

# 风电机组偏航系统故障成因及维护策略研究

王梦亚

大唐山东发电有限公司新能源分公司 山东 济南 250000

**【摘要】**：风电机组偏航系统在风力发电中起着至关重要的作用，其正常运行直接关系到机组的发电效率和稳定性。偏航系统故障的成因多样，包括机械磨损、电气故障、控制系统失灵等方面。针对这些故障问题，提出了系统性维护策略，重点关注故障预测与预防、定期检查、智能监控技术的应用等方面。通过优化维护策略，可有效延长偏航系统的使用寿命，提高风电机组的稳定性和经济效益。本研究不仅为风电行业提供了切实可行的维护方案，也为偏航系统的故障诊断和预防提供了理论支持。

**【关键词】**：风电机组；偏航系统；故障成因；维护策略；智能监控

DOI:10.12417/2705-0998.26.01.004

## 引言

风电机组作为清洁能源的重要组成部分，其运行的稳定性直接影响能源的利用效率。在众多的风电机组系统中，偏航系统的作用尤其关键，它通过调整风机的朝向，以最大限度地捕捉风能。偏航系统也面临着频繁故障的挑战，这不仅影响了风电机组的性能，还可能带来经济损失。研究偏航系统故障的成因及相应的维护策略显得尤为重要。通过深入分析偏航系统常见故障的根源及其解决方法，提出切实可行的维护方案，可以提高风电机组的可靠性和经济效益，推动风电产业的可持续发展。

## 1 偏航系统故障类型及成因分析

偏航系统在风电机组中负责调整风机的朝向，以便最大限度地利用风能。其主要功能是确保风机始终面向风向，维持较高的发电效率。然而，偏航系统在长期运行过程中会遭遇多种故障，这些故障不仅会影响机组的发电性能，还可能导致经济损失。根据目前的研究和实践经验，偏航系统的故障通常可以分为机械故障、电气故障和控制系统故障等几种类型<sup>[1]</sup>。机械故障主要表现在偏航电机、齿轮箱、传动轴等部件的磨损、断裂和失效，通常由长期运行中的过度磨损、缺乏润滑或外界环境因素导致。电气故障多与偏航电机的电源系统、传感器、线路连接等部分相关，常见的故障形式包括电压不稳、短路、接触不良等。控制系统故障则主要表现为偏航控制单元的失灵，通常由于软件故障、硬件损坏或者信号传输不稳定造成。

偏航系统的故障成因复杂，通常是多个因素共同作用的结果。在机械故障方面，由于偏航系统长时间处于高负荷工作状态，尤其是在风速较大或者风机运行条件较为恶劣的情况下，机械部件的老化、磨损和疲劳现象尤为严重。偏航齿轮和电机传动轴的磨损，常常会导致齿轮啮合不良、传动不稳定，甚至发生故障停机。电气故障方面，风电机组所处的户外环境对电气设备构成了严峻的挑战。潮湿、盐雾和灰尘等外界因素可能导致电缆腐蚀、电机损坏或传感器失灵，从而影响系统的正常工作。风电机组的电气系统通常与外部电网连接，电网波动、

电压不稳等问题也可能对偏航系统的正常运行产生干扰。控制系统的故障则主要由系统内部的硬件和软件问题引起。控制单元一旦发生故障，偏航系统将无法精确控制风机的朝向，导致风机运行效率下降，严重时可能造成机组停机。

偏航系统故障成因还与维护管理不当、操作不规范等因素密切相关。维护不到位和使用不当会加速系统部件的磨损与老化，降低整体系统的可靠性。偏航系统的维护工作常常面临环境复杂、设备种类繁多的挑战，故障的早期发现和及时处理至关重要。许多风电场在运营过程中并没有建立完善的故障预警机制，导致偏航系统发生故障时未能及时检测到并采取有效的修复措施。偏航系统故障的复杂性和多样性要求相关人员具备更高的专业技术水平和维护管理能力，只有在科学的管理和技术保障下，才能最大限度地减少系统故障的发生，保障风电机组的稳定运行。

## 2 偏航系统常见故障的诊断方法

偏航系统故障的诊断方法是确保风电机组高效、稳定运行的关键。面对偏航系统的多样故障，常规的检测手段往往难以完全捕捉到系统的微小异常。因此，综合运用多种诊断技术来实时监测系统的运行状态成为了诊断过程中不可或缺的环节。机械故障的诊断往往依赖于振动分析、温度监测以及润滑油分析等手段。振动监测能有效发现偏航电机、齿轮箱等部件的异常振动，从而判断是否存在磨损、松动或卡滞现象<sup>[2]</sup>。温度监测则可以在偏航系统部件过热的情况下预警，防止因过热引起的进一步损坏。润滑油的质量和状态也能反映机械部件的磨损情况，定期分析油品的质量，能够有效发现内部部件的磨损和污染物。

