

火力发电厂热控保护及控制技术分析

张 政

蒙泰不连沟煤业有限责任公司煤研石热电厂 内蒙古鄂尔多斯 010319

摘要：在工业自动化理论框架下，过程控制系统的安全性与稳定性是保障复杂生产系统可靠运行的关键。火力发电作为能源转换的重要环节，热控保护及控制技术通过实时监测、智能分析与精准调控，构建起抵御运行风险的技术屏障。本文系统阐述热控保护技术在火力发电中的核心作用，深入分析火力发电厂热控保护的可靠性、技术性与经济性特征，从设备选型、系统设计、运维管理等维度提出实施要点，并对热控系统控制技术的多方面应用展开探讨。先进热控技术的应用能够显著提升火力发电系统的安全性、经济性与智能化水平，为能源行业高质量发展提供技术支撑。

关键词：火力发电厂；热控保护技术；热控系统控制

引言

火力发电厂在我国经济结构中占据重要位置，直接关系到经济发展以及社会运行。火力发电厂主要利用原材料燃烧产生热能，推动热能向电能的转换实现发电。在转换能量过程中由于能量负荷增加，长期下来会严重损坏运行设备。因此发电厂需要利用热控保护技术加强对设备和系统的保护，能够提高发电生产的安全性，需要根据发电厂发电设备现有条件，充分结合热控保护技术，充分发挥出技术优势。深入研究火力发电厂热控保护及控制技术，对于提升发电系统的安全性、可靠性与经济性，推动能源行业可持续发展具有重要意义。

一、热力发电中热控保护技术的作用

热控保护技术是火力发电系统安全稳定运行的核心保障，其作用贯穿于发电过程的全生命周期。在设备启动阶段，热控保护系统通过对锅炉点火、汽轮机冲转等关键环节的参数监测与控制，确保设备平稳启动，避免因参数异常引发启动失败或设备损坏。运行过程中，系统实时采集蒸汽温度、压力、流量，以及机组振动、转速等数百个关键参数，利用预设的逻辑算法对数据进行分析判断。当参数超出安全阈值时，系统立即触发报警，并根据风险等级自动采取减负荷、停机等保护措施，防止事故扩大。

热控保护技术还承担着优化发电效率的重要功能。通过对热力系统运行数据的深度挖掘与分析，结合热力学原理与设备特性，建立能效优化模型。系统根据实时工况自动调整燃烧控制、给水调节、蒸汽参数等，使机

组运行在最佳效率区间。此外，热控保护系统能够对设备健康状态进行评估，通过分析振动、温度等参数的变化趋势，预测设备潜在故障，为预防性维护提供依据，减少非计划停机时间，提高设备可用率。在事故处理过程中，热控保护系统的快速响应与精准控制，能够最大限度降低事故损失，保障人员与设备安全，维护电力系统的稳定运行。

二、火力发电厂热控保护的特点

1. 可靠性

可靠性是火力发电厂热控保护的首要特性，其直接关系到发电系统的安全稳定运行。热控保护系统采用冗余设计理念，从硬件到软件构建多重备份机制。关键设备如传感器、控制器、通信网络等均配置双冗余或三冗余架构，当主设备发生故障时，备用设备能够自动无缝切换，确保系统连续运行。在软件层面，采用容错算法与故障诊断程序，实时监测系统运行状态，及时发现并隔离故障模块。热控保护系统的可靠性还体现在其抗干扰能力上。通过电磁屏蔽、滤波等技术手段，降低电磁干扰、静电放电等外界因素对系统的影响，确保信号采集与传输的准确性。系统具备完善的自诊断功能，能够定期对设备状态、通信链路、软件运行情况进行全面检测，及时发现潜在隐患并报警。此外，热控保护系统遵循严格的设计、制造与测试标准，经过高温、低温、振动等环境适应性测试，以及长时间的稳定性测试，确保在复杂工况下依然保持可靠运行。高可靠性的热控保护系统是火力发电厂实现长周期安全稳定运行的重要保障。

2. 技术性

火力发电厂热控保护具有显著的技术性特征，融合了多学科前沿技术。在硬件层面，采用高精度传感器实现对温度、压力、流量等参数的精准测量。例如，采用光纤传感器、MEMS传感器等新型传感技术，提高测量精度与响应速度，同时增强抗干扰能力。控制器方面，应用高性能PLC（可编程逻辑控制器）、DCS（分散控制系统），具备强大的数据处理与逻辑运算能力，能够快速处理大量实时数据，并执行复杂的控制策略。软件技术是热控保护系统的核心支撑。基于人工智能的故障诊断算法，如神经网络、支持向量机等，能够从海量运行数据中提取故障特征，实现对设备故障的早期预警与精准诊断。大数据分析技术用于挖掘运行数据中的潜在规律，优化控制策略，提升发电效率。此外，热控保护系统还涉及通信技术、网络安全技术等。工业以太网、现场总线等通信技术实现设备间的高速可靠通信；数据加密、访问控制等网络安全技术保障系统数据安全与运行稳定。多技术的融合使热控保护系统成为一个高度智能化、集成化的复杂系统。

