

风电电气工程安装与维护研究

陈 浩

大唐海投(台州)发电有限责任公司 浙江 台州 318000

摘要: 能源转型背景下, 风电电气工程稳定运行对风电产业发展至关重要。本文剖析风电电气工程核心系统构成, 阐述安装前期准备、关键环节工艺与质量控制要点, 构建包含日常、预防性与故障维修的维护体系, 探讨智能化技术应用、策略优化及特殊场景适配方案, 为提升风电电气工程安装质量与运维效率提供参考。

关键词: 风电电气工程; 安装工艺; 维护体系; 质量控制; 技术优化

引言: 全球能源结构向清洁低碳转型, 风电作为重要可再生能源, 其产业规模持续扩大。风电电气工程作为风电系统的核心组成, 涵盖电能生产、传输与安全保障环节, 其安装质量与维护水平直接影响风电设备运行稳定性与寿命。当前复杂工况下, 传统安装与维护技术面临精度不足、效率偏低等挑战, 深入探索相关技术体系与优化路径, 对推动风电产业高质量发展具有重要意义。

1 风电电气工程核心组成与安装基础

1.1 风电电气工程核心系统构成

风电电气工程核心系统分为一次系统与二次系统, 二者协同保障风电电能的生产、传输与安全运行^[1]。电气一次系统承担电能输送与分配功能, 主变压器负责将风机发出的低压电能升压至电网适配电压, 结构上包含铁芯、绕组与冷却系统, 需满足高功率传输与低损耗要求; 箱式变电站集成变压、配电功能, 体积紧凑且具备防护性能, 适配风电场地分散布局需求; 电缆线路作为电能传输载体, 需具备耐候、抗腐蚀特性, 其敷设方式与截面选择直接影响传输效率。电气二次系统为一次系统提供监控与保护支撑, 控制系统通过采集设备运行数据, 实现风机启停、功率调节等自动化操作, 核心组件包括控制器、传感器与执行机构, 各组件间通过信号线路联动; 保护系统在设备过载、短路等故障时快速切断电路, 避免故障扩大, 包含过流保护、绝缘保护等功能模块; 监测系统实时跟踪电压、电流、温度等参数, 及时反馈设备异常, 为运维提供数据依据, 各组件通过逻辑关联形成完整的安全保障体系。

1.2 安装前期准备工作

安装前期需开展全面的准备工作以确保施工顺利。施工环境勘察需重点关注地形、气象与电网接入条件, 地形勘察明确场地坡度、地基承载力等数据, 为设备布置与吊装路径规划提供依据; 气象勘察掌握风速、降水、低温等气候规律, 避开恶劣天气影响施工安全; 电

网接入条件勘察确认接入点位置、容量等参数, 保障后续并网调试顺畅。设备选型与验收需严格依据技术参数与质量标准, 选型时结合风电场地环境与系统需求, 确认设备额定功率、绝缘等级等参数匹配性; 验收环节检查设备外观有无破损、附件是否齐全, 同时抽检设备性能指标, 确保符合安装要求。施工方案制定需涵盖流程规划、人员配置与安全防护设计, 流程规划明确设备安装顺序与时间节点; 人员配置按专业分工确定技术人员与作业人员数量, 确保具备相应技能; 安全防护设计制定高空作业、电气操作等场景的防护措施, 降低施工风险。

1.3 安装施工的核心技术要求

设备吊装与定位需满足严格的技术标准, 吊装机械选型需根据设备重量、安装高度确定, 确保起吊能力与稳定性; 定位过程中通过测量仪器控制偏差, 主变压器、箱式变电站等关键设备的水平度、垂直度偏差需控制在规定范围内, 避免影响设备运行精度。电气连接工艺直接关系到系统安全, 线缆敷设需按设计路径进行, 避免扭曲、挤压导致绝缘损坏, 同时控制敷设张力防止线缆断裂; 接头处理需采用专用工具压接或焊接, 确保接触良好, 后续进行绝缘包扎与密封处理, 防止水汽、灰尘侵入; 连接完成后开展绝缘检测, 通过绝缘电阻测试验证绝缘性能是否达标。系统接地与防雷装置安装需符合规范要求, 接地电阻需控制在规定值以内, 通过选用合适的接地材料与优化接地网布局实现; 防雷装置安装需根据场地防雷等级选择适配的避雷器、避雷针, 确保覆盖所有关键设备, 同时做好防雷装置与接地系统的可靠连接, 提升系统防雷击能力。

