

风力发电厂风机的检修和维护

王 忠

内蒙古华电新能源分公司 天津 301800

摘要：风力发电机集合了电气、机械、空气动能以及其他多种学科知识，只有精准控制风机设备正常运作，才能全面提升风能利用效率，实现生产水平的提升，进而有效提高电能生产率，日常检查、定期保养和故障抢修，核心是预防为主、定期维护和状态检修相结合。因此，应加强对风机的检修与维护。通过保障风机不间断运作，及时发现风机存在的故障因素，防止生产事故的发生，提升风机运行效率。

关键词：风力发电厂；风机；检修；维护

国内风力发电企业的设施设备数量持续增加，如何做好设备检修工作成为重点关注的问题，只有改进传统的检修方式，积极推进检修工作的革新，才能更好地保障电气设备稳定运作，提升风力发电公司的生产能力，创造更高的经济效益。风机作为风力发电公司日常生产运作中的重要基础设施，若检修与维护工作落实不到位，就会影响到整体生产工作的顺利开展。

一、日常检查与监控

(一) 远程监控

数据采集：机舱里装烟雾、温度传感器，塔基也有监测设备，通过RS485或4G网络把数据传到监控平台。**实时监控：**平台会显示风速、功率、振动、温度等关键数据，异常时自动报警，方便快速定位。**故障诊断：**系统分析数据，能预警和诊断故障，比如叶片或齿轮箱问题，还能生成工单派给运维人员。**远程控制：**必要时可以远程调整风机参数或停机，减少现场操作。用起来的好处很明显：**效率高：**不用频繁爬塔，数据实时看，故障处理更快。**更安全：**减少高空作业，雷暴前还能提前预警。**成本低：**优化了人力物力，维护更精准。实际应用中，像数之能这样的方案已经帮很多风电场实现了集中监控，运维效率和安全都提升了不少。

(二) 现场检查

现场检查的核心是定期巡检和故障处理，主要分为日常巡检、定期检修和故障抢修三部分^[1]。日常巡检，频率：几乎每天进行。内容：机组巡检：通过远程监控或现场巡查，检查发电功率、振动、温度、电流电压等参数。设备维护：清理机舱、塔筒内部积灰，检查润滑油、液压油液位，查看密封件、螺栓是否松动。电气检

查：查看高压柜、变频器、变压器、开关柜等电气设备是否有异常。叶片检查：观察叶片是否有裂纹、脱落或积冰现象。定期检修，频率：按计划进行，如500小时、季度或年度检修。内容：500小时检修：新机组投运后运行500小时，需全面检查螺栓、润滑系统、液压系统等。季度或年度检修：包括润滑油更换、齿轮箱检查、变频器清洁、紧固螺栓、防腐维护等。预防性维护：更换老化部件、修复小故障，避免影响机组长期运行。故障处理与抢修，频率：机组出现异常时。内容：故障排查：通过SCADA监控系统发现异常（如偏航故障、发电机温度异常），赶赴现场检查。故障检修：可能涉及更换传感器、修复液压系统、处理电气故障、恢复通信等。紧急抢修：遇到重大故障（如齿轮箱漏油、轴承损坏），需紧急抢修，甚至长时间连夜作业。安全与培训，频率：定期或不定期。内容：安全检查与培训：定期参加安全培训与演练（如高空救援、消防演练），并进行安全工具检查。工作票与安全措施：作业前需填写工作票，执行断电、验电、挂接地线等安全措施，确保作业安全。数据记录与汇报，频率：每天或每周。内容：记录运维日志：记录机组运行状态、故障情况、处理措施等。数据分析：整理发电量、可利用率、故障率等数据，为运维优化提供依据。汇报与交接班：与其他班次进行工作交接，说明机组运行情况和遗留问题。

(三) 混塔检测

日常检查：基础但不可忽视，日常检查是混塔安全的第一道防线，主要通过目视观察和简单测试来发现表面问题，比如：混凝土筒身：重点看有没有裂缝（温度缝超过0.2mm、结构缝超过0.3mm要特别留意）、剥落或

