

# 燃煤发电厂锅炉燃烧控制的优化方法研究

叶小东

中天钢铁集团有限公司 江苏常州 213011

**摘要:** 在当今全球能源格局深刻变革的背景下, 燃煤发电厂作为传统能源供应的重要支柱, 其运行效率与环保性能的提升显得尤为重要。锅炉作为燃煤发电厂的核心设备, 其燃烧控制直接关系到发电效率、煤炭消耗以及污染物排放等多个方面。随着科技的进步和环保要求的日益严格, 对燃煤发电厂锅炉燃烧控制的优化方法进行深入研究, 已成为提升能源利用效率、减少环境污染的重要途径。本文简要分析了燃煤发电厂锅炉燃烧控制优化的意义, 并针对燃煤发电厂锅炉燃烧控制优化过程中存在的问题进行了深入探究, 提出了燃煤发电厂锅炉燃烧控制的优化方法, 以期为燃煤发电厂的可持续发展提供有力支持。

**关键词:** 燃煤发电厂; 锅炉燃烧控制; 优化; 方法

近年来, 中国政府出台了一系列旨在推动燃煤发电行业绿色低碳转型的政策措施。例如, 2023年11月29日, 国家发展改革委联合其他四部门共同发布了《锅炉绿色低碳高质量发展行动方案》。该方案明确提出了到2025年, 工业锅炉和电站锅炉的平均运行热效率需分别比2021年提高5个和5个百分点, 同时要求燃煤电站锅炉全面实现超低排放。此外, 方案还强调了通过煤电机组节能降碳改造、供热改造和灵活性改造的“三改联动”, 对电站锅炉进行主辅机匹配、换热系统优化、余热深度利用以及提高温度参数等升级改造。这些政策的出台, 不仅为燃煤发电厂锅炉燃烧控制的优化指明了方向, 也提供了强有力的政策支持和保障。

## 1. 燃煤发电厂锅炉燃烧控制优化的意义

### 1.1 提高能源利用效率, 降低运行成本

在燃煤发电厂中, 锅炉是能量转换的核心设备, 其燃烧效率直接决定了整个电厂的能源利用效率。通过优化锅炉燃烧控制, 可以实现对燃料供给、送风量、炉膛温度等关键参数的精确调控, 确保煤炭在炉膛内得到充分燃烧, 从而提高热效率, 减少不完全燃烧带来的能量损失<sup>[1]</sup>。在能源日益紧张背景下, 这种优化不仅可以显著提升电厂的能源产出, 还能够有效降低煤耗, 减少运行成本。同时, 提高能源利用效率对于燃煤发电厂而言, 不仅是经济上的需求, 更是社会责任的体现。

### 1.2 降低环境污染, 促进可持续发展

燃煤发电过程中产生的污染物排放, 如二氧化硫、氮氧

化物和粉尘等, 对环境和人类健康构成了严重威胁。通过优化锅炉燃烧控制, 可以有效降低这些污染物的排放<sup>[2]</sup>。例如, 通过精确调控燃烧过程中的空气与燃料的比例, 可以减少氮氧化物的生成; 通过采用先进的脱硫、脱硝技术, 可以大幅降低二氧化硫和氮氧化物的排放量。此外, 优化燃烧控制还能减少锅炉结渣和积灰现象, 提高锅炉的清洁运行水平, 从而改善空气质量、保护生态环境、促进可持续发展。

### 1.3 增强运行稳定性, 保障电力供应安全

燃煤发电厂的稳定运行是保障电力供应安全的前提。锅炉燃烧控制的不稳定往往会导致蒸汽参数波动、锅炉灭火等安全事故, 严重影响电厂的正常运行。通过优化锅炉燃烧控制, 可以实现对燃烧过程的实时监控和自动调节, 确保锅炉在各种工况下都能保持稳定的运行状态, 提高锅炉的运行可靠性和安全性, 减少因故障停机带来的经济损失和社会影响, 保障电力供应安全, 维护社会稳定和促进经济发展<sup>[3]</sup>。

