

浅析无人驾驶卡车在露天煤矿中的应用

艾胜斌

神华准格尔能源有限责任公司 内蒙古 鄂尔多斯 010300

摘要:近几年信息技术、人工智能技术等发展飞速,矿区的无人驾驶技术在大型的矿山应用呈现出加速发展的趋势,特别是无人驾驶卡车,在露天煤矿中的应用占着主要地位。现阶段国内的互联网、5G通讯等技术发展迅猛,为矿山的无人驾驶技术的发展提供了良好的机会,在智能化矿山和国有大型化矿山发展的推动下,我国矿山企业与各大设备生产企业、无人驾驶技术公司、信息通讯公司等合作,共同开发出了智能化矿山系统。但无人驾驶卡车技术,在露天煤矿的实际生产使用当中,依然是一项严峻的考验。

关键词:无人驾驶;露天矿;环境感知;发展趋势;智能化

引言

目前我国的无人驾驶卡车技术还在处于初期,无人驾驶技术的发展,能够提高我国露天煤矿运输的可靠性和安全性,大大提高实际生产效率,以此提高我国的行业竞争能力,所以大力发展智能化和无人化是当前煤矿产业发展的趋势。现阶段露天煤矿中,运输卡车朝着大型化、国产化发展,部分露天煤矿运输卡车已超过300吨级别,此次浅析主要以黑岱沟露天煤矿的无人驾驶卡车为例,从技术发展、安全运行、作业效率等多方面进行分析。

1 黑岱沟露天煤矿简介

神华准格尔能源有限责任公司黑岱沟露天煤矿位于准格尔煤田中部是国家“八五”“九五”计划重点建设项目之一,是我国自行设计、自行施工的特大型露天煤矿,井田面积50.33平方公里,可采储量14.13亿吨,煤层上部岩石高台阶达45米,边坡角65°,煤层平均厚度为28.8米,边坡角70°,开采过程中形成的煤、岩混合台阶垂直高度达73.8米,是优质动力和化工用煤,现核定生产能力为3400万吨/年,剩余服务年限21年。主要开采设备共计187台。其中,穿孔设备主要有美国英格索兰(阿特拉斯/安柏拓)公司生产的孔径200-311毫米的DM系列钻机;采掘设备有美国BE公司生产的8750-65型吊斗铲、395B电铲和太原重工生产的WK系列电铲;运输设备有小松公司生产的630E、730E、830E、930E载重154T至290T的自卸卡车和湘电重装、航天重工、徐工生产的220T、300T级以上的自卸卡车;辅助设备主要包括卡特彼勒公司生产的D11T、844K等型号推土机。现无人驾驶车型为

4台830E和14台930E为主;

2 主要建设

黑岱沟露天煤矿于2020年4月正式开始无人驾驶项目研究,2021年2月完成了单台930E卡车的改造与单车测试,2021年3月成功实现1台930E无人驾驶卡车与5台730E有人驾驶卡车、1台395型电铲及平路机、推土机等工程设备的混编运行。大批量无人驾驶卡车改造项目于8月份正式启动,该项目涵盖了66台卡车无人驾驶系统、联合作业系统、远程应急接管系统、健康管理系统等共计7大系统的建设工作,9月份完成11台930E无人驾驶卡车的改造并率先在国内成功实现11台300吨级无人驾驶卡车双编组、多工作面编组运行作业。2022年1月完成第一批18台无人驾驶卡车的改造,开始进行编组重载运行试验。

3 无人驾驶技术完成情况

黑岱沟露天煤矿无人驾驶通过双控双驾的线控系统、无人驾驶车载系统、协同作业系统、远程应急接管系统等实现对无人驾驶卡车的控制。



图1 黑岱沟露天煤矿无人驾驶运行位置

3.1 双控双驾的线控系统

无人驾驶改造采用并联双控双驾改造方案,保留矿用卡车原有的操作控制装置和功能,矿用卡车原有的操作和维护性能不受任何影响,安全性高,不仅实现有人、无人驾驶模式切换,还确保了人工操作的最高优先。

