

火力发电厂机务热控调试安装问题探讨

闫国荣

汕头华电发电有限公司 广东汕头 515000

DOI: 10.12238/ems.v7i10.15694

[摘要] 火力发电厂机务热控调试安装是保障机组安全、稳定、经济运行的关键环节，系统安全性与稳定性风险：锅炉等压力容器热量释放不及时易导致压力剧增，存在安全隐患；燃烧不彻底、能量转换效率低造成能源浪费及污染物排放超标。锅炉自动控制设备缺乏定期维护，安全性能难以保障。热控设备型号繁多，若选型未充分考虑电厂实际系统需求或与现有系统不匹配，会直接影响调试效果和运行可靠性。

[关键词] 火力发电厂；机务热控；调试；安装

加大专业技术人员培训力度，重点提升其操作技能、新设备应用能力及安全意识，为调试提供高素质人才支撑。建立热控与机务、电气等专业的紧密协作机制，确保调试过程信息互通、配合顺畅，共同排除故障隐患。

一、火力发电厂机务热控调试的重要性

1. 火力发电厂机务热控调试如何确保系统安全可靠运行。强化调试前期准备与设备管理，严格设备入厂校验与选型，热控设备和核心仪表（如压力传感器、温度变送器）入厂前需全面检测电缆连接、冗余措施及抗干扰性能，确保与电厂实际系统兼容，杜绝不合格设备安装上线。优化热控逻辑设计，采用“三取二”等保护逻辑设计，对关键测点（如锅炉压力、温度）进行多重校验，避免单点故障引发系统误动或跳闸。规范调试过程控制，严格执行分阶段调试流程，单机调试：重点检验给水泵汽轮机油质、信号回路连接及开关机构可靠性，确认DCS模块配置符合设计要求。分系统调试：强化锅炉燃烧控制、汽水系统的动态测试，确保自动调节响应及时性，避免压力剧增或燃烧不彻底。动态工况全覆盖测试，调试需模拟实际负荷变化、启停机等动态工况，持续跟踪数据（如污染物排放、热效率），避免仅满足静态验收标准。跨专业协同机制，建立热控与机务、电气专业的实时沟通流程，确保调试中保护连锁逻辑（如锅炉MFT、汽机ETS）动作精准，降低脱节风险。构建安全防护体系，工控网络安全加固，依据等级保护要求，对DCS、SIS系统部署单向隔离装置、入侵检测系统，防范网络攻击导致的生产中断。安全

管理制度落地，严格执行工作票、操作票及动火票制度，高危操作需双重监护；电子设备间实行准入管理，禁止非授权人员操作工程师站。人员能力与目标管理，高标准调试目标导向，以仪表投入率100%、保护投入率100%、自动投入率100%为核心目标，优化调试方案并逐项验收。专业化培训与演练，定期开展操作人员技能培训（如新设备应用、应急处理），通过仿真系统演练燃烧失控、参数越限等故障场景，提升实战能力。持续改进与质量追踪，闭环缺陷管理，调试中发现的设备异动或逻辑缺陷需即时记录，通过分级处理流程限时整改，并验证措施有效性。调试后评估与优化，投运初期加强参数趋势分析，对自动调节性能不佳的系统（如主汽温控制）进行PID参数整定，提升长期稳定性。

2. 火力发电厂机务热控调试对技术发展的促进作用。推动自动化技术迭代升级，优化控制系统架构，调试过程需验证DCS（分散控制系统）的响应精度与容错能力，倒逼系统集成商开发更高效的冗余控制模块和自适应算法，提升机组负荷响应速度与稳定性。催生智能预警技术，通过暴露燃烧控制、汽温调节等环节的动态缺陷，驱动开发基于大数据分析的故障预测模型，实现设备异常早期干预，减少非计划停机。加速跨学科技术融合，促进工业互联网应用，调试中多专业协同需求（如热控与机务的阀门联锁测试）推动SIS（厂级监控系统）与DCS的深度集成，为数字孪生、远程诊断等技术的落地提供场景支撑。强化工控安全技术，针对调试暴露的网络接口风险（如DCS指令失配），推动部署入侵检测、

单向隔离装置等防护措施，完善电力工控安全标准。牵引设备与标准创新，驱动高可靠性设备研发，调试中发现的单点保护失效、仪表抗干扰不足等问题，促使设备商开发多重校验传感器（如“三取二”逻辑变送器）和宽温域执行机构。完善技术规范体系，调试缺陷的闭环管理积累了大量实证数据，为行业制定《热控系统可靠性配置导则》等标准提供依据，推动保护逻辑设计、参数整定等环节的规范化。培育复合型技术人才，提升技术队伍能力，精细化调试要求操作人员掌握自动控制、网络安全等多领域技能，促使电厂建立仿真培训平台，培养兼具理论知识和实战经验的技术团队。拓展技术应用边界，调试经验向新能源领域迁移（如光热电站熔盐系统控制），推动燃煤机组控制技术在多能互补场景中的创新应用。

