提高电厂热控系统可靠性技术研究

苟延刚
连云港中星能源有限公司　江苏　连云港　222006

摘　要：本文聚焦电厂热控系统可靠性展开研究。首先阐述热控系统可靠性概念与评价指标，指出其贯穿全生命周期。接着分析影响可靠性的关键因素，涵盖系统设计、设备自身、安装调试方面。随后提出提高可靠性的核心技术措施，包括优化系统设计、科学选型与设备优化、规范安装调试。最后探讨运行维护阶段保障技术，如建立常态化巡检与监测机制、强化设备维护与校准、优化系统运行管理。通过这些研究，为提升电厂热控系统可靠性提供理论支持与实践指导。

关键词：电厂；热控系统；可靠性；技术优化；设备维护

引言：在电力行业蓬勃发展的当下，电厂机组运行的安全性与稳定性至关重要。热控系统作为电厂机组的核心控制系统，承担着控制、监测和保护机组运行的关键任务，其可靠性直接关系到电厂的生产效率和经济效益。然而，电厂热控系统在运行过程中面临着诸多挑战，系统设计不合理、设备性能缺陷、安装调试不规范以及运行维护不到位等因素，都可能导致系统故障频发，影响机组的正常运行。因此，深入研究影响电厂热控系统可靠性的关键因素，探索提高系统可靠性的核心技术措施和运行维护阶段的保障技术，具有重要的现实意义。

1 电厂热控系统可靠性概述

电厂热控系统作为保障机组安全、稳定、经济运行的核心系统，其可靠性至关重要。所谓可靠性，是指热控系统在既定的运行条件以及规定的时间范畴内，能够切实完成既定的控制、监测和保护功能的能力。衡量热控系统可靠性的核心评价指标丰富且关键，故障发生率直观反映了系统在运行过程中出现故障的频率；平均无故障工作时间体现了系统在两次故障之间的平均持续稳定运行时长；平均故障修复时间则衡量了系统出现故障后恢复至正常运行状态所需的平均时间。

热控系统的可靠性贯穿于其全生命周期，涵盖系统设计、设备选型、安装调试以及运行维护等各个环节。任何一个环节出现疏漏，都极有可能对系统的整体可靠性造成负面影响。从系统构成来看，热控系统主要由检测元件、控制装置、执行机构以及通信网络四部分紧密协作组成。检测元件，如传感器、变送器等，负责精准采集机组温度、压力、流量、液位等关键参数信息；控制装置，像DCS系统、PLC控制器等，依据采集到的数据进行分析处理，并发出相应的控制指令；执行机构，包括调节阀、执行器等，按照控制指令精准调节机组相关设备；通信网络则保障各部分之间信息传输的及时性与准确性。这四部分协同工作，实现对机组各项参数的实时监测和精准控制，确保机组能够严格按照既定参数稳定运行。因此，提升热控系统的可靠性，本质上就是要针对系统全生命周期的各个环节，采取优化技术措施，减少潜在的故障隐患，降低故障发生的概率，缩短故障修复的时间，从而保障系统能够长期稳定地发挥其关键作用[1]。

2 影响电厂热控系统可靠性的关键因素

2.1 系统设计因素

系统设计是决定热控系统可靠性的基础，设计不合理会从根源上留下故障隐患。一方面，部分热控系统在设计过程中，未充分考虑电厂机组的运行工况、负荷变化特点，导致控制逻辑不完善、冗余设计不足，当某一关键元件或回路出现故障时，无法实现冗余切换，直接导致系统失效。另一方面，设计过程中未重视信号干扰问题，检测信号与动力电缆、控制电缆敷设间距不足，信号屏蔽措施不到位，易受到电磁干扰、射频干扰等影响，导致检测信号失真、控制指令误发，影响系统运行稳定性。此外，设计过程中对系统的抗干扰能力、环境适应性考虑不足，也会降低系统在复杂运行环境下的可靠性。

2.2 设备自身因素

热控系统的设备性能直接决定了系统的可靠性，设备自身的质量缺陷、性能衰减等都会导致系统故障。检测元件方面，传感器、变送器等设备精度不足、稳定性差，长期运行后易出现零点漂移、量程偏差等问题，导致检测数据不准确，影响控制决策的科学性；部分检测元件的抗温、抗振、抗腐蚀性能不足，无法适应电厂高温、高压、高粉尘的运行环境，易发生损坏。控制装置方面，控制器、模块等设备的运算速度、存储容量不足，或

