

锅炉燃烧技术的优化与节能降耗研究

燕志辉

中国电建集团江西省电力建设有限公司

DOI:10.12238/jsse.v2i4.10471

[摘要] 随着能源需求不断增长,环境保护意识日益增强,锅炉燃烧技术优化与节能降耗已成为工业领域亟待解决的重要课题。本文分析火电厂锅炉运行存在的问题,提出锅炉燃烧技术优化,主要包括风量调节优化、床温调整、料层高度优化,对比锅炉燃烧技术优化前后的燃烧效果对比。研究表明,通过综合运用上述技术手段,有效提高锅炉燃烧效率,降低污染物排放,实现节能降耗的目标。未来,随着新材料、新技术的不断涌现,锅炉燃烧技术将朝着更加高效、清洁、智能的方向发展。

[关键词] 锅炉; 燃烧技术; 节能降耗; 烧器优化

中图分类号: TK22 **文献标识码:** A

Research on optimization of boiler combustion technology and energy saving and consumption reduction

Zhihui Yan

Jiangxi Electric Power Construction Co., LTD.

[Abstract] With the continuous growth of energy demand and increasing awareness of environmental protection, boiler combustion technology optimization and energy saving and consumption reduction have become an important issue to be solved urgently in the industrial field. This paper analyzes the problems existing in boiler operation of thermal power plant, puts forward the optimization of boiler combustion technology, including air volume adjustment optimization, bed temperature adjustment, material layer height optimization, and compares the combustion effect before and after the optimization of boiler combustion technology. The research shows that through the comprehensive application of the above technical means, the boiler combustion efficiency can be effectively improved, the pollutant emission can be reduced, and the goal of energy saving and consumption reduction can be achieved. In the future, with the continuous emergence of new materials and new technologies, boiler combustion technology will develop in a more efficient, clean and intelligent direction.

[Key words] boiler; Combustion technology; Energy saving and consumption reduction; Burner optimization

前言

能源是国民经济发展的重要物质基础,而煤炭作为我国主要能源,其高效清洁利用对保障国家能源安全、实现“双碳”目标至关重要。锅炉作为煤炭燃烧利用的主要设备,其燃烧效率直接影响着能源利用效率和污染物排放水平,所以开展锅炉燃烧技术优化与节能降耗研究,对于提高能源利用效率具有重要意义。近年来,随着能源结构调整不断提高,传统锅炉燃烧技术面临着严峻挑战。一方面,煤炭资源日益紧缺,价格持续上涨,企业面临着巨大的成本压力;另一方面,环保法规日趋严格,污染物排放标准不断提高,企业面临着巨大的环保压力。因此,如何提高锅炉燃烧效率、降低能源消耗、减少污染物排放,已成为当前亟待解决的重要课题。基于此,本研究旨在通过对锅炉燃烧过程进行深入分析,探索影响锅炉燃烧效率的关键因素,并结合现代

燃烧理论和先进技术手段,提出锅炉燃烧技术优化方案,以期提升锅炉燃烧效率,降低能源消耗^[1]。

1 火电厂锅炉存在的问题

神华神东电力郭家湾发电厂的锅炉型号为HG-1065/17.5-L.MG44,是典型的循环流化床锅炉,主要包括单炉膛双布风板、高温绝热分离器、回料阀、尾部对流烟道等部分组成。锅炉启动采用床上启动燃烧器和床下启动燃烧器相结合方式。随着运行时间不断延长,锅炉逐渐暴露出燃料燃烧不充分和NO_x污染气体排放超标的问题。

2 火电厂锅炉燃烧技术优化

2.1 风量调节优化

在火电厂运行过程中,风量调节的优化尤为重要,它直接影响着燃烧的稳定性、热效率以及环保性能。本文将重点探

讨一次风量调节、二次风量调节以及一次风量与二次风量的配比优化。

(1) 一次风量调节。一次风量调节主要作用是维持燃料的流化状态,让燃料在炉膛内均匀分布并充分燃烧。对于循环流化床(CFB)锅炉,临界流化风量是非常关键参数,是指燃料颗粒开始流化所需的最小风量,如果低于该风量,燃料颗粒将无法保持流化状态,导致燃烧不稳定。根据实际运行情况,CFB锅炉的临界流化风量应不低于180,000Nm³/h,该数值是基于燃料特性、炉膛结构以及运行负荷等因素综合确定的。在实际操作中,应根据锅炉的实时运行状态,动态调整一次风量,让其始终高于临界流化风量,从而维持稳定的燃烧状态。

(2) 二次风量调节。二次风量调节主要通过控制烟气中的含氧量来实现。二次风作用是补充燃烧所需的氧气,促进燃料的完全燃烧,并控制烟气中的氮氧化物(NO_x)排放;含氧量控制是二次风量调节的核心目标。通常情况下,烟气中的含氧量应控制在3%~5%之间,含氧量过低会导致燃烧不完全,增加未燃尽碳的排放;含氧量过高则会加剧NO_x的生成,增加环保压力。因此,在实际运行中,要在线监测烟气中的含氧量,实时调整二次风量,使其保持在最佳范围内。

