

发电厂热控自动化系统优化与可靠性提升策略

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：本文围绕发电厂热控自动化系统展开，阐述了其构成与运行要求，分析了存在的控制逻辑不合理、设备性能与选型问题、信号传输缺陷等问题。针对这些问题，提出了优化控制逻辑设计、设备选型与性能提升、信号传输系统的策略。同时，给出了建立完善维护体系、加强运行监测与预警、提升抗干扰能力等可靠性提升策略，旨在提高热控自动化系统的稳定性和可靠性，保障发电厂的安全高效运行。

关键词：发电厂；热控自动化系统；系统优化；可靠性提升策略

引言：在现代电力生产中，发电厂热控自动化系统对于保障机组稳定运行起着至关重要的作用。该系统由检测元件、执行机构、控制装置和信号传输线路构成，各部分协同工作以实现了对机组运行参数的监测与控制。然而，当前部分热控自动化系统存在控制逻辑不合理、设备性能衰减与选型不当、信号传输有干扰与损耗等问题，影响了系统的可靠性和稳定性。因此，深入研究热控自动化系统的优化与可靠性提升策略，对于提高发电厂的生产效率和安全性具有重要意义。

1 发电厂热控自动化系统的构成与运行要求

发电厂热控自动化系统是保障机组稳定运行的关键部分，它主要由检测元件、执行机构、控制装置、信号传输线路四大核心部分构成，各部分紧密协作，共同实现对机组运行参数的实时监测与精准控制。（1）检测元件在系统中起着数据采集的重要作用。它能够敏锐地捕捉机组运行过程中的温度、压力、流量、液位等关键参数，并将这些物理量精准地转化为电信号，通过信号传输线路输送至控制装置。例如，温度传感器可以实时感知设备的温度变化，并将其转化为对应的电信号，为后续的控制决策提供依据。（2）执行机构则是系统控制指令的执行者。它根据控制装置发出的指令，精确地完成阀门调节、风机启停、燃料供给等操作，从而实现对机组运行状态的有效调控。比如，当控制装置检测到压力过高时，会向执行机构发出指令，执行机构迅速调节阀门开度，降低压力，确保机组安全运行。（3）控制装置作为系统的核心中枢，承担着信号分析、处理和指令输出的重要任务。它对检测元件采集到的信号进行深入分析，结合预设的控制逻辑，输出精准的控制指令，以保证机组运行在最佳状态。（4）信号传输线路负责各设备间的信号传递，其性能直接影响信号传输的准确性与及时性。为了确保信号的稳定传输，需要采用高质量的传

输线缆，并采取有效的抗干扰措施。热控自动化系统运行的核心要求体现在以下几个方面。可靠性，系统必须在长期连续运行过程中，稳定地发挥监测与控制功能，避免出现故障停机、误动作等情况，以保障机组的正常运行。准确性，检测元件采集的参数必须真实可靠，控制装置输出的指令要精准有效，从而减少控制偏差，提高系统的控制精度。稳定性，系统要具备抵御外界干扰的能力，避免信号失真、设备误触发等问题，保障系统运行的连续性^[1]。

2 发电厂热控自动化系统存在的问题

2.1 控制逻辑不合理

控制逻辑是热控自动化系统实现精准控制的核心，当前部分发电厂热控自动化系统的控制逻辑存在设计不合理的问题。（1）控制逻辑过于繁琐，存在冗余环节，导致系统响应速度变慢，当机组运行参数发生波动时，控制装置无法及时输出调节指令，影响调节效果；（2）控制逻辑的适应性不足，未充分考虑机组不同运行工况的差异，采用统一的控制参数，导致在低负荷、高负荷等特殊工况下，控制精度下降，易出现超调、振荡等问题，影响系统运行稳定性。（3）部分控制逻辑缺乏必要的联锁保护设计，当某一设备出现故障时，无法及时触发联锁动作，易导致故障扩大，影响整个系统的运行^[2]。

2.2 设备性能衰减与选型不当

设备是热控自动化系统运行的基础，设备性能的优劣直接影响系统的可靠性。在长期运行过程中，检测元件、执行机构、控制装置等设备会出现不同程度的性能衰减：（1）检测元件受环境腐蚀、磨损等影响，精度下降，出现参数采集失真的情况；（2）执行机构的机械部件老化、密封性能下降，导致动作迟缓、卡涩，无法准确响应控制指令；控制装置的硬件老化、软件运行异常，易出现信号处理错误、指令输出延迟等问题。（3）部分设

