

# Optimization and Operation management of Boiler Combustion in Thermal Power Plants

Wenbin Wang

Shaanxi Deyuan Fugu Energy Co., Ltd., Yulin, Shaanxi, 719407, China

## Abstract

Boiler combustion optimization and operation management of power plants are the key to ensure efficient energy utilization and environmental sustainability, aiming to optimize boiler performance by precisely controlling the combustion process and improving thermal efficiency. The implementation of advanced combustion technology can improve thermal efficiency and reduce harmful gas emissions, while effective operation management can realize real-time monitoring and data analysis of unit operating parameters, regular maintenance and performance evaluation of boiler equipment, which can not only improve the economic benefits of thermal power plants, but also contribute to the sustainable development of energy. Based on this, this paper discusses the optimization and operation management of boiler combustion in thermal power plants.

## Keywords

thermal power plant; boiler combustion optimization; operational management

## 火电厂锅炉燃烧优化及运行管理

王文斌

陕西德源府谷能源有限公司, 中国 · 陕西 榆林 719407

## 摘 要

电厂锅炉燃烧优化及运行管理是确保能源高效利用和环境可持续性的关键,旨在通过精确控制燃烧过程、提高热效率来优化锅炉性能。实施先进的燃烧技术可以提高热效率,降低有害气体排放,而有效的运行管理则能够实现机组运行参数的实时监控和数据分析,对锅炉设备进行定期维护和性能评估,不仅能够提升火电厂的经济效益,还有助于能源的可持续发展。基于此,论文对火电厂锅炉燃烧优化及运行管理展开探讨。应对燃料供给系统进行维护和定期检查,以确保供给系统的可靠性和安全性。

## 关键词

火电厂; 锅炉燃烧优化; 运行管理

## 1 引言

火电厂锅炉燃烧优化旨在通过提高燃烧效率和降低有害排放,实现节能减排的目标,同时确保电厂经济运行。通过对锅炉的精细化管理,不仅有助于提高燃料利用率,还能有效降低氮氧化物、硫化物等污染物的排放量。对此应实施综合性的燃烧优化措施,以提升火电厂的环境适应性和经济效益为能源可持续发展贡献力量。

## 2 火电厂锅炉运行的原理

火电厂锅炉运行的原理是将化学能有效转化为热能,进而驱动汽轮发电机发电。火电厂锅炉主要由燃烧系统、水循环系统、汽水分离系统、蒸汽系统及排放处理系统组成。燃烧系统是锅炉的心脏,其通过精确控制空气与燃料的

比例,实现燃料的高效燃烧,产生高温烟气。在此过程中,燃料的化学能转化为热能,通过辐射、对流等传热方式传递给水循环系统。水循环系统则承担着将热能转化为蒸汽能的任务,水在锅炉管道中流动并吸收热量,逐渐转化为高压蒸汽。该高压蒸汽进入汽水分离系统,除去水滴,保证干燥度,然后输送至蒸汽轮机,实现热能向机械能的转化。蒸汽在轮机中做功后转化为低温低压蒸汽,再通过凝汽器冷却,闭环循环。排放处理系统则负责处理燃烧过程产生的废气,包括粉尘、二氧化硫以及氮氧化物等,确保环境符合排放标准。整个运行过程中,锅炉的运行管理需紧密监控燃烧效率、热效率、蒸汽质量及环境排放,以优化能源利用率和减少环境污染。并通过精细调控燃烧参数和运行策略,有效提高锅炉的热效率和运行稳定性,实现经济、安全、环保的目标。

【作者简介】王文斌(1988-),男,中国山东济宁人,本科,工程师,从事锅炉研究。

### 3 火电厂锅炉燃烧优化的意义

#### 3.1 确保火电厂锅炉燃煤方案最优化

燃烧优化涉及精确的燃料供给调控和燃烧空气量的管理,能够提高热能转换效率,确保燃煤发电的经济性。首先,通过采用先进的燃烧技术,如计算流体动力学模型和燃烧动力学分析,可以实现对锅炉内部燃烧过程的精准模拟和优化。其次,实现燃烧过程的最优化还涉及对煤粉粒度、燃煤种类及其燃烧特性的精确选择与调整,不仅有助于提升燃烧效率,还能显著降低煤粉不完全燃烧造成的能源浪费。此外,通过实施实时监控和反馈调节机制可以有效地调整燃烧参数,以适应不同运行条件下的能源需求,保证锅炉在最佳负荷下运行<sup>[1]</sup>。

#### 3.2 实现火电厂锅炉高效稳定运行

燃烧优化通过精准控制风煤比、调整燃料供给和改善燃烧方式,能有效提高燃料利用率,从而增强火电厂的经济效益。采用先进的燃烧调控技术,如实时监控系统和自动调节装置,可以显著提高锅炉的响应速度和适应性,确保在不同负荷条件下的燃烧稳定。同时,燃烧优化对于减少污染物排放同样至关重要,有效控制氮氧化物、硫化物和颗粒物的排放,不仅符合环保法规,也能够降低环境风险。通过运用热力学分析和流体动力学模拟,可以深入理解燃烧过程和热量转移机制,优化炉膛温度分布和火焰形状,从而达到更高的热效率,因此锅炉燃烧的优化有助于提升火电厂的能效和可靠性,同时也能够确保锅炉长期可持续运营。

