

电厂锅炉运行参数优化研究

徐银谋 郝长军 李培奎

临沂市阳光热力有限公司

DOI:10.32629/etd.v6i12.19262

[摘要] 随着电力行业对火电机组安全高效、低碳减排要求的不断提升,电厂锅炉运行参数优化成为提升机组综合运行效能的核心抓手。系统梳理锅炉蒸汽、燃烧、汽水、烟风四大系统的核心运行参数体系,深入剖析设备本体状态、燃料基础特性、负荷与工况波动等关键影响因素,从分系统专项优化与多系统协同调控维度,提出适配全工况的锅炉运行参数优化实施路径,为火电机组提质增效提供可靠的技术支撑。

[关键词] 电厂锅炉; 运行参数; 参数优化; 高效清洁运行

中图分类号: TM621.2 **文献标识码:** A

Research on Optimization of Boiler Operation Parameters in Power Plants

Yinmou Xu Changjun Hao Peilei Li

Linyi Sunshine Thermal Power Co., Ltd.

[Abstract] With the increasing requirements for safety, efficiency, low carbon, and emission reduction of thermal power units in the power industry, the optimization of boiler operation parameters in power plants has become the core 抓手 for improving the comprehensive operational efficiency of units. This paper systematically reviews the core operation parameter systems of four major systems: steam system, combustion system, water-steam system, and air-flue gas system. It deeply analyzes key influencing factors such as equipment body condition, fuel basic characteristics, load and operating condition fluctuations. From the dimensions of subsystem-specific optimization and multi-system collaborative regulation, it proposes an implementation path for boiler operation parameter optimization suitable for all operating conditions, providing reliable technical support for improving the quality and efficiency of thermal power units.

[Key words] power plant boiler; operation parameters; parameter optimization; efficient and clean operation

引言

在双碳目标纵深推进与电力市场化改革的背景下,电厂锅炉作为能源转换的核心设备,其运行效能直接决定发电企业的能耗水平、环保排放与运营成本。当前火电机组频繁参与电网深度调峰,负荷波动幅度大、燃料特性多变等问题,加剧了锅炉运行参数的失配风险,传统单一参数的粗放调控模式,已难以满足机组安全、高效、低碳的运行需求,亟需围绕锅炉全系统运行参数展开系统性的分析与优化研究。

1 电厂锅炉运行参数优化的重要性

电厂锅炉运行参数优化是热力系统高效稳定运行的核心支撑,其价值体现在热能转换效率提升、污染物生成抑制及设备寿命延长等多维度。优化燃烧参数可提高燃料热值利用率,减少不完全燃烧与排烟热损失,直接提升热效率;汽水系统参数调整能优化蒸汽品质与循环动力,降低汽水损失与能量耗散,保障热交换连续性;烟风系统参数匹配可控制NO_x、SO₂等污染物生成,通

过风量、风温与流速协同实现排放达标。多系统参数协同优化能平衡经济性与环保性,减少设备热应力损伤与疲劳累积,延长关键部件使用寿命。动态参数适配通过实时监测与智能算法形成闭环控制,支撑锅炉长期高效运行,是电厂节能降耗与绿色转型的关键技术路径^[1]。

2 电厂锅炉核心运行参数体系

2.1 锅炉蒸汽核心运行参数特性

锅炉蒸汽核心运行参数涵盖温度、压力、流量及湿度等维度,其特性表现为多参数协同作用下的动态平衡关系。蒸汽温度直接影响热能转换效率,高温蒸汽可提升汽轮机做功能力,但需控制超温范围以避免金属材料蠕变失效;蒸汽压力与锅炉负荷密切相关,高压状态能提高单位质量蒸汽携带的能量,但需匹配管路系统承压能力,防止泄漏风险。流量特性体现蒸汽生成速率与负荷需求的匹配度,流量波动过大易引发水循环异常,影响锅炉运行稳定性;湿度参数则关联蒸汽品质,低湿度蒸汽可减少

