清華大學
Tsinghua University

2026
全球碳中和年度进展报告

清华大学碳中和研究院
清华大学环境学院
中国人民大学生态环境学院
中国石油大学（北京）经济管理学院

2026年 9月



清華大學
Tsinghua University

2026
全球碳中和年度进展报告



更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

免责声明

本报告所引材料不在任何程度和方面表达或暗示对于任何国家、地域、城市或地区的法律地位或合法性，以及其版图及边界划分的立场和观点。

报告所述观点仅代表编写团队的研究成果，不代表各参与单位的机构立场。本报告所载资料来源被认为是可靠的，但编写团队不保证其准确性或完整性，也不保证所包含的信息和建议不会发生任何变更。编写团队不对使用本报告所包含的材料产生的任何直接或间接损失或与此相关的其他任何损失承担任何责任。

序言

当前，全球气候变化的影响仍在持续加深，全球温升仍在继续，极端天气事件频发，应对气候变化的紧迫性进一步上升。与此同时，国际能源市场波动、地缘政治风险和产业竞争相互交织，也使能源安全与经济发展的不确定性有所增加。人工智能正推动数据中心负荷快速扩张，也在为能源和电力系统创造更多灵活性。在这一背景下，绿色低碳转型的意义已经不仅在于减少温室气体排放，也日益成为增强能源安全、提升经济韧性和培育长期竞争力的重要途径。过去十余年，全球低碳转型的长期方向已经日益清晰；进入2026年，更需要关注的是，既有目标能否真正转化为持续行动，已经形成的技术和市场优势能否进一步转化为更加广泛、稳定的减排成效。

科学、客观、及时的评估，是推动全球实现碳中和目标的重要支撑。《全球碳中和进展评估报告》持续跟踪各国在目标设定、政策行动、技术创新、资金支持与国际合作等方面的最新进展，深入分析目标承诺与实际行动之间的差距及其原因。经过五年四份报告的持续追踪，本年度报告进一步将关注重点从长期趋势和进展追踪转向行动落实与转型动力，既关注低碳技术和市场取得的积极进展，也追踪这些进展能否持续、能否跨区域扩散，以及政策、资金、基础设施和国际环境能否为其提供有效支撑。

全球绿色低碳转型已经形成了一系列可验证的积极力量。全球已有167个国家提出碳中和类目标。风电、光伏、储能和电动车等成熟技术加快扩散：2025年全球可再生能源新增装机约692吉瓦，再创历史新高， 2025年中国风光合计装机首次超过火电；中国部分光伏加储能项目的可靠供电成本已低于新建煤电；电动车方面，中国2025年纯电动车销量约820万辆，挪威新车销售渗透率已达97%，泰国渗透率一年提升10个百分点至23%。但我们也应看到，2025年全球化石燃料装机与发电量仍处历史峰值，清洁能源快速增长尚未在全球范围内充分转化为对化石能源的替代，技术和市场的局部加速还不等同于全球低碳转型的全面加速。如何把已经形成的积极动能转化为更加广泛、持续的实际减排，是下一阶段需要共同面对的重要课题。

随着低碳技术从示范应用加快走向规模化发展，能源转型的竞争重心也正在由传统的资源禀赋进一步转向技术创新和系统能力。风能和太阳能等清洁能源资源能否得到更

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

加经济、稳定和大规模的利用，越来越取决于电网、储能、灵活性资源和市场机制等系统条件。2025年全球绿氢产能较2024年几乎翻倍，但仍仅相当于IEA净零情景下2030年需求预期的约0.57%；CCUS全球运行项目约77个、远低于约654个的规划项目。特别是在许多发展中国家，高融资成本、汇率风险和基础设施不足仍然制约着清洁技术的规模化应用：多数中低收入国家可再生能源项目的加权平均资本成本仍高于同国化石能源项目，部分国家超过20%。技术、市场、资金和基础设施的协同，是低碳技术转化为实际减排成效的关键。

全球碳中和的实现同样离不开开放、包容和务实的国际合作。开放合作并非绿色转型的附加条件，而是使技术进步惠及更多国家、降低全球转型成本的重要途径。当前，贸易壁垒、融资条件差异和供应链分割正在增加清洁技术全球扩散的难度，2026年6月波恩会议首次举行气候与贸易对话，表明气候与贸易的衔接已进入多边议程。供应链韧性与开放合作并不矛盾，各国应通过更加多元的产业合作、技术交流、投资合作和能力建设，推动绿色技术在更广泛的市场实现可负担、可持续的应用，让更多发展中国家共享绿色转型带来的发展机遇。我们倡导国际社会继续加强沟通与互信，坚持共同但有区别的责任原则，在维护公平与效率的同时，构建更加开放、包容、互利的全球合作网络，共同增强全球低碳转型的动力和韧性。

面向11月在土耳其安塔利亚举行的COP31和2030年前的关键时期，全球气候行动正在从目标承诺进一步走向行动落实。未来几年，国际社会既要持续提升气候目标的执行力和可信度，也要把已经形成的技术优势转化为更强的系统替代能力，进一步改善发展中国家的融资条件，维护开放稳定的技术扩散环境。数据中心等新增负荷与清洁电力增量、电网扩容的时空匹配，也应纳入COP31实施议程。行动越迟，未来需要付出的经济、基础设施和社会转型成本就可能越高。我们期待这份报告始终秉持科学、客观、开放的理念，持续跟踪全球碳中和进展，推动已经形成的局部转型动力不断扩大并转化为更加广泛的实际减排，为全球加速实现碳中和、推动公平转型贡献力量。

报告咨询委员会联合主席：贺克斌 索尔海姆
2026年9月

顾问委员会

顾问委员会联合主席



贺克斌

中国工程院院士
清华大学碳中和研究院院长



Erik Solheim

欧盟亚洲中心主席
联合国前副秘书长兼环境规划署
执行主任

顾问委员会成员

（按姓氏拼音/字母排序）



Patricia Espinosa Cantellano

onepoint5 创始合伙人兼首席执行官
联合国气候变化框架公约前执行秘书
墨西哥前外交部长



Steven J. Davis

斯坦福大学可持续解决方案
实验室主任、普雷科特能源研究所
高级研究员



黄晶

国家气候变化专家委员会委员、
中国21世纪议程管理中心原主任



Phoebe Koundouri

雅典经济与商业大学、剑桥大学教授
联合国《2027年全球可持续发展报告》联合主席、联合国可持续发展解决方案网络全球气候中心主席、
AE4RIA研究中心创始主任



李俊峰

国家应对气候变化战略研究和
国际合作中心首任主任、
学术委员会主任



李阳

中国工程院院士、
中国石油化工集团有限公司
首席科学家

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net



吕学都

腾讯集团碳中和高级顾问



Mukul Sanwal

联合国环境规划署前执行主任
政策顾问
联合国气候变化框架公约前执行
秘书政策顾问



Hans Joachim Schellnhuber

国际应用系统分析研究所
(IIASA) 所长
德国科学院院士



Detlef van Vuuren

乌得勒支大学全球环境变化
综合评估教授、
荷兰环境评估署 (PBL) 高级研究员



张来斌

中国工程院院士、中国石油大学
(北京)学术委员会主任

中国高等教育学会碳中和与清洁
能源教育专业委员会主任委员



赵华林

国务院国资委原国有重点
大型企业监事会主席

按姓氏拼音/字母排序

清華大學
Tsinghua University

致谢

本项目的顺利完成，得益于各研究团队日以继夜的辛勤努力。在此，衷心感谢清华大学的王灿、蔡闻佳、曹媛、陈思彤、董馨阳、范淑婷、葛宇豪、宫再佐、关钰生、郭铠源、胡允澈、黄淳洁、潘彦丹、史欣、孙晋婕、孙若水、武材川、许竣媛、叶文鑫、张昊宇、张天翼、甄紫涵，中国人民大学的张诗卉、周子峻，中国石油大学（北京）的郑馨竺、李子琛，北京航空航天大学的夏成琪，北京工业大学的张坤，中国21世纪议程管理中心的陈其针、张贤、刘家琰、杨念、史正，落基山研究所（RMI）的谢璨阳，世界资源研究所（WRI）的方莉、苗红、蒋小谦，Perspectives Climate Research的Axel Michaelowa、贾子群和Chido Muzondo，以及腾讯的许浩、吕学都、仝玉娟。

感谢专家陈济、Steve J. Davis、Patricia Espinosa Cantellano、樊星、高翔、何东全、Phoebe Koundouri、Mukul Sanwal、Hans Joachim Schellnhuber、Erik Solheim、庞军、王克、王建良、张晓华、张永香（以上排名按姓氏拼音排序）在本报告撰写过程中提供的宝贵意见。感谢腾讯SSV提供的技术支持。

此外，如果需要进一步探讨本报告相关议题，敬请联系清华大学王灿教授（**canwang@tsinghua.edu.cn**）。

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net


行胜于言

清華大學
Tsinghua University

目录

《全球碳中和进展评估2026》执行摘要 10

01
从长期趋势到执行检验：
2026年全球碳中和进展评估框架

1.1 全球低碳转型进入执行能力检验阶段 19
1.2 自上而下承诺增量趋缓下的评估转向 19
1.3 评估框架：从执行差距到转型动能 20
1.4 评估视角的拓展：指标更新与专题深化 22
1.5 数据、方法与解释边界 22
1.6 报告结构 23

02
全球碳中和进展总体评估：
T–P–A–E评分与国家分类

2.1 全球整体进展评估 25
2.2 各国进展模式分类 26
2.3 小结 27

03
全球目标体系转向
执行检验

3.1 目标数量仍在增长，但边际增量放缓 29
3.2 目标质量：覆盖边界、碳移除与消费侧排放 30
3.3 执行可信度：法律、报告与问责机制 31
3.4 行业目标：从规模覆盖转向执行颗粒度 32
3.5 小结 33

04
成熟低碳技术已逐渐形成转型动能，
新兴技术发展亟待提速

4.1 技术进展的总体分化：成熟技术、新兴技术与资源型技术 35
4.2 风光储：从单项降本到系统替代 36
4.3 储能：从配套设施到系统基础设施 38
4.4 三倍可再生能源目标年度更新 39
4.5 电动车：成熟技术扩散的分化样本 41
4.6 氢能：目标与市场错配 42
4.7 CCUS：战略重要但部署不足 43
4.8 森林碳汇与其他技术：资源约束与治理瓶颈 44
4.9 AI：系统灵活性正向动能与新增电力负荷 45
4.10 化石能源退出：扩张与退出不同步 47
4.11 核能复兴：基荷零碳电力的系统价值 48
4.12 小结 49

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

05
金融动能不足 制约低碳技术全球扩散

5.1 气候资金进入政策文本，但战略转化不足 51
5.2 NCQG目标抬高，但资金缺口未缩小 51
5.3 融资成本：技术扩散的隐性约束 54
5.4 碳市场、碳信用与企业行动：机制扩张与可信度问题 55
5.5 小结 55

06
国际合作支撑 清洁技术开放扩散

6.1 开放贸易与国际扩散曾经显著降低风光成本 57
6.2 风光贸易壁垒专题：从贸易冲击到气候目标缺口 58
6.3 小结 63

07
中国案例：规模部署、政策设计与全球成本外溢

7.1 中国在全球指标体系中的位置 65
7.2 中国规模化部署：可再生能源、电动车与绿氢 66
7.3 中国外溢效应：全球风光成本下降与发展中国家收益 67
7.4 中国的系统能力建设重点：消纳、需求侧市场与金融国际参与 69
7.5 中国碳中和政策设计强度评估 70
7.6 小结 73

08
结论与政策展望：从局部加速迈向系统转型

8.1 全球低碳转型进入由技术驱动、由系统条件决定的新阶段 75
8.2 从局部加速到全球转型仍面临三重制约 75
8.3 面向下一阶段的行动重点 76
8.4 结语：把局部动能转化为全球净减排 79

清華大學
Tsinghua University

全球碳中和年度进展报告
执行摘要



更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

一 从长期趋势走向执行检验

经过五年四份报告的持续追踪，全球碳中和进展评估已由识别目标扩张和长期趋势，逐步转向检验目标能否转化为现实行动。本报告是项目发布的第四份年度报告。2025年报告立足《巴黎协定》达成后的2015—2025年十年尺度，形成了一个基础判断：尽管政策周期、能源市场和地缘政治不断波动，全球低碳转型的长期趋势并未因此逆转。进入2026年，年度评估不再重复回答“方向是否改变”，而是进一步判断全球转型的速度是否足以接近气候目标，执行条件是否能够承接快速增长，以及推动转型的动力正在从何处形成。

这一转向发生在气候风险、能源安全与产业竞争相互交织的背景下。极端天气继续显化全球升温风险，新一轮国家自主贡献的集体力度和实施进度仍不足以支撑《巴黎协定》长期温控目标。能源安全的内涵也在重新扩展：一方面，美伊冲突升级及霍尔木兹海峡通航大幅收缩，再次暴露全球石油和天然气供应对关键海上通道与地缘政治局势的高度依赖，油气价格、运输成本和供应预期波动对能源进口国形成直接冲击；另一方面，电力需求增长和高比例可再生能源接入，使电网韧性、储能配置与系统运行成为新型电力系统安全的核心议题。这两类风险共同表明，能源转型不仅是减排议题，也是降低对高风险化石能源供应链的依赖、增强能源体系韧性和自主保障能力的重要安全议程。

与此同时，清洁技术领域的贸易限制、供应链集中和产业竞争，也使技术成本下降能否转化为更广泛的全球部署面临新的不确定性。　国际治理由此出现了更强调实施的尝试。2026年4月，哥伦比亚和荷兰共同主办首届“转型疏离化石燃料会议”，57个国家参与，并启动全球能源转型科学小组，为制定与1.5°C目标一致的转型路线图、破解法律、金融和政治障碍提供科学支持。这类行动联盟可以为先行政策试验和国际合作提供空间，但应补充而非替代联合国气候进程，不能削弱共同但有区别的责任原则、公正转型、广泛参与和IPCC科学基础。面向11月在土耳其安塔利亚举行的COP31，全球气候治理的重点正由目标宣示进一步转向实施条件和行动落地。

在这一背景下，本报告聚焦一个核心问题：当自上而下承诺的边际增量趋缓时，自下而上的执行行动是否已经形成能够持续推进并跨区域扩散的转型动能？具体而言，报告围绕五个问题展开。第一，目标信号是否仍具执行可信度，能否通过政策体系转化为行动和实际减排成效？第二，低碳技术是否已形成市场驱动的转型动能：风光储能否从成本优势走向系统替代，现有增速能否接近三倍可再生能源目标，清洁氢和碳捕集利用与封存等新兴技术能否形成真实市场，人工智能（AI）能在多大程度上优化电力系统，又是否会因数据中心扩张带来新的高耗电负荷？第三，金融条件能否支撑低碳技术进入发展中国家和其他后发市场？第四，国际合作能否维持开放的技术扩散通道，避免贸易壁垒削弱成本下降的全球外溢？第五，中国作为全球低碳技术成本下降和规模化部署的重要驱动力，其在风光储制造、电动车产业链、AI赋能能源系统优化等领域的技术积累和规模经验，如何持续发挥降低全球清洁技术成本的关键作用？能否转化为对全球——特别是发展中国家——可借鉴的转型路径和可获得的技术供给？

二 评估视角：从进展追踪到转型动力识别

本报告延续“目标—政策—行动—成效”（T–P–A–E）纵向评估框架，并在2026年度进一步由进展追踪转向转型动力识别。所谓转型加速，不只是某项技术的装机或销量继续增长，而是行动同时呈现持续性、自我强化性和可扩散性：成本优势能够转化为市场选择，新增低碳供给能够替代而非仅仅叠加于化石能源，基础设施能够承接更高比例的清洁能源，融资和贸易条件能够使成熟技术跨越领先市场的边界。由此，目标以下的技术市场、资金配置、系统基础设施与国际扩散机制，成为判断全球转型是否进入新阶段的关键。

围绕技术与系统能力，本年度评估引入了三组相互衔接的证据。风光储可靠供电成本分析，用于判断可再生能源与储能组合在部分市场和特定可靠性配置下是否具备与新建化石电源竞争的成本基础；三倍可再生能源目标的概率预测，用于区分技术是否继续增长、增长速度是否足以按期达标；储能的独立评估，则从目标、部署、政策和创新四个维度观察其能否由强制配套走向具有独立收益模式的市场主体。这些分析使报告能够进一步区分新增装机和有效发电、技术扩张和系统消纳，以及低碳增量与化石能源存量替代。

围绕扩散条件，本报告把资金可及性和资本成本置于设备成本之外，基于两年期透明度报告构建发展中国家资金需求与接收的对照，并估算不同国家多类能源项目的加权平均资本成本；贸易壁垒模型进一步追踪价格变化如何经资本支出传导至长期装机路径。中国风光成本外溢的反事实分析用于识别规模学习和全球参与对世界成本曲线的影响，AI专题则同时考察预测、调度和需求响应等系统优化潜力，以及数据中心用电增长带来的新增负荷。通过这些证据，本报告试图解释一个关键现象：为什么部分低碳技术已经具备成本优势，却没有自动扩散到所有市场，也没有自动带来全球排放下降。



更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

三 总体判断与主要发现

综合年度评分、专题数据库与模型分析，自下而上的转型动力已经出现，但主要集中于风光储、电动车等成熟技术和部分关键市场。新增装机持续增长，部分技术进入由成本下降、规模部署和市场需求相互强化的扩散阶段；与此同时，全球系统替代尚未完成，金融、基础设施和国际合作也未同步形成覆盖不同发展阶段的加速机制。因此，当前全球转型既不能概括为停滞，也不能判断为全面加速，而是进入局部动力增强、系统承接不足且地区差异扩大的转换阶段。

这一阶段的特征是：局部技术突破加速，但全球扩散遇到瓶颈，制度建设仍在追赶。技术加速是长期目标信号、产业政策和国际扩散共同塑造的结果，而非政策退出后的自然替代。当前，风光储等成熟技术已在部分市场形成成本优势，政策重心正由启动市场转向维持增长：扩展电网和储能、改革并网机制、降低资本成本、促进跨区域扩散，并使新增清洁供给真正推动化石能源退出。制度能否完成这一功能转换，将决定已出现的技术动力能否持续、能否全球化，以及能否最终体现为排放成效。

1 目标共识保持稳定，但执行可信度取代目标数量成为主要问题

>>

全球已有167个国家提出碳中和类目标，目标体系在部分主要经济体政策回撤后仍保持总体稳定，表明长期方向共识具有韧性。但目标时间、覆盖边界和责任机制仍存在明显缺口：仅14个国家承诺在2050年前实现碳中和，仅37个国家的碳中和目标受到法律约束，46个目标国具备问责制度，消费侧排放覆盖仅涉及25国，国际航空航运和独立碳移除等领域也未得到充分纳入。2026年度更新显示，目标与政策维度的改善主要来自制度完备性的边际提升，而非目标数量继续扩张。例如，提出以年度报告机制追踪碳中和目标进程的国家数量从2025年的39个增加到了47个、提出碳中和相关问责制度的国家从2025年的25个增加到了46个。但与此同时，文本承诺不能等同于实际减排；在目标覆盖接近饱和后，应在秉持公平、共同但有区别的责任和各自能力原则下，提高透明度、问责机制和中长期一致性，以增进执行可信度。

167 个
全球提出碳中和类目标的国家

仅 **14** 个
承诺在2050年前实现碳中和的国家

仅 **37** 个
碳中和目标受到法律约束的国家

46 个
目标国具备问责制度

仅 **25** 个
消费侧排放覆盖涉及的国家

2

成熟技术已形成局部市场优势，但达到全球气候目标仍需要持续的政策与系统推动。 >>

692 吉瓦
2025年全球可再生能源新增装机约

10,082 吉瓦
2030年全球可再生能源装机预计约

2025年全球可再生能源新增装机约692吉瓦，再创历史新高。本报告项目样本显示，在部分市场和特定可靠性配置下，风光储已具备与新建化石电源竞争的成本基础：中国光伏加储能项目样本的可靠供电成本约为30—46美元/兆瓦时，低于新建煤电的约70—85美元/兆瓦时。但成本竞争力的改善并不意味着三倍可再生能源目标会沿当前惯性自然实现。按当前趋势，2030年全球可再生能源装机预计约为10,082吉瓦，距约11,000吉瓦的三倍目标仍有约900吉瓦缺口；模型概率预测结果显示目标如期实现的概率极低，仍不到5%。

技术动力已经形成，并不等于气候目标必然实现。风光增长可能在成本下降、政策延续、并网改善和国际扩散作用下形成多轮增长脉冲，也可能因电网约束、许可积压、土地冲突或政策回撤而过早平台化。行动时点并非中性：越晚启动下一轮加速，后续所需的增长斜率、电网改造强度和资金投入越高。当前装机扩张尚未带来全球化石燃料的绝对下降，多国装机占比与发电量占比之间仍有较大差距。下一阶段不能假定技术趋势自动延续，而应以电网、储能、需求响应、跨区输电和灵活性市场持续创造新的增长条件。

3

清洁氢与CCUS的主要瓶颈已从目标设定转向需求、基础设施与商业模式不足 >>

73 %
中美德三国约占全球绿氢产能

88 %
其他国家合计占2030年规划目标的

清洁氢呈现目标与产业能力的结构性错配。中美德三国约占全球绿氢产能的73%，其他国家合计占2030年规划目标的约88%，但仅拥有约27%的现实产能；按现有产能与目标规模比较，目标兑现率约为0.34%，这一指标仅反映产能口径下的静态差距，不代表项目未来一定无法落地。其核心问题在于，许多国家已经提出供给目标，却尚未形成稳定的市场需求和经济可行的商业模式，生产端与终端使用之间的基础设施也不完备。目标雄心与市场能力分布在不同地区，使供给规划难以自动转化为规模化交易。

碳捕集利用与封存同样面临从规划到运行的转化缺口。全球运行项目由65个增至约77个，而规划项目约654个，运行项目与计划项目数量约为1：8.5；项目数量未按捕集规模加权，示范项目和大型商业项目不宜等量解读。要把规划储备转化为实际减排，需要形成碳价、采购标准或行业义务等需求侧机制，建设跨项目共享的运输与封存网络，并通过长期责任安排和公共风险分担降低首批项目的不确定性。两类新兴技术的共同启示是，继续增加供给侧目标不足以形成规模部署，政策重心需要转向需求、基础设施与完整商业闭环。

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

技术成本持续下降，但融资条件的不平等正在重塑全球部署格局

>>

发展中国家的资金需求正在更加充分地显化，但资金可及性并未同步改善。随着35个发展中国家新提交两年期透明度报告，披露资金需求的国家由40国增至66国。披露接收额与披露需求额之比由7.12%降至6.19%。由于BTR中的资金需求与收到的支持在定义和资金类型覆盖范围上并不完全一致，该比值不能解释为资金需求的实际满足率，而主要反映两类披露金额之间仍存在显著量级差距。这一比值下降不能简单解释为资金倒退，其中相当部分源于样本扩展后此前未被识别的需求进入分母；但这一变化也说明，在更完整的需求图景下，现有资金流与转型规模之间的差距仍然突出。以已披露需求为基础配置国际气候资金，并不能替代提高透明度和支持能力较弱国家形成可融资项目。

在可获得样本内，许多中低收入国家可再生能源项目的加权平均资本成本仍高于同国化石能源项目，部分国家超过20%。由于风光项目的支出主要集中在建设初期，其经济性对融资成本尤为敏感；在整体资金成本较高的发展中国家，高前期资本需求与高融资成本相互叠加，收益又依赖长期购电和汇率稳定性（尤其影响跨境投资项目），高利率、汇率风险与政策不确定性足以抵消设备价格下降形成的竞争优势。技术成本的全球趋同因此不会自动带来融资条件的趋同，资本成本和风险分配正在塑造成熟技术扩散的地理边界。国际公共资金若更多用于担保、首损、汇率对冲和本币融资，并与项目准备、基础电网和监管能力建设结合，才能把有限的财政资源转化为更大规模的长期资本。



5

开放的技术扩散仍在降低全球转型成本，但贸易摩擦、新增负荷与治理碎片化正在形成新的约束 >>

在本专题设定的学习曲线与反事实情景下，国际扩散机制对应2010—2024年全球光伏单位降本的约24%、陆上风电的约43%；与中国规模学习及全球参与相关的机制对应累计资金节约约3.877万亿美元，约占全球风光累计资金节约的42.3%。全球成本曲线由多国研发、产业学习、市场扩张与跨境技术扩散共同塑造；这些结果依赖反事实模型设定，虽不代表单一国家对成本下降的唯一贡献，但中国作为这一学习网络的重要组成部分，其规模制造和部署通过全球参与机制放大了成本外溢。

