

气候变化2014

减缓气候变化

决策者摘要

WG III

政府间气候变化专门委员会
第五次评估报告
第三工作组的报告



气候变化2014

减缓气候变化

政府间气候变化专门委员会《第五次评估报告》

第三工作组的报告

决策者摘要

编者

Ottmar Edenhofer

第三工作组联合主席，
波茨坦气候影响研究中心

Ramón Pichs-Madruga

第三工作组联合主席，
世界经济研究中心

Youba Sokona

第三工作组联合主席，
南方中心

Jan C. Minx

TSU组长

Ellie Farahani

业务组组长

Susanne Kadner

科学组组长

Kristin Seyboth

科学组副组长

Anna Adler

团队助理

Ina Baum

项目官员

Steffen Brunner

高级经济学家

Patrick Eickemeier

科学编辑

Benjamin Kriemann

IT官员

Jussi Savolainen

网站管理员

Steffen Schlömer

科学家

Christoph von Stechow

科学家

Timm Zwickel

高级科学家

第三工作组技术支持小组

封面图片：中国上海鸟瞰© Ocean / Corbis.

2015年2月经IPCC（瑞士）修改。本决策者摘要的电子版可从以下IPCC网站获取：www.ipcc.ch，或从IPCC AR5第三工作组网站获取：www.mitigation2014.org。

© 2015政府间气候变化专门委员会。

原本包含在本报告电子版中的图SPM.4存在一处错误。2015年1月完成了《IPCC处理IPCC评估报告、综合报告、特别报告或方法报告中错误的协议》，本次出版依据该协议修改了此处错误。

决策者摘要

决策者摘要

起草作者:

Ottmar Edenhofer (德国), Ramón Pichs - Madruga (古巴), Youba Sokona (马里), Shardul Agrawala (法国), Igor Alexeyevich Bashmakov (俄罗斯), Gabriel Blanco (阿根廷), John Broome (英国), Thomas Bruckner (德国), Stefan Brunner (德国), Mercedes Bustamante (巴西), Leon Clarke (美国), Felix Creutzig (德国), Shobhakar Dhakal (尼泊尔/泰国), Navroz K. Dubash (印度), Patrick Eickemeier (德国), Ellie Farahani (加拿大/伊朗), Manfred Fischedick (德国), Marc Fleurbaey (法国), Reyer Gerlagh (荷兰), Luis Gómez - Echeverri (哥伦比亚/奥地利), Shreekanth Gupta (印度), Sujata Gupta (印度/菲律宾), Jochen Harnisch (德国), 姜克隽 (中国), Susanne Kadner (德国), Sivan Kartha (美国), Stephan Klasen (德国), Charles Kolstad (美国), Volker Krey (奥地利/德国), Howard Kunreuther (美国), Oswaldo Lucon (巴西), Omar Masera (墨西哥), Jan Minx (德国), Yacob Mulugetta (埃塞俄比亚/英国), Anthony Patt (美国), Nijavalli H. Ravindranath (印度), Keywan Riahi (奥地利), Joyashree Roy (印度), Roberto Schaeffer (巴西), Steffen Schlömer (德国), Karen Seto (美国), Kristin Seyboth (美国), Ralph Sims (新西兰), Jim Skea (英国), Pete Smith (英国), Eswaran Somanathan (印度), Robert Stavins (美国), Christoph von Stechow (德国), Thomas Sterner (瑞典), Taishi Sugiyama (日本), Sangwon Suh (韩国/美国), Kevin Chika Urama (尼日利亚/英国/肯尼亚), Diana Ürge - Vorsatz (匈牙利), David G. Victor (美国), 周大地 (中国), 邹冀 (中国), Timm Zwickel (德国)

撰稿作者:

Giovanni Baiocchi (英国/意大利), Helena Chum (巴西/美国), Jan Fuglestedt (挪威), Helmut Haberl (奥地利), Edgar Hertwich (奥地利/挪威), Elmar Kriegler (德国), Joeri Rogelj (瑞士/比利时), H. - Holger Rogner (奥地利/德国), Michiel Schaeffer (荷兰), Steve Smith (美国), Detlef van Vuuren (荷兰), Ryan Wiser (美国)

本决策者摘要应当按如下方式引用:

IPCC, 2014: 决策者摘要, 出自: 气候变化2014, 减缓气候变化。《政府间气候变化专门委员会《第五次评估报告》第三工作组的报告》[Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel 和 J.C. Minx (编者)]. 剑桥大学出版社, 英国剑桥和美国纽约。

目录

SPM.1	引言.....	4
SPM.2	减缓气候变化的途径.....	4
SPM.3	温室气体存量和流量趋势及其驱动因子.....	6
SPM.4	可持续发展背景下的减缓路径与措施.....	10
SPM.4.1	长期减缓路径.....	10
SPM.4.2	行业和跨行业的减缓路径与措施.....	17
SPM.4.2.1	跨行业的减缓路径与措施.....	17
SPM.4.2.2	能源供给.....	20
SPM.4.2.3	能源终端使用部门.....	21
SPM.4.2.4	农业、林业和其他土地利用 (AFOLU).....	24
SPM.4.2.5	人类住区、基础设施与空间规划.....	25
SPM.5	减缓政策与体制.....	26
SPM.5.1	行业和国家政策.....	26
SPM.5.2	国际合作.....	30

SPM.1 引言

政府间气候变化专门委员会《第五次评估报告》(AR5)第三工作组的报告评估了有关减缓气候变化的科学、技术、环境、经济和社会方面的文献。本报告以政府间气候变化专门委员会《第四次评估报告》(AR4)第三工作组的报告、《可再生能源与减缓气候变化特别报告》(SRREN)和以前发表的报告为基础，并吸收了后续研究中的新发现。本报告还评估了不同治理层面和不同经济行业的减缓选择，以及不同减缓政策的社会影响，但对任何减缓选择不作特别推荐。

本《决策者摘要》(SPM)沿用了第三工作组报告的结构。内容叙述得到了加色突出的一系列结论的支持，两者结合在一起提供了一份简明摘要。本《决策者摘要》中实质性段落的依据见基础报告的相关章节和《技术摘要》(TS)。这些参考文献的索引在方括号中给出。

如同所有三个工作组的报告，本评估报告中各项发现的确定性程度是基于各作者团队对基础科学认知水平的评价并按置信度的定性水平表述(从很低到很高)，并尽可能使用量化的可能性概率(从极不可能到几乎确定)。某一发现有效性的置信度是基于证据的类型、数量、质量和一致性(如数据、对机理的认识、理论、模型、专家判断等)和吻合程度。¹量化衡量某一发现不确定性的概率估值是基于对观测或模拟结果或对两者的统计分析和专家判断。²只要适当，还对各项发现作了事实陈述，而不使用不确定性修饰词。在本摘要各段落中，凡是对某一用黑体字印刷的新发现所给出的信度、证据和一致性术语均适用于该段落中的后续陈述，除非另有其他术语。

SPM.2 减缓气候变化的途径

减缓是一种减少温室气体排放源或增加汇的人为干预手段。减缓以及适应气候变化可共同为实现联合国气候变化框架公约(UNFCCC)第2条所确定的目标做出贡献，即：

“本公约以及缔约方会议可能通过的任何相关法律文书的最终目标是：根据本公约的各项有关规定，将大气中温室气体的浓度稳定在防止气候系统受到危险的人为干扰的水平上。这一水平应当在足以使生态系统能够自然地适应气候变化、确保粮食生产免受威胁并使经济发展能够可持续地进行的时间范围内实现。”

科学发现和其它学科的系统性方法可作为各项气候政策的信息依据。[1.2, 2.4, 2.5, 文框3.1]

¹ 使用下列概括性术语描述现有的证据：证据量有限、中等，或证据确凿；至于吻合程度，则使用以下术语：一致性低、中等或高。用五个修饰词表述置信度水平：很低、低、中等、高和很高，并采用斜体字，如：中等信度。对于某一给定的证据和一致性的陈述，可赋予不同的置信度水平，但是证据的增多、吻合程度的提高则与置信度增加相关。欲了解更多详细内容，请参阅为IPCC《第五次评估报告》主要作者制定的关于采用一致性方式处理不确定性的指导说明。

² 已使用下列术语表示经评估的某一成果或结果的可能性：几乎确定的概率为99–100%、很可能的概率为90–100%、可能的概率为66–100%、或许可能的概率为33–66%、不可能的概率为0–33%、很不可能的概率为0–10%、极不可能的概率为0–1%。还可酌情使用其它术语(多半可能的概率为>50–100%，以及极不可能的概率为0–<5%)。经评估的可能性均采用斜体字印刷，如：*很可能*。

可持续发展和公平性为评估气候政策奠定了基础，并突显了应对气候变化风险的必要性³。为了实现可持续发展和公平性(包括消除贫困)，有必要限制气候变化的各种影响。与此同时，某些减缓努力可能会削弱为促进可持续发展权利以及为实现消除贫困和公平性所采取的行动。因此，对各项气候政策的全面评估应超出只针对减缓和适应政策的范围，以便更广泛地审查各条发展路径及其各项决定因素。[4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.8]

如果各行为主体根据各自的利益单独行事，那么将无法实现有效的减缓。在全球层面，气候变化具有一种集体行动才能解决问题的特征，因为大部分温室气体(GHG)在全球范围内随时间不断累积并混合，而任何行为主体(如个体、社区、公司、国家)的排放可影响其他行为主体⁴。因此，为了有效地减缓GHG排放并解决其他气候变化问题，需要国际合作 [1.2.4, 2.6.4, 3.1, 4.2, 13.2, 13.3]。此外，支持减缓努力的研发可产生知识外溢。国际合作可在知识和环境无害技术的开发、推广和转让方面发挥建设性作用[1.4.4, 3.11.6, 11.8, 13.9, 14.4.3]。

在减缓和适应方面出现了平等、公正和公平问题⁵。各国过去和未来对大气中各种GHG累积的贡献各不相同，而各国还面临不断变化的挑战和国情并具备不同的应对减缓和适应的能力。有证据表明，那些被视为公正的结果可产生更有效的合作。[3.10, 4.2.2, 4.6.2]

气候决策的许多领域涉及价值判断和伦理方面的考虑。这些领域所涉及的范围从需要多大减缓幅度才能防止气候系统受到危险的人为干扰的问题到为减缓或适应选择具体政策[3.1, 3.2]。可利用社会、经济和伦理分析为价值判断提供信息依据并充分考虑各种价值，其中包括人类福祉、文化价值和人类价值。[3.4, 3.10]

在其他方法中，通常采用经济评估方法为气候政策的设计提供信息依据。用于经济评估的实用工具包括成本效益分析、成本效果分析、多项标准分析和预期效用理论等 [2.5]。这些工具的局限性已有充分的文件记载 [3.5]。基于社会福祉功能的各种道德理论表明：分配权重如果考虑了不同人的不同货币价值观，则应当适用于对利与害的货币衡量 [3.6.1, 文框 TS.2]。鉴于分配加权并非经常应用于比较各种气候政策在某一时间对不同人的影响，因此标准的做法是以贴现形式比较不同时间的影响 [3.6.2]。

气候政策当与其他社会目标相互交叉时，有可能产生“共生效益”或“负面效应”。如果管理完善，这些交叉可加强开展气候行动的基础。减缓和适应可对其他社会目标的实现产生正面或负面的影响，诸如与人类健康、粮食安全、生物多样性、当地的环境质量、能源的获取、民生和公平的可持续发展有关的目标；反之亦然，面向其他社会目标的各项政策能够影响各项减缓和适应目标的实现 [4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.8]。这些影响可能是相当可观的，虽然有时难以量化，特别是在

³ 见《第五次评估报告》第二工作组报告的决策者摘要。

⁴ 在社会科学中，这被称之为‘全球公域问题’。虽然在社会科学中使用了这一表述，但这对于有关分担努力的现有法律协议或特定标准并无具体影响。

⁵ 于这些概念的说明，见FAQ 3.2。有关公正的哲学等文献能够阐明这些问题 [3.2, 3.3, 4.6.2]。

福利方面 [3.6.3]。这种多目标视角之所以重要，部分原因是它有助于确定那些将大力支持推进多目标政策的领域 [1.2.1, 4.2, 4.8, 6.6.1]。

考虑多种风险和不确定性可为气候政策的制定提供信息依据，但其中一些风险和不确定性是难以测量的，尤其是那些低概率但如果发生却有可能造成重大影响的事件。自AR4以来，科学文献已审查了与气候变化、适应战略和减缓战略有关的各种风险。要准确地估计减缓带来的各种效益，则需充分考虑气候变化可能造成的所有影响，其中包括那些具有重大后果但发生概率低的影响。否则可能会低估减缓带来的各种效益(高信度)[2.5, 2.6, 文框3.9]。各种减缓行动的选择还受到许多社会经济变量中各种不确定性的影响，其中包括经济增长速度和技术演变(高信度)[2.6, 6.3]。

个体和机构如何看待以及如何考虑风险和不确定性会对气候政策的设计产生影响。人们通常使用各种简化的决策规则，诸如对现状的偏好。不同个体和组织的风险规避程度和对各项具体行动的近期乃至长期结果的相对重视程度存在差异[2.4]。借助于正式方法，通过充分考虑自然系统、社会经济体系和技术系统中存在的各种风险和不确定性以及各种决策过程、感知水平、价值观和财富观，则可改进政策设计 [2.5]。

