

火电厂汽机运行润滑系统故障诊断与预防

李颀函

国能吉林龙华热电股份有限公司延吉热电厂

DOI: 10.12238/jpm.v6i11.8530

[摘要] 润滑系统作为火电厂汽轮机的血液系统，承担着润滑、冷却、密封与清洁等核心功能，其运行可靠性直接决定汽轮机的安全稳定运行与使用寿命。汽轮机长期在高温、高压、高速的严苛工况下运行，润滑系统易受油质劣化、部件磨损、参数偏离等因素影响，引发各类故障，严重时可能导致轴瓦烧毁、转子卡涩甚至机组停机等重大安全事故。本文围绕火电厂汽机运行润滑系统展开研究，深入剖析常见故障类型及诱发机理，提出针对性的预防与优化措施，为火电厂提升润滑系统运维水平、保障汽轮机安全经济运行提供理论参考与实践指导。

[关键词] 火电厂；汽轮机；润滑系统；故障诊断；预防措施；安全运行

中图分类号：TM621 文献标识码：A

Fault diagnosis and prevention of lubrication system for steam turbine operation in thermal power plants

Li Jinhan

Guoneng Jilin Longhua Thermal Power Co., Ltd. Yanji Thermal Power Plant

[Abstract] As the blood system of steam turbines in thermal power plants, the lubrication system undertakes core functions such as lubrication, cooling, sealing, and cleaning. Its operational reliability directly determines the safe and stable operation and service life of the steam turbine. Steam turbines operate under harsh conditions of high temperature, high pressure, and high speed for a long time. The lubrication system is susceptible to factors such as oil quality deterioration, component wear, and parameter deviation, which can cause various faults. In severe cases, it may lead to major safety accidents such as bearing burnout, rotor jamming, and even unit shutdown. This article focuses on the research of the lubrication system for steam turbine operation in thermal power plants, deeply analyzes common types of faults and their triggering mechanisms, proposes targeted prevention and optimization measures, and provides theoretical reference and practical guidance for improving the operation and maintenance level of lubrication systems and ensuring the safe and economical operation of steam turbines in thermal power plants.

[Key words] thermal power plant; Steam turbine; Lubrication system; Fault diagnosis; Preventive measures; safe operation

引言

汽轮机是火电厂能量转换的核心设备，其运行状态直接关系到电厂的发电效率与供电可靠性。随着火电机组向高参数、大容量方向发展，汽轮机对润滑系统的运行精度与稳定性要求日益提高。据行业统计，火电厂汽轮机故障中约 30%与润滑系统异常直接相关，此类故障不仅会造成高昂的设备维修成本，还可能导致长时间停机，给电厂带来巨大的经济损失，甚至威胁人身安全。因此，深入研究汽轮机润滑系统的故障类型与诱发机理，建立高效的故障诊断方法，制定科学的预防措施，对

于提升火电厂设备运维水平、降低故障发生率、保障机组安全稳定运行具有重要现实意义。

1 火电厂汽机润滑系统组成与工作原理

1.1 系统核心组成

火电厂汽轮机润滑系统是一个复杂的闭环循环系统，主要由润滑油箱、润滑油泵、冷却器、过滤器、油管路、阀门、检测仪表及执行机构等部件组成。润滑油箱作为系统的储油与供油中枢，承担油品储存、沉淀杂质、分离空气等功能；润滑油泵通常采用主泵与备用泵联动模式，主泵多为汽轮机主轴驱动

的离心式油泵，备用泵为电动泵，确保供油连续性；冷却器用于降低润滑油温度，避免因油温过高导致油质劣化与润滑效果下降；过滤器负责过滤油中杂质、金属磨屑等污染物，保护精密部件免受磨损；油管路按预设路径将润滑油输送至汽轮机各润滑点，重点为径向轴承、推力轴承等关键部位；检测仪表包括油温表、油压表、油位计、油质分析仪等，实时监测系统运行参数；执行机构根据检测信号自动调节阀门开度、泵组转速等，实现系统参数的动态优化。

