

# 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 贵州省毕节市威宁县 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

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。然而, 当前新能源智慧场站的能效评估多聚焦单一环节, 未能充分结合其智慧化特性与全生命周期理念, 导致评估结果缺乏系统性与准确性, 制约了场站能效的进一步提升。因此, 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。

## 一、碳中和目标下新能源智慧场站综合能效评估的核心需求

### (一) 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<sup>[1]</sup>; 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。

### (二) 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<sup>[2]</sup>。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。

### (三) 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<sup>[3]</sup>。

### (四) 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。

## 二、新能源智慧场站综合能效评估现存问题

### (一) 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<sup>[4]</sup>。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。

### (二) 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<sup>[5]</sup>。

### (三) 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。

### (四) 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。

## 三、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

### (一) 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。

### (二) 综合能效评估指标体系框架

从五个维度构建指标体系:

1. 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;
2. 能源传输能效: 评估储能转换、电网接入及输电线路损耗,如储能充放电效率、谐波畸变率;
3. 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;
4. 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;
5. 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)。

### 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<sup>[6]</sup>。

#### 四、新能源智慧场站综合能效评估体系实施保障措施

##### (一) 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。

##### (二) 建立动态调整机制

结合新能源技术与碳中和政策要求, 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。

##### (三) 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。

##### (四) 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。

#### 五、结论

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。

未来, 随着新能源技术的持续迭代与智慧化水平的不断提升, 新能源智慧场站综合能效评估体系还需进一步优化: 一方面, 可结合数字孪生、区块链等新兴技术, 提升评估数据的实时性与可信度; 另一方面, 可拓展评估场景, 将场站与区域能源系统、微电网的协同能效纳入评估范畴, 实现从“场站级评估”向“系统级评估”的延伸。通过持续完善评估体系, 可为新能源智慧场站的能效优化提供更精准的指导, 助力能源领域碳中和目标的早日实现。

#### 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  
评价指标研究综述[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.

**作者简介:** 姓名:张磊,出生年月日:1987年12月23日,性别:男,民族:汉族,籍贯:贵州六盘水,学历:本科,职称:工程师,从事的研究方向:新能源电站项目发电、工程建设管理。