

火电厂汽机润滑油系统故障诊断与处理技术

刘向东

鄂尔多斯市西金余热发电有限公司 内蒙古 鄂尔多斯 017000

摘要: 汽机润滑油系统是火电厂汽轮机组安全稳定运行的核心辅助系统,其工况异常易引发机组磨损、停机等安全事故。本文梳理该系统的设备组成、运行原理及四类常见故障,对比分析传统人工与智能在线故障诊断技术的优劣,阐述各类故障的针对性处理工艺、应急处置方案及预防运维措施,并结合工程案例验证技术实用性,旨在提升机组润滑系统运维水平,规避设备故障与经济损失。

关键词: 火电厂;汽机润滑油系统;故障诊断;处理技术

引言: 在火电厂生产运行中,汽轮机组作为核心发电设备,运行稳定性直接决定电厂生产效率与安全效益。润滑油系统承担机组轴承、轴瓦的润滑与冷却职能,参数异常、设备故障、油质劣化等问题,会大幅降低机组运行可靠性。为精准排查各类故障、高效处置隐患、降低事故发生率,本文系统研究该系统故障类型、诊断技术及处理防控方法,为火电厂汽机设备长效安全运行提供技术参考。

1 火电厂汽机润滑油系统概述及故障类型分析

1.1 汽机润滑油系统组成与工作原理

(1) 系统核心设备构成: 汽机润滑油系统核心设备包含主油泵、冷油器、滤油器、储油油箱、调压阀及配套管路附件。主油泵为系统提供循环动力,是供油核心装置;冷油器负责润滑油降温,维持油温稳定;滤油器过滤油液中固体杂质,保障油质洁净;油箱用于储油、沉淀杂质及散热排气;调压阀用于调控系统油压,保证供油压力恒定。(2) 润滑油系统循环流程与工作机制: 系统以密闭循环模式运行,油箱内润滑油经主油泵加压后输出,通过调压阀稳压,再流经滤油器净化、冷油器降温,最终输送至汽轮机组轴瓦、轴承等摩擦部件,完成润滑、冷却、降温作业,吸热后的润滑油回流至油箱,沉淀散热后再次循环,形成连续闭环工作机制^[1]。

(3) 系统正常运行核心参数标准: 常规运行标准为系统油压维持0.08~0.15MPa,供油油温控制35~45℃,油箱油位保持在标准刻度区间,油质需满足透明度高、无乳化杂质、氧化程度达标,各项参数稳定是机组安全运行的基础。

1.2 润滑油系统常见故障类型

(1) 油压异常故障: 主要包括油压过高、过低及压力频繁波动三类,多由调压阀失效、油泵出力异常、管路堵塞或泄漏引发。(2) 油温异常故障: 涵盖油温超标

升高、温控系统失效两种情况,常因冷油器换热效率下降、温控阀门卡涩导致散热不足或调温失灵。(3) 油质劣化故障: 典型问题有润滑油乳化、固体杂质超标、油液氧化变质,会直接破坏润滑油润滑、防护性能。(4) 设备机械故障: 包含油泵磨损、出力不足,滤网堵塞、油路不畅,阀门卡涩、调节失灵等核心设备本体故障。

1.3 各类故障诱因及危害分析

(1) 故障诱发机理: 环境温湿度异常、粉尘水汽侵入会加速油质劣化与设备锈蚀;设备长期运行出现部件老化、磨损、密封失效,是故障高发核心原因;运维操作不规范、巡检不到位、定期保养缺失,会导致小隐患持续累积,诱发各类故障。(2) 轻微故障影响: 轻微油压、油温波动及少量杂质污染等轻微故障,会降低润滑冷却效果,加剧机组轴承、轴瓦轻微磨损,增加设备运行能耗,长期累积会降低机组运行稳定性与设备使用寿命。(3) 严重故障安全风险: 故障持续恶化后,会引发轴瓦严重磨损、烧瓦、轴承过热卡涩等问题,破坏机组转动平衡,最终导致机组振动超标、被迫跳机,引发停机事故,严重时造成设备损坏,带来重大经济损失与安全隐患。

2 火电厂汽机润滑油系统故障诊断技术研究

2.1 传统人工故障诊断技术

(1) 参数监测分析法。该技术是运维人员基础诊断手段,主要依托机组就地仪表盘、中控后台采集润滑油压力、温度、油箱油位等运行数据,通过人工对比额定参数标准,研判系统运行状态。运维人员定时记录数据变化趋势,针对油压骤降、油温持续升高、油位异常波动等情况,初步判定系统是否存在堵塞、泄漏、换热异常等隐患,适用于常规、显性故障的初步筛查。(2) 油液化验分析法。定期抽取系统润滑油样本,通过实验室专业设备检测油液关键指标,核心检测项目包含水分含

