

Construction of an Integrated Energy Efficiency Evaluation System for Smart New Energy Stations Aiming at Carbon Neutrality

Lei Zhang

State Power Investment Corporation Guizhou Jinyuan Weining Energy Co., Ltd., Weining County, Bijie, Guizhou, 553100, China

Abstract

Against the backdrop of global carbon neutrality strategies and rapid development of the new energy industry, smart new energy stations serve as core carriers of energy transition. Their comprehensive energy efficiency directly impacts the progress toward carbon neutrality goals. Current energy efficiency evaluation systems for smart new energy stations face challenges including incomplete indicator frameworks, inadequate alignment between assessment methods and intelligent characteristics, and neglect of lifecycle energy efficiency, making it difficult to accurately reflect actual operational performance. This paper establishes an integrated energy efficiency evaluation system from five dimensions—energy production, transmission, consumption, management, and environmental impact—based on carbon neutrality requirements and leveraging the “source-grid-load-storage” coordination features and digital advantages of smart new energy stations. It proposes an evaluation method combining Analytic Hierarchy Process (AHP) and fuzzy comprehensive evaluation, while specifying implementation safeguards. The study aims to provide scientific basis for optimizing energy efficiency in smart new energy stations and facilitate the realization of carbon neutrality goals in the energy sector.

Keywords

Carbon neutrality; Smart new energy stations; Comprehensive energy efficiency; System construction

面向碳中和目标的新能源智慧场站综合能效评估体系构建

张磊

国家电投集团贵州金元威宁能源股份有限公司, 中国·贵州 毕节 553100

摘要

在全球碳中和战略推进与新能源产业快速发展的背景下, 新能源智慧场站作为能源转型的核心载体, 其综合能效水平直接影响碳中和目标的实现进程。当前, 新能源智慧场站能效评估存在指标体系不全面、评估方法与智慧化特征适配性不足、忽视全生命周期能效等问题, 难以精准反映场站实际能效状况。本文基于碳中和目标要求, 结合新能源智慧场站“源网荷储”协同特性与数字化优势, 从能源生产、传输、消费、管理及环境影响五个维度构建综合能效评估指标体系, 提出融合层次分析法与模糊综合评价的评估方法, 并明确体系实施的保障措施, 旨在为新能源智慧场站能效优化提供科学依据, 助力能源领域碳中和目标落地。

关键词

碳中和; 新能源智慧场站; 综合能效; 体系构建

1 引言

碳中和是应对全球气候变化、实现可持续发展的重要战略举措, 新能源产业作为碳中和的核心支撑, 其规模化发展已成为必然趋势。新能源智慧场站依托数字化、智能化技术, 实现了新能源发电、储能、调度与消纳的协同优化, 是

提升新能源利用效率、推动能源结构转型的关键平台。构建科学、全面的新能源智慧场站综合能效评估体系, 对于指导场站优化运营、提高能源利用效率、加速碳中和目标实现具有重要的理论与实践意义。

2 碳中和目标下新能源智慧场站综合能效评估的核心需求

2.1 全生命周期能效评估需求

碳中和目标强调能源系统从生产到消费全链条的低碳化, 新能源智慧场站的能效评估需突破传统“单一环节评估”局限, 覆盖场站规划、建设、运营及退役全生命周期。在规

【作者简介】张磊 (1987—), 男, 中国贵州六盘水人, 本科, 工程师, 从事新能源电站项目发电、工程建设管理研究。

划阶段,需评估选址、设备选型对后续能效的潜在影响;建设阶段需关注施工过程中的能源消耗与环境代价^[1];运营阶段需重点监测发电效率、储能利用率及调度优化水平;退役阶段则需考量设备回收与资源循环利用效率。只有通过全生命周期评估,才能全面反映场站的综合能效状况,避免“重运营、轻前期”或“重短期、轻长期”的评估偏差,确保场站在全生命周期内实现低碳高效运行。

2.2 多维度协同评估需求

新能源智慧场站融合了新能源发电、储能系统、智能调度平台及负荷管理模块,形成“源网荷储”协同运行的复杂系统。其能效水平受发电效率、储能转换效率、电网接入适配性、负荷响应速度等多因素影响,单一维度的能效指标无法体现系统整体协同效果^[2]。例如,仅关注光伏组件的发电效率,忽视储能系统的充放电损失与调度策略的合理性,可能导致场站整体能效评估失真。因此,需从能源生产、传输、消费、管理等多维度构建评估体系,实现对场站系统协同能效的全面衡量,满足碳中和目标下对能源系统整体优化的要求。

