



移动扫码阅读

赵远,吉庆,王腾.煤矿智能无轨辅助运输技术现状与展望[J].煤炭科学技术,2021,49(12):209-216. doi:10.13199/j.cnki.cst.2021.12.026

ZHAO Yuan,JI Qing,WANG Teng.Current status and prospects of intelligent trackless auxiliary transportation technology in coal mines [J]. Coal Science and Technology, 2021, 49 (12): 209 - 216. doi: 10.13199/j.cnki.cst.2021.12.026

煤矿智能无轨辅助运输技术现状与展望

赵远^{1,2,3,4,5},吉庆¹,王腾^{1,2,3,4}

(1.煤炭科学研究总院,北京 100013;2.山西天地煤机装备有限公司,山西太原 030006;3.中国煤炭科工集团太原研究院有限公司,山西太原 030006;4.煤矿采掘机械国家工程实验室,山西太原 030006;5.太原理工大学机械与运载工程学院,山西太原 030024)

摘要:电动化、智能化、网联化将是煤矿无轨辅助运输未来的3大技术变革,利用信息、通信、控制技术将车辆、路况、人员、物资紧密结合,最终实现智能互联,已是大势所趋。为解决目前煤矿无轨辅助运输行业安全隐患高、污染严重、资源利用率低等突出问题,同时提高煤矿运输效率和智能化程度,提出了矿用智能互联新能源无轨辅助运输综合系统。针对所提出的智能互联综合系统,首先阐述了目前国内外技术现状和国家相关产业政策,分析了全球煤炭市场未来的供需关系,无轨辅助运输车辆的市场规模和以绿色环保为主要元素的无轨辅助车辆带来的经济效益。基于新能源车辆新架构搭建智能化系统,在供电、数字信号获取等方面更加占优,避免了燃油车模数转换等问题,同时以新能源车辆为载体通过5G通信平台,以高度集成的智能调度、管理系统为基础,稳步提高我国煤矿辅助运输系统总体水平,改善目前信息化、智能化及自动化水平低的现状,大幅提升煤矿企业的现代化管理水平。然后在保障煤矿安全前提下以提高生产效率为宗旨提炼出实现系统所需的5大关键技术,旨在提高煤矿车辆的智能感知能力并最终实现无人驾驶。最后揭示了由于井下复杂环境与技术瓶颈系统所面临的问题,并对无轨辅助运输系统的未来前景进行展望,最终形成煤矿井下智能无轨辅助运输管控一体化解决方案。

关键词:新能源;智能驾驶;无轨辅助运输;智能互联;一体化管控系统

中图分类号:TD525

文献标志码:A

文章编号:0253-2336(2021)12-0209-08

Current status and prospects of intelligent trackless auxiliary transportation technology in coal mines

ZHAO Yuan^{1,2,3,4,5}, JI Qing¹, WANG Teng^{1,2,3,4}

(1.China Coal Research Institute, Beijing 100013, China;2. Shanxi Tiandi Coal Machinery Equipment Co., Ltd., Taiyuan 030006, China;

3.Taiyuan Research Institute Co., Ltd., CCTEG, Taiyuan 030006, China;4.National Engineering Laboratory of Coal

Mining Machinery, Taiyuan 030006, China;5.School of Mechanical and Vehicle Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China)

Abstract: Electrification, intelligence and network connection will be the three major technological changes in the future of trackless transportation in coal mines. It is the general trend to use information, communication and control technology to closely combine vehicles, road conditions, personnel and materials and finally realize intelligent interconnection. In order to solve the outstanding problems of high security risks, serious pollution and low resource utilization rate in the current trackless auxiliary transportation industry of coal mine, and improve the transportation efficiency and intelligence degree of coal mine, a comprehensive system of intelligent interconnection and new energy trackless auxiliary transportation for mining is put forward. In view of the proposed intelligent interconnection comprehensive system, the present technical situation at home and abroad and relevant national industrial policies are first described, and the future supply and demand relationship of the global coal market, the market scale of the trackless auxiliary transport vehicles and the economic benefits brought by the trackless auxiliary vehicles with green environmental protection as the main element are analyzed. New architecture based

收稿日期:2021-06-28;责任编辑:周子博

基金项目:山西省重点研发计划资助项目(201803D121121);中国煤炭科工集团太原研究院有限公司技术创新资助项目(M2020-ZD04)

作者简介:赵远(1984—),男,山西和顺人,副研究员,博士。E-mail:livefairy@163.com

on new energy vehicle structures, intelligent systems, the more dominant in aspects such as power supply, digital signal acquisition, avoiding the problem such as car fuel modulus conversion, and at the same time with the new energy vehicles as the carrier through the 5G communication platform, with a highly integrated intelligent scheduling, management system as the foundation, steadily improve the overall level of coal mine auxiliary transportation system in our country, Improve the current situation of low level of information, intelligence and automation, greatly enhance the modern management level of coal mining enterprises. Then, under the premise of ensuring the safety of coal mine, five key technologies are extracted for the purpose of improving production efficiency to achieve the system, aiming at improving the intelligent perception ability of coal mine vehicles and finally realizing unmanned driving. Finally, it reveals the problems that the system faces due to the complex underground environment and technical bottlenecks, and looks into the future prospects of the trackless assisted transportation system, and finally forms the integrated solution of intelligent trackless assisted transportation control in coal mine and applies it in typical coal mines.

