性高, 证

据量充分)[7.1.3]。

工业生产流程也会排放其它的GHG, 包括在HCFC-22生产过程中排放HFC-23; 铝冶炼及半导体加工过程会排放PFC; 使用平板屏幕(液晶显示器)和半导体、镁合金压铸、电器设备、铝冶炼及其它会排放SF<sub>6</sub>, 化工源料和食品企业的废弃物流会排放CH<sub>4</sub>和N<sub>2</sub>O。2000年, 通过这些渠道所排放的总量为0.4 GtCO<sub>2</sub>当量(一致性中等, 证据量中等)[7.1.3]。

在SRES-B22情景下, 2030年工业CO<sub>2</sub>排放预估大约为14GtCO<sub>2</sub>(包括用电)(见图TS.18)。对发展中国家的工业CO<sub>2</sub>排放的最高平均增长率作了预估。预估中欧、东欧、高加索地区和中亚以及亚洲发展中国

表 TS.9: 预估的工业非CO<sub>2</sub> GHG排放, MtCO<sub>2</sub>当量/年 [表 7.3]。

区域	1990	2000	2010	2030
太平洋经合组织	38	53	47	49
北美	147	117	96	147
西欧	159	96	92	109
中欧和东欧	31	21	22	27
EECCA	37	20	21	26
亚洲发展中国家	34	91	118	230
拉丁美洲	17	18	21	38
次撒哈拉非洲	6	10	11	21
中东和北非	2	3	10	20
世界	470	428	438	668

注: 包括工业流程中使用制冷设备产生的排放; 不包括其它制冷及空调使用所产生的排放。

EECCA = 东欧、高加索地区和中亚国家。

表TS.10: 工业GHG减排技术示例（并非全面）。用斜体字列出的技术正在进行示范或开发 [表7.5]。

行业	能效	燃料转换	能量回收	可再生能源	原料变化	产品变化	材料效能	非CO <sub>2</sub> GHG	捕获和封存
行业内	基准；能源管理系统；有 效的电机系统、锅炉、熔 炉、照明和供暖/通风/空 调；流程整合	煤改为天然气和油燃料	电热联产	生物质、沼 气、PV、 风力、水力 发电	循环供料				富氧燃烧、 CO <sub>2</sub> 从废气中 的分离
钢铁	熔融还原、近净形铸造、 废钢预热、干熄焦	高炉喷吹天 然气、油燃 料或塑料	炉顶燃气压 力回收、副 产品煤气联 合循环	炭	废钢	高强度钢	循环、高强 度钢、减小 过程损失	无	氢还原、 高炉中使 用氧
有色金属	惰性阳极、 有效的电解槽设计				废钢		循环、薄膜 和涂层	PFC/SF6 控 制	
化工	膜分离、反应精馏	天然气	前耦合燃气 轮机、压力 回收气轮 机、H <sub>2</sub> 回收		再生塑料、 生物原料	线性低密度 聚乙烯、高 性能塑料	循环、薄膜 和涂层、减 小过程损失	N <sub>2</sub> O、PFC、 CFC和HFC 控制	通过氨、环 氧乙烷流程 的CO <sub>2</sub> 储存
炼油	膜分离 提炼厂气体	天然气	压力回收气 轮机、氢 回收	生物燃料	生物原料		(此处不包括 交通运输减 排)	N <sub>2</sub> O/CH <sub>4</sub> 控 制技术	来自制氢
水泥	助燃炉、滚压机、硫化 床熔窑	废弃燃料、 沼气、生 物质	气轮机干 燥、能量 回收	生物质燃 料、沼气	炉渣、火 山灰	混合水泥 地质聚合物		无	熔窑富氧 燃烧
玻璃	碎玻璃预热 富氧熔炉	天然气	空气底部 循环	无	增加碎玻璃 的使用	高强度薄 容器	循环	无	富氧燃烧
纸浆和造纸	高效制浆、高效干燥、靴 压、带式干燥	生物质、埋 填场产生的 气体	黑液气化联 合循环	生物质燃料 (树皮、黑液)	回收利用、 非木纤维	纤维取向、 薄纸	减少切割和 加工损失	无	石灰窑富氧 燃烧
食品	高效干燥、薄膜	沼气、天 然气	厌氧消化、 气化	生物质、副 产品、太阳 能干燥			减少流程损 失、闭环循 环水		

家的增长率将低于2000-2030年情景。2010年之后，预期太平洋地区OECD、北美和西欧地区在B2情景下的CO<sub>2</sub>排放量会出现下降。对于工业非CO<sub>2</sub>GHG排放，如不采取进一步行动来控制这些排放，那么预估到2030年全球排放会增加至1.4倍，从1990年的470 GtCO<sub>2</sub>当量(130 MtC当量)增至2030年的670 MtCO<sub>2</sub>当量(180MtC当量)。1990至2000年的减缓努力减少了非CO<sub>2</sub>GHG排放，许多额外排放控制计划正在实施中(见表TS.9)(一致性高，证据量中等)[7.1.3]。

### 关于减缓技术和做法、方案和潜力、成本和可持续性的说明和评估

历史上，工业，特别是在能源密集型工业，通过采用提高能效和具体减缓技术，已降低了能源强度和排放强度。制铝工业报告，在1990-2004年间，其PFC减排>70%，氨生产行业报告，2004年设计的工厂与1960年设计的相比，能源强度降低了50%。全球氨生产设备的持续现代化，将会进一步提高能效。同时还报告了能源提炼行业能源强度降低的情况 [7.4.2, 7.4.3, 7.4.4]。

尽管SME正在开展某些创新性研发工作，由于SME的技术和经济能力低而给向环保技术的推广提出了挑战。

一系列宽泛的措施和技术具有减少工业GHG排放的潜力。这些技术可分为如下几类：提高能效、燃料转换、能量回收、可再生能源、原料变化、产品变化和材料效能(表TS.10)。在每种类别中，有些技术，如使用更有效的电机，可广泛在所有行业推广；而其它的则是针对工业流程的技术，如高炉炉顶压力回收。

在接近2030年的后期，能效的进一步提高以及碳捕获和封存(CCS)<sup>17</sup>及非GHG流程技术的应用将会有相当大的潜力。目前处于研发阶段的此类新技术实例包括用于铝生产的惰性电极和用于金属制造的氢(一致性高，证据量充分)[7.2, 7.3, 7.4]。

在能源密集型工业的行业评估以及其它企业的综合评估中，对2030年的减缓潜力和成本作了估算。研究表明，在B2情景下，成本<20美元/吨CO<sub>2</sub>(74美元/吨碳当量)，减缓潜力约为1.1GtCO<sub>2</sub>当量；成本<50美元/吨CO<sub>2</sub>(180美元/吨碳当量)，约为3.5GtCO<sub>2</sub>当量；成本<100美元/吨CO<sub>2</sub>当量(<370美元/吨碳当量)，约为4GtCO<sub>2</sub>当量/年(0.60-1.4GtC当

量/年)。减缓潜力最大的是在钢铁业、水泥业和造纸业，以及对非CO<sub>2</sub>气体的控制，大部分潜力可在<50美元/吨CO<sub>2</sub>当量(<180美元/吨碳当量)实现。应用CCS技术会带来更大的潜力，虽然成本较高。

最近完成的9组技术全球研究表明，2030年工业在成本<25美元/吨CO<sub>2</sub>(<92美元/吨碳)(2004\$)，其减缓潜力为2.5-3.0GtCO<sub>2</sub>当量/年(0.68-0.82GtC当量/年)。尽管减缓潜力的估算是本评估报告的估算范围内，但减缓成本的估算明显较低(一致性中等，证据量中等)[7.5]。

### 减缓方案与脆弱性及适应的相互作用

在工业中，适应和减缓之间的关系有限。许多减缓方案(如，提高能效、热回收及能量回收、循环利用)并不易受气候变化的影响，因此，未产生适应关系。其它方案，如燃料或原料转换(如，转换为生物质或其它可再生能源)，或许易受气候变化影响 [7.8]。

### 气候政策的成效和经验、潜力、障碍和机遇/实施问题

无论是工业化国家还是发展中国家，均尚未全面采用可用的减缓方案。在全球许多地区，无论是市场还是政府规章，均未要求减缓GHG。在这些地区，许多公司将投资于GHG的减缓，在某种程度上其它因素可使他们从投资中获得回报。这种回报可以是经济上的回报；例如，提供经济支出的提高能效的项目；或为了实现更高的企业目标，例如，致力于可持续发展。如果出台了各项政策和法规，上述经济潜力才能得以实现。如上所述，与此相关的是，大部分能源密集型工业位于发展中国家。资本股周转率低也是许多工业面临的一道障碍，同样也缺乏必要的资金和技术来实施减排方案；工业公司，尤其是中小企业，获取有关可用方案的信息的能力有限(一致性高，证据量充分)[7.9.1]。

工业界和政府之间就减少能耗和GHG排放达成的自愿协议已于20世纪90年代初生效。这些设计完善的协议设定了切合实际的目标，并得到了政府的充足支持，通常作为更大的一揽子环保政策的一部分，如果目标未能实现，一个现实的威慑力是政府会加大监管力度或提高能源/GHG税，这类协议的作用超过了照常排放过程中的节能或减排。有些协议促进了最佳可用技术的推广并最终导致减排(与基

17 见IPCC CO<sub>2</sub> 捕获和封存特别报告

线相比),尤其是在那些政府和工业界一贯密切合作的国家。然而,大部分自愿协议尚未在照常排放之外实现显著减排。企业、地方政府、非政府组织(NGO)和民间团体正在采取各种非政府性行动,这也许能够限制GHG的排放、激励创新政策以及鼓励部署新技术。然而,只凭他们自身努力所产生的影响有限。

采用具成本效益、GHG低排放技术面临多重障碍(如缺乏信息、无标准以及缺乏首次购买现代技术所需的资金),出台消除这些障碍的政策能够见效。许多国家,既有发达国家也有发展中国家,都有促进工业节能的财政计划。根据世界能源理事会的调查,有28个国家为提高工业能效项目提供了某种补助或补贴。财政措施通常也用于激励工业节能。然而,财政刺激的弱点是它们常常会被本该在无刺激情况下投资的投资者所利用。提高成本效益的可能解决之道是将财政计划局限于具体的目标群和/或技术(经过挑选的设备清单,而且只限于创新技术),或采用直接成本效益标准 [7.9.3]。

国家、区域或行业的一些CO<sub>2</sub>排放交易系统已存在或正在建立之中。有证据表明在某些重要行业,工业的参与者面临着一种与电力行业参与者截然不同的形势,因而这些交易系统的进一步细化结果能够公开。例如,对工业碳排放价格的响应趋于缓慢,这是因为更有限的技术组合和/或缺乏短期燃料转换的可能性,这使可预测的划拨机制和稳定的价格信号成为工业界的一个更为重要的问题 [7.9.4]。

如第三次评估报告所述,所有的工业企业(无论大小)都易受政策变化和消费者偏好的影响。因此,稳定的政策体系对于工业尤为重要(一致性高,证据量充分)[7.9]。

### 影响温室气体排放的综合政策和非气候政策

旨在保持能源安全、环境保护和经济发展平衡的政策能够对减缓带来正面或负面的影响。针对能效、去物质化及可再生能源利用的可持续发展政策支持GHG减缓目标。废弃物管理政策通过以产品的再利用降低能耗,减少工业的GHG排放。减少空气污染的措施能够与减少GHG排放产生协同作用,而前提是改用低碳燃料实现减排,但随着许多工业需要更多能源,GHG的排放并非总是一直减少。

除实施上述讨论的减排方案之外,实现可持续发展尚需要工业路径朝着未来减缓需求最小化的方向发展(一致性高,证据量中等)。与中、小型企业

(SME)相比,大型公司具有更大的资源,且通常有更多的激励措施,在其经营中融入环境和社会因素,但在很多国家,SME成为就业和生产能力的主体。将SME发展战略纳入国家发展的总体战略符合可持续发展的目标。能源密集型工业目前正致力于人力资本发展、健康和社区发展等采取一些措施,这些措施符合企业社会责任的目标(一致性高,证据量充分)[7.7; 7.8]。

### 温室气体减缓政策的共生效益

工业GHG减缓的共生效益包括:减少空气污染物的排放和废弃物(也会相应降低环境达标成本和废弃物处理成本)、增加生产并提高产品质量、降低维护和运营成本、改善工作环境以及其它效益,如减少赔偿责任、提升公共形象和工人的士气、推迟或减少资本支出。减少能源使用可间接地为减少空气污染物对健康的影响做出贡献,尤其是在尚未制定空气污染法规的地区(一致性高,证据量充分)[7.10]。

### 技术研究、开发、部署、推广和转让

可在市场上购买的工业技术具有很大的GHG减排潜力。然而,即使采用这类技术,许多工业流程的能耗仍需要更多的能源,大大超出了理想化的热力结构,这意味着还需要额外的大幅度提高能效的潜力和GHG减缓潜力。此外,有些工业流程会释放与热耗和电耗无关的GHG。对于其中某些流程而言,目前还没有消除这类排放的商业技术,例如,开发惰性电极以消除铝生产过程中所产生的排放,以及利用氢来减少铁和有色金属矿物的使用。这些新技术还必须符合一系列其它标准,包括成本竞争力、安全性和规范要求,以及赢得消费者的认可。工业技术研究、开发、部署和推广均由政府和企业负责,最理想的是两者发挥互补作用。由于以GHG减排为主要目标的各项技术本身具有大的内在经济风险,为了促进充分的研究和开发,很可能需要制定政府计划。政府出面找出技术方面存在的根本障碍并找到克服这些障碍的解决途径,这是不失为一个妥善之举,但是公司应承担风险,并抓住实现商业化后的回报。

此外,政府信息、能源审计、报告制度和制定基准方案均有助于技术转让和推广。决定私营行业技术部署和推广的主要因素是竞争优势、客户认可度、国家具体特点、知识产权保护以及法规框架(一致性中等,证据量中等)[7.11]。

## 长期展望

许多技术具有工业GHG减排的长期潜力，但重点集中在三个方面：生物处理、氢的使用和纳米技术。

鉴于工业的复杂性，实现GHG低排放需要许多交叉性过渡和各行业的过渡。由于至少在工业的某些分支存在资本股周转速率问题，因而也许出现‘技术锁定’的惯性。技术革新同时会带来机遇，但只有在资本股到位或回笼后，才会使技术发生根本的变化(一致性高，证据量充分)[7.12]

## 8 农业

### 行业的现状、生产和消费的未来趋势及其影响

技术发展已使农业土地单位产量有了显著的提高，虽然人均农田面积持续减少，但是人均粮食拥有量却在增长(一致性高，证据量充分)。然而，产量的提高在全球并非平衡，有些国家仍然存在贫困农村和营养不良现象。在发展中国家，饮食中畜牧产品逐步增加，而在发达国家则一直保持稳定(一致性高，证据量充分)。

在人口更为稠密的国家，食品和纤维的生产急剧增长以满足有更多人口国家的需求，因此，全球人均每日摄入的热量(卡)有所增加，但是局部地区除外。然而，这种增长是以增加对环境的压力和以消耗自然资源为代价的，况且尚未解决贫困国家的粮食安全和儿童普遍营养不良的问题(一致性高，证据量充分)。

全球可耕地的绝对面积增加了14亿公顷，自20世纪60年代以来，总体增加了8%(发达国家减少了5%，发展中国家增加了22%)。预计这一趋势将一直持续下去，从1997年到2020年，预估另有5亿公顷土地将改为农田，大部分在拉丁美洲和次撒哈拉非洲地区(一致性中等，证据量有限)。

在某些发展中国家，经济增长和生活方式的改变促使对肉类和奶制品的需求不断增加。在1967年至1997年期间，发展中国家对肉类的需求从人均每年的11公斤增加到24公斤，在该时期末，年增长率超过5%。预估全球对肉类需求将会进一步增加(到

2020年增长约60%)，大部分发展中地区，如南亚和东南亚以及次撒哈拉非洲地区(一致性中等，证据量充分)[8.2]。

### 排放趋势

2005年，农业排放估算为5.1-6.1GtCO<sub>2</sub>当量(占全球人为GHG排放的10-12%)。CH<sub>4</sub>产生了3.3GtCO<sub>2</sub>当量，N<sub>2</sub>O产生了2.8GtCO<sub>2</sub>当量。在2005年全球人为排放中，农业的N<sub>2</sub>O排放占60%，CH<sub>4</sub>占50%(一致性中等，证据量中等)。虽然大气与农业耕地之间的CO<sub>2</sub>年交换量大，但净通量估计大致平衡，CO<sub>2</sub>的净排放量仅大约在0.04GtCO<sub>2</sub>/年左右(农业用电和用燃料产生的排放分别转换为建筑物和运输行业的排放)(一致性低，证据量有限)[8.3]。

农业GHG排放趋势是对全球变化的响应：随着饮食的变化和人口的增长，对粮食需求相应增加，预计排放将增加。未来的气候变化最终也许会释放出更多的土壤碳(虽然气候变化也会通过增产而增加土壤碳，但其影响尚不确定)。新兴技术也许减少粮食产量单位的排放量，但绝对排放量有可能增加(一致性中等，证据量中等)。

不出台其它的政策，到2030年，预估农业N<sub>2</sub>O和CH<sub>4</sub>排放将分别增加35%-60%和~60%，超过1990-2005年观测到的14%的非二氧化碳GHG排放增幅(一致性中等，证据量有限)[8.3.2]。

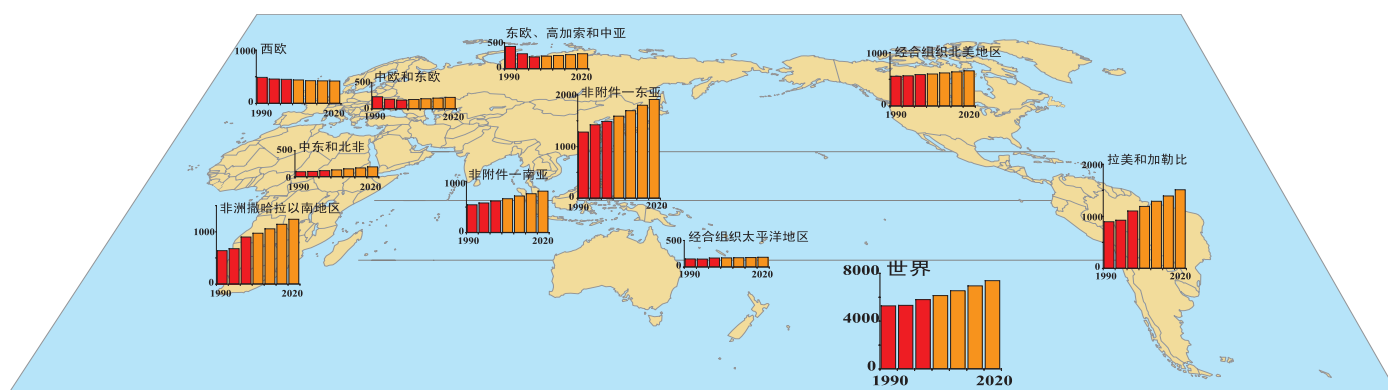
世界各区域排放以及不同排放源的相关重要性差异很大(图TS.19)。2005年，非附件一国家中主要的5组区域占农业总排放量的74% [8.3]。

