

上榆泉煤矿智能铁路装车系统的研究及应用

白 龙,宋万军,刘 淇

(国家能源集团国神公司上榆泉煤矿,山西 河曲 036500)

摘 要:针对上榆泉煤矿铁路装车系统存在的无车型检测、依赖于车方式依赖于人工操作,容易出现人为错误、低效率、质量不稳定等问题,缺少智能管控平台、历史数据不可回溯、装车自动化系统、防冻液喷洒控制等流程环节相互独立,系统之间无法进行联动控制,缺少装车质量检测系统,容易出现超载偏载现象等问题,设计了以智能装车控制系统、智能装车管控平台、智能视频识别系统、智能偏载检测系统为主体的智能装车系统,通过车厢信息识别、车厢状态检测、装车质量检测、自动补煤等功能模块实现了全自动智能装车,提高了装车效率、提升安全水平、提高装车质量、提高管理效率、推动智能化发展,提高企业的竞争力。

关键词:智能装车;铁路运输;选煤厂智能化;装车质量

中图分类号:TK16;X773 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-6772(2024)S1-0529-05

Research and application of intelligent railway loading system in Shangyuquan Coal Mine

BAI Long, SONG Wanjun, LIU Qi

(State Energy Group Guoshen Company Shangyuquan Coal Mine, Hequ 036500, China)

Abstract: In response to the problems of no vehicle type detection, relying on manual operation in the railway loading system of Shangyuquan Coal Mine, which is prone to human errors, low efficiency, and unstable quality, as well as the lack of an intelligent control platform, non traceable historical data, independent loading automation system, anti freeze spray control and other process links, the inability to achieve linkage control between systems, the lack of loading quality detection system, and the tendency to overload and unbalanced load, an intelligent loading control system, intelligent loading management platform, intelligent video recognition system, and intelligent unbalanced load detection system are designed as the main body of the intelligent loading control system. Through functional modules such as carriage information recognition, carriage status detection, loading quality detection, and automatic coal replenishment, the entire carriage information recognition, carriage status detection, loading quality detection, and automatic coal replenishment are achieved. Automatic intelligent loading improves loading efficiency, safety level, loading quality, management efficiency, promotes intelligent development, and enhances the competitiveness of enterprises.

Key words: intelligent loading; railway transportation; intelligent coal preparation plant; loading quality

0 引 言

上榆泉煤矿选煤厂建于 2005 年,共有一套装车系统,为铁路快装站,产品煤全部供给电厂,装车车间装车能力为 3 200 t/h,需进行装车作业时,岗位工对产品仓下 18 台给煤机选择性开启,通过胶带机将精煤转运至装车仓,装车仓上部作为缓冲仓仓储为 1 700 t,下部为称重仓,装车时由装车员手动进

行装车作业,人员疲劳时易导致误操作存在较大安全隐患,存在主要问题如下:① 车型检测缺失完全依靠人工判断。② 传统装车方式依赖于人工操作,容易出现人为错误、低效率、质量不稳定等问题。③ 车厢破损及车厢内异物需要人工逐一车厢检查,无法快速定位车厢破损位置。④ 装车数据如车型、车次、流向、节数、吨位、煤种及交接班记录等需要人员手工记录,历史数据不可回溯^[1-2]。⑤ 装车自动

收稿日期:2024-03-29;**责任编辑:**常明然 **DOI:**10.13226/j.issn.1006-6772.24041102

作者简介:白 龙(1987—),男,陕西榆林人,工程师,硕士。E-mail:846052161@qq.com

引用格式:白龙,宋万军,刘淇.上榆泉煤矿智能铁路装车系统的研究及应用[J].洁净煤技术,2024,30(S1):529-533.

BAI Long, SONG Wanjun, LIU Qi. Research and application of intelligent railway loading system in Shangyuquan Coal Mine[J]. Clean Coal Technology, 2024, 30(S1): 529-533.

