

风力发电机组偏航系统常见故障及维护策略

陈湘奇

新化大熊山风力发电有限公司 湖南 长沙 410007

【摘要】：风力发电机组偏航系统的稳定运行直接决定发电效率与设备寿命，识别其常见故障并制定科学维护策略是保障风电设备可靠运行的关键。偏航系统在长期运行中易受环境与工况影响出现多种故障，会导致发电效率下降甚至设备损坏。通过明确故障类型与成因，构建针对性维护体系，可有效提升系统运行稳定性，降低故障发生率。阐述偏航系统常见故障表现与成因，提出适配的维护策略，为风电设备运维提供有效支撑，助力风电产业高质量发展。

【关键词】：风力发电机组；偏航系统；常见故障；维护策略

DOI:10.12417/2811-0528.26.05.081

风力发电作为清洁可再生能源利用的重要形式，在能源转型进程中占据重要地位。偏航系统作为风力发电机组的核心组成部分，承担着调整机舱方向以追踪风向的关键职能，其运行状态直接关乎发电效率与设备安全。偏航系统长期暴露在复杂自然环境中，承受交变载荷、风沙侵蚀等多重影响，故障频发问题逐渐凸显，不仅制约发电效益提升，还可能引发设备连锁损坏，增加运维成本。深入探究偏航系统常见故障，探寻科学有效的维护策略，对提升风力发电机组整体运行可靠性、推动风电产业持续健康发展具有重要意义。通过系统梳理故障特征与成因，构建完善的维护体系，可为偏航系统稳定运行提供保障，契合风电产业高效运维的发展需求。

1 风力发电机组偏航系统故障产生的核心诱因分析

基于故障诱因的预防性维护措施，需围绕环境影响、构件老化、装配偏差及运维不当等核心诱因构建全方位防护体系。针对野外复杂环境，需定期对偏航系统关键部位进行清洁作业，重点清除散热通道、偏航轴承间隙及齿轮啮合面的沙尘杂质，避免颗粒物加剧部件磨损；结合不同季节气候特征动态调整维护策略，高温季节选用耐高温型润滑油并缩短更换周期，低温环境前对润滑系统进行预热处理，同时对暴露的金属构件定期涂刷防腐涂层，及时修补破损涂层以抵御湿度侵蚀^[1]。针对构件老化问题，建立全生命周期台账，依据构件设计寿命与实际运行参数，提前对接近服役年限或出现早期损伤的偏航轴承、齿轮等核心部件进行更换。针对装配偏差隐患，严格遵循装配工艺标准，采用高精度测量仪器校准轴承间隙、齿轮啮合精度等关键参数，对连接件实施定期复紧作业，从源头规避因装配不当引发的故障风险。

2 风力发电机组偏航系统典型故障识别与特征解析

2.1 偏航定位不准确故障的具体表现与影响

偏航定位不准确是偏航系统常见故障之一，其核心表现为

机舱无法精准对准风向，存在明显的偏航偏差。这种偏差会导致风力发电机组的迎风面积不足，直接降低风能捕获效率，进而影响发电输出功率的稳定性。故障发生时，可通过风向传感器数据与机舱实际朝向的对比发现问题，即使在风向稳定的情况下，发电功率也会出现周期性波动。偏航定位不准确还会导致偏航系统频繁启动调整，增加驱动电机与传动构件的运行负荷，加剧构件磨损，缩短设备使用寿命。此外，定位偏差会使机组承受不均衡的风载荷，增加机舱与塔架的结构应力，长期下去可能引发塔架振动加剧等连锁问题，影响整个风力发电机组的运行安全。

2.2 偏航驱动系统失效故障的特征与危害

偏航驱动系统失效故障主要表现为驱动电机无法正常启动、输出扭矩不足，或齿轮传动系统卡滞、异响等现象。当驱动电机出现故障时，偏航系统无法按照控制指令调整机舱方向，导致机组无法追踪风向，直接影响发电作业^[2]。齿轮传动系统出现卡滞时，会伴随明显的机械异响，同时机舱转向动作停滞或卡顿，严重时会导致驱动电机过载保护启动。这种故障的危害极为显著，不仅会造成发电中断，还可能因驱动系统过载引发电机烧毁、齿轮断裂等严重设备损坏。若在强风天气下发生驱动系统失效，机舱无法及时调整至安全角度，会使机组承受过大风载荷，增加设备倾覆的风险，对整个风电场的安全运行构成威胁。

