

火电厂锅炉燃烧效率优化路径分析

宋忠泽

国能河北沧东发电有限责任公司 061100

【摘要】本文探讨了火电厂锅炉燃烧效率优化的路径，主要从燃料管理、设备改造、空气分配优化等技术手段入手，分析了燃烧过程中的关键影响因素，包括燃料特性、设备配置与燃烧控制策略。研究了智能化与数字化技术在提升燃烧效率中的应用，如实时监测与数据分析、智能控制系统及数字孪生技术。通过这些优化措施，可显著提高锅炉燃烧效率，降低能耗与排放，为火电厂的高效、清洁发展提供技术支撑。

【关键词】火电厂锅炉；燃烧效率；燃料管理

Analysis of the optimal path of boiler combustion efficiency in thermal power plant

Song Zhongze

Hebei Cangdong Power Generation Co., LTD 061100

【Abstract】This paper discusses the path of combustion efficiency optimization of boilers in thermal power plants, mainly from the fuel management, equipment transformation, air distribution optimization and other technical means, and analyzes the key influencing factors in the combustion process, including fuel characteristics, equipment configuration and combustion control strategy. The application of intelligent and digital technology in improving combustion efficiency, real-time monitoring and data analysis, intelligent control system and digital twin technology are studied. Through these optimization measures, the boiler combustion efficiency can be significantly improved, energy consumption and emission can be reduced, and technical support can be provided for the efficient and clean development of thermal power plants.

【Key words】thermal power plant boiler; combustion efficiency; fuel management

引言

随着能源需求的增长和环保要求的提高，火电厂锅炉燃烧效率的优化成为行业关注的焦点。燃烧效率不仅直接影响火电厂的能源利用效率，还决定了污染物的排放水平。传统燃烧技术存在热损失大、燃料利用率低等问题，深入研究燃烧效率优化路径，结合智能化和数字化技术，是提升火电厂运行效率和环保水平的关键。本研究以燃料管理、设备改造和现代化控制系统为切入点，探讨实现燃烧效率提升的可行性和具体方法。

1. 燃烧效率优化技术分析

1.1 优化燃料管理

锅炉燃烧效率的提升，燃料管理优化扮演着至关重要的

角色，涉及洗煤作业、煤质混配策略以及低热值燃料的高效利用。通过洗煤工艺，有效减少煤炭中的灰分与硫含量，进而大幅提高燃料的热能输出，并大幅降低污染物排放量。在洗煤处理过程中，煤炭的灰分含量能够显著下降，降幅在30%至50%之间，硫分含量也有明显降低，降低幅度在25%至40%之间，而且煤炭的燃烧效率可以得到大约5%至10%的提升。在燃料应用领域，通过科学地将具有不同热值的煤种进行恰当的混合配比，得以优化提升其燃料的适燃性能。将低挥发分煤炭与高挥发分煤炭进行混合燃烧，能有效降低不完全燃烧的频次，并显著增强煤粉的点燃特性。在火电厂进行混配煤试验期间，锅炉热效率实现了大约3%的提升，飞灰含碳量降幅达到了2%^[1]。

1.2 燃烧器和锅炉改造

实施燃烧器与锅炉的改造，成为提高燃烧效能的关键技

术手段。在燃烧过程中,该低氮燃烧器技术采用多级分层策略,有效遏制了局部高温区生成,显著减少了氮氧化物(NO_x)的排放,并提升了燃烧的均一性和整体效率。实施LNB技术后,氮氧化物排放量显著降低40%–60%,锅炉运作效率亦有所提升,增幅约为2%。在某火电厂案例中,实施LNB更换措施后, NO_x 排放浓度显著降低至 150 mg/Nm^3 ,锅炉效率亦提升至1.8%。对锅炉结构实施改造,诸如优化燃烧室设计、安装高效热交换器等措施,显著增强了燃烧效率。对锅炉进行改造,无论是转变为煤粉炉或是循环流化床锅炉,均能有效提升燃烧的彻底程度,并大幅降低飞灰中的碳含量。在所提及的改造工程中,燃烧效能增长了约3%,锅炉的热效能则提升了4%。

