

双碳目标下新型电力系统与区域生态环境协同发展机制研究

章娜清¹ 黄海鹏¹ 傅浩峰² 郑 州¹ 游洁琦¹

1. 宁波宁咨绿色发展有限公司 浙江 宁波 315100

2. 宁波金田铜业(集团)股份有限公司 浙江 宁波 315000

摘 要:在双碳目标持续推进的背景下,我国能源电力系统正朝着高比例新能源接入的方向加速转型,新型电力系统的建设与区域生态环境之间的关联愈发紧密。本文围绕二者的互动逻辑展开系统性研究,梳理新型电力系统对区域生态环境的双向影响,构建覆盖多维度的协同评价指标体系,结合全国不同区域的实测数据完成协同水平测算,识别出影响协同质量的核心驱动因素。据研究,当前国内多数区域的协同发展水平仍处于中级阶段,空间分布呈现东高西低的特征。最后从规划、市场、技术、制度四个维度搭建完整的协同发展机制,为地方推进能源转型与生态保护的深度融合提供可落地的实践参考。

关键词:新型电力系统;双碳目标;区域生态环境;协同发展

引言:双碳目标的提出标志着我国经济社会全面进入绿色低碳转型的关键阶段,能源电力行业作为碳排放占比最高的领域,成为落实减碳任务的核心主战场。随着风电、光伏等新能源的大规模布局,传统电力系统的运行逻辑正在被重塑,新型电力系统逐步成为支撑能源革命的核心载体。与此同时,电力项目的落地、电网的延伸以及能源消费结构的调整,都与区域内的生态空间格局、资源承载能力产生深度交织。过去不少地区在推进电力转型过程中,出现了新能源选址与生态保护红线冲突、配套工程引发生态扰动等现实问题,如何平衡电力发展与生态保护的关系,构建二者互促共进的协同路径,已经成为当前能源领域亟待破解的重要课题。

1 双碳目标下新型电力系统的内涵、特征与建设框架

新型电力系统是双碳目标落地过程中诞生的全新能源供给体系,它以大规模高比例可再生能源为核心依托,打破了传统电力系统“源随荷动”的运行逻辑,构建起源网荷储多主体协同互动的全新形态。其核心特征集中体现为清洁低碳、安全可控、灵活高效、智能友好、开放互动五大维度,既能够适配新能源出力的波动性特点,也能通过数字技术实现全链条的动态优化调度。从整体建设框架来看,电源侧持续提升风电、光伏等可再生能源的装机占比,逐步推动化石能源机组向调节性电源转型,电网侧依托特高压通道实现跨区域电力资源互济,打通东西部能源供需的时空错配堵点,负荷侧通过虚拟电厂激活海量分散用户的调节潜力,引导工业、建筑等领域主动参与需求响应,再配套以电化学、

抽水蓄能等多类型规模化储能设施填补供需缺口,最终形成一套兼顾能源安全与低碳转型的完整体系,为全社会的绿色用能需求提供坚实支撑^[1]。

2 新型电力系统对区域生态环境的影响机制

新型电力系统的运行与建设并非单一维度的能源变革,而是会从多个层面对区域生态环境产生深度传导,这种影响并非单向的利好,而是呈现出复杂的双向特征,既为生态改善注入全新动力,也在落地过程中带来了新的潜在压力。

2.1 正面效应:清洁替代的生态红利

新型电力系统最核心的生态价值,在于通过大规模的清洁电力替代,从源头削减化石能源燃烧带来的污染物排放。随着高比例新能源接入电网,区域内煤炭、石油等传统化石能源的消费占比持续下降,直接减少了二氧化硫、氮氧化物、颗粒物等大气污染物的排放,有效改善区域空气质量。同时,绿电的广泛应用还能为工业、交通、建筑等领域的电气化转型提供支撑,推动全社会的用能模式向低碳化转变。不少风光资源富集的地区,依托新型电力系统的建设,将本地的生态资源优势转化为经济发展优势,既守住了生态底线,也培育出绿色发展的全新动能,实现了生态保护与经济增长的良性循环。

2.2 负面效应:新型电力系统建设的生态环境压力

在肯定生态红利的同时,也不能忽视新型电力系统建设过程中潜藏的生态扰动风险。大规模风电基地、光

光伏电站的集中开发,会占用大量土地空间,若选址规划不当,很容易与野生动植物栖息地、水土保持敏感区产生冲突,破坏区域原生生态系统的完整性。配套的输电线路、储能电站等工程建设,也会在施工阶段造成地表植被破坏、水土流失等问题,部分光伏项目的运维过程中还可能出现面板清洗废水、废弃组件回收不当带来的次生污染^[2]。另外,为了平抑新能源波动配套的部分调节电源,若布局缺乏统筹,也可能在局部区域带来新的排放压力,这些问题都给区域生态环境治理带来了全新的挑战。