渗水痕迹。钢混结合部：检查螺栓是否松动、锈蚀，连接处有没有异常变形。爬梯和平台：确保结构稳固，没有锈蚀或损坏，防雷装置外观也要正常。基础部分：观察有没有不均匀沉降，钢绞线有没有腐蚀。定期全面检测：系统评估安全，定期检测更深入，一般每3-5年做一次，恶劣环境或使用超过10年的要缩短到2-3年。主要检测：混凝土强度：用超声回弹法测强度，评估碳化深度和氯离子含量。钢筋锈蚀：通过电磁感应检测内部锈蚀情况。钢结构焊缝：用超声波探伤查内部缺陷。基础沉降：监测是否均匀，钢绞线预应力是否正常。特殊检测：应对突发情况，遇到极端天气、异常振动或结构改造后，要立即做特殊检测，比如：三维激光扫描：测整体变形，精度能到 $\pm 0.1\text{mm/m}$ 。红外热成像：快速筛查结合面有没有剥离。无人机或爬壁机器人：用于高风险区域，比如顶部连接法兰和锚索群。技术方法：传统与智能结合，目视检测：用望远镜、内窥镜直观排查。无损检测：超声波、电磁感应、三维激光扫描等。破坏性检测：少量取样验证材料性能。智能化检测：无人机、爬壁机器人、在线监测系统，提高效率和安全性。重要性：安全与经济并重，混塔一旦出问题，可能导致塔筒倒塌、叶片断裂，单次事故损失可能高达2000万元。日常和定期检测能有效预防这类风险，保障机组稳定运行。

二、定期维护

（一）全面检测

全面检测是风机维护的重中之重，它通过系统性评估来保障机组安全稳定运行，通常每3-5年进行一次，恶劣环境下需缩短至2-3年。检测内容主要围绕结构、材料、附属系统三大核心展开，兼顾钢混不同材质特性。检测类型与周期，常规性检查：作为日常运维基础，采用“日常巡查+月度专项”模式，聚焦混凝土筒身裂缝、剥落，钢混结合部螺栓状态，爬梯平台完整性及防雷装置外观等核心要点。定期全面检测：为系统性评估承载能力与整体安全性，满足法定要求。新建混塔投用后3年内首次检测，之后每3-5年一次；服役超10年或恶劣环境下缩短至2-3年。特殊性检测：针对极端天气后、风机振动异响、结构改造后等特殊场景，精准诊断隐患，为修复改造提供数据支撑，有效防范倒塔等恶性事故发生、避免事故扩大。检测内容，结构检测：覆盖混凝土强度、钢筋锈蚀、钢结构焊缝质量、基础沉降等关键指标。材料检测：包括叶片材质、塔架材料、螺栓连接件等材料的性能检测。附属系统检测：包括润滑系

统、液压系统、冷却系统、防雷系统等附属系统的功能检测。检测方法，目视检查：通过目视观察设备外观，检查是否有裂纹、腐蚀、磨损等现象。仪器检测：使用专业仪器设备，如超声波探伤仪、磁粉探伤仪、红外热像仪等，对设备内部缺陷进行检测。功能测试：通过功能测试，检查设备是否正常运行，如润滑系统、液压系统、冷却系统等^[2]。检测设备，常规检测设备：如力矩扳手、润滑脂枪、油品检测仪等。专业检测设备：如超声波探伤仪、磁粉探伤仪、红外热像仪等。智能检测设备：如无人机、机器人等，用于高空、危险区域的检测。检测流程，检测准备：制定检测计划，准备检测设备，安排检测人员。现场检测：按照检测标准，对设备进行检测。数据分析：对检测数据进行分析，评估设备状态。报告编制：编制检测报告，提出维护建议。维护实施：根据检测报告，进行维护工作。检测注意事项，安全第一：检测过程中，必须严格遵守安全规程，确保人员安全。数据准确：检测数据必须准确，避免误判。报告及时：检测报告必须及时编制，为维护工作提供依据。

（二）维护内容

定期维护内容，连接件力矩检查，检查叶片、塔筒、齿轮箱等关键部位的螺栓，确保力矩达到规定值（如塔筒螺栓需达3000牛米），防止松动引发故障。润滑性能检查，对齿轮箱、变桨轴承等部件进行润滑，定期更换润滑油（如齿轮箱每半年抽油检测），并清理油污，确保运转顺畅。部件功能测试，测试紧急停机按钮、偏航系统等，确保功能正常（如偏航齿轮间隙控制在1毫米内），保障安全运行。油位与电气设备检查，检查齿轮箱、液压系统油位，清理变频器灰尘，防止过热或短路。设备清洗，定期清理叶片、机舱等部件，避免积灰影响散热和发电效率。维护周期与人员，周期：进口风机一般5-6个月一次，国内风机通常半年一次，需根据实际运行环境调整。人员：需1名工程师带领多名技术工人，进行安全培训，确保操作规范。维护原则，遵循“预防为主，定期维护和状态检修相结合”的原则，确保风机安全高效运行。

三、故障检修

（一）常见故障类型与处理

剧烈抖动，原因：螺栓松动、叶片变形、变桨距卡滞等。处理：拧紧螺栓、修复或更换叶片、清洗变桨距零件。调向不灵，原因：压力轴承损坏、油泥过多或未加黄油。处理：清洗后补装轴承、涂新黄油。异常杂音，