Key words: new energy; intelligent driving; trackless auxiliary transportation; intelligent interconnection; integrated management and control system

0 引言

煤炭作为我国最安全和最可靠的能源,其战略资源地位是长期稳固的。煤矿生产包括采、掘、运、选、装等一系列环节,综采工作面的自动化以采煤机、液压支架为代表,采煤机具有自动截割功能和数据传输功能,液压支架采用电液控制系统,实现采煤机与支架的联动作业,刮板输送机根据负载状况对采煤机割煤速度实现控制,同时具有一定的状态监测和故障诊断功能;智能掘进系统也在国内外进行了规模应用,可自动成形截割和定位控制,实现远程监控和监测;选煤和储装设备也有相应的智能机器人和智能装载设备来完成,但辅助运输板块仅停留在车辆数据采集和智能检测,离真正意义上的辅助运输车辆智能调度控制还有一定差距^[1-3]。煤矿辅助运输主要完成除煤炭运输以外的人员、物料、设备和矸石等运输工作,是煤矿运输不可或缺的重要组成部分。煤矿辅助运输系统在我国起步比较晚,随着技术的逐步发展,国内大矿井已经实现机械化和无轨化,部分矿井如国家能源集团神东锦界煤矿、山西霍尔辛赫煤业有限责任公司、徐州矿务集团有限公司夹河煤矿等已经逐步开始向数字矿山、智慧矿山发展,现阶段煤矿辅助运输是煤矿生产各环节中的短板,严重制约了煤矿生产整体向自动化、智能化、信息化发展的进程。

煤矿井下敷设管道众多,是个环境恶劣的狭小作业空间,煤炭采掘、巷道支护、煤炭输送、设备安装、辅助材料的运输都在这一狭小空间完成。防爆无轨辅助运输车辆受本身结构所限,司机驾驶时视线受到限制,语音报警功能不完善,极易与周围设备发生碰撞,给煤矿生产带来损失,也给井下工作人员造成安全隐患^[4],给无轨辅助安全运输带来了很大困难;而且以防爆柴油机为动力的胶轮车的推广使

用带来了二次污染,给井下环境带来很大压力,同时车辆在氧气稀薄的环境中表现出动力不足,成为无轨辅助运输发展的瓶颈和制约我国煤炭生产发展的薄弱环节。

矿用智能互联新能源无轨辅助运输系统利用自动化、智能化、网络化等各种先进技术,可实现井下无轨辅助运输装备的远距离遥控和无人操纵的全过程自主控制;通过车辆车载终端、5G通信及互联网系统、运营管理平台(云平台),完成对车辆及相关物料、人员等的采集、处理、分析和统计,实现煤矿对车辆、人员及物料等的监控、管理和调度。结合所衍生的新工艺、新技术,建立智能化无轨辅助运输示范工程,提高煤矿无轨辅助运输系统的安全性、可靠性以及智能化水平,实现减人增效,降低污染排放和综合运营费用的目的,有效解决煤矿无轨辅助运输的可服务性、可访问性和互操作性问题,推动我国煤矿技术革新。

1 技术现状与政策

1.1 国内外相关技术现状

在煤矿辅运工作中,装备技术能够提供必要的技术支持,最常见的煤矿辅运装备技术有巷道架空技术、连续牵引技术、高速架空技术、无轨辅助运输技术等。巷道架空技术一般是在巷道内设置钢丝绳,既可以运输装备,也能运输人员,其具有使用简单、拆卸方便的特点;连续牵引技术一般是通过拉长回采巷道长度,来确保转弯位置可以连续运输,避免在煤矿辅助运输过程中设备出现掉落现象;高速架空技术通过选择性能匹配、型号相同的减速机,来有效提升辅运效率;无轨辅助运输技术通过胶轮或履带为行走机构,具有高产、高效、实用性强等优点。

20世纪五六十年代,美、德、英等发达国家先后提出了采用无轨辅助运输的方式。经过几十年的研

究,最典型的无轨辅助运输系统是无轨胶轮车辅助运输系统。国外矿业发达国家在完成工业化、信息化的基础上,大力进行采矿自动化、智能化方面的研究与探索,并取得了一些进展。早在 1987 年瑞典就耗资 5 000 万美元开展了一项名为“采矿技术 2000”(GRUVTEKNIK2000)的国家计划。1992 年芬兰采矿业实施了一项矿山自动化的项目——智能化矿山技术计划(IM),项目研究包括实时数据采集系统、高速全矿信息系统网络、计算机化矿山管理系统、采矿设备与工艺自动化等。而一些智能设备制造商如 Sandvik、Caterpillar、Atlas 等在解决自动定位与导航方面发挥了重要作用,并逐步从制造设备发展到研究系统解决方案。2016 年澳大利亚力拓公司在皮尔巴拉地区的 4 个铁矿,启用小松公司的 73 台无人驾驶卡车,采用精确的 GPS 导航、激光雷达等技术,没有随车人员,监控人员在 1 500 km 以外的计算机控制室操控。2016 年 9 月沃尔沃公司生产的全自动驾驶矿用卡车第一次在瑞典克里斯蒂内伯格深 1 320 m 的狭窄矿井巷道内行驶了 7 km,首次进行了深矿井作业测试。国外矿山研究探索的自动化项目比较早也比较多,井下运输自动化技术已经趋于成熟并被广泛应用。

