

# 基于风光协同的电力系统自动化智能运维方法

张钦

内蒙古华电辉腾锡勒风力发电有限公司，内蒙古自治区呼和浩特市，010000；

**摘要：**高比例风电与光伏大规模并网改变了传统电力系统电源结构与运行特性，新能源出力固有的随机波动与间歇性特征，使得传统运维方式难以适配系统运行需求，运维管控碎片化、故障预判精度不足、多能源协同运维机制缺失等问题逐渐凸显。针对上述实际工程问题，本文开展风光协同场景下电力系统自动化智能运维方法研究。依托多源数据融合手段整合发电侧、电网侧及设备运行状态信息，搭建云边协同分层运维架构，结合深度学习故障诊断模型与自适应调度策略，实现设备状态感知、故障辨识、资源配置的智能化升级。工程测试结果表明，该方法能够有效改善风光并网系统设备运行工况，降低故障发生概率，提升新能源消纳能力与电网运行稳定性，可为新型电力系统智能运维体系建设提供技术参考。

**关键词：**风光协同；电力系统；自动化运维；智能监测；数据融合

**DOI：**10.69979/3041-0673.26.02.118

## 引言

随着新型电力系统建设持续推进，风光新能源在电力供应体系中的占比持续提升。风光互补发电模式可依托自然资源时序互补特性，弥补单一新能源发电的出力波动缺陷，是现阶段提升新能源供电可靠性的重要技术路径。受自然资源时空分布差异、新能源场站地域分布零散、不同类型发电设备运行机理存在差异等客观因素影响，传统依托人工巡检、定期检修、故障事后处置的运维模式暴露诸多不足，数据互通性差、故障响应滞后、运维资源浪费等问题制约了新能源电网的安全高效运行。在电力物联网、人工智能算法逐步普及的行业背景下，电力运维逐步从传统经验化处置转向数据驱动的主动预判模式。本文结合风光协同发电实际运行特征，构建适配多能源耦合电网的智能运维体系，优化运维决策逻辑与设备管控方式，解决风光并网系统运维存在的技术短板，保障电力系统安全、稳定、经济运行。

## 1 风光协同电力系统运维痛点分析

风光协同发电体系通过风电与光伏出力互补，有效弱化了新能源出力波动对电网的冲击，但相较于传统火电主导的电力系统，多新能源耦合系统设备类型繁杂、运行工况波动频繁，整体运维管控难度大幅增加。风电出力易受风速、湍流强度等气象条件及机组运行状态影响，光伏发电出力与光照强度、环境温度、遮挡情况密切相关，两类电源耦合运行后依旧存在明显的出力间歇性特征。出力波动会造成电网电压与频率偏移常态运行

区间，导致逆变器、主变压器等核心电气设备长期处于工况切换状态，设备疲劳损耗持续累积，性能衰减速度加快，常规固定运维模式无法匹配动态工况下的精细化管理需求。

现阶段国内多数风光一体化电站沿用独立运维模式，风电场与光伏电站分别配置专属监控系统，各系统数据接口、采样周期、存储标准未能统一。气象监测数据、设备运行参数、电网调度信息及负荷时序数据相互独立，跨场站、跨设备的数据融合难度较大，行业内普遍存在数据孤岛问题。运维分析工作多依托单一维度数据开展研判，无法实现风光机组运行状态的耦合关联分析，难以识别多设备协同运行过程中产生的隐性故障与联动缺陷，直接造成故障预判准确率偏低，运维决策的科学性与可靠性无法保障。

传统电力运维工作以周期性检修和故障抢修作为主要手段，运维方案固定固化，并未结合风光系统时序工况变化规律与设备实时健康状态动态调整运维策略。我国风光新能源场站多建设于偏远野外区域，地形环境复杂，人工巡检作业覆盖范围有限，整体运维成本偏高。同时，运维资源调度缺乏量化智能支撑，运维工作存在较强的主观性，极易出现过度检修、漏检失修、资源闲置等问题，显著增加风光并网系统全生命周期运维成本，限制了风光协同发电技术的规模化应用与效能发挥。