原因：紧固件松动、轴承缺油或损坏、部件摩擦。处理：停机检查、拧紧螺丝、清洗或更换轴承。发电机不发电，原因：无电流输出。处理：检查发电机及电路。故障诊断方法，SCADA数据分析：通过监控系统数据识别异常。振动与噪声检测：判断整机振动或异响来源。温度监测：检查发电机、齿轮箱等关键部位温度。日常维护建议，叶片检查：定期检查裂纹、腐蚀及排水孔。变桨轴承维护：检查防腐涂层、清洁度及密封。齿轮箱保养：检查密封性、漏油及喷油管流速。专业检修设备参考，回转风机：用于设备故障维修，如HC801S型号（6100元）。风机盘管清污服务：提供专业团队上门服务（1800元）。回转式鼓风机：如HC60S型号（5000元），适用于风量小、异响维修。

（二）处理流程

故障发现与初步响应，报警信号处理：当机组发出报警时，运行人员需立即查看故障信息及运行参数，初步判断故障类型。远程监控联动：SCADA系统根据参数偏离程度触发不同级别的预警，如一级预警（黄色）需加强巡检，二级预警（橙色）需24小时内现场复核，三级预警（红色）则立即启动抢修。现场安全与故障隔离，安全准备：登塔前检查防坠落装备、验电设备，执行“停电-验电-挂接地”流程。故障隔离：通过SCADA系统远程隔离故障设备，防止故障扩大。故障诊断与修复，机械故障：如叶轮锁定故障，需检查锁定销、位移开关及反馈信号。液压系统故障：检查油位、油泵、管路及阀体，必要时更换损坏部件。电气故障：如风速仪、风向标故障，需检查传感器及信号回路。偏航系统故障：检查电气回路、偏航电机、减速器及润滑油状态。修复验证与恢复运行，功能测试：修复后需进行功能测试，确保设备正常运行。数据记录：将故障处理过程记录在《风电场运行日志》中，便于后续分析。预防性维护建议，日常巡检：定期检查塔筒、叶片、箱变等设备，记录运行参数。定期维护：按计划更换齿轮箱油液、清洁变流器散热系统等。状态检修：依托在线监测系统，对设备劣化趋势进行预判。安全与工具准备，安全措施：确认电源已切断，设置警戒区域，佩戴个人防护用品。工具与备件：准备常用工具、专用工具及备品备件，如轴承、密封件等。技术资料与记录，技术资料：准备设

备手册、历史故障记录等。记录与报告：填写工作票和检修报告，记录故障处理过程。

四、非常规维护

（一）非常规维护的典型场景

突发故障：比如发电机碳刷打火、变桨轴承异响、液压泄漏等，需要立即停机处理。极端天气后：台风、雷暴等恶劣天气后，需检查叶片、塔筒等结构是否受损。设备异常：如振动超标、异常噪音、发电量骤降等，需排查机械或电气问题。

（二）维护流程与要点

故障诊断：通过远程监控系统分析数据，初步判断故障类型。现场检查时，需结合听、看、测（如振动、温度）等手段定位问题。安全措施：必须断电、泄压（如液压系统）并悬挂警示牌，高空作业需系安全带。重要部件（如齿轮箱、发电机）维护时，技术负责人需现场监督^[1]。维修操作：根据故障类型更换部件（如碳刷、轴承）、修复裂纹（叶片需在10℃以上环境修补）或清洗堵塞的油路。液压系统泄漏需先泄压再操作，避免高压伤人。记录与验收：填写《非常规维护记录单》，包括故障原因、处理过程、参与人员等。维修后需试运行，并由技术部门验收，重大改进需提供技术资料。

（三）注意事项

安全第一：恶劣天气（如风速超12m/s）禁止高空作业，夜间抢修需充足照明。规范操作：螺栓紧固需用液压扳手，叶片修复需完全固化后再开机。持续改进：定期分析故障数据，优化维护计划，减少停机时间。

总之，要将检修维护过程中的相关数据准确记录下来，为方案的改进提供有效依据，进而推动风电厂的安全稳定运行，促使发电量不断提高。

参考文献

- [1] 李寿清, 李广锋. 浅析如何做好风电场运行管理[J]. 红水河, 2024, 43(2): 63-68. DOI: 10.3969/j.issn.1001-408X.2024.02.013.
- [2] 谢江超. 考虑风电不确定性的风电状态检修对策[J]. 低碳世界, 2024, 14(2): 100-102.
- [3] 陈辉龙. 风电检修模式优化方案探讨[J]. IT经理世界, 2021, 24(2): 35-35.