

智能化背景下煤炭洗选工艺技术现状及发展趋势

左迎光

国电建投内蒙古能源有限公司 内蒙古 鄂尔多斯 017209

摘 要:在煤矿全域智能化建设、煤炭清洁低碳利用双重行业导向下,传统粗放式煤炭洗选工艺已无法适配多变原煤分选、节能降碳、少人化作业生产要求,工艺智能化转型升级成为行业必然发展方向。本文针对当前煤炭洗选主流工艺及智能化应用现状进行了分析,包括重力分选智能化、浮游分选智能化、筛分脱水智能化、洗选厂区配套智能化等方面,同时讨论了未来洗选工艺的发展趋势。

关键词:智能化;煤炭;洗选工艺技术;现状;发展

引言

以往传统煤炭洗选高度依赖人工现场调控,分选精度浮动大、物料药剂能耗偏高、车间作业安全风险较高,随着工业物联网、机器视觉、AI 大数据技术逐步落地工矿领域,各大矿区陆续推进洗选车间智能化技改,逐步替代人工粗放作业模式。目前国内洗选智能化建设进度两极分化明显,新建洗煤厂智能化配套完善,老旧厂区改造滞后,各类智能工艺普遍存在单机可控、全链不通联的问题,复杂煤质分选管控依旧依靠人工兜底。

1 当前煤炭洗选主流工艺及智能化应用现状

1.1 重力分选智能化应用现状

(1) 传统跳汰设备依靠人工现场观察床层状态手动调节风阀与水阀参数,人为判断误差会直接影响分选效率,近年行业逐步加装在线传感装置完成基础智能化升级。设备配套压力传感器、料层厚度采集元件持续捕捉床层波动数据,后台控制系统依托实时数值自动调整供风供水强度,替代长期驻场人工值守操作。现阶段多数中小型洗选厂仅完成基础数据采集层面改造,没有搭建闭环自主调节模块,参数波动幅度较大时依旧需要工作人员到场修正,智能调控仅起到辅助作用,难以实现长期无人值守运行。(2) 重介质分选工艺分选精度优于跳汰设备,配套智能化配套设施普及程度相对更高。该工艺依靠悬浮液密度控制分选质量,在线密度检测仪、磁性物含量监测装置已经成为标准配套硬件,能够持续采集介质浓度数据并同步传输至中控平台^[1]。中控系统可联动介质补加、分流、脱介工序完成简单自动调节,减少人工取样化验的频次。但现有智能调控逻辑多采用固定阈值判定模式,只能应对煤质稳定的生产工况,原煤入料粒度、灰分出现大范围波动时,系统无法自主调

整悬浮液供给节奏,容易出现精煤流失或者矸石带煤增多的问题。(3) 两类重力分选设备的数据体系处于独立运行状态,跳汰机组与重介质分选设备的采集数据无法实现互通共享,中控平台只能单独查看单台设备运行参数,不能结合全厂入料总量、煤质变化开展协同调控。多数厂区智能化改造只聚焦单台设备加装传感元件,没有针对分选全工序搭建统一数据处理框架,智能调控局限于单机局部优化。

1.2 干法分选智能化应用现状

(1) 随着矿山智能化建设持续推进,传统干法分选粗放式、人工干预多的作业模式正在逐步改造升级。早期干法分选设备自动化程度偏低,设备运行参数多依靠操作人员经验手动调节,受人为判断差异影响,分选精度稳定性较差,面对原煤煤质波动时适配能力不足,极易出现精煤纯度不达标、矸石带煤率偏高的问题。(2) 现阶段智能化干法分选技术,依托传感感知、数据采集和智能调控技术,实现了分选全过程的自主管控。系统可实时捕捉原煤入料粒度、湿度、给料速度、设备振动状态等关键生产参数,结合煤质变化规律完成动态自适应调节,摆脱了对人工操作经验的依赖。(3) 智能化控制系统能够全程监测设备运行状态,自主识别设备异常工况和分选质量偏差问题,及时完成参数修正与故障预警。通过数字化、智能化的技术升级,干法分选的作业稳定性和分选精度得到大幅提升,在保障煤炭分选质量的基础上,进一步降低生产能耗与资源损耗,已经成为现代化煤炭洗选智能化升级的重要发展方向。