2.3 偏航制动系统异常故障的识别要点

偏航制动系统异常故障的识别可通过制动效果、制动声音及设备温度等多方面特征判断。制动效果下降时，表现为机舱在制动后仍存在缓慢转动现象，无法稳定保持在指定风向角度，尤其在阵风环境下，机舱晃动幅度明显增大。制动过程中出现刺耳异响，或制动盘表面出现明显的划痕、磨损不均匀等情况，均表明制动系统存在异常。此外，制动装置运行温度异常升高，也是故障的重要识别特征，过高的温度会影响制动片

的摩擦性能,进一步降低制动效果。制动系统作为保障偏航系统稳定运行的关键防护部件,其异常会导致偏航调整精度下降,增加驱动系统的运行负担,同时无法有效抵御风载荷对机舱的冲击,可能引发机舱剧烈晃动,甚至造成制动装置彻底失效,引发严重安全事故。

3 风力发电机组偏航系统故障的诊断技术与方法构建

3.1 基于运行参数监测的故障初步诊断

基于运行参数监测的故障初步诊断,通过采集偏航系统运行过程中的各类参数,结合系统正常运行参数范围,实现对故障的早期识别。需重点监测的参数包括偏航角度、驱动电机电流与电压、制动系统压力、润滑油温度等。通过实时监测偏航角度变化,可判断定位是否准确,若角度偏差持续超出合理范围,即提示可能存在定位故障。驱动电机的电流与电压参数异常波动或超出额定范围,可能反映电机自身故障或传动系统阻力异常。制动系统压力不足或波动过大,会直接关联制动效果异常问题。润滑油温度过高则可能提示润滑系统故障或构件磨损加剧。通过对这些参数的持续追踪与分析,能够及时发现运行异常,为后续精准诊断提供方向。

3.2 机械构件状态检测的故障精准定位

机械构件状态检测是实现故障精准定位的关键手段,针对偏航系统的核心构件采用针对性检测方法。对于偏航轴承,可采用振动检测技术,通过分析轴承运行过程中的振动信号,识别滚动体、滚道的磨损、点蚀等损伤,振动信号中的异常频率成分往往对应特定的故障类型^[9]。齿轮传动系统可采用油液分析与声发射检测相结合的方式,油液中的金属颗粒含量、尺寸分布等指标能反映齿轮磨损程度,声发射信号则可捕捉齿轮啮合过程中的异常冲击,精准定位磨损、胶合等故障位置。制动装置的检测可通过外观检查与性能测试完成,检查制动盘、制动片的磨损状况,测试制动响应时间与制动力矩,判断制动系统的运行状态,实现故障的精准定位。

3.3 故障诊断数据的整合分析与验证

故障诊断数据的整合分析与验证是确保诊断结果准确性的重要环节,需将运行参数监测数据与机械构件状态检测数据进行系统整合。通过建立数据关联模型,分析不同数据之间的内在联系,例如将驱动电机电流异常数据与齿轮振动异常数据相结合,判断故障根源是否为齿轮传动阻力增大。同时,结合偏航系统的运行工况、环境条件等信息,对诊断结果进行验证。若初步诊断为偏航轴承磨损,可进一步通过拆解检查等方式进行确认,对比检测数据与实际故障状况,修正诊断模型。通过多维度数据的整合分析与验证,能够排除干扰因素,提升故障

诊断的准确性,为后续维护策略的制定提供可靠依据。

4 风力发电机组偏航系统针对性维护策略构建与实施

4.1 基于故障诱因的预防性维护措施

基于故障诱因的预防性维护措施,围绕环境影响、构件老化、装配偏差等核心诱因制定针对性方案。针对环境因素,定期对偏航系统进行清洁,清除散热通道、轴承间隙中的沙尘杂质;根据季节变化调整润滑油型号,高温季节选用黏度适宜的耐高温润滑油,低温季节更换低温流动性好的产品;对金属构件采取防腐处理,涂抹防腐涂层,定期检查涂层完整性并及时修补^[4]。针对构件老化,建立构件全生命周期管理档案,根据不同构件的设计使用寿命与运行状况,制定合理的更换周期,提前更换接近使用寿命或出现早期损伤的构件。针对装配偏差,在设备安装与维护过程中,严格按照装配工艺要求操作,采用精准测量工具确保装配精度,对连接件进行定期复紧,消除装配偏差带来的故障隐患。

4.2 针对典型故障的修复性维护方案

针对典型故障的修复性维护方案,根据不同故障类型制定专项修复流程。对于偏航定位不准确故障,首先检查风向传感器的工作状态,校准传感器精度,若传感器正常则检查偏航驱动系统的传动精度,调整齿轮啮合间隙,修复或更换磨损的传动构件;同时检查偏航控制参数,确保参数设置符合设备运行要求。对于偏航驱动系统失效故障,若为电机故障,需拆解电机进行检修,更换老化的绕组、磨损的转子等部件,测试电机输出性能;若为齿轮传动故障,根据磨损程度进行修复或更换,重新调整啮合精度,更换污染或老化的润滑油。对于制动系统异常故障,更换磨损严重的制动片、制动盘,检查制动管路的密封性,补充制动液,调整制动间隙,确保制动系统性能恢复正常。

