

工作论文

 **iGDP**
绿色创新发展研究院
Institute for Global Decarbonization Progress



北京大学能源研究院
INSTITUTE OF ENERGY
气候变化与能源转型项目
CLIMATE CHANGE AND ENERGY TRANSITION PROGRAM

我国 30 省“十五五” 可再生能源装机目标提升 潜力分析



2025 年 9 月

关于绿色创新发展研究院（iGDP）

绿色创新发展研究院 (Institute for Global Decarbonization Progress, iGDP), 2014 年成立于北京, 是专注绿色低碳发展的公益性国际化智库。iGDP 自成立以来, 根植我国绿色低碳实践, 面向全球应对气候变化进程, 服务决策者、实践者、投资者, 通过跨学科、系统性、实证性的研究, 推动能源和气候变化解决方案的科学化和精细化, 与多方合作推动绿色低碳议题的多元化和国际化的沟通, 提供有国际视野和前瞻思考的解决方案及公共知识产品, 为全球可持续发展做出贡献。

报告编写团队

绿色创新发展研究院 (iGDP): 李鑫迪、刘晶宁

联系方式

绿色创新发展研究院 (iGDP): igdpoffice@igdp.cn

致 谢

报告作者衷心感谢北京大学能源研究院气候变化与能源转型项目对本研究的支持与指导。
作者对博众智合 (Agora) 能源转型论坛中国电力项目主任尹明博士对报告的宝贵建议表示诚挚谢意。
同时, 衷心感谢能源创新政策和技术有限责任公司 (EI) 团队对绿色创新发展研究院 EPS 模型工作的长期技术与研究支持。
最后, 特别感谢研究和报告编写过程中, 绿色创新发展研究院同事胡敏提出的宝贵建议, 模型团队杨鹏、袁雅婷、宋曼娇在报告编写过程中提供的支持与帮助, 以及同事包林洁对报告的精美排版, 以及传播同事吕雅宁对报告的传播支持。

免责声明

本报告编写所采用的数据均来自公开的信息和渠道, 我们力求准确和完整, 但难免偶有疏漏。报告基于初步成果撰写, 用于讨论和交流, 内容会随下一阶段研究成果进行修正、更新或增减。本报告仅属于作者的研究成果, 不代表所在机构、咨询专家的立场和观点。

引用建议

李鑫迪, 刘晶宁 (2025). 我国 30 省“十五五”可再生能源装机目标提升潜力分析. 工作论文. 北京: 绿色创新发展研究院

目 录

摘 要	i
第一章 研究背景	1
1.1 我国可再生能源发展趋势	2
1.2 国家及地方可再生支持政策体系	4
1.2.1 政策目标及情景预测综述	4
1.2.1.1 模型预测综述（全国）	4
1.2.1.2 模型预测综述（省级地区）	6
1.2.2 我国可再生能源发展支持政策体系	6
1.2.2.1 电力市场建设情况	8
1.2.2.2 可再生能源参与电力市场情况	9
1.2.2.3 绿证绿电交易	10
第二章 各省可再生能源装机目标及完成进展	11
2.1 “十四五”新增可再生装机目标及完成情况	12
2.2 2030 年可再生目标及进展	15
第三章 各省可再生发展目标提升潜力量化分析	16
3.1 30 省 EPS 基础模型方法学和情景设置	17
3.1.1 EPS 模型简介	17
3.1.1.1 EPS 电力模块	18
3.1.2 情景设置	19
3.1.3 主要电力部门假设	22
3.1.3.1 可再生最大潜力假设	22
3.1.3.2 调入调出电	23
3.1.3.3 历史年份新增装机	23
3.2 基于 30 省 EPS 基础模型的可再生装机预测	24
3.2.1 用电需求预测	24
3.2.2 可再生装机增长预测	25
3.2.2.1 可再生装机预测	25
3.2.2.2 风光装机预测	27
3.2.2.3 与现有目标对比	29
3.2.3 可再生发电量增长趋势预测	30
第四章 总结与建议	32
4.1 提出更具有雄心的可再生装机目标	33
4.2 强化可再生电力消纳措施	34
参考文献	35

研究背景与方法

可再生能源的高质量发展是我国能源转型的关键，将为“碳达峰碳中和”目标提供主力支撑，也是降低碳排放的重要抓手。在国际层面，随着全球气候治理力度的加大，“阿联酋共识”正式提出全球包括风、光、水、生物质、地热等可再生能源电力装机容量到 2030 年达到 11000 吉瓦（即 2022 年 3 倍）的目标，我国也已明确支持并积极响应这一目标。

随着风电、光伏等技术快速发展，以及国内可再生消纳责任权重等政策和目标的推动，我国可再生部署持续加速。截至 2025 年 3 月底，我国可再生能源发电装机量达到 19.66 亿千瓦，风电光伏装机超过 14 亿千瓦，提前实现 2030 年风电光伏装机 12 亿千瓦的目标^[1]。

尽管我国风电和光伏等可再生能源装机快速增长，部分省份已提前完成“十四五”期间的规划目标，但在资源禀赋、现有能源结构、用电需求、市场机制、消纳能力等各方面仍存在显著差距和不同挑战。为更科学、系统地制定“十五五”期间可再生能源发展目标，有必要对各省现有装机进展、政策体系、市场机制及发展潜力进行深入评估，提出可再生装机提升策略，为国家和地方政府制定更具雄心的能源发展规划提供决策支持。

在此背景下，报告首先回顾我国可再生全国及省级行政区的发展趋势和政策支持体系，评估各省 2024 年底中长期可再生装机目标完成进展。其次，基于 30 省 EPS 基础模型对我国 30 个省级地区 2030 年可再生能源装机情况进行情景分析。最后，提出各省 2030 年可再生目标提升的潜力，以及未来发展建议。

主要发现

各省目标完成情况：截止到 2025 年 6 月，全国 26 个省级行政区已经提出 2030 年可再生发展相关目标。其中，18 个地区提出明确风光装机量化目标，合计为 12.56 亿千瓦。

多数省份光伏和风电已提前超额实现“十四五”规划的目标，其中福建、浙江、重庆、安徽等四个省市接近甚至超过了各自现有的 2030 目标。

现有研究对 2030 年可再生装机的预测：通过回顾 2021-2025 年相关研究，2030 年可再生装机可能在 23.82 到 44.93 亿千瓦之间，风光装机量在 18.25 到 28.20 亿千瓦之间。更高的装机预测基本来自于近期研究发现。

2030 年目标提升潜力：基于 30 省能源政策模型（EPS）基础模型结果，2030 年 30 省可再生装机规模可以达到 2020 年的 2.7 倍以上，风光装机规模可达到 2020 年的 3.7 倍以上。对比省级地区已经提出的 2030 年规划目标，报告认为部分东部经济发达省份电力消费快速增长，提出的可再生能源目标相对保守，可以提出更有雄心的目标。相比之下，西部资源丰富省份提出的目标和模型预测结果比较接近，但未来面临并网消纳的挑战。从整体来看，各地区需进一步科学规划和平衡装机增长与电力系统支撑能力的关系。

30 省 EPS 基础模型预测结果提供了目标设定的“低限”参考

量化模型结果反映了在一定假设下的预测，具有其不确定性。EPS 模型内电力装机容量扩张的决策是以用电需求驱动的经济性决策，反映了情景中对于节能、能效提升、电气化等政策设置的影响。因此可以反映各省电力消费趋势推动的装机趋势预测，适合作为各省以完成可再生消纳责任权重目标等“双碳”路径下可再生装机目标设定“低限”的参考。

基于近期我国可再生发展速度，在高效的市场机制、成本疏导机制，以及加速技术发展情况下，实际装机极有可能高于现有情景预测。

建议：

- 首先，对于电力需求增幅较大的、可再生发电量增长慢于电力需求增幅的地区、以及已经超额完成“十四五”甚至 2030 年目标的地区，应着重提升可再生装机和消纳目标。
- 第二，从技术与市场机制角度，应加快新型电力系统建设，促进储能和灵活性资源的部署，确保高比例可再生能源消纳。
- 第三，进一步推进全国统一电力市场建设，减少省际壁垒，优化跨省电力外送通道的规划建设与管理等，进而为各省可再生高质量发展提供切实的目标制定基础和支撑。

第一章

研究背景



发展可再生能源替代化石能源,是全球控制温室气体排放和温升的关键途径。在全球气候治理层面,《联合国气候变化框架公约》第二十八次缔约方大会(COP28)通过的“阿联酋共识”明确呼吁,全球到2030年将可再生能源发电装机容量增长至3倍(简称:全球三倍装机目标)。此目标来源于国际可再生能源署(IRENA)发布的《2023世界能源转型展望》,其中提出,全球可再生能源发电装机量(包含风、光、水、生物质、地热等)需在2030年超过110亿千瓦,是2022年水平的三倍;且在新增可再生能源发电装机中,风电和光伏将占90%左右^[2]。

2023年11月,中美两国发表《关于加强合作应对气候危机的阳光之乡声明》(后文简称《阳光之乡声明》)^[3],明确支持全球三倍装机目标,并计划在2020年水平上加速两国自身的可再生能源部署。

2025年4月,习近平总书记在气候和公正转型领导人峰会上的致辞中再次强调“中国积极应对气候变化的行动不会放缓”的决心,以及推动绿色技术和产品发展及在全球应用的愿景。

可再生能源的高质量发展是我国应对气候变化行动和能源低碳转型的关键,将为“碳达峰碳中和”目标提供主力支撑,也是降低碳排放的重要抓手。《国务院关于印发2030年前碳达峰行动方案的通知》中提出,“在保障能源安全的前提下,大力实施可再生能源替代”。

在可再生能源消纳责任权重和上网电价等系列政策大力引导与支撑下,我国可再生产业快速发展,可再生装机规模迅速扩大。近年来我国可再生能源装机规模屡创新高,成为电力装机增长的主力来源。

1.1 我国可再生能源发展趋势

截至2025年第一季度,可再生能源在我国发电装机量达到19.66亿千瓦,占比已经达到57.3%,其中风电装机达到5.35亿千瓦,太阳能发电装机达到9.46亿千瓦,风光累计装机占比超过43%^[4],将常态化超过火电装机。我国已经于2024年提前6年完成了2030年的12亿千瓦风光装机目标。

2020年以来,我国可再生装机基本保持15%~25%的年均增速,远高于“十四五”初期的目标。按此增速,到2030年可达到2020年可再生装机三倍左右,如下图所示。

图1 我国可再生装机变化趋势(亿千瓦)

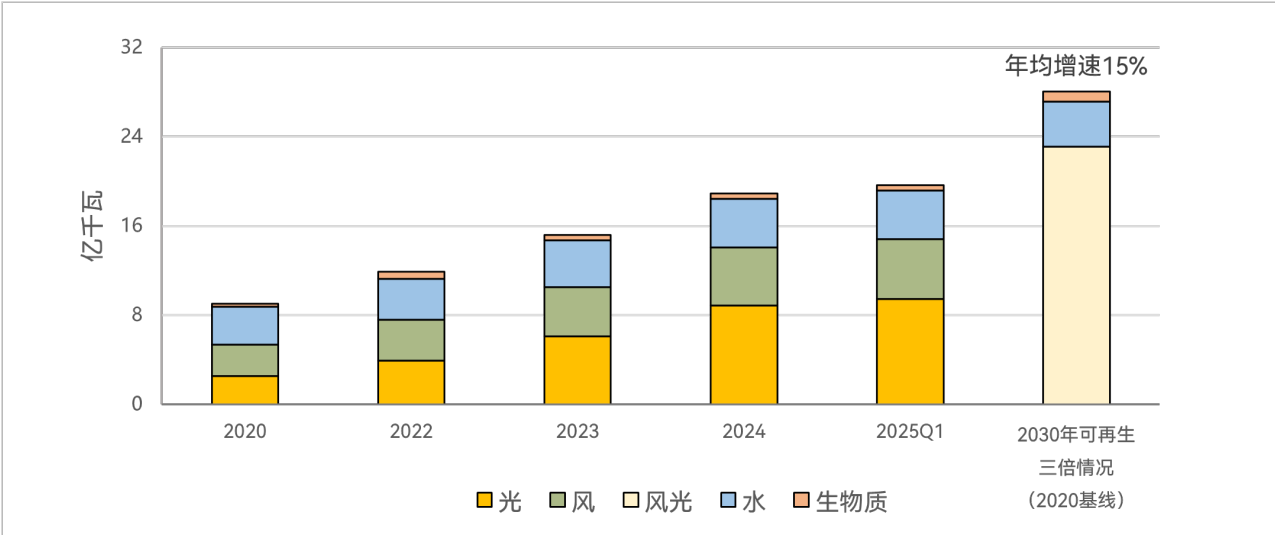
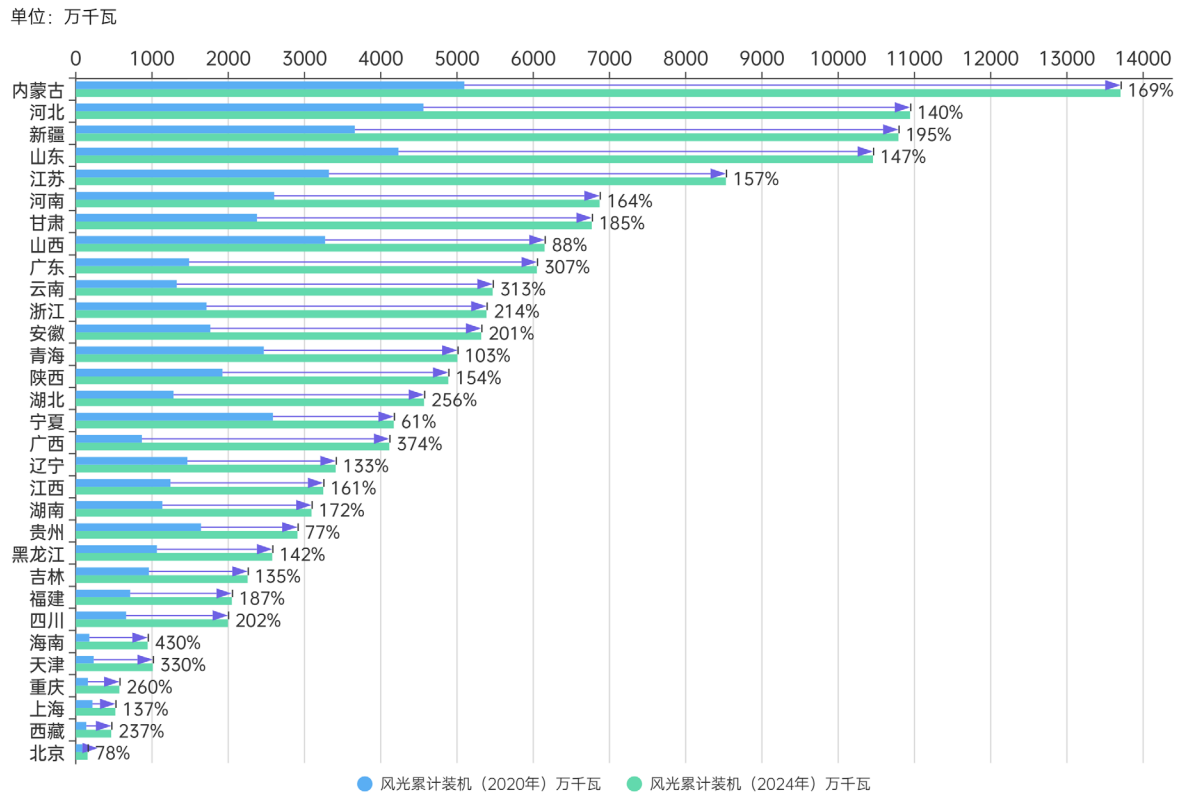


