

中国碳中和综合报告 2022

# 深度电气化助力碳中和

决策者摘要



---

## 致谢

本报告是能源基金会与多个研究团队共同努力的成果。研究由能源基金会牵头，由马里兰大学全球可持续发展中心负责协调，国内国际多个研究机构参与。本报告作者对马里兰大学的高性能计算中心 (<http://hpcc.umd.edu>) 表示感谢。

能源基金会和研究团队向报告评阅人表示感谢，他们为改进本报告的框架和具体研究内容提供了宝贵建议：

---

## 评阅人（按姓氏字母顺序排列）

Richard Baron	欧洲气候基金会贸易项目主任，2050 路径平台（2050 Pathways Platform）执行主任
Jae Edmonds	西北太平洋国家实验室（PNNL）全球变化联合研究所首席科学家，马里兰大学公共政策学院教授
Michael Greenstone	芝加哥大学哈里斯公共政策学院米尔顿·弗里德曼讲席经济学教授
Amory Lovins	落基山研究所联合创始人兼荣誉主席
Robert Stowe	哈佛大学环境经济学项目执行主任，哈佛大学气候协定项目联席主任
Massimo Tavoni	米兰理工大学气候变化经济学教授，经济与环境欧洲研究所所长
Adair Turner 勋爵	能源转型委员会主席，新经济思维研究所高级研究员
王绍达	芝加哥大学哈里斯公共政策学院助理教授，美国国家经济研究局研究员
John Ward	Pengwern Associates 咨询公司常务董事
Matthias Weitzel	欧盟委员会联合研究中心项目官员
Harald Winkler	开普敦大学能源研究中心教授，IPCC 第六次评估报告第三工作组主要协调作者
谢春萍	伦敦政治经济学院格兰瑟姆气候变化与环境研究所政策研究员
赵昌文	国务院发展研究中心中国国际发展知识中心主任

---

## 免责声明

- 若无特别声明，本报告中陈述的观点仅代表作者意见，不代表能源基金会的观点。能源基金会不保证本报告中信息及数据的准确性，不对任何人使用本报告引起的后果承担责任。

- 凡提及某些公司、产品及服务时，并不意味着他们已为能源基金会所认可或推荐，或优于未提及的其他类似公司、产品及服务。

# 深度电气化助力碳中和

决策者摘要

2022 年 11 月

---

## 研究和作者团队

### 主要协调作者

- 能源基金会：傅莎
- 美国马里兰大学：余莎

### 主要作者（按照单位和作者英文名字字母顺序排列）

- 水电水利规划设计总院：秦潇
- 能源基金会：陈灵艳，杜譔，李曼琪，梅程程，杨卓翔
- 国际应用系统分析研究所：郭非，Volker Krey
- 哈尔滨工业大学（深圳）：刘俊伶
- 劳伦斯·伯克利国家实验室：Nina Khanna, 鲁虹佑，周南
- 北京大学：吴雅珍
- 中国人民大学：王克
- 清华大学：柴麒麟，陈文颖，张枢
- 美国马里兰大学：Jenna Behrendt, 程心照，Leon Clarke, Nathan Hultman, 楼洁红

---

## 建议引文

余莎，傅莎，J. Behrendt, 柴麒麟，陈灵艳，陈文颖，程心照，L. Clarke，杜譔，郭非，N. Hultman, N. Khanna, V. Krey, 李曼琪，刘俊伶，鲁虹佑，楼洁红，梅程程，秦潇，王克，吴雅珍，杨卓翔，张枢，周南 (2022). “中国碳中和综合报告 2022：深度电气化助力碳中和”. 能源基金会，北京，中国 . <https://www.efchina.org/14FYP-zh/Reports-zh/report-lceg-20201210-zh>

中国的气候目标展现了履行减缓气候变化承诺的决心，为此中国势必要推动能源系统的深刻转型。本报告回顾了自 2020 年底以来，中国最新的气候政策、能源及排放趋势，分析短期政策措施与长期气候目标的统筹协调

调，评估电气化在低碳转型中的作用，并围绕加快电气化进程和电力部门脱碳，助力中国实现低碳增长，提出一系列近期行动重点和长期战略建议。

## 中国碳中和承诺

2020 年 9 月，国家主席习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上公开承诺，“中国将力争于 2030 年前达到二氧化碳排放峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和”。2021 年 4 月，习近平主席在“领导人气候峰会”上宣布中国将在“十四五”时期严控煤炭消费增长，并在“十五五”时期逐步减少。同年 9 月的第七十六届联合国大会一般性辩论上，中国宣布将不再新建境外煤电项目。

