

火电厂汽机辅机设备检修故障及排除对策分析

宋博文 元佳惠 张 靖

北方联合电力有限责任公司包头第二热电厂 内蒙古 包头 014000

摘要: 火电厂汽机辅机设备作为保障机组稳定运行的关键,其检修故障涉及振动异常、泄漏、温度异常、性能下降及电气、控制系统故障等。成因涵盖转子不平衡、密封老化、润滑不良、部件磨损腐蚀及控制失灵等。通过振动分析、油液检测、红外测温等传统方法与智能诊断技术结合,可精准定位故障。针对性维修、预防性维护、标准化检修流程及人员培训与技术升级等对策,能有效提升设备可靠性,保障火电厂安全高效运行。

关键词: 火电厂;汽机辅机设备;检修故障;排除对策

引言:在火力发电生产体系中,汽机辅机设备作为衔接汽轮机与锅炉系统的核心环节,其运行稳定性直接影响机组发电效率与安全性。随着火电机组向高参数、大容量方向发展,辅机设备长期处于高温高压、高负荷连续运行工况,振动异常、泄漏、温度超标等故障频发,不仅增加运维成本,更可能引发非计划停机。本文系统分析辅机设备典型故障类型及成因,结合智能诊断技术与预防性维护策略,提出针对性故障排除方案,为提升火电厂运行可靠性提供理论支持与实践参考。

1 火电厂汽机辅机设备概述

1.1 汽机辅机的主要组成与功能

(1) 给水泵、凝结水泵、循环水泵等核心设备是汽机辅机的关键组成,直接保障汽轮机安全稳定运行。给水泵负责将除氧器内的给水加压后输送至锅炉省煤器,为锅炉提供合格水源,其出力与压力需匹配锅炉负荷变化;凝结水泵将汽轮机排汽凝结后的凝结水抽出,送至低压加热器循环利用,减少水资源浪费;循环水泵为汽轮机凝汽器及冷却系统提供循环冷却水,维持凝汽器真空度,保障汽轮机排汽顺利凝结。(2) 辅助系统是汽机辅机正常运转的保障。润滑油系统为汽轮机轴承、齿轮等转动部件提供润滑,减少摩擦损耗,同时带走部件运行产生的热量,防止部件过热损坏;冷却系统涵盖设备冷却、油冷却等,通过循环介质带走辅机设备运行中产生的多余热量,维持设备运行温度在合理范围,避免因过热导致设备性能下降或故障^[1]。

1.2 汽机辅机运行特点与常见工况

(1) 火电厂汽机辅机多处于高负荷、连续运行状态,对设备可靠性要求极高。辅机设备一旦出现故障停机,会直接影响汽轮机乃至整个发电机组的正常运行,造成发电量下降甚至停机事故,因此辅机设备需具备良好的稳定性、抗磨损性和抗干扰能力,满足长期连续运行需

求。(2) 典型运行参数(温度、压力、振动等)直接反映辅机运行状态。温度方面,润滑油温度通常控制在35-45℃,冷却水温差需维持在合理范围;压力方面,给水泵出口压力需匹配锅炉工况,凝结水泵出口压力需满足低压加热器供水要求;振动方面,辅机转动部件振动值需符合国标要求,避免因振动过大导致部件松动、磨损,确保设备安全运行。

2 火电厂汽机辅机设备常见检修故障类型及成因

2.1 振动异常故障

(1) 故障表现:轴系振动超标、动静摩擦等,运行中辅机振动值远超国标规定的允许范围,机组出现明显异响和振幅波动,严重时转子与静子部件发生摩擦,产生刺耳噪音,伴随设备基础共振,易导致连接管路松动、紧固件脱落,影响整个辅机系统的稳定运行。(2) 成因分析:转子不平衡,多由叶轮积灰结垢、叶片磨损不均或损坏、转子材质缺陷导致;对中不良,安装或检修时联轴器找正偏差过大,运行中产生附加力矩,加剧轴系振动;轴承损坏,润滑不足、杂质进入轴承或油质劣化,造成滚珠磨损、保持架损坏,进而引发振动异常。

2.2 泄漏故障

(1) 故障表现:汽水泄漏、油系统泄漏,汽水泄漏主要发生在管道接口、阀门密封面及法兰连接处,出现蒸汽逸出、水滴渗漏,伴随压力下降;油系统泄漏表现为润滑油、液压油渗漏,形成明显油迹,不仅浪费介质、增加运维成本,还可能因油污附着引发火灾隐患,影响设备安全。(2) 成因分析:密封件老化,长期在高温、高压工况下,密封垫、密封圈发生龟裂、硬化、变形,失去密封性能;焊接缺陷,管道或设备壳体焊接时存在夹渣、未焊透、裂纹等问题,运行中受压力冲击和温度变化影响,缺陷扩大导致开裂泄漏;系统压力波动过大,超出密封结构承受范围,造成瞬时泄漏^[2]。

