

电厂锅炉燃烧调整对污染物排放的影响分析

李晨曦

国家能源集团郭家湾电厂，陕西 榆林 710100

摘要： 本文概述了电厂锅炉燃烧的基本原理与过程，以及污染物生成与排放的途径，探讨了国家和地方污染物排放标准及其对环境和人类健康的影响。介绍了电厂锅炉燃烧调整的方法，并详细分析了这些调整对污染物排放的具体影响。通过某电厂锅炉燃烧调整的实例分析，评估了燃烧调整的效果，并提出了燃烧调整策略及优化建议，以期为电厂锅炉的环保运行提供参考。

关键词： 电厂锅炉；燃烧调整；污染物排放；环境影响；燃烧策略；优化建议

Analysis Of Influence Of Boiler Combustion Adjustment On Pollutant Emission In Power Plant

Li Chenxi

Guojiawan Power Plant, National Energy Group, Shaanxi, Yulin 710100

Abstract： In this paper, the basic principle and process of boiler combustion in power plants are summarized, and the ways of pollutant generation and emission are discussed. The national and local pollutant emission standards and their effects on the environment and human health are discussed. The methods of boiler combustion adjustment in power plant are introduced, and the effects of these adjustments on pollutant emission are analyzed in detail. The effect of combustion adjustment is evaluated through the analysis of a power plant boiler combustion adjustment example, and the combustion adjustment strategy and optimization suggestion are put forward, in order to provide reference for the environmental protection operation of power plant boiler.

Keywords： power plant boiler; combustion adjustment; pollutant discharge; environmental impact; combustion strategy; optimization suggestion

引言

随着我国经济的迅猛增长，电力需求持续攀升，火力发电作为主要电力来源，其环境问题备受关注。锅炉燃烧过程中释放的烟尘、二氧化硫、氮氧化物等污染物，对大气环境和人类健康构成严重威胁。为应对这一挑战，我国政府设定了严格的排放标准，要求电厂采取有效措施以减少污染物排放。锅炉燃烧调整作为关键手段，通过优化燃料、空气过剩系数、燃烧器、炉膛温度和压力等参数，有助于降低污染物生成并提升燃烧效率。然而，燃烧调整对排放影响的复杂性要求我们进行深入探究。

一、电厂锅炉燃烧与污染物排放概述

锅炉是火电厂中重要的组成部分，其运行的好坏不仅关系到电厂发电质量，而且还影响到周边环境的保护。然而现代电厂锅炉运行时，将会排放大量 NOx 气体，对周边环境造成很大破坏，影响周边居民的生活与生存，很容易导致周边居民出现各种呼吸疾病，危害居民生命健康^[1]。

（一）电厂锅炉燃烧基本原理与过程

电厂锅炉的燃烧过程是复杂的化学反应，受燃料种类和特性影响。例如，煤的挥发分、固定碳和灰分含量不同，影响燃烧效率和污染物生成。理解燃烧的分解、氧化和还原步骤对优化燃烧、减少排放至关重要。锅炉系统包括燃烧器、炉膛、烟道和除尘器等组件，共同确保充分燃烧和污染物处理。燃烧温度、气氛

和燃料空气混合程度是关键参数，对提高效率 and 减少排放起决定性作用。精确控制这些参数可优化燃烧，满足能源需求同时减少环境影响。

（二）污染物生成与排放

电厂锅炉燃烧产生烟尘、二氧化硫和氮氧化物等污染物。烟尘源于燃料中的不可燃成分不完全燃烧，其排放受燃料种类、燃烧温度和过量空气系数影响。二氧化硫来自燃料中的硫元素，其排放与燃料含硫量和燃烧温度直接相关^[2]。氮氧化物是氮气和氧气在高温下反应生成，受燃烧温度、氧气浓度和燃烧时间影响。控制这些污染物排放对改善空气质量、防治酸雨至关重要。

（三）污染物排放标准与环境影响

我国为了有效控制电厂锅炉污染物排放，已制定了一系列严格的排放标准，这些标准明确了各类污染物的最大允许排放浓

度，旨在确保环境质量与公共健康不受威胁。污染物排放到大气中，不仅会引发酸雨、雾霾等环境问题，对生态平衡造成破坏，还会影响气候变化。长期暴露于污染物中，对人类健康造成严重威胁，可能导致呼吸系统疾病、心血管疾病等健康问题，甚至危及生命。

二、电厂锅炉燃烧调整方法

电厂锅炉的燃烧效率与污染物排放量直接相关，因此，对燃烧过程的精确调整至关重要。

（一）燃料调整

燃料调整是电厂锅炉燃烧优化策略的核心，包括燃料种类的选择、预处理和配比。第一，根据锅炉设计和燃料特性，选择最适宜的燃料，以提高燃烧效率。第二，通过洗煤、脱硫等预处理技术降低燃料中的污染物含量^[3]。第三，合理调配不同特性的燃料，优化燃烧效果，减少污染物排放，同时提升能源利用效率。