### 1.4 推动技术创新, 提升行业竞争力

锅炉燃烧控制优化是一个涉及多学科、多领域的复杂系统工程, 需要综合运用自动控制、热力学、燃烧学等多个学科的知识和技术。通过不断推进技术创新和优化实践, 可以带动相关学科和技术的发展, 提升燃煤发电厂的整体技术水平。不仅可以为电厂带来显著的经济效益和社会效益, 还能提升整个行业的竞争力。在能源结构转型和环境保护要求日益严格的背景下, 拥有先进燃烧控制技术的燃煤发电厂将更具市场竞争力, 可以更好的适应市场需求和

政策导向的变化。

## 2. 燃煤发电厂锅炉燃烧控制优化过程中存在的问题

### 2.1 测量技术落后，数据准确性难以保障

在锅炉燃烧控制优化过程中，实时、准确的测量数据是制定和调整控制策略的基础。当前许多燃煤发电厂在锅炉燃烧参数的测量技术方面存在明显不足，传统的测量手段往往存在精度低、响应慢等问题，难以满足现代锅炉燃烧控制优化的需求<sup>[4]</sup>。同时，煤粉浓度、风速、氧量等关键参数的测量误差较大，导致控制策略的制定缺乏可靠的数据支持。这不仅影响锅炉的燃烧效率，还加剧了环境污染。

### 2.2 控制系统设计不合理，优化效果受限

当前许多燃煤发电厂的锅炉燃烧控制系统设计存在不合理之处，限制了优化效果的发挥。一方面，控制系统的响应速度和调节精度无法满足锅炉燃烧过程的快速变化需求，导致控制滞后或过度调节。另一方面，控制系统的算法和模型未充分考虑锅炉的实际运行工况和煤种特性，导致控制策略与实际情况脱节。这些问题不仅影响锅炉的稳定运行，还会增加运行成本和环境负担。

### 2.3 操作人员技能水平参差不齐，影响控制效果

燃煤发电厂锅炉燃烧控制优化过程中，许多燃煤发电厂在操作人员培训和管理方面存在不足，导致操作人员技能水平参差不齐。部分操作人员缺乏必要的专业知识和操作技能，无法准确理解和执行控制策略。另一些操作人员缺乏创新意识和学习能力，无法适应燃烧控制技术的不断发展和变化，不仅严重影响了锅炉的燃烧效率和经济性，还对环境和安全造成了潜在的威胁。

### 2.4 缺乏综合优化策略，难以实现全局最优

锅炉燃烧控制优化是一个复杂的系统工程，需要综合考虑煤种特性、锅炉结构、运行工况等多种因素。许多燃煤发电厂在锅炉燃烧控制优化过程中缺乏综合优化策略，往往只关注单一参数的优化而忽视了其他参数的影响。这种片面的优化方式可能导致锅炉燃烧过程的不平衡和不稳定，无法实现全局最优<sup>[5]</sup>。此外，一些燃煤发电厂在优化过程中缺乏长期规划和持续改进的意识，导致优化效果难以持续发挥。

## 3. 燃煤发电厂锅炉燃烧控制的优化方法

### 3.1 采用先进的数据分析技术，实现精准控制

在燃煤发电厂锅炉燃烧控制的优化过程中，需要引入大数据和人工智能算法，通过对锅炉燃烧过程中的海量数据

进行实时分析和处理，实现对燃烧控制的精准化操作。相关部门可以利用机器学习算法对锅炉的历史运行数据进行深度挖掘和训练。这些历史数据包含了燃料量、送风量、炉膛温度等锅炉在不同工况下的运行参数。通过训练，可以建立一个燃烧效率与各种运行参数之间的预测模型。这个模型能够学习到锅炉燃烧过程中的复杂关系，从而在实际运行中，通过实时输入当前运行参数，迅速预测出最优的燃烧控制策略。锅炉的负荷发生变化时，模型可以立即计算出所需的燃料量和送风量，以确保锅炉的燃烧效率始终保持在最优状态，从而提高了锅炉的燃烧效率，降低了燃料消耗，有效减少了污染物的排放，降低了对环境的负面影响。此外，先进的数据分析技术还能帮助相关工作人员及时发现锅炉运行中的结渣、积灰等异常情况，提前采取措施进行干预，避免事故的发生，确保锅炉的安全稳定运行。