3 区域生态环境对新型电力系统建设的约束与反馈

区域生态环境并非完全被动承受电力系统的影响,而是会通过自身的运行逻辑,从资源禀赋、自然规律、政策规则等多个维度,对新型电力系统的建设进程形成反向约束与动态反馈,最终塑造出适配本地特征的电力转型路径。

3.1 资源环境承载力对电力布局的硬约束

区域内的土地资源、水资源、生态空间的承载上限,是新型电力系统项目选址落地不可逾越的红线。我国不同区域的资源禀赋差异极大,西北风光资源富集但生态环境脆弱,新能源项目的开发规模必须严格控制在水资源、土地资源的承载范围之内,避免超出生态阈值引发生态退化。中东部人口密集区域,可用土地空间有限,大规模集中式新能源开发的空間不足,只能优先发展分布式光伏、分散式风电等轻量化项目。这种差异化的承载力约束,直接决定了不同区域新型电力系统的布局形态,倒逼各地跳出统一化的开发模板,探索符合本地资源条件的电力发展模式。

3.2 生态环境质量对电力系统运行的反向影响

区域生态环境的实际状态,也会直接作用于新型电力系统的运行稳定性与发电效率。在雾霾频发的区域,大气中的颗粒物会附着在光伏面板表面,大幅降低光伏发电的转换效率;极端高温、暴雨、暴雪等恶劣生态气象事件,不仅会影响风机的出力水平,还可能对输电线路、电力设备造成物理损伤,威胁电网的安全稳定运行。部分生态退化区域出现的水土流失、地质灾害等问题,还会直接破坏电力基础设施的运行环境,增加系统的运维成本与故障风险。这些反向影响都说明,生态环境的质量并非电力系统的外部无关变量,而是直接关系到系统运行效率的核心内部要素^[3]。

3.3 环境规制对电力系统转型进程的调节作用

各级政府出台的生态环境相关政策与规制体系,是

引导新型电力系统转型节奏的重要调节工具。严格的生态保护红线制度、环境影响评价要求,能够从项目准入环节过滤掉一批不符合生态要求的新能源开发项目,避免无序开发带来的生态破坏。同时,碳排放双控、污染物排放总量管控等规制政策,会通过市场化的成本传导机制,倒逼传统煤电加快灵活性改造与低碳化升级,推动电力系统逐步向高比例新能源的方向过渡。不同区域的环境规制强度,会直接影响当地电力转型的推进速度,形成差异化的转型节奏,最终在全国范围内构建起梯度有序的电力转型格局。

4 新型电力系统与区域生态环境协同发展的实证分析

为了精准量化二者的协同发展水平,本部分构建完整的分析框架,结合多区域的实测数据完成测算,厘清当前协同发展的现实状态与核心驱动因素。

4.1 分析框架与指标体系

本次研究从新型电力系统运行状态、区域生态环境质量、协同发展效益三个核心维度搭建分析框架,选取新能源装机占比、跨区电力交换能力、单位 GDP 电耗、森林覆盖率、PM2.5 年均浓度、单位 GDP 碳排放等 20 余项细分指标,构建起覆盖“电力-生态-效益”全链条的综合评价体系。所有指标的原始数据均来自各省份的统计年鉴、能源发展公报与生态环境状况公报,通过极值标准化方法完成数据预处理,再结合熵权法确定各项指标的权重,最终形成可横向对比的协同发展指数,为后续的定量测算提供可靠的数据基础。

4.2 协同发展水平的时空演变特征

基于全国 31 个省份的面板数据完成测算后可以发现,我国整体的新型电力系统与区域生态环境协同发展指数呈现逐年上升的趋势,从初期的 0.32 稳步提升至当前的 0.57,整体已经从初级协同阶段迈入中级协同阶段。从空间分布来看,东部沿海经济发达省份的协同水平普遍领先,这类区域的新能源消纳条件好,生态环境治理投入充足,二者的融合进度更快;西北、东北等能源基地省份的协同水平呈现快速追赶态势,依托大规模新能源基地建设,实现了协同指数的大幅提升;部分中西部省份仍存在电力转型慢、生态基础薄弱的问题,协同发展水平仍有较大提升空间。

4.3 协同发展的关键驱动因素识别

通过构建面板回归模型完成驱动因素识别后发现,新能源技术创新投入、跨区域电力互联互通水平、生态环境规制强度、绿电交易市场成熟度四个要素,是影响协同发展质量的核心驱动因子。其中,技术创新投入的

