

# 火力发电厂热控系统可靠性的技术探讨

姜力夫

汕头华电发电有限公司 广东汕头 515000

DOI: 10.12238/ems.v7i10.15698

**[摘要]** 火力发电厂热控系统的可靠性直接关系到机组安全稳定运行和发电效率，提升 TSI 系统可靠性：针对汽轮机监视仪表异常频发问题，需组织专项研讨，总结故障经验，制定有效防事故措施。增强抗干扰能力：通过优化接地系统可靠性，抑制电磁干扰对测量精度和设备稳定性的影响，减少误动作风险。优化控制逻辑设计：采用容错逻辑技术，避免因瞬时信号误发或设备卡涩（如开关接触不良）引发的机组跳闸。

**[关键词]** 火力发电厂；热控系统；可靠性；技术；

提升热控系统可靠性需融合技术优化（逻辑容错、抗干扰）、管理强化（全周期质量监督、人员培训）及评估体系完善，形成“预防为主、闭环管控”的机制，最大限度降低机组非停风险。

## 一、火力发电厂热控规范与标准

1. 核心行业标准。DL/T 774《火力发电厂热工自动化系统检修运行维护规程》规定热控系统检修、运行和维护的技术要求，包括保护装置定期校验、逻辑测试及故障处理流程，强调全过程质量控制。DL/T 1056《发电厂热工仪表及控制系统技术监督导则》明确热控系统技术监督的范围与方法，要求建立可靠性评估体系，优化保护定值和延时设置。

2. 管理规范。《T/QGCML 3280—2024 火力发电厂热控保护管理规范》（团体标准）全周期管理：覆盖台账管理、定值变更、动作分析、故障处理及传动试验等环节，要求严格防“三误”（误碰、误接线、误整定）。保护投退流程：强制解除保护需经申请、审批、执行、恢复四步流程，确保操作可追溯。《电力行业一流火力发电厂考核标准》明确机组等效可用系数等硬性指标，要求建立标准化应急预案（如 DCS 故障预案）和基建期可靠性管理机制。

3. 技术要求与设计规范。设备选型与抗干扰设计，DCS/SCADA 系统要求冗余配置，信号电缆需独立屏蔽接地，抑制电磁干扰。保护信号取源应独立、可靠，避免单点故障导致误动。控制逻辑设计原则，采用容错逻辑（如信号延时确认、多条件触发），防止瞬时误信号引发跳闸。协调控制系

统(CCS)需具备负荷指令闭锁功能，保障机组变负荷稳定性。点检与校验要求，TSI（汽轮机监视系统）、ETS（紧急跳闸系统）关键设备需按等级制定差异化校验周期，避免过修。执行机构参数配置需匹配工艺需求，确保动作响应精度。

4. 安全防护重点。防误操作管理，保护投退操作需“三确认”（操作人、监护人、审核人），逻辑修改前需模拟测试。基建期设计介入，设计阶段需优化联锁逻辑（如 FSSS 炉膛安全监控），落实保护信号冗余取源。

## 二、火力发电厂热控系统运行注意事项

1. 日常运行基础要求。设备状态检查，保持仪表指示清晰准确，误差符合等级要求，信号灯及音响报警可靠有效。设备标识（如接线端子标志、操作开关方向）需完整清晰，电缆与管路标明名称及走向。环境与电源管理，控制室、电子室需配备事故照明，盘内电缆入口封堵严密。DCS 电源严禁接入非核心负载（如照明、检修电源），交直流电源开关需分开布置并有明显标识。UPS 电源定期维护，蓄电池做充放电试验，冗余电源每年至少切换测试一次。

2. 高危操作安全规程，带电/带气作业，热控设备未退出运行时，带电作业必须办理工作票，并采取防静电措施。拆装电源线需包扎接线裸头，严防强电串入信号系统；恢复前严格验电。逻辑修改与保护投退，保护系统逻辑变更前需模拟测试，执行“操作人-监护人-审核人”三级确认。强制解除保护需履行申请、审批、执行、恢复四步流程并留痕。异常工况响应，遇主燃料跳闸（MFT）等异常，无论是否关联当

前工作，立即停保现状并通知运行人员。

3. 应急处置重点。厂用电失电处理，立即停运锅炉、汽轮机等设备，启动备用电源维持系统压力/温度稳定。恢复供电后全面检查电机、传感器及控制系统状态。火灾扑救，电子室/控制室着火时，先切断设备电源，再用合规消防器材灭火。

4. 检修与试验管理。工作准备，作业前核对图纸、定值单、软件版本，校验仪器完好性。过程防护，检修区域设置隔离警示，电气隔离后可靠接地；两人协同操作（一人监护）。收尾验收，工作结束后封堵电缆孔洞（阻燃材料），测试电源绝缘电阻和供电电压。

