

智能矿山 5G 技术发展与应用场景分析

Development and Application Scenario Analysis of Intelligent Mine 5G Technology

李凤英¹, 季现伟¹, 张维国², 谷龙飞², 张海胜²

(1. 云南黄金矿业集团股份有限公司, 云南 昆明 650299; 2. 中国恩菲工程技术有限公司, 北京 100038)

摘要:数字化是实现传统矿山企业高质量发展的必由之路, 当今我国矿山智能化发展仍然面临数据泛在感知难度大、多元异构数据实时传输可靠性差、设备远程操作延迟高、融合大数据的智能决策效率低等问题。面向垂直行业和工业通信无线解决方案的第五代(5G)移动通信技术, 其高可靠、低时延和广连接的特点为上述问题的解决提供了契机。本文结合当今矿山数字化转型的应用需求, 结合 5G 的技术优势提出矿山智能化创新应用典型场景, 展望了基于 5G 技术的虚拟现实、大数据、云计算、人工智能等在矿山智能化升级改造过程中的融合应用路径。

关键词:智能矿山; 5G 技术; 人工智能; 大数据; 应用场景

中图分类号: TD679

文献标志码: A

文章编号: 1672-609X(2022)04-0089-04

Abstract: Digitization is the necessary way to achieve high-quality development of traditional mining enterprises. Now, the intelligent development of mines in China is still faced with problems such as difficulty in capturing information with data deluge, poor reliability of multiple heterogeneous data real-time transmission, high delay in equipment remote operation, and low efficiency of intelligent decision-making based on big data. The fifth-generation (5G) mobile communication technology for vertical industry and industrial communication wireless solutions, with its features of high reliability, short time delay and wide connectivity, provides an opportunity to solve the above problems. Based on the application requirements of today's digital transformation of mines and the technical advantages of 5G, this paper proposes typical scenarios for intelligent innovation applications in mines and integrates the application with virtual reality, big data, cloud computing, and artificial intelligence.

Key words: intelligent mine; 5G technology; artificial intelligence; big data; application scenarios

1 前言

随着全球范围内信息化、数字化、智能化技术的迅猛发展, 传统矿山行业正借助相关技术进行变革转型^[1]。为了全面提升传统矿山企业在国际市场的综合竞争力, 以及未来可持续发展的能力, 我国先后提出以工业互联网、智能制造、人工智能和 5G 等新一代信息技术赋能矿业的指导政策, 旨在推进“互联网+矿山”建设智能矿山, 实现传统矿业的数字化转型和智能化升级^[2]。2020年4月三部委联合印发《有色金属行业智能工厂(矿山)建设指南(试行)》, 提出了老矿山智能化升级、新建矿山智能化建设的方法及路径^[3]。随着信息技术的发展, 5G 具备更低的时延, 更高的速率, 更大的带宽, 更好的业务体验, 有感知泛在、连接泛在、智能泛在的特点, 正在逐步成为未来工业互联网的网络基石^[4-5]。同

时, 5G 技术依托机器学习、人工智能、工业互联网等先进技术, 可进一步解决数据利用率低、展示能力弱、传输不可靠、远程控制实时性差、智能决策效率低等问题^[6]。为推动传统矿山的智能化转型, 降低安全风险和生产成本, 提高生产效率, 可借助 5G 技术优势打造矿山工业互联网平台、井下融合组网、高清视频监控、无人化采掘、矿用机械远程控制领域的信息化建设和发展。目前在智能矿山建设方面, 5G 技术正在从概念探索到高质量示范发展阶段, 国内众多矿山企业正在开展 5G 矿山应用场景探索, 未来市场前景广阔。

2 智能矿山 5G 技术应用概述

数字化转型赋能了传统垂直行业、软件定义设备、大数据、云计算、区块链、网络安全、虚拟现实和增强现实等新技术, 为信息产业上下游全生态链应用提供了发展空间, 而这些新技术落地应用基本都是基于通信技术的发展^[7]。在矿山领域, 如今采用的通信技术除了工业环网, 其主要无线网络技术还是以 4G、WiFi、ZigBee 等为主, 受制于矿山开采活动存在于较封闭的乃至地下千米以上的环境之中, 传

[作者简介] 李凤英(1981-), 女, 重庆江津人, 硕士, 高级工程师, 主要从事企业数字化、智能化技术和测绘工程技术研究及管理工作。

[引用格式] 李凤英, 季现伟, 张维国, 等. 智能矿山 5G 技术发展与应用场景分析[J]. 中国矿山工程, 2022, 51(4): 89-92.

