UN
联合国环境规划署

隐性资产

气候与清洁空气行动的经济与健康理据



CLIMATE & CLEAN AIR COALITION
TO REDUCE SHORT-LIVED CLIMATE POLLUTANTS
a UNEP convened initiative

气候与清洁空气综合行动全球经济评估

致谢

气候与清洁空气联盟（CCAC）是一项由联合国环境规划署（UNEP）召集的倡议。CCAC谨向本报告的联合主席、高级别小组成员、协调主要作者及其他撰稿作者、专家评审员及项目协调团队致以诚挚谢意，感谢他们为本报告的编制所作出的贡献。

以下所列人员参与了本报告的编制工作。所列人员均以个人身份参与，所属机构仅作身份识别之用。名单按姓氏字母顺序排列。

评估联合主席

Simon Dietz（伦敦政治经济学院）、Elliott Harris（独立学者）、Drew Shindell（杜克大学）、Shuxiao Wang（清华大学）。

高级别小组

Joseph E. Aldy（哈佛大学）、Jane Burston（清洁空气基金）、Valerie Hickey（世界银行）、He Kebin（清华大学）、Jiang Kejun（香港科技大学）、Debra Roberts（夸祖鲁·纳塔尔大学、特文特大学）、Roberto Schaeffer（里约热内卢联邦大学）、Priyadarshi R. Shukla（艾哈迈达巴德大学）、Youba Sokona（政府间气候变化专门委员会）、Steven Stone（联合国环境规划署）。

作者

Cameron Andrews（得克萨斯大学奥斯汀分校）、Kaoru Akahoshi（全球环境战略研究所 - IGES）、Chiara Ballam（得克萨斯大学奥斯汀分校）、Nathan Borgford-Parnell（气候与清洁空气联盟（CCAC）秘书处，联合国环境规划署）、Suruchi Bhadwal（能源与资源研究所 - TERI）、Enkhuun Byambadorj（Breathe Mongolia）、Christopher Cambridge（得克萨斯大学奥斯汀分校）、Simon Dietz（伦敦政治经济学院）、David Eaton（得克萨斯大学奥斯汀分校）、Greg Faluvegi（美国国家航空航天局戈达德太空研究所及哥伦比亚大学气候系统研究中心）、Oliver Fricko（国际应用系统分析研究所 - IIASA）、Sarath Guttikunda（Urban Emissions）、Elliott Harris（独立学者）、Tatsuya Hanaoka*（日本国立环境研究所）、Charles G. Heaps（斯德哥尔摩环境研究所 - SEI）、Matthew Hengesbaugh（全球环境战略研究所）、Kevin Hicks（斯德哥尔摩环境研究所，约克大学）、Lena Höglund-Isaksson（国际应用系统分析研究所 - IIASA）、Michael Holland*（独立学者）、Omokayode Ipaye（Carbon Limits Nigeria）、Katrin Kaltenegger（国际应用系统分析研究所 - IIASA）、Gregor Kiesewetter（国际应用系统分析研究所 - IIASA）、Younha Kim（国际应用系统分析研究所 - IIASA）、Zbigniew Klimont*（国际应用系统分析研究所 - IIASA）、Volker Krey（国际应用系统分析研究所 - IIASA）、Lovisa Kuehnle-Nelson（国际应用系统分析研究所 - IIASA）、Johan C.I. Kuylenstierna（斯德哥尔摩环境研究所，约克大学）、Florian Lindl（国际应用系统分析研究所 - IIASA）、Li Liping †（中华人民共和国生态环境部环境与经济政策研究中心）、Christopher S. Malley（斯德哥尔摩环境研究所，约克大学）、Jordan McCrackin（Carbon Limits Nigeria）、James Ogunleye（Carbon Limits Nigeria）、Shonali Pachauri（国际应用系统分析研究所 - IIASA）、Setu Pelz（国际应用系统分析研究所 - IIASA）、Amanda Pfeil（得克萨斯大学奥斯汀分校）、Pallav Purohit（国际应用系统分析研究所 - IIASA）、Adriana Gomez-Sanabria（国际应用系统分析研究所 - IIASA）、Scarlett Quinn-Savory（惠康基金会）、James Rising*（特拉华大学）、Yang Rupu †（中华人民共和国生态环境部环境与经济政策研究中心）、Robert Sander（国际应用系统分析研究所 - IIASA）、Drew Shindell*（杜克大学）、Joseph V. Spadaro（独立学者）、Sydney Svagerko（得克萨斯大学奥斯汀分校）、Mette Taber（得克萨斯大学奥斯汀分校）、Ramón Carlos Torres Enríquez（国家生态与气候变化研究所）、Willem van Caspel（挪威气象研究所）Shuxiao Wang*（清华大学）、Fabian Wagner（国际应用系统分析研究所 - IIASA）、Pu Wang（中国科学院）、Wilfried Winiwarter（国际应用系统分析研究所 - IIASA）、Yulia Yamineva（东芬兰大学）、Jingyi Ye（气候与清洁空气联盟（CCAC）秘书处，联合国环境规划署）、Xiuming Zhang（国际应用系统分析研究所 - IIASA）、 Shaohui Zhang（国际应用系统分析研究所 - IIASA）、Eric Zusman*（全球环境战略研究所 - IGES）。

* 协调主要作者

† 仅参与第4章撰稿

专家评审员

Iniobong Abiola-Awe（尼日利亚联邦环境部气候变化司）、Stefan Åström（Anthesis）、Hermann Aubié（东芬兰大学）、A. Patrick Behrer（世界银行）、Andrew Beirne（清洁空气基金）、David Birchby（Logika Group）、Olivier Chanel（法国国家科学研究中心及艾克斯-马赛经济学院）、Jack Corscadden（环境调查署）、Amanda Curry-Brown（气候与清洁空气联盟（CCAC）秘书处，联合国环境规划署）、Gabrielle Dreyfus（治理和可持续发展研究所 - IGSD）、Stela Drucioc（独立学者）、Andrea Hinwood（联合国环境规划署 - UNEP）、Lemesa Hirpe（埃塞俄比亚环境保护局）、Ruijan Li（EDF）、Nicklas Löther（东芬兰大学）、Amani Maalouf（牛津大学）、Rob Maas（独立学者）、Avipsa Mahapatra（环境调查署）、Marcelo Mena（全球甲烷中心）、Wenjun Meng（马克斯·普朗克化学研究所）、Carolina Monsalve（世界银行）、Helena Naber（世界银行）、N. Fatou Ndiaye（塞内加尔环境与生态转型部）、Tom Nickson（环境调查署）、Lilian Fátima Nunes Salas（独立学者）、Ilissa Ocko（Spark Climate Solutions）、Martina Otto（气候与清洁空气联盟（CCAC）秘书处，联合国环境规划署）、Clare Perry（环境调查署）、Reginald Quansah（加纳大学公共卫生学院）、Arindam Roy（清洁空气基金）、Marcus Sarofim（独立学者）、Ndakize Joseph Sebaziga（独立学者）、Jan Selby（利兹大学）、Jessica Slater（巴塞罗那超级计算中心）、Sophie Szopa（法国气候与环境科学实验室）、Wenxin Qiao（世界银行）、Ines Urman（环境调查署）、Cosmos S. Wemegah（加纳能源与自然资源大学）、and Hidemichi Yonezawa（经济合作与发展组织 - OECD）。

项目协调

Ava Bahrami（气候与清洁空气联盟（CCAC）秘书处，联合国环境规划署）、Nathan Borgford-Parnell（气候与清洁空气联盟（CCAC）秘书处，联合国环境规划署）、Katy Brooke（斯德哥尔摩环境研究所，约克大学）、Kevin Hicks（斯德哥尔摩环境研究所，约克大学）、Scarlett Quinn-Savory（气候与清洁空气联盟（CCAC）秘书处，联合国环境规划署）、Jingyi Ye（气候与清洁空气联盟（CCAC）秘书处，联合国环境规划署）。

