

文章编号:1671-251X(2022)S1-0055-03

任家庄煤矿选煤厂智能化建设

蒋学明, 李军, 高革

(国家能源集团宁夏煤业有限责任公司 任家庄煤矿, 宁夏 银川 751400)

摘要:分析了 TDS 智能干选机和机械手系统的优缺点,结合任家庄煤矿选煤厂实际情况,从布置空间、分选精度、环保、经济性等方面对 2 种方案进行对比分析,得出机械手系统更加适用于任家庄煤矿选煤厂智能化改造。给出了机械手系统关键技术实现,包括带式输送机控制模块、视频识别模块及机械手抓取模块。带式输送机控制模块增加了变频控制功能,可根据视频识别模块识别出的胶带堆叠情况对带速及载煤量进行调控;视频识别模块通过工业防爆相机采集实时视频,采用边缘计算服务器进行视频识别;机械手抓取模块由 delta 机器人和标准六轴机器人组成,delta 机器人安装于前端,用于拣选质量较小的杂物,剩余较重杂物由标准六轴机器人进行分拣,机器人根据杂物类型和带式输送机上物料与杂物的空间关系确定夹取点。

关键词:选煤厂;智能化;TDS 智能干选机;机械手;视频识别;变频控制
中图分类号:TD948 文献标志码:A

Intelligent construction of coal preparation plant of Renjiazhuang Coal Mine

JIANG Xueming, LI Jun, GAO Ge

(Renjiazhuang Coal Mine, CHN Energy Ningxia Coal Industry Co., Ltd., Yinchuan 751400, China)

0 引言

任家庄选煤厂一期建设有原煤准备车间和 2 个直径为 18 m 的原煤仓,每个原煤仓储量为 5 500 t。原煤仓内的原煤通过带式输送机转载至主厂房进行分选。原煤准备车间采用 2 套独立的筛分、手选、破碎系统,2 套系统可以互为备用。在手选环节,通过人工拣除杂物及大块矸石,存在以下问题:① 由于运输原煤的带式输送机没有变频功能,无法对进入手选胶带的煤量进行控制,造成手选胶带上煤块堆积严重,工人处理困难,劳动强度大。② 手选胶带(包含上游的分级筛及后方的中部槽)长度共 6 m 左右,而工人实际能够操作的最大长度约为 4 m,手选效率低。随着国内智能化选煤厂建设的推进,减人增效已经是势在必行的趋势。任家庄煤矿选煤厂人工手选环节占用了大量劳动力,是智能化升级改造中必须要解决的一个重点问题。

1 煤矸智能分选技术分析

近年来,国内选煤厂智能化的推进进程非常快,主流的煤矸智能分选方案主要有 2 种^[1-2],一种是

TDS 智能干选机,另一种是机械手系统。

1.1 TDS 智能干选机优缺点分析

TDS 智能干选机采用 X 射线智能识别的方法,针对不同煤质特征建立与之相适应的分析模型,通过大数据分析对煤与矸石进行数字化识别,最终通过智能排矸系统将矸石排出。TDS 智能干选机主要包括给料系统、识别系统、执行系统,以及供风、除尘、配电、控制等辅助系统^[3-4]。

TDS 智能干选机具有以下优点:① 分选精度高。可实现矸石带煤率 1%~3%,煤中带矸率 3%~5%,分选精度接近浅槽分选机,远高于动筛跳汰机。② 处理粒度宽。可处理粒度尺寸为 300~50 mm 和 100~25 mm 原煤,分选粒度尺寸上限为 300 mm,下限为 25 mm,最大入料粒度尺寸可达 1 000 mm。③ 处理能力强。最强处理能力达到 340 t/h。以 7.0 Mt/a 的选煤厂为例,处理粒度尺寸为 300~50 mm 的块煤,选用一台 TDS36 智能干选机即可满足生产需求。

精度高、处理能力强是 TDS 智能干选机最大的优点,国内许多大型选煤厂和新建选煤厂都采用该设备。但是,TDS 智能干选机也存在以下缺点:

收稿日期:2022-03-31;责任编辑:胡娟。

作者简介:蒋学明(1997—),男,宁夏中卫人,高级工程师,现主要从事煤矿开采、煤矿智能化建设、煤矿安全生产及经营管理工作,E-mail:jiangxueming@chnenergy.com.cn。

① 体积大,布置空间纵向长度为 15~20 m,不利于旧厂房改造。任家庄煤矿选煤厂原煤准备车间手选环节最大可改造空间长度小于 15 m,如果要安装 TDS 智能干选机,就必须进行土建工程改造。② 投资高,单套设备为 600~800 万元,2 套系统共需投资 1 200 万元以上。③ 需办理 X 射线豁免证,采用 X 射线实现物料智能识别,按照国家相关要求,需要办理 X 射线豁免证。

根据任家庄选煤厂的建设情况,无论是原煤准备车间还是动筛车间均不能满足 TDS 智能干选机的安装空间要求,若采用 TDS 智能干选机代替人工手选,需对现有车间进行建筑结构改造,土建工作量大,时间跨度长,投资高,因此不建议采用该方案。