统通信技术不足以支撑矿山智能化转型所需要的数据传输与实时处理的需求。

5G是第五代移动通讯系统的简称,与上一代通信技术相比,其高速率、泛在网、低时延、频谱共享、网络自组织、网络切片等特性,能够适用于矿山这一特殊工业场景^[8]。将5G技术用于矿山,满足大型移动设备的远程遥控、固定设备的数据传输、安全环保的实时监测、运营决策的实时优化等需求,使矿山逐步向无人化迈进,实现矿山的降本增效^[9]。由于矿山本身具有空间狭小、交通与通讯不发达、生产系统复杂、安全风险较大的特点,矿用5G通信技术应用必须满足以下要求:设备外观体积小,便于狭小空间部署;信道容量大,满足海量多元数据的上传及下达;定位准确,能够克服信号在井下的多径衰弱现象;抗干扰能力强,能够克服井下电磁干扰;防护性能好,能够在井下潮湿、强振环境中保持其稳定,需要本安型设备以满足矿山安全规程要求。

3 智能矿山5G技术应用场景

3.1 矿山公共场景应用

1) 智能采矿

矿山的采矿环节通常采用凿岩爆破、铲装运输进行生产。通过在回采进路、运输巷道等相关的作业重点区域实现5G网络全覆盖,将采矿的凿岩设备、铲装设备、运输设备等改造,装备信息采集装置、生产调度终端、视频信息采集装置、视觉传感器、雷达传感器等实现采矿设备远程作业、实时对作业量、设备作业状态的信息采集,接收采矿自动化管控平台下发的作业调度指令及工艺指导,提高生产调度、设备管理的动态响应能力,结合地质资源计划和采区溜井料位,支撑采矿生产过程的智能化决策。

2) 智能选矿

现场不适合有线方式布线条件下,如选矿厂的破碎、磨矿、选矿、精矿浓缩包装、尾矿输送全工艺的数据采集、视频监控、自动化控制、专家系统指标调优等的海量数据大容量、低时延的传输,即可采用5G网络进行数据传输。选矿厂配套给水、供电、通信、自动化、供热、排水、安防、道路等工程所依靠的网络通信及应用系统可采用5G技术。整合选矿厂工业控制、视频监控、管控管理网络的主干链路,通过高可靠的5G核心网承载,降低网络时延,提高网络带宽,并将信息化系统里的业务管控平台(设备管理、物资管理、能源管理等)、厂区内外的人员和车辆管控调度、物联网和虚拟现实系统融合,建立智能化选

矿数字孪生管控一体化平台。

3) 智能安环

矿山行业的特殊性和复杂性,致使矿山的危险有害因素和安全环保风险较高,利用5G技术围绕露天及地下矿安全态势监测预警、设备智能感知预警、智能视频监控、人员定位与培训等系统建立安全云平台,搭建政企联动互动工作平台和资源调动平台,对矿山的生产风险因素实时分析和预警,确保及时发现问题,减少矿山企业和作业人员的财产以及生命受到的损失和伤害,建立本质安全、绿色生态的矿山。