20 世纪末,我国开始自主研发煤矿无轨辅助运输设备,并且更新换代速度很快。其中,煤炭科学研究总院太原分院从 1992 年开始,先后研制和开发了两大类型 8 种无轨辅助运输车辆,如:TY6/20FB 型井下防爆低污染客货两用胶轮车,TY3061FB 型汽车改装型自卸胶轮车,W8 型井下悬挂式胶轮车等。尽管无轨胶轮车辅助运输给煤矿开采带来了非常大的便捷,但是仍然存在很多不足之处,比如缺乏系统化的管理,进而造成车辆、人员和物料的调度问题等,这会给辅助运输带来安全隐患及经济损失,所以辅助运输必然要向着智能化、自动化方向发展。一些煤矿企业在实现矿山数字化、信息化的基础上开始投入资金开展智能采矿技术的研究,智能辅助运输作为其中重要一部分也将得到重视和研究^[5-8]。

1.2 国内政策与产业化需求

从中国共产党第十七次全国代表大会上提出“智能发展”“推进信息化和工业化融合”理念到近些年的“供给侧结构性改革”“新旧动能转换”、以“智慧节能环保”为主题的物联网发展规划,以及《中国制造 2025》行动纲领中“创新驱动、质量为先、绿色发展、结构优化、人才为本”的基本方针,充分反映出我国的整体战略计划,也为我国煤矿企业发展指明了方向。

工业和信息化部《物联网发展规划(2016—2020 年)》中提出了“智慧节能环保”,以“推动物联网在煤矿、电力、油气等能源生产、传输、存储、消费等环节的应用,提升能源管理智能化和精细化水平”,旨在提高煤矿无轨辅助运输装备的智能化水平,适应煤矿综采、综掘智能化的发展需求。

为深入贯彻落实习近平总书记“四个革命、一个合作”能源安全新战略,加快推进煤炭行业供给侧结构性改革,推动智能化技术与煤炭产业融合发展,提升煤矿智能化水平^[9],2020 年 2 月,国家发展改革委、国家能源局、应急管理部、国家煤矿安监局、工业和信息化部、财政部、科技部、教育部研究制定了《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》。提出将人工智能、工业物联网、云计算、大数据、机器人、智能装备等与现代煤炭开发利用深度融合,形成全面感知、实时互联、分析决策、自主学习、动态预测、协同控制的智能系统,实现煤矿无轨辅助运输的智能化运行,对于提升煤矿安全生产水平、保障煤炭稳定供应具有重要意义。

目前,我国一些煤矿正在开展智能化建设工作,但存在基础理论研发滞后、技术标准与规范不健全、平台支撑作用不够、技术装备保障不足、高端人才匮乏等问题。在煤矿领域提出研发矿用智能互联新能源无轨辅助运输综合系统平台,以新能源车辆为载体,并对煤矿井下辅助运输系统建立 5G 网络通信平台以及高度集成的智能调度管理系统,将改善我国煤矿辅助运输系统总体水平落后,信息化、智能化及自动化水平低的现状,大幅提升煤矿企业的现代化管理水平。

2 市场规模分析

交通运输行业智能化的日新月异,为煤矿智能化辅助运输发展提供了丰富经验和可借鉴的产品,能有效节约开发周期和降低开发难度,也从发展的角度促进了煤矿辅助运输系统智能化的发展。

随着煤矿井下人员定位、5G 网络等技术的应用,内蒙古、陕西很多煤矿已经具备多网融合通信和救援广播系统,很多煤矿已经不满足于依靠人员调度车辆,正在依靠更加高效的计算机网络系统建立高效、精确的调度系统。国家能源集团神华锦界煤矿以数字矿山综合智能化控制为基础,以安全高效协同作业为目标,打造安全、高效、绿色、智能的数字矿山,实现了信息采集全覆盖、人机状态全监控、生产过程全记录的管理目标,收集了大量的矿井监控和设备使用数据^[10-15],必然需要突破防爆无轨车辆

的智能驾驶技术,向智能化辅助运输系统进军。

从2020年煤炭市场形势分析来看,国内市场将延续供需平衡,供应偏紧的局面。煤炭消费继续小幅增加,产量继续上升。煤炭产业将继续推进供给侧结构性改革,持续淘汰落后产能,同时也将按照稳定煤炭供应的需要,加快释放煤炭先进产能^[16-17]。而且国内煤炭持续高价位运行,严重制约了国家去产能计划。美欧煤炭消费逐渐恢复增长,亚太地区将成为煤炭消费增长新热点,习近平总书记提出“一带一路”倡议促进沿线国家经济加快发展,2020年前后,“一带一路”沿线国家燃煤电厂陆续密集投产,中国在沿线25个国家参与了240个煤电项目,全球煤炭需求量将会大幅增加。

在国家战略计划和煤矿市场迫切需求双引擎驱动作用下,煤矿数字化,智能化将成为主流。目前我国煤矿以柴油机为动力的无轨辅助运输车辆市场体量在8000~10000台,以绿色环保的新能源纯电动无轨辅助运输装备替换,潜在效益达到120亿;国内可实施矿用智能互联新能源无轨辅助运输综合系统平台的大型煤矿约200余座,平台价格按5000万/套计算,潜在效益可达100亿。

