

火力发电厂热控系统调试过程中的关键节点把控与质量验收要点

侯国庆

中国能源建设集团江苏省电力建设第三工程有限公司 江苏 镇江 212000

摘要：热控系统是火力发电厂核心组成部分，直接调控机组运行参数、保障设备安全稳定，其调试质量与验收效果决定发电厂生产效率与运行可靠性。本文结合火力发电厂热控系统运行特性，概述热控系统组成、功能及调试重要性，重点分析调试全流程各阶段关键节点的把控要点，明确质量验收的依据、内容与方法，探讨热控系统调试未来发展方向，提出智能化、数字化优化路径。本文研究成果为火力发电厂热控系统调试与质量验收提供实践参考，助力推动热控系统调试技术升级，保障机组安全高效运行。

关键词：火力发电厂；热控系统；调试过程；关键节点；质量验收

引言：火力发电厂作为我国能源供给的核心支柱，其机组安全稳定运行直接关系到能源安全与社会经济发展。热控系统贯穿火力发电全流程，承担着参数检测、流程调控、设备保护等重要职能，是保障锅炉、汽轮机等主设备高效运转的“神经中枢”。当前，随着火力发电厂机组容量扩大、智能化水平提升，热控系统结构愈发复杂，对调试精度与质量验收标准提出更高要求。因此，本文聚焦热控系统调试关键节点与质量验收要点，结合工程实践完善相关技术要点，为同类电厂热控系统调试工作提供支撑，推动火力发电行业高质量发展。

1 火力发电厂热控系统概述

1.1 热控系统的组成与功能

火力发电厂热控系统是一个综合性控制系统，由检测元件、控制装置、执行机构、联锁保护系统及通信网络五大核心部分组成，各组件协同工作实现对发电流程的全方位调控。检测元件作为系统的“感知器官”，主要包括温度变送器、压力变送器、流量传感器、液位计等，负责实时采集发电过程中各类关键参数，如锅炉汽包压力、汽轮机排汽温度、给水流量等，将物理量转化为电信号传输至控制装置。控制装置是系统的“核心大脑”，以分散控制系统（DCS）、可编程逻辑控制器（PLC）为主，接收检测元件传输的信号，结合预设逻辑与控制策略，输出调控指令。执行机构包括调节阀、挡板、电磁阀等，负责执行控制装置的指令，调整相关设备运行状态。联锁保护系统用于应对异常工况，当检测参数超出安全阈值时，自动触发停机、跳闸等保护动作，避免设备损坏与安全事故。通信网络则实现各组件间的信号传输与数据共享，保障系统协同运行，其核心功能涵盖参数检测、过程控制、联锁

保护、数据监控与分析，为机组运行提供全方位支撑^[1]。

1.2 热控系统调试的重要性

热控系统调试是火力发电厂机组安装完成后、正式投运前的关键环节，直接决定热控系统运行精度、稳定性与可靠性，对火力发电厂整体运行具有不可替代的重要意义。一方面，调试工作能全面检验热控系统各组件的安装质量与性能参数，及时发现并整改设备安装偏差、接线错误、参数失准等问题，避免系统投运后出现故障，保障机组顺利启停。另一方面，通过调试可优化热控系统控制逻辑与参数设置，使系统运行状态与机组负荷需求、设备运行特性精准匹配，提升机组调控精度，降低能耗与污染物排放，实现节能增效目标。此外，调试过程能验证联锁保护系统的可靠性，确保异常工况下保护动作及时、准确，防范重大安全事故发生，同时为后期系统运维提供完整的调试数据与技术依据，降低运维成本，延长设备使用寿命，保障机组长期安全稳定高效运行。

2 火力发电厂热控系统调试关键节点的把控要点

2.1 系统安装检查阶段的把控要点

系统安装检查是热控系统调试的前期基础节点，把控质量直接影响后续调试工作的顺利开展，核心要点聚焦设备安装、接线与环境检查三大方面。设备安装检查需核对检测元件、执行机构、控制装置的安装位置是否符合设计要求，确保检测元件安装在代表性位置，避免受干扰影响测量精度，执行机构安装牢固、动作灵活，控制装置安装环境符合防尘、防潮、防振动要求。接线检查需逐一核查各组件接线的正确性、规范性，确认接线端子紧固、线缆走向合理，屏蔽层接地规范，避免出现接线松动、错接、漏接等问题，防止信号干扰与设备

故障。同时,需检查系统通信网络连接情况,确保网络通畅、数据传输稳定,核查设备铭牌、型号与设计文件一致,清理设备表面灰尘与杂物,为后续单体调试、分系统调试奠定坚实基础,所有检查项目需做好详细记录,确保可追溯。