贸易壁垒正在对这一机制形成新的摩擦。本报告模型显示，壁垒首先改变清洁技术产品价格，随后经项目资本支出传导至装机路径；对2030年三倍目标的短期影响相对有限，但长期效应会持续累积，至2050年可能使部分原本能够达标的国家偏离路径。保护措施的收益可能集中于进口国少数本地制造企业，而更高的设备和项目成本则由消费者及尚未建立完整产业链的后发国家承担。供应链多元化具有提升韧性的必要性，但更可持续的路径是通过标准互认、本地制造伙伴关系和工程能力建设扩大参与，而不是以市场分割削弱全球学习和规模效应。

AI进一步呈现正向动能与反向约束并存的特征。现有案例显示，AI可以改善预测、调度、设备运维和需求响应，但证据多来自特定任务和单点应用，尚不能据此认定其已产生普遍的系统级减排效果。与此同时，数据中心用电快速增长正在形成更确定的系统压力；在美国和日本，年度新增可再生发电已不足以覆盖数据中心用电增量。若新增高耗电需求不能与新增绿电、电网扩容和储能建设进行时空匹配，清洁电力可能主要用于满足增量负荷，而非替代存量化石发电。AI治理因而需要同时评估算法带来的效率收益和算力基础设施的完整能源影响。

圣玛尔塔“转型疏离化石燃料会议”和全球能源转型科学小组反映出各国对更直接实施机制和及时科学支持的需求，可以为化石能源转型路线图、金融和贸易政策提供交流平台。但该模式可能以小范围共识替代基于普遍参与的公共科学和政策辩论，其可持续性和有效性仍需进一步观察。本报告旨在提供公开、可比较且可持续更新的科学证据，使行动速度、分配影响和实施差距能够接受共同检验。

对应2010—2024年全球光伏单位降本的约 **24%**

对应2010—2024年全球陆上风电的约 **43%**

与中国规模学习及全球参与相关的机制对应累计资金节约约 **3.877万亿美元**

约占全球风光累计资金节约的 **42.3%**

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

四 面向COP31与2030年目标的行动重点

面向COP31及2030年前的关键窗口，全球气候治理需要把更多注意力转向目标之下的实施条件。结合本报告的评估结果与COP31筹备进程中的焦点议题，以下五项重点具有较强的可操作性。第一，把目标的执行可信度纳入透明度议程的核心。全球167个碳中和目标国中，仅46个具备问责制度、37个以法律形式确立目标，应推动报告机制向“报告—核查—问责”闭环升级，并在NDC 3.0实施与首次全球盘点后续安排中，补齐消费侧排放、国际航空航运与独立碳移除的覆盖盲区。第二，把电力系统承载能力作为衡量成熟技术进展的新标尺。在本报告模型设定下，三倍可再生能源目标的达标概率仅约3.3%，且多国装机占比与发电量占比之差超过10个百分点，说明制约已由装机规模转向消纳与可靠供电；并网许可改革、跨区输电、储能与灵活性资源的稳定收益机制，应与装机目标同等纳入COP31的实施类议题。第三，为新兴技术建立需求侧机制。清洁氢按产能口径的目标兑现率约0.34%，CCUS运行项目与规划项目之比约1：8.5，表明继续加码供给侧目标收效有限，政策重心应转向长期采购承诺、行业标准、碳定价与共享运输封存基础设施。第四，把降低资本成本置于气候资金议程的中心。BTR披露样本中接收额与需求额之比仅约6%，多数中低收入国家可再生能源项目的资本成本仍高于本国化石能源项目、部分超过20%；NCQG的落实应以担保、首损、汇率对冲和本币融资等风险缓释工具为主要抓手，并与项目准备、基础电网和监管能力建设配套，同时如期兑现适应资金三倍目标。第五，维护开放的技术扩散通道，并将新增高耗电负荷纳入电力规划。2026年6月波恩会议首次举行气候与贸易对话，表明气候与贸易的衔接已进入多边议程；数据中心等新增负荷与新增绿电、电网扩容和储能的时空匹配，宜作为COP31实施议程中的新增议题加以讨论，避免清洁电力增量主要用于满足新增负荷而非替代存量化石发电。

不同发展阶段需要差异化的技术推动路径。已经进入快速扩张的领先市场，应防止增长过早平台化，以许可和并网改革缩短项目周期，以容量、辅助服务和现货市场为储能及灵活性资源形成稳定收益，并通过跨区输电降低局部消纳压力。已经起飞但增长不稳的市场，需要保持政策连续性，通过长期采购、区域互联、供应链和运维能力建设形成第二轮增长脉冲，避免初始部署在政策变化后停滞。行动越晚，随后所需的增长强度和系统改造成本越高，因此政策稳定性本身就是实现技术学习和扩大私人投资的重要条件。

尚未形成规模市场的发展中国家，首要约束往往不是资源禀赋或设备价格，而是资本成本、汇率风险、基础电网和工程能力。国际合作应降低项目全生命周期风险，扩大本币长期资金，支持电网和监管基础设施，并维持可负担的清洁技术贸易通道。供应链多元化应通过扩大参与、本地价值创造和区域合作实现，不应把后发市场隔离在技术学习网络之外。在能源系统层面，新增数据中心等高耗电需求应纳入电力规划，与新增绿电、电网和储能进行时空匹配。小多边机制可以推动先行试验，但应与联合国框架互补，维护共同但有区别的责任原则、公正转型和广泛参与，并以IPCC科学共识为基准。技术动力真实存在，却不会自动持续或全球化；能否把局部优势转化为全球排放下降，取决于政策、金融、基础设施和国际合作能否共同承接，且不能以扩大融资鸿沟、分割技术市场或加剧治理碎片化为代价。

从长期趋势到执行检验：2026年全球碳中和进展评估框架

第一章

01



更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

1.1 全球低碳转型进入执行能力检验阶段

本报告是全球碳中和年度进展评估项目的第四份年度报告。上一年度报告在《巴黎协定》达成十周年的节点上完成了基础性判断：置于2015—2025年的十年尺度，全球低碳转型已成为长期趋势，短期政策波动不足以逆转这一方向。这一判断确立后，年度评估的重心相应前移：需要回答的问题不再是方向是否会逆转，而是全球沿既定方向推进的速度与动力机制。

2025年下半年以来的形势凸显了这一转向的紧迫性。物理气候风险方面，世界气象组织确认2025年为有记录以来第二或第三热年份（较工业化前约1.44°C），2026年6月西欧经历有记录以来最热的6月，逾250个气象站刷新历史极值。减排雄心方面，联合国环境规划署《排放差距报告》显示，完全执行NDC 3.0对应的本世纪温升预期为2.3—2.5°C，新一轮承诺对温升预期的改善有限。治理进程方面，2026年6月波恩会议就公正转型机制形成提交COP31的案文并首次举行气候与贸易对话；COP31将以土耳其主办、澳大利亚主持谈判的联合安排推进。能源系统方面，伊比利亚大停电的调查将事故根源指向电压控制、振荡管理等运行环节而非可再生能源本身；国际能源署《电力2026》预计全球电力需求2026—2030年年均增长约3.6%，全球逾2,500吉瓦项目滞留并网队列，电网投资需在2030年前提升约50%。这些事件共同表明：大停电与极端天气并不削弱转型的必要性，而是提示高比例低碳电力系统必须同步建设电网、储能、需求响应、备用容量和系统控制能力；当承诺增量有限而投资已呈结构性倾斜（2026年全球清洁能源投资约2.2万亿美元，接近化石能源的两倍），衡量进展的关键在于执行层面的转型动能是否具备持续推进和跨区域扩散的能力。

1.2 自上而下承诺增量趋缓下的评估转向

自上而下的目标承诺仍然重要：它锚定长期方向、提供国际比较与问责基准，并通过透明度框架约束各国行为。但其角色正在变化——NDC、长期战略与行业目标越来越多地承担进展记录、透明度约束和执行检验功能。真正影响转型速度的，是目标之下的执行机制：技术市场能否形成相对化石能源的系统替代能力，资金条件能否支撑技术跨区域扩散，国际合作能否降低技术扩散成本，电力系统基础设施能否承载高比例低碳电力。本报告由此将评估视角从目标承诺转向转型动能（transition momentum）。本报告将转型动能定义为：在给定维度上，推动低碳转型的正向速度与拖滞或逆转低碳转型的反向速度之差，即两者相抵后的净动能。这一界定的含义是，判断转型是否真正推进，不能只看正向进展的绝对规模，而要看正向力量在扣除反向力量之后是否仍有净剩余、该净剩余能否持续，以及能否跨区域扩散。据此，某一维度即使正向进展显著，若同期反向力量同等或更快增长，其净动能仍可能接近于零甚至为负——这正是全球新增清洁装机屡创新高、而化石能源装机与发电量仍处历史峰值这一表面矛盾的结构性原因。“转型动能”强调净值而非单向增量，可验证性更强。

1.3 评估框架：从执行差距到转型动能

本报告延续“目标—政策—行动—成效”（T–P–A–E）纵向框架，以执行差距为诊断起点，聚焦目标可信度差距、技术部署差距、资金差距与技术扩散差距四类主差距。基于T–P–A–E框架的各国进展评分与国家分类（四阵营）是本系列报告的年度基础产品；本年度的目标与政策维度已按2026年数据库复算，行动维度已按2026年技术部署、技术创新、气候投融资数据更新（化石能源转型沿用上一年度数据），成效维度已按2026年数据库批次中最新可得的世界银行碳排放强度数据复算，其数据年份为2023年。需要说明的是，碳排放强度依赖各国能源统计与国民经济核算的上报与校核，国际数据库通常滞后2—3年发布，因此本报告所称“按2026年数据复算”，就成效维度而言，指采用2026年数据库批次中最新可得的2023年数据，全书涉及成效维度的表述均为同一口径。总体评估与口径说明见第二章。

在差距诊断之上，本报告以五类转型动能刻画转型的动力结构：目标信号动能、技术动能、金融动能、扩散动能与系统承载动能。与上一年度的表述不同，本年度不再将“转型摩擦与约束”单列为并行的一组要素，而是将其还原为各类动能内部的反向分量——贸易壁垒、政策回撤、化石产能扩张、新增高耗电负荷与电网约束，分别构成扩散动能、目标信号动能、技术动能与系统承载动能的负向项，从而使“净动能”在每一维度上都可被分解和检验。各类动能的界定、正向与反向分量、核心指标及本年度判定，统一见表1-1。为提高判断的可验证性，本报告对各维度采用统一的四级判定：已形成、正在形成、尚未形成、出现倒退或转型摩擦；其中“已形成”指净动能为正且具备持续性与可扩散性，“出现倒退或转型摩擦”指反向分量已超过正向分量、净动能转负。表1-1给出本年度评估的诊断矩阵，各章小结据此回答四个问题：该维度的净动能是否形成、最关键的证据是什么、结论适用于哪些技术或市场、最大约束与不确定性是什么。



更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

表1-1 全球碳中和转型动能诊断矩阵：界定、分量与2026年度判定

动能类型	界定（净动能＝正向速度－反向速度）	正向分量与核心指标	反向分量	2026年度判定	适用范围与主要不确定性
目标信号动能 target-signal momentum	目标体系为执行提供可信方向与约束压力的净强度	目标覆盖质量、法律地位、问责机制、温控一致性	政策回撤、目标退出、文本承诺与实际执行脱节	正在形成（信号坚实、问责不足）	167个目标国；问责结论限于可获得制度信息。不确定性：问责与执行数据可得性、政策周期波动
技术动能 technology momentum	低碳技术相对化石能源系统形成市场化替代的净速度	装机／销量增速相对化石路径、风光储Firm LCOE相对化石基准	化石产能扩张、消纳与并网约束、增量叠加而非存量替代	成熟技术已形成（局部）；新兴技术尚未形成	风光储与电动车限于部分关键市场；氢能、CCUS为全球范围。不确定性：Firm LCOE口径与项目样本代表性、消纳与电网约束
金融动能 finance momentum	资金规模与资本成本支撑技术跨区域扩散的净能力	披露样本资金覆盖率、可再生能源相对化石能源WACC差	资金缺口扩大、发展中国家资本成本与汇率风险高企	尚未形成	BTR披露样本（66/68国）与WACC估算样本。不确定性：披露样本偏差、WACC为估算值
扩散动能 diffusion momentum	国际合作与开放贸易降低技术扩散成本的净效果	反事实分解的全球参与贡献、贸易壁垒情景结果	关税与非关税壁垒、供应链分割、治理碎片化	存量机制运转，边际出现摩擦	风光产业链五类产品、25个贸易主体。不确定性：模型情景假设、非关税壁垒量化口径
系统承载动能 system-capacity momentum	电网、储能与灵活性资源承载高比例低碳电力的净能力	装机—发电转化差、并网队列、储能装机与时长、利用小时数	并网排队、利用小时数下降、数据中心等新增高耗电负荷	正在形成（储能规模化启动，滞后于装机扩张）	主要可再生能源市场。不确定性：各国电网与储能统计口径差异、负荷增长预测

注：判定采用统一四级标准——“已形成”指净动能为正且具备持续性与可扩散性；“正在形成”指净动能为正但尚不稳定或覆盖有限；“尚未形成”指正向与反向分量大致相抵；“出现倒退或转型摩擦”指反向分量已超过正向分量、净动能转负。上一年度并列的“转型摩擦与约束”已还原为各类动能的反向分量列。

1.4 评估视角的拓展：指标更新与专题深化

目标维度，完善目标覆盖质量指标（国际航空航运、消费侧排放、全领土排放、碳信用与独立碳移除），新增气候诉讼指标，并对G20行业目标的数据库可抽取变化进行动态追踪。技术维度，新增风光储可靠供电成本分析；完成三倍可再生能源目标年度更新（贝叶斯Richards五组件聚合与达标概率测算）；建立森林碳汇专项数据库（5,211条记录）。资金维度，基于首次两年期透明度报告（BTR1）构建资金需求—接收数据库（披露国家由40个扩展至66—68个）；完成2014—2024年七类能源技术国家层面WACC估算；更新碳定价、碳信用与国际倡议数据。国际合作维度，建成风光贸易壁垒影响分析工具（GSIM与装机成本预测模块耦合，覆盖五类产品、25个贸易主体、四类情景）。中国专题，完成风光成本下降外溢的反事实分解与CGE溢出测算，以及覆盖99条政策、544条工具记录的政策设计强度文本量化评估。储能专项，首次将储能作为独立技术纳入数据库与评估（目标、部署、政策、创新四维，57条政策记录）。AI专题，将其同时作为系统灵活性的正向动能与新增电力负荷纳入评估框架，并完成全球数据中心扩张专题（用电与隐含排放、绿电覆盖、点源集聚与空间错配指数）。总体评估，按2026年数据库复算T–P–A–E四个维度得分并更新国家分类（行动维度按2026年技术部署、技术创新及气候投融资数据更新）。

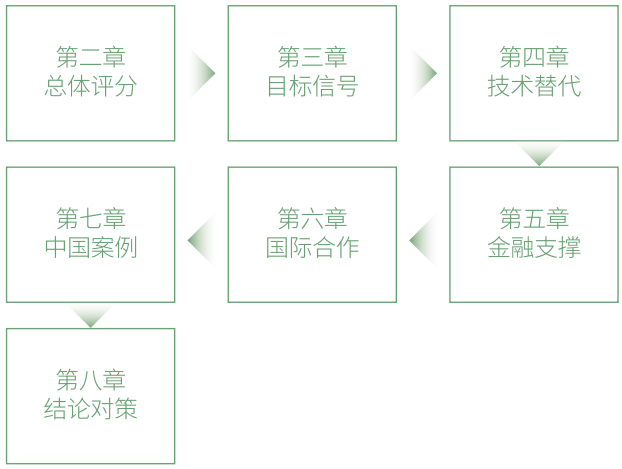
1.5 数据、方法与解释边界

本报告的证据由数据库观测事实、模型预测或反事实结果、研究团队的解释性判断三类构成，正文行文力求明确区分。使用本报告结论时应注意以下边界：其一，各数据库截止时间不同（2026年4—7月不等），跨指标比较需注意时点差异。其二，政策与目标类文本指标反映制度设计，不等于实施效果；政策设计强度不等于执行力度。其三，专利与论文数量反映创新活跃度与格局，不等于技术质量或产业竞争力。其四，森林生物质碳储量为存量口径，不等于年度净碳汇流量；森林面积变化不等于碳汇变化。其五，CCUS等项目数量指标未按规模加权，示范项目与商业项目不可等权解读。其六，BTR资金披露样本不代表全部发展中国家，资金需求与收到的支持在定义和资金类型覆盖范围上并不完全一致，二者金额之比仅用于描述性对照，不代表需求满足率；相关比值的年度变化还受到样本扩容影响。其七，WACC为基于经验框架的估算结果，非直接观测值。其八，三倍目标预测为固定条件外推，不内生模拟新增政策冲击。其九，贸易壁垒与中国成本外溢结果为情景模拟及反事实分解结果，依赖模型设定。其十，AI赋能的量化证据主要来自单点案例研究，不同研究的任务、数据集与基准不同，系统级实证仍有限。

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

1.6 报告结构

本报告余下部分安排如下：第二章基于T–P–A–E框架给出全球总体评分与国家分类（四个维度均按本年度统一口径复算）；第三章至第七章围绕五个子问题展开——第三章评估全球目标信号能否继续支撑执行，第四章评估低碳技术是否形成市场驱动的系统替代能力（含储能评估、三倍目标年度更新专栏与AI双重效应专栏），第五章评估金融条件能否支撑低碳技术扩散，第六章评估国际合作能否维持清洁技术开放扩散通道（含风光贸易壁垒专题），第七章以中国为案例考察规模部署、政策设计与全球成本外溢；第八章给出总体回答、三个传导断点与分层政策优先序。





全球碳中和进展总体评估：T–P–A–E评分与国家分类

第二章

02



目标与政策稳中有升，行动与成效均有提升

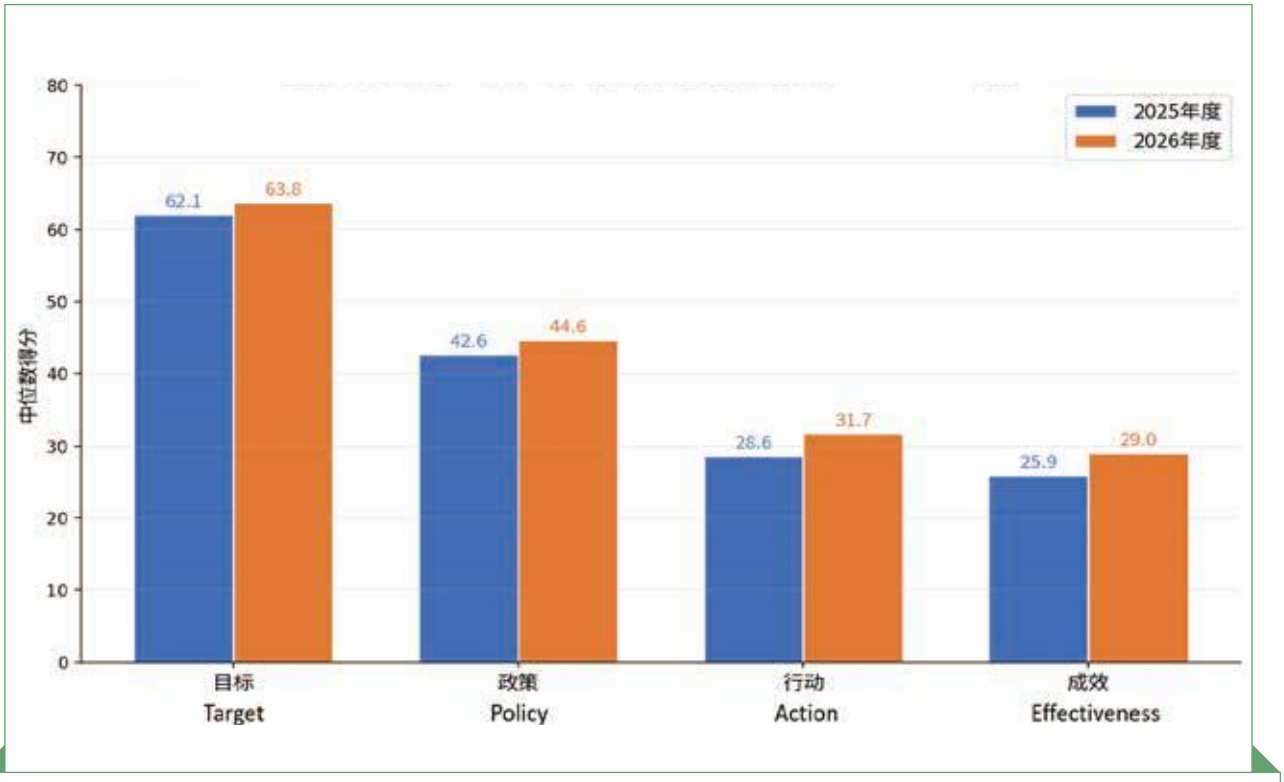
本章基于“目标—政策—行动—成效”（T–P–A–E）框架，对各国碳中和进展进行指标打分与归一化处理（0表示无进展，100表示最佳实践），以四个维度得分的全球中位数刻画总体进展，并依据目标与成效两个维度的相对表现将各国划分为四个阵营。本轮评估口径需要首先说明：目标与政策两个维度已按2026年数据库（截至2026年4—7月）复算；行动维度已按2026年技术部署、技术创新及气候投融资数据更新，其中化石能源转型沿用上一年度数据；成效维度已按2026年数据库批次中最新可得的世界银行碳排放强度数据复算，数据年份为2023年。与目标、政策两个维度采用当年最新文本不同，成效维度存在固有的统计滞后：碳排放强度需以各国能源平衡表与国民经济核算为基础，经国际机构校核后发布，通常滞后2—3年，故本轮可得的最新年份为2023年。这意味着成效维度反映的是既往政策与结构变化的累积结果，尚不能反映最近一至两年政策调整的影响，解读阵营变动时应特别注意这一时滞。本章全部复算结果由编写团队按《指标处理情况说明》及2025年方法执行（TPAE2026复算结果）。

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

2.1 全球整体进展评估

复算结果显示，全球碳中和进展呈现“四维度同步提升”的格局。“目标”维度得分中位数由2025年度的62.1分升至63.8分，“政策”维度由42.6分升至44.6分；“行动”维度按2026年技术部署、技术创新及气候投融资数据更新，中位数由28.6分升至31.7分；“成效”维度按世界银行2023年碳排放强度数据（2026年数据库批次）复算，中位数由25.9分升至29.0分。目标与政策中位数的小幅上升与本报告第三章的指标层观察一致：目标数量接近饱和背景下，得分改善主要来自目标质量与政策体系完备性的边际提升——温室气体覆盖完整性提高、法律化与报告机制扩展、气候金融风险评估与披露扩围、碳定价覆盖上升，而非新增目标的数量牵引。

维度间的结构性反差依然清晰：目标与政策（制度供给侧）的中位数显著高于行动与成效（执行结果侧），四个维度依次递减的阶梯形态没有改变。在承诺增量放缓的一年中，制度供给侧仍在缓慢加厚，这与本报告“制度追赶”的总体判断相符；行动维度中位数由28.6分升至31.7分，显示技术部署与创新层面的边际改善已初步显现，与本报告第四、五章的技术与资金专题分析相呼应。



全球碳中和目标、政策、行动和成效得分中位数(2025vs 2026年度)