3. 火力发电厂机务热控调试如何防止设备性能故障。严控设备入厂质量与选型，强化设备校验与冗余设计，关键仪表（如压力传感器、温度变送器）入厂前需全面检测抗干扰性、密封性及电缆连接可靠性，杜绝因密封不良导致湿气侵入引发的测量失真或电源故障。对核心保护装置采用“三取二”逻辑设计，避免单点失效引发系统误动。匹配设备与系统兼容性，结合机组实际工况选型，避免因设备参数与系统不兼容（如DCS模块底座空隙导致接触不良）引发硬件故障。规范调试流程与动态验证，分阶段精细化调试，单机测试：验证执行机构行程精度（如阀门开度）及信号回路连通性，消除接线混淆、跳线错误等DCS硬件隐患；分系统联调：动态模拟负荷波动，测试燃烧控制、减温水系统响应速度，防止汽温失控导致金属疲劳或爆管。覆盖全工况测试，在启停机、变负荷等工况下持续跟踪参数（如主汽温、污染物排放），暴露静态调试未发现的动态缺陷。建立缺陷闭环管理机制，即时处理调试异常，对调试中发现的密封缺陷、逻辑冲突等分级记录，限时整改并验证措施有效性（如更换劣质电缆接头）。投运后持续优化，初期加强趋势分析，对PID参数自适应差的系统（如给水调节）进行整定，提升长期稳定性。

二、火力发电厂机务热控调试存在的问题

1. 设备与系统适配性问题。设备选型不当或质量缺陷，

热控仪表（如压力传感器、温度变送器）与机组实际工况不匹配，或入厂前未严格校验密封性、抗干扰性，导致测量失真或电源故障；部分执行机构阀杆易脱落、调节门卡涩，引发控制失效。DCS模块底座安装空隙可能引起接触不良，硬件兼容性差加剧系统不稳定。系统冗余设计不足，关键保护测点（如锅炉水位、压力）未采用“三取二”等多重校验逻辑，单点失效易触发误动作或保护拒动。

2. 调试流程执行缺陷。调试阶段覆盖不全，静态调试为主：部分项目仅满足静态参数验收，缺乏负荷波动、启停机等动态工况测试，导致投产后汽温失控、燃烧不稳等问题暴露。时效性不足：调试人员为简化流程，数据达标即终止测试，未持续跟踪环境变化对设备的影响。关键系统调试疏漏，水位控制失效：水位过高引发爆管风险，水位过低导致停炉；波动大时未及时排查给水系统堵塞或阀门开度误差。燃烧优化不足：风煤配比不当致燃煤不完全，降低热效率且增加排放；保护参数（如过热温度）设置不合理，导致过热保护误动。跨专业协同脱节，热控与机务调试分离，例如阀门联锁逻辑未与机械动作同步验证，增加机组跳闸风险。

3. 管理与人为因素。人员技能欠缺，操作人员培训不足，对DCS逻辑配置、应急处理不熟练；调试中忽略电缆接线混淆、跳线错误等基础隐患。未严格执行操作票制度，人为误操作占比故障原因的33%。安全防护薄弱，工控网络安全措施缺失（如未部署网络隔离装置），外部攻击可能导致指令失配或生产中断。电子设备间准入管理松散，非授权人员误触工程师站引发系统异常。

4. 安装与维护隐患。安装工艺缺陷，电缆接头紧固不足（如6kV输煤电源间隔接头松动），长期运行发热引发短路着火；油管路连接错误导致汽机调速试验失败。设备维护滞后，一次风流量计等恶劣环境仪表未配备自动吹扫装置，堵塞率高影响测量精度；超期服役设备占比达30%，老化失效风险突出。改进方向，闭环缺陷管理：建立调试异常分级处理机制，限时整改并验证（如更换劣质电缆接头）。