为煤矿注入绿色、环保开采元素,符合国家“智慧矿山、绿色开采”政策导向,属于煤矿行业关注的热点,潜在用户及市场非常大。

3 矿用智能互联新能源无轨辅助运输系统平台关键技术

针对当前辅助运输系统存在严重制约安全高效矿井各大系统效能发挥等问题,开发矿用智能互联新能源无轨辅助运输系统平台,基于矿井巷道条件,通过防爆车载传感系统和信息终端实现与人、车、路等的智能信息交换,使矿用防爆车辆具备智能的环境感知能力,能够自动分析车辆行驶的安全及危险状态,并使车辆按照人的意愿,安全、高效地到达目的地,最终实现无人驾驶。同时平台通过车辆车载终端、5G通信及互联网系统、运营管理平台(云平台),完成对车辆及相关物料、人员等的采集、处理、分析和统计,满足煤矿对车辆、人员及物料等的监控、管理和调度。

矿用智能互联新能源无轨辅助运输系统平台主要包括新能源无轨辅助运输车辆调度系统和新能源无轨辅助运输车辆智能驾驶系统。

3.1 新能源无轨辅助运输车辆调度系统

新能源无轨辅助运输车辆调度系统如图1所示,具有井下电子地图查看、运输车辆监控调度、井

下警情处理、车辆数据查询以及车辆智能报表等功能,该系统基于巷道地理信息平台进行二次开发构建井下电子地图,通过5G实时定位技术,以及信标安放与位置识别,地面控制中心可通过监控软件管理终端方便地查询运输车辆当前位置及行驶状态。通过管理系统可以实现对车辆的调度,可以同时派遣不同的车辆到不同目的地。管理人员可以及时调度并管理派遣车辆,查看车辆是否完成任务。当车辆正常到达目的地时,管理系统会收到通知信息。

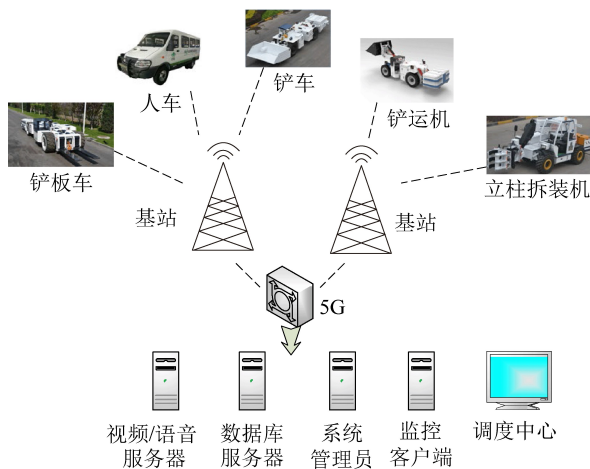


图1 新能源无轨辅助运输车辆调度系统

Fig.1 Pure electric trackless auxiliary transport vehicle dispatching system

3.2 新能源无轨辅助运输车辆智能驾驶系统

新能源无轨辅助运输车辆智能驾驶系统主要实现车辆的路径感知,自动循迹,检测监控、主动安防及无线网络控制。

车载智能终端建设,将人员、车辆紧密结合在一起。远程监控车辆状态,确保车辆安全行驶。记录车辆运行、保养和维修等提醒信息,提高车辆利用率,感知车辆故障隐患,提高驾驶安全性。

智能驾驶根据运控中心下发的运营计划等信息,综合环境感知获得的安全防护信息,控制车辆状态,下发路径感知指令,识别虚拟路线,使车辆吻合运营路径实现自动循迹,如图2所示。

路径感知技术利用电子地图、图像识别、激光检测、定位/导航等多维感知技术手段,对路径标识进行分离、检测、识别,然后提取路径特征点进行数据拟合,感知虚拟路线。通过巷道壁安放信标来感知外部环境信息,进行精确位置识别,应用转角传感器、陀螺仪、里程计进行姿态测量,对车辆进行路径规划,最终构建新能源车辆导航控制器实现远程智能控制,通过循迹控制使车辆能稳定地追踪感知到的路径,如图3所示,使得车辆沿感知的路径运行。

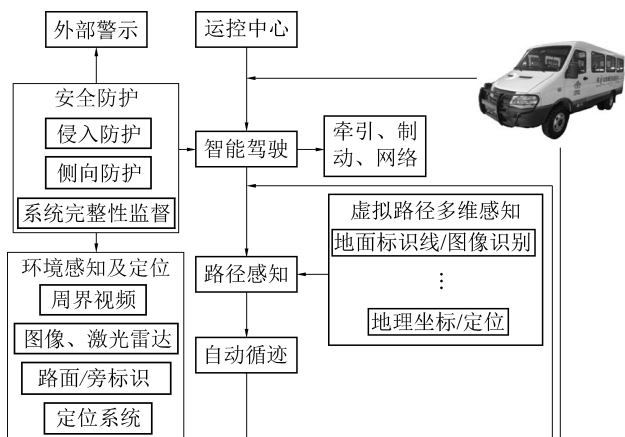


图 2 新能源无轨辅助运输车辆智能驾驶系统

Fig.2 Pure electric trackless auxiliary transport vehicle intelligent driving system

主动安防系统主要研究基于多传感器信息融合的车辆主动防碰撞控制系统,如图 4 所示,基于视频监控、图像和激光雷达、路面或路旁识别、定位导航等技术环境感知及定位获得的侵入防护、侧向防护以及系统完整性监督等安全防护信息,进行碰撞危险估计。对外实现安全警示,如声音驱逐报警等,对内实现车辆安全防护,如车辆偏离预警、防碰撞预警、周界视频监控以及超速防护等。