管道腐蚀与叶片侵蚀, 延长设备寿命。各参数间存在非线性耦合关系, 需通过实时监测与智能调控实现最优运行状态, 确保热能转换高效、设备安全可靠, 同时避免参数超限导致的能效下降或安全隐患。

2.2 锅炉燃烧工况核心运行参数

燃烧工况参数聚焦燃料与空气的配比、混合及反应过程控制, 直接决定燃烧效率与污染物生成。燃料粒度分布影响燃烧速率, 细颗粒燃料可缩短着火时间但易产生飞灰, 需通过磨煤机出口粒度监测实现精准调控; 一次风速与二次风配比决定火焰形状与燃烧稳定性, 高速一次风可增强煤粉携带能力, 而二次风分层投入则能优化燃烧室空气动力场。氧量监测通过氧化锆传感器实现连续测量, 过量空气系数控制需平衡燃烧效率与氮氧化物生成, 低氧燃烧可抑制热力型NO_x但需警惕不完全燃烧风险。燃烧器喷口温度分布通过红外热像仪实时成像, 结合火焰检测器信号可识别燃烧异常区域, 为燃烧调整提供可视化依据, 最终实现燃烧过程的精准控制与污染物协同减排。

2.3 锅炉汽水系统运行参数类别

锅炉汽水系统运行参数类别涵盖水位、压力、温度、流量及水质指标等核心维度, 体现热力循环的动态平衡特性。水位参数需维持动态稳定区间, 既防止干锅风险又避免满水导致的蒸汽带水现象; 压力参数与汽水循环动力直接相关, 需匹配锅炉设计承压能力以保障系统密封性; 温度参数关联热交换效率与金属材料热应力, 需在安全范围内优化传热效果; 流量参数需响应负荷变化实现供需匹配, 确保汽水循环流畅; 水质指标如含盐量、硬度等影响受热面结垢倾向与蒸汽品质, 需通过化学水处理与排污控制维持优良状态。各参数间存在复杂耦合关系, 需通过实时监测与智能调控实现协同优化, 保障系统高效稳定运行^[2]。

2.4 锅炉烟风系统运行参数特征

锅炉烟风系统运行参数特征聚焦于风量、风温、烟气成分及流速的动态协调与能量转化效率。风量参数需精准匹配燃料供给量, 确保燃烧充分且避免过量空气导致的热损失; 风温参数影响燃料着火速度与燃烧稳定性, 需在安全范围内优化热交换效果; 烟气成分如氧气、二氧化碳及氮氧化物含量直接反映燃烧效率与环保性能, 需通过燃烧调整与脱硝装置协同控制; 流速参数关联着传热效率与颗粒物携带能力, 需平衡除尘效果与系统阻力。各参数间存在强耦合关系, 需通过实时监测与智能算法实现动态平衡, 保障燃烧效率提升与污染物排放达标, 支撑锅炉长期高效运行。

3 锅炉运行参数优化的关键影响因素

3.1 锅炉设备本体运行状态的影响

锅炉设备本体运行状态直接影响参数优化空间与边界条件。炉膛几何尺寸决定火焰充满度与热辐射分布, 过大的炉膛容积可能降低热强度但需延长烟气停留时间以减少未燃尽碳损失。水冷壁管束排列密度影响热交换效率与壁温分布, 高密度排列可增强热回收但需警惕局部过热风险。汽包内部结构如旋风

分离器效率影响汽水分离效果, 高效分离可降低蒸汽湿度但需平衡压降与能耗; 过热器与再热器管材耐温等级决定蒸汽温度上限, 高温合金材料可提升热效率但需控制蠕变速率以延长使用寿命。设备本体状态通过定期检测与状态评估实现量化表征, 结合健康指数模型可预测剩余寿命与优化潜力, 为参数调整提供安全阈值参考, 支撑设备全生命周期内的参数优化决策。