三、火力发电厂机务热控调试解决方案

1. 火力发电厂机务热控调试对材料设备的要求。测量仪

表类, 压力/差压变送器, 精度要求: 单晶硅传感器精度不低于 $\pm 0.04\%FS$, 量程比 100: 1, 响应时间 $\leq 90ms$ 。环境适应性: 过程温度耐受范围 $-90^{\circ}C \sim 700^{\circ}C$, 长期漂移 $\leq \pm 0.1\%FS/10$ 年, 带雷电保护功能(直流击穿电压 600V)。静压影响: $\leq 0.03\%FS/16MPa$, 确保高压蒸汽工况精度。温度传感器, 热电阻: 双支 PT100 结构, 304 不锈钢外壳, 配套焊接座安装, 长度适配管道(如 400mm)。耐高温性能: 需满足蒸汽介质 $300^{\circ}C$ 高温环境。执行机构类, 电动执行装置, 控制性能: 智能一体化设计, 支持 $4 \sim 20mA$ 电流控制与开关量控制, 速度/力矩双向可调, 基本误差 $\pm 1\%$ 。机械强度: 扭矩不低于 $300 \sim 600Nm$ (依阀门口径定), 防护等级 IP68, 适应 380V 供电。安装要求: 配套提供法兰盘、不锈钢螺栓等耐高温高压附件。阀门与流量计, 材质标准: DN500 阀门需不锈钢材质, 耐 $2.5MPa/300^{\circ}C$ 蒸汽; 差压流量计需本质防堵设计, 支持前 7D 后 3D 短直管段安装。维护性: 均速管流量计需支持在线插拔维护。材料与工艺管控, 金属部件, 高温高压设备需采用铬(Cr)、钼(Mo)、钒(V)等合金元素的耐热钢, 抵抗氧化与腐蚀。焊接工艺需符合金属技术监督标准, 避免缺陷导致失效。验收控制, 到货检验: 严格执行三级验收(出厂检验、开箱检验、安装前测试), 不合格设备立即退换。供应商管理: 优先选择资质高、信誉好的供应商, 大宗物资招标需甲方监理参与。调试期特殊要求, 环境适配性, 振动区(如磨煤机附近)仪表安装需模态分析, 规避共振干扰。电缆接头需红外成像检测, 预防接触不良引发的测量失真。

2. 火力发电厂机务热控调试高标准工程目标的制定方法。核心目标体系构建, 基础可靠性目标, 仪表投入率 100%: 覆盖温度、压力、流量等全量程仪表, 安装前完成 0.075 级精度校验。保护投入率 100%: 重点监控 MFT(主燃料跳闸)、TSI(汽机监测)等保护系统, 动作响应时间 $\leq 200ms$ 。自动投入率 $\geq 95\%$ (300MW 以上机组), 试运行期满前达 100%。目标制定方法论, 风险导向设计, 开展 FMEA(故障模式影响分析), 针对 DEH 超速保护、FSSS 灭火等高风险环节, 设定冗余度指标(如三取二逻辑覆盖率 100%)。振动敏感区仪表安装误差 $\leq \pm 0.05mm$, 避免共振导致测量失效。支持性保障措

施, 数据驱动的 PDCA 循环, 每月分析缺陷鱼骨图, 聚焦 TOP3 问题(如阀门卡涩、信号干扰)改进; 对标同类型机组指标: 调试周期压缩率、首次传动合格率等。资源前置管控, 设备准入: 执行三级验收(出厂/开箱/安装前测试), 退换不合格设备; 人员认证: 高级调试员需主导 ≥ 3 台 350MW 机组调试经验。持续优化机制, 数字化基线管理: 建立振动频谱、控制参数等历史数据库, 迭代目标阈值; 移交后评估: 追踪半年内保护误动/拒动次数, 反向修正调试标准。通过分层目标设定与闭环管控, 可实现调试质量缺陷率下降 40%以上, 支撑机组长周期稳定运行。

3. 火力发电厂控制系统调试技巧。调试准备阶段技巧, 三维校验法校准仪表, 压力/差压变送器采用零点、50%量程点、满量程点三点校验, 精度需达 0.075 级, 确保全量程线性度符合 DL/T 5295 规范。温度传感器在恒温槽中进行 $-20^{\circ}C \sim 300^{\circ}C$ 分段标定, 双支 PT100 电阻偏差 $\leq 0.1 \Omega$ 。FMEA 预控高风险点, 针对发变组同期并网、MFT 保护等核心系统, 提前分析 72 项潜在失效模式(如导前时间设置错误), 制定冗余策略。TSI 系统振动探头安装前进行模态仿真, 规避共振频率区间(通常避开 $45 \sim 55Hz$)。单系统调试技巧, DCS 分层调试法, 执行电源切换时输出电压波动需 $< \pm 0.5\%$, 逻辑扫描周期偏差报警阈值设为 $\pm 10ms$ 。TSI 探头安装三要素, 轴向定位: 涡流传感器端面与被测面间隙误差 $\leq \pm 0.05mm$, 采用非导磁塞尺校准。角度控制: 转速传感器磁极方向需垂直齿轮齿面, 偏移角 $< 5^{\circ}$ 。抗干扰措施: 前置器至监测柜电缆采用双绞屏蔽线, 屏蔽层单点接地, 减少电磁干扰导致误报警。动态扰动测试策略, RB 工况模拟: 50%负荷突降时, 给水控制系统流量波动应 $< \pm 3\%$ 额定值, 恢复时间 ≤ 5 分钟。

总之, 调试全程应用电子签验系统: 关键节点(如保护传动、并网试验)扫码上传测试数据, 未达标项目自动锁定流程, 直至整改闭环。

[参考文献]

- [1] 刘华. 火力发电厂机务热控调试安装问题. 2022.
- [2] 张红艳. 浅谈火力发电厂机务热控调试安装问题. 2023.