### 减排技术、做法、方案、潜力和成本

考虑到所有气体，针对SRES B2基线按分别升至20美元、50美元和100美元/吨CO<sub>2</sub>当量的碳价计算，农业减缓的经济潜力预计分别为1600、2700和4300MtCO<sub>2</sub>当量/年(见表TS.11)(一致性中等，证据量有限)[8.4.3]。

改进农业管理能够减少GHG净排放，通常影响一种以上的GHG。这些做法的成效取决于多种因素，诸如气候、土壤类型和耕作制度(一致性高，证据量充分)。

汇的增加(土壤碳固化)约占总体减缓的90%，并约占减排的10%(一致性中等，证据量中等)。农业最突出的减缓方案(到2030年碳价升至100美元/吨



图TS.19: 1990年–2020年世界十个区域农业N<sub>2</sub>O和CH<sub>4</sub>的历史排量和预估排量 [图8.2]

注: EECCA=东欧、高加索以及中亚国家。

CO<sub>2</sub>当量, 各项潜力均以MtCO<sub>2</sub>/年为单位表示) (参见图TS.20) 如下:

- 恢复有机土壤耕地 (1260)
- 改进耕地管理 (包括农学、肥料管理、耕地/茬茬管理和水管理 (包括灌溉和排涝) 和休耕/农林间作 (1110))
- 改进牧场管理 (包括放牧强度、提高生产率、肥料管理、消防管理和引进品种) (810)
- 恢复退化的土地 (利用水土流失防治、有机肥料和肥料改良) (690)。

较低但仍有相当大减缓潜力的减缓方案有:

- 水稻管理 (210)
- 牲畜管理 (包括改进的饲养方式、饲料添加剂、繁殖和其它结构性变化和改进的肥料管理 (改进

的储存、处理和厌氧发酵) (260) (一致性中等, 证据量有限)。

此外, 到2030年, 农业通过提高能效可减排770 MtCO<sub>2</sub>当量/年。不过, 该数值中有很大一部分已被纳入了建筑物和运输行业的减缓潜力 [8.1; 8.4]。

在较低碳价上, 最好采纳与当前做法最为类似的低成本措施 (如, 耕地管理方案), 但在较高碳价上, 最好采纳按单位面积具有更高减缓潜力的更高成本措施 (如, 恢复有机土壤/泥碳土壤; 图TS.20) (一致性中等, 证据量有限) [8.4.3]。

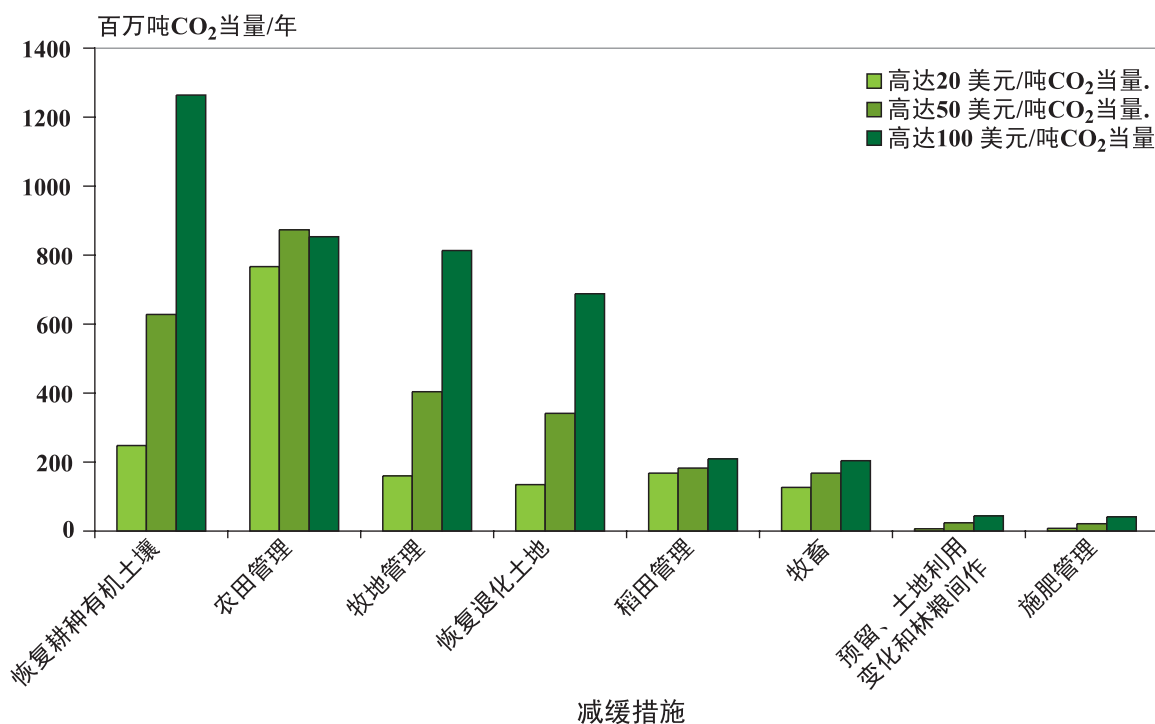
农业原料 (如, 作物秸秆、粪肥、能源作物) 的能源生产取代化石燃料也可减少GHG排放, 农业原料已用于能源最终应用行业 (尤其是能源供应和交通运输)。未来农业生物质供应量的准确估算尚无法提供, 量值范围大约在2025年的22EJ/年至2050年超过400EJ/年之间。但是, 农业通过利用生物能源对减缓潜力的实际贡献取决于燃料的相对价格和供需平衡。自上而下的评估包括对这类平衡的假设, 这些评估预计, 源于农业的生物能源的经济减缓潜力, 当碳价升至20美元/吨CO<sub>2</sub>当量时, 将达到70-1260MtCO<sub>2</sub>当量/年, 当碳价升至50美元/吨CO<sub>2</sub>当量时, 可达到560-2320MtCO<sub>2</sub>当量/年。当碳价升至100美元/吨CO<sub>2</sub>当量时, 自上而下模型未作额外潜力的估算, 但碳价超过100美元/吨CO<sub>2</sub>当量, 估算可达2720MtCO<sub>2</sub>当量/年。在碳价达到20美元和50美元/吨CO<sub>2</sub>当量时, 这些潜力则表示分别占有其它农业减缓措施总合5-80%和20-90%的减缓潜力。农产品和秸秆构成唯一的原料, 若超出这一水平, 生物能源则将与其它土地用途争夺可用地、水和其它资源。生物能源和提高能效的减缓潜力未被包括在

表TS.11: 针对SRES B2基线[表8.7]各种假设碳价计算, 到2030年全球农业GHG减缓的经济潜力估算 (MtCO<sub>2</sub>/年)。

	碳价 (美元/吨CO <sub>2</sub> 当量)		
	升至20	升至50	升至100
经合组织国家	330 (60-470)	540 (300-780)	870 (460-1280)
EIT国家	160 (30-240)	270 (150-390)	440 (230-640)
非经合组织/EIT国家	1140 (210-1660)	1880 (1040-2740)	3050 (1610-4480)

注: 括号中的数字表示平均估值的标准差, 潜力不包括能效措施和生物能抵消化石燃料。





图TS.20: 针对SRES B2基线在一系列碳价内2030年农业GHG减缓潜力 [图8.9]

注：图中显示B2情景，虽然所有SRES情景的形势均类似。能效措施（770 MtCO<sub>2</sub>当量）已被纳入建筑业和能源行业的减缓潜力。

表TS.11或图TS.20中，而被计入用户行业，主要分别计入交通运输和建筑行业（一致性中等，证据量中等）[8.4.4]。

农业减缓潜力的估算趋于第二次评估报告（SAR）和TAR所示范围的低端。这主要是由于考虑到时间尺度的不同（本文为2030年，TAR则为2050年）。从中期看，减缓潜力很大一部分源于清除大气中的CO<sub>2</sub>及其土壤碳的转化，但是，随着土壤碳接近最低水平，这一转化过程的幅度将会减小，而长期减缓将越来越依赖于减少能源使用过程中产生的N<sub>2</sub>O、CH<sub>4</sub>和CO<sub>2</sub>排放，减排效益将无限期持续（一致性高，证据量充分）[8.4.3]。

#### 减缓方案与脆弱性及适应的相互作用

农业GHG减缓行动能够：a)降低脆弱性（如，如果土壤碳固化降低干旱的影响）或b)增加脆弱性（如，如果对生物能的严重依赖使能源供应对气候极端事件更为敏感）。鼓励农业减缓和/或适应的政策必须考虑这些关系（一致性中等，证据量有限）。同样，受适应驱动的行动也会a)有利于减缓（如，旨在提高土壤持水能力的作物秸秆还田做法也能够实现

碳的固化）或b)阻碍减缓（如，为提高产量，更多地使用氮肥，导致N<sub>2</sub>O排放增加）。与那些利弊相冲突的战略相比，凡兼顾提高适应能力、降低脆弱性和减缓气候变化的战略可能造成较少的通过障碍。例如，提高土壤有机物含量可提高肥力，降低干旱的影响，提高适应能力，降低农业对气候变化的脆弱性，同时还能实现碳的固化（一致性中等，证据量中等）[8.5]。

#### 气候政策的成效、机遇、障碍和实施问题

农业GHG减缓做法的实际水平低于上述措施的经济潜力（一致性中等，证据量有限）。实施方面的进展不大，原因在于实施的成本以及其它障碍，包括：对农业用地的压力、对农产品的需求、水需求竞争以及各种社会、体制机构和教育方面的障碍（一致性中等，证据量有限）。例如，到2010年，欧洲农田土壤碳固化可忽略不计，虽然它有显著的经济潜力。不出台政策/经济激励机制，许多障碍将无法逾越（一致性中等，证据量有限）[8.6]。

#### 影响温室气体排放的综合政策和非气候政策

采取减缓做法通常将在很大程度上受各目标

的驱动，而与气候变化无直接的关系。这会使不同区域做出不同的减缓响应，给未来全球减缓潜力的估算带来不确定性。最有效的减排政策可能是那些能实现其它社会目标的政策。某些为脱贫而实施的农村开发政策(如水资源管理和农林间作)能够与减缓一并发挥协同作用(一致性中等，证据量有限)。比如，为获得薪柴或为缓解农民的收入而针对气候变化而采取的农林间作也能增加碳的固化。在许多区域，农业减缓方案主要受到非气候政策的影响，包括宏观经济政策以及农业和环境政策。此类政策或许是基于联合国各项公约(如，生物多样性公约和防治荒漠化公约)，但是常常受到国家或区域问题的驱动。最有效益的非气候性政策是那些促进农业土壤、水和其它资源可持续利用的政策，因为这些政策有助于提高土壤碳储量并使资源(能源、化肥)浪费降至最低(一致性高，证据量中等)[8.7]。

### 温室气体减缓政策的共生效益

有些农业做法能完全取得“双赢”的结果，但多数要权衡利弊，做出取舍。农业生态系统有内在的复杂性。某种农业做法的共生效益和取舍因地而异，原因在于气候、土壤或耕作方式存在差异(一致性高，证据量中等)。

例如，在生产生物能源过程中，如果原料是作物秸秆，随着碳还田量减少，土壤有机物也许被损耗，因而土质下降；反之，如果原料是密集种植多年生作物，土壤有机物会得到补充，从而提高土质。

许多农业减缓活动表明与各项可持续性目标具有协同作用。鼓励有效使用化肥、保持土壤碳以及实现农业生产可持续性的各项减缓政策可能与可持续发展一并发挥最大协同作用(一致性高，证据量中等)。

例如，增加土壤碳还能够促进粮食安全和经济收益。其它减缓方案对可持续发展的确定影响较小。比如，使用某些有机肥料可以促进碳的固化，但对水质的影响因改良成分的不同而异。共生效益通常产生于更高的效率、降低的成本和环境共生效益。权衡后的取舍与对土地竞争、降低的农业生产力和环境压力有关(一致性中等，证据量有限)[8.4.5]。

### 技术研究、开发、部署、推广和转让

针对农业提出的许多减缓策略采用现有的技

术。比如，提高作物产量和牲畜产量将能实现单位产量的减排。提高生产力可通过一系列做法实现一更好的管理、转基因作物、改良品种、化肥推荐制度、精确农业、改良牲畜品种、改进动物饲料、饲料添加剂和增长剂、提高牲畜的繁育能力、生物能原料、厌氧发酵和CH<sub>4</sub>捕获系统—所有这些体现了现有的技术(一致性高，证据量充分)。有些策略涉及采用现有技术的新应用。例如，多年来，油类用于牲畜饲料以增加饲料热能含量，但油类作为CH<sub>4</sub>抑制剂的作用和可行性仍属新问题，尚无完全定论。对于某些技术，仍需进一步研究和开发[8.9]。

### 长期展望

到2050年，全球粮食需求可能会翻一翻，导致采取强化生产的做法(如，增加氮肥用量)。此外，预估畜产品消费增长将会因家牲畜出栏量增加，因而使CH<sub>4</sub>和N<sub>2</sub>O排放增加，最终导致在2030年之后基线排放出现上升(一致性高，证据量中等)。与该基线相比，农业减缓措施将有助于减少单位生产的GHG排放。然而，到2030年减缓潜力中仅有10%涉及CH<sub>4</sub>和N<sub>2</sub>O。为防止2030年后农业排放增加，畜牧体系和化肥施用采用新的减缓新做法将起到至关重要的作用。

预估长期减缓潜力还受其它不确定因素的制约。例如，气候变化的影响尚不清楚：未来气候变化可能会降低土壤碳的固化，或甚至释放出土壤碳，但是这一影响尚不确定，因为通过植物高产，也许能增加土壤中碳的摄入量。一些研究表明，技术进步有潜力抵消气候变化对耕地和草地土壤碳储量产生的负面影响，使技术进步成为未来GHG减缓的一个重要因素。例如，此类技术可通过提高生产发挥作用，从而促进碳还田，减少对新耕地的需求。(一致性高，证据量中等)[8.10]。

表TS.12: 1990、2000和2005年森林面积及其净变化（负数表示减少）、有生命的生物质碳储量及不断增长的储量估算 [表9.1].

区域	森林面积 (百万公顷)	年变化 (百万公顷/年)		活体生物质中碳储存量 (百万吨CO <sub>2</sub> )			2005年储存量
	2005	1990-2000	2000-2005	1990	2000	2005	(百万 m <sup>3</sup> )
非洲	635.412	-4.4	-4.0	241267	228067	222933	64957
亚洲	571.577	-0.8	1.0	150700	130533	119533	47111
欧洲 <sup>a)</sup>	1001.394	0.9	0.7	154000	158033	160967	107264
北美和中美州	705.849	-0.3	-0.3	150333	153633	155467	78582
大洋洲	206.254	-0.4	-0.4	42533	41800	41800	7361
南美洲	831.540	-3.8	-4.3	358233	345400	335500	128944
全球	3952.026	-8.9	-7.3	1097067	1057467	1036200	434219

注:

a) 包括整个俄罗斯联邦

## 9 林业

自第三次评估报告以来，可获得局地尺度乃至全球尺度的减缓新估值。主要的经济述评和全球性评估也可获得。针对减缓和适应方案的整合以及与可持续发展的关系，早期已有研究。目前更为关注的是减少毁林造成的碳排放，其作为一项低成本的减缓方案，该方案将具有显著的积极影响。有些证据表明，气候变化的影响还能够制约森林的减缓潜力。

### 行业的现状、发展趋势，包括生产和消耗及其影响

全球森林覆盖面积为39.52亿公顷(表TS.12)，约占全球陆地面积的30%。与碳循环最为相关的是，在2000年至2005年期间，毁林总速率为1290万公顷/年，主要是把林地变为农田，不过另外由于居住区和基础设施的扩建。20世纪90年代，毁林总面积略有上升，达1310万公顷/年。2000-2005年，由于造林、景观恢复以及森林的自然扩大，森林面积的净损失为730万公顷/年，损失最大的地区位于南美、非洲和东南亚。这一净损失率低于20世纪90年代的890万公顷/年(一致性中等，证据量中等)[9.2.1]。

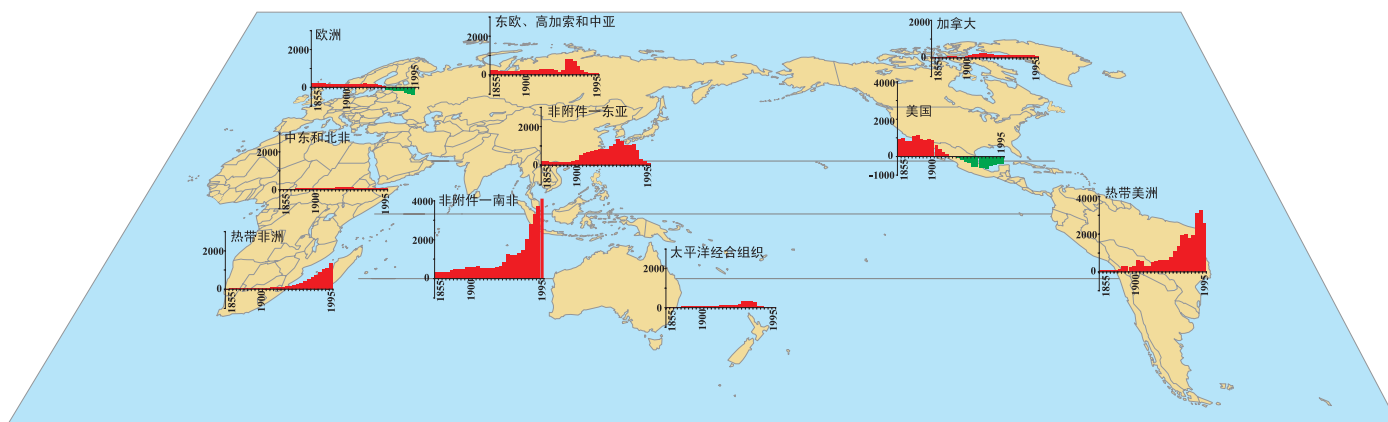
### 排放源和汇：趋势

20世纪最后10年，在全球尺度，热带毁林、温带和北方地带部分地区的森林再生仍分别是决定CO<sub>2</sub>排放和清除的主要因素(表TS.12，图TS.21)。20世纪90年代，毁林造成的排放估计在5.8GtCO<sub>2</sub>/年。