量、运动粘度、颗粒污染度、氧化度等。通过比对电力行业润滑油质量标准,判断油液是否出现乳化、变质、杂质超标等问题,精准识别油质劣化程度,是排查油液类隐性故障的核心人工手段,为换油、滤油作业提供数据依据^[2]。(3)人工巡检综合诊断及局限性。运维人员依托感官开展巡检诊断,通过听音判断油泵、管路运行异响,观察油液状态、设备渗漏情况,触摸设备壳体感知运行温度,综合判断设备故障。但该方法局限性极强,诊断效果依赖人员经验,主观性强,无法识别早期隐性故障,且存在滞后性、精度低、漏检率高等问题,难以适配机组高精度、高稳定性的运行需求。

2.2 智能在线故障诊断技术

(1)传感器实时监测技术。在润滑油系统油泵、管路、冷油器、油箱等关键点布设压力、温度、液位、流量高精度传感器,24小时不间断采集运行数据,实时上传至机组监控系统。可精准捕捉参数微小波动,突破人工定时监测的时间盲区,实现故障全天候实时监测,为后续诊断预警提供连续、精准的数据支撑。(2)振动与红外测温故障识别技术。振动诊断技术通过采集油泵、轴承等设备的振动频谱数据,分析振动幅值、频率变化,精准识别部件磨损、松动、卡涩等机械故障;红外测温技术依托红外成像设备,检测管路、阀门、冷油器的温度场分布,快速定位局部过热、换热不均、管路堵塞等隐性故障,弥补人工感官诊断的不足。(3)大数据与AI算法诊断技术。依托电厂运维大数据平台,整合历年故障数据、运行参数、检修记录,构建AI智能诊断模型。通过算法对实时运行数据进行对比分析、趋势推演,可提前预判油压波动、油质劣化、设备老化等潜在故障,实现故障提前预警、类型判定、故障点位精准定位,大幅提升故障诊断效率和精准度^[3]。

2.3 典型故障诊断流程与判定标准

(1)油压、油温异常故障诊断流程与判定依据。首先实时调取系统运行参数,对比额定参数判定异常类型,若油压超出0.08~0.15MPa、油温高于45℃即为参数超标。随后按流程逐级排查,先核查传感器数据准确性,再检查调压阀工况、冷油器换热效果、管路通畅度,结合参数波动特征,判定故障诱因是阀门失效、滤网堵塞还是换热故障。(2)油质劣化故障分级诊断标准。依据油液化验数据实行分级判定,一级轻微劣化为微量杂质、轻微水分,不影响机组运行;二级中度劣化为粘度小幅偏差、杂质超标,需及时滤油处理;三级重度劣化为油液乳化、严重氧化,指标大幅超标,必须立即停机换油,避免损伤轴瓦和机组部件。(3)设备结构

性故障排查与精准定位方法。依托智能监测数据和设备运行特征,采用分层排查方式,先排查外部参数异常问题,再深入排查设备本体结构故障。针对油泵故障、滤网堵塞、阀门卡涩等问题,结合振动数据、压力损耗、流量变化特征,精准锁定故障设备及故障点位,为检修作业提供精准指导,缩短故障处理时长。

3 火电厂汽机润滑油系统典型故障处理技术与防控措施

3.1 常见故障针对性处理技术

(1)油压异常故障调节、泄压、补压处理工艺。针对系统油压过低,优先检查主油泵工况与管路密封性,排查泄漏隐患,通过启停备用油泵、调节主调压阀开度补压,将油压恢复至额定区间。油压过高时,开启旁路泄压阀稳压泄压,清理调压阀阀芯杂物,解决阀门卡涩引发的压力调节失效问题。针对油压频繁波动,校准调试油路节流部件与稳压装置,稳定供油压力,杜绝压力大幅波动故障。(2)油温超标、温控失灵故障排查与整改技术。油温超标时,检查冷油器冷却水流量、水温和管路堵塞情况,清理管壁结垢、淤泥,提升换热效率。温控失灵时,排查温控传感器、电动调节阀及温控模块运行状态,校准失效传感器、修复卡涩阀门、更换老化元件,优化冷却水循环参数,将油温稳定控制在35~45℃标准区间。(3)润滑油乳化、杂质超标过滤、换油、脱水处理方法。油液轻微乳化、微量杂质超标,采用旁路精细过滤、真空脱水装置在线除水除杂。中重度乳化、杂质严重超标时,停机化验油样,清理油箱底部油污,更换高精度滤芯,分批置换润滑油,完成油路循环冲洗,确保油液各项指标符合机组运行标准^[4]。(4)油泵、滤网、阀门等设备故障检修与更换技术。主油泵振动、出力异常时,停机检查叶轮、轴承磨损情况,修复或更换设备后开展空载、负载试运。依据压差数据判定滤网堵塞情况,及时清洗滤网,更换破损部件并定期升级高精度过滤组件。对阀门卡涩、密封失效问题,打磨阀芯、清理阀体杂质、更换老化密封件,无法修复则整体更换,保障油路调控稳定。

