

火电厂汽机润滑油系统故障诊断及处理技术研究

李琦林

国能宝清煤电化有限公司 黑龙江 双鸭山 155600

摘要: 本文聚焦火电厂汽机润滑油系统故障诊断及处理技术。介绍系统组成、工作原理、润滑油功能与性能要求。阐述常见故障,包括油温异常(升高或降低)、油压波动与下降、油位波动与低油位、油质恶化,并分析各故障成因与危害。探讨故障诊断技术,如基于DCS系统的实时监测与报警、振动分析技术、油液分析技术、红外热成像技术。详细说明故障处理技术,针对不同故障给出具体处理措施,旨在保障汽机润滑油系统安全稳定运行。

关键词: 火电厂; 汽机润滑油系统; 故障诊断; 处理技术

1 火电厂汽机润滑油系统概述

火电厂汽机润滑油系统对汽轮机安全稳定运行至关重要。它主要由润滑油箱、主油泵、辅助油泵(交流与直流)、冷油器、滤油器、顶轴油泵及众多油管路构成。润滑油箱用于储存足量油品,主油泵由汽轮机主轴带动,在正常运行时为系统提供压力,驱使润滑油循环。辅助油泵则在启动、停机或主油泵故障时发挥作用,交流油泵用于启动建压,直流油泵作为应急保障,厂用电中断时维持最低润滑。冷油器通过冷却介质带走油中热量,保证油温适宜;滤油器过滤杂质,防止精密部件磨损;顶轴油泵在启停阶段顶起转子,避免干摩擦。其工作原理为,主油泵将油箱内润滑油加压后,经管路送往汽轮机各润滑点,完成润滑、冷却、减震任务后回流油箱,经沉淀再循环。运行中,通过冷油器和滤油器维持油质良好。润滑油在系统中功能显著,润滑方面,在相对运动部件间形成油膜,降低摩擦磨损;冷却功能上,吸收热量并传递至冷油器降温;还能缓冲震动,保护设备结构。为实现这些功能,润滑油需具备特定性能,要有合适粘度,保证油膜形成且不影响流动;抗氧化性强,防止高温下变质;抗乳化性佳,快速分离混入水分;还要有良好防锈蚀能力,保护金属部件,如此才能保障汽轮机高效稳定运转。

2 火电厂汽机润滑油系统常见故障

2.1 油温异常

油温异常升高是火电厂汽机润滑油系统较为常见的故障之一。其原因可能来自多个方面。冷却系统故障是导致油温升高的重要因素,汽轮机负荷突然增加,各部件摩擦产生的热量增多,若润滑油系统的散热能力未能及时匹配,也会造成油温上升^[1]。油温过高危害极大,它会使润滑油的粘度降低,油膜变薄且稳定性变差,难以在轴颈与轴瓦等相对运动部件间起到良好的润滑作用,

增加部件磨损风险,严重时甚至可能引发烧瓦事故,导致汽轮机停机。油温异常降低在实际运行中也时有发生。主要原因可能是冷油器的冷却水量过大,或者环境温度过低,且润滑油系统的伴热措施未有效投入。油温过低会使润滑油粘度增大,流动性变差,导致油泵启动困难,且在系统内循环不畅,无法及时、充分地到达各润滑点,同样会影响设备的正常运转,加剧部件磨损,降低汽轮机的运行效率。

2.2 油压波动与下降

油压波动通常与油泵工作状态不稳定有关。主油泵的叶轮磨损、汽蚀,会使其输出流量和压力不稳定,进而造成润滑油系统油压波动。油管路中存在空气也可能引发油压波动,当空气进入系统后,在油流中形成气泡,这些气泡在流动过程中不断破裂和生成,干扰油流的连续性,导致油压呈现波动状态。油压下降更是严重影响系统安全运行的故障,油泵故障,如内部零件损坏、密封失效等,会直接造成油泵输出压力不足,引起油压下降。油管路破裂、泄漏也是油压下降的常见原因,无论是管道因长期运行出现老化、腐蚀穿孔,还是遭受外力破坏导致破损,都会使润滑油泄漏,系统内油量减少,油压随之降低。滤油器堵塞严重,会增加油流阻力,当阻力超过油泵的输出压力时,也会导致油压下降。

2.3 油位波动与低油位

油位波动可能是由于系统内存在气体。当气体混入润滑油中,在循环过程中会占据一定空间,使得油位看起来不稳定。系统内各设备的润滑油消耗不均匀,也可能导致油位在短时间内出现波动现象。低油位故障主要源于润滑油泄漏,除了前面提到的油管路破裂泄漏外,设备的密封处,如油泵轴封、阀门密封垫等老化、损坏,也会导致润滑油渗漏,使油箱油位逐渐降低。如果新补充的润滑油量不足,长期运行后也会出现低油位