然而，北方地带和温带不断扩大的森林面积及累积木质生物量抵消了由于热带毁林所造成碳损失的面积，碳损失面积在实际土地观测与自上而下模型的估算之间存在不一致性。基于大气传输模式反演的自上而下方法估计20世纪90年代陆地净碳汇(北纬地区碳汇与热带碳源的差)约为9.5 GtCO<sub>2</sub>。最新估值与以前在20世纪90年代发现的陆地碳汇的增幅相一致，高于80年代的增幅，但最新碳汇估值和增加速率也许小于以前的报告的估值和速率。从大气传输模式反演的残余汇的估值明显大于基于陆地观测的全球碳汇估值。

不断提高关于地表变化对气候系统多重影响的认识表明，重要的是在制定林业气候变化减缓政策时，应考虑地表反照率的作用、感热通量和潜热通量、蒸发以及其它因子。复杂模拟工具必须全面考虑不断变换的地表对气候的影响，管理生物圈内的碳储量，但是目前尚无这类模拟工具。预估的气候变化对森林碳净平衡的潜在影响尚无定论[9.3; 9.4]。

由于对生物圈目前的作用尚不确定，因此估算全球林业的碳平衡仍然十分困难。通常，缺乏公认的研究，因而缺少一个基线。非OECD国家的发展趋势以及毁林率尚不清楚。在OECD国家和经济转型国家，对管理趋势的动向、木材市场和气候变化的影响仍不清晰。第3章报告的长期模式表示出2030年土地利用变化和林业的基线CO<sub>2</sub>排放，这一排放量与2000年持平或略有下降(一致性中等，证据量中等)[9.3; 9.4]。



图TS.21: 1855–2000每个区域的历史森林碳平衡 (MtCO<sub>2</sub>) [图9.2]。  
注: 绿色 = 碳汇。EECCA = 东欧、高加索和中亚地区。每5年的平均资料; 年份表示起始年。

### 关于减排技术和做法、方案和潜力、成本和可持续性的说明及评估

陆地碳动力学过程是以每公顷小幅碳吸收率的长周期为特征，但在扰动或收获期间，又会由于短周期碳的快速大量释放而出现中断。虽然森林中每棵树都可能是碳源或碳汇，但森林的碳平衡取决于所有树木的各净平衡之和。

林业减少源的碳排放和/或提高汇的碳清除的已有方案可分为四大类：

- 保持或扩大森林面积；
- 保持或增加林地层面的碳密度；
- 保持或增加景观层面的碳密度，以及
- 提高林产品的异地碳储量和促进产品和燃料的替代

每项减缓活动均有行动的特定时间顺序、碳效益和成本(图TS.22)。相对于基线，短期最大收益总是通过避免排放的减缓活动来实现(减少毁林或森林退化、防火、减少森林采伐迹地焚烧等)。

所有旨在提高林地层面和景观层面的碳密度的林业管理活动都有技术上可行的共同规范，但落实程度和面积能够大幅度提高。经济上的考虑通常是主要制约因素，因为林地保留更多的碳会影响林业收益。

从长远来看，可持续的林业管理策略(旨在保持或增加森林的碳储量，同时森林每年出产木材、纤维或能源)将会产生最大的持续减缓效益。

### 区域模拟评估

自下而上的区域研究表明，林业减缓方案具有经济潜力(在成本升至100美元/吨CO<sub>2</sub>当量时)，不包括生物能，2030年可贡献1.3–4.2MtCO<sub>2</sub>/年(平均2.7 GtCO<sub>2</sub>/年)。大约50%可按20美元/吨CO<sub>2</sub>的成本实

	减缓行动	影响类型	影响时间变化	损失时间变化
1A	增加林地(如造林)	↑	延时的	延时的
1B	保护林地(如防止毁林、土地利用变化)	↓	先期的	先期的
2A	增加局地尺度和碳密度(如加强管理、施肥)	↑	延时的	延时的
2B	保持局地尺度的碳密度(如避免退化)	↓	先期的	先期的
3A	增加陆地尺度的碳储量(如SMF、农业等)	↑	延时的	延时的
3B	保持陆地尺度的碳储量(如抑制扰动)	↓	先期的	先期的
4A	在产品中增加非现场的碳(但必须同时满足1B、2B和3B)	↑	先期的	先期的
4B	增加生物能和替代物(但必须同时满足1B、2B和3B)	↓	先期的	先期的

图解

影响类型	时间变化(碳随时间的变化)	损失时间变化(随时间的美元)
增加汇 ↑	延时的	延时的
减少源 ↓	中等的	先期的
	可持续的或可重复的	进行的

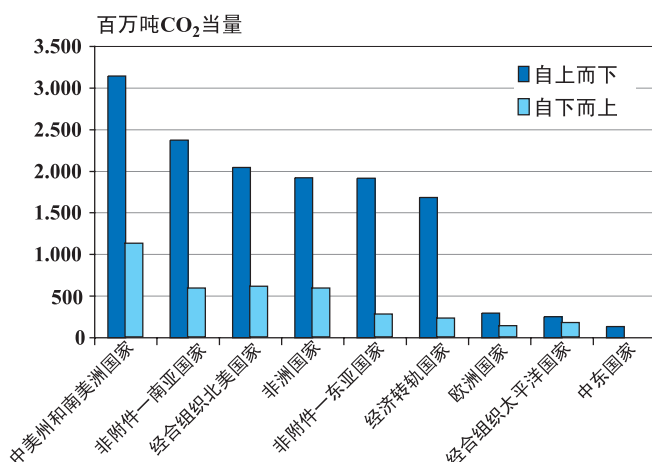
图TS.22: 可供林业选择的方案及其对碳储量影响的类型和时间以及成本发生时间概览 [图9.4]。

现(1.6GtCO<sub>2</sub>/年)，各区域间存在大的差异。从目前到2030年以及更长时期，减少毁林和森林退化、造林、林业管理、农林间作和生物能源的共同作用具有提升的潜力。这一分析是假设从现在起开始逐渐实施减缓活动(一致性中等，证据量中等)[9.4.4]。

全球自上而下模型预测，当碳价低于或等于100美元/吨CO<sub>2</sub>时，2030年减缓潜力为13.8GtCO<sub>2</sub>当量/年。各区域预估之和占同年该值的22%。区域研究趋于采用更为详尽的资料并考虑一系列减缓方案，从而能比更简单、更综合的全球模式更准确地反映区域情况和制约因素。然而，区域研究在模式结构、覆盖率、分析方法和假设(包括基线假设)方面存在差异。需要进一步研究以缩小全球与区域评估之间减缓潜力估值的差距(一致性中等，证据量中等)[9.4.3]。

因此，成本<100美元/吨CO<sub>2</sub>，目前林业的经济减缓潜力的最佳估值大体在2030年的2.7至13.8 GtCO<sub>2</sub>/年之间；而成本<20美元/吨CO<sub>2</sub>，范围则在1.6至5GtCO<sub>2</sub>/年之间。大约占总减缓潜力65%(成本增至100美元/吨CO<sub>2</sub>当量)处于热带，约占总量50%可通过减少毁林实现减排(一致性低，证据量中等)。

林业也能够通过提供林区残留物而为生物能源做出贡献。然而，生物能源的潜力已被计入电力供应、交通运输(生物燃料)、工业和建筑行业(有关概要，参见第11章)。根据针对林业潜在生物质供应进行的自下而上的研究，以及假设将使用所有的生物质(这完全取决于森林生物质与其它资源相比后的成本)，林业可贡献的减缓潜力大约为0.4 GtCO<sub>2</sub>/年。



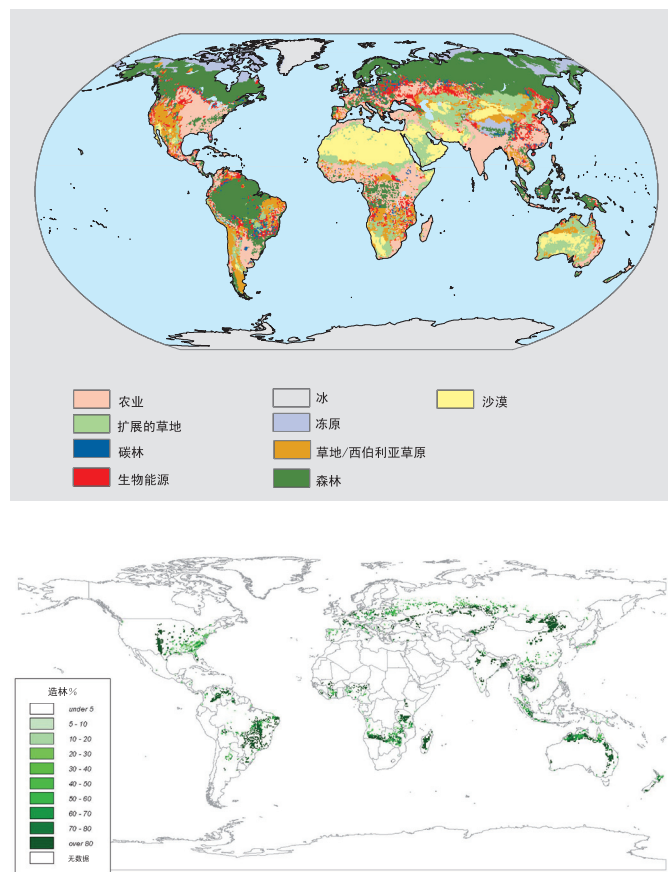
图TS.23: 根据自上而下的全球模型并对照区域模拟结果，2030年林业(成本<100美元/吨CO<sub>2</sub>当量)经济减缓潜力的比较 [图9.13]。

全球自上而下模型正在开始提供有关的结果，以了解在全球何地能够以最佳方式分配何种碳减缓方案(图TS.24)。

### 减缓方案与脆弱性和适应之间的相互作用

林业减缓活动能够设计成与适应气候变化、保持生物多样性和促进可持续发展相适应。将环境和社会共生效益和成本与碳效益作比较，这将突显权衡利弊后的取舍和协同作用，并有助于促进可持续发展。

关于林业减缓与气候变化之间相互作用的文献尚不成熟。森林可能受气候变化的影响，并因此可能降低森林的减缓潜力。一个主要的管理适应方案是尽可能减少对森林造成的附带压力。保持广泛分散的和有生存能力的每个树种的种群能够将发生能够造成树种灭绝的局地灾害事件的概率降至最低。建立保护区或自然保护区是减缓和适应一个范例。保护区(走廊)也有助于保护生物多样性，从而减少对气候变化的脆弱性。林业减缓项目为其它行业带



图TS.24: 两个全球自上而下模型给出的全球造林活动分布图。上图：2100年生物能源林种植和碳林种植的全球分布；下图：2100年每个格点区造林的百分比[图9.11]。

来了适应措施的共生效益。这些例子包括：农林间作降低了雨养作物收入对干旱的脆弱性，红树林降低了海岸带居住环境的脆弱性，以及防护林带使荒漠化的速度放缓(一致性中等, 证据量中等)[9.5]。

### 关于气候政策的成效和经验、潜力、障碍和机遇/实施问题

林业能够对低成本的全球减缓组合方案做出显著贡献，它能使适应与可持续发展具有协同作用。本报告第9章给出了实现这一减缓潜力的一整套方案和政策。不过，由于目前的体制背景、缺乏对林业管理者的激励措施、现行法规执行力度不够，目前尚无法利用这种机会。没有更好的政策干预手段，可能仅能实现该潜力的一小部分。

实现减缓潜力需要有体制能力、资本投资、技术、研发和转让以及适当的(国际)政策和激励措施。在许多区域，这些因素的缺乏一直阻碍着林业减缓活动的实施。然而，也有一些值得注意的例外情况存在，例如有些区域在降低毁林速度和实施造林计划方面取得了成功(一致性高, 证据量充分)。

需要有多种针对当地具体情况的策略来指导该行业的减缓政策。最佳选择取决于当前的森林现状、森林变化的主要驱动因子以及对每个区域森林未来动因的预估。有必要使所有利益攸关方和决策者参与推动减缓项目和设计最佳混合方案。在此方面，将林业减缓纳入土地利用规划可能是重要的。

由于缺乏法规和体制能力或一些反盈利的激励措施，大多数现有的旨在放缓热带毁林速度的政策只产生了微乎其微的影响。除了更多地致力于规章的执行之外，建立完善的碳市场或其它环境服务支付方案也许有助于通过提供积极的财政激励措施克服那些阻碍减少毁林的各种障碍。

已经提出了几项建议以便在2012年后使这些活动实现业务化，其中包括市场化途径和非市场化途径；例如，通过一个专项基金以鼓励自愿减少因毁林造成的排放。发达国家和发展中国家目前均已成功地利用诸如补贴和免税等政策措施来鼓励造林和再造林。但是，务必要谨慎避免大规模造林可能产生负面的环境和社会影响。

尽管在清洁发展机制(CDM)下的造林和再造林具有相对低的成本和许多潜在的、积极的附带效果，但由于存在一些障碍目前有许多项目活动尚未得到实施，其中包括旨在规范造林和再造林CDM项目活动的规则迟迟才达成一致并且这些规则又复

杂。对林业减缓项目的要求在更大范围内成为可行，这些要求包括确定未来的承诺、精简的和简化的规则以及降低交易成本。项目评估的标准化能够在克服潜在买方、投资方和项目参与方之间不确定性方面发挥重要作用(一致性高, 证据量中等)[9.6]。

### 森林与可持续发展

虽然林业一章中的评估结果找出了关于减缓效益和成本幅度的仍存在的不确定性，但当前已经具有实施减缓活动所需的技术和知识。林业能够对全球减缓组合做出重大的和持续的贡献，同时也能满足宽泛的一系列社会、经济和生态目标。通过把林业减缓方案视为范围更广的土地管理计划中的一项内容则能够获得重要的共生效益。

种植能够做出积极贡献，如：就业、经济增长、出口、可再生能源供应和消除贫困。在某些情况下，种植也会产生负面的社会影响，如失去放牧土地和传统的生计来源。农林间作能够产生一系列宽泛的经济、社会和环境效益；或许效益面大于大规模造林。由于附属效益往往是局地性的而并非是全球性的，对这些效益的确定和核算可以减少或部分补偿减缓措施的成本(一致性高, 证据量中等)[9.7]。

### 技术研究、开发、部署、推广和转让

诸如改进的森林管理体系、林业做法和加工技术(包括生物能源)等技术的部署、推广和转让对于提高不同减缓方案的经济和社会可行性非常关键。政府能够在提供有针对性的财政和技术支持，促进社会、机构和非政府组织参与方面发挥关键的作用(一致性高, 证据量中等)[9.8]。

### 长期展望

碳循环的不确定性，气候变化对森林及其许多动态反馈的不确定性，排放-固化过程中的时间滞后性以及未来社会经济路径的不确定性(如：今后几十年能在何种程度上大大降低毁林的速度)，这些都给未来森林碳收支平衡的预估带来变化。

总体上，预计长期减缓活动将有助于增加碳汇，净平衡取决于区域情况。北方原始森林将是小的源或汇，它取决于相对于土壤有机物损失和林火增加排放的森林净增长效应。由于得益于气候变化带来的森林增长，温带森林也许将继续成为净碳汇。在热带区域，预计人类引起的土地利用变化

将在未来几十年中继续成为这一动因的驱动力。2040年以后，热带森林可能成为净汇，这将尤其取决于旨在减少森林退化和毁林的政策的效果，同时也取决于气候变化的影响。此外，从中长期角度，预计商业化的生物能源将变得越来越重要。

制定优化的、涉及森林的气候变化区域减缓战略需要对以下问题进行复杂的分析：林业和其它土地利用之间的土地利用权衡取舍(协同作用和竞争)；在为碳储存及其它环境服务(如生物多样性、流域保护)而保护森林碳储量和为向社会提供含碳纤维、木材和生物能源资源进行可持续森林砍伐之间权衡取舍；在最大限度地储存长生命期产品、回收和生物能源利用的各种木质产品策略方面的权衡取舍[9.9]。

## 10 废弃物管理

### 行业现状、发展趋势及其影响

垃圾的产生与人口、富裕程度和城市化有关。目前全球消费后产生废弃物的速度估计为900-1300百万吨/年。近年来速度一直呈上升趋势，尤其是在人口、经济迅速增长和城镇化进程加快的发展中国家。在高度发达的国家，当前的目标是把废弃物的产生与国民生产总值这类经济动力分离开来——最近的趋势表明，由于回收、再利用、实现废弃物最少化和其它倡议，人均消费后产生的废弃物的速度或许正在达到峰值(一致性中等，证据量中等)[10.1, 10.2]。

消费后产生的废弃物只对全球温室气体排放做出了很小的贡献(<5%)，而填埋场释放的甲烷占目前排放量的50%以上。二次排放源是污水中的甲烷和氧化亚氮；此外，因焚烧含有化石碳的废弃物也产生少量二氧化碳排放。总体而言，废弃物行业的直接排放、间接排放和减缓潜力的量化还存在大的不确定性，但是通过在国家层面上一致的和协调的资料收集及分析可减少这种不确定性。目前既没有任何关于废弃物运输过程中产生的温室气体排放年度量化的清查方法，也没有对消费后废弃物产生的氟化气体每年排放量的清查方法(一致性高，证据量充分)[10.3]。

应当强调的是，消费后产生的废弃物是一种重要的可再生能源资源，通过热处理流程(焚烧和工业混烧)、填埋场气体的利用和厌氧发酵沼气的使用则能够开发这种资源。与许多生物资源相比，废弃物由于是用公众的费用来定期收集的，因此它

具有经济优势。通过热处理流程能够更有效地利用废弃物的能源含量：在燃烧过程中可直接从生物质(纸制品、木制品、天然纤维、食品)和矿物碳源(塑料、人造纤维)中获得能量。假设平均热值为9GJ/t，全球的废弃物含有大于8EJ的可用能量，并可能在2030年上升到13EJ(接近2%的一次能源需求)(一致性中等，证据量中等)[10.1]。目前，全世界已经每年有超过1.3亿吨的垃圾得到燃烧，相当于大于每年1EJ。30多年前就已商业化的将填埋产生的甲烷回收作为一种可再生能源，目前的能源值大于0.2EJ/年。与热工艺一起，填埋场气体和厌氧发酵沼气可以作为地方重要辅助能源的来源(一致性高，证据量充分)[10.1,10.3]。