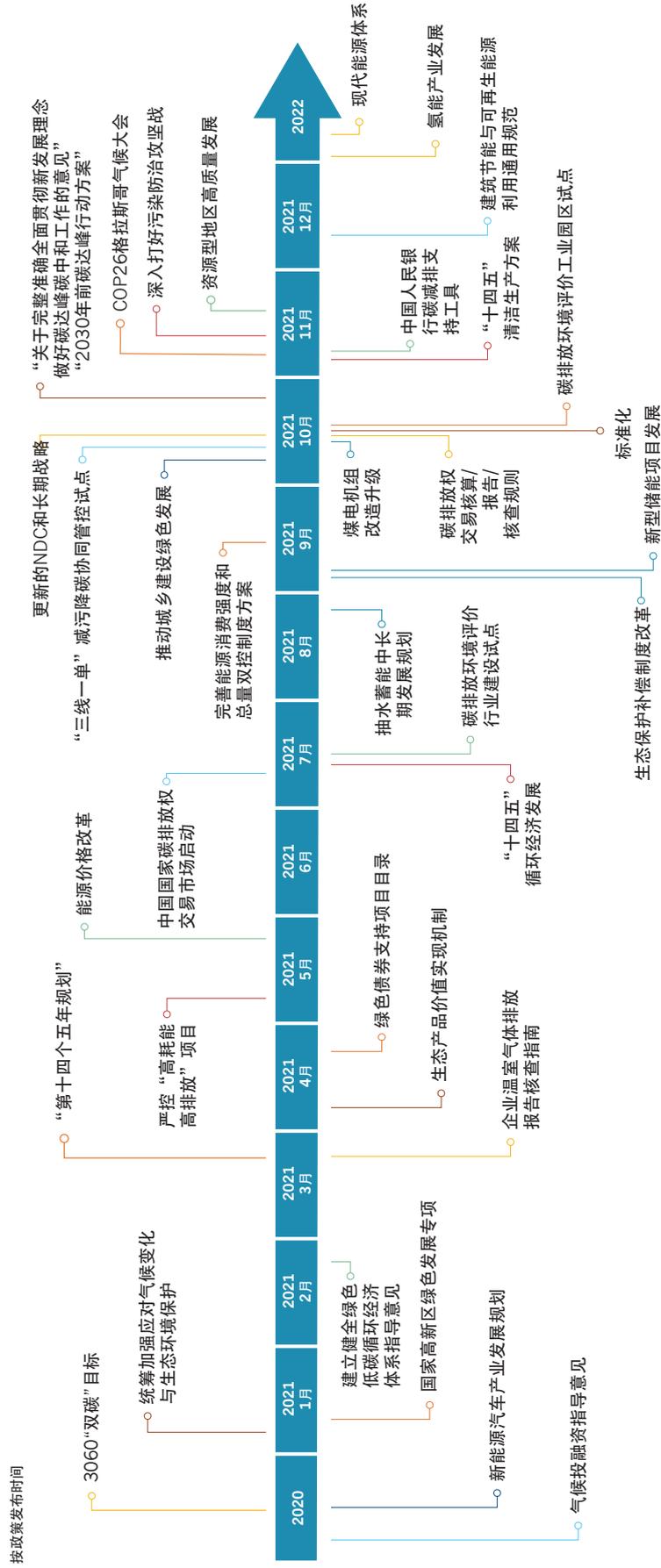
以上承诺和 2021 年以来颁布的多项气候政策和行动（见图 1）共同表明中国对气候变化问题的高度重视。然而，实现气候目标的前路绝非坦途，必须克服各种障碍，勇于在转型路径上做出正确选择。

能源安全是国家战略的重中之重，当下复杂的国际局势为中国能源和经济发展带来了新的挑战。俄乌冲突以来，全球石油和天然气价格上涨，能源市场陷入混乱。作为能源进口国，中国也受到了国际能源成本和价格波动的影响，加之近年来国内电力季节性短缺情况频发，使得中国充分认识到能源安全的重要性，保证能源的安全稳定供应成为政府工作的重中之重。

为履行气候承诺，中国必须推动能源系统深刻转型，并在转型过程中优先保障能源安全。优化实现电气化是中国碳中和路径上的重要一环，提高终端用能部门的电气化水平需与电力系统低碳化转型同步进行，这些措施将在确保能源安全、减少能源供应压力的前提下实现减排目标。为大幅降低二氧化碳排放，应充分利用低碳、零碳能源，最大程度替代建筑、工业、交通部门所使用的化石燃料；同时尽可能使用本地可再生能源发电，建设灵活、可靠的新型电力系统，提升能源安全水平。

本报告是能源基金会《中国碳中和综合报告》系列的第二篇，首篇已于 2020 年底发布，聚焦中国的碳中和路径和整体经济转型。延续首篇报告的重要结论，本报告回顾了自 2020 年末以来，中国最新的气候政策进展及能源、排放趋势；分析了近中期政策措施与长期气候目标的关系；聚焦终端用能部门电气化和电力部门脱碳的双轨转型，深入探讨电气化对于中国实现“双碳”目标的重要作用；并为中国加速电气化和电力部门脱碳进程，在低碳发展道路上稳步前进，提供一揽子近期行动重点和长期战略建议。报告综合集成了国内外知名研究团队的观点，系统评估了近期相关研究成果、国内外多个模型组的情景结果和针对具体部门的专题研究报告（专栏 1-1）。