文稿编辑

Bart Ullstein (Banson)

封面设计

Beverley McDonald

排版与视觉

Kerry Gilhar

特别致谢

我们感谢国际应用系统分析研究所（IIASA）和清华大学为相关重要会议提供场地及必要的后勤支持。感谢经济合作与发展组织（OECD）和世界银行的合作伙伴对本评估工作的持续参与。

同时感谢Howard Cambridge（斯德哥尔摩环境研究所，约克大学）提供的宝贵意见。此外，我们谨向所有在作者会议期间，以及在2026年泰国曼谷“更好的空气质量大会（Better Air Quality Conference）”和意大利伊斯普拉“面向人类与地球的甲烷行动大会（Methane Action for People & Planet Conference）”期间举行的CCAC科学-政策对话中参与讨论并提出反馈的各方人士，一并致以谢意。

执行摘要

本评估提供了迄今为止关于气候与清洁空气综合行动效益与成本的最完整图景，并辅以实证分析，说明如何尽快实现这些效益，以避免过早死亡和疾病，并改善全球最脆弱人群的生活。世界已步入一个面临地球系统与经济双重挑战的新阶段。目前已有广泛评估认为，升温超过1.5°C已难以避免（UNEP 2026）。在财政空间严重收窄、公共投资回报面临严格审视的背景下，各国政府同时承受着气候变化与空气污染带来的日益沉重的经济成本。政策讨论的重心也在转变：问题已不再仅仅是需要采取哪些减排措施，而是如何尽快落地行之有效的解决方案，以避免地球系统危机与经济危机，并产生足以吸引私人投资的回报。本评估表明，应对这些挑战完全可以转化为经济机遇。

释放这一经济机遇的关键，在于认识到气候变化与空气污染之间密不可分的联系。两者有许多共同的驱动因素和来源，尤其是化石燃料的燃烧，以及部分农业实践和工业过程。许多污染物兼具气候效应与空气污染效应，其影响相互叠加，损害人类健康、生态系统和经济活动。尽管存在这些关联，气候变化与空气污染却往往被分别分析，导致对其经济成本与效益的评估不够全面，在许多情况下还造成了本可避免的权衡取舍。因此，国家元首、财政部长、商界领袖及受影响社区往往只能看到综合解决方案所能带来的巨大经济效益，以及实现这些效益所需的配套改革的部分图景。

本评估借鉴了最新的科学成果和模型，对一揽子25项经过验证的解决方案进行了评估。这些方案基于现有技术和实践，涵盖能源与化石燃料系统、工业、交通、农业与食品系统、居民烹饪与供暖以及废弃物管理等领域（见表ES2）。这25项综合解决方案虽已在此前联合国环境规划署（UNEP）/气候与清洁空气联盟的全球和区域综合评估中有所涉及，但彼时方案组合不同，且未纳入本评估所采用的完整经济分析框架。这些方案包括四项旨在深度削减二氧化碳的长期气候行动（可带来改善空气污染的协同效益和可观的长期效益），以及21项针对超级污染物的方案（可快速改善空气质量、健康结果和近期气候影响）。分析表明，综合行动所带来的经济和健康效益大于单独应对气候变化或空气污染，且这些效益在第一个十年内即可超过成本。它还进一步表明，获取这些收益的主要障碍往往不在技术或经济层面，而在于制度层面：决定实施速度、规模和有效性的有利框架改革，由于难以量化，在经济评估中常被忽视。本评估直接填补了这一空白。

除另有说明外，括号中的区间为经济估算和温度估算的95%置信区间，以及健康估算的四分位距。区间与中心估算值一并呈现在正文、图表和表格中。

气候与清洁空气综合行动是当前政府可获得的回报率最高的投资之一

在这25项解决方案上每投入1美元，即可产生约15美元的经济效益，市场回报在十年内超过实施成本，内部收益率达60%。

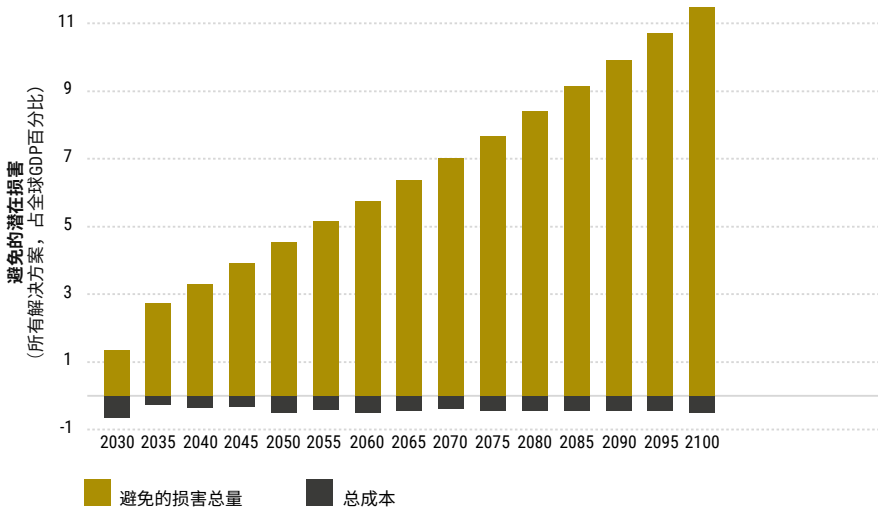
若立即开始实施这25项解决方案，到2035年可产生的经济效益相当于全球GDP的约2.8%（区间2%–4%），到2050年达4.5%（区间3%–6%），到2100年约达11.4%（区间8%–14%）（图ES1）。实施成本在未来十年约占全球GDP的0.7%，到本世纪末将降至约0.5%，这意味着全球经济效益与实施成本之比为15:1。作为参照，2022年全球明确的化石燃料补贴支出占GDP的2.18%，2023年政府教育支出占GDP的3.5%，医疗保健支出占GDP的9.3%。

即使完全排除非市场福利收益，仅计入可量化的市场效益——如医疗支出减少、劳动生产率提高和避免的物理损害——这25项解决方案每投资1美元仍可产生约4美元的回报。

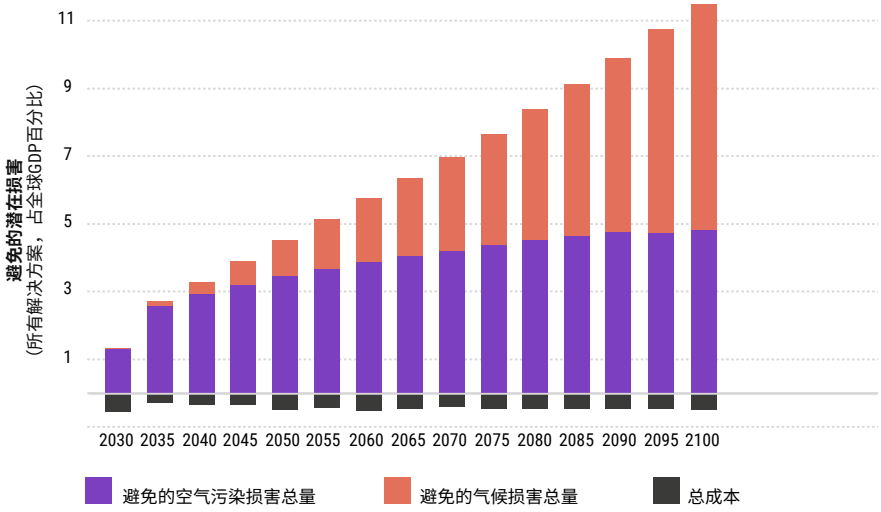

© AdobeStock/Yura Yarema

图ES1：
2025–2100年所避免的损害总量（顶图，金色），分为空气污染（紫色）和气候变化（粉色）效益（中图），以及市场（浅棕色）和非市场（深棕色）损害（底图），同时列出总实施成本（深蓝色），占全球国内生产总值（GDP）的百分比。