资料来源：编写团队按《指标处理情况说明》复算；行动按2026年技术部署与投融资数据更新，成效按2026年碳强度数据复算

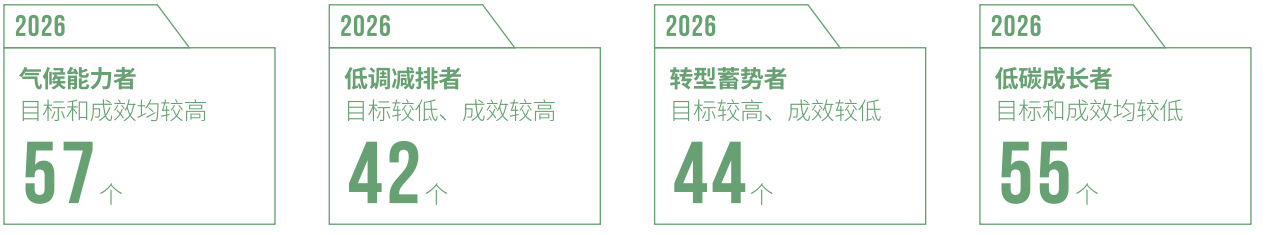
2.2 各国进展模式分类

报告将各国的目标雄心与实际减排成效结合起来，以全球中位水平为界，将198个国家或地区分为四类："气候能力者"（目标和成效均较高）、"低调减排者"（目标较低、成效较高）、"转型蓄势者"（目标较高、成效较低）和"低碳成长者"（目标和成效均较低）。2026年，四类主体分别有57个、42个、44个和55个。与上一年度相比，31个国家发生阵营变化，其中较明显的是：12国由"气候能力者"转为"转型蓄势者"，包括冰岛、土耳其和孟加拉国等；7国由"低调减排者"转为"低碳成长者"，包括俄罗斯、澳大利亚等；同时，也有5国由"转型蓄势者"进入"气候能力者"，包括乍得、尼泊尔和斐济等。总体来看，国家间目标雄心与实际转型成效的匹配关系仍在持续分化。

中国继续处于"低调减排者"阵营。其目标维度得分为46.3分，仍低于全球中位水平，但政策、行动和成效表现较为突出：政策维度得分91.8分，行动维度得分87.2分，均居全球前列，反映出中国在低碳技术部署、技术创新和气候投融资方面形成的综合优势；成效维度得分34.6分，高于全球中位数29.0分，显示碳强度持续下降的长期趋势。因此，"低调减排者"并不意味着减排努力不足，而是反映中国在现有评价体系下呈现出目标评分相对偏低、实际行动和成效相对领先的组合特征。

需要指出的是，部分国家的阵营变化并不完全意味着其气候政策发生了同等程度的实质性转向。本年度更新了碳强度数据，并调整了目标公平性与一致性等部分指标口径，因此德国、澳大利亚等国的得分变化既包含现实进展，也受到评价口径调整影响。对此，更适合关注国家在目标、政策、行动和成效多个维度上的整体变化，而不宜仅依据象限升降判断其气候行动的强化或弱化。

美国是这一点的典型例子。本年度美国由"低碳成长者"进入"低调减排者"：退出《巴黎协定》以及联邦层面目标和配套政策弱化，使其目标得分明显下降，但成效得分仍高于全球中位水平。这并不意味着政策退坡没有影响，而主要反映了过去十余年煤电向天然气和可再生能源转换、产业结构变化以及州级和企业行动累积形成的减排成效。与此同时，本报告衡量的是碳排放强度而非绝对排放量，因此强度改善也不能简单等同于排放总量持续下降。美国当前的位置更体现了"历史累积成效"与"当期政策方向"之间的时间错配，其政策变化对投资、技术部署和减排成效的影响仍需后续持续观察。



更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

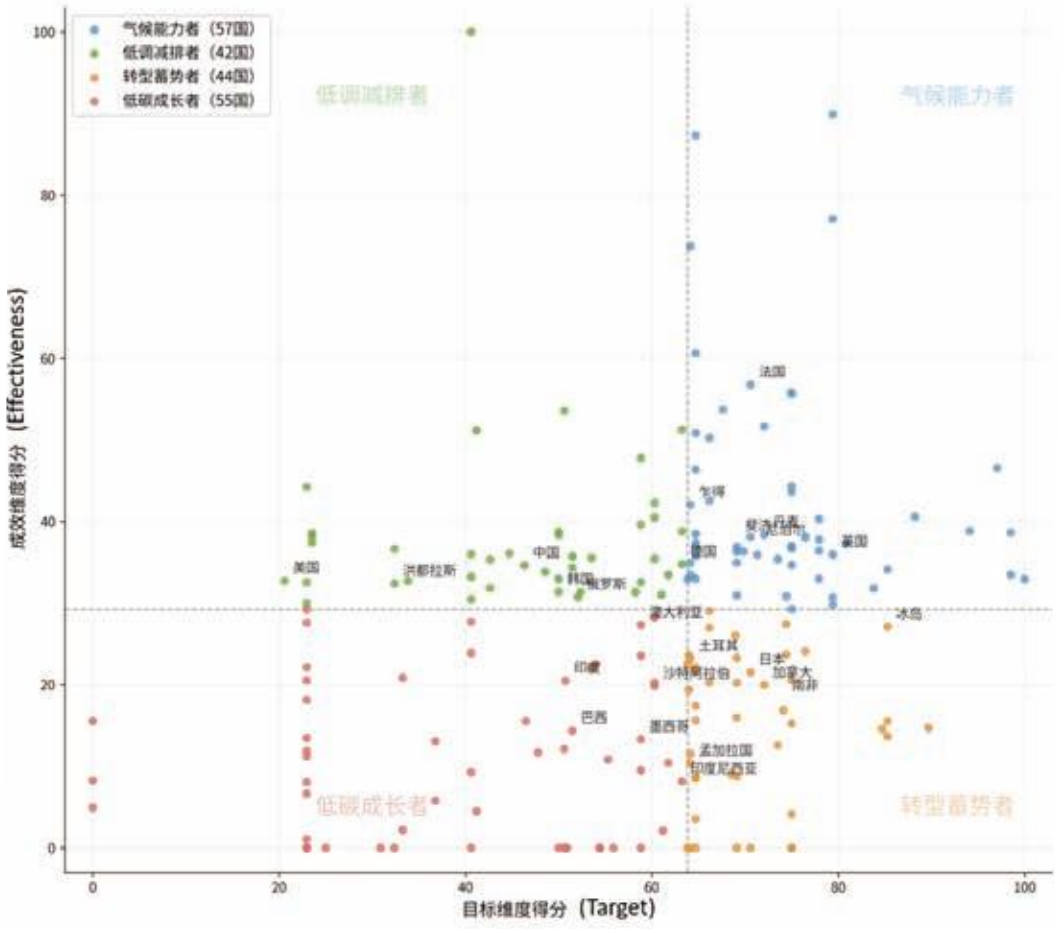


图2-2 各国碳中和进展模式分类（目标2026×成效2026复算）

2.3 小结

综合以上证据，全球碳中和进展呈现四个维度同步提升的格局。目标与政策中位数在承诺增量放缓之年仍小幅上升（62.1→63.8、42.6→44.6），行动中位数由28.6升至31.7，成效中位数由25.9升至29.0；制度供给侧改善来自目标质量与制度完备性，行动维度的提升反映技术部署与创新的边际改善，成效维度的变化反映碳强度数据更新。31个国家的阵营发生变动，本轮变动由目标维度得分变化与成效维度复算共同驱动。制度在加厚、执行在分化，行动维度的提升初步验证了技术部署与创新的边际进展，成效复算显示碳强度下降的长期趋势延续。后续各章将从技术、资金与扩散条件三个层面进一步检验目标信号能否转化为执行成效。

清華大學
Tsinghua University

全球目标体系转向执行检验

第三章

03



目标信号坚实，功能转向进展记录与执行检验

随着碳中和目标覆盖逐步接近饱和，衡量目标进展的重点正在发生变化。目标数量是否继续增加，已不再是判断全球气候治理进展的充分依据；目标能否形成明确的责任边界、稳定的问责机制和可追踪的实施路径，正成为决定其可信度的关键。本章从目标覆盖、法律地位、问责机制和行业分解四个方面，考察全球目标体系能否继续为执行提供方向与约束。评估结果显示，目标信号仍然坚实——数量小幅增长、覆盖结构持续完善，但承诺扩张的边际增量明显放缓，目标体系的功能正从单一方向牵引转向进展记录、透明度约束和执行检验。

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

3.1 目标数量仍在增长，但边际增量放缓

截至2026年5月，在纳入统计的198个国家和地区中，提出碳中和类目标（含碳中和、净零排放、气候中性、温室气体中性、净负排放与负碳排放）的国家和地区达167个（167/198≈84%），其中118个（118/198≈60%）提出净零排放目标。目标体系在个别主要经济体政策回撤后继续扩展，显示长期方向共识具有韧性；但具备碳中和类目标的数量较2025年报告的165个仅增加2个，主要经济体与核心排放部门的目标接近“应设尽设”。时间维度的差距依然明显：仅14个国家承诺2050年前实现碳中和（较上年增加3个）。这意味着即便所有目标如期兑现，目标体系自身也不构成充分的前进牵引，对进展的衡量应从目标覆盖转向目标兑现。各国碳中和目标类型与目标年份的整体分布如图3-1所示。

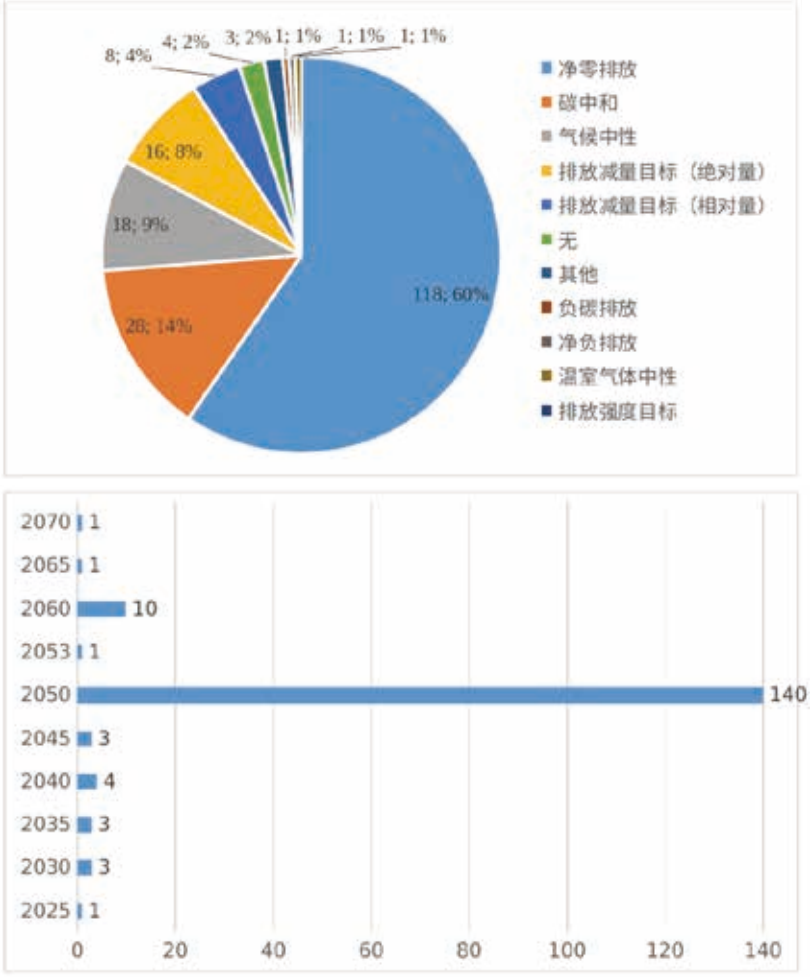


图3-1 碳中和目标类型与目标年份分布

资料来源：课题组数据库（附录图1-1、图1-2）

3.2 目标质量：覆盖边界、碳移除与消费侧排放

从年度变化看，全球碳中和目标的进展已更多体现为目标质量的改善，而非目标数量的扩张。2025—2026年间，提出碳中和类目标的国家仅增加2个，但目标的完整性与执行支撑有所增强：覆盖全部温室气体的国家增加16个，设立独立碳移除目标的国家增加9个，承诺在2050年前实现碳中和的国家增加3个；与此同时，年度报告机制与问责机制的覆盖也进一步扩大。这表明，随着目标覆盖逐步接近饱和，全球目标体系的评估重点正在由“是否提出目标”转向“目标覆盖是否完整、时间安排是否合理、进展是否可追踪、执行是否可问责”。不过，这种质量改善并不均衡，消费侧排放、国际航空航运、碳信用使用以及中长期目标一致性仍是当前目标体系的主要短板。

目标的气体完整性明显改善：148个国家的目标覆盖全部温室气体（较上年增加16个）。但目标边界仍存在系统性盲区：国际航空、国际航运的覆盖分别仅20国和15国；消费侧排放覆盖仅25国、42国明确排除，多数国家仍按生产端责任设定目标；仅60国明确覆盖全部领土排放。目标可靠性同样欠缺：107个目标国未说明是否使用碳信用，仅24国设有独立碳移除目标（较上年增加9个）。

以温控目标衡量，集体力度仍有差距。基于公平分配模型（基于全球历史排放、人口、经济发展及国家气候目标等数据，构建1542种分配方案，并依据四类公平原则计算各国公平温升预算，进一步评估其气候目标雄心指数）的评估显示：已提出净零目标的国家中，38%（75国）在四种公平原则下均符合1.5°C目标，49%（97国）符合2°C目标；多数主要国家净零目标的雄心指数显著高于其2035年NDC雄心指数，长期承诺与中期行动之间存在脱节。138个国家（70%）已在净零目标文件中提及公平，目标叙述的规范性在改善。不同公平原则下碳中和目标与1.5°C温升目标的一致性评估结果如图3-2所示。

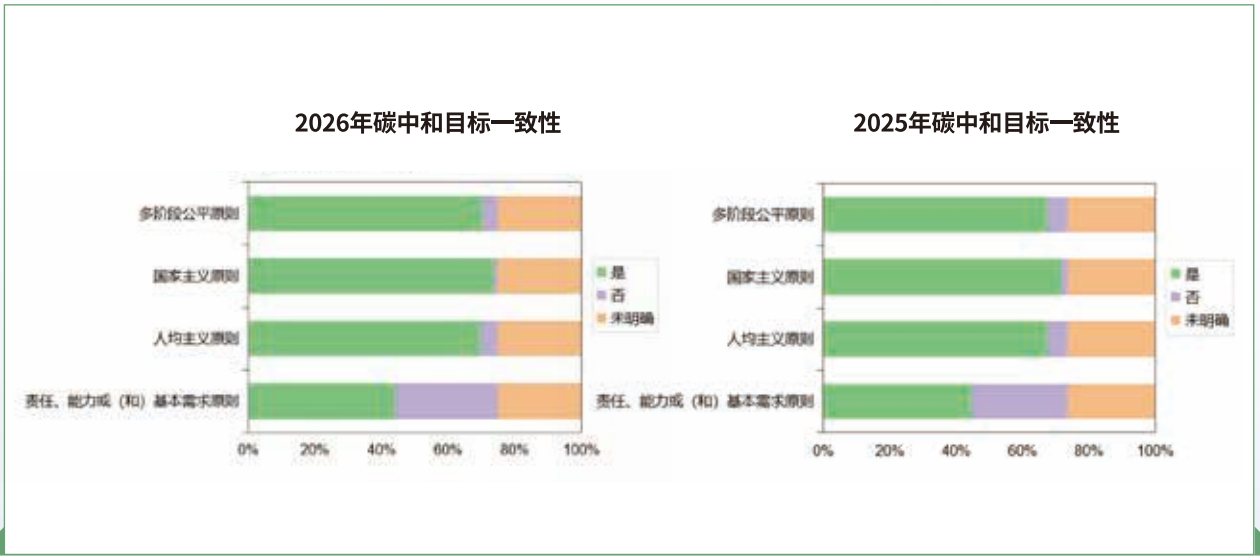


图3-2 碳中和目标的1.5°C温升目标一致性评估

资料来源：课题组公平分配模型测算（附录图1-24）

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

3.3 执行可信度：法律、报告与问责机制

目标的法律化与报告机制已经成形：37国以法律形式确立目标、73国写入政策文件；167个目标国中158个已建立年度或非年度报告机制。气候立法与诉讼活动的观测也在扩展：课题组数据库显示各国气候变化法律平均约58.8部、较2025年报告增加21.4部；气候诉讼为本报告新增指标，全球有66个国家统计到相关诉讼记录、132个国家无记录，绝大多数有记录国家的案件数在20件以下，美国因数据库所在地等因素统计案件数显著偏高（1,935件），宜单列解读，跨国比较还受司法制度与数据库收录差异影响，因此本报告以分布与有记录国家数为主要观察口径。

问责制度显著滞后于报告机制，构成执行可信度的最大缺口。全球仅51个国家存在与气候目标相关的问责制度（较上年增加24个），目标国中仅46个（较上年增加21个）。多数国家能够报告进展，却尚未形成对目标偏离进行纠偏和追责的制度闭环；缺乏问责机制的目标，其执行约束力高度依赖政治周期。各国碳中和目标的法律状态与问责制度分布如图3-3所示。

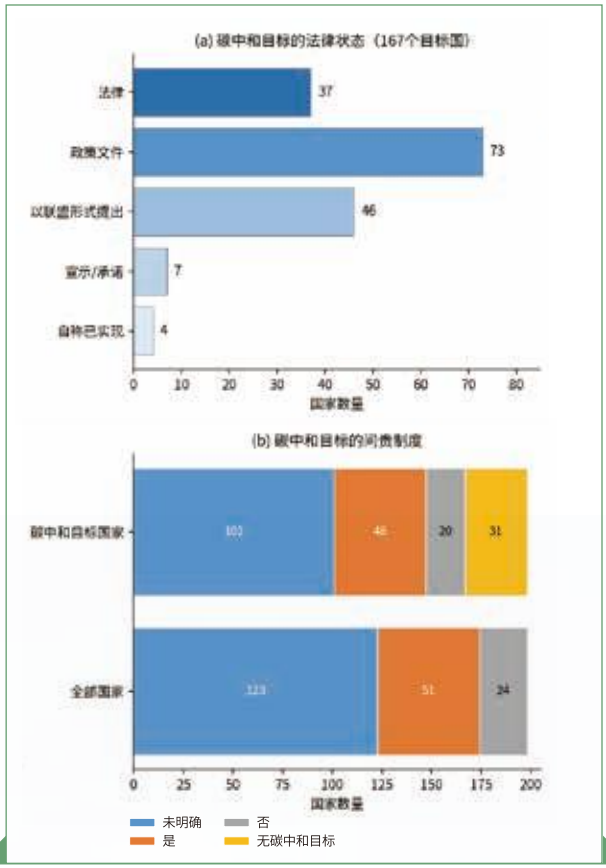


图3-3 碳中和目标的法律状态与问责制度

资料来源：依据课题组数据库重绘（附录图1-8、图1-10）



3.4 行业目标：从规模覆盖转向执行颗粒度

中短期目标与国家路线图覆盖已接近饱和：167个目标国中161个（97%）设有中短期目标，143个具有国家级详细计划。行业层面，基于Climate Action Tracker（2026年4月）的G20口径（17国+欧盟）数据：电力目标覆盖全部18个研究对象，交通16个、工业与建筑各12个构成主干，农业（7个）、甲烷（6个）、废弃物（5个）仍是短板。与上一轮相比，可抽取目标单元总数从80个增至87个，本轮新单列的目标集中于甲烷（4→6）、土地利用和林业（7→10）与建筑（10→12）；同时德国的工业和农业目标、美国的土地利用和林业目标、沙特的甲烷目标在本轮文本中不再单列。需要说明的是，数据库可抽取目标的增减反映政策关注度、目标颗粒度与文本可抽取性的变化，不必然等于政策的新增或取消。

更重要的是行业目标内涵的变化：电力部门的目标焦点转向电网、灵活性、煤电退出与可靠性约束；交通部门的政策重心从新车销售渗透转向充电基础设施、重型交通和航空航运等难减排环节。目标体系从规模指标转向系统能力指标的演进方向，与第四章的技术评估相互印证。G20各行业目标覆盖在上一轮与本轮之间的变化如图3-4所示。

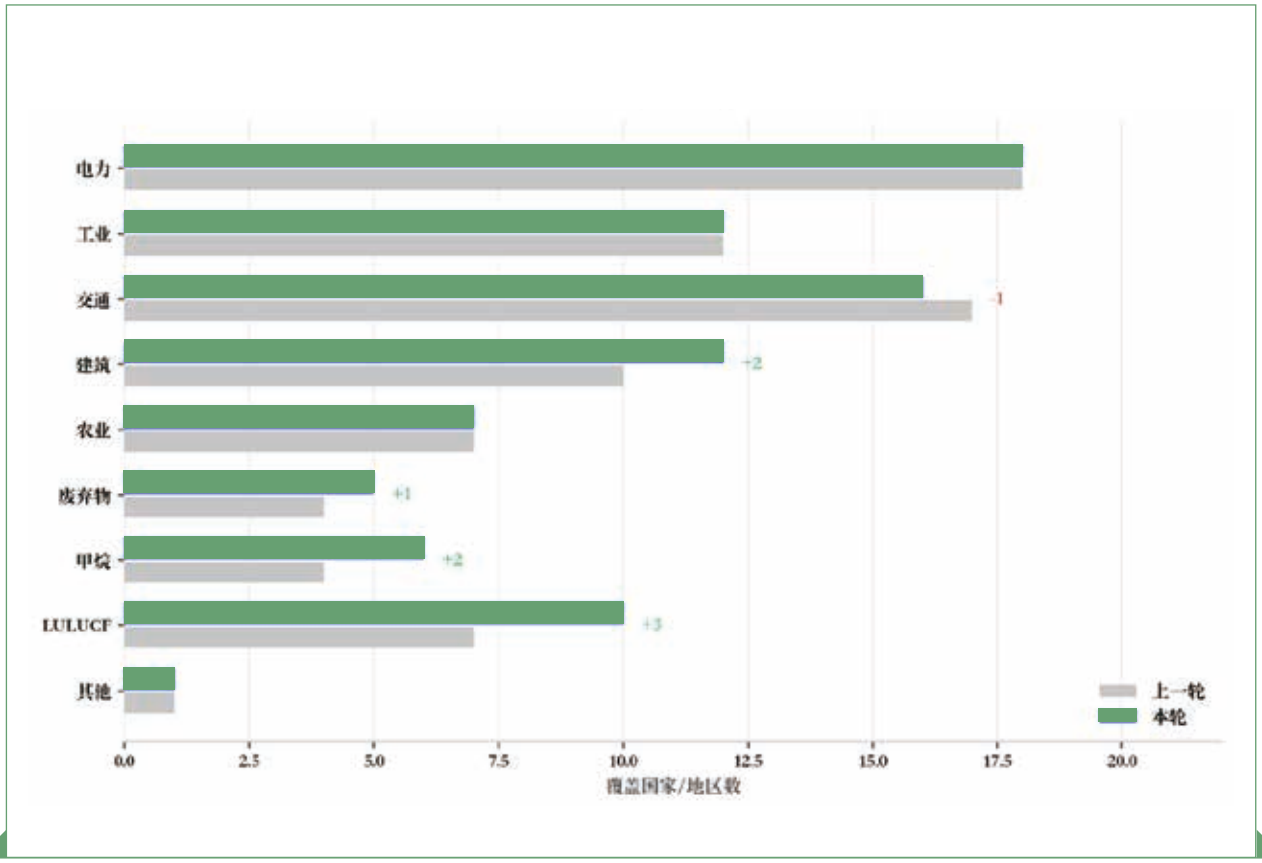


图3-4 G20行业目标覆盖变化统计（上一轮与本轮对比）

资料来源：基于Climate Action Tracker整理（附录图1-17）

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

3.5 小结

综合以上证据，目标信号仍具稳定性，但其对执行的约束主要停留在报告与透明度层面。报告机制覆盖八成以上目标国，而问责制度覆盖不足三成（46/167），这一不对称构成执行可信度的最大缺口。目标数量接近饱和后，问责机制、覆盖边界和中长期一致性将成为决定目标可信度的主要因素。由于相关结论主要来自制度文本，它尚不能替代对实际行动和减排结果的观察，后续章节将进一步从技术、资金和国际扩散三个层面检验目标信号能否转化为执行成效。

46/167

报告机制覆盖八成以上目标国，
而问责制度覆盖不足三成

成熟低碳技术已逐渐形成转型动能，新兴技术发展亟待提速

第四章

04



成熟技术形成局部优势，系统约束成为下一阶段瓶颈

技术部署是当前全球碳中和进程中动力最强的环节，但其进展高度集中于成熟技术与部分关键市场。本章从技术分化格局、可再生能源系统替代能力、储能、电动车、氢能、CCUS、森林碳汇以及AI的双重效应等方面，系统考察低碳技术是否已形成市场驱动的系统替代能力。评估结果显示，可再生能源电力与电动车已形成市场驱动的替代动能，但清洁氢与CCUS存在目标与部署的断裂，节能技术动能放缓，土地系统减缓进展承压。判断技术动能强弱的标尺，已从单项技术成本转向清洁技术系统相对化石能源系统的综合竞争力。