三、火力发电厂热控保护技术的实施要点

1. 科学的设备选型与配置

科学合理的设备选型与配置是热控保护技术有效实施的基础。在传感器选型时，需根据测量参数的特性、精度要求以及现场环境条件进行综合考虑。对于高温高压测量场景，应选用耐高温、高压且稳定性强的传感器；对于振动、转速测量，需选择灵敏度高、抗干扰能力强的传感器。控制器选型要兼顾处理能力、可靠性与扩展性，根据系统规模与控制复杂度选择合适的PLC或DCS系统，确保能够满足数据处理与控制逻辑执行需求。在设备配置方面，遵循冗余设计原则，对关键设备进行冗余配置^[1]。同时，合理规划设备布局，减少信号传输距离，降低信号衰减与干扰风险。通信网络选型需考虑数据传输速率、可靠性与实时性要求，选择工业以太网、PROFIBUS等合适的通信协议与网络架构。此外，设备选型与配置过程中，要充分考虑设备的兼容性与可维护性，确保不同厂商设备之间能够协同工作，便于后期的设备维护与升级。通过科学的设备选型与配置，为热控保护系统的稳定运行奠定坚实基础。

2. 优化的系统设计与集成

系统设计与集成是热控保护技术实施的关键环节。在系统架构设计上，采用分层分布式结构，将热控系统分为过程控制层、操作监控层与管理层，实现功能的合

理划分与高效协同。过程控制层负责现场数据采集与设备控制；操作监控层为运行人员提供操作界面与监控功能；管理层用于数据分析、决策支持。在软件设计方面，编写高效、可靠的控制程序与监测软件，采用模块化编程思想，提高程序的可读性、可维护性与扩展性。系统集成过程中，注重不同子系统之间的接口设计与数据交互。通过标准化通信协议实现传感器、控制器、执行机构以及其他相关系统之间的数据共享与协同工作。利用数据总线技术构建统一的数据平台，对各类数据进行集中管理与分析^[2]。同时，引入数字孪生技术，对热控系统进行虚拟建模，通过虚实映射实现对系统运行状态的实时监测与优化仿真，提前发现设计缺陷与潜在风险，优化系统设计方案。通过优化的系统设计与集成，提升热控保护系统的整体性能与可靠性。

3. 完善的运维管理与保障

完善的运维管理是热控保护系统长期稳定运行的重要保障。建立健全设备巡检制度，定期对传感器、控制器、通信线路等设备进行巡检，检查设备运行状态、信号传输情况，及时发现并处理设备故障与隐患。制定科学的设备维护计划，根据设备使用年限、运行工况等因素，确定合理的维护周期与维护内容，对设备进行定期保养、校准与更换。加强运维人员培训，提高其专业技能与故障处理能力。定期组织热控技术培训、案例分析与应急演练，使运维人员熟悉系统原理、掌握设备操作与维护技能，能够快速准确地处理各类故障。建立设备档案管理系统，记录设备的型号、参数、安装时间、维护记录等信息，为设备管理与维护提供数据支持。此外，构建远程诊断与技术支持平台，通过网络实现专家对现场故障的远程诊断与指导，提高故障处理效率，确保热控保护系统持续稳定运行。

四、火力发电厂热控系统控制技术

1. 燃烧过程智能控制技术

燃烧过程智能控制是热控系统控制技术的核心内容之一。该技术通过实时监测煤质特性、锅炉负荷、氧量等参数，利用人工智能算法建立燃烧优化模型。神经网络算法能够学习不同工况下的最佳燃烧参数组合，根据实时工况自动调整给煤量、送风量、引风量等控制参数，实现燃料的充分燃烧与燃烧效率的最大化。模糊控制技术则用于处理燃烧过程中的不确定性因素，如煤质波动、负荷变化等，通过模糊规则推理实现对燃烧过程的自适应控制。燃烧过程智能控制技术还具备烟气排放优化功能。通过监测NO_x、SO₂等污染物排放浓度，结

合环保要求,调整燃烧方式与参数,降低污染物生成。例如,采用分级燃烧、再燃烧等技术,在保障燃烧效率的同时,减少NO_x排放。此外,该技术能够对燃烧过程中的结焦、积灰等问题进行预测与预防,通过分析温度场、气流分布等数据,提前采取措施,避免因结焦、积灰影响锅炉安全稳定运行,实现燃烧过程的高效、清洁、安全控制。