由于有填埋场气体的回收和一些配套的措施(增加回收利用和通过采用可替代技术减少填埋)，发达国家填埋场产生的甲烷排放量已大体稳定。与填埋相比，用来避免或减少温室气体排放的成熟、大规模的废弃物管理技术包括从焚烧废弃物到能源以及生物过程(如堆肥或机械生物处理(MBT))。但是，在发展中国家，随着正在实施更严格管制的(厌氧)填埋做法，填埋场甲烷排放呈增加趋势。这在快速城市化的地方尤为如此。在这些地方，与露天垃圾场相比，工程化填埋在环境上是一种更易接受的废弃物处置策略，它可以减少疾病媒介、有毒气味、失控的燃烧和向空气、水和土壤中排放污染物。但矛盾是，随着有氧产生二氧化碳(燃烧和有氧分解)转变为厌氧产生甲烷，则会出现更高的温室气体排放量。在很大程度上，这与1950-1970年许多发达国家向卫生填埋场过渡相同。通过加快引入工程化的气体回收工艺，同时借助于京都机制，如CDM和联合履约(JI)，则能够减缓甲烷排放量的增加。截至2006年10月末，填埋场气体回收项目占CDM下经认证的年平均减排(CER)的12%。此外，还可以在发展中国家实施其它可替代废弃物管理策略，如：回收和堆肥。堆肥能作为工程填埋的一种可承受的、可持续的可替代工程填埋场的方案，尤其是在那些针对可生物降解废物流选择劳动力密集型、低技术含量策略的地方(一致性高，证据量中等)[10.3]。

回收、再利用和减少废弃物的举措，无论是政府还是私营部门，都通过减少需要处理的废弃物量而间接地减少温室气体排放。依靠法规、政策、市场、经济重点和地方约束，发达国家正在实施越来越高的回收率，以保护资源，抵化石燃料的使用，并避免产生温室气体。然而，由于不断不一的

基线和定义，目前不可能实现全球回收率的量化；但是，在局地减少超过50%废弃物的目标已经实现。实际上在许多国家可以扩大回收，以实现额外减少废弃物的目标。在发展中国家，废弃物清除和非正式回收是通常的做法。通过各种分散和小规模的回收活动，那些从分散的废弃物管理中谋取生计的人们能够显著地减少需要集中处理的废弃物的量。研究表明，通过创造性小额信贷和其它小规模投资，低技术回收活动也可以创造大量就业机会。目前的挑战是在失控垃圾场为废弃物清除工提供比目前更加安全、更加卫生的工作条件(一致性中等, 证据量中等)[10.3]。

关于污水，目前仅有约60%的全球人口拥有环卫设施(下水道)。关于污水处理，发达国家约90%而发展中国家低于30%的人口拥有改善的卫生设施(包括下污水管道和污水处理、化粪池或厕所)。此外，除了能减少温室气体排放外，改善的卫生条件和污水管理还提供了广泛的卫生和环境共生效益(一致性高, 证据量中等)[10.2, 10.3]。

关于发展中国家的废弃物和污水管理，制约其可持续发展的两个关键因素是缺乏资金和为某个特定背景选择合适的、真正可持续的技术。在许多发展中国家，实施废弃物和污水的收集、输送、回收、处理和残留物管理是一项重大和代价高昂的挑战。但是，采用可持续的废弃物和污水处理基础设施可以产生多重共生效益，它通过改善公共卫生、保护水资源和减少未经处理的物质排放到空气、地表水、地下水、土壤和海岸带，有助于落实“千年发展目标(MDG)”(一致性高, 证据量中等)[10.4]。

## 排放趋势

2005年的总排放量大约为1300 MtCO<sub>2</sub>当量/年，其中附件一和经济转型国家的废弃物行业贡献率占温室气体排放总量的大约2%-3%，非附件一国家的废弃物行业贡献率为4-5%(见表TS.13)。对于2005-2020年，照常排放情景(BAU)预估表明，填埋场产生的甲烷仍将继续成为最大的源，占总排放的55-60%。在许多发达国家，由于加大了填埋场气体的回收，加上回收、废弃物最少化并采用可替代的热和生物废弃物管理策略使废弃物从填埋场分流，因此填埋产生的甲烷排放量正在稳定并开始下降。但在发展中国家，由于城市人口不断增多而产生更大量的城市固体废弃物、经济快速发展以及在一定程度上采用工程填埋取代露天焚烧和倾倒，填埋场排放的甲烷逐步增加。如果没有额外的措施，预计

2005-2020年间填埋场产生的甲烷排放将增加50%，而且主要来自非附件一国家。发展中国家随着城市化加快和人口增长从污水中排放的甲烷和氧化亚氮也快速上升。此外，由于表TS.13中的污水排放仅依据人类污水，而且并非所有发展中国家的资料，因此低估了污水排放(一致性高, 证据量中等)[10.1, 10.2, 10.3, 10.4]。

## 对减缓技术和做法、方案和潜力、成本和可持续性的描述和评估

现有的废弃物管理技术能够有效地减少该行业的温室气体排放—目前有一系列商业化的、成熟的、由低到高的技术、对环境有成效的策略，可用于减缓排放，并为改善公共卫生和安全、保护土壤、防止污染和供应当地能源带来共生效益。总之，这些技术能够直接减少温室气体排放量(通过回收和利用填埋场产生的甲烷，改进填埋场的做法，工程化的污水管理，利用厌氧发酵的沼气等)，或能够避免产生大量的温室气体(通过人工控制的有机废弃物的堆肥、最先进的焚烧技术、扩大环卫涵盖面)。此外，通过保护原材料、提高能效和资源利用效率和避免使用化石燃料，废弃物最少化、回收和再利用具有间接减少温室气体排放的重要的和不断扩大的潜力。对发展中国家，在适当的技术层面采用对环境负责任的废弃物管理途径可促进可持续发展并提高公共卫生水平(一致性高, 证据量充分)[10.4]。

由于废弃物管理的决策往往是在地方上作出的，未对温室气体减缓进行统一的量化，因此已低估了废弃物行业对全球温室气体减排的重要性(一致性高, 证据量中等)[10.1; 10.4]。灵活的策略和财政激励措施能够扩大废弃物管理方案的选择范围，以实现温室气体减缓目标—在综合废弃物管理的背景下，地方上的技术决策随许多竞争变量而变化，其中包括废弃物的量和特征、成本和融资问题、法规制约因素和基础设施需求(包括可用的土地面积和收集/运输方面的考虑)。生命周期评估(LCA)能够作为决策辅助工具(一致性高, 证据量充分)[10.4]。

通过由垂竖井和/或横向采集装置组成的工程化气体提取和回收系统可以直接减少填埋场的甲烷排放。此外，填埋场产生的气体抵消了工业或商业流程中供热使用的化石燃料，它还可以用于现场发电或作为合成天然气燃料的原料。商业化的回收填埋场产生的甲烷从1975年就已全面开展，根据2003年科学文献记载的利用情况，1150电厂回收了



表TS.13: 利用1996年和2006年UNFCCC清单导则、外推法和照常排放情景预估得出的废弃物产生的温室气体排放趋势 (MtCo<sub>2</sub>当量, 四舍五入) [表10.3]。

源	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	备注
填埋场产生的甲烷	550	585	590	635	700	795	910	使用1996和2006年导则的平均值
污水 <sup>a</sup> 产生的氧化亚氮	450	490	520	590	600	630	670	1996年导则
污水 <sup>a</sup> 产生的氧化亚氮	80	90	90	100	100	100	100	1996年导则
焚烧产生的二氧化碳	40	40	50	50	50	60	60	2006年导则
合计	1120	1205	1250	1375	1450	1585	1740	

注:

a) 污水排放被低估—见正文。

105MtCO<sub>2</sub>当量/年。由于还有许多尚未利用的油气田火炬气体项目, 因此总回收数可能将至少是该数字的两倍(一致性高, 证据量中等)[10.1; 10.4]。利用20世纪80年代初到2003年的历史资料得出的线性回归表明, 填埋场甲烷利用的年增长率大约为5%。除了填埋场气体回收外, 进一步发展和实施填埋场的“生物质覆盖”能够提供额外的低成本和减缓排放生物策略, 因为通过填埋覆盖土壤中的甲烷好氧微生物氧化作用, 也减少了填埋场的甲烷(和非甲烷挥发性有机化合物(NMVOC))的排放量(一致性高, 证据量中等)[10.4]。

焚烧和工业化的从废弃物转化为能源的混合燃烧具有提供可再生能源的显著效益, 并抵消全球600多个电厂的化石燃料, 而与填埋相比, 它仅产生很少量的温室气体排放。带有先进排放控制措施的热处理是一种成熟的技术, 但比带有填埋场气体回收装置的可控填埋技术相比成本更高(一致性高, 证据量中等)[10.4]。

可控制的生物过程也能够提供重要的温室气体排缓策略, 最好使用源头分离的废弃物流。好氧堆肥垃圾处理能避免温室气体的产生, 它是适合许多发达国家和发展中国家的一项策略, 它既可以作为一个独立的过程也可以作为机械-生物过程的一部分。在许多发展中国家, 尤其是中国和印度, 小规模、技术水平低的厌氧发酵已推行了几十年。虽然技术水平较高的焚烧厂和堆肥厂已证明在一些发展中国家是不可持续的, 但能够实施技术水平的堆肥或厌氧发酵流程, 以提供可持续的废弃物管理方案(一致性高, 证据量中等)[10.4]。

到2030年, 以低于20美元/tCO<sub>2</sub>当量的成本减少废弃物填埋产生的甲烷排放的总经济减排潜力介于400和800MtCO<sub>2</sub>当量之间。其中, 300-500MtCO<sub>2</sub>当

量/年具有负成本(表TS.14)。从长远来看, 如果能源价格持续上升, 无论是在发达国家还是发展中国家, 涉及能源和材料回收的废弃物管理策略都将发生更深刻的变化。热处理比填埋技术的单位成本高, 但随着能源价格的上升也会变得更加可行。由于填埋场能持续几十年产生甲烷, 热处理和生物流程在短期内作为互补以增加填埋场气体的回收(一致性高, 证据量有限)[10.4]。

关于污水, 发展中国家卫生条件的改善可以带来减缓温室气体、改善公共卫生、保护水资源和减少未经处理向水和土壤排放等多重效益。历史上, 发达国家的城市卫生的重点放在废水和污水集中处理厂, 这对于人口密度低的农村地区则太昂贵, 在人口密度高、发展迅速的周边地区也许不切合实际。现已证明, 低成本的技术与社区的认可、参与和管理相结合能够成功地扩大卫生覆盖范围。在缺水的国家, 污水也是一种二次水资源, 水的再利用和回收可有助于许多发展中国家和发达国家正常供水。这些措施还鼓励那些养分负荷降低的和温室气体排放比例较低的小型污水处理厂。目前尚无全球或区域污水减缓成本和潜力的估值(一致性高, 证据量有限)[10.4]。

#### 关于气候政策、潜力、障碍和机遇/履行问题的成效和经验

由于填埋场的甲烷是该行业的主要温室气体, 因此一项主要策略是实施一些能够鼓励或强制回收填埋场甲烷的标准。在发达国家, 由于要求捕获填埋场气体的直接规定、自愿措施(包括温室气体排放信贷交易)和可再生能源或绿色电力的财政激励措施(包括税收减免), 因此填埋场甲烷的回收已经增加。在发展中国家, 由于正逐步将可控制的填埋作

表TS.14: 2030年不同成本类别的区域填埋场甲烷排放的经济减缓潜力, 见注释[表10.5]。

地区	预估的2030年排放量 (MtCO <sub>2</sub> 当量)	小于100美元/tCO <sub>2</sub> 当量时经济 减缓总潜力 (MtCO <sub>2</sub> 当量)	不同成本类别的 经济减缓潜力(MtCO <sub>2</sub> 当量) (美元/tCO <sub>2</sub> 当量)			
			<0	0-20	20-50	50-100
经合组织	360	100-200	100-120	20-100	0-7	1
经济转型国家	180	100	30-60	20-80	5	1-10
非经合组织	960	200-700	200-300	30-100	0-200	0-70
全球	1500	400-1000	300-500	70-300	5-200	10-70

注:

1. 污水减缓成本和潜力不详。
2. 对区域数字作了四舍五入, 以反映估值的不确定性, 也许加在一起不等于全球总值。
3. 没有考虑填埋场的碳固化。
4. 限制填埋处理措施的时间可影响2030年的年减缓潜力。上限假设未来的若干年中填埋处理被限制在占全球废弃物产生量的15%。下限则反映了实施减少填埋处理的更切合实际的时间。

为一项主要的废弃物处理策略, 预计填埋场甲烷的回收在未来二十年内将增加。联合履约和清洁发展机制已经被证明是吸引工业化国家外来投资的有用机制, 尤其是垃圾填埋场气体回收项目, 但缺乏融资是一大障碍。效益有两方面: 一方面减少了温室气体排放并从填埋场甲烷中获得了能源效益, 另一方面填埋场的设计和运行升级。目前(2006年10月下旬)在清洁发展机制下, 33个垃圾填埋场气体回收项目平均每年经认证的减排量(CER)约占总量的12%左右。绝大多数项目(图TS.25)位于拉美国家(占经认证的填埋场气体减排量的72%), 主要是在巴西(9个项目, 占经认证的减排量的48%)(一致性高, 证据量中等)[10.4]。

在欧盟, 现有填埋场的气体回收是强制性的, 同时根据填埋指令(1999/31/EC), 有机废物的填埋将逐步淘汰。这项指令规定, 到2016年, 每年填埋的可生物降解的有机废物质量比1995年减少65%。因此, 消费后的废弃物将在填埋前转为焚烧及机械和生物处理(MBT), 从而回收可回收物和减少有机碳含量。2002年, 欧盟的废弃物-能源电厂共生产了约4000万GJ电能和110万GJ热能, 而在1990年至2002年间, 由于填埋指令和相关的国家立法, 欧盟的填埋甲烷排放量大约减少了30%(一致性高, 证据量充分)[10.4, 10.5]。

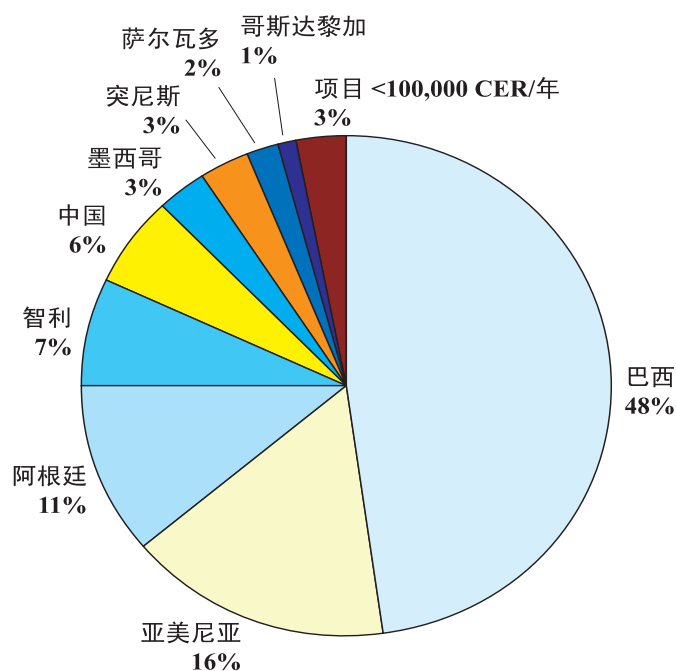
**影响温室气体排放的综合政策和非气候政策: 温室气体减缓作为废弃物政策和规章的共生效益; 可持续发展的作用**

温室气体减缓往往不是主要的驱动力, 减缓

本身是废弃物行业各种政策和措施的共生效益, 这些政策和措施针对宽泛的环境目标, 鼓励从废弃物中回收能源, 减少原材料的使用, 限制选择最终的废弃物处理方案, 促进废物回收和再利用, 并鼓励废弃物最少化。促进废弃物最少化、再利用和回收的政策和措施间接减少废弃物的温室气体排放。这些措施包括: 扩大生产者责任(EPR)、单位定价(或PAYT/“谁丢弃谁付费”)和填埋税。其它措施包括单独和高效地收集可回收物同时加上单位定价和填埋税制度。一些亚洲国家正在鼓励“循环经济”或“完善的物质循环社会”的新发展战略, 其核心理念是物质的循环(封闭)流动和通过多阶段使用原材料和能源。由于资料有限、不同的基准和其它区域性条件, 当前尚不能量化这些策略在减少温室气体排放量中的总体效果(一致性中等, 证据量中等)[10.5]。

在许多国家, 废弃物和污水管理政策与关于空气、土壤和水环境政策和法规以及与可再生能源计划紧密结合。可再生能源计划包括要求利用可再生能源发电, 公共设施强制购买小规模可再生能源电厂的电力, 可再生能源税减免以及绿色电力计划, 使消费者可以选择可再生能源的提供商。总之, 利用可再生能源进行分散的电力生产能够强烈有力地推动利用填埋场甲烷发电和从废弃物转换为能源的热处理过程(一致性高, 证据量充分)[10.5]。

虽然废弃物行业的政策手段主要是法规, 但一些国家也有一些经济措施, 以鼓励特殊的废弃物管理技术、回收和垃圾最少化。这些措施包括焚烧炉补贴或对废弃物转换为能源实行免税。热处理技术



图TS.25: 根据2006年10月下旬注册项目的年平均经认证的减排量得出的填埋场气体CDM项目分布图[图10.9]。

注: 91MtCO<sub>2</sub>当量/年的总量包括11 MtCO<sub>2</sub>当量/年的经认证的填埋场甲烷减排量。每年小于100000 MtCO<sub>2</sub>当量的经认证减排量的项目位于以色列、玻利维亚、孟加拉和马来西亚。

能够最有效地开发利用消费后废弃物的能源价值，但必须包括排放控制的措施，以限制二次空气污染物的排放。一些国家已经在对兴建焚烧炉给予补贴，这通常与能效标准相结合。还对废弃物焚烧炉发电和具有能源回收的废弃物处理实行免税（一致性高，证据量充分）[10.5]。

