无人驾驶技术在矿用电机车中的实施与应用

王滨滨，王昭伟，李艳青，李存财，呼拉乌苏

内蒙古白音华蒙东露天煤业有限公司，内蒙古 锡林郭勒 026200

摘　　要： 矿用电机车作业环境较为特殊，风险大，矿用电机车行驶中引入无人驾驶技术，可以实现远程传输信号，自动化控制矿用电机车行驶，代替人员作业，不仅可以满足作业生产需要，还可以避免矿下事故对人员的伤害，实现作业全过程连续、稳定进行。文章围绕矿用电机车中无人驾驶技术的应用进行分析，分析运输监控、网络通信、远程驾驶以及车辆测控系统各部分功能，探讨如何让这些系统之间紧密配合，真正意义上实现无人驾驶矿用电机车，促进相关行业进步和发展。

关 键 词： 矿用电机车；无人驾驶技术；网络通信；远程驾驶

Implementation and Application of Driverless Technology in Mining Motor Locomotive

Wang Binbin, Wang Zhaowei, Li Yanqing, Li Cuncai, Hulawusu

Inner Mongolia Baiyinhua Mengdong Open Pit Coal Industry Co., Ltd. Xilin Gol, Inner Mongolia 026200

Abstract: mining motor working environment is relatively special, the risk is big, mining motor introduced unmanned technology, can realize the remote transmission signal, automatic control mine motor, instead of personnel, not only can meet the needs of production, also can avoid the mine accident to personnel, realize the whole process of continuous and stable. This paper focuses on the application of driverless technology in mining motor vehicles, analyzes the functions of transportation monitoring, network communication, remote driving and vehicle measurement and control system, discusses how to make these systems closely cooperate, realize driverless mining motor vehicles in a real sense, and promote the progress and development of related industries.

Keywords: mining electric motor vehicle; unmanned driving technology; network communication; remote driving

新时期科技不断推陈出新，云计算、大数据等先进技术不断更新迭代，加快此类先进技术在矿业推广应用，有助于实现矿产资源开采各环节的自动化、智慧化管控，进而建立起智慧矿山。矿用电机车作为矿下生产作业的重要设备，融合应用无人驾驶技术，致力于实现矿用电机车无人驾驶作业，更好地应对矿山下恶劣的作业环境，司机可以从繁重和危险的工作岗位中解脱，对于提升整体的运输效率和安全性具有重要作用。

一、矿用电机车中引入无人驾驶技术的意义

矿用电机车在井下作业中，主要是承担着运输功能，牵引着矿车在轨道上行走，实现矿产资源、人员和设备的安全运送，引入无人驾驶技术，对于矿山行业而言具有较为深远的意义。具体如下。

（1）提高作业安全性。基于无人驾驶技术操控矿用电机车行驶，能够最大程度上减少人为操作所带来的风险隐患，保障人员安全。由于矿山作业环境较为复杂，存在很多不确定性因素，传统人工驾驶电机车的方式伴随着一系列风险隐患，可能存在人员误操作，或是疲劳驾驶等，威胁到井下人员和设备安全。运用无人驾驶技术，依托于智能控制算法和先进的传感器，可以实时感知车辆运行环境，精准控制车辆行驶运作，将人为因素带来的干扰降到最低。而且无人驾驶矿用电机车可以自动化避障，遇到突发情况下可以自动化、智能化应急处置，保障作业安全[1]。

（2）提高生产效率。相较于人工作业方式，无人驾驶矿用电机车能够实现连续性作业，不需要考虑到驾驶人员的疲劳问题，实现24小时不间断作业，提高生产效率和安全。而且借助系统配备的智能调度功能，依据具体生产需求灵活调度，实现电机车的行驶路线、时间等最优化调整，提高矿下作业效率。

（3）推动智能化升级。无人驾驶矿用电机车，需要建立相配套的通信网络，实现生产全过程数字化、智能化管理，推动矿山生产水平提升同时，还可以实现数据信息的安全传输和存储，为矿山智能化生产与管理提供有效参考依据[2]。

二、矿用电机车中引入无人驾驶技术的应用

（一）通信网络

建立无人驾驶系统，通信网络技术作为一项核心技术，直接关系到电机车是否能够正常接收控制指令，以及实施上传高清视

频图像。而且矿用电机车在井下行驶中，在不同区域往往需要切换基站来保障通信质量。为了提高井下矿用电机车的通信效率，一个基站具有同步接收多辆电机车信号的能力，满足矿下电机车无人驾驶信号传输需要[3]。电机车无人驾驶通信网络具有无线接入、切换等特点，同时要提供高带宽，保证信号高速传输。同时，通信网络系统要具有较强的抗干扰性能，主要是由于井下环境较为复杂、特殊，无线信号在井下巷道传输中容易出现内壁反射问题，只有网络通信系统具有足够的抗干扰能力，才能避免多径干扰，实现信号安全、高质量传输。

