

Analysis of thermal control protection and control technology in thermal power plants

Zuosheng Huang

Guizhou Jin Yuan Co., Ltd., Guodian Power Investment Group Nanyong Power Plant, Bijie, Guizhou, 553303, China

Abstract

Currently, there has been a transformation in the energy structure, and the power industry is developing in a high-quality manner. As a crucial pillar of power supply, thermal power plants have higher requirements for the safety, stability, and economic efficiency of their operations. Thermal control protection and control technology, as the core support for the production and operation of thermal power plants, directly determines the operational efficiency and safety level of the units. This paper focuses on the application of thermal control protection and control technology in thermal power plants. Firstly, it elaborates on the core connotation and application value of this technology system. Secondly, it systematically analyzes the specific application scenarios and implementation paths of key technologies such as Distributed Control Systems (DCS), Programmable Logic Controllers (PLC), fieldbus technology, and advanced control algorithms in major equipment like boilers, steam turbines, and generators, as well as in the coordinated control of the entire unit. Then, it combines industry practices to analyze existing issues such as insufficient equipment compatibility, incomplete system redundancy design, and limited personnel operation levels. Finally, it proposes targeted improvement strategies from dimensions such as technological upgrades, system optimization, and talent cultivation. The aim is to assist thermal power plants in enhancing the application level of thermal control protection and control technology and achieving safe and efficient operation.

Keywords

thermal power plant; thermal control protection technology; control technology; DCS; application analysis

火力发电厂热控保护及控制技术分析

黄作生

国家电投集团贵州金元股份有限公司纳雍发电总厂，中国·贵州 毕节 553303

摘要

现阶段，能源结构有所转型且电力行业也在高质量地发展，而火力发电厂作为电力供应的重要支柱，对于运行的安全性、稳定性与经济性提出了更高的要求。其中热控保护及控制技术作为火力发电厂生产运行的核心支撑，直接决定了机组的运行效率与安全水平。本文就以火力发电厂热控保护及控制技术的应用为研究重点，先阐述了该技术体系的核心内涵与应用价值；其次系统地分析了分散控制系统（DCS）、可编程逻辑控制器（PLC）、现场总线技术、先进控制算法等核心技术在锅炉、汽轮机、发电机等主要设备及整体机组协调控制中的具体应用场景与实施路径；再次结合行业实践剖析了当前技术应用中存在的设备兼容性不足、系统冗余设计不完善、人员操作水平有限等问题；最后从技术升级、系统优化、人才培养等维度提出针对性的完善策略。此次旨在为火力发电厂提升热控保护及控制技术应用水平、实现安全高效地运行提供助力。

关键词

火力发电厂；热控保护技术；控制技术；DCS；应用分析

1 引言

火力发电在我国电力结构中仍然占据着重要的地位，其稳定运行与国民经济发展与社会用电安全息息相关。但随着机组容量向大型化、超临界化方向发展，以及环保要求的日益严苛，火力发电厂的生产流程愈发复杂，对于生产过程的精准控制与设备的可靠保护也提出了严峻的挑战。而热控保护及控制技术通过对温度、压力、流量、液位等关键工艺

参数的实时监测、分析与调控，得以实现对锅炉燃烧、汽轮机运转、汽水循环等核心环节的精准管理，同时在设备出现异常时还能及时地触发保护机制，可以有效地避免事故扩大。若从行业发展来看，传统的热控技术已难以满足现代火力发电厂的智能化、高效化需求，以数字化、网络化、智能化为特征的新型热控技术体系逐步地建立并得到了广泛的应用。当前如何充分地发挥出热控保护及控制技术的核心作用，以解决技术应用中的瓶颈问题，成为了火力发电厂提升核心竞争力的关键。本文也围绕着火力发电厂热控保护及控制技术的具体应用展开深入地分析，以期能够为行业技术升级与应用优化提供有益的借鉴。

【作者简介】黄作生（1989-），男，中国贵州盘州人，助理工程师，从事热控研究。

2 火力发电厂热控保护及控制技术体系概述

2.1 技术体系核心构成

热控保护及控制技术是火力发电厂实现自动化运行的基础，其技术体系涵盖了参数监测、逻辑控制、安全保护、过程优化等多个维度，一般具有系统性、实时性、精准性的显著特征^[1]。展开来说：参数监测技术通过温度传感器、压力变送器、流量计、液位计等各类仪表，能够实时地采集机组运行过程中的关键工艺参数，以此为控制与保护决策提供数据方面的支撑；逻辑控制技术则依据预设的控制策略，可以通过控制装置对执行机构如调节阀、挡板、泵组等进行操作，进而实现对生产过程的动态调控；而安全保护技术基于故障诊断与预警机制，在参数超标或设备异常时会自动地触发联锁保护动作，如紧急停机、切断燃料供应等，保障了设备与人身安全；过程优化技术便是通过先进算法对运行参数进行优化调整，得以降低能耗与污染物排放，有利于提升机组运行的经济性。

