

火力发电厂原料煤接卸-存储-燃烧全流程损耗控制技术

田 仪

国能榆林化工有限公司 陕西 榆林 719000

摘 要：本文聚焦火力发电厂原料煤接卸、存储、燃烧全流程损耗管控，明确合理与不合理损耗界定标准及行业基准，调研不同规模电厂损耗现状，剖析各环节损耗类型及核心影响因素。针对性提出各环节设备优化、操作规范、计量精准等控制技术，构建全流程协同管控体系，通过案例验证其有效性并给出优化方案。研究可有效解决电厂损耗超标、管控不完善等问题，降低煤资源浪费，为电厂降本增效、实现能源高效利用提供技术支撑与实践参考。

关键词：火力发电厂；原料煤；接卸-存储-燃烧全流程；损耗控制技术

引言：原料煤是火力发电厂的核心燃料，其成本占电厂总成本的60%-85%，接卸、存储、燃烧全流程损耗直接关系电厂经济效益与能源利用效率。当前多数电厂存在损耗率超合理基准、各环节损耗不均、计量不精准、管控体系不完善等问题，既造成煤资源浪费，也增加环保压力。因此，开展原料煤全流程损耗控制研究，研发适配技术与管控体系，对推动火力发电行业节能降耗、高质量发展具有重要现实意义。

1 火力发电厂原料煤全流程损耗现状及影响因素分析

1.1 原料煤全流程损耗界定与现状调研

(1) 损耗界定：明确原料煤全流程中接卸、存储、燃烧三大核心环节的损耗定义，清晰区分合理损耗与不合理损耗。合理损耗指行业公认、不可避免的少量损耗，不合理损耗则为人为操作、管理不当等导致的额外损耗；确定行业合理损耗基准，其中储存环节允许损耗率 $\leq 0.5\%$ ，接卸、燃烧环节合理损耗率结合行业规范明确界定，为损耗控制提供参照标准。(2) 现状调研：选取大型、中型、小型不同规模火力发电厂开展实地调研，全面统计各环节损耗率数据。调研发现，当前原料煤损耗控制存在共性问题，多数电厂损耗率超出合理基准，且各环节损耗不均衡，同时存在损耗计量不精准、管控体系不完善等突出短板，小型电厂损耗问题更为突出。

1.2 接卸环节损耗现状及影响因素

(1) 损耗现状：接卸环节损耗主要包括撒落损耗、破碎损耗、计量偏差损耗。撒落损耗多发生在煤料转运过程中，破碎损耗源于接卸设备冲击，计量偏差则导致实际损耗与统计数据不符；不同接卸方式损耗率差异明显，铁路接卸损耗率最低，水路次之，公路接卸因转运环节多，损耗率最高。(2) 影响因素：核心影响因素包括接卸设备性能，老旧设备易加剧破碎与撒落；操作规

范性不足，人员违规操作会增加损耗；来煤运输方式决定接卸复杂度，进而影响损耗；监督管理不到位，未及时发现并纠正损耗隐患，导致损耗失控^[1]。

1.3 存储环节损耗现状及影响因素

(1) 损耗现状：存储环节损耗主要有自然损耗、自燃损耗、混煤损耗，自然损耗含风损、雨损、热损，风损导致细煤颗粒流失，雨损造成煤料结块流失，热损源于煤料自身氧化放热；自燃损耗多发生在高挥发分煤种存储过程中，混煤损耗则因煤种混合导致热值损失，露天煤场损耗率显著高于密闭仓库。(2) 影响因素：存储方式直接决定损耗程度，密闭存储可有效降低自然损耗；煤场管理水平、煤质特性、环境条件（风力、降雨）及库存周转周期，均会不同程度影响损耗，库存周期越长，损耗风险越高。

1.4 燃烧环节损耗现状及影响因素

(1) 损耗现状：燃烧环节损耗主要包括机械未完全燃烧损耗、化学未完全燃烧损耗、排烟热损耗，其中飞灰含碳量过高是机械未完全燃烧损耗的主要来源，导致煤料未充分燃烧，造成能源浪费，排烟热损耗则是热量随烟气流失，增加损耗总量。(2) 影响因素：煤质适配性不足会导致燃烧不充分；燃烧设备性能、燃烧调整参数不合理，会加剧损耗；运行操作人员技能水平差异，影响燃烧调整精度，进而增加各类型燃烧损耗。

2 火力发电厂原料煤接卸-存储-燃烧全流程损耗控制技术

2.1 接卸环节损耗控制技术

(1) 接卸设备优化技术：结合电厂来煤运输方式（铁路、水路、公路）的差异，针对性优化接卸设备配置，从源头减少损耗。对于铁路来煤，采用高效翻车机替代传统卸煤设备，搭配自动清车装置，提升卸煤效率的同时，最大限度减少煤料在车厢内的残留的撒落；对

