# 风电场电气检修常见问题的解决措施探索

熊巧兵

国电河南新能源有限公司　河南　郑州　450018

**摘　要：**当前风电场普遍沿用传统定期检修、故障事后检修模式，电气设备运维存在监测滞后、隐患预判不足、检修资源浪费、设备损耗管控薄弱等共性问题。本文以状态检修为核心导向，结合智能化设备状态监测技术，梳理风电场变压器、变流器、高低压配电装置、接地系统等核心电气设备的运行缺陷，针对性搭建全维度状态监测体系，优化检修流程与运维模式，解决传统检修的短板，提升风电场电气设备运行稳定性与运维精细化水平，为风电运维提质增效提供新型技术思路。

**关键词：**风电场；电气检修；常见问题；解决措施

## 引言

风电作为核心清洁能源，规模化并网应用推动风电场运维体系持续升级。风电场电气设备长期处于户外复杂工况，温湿度剧变、风沙侵蚀、电网波动等因素会持续造成设备性能衰减。传统检修模式依赖固定周期与人工巡检，无法实时捕捉设备隐性劣化问题，易出现过度检修、漏检、故障滞后处置等情况。设备状态监测技术的普及为状态检修落地提供支撑，可实现设备运行数据动态采集、状态精准研判、检修按需开展。本文基于状态检修理念，结合电气设备运行特征，分析常见检修问题并制定针对性优化措施。

## 1 风电场电气设备运维与检修发展现状

国内风电场电气运维长期沿用定期检修加事后抢修的固化模式，这套运维方案契合了风电产业初期装机规模小、设备类型杂乱、标准化程度不足的行业现状。但伴随国内风电产业规模化提速，风电装机总量持续攀升，风场布局逐步呈现分散化特征，山地、海上等复杂恶劣工况的风电场占比逐年提高，传统粗放式运维模式的短板持续凸显，早已无法适配当下风电高质量运维需求[1]。目前国内绝大多数风电场的电气运维依旧依赖人工固定周期巡检和拆机检修作业，检修流程、巡检频次均采用统一标准，实行“一刀切”运维管理，并未结合电气设备的运行年限、工况环境、实时运行状态制定差异化运维方案。这种固化运维方式，完全忽略了设备个体的运行差异，导致运维工作缺乏针对性和精准性。设备状态监测体系的缺失是当前运维工作的核心短板。中小型风电场仅依靠基础 SCADA 系统采集运行数据，数据采集维度有限、更新频次偏低，仅能实现故障发生后的被动报警，难以捕捉设备长期运行中出现的轻微性能衰减、参数异动等渐进式故障隐患。大型风电基地虽配置了专项监测设备，但存在监测点位布设不合理、数据分散割裂的问题，各类运行数据无法互通共享，形成大量数据孤岛。海量监测数据仅用于台账归档记录，未能深度挖掘分析，无法为检修计划制定、设备状态研判提供数据支撑，造成监测与检修工作相互脱节。运维资源错配、人员能力滞后问题尤为突出。优质运行设备被频繁拆机检修，不仅造成人力、物资的无效损耗，还易引发设备二次磨损；而存在隐性缺陷、性能衰退的设备却得不到重点排查，致使设备突发故障频发。

## 2 风电场电气检修核心常见问题

### 2.1 传统检修模式固有缺陷

传统风电电气检修采用固定周期检修机制，检修时间、检修项目、检修流程统一标准化，不区分设备运行年限、工况环境、负荷状态，模式固化性极强。该模式无法匹配电气设备差异化劣化规律，风电场不同机位、不同区域的电气设备受风载、温湿度、盐雾、风沙影响程度不同，设备性能衰减速度存在明显差异，统一检修标准无法适配个体设备运行状态。固定周期检修存在双向弊端，低损耗设备频繁检修会破坏设备原有运行状态，增加接线松动、密封失效、部件磨损等人为故障风险，造成运维资源无效消耗。高损耗、高负荷设备在检修周期间隔内，持续积累隐性故障，无法得到及时处置，最终引发设备停机、线路跳闸等突发故障。

