

Research on the High-quality Development Path of China's Electric Power New Energy under the Dual Carbon Goals

Yan Jin

State Nuclear Power Information Technology Co., Ltd., Jinan, Shandong, 250100, China

Abstract

Under the guidance of the "Dual Carbon" goals, energy structure transformation has become a core task for China's sustainable development. Currently, China's energy system faces dual challenges of resource constraints and environmental carrying capacity. The large-scale application of new energy technologies represented by wind power and photovoltaics can not only promote a stepwise transition from high-carbon to low-carbon and zero-carbon energy structures, but also achieve synergistic wins in environmental, economic, and social benefits through comprehensive low-carbon restructuring. Taking the Jibeí Clean Energy Base as a national demonstration project, this article systematically analyzes the base's practical explorations in four dimensions: transmission network construction, core technology breakthroughs, green electricity market improvement, and collaborative ecosystem cultivation. By establishing multi-dimensional transmission channels to facilitate green electricity delivery, conducting technological innovations to enhance grid stability, creating diversified trading mechanisms to activate market vitality, and implementing virtual power plant models to improve energy absorption capacity, the base has developed replicable development paradigms. These practices provide practical references for China to break through bottlenecks in new energy development and build a new-type power system, facilitating high-quality transformation of renewable energy.

Keywords

Dual Carbon Goals; New Energy Power; High-Quality Development; Development Path

双碳目标下我国电力新能源高质量发展路径研究

金焱

国核信息科技有限公司, 中国·山东 济南 250100

摘要

在“双碳”目标的引领下,能源结构转型成为我国实现可持续发展的核心任务。当前,我国能源体系正面临资源约束与环境承载的双重挑战,以风电、光伏为代表的新能源技术实现规模化应用,不仅能推动能源结构从高碳向低碳、零碳阶梯式转变,更能通过全链条低碳化重塑,实现环境、经济与社会效益的协同共赢。文章以冀北清洁能源基地这一国家级示范载体为例,系统剖析了基地在输电网络构建、核心技术攻坚、绿电市场完善以及协同生态培育四大维度的实践探索。基地通过打造立体输电通道畅通绿电输送、开展技术创新增强并网稳定性、构建多元交易机制激活市场活力、推行虚拟电厂模式提升消纳能力,形成了可复制推广的发展范式,能为我国电力新能源突破发展瓶颈、构建新型电力系统提供实践参考,助力电力新能源实现高质量转型。

关键词

双碳目标; 电力新能源; 高质量发展; 发展路径

1 引言

在全球气候治理进程持续推进、能源结构转型步伐不断加快的双重作用下,“双碳”目标已逐渐成为我国经济社会迈向高质量发展阶段的核心战略指引。截至2025年,我国新能源产业实现了具有里程碑意义的跨越式发展:新能源发电装机总容量成功突破14.5亿千瓦,首次超过火力发电,成为电力系统中的第一大电源;新能源汽车渗透率攀升至近

60%,光伏与风电装机规模连续多年位居全球首位。这些关键性突破,表明我国能源结构正从传统“以煤为核心”的模式,加速向多元清洁化方向转型,能源绿色发展已进入深层次推进阶段。与此同时,随着新能源装机规模的快速扩张,系统消纳能力不足、用地资源供给受限、产业链各环节协同不畅等深层次问题逐渐显现。在此发展形势下,探索一条兼顾能源供给安全可靠、经济运行高效可控以及生态保护友好协调的新能源高质量发展路径,成为推动“双碳”目标落地、实现经济社会与生态环境协同发展的必由之路。

【作者简介】金焱(1983-),男,中国山东临沂人,本科,工程师,从事能源数字化技术研究。

2 双碳目标下我国电力新能源高质量发展意义

长期以来,我国能源结构以化石能源为主导,这一格局不仅面临矿产资源储量日益紧张的制约,还因污染物排放问题使生态环境承载力逼近临界状态。双重压力倒逼能源领域加速转型,电力新能源的高质量推进,通过构建以可再生能源为核心的新型电力系统,为破解上述发展困局提供了有效路径。其战略意义不仅体现在能源供给端的清洁替代,更延伸至从生产环节到消费终端的全链条低碳化重塑。从能源结构优化的角度来看,风电、光伏等新能源技术的持续突破与规模化推广应用,正逐步削弱煤炭、石油等高碳能源在整体能源消费中的主导地位,推动能源结构实现从高碳依赖向低碳转型、再到零碳目标的阶梯式跨越,为“双碳”目标的落地筑牢能源根基^[1]。值得注意的是,新能源高质量发展并非单纯追求装机规模的扩张,而是以技术创新为核心、以产业协同为支撑,实现能源利用效率的显著提升和能源系统整体韧性的稳步增强。分布式能源、智能电网与储能技术的深度融合应用,不仅有效提升了能源供给的灵活性与稳定可靠性,还借助削峰填谷、需求侧响应等多元化机制,实现了能源资源的优化配置。这一转型使能源系统在应对极端气象灾害、地缘政治冲突引发的能源供应波动等不确定性风险时,具备了更强的适应能力。这种能源转型不仅能带来显著的环境效益,减少污染物与温室气体排放,还能通过降低能源进口依赖度保障国家能源安全,同时依托新能源产业培育形成新兴产业集群,创造大量绿色就业岗位,为经济高质量发展注入持久动力,最终构建起环境效益、经济效益与社会效益协同共赢的发展格局。