化系统、防冻液喷洒控制等流程环节相互独立,系统间无法进行联动控制,而且缺少装车质量检测系统,易出现超载偏载现象^[3-4]。

1 智能装车系统设计

针对上述问题,上榆泉煤矿设计了铁路智能装车系统。主要包括 4 个子模块,分别是智能装车控制系统、智能装车管控平台、智能视频识别系统、智能偏载检测系统。

1.1 智能装车控制系统

改造溜槽提升、旋转系统:现有溜槽增设位置检测装置,位移信号接入控制系统,准确检测溜槽提升、旋转位置。所选用传感器应充分考虑现场工况,如装车过程粉尘大,溜槽动作频繁导致传感器寿命短等问题^[5-6]。

增加机车位置监测装置:在溜槽下安装位置监测传感器。

缓冲仓料位控制:根据缓冲仓设定料位自动控制给煤机的启停。缓冲仓补仓控制要求系统满足 5 000 t/h 的运输量,在保证缓冲仓料位充足的情况下,根据煤种、给煤机运行时间智能选择给煤机的运行数量和开度。

定量仓定量控制:通过车型信息识别系统读取或者手动录入或选择车厢信息与原有电子标签识别系统读取的车厢信息进行对比,获取每节车厢预装量,进行定量仓补仓的自动控制。

自动装车控制:在原有 PLC 软件平台基础上,运用雷达点云建模技术,实现装车系统的自动控制,需实现停车位置、料位高度、溜槽位置等的自动检测;需满足在装车过程中,根据当前煤质、装车料位高度、车厢行驶速度等因素实时控制溜槽伸缩长度,实现定量仓煤量与待装车厢容积的匹配,装车标准不低于集团公司及铁道管理部门对装车质量的要求。