(3) 一次风量与二次风量的配比。在300MWCFB锅炉正常运行中,一次风量与二次风量的配比对燃烧效率和环保性能有着重要影响,合理的配比可以充分燃烧燃料,减少有害气体的排放。在实际操作中,下二次风量和上二次风量的占比可以根据锅炉的运行状态进行调节。下二次风量主要用于补充炉膛底部的氧气,促进燃料的初始燃烧,其占比可在10%~30%之间调节;上二次风量则用于补充炉膛上部的氧气,促进燃料的完全燃烧,其占比可在20%~40%之间调节。通过合理调节一次风量与二次风量的配比,有效提高锅炉的热效率,降低NO_x和CO等有害气体的排放,实现经济效益和环保效益的双赢^[2]。

2.2 床温调整

床温是指锅炉燃烧室内燃料与空气混合燃烧时的温度,对于300 MW锅炉,额定床温为890℃,床温控制不仅影响燃烧效率,还直接关系到锅炉的安全运行,床温过高会导致炉膛结渣、过热器超温等问题;床温过低则会影响燃烧效率,增加不完全燃烧产物的排放。

(1) 调节一次风量和二次风量的比率。一次风和二次风是锅炉燃烧过程中主要的空气供应方式,一次风主要用于维持床料的流化状态,而二次风则用于补充燃烧所需的氧气,调节一次风量和二次风量的比率是控制床温的有效手段。在一次风量调节中,增加一次风量可提高床料的流化速度,有助于降低床温;减少一次风量则会使床温升高。因此,在床温过高时,适当增加一次风量;在床温过低时,适当减少一次风量。在二次风量调节方面,增加二次风量有效提高燃烧区的氧气浓度,升高床温;减少二次风量则会使床温降低。因此,在床温过低时,适当增加二次风量;在床温过高时,适当减少二次风量。通过合理调节一次风量和二次风量的比率,有效控制床温在850~950℃的范围内^[3]。

(2) 注意对床温的实时监测。在锅炉的不同位置布置温度传感器,如床料层、燃烧室顶部等,全面监测床温的变化;通过数据分析系统,实时分析床温数据,并与设定的床温范围进行比较,一旦发现床温偏离正常范围,系统会自动调整一次风量和二次风量,将床温稳定在850~950℃^[4]。

2.3 料层高度优化

对于300MW锅炉,料层压差是衡量料层高度的重要指标,料层压差是指空气通过料层时产生的压力损失,其大小与料层厚度成正比。在正常运行条件下,300MW锅炉的料层压差应控制在380~880mmH₂O范围内。目前,料层压差与料层高度有直接关系,压差增加说明料层变厚,空气通过料层时受到的阻力增大,导致压差上升;压差下降说明料层变薄,空气通过料层时受到的阻力减小,导致压差下降。在料层高度优化时,根据锅炉负荷和燃烧情况,合理调整给煤量,避免料层过厚或过薄;结合料层高度和燃烧情况,合理调整一次风、二次风和三次风的比例,保证燃料充分燃烧;实时监测料层压差、炉膛温度、烟气含氧量等参数,及时发现和处理异常情况;定期清理炉排上的积灰和结焦,保持料层均匀,防止料层过厚^[5]。

3 锅炉燃烧技术优化前后的燃烧效果对比

3.1 燃烧效率对比

在优化锅炉燃烧技术前后,对比2×300MW锅炉的燃烧效率,其性能参数如下表所示。

表1 热损失和锅炉燃烧效率表

序号	项目	优化前	优化后
1	未燃碳热损失率	3.81%	1.26%
2	干烟气热损失率	9.64%	5.23%
3	辐射和对流热损失率	0.18%	0.18%
4	燃料水热损失率	0.11%	0.09%
5	氢生成的水热损失率	0.25%	0.17%
6	空气中水分热损失率	0.23%	0.15%
7	不可测量热损失率	0.32%	0.29%
8	热损失综合率	14.54%	7.37%
9	锅炉燃烧效率	85.46%	92.63%

结合优化效果,未燃碳热损失率的显著下降,优化后的未燃碳热损失率从3.81%降至1.26%,表明燃烧过程中未完全燃烧的碳含量大幅减少,燃料利用率显著提高;干烟气热损失率减少,干烟气热损失率从9.64%降至5.23%,说明燃烧过程中烟气带走