2.3 温度异常故障

(1) 故障表现: 轴承温度过高、冷却系统效率下降, 轴承温度持续超出35-45°C的正常运行范围, 严重时触发温度保护装置, 导致辅机停机; 冷却系统效率下降, 表现为冷却介质进出口温差减小、出口温度过高, 无法有效带走设备运行产生的热量, 导致辅机整体温度攀升, 影响设备使用寿命。(2) 成因分析: 润滑不良, 润滑油油量不足、油质劣化或油路堵塞, 无法在转动部件表面形成有效油膜, 摩擦生热加剧; 冷却介质流量不足, 循环水泵出力下降、管路堵塞或阀门开度不足, 导致冷却介质循环不畅, 冷却效果不佳; 冷却面结垢, 长期运行中水垢、杂质附着在冷却管内壁, 阻碍热量传递, 大幅降低冷却效率。

2.4 性能下降故障

(1) 故障表现: 泵效率降低、阀门卡涩, 泵类辅机出口压力、流量明显下降, 能耗大幅增加, 无法满足机组负荷运行需求; 阀门卡涩表现为开关不灵活、启闭到位困难, 甚至出现卡滞现象, 无法精准调节系统介质流量和压力, 影响整个汽机系统的调节精度。(2) 成因分析: 叶轮磨损, 介质中的固体杂质冲刷、气蚀作用或介质腐蚀, 导致叶轮表面磨损、叶片破损, 破坏流道结构, 降低泵体效率; 介质腐蚀, 酸碱等腐蚀性介质长期作用于设备部件, 导致部件腐蚀损坏; 控制元件失灵, 传感器测量偏差、执行器故障, 无法精准接收和执行控制指令, 引发设备性能下降^[3]。

2.5 其他典型故障

(1) 电气系统故障, 多由电机长期过载、绕组绝缘老化破损、短路或缺相运行导致, 表现为电机无法正常启动、运行中跳闸, 严重时电机绕组烧毁, 伴随异味、冒烟现象, 直接导致辅机停机, 影响机组正常发电。(2) 控制系统故障, 传感器长期在振动、高温、高湿度工况下运行, 出现测量精度下降、信号失真甚至完全失效, 无法准确反馈设备运行参数; 控制器故障导致控制指令无法正常执行, 造成辅机运行紊乱, 甚至引发连锁故障。

3 火电厂汽机辅机设备故障诊断与检测技术

3.1 传统检测方法

(1) 振动分析法, 通过安装振动传感器采集辅机轴系、轴承等关键部位的振动信号, 分析信号的幅值、频率等特征参数, 判断设备是否存在转子不平衡、对中不良等故障, 该方法操作简便、成本较低, 是辅机振动异常故障的核心检测手段。(2) 油液分析法, 通过检测辅机油系统中润滑油的理化指标、杂质含量及金属磨粒成分, 判断轴承磨损、齿轮损伤等潜在故障, 可提前发现

润滑不良引发的隐患, 避免设备严重损坏, 广泛应用于泵类、风机等转动设备的状态检测。(3) 红外测温法, 利用红外测温设备非接触检测辅机轴承、电机、冷却管路等部位的温度分布, 快速识别温度异常区域, 精准定位轴承过热、冷却系统结垢等故障, 检测效率高, 可实现设备无停机检测。

3.2 智能诊断技术应用

(1) 基于机器学习的故障预测模型, 通过采集辅机长期运行的振动、温度、压力等数据, 利用机器学习算法训练故障识别模型, 可实现故障的提前预测与精准分类, 减少人工检测误差, 提升故障诊断的智能化水平, 适用于高负荷连续运行的辅机设备。(2) 振动信号处理与特征提取技术, 通过小波分析、傅里叶变换等信号处理方法, 从复杂的振动信号中提取故障特征参数, 过滤干扰信号, 精准识别转子不平衡、动静摩擦等细微故障, 为故障诊断提供可靠的数据支撑, 提升诊断精度^[4]。

3.3 在线监测与离线检测结合策略

(1) 实时数据采集与预警系统设计, 搭建辅机在线监测平台, 在关键部位安装传感器, 实时采集运行参数并传输至监控中心, 系统预设参数阈值, 当数据超出阈值时自动发出预警信号, 提醒运维人员及时处理, 实现故障早发现、早处置。(2) 结合离线检测补充验证, 针对在线监测发现的疑点, 采用传统检测方法进行离线复核, 弥补在线监测的局限性, 同时定期开展离线全面检测, 对在线监测系统校准, 形成“实时监测预警+离线复核校准”的闭环检测模式, 保障辅机设备安全稳定运行。