备在选型阶段存在选型不当的问题，所选设备的性能参数与机组运行需求不匹配，如检测元件的测量范围、精度等级无法满足机组运行监测要求，执行机构的额定功率、动作速度无法适配控制需求，导致设备运行寿命缩短，故障发生率升高。

2.3 信号传输存在干扰与损耗

信号传输的准确性与及时性是热控自动化系统正常运行的前提，当前部分发电厂热控自动化系统的信号传输环节存在明显缺陷。(1) 信号传输线路布置不合理，部分线路与动力电缆并行敷设，受电磁干扰影响，导致信号失真、杂波增多，影响控制装置对参数的判断与指令输出；(2) 传输线路长期运行后，出现线路老化、绝缘层破损等问题，导致信号传输损耗增大，甚至出现信号丢失的情况。(3) 部分信号传输采用的通信协议不统一，各设备间的信号兼容性较差，易出现信号传输中断、数据错乱等问题，进一步降低系统运行的可靠性。

3 发电厂热控自动化系统优化策略

3.1 优化控制逻辑设计

针对热控系统控制逻辑存在的冗余复杂、适应性不足等问题，需开展系统性优化。(1) 在逻辑结构优化方面，通过模块化设计重构控制逻辑，删除非必要中间环节，合并功能重叠的控制模块，缩短信号传递路径，提升系统动态响应特性。同时，优化信号处理时序，采用并行处理技术减少关键控制回路的延迟，确保调节指令能及时响应机组参数变化。(2) 针对不同运行工况，建立自适应控制策略。根据机组负荷特性划分控制模式，通过参数整定工具动态调整PID调节参数，避免高负荷工况下的超调与低负荷工况下的调节迟缓。对启停等变工况过程，设计专用控制逻辑，通过斜率限制、状态预判等功能提升过程稳定性。(3) 强化安全防护机制，完善关键设备连锁保护逻辑。明确连锁触发条件与动作优先级，对汽轮机超速、锅炉MFT等典型故障场景进行仿真验证，确保连锁动作的准确性与可靠性。建立控制逻辑定期校验制度，结合机组检修周期开展功能测试，根据运行反馈持续优化逻辑参数，形成闭环管理机制^[1]。

3.2 优化设备选型与性能提升

设备性能优化是提升热控自动化系统可靠性的核心环节，需从选型适配与运行维护两个维度构建全生命周期管理体系。(1) 在设备选型阶段，应基于机组运行工况与控制需求开展针对性筛选。检测元件需重点验证测量范围、线性度及环境适应性，确保其量程覆盖实际监测参数且长期稳定性满足要求；执行机构应评估动作响应时间、输出力矩等动态特性，确保与控制指令的匹配

性；控制装置需重点考察处理器性能、抗干扰能力及软件扩展性，优先选用具备冗余设计的产品。同时，建立设备技术评估矩阵，从可靠性、可维护性、兼容性等维度进行综合评分，优先选用经过行业验证的成熟产品，从源头降低设备故障风险。(2) 在设备运行阶段，实施预防性维护策略。定期对检测元件进行清洁与校准，消除污垢积累导致的测量偏差；对执行机构开展机械部件润滑、密封件更换及传动机构调整，确保动作精度；对控制装置进行硬件状态检测与软件版本升级，修复潜在漏洞。同步建立设备健康档案，通过参数趋势分析预判性能劣化趋势，为维护决策提供数据支撑。

3.3 优化信号传输系统

针对信号传输过程中存在的电磁干扰、线路老化及兼容性缺陷，需从线路设计、维护管理、协议规范及信号处理四个环节实施系统性优化。(1) 在传输线路设计层面，严格遵循电磁兼容性原则，将信号传输线路与动力电缆进行分层敷设，并保持足够的安全间距，从物理空间上隔离强电场对弱电信号的耦合干扰。同时，选用具有金属屏蔽层的专用电缆，并确保屏蔽层在设备端和接线箱端可靠接地，形成完整的电磁屏蔽体系，有效抑制空间辐射干扰对信号传输的影响。(2) 建立传输线路预防性维护机制，定期开展线路绝缘性能检测及接头工况评估，及时更换因环境侵蚀或机械损伤导致的绝缘层破损电缆，对存在接触电阻增大的接头进行紧固处理并做抗氧化处理，避免因线路老化引发的信号衰减或中断问题。(3) 统一规范设备间通信协议标准，消除因协议不兼容导致的信号解析错误，确保各子系统间数据交互的准确性和实时性。对异构设备加装协议转换模块，实现不同协议间的透明传输。(4) 在关键信号回路中增设滤波及放大模块，通过频域滤波消除工频干扰等低频噪声，对微弱信号进行线性放大处理，提升信号传输的抗干扰能力和信噪比，确保控制装置接收信号的完整性和准确性。