图 1: 2021-2022 年中国气候政策进展



## 专栏 I 本报告采用的模型情景

本报告系统综述了近两年的政策进展，并评估总结了我国碳中和转型的相关研究。同时，报告还评估了多组全球和国别模型的定量情景。这些模型包括 China DREAM, China TIMES, GCAM-China, MESSAGEix-China, PECE\_LIU\_2021, PECE V2.0 以及 AIM-China。各模型组基于两种情景假设进行建模分析，即“基于原始 NDC 的碳中和”情景和“基于更新 NDC 的碳中和”情景。两种情景均设定中国将在 2060 年前实现温室气体净零排放，区别在于碳达峰时间不同。本报告整合了各模型组的情景结果，但并未统一各模型组的假设，因为这些假设反映了各模型组

对中国社会经济和技术发展前景的不同设想。在模型分析的基础上，一些模型组还针对不同部门电气化的关键问题和技术方案开展深入分析，形成多篇深度专题报告，包括省级可再生能源投资需求分析，煤电转型中的搁浅资产和信贷风险评估，以及建筑、工业和交通部门的电气化和转型战略分析。深度专题报告的关键结论为本报告提供了更深入的部门、区域维度和技术层面的分析。相关专题报告也将随本报告同步发行，为读者提供更加详细的背景和信息。

## 碳中和路径

本报告设置了两种情景，用于评估中国在 2060 年前实现温室气体净零排放可能产生的影响<sup>1</sup>。两种情景均假定中国将在 2060 年前实现温室气体净零排放，仅在碳排放的达峰速度上有所区别。“基于更新 NDC 的碳中和”情景与中国 2021 年 10 月向《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC)提交的更新版国家自主贡献一致，即中国将在 2030 年前实现碳达峰。由于各模型以五年为时阶运行，在“基于更新 NDC 的碳中和”情景下，中国的二氧化碳排放将在 2025 和 2030 年之间达到峰值。而“基于原始 NDC 的碳中和”情景则更多致力于探索中国的既有政策与长期（2060 年）气候目标之间的一致性。情景与中国 2015 年版国家自主贡献提出的政策目标保持一致，设定中国将继续执行既有政策，并在 2030 年左右实现二氧化碳排放达峰。

各模型组结果如图 2 所示，若要在 2060 年前实现碳中和，中国的二氧化碳排放需在 2030 年前达峰，随后大幅下降。各模型对净二氧化碳排放峰值<sup>2</sup>的模拟结果分别为 103 ~ 117 亿

吨（“基于更新 NDC 的碳中和”情景）和 105 ~ 121 亿吨（“基于原始 NDC 的碳中和”情景）。能源和工业过程相关二氧化碳排放几乎同时达峰，两种情景下的排放峰值分别为 110 ~ 119 亿吨（“基于更新 NDC 的碳中和”情景）和 113 ~ 122 亿吨（“基于原始 NDC 的碳中和”情景）。为抵消系统中尚存的非二氧化碳温室气体，两种情景下中国将分别在 2050 年和 2055 年达到净零二氧化碳排放，并在 2060 年实现 6 ~ 18 亿吨二氧化碳负排放。就净温室气体排放而言，在“基于更新 NDC 的碳中和”和“基于原始 NDC 的碳中和”情景下，中国的温室气体排放也将在 2025—2030 年间达峰，峰值排放水平分别为 123 ~ 143 亿和 129 ~ 147 亿吨二氧化碳当量，并随后在 2060 年前实现温室气体净零排放<sup>3</sup>。

为尽快减少化石能源使用，加速长期能源转型，中国制定了一系列近期政策目标，如“十四五”规划中“2025 年单位国内生产总值（GDP）能源二氧化碳排放（以下简称“碳强度”）较

<sup>1</sup> 在《中国本世纪中长期温室气体低排放发展战略》中，中国重申了 2060 年前实现碳中和的目标。中国气候变化事务特使解振华在 2021 年的一次公开发言中表示，中国正在为 2060 年前实现温室气体净零排放而努力。因此本报告将“2060 年前实现温室气体净零排放”设为情景目标，与中国提出的 2060 年前实现碳中和的承诺相一致。

<sup>2</sup> 净二氧化碳排放包括来自化石燃料、工业活动、土地利用、土地利用变化和林业（LULUCF）的二氧化碳排放。

<sup>3</sup> 并非所有模型都能报告温室气体总排放水平，此处结果来自于四组涵盖全部温室气体排放的模型；其余模型仅考虑二氧化碳排放，即在 2050 年实现二氧化碳净零排放。

