

煤矸智能分选系统在大柳塔选煤厂的应用

燕建华

(国能神东煤炭洗选中心,陕西 神木 719315)

摘要:大柳塔选煤厂年生产能力34 Mt/a,矸石分选作业主要由人工完成,存在人工成本高、工作环境差、拣选效率低、劳动强度大等问题,严重影响选煤效率和质量。基于煤和矸石的物理特性差异,对捡矸作业进行智能化改造,实现矸石高精度辨识和智能分选。结果表明:该智能分选系统能实现矸石的自动识别和跟踪分选,完全取代人工拣矸作业,对智能化选煤厂建设具有重要意义。

关键词:选煤厂;煤矸;智能分选

中图分类号:TD94

文献标志码:A

文章编号:1006-6772(2023)S1-0174-05

Application of intelligent separation system of coal and gangue in Daliuta coal preparation plant

YAN Jianhua

(CHN Energy Shendong Coal Preparation Center, Shenmu 719315, China)

Abstract: The annual production capacity of Daliuta coal preparation plant is 34 Mt/a, and the separation of waste rock is mainly done by manual work. Single manual separation operation seriously affects the efficiency and quality of coal preparation. The intelligent transformation of picking gangue was carried out to achieve high-precision identification and intelligent separation of gangue based on the difference of physical characteristics of coal and gangue. The results show that the intelligent separation system can realize the automatic identification and tracking sorting of gangue, and it is of great practical significance for the construction of intelligent coal preparation plant to completely replace the manual sorting of gangue.

Key words: coal preparation plant; coal gangue; intelligent separation

0 引言

根据国家“十四五”规划和发展战略,中国未来发展道路要向可持续发展模式转变。我国人口众多,资源有限,因此能源利用模式要向能源经济型转变。煤炭作为主体能源之一,精煤质量及煤炭合理利用对提高我国能源利用的经济效果至关重要^[1-4]。为提高精煤质量,通过选煤降低污染程度和经济支出。拣矸环节作业强度大、人工成本高,选煤可将原煤中大量矸石排出,实现煤炭高效、洁净利用。因此煤矸智能分选系统应用具有重大意义。

1 现状及问题

大柳塔选煤厂年设计能力34 Mt/a,矿井从原煤仓运输到大柳塔选煤厂,原煤以50 mm分级,筛上物料经预先排矸除铁后破碎至50 mm,在筛分车间

分级后淘汰分选。目前拣矸作业为人工分选,在原煤输送手选带两侧安排人工手选,劳动繁重、工作效率低、误拣率高,严重影响产品质量。

目前,国内外正研究机械化装置替代人工选矸工艺,如复合式干法分选成套工艺、基于核物理技术的智能分选设备、基于图像/X射线的煤炭干选工艺等工艺^[5-6]。这些技术虽能解决一部分煤炭选矸问题,但存在如下问题:①选矸系统工作环境扬尘较多,部分工艺噪声大,存在患职业病隐患;②选矸系统需要配置检测系统、控制系统、执行系统、辅助系统等,配套设备较多,工艺较复杂;③核物理^[5]、X射线选矸技术^[6]存在放射源污染隐患,操作者需特殊防护;④单套系统适用于较小粒度变化,对于粒度分布不均匀的物料选矸精度大大降低,需增加筛分系统以保证选矸精度;⑤机械化工艺主要适用于30~100 mm物料,对于>100 mm物料适应性较差。

收稿日期:2022-12-10;责任编辑:白娅娜 DOI:10.13226/j.issn.1006-6772.22130022

作者简介:燕建华(1982—),男,陕西神木人,工程师。E-mail:xj20090704@126.com

引用格式:燕建华.煤矸智能分选系统在大柳塔选煤厂的应用[J].洁净煤技术,2023,29(S1):174-178.

YAN Jianhua. Application of intelligent separation system of coal and gangue in Daliuta coal preparation plant[J]. Clean Coal Technology, 2023, 29(S1): 174-178.

