

加强锅炉运行调整提高锅炉运行经济性

李冬实 葛啸虎

安阳钢铁股份有限公司 河南 安阳 455004

摘要: 锅炉作为热能转换的核心设备,广泛应用于工业生产与能源供给领域,其运行工况的稳定性、调控合理性直接决定能源利用效率与生产运维成本。为改善锅炉能源损耗偏高、工况适配性不足等共性问题,本文以锅炉运行调控逻辑为核心,分析影响锅炉运行经济性的各类内部因素,结合设备运行机理梳理优化调整方向。从燃烧系统、水汽系统、辅机设备及运维管控等层面,制定针对性运行优化策略,通过精细化调整改善设备运行工况,降低热能损耗与能源消耗。研究旨在优化锅炉运行模式,提升热能转化效率,为同类热力设备实现经济化、稳定化运行提供技术参考。

关键词: 锅炉; 运行调整; 热能效率; 能耗管控; 经济性

引言: 在热力生产与工业供能体系中,锅炉承担着能量转换与介质输送的关键职能,设备运行的经济水平是衡量热力生产体系运营质量的核心指标。当前多数锅炉机组长期处于连续运行状态,受负荷波动、设备老化、调控方式粗放、介质参数匹配度不足等因素影响,普遍存在燃烧不充分、散热损耗大、辅机能耗偏高的问题,造成能源资源浪费,压缩生产运营经济效益。基于锅炉热力转换原理,科学开展运行调整工作,优化设备各项运行参数,是降低无效能耗、挖掘设备节能潜力的核心手段。本文依托锅炉内部运行机理,剖析设备运行现存短板,系统化制定优化调整方案,以此提升锅炉能量利用水平,保障机组长期高效经济运行。

1 锅炉运行经济性核心影响因素分析

锅炉运行经济性本质取决于能量转化全过程的损耗控制水平,能量损耗贯穿燃料燃烧、热量传递、介质输送、设备运转等各个环节,各类影响因素相互关联、共同作用,决定机组综合能耗水平。燃料燃烧环节是能量输入的源头,燃料品质、配风比例、燃烧温度等参数,直接影响燃料燃尽程度,未充分燃烧的燃料会以残渣、废气形式流失,造成化学能浪费。热量传递环节中,受热面洁净度、介质流速、温差控制等条件,决定热能向水汽介质的转化效率,水垢、积灰等附着物会增大热阻,削弱换热效果,提升排烟热损失。水汽循环环节里,水位、气压、温度等运行参数的波动,会破坏水循环稳定性,引发局部受热不均,增加设备能耗。除此之外,引风机、给水泵等辅助设备的联动运行状态,以及日常调控管控模式,同样会产生附加能耗,间接降低锅炉运行经济性。综合来看,各类影响因素可划分为燃烧系统因素、换热系统因素、辅机运行因素及人为调控因

素,唯有精准把控各类因素的作用机理,才能为运行优化调整筑牢理论基础^[1]。

2 锅炉运行现存共性问题及成因剖析

2.1 燃烧系统调控精度不足

燃烧系统是锅炉能量供给的核心结构,当前多数锅炉在运行过程中存在配风配比不合理、燃料供给节奏失衡的问题。部分机组未根据实时负荷动态调整进风量,出现风量过剩或风量不足的情况,风量过大会降低炉膛内部温度,增大排烟热损耗;风量不足则会造成燃料缺氧燃烧,产生大量未燃尽碳,加剧燃料浪费。同时,燃料进料方式管控粗放,燃料颗粒均匀度把控不足,堆积燃烧现象频发,进一步降低燃烧效率。从成因来看,一方面是调控逻辑固化,运行人员多依托固定参数开展操作,未结合炉膛温度、负荷变化完成动态微调;另一方面是燃烧监测手段有限,炉膛内部燃烧状态无法实时精准判定,参数调整存在滞后性,长期处于非最优燃烧工况。

2.2 受热面换热效能持续偏低

受热面作为热能交换的关键构件,其工作状态直接决定热能利用效率。锅炉长期运行过程中,烟道、水冷壁、省煤器等受热面极易附着烟灰、水垢、硫化物等杂质,这类附着物导热系数极低,会大幅增加热传递阻力,使得炉膛内部热量无法快速传递至水汽介质,大量余热随烟气排出。与此同时,部分机组启停流程不规范,升温、降压节奏把控不合理,造成受热面温度分布不均,局部温差过大不仅会弱化换热效果,还会加速金属构件老化。除此之外,换热介质流速管控不合理,流速过低易造成介质沉积结垢,流速过高则会增加管道磨损与输送能耗,双重影响下导致换热系统长期处于低效

