

回转式空气预热器卡涩故障诊断与处理策略

张 纲

国能江苏电力工程技术有限公司 江苏 镇江 212000

摘 要：回转式空气预热器卡涩故障严重影响火力发电机组安全经济运行。本文阐述其定义、分类与常见现象，系统介绍在线监测、离线检测及智能诊断等故障诊断技术，提出短期应急、中期治理和长期预防的处理策略。同时分析多因素耦合、早期预警难等处理挑战，并给出标准化管理、搭建智能运维平台及加强人员培训等对策，为保障设备稳定运行提供参考。

关键词：回转式空气预热器；卡涩故障；故障诊断；处理策略

1 回转式空气预热器卡涩故障概述

回转式空气预热器是火力发电系统的关键热交换设备，其运行状态直接关乎机组安全与经济。卡涩故障指运行中转子或传动部件转动受阻，呈现转动不畅、转速异常甚至卡死的现象。该故障可分为机械卡涩和热变形卡涩，前者由传动部件磨损、异物进入等机械因素引发，后者因设备高温运行受热不均，部件变形相互挤压所致。一旦发生卡涩故障，转子转速会出现波动甚至停滞，电机电流随之大幅升高且剧烈波动，设备还会发出刺耳的摩擦、撞击等异常声响^[1]。同时空气预热器进出口烟风参数改变，热交换效率降低，排烟温度升高，风压波动异常，严重时可能引发停炉事故，造成巨大经济损失。

2 回转式空气预热器卡涩故障诊断技术

2.1 在线监测技术

在线监测技术能够实时获取回转式空气预热器运行过程中的各项参数，为及时发现卡涩故障提供了有力手段。其中，振动监测是重要的监测方式之一。通过在空气预热器的关键部位，如轴承座、转子支撑结构等位置安装振动传感器，实时采集设备运行时的振动信号。正常运行状态下，设备的振动具有一定的规律性和稳定性，振动幅值和频率都处于合理范围内。当发生卡涩故障时，部件之间的不正常摩擦和碰撞会导致振动信号发生显著变化，振动幅值会突然增大，振动频率也会出现异常波动。通过对这些振动信号进行分析处理，运用频谱分析、时域分析等技术手段，能够准确判断出振动异常的原因和部位，从而及时发现卡涩故障的早期迹象。温度监测也是在线监测的关键技术，在空气预热器的轴承、电机、密封装置等易发热部位安装温度传感器，实时监测温度变化。卡涩故障发生时，由于部件之间摩擦加剧，会产生大量的热量，导致相关部位温度急剧升高。通过设定合理的温度报警阈值，当监测到的温度超过

阈值时，系统能够及时发出报警信号，提醒运行人员关注设备状态。同时结合温度变化趋势分析，还可以预测卡涩故障的发展程度，为故障处理争取时间。转速监测和电流监测同样不可或缺。利用转速传感器实时监测转子转速，通过电流互感器监测电机电流，一旦发现转速异常降低或电流异常升高，就能初步判断可能存在卡涩故障，并进一步结合其他监测数据进行综合分析和诊断。

2.2 离线检测技术

离线检测技术通常在设备停机检修期间进行，能够对回转式空气预热器进行全面、深入的检查，准确找出卡涩故障的根源。解体检查是离线检测的重要方法之一。将空气预热器的转子、传动部件、密封装置等进行拆卸分解，对各个零部件进行细致的检查。检查轴承是否存在磨损、点蚀、润滑不良等情况，查看齿轮、链条等传动部件的齿面磨损程度、链条松紧度是否符合要求，以及密封装置的磨损情况、变形程度等。通过解体检查，可以直观地发现零部件的损坏和缺陷，为故障修复提供准确依据^[2]。无损检测技术在离线检测中也发挥着重要作用，对于一些无法直接观察到内部缺陷的部件，如转子的钢结构、外壳等，采用超声检测、射线检测等无损检测方法。超声检测能够检测出部件内部的裂纹、气孔、疏松等缺陷，通过分析超声波在部件内部的反射和传播情况，确定缺陷的位置、大小和性质。射线检测则可以清晰地显示出部件内部的结构缺陷，为判断部件的完整性和可靠性提供重要信息。还可以通过测量部件的尺寸精度，检查是否存在因热变形或磨损导致的尺寸偏差，从而判断是否会引发卡涩故障。离线检测技术能够对设备进行全面、细致的检查，为设备的修复和维护提供详细的技术资料，有效预防卡涩故障的再次发生。

