

眼前山铁矿铲运机自动化出矿系统应用研究

Research on the Application of Automatic Mining System of Scraper in Qianyanshan Iron Mine

梁新民¹, 张宝金², 翟建波¹, 迟强², 陈小伟¹, 刘育明¹, 张海胜¹

(1. 中国恩菲工程技术有限公司, 北京 100083; 2. 鞍钢集团矿业有限公司眼前山分公司, 辽宁 鞍山 114000)

摘要:本文研究了自动化铲运机在眼前山铁矿中的应用,介绍了铲运机自动化出矿系统的工作原理和发展趋势,并详细介绍了眼前山铁矿自动化出矿系统主要开发内容和现场应用情况,并对其应用效果进行了评估。研究结果表明,自动化铲运机的应用可以提高矿山开采的效率和质量,降低生产成本具有广阔的应用前景。

关键词:铁矿; 自动化出矿; 工作原理; 应用研究

中图分类号: TD63⁺4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-609X(2023)03-0069-05

Abstract: In this paper, the application of automated mining system in iron mines is studied, taking the Yianqianshan Iron Mine as an example. Firstly, the working principle and advantages of automated mining system were analyzed. The application of automated mining system in Yianqianshan Iron Mine is introduced in detail, and its application effect is evaluated. The research results show that the application of automated mining shovel and transport machine can improve the efficiency and quality of iron ore mining, reduce production costs, and have broad application prospects.

Key words: iron mine; automated mining; working principle; application research

1 前言

铁矿石是重要的金属矿产之一,随着经济的不断发展,工业领域对矿产资源的需求也在不断增加,铁矿石是消耗我国外汇的第二大进口产品,铁矿资源的开采对于保障工业生产和国民经济的发展至关重要。党的二十大报告中着重提出能源资源安全是国家安全、民族复兴的根基,是国家强盛的前提。铁矿石关乎国家战略资源安全。传统的铁矿山开采方式存在低效率、高成本、工人劳动强度化等一些列问题。

近年来随着科技的不断发展和进步,自动化技术在矿山开采领域得到了广泛应用。其中,自动化铲运机作为一种能够自主运行的出矿设备,它可以自动完成铲装、运输、卸矿等工作,与传统的有人驾驶铲运机相比,自动化铲运机具有更高的生产效率和更好的安全性。本文介绍了自动化铲运机的原理和应用现状,并探讨其在眼前山铁矿中的应用情况,

促进自动化铲运机在金属矿山中的应用。

2 铲运机自动化出矿系统工作原理和发展趋势

2.1 铲运机自动化出矿系统工作原理

自动化铲运机由多个系统组成,包括感知系统、决策系统和执行系统。感知系统可以感知周围环境,包括岩石、地形、障碍物等,以及铲运机自身的状态,例如速度、位置、方位、姿态等。决策系统会根据感知系统的信息做出相应的决策,例如选择最短路径、避免障碍物等。执行系统则负责执行决策系统的指令,例如控制铲运机的方向、速度等。

自动化铲运机是一种通过计算机控制和自主决策来完成矿石采掘和物料运输的智能化机械装备。其工作原理可以分为以下几个步骤。

1) 传感器感知

自动化铲运机配备了各种传感器,如摄像头、雷达、激光扫描仪等,用于感知周围的环境和物体。传感器通过不断地扫描和检测周围的矿石堆和物料,获取关键信息,包括矿石的类型、位置、尺寸和形状等。

[作者简介] 梁新民(1990—),男,工程师,主要从事非煤矿山咨询设计、智能矿山建设等相关研究工作。

[引用格式] 梁新民,张宝金,翟建波,等.眼前山铁矿铲运机自动化出矿系统应用研究[J].中国矿山工程,2023,52(3):69-73.

2) 算法决策

传感器获取到的信息将通过预先设计好的算法进行分析和处理,确定最佳的采矿和运输策略。算法可以根据采矿需求和物料运输要求,确定自动化铲运机的移动路径、行走速度、矿石装载量、运输距离等参数,从而实现高效、精准的采矿和物料运输。

3) 机械执行

自动化铲运机通过各种机械结构,如铲斗、发动机、转向轮等,将采矿和物料运输策略转化为机械执行动作,完成矿石的铲装、运输和卸矿等任务。铲斗可以根据算法确定的载重量和装载系数,准确地铲运矿石,然后根据算法确定的运输距离和速度,将矿石运输到指定的溜井,并完成矿石的运输卸矿任务。