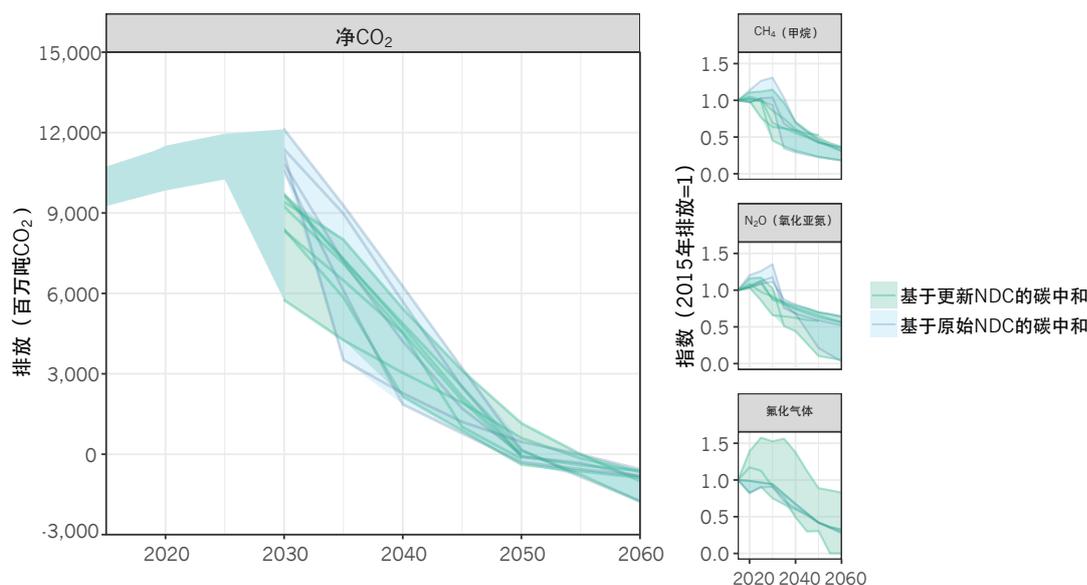
2020年下降18%”，以及更新的国家自主贡献中“2030年碳强度较2005年下降65%以上”。本报告的多模型情景结果显示，中国“十四五”规划和更新的国家自主贡献中的碳排放强度下降目标与模型模拟的净零排放转型路径基本吻合，但仍存在强化空间（见图3）。

在“基于更新NDC的碳中和”情景下，大多数模型测算2025年单位国内生产总值一次能源消耗较2020年下降14~20%<sup>4</sup>，高于13.5%的“十四五”规划目标（见图3C）。对照2025年非化石能源占比的政策目标，模型结果也都符

合或优于目标值。2030年非化石能源占比受到达峰时间影响——在“基于更新NDC的碳中和”情景下，各模型对非化石能源占一次能源总量比重的测算结果为29~54%，超过“2030年非化石能源占一次能源总量25%”的国家目标，并在2060年继续增加至84%~97%，优于中国在长期战略中提出的占比80%的目标。所有模型关于2030年风光总装机容量的测算都远超12亿千瓦，预计将达到16~30亿千瓦（除China DREAM外，其他模型测算装机容量结果为16~18亿千瓦）（见图4）。

## 图2：2060年温室气体净零排放路径

图2中，左侧图表示中国在“基于更新NDC的碳中和”情景（绿色）和“基于原始NDC的碳中和”情景（蓝色）下，各模型组测算的净二氧化碳排放路径；系统转型和减排趋势均在近期显示出更显著的（同一情景下）模型差异及（同一模型内）情景差异。右侧三张图为非二氧化碳温室气体经过标准化、归一化处理（2015年排放设为1）后的减排轨迹。考虑到非二氧化碳温室气体排放清单之间存在的巨大不确定性，此处未使用排放量的绝对值。甲烷、氧化亚氮和氟化气体排放量的不确定性分别为±30%、±60%和±30%。