新能源无轨辅助运输车辆 5G 网络控制系统包括路口信号优先控制系统、移动路权系统、车载信号系统、虚拟进路控制系统。与车载信号系统通过车地短程 5G 通信方式通信,接收优先命令;向井下巷

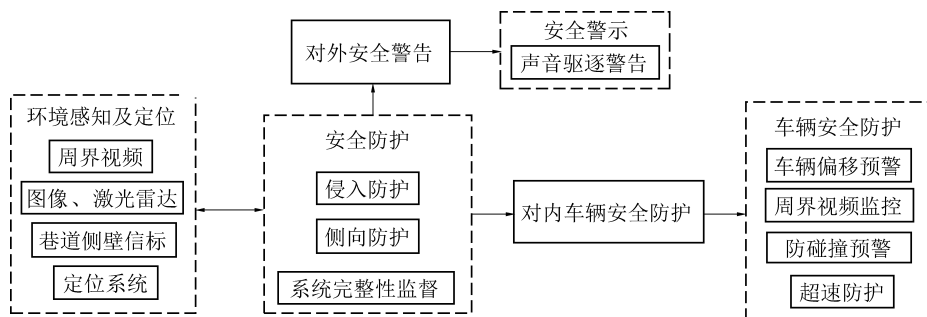


图 4 新能源无轨辅助运输车辆主动安防系统

Fig.4 Active security system for pure electric trackless auxiliary transport vehicle

4 存在问题及前景展望

4.1 车辆调度系统技术壁垒

车辆调度系统最核心的要求是要有精准的车辆定位技术,对巷道内车辆所处的位置进行有效地识别,从而使车辆所进行的运输工作得以实现,要求无线定位的测距有很强的精确性和实时性。在煤矿井下较窄的巷道内,由于存在较多的干扰因素,导致无线电波的传输信号出现衰退,对测距的精确性造

成严重的影响。因此,在覆盖面积较大的区域,如何对多个车辆标识卡来进行准确定位是目前开展研究的核心所在。

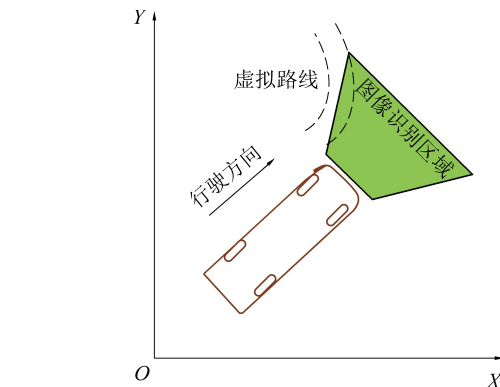


图 3 新能源无轨辅助运输车辆自动循迹示意

Fig.3 Automatic tracking of pure electric trackless auxiliary transport vehicle

煤矿井下巷道较为狭窄,属于混合路权场景,人、车均可双向行进;对智能控制车辆安全距离内的其他车辆及行人发出警示;防止其他车辆超车追尾智控车辆或错车时阻挡智控前进,可控制车辆进入硐室进行避让;提高巷道综合利用率,规避行车安全风险(追尾、行人、重型车辆错车等),控制系统如图 5 所示。

成严重的影响。因此,在覆盖面积较大的区域,如何对多个车辆标识卡来进行准确定位是目前开展研究的核心所在。

另外,如果要使矿井内部形成的数据等信息与地面调度中心形成较好的交互,就必须运用高效的 5G 技术来加以支撑。因此,如何将 5G 技术与车辆调度系统相结合也是研发的关键所在。

