

火电厂锅炉燃烧调整分析

赵志贺 张 旭 贾浩然
济宁华源热电有限公司 山东 济宁 272000

摘 要：火电厂锅炉燃烧调整是保障机组高效、安全、环保运行的关键环节。本文围绕燃烧调整的目标与任务展开，系统分析影响燃烧的核心因素，包括燃料特性、锅炉设备状况及运行参数。基于上述分析，从燃料调整、设备优化、运行参数调控及智能控制四个维度提出策略，如合理配煤、燃烧器改造、风烟系统调试、引入先进控制系统等，为提升锅炉燃烧效率、降低污染物排放及保障系统稳定性提供理论与实践参考。

关键词：火电厂；锅炉燃烧；调整分析

引言：在能源转型与节能减排的背景下，火电厂锅炉的燃烧效率与环保性能直接影响电力生产的经济性与可持续性。锅炉燃烧过程受燃料性质、设备状态及运行参数等多因素耦合作用，若调整不当易导致燃烧效率下降、污染物排放超标及设备故障等问题。科学开展燃烧调整，对优化能源利用、降低运行成本及满足环保标准具有重要意义。通过剖析燃烧调整的目标任务，深入探讨关键影响因素，并提出针对性调整策略，为火电厂锅炉的精细化运行与优化提供技术路径。

1 火电厂锅炉燃烧调整的目标与任务

火电厂锅炉燃烧调整旨在通过优化燃烧过程，实现机组安全、高效、环保运行。其核心目标首先是确保燃烧稳定性，维持炉膛负压、温度等参数处于合理区间，避免因燃烧波动导致灭火、结焦等事故，保障设备连续可靠运行。其次，提高燃烧效率是关键任务，通过合理调配燃料、空气及运行参数，使燃料充分燃烧，减少未燃尽损失，提升机组发电效率，降低煤炭等能源消耗。再者，降低污染物排放同样不容忽视，在满足环保法规要求下，通过调整燃烧方式抑制氮氧化物、二氧化硫及烟尘等污染物生成，减轻对环境的负面影响。此外，延长设备使用寿命也是重要目标，通过优化燃烧调整，减少高温、腐蚀等因素对锅炉受热面、燃烧器等部件的损害，降低设备维护成本，为火电厂实现经济效益与环境效益的双赢奠定基础^[1]。

2 影响火电厂锅炉燃烧的因素

2.1 燃料特性

2.1.1 煤种变化

煤种变化直接影响锅炉燃烧稳定性与效率。不同煤种的挥发分、灰分、水分差异显著，挥发分高的煤易着火，但燃烧剧烈可能引发结焦；挥发分低的煤着火困难，易导致火焰不稳定甚至灭火。灰分含量高的煤，不

仅降低可燃质比例，其低熔点特性还会造成受热面结渣，阻碍热量传递。水分过大则增加排烟热损失，降低炉膛温度，削弱燃烧强度，因此，煤种变化是影响锅炉稳定、高效运行的关键因素。

2.1.2 煤粉细度

煤粉细度与燃烧效率、能耗密切相关。煤粉过粗时，比表面积小，与空气接触不充分，致使着火延迟、燃尽困难，增加机械不完全燃烧损失；过细则会提高制粉电耗与设备磨损，甚至引发管道自燃风险。合理控制煤粉细度，既能保证煤粉迅速着火、充分燃尽，又能降低制粉系统运行成本，对提升锅炉整体性能、实现经济安全运行具有重要意义^[2]。

2.2 锅炉设备状况

2.2.1 燃烧器结构与布置

燃烧器结构与布置直接影响炉内空气动力场和燃料混合效果。不同结构的燃烧器（如旋流、直流式）对煤粉与空气的混合强度、火焰形状和充满度影响各异。布置方式决定了炉内气流旋转方向与温度分布，不合理的布置易造成火焰偏斜、贴壁，引发结焦或磨损。优化燃烧器结构与布置，可强化燃料与空气的扰动混合，提高燃烧稳定性与效率，降低污染物生成。

2.2.2 受热面布置与清洁程度

受热面布置影响炉内热量分配，合理的布置能确保各区域温度适配燃烧需求。而清洁程度直接关乎传热效率，积灰、结渣会在受热面形成隔热层，削弱热量传递，导致排烟温度升高、锅炉效率下降，甚至引发超温爆管。定期清灰除渣，保持受热面清洁，是维持锅炉高效运行、保障设备安全的必要措施。

2.2.3 风烟系统

风烟系统的性能影响炉内通风与压力平衡。风机出力不足或风道漏风，会导致风量分配不均、炉膛负压波

动,影响燃烧稳定性;烟道阻力增大则增加引风机电耗。系统密封不严还会使冷空气渗入,降低炉膛温度,增加排烟热损失。保证风烟系统密封性,优化风机运行参数,是实现稳定燃烧、降低能耗的关键。