1.2 机械手系统优缺点分析

机械手系统由带式输送机控制模块、视频识别模块、机械手抓取模块组成,带式输送机控制模块用于控制带式输送机速度和载煤量,视频识别模块用于识别矸石,机械手抓取模块实现煤矸分选。该系统具备以下功能:① 可直接与 PLC 通信,进行数据读取或参数调整。② 可根据原煤胶带上的堆叠情况调整其速度。③ 可根据图像识别出的杂物数量调整机械手的抓取节拍,并设置优先抓取权。④ 能够按尺寸或类型设置报警等级、自动报警并生成报警记录。⑤ 可实时查看图片资料、视频资料、机械手参数等,并针对不同粒级等参数进行初步统计分析。

机械手系统具有以下优点:① 安装方便。前置视频识别模块安装在分级筛口,机械手安装在龙门滑轨上,龙门滑轨安装在胶带两侧胶带架上。机械手宽度可随胶带宽度调整,高度在 1.5 m 以内,特别适用于旧系统改造。② 物料识别不使用射线。通过摄像头采集视频,并通过图像处理技术识别物料。③ 工艺切换简单。机械手的安装基本不改变原生产系统的设备布置,机械手故障时可由人工代替。④ 便于维护。系统处于可见、非密封状态下,便于检修人员拆解、维修。⑤ 不会产生粉尘。原煤准备车间本来就存在筛分、破碎等产尘点,采用风力分选势必会增加煤尘,而采用机械手分选则不会产生粉尘。

机械手系统存在以下缺点:① 视频识别精度低于射线识别精度,尤其在物料堆积存在一定厚度的情况下,识别精度差距更加明显。② 对物料形状和大小有一定要求,机械手在承重和抓手张开度上受限,对过大、过重的物料分拣存在困难;由于机械手结构限制,对特殊形状物料的拣取也存在困难,如金属片状物、铁丝等。

1.3 对比分析

(1) 布置空间方面。由于任家庄煤矿选煤厂属于工艺改造,原则上不会在厂房基础土建方面进行重新建设,现场有效利用空间长度为 4~6 m,高度为 6 m。TDS 智能干选机要求安装空间长度在 15 m 以上,而机械手可布置在 4 m 长的空间内。

(2) 分选精度方面。TDS 智能干选机精度高于机械手,但是由于在分选环节后设置有破碎环节,在现场使用中可适当放宽精度要求。

(3) 环保方面。近年来国家对能源企业的环保要求非常高,TDS 智能干选机存在射源审批和产尘等影响环境的因素,而机械手则不存在这方面的问题。

(4) 经济性方面。单套 TDS 智能干选机需投资 600~800 万元,2 套系统加上厂房改造等费用,总投资需接近 2 000 万元,而 2 套机械手系统(含 4 台机械手、带式输送机控制模块及视频识别模块)总投资金额为 300 万元。

综合以上分析可知,机械手系统更加适用于任家庄煤矿选煤厂智能化改造。

2 机械手系统关键技术实现

2.1 带式输送机控制模块

为保证视频识别模块的算力及机械手节拍的调整时间,保证抓取率,需对原煤准备车间的来煤胶带及 2 条手选胶带进行改造,增加变频控制功能。带式输送机控制模块能够与选煤厂集控系统直接通信,根据视频识别模块识别出的胶带堆叠情况对带速及载煤量进行调控^[5]。带式输送机控制模块包括机械系统和 PLC 电气控制系统 2 个部分,以 PLC 电气控制系统为核心,如图 1 所示^[6]。PLC 电气控制系统不仅要与高低压配电柜和变频电动机连接,还要与保护装置和载煤量识别装置连接,以完成信号的有效采集和反馈控制。变频装置均采用主从控制模式,以确保驱动速度与驱动功率的均衡性。

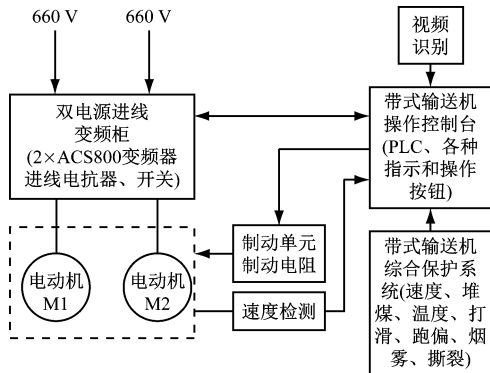


图 1 带式输送机控制模块

2.2 视频识别模块

视频识别模块由工业防爆相机、工业光源、信号灯、工控单元、边缘计算服务器、数据库服务器、应用服务器等组成,如图 2 所示。工业防爆相机和工业光源按照实际生产节拍触发拍摄。边缘计算服务器放置于检测点位附近,实时分析并推送视频识别结果。为了最大程度减少数据冗余,视频识别模块仅在发现杂物时将抓拍的照片上传集成服务器,未检测到杂质时仅推送状态消息,不传输照片^[7-8]。

