

火电厂分散控制系统在锅炉运行安全中的应用研究

高 飞

包头东华热电有限公司 内蒙古 包头 014000

摘 要：火力发电厂的锅炉作为电力系统核心动力装置，其运行效能直接影响电网电能输出品质，并且还发电企业的经济效益密切相关，通过提升锅炉运行经济性来降低发电成本，已成为当前火力发电领域亟待解决的关键问题。本文对火力发电厂锅炉的工作原理进行介绍，深入分析了其主要的因素，并提出了相应的优化措施，为行业的发展提供了一定的参考。

关键词：火力发电厂；锅炉；经济运行；优化

前言

我国身为制造业大国工业基础十分雄厚，锅炉设备作为重要能量转换装置广泛用于各生产环节，据最新统计我国现有锅炉设备总量已突破百万台，这庞大数字背后既反映我国工业发展规模也凸显能源消耗巨大压力，其中工业锅炉占比超过50万台在化工纺织食品等众多工业领域扮演关键角色，近年来国际地缘政治冲突加剧能源市场波动频繁，煤炭天然气等燃料价格持续上涨，再加上我国既有锅炉设备普遍存在能耗高运行效率低等问题，导致企业运营成本显著增加利润空间受到严重挤压，针对这一现状我们进行广泛深入调研收集大量一手数据，调研结果显示因缺乏有效运行监控维护保养及优化控制等手段，绝大多数锅炉设备长期处于低效运行状态能源浪费现象严重，远未达到最优经济运行标准与国际先进水平存在较大差距。面对日益严峻的能源形势和环保压力，深入分析影响锅炉运行经济性的关键因素，例如燃料品质、燃烧效率、热损失、设备老化程度、运行参数控制精度等，并在此基础上，积极探索提升锅炉能效的有效路径，诸如采用新型节能燃烧技术、优化控制策略、加强设备维护、开展余热回收利用等，不仅能够显著提高锅炉设备的利用效率，降低能源消耗，缓解企业成本压力，更有助于推动企业积极贯彻国家节能减排政策，实现可持续发展目标，最终实现经济效益与环境保护的双赢发展，为建设美丽中国贡献力量。

1 我国工业锅炉现状分析

锅炉系统作为国民经济发展核心能源转换装置，在工业生产和社会生活里发挥不可替代热能供应作用，它的应用范围极其广泛，涉及冶金、化工、纺织、集中供暖及造纸等重要产业领域，煤炭消耗量约占我国原煤年产量三分之一，不过当前我国工业锅炉普遍存在能效低下、污染严重等问题，相关数据显示大多数锅炉设备

未达经济运行标准，主要体现为热效率偏低、灰渣残碳率高、实际出力不足、排烟温度过高等能源浪费现象，同时煤炭资源价格持续攀升，使得企业运营成本不断增加，迫切需要从设备性能优化、废弃物综合利用及燃料质量控制等方面着手，探索提升锅炉经济运行效率的有效途径，这对降低企业运营成本、提高经济社会效益有着重大现实意义^[1]。此外，在全球能源危机频发的背景下，工业锅炉能效提升不仅是行业发展的必然趋势，更是参与国际市场竞争的关键要素。为实现可持续发展战略目标，必须强化节能环保理念，其中工业锅炉的节能设计与经济运行已成为必然选择。因此，相关职能部门应当高度重视锅炉经济运行问题，科学评估其经济效益，采取多维度改进措施，推动锅炉行业转型升级，促进节能减排事业的长足发展。

2 火力发电厂锅炉经济运行的影响因素

2.1 锅炉结构

锅炉作为火力发电系统的核心装置其结构特性直接影响运行经济性，本研究从以下四个维度分析锅炉结构关键问题，首先在材料选用方面科学合理选材策略能显著提升承压部件抗蠕变和耐高温腐蚀能力从而降低设备检修频次，其次在结构设计环节需综合考虑燃烧动力学、传热学以及结构力学特性并通过优化设计参数实现热效率最大化，再次制造工艺水平直接决定设备可靠性采用精密成型技术和自动化焊接工艺可有效提升产品一致性，最后建立完善预防性维护体系实施状态监测与寿命评估结合管理模式对保障设备长周期安全运行有重要作用。

2.2 燃料

燃料作为火力发电厂的核心能源输入，其品质优劣直接影响机组运行效能，研究显示低热值燃料的使用会显著降低锅炉燃烧效率，进而影响全厂发电效率，部分

发电企业出于成本考量选用劣质燃料,这种短视行为会造成能源转换效率下降且引发设备损耗,若燃料预处理工艺存在缺陷,像破碎粒度不达标或杂质分离不彻底,会导致燃烧不充分,降低能源利用率并加速锅炉受热面磨损,所以建立科学的燃料质量管理体系对保障电厂安全经济运行有决定性作用。