1.2 核心工作原理

汽轮机润滑系统的核心工作原理是通过压力供油形成流体动压润滑膜。机组启动后，润滑油泵启动，将油箱内的润滑油抽出，经过滤器过滤后送入冷却器降温，随后通过油管路分配至各润滑点。在汽轮机转动部件与静止部件之间，高速流动的润滑油形成一层均匀的油膜，该油膜不仅能够支撑转子的重量，避免金属部件直接接触摩擦，还能通过油品循环将摩擦产生的热量带走，实现冷却效果。同时，润滑油在循环过程中会带走部件磨损产生的金属碎屑、外界侵入的灰尘等杂质，经过滤器拦截净化，保持油品清洁；在密封部位，润滑油还能形成密封油膜，防止蒸汽泄漏与空气进入，保障系统密封性。润滑后的油品最终流回油箱，完成一次循环，如此往复，持续为汽轮机运行提供可靠润滑保障。

2 火电厂汽机润滑系统常见故障类型及诱发机理

2.1 油品劣化故障

油品劣化是润滑系统最常见的故障类型，指润滑油的物理化学性质发生改变，导致其润滑、冷却等功能下降甚至失效。诱发油品劣化的因素主要包括：一是高温影响，汽轮机运行时轴承摩擦产生的热量及环境高温，会加速润滑油氧化分解，生成有机酸、胶质、沥青质等有害物质，导致油品粘度升高、酸值增大；二是水分侵入，蒸汽泄漏、空气中的湿气凝结或冷却器泄漏等情况，会使水分混入润滑油中，破坏油膜稳定性，导致润滑失效，同时引发金属部件锈蚀；三是杂质污染，系统管道锈蚀产生的铁锈、部件磨损产生的金属磨屑、外界侵入的灰尘等杂质混入油中，不仅会加速油品劣化，还会磨损润滑表面；四是油品选型不当或混用，选用的润滑油型号与汽轮机工况不匹配，或不同型号、不同品牌的润滑油随意混用，会导致油品性能下降，引发劣化故障。

2.2 供油系统故障

供油系统故障主要表现为供油压力异常、供油量不足或供油中断，直接影响润滑效果。其诱发机理包括：一是油泵故障，润滑油泵叶轮磨损、轴承损坏、密封泄漏或电机故障等，会导致泵组输出压力下降、流量不足，甚至无法正常供油；二是油管路问题，油管路老化、腐蚀、变形或接头密封不严，会造成油品泄漏，导致系统油压降低；管路内积垢、杂质堵塞或阀门卡涩，会阻碍油品流动，导致供油量减少；三是过滤器堵塞，

过滤器长期未清理或滤芯老化，会导致过滤阻力增大，油流不畅，严重时造成供油中断；四是油箱油位过低，加油不及时、油品泄漏或系统漏油等原因，会导致油箱油位低于警戒值，使油泵吸入空气，引发供油异常。

2.3 冷却系统故障

冷却系统故障主要表现为润滑油温过高，影响油膜形成与稳定性。诱发原因包括：一是冷却器异常，冷却器换热管结垢、堵塞或腐蚀泄漏，会降低换热效率，导致润滑油冷却不充分；冷却介质流量不足、温度过高，也会影响冷却效果；二是温控装置故障，温度传感器失灵、温控阀门卡涩或调节机构故障，会导致冷却系统无法根据油温变化自动调节，无法有效控制油温；三是系统散热不良，润滑油箱通风不畅、环境散热条件差，或油管路保温层损坏导致热量散失异常，也会造成油温升高。