高效和可持续的废弃物和污水收集、运输、回收、处理和处置产生的共生效益包括减缓温室气体排放、改善公共卫生、保护水资源和减少未经处理的污染物排入空气、土壤、地表水和地下水。由于发展中国家有许多废弃物和污水处理厂被搁置的例子，因此必须强调，可持续发展的一个关键方面是选择合适的、能在特定的当地基础设施中持续的技术（一致性高，证据量充分）[10.5]。

#### 技术研究、开发和推广

总体而言，废弃物行业的特点是需要将一些成熟的技术进一步推广到发展中国家。正在取得的进展包括：

- 填埋：在开展填埋的初期阶段实施优化的气体收集系统，以提高长期气体收集效率。优化填埋场的生物降解（生物反应器），以实现更大的流程控制力度及更短的降解周期。建造填埋场的“生物覆盖层”来优化对甲烷和非甲烷挥发性有机化合物（NMVOC）的微生物氧化，从而减少排放。
- 生物过程：在发展中国家，对源头分离的可降解废弃物采用技术水平、可承受的可持续堆肥和厌氧发酵策略。
- 热处理：与现有的焚烧炉相比，先进的废弃物发电技术具有更高的热效率（10-20%净发电效率）。使用各种废弃物作为原料，更多地采用工业化的混合燃烧工艺，以抵消化石燃料。对源头分离的废弃物处理进行气化和高温分解，并结合改进的、更低成本的分离技术生产燃料和原料。
- 回收、再利用、废弃物最少化、预处理（改进的机械-生物处理流程）：回收技术的革新和流程的改进能减少原材料的使用、节约能源和抵消化石燃料。为发展中国家制定创新的、但技术水平低的回收解决方案。
- 污水：为改善家庭和小社区的卫生条件而设计的新的和技术水平低的生态处理方案，无论是在发达国家还是发展中国家，这些方案均能够持续地实现高效的小规模污水处理和节水（一致性高，证据量有限）[10.5；10.6]。

#### 长期展望，系统过渡

为了实现废弃物行业未来GHG排放的最小化，重要的是保留一系列综合的和可持续的管理战略的局地方案。另外，主要通过回收、再利用以及废弃物最少化来减少废弃物能够为原材料和能源保护带来相当可观的效益。从长期来看，由于填埋产生的CH<sub>4</sub>将持续几十年，因此要求现有的填埋场收集填埋产生的气体，同时很多国家已经转变为非填埋技术，如焚烧、工业混合燃烧，机械-生物处理、大规模堆肥和厌氧发酵。除此之外，‘备用’填埋场将继续成为生活固体废弃物规划中的一个关键部分。在发展中国家，改善废弃物和污水管理的投资为公共卫生和安全、环境保护和基础设施的发展带来显著的共生效益。

## 11 跨行业减缓

### 跨行业的减缓方案

虽然在第4章-10章曾经提到的许多技术、行为和政策方案涉及具体的行业，但是某些技术和政策跨多个行业。例如，生物质的利用和天然气替代高碳燃料会影响能源供应、交通运输、工业和建筑业。除了通用技术的潜力之外，这些范例还突出强调了对资源的潜在竞争，如对资金和研发支持的竞争[11.2.1]。

由于随时间、区域和市场变化的行业之间的相互作用和溢出效应，各行业自下而上的减缓潜力汇总非常复杂。已采用了一系列规范的程序排除可能出现的重复计算，如：由于工业和建筑业节电而降低了电力行业所需的发电量。需要以这种方式来综合行业的潜力，以便归纳第4-10章中的行业评估。结果的不确定受行业计算的可比性、行业(如交通运输业)涵盖范围的差异及其自身累计(其中只考虑了行业主要的和直接的相互作用)等问题的影响[11.3.1]。

自上而下的估值是根据稳定情景反演的，即：朝着大气GHG浓度长期稳定的趋势运算[3.6]。

各项低成本方案(无悔和其它方案成本核算低于20美元/吨CO<sub>2</sub>当量)合计约为13GtCO<sub>2</sub>当量(下面将讨论各个范围)。按低于50美元/吨CO<sub>2</sub>当量和100美元/吨CO<sub>2</sub>当量的额外成本计算，自下而上的额外潜力分别为6和4GtCO<sub>2</sub>当量(一致性中等，证据量中等)[11.3.1]。

除上述内容以外，这些估值还有几个需要达到的条件。第一，在自下而上的估值中，由于现有文献无法保障评估的可靠性，因此主要针对热电联产、部分交通运输行业和非技术性方案(如：行为的改变)的一组减排方案未列入其中。估计自下而上的潜力因此被低估了10-15%。第二，各章确定了若干仍未量化的关键敏感性，涉及能源价格，贴现率和农林业方案的区域结果大幅度推广。第三，缺乏有关许多EIT国家和非OECD/EIT区域相当大部分地区的估值[11.3.1]。

碳价为<20美元/吨CO<sub>2</sub>当量的潜力估值低于第三次评估报告按<27美元/吨CO<sub>2</sub>当量碳价所评价的自下而上的估值，这是由于近期文献提供了更好的信息(一致性高，证据量充分)。

表TS.16和17表示自下而上的总体潜力与第3章源于自上而下模型的2030年结果的总体潜力的比较。

在行业层面上，自下而上和自上而下之间有较大差异，主要因为自上而下模式的行业定义往往与自下而上评估的行业定义不同(表TS.17)。虽然自上而下和自下而上评估假设的基线略有不同，但其结果却很接近，足以提供一个确凿的2030年总体经济减缓潜力的估值。碳价低于100美元/吨CO<sub>2</sub>当量的减缓潜力大约占2030基线排放的25-50%(一致性高，证据量充分)。

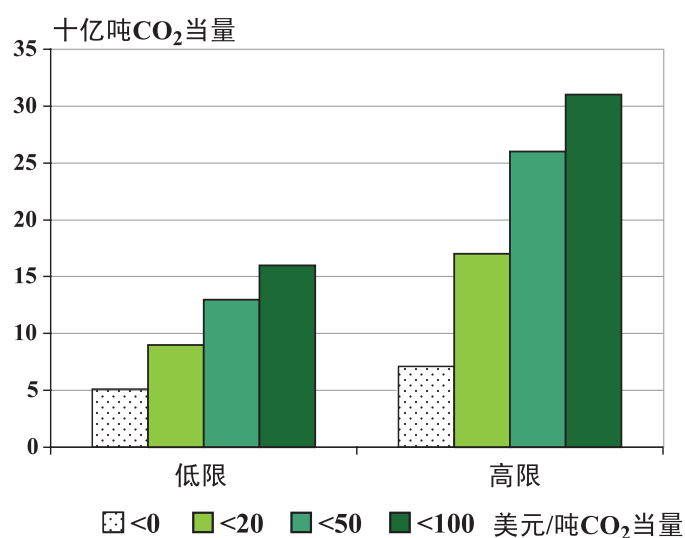
表TS.17显示对于排放点分析<sup>18</sup>来说，长期减缓潜力的一大部分是在能源供应行业。然而，根据图TS.27中结果对终端用电行业所作的分析，最大的潜力是建筑业和农业。对于农林业，自上而下研究的估值低于自下而上的估值。这是因为在自上而下的模型中一般未充分触及到这些行业。自上而下模型的能源供应和工业的估值通常大于自下而上的评估(一致性高，证据量中等)[11.3.1]。

虽然供需平衡方面尚无完整的综合研究，但是到2030年各生物能源方案对许多行业都产生重要影响，而在2030年之后增长潜力巨大。能做出这类贡献的关键前提是发展生物质(能源作物)的能力及其与对农业耕作、物流能力和市场投资之间的平衡，再加上第二代生物燃料生产的商业运作。可持续的生物质生产和利用能够确保与土地和粮食、水资源、生物多样性和社会经济影响等相关的竞争问题不会产生障碍(一致性高，证据量有限)[11.3.1.4]。

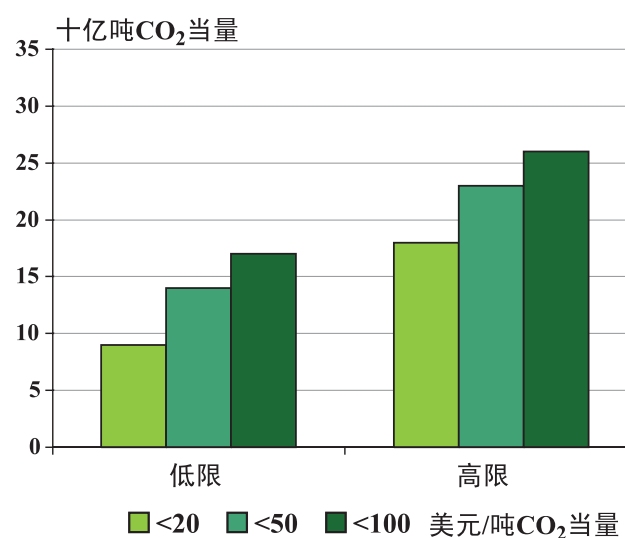
除了第4-10章提到的减缓方案以外，还提出了旨在解决温室效应增加的地质工程方案。然而，只直接从空气中清除CO<sub>2</sub>的方案，如：海洋中铁的肥化作用，或者遮挡阳光在很大程度上仍处于推测阶段，而且可能具有未知的副作用风险。遮挡阳光并不影响预计的大气CO<sub>2</sub>浓度上升水平，但是能够降低或消除相关的变暖。断开CO<sub>2</sub>浓度与全球温度之间的关联会产生有益的后果，例如提高农业和林业的生产率(但只要CO<sub>2</sub>肥化有效)，但是它们不减缓或解决其它影响，例如海洋进一步的酸化。尚未公布这些方案的详细成本估算，也没有一个清晰的用于实施的体制框架(一致性中等，证据量有限)[11.2.2]。

### 跨行业的减缓成本和宏观经济成本

18. 在排放点分析中，用电的排放分配给能源供应行业。在终端使用行业分析中，电力的排放则分配给各自终端使用行业(尤其是与工业和建筑业相关的行业)。



图TS.26A:根据自下而上的研究估算的2030年全球经济减缓潜力。数据来自表TS.15[图11.3]



图SPM TS.26B:根据自上而下的研究估算的2030年全球经济减缓潜力。数据来自表TS.16[图11.3]

预计《京都议定书》的实施成本比第三次评估报告的估算低得多，因为美国拒绝了该议定书。如《京都议定书》的灵活机制得到充分利用，预计各项成本低于附件B中（不包括美国）GDP的0.05%（第

三次评估报告附件B：0.1–1.1%）。如果没有灵活的机制，目前预计成本低于GDP的0.1%（第三次评估报告：0.2–2%）（一致性高，证据量充分）[11.4]。

表TS.15: 根据自下而上研究的2030年全球经济减缓潜力。

碳价 美元/吨CO <sub>2</sub> 当量)	经济潜力 (GtCO <sub>2</sub> 当量)	相对于SRES A1 B情景的减排幅度 (68 GtCO <sub>2</sub> 当量/年) (%)	相对于SRES B2情景的减排幅度 (49 GtCO <sub>2</sub> 当量/年) (%)
0	5-7	7-10	10-14
20	9-17	14-25	19-35
50	13-26	20-38	27-52
100	16-31	23-46	32-63

表TS.16: 根据自上而下研究的全球经济减缓潜力。

碳价 美元/吨CO <sub>2</sub> 当量)	经济潜力 (GtCO <sub>2</sub> 当量)	相对于SRES A1 B情景的减排幅度 (68 GtCO <sub>2</sub> 当量/年) (%)	相对于SRES B2情景的减排幅度 (49 GtCO <sub>2</sub> 当量/年) (%)
20	9-18	13-27	18-37
50	14-23	21-34	29-47
100	17-26	25-38	35-53

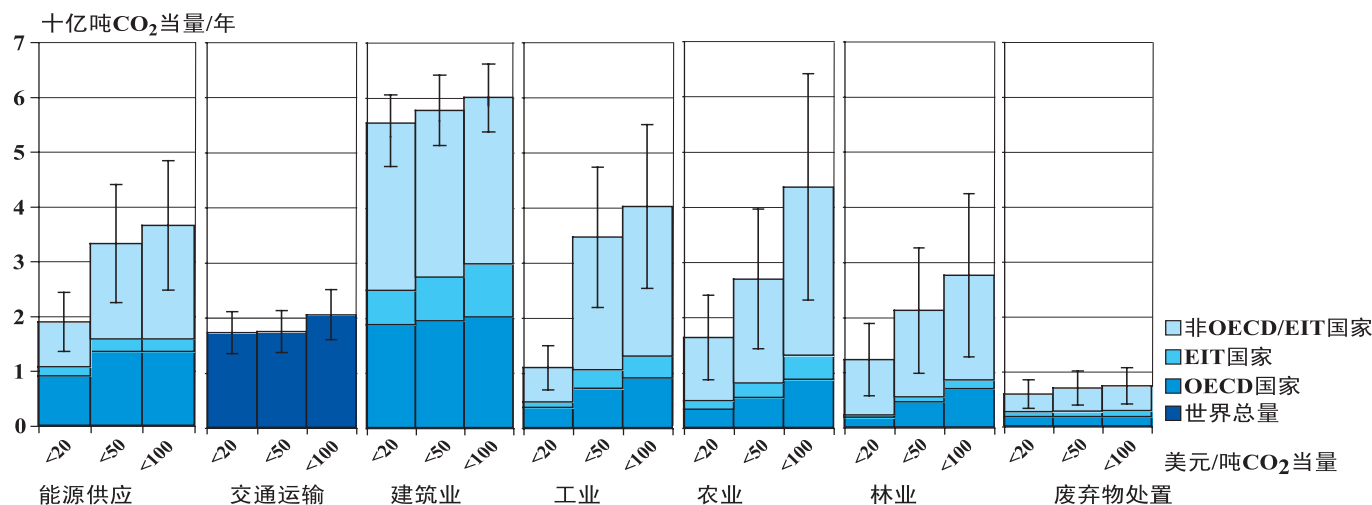
表TS.17: 到2030年行业减缓的经济潜力：自下而上估值（源自表11.3）和自上而下估值（源自第3.6节）的比较[表11.5]。

报告中的章节	行业	2030年基于行业（‘自下而上’）的潜力 (GtCO <sub>2</sub> 当量/年)				2030年整体经济模式（‘自上而下’）减缓的概览(GtCO <sub>2</sub> 当量/年)			
		按终端使用行业分配（将节电分配给终端使用行业）		排放点分配 (分配给能源供应行业的终端使用节电产生的减排量)					
		碳价<20 美元/吨CO <sub>2</sub> 当量							
		低	高	低	高	低	高		
4	能源供应&转化	1.2	2.4	4.4	6.4	3.9	9.7		
5	交通运输	1.3	2.1	1.3	2.1	0.1	1.6		
6	建筑业	4.9	6.1	1.9	2.3	0.3	1.1		
7	工业	0.7	1.5	0.5	1.3	1.2	3.2		
8	农业	0.3	2.4	0.3	2.4	0.6	1.2		
9	林业	0.6	1.9	0.6	1.9	0.2	0.8		
10	废弃物	0.3	0.8	0.3	0.8	0.7	0.9		
11	合计	9.3	17.1	9.1	17.9	8.7	17.9		
碳价<50美元/吨CO <sub>2</sub> 当量									
4	能源供应&转化	2.2	4.2	5.6	8.4	6.7	12.4		
5	交通运输	1.5	2.3	1.5	2.3	0.5	1.9		
6	建筑业	4.9	6.1	1.9	2.3	0.4	1.3		
7	工业	2.2	4.7	1.6	4.5	2.2	4.3		
8	农业	1.4	3.9	1.4	3.9	0.8	1.4		
9	林业	1.0	3.2	1.0	3.2	0.2	0.8		
10	废弃物	0.4	1.0	0.4	1.0	0.8	1.0		
11	合计	13.3	25.7	13.2	25.8	13.7	22.6		
碳价<100美元/吨CO <sub>2</sub> 当量									
4	能源供应&转化	2.4	4.7	6.3	9.3	8.7	14.5		
5	交通运输	1.6	2.5	1.6	2.5	0.8	2.5		
6	建筑业	5.4	6.7	2.3	2.9	0.6	1.5		
7	工业	2.5	5.5	1.7	4.7	3.0	5.0		
8	农业	2.3	6.4	2.3	6.4	0.9	1.5		
9	林业	1.3	4.2	1.3	4.2	0.2	0.8		
10	废弃物	0.4	1.0	0.4	1.0	0.9	1.1		
11	合计	15.8	31.1	15.8	31.1	16.8	26.2		

出处：表3.16、3.17和11.3  
见表3.16、3.17和11.3的注释和附录11.1。

已对2012年之后减缓的模式研究作了评估，评估涉及减缓对2030年CO<sub>2</sub>减排的全球影响，所需碳价及其对GDP或GNP的影响(关于2030年以后稳定水平的长期影响见第3章)。对于第四类<sup>19</sup>路径(稳定在约650ppmCO<sub>2</sub>当量水平上)，即CO<sub>2</sub>减排量低于基线

20%，碳价不超过25美元/吨，研究表明在最差情况下到2030年世界生产总值约低于基线0.7%，并与第3章给出的各组情景给出的中间值(0.2%)和10-90百分位范围(-0.6到1.2%)相一致。



图TS.27: 按不同区域实现全球减缓的行业经济潜力估算，与行业评估中假设的各自基线相比，各项估值随自下而上研究中得出的2030年碳价变化。关于本图所示差异的完整解释，见11.3。

注:

1. 全球经济潜力范围按行业逐一作了评估，结果见纵行。这些范围基于终端用电分配排放，意指按终端行业计算用电所产生的排放，而非按供电行业计算排放。
2. 潜力估算受限于现有的研究数量，特别是针对高碳价位的研究数量。
3. 各行业使用了不同的基线。对于工业，采用了SRES B2基线，对于能源供应和交通运输，采用了WEO 2004基线；建筑业采用了基于SRES B2和A1B之间的基线；对于废弃物，利用SRES A1B驱动力来设立一个特定的废弃物基线，农业和林业采用主要以B2为驱动力的基线。
4. 只显示了交通运输的全球总量，因为包括了国际航空业[5.4]。
5. 未包括的类别为：建筑业和交通运输业中的非CO<sub>2</sub>排放，部分材料效率方案，能源供应中的热力生产和热电联产，重型机动车，海运和高承载客运，建筑物的主要高成本方案，污水处理，煤矿和煤气管道减排，能源供应和交通运输方面的氟化气体。对这些排放的经济潜力总量的低估幅度约为10-15%。

