

电厂汽轮机故障诊断研究

田宏野¹ 徐新宇² 李宛瞳³

1.2. 华能营口仙人岛热电有限责任公司 辽宁 营口 115009

3. 华能国际电力股份有限公司营口电厂 辽宁 营口 115007

摘要: 汽轮机是电厂非常重要的设备,决定着电厂发电的工作效率,还决定着电厂供电的速度。本文重点研究电厂汽轮机故障诊断技术。针对汽轮机易受工作环境影响、故障频发的问题,通过集成人工智能、大数据分析等技术,实现了对汽轮机运行状态的实时监控和故障自动诊断。此外,还深入分析了温度监测与故障诊断技术在汽轮机维护中的应用,通过精确测量和分析温度变化,有效预防了潜在故障。本研究为电厂汽轮机的安全运行提供了有力保障,提高了故障诊断的准确性和效率。

关键词: 电厂; 汽轮机; 故障; 诊断

引言: 随着电力工业的快速发展,电厂汽轮机的运行稳定性和可靠性显得尤为重要。然而,在实际运行过程中,由于工作条件复杂、负载多变等因素,汽轮机故障频发,给电厂的安全运行带来了严重威胁。基于此,对电厂汽轮机故障诊断技术的研究具有重要意义。本文旨在探讨电厂汽轮机故障诊断的关键技术,通过深入分析各种诊断方法和技术,为电厂汽轮机的安全运行提供有力保障。

1 电厂汽轮机概述

电厂汽轮机是电力工业中不可或缺的重要设备,它在能源转换和电力生产过程中发挥着关键作用。电厂汽轮机,也称蒸汽透平发动机,是一种旋转式蒸汽动力装置。其工作原理是,高温高压蒸汽通过固定喷嘴后成为加速的气流,喷射到叶片上,进而使装有叶片排的转子旋转,同时对外做功。这种能源转换方式使得汽轮机成为火力发电厂中的主要设备。电厂汽轮机主要由定子铁芯、定子绕组、转子、轴承、喷管与隔板等多个部分组成。定子铁芯是构成磁路并固定定子绕组的重要部件,通常由导磁性能良好的冷轧硅钢片叠压而成。定子绕组嵌放在定子铁芯内圆的定子槽中,分三相布置,互成120°角度,以保证转子旋转时在三相定子绕组中产生互成120°相位差的电动势。转子则是汽轮机的旋转部分,其上装有叶片,与定子铁芯和绕组共同构成汽轮机的电磁部分。电厂汽轮机广泛应用于火力发电厂、核电站等能源发电领域。通过驱动发电机,汽轮机将热能转化为电能,为电力供应提供稳定可靠的动力来源。此外,汽轮机还广泛应用于冶金工业、化学工业、舰船动力装置等领域。另外,电厂汽轮机具有高效能、可靠性高、使用寿命长、稳定性好等优点^[1]。然而,其制造工艺复杂、成

本较高,且需要高温高压的蒸汽才能正常运行。此外,汽轮机的能量消耗也相对较大,需要定期进行维护和检修。为确保电厂汽轮机的高效运行和延长使用寿命,需要定期进行维护保养。这包括检查电缆、清洁润滑系统、检查轴承和齿轮等关键部件的磨损情况等。通过及时的维护保养,可以有效避免设备故障和意外事故的发生。

2 电厂汽轮机常见故障类型及原因分析

2.1 振动故障

振动故障表现为汽轮机在运行过程中产生异常的振动现象。这种振动不仅会影响汽轮机的正常运行,还可能对设备造成严重的损害,如轴承磨损、叶片断裂等。因此,对振动故障进行及时准确的分析和处理至关重要。转子不平衡是导致汽轮机振动故障的主要原因之一。由于转子的质量分布不均,在高速旋转时会产生不平衡的离心力,从而引起振动。转子不平衡可能是由于制造过程中的误差、材料的不均匀性、长期运行后的磨损或结垢等因素造成的。轴承是汽轮机的重要组成部分,其状态直接影响汽轮机的振动情况。轴承磨损、间隙过大或过小、润滑不良等问题都可能导致汽轮机产生振动。特别是当轴承的刚度不足或支撑结构不稳定时,更容易引发振动故障。汽轮机在运行过程中,蒸汽流的不稳定也会对振动产生影响。蒸汽流的不稳定可能是由于蒸汽管道中的压力波动、阀门开度变化、蒸汽品质变化等因素造成的。这种不稳定的蒸汽流会使转子受到不均匀的力作用,从而产生振动。另外,汽轮机在运行时,动静部件之间的摩擦也可能引起振动。例如,轴封、隔板、喷嘴等部件的磨损或松动都可能导致动静摩擦,进而引发振动故障。在设计和安装过程中存在的缺陷也可能导致振动故障。例如,转子的设计不合理、轴承座的刚