自动配煤系统改造,通过对产品仓下给煤机配煤闸门的开度监测及开关远程控制,根据缓冲仓料位实现在装车过程中对煤量的动态控制,实现配煤稳定,提高装车的速度。

系统主要结构如图 1 所示,智能装车简单流程见图 2。

1.2 智能装车平台

根据装车站的生产调度现状,建立统一智能管控平台,整合现有装车集控、视频监控、安全监测等现有子系统到统一的集成平台,从而实现对装车站统一调度、指挥和管理^[7]。

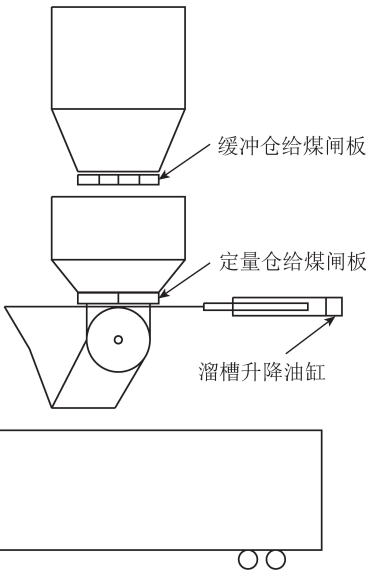


图 1 智能装车系统主要结构

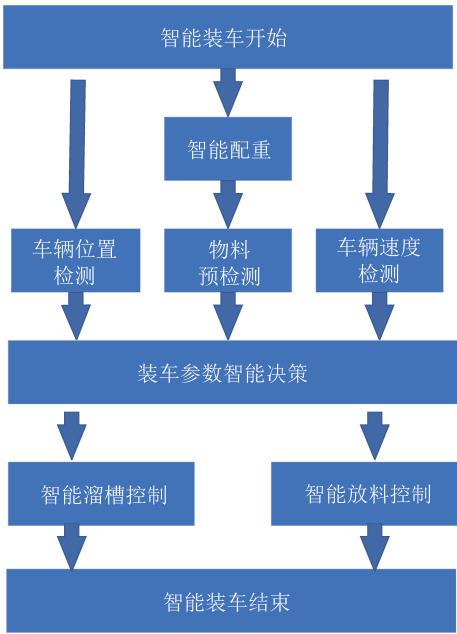


图 2 智能装车简单流程

实现在一个平台上监控装车站的生产自动化系统、视频监控系统、高低压配电系统等,各部分数据的全部融合及联动,并能够在各系统之间自由切换。

实现生产工艺流程以及单个设备信息全局浏览功能,便装车员总览全站设备和具体单个设备信息。

调度平台实现现场视频画面、生产画面及其他子系统同屏或多屏显示,智能联动;当系统或关键设备产生报警时自动切换到主监控平台,同时呈现生产及视频画面,并进行报警提示。

实现事故预报,如设备电流及煤量过大,煤仓空仓,瓦斯超限,温度超限等,所有平台画面及数据报表经过授权可以 web 浏览。

系统实现多屏、分屏显示,大屏投射显示等多种

显示方式。并支持拖拽、消隐、自由画面窗口、缩放等功能。

实现完善的设备和生产过程历史数据及趋势查询功能,为不同的用户提供其所关心的生产历史数据查询。

精炼的分级、分类报警功能,并能够通过消息推送的方式发送给相关的管理部门和人员,使得生产管理人员及时了解故障信息,便于及时处理异常现象。

实现数据集中存储、发布。

实现调度报表自动生成,可以生成各个业务部门相关的报表文件,并提供调度报表的数据自动校验功能。

生产调度平台具备数据分析,提供历史数据显示等功能,实现不同相关系统的数据对比分析,提高数据利用率,让数据指导生产。

系统提供协议转换功能的接口,可与第三方自动化系统(如车号、智能视频识别等系统)及智能仪表连接,并能够使这些子系统充分的融合到管控一体化平台中,最大限度的发挥作用。

系统需提供增强的报表应用和实现集控装车自动化的交互性和实时关联性,简化用户操作。

系统需提供装车数据存储功能,可根据用户需要进行历史数据查询及报表自动生成。

系统需充分利用现有装置,分别从车号识别系统中,自动读取车号识别数据,提高数据准确性。

系统需在控制层直接与集控装车自动化 PLC 通讯,减少通讯环节,提高系统的稳定性和可靠性。

系统需将车号识别数据、称重数据、PLC 系统数据融合在同一个统一平台上,减少中间通讯环节,提高用户查找数据的便捷性和易用性。

系统改造完成后,所有数据和画面需接入洗煤厂智能化管控平台,实现数据共享;将装车情况传输至洗煤厂智能化管控平台后,通过手持终端可以显示装车塔楼的实时状态、报警信息等,包括装车节数,火车行进速度、溜槽位置、溜槽过低报警等,使得机车司机能够及时获得相关数据。系统可支持移动终端显示功能,展示实时装车状况、火车进出方向、塔楼监控室等视频图像。通过光纤传输将装车控制系统与洗煤厂智能化管控平台进行连接。

1.3 智能视频识别系统

通过 AI 视频识别技术对喷印在车厢上的车型、车号、载重、自重、容积、换长等信息进行实时识别^[8-9]。实时获取列车车厢的最新信息,并自动将识别信息与现有电子标签信息进行比对、验证,解决

RFID 系统损坏,或者漏检的问题,通过视频识别方式与 RFID 系统融合的方式,提高车号识别率。实现车厢车型、车号自动识别,保证车厢车号与车厢顺序对应,为装车管理系统提供实时的基础数据。应用深度学习框架,通过自主训练的 AI 模型,采用高性能 GPU 服务器,实现全天候条件下车厢信息识别准确率达到 98% 以上,平均识别时间小于 30 ms。识别系统稳定运行、自成系统,可与自动装车系统无缝对接,为全自动装车系统提供可靠的数据来源。能全程对智能装车系统的画面和操作过程进行监控。系统能够录制进站、出站列车的车厢内情况和装车情况,自动识别人员进入等安全隐患。装车区域配备电子围栏、抽烟监测等功能,装车过程中禁止人员进入危险区域;发生报警时自动提示装车员。系统可进行报表统计,报表导出查看功能。