4.2 智能驾驶系统技术壁垒

矿用智能驾驶所面临的首要问题是不同矿井在

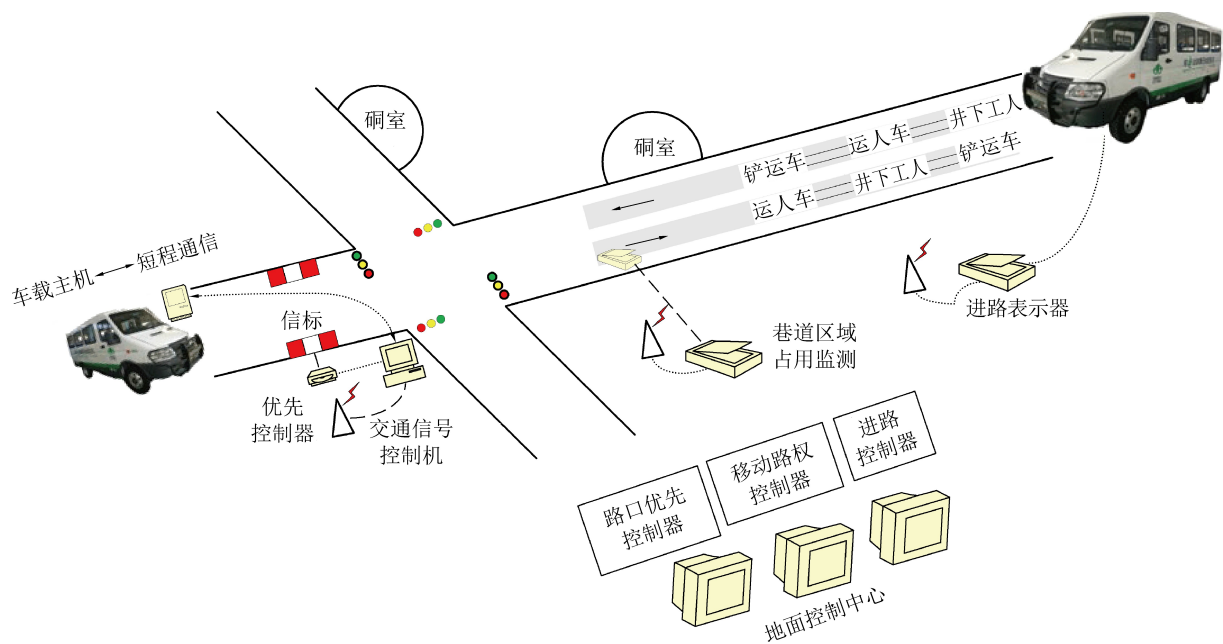


图5 新能源无轨辅助运输车辆5G网络控制系统

Fig.5 Wireless network control system for pure electric trackless auxiliary transport vehicle

巷道的环境与设施方面存在差异,包括巷道地形、巷道内部设备等各有不同。智能驾驶系统前期需要在各种煤矿井下进行测试,积累大量的数据。另外,某些特殊情况下,矿井工人会下井进行相关检修等操作,工人在巷道中的行为规律会不同,这就要求智能驾驶的外部传感器要对工人的行为做出及时准确的判断,从而避免事故的发生。这对外部传感器的精度及灵敏度提出了很高的技术要求。

目前我国智能驾驶技术还处在起步阶段,要想智能驾驶在辅助运输方面有进一步的发展,那就一定要利用5G物联网技术来推动智能驾驶技术在矿用无轨辅助运输系统中的应用,因此必须加大对5G技术与智能驾驶技术相结合的研发。

4.3 顶层设计缺乏

由于煤矿无轨辅助运输存在运输线路随工作地点的延伸(缩短)或迁移而经常变化,工作地点分散、运输线路复杂、运输环节多,待运物料品种繁多、形状各异等特点,加之煤矿自动化、信息化建设更关注于主运输环节,且国家层面对矿山智能化、矿山物联网等相关工作的推进近段时间才逐步展开。以上多因素导致目前煤矿无轨辅助运输管控顶层设计缺乏,子系统重复建设,底层设备间无法有效融合等问题。

4.4 巨大发展潜力下的安全隐患

智能互联综合系统是无轨辅助运输装备与信息、通信等产业跨界融合的典型应用,被认为是全球煤矿行业创新热点和未来产业发展制高点。随着新

能源无轨辅助运输装备智能化、网联化程度的加深,人们实现了对装备的更多控制,提高了煤矿生产运输效率,降低了运营成本,但随之而来的远程攻击、恶意控制甚至入网车辆被操控等安全隐患也日益明显,系统和网络一旦出现故障,会导致入网车辆大面积停运和秩序紊乱,造成煤矿生产和运输事故^[18]。如何保障智能互联综合系统的安全,实现便捷性与安全性之间的矛盾成为装备和平台智能化发展的重要环节。

4.5 相关标准体系不够健全

煤矿智能互联无轨辅助运输综合系统,目前虽有探索,但离真正的普及推广仍有一定距离,其中阻碍其进一步发展的原因除了关键技术外,标准体系是另一个关键因素^[19-20]。任何新兴事物在煤矿井下的提出和应用,必须迈过安全这道门槛,适用于煤矿井下的相关标准体系的出台和颁布,必须经过时间和实践的检验。在煤矿智能化标准体系方面,与煤矿智能化相关的国家或行业标准很少,公开发布了的仅有GB/T 51272—2018《煤炭工业智能化矿井设计标准》和GB/T 34679—2017《智慧矿山信息系统通用技术规范》^[6-8]。虽然已有一些矿业集团制定了本集团的智能化建设标准并以重点煤矿作为示范建成了智能化矿山、智慧矿山,但是由于我们国家各区域的煤田赋存条件差异较大,且各煤炭企业的管理模式也不尽相同,无法机械套用与借鉴。因此建立并健全煤矿智能互联新能源无轨辅助运输综合系统的相关标准体系是未来必须解决的问题。

4.6 前景与展望

在智慧矿山和矿山物联网顶层架构下,以智能矿山基础信息平台和矿山物联网信息编码与信息交互标准规范作为技术支撑,形成煤矿井下智能无轨辅助运输管控一体化体系和架构。重点围绕车、人、物3要素通过自动化、信息化、智能化技术将整个无轨辅助运输管控业务流程打通,形成“三纵四横”关键技术体系,如图6所示。聚焦当前安全高效矿井

以无轨胶轮车的运输工艺发展趋势,在沿线路侧端研发智能型区域控制单元及算法,在移动机车端研发L2级的煤矿ADAS辅助驾驶计算主机及算法,通过建设煤矿井下位置服务和5G无线通信的车联网络,最终形成减人提效、精准闭环的煤矿井下智能无轨辅助运输管控一体化解决方案并在典型煤矿进行应用示范,将是未来煤矿无轨辅助运输发展的宏伟蓝图和必然趋势。