图 2 各省风电光伏装机变化(2020-2024年)



数据来源：国家能源局、中国可再生能源学会

绿色创新发展研究院



在省级层面，根据公开数据^[5-7]计算，在2020到2024年间，我国风电、太阳能发电装机合计容量累计增幅高达165%，我国各省级地区累计增加幅度在61%到430%之间。截止到2024年底，根据公开数据，我国各省级地区中风光累计装机最高的前五名分别为内蒙古、河北、新疆、山东、江苏。从相对增加幅度来看，海南、广西、天津、云南、广东、重庆平均增速最高，年均装机增速超过70%。

在“双碳”战略目标指引下，我国可再生能源渗透率不断提高，截至2025年第一季度，可再生能源的占比约为35.9%，而风电和光伏的发电量占比突破20%，风电光伏新增发电量超过了全社会用电量增量^[4]。

我国可再生能源发展正迈入由“规模扩张”向“质的提升”转变的关键阶段。随着全球共识逐渐形成，“2030年全球可再生能源装机容量增长三倍”目标的提出以及《阳光之乡声明》的发布，不仅为我国能源转型注入新动力，也对各省级地区提出了更高的可再生高质量发展要求。

1.2 国家及地方可再生支持政策体系

在过去的二十年中，我国风电和光伏的装机量及发电量实现了从几乎为零到高速增长转变，成为可再生能源增量的主要来源。这一成就的背后，是我国可再生能源政策体系的逐步建立和完善，有效地应对了可再生能源发展过程中的各种挑战。

本章节对国家可再生发展整体战略目标，可再生支持政策体系，特别是国家及省级电力市场、绿证绿电等政策和基本情况进行梳理。

1.2.1 政策目标及情景预测综述

在能源转型引领下，我国可再生发展政策支持体系不断进化和完善，可再生发展目标不断明确和提升。

2022年6月发布的《“十四五”可再生能源发展规划》中提出，2025年全国可再生能源电力总量消纳责任权重目标达到33%左右，非水可再生能源占比达到18%；2025年，可再生能源年发电量达到3.3万亿千瓦时左右；“十四五”期间，可再生能源发电量增量在全社会用电量增量中的占比超过50%，风电和太阳能发电量实现翻倍。

国家能源局在《关于征求2021年可再生能源电力消纳责任权重和2022-2030年预期目标建议的函》中提出到2030年，全国统一可再生能源电力消纳责任权重为40%。

2024年10月国家发展改革委发布的《大力实施可再生能源替代行动的指导意见》中提出“2030年全国可再生能源消费量达到15亿吨标煤以上”，进一步对可再生能源消费总量设定了2030年发展目标。

1.2.1.1 模型预测综述（全国）

随着我国人民生活水平的不断提高，工业结构转型，以及电气化的推进，我国电力需求呈现快速增长态势。据能源局数据公布的历年全国电力工业统计数据计算，2019年到2024年全社会用电量平均增速达到7%左右。根据多研究和模型预测，全社会用电量在2040年前将保持明显快速增长^[8-11]。“双碳”目标下，新增电力需求缺口也为可再生能源的发展创造出巨大空间。

根据多个模型对现有政策路径的模拟（下表1），在“碳中和”路径或强化情景下，我国可再生能源装机在2030年需达到约23.82亿千瓦到44.93亿千瓦，即达到2020年的2.5~4.8倍，风光装机需达到18.25~28.2亿千瓦^[10-14]。与“现有政策”路径相比，实现碳中和目标明显需进一步提升可再生能源发展速度与规模。

我们发现，自2020年以来，各研究对2030年全国可再生能源与风光装机容量的预测持续上调，体现了政策支持，电力需求的持续强劲增长，风电光伏成本下降与技术创新，电网建设加速等多重因素，充分彰显了我国推进低碳转型的决心。

图 3 2030 年各研究风光装机预测

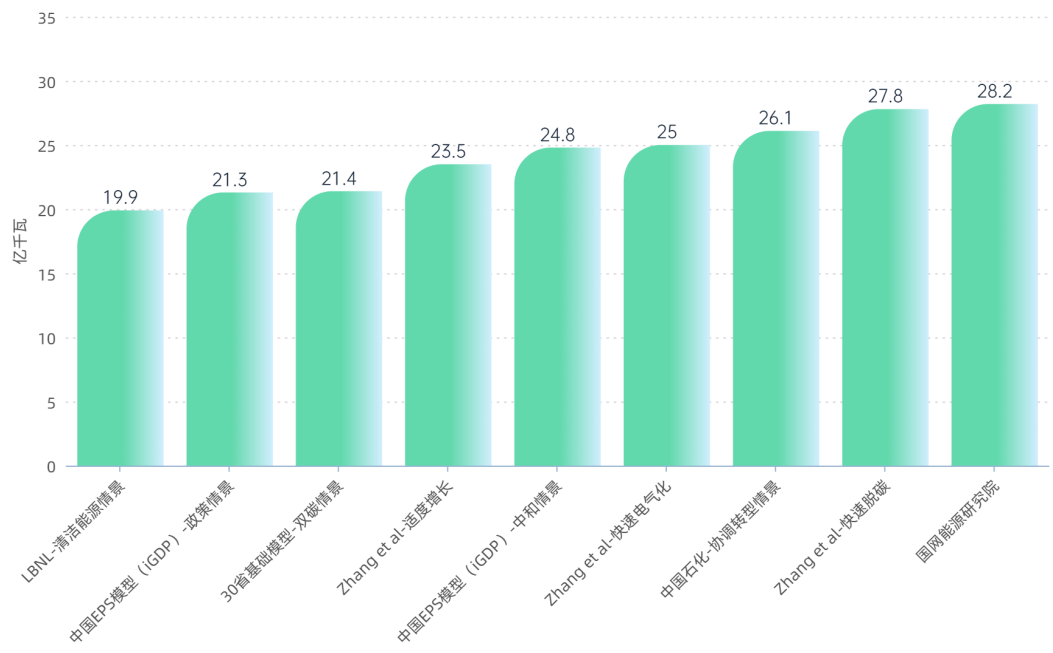


表 1 已有部分研究对 2030 年可再生能源装机的预测（按研究发布时间排序）

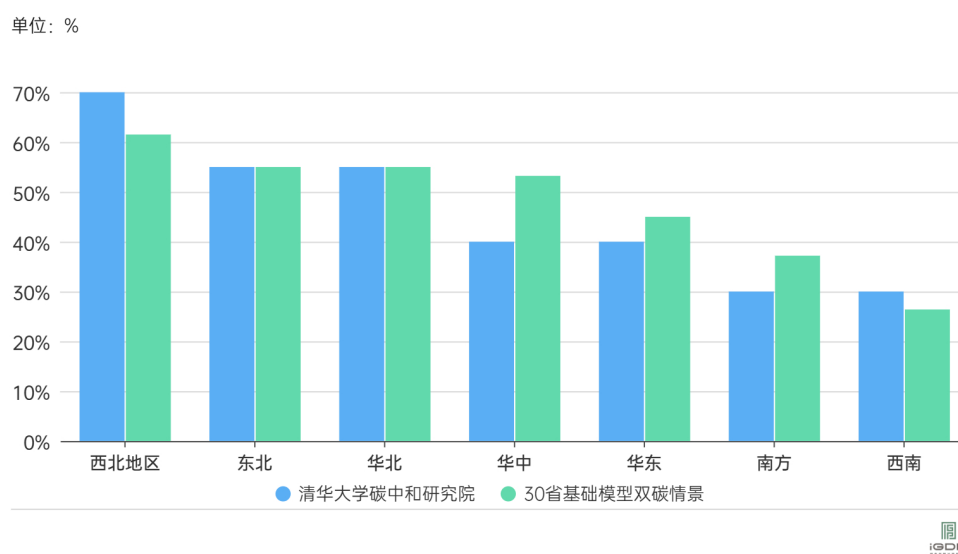
研究出版物	年份	情景设置	2030 年装机预测	
			可再生能源装机 (亿千瓦)	风光装机 (亿千瓦)
Ratcheting up wind and solar targets for decarbonizing the power sector in China and beyond, <i>Zhang et al</i> ^[14]	2025	适度增长	/	23.50
		快速电气化	/	25.00
		快速脱碳	/	27.80
中国能源展望 2060, <i>中国石化</i> ^[8]	2025	协调转型情景	33.83	26.05
中国 EPS 模型 (iGDP), <i>能源创新与绿色创新发展研究院</i> ^[11]	2024	政策情景	26.94	21.32
		中和情景	30.78	24.76
2024 中国能源电力发展展望, <i>国网能源研究院</i> ^[15]	2024	产业重度调整—能源结构重度调整“双碳”转型情景	33.10	28.20
Renewables 2023, <i>IEA</i> ^{*[13]}	2024	主要情景	32.75	/
		加速情景	44.93	/
Achieving an 80% carbon-free electricity system in China by 2035, <i>LBNL</i> ^[16]	2023	清洁能源情景	23.82	19.94
中国能源电力发展展望 2022, <i>国网能源研究院</i> ^[12]	2022	深度脱碳情景	26.70	21.50
中国 2030 年能源电力发展规划研究及 2060 年展望, <i>全球能源互联网发展合作组织</i> ^[10]	2021	“双碳”目标	24.61	18.25

*IEA 数据为 2028 年预测。

1.2.1.2 模型预测综述（省级地区）

相对于国家层面，现有公开研究对省级可再生能源装机容量与结构的中长期预测较为缺乏。在区域可再生发展研究方面，清华大学碳中和研究院^[17]对我国 2025-2060 年分区域的光伏与风电装机进行了预测。分析显示，未来风光装机布局与资源禀赋、电网消纳能力与区域发展策略高度相关。到 2030 年，西北地区风光装机占比预计超 70%，发电量占比近 50%，成为全国新能源渗透率最高的区域。华北、东北风光装机占比约 55%，发电量占比 40%。华东、华中地区风光装机占比 40%，发电量占比 30%，主要依赖分布式光伏和海上风电。南方地区风光装机占比约 30%，发电量占比 20%。西南地区因水电占比高，风光装机占比不足 20%，发电量占比预计仅 10%。¹

图 4 2030 年区域风光装机占比预测及对比



光伏和风电发展均呈现明显的区域集聚特征。西北和华北地区因光照条件优越，到 2030 年光伏装机预计分别达 3 亿千瓦和 1.75 亿千瓦，占全国光伏总装机的 60% 以上。华东地区分布式光伏发展迅猛，预计 2030 年装机超 1.1 亿千瓦。陆上风电主要集中在华北和西北地区，预计到 2030 年，华北风电装机将达到 2 亿千瓦，西北达 2.25 亿千瓦，合计占全国陆上风电装机的 50% 以上。华东地区海上风电快速发展，到 2030 年风电装机预计突破 1 亿千瓦。^[17]

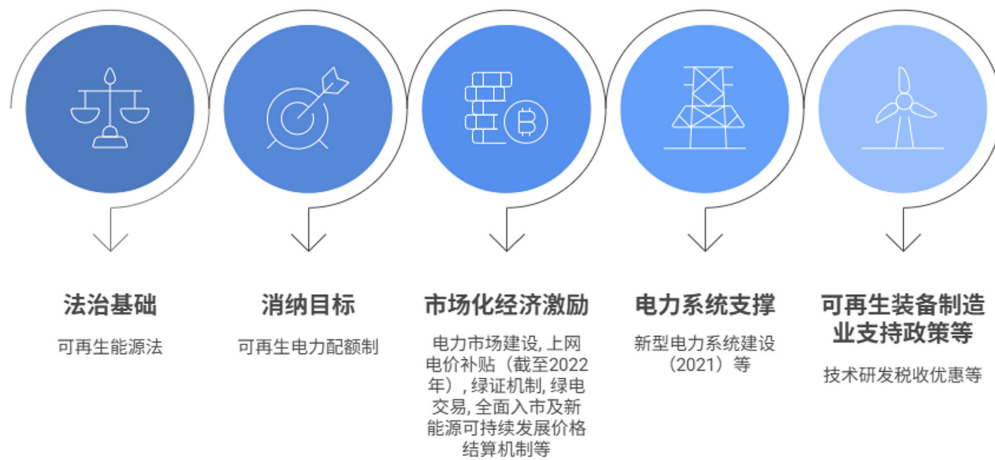
1.2.2 我国可再生能源发展支持政策体系

2005 年 2 月，全国人大通过《可再生能源法》，为我国建立和完善可再生能源政策体系奠定了法治基础。其中明确了可再生能源开发利用是我国能源发展的优先领域，并要求电网企业全额收购其电网覆盖范围内可再生能源并网发电项目的上网电量。

我国已陆续出台上百项政策，涵盖资金支持、可再生电力配额制、绿色电力证书、技术研发税收优惠等多个方面，以适应不同规模的可再生能源发展需求，促进了行业的高速发展和技术进步。^[18]

¹ 东北地区包括黑龙江、辽宁和吉林；华北地区包括北京、天津、河北、山西、山东和内蒙古；华中地区包括河南、湖北、湖南和江西；华东地区包括上海、江苏、安徽、浙江和福建；西北地区包括新疆、青海、甘肃、宁夏和陕西；西南地区包括西藏、四川和重庆；南方地区包括云南、贵州、广西、广东和海南。

图 5 可再生能源发展支持政策体系示意图



其中，基于可再生消纳责任权重的可再生能源发展目标和考核体系是确保我国可再生能源消纳和比例稳步提升的重要机制。从 2020 年开始，以全国非化石能源占比目标逐步提升为基础，国家能源局每年发布各省级地区可再生能源和非水可再生能源消纳责任权重（后文简称“消纳责任权重”），即可再生能源以及非水可再生能源消费量占该地区全社会用电量占比目标，并于次年公布完成情况。

在经济激励方面，早期可再生上网电价补贴有效推动了可再生大规模增长。在 2022 年可再生能源全部平价上网后，绿证、绿电交易成为体现可再生能源环境溢价的主要机制。2025 年 6 月起，可再生能源全面参与电力市场，我国引入新能源可持续发展价格结算机制，从可再生能源保障性收购到市场化消纳建立了有效衔接。

为应对大规模可再生能源并网对电网运行带来的挑战，我国于 2021 年提出建设新型电力系统，其核心目标是实现清洁低碳，同时保障电网的安全稳定运行。2023 年发布的《新型电力系统发展蓝皮书》提出，新型电力系统在 2045 年前总体形成，在 2060 年前全面建成。新型电力系统将有效支撑可再生能源更大规模地利用。