4 发电厂热控自动化系统可靠性提升策略

4.1 建立完善的维护体系

完善的维护体系是提升发电厂热控自动化系统可靠性的核心环节，需构建系统化、标准化的长效维护机制。(1) 应制定覆盖全生命周期的维护计划，明确各类设备的维护内容、技术标准及周期参数，针对DCS控制器、传感器、执行机构等不同设备特性实施差异化维护策略，确保维护工作的科学性和针对性。(2) 强化维护人员能力建设，通过定期开展设备原理解析、故障模式分析、实操技能演练等专项培训，提升其技术诊断与应急处置

能力。建立量化维护质量评估体系,采用过程追溯与结果验证相结合的方式,对维护作业规范性、设备健康状况改善度等指标进行动态考核。(3)同步构建多级故障应急响应机制,编制标准化应急预案,明确故障分级标准、处置流程及责任矩阵,配置冗余备件与移动式诊断设备,确保故障发生时能够快速定位故障点、实施精准修复,最大限度降低非计划停机对发电生产的影响^[4]。

4.2 加强系统运行监测与预警

为提升热控自动化系统运行可靠性,需构建全要素、实时化的监测预警体系。(1)建立覆盖全系统的监测网络,通过在关键设备部署高精度传感器与智能监测终端,对温度、压力、振动等运行参数,以及信号传输时延、控制指令响应等关键指标进行实时采集,确保监测数据全面反映系统实际工况。(2)采用高速工业通信网络实现数据实时传输,在监控中心部署数据集成平台,通过可视化界面动态展示设备运行状态,为运维人员提供决策支持。同步建立动态预警机制,基于设备历史运行数据与行业规范,设定多级预警阈值,当监测参数偏离正常范围时,系统自动触发声光报警并通过短信、APP等方式推送至相关人员。(3)定期开展监测数据深度分析,运用统计分析、机器学习等方法挖掘参数劣化趋势,建立故障预测模型,实现隐患的早期识别与精准定位,为预防性维护提供数据支撑,从而有效降低系统故障率,保障发电生产安全稳定运行。

4.3 提升系统抗干扰能力

外界电磁干扰、环境因素及设备间耦合效应是影响热控自动化系统可靠性的关键因素,需通过多维度技术措施提升系统抗干扰能力。(1)在信号传输层面,采用双绞线、同轴电缆等屏蔽性能优异的传输介质,合理规划线路走向并避免与动力电缆平行敷设,降低电磁耦合干扰;对关键信号回路增设磁环、滤波器等抑制元件,消除

高频噪声干扰。(2)控制装置方面,在电源输入端配置EMI滤波器,有效抑制电源线传导干扰,同时采用隔离变压器实现电气隔离,防止共模干扰侵入;对检测元件实施密封封装与防腐涂层处理,提升其在高温、高湿、腐蚀性气体等恶劣环境下的稳定性,并加装温度补偿模块消除环境温漂影响^[5]。(3)设备布局上,严格遵循电磁兼容原则,将强电设备与弱电设备分区布置,保持足够安全间距,必要时设置金属屏蔽罩隔离空间辐射干扰。此外,建立抗干扰性能定期检测机制,运用频谱分析仪等工具评估系统电磁环境适应性,针对发现的问题及时优化防护措施,形成闭环管理。

结束语

综上所述,发电厂热控自动化系统的优化与可靠性提升是一项系统工程。通过优化控制逻辑、设备选型和信号传输系统,以及建立完善的维护体系、加强监测预警和提升抗干扰能力等策略,可以有效解决系统存在的问题,提高系统的可靠性和稳定性。在实际应用中,发电厂应根据自身情况,综合运用这些策略,不断完善热控自动化系统,确保机组的安全稳定运行,为电力生产提供坚实保障,推动电力行业的可持续发展。

参考文献

- [1]梁泉.电厂热控自动化系统运行的稳定性研究[J].中国设备工程,2022,(20):143-145.
- [2]江高潮.发电厂热控自动化系统的设计与优化[J].集成电路应用,2022,39(09):208-209.
- [3]杜伟.火电厂热控自动化保护装置的检修与维护[J].光源与照明,2022,(08):99-101.
- [4]孙智清.发电厂热控自动化系统检修常见问题及处理措施分析[J].应用能源技术,2023,(05):21-24.
- [5]梁馨月.自动控制理论在发电厂热控自动化中的应用研究[J].中国设备工程,2021,(24):91-92.