

火电厂热控调试技术要点与应用

苏 益

中国能源建设集团浙江火电建设有限公司 浙江 杭州 310000

摘要：热控系统是火电厂机组安全稳定高效运行的核心支撑，热控调试质量直接决定系统运行效能。本文概述了热控系统构成、工作原理及调试目标，重点分析热控调试关键环节技术要点，阐述调试技术在机组启动、稳定运行全周期的应用实践，探讨调试技术优化路径与发展趋势，通过规范调试流程、强化实操应用，解决调试中的常见问题，为火电厂热控调试工作提供实践参考，助力机组安全经济运行。

关键词：火电厂；热控调试；关键环节；技术要点；全周期；应用

引言：随着火电厂机组容量扩大与智能化转型推进，热控系统的复杂性不断提升，对热控调试技术的精准度、可靠性提出更高要求。热控调试作为保障热控系统正常运行的关键手段，直接关系到机组启动成功率、运行稳定性及能耗控制效果。当前部分火电厂热控调试存在流程不规范、精度不足等问题，影响机组运行效能。基于此，本文系统梳理热控调试技术要点与应用场景，探讨优化方向，为火电厂热控调试工作提供理论与实践支撑。

1 火电厂热控系统概述

1.1 热控系统的核心构成

火电厂热控系统是保障机组安全、稳定、高效运行的核心中枢，主要由测量元件、控制装置、执行机构及通信网络四大模块构成。测量元件作为系统“感知器官”，包括热电偶、热电阻、压力变送器、流量传感器等，负责采集锅炉、汽轮机等核心设备的温度、压力、流量等关键参数；控制装置以DCS系统为核心，承担参数分析、逻辑判断及指令下达功能，是系统的“大脑”；执行机构如调节阀、挡板等，负责接收控制指令，调节设备运行状态；通信网络则实现各模块间的数据传输，确保系统协同运作。

1.2 热控系统的工作原理

热控系统遵循“采集-分析-控制-反馈”的闭环工作原理，核心是通过实时监测与精准调控，维持机组运行参数在设定范围内。首先，测量元件将现场设备的运行参数转化为电信号，传输至DCS控制中心；其次，控制装置对接收的信号进行分析处理，与预设参数对比，判断是否存在偏差；若出现偏差，控制装置立即下达调节指令，通过执行机构调整设备运行状态；最后，测量元件实时采集调整后的参数，反馈至控制中心，形成闭环控制，确保机组稳定运行。

1.3 热控调试的核心目标与要求

热控调试的核心目标是验证热控系统的可靠性、准确性和稳定性，确保系统能精准响应机组运行需求，保障机组安全经济运行。调试需满足三大要求：（1）参数测量精准，误差控制在行业规范允许范围内，避免因测量偏差导致控制失误；（2）逻辑控制可靠，确保控制逻辑符合机组运行工艺，联锁保护功能正常触发；（3）系统响应及时，执行机构动作灵敏，能快速响应控制指令，实现参数的精准调控，为后续机组整套启动及稳定运行奠定基础^[1]。

2 火电厂热控调试关键环节技术要点

2.1 火电厂热控调试前期准备工作要点

前期准备需聚焦实操性，重点做好以下工作：（1）调试方案编制与审核，结合机组容量、热控系统配置，明确调试范围、步骤及验收标准，明确各岗位分工，方案需经技术部门、运维单位、调试团队多方审核确认，细化每一个调试环节的操作规范和时间节点，避免与现场实际脱节，同时预留应急调整空间，应对调试过程中的突发情况。（2）调试设备校验，对热电偶、压力变送器等测量元件进行精度校准，采用标准校验仪进行多点测试，确保误差控制在行业规范允许范围内，对信号发生器、万用表等调试仪器进行性能测试，检查仪器显示精度、信号输出稳定性，及时维修或更换不合格仪器。（3）现场条件确认，检查热控设备安装接线是否规范，重点核查接线端子紧固情况、线路走向是否符合设计要求，测试接地、供电系统是否稳定，确保接地电阻达标、供电电压无波动，清理调试区域杂物，划定安全作业区，设置警示标识，配备消防器材和急救用品。（4）技术交底，组织全体调试人员开展专项交底，详细说明调试流程、安全注意事项及关键技术节点，结合现场实际案例讲解操作要点和常见问题应对方法，确保所有人

员操作统一规范,明确责任分工,避免操作失误。

2.2 火电厂热控系统硬件调试技术要点

硬件调试聚焦设备性能与连接可靠性,要点如下:

(1) 测量元件调试,逐一检查热电偶、热电阻接线极性,杜绝接反、错接问题,核对量程与设计要求一致,进行多点校准,在不同温度、压力工况下测试元件响应速度和测量精度,排查接线松动、元件损坏、老化等问题,确保参数采集精准,为后续调试提供可靠数据支撑。(2) 执行机构调试,手动、自动操作调节阀、挡板等设备,多次测试动作灵活性、到位精度,用标尺测量执行机构行程,验证与设计要求一致,排查卡涩、泄漏、动作滞后等故障,对卡涩部位进行拆解清理、润滑处理,更换损坏的密封件、电机等部件。(3) 线路与接口调试,用万用表检查设备接线牢固性,排查短路、断路、虚接等隐患,测试硬件与DCS系统接口连接稳定性,通过信号传输测试,确保数据传输无丢包、误传,对接口松动部位进行紧固处理,做好接口防尘、防潮防护。(4) 硬件联动测试,模拟机组正常启动、负荷调整等运行场景,测试测量元件、执行机构与控制装置的协同效果,检查信号传递及时性、动作协调性,确保联动顺畅,无卡顿、误动作现象^[2]。

2.3 火电厂热控系统软件调试技术要点

软件调试核心是保障控制逻辑可靠,要点如下:

(1) 软件参数设置,逐一核对DCS系统内温度、压力、流量等参数的设定值、报警值,确保与设计图纸完全一致,根据机组运行特性,合理调整控制回路比例、积分、微分参数,反复测试参数适配性,避免参数设置不合理导致系统波动。(2) 控制逻辑校验,逐一核查控制逻辑、联锁保护逻辑,对照设计逻辑图,模拟正常、异常等各类工况,验证逻辑触发的准确性和及时性,杜绝逻辑漏洞,对不合理的逻辑进行优化调整,确保联锁保护功能可靠有效。(3) 软件联动测试,测试软件与硬件的协同性,发送各类控制指令,检查执行机构动作是否与指令一致,验证反馈参数能实时、准确上传至控制系统,排查软件与硬件衔接不畅的问题。(4) 软件稳定性测试,长时间连续运行软件,模拟机组满负荷、变负荷等运行状态,排查软件卡顿、死机、数据丢失等问题,及时修复软件漏洞,确保软件持续稳定运行,满足机组长期运行需求。

2.4 火电厂热控调试中的故障诊断与处理技术要点

故障诊断与处理需快速精准,要点如下:(1) 故障排查方法,严格遵循“先硬件后软件、先局部后整体”的原则,通过仪器检测、信号排查、分段测试等方式,

精准定位故障位置,避免盲目操作造成设备损坏或故障扩大,优先排查易出现问题的测量元件、接线部位等关键环节。(2) 常见故障处理,针对测量偏差故障,需重新校准测量元件、检查接线极性和松动情况,清理测量元件探头积灰、结垢;执行机构故障需拆解检查卡涩部位、更换损坏部件,重新调试动作精度;软件故障需核查逻辑设置、重启软件或恢复备份,确保故障快速解决。(3) 故障记录与复盘,详细记录故障现象、发生时间、排查过程及处理方法,明确故障原因,组织调试人员开展复盘分析,总结经验教训,优化调试流程,避免同类问题重复出现。(4) 应急处置,针对突发故障,提前制定完善的应急方案,明确应急处置流程和责任人员,快速切断故障回路,采取临时替代措施,防止故障扩大,保障机组设备安全和人员安全,待故障排除后,逐步恢复系统正常运行^[3]。

3 火电厂热控调试技术在机组运行全周期的应用

3.1 火电厂热控调试技术在机组启动阶段的应用

机组启动阶段是热控调试的关键环节,核心是确保各热控系统联动正常、参数监测准确,为机组顺利启动提供保障,具体应用如下:(1) 热控仪表及传感器调试。启动前对炉膛温度、汽包压力、主蒸汽温度、给水流量等关键参数的测量仪表进行逐一校验,核对热电偶、压力变送器、流量传感器的安装位置是否符合规范,重点检查热电偶插入深度是否达到炉膛有效测温区域、压力变送器取压点是否避开管道弯头和死区,消除安装偏差导致的测量误差;对仪表接线进行导通测试,采用万用表检测线路通断情况,排查虚接、错接问题,确保信号传输畅通,同时借助标准校验仪校准仪表零点和量程,反复多次测试确认误差在允许范围内,保证启动过程中参数显示真实可靠,为操作人员精准操作提供有力依据。(2) 控制系统联动调试。重点调试DCS系统的逻辑控制功能,模拟机组启动流程,测试锅炉给水、引送风、燃烧系统的联动逻辑,检查各执行器(如给水调节阀、引风机挡板、燃油喷枪)的动作响应是否及时准确;调试联锁保护功能,如汽包水位高低保护、炉膛压力高低保护,模拟异常工况,确认保护装置能及时触发报警并执行相应联锁动作,避免启动过程中出现设备损坏或安全事故。(3) 启动过程实时调试。机组启动过程中,全程跟踪热控系统运行状态,实时监测各参数变化趋势,及时调整控制参数;针对启动阶段的不稳定工况,如升温升压过程,调试温度、压力调节回路的PID参数,确保主蒸汽温度、压力平稳上升,避免出现超温、超压现象,保障机组启动过程平稳有序。