4 火电厂汽机辅机设备检修故障排除对策与优化措施

4.1 针对性维修策略

(1) 振动故障排除, 针对转子不平衡引发的振动超标, 采用动平衡校正技术, 通过专业设备检测转子不平衡位置, 进行配重调整, 消除振动根源; 对于轴系对中不良导致的振动, 利用激光对中仪精准检测联轴器偏差, 调整设备安装位置, 确保轴系对中符合标准, 同时检查轴承磨损情况, 若存在滚珠磨损、保持架损坏等问题, 及时更换轴承, 补充合格润滑油, 避免振动故障反复出现。(2) 泄漏故障排除, 针对密封件老化引发的汽水、油系统泄漏, 及时更换符合工况要求的密封垫、密封圈, 确保密封面清洁无杂物、贴合紧密; 对于焊接缺陷导致的泄漏, 采用补焊工艺修复缺陷部位, 补焊后进行无损检测, 确认无焊接隐患, 同时优化系统压力调节机制, 稳定运行压力, 避免压力波动超出密封结构承受范围, 从源头减少泄漏风险。(3) 温度异常故障排除, 针对润滑

不良引发的轴承温度过高,优化润滑系统,定期检查润滑油油量、油质,及时补充、更换劣化润滑油,疏通堵塞油路,确保转动部件表面形成有效油膜,减少摩擦生热;对于冷却系统效率下降、温度偏高的问题,定期对冷却管路、冷却器进行清洗,清除内壁结垢、杂质,检查循环水泵出力,调整阀门开度,保证冷却介质流量充足,提升冷却效率,将设备温度控制在正常范围^[5]。

4.2 预防性维护体系构建

(1) 推行定期检修与状态检修相结合的模式,根据辅机设备运行手册和实际工况,制定科学的定期检修计划,对关键部位、易损部件进行定期检查、清洁、保养,及时发现潜在隐患;同时依托故障诊断与检测技术,实时监测设备运行状态,根据设备运行参数变化、故障预警信息,开展针对性的状态检修,避免过度检修造成的成本浪费,也防止检修不及时引发设备故障。(2) 开展关键部件寿命评估与更换周期制定工作,通过检测关键部件(如叶轮、轴承、密封件)的磨损程度、腐蚀情况,结合设备运行负荷、工况条件,利用专业工具评估部件剩余使用寿命,制定合理的更换周期,建立部件更换台账,提前储备易损部件,确保部件到期及时更换,避免因部件老化失效引发重大设备故障,保障辅机设备长期稳定运行。

4.3 检修工艺与质量控制

(1) 制定标准化作业流程(SOP),结合各类辅机设备的检修特点、技术要求,明确检修流程、操作步骤、安全注意事项和技术标准,规范检修人员的操作行为,确保每一项检修工作都有章可循、有据可依,避免因操作不规范、流程混乱导致检修质量隐患,提升检修工作的规范性和统一性。(2) 完善检修过程质量监督与验收标准,成立专业的质量监督小组,对检修全过程进行跟踪监督,重点检查检修工艺执行情况、部件更换质量、关键参数调整精度,及时纠正检修过程中的不规范行为;制定严格的检修验收标准,明确验收项目、验收指标和验收方法,检修完成后,对照标准进行全面验收,验收合格后方可投入运行,不合格的必须重新检修,确保检修质量达标。

4.4 人员培训与技术升级

(1) 建立健全检修人员技能培训与考核机制,定期组织检修人员开展专业技能培训,内容涵盖辅机设备结构原理、故障诊断方法、检修工艺、安全操作规范等,邀请行业专家、技术骨干进行授课指导,提升检修人员的专业技能和应急处置能力;同时建立考核机制,将培训效果、检修质量、故障排除效率纳入考核范围,考核不合格者暂停上岗,直至培训考核合格,激发检修人员的学习积极性和工作责任心。(2) 推动新技术应用与技术升级,积极引入AR辅助检修、数字化孪生等先进技术,利用AR技术实现检修流程可视化、远程指导,帮助检修人员快速定位故障、规范操作,提升检修效率;依托数字化孪生技术,构建辅机设备数字化模型,模拟设备运行状态、故障场景,开展检修模拟训练和故障预测,优化检修方案,同时升级故障诊断与检测设备,提升检测精度和智能化水平,推动检修工作向数字化、智能化转型。

结束语

火电厂汽机辅机设备检修是保障机组安全经济运行的关键环节。通过系统剖析振动、泄漏、温度异常等典型故障成因,结合智能诊断技术与预防性维护策略,可实现故障精准定位与高效处置。未来需持续深化状态监测与大数据分析应用,优化检修工艺标准,强化人员技能培训,推动辅机设备维护向智能化、精细化方向发展,为火电厂提质增效与绿色转型提供坚实技术支撑。

参考文献

- [1]梁炜.火电厂汽轮机辅机常见故障与检修方法研究[J].电力系统装备,2021(9):27-29.
- [2]张宇航.火电厂汽轮机辅机常见故障及检修维护对策[J].电力系统装备,2021(8):71-73.
- [3]姚富伟,于胜利,冯慢英.电厂汽轮机运行中的故障及其处理对策分析[J].水电水利,2022,6(1):82-83.
- [4]饶伟.电厂辅机管理优化的策略分析[J].集成电路应用,2020,37(9):72-73.
- [5]谢小华.火电厂锅炉辅机设备检修的常见故障与排除研究[J].通讯世界,2020,(10):145-146.