

可再生能源开发利用中的生态环境保护问题研究

葛怀鹏 徐忠友 宁志平

华能威海发电有限责任公司, 山东 威海 264200

[摘要]随着全球能源结构的绿色转型, 可再生能源开发在减碳方面有着不可替代的功效, 但是在资源开发、运营建设过程中呈现出的生态负效应越来越突出。文中将从风电、光伏、水电等可再生能源的开发利用进行分析, 将其与环境生态保护问题联动, 重点探讨项目选址, 对生物多样性、土地用地以及植被退化等方面, 关注水土流失以及电网接入导致的景观破碎化问题。文中将分析单一开发模式所忽视的生态承载力和系统恢复力。为防止局部生态服务功能下降, 提出“生态优先、全周期监管”的应对思路, 将环境承载力前置, 在项目的规划阶段, 则重点解决方案 (NbS), 通过构建景观生态廊道、推行光伏复合利用及数字化生态补偿机制, 实现能源开发与生态修复的有机耦合。最终文章中研究可再生能源与生态安全保护的合理路径, 为推动我国能源电力工业与生态文明建设协调高质量发展提供理论依据。

[关键词]可再生能源开发; 生态环境保护; 生态平衡; 生态修复

DOI: 10.33142/nsr.v3i1.19385

中图分类号: F426

文献标识码: A

Research on Ecological Environment Protection Issues in the Development and Utilization of Renewable Energy

GE HuaiPeng, XU Zhongyou, NING Zhiping

Huaneng Weihai Power Generation Co., Ltd., Weihai, Shandong, 264200, China

Abstract: With the green transformation of the global energy structure, the development of renewable energy has an irreplaceable effect in reducing carbon emissions. However, the ecological negative effects in resource development, operation and construction are becoming increasingly prominent. The article will analyze the development and utilization of renewable energy sources such as wind power, photovoltaics, and hydropower, and link them with environmental and ecological protection issues. The focus will be on project site selection, biodiversity, land use, and vegetation degradation. Attention will be paid to soil erosion and landscape fragmentation caused by grid access. The article will analyze the ecological carrying capacity and system resilience overlooked by a single development model. To prevent the decline of local ecological service functions, a response strategy of "ecological priority and full cycle supervision" is proposed, which prioritizes environmental carrying capacity. In the planning stage of the project, the key solution (NbS) is to construct landscape ecological corridors, promote photovoltaic composite utilization and digital ecological compensation mechanisms, and achieve the organic coupling of energy development and ecological restoration. The final article will study the reasonable path of renewable energy and ecological security protection, providing theoretical basis for promoting the coordinated and high-quality development of Chinese energy and power industry and ecological civilization construction.

Keywords: renewable energy development; ecological environment protection; ecological equilibrium; ecological restoration

引言

从当下的全球角度考虑, 一方面气候变暖带来诸多压力, 另一方面, “双碳”目标当加速实现, 为了解决好这些问题, 大力发展风能、太阳能等再生资源已经成为新型能源体系的重要结构, 也是必然选择^[1]。然而随着能源项目的扩张, 山区、荒漠等生态脆弱区域的能源与自然保护问题更加棘手, 在能源转型和生态保护之间搭建桥梁,

优化策略是必然之举。当前大规模设备的安装以及复杂的输电工程, 以及长达数年的运营周期, 这些都会使得土地利用结构遭到改变, 同时还会对局部的生物栖息地、水环境、生态环境造成高层次的困扰^[2]。故而我们必须在保障能源供应的同时遏制过度开发、过度破坏。由此可见, 破解“绿色能源”带来的“生态代价”难题, 已成为当前我国生态文明建设中必须正视的重大战略课题。