情况。低油位会使油泵吸入空气的风险增加,导致油泵工作异常,油压不稳,而且会减少系统内的润滑油储备量,一旦出现其他突发状况,可能无法满足设备的润滑需求,引发严重事故。

2.4 油质恶化

油质恶化是一个渐进的过程,多种因素会导致这一故障。氧化是油质恶化的常见原因,润滑油在高温环境下长期与空气接触,会发生氧化反应,生成酸性物质、油泥和漆膜等。这些氧化产物不仅会降低润滑油的润滑性能,还可能堵塞油路,腐蚀设备部件^[2]。水分混入润滑油也是导致油质恶化的重要因素,汽轮机轴封处密封不严,蒸汽可能进入润滑油系统,遇冷后凝结成水;或者设备在露天环境下运行,雨水通过油箱呼吸阀等部位进入油中。水分会使润滑油乳化,破坏油膜的形成,加剧部件磨损。系统内的杂质,如金属碎屑、灰尘等,在润滑油循环过程中不断积累,也会降低油的清洁度,影响其润滑效果,加速油质恶化,严重时可能导致整个润滑油系统无法正常工作。

3 火电厂汽机润滑油系统故障诊断技术

3.1 基于DCS系统的实时监测与报警

在现代化火电厂中,集散控制系统(DCS)起着核心作用,其对汽机润滑油系统的实时监测与报警功能为故障诊断提供了基础保障。DCS系统通过分布在润滑油系统各处的传感器,如温度传感器、压力传感器、液位传感器等,持续采集润滑油的温度、压力、油位等关键运行参数。这些传感器将采集到的模拟信号转换为数字信号,传输至DCS的控制器。控制器对数据进行实时分析处理,并与预先设定的正常运行参数范围进行比对。一旦参数超出正常范围,DCS系统会立即触发报警机制,以声光等多种形式向运行人员发出警报,提示可能存在的故障隐患。基于DCS系统的实时监测与报警,能够让运行人员第一时间掌握润滑油系统的异常状况,为后续深入的故障诊断和及时处理争取宝贵时间,有效避免故障的进一步恶化。

3.2 振动分析技术

汽轮机在运行过程中,其振动状态与汽机润滑油系统的工作状况密切相关。振动分析技术正是基于这一原理,通过在汽轮机轴承座等关键部位安装振动传感器,采集设备运行时的振动信号。这些振动信号包含了丰富的设备运行状态信息,不同类型的故障会导致振动信号呈现出特定的特征。专业的振动分析软件对采集到的振动信号进行时域、频域分析,能够精确识别出振动的幅值、频率、相位等参数,并通过与正常运行状态下的振

动数据进行对比,判断设备是否存在故障以及故障的类型和严重程度。通过长期的振动监测和分析,还可以对设备的运行趋势进行预测,提前发现潜在的故障隐患,以便安排设备检修维护,提高设备的可靠性和运行安全性^[3]。

3.3 油液分析技术

油液分析技术是汽机润滑油系统故障诊断的重要手段之一。该技术主要通过检测润滑油的理化性能和污染状况进行检测分析,来判断系统的运行状态。理化性能分析包括检测润滑油的粘度、酸值、水分、闪点等指标。通过光谱分析可以确定油液中金属元素的种类和含量,如铁元素含量升高可能意味着设备存在磨损,铜元素含量异常可能与轴承等部件的磨损有关。颗粒计数器则能精确测量油液中杂质颗粒的数量和大小分布,过多的大颗粒杂质会加剧设备部件的磨损。通过定期对润滑油进行采样分析,能够及时发现油质的变化趋势,提前预警可能出现的系统故障,如油泵磨损、油管路腐蚀、密封件损坏等,为设备维护提供有力依据。

3.4 红外热成像技术

红外热成像技术利用物体表面温度分布不同会辐射出不同强度红外线的原理,对汽机润滑油系统进行故障诊断。在润滑油系统运行时,使用红外热像仪对系统中的设备,如冷油器、油泵、油管路等进行扫描成像。正常运行状态下,这些设备表面的温度分布相对均匀且处于正常范围。当设备出现故障时,例如冷油器冷却水管局部堵塞,会导致该区域散热不良,表面温度升高,在红外热像图上表现为明显的高温区域;油泵内部零件磨损、卡滞等故障会使油泵工作时产生额外的热量,导致油泵外壳温度异常升高。通过观察分析红外热像图,能够直观地发现设备表面的温度异常点,快速定位可能存在故障的部位。红外热成像技术具有非接触、检测速度快、能大面积扫描等优点,可在设备不停机的情况下进行检测,有效提高了故障诊断的效率和准确性,为及时处理故障、保障润滑油系统稳定运行提供了有力支持。