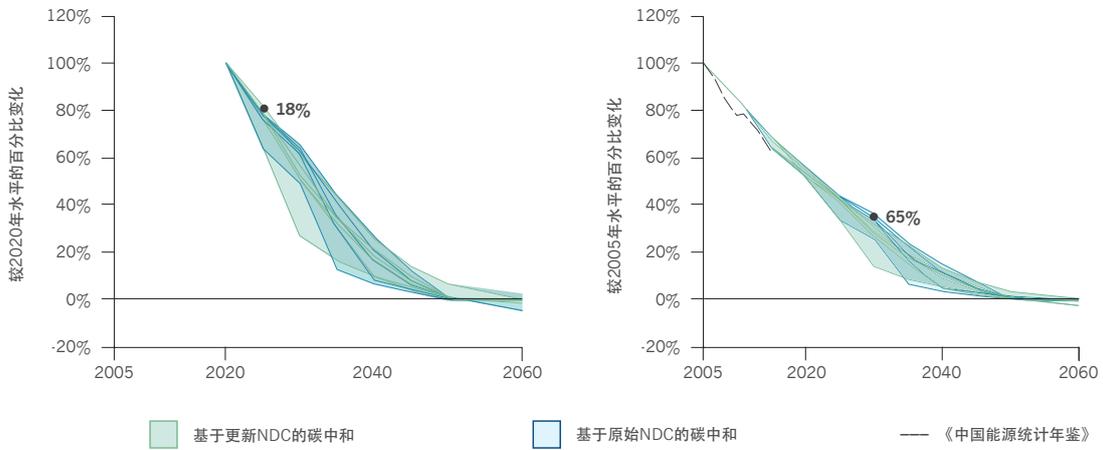


<sup>4</sup> 图3C的数据来自于四组模型：China TIMES, GCAM-China, AIM-China以及PECE\_LIU\_2021。加上PECE V2.0和MESSAGEix-China在内，模型预测2025年单位GDP一次能源消耗相较2020年下降10~30%。China DREAM模型结果未包含在内，因缺少GDP数据。

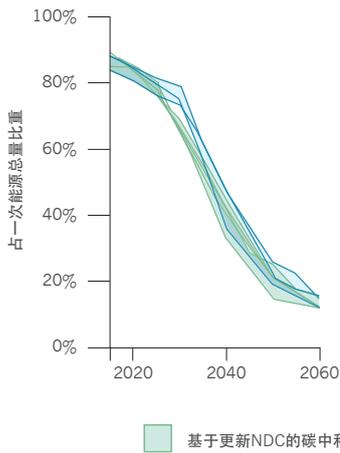
图 3: 国家政策目标与模型分析结果比较

碳排放强度指单位 GDP 产生的能源相关二氧化碳排放。为与更新的国家自主贡献目标相比较（2030 年碳排放强度较 2005 年下降 65% 以上），此处对 2005 年数据采取两种处理方式：若模型结果包括 2005 年，则采用模型测算数据；若模型结果不包括 2005 年，则采用 2005 年二氧化碳排放和 GDP 的历史数据。非化石能源包括太阳能、风能、地热能、水能及核能，以及配套和未配套碳捕集、利用与封存技术（CCUS）的生物质能。化石能源包括配套和未配套 CCUS 的煤炭、石油和天然气。

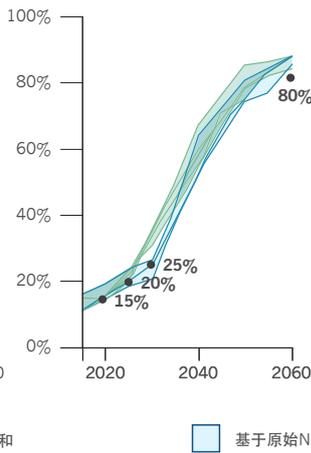
(A) Energy CO<sub>2</sub> Intensity per GDP MER  
单位 GDP 能源相关二氧化碳排放强度



(B) Fossil Shares in Primary Energy  
化石能源占一次能源总量比重



Non-Fossil Shares in Primary Energy  
非化石能源占一次能源总量比重



(C) Primary Energy per GDP MER  
单位 GDP 一次能源能耗

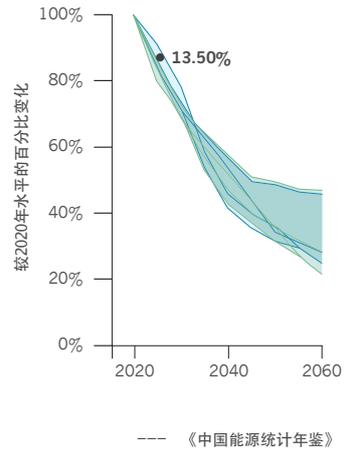
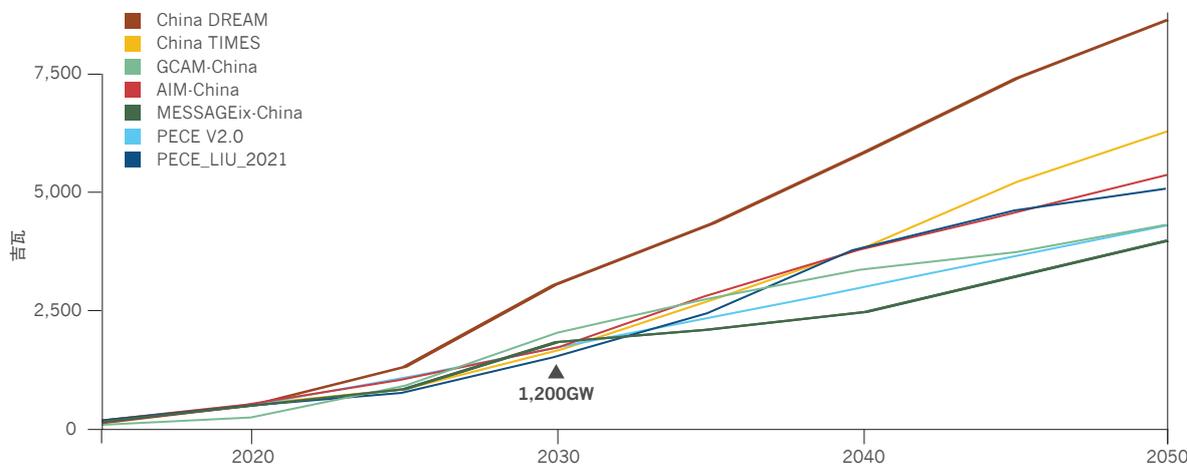