我国出台了一系列政策支持可再生能源装备制造发展。例如，2016 年将新能源领域纳入《国家重点支持的高新技术领域》，让符合条件的企业享受税收优惠。2019 年起，开始实施《绿色产业指导目录》，进一步引导政策和资金支持新能源产业链的技术研发和制造，推动技术进步和成本下降。

电力市场体系建设对于可再生能源高质量发展具有关键作用。可再生能源（如风电、光伏）的随机性、间歇性和波动性对电力系统稳定运行构成挑战。随着装机规模快速扩大，传统电网规划和运行方式愈发难以适应更高比例可再生能源并网需求，近年来多地出现消纳预警，弃风弃光有重现迹象，我国也于 2024 年对资源条件较好地区适当放开消纳红线到 90%^[19]。

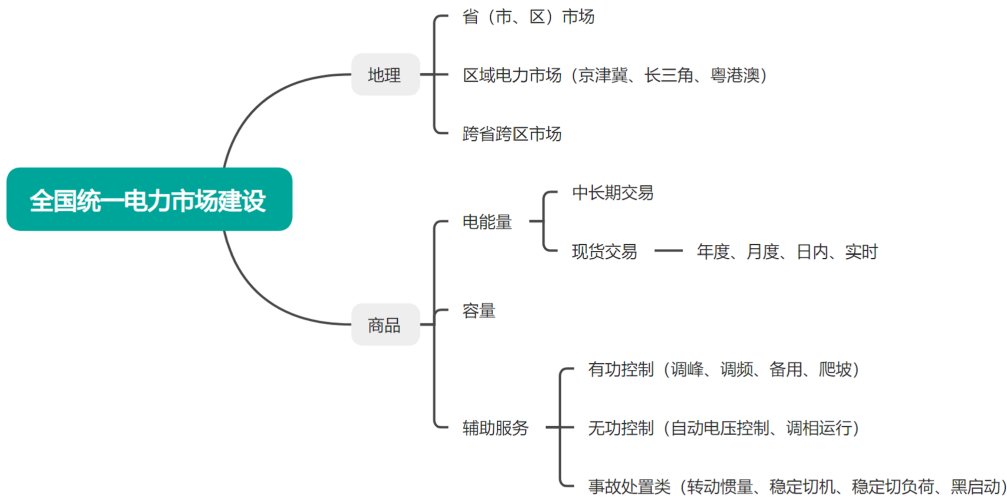
为了利用市场力量更高效进行资源的配置，支撑可再生能源高质量发展和能源低碳转型，近年来，我国在电力市场方面建设陆续发力，逐步建立起中长期交易、现货市场、辅助服务市场、容量市场（容量电价机制）、绿证交易的市场体系，体现电能量、调节和支撑能力、容量、绿色环境价值。

1.2.2.1 电力市场建设情况

自 2015 年来，我国电力体制改革持续深化，与能源低碳转型相衔接的电力市场机制逐步建立和完善。截至 2024 年底，我国电力市场化交易规模已实现跨越式增长，2024 年全国电力市场交易电量达 6.18 万亿千瓦时，占全社会用电量比重从 2016 年的 17% 大幅上升至 62.7%^[20]，市场活力不断激发，资源配置持续优化。

根据 2024 年 11 月发布的《全国统一电力市场发展规划蓝皮书》，我国已逐步构建起全国统一电力市场“1+N”基础规则体系，并明确全国统一电力市场发展的“路线图”和“时间表”，2025 年，全国统一电力市场初步建成，实现全国基础性交易规则和技术标准基本规范统一，2035 年，支撑高水平社会主义市场经济体制的全国统一电力市场全面建成。

图 6 全国统一电力市场建设框架



来源：作者基于《全国统一电力市场发展规划蓝皮书》梳理

我国统一电力市场建设的主要围绕省级电力市场展开，我国各省级电力市场已经在电能量市场、辅助服务市场、容量机制（市场）、绿电交易等多方面有大量探索和实践。由于可再生资源禀赋、用电负荷等条件差异巨大，各省电力市场建设也面临不同挑战。各省级电力市场在促进适应大比例可再生和可再生能源消纳方面采取了诸多创新措施^[21]。

截止到 2025 年 9 月，山西、广东、山东、甘肃、蒙西、湖北、浙江 7 个地区的电力现货市场已经转入正式运行，安徽、陕西、江苏、辽宁、重庆、河北南网、吉林、黑龙江 8 个地区已经开展连续结算试运行，其他 10 个地区开展长周期结算试运行或结算试运行。

2025 年 4 月，国家发展改革委等发布《国家发展改革委办公厅 国家能源局综合司关于全面加快电力现货市场建设工作的通知》，围绕构建全国统一大市场要求建设全国统一电力市场，全面加快电力现货市场建设，2025 年底前基本实现电力现货市场全覆盖，全面开展连续结算运行，充分发挥现货市场发现价格、调节供需的关键作用。

表 2 省级和区域电力现货市场建设状态及正式运行时间线（截至 2025 年 9 月 21 日）

省级电力市场	政策目标时间线	现货市场目前进展
山西、广东、山东、甘肃、蒙西	-	正式运行
湖北	2025 年 6 月正式运行	正式运行
浙江	2025 年底正式运行	正式运行
安徽、陕西	2026 年 6 月前正式运行	连续结算试运行
江苏、辽宁、重庆、河北南网、吉林、黑龙江	2025 年底前连续结算试运行	连续结算试运行
福建、宁夏、湖南、江西、河南、上海、蒙东		长周期结算试运行
四川、青海、新疆		结算试运行
区域现货市场		
南方区域电力现货市场	2025 年底前启动连续结算试运行	连续结算试运行
京津冀电力市场	2025 年底前启动模拟试运行	-

来源：各省电力交易中心等官方公开发布信息，韩晓彤^[22]，《国家发展改革委办公厅 国家能源局综合司关于全面加快电力现货市场建设工作的通知》等。

除电能量市场外，为支撑电网安全稳定运行并促进可再生能源消纳，构建包括储能、经过灵活性改造后的煤电、需求侧管理等多元灵活性资源体系是关键，需建立配套的市场机制，体现灵活性资源价值，并完善成本疏导。

1.2.2.2 可再生能源参与电力市场情况

截止到 2025 年初，我国主要采用保障性收购与市场化交易相结合的可再生能源消纳机制。随着 2025 年国家发展改革委、国家能源局联合印发的《关于深化新能源上网电价市场化改革促进新能源高质量发展的通知》（简称“136 号文”）正式出台，推动可再生能源全面入市，可再生能源从“保障性收购”向“主动消纳”的转型^[23]，通过市场机制更高效进行资源配置和成本优化。同时，136 号文引入“可持续发展价格结算机制”，通过差价合约形式对市场价低于机制电价的部分补差，高于时收回差额。这一设计借鉴了欧洲政府授权差价合约（CFD），既保障投资者基本长期收益，又激励其通过市场交易自主优化运营。

136 号文要求新能源电量原则上全部进入电力市场，电价由市场交易形成，打破了过去保障性收购的依赖。通过市场竞争，可再生能源需通过优化发电行为（如提升预测精度、灵活调整出力）来应对价格波动，从而主动适应系统需求。例如，光伏在午间大发时段面临低价，需通过储能充电，在傍晚用电高峰且光伏出力降低时，储能放电提升收益。

截止到 2025 年 8 月，我国已经有 10 余个地区出台了 136 号文的地区细则正式文件、征求意见稿或过渡期文件，其中蒙东、蒙西、新疆、上海、山东 5 个地区已正式下发省级文件。各省细则对于 2025 年 6 月 1 日前投产的项目（即存量项目）参与机制电量的规模、机制电价、执行期限等关键因素依据当地可再生规模、燃煤发电基准电价等因素等进行了规定。对于 2025 年 6 月 1 日起投产的项目（即增量项目），原则上通过市场竞价形式确定机制电价，部分地区设置了机制电价竞价上下限，按照当地可再生消纳责任权重和用户承受能力来确定机制电量规模。

1.2.2.3 绿证绿电交易

随着各类可再生电源补贴逐步退坡，可再生能源发电进入平价时代。国家自 2017 年起推行绿色电力证书（绿证）交易制度，建立绿电交易机制，为市场化手段支持可再生能源、保障可再生发电企业收益提供了新的途径，结合可再生配额制，共同支持可再生能源的长期高质量发展。

绿证覆盖范围和交易规模逐渐扩大。初期，绿证核发的范围仅限于陆上风电和集中式光伏发电，近年来，绿证范围逐渐扩展至海上风电、分布式光伏、生物质发电等。随着政策的不断调整和完善，绿证交易的规模也逐年快速增长。据国家能源局公布数据，截至 2024 年底，全国累计核发绿证 49.55 亿个，其中可交易绿证 33.79 亿个，累计交易绿证 5.53 亿个，其中 2.38 亿个为随绿电交易绿证^[24]。从地理分布上来看，绿证交易最活跃的主要是可再生能源资源丰富的西部省份以及经济发达的东部沿海省市，包括广东、宁夏、内蒙古、陕西、江苏、浙江、上海和新疆等。

图 7 各省累计绿证交易



来源：中国绿色电力证书交易平台，2025 年 6 月

绿电交易指可再生能源的中长期交易，为可再生能源发电企业带来更多可预期的盈利渠道。2018 年以来，京津冀地区、以及浙江、云南、广东等多个省级地区开始探索地方性绿电交易实施方案。2021 年 9 月，我国绿色电力交易试点正式启动^[25]。自此，全国各地的绿电交易量快速增长，根据中电联数据，2024 年全年全国绿电交易量达到 2336 亿千瓦时。2024 年 8 月，《电力中长期交易基本规则—绿色电力交易专章》发布，进一步建立起全国范围内的统一规范，推动经营主体积极参与绿电交易。绿电交易制度的逐渐完善，促进了还原可再生能源电力绿色环境价值，满足了我国外向型企业愈发增强的绿电需求，为持续扩大可再生能源开发利用规模等提供了新的增长动力。

为满足企业绿电需求，多个省份创立创新性绿证和绿电交易机制，例如，广东允许绿电事后交易，新增灵活的交易品种，允许经营主体补充完成绿电消费需求，也为可再生能源提供更多盈利渠道，山西省采取绿证偏差处理机制以解决绿电合同执行中的绿证偏差问题，通过双边协商补充交易^[21]。

第二章

各省可再生能源装机 目标及完成进展

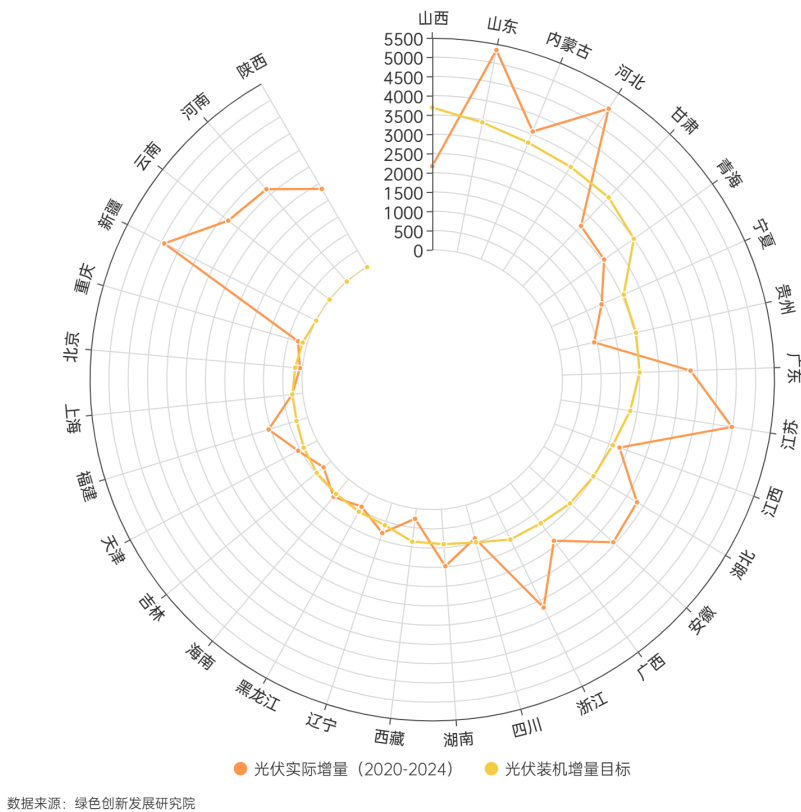


本章对各省可再生装机目标和完成进展进行追踪和评估，为后续目标调整与路径优化提供政策基础与参考。

2.1 “十四五”新增可再生装机目标及完成情况

从 31 省公布的“十四五”规划、能源规划、可再生能源规划文件中来看，共有 27 省明确了 2025 年的可再生能源装机目标²，风电和光伏新增装机目标合计达约 6.65 亿千瓦，其中，光伏装机目标合计约为 4.09 亿千瓦，风电装机目合计约为 2.55 亿千瓦（详见表 3）。

图 8 各省“十四五”光伏新增装机目标和 2024 年底进度（单位：万千瓦）



说明：按照新增装机目标进行排序

截至 2024 年底，全国 31 省光伏累计新增装机容量达到 6.32 亿千瓦。其中，已公布光伏装机目标的 28 个省市装机规模为 5 亿千瓦，合计目标完成度为 122%。但从各省实际进展来看，装机进度差异较为显著。

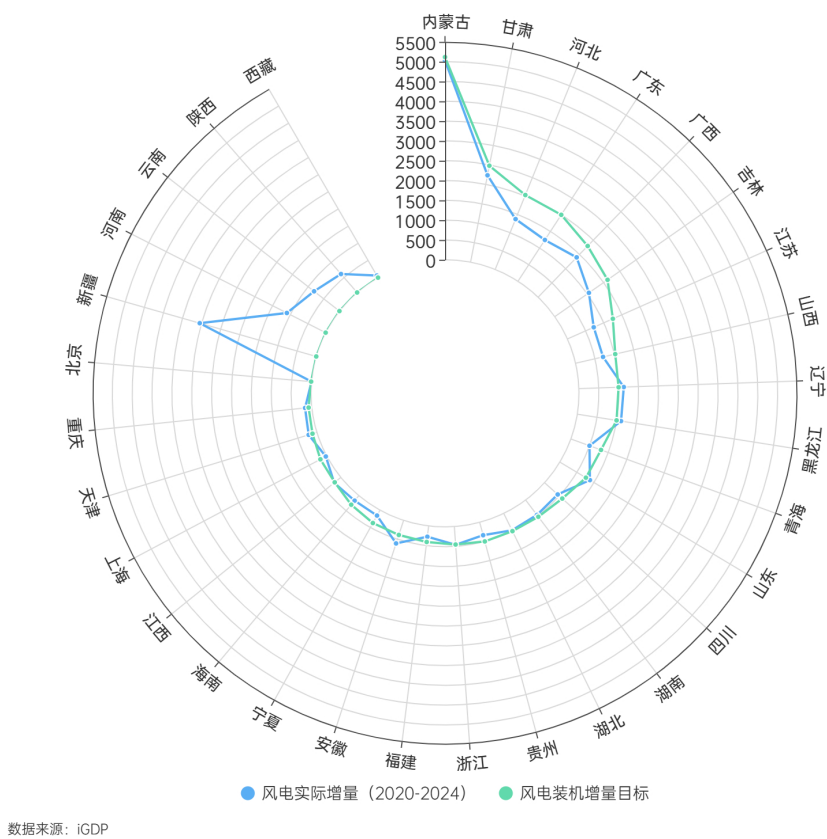
福建、浙江、江苏、安徽、重庆等五个省市截止到 2024 年底新增光伏装机是“十四五”目标的 200% 以上，已经大幅超额完成了“十四五”光伏装机目标。同时，湖北、广东、湖南、河北、山东、广西、天津等 12 个省市也已超额完成了目标。