3.2 故障应急处理方案

(1)突发润滑油系统故障应急处置流程。突发故障后,运维人员第一时间监控系统参数变化,记录故障特征,快速判定故障类型与风险等级。立即上报值班负责人,同步启动对应应急预案,隔离故障设备或故障油路,采取临时稳压、降温、滤油等应急措施,全程监测机组振动、轴瓦温度等关键参数,杜绝故障扩散,后续开展全面检修与参数复核工作。(2)机组运行中故障

不停机应急处理措施。对于轻微油压波动、轻度油温偏高、微量杂质超标等低风险故障,采取不停机在线处置方式。投运备用稳压装置、加大冷却水流量、开启在线过滤脱水设备,实时跟踪参数变化,严控故障发展。同时加强现场巡检频次,密切监控轴瓦、轴承运行状态,在保障机组安全稳定运行的前提下完成故障消缺。(3)重大故障停机保护与安全处置规范。当出现油压骤降、油液严重乳化、主油泵失效、轴瓦温度急剧升高等重大故障时,严格执行机组停机保护规范,立即触发联锁停机装置,紧急停运汽轮机组。停机后切断故障油路电源与介质通路,设置安全隔离区域,排查故障根源,彻底消除安全隐患,验收合格后方可恢复机组启动运行。

3.3 系统故障预防与运维优化措施

(1)润滑油系统定期检修、保养管理制度优化。结合机组运行工况,完善分级定期检修制度,细化日巡检、周保养、月检修、年度大修工作内容。明确各设备检修周期、保养标准与责任分工,重点强化油泵、阀门、冷油器、调压装置的常态化养护,杜绝超周期运行、漏检、失修等问题,从制度层面降低故障发生率。

(2)油质定期检测、设备预防性维护方案。建立常态化油质检测机制,定期取样化验水分、粘度、颗粒度等核心指标,建立油质变化台账,提前预判油质劣化趋势。推行设备预防性维护模式,针对易磨损、易老化部件提前检修更换,对油路堵塞、换热效率下降等潜在隐患提前预处理,实现故障早发现、早处置。(3)智能监测系统升级与运维人员技能提升策略。升级系统智能监测设备,增设高精度在线油质、振动、温度监测传感器,依托大数据平台实现故障智能预警。同时定期开展专项技能培训,强化运维人员故障识别、应急处置、设备检修能力,熟练掌握智能设备操作与各类故障处置流程,提升整体运维水平^[5]。

3.4 工程应用案例分析

(1)某火电厂润滑油压力波动故障诊断与处理实例。某300MW火电机组运行中出现润滑油压频繁波动问题,运维人员通过智能监测系统采集参数,排查发现主

调压阀阀芯磨损、杂质卡涩,导致压力调节不稳定。现场采取停机拆解清理阀芯杂质、更换磨损密封部件、重新校准调压参数的处理方式,完成系统油路循环调试。

(2)故障处理效果验证与经验总结。故障处理完成后,机组润滑油压稳定维持在标准区间,无波动异常,轴瓦振动、温度参数正常,设备运行稳定性显著提升。通过本次故障总结,明确油压波动多源于调压设备老化、油路杂质堆积,需强化调压装置定期校验与油路过滤养护,杜绝同类故障复发。(3)现有运维方案的优化改进建议。结合本次案例,优化原有运维方案,缩短调压阀、滤网的检修校验周期,新增油压参数趋势分析机制。同时升级在线高精度过滤设备,完善智能预警阈值设置,强化运维人员针对性实操培训,构建“监测—预警—检修—复盘”全流程运维体系,提升系统长效运行稳定性。

结束语

汽机润滑油系统故障具有多样性、隐蔽性和累积性特征,常规人工诊断存在精度低、滞后性强等短板,智能诊断技术可有效弥补运维短板。本文总结的故障诊断方法、针对性处理技术和预防性运维措施,可高效解决油压、油温、油质及设备机械类故障。通过构建智能化监测、常态化检修、科学化运维体系,能从根源降低故障概率,保障火电厂汽轮机组持续稳定、安全高效运行。

参考文献

- [1]安海阳,阳欧,李昶亮.火电厂汽轮机润滑油系统常见故障及油质提升改造措施[J].电力系统,2025,7(13):96-98.
- [2]任泳舟.火电厂汽机润滑油系统故障诊断与处理技术研析[J].电力设备管理,2025,9(12):126-128.
- [3]丁尚书.火电厂汽轮机油系统常见故障成因与预防研究[J].建筑科学,2025,21(7):243-246.
- [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,2024,15(18):115-117.
- [5]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,2023,33(12):190-194.