1 可再生能源开发的生态风险现状

1.1 土地占用

在可再生能源大规模开发的过程中,土地利用方式已经发生了巨大改变,而这也是引发生态风险的源头。从实际情况来看,随着光伏电站、风电站,从平原区域向荒漠、戈壁山地等地区的延伸跟转移,这些都会使得原生态的植被遭受大面积的破坏,同时地表表层也会受到扰动^[3]。以光伏电站为例,在长期的板下遮阴、清洗作业后,则会对局部微气候条件造成影响,也会导致土壤水分蒸发下降,地表径流模式的改变。在长期的运行过程中会加剧土地荒漠化,还会导致生物结皮退化。这种“空间排他性”开发模式不仅挤压了自然生态系统的生产空间,也会导致本就容易破碎的生态环境,难以有较强的自我保护能力和自我修复能力^[4]。在相对脆弱的生态屏障环境面前,气候的变化无疑是沉重的一击,对生态的破坏也是短期难以复原的。

1.2 生物干扰

生物多样性受损也是当前可再生能源开发过程中的显著问题,并具有持久的干扰性。例如在风电机组的叶片旋转过程中,会对飞禽以及猛禽造成严重的威胁,使其发生碰撞^[5]。而且在风机运行的过程中会产生电磁辐射和低频噪音,这些问题应当得到重视。改变动物听觉感知和生境利用模式,会导致该区域的物种丰富度和种群数量同步下降。此外,光伏阵列的广泛覆盖,也会对地表生物造成物理隔绝,阻断了野生动物日常的迁徙,也破坏了在特定区域内的基因交流,甚至会导致部分种群会由于栖息地的丧失而陷入孤岛化的泥潭中。这种由基础设施带来的“类永久性”干扰,已经超过了局部植被自我恢复的范畴,而且会对区域生态结构的稳定性造成不可逆的负面影响,使其功能多样性逐步丧失^[6]。

1.3 水土流失

户流失是一项老生常谈的问题,特别是在工程建设以及运营维护期间,它的危害容易被隐藏。在丘陵山地建设风电场时会由于修建交通运输道路,开挖山体以及修葺弃渣场,造成地表植被的裸露,同时,由于该区域地形坡度大,容易将水集中汇聚,这就会导致降雨期出现严重的水土流失,还会增加滑坡隐患。同时,在干旱和干旱地区建造大型的光伏发电基地,在前期,若是缺乏科学的土地改良和植被覆盖,也会导致表土在强风的作用下被风力侵蚀,导致表层土壤流失,甚至出现养分的贫瘠化。当水土资源流失后也会加剧施工地区的生态问题,生产的泥沙会随着雨水进入周边区域,也会对下游的水质,特别是湿地生态系统造成二次污染,形成从山体到流域的复合型生态

冲击,对区域生态环境的可持续管理提出了严峻挑战。

2 生态保护的瓶颈与制约因素

2.1 顶层规划与生态红线衔接不足

当前能源开发规划往往以“能源保供”为核心逻辑,优先考虑资源禀赋与消纳能力,然而很多时期,生态保护红线、自然保护区域的边界以及生物多样性廊道的空间避让往往具有滞后性,这些问题在尚未解决的时候,已经完成了选址决策。能源规划与国土空间规划之间存在着明显的信息不对称以及响应滞后,这就会导致不少项目在建设初期就触碰了生态底线,出现了先开发后修复的被动局面^[7],故而,难以从源头上实现生态安全空间与能源发展空间的最优匹配。

2.2 生态评价标准与全生命周期监管缺失

现行的环境影响评价机制在针对可再生能源的特殊性上存在短板。一方面,环境评价指标更多地关注施工期的污染防治,这对于运营期 20 年的累积性生态影响,缺乏细致的评估^[8]。另一方面针对光伏、风电等新能源设备的生态补偿技术尚未完善,缺乏有力的约束和量化的补偿。这就会导致生态修复流于形式,并未得到闭环监管与考核。

2.3 生态协同技术研发滞后与补偿机制单一

目前,能源开发企业在提升生态友好型技术研发方面的投入仍然较为欠缺。注重研发效率,忽视生态已经成为行业的惯性。同时在现有的生态补偿机制上看,主要依赖于行政性资金的投入,且缺乏市场化的生态权益交易制度,这就会导致生态恢复成本较高。导致很多企业在后期生态修复过程中面临资金缺口这一直观问题,同时也缺乏技术指导,这就会导致恢复目标难以实现,并难以构建可持续发展的行业生态圈。