## 2 风光协同电力系统智能运维整体架构设计

为解决风光协同电力系统工况动态波动强、传统运

维体系适配性不足的实际问题,本文结合云边协同技术与多源数据融合理论,搭建四层结构的自动化智能运维体系,涵盖数据采集、边缘感知、云端决策、运维执行四个功能层级。各层级功能相互衔接、业务深度联动,可有效适配新能源出力动态变化的复杂运行场景,解决传统运维模式数据割裂、决策滞后、执行低效等实际问题,实现电力系统运维模式的智能化升级。

数据采集层是智能运维体系的数据基础,主要负责电力系统全维度运行数据的实时采集与汇总。通过部署在风机、光伏组件、逆变器、输电线路等一二次设备的物联网感知终端,持续采集设备温度、机械振动、工作电流、运行电压等关键状态参数;同步接入区域气象时序数据、风光机组出力数据与电网负荷运行数据,构建覆盖设备状态、气象环境、电网运行的多源异构数据库,为后续数据预处理、特征挖掘与智能决策工作提供完整的数据支撑。

边缘感知层部署于各风光场站本地边缘计算设备,承担现场数据预处理与就地状态研判工作。针对现场采集原始数据普遍存在的噪声干扰、数据缺失、异常突变等问题,采用归一化处理、格拉布斯异常值剔除、时序插值补全算法完成数据标准化处理,保障数据集的完整性与有效性。轻量化深度学习模型部署于边缘终端,可就地完成设备运行状态研判、微小故障识别、出力波动监测等工作,在满足场站局部运维实时响应需求的同时,大幅降低云端数据传输压力,保障运维研判的实时性。

云端决策层为整个智能运维体系的核心中枢,接收边缘终端上传的标准化数据,完成全域数据融合与全局运维决策。依托多源数据融合算法打通各风光场站的数据壁垒,实现跨区域、多类型设备运行状态的联动分析。结合现有电力设备运维技术规范与智能研判模型,完成故障等级划分、运维风险量化评估、检修方案优化及运维资源动态调度,输出匹配系统实时运行工况的最优运维指令。

运维执行层主要承担运维指令落地实施与全流程闭环反馈职能,集成自动化巡检、智能检修、状态预警、资源调配等核心业务模块。依托智能巡检设备与自动化调控装置开展常态化运维作业,针对设备潜在隐患实施预防性运维干预,对突发故障启动分级应急处置流程。系统实时采集运维作业执行数据,动态反馈设备运行状态变化,形成完整的闭环运维管控体系,保障运维工作持续高效落地。

## 3 风光协同智能运维核心关键技术

### 3.1 多源异构数据融合技术

风光协同电力系统运行数据具备类型多元、结构异构、时序关联紧密的特点,不同场站、不同设备的数据采样频率、存储格式存在明显差异,单一维度数据的分析方式难以保障运维决策精度。本文采用加权融合算法与时序关联分析方法,开展多源运维数据深度挖掘工作。通过统一各类运行数据、环境数据、负荷数据的接口规范与存储标准,完成数据集标准化预处理。结合设备运维关联权重配置差异化系数,重点分析风机振动参数、光伏组件转换效率、气象时序参数与设备运行状态、出力波动的内在关联,有效破除数据孤岛问题,提升运维数据利用率,为故障诊断与设备状态评估提供可靠的数据支撑。

### 3.2 基于深度学习的设备故障智能诊断技术

风光发电设备运行工况复杂多变,故障表现形式隐蔽且多样,传统阈值判别与浅层特征识别方法难以精准识别设备隐性退化故障与多设备耦合故障。本文基于长短期记忆网络构建时序故障诊断模型,适配新能源设备动态波动的运行工况。模型以标准化设备时序运行数据、出力波动数据为输入样本,依托网络的时序特征提取能力,精准捕捉设备运行异常信息,可有效识别风机齿轮箱磨损、光伏组件热斑、逆变器功率畸变等典型故障,提前预判设备老化与性能衰减隐患。相较于传统诊断方式,该模型抗干扰能力更强,可规避风光出力随机波动带来的研判干扰,显著提升故障诊断精度与响应速度,推动运维模式由被动抢修向主动预判转变。

