

Several suggestions on the construction of a new energy system in Shandong Province during the 15th Five Year Plan period

Qing Wang Yueyang Yu Zunyi Ren Yufeng Tang Haosen Gao

Shandong Engineering Consulting Institute, Jinan, Shandong, 250013, China

Abstract

This article takes the “dual carbon” goal as a strategic guide, based on the actual requirements of building a new energy system in Shandong Province during the “15th Five Year Plan” period, combined with its development foundation and industrial characteristics as an economic and energy consuming province, systematically sorts out the actual situation of new energy development, energy storage construction, power grid upgrading and other fields, pointing out the core problems of high energy security supply pressure, heavy structural transformation tasks, insufficient regulation resources, and obvious technological bottlenecks, and then puts forward targeted suggestions. The research aims to provide practical reference for Shandong Province to build a clean, low-carbon, safe and efficient new energy system, and help it achieve its carbon peak goal before 2030 and the construction of a green, low-carbon and high-quality development pilot zone as scheduled.

Keywords

new energy system, energy structure transformation, new energy consumption, electricity market mechanism, “15th Five Year Plan”

关于山东省“十五五”新型能源体系构建的几点建议

王清 于跃洋 任遵义 唐玉峰 高浩森

山东省工程咨询院, 中国·山东 济南 250013

摘要

本文将“双碳”目标作为战略指引,立足山东省“十五五”阶段新型能源体系搭建的实际要求,结合其作为经济大省与能源消费大省的发展根基与产业特色,系统梳理了新能源开发、储能建设、电网升级等领域的实际现状,指明了能源安全供应压力大、结构转型任务重、调节资源不足、技术瓶颈明显等核心难题,进而提出有针对性的建议,研究旨在为山东省构建清洁低碳、安全高效的新型能源体系提供实践参考,助力其如期实现2030年前碳达峰目标及绿色低碳高质量发展先行区建设。

关键词

新型能源体系、能源结构转型、新能源消纳、电力市场机制、“十五五”规划

1 引言

能源体系绿色低碳转型是实现“双碳”目标的核心路径,亦是区域经济高质量发展的重要支撑。山东省能源消费总量长期居全国前列,虽煤炭消费占比显著下降,但仍高于全国平均水平,产业结构重型化与能源结构高煤耗的矛盾仍较突出。在“双碳”目标与“十四五”能耗“双控”背景下,山东需同步推进经济发展、民生改善与绿色低碳转型,构建新型能源体系成为必然。

近年来,山东落实“四个革命、一个合作”能源安全新战略,新能源产业增速强劲,新能源装机年均增长25%,

截至2025年6月,新能源和可再生能源发电装机超1.25亿千瓦,其中光伏发电装机9118.4万千瓦,持续居全国首位,为新型能源体系建设奠定基础。

“十五五”(2026—2030年)是山东推进绿色低碳高质量发展先行区的关键阶段,新型能源体系需实现三大转变:从“化石能源占大头”转向“非化石能源为主体”、从“单一能源供给”转向“多能互补”、从“传统电力系统”过渡到“源网荷储一体化新型电力系统”。本文结合山东新能源产业基础与资源禀赋,针对关键问题提出策略建议,为绿色低碳高质量发展提供支撑。

2 山东省新型能源体系建设现状

2.1 新能源的规模化开发成效显著

山东省新能源开发呈现出全域统筹、海陆协同推进的

【作者简介】王清(1969—),男,中国山东潍坊人,博士,正高级工程师,从事环境工程研究。

显著特征。截至2025年6月，全省新能源与可再生能源发电装机容量已突破1.25亿千瓦，跃居省内第一大电源类型。在风电方面，陆上与海上开发协调并进，累计装机容量超过2700万千瓦，其中海上风电建成规模逾540万千瓦，渤中、半岛南等海域的规模化开发取得显著成效。光伏开发坚持集中式与分布式协同推进，集中式项目主要布局于鲁北盐碱滩涂地和鲁西南采煤沉陷区，已建成千万千瓦级风光储输一体化基地；分布式光伏累计装机容量达5929.1万千瓦，现已形成以“自发自用、余电上网”为主导的成熟应用模式。

2.2 储能及电网调节能力持续增强

山东省已建成“五交三直一环网”特高压主网架结构，跨省区受电能力提高至3500万千瓦以上，实现全省县域220千伏变电站全覆盖，并持续保持电网N-1通过率100%，为高比例新能源接入与消纳提供了坚实的电网基础。目前，全省新型储能装机容量已达960万千瓦，其中电网侧电化学储能占据主导，比例约达80%，储能技术路线呈现多元发展态势，电化学储能、压缩空气储能等示范项目陆续投入运行。抽水蓄能方面，在运装机容量已突破400万千瓦，潍坊、泰安二期等一批重点项目正加紧建设。