3 生态友好型开发策略

3.1 基于生态敏感度分级的空间布局优化

落实 NbS 的核心在于“避让优先”。在开发前期应当建立高精度的区域生态评估体系,通过遥感监控以及大数据分析,明确物种分布情况,识别生物多样性。同时还应当对重要湿地区域性动物的迁徙廊道进行避让,将其划定为“禁建区”或“限制区”^[9]。通过对空间叠图的分析,需要将能源项目放置在生态稳定性较强的戈壁区域,或者废弃的工业用地,以及已经严重受损的矿山修复区,这样能够减少对原生自然系统的物理破坏及功能切割,从而确保能源布局与自然生态空间的和谐共生。

3.2 融合生态功能修复的工程设计方案

NbS 倡导利用生态系统自身的能力来解决环境压力。

在工程设计过程中,应当推行生态友好型基础设施的建立,如在风电场的设计过程中,可以采用低扰动建设技术,尽可能保护地表植被的完整性。在光伏阵列布置过程中,也可以结合“光伏+”模式,通过科学的板间距设计及阵列高度设计,保留地表植被的生长空间,同时还可以利用光伏板的遮阴效应来改善干旱地区的微气候^[10]。这对促进退化草原的自然恢复有帮助。此外,配套建设人工通道和生物通道能够将人工结构与生态景观相嵌入相结合,这也能弱化工业施工对野生动植物行为的阻挡。

3.3 全生命周期的动态生态监测与适应性管理

基于 NbS 的策略需具备动态适应性。项目开发不应止于建设,而应建立“监测-反馈-优化”的闭环机制。通过部署环境监测传感器,能够感知光伏区域风机周边的土壤水分变化以及生物多样性变化。同时,若在监测过程中已经发现了负面的生态反馈,也应当启动应急管理机制,调整植被被覆盖的品种以及优化风机运行的时间,应当注意避开候鸟迁徙的高峰期^[11]。这种更加精细的且积极主动的管理模式,能够将开发过程中的不确定性进行优化和转化,为生态治理的调节提供了科学方案,也有助于提升能源基地的生态韧性,不失为有效方法。

4 数字化全周期监管与生态补偿机制: 构建智慧监测体系

构建数字化全周期监管体系是实现可再生能源生态治理精细化的核心支点。首先,应依托“空-天-地”一体化监测技术,要建立覆盖规划、建设运行退役全生命周期的数字平台,通过卫星遥感定向系统来扫描周边地表环境的变化。特别是在部署风机和光伏阵列之间可以利用互联网传感器网络抓取水土流失情况、土壤湿度以及鸟类活动迁徙路径等^[12],通过对这些数据的统一分析和综合讨论,结合 AI 算法的优势,对干扰强度进行识别和预警,这样能够将生态保护转化为可量化为具有可追溯的指标管理体系。同时,这一举措也能够降低人工核查的频率,有助于发挥数据管理的优势,突破反馈滞后的困境,为生态监管提供精准的决策支持。

4.1 数字化监管与生态资产量化

构建智慧监测体系的关键,在于将生态系统的服务功能转化为可视化的资产价值,在大模型数据评估之后,能够为项目的建设提供更多的参考^[13]。特别是在生物多样性损失以及生态系统服务价值变化上,这能为生态环境保护提供更科学的依据,也为生态补偿提供了更有利的方式。

4.2 市场化生态补偿与责任闭环

智慧监测不仅是监管工具,更是市场化补偿的“计费表”。利用区块链技术构建不可篡改的生态环境数据记录,能够将企业的生态影响及生态补偿义务挂钩起来。探索可量化的补偿模式,应当坚守“谁开发、谁修复,谁破坏、谁补偿”的量原则^[14],通过这一原则的设立,要鼓励企业在实现碳减排的过程中,通过投资生态修复项目获得生态积分。使企业被动的环境责任变为主动创造环境价值,最终构建起以数据驱动、责任闭环为特征的可持续监管与激励生态圈。