度不足、联轴器的对中不良等都可能引发振动。

2.2 热故障

在电厂汽轮机的运行过程中，热故障是一种常见且严重的故障类型，它通常发生在汽轮机的高温部件上，如转子、叶片和汽缸等。这些部件在高温、高压的环境下工作，一旦发生热故障，不仅会影响汽轮机的正常运行，还可能对设备造成严重的损害，甚至威胁到电厂的安全。热故障的主要表现是汽轮机的高温部件出现温度异常升高、变形、裂纹甚至断裂等现象。这些故障通常是由于材料在高温下的性能下降、设计不合理、运行环境恶劣或运行维护不当等多种因素共同作用的结果。一是电厂汽轮机的高温部件需要使用具有优良耐高温性能的材料，如果材料选择不当，如材料的耐高温性能不足或抗蠕变性能差，就难以承受高温环境的挑战，容易发生热故障。二是汽轮机的设计需要充分考虑各种工况下的热负荷和热应力分布，如果设计不合理，如汽缸的冷却结构不合理、转子的热膨胀系数不匹配等，就容易导致部件在高温下发生变形或裂纹。三是电厂汽轮机的运行环境通常较为恶劣，如蒸汽品质差、含盐量高、杂质多等，这些杂质在高温下容易在部件表面形成结垢，影响热传导性能，进而引发热故障。四是电厂汽轮机的运行维护需要严格遵循操作规程和维护标准，如果运行维护不当，如冷却水流量不足、油温过高、润滑油品质差等，就容易导致部件在高温下发生过热现象，进而引发热故障。

2.3 油系统故障

在电厂汽轮机的运行过程中，油系统故障是一类常见且对机组运行安全影响较大的故障。油系统负责汽轮机的润滑、冷却、调速和能量传递等功能，一旦出现故障，不仅会影响汽轮机的正常运行，还可能造成严重的设备损坏和经济损失。油系统故障通常表现为油压偏低、油温异常、油位下降、油质劣化以及油系统泄漏等现象。这些故障不仅会影响汽轮机的运行效率，还可能对设备造成不可逆的损害。油压偏低可能是由多种原因引起的，如油泵故障、油管堵塞、溢流阀调节不当、油箱油位过低等。其中，油泵故障是最常见的原因之一，如油泵损坏、电机故障等，都会导致油压下降。油温异常通常是由于冷却系统失效、润滑油品质差或油量不足等原因引起的。过高的油温会加速润滑油的氧化和变质，降低其润滑性能，从而增加设备磨损。油位下降可能是由于系统泄漏、油箱设计不合理或油系统管道破裂等原因引起的。油位过低会导致润滑不良，甚至造成设备损坏^[2]。油质劣化主要是由于润滑油长期在高温、高

压环境下运行，受到氧化、污染和杂质侵蚀等因素的影响。劣化的润滑油会降低其润滑性能，增加设备磨损和故障率。油系统泄漏可能是由于密封件老化、安装不当或系统振动等原因引起的。泄漏不仅会造成资源浪费，还可能引发火灾等安全事故。

3 电厂汽轮机故障诊断关键技术

3.1 振动故障诊断技术

振动信号采集需要通过传感器等设备对汽轮机的振动信号进行实时采集，确保数据的准确性和完整性。对采集到的振动信号进行频谱分析、时域分析、相位分析等，以提取出振动故障的特征信息。根据分析得到的振动故障特征信息，与已知的故障模式进行比对，识别出具体的故障类型。在识别出故障类型后，进一步分析故障原因，如转子不平衡、轴承磨损等，为后续的故障处理提供依据。通过快速傅里叶变换（FFT）等方法对振动信号进行频谱分析，得到各频率分量的幅值和相位信息，从而判断振动故障的类型和程度。对振动信号进行时域分析，观察振动信号随时间的变化趋势，进一步确定故障发生的时间和位置。利用相位信息对振动信号进行进一步的分析，有助于确定故障发生的具体原因和位置。结合专家系统和人工智能算法，如神经网络、支持向量机等，对振动信号进行智能分析和诊断，提高故障诊断的准确性和效率。

3.2 油系统故障诊断技术

油系统作为汽轮机运行的核心部分，其稳定性和可靠性直接关系到汽轮机的安全运行。油系统故障主要包括油压异常、油温过高、油位下降、油质劣化以及油系统泄漏等问题。这些问题不仅会影响汽轮机的正常运行，还可能对设备造成严重的损害。因此，对油系统故障进行深入的诊断和分析，对于预防和减少故障的发生至关重要。油压异常通常是由于油泵故障、油管堵塞或溢流阀调节不当等原因引起的。在诊断时，可以通过检查油泵的运行状态、油管的通畅性以及溢流阀的调节情况，来确定油压异常的具体原因。同时，还可以利用压力传感器等监测设备对油压进行实时监测，及时发现并处理油压异常问题。油温过高通常是由于冷却系统失效、润滑油品质差或油量不足等原因引起的。在诊断时，可以通过检查冷却系统的运行状态、润滑油的品质和油量，来确定油温过高的具体原因。此外，还可以利用温度传感器等监测设备对油温进行实时监测，确保油温在正常范围内。油位下降通常是由于系统泄漏、油箱设计不合理或油系统管道破裂等原因引起的。在诊断时，可以通过检查系统各部件的密封性、油箱的设计和