² 西藏仅公布了光伏装机目标。

截止到 2024 年底，四川、黑龙江、宁夏、青海等 10 个地区离光伏装机目标完成仍存在差距，这 10 个省份的目标完成度在 31% 至 89% 之间，离既定目标还有合计 6435 万千瓦的差距。2025 年，这十个省份有望释放出最多光伏装机容量。

从绝对量差距来看，甘肃、山西、贵州距离实现“十四五”的既定目标差距均分别超过了 1000 万千瓦；而部分省份差距相对较小，例如四川、黑龙江、吉林、北京差额均小于 300 万千瓦。

图 9 各省“十四五”风电新增装机目标和 2024 年底进度（单位：万千瓦）



数据来源：iGDP
说明：按照新增装机目标进行排序

在风电装机方面，全国 31 省截至 2024 年底风电累计新增装机容量达到约 2.71 亿千瓦。其中，已明确风机装机目标的 27 个省市装机规模为 2.14 亿千瓦，整体目标完成度为 84%。

内蒙古、湖北、甘肃装机完成度皆在 90% 以上，距离完成 2025 年目标较为接近。同时，湖南、广西、四川、山西、河北、福建、贵州等 15 个省市离装机目标完成仍存在差距，这 15 个省份的光伏装机目标完成度在 14% 至 89% 之间，离既定目标还有 4554 万千瓦的差距。这些省份将可能在 2025 年释放更多的风机装机容量。

因不同省份制定的目标差异较大，接下来面临的增量任务差异也较为明显。部分省份可再生目标规模大，绝对值差距也相对较大，比如河北、吉林、广东和江苏距离实现“十四五”的既定目标差额均超过了 500 万千瓦；而部分省份由于资源和用地原因，目标设定值相对较低，例如湖南和北京差额均小于 60 万千瓦。

表 3 31 省“十四五”风光目标及装机进度

地区	十四五风光新增装机目标 (万千瓦)			截至 2024 年底新增风光装机容量 (万千瓦)			完成进度		
	风电	光伏	风光总计	风电	光伏	风光总计	风电	光伏	风光总计
浙江	455	1245	1700	461	3211	3672	101%	258%	216%
福建	410	300	710	277	1056	1333	68%	352%	188%
安徽	388	1430	1818	613	2934	3547	158%	205%	195%
新疆	-	-		3050	4414	7464	-	-	-
江苏	1253	1816	3069	726	4481	5207	58%	247%	170%
湖北	500	1500	2000	475	2812	3287	95%	187%	164%
天津	116	396	512	216	560	776	187%	141%	152%
湖南	531	909	1440	474	1482	1956	89%	163%	136%
河北	2026	3210	5236	1371	5012	6383	68%	156%	122%
山东	766	3428	4194	883	5341	6224	115%	156%	148%
广东	2000	2000	4000	1244	3319	4563	62%	166%	114%
江西	200	1600	1800	217	1788	2005	109%	112%	111%
重庆	80	120	200	170	243	413	213%	203%	207%
内蒙古	5115	3262	8377	5033	3573	8606	98%	110%	103%
河南	-	-	-	1095	3174	4269	-	-	-
广西	1797	1295	3092	1398	1862	3260	78%	144%	105%
陕西	-	-	-	618	2344	2962	-	-	-
海南	300	500	800	167	601	768	56%	120%	96%
甘肃	2480	3203	5683	2234	2173	4407	90%	68%	78%
辽宁	1000	600	1600	1131	814	1945	113%	136%	122%
上海	180	270	450	26	274	300	14%	101%	67%
青海	807	3000	3807	499	2062	2561	62%	69%	67%
宁夏	373	2053	2426	158	1427	1585	42%	70%	65%
山西	1026	3691	4717	711	2168	2879	69%	59%	61%
吉林	1623	472	2095	1050	245	1295	65%	52%	62%
黑龙江	1000	550	1550	1114	399	1513	111%	73%	98%
云南	-	-	-	810	3330	4140	-	-	-
四川	600	1000	1600	445	891	1336	74%	89%	84%
贵州	500	2043	2543	337	929	1266	67%	45%	50%
北京	11	190	201	0	68	68	0%	36%	34%
西藏	-	863	863	60	267	327	-	31%	-
合计	25537	40946	66483	27063	63254	90317	-	-	-

数据来源：作者基于各地政府公开政策文件、可再生能源学会风能专委会、全国新能源消纳监测预警中心、国家可再生能源中心、中国电力企业联合会等整理计算。

2.2 2030 年可再生目标及进展

展望长期，各省在 2060“双碳”目标下需进一步明确自身可再生能源的发展规划和目标。目前全国 26 个省级地区在地方“碳达峰碳中和”顶层政策中提出 2030 年可再生目标，部分省份提出较为简单定性目标，或提出可再生或具体电源的发展目标，其中 18 个地区提出明确风光装机量化目标，合计为 12.56 亿千瓦，相对于这些地区 2020 年风光装机增加 9.4 亿千瓦，增加约 1.7 倍，具体如下表 4 所示。此外，一些地区提出清洁能源装机占比目标，如海南规划到 2030 年非化石能源发电装机占比达到 75% 目标^[26]，可再生能源大省宁夏对可再生消纳水平提出要求，提出 2030 年非水可再生能源电力消纳比重提高到 35.2% 以上。

根据公开数据分析，目前已有福建、浙江、重庆、安徽 4 个省级地区接近或超过了既定 2030 年目标，广东、河北、湖南、山东、内蒙古、陕西 6 个省级地区累计风光装机进展在 60% 到 90% 之间，广西、江西、山西进展在 50% 到 60% 之间。

表 4 2030 年各省风光累计装机目标和完成进展

省级地区	2030 风电光伏累计装机目标（万千瓦）	2024 年底目标进展
福建	2000	102%
重庆	564	101%
浙江	5400	100%
安徽	5500	97%
广东	7400	82%
河北	13500	81%
湖南	4000	77%
山东	14000	75%
内蒙古	20000	69%
陕西	8000	61%
广西	7000	59%
江西	6000	54%
山西	12000	51%
上海	1200	43%
四川	5040	40%
贵州	7500	39%
吉林	6000	38%
北京	500	31%

数据来源：现状数据来源于能源局公布光伏建设运行情况，以及中国可再生能源学会公布的风电吊装数据，作者整理计算

这些长期目标和愿景与国家“碳达峰、碳中和”目标相衔接，成为省级层面提升可再生能源装机的指引，为地方可再生能源投资和中长期发展提供了明确的政策信号。同时也需要关注部分省份由于资源约束、转型路径不明确等原因，当前目标相对保守，体现出在目标设定上较大提升潜力。综合来看，“十五五”时期省级层面有望普遍上调可再生能源装机目标，以衔接国家可再生发展趋势和全球可再生三倍装机趋势。

第三章

各省可再生发展目标 提升潜力量化分析



3.1 30 省 EPS 基础模型方法学和情景设置

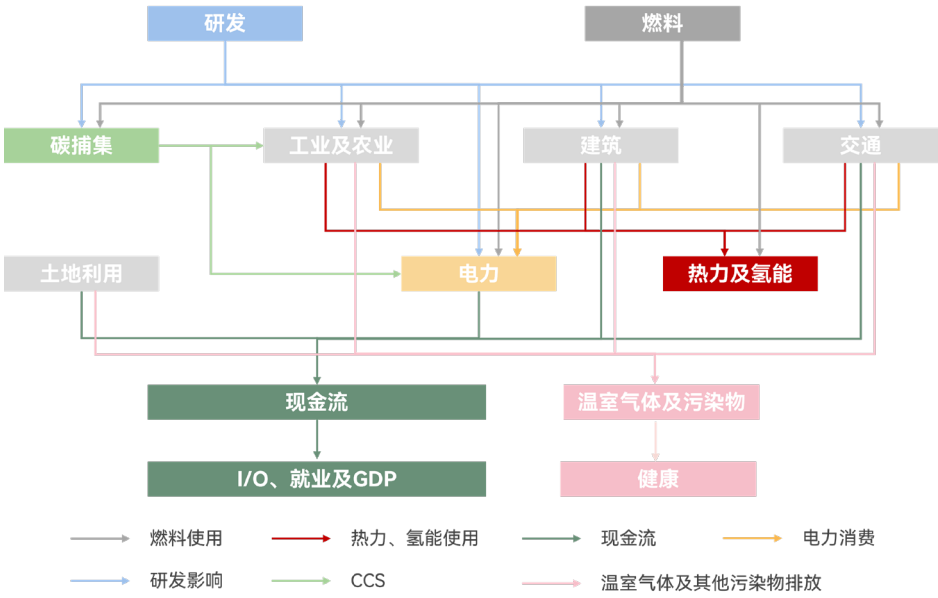
应用能源政策模型（EPS），iGDP 建立 30 省基础模型，并设置 2020 年冻结情景、双碳情景等，对 30 省不同情景下碳排放、能源消费、电力供需情况进行预测，报告聚焦双碳情景下 30 省 2020 年到 2030 年电力需求变化、可再生能源装机和发电量变化进行分析。

3.1.1 EPS 模型简介

本报告采用能源政策模拟模型（Energy Policy Simulator, EPS）作为分析工具。EPS 是一个基于系统动力学的免费和开源分析工具，用于模拟和评估能源与气候政策调整对能源消费、温室气体排放、污染物排放、投资需求及相关宏观社会经济指标的影响。

EPS 模型主体由 5 大部门 / 行业模块构成，分别是交通、电力供应、建筑运行、工业（包括建筑业、农业）、土地利用和林业。每个模块是由相互关联影响的变量和政策参数按照特定函数关系构成。此外，EPS 模型也设置了其它与碳排放源或汇相关的模块，如区域供热和制氢、碳捕集与封存及利用（CCS/CCUS）、研发（R&D）、燃料、地球工程、投入产出（I/O）模块等。例如，燃料模块控制所有燃料的基本属性和相关价格，影响到交通、建筑、工业、电力、区域供热和制氢、CCS 等部门和领域的燃料需求变化。投入产出模块用来估算现金流对 GDP、就业和薪酬变化，以及这些宏观经济变量的变化对工业、建筑、交通能源消费和排放变化的影响。R&D 模块控制技术进步对各部门技术的能源效率和固定投资成本的影响。在 EPS 模型中，这些子模块以及内部要素与其他子模块及其要素相互作用，可用来评估能源系统在政策影响下的变化（见图 10）^[27]。

图 10 EPS 模型计算流向图



2017 年，能源创新政策与技术公司（Energy Innovation, EI）与国家应对气候变化战略研究和国际合作中心（NCSC）、国家发展改革委能源研究所（ERI）的专家组成联合项目组，开发了针对我国国情的中国 EPS-2017 工具，适用于国家和地区层面能源和气候政策相关的情景设置和影响评估。

自 2021 年开始，绿色创新发展研究院（iGDP）支持 EI 持续更新中国 EPS 工具，目前最新版本为 EPS China-iGDP 2024。同时，iGDP 致力于推动 EPS 工具在省份层面的应用工作，为区域层面的碳达峰碳中和路径编制、政策和技术方案选择、投资需求分析等方面提供量化支持^{[28] [11]}。

在 30 省 EPS 模型中，我们对每个省份的 55 个变量指标进行了更新。这些更新指标根据模型设定范围内三个优先级：非常高（5 个）、高（29 个），中（8 个）。此外，还包括了一些具有本地化特征的变量指标。通过数据更新，确保模型能够准确反映广东省社会经济和能源发展情况。

概括而言，支持省份 EPS 工具开发所需数据包括能源系统和社会经济相关的两大类数据。其中，能源系统数据包括电力和热力供应部门的装机容量和效率、可再生能源利用潜力，工业和建筑部门的基年能源消费和未来需求变化，不同交通类型交通工具拥有量、周转量未来变化等相关数据。社会经济数据包括 GDP 和人口现状及未来增速预测、反映区域各部门的投入和产出关系的投入产出表等。本研究所用数据主要来源于国家统计局、中国能源统计年鉴、省统计年鉴等官方统计资料、政策文件以及研究文献等公开数据。

3.1.1.1 EPS 电力模块

EPS 电力模块基于其他终端模块计算的电力需求和最大负荷需求来计算电力生产系统。模块的电源分类有火电（煤电、调峰气电、普通气电、褐煤、原油、重油及燃料油、石油）、水电、风电（陆上风电、海上风电）、太阳能发电（光伏、光热）、生物质能、生活垃圾、地热能、核电，总计 16 种。

电力模块主要由七个子模块构成，这些模块相互作用决定了在满足地区终端电力需求、符合地区电力行业发展规划、调度机制、电网稳定性、灵活性和经济性等趋势目标下未来的电力需求，电源结构和排放预测。^[28]

表 5 EPS 模型电力子模块（3.4.9）

EPS 模型电力子模块（3.4.9）
■ 子模块一：根据各终端部门净电力需求、尖峰负荷电力需求量（考虑输配电损失、电力调入调出）、可再生能源配额目标的新增可再生能源发电量等要求，计算在现有机组发电量（考虑已有机组和退役机组）、已规划新增机组的发电量之外，在满足后，需要的每年新增装机容量。
■ 子模块二：计算经济型和强制性提前退役机组规模。
■ 子模块三：计算保障风光消纳的可利用灵活性装机容量资源，包括尖峰负荷机组（如燃气电源）、电网化学储能、蓄水储能、需求响应、充电汽车以及外部输入电力等。
■ 子模块四：考虑水电、风电、光伏等最大可利用资源潜力以及新增装机容量、退役机组、灵活性资源以及政策禁止新建的电厂后的最大可建的装机容量。从现有装机容量、替代燃料改造的装机容量、新增装机容量情况计算不同电源的装机容量。
■ 子模块五：计算新增装机容量的单位发电成本。
■ 子模块六，在确保保障性收购，并满足节能低碳电力调度原则下优先调度电源。
■ 子模块七：调度模块，机选在满足优先调度机制后以最小成本调度的不同电源的发电量。电力模块产出结果包括装机容量及结构、发电量及结构、弃风弃光电量、容量因子（装机容量利用率）、温室气体及污染物排放、电力燃料消费等。

