

文章编号:1671-251X(2023)S1-0029-03

基于 5G 工业互联网的井工煤矿信息化技术研究

王耀

(国家能源集团新疆能源有限责任公司, 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要:基于井工煤矿智能化建设要求,研究了基于 5G 工业互联网的井工煤矿信息化技术,介绍了该系统涵盖的瓦斯智能防治系统、智能防灭火系统、冲击地压智能防治系统、安全监测监控系统、巡检机器人等。该技术以矿山数字化、信息化技术为前提和基础,综合系统工程、网络、人工智能、云计算、大数据等技术,具备矿山生产智能感知、自动分析、快速处理能力,可实现采矿设计、计划、生产、调度、决策等过程的智能化,有效提升设备可靠性、装备智能化水平和安全生产管理能力,推进井工煤矿少人、无人化生产。

关键词:井工煤矿; 信息化; 工业互联网; 智能感知; 5G 技术

中图分类号:TD67 文献标志码:A

Research on information technology for underground coal mine based on 5G industrial Internet

WANG Yao

(CHN Xinjiang Energy Co., Ltd., Urumqi 830011, China)

0 引言

我国大部分煤矿为井工煤矿。由于采煤机械化程度低、安全管理制度体系不完善、工作人员风险管理不熟练等原因,导致煤矿事故仍频发。为保障煤矿安全生产和人员生命安全、提高开采效率,2020年3月国家发展改革委等八部门联合发布了《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》,为煤矿智能化建设指明了发展方向。

5G 工业互联网技术的发展加快了智能化煤矿建设进程。本文研究基于 5G 工业互联网的井工煤矿信息化技术,旨在对井工煤矿进行装备智能化改造,以提高煤矿生产现场的自动化水平,实现无人值守,加强智能技术创新应用,完善地质和环境监测能力,保障煤矿生产安全;利用大数据、物联网、精确定位、智能视频、机器人等新技术,完善井下水、火、瓦斯、冲击地压等智能化监测方式,提高矿井全面感知、态势分析和预警能力,全面提升煤矿综合灾害防控水平。

1 基于 5G 工业互联网的煤矿信息化技术分析

智能化煤矿的实现需要数据和信息高效互联互通。矿山不同应用场景的数据特征和传输要求差异较大,而传统技术无法满足这种差异化需求。5G 技术具有大带宽、低时延、广连接和高可靠性,加上边

缘计算、切片等技术,有助于突破煤矿数据传输处理的瓶颈。矿井信息化建设包括智能瓦斯防治系统、智能防灭火系统、冲击地压智能防治系统、水文监控系统、安全监测系统、灾害预警系统、智能通风系统、主辅运输系统、供配电系统、排水系统、智能供水与水处理系统、工业视频监控系统等。

基于 5G 工业互联网的煤矿信息化建设要求搭建井下“超千兆”5G 专用网,实现作业矿区、办公区、生活区等全覆盖,并具备网络设备防爆性能,保障实时高清 4K 视频回传,融合现有传输设施、无线网关、北斗高精度定位、融合调度通信,提升采矿系统的综合感知、融合交互能力。另外,在边缘层和设备层,对所有需要采集数据的终端内置 5G 模组或部署 5G 网关,包括远程控制智控设备、高清摄像头、巡检机器人、无人机、智能化安防设备等。

2 井工煤矿信息化技术方案

本文以国家能源集团新疆能源有限责任公司乌东煤矿为例,介绍基于 5G 工业互联网的煤矿信息化技术建设方案,包括智能防灭火系统、冲击地压智能防治系统、水文监测系统、安全监测监控系统、灾害预警系统、瓦斯智能防治系统、智能通风系统、主运输系统、辅助运输系统、智能选矸接入、装车站接入、供配电系统、供排水系统、压风系统、智能供水与水处理系统、工业环网、集控中心、数据中心机房、工

收稿日期:2023-07-11;责任编辑:李明。

作者简介:王耀(1986—),男,陕西府谷人,工程师,主要从事煤矿企业新技术应用工作,E-mail:11430478@ceic.com。

业视频监控系统、5G 专网和井下广播系统、智能选煤厂系统、选煤厂精确人员定位系统、机器人等。

2.1 瓦斯智能防治系统

瓦斯智能防治系统包括瓦斯超限预警子系统、瓦斯地质子系统、瓦斯预警集控子系统、瓦斯抽采监控子系统,形成瓦斯灾害综合防控信息集成平台。该平台可集中展示瓦斯涌出异常风险预警结果、依据及瓦斯抽采达标评判分析信息等,提升瓦斯异常预警准确率。其主要面向煤矿领导和管理人员,通过登录网站即可方便、快速地查询所有子系统的信息,及时掌握矿井安全动态。技术指标:系统分析数据响应时间小于 10 s;瓦斯超限风险预警准确率大于 80%;预警结果报表支持输出打印;兼容各类监控系统数据格式。