建立矿用电机车无人驾驶系统，其中包含了光纤骨干网、监控中心运输调度网、移动端接入网等部分构成。其中光纤骨干网的主要功能在于转化基站接收无限信号为有线信号，输送到井下光纤骨干网。监控中心运输调度网作为核心部分，主要是多种服务器构成，如：调度服务器、视频服务器等。工作人员在计算机屏幕上即可实时观察井下电机车运作状态，具体的位置和周围画面，远程操控矿用电机车行驶。电机车在井下行驶过程中，借助车身上安装的视频、声音等各类传感器，可以监测路况信息，并提供位置信息给控制中心，用于车辆调度，并智能化反馈车辆状态信息给控制人员[4]。移动端接入网包含了基站和无线收发器两个部分构成，用于实现数据和信号的收发。基于通信网络系统，能够实现井下电机车和地面控制中心之间实时通信连接。

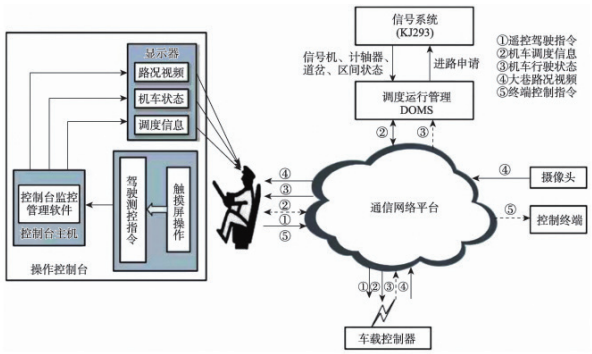
（二）运输监控

矿用电机车中引入无人驾驶技术，一个关键点是引入运输监控技术，包含了调度运行管理以及信号联锁控制。电机车运行中，基于无线车载控制器将车辆信息和路况信息等传输到井下环网中，最终汇集到调度中心，为工作人员实时控制矿用电机车行驶提供支持。运用管理软件实现道岔、信号机、分区开关、区段和整流变等区段远程控制，为电机车行驶创设安全的作业环境。工作人员操作调度管理软件，可以授权修改电机车驾驶模式，具体有以下几种：①自动化驾驶模式。在无人驾驶系统中录入车辆具体行驶路线，包含路线起点和终点，并通过无线车载控制器控制电机车自动化运输作业，不需要人为干预控制。②半自动运行模式。该模式强调人为远程控制矿用电机车行驶，需要人工保障电机车的作业安全[5]。③手动运行模式。此种控制模式即驾驶人员在现场驾驶电机车，行驶过程中各类传感器收集电机车各种信息，传输到控制单元，动态分析电机车的运行状态，实时监测控制电机车运作。信号联锁控制，需要同步使用调度管理软件和无线车载控制器来运作，实现电机车行驶路线联锁控制。如果一个岔口同时有多辆电机车通过，调度管理软件则可以依据具体任务申请的具体顺序，以此为依据合理化调度电机车通行顺序，实现进路联锁控制功能。

（三）远程驾驶

远程驾驶包含驾驶操作终端和显示终端，具体结构如图1。操作装置包含了操作部分和采集主机两个部分构成，将微型处理器嵌入到主机控制区域，提供两个接口，分别实现信息交换和采集操作面板信息。远程驾驶控制单元能够自动化获取控制中心的操作指令，并通过驾驶监控与管理软件系统支持，控制矿用电机车车载控制器，即便是远距离下，仍然可以在通信网络支持下发送控制指令到车载控制器。同时，借助视频监控装置，能够直观、实时掌握矿用电机车运行状况，为后续控制指令的下达提供支持[6]。远程操控全过程为闭环控制，并且远程操控采集装置除了提供基本操控功能外，还可以为车辆提供智能诊断功能，剔除无价值信息，提高操作控制准确性，保障矿用电机车行驶安全。

无人驾驶系统还具有故障自动化预警功能。系统设计中，采用等级几号高的编码信号自动化控制电机车行驶，避免杂散电流干扰到车辆安全、正常行驶。为了避免故障误动，系统内部配备了专门的故障安全功能，一旦采集到主控机存在故障信号，测控设备自动化运作，封锁信号，只允许人员现场操作行驶[7]。



> 图1 远程驾驶结构

（四）测控单元

测控单元是无人驾驶电机车的一个重要组成部分，基于车载控制器，可以自动接收控制中心发送的信号，掌握车辆的行驶路径。实时分析车辆的运输状态，收集车辆的具体位置和运行状态等信息，这些信息可用作车辆启停和速度的自动化执行控制。具体主要包括定位技术和障碍物自动识别技术。