存在硬件故障、软件漏洞，会导致控制指令执行延迟、误执行，甚至出现系统死机、崩溃等情况。执行机构方面，调节阀、执行器等设备的密封性能、动作精度不足，易出现卡涩、泄漏、动作迟缓等问题，无法准确响应控制指令，影响控制效果[2]。

2.3 安装调试因素

热控系统的安装调试质量堪称保障系统可靠性的核心关键环节，一旦安装调试不规范，系统在运行过程中便会故障频发，严重影响电厂的正常生产。（1）在安装环节，检测元件安装位置的选择至关重要。若温度传感器未安装在温度均匀分布的区域，所采集的温度数据就无法准确反映实际工况；压力变送器若未远离振动源，振动会干扰其正常工作，致使压力检测数据出现偏差。电缆敷设同样不容忽视，电缆弯曲半径若不满足要求，会使电缆内部结构受损；接头处理不当，则易引发接触不良，这些都会阻碍信号的稳定传输，进而影响整个热控系统的正常运行。（2）调试过程中，若未对控制逻辑进行全面细致的验证，逻辑漏洞和联锁关系错误便难以被发现，系统运行时极易出现误动作。设备参数精准校准也必不可少，传感器零点、执行器行程校准不到位，会直接降低设备运行精度。此外，若未充分模拟机组各种运行工况，就无法察觉系统在极端工况下的潜在故障隐患，系统投入运行后必然问题频出。

3 提高电厂热控系统可靠性的核心技术措施

3.1 优化系统设计技术

优化系统设计是提升热控系统可靠性的根本措施，需结合电厂机组的运行特点，完善设计方案。（1）优化控制逻辑设计，根据机组的运行工况、负荷变化规律，梳理控制流程，完善联锁保护逻辑，避免逻辑冲突、冗余不足等问题；采用模块化设计，将系统划分为多个独立的控制模块，便于故障排查和维护，同时增加关键回路的冗余设计，如控制器、电源、关键检测元件的冗余配置，确保某一环节出现故障时，系统能够实现无缝切换，保障系统正常运行。（2）优化信号抗干扰设计，合理规划电缆敷设路径，将检测信号电缆与动力电缆、控制电缆分开敷设，保持足够的安全间距；采用屏蔽电缆，做好电缆屏蔽层的接地处理，减少电磁干扰、射频干扰对信号传输的影响；对检测信号进行滤波处理，消除信号噪声，确保检测数据的准确性。（3）优化环境适应性设计，根据电厂的运行环境，选择具有相应抗温、抗振、抗腐蚀性能的设备和材料，优化系统的散热、防尘、防潮设计，提升系统在复杂环境下的运行稳定性[3]。

3.2 科学选型与设备优化技术

科学选型是保障设备性能、提升系统可靠性的前提，需结合系统设计要求和运行工况，选择质量可靠、性能稳定的设备。（1）检测元件选型方面，优先选择精度高、稳定性好、抗干扰能力强、适应电厂恶劣运行环境的传感器、变送器，确保检测数据的准确性和可靠性；根据检测参数的类型、量程，合理选择设备规格，避免设备过载运行。（2）控制装置选型方面，选择运算速度快、存储容量大、兼容性好、抗干扰能力强的控制器和模块，确保控制指令能够快速、准确执行；注重设备的兼容性和可扩展性，便于后续系统升级和维护。（3）执行机构选型方面，选择动作精度高、密封性能好、抗磨损、抗腐蚀的调节阀、执行器，确保能够准确响应控制指令；针对关键执行机构，可采用智能型执行器，实现状态监测和故障自诊断，便于及时发现和处理设备故障。此外，还可对现有设备进行技术改造，如对老旧传感器进行升级替换、对执行机构进行密封优化，提升设备性能和可靠性。

3.3 规范安装调试技术

规范安装调试是保障热控系统可靠运行的关键，需严格按照安装调试规程，落实各项技术要求。（1）安装过程中，严格按照设计方案确定检测元件、执行机构的安装位置，确保安装牢固、位置合理；规范电缆敷设，保证电缆弯曲半径符合要求，接头处理规范，做好电缆的固定和防护，避免电缆破损、接触不良；对设备的接地系统进行规范安装，确保接地电阻符合要求，提升系统的抗干扰能力。（2）调试过程中，全面验证控制逻辑的合理性和正确性，排查逻辑漏洞、联锁关系错误等问题，确保控制逻辑符合机组运行要求；对检测元件、执行器等设备进行精准校准，包括零点校准、量程校准、动作精度校准等，确保设备运行精度；模拟机组各种运行工况，包括正常工况、异常工况、极端工况，全面排查系统故障隐患，确保系统在各种工况下都能稳定运行；调试完成后，做好调试记录，为后续运行维护提供参考。