### 2.2 设备状态监测体系不完善

目前多数风电场电气设备状态监测存在覆盖缺口，监测体系碎片化问题突出。核心电气设备中，变压器、

主变流器仅监测基础电压、电流、温度数据，振动、绝缘老化、油液性能、开关操作机构状态等关键劣化指标未纳入常态化监测范围。高低压开关柜、汇流箱、接地装置等辅助电气设备基本依赖人工巡检，无自动化监测点位，隐性故障无法实时捕捉。监测数据应用体系存在明显短板，各类监测系统独立运行，数据未实现互联互通，形成数据孤岛。SCADA 运行数据、设备传感监测数据、人工巡检数据相互割裂，无法开展多维度数据融合分析[2]。监测系统仅具备数据采集、超限报警基础功能，无状态研判、劣化趋势分析、故障预判功能。运维人员无法通过实时数据掌握设备健康状态，只能依靠固定周期检修排查问题，状态监测无法为检修决策提供支撑，状态检修模式无法落地。

2.3 状态检修配套运维体系缺失

风电场现有运维管理制度、人员配置、工作流程均适配传统定期检修模式，未搭建状态检修配套体系。运维管理制度未明确状态监测数据研判标准、检修触发条件、差异化检修流程，无针对性的状态检修工作规范，导致监测数据无法落地为具体运维动作。岗位分工未匹配智能化运维需求，无专职人员负责设备状态数据统计、分析、研判工作。运维人员专业能力存在短板，多数人员熟悉传统检修操作，但对智能监测设备原理、数据解读、劣化趋势判断掌握不足，无法通过监测数据识别设备隐性故障。同时，设备运维档案体系不完善，未建立基于状态数据的设备全生命周期台账，仅记录检修历史与故障记录，缺失长期状态变化数据，无法追溯设备劣化规律，难以制定个性化、精准化检修方案。整体运维体系与状态检修、智能监测的新型运维模式适配度不足。

## 3 基于设备状态监测的状态检修优化解决措施

3.1 重构差异化状态检修运维模式

依托设备状态监测数据，摒弃传统统一周期检修模式，搭建以设备健康状态为核心的差异化状态检修体系，实现检修工作从“按期检修”向“按需检修”转型。根据风电场电气设备类型、运行年限、工况环境、负荷特征，结合实时监测数据，划分设备健康等级，分为健康状态、亚健康状态、劣化状态、故障预警状态四个等级，匹配对应检修策略。健康状态设备仅保留常态化状态监测与月度基础巡检，取消不必要的拆机检修，降低设备人为损耗与运维成本。亚健康状态设备提升监测数据采集频次，开展季度针对性专项排查，重点核查监测数据小幅异常的指标，提前干预轻微性能劣化问题。劣化状态设备启动专项跟踪监测，缩短监测周期，每周开展数据复盘分析，制定阶段性检修计划，及时更换老化、损耗部件。故障预警状态设备立即启动临时检修流程，排查故障诱因，消除设备运行隐患。建立动态检修周期调整机制，以设备长期状态监测数据为依据，结合季节工况变化、电网负荷波动、设备运行时长，动态更新设备健康等级与检修计划[3]。大风、高温、严寒等恶劣工况时段，自动提升核心电气设备监测频次，加密状态研判频次，提前预判工况变化带来的设备性能波动。通过差异化、动态化的检修模式，彻底解决传统检修过度运维、运维缺位的问题，实现检修资源精准配置，提升电气设备运维的科学性与针对性。

3.2 搭建全维度设备状态监测体系

针对风电场各类电气设备运行特征，补齐监测点位缺口，搭建全覆盖、多维度、自动化的设备状态监测体系，实现核心电气设备运行状态无死角感知。针对主变压器、箱式变压器，增设油液状态、铁芯振动、局部放电、绝缘介质损耗监测点位，替代传统人工定期检测，实时捕捉变压器绝缘老化、内部放电、部件松动等隐性问题。针对风机变流器、逆变器，重点监测功率器件温度、电流波动、开关动作频次、谐波畸变率等指标，跟踪电力电子部件的性能劣化过程。针对高低压开关柜、断路器、隔离开关，加装红外测温、机械行程、分合闸状态监测设备，监测开关设备接触电阻、操作机构疲劳损耗状态。针对接地系统、电缆线路，增设接地电阻实时监测、电缆绝缘状态、局部放电监测模块，全天候监测线路老化、接地失效等隐患。统一各类监测设备的数据传输协议，搭建一体化数据监测平台，打通 SCADA 系统、智能传感监测系统、巡检系统数据壁垒，实现多源数据融合汇总。优化监测平台功能，新增数据趋势分析、状态自动研判、隐患分级预警模块，系统可基于长期数据变化规律，自动识别设备渐进式劣化趋势，区分正常数据波动与异常故障信号，输出标准化设备健康报告。通过全维度状态监测体系，实现电气设备故障从“事后处置”向“事前预判、事中管控”转变，为状态检修落地提供完整的数据支撑。