偏航系统电气故障的诊断技术则偏重于电流、电压和信号的实时监控。电气系统的故障常常表现为电压不稳、电流波动或传感器故障等。通过精密的电流、电压监测设备，可以对电机和控制系统的工作状态进行实时监控，判断电力供应是否稳定，是否存在电气连接不良的情况。电气信号的传输是否正常，传感器数据是否准确，也需要通过校准检测工具进行定期验

证。利用电气监测设备,结合自动化检测系统,可以在最短时间内识别出电气系统中的潜在故障点,确保故障能够在最早阶段得到修复。

偏航系统控制单元的故障诊断则需要借助于更为精密的计算机控制系统和自动化诊断工具。随着风电机组智能化的不断发展,基于传感器的数据采集与分析技术,结合风电机组的运行参数,能够为控制系统的故障诊断提供强有力的数据支持。通过对控制系统进行实时监控,能够精确分析偏航控制单元是否存在逻辑错误、信号延迟或硬件故障等问题。尤其是通过诊断软件,可以准确判断系统中每个模块的工作状态,并且及时发现通信故障、程序错误或硬件故障,从而为偏航系统的恢复提供准确依据。随着智能监控技术的不断发展,控制系统的故障诊断精度和效率也不断提高,诊断过程更加自动化和实时化。

### 3 偏航系统故障预防措施与维护策略

偏航系统的故障预防与维护策略主要依赖于系统性的管理与技术手段,目的是最大限度减少系统故障的发生并提升风电机组的运行可靠性。预防措施应从偏航系统的设计和安装环节入手,确保各部件的高质量与精确调校。设计时应采用符合使用环境要求的材料,避免因外界环境变化如高湿、盐雾等引起系统部件的腐蚀与损坏<sup>[1]</sup>。在安装阶段,偏航电机、齿轮箱等核心部件需要精准定位,确保传动系统的高效配合,避免因安装不当引起的机械应力集中,从而增加故障风险。对电气系统的设计与安装应加强防护措施,电缆接头、传感器和电机的防水、防尘性能要求严格,以减少电气系统因外部环境影响而产生的故障。

维护策略则强调定期检查与智能化监控的结合。通过定期巡检,可以有效排查机械部件的磨损情况,及时更换老化的零件,减少因为部件老化而导致的系统故障。特别是在偏航齿轮、传动轴和电机的润滑系统中,必须保持合适的润滑油质量与充足的润滑量。油品的定期更换和油质检测至关重要,及时发现油中杂质或磨损颗粒,能够有效判断系统是否存在异常磨损。电气系统的维护则需要定期检查电气接触点、连接线缆的完整性,电气元件的状态和运行参数必须在运行过程中得到实时监测,通过电流和电压的监控,及时发现电气故障隐患。与此并行的工作还包括传感器的校准和系统故障诊断软件的更新,确保传感器能够准确采集运行数据,避免控制系统因为数据失真而出现判断错误。

智能监控技术的引入为故障预防与维护提供了新的思路。通过对风电机组各个关键部位的实时数据监测,结合大数据分析与人工智能技术,能够对偏航系统进行精确的故障预测与预警。例如,通过振动监测、温度监控与压力检测,可以实时评估偏航电机和齿轮箱的工作状态,识别潜在的故障源。智能监

控系统能够实时记录设备的运行数据,分析其性能趋势,从而提前发现异常并启动预警机制。这种智能化的预防措施,不仅能够提高故障诊断的及时性,还能减少人工巡检的频率和成本,使得维护工作更加高效和精准。在风电机组的长期运行过程中,维护人员可通过远程监控平台获取实时数据,进行故障分析与预防,确保偏航系统能够在最佳状态下运行,降低故障发生率并延长系统寿命。

### 4 智能监控技术在偏航系统维护中的应用

智能监控技术在偏航系统维护中的应用逐渐成为提升风电机组运行效率和可靠性的关键工具。通过对偏航系统各个部件的实时数据监测,智能监控技术能够实时捕捉系统的运行状态,分析关键参数,从而提前发现潜在故障。振动传感器、温度传感器、压力传感器等设备被广泛部署在偏航电机、齿轮箱和传动系统等关键部位,数据实时反馈给控制平台,进行动态分析和处理<sup>[4]</sup>。通过对这些数据的连续监测,智能监控系统能够实时反映机械磨损、电气异常等问题,及时预警,减少因故障发生的停机时间和维护成本。通过这些数据,工程师能够迅速做出反应,采取针对性措施,避免问题进一步扩大。