2.2 智能防灭火系统

智能防灭火系统利用采矿、通风、信息、通信、自动控制、物联网、云计算、全自动激光在线分析、分布式光纤测温等技术,涵盖火灾束管监测、光纤测温、密闭监测、压力监测、漏风检测及外因火灾分析预警等,实现火灾参数的智能监测、分析,并根据分析结果进行智能预测、预警,实现煤矿内外因火灾全方位实时在线监测和采空区自然发火状态、发火趋势的综合预警。通过采集、整理矿井内因火灾监测数据,分析火灾隐患发生情况,快速定位内因火灾隐患所处空间位置,建立煤矿内因火灾预警运行控制调整与分析系统,并接入注氮无人值守系统,实现防灭火联动控制。

在井下安装监测主机,对井下测点的 CO、CO₂、CH₄、O₂、C₂H₄、C₂H₂、NO₂ 含量进行 24 h 采样分析、实时监测、分析预警。分析结果就地实时显示、存储,并可通过光缆传输至地面监测中心站。

智能防灭火系统具有以下特点:

- 1) 基于气体分析法和测温法判断煤自燃程度和高温区域,全面、快速、准确地获取采空区煤自燃趋势,实现火灾精准预警。
- 2) 设置预警指标和预警等级,预警等级设正常、征兆、发展和灾害四级,通过火灾监测平台显示预警。
- 3) 具备不同氧化特性煤和不同矿井气体生成规律的 CO 上升速率和预警阈值显示。
- 4) 多个传感器同时预警,提高了预警等级,通过煤自燃指标气体预警采空区煤自燃的加速或高温火点的形成。
- 5) 除火灾状态预警外,增加了气体爆炸危险性判断。

2.3 冲击地压智能防治系统

冲击地压智能防治系统开发包括冲击地压多参

量智能监测预警平台及实时监测、综合预警、设备管理等功能模块的开发及本地化部署和调试。全矿井冲击地压监测子系统接入平台后,平台对各子系统数据进行自动采集、存储、传输、集成和融合,实现全矿井冲击地压多参量智能监测预警。

冲击地压危险性多元智能预警融合专家经验,利用机器学习、神经网络、遗传算法等形成智能核心算法,对海量监测数据进行分析,建立可自学习、自适应调整的,具有预警准则、预警指标、预警临界值的灾害智能综合预警模型,实现预警技术的定量化、精准化和智能化,精准输出当前多参量综合预警信号。

在冲击地压多参量智能监测预警平台基础上,可建立全矿井动力灾害集成监测预警平台,实现对矿井微震、地音、液压支架压力等监测数据的实时连续采集、传输、可视化呈现与分析,实现多系统在一个屏幕上切换显示。

2.4 安全监测监控系统

根据《国家煤矿安监局关于印发〈煤矿安全监控系统升级改造技术方案〉的通知》要求,对矿井安全监测监控系统进行全面升级。升级后的系统具有完整的数字信号,以及自诊断、信息集成等功能,抗干扰性、工作性能更优。

安全监测监控系统综合监控管理瓦斯、水文、火灾、粉尘等单灾种因素,具备测定定义、实时监控、本地控制、交叉控制、手动控制、重点关注、曲线/柱状图、模拟量日报表、模拟量月报表、开关量日报表、开关量月报表、运行报告、密采分析、故障报表、充放电管理、语音报警、GIS 图展示等功能。在动态采集矿井瓦斯、水、火、顶板、冲击地压、粉尘等监测数据基础上,建立各灾种的预警指标体系,进而建立适合矿井各灾种的预警规则,形成预警响应机制。

2.5 巡检机器人

通过在矿井现场安装使用巡检机器人,可代替巡检人员进行设备及环境巡检,有效减轻工作人员的劳动强度,降低巡检过程中的安全隐患,提升巡检质量,最大限度地提升煤矿企业的本质安全水平,减少人工成本。巡检机器人信息采集处理流程如图 1 所示。

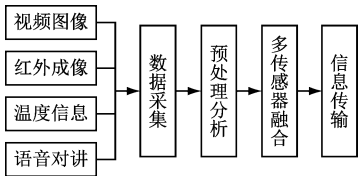


图 1 巡检机器人信息采集处理过程

机器人模型主要指标参数:① 巡检机器人本体前后方底部搭载低功耗导航传感器,内部采用精密开关电源,转换效率为 75%~88%,功耗低于

0.7 W。② 以线圈元件代替霍尔元件,无温漂效应。③ 导航信号采用 16 点检测方法,点间距为 1 cm,保证巡检机器人高速或转弯时导航信号不丢失。④ 信号输出周期不小于 10 ms,最快达 2 ms。

机器人需要实现目标感知、多传感器融合、规划及决策,如图 2 所示。首先,机器人通过传感器测量外部环境,采用雷达获得感知定位,让机器人清楚自身位置及周围环境情况;然后,多个传感器融合对目标进行检测,通过传感器对目标定位;最后,进行决策规划,使机器人移动至目标位置^[16]。

