

风电机组偏航系统异响故障诊断与处理实践探讨

李 辉

大唐山东新能源分公司 山东 济南 250000

【摘 要】：风电机组偏航系统在长期运行中可能出现异响故障，这种故障影响系统的稳定性和机组的发电效率。本文通过对偏航系统常见异响故障进行分析，探讨了故障的原因、诊断及处理措施。利用振动分析、声学检测、热成像和在线监测等技术，能够精准诊断故障并实施修复。研究表明，通过及时发现和解决偏航系统异响问题，不仅能提高风电机组的运行效率，还能减少停机时间和维修成本，提升整体经济效益，保障风电机组的长期稳定运行。

【关键词】：风电机组；偏航系统；异响故障；故障诊断；处理方案

DOI:10.12417/2705-0998.25.22.025

引言

风电机组在环境恶劣的条件下长时间运行，随着使用时间的增加，偏航系统故障频率逐渐增高，尤其是异响问题，常常导致系统效率下降，甚至停机。偏航系统的主要任务是确保风轮能够始终面向风的方向，以实现最大化的风能捕获和发电效率。系统在运行过程中出现的异响不仅会影响机组的正常运转，还可能导致其他潜在的机械故障，甚至严重影响设备的安全性和经济效益。因此，如何准确诊断和处理这些异响故障成为风电机组维护工作中的重要课题。对偏航系统中常见的异响故障进行有效诊断和处理，不仅有助于提升机组的可靠性和运行效率，也为风电产业的长期可持续发展提供了重要的技术保障。

1 风电机组偏航系统的结构与功能分析

风电机组偏航系统的主要作用是确保风轮始终对准风向，以最大化捕捉风能并提高发电效率。偏航系统通过调节风轮的朝向，使得风力机在不同风向下始终保持最佳的工作角度。其核心组件包括偏航电机、偏航齿轮箱、偏航轴承、偏航刹车以及控制系统等。偏航电机通过齿轮传动装置驱动风机转动，调整风轮的方向。为了应对风向的变化，偏航系统需要精准的控制机制，以保证风轮的快速响应与稳定性。

在结构方面，偏航电机通常通过齿轮箱与风轮连接，偏航齿轮箱起着重要的机械传动作用，能够精确控制风轮的旋转角度。偏航轴承则支撑着整个偏航装置的旋转部分，确保偏航过程中不产生过大的摩擦阻力。偏航刹车装置则在系统不需要偏航或者风机出现故障时，起到固定风轮的作用，防止风轮因强风等外力而发生不必要的转动^[1]。整个偏航系统通过电控系统与风机的其他部件进行实时通信和控制，确保风轮根据风速和风向变化进行调整。

随着风电机组规模的不断扩大，偏航系统在风机的运转过程中起到的作用愈发重要。系统中的每个组件在长期高负荷的运转中，可能会受到外界环境和运行条件的影响，出现磨损、腐蚀、松动等问题，从而导致偏航系统效率下降，甚至发生故

障。因此，对偏航系统的各个部分进行定期检查和维修，及时发现潜在故障，对于提高风电机组的运行稳定性至关重要。风电机组的偏航系统不仅是机组正常运转的基础，也是确保发电效率和安全性的保障。

2 偏航系统异响故障的常见类型与发生机制

偏航系统的异响故障在风电机组的运行中是常见的现象，往往会影响到机组的运行效率及稳定性。异响主要来源于偏航系统中各个部件的磨损、安装不当或缺乏润滑等问题。偏航电机、齿轮箱、偏航轴承等组件都可能成为产生异响的根源。偏航电机内部由于长时间负荷运转，电机线圈与转子之间的摩擦可能导致异响现象。这种情况通常与电机本身的设计缺陷或电机在高温、高湿度环境下的长期运行密切相关。当电机的润滑不足或电机组件出现松动时，电机的运转会产生不正常的声音。

偏航齿轮箱也是一个常见的故障来源，尤其是齿轮和齿轮之间的啮合不良或者磨损严重时，往往会产生明显的异响。齿轮箱在承受巨大的传动负荷时，如果润滑油的质量或油量不足，齿轮的啮合面容易产生过大的摩擦，导致系统发出金属摩擦的尖锐声^[2]。齿轮箱中齿轮啮合不良还可能引起齿轮的局部损伤，进而形成不规则的噪音，影响系统的整体稳定性。偏航轴承的故障也是造成异响的一个重要原因，尤其是在长时间高负荷运转后，轴承的滚动部分容易磨损或者出现缺油现象。缺少润滑的情况下，轴承的滚动部件与轴承内外圈的接触面产生过度摩擦，导致金属与金属的撞击声。偏航轴承受力不均、外部污染物的侵入、轴承安装不当等问题，都有可能引起轴承的异响故障。偏航刹车系统的松动或者刹车装置的损坏同样可能导致系统产生异常声音。

