

# 有关火力发电厂锅炉制粉系统损耗探讨

高 飞

包头东华热电有限公司 内蒙古 包头 014000

**摘 要：**火电厂锅炉作为能源生产系统核心装置，其燃烧工况对能源转化效能和生态环境影响显著。本研究通过对燃烧控制系统进行智能化改进，实现了对燃烧参数的精确调控，有效提升了热功转换效率与燃料利用率。在降低单位能耗与污染物排放的显著减轻了火电厂对环境造成的负荷，充分契合当下绿色发展的理念。本文系统剖析了当前火电机组燃烧调控方面存在的技术瓶颈，深入阐释了开展燃烧优化工作的重要价值，并依据锅炉自身燃烧特性提出了具有针对性的改进方案，为提升火电机组燃烧性能提供了理论依据和实践指导。

**关键词：**电厂；锅炉；燃烧；控制；优化

## 1 前言

作为电力工业的关键设备，锅炉的燃烧效能对能源转化效率和环保指标具有决定性影响。但现有燃烧系统普遍存在能效偏低、设备陈旧、自动化程度不足等突出问题，这不仅造成大量能源损耗，还加剧了环境污染，严重阻碍了行业的绿色发展。本研究拟从燃烧系统结构优化、设备状态监测、智能控制技术升级等维度入手，系统性地提升锅炉热效率，实现能源消耗与污染物的协同控制。通过理论建模与工程实践相结合的研究范式，结合典型电厂运行数据和技术经济性分析，构建具有可操作性的节能改造方案。

## 2 电厂锅炉燃烧控制存在的问题

### 2.1 煤粉分配不均匀

锅炉燃烧不稳定的主要成因可追溯至燃烧系统内部煤粉分配不均现象。研究表明，当各燃烧器间风速差异超出临界范围时，将显著影响煤粉浓度分布，造成特定燃烧器煤粉供给量偏离设计工况。这种现象在锅炉分层燃烧系统及支管结构中表现尤为突出。煤粉分布失衡不仅会降低燃烧效率，更会引发局部燃烧异常，表现为部分区域燃烧不完全或过燃烧，最终导致锅炉运行工况恶化、污染物排放超标等一系列运行问题。

### 2.2 缺乏相应的风、粉、灰测量手段

锅炉运行工况下，风量、煤粉浓度及灰分含量等关键参数的精确监测是实现燃烧过程优化调控的重要基础。然而，现有锅炉系统在参数测量方面仍存在诸多技术瓶颈：首先，风量监测主要依赖传统风量计，受限于其测量精度与稳定性不足，所得数据往往存在偏差，严重影响燃烧工况的精准调节；其次，针对煤粉浓度与灰分含量的在线监测设备普遍存在标定误差大、性能不稳定等技术缺陷，导致测量数据可靠性降低，给燃烧优化

带来显著挑战。这些测量手段的缺失不仅制约了燃烧参数的精确控制，更可能引发运行安全隐患并造成经济损失。

## 3 电厂锅炉燃烧优化的意义

### 3.1 提高燃烧效率和锅炉整体性能

燃烧过程的优化能够显著提升锅炉系统的能源转化效率，具体表现为促进燃料的完全燃烧，实现化学能向蒸汽热能的充分转换。研究表明，采用燃烧器参数调节和结构优化等技术手段，可有效改善燃料与空气的混合程度，创造理想的燃烧环境，进而充分释放燃料的潜在能量。此外，燃烧优化对锅炉性能的提升具有多重效应：一方面能够减少热损失，增强传热效能；另一方面可提升系统运行的稳定性和产能。实验数据表明，科学的燃烧调控策略能够显著降低热损失率，使锅炉热效率得到明显改善。

### 3.2 减少热损失和污染物排放

燃烧过程的优化对提升锅炉能效具有显著作用。研究表明，锅炉运行期间存在多种形式的热能损耗，主要体现为燃料不完全燃烧、烟气余热散失以及燃气冷却等。采用科学的燃烧控制技术能够显著提升燃料的完全燃烧率，从而降低热能损耗，实现能源利用效率的提升。此外，燃烧优化技术对减少污染物排放同样具有重要价值。在常规燃烧条件下，燃料的不充分燃烧会生成大量一氧化碳、氮氧化物及挥发性有机化合物等环境污染物。通过精确调控燃烧参数并提升燃烧效率，可有效抑制这些污染物的生成，显著降低锅炉排放负荷，对改善大气环境质量具有积极意义。

