



中国环境与发展国际合作委员会

专题政策研究报告

全球气候治理与 绿色包容转型



2025



**中国环境与发展国际合作委员会
专题政策研究报告**

全球气候治理与绿色包容转型

中国环境与发展国际合作委员会 2025 年年会

2025 年 10 月

* 本专题政策研究项目组联合组长、成员以其个人身份参加研究工作，不代表其所在单位，亦不代表国合会观点。

专题政策研究项目组成员

外方组长：

韩佩东 国合会委员，儿童投资基金会（英国）首席执行官
邹 骥 国合会特邀顾问，能源基金会首席执行官兼中国区总裁

中方组长：

王 毅 国合会委员，第十四届全国人大常委会委员，国家气候变化专家委员会副主任，中国科学院科技战略咨询研究院研究员
李 政 清华大学气候变化与可持续发展研究院院长、教授

核心专家（按姓氏字母顺序）：

外方：

潘 兴 国合会委员，威廉与佛洛拉·休利特基金会环境项目主任
托 尼 国合会委员，巴西环境与气候变化部气候秘书长，联合国气候变化贝伦大会执行主任
图比娅娜 国合会委员，欧洲气候基金会首席执行官

中方：

王金照 中国国际发展知识中心常务副主任、研究员
王仲颖 国家发展和改革委员会能源研究所前所长、研究员
徐华清 国家应对气候变化战略研究和国际合作中心首席科学家、原主任
张海滨 北京大学国际关系学院副院长、教授

支持专家（按姓氏字母顺序）：

外方：

巴布纳 国合会委员，自然资源保护协会总裁兼首席执行官
戴 凡 美国加州大学伯克利分校加州-中国气候研究院主任
德尔贝克 欧洲投资银行气候政策和国际碳市场首任主席，前欧盟委员会气候行动总司司长
董 珂 大自然保护协会中国参与全球事务总监
费尔南德斯 墨西哥气候倡议组织执行主任
费舍尔 德国国际合作机构（印度）国际气候倡议气候行动计划（CAP）项目总监
加拉格尔 塔夫茨大学弗莱彻学院院长、能源与环境政策教授
郭江汶 英国皇家国际事务研究所高级研究员

韩国义	斯德哥尔摩环境研究所高级研究员
何 豪	国合会委员，能源创新中心名誉创始人
何秀珍	挪威南森研究所研究教授
约 佐	澳大利亚国立大学克劳福德公共政策学院教授，澳大利亚国立大学气候能源灾害管理研究所所长
凯 特	英国气候特别代表
雷红鹏	国合会特邀顾问，联合国环境规划署气候司减缓处处长
李永怡	国合会特邀顾问，英国皇家国际事务研究所霍夫曼可持续资源经济中心研究主任、执行主任
刘 强	儿童投资基金会全球气候主任、中国首席代表
卢思骋	国合会特邀顾问，红杉气候基金会项目总监
马 贝	第三代环保主义首席执行官兼创始人
梅迪纳	儿童投资基金会首席公益生态发展官、气候变化执行主任
帕斯特	卡内基气候地球工程治理倡议执行主任
温克勒	开普敦大学经济学院教授
王立德	加州大学洛杉矶分校法学院教授

中方（按姓氏字母顺序）：

贺克斌	国合会委员，中国工程院院士，清华大学碳中和研究院院长
鞠建东	清华大学五道口金融学院紫光讲席教授
康艳兵	国家节能中心副主任
李俊峰	中国能源研究会常务理事，红杉中国投资合伙人，红杉碳中和研究院院长
谭显春	中国科学院科技战略咨询研究院研究员
王凤春	全国人大环资委原一级巡视员
王 溥	中国科学院科技战略咨询研究院可持续发展战略研究所所长、研究员
徐晋涛	北京大学博雅特聘教授，国家发展研究院环境与能源经济研究中心主任

协调员：

辛嘉楠	能源基金会总裁办公室主任
祁 悦	儿童投资基金会气候项目主任
顾佰和	中国科学院科技战略咨询研究院创新研究员
杨 秀	清华大学智库中心副主任

其他参与人员：

赵 笑	儿童投资基金会
孟 琦	能源基金会
才婧婧	能源基金会
彭丽楠	能源基金会
余 多	能源基金会
张 璇	中国科学院科技战略咨询研究院
于东晖	中国科学院科技战略咨询研究院
陈 卓	中国科学院科技战略咨询研究院
刘子津	中国科学院科技战略咨询研究院
宋 洋	清华大学气候变化与可持续发展研究院

执行摘要

“全球气候治理与绿色包容转型”专题政策研究项目为中国环境与发展国际合作委员会（以下简称国合会）“全球环境治理创新”课题 2024—2025 年下设专题之一。本年度专题研究立足新的国际形势，旨在重新定位中国在全球气候治理中的角色，并兼顾国际国内多重发展需求，探索中国中长期能源转型和绿色低碳产业发展路径，力求为中国实现全面绿色转型提供路径和政策参考，为“十五五”规划时期的气候政策制定提供技术支持，为中国参与应对气候变化国际合作和《联合国气候变化框架公约》第三十次缔约方大会（COP30）相关事务提供决策支持。

“十五五”期间，中国将实现碳达峰，更为重要的是，中国将推动经济社会发展全面绿色转型，为达峰后的排放下降构建产业、技术和制度基础。当前，绿色低碳技术和产业已经成为中国乃至全球经济增长最重要的选择之一。但是，地缘政治动态破坏了各国间的互信，泛安全化、贸易争端、利益分配等问题与绿色低碳转型交织在一起，导致气候议题复杂化程度不断加深。为此，中国需要坚定应对气候变化的决心，建立目标和行动的互动机制，释放积极的绿色低碳转型信号；坚持多边主义，加强同贸易伙伴的政策协调，进一步引领全球绿色产业方向，促进全球共享绿色收益。

首先，报告研判了当前全球气候治理的最新形势，分析了贸易与投资在全球低碳转型进程中的作用，提出了加速全球绿色包容转型的国际金融架构改革愿景，进一步明确了中国在全球气候治理中的角色和贡献。其次，报告全面探讨中国在面向 2060 年碳中和目标和 2035 年中期目标下的能源系统转型路径，通过定量模拟和典型案例分析，识别能源结构调整的关键节点和挑战，评估支撑如期实现碳达峰的可再生能源规模以及风电、光伏产业的发展潜力，并提出中远期保障能源系统低碳转型以及绿色产业政策优化和完善的建议。此外，报告还关注性别平等议题，提出了推动性别平等议题在气候治理进程中主流化的建议。最后，报告为中国在“十五五”规划中更好地落实“双碳”目标、维护气候治理多边进程、促进全球绿色低碳转型提出了政策建议。

报告主要发现和结论如下：

一、全球多边气候治理模式与进程虽受到负面冲击，但全球低碳转型内生动力不断增强，气候治理体系韧性不断提升。中国为全球气候治理提供了重要的确定性，推动了全球气候治理从“共识”向“行动”的转化。因此，中国应坚定国际合作应对气候变化的信心。

二、全球绿色低碳投资不断增长，清洁能源产业成为经济增长的重要新动能。低碳技术投资和贸易可加速全球低碳转型进程，并有利于协调全球经济增长、安全保障与气候治理等多重目标。

三、中国已进入碳排放的平台期和碳达峰的窗口期，战略机遇和风险挑战并存。深入推进绿色低碳转型，助力实现“双碳”目标，需要充分考虑当前低碳转型面临的挑战和困难，稳妥制定符合当前发展需要的目标和举措，推动非化石能源消费增长，促进绿色低碳产业发展，为经济社会绿色低碳可持续发展提供长久动力。

四、“双碳”目标依赖各行业协同发力，由此催生并壮大的绿色低碳产业革命，将从能源供应、电力与储能、终端替代（工业、交通、建筑）、节能与能效提升、负碳技术与技术服务等方面全面重塑经济结构，加速成为驱动中国经济高质量发展的新引擎。

五、在全球气候治理新形势下，性别议题面临进一步被边缘化的风险，应进一步推动并落实气候治理多边框架中的性别平等举措。中欧可携手合作，共同推进在第三方国家实现性别平等与公正转型。

基于以上分析，报告提出以下政策建议：

一是坚定气候治理和绿色转型的信心。中国应与欧盟、英国、巴西以及其他伙伴合作，加强联合领导力，维护以《联合国气候变化框架公约》及其《巴黎协定》为主渠道的全球多边气候合作，助力 COP30 取得成功。中国应以务实行动和强化目标为气候治理进程增强信心，向市场释放清晰信号，推动气候、环境、安全与繁荣等多目标协同，以气候转型合作促全球清洁增长。

二是进一步明确绿色低碳转型这一战略方向，扎实推进能源和经济转型，助力绿色可持续增长。中国应推动低碳技术突破，进一步释放国内需求，精准实施宏观刺激政策，引导绿色产业高质量发展，力争“十五五”末实现风光装机总量超过 30 亿千瓦。同时，中国应促进高排放行业与传统产业转型升级，确保“十五五”期间煤电装机容量不增加，推动落后低效煤电产能提前退役和公正转型。

三是不断完善“双碳”制度体系建设，为碳达峰后的排放下降构建坚实的制度基础。“十五五”期间，中国应构建碳总量引领的碳排放管理制度，进一步完善“双碳”和气候相关法律法规体系，强化碳市场在资源优化配置中的作用，推动构建绿色财税制度，统筹推进电力市场改革，树立新型绿色能源安全观。

四是推动开放、包容、互利的全球新能源供应链合作。中国应在多边平台积极推广低碳产业快速发展经验，推动相关模式在全球南方复制扩展，为实现全球三倍可再生能源目标做出贡献。同时，中国应加强对政府和国企海外绿色业务的激励和考核，鼓励绿色产业加快海外合资建厂与本地化运营，推动发展中国家资源开发、产业升级与生态保护协同发展，分享绿色转型的收益，并推动建立软性商品的可持续贸易体系。

五是积极参与全球金融架构改革，助力构建更加包容和有效的气候融资体系，助力发展中国家的气候转型和绿色增长。中国应支持发展中国家建立与自身转型战略相锚定的投资平台，加速推进“债转气候”相关实践，积极推动多边开发银行进一步扩大气候投融资规模，建设性参与气候和可持续投融资治理相关的国际倡议。

关键词：全球气候治理、绿色低碳转型、“双碳”目标、“十五五”规划、能源转型

目 录

第一章 新时期中国在全球气候治理中的定位和作用	1
一、全球多边气候治理模式与进程虽受到负面冲击，但韧性不断增强，势头不可逆转，中国应坚定国际合作应对气候变化的信心	1
（一）新一届美国政府放弃气候行动，全球多边气候治理进程面临空前不确定性，但大多数国家走在正确的轨道上.....	1
（二）全球低碳转型内生动力不断增强，气候治理体系韧性不断提升	2
（三）中国为全球气候治理提供了重要的确定性，推动全球气候治理从“共识”向“行动”转化	4
（四）“南北南”合作形成联合领导力，将是新时期气候多边治理信心重塑的重要选择	6
二、低碳技术投资和贸易可加速全球低碳转型进程.....	9
（一）低碳技术产品已经成为全球贸易增长的重要推动力.....	9
（二）贸易摩擦加剧为全球低碳转型带来风险	12
（三）不同贸易和投资情景下经济发展、供应链安全与低碳转型情况的比较分析.....	12
三、推动国际金融架构改革，支持全球气候行动	16
（一）以多边开发银行为代表的国际金融机构在填补全球气候资金缺口方面发挥重大作用.....	16
（二）发展中国家气候融资面临资金成本过高、债务负担过重的难题	16
（三）提高多边机构赠款和优惠贷款比例，开发混合融资工具以撬动更大规模的气候资金，创新国家平台合作机制.....	17
（四）积极推动中国参与国际债务处理和气候融资工具创新	18
第二章 中国中长期能源转型与绿色低碳产业发展路径	18
一、中国推进绿色低碳转型的进展与挑战	18
（一）构建完成“1+N”政策体系，向碳排放总量和强度双控转型	18
（二）经济社会绿色低碳转型取得积极进展	19
（三）能源消费仍呈刚性增长，2030 年 NDC 目标实现仍有难度.....	20
（四）“内卷式”竞争加剧，新能源产业面临挑战	20
二、碳中和导向下的中国碳排放路径	20
（一）长期碳排放路径研判.....	20
（二）模型构建.....	21
（三）情景选择.....	23

(四) 分部门、分时间阶段的碳排放路径.....	24
三、中国绿色低碳产业发展路径	25
(一) 新型能源系统与储能产业：系统重塑的关键支撑	25
(二) 工业深度脱碳产业：高端制造与技术服务	27
(三) 新能源汽车与绿色交通产业：终端革命的全球引领.....	28
(四) 建筑能效与电气化提升	29
(五) 其他产业.....	29
第三章 气候变化中性别主流化的路径分析	30
一、性别议题在全球气候治理新形势下面临进一步被边缘化的风险，女性遭受的气候潜在风险可能上升	30
二、全球气候治理中性别平等机制的执行相对滞后	30
三、推动中国国内公正转型，提升女性在转型中的绿色就业机会	30
四、推动发展中国家绿色公正转型中的性别平等	31
第四章 政策建议	32
一、坚定气候治理和绿色转型的信心，维护以《联合国气候变化框架公约》及其《巴黎协定》为主渠道的全球多边气候合作，以创新思维摸索实践，形成新的联合领导力，确保 COP30 的成功	32
二、绿色低碳产业已经成为中国经济社会发展的重要引擎之一，应进一步明确这一战略方向，扎实推进能源和经济转型，助力绿色可持续增长	33
三、加速碳排放总量控制制度落地，不断完善“双碳”制度体系建设.....	35
四、推动低碳产品贸易投资的自由化和便利化，构建更具包容性的全球能源转型供应链合作伙伴关系，助力全球三倍可再生能源目标的实现.....	35
五、积极参与全球金融架构改革，助力构建更加包容和有效的气候融资体系，助力发展中国家的气候转型和绿色增长.....	36
参考文献.....	37

全球气候治理与绿色包容转型

第一章 新时期中国在全球气候治理中的定位和作用

一、全球多边气候治理模式与进程虽受到负面冲击，但韧性不断增强，势头不可逆转，中国应坚定国际合作应对气候变化的信心

（一）新一届美国政府放弃气候行动，全球多边气候治理进程面临空前不确定性，但大多数国家走在正确的轨道上

自特朗普政府 2025 年再度执政以来，美国国家层面气候行动陷入全面停滞，严重冲击了气候多边主义合作进程。美国宣布再次退出《巴黎协定》，试图恢复传统能源产业竞争力，国内的减排承诺被搁置。在加大化石能源开采利用的情景下，预计到 2035 年，美国的温室气体排放水平将比原先的政策情景高出 24%~36%^[1]。2025 年 7 月，美国环境保护署（EPA）发布一项提案，拟撤销 2009 年作出的温室气体危害认定。此项认定是对新型机动车及新型机动车发动机排放进行监管的先决条件。若缺少此项认定，美国环境保护署将无法依据《清洁空气法》第 202 条的规定，获得制定温室气体排放标准的法定权限。美国环境保护署还提议取消针对轻型、中型和重型公路车辆的温室气体监管规定¹。此外，美国撤销了在《联合国气候变化框架公约》下的资金承诺²，并退出损失与损害基金董事会和公正能源转型伙伴关系（JETP），多项气候资金承诺失效增加了发展中国家实现气候目标的难度。2025 年 4 月，美国宣布对贸易伙伴实行“对等关税”，破坏了全球产业链和供应链的稳定，全球贸易体系面临碎片化风险，进一步影响了全球气候行动的凝聚力。与此同时，在地方层面，以加利福尼亚州为代表的部分州政府仍在持续推进气候行动。纽约州、华盛顿州、马里兰州也在低调落实应对气候变化的相关举措，但由于缺乏联邦资金支持，开展大规模行动面临着巨大挑战。

全球大部分经济体仍在积极推动气候治理。相关报告显示^[2]，从 2023 年 6 月至 2024 年 5 月，全球设定碳中和目标的国家数由 133 个增至 151 个，在尚未设定碳中和目标的国家中，超过 90%已设定碳减排目标。120 个国家以法律或政策文件的形式确立了碳中和目标的法律地位，86 个国家提出了净零排放路线图。欧盟委员会 2025 年 7 月针对《欧洲气候法》提出修订案，设定了到 2040 年使温室气体净排放量较 1990 年水平减少 90%的目标。此前，欧盟委员会还推出《清洁工业新政》（Clean Industrial Deal）^[3]等，以应对气候危机、提升竞争力和增强经济韧性。英国在更新的国家自主贡献（NDC）中承诺到 2035 年使温室气体排放量在 1990 年基础上减少至少 81%，高于其此前设定 2030 年减少 68%的目标。此外，英国政府在向联合国提交的第一份两年期透明度报告^[4]中承诺，2021—2026 年间提供 116 亿英镑的国际气候融资，并在 2025 年支出 15 亿英镑用于国际气候融资，支持发展中国家应对气候变化。

许多发展中国家积极推进绿色转型以实现更高质量的发展。巴西政府制定国家气候政策框架 Plano Clima^[5]，指导该国至 2035 年的气候行动，涵盖减缓和适应两大核心支柱，辅以跨领域战略，构建全面的气候治理体系。在此框架支持下，巴西更新 NDC 中承诺到 2035 年使全国温室气体排放在 2005 年基础上减少 59%~67%，相较之前版本体现出更大的雄心。

¹ 参见：<https://www.epa.gov/regulations-emissions-vehicles-and-engines/proposed-rule-reconsideration-2009-endangerment-finding>。

² 2025 年 1 月 20 日，特朗普签署的行政令“Putting America First In International Environmental Agreements”中提到：立即停止或撤销美国在《联合国气候变化框架公约》下的任何财务承诺。参见：<https://www.whitehouse.gov/presidential-actions/2025/01/putting-america-first-in-international-environmental-agreements/>。

（二）全球低碳转型内生动力不断增强，气候治理体系韧性不断提升

低碳技术成本不断下降，已经具有经济竞争力。IRENA 的数据显示^[6]，2010—2023 年，全球陆上风力发电³、海上风力发电⁴、光伏发电⁵、电池储能⁶项目的成本分别约下降 70%、63%、90%、89%。2023 年，光伏发电、陆上风力发电、海上风力发电成本比化石能源发电成本分别低 56%、67%、25%，与 2010 年相比降幅显著（详见图 1）。预计 2025 年，风能、太阳能和电池技术等清洁能源技术的成本将进一步下降 2%~11%。低碳技术成本已极具竞争力。

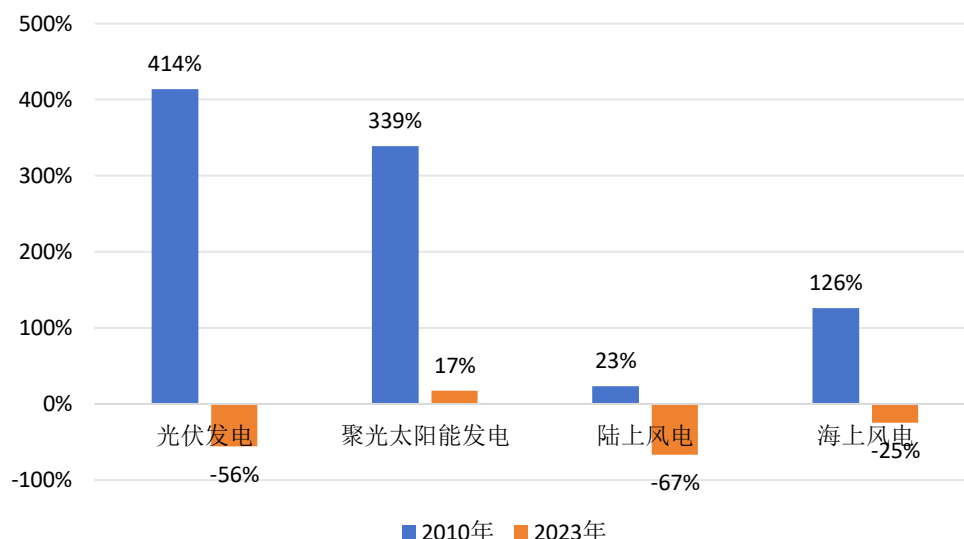


图 1 2010—2023 年可再生能源发电成本高（低）于化石能源发电成本的百分比

数据来源：根据 IRENA（2023）相关报告总结。

全球绿色低碳投资不断增长，清洁能源产业成为经济增长的重要新动能。IEA 报告显示^[7]，2024 年全球能源投资首次超过 3 万亿美元，其中 2 万亿美元用于清洁能源技术和基础设施建设，已接近化石燃料投资的两倍（详见图 2）。清洁能源投资与未减排的化石燃料发电投资之比从 2015 年的 2：1 提高到 2024 年的 10：1 左右。2023 年，清洁能源产业为世界经济增长贡献了约 3200 亿美元，相当于全球 GDP 增长量的 10%^[8]（详见图 3）。为实现净零排放目标，全球低碳技术及其配套基础设施投资仍需保持强劲的增长势头，到 2030 年，投资规模需扩张至当下的约 2.6 倍，2025—2030 年间，年均投资将高达约 5.6 万亿美元^{[9][10]}，这将对全球经济增长产生显著的推动作用。

³ 2010—2023 年，陆上风电的全球加权平均平准化度电成本（LCOE）从每千瓦时 0.111 美元降至 0.033 美元。

⁴ 2010—2023 年，海上风电成本从每千瓦时 0.203 美元降至 0.075 美元。

⁵ 2010—2023 年，光伏发电的全球加权平均度电成本（LCOE）从每千瓦时 0.46 美元降至 0.044 美元。

⁶ 2010—2023 年，电池储能成本每千瓦时 2511 美元降至 273 美元。

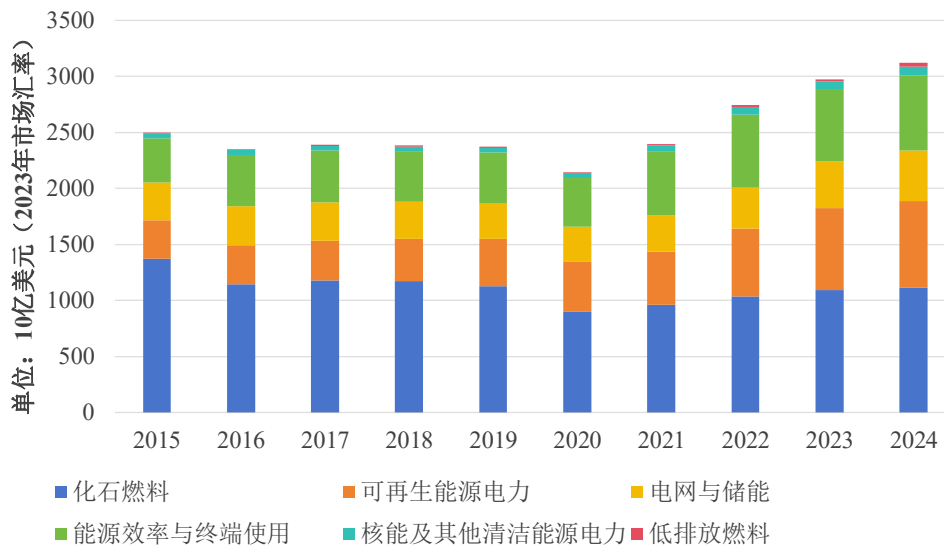


图2 2015—2024年全球清洁能源与化石燃料投资情况
数据来源：根据 IEA（2024）相关报告总结。

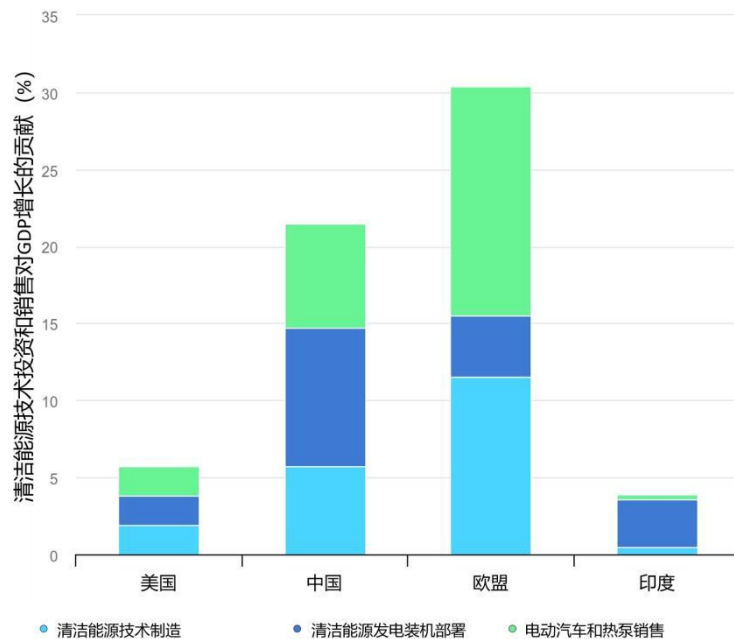


图3 2023年各类清洁能源技术投资和销售对GDP增长的贡献
数据来源：根据 IEA 相关报告总结。

低碳能源技术既能够促进能源可及，也更有利于保障国家能源安全。截至2022年，全球仍有93个国家尚未实现普遍电力供应（详见图4），约21亿（约占全球总人口的26%）人口难以获取清洁烹饪燃料和技术，这些人口主要分布在撒哈拉以南非洲地区等欠发达地区^[11]。可再生能源成为解决欠发达地区用电难题的有效途径。发展中国家部分欠发达地区人口居住分散、电网延伸成本高，而分散式可再生能源（如太阳能家庭系统、小型太阳能照明系统和小型电网）成本较低且可快速部署，能满足这些地区低水平的电力需求。根据IEA和世界银行的测算，2022年全球约有250万户家庭通过太阳能家庭系统和较小的太阳能照明系统获得了电力供应。与此同时，低碳能源技术的快速发展也有助于提升国家能源