无人驾驶卡车采用电控化设计理念,其油门驱动、档位、电制动、货箱动作等驾驶操控系统均为电控系

作者简介:艾胜斌,男,汉族,1996年12月,内蒙古自治区呼伦贝尔市陈巴尔虎旗,本科学历,职称:助理工程师,研究方向:矿山机电。

统，各电信号由高性能专用车载控制器采集并进行逻辑控制处理，进而控制电驱系统、液压系统等执行机构的动作响应。

3.2 无人驾驶车载系统

无人驾驶感知系统采用“4D光场系统+激光雷达+毫米波雷达”的多传感器融合感知方案，不仅能够对道路、落石、凹坑、挡墙、车辆、行人等障碍物进行准确感知，而且能够识别到传统感知方式不易识别的小型障碍物，实时输出小型障碍物的大小、距离、种类等二维图像、三维点云数据一体化信息，且无匹配融合误差，无需标定。在卡车实际运行过程中探测距离可达150米，可在50米范围内精准感知30cm小型障碍物。充分融合应用4D光场系统、激光雷达、毫米波雷达等传感器，优势互补，保证了整体系统具备超强的感知能力，实现对车辆周围环境的大范围覆盖，最大程度减小了感知盲区，保证了车辆的精确感知能力，满足矿区恶劣工况的使用需求。

针对矿区GNSS系统的信号不稳定性（响应度不高、易被遮挡，山体的多径效应以及深坑的长时间信号丢失等情况），无人驾驶定位系统采用车规级差分定位系统、轮速计和高精度惯性导航器件来进行多传感器融合，同时结合针对GNSS信号不稳定区域点云扫描匹配的定位方案，来确保无人矿卡的高效、安全运行所需的冗余高精度组合定位，这样多冗余方案互为备份，可以保证矿山场景在定位方面的需求得到满足，GNSS系统同时

兼容GPS系统和北斗导航系统。



图2 冗余高精度定位

3.3 协同作业系统

协同作业管理系统是安装部署在有人驾驶采掘设备、工程设备、辅助生产设备上，保证人车安全，协助无人驾驶卡车共同作业的系统。协同作业管理系统包括采掘设备辅助作业系统、工程设备辅助作业系统、辅助生产设备管理系统以及点检系统，各管理系统和地面调度系统相互交互，保证无人卡车作业的顺利进行。

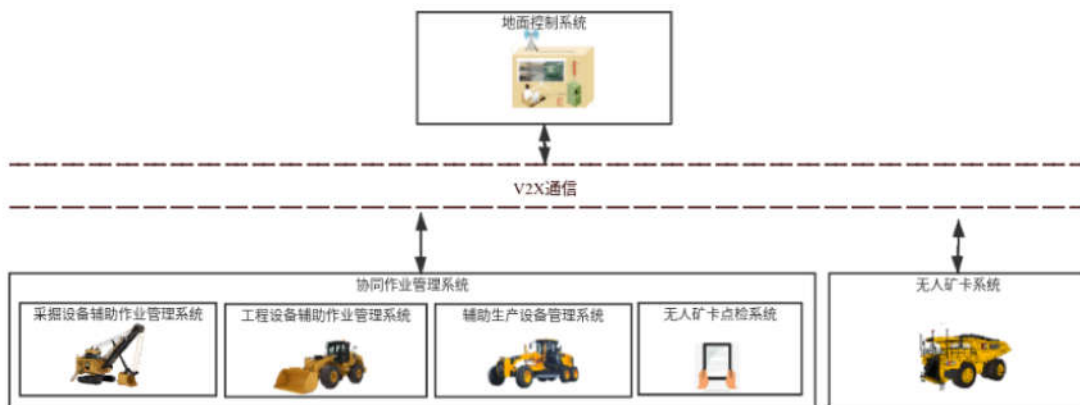


图3 协同作业管理系统组成及关系图

采掘设备系统将以电铲为载体，在电铲上安装车载计算单元、显示单元、车载通信单元、车载定位单元、车载感知单元等，例如在电铲大臂上部署关节角度传感器实现臂姿的监控。通过部署电铲协同作业管理系统，研发符合露天矿山工艺流程，具有V2X实时信息通讯接口，电铲能根据协同作业过程需要，引导无人矿卡就