4) 反馈调整

自动化铲运机在工作过程中,通过不断地采集和分析数据,反馈到算法中,进行调整和优化。如果传感器检测到工作面有新爆破产生的矿石,算法会重新计算最佳的采矿策略,并将指令发送到自动化铲运机进行调整。这样可以保证自动化铲运机在不同的采场作业面和矿石运输场景中,都能够快速、准确地完成任务。

自动化铲运机是一种智能化采矿装备,通过传感器感知、算法决策、机械执行和反馈调整等步骤,实现高效、精准的矿石的铲装、运输和卸矿工作,极大的提高金属矿山的生产效率和安全性。

2.2 国内外铲运机自动化出矿系统发展趋势

伴随着深部矿产资源开采程度的提高,金属矿山正逐步走向深部开采阶段,面临着诸多环境和技术难题,深部的高应力、高温环境带来了恶劣的作业条件和极大的安全隐患。借助智能采矿来实现井下开采的自动化、遥控化与无人化,则是解决这些问题的有效途径,因而被普遍认同是未来地下矿山的典型生产方式。

在地下金属矿智能开采技术领域,国外一些发达国家已进行了多年实践,积累了丰富的经验,芬兰、瑞典、加拿大等矿业发达国家就先后制定了“智能化矿山”和“无人化矿山”的发展规划^[1-2]。Sandvik 等公司正在发展的自动化技术主要有:远程控制(Teleo-peration)、半自主(Semi-Autonomous)与自主控制(Autonomous),视频控制(Remote Contral with video),地下无线通信网络,视觉导航,激光导

航,安全系统等。我国矿山的自动化工作起步较晚,但也取得了一定成果。在固定设备的运行自动化方面,许多矿山已经具备了成功的经验,减少了大批的操作人员,如提升、运输、通风、排水、充填、供风、供电、供水、选矿等自动化系统。在移动设备的自动化方面,成功经验相对较少。首钢矿业公司杏山铁矿、云南迪庆普朗铜矿、铜陵公司冬瓜山铜矿等一些矿山,已经实现了井下电机车运行自动化;杏山铁矿、金川矿区、尹各庄金矿、梅山铁矿等矿山,部分实现了铲运机、凿岩台车的视距遥控;李楼铁矿、柿竹园多金属矿等企业正在开展全自动化铲运机出矿研究^[3-5]。

3 眼前山铁矿铲运机自动化出矿系统主要研究内容

眼前山铁矿隶属于鞍钢集团矿业有限公司,矿区距离鞍山市中心 22 km,设计规模 800 万 t/a,是目前国内最大的露天转地下铁矿山。矿山采用主副井、斜坡道开拓方式,开拓系统具体如图 1 所示。东矿段采用无底柱分段崩落法开采,中深孔凿岩设备以 Simba1354 凿岩台车为主,出矿设备以 EST1030、LH514E 电动铲运机为主,采矿设备均未实现设备运行状况采集、远程控制等功能。矿山目前存在井下作业人员多、采掘设备自动化程度低、设备数据无法全面感知、井下工作环境差、安全风险系数高、生产效率低等问题。

眼前山铁矿目前正在开展数字化转型和智能化变革。其中采矿装备的自动化、无人化是智慧矿山建设的核心。眼前山铁矿联合中国恩菲、宸控等科研院所,通过对矿山现有的 EST1030 电动铲运机进行改造,自主研发了一套应用于无底柱崩落法采场的铲运机自动化出矿系统,实现井下安全、高效、低成本开采。主要研究内容如下所述。

1) 远程控制系统的开发

研究铲运机视距、远程、自主三种控制模式下的无缝切换、动态控制及逻辑状态确定技术。基于地表中央控制室实现集中远程控制,利用车载传感器将现场工作环境的主要参数实时传送至中央控制室,基于真实工作现场的铲运机远程虚拟化控制环境,进行实时性、安全性、冗余性测试等,以满足对自动化铲运机实时监控的需求。