运行状态,制约锅炉经济性提升^[2]。

2.3 辅助设备能耗管控薄弱

锅炉辅机包含引风机、送风机、给水泵、除渣设备等,是保障主设备稳定运行的重要配套结构,同时也是电力能源消耗的主要单元。现阶段多数生产场景中,辅机运行模式缺乏智能化调控,多采用定速运行方式,无法匹配锅炉负荷波动变化,低负荷工况下辅机仍保持高功率运转,产生大量无效电耗。此外,辅机日常运维养护不到位,轴承磨损、管道漏风、密封老化等问题频发,设备运行阻力增大,传动效率持续下降,同等工作需求下能耗显著上升。辅机之间联动协调性不足,各设备运行参数独立调控,未形成协同适配的运行体系,工况匹配度偏低,进一步加剧能源损耗,拉低锅炉整体运行经济效益。

2.4 运行管控体系规范化程度不足

人为调控与管理制度的影响是制约锅炉运行经济性的软性因素,也是当前多数机组普遍存在的短板。一线运行人员专业能力参差不齐,部分人员仅掌握基础操作流程,对锅炉热力机理、参数联动逻辑认知不足,面对负荷波动、工况异常时,调整方式粗放,参数优化意识薄弱,难以实现精细化调控。同时,设备巡检管控机制不完善,巡检重点集中在故障排查,忽略能耗数据、参数变化的动态监测,微小能耗损耗问题长期积累,形成持续性资源浪费。另外,运维记录、数据分析体系不完善,未对历史运行数据进行归纳复盘,无法精准定位能耗偏高的核心节点,优化调整工作缺乏数据支撑,导致锅炉长期维持高能耗运行模式。

3 加强锅炉运行调整、提升运行经济性的优化策略

3.1 优化燃烧系统参数,提升燃料利用效率

在锅炉运维体系中,对燃烧系统实施精细化调控,是压缩燃料消耗、提高能量转化水平的关键手段,需围绕炉膛实际燃烧工况,对进风参数、燃料供给、炉内温度进行一体化协同优化。为实现配风科学化,应当构建动态化风量调控逻辑,依托机组实时负荷、炉膛含氧量及排烟温度等监测指标,精准整定一次风与二次风配比,把控进风速率与风量阈值,使炉膛长期保持稳定的微负压燃烧环境。合理的配风方案可强化空气与燃料的混合交融效果,既能够规避缺氧燃烧带来的燃料浪费,也可减少过量冷风侵入炉膛产生的额外热损耗。在燃料供给层面,需持续优化上料运行模式,严格管控燃料颗粒粒径与进料均匀程度,平缓调节进料节奏,杜绝燃料堆积、局部剧烈燃烧等不良工况,以此延长燃料燃尽时长,提升燃烧完整度。针对热值特性存在差异的燃料类

型,需预先匹配炉膛基准运行参数,动态修正炉内燃烧温度,将工况稳定在最优燃烧温区,最大限度削减不完全燃烧造成的热量损耗。同时,可对烟道内部构造进行优化适配,合理管控烟气排放流速,抑制烟气余热无端散失,减缓烟道内部烟尘积聚速率,从运行源头改善燃烧品质,为锅炉节能化、经济化运行筑牢工况基础^[3]。

3.2 改良换热运行工况,强化热能传递效能

想要破解受热面换热能力不足、热能利用率低下的行业共性问题,需综合清洁养护、参数整定、工况优化多重角度,系统性完善锅炉换热运行体系。受热面是热量传导的核心载体,表面积灰、水垢附着是增大换热热阻的主要诱因,因此要构建常态化清洁养护制度。结合锅炉承载负荷、燃料理化特性科学划定清洁间隔,依托高压吹扫、水质软化除垢等技术手段,清理水冷壁、过热器以及省煤器等关键换热构件表面附着杂质,削弱传热阻碍,维持金属受热面优良导热性能,有效控制排烟环节产生的无效热损失。机组启停操作的规范性,同样对换热工况影响深远,需制定标准化启停管控流程,循序渐进把控升温、升压与降温、降压节奏,规避压力、温度急剧波动引发的受热面应力失衡问题,均衡各区域温度分布,保障热量传递过程连续且稳定。在水汽循环调控方面,依据机组实时运行负荷修正给水压力与给水温度,合理划定介质流动速率区间,在规避管道结垢、管壁磨损等隐患的基础上,强化介质吸热换热能力。除此之外,还需完善设备保温防护体系,对锅炉本体、蒸汽输送管道及各类换热组件做密封隔热处理,阻隔设备表面向外界散失热量。通过多层级优化改良,全面削减各类散热损耗,稳步提升锅炉整体热能利用效率,保障换热系统长期维持经济高效的运行状态。

3.3 优化辅机运行模式,降低附属能源消耗

在锅炉整套热力系统中,辅机设备产生的电力损耗在综合能耗中占比偏高,是制约机组经济运行的重要因素。为有效削减附属能耗,应当从智能调控、设备养护、协同运行多个维度入手,系统性优化辅机运行逻辑,剔除无效能源消耗。传统辅机多采用恒定转速的运行模式,工况适配性较差,无法跟随锅炉负荷波动完成自主调节,极易造成能源冗余浪费。对此,可对现有调控结构进行优化改造,增设变频调节组件,依据锅炉实时运行负荷动态修正风机、给水泵等设备的运转速率。在高负荷生产阶段适度提升设备输出功率,保障介质输送与通风供氧稳定;在低负荷区间下调转速,降低无用电力消耗,实现能耗参数与运行工况高度适配。良好的养护维护是降低机械能耗的基础条件,需建立规范化辅