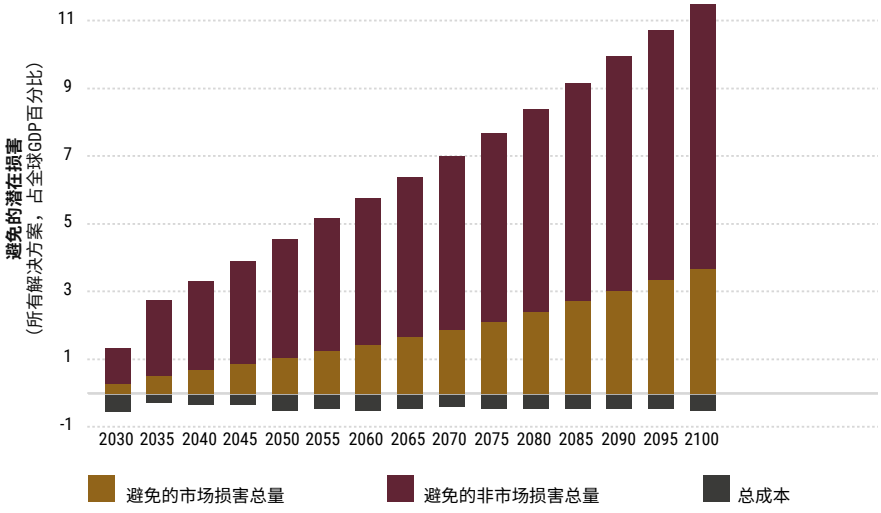
避免的损害总量与总成本对比
经济效益立即超过实施成本



避免的损害按空气污染和气候变化划分
空气污染减少的效益立即显现，而气候效益累积较慢，但到2100年将达到更高水平



避免的损害按市场和非市场划分
市场效益（包括医疗成本减少和生产率提升）在十年内即可超过实施成本

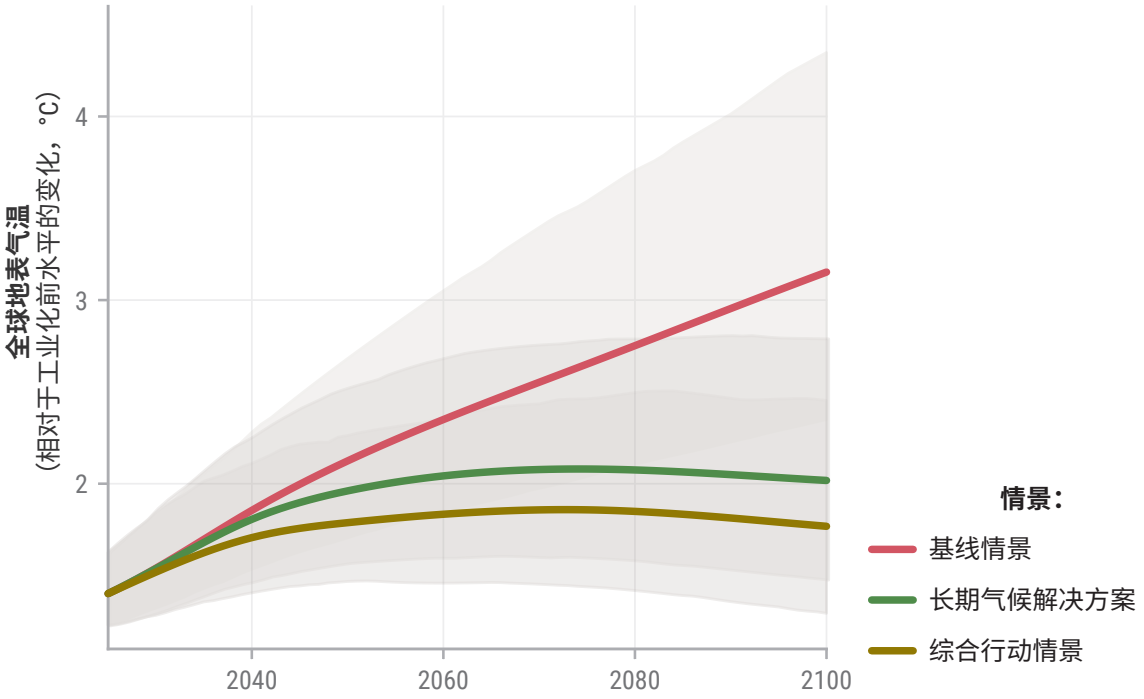


实施25项解决方案后，最初几年避免的空气污染损害的经济价值便高于避免的气候损害，到2100年仍占总经济效益的近45%（图ES1）。因此，若仅考量气候影响相关的成本，将忽略综合行动所带来的近一半经济效益——这恰恰凸显了综合方法的重要性。

将气候与空气质量行动协同推进而非分开实施，可产生约占GDP 0.2%的额外经济效益。这些收益源于诸多效益渠道——避免的气候损害、减少的医疗支出、更高的劳动生产率，以及与患病和死亡减少相关的生活质量改善——这些只有在气候与清洁空气议程共同推进时才能充分实现。这些效益已计入图ES1（但未显示）。

这25项解决方案到2050年可避免约0.34°C（区间0.1–0.6）的升温，到2100年约1.4°C（区间0.9–2.1）（图ES2）。由于陆地升温速度高于全球平均水平，这25项解决方案在区域层面的效益大于全球数据所显示的规模——到2035年大多数区域可避免约0.1°C的升温，到2050年约0.5°C，到2100年约1.5–2°C。

图ES2：2020–2100年基线情景、四项长期气候解决方案及全部25项综合解决方案（综合行动情景）相对于工业化前水平的全球地表温度变化，摄氏度。



注：色带表示95%置信区间。

空气污染是宏观经济风险，而非环境附属品

空气污染引发的患病与死亡影响——包括生产率损失和医疗成本攀升——每年已相当于数个百分点的GDP，若不加大治理力度，预计还将持续加剧。

本评估发现，2025年人为源环境（室外）细颗粒物（$PM_{2.5}$）与臭氧共同导致全球约640万（520万–730万）例过早死亡。室内$PM_{2.5}$还导致约200万（180万–220万）例过早死亡，其中约30万（26万–33万）例为儿童。仅环境$PM_{2.5}$暴露每年就与数百万儿童哮喘新发病例、数百万心脏病发作事件，以及数百万慢性阻塞性肺疾病、糖尿病、中风、痴呆症和肺癌新发病例相关（表ES1）。

表ES1：2025年人为源细颗粒物暴露相关疾病新增病例数及其全球占比。

疾病	新发病例 百万	占所有新发病例的百分比
儿童哮喘	5.5 (4.7–6.2)	22%
心脏病发作	4.2 (3.3–4.9)	20%
慢性阻塞性肺疾病（COPD）	3.8 (3.2–4.3)	21%
糖尿病	3.3 (2.6–3.9)	15%
中风	2.5 (2.0–2.9)	20%
肺癌	0.5 (0.4–0.6)	19%
痴呆症	2.0 (1.6–2.3)	19%