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

4.1 技术进展的总体分化：成熟技术、新兴技术与资源型技术

八类关键技术在目标、政策与部署层面呈三梯队分化（如图4-1所示）。成熟技术（可再生能源电力约160国设有目标、森林碳汇约146国、电动车78国）政策以强制与激励工具为骨干、部署进入规模兑现阶段；新兴技术（清洁氢39国、CCUS 17国，后者一年内由9国增至17国）以量级跃升表达雄心，但政策以投资激励与配套为主、部署尚处起步；资源型技术（生物燃料）仅6个国家或地区设定明确量化目标。创新与部署的空间错位塑造了技术分工格局：中国在制造驱动型技术上创新活跃度与部署规模均居前列，美国的部署优势集中于CCUS与燃料乙醇，欧洲政策制度较为均衡，资源型国家在生物燃料和森林资源上掌握部署份额（专利与论文数量反映创新活跃度而非技术质量，见专栏1-1）。各技术部署高度集中——前三国合计占比普遍在74%以上——技术动能能否全球化，取决于扩散机制（详见第六章）。

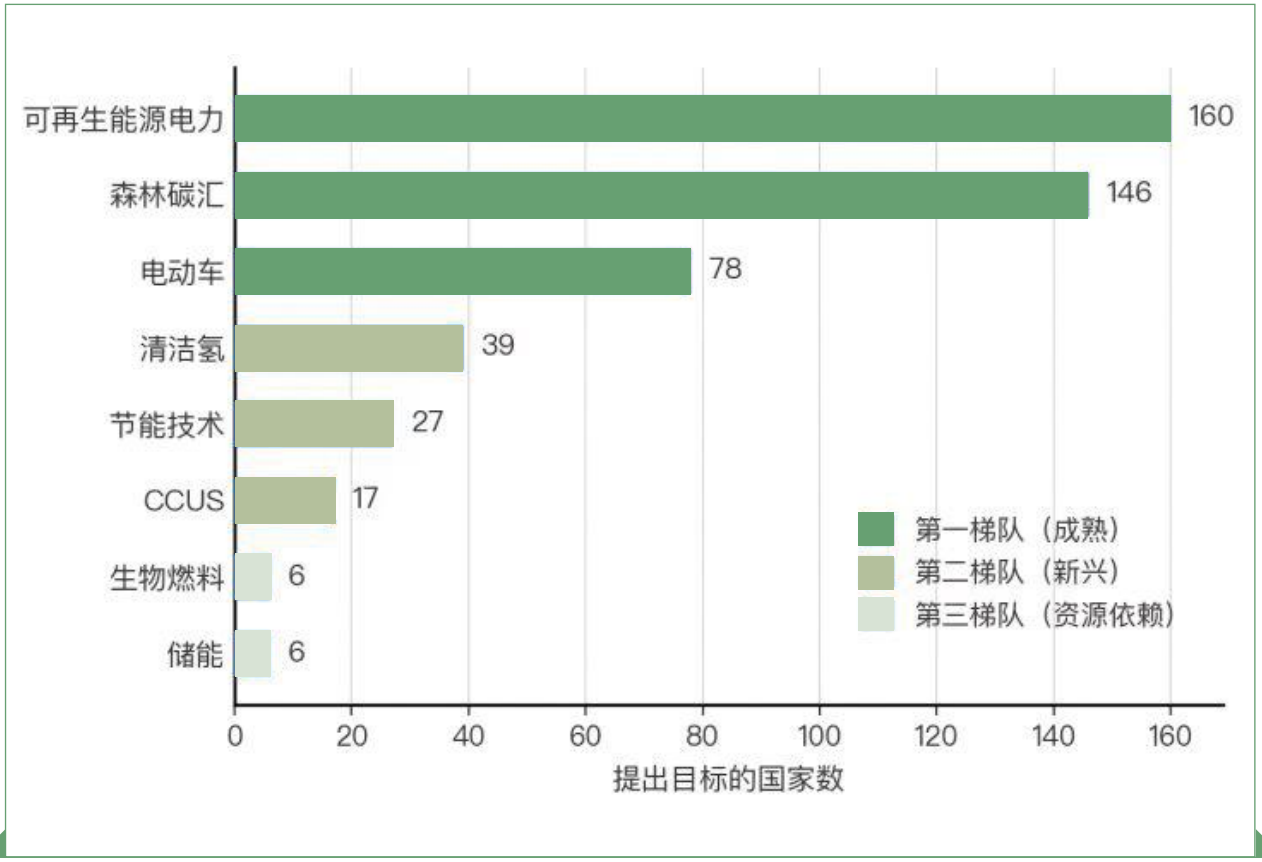


图4-1 提出各类碳中和技术目标的国家数

资料来源：课题组数据库（附录图2-1）

4.2 风光储：从单项降本到系统替代

5,149 吉瓦
2025年全球可再生能源装机约

分析显示，在部分市场和特定可靠性配置下，风光储已具备相对新建煤电的明显成本优势，可再生能源的竞争前沿正从单项技术成本转向系统可靠供电能力。部署规模持续扩大且增量高度集中：2025年全球可再生能源装机约5,149吉瓦（占电力总装机49.4%），年度新增约692吉瓦（同比增长15.5%），其中中国新增约440吉瓦、占全球约64%；中国风光合计装机（约1,840吉瓦）首次超过火电（如图4-2所示）。

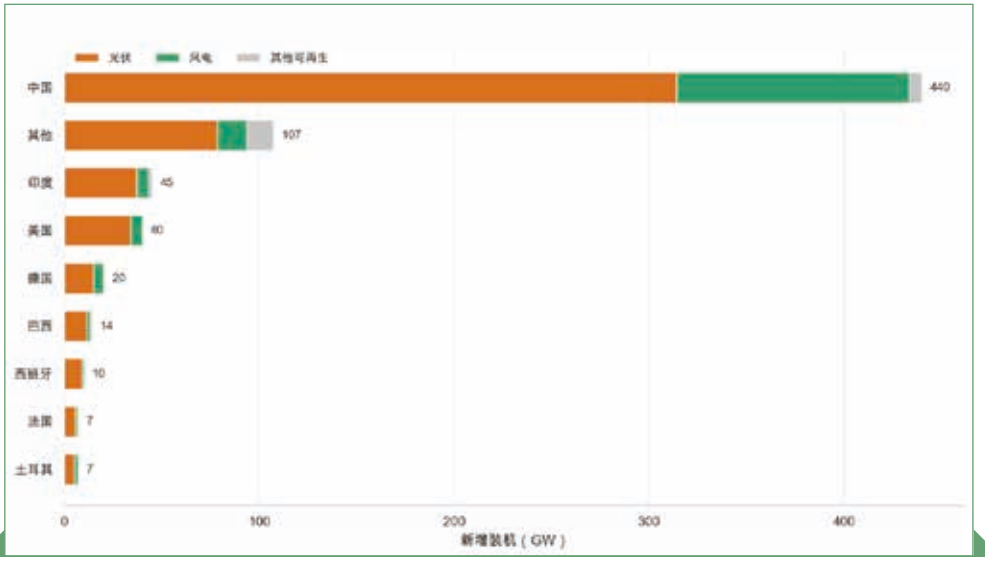


图4-2 2025年主要国家新增可再生能源装机

资料来源：IRENA，课题组数据库（附录图2-11）

30 %
Firm LCOE到2030年可较2025年下降约

成本层面，2024年全球光伏与陆上风电加权平均LCOE（约0.043和0.034美元/千瓦时）已低于多数新增化石燃料发电基准，竞争前沿转向可靠供电成本（Firm LCOE，即包含储能、备用容量等系统集成成本后的综合度电成本）。据IRENA及项目案例数据：中国2024年投运光伏+储能项目样本在90%—99%可靠性下最低约30—46美元/兆瓦时、陆上风电+储能约38—66美元/兆瓦时，低于中国新建煤电（约70—85美元/兆瓦时）与新建气电（通常高于100美元/兆瓦时）；美国运行中风光储项目加权平均约79美元/兆瓦时（对比煤电约119、联合循环气电约77美元/兆瓦时）；澳大利亚项目约51美元/兆瓦时；印度全天候招标约60—65美元/兆瓦时（可用性约95%）（项目样本对比如图4-3所示）。上述比较反映的是特定项目和市场与新建化石电源竞争的成本情况，而非全国层面相对存量机组边际成本的全面优势；相关结果通常不含输配电网扩容、系统备用和跨区互联成本，并受融资条件、合同设计等因素影响。IRENA预计，在优质资源站点、95%可靠性和既定技术成本假设下，Firm LCOE到2030年可较2025年下降约30%。

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

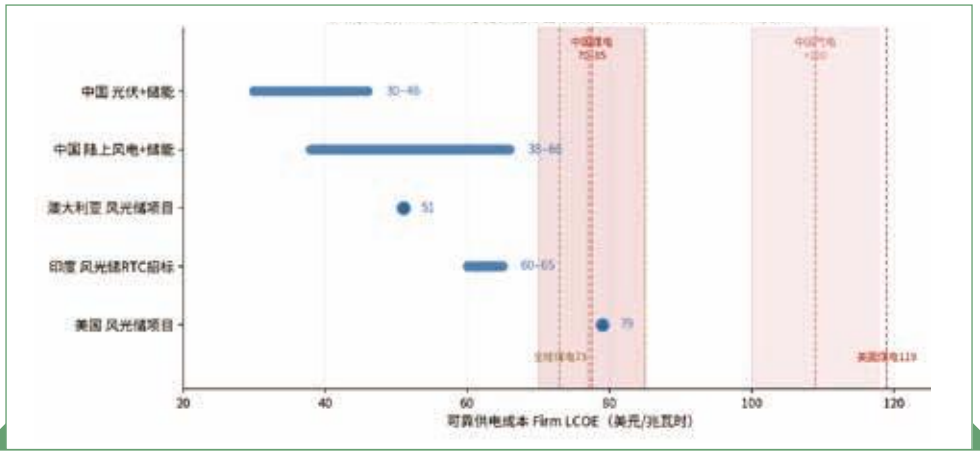


图4-3 风光储可靠供电成本与化石能源基准对比（项目样本口径）

资料来源：依据课题组附录表2-8重绘（IRENA及项目案例数据，2025年）

10 个百分点

多国装机占比与发电量占比之差超过

系统能力与电力安全构成新的检验维度。伊比利亚大停电的调查结论指向电压控制与系统运行环节而非可再生能源本身，其提示在于高比例低碳电力系统必须同步建设电网、储能、需求响应、备用容量和系统控制能力。系统约束正在主要市场显性化：多国装机占比与发电量占比之差超过10个百分点（如图4-4所示）；2025年中国大型发电厂平均利用小时数同比下降312小时，2026年中国光伏新增装机预期回落20%—25%。此次回落预期主要源于2025年新能源上网电价市场化改革节点前的集中并网抬高了基数；从三年滑动平均看，2023—2025年中国光伏新增装机年均约270吉瓦，即使2026年回落20%—25%（约236—251吉瓦），仍高于2023年水平，更接近高基数上的均值回归而非扩张趋势逆转。可再生能源扩张的瓶颈已从装机规模转向消纳能力、可靠供电与系统韧性。

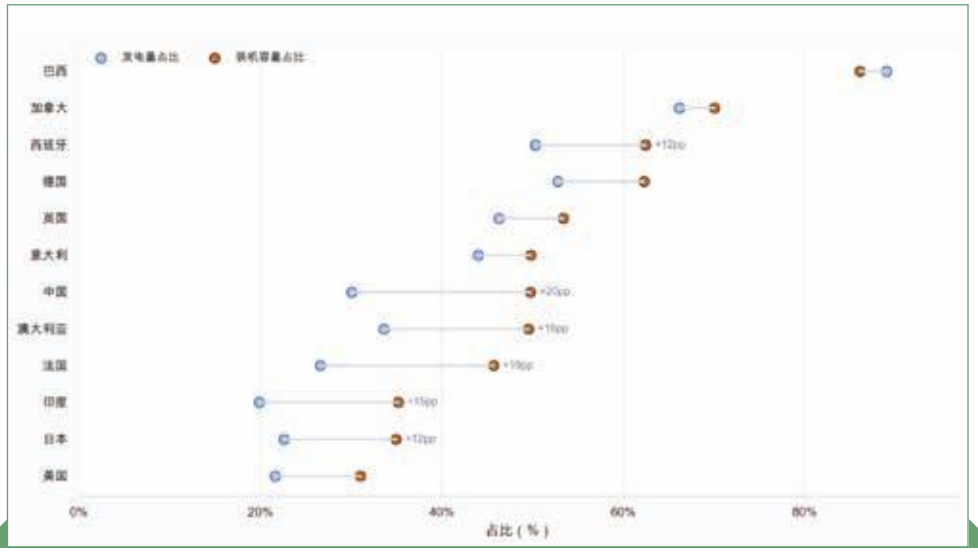


图4-4 主要国家可再生能源装机占比与发电量占比

资料来源：课题组数据库（附录图2-12）

4.3 储能：从配套设施到系统基础设施

储能是高比例可再生能源电力系统由“可装机”向“可消纳、可调度、可保供”转变的关键支撑，本年度首次作为独立评估对象纳入技术数据库。核心判断是：全球储能正由示范性、配套性部署进入规模化、系统化扩张阶段，功能定位从新能源项目配套工具转向灵活性资源、可靠容量资源和能源安全保障手段；其扩张速度并不随风光装机增长自然形成，而取决于能否建立稳定、可预期且可融资的收益机制。

目标层面，储能目标正从单纯装机规模转向兼顾能量容量、持续时长、调用能力与系统价值的复合体系：中国提出到2027年底新型储能装机达180吉瓦以上；英国设置2030年23—27吉瓦电池储能与4—6吉瓦长时储能目标；印度测算2031—2032年度需约236吉瓦时电池储能；美国能源部曾于2021年提出长时储能攻坚计划，以2030年成本较2020年降低90%（至约0.05美元/千瓦时）为目标，该计划在2025年新一届联邦政府上任后的延续性尚待观察。部署层面，各国统计口径差异较大（技术范围、项目状态、功率与能量容量边界不一），跨国比较需谨慎：美国EIA口径运行中电池储能约49.17吉瓦/131.64吉瓦时（平均时长约2.68小时），规划中约63.03吉瓦；中国新型储能（不含抽水蓄能）截至2025年底约136吉瓦/351吉瓦时、较2024年底增长84%，独立储能占比升至51.2%、4小时及以上占比27.6%；澳大利亚容量投资计划第8轮选出约4.2吉瓦/16.1吉瓦时项目（平均时长近4小时）。行业预测显示全球累计储能装机2030年或接近400吉瓦。

政策与价值实现是储能评估的关键维度。课题组数据库收录储能支持政策57条（配套型26条、激励型24条、强制型7条），政策工具已由研发资助与示范扩展至投资补贴、税收抵免、容量市场、辅助服务市场、电价机制与长期招标：美国依托联邦投资税收抵免与州级采购目标、英国依托容量市场与频率响应、德国以光储配套补贴推动分布式储能、中国正由新能源强制配储转向独立储能、共享储能与现货市场等市场化模式（目标2030年新型储能全面市场化）。在市场机制成熟的电力系统中，储能可经容量、辅助服务、批发套利与双边合同多元变现；在市场机制建设中的系统，储能系统效益尚未充分反映为项目收益。长时储能（连续放电10小时以上）开始进入政策主线，电池回收与梯次利用也被纳入产业政策体系。创新层面，2025年前十国储能论文合计48,857篇（中国占约51.2%）、专利合计11,578件（中国占约97.2%，2025年数据可能受公开滞后影响）。储能的评估结论与4.2节的系统能力判断互为表里：它是技术动能从装机扩张走向可靠替代的直接载体（详见附录第2.9节及表2-19至2-21）。



48,857 篇
2025年前十国储能论文合计

51.2 %
中国占约



11,578 件
2025年前十国储能专利合计

97.2 %
中国占约

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

4.4 三倍可再生能源目标年度更新

专栏 4-1

全球可再生能源扩张：逼近三倍目标，但尚未替代化石燃料

方法与口径：三倍目标以2022年全球装机（约3,379吉瓦）为基准、2030年约11,000吉瓦为目标线（IRENA口径，OnGrid+OffGrid）。本专栏对光伏、风电、水电、生物质能、地热能五类组件分别拟合贝叶斯Richards曲线族并经蒙特卡洛聚合得到总量后验分布，达标概率为后验样本中2030年装机超过11,000吉瓦的比例；发电量与化石燃料预测采用同一曲线族（化石序列因仍处历史峰值附近，主线采用Richards/平台型延续，钟形下降仅作为观测到峰后信号后的敏感性分支）。评估为固定条件外推，不内生模拟2026年后新增政策冲击、技术突破或地缘政治事件；中国等大国的阶段判断采用Richards-Pro方法，仅用于国家异质性解释、不并入全球总量测算。（关键口径与不确定性见表4-1）

装机结果：全球装机正处于历史最快扩张期（2023—2025年新增分别约493、585、692吉瓦），但在本模型设定下，2030年装机预测中位数约10,082吉瓦（95%置信区间8,621—11,048吉瓦，预测分布如图4-5所示），对应达标概率约3.3%——实现目标要求2025—2030年年均新增约1,170吉瓦，而当前中位预测对应约987吉瓦，缺口并非源于设备供给能力，而主要受并网排队与消纳能力建设、电网与储能投资节奏、部分新兴市场融资条件等系统环节制约。结构上，光伏与风电合计占2030年预测可再生能源装机的84.2%，中国是全球扩张的决定性变量（光伏处于持续快速扩张阶段、风电呈成熟后再扩张特征）。

替代结果：情景结果显示，2030年全球可再生能源发电量中位数约13,706太瓦时，约相当于化石燃料发电量（约18,354太瓦时）的74.7%——可再生能源发电仍处于先覆盖新增用电需求、再置换存量机组的阶段；2025年全球化石燃料装机与发电量均处历史峰值，现有数据尚不支持其已进入下降通道的判断。综合判断：三倍装机目标是转型的必要条件，不是化石能源绝对替代的充分条件；当前格局更接近增量叠加而非存量替代。（资料来源：三倍可再生能源目标年度更新专题，2026）



表4-1 三倍目标预测的关键口径与不确定性

项目	设定/结果	不确定性与敏感性
目标口径	2030年约11,000吉瓦 （2022年3,379吉瓦的约3倍，IRENA口径）	目标线取整方式影响达标概率的绝对值
模型与数据	贝叶斯Richards五组件聚合； 装机数据至2025年、发电量至2023年	组件级渐近线假设敏感；蒙特卡洛聚合保留组件间不确定性
中位数与区间	10,082吉瓦；95%CI 8,621—11,048吉瓦	近期增速权重对区间上限影响较大
达标概率	约3.3%（后验样本超过11,000吉瓦的比例）	若2026—2027年新增连续超预期，概率将显著上修
固定条件假设	不内生新增政策、技术突破与地缘事件	属于基于历史趋势的外推， 现有后验预测区间能够反映不确定性； 尚未进行考虑政策、技术变化的敏感性分析
化石燃料主线	Richards/平台型延续；钟形下降仅为敏感性分支	峰值判断依赖近三年斜率，数据修订可能改变判断

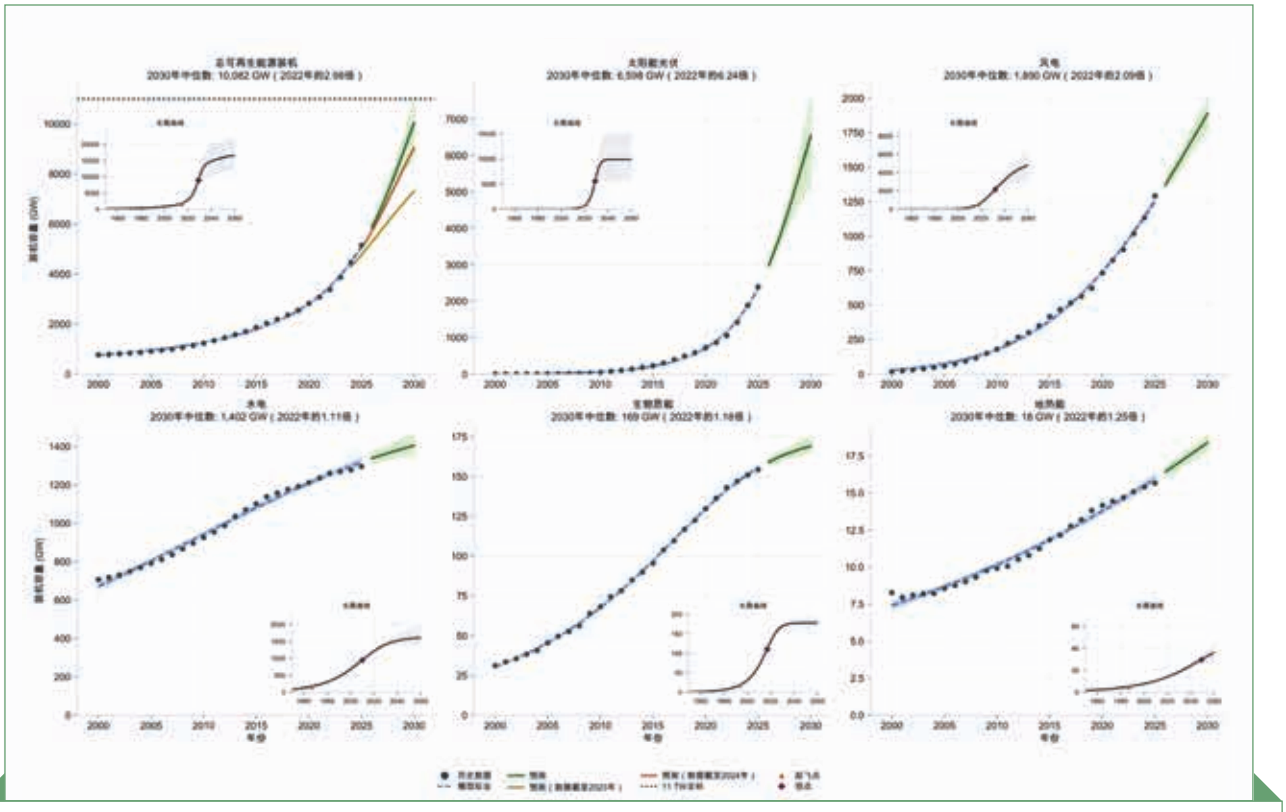


图4-5 全球可再生能源装机预测：五类组件与总量（2030年中位数10,082吉瓦）

资料来源：三倍可再生能源目标年度更新专题（GRECPM/贝叶斯Richards聚合）

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

4.5 电动车：成熟技术扩散的分化样本

电动车技术与市场已经成熟，扩散速度的分化不再取决于技术本身，而取决于市场渗透率与基础设施、产业链、政策组合的协同程度。78个国家和地区提出电动车目标，其中44国设有销量占比目标；2025年44国实际销量占比中位数约19%，37国与其最近一档目标尚有差距（提出2025年目标的5国中，中国和尼泊尔率先达成；各国进展与目标对照如图4-6所示）。差距的分布与市场条件的差异高度一致：目标与销量的落差不发生在技术环节，而集中在充电基础设施密度、本地供应链与车型供给、激励政策连续性等协同要素上。规模上，2025年中国纯电动车销量约820万辆（美国约120万辆）；渗透率上，挪威（97%）、丹麦（71%）居前；越南（40%）、泰国（23%，一年提升10个百分点）等新兴市场成为扩散的新增量板块。领先市场的共同特征是目标、基础设施、产业链与政策组合四要素齐备；渗透率低且增速不足的经济体，共性短板在于基础设施滞后与政策摇摆。电动车案例显示：成熟技术的全球扩散并非自动过程，其速度受各国市场条件与政策协同影响——这正是技术动能需要资金与国际合作配合的原因。