### 4 火电厂锅炉燃烧优化方法

#### 4.1 合理采用现代控制技术

①自动化控制系统。通过采用先进的控制策略如PID控制、模糊控制或神经网络控制,可以实现对燃料供给、空气流量、燃烧温度和压力等关键参数的精确调节,不仅能够保证燃烧过程的稳定性和效率,还有助于减少燃烧不完全所产生的有害排放。②智能监测技术。通过安装各种传感器,如热电偶、压力传感器和气体分析仪,可以实时监测锅炉的运行状态,并结合数据采集系统和实时监控软件,可以对锅炉运行过程进行全面的分析,及时发现并解决潜在的问题。③数据分析与优化算法。通过对采集到的大量数据进行深入分析,并结合机器学习和人工智能技术,可以建立精准的锅炉运行模型,从而预测锅炉运行的最优状态,为燃烧控制提供科学依据。④对环保设备实施精细管理。可在脱硫和脱硝系统中采用先进的控制方式,以确保排放指标符合环保要求<sup>[2]</sup>。

#### 4.2 结合先进燃烧理论进行锅炉建模

锅炉建模需要基于热力学和流体学的基本原理,综合考虑燃烧过程中的热交换、质量转移和化学反应,并合理应用先进的燃烧理论,如化学动力学模型、燃料热解理论和多阶段燃烧过程。上述理论有利于对燃烧过程中煤粒的行为

的深入理解,包括其着火、燃烧和烟气生成过程。同时锅炉建模也需要精确描述燃烧过程中风粉的混合、反应和传热机制,要求模型能够模拟空气和固体燃料的相互作用以及燃烧生成物的形成和排放。此外,锅炉建模还需考虑实际操作条件的影响,如燃料的种类、质量和供给率以及燃烧空气的流量和温度,并通过对这些参数的精确模拟,预测锅炉在不同条件下的性能,为燃烧优化提供指导。在实际应用中,锅炉建模通常依赖于计算流体力学软件和热力学分析工具,CFD软件可实现在虚拟环境中模拟燃烧过程,预测燃料燃烧的效率 and 污染物的生成;热力学分析工具可用于计算热效率和能量平衡,以评估锅炉的性能<sup>[3]</sup>。

#### 4.3 炉膛压力

炉膛压力的合理控制能够确保燃烧空间内燃料和空气的充分混合,从而提高燃烧的均匀性和完全性,避免局部过热或有害气体排放,实现高效燃烧。炉膛压力的控制会影响烟气的流动和热交换过程,因此适当的压力水平能够优化烟气流动路径,提高热交换效率,从而有效提升锅炉的整体热效率。与此同时,炉膛压力还与排放控制紧密相关,通过精确调节炉膛内的压力,可以有效控制烟气中有害气体如氮氧化物和硫化物的生成,从而降低环境污染。在技术实施方面,炉膛压力的控制依赖于先进的测量和调节系统,如压力传感器、控制阀门和自动调节装置,以此来实现送引风机、二次风门的高效配合,使锅炉适应不同的运行条件和燃料特性。此外,还需要考虑锅炉设计特点和操作经验,由于不同类型和规模的锅炉对炉膛压力的要求可能不同,因此有效的压力控制策略应该根据具体情况进行调整。

#### 4.4 合理应用检测技术

①持续监测关键参数。其参数包括炉膛温度、压力、烟气成分、燃料流量和空气流量等,通过安装各类传感器可以对这些参数进行精确测量,以此调整燃烧条件、优化燃料供给和空气比例。②监测锅炉的健康状况。通过定期对炉壁厚度、腐蚀情况和积灰情况的检测,可以有效预防锅炉的损坏和意外停机,从而保证了锅炉的稳定运行和长寿命。③环境排放监测。采用精确的排放监测设备如烟气连续监测系统,可以实时监控氮氧化物、硫化物和颗粒物的排放水平,确保排放符合法规要求。④集成化和智能化的检测系统。通过将各种传感器与计算机系统相连,可以实现数据的集中处理和分析。此种集成化的检测系统不仅能够提高数据处理的效率和准确性,还能与现代控制系统相结合,实现自动调节和优化控制<sup>[4]</sup>。

