

火电厂热工自动化系统可靠性提升策略研究

闫 博 张文昊

中国华能临河热电厂 内蒙古 巴彦淖尔 015000

摘 要：本文概述了火电厂热工自动化系统的基本构成，包括自动检测系统、自动控制系统、自动报警系统和自动保护系统，并详细阐述了其主要功能，如监控与调节机组运行、故障检测与报警、设备保护与紧急停机等。文章进一步分析了影响热工自动化系统可靠性的因素，如硬件设备、软件系统、运行环境和人为因素等，并提出可靠性提升策略，旨在为火电厂热工自动化系统的稳定运行和安全性提供保障。

关键词：火电厂；热工自动化；可靠性提升

1 火电厂热工自动化系统基本构成

1.1 自动检测系统

自动检测系统是火电厂热工自动化的基础，它主要由模拟量测仪表、图像显示和报警装置等组成，能够实时检测和测量火电厂生产过程中的各种物理量、化学量以及生产设备的工作状态参数。这些参数包括温度、压力、流量、液位（或料位）、电流、电压、功率、气体成分和汽水品质等。自动检测系统通过现场总线将这些数据传输到数据中心，为工作人员提供决策支持，同时作为自动控制和保护系统的输入信息。

1.2 自动控制系统

自动控制系统是火电厂热工自动化的核心，它根据被控系统的输出量自动调整输入，实现输出的最优控制。自动控制系统包括各种调节器和执行机构，能够自动控制机组适应外部环境的变化，保持火电厂在最佳状态下运行。例如，锅炉水位调节、汽温调节、燃烧调节等都需要自动控制系统的精确控制，在自动化系统出现故障时，自动控制系统还能采取相应的保护措施，防止事故扩大。

1.3 自动报警系统

自动报警系统在火电厂热工自动化中起着至关重要的作用，当自动检测系统中采集到的实际热工参数与标准正常情况下的热工参数存在差异，且超出规定范围时，自动报警系统会立即发出提示或声响，传达警报信息。这不仅有助于工作人员及时发现和处理故障，还能定位故障位置，节省查找故障的时间，自动报警系统的及时响应对于保障火电厂的生产运行稳定性和安全性具有重要意义^[1]。

1.4 自动保护系统

自动保护系统是火电厂热工自动化的安全保障，它能够自动检测和采集设备的运行情况，判断设备是否运

行正常以及各项参数是否在正常范围内。一旦发现异常或故障，自动保护系统会立即采取有效的措施进行故障处理或终止设备供电，从而防止事故扩大或保护生产设备不受破坏。例如，汽机的超速保护和锅炉的超压保护等都是自动保护系统的重要功能。自动保护系统的可靠性和及时性对于确保火电厂的安全运行至关重要。

2 火电厂热工自动化系统的主要功能

2.1 监控与调节机组运行

火电厂热工自动化系统在监控与调节机组运行方面发挥着关键作用，借助自动检测系统中分布于各处的传感器，如温度、压力、流量传感器等，能够实时、精准地采集锅炉、汽轮机、发电机等核心机组的运行参数。这些参数被迅速传输至监控计算机，在计算机界面上以直观的图表、数据形式呈现，运行人员得以全方位、实时地了解机组运行状态。同时，自动控制系统依据预设的控制策略和运行要求，运用先进的控制算法，如PID算法，对采集到的参数进行分析处理，生成精准的控制指令。以汽轮机为例，系统根据电网频率及汽轮机负荷变化，通过调节进汽调节阀的开度，控制进汽量，从而稳定汽轮机转速，确保电力输出的稳定性与可靠性。在锅炉燃烧过程中，系统根据蒸汽压力、温度以及燃料量等参数，计算并调节燃料与空气的供给比例，使燃烧过程保持在最佳状态，既满足蒸汽产量需求，又实现能源高效利用与低污染排放，极大地提升了机组运行的稳定性与经济性。

2.2 故障检测与报警

故障检测与报警功能是热工自动化系统保障火电厂安全运行的重要防线，自动报警系统中的信号采集与处理模块紧密关联自动检测系统，持续获取设备运行参数。报警逻辑判断单元提前设定各类设备运行参数的正常阈值范围以及异常报警规则。一旦采集的参数超出预

设阈值,或设备运行状态出现异常,如设备振动过大、润滑油压力过低等情况,报警逻辑判断单元迅速作出判断,并触发报警装置。报警装置形式多样,包括声光报警器、语音报警器以及监控计算机界面上弹出的醒目报警提示框。声光报警器以强烈的灯光闪烁和高分贝声响吸引运行人员注意,语音报警器则清晰播报故障类型与位置信息^[2]。监控计算机界面的报警提示框不仅直观显示报警信息,还能链接到相关设备详细运行数据页面,方便运行人员快速了解故障背景,及时开展故障排查与处理,有效缩短故障发现与响应时间,避免因故障延误导致严重事故,为火电厂安全生产提供有力保障。

