

电力热控系统可靠性提升策略探讨

郝团伟

鄂尔多斯市西金余热发电有限公司 内蒙古 鄂尔多斯 017000

摘要：电力热控系统是发电机组安全稳定运行的核心管控载体，其运行可靠性直接关乎电厂生产效率与安全效益。当前，受硬件老化、软件逻辑缺陷、恶劣工况及运维管理疏漏等多重因素影响，热控系统常出现参数失准、调控失效、保护误动等问题。本文结合热控系统组成原理与可靠性评价体系，系统剖析系统现存故障问题及成因，从硬件升级、软件优化、智能运维、人员管理四个维度，提出针对性可靠性提升策略，为电厂热控系统稳定高效运行提供参考。

关键词：电力热控系统；可靠性；提升策略

引言：随着电力行业深度调峰、机组频繁启停成为常态化运行模式，电力热控系统的运行负荷与调控难度持续提升，对系统可靠性、精准性提出更高要求。热控系统承担机组参数监测、工况调控、故障防护等关键功能，是电力机组安全经济运行的基础保障。现阶段多数电厂热控系统仍存在设备老化、逻辑适配性不足、运维模式粗放等问题，故障频发影响机组稳定。基于此，本文深入分析热控系统可靠性影响因素与现存问题，探索科学可行的优化提升策略，助力电力系统安全高效运维。

1 电力热控系统概述与可靠性评价体系

1.1 电力热控系统核心组成及工作原理

(1) 系统核心组成。电力热控系统核心设备包括DCS分散控制系统、PLC可编程控制系统、执行机构、测量传感器及保护连锁装置。DCS为核心管控平台，承担机组整体参数集中监控与分区调控工作；PLC适配局部工况，负责辅助设备逻辑控制。测量传感器布设机组关键位置，实时采集运行参数；执行机构接收指令，完成阀门、挡板等设备调节；保护连锁装置为安全屏障，工况异常时触发连锁动作，防范机组故障。(2) 系统工作原理。该系统采用闭环调控逻辑，包含数据采集、逻辑运算、指令执行、参数调节、安全保护五大流程。传感器采集机组温度、压力、流量等参数并上传至控制系统，系统对比预设阈值运算后，向执行机构下发调控指令，动态校准运行参数。参数超限时，保护连锁装置即刻启动防护机制，阻断异常工况、锁定设备状态，保障机组平稳运行^[1]。

1.2 热控系统可靠性核心内涵

(1) 可靠性定义。电力热控系统可靠性，是指系统在电力机组规定运行工况、预设工作时长内，无故障、高精度完成工况监测、参数调控、故障保护、逻辑连锁

等既定功能的综合能力，是机组安全、稳定、经济运行的核心保障。(2) 可靠性核心指标。系统可靠性评价核心指标包含系统可用率、平均故障间隔时长、平均故障修复时长、保护动作正确率及参数调节精度，各类指标分别对应系统有效运行能力、运行稳定性、故障应急处置效率、安全防护可靠性及参数调控精准度，全方位衡量系统运行性能。

1.3 热控系统可靠性影响因素

(1) 设备硬件因素。硬件缺陷是系统故障主要诱因，传感器老化、执行机构卡涩、控制模块损坏、线路老化破损及电源电压不稳定等问题，会导致参数采集失真、指令执行失效，直接降低系统运行稳定性。(2) 软件逻辑因素。软件层面隐患包括控制逻辑漏洞、程序兼容性不足、运行参数整定不合理、系统组态错误等，易引发逻辑判断失误、参数调节失控，造成系统调控失效，引发机组运行偏差。(3) 环境与工况因素。电厂高温、粉尘、潮湿、强电磁干扰等恶劣环境，叠加机组频繁启停、深度调峰等复杂工况，会加速设备损耗、干扰信号传输，大幅提升系统故障发生概率。(4) 人为管理因素。运维操作不规范、日常巡检不到位、设备检修质量不达标、运维人员专业能力不足等管理漏洞，会导致设备隐患无法及时排查，人为诱发系统故障，影响系统可靠性。

2 电力热控系统现存可靠性问题及成因分析

2.1 硬件设备运行现存主要问题

(1) 终端设备故障率偏高。热控测量、执行终端长期不间断运行，设备损耗严重。各类测量传感器受时长与现场环境影响，易出现参数漂移、精度降低、失效等问题，导致运行数据采集失真。阀门、挡板等执行机构常发生机械卡顿、响应延迟等故障，致使控制指令无法

精准执行,出现调节偏差,严重影响机组运行参数的稳定性。(2)辅控设备老化失效。电厂高温、粉尘、潮湿的恶劣环境,持续侵蚀热控辅控设备。电源、通讯模块及接线端子等配套设备长期服役,易出现线路氧化、接触不良、信号不稳等问题,频繁引发通讯中断、模块失灵故障,造成系统局部功能瘫痪,降低整体调控效率。