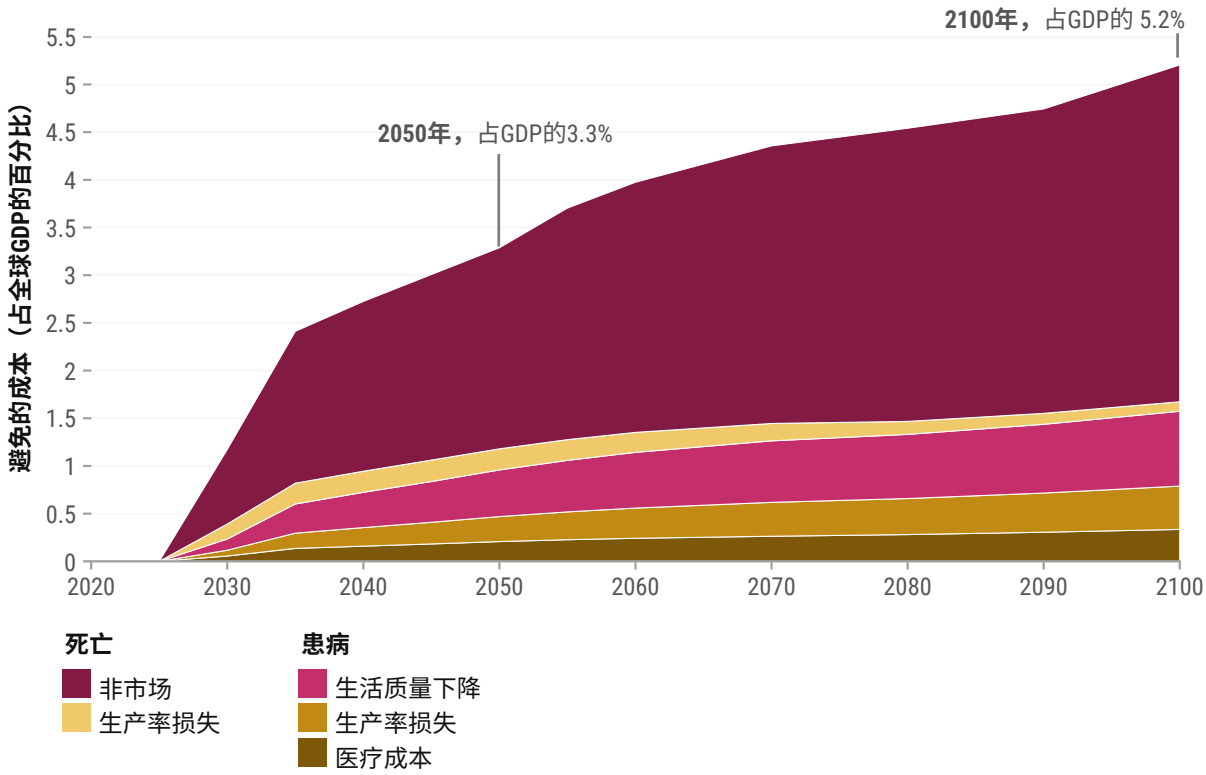
注：括号中数字表示四分位距（IQR）。

累计来看，到2050年，这25项综合解决方案可避免数亿例慢性疾病，以及因环境和室内$PM_{2.5}$暴露和臭氧暴露导致的约1.44亿例过早死亡。其中包括约6200万（3700万–7700万）例儿童哮喘、8700万（6500万–1.03亿）例急性心肌梗死（心脏病发作）、6300万（5000万–7300万）例慢性阻塞性肺疾病、5600万（3900万–6800万）例糖尿病、4500万（3700万–5100万）例中风、3600万（2900万–4200万）例痴呆症、700万（540万–820万）例肺癌、9600万（8000万–1.09亿）例环境$PM_{2.5}$导致的过早死亡、4300万（3800万–4800万）例室内$PM_{2.5}$暴露导致的过早死亡，以及500万（400万–580万）例臭氧暴露导致的过早死亡。

此前许多空气污染经济评估侧重于过早死亡，而未考虑更广泛的疾病成本。本评估将最新证据纳入大幅扩展的健康影响范围，并量化了其成本影响，使行动的效益和成本更为清晰、更易于直接比较。到2050年，这25项解决方案可避免相当于GDP 0.7%的市场医疗支出和生产率损失。当纳入患病和死亡减少带来的全部生活质量（非市场）效益时，这些效益将显著增加（图ES3）。所避免的市场成本与实施全部25项解决方案的总成本相当，而一旦将非市场福利损失纳入考量，支持行动的经济论据将变得更加充分有力。

若不采取进一步行动，预计全球温室气体、空气污染物及其前体物的排放将持续上升，尤其是在快速发展的地区。在缺乏额外政策的情况下，全球暴露于最危险$PM_{2.5}$浓度的人口比例将从2025年的27%上升至2050年的34%。加之人口老龄化，空气污染的疾病负担将加重，公共财政压力将上升，经济增长将受到制约——而这些影响在最无力承受的国家尤为严重。全面实施这25项解决方案，每年可避免空气污染健康总负担的60%至70%。

图ES3：2025–2100年实施全部25项解决方案所避免的年度空气污染相关患病与死亡成本，占全球国内生产总值（GDP）的百分比。



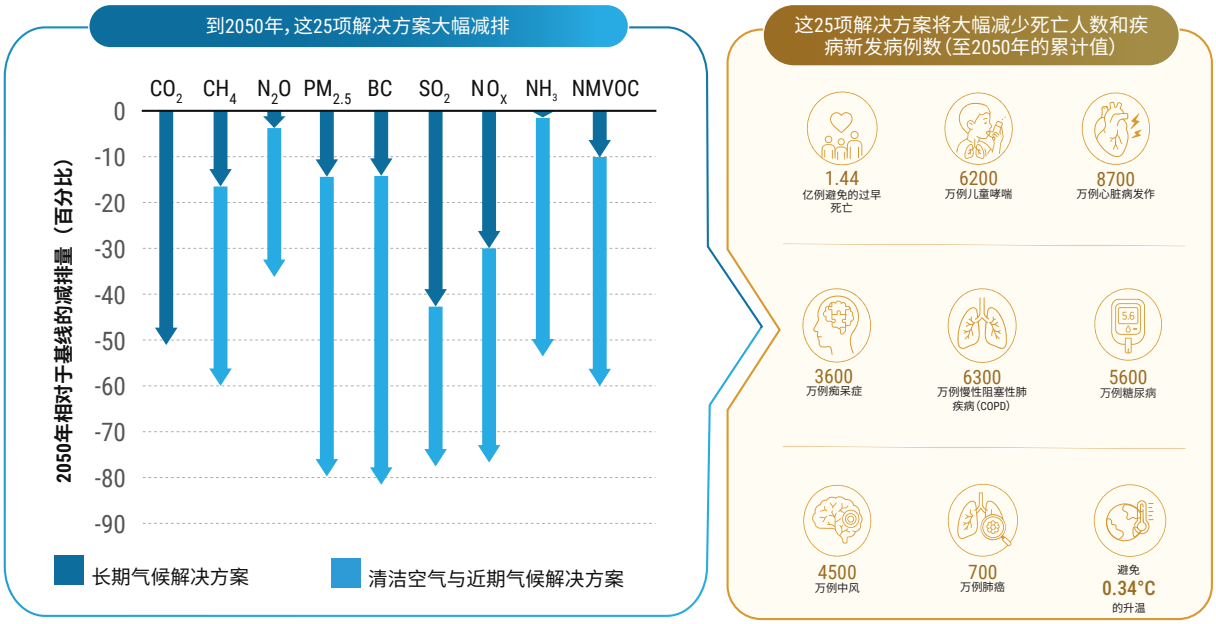
大于各部分之和：综合行动倍增回报

通过一揽子综合方案共同应对气候变化和空气污染的共同来源，到2100年可将净经济效益提升至全球GDP的约11.4%，远超单独应对任一议题所能达到的水平。

由于气候变化和空气污染有部分共同的排放源，这25项综合解决方案正可同时减少温室气体、削减空气污染，进而在健康、生产力和避免气候损害方面产生叠加的经济回报（图ES4）。将两大议程整合起来，意味着在所有地区，行动的联合效益在近期即可抵消成本，长期则更为显著。与各议程分开推进、时间线不协调、利益相关方参与受阻从而阻碍快速进展和所需转型相比，综合行动能够以更低的总成本更快、更有效地减少影响。

到2050年，这25项解决方案可将全球二氧化碳排放量削减一半，甲烷削减60%，黑碳以及二氧化硫和氮氧化物等$PM_{2.5}$前体物削减超过70%（图ES4）。到2100年，二氧化碳排放将实现净负排放，$PM_{2.5}$前体物削减幅度高达85%。针对空气污染和近期气候影响的解决方案，能够带来即时的经济回报——包括减少公共医疗成本、提高生产率和增加劳动力参与——从而对长期脱碳目标形成有力补充。

