

# 火力发电厂锅炉气温自动控制系统的优化设计与应用

杨歌

浙能宁夏枣泉发电有限责任公司, 宁夏 银川 751400

**[摘要]**火力发电厂锅炉系统通过将化石燃料转化为热能, 驱动发电机组运行。气温的精准控制对燃料燃烧、锅炉效率、安全性及环保排放至关重要, 传统控制方法无法满足现代发电厂对精确与实时响应的要求。随着自动化与计算机技术的发展, 模型预测控制(MPC)和自适应控制等先进策略逐步应用于锅炉气温控制中, 大幅提升了控制精度和系统稳定性, 硬件技术的进步也为控制系统的实施提供了更高的精度与可靠支持。通过系统设计、集成调试和性能评估, 探索并验证了锅炉气温自动控制系统的优化方案, 以期为火力发电厂的高效稳定运行提供有力支持。

**[关键词]**火力发电厂; 锅炉气温; 自动控制系统

DOI: 10.33142/sca.v7i10.13633

中图分类号: TK223.7

文献标识码: A

## Optimization Design and Application of Boiler Temperature Automatic Control System in Thermal Power Plant

YANG Ge

Zhejiang Energy Ningxia Zaoquan Power Generation Co., Ltd., Yinchuan, Ningxia, 751400, China

**Abstract:** The boiler system of a thermal power plant converts fossil fuels into thermal energy to drive the operation of the generator set. Accurate temperature control is crucial for fuel combustion, boiler efficiency, safety, and environmental emissions. Traditional control methods cannot meet the requirements of modern power plants for precise and real-time response. With the development of automation and computer technology, advanced strategies such as Model Predictive Control (MPC) and adaptive control have gradually been applied to boiler temperature control, greatly improving control accuracy and system stability. The advancement of hardware technology also provides higher accuracy and reliable support for the implementation of control systems. Through system design, integrated debugging, and performance evaluation, the optimization scheme of the boiler temperature automatic control system has been explored and verified, in order to provide strong support for the efficient and stable operation of thermal power plants.

**Keywords:** thermal power plant; boiler temperature; automatic control system

### 引言

锅炉在火力发电厂中扮演着核心角色, 气温控制的精确性和稳定性直接影响发电效率与安全。随着能源需求的增加和环保标准的提高, 提升锅炉气温自动控制系统的性能成为关键任务, 传统控制方法存在响应滞后、精度不足和稳定性差等问题, 不仅降低了锅炉效率还可能造成能源浪费和设备损坏。因此, 优化锅炉气温控制系统的研究至关重要。

### 1 火力发电厂锅炉气温控制的重要性

在火力发电厂中, 锅炉的安全性、经济性及运行效率均直接受到气温稳定性的影响。气温对燃烧过程的效率有着直接的影响, 当气温过低时燃料未能完全燃烧, 导致热能转化效率降低从而导致能耗增加及运营成本上升。另一方面气温过高则可能导致锅炉设备的过度磨损, 缩短设备使用寿命增加维护及修理成本。精准的气温控制不仅能够确保锅炉系统的稳定运行, 还能防止因温度波动引发的设备异常, 锅炉热平衡的干扰会因温度波动而增加安全隐患, 如锅炉爆炸或泄漏的风险, 实施有效的气温控制措施有助于提高锅炉的安全性, 减少突发故障的发生, 进而保障人

员和设备的安全。优良的气温控制能够减少废气排放, 降低对环境的负面影响, 面对日益严格的环保标准, 气温控制的优化能够确保排放要求的达成, 减少污染物的释放从而支持可持续发展的目标。