安全水平。以电动汽车的推广为例，据测算，仅在中国，2019 年以来各类能源替代措施已累计减少了约 15% 的石油需求增量（相当于每天 120 万桶），预计 2025 年将进一步减少 5%，这主要得益于电动汽车渗透率的加速提升^[12]。这一结果既能帮助中国缓解对外部高风险能源的依赖，也降低了成品油消费对炼油系统和国际能源市场波动的脆弱性。随着清洁能源应用规模持续扩大与电气化程度不断提高，全球能源系统正朝着更加多元、低碳和自主可控的方向演进。

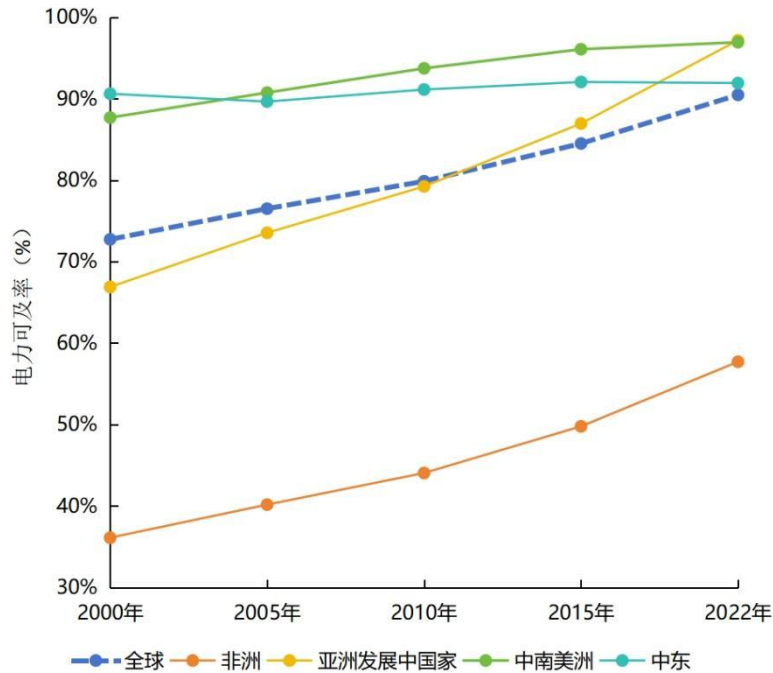


图 4 全球欠发达地区电力可及率（按人口占比计算）

数据来源：根据 IEA（2024）相关报告总结。

全球范围内，人们的绿色低碳环保意识不断增强。如今，越来越多的人在日常生活中关注气候与环境变化，并积极支持政府强化低碳环保相关政策。UNDP “2024 年气候投票”（Climate Vote 2024）结果显示^[13]，全球约 56% 的受访者每天或每周都会思考气候变化问题，69% 的受访者表示他们的重大决定（例如居住或工作地点的选择）受到气候变化的影响，约 80% 的受访者希望政府采取更强有力的气候行动，86% 的受访者希望看到他们的国家与其他国家搁置地缘政治分歧，共同应对气候变化。与此同时，消费者的绿色购物行为日渐增多，逐渐愿意为绿色产品支付额外费用。在此背景下，环保产品市场规模迅速扩大，绿色低碳消费正成为全球消费增长的新动能。麦肯锡与尼尔森 IQ 的联合研究发现^[14]，2018—2022 年的五年间，贴有环保或社会责任标签的商品销售额累计增长 28%，显著高于普通商品（20%）。

（三）中国为全球气候治理提供了重要的确定性，推动全球气候治理从“共识”向“行动”转化

中国将“双碳”目标纳入经济社会发展全过程，并保持目标、行动的连贯性和稳定性。中国自 2020 年提出“双碳”目标后，在《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》（以下简称“十四五”规划）制定、中央经济工作会议部署、党的二十届三中全会等重大战略决策节点都坚定不移落实“双碳”目标，同时不断丰富和完善“1+N”政策体系，为“双碳”目标的实现提供坚实的资源保障。相关研究预测^[15]，中国将在“十五五”期间如期实现碳达峰，并经历一段峰值平台期，此后进入下降通道。中国当前正在酝酿制定第二次更新 NDC，预期在 COP30 前提交。

中国已成为全球最大的可再生能源单一市场，这证明了发展中国家走绿色低碳道路的可行性。2024 年，中国新增可再生能源装机容量占全球的 64%^[16]，其中光伏和风电领域的

新增装机容量分别占全球的 62%和 71%^[17]。多家机构研究显示^{[18][19][20]}，2024 年中国在低碳技术领域的投资达到 6250 亿~9200 亿美元，主要集中于四个领域：清洁能源及储能（涵盖可再生能源、水电、核电、CCS 和氢能）领域投资 3160 亿~3870 亿美元，交通电气化（包括电动汽车整车销售）领域投资 3970 亿~4270 亿美元，电网建设与升级领域投资 830 亿~880 亿美元，能效提升（针对建筑、工业及交通）领域投资 71 亿~75 亿美元，如图 5 所示。2024 年，低碳技术投资约占中国固定资产投资总额的 11%⁷，已经成为经济增长的新动能。与此同时，中国也是全球最大的低碳技术对外直接投资国，据澳大利亚智库 Climate Energy Finance 估计，2023—2024 年，中国企业在海外清洁技术领域对外直接投资超过了 1000 亿美元^[21]，以私营部门为主。

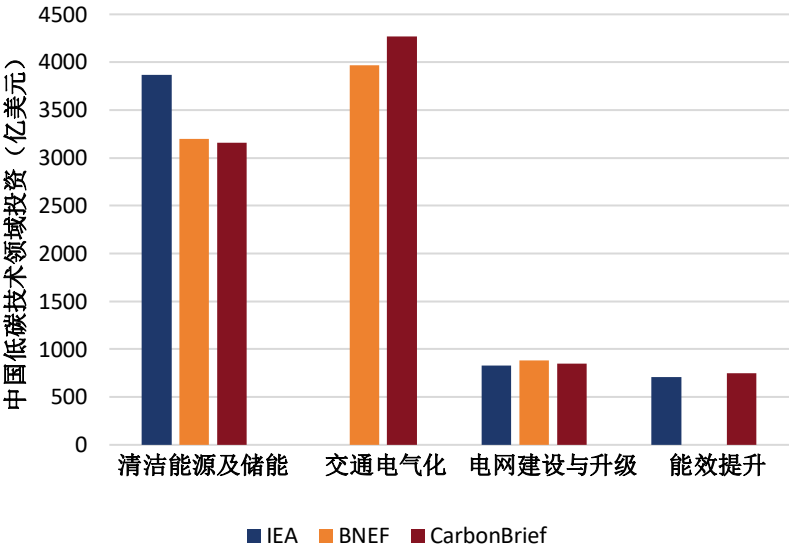


图 5 2024 年按投资类别与研究机构分组的中国低碳技术领域投资

数据来源：根据 IEA（2025）、BNEF（2025）、CarbonBrief^[22]相关报告总结。

中国通过绿色低碳领域的创新实践，为全球新能源成本下降做出了巨大贡献。国家知识产权局的统计数据显示^[23]，2016—2023 年，中国绿色低碳专利申请公开量累计达到 57.3 万件，年均增长 10%；2023 年，中国绿色低碳专利申请公开量对全球增长总量的贡献度达到 75.7%。中国新能源产业创新能力和产业实力大幅提升，已建成全球最大、最完整和最具竞争力的清洁能源产业链。在中国的推动下，全球光伏和陆上风电的平准化度电成本分别下降了约 90%与 70%⁸，这为全球清洁能源转型提供了强有力的支撑^[24]（详见图 6）。

⁷ GDP 和固定资产投资总额数据来自国家统计局，低碳技术投资数据来自 BNEF。

⁸ 相关数据均来自 IRENA。

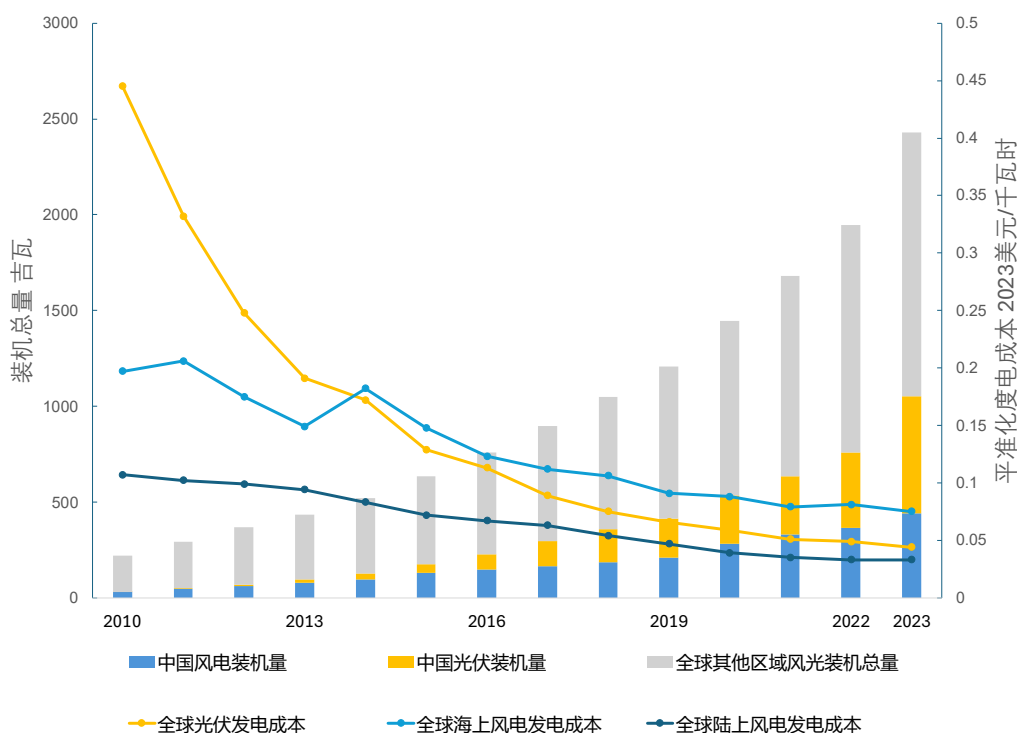


图6 中国及全球低碳产品装机总量及平均装机成本
数据来源：根据 IRENA（2023）相关报告总结。

（四）“南北南”合作形成联合领导力，将是新时期气候多边治理信心重塑的重要选择

应对气候变化事关全人类长远福祉，在当前面临诸多不确定性冲击的形势下，亟须重塑全球应对气候变化的信心。2014—2023 年，极端天气事件已给全球经济造成超过 2 万亿美元的损失，约 16 亿人口受到直接影响，仅 2022—2023 年两年间的损失就达到 4510 亿美元，较前八年平均损失高出 19%^[25]。美国国家经济研究局的研究表明，全球平均气温每升高 1℃，全球 GDP 将会减少约 12%^[26]。因此，全球应采取行动积极应对气候变化，降低其可能带来的损失。

新兴经济体崛起带来转型新机遇，这些经济体在新能源、气候适应技术等领域已具备持续创新和工业制造等能力。中国在电动汽车、电池制造、清洁能源基础设施建设等领域全球领先。印度的新能源装机容量和制造能力也在高速扩张。2025 年 1 月更新的太阳能电池板供应链地图报告显示，印度太阳能组件生产能力为 58.4 吉瓦，预计 2027—2030 年将新增 60 吉瓦，总产能将达到 119 吉瓦^[27]。印度政府正在实施高效太阳能光伏组件生产关联激励计划（PLI），以实现千兆瓦规模的高效太阳能光伏组件的国产化^[28]。巴西拥有丰富的绿电资源，约 89% 的电力来自可再生能源，其中水力发电占主导地位，具备发展绿色低碳制造的基础，在生物能源领域全球领先。2024 年，巴西的燃料乙醇产量达到 87.8 亿加仑，占全球总产量的 28%，位居世界第二^[29]。此外，巴西也是全球重要的生物柴油生产国^[30]。

欧盟、英国、日本等发达经济体在资金、技术、创新、标准制定等方面具有优势，这些优势与新兴经济体技术落地能力结合，将形成“杠杆效应”。欧盟致力于推动工业领域的脱碳进程，制定了多项政策和标准，如《工业排放指令》（Industrial Emissions Directive）要求工业设施采用最佳可行技术（BAT）以减少污染物排放。英国海上风电产业发展迅猛，2022 年，英国海上风电装机容量达到 13.8 吉瓦，可以为超过 1000 万户家庭供电^[31]。英国政府计划到 2030 年将海上风电装机容量提高至 50 吉瓦^[32]。日本的氢能储存运输、氢能开发利用、高速固碳等技术处在国际领先水平。2022 年 1 月，日本企业建造的世界首艘液化氢运输船“Suiso Frontier”完成首航，验证了国际液氢供应链的可行性^[33]。发达经济体的先进技术和创新成果与新兴经济体强大的生产制造和市场推广能力结合，可以加速低碳产品和服务覆盖全球市场，降低成本，提升竞争力。同时，发达经济体成熟的标准体系可以

为新兴经济体技术落地提供指引，降低试错成本，新兴经济体实践反馈又可促使标准迭代优化。这种优势互补的协同模式可以提升全球低碳转型效率，为应对气候变化注入强大动力。

占全球总人口 80% 以上的广大南方国家具备能源转型的资源基础，以及推动绿色低碳转型的内在动力。全球南方国家经济总量占比超过 40%，对世界经济增长的贡献率达到 80%，已经成为维护国际和平、带动世界发展、完善全球治理的关键力量。南方国家拥有全球 70% 的可再生能源潜力和 50% 的清洁技术关键矿产资源^[34]，凭借丰富的资源储量，在全球供应链中扮演重要的资源国角色。例如，非洲太阳能的理论储量约为 60,000,000 太瓦时/年，约占全球总储量的 40%^[35]；刚果民主共和国的钴产量约占全球的 70%，在全球供应链中占据主导地位^[36]。南美“锂三角”国家（阿根廷、玻利维亚、智利）合计拥有全球一半以上（约 58%）的锂储量^[37]。全球约 21% 的镍储量集中在印度尼西亚，近一半（46%）的铜原料开采自拉丁美洲^[38]。与此同时，南方国家在资源开发和加工方面面临诸多问题，如加工能力不足、基础设施和投资存在缺口、环境与社会风险较高等，亟须通过国际合作寻求发展。2023 年，东南亚地区获得的清洁能源投资仅占全球的 2%，远低于其在全球 GDP（6%）、能源需求（5%）和人口（9%）中的占比^[39]。非洲拥有占全球五分之一的人口，可再生能源资源丰富，但在 2000—2020 年间，全球对可再生能源的投资仅有 2% 流向非洲^[40]。为实现非洲的能源和气候目标，到 2030 年，非洲每年需要获得约 280 亿美元的优惠资金，以撬动约 900 亿美元的私人投资^[41]。

当前，全球多国已经搭建绿色低碳的国际合作框架，为实现“南北南”合作提供了可对接的框架基础。中国通过“一带一路”倡议发挥在可再生能源、节能环保、清洁生产等领域的优势，运用中国技术、产品、经验等，推动气候合作。据统计，截至 2024 年 10 月，中国已与 42 个发展中国家签署 53 份气候变化南南合作谅解备忘录，开展了近百个减缓和适应气候变化项目，累计实施 300 多期气候变化相关领域或主题的能力建设项目，为 120 多个发展中国家提供 1 万余人次培训名额^[42]。欧盟于 2021 年启动“全球门户”计划^[43]，预计在 2021—2027 年期间募集约 3000 亿欧元资金，旨在缩小全球基础设施投资缺口，支持绿色与数字转型，其中一半资金（1500 亿欧元）用于支持非洲的发展^[44]。英国于 2021 年启动“清洁绿色倡议”，承诺提供超过 30 亿英镑的气候融资，用于支持发展中国家的绿色增长^[45]。然而，英国大幅削减国际援助预算的决定（到 2027 年，该预算占国民总收入的比例将从 0.5% 降至 0.3%）可能削弱其履行气候资金承诺的能力⁹。由发达国家和新兴发展中国家合作，共同为欠发达地区的气候治理提供支持的“南北南”合作模式具备可行性。例如，中德合作助力非洲可再生能源发展的案例中^[46]，德国为纳米比亚光伏电站项目提供资金支持，中国企业承建该项目，帮助纳米比亚政府实现电力供应安全和自给自足，进一步促进整体经济增长和环境可持续发展。因此，建议通过加强“南北南”合作重建全球气候治理联合领导力，整合不同国家比较优势、创新合作方式，为气候多边治理提供“去中心化”但更具包容性的解决方案。

巴西将“落实”作为 COP30 的核心，呼吁各方团结起来，强化多边主义，将气候机制与人们的实际生活联系起来，加速推进《巴黎协定》的实施进程。在《巴黎协定》框架下，各方应积极为东道国巴西的筹备工作和议程实施提供支持，推动开展务实行动，在低碳产业发展、绿色贸易投资和金融体系改革等领域加强合作，探索分享更多切实可行的实践经验，共同推动 COP30 顺利举办。推动创新型发展与公正转型，统筹气候应对与经济增长。2025 年 4 月 23 日，习近平主席在气候与公正转型领导人峰会中指出，绿色转型必须以人民为中心，协同推进民生福祉改善和气候治理，统筹保护环境、发展经济、创造就业、消除贫困等多重目标。应同步推进技术创新、产业升级和社会保障，激发更广泛的国际创新合作空间，帮助发展中国家在低碳道路上实现可持续增长。发挥双边与小多边（或区域）作用，助力多边议程落实。在全球议程日益复杂的当下，通过中巴、中欧及金砖国家、基础四国（BASIC）等小多边平台加强沟通协调，可为多边谈判构建牢固的信任基础，推动《巴黎协定》全面落实。

⁹ 参见：<https://www.climatechangenews.com/2025/02/25/uk-aid-budget-cuts-threaten-climate-finance-pledge-to-vulnerable-nations-experts-warn/>。

专栏 1：中国与巴西在绿色供应链上的合作机遇

巴西现任总统卢拉在 2022 年竞选期间曾承诺不晚于 2030 年实现“零毁林”。同时，作为 COP30 的主席国，为了彰显领导力，巴西有强烈动机在遏制毁林方面取得进展。

中国与巴西在软性商品领域合作紧密。近年来，中国每年购买了巴西出口大豆的七成以上，以及大约一半的出口牛肉。2024 年 11 月，中国国家主席习近平对巴西进行国事访问之际，两国将双边关系定位提升为名字非同凡响的“携手构建更公正世界和更可持续星球的中巴命运共同体”。访问期间，两国的联合声明阐明双方“强调可持续发展是国际合作的指导原则”，并将为此开展合作互鉴。

中国-巴西私营部门和次国家级绿色供应链合作为更深层次的政策对接探路。一是中国本土企业、行业协会开展行业自律倡议和标准制定，以及能力建设，并建立试验性的绿色供应链。在世界经济论坛旗下热带雨林联盟的推动下，中粮国际于 2023 年 11 月首次与国内乳制品企业签订了从巴西直接采购“零毁林”巴西大豆的订单，并已于 2024 年 5 月交付首单货物。中粮国际自 2019 年开始建立巴西大豆追溯体系，并在 2023 年实现巴西直采大豆完全可追溯至农场，为公开承诺提供零毁林零转化大豆奠定了基础。二是中国行业协会与巴西行业协会、研究机构和地方政府开展合作，致力于贯通两国的“绿色”标准体系、供应链管理方案、追溯体系和认证制度，并为巴西绿色农产品进入中国市场搭建渠道、提供经济激励措施。这包括中国肉类协会在 2023 年与世界自然基金会联合推出的“中国可持续肉类供应链推广计划”，中国肉类协会、世界资源研究所（WRI）与巴西牛肉出口商协会（ABIEC）、马托格罗索州肉类研究所（IMAC）2024 年共同发起成立的“中国巴西可持续牛肉产业合作工作组”，以及 2024 年世界资源研究所、中巴行业协会和巴西地方政府就共建牛肉、大豆和玉米可持续供应链签署的两份合作备忘录。三是中巴探索有效的投融资模式，扩大对“零毁林”以及生态修复等领域项目的支持。巴西政府支持成立“巴西气候与生态转型平台”（BIP），旨在扩大对生态转型的投资，中方支持的一带一路绿色发展国际联盟积极与 BIP 合作，通过“绿色发展投融资合作伙伴关系”（GIFP）帮助中方金融机构与 BIP 平台项目对接，推动在巴西的绿色投资项目落地。此外，中国已表示有意投资“永久热带森林基金”（TFFF）。该基金是由巴西牵头的全球性基金，旨在保护濒危热带森林。中国的支持可为资源丰富的发展中国家在巴西举办 COP30 前作出更广泛的资金承诺铺平道路，这也凸显出热带森林保护是维护气候与生物多样性的关键解决方案¹⁰。

中国和巴西作为两个全球南方大国，正被寄予厚望，期待其在全球环境治理和建立普惠包容的全球化进程中发挥更重要的作用。作为今年年底即将举办的 COP30 的主席国，巴西正着力彰显其在气候领域的领导力。在此背景下，中国和巴西作为全球最大的农产品买家和卖家，两国之间建立绿色供应链合作机制具有重要示范意义，也将为全球南方国家在气候与贸易协同发展方面注入新动能。

¹⁰ 参见：<https://impakter.com/esg-news-china-invests-in-brazil-global-tropical-forest-fund/>。

二、低碳技术投资和贸易可加速全球低碳转型进程

（一）低碳技术产品已经成为全球贸易增长的重要推动力

低碳技术产品已经成为全球贸易的重要组成部分，且增长迅速。2023 年，主流低碳技术（包括光伏发电、风力发电机组、电池、电动汽车、地热发电、水力发电、热泵、绿色氢能、太阳能热利用以及核能等 10 种低碳技术）的全球贸易额达到了 7332 亿美元，占全球贸易总额的 3.1%，相当于全球钢铁贸易额的 1.45 倍，全球石油贸易额的 57.3%。2015—2023 年，全球低碳技术贸易额增长了 5149 亿美元，年增长率达到 16.4%，几乎达到普通商品贸易额增速的 2 倍。电动汽车、电池、光伏和风电是低碳技术贸易的主要组成部分，2023 年，四者贸易额合计达到全球低碳技术贸易总额的 92.3%，见图 7。