基于此,本文以重介分选关键环节为突破口,对大柳塔选煤厂分选系统进行智能化改造,采用高精度煤质多元素检测分析系统,实现灰分快速在线检测;研发一套能够替代人工分选的智能分选系统,通过矸石识别、路径规划等策略,完成煤和矸石的高精度识别和快速分选,实现拣矸作业智能化改造,为煤炭分选行业智能化发展提供示范和有益借鉴,为煤炭分选行业数字化转型和高质量发展提供技术支撑。

2 智能分选系统

2.1 总体设计

为实现煤矸智能分选系统对矸石的在线识别和分选作业,结合大柳塔选煤厂现场工况和分选工艺特点,制定煤矸智能分选系统总体设计方案。该系统由给料装置、识别装置、执行装置、附属装置及控制系统等部分组成。

1) 给料装置。给料装置一般为给料机或筛机,由筛机上层下手选带出料溜槽备料,主要作用是将来料原煤均匀铺设至输送手选带,且平铺的原煤为单层,如图 1 所示。

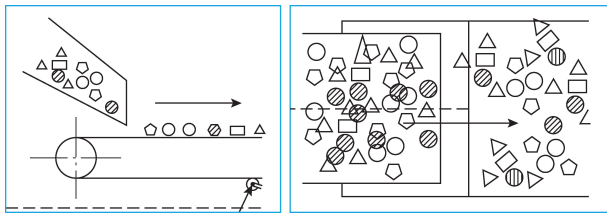


图 1 给料装置示意

2) 识别装置。识别装置包括矸石识别和矸石形状识别。矸石识别是为了从手选带平铺的原煤中识别矸石,并配合同步装置标记矸石位置。矸石形状识别是确定矸石姿态,便于确定最佳抓取姿态及避免运动干涉。

矸石识别是基于煤与矸石不同密度对 X 射线的吸收结果和衰减程度不同,由射线源发出稳定射线通过高低能 2 组传感器接收,对任意点同步产生 2 组成像数据,以此反映被照射物质对射线的吸收结果,从而对不同粒度、不同形状的煤和矸石进行精确成像。

3) 执行装置。执行装置为分选系统,采用桁架机器人,机械手采用两指夹取结构;机械手根据获取的识别系统和同步装置的矸石位置、读取数据信息,调整抓手水平面内 X、Y、Z 轴位置,将矸石从手选带选出,抛入矸石溜槽。

4) 控制系统。为实现分选系统的自动矸石识

别和跟踪抓取操作,结合现场工况和功能需求,开发了一套由控制系统的硬件、软件和安全防护装置组成的智能控制系统,用于过程的自动控制、实时监控及人机交互。

2.2 工作流程

原煤在传送带上匀速移动,首先通过 X 射线发生系统和 3D 成像单元,识别矸石和煤块,并确定其位置坐标和三维姿态,然后根据矸石和煤的姿态,判断抓手抓取过程是否存在干涉,并将可抓取矸石的坐标加入抓取队列,再根据传送带速度实时更新矸石坐标,最后根据抓取路径和加减速参数预测抓取时机,适时抓取矸石并投入矸石溜槽。自动分选机器人系统工作逻辑框图如图 2 所示。

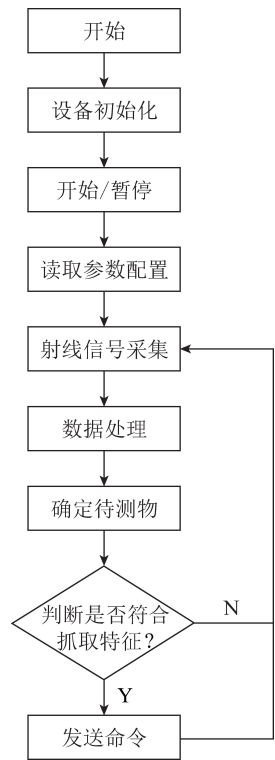


图 2 自动系统工作逻辑框图

2.3 识别装置

矸石识别技术主要通过煤炭和矸石组分差别实现。X 射线照射煤和矸石时,二者呈现的辐射通量强度差别较显著,具有长期稳定可靠、不受环境影响、结构简单、安全系数高等优势,因此选择 X 射线对煤和矸石进行成像识别。煤矸智能分选系统中,为实现煤和矸石的高精度智能识别,将识别程序写入控制器中,X 射线矸石识别程序流程如图 3 所示。