3 当前存在的主要问题

3.1 能源安全保障压力突出

2024年，山东省火力发电量为5056.87亿千瓦时，占全省总发电量的83.5%。同期，江苏、浙江和广东省的火力发电占比分别为80.5%、73.1%和70.7%。相比而言，山东省能源结构仍高度依赖煤炭，结构性矛盾使能源转型面临严峻挑战。在油气供应方面，山东省对外依存度长期超过70%，受地缘政治复杂性影响，进口渠道多元化与战略储备设施建设亟待推进。与此同时，部分运行超过20年的输配电设备老化严重，输送容量接近设计极限；农村配电网存在供电半径过大、线损率高于国家标准等问题，严重影响供电可靠性。

3.2 结构转型深层矛盾凸显

2024年，山东省工业增加值占GDP比重超过30%，其中钢铁、化工、建材等高耗能行业能耗占比超过70%，传统产业技术改造面临投资规模大、周期长、回报慢的现实困境。同时，随着新能源装机规模迅速扩大，内部结构不均衡问题日益突出。2024年，风电与光伏装机占非化石能源总装机容量超过85%，而核电、生物质能、地热能等可提供稳定基荷的电源占比不足15%。核电发展受技术路线选择、厂址资源匮乏及公众接受度等因素制约，导致2025年规划核电装机目标完成率低于60%；生物质能发电因原料收集半径过大导致成本显著上升，制约其规模化发展。

3.3 调节消纳协同矛盾加剧

山东省新能源装机容量占比已超过51%，但煤电仍主导基荷电源结构，其灵活性改造进展缓慢，新能源发电的间

歇性与波动性对电网调峰能力造成显著压力。储能设施建设滞后进一步加剧系统调节与电力平衡难度。抽水蓄能装机容量增长有限，且空间布局多集中于泰安、潍坊等东部地区，与鲁西南大规模光伏基地之间存在区域不匹配问题。新型储能虽发展迅速，但仍面临成本偏高、运行寿命有限等技术瓶颈。此外，储能参与电力市场的机制尚不完善，独立储能电站主要依赖容量租赁模式获得收益，市场化交易电量占比不足三分之一，制约其调节能力的有效发挥。

3.4 核心技术瓶颈制约创新

山东省新能源产业在“十四五”期间保持高速增长态势，但产业升级仍面临深层技术约束：海上风电领域虽实现机组大型化突破，但主轴轴承、变流器等核心部件仍依赖进口，国产化率较低，推高了设备购置成本，影响产业经济性。光伏制造产业链虽相对完整，但在电池量产效率、燃料电池电堆及质子交换膜等关键技术方面仍落后于国际先进水平，制约产业由规模扩张向质量提升转变。此外，龙头企业与本地零部件企业之间协同创新机制不健全，核心部件技术迭代速度滞后于整机发展需求，加剧产业结构性风险与对外技术依赖。

3.5 区域能源协同机制薄弱

区域能源协同机制存在结构性缺陷，成为制约山东省新能源高质量发展的关键因素。能源生产与消费呈现显著空间错配：东部沿海的青岛、威海、烟台等市集中了全省约70%的海上风电和65%的核电装机，但其电力消费仅占全省38%，清洁电力面临消纳与外送双重压力；鲁西南的济宁、菏泽、枣庄等地区光伏资源丰富，工业负荷密度为东部沿海的1.8倍，导致“弃光限电”与外来电力调入并存的结构性矛盾突出，光伏大发时段甚至频繁出现负电价现象。输送机制不畅进一步加剧供需失衡，省内“东电西送”通道因电价信号缺失和市场激励不足，实际利用率仅为设计容量的60%，未能有效实现电网资源优化配置。此外，山东在跨区域绿电交易、氢能运输等新兴市场机制建设方面仍处于探索阶段，统一的技术标准与交易规则尚未建立；各地市在项目审批、土地供应和财税政策方面存在差异，导致区域产业协同不足、地方标准与国家规范衔接不畅，阻碍了规模化、一体化新能源系统的构建。

4 “十五五”新型能源体系构建的建议

4.1 多维度筑牢能源安全体系

为缓解能源对外依存度高的结构性矛盾，需构建多元立体的能源安全保障体系。首要提升跨省区清洁电力输送能力，高质量推进“陇电入鲁”等特高压通道建设，协同甘肃、宁夏等送端省区规划千万千瓦级风光储一体化基地，形成“风光火储”协同的外电供应格局；完善化石能源保障机制，推动鲁西煤矿智能化改造，应用“5G+智慧矿山”技术，稳定煤炭年产量超8500万吨；加快青岛港董家口港

区、烟台港西港区 LNG 接收站扩建及配套外输管道建设,构建“双港引领、多港互补”的 LNG 储运体系。

同时健全多层次应急储备体系,按“竣工一批、开工一批、储备一批”原则推进泰安二期、潍坊等抽水蓄能电站建设,2030年装机目标达1200万千瓦;在济南、青岛等负荷中心布局500万千瓦新型储能调峰电站,推广全钒液流电池、压缩空气储能等长时储能技术,确保极端天气下电力系统可持续供电超72小时。