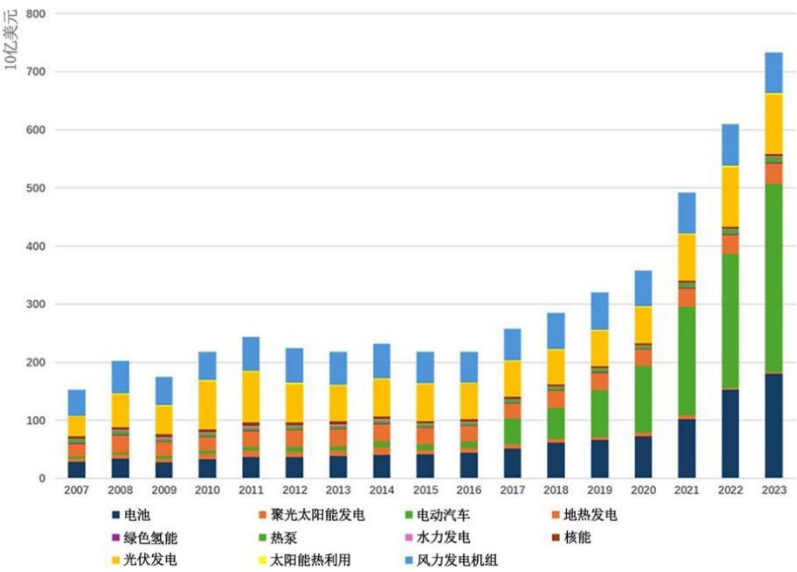


图 7 2007—2023 年分技术的主流低碳技术产品的贸易额变化¹¹

欧盟、中国、日本、美国和韩国是低碳技术产品贸易的主要参与者。2023 年，这五个经济体的低碳技术产品出口额占全球比重达到 82.8%，欧盟为低碳技术产品出口第一大经济体，出口总额约 2742 亿美元，中国为第二大经济体，出口总额约 2014 亿美元，如图 8 所示。相比出口，全球低碳技术产品进口更加多元化。欧盟、美国分别是低碳技术产品进口第一大、第二大经济体，2023 年进口额分别为 3051 亿美元和 1109 亿美元，两者合计占比达到全球进口总额的 56.7%。而以发展中国家为主的其他经济体组合进口额占比在 2007—2023 年间始终保持在 30% 左右，绝对进口额从约 360 亿美元大幅增长至 1653 亿美元，成为低碳技术进口的第二大组成部分，如图 9 所示。

¹¹ 数据依据 BACI 的双边贸易流数据计算，单位为名义美元。

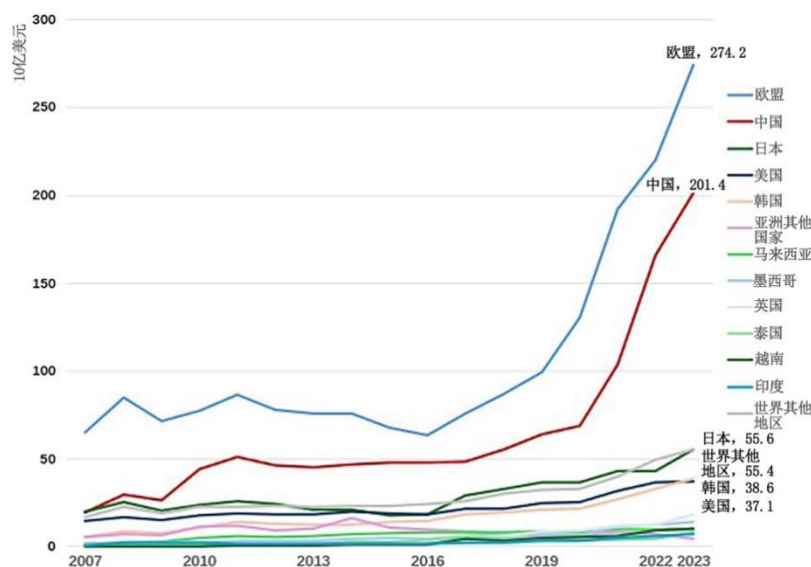


图 8 2007—2023 年主要经济体低碳技术产品出口额变化¹²

备注：图中的 ROW 包括除欧盟、中国、日本、美国、韩国、马来西亚、墨西哥、英国、泰国、越南和印度以外的其他所有经济体

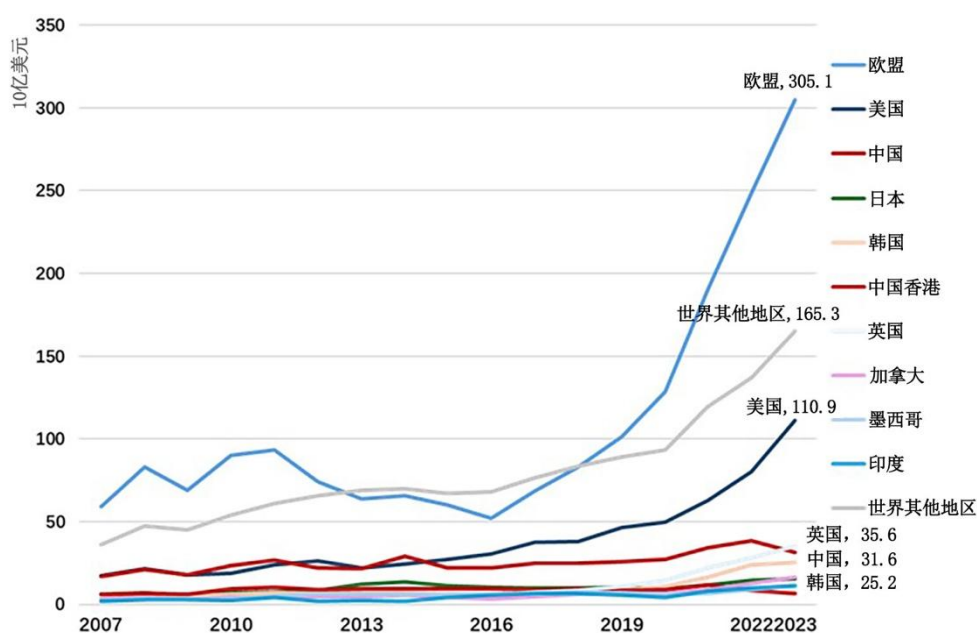


图 9 2007—2023 年主要经济体低碳技术产品进口额变化¹³

中国低碳技术的主要出口地区是欧洲、东亚与北美洲的高收入国家，但向中低收入国家的出口呈上升趋势。2007—2023 年，中国低碳技术出口的前三大地区是欧洲、东亚与北美洲，合计出口额从 168.9 亿美元增长至 1618.5 亿美元，而出口占比则从约 86%下降至 80%。从出口经济体的收入组别看，2007—2023 年，中国低碳技术产品的主要出口经济体仍是高收入国家，但出口占比从 2007—2010 年间的平均 80%下降至 2020—2023 年间的平均 68.5%，如图 10 所示。2007—2023 年，中国出口至高收入经济体以外经济体的出口额

¹² 数据依据 BACI 的双边贸易流数据计算，单位为名义美元。

¹³ 数据依据 BACI 的双边贸易流数据计算，单位为名义美元。

从 39.3 亿美元大幅增加至 580.8 亿美元，年均增速约 17.2%¹⁴。这期间，中国向中低收入、低收入经济体的出口额比重从不到 9%增加至约 13%。低碳电力产品是中国向低收入经济体出口的主要低碳技术产品类别。中国在该类产品上向低收入、中低收入经济体出口的比例从 2007 年的约 15%大幅增加至 2023 年的约 42%，绝对出口额从 8.5 亿美元大幅增长至 133.2 亿美元，见图 11。

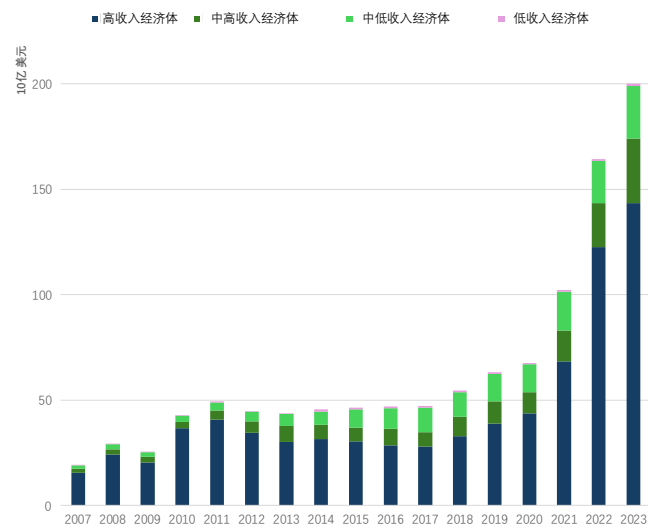


图 10 2007—2023 年按收入组别分组的中国低碳技术产品出口额¹⁵

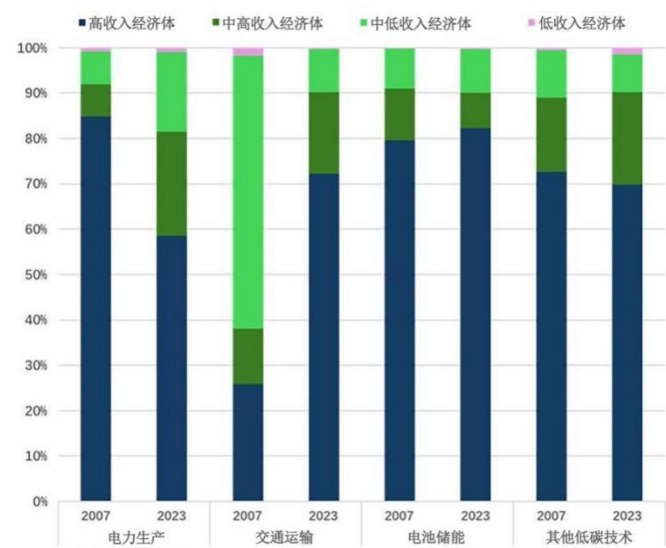


图 11 2007 年与 2023 年按技术类别与收入组别分组的中国低碳技术产品出口额比例变化¹⁶

¹⁴ 中低收入经济体名单参照世界银行 World Bank country classifications by income level 从 2007 年到 2023 年的逐年分组名单。该名单将经济体分为高收入经济体、中高收入经济体、中低收入经济体、低收入经济体以及其他经济体五个组别，文中“中低收入经济体”为除高收入经济体以外的其他经济体，后文的“低收入经济体”则包括中低收入经济体和低收入经济体。

¹⁵ 图 10、图 11 中，中国低碳技术产品出口额未考虑世界银行收入分组中的其他经济体类别，该类别出口额占全部出口额约 0.6%。数据依据 BACI 的双边贸易流数据计算，单位为名义美元。

¹⁶ 图 11 中，电力生产包括光伏、风电、集中式光热、地热能、水电和核能等，交通运输包括电动及混动插电汽车等，电池储能包括锂电池、锂电池零部件及其他电池等，其他低碳技术包括太阳能热水器、热泵以及绿色氢能等。数据依据 BACI 的双边贸易流数据计算，单位为名义美元。

（二）贸易摩擦加剧为全球低碳转型带来风险

新一轮贸易摩擦烈度与范围的升级为全球低碳产品贸易带来不确定性。新一届美国政府推行“对等关税”，对来自全球各国的几乎所有进口商品统一加征 10% 关税，并计划对主要贸易伙伴实施平均超过 50% 的更高关税税率。2025 年，美国进一步对越南、马来西亚、泰国和柬埔寨的太阳能电池及组件征收高额反倾销税^[47]。中国、欧盟、加拿大等国家和地区对美采取报复性关税措施予以反击¹⁷，全球贸易碎片化加剧。一系列举措严重破坏了多边贸易体制的权威性和稳定性，降低了全球贸易规则的公信力，打乱了业内对政策连续性和透明度的预期，影响了全球低碳转型进程，增加了供应链的不确定性，迫使制造商与投资方在产能配置与投融资决策上更加谨慎。

标准措施、本地含量要求等新兴非关税措施成为各国贸易政策的新趋势。标准措施正从产品可持续性要求上升至供应链，覆盖包括钢铁、纺织品、电子产品等在内的多个类别。欧盟自 2020 年出台《循环经济行动计划》后，逐步颁布实施《电池及废电池法规》、《赋权消费者实现绿色转型指令》和《可持续产品生态设计法规》，将循环经济理念贯穿产品设计、生产、消费、维修、回收处理、二次资源利用的全生命周期。**本地含量要求也成为发展本土低碳产业的普遍政策。**欧盟的“净零工业法案”鼓励成员国在清洁技术领域加强内部制造能力，目标是到 2030 年本土生产能力至少满足年度部署需求的 40%，涵盖光伏组件、电池、热泵等关键领域^[48]。印度在“印度制造”计划（Make in India initiative）^[49]的引领下，低碳产业本地含量逐渐增加。印度政府规定，自 2026 年 6 月 1 日起，清洁能源项目必须使用来自政府批准名单（ALMM）的本土制造太阳能组件和电池¹⁸，风机组件（包括轴心、机舱等）的组装与类型认证必须在印度本土进行^[50]。

贸易摩擦给低碳技术供应链稳定、创新和扩散带来显著不利影响。对低碳产品的贸易限制使得低碳技术供应链成本飙升且不稳定，仅“对等关税”对上游零部件成本的影响就可能使美国国内光伏组件的制造成本提高 15% 以上，陆上风电项目成本提高 7% 以上^[51]。贸易摩擦还会通过分割市场、削弱技术学习过程等方式，给低碳技术创新带来显著不利影响。Helveston 等（2022）的研究预计，到 2030 年，本地化供应链生产的光伏组件成本将比全球化供应链高出 20%~30%^[52]。相关研究进一步估计，到 2030 年，若各国光伏供应链逐步脱钩，总体部署装机容量将减少 14.8%~19.1%^[53]。因此，推动全球供应链的协作与技术共享，对于实现全球低碳转型和平衡增长、安全和气候目标至关重要。

贸易保护、贸易碎片化会对绿色技术部署产生不利影响，也无法有效提升经济安全、能源安全和国家安全水平。清洁能源技术供应链很大程度上依赖于贸易，IEA 估计，清洁能源技术的贸易额在其全球总市场价值中所占的比例约为 30%^[54]。贸易保护与碎片化在短期内难以改善供应链安全，而且可能因本地制造建设时间周期导致短期的供应链风险。研究发现，2011 年前后，美国推动的针对光伏、风电行业的反倾销和反补贴措施不仅没有增加国内制造业就业岗位，反而对下游产业的部署应用造成了明显的延迟^[55]。在能源安全方面，多数清洁技术部署能直接为本地提供能源，进而削减对外部化石能源的依赖。

（三）不同贸易和投资情景下经济发展、供应链安全与低碳转型情况的比较分析

平衡经济发展、供应链安全和低碳转型已经成为多个经济体的优先事项。就全球层面而言，维持当前全球投资与贸易格局、贸易保护主义主导下的本地化制造，或是国际投资、贸易与技术合作推动的多元化制造，是平衡经济发展、供应链安全和低碳转型三个主

¹⁷ 国务院发布《关于中美经贸关系若干问题的中方立场》白皮书，以表明立场，参见：https://www.mofcom.gov.cn/sywxwfb/art/2025/art_af2778220dfd4649b5729b2dc1bb69ac.html；欧盟原定于 2025 年 4 月 15 日起对部分美国产品（含农产品、工业品）征收 25% 关税，后因谈判原因暂缓实施，参见：<https://www.reuters.com/markets/europe/eu-impose-counter-tariffs-over-28-billion-us-goods-2025-03-12/>；加拿大自 2025 年 3 月 13 日起对从美国进口的 298 亿加元产品征收 25% 的关税，参见：<https://www.canada.ca/en/department-finance/news/2025/03/list-of-products-from-the-united-states-subject-to-25-per-cent-tariffs-effective-march-13-2025.html>。

¹⁸ 印度可再生能源部相关负责人表示，从 2026 年 6 月起，印度清洁能源企业在政府项目中只能使用经批准企业提供的本地制造太阳能电池，参见 <https://www.reuters.com/business/energy/india-mandates-use-locally-made-solar-cells-clean-energy-projects-june-2026-2024-12-10/>。

要目标的潜在路径。我们对不同贸易和投资情景下的影响进行了评估，主要评估结果见表 1。

表 1 不同贸易和投资情景下的经济发展、供应链安全、低碳转型情况对比

情景	经济发展	供应链安全	低碳转型
维持当前全球投资与贸易格局	中性	地理集中	高效率
贸易保护主义主导下的本地化制造	短期内促进当地经济	本地化	低效率
国际投资、贸易与技术合作推动的多元化制造	共同繁荣	多元化	公平性和包容性

情景 1：维持当前全球投资与贸易格局

维持当前全球投资与贸易格局，意味着中国继续作为包括光伏组件、动力电池、电动汽车等在内的多个低碳技术产品的全球主要供应国。该情景有助于低碳技术的商业化、规模化与创新发展，促进全球低碳转型与普惠技术扩散。一些发展中国家低碳技术发展尚处于初级阶段，本地化制造和装配能力有限，难以满足大规模装机需求，中国可在这些国家技术转型的过渡期提供稳定保障。例如，巴基斯坦通过进口中国超 25 吉瓦的太阳能电池，实现电力供应增加 50%^[56]；中国在肯尼亚建造 Garissa 太阳能电站，充分缓解了当地电力短缺问题，并大幅降低了电价^[57]。中国产品成本低、供应链集成度高，且具有规模优势，可以加快推动低碳产品在当地的应用和推广，同时，通过发展下游安装和应用产业，还能有效增加本土就业岗位。

但与此同时，需要注意的是，低碳技术供应链地理位置的集中性，导致多国对供应链安全的担忧。根据 IEA 公布的数据，2023 年，中国在全球主要清洁能源技术市场的规模占比超过 50%，其中，光伏技术占比更是超过 95%（见图 12）。中国企业的规模优势和低成本产品对其他国家本土制造业的发展造成了冲击，进而引发了各国对其本土产业发展前景的担忧^[58]。

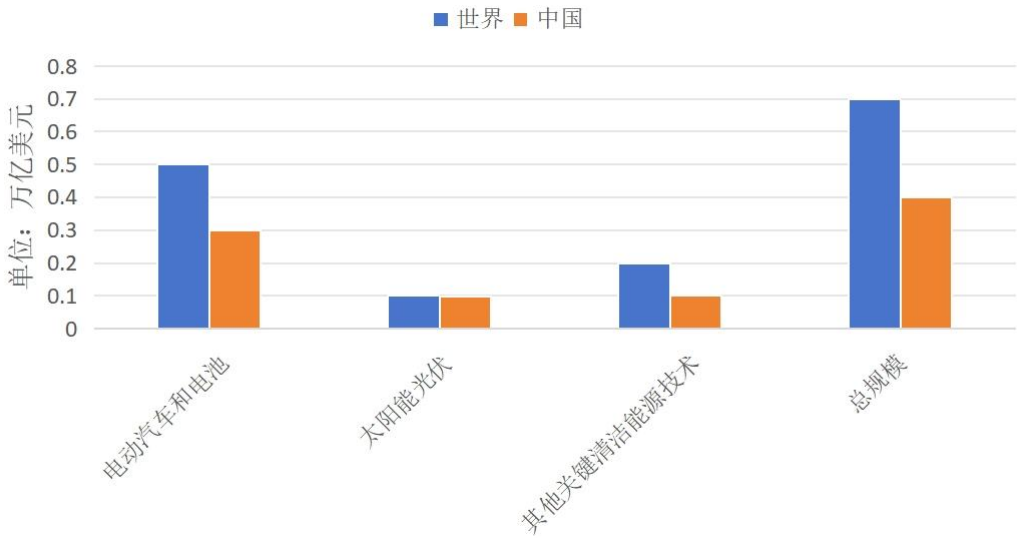


图 12 2023 年中国在全球主要清洁能源技术市场的规模占比

数据来源：根据 IEA（2024）相关报告总结。

情景 2：贸易保护主义主导下的本地化制造

该情景在一定程度上可以促进部分国家本地低碳制造业发展，推动相关产业就业增长，但从全球整体来看，会降低全球资源配置效率，抑制技术转移，为全球经济发展带来潜在风险。该情境下的高关税、市场准入限制等措施旨在保护本国产业，促进更多制造业本地化。例如，欧盟出台的《净零工业法案》旨在推动包括太阳能、风能、核能和电池技术等在内的 19 项关键净零技术的本土化生产，目标是到 2030 年满足欧盟 40%的内部需求，到

2040 年占据 15% 的全球市场份额¹⁹。首先，贸易保护主义不以比较优势为依据，将不可避免地带来效率损失与成本上升。一项研究指出，假如世界分散为不同集团，全球经济总产出可能下降超过 2%^[59]。其次，贸易保护主义也可能引发次生的贸易报复与其他政策不确定性因素，进一步加剧全球福利的损失^[60]。最后，贸易保护主义削弱了企业在跨国市场中的扩张能力，降低了创新研发的回报率。如果全球在此情景下开展本地制造竞争，到 2050 年全球贸易额可能下降超过 13%，由此导致发展中经济体整体 GDP 下降超过 6.5%，发达经济体整体 GDP 也将下降 3%^[61]。

贸易保护主义主导下的本地化制造可以降低对外依赖，但有较高的能力门槛，而且需要平衡自身对下游部署与上游制造业的需求。建设本地低碳产业供应链，不仅能增加制造端的就业岗位，还可以降低对外依赖程度。但是，该举措对本土的制造业基础、政策设计水平有一定要求，而且需要妥善应对劳动力、建设周期、成本投入等多重挑战。举例来说，由于政策设计不佳、能力建设不足等原因，南非利用包含本地化要求的拍卖政策发展本地风能制造业的尝试效果不佳^[62]。与此同时，由贸易保护主义主导的本地化制造可能会限制下游部署应用，导致占就业端大多数的终端销售、部署、维护等就业岗位的数量大幅减少^[63]。以美国为例，美国光伏行业就业岗位总数在 2024 年约为 28 万个，其中仅有 12% 来自制造业。因此，各地区在推进供应链本地化建设的过程中，应充分考量自身能力与现实需求，以免在整体层面产生负面效果。

贸易保护主义主导下的本地化制造将分散气候投资、提高转型成本，为低碳转型目标的实现带来显著障碍。在缺乏明显比较优势的前提下建设本地供应链，不仅需要长期、大量的投资与政策支持，且与世界现有产能相比，可能会导致重复建设与重复投资。2024 年，因建设本地供应链而额外增加的成本可购买约 20~50 吉瓦的光伏组件，相当于美国 2024 年所用的全部光伏组件²⁰。若在推进本地化制造的过程中忽略国际比较优势和经济效率因素，将严重削弱低碳转型投资的有效性。IEA 估计，若对光伏产业实施接近 100% 的关税，带来的成本上升将抵消过去 5 年内光伏组件成本的下降。在贸易政策变动和本地制造不确定性的双重影响之下，当前美国制造的光伏组件总成本相比其他地区平均已经高出 2~3 倍²¹，这将显著削弱光伏技术的竞争力。

情景 3：国际投资、贸易与技术合作推动的多元化制造

加速国际投资、贸易与技术合作，可以提升全球低碳产业制造能力，在不同地区创造大量就业岗位，带动技术扩散与转移，促进共同繁荣。首先，贸易、投资与生产是促进全球（尤其是发展中国家和地区）经济增长的重要动力。许多研究（如 WTO 对贸易开放程度与 GDP 增长之间关系的统计，如图 13 所示²²）已经证实贸易开放与增长之间存在较强的正相关性。此外，这种与贸易开放相关的总体增长还包含了服务业的增长，而服务业在推动绿色转型过程中发挥着重要作用。其次，外国直接投资（FDI）的增加被认为是推动经济快速增长的重要因素。投资能够增强出口能力，进而促进贸易繁荣，而贸易的繁荣又进一步吸引投资，这种积极的反馈循环成为许多国家经济增长的关键^[64]。贸易、投资也是许多发展中经济体获取技术的重要渠道^{[65][66]}。在低碳产业领域，国际投资与技术合作可以缩短本地供应链建设周期、加速劳动力培养进程，以及引进国际前沿的生产、制造技术。这一系列举措可以大幅降低许多地区发展低碳产业的门槛，充分利用潜在的比较优势，如劳动力、地理区位和自然资源禀赋。这将充分释放许多地区在全球低碳产业分工中的潜力，提升全球资源配置效率，为全球长期经济繁荣带来更高预期。