2 风电电气工程安装关键环节与质量控制

2.1 核心设备安装工艺

主变压器安装需遵循严谨的流程以保障运行稳定^[2]。基础浇筑前需平整场地并夯实地基, 确保基础强度满足设备承重需求, 浇筑过程中控制混凝土配比与振捣质

量,避免出现裂缝;设备就位时通过吊装机械精准放置,利用水平仪调整设备水平度,确保符合安装标准;油浸式变压器注油前需对油箱进行真空处理,去除内部潮气,注油时控制流速与油量,避免产生气泡,注油后静置一段时间再开展密封检查,防止渗漏。箱式变电站安装注重结构稳固与防护性能。柜体固定需采用膨胀螺栓与地基连接,确保柜体在强风环境下不偏移;内部元件组装按设计图纸顺序进行,先安装断路器、隔离开关等核心元件,再进行接线操作,接线时注意端子紧固力度,防止接触不良;密封防护处理针对柜体缝隙与进出线接口,采用密封胶条与防水套管,避免雨水、沙尘进入柜体影响元件性能。风机机舱电气系统安装需兼顾精度与协同性。发电机接线时需核对绕组相位,确保接线顺序正确,同时做好接线端子的绝缘保护;变频器集成需固定牢固,连接线束按规范排布并做好标识,避免信号干扰;控制柜调试需逐一检查各回路通断状态,设置参数与控制逻辑,确保能准确接收并执行指令,与风机机械系统形成联动。

2.2 安装过程质量控制要点

工序质量检验贯穿安装全程,每道工序完成后需开展参数检测,比如设备安装后的水平度测量、接线后的绝缘电阻测试,同时核查工序操作是否符合设计规范与技术要求,发现偏差及时整改,避免问题累积影响后续环节。隐蔽工程验收针对电缆沟敷设、接地网施工等无法后续检查的环节,验收时需确认电缆敷设路径是否符合设计、防护措施是否到位,接地网的材料规格、焊接质量是否达标,通过拍照记录与数据存档,确保隐蔽工程质量可追溯。安装偏差控制需明确允许范围,设备水平度、垂直度偏差需控制在毫米级以内,比如主变压器水平偏差不超过规定数值;电气间隙需满足绝缘要求,不同电压等级的元件间间隙需符合标准,避免因间隙过小引发放电故障,通过精准测量与调整,保障设备安全运行。

2.3 安装后系统调试

分系统调试需逐一验证各系统性能,一次系统绝缘测试采用绝缘电阻表测量设备与线路的绝缘值,确保符合安全标准;二次系统信号校验需检查传感器与控制器间的信号传输是否准确,比如温度传感器的测量值与显示值是否一致,发现信号异常及时排查接线或元件问题。整系统联动调试模拟实际运行场景,并网前开展负荷模拟测试,通过调整负载验证系统功率输出与调节能力;保护功能测试需模拟过载、短路等故障,检查保护装置是否能快速动作切断电路,确保保护逻辑可靠^[3]。调

试数据记录与分析需详细记录各项参数,比如电压、电流、功率因数等,与设计值进行对比,分析偏差原因;对调试中出现的异常问题,如参数波动过大、保护误动作等,需逐一排查元件性能、接线状态等因素,制定解决方案并复测,直至系统各项指标达标。

3 风电电气工程维护体系构建与实施

3.1 维护体系核心内容

日常维护是保障系统稳定运行的基础,需明确定期巡检项目,包括检查设备外观有无破损、连接件是否松动、线缆有无老化迹象等;设备清洁需针对散热器、绝缘子等易积尘部件,定期清除灰尘与杂物,防止散热不良或绝缘性能下降;参数监测需确定合理频率,比如每日记录主变压器温度、电流,每周核查电网电压与功率因数,通过持续监测及时发现异常。预防性维护需结合设备特性制定方案,基于设备寿命周期确定维护节点,比如电缆每几年开展一次绝缘检测,变压器按运行年限更换密封件;同时参考运行数据调整维护周期,若设备运行参数波动频繁,需缩短维护间隔,提前排查潜在故障,避免设备突发性损坏。故障维修需规范流程与管理,故障诊断先通过监测数据与现场检查定位问题根源,比如根据电流异常判断线路短路位置;应急处置方案需明确故障发生后的停机步骤、风险控制措施,确保快速隔离故障设备;备件管理需储备关键部件,如断路器、传感器等,建立备件台账与领用制度,保障故障修复及时高效。

3.2 关键设备维护技术

主变压器维护需重点关注油质与运行状态,油质检测定期取样分析,检查油的介损、击穿电压等指标,判断是否存在劣化;温度监测通过内置传感器与外部测温仪结合,实时跟踪绕组与油温变化,防止过热损坏;铁芯接地检查定期测量接地电阻,确保接地良好,避免铁芯多点接地引发局部过热。电缆线路维护需防范绝缘老化与环境影响,绝缘老化检测采用红外测温或局部放电测试,评估绝缘性能衰退情况;敷设路径环境排查需清理周边杂草、碎石,检查电缆沟排水是否通畅,防止雨水浸泡或外力挤压损伤电缆,保障线路传输安全。控制系统维护需保障软件与硬件协同,软件版本更新需在停机窗口期进行,更新后验证功能完整性,避免程序冲突;数据备份定期存储控制参数与运行记录,防止数据丢失影响故障追溯;指令响应测试定期发送控制指令,检查执行机构动作是否准确,确保控制系统指令传递顺畅。