4 运行维护阶段的可靠性保障技术

4.1 建立常态化巡检与监测机制

运行维护阶段对于确保电厂热控系统可靠性意义重大，建立常态化巡检与监测机制是关键举措。通过定期巡检，对热控系统各环节展开全面细致检查。重点关注检测元件能否精准采集数据、执行机构动作是否灵活准确、控制器运行是否稳定以及电缆是否存在老化破损等情况。一旦发现设备有破损、松动、泄漏等异常，立即安排维修或更换，将故障隐患扼杀在萌芽状态[4]。

同时，定期对检测数据进行深度比对分析，排查检

测元件是否存在零点漂移、量程偏差等问题，并及时校准，保证数据准确性。此外，积极采用先进的状态监测技术，对关键设备实施实时监测。利用振动监测判断设备机械部件的运行状态，通过温度监测掌握设备热状况，借助电流监测了解设备电气性能，依据实时运行参数预判故障趋势，实现故障的早发现、早处理，有效减少故障停机时间，提升热控系统运行的可靠性。

4.2 强化设备维护与校准

强化设备维护与校准工作，对于延长热控设备使用寿命、提升整个系统可靠性起着至关重要的作用。鉴于不同设备具有独特的运行特点，需严格依照厂家给出的要求，精心制定科学合理的维护计划。定期开展设备清洁工作，清除设备表面的灰尘、污垢，防止其影响设备散热与正常运行；适时进行润滑处理，降低设备部件间的摩擦力，减少磨损，提升设备运转的流畅性；及时紧固松动部件，避免因部件松动引发设备振动加剧、连接异常等问题，进而提升设备整体性能。

定期对检测元件、执行器等关键设备进行精准校准，保证其运行精度在规定范围内，防止因校准偏差导致数据采集不准确、控制动作失误等故障。针对易损件和老化件，建立完善的备件储备机制，确保在需要更换时能及时获取，避免因备件短缺而延误故障处理。此外，加强对设备维护人员的技术培训，通过理论讲解与实际操作相结合的方式，提升他们的操作技能和故障判断能力，保障维护工作规范、有效开展。

4.3 优化系统运行管理

优化系统运行管理并规范运行操作，是切实降低电厂热控系统故障发生率的有效途径。要构建一套完备且细致的运行管理制度，清晰界定运行操作人员的职责范围，详细规定操作规范与流程，从源头上杜绝因操作人员疏忽或违规操作而引发的系统故障。强化对运行操作人员的专业培训至关重要。通过定期组织理论学习与实操演练，提升操作人员的专业素养，使其熟练掌握系统操作方法。同时，着重培养其应急处理能力，确保在系统出现异常时，操作人员能迅速反应，采取科学有效的应急措施，最大限度减少故障损失。此外，定期对系统运行数据进行深度分析，挖掘数据背后的系统运行规律，精准排查潜在问题，据此优化运行参数，提升系统运行稳定性与可靠性。还要高度重视系统软件管理，安排专人定期对软件进行升级与补丁更新，及时修复软件漏洞，防止因软件故障影响整个热控系统的正常运行[5]。

结束语

电厂热控系统可靠性的提升是一个系统性工程，涉及系统设计、设备选型、安装调试以及运行维护等多个环节。通过深入分析影响系统可靠性的关键因素，采取优化系统设计、科学选型与设备优化、规范安装调试等核心技术措施，以及建立常态化巡检与监测机制、强化设备维护与校准、优化系统运行管理等运行维护保障技术，能够有效减少系统故障隐患，降低故障发生概率，缩短故障修复时间。未来，随着科技的不断进步，应持续探索创新技术，进一步完善热控系统可靠性保障体系，为电厂的安全、稳定、经济运行提供更加坚实的保障，推动电力行业的高质量发展。

参考文献

[1]李娜.基于无线通信的电厂热控系统远程控制应用研究[J].行车指南,2025(9):0171-0173.

[2]姚国庆.电厂热控系统调试问题及解决措施[J].中国科技期刊数据库 工业A,2025(8):001-004.

[3]贾坤.电厂热控仪表及自动装置的维护及调试技术研究[J].中文科技期刊数据库（引文版）工程技术,2025(3):072-075.

[4]杨森.电厂热控系统中热控保护装置的故障分析与处理措施研究[J].消费电子,2024(12):106-108.

[5]周志兴.电厂烟气在线监测技术的精度与可靠性提升研究[J].电力系统装备,2024(9):107-109.