

火电厂汽机润滑油系统故障诊断及处理技术研究

崔 耀

山西漳山发电有限责任公司 山西 长治 046021

摘 要：本文探讨火电厂汽机润滑油系统故障诊断及处理技术。阐述了润滑油压力、温度、油质、系统泄漏等常见故障类型及原因，介绍了基于振动、油液、温度、压力监测的故障诊断方法，并针对各类故障提出相应处理技术，如调整阀门开度、清洗冷却器、过滤净化油液、紧固连接件等，以保障火电厂汽轮机组安全稳定运行。

关键词：火电厂；汽机润滑油系统；故障诊断；故障处理

引言：火电厂汽轮机是电力生产核心设备，其润滑油系统对机组正常运行至关重要。润滑油系统若出现故障，会影响机组润滑效果，导致设备磨损加剧，甚至引发重大安全事故。深入研究火电厂汽机润滑油系统故障诊断及处理技术，及时准确发现并解决故障，对保障火电厂安全稳定运行、提高发电效率具有重要意义。

1 火电厂汽机润滑油系统常见故障类型及原因分析

1.1 润滑油压力异常

润滑油压力过高时，常见的现象包括油压表读数超出正常范围、系统振动加剧等。可能的原因有油泵出口阀开度过大，导致供油量超过需求；安全阀故障无法在压力过高时及时开启泄压；油管存在堵塞物，使得局部阻力增大，进而引起系统压力升高。润滑油压力过低的表现形式多样，如油压报警、轴承温度升高以及设备运行不稳定等。产生这些现象的原因主要包括油泵故障或性能下降，无法提供足够的油量；油箱油位过低，导致吸油不畅；滤油器长时间未清洗或更换，造成堵塞，影响油液流通。系统中存在泄漏点也会导致油量不足，从而引发压力下降问题。

1.2 润滑油温度异常

润滑油温度过高时，油温表读数持续上升，设备表面发热严重，用手触摸能明显感受到温度异常。冷却器冷却效果不佳是主因，冷却器内部管道结垢、堵塞，或者冷却介质流量不足，都无法有效带走润滑油热量。加热器故障，如加热器持续工作，会不断给润滑油加热，使油温升高。油量不足时，润滑油在系统内循环速度加快，与各部件摩擦产生的热量无法及时散发，也会导致温度上升。环境温度过高，散热条件变差，设备运行产生的热量难以散发到周围环境中；冷却器风扇故障，无法提供足够的风量辅助散热，都会加剧油温过高的情况。润滑油温度过低同样带来问题。油温表读数低于正常值，设备启动困难，润滑油粘度增加，流动性变差，

难以迅速到达各润滑部位^[1]。冷却水流量过大，带走过多热量，使润滑油温度下降。加热器未投入使用，无法对润滑油进行适当加热，特别是在环境温度较低时，容易造成油温过低，影响设备正常运行。温控系统故障，错误地控制冷却水流量和加热器工作状态；保温层损坏，导致系统热量散失过快，也是油温过低的常见原因。

1.3 润滑油油质恶化

润滑油油质恶化有明显表现。油液颜色变深，失去原本透亮色泽，表明油液内部成分发生变化。出现乳化现象，油液变得浑浊，像乳液一样，这是油中混入大量水分或其他不相溶物质。含水量超标，会稀释润滑油，降低其润滑性能。杂质增多，油液中出现细小颗粒，影响油液清洁度。除了密封不严导致外界污染外，润滑油氧化也是油质恶化的重要原因。长时间高温运行，加速润滑油氧化，产生酸性物质和胶质；油液中添加剂失效，无法发挥应有的抗磨、抗氧化等作用，导致油品性能下降；不同种类润滑油混用，造成化学成分不相容，引发油质恶化。

1.4 润滑油系统泄漏

润滑油系统存在多个可能泄漏的部位。管道连接处，由于长期振动、应力作用，密封件容易松动，引发泄漏。阀门密封不严，在开启或关闭过程中，润滑油从缝隙渗出。油泵密封失效，润滑油从泵体与轴的连接处泄漏。油箱若存在裂缝、焊接缺陷，也会导致润滑油泄漏。在设备运行过程中，振动导致管道与支架之间的固定松动，造成管道移位，使密封部位受力不均，进而引发泄漏；频繁的温度变化，使得管道和密封件产生热胀冷缩，加速密封件老化，增加泄漏风险；部分设备在安装过程中，密封面处理不平整，存在微小间隙，运行时也容易出现泄漏。泄漏原因多种多样。密封件老化，弹性和密封性能下降，无法有效阻止润滑油泄漏。安装不当，密封件未正确安装，或者管道、阀门连接不牢固，