2.4 执行装置

机器人采用桁架式结构,如图 4 所示。4 轴(自由度)机械手,机械手各轴采用笛卡尔坐标系命名,机械抓手采用两指夹取结构;根据识别信息调整抓

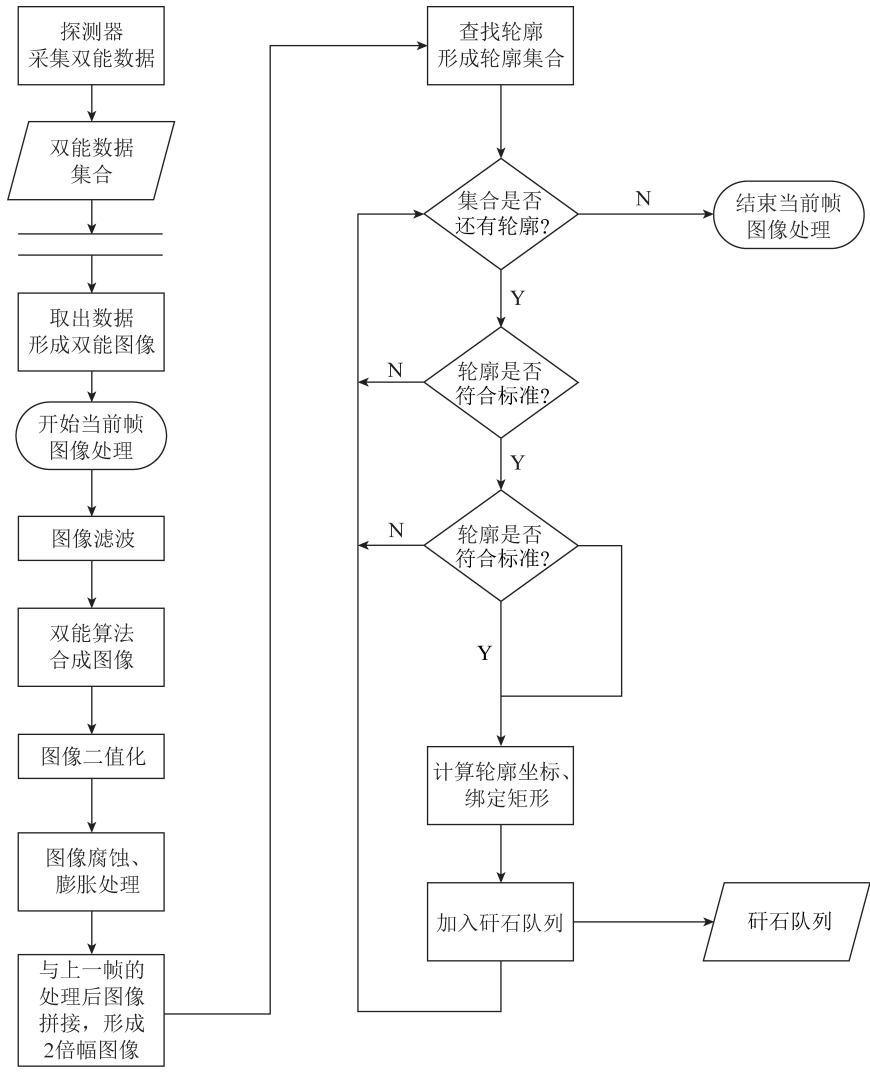


图 3 X 射线矸石识别流程

手水平面内 X 、 Y 、 Z 轴位置, 将矸石从手选带拣出, 抛入矸石溜槽。同时检测输送手选带速度, 当矸石识别装置识别出矸石时, 会标记矸石在手选带断面横向和纵向位置到自动分选机器人距离, 同步测量手选带速度, 得到矸石输送到执行装置的时间, 启动执行装置抓取矸石。

