

电厂热工检修技术要点研究

朱万宇

国电投南阳热电有限责任公司 河南 南阳 473000

摘要：电厂热工检修技术是保障电厂安全、稳定、高效运行的关键环节，其核心在于对热工仪表、控制系统及保护系统的精准维护与故障排除。本文围绕电厂热工检修技术展开研究，系统阐述热工检修技术的定义、发展历程及当前面临的挑战。深入剖析热工仪表、控制系统、保护系统的检修技术要点，包括仪表的校准校验、系统功能测试、保护逻辑验证等关键环节。同时，针对现存问题提出优化措施，如引入红外热成像、智能巡检机器人等先进检测技术与设备，加强检修人员培训与技能提升。研究成果为保障电厂热工系统安全稳定运行，提高检修效率与质量提供了理论与实践指导。

关键词：电厂热工；检修技术；要点研究

引言：随着能源行业智能化转型加速，电厂热工系统作为机组运行的“神经中枢”，其检修技术的科学性与精准性直接影响发电效率与安全生产。热工检修技术作为保障热工系统正常运转的关键手段，历经从传统经验检修到智能化状态检修的演变。然而，当前电厂面临设备老化、技术迭代快、环保与能效标准严苛等挑战，对热工检修技术提出更高要求。深入研究热工检修技术要点并探索优化路径，对降低设备故障率、推动电厂智能化转型、实现可持续发展具有重要的现实意义。

1 电厂热工检修技术概述

1.1 热工检修技术的定义与重要性

热工检修技术是针对电厂热力设备及系统中温度、压力、流量等热工参数测量、控制与保护装置开展的检测、维护与故障处理技术。作为电厂安全生产的“安全卫士”，其重要性体现在保障热工仪表精度、维持控制系统稳定运行、确保保护系统可靠响应，从而避免因参数监测失准或控制失效引发的设备损坏与安全事故，对提升机组运行效率、降低能耗、延长设备寿命具有关键作用。

1.2 热工检修技术的发展历程

热工检修技术从早期以经验判断为主的事后检修，逐步发展为基于固定周期的预防性检修，显著降低设备故障率。随着传感器、计算机技术普及，引入振动监测、红外测温等状态监测手段，进入状态检修阶段。如今，在数字化转型浪潮下，大数据分析、人工智能诊断技术应用，推动热工检修向智能化、预测性维护方向迈进，实现从被动维修到主动管控的跨越。

1.3 当前电厂热工检修面临的挑战

当前电厂热工检修面临多重挑战。一方面，设备更

新迭代与老旧设备并存，新系统集成度高、技术复杂，而老设备故障率攀升，检修难度显著增加；另一方面，智能化运维需求与人员技能不匹配，部分检修人员对数字化诊断工具应用能力不足。此外，严格的环保与能效标准要求更高的检修效率与精准度，现有管理制度与流程难以满足精细化运维需求，制约检修质量提升^[1]。

2 电厂热工检修技术要点分析

2.1 热工仪表检修技术要点

2.1.1 定期校准与校验

定期校准与校验是保障热工仪表测量精度的核心环节。依据国家计量标准及电厂设备运行要求，需对温度、压力、流量等仪表进行周期性校准。通过标准信号源输入已知参数，对比仪表输出数据，修正误差并记录校准曲线。对于高精度仪表，校准周期通常缩短至季度或月度，采用全自动校准系统提升效率与准确性。

2.1.2 外观检查与清洁

外观检查与清洁是预防仪表故障的基础工作。检修时需仔细查看仪表外壳是否存在破损、变形，显示屏及指示灯是否正常显示，连接部件有无松动或锈蚀。对于长期处于高温、高粉尘环境的仪表，易因积灰、油污导致散热不良或接触不良，需使用专用清洁工具与无尘布，配合压缩空气吹扫，清除内部及表面杂质。此外，检查仪表防护等级是否达标，及时更换老化密封件，防止水汽、腐蚀性气体侵入，从源头降低仪表故障率。

2.1.3 线路检查与维护

线路检查与维护直接关系热工仪表信号传输的稳定性。需重点排查电源线、信号线的绝缘层是否破损、老化，接线端子是否紧固，屏蔽层是否接地良好。通过万用表检测线路通断与绝缘电阻，对接触不良或阻值异常

的线路进行修复或更换。针对易受电磁干扰的信号传输线,检查屏蔽层完整性及抗干扰措施有效性,必要时加装滤波器或更换屏蔽线缆。

2.1.4 故障诊断与排除

故障诊断与排除考验检修人员的技术能力与经验积累。当仪表出现异常时,需采用分段检测、对比分析等方法定位故障点。先检查供电电源是否稳定,再排查传感器、变送器及二次仪表的性能状态。利用故障诊断仪读取仪表内部错误代码,结合历史数据与运行参数,判断是硬件损坏(如传感器失效、电路板故障)还是软件问题(如参数设置错误、通信协议不匹配)。对于复杂故障,可借助仿真模拟系统复现工况,精准定位故障根源,并针对性地采取更换部件、重新配置参数等措施,快速恢复仪表正常运行。

