

哈尔乌素选煤厂智能装车系统技术的研究与应用

施长玉

国能准能集团选煤厂

[摘要]近年来随着大数据人工智能技术的发展, 各行各业都积极投入到智能化建设中来, 选煤厂智能化建设热度持续升高。本文重点介绍了哈尔乌素选煤厂智能配仓、精准配煤、自动装车、智能管理系统建设技术路线及实施过程, 实现哈尔乌素选煤厂装车系统智能化, 到达国内领先水平。其研究应用的技术手段和方法为散装物料配装工艺及煤炭行业的智能化建设提供新思路。

[关键词]智能配仓; 精准配煤; 自动装车; 智能管理

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2021.12.186

1 概述

哈尔乌素露天煤矿选煤厂(简称“哈尔乌素选煤厂”)现有2套优煤系统和4套劣煤洗选系统, 原煤经50mm和13mm两次筛分分级, 200-50mm块煤由TDS分选, 50-13mm小块由重介浅槽分选, TDS精煤破碎至50mm以下和浅槽精煤一起由胶带机运至产品仓储存。13-0mm末原煤不分选, 直接由胶带机运至产品仓储存。选后产品在仓下掺混配煤后铁路装车外运。

哈尔乌素选煤厂现有两套快速定量装车系统, 由山东泰安煤机公司建设生产, 单条处理能力达到5000t/h。采用限位缓冲供煤、快速定量配重、摆动式溜槽控制装车的工艺流程, 具备给煤机启停闭锁、载重批处理功能, 可以在操作台和上位机两种操作模式下工作。装车还配备防冻液自动喷洒、封尘剂自动喷洒、干雾抑尘等辅助系统。

仓储配煤情况为: 选煤厂共有9个产品仓, 根据选煤厂生产模式分别储存块煤、精煤、末煤等产品。仓上的配仓设备可执行多种配仓方案, 每条配仓刮板和皮带都具有若干个卸料点, 可使产品均匀的分布在仓内。产品仓下设有给煤机, 根据仓的大小每仓数量不等, 共分为两个系统对应两个装车站, 每系统共32台。给煤机可通过变频改变下料量, 实现配煤比例的在线调节。此外, 整个装配系统采用PLC进行集控, 通过组态软件实现远程操作。

产品煤在入仓前用人工点样的方式(1个小时采1次样)获得煤的发热量、水分等指标, 并对配仓做好人工记录。配煤时由公司调度指导装车站配煤员进行仓号选择和比例计算, 热值则参照入仓时人工记录的平均值。配煤过程中的调节主要依靠装车皮带上的在线测灰仪、皮带秤和给煤机变频器, 配煤员根据在线检测结果及自己的经验时调整给煤机频率。

装车方面, 采用自动批处理+手动操控溜槽的模式, 通过数据库同步获取货运信息, 提前输入定量系统的批处理参数, 而后当列车进入装车站后, 装车员在操作台上通过不断观察装车进程, 然后手动控制推杆、按钮等操作, 装车员用对讲机和火车司机沟通, 随时调整车速, 双方协同完成装载过程。

2. 装车技术发展现状

目前较为先进的快速定量装车系统被广泛使用, 这种装车系统具备了快速装载、自动称量等优点。在此基础上中国矿业大学、安徽理工大学、太原理工大学等高校和科研机构相继进行了进一步实现自动化的研究, 并有一些专利和成果。但目前来说, 理论上的成果还没有实现落地, 装车必须在人工干预情况下才能完成, 尚没有一家企业能够使用完全无人化的智能产品。

目前也有一些公司在车辆识别、车辆定位等方面实现了基本功能, 但在精准控制和防偏载上没有先进可靠的技术。

如神东大柳塔装车站, 利用光电传感定位加雷达测速的方法, 并通过人工设置动作参数, 完成C80、C70、C64三种整编列车的自动装煤, 并申请了发明专利。而配煤通常采取对煤本身数、质量的在线检测, 而目前的精度并不高。对于煤质波动大的仓储系统, 现阶段的研究也仅是量的管理, 对煤质的跟踪研究几乎是一片空白, 至今没有一例真正运用到生产中。综上所述, 本次智能装车的研究无疑是一种创造性的、实现零突破的技术攻关, 具有非常高的研究价值。