1.3 筛分脱水智能化配套工艺应用现状

(1) 筛分脱水属于煤炭洗选上下游衔接配套工序,承接前端分选原煤、煤泥物料分级、固液分离作业,直

接把控成品煤炭粒度、外在水分两大出厂指标,也是洗选厂区智能化改造普及率较高的辅助工艺,多用于分级筛分、精煤脱水、煤泥尾水分分离全环节作业。以往筛分脱水工序机械化程度偏低,依靠人工值守调控筛机振幅、给料速率,人工定时排查筛网破损、堵孔、物料偏析问题,脱水作业依靠固定时长管控滤饼含水率,受人工操作差异影响,成品水分、物料粒度稳定性较差,筛面堵料、空载运行能耗浪费问题频发。(2)现阶段大中型洗煤厂已完成筛分脱水设备智能化升级,主流配备智能振动筛、板式智能压滤机、离心智能脱水机组,搭配全域传感组件实现自动化运行^[2]。筛分设备搭载振动频率传感器、料层厚度探测器、温度监测元件,实时采集筛面物料厚度、运行振幅、轴承温度数据,中控系统结合前端分选下料量,自主调节变频给料机下料速度,动态适配筛面负载。(3)从实际落地效果来看,筛分脱水智能化仍停留在单机自控层面,工序联动性存在明显短板。筛分、脱水、下料转运设备独立布设管控,物料转运衔接无智能联动调控,常会出现筛机空载运转、脱水设备来料不足的耗能问题。井下原煤湿度、粒度波动较大时,智能筛分系统自适应调节能力不足,细粒黏煤极易粘附筛网,智能自清装置清理效果有限,依旧需要人工停机清理。

1.4 洗选厂区配套智能化系统落地现状

(1) 除去核心分选、筛分脱水主体工艺,厂区辅助配套智能化系统是打通洗选全流程联动作业、减少现场人工干预的基础载体,目前国内大中型标准化洗煤厂已分批完成配套智能系统加装改造,小型老旧厂区配套智能化建设进度滞后,系统整体适配性、联动性存在明显短板。厂区智能监控系统目前已实现全域点位布设,依托防爆高清摄像设备、井下转载点位感知设备,覆盖车间作业区、药剂库房、介质储存区、尾矿堆放区全域点位,可实时捕捉设备运行状态、现场人员作业动态。(2) 智能给料系统依托变频调控模块、物料流量传感器实现基础自动化送料,联动前端分选设备调节原煤入料量,改变以往人工手动调节闸板开度的粗放给料模式^[3]。系统可以根据瞬时物料重量、物料粒度小幅调控给料速率,维持设备来料平稳性,避免瞬时大料量造成设备过载堵料。但现有给料系统大多为单机独立调控,无法联动全厂多台分选设备统筹分配来料,煤层煤质波动后给料节奏适配滞后,容易出现机组来料不均、空转耗能的问题,适配多变原煤工况的动态给料能力不足。(3) 智能药剂投加系统多用于浮选、煤泥净水工序,依托定量泵、浓度传感装置实现药剂自动化配

比投放,替代人工桶装兑药、凭经验投料的作业模式,有效降低药剂无端损耗。多数厂区智能投加仅能设定固定投放数值,依托恒定药量完成作业,无法结合矿浆浓度、泡沫状态、尾煤灰分动态微调药量。加之药剂管路结垢、传感探头腐蚀干扰检测精度,药量投放偏差时常出现,要么药剂投放过量增加生产成本,要么药量不足降低分选净化效果。

2 智能化背景下煤炭洗选工艺优化发展对策

2.1 攻坚恶劣工况专用智能洗选设备,提升国产化适配性能

(1) 结合矿区高粉尘、高湿度、矿浆腐蚀、物料强磨损的现场作业工况,针对当前进口智能设备造价偏高、适配性差,国产设备传感精度不足、耐磨性能薄弱等痛点,联合设备研发院所、生产企业开展专项技术攻关,补齐恶劣工况专用洗选设备短板,全面提高本土设备适配能力。重点优化重力分选、浮选、筛分脱水核心机组硬件材质,升级设备接触物料部位防腐耐磨构件,改良防爆传感探头防尘防垢结构,降低煤泥粘附、介质腐蚀、粉尘遮挡带来的数据失真问题,提升在线检测元件长效稳定性。(2) 聚焦复杂难选原煤工况研发定制化国产智能机组,针对泥化煤、细粒煤、高低灰分混杂原煤,改良重介质分选调控组件、浮选智能给药模组,优化设备内部物料流通结构,摆脱国产设备仅适配单一稳定煤质的局限。缩减核心智能元器件对外进口依赖度,自主研发分选密度调控、泡沫视觉识别、水分在线检测核心模块,把控设备生产成本,降低厂区设备采购及后期维保费用。(3) 建立矿区工况适配测试机制,新研发智能洗选设备落地厂区开展长期试运行,根据现场堵料、腐蚀、调控滞后问题迭代优化设备程序与硬件结构。统一国产智能洗选设备参数标准、数据传输端口规格,打通不同品类设备兼容壁垒,淘汰老旧低精度非标设备。依托设备国产化提质,兼顾采购成本、运维难度、工况适配三重需求,从硬件层面筑牢智能化洗选工艺运行基础,适配各类复杂井下原煤分选作业。