1.3 空气分配优化

燃烧效率之提升,其关键在于对空气分配的优化策略实施。为确保锅炉燃烧过程顺利进行,需精确调控一次风与二次风的配比,以规避氧气局部短缺或过量现象。在调控风量时,将总风量的15%–25%用于一次风,并实施二次风的动态调整,这一策略能够有效降低不完全燃烧事件的发生及热量的损失。在某火电厂的运行数据中,通过实施一次风与二次风配比的优化策略,成功实现了燃料未完全燃烧损失(UBC)的15%降幅,锅炉热效率提升了约2%。高效风帽技术的应用,以及分区送风策略的实施,显著提升了空气分布的均匀性。某厂采纳分级送风技术后,飞灰含碳量显著降低至20%,且炉膛温度的均匀性提升幅度超过10%。

2. 火电厂锅炉燃烧过程与关键影响因素

2.1 燃料特性

燃料特性是影响锅炉燃烧效率的核心因素,主要包括燃料的化学成分、颗粒大小和水分含量。燃料的化学成分直接决定其热值、着火温度和燃烧性能。例如,高挥发分燃料(如褐煤)具有较低的着火温度,燃烧迅速,但热值相对较低;而低挥发分燃料(如无烟煤)则着火困难,但具有较高热值。某火电厂在使用不同煤种时发现,挥发分为30%的煤种燃烧效率较无烟煤提高了约10%。颗粒大小对燃烧反应速率影响显著。颗粒直径减小到100微米以下时,煤粉燃烧的充分性提高,飞灰含碳量可减少20%以上。水分含量过高会降低燃料热值,并导致炉膛温度降低,增加燃烧不完全损失^[2]。如

表1所示。

表1 燃料特性

参数	煤种 A	煤种 B	煤种 C
	(低挥发分煤)	(中挥发分煤)	(高挥发分煤)
挥发分含量 (%)	10	20	30
平均热值 (MJ/kg)	28	24	20
着火温度 (°C)	650	500	350
燃烧效率 (%)	85	88	92
未完全燃烧损失 (%)	5	3	2
排放烟尘含碳量 (%)	8	5	3

2.2 燃烧设备配置

锅炉燃烧效率的高低,与燃烧设备的性能及配置密切相关。设备老化或结构设计不当,锅炉运作易致空气分布失衡、燃料燃烧不充分,进而热损耗加剧。锅炉风道设计之不合理,致某火电厂运行中局部飞灰含碳量骤升至12%,经改造优化,该数值锐减至5%,锅炉效率亦随之跃升约4%。在燃烧领域,采用现代化的设备技术,能够显著提升燃烧过程的效率。锅炉结构设计若采纳分级燃烧技术,则能有效遏制局部高温区之生成,并显著降低未完全燃烧损失。在采用分级燃烧技术的过程中,能有效减少未完全燃烧所造成的损失,其降幅可达15%–20%。在设备维护中,对老化燃烧器的替换尤为关键,特别是在推广使用低氮燃烧器方面。以某电厂为参照,更换其燃烧设备后,锅炉性能得以提高约两成,氮氧化物排放量降低了一半。

2.3 燃烧控制策略

精确的燃烧控制策略对燃烧效率之提升,具有至关重要的决定性作用。在采用传统方式手动进行控制时,常遭遇反应延迟的困境,此状况无法有效适应繁复的燃烧环境,进而引起效率的降低。温度与压力等关键参数,在现代自动控制系统中实时监测,以实现燃烧过程的优化。某火电厂将过量空气系数调整至1.1–1.2区间,其燃烧效率得以提高3%,烟气氧含量降幅达15%。人工智能算法与专家系统融合的先进控制系统,能够对燃烧过程实施动态优化。实施智能控制系统后,该厂锅炉热效率得以提升约5%,飞灰含碳量降幅