(3)设备冗余配置不足。老旧机组热控系统标准滞后,关键控制、测量点位冗余设备配置缺失。单一核心设备故障时无备用设备切换兜底,易造成机组参数异常波动,甚至引发保护误动、拒动,严重威胁机组安全稳定运行。

2.2 软件与控制逻辑存在缺陷

(1)控制逻辑适配性差。现有热控控制逻辑多基于机组稳态运行工况设计,控制策略相对固化。随着电力系统调峰需求增加,机组频繁开展变负荷、深度调峰运行,传统控制逻辑无法适配复杂动态工况,极易出现参数调节超调、波动幅度大、调节滞后等问题,难以满足机组精细化运行管控需求。(2)程序更新与维护滞后。部分电厂热控系统程序长期未完成迭代优化,系统自带的程序漏洞、逻辑缺陷未得到及时修复。同时,少量程序升级后未完成全面兼容性测试,新旧程序适配性不足,运行中易出现系统卡顿、数据运算错误、逻辑误判等问题,埋下运行安全隐患^[2]。(3)保护联锁定值不合理。机组长期运行后设备性能逐步老化,运行工况也发生较大变化,但部分热控保护联锁定值仍沿用老旧标准,未根据设备状态、工况变化动态校准优化。定值参数与实际运行需求不匹配,导致保护装置频繁误动作或关键工况下拒动作,大幅降低机组安全防护能力。

2.3 运维管理体系存在短板

(1)巡检检修模式粗放。目前多数电厂仍采用传统定期巡检、事后抢修的运维模式,巡检覆盖范围存在盲区,侧重故障后的维修处置,缺乏事前隐患预判和状态监测。设备隐性故障、微小缺陷难以被及时发现,长期积累后逐步发展为系统性故障,影响热控系统可靠运行。(2)运维人员专业能力不足。随着智能化、自动化热控设备广泛应用,系统控制逻辑、设备结构、运维技术大幅更新。部分运维人员知识体系陈旧,对新型设备的调试、故障排查、系统优化能力不足,面对复杂故障无法精准处置,运维工作质量难以保障。(3)管理制度落实不到位。热控运维管理制度存在落地不严的问题,设备台账更新滞后、检修操作流程不规范、故障复盘总结机制缺失,导致同类设备故障、逻辑问题反复出现,无法从管理层面彻底根治隐患。

2.4 故障成因综合总结

(1)客观成因。设备长期运行产生自然老化、磨损是无法规避的基础因素,加之电厂高温、强电磁干扰、粉尘潮湿的恶劣现场环境,以及机组深度调峰、频繁启停的复杂工况,持续加剧设备损耗与系统运行压力,是故障频发的客观诱因。(2)主观成因。控制技术迭代、程序优化更新滞后,老旧运维模式未及时革新,配套运维管理体系不完善,叠加从业人员专业技能短板,无法适配现代化热控系统运行管控需求,是导致系统可靠性不足的核心主观原因。

3 电力热控系统可靠性提升核心策略

3.1 优化硬件设备配置与运维升级

(1)推进老旧设备迭代更新。针对现场传感器精度漂移、执行机构卡顿、控制模块故障频发等问题,需制定常态化老旧设备迭代更新计划。结合设备运行年限、故障频次与性能衰减情况,针对性替换老化失准的温度、压力、流量传感器及响应滞后的执行机构,更换故障高发的电源与通讯模块。优先选用耐高温、抗粉尘、抗电磁干扰的高稳定性智能化设备,从硬件源头降低设备故障率,提升热控系统数据采集与指令执行的精准度和稳定性。(2)完善设备冗余容错设计。针对老旧机组关键点位冗余不足的问题,全面优化系统容错架构。对机组主保护回路、重要参数监测点位、核心调控回路增设备用测量设备、控制模块及通讯通道,搭建完善的冗余控制系统。当主用设备出现故障时,系统可实现无感知自动切换,有效规避单一设备故障引发的参数异常、保护误动或机组停机问题,大幅提升系统运行容错能力与安全稳定性^[3]。(3)强化硬件环境管控。结合电厂恶劣运行环境对设备的损耗影响,全面落实设备环境优化管控。对控制室做好恒温、防尘、防潮防护,对就地户外设备加装防护柜体、隔热防尘装置,做好线路密封防护与接地处理,有效抵御高温、潮湿、粉尘侵蚀及强电磁干扰。通过常态化环境巡检与防护设施维护,改善设备运行工况,延缓硬件老化速度,降低环境因素引发的设备故障。