3 智能配仓、精准配煤系统研究

本次智能配仓系统、精准配煤系统的研究以成熟的研究理论为依托, 通过自身的科研力量, 在关键技术的一部分模块还进行了外部合作, 目标是对目前的检测硬件进行功能优化, 结合选煤厂的工业场景, 加强设备的自适应能力。本次自主开发的硬件主要有X光灰分仪, 应用的是X光检测技术; 料位检测仪, 应用的是电磁测距技术, 同时将机械结构进行了优化; 激光体积检测仪, 主要应用了图像识别技术; 料仓模型是结合高校流体力学的专家以及教授的力量, 针对准能哈尔乌素露天矿定制开发的一种流体模型。软件方面主要有两方面的创新与应用, 一方面是美腾自主开发的逻辑算法, 另一方面是将目前的主流技术“机械学习”、“大数据应用”等技术引入到现有系统中, 目的是简化现场操作流程, 降低人工干预程度, 通过获取数据对算法进行自动调节, 优化工艺生产过程。

3.1 X光检测技术。X光检测技术应用的是波长极短, 能量很大的电磁波, 该电磁波波长比可见光的波长更短(约在0.001~10纳米, 医学上应用的X射线波长约在0.001~0.1纳米之间), 它的光子能量比可见光的光子能量大几万至几十万倍。具有很好的穿透能力, 结合朗伯比尔定律, 对煤质灰分分析的一种方法。相对于传统的 γ 射线技术, 具有安全性更高、检测稳定性更好的特点。本技术的主要应用是X光灰分仪, 目前天津美腾科技有限公司自主研发的灰分仪已经有成熟应用, 如斜沟选煤厂、寺河选煤厂、陈蛮庄选煤厂都已经安装并调试完成, 目前正在运行中, 检测精度也满足业主要求。

3.2 电磁测距技术。电磁测距技术应用的主要场景是煤仓料位检测, 通过与超声波测距技术进行对比, 得出电磁波在测量固体物料时, 对粉尘、水汽的适应程度更好, 因此本次硬件研发采用电磁波作为硬件研发的检测手段, 同时应用时间行程检测原理, 进行傅里叶变换, 得到测量点的料位数据。另外, 本次料位检测仪的研发过程进行了大量试验, 对各种应用场景进行了模拟, 得出安装位置与测量精度的分布关系, 在软件算法中, 会对测量的数据进行甄别以及清洗, 用最能反映实际情况的测量数据进行输出。本次料位检测仪的一个创新点在于机械结构的设计, 通过增加传动装置, 扩

大测量范围,是对传统单点料位计测量的缺点的优化,通过对料仓内物料平面的连续扫描,可以更真实的反应出料面形态特征,从而对入仓以及出仓提供指导。

3.3 机器视觉技术。机器视觉技术通过近年来的发展已经成熟的在很多行业进行应用,在测量、识别、检测判断等方面发挥着不可替代的作用,已经成为人工智能的重要分支。机器视觉系统包括光源、镜头、相机、图像处理单元、图像处理软件、监视器、通讯 / 输入输出单元等,机器视觉的应用提高了检测、测量的精度,提高了产品质量,尤其在一些人工不太适合工作的危险、污染区域,常用机器视觉技术来替代人工。在本方案应用中,仓下的环境存在粉尘大、噪音高等特点,通过体积检测仪的图像的检查技术来实时测量仓下给料机处皮带上物料的体积,能够计算出各给料机的给料量,从而对配煤的综合判断提供精准的数据依据。在本方案应用中,仓下的环境存在粉尘大、噪音高等特点,通过体积检测仪的图像的检查技术来实时测量仓下给料机处皮带上物料的体积,能够计算出各给料机的给料量,从而对配煤的综合判断提供精准的数据依据。目前美腾自主研发的智工之眼模块已经在斜沟选煤厂智能工厂项目中有成熟应用,例如刮板机拉斜检测、溜槽防堵检测、捅篦子堵料堆料检测等。

