

捡矸机器人在大柳塔选煤厂的应用

卢 瑞 怀

(国能神东煤炭洗选中心,陕西 榆林 719000)

摘 要:为减少原煤中矸石含量,提高商品煤产率,降低工人作业强度,选煤厂在原煤段手选带增加一套智能拣矸机器人进行试验,根据煤和矸石识别准确率及矸石抓取检出率等指标进行综合评估。煤、矸石识别准确率分别为 95.23%、95.78%,可抓取 50~400 mm 大块矸石,单套机械臂每次循环平均处理速率 3.2 s、最大抓取质量为 30 kg。当输送带上方同一水平线同时存在 6 块以上矸石时,该套机械臂能力略显不足,存在漏检现象,抓取检出率平均 56.68%。该套设备从根本上解决了拣矸作业人员作业效率低下、分拣精度差等问题,同时可在原有基础上增加机械臂数量,控制多机械臂,增加备用机械臂,将智能机器人图像识别系统融入智能识别、分析、学习、算法、有害物监测、高温监测、报警等其他功能,进一步优化完善该类型机器人,可推广应用于各行业。

关键词:拣矸机器人;手选带;控制系统;机械化

中图分类号:TD94

文献标志码:A

文章编号:1006-6772(2023)S1-0146-04

Application of gangue picking robot in Daliuta coal preparation plant

LU Ruihuai

(CHN Energy Shendong Coal Preparation Center, Yulin 719000, China)

Abstract: In order to reduce the content of gangue in raw coal, improve the yield of commercial coal and reduce the working intensity of workers, a set of intelligent robot for picking gangue was added to raw coal preparation plant. The application effect was evaluated according to the accuracy of coal and gangue identification and the rate of gangue grasping and picking up. The recognition accuracy of coal and gangue is 95.23% and 95.78%, respectively. 50-400 mm large gangue can be grasped. The average processing speed of single manipulator is 3.2 s/cycle, and the maximum grasping mass is 30 kg. When there are more than 6 gangue in the same horizontal line above the conveyor belt, the ability of the manipulator is not enough, there is the phenomenon of missed detection, the average pick-up rate is 56.68%. This set of equipment can solve the problems of low efficiency and poor sorting precision of refuse-picking operators. It can increase the number of mechanical arms, control multiple mechanical arms and increase the number of standby mechanical arms, the image recognition system of intelligent robot is integrated into other functions such as intelligent recognition, analysis, learning, algorithm, harmful substance monitoring, high temperature monitoring, alarm and so on. To further optimize and perfect robot, it can be popularized and applied in various industries.

Key words: gangue picking robot; hand selection belt; control system; mechanization

0 引 言

大柳塔选煤厂是一座群矿型选煤厂,位于陕西省神木市北部,与内蒙古接壤,隶属于陕西省神木市大柳塔镇管辖。于 1993 年投产,主要生产大柳塔矿、活鸡兔矿及外购煤的分选及装车外运,拥有跳汰机、重介浅槽、末煤重介分选等多种生产工艺,4 套装车系统,是年处理原煤 3 400 万 t 的大型选煤厂。

选煤厂煤炭来源主要有大柳塔矿和活鸡兔矿。活鸡兔矿含煤 5 组 11 层,可采煤层 7 层;大柳塔矿井含煤 5 组 12 层。活鸡兔矿原煤属于特低灰、中高水分、中高挥发分、中高硫、低磷、中高发热量、低灰熔融温度、无黏结性与结焦性、可磨性差、中等热稳定性、化学反应性强的不黏煤。

大柳塔选煤厂分选系统采用块煤跳汰分选工艺和末煤重介旋流器工艺。原煤经 13 mm 分级筛分

收稿日期:2022-12-10;责任编辑:白娅娜 DOI:10.13226/j.issn.1006-6772.22130028

作者简介:卢瑞怀(1986—),男,内蒙古包头人,工程师。E-mail:553083747@qq.com

引用格式:卢瑞怀.捡矸机器人在大柳塔选煤厂的应用[J].洁净煤技术,2023,29(S1):146-149.

LU Ruihuai. Application of gangue picking robot in Daliuta coal preparation plant[J]. Clean Coal Technology, 2023, 29(S1): 146-149.