2.2 技术发展与应用价值

在现代的火力发电厂中，热控保护及控制技术早已从单一的局部控制向全机组协同控制演进，同步从传统的模拟控制向数字化、智能化控制进行了转型，目前其应用的范围覆盖了机组从启动、正常运行到停机检修的全生命周期，已然成为了保障机组安全稳定、经济环保运行的核心技术支撑。实践当中，该技术的有效应用不只能提升机组运行的稳定性与可靠性，降低事故的发生率，还能通过精准地调控优化资源配置，大多降低煤耗、水耗及污染物排放的效果，如此便非常契合电力行业高质量发展与节能减排的要求。

3 火力发电厂热控保护及控制核心技术应用

3.1 分散控制系统（DCS）的集成应用

分散控制系统（DCS）作为现代火力发电厂热控控制技术的核心平台，成为了机组整体控制的“神经中枢”，其应用贯穿于锅炉、汽轮机、发电机及辅助系统的全过程控制。就锅炉控制而言，DCS系统经由采集炉膛温度、汽包压力、蒸汽流量、烟气含氧量等参数，能够实现对燃烧系统、汽水系统、风烟系统的协同控制。对于汽轮机地控制，DCS系统主要实现了转速控制、负荷控制与旁路控制三大功能，如机组启动阶段可以通过电液调节系统（DEH）与DCS的联动，精准地控制汽轮机转速从盘车、升速至额定转速。此外DCS系统通过数据通信接口实现与发电机励磁系统、厂用电系统的信息交互，得以构建全机组的一体化控制平台，进而实现了机组各子系统的协调运行，有助于提升整体运行的稳定性与响应速度。

3.2 可编程逻辑控制器（PLC）的保护控制应用

可编程逻辑控制器（PLC）在火力发电厂热控保护系统中的应用比较广泛，尤其适用于辅助系统与局部设备的逻辑控制及安全保护。相较于DCS来说，PLC具有可靠性高、

编程灵活、抗干扰能力强的优势，因此多被用于锅炉辅机、汽轮机辅机、化学水处理系统等辅助系统的控制^[2]。比如锅炉辅机的保护中，PLC系统可以实时地监测送风机、引风机、给水泵等关键辅机的运行状态，当出现电机过载、轴承温度过高、振动超标等异常情况时，便立即触发联锁停机保护，并联动相关设备进行切换。而在化学水处理系统中，PLC通过控制离子交换器、反渗透装置、加药泵等设备的运行时序与阀门动作，实现了原水预处理、脱盐处理、水质监测等全过程的自动化控制，且确保进入锅炉的给水水质达标，防止了锅炉结垢与腐蚀。

3.3 现场总线技术的通信支撑应用

热控系统的底层通信支撑为现场总线技术作，此技术实现了现场设备与控制站之间的数字化、网络化通信，大幅度地提升了热控系统的可靠性与数据传输效率。曾经传统的热控系统会采用点对点的模拟信号传输方式，其中存在着布线复杂、信号干扰大、维护成本高的问题，而现场总线技术如Profibus、Modbus、Foundation Fieldbus等，均可通过一根总线将现场传感器、变送器、执行机构等设备相连接，从而实现了多设备之间的双向数据通信。对于火力发电厂而言，现场总线技术主要额比应用于机组辅助系统与车间级控制网络之中。像输煤系统，经由现场总线即可将皮带输送机、碎煤机、除铁器等设备的运行状态信号与控制指令集中传输至控制站，实现了输煤过程的集中监控与联锁控制，以此减少了现场布线的工作量。

3.4 先进控制算法的优化调控应用

为了提升火力发电厂热控控制精度与运行经济性，就应该关注先进控制算法的应用，特别是在复杂工况下的机组协调控制中，该算法发挥着重要的作用。因为传统的PID控制算法在面对机组非线性、大滞后、强耦合的特性时，难以实现精准地控制，而模型预测控制（MPC）、模糊控制、神经网络控制等先进算法有效地弥补了上述缺陷。其中模型预测控制（MPC）在机组协调控制中的应用最为广泛，它通过建立机组的数学模型，得以预测未来一段时间内的机组输出，再根据负荷指令与预测结果动态地调整锅炉燃料量、汽轮机进汽量等控制变量，就实现了锅炉与汽轮机的协调动作，有效地缩短了机组负荷的响应时间，且减少了参数地波动。实际在锅炉燃烧的优化控制中，模糊控制算法经由模拟人工操作经验，可以将炉膛温度、烟气含氧量、燃料热值等模糊变量转化为精确的控制指令，进而实现了燃烧过程的自适应调节。神经网络控制算法则通过对大量历史运行数据的学习，建立起机组运行参数与能耗、排放之间的映射关系，为运行参数地优化提供决策支持^[3]。