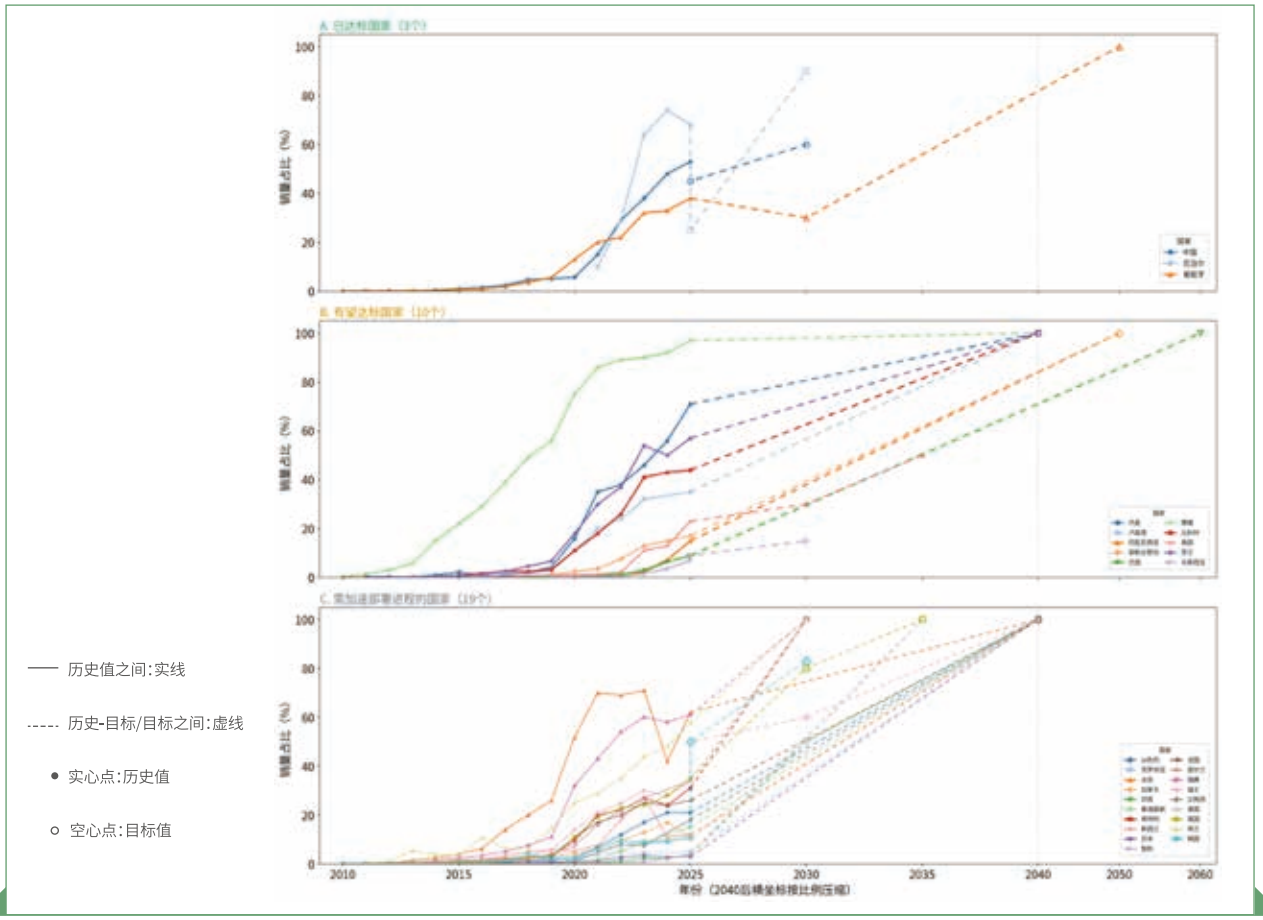


图4-6 各国电动车销量占比的历史进展与战略目标（按达标状态分组）

资料来源：课题组数据库（附录图2-29）

4.6 氢能：目标与市场错配

氢能当前最大的挑战并非目标不足，而是目标、产业和市场之间的结构性错配。2025年全球绿氢产能超过280千吨/年、较2024年几乎翻倍，蓝氢产能扩张27.6%；但全球已投产低碳氢产能约916千吨/年，与IEA净零情景对2030年的需求预期相比仍有约两个数量级的差距（绿氢产能约为该情景需求的0.57%）；按2025年41%的年增长率外推，2030年清洁氢产能约5.1百万吨/年（本报告所称清洁氢包括绿氢——以可再生电力电解水制氢，以及蓝氢——配套碳捕集、利用与封存设施的化石能源制氢，氢氨醇等氢基衍生物不在本节统计范围；口径详见附录）。差距主要源于市场化条件尚不成熟：现有支持政策以投资激励与示范培育为主，储运基础设施与下游应用市场尚未形成稳定预期，项目最终投资决策因此趋于推迟。中国、美国、德国占全球绿氢产能约73%，但目标雄心相对有限（德国2030年目标约100万吨/年，中国于2026年6月将原有的2025年10—20万吨/年目标提升至2030年200万吨目标，美国1,000万吨目标为清洁氢总量、未限定绿氢）。相比之下，三国之外的国家占2030年绿氢宣称目标的约88%而2025年产能仅占27%，按产能口径，其已投产产能仅相当于宣称目标的约0.34%；对于产能处于全球前30以外的国家，其产能之和在全球总量中几乎可以忽略不计，但其2030年宣称目标却超过全球总量的30%（各国产能与目标对比如图4-7所示）。其中，目标规模领先的多为发展中国家：印度的2030年绿氢产能宣称目标（约500万吨/年）为全球最高，纳米比亚、埃及分别提出约150万吨/年的目标，未在图中单独列出的智利、阿联酋等国目标规模亦居前列；这类国家普遍具备优异的风光资源禀赋，但产业配套、工程能力与融资条件不足，其目标兑现高度依赖国际合作与真实需求市场的培育。其他国家主要包括智利、阿联酋、意大利、巴拿马、罗马尼亚、葡萄牙、土耳其、爱尔兰、越南、肯尼亚、哥伦比亚、乌拉圭等（多为发展中国家和新兴经济体）。氢能产业的发展瓶颈难以依靠继续加码目标解决，关键在培育真实市场需求和产业配套，并提高欠发达国家的产业建设能力。

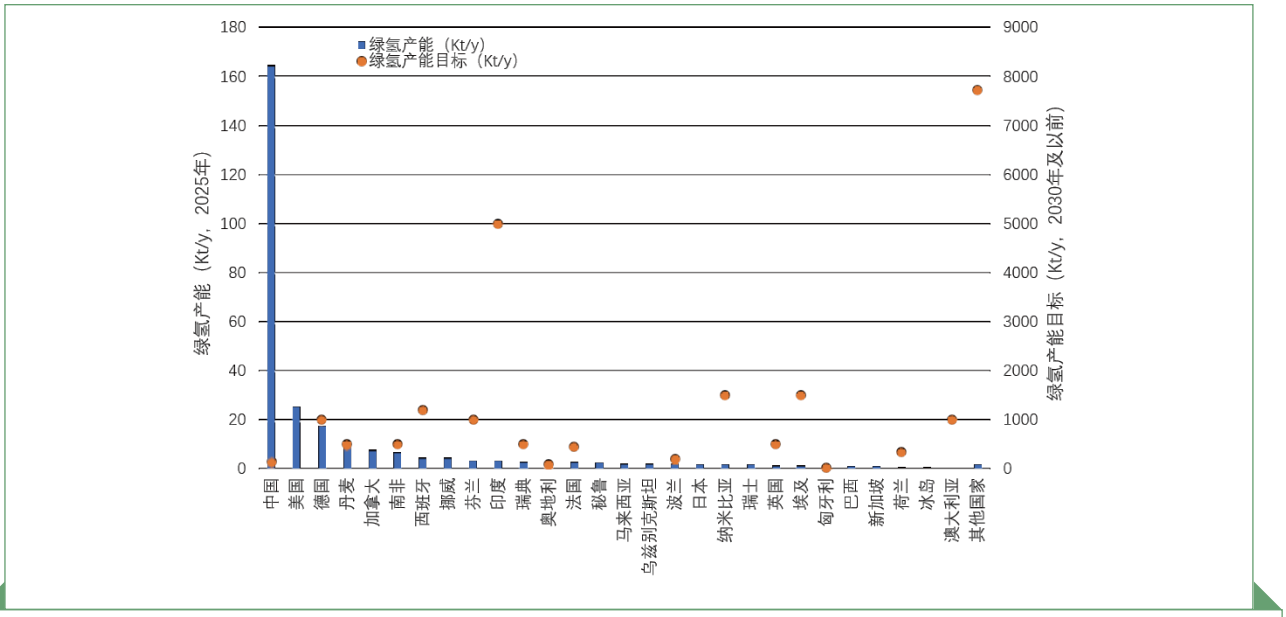


图4-7 全球各国2025年绿氢产能与2030年宣称目标对比

资料来源：技术组数据库（附录图2-42）

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

4.7 CCUS：战略重要但部署不足

9国 ↑ 17国
目标覆盖国家
一年内

65个 ↑ 77个
全球运行中
CCS项目

CCUS在碳中和技术体系中承担托底作用：支撑难减排行业深度脱碳并通过BECCS与直接空气捕集形成负排放。目标覆盖国家一年内由9国增至17国，欧盟（2030年5,000万吨/年注入能力）、英国（2030年2,000—3,000万吨/年）等提出量化目标，38个国家或地区在NDC中纳入或提及CCUS。CCUS部署与雄心之间存在显著缺口：全球运行中CCS项目由65个增至77个，计划中项目由652个小幅增至654个，计划项目向投运的转化仍慢于目标扩张（运行与计划之比约1:8.5）。全球CCS研究院截至2025年7月的统计显示，77个运行设施的名义二氧化碳捕集能力约为6,400万吨/年；但这一指标是设计或申报能力，不等于实际年度捕集量或永久封存量，后两项目前缺乏统一、可比的全球统计。运行项目集中于美国（29个）、中国（20个，居全球第二）、加拿大（9个），一年内运行项目的增加主要来自中国（+4个）、美国（+3个）、加拿大（+2个）等国（如图4-8所示），多分布在捕集成本低或有油气基础设施的场景。当前瓶颈是成本收益不匹配、全链条经营风险高与制度机制不足的叠加（强制型政策仅占14%），商业化推进需要碳定价等需求侧机制与共享运输封存网络的协同。



图4-8 2025与2026年全球CCS运行及规划中项目数量

资料来源：CO2RE数据库，课题组两期整理（附录图2-52）；
2025年数据统计于2025年3—4月，2026年数据统计于2026年5月，项目数为累计存量

4.8 森林碳汇与其他技术：资源约束与治理瓶颈

土地系统的减缓进展承压。约146个国家或区域通过《格拉斯哥领导人宣言》等框架表达承诺，但2021—2025年全球森林面积仍以年均约497万公顷的速度净减少。承诺与实际净变化之间的落差主要出在执行环节：农业扩张与采伐的经济收益仍高于保护收益，监测、执法与绩效付费机制在多数热带国家尚未形成闭环； 2020—2025年全球森林生物质碳储量微增约10.1亿吨碳，其中俄罗斯增加15.7亿吨，中国增加11.5亿吨，巴西减少12.3亿吨（主要国家的增减情况如图4-9所示）（注：森林生物质碳储量为存量指标，不等于年度净碳汇流量；详见附录。）积极信号在于制度建设：热带森林永久基金承诺总额约65亿美元、欧盟零毁林产品法规确认2026年12月底进入合规、高完整性碳信用方法学签发首批信用，森林治理正转向以付费、核算与执行为核心的绩效工具。

生物燃料与节能技术呈现不同形态的约束。生物燃料方面，仅6个经济体设定明确量化目标，燃料乙醇由美国（48%）与巴西（32%）主导，前三国部署合计约占88%，政策以强制掺混比例为主线，部署高度依赖资源禀赋；航空航运减排目标增多提供了新的需求场景。节能技术方面，过去一年核心能耗国中约四分之一更新了目标，专门性政策覆盖12个国家，目标更新与专门性支持政策的节奏整体放缓；以热泵为代表的部署呈现阶段性回落——全球销量从2022年峰值111吉瓦降至2025年105吉瓦（欧盟较峰值下降21%），节能设备市场由快速增长阶段逐步转入相对稳定的发展阶段，创新端论文与专利产出亦同步回落。这两类技术体现了资源水平和治理能力对低碳技术部署的约束。

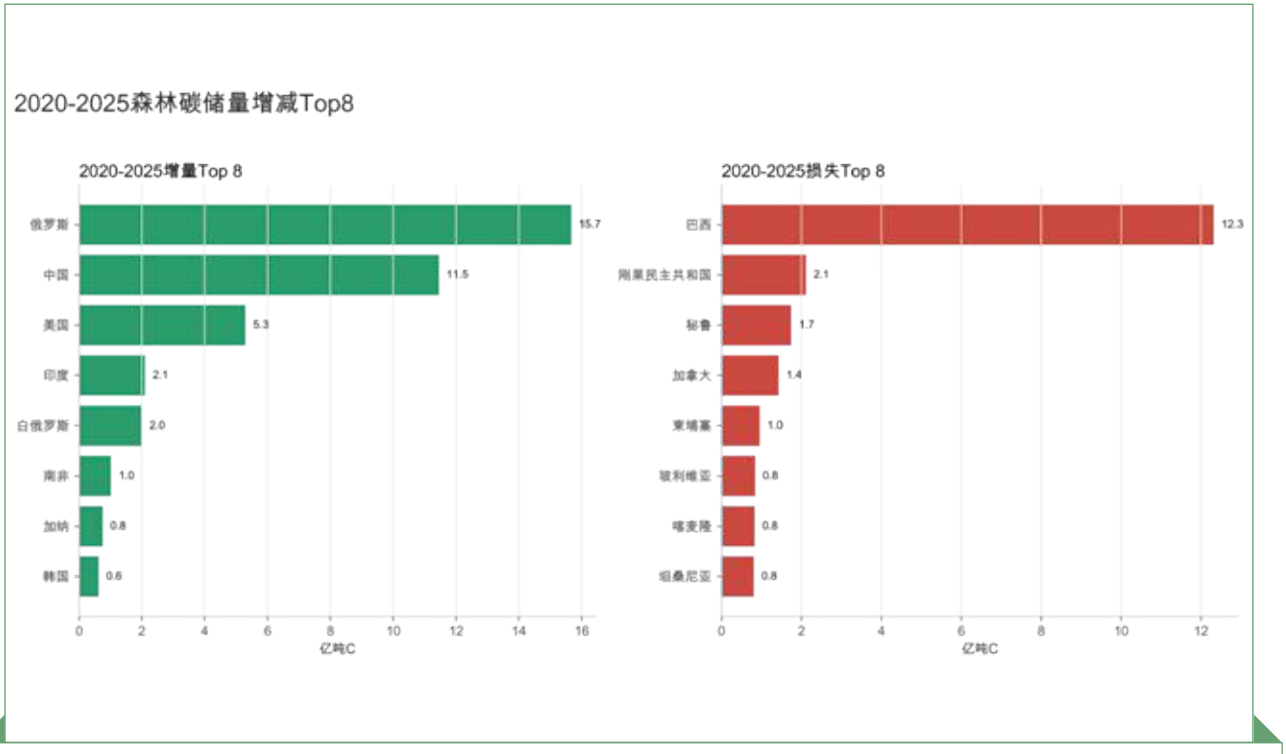


图4-9 2020—2025年主要国家森林生物质碳储量增减（存量口径）

资料来源：FAO FRA 2025，课题组数据库（附录图2-61）

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

4.9 AI：系统灵活性正向动能与新增电力负荷

专栏 4-2 AI：系统灵活性正向动能与新增电力负荷

AI对能源转型同时具有正向和负向效应，本专栏按证据等级梳理依据：正向效应以机制性证据与单点案例为主，负荷侧已具备系统级数据。正向效应方面：机制上，AI可通过风光功率预测、储能调度、虚拟电厂与需求响应提升高比例可再生能源系统灵活性；单点案例证据显示，图神经网络较传统ARIMA模型使多站点光伏日前预测均方误差下降约94%，混合深度学习框架使短期风电预测平均绝对误差下降约84%，深度强化学习在虚拟电厂优化中较传统算法降低网损约15%、提升可再生能源利用率约22%。需要强调，不同研究的任务、数据集、预测时长和基准方法不同，上述误差降幅（10%—90%以上）不能直接横向比较或概括为普遍效果；多案例综合与系统级实证仍然有限。落地还受数据基础、算法泛化、配电网智能化与市场机制四方面制约。

负向效应方面（数据中心专题，系统级数据）：2024年全球数据中心用电约416太瓦时（占全球用电约1.34%），基准情景下2030年可能达约950太瓦时、六年内翻倍以上；其中AI相关数据中心用电2030年可能达200—400太瓦时（占全部数据中心用电的35%—50%）。按全球平均电力排放因子核算的宏观口径，数据中心隐含排放由2020年约132.4百万吨二氧化碳升至2024年约196.0百万吨（占全球排放比重由0.377%升至0.508%）——电网碳强度总体下降，但负荷扩张更快。国别压力分化明显：2024年美国数据中心用电约183太瓦时（占全国用电约4.15%）、中国约102太瓦时（约1.01%）。以“年度新增可再生发电/数据中心用电”衡量的绿电缓冲，中国约5.05倍、印度约4.46倍、欧盟约1.76倍，而美国（0.58倍）与日本（0.68倍）已低于1倍临界线；动态看，2023—2024年中国与美国数据中心用电增速分别快于本国可再生发电增速约4.0和9.3个百分点——若该速度结构持续，新增绿电将更多用于追赶新增负荷而非替代存量化石发电。

设施级点源样本进一步显示，负荷高度集聚使局部电网约束可能先于国家总量约束出现：全球运营中数据中心IT负荷约69.53吉瓦（美国33.37、中国10.15、欧盟10.01吉瓦），美国未来项目容量约46.43吉瓦、扩张压力最为突出；绿色资源空间错配压力集中于美国东部与南部、西欧核心走廊、中国东部沿海及东京、孟买、新加坡等节点（空间分布如图4-11所示）。专题据此提出四项挑战：新增绿电可能主要满足新增负荷而非替代化石发电；局部电网与并网排队构成先行约束；项目级绿电信息缺乏统一可比口径；绿电采购的额外性与时空一致性有待加强——年度账面匹配需逐步升级到区域匹配、小时级匹配与新增清洁电源额外性评估，这正是本报告建议的AI与绿电匹配度（AI–green power alignment)指标方向。（资料来源：AI赋能高比例可再生能源消纳专题；全球数据中心扩张专题，2026。正向效应证据以案例研究为主，负荷侧数据为IEA/Omdia等系统级口径）



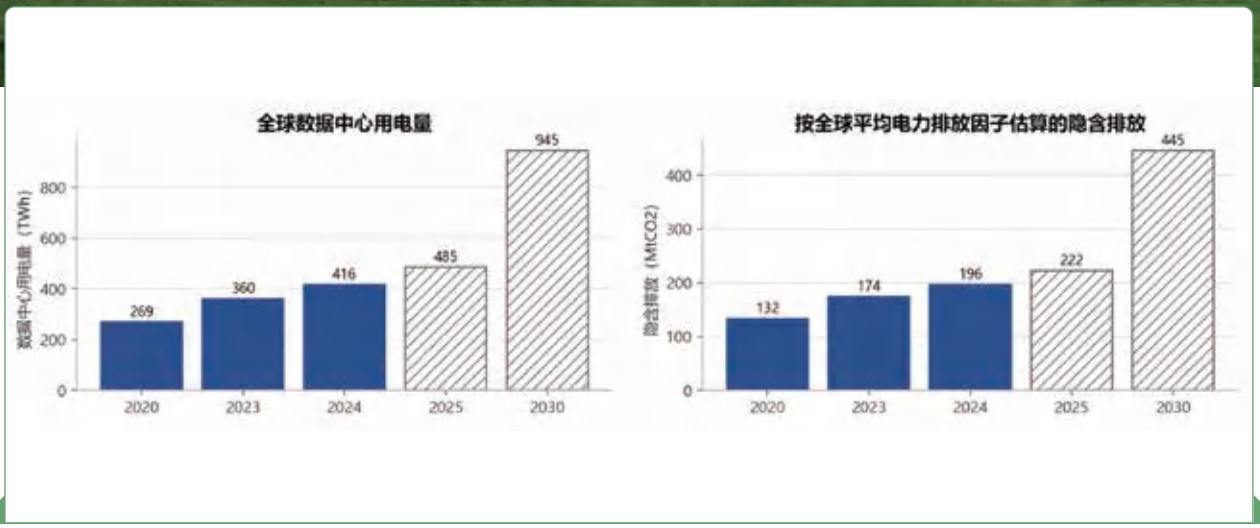


图4-10 全球数据中心用电与隐含排放趋势（2025年及2030年为情景或外推值）

资料来源：全球数据中心扩张专题图1（IEA、OWID/Ember公开序列）

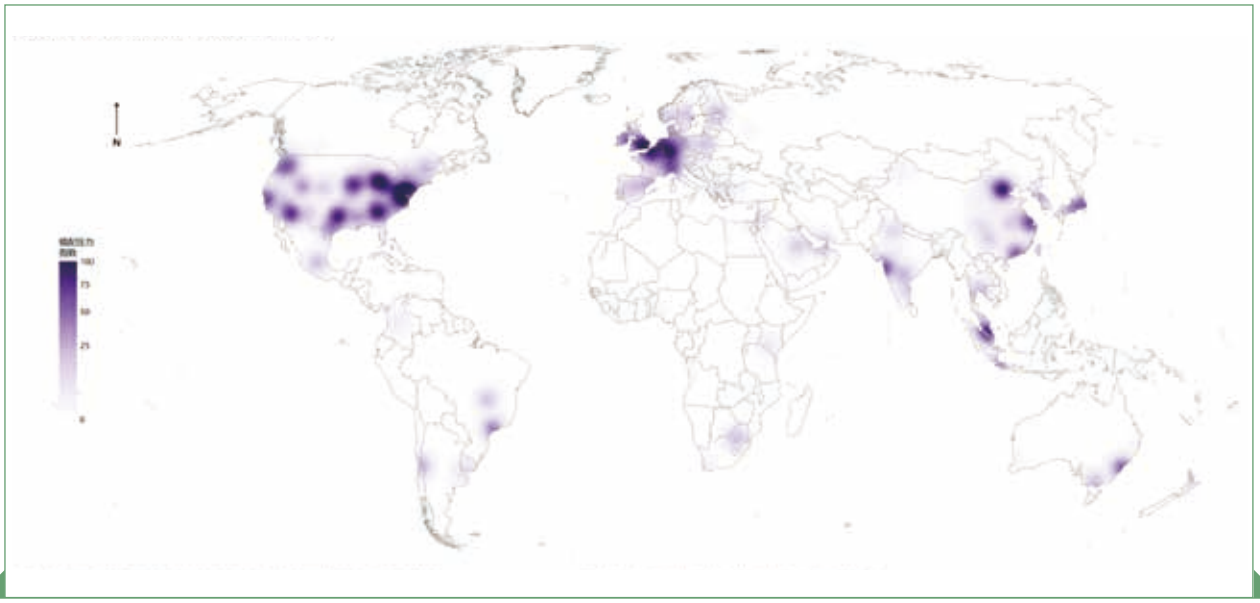


图4-11 全球数据中心绿色资源空间错配压力指数

资料来源：全球数据中心扩张专题图5（Omdia设施级样本，25公里栅格）

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net



4.10 化石能源退出：扩张与退出不同步

化石能源退出缓慢已成为减排目标更快实现的直接制约，其集中表现是退出与扩张同时发生。2025年全球化石燃料装机与发电量均处历史峰值，现有数据尚不支持其已进入下降通道的判断；在本报告情景下，2030年全球可再生能源发电量中位数约13,706太瓦时，约相当于化石燃料发电量（约18,354太瓦时）的74.7%。退出侧的制度基础同样薄弱：设定电力部门化石燃料禁令类强制性政策的国家仅35个（数据截至2023年，REN21 GSR 2024口径，其后未再更新），且以小岛屿国家和欧洲国家为主；国家目标层面煤电退役与新增并存——德国计划2038年关闭最后一座燃煤电厂，南非计划退役12吉瓦煤电，而印度尼西亚仍计划在2029年前新增3.4吉瓦并网煤电、2034年前再增2.8吉瓦，巴西每年新增350兆瓦燃煤发电项目。