5 结论: 推动能源与生态协调发展的路径展望

5.1 构建“能源-生态”双赢的协同治理框架

展望未来,可再生能源的持续发展道路必须超越减排优先的逻辑,并且能够通过管理制度的优化,迈向能源转型与生态保护深度融合的“双赢”格局。该路径的核心在于在规划的伊始就确立生态优先的刚性原则。同时,将空间避让作为底线进行约束,要基于自然的解决方案调整开发建设等一系列工作。通过政府引导、市场驱动与技术支撑的有机结合,推动能源开发从粗放型向集约型转变。我们不仅要通过数字化监测手段,量化企业作业对生态影响的数据分析,还应当完善法律法规体系,明确企业的全生命周期责任。要明确能源保护建设不仅仅是碳中和的驱动力,也是生态修复系统的参与者。要实现能源安全、生态安全的功能与价值的高度统一。

5.2 创新生态价值实现机制的产业路径

推动能源与生态的协调发展,关键在于激发内生动力,将生态保护成本转化为产业价值收益。未来的重点路径应聚焦于两方面:一方面要深化生态产品价值实现机制,利用生物多样性等补偿市场化的手段,对企业的生态修复行为予以经济属性,使“绿水青山”的保护能够产生真实的经济回报,从根本上解决生态补偿资金不足或不到位的瓶颈。二是强化跨学科融合创新,要加速开发低干扰的新能源建设设施,加大环境融合的力度,同时可以通过“智慧能源+生态恢复”的创新驱动模式,重塑传统能源开发范式。

总的来说,持续的政策鼓励和技术的迭代,能够构建一套由数据驱动决策、机制保障落实,技术支撑效果的能源生态共同体,这为广袤的土地上绘制出一幅“能源基地、生态绿洲”和谐共生的未来画卷。

[参考文献]

[1]杨尊尊.可再生能源的应用与环境保护的双重效益[J].

- 花炮科技与市场,2026,33(1):145-147.
- [2]徐静,黄谨,李湘峰,等.支撑“十五五”可再生能源发展的土地要素保障关键问题及路径研究[J].水力发电,2026,03(30):1-5.
- [3]张华山,黄海偌,徐静,等.可再生能源发展与国土空间规划协调研究[J].水力发电,2026,03(30):1-6.
- [4]韩梦瑶,朱沛浩,何则.碳中和背景下清洁能源开发的生态环境规制及冲突困境纾解[J].世界地理研究,2026,35(3):166-181.
- [5]韩可望.新时代能源安全的理性认知与法律体系完善[J].上海节能,2025(2):152-159.
- [6]孙朋元,江志兵,陈友淦,等.生态环境友好型的海上可再生能源技术发展前瞻[J].中国科学:技术科学,2025,55(3):423-441.
- [7]蒋雨馨.可再生能源用地与生态保护法律制度的矛盾与调和——基于国土空间规划体系的视角[J].中外能源,2024,29(12):7-12.
- [8]张慧.山西可再生能源发展生态环境制约对策分析[J].山西水土保持科技,2024(2):3-5.
- [9]宁天琦.论“双碳”目标下能源法的秩序价值及其实现[J].江苏大学学报(社会科学版),2023,25(5):46-59.
- [10]刘明明.“双碳”目标下可再生能源发展规划实施的用地困境及其纾解[J].中国人口·资源与环境,2022,32(12):21-30.
- [11]张金晓.我国可再生能源市场化发展的制度检视与完善进路——以《能源法》为背景[J].生态文明研究,2026(1):132-150.
- [12]邴强.高速公路路域综合能源开发利用模式与减碳路径研究[J].交通节能与环保,2026,22(1):250-253.
- [13]张锐,王强.全球南方国家的公正能源转型探索与挑战——以南非为例[J].中国石油大学学报(社会科学版),2025,41(6):76-86.
- [14]潘紫燕,高翰之,周东林.可再生能源发展对碳排放的影响——基于 61 个国家的实证研究[J].价格月刊,2026(1):1-11.

作者简介:葛怀鹏(1986.9—),毕业院校:山东科技大学,所学专业:热能与动力工程,当前就职单位:华能威海发电有限责任公司,职务:值长,职称级别:工程师。