于船舶来煤,配套大型抓斗卸煤机,优化抓斗设计,增加抓取量并降低抓取过程中的煤料散落,同时配备皮带转运缓冲装置,减少煤料掉落与破碎;对于公路来煤,采用自动化卸煤沟,避免人工卸煤导致的撒落损耗,通过设备升级实现接卸环节损耗精准管控^[2]。(2)操作规范化技术:制定覆盖接卸全流程的标准化操作流程,明确设备启停、煤料转运、应急处理等各环节的操作规范,细化操作步骤与安全要求,杜绝违规操作。加强操作人员专项培训,定期开展设备操作、损耗控制技巧等内容的培训与考核,提升操作人员专业素养与规范操作意识,熟练掌握设备操作要点,减少因操作失误、流程不规范导致的煤料撒落、破碎等损耗,确保接卸操作全程标准化、规范化。(3)计量精准化技术:引入高精度计量设备,铁路来煤配备高精度轨道衡,公路来煤安装智能地磅,水路来煤采用船舶计量系统,确保来煤量精准计量,减少计量偏差导致的损耗。完善计量监督体系,建立“双人核对、全程追溯”机制,落实车车采样、批批检验制度,对每一批来煤进行采样检测,核对计量数据与实际煤量,及时发现并纠正计量偏差,杜绝人为计量失误,确保计量数据真实可靠,从计量环节把控损耗。

2.2 存储环节损耗控制技术

(1)自然损耗控制技术:针对露天煤场自然损耗(风损、雨损、热损)特点,采取综合性防控措施。在煤场周边设置高密度防风抑尘网,降低风力对煤堆的侵蚀,减少细煤颗粒流失;配备自动喷淋降尘系统,根据天气情况定时喷淋,湿润煤堆表面,抑制扬尘,同时减少煤料水分蒸发导致的热损;完善煤场排水设施,设置排水沟、集水井,及时排出雨水,避免雨水冲刷煤堆造成煤料流失、结块,减少雨损;对煤堆采用防护膜全覆盖,压实煤堆表面,减少煤料与空气接触面积,降低氧化热损与风损,全方位控制自然损耗。(2)自燃损耗控制技术:建立煤堆自燃全方位监测与防控体系,采用红外测温系统24小时不间断监测煤堆温度,设置温度预警阈值,一旦煤堆温度超标,立即发出预警并启动处置措施。优化煤场分区存储模式,将不同挥发分、不同煤种分开存放,避免高挥发分煤种聚集导致自燃;严格执行“先进先出”管理原则,缩短煤料库存周期,减少煤料长期存储带来的自燃风险;对于高挥发分、易自燃煤种,采取定期通风降温、翻堆处理等措施,降低煤堆内部温度,抑制氧化反应,从源头杜绝自燃损耗^[3]。(3)混煤损耗控制技术:引入数字化煤场管理系统,整合煤场存储、煤种信息、库存周转等数据,实现煤场数字

化、精细化管理,精准划分存储区域,实现不同煤种分区分质存储,每个存储区域设置清晰标识,明确煤种、热值等关键信息,避免不同煤种混合导致的热值损耗与燃烧效率下降。优化库存周转策略,根据机组负荷、煤质需求,合理调配煤料,缩短库存周转周期,减少煤料长期存储带来的混煤风险与损耗,同时通过系统精准管控,实现煤料存储、取用的规范化,最大限度降低混煤损耗。

2.3 燃烧环节损耗控制技术

(1)煤质适配与预处理技术:对入厂原料煤进行全面预处理,通过破碎、筛分设备,将入炉煤粒径控制在合理范围,去除煤料中的杂质,提升煤料燃烧均匀性;建立煤质检测分析体系,实时监测煤质特性(热值、灰分、挥发分等),根据煤质变化优化掺烧方案,采用分仓配煤、精准调控技术,将不同煤种按比例掺烧,实现煤质与锅炉燃烧需求的精准适配,提升燃烧效率,减少因煤质不匹配导致的燃烧不充分损耗。(2)燃烧设备优化技术:对锅炉、磨煤机等核心燃烧设备进行技术改造与升级,提升设备运行效率,减少设备故障导致的损耗。对磨煤机进行优化改造,采用动态旋转分离器,提升煤粉研磨精度与均匀度,确保煤粉充分燃烧;在锅炉水冷壁表面喷涂节能涂料,增强换热效率,减少排烟热损耗;定期对燃烧设备进行维护检修,及时排查设备故障,避免因设备卡涩、泄漏等问题导致的煤料浪费与损耗,确保燃烧设备长期稳定高效运行^[4]。(3)燃烧参数精准调控技术:建立动态氧量管控体系,安装高精度氧量监测设备,实时监测锅炉烟气氧量,根据机组负荷、煤质变化,动态调整风煤配比、炉膛温度等燃烧参数,确保燃烧过程处于最佳状态。通过精准调控,降低飞灰含碳量,减少机械未完全燃烧损耗;优化燃烧调整策略,控制烟气中一氧化碳含量,减少化学未完全燃烧损耗,实现锅炉小指标压线运行,最大限度提升燃烧效率,降低燃烧环节损耗,实现煤资源高效利用。