在电气故障诊断方面,智能监控技术同样表现出了其独特的优势。风电机组的电气系统由多个传感器、控制单元和执行机构组成,这些部件的工作状态往往决定了偏航系统的整体表现。智能监控技术通过实时监控电流、电压、信号强度等参数,及时识别电气设备的异常变化,避免电气系统的过载或短路。借助于先进的算法,智能系统能够根据电气数据与历史数据进行对比,自动诊断出潜在的电气故障,并提出相应的维护建议。系统还能够智能识别各种电气故障类型,如传感器故障、线路断开、接触不良等,确保电气系统的稳定性与可靠性。

基于大数据分析和人工智能技术,智能监控系统能够对偏航系统的运行状态进行深度学习,通过分析历史数据,预测未来可能发生的故障类型和位置。这种预测性维护功能能够提前预警并优化维护计划,避免盲目维修,降低运维成本。智能监控系统通过自我学习,不断优化故障检测算法,提升诊断精度和效率。在风电机组运营的不同阶段,智能监控技术能够为维护团队提供更为精确的指导,使得维修工作更加高效与精准。随着人工智能技术的进步,智能监控技术将继续推动偏航系统的智能化和自动化进程,从而实现更加高效、精确的运维管理。

### 5 维护策略优化与风电机组运行效率提升

维护策略的优化在提升风电机组运行效率方面起着至关重要的作用。随着风电行业的快速发展,传统的被动式维修逐渐不能满足高效、可靠运行的需求,维护策略的转型成为了提升运行效率的关键一环。通过实施预测性维护和智能化管理,风电机组的各项功能可以在出现故障之前得到优化,最大程度减少系统停机和维护成本<sup>[5]</sup>。优化后的维护策略不仅关注常规

的机械和电气检查，还应更加注重数据驱动和智能化分析。通过实时监控与数据分析系统，工程师能够更加精准地识别设备的健康状态，制定有针对性的维修计划，从而减少不必要的停机时间，提高风电机组的整体运行效率。

在维护策略优化过程中，偏航系统的故障预测与预防成为了重点。采用基于大数据和人工智能的分析工具，可以对偏航系统的运行状态进行持续监控，并根据历史数据和设备状态的变化趋势，预测潜在故障并提前采取措施。这一策略可以显著提高偏航系统的可靠性和稳定性，避免了传统的依赖人工巡检和定期检查的方式，减少了故障的发生率并提高了维护效率。智能算法通过分析设备运行数据，能够识别出各种潜在问题，提前做好准备，避免故障发生的同时，也减少了人工干预带来的误差。智能监控还能够指导维护团队根据设备实际状态，灵活调整维护计划，进一步优化资源配置，提高维修人员的工作效率。

综合应用维护策略优化与智能监控技术，可以大幅提升风电机组的运行效率。通过精确的故障诊断和及时的维护处理，机组停机时间大大缩短，整体发电效益得到显著提升。随着维

护工作的智能化和自动化，风电机组的维修成本也会进一步降低。优化后的维护策略能够通过科学的预防性措施和快速的故障响应，提高系统的可靠性和经济性。结合现代化的智能监控系统，风电机组能够实现更为精细化的管理，提升整个系统的运行效率和使用寿命，为风电行业的可持续发展提供强有力的支持。

## 6 结语

偏航系统的故障预防与维护策略优化是提升风电机组整体运行效率的关键所在。智能监控技术的引入，使得故障诊断与维护工作更加精准高效，减少了不必要的停机时间和维护成本。结合智能化管理与预测性维护，风电机组能够在最优状态下运行，提升了发电效率并延长了系统使用寿命。随着风电行业的不断发展，持续优化维护策略和加强智能技术应用，将成为推动行业可持续发展的重要力量。实现风电机组的高效运维，不仅能够提升经济效益，也为推动绿色能源的广泛应用提供了坚实保障。维护策略的不断完善，将为风电行业的未来带来更多的可能性和突破。

## 参考文献:

- [1] 张晋.风电机组智能偏航系统的自适应控制研究[J].张江科技评论,2025,(11):112-114.
- [2] 徐春洋.风电机组偏航系统机械传动系统优化[J].现代制造技术与装备,2025,61(09):1-3.
- [3] 李亚,何先照,何俊尉,等.风电机组偏航系统启停控制设计研究[J].中国工程机械学报,2025,23(03):493-497.
- [4] 申向荣.风电机组偏航系统的模型预测控制策略与动态参数优化研究[D].华北电力大学,2025.
- [5] 马磊,刘玉山,黄虎,等.基于载荷数据的风电机组偏航系统故障诊断模型[J].机电工程,2025,42(09):1689-1697.