图ES4：2050年综合行动情景下，实施（i）长期气候解决方案及（ii）清洁空气与近期气候解决方案所带来的关键温室气体和空气污染物全球减排量（与基线相比，左图，百分比），以及相关的健康与气候效益（与基线相比，右图）。



时间就是金钱：延迟锁定本可避免的成本

针对快速见效解决方案的近期行动能够减缓升温、立即挽救生命，并产生延迟行动所无法带来的回报。

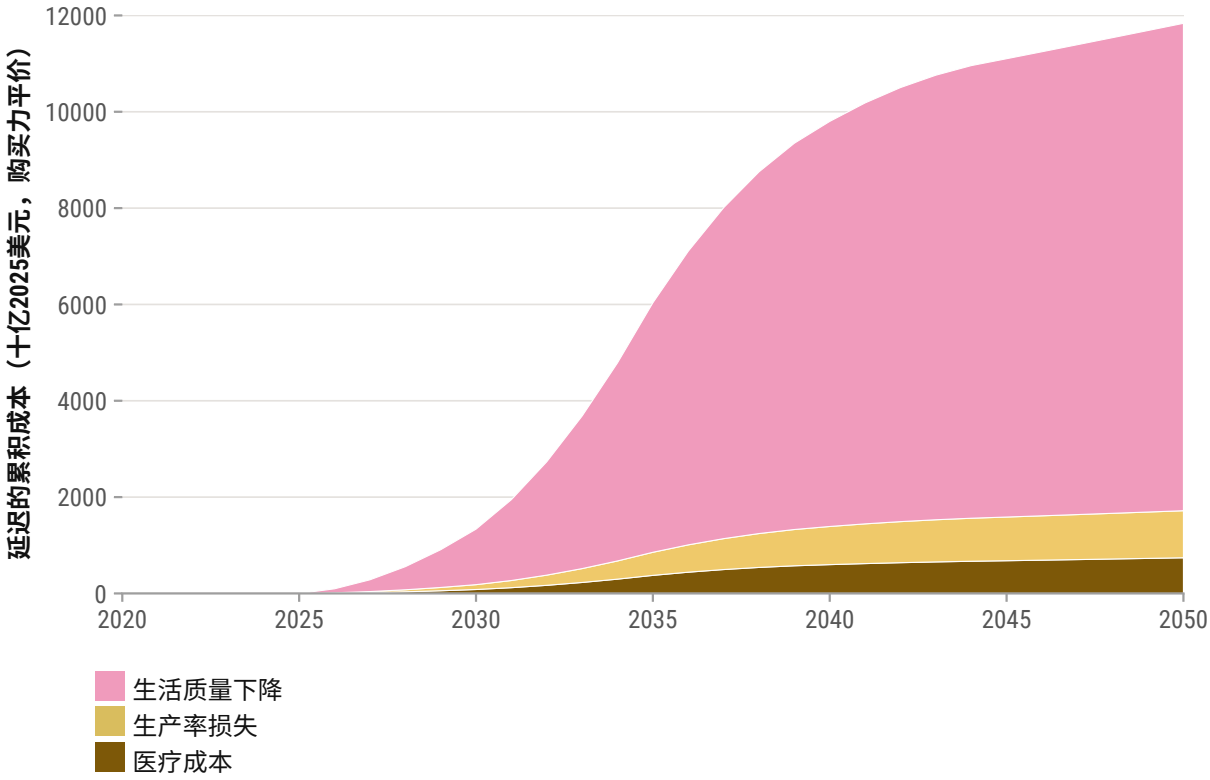
每延迟一年，都会增加累积排放、推高长期成本，并锁定无法逆转的健康负担。就健康影响而言，如果社会经济因素（如需求偏好或人口）相对于本评估所采用的情景没有发生根本性变化，那么近期未能实现的减排，无论后续行动多么有力，都无法弥补。每延迟一年，将损失超过全球GDP 0.5%的效益，相当于超过1.5万亿美元的市场与非市场价值总和。

本评估量化了更快实施的价值。强化有利条件——经济、社会、技术和制度方面——可使全部25项解决方案的部署时间最多提前十年，从而在2025–2050年期间大幅提升$PM_{2.5}$和臭氧前体物的削减水平。然而，全球平均而言，实施延迟预计为7.5至8年，其中制度性障碍是最大的单一因素——在假定的15年实施窗口期内，仅此一项就造成约2.4年的延迟（图ES7）。这种规模的延迟将使2035年前可实现的减排量大致减半。仅加速实施有利改革所带来的可避免患病相关的市场与非市场效益，到2040年累计节省总额可高达10万亿美元（图ES5）。这大致相当于全球卫生总支出整整一年的数额——2023年全球卫生支出达到10.6万亿美元（WHO 2025）。

延迟的影响是切实存在的。以印度德里为例，如果从2026年起按期实现国家空气质量标准，到2040年可使累积$PM_{2.5}$暴露负担减少20%；如果延迟八年（全球平均水平），则降幅只有10%，一半的效益将化为乌有。

投资于持续的能力建设项目、空气质量监测系统、跨机构协调机制以及其他能够加速实施的有利改革，本身就是一个常被忽视的经济优先事项。

图ES5：2025–2050年，因实施障碍造成延迟而累积的空气污染相关患病与死亡成本（单位：十亿2025美元，购买力平价）。



注：此累积结果以每年3%的贴现率将未来成本折算至2025年。

效益无处不在——覆盖所有地区，贯穿不同时间尺度

综合行动带来的经济和健康回报在所分析的15个地区之间存在显著差异，但每个地区都能从中受益，没有一项方案是白费的。

这25项综合解决方案在全球产生的效益并不均衡。效益成本比率从欧盟、欧洲自由贸易联盟和英国等高收入地区的3，到南部非洲的26不等，反映出健康和气候风险高度集中于低收入国家——全球约95%的空气污染导致的过早死亡发生在这些国家。南亚、撒哈拉以南非洲和中东地区到2100年面临的污染与气候综合风险，相当于其地区GDP的5%以上。即便完全排除非市场效益，15个地区中仍有8个地区的效益超过成本。任何地区都不应等待其他地区先行行动。

在所分析的15个地区中，能够带来最大近期效益的解决方案存在显著差异，具体取决于各地区的能源体系、污染特征和发展阶段（图ES6）。到2035年，可归纳为五大类别：对于污染控制已成熟的高收入地区，最大效益来自膳食结构改变和国际航运排放控制；对于室内空气污染暴露水平较高的地区（包括拉丁美洲和加勒比、南亚和撒哈拉以南非洲），最大效益来自清洁烹饪；对于中东、北非和俄罗斯联邦等油气生产地区，最大效益来自控制甲烷泄漏和火炬燃烧；对于快速发展的亚洲地区，最大效益来自发电和家庭能源转型。