对于更严格的第三类路径（稳定在大约550ppm CO<sub>2</sub>当量水平上），即CO<sub>2</sub>减排量低于基线40%，碳价不超过50美元/吨CO<sub>2</sub>，各种影响则更不确定，而大部分研究表明成本不到全球生产总值的1%，并与第3章给出的各组情景给出的中间值（0.6%）和10-90百分位范围（0到2.5%）相一致。同样，估值在很大程度上取决于采用的方法和假设。这些研究所采用的基线几乎不需要更大的CO<sub>2</sub>减排而实现那些需要较高碳价所能达到的目标，但大部分研究却报告了较高的GDP成本。第一类和第二类研究（稳定在445和535ppmCO<sub>2</sub>当量之间的水平上），成本低于3%的GDP损失，但是研究的数量相对较少，而且它们通常使用低的基线。与第3章报告的一组研究相比，这类研究使用的估值偏低，主要原因是允许政策引起技术创新增强的部分在研究占较大的份额，对于更严格的减缓情景尤为如此（一致性高，证据量中等）[11.4]。

所有方法表明没有任何一个行业或一种技术能

够独自成功地应对减缓的挑战，这表明需要一个基于各种标准的多样化的组合。自上而下的评估与自下而上的结果相一致，这表明碳价处于20-50美元/吨CO<sub>2</sub>当量之间（73-183美元/吨碳当量）就足以驱动大规模的燃料转换，并足以促使碳捕获和封存和经济性低碳电力资源发展成为成熟的技术。这一力度的激励措施还可在避免毁林方面发挥重要作用。各种短期和长期模式得出了不同的估值，主要通过有关碳税或许可证收入的利用、技术变化的对待、国际贸易产品之间的可替代程度，产品的分解以及区域市场等方法假设，才能够对不同的估值作出解释（一致性高，证据量充分）[11.4, 11.5, 11.6]。

制定碳价和相关的减排将确定能够实现大气GHG浓度的稳定水平。模式显示，碳价在可预测的状态下不断缓慢上升，到2020-2030年会达到20-50美元/吨CO<sub>2</sub>，这与第三类稳定情景（550ppm CO<sub>2</sub>当量）相符。对于第四类情景（650ppmCO<sub>2</sub>当量），在2030年以后能够达到某个价格水平。如果稳定在

450和550ppmCO<sub>2</sub>当量水平上，在2030年前后碳价最高需要达到100美元/吨CO<sub>2</sub>(一致性中等，证据量中等)[11.4, 11.5, 11.6]。

在所有案例中，朝着更低稳定水平的短期路径，尤其是第三类及其以下的情景需要很多额外的有关能效、低碳能源供应、其它减缓行动和避免很长周期的碳密集型股本投资的措施。有关在不确定性下决策的研究强调需要及早采取强有力的行动，尤其是长周期的基础设施和其它股本。预估仅能源行业的基础设施(包括发电站)到2030年就需要至少20万亿美元投资，实现稳定的各项方案将在很大程度上受到这一投资性质和碳强度的制约。较低水平碳情景的初始估值表明将有一次大的重新确定投资方向的调整，而且额外的净投资额范围是从忽略不计到低于5%(一致性高，证据量充分)[11.6]。

关于政府行动的组合分析，一般性的发现是试图以似乎平等的方式(如：平等的减排百分比)平衡跨行业减排的方案组合可能比主要以成本效益为指导的方法成本更高。除了多样性带来的一般效益以外，包括低碳技术在内的各种跨行业能源方案组合还将降低风险和成本，因为化石燃料价格预计比可替代燃料的成本波动性更大。第二个一般性发现，如果纠正气候变化损失和技术创新效益这两个市场失灵的方案组合结合起来，成本将会降低，例如从许可证拍卖得到收入回流，用于支持节能和低碳的创新(一致性高，证据量中等)[11.4]。

### 跨行业技术变化

自第三次评估以来的一项主要进展已被纳入体现很多内生技术变化的自上而下的模式。通过使用不同的方法，模拟研究表明，与第三次评估时期使用的大多数模式相比(假设技术变化包括在基线中，而且在很大程度上不倚赖减缓政策和行动)，内生技术变化可导致大幅度降低碳价和GDP成本。考虑引发技术变化的研究显示，到2030年碳价逐步上升为20-80美元/吨CO<sub>2</sub>当量以及到2050年上升为30-155美元/吨CO<sub>2</sub>，上述碳价与2100年浓度稳定在550ppmCO<sub>2</sub>当量相一致。在相同稳定水平上，自第三次评估以来的研究考虑了引发的技术变化，这些研究把上述价格降至2030年的5美元到65美元/吨CO<sub>2</sub>当量和2050年的15美元到130美元/吨CO<sub>2</sub>当量。这些成本下降幅度关键取决于减缓气候变化的研发支出的回报、行业和地区之间的溢出效应、其它研发的推广以及边干边学的模式和学习的速度(一致性高，证据

量充分)[11.5]。

像碳捕获和封存、先进的可再生能源、先进的核能和氢能这类主要的技术转型随着在边学边干中积累并随着市场开拓而需要一个长的过渡期。因此终端使用效率的提高在短期内提供了更重要的机遇。在2030年潜力中建筑业和工业占相对高的份额便可说明这一点(表TS.17)。其它方案和行业可在本世纪下半叶发挥更重要的作用(见第3章)(一致性高，证据量充分)[11.6]。

### 附件一国家的减缓对非附件一国家产生的溢出效应

跨行业的减缓溢出效应是指一个国家或国家集团的减缓政策和措施对其它国家各行业的影响。溢出效应的一个侧面是所谓的‘碳泄漏’：采取国内措施的国家在境外的排放增量除以这些国家内的减排量。碳泄漏的这一简单的指标并非涵盖各种影响的复杂性和范围，其中包括全球排放格局和量级的变化。模拟研究提供了宽泛的有关碳泄漏的结果，它取决于对能源密集型工业的规模、行为、贸易弹性和其它因素的假设。正如第三次评估报告所述，实施《京都议定书》过程中碳泄漏的估值范围一般是到2010年为5-20%。对除EU排放交易方案(ETS)之外的能源密集型工业的经验研究突出强调了运输成本、局地市场条件、产品种类和不完整的信息有利于本地生产，并得出了碳泄漏程度不可能很大的结论(一致性中等，证据量中等)[11.7]。

已对现有减缓行动对竞争力的影响作了研究。经验证据似乎表明，实施《京都议定书》的国家的竞争力损失并不显著，这确认了第三次评估的发现。由于附件一国家行动已实现的技术开发而将技术转让给发展中国家的潜在有效益的影响对于能源密集型工业非常可观，但到目前为止尚不能可靠地对其进行量化(一致性中等，证据量低)[11.7]。

也许一个区域减缓行动带来的溢出效应影响其它区域的一个最重要的方式是通过世界化石燃料价格的影响。当一个区域因采取减缓政策降低了对化石燃料的需求，这将降低全世界对该商品的需求，因而减轻了价格上的压力。石油、天然气或煤的价格可能会下跌，从而减少了生产者的收入，降低了消费者的进口成本，这将取决于化石燃料生产者的反应。如第三次评估报告所述，几乎所有经评审的模拟研究表明已公布的对产油国的不利影响大于对大多数正在采取减排措施的附件一国家的影响。油价保护策略也许能抑制石油生产国的收入损



失(一致性高, 证据量有限)[11.7]。

### 减缓的共生效益

许多近期研究已表明有关人类健康的碳减缓策略有显著的效益, 主要是因为这些策略还减少了空气中的其它排放物, 例如SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>和颗粒物。预估这将防止亚洲和拉丁美洲地区数万人和欧洲几千人过早死亡。然而, 死亡率风险的货币化仍存在争议, 因此文献中能够发现一系列大的效益估值。然而, 所有的研究一致认为货币化的健康效益可抵消减缓成本的很大一部分(一致性高, 证据量充分)[11.8]。

除此之外, 已估算了避免空气污染物的排放给农业生产带来的效益和酸雨对自然生态系统产生的影响。这类近期效益为无悔的GHG减排政策提供了依据, 而这些政策逐渐产生相当大的优势, 即使人类引起的气候变化的影响最终小于当前的预估。纳入除人类健康和农业生产以外的其它共生效益(例如, 提高能源安全和增加就业)将使成本结余进一步加大(一致性高, 证据量有限)[11.8]。

大量的新文献指出, 通过一套措施和政策同时应对气候变化和空气污染具有以控制空气污染的成本大幅度降低空气污染的潜力。需要一项综合途径应对那些污染物和过程, 对此存在权衡取舍。例如, 有这样的个例: 控制使N<sub>2</sub>O排放增加的机动车和硝酸植物, 或增加高能柴油车的使用, 其排放的颗粒比汽油机动车排放的颗粒物更小(一致性高, 证据量充分)[11.8]。

### 适应与减缓

在能够支持适应和减缓的政策方案之间可具备协同作用或权衡取舍。对于生物质能源方案、土地利用管理和其它土地管理方法, 协同作用的潜力大。减缓和适应之间的协同作用能够为农村发展、尤其是最不发达国家的农村发展做出独特的贡献: 许多重点放在可持续自然资源管理的行动能够带来显著的适应效益和减缓效益, 大部分是以碳固化的形式。然而, 在其它情况下也许要进行权衡取舍, 例如能源作物需求增加可能影响粮食供应和森林覆盖, 因而增加了气候变化影响的脆弱性(一致性中等, 证据量有限)[11.9]。

## 12 可持续发展与减缓

### 可持续发展与减缓气候变化的关系

世界环境与发展委员会通过了可持续发展的概念, 普遍认为可持续发展涉及对经济、社会和环境过程采取一个全面的和综合的方法。然而, 关于可持续发展的讨论主要集中在环境和经济因素。社会、政治和文化因素的重要性仅仅到现在才得到越来越多的承认。如果要明确可持续的轨迹, 综合途径至关重要, 其中包括应对气候变化问题[12.1]。

虽然仍处在早期阶段, 现在越来越多地使用各项指标来衡量和管理宏观和行业层面发展的可持续性, 这其中一部分推动力来自于在治理结构和战略倡议背景下的问责制。在行业层面, 尤其是工业界和各级政府利用绿色认证、监测工具或排放注册开始衡量并报告朝着可持续发展方向所取得的进展。然而, 对这些指标的评审结果表明, 几乎没有一项宏观指标包括了针对气候变化的进展程度(一致性高, 证据量充分)[12.1.3]。

气候变化不仅仅受现已出台的具体气候政策(‘气候优先的方法’)的影响, 而且还受到所做出的各种发展选择的组合以及这些政策导致的发展轨迹的影响 - 这一点在从第三次评估以来公布的全球情景分析中得到加强。通过改变发展路径使得发展更可持续进而能够为实现各项气候目标而做出显著贡献。然而, 应当指出, 发展路径的不断变化不是选择一条已经勾画出的道路, 而是通过一个未知的和不断演变的景观引导航向(一致性高, 证据量充分)[12.1.1]。

还有争辩认为可持续发展可能降低所有国家, 尤其是发展中国家对气候变化影响的脆弱性。把此辩论意见界定为一个发展问题而不是环境问题也许可以更好地着手实现所有国家, 尤其是发展中国家的近期目标以及应对它们对气候变化的特殊脆弱性, 同时着手解决与根本发展途径相关的减排驱动力问题[12.1.2]。

### 使发展更可持续

有关可持续发展和减缓气候变化的决策不再仅仅是政府的职权范围。文献认识到, 治理结构的理念正在朝着更具有包容性的概念转变, 其中包括各级政府、私营行业、非政府行动方和公民社会的贡献。在适当的实施水平上气候变化作为规划的一部

分愈多地融入主流，所有相关各方才能以有意义的方式愈多地参与决策过程，他们就愈可能实现预期目标(一致性高，证据量中等)[12.2.1]。

关于政府，政治理论的一个实质内容是确立并解释国家政策风格或政治文化的存在。这项工作的所依据的假设是：无论某个问题有何种独特性或具体特点，各个国倾向于用自己的方式处理问题；一个国家的‘做事方式’。此外，政策手段的选择受到政府实施这些手段的体制能力的影响。这表明，可持续发展和气候变化减排决策的倾向性组合及其效果在很大程度上取决于国家特点(一致性高，证据量充分)。然而，哪类政策在具有国家特色的国家中最有效，我们在这方面的理解仍然很粗略[12.2.3]。

私营行业在生态和可持续性管理方面发挥核心作用。过去25年中在公司或者行业层面采取措施解决可持续性问题的公司数量在已逐步增加。虽然取得了进展，如果私营行业越来越多地意识到可持续性对它们的绩效有益，它们有能力在促进更可持续方面发挥更大的作用(一致性中等，证据量中等)[12.2.3]。

公民在激发可持续发展方面发挥着显著作用，而且他们是实施可持续发展政策的关键行动者。除了自己实施可持续发展项目以外，他们能够通过提高意识、拥护和鼓动来推动政策的改革。他们还能够通过弥补差距和提供政策服务来拉动政策行为，包括政策创新、监督和研究。互动可以采取合作伙伴的形式或通过利益攸关方的对话，这能为公民团体提供向政府和行业不断施压的杠杆(一致性高，证据量中等)[12.2.3]。

当投资者、地方政府和公民团体愿意共同实施新技术并提供讨论这类本地独有技术的论坛时，这类特意的公-私伙伴关系能够最有效地发挥作用(一致性高，证据量中等)[12.2.3]。

### 减缓气候变化发展选择的影响

在多层次的世界中，对不同地区的状况和重点的理解对于将气候变化政策融入可持续发展战略的主流至关重要。针对区域和国家的具体案例研究表明不同的发展道路和政策都能够取得显著的减排，这取决于实现可持续性和气候变化目标的能力[12.3]。

在工业化国家，气候变化继续被主要视为一

个有待通过具体气候变化政策解决的单独环境问题。社会上就针对气候变化普遍发展路径的影响，尤其是就工业化国家的气候减缓的根本而广泛的讨论尚未认真地展开。这一集团中的国家重点减缓领域也许是在能效、可再生能源、碳捕获和封存等方面。然而，低排放的路径不仅是能源的选择。在一些区域，土地利用的发展、尤其是基础设施的扩展，是未来确定GHG排放的一个关键的变量[12.2.1; 12.3.1]。

处在转型的经济体作一个单一集团不复存在。尽管如此，中欧、东欧和东欧国家、高加索地区和中亚(ECCA)国家在社会经济发展、减缓气候变化和可持续发展方面有共同的特点。将经济增长和排放增长脱钩的措施对这个集团尤为重要[12.2.1; 12.3.1]。

预估某些发展中大国的排放增长率超过工业化国家和其它发展中国家，因为它们正处在快速工业化的阶段。对于这些国家，减缓气候变化和可持续发展政策能够互补；然而，需要更多的财政和技术资源来加强它们追求低碳发展道路的能力[12.2.1; 12.3.1]。

大部分其它发展中国家的适应和减缓能力低，发展援助能够有助于减少它们对气候变化的脆弱性。这还能有助于减少它们的排放增长，同时解决能源安全和能源获取问题。CDM能够为此类发展提供财政资源。石油输出国组织(OPEC)的成员在某种意义上很独特，因为它们也许受到因减少对化石燃料需求的发展路径的不利影响。它们的经济多样性已被列入重要的议事日程[12.2.1; 12.3.1]。

从本章评审的案例研究中得出一些关于行业层面的发展路径的变化怎样具有低排放(或能够)降低排放的一般性结论(一致性高，证据量中等)[12.2.4]：

- GHG排放受经济增长的影响，但并不严格的挂钩：选择不同政策将带来不同的结果。
- 投入相同，但有效的生产远远低于最大可行生产的行业—即远远落后于生产前沿的行业有机会采取‘三赢’的政策，即：能够解放资源的政策和支持增长的政策，既实现其它可持续发展的目标，又能够与基线相比减少GHG排放。
- 在生产接近最佳的特定现有投入的行业—即那些更接近生产前沿的行业—也有机会通过实现其它

可持续发展目标的方式减排。然而，行业愈接近生产界限，可能出现的权衡取舍愈多。

- 重要的不仅仅是在某一时刻要做出‘好的’选择，还要长时间坚持最初的政策，有时候需要几十年，才会真正有成效。
- 影响排放通常不是靠一项决策，而是一系列政策。这就提出了几个行业 and 不同尺度上政策的协调问题。

融入主流则要求发展中国家和发达国家的非气候政策、计划和/或各个行动都要考虑减缓气候变化。然而，气候变化仅靠现有的政治议程取得成功的可能性不大。是否能够轻松或艰难地完成主流化既取决于减缓技术或做法，也取决于基本的发展路径。对照气候效益权衡其它发展效益将是为实现主流化而选择发展行业的关键基础。对于通常当作脱离气候政策的方式对待的宏观经济政策、农业政策、多边发展银行借贷、保险做法、电力市场改革、能源安全和森林保护等决策能够对排放、所需的减缓程度以及对带来的成本和效益产生深远的影响。然而，在某些案例中，例如在发展中国家的农村地区，炊事能源从生物质能源改为液化石油气(LPG)，这没有考虑气候变化也许是合理的，因为与其带来的发展效益相比排放的增长很小(一致性高，证据量中等)[12.2.4]。

总体而言，本章关于减缓和可持续发展之间关联性的定性发现的一致性高：二者相互关联，并能够确定其协同作用和权衡取舍。然而，关于其关联性，尤其是如何将这关联性付诸于行动以便抓住协同作用，避免权衡取舍的文献仍然稀少。将气候变化的考虑融入相关的非气候政策的良好做法指南也是如此，包括对不同行动者作用的分析。详细阐述国家和区域可能能够追求实现的发展路径—跳出那些狭义的GHG排放的情景或那些忽略气候变化的情景—能够为新的关联性分析提供一个背景，但这需要新的方法学工具(一致性高，证据量有限)[12.2.4]。

### 减排选择对可持续发展轨迹的影响

对于选择减缓方案的机遇有了越来越多的认识，并且减缓方案以这样一种方式实施，使之不与可持续发展的其它因素冲突，甚至有利于其它因素；即便权衡取舍不可避免时，也应该做出最合理

的选择。表TS.19[12.3]概括了主要的减缓气候变化方案对可持续发展的影响。

在每个行业内和不同区域之间，减缓方案对可持续发展带来的效益各不相同(一致性高，证据量充分)：

- 总体而言，能提高资源(无论是能源、水或土地)生产率的减缓方案对可持续发展的所有三个因素产生积极的效益。其它类别的减缓方案具有不确定的影响，并且取决于该方案实施的社会经济大背景。
- 与气候有关的政策，如能效和可再生能源政策，通常具有经济效益，能提高能源安全，并减少当地污染物的排放。许多能源供应方面的减缓方案如果设计得当，能够实现可持续发展，如避免迁移当地居民、创造就业和健康效益。
- 减少毁林对保护生物多样性、土壤和水有着显著的效益，但是对于某些利益攸关方可能造成经济利益损失。合理设计的造林和生物能源种植园能够有助于恢复退化的土地、管理水的径流、保存土壤中的碳、使农村经济受益，但是可能与粮食生产活动争夺土地，并且不利于生物多样性。
- 在多数行业，通过减缓行动来加强可持续发展具有很大的可能性，在废弃物管理、交通运输和建筑行业尤为可能，特别是通过减少能源使用和污染[12.3]。