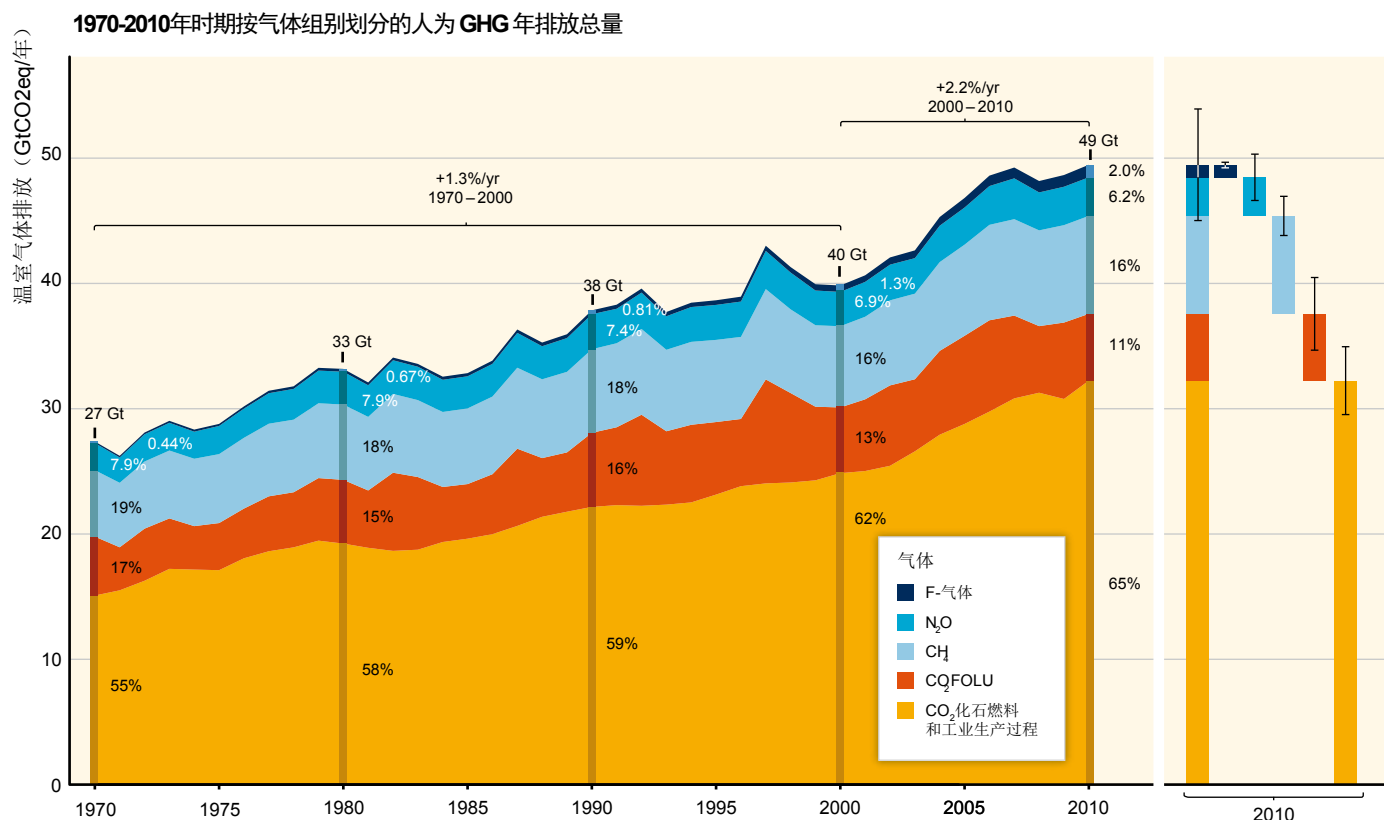
SPM.3 温室气体存量和流量趋势及其驱动因子

在1970至2010年时期，人类活动引起的温室气体排放总量已持续增加，而较大的绝对十年期增量的出现时间靠近这一时期的末端(高信度)。虽然减缓气候变化政策的数量不断增加，但与1970至2000年时期每年增加0.4 GtCO₂当量(1.3%)排放量相比，2000至2010年时期GHG年排放量每年平均增加了10亿吨二氧化碳当量(GtCO₂当量)(2.2%)(图SPM.1)^{6, 7}。在2000至2010年期间人为GHG排放总量为人类历史中的最高值并于2010年到达了49(±4.5) GtCO₂当量/年。2007/2008年的全球经济危机只暂时减少了排放。[1.3, 5.2, 13.3, 15.2.2, 文框TS.5, 图15.1]

源自化石燃料燃烧和工业流程的CO₂排放对1970至2010年时期温室气体排放总增加量的贡献率大约为78%，而对于2000至2010年时期也有类似的贡献率(高信度)。2010年，与化石燃料有关的CO₂排放量达到了32(±2.7) GtCO₂/年，在2010年和2011年间进一步增加了大约3%，并在2011年和2012年间增加了大约1% - 2%。2010年人为GHG排放总量为49(±4.5) GtCO₂当量/年，其中CO₂依然是主要的人为GHG，占2010年人为排放总量的76%(38±3.8 GtCO₂当量/年)。16%(7.8±1.6 GtCO₂当量/年)来自甲烷(CH₄)，6.2%(3.1±1.9 GtCO₂当量/年)来自一氧化二氮(N₂O)，2.0%(1.0±0.2 GtCO₂

⁶ 在通篇SPM中，从IPCC《第二次评估报告》起均按100年时间尺度的全球增温潜势(GWP100)对各种GHG排放进行加权。在评估不同排放的各种后果过程中，所有度量均有局限性和不确定性。[3.9.6, 文框TS.5, 附件II.9, WGIAR5 SPM]

⁷ 在本SPM中，使用90%的不确定性区间报告历史GHG排放数据中的不确定性，除非另有说明。在整个文件中，GHG排放水平采用四舍五入的方式保留两位有效数字；所以四舍五入可能会导致总量出现较小的差别。



图SPM.1 | 1970-2010年时期按气体组别划分的人为GHG年排放总量(GtCO₂当量/年)：源于化石燃料的燃烧和工业流程的CO₂；源于林业和其他土地利用(FOLU)的CO₂；甲烷(CH₄)；一氧化二氮(N₂O)；《京都议定书》涵盖的含氟气体8(F-气体)。在2010年GHG排放图的右侧再次标出了具有相关不确定性(90%信度区间)的上述气体分量的细分结果，分别用误差条形图表示。正如第5章所述，人为GHG排放总量的不确定性是根据各单一气体估值计算的 [5.2.3.6]。已知源于化石燃料燃烧排放的全球CO₂的不确定性是在 8%以内(90%信度区间)。源于FOLU的CO₂排放量具有很大的不确定性(±50%左右)。根据估算，全球CH₄、N₂O和F-气体排放量的不确定性分别为20%、60%和20%。2010年是本报告数据截至时基本完成对所有气体排放的统计以及对各种不确定性的评估最近的一年。从IPCC《第二次评估报告》起，均按GWP100将各排放量换算成CO₂当量。正如本报告第11章所述，FOLU的排放数据代表源于森林火灾、泥炭火灾、泥炭腐烂的陆地CO₂排放量，相当于来自FOLU的CO₂净通量。在括号中给出了不同时期的平均年增长率。[图 1.3，图 TS.1]

当量/年)来自各种含氟气体(图 SPM.1)。自1970年以来，每年大约25%的人为GHG排放是非CO₂气体⁸。

在1750年至2010年期间人为CO₂累计排放量中大约有一半发生在过去40年(高信度)。1970年，自1750年以来源于化石燃料的燃烧、水泥生产和空烧的CO₂累积排放量为420±35 GtCO₂；2010年，上述累积排放总量已增加三倍，增至1300±110 GtCO₂。自1750年以来源于林业和其他土地利用(FOLU)⁹的CO₂累积排放量从1970年的490±180 GtCO₂增至2010年的680±300 GtCO₂。[5.2]

⁸ 在本报告中，关于非CO₂温室气体(包括氟化气体)的资料取自EDGAR资料库(附录II.9)，这些资料库中包括《京都议定书》第一承诺期中纳入的物质。

⁹ 林业和其他土地利用(FOLU)——另称为LULUCF(土地利用、土地利用变化与林业)——是一套涉及农业、林业和其他土地利用(AFOLU)的各种GHG排放和清除的子数据集，而这些GHG与人类直接引起的土地利用、土地利用变化和林业活动有关，但不包括农业的排放和清除(见WGIII AR5术语表)。

在2000年至2010年期间，人为GHG年排放量已增加了10GtCO₂当量，而这一增加量直接来自于能源供应(47%)、工业(30%)、交通运输(11%)和建筑(3%)等行业(中等信度)。考虑进间接排放可使建筑行业 and 工业的贡献率有所提升(高信度)。自2000年以来，AFOLU除外，所有行业的GHG排放量已经并仍在增加。2010年的GHG排放量为49(±4.5) GtCO₂当量，其中能源供给行业排放了35%(17 GtCO₂当量)，AFOLU排放了24%(12 GtCO₂当量，净排放量)，工业排放了21%(10 GtCO₂当量)，交通运输行业排放了14%(7.0 GtCO₂当量)，而建筑业排放了6.4%(3.2 GtCO₂当量)。当将来自发电和产热的排放量划归于使用最终能源(即间接排放)的行业时，工业和建筑业在GHG排放总量中所占的份额分别增至31%和19%(图 SPM.2)。[7.3, 8.2, 9.2, 10.3, 11.2]

在全球范围内，经济和人口的增长继续成为因化石燃料燃烧导致CO₂排放增加的最重要的两个驱动因子。在2000年至2010年期间，人口增长的贡献率仍然保持在与前30年大致相同的水平，而经济增长的贡献率已急剧上升(高信度)。在2000年至2010年期间，这两个驱动因子均超过了因改进能源强度所达到的减排速度(图 SPM.3)。相对于其他能源，煤用量的增加已逆转了全世界能源供给逐渐实现去碳化的长期趋势。[1.3, 5.3, 7.2, 14.3, TS.2.2]

若不为减少GHG排放付出更多努力而停留在目前已有的努力上，那么可以预计受全球人口增长和经济活动驱动的排放将持续增加。一些基线情景(即那些不采取更多减缓措施的情景)得出的结果是：与工业时代前水平¹⁰(范围基于气候响应中值；将气候不确定性纳入后的温度区间为2.5°C至7.8°C，见表SPM.1)¹¹相比，2100年的全球平均地表温度将从3.7°C升至4.8°C(高信度)。为本次评估收集的各种排放情景可代表所有辐射强迫，其中包括GHG、对流层臭氧、气溶胶和反射度变化。一些基线情景(那些对限制排放没有明显付出更多努力的情景)表明：到2030年排放浓度将超过百万分之450(ppm) CO₂当量，并且到2100年将达到750 ppm至1300 ppm CO₂当量以上的CO₂当量浓度水平。这类似于在RCP 6.0和RCP 8.5浓度路径之间的2100年大气浓度水平区间¹²。为比较起见，根据估算，2011年的CO₂当量浓度为430 ppm(不确定性区间为340–520 ppm)¹³。[6.3, 文框 TS.6; WGI AR5 图 SPM.5, WGI 8.5, WGI 12.3]

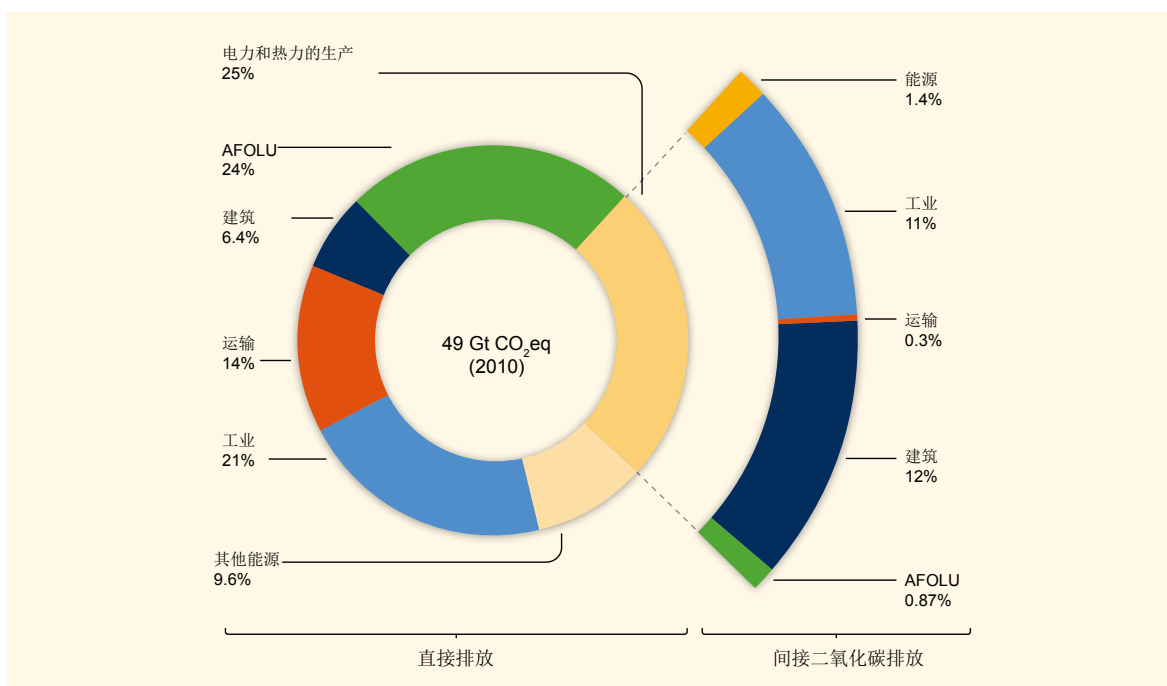
¹⁰ 根据现有的最长全球地表温度数据集，已观测到的在1850 - 1900时期平均值与AR5的基准期(1986–2005)的平均值之间的变化为0.61°C(5%–95%信度区间：0.55°C至0.67°C)[WGI AR5 SPM.E]，在本报告中该变化值用作自工业化时代之前时期(称为1750年之前时期)以来全球平均地表温度变化的近似值。

¹¹ 正如表SPM.1所述，气候的不确定性体现在气候模式计算结果的第5至第95百分位。

¹² 为了这次评估，从世界各地的综合模拟团队公开征集到大约300个基线情景和900个减缓情景。这些情景是对‘代表性浓度路径’(RCP，见WGIII AR5的术语表)的补充。各RCP情景是根据其2100年总辐射强迫相对于1750年的近似值而确定的：对于RCP2.6情景，该值为每平方米2.6瓦(W/m²)，对于RCP4.5情景，该值为4.5 W/m²，对于RCP6情景，该值为0.6 W/m²，对于RCP8.5情景，该值为8.5 W/m²。与上述四个RCP相比，为本次评估征集的情景涵盖了范围略微更宽的2100年浓度区间。

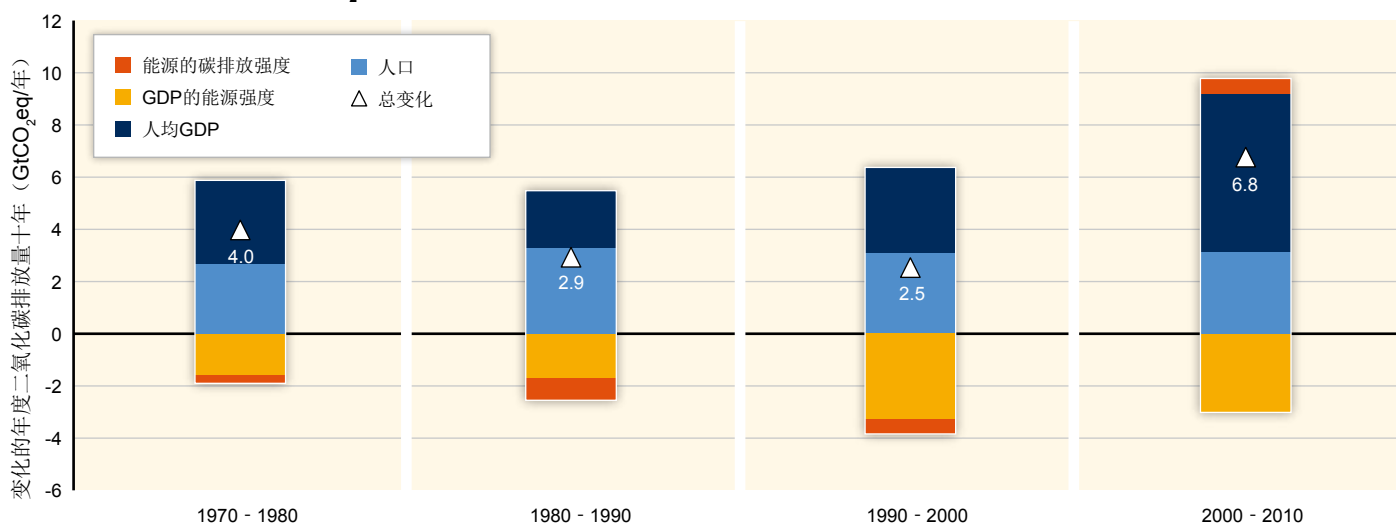
¹³ 该值是基于第一工作组对2011年总人为辐射强迫的评估(相对于1750年)，即2.3 W/m²，不确定性区间为1.1至3.3 W/m²。[WGI AR5 图SPM.5, WGI 8.5, WGI 12.3]