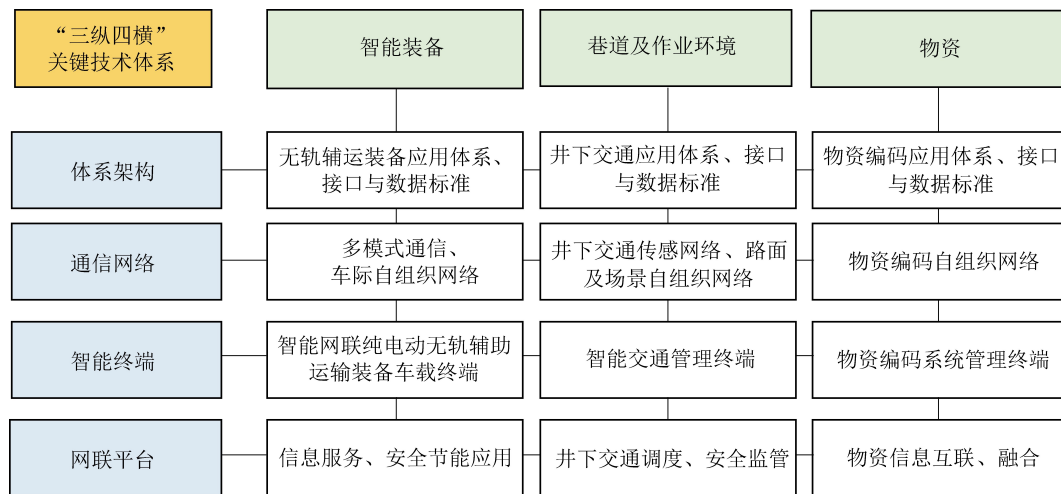


图6 “三纵四横”关键技术体系

Fig.6 “Three vertical and four horizontal” key technology system

5 结 语

1)在煤矿领域提出矿用智能互联新能源无轨辅助运输综合系统平台架构,利用自动化、智能化、网络化等各种先进技术,基本实现井下无轨辅助运输装备的远距离遥控和无人操纵的全过程自主控制。

2)通过车辆车载终端、5G通信及互联网系统、运营管理平台(云平台),完成对车辆及相关物料、人员等的采集、处理、分析和统计,满足煤矿对车辆、人员及物料等的监控、管理和调度。

3)分析了当前形势下,煤矿智能互联新能源无轨辅助系统在车辆定位、传感器精度、系统冗余方面的技术壁垒和基于物联网架构车辆智能系统一体化的前景。煤矿无轨辅助运输未来的宏图将是绿色高效的新能源装备为载体,依托智能矿山基础信息平台,最终形成人、车、物、网全方位一体化管控系统。

参考文献(References):

[1] 李 爽,薛广哲,方新秋,等.煤矿智能化安全保障体系及关键技术[J].煤炭学报,2020,45(6):2320-2330.

LI Shuang, XUE Guangzhe, FANG Xinqiu, et al. Discussion on

coal Mine intelligent safety security system and key technologies [J]. Journal of China Coal Society, 2020, 45(6): 2320-2330.

[2] 葛世荣,胡而已,裴文良.煤矿机器人体系及关键技术[J].煤炭学报,2020,45(1):455-463.

GE Shirong, HU Eryi, PEI Wenliang. Classification system and key technology of coal mine robot [J]. Journal of China Coal Society, 2020, 45(1): 455-463.

[3] 杨健健,张 强,王 超,等.煤矿掘进机的机器人化研究现状与发展[J].煤炭学报,2020,45(8):2995-3005.

YANG Jianjian, ZHANG Qiang, WANG Chao, et al. Status and development of robotization research on roadheader for coal mines [J]. Journal of China Coal Society, 2020, 45(8): 2995-3005.

[4] 阎俊豪,贾宗璞,李东印.智能矿山车联网体系架构与关键技术[J].煤炭科学技术,2020,48(7):249-254.

YAN Junhao, JIA Zongpu, LI Dongyin. Architecture and key technologies of intelligent of vehicles in intelligent mine [J]. Coal Science and Technology, 2020, 48(7): 249-254.

[5] 王国法,任怀伟,庞义辉,等.煤矿智能化(初级阶段)技术体系研究与工程进展[J].煤炭科学技术,2020,48(7):1-27.

WANG Guofa, REN Huaiwei, PANG Yihui, et al. Research and engineering progress of intelligent coal mine technical system in early stages [J]. Coal Science and Technology, 2020, 48(7): 1-27.

[6] 王国法,杜毅博.煤矿智能化标准体系框架与建设思路[J].煤炭科学技术,2020,48(1):1-9.

WANG Guofa, DU Yibo. Coal mine intelligent standard system framework and construction ideas [J]. Coal Science and