2.3 运行参数

2.3.1 负荷变化

负荷变化直接影响锅炉燃烧工况。当负荷增加时,燃料与风量需同步提升,若调节不及时,易因燃料供应不足导致燃烧强度下降;负荷降低时,燃料量减少,若风量调整不当,会造成过剩空气系数过大,排烟热损失增加。频繁大幅度的负荷波动,还会使炉内温度场、压力场失衡,引发燃烧不稳定,甚至导致设备损坏,因此需精准匹配负荷与燃烧参数,保障运行安全高效。

2.3.2 一次风速与风温

一次风速与风温对煤粉输送及着火过程影响显著。风速过高会使煤粉气流刚性过强,推迟着火,甚至导致火焰被吹熄;风速过低则易造成煤粉沉积堵塞管道。一次风温直接影响煤粉预热效果,风温不足会使煤粉着火延迟,燃烧不稳定。合理控制一次风速与风温,既能保证煤粉稳定输送,又能促进快速着火,提高燃烧效率,降低未燃尽损失。

2.3.3 二次风配比与风速

二次风配比与风速决定了燃料燃烧的充分程度。二次风过早混入,会降低着火区域温度,延迟着火;过晚混入则不利于燃料燃尽。风速过高会扰动火焰,破坏燃烧稳定性;风速过低则无法提供充足氧量,导致不完全燃烧。通过合理分配各层二次风比例,调节风速,可实现燃料与空气的最佳混合,强化燃烧过程,减少污染物生成,提升锅炉整体性能。

3 火电厂锅炉燃烧调整策略

3.1 燃料调整策略

3.1.1 合理配煤

合理配煤是提升火电厂锅炉燃烧效率与稳定性的基础策略。不同煤种在挥发分、灰分、水分及发热量等特性上存在显著差异,单一煤种燃烧易出现着火困难、结焦或效率低下等问题。通过科学掺配,将高挥发分煤与低挥发分煤、高灰熔点煤与低灰熔点煤按比例混合,可有效平衡燃烧特性。例如,高挥发分煤能辅助低挥发分煤快速着火,而高灰熔点煤可降低结渣风险。此外,建立煤质特性数据库,结合锅炉设计参数与实时运行工况,利用数学模型动态优化配煤方案,实现燃料特性与锅炉燃烧需求的精准匹配,既能提升燃烧效率,又能减少污染物生成,降低运行成本与设备维护压力。

3.1.2 控制煤粉细度

煤粉细度直接影响锅炉燃烧的完全程度与制粉系统能耗。过粗的煤粉比表面积小,与空气接触不充分,易导致着火延迟、燃尽困难,增加机械不完全燃烧热损失;过细的煤粉虽能提高燃烧效率,但会加剧磨煤机磨损、提升制粉电耗,甚至引发管道自燃风险。因此,需根据煤种特性确定最佳细度范围:低挥发分、高灰分煤宜磨制更细以促进着火,高挥发分煤则可适当放宽细度要求。实际运行中,通过调节磨煤机分离器折向挡板开度、优化钢球装载量等手段,结合在线监测系统实时反馈的煤粉细度数据,动态调整制粉参数,建立基于燃烧效率与能耗平衡的细度调控模型,实现经济效益与燃烧性能的双赢。

3.2 设备优化策略

3.2.1 燃烧器改造与优化

燃烧器作为燃料与空气混合燃烧的核心设备,其结构与性能直接决定燃烧效率与稳定性。通过改造优化,可有效解决火焰偏斜、燃烧不充分等问题。一方面,采用新型燃烧器结构,如浓淡分离式、分级燃烧式,能够强化燃料与空气的混合效果,提升着火稳定性,抑制氮氧化物生成;另一方面,根据锅炉运行特点和煤质变化,调整燃烧器的布置角度与间距,优化炉内空气动力场,避免火焰冲刷受热面,减少结焦与磨损风险。

3.2.2 受热面清灰与防磨

受热面的清洁程度与完整性直接影响锅炉的传热效率和使用寿命。积灰、结渣会在受热面表面形成隔热层,阻碍热量传递,导致排烟温度升高、热效率降低;而磨损则会削弱受热面强度,增加爆管风险。因此,需建立科学的清灰与防磨机制:定期采用声波、蒸汽、激波等方式进行清灰作业,及时清除积灰结渣,恢复受热面传热性能;针对易磨损区域,通过加装防磨瓦、喷涂耐磨涂层、优化烟气流场等措施,降低飞灰对受热面的冲刷磨损。

3.2.3 风烟系统调试与维护

风烟系统的稳定运行是保障锅炉燃烧工况的关键。系统阻力过大、漏风严重等问题,会导致风量分配不均、炉膛负压波动,影响燃烧稳定性并增加能耗。在调试阶段,需对风机性能、风道阻力、风门调节特性等进行全面测试,通过调整风机叶片角度、优化风道布局、校准风门开度,实现风量精准分配和系统阻力最小化。日常维护中,加强对风道、烟道的密封性检查,及时修复漏风点,减少冷空气渗入;定期清理风机叶轮积灰、疏通堵塞的烟道,降低系统运行阻力^[3]。