（二）空气过剩系数调整

在电厂锅炉燃烧优化中，燃料的精细调整至关重要，涉及燃料种类的精选、预处理工艺的精心设计和燃料配比的精准调控。第一，锅炉设计参数与燃料特性是选择最优燃料的基础，直接影响燃烧效率和效益。第二，通过洗煤、脱硫等预处理技术，可以显著降低燃料中的污染物含量，为燃烧过程创造更清洁的原料条件。第三，合理调配不同特性的燃料，不仅能优化燃烧效果，还能有效减少污染物生成，实现环保性能与能源效率的双重提升。

（三）燃烧器调整

燃烧器的合理配置和调整对于电厂锅炉的燃烧质量具有决定性影响。选择合适的燃烧器类型至关重要，这需要根据燃料特性和锅炉的具体要求来确定。之后，通过调整燃烧器的喷射角度，可以优化燃料与空气的混合，从而提高燃烧效率。最终，调整燃烧器出口的风速，有助于控制火焰的形状和长度，进而影响燃烧过程的整体效果。

（四）炉膛压力调整

炉膛压力的稳定对电厂锅炉的运行至关重要。先通过调整引风和送风量，可以维持炉膛内的微负压状态，防止烟气泄漏，确保燃烧过程的安全和效率^[4]。之后，实时监测炉膛压力并适时调整，有助于保持燃烧的稳定，避免压力波动对锅炉运行带来的不利影响。通过上述调整方法，电厂锅炉可以实现更高效地燃烧，同时减少污染物排放。

三、燃烧调整对污染物排放的影响分析

（一）燃烧温度

燃烧温度对污染物生成和排放至关重要。提高温度能促进燃料更完全燃烧，减少一氧化碳和碳氢化合物的生成，这些不完全燃烧产物对环境和健康有害。然而，过高的温度会增加氮氧化物（NO_x）的生成，因为高温下氮气和氧气更易反应。这些化合物不仅污染空气，还可能形成二次污染物，加剧环境问题。这要求在

燃烧过程中找到一个平衡点，既能够确保燃料的充分燃烧，减少CO和HC的排放，又能够控制温度在一个相对较低的水平，以抑制NO_x的生成。

（二）燃烧时间

延长燃烧时间对于促进燃料的彻底燃烧具有显著效果，从而有助于降低一氧化碳（CO）和碳氢化合物（HC）等不完全燃烧产物的排放量^[5]。这一过程确保了燃料中的能量得到更有效地释放，减少了有害气体的排放，对改善环境质量具有重要意义。然而，燃烧时间的延长并非没有代价。

（三）燃烧气氛

燃烧气氛在污染物排放的控制中扮演着至关重要的角色。在氧化性气氛中，燃料能够更顺畅地与氧气发生反应，从而实现更彻底的燃烧过程，显著降低了如一氧化碳（CO）和碳氢化合物（HC）等不完全燃烧产物的排放。这种气氛为燃料的充分燃烧提供了理想的条件，有助于提升能源利用效率并减轻对环境负担。然而，当燃烧气氛过于氧化，即处于强氧化性气氛时，情况则有所不同。在这种情况下，虽然燃料的完全燃烧得以保证，但同时也为氮氧化物（NO_x）的生成创造了有利条件。

（四）燃料与空气的混合比

燃料与空气的混合比在燃烧过程中起着决定性作用，它直接影响着燃烧效率以及污染物的排放水平^[6]。一个适宜的混合比能够促进燃料的充分燃烧，有效降低一氧化碳（CO）和碳氢化合物（HC）等不完全燃烧产物的排放。这种优化不仅提升了能源的利用效率，而且对于减少环境污染具有重要意义。然而，混合比的控制需要极为精确。过量的空气会提高燃烧温度，从而加剧氮氧化物（NO_x）的生成。另一方面，如果空气供应不足，燃料无法得到充分的氧化，导致CO和HC的排放量增加，这不仅浪费了能源，还加剧了环境污染。

四、案例分析

本章节将通过一个具体的电厂锅炉燃烧调整实例，分析污染物排放数据，并对调整效果进行评价，以期展示燃烧调整在现实中的应用价值。

（一）某电厂锅炉燃烧调整实例

在某大型火力发电厂，针对300MW煤粉锅炉实施了全面的燃烧优化。措施涵盖了对原煤的洗选，以降低灰分和硫分的含量，并提高了煤粉的细度，增强了燃烧性能。同时，通过实时监控和调整空气过剩系数，以及精细调节燃烧器的喷射角度和风速，有效改善了燃料与空气的混合效果^[7]。此外，对炉膛温度进行了精确控制，并对炉膛压力进行了优化，以防止烟气泄漏。

（二）污染物排放数据分析

在燃烧调整前后，电厂对锅炉排放的污染物进行了细致监测，结果显示出了显著的改善：烟尘排放浓度从150mg/m³降至80mg/m³，二氧化硫排放浓度从800mg/m³降至400mg/m³，氮氧化物排放浓度也从450mg/m³降至300mg/m³，这些数据充分体现了燃烧优化措施的有效性。