电力模块的关键输入变量包括：

- 模型起始年份的不同电源机组的装机规模
- 进行规划预测的每年的不同电源的容量因子、年固定成本、运维成本、燃料成本、补贴

- 每年强制新增装机和各电源的退役机组规模
- 各电源最大潜力装机量
- 可再生能源消纳配额
- 每年电力调入调出量和调入电源结构
- 电网输配规模等 46 个输入变量

电力模块设置 19 项政策控制变量，包括可再生能源消纳配额、禁止新建电厂类型、电力燃料补贴、每年额外提前退役机组容量、延长核电机组寿命、需求响应规模、化学储能规模、输配电损失率、输入和输出电量比例、新建电厂补贴、电厂停机检修时长、保障性电力调度、CCS 等。

电力模块的输入变量数据来源主要为历年《中国电力统计年鉴》、《电力工业统计资料汇编》、国家能源局统计数据中提供的各电源起始年份装机量、新增装机量和发电量、各电压等级输电线路长度等数据，《可再生能源数据手册》中的可再生能源装机量和潜力装机量，国家和地方政策规划文件，地区电力交易中心年报等。

3.1.2 情景设置

本研究基年为 2020 年，基础年份数据来源于各省能源平衡表、电力工业资料汇编、能源统计年鉴等公开数据，并对基年能源消费及排放进行校核。

预测年份为 2021-2060 年，设置两个情景模拟 30 个省级地区在不同政策参数设置下的能源消费和碳排放路径，由于本研究聚焦 2030 年可再生目标提升潜力，2020 到 2030 年具体情景设置情况如表 6 所示。

表 6 情景说明

情景	2020 政策冻结情景 (BAU)	双碳情景
基准年	2020	2020
目标年	2060	2060
情景描述	2020 年以前我国和各省级地区政策措施和力度的自然延续，未考虑 2020 年后出台的最新政策。	2030 年前反映“十四五”期间出台的政策，2030 年后的政策措施和力度参考全国和全球最佳实践，确保各地区在 2060 年前实现碳中和。
GDP	各省按照高、中、低三个增速情景进行预测，以达到各省“十四五”规划和 2035 年远景目标中的 GDP 水平。	在 BAU 基础上由模型计算。
终端用能部门		
工业能效提升	工业部门 2030 年单位增加值能耗相对 2020 年整体降低 7.8%，其中： • 造纸 7% • 化工 8% • 水泥 13% • 钢铁 9% • 有色 8%	相较 BAU，2030 年能耗降低 • 造纸 6% • 化工 5% • 水泥 5% • 钢铁 8% • 有色 8% • 其他行业 4%
工业燃料替代	假设燃料结构保持基年水平，不考虑氢能替代。	各省 2030 年电气化率达在 16% 到 48% 之间，30 省整体工业电气化率达到 31%，2030 年后考虑氢能替代中高温热源。

情景	2020 政策冻结情景 (BAU)	双碳情景
电动车新车销售占比	反映历史趋势	2030 年前基于各省历史渗透率，参考《汽车产业绿色低碳发展路线图 1.0》中到 2030 年新能源乘用车目标渗透率达到 65% 的目标。 - LDV- 客运：2035 年，ZEV 新车渗透率达 100%； - LDV- 货运：2030 年新能源商用车目标渗透率达到 30%； - HDV- 客运：参考《汽车产业绿色低碳发展路线图 1.0》中到 2035 年新能源大中型客标渗透率达到 75% 的目标，假设 2030 年 ZEV 渗透率达到 100%； - HDV- 货运：参考美国加州 2045 年零排放卡车的政策目标。
交通工具燃油经济性提高	反映历史趋势	LDVs：相对于 BAU - 客运 - 2030 年相较 BAU 下降 69%； - 货运 - 2030 年相较 BAU 下降 42%。 H DVs：相对于 BAU - 货运 - 2030 年相较 BAU 下降 38%。
优化交通结构	-	个人出行（小轿车）：2030 年周转量相较 BAU 减少 7.5%； 道路货运：2030 年周转量相较 BAU 减少 10%。
建筑节能	反映历史趋势	2025 到 2045 年新建建筑节能标准每十年提升 20%~30%。
建筑电气化	反映历史趋势	2030 年建筑部门电气化率在 28% 到 89% 之间，全国整体在 57% 左右（电热当量法）； 2030 年新建居民建筑供热及炊事 100% 电气化，新建商业建筑 2025 年后达到 100% 电气化，新建农村住宅 2060 年达到 100% 电气化。
电力部门		
跨省电力调入调出	假设各省跨省调入调出电力按照现有趋势变化，并考虑十四五规划中的新增跨省通道。	在 BAU 基础上，到 2030 年，调入电中绿电达到至少 40% 或以上。
可再生消纳责任权重	2025 年参照政策要求，2026 年及之后保持不变。	2025 年参照政策要求，2030 年假设按现有趋势增长。
CCUS	不考虑 CCUS	2030 年后开始为火电厂部署 CCUS。
其他假设	假设在建和已经核准的煤电、核电、可再生项目按计划投产。	

EPS 模型政策设置中包含本地可再生能源发电量占比。分省模型主要参考国家能源局每年公布的可再生能源消纳责任权重（简称“权重”）目标及完成情况。假设大多数地区可再生消纳责任权重在未来年份保持增长，对于少部分历史权重目标呈波动态势的地区（包括可再生占比已经超过 40% 的地区），在政策设置中按照历史趋势进行预测。

表 7 可再生消纳责任权重设置

地区	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2030
北京	15.5%	18.0%	19.4%	20.1%	21.7%	26.4%	28.3%
天津	14.5%	17.0%	18.4%	19.5%	20.5%	22.0%	26.8%
河北	13.0%	16.5%	17.9%	19.1%	20.7%	26.0%	28.9%
山西	17.0%	20.0%	21.4%	22.5%	23.5%	28.9%	29.8%
内蒙古	18.0%	20.5%	21.9%	23.0%	24.0%	35.0%	35.0%
辽宁	15.0%	15.5%	16.9%	19.2%	20.2%	26.5%	30.3%
吉林	24.0%	28.0%	29.3%	31.3%	32.3%	39.6%	41.5%
黑龙江	22.0%	22.0%	23.4%	24.5%	25.5%	33.7%	33.7%
上海	32.5%	31.5%	32.5%	30.0%	31.0%	32.4%	32.4%
江苏	14.0%	16.5%	17.7%	20.9%	21.9%	25.1%	34.8%
浙江	17.5%	18.5%	19.5%	21.6%	22.6%	24.8%	32.2%
安徽	15.0%	16.0%	17.3%	19.6%	20.6%	25.0%	30.6%
福建	19.5%	19.0%	20.0%	20.6%	21.6%	24.5%	26.5%
江西	22.0%	26.5%	32.4%	26.4%	27.4%	33.8%	33.8%
山东	11.5%	13.0%	14.4%	17.1%	18.1%	21.1%	29.4%
河南	17.5%	21.5%	22.8%	26.9%	27.9%	32.2%	43.8%
湖北	32.5%	37.0%	37.5%	38.0%	39.0%	46.4%	46.4%
湖南	40.0%	45.0%	49.5%	46.8%	47.8%	51.0%	57.0%
广东	28.5%	29.0%	31.1%	29.6%	30.6%	30.6%	30.6%
广西	39.5%	43.0%	47.9%	45.1%	46.1%	40.3%	40.3%
海南	13.5%	16.0%	16.7%	17.8%	18.8%	22.9%	25.3%
重庆	40.0%	43.5%	45.5%	40.7%	41.7%	42.7%	42.7%
四川	80.0%	74.0%	70.0%	70.0%	70.0%	70.0%	70.0%
贵州	30.0%	35.5%	36.0%	36.8%	37.8%	38.1%	43.2%
云南	80.0%	75.0%	70.0%	70.0%	70.0%	70.0%	70.0%
西藏	不考核	不考核	不考核	不考核	不考核	-	-
陕西	17.0%	25.0%	25.9%	23.0%	26.0%	27.3%	27.3%
甘肃	44.5%	49.5%	50.0%	50.0%	51.0%	50.0%	53.8%
青海	63.5%	69.5%	70.0%	70.0%	70.0%	70.0%	70.0%
宁夏	22.0%	24.0%	25.4%	26.5%	27.5%	30.0%	33.8%
新疆	20.0%	22.0%	22.9%	23.5%	-	23.7%	23.7%

数据来源：历年各省（自治区、直辖市）可再生能源电力消纳责任权重预期目标，2025 年部分省份目标参考“十四五”可再生发展和能源规划，2030 年结合地方中长期规划和历史发展趋势假设。

3.1.3 主要电力部门假设

30省基础模型考虑了建设中、以及已经批准的煤电、核电、海上风电项目、跨省电力调入调出情况变化、不同地区各电源的最大潜力、以及地区可再生消纳责任权重。

3.1.3.1 可再生最大潜力假设

模型计算充分考虑了各省风光水资源开发潜力。根据资源评估数据，模型对每省可开发的最大风能、太阳能（集中式和屋顶光伏）、水电容量作了限定。

我国可再生资源主要集中在西部和东北地区，总体而言内蒙古拥有最丰富可再生资源，内蒙古，陆上风电和光伏潜力占全国近半，其次为青海、新疆、西藏。其中水电资源以西南为核心（西藏 20136 万千瓦、四川 14352 万千瓦、云南 10439 万千瓦）。陆上风电高度集中于内蒙古（16.1 亿千瓦，占全国 46%），其次为西藏和新疆。海风潜力集中在东部沿海省份中的浙江、广东、山东、辽宁。光伏资源主要集中在西北地区，内蒙古、青海、山西、宁夏、新疆五地占全国总量接近 90%。

表 8 各省可再生发电装机潜力假设（万千瓦）

地区	水	陆风	海风	光伏
全国	69440	489204	298200	1580318
北京	0	39		1040
天津	0	26	213	557
河北	227	23991	841	6366
山西	563	16630		46776
内蒙古	581	161016		946787
辽宁	203	5099	3248	4176
吉林	344	10669		5924
黑龙江	758	18771		9374
上海		246	406	466
江苏	174	5241	2243	6858
浙江	614	1450	3899	4621
安徽	312	7020		6236
福建	1074	3803	2501	2849
江西	486	3661		6601
山东	117	18430	3603	7642
河南	471	9116		8636
湖北	1721	3798		7704
湖南	1327	3558		8803
广东	607	9252	3863	4790
广西	1764	12928	112	8465
海南	84	5656	800	5818
重庆	2296	1402		3427
四川	14352	14325		10855
贵州	1809	6247		6195
云南	10439	14168		12465
西藏	20136	47609		31773
陕西	1277	10340		9446
甘肃	1489	17626		13274
青海	2187	14227		300834
宁夏	210	3900		45639
新疆	3818	38960		45921

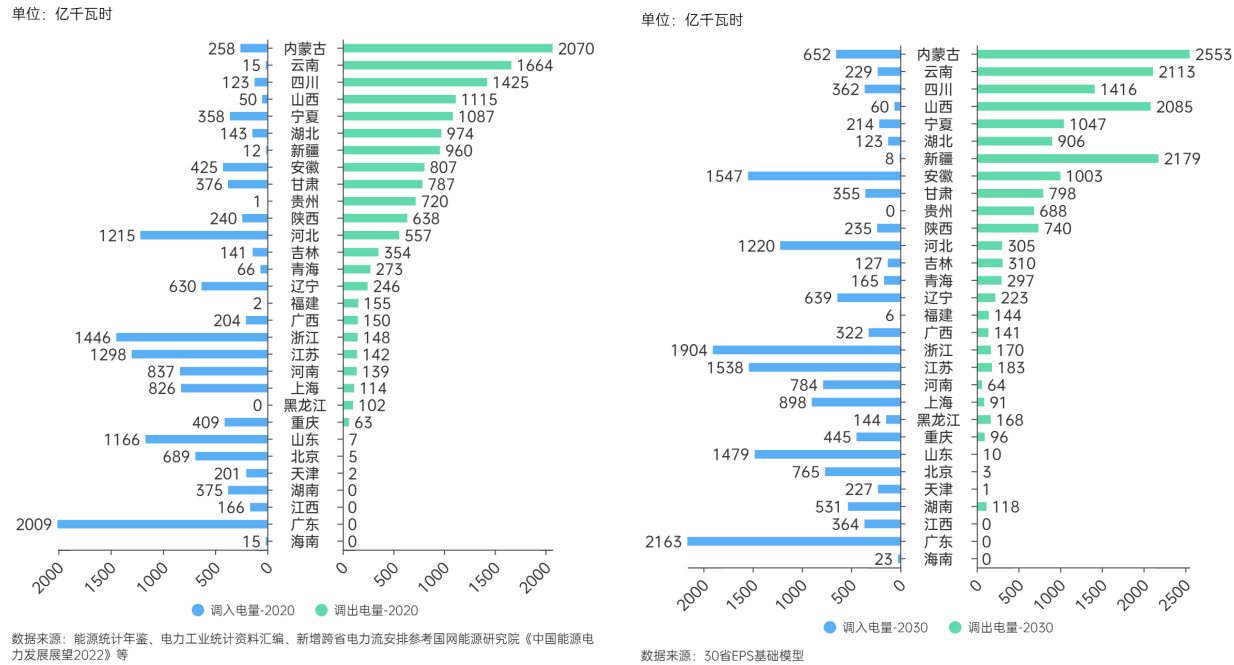
说明：由于 EPS 模型结构将无法由电网调度划的分布式光伏分至建筑模块，直接扣除其用电需求，因此我们将潜力按照可由电网直接调度的光伏和不可由电网调度的部分分布式光伏分别评估，此处为光伏整体潜力。

数据来源：《可再生能源数据手册 2019》；屋顶光伏的潜力还主要参考《建筑领域双碳实施路径研究》^[29]；部分省份光伏数据来自公开研究或数据：山西^[30]；内蒙古^[31]；宁夏^[32]；青海^[33]。

3.1.3.2 调入调出电

EPS 模型中需要输入跨地区调入调出电量，以及调入电的电源结构。分省基础模型主要参考电力工业统计资料汇编的跨省调入调出电数据进行预测，并考虑“十四五”和“十五五”期间已在规划中的新建跨省通道容量，假设通道利用小时数在 4000 小时以上。

图 11 各省调入调出电量假设（亿千瓦时）（左：2020 年，右：2030 年）



来源：2020 年数据来源于电力工业统计资料、能源平衡表等

3.1.3.3 历史年份新增装机

模型考虑了 2020 年至 2024 年已经投产的发电装机量，以保证 2024 年基本和历史情况对齐（下图 12），但由于模型从 2020 年开始基于供需平衡、电网灵活性资源等因素进行预测，可能与 2024 年实际值存在一定可接受范围内的偏差。此外，模型参考全球能源监测（Global Energy Monitor）数据库在建和已经核准的煤电、核电、水电、可再生项目，并假设这些项目按计划投产。