4 自动装车系统研究

4.1 车厢定位研究

车厢定位可以说是自动装车系统最核心、最关键的技术,没有一个准确可靠的定位方法,就如同闭眼装车一般。车厢定位是保证系统安全的前提,过大的定位偏差将造成溜槽与车厢的磕碰或撒煤的风险。因此,该部分的可靠性要求也最高。常规定位检测手段包括射频识别、光电感应、雷达

扫描、遥感定位等。由于装车场景的特殊性,火车行进速度非常慢,相对于列车本身长度,车的单位时间位移微乎其微。因此遥感技术、GPS定位等检测方式在4cm分辨率要求下根本无法满足。射频识别的定位精度较高,但基本是单次测量,难以实现过程连续检测,且实施方案需在铁轨下方施工,影响生产,因此也将之排除。光电传感技术是有效的非接触式检测手段,反应迅速,安装简单,兼具可靠性和实用性。

4.2 溜槽定位模块

溜槽定位是控制溜槽信号反馈的重要环节,定位检测的原则即是掌握溜槽运动维度和范围,同时在溜槽快速移动过程中需要检测装置具有较高的检测和输出频率,避免延迟。溜槽在装煤过程中起着平车的功能,平车段溜槽底口的高度就是车内煤堆的顶面高度。因此,溜槽定位实际是要检测或计算出溜槽底口到轨面的距离。而由于溜槽底边与物料直接接触,而在溜槽本体其他部位安装测距装置又很难找到参照物,直接测距法难以实施,因此首先考虑间接测量。溜槽驱动装置是由液压杆牵引钢丝绳,经过导向滑轮后与溜槽连接。工作时通过控制液压杆伸缩,实现溜槽上升、下降的动作,如下图所示:

4.3 车号识别研究

哈尔乌素装车站的上游为南坪站,在之前的装车系统改造中,南坪和装车站建立了铁路货运对接系统,列车在南坪站完成编组后,由站上的车号识别系统进行录入,并辅以人工校验,生成一份铁路货运单,通过第三方开发的软件发送到装车站数据服务器。货运单上有详细正确的车型车号信息,因此正常情况下装车站无需增加识别系统。