2.3 设备保护与紧急停机

设备保护与紧急停机功能是热工自动化系统应对突发严重故障的终极手段,自动保护系统中的保护传感器专门用于监测设备运行的关键安全参数,相较于普通检测传感器,具有更高的精度与可靠性,如汽轮机超速保护传感器、锅炉汽包水位保护传感器等。保护逻辑判断装置依据保护传感器传来的信号,按照预设保护逻辑规则进行分析判断。一旦判断设备处于危险状态,立即向保护执行机构发出动作指令。保护执行机构采用快速、可靠的执行元件,如紧急切断阀、快速关断装置等。当汽轮机转速超过安全阈值时,超速保护系统迅速发出指令,触发汽轮机紧急切断阀快速关闭,切断进汽,使汽轮机迅速停止运转,避免因超速造成设备严重损坏。在锅炉汽包水位异常下降至危险水位时,水位保护系统的保护执行机构立即启动备用给水泵,同时调节给水调节阀开度,增加给水量,防止锅炉干锅,确保锅炉安全运行,为火电厂的安全稳定运行筑起坚固的防护屏障。

3 影响热工自动化系统可靠性的因素分析

3.1 硬件设备因素

硬件设备是热工自动化系统的物质基础,其质量与性能直接关乎系统可靠性。首先,传感器作为系统感知设备运行参数的关键部件,若精度不足,会导致采集的温度、压力、流量等数据出现偏差,使自动控制系统依据错误数据进行调节,引发机组运行异常。例如,温度传感器老化,测量值比实际温度偏低,可能使锅炉燃烧控制系统误判,增加燃料供给,造成能源浪费与设备损耗。其次,执行机构,如电动调节阀、气动调节阀等,若密封性能不佳、动作迟缓或卡涩,无法准确执行控制指令,同样影响系统调节效果。数据传输线路的可靠性至关重要,线路老化、破损或受电磁干扰,会导致数据传输错误或中断,致使监控计算机无法实时、准确获取设备运行参数,严重时使系统失去对设备的控制。另

外,硬件设备的寿命有限,长期运行后,关键部件磨损、性能下降,若未及时维护与更换,也易引发系统故障,降低可靠性。

3.2 软件系统因素

软件系统在热工自动化系统中扮演着“大脑”角色,其稳定性与功能完整性对系统可靠性影响显著。一方面,控制算法是软件核心,若算法设计不合理,如在复杂工况下,PID算法参数未能准确整定,会使系统调节出现超调、振荡等现象,无法将机组运行参数稳定在设定值,影响机组运行稳定性与经济性。另一方面,软件程序的兼容性与可扩展性也不容忽视。随着火电厂技术升级与设备更新,若软件系统不能及时适配新硬件设备,或难以添加新功能模块,会限制系统发展,甚至在运行过程中出现软件崩溃、数据丢失等问题。软件漏洞与缺陷是潜在风险,未经过充分测试的软件,可能在运行时因某些特定条件触发漏洞,导致系统异常。例如,在数据处理模块中存在溢出漏洞,当大量数据同时涌入时,软件无法正确处理,进而影响系统正常运行,降低可靠性。

3.3 运行环境因素

温度与湿度是重要环境因素,火电厂运行环境温度较高,若自动化设备散热不良,长时间处于高温环境,会使电子元件性能下降,加速老化,甚至引发硬件故障。例如,控制柜内温度过高,可能导致电路板上芯片损坏,影响系统数据处理与控制功能。湿度方面,若环境湿度过大,会使设备金属部件生锈、腐蚀,降低设备绝缘性能,引发短路等故障。电磁干扰也是常见问题,火电厂内存在大量电气设备,其运行时产生的强电磁场会干扰自动化系统的信号传输与数据处理。如传感器信号受电磁干扰,传输至监控计算机的数据出现跳变,导致系统误判,振动环境也不容忽视,长期振动可能使设备内部接线松动、焊点脱落,影响硬件连接可靠性,进而降低系统整体可靠性^[3]。

3.4 人为因素

操作人员操作失误是常见问题,若对系统操作流程不熟悉,在参数设置、设备启停等环节可能出现错误。比如,在调整汽轮机调速系统参数时,设置错误的目标转速,会使汽轮机运行异常,甚至引发安全事故。维护人员的技术水平与责任心同样重要,若设备维护不到位,未按规定周期对硬件设备进行检查、保养与维修,可能导致设备隐患未及时发现与排除。例如,未定期清洁传感器,使其表面积累灰尘,影响测量精度。在软件系统升级与维护过程中,若维护人员技术不足,可能因