控制系统的电气元件故障也会引发异常噪音。控制电路中的接线松动、电控元件损坏或信号传递不稳定等问题，可能导致偏航系统在运作时产生电磁干扰或电流不稳定的声响。这些电气故障不仅影响偏航系统的正常运行，还可能对整个机组的运行造成影响。偏航系统异响故障的发生机制较为复杂，涉及机械磨损、润滑不足、安装不当等多个方面。了解这些故障类

型及其发生机制,有助于在实际运维中及时诊断和处理,避免故障的进一步发展和对风电机组造成更大的影响。

3 偏航系统异响故障的诊断方法与技术手段

偏航系统异响故障的诊断方法需要结合多种技术手段,以确保准确定位问题并采取有效的处理措施。对于风电机组的偏航系统,常用的诊断技术包括振动分析、声学检测、热成像以及在线监测技术。这些方法可以有效识别系统中的异响来源并分析故障的根本原因。振动分析技术在偏航系统故障诊断中具有重要意义。偏航电机、齿轮箱、轴承等部件在运行时会产生一定的振动。通过在关键部件上安装振动传感器,实时采集振动信号,可以对偏航系统进行精确诊断。当发生异响时,振动分析能够帮助判断振动频率和振动幅度的变化,进一步推测是哪个部件出现了问题。如果齿轮箱内部的齿轮磨损或齿轮啮合不良,通常会表现为频率较高的振动信号,这与正常运转时的振动信号明显不同。通过对比这些信号,可以有效定位问题来源。

声学检测技术则通过对偏航系统各部件的声音进行监测,利用音频信号的频谱分析来识别异常噪音的特征^[3]。通过设置高精度的声学传感器,可以捕捉到偏航系统中潜在的异常声音。当发生故障时,系统的噪音谱可能会表现出不同于正常运转的特征,齿轮磨损会发出尖锐的金属摩擦声,轴承故障则会产生连续的滚动噪音。这种方法通过与正常运转时的声学特征进行对比,有助于准确识别出故障部位。热成像技术能够通过监测偏航系统各个部件的温度分布来辅助故障诊断。偏航电机或齿轮箱在出现磨损、缺油等故障时,通常会由于摩擦力的增大而导致局部温度上升。使用红外热成像仪可以准确捕捉这些温度变化,并通过分析温度异常区域来推测出故障源。通过结合温度异常与振动、声学检测结果,可以进一步验证故障的原因。

在线监测技术是近年来风电机组故障诊断中得到广泛应用的一种方法。通过安装各类传感器,实时监控偏航系统的工作状态,包括电流、电压、温度、振动等多个参数,能够在故障初期及时发现异常。这些传感器可以将数据传输到远程监控平台进行实时分析,一旦发现异常,系统可以自动报警并采取预警措施,避免故障进一步恶化。尤其在偏航系统中,实时监测系统的运行状态可以提供持续的数据支持,帮助运维人员进行更加精准的故障诊断。综合运用振动分析、声学检测、热成像及在线监测技术,能够从多个角度全面诊断偏航系统中的异响故障。通过这些技术手段,能够更加高效地定位故障位置,并采取相应的处理措施,确保风电机组的稳定运行和经济效益。

4 针对偏航系统异响故障的处理方案与实施

针对偏航系统异响故障的处理方案涉及多方面的技术手

段和方法,以确保能够迅速、有效地解决问题并恢复风电机组的正常运行。处理这些故障的首要任务是精确定位故障源,进而采取相应的技术措施进行修复。在发现异响故障后,首先需要对系统进行全面检查,重点检查偏航电机、齿轮箱、轴承以及控制系统等核心部件,排查是否存在磨损、润滑不良或松动等问题。对于偏航电机的故障,首先要检查电机的轴承、转子与定子的磨损情况。如果发现电机部件磨损严重,可能需要更换损坏的部件,或者对电机进行重修。确保电机的润滑系统运行正常,检查润滑油的质量与油量,若发现润滑油不足或质量不达标,应及时更换或补充润滑油,以减少摩擦损耗,避免产生异响。电机电气部分的故障也需重点检查,电机的接线、线圈是否正常,以及电控系统是否存在异常信号传输或电磁干扰。