### 三、火力发电厂热控系统可靠性优化技术

1. 火力发电厂热控系统薄弱环节改进措施。针对火力发电厂热控系统的薄弱环节，需从设备可靠性、控制逻辑优化及运维管理三方面实施改进措施，具体如下：关键设备可靠性提升，TSI 系统加固，组织专项研讨会分析汽轮机监视仪表 (TSI) 异常原因，制定防事故技术措施（如冗余探头配置、抗振动安装支架）。定期校验转速、偏心度等关键传感器精度，更换老化线缆及接头。抗干扰能力强化，接地系统优化：分离信号地与保护地，接地电阻 $\leq 1\ \Omega$ ，屏蔽层单点接地以防地环路干扰。电缆敷设规范：模拟量与开关量信号分槽架敷设，动力电缆与弱电电缆间距 $\geq 0.8\text{m}$ 。材料与设备质量控制，严格把控装置性材料（如电缆桥架、接线端子）采购流程，优先选用阻燃、耐高温材质。设备到货复检：核对出厂校验报告，压力变送器等关键仪表现场抽检率 $\geq 30\%$ 。控制逻辑与保护系统优化，容错逻辑设计，对易误动保护（如锅炉 MFT）增设信号延时或“三取二”表决逻辑，避免单点故障导致机组跳闸。联锁保护信号源采用独立冗余配置（如汽包水位三重冗余测量）。定值与时延校核，结合机组实际运行数据（如负荷波动范围），动态调整保护定值及动作延时，减少拒动风险。定期仿真测试逻辑模块，验证超温、超压等极端工况下的响应准确性。运维管理改进，全过程质量监督，安装阶段：严控仪表取源部件焊接质量，禁止在管道焊缝处开孔安装测温套管。调试阶段：强制进行 DCS 通道测试与信号回路通断试验，记录原始调试数据备查。检修标准化，制定《热控保护

系统检修卡》，明确高风险操作流程（如拆装压力表需双人监护、先关一次门泄压）。检修后验收：测试电源绝缘电阻（ $\geq 20\text{M}\ \Omega$ ）、供电电压波动范围（ $\pm 10\%$ ）及接地连续性。管理机制升级，建立设备缺陷数据库，统计分析高频故障点（如阀门定位器卡涩、变送器漂移），定向优化设计。推行“数字化图纸管理”，确保现场设备与图纸版本实时同步，改造后 72 小时内更新系统台账。技术要点总结：设备层：聚焦 TSI 系统加固与抗干扰设计；逻辑层：通过容错设计与动态定值提升保护可靠性；管理层：以全周期质量监督和数字化台账堵塞管理漏洞。

2. 如何提高火力发电厂 TSI 系统运行可靠性。为提高火力发电厂 TSI（汽轮机监视保护系统）运行可靠性，需从硬件配置、逻辑设计、安装维护三方面综合施策：关键设备可靠性强化，冗余电源配置，双路独立电源：采用两路 AC220V 冗余电源，切换时间 $\geq 5\text{ms}$ ，避免电源中断导致系统失效。电源模块冗余：控制站电源按 2N 方式配置，直流隔离组件双重化，消除单点故障风险。传感器优化安装，抗干扰敷设：信号电缆与动力电缆分层敷设，间距 $\geq 0.8\text{m}$ ，屏蔽层单点接地（接地电阻 $\leq 1\ \Omega$ ）。防振支架：振动探头加装抗振安装支架，避免机械振动干扰信号精度。材料质量控制，优先选用阻燃耐高温线缆及端子，压力变送器等关键设备到货抽检率 $\geq 30\%$ 。保护逻辑与系统优化，容错逻辑设计，三取二表决机制：对胀差、振动等关键信号采用三重冗余测点，逻辑判断采用“三取二”表决，单点失效不触发误动。动态延时校核：保护动作增设延时（ $>200\text{ms}$ ），结合负荷波动调整定值，避免瞬时干扰导致跳机。通信冗余架构，双链路切换：TSI 与 DCS/ETS 间采用双通信链路，故障时通过私有协议自动切换（切换时间 $<50\text{ms}$ ）。全周期运维管理，安装调试规范，取源部件焊接：禁止在管道焊缝处开孔安装测温套管，确保取源点符合流体力学要求。通道测试：调试阶段强制进行信号回路通断试验，记录原始数据备查。状态检修策略，电子台账管理：建立 TSI 设备缺陷数据库，定向分析高频故障点（如探头老化、接头氧化）。寿命预测维护：基于振动探头寿命曲线制定差异化校验周期，避免过修损伤设备。防误操作机制，修改三级确认：逻辑变更执行“模拟测试→监护人复核→技术专工审批”流