1.4 智能偏载检测系统

1) 核心功能^[10-12]:提供超偏载识别报警功能;具备的数据模型和基础功能包括:行车方向、车速、位置坐标、空车三维模型、重车三维模型、装车预测模型、车厢序号、车厢型号模型、EIP 控制接口、单节车冬季冻车底识别、单节车冻车底煤量估算、单节车有效容积的预估、单节车可装吨位的计算等。

2) 数据存储:对空车三维模型、重车三维模型、超偏载数据、车型数据进行存储,以便进行历史查看,具备装车超偏载的数据统计分析功能。

3) 三维图形展示:根据车厢序号,对比展示同一节车厢的空车三维模型和重车三维模型;实时显示正在装车的车厢的三维模型;可以准确匹配列车大小规格和造型,与 3D 模型组合,形成完整的一节装车 3D 模型。

4) 量化评估装载结果:分析出前后偏载、左右偏载、装载过满/欠满等状态,在 3D 模型中,根据偏载分析结果,用不同颜色进行区分。

5) 实现与自动装车系统的数据对接,为自动装车系统提供基础数据,数据通讯满足本厂 PLC 控制要求。

6) 通过激光雷达三维扫描分析后,系统自动计算出每节车厢内煤的重量,用此重量与定量仓重量做对比,并提供差值和设定报警值。

7) 数据展示:页面的数据响应时间小于 3 s;能通过雷达扫描列车装车情况,生成 3D 模型。能通过浏览器方便查看装车 3D 模型,并能自由调整角度和缩放大小。

8) 可自动识别倒车、停车,避免重复采集数据。

9) 每列车装车完成之后自动形成检测报表,对

装煤的偏载系数进行评估,形成可追溯装车质量的定量数据。

2 系统改造

针对装车站作业现状和一些实际问题,按照设计思路建设了以下功能。

2.1 车厢信息识别

车厢信息识别系统是采用先进的 AI 图像识别技术,结合高分辨率图像和深度学习算法,系统能够自动识别车厢号码,车厢型号及车厢信息(载重、自重、容积、换长),并为后续的装车流程提供准确的依据。可避免人工操作中可能出现的误读和错误,提高装车过程的准确性和效率,具备以下功能。

智能分析:截取每节车厢的视频,实现列车自动分节,自动判断列车行进状态(进/出站、前进/倒退、空场等)。

双重校验:实现 RFID 与 AI 视频识别系统双重自动校验。

数据接口:实现与自动装车系统的数据对接,并可向其他平台应用提供数据接口。

数据存储:实现视频、识别图片的记录和查询等功能。报表统计,报表导出、查看功能;

2.2 车厢状态检测

车厢状态检测系统是通过计算机视觉技术,分别检测车厢表面破损情况,车厢内部异物以及有效期。对每个车厢进行破损检测,并实时监测装载过程中是否有新的破损出现。一旦检测到破损,系统将发出报警并触发相应的处理措施,通知工作人员进行修复,从而大大提高检测效率和准确度,确保装车质量和安全性。

2.3 装车质量检测

智能装车系统引入了 3D 装车质量检测及评价功能,得到煤炭堆放的三维信息,并根据扫描数据以提高装车质量的准确性和可靠性。计算煤炭装载体积和分析偏载情况,检测装车质量是否符合标准。通过实时监测和反馈,系统可以提供准确的装车质量数据,并及时采取措施纠正异常情况,以确保装车质量达到预期要求。