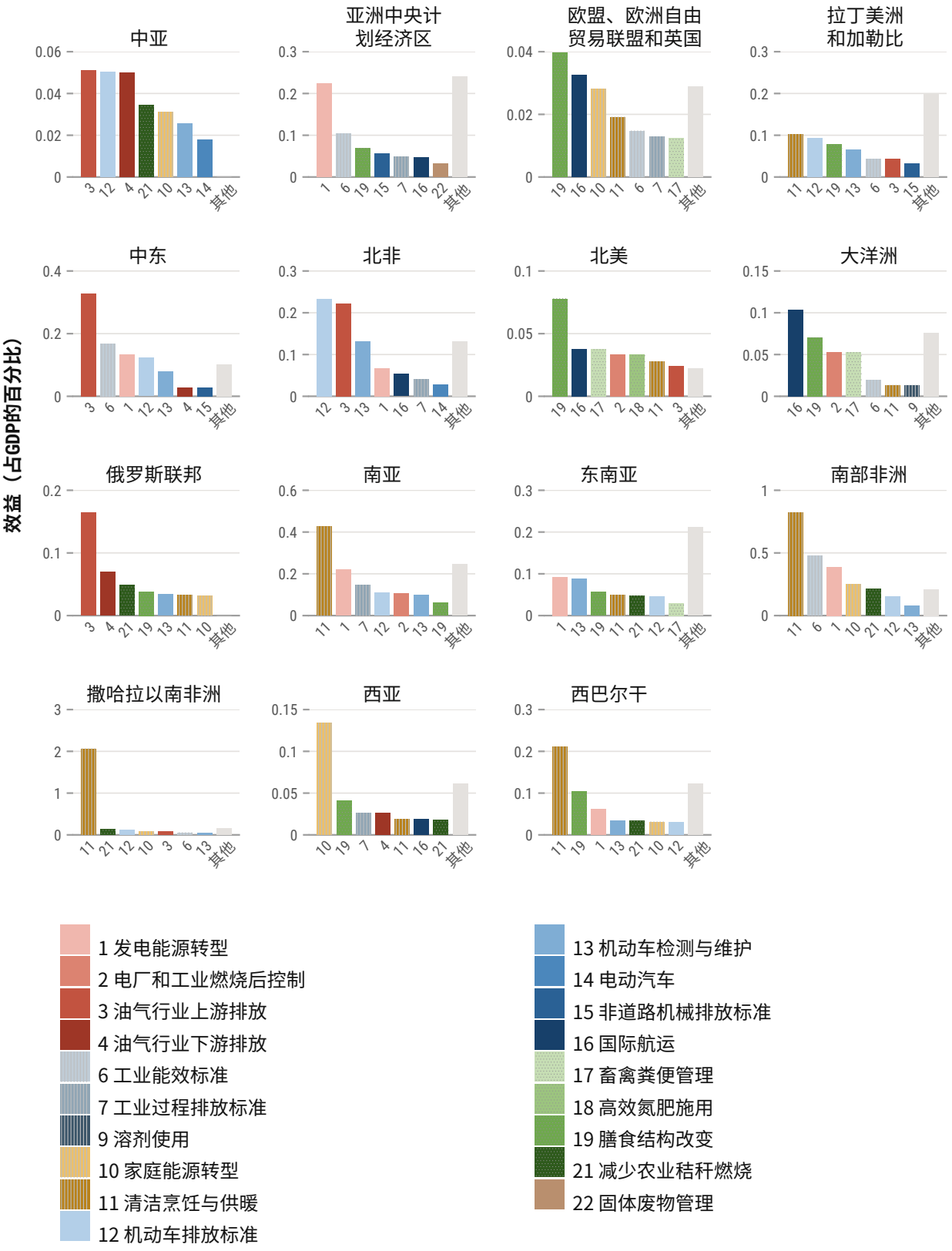
这些类别在2050年基本保持稳定，但随着近期空气污染效益的逐步实现，四项长期气候解决方案的重要性将上升，膳食结构改变和能效标准在大多数地区的重要性也将日益凸显。各项措施带来的效益虽有差异，但这并不

影响同时实施全部25项方案的必要性——只有完整推进一揽子方案，才能实现所识别的协同效益。

精心制定的政策能放大这些收益；反之，设计不当则可能削弱它们。以部分社区为例，定向转移支付、清洁技术补贴和响应性别的规划等政策措施，对于社区层面充分获益至关重要，并非可有可无的补充。确保脆弱人群真正受益，既是公平性的要求，也是实现本评估所确定的全部经济回报的前提。



图ES6：考虑空气污染与气候政策的情况下，2035年各区域优先解决方案，按市场总效益占国内生产总值的百分比排序。



注：图中展示了2035年15个地区中市场效益最大的七项解决方案，以占区域GDP的百分比表示，并同时计入空气污染和气候效益。灰色柱表示“其他”——25项措施中其余措施的综合效应。

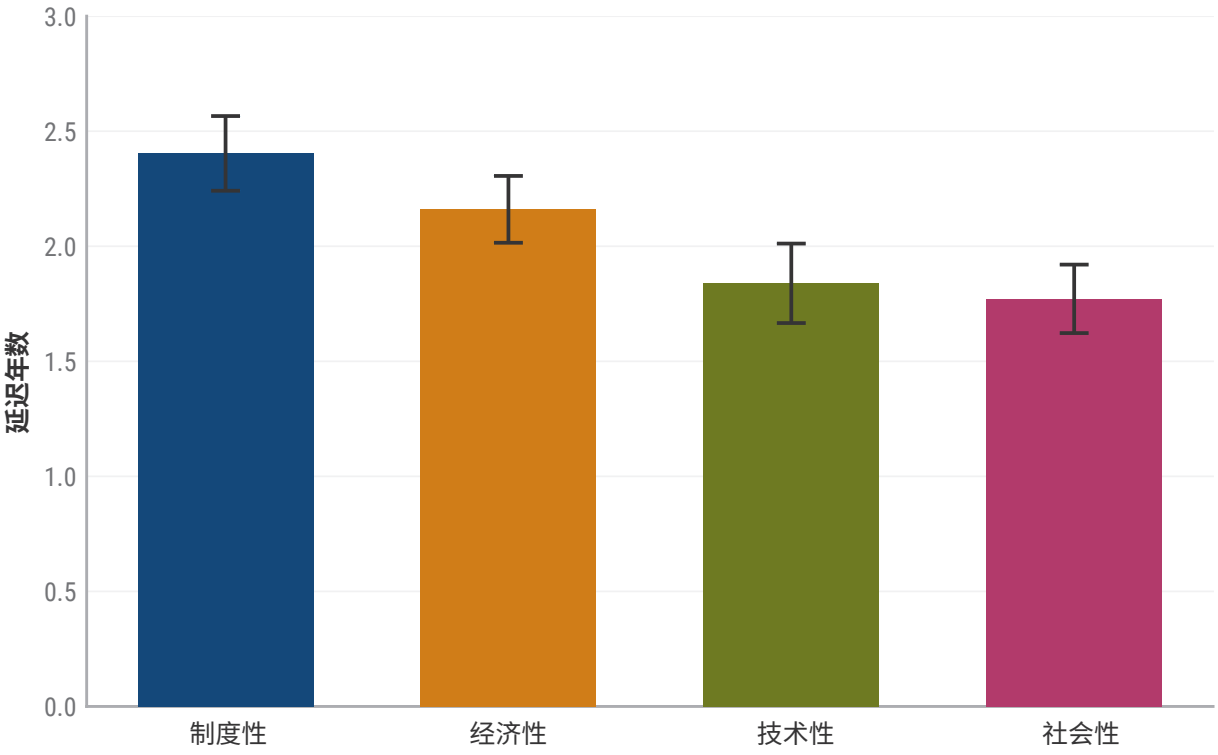
有利条件与技术选择同等重要

资金是否可得、机构能力高低、治理水平和协调机制的差异，是导致同一政策在不同地区效果迥异的关键原因。正因如此，加大对有利环境的投入，可将全面实施时间提前至多十年。

此前大多数经济评估侧重于哪些解决方案需要在何时采用，而对不同时期影响实施成败的因素关注有限。本评估直接填补了这一空白。评估同时表明，实施障碍主要并非技术性的。相反，决策各自为政、执法能力有限、资金不足以及跨部委协调薄弱，才是被最常提及的制约因素——正是这些因素，使经过验证的方案无法以模型预测的速度和规模得到采用，也难以发挥其应有的技术潜力（图ES7）。

