

风电场日常运行维护要点与安全管理措施

朱 佳

宁夏银星能源股份有限公司 宁夏 银川 750021

摘 要：风电作为清洁能源主力发电形式，场站设备稳定运行与安全管控是保障发电体系平稳运转的关键。本文围绕风电场设备运行管控、常态化设备维护、现场作业安全管理以及隐患应急防控等核心内容展开系统论述，梳理各类机组、电气设备及辅助系统的日常运行管控要点，明确场区设备与配套设施的标准化维护流程，细化各类高危作业的安全管控方法，搭建完善的隐患排查与应急保障体系，可为风电场日常运维及安全管理工作提供规范化的实践参考。

关键词：风电场；设备运维；运行管控；作业安全；隐患治理

引言：新能源产业持续发展背景下，风电装机规模不断扩大，风电场运维与安全管理工作的的重要性愈发凸显。风电场设备长期运行于野外复杂环境，易受气候、环境及机械损耗影响产生运行隐患，各类高危作业场景也进一步提升了场站安全管控难度。规范设备运行管控流程、落实常态化维护作业、完善现场安全管理体系，能够有效规避设备故障与安全风险，保障风电场持续、稳定、安全运行，助力风电产业高质量发展。

1 风电场设备日常运行管控要点

1.1 风力发电机组日常运行管控

风力发电机组是风电场能量转换的核心设备，其日常运行管控水平直接影响场站整体发电稳定性。机组启停作业需严格遵循标准化流程，结合设备实际运行条件规范开展操作，杜绝随意启停造成的设备冲击与结构性损伤。运维人员需熟练掌握不同风况、不同环境温度下的启停前置条件，严格规范操作流程与步骤顺序，从源头规避人为误操作引发的设备安全隐患。机组运行期间需实行不间断状态监控，重点关注风机转动工况、机舱运行状态、叶片运转姿态等关键内容，及时捕捉各类异常运行征兆^[1]。同时建立常态化工况参数核查机制，定期核对机组转速、设备温度、振动幅度、发电出力等核心指标，确保各项参数始终维持在标准运行区间，保障发电机组长期处于稳定、可控的运行状态。

1.2 升压站设备日常运行管控

升压站承担着电能汇集、电压转换的重要职能，站内各类电气设备的稳定运行，是风电电能可靠外送的重要基础保障。高低压电气设备日常管控重点监测设备运行温度、绝缘性能、回路运行状态，常态化排查设

备异响、异常发热等不良工况，确保电气系统平稳有序运行。主变压器作为升压站的核心变电设备，需开展常态化动态监控，重点巡查本体温度、油位高度、运行声响等基础工况，及时发现并处理细微异常，防止小型隐患持续扩大引发设备故障。开关柜、互感器等配套电气设备需全面纳入日常管控范围，定期检查柜体密封性能、接线紧固状态、仪表显示精度，保障电气回路通断可靠、计量数据精准，全面夯实升压站整体稳定运行基础。

1.3 辅助系统日常运行管控

辅助系统为风电场主设备运行提供全方位基础保障，其运行稳定性直接关系全场运维工作的有序推进。监控通信系统管控需定期核查信号传输质量、设备联网状态及数据采集精度，确保场站运行数据稳定上传、远程控制指令正常接收，保障场站智能化管控通道畅通无阻。针对消防、照明等安全辅助系统，需开展周期性巡检，排查设备完好状态，确保突发工况下可快速投入使用，充分满足场站安全防护与现场作业采光需求。冷却、润滑等工艺辅助设备直接为主设备稳定工况提供支撑，日常需核查设备启停灵敏度、介质供给稳定性及整体运行工况，及时处理管路堵塞、介质供给不足等常见问题，为主设备长效、安全、稳定运行筑牢基础。

2 风电场常态化维护作业要点

2.1 风力发电机组定期维护

风力发电机组长期置于野外露天环境，持续承受风载冲刷、温差交变及沙尘腐蚀，各类机械结构会逐步产生老化、磨损等问题。规范的定期维护工作能够延缓设备性能衰减，保障机组发电工况平稳。叶片与轮毂是捕

获风能的核心结构,需要持续关注表层漆面完整状态,排查前缘磨损、表层龟裂、局部脱漆等常见缺陷,维持标准气动外形。轮毂连接螺栓及对接结构需要逐一检查紧固状态,规避结构松动引发的机组振动异常^[2]。齿轮箱与发电机构成机组动力传动核心,维护工作聚焦润滑介质状态、内部构件磨损程度与整体运行平稳性,及时清理腔体内部积存杂质,保证传动结构运转顺畅,降低机械损耗速率。偏航与变桨系统负责机组方位调整与叶片角度控制,需要定期测试机构动作灵敏度、制动稳定性及构件磨损状况,保障调节动作精准到位。机舱与塔架为机组设备提供承载与防护条件,日常维护重点清理内部积尘污物,查验防腐涂层完好性、平台附件紧固状态及结构变形情况,筑牢机组整体运行的结构基础。