操作不当,导致软件功能异常。人员的安全意识淡薄,在设备运行区域违规操作,如在未采取防护措施下靠近高压设备,可能引发设备故障,甚至危及人身安全,严重影响热工自动化系统的可靠性。

4 火电厂热工自动化系统可靠性提升策略

4.1 管理层面的提升策略

在管理层面,建立健全完善的设备管理制度是提升热工自动化系统可靠性的基础。首先,制定详细的设备巡检计划,明确巡检周期、内容与标准,要求巡检人员严格按照计划对硬件设备进行全面检查,包括传感器、执行机构、数据传输线路等,及时发现设备的磨损、老化、松动等问题,并做好记录与处理。同时,构建设备维护档案,详细记录设备的维护历史、更换部件信息以及运行状况,为设备全生命周期管理提供依据。针对运行与维护人员,加强培训与考核机制。定期组织专业培训,内容涵盖系统操作流程、故障诊断与处理方法、安全规范等,提升人员专业技能与安全意识。设立考核指标,对人员的操作准确性、故障处理及时性等进行量化考核,将考核结果与绩效挂钩,激励人员提升工作质量。另外,建立应急预案体系,针对可能出现的系统故障,如硬件损坏、软件崩溃、通信中断等,制定详细的应急处理流程与措施,定期组织应急演练,确保在突发情况下,运行与维护人员能够迅速、有效地响应,最大程度降低故障损失,保障热工自动化系统的稳定运行。

4.2 技术层面的提升策略

从技术层面出发,引入先进的故障诊断技术是提升系统可靠性的关键。采用智能故障诊断方法,如基于人工智能的神经网络、专家系统等技术,神经网络通过对大量历史故障数据的学习,构建故障诊断模型,能够快速、准确地识别设备故障类型与原因。专家系统则整合行业专家的知识与经验,建立知识库与推理机制,对设备运行状态进行智能评估与故障诊断。利用冗余技术增强系统可靠性,在关键硬件设备,如控制器、电源模块等方面,采用冗余配置,当主设备出现故障时,备用设备能够自动切换投入运行,确保系统不间断工作^[4]。在数据传输方面,建立冗余通信链路,如采用双光纤或无线与有线混合通信方式,防止因单一通信线路故障导致数据传输中断。安装温湿度传感器、电磁干扰监测仪等设备,实时监测运行环境参数,当环境参数超出适宜范围

时,自动启动空调、除湿机、电磁屏蔽装置等设备,对环境进行调控,减少环境因素对系统的影响,提升热工自动化系统的可靠性。

4.3 软硬件优化配置与系统升级

在硬件方面,定期对硬件设备进行评估,根据设备运行状况与技术发展趋势,及时淘汰老化、性能落后的设备,选用精度更高、可靠性更强、抗干扰能力更好的新型传感器、执行机构等设备。例如,采用新型的智能传感器,具备自诊断、自适应调节功能,能够有效提高数据采集的准确性与稳定性。优化硬件设备的布局与连接方式,减少信号传输损耗与干扰。在软件方面,对现有软件系统进行优化,针对控制算法,结合火电厂实际运行工况,采用先进的优化算法,如自适应控制算法、模型预测控制算法等,对PID等传统算法进行改进,提高系统调节精度与响应速度。定期对软件进行漏洞修复与功能升级,确保软件系统能够适配新硬件设备,具备良好的兼容性与可扩展性。同时,加强对软件系统的安全防护,安装防火墙、入侵检测系统等安全软件,防止外部恶意攻击,保障软件系统稳定运行,进而提升热工自动化系统的整体可靠性。

结束语

综上所述,火电厂热工自动化系统的可靠性对于保障火电厂的安全、稳定和高效运行具有重要意义。通过建立健全的设备管理制度、引入先进的故障诊断技术、优化软硬件配置与系统升级等策略,可以有效提升热工自动化系统的可靠性。未来,随着技术的不断进步和火电厂运行需求的不断提升,热工自动化系统还需持续创新与完善,以适应更复杂多变的运行环境,推动火电厂实现更加智能化、自动化的生产模式。

参考文献

- [1]郭超.火电厂热工自动化系统安全保护与故障诊断的智能化技术研究[J].电气技术与经济,2024,(09):258-260+264.
- [2]吴尔夫.浅析火电厂热工自动化DCS控制系统的运用[J].中国设备工程,2024,(10):117-119.
- [3]魏志德.火电厂热控自动化系统运行的稳定性研究[J].电子元器件与信息技术,2023,7(12):40-43.
- [4]林承宇.火电厂热工保护控制系统可靠性提升分析[J].装备维修技术,2024,(05):47-49+52.