按经济行业划分的人为GHG排放总量



图SPM.2 | 按经济行业划分的人为GHG排放总量(GtCO₂当量/年)。内环表示2010年五个经济行业的直接GHG排放份额(占人为GHG排放总量的百分比)。右侧放大的扇面表示如何将发电和产热的间接CO₂排放份额(占人为GHG排放总量的百分比)划归于最终使用能源的行业。“其他能源”指附件II中定义的除发电和产热以外的能源行业内所有的GHG排放源 [A.II.9.1]。正如本报告第11章所述,农业、林业和其他土地利用(AFOLU)的排放数据包括源于森林火灾、泥炭火灾、泥炭腐烂的陆地CO₂排放量,相当于来自林业和其他土地利用(FOLU)子行业的CO₂净通量。从IPCC《第二次评估报告》起,均按GWP100将各排放量换算成CO₂-当量。关于行业定义见附件II.9。[图 1.3a, 图 TS.3 a/b]

全球化石燃料燃烧排放CO₂总量十年期变化分解图



图SPM.3 | 按四个驱动因子(人口、人均收入(GDP)、GDP的能源强度和能源的碳强度)划分的全球化石燃料燃烧年排放CO₂总量十年期变化分解图。四个条形分别表示在其他各因子保持不变的条件下与每个因子相关的变化。用小三角表示排放变化总量。以每年10亿吨(GtCO₂/年)为单位衡量每年CO₂排放量的变化;采用购买力平价指标将收入换算成常用单位。[图 1.7]

SPM.4 可持续发展背景下的减缓路径与措施

SPM.4.1 长期减缓路径

有多个情景可提供一系列技术和行为选择，每种选择的特征和对可持续发展的影响各不相同，但与不同的减缓水平相一致。

为了本次评估，建立了一个基于已公布综合模型的数据库，所征集到的大约900个减缓情景均放入其中¹⁴。这一减缓情景的区间涵盖了2100年从430 ppm CO₂当量到720 ppm以上CO₂当量的大气浓度水平，而这一区间又与RCP 2.6和RCP 6.0之间2100年的强迫水平具有可比性。还对超出这一区间的情景作了评估，其中包括2100年浓度低于430 ppm CO₂当量的一些情景(对这些情景的讨论情况可见下文)。这些减缓情景涉及广泛的技术、社会经济和体制轨迹，但存在各种不确定性和模型的局限性，而且有可能出现超出这一区间的发展情况(图 SPM.4，上图)。^[6.1, 6.2, 6.3, TS.3.1, 文框 TS.6]

如按2100年大约450 ppm CO₂当量大气浓度描述各类减缓情景，则在这些情景中相对于工业时代前水平因人为GHG排放引起的温度变化可能保持在低于2°C(高信度)。到2100年达到约500ppm CO₂当量浓度水平的减缓情景多半可能将温度变化限制在不超过工业时代前水平的2°C，除非这些情景在2100年前暂时“排放超过”约530ppm CO₂当量浓度水平，在这种情况下它们或许可能达到上述目标¹⁵。到2100年达到530-650ppm CO₂当量浓度的情景多半不可能将温度变化控制在不超过工业时代前的2°C。到2100年达到650ppm CO₂当量浓度的情景不可能将温度变化限制在不超过工业时代前水平的2°C。升温多半可能不超过工业时代前水平1.5°C的情景的特征是到2100年CO₂当量浓度低于430 ppm。这些情景中的温度在本世纪达到峰值，继而下降。关于其他温度变化水平的概率陈述可参见表SPM.1。^[6.3, 文框 TS.6]

凡到2100年达到大约450 ppm CO₂当量大气浓度(与相对于工业时代前水平将温度变化保持在2°C以下的可能几率相一致)的情景均包括到本世纪中叶通过大规模改变能源系统和潜在的土地利用大幅度削减人为GHG排放。(高信度)。到2100年达到这些浓度的情景有如下特征：2050年全球GHG排放低于2010年，全球范围内低40%-70%¹⁶，2100年排放水平接近0GtCO₂当量或更低。在到2100年达

¹⁴ 第三工作组评估的长期情景主要是由大尺度综合模型生成的，这些模型可对本世纪中叶乃至更长时期的各减缓路径的许多重要特征作出预估。这些模型可将许多重要的人类系统(如能源、农业和土地利用、经济等)与各种与气候变化相关的物理过程(如碳循环等)联系起来。这些模型可大致估算出具有成本效益的解决途径，而这些途径可把取得减缓成果所需的各项累计经济成本降至最低，除非其是专门限于其他用途的模型。这类模型可以简化、程式化的方式表示高度复杂的和真实世界的各种过程，而由这些模型产生的各种情景是基于对通常为世纪时间尺度的重要事件和驱动因子而作的不确定预估。各种假设中的简化处理和差异恰好说明了为什么不同模型或不同版本的同一个模型生成的结果可能各不相同的原因所在，而所有模型的预估结果可能与所展现出来的现实有相当大的差异。^[文框TS.7, 6.2]

¹⁵ 减缓情景，包括那些到2100年达到或高于约550 ppm CO₂当量浓度的情景，可以暂时“超过”大气CO₂当量浓度水平，之后降至更低水平。这种浓度超排允许短期内的减排力度相对较弱，但是在长期需要更快更大幅度的减排量。超排加大了超过任何给定温度目标的概率。^[6.3, 表SPM.1]

¹⁶ 该范围与AR4中一个类似的浓度类别的范围(比2000年低50%-85%，仅对CO₂而言)有所不同。这种不同的一个原因在于本报告评估的情景远远多于AR4评估的情景，同时考虑了所有GHG。另外，很大部分的新情景包括二氧化碳清除(CDR)技术(见下文)。其他因素包括使用2100年的浓度水平而非稳定水平，并将参照年从2000年改为2010年。2050年排放水平更高的情景的特征是在本世纪中叶之后更加依赖CDR技术。

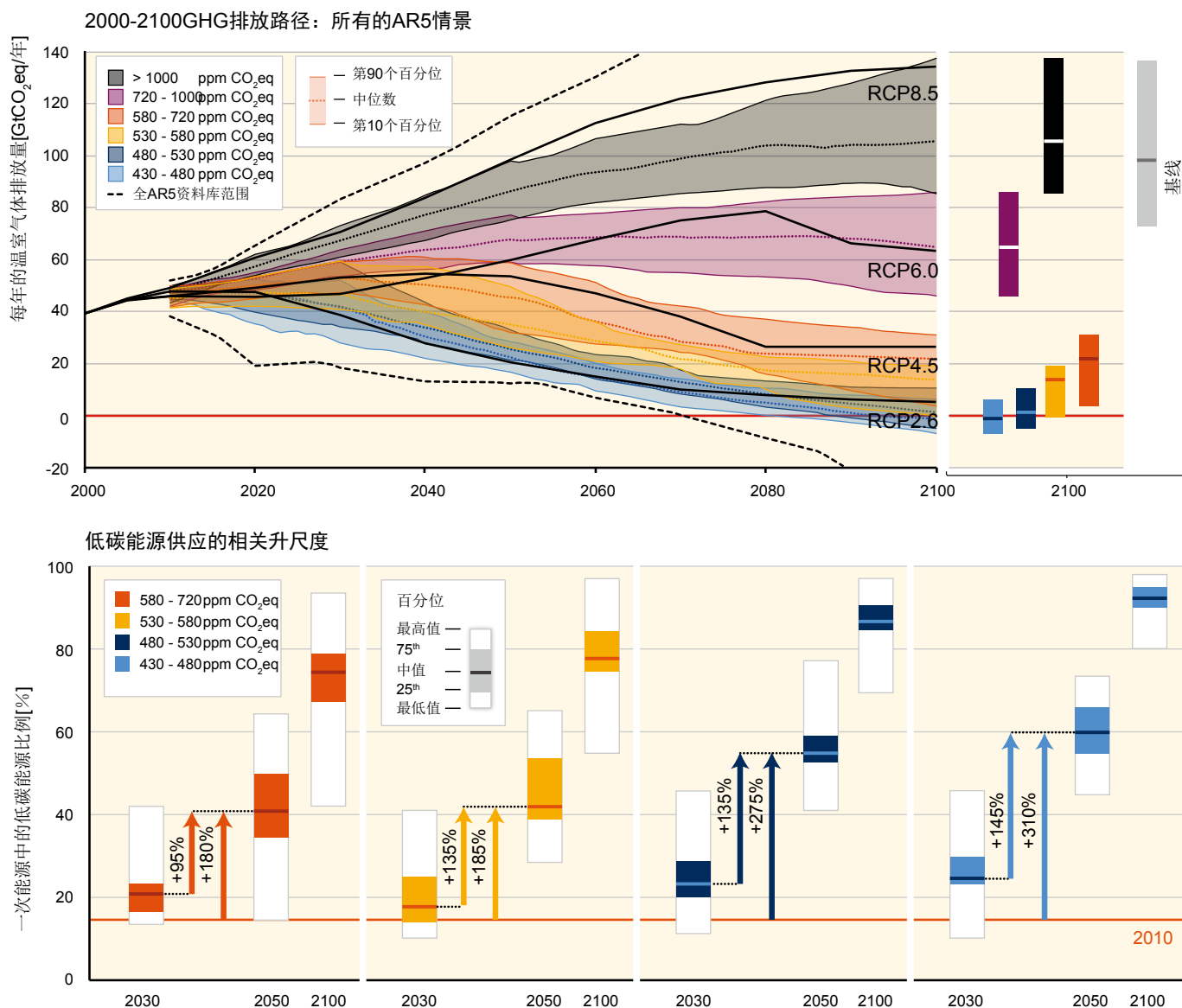


图 SPM.4 | 不同长期浓度水平下基准情景和减缓情景中的全球GHG排放(GtCO₂eq/年)路径(上图)[图6.7]，以及在减缓情景中，到2030、2050和2100年(相对于2010年水平)相应的低碳能源规模扩大需求(占一次能源的百分比)(下图)[图7.16]。上下两图均不包括考虑了技术具备程度有限的情景，下图还排除了假设有限技术可用性和外源性碳价轨迹的情景。关于二氧化碳当量排放和二氧化碳当量浓度的定义请见WGIIIAR5词汇表。

到500 ppm CO₂当量的情景中，2050年的全球排放水平比2010年低25%至50%。在到2100年达到约550 ppm CO₂当量的情景中，2050年全球排放水平范围要比2010年高5%，但比2010年低45%（表SPM.1）。达到约450 ppm CO₂当量的情景中从全球层面上看有如下特征：能效的提高更快，到2050年可再生能源、核能，以及使用二氧化碳捕集和存储(CCS)的化石能源或使用CCS的生物能源(BECCS)所供给的零碳或低碳能源占比翻两番或接近三番(图SPM.4中的下图)。这些情景描述了土地利用方面的一系列广泛的变化，反映了关于生物能源生产规模、造林和减少森林砍伐方面的不同假设。所有这些排放、能源和土地利用方面的变化因区域不同而不同¹⁷。达到更高浓度水平的情景包括相似的变化，但是发生变化的时间更晚。另一方面，达到更低浓度水平的情景要求变化更快发生。[6.3, 7.11]

凡在2100年达到大约450 ppm CO₂当量的减缓情景一般会暂时超出大气浓度值，许多在2100年达到约500 ppm至约550 ppm CO₂当量的情景也是这样。超出大气浓度值的情景一般倚赖在本世纪后半叶生物能源、碳捕获和地质封存(BECCS)的具备程度和普遍推广利用以及造林，但具体结果取决于超出大气浓度值的水平。上述以及其他二氧化碳清除(CDR)技术和方法的具备程度和规模是不确定的，而CDR技术和方法在不同程度上与面临的各种挑战和风险相关(见SPM 4.2节)¹⁸(高信度)。在许多未超标情景中也普遍考虑了CDR，以便补偿那些减缓成本高昂的领域的剩余排放。对于大规模使用BECCS、大范围造林和其他CDR技术和方法的潜力还不确定。[2.6, 6.3, 6.9.1, 图6.7, 7.11, 11.13]

根据坎昆承诺估算的2020年全球GHG排放水平与低成本、高成效的长期减缓轨迹不具一致性，而相对于工业时代前水平长期减缓轨迹至少或许可能将温度变化限制在2°C以内(2100年的浓度为约450至约500 ppm CO₂当量浓度)，但是这些减缓轨迹并不排除实现这一目标的选择(高信度)。如果要实现此目标，需要2020年以后进一步大幅减排。坎昆承诺基本上与那些具有成本有效、可将温度控制在不超过工业时代前水平3°C的情景相一致。[6.4, 13.13, 图TS.11]

如果排除目前已采取的努力，将减缓努力拖延到2030年预计会大大增加转型到长期低排放水平的难度，同时缩小了为维持温度变化不超过相对于工业时代前水平2°C的备选方案范围(高信度)。对于那些至少或许可能保持在低于将温度控制在不超过工业时代前水平2°C的具有成本有效的减缓情景(2100年浓度在约450-约500 ppm CO₂当量)来说，其典型特征是2030年GHG排放大约为30 GtCO₂当量到50 GtCO₂当量(图SPM.5中的左图)。2030年GHG排放高于55 GtCO₂当量的情景特征如下：在2030-2050年减排速率大幅提高(图SPM.5中的中图)；该时段低碳能源规模扩展加速(图SPM.5中的右图)；长期而言会更加依赖CDR技术；转型影响会加大，经济影响会呈长期性(表SPM.2, 橙色段)。由于这些增加的减排挑战，许多2030年GHG年排放高于55 GtCO₂当量的模型不能产生达到

¹⁷ 在国家层面，当调整是反映了各国和地方愿景，是为了根据国情和国家重点实现可持续发展时，这种调整就被认为是最有效的 [6.4, 11.8.4, WGII AR5 SPM]。