### 2 火力发电厂锅炉气温自动控制系统应用现状

火力发电厂的锅炉气温自动控制系统在现代电厂中得到了广泛的应用, 以实现能源转换及管理的高效性和稳定性, 但实际应用中仍然面临各种挑战以及发展趋势。传统上基于PID(比例-积分-微分)控制算法的气温控制系统被广泛使用, 这种系统通过简单的反馈机制调节锅炉气温, 虽然表现出较高的稳定性, 但在应对复杂负荷变化时往往难以满足精确控制的要求, 随着计算技术的进步, 越来越多的电厂引入了先进的控制算法, 如模型预测控制(MPC)能更准确地应对锅炉运行中的动态变化。技术的进步推动了气温控制系统向集成化和智能化方向的发展, 现代系统不仅集成了温度传感器、调节阀和控制器, 还利用数据采集与处理技术实现了实时监控和自动调节, 基于实时数据的智能化系统能够自我调整, 从而显著提高了控制精度和响应速度。在系统应用过程中, 可靠性和安全性

的重视程度也在不断提升,现代系统设计中已引入了故障检测与预警功能,以便及时发现并处理可能出现的异常情况,从而减少安全事故的风险<sup>[1]</sup>。尽管如此,现有的锅炉气温自动控制系统在实际应用中仍面临设备老化、控制算法适应性问题以及系统集成复杂性等挑战。因此,未来的发展将重点放在提升控制精度、增强系统智能化水平以及提高整体可靠性上,应对日益增长的运行需求及环境保护要求。

### 3 锅炉气温自动控制系统的优化设计

#### 3.1 系统需求分析

在锅炉气温自动控制系统的优化设计中,系统需求分析为制定设计方案提供了基础,核心目标是明确系统的实际需求及性能标准,确保优化设计能够有效地满足这些要求。锅炉在不同负荷和工况下的气温波动,直接影响运行效率及安全,因此系统必须在各种工况下维持气温的稳定,为此需求分析应对锅炉的工作环境、负荷变化特性及其对气温控制的影响进行详细调查,以确定系统应对不同工况的能力要求。气温的控制精度关系到燃料燃烧效率及锅炉的热能利用率,需求分析需明确气温控制的精度标准,例如允许的气温波动范围,并据此设定系统的控制精度目标,这通常包括锅炉气温传感器的选择、控制算法的优化以及控制策略的制定。实时调节锅炉气温要求系统能够迅速响应负荷变化和外部环境的变动,因此需求分析需要评估现有系统的响应速度及延迟情况,明确提升目标以增强系统的动态响应能力,确保能够及时调整气温以适应变化。锅炉气温控制系统的稳定运行对锅炉安全至关重要,因此在设计中必须考虑到故障检测和预警功能,以便在出现异常时能够及时处理,需求分析应包括系统可靠性指标的定义及如何通过设计提高系统的维护性和故障处理能力。兼容性与扩展性也是需关注的方面,锅炉气温控制系统可能需要与其他系统,如发电厂的能源管理系统或监控系统进行集成,需求分析应考虑系统的兼容性要求,并为未来可能的扩展做好准备,确保系统在不同阶段能够满足不断变化的需求。

#### 3.2 优化设计方案

在设计优化锅炉气温自动控制系统时,提升系统整体性能成为关键,以实现更高效且精确的气温控制。引入模型预测控制(MPC)是一项有效的优化策略,基于锅炉气温动态模型MPC能够预测未来气温变化趋势,从而调整控制策略,此前瞻性控制方法在应对负荷波动时表现出色,显著提高了系统对突发情况的响应能力。自适应控制技术同样是设计方案中的重要组成部分,该技术通过实时分析锅炉运行数据,自动调整控制参数确保在各种工况下系统始终保持最佳性能,在负荷频繁变化或操作条件不稳定的情况下,这种技术能够维持优良的控制精度与稳定性。高精度温度传感器与快速响应执行器的应用不可或缺,准确

的数据提供由高精度传感器获取,这减少了测量误差,从而提升了控制系统的决策质量,同时快速响应的执行器能迅速调整锅炉操作状态,确保气温调节的及时性与有效性。先进的数据采集与处理系统能够实时监控锅炉各项运行指标,并进行精准的数据分析,提供可靠的控制决策依据,引入智能化监控系统增强了故障检测与预警能力,使系统能够在异常情况下迅速响应,从而降低潜在风险。