（三）燃烧调整效果评价

基于监测数据，燃烧调整的效果显著：显著降低的污染物排放改善了当地大气环境，减少了对生态的影响；虽然初期投入了燃料预处理和设备调整成本，但长期来看，提升的燃烧效率和降低的污染物处理费用有效控制了运营成本；此外，电厂通过此次调整积累了关键经验，提升了锅炉运行技术。总体而言，锅炉燃烧调整达到了预期目标，符合国家标准，同时在经济和技术上实现了收益，为电厂的持续发展打下了坚实基础^[8]。

五、燃烧调整策略

基于对电厂锅炉燃烧调整的深入分析，本章节将提出一系列策略，旨在为电厂提供一套系统的燃烧优化方案。

（一）优化燃烧设备结构，提高燃烧效率

优化燃烧设备结构以提升燃烧效率，电厂采取了改进燃烧器设计、优化炉膛形状、增加燃烧器数量和布局、采用高效燃烧技术以及改善热交换效率等措施。这些措施旨在实现燃料与空气的充分均匀混合，减少未燃尽燃料排放，降低氮氧化物生成，并提高热能利用效率。预期效果包括提高燃烧效率、降低污染物排放、延长设备寿命和减少维护成本，从而为电厂的清洁生产和环境保护目标提供支持。

（二）采用低氮燃烧技术，降低氮氧化物的生成

采用低氮燃烧技术以降低氮氧化物的生成，电厂通过控制燃烧温度、实施空气和燃料分级燃烧、烟气再循环以及优化燃烧器设计等措施，预期将显著降低 NO_x 排放，提升环保形象，提高经

济效益，并增强技术实力，是实现清洁生产 and 环境保护的关键步骤^[9]。

（三）控制燃烧温度和燃烧时间，实现燃料的充分燃烧

通过精准控制燃烧温度和燃烧时间，电厂确保了燃料的充分燃烧，这一措施提高了燃烧效率，降低了污染物排放，节约了能源，并延长了设备寿命，对于实现电厂的环保和经济效益双提升起到了关键作用。

（四）调整燃烧气氛，减少氮氧化物的排放

调整燃烧气氛以减少氮氧化物的排放，电厂通过优化空气过剩系数、实施烟气再循环、控制氧气浓度和采用分级燃烧技术等措施，有效降低了氮氧化物的生成，同时提高了燃烧效率，减轻了环保压力，并提升了运营管理水平，是实现清洁生产 and 环境保护目标的关键行动^[10]。

（五）优化燃料与空气的混合比，降低污染物排放

优化燃料与空气的混合比，电厂通过精确控制供风量、改进燃烧器设计、实时监测和调整以及采用高效的燃烧技术，有效降低了污染物排放，提升了能源利用率，减轻了环保压力，并提高了经济效益，是实现高效清洁燃烧和可持续发展的关键措施。

结束语

环保和能源效率是电力行业发展的核心议题。我们坚信，技术创新将推动燃烧调整技术走向精准化，为全球环境保护和能源节约贡献力量。期望更多研究者的参与，携手促进技术发展，支持电力行业的绿色转型，共同构筑美丽中国的蓝图。

参考文献

- [1] 张立宗. 电厂锅炉炉内低氮燃烧运行优化研究 [J]. 装备维修技术, 2023, (05): 49–52. DOI: 10.16648/j.cnki.1005-2917.2023.5.011.
- [2] 李虹霖, 柏德贤, 谭庆明. 浅析某电厂超超临界锅炉燃烧器改造 [J]. 锅炉制造, 2023, (05): 24–25.
- [3] 张林, 周大慧, 英婧, 等. 某电厂四角切圆燃烧器锅炉低负荷稳燃改造 [J]. 企业科技与发展, 2023, (07): 35–38.
- [4] 葛先福. 燃煤电厂锅炉燃烧 NO_x 排放优化控制技术 [J]. 工业加热, 2023, 52(06): 45–48+53.
- [5] 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. DOI: 10.19339/j.issn.1674-2583.2023.06.154.
- [6] 孙悦. 电厂锅炉燃烧系统建模及优化研究 [D]. 吉林化工学院, 2023. DOI: 10.27911/d.cnki.ghjgx.2023.000025.
- [7] 马宏飞, 史良宵, 孔祥皓. 基于分区浓淡技术的电厂锅炉低氮燃烧改造技术 [J]. 自动化应用, 2023, 64(09): 261–263.
- [8] 胡蕴恒. 浅谈电厂锅炉应用在热能动力方面的发展前景 [J]. 大陆桥视野, 2023, (01): 127–128.
- [9] 何俊富, 王茹. 新形势下电厂燃气锅炉燃烧控制优化的研究 [J]. 现代工业经济和信息化, 2022, 12(10): 229–230. DOI: 10.16525/j.cnki.14-1362/n.2022.10.097.
- [10] 梁会朋, 赵冠雄. 燃煤电厂锅炉燃烧运行优化策略研究 [J]. 现代工业经济和信息化, 2022, 12(08): 236–237+258. DOI: 10.16525/j.cnki.14-1362/n.2022.08.093.