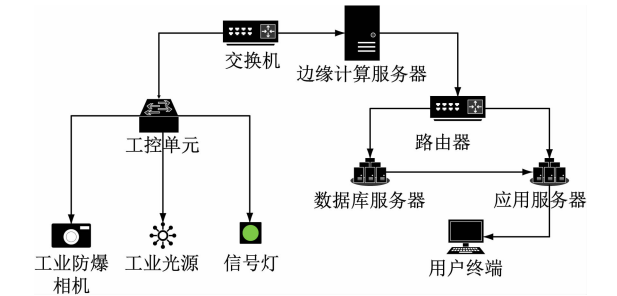


图 2 视频识别模块硬件拓扑

2.3 机械手抓取模块

机械手抓取模块由 delta 机器人和标准六轴机器人组成。delta 机器人属于高速、轻载并联机器人,通过视觉系统捕捉目标物体,由 3 个并联轴快速确定抓取中心的空间位置,实现目标抓取,具有质量小、体积小、运动速度快、定位精确、成本低、效率高的特点。delta 机器人安装于前端,用于拣选质量较小的杂物,剩余较重杂物由标准六轴机器人进行分拣。delta 机器人可配置真空海绵吸盘,真空海绵吸盘对不规则面有一定适用性,也可以配置常规机械式夹爪,对特定物体进行抓取^[9]。标准六轴机器人可配置多种不同型号夹具,对不同大小和形状的杂物进行拣选。根据任家庄煤矿选煤厂现场情况,安装 4 台六轴机器人,机器人抓手配置挡板、万向抓手及电磁吸盘 3 种类型。

根据杂物类型和带式输送机上物料与杂物的空间关系,将分拣目标拆解为以下几种情况:

(1) 硬质目标杂物,周围无物料干扰。由于机械手执行动作时不会受到影响,如果硬质杂物多为棍状杂物,可直接将视频识别结果中的最小外接矩形中心点作为夹取点。

(2) 软质目标杂物,周围无物料干扰。麻绳等软质杂物在物料传送带上的姿态往往各不相同,当目标杂物的质心与杂物轮廓最小外接矩形中心不重合时,不能直接将最小外接矩形的中心点作为夹取点,应结合像素级语义分割结果对目标杂物图像进

行骨架提取,将骨架的中心作为夹取点。

(3) 目标杂物周围有物料干扰。当目标杂物被物料压住或物料与杂物紧贴时,无论是选择最小外接矩形中心,还是选择目标杂物图像骨架中心作为夹取点,都有可能受到物料影响,轻则使机械手受物料阻挡而导致最终夹空或夹到物料,重则影响机械手正常动作,导致运动控制器报警,影响生产效率。因此,在有物料干扰的情况下,需考虑物料与杂物的位置关系。可结合深度学习中的目标检测网络,对物料进行统计和定位,得到物料的位置信息及轮廓外接矩形,然后根据物料与杂物的空间关系,将夹取点选择在不受物料影响的骨架区域。

3 结语

分析了 TDS 智能干选机和机械手系统的优缺点,结合任家庄煤矿选煤厂实际情况,基于环保、投资少、基本不改变厂房和原有工艺布置的大原则,对 2 种方案进行对比分析,得出机械手系统更加适用于任家庄煤矿选煤厂智能化改造。给出了机械手系统关键技术实现,包括带式输送机控制模块、视频识别模块及机械手抓取模块。

参考文献:

[1] 李志勇,姚凯旋,卢军.《煤矿智能化建设指南(2021 年版)》解读——选煤厂智能化建设思考与解读[J]. 智能矿山,2021,2(4):18-23.

[2] 刘峰,曹文君,张建明.持续推进煤矿智能化 促进我国煤炭工业高质量发展[J]. 中国煤炭,2019,45(12):32-36.

[3] 靳超,樊海龙. TDS 智能干选机在马脊梁选煤厂应用的可行性分析[J]. 煤炭加工与综合利用,2021(7):10-13,17.

[4] 苏宇虹. TDS 智能干选机在选煤厂块煤分选系统中的改造实践分析[J]. 自动化应用,2020(11):49-51.

[5] 尹占军. 变频调速技术在选煤厂皮带输送机上的应用研究[J]. 机械管理开发,2021,36(10):274-275,278.

[6] 曹海龙. 煤矿带式输送机变频调速系统应用研究[J]. 山东煤炭科技,2021,39(4):126-128.

[7] 汪鹏,付恩三,姜琳. 露天煤矿视频识别分析系统设计与应用[J]. 中国煤炭,2021,47(4):31-36.

[8] 张梦炎. 基于视频识别的工业智能监控管理系统[C]//中国计量协会冶金分会 2017 年会论文集,湛江,2017:16-20.

[9] 吴卫萍. 工业机器人机械臂拓扑优化设计[J]. 现代制造技术与装备,2021,57(8):22-25.