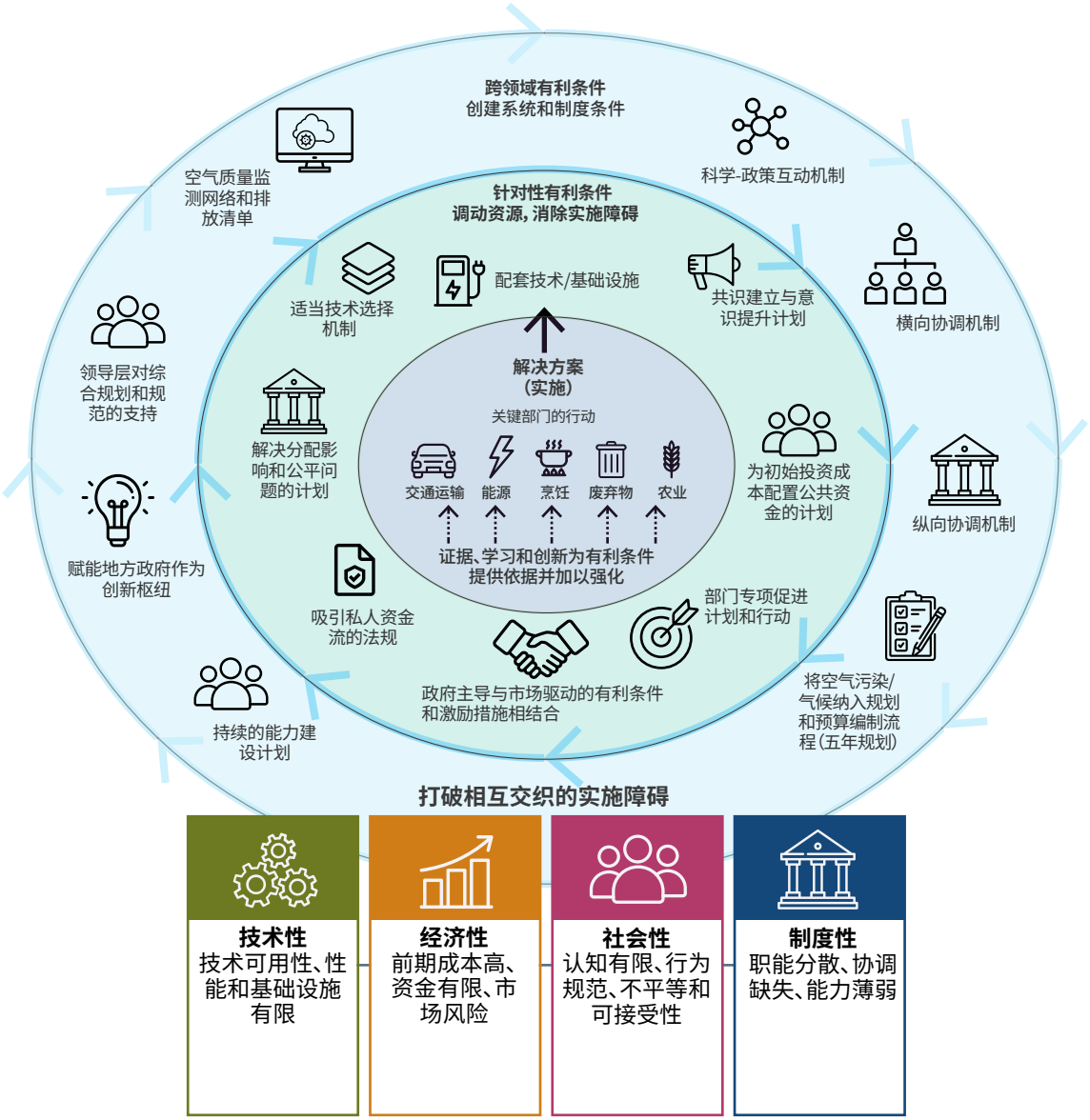
要克服这些障碍，既需要跨领域的制度性改革，也需要针对具体部门的精准改革——两者并举，方可大幅加快实施进程（图ES8）。这25项解决方案横跨六个部门，每个部门都有各自的部委管辖、监管规则和融资渠道。要实现完整的一揽子效益，需要建立能够协调所有这些部门的制度架构——本评估首次揭示了加强机构协调、为监管机构配备执法工具和资源的经济价值。

图ES7：不同障碍的相对重要性，延迟年数。



注：误差线反映中国、印度、墨西哥和尼日利亚四国中，各类障碍对全部解决方案所造成延迟的95%置信区间上下限。

图ES8：打破四项实施障碍以加速行动的16项有利条件。



各国经验表明，这是可以实现的，并非遥不可及。在制度层面，中国的空气污染与气候变化协同控制战略、墨西哥的应对气候变化跨部门委员会，以及尼日利亚将短期气候污染物纳入国家自主贡献的做法，均展示了如何通过政策框架设计来强化跨部门实施。

在方案层面，中国电动汽车充电基础设施的扩建、印度的清洁烹饪普及计划与太阳能任务、墨西哥的国家清洁炉灶项目与电动交通战略，以及尼日利亚关于露天焚烧的公众意识提升倡议及其农村妇女能源安全计划，都表明精心制定的干预措施能同时推动社会与技术的变革。

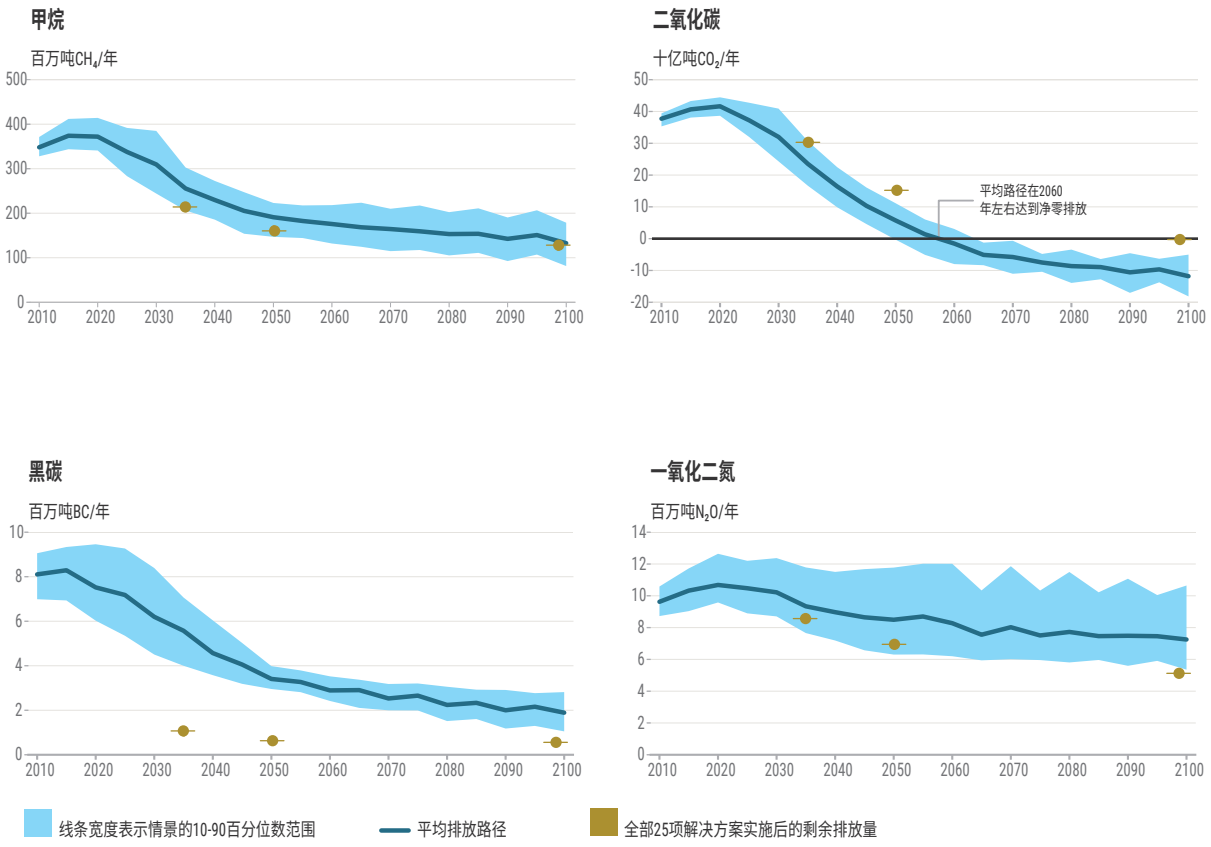
这25项解决方案能够兑现各国政府的现有承诺，而不仅是未来愿景

全面实施这些方案，其推进速度超过实现世界卫生组织（WHO）2040年空气质量死亡目标所需的步伐，并与政府间气候变化专门委员会（IPCC）限制峰值升温的路径相一致。