#### 3.3 模型预测控制(MPC)在锅炉气温控制中的应用

模型预测控制(MPC)的引入在锅炉气温控制领域标志着控制系统设计的技术飞跃,MPC通过锅炉气温的数学模型利用对未来气温变化的预测来优化当前控制策略,不同于传统的PID控制方法,MPC不仅依赖于系统的当前状态还考虑未来一段时间的运行状况,这使系统在面对复杂负荷波动和外部扰动时能够实现更为精确的控制。在实际应用中,MPC通过构建锅炉气温的动态模型,对未来气温走势进行预测,从而生成优化的控制指令,这一预测能力使得系统能够主动调整控制措施,防止气温超出设定范围并减少锅炉负荷波动的影响,模型的精确性及对系统行为的深刻理解,成为MPC成功应用的关键因素。MPC在处理多变量系统方面展现出显著优势,同时能够考虑控制过程中的各种约束条件<sup>[2]</sup>。例如,在锅炉气温控制中,MPC能够同时综合燃料输入量和空气流量等多个因素,确保这些变量的变化不会导致气温剧烈波动,MPC还能设定锅炉气温的最大和最小允许值,确保系统始终在安全范围内运行,有效规避了传统控制方法中的安全隐患。系统能够根据实时数据更新模型参数并调整控制策略,从而在不同操作条件下保持锅炉的高效运行,这种自适应能力使MPC特别适合应对锅炉运行过程中可能出现的各种不确定性和动态变化。

#### 3.4 自适应控制技术的应用

自适应控制技术大大提高了锅炉气温控制系统的灵活性和响应能力,与传统固定参数控制不同,自适应控制能够根据锅炉的运行状态实时调整控制参数,适应系统性能变化和外部干扰。在实际应用中,自适应控制系统通过监测气温、燃料输入量和空气流量等数据,自动优化控制器参数确保在负荷变化时气温稳定在设定范围内,避免过热或过冷。自适应控制具有较强的鲁棒性,能够应对设备老化、传感器误差和环境变化等不确定因素,保持系统的稳定性。该系统结合在线学习和优化算法,通过不断分析数据,逐步提升控制性能,要实现这一技术高精度传感器和快速响应的执行器是关键,确保实时数据的准确性和控制动作的及时性。

### 4 优化设计实施

#### 4.1 硬件与软件平台选择

在优化锅炉气温控制系统中,硬件和软件平台的选择非常重要。硬件方面需要具备强大的计算能力,支持复杂

算法和实时数据采集,工业级计算机或嵌入式系统通常是最佳选择,因为它们能在高负荷下保持稳定性,输入输出模块和传感器接口必须与锅炉需求匹配,尤其是温度传感器和调节阀的精度和响应速度至关重要。软件平台方面,操作系统的稳定性和对控制算法的支持是关键,工业实时操作系统(RTOS)或嵌入式系统能提供良好的实时性能,控制软件应支持模型预测控制(MPC)和自适应控制,并结合图形界面和数据可视化工具,提升操作效率和用户体验,选择支持标准通讯协议的硬件和软件,如Modbus、Profibus或Ethernet有助于系统集成。为了满足未来扩展需求,硬件和软件平台应具有可升级性和模块化设计。

#### 4.2 系统集成与调试

系统集成与调试作为优化锅炉气温自动控制系统的环节,涉及将各个硬件组件与软件系统有效结合,确保整体系统的协调运作,此过程需要精确的技术操作、详细的规划以及周密的测试确保系统的稳定性与可靠性。进行系统集成时,首要任务为各组件的安装与连接,这包括将温度传感器、执行器、控制器等硬件设备按照设计要求进行布置并接线,必须确保每个组件的安装位置和连接方式符合系统设计规范,这样才能保证数据的准确传输及控制指令的有效执行,在此阶段必要的初步功能检查应予以实施,以确保所有设备能够正常通电并运行。软件系统的集成同样重要,控制软件需与硬件系统进行无缝对接,这包括配置控制算法、设置系统参数、编写操作界面等,在软件安装过程中操作系统、控制算法以及用户界面的配置必须准确无误,并且能够与硬件设备进行有效的通讯,这一阶段通常涉及通过接口协议对接数据采集模块、执行器控制模块及监控模块。调试阶段作为系统集成的最后一步,目的是验证系统的实际运行效果,在调试过程中系统需接受全面的测试,包括单元测试与综合测试,单元测试主要用于验证每个控制环节的独立功能,如温度传感器的读数准确性及执行器的响应速度,综合测试则检验系统在实际运行中的整体表现,评估系统对负荷变化的响应、控制精度的稳定性以及对异常情况的处理能力。在调试过程中,对控制策略的优化亦不可忽视,根据测试结果,控制算法应进行调整,以提高系统的响应速度与控制精度,实时数据监控与反馈机制在此过程中发挥着重要作用,它们能够帮助发现并修正系统中的潜在问题,从而确保系统在各种工况下的稳定运行。系统集成与调试完成后,编写详细的操作手册和维护指南为必要步骤,这将为后续的系统操作与维护提供支持。