### 3.2 利用物联网技术，实现远程监控和智能调度

物联网技术可以将锅炉燃烧过程中的各种传感器、执行器等设备连接起来，形成一个庞大的网络。通过这个网络，电厂可以实现对锅炉燃烧过程的远程监控和智能调度。例如，通过在锅炉上精心部署多种传感器，可以实时捕捉温度、压力、流量等一系列关键参数。这些数据随后通过物联网技术被迅速传送至远程监控中心。在监控中心，先进的智能算法会对这些海量数据进行深度分析和精细处理。基于分析结果，系统会自动对锅炉的运行参数进行灵活调整，从而确保燃烧控制的持续优化。不仅如此，物联网技术还具备实现多个锅炉间高效协同调度的能力。通过智能算法的综合考量，可以优化整个电厂的运行策略，确保各锅炉间的负载均衡与高效配合，进而大幅提升电厂的整体运行效率，为燃煤发电厂的可持续发展注入了强劲动力。

### 3.3 采用模块化设计，实现锅炉燃烧系统的灵活调整

传统的锅炉燃烧系统往往采用一体化的设计模式，这导致系统在调整和优化时面临诸多困难。而采用模块化设计后，锅炉燃烧系统可以将锅炉燃烧系统划分为多个独立的模块，每个模块都承担着特定的功能，如燃烧器模块、送风机模块等。这些模块不仅具有高度的独立性，还具备可拆卸、可更换的特性。当煤种发生变化或运行工况需要调整时，无需对整个锅炉燃烧系统进行大规模改造，而只需更换或调整相应的模块即可。当燃煤的种类或质量发生变化时，可以根据新的煤种特性，选择或更换燃烧器模块，以确保燃烧过程

的稳定性和高效性。同样地,当送风需求发生变化时,也可以通过调整送风机模块的风量、风压等参数,来满足新的运行要求,显著提高了锅炉燃烧系统的灵活性,使其可以迅速适应各种变化,大大降低了系统的维护成本和时间。因为模块化的设计使得维修和更换工作变得更加简单和高效,无需对整个系统进行停机检修,只需针对出现问题的模块进行操作即可。这不仅提高了电厂的运行效率,还降低了因停机检修而造成的经济损失。

### 3.4 实施动态配风策略,提高燃烧效率

动态配风是一种根据锅炉燃烧过程中的实时参数调整送风量的方法。这种方法基于锅炉燃烧过程中的实时参数,灵活调整送风量,以确保燃烧过程的高效与环保。在动态配风过程中,锅炉内的氧气浓度、火焰温度等关键参数被实时监测。根据这些参数的变化,送风机的转速和风门的开度会进行相应调整,以保持送风量与燃料量的最佳比例。锅炉内的氧气浓度降低时,系统会自动增加送风量,以确保燃烧过程有足够的氧气供应,从而提高燃烧效率。相反,火焰温度过高时,系统则会适当减少送风量,以降低火焰温度,防止锅炉受热面超温,同时减少氮氧化物的生成。如此一来,不仅显著提高了锅炉的燃烧效率,还有效减少了未完全燃烧产物的生成,进一步降低了污染物的排放。通过精确控制送风量,锅炉的燃烧过程更加稳定,减少了因燃烧不充分或过量空气带来的能源浪费和环境污染。此外,动态配风还提高了锅炉运行的灵活性和响应速度,使锅炉可以更好地适应煤种变化和负荷波动的需求,从而确保了燃煤发电厂的高效、稳定运行。