（1）定位技术。无人驾驶电机车的数据指令传输，主要是基于无线传感网实现，通过安装各类传感器，以无线传输方式构建动态通信网络，实现电机车运行速度、环境温湿度、路况图像等信息的实时收集和传输。传感器除了在电机车上安装外，也可以在轨道路径上安装传感器，如，视频监控头，配合车辆上的温湿度传感器、超声波测距仪等传感器，在无线网络下实现全方位覆盖，并动态更新电机车相关信息，为无人驾驶提供信息支持[8]。目前井下电机车所使用的定位技术，当属 RFID 技术和 Zigbee 技术最具代表性。RFID 技术即射频识别技术，在诸多生产环境均有所应用，通过在井下特定环境下设置射频读卡器，自动化读取电机车上 RFID 标签信息，用于获取电机车的位置信息。此项定位技术的成本较低，环境适用性较强，在车辆监控和人员考勤等方面均有所应用。Zigbee 定位技术则是通过判断信号强度来定位传感器位置，技术结构较为简单，能实现数百米范围内的精准定位，目前在电机车监控系统中得到了有效应用。除了上述两种技术外，UWB 技术同样可以实现车辆精准定位，测量过程中时间基站和移动标签之间的信息相互传输，进而精准获得车辆距离。同时，额记住以太网将信息传输到控制中心中，获取基站数据，并通过解析对应的坐标来获得矿用电机车的具体坐标，全方位掌握矿用电机车行驶轨迹。

（2）障碍识别技术。障碍物识别技术属于一种代表性的测控技术，有助于保证矿用电机车安全、正常行驶。矿井下作业环境复杂，电机车行驶轨道中可能有掉落的矿物，或是工作人员临时占据轨道，运用无人驾驶技术控制矿用电机车行驶，一个基础功能则是精准识别前方障碍物，及时制动，避免追尾、伤人。障碍识别主要是通过视频图像和激光雷达数据为主，基于 AI 算法将这些数据智能化处理，提取出对应的障碍物、参照物等。参照物是车辆行驶轨道中始终存在的客观物体，最具代表性的当属车辆轨道。通常情况下，无人驾驶电机车多采用测距传感技术来掌握车辆与前往障碍物距离，如果二者距离在警戒距离范围内则要第一时间刹车[9]。测距技术包含了多种技术手段，如，红外测距技术通过发射红外光线到障碍物上，通过光线的反射来测算车辆和障碍物之间的距离，更适合一些井下照明条件较差的黑暗环境，在无人驾驶系统中应用较为广泛。超声波测距技术则是发送超声波，计算超声波具体传播时间，用于探测车辆和障碍物之间的距离。但由于井下空间狭窄，可能存在井壁反射的情况，导致测距效果精准度不高。激光雷达测距同样是计算调制波传播时间的方式，精准计算车辆和障碍物之间的距离，帮助车辆有效避障制动。

三、结论

综上所述，矿用电机车行驶控制中引入无人驾驶技术，通过远程驾驶控制单元、测控单元、运输监控以及网络通信等单元，构成无人驾驶系统，能够实时监控矿用电机车正常、安全行驶，提升设备运行效率和安全性，保障人员人身安全，最大程度上降低矿下生产成本。

参考文献

[1] 王盼盼．矿用电机车无人安全驾驶技术研究［J］．西部探矿工程，2024,36(3):46-49.

[2] 刘莹莹，李昱衡，何江，等．基于 ConvNext 的无人驾驶机车运行中的障碍物检测［J］．科学技术创新，2024(16):74-77.

[3] 叶继铭．抑制轮轨滑动的无人驾驶电机车速度控制技术研究［D］．中国矿业大学，中国矿业大学（江苏）,2023.

[4] 侯华山．无人驾驶技术在矿用电机车中的实施与应用［J］．今日自动化，2023(1):18-20.

[5] 薛忠新，欧阳敏，毕跃起，等．矿用无人驾驶电动皮卡车底层设计与整车改造［J］．煤炭工程，2022,54(10):188-192.

[6] 王超．矿用电机车永磁同步电机控制系统研究［J］．江西煤炭科技，2023(1):196-198.

[7] 李文宇．5G 矿用电机车无人驾驶系统研究［J］．机械管理开发，2022,37(5):153-155.

[8] 吴鑫．无人驾驶技术在矿用电机车的应用研究［J］．机械工程与自动化，2021(3):200-201,204.

[9] 张毅力，汪令辉，黄寿元．地下矿无人驾驶电机车运输关键技术方案研究［J］．金属矿山，2013(5):117-120.