2.3 智能诊断技术

随着人工智能技术的不断发展，智能诊断技术在回

转式空气预热器卡涩故障诊断中得到了广泛应用。基于机器学习的故障诊断方法是智能诊断技术的重要组成部分。通过收集大量的空气预热器运行数据,包括正常运行数据和故障数据,构建机器学习模型。常用的机器学习算法有神经网络、支持向量机、决策树等。以神经网络为例,将采集到的振动信号、温度信号、转速信号、电流信号等多种运行参数作为输入层数据,经过神经网络的多层计算和训练,建立故障特征与故障类型之间的映射关系。当设备运行时,将实时监测数据输入到训练好的模型中,模型能够快速判断出是否存在卡涩故障,并准确识别出故障的类型和严重程度。专家系统也是智能诊断技术的重要手段,专家系统是基于领域专家的知识 and 经验构建的计算机程序系统。它将空气预热器卡涩故障诊断领域的专家知识、经验和规则进行整理和编码,存储在知识库中。当系统接收到设备运行数据和故障现象时,通过推理机运用知识库中的知识和规则进行推理分析,得出故障诊断结论和处理建议。专家系统不仅能够模拟专家的思维方式进行故障诊断,还可以不断学习和更新知识,提高诊断的准确性和可靠性。智能诊断技术能够实现对卡涩故障的快速、准确诊断,提高故障诊断的效率和智能化水平,为设备的安全运行提供有力保障。

3 回转式空气预热器卡涩故障处理策略

3.1 短期应急处理

当回转式空气预热器发生卡涩故障时,为了避免故障进一步扩大,保障机组的安全稳定运行,需要立即采取短期应急处理措施。首先,如果卡涩故障导致转子转速明显下降或停止转动,应迅速降低机组负荷,减少空气预热器的工作强度,降低转动阻力,避免电机因过载而损坏。密切关注电机电流、轴承温度等关键参数,防止设备因卡涩产生的异常摩擦和热量积累引发更严重的故障。对于因异物进入导致的卡涩,在确保安全的前提下,可尝试通过手动盘车的方式,缓慢转动转子,将异物排出。在盘车过程中,要注意观察转子的转动情况和设备的运行声音,若发现异常应立即停止盘车,避免对设备造成二次损坏。如果卡涩故障较为严重,手动盘车无法解决问题,且设备运行参数持续恶化,应果断采取停炉措施,防止故障引发其他设备损坏或安全事故。在停炉后,对空气预热器进行全面检查,初步确定卡涩原因,为后续的故障处理做好准备。短期应急处理措施旨在迅速控制故障发展态势,保障机组和设备的安全,为后续的故障修复争取时间。

3.2 中期治理措施

在完成短期应急处理后,需要对回转式空气预热器卡涩故障进行深入分析,采取中期治理措施,彻底解决故障问题。对于机械卡涩故障,若检查发现是轴承磨损、润滑不良导致的,应及时更换磨损严重的轴承,并重新加注合适的润滑油,确保轴承的正常运行。如果是齿轮、链条等传动部件磨损或损坏,要对磨损部件进行修复或更换,调整好齿轮的啮合间隙和链条的松紧度,保证传动系统的平稳运行^[3]。对于密封装置与转子之间的卡涩问题,需要对密封装置进行检查和调整。修复或更换磨损严重的密封元件,调整密封间隙至合理范围,防止因间隙过小导致摩擦卡涩,或因间隙过大影响密封效果。对于热变形卡涩故障,要对发生热变形的部件进行校正或更换。同时,要对空气预热器的保温措施进行检查和完善,确保设备在运行过程中受热均匀,减少热变形的发生。中期治理措施能够从根本上解决卡涩故障的原因,恢复空气预热器的正常运行性能。

3.3 长期预防策略

为了减少回转式空气预热器卡涩故障的发生频率,提高设备的可靠性和稳定性,需要制定长期预防策略。首先,要加强设备的日常维护管理,建立完善的设备维护制度,定期对空气预热器进行巡检和保养。巡检内容包括检查设备的运行参数、声音、振动情况,查看各部件的连接是否牢固,密封是否良好等。定期对轴承、齿轮等传动部件进行润滑、清洁,及时更换磨损的零部件,确保设备始终处于良好的运行状态。其次,优化设备的运行参数,根据空气预热器的设计参数和实际运行情况,合理调整机组的负荷、烟风流量、温度等运行参数,避免设备长期在超负荷、超温等恶劣工况下运行。通过优化运行参数,降低设备的工作强度和热应力,减少部件的磨损和热变形,延长设备的使用寿命。另外,还应加强对设备的技术改造和升级,引入先进的材料和技术,提高空气预热器的性能和可靠性。长期预防策略能够从设备管理、运行优化和技术升级等多个方面入手,有效降低卡涩故障的发生概率,保障设备的长期稳定运行。