3.5 核心设备热控保护系统应用

热控保护系统在保障火力发电厂设备安全运行时是最后一道防线，其应用重点集中在锅炉、汽轮机等核心设备的紧急保护环节。而锅炉保护系统的核心便是炉膛安全监控系统

统(FSSS),该系统通过监测炉膛压力、火焰强度、燃料供应状态等参数,实现了对锅炉点火、熄火、燃料切断等关键操作的安全控制。如果炉膛压力超过了设定值或炉膛灭火时,FSSS就会立即触发联锁保护动作,即切断燃料供应、开启炉膛吹扫,从而防止炉膛爆炸等恶性事故的发生。同时FSSS还会对磨煤机、给粉机等燃料设备进行监控,当设备异常时会及时地停止运行,避免了燃料堆积引发的安全隐患。汽轮机保护系统则由危急遮断系统(ETS)与轴向位移保护、振动保护等组成,其中ETS系统通过监测汽轮机转速、润滑油压力、真空度等参数,在出现超速、油压低、真空破坏等紧急情况时,能够快速动作关闭主汽阀与调节汽阀,得以实现汽轮机紧急停机;轴向位移保护与振动保护借助位移传感器与振动传感器可以实时地监测汽轮机转子的轴向位移与振动幅值,若参数超标就会及时地发出预警信号,必要时还会触发停机保护,防止了转子损坏。

4 火力发电厂热控保护及控制技术应用现存问题

尽管热控保护及控制在火力发电厂中已得到广泛应用,但在实际运行中还存在着诸多问题制约了其效能地发挥。比如设备兼容性与系统集成性不足,主要是部分老旧机组的DCS系统与新增的智能化设备之间存在着通信协议不匹配问题,导致数据传输出现中断或延迟,影响到了控制指令的执行效率,同时不同厂家的PLC设备、现场总线设备之间的兼容性较差,也会增加系统集成的难度与成本^[4]。又比如系统冗余地设计不完善,原因是部分火力发电厂为了降低初期的投资,并未对DCS系统的电源模块、通信模块、控制站等关键部件进行冗余配置,那么当单一部件故障时就易导致系统瘫痪,影响着机组的正常运行。此外人员操作与维护水平也有待提升,但新型热控技术如MPC算法、智能化诊断系统的操作复杂度较高,部分运行人员自身缺乏专业知识储备,就难以充分地发挥出技术优势。

5 火力发电厂热控保护及控制技术应用完善策略

针对当前火力发电厂热控保护及控制技术应用中存在的问题,建议从技术升级、系统优化、人才培养等多个维

度制定完善策略,旨在提升技术应用的可靠性与有效性。首先在技术升级方面,应加快老旧DCS系统的升级改造,积极采用支持多种通信协议的开放式DCS平台,进而提高与智能化设备的兼容性。同步引入工业互联网、边缘计算等新兴技术,合力构建“云一边一端”一体化的热控管理平台,以此实现数据的实时传输、存储与分析。而在系统优化方面,需要强化关键部件的冗余配置,面对DCS系统的电源、通信、控制模块及PLC设备均采用双冗余或三冗余设计,进而提高系统的容错能力。最后是人才培养方面,务必建立常态化的培训机制,针对运行人员开展先进控制算法、智能化系统操作等专项培训,提升其操作技能。

6 结语

热控保护及控制技术作为火力发电厂运行的核心支撑,其应用水平直接关系到了机组的安全性、稳定性与经济性。如今随着数字化、智能化技术的不断发展,火力发电厂热控保护及控制技术已从传统的模拟控制向数字化、网络化、智能化控制进行转型,且在DCS系统集成、PLC保护控制、现场总线通信、先进算法优化等方面取得了显著的应用成效。然而技术应用中仍存在设备兼容性不足、系统冗余设计不完善、人员能力有限等问题,在一定程度上制约了技术效能的充分发挥。所以火力发电厂需高度重视热控保护及控制技术的升级与优化,积极地通过采用开放式系统平台、强化冗余配置、加强人才培养等措施,来提升技术应用的可靠性与精准性。

参考文献

- [1] 张峻,陈志祥,王明新.火电厂中热控DCS保护误动及故障检修技术[J].自动化应用,2025,66(09):214-216.DOI:10.19769/j.zdhy.2025.09.062.
- [2] 刘辉,白天.基于5G通信技术的配电网保护与自愈控制策略分析[J].通信电源技术,2025,42(13):195-197.
- [3] 常忠蛟,刘云.巴西电网“3.21”大停电中控制保护系统动作分析及启示[J].电网技术,2020,44(11):4415-4426.DOI:10.13335/j.1000-3673.pst.2019.2704.
- [4] 竺佳莹.火力发电厂热控保护及控制技术分析[J].科技资讯,2024,22(20):206-208.DOI:10.16661/j.cnki.1672-3791.2405-5042-1123.