¹⁹ 参照：[https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI\(2025\)769489](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI(2025)769489)。

²⁰ 按欧洲 2025 年 6 月光伏组件价格（0.085 美元/瓦）与美国 2025 年 6 月光伏组件价格（0.27 美元/瓦）进行估算，光伏组件价格来自 <https://www.infolink-group.com/spot-price/>。

²¹ 以印度制造的光伏组件价格（0.15 美元/瓦）和欧洲光伏组件价格（0.085 美元/瓦）为对比对象。

²² 参照 WTO 2022 年发布的《World trade report 2022: Climate change and international trade》。

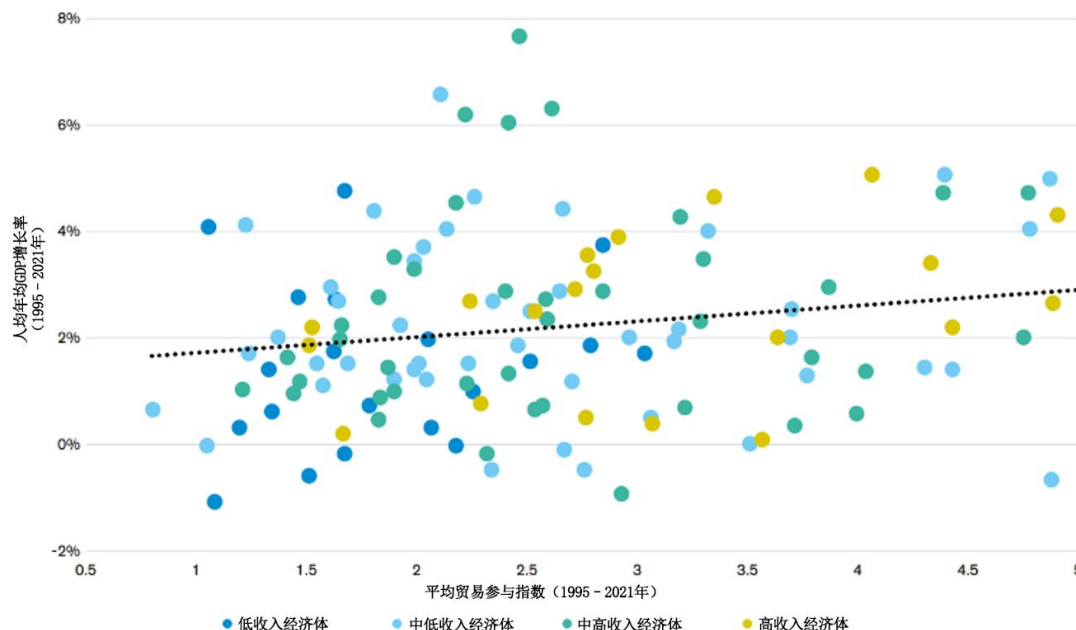


图 13 贸易参与度与人均 GDP 增长率之间的正相关关系
来源：根据 WTO 相关报告总结。

加速国际投资与技术合作，挖掘多地区低碳产业比较优势，促进低碳供应链多元化，有利于提升全球低碳技术供应链安全水平。从各自能力出发，扩大在低碳领域的国际技术与投资合作，是实现全球低碳产业供应链多元化的可行路径之一。例如，匈牙利政府对海外投资采取积极态度，利用现金补助、土地优惠、税收优惠等多项支持政策，吸引了众多领先企业的跨国投资^[67]。宁德时代计划在匈牙利投资超过 76 亿美元，建设欧洲最大的电池制造项目，该项目预计将于 2026 年初投产，预计产能高达 100 吉瓦时^[68]。在宁德时代后，昆仑新材也选择在匈牙利建设其电池电解液项目，作为电池供应链的上游材料供应商^[69]。产业链上下游企业开展的跨国生产建设投资、研发创新合作，已经使匈牙利拥有成为欧洲电池制造中心的潜力。国际投资与技术合作的扩大，可以推动形成多点布局、全球协作为特征的绿色产能网络，将有效增强全球低碳技术供应链的多元化水平，提升整个系统的抗冲击能力和长期稳定性。

增强各地区低碳转型的内生动力，有望在充分考虑全球发展意愿的前提下实现包容、公平兼具效率的低碳转型。首先，绿色产业政策已经成为全球各国平衡经济发展与低碳转型目标的主流趋势^[70]。然而，在许多发展中国家，绿色产业政策可能因财政状况、治理水平、基础设施条件和资金成本中的风险溢价等因素，难以发挥积极作用^[71]，加速国际投资与技术合作可以帮助克服资金、能力等不足，增强低碳转型的内生动力。其次，推动低碳技术的国际扩散和本地化应用，不仅降低了全球绿色产品的部署门槛，也加快了关键设备的规模化普及进程。最后，全球开展基于各自比较优势、以合作共赢为目标的绿色合作，有助于推动构建一个更加包容、更加公平，同时兼顾效率的全球绿色治理体系。在此进程中，严格遵守基于规则的多边贸易体系至关重要。该体系不仅能提升透明度、保障市场准入的公平性、为投资者提供稳定预期，还能降低单边措施或歧视性政策的风险——这类措施或政策往往会导致绿色价值链碎片化。因此，这样的贸易体系可成为推动全球低碳转型规模扩大的重要支撑基础。

贸易和投资情景分析总结：扩大国际投资、贸易与技术合作有利于平衡经济发展、供应链安全与低碳转型。

维持当前全球贸易与投资格局的情景下，虽然能够为低碳转型提供高效率与低成本的有利条件，但也面临着不断增加的全球贸易摩擦挑战。

如果全球转向贸易保护主义主导的本地化制造情景，将难以保障全球经济繁荣的长期可持续性，额外的成本增加与效率损失也将为实现低碳转型目标设置巨大障碍。短期内，

贸易保护主义或许可以促进本地产业发展与就业增加，但长期来看，这种做法可能牺牲全球资源配置效率，并增加贸易不确定性，进而抑制经济增长动力。此外，重复建设与补贴依赖将推高成本，抵消技术降本成果，削弱低碳能源竞争力，最终拖慢低碳转型进程。

国际投资、贸易与技术合作推动的多元化制造情景有利于平衡经济发展、供应链安全与低碳转型。首先，全球各地区应从各自能力出发，扩大技术合作与投资协调，增加在具有潜在比较优势地区的投资与技术转移力度，在不同地区创造就业、促进共同繁荣。其次，全球各地区应通过投资与技术合作建立低碳技术供应链，客观上大大增强供应链的抗风险能力。最后，全球各地区应通过技术与投资培养、增强低碳转型的内生动力，并有望在充分考虑全球发展意愿的前提下实现包容、公平兼具效率的低碳转型。

三、推动国际金融架构改革，支持全球气候行动

（一）以多边开发银行为代表的国际金融机构在填补全球气候资金缺口方面发挥重大作用

近年来，多边开发银行（MDBs）通过投资贷款、政策性融资、赠款等方式持续增加对发展中国家的气候资金支持。多边开发银行的联合报告显示^[72]，2019—2023 年 MDBs 的气候融资规模持续扩大，2023 年达到创纪录的 1250 亿美元，其中，747 亿美元流向了中低收入国家，较 2019 年增加了 332 亿美元。预计到 2030 年，MDBs 每年为中低收入国家提供的气候融资将达到 1200 亿美元^[73]，成为发展中国家绿色转型的重要资金来源。然而，**目前全球每年应对气候变化的资金缺口依然巨大。**研究显示^[74]，全球低碳转型的融资需求高达每年 6.5 万亿美元，占新兴市场和发展中经济体国内生产总值的 6%~8%。

（二）发展中国家气候融资面临资金成本过高、债务负担过重的难题

以贷款为主的融资形式导致融资成本过高，风险缓释工具不足阻碍私人资本有效纳入气候投融资体系。根据经济合作与发展组织（OECD）的报告^[75]，虽然多边开发银行正在逐步增加对贫困国家和地区的气候赠款，但目前的气候资金仍主要以贷款形式提供，这导致发展中国家融资成本居高不下，难以获得低息或无息支持。同时，**有效的风险缓释工具也是阻碍私人气候资金规模扩大的重要因素。**跨境担保在调动私人气候融资方面发挥重要作用。2018—2020 年间，私人气候融资中的 26%通过担保杠杆撬动，如果信用担保工具的规模更大、效果更强，预计可以筹集到比贷款多 6~25 倍的气候融资^[76]。现有担保工具多为针对一般商业风险的债务担保，针对气候项目的专项担保和股权投资机会较少，未来需要通过金融创新来撬动更多私人资本。

发展中国家债务负担过重，新增贷款往往仅用于偿还既有债务，难以腾出足够资金用于应对气候变化相关事宜。国际货币基金组织（IMF）研究指出，气候脆弱国家普遍债台高筑，融资与适应需求形成“恶性循环”^[77]。在这种情况下，传统贷款和少量赠款难以解决根本问题。创新工具如“气候-债务互换”²³可以在一定程度上释放财政空间，但必须辅以大范围的债务重组，才可以真正恢复发展中国家的偿债能力。**发展中国家缺乏制度化的气候韧性财政机制。**气候变化对发展中国家财政构成严重威胁，在制定宏观财政规划时必须充分考虑。IMF 指出，日益频发的极端天气和灾害严重影响发展中国家的经济前景（例如，飓风等灾害造成的损失曾超过受灾岛国 GDP 的两倍），应将适应性支出和气候韧性投资纳入中期财政框架和公共投资决策，以保证宏观稳定和债务可持续^[78]。

此外，国际金融机构的融资在实施环节也面临多重阻碍。一是政策框架不健全。借款国往往缺乏稳定、宏观一致的低碳发展政策与配套法规，难以为项目提供长期政策确定性。二是项目准备能力有限。许多中低收入国家的政府机构或当地合作者在融资项目的可行性

²³ 根据 IMF 的定义，气候债务互换和自然债务互换旨在释放财政资源，使各国政府能够增强抗风险能力，同时不会引发财政危机，也无需削减对其他发展重点的支出。债权人提供债务减免，以换取债务方政府作出承诺，例如实现经济脱碳、投资具备气候韧性的基础设施，或保护生物多样性丰富的森林或珊瑚礁。
<https://www.imf.org/en/Blogs/Articles/2022/12/14/swapping-debt-for-climate-or-nature-pledges-can-help-fund-resilience>

研究、财务模型构建、环境社会影响评估及招标文件编制等方面缺乏经验，难以打造出符合国际融资标准的项目包²⁴。IMF 以及各国央行通过绿色金融系统网络（NGFS），已在宏观审慎风险与气候相关议题方面开展了富有成效的工作；国际清算银行（BIS）则构建了实用的风险框架，用于指导私营部门主体应对气候风险²⁵。三是前期成本高且风险认知偏高。高额的前期资本支出及对新兴技术存在的不确定性，使得机构对项目要求更高的风险溢价²⁶。四是融资要求复杂，流程透明度不足。国际金融机构通常设有严格的技术与财务尽职调查、环境社会影响评估（ESIA）、合规报告和后续监测等多重流程。五是评估项目社会经济效益困难。由于缺乏完善的监测与评估系统，项目在减排、就业、交通改善等多层面收益难以量化，影响投资者对项目价值的判断与信心。

（三）提高多边机构赠款和优惠贷款比例，开发混合融资工具以撬动更大规模的气候资金，创新国家平台合作机制

多边机构应在债务减免和再融资方面发挥更大作用，将气候因素与债务可持续性相结合。各国需进一步增资并授权 MDBs 提供更多赠款和优惠贷款。同时，鼓励 MDBs 发行专门用于气候项目的债券，例如推广亚洲基础设施投资银行（AIIB）的气候债券模式²⁷。各国可支持 MDBs 开发混合融资基金，以少量公共资金吸引大量私人投资。对现有国际气候基金，多边机构也应加大资金支持，并优化拨款程序，提高审批效率和对发展中国家的包容度。通过风险分担、债务重组与延期安排，减轻受援国债务压力。双边与多边伙伴可运用风险分担工具，如提供债务担保、开展债务重组，通过延长还款期限、降低利息等方式，或引导私人投资者共担风险，以此吸引私人资金流入相关领域。此外，气候、发展与国际货币基金组织工作组（Task Force on Climate, Development and the IMF）正推动 IMF 加快并深化变革：在应对气候问题时应以发展为核心导向，同时大力推动将投资列为优先目标。该工作组还为 IMF 提出了三项核心政策建议：改革监督职能、调整贷款工具包、强化领导作用²⁸。

加强国家平台机制，推动各国将气候政策纳入国家发展战略，提高吸引可持续融资的能力，推动各国实现国家自主贡献目标。发展金融实验室（FDL）的报告²⁹指出，发展中国家可以建立国家气候和发展平台（简称国家平台），作为调动国内和国际资金来源以实现共同的气候与发展目标的协调机制。该报告提出，未来的国家平台需要包含三个核心要素：一是围绕国家优先事项的政治承诺。将气候和发展作为国家的优先事项，从政治层面推动相关政策的制定和实施。例如，在应对气候变化方面，制定明确的碳减排目标，并将其纳入国家发展战略。二是与发展轨迹一致的投资计划。要求对投资进行合理规划和布局，确保资金能够精准投入到符合国家气候和发展目标的项目中，推动经济朝着可持续的方向转型，实现资源的有效配置。三是协调国内外金融机构筹集资金。搭建有效的沟通协调机制，吸引国际资金流入，同时合理引导国内金融机构加大对相关项目的支持力度，为实现目标提供充足的资金保障。

²⁴ 例如，气候政策倡议（CPI）指出“银行化项目缺失”是非洲地区获取气候融资的重要障碍，参见：

<https://www.climatepolicyinitiative.org/publication/landscape-of-climate-finance-in-africa/>。

²⁵ 参见：https://www.bis.org/ifc/publ/ifcb63_14_rh.pdf。

²⁶ 例如，世界银行能源部门管理援助计划（ESMAP）和国际金融公司（IFC）的报告显示，海上风电等大型可再生能源项目虽技术成熟，但在新兴市场的初始资本成本溢价显著，需通过优惠贷款或担保机制来吸引投资。参见：

<https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2023/09/06/concessional-climate-finance-essential-to-catalyzing-offshore-wind-development-in-emerging-markets>,

²⁷ 2023 年 5 月，AIIB 在其可持续发展债券框架下成功发行了首支气候适应债券（Climate Adaptation Bond），规模为 5 年期 5 亿澳大利亚元，并且筹集资金被明确用于气候适应基础设施项目。参见：

<https://www.aiib.org/en/news-events/news/2023/AIIB-Issues-First-Climate-Adaptation-Bond-Targeting-Resilient-Infrastructure.html>。

²⁸ 参见：<https://www.bu.edu/gdp/2024/10/09/imf-2030-a-transformative-action-agenda-for-achieving-climate-and-development-goals/>。

²⁹ FDL 对于“国家平台”机制的解释参见：https://findevlab.org/wp-content/uploads/2025/02/FDL-C3A_Policy-Note_Country_platforms.pdf。

（四）积极推动中国参与国际债务处理和气候融资工具创新

中国作为发展中国家中最大的双边债权国，应积极探索“债转发展”新模式，丰富发展合作实践。2023 年第三届“一带一路”国际合作高峰论坛期间，中国与埃及签署了“债转发展”合作谅解备忘录，旨在通过债务转换为埃及相关发展项目提供资金支持，同时推动双方在可持续发展领域的合作不断深化^[79]。2024 年，全球共享发展行动论坛上，外交部部长王毅表示^[80]，中方愿积极引入三方和多方伙伴，开展“债转发展”，不断丰富发展合作实践。会议期间，中国同红十字会与红新月会国际联合会等签署新的合作文件，与非洲国家和联合国机构共同建设三方合作示范中心。

中国应积极推动多边开发银行开发创新气候融资工具。近年来，中国在全球气候融资中的贡献显著提升。在 COP29 期间，国务院副总理丁薛祥首次对外宣布，2016 年以来，中国已为其他发展中国家提供并动员项目资金 1770 亿元，为全球注入了政治动力，助力全球在巴库相关谈判中达成了设定 1.3 万亿美元目标的成果³⁰。基于上述关于国际比较优势及贸易和投资的论述，这些海外融资既体现出海外清洁能源技术投资的商业可行性正不断提升，也彰显了中国在全球气候治理中的责任担当与领导力。**中国在新兴多边机构中发挥日益重要的股东作用，推动气候融资工具创新。**中国是亚洲基础设施投资银行（AIIB）和金砖国家新开发银行（NDB）的重要股东。AIIB 于 2023 年发布首份《气候行动计划》^[81]，通过“气候政策挂钩融资”^[82]等新工具全面融入成员国的气候转型需求^[83]。AIIB 已于 2022—2024 年连续三年完成气候融资比例超过 50% 的目标，并在 2025 年进一步承诺将 2030 年年度融资规模翻一番，达到 170 亿美元^[84]，朝着 2020—2030 年累计提供气候资金超过 500 亿美元的目标更进一步。**中国应进一步推动多边开发银行开发混合融资模式，**引导 AIIB、亚洲开发银行等与中国进出口银行、中国国家开发银行等开展合作，设立联合基金，将中国优惠贷款和信贷担保与国际资本结合，提高融资效率。中国还可在“一带一路”倡议框架下设立绿色发展专项基金，为绿色项目提供资金匹配和担保服务，吸引国外私人资本参与绿色基础设施建设。

第二章 中国中长期能源转型与绿色低碳产业发展路径

本章探讨中国在面向 2060 年碳中和目标和 2035 年碳达峰目标下的能源系统转型路径，通过定量模拟和典型案例分析，识别能源结构调整的关键节点和挑战，评估支撑如期实现碳达峰的可再生能源规模，以及风电、光伏产业的发展潜力，并提出在中远期保障能源系统低碳转型、优化和完善绿色产业政策的建议。

一、中国推进绿色低碳转型的进展与挑战

自 2020 年提出“双碳”目标以来，中国构建完成了“1+N”政策体系，加强战略谋划和制度建设，以“双碳”目标引领经济社会全面绿色转型，在重点领域取得成效，同时也面临挑战。

（一）构建完成“1+N”政策体系，向碳排放总量和强度双控转型

自 2020 年提出“双碳”目标以来，中国已构建形成以中央统筹为核心、多领域协同推进的“1+N”政策体系。该体系通过战略目标分解、制度机制创新，为经济社会全面绿色低碳转型提供了系统性、前瞻性的制度保障。

能耗双控向碳排放双控全面转型。2023 年，中央全面深化改革委员会审议通过了《关于推动能耗双控逐步转向碳排放双控的意见》。2024 年 7 月，党的二十届三中全会决定提出建立能耗双控向碳排放双控全面转型新机制，同年 8 月，国务院办公厅印发《加快构建碳排放双控制度体系工作方案》，提出“十五五”时期实施以强度控制为主、总量控制为

³⁰ 参见：<https://unfccc.int/topics/climate-finance/workstreams/baku-to-belem-roadmap-to-13t>。

辅的碳排放双控制度，碳达峰后实施以总量控制为主、强度控制为辅的碳排放双控制度，并部署了五个层面的重点工作任务，即地方碳考核、行业碳管控、企业碳管理、项目碳评价和产品碳足迹。

碳市场稳步扩容与标准体系持续完善。2024 年 1 月，国务院颁布《碳排放权交易管理暂行条例》，形成了以行政法规为核心、“1+N”配套政策为支撑的监管体系。基础设施已建成并平稳运行，包括注册登记系统（湖北）、交易系统（上海）和国家碳市场管理平台，实现了企业注册、配额分配、交易和履约的全流程在线管理，并通过管理平台实现实时数据共享^[85]。2025 年 3 月，生态环境部发布《全国碳排放权交易市场覆盖钢铁、水泥、铝冶炼行业工作方案》，新增三大高耗能产业，覆盖年排放量超 30 亿吨，占全国碳排放总量的 20%以上。2024 年，生态环境部宣布重启中国核证自愿减排量（CCER），支持林业碳汇、可再生能源、甲烷减排、节能增效等项目发展。截至 2024 年年底，全国碳市场累计成交量为 6.3 亿吨，成交额为 430.33 亿元，首周期履约率达 99.5%^[86]。

（二）经济社会绿色低碳转型取得积极进展

一是能源结构加速脱碳。2024 年，煤电行业的煤炭消费量占比下降至 53.2%，煤电设备装机容量占比降至 36%^[87]，非化石能源消费量占比首次超越石油，增至 19.7%^[88]。

二是新能源和可再生能源增长迅猛。截至 2024 年 12 月底，全国水电、风电、太阳能发电等可再生能源发电总装机容量达 18.89 亿千瓦，同比增长 25%，占全国发电总装机容量的 56%，在全球可再生能源发电总装机容量中的占比接近 40%；2024 年，全国可再生能源发电新增装机容量达 3.73 亿千瓦，占全国新增发电装机容量的 86%，占全球新增可再生能源装机容量的 64%，超过世界其他国家的总和^[89]。2024 年，全国可再生能源发电量达 3.47 万亿千瓦时，同比增长 19%，接近全社会用电量的 35%^[90]。

三是新型电力系统建设稳步推进，建成全球最大源网荷储示范项目。电网韧性智能升级：截至 2024 年底，全国累计建成投运“20 交 20 直”特高压工程，特高压输电线路总长度达 5.4 万千米，跨区域输电能力显著增强，跨省输送电量达 2 万亿千瓦时，有效缓解了东部地区的能源供需矛盾；智能电表覆盖率超过 90%³¹，分布式电源接入承载力与灵活性响应能力大幅提升。**储能规模跨越发展/系统灵活性显著提升：**截至 2024 年底，全国新型储能装机容量突破 7000 万千瓦，跃居世界第一；抽水蓄能累计投产规模达 5800 万千瓦³²。

四是深入推进供给侧结构性改革，重点行业加快减排改造。工业领域：2024 年，全国单位 GDP 能耗同比下降 2.9%，单位 GDP 二氧化碳排放下降 4%^[91]，累计培育 6430 家绿色工厂³³，建成全球最大氢冶金示范工程；钢铁、建材、石化等行业全面推进绿色制造流程改造，碳排放强度较 2005 年累计下降超 51%^[92]；淘汰过剩钢铁产能 3 亿吨，钢铁超低排放改造 2.5 亿吨，钢铁企业数量减少 20%左右^[93]。

建筑领域：城乡建筑全面推行绿色低碳标准。截至 2023 年底，全国累计建成节能建筑超 326.8 亿平方米，占城镇既有建筑面积的 64%以上；绿色建筑超 110 亿平方米；既有建筑节能降碳改造面积比 2023 年增长 2 亿平方米以上³⁴。光伏建筑一体化（BIPV）技术已投入规模化应用。北方农村地区累计完成散煤替代 3900 万户左右。

交通领域：**运输结构优化。**2024 年，铁路、水路货运量占比提升至 26.4%，集装箱铁水联运量同比增长 15.4%^[94]。**新能源汽车快速增长。**2024 年产销突破 1200 万辆（全球占比达 64%），新能源公交车占比 81.2%，换电重卡累计销售 2.87 万辆³⁵，创近 5 年新高。**配套基建完善。**铁路电气化率从 2012 年的 52.3%上升至 2021 年的 73.3%。截至 2024 年，累计建成充电桩 521 万个、换电站 1973 座，充换电站覆盖全国 98%的高速公路服务区^[95]。