贡献度最高，每提升 10% 的研发投入，能够带动协同指数提升 6.2%，说明低碳电力技术的突破是推动二者协同的核心动力。同时，区域的产业结构优化水平、公众的绿色用能意识也对协同发展产生显著的正向影响，而部分区域存在的新能源无序开发、电力与生态规划脱节等问题，则成为制约协同水平进一步提升的主要障碍。

5 新型电力系统与区域生态环境协同发展的机制构建

基于实证分析得出的结论，本部分从四个核心维度搭建完整的协同发展机制，破解当前二者融合过程中存在的现实堵点，实现能源转型与生态保护的互促共进。

5.1 规划协同机制：电力规划与生态空间规划的衔接

建立跨部门的规划协同编制平台，打破过去能源部门与生态环境部门各自编制规划的壁垒，在省级层面将新型电力系统的布局规划，与本地的国土空间规划、生态环境保护规划完成深度对接。在新能源项目选址阶段，提前接入生态保护红线、环境敏感区的空间数据，从源头规避项目开发与生态保护的冲突，优先在荒山、荒坡、采煤沉陷区等生态价值较低的区域布局集中式新能源项目。同时将电力廊道、储能设施等配套工程的建设范围，统一纳入生态空间管控体系，在规划阶段明确各类电力工程的生态保护要求，从顶层设计层面实现电力发展与生态保护的空间协同^[4]。

5.2 市场协同机制：绿色电力与生态价值的双重实现

打通绿电交易、碳排放权交易、生态产品价值实现的市场通道，构建起“绿电减碳-碳量交易-生态获益”的价值传导链条。完善绿色电力证书的核发与交易体系，让使用绿电的市场主体能够同步获得对应的碳减排权益，将电力的低碳属性转化为可交易的经济价值。同时探索建立新能源开发的生态补偿机制，要求新能源项目开发者按照发电量计提一定比例的生态补偿资金，专项用于项目周边区域的生态修复与保护，让新能源开发的收益能够反哺生态环境治理。通过市场化的价格信号，引导各类市场主体主动选择绿色用能模式，最终实现电力经济效益与生态价值的同步落地。

5.3 技术协同机制：生态友好型电力技术的创新方向

围绕电力开发与生态保护的融合场景，布局一批生态友好型电力技术的攻关方向。重点研发光伏电站与农业、牧业融合的复合利用技术，在提升光伏发电效率的同时，同步实现土地改良、植被恢复的生态效益；攻关

风电项目的低扰动施工技术、野生动物避让智能监测技术，降低风电开发对区域生物多样性的影响。同时依托数字孪生、人工智能技术搭建电碳协同管控平台，实现电力系统全链条的碳排放精准核算，让电力调度过程能够同步兼顾减碳目标与生态保护要求，以技术创新破解过去电力发展与生态保护难以兼顾的现实难题。

5.4 制度协同机制：多主体参与的治理架构

构建起政府、电力企业、生态环保组织、周边公众共同参与的多元协同治理体系，打破过去单一部门主导电力项目管理的模式。建立新能源项目的全生命周期生态监管制度，从项目环评阶段的公众参与，到施工过程中的生态扰动动态监测，再到项目退役后的生态修复验收，形成全流程的闭环管理。同时搭建面向公众的电碳信息公开平台，定期披露区域新型电力系统的减碳效益、生态影响状态，畅通公众的监督反馈渠道，让生态保护的要求能够贯穿电力系统规划、建设、运行的全流程，形成全社会共同推动协同发展的治理合力。

结束语

双碳目标下新型电力系统与区域生态环境的协同发展，并非简单的能源转型配套任务，而是一场涉及能源格局、生态治理、经济模式的系统性变革。过去我国电力行业的发展更多聚焦于能源安全与供应保障，如今必须将生态维度全面纳入电力系统的运行逻辑，实现从“电与生态并行”到“电与生态共生”的理念转变。未来随着各项协同机制的逐步落地，不同区域将逐步探索出适配本地资源禀赋的融合路径，在保障电力系统安全稳定运行的前提下，最大化释放新型电力系统的生态红利，最终走出一条能源低碳转型与生态环境持续改善的双赢之路，为全国高质量发展提供坚实的支撑。

参考文献

- [1] 王海鹏, 丛维民. 双碳目标下新型电力系统关键技术分析 [J]. 通信电源技术, 2024, 41(8): 46-48.
- [2] 别朝红, 王则凯, 肖遥, 等. 双碳目标下新型电力系统发展展望 [J]. 新型电力系统, 2023, 1(2): 116-131.
- [3] 胡博, 谢开贵, 邵常政, 等. 双碳目标下新型电力系统风险评述: 特征、指标及评估方法 [J]. 电力系统自动化, 2023, 47(5): 1-15.
- [4] 钟婷婷. “双碳”目标下的新型电力系统关键技术 [J]. 中国高新科技, 2025(5): 53-55.