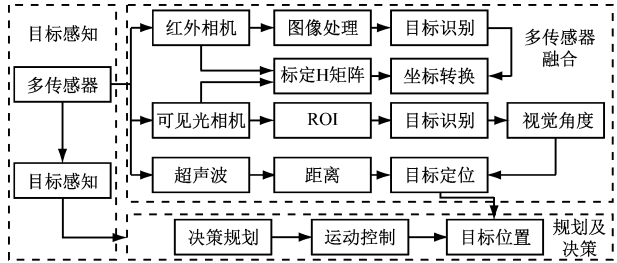


图 2 机器人实现框架

2.6 智能通风系统

智能通风系统需开发有通风参数的智能感知技术及装备,集通风网络在线监测、隐患智能辨识、通风设施设备远程控制(含主要通风机)为一体的通风决策及控制软件系统,包含局部通风智能变频控制、风量远程自动测量、风门远程自动控制、调节风门及风窗远程自动调控等硬件控制系统,实现矿井通风参数无人化测量、矿井风量远程调控、通风隐患自动识别、通风灾变联动控制,达到减人、智能决策和远程控制目标。

基于智能通风系统,构建“风阻在线监测+故障智能诊断+定量远程集控+控风辅助决策”的智能通风模式。① 监测感知:主要进回风巷设置绝对大气压、压差、温湿度传感器,实现通风阻力在线监测。② 通风动力:主要通风机叶片可调或变频远程控制,局部通风机可变频远程控制。③ 通风设施:主要风门可远程集中控制和就地自动控制,灾变时期可远程快速解除闭锁控风;风窗可开启面积可远程集中控制、就地自动控制和应急手动控制,并具有瓦斯超限控风、防瓦斯超限闭锁断电功能。④ 软件平台:具有在线故障智能诊断和用风点需风量的辅助快速计算、按需供风的优化调节等功能,可实现测点布置、风窗调节、风量调节的辅助决策,以及通风动力、通风设施、通风网络的故障智能诊断。⑤ 减人增效:通风作业(风门、风窗开关,风速、风量、环境监测等)人员相对减少 40%。

3 结语

基于 5G 工业互联网的井工煤矿信息化技术以

矿山数字化、信息化为前提和基础,综合系统工程、网络、人工智能、云计算、大数据等技术,具有矿山生产自主感知、自动分析、快速处理能力,从而实现采矿设计、计划、生产、调度、决策等过程的智能化。该技术包含瓦斯智能防治系统、智能防灭火系统、冲击地压智能防治系统、安全监测监控系统、灾害预警系统、智能通风系统、机器人等,可提升矿井全面感知、态势分析、超前预警能力和灾害防控水平,大大降低矿井人员安全问题,为实现智能矿山提供技术支撑。

参考文献:

[1] 谭章禄,王美君.智慧矿山数据治理概念内涵、发展目标与关键技术[J].工矿自动化,2022,48(5):6-14.

[2] 杨成龙.宁夏煤业公司智能化建设探索与实践[J].能源科技,2021,19(1):1-7.

[3] 齐俊铭,王凯,王志静,等.转龙湾煤矿矿井智能化通风系统与信息平台构建[J].煤矿安全,2022,53(9):212-220.

[4] 徐明.“5G+工业互联网”采矿智能化顶层设计和技术应用研究[J].信息通信技术与政策,2021(10):38-43.

[5] 冀杰.基于煤矿采煤机智能化关键技术分析[J].矿业装备,2022(4):247-249.

[6] 赵亮,陈继福,许丽,等.基于 5G 技术的煤矿井下水文参数实时监测系统[J].煤炭与化工,2022,45(7):32-35.

[7] 宋冰清,郑开明.对煤矿综采工作面智能化开采技术的应用[J].中国新通信,2022,24(14):65-67.

[8] 郑学召,严瑞锦,蔡国斌,等.矿井动目标精确定位技术及优化方法研究[J].工矿自动化,2023,49(2):14-22.

[9] 刘昕,付元,李晨鑫.5G 特性在智慧矿山中的应用研究[J].工矿自动化,2022,48(10):136-141.

[10] 王海军,曹云,王洪磊.煤矿智能化关键技术研究与实践[J].煤田地质与勘探,2023,51(1):44-54.

[11] 袁显平,董旭,边珍.绩优煤炭企业特征模型的构建与应用研究[J].煤炭工程,2022,54(9):187-192.

[12] 陈杰.智慧矿山多系统传感层设备融合关键技术[J].煤矿安全,2022,53(7):119-125.

[13] 潘涛,赵永峰,丁涛,等.国家能源集团智能矿山建设实践与探索[J].中国煤炭,2020,46(5):30-40.

[14] 丁恩杰,俞啸,夏冰,等.矿山信息化发展及以数字孪生为核心的智慧矿山关键技术[J].煤炭学报,2022,47(1):564-578.

[15] 张建中,郭军.智慧矿山工业互联网技术架构探讨[J].煤炭科学技术,2022,50(5):238-246.

[16] 邓佳桐,程志江,叶浩劫.改进 YOLOv3 的多模态融合行人检测算法[J].中国测试,2022,48(5):108-115.