4.2 系统性推进能源结构转型

能源结构转型需统筹产业调整与机制创新。一方面,引导煤电转型,推动现役机组实施节能降碳、供热、灵活性“三改联动”,2030年前将煤电装机占比控制在40%以内;建立煤电调峰补偿机制,推动其向系统调节电源转型,实现超10%的深度调峰能力,支撑高比例新能源消纳。

另一方面,加快重点领域能源替代:钢铁行业推广绿电制氢耦合冶炼技术,建设日照、莱芜氢能冶金示范项目;交通领域打造济青高速“氢能走廊”,完善加氢基础设施,推广氢能重卡,构建“制储输用”一体化模式。

制度层面,建立能源消费双控动态调整机制,将非化石能源消费占比纳入地方政府绩效考核,实施差异化评价标准;完善可再生能源电力消纳责任权重制度,确保2030年非化石能源消费比重超20%、可再生能源发电量占比提升至35%。

4.3 全方位提升调节消纳效能

提升新能源消纳能力需构建多能互补生态系统。推动新型储能规模化发展,实施“新能源+储能”强制配置政策,要求集中式风光项目按不低于15%容量配套储能,且长时储能占比超30%,2030年新型储能装机目标达1500万千瓦。

同步提升电力系统调度能力:建设省级源网荷储协同控制平台,集成高精度风电、光伏功率预测系统;开发工业可调负荷、虚拟电厂等柔性资源,平抑新能源出力波动;参与华北区域辅助服务市场,实现调峰资源互济。

优化配电网结构,推广智能变电站、柔性直流等技术,扩展分布式新能源接入能力,确保风电、光伏年利用率稳定超95%;在偏远地区建设“风光储氢”一体化微电网,实现能源自给。

4.4 集群化突破核心技术瓶颈

技术创新是培育高端能源产业集群、构建“四群一带”产业格局的核心。在烟台、威海布局核电装备产业园,突破三代核电主泵、数字化仪控系统关键部件技术,形成研发-制造-运维全产业链;在沿黄地区建设风电装备制造基地,研发18兆瓦及以上海上风机及漂浮式基础结构,2030年风

电装备产业产值目标突破2000亿元。

强化科技创新平台支撑,依托山东能源研究院建设氢能技术创新中心,攻关质子交换膜电解槽、固态储氢材料等技术,降低绿氢制备成本。

推进产业融合与示范项目建设:在丁字湾布局“风光氢氨醇”一体化项目,拓展绿色化工产业链;在东营、滨州推动“海上风电+海水制氢”示范,探索深远海综合能源开发;在淄博、枣庄实施“退役煤矿+压缩空气储能”工程,促进资源循环利用。

4.5 深层次激发市场机制活力

体制机制改革是能源转型的重要保障。完善电力市场体系,构建“中长期合约+现货市场”协同机制,扩大跨省区电力交易规模;允许储能、虚拟电厂等新型主体参与辅助服务交易,实施分时电价与尖峰电价,引导用户削峰填谷,形成可持续收益模式。

健全能源全周期监管机制:建设新能源项目全生命周期数字化管理平台,优化“一站式”审批,缩短风光储一体化项目核准周期;制定电化学储能安全技术标准与消防规范,构建安全监测预警体系;推进能源数据治理,建设省级能源大数据中心,为决策提供支撑。

5 结语

山东“十五五”新型能源体系构建需以“安全、低碳、高效”为核心,针对能源安全压力、结构转型矛盾、调节消纳不足、技术瓶颈、区域协同薄弱等问题,通过多维度安全保障、系统性结构转型、全方位调节提升、集群化技术突破及市场机制完善,打造全国可复制推广的“山东样板”。未来需加强与京津冀、长三角的能源协同,深化跨省跨区电力互济、风光资源互补;完善政策体系,健全新能源电价机制,优化产业发展环境,确保2030年新能源装机达2亿千瓦、非化石能源消费占比达20%的目标如期实现。

参考文献

1. 山东省能源局.山东省能源绿色低碳高质量发展三年行动计划(2023—2025年)[Z].2023.
2. 中国电力企业联合会.中国能源电力发展报告(2025)[R].北京:中国电力出版社,2025.
3. 熊福军,黄升华.新形势下储能技术在光伏和风力发电系统中的应用[J].光源与照明,2025(1):150-152
4. 构建新型能源体系需秉持八个原则.刘光林.中国电力报,2024-10-23
5. 新型能源体系加快构建,王轶辰.经济日报,2024-12-18
6. 推动新型能源体系建设 加快发展新质生产力.邱燕超.中国电力报,2024-03-10