3 双碳目标下我国电力新能源高质量发展路径

冀北清洁能源基地位列国家九大清洁能源基地之列,是我国在推进“双碳”目标进程中,电力行业新能源转型的典型示范载体。截至目前,基地新能源装机规模已突破8200万千瓦,全口径装机占比达76%,统调装机占比更是高达82%,2024年新能源发电量占比也攀升至58%。这四项核心指标均处于全国省级电网领先水平。凭借毗邻京津冀负荷中心的区位优势,冀北清洁能源基地通过系统落实多维度举措,成功构建起“源网荷储”协同发展生态体系。数据显示,基地已累计向京津冀地区输送绿色电力超483亿千瓦时,不仅为区域实现碳减排目标提供了坚实支撑,更为全国能源转型工作提供了具有推广价值的实践范式^[2]。

3.1 构建立体输电网络,畅通绿电输送通道

要想大规模消纳清洁能源,必须突破电力输送环节的制约。冀北清洁能源基地结合区域内能源资源分布实际和电力负荷空间布局特征,以特高压输电工程建设为核心着力点,系统构建多层次、立体化的电力输送网络体系。京津冀北1000千伏特高压骨干电网的顺利贯通,为清洁能源外送

搭建了核心骨干通道,有效连接起张北、承德等新能源集中开发区域与京津冀核心电力负荷区域,实现了清洁电力的跨区域高效调配。同时,依托张北柔性直流工程的核心技术优势,基地创新应用开环控制运行策略,配套部署高精度在线监测系统,精准调控电力输送参数,有效化解了新能源发电的随机性、波动性特征给电网稳定运行和电力可靠送出带来的不利影响。

在强化特高压骨干电网支撑作用的基础上,基地持续推进500千伏超高压主网结构优化升级,按计划推动廊坊-通州等重点输电线路项目建成投运,进一步完善区域电网骨干架构。针对唐山、秦皇岛等电力负荷增长较快的重点区域,基地精准规划布局变电站建设及供电分支线路扩容,有针对性地建成10项新能源专属送出工程,逐步形成“特高压保障跨区域输送、区域电网实现联动互补、配电网补齐末端覆盖”的立体输电格局。通过一系列工程建设,冀北清洁能源基地绿电外送通道总能力已提升至5000万千瓦,新增输送能力达3400万千瓦,切实打通了清洁能源从冀北基地向天津、北京等终端负荷中心输送的末端链路,为清洁电力全链条高效流转提供了坚实保障,为区域能源结构转型和“双碳”目标推进筑牢了网络基础。

3.2 攻坚核心技术瓶颈,强化并网稳定支撑

新能源的高比例集中并网,容易给电网运行带来次同步谐振、电压暂降等安全隐患,这是当前新能源规模化发展面临的共性难题。冀北清洁能源基地立足实际运行痛点,以技术创新为突破口,聚焦核心瓶颈开展攻坚行动,推动新能源并网从传统的被动接纳模式向主动参与电网调节的支撑模式转型。针对风力发电机组、光伏逆变器与电网系统参数适配性不足这一关键问题,基地技术团队联合国内重点科研院所,开展了上千次现场实测与模拟仿真实验,逐步构建起硬件防护与数字预判相结合的双重技术保障体系,为新能源安全并网筑牢防线。在硬件配置方面,基地为辖区内所有新能源场站批量部署谐振抑制装置及无功补偿设备,同时建成国内规模领先的分布式调相机群。41台调相机能24小时不间断响应电网运行需求,通过精准调控无功功率输出,有效提升新能源电力的安全送出能力,增幅达197.2万千瓦。

在数字技术赋能层面,基地搭建了千万千瓦级全电磁暂态仿真平台,整合区域内4000余万千瓦新能源机组的实时实测数据,构建高精度仿真分析模型,提前对新增新能源设备接入电网的可行性进行校核,并同步开展运行风险预判。自2025年以来,依托平台已完成多项新能源项目并网前的安全评估工作,从源头上规避了电网运行风险。构网型新能源技术在张北柔性直流工程中的成功应用,进一步优化了区域内新能源机组的调频、调峰性能,使基地新能源整体输送能力提升了30%以上。这一系列技术创新与实践成果,为高比例新能源接入电网后的安全稳定运行提供了可复制、可推广的实践经验。