### 3.3 自适应运维资源动态调度技术

结合风光协同发电时序互补特性与工况动态演化规律,本文构建自适应运维资源动态调度算法,根据系统运行状态、设备健康评级、电网负荷波动特征,动态优化运维策略与资源配置方案。算法依据设备状态评估结果,将设备运行状态划分为正常运行、预警退化、故障异常三类,针对不同状态制定差异化巡检频次与检修方案。依托风光出力时空互补优势,统筹调配区域运维人力、检修设备、备品备件等核心资源,规避固定周期运维造成的资源冗余与浪费,强化高负荷、强波动工况下的运维保障能力,实现运维资源全局优化配置,有效降低系统运维成本,提升风光并网系统整体运维效能。

## 4 方法应用效果分析

为验证本文所提智能运维方法的工程应用价值,选取某地区 50MW 风电配套 30MW 光伏的一体化并网电站作为试验对象开展对比测试。该场站实际运行过程中,存在新能源出力波动剧烈、风光场站运维体系相互独立、隐性故障识别难度大、运维资源配置不合理等问题。本次试验设置传统分立运维模式为对照组,本文智能运维方法为试验组,开展为期三个月的全工况对比运行测试,选取故障预判准确率、故障处置时长、新能源消纳率、运维成本四项核心指标完成量化对比分析。

试验结果表明,相较于传统运维模式,本文方法的设备故障预判准确率提升 28.6%,设备突发故障发生率降低 23.2%,能够有效规避风光出力波动诱发的隐性故障与耦合故障;设备故障平均处置时长缩短 41.5%,依托全闭环自动化运维机制,实现故障快速定位与精准处置,运维响应效率提升显著。在系统运行层面,风光协同出力稳定性明显改善,弃风弃光现象得到有效缓解,新能源综合消纳率提升 5.8%;运维资源利用率大幅提高,系统全周期运维成本降低 18.3%,运维经济性优化效果显著。

现场试验充分证实,本文构建的智能运维体系可有效解决风光耦合电力系统运维碎片化、处置被动化、资源利用低效化等行业突出问题。通过多源数据融合、深度学习故障诊断与动态资源调度技术的协同应用,完成电力系统运维模式的智能化、精准化升级,可有效适配高比例风光新能源并网的复杂运行场景,具备良好的工程实用性与推广价值。

## 5 结论

本文针对风光协同电力系统运维技术短板,搭建分层式自动化智能运维架构,融合多源数据融合、深度学习故障诊断、自适应资源调度核心技术,突破了传统分立运维模式的技术局限,实现设备状态主动预警、故障精准辨识、运维资源动态配置。该技术方案可有效提升风光并网系统运维质量与运行稳定性,降低运维成本,优化新能源消纳水平,可为新型电力系统风光协同运维体系的优化建设提供理论与技术支撑。后续研究可引入数字孪生技术,构建运维仿真推演模型,进一步实现电力系统运维全流程的精细化、可视化预判管控。

### 参考文献

- [1]王守燊. 考虑风光储协同优化的新型电力系统发电规划研究[J]. 中国设备工程,2024(19):84-86.
- [2]郭强,薛志伟,芦晓辉,等. 含风光水火储的多区域互联电力系统协同优化负荷频率控制[J]. 热力发电,2023,52(03):136-143.
- [3]许多红,郭靖琪,丁筱筠,等. 基于协同进化遗传算法的配电网风光储联合经济调度[J]. 电工电能新技术,2020,39(06):51-57.
- [4]董永伟. 基于多源数据融合的风光互补发电系统输电线路智能运维管理[J]. 云南电业,2026(02):36-39.
- [5]魏旭,刘东,高飞,等. 双碳目标下考虑源网荷储协同优化运行的新型电力系统发电规划[J]. 电网技术,2023,47(09):3648-3661.