油系统管道的完整性,来确定油位下降的具体原因。同时,还可以利用油位计等监测设备对油位进行实时监测,及时发现并处理油位下降问题。油质劣化通常是由于润滑油长期在高温、高压环境下运行,受到氧化、污染和杂质侵蚀等因素的影响。在诊断时,可以通过对润滑油的化学分析和物理性能测试,来确定油质劣化的程度和原因。此外,还可以利用油质分析仪等专用设备对润滑油进行实时监测和分析,确保润滑油的品质和性能符合要求。

3.3 温度监测与故障诊断技术

电厂汽轮机的稳定运行依赖于各个部件在预定温度范围内的高效协作。温度监测与故障诊断技术正是为了实时监控汽轮机的温度变化,并准确识别潜在故障,从而确保汽轮机的持续安全运行。在汽轮机运行中,温度的微小变化都可能是故障的前兆。因此,采用高精度、高可靠性的温度传感器,对汽轮机关键部位如转子、汽缸、轴承等进行实时温度监测至关重要。这些传感器能够捕捉到温度变化的细微差异,并将数据传输至中央控制系统进行分析。中央控制系统对接收到的温度数据进行深度处理。通过先进的算法和模型,系统能够对温度数据进行趋势分析、异常检测以及故障诊断。例如,当检测到某个部位的温度持续升高并超过预设阈值时,系统会自动触发警报,并给出可能的故障原因。温度监测与故障诊断技术不仅关注当前的温度状态,还通过历史数据分析和预测模型,对未来可能的故障趋势进行预测。这种预测能力使得电厂能够在故障发生前采取预防措施,减少停机时间和维修成本。除此之外,随着物联网和大数据技术的发展,温度监测与故障诊断技术正逐步实现远程化和智能化。通过网络连接,电厂的技术人员可以远程访问和控制温度监测系统,实时了解汽轮机的运行状态。同时,系统还能自动学习和优化诊断模型,提高故障诊断的准确性和效率。

3.4 智能诊断与预测技术

在电厂汽轮机的故障诊断领域,智能诊断与预测技术结合了人工智能、大数据分析和机器学习等先进技术,能够实现对汽轮机运行状态的智能监测、故障自动诊断以及未来故障趋势的准确预测。通过安装在汽轮机

上的各种传感器,可以收集到包括温度、压力、振动、流量等在内的多种参数数据。这些数据经过清洗、整合和标准化处理后,形成了汽轮机运行的完整数据集。在数据集的基础上,智能诊断与预测技术利用机器学习算法进行模型训练。这些算法可以自动学习数据中的特征和规律,并构建出能够准确反映汽轮机运行状态的模型。通过不断迭代和优化,模型的准确性和泛化能力得到显著提升。一旦模型训练完成,就可以对汽轮机的运行状态进行智能监测。系统可以实时监测各种参数的变化,并将这些变化与模型中的正常状态进行比较。一旦发现异常,系统可以立即发出警报,并给出可能的故障原因和解决方案^[3]。除了实时监测外,智能诊断与预测技术还可以对汽轮机的未来故障趋势进行预测。通过对历史数据的分析和挖掘,系统可以识别出潜在的故障模式和规律,并预测出未来可能出现的问题。这种预测能力使得电厂可以提前采取措施,避免故障的发生或减轻故障的影响。智能诊断与预测技术的优势在于其智能化和自动化程度。相比于传统的人工诊断方法,该技术可以更加快速、准确地识别出故障,并给出相应的解决方案。同时,该技术还可以实现远程监控和诊断,使得电厂的运维工作更加便捷和高效。

结语

总之,通过对电厂汽轮机故障诊断技术进行了深入的分析与探讨,明确了智能诊断与预测技术在汽轮机故障检测与预防中的关键作用。通过集成先进的人工智能和大数据分析技术,为电厂汽轮机的稳定运行提供了更为精准、高效的诊断手段。未来,随着技术的不断进步,相信电厂汽轮机的故障诊断将更加智能化、自动化,为电力行业的可持续发展提供坚实的技术支撑。

参考文献

- [1]孙晓丽.浅析汽轮机故障诊断技术的发展与展望[J].科技创新与应用,2017(08):89-90.
- [2]李劲松.汽轮机故障诊断技术的发展与展望[J].科技展望,2020(32):38-39.
- [3]高吉庆.汽轮机故障诊断技术的发展分析和研究[J].科技创新与应用,2020(10):113-114.