3.3 完善状态检修配套管理制度与流程

结合状态监测与状态检修工作需求，修订完善风电场电气运维管理制度，建立适配智能化运维模式的标准化工作体系。制定设备状态监测数据管理规范，明确各类电气设备监测指标阈值、数据采集频次、数据存储标准、数据复盘周期，规范监测数据的统计、分析、归档全流程，保障数据的完整性、准确性、时效性。建立状态检修触发机制，明确不同监测数据异常、不同设备

健康状态对应的检修流程、检修等级、处置时限。轻微数据波动问题纳入日常跟踪台账，持续监测数据变化趋势；指标超限、性能劣化问题启动专项排查；高危预警问题立即停机处置，杜绝隐患扩大。优化运维工作流程，将状态数据研判、设备健康评估、检修方案制定、检修落地执行、检修后状态复核纳入闭环管理流程[4]。完善设备全生命周期档案管理制度，以状态监测数据为核心，整合设备安装参数、运行数据、检修记录、故障记录、工况环境数据，建立电子化动态档案，全程跟踪设备性能变化规律，为长期检修策略优化提供数据支撑。细化岗位工作职责，增设状态监测数据分析、设备健康评估专职岗位，明确各岗位在数据监测、隐患预警、检修执行、台账更新等环节的工作内容与考核标准，构建权责清晰、流程规范、闭环管控的状态检修运维体系，保障新型运维模式常态化落地。

3.4 强化运维人员智能化运维能力建设

针对状态检修与智能监测运维需求，搭建系统化的人员能力培训体系，补齐运维人员智能化运维短板，适配新型运维模式。制定分层分类培训计划，基础培训聚焦智能监测设备结构、运行原理、操作流程、日常维护内容，保障运维人员可独立完成监测设备启停、校准、日常排查工作，避免监测设备故障影响数据采集。专项培训聚焦监测数据解读、设备健康状态研判、劣化趋势分析、故障预判方法，讲解各类电气设备正常数据区间、异常数据对应的设备缺陷类型、数据波动规律对应的劣化程度，提升人员依托数据排查隐性故障的能力。定期开展常态化技能考核与实操演练，围绕数据异常处置、隐患预判、状态检修方案制定等核心内容开展考核，强化人员实操能力与问题处置能力。建立运维技术交流与迭代机制，组织人员学习行业先进的状态监测、预测性检修技术，结合本场站设备运行特征，优化数据研判标准与检修处置流程。搭建内部技术共享平台，汇总日常数据异常问题、隐性故障处置经验、状态检修实操要点，形成标准化技术手册，实现技术经验沉淀[5]。通过全方位能力建设，打造适配智能化、精细化运维的专业团队，彻底解决传统运维经验化、主观化的问题，保障状态监测数据有效利用、状态检修工作高效落地，持续提升风电场电气设备运维质量。

**结语**

风电行业高速发展背景下，传统电气检修模式的局限性持续凸显，无法适配规模化、智能化风电场的运维需求。设备状态监测技术的应用，为状态检修模式落地提供核心支撑，可有效解决传统检修漏检、过检、故障处置滞后等问题。本文通过梳理风电场电气检修现存模式固化、监测体系缺失、运维配套不足等核心问题，从检修模式重构、监测体系搭建、制度流程完善、人员能力提升四个维度制定优化措施，构建数据驱动的精细化状态检修体系。该体系可实现电气设备隐患提前预判、检修精准开展、资源高效配置，有效提升风电场电气系统运行可靠性，降低运维成本，为风电运维智能化升级提供可行路径。

**参考文献**

[1] 邵泽骏. 风电场电气设备检修运维技术研究 [J]. 电气应用,2026,45(4):39-45.

[2] 张军治. 风力发电机组电气与控制设备的快速检修方法 [J]. 新潮电子,2026(3):211-213.

[3] 王永在. 提升风电检修火灾应对能力的关键技术与方法探讨 [J]. 消防界（电子版）,2025,11(3):76-78.

[4] 李刚. 风电场电气设备中风力发电机的运行维护探究 [J]. 中国科技期刊数据库工业 A,2024(4):0040-0043.

[5] 吴生炎. 风电场电气设备中风力发电机的运行维护分析 [J]. 通讯世界,2024,31(11):106-108.