### 3.5 应用智能燃烧器技术,优化燃烧过程

智能燃烧器技术,作为一种集成了传感器、执行器和先进智能控制算法的创新型燃烧设备,正逐步成为燃煤发电厂锅炉燃烧控制优化的重要手段。通过实时监测火焰形态、温度分布等燃烧过程中的关键参数,实现了对燃烧过程的精细化调控。在燃烧过程中,智能燃烧器可以敏锐地捕捉到火焰形态的变化。一旦检测到火焰不稳定,它会迅速自动调整喷嘴的角度和喷油量,以确保火焰的稳定燃烧,从而提高燃烧效率。同时,针对温度分布不均的问题,智能燃烧器也能灵活调整其内部的空气流通过程,有效改善温度分布,使得燃烧更加均匀、高效。这种智能燃烧器技术的应用,不仅显著提升了燃烧效率,降低了燃料消耗,还有效减少了污染物的排放,对环境保护起到了积极作用。此外,由于智能燃烧器能够根据实际燃烧状况进行自动调整,避免了因燃烧不

充分或过度燃烧而导致的设备损耗,从而延长了燃烧器的使用寿命,降低了维护成本。

### 3.6 推广使用清洁能源和低碳技术,减少碳排放

在燃煤发电厂锅炉燃烧控制的优化过程中,推广使用清洁能源和低碳技术也是一项重要措施。相关部门可以将部分燃煤锅炉改造为燃气锅炉或生物质锅炉,利用天然气或生物质等清洁能源替代煤炭进行燃烧,不仅显著降低了碳排放量,还有效减少了硫化物、氮氧化物等有害物质的排放。同时,清洁能源的使用还降低了锅炉的运行成本,提高了能源利用效率,为燃煤发电厂带来了可观的经济效益。此外,积极研发和应用碳捕捉、碳储存等低碳技术也是减少碳排放的有效途径。在燃烧过程中将产生的二氧化碳进行捕捉和储存,避免其直接排放到大气中,从而进一步减轻对环境的影响。通过不断的技术创新和优化,燃煤发电厂可以逐步实现低碳转型,为应对全球气候变化贡献自己的力量。

总而言之,燃煤发电厂锅炉燃烧控制优化对于提升发电效率与经济效益、降低能耗与实现节能减排、增强运行稳定性与安全性以及促进技术创新与产业升级具有重要意义。在未来的发展中,相关部门应继续加强锅炉燃烧控制优化的研究和应用,推动燃煤发电厂向更加高效、环保、安全的方向发展,为全球能源供应和环境保护做出更大贡献。在2025年的今天,面对日益严峻的能源和环境挑战,燃煤发电厂锅炉燃烧控制优化的意义更加凸显,需要不断探索和实践新的优化策略和技术手段,以应对未来的挑战和机遇。

### 参考文献:

- [1] 冯惠. 发电厂锅炉燃烧控制系统的调整策略分析[J]. 集成电路应用, 2023,40(06):346-347.
- [2] 张寅卯, 张勇飞, 卢鑫, 等. 火电厂锅炉燃烧控制的调整技术分析[J]. 电子技术, 2022,51(06):238-239.
- [3] 杨红兵. 生物质能发电厂锅炉燃烧模糊PID控制系统研究与设计[D]. 兰州理工大学, 2022.
- [4] 李钦科. 基于模糊神经网络的锅炉燃烧系统的优化控制[D]. 华北电力大学, 2022.
- [5] 郝轰宇, 杨俊, 田宏亮. 基于烟道CO/O<sub>2</sub>双参量火力发电厂燃烧控制优化[J]. 现代工业经济和信息化, 2022,12(03):279-281.

### 作者简介:

叶小东(1971-),男,汉族,江苏常州人,工学学士,研究方向:热工自动化,计算机控制