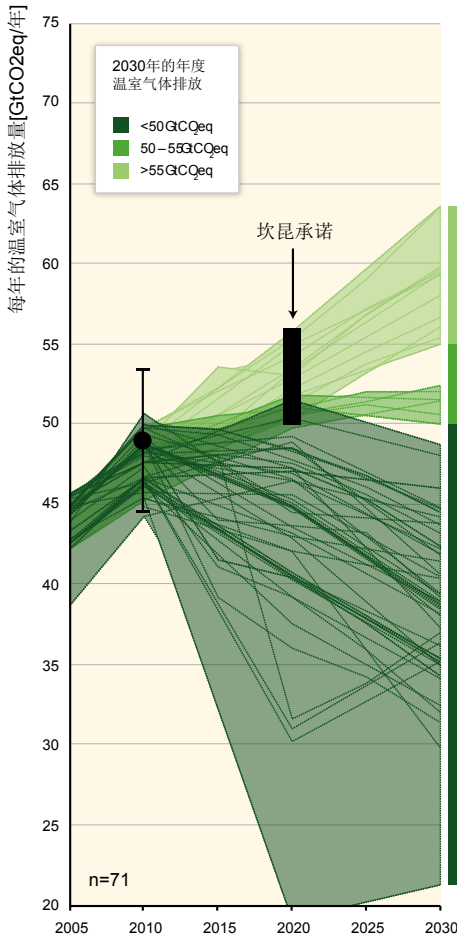
¹⁸ 第一工作组认为，CDR方法的潜力在全球尺度上存在生物地球化学和技术方面的局限性。目前缺乏足够的知识来量化多少CO₂排放在一个世纪的时间尺度内可以被部分抵消。CDR方法在全球尺度上有副作用，并可产生长期影响。[WGI AR5 SPM.E.8]

表 SP.M.1 | 第三工作组第五次评估报告中收集和评估的各类情景的关键特征。列出了所有参数在情景中的第10至第90百分位^{1, 2}。[表6.3]

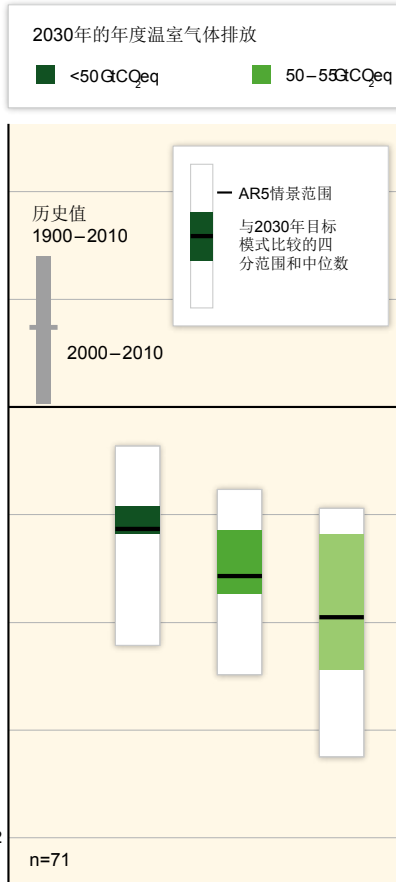
2100年CO ₂ 当量浓度 (ppm CO ₂ eq) 情景标识 (浓度范围) ⁹	子类别情景	RCP5 的相对位置 ⁵	累积CO ₂ 排放 ³ (Gt CO ₂)		相对于2010年的CO ₂ 当量排放变化 (%) ⁴		温度变化(相对于1850-1900) ^{5, 6}				
			2011-2050	2011-2100	2050	2100	2100年温度变化(°C) ⁷	21世纪保持低于温度水平的可能性 ⁸			
								1.5°C	2.0°C	3.0°C	4.0°C
< 430	仅有少数个别模式研究探索了低于430 ppm CO ₂ 当量的水平										
450 (430-480)	总范围 ^{1, 10}	RCP2.6	550-1300	630-1180	-72 to -41	-118 to -78	1.5-1.7 (1.0-2.8)	多半不可能	可能	可能	可能
500 (480-530)	未出现超过530 ppm的CO ₂ 当量		860-1180	960-1430	-57 to -42	-107 to -73	1.7-1.9 (1.2-2.9)	多半可能	多半可能		
	出现超过530 ppm的CO ₂ 当量		1130-1530	990-1550	-55 to -25	-114 to -90	1.8-2.0 (1.2-3.3)		或许可能		
550 (530-580)	未出现超过580 ppm的CO ₂ 当量		1070-1460	1240-2240	-47 to -19	-81 to -59	2.0-2.2 (1.4-3.6)		多半可能		
	出现超过580 ppm的CO ₂ 当量		1420-1750	1170-2100	-16 to 7	-183 to -86	2.1-2.3 (1.4-3.6)				
(580-650)	总范围	RCP4.5	1260-1640	1870-2440	-38 to 24	-134 to -50	2.3-2.6 (1.5-4.2)	不可能 ¹¹	不可能		
(650-720)	总范围		1310-1750	2570-3340	-11 to 17	-54 to -21	2.6-2.9 (1.8-4.5)				
(720-1000)	总范围	RCP6.0	1570-1940	3620-4990	18 to 54	-7 to 72	3.1-3.7 (2.1-5.8)			多半不可能	
> 1000	总范围	RCP8.5	1840-2310	5350-7010	52 to 95	74 to 178	4.1-4.8 (2.8-7.8)	不可能 ¹¹	不可能	多半不可能	

- 430-480 ppm CO₂当量情景中的“总范围”与表 6.3 包含的这些情景的子类别情景的第10至第90百分位是对应关系。
- 基线情景(见SP.M.3)分为 >1000 ppm CO₂当量和750-1000 ppm CO₂当量两类。后一类也包括减缓情景。后一类的基线情景在2100年温度比工业时代前水平高2.5-5.8°C。再加上>1000 ppm CO₂当量的基线情景类别，这导致两个浓度类别下的基线情景中，2100年温度范围为2.5-7.8°C(范围基于气候响应中值：3.7-4.8°C)。
- 对于此处评估的累积CO₂排放估值和WG1中的估值的对比，1870年到2011年已经排放了515[445-585] GtC (1890 [1630-2150] GtCO₂) [WGI 12.5节]。注意此处给出了不同时段(2011-2050和2011-2100)的累积排放，而WG1中的累积排放显示的是各RCP(2012-2100)的总兼容排放量，或低于给定的温升目标下、一定的可能性范围内剩余的总兼容排放量。[WGI表SP.M.3, WGI SP.M.E.8]
- 2010年全球排放量比1990年高31%(与本报告中的历史GHG排放估值一致)。CO₂当量排放包括京都议定书规定的一揽子气体排放(二氧化碳、甲烷、氧化亚氮和含氟气体)。
- WGIII中的评估涉及大量在科学文献中发表的情景，因此不局限于RCP。为了评估这些情景的CO₂当量浓度和气候影响，在概率模态中使用MAGICC模式(见附件II)。WGI第12.4.1.2、WGI 12.4.8和6.3.2.6节介绍了MAGICC模式结果和WG1中的模式结果两者的对比。与WGI SP.M.2之所以有出入是因为参照年份(此处为1986-2005对比1850-1900)不同、报告年(此处为2081-2100对比2100)的不同、模拟的构建(CMIP5的浓度驱动与此处为MAGICC的排放驱动)的对比，以及更广泛的情景(WGI是RCP，而此处为WGIII AR5情景数据库中的完整情景)。
- 在报告提到了2100年的温度变化，但与WGIII AR4中报告的平衡增温无法直接相比较[第3章，表3.5]。对于2100年温度估值，瞬时气候响应(TCR)是最相关的系统属性。MAGICC下假设的TCR的90%的不确定性范围是1.2-2.6°C(中值 1.8°C)。相比之下，CMIP5[WGI 9.7]下TCR的90%的不确定性范围是1.2-2.4°C，可能的范围估算是1-2.5°C，这是根据IPCC AR5 WGI 报告中的多条证据链得出的[第12.5节中的文框12.2]。
- 给出了2100年的温度变化，旨在进行MAGICC计算的中值估算，这一数据表明了每个类别中不同情景的排放途径的差异。圆括号中的温度变化范围也包括MAGICC模式呈现的碳循环和气候系统不确定性[详见6.3.2.6]。计算与1850-1900参照年相比的温度采用了所有相对于1986-2005年的预估增温数据，同时加上1986-2005年比1850-1900年增加的0.61°C，基础还是HadCRUT4的数据[见WGI表SP.M.2]。
- 此表中评估的依据是使用MAGICC计算得到的、用于WGIII全部情景的概率，以及WG1对那些气候模式未涉及的温度预估不确定性的评估。因此这些可能性情况的陈述与WG1中的一致，而后者是基于CMIP5运行的RCP和经评估的不确定性。因此，可能性情况反映了来自两个工作组的不同证据链。第一工作组的这种方法也应用于在无法使用CMIP5来运行的中等浓度水平的情景。可能性的陈述仅仅具有指示性[6.3]，大量采纳了WGI SP.M.中使用在温度预估情况下的术语：可能66%-100%，多半可能>50%-100%，或许可能约为33%-66%，不可能0-33%。另外也使用多半不可能0-50%。
- CO₂当量浓度代表所有温室气体的辐射强迫，包括卤化气体、对流层臭氧、以及气溶胶和反照率的变化(基于简单碳循环/气候模式MAGICC下的总强迫计算得到的)。
- 该类别中的绝大部分情景出现过排放超过480 ppm CO₂当量浓度的类别边界。
- 该类情景中，所运行的CMIP5 (WGI AR5:第12章，表12.3)以及所完成的MAGICC (6.3)均没有低于各自的温度水平。然而，给出了一个“不可能”这样的水平，旨在反映当前气候模式可能无法反映的不确定性。
- 580-650 ppm CO₂当量类别中的情景既包括浓度超排情景，也包括类别上端的浓度未超排情景(如RCP4.5)。总的来说，估算后一类情景温度多半不可能超过2°C，而前一类大都估算不可能超过该水平。

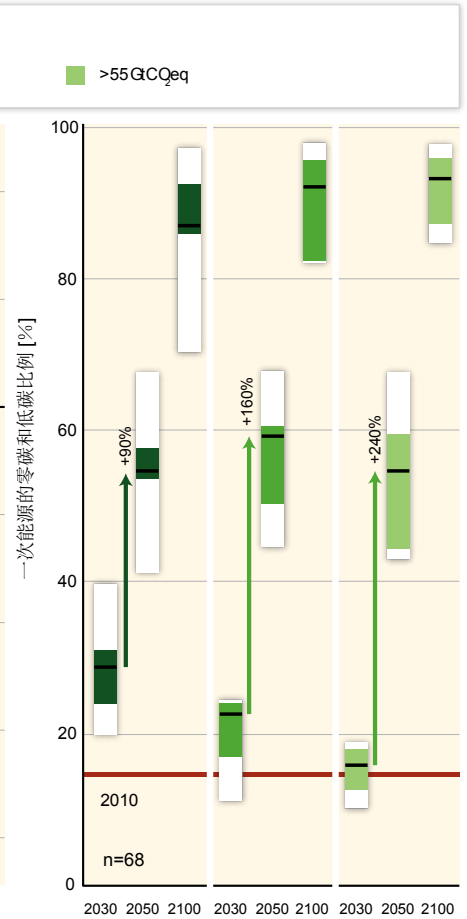
到2030年的GHG排放路径



不同的 2030 年 GHG 排放水平对 2030-2050 年年均二氧化碳减排率的影响



不同的 2030 年 GHG 排放水平对低碳能源升级的影响



图SPM.5 | 到2100年达到约450-500 (430-530) ppm CO₂当量浓度的减排情景下，不同的2030年GHG排放水平(左图)对2030-2050年所需的CO₂减排率(中图)和2030-2050年及2100年低碳能源规模扩展(右图)速度的影响。按照到2030年的不同排放水平对这些情景进行了分组(按不同深浅的绿色表示)。左图显示了导致2030年达到这样排放水平的GHG排放路径(GtCO₂当量/年)。黑色柱状条显示了坎昆承诺中GHG排放量不确定性的估算范围。中图显示了2030-2050年年均CO₂减排率。该图将各情景的中值区间和四分位区间进行了对比，有具有2030年明确中期目标、近期作过模式间对比的情景，也有WGIIIAR5情景数据库中的一系列情景。1990-2010年历史排放年变化率(持续时间为20年)以及2000-2010年平均年排放变化率用灰色表示。右图中的箭头显示在不同2030年GHG排放水平下，2030-2050年零碳和低碳能源供给规模扩大的程度。零碳和低碳能源供给包括再生能源、核能、使用二氧化碳捕集和存储(CCS)的化石能源或使用CCS的生物能源(BECCS)。注：仅显示使用基础模式(默认技术假设)的完整、未受限制的减缓技术组合情景。不包括大规模的净负全球排放(>20 GtCO₂当量/年)的情景、有外源性碳价假设的情景和2010年排放显著偏离历史范围的情景。右边的图只包括68个情景，因为在图中的71个情景中，3个没有报告计算零碳和低碳能源比例所需的初次能源的一些子类[图6.32和7.16, 13.13.1.3]

表SPM.2 | 假设特定技术具备程度有限、进一步减缓遭到推延，从而导致成本有效情景中全球减缓成本增加和估算成本增加。此表中显示的成本估算未考虑气候变化减缓的效益和减缓的共生效益和副作用。绿色栏显示了2030年、2050年和2100年(绿色)的消费量损失及100年年化消费增长减少(浅绿色)，这是在相对于具有成本效益而没有气候政策的基线发展情景下的情况。¹橙色栏显示了相对于成本有效情景，本世纪贴现成本²的百分比增长；在这类情境中，相对于默认技术假设而使技术受到限制。³蓝色栏显示了2030–2050和2050–2100时期内减缓成本的增加(相对于有即刻减缓行动的情景)，这是因为减缓工作进一步推延到2020年或2030年造成的。⁴进一步减缓推延的情景的分组依据为2030年排放水平小于或大于55 GtCO₂当量，及2100年两个浓度范围((430–530 ppm CO₂当量 和 530–650 CO₂当量)。所有图表中，情景集合的中值不在圆括号内显示，情景集合的第16和第84百分位之间的范围在圆括号内显示，集合中全部情景的数量在方括号中显示。⁵[图 TS.12, TS.13, 6.21, 6.24, 6.25, 附录II.10]