退出与扩张不同步由四类结构性机制维系，均非单项技术成本问题。其一，在位资产的沉没成本与搁浅风险。煤电与气电机组回收周期长，提前退役即意味着未折旧资产的搁浅，因此多数在位主体优先选择降低排放强度的渐进路径而非立即退役：中国以煤电低碳化改造为主要抓手，对纳入国家项目清单的煤电机组按度电碳排放降幅要求推进改造；韩国推进燃煤电厂氨混烧，美国2024年出台规则要求新建和改造化石燃气电厂配套碳捕集与封存（该规则目前正处撤销程序中）。各国政策重心与改造节奏虽有差异，但共同点在于在既有资产框架内先行降碳，而非等量置换。其二，能源安全与可负担性关切。油气供应对关键海上通道与地缘政治局势的高度依赖，以及电力需求增长下的可靠保供压力，使各国在替代能力未经系统验证前难以承担退出风险。其三，政策组合仍以激励与支持类工具为主。约束化石能源的禁令类政策在支持政策样本中占比极低，对化石能源的各类支持性安排在样本国家中仍属常态。其四，新兴经济体能源需求仍在增长，在资本成本高企、清洁电力供给能力有限的条件下，化石能源仍是最易获得的供给选项。

退出速度因此构成三倍目标"必要非充分"判断的另一面：装机达标不等于替代实现。若退出侧缺乏明确的退役时间表、碳定价与灵活性改造要求，电力系统可能长期处于"可再生能源增加、化石燃料不见下降"的叠加状态，4.2节所述多国装机占比与发电量占比之差超过10个百分点的滞后将持续存在。国际议程已开始正视这一缺口：2026年4月哥伦比亚与荷兰主办的首届"转型疏离化石燃料会议"以57国参与启动了转型路线图的科学支持进程。本章评估表明，其成效取决于退出机制能否进入国家执行层面。

4.11 核能复兴：基荷零碳电力的系统价值

核能正在多国电力政策中回归，成为基荷零碳电力的再定位选项。附录行业目标库显示，"核电复兴和灵活性资源"已成为电力部门新的支撑变量：韩国将核电占电力结构比重目标设定为2030年32%、2038年36%，并计划2038年"无碳"能源占电力结构的70%；日本维持20%—22%的核电占比目标并允许反应堆延长运行；俄罗斯维持24%的核电占比目标；土耳其提出2035年核电装机达到7.2吉瓦；印度尼西亚规划2033年前投运首座250兆瓦核电站；阿根廷已宣布新建1.2吉瓦机组。

核能的系统价值与本章4.2、4.3节的判断同构：在风光占比上升、系统约束显性化的市场中，零碳基荷与风光波动性形成互补，可降低系统对储能、备用容量与跨区输送的边际需求；其评估标尺不是度电成本的单项比较，而是与"可靠供电成本"一致的系统能力逻辑。核能复兴的另一面是强约束：建设周期长、资本投入大、审批流程复杂，融资成本对利率环境、项目开发周期与建设风险高度敏感（附录3.2.5），扩散速度取决于供应链、监管能力与融资条件，而非政策意愿单一变量。

中国的角色体现在规模与体系两端：核电扩建与风光大规模部署并行推进，为"装机扩张与可靠保供并重"提供了国家样本。大型机组之外，小型模块化反应堆（SMR）被多国视为与数据中心等新增负荷相匹配的潜在选项，但其首堆成本、审批框架与供应链尚未经商业规模验证，部署时点存在系统性推迟的可能。

对本章的总体判断而言，核能不改变"成熟技术局部替代、新兴技术尚未形成动力"的分化格局：本轮核能复兴是对系统可靠性与电力需求增长的回应，能否形成基荷零碳电力的规模性供给，取决于在建项目按期投产、融资成本与安全治理，而非目标宣示本身。



更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

4.12 小结

3.3%
三倍目标2030年
达标概率仅约

综合以上证据，技术动能在成熟技术中已形成局部动力，在新兴技术中尚未形成。最关键的正向证据是风光储在部分市场形成相对新建煤电的明显成本优势，以及电动车在领先市场的自我强化扩散；最关键的反向证据是可再生能源发电仍以增量叠加为主、尚未进入对化石发电存量的系统置换——三倍目标2030年达标概率仅约3.3%——而化石燃料装机与发电量仍处历史峰值。风光储成本优势限于部分市场与特定可靠性配置的项目样本，消纳与电网等系统条件决定装机能否转化为发电替代。技术动能能否从局部走向全局，取决于金融条件与国际扩散环境——这正是后续两章的评估重点。面向下一年度评估，课题组将进一步把化石能源退出与核能纳入专项评估，并关注政策冲击、负荷空间布局调整等社会经济因素对低碳技术扩散的影响。



金融动能不足
制约低碳技术全球扩散

第五章

05



制度框架扩张，但资本成本优势尚未建立

技术成本的下降能否转化为普遍的项目部署，在很大程度上取决于融资条件，而稳定的市场需求、收益预期和可行商业模式又有赖于相应制度政策的支撑。本章从气候资金政策基础、资金规模与缺口、融资成本以及碳市场与企业行动四个方面，考察金融条件能否支撑低碳技术的跨区域扩散。评估结果显示，气候金融的制度框架正在完善——资金议题全面进入国家战略文本、透明度框架建成、碳定价与披露规则扩张——但资金缺口、融资成本与资本流向三重约束依然存在，金融动能尚未形成。技术成本的下降并未带来普遍的融资条件改善，这是当前全球转型中最关键的传导断点。

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

5.1 气候资金进入政策文本，但战略转化不足

89% ↑ 95%
NDC中提及气候投融资的国家比例

截至2026年4月，195个提交NDC的缔约方中123个在过去一年更新了NDC（其中63份为NDC 3.0，全部提及气候投融资）；NDC中提及气候投融资的国家比例由89%升至95%，LT-LEDS中达99%。但提及不等于落实：过去一年仅约8%的国家新增或更新了资金战略信息，各国对资金数额、来源与工具机制的阐述普遍不够明确。制度层面，开展气候相关金融风险评估的国家从128个增至135个，实施强制披露的国家从69个增至75个，披露标准正从自愿性框架转向以ISSB S1/S2为代表的强制性准则体系。政策基础设施在加厚，但从战略文本到可执行、可融资的实施方案仍是普遍缺失的一环。

5.2 NCQG目标抬高，但资金缺口未缩小

发达国家出资总额

650.85 亿美元
2022
↑
512.35 亿美元
2021

NCQG确定到2035年发达国家牵头每年至少3,000亿美元、全社会动员至少1.3万亿美元，COP30进一步要求2035年适应资金至少增至当前三倍；但3,000亿美元的牵头目标仅约相当于发展中国家估算年度需求的四分之一。供给端增长缓慢且高度集中：基于BTR1，发达国家出资总额由2021年512.35亿美元增至2022年650.85亿美元（+27%），日法德美四国合计约占51%。

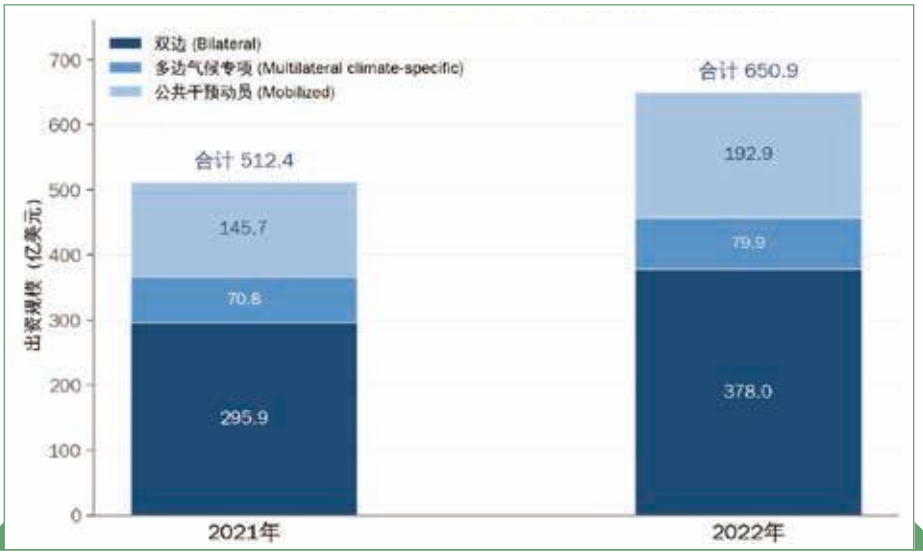


图5-1 发达国家2021和2022年国际气候资金出资规模及构成

资料来源：BTR1，课题组气候资金数据库（附录图3-8）

40国 → 66国

披露资金需求的国家

披露需求总额

6,235 亿美元

↑

4,635 亿美元

需求与接收的对比揭示更深的缺口，但需注意样本口径。随着35个发展中国家新提交BTR，披露资金需求的国家由40国增至66国、披露需求总额由4,635亿美元升至6,235亿美元——增量主要来自披露面扩展而非真实需求的年度上升；披露接收数据的国家由40国增至68国，年度总接收额由330.3亿美元增至386.0亿美元（+16.9%）。据此计算，在已披露数据的样本国家中，披露接收额约为披露需求额的6%—7%。考虑到BTR中资金需求与收到的支持在统计范围上存在一定差异，这一比例主要用于刻画已披露需求与支持规模之间的差距。且这一比例在最新一期略有下降。由于两期样本的国家范围和需求口径不同，这一比例下降在相当程度上反映了此前被低估的需求正在显化。结构性问题更为明确：巴基斯坦、伊拉克、埃及等大需求国的披露接收额与披露需求额之比普遍低于2%，最不发达国家整体比值仅约10%，资金流向更多取决于供给方偏好与项目可行性而非需求与脆弱性。多边公共资金是相对积极的信号：2024年总规模达1,046.4亿美元（+18.8%）、首次突破千亿美元，适应资金占比首次超过30%，最不发达国家获得152.07亿美元（+32%）。



更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

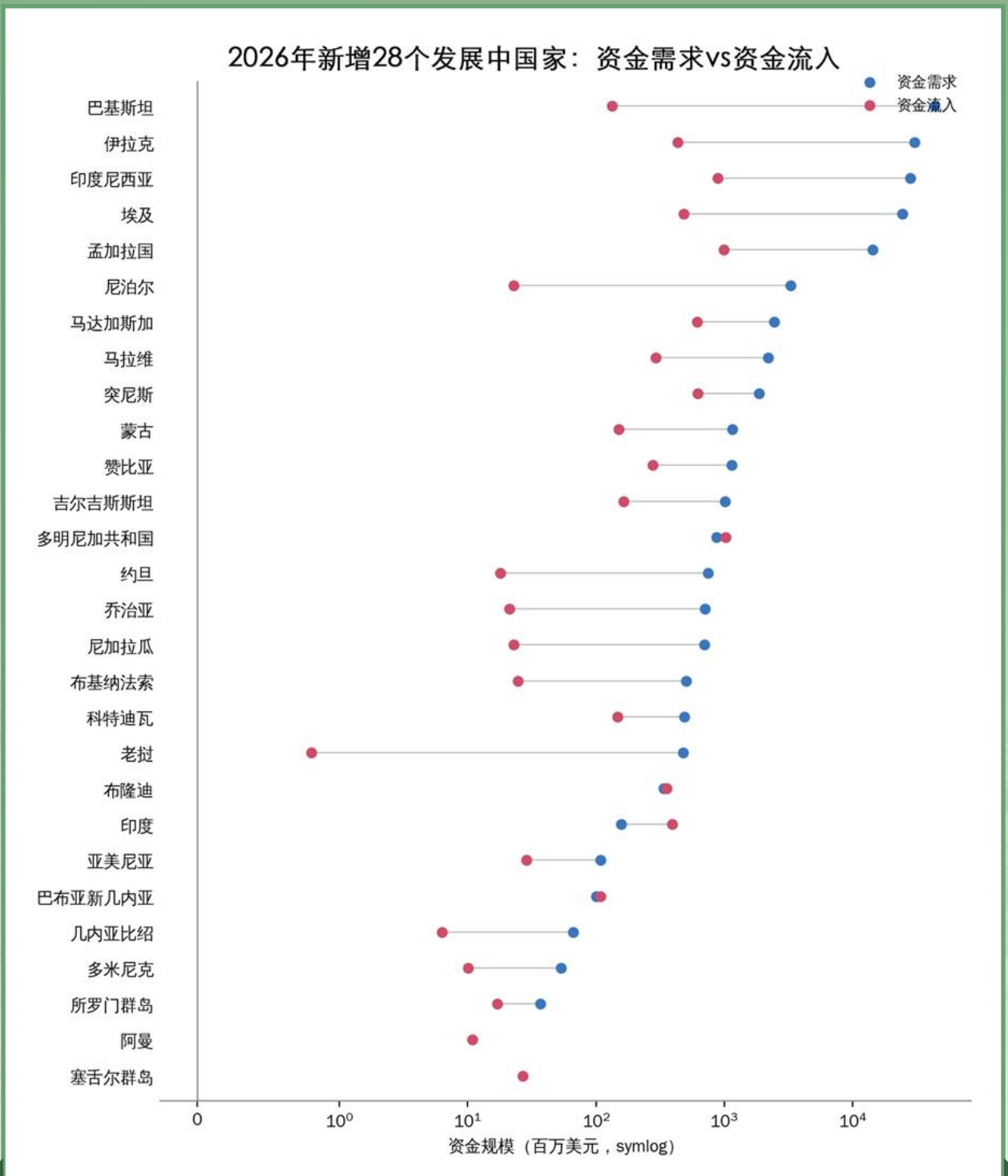


图5-2 新增28个发展中国家的资金需求与资金流入对比（披露样本）

资料来源：BTR，课题组气候资金数据库（附录图3-12）

5.3 融资成本：技术扩散的隐性约束

融资成本是理解技术降本为何未转化为普遍部署的关键变量。本报告基于国家—技术层面的经验估计框架（综合债务与股权成本、资本结构、国家与技术风险；对缺失国家—技术组合按相近样本插补）测算了2014—2024年七类能源技术的加权平均资本成本（WACC），结果为估算值而非直接观测。估算显示：全球能源技术WACC呈先降后升的阶段性变化，2022年后受加息与通胀推升普遍回升；在可获得样本内，多数中低收入国家可再生能源项目的WACC仍高于同国同年化石能源项目，部分超过20%、个别接近30%。与此同时，可再生能源项目普遍具有前期资本投入占比高的特征，对融资成本变化更为敏感；在整体资金成本较高的发展中国家，这一资本密集型特征与较高融资成本叠加，进一步削弱其相对于化石能源项目的经济性。这意味着全球能源转型的主要约束已不只是技术成本差异，而在于高昂的资本开支需求与发展中国家较高的融资成本相叠加，使约束更为突出。

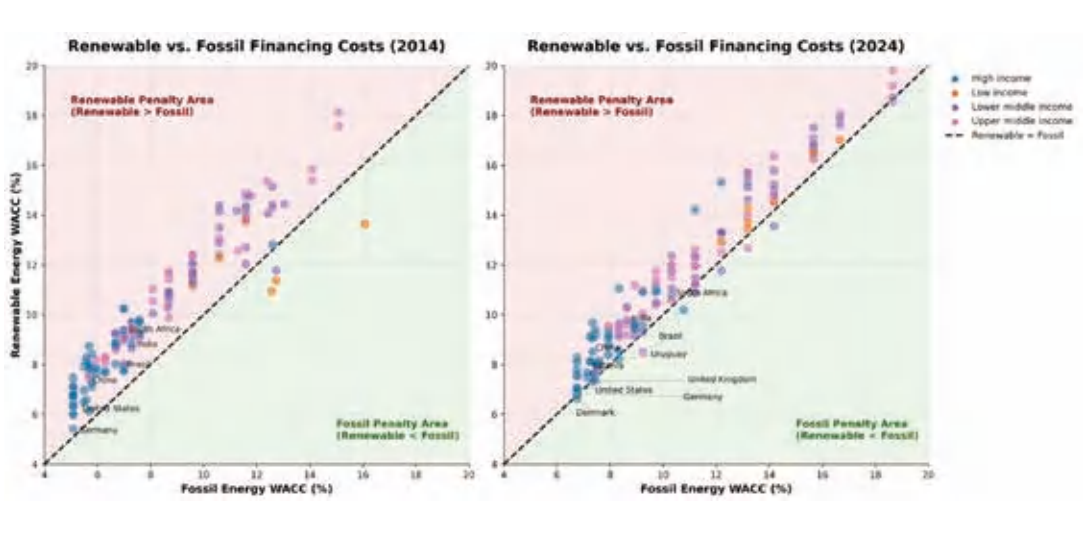


图5-3 2014年与2024年全球各国可再生能源与化石能源融资成本比较（估算样本）

资料来源：课题组WACC估算（附录图3-18）

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

5.4 碳市场、碳信用与企业行动：机制扩张与可信度问题

87项
全球已实施直接碳定价政策

47项 碳税
40项 ETS

碳定价机制进入新一轮扩张：截至2026年5月（世界银行口径），全球已实施87项直接碳定价政策（47项碳税、40项ETS），覆盖约29%的全球温室气体排放（上年为24%），新增覆盖主要来自印度、日本、越南等国家级ETS。碳信用市场在同口径下（VCS、GSF、ACR、CAR）项目数量增长9.9%，但2025年签发量仍低于2022年水平、注销量同比下降超10%，市场矛盾从数量不足转向信用质量与需求信任不足。国际气候投资倡议呈企业端扩张、金融端调整的分化：SBTi签署机构达13,418个，而净零银行联盟于2025年停止运营。金融机构的实质性资本重新配置仍受政治环境与执行能力约束；企业投融资行动能否成长为新的正向动能来源，是后续年度评估的追踪重点。

5.5 小结

BTR披露样本

6%～7%
接收额与需求额金额之比约为

综合以上证据，金融动能尚未形成。最关键的证据是双重缺口：BTR披露样本中接收额与需求额存在显著量级差距，两者金额之比约为6%至7%，部分大需求国低于2%；可再生能源相对化石能源的资本成本优势在多数中低收入国家尚未建立。资金覆盖率结论限于BTR披露样本（66/68国），WACC结论限于估算覆盖样本。修复路径在于将NCQG路径实质落地、以降低资本成本为核心配置风险缓释工具，以及从供给主导转向需求导向的资金配置机制。

清華大學
Tsinghua University

国际合作支撑清洁技术开放扩散

第六章

06



存量扩散机制仍在运转，贸易壁垒形成边际摩擦

国际贸易与技术流动是清洁技术成本下降的重要渠道，也是发展中国家获得低成本绿色技术的主要途径。本章以反事实证据说明开放贸易与国际扩散机制对全球风光降本的历史贡献，并以风光贸易壁垒专题量化评估壁垒经由价格、成本与装机路径对气候目标的影响[1]。评估结果显示，开放的国际贸易与技术流动是清洁技术成本下降的重要引擎；贸易壁垒的加码正在形成转型摩擦，使国际合作的净动能由正向一侧向反向一侧滑动。

[1] 本节结果基于学习曲线与反事实情景模拟得到，受具体假设影响，仅供参考。

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

6.1 开放贸易与国际扩散曾经显著降低风光成本

9.16万亿美元
2011—2024年全球光伏和风电累计资金节约约

72.7%
其中发生在发展中国家约

在本报告专题设定的学习曲线与反事实分解框架下，2010—2024年全球光伏单位成本累计下降约4,661美元/千瓦、陆上风电约1,409美元/千瓦，其中与全球参与机制（跨国贸易、技术扩散与全球市场扩张）相关的部分分别约占24%和43%；在风电领域的15个国家或国家组中，仅中国的国家努力占比高于全球参与。2011—2024年全球光伏和风电累计资金节约约9.16万亿美元，其中约72.7%发生在发展中国家——开放的技术与产品流动构成发展中国家获得低成本绿色技术的主要渠道（分解方法与完整结果见第七章7.3节）。

但国际合作环境正在发生不利变化：美国对光伏产品维持并加码多重关税并对东南亚光伏产品作出反倾销反补贴裁定，欧盟碳边境调节机制（CBAM）过渡期已启动、正式征收阶段于2026年初生效，欧委会另行对中国风电企业启动了反补贴调查，贸易保护工具从关税向补贴调查、本地含量要求等形态延伸；2026年6月波恩会议的气候与贸易对话显示，限制性贸易措施已成为多边议程中的争议焦点。清洁技术制造能力的高度集中放大了贸易政策的杠杆效应。国际合作的其他维度呈混合信号：氢能国际合作条款、CCUS跨境封存合作、热带森林永久基金等机制仍在扩展，但在最关键的贸易维度，扩散条件正在恶化。



6.2 风光贸易壁垒专题：从贸易冲击到气候目标缺口

本专题是转型动能框架下对扩散动能的核心验证案例。分析遵循因果链条：贸易壁垒→世界价格与双边贸易流变化→供应链成本变化→项目资本支出（CAPEX）变化→装机路径变化→气候目标缺口变化。其中价格、贸易与福利效应来自GSIM静态均衡模拟，装机与目标效应来自CAPEX传导后的动态装机路径预测，两类结果性质不同，后文将分别解读。

清洁技术贸易争端涉及光伏、风电、动力电池、新能源汽车等多个领域，本专题并不试图覆盖全部技术，而是根据气候目标可映射性、产业链贸易依赖度和模型可操作性，将量化分析范围聚焦于风电和光伏。一方面，风光设备价格变化可以较直接地传导至发电项目CAPEX，并进一步映射到以GW计量的可再生能源装机目标；另一方面，多晶硅、电池片、组件、风电用钢和风电机组均具有较大的跨境贸易规模和较稳定的HS编码统计基础，便于构建可更新的双边贸易矩阵。相较之下，动力电池和新能源汽车的贸易冲击还需进一步连接交通电气化、储能需求及电力系统调节等不同部署环节，难以直接纳入现有“贸易—CAPEX—发电装机”链条。因此，本章将风光作为具有代表性的分析对象，用以识别贸易摩擦影响清洁技术扩散和气候目标实现的一般机制；相关结论不直接外推至其他清洁技术领域。从现实紧迫性看，2024年以来针对风光产品的关税与双反措施密集落地或加码，风光亦是与本报告三倍可再生能源目标直接映射的领域；电动汽车与锂电池的贸易壁垒（如欧盟对华电动汽车反补贴税、美国301关税上调）未纳入本专题量化范围，相关贸易影响留待后续工作。



更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net



6.2.1 工具与情景

专题将全球贸易模拟模型（GSIM）与风光装机及成本动态预测模块相耦合，覆盖光伏产业链的多晶硅、电池片、组件，以及风电产业链的风电用钢和风电机组五类产品，构建由24个主要经济体和“其余世界”（ROW）组成的25×25双边贸易矩阵。纳入分析的24个经济体合计覆盖五类产品全球贸易额的95%以上。产品筛选主要考虑三个方面：是否处于风光产业链关键环节、是否具有显著的国际贸易规模，以及是否具备稳定且可持续更新的数据基础。贸易模块采用GSIM局部均衡框架，并在Armington假设下允许进口国在不同来源国的同类产品之间进行不完全替代，从而识别关税变化对价格、产出、双边贸易流以及生产者剩余、消费者剩余和关税收入的影响。

情景设定包括基准情景（S0，2023年实际关税）、升级情景（S1，叠加2024年已发生或宣布的新增壁垒）、极端情景（S2，代表较强保护主义条件下的压力测试上界）和自由化情景（S3，参照WTO环境商品协定）四类；欧盟CBAM以从价税等价形式纳入。S2用于考察更高贸易壁垒下潜在影响的上界，并不代表对未来政策的点预测；S3则用于估计降低贸易壁垒可能带来的反事实收益。GSIM核心参数包括出口供给弹性、进口需求弹性和Armington替代弹性，专题对基准参数进行0.5—2.0倍扫描，以检验主要结论对参数设定的敏感程度。

6.2.2 价格与福利效应（GSIM静态结果）

静态贸易模拟首先表明，贸易壁垒的影响不仅体现为进口价格上升，还会带来产能布局和贸易流向的重新调整。在示例应用的基准参数下，光伏组件全球平均价格在升级情景（S1）下上涨约4.76%，在极端情景（S2）下上涨约8.70%，涨幅高于多数其他风光产品。产出方面，光伏组件保护措施可使美国产出提高约12%—17%、印度提高约10%—16%、欧盟主要经济体提高约8%—20%；与此同时，东南亚三国产出在升级情景下降约20%—26%，在极端情景下降约30%—35%，中国产出降幅则由约3.8%扩大至9.0%。贸易流向也随之调整：中国对美直接出口减少，东南亚对美出口受阻后部分转向印度、巴西等市场，欧盟内部贸易份额上升。总体来看，贸易壁垒能够推动部分产能向受保护市场转移，但更主要体现为全球供应链和贸易网络的重新配置，而非全球有效供给的同步扩张。