2.2 热工控制系统检修技术要点

2.2.1 系统功能测试

系统功能测试是确保热工控制系统正常运行的关键。需对数据采集、逻辑控制、自动调节等核心功能进行全面验证。模拟实际运行工况,输入各类信号,检测系统对温度、压力、流量等参数的采集精度和响应速度;通过改变设定值,测试PID调节功能是否稳定,验证控制逻辑能否准确执行联锁保护动作。同时,对冗余切换功能进行测试,模拟主控制器故障,检查备用控制器能否快速、无缝接管控制任务,确保系统功能可靠,满足电厂安全生产需求。

2.2.2 硬件设备检查

硬件设备检查是维持控制系统稳定的基础。需对控制器、I/O模块、电源模块等关键硬件进行细致排查。检查设备外壳是否完整,有无物理损坏、变形;查看内部电路板、元器件是否存在老化、焊点松动、电容鼓包等问题;检测电源模块输出电压是否稳定,散热风扇运转是否正常。对接触不良的连接器、松动的接线端子进行紧固处理,及时更换性能下降或故障的模块,确保硬件设备运行状态良好,减少因硬件故障导致的系统异常。

2.2.3 软件系统更新与维护

软件系统更新与维护是保障控制系统先进性和安全性的重要手段。定期检查操作系统、控制软件是否存在漏洞,及时安装官方发布的补丁程序,修复已知安全隐患;根据电厂运行需求和设备升级情况,对控制逻辑、算法进行优化升级,确保软件功能与硬件设备匹配。同时,做好软件版本管理,备份重要配置文件和程序代码,防止因软件更新失败或误操作导致系统崩溃,保证软件系统稳定、高效运行。

2.2.4 网络通信检查

网络通信检查是保障热工控制系统数据传输稳定的必要环节。需检查工业以太网、现场总线等通信网络的连接状态,确保网线、光纤无破损、松动,接口接触良好。使用网络测试仪检测网络带宽、传输速率、丢包率等指标,排查网络延迟、中断等问题。对网络交换机、路由器等设备进行配置检查,确保IP地址分配正确,通信协议设置合理;针对网络安全,检查防火墙规则是否完善,防止非法入侵和数据泄露,保障控制系统网络通信的可靠性和安全性。

2.3 热工保护系统检修技术要点

2.3.1 保护逻辑验证

保护逻辑验证是热工保护系统的核心环节,直接关系到机组运行安全。需依据设计图纸与运行规程,对超速、超温、低油压等关键保护逻辑进行逐一验证。通过模拟触发条件,如设定机组转速超速阈值,观察保护系统是否按预定逻辑触发停机、报警等动作;同时,检查逻辑闭锁、延时等功能的准确性,避免因逻辑错误导致保护误动或拒动。

2.3.2 传感器与执行器检查

传感器与执行器是热工保护系统的“感知”与“执行”部件,其性能直接影响保护动作的及时性与准确性。对温度、压力、液位等传感器,需检测信号输出稳定性与测量精度,校准零点与量程,更换性能衰减的敏感元件;针对电磁阀、继电器等执行器,检查触点接触是否良好、动作是否灵敏,测试线圈绝缘电阻与驱动电压,确保执行器在保护指令下达时能迅速响应。

2.3.3 电源与接地检查

检查UPS不间断电源、冗余电源模块的供电稳定性,测试切换时间与电池续航能力,确保断电时保护系统仍能正常工作;对电源线路进行绝缘检测,排查短路、漏电隐患。同时,测量接地电阻是否符合标准(一般不高于 1Ω),检查接地线连接是否牢固,防止因接地不良引发电磁干扰,导致保护信号误触发。定期维护防雷装置,保障电源与接地系统在恶劣环境下的可靠性。

2.3.4 定期演练与培训

通过模拟机组跳闸、重要参数越限等紧急场景,组织检修与运行人员开展保护系统应急演练,检验人员对保护动作流程的熟悉程度,发现操作漏洞并及时优化。同时,结合新技术、新设备开展针对性培训,提升人员对保护系统原理、故障排查方法的掌握能力;建立案例分享机制,分析行业内保护误动、拒动事故,强化安全意识与风险防范能力,确保人员在实际运行中能高效应