位、协同无人卡车完成装载过程，实现车铲协同作业，从而大大提高作业效率。

3.4 远程应急接管系统

系统具备2种应急接管方式，主动接管和被动接管。主动接管是指当生产指挥中心调度员（远程安全员）通过系统监控发现车辆异常，通过一键接管按钮主动接管

车辆。被动接管是指当无人驾驶系统发现如GPS信号丢失、传感器故障等情况时,申请远程接管,同时发出提醒,生产指挥中心调度员(远程安全员)通过一键接管按钮接管车辆。

3.5 健康管理系统

健康管理系统实现无人驾驶矿卡的车辆设备系统自检、故障诊断、检修结果上报、健康状态评估、数据存储与历史数据查询等功能,能够查询存储在大数据平台的车辆及无人驾驶系统的状态数据和检修数据。黑岱沟露天煤矿已累计完成18台卡车的健康管理硬件安装、车载端软件的部署及调试,完成数据中台软件全部功能的开发。

4 安全作业方面

目前,露天煤矿的重型卡车都往大型化发展,已超多300吨级别,而且矿区路况复杂、且卡车盲区大,露天矿运输存在重大安全隐患的问题,比如道路道路的设计、路面的湿滑程度、挡墙的高度、场地的尺寸、车速、车辆的性能、人员的精神状态等,其中,人的不安全行为占主要地位:

4.1 疲劳驾驶

司机的精神状态较差、疲劳时,容易出现视线模糊、腰酸背痛、反应缓慢、精力不集中、焦虑烦躁等现象,如果不及时实施解困等措施,可能导致撞车翻车等严重事故发生。

4.2 车速控制

常言道,10次事故9次快,部分司机很容易出现超速行驶,自以为熟悉设备操作、道路情况,就超过要求车速,当车速过快时,很容易造成司机的反应时间长、车辆稳定性差、制动距离加长,特别是在坡道、弯道、道路湿滑时容易出现不安全事故。

4.3 观察不到位

司机由于观察瞭望不足、特别是夜间作业期间,实际上是一种心理麻痹大意的体现,本身车辆就存在50M以上的盲区,观察不到位的情况下,盲区内设备和人员极易发生碰撞,在场地作业时,也容易发生卡车碰撞风险。

4.4 人身的意外伤害

在司机点检设备、或上下设备时,易造成高处坠落、滑倒摔伤、结构件磕碰人身、高空坠物等风险。

4.5 不遵守操作规程

司机长存在一种侥幸心理,在明知不安全情况下强行作业,或不按操作规程驾驶设备,极易发生设备碰撞危险,暴力驾驶卡车会加快设备的结构件损耗,比如轮胎温度增高、刹车盘高温、蹄片磨损加快、电气故障

等,造成设备控制力降低,也会发生不安全事故。

在无人驾驶技术应用过程中,首先实现的“无人驾驶”就会大大降低因人的不安全行为所造成的事故风险;其次,无人驾驶车载系统、远程接管系统等所应用的运输卡车超速管理、防撞预警、疲劳警示、雷达刹车“四位一体”的安全保障系统,实现了运输卡车遇到危险情况的自动预警、智能刹车,确保了运输安全。