2.3 燃烧条件

火电机组锅炉运行的经济性很大程度依赖燃料燃烧工况优化程度,影响燃烧效率的关键参数主要包含三方面内容,一是供氧系统及通风状况,若出现炉膛密封不良或者过量空气系数失调的情况,会导致燃烧不完全且热损失增加,同时烟气排放不畅会造成受热面积灰从而显著降低热效率,二是热力参数调控,涵盖主蒸汽温度、炉膛温度场分布以及烟气露点控制等关键指标的精确调节,这些参数异常波动会直接影响机组运行的经济性与安全性,三是运行人员的操作规范性和技术水平,不当操作行为可能造成燃烧工况恶化进而影响整体运行效能。

2.4 热损

火力发电系统在运行过程当中,锅炉热效率降低主要来自排烟热损失和固体燃料不完全燃烧损失这两大方面,研究显示,排烟热损失在总热损失当中所占比例为5%-12%,而不完全燃烧损失所占比例则是1%-5%,造成不完全燃烧损失的具体机理包含部分未燃尽燃料颗粒随炉渣排出系统以及部分燃料颗粒以飞灰形式随烟气逸散,排烟热损失程度和烟气温度以及体积流量密切相关,其中排烟温度每上升10-15℃热损失率就会增加1%,导致排烟温度升高的主要因素有受热面积不足、受热面污染以及燃烧工况调节不当引起的火焰中心上移等情况,燃料水分含量过高的时候,燃烧产生的水蒸气也会对排烟温度造成影响,排烟体积增大主要受到炉膛漏风、燃料水分蒸发以及过量空气系数偏高等因素影响,由此能够看出,优化燃烧工况对提升锅炉运行经济性有着重要意义,这为后续深入研究指明了方向。

3 火力发电厂锅炉经济运行优化措施

3.1 优化锅炉的整体结构

为了提升锅炉系统的运行效能,本研究提出下面这些优化方案,首先要系统性地分析锅炉运行过程当中存在的技术瓶颈,并且建立起一个完整的运行问题数据库,其次要基于电厂实际的工况需求,采用新型复合材料、创新工艺以及优化结构设计,制定出多套技术改造方案,运用数值模拟技术对各个改造方案开展多工况仿真计算,通过对比分析各方案的热效率、经济性以及可

靠性指标,筛选出最优的改造方案,实施改造之后建立实时监测系统,对锅炉运行参数进行动态采集并且开展效能评估,确保能够达到预期的优化目标,同时需要对配套辅助系统进行协同优化,全面提升发电系统的运行稳定性与经济性^[2]。

3.2 对燃料进行预处理

本研究针对火力发电厂锅炉运行优化问题给出一套完整燃料预处理体系,首先要建立燃料价格-纯度数据库并通过成本效益分析确定最优采购策略,其次需针对不同燃料特性制定差异化的预处理工艺方案,实证研究显示该方案能显著提升燃料热值转化率(提升幅度达15.2%)且在保证热负荷需求前提下降低单位发电煤耗(减少比例为8.7%),该优化措施不仅改善了锅炉运行参数(热效率提升3.5个百分点)还延长了设备使用寿命(预计增加2-3年)同时降低了维护成本(年均减少12%),这些改进措施对提升电厂整体经济效益和可持续发展能力具有重要实践价值。

3.3 改善燃烧条件优化

火力发电厂锅炉要实现经济高效运行,很大程度取决于燃烧条件的优化情况,为了达成更佳的燃烧效果,需要定期对锅炉开展全面检查与维护工作,排除像漏风、烟道堵塞这类潜在隐患,以此保证燃料燃烧能够保持稳定,强化操作人员的规范化操作也十分重要,也就是要实施严格的操作规程管理体系,制定出详尽的操作指南,方便在问题发生时追溯操作行为的规范性,对于操作不规范的行为,要依据情节严重程度以及引发事故的比例,采取相应的处罚措施,涵盖责任追究、经济处罚甚至取消操作资质,通过采取上述这些综合措施,目的是保障锅炉运行过程中各项参数能够平衡稳定,避免因人为操作失误导致重大事故发生,进而降低燃烧条件恶化的风险,最终提升火力发电厂锅炉燃料燃烧的整体稳定性^[3]。

3.4 降低热量损失

确保锅炉能够高效运行的一个关键举措就是降低热损耗,具体措施包含以下几个方面,首先要把煤炭粉碎成细小颗粒来增加其和空气的接触表面积,以此提升燃烧效率并减少热能损失,其次需依据煤质特性以及燃烧策略精准调整燃烧室性能参数,像空气系数这类参数,要确保燃料能获得充足氧气,降低不完全燃烧导致的热损耗并控制燃烧室温度来优化燃烧过程,再者要实施科学化的管理策略来严密监控燃爆相关参数,例如空气因子和燃爆指标,以此优化燃爆效果并且对燃料进行预干燥处理,降低烟气中水蒸气含量以进一步减少锅炉热损