4.3 提升维护有效性的全周期管理模式

提升维护有效性的全周期管理模式,贯穿偏航系统的设计、运行、维护全阶段。在设计阶段,充分考虑运行环境的影响,优化构件结构设计,提升设备的抗环境干扰能力与可靠性。在运行阶段,建立实时监测系统,持续追踪运行参数与构件状态,及时发现异常情况,实现故障早期预警。在维护阶段,规范维护流程,明确各环节的操作标准与质量要求,建立维护档案,详细记录维护时间、内容、故障处理结果等信息。同时,加强维护过程的质量监督,定期对维护效果进行评估,根据评估结果优化维护方案。通过全周期的精细化管理,实现维护工作的闭环控制,显著提升维护有效性,保障偏航系统长期稳定运行。

5 偏航系统故障防控与维护质量提升的保障体系

5.1 运维人员专业能力强化路径

运维人员专业能力强化路径,从培训、实践、考核多方面构建完善体系。开展系统性的专业培训,内容涵盖偏航系统的结构原理、故障识别方法、维护技术规范等,采用理论授课与实操演示相结合的方式,提升运维人员对系统的认知与操作能力。搭建实践平台,安排运维人员参与实际故障排查与维护工作,积累实战经验,在实践中提升问题解决能力^[5]。建立严格的考核机制,定期对运维人员的专业知识与操作技能进行考核,考核结果与岗位晋升、绩效评价挂钩,激励运维人员主动提升专业能力。同时,建立技术交流机制,组织运维人员分享维护经验与技术心得,促进技术水平的整体提升,为故障防控与维护质量提升提供人才保障。

5.2 维护技术与设备的升级优化

维护技术与设备的升级优化,是提升故障防控与维护质量的重要支撑。引入先进的故障诊断技术,如无线传感监测技术、大数据分析技术等,实现对偏航系统运行状态的实时精准监测与故障预警,提升故障诊断的效率与准确性。升级维护设备,采用智能化的检测与维修工具,如高精度振动分析仪、自动化润滑设备等,提升维护操作的精度与效率,降低人为操作误差。同时,加强与科研机构、设备制造商的合作,积极引进成熟的新技术、新设备,结合偏航系统的运行实际进行适应性优化,推动维护技术的迭代更新。通过维护技术与设备的升级优化,

提升维护工作的科技含量,为保障偏航系统稳定运行提供技术支持。

5.3 运维管理制度的完善与落地

运维管理制度的完善与落地,为故障防控与维护质量提升提供制度保障。制定完善的日常巡检制度,明确巡检周期、巡检内容、巡检标准,确保巡检工作全面覆盖偏航系统的各个构件与运行环节,及时发现潜在故障隐患。建立故障分级处理制度,根据故障严重程度与影响范围,划分不同故障等级,制定对应的响应流程与处理时限,确保故障得到快速有效处理。完善维护质量监督制度,明确维护工作的质量标准与验收流程,安排专人对维护过程与结果进行监督验收,确保维护工作符合规范要求。加强制度的落地执行,通过宣传培训提升运维人员的制度意识,建立监督检查机制,对制度执行情况进行定期检查,及时纠正违规操作,确保各项制度落到实处。

6 结语

本文围绕风力发电机组偏航系统常见故障及维护策略展开研究,明确了故障产生的核心诱因,解析了典型故障特征,构建了科学的故障诊断方法与针对性维护策略,同时完善了故障防控与维护质量提升的保障体系。研究成果为偏航系统的稳定运行提供了全面支撑,有助于降低故障发生率,提升发电效率。后续需持续关注偏航系统技术发展趋势,不断优化维护技术与管理模式,进一步提升偏航系统的运行可靠性,为风电产业的持续健康发展奠定坚实基础。

参考文献:

- [1] 王搏远.风力发电机组的偏航系统控制技术研析[J].电力设备管理,2025,(08):104-106.
- [2] 黄文君,宋昭,范贵华.风力发电机组水冷系统常见故障与解决策略[J].流体测量与控制,2025,6(02):51-54.
- [3] 张明华,张永,刘辉,等.基于应力波技术的海上风力发电机组偏航系统故障诊断[J].光源与照明,2025,(01):81-83.
- [4] 段佳帅.风力发电机组偏航系统运行特性分析和故障分析研究[D].沈阳工业大学,2024.
- [5] 尚志刚,马亮.风力发电机组偏航能量传导在滑动偏航系统中的应变研究[J].企业管理,2023,(S2):364-365.