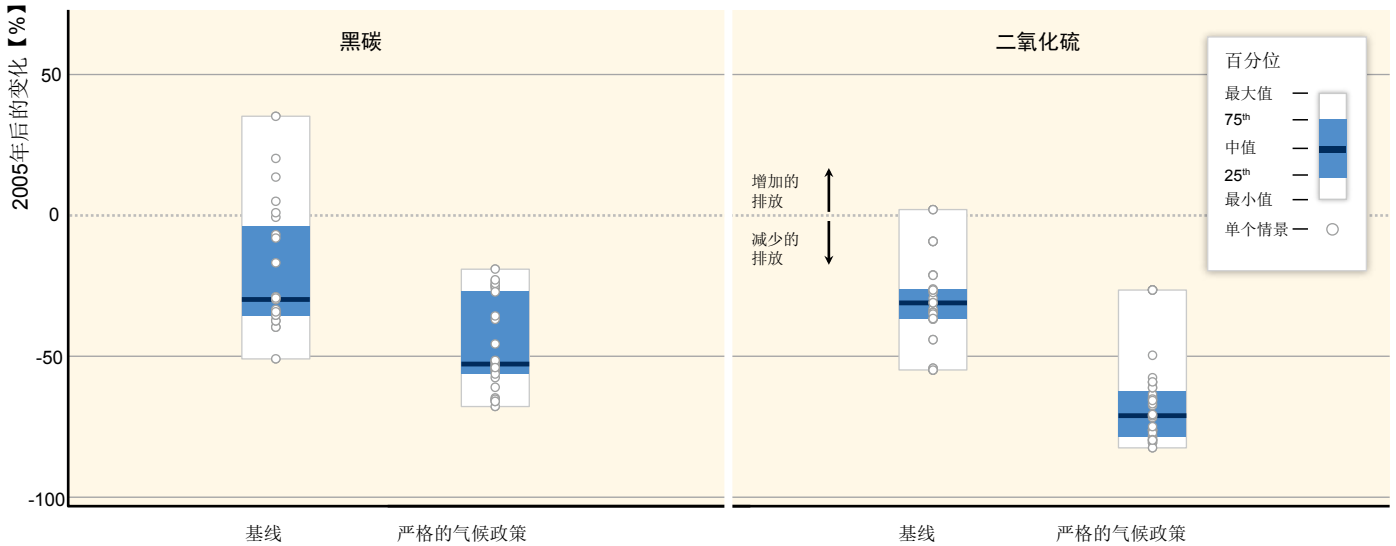
	成本有效的实施情景中的消费量损失 ¹				技术具备程度有限的情景中总贴现减缓成本的增加幅度				到2030年拖延额外减缓而造成的中长期减缓成本的增加幅度			
	[% 相对于基线情景的消费量减少]			[年消费增长率减少百分比]	[相对于即刻减缓的减缓成本增加%]				[相对于即刻减缓的减缓成本增加%]			
2100年 浓度 (ppmCO ₂ 当量)	2030	2050	2100	2010–2100	没有CCS	核能逐步淘汰	太阳能/风能有限	生物能源有限	≤55 GtCO ₂ eq		>55 GtCO ₂ eq	
									2030–2050	2050–2100	2030–2050	2050–2100
450 (430–480)	1.7 (1.0–3.7) [N: 14]	3.4 (2.1–6.2)	4.8 (2.9–11.4)	0.06 (0.04–0.14)	138 (29–297) [N: 4]	7 (4–18) [N: 8]	6 (2–29) [N: 8]	64 (44–78) [N: 8]	28 (14–50) [N: 34]	15 (5–59)	44 (2–78) [N: 29]	37 (16–82)
500 (480–530)	1.7 (0.6–2.1) [N: 32]	2.7 (1.5–4.2)	4.7 (2.4–10.6)	0.06 (0.03–0.13)	N/A	N/A	N/A	N/A				
550 (530–580)	0.6 (0.2–1.3) [N: 46]	1.7 (1.2–3.3)	3.8 (1.2–7.3)	0.04 (0.01–0.09)	39 (18–78) [N: 11]	13 (2–23) [N: 10]	8 (5–15) [N: 10]	18 (4–66) [N: 12]	3 (–5–16) [N: 14]	4 (–4–11)	15 (3–32) [N: 10]	16 (5–24)
580–650	0.3 (0–0.9) [N: 16]	1.3 (0.5–2.0)	2.3 (1.2–4.4)	0.03 (0.01–0.05)	N/A	N/A	N/A	N/A				

¹ 成本有效的情景假设，所有国家即刻采取减缓行动，全球碳价单一，并且对相对于模式的默认技术假设的技术不施加额外限制。
² 2015–2100年期间消费量损失的净现值占基线消费的百分比(来自总体平衡模型的情景)和减排成本占基线GDP的百分比(来自部分平衡模式的情景)的百分比增量，每年的贴现率为5%。
³ 没有CCS：这些情景未考虑CCS。逐步淘汰核能：除了在建核电厂外，不新建核电厂。运行现有核电厂直至其报废。太阳能/风能有限：这些情景下的任意一年中，太阳能和风能最多产生全球20%的电力。生物能源有限：全球现代生物能源供给最多为100EJ/年(2008年用于产热、发电、热电联产和工业的现代生物能源约为18EJ/年 [11.13.5])。
⁴ 2030–2050和 2050–2100时段内未贴现减缓成本总额增长百分比。
⁵ 该范围由囊括情景集合的第16至第84百分位的中央情景确定。只包括了时间范围达到2100年的情景。一些包括在2100年浓度水平高于530 ppm CO₂当量的成本范围内的模式不能产生相应的情景，在这些情景中，2100年浓度水平低于530 ppm CO₂当量，并假设技术具备程度有限或进一步减缓被推延。

一定大气浓度水平的情景，而这种水平或许可能使相对于工业时代前水平的温度变化保持在2°C以下。[6.4, 7.11, 图 TS.11, 图 TS.13]

对减缓的累计经济成本的估算结果迥然不同，而且此类估算结果对模式的设计和假设、以及对情景的规定(包括对各类技术的界定和采取减排行动的时机)高度敏感(高信度)。一些情景假设世界上所有国家会即刻减排，全球只有单一碳价，所有关键技术均可用。这些情景被视作成本有效的基准，用以估算宏观经济减缓成本(表SPM.2, 黄色段)。在这些假设下，在2100年达到450 ppm CO₂当量大气浓度水平的减缓情景会丧失全球消费量-包括气候变化减缓的效益和减缓的共生效益和副作用

减缓气候变化对空气质量的协同效益
严格的气候政策对空气污染物排放的影响（全球，2005年至2050年）



图SPM.6 | 相对于2005年(0=2005年的水平)2050年黑碳(BC)和二氧化硫(SO₂)的空气污染物排放水平。对除了这些今天已经开展但未做额外努力减少GHG排放的基线情景，与使用严格减缓政策的情景进行比较，结果是到2100年大气二氧化碳当量浓度水平达到450到500(430-530)ppm相一致的。[图 6.33]

19-2030年为1%-4%(中值: 1.7%), 2050年为2%-6%(中值: 3.4%), 以及 2100年为3%-11%(中值: 4.8%), 相比之下, 基线情景中, 任何地方的消费量在本世纪从300%增加到超过900%。这些数字相当于本世纪消费量增长率年降幅为0.04-0.14(中值: 0.06)个百分点, 与此相对, 基线中的年化消费增长率在每年1.6%-3%之间。估算这些成本范围的高限所使用的模式相对缺乏灵活性, 无法实现长期所需的大幅减排, 也无法完成这些目标和/或将会造成成本提高的市场缺陷假设纳入进去。当技术不可用或具备程度有限时, 根据所考虑的技术, 减缓成本会大幅增加(表SPM.2, 灰色段)。从中长期来说, 推延额外的减缓行动会进一步增加减缓成本(表SPM.2, 橙色段)。如果额外的减缓行动被大幅推延, 或如果生物能源、CCS和使用CCS的生物能源(BECCS)等关键技术具备程度有限, 那么许多模式到2100年就不能达到约450 ppm CO₂当量的大气浓度水平。[6.3]

仅有少数研究探讨了到2100年多半可能将温度变化幅度回落到不超过工业时代前1.5°C的情景; 这些情景到2100年时会将大气浓度水平控制在430 ppm CO₂当量以下(高信度)。目前很难评估此目标, 因为还没有采用多模式研究形式来探索这些情景。关于该目标已发表的研究数量有限, 而这些研究产生了一些具有如下特征的情景: (1) 即刻减缓行动; (2) 减缓技术完整组合并快速扩大规模; (3) 沿低能源需求轨迹发展。²⁰ [6.3, 7.11]

¹⁹ 不同温度水平上的总经济影响包括减缓成本、减缓的共生效益、减缓的副作用、适应成本和气候损害。在任意给定温度水平上对减缓成本和气候损害进行估算并不等同于对减缓成本和效益的评估。相反, 在考虑减缓的经济成本和效益时应该考虑与不减缓气候变化情况相比对气候损害的减轻程度。

²⁰ 在这些情景下, 2011-2050年期间累积CO₂排放区间为655-815 GtCO₂, 而在2011-2100年为90-350 GtCO₂。2050年全球二氧化碳当量排放量低于2010年排放量的70-95%, 2100年低于2010年排放量的110-120%。

2100年达到约450至约500 ppm二氧化碳当量的减排情景显示可降低为实现空气质量和能源安全这两个目标所需的成本，同时在人类健康、生态影响及资源的充足性和能源系统的弹性上可取得显著的共生效益；这些情景没有量化其他方面的共生效益或副作用（中等信度）。这些减缓情景显示出可以提高资源充足性，以满足国家能源需求，并可以提高能源供给的弹性，从而使能源系统不易受到价格和供给波动的干扰。对于现阶段有关空气污染控制的法律和规划较弱的地区来说，空气污染排放会显著减少（图SPM.6），其中带来的健康和生态福利将大大提高。除了空气质量和能源安全外，还有一系列广泛的共生效益和副作用。总体来说，能源终端使用措施的潜在共生效益超过了潜在的副作用，尽管有证据显示不是所有能源供给和AFOLU措施都是如此。[WGIII 4.8, 5.7, 6.3.6, 6.6, 7.9, 8.7, 9.7, 10.8, 11.7, 11.13.6, 12.8, 图TS.14, 表 6.7, 表TS.3–TS.7; WGII 11.9]

气候政策可产生广泛的潜在副作用、共生效益和溢出效应，但这些均未得到很好地量化（高信度）。是否存在副作用，存在多少副作用，这将视具体情况和具体地点而定，因为其取决于当地的情况，取决于规模、范围和实施的步伐。重要的例子包括生物多样性保护、水的供应、食品安全、收入分配、税收制度的效率、劳动力供给和就业、城市扩张和发展中国家的可持续性增长。[文框 TS.11]

在不同情景下，各国的减缓努力及其相关成本不尽相同。各国行动的部署不同，各国之间的成本分配就不同（高信度）。在具成本效益的全球性情景下，是由在基线情景下未来排放量最高的国家来开展大多数的减缓工作。一些研究探索了在全球碳市场假设下的特定努力分担框架，并估计将出现与减缓情景有关的重大全球资金流动，而根据这类情景，2100年的大气浓度为约450到约550 ppm CO₂eq。[文框3.5, 4.6, 6.3.6, 表6.4, 图6.9, 图 6.27, 图 6.28, 图 6.29, 13.4.2.4]

减缓政策可能会使化石燃料资产贬值，并且减少化石燃料出口国的收入，但不同的区域和不同的燃料情况会有不同（高信度）。大多数减缓情景与煤炭和石油贸易主要出口国的收入减少有关（高信度）。减缓对天然气出口收入的影响更加不确定，一些研究显示在中期约为2050年左右出口收入仍可能带来效益（中等信度）。有了CCS可降低减缓对化石燃料资产价值带来的不利影响（中等信度）。[6.3.6, 6.6, 14.4.2]

SPM.4.2 行业和跨行业的减缓路径与措施

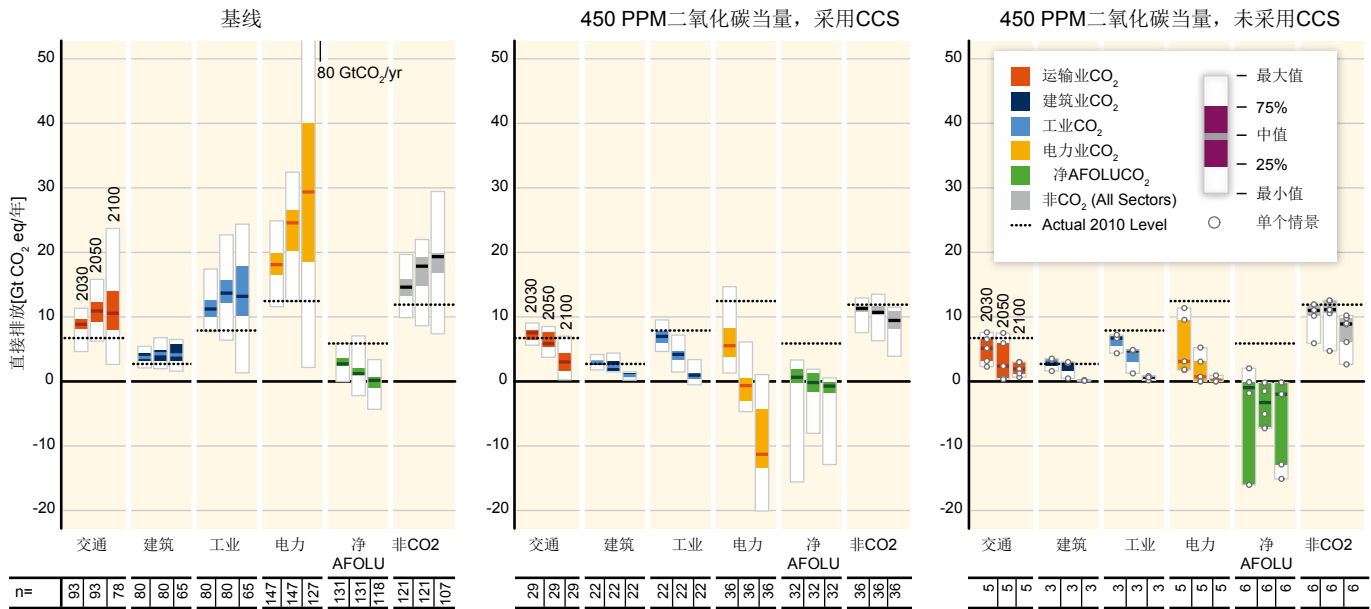
SPM.4.2.1 跨行业的减缓路径与措施

在基线情景中，除AFOLU领域²¹的二氧化碳净排放以外，预估所有领域的温室气体排放都会增加（确凿证据，中等一致性）。能源供应部门排放量预计将继续是GHG排放的主要来源，最终会成为建筑业和工业部门因用电而产生的间接排放中的显著增量。在基线情景下，尽管非二氧化碳GHG农业排放预计将增长，但是AFOLU部门的净二氧化碳排放会随着时间的推移而下降，其中一些模式预估到本世纪末将产生净汇（图 SPM.7）。²²[6.3.1.4, 6.8, 图TS.15]

²¹ 净AFOLU CO₂排放包括AFOLU部门产生的CO₂排放和清除，其中包括林业用地，有些评估中还包括农用土壤中的CO₂汇。

²² WGI AR5评估的大多数地球系统模式预估在所有RCP下一直到2100年陆地碳吸收将持续，但一些模式可模拟出陆地碳损失，原因是气候变化和土地利用变化可综合产生影响。[WGI AR5 SPM.E.7, WGI 6.4]