3.2 火电厂热控调试技术在机组稳定运行阶段的应用

机组稳定运行阶段，热控调试的核心是维持系统稳定性、优化控制效果，减少参数波动，具体应用贴合现场实际操作，如下：（1）参数闭环调节调试。针对机组稳定运行时的关键参数，如主蒸汽温度、汽包水位、炉膛负压等，定期调试闭环调节回路，结合机组负荷变化情况优化PID调节参数，合理调整比例系数、积分时间和微分时间，消除参数波动偏差；例如，当主蒸汽温度出现小幅波动时，通过调试温度调节回路，精准调整减温水调节阀的开度响应速度和调节幅度，同步监测过热器出口温度变化，实时微调参数，确保温度稳定在设定范围 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 内，避免因参数波动影响机组运行效率，同时减少设备损耗。（2）热控设备定期校验与维护调试。定期对运行中的热控仪表、执行器进行校验，检查传感器的稳定性，对漂移超标的仪表进行重新校准；调试执行器的动作灵活性，清理执行机构内部积灰、卡涩，确保阀门开度与控制信号一致，避免因执行器故障导致控制失效，保障热控系统长期稳定运行。（3）异常工况调试处理。当机组运行出现异常，如参数突变、系统报警时，立即通过热控调试排查故障原因，重点检查信号传输线路是否破损、逻辑控制回路是否存在误触发、执行器动作是否卡涩等环节；例如，若汽包水位异常波动，先调试水位测量仪表的准确性，用标准液位计对比校准，排查差压变送器是否堵塞，再检查给水调节逻辑是否存在异常，调整调节回路的响应阈值，及时优化调试参数，快速恢复系统正常运行，避免异常工况扩大，保障机组稳定出力^[4]。

4 火电厂热控调试技术的优化与发展趋势

结合火电厂节能降耗、智能化发展需求，热控调试技术需针对性优化，并紧跟行业发展方向，具体如下：

（1）现有调试技术优化，针对传统调试效率低、人工干预多的问题，优化调试流程，整合前期准备、硬件调试、软件调试各环节，减少重复操作；引入高精度校准

仪器，提升测量元件、控制回路的调试精度，降低人为误差；建立调试标准化流程，规范各环节操作，确保调试质量统一。（2）智能化技术融合应用，将人工智能、大数据技术融入热控调试，开发智能调试系统，实现参数校准、故障排查的自动化，减少人工工作量；利用大数据分析调试数据，预判调试过程中可能出现的问题，提前做好防控。（3）数字化调试模式推广，搭建数字化调试平台，实现调试过程、数据的实时可视化，便于调试人员实时监控、远程协同；依托数字孪生技术，模拟机组运行及调试场景，提前开展调试模拟，提升调试效率。（4）绿色低碳导向优化，结合火电厂低碳转型需求，优化热控调试中能耗相关参数的调试标准，助力机组降低能耗、减少排放；研发适配新能源耦合机组的热控调试技术，满足多能源协同运行的调试需求^[5]。

结束语：火电厂热控调试是一项系统性、实操性极强的工作，贯穿机组运行全周期，涵盖前期准备、软硬件调试、故障处置等多个关键环节。本文明确了热控调试各环节技术要点与应用方法，提出了针对性优化策略与发展趋势。未来需持续推动调试技术智能化、数字化升级，完善标准化流程，提升调试质量与效率，助力火电厂实现节能低碳、安全稳定运行，为电力行业高质量发展提供有力保障。

参考文献

- [1]魏志德,杨文菲.火电厂热控自动化控制设备的调试与安装措施[J].设备监理,2024(2):62-65.
- [2]杨栋.火电厂DCS热控自动化控制设备的安装与调试研究[J].光源与照明,2021(3):86-87.
- [3]申朋.火电厂DCS热控自动化的安装调试技术[J].自动化应用,2025,66(3):255-257+264.
- [4]刘子煜.火电厂热控调试技术要点与应用[J].电力设备管理,2025(22):83-85.
- [5]竺佳莹.火电厂热控调试技术与创新研究[J].电力设备管理,2025(8):80-82.