图 12 2024 年风光装机实际值与双碳情景预测对比



3.2 基于 30 省 EPS 基础模型的可再生装机预测

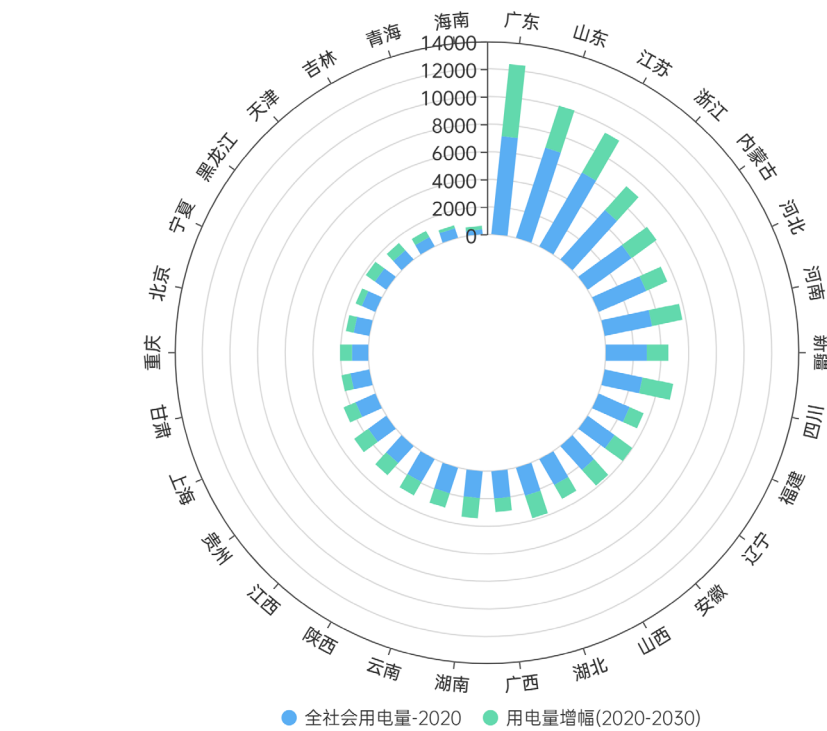
3.2.1 用电需求预测

在双碳情景下，我国各地区用电量增长迅速，从 2020 到 2030 年，增加绝对幅度在 22 太瓦时到 526 太瓦时之间。其中，用电量增幅最大的为广东、江苏、山东、浙江、四川、内蒙古、河南等人口和工业大省。

从相对增幅来看，各省用电量增加幅度在 30% 到 81% 之间。其中，西部、中部、东北省份相对增幅较为明显，四川、湖北、黑龙江 2030 年相对 2020 年用电量增幅达到 81%，贵州、湖南、重庆达到 75% 以上。

图 13 全社会用电量（亿千瓦时）（双碳情景）（按照 2020 年全社会用电量排序）

单位：亿千瓦时



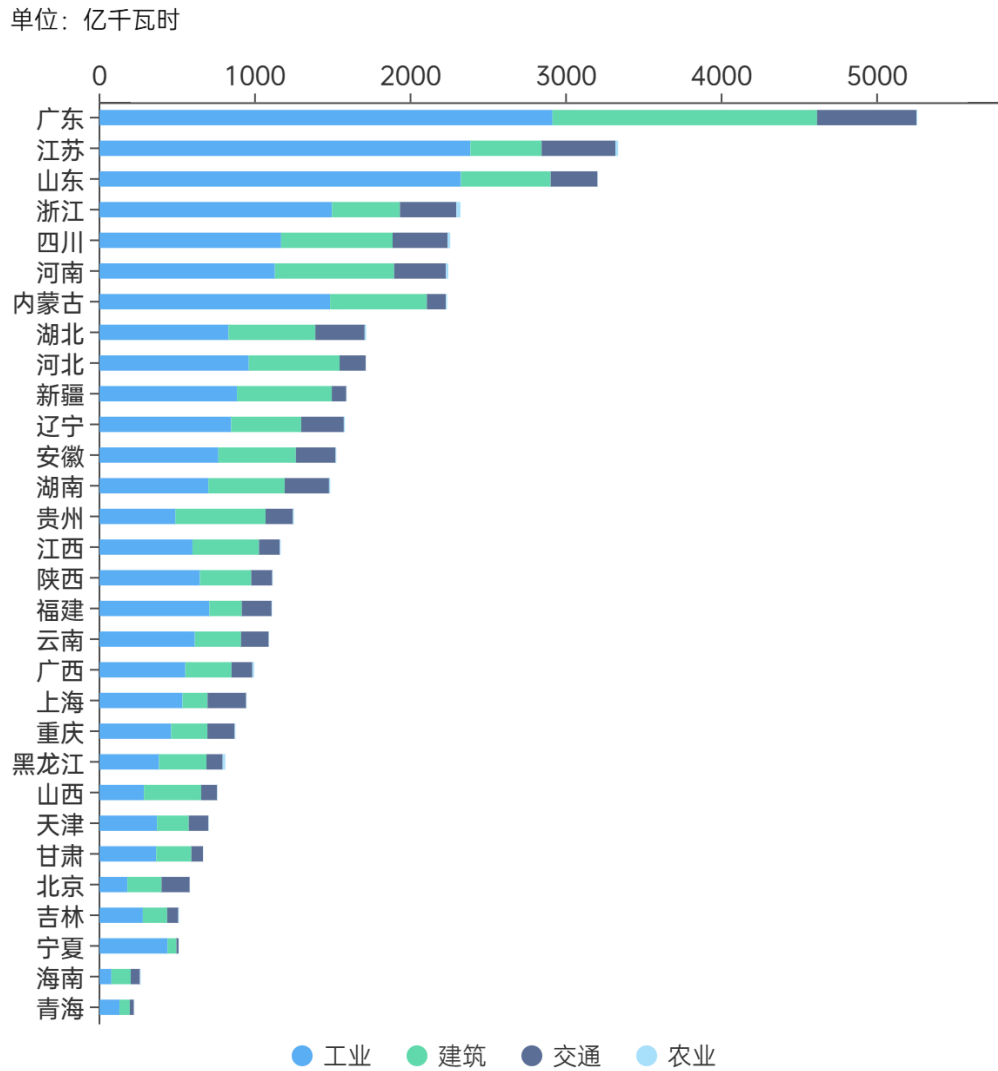
数据来源：30省基础模型（双碳情景）

iGDP



分部门来看，工业部门仍将是用电量最大的部门，且是电力需求增加的主要驱动因素，占 30 省全社会用电量增加幅度的 50% 左右。城镇化和电气化推动建筑部门的用电量快速增长，占绝对增长量的 30%。交通部门用电量相对增加幅度最大，随着轻型客运的快速电气化，交通部门用电量迅速增长，从 2020 年用电量几乎为零，到 2030 年达到工业部门的十分之一左右。

图 14 各省分部门用电量增加量（2020-2030，双碳情景）



数据来源：30省EPS基础模型

iGDP



3.2.2 可再生装机增长预测

3.2.2.1 可再生装机预测

在双碳情景下，我国 30 省可再生能源装机规模增长显著，2030 年可再生装机为 2020 年的 2.7 倍，达到 26.89 亿千瓦。30 省光伏和风电装机总量从 2020 年的 5.7 亿千瓦左右跃升至 21.4 亿千瓦，风光装机量为 2020 年的 3.7 倍，风光占可再生装机增加量的 90% 以上。水电装机因资源接近饱和，2030 年装机量仅比 2020 年增加约 14%，生物质等其他可再生装机增幅约为 1.8 倍。未来考虑到可再生技术成本持续下降，电力市场和绿证等机制的完善，30 省整体可再生装机有望进一步上升至 32~35 亿千瓦左右，风光装机达到 27~30 亿千瓦左右。

图 15 2030 年可再生累计装机量预测（双碳情景）

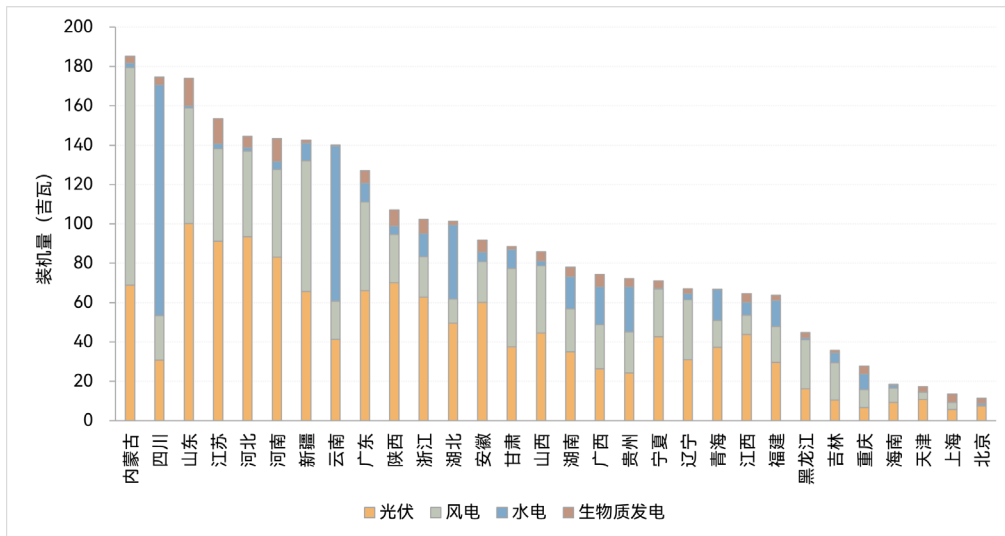
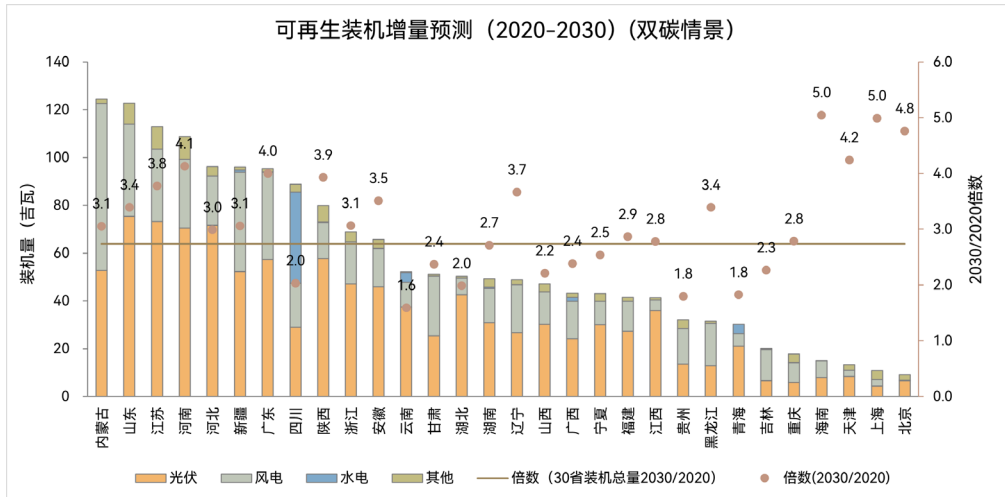


图 16 2030 年可再生装机增量预测（双碳情景）



从 30 省整体来看，不同省级地区差异较大。从 2020 年到 2030 年，可再生装机增加量最高的为内蒙古（1.24 亿千瓦），最低的为北京（0.09 亿千瓦），反映出区域经济规模和结构、资源禀赋、及电网消纳能力等的区别。

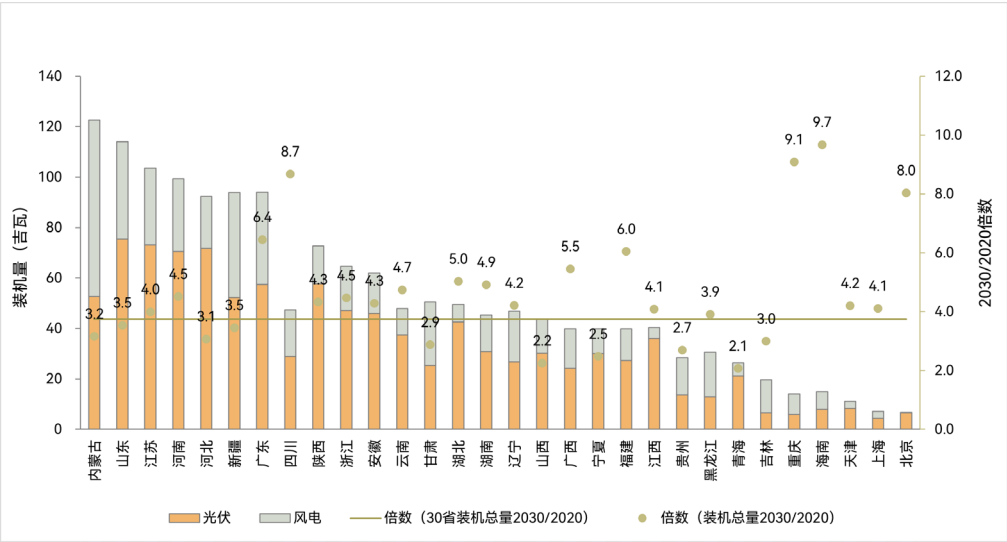
双碳情景下可再生装机增幅最大的前十名省份为内蒙古、山东、江苏、河南、河北、新疆、广东、四川、陕西、浙江，十省可再生装机增幅累计 9.94 亿千瓦，占 30 省整体的 50% 以上。十省整体装机增量以光伏为主，其次为风电。内蒙古可再生装机以风电为主，其次为光伏。除风光装机外，山东、江苏、河南等省份的生物质装机也有较明显增加。

结果显示，可再生装机增加最高的前十名省份中，除陕西外，也均是电力需求增加幅度最高的前十名。说明了用电需求增长对于可再生发展较高的相关性：在需求增长下，可再生消纳权重不断提高、可再生成本的降低、碳市场的发展和碳价的提高等各因素，共同推动了可再生能源快速增加。

3.2.2.2 风光装机预测

模型结果显示，风光装机增长主要集中在风光资源丰富的东北、西北地区，以及电力需求持续快速增长的东部沿海省份。西北、西南和东北地区的光伏装机增量以集中式光伏为主，东部沿海和中部省份的光伏新增装机集中式与分布式并重发展。

图 17 2030 年风光装机增量预测（双碳情景）



内蒙古等传统能源大省将持续保持领先优势。2020 年内蒙古风光装机为全国第一（0.568 亿千瓦），2030 年规模进一步增至 1.79 亿千瓦，达到 2020 年的 3.2 倍，其中风电装机增加 7000 万千瓦，光伏装机增加 5300 万千瓦，为 30 省中风光总装机量和新增装机量第一。

山东、江苏和河南风光装机增量紧随内蒙古之后，2030 年可再生装机分别达到 2020 年的 3.5 倍、4 倍和 4.5 倍，增量以光伏为主。广东可再生能源装机 2030 年达到 2020 年的 4 倍，风光装机增幅达到 2020 年的 6.4 倍。考虑广东从藏东南调入水电，以及闽粤联网等因素，2030 年风光装机达 1.1 亿千瓦，由于用地限制，增量主要为分布式光伏，其次为海上风电。