表TS.18: 将气候变化融入发展选择的主流——选择的实例[表12.3]。

选择的行业	作为融入主流候选对象的非气候政策手段和行动	主要的决策者和行动者	能够用非气候政策解决按行业的全球GHG排放(占全球GHG排放的百分比) <sup>a, d</sup>		备注
宏观经济	实施非气候税/补贴和/或其它促进可持续发展的财政及法规政策	国家(各级政府)	100	全球GHG总排放	可以综合采用经济、法规和基础设施方面的非气候政策来解决全球总排放
林业	采取森林保护和可持续性的管理规范	国家(各级政府)和民间社团(NGO)	7	毁林造成的GHG排放	停止毁林、改进森林管理、提供其它谋生手段的立法/法规能够减少GHG排放并带来其它环境效益。
电业	采用低成本效益高的可再生能源, 采取需求方管理计划, 并减少输送和配电过程中的损失	国家(规管委员会)、市场(公用事业公司)和民间社团(NGO、消费群体)	20 <sup>b</sup>	电力行业CO <sub>2</sub> 排放(不包括汽车制造厂)	GHG密集型电力生产在全球排放中所占的份额在不断上升, 这个全球关切的问题可以通过非气候政策予以解决。
石油进口	使进口的和国产的燃料组合多样化, 减少经济中的能源强度, 以提高能源安全	国家和市场(化石燃料产业)	20 <sup>b</sup>	与全球原油和产品进口相关的CO <sub>2</sub> 排放	通过能源的多样化解决石油安全问题, 能够以不增加GHG排放的方式实现能源的多样化
发展中国家农村的能源	在农村地区提倡使用石油液化气、煤油和用电做饭的政策	国家和市场(公用事业和石油公司)、民间社团(NGO)	<2 <sup>c</sup>	使用生物质燃料产生的GHG排放, 不包括气溶胶	农村做饭用的生物质燃料影响人体健康, 因为它造成室内污染, 并释放出加剧全球变暖的气溶胶。在发展中国家农村地区用石油液化气取代生物质来做饭, 这将排放出0.70GtCO <sub>2</sub> 当量, 与2004年的全球GHG排放总量相比, 这个排放量不大
建筑业和交通运输业的保险	实行有区别的保险费、责任保险除外条款、改进的绿色产品条款	国家和市场(保险公司)	20	交通运输业和建筑业的GHG排放	气候变化导致更大的破坏, 这是保险业所关切的原因。保险业可以采用在此提到的政策解决这些问题。
国际金融	有利于减排的国家和行业策略及项目借贷	国家(国际金融机构)和市场(商业银行)	25 <sup>b</sup>	发展中国家(非附件一国家)CO <sub>2</sub> 排放	国际金融机构可以采取措, 避免向发展中国家锁定未来排放的GHG密集型项目发放贷款

注:

- a) 数据摘自第一章, 除非另有注释。
- b) 仅为化石燃料燃烧排放的CO<sub>2</sub>; IEA (2006)。
- c) 仅为CO<sub>2</sub>排放。作者估算, 见正文。
- d) 排放表示2004年各行业的相对重要性。行业排放并非相互排斥, 可能重叠, 因此各排放之和大于全球排放总量, 这一点已在宏观经济一栏中体现。

表TS.19: 行业减缓方案和可持续发展（经济、当地环境和社会的）的考虑：协同作用与权衡取舍[表12.4]。

行业和减缓方案	潜在的SD协同作用和实施条件	潜在的SD权衡取舍
<b>能源供应和利用：第4-7章</b>		
所有行业（建筑业、交通运输业、工业和能源供应）提高能效（第4-7章）	<ul style="list-style-type: none"> <li>-几乎总是具有低成本高效益，减少或消除当地的污染物排放及其对健康的影响，提高室内舒适度和减少室内噪声，创造商机和就业机会并提高能源安全</li> <li>-政府和产业计划能有助于克服信息不足和委托-代理方面的问题</li> <li>-计划能在各级政府和产业部门实施</li> <li>-必须确保低收入家庭的能源需求得到应有的考虑，并确保实施减缓方案的过程和后果或结果不存在性别歧视。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-在发展中国家农村地区，生物质炉灶的热效率提高所带来的室内污染和健康方面的影响是不确定的。</li> </ul>
改变交通运输和建筑业所使用的燃料和其它方案（第5、6章）	<ul style="list-style-type: none"> <li>-减少CO<sub>2</sub>措施所耗的成本被增加的人体健康效益抵消</li> <li>-提倡公共交通工具和非机动交通工具，这有大而始终如一的社会效益</li> <li>-在发展中国家，以现代燃料取代固体燃料用于炊事和室内取暖能减少室内空气污染并增加妇女的自由时间</li> <li>-通过国家和地方政府之间的协调，使减少CO<sub>2</sub>的计划体系制度化，这对于建立上下一致的政策来发展可持续的交通运输体系是重要的。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-总体而言，柴油发动机比汽油发动机的能效高，因此其CO<sub>2</sub>排放量低，但是会增加颗粒物的排放</li> <li>-其它措施（CNG公共汽车、混合柴油-电力公共汽车和出租车革新）几乎不能带来气候方面的效益。</li> </ul>
用国内的可替代能源（DAES）替代进口的化石燃料（第4章）	<ul style="list-style-type: none"> <li>-必须确保DAES具有低成本高效益</li> <li>-减少当地空气污染物排放</li> <li>-能创造新的本土产业（如巴西的乙醇项目）进而创造就业机会。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-对照投资需求的资本增幅做出权衡取舍</li> <li>-化石燃料出口国可能面临出口下降</li> <li>-建造水利发电厂可能需要迁移当地人口，并给水体和生物多样性造成环境破坏。</li> </ul>
用进口的可替代能源（IAES）替代国产的化石燃料（第4章）	<ul style="list-style-type: none"> <li>-几乎总能减少当地的污染物排放</li> <li>-比DAES能更快得到实施</li> <li>-必须确保IAES的低成本高效益</li> <li>-能源出口国的社会和经济将受益</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-可能降低能源安全</li> <li>-交易平衡可能会受到损害，但是对资本的需求也许减少。</li> </ul>
<b>林业：第9章</b>		
造林	<ul style="list-style-type: none"> <li>-能减少荒地，遏止土地退化和管理水径流</li> <li>-如果在种植和收割过程中对土壤的干扰降至最低，则能保存土壤的碳储量</li> <li>-能够作为农业森林种植园实施，从而提高粮食生产</li> <li>-能够创造农村就业和农村产业</li> <li>-明确产权会加快造林项目的实施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-使用稀缺的土地将与农业竞争土地资源，因而损害粮食安全，同时增加了粮食成本</li> <li>-作物单一的种植园会减少生物多样性，并且更容易受到病害的侵扰</li> <li>-改变泛洪平原和湿地将妨害它们的生态功能。</li> </ul>
避免毁林	<ul style="list-style-type: none"> <li>-能保护生物多样性、水和土壤管理效益、当地降水分布型态</li> <li>-减少森林火灾给当地造成的霾和空气污染</li> <li>-如果管理得当，能通过生态旅游和销售可持续采伐的木材获得收入</li> <li>-成功的实施需要当地居民参与土地管理和/或为他们提供其它谋生手段，还需要通过执法防止移民侵占森林土地。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-可能给从事森林开发的某些利益攸关方（林地所有者、移民工人）造成经济利益上的损失</li> <li>-由于木材供应减少，木材出口也随之减少，这会增加GHG密集型建筑材料的使用</li> <li>-能导致其它地区毁林，并随之产生SD方面的不良后果。</li> </ul>
森林管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>-见造林</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-施肥能够增加N<sub>2</sub>O的生产和含硝酸盐的地面径流，这会使当地（地下）水质下降</li> <li>-预防火灾和虫害具有短期效益，但是如果管理不当，可能为以后的火灾增加了燃料储备。</li> </ul>

表 TS.19. 接上页.

行业和减缓方案	潜在的SD协同作用和实施条件	潜在的SD权衡取舍
<b>生物能源（第8、9章）</b>		
生物能源生产	<ul style="list-style-type: none"> <li>-如果利用作物残余物（壳、皮、蔗渣和/或树木修剪下来的枝叶）生产，大部分是有利的</li> <li>-创造农村就业</li> <li>-如果专门种植庄稼/树木来制造生物能源，需要有充足的农用地和劳动力，以避免与粮食生产争夺土地和劳动力。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-如果实施方式不具备可持续性，可能造成不利的环境影响-损害生物多样性、争夺水资源、增加使用肥料和杀虫剂</li> <li>-对粮食生产造成潜在的问题（因地而异）并增加粮食成本。</li> </ul>
<b>农业：第8章</b>		
庄稼地管理（对养分、耕地、秸茬和农用林业的管理；水、水稻和闲置地）	-改进养分管理能提高地下水质量和耕地生态系统的环境健康)	<ul style="list-style-type: none"> <li>-用水政策的变化可能导致利益冲突并威胁社会凝聚力</li> <li>-可能导致过度用水。</li> </ul>
放牧地管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>-提高牲畜产量，减少荒漠化，并为贫困人群提供社会保障</li> <li>-需要立法和执法来禁止自由放牧</li> </ul>	
牲畜管理	-综合传统的水稻种植和牲畜管理将会提高收入，即便在半干旱和干旱区域也是如此。	
<b>废弃物管理：第10章</b>		
工程化而且卫生的垃圾填埋，并回收填埋产生的甲烷气体	<ul style="list-style-type: none"> <li>-能消除随意倾倒垃圾和露天焚烧废弃物，有利于工人和居民的健康和安全</li> <li>-填埋场地能为当地带来能源效益，还能利用城市基础设施提供公共娱乐空间和其它社会目的。</li> </ul>	-如果实施方式不可持续，可能造成渗漏，污染土壤和地下水，对健康造成不良影响。
对废弃物和废水进行生物处理（堆肥、厌氧发酵、好氧和厌氧废水处理）	<ul style="list-style-type: none"> <li>-能破坏病原体，并且如果实施得当，利用源头分类收集的有机废弃物或集中收集的废水能改良土壤</li> <li>-能创造就业</li> <li>-厌氧处理过程能通过回收利用CH<sub>4</sub>带来的能源效益。</li> </ul>	如果管理和监控不当，会产生气味和水污染。
焚化和其它热处理	-从废弃物中获取最大的能源效益。	<ul style="list-style-type: none"> <li>-比有管理的垃圾填埋和堆肥要昂贵</li> <li>-若无技术性基础设施，在发展中国家是不可持续的</li> <li>-需要在空气污染控制和源头分类收集方面增加投资，以防止重金属和其它有毒气体的排放</li> </ul>
回收、重复利用和废弃物最小化	<ul style="list-style-type: none"> <li>-为当地提供就业并减少回收产品所需要的能源和原材料。</li> <li>-能够得助于NGO的活动、投向回收业的私人资本、环境执法和旨在将废弃物处理和处置活动与社区生活分隔开的城市规划。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-未经管理的废弃物清除会对那些依靠废弃物谋生的人造成严重的健康和安全问题</li> <li>-发展当地的回收业需要资本。</li> </ul>

注：本表中的素材摘自第4-11章。凡摘引的新素材，均在下面的文字中提到，下面的文字叙述了每个行业的减缓方案对可持续发展的影响。

## 13 政策、手段和合作协议

### 引言

本章讨论了国家政策手段及其实施、私营行业、地方政府和非政府组织倡议的行动，国际合作协议。只要可行，在四项主要评估标准的背景下对国家政策和国际协议作了探讨；这四项标准分别是环境成效、成本效益、分配方面的考虑和体制上的可行性。有一些其它标准可供做出清晰的考虑，如对竞争性和行政成本的影响。政府可以在事先应用这些标准来对各种政策手段做出选择，也能在事后应用这些标准对政策手段的成效进行评估。[13.1]

### 国家政策手段、其实施和相互作用

文献不断体现，有一系列宽泛的国家政策和措施可供政府用来限制或减少GHG排放。其中包括：法规和标准、税费、可交易许可、自愿协议、逐步取消补贴、财政激励措施、研发活动以及信息手段等。其它政策，如：影响贸易、外国直接投资和社会发展目标的政策，也能够影响GHG排放。总体而言，不论在发达国家还是发展中国家，如果将气候变化政策融入其它的政府政策，都能够为可持续发展做出贡献(见第12章)[13.1]。

要减少所有行业的各种气体排放，需要一套适合本国国情的政策组合。虽然文献指出了任何特定政策手段的优势和不足，但当决策者选择和评估各项政策时，普遍采用上述标准。

任何手段可能设计得好，也可能设计得差，可能设计得很严格，也可能设计得很宽松。政策手段需要根据时间的变化作调整，并且需要配备可操作的监督和执行体系。此外，政策手段还可能会与社会其它行业的现行制度和规章相互作用(一致性高，证据量充分)[13.1]。

文献提供了大量的信息，用于评估不同的手段是否很好地达到了上述标准(见表TS.20)[13.2]。最值得注意的是，文献表明：

- **法规措施和标准**一般在环境方面的成效是确定的。在由于信息匮乏或其它障碍阻碍公司和消费者对价格信息作出反应时，最好采用这些法规措施和标准。法规标准一般不会激励排污者开发新的技术以减少污染，但是确有若干案例表明法规

标准可刺激技术创新。在建筑业，标准是一种通用的做法，并出现强有力的创新。尽管很少专门制订减少GHG排放的法规标准，但是作为共生效益，标准的实施减少了温室气体(一致性高，证据量充分)[13.2]。

- **税费**(能够用来限制碳或所有GHG)在成本效益比方面得到很高的评价，因为它们在污染控制的边际成本方面较有保障。虽然它们不能确保排放控制在某一水平上，但是从概念上，通过合理设计，税能够具有环境成效。税在政治上可能难以实施和调整。如同法规一样，税的环境成效取决于其严格性。如同所有其它的政策手段一样，税的使用需要小心谨慎，以防出现不良后果(一致性高，证据充分)[13.2]。
- **可交易许可**在行业、国家、国际层面上成为控制常见污染物和GHG的日益普遍的经济手段。所允许的排放量决定了碳的价格和这些手段的环境成效，而许可的分配会影响竞争性。经验表明交易条款可以在时间上提供很大的灵活性，而履约达标条款必须进行认真设计才能保证许可制度的成效(一致性高，证据量充分)。在交易体系中，减排价格的不确定性自然使得难以估算实现减排目标的总成本[13.2]。
- **产业和政府之间的自愿协议**和信息措施在政治上具有吸引力，能提高利益攸关方的意识，在许多国家政策的逐步形成过程中发挥了作用。多数自愿协议未能使排放降至大大低于“照常排放”的水平。但是少数几个国家最近的一些协议却促进了最佳现有技术的应用，从而使排放比照基线有了显著减少。(一致性高，证据量充分)。成功的因素包括清晰的目标、基线情景、第三方参与设计和评估、对监督有正式的条款[13.2]。
- **自愿行动**：企业团体、地方政府、NGO和民间团体正在采取政府职权之外的各种自愿的行动，限制GHG排放、激励创新的政策和鼓励新技术的部署。仅靠自愿行动，对国家或区域层面的影响一般是有限的[13.2]。
- **财政激励措施**(补贴和减免税)常常被政府用来激励新的、GHG排放较少的技术的推广。虽然此类计划的经济成本通常比上述手段高一些，但它们通常对克服新技术推广方面的障碍是至关重要的(一致性高，证据量充分)。如同其它政策，各项激励计划必须认真设计，以避免产生不良的市场影响。在许多国家，对化石燃料的使用

表TS.20: 国家环境政策手段和评估准则[表13.1]。

手段	衡量标准			
	环境成效	成本效益	满足分配方面的考虑	体制上的可行性
法规和标准	直接设定排放水平, 但是可能存在例外情况; 取决于是否延期和履约达标情况	取决于设计; 统一适用的法规和标准可能导致总体履约达标成本上升	取决于是否享受平等待遇; 小的/新的行动参与者可处于不利地位	取决于技术能力; 在市场经济弱的国家, 规管者普遍采用
税费	取决于是否能够将税额设定在引发行为改变的合理水平上	广泛应用能产生较好的成本效益; 在体制弱的情况下, 行政管理成本较高	累退性; 可以通过收入回流得到改善	通常在政治上不受欢迎; 如果体制不完备, 也许难以实施
可交易许可证	取决于排放上限、参与情况和达标情况	随着参与程度和参与部门的减少而下降	取决于最初的许可证分配, 也许会给小排放者带来困难	需要功能完善的市场和互补的体制
自愿协议	取决于项目的设计, 包括需要有清晰的目标、基线情景、第三方参与设计和评估、监督条款	取决于灵活性和政府激励措施、奖罚的力度	受益的仅是参与者	通常在政治上受欢迎, 需要大量的行政管理人员
补贴和其它激励措施	取决于项目的设计; 不如法规/标准那么确定	取决于补贴的水平, 以及计划的设计, 可能使市场扭曲	使获得补贴的参与者受益; 而有些不需要这种补贴和激励	受到获得补贴者的欢迎; 既得利益者可能会抵制。补贴一旦实行可能很难取消
研究和开发	取决于是否能获得持续的资金支持、技术何时能发展成熟以及是否有推广政策。从长期而言也许有高效益。	取决于计划的设计和风险程度	最初使被选定的参与者受益, 资金的分配有可能不当	需要许多独立的决定; 取决于研究能力和长期资金支持

注: 上述评价是根据以下假设预测的, 即各项政策手段确实代表了最佳的做法, 而并非在理论上是完美的。这种评估主要依据了发达国家的经验和文献, 因为其它国家经过细审的关于手段效果的文章有限。在不同国家、行业、环境下的可适用性——尤其是在发展中国家和经济转型国家——可能会有很大差异。如果对政策手段进行策略整合或根据具体情况对其作调整, 其环境成效和成本效益可能得到提升。