2.4 润滑点故障

润滑点故障主要集中在轴承等关键部位，表现为轴承温度过高、振动异常或磨损严重。其诱发机理包括：一是油膜失效，由于油品劣化、供油不足、油温过高或油膜厚度不均等原因，转动部件与静止部件之间无法形成稳定油膜，导致金属直接接触摩擦，引发轴承过热、磨损；二是轴承本身缺陷，轴承巴氏合金层脱落、龟裂，或轴承间隙调整不当，会导致运行时摩擦增大，温度升高；三是杂质侵入，油中杂质进入轴承间隙，会造成研磨磨损，破坏润滑表面，引发故障；四是振动影响，汽轮机运行振动过大，会破坏油膜稳定性，加剧轴承磨损，形成恶性循环。

2.5 检测与控制系统故障

检测与控制系统故障表现为参数监测失真、自动控制失效，无法及时发现系统异常。诱发原因包括：一是检测仪表故障，油温表、油压表、油位计等仪表精度下降、失灵或安装不当，导致监测数据不准确，无法反映系统真实运行状态；二是传感器故障，油质传感器、温度传感器、压力传感器等损坏或信号传输异常，会导致控制系统接收错误信号；三是控制系统故障，PLC 控制器、执行机构等部件故障，会导致系统无法根据监测信号进行自动调节，如无法启动备用泵、无法调节冷却器阀门等，使小故障扩大为严重事故。

3 火电厂汽机润滑系统故障预防措施

3.1 强化油品全生命周期管理

油品质量是保障润滑效果的基础，需建立完善的油品全生命周期管理体系。一是科学选型，根据汽轮机的运行参数、工况条件及设备要求，选用符合标准的高品质润滑油，避免选型不当导致的润滑失效；严禁不同型号、不同品牌的润滑油混用，确需更换油品时，需彻底清洗系统。二是规范储存与运输，润滑油储存时需密封防潮、远离高温与火源，防止水分、杂质侵入；运输过程中避免剧烈振动与污染，确保油品性能稳定。三是定期油液监测，制定油液分析计划，定期检测油品的理化指

标与污染度,根据分析结果判断油品状态,及时更换劣化油品或进行过滤净化处理。四是合理补油与换油,按照设备规程定期补加润滑油,确保油位稳定;严格执行换油周期,结合运行工况与油液分析结果,适时调整换油时间,避免超期使用。

3.2 优化供油系统运维

保障供油系统的稳定运行是预防故障的关键。一是加强泵组维护,定期检查润滑油泵的叶轮、轴承、密封件等部件状态,及时更换磨损部件;定期对泵组进行润滑、清洁与校准,确保泵组输出压力与流量稳定;检查备用泵的联动可靠性,定期进行启停试验,确保故障时能够快速切换。二是做好管路与阀门维护,定期检查油管路的完整性,及时修复老化、腐蚀、泄漏的管路;定期清理管路内的积垢与杂质,避免堵塞;检查阀门的开关灵活性与密封性,及时处理卡涩、泄漏问题,确保管路畅通。三是强化过滤器管理,根据运行工况定期更换过滤器滤芯,避免滤芯堵塞导致供油异常;选用高精度、大流量的过滤器,提高过滤效果;监测过滤器压差变化,当压差超过设定值时及时清理或更换滤芯。

3.3 提升冷却系统运行可靠性

冷却系统的正常运行是控制油温的核心,需加强系统维护与优化。一是定期维护冷却器,定期清理冷却器换热管的结垢与堵塞物,采用化学清洗或物理清洗方式恢复换热效率;检查冷却器的密封性能,及时修复泄漏部位;确保冷却介质的流量与温度符合要求,优化冷却系统运行参数。二是优化温控系统,定期校准温度传感器与温控阀门,确保检测精度与调节可靠性;完善温控逻辑,根据汽轮机负荷变化与油温情况,自动调节冷却器的投入数量或冷却介质流量,实现油温精准控制。三是改善散热条件,保持润滑油箱通风良好,清理油箱周围的杂物与热源;检查油管路保温层,及时修复损坏部位,减少热量散失异常。