³¹ 数据来源于国家发展改革委、国家电网、南方电网、北极星电力网、中原证券研究所。

³² 数据来源于国家能源局。

³³ 数据来源于工业和信息化部。

³⁴ 数据来源于《中国能源报》。

³⁵ 数据来源于中国汽车工业协会。

（三）能源消费仍呈刚性增长，2030 年 NDC 目标实现仍有难度

2023 年，全国能源消费总量为 57.2 亿吨标准煤，比 2022 年增长 5.7%^[96]。“十四五”前三年，能源消费增长了 7.4 亿吨标准煤，煤炭消费量增长了 3.8 亿吨标准煤，电力弹性系数保持在大于 1 的水平，根据能源数据测算，二氧化碳排放增加了 12.0 亿吨³⁶。虽然 2024 年碳排放量增速变缓，但“十四五”前四年，能耗强度和碳排放强度累计分别降低 11.6%（扣除原料用能和非化石能源消费量）、9.3%^[97]，在 GDP 增速不及预期的情况下取得显著进展。不过，碳排放强度距离“十四五”规划目标仍有一定差距。2025 年一季度，虽然由于终端电气化、空调/电力采暖能耗增加等原因，电力消费同比增长 5.5%，但得益于可再生能源和核能的增长，碳排放量首次出现同比下降^[98]。虽然碳排放开始进入平台期，但我国要确保如期实现 2030 年碳强度比 2005 年下降 65%以上的国家自主贡献目标，仍面临较大挑战。

（四）“内卷式”竞争加剧，新能源产业面临挑战

近年来，“内卷式”竞争在多个行业中普遍存在，其表现形式包括价格战、产品同质化、技术创新不足等。例如，在汽车行业，近年来“内卷式”竞争表现得尤为明显。2024 年，中国汽车行业的利润率仅为 4.3%，同比下降了 8%，2025 年第一季度进一步下降至 3.9%；随着新能源汽车的快速发展，传统燃油车企业也纷纷加入竞争，导致市场整体价格战频发，企业利润空间被压缩。在光伏、锂电池、钢铁等行业，“内卷式”竞争普遍存在。这不仅影响了企业的盈利能力，也对整个行业的健康发展造成了挑战，导致资源浪费和创新活力下降。

同时，中国经济运行面临的外部压力持续加大，全球经济不景气、需求放缓，加之欧美等经济体密集出台贸易保护措施，限制外资投资（如美国的“大而美法案”和欧盟的“新电池法案”），导致全球供应链震荡，中国的光伏、风电等产业已出现贸易受阻、投资不畅等问题，叠加核心技术瓶颈与市场需求波动，新能源产业在内外夹击下步入深度调整期。

综上，中国已进入碳排放的平台期和碳达峰的窗口期，战略机遇和风险挑战并存。深入推进绿色低碳转型，助力实现“双碳”目标，需要充分考虑当前低碳转型面临的挑战和困难，稳妥制定符合当前发展需要的目标和举措，推动非化石能源增长，促进绿色低碳产业发展，为经济社会绿色低碳可持续发展提供长久动力。

二、碳中和导向下的中国碳排放路径

中国提出“双碳”目标后，国内外诸多机构基于分解模型、综合评估模型等对中国面向碳中和的低碳发展战略与路径开展了定量研究。例如，IEA^[37]发布《中国能源体系碳中和路线图》，提出可再生能源主导的技术路径；能源基金会^[38]基于经济增长设计碳中和方案；清华大学气候变化与可持续发展研究院^[39]采用自上而下和自下而上相结合的研究方法，提出了推动产业结构调整、经济绿色低碳循环发展转型、加强终端部门能效、推动电力和交通替代电能等多项长期低碳发展战略；He 等提出了一种混合多部门模型，用于模拟和分析

³⁶ 二氧化碳排放数据根据能源消费数据测算，煤的排放因子为 2.66 吨二氧化碳/吨标准煤，石油的排放因子为 1.73 吨二氧化碳/吨标准煤，天然气的排放因子为 1.56 吨二氧化碳/吨标准煤。

³⁷ International Energy Agency. An energy sector roadmap to carbon neutrality in China[EB/OL]. (2021-09-29) [2025-06-20]. <https://energy.pku.edu.cn/en/docs//2021-09/ed064bba55454078a5207136c7fb8c19.pdf>.

³⁸ Energy Foundation China. China's New Growth Pathway: From the 14th Five-Year Plan to Carbon Neutrality[R]. 2020-12-10.

³⁹ Jiankun He, Zheng Li, Xiliang Zhang, Hailin Wang, Wenjuan Dong, Shiyan Chang, Xunmin Ou, Siyue Guo, Zhiyu Tian, Alun Gu, Fei Teng, Xiu Yang, Siyuan Chen, Mingtao Yao, Zhiyi Yuan, Li Zhou, Xiaofan Zhao. Comprehensive report on China's Long-Term Low-Carbon Development Strategies and Pathways[J]. Chinese Journal of Population, Resources and Environment, 2020, 18 (4): 263-295. [2025-06-20]. <https://doi.org/10.1016/j.cjpre.2021.04.004>.

中国向净零排放目标的过渡路径^[40]；Li 等建立了长期多部门低碳转型路径规划模型，计算了不同部门的减排目标、相应的减排路径和能耗^[41]；IPCC 组织多国科学家开展多模型比较分析，基于 ADVANCE 数据库分析了 1.5℃ 目标下中国能源结构调整和脱碳的升温目标。但综合来看，现有模型和结果存在以下问题：一是多以二氧化碳中和为目标，对中国全部温室气体中和的具体路径研究分析较少；二是缺少详细的分部门、分能源品种的结构化碳排放数据。因此，本研究基于课题组长期开展和持续更新的能源-碳排放模型，进行情景选择与长期路径测算，从而为长期低碳转型路径和政策建议提供数据支撑。

（一）长期碳排放路径研判

中国已经提出 2030 年单位 GDP 碳排放比 2005 年下降 65% 以上、2030 年前实现碳达峰、2060 年前实现碳中和等目标，根据以上目标，结合中国全面建成社会主义现代化强国“两步走”战略目标，长期低碳转型路径应分为三个阶段，递进实现深度脱碳。

第一个阶段是碳排放达峰期（当前—2030 年）：能源相关二氧化碳排放量在 2025 年后进入峰值平台期，2030 年前实现稳定达峰。到 2030 年，单位 GDP 的二氧化碳排放量比 2005 年下降 65% 以上，实现经济增长与碳排放的绝对脱钩，确保到 2035 年 GDP 比 2020 年翻一番的情况下，碳排放量持续稳定下降。这一时期是关键的转型期和窗口期，应尽早明确碳中和战略的顶层设计和实施路径，全面部署 2030 年前的高质量达峰行动，促进有条件的省、市、地区、高耗能行业率先达峰，凝聚全社会共识，并做好前瞻性的政策、技术、资金部署。

第二个阶段是深度减排期（2030—2050 年）：碳达峰后将加速全口径范围温室气体减排，努力争取 2050 年实现二氧化碳排放量比峰值年份显著下降 80% 以上，降至约 20 亿吨，与届时世界人均二氧化碳排放量（1.0~1.5 吨）水平相当；非二氧化碳温室气体大幅减排，较峰值下降 50% 左右，为 2060 年前实现碳中和奠定坚实基础。预计这一时期，城镇化进程趋于稳定，经济将进入中低速增长阶段（年均增长率为 3.5% 左右），能源结构低碳化进程将进一步加快，零排放和负排放技术进入大规模应用阶段，年均温室气体减排量（折算为二氧化碳当量）将达到 4 亿~5 亿吨。这一时期需要全经济范围各个部门协同发力，稳步推动全社会公平公正转型，防范转型可能出现的化石能源资产搁浅、就业下降和经济下滑等各类风险。

第三个阶段是碳排放中和期（2050—2060 年）：实现二氧化碳进一步深度减排，加速非二氧化碳温室气体减排，力争 2060 年前实现全部温室气体碳中和。实现全部温室气体碳中和，除能源相关的二氧化碳减排外，还包括工业生产过程的二氧化碳减排、非二氧化碳温室气体减排，同时要考虑碳捕集与封存（CCS）和生物质结合碳捕集与封存（BECCS）的负碳捕集量和农林业碳汇的增加量，实现负排放与剩余温室气体排放的抵消。

（二）模型构建

为进一步刻画以上路径的分部门、分时间节点的能源消费与碳排放情况，课题组采取自上而下和自下而上相结合的方式，对中国当前到 2060 年的碳中和路径开展情景分析。模型架构如图 14 所示。

⁴⁰ He, J.K., Li, Z., Zhang, X.L., Wang, H.L., Dong, W.J., Du, E.S., Zhang, D.W., 2022. Towards carbon neutrality: a study on China's long-term low-carbon transition pathways and strategies. *Environmental Science and Ecotechnology* 9, 9. <https://doi.org/10.1016/j.ese.2021.100134>.

⁴¹ Li, C.X., Tian, G., Yang, Y., Liu, P., Li, Z., 2023. Long-term multi-sector low-carbon transition pathway planning based on modified-grandfathering emission allocation method: a case study of China. *J. Clean. Prod.* 415, 16. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137774>.

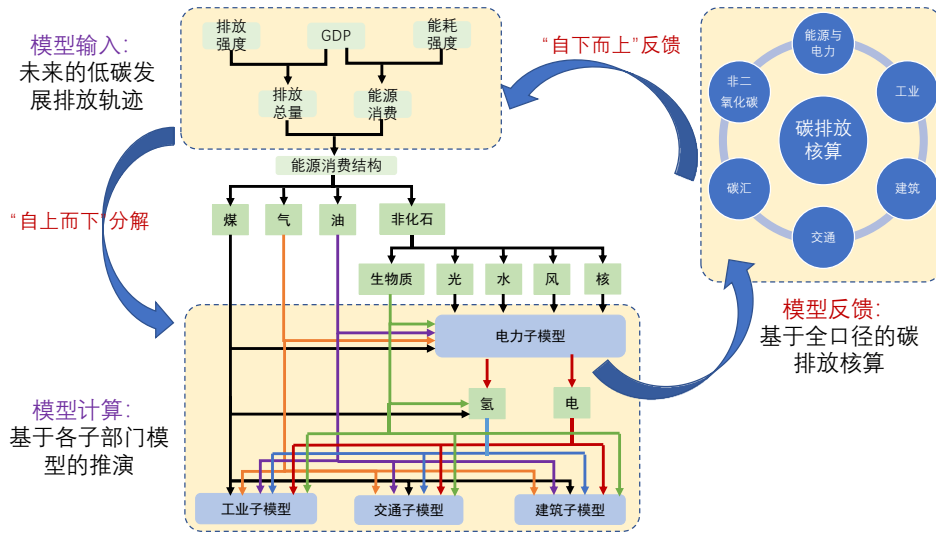


图 14 中国碳中和路径模型架构

1. 自上而下：基于经济社会和能源发展趋势开展情景分析

自上而下模型基于经济社会发展趋势，从宏观层面分析和选择可行的经济社会发展路径。由于远期的不确定性，自上而下的模型仅测算 2025—2040 年的能源和碳排放并做情景选择。研究的基本考虑是：

- 一次能源消费是确保经济社会发展的基本保障，根据未来的发展方式，存在高、中、低三种不同的一次能源消费增速。

- 根据资源、技术、国际合作的趋势确定能源结构：一是石油、天然气基于我国的能源供应能力和国际合作现状，不会有太大的调整空间，结合中石油、中石化等提供的权威数据确定未来的发展趋势；二是水电、核电、海上风电基于我国的资源现状和技术发展水平，结合相关规划目标确定一套 2025—2040 年的数值；三是风电、光伏发电作为解决我国能源问题的出路，应大力发展，并给出高、中、低三种不同发展速度的情景；四是煤炭作为兜底保障能源，基于一次能源消费与其他能源进行测算。

研究所用的公式如下。

$$CO_{2t} = \sum_i Energy_{t,i} \times EF_i \quad (1)$$

$$Energy_t = Energy_{t-1} + \Delta Energy_t \quad (2)$$

$$Energy_{t,coal} = Energy_t - Energy_{t,oil} - Energy_{t,gas} - Energy_{t,nonfossil} \quad (3)$$

$$Energy_{t,nonfossil} = Energy_{t,hydro} + Energy_{t,nuclear} + Energy_{t,solar} + Energy_{t,wind} + Energy_{t,offshore} \quad (4)$$

其中， CO_2 代表二氧化碳排放量， $Energy$ 代表一次能源消费总量， EF 代表不同能源品种的排放因子，下角标 t 代表年份，下角标 i 代表不同的能源品种，包括煤炭（*coal*）、石油（*oil*）、天然气（*gas*）和非化石能源（*nonfossil*），其中非化石能源又包括水电（*hydro*）、核电（*nuclear*）、光伏发电（*solar*）、风电（*wind*）和海上风电（*offshore*）。

2. 自下而上：基于各个部门的服务需求和减排技术开展定量测算

基于自上而下模型和情景选择的 2025—2040 年路径，自下而上的模型以 2060 年全部温室气体排放中和为导向，对 2025—2060 年的各部门能源消费和二氧化碳减排技术进行详细测算，具体子模型如下：

（1）工业子模型：重点考虑钢铁行业、有色金属行业、石油化工行业、水泥行业等，构建自下而上的工业部门低碳转型模块，分析工业减排背后的驱动因子及发展趋势，制定工业部门中长期低碳发展路径，给出碳排放轨迹约束下的工业部门能源消费结构。

（2）建筑子模型：重点考虑建筑面积、供暖能耗、建筑用能等，构建自下而上的建筑

部门低碳转型模块，分析建筑减排背后的驱动因子及发展趋势，制定建筑部门中长期低碳发展路径，给出碳排放轨迹约束下的建筑部门能源消费结构。

（3）交通子模型：重点考虑交通服务需求、交通结构、技术选择、用能结构等，考虑航运、铁路、公路、航空等不同部门，构建自下而上的交通部门低碳转型模块，分析交通减排背后的驱动因子及发展趋势，制定交通部门中长期低碳发展路径，给出碳排放轨迹约束下的交通部门能源消费结构。

（4）电力子模型：以工业、建筑、交通部门的电氢需求为边界，考虑可再生能源发电、煤电、天然气发电、水电、核电等多种发电技术，以及不同类型储能、需求响应等灵活性调节技术，同时考虑跨区互联电网的协同互济作用，建立一个以成本最小化为目标，并计入碳排放轨迹约束的长期多区域“源—网—荷—储”协同电力转型规划模型，基于该模型制定电力部门中长期低碳发展路径，明确碳排放轨迹约束下的电力部门能源消费结构。

（三）情景选择

本研究以一次能源消费总量的年度增速和风力发电、光伏发电装机容量的年度增速作为不确定因素，基于自上而下宏观测算开展情景分析，共设置 9 种情景，情景设置如表 2 所示。

表 2 情景设置

	S1-HH	S2-MH	S3-LH	S4-HM	S5-MM	S6-LM	S7-HL	S8-ML	S9-LL
一次能源消费增速	快	中	慢	快	中	慢	快	中	慢
风力发电装机容量增速	快	快	快	中	中	中	慢	慢	慢
光伏发电装机容量增速	快	快	快	中	中	中	慢	慢	慢

情景分析结果如图 15 所示。结合对中长期 GDP 的预测与情景分析结果，考虑到国家已经提出的 2030 年目标是刚性约束，即 2030 年的单位 GDP 碳排放比 2005 年下降 65%以上、2030 年前实现碳达峰，并考虑到 2035 年碳排放“稳中有降”、做“世界绿色发展的坚定行动派、重要贡献者”等国际责任，选择情景 S5-MM，即一次能源消费中速增长、风力发电和光伏发电装机容量中速增长情景，并以此情景为目标，锚定自下而上模型进行测算。

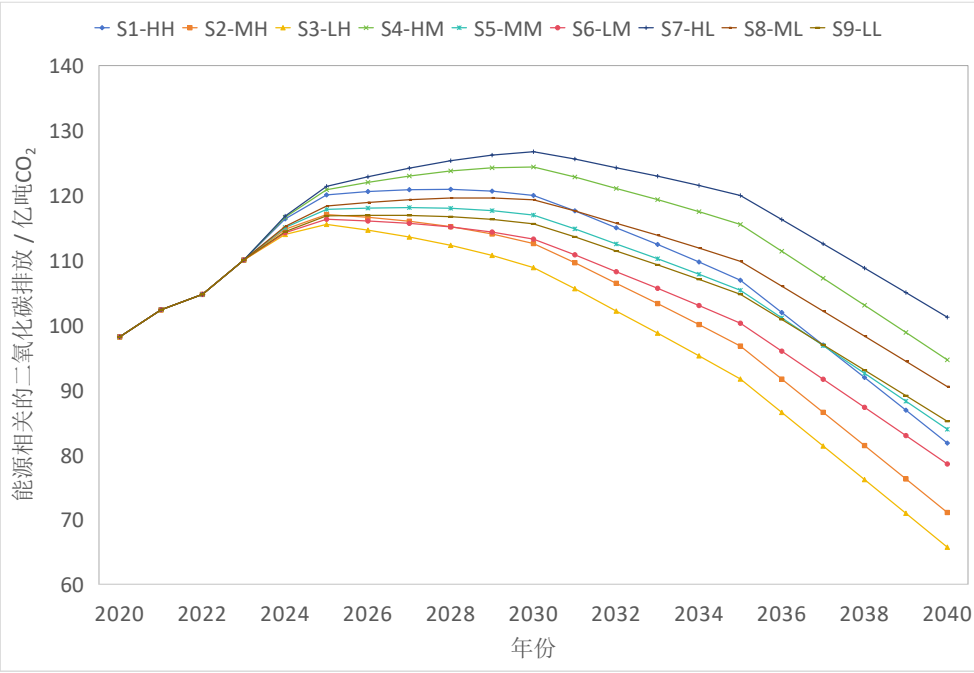


图 15 能源碳排放逐年变化（亿吨）⁴²

⁴² 数据来源：本研究模型测算结果。

（四）分部门、分时间阶段的碳排放路径

本研究选取 S5-MM 情景作为 2040 年前的碳排放路径，以到 2060 年全部温室气体实现中和作为长期目标，进行自下而上的模型研究，结果如图 16 所示。

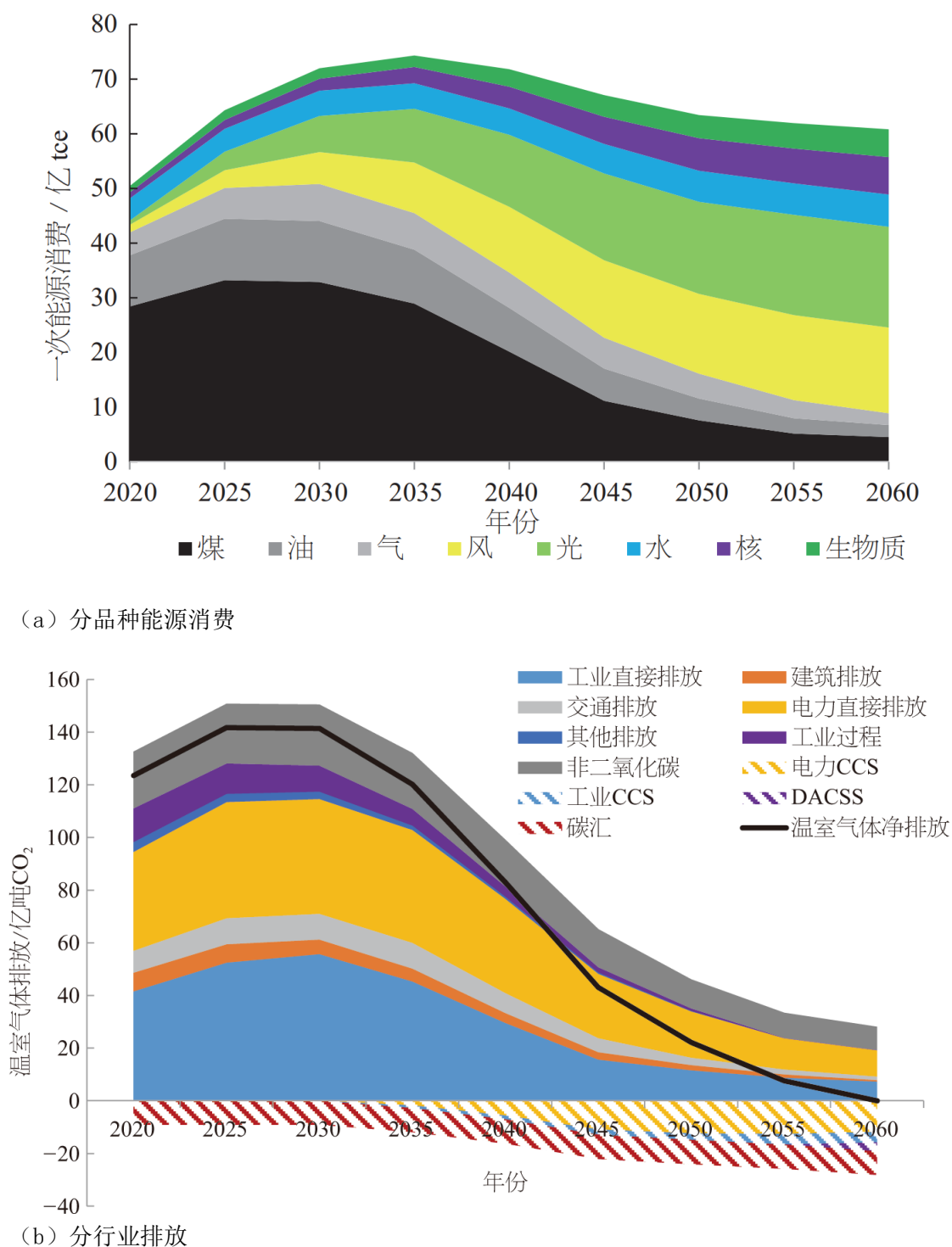


图 16 全部温室气体在 S5-MM 情景下的结构变化⁴³

⁴³ 数据来源：本研究模型测算结果。

这一情景的实现高度依赖于能源结构、产业结构、技术体系和基础设施的重构，其核心路径包括：

(1) 能源体系深度脱碳：非化石能源在一次能源消费中的占比需从当前水平跃升至2060年的80%以上。风电、光伏发电将从补充能源跃升为主体能源，装机总容量预计达到百亿千瓦级别。同时，核电、水电稳步发展，生物质能、地热能等多元化利用。电力系统向高比例可再生能源、高灵活性转型，需大规模储能、智能电网、源网荷储协同等作为支撑。该情景下，煤炭的主要作用是保障电力系统稳定性、支撑新能源消纳，并平衡电力保供、供热需求，以及极端气象气候条件下保障电力运行的安全。

(2) 终端用能清洁高效：实现终端能源低碳消费，需要在大力节能的同时，加强电力在终端能源消费中对化石能源的替代，不断提升电力在一次能源消费中的比例，为可再生能源电力快速发展提供空间。**工业领域：**一是深化工业供给侧结构性改革，大力普及先进节能技术和设备，稳步提升工业电气化水平和清洁能源利用水平，同时采用氢能、生物质燃料等作为燃料或原料的革命性工艺路线；二是对于仍使用化石燃料的工艺流程，加装工业碳捕集与封存（CCS）技术；三是借助智能制造和大数据精细化管理等手段，提高综合效率；四是积极发展循环经济，降低原生资源路线的工业产品产量。**交通领域：**一是发展集约化与智能化交通，优化交通运输结构，提升技术水平和能耗效率；二是合理控制汽车保有量，规模应不超过6亿辆；三是加快电动化和氢能应用，大幅替代现有的交通成品油消费，铁路客货运和船舶停靠港口期间，船上作业接近实现全面电动化，电动汽车占乘用车保有量的比例提高到90%以上；四是在航空航海交通中大量推广生物燃料和氢基燃料。**建筑领域：**一是控制建筑规模，优化区域布局与建筑设计；二是提升建筑运行终端能耗电气化水平，城镇全面实现电气化，农村以电气化为主，辅以生物质高效利用，推动光伏建筑一体化等技术；三是发展低品位余热利用技术，充分利用余热为建筑供暖；四是通过提高技术水平降低整体能源消耗。