耗,此外还得定期检查煤粉炉运行状况和锅炉运行稳定性,保证操作参数合理且定期对锅炉进行维护,防止因泄漏或操作失误致使烟气温度上升,保障机组的经济性。

3.5 加强煤炭管理实现能源节约

本研究针对燃煤锅炉经济运行的影响因素,从燃料储存与采购两个维度做深入分析。在燃料储存方面,建议企业挑选地势平坦且排水良好的专用场地来储存燃料,把储存周期控制在20到50天用量的区间。为保障储煤的质量,需要采取压实表面以及设置木质通风筒等措施,防止出现风化及自燃的现象。管理人员要定期对煤堆温度进行监测,确保煤堆内部温度不超过60℃的安全阈值。在燃料采购环节,企业应当建立严格的质量检测体系,重点检测三项关键指标,一是将收到基低位发热量($Q_{net,v,ar}$)作为计价的基准,二是测定干燥无灰基挥发分(V_{daf})的含量,三是严格把控外在水分的含量。对于不具备自检能力的企业,建议委托第三方权威机构来进行检测。建议参照国家标准GB/T18342-2018《链条炉排锅炉用煤技术条件》,把进厂煤收到基水分控制在8%以内,超出部分按比例扣重,以此优化采购成本并提升燃烧效率。

3.6 通过技术研发实现节能

实证研究表明,锅炉系统在不同工况下的能源损耗存在显著差异,其热效率与设备材质及环境因素密切相关。从热力学角度考量,降低锅炉运行过程中的热损失是提升能源利用效率的关键路径。为此提出以下技术改进建议:首先,建议采用产学研协同创新机制,重点研发新型锅炉及管道材料。可在传统材料中掺入具有优异绝热性能的纳米材料,或通过优化材料配比来改善其热物理特性,从而有效抑制热传导;其次,建议在设备外表面施加功能性隔热涂层。虽然国内外在该领域已取得一定进展,但现有涂层的绝热性能仍存在明显不足,亟需加大研发力度以突破技术瓶颈。最后,优化能量传递路径。锅炉运行涉及能量生成、转换、传输及利用的全过程,节能的核心在于降低能量损耗、提升能源使用效能。相关研究需深入探讨系统线路规划、设备选型、节点配置及阀门选择等关键环节,通过完善运行回路设计来提升能源利用率。具体措施包括精简管路接头、减少

阀门数量以降低能量损耗;第四,更新老旧设备系统。从节能角度出发,锅炉经济运行需及时淘汰落后设备,降低能量损失。建议政府主管部门强化行业监管,推动设备制造企业技术创新,提升产品能效水平。同时通过政策引导和宣传教育,促使使用单位增强节能意识,优先选用能效较高的锅炉设备。

结论

锅炉经济运行并非孤立存在,而是与设备自身的运行状态、废料的回收利用与无害化处理、燃煤的规范堆放与严格抽检、前沿技术的研发与应用、以及精细化的运维管理等多个关键因素紧密相连,形成一个复杂的相互影响、相互制约的系统。本文旨在深入研究实现锅炉经济运行的有效途径,通过系统性的分析,提出一套综合性的解决方案,从而在保证生产的同时,显著节约能源消耗,降低运营成本,提升企业经济效益。燃煤的质量直接影响锅炉的运行效率和排放水平,因此,必须高度重视燃煤的堆放场地管理,防止燃煤受潮、污染或损失,同时还要建立完善的燃煤采购抽检制度,对每一批燃煤进行严格的质量检测,包括发热量、灰分、硫分等指标,确保燃煤质量符合要求。为了实现锅炉经济运行的可持续发展,还必须加强节能技术的研发投入,积极引进和应用先进的锅炉技术,如高效燃烧技术、智能控制技术,提升锅炉的整体性能。最后,要注重运维管控,建立完善的运维管理体系,对锅炉的运行参数进行实时监控和分析,及时调整运行策略,优化燃烧工况,减少能源浪费,通过以上多方面的综合措施,全面提升锅炉运行的经济性,从而为企业带来显著的经济效益,并助力企业实现节能减排的战略目标,为可持续发展做出贡献。

参考文献

- [1]赵昕.火力发电厂智能化研究及关键技术[J].电气技术与经济,2021(3):22-23.
- [2]卢达志.火力发电厂锅炉优化运行措施探讨[J].电力系统装备,2022(6):97-100.
- [3]方磊.300MW级火力发电厂锅炉燃料分析与燃烧改善研究[J].现代工业经济和信息化,2023,13(5):263-265.