3.4 加强关键部件维护

重点关注汽轮机轴承等关键润滑部位的维护,预防局部故障发生。一是定期检查轴承状态,通过油液分析、振动监测等方式,实时掌握轴承磨损情况;定期清理轴承间隙内的杂质,检查轴承巴氏合金层的完整性,及时处理磨损、脱落等问题;按照设备要求合理调整轴承间隙,确保油膜形成条件。二是优化润滑方式,根据轴承类型与运行工况,调整供油压力与供油量,确保润滑点获得充足、均匀的润滑油;对于关键轴承,可采用强制润滑方式,提升润滑可靠性。三是减少振动影响,定期对汽轮机进行振动监测与平衡校正,避免因振动过大破坏油膜稳定性;检查转子与轴承的配合精度,及时处理不对中、不平衡等问题。

3.5 完善监测与控制系统

建立高效的监测与控制系统,实现故障的早期预警与快速

响应。一是升级检测仪表,选用高精度、高可靠性的油温表、油压表、油位计、油质分析仪等检测设备,确保监测数据准确;定期校准仪表,及时更换老化、失灵的检测部件。二是优化DCS控制系统,完善参数监测与报警功能,设置合理的报警阈值,当参数异常时及时发出预警;增加趋势分析功能,通过大数据分析识别参数变化规律,预测潜在故障。三是建立远程监控与诊断平台,整合润滑系统的运行数据、油液分析结果、设备状态信息等,实现远程实时监控;借助人工智能技术,构建故障诊断模型,自动识别故障类型与部位,为运维决策提供支持。

3.6 健全运维管理体系

科学的运维管理是预防故障的保障,需建立完善的管理体系。一是制定标准化操作规程,明确润滑系统的启动、运行、停机、维护等各环节的操作流程,避免人为操作失误导致的故障;加强运维人员培训,提升专业技能与故障判断能力,使其熟练掌握系统原理、操作方法与诊断技巧。二是建立定期巡检制度,制定详细的巡检计划,明确巡检内容、频率与责任人员,重点检查油位、油压、油温、泄漏、设备异响等情况,及时发现并处理隐患。三是完善故障应急预案,针对常见故障制定应急处置流程,明确应急响应步骤、责任分工与处置措施,确保故障发生时能够快速响应、有效处置,减少故障影响范围。四是建立运维档案,详细记录油品更换、部件维修、故障处理等情况,为系统状态评估与后续运维提供依据。

4 结束语

火电厂汽轮机润滑系统是保障机组安全稳定运行的关键辅助系统,其故障不仅会影响汽轮机的运行效率,还可能引发重大安全事故,造成巨大经济损失。故障预防方面,通过强化油品管理、优化供油系统运维、提升冷却系统可靠性、加强关键部件维护、完善监测控制系统与健全运维管理体系等多维度措施,能够有效降低故障发生率,保障系统稳定运行。未来,通过技术创新与管理升级的双重驱动,火电厂将有效降低汽轮机润滑系统故障风险,保障机组安全经济运行,为电力行业的高质量发展提供坚实支撑。

[参考文献]

- [1]阳鑫. 火电厂转动设备润滑管理优化措施[J].造纸装备及材料, 2025, 54(03): 64-66.
- [2]马树侠. 油液监测技术在汽轮机润滑状态监测中的应用[J].云南化工, 2023, 50(04): 97-99.
- [3]李寒冰. 火电厂汽轮机润滑油油质提升研究[J].科技创新与应用, 2022, 12(25): 134-136+140.
- [4]窦鹏, 黄燕, 车美美, 等. 电厂汽轮机润滑系统磨损状态的分析研究[J].液压气动与密封, 2022, 42(05): 89-93+97.
- [5]郭志伟, 李振鹏, 高飞. 汽轮机润滑系统油液监测在线分析与指导[J].设备管理与维修, 2021, (17): 132-134.