2.2 单体设备调试阶段的把控要点

单体设备调试是热控系统调试的核心节点之一,核心是对热控系统各独立设备进行逐一调试,确保单台设备性能达标、运行可靠。检测元件调试需对温度、压力、流量等各类传感器进行校准,采用标准校准设备验证测量精度,调整零点与量程,确保测量误差控制在设计允许范围内,同时检查元件信号传输稳定性,避免出现信号漂移、失真等问题。执行机构调试需测试调节阀、挡板等设备的动作灵活性、行程准确性,核查执行机构的反馈信号与实际动作是否一致,调整动作速度与力矩,确保能精准响应控制指令。控制装置调试需检查DCS、PLC等设备的硬件完好性,调试电源、通信接口等关键部件,验证控制逻辑的正确性,模拟输入信号测试输出指令的准确性,确保控制装置运行稳定,所有单体设备调试合格后,方可进入分系统调试阶段,调试记录需完整、准确,明确调试结果与整改情况。

2.3 分系统调试阶段的把控要点

分系统调试是在单体设备调试合格后,按照热控系统功能划分,对各子系统进行联动调试,核心把控子系统的协同运行能力与控制性能。主要分为检测系统、控制系统、联锁保护系统三大子系统调试。检测系统调试需测试各检测元件与控制装置的联动性能,核查检测数据的采集、传输与处理准确性,确保系统能实时、可靠采集各类运行参数^[2]。控制系统调试针对锅炉控制系统、汽轮机控制系统、给水控制系统等子系统,模拟实际运行工况,调试控制逻辑与调节参数,优化控制策略,确保子系统能根据运行参数变化自动调整,维持设备运行在最佳状态。联锁保护系统调试需模拟各类异常工况,如参数超标、设备故障等,测试联锁保护逻辑的正确性与保护动作的及时性、可靠性,核查跳闸、停机等保护动作是否准确执行,避免出现保护拒动、误动等问题,确保各子系统协同运行、性能达标。

2.4 整套启动调试阶段的把控要点

整套启动调试是热控系统调试的最终关键节点,核心是将热控系统与火力发电机组主设备联动,模拟机组实际启动与运行工况,全面检验系统整体性能。调试前期需对热控系统各环节进行全面复查,确认单体设备、分系统调试合格,所有隐患全部整改到位,设备与主设备

联动接口连接正确。冷态整套启动调试需在机组无负荷、低温状态下,测试热控系统与主设备的联动协调性,核查控制指令执行情况、参数检测准确性,优化控制参数,确保系统运行稳定。热态整套启动调试需逐步提升机组负荷,模拟正常运行、负荷调整、异常工况等各类场景,全面测试热控系统的控制精度、联动性能与联锁保护可靠性,重点核查关键参数调控效果、保护动作响应速度,及时发现并整改系统运行中的隐患。调试合格后,需进行连续试运行,验证系统长期运行稳定性,确保热控系统满足机组正式投运要求。

3 火力发电厂热控系统调试质量验收要点

3.1 验收依据

火力发电厂热控系统调试质量验收需遵循明确、规范的依据,确保验收工作科学、公正、合理,核心依据主要包括四大类。一是国家与行业相关标准规范,如《火力发电厂热工自动化系统调试技术规程》《火力发电厂分散控制系统验收测试规程》等,明确验收的基本要求、技术指标与流程规范,是验收工作的核心准则。二是工程设计文件,包括热控系统设计图纸、说明书、技术协议等,明确热控系统的组成、功能、性能参数与调试要求,验收过程中需核查调试结果是否符合设计标准。三是设备出厂文件,包括设备说明书、出厂合格证、性能检测报告等,用于核查设备质量与单体调试是否符合设备自身技术要求。四是调试记录资料,包括单体调试记录、分系统调试记录、整套启动调试记录、隐患整改记录等,确保调试过程可追溯,验收工作需结合上述依据,全面核查调试质量,确保热控系统达标^[3]。

3.2 验收内容

热控系统调试质量验收内容全面覆盖调试全流程,核心围绕设备质量、调试过程与系统性能三大方面展开。设备质量验收需核查检测元件、执行机构、控制装置等各类设备的安装质量、性能参数,确认设备型号、规格与设计一致,设备运行可靠、无故障。调试过程验收需核查调试方案的执行情况,检查单体调试、分系统调试、整套启动调试各阶段的调试流程是否规范,调试记录是否完整、准确,隐患整改是否及时、到位,确保调试过程符合技术要求。系统性能验收是验收核心内容,需测试热控系统的参数检测精度、控制精度、联动性能与联锁保护可靠性,核查系统在不同工况下的运行稳定性,确认控制逻辑与调节参数优化到位,系统能精准响应机组运行需求,同时核查通信网络的通畅性、数据传输的可靠性,确保热控系统整体性能符合设计要求与运行标准。