按行业划分的直接CO₂排放量，GHG排放基线以及采用和未采用CCS的减缓情景



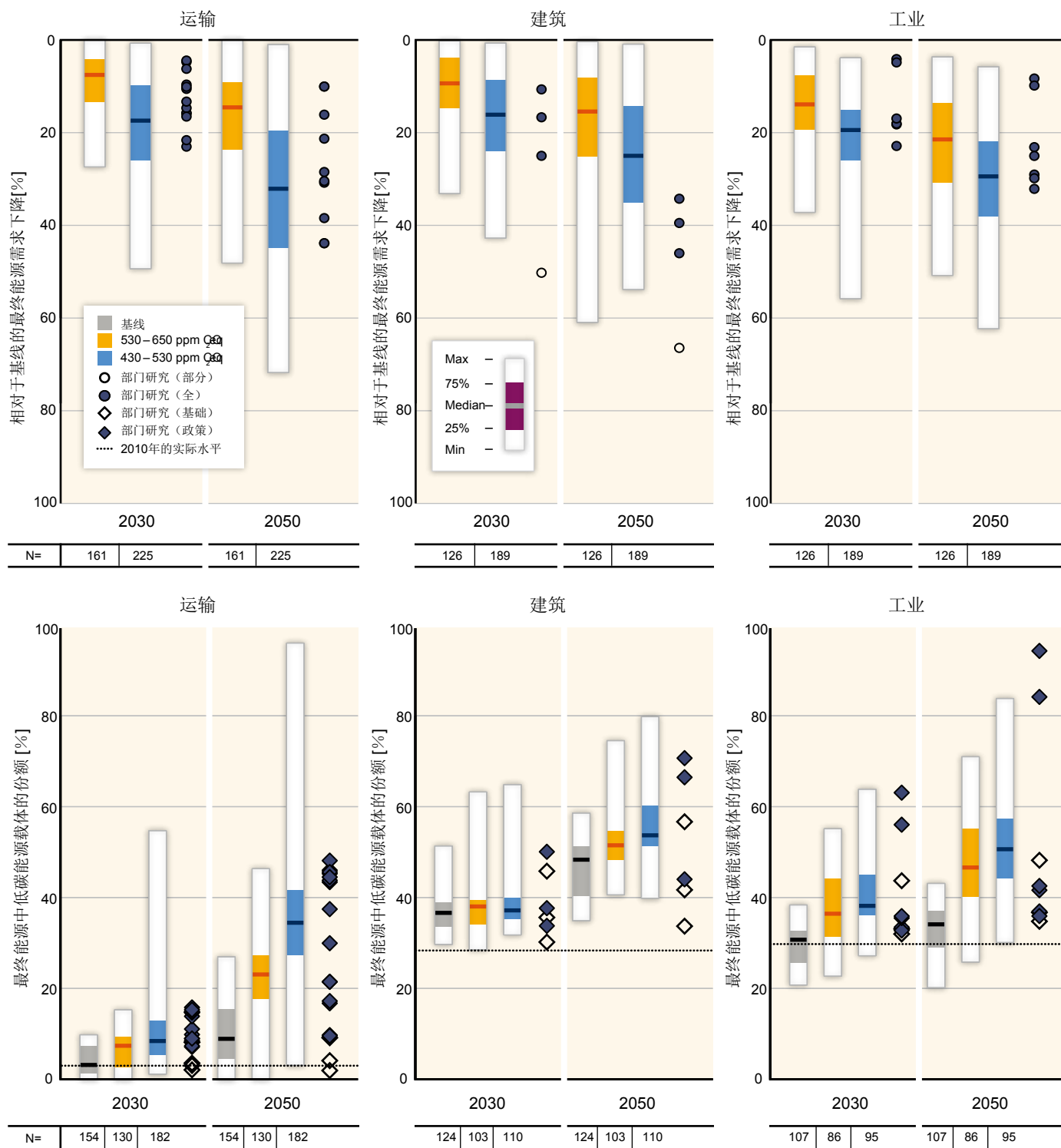
图SPM.7 | 按行业划分的直接CO₂排放量和各行业非CO₂ GHG(京都议定书控制气体)总量基线(左图)，以及达到450(430-480)ppm CO₂当量的采用CCS(中间图)和未采用CCS(右图)的减缓情景。图底部的数字指该区间包括的情景数量，由于模型的行业分辨率和时间范围各不相同，因此各行业的情景数量也存在差异。注意：在没有采用CCS的情况下，到2100年许多模式无法达到450 ppm CO₂当量浓度，导致右图的情景数量很少。[图6.34和6.35]。

那些将不同形态社会锁定在温室气体高排放路径之中的基础设施发展和长寿命产品很难进行改造，或改造的成本高昂，因此早日采取有力度的减缓行动愈发重要(确凿证据，高一一致性)。这种锁定风险因基础设施的生命周期、与替代措施相关的排放差异、投资成本的量级而变得更为严重。因此，与基础设施和空间规划有关的锁定是最难以降低的。然而，具有长生命周期和低生命周期排放的材料、产品和基础设施可以促进向低排放路径转变，同时还可以通过降低材料的使用水平而降低排放。[5.6.3, 6.3.6.4, 9.4, 10.4, 12.3, 12.4]

在减缓情景中，对能源供给、能源终端消费以及AFOLU的发展之间推出减缓措施的节奏有很强的相互依赖性(高信度)。减缓工作在各部门中的分布主要受BECCS的可用性和性能以及大规模造林的影响(图 SPM.7)。到2100年二氧化碳当量浓度达到约450ppm的各种情景的情况更是如此。精心设计的系统性和跨部门的减缓战略在排放方面比侧重于单个技术和部门的战略更具成本效益。在能源系统级，这类战略还包括降低能源供应部门的GHG排放强度、转换到低碳能源载体(包括低碳电力)、以及在不影响发展的情况下降低终端用户部门的能源需求(图SPM.8)。[6.3.5, 6.4, 6.8, 7.11, 表 TS.2]

2100年二氧化碳当量浓度达到450ppm的减缓情景显示，能源供应部门会出现全球性的大规模调整(确凿证据，高一一致性)。在这些选定的情景下，在未来几十年预计能源供应部门产生的全球二氧化碳

最终能源需求减少以及低碳能源载体在能源终端使用行业中所占的份额



图SPM.8 | 与第8-10章评估的行业研究结果相比，在两种不同CO₂当量浓度类型的情景下，到2030年和2050年相对于基线(上排图)的最终能源需求的减少幅度，以及低碳能源载体在交通运输业、建筑业和工业的最终能源(下排图)中所占的份额。这些情景显示的需求减少并不影响发展。低碳能源载体包括交通运输行业使用的电力、氢和液态生物燃料、建筑业使用的电力，以及工业使用的电力、热力、氢和生物能源。图底部的数字指各区间包括的情景数量，由于模型的行业分辨率和时间范围各不相同，因此各行业的情景数量也存在差异。[图6.37 和6.38]

排放将下降，2040到2070年将减至低于2010年水平90%或以上。此后在很多这些情景下的排放预估将下降至低于零。[6.3.4, 6.8, 7.1, 7.11]

为了减少与各基线情景相比的能源需求而不影响发展，在各情景中提高能效和改变行为是到**2100年**实现达到约**450至约500 ppm**大气CO₂当量浓度的一项关键减缓战略(确凿证据, 高一一致性)。减少近期能源需求是低成本高效益减缓战略的一项重要内容，为降低能源供给行业的碳强度提供了更多灵活性，还可防范相关的供应方风险，避免锁定在碳强度高基础设施上，并与重要的共生效益相关。综合研究和行业研究都提供了有关2030年和2050年交通运输业、建筑业和工业的能源需求减少的类似估值(图SPM.8)。[6.3.4, 6.6, 6.8, 7.11, 8.9, 9.8, 10.10]

人的行为、生活方式和文化对于能源利用及相关排放具有很大影响，并且在某些领域存在很高的减缓潜力，如果辅以技术和结构调整时尤其如此²³(中等证据量, 中等一致性)。通过改变消费方式以及饮食变化和减少食品浪费能够大幅度降低排放量(如流动需求和方式、家庭能源使用、选择更耐用的产品)。包括货币和非货币激励措施以及信息措施在内的多种选择可有助于行为的改变。[6.8, 7.9, 8.3.5, 8.9, 9.2, 9.3, 9.10, 文框10.2, 10.4, 11.4, 12.4, 12.6, 12.7, 15.3, 15.5, 表TS.2]

SPM.4.2.2 能源供给

在《第五次评估报告》评估的基线情景中，与2010年的**14.4 GtCO₂/年**排放量相比，预估到**2050年**能源供给行业的直接CO₂排放量将是前者的两倍，甚至三倍，除非能够以超出历史发展的速度大大加快能源强度的改进(中等证据量, 中等一致性)。在过去的十年中，造成排放量增加的主要原因是不断增长的能源需求以及煤炭占全球混合燃料的份额增加。仅有化石燃料将不足以把CO₂当量浓度限制在450 ppm、550 ppm或650 ppm的水平上。(图SPM.7) [6.3.4, 7.2, 7.3, 图6.15, TS.15]

在实现低稳定浓度水平(**430-530 ppm CO₂当量**)的过程中，发电行业的低碳化(即降低发电的碳强度)是实施具有成本效益减缓战略的关键内容；在大多数综合模拟情景下，与工业、建筑业和交通行业相比，发电行业的低碳化要更迅速(中等证据量, 高一一致性)(图SPM.7)。在大多数低稳定情景下，低碳电力供给(包括可再生能源(RE)、核能和CCS)的份额将从当前的约30%增至2050年80%以上，到2100年，不采用CCS的化石燃料电力生产将几乎完全被淘汰。(图SPM.7) [6.8, 7.11, 图7.14, TS.18]

自《第四次评估报告》以来，许多可再生能源技术已在性能改进和降低成本方面取得了显著进展，越来越多的可再生能源技术已经具备在显著规模部署的技术成熟度(确凿证据, 高一一致性)。仅在发电方面，2012年RE占全球新增发电能力的份额刚刚超过一半，主要是风电、水电和太阳能发电引领的增长。但是，如果RE的市场份额要显著增加，许多RE技术仍需要直接和/或间接的支持；RE技术政策已成功地推动了RE的增长。将RE融入能源系统所面临的挑战以及相关的成本因RE技术、区域

²³ 结构性变化是指系统的转型，通过转型可使一些组成部分要么被替换，要么被其他组成部分部分取代(见第三工作组AR5的术语表)。

条件以及现有背景能源系统的特征的不同而异(中等证据量,中等一致性)。[7.5.3, 7.6.1, 7.8.2, 7.12, 表7.1]

核能是一种成熟的低温室气体排放、基底负荷电力,但自1993年以来其在全球发电量中占比不断下降。核能可以为低碳能源供给做出更大贡献,但是存在各类障碍和风险(确凿证据,高一致性)。这些风险包括经营风险以及相关关切、铀矿开采风险、金融及监管风险、尚未解决的核废料的管理问题、对核武器扩散的关切和不利的舆论(确凿证据,高一致性)。目前正在研究一些解决这些问题的新燃料循环和反应堆技术,关于安全和核废料处理的研发方面已取得进展。[7.5.4, 7.8, 7.9, 7.12, 图TS.19]

如果在可获得天然气且开采和供给环节的逃逸排放较低或可以得到减缓的情况下,通过高效天然气联合循环发电或热电联产替代当前世界平均采用的燃煤发电,可以显著降低能源供给产生的温室气体排放(确凿证据,高一致性)。在2100年达到450 ppm CO₂当量浓度的减缓情景下,不采用CCS的天然气发电可用作一种桥接技术,在达到峰值之前加大推广利用,到2050年浓度降至低于当前的水平,并在本世纪下半叶进一步下降(确凿证据,高一致性)。[7.5.1, 7.8, 7.9, 7.11, 7.12]

二氧化碳的捕获和封存(CCS)技术可减少化石燃料电厂生命周期内的温室气体排放量(中等证据量,中等一致性)。虽然综合性CCS系统的所有组成部分业已存在,而且化石燃料开采和炼油行业正在使用,但CCS尚未大规模用于业已运行的使用商业化化石燃料的电厂。如果通过规范予以激励和/或如果与未被遏制的同类相比越来越具有竞争力,如果额外的投资和运行成本(部分原因是效率降低)通过足够高的碳价予以补偿(或直接财政支持),CCS电厂则会在市场中出现。为了未来大规模推广利用CCS,需要出台有关长期封存责任的明确规定和经济激励措施。大规模推广利用CCS技术的障碍包括对运行安全和CO₂封存的长期完整性的关切以及运输风险。然而,有越来越多的文献涉及如何确保CO₂封存井的完整性、CO₂封存造成的地质构造内部压力可能带来的各种后果(如诱发地震等)以及从主要注入区流出的CO₂对人类健康和环境可能产生的影响(有限证据,中等一致性)。[7.5.5, 7.8, 7.9, 7.11, 7.12, 11.13]

生物能源与CCS的结合(BECCS)为大规模净负排放的能源供给带来了前景,这种方式在很多低稳定情景中发挥了重要作用,但也会带来各种挑战和风险(有限证据,中等一致性)。这些挑战和风险包括与上游大规模提供用于CCS设施的生物质相关的以及与CCS技术本身相关的挑战和风险。[7.5.5, 7.9, 11.13]

SPM.4.2.3

能源终端使用部门

交通运输行业

2010年,交通运输行业占最终能源使用的27%并产生6.7 GtCO₂的直接排放,预估到2050年基线CO₂排放量大约将会翻倍(中等证据量,中等一致性)。日益增加的全球客运和货运活动产生的CO₂排放增长可部分抵消未来的减缓措施,这些措施包括燃料碳和能源强度的改善、基础设施的发展、

行为的改变和全面的政策落实(高信度)。总体而言,与基线增长相比,2050年可实现交通运输CO₂排放总量减少15%—40%(中等证据量,中等一致性)。(图SPM.7) [6.8, 8.1, 8.2, 8.9, 8.10]

所有交通运输方式的技术和行为减缓措施,再加上新建基础设施和城市改造投资,可使2050年最终能源需求比基线减少约40%,其中经评估的减缓潜力将高于AR4中报告的潜力(确凿证据,中等一致性)。根据运输方式和车辆类型,相对于2010年,预估2030年能效和车辆性能的改进区间为30-50%(中等证据量,中等一致性)。综合城市规划、以公共交通为导向的发展、支持骑车和步行的更紧凑型城市形态都能够促进交通方式的转变,从较长期来看,城市改造和投资新建基础设施能够促进这一转变,如可减少短途航空旅行需求的高速铁路系统等(中等证据量,中等一致性)。这类缓解措施具有挑战性,有不确定的结果,但与基线相比2050年会使交通运输的GHG排放量减少20%-50%(有限证据,低一致性)。(图SPM.8中的上图)[8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, 8.7, 8.8, 8.9, 12.4, 12.5]