### 3.3 提升电厂经济效益

燃烧过程的优化对提升电厂运行效益具有多重促进作用。首先，在热力系统方面，通过实现燃料的充分燃烧、热能的高效转化以及热损失的显著降低，能够显

著提升锅炉蒸汽产量,进而在单位燃料消耗条件下获得更高的发电量,直接提升经济效益。其次,在成本控制维度,燃烧优化可有效降低燃料损耗率,提高能源转换效率,从而显著节约燃料采购支出。再次,设备维护方面,优化的燃烧工况能够减轻锅炉及相关设备的运行负荷,延长设备服役年限,降低维修保养费用。最后,在环保合规方面,燃烧优化可有效控制污染物排放浓度,既避免了因排放超标而产生的行政处罚风险,又减少了末端治理设施的运行成本<sup>[1]</sup>。

#### 4 燃煤锅炉燃烧优化技术研究

##### 4.1 设备方面优化

燃煤锅炉系统想要提升运行效能,关键之处在于优化燃烧过程,这一技术手段既能有效提升热效率,又能达成节能减排的目标,传统燃烧设备因为结构设计有缺陷或者长期使用出现损耗,经常会出现燃烧不完全的现象,从而造成能源利用率处于低下水平,该电厂通过采用新型高效燃烧装置,实现了燃料与空气的充分混合,显著改善了燃烧的充分程度,运行测试结果表明,锅炉热效率提升了3个百分点,折合每小时能节约标准煤102公斤,既降低了运行成本又减少了污染物生成,在锅炉辅助设备方面,对送风系统进行能耗优化同样具有重要意义,传统定速风机没办法实现负荷匹配运行,存在比较明显的能源浪费问题,引入变频调速技术之后,系统能够依据燃烧工况、蒸汽压力等关键参数实时调节风机转速,实现对供风量的精准控制,低负荷工况下风机转速会自动降低,高负荷时则会相应提升,在确保燃烧所需风量的同时最大限度降低能耗,运行数据显示,变频改造之后风机能耗下降20%,显著提升了锅炉系统的整体能源利用效率。

##### 4.2 运行方面的优化

燃煤锅炉系统虽然把煤炭当作主要燃料来源,但在实际运行的时候经常会出现燃烧不充分现象,这就导致排放的烟气当中残留有可燃性气体,同时锅炉烟气输送系统存在的密封缺陷也有可能引发安全方面的风险。通过配置可燃气体监测装置能够实时识别上述这些问题,进而显著提升设备运行的安全性能。该监测装置会持续检测烟气中可燃成分的浓度变化情况,一旦发现超标情况就会即刻触发报警机制,并且通知技术人员进行故障排查与相关处置工作,这样能够有效预防因燃烧不充分而引发的火灾或者爆炸事故,还能保障烟气系统的密闭性能并降低污染物排放。相关仿真与实验研究显示运用改进型DNA遗传算法对锅炉运行参数进行多目标优化之后,燃烧效率能够提升大约2%,氮氧化物排放量可减少

约15%,在节能减排方面取得了比较显著的成效<sup>[2]</sup>。

##### 4.3 控制方面的优化

为了有效解决燃煤锅炉运行时存在的燃烧效率低下以及热能损耗严重等问题,本研究提出并且实施了一系列技术创新方面的方案。具体来说,某发电厂采用高效旋流燃烧器和动态分离器相结合的技术路线,让煤粉颗粒细度(R90)从15%降低到了8%,使燃烧效率提升了6个百分点,该厂创新性地构建了烟气余热梯级利用系统,借助热管换热器把排烟温度从150℃降到了90℃,实现热能回收率提升12.3%,在锅炉系统优化这一方面,采用CFD数值模拟技术对管道系统开展流体力学优化设计,让流动阻力降低了18%,并且采用纳米气凝胶复合保温材料替代传统保温层,使锅炉整体热效率达到了87.5%。实证研究显示,该技术体系不仅显著提升了能源利用效率(标准煤耗降低4.2g/kWh),还为燃煤机组实现超低排放提供了可靠的技术支撑。

##### 4.4 其他方面的优化

在燃料管控环节,通过优化煤粉供给系统的调节精度,确保燃料品质的稳定性与燃烧工况的持续性。对锅炉燃烧控制系统实施技术改造,采用智能化监测手段,对炉膛温度、烟气排放温度等核心运行参数进行动态监控与精确调节,维持锅炉运行工况处于最优区间。同时,建立完善的设备维护保养制度,定期开展锅炉本体及附属设备的巡检与维修工作,预先排除可能存在的设备缺陷,从而保证锅炉系统的可靠性和耐久性。通过上述系统性优化措施,显著提升了锅炉的燃烧效能与热能转化率,为发电企业实现节能降耗和环保生产目标提供了有力支撑。