3.2 露天矿典型应用

1) 矿车无人驾驶

露天矿的车辆以无轨为主,包括矿卡、电铲、钻机、油气补给车、清扫车、调度指挥车等,矿山智能化的推进会车辆运行状态信息数字化,监测设备的活动轨迹和健康状态,通过智能调度系统实现自动调度确保采取最佳路线,最小的待机时间和排队时间,提高设备有效作业率,同时更高级的无人驾驶则会需要智能行驶、自动避障、自动卸载、智能作业等功能。要实现上述的信息化乃至无人化的车辆管理,则需对各类车辆加装视觉传感器、雷达传感器、车载终端、车辆信息采集传感器等众多的车载设备,对车辆本身状况及车身周边环境等提前采集,并对车辆下一步动作提出实时指挥。这个过程中会对大量的视频、音频以及其他类型数据上传并下发,对网络的延时要求极高,传统的网络显然不能满足上述需求,借助5G网络的特性,可以为车辆无人驾驶提供实时迅捷的数据通道。

2) 矿山三维建模

露天矿三维模型的及时更新对矿山排产、爆破、边坡治理等具有重要作用。露天矿传统的建模方式为技术人员人工输入钻孔数据、测量数据等,存在效率低、精确度难以保证等问题。依托5G技术的超大带宽、超高速率、超高可靠性、超低时延等特性,可以结合无人机对露天境界定期扫描,测量数据通过5G网络逐级传输至对应服务器,经过处理后载入三维矿业软件,用于露天矿的三维模型更新及开采设计,以提升三维模型构建流程的效率及模型的准确性。

3.3 地下矿典型应用

1) 生产远程实时控制

对地下矿山开采全流程生产作业低时延、高效率的远程管控及任务的上传及下发是能否实现矿山

智能化转型的基础要求,也是最为核心的关键环节。对于传统矿山而言,因受制于网络架构的冗杂、传输协议的多样化、网络的高时延等因素,使得地表的智控中心只能对一些非核心作业流程、不要求实时管控的设备进行控制。基于5G网络的特性,建立以5G+有线+WiFi的多网融合系统,可为地下矿生产运营及管控提供技术支撑。

2) 井下远程协同运维

随着矿山逐步向大型机械化、自动化乃至智能化方向推进,设备的维修、保养也逐渐超过了矿山传统维保人员掌握的技术水平,需要对应厂家的设计者、制造者以及专业维保人员配合完成。而专业的现场服务往往存在不能及时到达的情况,若能借助于5G网络,将现场故障设备的历史运转数据以及现场维修人员的语音、视频沟通信息上传至远程运维系统,相关专家通过远程诊断对设备提出维保建议,甚至通过VR技术远程投射专家操作,以实时向现场维修人员演示操作并提供指导。

3) 井下有轨运输无人驾驶电机车

5G网络的大带宽、低时延、广联接等特性给运营商及行业生态伙伴应对挑战提供了技术基础。有轨运输中段一般处于矿山最深水平,巷道属于高温、高湿、强电、高密度灰尘环境,且巷道连续拐弯、道路分叉、有轨运输满载运输挤压通道导致环境更加复杂。对此类特殊环境下的设备部署和网络优化进行5G技术的应用研究(包括信号的双发选收、UPF下沉、基站的冗余部署等手段),能够保障良好的通讯环境。通过建设井下有轨运输无人驾驶专用5G网

络,能够使下行速率保持在800兆以上,上行速率稳定保持在百兆以上,端到端时延小于20毫秒,可充分满足电机车车载超高清视频类大数据量传送以及电机车重要控制工业数据对网络的延时和稳定性的高需求。

在某矿山无人驾驶建设中,采用了5G SA网络+UPF为核心架构,构建一张高质量5G无线网络,充分满足无人驾驶、后期智能开采通讯、监控及安全、可靠性需要。由终端采集的数据通过5G基站接入无线网络,通过UPF截断数据并进行本地分流到本地部署的控制中心,实现数据不出场区,保证数据生产、使用的全业务流程均在园区内完成,保证数据的安全。实现公网数据与数据的隔离,保证数据传输的SLA性能保证(速率保证、时延保证)。图1所示为5G在有轨无人驾驶系统的应用。