偏航齿轮箱是另一个可能出现异响的部件。齿轮箱在长期运转过程中,由于负载过大或润滑不足,齿轮之间的磨损严重,可能导致齿轮啮合不良,产生异常噪音。为解决这一问题,首先需要检查齿轮箱内的润滑情况,确保润滑油的质量与油量符合要求^[4]。如果润滑油存在污染或油量不足,应立即更换或补充润滑油。检查齿轮的啮合情况,若发现齿轮有明显的磨损或损坏,应考虑更换齿轮,并对齿轮箱进行修复和调整,以恢复正常的啮合效果。偏航轴承的故障常常由于缺乏润滑或受外部污染所致。轴承表面出现裂纹、磨损或者异物侵入都会导致异常声响,影响系统的稳定性。在处理时,首先要清洁轴承,去除污物,检查润滑油的情况,并根据轴承的磨损情况判断是否需要更换轴承。如果轴承严重磨损或损坏,应直接更换新的轴承。检查偏航轴承的安装是否规范,确保其受力均匀,避免因安装不当导致不正常的运行。在一些情况下,偏航系统的电气控制部分也可能会引发异响问题。控制系统中接线松动或电气元件故障,可能导致信号传递不稳定,产生不规则的噪音。为此,应对电控系统进行检查,确保接线牢固,电控元件的正常工作,电气信号的稳定传输。

除了单独对故障部件的处理外,整个系统的定期维护和检查也是避免偏航系统出现异响故障的重要手段。定期对偏航系统进行全面检查,及时发现潜在问题,提前进行修复和保养,可以有效预防系统故障的发生。通过智能化监测系统实时监控偏航系统的各项运行参数,一旦发现异常,及时发出警报并进行处理,从而减少偏航系统故障带来的停机时间和维修成本。针对偏航系统的异响故障,处理方案应综合运用机械修复、电气检查与系统维护等多种技术手段。通过合理的检修与预防措施,能够有效减少系统的故障率,提高风电机组的运行稳定性,确保风电场的经济效益。

5 偏航系统异响故障处理效果与经济效益分析

偏航系统异响故障的处理效果在风电机组的运行稳定性和经济效益上起着至关重要的作用。针对异响故障进行有效的

诊断与修复,可以显著提高系统的工作效率,减少不必要的停机时间,进而提升风电机组的发电能力和运营效益。通过对偏航系统故障的精准诊断和及时处理,偏航电机、齿轮箱、轴承等关键部件的运行状况得到了有效改善。对于出现磨损或润滑不良的部件进行更换或维修后,系统的噪音大幅降低,运转更加平稳,风机的调节响应速度与精度得到了显著提升。这种稳定的运行状态减少了由于异响引起的误操作或不必要的系统停机,确保了风电机组能够在最佳状态下进行发电。

从经济效益角度来看,及时处理偏航系统的异响故障,能够减少停机时间,从而避免因停机造成的发电损失^[5]。风电机组的停机不仅会影响当期的发电量,还会导致后续维护费用的增加。通过高效的故障诊断与修复,可以最大限度地延长系统的运行时间,避免停机引发的额外维修成本。尤其是在大型风电场中,风电机组数量庞大,每一台机组的高效运行都会为整体发电量的提升做出贡献。偏航系统故障的及时处理对提升整个风电场的发电效率具有显著的正面影响。

及时的故障排查与维修还有助于延长风电机组的使用寿命。在长期运转过程中,偏航系统的各个部件可能会由于长时

间的负荷作用而发生不同程度的损耗。通过定期检查和及时处理故障,不仅可以解决当前的异响问题,还可以有效防止潜在故障的积累,减缓部件的老化速度。这样不仅减少了风电机组的维修频率,也降低了设备更换成本,最终有助于提升投资回报率。偏航系统异响故障的处理效果直接影响着风电机组的稳定性、发电效率和经济效益。通过科学的诊断方法和合理的维修方案,可以有效提升机组的运行效率和减少运行成本,从而实现经济效益的最大化。这种高效的故障处理方法,不仅提高了风电机组的可靠性,还为风电产业的可持续发展奠定了坚实的基础。

6 结语

偏航系统异响故障的诊断与处理对风电机组的运行稳定性与经济效益具有重要影响。通过科学的故障诊断和及时的维修处理,不仅能减少停机时间,提高发电效率,还能延长设备使用寿命,降低运营成本,从而提高风电产业的整体经济效益。随着技术的不断进步,偏航系统的故障诊断与处理技术将更加精细化、智能化,为风电机组的可靠运行提供坚实保障。

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] 陈亚楠,胡凯凯,李籽圆,等.基于 ResNet-Transformer 模型的风电机组偏航异响故障诊断[J].控制与信息技术,2025,(01):21-26.
- [3] 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.
- [4] 桑申刚,李桂朋,王向伟,等.基于强化学习的风电机组偏航系统模型预测控制[J].热力发电,2025,54(09):86-94.
- [5] 刘冬冬,刘芒种,郭振伟,等.风电机组偏航系统异响和振动原因分析[J].风能,2020,(01):102-106.