4 回转式空气预热器卡涩故障处理挑战与对策

4.1 技术挑战

4.1.1 多因素耦合

回转式空气预热器卡涩故障的发生往往是多种因素相互作用、相互影响的结果,即多因素耦合问题。设备在运行过程中,机械磨损、热变形、环境因素(如烟气中的粉尘、腐蚀性气体)等多种因素会同时对设备产生作用。例如,轴承的磨损会导致转动阻力增大,进而引

发电机电流升高和温度上升,而高温又会加速轴承的磨损和密封部件的老化,同时烟气中的粉尘进入轴承和传动部件之间,进一步加剧磨损和卡涩情况。这些因素相互交织、相互影响,使得故障的原因变得复杂多样,难以准确判断。在故障诊断和处理过程中,需要综合考虑多种因素的影响,全面分析故障机理,这对诊断技术和处理方法提出了更高的要求。

4.1.2 早期预警难

回转式空气预热器卡涩故障在发生初期,故障特征往往不明显,难以被及时发现。一些微小的部件磨损、轻微的热变形等早期故障迹象,在设备运行参数上的体现并不突出,通过常规的监测手段很难察觉。而且,由于设备运行环境复杂,存在各种干扰因素,使得早期故障信号容易被淹没在大量的正常运行数据中,导致早期预警困难。如果不能及时发现卡涩故障的早期迹象,就无法采取有效的预防措施,故障可能会逐渐发展恶化,最终引发严重的设备损坏和安全隐患。因此如何提高对卡涩故障早期特征的识别能力,实现故障的早期预警,是目前面临的一大技术挑战。

4.2 对策与建议

4.2.1 标准化管理

建立健全回转式空气预热器的标准化管理体系是应对卡涩故障处理挑战的重要措施。首先,制定完善的设备运行、维护和检修标准规范。明确设备在不同工况下的运行参数范围,规定日常巡检的内容、周期和标准,制定详细的检修流程和质量验收标准。通过标准化管理,确保设备运行、维护和检修工作的规范化和统一化,减少因人为操作不当或管理不规范导致的卡涩故障。其次,加强对标准规范执行情况的监督和考核。建立专门的监督机制,定期对设备运行、维护和检修工作进行检查和评估,对不符合标准规范的行为及时进行纠正和处理,确保标准规范得到有效执行。标准化管理能够提高设备管理水平,降低卡涩故障的发生风险。

4.2.2 智能运维平台

构建智能运维平台是解决卡涩故障处理技术挑战的有效途径。智能运维平台集成了在线监测、智能诊断、故障预测等多种功能。通过安装在设备上的各类传感器,实时采集设备的运行数据,并将数据传输到平台进行分析处理。利用先进的机器学习算法和专家系统,对

采集到的数据进行深度挖掘和分析,及时发现设备运行中的异常情况,准确诊断卡涩故障的类型和严重程度,并对故障的发展趋势进行预测^[4]。智能运维平台还可以根据诊断结果和预测信息,自动生成合理的故障处理方案和维护计划,为运行和维护人员提供决策支持。通过智能运维平台,实现对回转式空气预热器的智能化管理和运维,提高故障处理的效率和准确性,有效应对多因素耦合和早期预警难等技术挑战。

4.2.3 人员培训

加强对运行和维护人员的培训是提高回转式空气预热器卡涩故障处理能力的关键。一方面,开展专业知识培训,使人员熟悉空气预热器的结构原理、运行特性、故障机理等专业知识,掌握卡涩故障的诊断方法和处理技术。另一方面,进行实际操作培训,通过模拟故障场景、现场实操等方式,提高人员的实际操作技能和故障处理能力。另外,还应定期组织技术交流和经验分享活动,让人员了解行业内的最新技术和经验,拓宽视野,不断提升自身的技术水平和综合素质。通过加强人员培训,打造一支专业素质高、技术能力强的运行和维护队伍,为有效处理卡涩故障提供有力的人力保障。

结束语

本文全面探讨了回转式空气预热器卡涩故障的诊断与处理。通过多种技术手段与策略的结合,有效应对故障问题。但随着设备运行工况复杂化,仍需不断探索创新。未来应持续优化诊断技术与处理方法,完善标准化管理和智能运维体系,提升人员技术水平,为火力发电系统稳定运行筑牢保障。

参考文献

- [1]孙洪坤.回转式空气预热器卡涩的原因分析及处理措施[J].长春工程学院学报(自然科学版),2021,22(2):81-85.
- [2]闫顺林,曹保鑫.回转式空气预热器温度场三维数值模拟[J].热力发电,2020,401(04):55-61.
- [3]李德超,朱骅,王利民,等.回转式空气预热器直接漏风的实验和数值研究[J].工程热物理学报,2020(6):1325-1331.
- [4]刘康.回转式空气预热器热风吹扫防堵控制技术探析[J].科技创新与应用,2022,12(02):154-157+161.