空车检测:当列车进站时对空车进行实时监测,构建车厢三维视图,自动判断车厢类型,并计算空车留底煤数据。

位置与速度测量:实时检测车厢坐标及溜槽位置,计算列车实时速度。

重车检测:根据装车 3D 模型分析出前后/左右偏载、装载过载/欠装等状态,并量化评估装载结果。

与自动装车系统数据对接,结合空车和重车检测结果,实现自动检斤功能、优化装车效果。

动态跟踪:对于当前正在装车的车厢,实时显示装车三维模型,同时,对比展示同一节车厢的空车和重车三维模型,为装车操作员提供辅助判断。

2.4 自动补煤

根据装车煤量、产品仓存情况,系统自动选择给煤机开启数量并实现给煤机轮流启停,保证连续装车。根据缓冲仓设定料位自动控制给煤机。在保证缓冲仓料位充足的情况下,根据煤种、给煤机运行时间、523 皮带秤瞬时流量自动选择给煤机的运行数量。

2.5 全自动智能装车

在保留原有装车塔楼控制台及监控系统,将装车自动化控制系统、作业信息及状态、监控信息、报警信息、视频监控等实时同步至厂集控室进行呈现,更有利于集控室作业人员调度。

在现有 PLC 自动控制系统基础上,全面整合装车站现有装车站各生产环节,采用激光雷达、定位光栅、激光和超声波测距仪等传感器,利用深度学习、三维建模、大数据建模、网络通讯等技术,实时采集车厢及溜槽点云数据,溜槽高度,分析列车状态、车厢位置、车厢属性参数、车速、溜槽位置,结合历史数据,分析装车控制模型,实现装车流程全自动。

3 结 语

通过系统的改造实现在煤质和车速较为稳定时的全自动装车,达到了以下效果:① 提高装车效率:将装车站各个环节有机结合,实现煤炭装车过程的自动化和智能化,减少装车用时、提高效率。② 提升安全水平:采用智能传感器和可视化系统,对装车站进行全方位的监控,确保装车过程安全,防止事故的发生。③ 提高装车质量:对装车质量进行精确量化评估,确保装车质量符合要求、提高用户满意度。④ 提高管理效率:建立完善的、可追溯的装车信息化管理系统,全面的数据管理和分析功能,实现更高效的运营和决策。⑤ 降低运营成本:对装车过程中的能耗、药耗等进行监控和统计,优化能源利用率、减少浪费、降低成本。⑥ 推动智能化发展:通过智能化装车站的建设,促进煤炭铁路运输业务的创新和改进、满足市场需求,提高企业的竞争力。

参考文献:

[1] 白龙.快速装车系统在石圪台选煤厂的应用[J].煤炭加工与综合利用,2017(S1):105-109.

[2] 贺立明,李培齐,白龙,等.一种装车质量检测装置设计及评价方法[J].洁净煤技术,2021,27(S1):124-127.

[3] 白龙,姚建飞,贺建军.石圪台选煤厂装车防冻系统自动化改造[J].煤炭工程,2017,49(11):78-80.

[4] 武国平,选煤厂智能装车系统技术研究及应用[R].内蒙古自治区:中国神华能源股份有限公司哈尔乌素露天煤矿,2022-06-26.

[5] 崔义森.铁路智能装车系统技术研究与应用[J].煤矿机电,2023,44(3):64-67.

[6] 陈科,张倩.煤运火车智能装车系统研究与应用[J].微型电脑应用,2022,38(11):178-181.

[7] 李晓强.选煤厂的智能快速定量装车系统设计[J].江西煤炭科技,2021(4):188-189,192.

[8] 张建成.智能装车系统在哈尔乌素选煤厂的应用[J].工矿自动化,2021,47(S2):94-96.

[9] 刘泽朝,李敬兆,欧阳其春,等.基于 GA-WNN 的散装物料装车智能控制系统研究[J].煤矿机械,2024,45(1):33-36.

[10] 李艳飞.煤炭快速装车超偏载智能监测[J].洁净煤技术,2021,27(S1):106-111.

[11] 欧阳其春,煤炭智能精准装车计量及采制化系统研究[R].淮北:淮北矿业(集团)有限责任公司,2020-12-22.

[12] 杨瑞峰,解振海,胡运鹏.煤矿智能汽车定量装车系统设计探讨[J].选煤技术,2020(5):89-93.