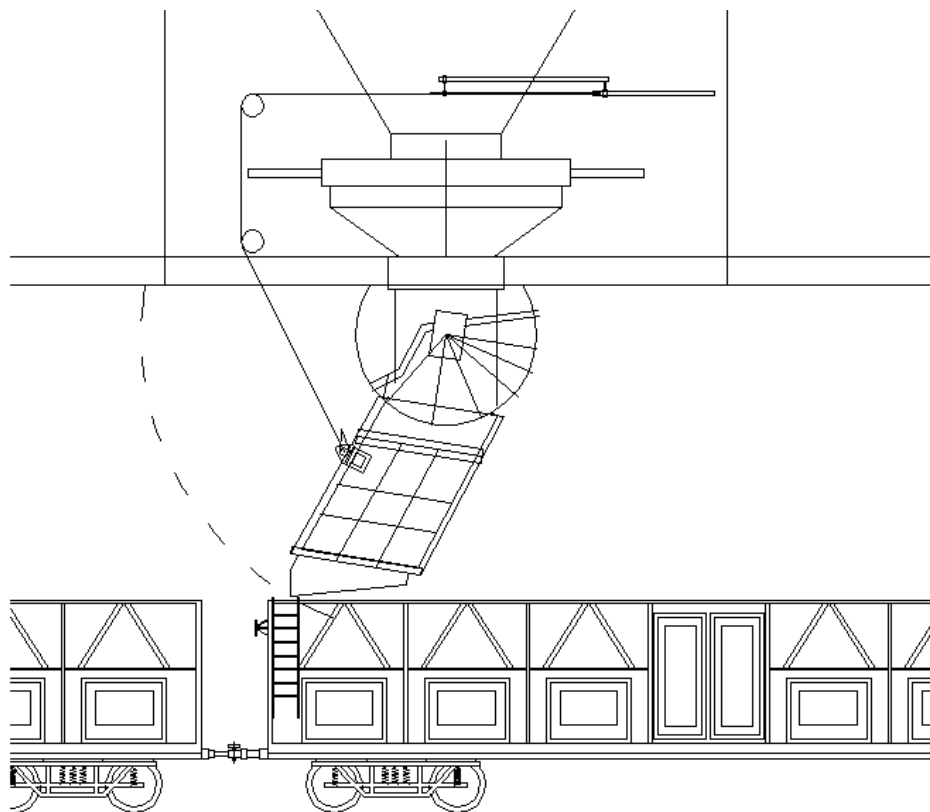


图 4.3 装车溜槽动作示意图



图 5.1-2 设备报警系统示意图

4.4 偏载检测研究

铁路货运车辆检测主要包括超载、偏载、偏重、超限四项内容，但由于快速定量装车站具有精准定量、自动刮平等特点，超载超限情况发生概率极低，并且在定量仓加载过程中即可计算得到无需二次检测。煤炭为散装物料，偏载与偏重检测可以合二为一。所以本次研究的检测功能为偏载、超限两项指标，统一称为偏载检测。偏载检测的结果一方面可以起到报警的作用，发现不合格车辆及时告知相关人员，避免问题车辆出厂；另一方面也是调节装车控制的校验标准，提供改进和优化的方向。

目前哈尔滨素没有偏载检验装置，是否合格完全依靠装车人员肉眼观察，且只有偏载概念，无量化指标，即偏载了多少吨。并且，人工观察也存在遗漏和偏差，不能100%发现所有问题车辆，一旦遗漏还是造成问题车辆上路；也有可能误判偏载，对合格车辆进行平整浪费时间。装车员还往往根据装载体积判断煤质好坏，发现有重大变化时调整配煤。因此，偏载检测还可以承担热值估算的作用，代替人工且指标量化，作为配煤系统的一项直到参数。

4.5 装车控制模型的研究

目前装车站专设一名装车员岗位，在其众多工作中，在装车台上操控溜槽与闸板是最核心的部分，也是劳动强度最大的部分。精准的完成溜槽和闸板控制需要丰富的经验，不同煤质不同车型的手法不同，每一个装车员都是经过长时间培训才可以独立上岗的，而装煤的平整度又需要大量的实操逐步提高的。尽管如此，仍然时常发生因注意力不集中导致装载时机失误进而倒车平煤或重装。因此，装车系统不但要实现无人操作，更要提高装车平整度的一次合格率，否则仍然需要一定的人工干预。

研究装车模型最直接的方案是学习人工操作时的作业方法，掌握手动装车技巧远胜于理论推敲和计算，让智能系统能够像学徒一样，具备学习能力，期初用一套“手法”开始装车，随着装车数量的增加，系统根据装车效果反馈自动调节“手法”，使装车效率和准确度越来越高，真正实现人工智能。这种装车“手法”我们称之为：装车控制模型。

5 智能管理系统研究

智能管理子系统是在新的智能工艺流程基础上，实现全新管理方式的配属产品。替代原有部分人工进行的管理工作，同时革新管理方法，提高管理效率。子系统目前设立几个功能模块，对装配生产中的设备管理、任务、数据、排班和视频进行技术集成。子系统采用开放性的技术平台，允许后期增加新的功能模块，充实和发展智能化应用，甚至延伸到全厂的智能化，为后续技术创新打好基础。

5.1 设备管理研究

5.1.1 设备台账管理研究。设备台账是生产设备资产状况的主要档案，其规范化、系统化、精细化管理尤其重要。通过设备台账建设一套设备全生命周期管理系统，对生产设备进行数字化、自动化的全过程管理，及时掌握设备系统性能和运行状态。

5.1.2 设备报警监测研究

报警模块能对装车车间接入设备的报警或者生产参数类报警进行实时在线监测，辅助人员及时发现报警，及时处理，节省岗位巡检排查劳动，提高监测精度。统计功能能够帮助管理者了解报警情况的分布，针对报警对设备维保方式及时做出调整。