4 智能矿山发展路径及技术

4.1 矿山数字孪生与虚拟化

虚拟现实、增强现实、数字孪生技术在矿山主要用于矿山地质模型、井巷工程三维模型、选厂三维模型等的可视化展示、作业人员的岗前安全培训、大型设备的井上虚拟现实环境设备操作培训以及井下复杂施工作业流程的模拟及教学。借助于井下固定设施运行数据、微震监测传感器、精准定位传感器、移动设备生产数据等实时井下作业环境指标以及各类设备的运行信息,打造实体矿山全场景、全生产流程、全生产要素仿真平台。以矿山生产流程为主线,构建整个矿山生产全景、全流程、全信息要素展现的

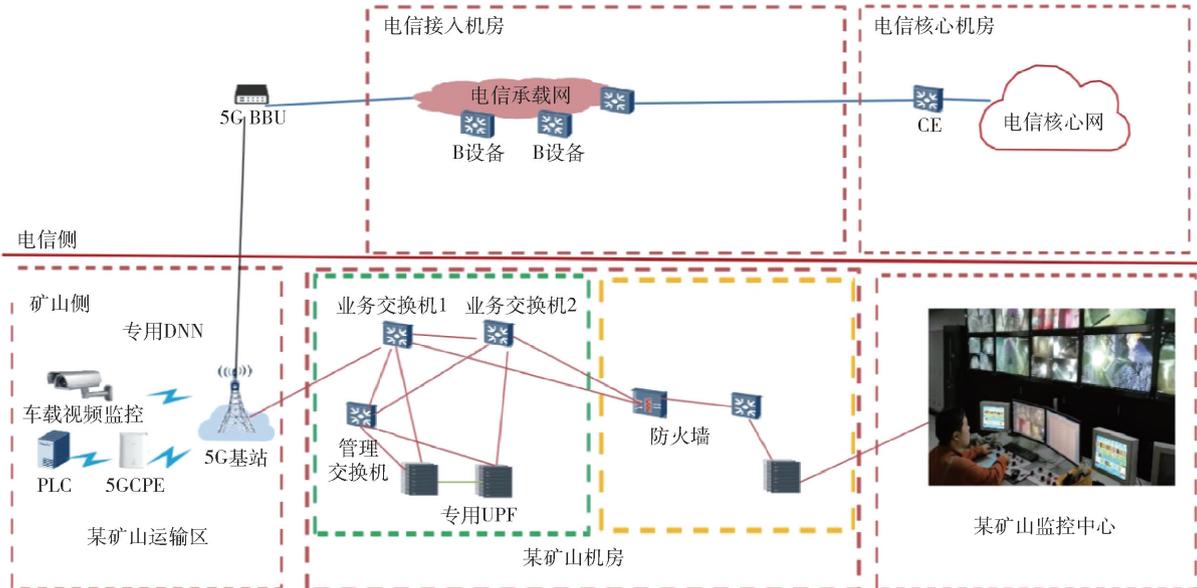


图1 5G在有轨无人驾驶系统中的应用

智能矿山三维可视化管控平台,实现所有业务系统和生产数据的可视化,最终打造与实体矿山映射的数字孪生矿山。实现多角度、全方位矿山人员、设备、安全、生产、环境可视化管控,继而对全矿生产运行健康状态做出实时分析及优化决策^[10-17]。

通过矿山数字孪生与虚拟化将信息系统整体有机结合,在矿山实际生产操作流程中,将仿真模拟所得的结果作为输入数据发送至现场生产设备,设备作业数据又实时反馈至仿真平台用于指导后续生产操作。依靠5G技术eMBB的优势,可以将各类设备、管理等数据低时延的用于生产模型、决策模型的更新,满足数字孪生矿山的应用需求。矿山数字孪生和虚拟化平台建设有利于设计优化、稳定生产指标、智能化管控、安全生产管理,并具有节约生产时间、减少危险岗位人员配置、减少备品备件及产出品库存积压等优点。

4.2 大数据处理及人工智能技术

矿山要实现智能化转型升级,其区别于传统自动化、信息化之处在于对矿山生产大数据、设备大数据、物资大数据、安全大数据、能耗大数据、技术经济数据、经营业务数据等进行深度挖掘并依靠人工智能技术建立相应的模型及算法,用以指导矿山向智能化决策迈进。而上述海量数据的来源主要是现场生产设施、固定设备、移动设备所加装的各类传感器,数据格式呈现多元化,运用人工智能和机器学习等理论和算法,不断积累生产和管理过程的决策信息,提升系统仿真决策能力,向矿山决策者和管理人员提供及时有效的生产、成本、效益决策信息,实现生产和经营双流程自主决策,助力矿山进一步提升生产运营管理水平及能力。