5 作业效率方面

现阶段无人驾驶实现了较平稳、平顺的重载作业,最高时速达到了35KM/H,能够顺利完成进铲、装车、出铲、行驶、进入排土场、倒车、排弃等多项操作,已达到有人驾驶效率的70%。基于4G/5G无线网络的数据通信系统、远程应急接管系统和健康管理系统,这些系统建立的同时,以无人矿山生产指挥调度为核心,不光实现矿用卡车、主采设备、辅助设备的综合调度与管理,还能打通生产、维修、安全各个系统之间的数据交互和协同管理运行,优化矿山运行计划、组织和调度,作业数据采集、统计和智能分析,改进生产技术和流程的智能化作业系统,实现与智能矿山建设的紧密融合。

无人驾驶技术的实现在露天煤矿发展中的优点显而易见:能够减少直接参与生产的人员数量,加快实现露天煤矿减人、降本、增效;同时,无人驾驶技术的应用能够大大提高设备生产效率,较少设备和人员因为操作不当造成的设备、成本等多方面损耗,大幅度节约生产成本;可以有效推动露天煤矿的高效、安全、绿色和持续化发展,切实增强企业核心竞争能力。

6 存在的困难

目前国内大型矿卡制造厂及各企业、互联网技术公司已开展了矿山无人驾驶系统的研制,并已在露天矿进行了测试,但现阶段无人驾驶项目仍处于探索研发阶段,项目投入大、成本高、研发困难,与国外露天矿相比,国外的无人驾驶技术运用在露天的单体金属矿,整体作业环境单一,而我国露天煤矿一般存在位置偏远、环境较差、地形复杂、运距较远等,给无人驾驶技术的研发造成诸多困难。

露天煤矿还存在气候多变问题,雨雪、沙尘等恶劣天气同样会对无人驾驶卡车的毫米波雷达、激光雷达、视觉传感器等障碍物的有效检测造成巨大挑战;其中,国能宝日希勒露天煤矿开展的“极寒型复杂气候环境露天矿+5G+无人驾驶卡车编组安全示范工程”,是目前国内唯一实现无人矿用卡车“全天候”状态作业的无人驾驶项目,该项目无人驾驶改造了5台MT4400,实现了在极端环境下的作业。

现阶段应用于现有露天煤矿复杂作业环境仍有较多技术难点待突破,列如对道路的要求较高、露天煤矿的道路存在多变情况,路面的平坦度、前方设备掉下的石块、挡墙的位置大小同样会对雷达的检测造成误识别。

露天煤矿的装卸排等的线路改变,需花费较长时间对实际线路进行采集和更新;其次,生产效率较有人作业相比较低,将对大批量的改造及推广应用造成一定影响;同时,为了保证煤矿生产保供任务的顺利完成,项目的改造和运行调试将受到一定制约。

7 结论

无人化与智能化的项目研究,是矿山发展的大势所趋,项目研制和实施矿用卡车的无人运输作业系统,并与矿山现有其它有人驾驶车辆进行协同作业,将形成成熟可靠的特大型露天智能矿山整体解决方案,建成露天煤矿无人运输作业系统创新示范基地,引导智能矿山行业发展。

无人驾驶技术的开展,大大节约各项成本、做到提质增效、降本增效,减少操作人员的同时,能够减少人员失误情况,有效的防范重大危险事故的发生。

无人驾驶技术项目的科研成果可逐步推广应用到国内其他露天煤矿,带动我国露天煤矿整体智能化应用和管理水平的提升,推动露天煤矿装备和产业的发展,为保障国家能源安全、实现碳达峰碳中和目标愿景作出新贡献。

参考文献

- [1] 闫凌,黄佳德.矿用卡车无人驾驶系统研究[J].工矿自动化,2021,47(4):19-29
- [2] 刘育铭.浅析矿用卡车无人驾驶技术发展趋势[J].黑龙江交通科技,2022,8:141-143
- [3] 于海旭,杜志勇,魏志丹,等.我国矿区无人驾驶技术现状与发展趋势分析[J].工矿自动化,2022,10(48):82-87