2) 自动化出矿技术研究

研究适用于井下巷道环境信息采集的传感器特性,对井下环境信息进行主动感知、融合,进行系统

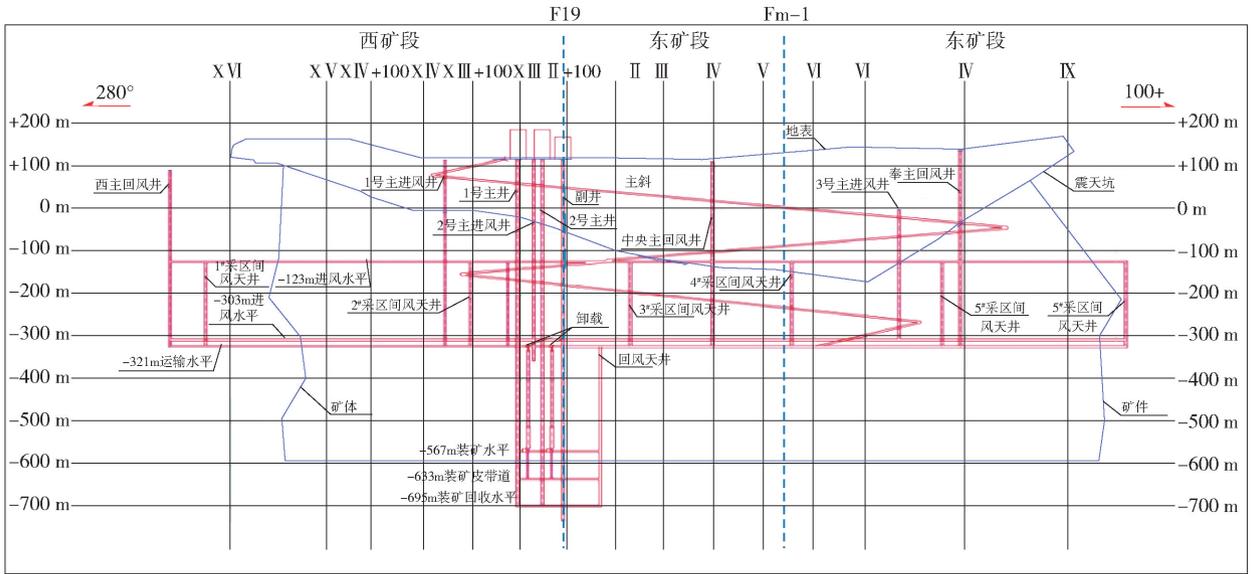


图1 眼前山铁矿开拓系统纵投影图

容错性和稳定性分析。针对不同工况下载荷、速度特性,开发铲运机自动换挡控制技术,利用传感器感知到的信息,对驾驶意图进行分析,使发动机动力与档位得到最佳匹配,保证换挡过程的平顺性,提高车辆传动系统使用寿命,减少燃油消耗,提高作业效率。

3) 车载智能控制系统和故障诊断技术研究

开发车载控制系统,使得井下装备能够根据不同的使用工况和工作特性,输出相应的指令,并建立自动化行驶数据库,为无人驾驶创造条件。对发动机和液压等系统的工作参数的全面采集和监测,同时针对所采集到的信息进行分析,制定设备的维护保养计划,缩减故障判断时间,减少故障引发的损失。

4) 智能铲运机自动装卸技术研究

研究基于给定条件的巷道(起点不定,终点固定)的智能化铲运机装卸技术,实现铲运机铲装矿石后,自主行走至卸载点,实现准确停车入位、动臂自动举升、铲斗自动倾翻卸料、按原路返回到装载点等一系列自动化装卸作业功能。

铲运机自动化出矿系统的硬件部分主要包括以下系统功能。

(1)地面管控中心操作平台主要包含操控台、PLC控制站、工控主机、工业显示屏等,在地表管控中心实时监测铲运机的工作、环境、作业状态、三维定位数据、井上井下的语音通信以及安全门禁区域的远程监管和操控,同时能实现对井下铲运车的远

程遥控和无人驾驶作业调度,可以实现一人控制多台铲运机同时自主作业,具体如图2所示。

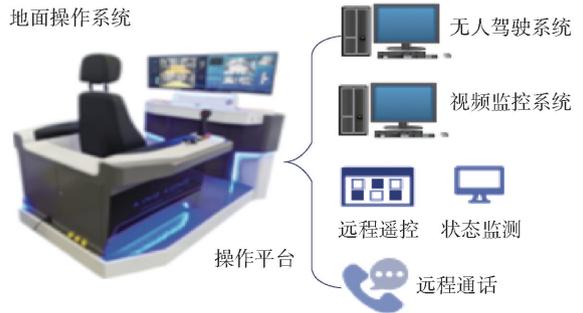


图2 地面管控中心操作平台

(2)巷道通信系统用于确保发射系统、接收系统的控制信号视频数据实时地、准确地地在监控中心和工作面车辆之间传输,提供了地面操作平台与铲运机之间的所有通信任务,包括操作平台对铲运机的控制通信、铲运机状态信息上传到操作平台状态监视器的通信、导航系统信息上传到操作平台状态监视器的通信、视频系统上传到操作平台视频监视器的通信以及安全门禁系统之间的通信。通信系统延迟一般不超过 50 ms。通信系统如图3所示。