5 结论

随着当前全球范围内的地缘政治冲突逐渐加剧,世界能源格局正在重塑,保障国家战略能源安全是当前矿业发展的主要任务。推进我国矿业与信息化、数字化、智能化技术的深度融合,是实现我国矿业产业结构调整、全面整合矿产资源的关键所在;也是加大关键矿种国际话语权,保障国家战略资源安全的核心。

智能矿山是新技术在矿业领域应用而带来的未来矿山的目标,应在工业互联网的架构之上,借助5G技术的优势,彻底解决矿山数据从采集、传输到分析决策全流程的数据烟囱问题,进而逐步实现生产流程的优化和管理流程的重塑。5G网络与多种

新技术的融合将全面促进矿山“矿石流”的信息化管控、无人化开采、智能化运营。随着5G技术的不断研发及推广,其技术逐渐下沉至垂直行业将会引发更多具备通信知识的多专业复合人才的涌现,5G网络在矿山的大范围落地应用将会把智能矿山推入新的发展阶段。

[参考文献]

- [1] 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.
- [2] 霍振龙,张袁浩. 5G通信技术及其在煤矿的应用构想[J]. 工矿自动化, 2020(3):1-5.
- [3] 吴爱祥,王勇,张敏哲,等. 金属矿山地下开采关键技术新进展与展望[J]. 金属矿山, 2021(1):1-13.
- [4] 朱颖,杨思远,朱浩,等. 5G独立组网与非独立组网部署方案分析[J]. 移动通信, 2019(1):40-45.
- [5] 张蜀晋,宋文渊,南嵩,等. 5G室内外结合覆盖在智慧矿山中的应用[J]. 山西建筑, 2021, 47(1):193-196.
- [6] 段进超. 智慧矿山基础平台设计与应用研究[J]. 中国矿业, 2018, 27(S1):358-360+364.
- [7] 周文略,连民杰. 地下矿山智能生产控制与管理建设体系研究[J]. 金属矿山, 2015(2):117-121.
- [8] 孙继平,陈晖升. 智慧矿山与5G和WiFi6[J]. 工矿自动化, 2019(10):1-4.
- [9] 吕鹏飞,何敏,陈晓晶,等. 智慧矿山发展与展望[J]. 工矿自动化, 2018, 44(9):84-88.
- [10] 庞义辉,王国法,任怀伟. 智慧煤矿主体架构设计与系统平台建设关键技术[J]. 煤炭科学技术, 2019, 47(3):35-42.
- [11] 王国法,刘峰,庞义辉,等. 煤矿智能化——煤炭工业高质量发展的核心技术支撑[J]. 煤炭学报, 2019, 44(2):349-357.
- [12] 王国法,庞义辉,任怀伟. 煤矿智能化开采模式与技术路径[J]. 采矿与岩层控制工程学报, 2020, 2(1):1-15.
- [13] 刘峰,曹文君,张建明. 持续推进煤矿智能化,促进我国煤炭工业高质量发展[J]. 中国煤炭, 2019, 45(12):32-37.
- [14] 李春贺. 基于智慧矿山的安全风险分级管控与事故隐患排查治理系统[J]. 煤炭安全, 2019(5):285-288.
- [15] 蔡美峰,薛鼎龙,任奋华. 金属矿深部开采现状与发展战略[J]. 工程科学学报, 2019, 41(4):417-426.
- [16] 陈晓晶,何敏. 智慧矿山建设架构体系及其关键技术[J]. 煤炭科学技术, 2018, 46(2):208-212+236.
- [17] 谭章禄,吴琦,肖懿轩,等. 智慧矿山信息可视化研究[J]. 工矿自动化, 2020, 46(1):26-31.