为准确抓取矸石, 机器人抓手的张开和闭合程度需根据视觉系统识别的矸石三维形态调整。根据工程实际, 结合抓取矸石粒度范围, 设计机器人抓手结构如图 5 所示。

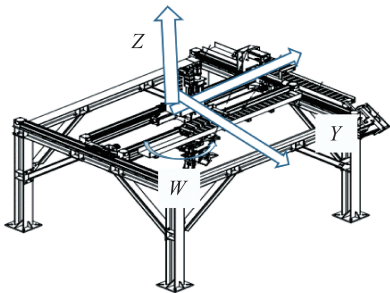


图 4 自动分选机器人总体结构示意图

机器人机械抓手是抓取矸石的执行装置, 需具有基本的开合功能, 同时, 由于抓取对象质量、形状、面积分布范围较大, 且抓取对象周围干扰分布复杂,

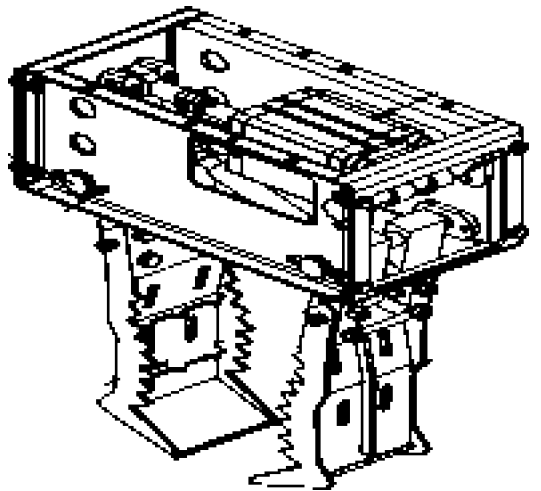


图 5 自动分选机器人抓手结构示意图

2.5 控制系统

为实现煤矸智能分选系统的矸石自动识别和跟踪抓取操作,结合大柳塔选煤厂现场工况和功能需求,设计一套智能控制系统,用于过程的自动控制、实时监控及人机交互。

1)控制系统的硬件组成。该控制系统的硬件

主要由上位机、PLC、运动控制器等组成(图 6),上位机主要用于实现矸石识别算法、轨迹规划、控制点计算、人机交互、信息管理等,PLC 用于实现系统的逻辑运算、开关控制及报警工作,运动控制器则用于执行上位机给出的运动指令,实现执行端的快速、平稳运行,完成矸石分选动作。

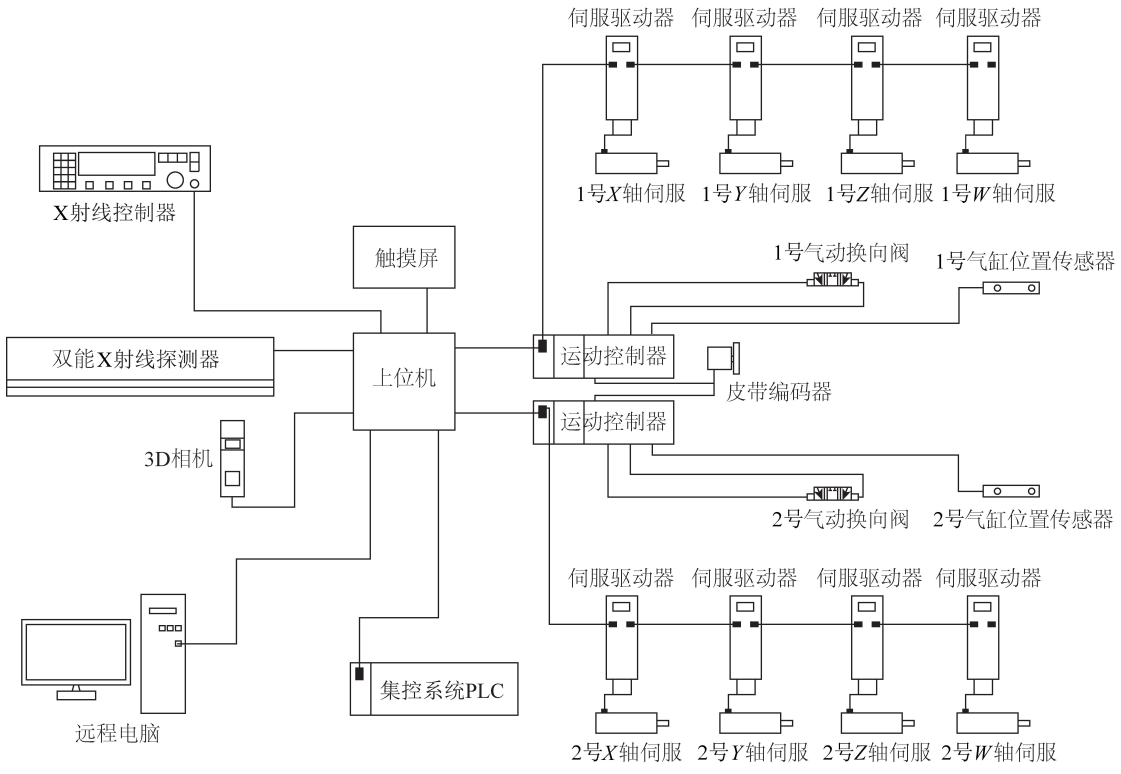


图 6 控制系统硬件组成

2)控制系统的软件组成。控制系统的软件主要由软件上位机的矸石分选模块、人机交互模块、信息管理模块和运动控制器的 PLC 逻辑控制模块组成。

2.6 安全防护

为使高频恒压 X 射线机终在安全、可控范围内,保证系统维护人员人身安全,需进行安全防护设计:

1)屏蔽防护。射线发生器全部设置在密闭铅房内,铅房由钢板加防护铅层构成,钢板保证其具有较高稳定性,铅层设计严格遵守 GB 18871—2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》安全要求及《职业病防治法》相关要求。