3.3 维护过程中的安全管理

维护人员安全防护需落实具体措施,高空作业时

佩戴安全带、使用防坠落装置,作业平台需稳固可靠;电气安全操作需严格遵循规范,比如验电、挂接地线后再开展作业,避免触电风险,同时配备绝缘手套、绝缘靴等防护用具。设备停运与隔离需按流程操作,停电时先断开负荷开关,再拉开隔离开关,确保设备完全断电;挂牌警示需在设备操作处悬挂“正在维护,禁止合闸”标识,防止误操作引发事故,同时设置安全围栏隔离作业区域^[4]。应急处置需快速响应故障情况,设备故障跳闸后需先排查故障原因,确认安全后再尝试恢复供电;雷击事后需检查防雷装置是否损坏、设备绝缘是否完好,修复受损部件后再逐步恢复系统运行,确保维护过程安全可控。

4 风电电气工程安装与维护的技术创新与优化

4.1 智能化技术应用

安装阶段引入BIM技术可提升施工精度与效率,通过构建三维建筑信息模型模拟设备安装全过程,提前规划吊装路径、设备定位细节,预判施工中可能出现的空间冲突,减少现场调整工作量;利用模型实时比对实际安装参数与设计标准,精准控制设备水平度、垂直度偏差,确保安装质量符合规范,尤其适用于复杂地形下多设备协同安装场景。维护阶段智能化技术可显著提升运维效率,物联网监测通过在关键设备上部署传感器,实时采集温度、振动、电流等运行数据,数据经无线传输至监控平台,工作人员可远程掌握设备状态,当参数超出正常范围时自动触发预警,避免故障扩大;AI诊断技术通过算法分析历史运行数据与故障案例,能快速识别异常数据背后的潜在问题,比如根据电流波动规律判断线路接触不良隐患,缩短故障排查时间。

4.2 维护策略优化

基于运行大数据的预测性维护模型可实现精准运维,数据采集需覆盖设备运行参数、环境条件、维护记录等多维度信息,确保数据全面反映设备状态;预警阈值设定需结合设备特性与行业标准,通过分析历史故障数据确定合理阈值,比如针对主变压器设定油温预警值,当温度接近阈值时提前安排维护,避免设备突发故障。全生命周期成本优化需平衡维护投入与设备寿命,维护周期设定需结合设备设计寿命与实际运行状况,避免过度维

护增加成本或维护不足缩短设备寿命;备件库存优化通过分析备件消耗频率与采购周期,建立合理库存水平,常用备件适量储备,稀缺备件与供应商建立应急供应机制,既保障维修及时性,又减少库存积压资金。

4.3 特殊场景技术适配

海上风电电气工程需针对海洋环境特点优化技术方案,防腐蚀处理采用耐腐蚀材料制作设备外壳与连接件,定期对金属部件进行防腐涂层维护;潮湿度控制在设备内部安装除湿装置,防止潮湿空气导致电气元件绝缘性能下降;海上运输安装需选用适合海上作业的吊装设备,设备运输过程中做好防水、防颠簸保护,确保设备到场后完好无损^[5]。高海拔/低温风电电气工程需解决极端环境带来的技术难题,设备低温启动可在控制柜内安装加热装置,确保低温下电气元件正常工作,同时选用低温适配的润滑油与密封材料;绝缘性能保障需选用耐低温绝缘材料,定期检查绝缘层是否因低温收缩出现裂纹,必要时增加绝缘防护措施,确保设备在高海拔低气压环境下绝缘性能达标。

结束语

风电电气工程安装与维护是保障风电系统可靠运行的关键环节,从核心系统认知到安装工艺把控,从维护体系构建到技术创新优化,每个环节均需兼顾安全性、精准性与适应性。随着智能化技术发展与特殊场景应用拓展,持续完善安装规范、优化维护策略,可进一步提升风电电气工程运行效率与寿命。未来需不断探索技术融合路径,为风电产业可持续发展提供更坚实的技术支撑。

参考文献

- [1]邹佳文.浅析建筑消防电气工程安装与维护研究[J].中国科技投资,2021,(14):111-112.
- [2]许云峰.建筑消防电气工程安装与维护研究[J].居业,2022,(02):145-147.
- [3]魏琨.建筑消防电气工程安装与维护探讨[J].消防界(电子版),2022,8(17):109-111.
- [4]徐卓雅.风电电气工程自动化中存在的问题及对策分析[J].造纸装备及材料,2021,50(12):37-39.
- [5]王建强.风电新能源发展现状及技术发展前景研究[J].智慧中国,2021,(06):92-93.