3 火力发电厂原料煤全流程损耗协同管控体系构建与验证

3.1 全流程协同管控体系构建原则与框架

(1)构建原则:构建原料煤全流程损耗协同管控体系需严格遵循四大核心原则,确保体系科学可行。坚持系统性原则,打破接卸、存储、燃烧各环节壁垒,实现全流程统筹管控;坚持经济性原则,在降损的同时控制管控成本,兼顾投入与收益平衡;坚持可操作性原则,结合电厂实际运营情况设计管控措施,确保易落地、易执行;坚持动态优化原则,根据煤质变化、技术升级及

行业规范调整管控策略。同时,体系构建需兼顾安全保供、降本增效与环保要求,实现多目标协同推进。(2) 体系框架:明确接卸、存储、燃烧各环节的责任主体,细化各岗位管控职责,设定分环节、全流程损耗控制目标,确保管控责任层层落实。建立“数据采集-分析诊断-优化改进-效果评估”的闭环管控流程,实现损耗管控全流程可追溯、可优化。整合设备、操作、管理三大管控维度,将设备优化、操作规范、管理制度有机融合,形成全方位、多层次的协同管控框架,实现各环节、各维度的协同联动。

3.2 协同管控机制建设

(1) 跨环节协同机制:搭建接卸、存储、燃烧环节信息共享平台,整合煤质检测数据、各环节损耗数据、设备运行数据等核心信息,实现数据实时互通、同步更新。基于共享数据联动调整管控策略,例如根据接卸环节的煤质特性、来煤量,提前优化存储区域分配与煤堆管理方案,同时同步调整燃烧环节的掺烧比例与参数设置,避免各环节管控脱节导致的损耗增加,实现全流程协同降损^[5]。(2) 人员与制度协同机制:完善原料煤损耗控制管理制度,细化各环节管控标准、操作流程及考核办法,明确各岗位人员的岗位职责,确保管控有章可循。建立与损耗控制挂钩的绩效考核体系,将降损效果纳入员工绩效评定,强化全员降损意识。定期开展损耗控制专项培训,涵盖设备操作、数据监测、管控技巧等内容,全面提升操作人员与管理人员的专业水平,实现人员能力与管理制度的协同适配。

3.3 体系有效性验证

(1) 案例选取:选取不同规模、不同来煤方式的典型火力发电厂作为验证对象,全面收集该电厂原料煤接卸、存储、燃烧各环节的原始损耗数据,明确验证指标,主要包括各环节损耗率、全流程综合损耗率,采用对比分析法、数据统计法作为验证方法,确保验证结果科学准确。(2) 验证过程:将本文提出的全流程损耗控制技术与协同管控体系应用于验证电厂,实施一定周期的管控实践后,系统收集各环节损耗数据,对比验证前后各环节损耗率的变化情况,重点评估体系的降损效

果。参考行业内公运煤损耗率控制在0.02%以内的实践标准,结合验证电厂实际情况,综合判断协同管控体系的有效性与适用性。

3.4 体系优化措施

(1) 针对性优化:根据体系有效性验证结果,深入分析管控体系存在的不足与薄弱环节,针对性优化控制技术与管控机制。例如,针对数字化煤场管理系统功能不完善的问题,升级系统数据采集与分析功能;针对绩效考核指标不合理的情况,优化指标设置,强化对关键环节的考核,提升管控针对性。(2) 智能化升级:结合火力发电行业技术发展趋势,积极引入智能化技术,如采用无人机巡检煤场,提升煤堆监测效率与准确性;运用大数据分析技术,对煤质、损耗数据进行深度挖掘,实现损耗精准预测与动态调控。通过智能化升级,持续提升协同管控的精细化、智能化水平,推动管控体系不断完善,实现原料煤损耗长期稳定可控。

结束语

本文系统研究了火力发电厂原料煤接卸-存储-燃烧全流程损耗控制问题,明确了各环节损耗特征、影响因素,提出的针对性控制技术与协同管控体系,经实践验证可有效降低损耗,破解行业管控难题。后续可依托智能化技术,优化管控体系,推动无人机巡检、大数据分析等技术深度应用,持续提升损耗管控精细化水平,助力火力发电行业实现节能降本、绿色低碳的高质量发展目标。

参考文献

- [1]刘涛.火电厂锅炉燃烧优化技术探讨[J].中国设备工程,2023,(22):202-203.
- [2]陈文.基于大数据分析的火力发电厂锅炉性能优化研究[J].新疆钢铁,2025,(02):228-230.
- [3]刘海峰.火力发电厂燃煤锅炉节能优化控制方法[J].中国新技术新产品,2025,(06):75-77.
- [4]马杰.基于数据挖掘的火力发电厂锅炉燃烧效率优化技术研究[J].中国高新科技,2025,(18):64-66.
- [5]马煜欣,郭琳,孔悠,等.火电厂能源循环利用系统设计及评价[J].能源化工,2025,46(03):23-27.