2025年5月，世界卫生大会通过了一项自愿性目标：到2040年，将人为空气污染导致的死亡在2015年基础上减半。实现这一目标，需要年均死亡人数下降约3.3%。而同期，全球实施这25项综合解决方案每年可带来约4%的降幅，超过了目标所要求的进度。

在2015年《巴黎协定》中，各缔约方同意将全球升温控制在远低于2°C的水平，并力争控制在1.5°C。目前已有广泛评估认为，全球升温超过1.5°C已不可避免；核心挑战在于限制峰值升温、缩短过冲持续时间，并使温度回落至1.5°C以下。对于决定峰值与过冲速度的超级污染物——甲烷、对流层臭氧、氢氟碳化物和黑碳——这25项综合解决方案可将其相关排放降至与IPCC 1.5°C过冲、峰值与下降路径一致或更低的水平（图ES9）。对于二氧化碳，这些方案可实现大幅减排，并在2080年后达到净负排放——但要弥合这些路径所要求的2060年前实现净零排放的剩余差距，还需要本评估范围之外的额外脱碳、土地利用变化和碳捕集措施。在过冲时代，这25项解决方案覆盖了应对措施的全部三个阶段：近期快速减排以立即减缓升温，持续脱碳以限制峰值，以及净负二氧化碳排放和持续削减超级污染物，以帮助温度回落，同时为公共卫生和经济带来即时效益。

图ES9：2010–2100年综合情景与政府间气候变化专门委员会过冲路径关键温室气体减排量比较；甲烷、黑碳和一氧化二氮（单位：百万吨），二氧化碳（单位：十亿吨）。



行动呼吁

本报告比以往任何全球分析都更全面地论证了气候与清洁空气综合行动的经济价值。要快速、大规模地兑现这些效益，需要在五个领域做出明确的政策选择。

- **将综合气候与清洁空气政策作为核心经济战略。**各国政府应将空气质量和气候行动共同纳入国家增长计划、财政框架和投资战略。避免健康成本、提高生产率、降低气候损害带来的财政风险——这些本身就是值得追求的经济目标，应当纳入预算和规划流程。

- **及早并持续投资于有利条件。**各国政府应优先安排能够缩短实施延迟的支出，包括对可负担的融资和风险分担工具、机构能力和跨部委协调，以及规划、预算和执法体系的投入。

- **以快速见效为目标，兑现近期承诺。**清洁烹饪、甲烷控制（解决泄漏、放空、火炬燃烧和有机废弃物问题）、以及交通和空气质量等措施，大多可由各国自主推行，并能在十年内带来直接的经济和健康回报。在推进长期脱碳的同时加快这些方案实施，不仅在财政上是合理的，也是实现世界卫生组织2040年将空气污染死亡减半的自愿性目标、并在1.5°C过冲期间尽可能压低峰值升温的直接路径。那些迅速推进这些解决方案的政府，将获得短期财政空间，为持续气候行动奠定政治基础，并展示其在既有承诺上取得的可衡量进展。

- **国际合作必须建立在实施和融资的现实基础之上。**全球和区域框架的设计，应充分反映各地区在受影响程度和减排成本上的显著差异。基于此，国际合作伙伴应调动资金，用于机构建设、政策制定、技术转让和基础设施投资，以帮助发展中地区应对其相对更重的负担和更大的实施制约。

- **投资于支撑决策的数据和监测基础设施。**本评估表明，完善健康领域的证据基础，会实质性改变经济评估的结论。各国政府应将空气质量监测网络、排放清单和按性别分列的健康数据，视为核心经济基础设施，而非科研领域的辅助性支出。未来的评估，应将这一思路扩展至农业和生态系统中未被充分量化的损失、其他污染物、生物多样性和自然资本，以及包括心理健康在内的其他健康影响领域。同时，应系统收集按性别分列的数据，并将其与建模能力同等重视，视为核心证据投资。

气候与清洁空气综合行动是少数能够快速为本国带来效益、降低财政风险、促进公平，并助力长期经济增长与繁荣的政策议程之一。这25项解决方案已从经济角度充分论证了精准地采取快速行动的必要性。当前所需要的，是以与之相匹配的速度和规模加以推进。

表ES2：“综合行动情景”中实施的25项解决方案。其中包括两大类：（i）4项长期气候解决方案（）和（ii）21项清洁空气（）与近期气候（）解决方案。每项措施均标明其主要减缓目标及减缓协同效益。

措施	简要说明	主要减缓目标	减缓协同效益
能源与化石燃料系统			
发电能源转型	发电能源转型，向利用风能、太阳能和水能发电的转型		
电厂和工业燃烧后控制	应用高效烟气净化技术以减少空气污染物		
油气行业上游排放	回收伴生气，以消除常规放空和火炬燃烧，减少意外泄漏		
油气行业下游排放	减少长输管网、用户输气管线以及炼油厂的泄漏		
煤炭开采	通风瓦斯（CH_4）氧化处理，扩大采前煤层气抽采		
工业			
工业能效标准	提高能效标准，扩大电气化应用		
工业过程排放标准	改进工艺技术，包括己二酸生产		
高效砖窑	提高效率，实施排放标准		
溶剂使用	低溶剂产品、泄漏检测等		
居民炊事与供暖			
家庭能源转型	提高建筑、照明和家用电器的能效		
清洁烹饪与供暖	传统烹饪和固体燃料供暖的清洁替代方案		
交通运输			
机动车排放标准	更严格的排放限值和能效标准		
机动车检测与维护	及时发现并淘汰/维修高排放车辆		
电动汽车	转向使用电动汽车		
非道路机械排放标准	更严格的排放限值和能效标准		
国际航运	低硫燃料，颗粒物和氮氧化物控制		
农业与食品系统			
畜禽粪便管理	控制畜禽生产中的氨和甲烷排放，包括粪便施用、肠道发酵和厌氧消化		
高效氮肥施用	优化施肥时间和用量，使用脲酶抑制剂等		
膳食结构改变	减少膳食中肉类蛋白的摄入		
水稻田	鼓励对持续淹水稻田进行间歇性曝气		
减少农业秸秆燃烧	有效禁止燃烧并提供替代方案		
废弃物管理			
固体废物管理	实施垃圾分类与回收的高效收运体系并开展垃圾填埋场气体回收		
废水处理	采用规范的两段式厌氧-好氧处理工艺，并回收沼气		
其他			
预防森林和泥炭地火灾	改善森林、土地和水资源管理，并加强火灾预防策略		
逐步削减氢氟碳化物（HFCs）的使用	在《基加利修正案》基础上进一步减缓		

特别感谢环境署的资助伙伴。五十多年来，环境署一直是全球环境领域的权威机构，以科学证据为基础推动行动、提升公众认知、加强能力建设，并汇集各方利益相关者。环境署核心工作方案之所以得以实施，离不开成员国及其他合作伙伴向环境基金和环境署地球基金提供的灵活捐款。这些资金为应对气候变化、自然与生物多样性丧失、以及污染与废弃物等挑战，提供了灵活且创新的解决方案。

支持环境署。投资于人类和地球。
www.unep.org/funding

UN environment programme

www.unep.org
unep-communication-director@un.org