3.3 运行参数调整策略

3.3.1 负荷调节

负荷调节是保障锅炉稳定高效运行的核心环节。当机组负荷变动时,燃料量、风量、给水量等参数需同步精准调整。负荷增加时,若燃料与风量提升滞后,会导致燃烧强度不足、主蒸汽参数下降;负荷降低时,过量的空气与燃料不匹配,将增加排烟热损失和不完全燃烧损失。实际操作中,需建立负荷-参数联动调节模型,依据负荷变化趋势,提前预判并调整燃料供给与风煤配比,确保炉内燃烧工况稳定。同时,针对不同负荷区间优化燃烧调整策略,如低负荷时适当提高煤粉浓度、加强火焰中心调节,避免因燃烧不稳定引发灭火或结焦,实现全负荷范围的安全高效运行。

3.3.2 一次风调整

一次风参数直接影响煤粉的输送与着火过程。一次风速过高会使煤粉气流穿透能力过强,导致着火延迟、火焰后移,甚至引发灭火;风速过低则易造成煤粉沉积堵塞管道,威胁系统安全。一次风温不足时,煤粉预热效果差,同样影响着火稳定性。运行中需根据煤种特性动态调整一次风速与风温:对难着火的低挥发分煤,适当降低风速、提高风温,增强着火性能;对高挥发分煤,则需控制风速避免燃烧器喷口结焦。同时,通过在线监测煤粉浓度与气流分布,结合磨煤机出力变化,精细化调节一次风参数,确保煤粉稳定输送且快速着火,提升燃烧效率。

3.3.3 二次风调整

二次风的合理分配与风速调控是促进燃料完全燃烧、降低污染物排放的关键。二次风过早混入,会稀释着火区域温度,延迟着火;过晚混入则无法为后期燃烧提供充足氧气,导致不完全燃烧。风速过高会破坏炉内空气动力场,引发火焰扰动;风速过低则难以穿透燃料层,影响混合效果。调整时需遵循“分级配风”原则,根据燃烧进程,在着火区减少二次风量,保证着火稳定;在燃烧中后期加大二次风量,强化扰动与燃尽。同时,依据负荷、煤种变化动态调节各层二次风速与风量比例,结合氧量监测数据实时优化配风方案,实现燃料与空气的最佳混合,降低飞灰含碳量与氮氧化物生成量,提升锅炉整体性能。

3.4 智能控制策略

3.4.1 引入先进的燃烧控制系统

引入先进的燃烧控制系统是实现火电厂锅炉智能化运行的关键。传统人工调节存在响应滞后、参数波

动大等问题,而先进控制系统,如基于模型预测控制(MPC)、分布式控制系统(DCS)与人工智能算法的智能控制系统,可实时采集炉膛温度、氧量、压力等海量数据,通过快速运算与分析,精准预测燃烧趋势。系统能够根据煤质变化、负荷波动等复杂工况,自动优化燃料供给、风量配比等参数,实现燃烧过程的动态自适应调节。例如,当煤种挥发分发生变化时,智能系统可立即调整一次风速与二次风配比,确保着火稳定,减少人为干预带来的不确定性,显著提升燃烧效率与稳定性,降低运行人员劳动强度。

3.4.2 建立燃烧优化模型

建立燃烧优化模型是实现锅炉高效环保运行的核心技术手段。通过整合锅炉运行历史数据、煤质特性数据及设备参数,结合热力学、流体力学原理,构建涵盖燃料燃烧、传热传质、污染物生成等过程的数学模型。利用机器学习算法对模型进行训练与优化,使其能够准确模拟不同工况下的燃烧特性。该模型可分析各运行参数对燃烧效率、污染物排放的影响规律,通过多目标优化算法寻找最佳运行参数组合。例如,在保障燃烧效率的同时,最小化氮氧化物排放。运行中,模型持续根据实时数据更新优化方案,为燃烧调整提供科学指导,推动锅炉运行从经验驱动向数据驱动转变,实现节能降耗与环保减排的双重目标^[4]。

结束语

火电厂锅炉燃烧调整是一项系统性、综合性的工程,需综合考量燃料特性、设备状况、运行参数等多维度因素。通过合理的燃料调配、设备优化、参数调控及智能技术应用,能够有效提升燃烧效率,降低能耗与污染物排放,保障机组安全稳定运行。在能源结构转型与环保要求趋严的背景下,火电厂需持续深化燃烧调整技术研究,推动传统经验与先进智能手段深度融合,探索更高效、清洁、经济的燃烧优化路径,为实现电力行业绿色低碳高质量发展提供有力支撑。

参考文献

- [1]姜鸿起.关于火电厂锅炉燃烧调整的思考[J].科技创新与应用,2021(14):117-118.
- [2]马楠,由聪.火力发电厂锅炉燃烧优化技术的研究探讨[J].电站系统工程,2022,33(02):137-138.
- [3]费振伟,俞华,熊建文.火电厂锅炉燃烧优化关键技术研究[J].电子制作,2022(04):151-152.
- [4]马楠,由聪.火电厂锅炉燃烧优化技术的研究探讨[J].电站系统工程,2021,(2):141-142.