级后,筛上物进入跳汰机分选出精煤、中煤和矸石 3 种产品,精煤脱水后进入产品仓,中煤直接进入电厂,矸石通过汽运外排。浅槽系统将大井原煤通过分级筛选后,筛上物直接进入重介浅槽分选出块精煤和矸石,筛下物直接作为混煤进入混煤仓。

选煤厂原煤中矸石对设备磨损量较大,尤其大块矸石频繁造成破碎机卡堵,影响设备运行效率。活井系统采用跳汰机分选,如原煤中有超粒度煤、矸石进入后极易导致卡矸,使跳汰机床层效果较差,影响煤质。

含矸量较大会降低商品煤产率,为实现产品提质目标,保证煤炭产品质量稳定、均质、优质,提高原煤入选率,减少原煤中的矸石含量势在必行。

1 捡矸机器人构成

针对矸石含量较大的原煤,设置人工拣矸是最原始的生产方法,一般采用矿井原煤进入主选系统破碎机前设置手选带,手选带两侧分别有 4~6 个捡矸人员通过手工作业将矸石检出。人工捡矸由于作业人员劳动时间长、人员素质参差不齐、环境差等因素,造成捡矸作业效率低下、分拣精度差,制约现代选煤发展^[1]。

因国内智能化建设加速发展和智能化技术不断提高,机器人代替人工已成为智能化建设的发展趋势。拣矸机器人可从根本上解决拣矸作业人员作业效率低下、分拣精度差等问题,也可降低煤炭企业员工患职业病风险。

捡矸机器人是通过区分煤炭和矸石,实现智能化选矸的专用机械化装备,主要由备料装置、识别装置、执行装置、同步装置、胶带机、溜槽附属装置以及数据分析和控制系统等组成。可用于选煤厂手选带拣矸,煤矸识别率 95% 以上,可抓取 50~400 mm 大块矸石,单套机械臂平均每个循环 3.2 s、最大抓取质量为 30 kg。该设备利用机械手臂拣出大块矸石,实现拣矸作业环节机械化换人,降低员工作业强度,提升企业生产效率。

捡矸机器人示意如图 1 所示。

1.1 智能识别系统

相比煤炭,矸石中含有大量 Al_2O_3 、 SiO_2 ,同时含有 Fe_2O_3 、 CaO 、 MgO 等。与 C 元素相比, Si、Fe、Al 等元素对 X 射线的吸收系数较大,在 X 射线照射下,图像出现不同形态^[2],如图 2、3 所示。