(3) 非二氧化碳温室气体深度减排：强化对甲烷（主要来自煤炭开采、油气系统运行、农业活动、废弃物处理）、氧化亚氮（主要来自农业施肥、工业生产过程）等强效温室气体的监测、报告工作，并推动其精准减排。

(4) 负排放技术规模化应用：通过大规模部署CCUS技术处理难以完全避免的排放（如部分工业过程、生物质能源利用伴生排放），并通过生态保护修复、可持续森林管理、土壤固碳、生物质结合碳捕集与封存（BECCS）等途径持续提升碳汇能力，实现碳中和目标。

三、中国绿色低碳产业发展路径

碳中和目标依赖各行业协同发力，由此催生并壮大的绿色低碳产业革命，将从能源供应、电力与储能、终端替代（工业、交通、建筑）、节能与能效提升、负碳技术与技术服务等方面全面重塑经济结构，加速成为驱动中国经济高质量发展的新引擎。面向碳中和的转型投资潜力巨大——经研究测算，为实现碳中和，中国在2020—2060年间共需投资140万亿—260万亿元。

（一）新型能源系统与储能产业：系统重塑的关键支撑

碳中和的关键是终端消费电气化和电力供应低碳化，大力发展以风能、太阳能为代表的新能源电力，建设新型电力系统，促进高比例可再生能源并网消纳，提高终端电气化率，是中国能源系统实现碳中和目标的根本路径。

根据本研究，预计2060年，中国的非化石能源消费占比将达80%以上，风电、光伏发电的装机容量将超过100亿千瓦，发电量占比将突破65%。分布式光伏、海上风电、大基地项目蕴含较大增长空间。同时，核能作为稳定的基荷电源，发展前景广阔，预计核能在一次能源需求中的占比将长期有序稳步增长，到2050年保持在10%左右。预计到2030年，电力在终端能源消费中的占比将提升至30%，非化石能源电力在总发电量中的占比将达54%左右。到2060年，电力在终端能源消费中的占比将达64%左右，非化石能源电力在总发电量中的占比将达90%以上，终端部门能源消费总量将比2020年下降20%，工业、建筑和交通部门的电气化率将分别达到55%、89%和44%。详见图17。

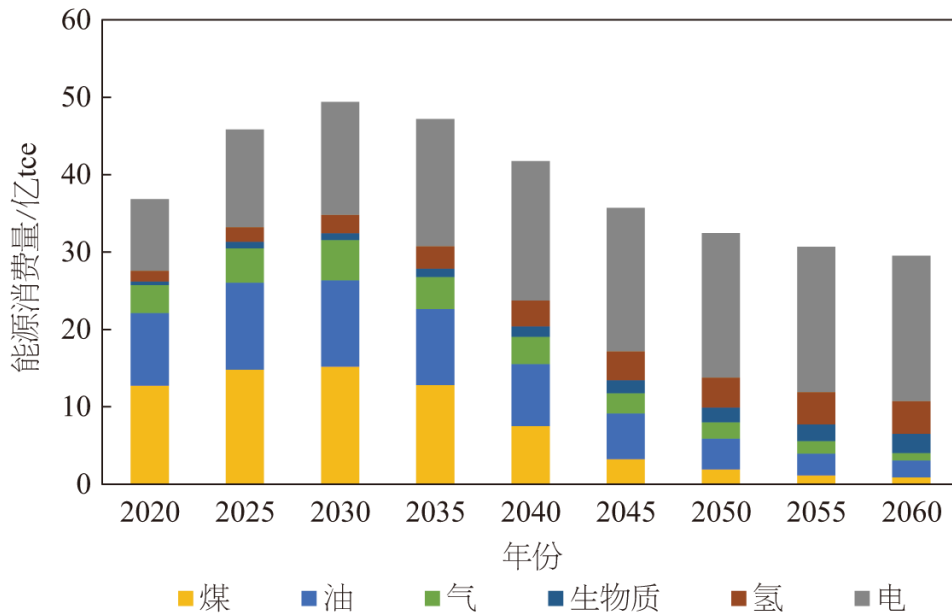


图 17 终端用能结构变化趋势⁴⁴

目前，中国已成为全球最大的可再生能源生产与应用国。新型电力系统的发展已经催生出了涵盖新能源、新型储能等领域的诸多产业。未来，在构建高比例可再生能源的新型电力系统的过程中，需要着力解决电力系统运行安全性和稳定性差、电网调节能力欠佳、用户侧主动性不足等问题，而这一过程也将催生新的产业体系，推动技术持续发展。**在电源侧：**构网型光伏风电技术能够赋予传统风电、光伏发电调频和提供虚拟惯量的能力；光热搭配熔盐储能技术，以及生物质发电技术，均利用清洁一次能源供热，并通过透平机实现发电。这些技术能够为电力系统提供转动惯量和爬坡能力，并且能够在风电、光伏出力不足时，作为可靠能源维持系统稳定运行。**在电网侧：**柔性直流输电技术和灵活交流输电技术能够提高电力传输的灵活性和可交付性，实现灵活性资源在大范围内的优化配置；同时，柔性直流输电技术还具有向无源电网供电的能力，从而进而提高电力系统的可靠性。**在负荷侧：**柔性智能配电网技术、虚拟电厂、车网互动模式、“产销调蓄一体化”用电终端等能够有效增强用户侧与主网的互动能力，充分释放用户侧的灵活性潜力。**在储能侧：**电化学储能（锂电池、液流电池等）成本快速下降，装机规模激增，并带动电池材料回收利用等循环经济产业的蓬勃发展；抽水蓄能作为重要的调节手段，正在稳步发展；氢储能、压缩空气储能等长时储能技术加速开展示范应用，能够在日及以上时间尺度实现削峰填谷，同时凭借其长时储能的特点，能够支撑电力系统在较长时间的极端工况下稳定运行，有效提升系统可靠性。

预计 2020—2060 年，电力部门的累计总投资需求约为 73.8 万亿元，其中，电源、电网和储能的累计总投资分别约 40.73 万亿元、25.48 万亿元和 7.59 万亿元，在总投资需求中的占比分别为 55%、35%和 10%（见图 18）。氢能已成为全球最具发展潜力的非电零碳清洁能源载体，未来发展方向一是用于氢基交通及合成动力燃料，二是用于储能，三是助力工业等难以电气化的领域脱碳。预计到 2030 年，终端部门氢能消费需求将达到 4800 万吨，到 2060 年将增加至 8600 万吨，在终端能源消费中的占比为 14%左右，且近 75%是电解制氢。预计 2020—2060 年的氢能生产累计总投资需求约为 12.55 万亿元，占能源部门总投资需求的 12.4%。绿氢从 2025 年开始逐渐增加，且自 2045 年之后基本全是绿氢，2020—2060 年累计总投资为 10.09 万亿元，在氢能生产累计总投资中的占比约为 80.4%。灰氢和蓝氢的占比分别为 12.3%和 7.3%（见图 19）。除以上电力和氢能投资外，能源部门投资还包括化石能源开采利用（主要集中在 2035 年前）和碳运输管道与 DACCS 投资，共计约 101 万亿元。

⁴⁴ 数据来源：本研究模型测算结果。

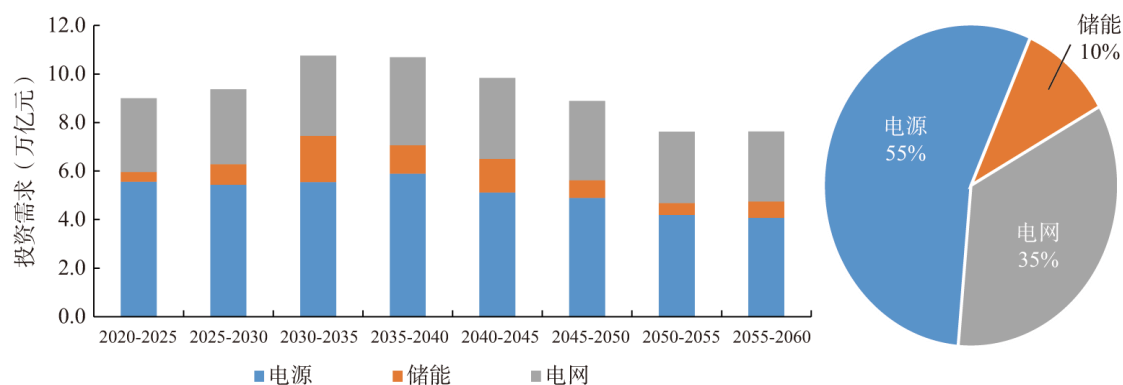


图 18 电力投资需求构成⁴⁵

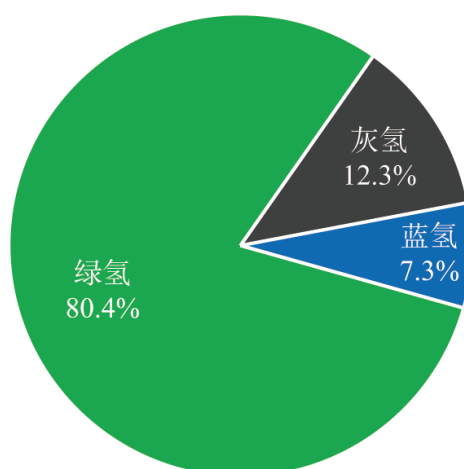


图 19 氢能投资需求构成⁴⁶

（二）工业深度脱碳产业：高端制造与技术服务

工业电气化与先进工艺装备制造：钢铁行业电气化进程中将推广以电力消耗为主的短流程炼钢技术，2060 年电气化水平有望提升至接近 45%；化工行业目前的电气化水平约为 10%，原料高度依赖化石能源，电气化难度较大，通过推广电锅炉等设备，2060 年电气化水平有望达到 35%；建材行业目前的电气化水平约为 10%，通过利用电窑炉替代燃煤炉，2060 年电气化水平有望达到 40%；有色金属行业目前的电气化水平已达 50%，未来随着电冶炼技术的推广，到 2060 年电气化水平有望达到 80%；其他行业如造纸业、纺织业、电子信息业等，未来电气化水平都有望超过 90%。未来，工业领域的用电需求将从当前的 4.9 万亿千瓦时提升至 7.7 万亿千瓦时。

CCUS 技术产业化集群：对于仍使用化石燃料的工艺流程，加装工业碳捕集与封存技术，从碳捕集技术、高效低能耗吸收剂和吸附剂开发、二氧化碳运输，到规模化地质利用与封存、矿化利用和生物利用，整个 CCUS 产业链将实现从示范项目到商业化运营的关键跃升，催生出技术解决方案提供商、工程服务商和封存运营商等新业态。

绿色材料与循环经济产业：对低碳水泥、生物基材料、再生金属（短流程炼钢）、高性能可回收塑料等绿色材料的需求激增。工业固废、城市矿产的高效循环利用技术和装备产业将迎来蓬勃发展，并减少对原生资源的依赖和开采、生产环节碳排放，降低企业原料成本。这一发展过程将构建起从回收、分拣、加工到再利用的完整产业链，不仅能创造新的就业机会，还能带来可观的市场价值，是实现产业生态化发展的重要途径。

⁴⁵ 数据来源：本研究模型测算结果。

⁴⁶ 数据来源：本研究模型测算结果。

本研究测算了工业部门中水泥、钢铁、合成氨等典型高排放行业 2020—2060 年面向碳中和的技术投资需求，详见表 3，共约 3.05 万亿元。

表 3 工业部门典型技术投资需求

单位：亿元

时段		2020—2035 年	2035—2060 年	总计
水泥	替代燃料水泥窑技术	57.19	26.73	83.92
	六级预热器预分解炉技术	48.47	9.47	57.94
	第四代篦冷机技术	35.81	0.09	35.90
钢铁	氢冶金技术	2526.28	2208.00	4734.28
	电炉炼钢技术	2552.34	404.45	2956.79
	焦化上升管余热利用技术	42.29	0	42.29
	加热炉黑体强化辐射技术	6.91	0	6.91
	竖炉式烧结矿显热回收利用技术	81.88	0	81.88
合成氨	氢气合成氨技术	709.80	2967.34	3677.14
	先进煤气化节能技术	39.05	0	39.05
工业部门	CCS 技术	50.00	18712.50	18762.50
合计		6185.01	24328.58	30513.59

（三）新能源汽车与绿色交通产业：终端革命的全球引领

为推动交通部门的二氧化碳排放量在“十五五”时期达峰，中国将不断提升低碳交通工具占比，推广低碳出行方式，且达峰后将持续通过加快电动化和氢能应用等低碳路径的方式，实现 2050—2060 年极低排放的目标。具体而言，一是发展集约化与智能化交通，优化交通运输结构，提升技术水平和能耗效率；二是合理控制汽车保有量，规模应不超过 6 亿辆；三是加快电动化和氢能应用，大幅替代现有的交通成品油消费，铁路客货运和船舶停靠港口期间，船上作业接近实现全面电动化，2060 年，公路和铁路领域电气化率将分别达到 70%和 95%，城市交通可通过增加轨道交通、电动车和电动自行车，代替燃油汽车、摩托车，2060 年，电动汽车在乘用车保有量中的占比提高到 90%以上，交通领域的用电需求将从当前的 0.2 万亿千瓦时提升至 1.3 万亿千瓦时。四是在航空航海等由于运输方式特殊而较难实现较高电气化水平的领域中，大量推广生物燃料和氢基燃料。

在“双碳”目标叠加产业政策支持下，中国新能源汽车产业链不断向纵深持续拓展与升级，将持续推动电动化技术在乘用车、商用车、船舶、工程机械等多个领域实现深度渗透。产业链从整车制造环节向上游延伸，同时向下游拓展，涵盖了高比能动力电池、下一代固态电池、高效驱动电机、电控系统、车规级芯片等核心部件，正负极、隔膜、电解液、稀土永磁材料等关键材料，超快充、智能充电桩、换电站网络等充电、换电基础设施，以及电池回收利用（梯次利用、材料再生）、车网互动（V2G）等市场与新兴服务模式，形成超长且高附加值的产业链闭环。智能网联汽车（V2X）技术的融入进一步提升了产业链的附加值。

低碳、零碳船舶与航空技术研发与产业化：推动液化天然气（LNG）、甲醇、氨、氢等低碳、零碳燃料船舶及配套加注设施发展。电动垂直起降飞行器（eVTOL）、可持续航空燃料（SAF）的研发、生产与应用将开辟新的产业赛道。

表 4 交通部门投资需求
万亿元

单位：

时段		2020—2035 年	2035—2060 年	总计
公路交通	电动汽车	9.56	14.44	24.00
	燃料电池汽车	0.75	1.65	2.40
	充电桩、充电站	0.34	1.79	2.13
	加氢站	0.57	0.87	1.44
航空交通	氢能飞机	0	0.28	0.28
铁路交通	公转铁措施	1.50	2.50	4.00
水运交通	公转水措施	0.75	1.25	2.00
合计		13.47	22.78	36.25

本研究考虑交通部门的低碳及零碳技术措施（包括轻型公路交通、重型公路交通、航空交通等交通工具、燃料加注基础设施等）和相关管理措施（包括货运公转铁和公转水等），估算了2020—2060年的投资需求总量，约为36.25万亿元，其中，2020—2035年和2035—2060年分别为13.47万亿元和22.78万亿元（见表4）。

（四）建筑能效与电气化提升

对于建筑部门，建筑能源主要用于供暖、制冷、炊事、照明、生活热水及其他家用电器。为实现“双碳”目标，需加快推动建筑节能和电气化应用、推广电厨具设备、使用高效节能电器等，2060年，供暖、制冷、炊事领域可实现65%以上的电气化率，照明、生活热水及其他家用电器基本实现100%电气化。除了电气化外，建筑领域可依靠其他绿色低碳技术进行节能减排，例如，可通过改善围护结构与材料、发展被动房技术、降低单位面积能耗等方式实现绿色建筑，可通过利用高效热泵、分布式能源等方式实现低碳建筑供暖。未来，建筑领域的用电需求将从当前的2.1万亿千瓦时提升至5.5万亿千瓦时。

基于超低能耗、近零能耗建筑的建设和存量建筑节能改造需求，高性能保温材料、节能门窗、高效空调热泵系统、工业余热回收用于区域供暖技术、电厨具设备等高效节能电器，以及分布式能源等实现低碳建筑供暖和建筑一体化光伏（BIPV）的相关材料、设备、技术与集成服务产业将获得广阔市场空间。

本研究测算了建筑部门2020—2060年的投资需求，测算范围和结果见表5，总投资需求约为25.5万亿元（见表5）。围护结构性能提升的投资占总投资额的三分之一左右，其中约三分之二用于新建建筑；随着新建建筑规模的下降与既有建筑改造需求的提升，围护结构性能提升投资中新建建筑占比将不断下降，预计到2060年降至不足三分之一。采暖空调设备系统提升（民用建筑）投资占比为60%左右。光储直柔建筑投资目前占比较小，但未来还将快速增长，预计到2060年占比接近10%。预计以上投资总额中约40%将发生在2035年以前。

表5 建筑部门投资需求 单位：万亿元

时段	2020—2035年	2035—2060年	总计
围护结构性能提升	3.80	5.30	9.10
采暖空调设备系统提升（民用建筑）	6.20	8.30	14.60
光储直柔建筑	0.09	1.70	1.80
总计	10.10	15.30	25.50

（五）其他产业

— **节能与能效提升产业：存量优化的核心路径。**先进节能技术（如高效电机、余热余压利用、智慧能源管理）、绿色低碳工艺革新（如氢冶金、CCUS）、建筑节能改造（如超低能耗建筑、绿色建材）需求巨大。基于物联网、大数据、人工智能的工业互联网、智慧楼宇等数字化、智能化赋能技术，在提升系统能效方面潜力显著。这些技术和革新不仅能为传统高耗能产业绿色转型提供技术路径和市场空间，还将创造大量绿色技术改造投资需求。未来，应大力发展节能咨询、能源审计、合同能源管理（EMC）等专业服务产业，以提升整体资源效率和成本竞争力，赋能经济高质量发展，使其成为轻资产、高技术含量的现代服务业增长点。

— **负碳技术产业：打通碳中和的“最后一公里”。**碳捕集、利用与封存技术（CCUS）和直接空气捕集技术（DAC）从示范走向商业化，将迎来爆发式增长，并形成全链条产业。与此同时，林业碳汇专业化运营将充分激活生态产品价值，而碳汇监测与交易服务则催生碳资产开发与管理等新兴业态。此外，相关技术将作为托底方案，有力推动高温热泵与吸附材料创新。

— **绿色低碳技术服务业：智力支撑与价值枢纽。**当前，我国正处于实现“双碳”目标的初步阶段，要实现高质量的绿色低碳发展，技术咨询服务发挥着不可或缺的作用。绿色低碳技术服务产业内容丰富，涵盖碳咨询、碳资产管理、绿色金融、ESG咨询、绿色认证、低碳技术孵化与交易等。随着全国碳市场深化、企业碳核算需求激增、ESG投资主流化，该领域将迎来爆发性增长。该产业能够为绿色低碳转型提供关键的知识、资本和风险管理

工具，有力推动技术、资本与产业的深度融合。同时，该产业的发展有助于提升现代服务业能级，是绿色经济软实力的重要体现。

第三章 气候变化中性别主流化的路径分析

一、性别议题在全球气候治理新形势下面临进一步被边缘化的风险，女性遭受的气候潜在风险可能上升

一是在当前复杂的地缘政治和经济背景下，各国往往优先保障短期能源安全与经济增长，而忽视实现较为长远的气候减缓和适应目标，导致气候议题中的性别平等问题可能被进一步忽视。一方面，政策制定环节缺乏对女性和弱势群体在脆弱环境中所受影响的评估——例如，由于固化的性别分工，女性承担更多取暖和烹饪等家庭能源责任，在能源清洁转型滞后时将承受更高的健康风险；女性在受到自然灾害、严重天气事件和气候变化影响时表现地更加脆弱；女性户主家庭的收入相较男性家庭更容易受到气温升高的影响等。另一方面，尽管女性受到气候变化影响的风险更高，但其参与和主导气候议题决策的空间却非常狭窄。

二是当前气候资金分配存在结构性偏见。全球气候资金中，仅 0.01%用于同时应对气候变化和促进性别平等的项目^[99]，存在较大的融资缺口。而在经济增长优先级更高、气候议题面临边缘化的情况下，资金将更易流向大型基础设施项目，本就不多的性别敏感型气候适应项目的资金将进一步大打折扣。这些情况限制了女性获得气候融资、技术和能力建设的机会，加剧了性别不平等，同时削弱了气候行动的有效性。

二、全球气候治理中性别平等机制的执行仍相对滞后

近年来，各国对气候治理中的性别主流化的重视程度持续提升。2024 年，已有 110 多个国家任命了国家性别和气候变化联络人，较 2022 年有所增加；95%的国家适应计划（NAPs）明确提及性别问题；另外，根据 2024 年发布的最新国家自主贡献（NDC）综合报告，有 81.5%的缔约方在其 NDC 中提供了性别相关信息^[100]，但仅有 34%的缔约方将性别因素融入到其 NDC 方案下的能源减排措施中^[101]，虽然较 2023 年（两个数据分别为 79%和 33%）有小幅改善，但全球范围内性别敏感型政策的执行仍与承诺存在较大差距^[102]。

过去十年间，女性在气候谈判代表中的占比基本维持在 30%~40%，未取得显著进展。2023 年，女性在《联合国气候变化框架公约》组成机构中的占比为 38%，略低于 2022 年的 39%。2024 年，参加 COP29 的世界各国领导人中，女性占比仅为 10.3%，比 COP28 还有所下降，表明气候谈判中性别比例长期失衡，且女性在气候决策最高层的代表性仍然严重不足^[103]。

三、推动中国国内公正转型，提升女性在转型中的绿色就业机会

近年来，中国在促进公正转型方面取得了显著进展。2025 年 4 月，习近平主席在气候和公正转型领导人视频峰会中强调“以人民为中心”的公正转型路径^[104]。中央财政设立专项基金，用于支持煤炭产区的清洁能源项目投资、就业再培训及社会保障强化^[105]。性别平等的重要性也凸显在既有政策框架中⁴⁷。

当前，女性在绿色转型过程中就业收益较男性低。2022—2023 年，新能源行业中，大型光伏企业的员工数量大幅增加，其中男性员工数量增加更多。与其他很多行业类似，新能源行业核心岗位的工程和研发岗位多由男性担任，女性则更多集中在行政、市场营销和人力资源等职能部门，后者普遍薪资更低，可能也面临着更高的失业风险^[106]。因此，有必要采取针对性措施，拓宽女性的就业空间，弥合绿色就业机会中的性别差距。

⁴⁷ “十四五”规划强调了性别平等以及“推动妇女参与经济社会发展”的必要性。《中国妇女发展纲要（2021—2030 年）》也提出为妇女提供多样化的职业培训项目，特别是在高新技术产业、战略性新兴产业为女性提供更多的职业发展机会。

四、推动发展中国家在绿色公正转型中的性别平等

与发达国家相比，发展中国家面临更大的经济发展与绿色转型双重压力。由于缺乏转型资金、技术和政策支持，性别平等在这一进程中变得尤为突出。发展中国家女性受制于相对较低的教育水平和社会经济地位，资源和决策机会受限，在本地应对气候变化行动中的参与度较低。发展中国家的经济结构较为单一，总体就业机会和工资水平受限，女性更容易被排除在包括绿色行业在内的较高价值经济活动之外，陷入低技能、低收入的恶性循环。

近年来，随着国际气候公约和国际援助方案逐渐将性别平等纳入其气候合作机制的考量范畴，发展中国家开始关注性别平等在能源和气候变化中的重要性，以支持其在能源替代、气候投融资、绿色低碳供应链等领域的公正转型，包括陆续制定并出台有关性别平等的政策和法律法规，为女性提供绿色产业教育与培训，为女性创业者提供资金、技术支持和市场准入机会⁴⁸等。

性别平等是推动可持续发展并实现社会公平的重要前提，特别是在应对气候变化与环境治理的过程中，应充分保障女性的参与机会。**基于以上分析，本研究提出如下政策建议：**