福利结果进一步反映出这种供应链重构的分配效应。以光伏组件为例，升级情景下全球净福利损失约18.1亿美元，极端情景下损失扩大至约55.5亿美元；自由化情景下全球净福利则增加约3.6亿美元。国别层面，贸易保护可能改善部分受保护市场生产者的收益。例如，在升级情景下，美国光伏组件生产者剩余增加约1.69亿美元，但消费者剩余减少约25.7亿美元；即使计入约16.5亿美元的关税收入，美国整体仍表现为净福利损失。与此同时，中国及东南亚等出口型生产基地承担了较为明显的生产者剩余损失。由此可见，贸易壁垒带来的收益和成本在不同国家、不同市场主体之间分布并不对称。

图6-1节选了专题图4.8中的生产者剩余和消费者剩余两项，可以更直观地观察上述分配效应。部分实施保护措施的市场中，生产者可能因价格和市场份额上升而受益；与此同时，消费者往往需要承担更高的采购成本，出口型生产基地的生产者也可能因市场准入收紧而受损。需要强调的是，图6-1反映的是福利构成中的两个分项，而非净福利本身。判断一项贸易措施的总体福利影响，还需同时考虑关税收入。因此，生产者剩余增加不能直接等同于全社会福利改善。







更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

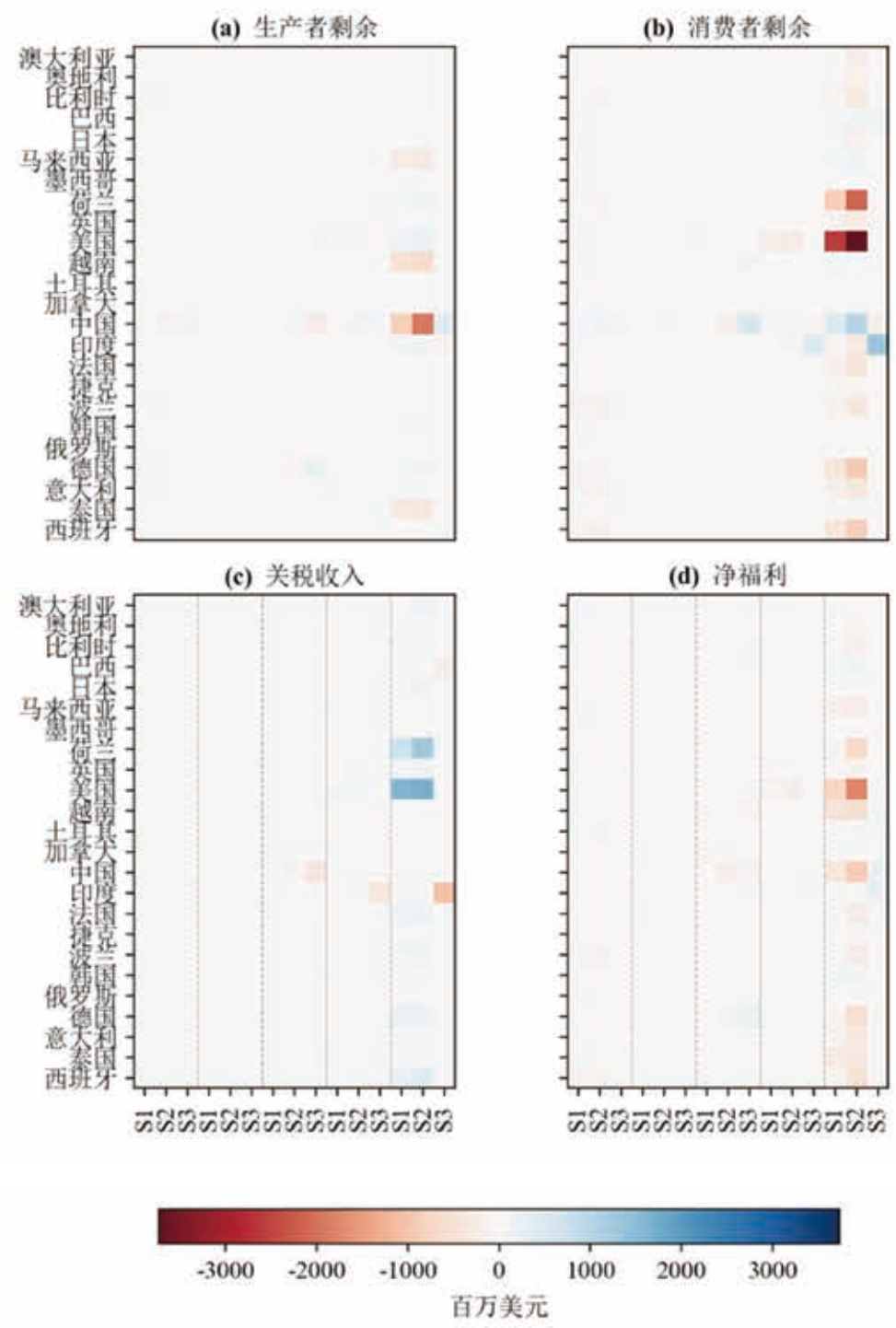


图6-1 贸易壁垒情景下的全球福利效应汇总：(a)生产者剩余；(b)消费者剩余；(c)关税收入；(d)净福利

资料来源：风光贸易壁垒专题报告图4.8（GSIM静态结果）

6.2.3 装机与目标效应（动态路径结果）

动态路径结果显示，贸易冲击经供应链价格指数传导至CAPEX后，对气候目标的影响总体呈现“短期较小、长期累积”的特征。专题基准预测中，全球光伏累计装机约由2030年的3,000GW增至2050年的18TW，光伏CAPEX则由当前接近900美元/kW下降至2030年约600美元/kW、2050年约200美元/kW。在装机快速扩张、成本持续下降的基线下，贸易壁垒造成的情景差异在全球总量趋势图上并不十分突出，但在关键年份和国别层面会逐步放大：2030年单一国家的目标缺口变化通常较小，汇总至全球后仍可观察到一定差异；到2050年，部分国家的装机缺口可达到数十GW。专题总结进一步指出，长期装机偏离可能扩大至数十至数百GW，并可能使澳大利亚、西班牙等在较低壁垒情景下有望实现部分可再生能源目标的国家转为无法达标。

这里需要区分“贸易壁垒引致的额外CAPEX成本”和“补足装机缺口所需总投资”两个不同概念。专题图4.22报告的是前者，即由于贸易壁垒推高CAPEX而产生的增量成本：到2050年，在不同气候目标口径下，升级情景约为0.6—0.9亿美元，极端情景约为1.2—1.7亿美元，自由化情景约为0.1亿美元量级。该指标并不等同于补建数十至数百GW装机容量所需的全部投资。若仅按专题预测的2050年光伏CAPEX约200美元/kW作数量级换算，新增100GW装机对应约200亿美元投资，300—500GW则约为600亿—1,000亿美元。基于这一口径差异，本报告将CAPEX增量成本与补足装机缺口的总投资需求分开表述，避免将两者直接并列比较。

长期结果还需要结合模型的稳健性边界加以理解。专题敏感性分析表明，2030—2040年前后的情景比较相对稳健，2050年及以后参数不确定性明显增加，尤其风电长期增长预测存在发散风险。因此，2050年结果更适合用于观察贸易壁垒影响的累积方向和情景间相对差异，而不宜视为精确的绝对装机预测。对于气候治理而言，更值得关注的是较为稳健的方向性结论：贸易壁垒会提高部署成本、扩大目标缺口，并可能推迟目标实现时间。就2030年可再生能源三倍目标而言，即使在极端情景下，相对基准情景的平均延迟也不足1年；但这一全球平均结果并不能完全反映不同国家以及更长期尺度上的差异。





更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

6.3 小结

全球参与机制对2010年以来风光降本具有重要贡献

24% 光伏约

43% 风电约

综合以上证据，国际扩散机制的存量仍在运转，但边际上出现转型摩擦。反事实分解显示，全球参与机制对2010年以来风光降本具有重要贡献（光伏约24%、风电约43%）；贸易壁垒专题则从另一侧说明，壁垒加码会推高部分关键产品价格，改变全球产能和贸易流向，增加消费者和全社会福利损失，并通过CAPEX传导使未来装机路径出现负向偏移。由此看，清洁技术贸易并非与气候治理相互独立的产业议题，稳定、开放且具有可预期性的跨境技术与产品流动，是降低全球转型成本的重要条件。

这并不意味着供应链安全和产业韧性的重要性可以被忽视。模型结果表明，贸易保护能够在部分市场提高本地生产者剩余，并推动部分制造产能迁移，但与此同时也会提高消费者成本、削弱出口型生产基地收益，并造成全球净福利损失；这些影响还可能在更长时期内通过成本传导累积为装机缺口。因此，更有利于兼顾气候目标与供应链韧性的政策选择，是通过扩大供应来源、加强标准互认、降低不必要的边境摩擦以及提高多边规则的稳定性来分散风险，而不是以市场分割替代供应链多元化。需要指出的是，本章的量化结论严格对应风光产业链五类产品、25个贸易主体及现有模型设定；对于动力电池、新能源汽车等其他清洁技术，其贸易影响仍需结合相应的技术扩散和终端部署机制另行评估。



清華大學
Tsinghua University

中国案例：规模部署、政策设计与全球成本外溢

第七章

07



规模学习产生显著外溢，自身进入系统能力建设阶段

鉴于中国在全球新增可再生能源装机、清洁技术制造和跨境产品供给中的规模，本章将其作为观察规模学习与国际扩散机制的重点案例，而非对国家表现作单向评价。本章依次考察中国在全球指标体系中的位置、规模化部署、成本外溢、自身约束与政策设计强度，并客观呈现优势与约束。

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

7.1 中国在全球指标体系中的位置

以全球指标体系衡量，中国的突出特征是政策体系完整性与部署规模的双重领先（行动维度得分87.2分，居全球前列），以及中期目标衔接的相对短板。政策维度，中国是少数对七类关键低碳技术实现政策全谱覆盖的国家之一，强制、激励、配套三类工具形成闭环的技术达5类；2025年提前完成2030年1,200吉瓦风光装机目标后，政策重心转向利用率、需求响应与储能等系统消纳环节，并推出煤电低碳转型路线，正推进全国碳市场行业扩围，计划将钢铁、水泥、铝业等高排放行业逐步纳入，目标在"十五五"期间基本实现主要排放密集型行业全覆盖。目标维度，公平分配模型显示中国净零目标的雄心指数在多数公平原则下处于高位（2°C情景下满足全部四项原则），但中期NDC目标在多数原则下仍偏低，长期承诺与中期行动的衔接有待加强。创新维度，中国在六类技术领域的论文与专利数量居全球首位（数量指标反映创新活跃度而非技术质量，见专栏1-1）。

87.2分
行动维度得分
居全球前列

1,200吉瓦
2025年提前完成
2030年风光装机目标



7.2 中国规模化部署：可再生能源、电动车与绿氢

2025年中国新增可再生能源装机约440吉瓦（占全球约64%），风光合计装机约1,840吉瓦首次超过火电，可再生能源装机占比由2022年的45.1%升至2024年的54.3%；风电与光伏LCOE处于全球最低区间，光伏+储能项目样本的可靠供电成本已低于新建煤电（口径见4.2节）。电动车方面，作为少数如期达成2025年销量占比目标的国家，中国在2025年的纯电动车销量约820万辆，保有量约2,900万辆、占全球电池电动车保有量的58.9%。绿氢方面，中国占2025年全球绿氢新增产能约七成、累计产能165千吨/年（占全球58%）。储能方面，截至2025年底中国新型储能装机约136吉瓦/351吉瓦时（较2024年底增长84%），独立储能占比升至51.2%，正由强制配储转向独立储能与现货市场等市场化模式。CCUS运行项目20个居全球第二；2020—2025年中国森林生物质碳储量增加约11.5亿吨碳（存量口径）、森林面积增加约805.5万公顷。

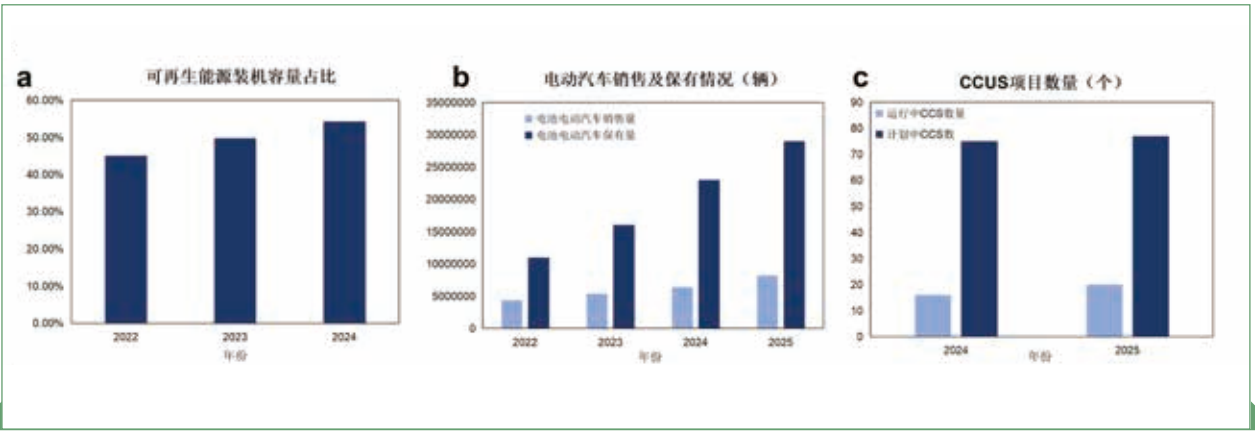


图7-1 中国可再生能源、电动车和CCUS技术近年变化

资料来源：课题组数据库（附录图2-66）



更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

7.3 中国外溢效应：全球风光成本下降与发展中国家收益

本节在专题设定的学习曲线与反事实情景下，考察中国影响全球转型成本的机制。分解框架将成本下降区分为材料价格、国家努力（国内部署与产业学习）与全球参与（跨国贸易、技术扩散与全球市场扩张）三类机制；两类学习机制按国家分摊，可能存在一定重叠，价格以美元计[2]。

在该反事实设定下，中国是全球风光降本的最大单一来源：2010—2024年全球光伏单位成本累计下降约4,661美元/千瓦，其中国家努力机制约占83.6%、中国在该机制下约占61.1%；陆上风电累计下降约1,409美元/千瓦，中国在国家努力机制中约占81.3%；在全球参与机制下，中国对光伏和风电年度单位降本的对应份额分别约为51.5%和46.0%。

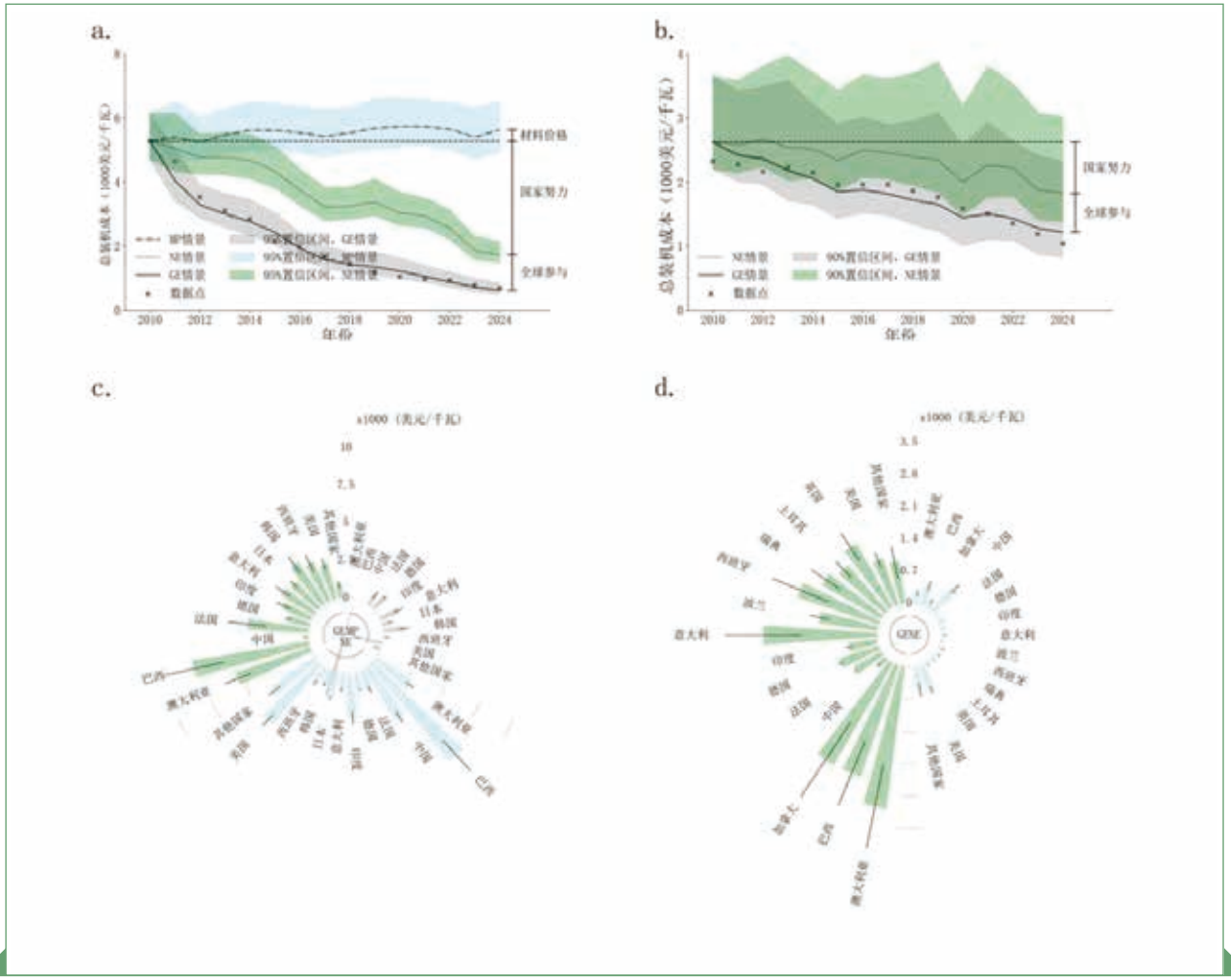


图7-2 全球光伏和陆上风电总装机成本的反事实情景演变及主要国家比较

资料来源：中国风光成本下降外溢专题（图1）

[2] 本节所有结果均为基于反事实情景的模型估计值，受具体假设的影响，仅供参考。

在同一设定下，与中国规模学习及全球参与相关的机制对应2011—2024年累计资金节约约3.877万亿美元，约占全球光伏风电累计资金节约总额（约9.162万亿美元）的42.3%；全球累计资金节约的约72.7%发生在发展中国家，其中与中国相关的部分约占58.2%。面向2030年三倍目标，全球参与机制对应的年化成本缓解约4,031亿美元，其中与中国相关的约1,992亿美元、相当于年投资缺口（约8,140亿美元）的24.5%——需注意累计成本节约与年度投资缺口口径不同，该比较仅作量级参照。CGE溢出测算显示，相对于缺少中国学习效应的反事实情景，2030年全球GDP增量约634.1亿美元、家庭消费增量约538.7亿美元，巴西、印度等新兴经济体相对受益更为显著（CGE结果依赖模型闭合与弹性假设）。

同时也应看到这一机制的对内约束条件。中国自身的消纳压力正在显现：2025年大型发电厂平均利用小时数同比下降312小时，2026年光伏新增装机预期回落20%—25%（见7.4节）。若中国新增装机增速放缓，其影响将沿同一外溢通道反向传导——以其市场规模为核心驱动的全球学习曲线斜率、低成本设备供给与资金节约外溢都可能随之减弱，上述42.3%的历史份额不宜线性外推为未来贡献。换言之，中国国内系统能力建设的进展（7.4节），本身就是影响全球转型路径的变量之一。

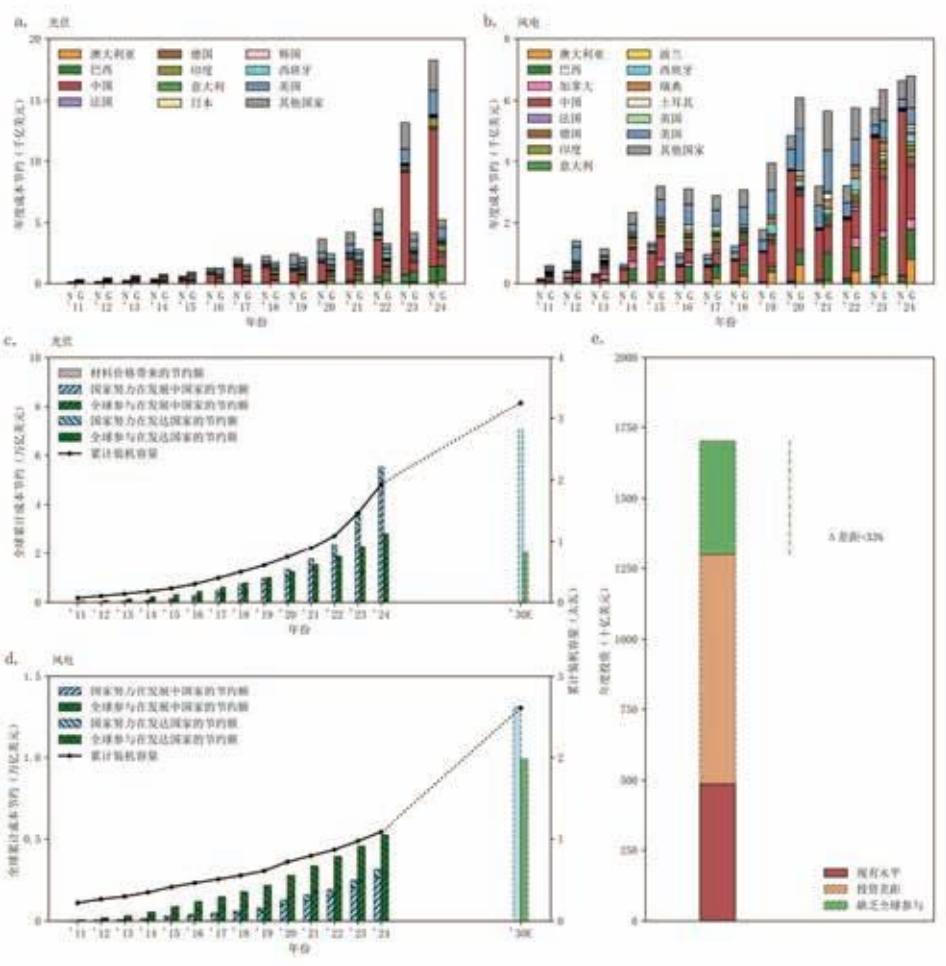


图7-3 主要国家对年度成本节约的贡献、累计成本节约及2030年投资压力缓解（反事实分解）

资料来源：中国风光成本下降外溢专题（图3）

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

这一证据链的含义有三：全球成本曲线由多国研发、市场扩张与技术扩散共同塑造，中国的作用是放大器而非唯一来源；普遍性贸易壁垒若显著抬高设备价格，将同时削弱国家努力的外溢与全球参与机制本身（与第六章结论一致），后发国家受损最重；中国的规模优势和技术积累可进一步转化为具有全球可得性的低碳公共产品——包括AI赋能能源系统优化的技术方案和工程经验、标准互认、绿色金融合作、第三方市场合作、本地制造伙伴关系与工程能力建设。中国正在从全球清洁技术的规模参与者，加速成长为低碳转型技术路径和AI赋能方案的开拓者与引领者，这一转变使其对全球转型的贡献从成本维度延伸至技术方案和系统能力维度。成本红利不能替代长期、稳定、公平的资本投入。

参与者 → 开拓者 → 引领者

7.4 中国的系统能力建设重点：消纳、需求侧市场与金融国际参与

与规模优势相伴的是日益显性的系统约束。消纳约束：2025年大型发电厂平均利用小时数同比下降312小时，2026年光伏新增装机预期回落20%—25%（主要源于2025年抢装形成的高基数），可再生能源发展从高速扩张转向存量优化与系统集成。需求侧约束：绿氢产能领先但规划目标保守、供给与下游消纳尚未适配；CCUS运行项目已达20个、居全球第二，但计划中项目仅12个（全球计划项目为654个），规模化管线不足。创新转化约束：在CCUS、生物燃料、森林碳汇领域专利占比高但部署优势在他国或转化偏弱。金融维度的国际参与仍处起步阶段：企业端SBTi机构达1,186个（较上年新增278个），但金融机构参与国际净零倡议仍浅（CA100+仅21个、GFANZ仅4个）；全国CCER市场重启两年累计成交921.94万吨，林业碳汇方法学已发布但尚无项目签发。中国低碳发展的重点正从产能扩张与单项降本，转向市场化运营、系统集成能力与金融体系的深度参与。