基于 X 射线的强穿透力特性可对煤炭及矸石进行 X 射线识别^[3]。X 射线透过密度、厚度组成元素差异的物质时,因煤炭及矸石对 X 射线的吸收系

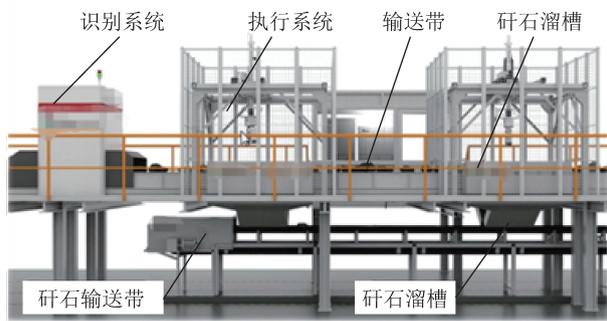


图 1 捡矸机器人示意

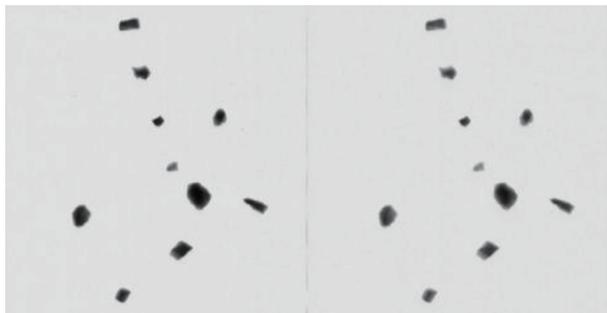


图 2 煤块的双能透照成像

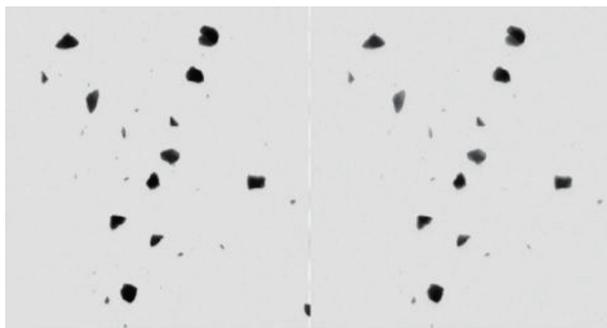


图 3 矸石块的双能透照成像

数存在差异,射线透过煤炭及矸石到达传感器上的能量有差异,从而形成不同图像。矸石密度大于煤,射线照射被吸收后透过的能量低于煤炭,在射线探测器件上反映出较暗图像。相反煤炭吸收率低,衰减系数小,透过能量偏高,图像反映为颜色较浅,如图 4 所示。射线识别装置简单、精度高,矸石识别率达 95% 以上。

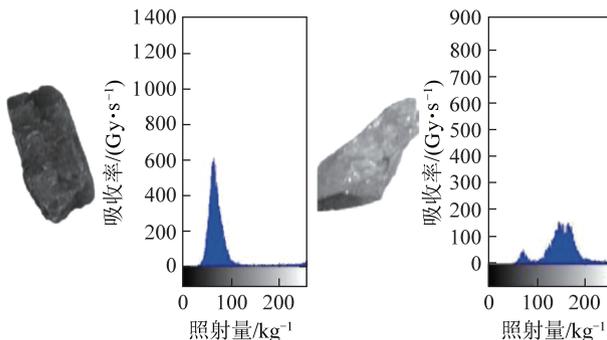


图 4 矸石与煤块的射线照射影像

1.2 智能执行系统

执行系统采用三维门架式机械臂设计,主要处理一定面积以上的大块对象,平均处理能力每个循环 3.2 s,可拣选矸石 36 t/h,可选矸占比按 10% 计算,原煤处理能力为 360 t/h。当前设计最大负载能力 30 kg。机器人选矸抓手可灵活应对各种形状的煤矸石,可抓取 50~400 mm 煤块和矸石,无需更换抓手。控制系统可与多种控制系统接口,易于远程监控,无人值守,长期连续工作。

原煤系统通过胶带机筛选后将 80 mm 以上筛上物运输至手选胶带机,图像识别区(由 X 射线源和探测板组成)位于手选带上,通过 X 射线源识别出煤和矸石,经过系统计算将手选带上方矸石位置信息反馈至机械臂,等矸石到达预定位置后,机械臂按照预先测算出的位置和时间执行捡矸动作,捡出的矸石放置到排矸溜槽内,从而实现机器人智能捡矸的全过程^[4]。工作原理如图 5 所示。

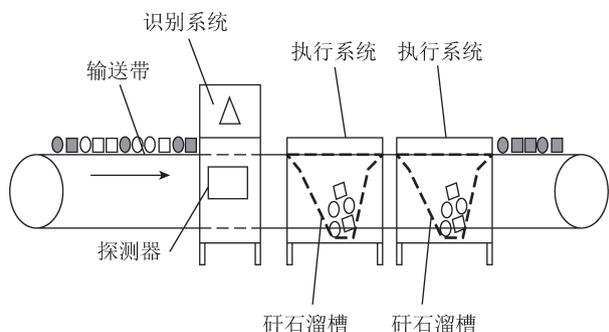


图 5 工作原理

1.3 智能抓取系统

智能抓取系统由机架、主动杆、从动杆、连杆和活塞杆组成,抓取系统分为 X、Y 轴,矸石进入图像识别区,系统计算后通过位置传感器将物料信息反馈到智能抓取系统,X 轴伺服电机旋转带动机械臂旋转,将机械臂通过导轨运行至物料上方,Y 轴伺服电机通过导轨带动机械臂纵向移动组件向物料移动,机械臂气缸活塞杆伸出带动连杆动作,从而带动主动爪和从动爪动作,实现物料抓取,抓取后伺服电机控制机械臂运行至矸石溜槽上方放置矸石到溜槽。该套动作结束后,抓取系统立即通过识别返回至上一次动作开始下一次分拣。机械臂上方配置重力传感器,当所捡物料质量超限时,机械臂自动松开,避免机构因负荷过大而受损^[5]。抓取机构示意如图 6 所示。