5.2 智能视频研究

5.2.1 智能报警视频推送的研究。工厂视频监控系统是安全防范技术体系中一个重要组成部分，是一种先进的、防范能力极强的综合系统，它可以通过高清摄像机及其辅助设备之间观看大型工厂各个厂区的情况，一目了然，同时它可以把工厂的图像全部或部分的记录下来，这样为日后对突发事件的处理提供了方便条件及重要依据。但是现在常规的视频系统都是通过人员的实时查看着视频进行巡检，这种方式常常受扰于人客观不确定因数，当人员疲劳、精力不集中等情况下常常会错过一些报警信息。针对这种情况，我们开发了智能视频系统能够实现对报警设备视频的推送，主要功能包括：1. 推送故障设备的视频，在大屏上可以放大、闪烁等提醒人员查看；2. 易出现故障位置视频点的轮巡，形成热点视频；3. 故障视频手机端推送（故障发生时前后几分钟）；



图 5.2-1 智能视频系统故障视频推送示意图

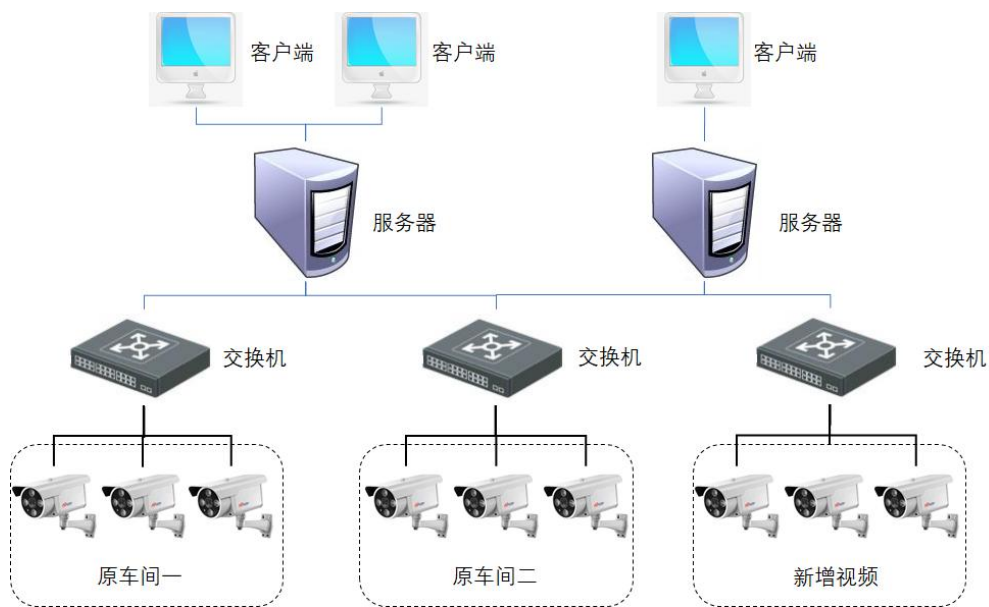


图 5.2-2 智能视频系统故障视频推送示意图

5.2.2 视频汇总的研究

根据需要在装车站增加部分摄像头，与原有摄像头进行汇总显示，并将摄像头分区域分系统划分，可按区域和设备调用视频，同时保持原有摄像头监控客户端的功能不变。视频信息包括：日期、时间、摄像头名称、对应设备编号、视频图像、对应设备报警信息等；

6 结束语

哈尔乌素选煤厂智能装车系统可按使用功能分为智能配仓、精准配煤、自动装车、智能管理四子系统，每个子系统包括若干功能来实现具体业务。“智能配仓”、“精准配煤”、“自动装车”三子系统均可独立运行。智能配仓子系统用于实现产品煤科学配仓和智能化仓储管理，实现仓内物料的质量跟踪、储量跟踪，为精准配煤提供数据基础。精准

配煤子系统用于科学计算配煤比例，精准测量数质量指标，全自动完成配煤设备启停和调节。自动装车子系统包括了装车各环节的全自动，将供煤、定量、装载、检验以及防冻、封尘等辅助系统进行智能化集成，安全稳定的完成装载任务。智能管理子系统涵盖了装车配煤工作日常所需的质量管理、数据管理、人员管理、报警管理等各个方面，全方位的提升装配管理水平。

参考文献

[1] 关欣宇, 同忻煤矿智能化装车系统技术改造实践应用研究, [J], 能源与节能, 2020;
 [2] 陈国强, 火车精准快速智能装车系统方案研究与应用, [J], 能源技术与管理, 2014;