#### 4.3 性能评估与优化效果验证

性能评估与优化效果验证在锅炉气温自动控制系统的实施阶段具有重要意义,目的在于确保系统按照预期的性能标准运行并验证优化设计的实际效果,此过程不仅涉

及系统功能的检验,还包括对运行效率和稳定性的全面评价。性能评估的关键在于通过标准化测试来验证系统的工作效果,测试内容通常涵盖系统对设定气温的跟踪精度、响应速度以及稳定性。例如,通过模拟不同负荷和工况条件,系统在实际运行中的表现将被观察,以评估其是否能够迅速、准确地调整锅炉气温并保持在设定范围内,对突发事件的响应能力亦需测试,如燃料供应中断或环境温度急剧变化,以确认系统在各种挑战下的稳定运行能力。优化效果验证则专注于评估优化设计的实际影响,通过对比优化前后的系统数据,优化措施的实际效果将被分析。例如,收集锅炉气温控制的历史数据,优化设计实施前后的气温稳定性、能源消耗及运行效率等指标将被比较,有效的优化设计应在降低能耗、提升控制精度和增强系统稳定性方面显示出明显的改进<sup>[3]</sup>。系统投入运行后,定期检查和应当进行,确保系统在长期使用中的性能稳定,通过建立完善的监控机制实时获取系统运行数据,有助于及时发现潜在问题并进行调整,持续收集用户反馈和实际运行数据,为进一步优化提供了宝贵的信息,这一过程确保系统能够在不断变化的条件下保持高效、可靠的运行状态。

#### 5 结语

火力发电厂锅炉气温自动控制系统的优化设计通过引入先进的模型预测控制(MPC)和自适应控制技术,系统的精度、稳定性和对工况变化的适应能力得到了显著提升。精确的硬件选择与全面的系统集成调试,为系统的高效运行奠定了坚实的基础。性能评估与优化验证表明,优化设计在实际应用中成功实现了预期目标,锅炉气温控制得到显著改善,能源利用效率提高,系统的稳定性和安全性得到了有效保障,这些成果不仅为火力发电厂提供了可靠的锅炉气温控制方案,也为类似系统的优化设计提供了宝贵的参考。展望未来,随着技术的不断进步和需求的不断变化,锅炉气温控制系统的进一步优化仍然至关重要。持续关注新技术的发展,并结合实际应用中的反馈进行调整,将有助于进一步提升系统性能与可靠性,确保锅炉的高效稳定运行。

#### [参考文献]

- [1]刘战胜. 发电厂影响锅炉汽温的主要因素与控制策略[J]. 科技展望, 2015, 25(13): 93.
- [2]陈兴昌. 火力发电厂自动控制创新优化研究[J]. 科学技术创新, 2020(5): 188-189.
- [3]邹阳林. 火力发电厂自动控制创新优化研究[J]. 中国设备工程, 2020(20): 191-193.

作者简介: 杨歌(1990—), 男, 籍贯: 宁夏银川, 学历: 本科, 毕业院校: 华北电力大学, 所学专业: 测控技术与仪器专业, 研究生毕业于宁夏大学工商管理专业, 目前职称: 助理工程师, 就职于宁夏枣泉发电有限责任公司设备管理部。