运行中容易出现泄漏。管道腐蚀,长期受油液侵蚀,管壁变薄,最终出现孔洞导致泄漏。外力破坏,如设备碰撞、人为误操作,直接损坏管道或部件,造成润滑油泄漏。润滑油中含有的腐蚀性物质,加速密封件和管道的腐蚀;不合理的维护操作,如过度拧紧螺栓,导致密封件变形损坏,也是导致泄漏的因素。

2 火电厂汽机润滑油系统故障诊断技术

2.1 基于振动分析的故障诊断

振动信号在润滑油系统的故障诊断中具有重要价值,尤其在与润滑相关的转动设备状态监测上表现突出。油泵、驱动电机等设备在运行过程中,其振动特性与内部机械状态密切相关。当轴承磨损、转子不平衡或管道共振等问题发生时,通常会引发振动信号的异常变化。通过采集和分析这些振动信号,可以有效判断设备是否存在潜在故障^[2]。常用的振动分析方法包括时域分析、频域分析和时频分析。时域分析主要关注振动波形的幅值与周期特征,适用于突发性冲击故障的识别;频域分析通过傅里叶变换将信号转换为频率分布图谱,有助于识别旋转部件的固有频率异常;时频分析则适用于非平稳信号的处理,能够反映振动特征随时间的变化趋势。通过对振动信号的频率成分、幅值大小及相位关系进行综合判断,可精确定位如油泵轴承损坏、管道松动等具体故障部位,为后续处理提供依据。

2.2 基于油液分析的故障诊断

油液分析是评估润滑油系统运行状态的重要手段,能直接反映油品性能及设备磨损情况。常规分析项目包括颗粒计数、水分检测、粘度测定、酸值测定以及金属元素分析等。其中,颗粒计数用于评估油液中固体杂质含量,过高可能导致滤网堵塞或加剧设备磨损;水分检测可发现系统密封不良问题,避免油乳化造成的润滑失效;粘度和酸值变化则表明油品氧化劣化进程;金属元素分析通过检测磨损金属种类与浓度,辅助判断设备内部磨损类型和程度。各类油液分析方法依赖于不同的检测设备,如光谱仪用于金属元素分析,水分测定仪用于含水量测试,粘度计测量油品流动性等。根据分析结果,可以判断润滑油是否需要过滤或更换,并推测相关设备是否存在早期磨损或故障隐患。油液分析不仅可用于实时监测系统运行状况,还能作为预测性维护的重要工具,提前发现潜在风险,保障机组长期稳定运行。

2.3 基于温度监测的故障诊断

温度是润滑油系统运行中的关键,其变化往往映射出系统热力状态的改变。温度异常升高可能预示冷却功能下降、加热器失控或设备摩擦加剧,而温度持续偏低

则可能反映加热装置运行不正常或系统散热过强。对温度进行连续监测有助于及时发现运行异常。温度监测设备主要包括热电偶、热电阻和红外测温仪等。在实际应用中,应合理布置测点,重点监控油箱、冷却器出口、油泵前后端等关键位置,以获取全面的温度信息。结合历史数据,可通过温度变化趋势判断系统健康状态。例如,若某油路出口温度突然上升,可能提示冷却水流量减少或换热器堵塞;若多个监测点温度同步下降,可能表示加热器未正常工作或环境温度骤降。温度数据的实时反馈对于预防因润滑不良导致的重大设备事故具有重要意义。监测过程中应注意设备外部环境影响,避免因外界因素干扰造成误判,确保测温数据真实反映系统实际运行状态。

2.4 基于压力监测的故障诊断

压力是润滑油系统运行的核心控制参数之一,直接影响各润滑点的供油效果。系统的压力稳定性关系到整个汽轮机组的安全运行。压力波动过大或骤降可能意味着油泵输出不稳定、滤网堵塞、油管泄漏甚至断裂等故障的发生^[3]。压力监测系统一般由压力传感器、变送器和显示仪表组成。传感器安装在油泵出口、滤油器前后、主油管路等关键节点,用以采集实时压力数据。通过对比设定压力范围与实际数值,可以快速识别压力异常情况。例如,压力持续偏高可能是安全阀故障或阀门调节不当所致;而压力缓慢下降可能源于滤芯堵塞或油量不足;突发式压力骤降则需优先排查油泵故障或严重泄漏。通过构建完善的压力监测网络,能够实现对系统运行状态的动态掌控,提升故障预警能力,确保设备运行安全稳定。定期校验监测设备精度,有助于提高故障判断准确性,避免因误报或漏报影响维护决策。