4 火电厂汽机润滑油系统故障处理技术

4.1 油温异常处理技术

当油温出现异常,需及时排查处置。若油温异常升高,首先全面检查冷却系统。发现冷油器冷却水管结垢,可采用化学或机械清洗。化学清洗是按比例调配专用清洗剂,用循环泵打入管路,使其与水垢反应溶解;机械清洗则用高压水枪等工具冲洗管内污垢,恢复冷却效率。若冷却水泵故障,应迅速切换至备用泵,同时检修故障泵,检查电机是否损坏、叶轮是否磨损或堵塞,及时修复或更换损坏部件。要是汽轮机负荷突增致油温

升高,可依实际情况适当调整负荷至合理范围,并密切关注油温变化。若油温异常降低,先排查原因。若因冷油器冷却水量过大,调节冷却水管路阀门减少水量,使油温回升。若因环境温度低且伴热措施未投入,及时开启润滑油系统伴热装置,如电伴热带或蒸汽伴热管。在整个调整过程中,持续监测油温至关重要,要避免油温大幅波动。

4.2 油压波动与下降处理技术

对于油压波动,若判定是主油泵叶轮磨损或汽蚀引起,需及时安排停机检修。对主油泵进行拆解检查,测量叶轮磨损程度,若磨损较轻,可通过修复打磨继续使用;若磨损严重,则需更换新的叶轮。检查油泵进口滤网是否堵塞,如有堵塞及时清理,确保油泵吸油顺畅。若油管路中存在空气,可在管路高处设置排气阀,在系统运行时缓慢打开排气阀,将空气排出,直至油流稳定,油压波动消除。当油压下降时,若为油泵故障,需立即启动备用油泵,维持系统油压。对故障油泵进行全面检查,如检查内部零件是否损坏、密封件是否失效等,修复或更换相应部件。若油管路破裂泄漏,应迅速查找泄漏点。对于轻微泄漏,可采用临时封堵措施,如使用密封胶、堵漏夹具等进行处理;对于严重破裂的管路,需停机隔离故障管路,更换新的管道。在处理过程中,要注意防止润滑油大量泄漏对环境造成污染。若滤油器堵塞导致油压下降,应切换至备用滤油器运行,然后对堵塞的滤油器进行清洗或更换滤芯。

4.3 油位异常处理技术

当油位波动是由系统内存在气体引起时,可通过在系统各高点设置的排气阀,定期进行排气操作。开启排气阀时要缓慢,防止润滑油大量喷出,直至排出的全是油液,无气泡产生,以确保系统内气体排尽,稳定油位。若因设备润滑油消耗不均匀导致油位波动,需对各设备的润滑点进行检查,查看是否存在润滑不良、泄漏等情况,及时调整或修复,使润滑油消耗恢复正常。对于低油位故障,若为润滑油泄漏所致,要全面排查泄漏点^[4]。检查油管路、油泵轴封、阀门密封垫等部位,发现泄漏处及时修复或更换密封件。对于管路泄漏,根据泄漏程度采取相应措施,如前文所述。在处理完泄漏问题后,要及时向油箱补充符合要求的润滑油,使油位恢

复至正常范围。补充润滑油时,要注意油品的型号、质量,防止不同型号油品混用。

4.4 油质恶化处理技术

在火电厂汽机润滑油系统中,油质恶化是影响设备安全稳定运行的关键隐患,需根据具体成因采取针对性处理措施。润滑油长期在高温、氧气环境下易发生氧化反应,生成酸性物质、油泥和漆膜。对此,可向润滑油中添加适量抗氧化剂(如酚类、胺类化合物),通过化学作用延缓氧化进程。需对油箱进行彻底清理,清除底部沉积的油泥和漆膜,避免二次污染。若油中混入水分,会加速油品老化并引发金属腐蚀。此时,可采用真空滤油机进行脱水处理。该设备通过降低油液上方压力,使水分在低温下沸腾汽化,随后通过冷凝装置排出水蒸气,实现高效脱水。油中金属碎屑、灰尘等杂质会磨损设备部件,需使用高精度滤油机进行过滤。滤油机通过多级滤芯拦截不同粒径的杂质,确保油品清洁度达标。处理完成后,需严格检测油品酸值、水分、颗粒度等指标,确认符合汽机润滑油系统运行要求后方可重新投用。

结束语

火电厂汽机润滑油系统故障诊断及处理技术对保障汽轮机安全稳定运行意义重大。通过本文研究,明确了系统常见故障类型、成因及危害,掌握了多种有效的故障诊断技术,可及时发现潜在故障隐患。针对不同故障制定了相应的处理技术,能够快速、准确地解决故障问题。在实际运行中,应综合运用这些诊断与处理技术,加强设备维护管理,确保汽机润滑油系统始终处于良好运行状态,为火电厂的安全高效生产提供坚实保障。

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]梁一鸣.汽轮机润滑油系统的常见故障和原因探究[J].科技创新与应用,2020(17):77-78.
- [4]孔凡辉.化工机械设备润滑管理及维护研究[J].机械与电子控制工程,2022,4(9):12-13.