3.2 优化软件逻辑与控制算法

(1)迭代优化控制逻辑。为适配机组深度调峰、频繁变负荷的新型运行工况,需对传统固化的控制逻辑进行迭代优化。针对机组动态运行中出现的调节超调、响应滞后、参数波动过大等问题,优化温度、压力、流量等核心参数的闭环调节逻辑,修正适配稳态工况的老旧控制策略,提升系统在变负荷、启停过渡阶段的动态调控能力,保障机组全工况运行参数平稳可控。(2)校

准完善保护联锁定值。建立保护联锁定值常态化校核更新机制,摒弃一成不变的定值管理模式。结合机组设备老化程度、实际运行工况变化以及系统升级改造情况,定期对各类热控保护、联锁定值进行全面复核校准,修正与实际运行不匹配的老旧定值,彻底解决保护装置误动、拒动问题,筑牢机组运行安全防护底线,保障保护系统精准可靠动作。(3)引入智能预警算法。依托大数据、人工智能智能化技术,推动热控系统运维智能化升级。搭建热控设备故障智能预警模型,深度挖掘设备运行历史数据、实时参数、检修数据,实现对传感器漂移、机构卡涩、模块异常等隐性故障的提前预判,改变传统事后处置的运维模式,实现故障早发现、早干预、早处理,从技术层面提升系统可靠性^[4]。

3.3 构建精细化智能运维体系

(1)革新运维模式。摒弃传统粗放的定期巡检与事后抢修模式,构建“状态监测+智能预警+定期检修”的一体化智能运维模式。依托系统实时监测数据与智能预警结果,精准定位设备隐患与故障点位,针对不同设备、不同工况制定差异化巡检与检修方案,精准规避巡检盲区,实现故障事前预防、隐患提前治理,大幅提升运维工作的针对性与有效性。(2)完善全生命周期管理。搭建热控设备电子化信息台账,全程记录设备采购安装、日常运行、隐患缺陷、检修维护、报废更换等全生命周期数据。依托大数据分析设备运行损耗规律,结合设备服役年限、运行工况、故障频次,制定个性化、精细化的检修、保养与更换计划,避免盲目检修、过度维护或维护缺失等问题,实现设备高效可控管理。(3)强化故障闭环管理。建立完整的故障闭环管控机制,对所有热控故障实行统计登记、根源分析、整改落实、复核验收、复盘总结的全流程管控。针对频发同类故障、典型缺陷,深入剖析技术、运维、管理层面的核心问题,制定针对性整改措施并跟踪落实,同时形成故障案例库,杜绝同类故障重复发生,持续优化系统运行状态。

3.4 强化人员能力与管理制度保障

(1)搭建常态化培训体系。针对智能化设备、新型控制算法及优化后的系统逻辑,建立常态化、专业化培

训机制。定期开展专项技能培训,聚焦智能设备操作、故障精准排查、系统参数调试、逻辑优化等核心内容,搭配实操演练、技术答疑等方式,补齐运维人员技术短板,全面提升岗位人员专业素养与实操能力。(2)完善考核管理制度。健全热控运维专项考核制度,细化运维工作考核标准,将设备故障发生率、隐患排查质量、检修达标率、故障整改成效等核心指标纳入岗位绩效考核。通过量化考核、奖惩分明的方式,压实岗位工作职责,杜绝运维操作不规范、检修敷衍、隐患漏查等问题,保障各项运维工作落地见效^[5]。(3)建立技术交流与创新机制。搭建行业及厂区内外部技术交流平台,定期开展技术研讨、经验交流活动,借鉴先进的热控运维技术与管理经验。同时鼓励运维人员立足现场实际,开展技术革新、故障攻关与优化改造工作,针对性解决现场疑难故障与技术短板,持续推动热控系统运维技术与管理模式升级,全方位提升系统运行可靠性。

结束语

电力热控系统可靠性提升是一项系统性、长期性的运维优化工程,贯穿设备运行全生命周期。本文全面梳理了热控系统硬件、软件、运维、人员层面的各类问题,结合电厂复杂运行工况,制定了全方位的可靠性提升方案。通过硬件迭代优化、软件逻辑升级、智能运维构建及管理制度完善,可有效规避系统运行隐患,降低故障发生率。未来需持续贴合电力运行发展需求,不断优化技术与管理模式,持续夯实热控系统运行保障能力。

参考文献

- [1]赵创.提高电厂热控系统可靠性技术研究[J].应用能源技术,2022,6(10):36-39.
- [2]李娜.电厂热控系统可靠性的技术提高策略研究[J].电器工业,2022,11(05):53-55.
- [3]赵志楠.电厂热控自动化系统稳定性研究[J].技术与市场,2021,28(01):144-147.
- [4]张正凯.电厂热控自动化控制设备调试与安装技术研究[J].自动化应用,2025,66(21):142-147.
- [5]李琴.关于火电厂热控自动化系统运行稳定性的探讨[J].仪器仪表用户,2025,32(08):146-148.