### 5 火电厂锅炉燃烧运行管理对策

#### 5.1 完善燃料管理制度

①燃料选择。燃料选择的合理化有助于提升锅炉效率,减少环境污染,因此需要对不同类型燃料的热值、灰分含量、硫分含量以及挥发分等关键指标进行综合评估,选择适合特

定锅炉燃烧和排放标准的燃料。对于需要低硫排放的锅炉，应优先选择低硫煤或进行燃料的脱硫处理，并结合燃料的可获取性和经济性进行综合考虑，以确保燃料供应的稳定性和成本效益。②供给调控。燃料的供给调控是实现高效燃烧的重要环节，因此应优化燃料的储存方式、输送系统和给煤机制。合理的燃料储存可以减少由于环境变化导致的燃料质量下降，如煤炭的潮湿和自燃；高效的输送系统和精确的给煤机制可以保证燃料供给的连续性和均匀性，从而优化燃烧条件，提高燃烧效率。此外，还应应对燃料供给系统进行维护和定期检查，以确保供给系统的可靠性和安全性。③质量控制。燃料质量控制是保证锅炉运行稳定性的基础，应建立严格的燃料采购标准，从源头上控制燃料品质，并通过入厂检验的方式确保燃料符合锅炉运行要求的关键步骤，包括对燃料的热值、水分、灰分和硫分等进行检测。同时也要在燃烧过程中实施质量监测，监控燃烧效率和排放水平，及时调整燃料供给和燃烧参数。

## 5.2 优化锅炉燃烧调整的具体方案

①通过合理配风，调整空气供应以实现最佳燃烧效果，确保燃料与氧气的充分混合，以最大程度地提高燃烧效率。可以使用氧量控制系统来监测和调整燃烧过程中的氧气含量。②优化燃烧过程中的温度控制和燃烧时间，调整燃料喷射速率、炉膛烟气温度和压力等参数，以确保燃料在燃烧过程中充分燃烧，并且尽量减少燃料的浪费和污染物的产生。可采用低氮燃烧器和选择性催化还原技术来有效降低 $\text{NO}_x$ 的排放，并采用石灰石-石膏湿法脱硫技术减少 $\text{SO}_x$ 的排放，从而使燃烧排放符合环境保护标准。③严格执行防止锅炉结焦的措施。通过燃烧调整试验形成合适的空气动力场，保证燃料在着火区高温燃尽，降低各种不完全燃烧损失，同时根据负荷、煤质、管壁结焦情况优化锅炉吹灰方式，保证锅炉受热面传热指标优良。④应用智能化的监控系统。可利用大数据和人工智能技术实时监控锅炉的运行状态，及时发现并解决运行中的问题，并通过分析锅炉运行数据识别出效率低下的原因，并采取相应措施。如引入炉膛温度场、气氛场等智能监测系统，实现锅炉参数可视化，燃烧数据反馈给智能燃烧系统作为调校依据，不断提高锅炉运行和稳定性。

## 5.3 持续推进运行标准化管理水平

①制定全面的运行标准化流程。该标准应涵盖锅炉的启动、运行、停机和异常处理等方面，以确保所有操作都能按照最佳方案执行。②精细化监盘，强化燃烧监视，包括炉

膛负压、火焰电视、火检信号、氧量、汽包水位、一、二次风压、汽压及机组负荷等参数变化，实现设备趋势化管理。其中任一信号或参数出现波动均需查明原因，做好事故预想和应对措施，明确异常状态下的人员分工。③隐患排查有章可依。锅炉燃烧是锅炉系统的核心，运行工作重心就应放在制粉系统、风烟系统的高效配合上，确保运行设备的安全可靠和备用设备的良好备用上，认真执行好设备定期轮换，发现异常及时消除，不能及时处理的，应增加特护制度，保证机组安全。④加强集控运行与脱硫脱硝、化学、输煤、煤矿的互通，严格日常调整和突发事件逐级汇报制度，各专业各司其职，步调一致，默契配合，形成运行整体联动态势。

## 5.4 强化节能降耗意识

①建立以节能减排和提质增效为核心的生产文化。决策层应充分认识锅炉燃烧管理的重要性，并通过各种途径向全体员工传达这一理念。也可通过设立专项资金，建立完善能源提质增效奖励机制，通过全国机组指标参比、值际小指标竞赛等方式鼓励员工成立QC创新小组，自主研发新方法，实践新路径，在企业内部营造一种注重燃烧效率和环境保护的氛围。②对员工进行专业培训和继续教育。企业应对锅炉运行人员、维护团队和管理人员进行燃料特性、燃烧原理、环境法规等方面的培训，强化岗位分析、专业分析、异常分析能力，以提升员工的专业技能。同时也要定期进行技能评估和培训更新，确保员工能跟上最新的技术和标准发展。

## 6 结语

综上所述，火电厂锅炉燃烧优化及运行管理在提升能源效率、降低环境影响方面具有重要作用，采用高效的燃烧优化措施不仅能显著提高火力发电的效率和可靠性，还能在遵循环境保护法规的同时降低运营成本。因此，应持续深化火电厂锅炉燃烧的优化研究，以促进可持续能源策略的实施，优化现有能源结构，从而构建能源安全、经济高效和环境友好的电力生产体系。

## 参考文献

- [1] 姜智春.深度调峰模式下燃煤锅炉运行优化探讨[J].全面腐蚀控制,2023,37(11):31-35.
- [2] 翟志芳.基于排渣量大的锅炉燃烧系统优化改造研究[J].中国设备工程,2023(20):142-144.
- [3] 卢雄,魏博,王建江,等.基于准东煤富氧燃烧的660MW超超临界锅炉热力系统结构优化分析[J].动力工程学报,2023,43(10):1276-1284.