一是进一步推动并落实气候治理多边框架中的性别平等原则，推动多边平台合作，帮助各国提高女性在气候和绿色转型领域的参与机会和收益水平。具体措施包括利用跨国技术合作、融资支持和能力建设项目，推动各国特别是发展中国家将性别平等与气候变化、能源转型等议题协同考量，提升女性在新能源和绿色技术领域的能力和技能⁴⁹⁵⁰。同时，还应注重发挥中国与南方国家多边平台（如“一带一路”倡议、上海合作组织等）的作用，引领并推动气候融资、能力建设与培训等方面的国际合作，在海外绿色投资、援助与培训中考虑性别因素、推动性别平等，促进当地社会的可持续发展。

二是中欧可携手推进在第三方国家的性别平等与公正转型。自 2020 年以来，中欧在气候对话中加强了对公正转型的讨论，包含对性别平等、绿色就业、公平分配等问题的关注。双方可在向发展中国家提供气候融资的过程中纳入性别平等这一考量指标，推动更多面向女性创业者的绿色金融支持；将各自在绿色产业等转型领域中性别敏感的技术培训项目引入发展中国家，提高当地女性的技术水平和转型适应能力；共同出台有关海外投资社会影响的联合指导意见，推动对海外绿色投资和援助项目的社会影响进行全面评估，包括开展性别主流化分析。

三是中国可将支持妇女发展的包容性气候行动纳入低碳转型政策中¹¹⁰⁷¹，在实现气候目标的同时，促进经济发展、可持续增长和妇女发展。具体包括设立专门的绿色技术培训项目，帮助女性劳动者掌握最新的绿色技术，特别是为传统行业女性工人提供职业转换培训；开发和推广在线培训平台，提供灵活的学习模式，确保无法全职参加培训的女性有机会完成课程；支持农村妇女利用可再生能源技术开展农业活动、推动社区绿色转型；为受到转型影响的女性劳动者提供更完善的社会保障，确保过渡期间的生活稳定等。

⁴⁸ 例如，非营利性组织“太阳能姐妹”（Solar Sister）为撒哈拉以南非洲能源服务不足的社区提供离网电力和清洁烹饪方案，并为当地女性提供就业机会。又如，印度尼西亚于 2023 年新设努桑塔拉基金（Nusantara Fund），直接向本地社区提供气候资金，为本地农村妇女提供更多培训机会。

⁴⁹ 亚洲基础设施投资银行的性别包容性融资近年升级，2025 年与吉宝集团（Keppel）合作筹集 15 亿美元，重点支持亚太地区的可再生能源和数字基础设施项目，其中 30% 的资金定向用于女性主导的中小企业，以提升其在绿色能源产业链中的参与度，并为适应和减缓气候变化提供更加切实可行的方案。

⁵⁰ 例如，联合国环境规划署（UNEP）和联合国妇女署（UN Woman）为推动亚太地区气候变化和防御灾害风险中的性别平等，于 2018 年联合提出和实施“赋权——女性促进气候适应型社会计划”（EmPower: Women for Climate-Resilient Societies），已在孟加拉国、柬埔寨、越南、菲律宾、印度尼西亚等国开展了卓有成效的务实工作。该项目为弱势群体创造了新的生计机会，利用可再生能源解决方案减少了排放，激发了政府间承诺在整个地区采取性别包容性政策和行动，并将在下一阶段进一步扩大该项目。多边机构正通过“资金+能力建设+政策倡导”组合拳，将性别平等从辅助议题转为气候行动的核心杠杆，确保妇女在气候变化应对中获得同样的权益和权利。

第四章 政策建议

“十五五”期间，中国将实现碳达峰，更为重要的是，中国将推动经济社会发展全面绿色转型，为达峰后的排放下降构建产业、技术和制度基础。当前，绿色低碳技术和产业已经成为中国乃至全球经济增长最重要的选择之一。但地缘政治动态破坏了各国间的互信，泛安全化、贸易争端、利益分配等问题与绿色低碳转型交织在一起，气候议题复杂化程度加深。为此，中国需要坚定应对气候变化的决心，建立目标和行动的互动机制，释放积极的绿色低碳转型信号；坚持多边主义，加强同贸易伙伴的政策协调，进一步引领全球绿色产业方向，促进全球共享绿色收益。

一、坚定气候治理和绿色转型的信心，维护以《联合国气候变化框架公约》及其《巴黎协定》为主渠道的全球多边气候合作，以创新思维探索实践，形成新的联合领导力，确保 COP30 的成功

一是推动形成气候议题的联合领导力，与各国携手推动《巴黎协定》及后续国际协议的全面落实，稳固多边合作机制，助力 COP30 取得突破性进展，推动气候议题重新回到各国主流政治议程。建议中国与欧盟、英国、挪威、巴西以及其他主要发展中国家迅速建立对话机制，在领导人、工作层、专家学者、NGO 等层面，开展多层次、前瞻性的对话，在达成的双边合作框架下推动务实合作与行动，积极参与 COP30 财长会议等机制，推动落实“巴库至贝伦路线图”气候融资目标。

二是各国应加强政策协调，推动气候、环境、安全与繁荣等多目标协同，支持可再生能源、储能、人工智能和大数据等具有多目标协同潜力技术和产业的国际合作。

三是持续推进气候目标与行动，为多边主义注入更多支持。制定明确有力度的减排目标，向市场释放清晰信号，稳定投资预期，为碳市场划定边界和规模，明确转型的路径与节奏，推动资金、技术和资源向低碳领域集聚。

四是总结气候领域最佳实践，包括低碳产业发展、工业脱碳、零碳园区、生态碳汇等，与各国尤其是广大南方国家积极开展技术、产业、政策等层面的交流合作，分享经验。

五是进一步推动并落实气候治理多边框架中的性别平等，推动中欧携手推进在第三方国家的性别平等与公正转型。

专栏 2：中欧合作潜在机遇

中欧可通过在以下潜在领域的合作，推动包括能源安全、经济增长、改善空气质量与应对气候变化等不同政策目标之间形成协同效应，进而创造共赢的合作机遇。

(1) 甲烷监管。基于中国加强煤矿甲烷管理的举措及欧盟相关法规的讨论，推动在油气、废弃物与垃圾填埋、农业等领域加强甲烷监管。建议各国建立联合工作组，交流减排经验、进展与政策建议，并向 COP30 传递全球承诺与行动的关键信息。

(2) 碳定价与碳排放交易体系。借鉴中欧在碳排放交易体系（ETS）与清洁发展机制（CDM）方面的经验，提升碳市场效率与有效性。探索碳价底线和碳信用交易机制，解决《巴黎协定》第六条下的技术问题（如“额外性测试”）。

(3) 第三国合作。通过中欧在电网、可再生能源、电动汽车和公正转型等领域的联合投资，支持非洲和东南亚发展中国家的绿色发展和绿色增值，推动欧盟“全球门户”战略与中国绿色“一带一路”倡议的协同，并加强与多边开发银行的合作。

(4) 重点行业或部门的产业政策。中欧应强化电力（通过发展可再生能源与电力体制改革推动向新型电力系统转型）、钢铁、水泥、化工与石化、交通（电动汽车）、建筑及城市基础设施领域的产业政策。

(5) 贸易与互惠跨境投资。鼓励跨境投资，以补充直接贸易活动，旨在加快全球绿色技术推广，通过双赢合作实现政治经济的平衡。探索公平的贸易与投资机制，从工作小组间的技术交流着手，解决技术转移、本地化融合及为当地创造价值的问题。

(6) 为气候行动提供融资。动员多边开发银行、私营部门以及金融监管部门和金融机构，重点支持创新、改革和转型的优先领域和项目。加强绿色金融分类体系、气候相关财务信息披露，以及多边开发银行（如欧洲投资银行、亚洲基础设施投资银行、金砖国家新开发银行）之间的协调合作。推动各国央行在气候压力测试、风险框架和搁浅资产管理方面的合作。

(7) 加强对多边机构（如国际海事组织、多边开发银行、二十国集团）的支持，推进能源转型、关键原材料领域的公平治理等议题。具体包括改革治理架构、开展混合融资试点、规范绿色标准并提供转型支持、提升供应链透明度及保障资源国利益分配的公平性等举措。推动中国、欧盟、英国、印度、巴西和南非等经济体参与，以应对全球治理碎片化问题。

(8) 地方层面合作。促进地方层面的合作伙伴关系，分享利益、价值观与专业知识，为全球可持续发展作出积极贡献。

(9) 加强对话交流。通过一轨、1.5 轨和二轨对话开展其他政策层面的对话与协调工作。推动中国和欧洲达成基准共识，基于共同利益推进 NDC 与经济发展的协同。

二、绿色低碳产业已经成为中国经济社会发展的重要引擎之一，应进一步明确这一战略方向，支撑能源和经济社会全面绿色转型，助力绿色可持续增长

一是在未来 5~10 年，要重点保持风电、光伏发展势头，力争“十五五”末实现风光装机总量超过 30 亿千瓦，利用率保持在 95%以上，风光发电量占比达到 33%~38%。持续

以集中式和分布式并举的方针在电源侧扩大风光电源占比，实现多能互补协同；在电网侧，要加大改革力度，打通配网扩容、工商用户为主的微网互联、跨域长距离输送调度互联互通等电网侧关键瓶颈，加强电网侧多种储能资源的形成、调度和配置；在用电需求侧，要着力推动储能、虚拟电厂、工业交通建筑等领域电气化的关键用电设备装置与电网实现互动融合、协同运作，并运用宏观经济政策和产业政策在需求侧精准施策，优先刺激并扩大绿电使用需求，拉动绿电发展，从供需两侧及源、网、荷、储、用全链条出发，一体化地提高可再生能源发电的占比。

二是在本轮宏观经济扩张政策周期中，保持积极的财政金融政策和绿色低碳产业政策、能源安全政策、环境保护与气候变化政策协同配合，精准发力。其核心在于，以中国和全球绿色低碳目标、数字化与人工智能发展及其融合为转型升级方向，在这些蕴含未来新质生产力和待开发强大新市场需求的新领域，将着力开发、扩大国内和国际两个市场的需求放在首位，加速增长动能转换。同时，通过设立较高目标指引市场预期，并运用长期国债、政府贴息、贷款担保、优惠绿色金融和转型金融、保险、碳定价等政策工具，重点支持能够拉动绿色需求的投资，精准培育在未来 5~10 年技术经济性能相对成熟、产业供给和市场需求开发潜力巨大的技术和产业领域。其中，重点支持领域包括但不限于以下方面：依托数字化、人工智能，借助大规模设备更新与居民消费品以旧换新（简称“两新”）而提高能效、加强节能，并与新一轮城市更新紧密结合的相关领域；基于高比例风光、核能、水电等非化石能源构建的新型电力系统，以及配套的配网微网建设、储能设施建设、虚拟电厂运营，以及交通、工业、建筑等主要经济部门用电设备与电网互动融合等领域。

三是促进高排放行业与传统产业转型升级。加快新型电力系统建设和“先立后破”的步伐，推动煤炭实现公正转型，“十五五”期间逐步减少煤炭消费，不净增煤电装机容量，特别是降低电力和工业等部门对煤炭的依赖，稳住存量，通过增量替代的方式，推动落后低效煤电机组提前退役（有条件的机组可以转为战略备用）和公正转型。同时，大力支持钢铁、水泥、化工、航运、重型公路运输、供热减排难度较大的行业借助数字化、智能化升级带动绿色转型，引入耐心资本与长期资本，为绿色钢铁、电动重卡、绿色甲醇、工业热泵、CCS 等技术提供市场激励，助力这些行业实现绿色发展。

四是优化绿色低碳产业的市场结构和产业组织形式，解决行业内卷问题，妥善化解短期市场供大于求导致的失衡困境，通过开发具有中长期需求潜力的产品，充分利用已有产能存量，从而实现供求平衡。“十五五”期间，政府要着力发挥在优化市场结构和产业组织过程中的作用，重点加大对掠夺性定价的整治力度，从企业规模、专业技术资质与知识产权拥有量、治理水平、产品服务质量、市场认可度及专家评价、投融资绩效和能力、研发投入规模等多个维度设置市场准入标准，提高市场门槛，强化知识产权保护措施。地方政府应树立正确的政绩观和招商引资观，鼓励具有异质性和创新性的投资，从发挥比较优势的角度评价考核地方政府的增量政绩。中央政府要加强统筹全国产业规划和产业布局，进一步引导地方政府科学制定项目投资规划。此外，要适当利用市场手段，通过资本运作，推动相关绿色低碳产业做强做大，提升产业整体国际竞争力。在优化市场结构过程中，要妥善做好部分被兼并甚至破产企业的资产债务清算重组、下岗职工安置等工作。

五是推动低碳技术突破。加强碳中和技术体系的顶层设计，制定面向碳中和的中长期科技创新路线图，以“新型能源体系”“零碳工业流程”为主攻方向，促进学科交叉融合、全产业链条攻关及第三方综合评估。预计到 2035 年，光伏、陆上风电和电动汽车等负成本技术将贡献超过一半的减排潜力，且投资潜力巨大——据估算，为实现碳中和，中国在 2020—2060 年间共需投资约 140 万亿—260 万亿元。应依托国家重大科技专项和重点研发计划，突破关键核心技术瓶颈，推动技术研发和产业化应用；推动颠覆性技术的早期战略布局，建立前瞻性技术预测体系，实施技术中立原则和风险共担机制，设立公私资本合营基金，鼓励企业和社会资本加大研发投入；进一步支持发挥包括国有企业和民营企业在内的基于市场需求和政策扶持的企业科技创新的驱动作用。

六是建议中国将支持妇女发展的包容性气候行动纳入低碳转型政策中，在实现气候目标的同时，促进经济发展、可持续增长和妇女发展。

三、加速碳排放总量控制制度落地，不断完善“双碳”制度体系建设

“十五五”时期实施碳排放双控制度，以清晰的政策导向指引全社会低碳转型的路径和进程，是我国如期实现碳达峰目标、履行国际承诺，以及协同推进降碳减污扩绿增长、实现高质量发展的重要支撑性制度安排。

一是完善“双碳”和气候相关法律法规体系。在《中华人民共和国生态环境法典》《中华人民共和国可再生能源法》《中华人民共和国节约能源法》《中华人民共和国电力法》等相关法律法规的制修订过程中，确保相关法规与绿色低碳转型和应对气候变化的需求一致，并将碳数据的统计核算、信息披露、认证认可等基础性制度入法；同时，推动应对气候变化与碳中和专项立法及相关法律法规的统筹制修订进程，为相关的政策和体制改革奠定法律基础。

二是将碳排放总量控制作为“十五五”期间推动经济社会绿色低碳转型的重要抓手。按照《加快构建碳排放双控制度体系工作方案》的部署，坚持全国一盘棋，兼顾公平和效率，将碳排放总量目标科学分解，配套建立碳预算管理制度。构建“国家碳排放核算基础框架”，统一区域、行业、企业、项目、产品五个维度的核算边界和方法学，确保碳排放标准体系和数据体系在不同的主管机构、政策工具、行业和核算目的下可理解、可参照，为碳总量控制提供保障。用好市场机制，建立跨省项目减排量抵扣和流转机制，为地方发展提供灵活性。探索试点碳总量控制创新机制，例如，深圳市在其发布的《国家碳达峰试点（深圳）实施方案》中提出“飞地绿色权益分摊”概念，即在其他省市开发非化石能源基地，并将所获得的减排量按一定比例在两地分摊，直接计入深圳市的碳排放减排量。

三是进一步加强碳市场建设，优化资源配置。“十五五”期间，进一步扩大碳市场行业覆盖范围，强制将碳市场纳入化工、石化、造纸、航空等行业，扩大自愿减排方法学覆盖范围，从而加快风电、光伏的大规模部署，为减排效果真实可信可测量的技术和活动提供支持；对排放趋于平稳的行业，按总量控制要求制定配额分配方案；推动建立碳配额有偿分配机制，所获收益用于减少低碳转型技术的绿色溢价；促进形成碳总量约束下的碳价机制，释放明确的市场信号，引导社会资本支持碳减排行动。

四是推动构建绿色财税制度。在政府收支分类目录中设置“双碳”科目；进一步加强绿色低碳产业的税收优惠力度，逐步取消对高碳行业的补贴；引导公共资金（包括政府债券、转移支付、预算内投资等），支持绿色产业发展和传统产业转型升级，避免高碳锁定，并加强项目储备，规范资金使用流程；赋能地方政府，加强其落实气候目标的能力；对于需要引入社会资本的领域，建立政府引导性基金，发挥积极带动作用；基于企业碳评级等指标，为低碳创新型和引领型企业提供奖补、政府采购优待等激励；继续加大绿色消费补贴，完善政府绿色采购制度；量化气候灾害和转型风险带来的损失，将气候变化风险纳入宏观财政和金融政策考量。

五是统筹推进电力市场改革，树立新型绿色能源安全观。加快建立适应高比例可再生能源发展的电力现货市场和容量补偿机制，完善相关准入与交易规则，引导容量市场向储能和虚拟电厂等新型电力主体、需求侧与电网协同互动融合的电气化装备设备用电主体（工业大型用电设备主体、工业及民用建筑热泵等装备、公路和非公路交通及施工工具）等新型电力主体开放，并制定灵活的调峰激励政策。设计发电企业、电网及终端用户间的增量成本分担机制，通过试点逐步推广实时电价机制，以应对峰谷波动，引导终端用户主动削峰填谷，提升系统灵活性与资源配置效率。同时，构建生态环境质量向好、绿色能源安全与实现可持续增长相包容的新型绿色低碳安全观。

四、推动低碳产品贸易投资的自由化和便利化，构建更具包容性的全球能源转型供应链合作伙伴关系，助力全球三倍可再生能源目标和绿色转型的实现

要认识到绿色低碳投资和贸易是驱动全球新一轮增长的重要动力，着力推动绿色低碳产品贸易和投资自由化便利化，构建开放、包容、互利的全球新能源供应链合作网络，不断降低绿色转型成本。

一是在多边平台积极推广中国低碳产业快速发展经验，推动相关模式在全球南方复制

扩展。以规模市场、全链条制造业生态、完善的基础设施、充足的工程技术人才储备，以及适当的产业政策体系推动新能源设备进一步降本增效、扩大部署。

二是鼓励中国绿色产业通过加快海外投资建厂、技术合作、标准互认与本地化运营等方式，将传统以出口为导向的“货物贸易”模式，更多地转型为基于产业链协同的“投资建厂”模式。建议调整发展考核导向，从“属地”的 GDP 统计逐步转向“属人”的 GNP 核算，重视中国企业和资本的境外收益。

三是深化第三方合作，助力发展中国家实现绿色转型，共享绿色自由贸易的收益。例如，中欧通过在电网、可再生能源、电动汽车和公正转型等领域的联合投资，帮助发展中国家构建本土绿色产业体系，推动其在绿色产业价值链上实现地位攀升。在关键矿产资源开发领域，建立公平合理的利益共享机制，推动资源开发与当地产业升级、生态保护协同发展。

四是推动建立软性商品的可持续贸易体系，建立软性商品绿色价值链管理的部际协调机制。建立中国-巴西及其他相关国家的部长级联合协调机制，统筹协调软性商品绿色价值链领域的政策与实践。支持私营部门和地方政府率先开展绿色供应链合作，推动企业与地方政府同巴西、印度尼西亚等关键生产商所在国、出口省/州政府签订可持续农产品采购协议。同时，加大对进口软性商品非法毁林行为的遏制力度，对进口木材实施零非法毁林溯源管理。

五、积极参与全球金融架构改革，助力构建更加包容和有效的气候融资体系，助力发展中国家的气候转型和绿色增长

为推动国际金融架构更好地支持全球气候行动，中国应积极参与全球治理进程，加强与国际社会的协同合作，回应各国尤其是发展中国家在气候与发展融资领域的核心诉求。

一是鼓励金融机构和企业积极对接相关投融资项目，与发展中国家分享在气候与发展目标分解、政策协同、投资引导等方面的经验，支持发展中国家建立与气候及发展战略相锚定的规划与投资平台。

二是加速“债转绿色发展”和“债转气候”实践，拓展中国气候合作范式。推动商务部、国家国际发展合作署等相关部门以及金融机构建立“债转 X”工作机制，制定标准化操作流程，并形成综合性解决方案，明确债务减免与绿色项目投资的衔接机制，加强与债务国、多边机构及第三方伙伴的协同合作，提升项目透明度与影响力的评估水平。加速推动中国-埃及“债转发展”合作落地。

三是作为主要股东，推动亚洲基础设施投资银行、金砖国家新开发银行提高气候投融资规模，应用契合南方国家需求和能力的创新气候融资工具，为发展中国家注入更多优惠性气候资金，缓释风险、引导私人资本加速流向绿色项目等。

四是积极且建设性地参与气候投融资治理相关的国际倡议，如伦敦可持续主权债联盟（London Coalition on Sustainable Sovereign Debt）、财政部长气候行动联盟（Coalition of Finance Ministers for Climate Actions），并将加强国际气候援助和投融资纳入全球发展倡议、“一带一路”倡议等合作机制，推动该议题在金砖国家合作机制、G20、多边发展银行以及 RCEP 等区域合作平台上进一步成为主流议题。