3.2 燃料基础特性的核心影响

燃料基础特性对锅炉参数优化的影响体现在热值波动、燃烧动力学及灰渣特性等多维度。热值稳定性决定燃料供给量与风量匹配精度, 低热值燃料需增大供风量以维持燃烧强度, 避免热效率衰减; 燃烧动力学特性如着火延迟时间、燃尽速率影响炉膛温度分布与火焰稳定性, 需通过配风策略与燃烧器调整实现均匀燃烧; 灰渣特性中灰熔点决定结渣倾向, 低熔点灰分易在高温受热面形成熔融层, 需通过吹灰周期优化与燃烧温度控制减少结渣风险; 硫氧化特性则关联高温腐蚀速率, 需通过燃料混配与燃烧环境调控降低腐蚀风险。各特性参数需通过动态监测与模型预测实现精准适配, 支撑参数优化决策^[3]。

3.3 机组负荷变动的运行影响

机组负荷变动通过动态调整燃料供给与空气配比, 直接影响锅炉热负荷分布与蒸汽参数稳定性。负荷上升时, 燃料量增加需同步提升一次风速以维持煤粉输送效率, 同时二次风门开度需分层调节以优化燃烧室空气动力场, 避免局部缺氧导致未燃尽碳损失增加; 负荷下降时, 需减少燃料量并降低风量以防止炉膛温度骤降引发熄火风险。负荷变动速率需控制在设备耐受范围内, 快速变负荷可能导致水冷壁管束热应力波动加剧, 需通过汽包水位自动调节系统平衡给水量与蒸汽量, 防止水位剧烈波动引发干锅或满水事故。负荷波动频率影响受热面疲劳寿命, 高频次变动需通过金属材料疲劳试验数据优化启停策略, 结合智能预测算法实现负荷需求与锅炉响应的动态匹配, 最终形成基于负荷特性的参数自适应调节机制, 支撑机组安全高效运行。

3.4 运行工况波动的关联影响

运行工况波动通过多参数耦合效应影响锅炉运行稳定性与效率表现。温度波动会改变金属材料热膨胀系数, 导致受热面管束产生交变热应力, 长期作用下可能引发蠕变裂纹; 压力波动则影响汽水循环系统的动态平衡, 过高压力可能加剧汽包壁厚应力集中, 过低压力易导致蒸汽带水影响汽轮机效率。流量波动涉及给水、燃料及空气的协同匹配, 给水流量不稳定可能造成汽包水位振荡, 燃料流量波动直接影响燃烧稳定性与热负荷分布。工况波动还通过热惯性效应放大参数调整延迟, 需通过动态模型预测与实时反馈控制实现参数快速响应, 结合热应力监测与寿命评估技术优化运行策略, 最终形成基于工况波动特性的鲁棒性控制方案, 保障锅炉在复杂工况下的安全高效运行。

4 电厂锅炉运行参数优化的实施路径

4.1 燃烧系统运行参数优化策略

燃烧系统运行参数优化聚焦于燃料-空气匹配、燃烧器调控与热力场均衡三大维度。燃料供给需根据热值波动动态调整配

风比例,通过氧量监测与风门开度协同控制实现完全燃烧,减少不完全燃烧损失与污染物生成;燃烧器布置需匹配炉膛几何结构,通过角度调整与分层配风优化火焰形状,避免火焰偏斜导致的局部过热或结渣风险;炉膛温度场需通过燃烧器功率分配与二次风旋流强度调控实现均匀分布,减少温度梯度过大引发的热应力损伤;燃烧效率提升需结合燃料特性分析与燃烧动力学模型,优化燃烧速率与燃尽时间,降低排烟热损失。各策略需通过实时数据采集、热工计算与智能算法实现动态适配,形成闭环控制,支撑燃烧系统高效稳定运行与污染物排放控制^[4]。