仅从相对增加幅度来看，11 个省级地区的可再生装机增加倍数低于各省平均增速，包括云南、贵州、青海、湖北、四川、山西、吉林、甘肃、广西、宁夏、湖南。具体来看，宁夏、甘肃等西北省份 2020 年基数较高，且面临较大可再生并网消纳挑战，可再生装机分别达到 2020 年的 2.5 倍、2.4 倍。贵州、青海等地区可再生装机增加倍数较低，原因主要为水电占比过高，基数较大，另一方面，电力需求增幅也相对有限。

表 9 双碳情景下 2030 风光装机量及相对 2020 年倍数

省份	风光装机量 (2030)	风光装机倍数 2030 年 /2020 年	可再生装机倍数 2030 年 /2020 年
内蒙古	17934.5	3.2	3.1
山东	15894.6	3.5	3.4
江苏	13811.4	4.0	3.8
河北	13698.1	3.1	3.0
新疆	13203.8	3.5	3.1
河南	12757.3	4.5	4.1
广东	11120.3	6.4	4.0
陕西	9461.8	4.3	3.9
浙江	8343.0	4.5	3.1
安徽	8087.9	4.3	3.5
山西	7878.0	2.2	2.2
甘肃	7737.4	2.9	2.4
宁夏	6689.7	2.5	2.5
湖北	6187.1	5.0	2.0
辽宁	6144.1	4.2	3.7
云南	6062.9	4.7	1.6
湖南	5683.3	4.9	2.7
江西	5353.5	4.1	2.8
四川	5353.1	8.7	2.0
青海	5099.2	2.1	1.8
广西	4886.2	5.5	2.4
福建	4783.5	6.0	2.9
贵州	4525.7	2.7	1.8
黑龙江	4109.6	3.9	3.4
吉林	2944.6	3.0	2.3
海南	1663.9	9.7	5.0
重庆	1589.4	9.1	2.8
天津	1447.0	4.2	4.2
上海	935.2	4.1	5.0
北京	771.3	8.0	4.8

3.2.2.3 与现有目标对比

将模型预测结果与各省 2025 和 2030 年提出的目标相比较发现，在当前模型假设和情景设定下，电力消费量较大的东部省份普遍制定了较为保守的可再生能源发展目标，而这些目标明显低于模型的预测结果。从“十四五”可再生装机目标完成进展（见第 2 章）来看，这些地区也倾向于超额完成可再生装机目标。东部沿海地区电力需求增长仍然迅猛，暴露出较大电力需求缺口。但在可再生目标设定上趋于保守的原因可能包括：一、能源转型路径选择多元且支付能力较强，东部沿海省份可通过核电、从西部和北方可再生资源丰富省份调入绿电；二、东部沿海省份面临本地用地不足，以及省内可再生资源和需求地理错配等问题。

相反，可再生能源资源丰富的西部和北方省份，可再生装机目标普遍高于模型预测。这种差异一方面可能反映出模型在预测时低估了产业结构调整、区域产业转移带来的电力需求增加，以及跨省区绿电外送规模扩大的影响；另一方面，也需注意，如果实际可再生能源装机超过本地实际用电需求、电网消纳能力、以及外送通道建设速度，可能进一步加剧电力消纳的挑战。因此，未来在制定目标时应更为审慎，不仅需充分考虑跨省区电力外送能力的提升空间，也应综合评估产业转移、用电需求增长潜力、配合电网扩张速度，来避免盲目扩大装机规模带来的消纳问题及成本回收风险。

图 18 2025 年风光装机目标与双碳情景预测对比

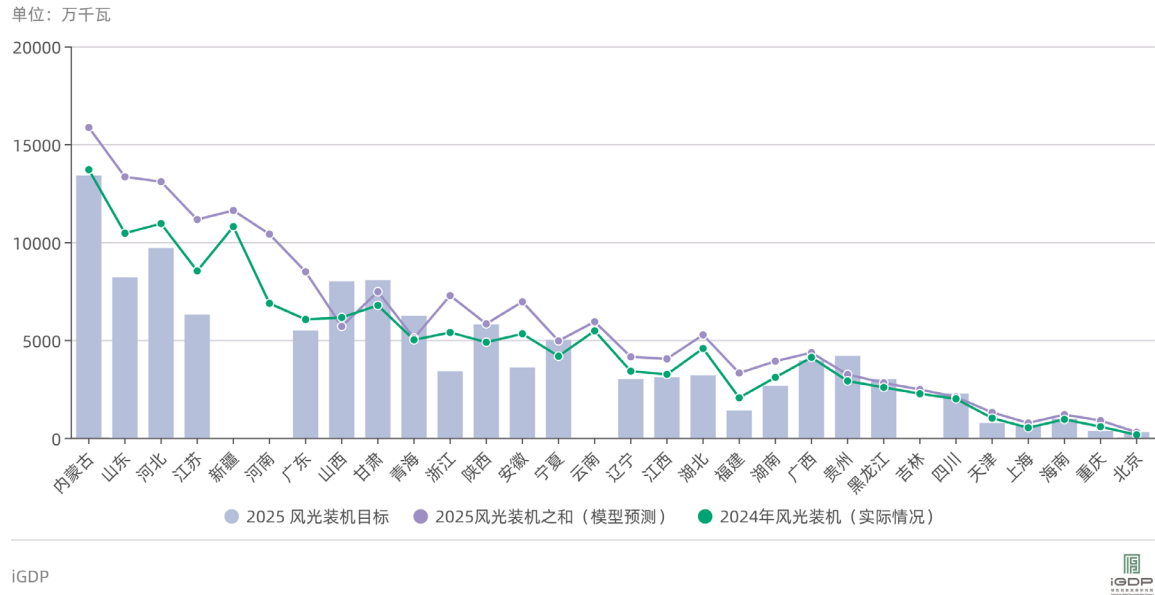
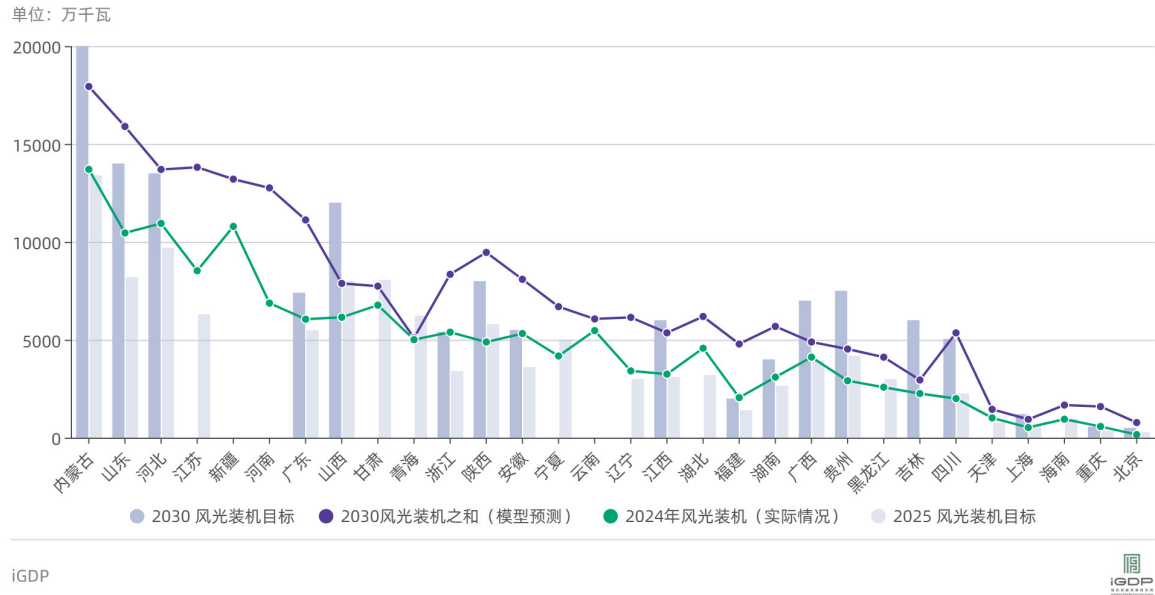


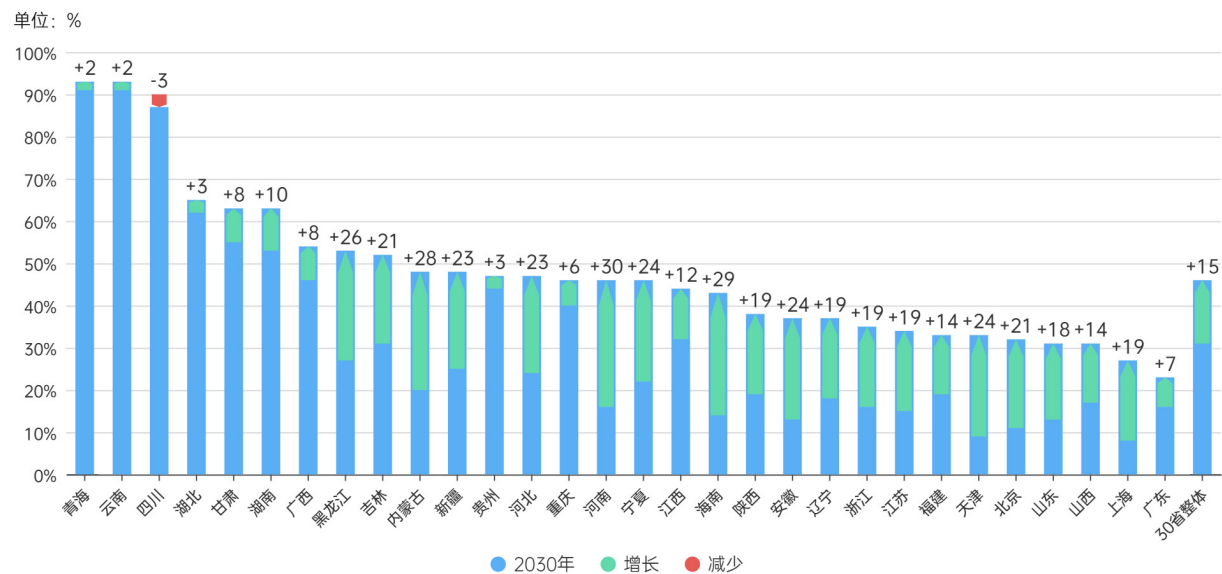
图 19 2025 年和 2030 年风光装机目标与双碳情景预测对比



3.2.3 可再生发电量增长趋势预测

在双碳情景下，30省可再生能源2030年发电量为2020年的2.3倍，从2.3万亿千瓦时，提升到5.367万亿千瓦时，占总用电量的46%左右，提升15个百分点。其中风光发电量为2020年的3.9倍，达到总用电量的28%左右。到2030年，30省可再生发电量占比中，青海、云南、四川三个省份占比仍保持在90%左右；湖北、甘肃、湖南和广西有小幅提升，达到50%以上；其余省份在23%到54%之间，其中河南、内蒙古、海南、黑龙江、等省份提升幅度高于25%个百分点。

图 20 发电结构中可再生能源占比变化（2020 到 2030 年）（双碳情景）



数据来源：iGDP 30省EPS基础模型

iGDP

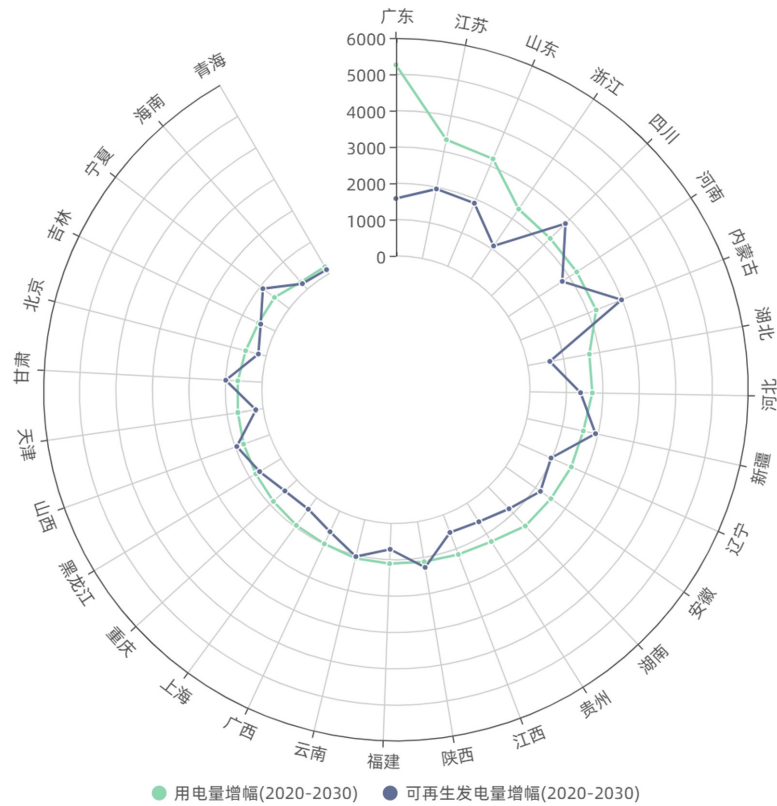


为确保实现碳排放的有效下降，可再生能源发电量的增速必须明显超过整体用电量的增幅，以压缩化石能源发电的空间，推动能源结构向低碳方向转型。从30省整体来看，双碳情景下，从2020年到2030年，30省整体用电量增幅约为4.4万亿千瓦时，仍略大于可再生发电量增幅（3.1万亿千瓦时），新增化石能源发电量仍将支撑部分新增电力需求。

分省来看沿海省份用电量增长明显快于可再生增长（图 21）。如广东、山东、江苏、浙江等东部沿海经济发达地区，用电需求增长显著，尽管可再生装机容量增长在30省中属于较高水平，但可再生能源发电量的增幅仍低于用电量增长。这反映出这些省份用电需求增长快，但本地可再生资源有限，或者开发及消纳进度可能落后于用电需求增长，为保障减排目标的顺利实现，未来需依赖外送可再生电力，或加速发展本地可再生能源，提高可再生消纳能力。

图 21 可再生发电量增幅和用电量增幅（2020-2030）

单位：亿千瓦时



数据来源：绿色创新发展研究院

宁夏、甘肃、内蒙古、山西、四川、新疆、陕西、云南等西部地区，2020 年到 2030 年可再生发电量增幅（蓝色曲线）高于用电量增幅（绿色曲线）或基本持平，说明其可再生能源增长基本可以满足本地用电需求增长，且可有余量外送至其他省份，未来的发展重点在于发展本地消纳能力和提升外送能力。此外，吉林、黑龙江、河北、河南、海南、安徽六个省份可再生发电量增幅占用电量增幅的 75% 或以上。

省间可再生发电量及占比的巨大差异，也体现出我国区域间可再生资源、以及用电需求的不均衡。东部沿海的用电需求大省可再生增长虽然明显但仍然不足以满足全部新增用电需求，西部可再生大省本地消纳能力有限，需继续强化省间协同及通道建设，同时完善市场机制、加快全国统一大市场的建设。另一方面，在各地“十五五”可再生能源目标设定时应充分考虑用电量增长的趋势，合理匹配可再生发展规划和电网规划。