2.2 电气设备专项维护

电气设备是风电场电能汇集、转换与输送的关键载体,设备运行状态决定场站供电稳定性。针对性开展专项维护工作,能够有效规避电气故障隐患,保障电力系统安全运转。输电线路与电缆线路长期暴露在自然环境中,外界侵蚀会造成绝缘层老化、护套破损、线路氧化等问题。日常维护需细致检查线路外观形态、绝缘保护层完整度,及时处置破损、老化、裸露等缺陷,保障电能输送通道安全可靠。开关设备承担电路通断调控职能,需要常态化检查机械操作灵活度、触头接触工况、柜体密封防尘效果,清理表面积尘污物,规避卡涩、接触不良等隐患。接地装置为电气设备提供安全防护保障,定期核查连接紧固度、金属腐蚀程度,保持接地回路的完好性。继电保护装置是场站电气故障防护屏障,常态化维护重点查验装置运行工况、接线规整度与动作灵敏性,保障电气异常状态可被有效识别与处置。

2.3 场区设施综合维护

风电场场区配套设施服务于全场运维工作开展与场站安全防护,设施完好程度影响整体运维工作质量。场区道路与围栏是巡检作业、场地隔离的基础设施,长期受风雨侵蚀、车辆碾压容易出现路面沉降、裂缝破损、围栏锈蚀变形等问题。定期开展检修修整作业,可保障巡检通行条件良好,维持场区边界防护完整。气象监测设备持续采集风速、气温、气压等环境数据,设备探头、采集模块与传输结构容易积攒灰尘杂物,干扰数据采集精度。阶段性清洁与校准作业,可保障监测数据真实有效,为机组运行调控提供参考依据。排水与防雷设施适配野外场站复杂气候条件,排水沟渠与管路需要定期疏通清理,清除淤积杂物,提升场地积水排泄能力。防雷设施重点检查连接点位、接地工况与金属构件腐蚀

情况,维持防雷体系完整有效,削弱雷雨天气对场站设备与场地的不利影响。

3 风电场日常作业安全管理措施

3.1 现场作业人员安全管控

风电场运维作业多处于野外高空、电气密集的复杂高危场景,人员安全管控是场站安全管理重中之重。作业人员安全管控需依托常态化培训与考核机制,持续夯实岗位安全操作基础,细化不同作业场景的安全准则,确保运维人员熟练掌握各类作业的标准操作流程与风险防控要点^[3]。个人防护用品是抵御现场安全风险的第一道防线,需明确不同作业类型对应的防护装备配置标准,规范穿戴、检查、收纳全流程管理要求,杜绝防护用品缺失、带病使用、不规范穿戴等问题,切实筑牢人员作业安全底线。同时强化岗位安全行为常态化管控,聚焦作业全过程细节,持续规范人员操作习惯,及时纠正违章作业、侥幸操作等不规范行为,不断强化全员安全作业意识,从人为层面杜绝各类安全隐患滋生。

3.2 常规作业安全管控措施

风电场日常运维涵盖高空、电气、机械检修、野外巡检等多类高危作业,不同作业场景风险特征差异明显,需针对性落实安全管控举措。高空作业主要用于风机机舱、叶片、塔架等部位检修,作业环境悬空、风险系数高,需严格执行作业准入标准,规范设备攀爬、设备检修、工具传递等全流程操作,严控人员坠落、物件坠落等核心安全风险。电气作业围绕升压站、风机电气回路等设备开展,作业过程需严格遵守断电验电、物理隔离、绝缘操作等规范,有效防范触电、电弧灼伤、线路短路等安全事故。机械检修作业针对风机传动、变桨、偏航等机械结构,作业前必须完成设备停机锁定、机械制动防护,杜绝设备意外运转引发的人员挤压、磕碰损伤问题。户外场区巡检作业易受风沙、雷雨、复杂地形等环境因素影响,作业前需充分研判现场环境风险,规范巡检路线与作业方式,有效规避野外复杂工况带来的各类安全隐患。

3.3 作业流程安全管控

全流程闭环安全管控能够覆盖运维作业各环节,构建全方位、无死角的现场安全防护体系。作业前安全筹备与隐患排查是风险前置防控的关键环节,运维人员需全面核查作业设备运行状态、现场环境条件、检修工具性能,细致排查场地隐蔽安全隐患,提前完成隐患处置与安全防护筹备,为后续作业平稳开展创造安全条件。