参考文献

- [1] King B, Kolus H, Gaffney M, et al. Trump 2.0: What's in Store for US Energy and Climate? [EB/OL]. (2024-12-17) [2025-07-24]. <https://rhg.com/research/trump-2-0-whats-in-store-for-us-energy-and-climate/>.
- [2] 清华大学碳中和研究院. 2024 全球碳中和年度进展报告[R/OL]. (2024-10-17) [2025-07-24]. <http://www.yrdpcn.org.cn/upload/2024/1023/a9d60ed1-6c47-4e26-ad98-06f4759ff643.pdf>.
- [3] European Commission. A Clean Industrial Deal for competitiveness and decarbonisation in the EU [EB/OL]. (2025) [2025-07-24]. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_25_550.
- [4] UK Department for Energy Security and Net Zero. UK's First Biennial Transparency Report Submitted to the UN Framework Convention on Climate Change, under the Paris Agreement [R/OL]. (2024-12-27) [2025-07-24]. <https://www.gov.uk/government/publications/uk-biennial-transparency-report-to-the-un-framework-convention-on-climate-change-2024/uks-first-biennial-transparency-report-submitted-to-the-un-framework-convention-on-climate-change-under-the-paris-agreement>.
- [5] Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. Plano Clima [EB/OL]. (2023) [2025-07-24]. <https://www.gov.br/mma/pt-br/composicao/smc/plano-clima>.
- [6] International Renewable Energy Agency (IRENA). Renewable Power Generation Costs in 2023 [R/OL]. (2024-09) [2025-07-24]. <https://www.irena.org/Publications/2024/Sep/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2023>.
- [7] International Energy Agency (IEA). World Energy Investment 2024 [R/OL]. (2024-06) [2025-07-24]. <https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2024>.
- [8] International Energy Agency (IEA). Clean energy is boosting economic growth [EB/OL]. (2024-04-18) [2025-07-24]. <https://www.iea.org/commentaries/clean-energy-is-boosting-economic-growth>.
- [9] International Energy Agency (IEA). Net Zero by 2050 [R/OL]. (2021-05) [2025-07-24]. <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>.
- [10] BloombergNEF. Energy Transition Investment Trends 2025 (Abridged) [R/OL]. (2025-01-30) [2025-07-24]. https://assets.bbhub.io/professional/sites/24/951623_BNEF-Energy-Transition-Trends-2025-Abridged.pdf.
- [11] IEA, IRENA, UNSD, World Bank, WHO. Tracking SDG7: The Energy Progress Report 2024 [R/OL]. (2024-06) [2025-07-24]. <https://www.iea.org/reports/tracking-sdg7-the-energy-progress-report-2024#overview>.
- [12] International Energy Agency (IEA). Oil demand for fuels in China has reached a plateau [EB/OL]. (2025-03-11) [2025-07-24]. <https://www.iea.org/commentaries/oil-demand-for-fuels-in-china-has-reached-a-plateau>.
- [13] United Nations Development Programme (UNDP). 80% of People Globally Want Stronger Climate Action from Governments according to UN Development Programme survey [EB/OL]. (2024-06-20) [2025-07-24]. <https://www.undp.org/press-releases/80-percent-people-globally-want-stronger-climate-action-governments-according-un-development-programme-survey>.
- [14] McKinsey & Company. Consumers care about sustainability—and back it up with their wallets [EB/OL]. (2023-02-06) [2025-07-24]. <https://www.mckinsey.com/industries/consumer-packaged-goods/our-insights/consumers-care-about-sustainability-and-back-it-up-with-their-wallets>.
- [15] Project Team on the Strategy and Pathway for Peaking Carbon Emissions and Carbon Neutrality. 碳中和背景下中国碳达峰路径分析[J]. Engineering, 2021, 7(12): 1673-1677. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2021.10.003>.
- [16] International Energy Agency (IEA). World Energy Outlook 2024 [R/OL]. (2024-10) [2025-07-24]. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024>.
- [17] International Renewable Energy Agency (IRENA). Renewable Capacity Statistics 2025 [R/OL]. (2025-03) [2025-07-24]. <https://www.irena.org/Publications/2025/Mar/Renewable-capacity-statistics-2025>.
- [18] International Energy Agency (IEA). World Energy Investment 2025 [R/OL]. (2025-06) [2025-07-24]. <https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2025>.
- [19] 同 [10]
- [20] Carbon Brief. Analysis: Clean energy contributed a record 10% of China's GDP in 2024 [EB/OL]. (2025) [2025-07-24]. <https://www.carbonbrief.org/analysis-clean-energy-contributed-a-record-10-of-chinas-gdp-in-2024/>.
- [21] Climate Energy Finance (CEF). CEF Report China Outbound FDI 2 October 2024 [R/OL]. (2024-10) [2025-07-24]. https://climateenergyfinance.org/wp-content/uploads/2024/10/final_-_CEF-Report-China-Outbound-FDI-2-October-2024-2.pdf.
- [22] 同 [20]
- [23] 国家知识产权局. 绿色低碳专利统计分析报告 (2024) [R/OL]. 北京: 国家知识产权局 (2024-07-29) [2025-07-24]. <https://www.cnipa.gov.cn/module/download/downfile.jsp?classid=0&showname=%E7%B%BF%E8%89%B2%E4%BD%E7%A2%B3%E4%B8%93%E5%88%A9%E7%BB%9F%E8%AE%A1%E5%88%86%E6%9E%90%E6%8A%A5%E5%91%8A%E5%BC%882024%E5%BC%89.pdf&filename=bc3d1d4d85cb40f8b48df30e6102d48a.pdf>.
- [24] BloombergNEF. Global Cost of Renewables to Continue Falling in 2025 as China Extends Manufacturing Lead [EB/OL]. (2025-02-06) [2025-07-24]. <https://about.bnef.com/blog/global-cost-of-renewables-to-continue-falling-in-2025-as-china-extends-manufacturing-lead-bloombergnef/>.
- [25] ICC, Oxera. The Economic Cost of Extreme Weather Events [R/OL]. (2024-11-11) [2025-07-24]. <https://iccwbo.org/news-publications/policies-reports/new-report-extreme-weather-events-cost-economy-2-trillion-over-the-last-decade/>.
- [26] Bilal A, Känzig D R. The Macroeconomic Impact of Climate Change: Global vs. Local Temperature [R/OL]. (2024-05) [2025-07-24]. <https://www.nber.org/papers/w32450>.
- [27] Thompson V. Sinovoltaics highlights India's strengthening supply chain [EB/OL]. (2025) [2025-07-24]. <https://www.pv-magazine.com/2025/01/07/sinovoltaics-highlights-indias-strengthening-supply-chain>.
- [28] Saur Energy. India Headed for 20.8 GW Polysilicon Capacity, Says Minister [EB/OL]. (2025-03-28) [2025-07-24]. <https://www.saurenergy.com/solar-energy-news/india-headed-for-20-8-gw-polysilicon-capacity-says-minister>.
- [29] Statista. Fuel ethanol production in Brazil from 2013 to 2024, as share of global production [EB/OL]. (2025-01) [2025-07-24]. <https://www.statista.com/statistics/968331/ethanol-production-brazil/>.
- [30] USDA Foreign Agricultural Service. Brazil Biofuels Annual [R/OL]. (2024-08-31) [2025-07-24].

- <https://www.fas.usda.gov/data/brazil-biofuels-annual-11>.
- [31] UK Department for Energy Security and Net Zero, Department for Business, Energy & Industrial Strategy. Offshore Wind Net Zero Investment Roadmap [R/OL]. (2023-03-31) [2025-07-24]. <https://www.gov.uk/government/publications/offshore-wind-net-zero-investment-roadmap>.
- [32] IEA Wind TCP. Wind Energy in United Kingdom [OL]. [2025-07-24]. <https://iea-wind.org/about-ica-wind-tcp/members/united-kingdom>.
- [33] Hydrogen Council. Toward a New Era of Hydrogen Energy: Suiso Frontier Built by Japan's Kawasaki Heavy Industries [OL]. (2022-10-04)[2025-07-24]. <https://hydrogencouncil.com/en/toward-a-new-era-of-hydrogen-energy-suiso-frontier-built-by-japans-kawasaki-heavy-industries>.
- [34] RMI. Powering Up the Global South [R/OL]. (2024-10) [2025-07-24]. https://rmi.org/wp-content/uploads/dlm_uploads/2024/10/Powering_up_the_global_south.pdf.
- [35] Liu Z. Global Energy Interconnection. Amsterdam: Elsevier Science, 2015. p. 30. ISBN 9780128044063. https://books.google.com/books?id=T_MQCgAAQBAJ&pg=PA30.
- [36] Chen W, Laws A, Valckx N. Harnessing Sub-Saharan Africa's Critical Mineral Wealth [R/OL]. (2024-04-29) [2025-07-24]. <https://www.imf.org/en/News/Articles/2024/04/29/cf-harnessing-sub-saharan-africas-critical-mineral-wealth>.
- [37] Stimson Center. Critical Minerals: The Not-So-Green Side of the Green Transition [EB/OL]. (2023-11-29) [2025-07-24]. <https://www.stimson.org/2023/critical-minerals-the-not-so-green-side-of-the-green-transition/>.
- [38] Global Times. Critical minerals become a new battleground for global powers [EB/OL]. (2025-03-06) [2025-07-24]. <https://www.globaltimes.cn/page/202503/1329628.shtml>.
- [39] International Energy Agency. Southeast Asia Energy Outlook 2024 [R/OL]. (2024-10) [2025-07-24]. <https://www.iea.org/reports/southeast-asia-energy-outlook-2024>.
- [40] International Renewable Energy Agency, African Development Bank. IRENA-AfDB Report [EB/OL]. (2022-01-14) [2025-07-24]. <https://www.irena.org/news/pressreleases/2022/Jan/IRENA-AfDB-report>.
- [41] International Energy Agency, African Development Bank Group. Doubling energy investment in Africa requires urgent action to bring down financing costs and boost access to capital [EB/OL]. (2023-09-06) [2025-07-24]. <https://www.iea.org/news/doubling-energy-investment-in-africa-requires-urgent-action-to-bring-down-financing-costs-and-boost-access-to-capital>.
- [42] 中国一带一路网. 应对气候变化南南合作 中国在行动[EB/OL]. (2024-11-17)[2025-07-24]. http://www.brigc.net/xwzx/dtzt/lmdt/202411/t20241120_133654.html.
- [43] European Commission, Directorate-General for International Partnerships. Global Gateway: overview [EB/OL]. (2021) [2025-07-24]. https://international-partnerships.ec.europa.eu/policies/global-gateway/global-gateway-overview_en.
- [44] European Commission, Directorate-General for International Partnerships. EU-Africa Global Gateway investment package [EB/OL]. Brussels: European Commission, (2022) [2025-07-24]. https://international-partnerships.ec.europa.eu/policies/global-gateway/initiatives-sub-saharan-africa/eu-africa-global-gateway-investment-package_en.
- [45] Prime Minister's Office, Foreign, Commonwealth & Development Office, UK. PM launches new initiative to take Green Industrial Revolution global [EB/OL]. (2021-11-01) [2025-07-24]. <https://www.gov.uk/government/news/pm-launches-new-initiative-to-take-green-industrial-revolution-global>.
- [46] 新华网. 中企签约纳米比亚最大光伏电站项目 [EB/OL]. (2024-09-10)[2025-07-24]. <http://www.xinhuanet.com/silkroad/20240914/d2e4e252e1e44b128b414adf46553a3d/c.html>.
- [47] U.S. Department of Commerce, International Trade Administration. Final affirmative determinations in antidumping and countervailing duty investigations of Crystalline Photovoltaic Cells Whether or Not Assembled into Modules from Cambodia, Malaysia, Thailand, and the Socialist Republic of Vietnam [EB/OL]. (2025-04-21) [2025-07-24]. <https://www.trade.gov/final-affirmative-determinations-antidumping-and-countervailing-duty-investigations-crystalline>.
- [48] European Commission. Net Zero Industry Act [R/OL]. (2023-03-16) [2025-07-24]. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/green-deal-industrial-plan/net-zero-industry-act_en.
- [49] Government of India, Ministry of Commerce & Industry. Make in India [OL]. (2014) [2025-07-24]. <https://www.makeinindia.com/>.
- [50] Government of India, Ministry of New & Renewable Energy. Wind manufacturing [OL]. [2025-07-24]. <https://mnre.gov.in/en/wind-manufacturing/>.
- [51] Wood Mackenzie. Liberation Day tariffs threaten to disrupt US wind and solar industries [EB/OL]. (2025-04-23) [2025-07-24]. <https://www.woodmac.com/news/opinion/liberation-day-tariffs-threaten-to-disrupt-us-wind-and-solar-industries/>.
- [52] Helveston JP, He G, Davidson MR. Quantifying the cost savings of global solar photovoltaic supply chains. *Nature*. 2022; 612(7941): 83-87. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05316-6>.
- [53] Chen Z, Gu B, Yu D, Wang C. Quantifying the accelerated diffusion and cost savings of global solar photovoltaic supply chains. *Science*. 2025; 28(1): 111610. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2024.111610>.
- [54] International Energy Agency. Energy Technology Perspectives 2024 [R/OL]. (2024-10) [2025-07-24]. <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2024>.
- [55] Sharma A, Surana K, George M. Do clean energy trade duties generate employment benefits? *Renew Sustainable Energy Rev*. 2022; 159: 112104.
- [56] Vox. A surprise solar boom reveals a fatal flaw in our climate change projections [EB/OL]. (2024-12-01) [2025-07-24]. <https://www.vox.com/future-perfect/388506/solar-energy-power-projections-climate-change-pakistan>.
- [57] Seetao. China-Africa photovoltaic cooperation benefits more African people [EB/OL]. (2020-08-24) [2025-07-24]. <https://www.seetao.com/details/36269.html>.
- [58] Lowy Institute. Unhealthy competition in green technology [EB/OL]. (2024-10-07) [2025-07-24]. <https://www.loyyinstitute.org/the-interpret/unhealthy-competition-green-technology>.
- [59] International Monetary Fund. World Economic Outlook: A Rocky Recovery [R/OL]. (2023-04) [2025-07-24]. <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2023/04/11/world-economic-outlook-april-2023>.
- [60] Caldara D, Iacoviello M, Molligo P, Prestipino A, Raffo A. The economic effects of trade policy uncertainty[J]. *Journal of Monetary Economics*. 2020; 109: 38-59.
- [61] Métivier J, Bacchetta M, Bekkers E, Koopman RB. International Trade Cooperation's Impact on the World Economy[R/OL]. (2023-01)[2025-07-24]. https://www.wto.org/english/res_e/reser_e/ersd202302_e.htm.

- [62] Morris M, Robbins G, Hansen UE, Nygaard I. Energy and Industrial Policy Failure in the South African Wind Renewable Energy Global Value Chain: The political economy dynamics driving a stuttering localisation process[R/OL]. (2020) [2025-07-24]. <https://unepccc.org/publications/energy-and-industrial-policy-failure-in-the-south-african-wind-renewable-energy-global-value-chain-the-political-economy-dynamics-driving-a-stuttering-localisation-process/>.
- [63] Bonadio B, Huo Z, Levchenko A A, Pandalai-Nayar N. Global supply chains in the pandemic [J]. Journal of International Economics, 2021, 133: 103534.
- [64] The Economist. Why Singapore became an economic success [EB/OL]. (2015-03-26) [2025-07-24]. <https://www.economist.com/the-economist-explains/2015/03/26/why-singapore-became-an-economic-success>.
- [65] Buera F J, Oberfield E. The global diffusion of ideas [J]. Econometrica, 2020, 88(1): 83-114.
- [66] Cai J, Li N, Santacreu A M. Knowledge diffusion, trade, and innovation across countries and sectors [J]. American Economic Journal: Macroeconomics, 2022, 14(1): 104-145.
- [67] Hungarian Investment Promotion Agency (HIPA). Investment Promotion in Hungary Surpasses the EUR 10 Billion Barrier Once Again [EB/OL]. Budapest: HIPA, (2025-01-16) [2025-07-24]. <https://hipa.hu/news/Hungary-investment-promotion-2024-results-HIPA/>.
- [68] Hungary Today. Chinese battery factory CATL to start production in Debrecen next year [EB/OL]. (2024-11-07) [2025-07-24]. <https://hungarytoday.hu/chinese-battery-factory-catl-to-start-production-in-debrecen-next-year/>.
- [69] Hungary Today. Chinese company picks Hungary for its first European factory [EB/OL]. (2025-03-07) [2025-07-24]. <https://hungarytoday.hu/chinese-company-picks-hungary-for-its-first-european-factory/>.
- [70] Center for Strategic and International Studies (CSIS). Green industrial policy: A holistic approach [EB/OL]. (2024-02-27) [2025-07-24]. <https://www.csis.org/analysis/green-industrial-policy-holistic-approach>.
- [71] Hallegatte S, Fay M, Vogt-Schilb A. Green industrial policies: When and how [R/OL]. (2013-10-01) [2025-07-24]. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/994641468156896733/green-industrial-policies-when-and-how>.
- [72] Inter-American Development Bank (IDB). 2023 joint report on multilateral development banks' climate finance [R/OL]. (2024-09) [2025-07-24]. <https://publications.iadb.org/en/2023-joint-report-multilateral-development-banks-climate-finance>.
- [73] World Bank. Multilateral development banks to boost climate finance [EB/OL]. (2024-11-12) [2025-07-24]. <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2024/11/12/multilateral-development-banks-to-boost-climate-finance>.
- [74] Finance for Development Lab (FDL). Country platforms: Unlocking climate finance through coordination and reform [R/OL]. (2025-02) [2025-07-24]. https://findevlab.org/wp-content/uploads/2025/02/FDL-C3A_Policy-Note_Country_platforms.pdf.
- [75] Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). Developed countries materially surpassed their USD 100 billion climate finance commitment in 2022 [EB/OL]. (2024-05-29) [2025-07-24]. <https://www.oecd.org/en/about/news/press-releases/2024/05/developed-countries-materially-surpassed-their-usd-100-billion-climate-finance-commitment-in-2022-oecd.html>.
- [76] Climate Policy Initiative (CPI). Landscape of guarantees for climate finance in EMDEs [R/OL]. (2024-02-22) [2025-07-24]. <https://www.climatepolicyinitiative.org/publication/landscape-of-guarantees-for-climate-finance-in-emdes>.
- [77] International Monetary Fund (IMF). Swapping debt for climate or nature pledges can help fund resilience [EB/OL]. (2022-12-14) [2025-07-24]. <https://www.imf.org/en/Blogs/Articles/2022/12/14/swapping-debt-for-climate-or-nature-pledges-can-help-fund-resilience>.
- [78] International Monetary Fund (IMF). Climate resilience [EB/OL]. [2025-07-24]. <https://www.imf.org/en/Topics/climate-change/resilience-building>.
- [79] 驻阿拉伯埃及共和国大使馆经济商务处, 中埃签署“债转股”合作谅解备忘录 [EB/OL]. (2023-10-25) [2025-07-24]. https://eg.mofcom.gov.cn/zahz/zajm/art/2023/art_baab9c2e48024d649968a840bc24cf5f.html.
- [80] 中国-太平洋岛国减贫与发展合作中心. 王毅在全球共享发展行动论坛第二届高级别会议开幕式上的讲话 [OL]. (2024-07-13) [2025-07-24]. <https://net.fafu.edu.cn/cpicp/ec/da/c12051a388314/page.htm>.
- [81] Asian Infrastructure Investment Bank (AIIB). Climate Action Plan [R/OL]. (2023-09) [2025-07-24]. <https://www.aiib.org/en/how-we-work/paris-alignment/download/AIIB-Climate-Action-Plan.pdf>.
- [82] Asian Infrastructure Investment Bank (AIIB). Climate-Focused Policy-Based Financing (CPBF) [R/OL]. (2024-06-26) [2025-07-24]. <https://www.aiib.org/en/what-we-do/Climate-Focused-Policy-Based-Financing/index.html>.
- [83] Asian Infrastructure Investment Bank (AIIB). AIIB unveils Climate Action Plan; reinforces commitment to tackle climate change [EB/OL]. (2023-09-25) [2025-07-24]. <https://www.aiib.org/en/news-events/news/2023/AIIB-Unveils-Climate-Action-Plan-Reinforces-Commitment-to-Tackle-Climate-Change.html>.
- [84] Asian Infrastructure Investment Bank (AIIB). AIIB unveils updated growth-focused strategy to tackle global challenges [EB/OL]. (2025-06-23) [2025-07-24]. <https://www.aiib.org/en/news-events/news/2025/aiib-unveils-updated-growth-focused-strategy-tackle-global-challenges.html>.
- [85] Zhang X L, Yu R X, Karplus V J. The development of China's national carbon market: an overview [J]. Energy and Climate Management, 2025, 1(2): 9400015.
- [86] 中国碳排放权注册登记结算有限责任公司. 2024 年 12 月 31 日全国碳排放权交易市场清结算信息日报 [EB/OL]. (2024-12-31) [2025-07-24]. <https://www.chinacrc.net.cn/view/5997.html>.
- [87] 蒋庆哲, 董秀成, 梁国斌, 等. 中国低碳经济发展报告蓝皮书 (2024—2025) [M]. 北京: 石油工业出版社, 2025.
- [88] 中国石化集团经济技术研究院有限公司, 中国石化咨询有限责任公司. 中国能源展望 2060 (2025 年版) [R]. 北京: 中国石化, 2025.
- [89] 中国能源网. 2024 年全球可再生能源装机容量增长创新高 中国贡献逾六成 [EB/OL]. (2025-05-29) [2025-07-24]. https://www.cnenergynews.cn/news/2025/05/29/detail_20250529214106.html.
- [90] 国家能源局. 2024 年可再生能源并网运行情况. (2025-01-27) [2025-06-17]. <https://www.nea.gov.cn/20250221/e10f363cabe3458aaf78ba4558970054/c.html>.
- [91] 同 [89].
- [92] 国家统计局. 中华人民共和国 2024 年国民经济和社会发展统计公报 [EB/OL]. (2025-02-28) [2025-07-24]. https://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202502/t20250228_1958817.html.

- [93] 中国经济网. 持续深入打好蓝天保卫战 [EB/OL]. (2024-05-11) [2025-07-24]. http://www.ce.cn/cysc/stwm/gd/202405/11/t20240511_38998852.shtml.
- [94] 交通运输部规划研究院. 中国多式联运发展报告 (2024) [R]. 北京: 2024.
- [95] 交通运输部. 2024 年交通运输行业发展统计公报 [EB/OL]. (2025-06-12) [2025-07-24]. https://www.gov.cn/lianbo/bumen/202506/content_7027415.htm.
- [96] 国家统计局. 中华人民共和国 2023 年国民经济和社会发展统计公报 [EB/OL]. (2024-02-29) [2025-07-24]. https://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202402/t20240228_1947915.html.
- [97] 国家发展改革委. 节能增效, 焕“新”引领——2025 年全国节能宣传周主题宣传片 [EB/OL]. (2025-06-25) [2025-07-24]. https://www.ndrc.gov.cn/xwdt/spfg/zfzjt/202506/t20250625_1398645.html.
- [98] The Economist. China's carbon emissions may have peaked [EB/OL]. (2025-05-29) [2025-06-18]. <https://www.economist.com/china/2025/05/29/chinas-carbon-emissions-may-have-peaked>.
- [99] 邵珊珊, 阿依达. 当气候变化遇见性别平权——解码性别敏感性气候投融资 [EB/OL]. (2025-03-31) [2025-06-26]. <https://iigf.cufe.edu.cn/info/1012/9787.htm>.
- [100] Daria. 性别与气候: 性别融资如何促进气候融资 [EB/OL]. (2024-11-18) [2025-06-26]. <https://iigf.cufe.edu.cn/info/1012/9379.htm>.
- [101] Sustainable Energy for All. Gender-Responsive Climate Action: The Path to COP30 [EB/OL]. (2025-01-29) [2025-07-03]. [https://www.seforall.org/news/gender-responsive-climate-action-the-path-to-cop30#:~:text=However%2C%20only%2036%20of%20106%20countries%20supported,measures%20in%20their%20Nationally%20Determined%20Contributions%20\(NDCs\).&text=This%20exclusion%20undermines%20efforts%20to%20address%20the,i mpacts%20of%20climate%20change%20and%20energy%20poverty](https://www.seforall.org/news/gender-responsive-climate-action-the-path-to-cop30#:~:text=However%2C%20only%2036%20of%20106%20countries%20supported,measures%20in%20their%20Nationally%20Determined%20Contributions%20(NDCs).&text=This%20exclusion%20undermines%20efforts%20to%20address%20the,i mpacts%20of%20climate%20change%20and%20energy%20poverty).
- [102] UNDP. 5 ways to advance gender equality in the next round of national climate pledges [EB/OL]. (2025-03-06) [2025-07-03]. <https://climatepromise.undp.org/news-and-stories/5-ways-advance-gender-equality-next-round-national-climate-pledges#:~:text=At%20the%20same%20time%2C%20there,of%20resources%20and%20institutional%20capacity>.
- [103] CARE International. COP29-Only 8 out of 78 world leaders attending are women [EB/OL]. (2024-11-12) [2025-07-01]. <https://careclimatechange.org/cop29-only-8-out-of-78-world-leaders-attending-are-women/>.
- [104] 中华人民共和国外交部. 习近平向气候和公正转型领导人峰会发表致辞 [EB/OL]. (2025-04-23) [2025-07-01]. https://www.mfa.gov.cn/zyxw/202504/t20250423_11602630.shtml.
- [105] 北京大学国家发展研究院宏观与绿色金融实验室. 探索建立中国公正转型的资金支持机制——以陕西省为典型案例 [R/OL]. (2025-04) [2025-07-01]. <https://mgflab.nsd.pku.edu.cn/docs/2025-04/c8f93d0fd3054953bb55ea44a7baf18a.pdf>.
- [106] 牛雨晗. 如何让更多女性参与可再生能源行业 [EB/OL]. (2024-12-18) [2025-07-02]. https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_29613343.
- [107] JEFFS N. Climate action in China: Four levers to advance gender and social equality [R/OL]. (2023-03-06) [2025-07-02]. <https://chathamhouse.soutron.net/Portal/Public/en-GB/RecordView/Index/202852>.

致 谢

非常感谢国合会设立并支持“全球气候治理与绿色包容转型”专题政策研究项目，为中外专家提供了一个充分讨论和交流的平台。特别感谢国合会副主席解振华先生以及中国气候变化事务特使刘振民对本课题的悉心指导。感谢国合会中方首席顾问刘世锦先生，外方首席顾问 **Scott Vaughan** 先生，首席顾问的支持专家组 **Knut Alfsen** 博士，生态环境部国际合作司司长、国合会副秘书长周国梅女士，以及生态环境部对外合作与交流中心主任、国合会副秘书长李永红先生在课题实施过程中提供的咨询建议。感谢国合会秘书处处长刘侃女士，国合会秘书处和国际支持办公室相关工作人员为本课题提供的组织和协调等方面的支持。