(3)车载控制系统:井下车载控制系统由车载嵌入式核心控制器、车载传感系统、车载执行系统、车载导航系统、车载视频系统、车载通信系统组成,是铲运机自动驾驶的核心。系统硬件主要包括激光雷达、车载摄像头、IMU 惯性测量单元、转向角度传感器、倾斜度传感器、里程计、智能控

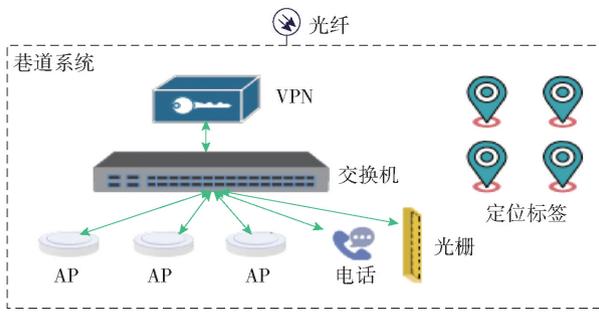


图3 巷道通信系统

制器等组成。可以实现自动建图、自主导航、路径规划、决策控制等,使铲运机能够在限定区域内以自动、半自动、遥控三种状态完成相关作业任务。具体如图4所示。

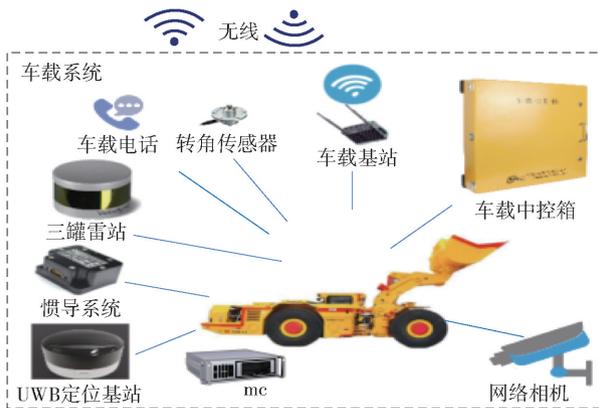


图4 车载控制系统

(4)安全门禁系统:井下自动化生产区域需要设置安全门禁系统保障自动化铲运机连续、安全出矿。一个安全门禁系统一般包括两对光幕、一个信号发射器、一个控制器,发射器和控制器之间通过无

线网络通信实现闯入后的铲运机自动停车熄火。光栅隔离系统中的发射器和控制器都具有状态指示和声光报警功能,它们都可以明确指示出每一路光幕的状态。发射器上还有一个急停按钮,可实现铲运机紧急停车。发射器与光幕一起安装在受隔离的区域端头,控制器安装在受控车上实现报警停车功能,同时控制器可与车辆状态监测器通信将光栅状态上传至地面操作平台的状态监视器上进行显示。井下安装的门禁系统如图5所示。



图5 安全门禁系统

4 铲运机自动化出矿系统应用情况分析

根据眼前山铁矿井下生产情况,本次自动化出矿示范采场布置在井下-235 m分段1#、2#、3#出矿进路中,平面布置如图6所示。在图中圆形点位置处,分别布置一台无线基站,实线箭头为每台基站所能覆盖的无线信号方向;图中每个门禁设有一套安全光栅,共5套,将自动化出矿示范采区进行电子封闭管理,提高出矿的安全性。