和农业提供直接和间接的补贴仍然十分普遍, 但是在过去的十年中, 许多OECD国家和一些发展中国家已经减少了对煤的补贴(也见第2、7和11章)[13.2]。

- 政府对研发的支持是一种特殊的激励措施, 它可以成为一种重要的手段来确保能长期获得低GHG排放的技术。但是, 在20世纪70年代的石油危机之后, 政府对许多能源研究项目的资助减少了, 并保持不变, 即便在UNFCCC获得批准后依然如此。研发活动需要大量增加投入和政策支持, 确保技术能够商业化, 以使大气GHG达到稳定水平(见第3章), 同时还需要经济和法规手段

来促进新技术的部署和推广(一致性高, 证据量充分)[13.2.1]。

- 信息手段-有时称为向公众披露的要求——可以对环境质量产生积极的影响, 因为它使消费者能做出有充分信息依据的选择。虽然证明信息披露能实现减排的证据有限, 但是它能提高其它政策的成效(一致性高, 证据量充分)[13.2]。

若应用具有环境成效和有经济效益的政策手段组合, 则需要很好地认识待解决的环境问题、与其它政策领域的联系、组合中不同手段之间的相互作用。实际中, 与气候相关的政策很少独立应用, 它



们是与其它涉及环境、林业、农业、废弃物管理、交通运输和能源等的国家政策交织重叠，而且在许多情况下，需要应用两种以上的手段（一致性高，证据量充分）[13.2]。

#### 次区域政府、企业团体和非政府组织倡议的行动

绝大多数文献评估是基于国家的政府手段，但是企业团体、地方和区域政府、NGO和民间团体也能够发挥关键作用，而且它们也在政府职权之外独立采取各种行动来减少GHG排放。企业团体的行动包括从自愿行动到排放目标等一系列宽泛的行动，在少数情况下还包括内部交易体系。企业团体采取独立行动的原因有：希望影响政府行动或先入为主、创造金融价值、显示公司或其产品的独特性。区域、州、省和地方政府采取的行动包括可更新的组合标准、能效计划、排放登记和行业内总量控制加交易机制。采取这些行动是为了影响国家政策，解决利益攸关方关切的问题，为新的产业创造激励机制，或带来环境方面的共生效益。NGO通过公共倡导、司法诉讼和利益方对话等方式来推行减排计划。上述许多行动可以限制GHG排放、激励政策创新、鼓励和部署新技术、促进尝试新体制，但是仅凭这些行动本身所产生的影响有限。为实现显著减排，这些行动必须引发国家政策的改变（一致性高，证据量充分）[13.4]。

#### 国际协议（气候变化协议和其它安排）

UNFCCC及其《京都议定书》为解决长期的国际环境问题开了先河，但二者仅仅是朝着应对气候变化的国际对策的实施迈出的第一步。《京都议定书》最重要的成果是刺激了一系列国家政策的出台、创建了国际碳市场和建立了新的机制。它对参与国的经济影响还有待展现。特别是，CDM创造了一个巨大的项目渠道，筹集了大量的资金，但是它在确定基线和额外性方面却面临方法学的挑战。议定书还促进了排放交易体系的形成，但是目前一个充分的、全球范围内的交易体系尚未得到实施。《京都议定书》目前的局限性在于排放限制幅度较小，因而对大气浓度的影响也有限。如果第一承诺期之后有更大的减排措施，且触及更大份额全球排放的政策手段得到实施，《京都议定书》则将取得更大的成效（一致性高，证据量充分）[13.3]。

文献指出了在公约及其《京都议定书》内外的许多实现减排的方案，例如：修改排放目标的形式和严格性；扩大行业和地方协议的范围；制订和采

用共同的政策；改进国际RD&D技术计划；实施迎合发展需求的行动，增加财政手段等（一致性高，证据量充分）。将国际R&D合作和“总量控制加交易”计划等多种因素纳入协议中是可能的，但是把不同国家的执行力度做比较将是复杂而资源密集的（一致性中等，证据量中等）[13.3]。

文献中有一个普遍共识的结论，即：一项成功的协议必须具有环境成效、成本效益高、包含了分配方面的考虑和公平性，并且在体制上是可行的（一致性高，证据量充分）[13.3]。

有大量新的文献探讨了未来国际协议可能采取的架构和实质内容。正如以前的IPCC报告所指出的，由于气候变化是全球共同面临的问题，任何解决途径，如果不包括更大份额的全球排放，将会耗费更多的成本或取得较少的环境成效（一致性高，证据量充分）（见第3章）[13.3]。

文献中关于未来协议的大多数建议都包括了对目标、具体行动、时间表、参与、体制安排、报告和履约达标条款等问题的探讨。还有一些其它因素涉及激励机制以及对不参与和不履约的惩罚等（一致性高，证据量充分）[13.3]。

#### 目标

对目标作出清晰的规定是任何气候协议必须具备的一个重要元素。目标既能统一对近期发展方向的认识，又能保障长期的确定性，这正是此项事业所需要的。设定目标还有助于形成承诺和体制、建立行动的激励机制，并有助于制定标准，以衡量措施是否成功实施（一致性高，证据量充分）[13.3]。

长期目标的选择对必要的短期行动有着显著影响，因此也对国际体系的设计有重要影响。减排成本取决于目标，因地制宜，并取决于排放许可在各区域间的分配以及参与的程度（一致性高，证据量充分）[13.3]。

国际体系的设计方案能够包括短期、中期和长期的目标。一种方案是设定长期GHG浓度的目标或温度稳定目标。这样的目标可基于有待避免的自然影响，也可在概念上基于有待避免的货币和非货币损失。另一种方案不是协定具体的CO<sub>2</sub>浓度或温度水平，而是协定具体的长期行动，如技术的研发和推广目标—例如，“到2060年从能源业中消除碳排放”。这样的目标有一个好处，就是它可与具体的行动挂钩（一致性高，证据量充分）[13.3]。

另外一种方案是采取“对冲策略”，它是指关于全球排放的较短期的目标，但是它仍然可能实现一系列理想的长期目标。一旦短期目标达到，可以根据新的知识和不确定性程度的降低来决定下一步措施（一致性中等，证据量中等）。

## 参与

各国参与国际协议的程度从非常有限到非常广泛不等。参与国所采取的行动因行动的时间、行动的主体和行动的内容不同而异。参与“等级”相同的国家承担相同（或大体类似）类型的承诺。对参与国划分等级可以依据正式的定量或定性标准，也可以是“特定”标准。在主权原则下，各国可自行选择它们所属的等级（一致性高，证据量充分）[13.3]。

参与协议能够是固定不变的，也可随时间调整。在后一种情况下，国家可以从一个承诺等级向另一个“晋级”。晋级可以是通过了协议中规定的某些参数（或综合参数）的量化域值，诸如排放、累积排放、人均GDP、对增温的相对贡献或其它关于发展的衡量标准，如人类发展指数（HDI）（一致性高，证据量充分）[13.3]。

一些争辩认为国际协议只需要那些主要的排放国参与即可生效，因为前15个排放大国（包括算做其中之一欧盟25国）占全球排放量的80%。另外一些人则主张那些负有历史责任的国家应该率先采取行动。还有一种观点认为技术发展是全球解决气候变化问题的关键因素，因此协议必须明确以附件一国家的技术发展为目标——这反过来又可以抵消非附件一国家的部分或全部排放。还有一些人建议气候机制不能仅考虑减缓，还应包括适应——更多的国家对气候变化是脆弱的，因此必须纳入协议中（一致性高，证据量充分）[13.3]。

### 体系的严格性：目标衔接、参与和时间设定

根据多数对公平性的解读，在低-中稳定水平上（450-550ppmCO<sub>2</sub>当量），发达国家作为一个群体需要到2020年大量减少它们的排放（比1990年的水平少10-40%），并到2050年进一步降低排放水平（低于1990年水平的40-95%）。在大多数针对这些稳定水平的体系设计中，发展中国家需要在未来数十年内使它们的排放水平降至预估的基线排放水平以下（一致性高，证据量充分）。对大多数国家，对长期宏伟目标的选择将比减排体系的设计更为重要[13.3]。

全球总成本在很大程度上取决于基线情景、边际减缓成本的估算、假设的浓度稳定水平（另参阅第3和11章）和参与的水平（联合的规模）和程度（如何以及何时分配排放许可）。例如，如果某些主要的排放区域不立即参与减排，而减排的目标又不改变，则参与地区的全球成本会增加（另参阅第3章）。区域减排成本取决于分配给各区域的排放许可，特别是时间的设定。但是假设的稳定水平和基线情景在确定区域成本过程中更为重要[11.4；13.3]。

### 承诺、时间表和行动

新文献中有相当大一部分内容指出并评估了一组不同的承诺方案。评估最多的一类承诺是确定《京都议定书》中为附件一国家设定的绝对减排总量。文献中最普遍一致的结论是：这类体系为参与国家确定了未来的排放水平（假设达到减排总量）。许多作者提出为实现减排总量，应利用各种‘灵活性’方式，通过排放交易和或基于项目的机制涵盖多种GHG气体、多个行业以及多个国家（一致性高，证据量充分）[13.3]。

虽然许多作者建议未来绝对减排总量适用于所有国家，但许多国家愈加担忧这种方式的严格性可能会不合理地制约经济增长。虽然没有找到各方达成共识的方法，文献提供了解决这个问题的多种可替代方案，包括‘动态目标’（义务随时间变化）和限制碳价（为某一特定水平上的达标成本设定上限——这种方案虽然限制了成本，也会导致超出环境目标）。这些方案的宗旨是既要保留国际排放交易的好处，又能给履约达标更大的灵活性（一致性高，证据量充分）。但是成本和实现排放水平的确定性之间存在权衡取舍[13.3]。

### 市场机制

如果广泛涵盖了各国和各行业，那么以国际市场为基础的途径能够为解决气候变化问题提供低成本高效益的方式。目前只形成了少数国内排放交易体系，欧盟的ETS是建立这种机制的最大尝试，许可分配给11,500个工厂，并被授权买卖其许可（一致性高，证据量充分）[13.2]。

尽管清洁发展机制正在迅速发展，但用于技术转让的资金流总量至今仍然很有限。政府、多边组织和私营公司筹集了近60亿美元碳资金用于减少碳的项目，主要通过CDM项目获得。通过CMD项目，

流向发展中国家的资金达到了每年数十亿美元。这要高于全球环境基金(GEF)提供的资金流量,与能源类的发展援助资金流量相当,但是资金规模比所有外国直接投资(FDI)资金流量少(一致性高,证据量充分)[13.3]。

许多人主张一个成功的气候变化协议应具备的一个关键要素是有能力刺激技术发展和转让-否则将很难实现显著规模的减排。向发展中国家的技术转让主要取决于是否能获得投资。创造条件以获取投资、掌握技术和国际技术协议很重要。技术转让机制之一是找到创新的途径来获取投资,以支付减缓和适应气候变化的累计成本。国际技术协议能够加强知识方面的基础设施(一致性高,证据量充分)[13.3]。

一些研究人员建议行业解决途径或许为后京都协议提供一个合适的框架。在这一体系下,可以设立具体的目标,从某些特定行业或产业着手,而且这些目标在政治上比较容易实现,具有全球均一性,且相对较易避免与其它行业的竞争。行业内的协议在具有更大的政策灵活性,而且更容易比较不同国家在同一行业的执行力度,但是其成本效益也许较低,这是因为在单一行业内部交易的成本注定比跨所有行业交易的成本要高(一致性高,证据量充分)[13.3]。

### 政策的协调/一致性

协调的政策和措施可代替或补充国际达成一致的减排目标。文献中探讨了许多可以达到这一目标的政策,包括税(诸如碳税或能源税)、交易协调/自由化、研发、行业政策和旨在改变外国直接投资的政策。在一项建议下,所有的参与国家—无论是工业化国家还是发展中国家—采用共同的税率征收国内的碳使用税,以取得成本效益。其它观点指出虽然在所有国家实行平等的碳价在经济上有效,但在当前税扭曲的背景下,它在政治上或许不可行(一致性高,证据量充分)[13.3]。

### 非气候政策及其与可持续发展的关联性

在国家和地方层面上采取的政策和措施与私营行业采取的行动,以及气候变化减缓和适应政策与其它方面的政策之间有相当大的相互作用。一些非气候的国家政策可能对GHG排放有重要的影响(见第12章)(一致性高,证据量充分)。关于未来国际协议的新研究可能侧重于认识气候政策、非气候政策和

可持续发展之间的关联性,以及如何加速现有技术和政策工具的采用[13.3]。

表TS.21概括了上述关于订立国际气候变化协议的各种方式,以及按引言中提出的标准执行。未来的国际协议如果达到这些标准,将会得到更强有力的支持(一致性高,证据量充分)[13.3]。

表TS.21: 对国际气候变化协议的评估<sup>a</sup>[表13.3]

途径	环境成效	成本效益	满足分配方面的考虑	体制上的可行性
国家排放目标和国际排放交易（包括抵消）	取决于参与和达标的情况	随着参与方、所涉气体和行业减少，成本效益下降	取决于最初的分配情况	取决于编制排放清单和达标的的能力。各种缺陷将削弱体系的稳定性
行业协议	并非所有行业都愿意服从此类协议，这限制了环境成效。成效取决于协议是否有约束力。	虽然在单个行业也许成本效益高，但由于缺乏跨行业的交易，总体成本会增加。在每个行业内的竞争减少	取决于参与情况。如果在全球层面上获得同等待遇，本行业内部的竞争会减轻	需要许多独立的决策和技术能力。每个行业或许需要跨国的机构对协议进行管理
协调的政策和措施	每项措施可能是有效的；排放水平或许不确定；成功取决于履约达标情况	取决于政策设计	协调范围可能会限制国内的灵活性；但可能增加公平性	取决于参与国家的数量；（在较小规模的国家集团内部比在全球层面更具可行性）
技术研发合作 <sup>b</sup>	取决于资金的情况、技术何时能开发出来，以及推广技术的政策	随研发风险程度变化，合作降低了各国承担的风险	知识产权方面的利害关系可能会否定合作的效益	需要许多独立的决策。取决于研究能力和是否有长期的资金
面向发展的行动	取决于国家政策和旨在创造协同作用的设计	取决于与其它发展目标形成协同作用的程度	取决于发展政策的分配影响	取决于国家政策和国家机构的目标是否以可持续发展为重点
财政机制	取决于资金情况	取决于国家和项目类型	取决于项目和国家的选择标准	取决于国家机构
能力建设	随时间变化，取决于关键量	取决于项目设计	取决于对接受对象的选择	取决于国家和体制架构

- a) 本表仔细分析了每种途径实现其内部目标的能力—与实现全球环境目标无关。如果要实现这类目标，需要综合采用多种手段。并非每种方式都在文献中得到了同等的评估。表中单项要素的证据情况也不尽相同。
- b) 研究、开发和示范。

## 14 知识上的空白

知识上的空白是指减缓气候变化的两个方面：

- 一方面增加数据收集、模拟和分析可以缩小知识上的空白，而由此增进的知识和经验可有助于在气候变化减缓措施和政策方面的决策；在某种程度上，本报告中关于不确定性的陈述体现了这些空白。
- 研究和开发可以改进减缓技术和/或降低其成本。这一重要的方面未在本节中讨论，但在相关的章节中作了探讨。

### 排放数据集和预估

尽管有一系列宽泛的数据来源和数据集成为本报告的基础，但是仍然缺乏准确而可靠的按行业和具体过程来分类的排放数据，特别是关于非CO<sub>2</sub>的温室气体、有机碳或黑碳以及各种来源的CO<sub>2</sub>，如：毁林、生物质腐烂和泥炭火灾。在关于未来温室气体排放的基本情景中，通常缺乏对非CO<sub>2</sub>温室气体的一致性处理方法[第1和第3章]。

### 气候变化和其它政策之间的关联性

本报告的一个关键创新是对气候变化减缓评估与更广泛的发展选择之间采取综合的方法，如(可持续)发展政策对GHG排放水平的影响，反之亦然。

但是，仍然缺乏有关可持续发展与气候变化之间相互依靠性及相互作用幅度和方向的经验证据，缺乏减缓和适应与发展方面有关的关系，以及二者对公平性的影响。依然极少有文献结合考虑国家、市场和民间社会的作用，阐述减缓与可持续发展之间的关系，特别是如何发挥协同作用和减少权衡取舍。需要开展新的研究，以探索气候变化和国家及地方政策之间的关联性(包括但不限于能源安全、水、健康、空气污染、林业和农业)，这种关联性可能有助于找到政治上可行、经济上有吸引力和环境上有益的结果。同时还可有助于阐明国家和区域能够采取的发展道路，这将把气候保护和发展问题挂钩。为能够跟踪进展的可持续发展纳入宏观指标可支持这类分析[第2、12和13章]。

### 成本和潜力研究

现有的关于减缓潜力和成本的研究在方法处理上存在差别，而且并非涵盖所有的行业、温室气体或国家。因为假设前提不同，例如在基线方面以及在潜力和成本定义方面的差异，因此可比性通常受到限制。此外，关于经济转型国家和大多数发展中国家的减缓成本、潜力和手段的研究数量比发达国家和所选择的(主要)发展中国家要少。

本报告对依据行业分析中自下而上的数据估算的成本和减缓潜力与综合模式得出的自上而下的成本和潜力数据作了比较。在行业层面上的匹配仍然有限，部分原因是自下而上的研究提供的数据缺乏或不完整，以及行业定义和基线假设方面存在差别。需要开展综合研究，将自上而下和自下而上的要素结合起来。

另外一个重要的空白是关于溢出效应(国内或行业内的减缓措施对其它国家或行业的影响)的知识上的空白。研究表明溢出效应的变化范围很大(到2010年实施《京都议定书》产生的泄漏效应<sup>20</sup>在5%-20%之间)，但是缺乏经验基础。更多的经验研究将会非常有益[第11章]。

对未来减缓潜力和成本的认识不仅仅取决于预计的研发对技术效果特点的影响，还取决于研发对‘技术学习’、技术推广和转让的影响，在减缓研究中通常未考虑这些影响。有关技术变化对减缓成本影响的研究大都缺乏强有力的经验基础，并且研究结果常常相互矛盾。

减缓潜力的实现也许与其它活动产生竞争。例如，生物质的潜力大，但也许它与粮食生产、林业或自然保护之间需要做出权衡取舍。目前生物质潜力随时间能够发挥多大程度尚无清晰的认识。

总之，需要继续更好地认识采用气候减缓技术的速度与国家和区域气候和非气候政策、市场机制(投资、改变消费者的偏好)人类行为、技术发展、各生产系统的变化、贸易、金融和体制上的安排等之间的关系。

20. 碳泄漏是溢出效应的一个方面，它是指在采取了国内措施的国家之外增长的CO<sub>2</sub>排放量除以这些国家的减排量。