3.3 验收方法

热控系统调试质量验收需采用科学、合理的方法,结合现场检测与资料审核,确保验收结果真实、可靠,核心采用资料审核法、现场实测法、模拟测试法三种方法。资料审核法主要针对调试相关资料,包括调试方案、设备出厂文件、调试记录、隐患整改记录等,逐一核查资料的完整性、准确性、规范性,确认资料符合验收依据,调试过程可追溯。现场实测法针对设备质量与系统性能,采用标准检测设备,现场测试检测元件的测量精度、执行机构的动作性能、控制装置的运行状态,核查系统参数检测、控制与保护的实际控制效果,确保各项技术指标达标。模拟测试法主要针对联锁保护系统与控制系统,模拟各类正常工况与异常工况,测试系统的联动性能与保护动作的准确性、及时性,验证控制逻辑的正确性,排查系统潜在隐患。三种方法协同使用,全面完成验收工作,验收合格后出具验收报告,不合格项需责令限期整改,复查合格后方可通过验收^[4]。

4 未来发展方向

4.1 智能化调试工具开发(如AI辅助逻辑验证)

随着人工智能技术的快速发展,智能化调试工具开发将成为火力发电厂热控系统调试的重要发展方向,其中AI辅助逻辑验证技术的应用将大幅提升调试效率与精度。传统热控系统控制逻辑验证依赖人工完成,耗时费力且易出现疏漏,AI辅助逻辑验证工具可通过深度学习算法,自动识别热控系统控制逻辑,模拟各类运行工况,快速验证逻辑的正确性与合理性,自动排查逻辑漏洞、联锁冲突等问题,大幅缩短逻辑验证时间,降低人工失误概率。同时,智能化调试工具可整合调试数据,通过AI算法分析调试过程中的异常数据,精准定位故障隐患,提出针对性整改建议,辅助调试人员优化控制参数。另外,智能化调试工具可实现调试过程的自动化记录与数据分析,形成完整的调试报告,提升调试工作的规范化水平,推动热控系统调试向智能化、高效化转型。

4.2 基于数字孪生的热控系统虚拟调试技术应用

基于数字孪生的热控系统虚拟调试技术,将成为未来热控系统调试的核心发展方向之一,可有效解决传统

调试模式的局限性。数字孪生技术通过构建热系统与火力发电机组的虚拟模型,精准映射物理系统的结构、参数与运行状态,实现虚拟系统与物理系统的实时联动。虚拟调试可在物理设备安装完成前,提前在虚拟模型中开展调试工作,模拟单体设备调试、分系统调试、整套启动调试全流程,优化调试方案与控制参数,排查潜在隐患,减少现场调试工作量,缩短调试周期,降低调试成本。同时,虚拟调试可模拟各类极端工况与异常场景,测试热控制系统的应急响应能力与保护性能,避免极端工况对物理设备造成损坏,提升调试安全性^[5]。此外,虚拟模型可实时同步物理系统运行数据,实现调试过程的动态监测与优化,为后期系统运维提供数据支撑,推动热控系统调试向数字化、精细化转型。

结束语

热控系统调试关键节点把控与质量验收,是保障火力发电厂机组安全稳定运行的核心环节,直接关系到发电效率、设备寿命与生产安全。实践表明,精准把控各调试节点、规范落实质量验收要求,能有效提升热控系统调试质量,防范运行隐患。未来,需加快智能化、数字化技术在调试工作中的应用,不断优化调试技术与验收标准,完善相关技术体系,为火力发电厂热控系统调试工作提供更有力的支撑,助力火力发电行业实现安全、高效、绿色发展。

参考文献

- [1]马立辉,郑少恒.火力发电厂调试过程中热控常见问题研究[J].中国高新科技,2022(16):36-38.
- [2]张来青.火力发电厂热控系统的优化设计与实现[J].电力系统装备,2025(2):152-154.
- [3]邹毅,罗会文,雷鸣,等.火力发电厂热控系统的优化设计与实现[J].皮革制作与环保科技,2024,5(18):190-191,194.
- [4]韩谊.融合5G的火力发电厂热控系统设计与实现[J].通信电源技术,2025,42(12):13-15.
- [5]杨文凯.火电厂热控自动化控制设备的调试和安装[J].造纸装备及材料,2023,52(6):42-44.