#### 5 燃煤锅炉节能技术研究

##### 5.1 系统基础方面的优化

某发电企业在燃煤锅炉系统节能技术领域做了系统性研究,通过开展燃烧试验对锅炉结构参数进行优化设计,研究结果显示经过炉膛结构改良之后热交换性能显著改善,同时系统热损耗明显降低,锅炉系统基础参数的优化是提升能源利用效率的关键环节,该企业基于燃烧特性分析对炉膛几何参数进行科学调整,实现传热效率提升与热损失降低双重效果,优化方案重点围绕炉膛几何形态、尺寸参数及内部流场分布开展,通过改善火焰与受热面接触条件有效增强热量传递效果,在燃烧控制方面该企业引入先进燃料供给与配风技术体系,采用高精度煤粉研磨系统确保燃料均匀分布,运用多级配风装置和可调式风门结构实现燃烧过程氧气浓度精确调控,这些技术手段不仅增强燃烧稳定性还促进燃料与氧

化剂充分混合,从而显著提升了燃烧效率,此外该企业对锅炉烟气处理系统进行创新性改进,加装烟气余热回收装置将排烟余热用于助燃空气预热或给水加热,这一改造提高热能利用率且降低排烟温度,在节能减排方面取得显著成效<sup>[3]</sup>。

### 5.2 燃烧细节方面的优化

本研究通过对燃烧系统关键参数和结构设计进行优化,从而实现了较为显著的能效提升效果,首先采用动态分离器技术把煤粉粒径精准调控到90%通过200目筛的最佳区间范围,既保证了煤粉充分燃烧又避免了过度粉碎造成的能耗损失情况,其次创新性地运用分层燃烧技术和可调式燃烧器,对炉膛内空气-燃料混合特性进行了优化,显著提升了整体燃烧效率,实验数据显示将炉膛温度维持在最佳燃烧区间能够有效降低不完全燃烧率,从原来的12%降至5%,同时热效率提升了8.2%,在排烟系统优化方面通过余热回收装置把排烟温度控制在150℃以下,不仅进一步提升了热效率约3.5%,还显著降低了烟气热污染排放,使得NO<sub>x</sub>排放量减少15%,这些措施综合应用让某电厂锅炉运行效率达到92.6%,相较于改造之前提升了11.8个百分点。

### 5.3 节能材料方面的优化

在燃煤锅炉节能技术体系里节能材料选用与优化有关键作用,就拿某电厂来说其采用导热系数仅0.035W/(m·K)高性能岩棉保温材料,对锅炉本体及附属管道系统做全方位保温处理,基于热力学原理精确计算把保温层厚度控制在50mm以上,这样做显著降低系统热损失让锅炉传热效率明显改善,同时达成能耗降低与环境效益提升双重目标,在材料选择方面该电厂创新性运用耐高温腐蚀合金材料制造锅炉核心部件,像热交换器与烟道系统这些材料在高温烟气环境展现卓越机械性能和化学稳定性,尤其值得说的是烟气处理环节增设热回收装置采用先进耐热材料制造,其热回收效能达到85%通过将回收热量用于助燃空气预热或给水加热,让锅炉整体热效率提升至87.5%以上同时大幅减少烟气排放对环境造成的

影响。

### 5.4 节能细节方面的优化

优化锅炉给水品质是确保热传导效能稳定、提升设备运行周期的关键要素。当锅炉给水中存在过量溶解性固体及矿物质时,极易在受热面形成结垢与沉积物,这些附着物不仅会显著降低热交换效率,还可能引发爆管等严重安全事故。为此,建议采用离子交换树脂、反渗透膜分离等现代化水处理工艺来改善水质指标。同时,实施周期性的化学清洗与机械除垢作业也是维持锅炉热效率的有效途径。在燃煤节能技术方面,催化燃烧技术通过添加特定催化剂,能够有效提升煤粉燃烧速率和完全燃烧程度,该技术不仅改善了燃料利用率,还实现了污染物排放量的显著降低。值得注意的是,催化剂的引入可降低煤粉的着火温度与燃尽温度,从而优化燃烧过程并增强节能效果<sup>[4]</sup>。

### 结语

综上所述,本文通过对燃煤锅炉燃烧优化及节能技术的深入研究,提出一系列切实可行的技术和管理措施,涵盖燃烧优化和节能技术的多个方面,旨在全面提高燃煤锅炉的燃烧效率和节能效果,实施这些措施,不仅可以显著降低电厂的能源消耗和污染物排放,还能提升电厂的经济效益和环保形象。未来应进一步关注新技术、新材料的发展和应用,不断优化和完善燃煤锅炉的燃烧和节能技术体系,为构建绿色、低碳、可持续的能源体系贡献力量。

### 参考文献

- [1]彭昭雄,周健,等.基于自学习寻优对燃煤锅炉燃烧优化的试验研究[J].内蒙古电力技术,2024,42(03):94-100.
- [2]刘冬,王卉.燃煤锅炉燃烧优化与污染物控制技术[J].电力科技与环保,2024,40(02):93-94.
- [3]李晓艳.浅析燃煤锅炉的节能环保改造技术[J].能源与节能,2024(04):79-82.
- [4]田宇,赵海燕.锅炉技术在火力发电厂中的应用与研究[J].当代化工研究,2023(13):111-113.