的热量减少,热能利用更加充分;其他热损失率的微调,虽然辐射和对流热损失率保持不变,但燃料水、氢生成的水和空气中水分的热损失率均有所下降,进一步提高了燃烧效率。通过对比分析2×300MW锅炉在优化燃烧技术前后的燃烧效率,明显看出技术优化显著提升锅炉的燃烧效率,优化后的锅炉燃烧效率从85.46%提升至92.63%,综合热损失率从14.54%降至7.37%。提高能源利用效率,有效减少能源浪费,降低污染物排放,对环境保护和可持续发展具有重要意义。未来,随着燃烧技术的不断进步,锅炉的燃烧效率有望进一步提升,为能源的高效利用和环境保护做出更大贡献^[6]。

3.2 污染物排放对比

在试验完成后,继续分析试验数据,计算多次监测数据,取数据平均值。如果遇到和标准值差异过高的数值,要进行全面分析。污染物排放对比试验数据见下表。

表2 NO_x排放量统计表

序号	项目	优化前	优化后
1	NO 含量 /(mg·m ⁻³)	417.45	405.27
2	实测NO _x 含量 /(mg·m ⁻³)	702.31	644.86
3	实测 O ₂ 含量 /%	6.9	4.9
4	实测过剩空气系数	1.45	1.32
5	保证的过剩空气系数	1.4	1.4
6	O ₂ 保证值 /%	6.2	6
7	换算到O ₂ 下的NO _x /(mg·m ⁻³)	705.37	612.32

根据表2中的数据,NO含量优化前的NO含量为417.45mg/m³,优化后为405.27mg/m³;优化后NO含量减少了12.18mg/m³,表明优化措施对NO含量的控制有一定效果。实测NO_x含量优化前实测NO_x含量为702.31mg/m³,优化后为644.86mg/m³。优化后NO_x含量减少了57.45mg/m³,表明优化措施对NO_x含量的控制效果显著。O₂含量优化前的实测O₂含量为6.9%,优化后为4.9%,O₂含量降低表明燃烧过程更加充分,减少过剩空气,从而提高燃烧效率。在过剩空气系数变化方面,优化前的实测过剩空气系数为1.45,优化后为1.32,过剩空气系数的降低表明燃烧过程更加接近理论空气需求,减少了不必要的空气引入,有助于提高燃烧效率和减少

NO_x排放。优化前后的保证过剩空气系数均为1.4,表明设计标准保持一致,优化前的O₂保证值为6.2%,优化后为6.0%,O₂保证值略微降低表明设计标准对燃烧效率的要求有所提高。换算到O₂下的NO_x含量,优化前的换算NO_x含量为705.37mg/m³,优化后为612.32mg/m³,优化后换算NO_x含量减少93.05mg/m³,表明在标准O₂含量下,优化措施对NO_x排放的控制效果显著。优化措施显著降低了NO_x排放量,尤其是在标准O₂含量下,NO_x排放量减少了93.05mg/m³,进一步提高燃烧效率,显著改善排放控制效果^[7]。

4 总结

综上所述,本研究围绕锅炉燃烧技术优化与节能降耗展开,通过理论分析、数值模拟相结合的方法,深入探讨了影响锅炉燃烧效率和污染物排放的关键因素,并提出了针对性的优化方案。研究表明,优化燃烧器结构、合理配风、采用先进的燃烧控制技术等措施,能有效提高锅炉燃烧效率,降低污染物排放,实现节能降耗的目标。然而,本研究虽然取得不错成果,但仍存在不足之处,对新型燃烧技术的研究深度和广度还不够,未来需要加强相关技术的研发和应用。展望未来,锅炉燃烧技术优化与节能降耗研究将利用人工智能、大数据等技术,实现锅炉燃烧过程的智能控制和优化运行。

【参考文献】

- [1]姚顺春,李龙千,卢志民,等.机器学习驱动锅炉燃烧优化技术的现状与展望[J].洁净煤技术,2024,30(2):228-243.
- [2]肖勇.试论新时期人工智能技术在电站锅炉燃烧优化中的应用[J].现代工业经济和信息化,2021,11(4):86-87,90.
- [3]何刚,周洪,王伟,等.基于低氮燃烧技术的600MW机组锅炉燃烧器优化改造[J].工业炉,2024,46(1):34-37.
- [4]林国辉,姜国强,赵丽,等.中储式制粉系统燃煤锅炉低氮燃烧技术改造与优化[J].能源工程,2023,43(2):69-74.
- [5]马云鹏,刘诗琳,闫姗姗,等.基于人工智能技术的火电厂锅炉燃烧优化软件的实现[J].科技风,2021(35):75-77.
- [6]张建立,曹子飞.1000MW燃煤机组锅炉燃烧优化精准调整技术研究[J].电力设备管理,2021(8):79-80,99.
- [7]负韞韵,张大海,王小君,等.考虑光热电站及富氧燃烧捕集技术的电热气综合能源系统低碳运行优化[J].电工技术学报,2023,38(24):6709-6726.

作者简介:

燕志辉(1990--),男,汉族,江西省进贤县人,大专,工程师,从事电力建设工程管理工作。