3 火电厂汽机润滑油系统故障处理技术

3.1 润滑油压力异常处理

润滑油压力是保障汽轮机各轴承正常润滑的关键参数,其异常波动可能直接影响设备运行安全。当出现润滑油压力过高的情况时,首先应检查油泵出口阀门的开度是否处于合理范围,适当调整阀门开度以稳定系统压力。安全阀作为防止超压的重要保护装置,若存在卡涩或设定值偏差,也需及时进行检修或重新校准。油路中可能存在杂质沉积或异物堵塞现象,造成局部阻力增加,影响油压分布,应对关键管段进行清理,确保油流畅通。针对润滑油压力偏低的问题,应从多个方面入手排查与处理。油泵作为供油动力源,其工作状态直接影响系统压力水平,若发现油泵磨损或内部泄漏,应及时检修或更换。油箱油位过低会导致吸油不畅,应适时补

充符合标准的润滑油。滤油器在长期运行过程中可能出现滤芯堵塞,降低流通能力,应定期清洗或更换滤芯。还需检查系统是否存在外部泄漏点,避免因油量损失导致压力下降。

3.2 润滑油温度异常处理

润滑油温度对粘度和流动性具有显著影响,过高或过低都会影响润滑效果。当润滑油温度偏高时,冷却器的工作状态是首要检查对象,如冷却器内部结垢、水侧堵塞等均可能导致换热效率下降,应定期进行清洗维护。冷却水流量不足也会限制散热能力,可通过调节阀门开度或检查循环水泵运行状况来改善。加热器若发生故障,在非加热阶段仍持续加热,也可能导致油温上升,应对其控制系统进行检查修复。必要时可适量补充低温润滑油,辅助降温。

相反地,若润滑油温度偏低,则会影响其流动性和润滑性能。此时应首先调整冷却水流量,减少冷却强度。加热器是维持油温稳定的重要设备,应根据实际油温变化情况,投入或调整加热器的运行参数,使其输出热量与系统需求匹配。对于冬季运行或环境温度较低的情况,应提前启动加热系统,确保润滑油处于适宜的温度区间,从而保证机组启动及运行过程中的润滑可靠性。

3.3 润滑油油质恶化处理

润滑油在长期使用过程中,受高温、氧化、水分侵入及机械杂质污染等因素影响,可能出现颜色变深、粘度变化、酸值升高等油质劣化现象。一旦发现油质指标超出允许范围,应立即停止该批次润滑油的使用,并采取相应的处理措施。初步处理包括对油液进行过滤净化,去除其中的固体颗粒和部分水分,恢复其基本性能^[4]。查找并消除污染源是防止油质再次恶化的关键环节。例如,密封件老化可能导致水分或空气进入系统,应予以更换。通过油质分析报告,可以判断劣化程度和污染类型,进而选择合适的处理方式。对于轻微乳化的润滑油,可通过加热脱水的方式去除水分;而对于严重污染或已发生化学变质的润滑油,则应彻底更换新油,并对油系统进行全面冲洗,防止残留污染物影响新油性能。日常运行

中应加强油质监测频率,定期取样化验,掌握油品状态变化趋势,及时采取预防性维护措施,延长润滑油使用寿命,保障设备润滑良好。

3.4 润滑油系统泄漏处理

润滑油系统的泄漏不仅会造成油量损失,还可能引发设备润滑不良甚至安全事故,必须及时处理。常见的泄漏点包括法兰连接处、阀门密封面、管道弯头及轴承箱接口等部位。处理方法包括紧固松动的连接件,更换老化或损坏的密封件,修复腐蚀或磨损的管道,以及对无法拆卸的泄漏部位采用焊接或专用堵漏材料进行封堵。在处理泄漏过程中,必须高度重视操作安全。润滑油属于易燃物质,遇高温或火源存在着火风险,作业区域应严格禁止明火,并配备足够的灭火器材。泄漏的润滑油可能污染地面或流入排水系统,造成环境污染,应在作业前铺设防渗材料,作业后及时清理现场残油,确保作业过程符合环保要求。维修人员应穿戴防护装备,防止接触皮肤或吸入有害蒸汽,保障人身安全。泄漏处理完成后,应进行系统复查与压力测试,确认修复效果,防止二次泄漏发生。

结束语

火电厂汽机润滑油系统故障诊断及处理技术对机组稳定运行影响重大。通过全面分析常见故障类型及原因,运用多种诊断技术精准定位故障,并采取针对性处理措施,能有效解决润滑油压力、温度、油质、系统泄漏等问题。未来,还需不断优化故障诊断与处理技术,以适应火电厂发展需求,保障电力生产安全高效进行。

参考文献

- [1]林戈锐.浅析电厂火汽机润滑油系统故障诊断与处理技术[J].设备管理与维修,2023(12):190-191.
- [2]朱彪,谢中庆.电厂火汽机润滑油系统故障原因分析及解决措施[J].广东水利水电,2023(6):98-102.
- [3]陈喜江.火电厂汽机润滑油系统故障诊断与处理技术研究[J].中国高新科技,2024(7):75-77.
- [4]滕鲁.火电厂汽轮机润滑油系统常见故障及油质提升改造[J].设备管理与维修,2024,(18):115-117.