对突发状况^[2]。

3 电厂热工检修技术优化措施

3.1 引入先进检测技术与设备

3.1.1 红外热成像技术

红外热成像技术通过捕捉设备表面热辐射差异，将温度场转化为可视化图像，精准定位热工设备的异常发热点。在热工检修中，可用于检测仪表接线端子松动、控制模块散热不良、管道保温层破损等故障。通过非接触式检测，能快速扫描大面积设备，提前发现潜在隐患，避免因局部过热引发的设备损坏。定期采集热成像数据，建立设备温度变化趋势档案，为状态检修提供科学依据，提升检修的精准性与预见性。

3.1.2 超声波检测技术

超声波检测技术利用高频声波信号，检测设备内部泄漏、磨损及电气局部放电等问题。在热工系统中，可用于监测阀门密封失效导致的气体泄漏、管道裂纹引发的微小渗漏，以及控制柜内的电弧放电现象。通过超声波检测仪捕捉异常声波信号并转化为可听声音或可视化数据，检修人员能快速定位故障源，尤其适用于难以直接观察的部位。该技术灵敏度高、响应速度快，可有效降低隐性故障引发的安全风险。

3.1.3 振动分析与监测系统

振动分析与监测系统通过传感器采集设备振动信号，结合频谱分析技术，判断设备运行状态及故障类型。在热工设备检修中，可实时监测风机、泵类设备的轴承磨损、转子不平衡、齿轮啮合异常等问题。系统持续记录振动参数变化，利用智能算法预测设备故障发展趋势，提前发出预警。相比传统人工点检，该系统可实现24小时不间断监测，减少人为判断误差，保障设备安全稳定运行。

3.1.4 智能巡检机器人

智能巡检机器人搭载红外热像仪、高清摄像头、气体检测仪等多种传感器，可自主规划路径，对电厂热工设备进行全方位巡检。通过AI图像识别技术，自动读取仪表数据、检测设备外观缺陷；利用内置算法分析传感器数据，及时发现异常并上报。机器人可替代人工在高温、高辐射等危险环境作业，提升巡检效率与安全性，同时生成标准化巡检报告，为检修决策提供详实数据支撑，推动检修模式向智能化升级。

3.2 加强检修人员培训与技能提升

3.2.1 定期组织专业培训

定期组织专业培训是提升检修人员技术水平的基础。依据电厂热工设备更新与技术发展需求，每季度制

定系统培训计划，内容涵盖热工仪表校准新规范、控制系统软件升级操作、保护系统逻辑优化等前沿知识。邀请行业专家、设备厂家技术人员开展理论授课与实操演示，结合典型故障案例分析，帮助检修人员快速掌握新技术、新方法。

3.2.2 实施师徒制培养

师徒制培养通过“以老带新”模式，加速新员工成长。选拔经验丰富、技术过硬的资深检修人员担任导师，与新人职员签订师徒协议，明确教学目标与考核标准。导师在日常工作中手把手传授仪表拆装技巧、故障排查思路等实操经验，帮助徒弟熟悉设备特性与检修流程；新员工通过跟岗学习、独立实践，快速积累工作经验。

3.2.3 鼓励技术创新与交流

鼓励技术创新与交流能激发检修人员创造力。电厂可设立技术创新奖励基金，支持员工针对热工检修难题开展技术攻关，如研发新型故障诊断工具、优化检修流程等。定期组织技术研讨会、经验分享会，搭建员工交流平台，促进红外热成像技术应用经验、智能巡检机器人操作技巧等成果共享。此外，积极参与行业技术论坛，对标先进电厂，引入外部创新理念，推动检修技术与行业前沿接轨，提升整体技术实力。

3.2.4 建立技能考核机制

建立科学的技能考核机制是保障培训效果的关键。制定涵盖理论知识、实操技能、安全规范等维度的考核标准，每半年对检修人员进行综合评估。理论考核聚焦热工原理、设备参数等核心知识；实操考核模拟仪表校准、系统故障排除等真实场景，检验动手能力。考核结果与绩效奖金、岗位晋升挂钩，对未达标人员安排针对性补考与强化培训^[3]。

结束语

电厂热工检修技术的精进，是保障电力安全生产的核心支撑。本文系统梳理检修要点与优化策略，为行业实践提供参考。但随着电厂智能化、数字化进程加速，热工检修仍需不断创新。未来，需进一步深化先进技术与人工智能在检修中的融合应用，持续完善人员培养体系与管理制度。

参考文献

- [1]李树坤,王毛.电厂热控保护装置的检修及维护[J].中国新技术新产品,2022(14):118-119
- [2]张阔杰.火力发电厂热控保护装置检修及维护管理[J].科技与企业,2021(16):317-318
- [3]李伟.火力发电厂热控保护装置的检修和维护措施[J].科技创新与应用,2021(35):134-135