图 4：“基于更新 NDC 的碳中和”情景下太阳能发电和风电装机容量

中国在更新的国家自主贡献中提出了 2030 年太阳能发电和风电装机容量合计超过 12 亿千瓦的目标。



## 电气化路线图

电气化是重要的低碳转型选择。这不仅是因为相比其他部门，电力部门具备更快实现大幅减排的可行性，而且电气化还能够大幅提高众多设施的用能效率，从而有效遏制并减少终端能源消费。

模型分析结果显示，2060 年，中国建筑部门的平均电气化率（电力在终端能源消费中的占比）将达到 80%（模型测算区间为 66% ~ 93%，以下仅列区间数值），而工业和客运交通部门的直接电气化率将分别达到 65%（58% ~ 69%）和 60%（56% ~ 64%），电力将成为这三个部门的主要能源来源（见图 5）。货运交通部门的平均电气化率仅为 35%（22% ~ 39%），该部门与航空客运部门及重工业高温加热领域一样，有待进一步研发，通过利用氢能、合成燃料等替代燃料推动实现间接电气化和减排。本报告为各部门提出了一系列近期行动和远期战略建议，以推动电气化进程和电力部门低碳发展（见表 1）。

据各模型组预测，2020—2060 年中国电力需求平均增幅为 125%（80% ~ 161%），即增长近 50 亿千瓦（43.8 ~ 52 亿千瓦）。在装机容量快速增长的同时，中国能源系统所用的（主要）燃料也将快速迭代：中国将在 2050 年或更

早淘汰未配套碳捕集、利用与封存技术的煤炭，并增加对太阳能、风能、核能，以及配套碳捕集、利用与封存技术的化石能源和生物质能源的应用。中国电力部门将因此迎来大幅减排，并在本世纪中叶实现净零排放甚至负排放。然而，虽然所有模型指向相同结果，即电力部门大幅减排和退煤（未配套碳捕集、利用与封存技术的煤炭），但实现路径却各不相同。具体而言，各组模型均认可太阳能和风力发电将大规模增加，但对配套碳捕集、利用与封存技术的生物质能和化石燃料以及核能等其他能源的占比存在较大分歧。现实中，未来电力部门的电源结构将取决于政策选择、技术可得性和经济成本变化。

确保电力供需的双向匹配和平衡是电网面临的永恒挑战。中国电力部门正极力寻求这种平衡，而低碳转型又为其带来新的挑战 and 机遇。一方面，利用间歇性的可再生能源满足持续增长的电力需求、重塑制造业供应链和更换现有基础设施等促进电力低碳转型的行为，都将增加电网的不稳定性。但是，电动车应用普及、电池储能发展和消费者行为引导都有助于降低电力峰值负荷；微电网和小规模可再生能源系统可为偏远地区提供电力接入；扩大电网基础设施规模能够增加电力供应的多样性，并加强电力系统整体的可靠性。

同时，在碳中和背景下推进电气化需要全面的跨部门协作整合（见图 5）。加强终端用能部门之间、以及与电力部门之间的协调有助于制定高成本效益和效率的政策。例如，分布式光伏系统搭配智能汽车充电桩 / 站将达到效益最大化，而风光上游的制造业减排又取决于电力部门的低碳化水平。表 1 列出了各终端部门加速电气化和

电力系统转型的一系列近期和远期选择。其他可加速电气化的行动还包括：为用市场上可得的电气化方案替代终端基础设施提供财政激励；在尚不具备电气化可行方案的终端部门加大研发力度；完善电力市场机制；提高跨省输配电能力；以及制定跨部门电气化政策等。

## 未来研究方向

本报告基于对中国碳中和转型路径的跨机构、多模型综合研究，讨论了总体转型路径和特定部门的转型战略，深入探讨终端部门电气化和电力部门低碳转型方案。在研究过程中，本报告发现了实现碳中和仍需解决的关键问题，包括：（1）考虑能源负担能力、区域分配影响、以及财政和经济视角的公正转型机制；（2）从生产和消费端分析氢能在低碳转型过程中的作用；（3）跨部门非二氧化碳温室气体减排。未来的碳中和系列报告将进一步挖掘和探讨这些问题，致力为中国碳中和转型方案做出完美注解。