达20%。燃料特性变动时,自动控制系统实时动态地调整其参数,如遇挥发分含量上升,系统便会增加一次风量,以确保燃料能够得到充分燃烧^[1]。

3. 智能化与数字化技术在燃烧效率优化中的路径

3.1 实时监测与数据分析

智能化燃烧效率优化,其根基在于对实时监测数据的深入分析。运用物联网传感器与在线监测系统,对锅炉燃烧过程进行实时监控,精准获取关键参数,诸如炉膛温度、压力以及烟气成分(例如 O_2 、 CO_2 、 NO_x)等。动态优化的燃烧过程得以依托于这些实时数据而得以实施。某火电厂运用在线监测系统对烟气成分进行实时监控,并精确调控氧气含量,在3%~5%的范围内操作,有效提升了燃烧效率,增幅约为3%。通过对所收集数据的运用大数据技术进行深入剖析,成功构建了燃烧性能模型,进而精准识别出导致效率降低的核心因素。在数据波动分析过程中,某厂识别出二次风量偏大是热损失上升的关键因素,经过调整措施,热效率得以提升2%。引入建模预测技术,可预先识别运行过程中的异常状况,诸如通过监测温度异常来预警炉膛结焦的潜在风险。锅炉运行中,实时监测与数据分析技术的融合,不仅显著增强了其安全性及稳定性,亦为燃烧策略的进一步优化贡献了关键数据支持。

3.2 智能控制系统

依托人工智能算法与专家系统,智能控制系统成功实现了对锅炉燃烧过程的自动化精确调控。手动调节的传统控制系统,往往存在响应滞后及调整偏差,而智能控制系统凭借实时监测数据,能灵活调整燃烧相关参数,如空气与燃料的配比、一次风与二次风的分配等。实施智能控制系统后,某火电厂的灰飞含碳量降低了20%,锅炉效率亦相应提高了约4%。自适应算法在智能控制系统中得以应用,能实时针对燃料特性的变动或外界负荷的波动,对燃烧过程进行优化。面对负荷的迅速波动,系统通过适时调节燃料流量及过量空气比,确保热能利用率始终稳定在九成之上。在智能控制领

域,专家系统发挥着关键作用,它能够依据丰富的经验规则,提出一系列优化方案,如针对燃料挥发分较高的情况,适时调整一次风的比例。在燃烧领域,智能控制系统的运用大幅度提高了燃烧效能,并且有效降低了因人为操作不当所引发的失误以及排放标准不达标的潜在风险^[4]。

3.3 大数据与数字孪生技术

在燃烧效率的优化过程中,大数据与数字孪生技术扮演了关键角色。借助大数据分析手段,能够深入解析历史运行数据中蕴含的未知规律,从而为锅炉的优化升级贡献实证支持。某厂五年之久的运行数据揭示了锅炉效率与过量空气系数间非线性的紧密联系,经优化处理,锅炉的热效率得以提升,增幅约为3%。锅炉的运行过程得以通过数字孪生技术的虚拟模型进行模拟,该技术实时提供燃烧状态的反馈,并预判潜在的问题。某电厂搭建数字孪生体系,经模拟揭示二次风场布局失衡,致使某些区段温度降低,经对风道结构优化,未燃损失得以减少15%。在运行策略的优化过程中,数字孪生技术发挥着至关重要的作用。在实际应用中,通过模拟对比不同煤种的混配燃烧效果,采纳了燃烧性能最为优越的最优混配方案,成功将燃烧效率提高了5%。锅炉燃烧效率优化得以实现,得益于大数据与数字孪生的技术路径,该路径提供了一种精确而高效的解决方案,从而显著增强了运行的经济效益与安全水平。

结语

火电厂锅炉燃烧效率的优化是实现能源高效利用和减排的重要途径。本研究从优化燃料管理、燃烧设备改造和空气分配优化等传统技术入手,结合智能化控制与数字化技术,提出了一系列提升燃烧效率的措施。这些方法不仅能够降低燃料消耗,提高热值利用效率,还可通过智能化监测与控制实现燃烧过程的精准调节,为火电厂的节能减排提供了技术保障。未来,应进一步深化数字孪生技术与人工智能的应用,推动火电厂向智能化和绿色化方向发展。

参考文献

- [1]张强.火电厂锅炉炉内低氮燃烧运行优化试验研究[J].工业炉,2023,45(05):19-23.
- [2]王鹏,高莹.火电厂CFB锅炉的燃烧技术优化研究[J].造纸装备及材料,2022,51(05):120-122.
- [3]王继强,李友志,白帆,等.浅析火电厂锅炉运行控制与故障预防[J].科技视界,2020,(28):89-90.
- [4]郝美.火电厂锅炉燃烧优化关键技术研究[J].现代工业经济和信息化,2020,10(09):16-17+73.