2.3 智慧化特性适配需求

数字化、智能化是新能源智慧场站的核心特征,场站通过物联网、大数据、人工智能等技术实现设备状态实时监测、负荷精准预测与调度策略动态优化。这一特性要求能效评估体系充分结合智慧化技术的应用效果,将“数字化运维效率”“智能调度响应速度”“数据驱动的能效优化能力”等指标纳入评估范畴。例如,评估场站是否通过智能算法实现发电功率与负荷需求的精准匹配,是否依托大数据分析识别能效损耗关键点,从而体现智慧化技术对能效提升的赋能作用,避免传统评估方法与场站智慧化发展趋势脱节^[3]。

2.4 环境与经济协同评估需求

碳中和目标不仅要求新能源智慧场站实现高能源效率,还需兼顾环境效益与经济效益的协同提升。一方面,场站运营需减少污染物排放,降低对周边生态环境的影响;另一方面,需通过能效提升降低运营成本,提高场站的经济可行性,为新能源产业规模化发展提供支撑。因此,综合能效评估体系需突破“单一能效指标”局限,融入环境影响与经济效益相关指标,实现“能效-环境-经济”三维协同评估,符合碳中和目标下可持续发展的核心要求。

3 新能源智慧场站综合能效评估现存问题

3.1 指标体系缺乏系统性与全面性

当前新能源智慧场站的能效评估指标多聚焦于发电环节,如光伏场站的首年衰减率、风电场站的可利用率等,对储能系统、智能调度、负荷管理等关键环节的指标覆盖不足。例如,部分评估体系未纳入“储能系统充放电效率”“智能调度响应延迟时间”等反映智慧化协同效果的指标,导致评估结果无法体现场站整体能效水平^[4]。同时,指标设置忽视环境与经济维度,缺乏对场站全生命周期碳排放、运营

成本与能效关联性的考量,难以满足碳中和目标下对能源系统多目标优化的评估需求,指标体系的系统性与全面性亟待提升。

3.2 评估方法与智慧化特性适配不足

传统新能源场站的能效评估多采用简单的数值计算或单一评价方法,未能充分结合新能源智慧场站的数字化、智能化特性。例如,场站通过大数据技术实现负荷预测与调度优化,其能效提升效果具有动态性与复杂性,传统静态评估方法无法实时捕捉这一动态变化;此外,人工智能算法在设备故障预警、能效异常诊断中的应用效果,也难以通过传统评估方法量化衡量。评估方法与智慧化特性的适配不足,导致评估结果无法准确反映智慧化技术对能效的提升作用,制约了评估体系的实践价值^[5]。

3.3 数据支撑体系不完善

综合能效评估依赖大量精准、实时的数据,包括发电数据、储能数据、调度数据及环境数据等。当前部分新能源智慧场站存在数据采集不全面、数据标准不统一、数据质量参差不齐等问题:一方面,部分场站未实现全设备、全环节的数据采集,如忽视退役设备回收阶段的数据监测;另一方面,不同场站的数据格式与统计口径差异较大,导致数据难以共享与对比分析。数据支撑体系的不完善,直接影响评估指标的计算准确性与评估结果的可靠性,成为制约综合能效评估体系落地的关键瓶颈。

3.4 缺乏动态调整与反馈机制

新能源智慧场站的运行环境与技术水平处于动态变化中,其能效评估体系需具备相应的动态调整能力,以适应外部环境与内部技术的变化。当前多数评估体系为静态框架,指标权重与评估标准长期固定,无法根据场站实际运行状况与技术发展趋势进行调整。例如,随着人工智能调度算法的升级,场站的负荷匹配效率显著提升,但评估体系未及时调整相关指标的权重与评价标准,导致评估结果无法反映技术进步带来的能效提升。同时,评估结果与场站运营优化之间缺乏有效反馈机制,评估结论难以直接指导场站进行能效改进,降低了评估体系的实用价值。

4 面向碳中和目标的新能源智慧场站综合能效评估体系构建

4.1 评估体系构建原则

评估体系遵循系统性、科学性、动态性与协同性四大原则。系统性要求覆盖场站全生命周期与“源网荷储”全环节,避免评估偏差;科学性强调指标定义清晰、计算规范,结合智慧化特性提升评估准确性;动态性预留调整空间,适应技术、政策与运行变化;协同性兼顾能源效率、环境效益与经济效益的协同发展,实现三维协同评估。

4.2 综合能效评估指标体系框架

从五个维度构建指标体系:

能源生产能效:涵盖发电设备效率、稳定性及设备利

用效率,如光伏组件转换效率、弃电率等;

能源传输能效:评估储能转换、电网接入及传输线路损耗,如储能充放电效率、谐波畸变率;

能源消费能效:关注自用能占比、负荷匹配度与需求响应效率,体现源荷协同;

智慧管理能效:考察智能调度、数据监测与算法迭代能力,如调度指令准确率、算法更新频率;