第四章

总结与建议



“十五五”是我国碳达峰目标实现的关键时期，而可再生装机规模进一步扩大是电网脱碳的最关键措施之一。“十五五”时期中国可再生能源迈向高质量跃升发展，既面临装机倍增、并网消纳、市场融合等多重挑战，也有政策、技术和市场创新所带来的前所未有的机遇。各地区应结合资源禀赋、供需侧发展趋势，合理设定可再生装机目标，支持可再生能源高质量发展。

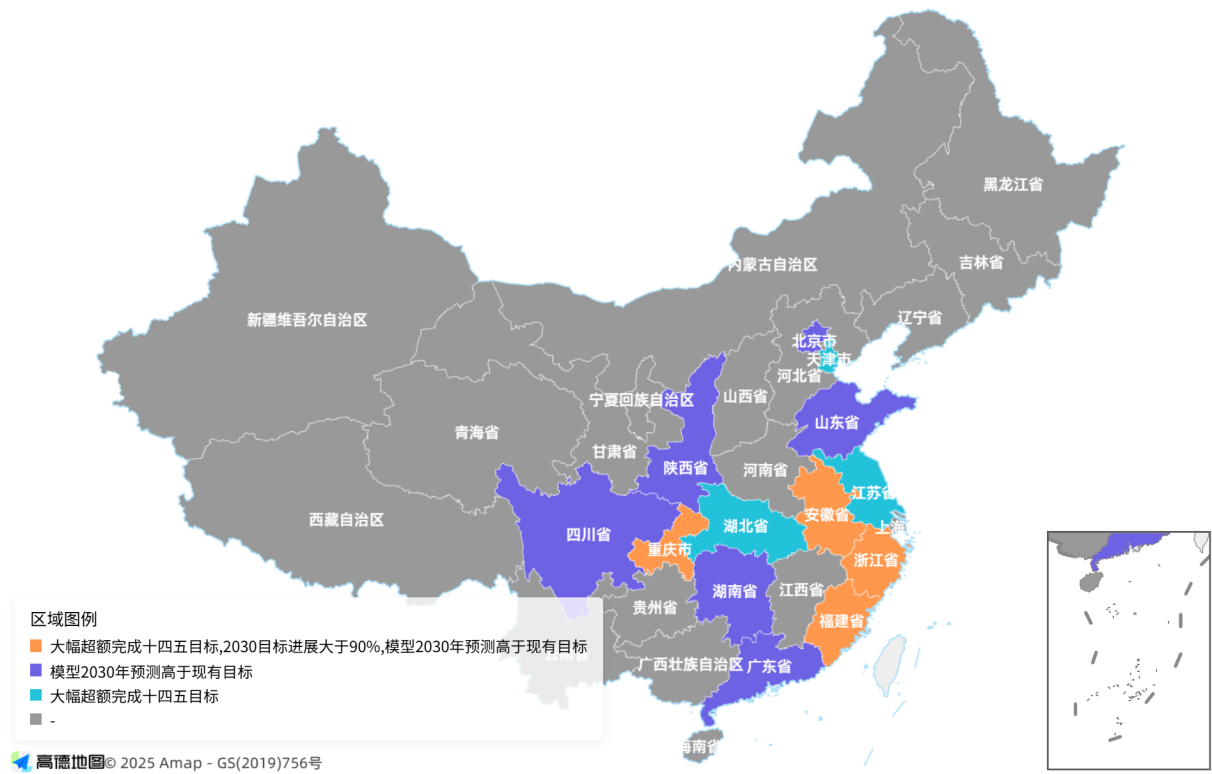
4.1 提出更具有雄心的可再生装机目标

基于报告前文对“十四五”现有目标完成进展，2030 年目标完成进展，以及模型双碳情景预测“十五五”电力需求增长潜力，和同期可再生发电量增长情况是否足够满足电力需求增长，结合模型 2030 年预测的风光装机与目标对比情况，分析识别出有较大目标提升潜力的几类重点地区。

首先，距离完成“十四五”目标仍有较大差距的地区，包括甘肃、山西、贵州、四川、黑龙江、吉林、北京等地区，特别是贵州和四川等电力需求将保持强劲增长的地区，应在 2025 年优先实现既定目标，为“十五五”开局打下良好基础。

在 2030 年可再生目标提升方面，可关注以下几类地区：一、已经提前完成或接近完成 2030 年既有可再生目标的地区，包括重庆、安徽、浙江、福建；二、尚未提出 2030 年目标、但已经大幅超额完成“十四五”可再生装机目标的地区，包括湖北、江苏、天津等地区。这些地区应提出更有雄心的“十五五”可再生装机目标。三、模型预测 2030 年装机明显高于现有目标的地区，包括重庆、安徽、浙江、福建、广东、北京、湖南、陕西、山东、四川。在以上省份中，重庆、安徽、浙江、福建四个地区同时满足以上三个条件，可重点考虑提升现有 2030 年可再生目标。

图 22 “十五五”可再生目标提升重点地区（一）



此外，如图 23 所示，浙江、广东、湖北、河北、江西等地区在“十五五”期间电力需求预计将大幅增长。在双碳情景下，可再生能源发电量难以满足新增用电需求，因此需进一步提高可再生能源发展目标，加强省内可再生能源消纳能力，以避免对化石能源依赖度的增加，从而为 2030 年碳达峰及长期碳中和目标的实现减轻压力。东部用电大省应积极拓展外送绿电渠道，或加速开发本地可再生能源，并提升系统消纳能力。另一方面，内蒙古、河北、新疆等可再生能源富集省份在 2020 至 2030 年间可再生能源发电量增速高于用电需求，但“十五五”期间新建煤电可能挤压可再生能源发电空间，并支撑部分新增电力需求。因此，需严格落实火电“增容减量”，确保碳达峰目标按时实现。

图 23 “十五五”可再生目标提升重点地区（二）



绿色创新发展研究院iGDP



4.2 强化可再生电力消纳措施

在可再生能源电力装机规模迅速扩大的同时，加快新型电力系统建设，提高电网对波动性电源的适应性，保证高比例可再生能源的并网消纳和电网可靠运行，是中长期可再生高质量发展的关键。继续完善可再生能源消纳责任权重和绿证制度，为保障目标落实，同步建立目标提升的监督考核机制，将可再生消纳责任权重目标落实到地方和用能企业，并通报各省装机和消纳进展。

在合理规划基础上，需要借助市场机制激励灵活性和支撑性资源的发展，有序加快推进各省抽水蓄能电站、新型储能项目落地和有效利用，加速火电机组转型，加强需求侧管理。

在全国统一电力市场建设背景下，一方面，继续根据不同地区供需特点，不断完善电力市场和电价设计，鼓励市场机制创新，推动社会资本参与。例如，探索容量市场或容量补偿机制，保障高比例可再生情况下容量充裕性；完善辅助服务市场，适应本地电力系统特点，为新型电力系统中不同功能提供经济激励。另一方面，“十五五”期间应加快建设全国统一电力市场体系，打破省间壁垒，加强跨省区输电通道规划建设，提升可再生能源外送能力，在全国范围内优化资源配置。持续完善电价机制和成本疏导机制，推进输配电价改革，合理分摊跨省输电成本，完善辅助服务成本分摊机制。

存量火电机组规模较大的地区应持续推动火电机组的灵活性改造，引导煤电机组积极参与辅助服务市场，通过提供调频与备用服务获取额外收益，体现机组的支撑性与灵活性价值，加速转型。同时，应持续完善可再生能源消纳责任权重和绿证制度，建立目标提升的监督考核机制，将消纳责任权重落实到地方与用能企业，并通报各省的装机与消纳进展情况。

此外，对于电力需求增长很快的东部沿海地区，也要更积极推行能效提升政策，控制电力需求上升趋势，并且通过绿电直连、零碳园区等场景推动绿电消纳。

参考文献

- [1] 国家能源局. 国家能源局举行新闻发布会介绍一季度可再生能源并网运行情况 [EB/OL]. [2025-09-10]. <https://www.nea.gov.cn/20250428/4b2dff7ab84347df9a068f8e972f4775/c.html>.
 - [2] IRENA. World Energy Transitions Outlook 2023: 1.5°C Pathway[EB/OL]. (2023-06)[2024-01-25]. <https://www.irena.org/Publications/2023/Jun/World-Energy-Transitions-Outlook-2023>.
 - [3] 中华人民共和国生态环境部. 关于加强合作应对气候危机的阳光之乡声明 [Z/OL]. (2023-11)[2024-01-25]. https://www.mee.gov.cn/ywdt/hjywnews/202311/t20231115_1056452.shtml.
 - [4] 国家能源局新闻发布会: 全国可再生能源装机约占我国总装机的 57.3%[EB/OL]. [2025-05-08]. <https://mp.weixin.qq.com/s/Hxl4KTKmlHla7V-pUbOdLQ>.
 - [5] 国家能源局. 2023 年光伏发电建设情况 [EB/OL]. (2024)[2024-11-06]. https://www.nea.gov.cn/2024-02/28/c_1310765696.htm.
 - [6] 电力工业统计资料汇编 [EB]. 2022.
 - [7] 中国可再生能源学会风能专业委员会 (CWEA), 全球风能理事会 (GWEC). 海上风电回顾与展望 [R/OL]. 中国可再生能源学会风能专业委员会 (CWEA) 与全球风能理事会 (GWEC), 2024[2024-07-17]. <https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/ghxwj/201908/W020190905495761711103.pdf>.
 - [8] 中国石化经济技术研究院. 中国能源展望 2060 (2025 年版) [R]. 2025.
 - [9] 黄震, 谢晓敏, 张庭婷. “双碳”背景下我国中长期能源需求预测与转型路径研究 [J]. 中国工程科学, 2022, 24(6).
 - [10] 全球能源互联网发展合作组织. 中国 2030 年能源电力发展规划研究及 2060 年展望 [EB/OL]. (2021)[2024-01-24]. <https://www.gei-journal.com/cn/wonderfulReport/Cn/20211209/1468969880752623616.html>.
 - [11] 胡敏、李鑫迪、奚溪、杨鹏. 中国中长期温室气体排放情景分析报告 [R]. 北京: 绿色创新发展研究院, 2024.
 - [12] 国网能源研究院. 中国能源电力发展展望 2022[R]. 2022.
 - [13] IEA. Renewables 2023[EB/OL]. (2024-01)[2024-01-24]. <https://www.iea.org/reports/renewables-2023/electricity>.
 - [14] ZHANG Z, 朱子恒 Z Z, LU X, 等. Ratcheting up wind and solar targets for decarbonizing the power sector in China and beyond[J].
 - [15] 国网能源研究院. 2024 中国能源电力发展展望 [R]. 2025.
 - [16] ABHYANKAR N, LIN J, KAHRL F, 等. Achieving an 80% carbon-free electricity system in China by 2035[J]. Iscience, 2022, 25(10).
 - [17] 清华大学碳中和研究院. 中国碳中和目标下的风光技术展望 [R]. 清华大学碳中和研究院.
 - [18] 涂强, 莫建雷, 范英. 中国可再生能源政策演化、效果评估与未来展望 [J]. 中国人口·资源与环境, 2020, 30(03): 29-36.
 - [19] 国家能源局. 国家能源局关于做好新能源消纳工作保障新能源高质量发展的通知 [EB/OL]. [2025-05-27]. https://zfxgk.nea.gov.cn/2024-05/28/c_1310777105.htm.
 - [20] 北极星电力新闻网. 中国电力市场全貌——《2024 年售电行业年度报告》重磅发布 [EB/OL]. [2025-05-27]. <https://m.bjx.com.cn/mnews/20250407/1435527.shtml>.
 - [21] 蔡元纪, 吕歆, 谢雯雯, 等. 中国省级绿色电力市场建设: 现状与展望 [R]. 绿色和平, 2025.
-

-
- [22] 韩晓彤. 2024 全国各地电力现货市场进展一览 [EB/OL]. [2025-05-29]. http://mp.weixin.qq.com/s?__biz=MjM5OTY4NjAwMQ==&mid=2650140314&idx=1&sn=3fc88e8931330e26ac1d67893ca82aac&chksm=bee0e751ba0cfc89726b5f788884997552e88df54f27f4c89f58345a274372af8c1dd1d5ad75#rd.
- [23] 制度创新驱动绿电深化发展 市场主导引领多元价值协同（聚焦可再生能源法修订）[EB/OL]. [2025-05-27]. https://paper.people.com.cn/zgnyb/pc/content/202503/17/content_30063459.html.
- [24] 国家能源局. 国家能源局发布 2024 年 12 月全国可再生能源绿色电力证书核发及交易数据 [EB/OL]. [2025-06-04]. <https://www.nea.gov.cn/20250124/a893ec1c8c034525bb7679e0651fa3a1/c.html>.
- [25] 伍梦尧. 我国可再生能源电力市场交易发展与思考 [R/OL]. 中能传媒能源安全新战略研究院, 2024[2024-10-14]. https://cpnn.com.cn/news/baogao2023/202401/t20240122_1670753.html.
- [26] 海南省人民政府关于印发海南省碳达峰实施方案的通知 [EB/OL]. [2025-05-25]. <https://www.hainan.gov.cn/hainan/szfwj/202208/911b7a2656f148c08e5c9079227103a7.shtml>.
- [27] ENERGY INNOVATION. Energy Policy Simulator Documentation.[EB/OL]. <https://docs.energypolicy.solutions/>.
- [28] 奚溪, 杨鹏. 能源政策模型 (EPS) 应用于区域“双碳”战略规划研究: 入门工作手册 [R]. 绿色创新发展研究院, 2023.
- [29] 建筑领域双碳实施路径研究 [M].
- [30] 郭鹏. 光伏发电潜力分析——以山西省为例 [J]. 2019.
- [31] 内蒙古自治区光伏治沙行动实施方案 [Z].
- [32] 大力推动宁夏清洁能源产业高质量发展 [EB/OL]. [2025-06-05]. https://paper.people.com.cn/zgnyb/html/2023-03/20/content_25972378.htm.
- [33] 青海日报. 光伏成为青海第一大电源 [EB/OL]. [2025-06-05]. <http://www.qinghai.gov.cn/dmqh/system/2021/04/22/010381219.shtml>.

关于绿色创新发展研究院

绿色创新发展研究院（Institute for Global Decarbonization Progress），简称：研究院（iGDP），是专注绿色低碳发展的战略咨询平台，2014 年成立于北京，旨在成为具领先专业素养和独立影响力的国际化智库。研究院根植我国地方绿色低碳实践，面向全球应对气候变化进程，为决策者、投资者和社区提供具有国际视野和前瞻思考的解决方案及公益性知识产品。

联系方式：

电话：86-10-8532 3096

邮箱：igdpoffice@igdp.cn

网站：www.igdp.cn

地址：中国北京市朝阳区秀水街 1 号建外外交公寓 6-2-62