2.2 搭建全域工业物联网平台,实现洗选全工序联动调控

(1) 针对当前洗选车间各工序系统独立运行、数据割裂、单机调控脱节的行业痛点,搭建适配洗煤厂高粉尘潮湿工况的全域工业物联网平台,统一整合分选、筛分、脱水、配套辅助系统数据端口,打破不同厂家设备的数据壁垒,构建一体化中控管控体系。统一全厂传感设备通信协议,规整现场流量、灰分、介质浓度、含水率、设备能耗传感数据,摒弃分散独立管控模式,实现

生产数据集中归集、可视化全域监测。(2) 依托物联网平台打通上下游工序联动逻辑,建立前端原煤入料、中端分选加工、后端脱水转运闭环联动机制。平台根据原煤入料灰分、粒度实时数据,同步联动智能给料、重介质调控、浮选加药机组协同调整运行参数,规避单机自主调控带来的工序节奏错配问题^[4]。按需联动启停上下游设备,缓解设备空载运行、来料不均衡问题,有效降低车间整体能耗与物料损耗。(3) 依托平台增设工序协同预警模块,关联设备运行参数、物料指标设定联动阈值,单道工序出现工况异常时,平台自动联动上下游工序做出适配调整,避免局部故障扩大影响整条生产线。同时开放平台数据权限,方便技术人员远程调取生产数据、微调运行参数,减少现场人员近身作业频次。分级完成老旧车间物联网端口改造,兼容原有在用智能设备,降低改造投入成本,逐步实现煤炭洗选从单机智能化,转向全流程协同联动智能化,提升整体生产稳定性与分选效率。

2.3 推进煤泥水高压压滤全流程智能管控升级

(1) 煤泥水压滤处理是煤炭洗选末端水处理的核心工序,也是保障洗选系统闭路循环、实现清水回用的关键环节。传统煤泥水压滤作业大多依靠人工值守操作,设备启停、压力调节、卸料清洗等操作均依赖工作人员经验判断。人工操作的滞后性,很容易造成压滤压力不稳、滤饼含水率超标、水体澄清度不足等问题,不仅降低煤泥回收利用率,还会导致煤泥水系统循环负荷过大,影响整体洗选生产的稳定性。(2) 在智能化改造背景下,需全面推动煤泥水压滤工艺向自动化、智能化水处理方向转型^[5]。依托在线水质监测传感器、压力传感设备与智能中控系统,搭建煤泥水动态监测体系,实时捕捉水体浓度、悬浮颗粒含量、压滤设备工作压力、过滤时长等关键运行数据。系统可以根据入料煤泥水的

水质波动,自主调整压滤运行参数,替代传统人工粗放调控模式。(3) 搭建煤泥水智能预警机制,针对水体浑浊度异常、压滤堵塞、设备压力过载等常见问题实现自动识别与提前预警。通过全流程智能管控,有效稳定压滤出水水质,提升煤泥干化处理效果。持续优化煤泥水闭路循环体系,最大限度提高洗选废水回用率,减少外排废水总量。既可以解决传统水处理工艺稳定性差、能耗偏高的短板,也能助力煤炭洗选行业实现绿色低碳、智能高效的高质量发展目标。

结语

综合分析可知,当下煤炭洗选智能化仍处于单机半自动发展阶段,并未实现全工序自主闭环运行,煤质自适应能力、设备耐恶劣工况能力、跨工序联动能力均存在提升空间,制约智能化升级的核心因素,不单是技术设备短板,还有行业标准、人才储备、企业技改理念多重因素。后续煤炭洗选行业不能盲目跟风加装智能设备,要立足厂区原煤特质、车间布局分级开展技改,兼顾设备国产化、系统互通性、操作简易性稳步升级。

参考文献

- [1] 徐光远. 计算机智能技术驱动煤炭洗选提质增效的技术路径、工程实践与“十五五”发展策略[J]. 煤炭加工与综合利用,2026,(4):1-6.
- [2] 杨海峰. 煤炭自动洗选工艺技术的应用路径探究[J]. 中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2025,(8):070-073.
- [3] 李昕. 选煤厂重介质分选工艺智能化改造研究[J]. 凿岩机械气动工具,2025,51(2):103-105.
- [4] 崔双瑞. 煤炭洗选工艺技术应用现状及改造分析[J]. 能源与节能,2024,(6):276-278.
- [5] 林鑫. 煤炭洗选智能化控制系统的优化设计[J]. 中国新技术新产品,2024,(2):42-44+123.