环境经济协同能效:融合环境效益(碳排放强度)、经济效益(能效提升成本)与可持续性指标(设备退役循环利用)。

4.3 综合能效评估方法选择

采用“层次分析法(AHP)+模糊综合评价法”组合评估。通过AHP邀请专家团队构建判断矩阵,确定各维度及指标权重;利用模糊综合评价法设定“优秀、良好、合格、不合格”四个等级,构建模糊矩阵并运算,将模糊结果转化为具体能效等级。该方法兼顾专家经验与指标模糊性,适配评估复杂性需求,提升结果准确性与可信度^[6]。

5 新能源智慧场站综合能效评估体系实施保障措施

5.1 完善数据支撑体系

数据是综合能效评估的基础,需从数据采集、标准统一、质量管控三方面完善支撑体系。在数据采集方面,依托物联网技术实现新能源智慧场站全设备、全环节的数据实时采集,覆盖发电、储能、调度、消费及环境监测等场景,确保数据全面性;在数据标准方面,联合行业协会与科研机构制定统一的新能源智慧场站能效数据标准,明确数据格式、统计口径与采集频率,实现不同场站数据的共享与对比;在数据质量管控方面,建立数据清洗、校验与异常处理机制,通过大数据技术识别并修正异常数据,保障数据的准确性与可靠性,为评估体系的有效运行提供数据保障。

5.2 建立动态调整机制

结合新能源技术发展与碳中和政策要求,建立评估体系动态调整机制。定期组织专家团队对评估指标、权重分配与评价标准进行复盘,根据以下因素进行调整:一是技术迭代,如新型储能技术、AI调度算法的应用,需新增或优化相关指标;二是政策变化,如碳中和目标阶段性调整带来的低碳要求升级,需提高环境效益指标的权重;三是场站实践反馈,根据不同类型、不同规模新能源智慧场站的评估实践,优化指标设置的针对性与合理性。通过动态调整,确保评估体系始终与行业发展趋势、政策要求及场站实际需求保持一致。

5.3 强化政企协同与行业联动

新能源智慧场站综合能效评估体系的落地需依托政府、企业、行业协会的协同合作。政府层面,可通过出台政策文

件,将综合能效评估纳入新能源场站的准入、补贴与评优标准,引导场站主动开展能效评估与优化;企业层面,新能源场站运营主体需建立内部能效评估团队,配备专业技术人员,确保评估工作常态化开展,并将评估结果与运营优化方案直接挂钩;行业协会层面,可搭建评估经验交流平台,组织开展评估技术培训,推广优秀场站的能效管理经验,推动行业整体能效水平提升。通过政企协同与行业联动,形成“政策引导-企业落实-行业推广”的良性循环,保障评估体系的广泛应用与实践价值。

5.4 推动评估结果与运营优化深度融合

避免评估工作“形式化”,需建立评估结果与场站运营优化的反馈机制。一方面,针对评估中发现的能效短板,制定针对性的优化方案,如更换高效储能设备、升级调度算法;另一方面,将评估指标纳入场站运营绩效考核体系,明确各部门、各岗位的能效管理责任,如将“负荷匹配度”与调度团队绩效挂钩,“设备利用效率”与运维团队绩效挂钩,通过考核激励推动全员参与能效提升。同时,定期跟踪优化方案的实施效果,通过再次评估验证优化措施的有效性,形成“评估-优化-再评估-再优化”的闭环管理,持续提升新能源智慧场站的综合能效水平。

6 结语

在碳中和目标推动下,新能源智慧场站作为能源转型的核心载体,其综合能效水平的提升已成为行业发展的关键任务。当前新能源智慧场站能效评估存在指标体系不全面、方法适配性不足、数据支撑薄弱等问题,难以满足碳中和目标下对能源系统全链条、多维度优化的需求。本文构建的综合能效评估体系,从能源生产、传输、消费、智慧管理及环境经济协同五个维度设置指标,采用“层次分析法+模糊综合评价法”的组合评估方法,并通过完善数据支撑、建立动态调整机制、强化政企协同等措施保障体系落地,实现了对新能源智慧场站全生命周期、多维度协同能效的科学评估。

参考文献

- [1] 李启钊,张福征.基于多因素模型的综合智慧能源评估指标体系优选算法[J].中外能源,2021,26(12):18-25.
- [2] 田茂君,薛惠锋.基于能源监管信息的新能源接入系统能效评估方法研究[J].西安理工大学学报,2016,32(01):120-126.
- [3] 滕佳伦,李宏仲.碳中和背景下综合智慧能源的发展现状及关键技术分析[J].综合智慧能源,2023,45(08):53-63.
- [4] 徐文林,方腾,徐勇,等.智慧能源站能效指标评估体系[J].湖南电力,2021,41(05):22-29.
- [5] 王永真,张靖,潘崇超,等.综合智慧能源多维绩效评价研究综述[J].全球能源互联网,2021,4(03):207-225.
- [6] 武昭原,周明,王剑晓,等.双碳目标下提升电力系统灵活性的市场机制综述[J].中国电机工程学报,2022,42(21):7746-7764.