作业实施阶段需严格落实全程专职安全监护,监护人员全程紧盯现场作业动态,及时制止不规范操作,快速处置现场突发隐患,确保作业全过程安全可控、稳定有序。作业结束后需完成现场清理与安全复核,规整收纳作业工具、清理现场杂物、恢复设备正常运行工况,逐项核查场地安全状态,彻底清除遗留安全隐患,实现运维作业全流程安全闭环管理。

4 风电场隐患防控与应急安全管理

4.1 设备及场区隐患排查管控

风电场长期运行于野外露天环境,设备自然老化、机械损耗、环境侵蚀等因素会持续滋生各类安全隐患,常态化排查治理是防范设备故障、规避安全事故的核心举措^[4]。设备隐患排查需全面覆盖风机、电气设备、辅助系统等全部设施,结合设备运行周期与实际工况开展针对性排查,重点识别机械磨损、电气老化、性能衰减等隐性隐患,从源头拦截设备故障诱因。场区环境隐患排查聚焦场站整体作业环境,重点核查场地地貌状态、防护设施完整性、自然环境的影响等内容,及时发现并处置路面破损、排水堵塞、防雷设施老化、围栏损坏等环境隐患,补齐场地作业安全短板。建立规范化隐患台账与闭环管控机制,对排查发现的各类隐患进行分类梳理、精准登记,明确整改标准、治理要求与推进时限。全程跟进隐患整改进度,完成整改后严格开展复核验收,彻底消除各类安全风险,形成排查、登记、整改、复核的闭环治理体系。

4.2 突发工况安全处置管理

风电场运行易受设备工况波动、极端天气等因素影响引发各类突发工况,标准化的应急处置管理能够有效降低故障影响、减少场站损失。针对机组异响、出力异常、电气参数波动等设备突发异常工况,需建立标准化紧急处置流程,明确分级处置步骤,快速完成设备停机、故障隔离、隐患研判等操作,遏制异常工况扩散蔓延,最大限度降低设备损伤程度。针对大风、暴雨、雷电、霜冻等恶劣天气,需建立专项现场安全管控机制,结合气象预警信息提前调整设备运行状态,暂停各类高危户外作业,加固场区设施设备,有效防范极端天气引发的设备故障与安全事故。细化场区各类突发故障应急处置规范,明确不同故障的处置优先级、标准操作流程与人员分工,面对线路故障、设备停运、场区险情等各

类突发问题,可实现快速响应、有序处置,保障场站运行秩序稳定。

4.3 安全日常管控保障机制

完善的长效保障机制是风电场安全管理工作常态化、规范化落地的核心支撑,能够持续夯实场站安全运行根基。安全巡查值守管理需明确岗位值守职责,划定标准化巡查范围与巡查频次,细化不同时段、不同工况下的值守管控要求,确保场站运行状态全程处于有效监管范围内,及时捕捉各类细微安全风险。常态化岗位安全技能培训需面向全体运维人员开展,结合风电场高危作业特点与常见安全隐患,针对性开展风险识别、规范操作、应急处置等专项培训,持续提升运维人员安全作业能力与突发问题处置水平。规范作业安全台账管理,对场站巡查记录、作业记录、隐患治理记录、应急处置记录等资料统一规整、分类归档,明确台账填写标准与存档要求,完整留存场站安全管理全过程资料^[5]。依托系统化台账数据,可梳理场站安全运行规律,持续优化安全管控与隐患治理方案,稳步提升风电场整体安全管理水平。

结束语

风电场的稳定运行依托于设备运维与安全管理的双向保障,系统化的运行管控、标准化的维护作业、精细化的安全举措是场站平稳运营的重要基础。通过落实安全维度设备运行管控、常态化设施养护、全流程作业安全管理及闭环式隐患治理,可有效规避各类运行隐患与作业风险,全面提升风电场运维规范化水平。整套管控与维护方式能够切实夯实场站安全运行根基,为风电场日常安全生产与高效运维提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 张轶东. 风电场中风力发电机组运行故障与维护[J]. 电气技术与经济,2024(6):328-329,337.
- [2] 景小楠. 风电场电气设备中风力发电机的运行与维护[J]. 数码设计,2023(18):109-111.
- [3] 赵宝. 分析风电场电气设备中风力发电机运行故障及维护[J]. 电气技术与经济,2022(4):122-124.
- [4] 胡超波. 风电场中风力发电机组运行故障及维护[J]. 仪器仪表用户,2023,30(9):110-112,31.
- [5] 李绵基. 海上风电场风力发电机运行维护策略研究[J]. 光源与照明,2022(12):222-224.