程。图纸动态更新: 设备改造后 72 小时内同步更新系统台账与图纸。

3. 火力发电厂热控系统增强抗干扰能力方法。电缆敷设与屏蔽优化, 分层隔离敷设, 动力电缆与弱信号电缆分层敷设, 间距 $\geq 0.8\text{m}$ , 桥架内设置金属隔板隔离强、弱信号, 阻断电磁耦合干扰。模拟量与开关量信号分槽架布线, 避免交叉干扰; 电缆主通道采用封闭式金属桥架并可靠接地, 阻断外部磁场渗透。屏蔽层规范接地, 信号电缆屏蔽层采用单点接地 (通常位于控制系统侧), 接地电阻 $\leq 1\Omega$ , 消除地环路电流干扰。双绞线缆用于模拟信号传输, 利用绞合抵消共模干扰, 屏蔽层覆盖率达 95% 以上。接地系统升级, 独立接地网络, 分离信号地 (SG) 与保护地 (PG), 避免强电设备接地电流窜入信号回路; 电子设备间采用等电位接地网, 铜排截面积 $\geq 50\text{mm}^2$ 。DCS 机柜接地线独立引至总接地板, 禁止串联接地, 接地干线阻抗 $\leq 0.1\Omega$ 。防雷与浪涌保护室外设备信号入口加装浪涌保护器 (SPD), 响应时间 $\leq 1\text{ns}$ , 泄放雷击或开关操作引起的瞬态过电压。关键设备抗干扰设计, 信号隔离技术, 现场开关量信号经继电器隔离后再接入 PLC/DCS, 阻断强电窜入风险; 模拟量信号采用隔离变送器, 共模抑制比 $\geq 120\text{dB}$ 。重要 I/O 通道配置信号隔离器, 耐受共模电压 $\geq 2000\text{V}$ , 防止设备损坏导致信号失真。抗干扰元器件选型, 优先选用阻燃耐高温电缆 (如 ZR-DJYVP 型) 及镀金端子, 降低氧化导致的接触噪声。控制柜内加装磁环滤波器, 抑制高频干扰 (如变频器谐波)。逻辑滤波与冗余容错, 软件滤波算法, DCS/PLC 程序中对模拟量信号增设移动平均滤波或中值滤波, 消除瞬时尖峰干扰。保护信号设置动态延时 (如  $200\text{ms}\sim 500\text{ms}$ ), 避开大型设备启停 (如磨煤机) 引起的瞬时扰动。冗余表决机制, 关键保护信号 (如汽包水位) 采用三取二逻辑, 单点故障时不触发误动作。施工与运维规范, 安装质量控制, 禁止在管道焊缝处安装测温套管, 取源部件焊接符合 ASME 标准, 减少机械振动传导干扰。电缆敷设后测试绝缘电阻 ( $\geq 20\text{M}\Omega$ ) 及屏蔽层连续性。定期监测维护, 利用电子台账记录干扰事件, 定向分析高频故障点 (如接头氧化、屏蔽层破损)。每年校核接地电阻及屏蔽接地有效性, 及时更

换老化线缆。实施优先级: 优先改造单点保护回路与电缆交叉密集区域, 同步推行智能诊断系统实时监测干扰源。

4. 火力发电厂热控控制逻辑优化策略。容错逻辑设计优化, 冗余表决机制, 对汽包水位、轴向位移等关键保护信号采用三重冗余测点, 逻辑判断执行“三取二”表决规则, 单点故障时自动剔除异常信号, 避免误动跳机。温度保护回路增设速率限制器, 当信号变化速率超阈值 (如  $>5^\circ\text{C/s}$ ) 时自动屏蔽故障测点并报警, 防止热电阻断线导致保护误触发。无扰切换逻辑, 辅机控制系统配置故障诊断与自动旁路功能, 设备异常时无缝切换至备用回路, 维持过程参数稳定。联锁保护增加状态自检模块, 实时验证传感器与执行器健康状态, 异常时自动降级控制模式。动态参数调整策略, 变参数自适应控制, RB 工况下动态调整主汽压力设定值变化速率, 水煤比控制回路依据燃料量波动自动修正时间常数, 缩短参数恢复周期。深度调峰时启用燃水比动态补偿算法, 根据煤质波动实时校正给水流量指令, 解决物料失衡问题。保护定值动态校核, 联锁动作延时结合负荷区间动态设定 (如  $200\sim 500\text{ms}$ ), 避开大型设备启停引起的瞬时干扰。定期校核 AGC 指令与 DCS 反馈信号的传输误差, 全负荷段校准模拟量标定曲线。智能诊断与预防性优化, 逻辑缺陷预判机制, 建立热控保护缺陷数据库, 统计分析高频误动诱因 (如阀门卡涩、信号漂移), 针对性重构逻辑组态。利用仿真平台测试超温、超压等极端工况下的逻辑响应, 验证保护定值合理性。抗干扰增强措施, 模拟量信号增设中值滤波或移动平均滤波, 抑制瞬时尖峰干扰。开关量信号经继电器隔离后接入 DCS, 阻断强电窜入风险。

总之, 热控系统运行需贯穿“预防为主”原则: 日常: 强化设备状态、标识、电源管理; 操作: 严守工作票制度及三级监护; 应急: 快速响应失电/火灾, 优先保障人员与核心设备安全。

#### [参考文献]

- [1] 周萍. 火力发电厂热控系统可靠性的技术研究. 2022.
- [2] 林晓丽. 关于火力发电厂热控系统可靠性的技术探讨. 2023.