20%～25%
2026年光伏新增装机预期回落

20个
CCUS运行项目居全球第二

1,186个
企业端SBTi机构

921.94万吨
全国CCER市场重启两年累计成交

7.5 中国碳中和政策设计强度评估

7.1节考察政策体系的完整性，本节进一步考察政策文本的设计强度。本指标反映政策文本中的工具配置、约束程度和量化程度，不直接等同于政策执行力度或政策效果。评估基于2020年1月至2026年4月的中国碳中和政策文本（99条政策、544条政策工具记录），覆盖九个领域，采用“政策工具类型基础分值×量化程度因子”测度：规范与标准、监测与执法基础分值为4，财政或金融激励、直接投资为3，市场、示范试点、国际气候战略为2，信息、教育和培训为1；有明确量化要求的工具因子为2，否则为1；同一政策中同类工具仅保留最高得分以避免高估。年度政策数量还受文件发布频率影响，不宜将政策数量多直接解释为政策优先级更高。

7.5.1 政策聚焦能源系统转型，储能、可再生能源电力与电动车是高频领域

从一级领域政策数量看，储能（22%）、可再生能源电力（19%）、电动车（17%）合计约占政策样本的57.6%。三大领域的政策密集出台反映能源系统转型的梯次逻辑：供给侧政策重心由扩大供给转向提升消纳能力，调节侧储能政策回应系统灵活性需求，消费侧电动车政策由产业培育进阶至基础设施与运行监管。CCUS、气候投融资等领域政策数量较少，更多处于专项推进或示范阶段。

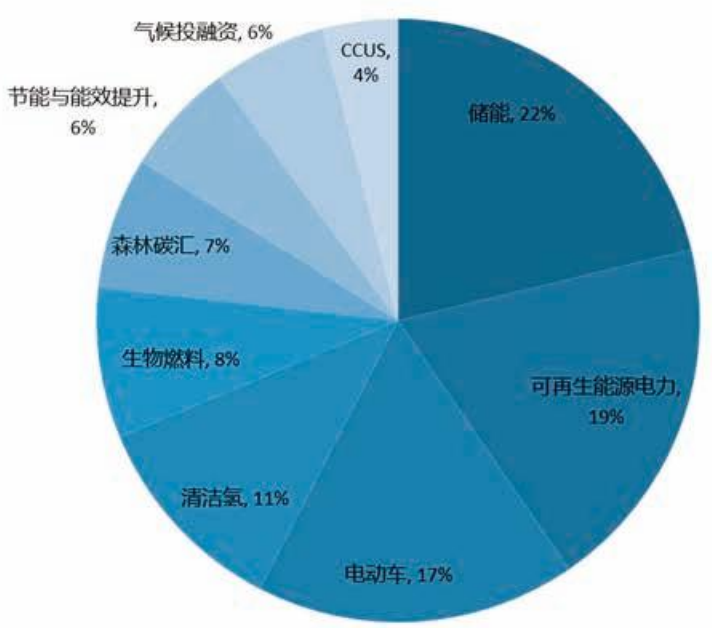


图7-4 中国碳中和政策数量的领域分布（2020年1月—2026年4月）

资料来源：中国碳中和政策设计强度评估专题

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

7.5.2 政策呈阶段跃升态势，转向多领域覆盖与专项执行

2024年与2025年构成政策出台的双高峰（24项和19项），明显高于2020—2023年（8、16、13、12条；2026年样本7条，受数据截点影响）。2020—2021年政策偏向电动车与可再生能源电力等成熟领域；2024年以后储能、清洁氢、森林碳汇、生物燃料和气候投融资政策同步上升，政策覆盖由单一技术扩张转向系统、产业链、金融与碳汇的协同布局。

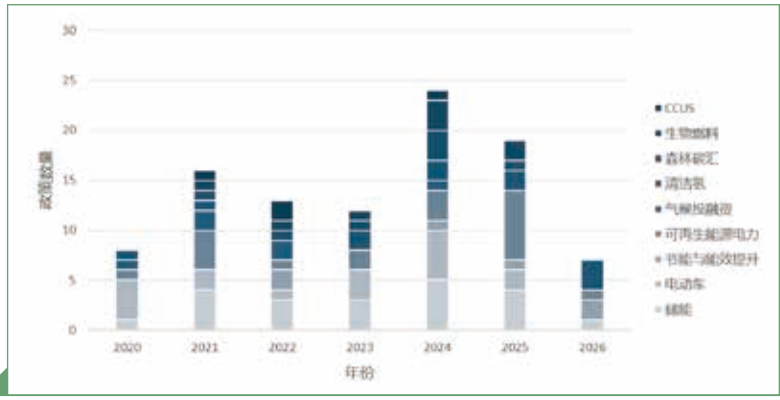


图7-5 中国碳中和政策数量的时间分布

资料来源：中国碳中和政策设计强度评估专题

7.5.3 工具设计强度呈梯次结构：强制约束为主、经济激励为辅、引导探索为底

规范与标准（平均6.52）与监测与执法（7.00）的设计强度显著高于其他工具，表明政策文本主要通过标准要求、准入条件、目标约束与核查机制影响主体行为边界；直接投资（5.86）与财政或金融激励（5.25）构成第二梯次；市场、示范试点与国际气候战略强度较低，信息、教育和培训（1.17）处于辅助底座位置。

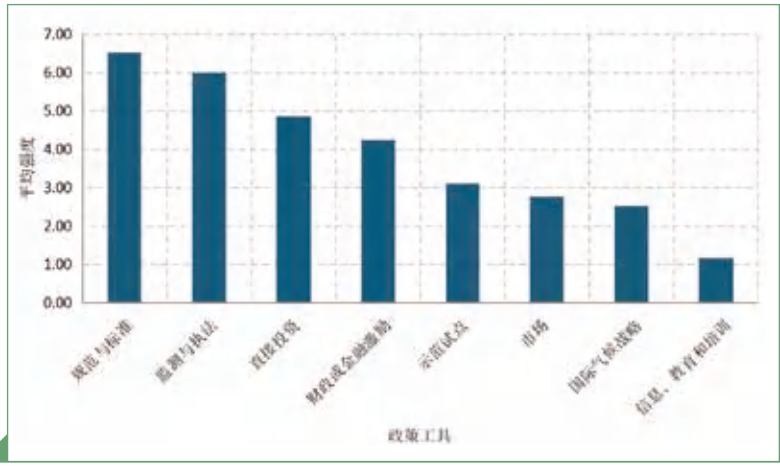


图7-6 中国碳中和政策工具平均设计强度得分

资料来源：中国碳中和政策设计强度评估专题

7.5.4 领域间呈现“数量—强度”错位

34.00
CCUS单项政策的平均设计强度最高

30.17
节能与能效提升

31.36
清洁氢

28.67
气候投融资

在纳入分析的政策样本中，CCUS单项政策的平均设计强度最高（34.00），清洁氢（31.36）、节能与能效提升（30.17）、气候投融资（28.67）均处较高水平；与政策数量较多的储能、可再生能源电力和电动车相比，这些领域的单项政策通常同时配置多类工具。该“少而强”的特征与发展阶段相关：CCUS和清洁氢仍处于商业模式探索阶段，政策文本需要复合干预；电动车平均强度较低更可能表明该领域已由高强度培育转向常态化监管。这一发现与第四章的全球评估相互印证——对尚未形成市场闭环的新兴技术，政策的复合设计强度是市场机制缺位期的替代性支撑。

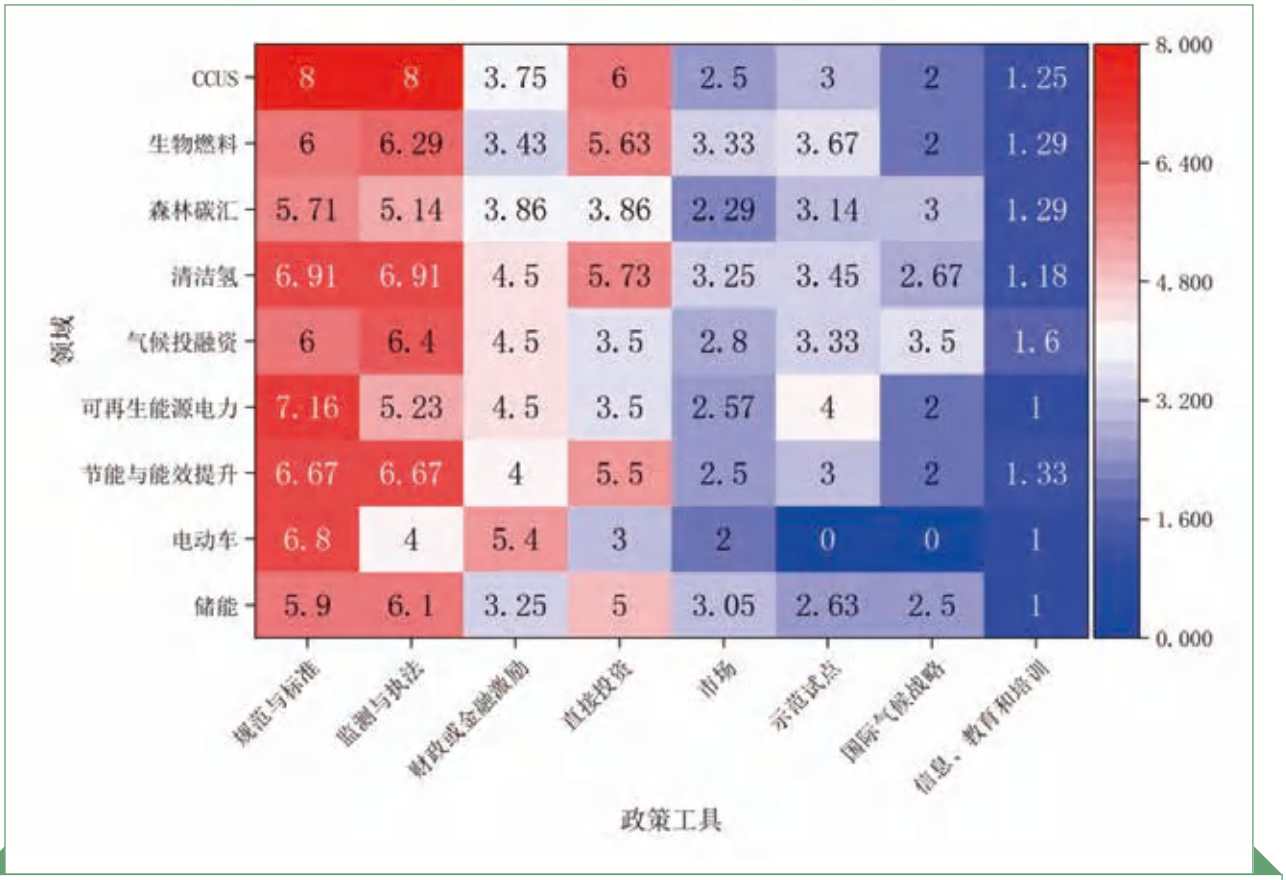
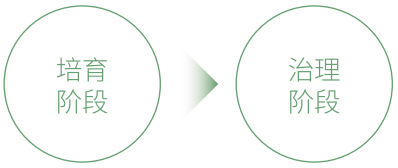


图7-7 中国碳中和政策分领域—分工具设计强度得分

资料来源：中国碳中和政策设计强度评估专题

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

7.5.5 政策体系由激励扩张转向执行约束与系统能力建设



综合数量分布与工具强度，中国碳中和政策体系呈现由培育阶段向治理阶段的转变迹象：早期更多依靠激励与示范推动技术进入市场，随着成熟领域进入规模化阶段，政策文本重心向规范标准、监测执法等约束性工具倾斜。这一转向与本报告总体判断一致：当技术进入市场驱动阶段，政策的功能从启动市场转向治理系统。后续研究可引入项目落地、资金规模、减排绩效与地方执行差异等指标，将文本强度与实施效果相结合。

7.6 小结

综合以上证据，中国作为全球扩散机制的关键节点，其规模学习外溢已经形成；自身的系统能力——消纳、需求侧市场、金融参与——正在建设之中。最关键的证据是反事实分解下约42.3%的全球累计资金节约对应份额，以及2025年占全球新增装机约64%的部署规模。外溢结论限于专题的学习曲线与反事实设定，政策强度结论限于文本层面。中国正将部署优势进一步拓展为部署、技术创新与国际合作并举的复合能力，这一进程的推进将为全球转型成本的持续下降和技术扩散通道的维护提供重要支撑——消纳与电力系统重构进度、新兴技术需求侧市场培育、数据中心等新增负荷的绿电匹配以及贸易环境变化，均是需要持续观察的关键变量。



结论与政策展望：从局部加速迈向系统转型

第八章

08



更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

8.1 全球低碳转型进入由技术驱动、由系统条件决定的新阶段

综合年度评分、专题数据库与模型分析，全球低碳转型已经在风光储、电动车等成熟技术和部分关键市场形成较强的市场动力，但这一动力尚未扩展为覆盖技术、资金、基础设施与国际合作的系统性净动能。已经形成较强动力的环节集中在成熟技术领域：2025年全球可再生能源新增装机约692吉瓦，风光储在部分市场和特定配置下已跨越与新建化石电源的成本竞争线，电动车在领先市场进入自我强化的扩散轨道。这些进展对政策波动的敏感度显著低于五年前，显示市场驱动力正在取代政策推力成为转型的持续性基础。

若以本报告的转型动能框架衡量，上述进展构成正向分量的持续累积：成本下降、装机扩张与市场化收益机制相互强化，使成熟技术的推进不再完全依赖政策补贴。但正向分量的增长并未同步转化为净动能的扩大。2025年全球可再生能源新增装机与化石能源装机、发电量同时处于历史高位，说明清洁供给在多数市场仍以增量叠加的方式进入系统，而非对化石存量形成置换。判断转型是否真正加速，因此不能只统计新增规模，而要观察正向分量在扣除反向分量后的净剩余——本年度评估据此把“动能”与“加速器”作了区分：前者是被观测和判定的结果变量，刻画转型实际推进的净速度；后者是可被设计和调用的政策变量，刻画使净速度得以提高的驱动因素（详见8.3.5）。

8.2 从局部加速到全球转型仍面临三重制约

然而，尚未加速的环节同样关键。氢能与CCUS缺少需求侧市场闭环，BTR披露的资金接收规模与需求规模之间仍存在显著量级差距，发展中国家资本成本居高不下，贸易壁垒形成扩散摩擦，土地系统减缓进展承压。在本模型设定下，三倍目标达标概率仅约3.3%，化石燃料装机与发电量仍处历史峰值，全球层面仍是增量叠加而非存量替代。总体上，全球转型进入技术局部突破加速、全球扩散遇到瓶颈、制度建设仍在追赶的阶段。这一判断意味着，未来数年的政策重点不是催生更多目标，而是修复从目标到执行、从技术到扩散、从领先市场到全球市场的三重制约。

三重制约之间并非彼此独立，而是沿同一条传导链依次收窄。技术端的成本优势要转化为全球部署，必须先通过金融端的资本成本关口，再通过贸易与合作端的扩散通道，最后落到电力系统的承载能力上；其中任一环节收紧，前序环节的收益都会被截留。本报告的数据可以印证这一链条：设备成本已在多数市场大幅下降，但中低收入国家可再生能源项目的资本成本仍高于本国化石能源项目、部分超过20%；开放扩散机制历史上对应光伏单位降本的约24%、陆上风电的约43%，而新一轮贸易壁垒正在削弱这一机制；与此同时，全球逾2,500吉瓦项目滞留并网队列，数据中心等新增高耗电负荷进一步挤占新增绿电空间。这意味着，单点突破难以自动扩散，政策需要同时作用于链条的多个环节。

8.3 面向下一阶段的行动重点

面向下一阶段，
以下行动尤为关键。

8.3.1 提升目标的执行可信度

课题组数据库显示

167个目标国 仅 **46**个具备问责制度

目标覆盖接近饱和后，问责机制建设是提升目标可信度的首要路径。将报告机制升级为报告与问责并重的制度闭环，补齐消费侧排放、国际航空航运与独立碳移除的覆盖盲区，在NDC更新中衔接中期目标与长期承诺，是使目标信号继续发挥执行约束功能的基本条件。课题组数据库显示，167个目标国中仅46个具备问责制度，这一缺口的修复将直接影响全球气候治理的可信度基础。

8.3.2 将成熟技术优势转化为系统替代能力，并培育新兴技术需求市场



对已具备成本竞争力的成熟技术，政策重心应从装机扩张转向电网、储能与灵活性等系统能力建设。以消纳质量和可靠供电能力为衡量进展的新标尺，缓解并网积压，将系统韧性纳入电力规划——伊比利亚大停电的调查已将事故指向系统运行环节而非可再生能源本身，这表明系统能力建设是高比例可再生能源安全运行的前提。对氢能与CCUS等新兴技术，关键在于通过碳定价、强制掺混与封存标准等需求侧机制和共享基础设施投资培育真实市场需求，弥合目标与部署之间的结构性断裂。正文第四章的技术评估显示，继续加码供给侧目标难以替代需求侧市场机制的缺位。

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

8.3.3 以降低资本成本推动发展中国家的技术扩散

技术成本的全球趋同并不自动带来融资条件的趋同。将国际公共资金更多用于担保、首损、汇率对冲与本币融资等风险缓释工具，优先投向高融资成本、高资源禀赋地区，是修复金融动能的核心路径。推动NCQG路径转化为可监测、可问责的工作安排，建立以需求为导向的资金配置机制，如期兑现适应资金三倍目标，是使国际气候资金框架从承诺走向实效的关键。正文第五章的WACC分析表明，在可获得样本内，多数中低收入国家可再生能源项目的融资成本仍高于同国化石能源项目，这一格局不改变，技术降本的红利将难以惠及最需要的地区。

8.3.4 为实施创造有利的外部环境

全球气候治理正在从谈判驱动转向实施驱动。实施的成效不仅取决于各国国内政策，也取决于国际环境是否为行动提供便利。本报告的证据显示，外部环境对转型成本具有可量化的影响：在反事实设定下，国际扩散机制对应2010—2024年全球光伏单位降本的约24%、陆上风电的约43%；2011—2024年全球风光累计资金节约约9.16万亿美元，其中约72.7%发生在发展中国家。这意味着开放的技术与产品流动本身就是一项高杠杆的减缓政策——它不增加公共财政负担，却直接降低后发国家的转型门槛。

反向的证据同样明确。贸易壁垒首先改变清洁技术产品价格，随后经项目资本支出传导至装机路径：在升级情景下光伏组件的全球净福利损失约18.1亿美元，极端情景下扩大至约55.5亿美元；对2030年三倍目标的短期影响相对有限，但长期效应持续累积，至2050年可能使部分原本能够达标的国家偏离路径。保护措施的收益集中于进口国少数本地制造企业，而更高的设备与项目成本，则由消费者以及尚未建立完整产业链的后发国家承担。

据此，面向COP31及其后的实施阶段，应着力促进三方面的外部条件。一是维持开放、稳定、可预期的清洁技术贸易环境，推动绿色产品的自由流通与关税削减议程，避免以市场分割削弱全球学习与规模效应；2026年6月波恩会议首次举行气候与贸易对话，为在多边框架下处理这一议题提供了起点，能否在COP31形成建设性安排，将直接影响2030年前的实施速度。二是保持国际合作渠道畅通，通过标准互认、本地制造伙伴关系、第三方市场合作与工程能力建设扩大参与，使供应链多元化以“扩大参与”而非“隔离后发市场”的方式实现，并把资金、技术与能力建设支持真正落到项目层面。三是使新兴的小多边机制与行动联盟同联合国气候进程互补而非替代，维护共同但有区别的责任和各自能力原则、公正转型与广泛参与，并以IPCC科学共识作为共同基准，避免规则碎片化抬高各国的合规成本与不确定性。

8.3.5 转型加速器：使净动能得以提高的驱动因素

如果说“转型动能”刻画的是转型实际推进的净速度，那么“转型加速器”（transition accelerator）刻画的是使这一净速度得以提高的驱动因素——即那些能够增大正向分量、或压缩反向分量的政策、投资与制度安排。两个概念在本报告中分工明确：动能是被观测和判定的结果变量，加速器是可被设计和调用的政策变量。本报告的评估结论之所以能够转化为行动建议，正是因为每一项净动能的缺口，都可以对应到一组具体的加速器。

依据前述各章证据，本报告识别出四类可操作的转型加速器。第一类是制度类加速器，包括目标法律化、问责机制、报告与核查制度，以及行业路径与主体责任的衔接；其作用是把长期承诺转化为近期约束，直接增大目标信号动能的正向分量——当前167个目标国中仅46个具备问责制度，是这一加速器最大的可调用空间。第二类是投资类加速器，包括电网与跨区输电投资、储能与灵活性资源的容量与辅助服务收益机制、并网许可与排队改革；其作用是解除系统承载动能的反向分量，使新增清洁电力由“可装机”转为“可消纳、可替代”。第三类是金融类加速器，包括担保、首损分担、汇率对冲、本币长期融资与项目准备支持；其作用是压低发展中国家的资本成本，把技术降本的红利传导到最需要的市场，是修复金融动能的核心工具。第四类是开放类加速器，包括削减清洁技术产品的关税与非关税壁垒、标准互认、本地制造伙伴关系与工程能力建设；其作用是抑制扩散动能的反向分量，维持全球学习与规模效应。

把加速器与动能对应起来，可以得到一个清晰的政策次序：哪一类净动能的缺口最大，哪一类加速器就最应优先调用。按本年度判定，金融动能“尚未形成”、扩散动能“边际出现摩擦”，因此金融类与开放类加速器的边际收益最高；系统承载动能“正在形成但滞后于装机扩张”，说明投资类加速器需要与装机目标同步加码；目标信号动能的短板集中在问责，制度类加速器的重点因而不在于新增目标，而在于补齐核查与追责闭环。需要强调的是，加速器并不自动生效，其效果取决于力度、持续性与相互配套：单独提高目标而不改善并网条件，或单独提供资金而不降低汇率与政策风险，都难以形成可持续的净动能。这也是本报告反复强调政策稳定性本身即是一项重要加速器的原因。

四类可操作的转型加速器

第一类	第二类	第三类	第四类
制度类加速器	投资类加速器	金融类加速器	开放类加速器

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

8.4 结语：把局部动能转化为全球净减排

本报告的总体结论可以概括为一句话：转型动能真实存在，但尚未成为全球性的净动能。风光储与电动车在部分市场跨越成本竞争线，是过去十年目标信号、产业政策与国际扩散共同积累的结果；但在全球层面，正向动能仍被化石产能扩张、消纳与并网约束、融资鸿沟、贸易摩擦与新增高耗电负荷等反向分量大幅抵消，因而尚未体现为化石能源使用的绝对下降。缩小这一净值缺口，需要的不是更多目标，而是把制度可信度、系统承载能力、资本条件与国际环境同时补齐。行动时点并非中性：越晚启动下一轮加速，此后所需的增长斜率、电网改造强度与资金投入都越高，政策稳定性本身就是降低转型总成本的重要条件。换言之，全球需要的不是更多目标，而是更强的加速器——把制度、投资、金融与开放四类驱动因素同时调用起来，方能把局部动能转化为全球范围的净减排。此即本报告对下一阶段最主要的政策提示。



清華大學
Tsinghua University

2026
全球碳中和年度进展报告

附录说明

本报告正文所引指标的完整数据、口径说明与分国别结果，见《全球碳中和进展评估2026·附录》；附录与数据库将随报告正式发布通过项目官网（https://www.cntracker.tsinghua.edu.cn/home）公开。

更多免费行业报告 并购家 www.ipoipo.net

清华大学碳中和研究院
https://www.icon.tsinghua.edu.cn/

清华大学环境学院
https://www.env.tsinghua.edu.cn/

全球碳中和进展追踪网站
https://www.cntracker.tsing-hua.edu.cn/home

全球碳中和年度进展报告下载
https://www.cntracker.tsing-hua.edu.cn/report

本报告使用再生纸印刷