2)连锁控制。射线发生器内置循环冷却系统,通过温度传感器实时控制冷凝器运行状态,使射线发生器时刻保持在安全合理的温度环境下运行,冷凝器发生故障时,射线发生器立刻切断,保证不发生超温危险;铅房入口设有位移传感器,铅房门不能完全闭合或被打开时,都将触发射线机被切断,保证现场工作人员安全;铅房外部周边设有多个辐射报警

器,实时反馈当前环境辐射剂量。

3)声光警示。在选煤系统必要醒目处设置射线运行报警系统,射线发生器运行状态实时反馈运行状态,通过警示灯、报警器警示相关人员远离射线工作区域。

4)射线板密封防护。射线探测板属于精密电子元器件,在原煤准备车间不可避免存在碳粉微粒,为保证设备长期稳定工作,射线板采用嵌入式密封,并辅以胶封,达到完全防尘、防水的效果。设备密封示意如图 7 所示。

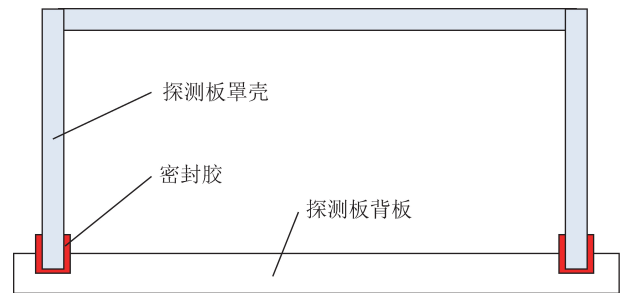


图 7 设备密封防护示意

3 应用效果

通过 1 a 的现场应用,实现了选前矸石的自动识别及分选功能,现场减少拣矸人员 6 人。矸石拣

出率见表 1,矸石误拣率采样测定结果见表 2。通过现场试验发现,原煤矸石平均拣出率为 86.53%,超过 85%,误拣率低于 5%,提升了拣矸效率,保证产品质量。

表 1 矸石拣出率

项目	机械手	分拣次数	拣出物料重量/kg	拣出合格矸石重量/kg	拣出率/%
取样 1	1 号	617	1 193.1	2 154.8	87.95
	2 号	476	961.7	2 092.3	85.40
取样 2	1 号	572	1 090.1	2 212.6	90.30
	2 号	514	1 002.2	2 120.3	86.54
取样 3	1 号	644	1 227.2	2 128.9	86.89
	2 号	496	985.4	2 012.5	82.14
取样 4	1 号	632	1 291.2	2 154.8	87.95
	2 号	417	829.1	2 092.3	85.40
取样 5	1 号	607	1 180.3	2 212.6	90.30
	2 号	477	948.6	2 120.3	86.54
取样 6	1 号	624	1 125.4	2 128.9	86.89
	2 号	453	887.1	2 012.5	82.14

表 2 矸石误拣率采样测定结果

>200 mm 矸石		<200 mm 矸石		人工检验出的煤统计		合计		矸中含煤率/%
块数	质量/kg	块数	质量/kg	数量	质量/kg	块数	质量/kg	
66	251.8	51	54.2	4	6.4	121	312.4	2.05
131	331.8	74	76.5	19	19.8	224	428.1	4.62
143	352.6	42	38.4	9	7.8	194	398.8	1.96
71	154.4	25	27.5	5	8.2	101	190.1	4.31
88	136.5	15	19.6	4	7.6	107	163.7	4.64
119	396.4	39	42.6	23	21.4	181	460.4	4.65

4 结 语

大柳塔选煤厂通过开展煤矸石智能分选系统智能化改造,实现原煤中矸石智能识别和跟踪分选作业,取代人工拣矸作业要求,实现生产系统核心环节智能控制,为行业智能拣矸作业的智能化建设起示范作用,为企业高质量发展,构建世界一流示范专业化单位提供技术保障。

[2] 王涛.智能化,引领煤炭发展新潮流[J].中国煤炭工业,2020(6):14-15.

[3] 朱妍.统筹谋划煤炭发展与生态环境保护[N].中国能源报,2021-09-06(015).

[4] 白宇.共推行业智能高效绿色低碳发展[N].中国电力报,2021-10-30(008).

[5] 鲁恒润,王卫东,徐志强,等.基于机器视觉的煤矸特征提取与分类研究[J].煤炭工程,2018,50(8):137-140.

[6] 申峰.识别分选一体化选煤方案研究与应用[D].西安:西安科技大学,2019.

参考文献:

[1] 谢和平.煤炭发展的未来之路[J].当代矿工,2019(11):2-5.