3.3 完善绿电市场体系，激活供需两端活力

市场机制是优化新能源资源高效配置的核心手段。冀北清洁能源基地结合区域能源禀赋与发展实际，持续推进绿电交易体系的迭代完善，逐步构建起覆盖全生命周期、适配多元应用场景的交易框架，成为国内首个实现交易周期全维度覆盖的省级绿电交易市场。为破解绿电供需长期存在的错配难题，基地于2021年率先开展新能源中长期交易模式探索，为供需双方搭建起稳定的合作桥梁；2022年顺势启动月内现货交易，有效提升了市场对短期能源供需波动的响应与适配能力，填补了短期交易场景的空白^[9]。2023年，基地进一步整合交易资源，形成了“年度锁定总量、月度动态调节、月内精准补位”的常态化运营格局，交易场景与模式的丰富程度持续提升。2024年，基地创新推出绿电合同回购机制，赋予发电企业和用电企业根据实际供需变动调整合同条款的灵活空间，同时稳步开展周交易、多年期交易试点工作，持续拓宽交易周期维度，增强了市场整体弹性。

为筑牢交易公平透明的运行基础，基地搭建了全流程绿电溯源管理系统，为每一度绿电赋予唯一可识别的“电子身份证”，实现了从发电端到消费端的全链条追溯、全环节核查。2024年全年核发绿证达80.47万张，顺畅衔接了绿电交易与碳市场机制，强化了绿色价值转化。截至2025年10月，基地已累计吸引1900余家企业参与绿电交易，总交易量突破415亿千瓦时，占全国绿电交易市场份额的14%。通过政策引导与市场驱动协同发力，冀北清洁能源基地既保障了新能源发电企业的合理收益空间，又为用电企业绿色转型提供了可靠支撑，有效激活了市场供需两端的内生动力。

3.4 培育协同生态模式，提升综合消纳能力

冀北清洁能源基地以虚拟电厂为核心实施载体，推动电源、电网、负荷、储能各环节深度融合与协同，构建多元互补、高效联动的电力生态体系，为持续提升绿电综合消纳能力筑牢基础。为激活负荷侧调节效能，基地重点挖掘多元可调负荷资源，有针对性地培育蓄热电锅炉、电动重卡、大工业可中断负荷等品类，整合形成具备灵活调节能力的虚拟储能集群。其中，蓄热式电锅炉虚拟电厂已聚合33万千瓦可调负荷，充分依托风电夜间发电量大的时段特性，启动储热运行模式，将电网富余绿电高效转化为热能储存起来，待日间用电高峰时段释放热量，精准匹配供暖及工业用热需

求。这一模式既有效缓解了风电弃风问题，又替代了传统供暖方式所消耗的化石能源，显著降低了区域碳排放强度。

唐山电动重卡型虚拟电厂规模实现快速扩张，两年内增长了5倍，成功整合了11座充换电站资源。通过智能调度系统的精准管控，协调超10万辆次电动重卡实施错峰充电策略，在电网负荷低谷时段集中补能，高峰时段合理缩减充电负荷，最大调节电量突破2万千瓦时，推动充换电站从单一充电服务场景成功转型为电力市场交易主体。目前，这些虚拟电厂已实现与区域负荷管理中心的统一接入，同时与新能源发电场站、储能电站建立联动调度机制，依据电网负荷动态变化及新能源发电出力波动，实时调整运行状态。这些举措有效平抑了新能源发电的随机性和波动性，进一步增强了电力系统运行的灵活性与稳定性，为高比例新能源的安全高效消纳提供了有力支撑^[4]。

4 结语

双碳目标下，电力新能源实现高质量发展是一场系统性变革。冀北清洁能源基地的实践验证了新能源大规模开发利用的可行性，彰显了技术创新与机制创新双轮驱动的核心价值。未来，电力新能源发展仍需持续突破技术瓶颈，深化市场机制改革，强化多产业协同联动。具体而言，要进一步完善跨区域电力调配体系，推动构网型技术与储能技术深度融合；健全绿电价值转化机制，培育更多元化的协同生态模式。唯有如此，才能加速构建以可再生能源为核心的新型电力系统，为我国能源安全、生态保护以及经济高质量发展提供坚实支撑，稳步迈向“双碳”目标引领下的绿色发展新征程。

参考文献

- [1] 杨望笑,李倩. “双碳”目标背景下电力企业新能源经济发展策略分析[J]. 现代工业经济和信息化, 2024, 14(10): 240-242.
- [2] 澎湃新闻. “十四五”国网冀北电力发展成效:为全国能源转型提供“冀北经验”[EB/OL]. (2025-12-06)[2025-12-26]. https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_32118562
- [3] 王德卿. 推动新能源发电高质量发展:成效、问题与对策建议[J]. 价格理论与实践, 2024, (03): 44-49.
- [4] 郭俊华. “双碳”目标下能源产业高质量发展的云南实践[J]. 新经济导刊, 2025, (Z1): 30-37.