铲运机自动化出矿系统的投用,将操作人员由现场作业转为地表远程操作车辆,极大的改善了操作人员作业环境,降低了职业健康危害的风险,确保

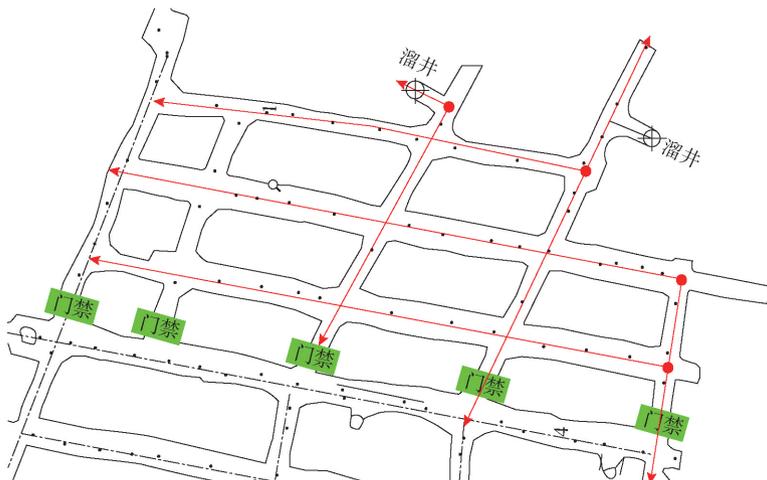


图6 自动化出矿示范采场平面布置图

了人员的本质安全。铲运机自动化出矿系统可实现对整机主要运行技术参数的实时采集、传输,并对各类运行数据分析处理,实现故障诊断和信息预防性维护,节约的备件消耗费,提升设备的使用效率。铲运机出矿采用“一控二”遥控作业状态,在改善司机作业环境的同时,达到减人增效的目标。眼前山铁矿井下投入自动化铲运机出矿系统后,相比于原有传统的有人驾驶铲运机,主要具有如下优势。

(1)提高了出矿效率:自动化出矿铲运机的出矿作业由控制系统自动完成,可以长时间稳定运行,减少了人为因素的干扰,出矿效率每班提高了15%以上,可以满足工业生产的需要。

(2)保障了工人安全:传统的手动铲运存在一定的安全隐患,如工人可能会受伤或者误操作造成安全事故,而且对通风质量有严格的要求。而自动化铲运机对井下通风质量要求不高,且将司机转移到了地表安全的工作环境下,极大的保障了工人安全。

(3)降低了生产成本:铲运机采用自主出矿作业模式,可以减少每班司机人数50%,同时可以实现设备预防性维护,降低了采矿生产成本。

(4)符合环保节能要求:自动化出矿铲运机采用电力驱动,能够减少能源消耗和环境污染,符合现代矿业的环保节能要求。

自动化出矿铲运机在眼前山铁矿应用过程中也存在着一些问题,主要表现在以下几个方面:

(1)技术复杂性:自动化出矿铲运机的技术复杂性较高,需要具备一定的专业知识和技能,对技术人员的要求较高,技术人员的培养和引进成本较高。

(2)设备维护保养:自动化出矿铲运机由于加载多种类型的高精度传感器,相对于传统液压采矿设备故障率较高,需要具备完善的维修和保养体系,对设备的维修和保养成本较高。

(3)网络安全问题:自动化出矿铲运机需要与矿山的控制网联网,存在着网络安全风险,需要采取有效的网络安全隔离措施,保障系统的稳定运行和数据的安全性。

(4)运营管理问题:自动化出矿铲运机的运营管理需要与矿山管理系统进行联动,需要具备专业的运营管理人员和管理系统,对企业管理水平的要求较高。

5 结论

自动化出矿系统是现代化矿业发展的重要组成部分,具有显著的优势和应用前景。本文以眼前山铁矿铲运机自动化出矿系统为研究对象,介绍了自动化出矿系统的技术原理、发展趋势和主要研究内容,并分析了眼前山铁矿自动化铲运机的应用情况,相比有人驾驶作业具有出矿作业效率高、安全可靠、成本低和环保节能等突出优点。眼前山铁矿铲运机自动化出矿系统的应用为矿山的无人化、自动化出矿作业提供了理论依据和实践指导,有助于推动我国铁矿行业的现代化转型和升级。

[参考文献]

- [1] 汪玥玢. 矿山无人驾驶技术及发展前景分析[J]. 黄金, 2020, 41(3): 48-50.
- [2] 战凯. 地下金属矿山无轨采矿装备发展趋势[J]. 采矿技术, 2006(3): 34-38.
- [3] 王荣祥, 任效乾, 张晶晶. 地下矿山无轨采矿设备的发展与创新[J]. 矿业装备, 2012(4): 42-47.
- [4] 梁新民, 王怀勇, 陈小伟. 铲运机自动化出矿系统在上向分层充填采场的应用研究[J]. 有色设备, 2021, 35(3): 68-75.
- [5] 刘会林, 任进鹏. 探究我国金属矿山地下采矿装备的现状及进展[J]. 科技经济市场, 2015(11): 121-121.