- Technology, 2020, 48(1):1-9.
- [7] 罗香玉,李嘉楠,郎丁.智慧矿山基本内涵、核心问题与关键技术[J].工矿自动化,2019,45(9):61-64.
LUO Xiangyu, LI Jia'nan, LANG Ding. Basic connotation, core problems and key technologies of wisdom mine [J]. Industrial and mining automation, 2019, 45(9): 61-64.
- [8] 殷华,虎晓龙.煤矿无人综采模式及关键技术分析[J].工矿自动化,2021,47(S2):23-25,55.
YIN Hua, HU Xiaolong. Analysis of unmanned fully mechanized mining mode of coal mine and its key technologies[J]. Industry and Mine Automation, 2021, 47(S2): 23-25, 55.
- [9] 王军号.基于物联网感知的煤矿安全监控信息处理方法研究[D].淮南:安徽理工大学,2013.
WANG Junhao. Research on coal mine safety monitoring information Processing Method based on Internet of Things perception [D]. Huainan: Anhui University of Science and Technology, 2013.
- [10] 张帆,葛世荣,李闯.智慧矿山数字孪生技术研究综述[J].煤炭科学技术,2020,48(7):168-176.
ZHANG Fan, GE Shirong, LI Chuang. Research summary on digital twin technology for smart mines [J]. Coal Science and Technology, 2020, 48(7):168-176.
- [11] 任文清,高小强.智能矿山建设实践及关键技术[J].工矿自动化,2021,47(2):116-120.
REN Wenqing, GAO Xiaoqiang. Construction practice and key technologies of intelligent mine [J]. Industry and Mine Automation, 2021, 47(2): 116-120.
- [12] 陈龙,王晓,杨健健,等.平行矿山:从数字孪生到矿山智能[J].自动化学报,2021,47(7):1633-1645.
CHEN long, WANG Xiao, YANG Jianjian, et al. Parallel Mining Operating Systems: From Digital Twins to Mining Intelligence [J]. Acta Automatica Sinica, 2021, 47(7):1633-1645.
- [13] 胡云峰,曲婷,刘俊,等.智能汽车人机协同控制的研究现状与展望[J].自动化学报,2019,45(7):1261-1280.
HU Yunfeng, QU Ting, LIU Jun, et al. Human-machine cooperative control of intelligent vehicle: recent developments and future perspectives [J]. Acta Automatica Sinica, 2019, 45(7): 1261-1280.
- [14] 马世典,江浩斌,韩牟,等.车联网环境下车载电控系统信息安全综述[J].江苏大学学报(自然科学版),2014,35(6):635-643.
MA Shidian, JIANG Haobin, HAN Mou, et al. Survey of information security research for vehicle electronic control system in vehicle Internet environment [J]. Journal of Jiangsu University (Natural Science), 2014, 35(6): 635-643.
- [15] 梁应敞,谭俊杰, DUSIT Niyato. 智能无线通信技术研究概况[J].通信学报,2020,41(7):1-17.
LIANG Yingchang, TAN Junjie, DUSIT Niyato. Overview on intelligent wireless communication technology [J]. Journal of Communication, 2020, 41(7): 1-17.
- [16] 徐志伟,曾琛,朝鲁,等.面向控域的体系结构:一种智能万物互联的体系结构风格[J].计算机研究与发展,2019,56(1):90-102.
XU Zhiwei, ZENG Chen, CHAO Lu, et al. Domain oriented architecture: An architecture style of intelligent interconnection [J]. Journal of Computer Research and Development, 2019, 56(1): 90-102.
- [17] 李克强,戴一凡,李升波,等.智能网联汽车(ICV)技术的发展现状及趋势[J].汽车安全与节能学报,2017,8(1):1-14.
LI Keqiang, DAI Yifan, LI Shengbo, et al. State-of-the-art and technical trends of intelligent and connected vehicles [J]. Journal of Automotive Safety and Energy, 2017, 8(1): 1-14.
- [18] 国家车联网产业标准体系建设指南(智能网联汽车),[S].
- [19] 汤海龙.智慧矿山信息系统通用技术规范解读及关键技术探讨[J].煤炭科学技术,2018,46(S2):157-160.
TANG Hailong. Interpretation of general technical specifications for smart mine information systems and discussion on its key technologies [J]. Coal Science and Technology, 2018, 46(S2): 157-160.
- [20] 张广阔.无轨辅助运输现状及发展前景[J].云南化工,2020,47(1):157-158.
ZHANG Guangkuo. The status quo and development prospects of trackless auxiliary transportation [J]. Yunnan Chemical Industry, 2020, 47(1): 157-158.
- [21] 韩东.煤矿无轨胶轮车辅助运输系统的应用现状及发展方向[J].内蒙古煤炭经济,2019(18):185-187.
HAN Dong. Application status and development direction of auxiliary transportation system of coal mine trackless rubber-tired vehicles [J]. Inner Mongolia Coal Economy, 2019(18): 185-187.
- [22] 张伟.煤矿辅助运输的现状和发展[J].中国石油和化工标准与质量,2019,39(13):162-163.
ZHANG Wei. The status quo and development of auxiliary transportation in coal mines [J]. China Petroleum and Chemical Standards and Quality, 2019, 39(13): 162-163.
- [23] 冯峰.矿井车辆信息化自动化调度系统设计[J].机电工程技术,2020,49(8):163-165.
FENG Feng. Design of automatic dispatching system for mine vehicle information [J]. Mechanical and Electrical Engineering Technology, 2020, 49(8): 163-165.
- [24] 戴震军.人工智能技术应用于自动驾驶汽车面临的挑战及发展趋势分析[J].无线互联科技,2020,17(6):162-163.
DAI Zhenjun. Analysis of the challenges and development trends of artificial intelligence technology applied to autonomous vehicles [J]. Wireless Internet Technology, 2020, 17(6): 162-163.
- [25] 王莹,王金旺.车联网与自动驾驶关键技术问题[J].电子产品世界,2017,24(5):20-22.
WANG Ying, WANG Jinwang. Key Technical Issues of Internet of Vehicles and Autonomous Driving [J]. Electronic Product World, 2017, 24(5): 20-22.