机保养机制, 定期检测轴承、密封结构及传动部件的工作状态, 及时更替老化损耗构件, 疏通管道内部堵塞杂质。以此减小设备运行摩擦阻力, 优化传动运行效率, 降低机械运行损耗。同时, 需要搭建一体化辅机联动管控体系, 整合引风机、送风机、给水泵等配套设备的运行参数, 贴合主炉运行逻辑调整启停时序, 消除各设备独立运行产生的工况矛盾。此外, 针对管道漏风、漏水等缺陷点位进行密封封堵处理, 减少介质外泄带来的能量流失。通过多维度优化整改, 持续压缩辅机综合能耗, 从配套设备层面提升锅炉整体运行经济性^[4]。

3.4 完善运行调控机制, 实现精细化管控

科学化、规范化的管控体系是保障锅炉长期经济运行的重要支撑, 需从人员、监测、管理三个层面完善管控模式。在人员管控方面, 搭建常态化技能培训体系, 围绕锅炉热力原理、参数联动逻辑、精细化调整技巧开展专项培训, 强化操作人员节能优化意识, 提升工况判断与动态调整能力, 杜绝粗放式操作。在监测管控方面, 升级智能化监测设备, 实时采集炉膛温度、含氧量、排烟温度、介质压力等核心数据, 搭建数据可视化监测平台, 精准捕捉工况异常与能耗波动节点, 为参数调整提供数据支撑。在管理制度方面, 优化巡检流程, 将能耗指标、参数稳定性纳入日常巡检核查范围, 建立运行数据台账, 定期归纳复盘能耗变化规律, 精准定位能耗损耗节点。同时, 制定标准化操作规范, 明确不同负荷、不同工况下的最优参数区间, 约束操作人员调整行为, 保障锅炉始终处于高效经济运行区间。

3.5 适配负荷动态调整, 维持机组稳定经济工况

锅炉运行负荷会随生产需求产生周期性波动, 负荷适配性调整能够有效规避变工况下的能源浪费。低负荷运行阶段, 需降低燃料供给量, 微调配风比例, 维持炉膛温度稳定, 避免频繁启停、大幅调参造成的能量损耗, 同时收缩辅机运行功率, 适配低负荷供能需求。高负荷运行阶段, 在保障设备安全耐受的前提下, 优化燃料燃烧强度, 均衡各受热面换热负荷, 避免局部过热、

换热失衡问题。此外, 合理规划机组启停节奏, 减少不必要的启停操作, 机组停运后做好保温封存处理, 降低设备降温散热损耗。结合季节环境变化, 调整锅炉基础运行参数, 适配环境温度带来的散热、进气变化, 弱化外界环境对锅炉经济性的干扰。通过全时段、多场景的负荷适配调整, 平衡运行稳定性与节能性, 最大化挖掘锅炉经济运行潜力^[5]。

结束语: 锅炉运行经济性提升是一项系统性优化工作, 涵盖燃烧、换热、辅机、管控等多个运行模块, 各类优化措施相辅相成、协同发力。本文通过剖析锅炉运行能耗损耗机理, 梳理现阶段设备运行存在的调控精度不足、换热效率偏低、能耗管控薄弱等问题, 结合热力运行规律制定精细化调整优化方案。通过优化燃烧参数、改良换热工况、管控辅机能耗、完善管控体系、适配负荷变化等手段, 能够有效降低无效能源损耗, 提升燃料热能转化率。未来需持续深耕锅炉精细化调控技术, 依托运行数据不断优化参数适配逻辑, 完善运维管理模式, 保障锅炉机组在不同工况下均可维持高效、低耗的运行状态, 持续提升热力生产综合经济效益。

参考文献

- [1] 吴小玲. 火力发电厂300MW锅炉运行优化路径研究[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2026(4): 076-079.
- [2] 何明军, 王慧. 1000MW超超临界锅炉低负荷工况高碱煤燃烧经济性研究[J]. 锅炉制造, 2026(2): 9-10+16.
- [3] 张学萌. 火力发电厂锅炉经济运行优化措施分析[J]. 中文科技期刊数据库(引文版)工程技术, 2024(11): 233-236.
- [4] 王明辉. 刍议火电厂集控运行中锅炉燃烧优化调整策略[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2025(12): 041-043.
- [5] 钱虹, 王海心, 徐邦智. 基于DRNN-LSTM-IPSO的锅炉经济运行优化目标值[J]. 科学技术与工程, 2024, 24(7): 2749-2758.