此外，促进深度脱碳离不开政策框架的进一步完善，当前的政策规划尚未充分考虑以下领域：地方层面的跨部门协作、地方行动路线的统筹规划，以及针对煤电行业退役机组、搁浅资产和失业人群的扶持政策等。当下，转型风险已成为高度依赖化石能源的地方政府和部门的重点关注；因此，未来研究还需进一步探索公正转型机制，更好地落实纾困惠企政策，确保低碳转型过程中的包容性。

图 5：电气化路线图

电力供应来源占比和电气化率取所有模型平均值。近期和远期政策建议由表 1 和主报告中各部门章节提出的行动建议总结而来。

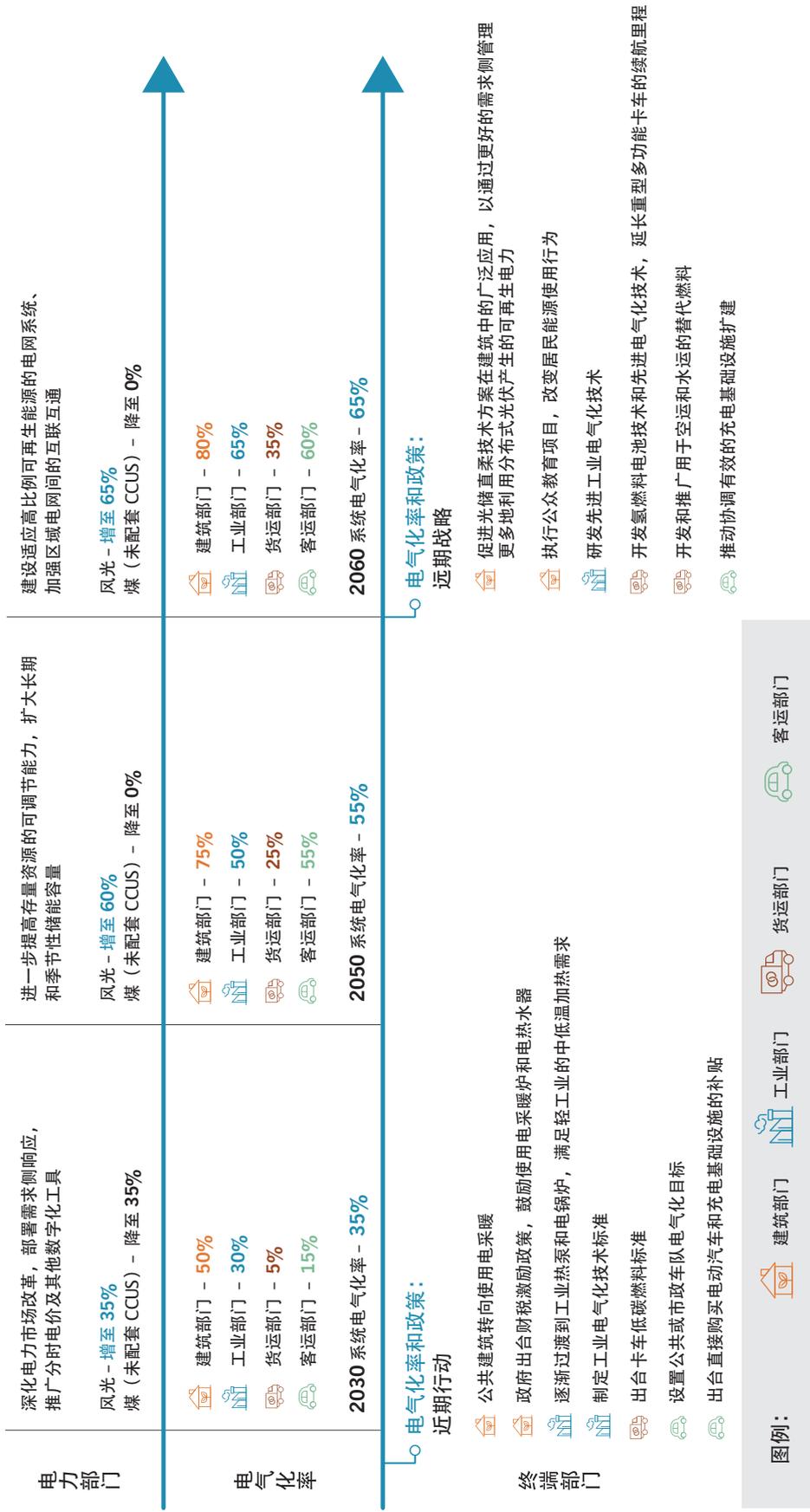


表 1: 终端用能部门电气化和电力部门脱碳行动建议

部门	近期行动	远期战略
建筑	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 把电采暖纳入政府公共采购计划，促进其在政府办公建筑和获得政府资金资助的公共建筑中的应用</li> <li>▶ 发展全国行业执照管理体系，规范相关设备制造商、零部件供应商和建设承包商，确保电采暖项目的质量符合相关国家标准和规范的要求</li> <li>▶ 采用财税激励政策提高电气化措施的市场占有率，包括优惠的税收政策，以及为系统承建商、设备制造商和使用者提供补贴</li> <li>▶ 促进数字化技术在建筑中的应用，从而助力建筑的电气化水平</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 各地政府所辖范围内设计符合当地特色的、长期的电采暖发展规划</li> <li>▶ 执行公众教育项目，改变居民能源使用行为</li> <li>▶ 促进光储直柔（PEDF）技术方案在建筑中的广泛应用，以通过更好的需求侧管理（DSM）更多地利用分布式光伏产生的可再生能源</li> <li>▶ 把目前的燃煤、燃气集中供热厂纳入国家碳排放交易系统</li> </ul>
工业	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 逐渐过渡到工业热泵和电锅炉，满足轻工业的中低温加热需求</li> <li>▶ 部署需求响应计划和推广电力市场设计、分时电价和其他数字化工具</li> <li>▶ 制定工业电气化技术标准</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 扩大氢气在钢铁工业中作为还原剂和化学工业中作为氨和甲醇的生产原料的使用范围，以推进间接电气化</li> <li>▶ 增加电弧炉中的废钢使用量</li> <li>▶ 发展并推广工业电锅炉、电加热炉、电冶金炉和工业热泵</li> <li>▶ 加大先进工业电气化技术的研发，包括： <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 用于水泥熟料生产的感应或微波加热技术</li> <li>▶ 基于绿氢的直接还原铁技术</li> <li>▶ 用于工艺加热的红外线和紫外线加热技术，包括电子加热技术和感应熔化技术</li> </ul> </li> <li>▶ 完善转型金融机制，兼顾电气化资金支持和转型风险管理职能</li> </ul>

部门	近期行动	远期战略
交通	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 可以通过以下措施加快实现轻型和中型客车（包括私家车和公共汽车）以及轻型和中型卡车的电气化：               <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 新能源汽车发展目标或燃油汽车销售禁令</li> <li>▶ 燃油汽车提前退役的激励措施</li> </ul> </li> <li>▶ 实施货运激励措施和政策：               <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 出台卡车低碳燃料标准</li> <li>▶ 提升零排放货运汽车销售要求 / 目标</li> <li>▶ 设置零排放货运通道 / 区域和安排零排放区试点</li> <li>▶ 出台零排放汽车（重型车辆）重量豁免政策</li> <li>▶ 出台购买零排放汽车的直接激励措施</li> <li>▶ 增加电动汽车充电的直接投资和公用设施投资</li> </ul> </li> <li>▶ 实施客运激励措施和政策：               <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 对燃油汽车实施牌照限制、交通限制</li> <li>▶ 设置公共或市政车队电气化目标</li> <li>▶ 设置直接购买零排放汽车补贴和充电基础设施使用补贴</li> <li>▶ 明确零排放汽车的通行权和豁免权</li> <li>▶ 出台零排放汽车优惠停车政策</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 开发氢燃料电池技术和先进电气化技术，延长重型多功能卡车的续航里程               <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 扩大电解氢和电解氢衍生燃料的使用范围</li> </ul> </li> <li>▶ 通过以下措施开发和推广用于空运和水运的生物喷气燃料 / 合成燃料：               <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 补贴</li> <li>▶ 政府试点</li> <li>▶ 碳定价 / 碳税</li> <li>▶ 新燃料强制混合配额</li> </ul> </li> <li>▶ 推动协调有效的充电基础设施扩建               <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 公共投资</li> <li>▶ 土地优先许可和保障</li> </ul> </li> </ul>
电力	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 鼓励增加可再生能源发电份额，辅以核能、碳捕集、利用与封存等其他灵活的低碳发电技术</li> <li>▶ 通过市场机制调节（能源用户的）用能强度和用能时段</li> <li>▶ 利用电网数字化和需求响应机制推动节能</li> <li>▶ 加强能源部门和其他部门 / 行业在政策和技术上的协同，推进能源基础设施集成，包括为可再生能源项目建设扫清用地限制等相关障碍</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 通过灵活性改造，进一步增加火电、水电、燃气发电和聚光太阳能发电等存量资源的可调节能力</li> <li>▶ 在电网薄弱地区增加微电网使用</li> <li>▶ 推动智能需求侧响应管理，例如智能充电、车网互联技术和虚拟电厂，以减少电网峰值负荷成本，避免输配电重复投资</li> <li>▶ 加强区域电网间的互联互通</li> <li>▶ 提高储能容量（尤其长期和季节性储能），并完善辅助服务市场设计以支持储能发展</li> <li>▶ 强化电力市场改革，以促进可再生能源发展，并大幅增加可再生能源并网</li> </ul>



排版印制 / 136 7111 7637

**miro**design

米罗空间品牌设计



电话：+86-10-5821-7100  
邮箱：china@efchina.org  
网址：<https://www.efchina.org>  
地址：北京市建国门外大街 19 号国际大厦 2403 室，100004



printed on eco-friendly paper