降低燃料碳强度的战略以及降低碳强度的速率受到与能源存储以及低碳交通燃料相对较低的能源密度有关这一挑战的限制(中等信度)。综合和行业研究普遍认为,短期内存在向低碳燃料转变的机会,而随着时间的推移这种机会将增多。以甲烷为主的燃料在道路车辆和船舶中所占份额已不断上升。以低碳原料生产的电力近期具有用于有轨电车的潜力,短至中期则有用于电动公共汽车、轻型和两轮公路车辆的潜力。以低碳原料生产的氢燃料是一种更为长期的选择。在市场上可购买的液态和气态生物燃料连同可通过技术进步增加的减缓选择已带来了共生效益。减少交通运输业的颗粒物(包括黑碳)、对流层臭氧和气溶胶前体物(包括氮氧化物)的排放在短期内产生既有益于人类健康,又可实现减缓的共生效益(中等证据量,中等一致性)。[\[8.2, 8.3, 11.13, 图TS.20, 右图\]](#)

交通运输行业中的不同碳减排措施的成本效益因车辆类型和运输方式的不同而差异显著(高信度)。对于许多短期行为措施以及轻型和重型道路车辆和船舶能效的提高,节碳的平准化成本可以是很低的或是负成本。2030年,对于一些电动车辆、飞机、可能还有高速铁路,平准化成本可能会节省100美元/tCO₂以上(有限证据,中等一致性)。[\[8.6, 8.8, 8.9, 图TS.21, TS.22\]](#)

地区差异可影响交通运输的减缓措施的选择(高信度)。体制、法律、金融和文化障碍会制约低碳技术的采用和行为的改变。已建成的基础设施可能限制对交通方式转变的选择,并导致更加依赖先进的机车技术;轻型汽车需求的增长逐渐放缓的局面在一些OECD国家业已明显。对于所有经济体,特别是那些城市增长率高,对公共交通系统和低碳基础设施投资大的经济体可避免锁定在碳强度高的方式上。优先为行人修建基础设施并实现非机动车服务与公交服务的一体化,这能够在所有区域产生经济效益和社会共生效益(中等证据量,中等一致性)。[\[8.4, 8.8, 8.9, 14.3, 表8.3\]](#)

当与各级政府的非气候政策有关时,减缓战略可有助于所有区域的交通温室气体排放与经济增长脱钩(中等信度)。这些战略可有助于减少出行需求、激励货运企业降低物流系统的碳强度、诱导运输方式的转变,以及带来共生效益,包括改善获得性和流动性、改善健康和安全、提高能源安全性、节省成本和时间(中等证据量,一致性高)。[\[8.7, 8.10\]](#)

建筑行业

2010年，建筑行业²⁴的能耗占最终能源使用的**32%**，并产生**8.8 GtCO₂**排放(包括直接和间接排放)，预估在基线情景下到本世纪中叶其能源需求将翻倍，**CO₂**排放可能增加**50%–150%**(中等证据量，中等一致性)。财富增加、生活方式的改变、获取现代能源服务和适当的住房以及城市化可造成能源需求的增长。长生命周期的建筑物和相关基础设施存在显著的锁定风险，在建设速度高的地区尤为重要(确凿证据，高一一致性)。[9.4, 图SPM.7]

相关技术、知识和政策方面的最新进展为全球建筑行业能耗到本世纪中叶实现稳定甚至下降带来了机遇(确凿证据，高一一致性)。对于新建建筑，采用超低的能源建筑法规是重要的，自《第四次评估报告》以来已取得长足进展。具有大量现成建筑的国家中旧建筑改造成为其减缓战略的一个重要部分，而个体建筑已降低了**50%–90%**的采暖/制冷能耗。近来性能和成本的大幅改善使得超低能耗建筑和改造具有经济吸引力，有时甚至是净负成本。[9.3]

生活方式、文化和人的行为可显著影响建筑的能耗(有限证据，高一一致性)。在建筑中提供类似的建筑能源服务水平已表明存在**3至5倍**的能源用量差异。对于发达国家，各情景表明生活方式和行为改变可在短期内减少高达**20%**的能源需求，到本世纪中叶可高达**50%**。在发展中国家，将传统生活方式的要素融入建筑规范和结构可促进使用比基线低得多的能源投入而提供高水平的能源服务。[9.3]

除了节省能源成本，建筑的大部分减缓选择能够带来显著而多样化的共生效益(确凿证据，高一一致性)。这些措施包括提高能源安全、健康(如使用较清洁的燃木炉灶)、环境成果、工作场所的生产力，减少燃料匮乏和实现就业净增长。已将共生效益货币化的研究往往会发现，这些效益可超出能源成本节省，还可能超出气候效益(中等证据量，中等一致性)。[9.6, 9.7, 3.6.3]

由于激励措施不统一(如分租赁方和承建方)、市场分散以及无法充分获取信息和融资等重大障碍可阻碍市场吸收具有成本效益的机会。可通过政策干预克服这些障碍，而且这些政策可针对建筑和家电生命周期的所有阶段(确凿证据，高一一致性)。[9.8, 9.10, 16, 文框3.10]

自《第四次评估报告》以来，配套能效政策的制定及其实施取得了很大的进展。建筑规范和设备标准只要是精心设计并认真实施的均已成为减排最环保和最具成本效益的手段(确凿证据，高一一致性)。在一些发达国家，这些标准有助于保持建筑能源总需求稳定甚至下降。大力加强这些规范、在更多的司法管辖区使用这些规范，并将其用于更多的建筑和设备类型，将是实现雄心勃勃的气候目标的一个关键因素。[9.10, 2.6.5.3]

工业

2010年，工业部门的能耗占终端能源使用的**28%**，并产生**13 GtCO₂**排放(包括直接和间接排放以及过程排放)，且在**AR5**评估的基线情景下预估到**2050年**排放量可能增加**50%–150%**，除非能效改进

²⁴ 建筑行业涵盖了住宅、商业、公共和服务等业态；建筑行业产生的排放计入工业行业。

得到显著加速(中等证据量, 中等一致性)。2010年工业排放占全球温室气体排放量恰好超过30%, 而目前超过了建筑或交通运输终端行业的排放量。(图SPM.2、图SPM.7)[10.3]

通过广泛升级、更新替换和推广利用现有的最优技术, 工业部门能源强度可比当前水平直接下降约 25% , 特别是在那些还未采用最优技术的国家和非能源密集型工业尤为如此(高一致性, 确凿证据)。通过创新还可能将能源强度降低约20%(有限证据, 中等一致性)。实施高能效的障碍在很大程度上与最初的投资成本和缺乏信息有关。各项信息计划是提高能效的普遍做法, 其次是经济手段、监管方法和自愿行动。[10.7, 10.9, 10.11]

除了能效, 改进GHG排放效率和材料使用效率, 回收和再利用材料和产品以及对产品需求(例如通过更集约地使用产品)和服务需求的整体降低, 还可以有利于将工业部门的GHG排放降至基线水平以下(中等证据, 高一致性)。许多减排方案都具有成本效益、有利润而且涉及多种协同效益(更好的环境达标、健康效益等)。长期而言, 转换为低碳电力、新型工业流程、产品的彻底创新(例如水泥的替代品)或CCS(例如减缓过程排放)可有助于显著的GHG减排。目前的主要障碍是缺少政策以及材料和产品服务效率方面的经验。[10.4, 10.7, 10.8, 10.11]

尽管CO₂排在工业温室气体中占主导地位, 但非CO₂气体同样存在大量减排机会(确凿证据, 高一致性)。2010年, 工业CH₄、N₂O和氟化气体排放量为0.9 GtCO₂当量。关键的减排机会包括通过工艺流程优化和制冷剂回收、再利用和替换而实现减少氢氟碳化物的排放, 虽然也存在着各种障碍。[表10.2, 10.7]

各公司和部门的系统方法与协作活动可以降低能耗和物耗, 从而减少GHG排放(确凿证据, 高一致性)。大型能源密集型工业和中小型企业均可使用交叉性技术(如高效电机)和措施(如减少空气和蒸汽泄露), 从而以具有成本效益的方式提高工艺流程性能和工厂效率。各企业(例如在工业园区)及行业之间的合作可包括共享基础设施、信息和废热利用。[10.4, 10.5]

废弃物管理中重要的减缓措施是减少废弃物, 其次是再利用、循环利用和能源回收(确凿证据, 高一致性)。2010年, 废弃物和污水占1.5 GtCO₂当量。由于再循环或再利用材料的份额仍然很低(例如在全球范围, 循环利用的城市固体废弃物大约只占20%), 因而利用废弃物处理技术和能源回收来减少化石燃料需求可直接显著减少因废弃物处置而产生的排放。[10.4, 10.14]

SPM.4.2.4

农业、林业和其他土地利用(AFOLU)

AFOLU部门约占净人为GHG排放的四分之一(~10–12 GtCO₂当量/年), 主要来自毁林、土壤和养分管理以及牲畜的农业排放(中等证据, 高一致性)。最近作的大多数估算表明AFOLU CO₂通量下降主要是由于毁林率下降和造林增加。然而, AFOLU的历史净排放量的不确定性大于其他行业, 预估的AFOLU净基线排放量存在额外的不确定性。不过, 预估未来AFOLU的年度净基线CO₂排放量会下降, 到2050年, 净排放量可能不到2010年的一半, 在本世纪末以前, AFOLU部门可能会成为净CO₂汇(中等证据, 高一致性)。(图SPM.7)[6.3.1.4, 11.2, 图6.5]

AFOLU在粮食安全和可持续发展方面发挥着核心作用。最具成本效益的林业减缓措施是造林、可持续森林管理和减少毁林，在不同区域其相对重要性差异较大。在农业方面，最具成本效益的减缓措施是耕地管理、牧场管理和恢复有机土壤(中等证据，高一一致性)。对于碳价²⁵达100 USD/tCO₂当量情况下的减缓努力而言，2030年供应端措施的经济减排潜力估计为7.2至11 GtCO₂当量/年²⁶，在碳价不超过20美元/tCO₂当量时，可实现上述三分之一的减排潜力(中等证据，中等一致性)。现有减缓方案的实施存在着潜在的障碍[11.7,11.8]。饮食改变和减少粮食供应链的损耗等需求端措施对于减少粮食生产造成的GHG排放具有显著但并不确定的潜力(中等证据，中等一致性)。到2050年，这些估值大约为0.76–8.6 GtCO₂当量/年(有限证据，中等一致性)。[11.4, 11.6, 图11.14]

如果将减缓与适应纳入其中，则农业做法和森林保护与管理相关政策会更为有效。AFOLU部门的一些减缓方案(例如土壤和森林碳库)易受气候变化的影响(中等证据，高一一致性)。减少毁林和森林退化排放的活动(REDD+²⁷就是一个旨在实现可持续性的例子)是具有成本效益的减缓气候变化的政策方案，如果持续加以实施，将产生潜在的经济、社会和其他环境和适应协同效益(例如，保护生物多样性和水资源、减少土壤侵蚀)(有限证据，中等一致性)。[11.3.2, 11.10]

生物能可以发挥重要的减缓作用，但有些问题需要加以考虑，例如做法的可持续性和生物能系统的有效性(确凿证据，中等一致性)[11.4.4, 文框11.5, 11.13.6, 11.13.7]。生物能的大规模开发利用所面临的障碍包括土地的GHG排放、粮食安全、水资源、生物多样性保护和生计等关切。土地利用方面的竞争对具体生物能源路径有何影响，而这对总体气候又有何影响，有关这方面的科学争论仍然没有结果(确凿证据，高一一致性)。[11.4.4, 11.13]生物能技术多种多样，涵盖各类方案和技术路径。有证据表明，低生命期排放方案(例如，甘蔗、芒草、速生林以及生物质残渣的可持续利用)有些已经可以采用，能够减少GHG排放；结果如何要视具体地点而定，而且要依靠有效整合的“生物质到生物能系统”和可持续的土地利用管理和治理。在有些区域，在可持续发展背景下，具体的生物能源方案(例如改进的炉灶、小规模沼气和生物电力生产)可以减少GHG排放，并改善生计和健康(中等证据，中等一致性)。[11.13]

SPM.4.2.5

人类住区、基础设施和空间规划

城市化是全球趋势，而且与收入增加有关，同时更高的城市收入与更高的能源消耗和GHG排放存在关联(中等证据，高一一致性)。截至2011年，全球52%以上的人口生活在城市地区。2006年，城市地区的能源使用占67–76%，与能源相关的CO₂排放占71–76%。到2050年，城市人口预计将增加到56-71亿，占世界人口的64–69%。非附件一国家的城市，能源用量普遍高于国家平均水平，而附件一国家的城市，人均能源用量普遍低于国家平均水平(中等证据，中等一致性)。[12.2, 12.3]

²⁵ 所有研究的范围：0.49–11GtCO₂当量/年

²⁶ 在评估减缓的经济成本的许多模式中，碳价通常是作为一个代用值来表示减缓政策的努力程度(参见WGIII AR5术语)。

²⁷ 参见WGIII AR5术语。

未来二十年是世界大部分城市区域的建设期，因此也是城市区域减缓气候变化的机遇期（*有限证据、高一一致性*）。鉴于人口密度的下降趋势以及持续的经济和人口增长，2000年到2030年，城市土地面积预计会扩大56–310%。[12.2, 12.3, 12.4, 12.8]

城市化路径不同，因而城市地区减缓方案各异，而且预计当多种政策手段相结合时最为有效（*确凿证据、高一一致性*）。基础设施和城市形态密切相关，对土地利用模式、交通方式选择、住房和行为具有锁定效应。有效的减缓战略包括一揽子相互促进的政策，包括高密度居住与就业的共地分布、实现土地利用高度多样性和整合、提高可达性、投资公共交通和其他需求管理措施。[8.4, 12.3, 12.4, 12.5, 12.6]

人类住区最大的减缓机遇是在快速城市化地区，因这些地区的城市形态和基础设施尚未定型，但其管理、技术、资金和制度能力又往往有限（*确凿证据、高一一致性*）。大部分的城市增长预计都是发生在发展中国家的中小城市。减缓气候变化的空间规划措施可行与否尤其取决于城市的财政能力和管理能力。[12.6, 12.7]

数以千计的城市正在实施气候行动方案，但其对城市排放的总体影响并不确定（*确凿证据、高一一致性*）。几乎没有系统地评估过这类方案的实施情况、其减排目标的实现程度或减少的排放量。目前的气候行动计划主要侧重于能源效率。气候行动计划基本不涉及土地利用规划战略以及减少城市无序扩张和促进公交式发展的跨行业措施²⁸。[12.6, 12.7, 12.9]