2. 汽水系统精准调节技术

汽水系统精准调节技术确保火力发电厂汽水循环过程的稳定运行。该技术通过对给水流量、蒸汽温度、压力等关键参数的精准控制,维持汽水系统的物质平衡与能量平衡。在给水控制方面,采用三冲量控制策略,综合考虑蒸汽流量、给水流量与汽包水位三个信号,实现给水流量的自动调节,确保汽包水位稳定在安全范围内^[3]。蒸汽温度调节采用串级控制方式,主控制器根据蒸汽温度设定值与实际值的偏差,输出控制信号作为副控制器的设定值;副控制器根据减温水流量的测量值与主控制器输出的设定值,控制减温水调节阀开度,实现蒸汽温度的精准调节。同时,汽水系统精准调节技术还能根据机组负荷变化,自动调整除氧器、加热器等设备的运行参数,优化汽水系统的热力循环效率。通过实时监测与动态调节,该技术保障汽水系统运行的稳定性与经济性,提高机组整体性能。

3. 汽轮机运行优化控制技术

汽轮机运行优化控制技术旨在提升汽轮机的运行效率与可靠性。该技术通过监测汽轮机的转速、功率、振动、轴位移等参数,利用先进控制算法实现对汽轮机的精准控制。在转速控制方面,采用电液调节系统(EH),根据电网频率变化与机组负荷需求,自动调节汽轮机进汽量,维持转速稳定。负荷控制则采用协调控制系统(CCS),实现汽轮机与锅炉的协同控制,快速响应电网负荷变化,确保机组运行的稳定性与灵活性。汽轮机运行优化控制技术还具备设备健康管理功能。通过分析振动频谱、温度趋势等数据,对汽轮机的转子、轴承、叶片等关键部件的健康状态进行评估,预测潜在故障。当检测到异常时,系统自动调整运行参数,降低设备负荷,避免故障扩大^[4]。此外,该技术能够优化汽轮机的启停过程,通过制定科学的启停曲线,控制升温、升压速率,减少设备热应力,延长汽轮机使用寿命,实现汽轮机安全、高效、经济运行。

4. 辅机设备协同控制技术

辅机设备协同控制技术实现火力发电厂辅机设备的高效协同运行。该技术将给水泵、循环水泵、风机等辅机设备纳入统一的控制体系,通过监测各设备的运行参数与工况,利用智能控制算法实现设备间的协同调节。例如,根据机组负荷与冷却需求,自动调整循环水泵的运行台数与转速,在满足冷却要求的前提下,降低厂用电消耗。辅机设备协同控制技术还具备故障诊断与容错控制功能。当某台辅机设备发生故障时,系统能够快速诊断故障类型与位置,并自动调整其他设备的运行参数,维持系统整体运行^[5]。例如,当一台给水泵故障停运时,系统自动增加其他给水泵的出力,确保给水流量满足锅炉需求。此外,该技术通过对辅机设备运行数据的分析,优化设备运行策略,减少设备启停次数,降低设备磨损与维护成本。通过辅机设备的协同控制,提高火力发电厂整体运行效率与可靠性。

结语

火力发电厂热控保护及控制技术是保障发电系统安全稳定运行、提升发电效率的核心技术。从热控保护技术的安全保障、效率优化作用,到其可靠性、技术性、经济性特点,再到实施要点与控制技术的多维度应用,先进热控技术的不断发展与创新应用,推动着火力发电向智能化、高效化、清洁化方向迈进。未来,随着人工智能、物联网等新技术的深度融合,热控保护及控制技术将不断升级,为火力发电行业在能源转型中持续发挥重要作用提供更强有力的技术支撑,助力能源行业实现高质量可持续发展。

参考文献

- [1] 赵创. 火力发电厂的热控保护技术及实施要点研究[J]. 应用能源技术, 2022, (11): 11-13+24.
- [2] 马立辉, 郑少恒. 火力发电厂调试过程中热控常见问题研究[J]. 中国高新科技, 2022, (16): 36-38.
- [3] 张亚杰. 火力发电厂的热控保护技术及实施要点分析[J]. 中国高新科技, 2021, (14): 25-26.
- [4] 张亚杰. 火电厂热控保护装置的维护策略[J]. 智慧城市, 2021, 7(02): 21-22.
- [5] 陶小宇, 王亚顺, 戴轶, 等. 发电厂热控技术监督工作的探讨[J]. 电力设备管理, 2021, (01): 74-75+88.