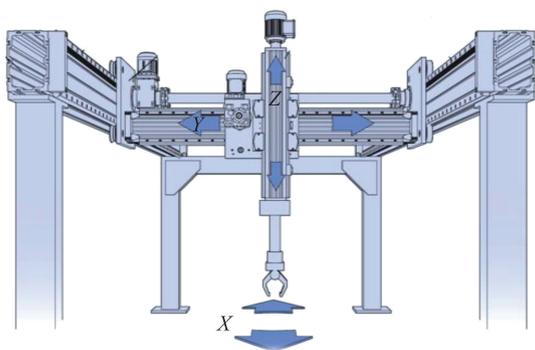


图 6 抓取机构示意

中心大柳塔选煤厂 2020 年 5—10 月分别统计煤和矸石识别准确率、矸石抓取检出率,对智能捡矸机器人捡矸效果进行综合评估,具体见表 1、2。

表 1 煤和矸石识别准确率

日期	识别数量		误识别数量		识别正确率/%	
	煤	矸石	煤	矸石	煤	矸石
2020-05-01	1 521	652	75	28	95.1	95.6
2020-06-15	1 425	568	67	24	95.3	95.8
2020-07-12	1 465	543	71	26	95.2	95.2
2020-08-20	1 481	524	73	24	95.1	95.4
2020-09-16	1 358	553	63	21	95.3	95.3
2020-10-30	1 540	624	70	22	95.4	95.4

表 2 矸石抓取检出率

日期	智能识别监测		检出率/%
	识别数量	检出数量	
2020-05-01	652	363	55.6
2020-06-15	568	314	55.2
2020-07-12	543	311	57.3
2020-08-20	524	305	58.2
2020-09-16	553	313	56.6
2020-10-30	624	357	57.2

智能捡矸机器人应用效果根据煤和矸石识别准确率及矸石抓取检出率等指标进行综合评估。通过手选带上煤、矸石总体数量,智能识别系统识别数量,机械手抓取矸石数量,依据抓取及识别情况,通过人工采样识别,最后计算出该套智能识别系统识别正确率及矸石抓取检出率。

综上所述,智能捡矸机器人煤、矸石识别准确率分别为 95.23%、95.78%,矸石抓取检出率为 56.68%。

3 捡矸机器人改进措施

该套智能捡矸机器人实现了选煤厂正常生产下的煤块、矸石准确识别及定位,机械臂能满足选煤厂

2 捡矸机器人应用

根据智能捡矸机器人使用情况,神东煤炭洗选

大块矸石检出,可在同类型工矿企业推广。基于 X 射线下的煤和矸石图像识别方法准确率在 95% 以上,识别时间在 0.15 s 以内,识别效果高于预期。但还存在以下问题:

1) 自 2020 年使用以来双套机械臂平均抓取约 680 次/h,较人工拣矸效率大幅提升,当输送带上方同一水平线同时存在 6 块以上矸石时,该套机械臂能力略显不足,存在漏检现象,抓取检出率平均 56.68%。因机械臂数量有限,无备用设备,该系统运行 2 h 后,因负载超限,电机等部件会出现过热现象。

2) 该套系统设计初期未将控制系统融入选煤厂集控,目前无法实现远程集中控制、启停等功能,需进一步优化。

具体改进措施为:

1) 为实现矸石最大化分拣,需在原有基础上增加机械臂数量,同时控制多机械臂。增加备用机械臂,当该套机械臂存在问题或煤量过大时可协同作

业,进一步优化产品结构。

2) 将智能机器人图像识别系统融入智能识别、分析、学习、算法、有害物监测、高温监测、报警等其他功能,进一步优化完善该类型机器人,可推广应用于各行业中。

3) 后期可将该套系统的启停等集中控制逐步融入选煤厂远程调度集控系统。

参考文献:

- [1] 郝丽丽. 选矸用上了智能机器人[J]. 班组天地, 2020(2):1.
- [2] 孙立新. 基于卷积神经网络的煤矸石图像识别[J]. 电脑知识与技术(学术版), 2020, 16(21):4.
- [3] 李宁. 煤矸分拣机器人控制系统研究[D]. 西安: 西安科技大学, 2020.
- [4] 宋文革, 许联航, 陶亚东, 等. 智能拣矸机器人系统: CN209985817U [P]. 2020-01-24.
- [5] 陈兵, 谢新兵, 张峰伟, 等. 智能拣矸机器人及智能拣矸系统: CN209049762U [P]. 2019-07-02.