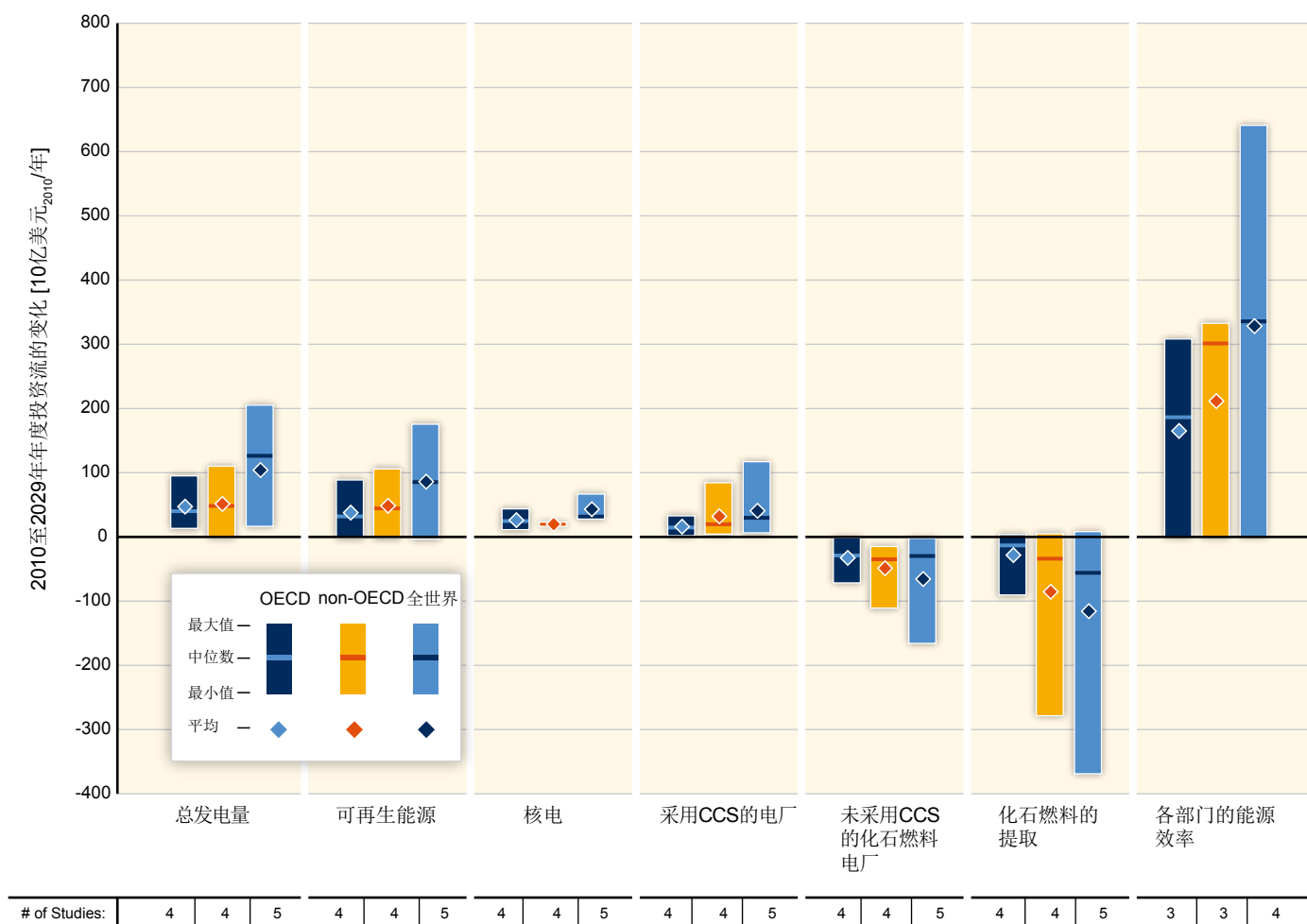
成功实施城市尺度气候变化减缓战略能够带来协同效益（*确凿证据、高一一致性*）。世界各地的城市地区继续在应对挑战，包括确保获得能源、限制空气和水污染，以及保持就业机会和竞争力。城市尺度的减缓行动通常取决于将减缓气候变化努力与地方协同效益相结合的能力（*确凿证据、高一一致性*）。[12.5, 12.6, 12.7, 12.8]

SPM.5 减缓政策和体制

SPM.5.1 行业和国家政策

显著减排需要投资模式的巨大变化。某些减缓情景中的政策到2100年可将大气浓度稳定在（没有超出）430-530 ppm CO₂当量区间，这些情景会使2010-2029年的年度投资流量与基线情景相比发生重大变化（图SPM.9）。在未来20年（2010-2029年），预估对电力供应相关的传统化石燃料技术的年度投资会下降大约300（20-1660）亿美元（中位数：与2010年相比下降20%），而预计对低碳电力供应（即可再生能源、核能和采用CCS技术的发电）的年度投资会增加大约1470（310-3600）亿美元（中位数：与2010年相比上升100%）（*有限证据，中等一致性*）。相比而言，目前全球每年对能源系统的总投资额约为1.2万亿美元。此外，每年对交通、建筑和工业的增加能效投资预估增加约3360（10-6410）亿美元（*有限证据，中等一致性*），通常包括对现有设备的现代化。[13.11, 16.2.2]

²⁸ 参见WGIII AR5术语。



图SPM.9 | 到2100年可将浓度稳定在大约430-530 ppm CO₂当量的减缓情景下，根据平均基线水平，未来20年（2010-2029）的年度投资变化。投资变化是根据有限的模式研究和模式比对。总发电量（最左栏）是可再生能源、核能、采用CCS技术的电厂以及无CCS技术的化石燃料电厂的总和。竖条表示最小和最大估值区间；横条表示中位数。接近中位数值并不表示有更高的可能性，因为模式结果的集合度不同、现有研究的数量少以及不同研究中的假设不同。最后一行的数字表示本评估报告所用文献中的研究总数。这突显出投资需求仍然是一个处于动态发展的研究领域，但相对而言目前的研究甚少。[图16.3]

气候资金的构成目前没有广泛认可的定义，但能够估算出有关减缓和适应气候变化的资金流。所有目前年度资金流的预期效用旨在减少GHG净排放和/或加强对气候变化和气候变率的应变能力，已公布的对这些资金流的评估显示全球每年为3430-3850亿美元（中等信度）[文框TS.14]。其中大部分都用于减缓。除此之外，流向发展中国家的公共气候资金总额在2011年和2012年估计为每年350-490亿美元（中等信度）。流向发展中国家的国际私人气候资金估计每年为100-720亿美元，包括2008-2011年每年100-370亿美元以权益和贷款形式的国外直接投资（中等信度）。[16.2.2]

自AR4以来，国家和地方减缓计划和战略有了显著的数量增加。2012年，67%的全球GHG排放须遵守国家立法或战略，而2007年为45%。然而，全球排放量与过去的趋势没有显著的差异[图1.3c]。

在许多国家，这些计划和战略尚处于制定和实施的早期阶段，因而很难评估其对未来全球排放的总体影响(中等证据，高一一致性)。[14.3.4, 14.3.5, 15.1, 15.2]

自AR4以来，更为关注旨在整合多重目标、提高协同效益和减小不利副作用的各项政策(高信度)。各政府通常明确提及气候和行业计划及战略中的协同效益。科学文献力求评估协同效益的规模(见SPM.4.1节)以及评估具有显著协同效益和微小不利副作用的各项政策哪些具有更大的政治可行性和更长的持久性。[4.8, 5.7, 6.6, 13.2, 15.2]虽然自AR4以来在决策和科学文献中得到日益关注，但对于理解诸多相互作用的效应而言，目前的分析和实证基础仍然欠缺[1.2, 3.6.3, 4.2, 4.8, 5.7, 6.6]。

行业性政策比整个经济领域的政策使用得更为广泛(中等证据、高一一致性)。尽管大部分经济理论表明，经济领域单一减缓目标的政策比行业性政策更具成本效益，但自AR4以来，越来越多的研究证明，行政和政治障碍使经济领域的政策比行业性政策更难于制定和实施。后者可能更适合解决针对某些行业的障碍或市场失灵，而且可并入到一揽子互补性政策中。[6.3.6.5, 8.10, 9.10, 10.10, 15.2, 15.5, 15.8, 15.9]

监管方法和信息措施得到广泛的应用，而且通常具有环境有效性(中等证据、中等一致性)。监管方法的实例包括能效标准；信息计划的实例包括有助于消费者做出更明智决定的标识计划。虽然通常发现此类方法具有净社会效益，但科学文献存在的分歧是在给企业和个人带来负私人成本情况下，此类政策可执行的程度。[文框3.10, 15.5.5, 15.5.6] 普遍认同的是回弹效应的存在：更高的效率带来更低的能源价格和更多的消费，但其幅度在文献中为低一致性[3.9.5, 5.7.2, 14.4.2, 15.5.4]。

自AR4以来，在一些国家和地区已建立了GHG上限和交易系统。但其短期环境效果有限，原因在于上限宽松，或者上限缺乏限制性(有限证据、中等一致性)。这涉及到诸多因素，例如造成能源需求下降的金融和经济危机、起伏不定的新能源、与其他政策的相互影响以及规章的不确定性。原则上，上限和交易系统能够以具有成本效益的方式实现减缓；其实施取决于国情。虽然早期计划几乎完全依靠祖父原则(许可证免费分配)，但越来越多地采用拍卖许可证。如果拍卖配额，收益可以用于解决其他有高社会回报的投资，和/或减少税务和债务负担。[14.4.2, 15.5.3]

在某些国家，尤其旨在减少GHG排放的税收型政策，以及技术和其他政策都有助于弱化GHG排放与GDP之间的关系(高信度)。在许多国家，燃料税(虽然未必是为了减排)具有近乎行业碳税的效果[表15.2]。长期而言，交通燃料价格上升1%，燃料需求下降0.6%至0.8%，不过短期反应非常小[15.5.2]。在有些国家，这些收益是用于减少其他税和/或转而提供给低收入群体。这说明了一种普遍原则，可提高政府税收的减缓政策，一般其社会成本低于没有带来增收的方法。虽然以前一直认为运输行业的燃料税是递减式的，但自AR4以来开展了其他一些研究，表明其是递增式的，尤其是在发展中国家(中等证据，中等一致性)。[3.6.3, 14.4.2, 15.5.2]

减少对各行业GHG相关活动的补贴能够实现减排，具体取决于社会和经济背景(高信度)。虽然补贴可以影响许多行业的排放，但大部分最新文献都侧重于化石燃料的补贴。自AR4以来，逐渐增多的基于经济领域模式的文献预估，如果所有国家完全取消化石燃料补贴，到本世纪中叶，全球总体排

放会下降(中等证据, 中等一致性)[7.12, 13.13, 14.3.2, 15.5.2]。各个研究使用的方法不同, 补贴的类型和定义以及考虑的逐步淘汰的时间范围也不同。尤其是, 这些研究是根据国情评估完全取消所有化石燃料补贴的影响, 而没有力求评估哪些补贴是既浪费又低率。虽然存在显著的政治经济障碍, 但有些国家为减少燃料补贴, 对其税收和预算系统进行了改革。低收入群体通常将其很大一部分收入用于能源服务, 为了有助于减少可能对这个群体造成的不利影响, 许多政府采用了一次性现金拨付或针对穷人的其他机制。[15.5.2]

减缓政策之间的相互作用可对减排产生协同效应或可能没有累加效应(中等证据、高一一致性)。例如, 碳税会对可再生能源供应补贴等政策产生环境累加效应。相比之下, 如果上限和交易系统有一个约束性上限(非常严格, 能够影响与排放相关的决定), 则其他政策(如可再生能源补贴)在采用上限的时期内对减排没有进一步影响(尽管其会影响成本, 而且可能影响未来更严格目标的可行性)(中等证据, 高一一致性)。总之, 可能需要额外的政策来解决涉及创新和技术推广的市场失灵。[15.7]

有些减缓政策可使某些能源服务的价格上涨, 而且有碍于社会将现代能源服务向得不到应有服务的群体拓展的能力(低信度)。采用互补性政策能够避免这些潜在的不利副作用(中等信度)。特别是全球大约有13亿人无法获得电力, 大约有30亿人依靠传统的固体燃料做饭和取暖, 这些对健康、生态系统和可持续发展具有严重的不利影响。能够获得现代化能源服务是一项重要的可持续发展目标。要在全球基本实现用电力和清洁燃料来做饭和取暖, 则预估其成本为在2030年前每年720-950亿美元, 只有这样的成本范围才能做到对GHG排放施加最小的影响(有限证据, 中等一致性)。放弃使用传统生物质²⁹以及更高效燃烧固体燃料可减少空气污染物排放、比如二氧化硫(SO₂)、氧化氮(NO_x)、一氧化碳(CO)和黑碳, 从而给健康带来巨大的益处(高信度)。[4.3, 6.6, 7.9, 9.3, 9.7, 11.13.6, 16.8]

技术政策可补充其他减缓政策(高信度)。技术政策包括技术推动型(例如政府资助的研发)和需求拉动型(例如政府采购计划)。此类政策可解决与创新和技术推广有关的市场失灵。[3.11, 15.6] 技术支持性政策促进了新技术的重要创新和推广, 但此类政策的成本效益通常很难进行评估[2.6.5, 7.12, 9.10]。不过, 专项评估资料能够就不同政策的相对效用提供实证, 而且能够有助于政策设计[15.6.5]。

在许多国家, 私人部门在排放和减缓过程中均具有核心作用。在相应的扶持环境中, 私人部门以及公共部门能够在资助减缓方面发挥重要作用(中等证据、高一一致性)。由于资料有限, 私人部门提供的减缓资金总量的份额估计平均为全球水平的三分之二到四分之三(2010-2012)(有限证据, 中等一致性)。在许多国家, 政府、国家和国际开发银行的公共资金介入鼓励私人部门的气候投资[16.2.1], 并对私人部门投资不足的领域提供资金。一个国家的扶持性环境的质量包括其规章制度的有效性、关于私人部门的指南、产权安全、政策可靠性以及会对私营企业是否投资新技术和基础设施产生重大影响的其他因素[16.3]。专门的政策手段, 例如信用保险、电力购买协议、上网电价、特惠融资或回扣, 通过降低私人参与方的风险, 从而鼓励投资[16.4]。

²⁹ 见WG III AR5 术语表

SPM.5.2 国际合作

《联合国气候变化框架公约(**UNFCCC**)》是侧重于应对气候变化的主要多边论坛，而且几乎是全球性参与。不同管理层面组织了其他机构，从而形成了多种多样的国际气候变化合作。[13.3.1, 13.4.1.4, 13.5]

现有和拟议的国际气候变化合作安排，其重点以及集中度和协调度各不相同。包括：多边协议、协调性国家政策、分散但协调的国家政策以及区域和区域协调的政策。[图TS.37, 13.4, 13.13.2, 14.4]

《京都议定书》为实现**UNFCCC**的最终目标提供了经验教训，特别是在参与、实施、灵活机制以及环境有效性方面(*中等证据、低一致性*)。[5.2, 13.7.2, 13.13.1.1, 13.13.1.2, 14.3.7.1, 表TS.9]

自2007年以来，由于**UNFCCC**所开展的各项活动，有越来越多的机构和机制也开始开展国际气候变化方面的合作。[13.5.1.1, 13.13.1.3, 16.2.1]

区域、国家和地方气候政策之间的政策联系为减缓和适应气候变化带来了潜在效益(*中等证据、中等一致性*)。通过区域合作，国家政策之间以及各项措施之间可以建立起联系。[13.3.1, 13.5.1.3, 13.5.3, 14.5]

国际国内各种区域活动正在制定或实施之中，但其对全球减缓气候变化的影响迄今有限(*中等信度*)。许多气候政策如果是跨地理区域实施会更为有效。[13.13, 14.4, 14.5]