4.2 汽水系统运行参数优化策略

汽水系统运行参数优化需聚焦水位动态平衡、压力协同控制、温度梯度优化、流量匹配精度及水质持续改善五大维度。水位控制通过实时监测与自动调节装置维持安全区间,避免干锅风险或蒸汽带水现象,保障汽水循环连续性;压力参数匹配汽水循环动力需求,通过安全阀与压力传感器协同实现动态平衡,减少系统泄漏风险;温度参数结合受热面热负荷分布优化传热路径,降低局部过热引发的热应力损伤;流量参数响应负荷变化实现供需精准匹配,通过变频泵与调节阀协同控制维持稳定循环,减少流量波动对热交换效率的影响;水质管理通过化学水处理与定期排污控制含盐量、硬度及杂质含量,减少受热面结垢倾向与腐蚀风险。各策略通过智能监测系统、热工计算模型与自适应算法实现闭环控制,支撑汽水系统高效稳定运行与长期可靠性提升。

4.3 烟风系统运行参数优化策略

烟风系统运行参数优化需聚焦风量精准匹配、风温动态调控、烟气成分优化及流速平衡四大核心。风量控制通过实时氧量监测与风门开度协同,实现燃料-空气比例动态适配,减少不完全燃烧损失与过量空气热损失;风温调节结合燃料特性与炉膛热负荷分布,优化预热器性能与燃烧器配风温度,提升燃烧稳定性并降低热应力风险;烟气成分通过在线监测与燃烧调整,控制O₂含量以平衡燃烧效率与NO_x生成,结合脱硝装置实现排放达标;流速管理通过烟道阻力分析与引风机变频控制,平衡传热效率与颗粒物携带能力,减少积灰与磨损风险。各策略通过智能监测网络、热工模型与自适应算法形成闭环控制,支撑烟风系统

高效运行与污染物协同减排,提升锅炉整体运行经济性与环保性能。

4.4 多系统参数协同优化方法

多系统参数协同优化需整合燃烧、汽水、烟风系统的实时监测数据,通过智能算法实现跨系统参数联动与全局最优。燃烧系统风量调整需同步匹配汽水系统压力变化,避免蒸汽参数波动影响热效率;烟风系统流速控制需与汽水流量协同,平衡传热效率与循环动力稳定性。各系统参数通过多目标优化模型实现动态适配,结合热工计算与自适应算法构建闭环控制体系。需关注参数间耦合效应,如燃烧效率与汽水循环效率的关联性、烟气排放与汽水水质的相互影响,通过数据共享与智能决策支持系统实现精准调控。协同优化需兼顾经济性与环保性能,通过参数动态匹配与模型预测减少热损失与污染物排放,支撑锅炉长期高效稳定运行,提升整体运行可靠性^[5]。

5 结束语

电厂锅炉运行参数优化是覆盖多系统、多维度的系统性工程,需立足锅炉各子系统参数的非线性耦合特性,精准把控设备本体、燃料特性、工况波动等核心影响因素。通过燃烧、汽水、烟风系统的分系统精细化调控,结合多参数跨系统协同优化,可有效提升锅炉能源利用效率,降低设备损耗与污染物排放。该优化思路可为火电机组锅炉全工况安全、高效、低碳运行提供坚实支撑,助力电力行业绿色低碳转型发展。

[参考文献]

- [1]蒋伟.运行参数优化调控对电厂锅炉防磨防爆的影响研究[J].科技资讯,2025,23(24):206-208.
- [2]李佳,熊杰.基于运行参数优化的电厂锅炉节能效能提升研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2025(9):90-93.
- [3]刘兆喜.燃煤电厂锅炉燃烧优化与运行调整研究[J].电力系统装备,2025(11):112-114.
- [4]杨新房.火电厂脱硫效率与运行参数关联性分析及协调优化研究[J].电力设备管理,2025(7):249-251.
- [5]李发尧.火电厂集控运行参数优化与节能效果提升研究[J].现代工业工程,2025(8):28-30.