

文章编号:1671-251X(2021)S1-0039-04

5G 技术在智能采煤工作面的应用研究

毛馨凯, 刘万远

(内蒙古平庄煤业(集团)有限责任公司, 内蒙古 赤峰 024076)

摘要:为了解决采煤工作面通信电缆多,4G 网络因带宽窄、延时大而无法满足智能采煤工作面数据上传要求的问题,提出将高带宽、低延时的 5G 技术与工业控制系统相结合,打造智能采煤工作面。介绍了 5G 技术在煤矿的应用场景,论述了基于 5G 技术的智能采煤工作面控制系统的组成及功能,探讨了煤矿 5G 网络构成及采煤工作面上 5G 传输信号类型,并对基于 5G 技术的智能采煤工作面进行了展望。

关键词:采煤工作面;智能开采;智能掘进;5G;智能远程监控;视频监控

中图分类号:TD67/655

文献标志码:A

Research on application of 5G technology in intelligent coal mining face

MAO Xinkai, LIU Wanyuan

(Inner Mongolia Pingzhuang Coal Industry(Group) Co., Ltd., Chifeng 024076, China)

0 引言

近年来,第五代移动通信系统(5G)已成为通信业和学术界探讨的热点。5G 网络的主要优势在于数据传输速率最高可达 10 Gbit/s,是 4G LTE 蜂窝网络的 100 倍。另外 5G 网络延时小,低于 1 ms,而 4G 网络为 30~70 ms。

煤矿智能化转型是大势所趋。这也是新时期推动能源科技创新、培育转型升级新动能、激发能源革命新活力、实现煤矿高质量发展的战略任务和必由之路。而采煤工作面的智能化是煤矿智能化转型的重中之重。采煤工作面是煤矿生产的核心,其主要特点:① 设备种类多,包括液压支架、采煤机、刮板输送机、转载机、破碎机、带式输送机等。② 情况复杂,存在电源电压等级高、设备拥挤、可见度低、易冒顶等不安全因素。③ 数据量大,有大量视频、语音、控制信号需要传输,是煤矿数据量最集中的区域。

针对上述特点,4G 网络已不能满足智能采煤工作面数据上传要求,因此 5G 技术如何应用于采煤工作面,是智能工作面建设的重要内容。本文将对这一问题展开讨论。

1 5G 在煤矿的应用概述

我国在 2019 年 11 月正式启动 5G 网络商用。

煤矿是 5G 网络重要的垂直行业应用领域之一,5G 网络在煤矿的应用是一个新的课题,受到运营商和煤矿企业广泛重视。

目前业界普遍认为 5G 技术在煤矿的应用主要集中在以下 4 个方面。

(1) 基于 5G 的高精实时定位与应用服务,实现井下车辆管理、开采精准推进等应用。

(2) 基于 5G 的虚拟交互应用,实现三维建模和虚拟展示,互动模拟和可视化设计,混合现实、云端实时渲染和虚实融合操控等,实现虚拟井下培训、虚拟开采、协同运维等功能。

(3) 生产远程实时控制。利用 5G 网络低延时特性在井上对井下生产设备进行全功能远程控制,实现少人甚至无人智能化工作面。

(4) 井下智能巡检。通过智能巡检机器人等设备实时传输和共享井下设备信息,实现智能化巡检。

2 5G 在采煤工作面应用愿景

采煤工作面是现代化煤矿生产的主要环节,是煤矿生产中设备最多、环境最恶劣、工作最复杂的系统。目前采煤工作面主要采用有线网络将各相关设备连接,实现数据通信,个别移动设备数据通过 4G 网络传输。然而大量的通信电缆导致维护人员工作负担重,同时 4G 网络传输速率低、延时大,是实现

收稿日期:2021-02-01;责任编辑:李明。

作者简介:毛馨凯(1989—),男,内蒙古赤峰人,工程师,主要研究方向为电气工程及其自动化、矿山设备自动化控制,E-mail:13848891001@163.com。

智能化采煤的最大瓶颈。

在工作面巷道建立智能采煤工作面控制中心，作为智能采煤工作面“大脑”；液压支架控制系统、采煤机控制系统、“三机”（包括刮板输送机、转载机、破碎机）控制系统、供电系统、泵站控制系统、胶带运输控制系统与语音广播系统等作为智能采煤工作面的“四肢”；视频监视系统、安装在工作面的各类传感器作为智能采煤工作面的“眼睛、耳朵、鼻子”。5G 网络即是负责“大脑”与“四肢”、“眼睛、耳朵、鼻子”之间连通、传输数据的“血管”，可高速、可靠地接收传感信息，并将指令传送给安装在工作面设备上的控制器，控制设备工作。操作端设置在远离工作面的控制中心，一定程度上保障了工人的生命安全。

煤矿环境非常恶劣，长期在井下工作的工人常患有呼吸道职业病。以往采煤过程中需要人工手动操作工作面设备，人力投入大，危险系数高。而 5G 技术以其大带宽、广连接、低延时、高传输速率特点，可保证对工作面设备的可靠、高速网络连接，实现综采设备实时监测和自动控制，将整个采煤工作面操作人员减少至 6 人，最大化实现减员提效，实现安全、高效生产。

3 基于 5G 的智能采煤工作面控制系统方案

3.1 系统组成

智能采煤工作面控制系统由智能采煤工作面控制中心、5G 网络及 8 个子系统（液压支架控制系统、采煤机控制系统、“三机”控制系统、供电系统、泵站控制系统、胶带运输控制系统、语音广播系统、视频监视系统）组成，如图 1 所示。

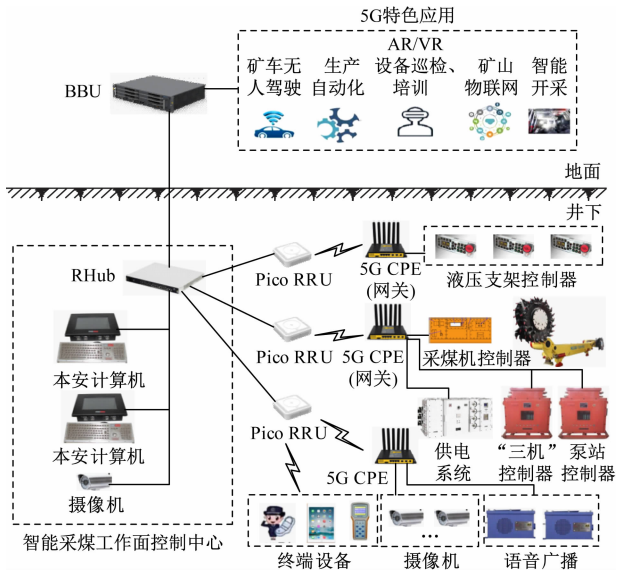


图 1 智能采煤工作面控制系统组成

3.2 系统功能

(1) 通信功能。① 通过智能采煤工作面控制

中心实现对各子系统的信息检测、控制、显示、报警、上传等功能。② 向第三方提供 RJ45 网络接口及标准 OPC 协议，便于矿井自动化集成。

(2) 监测功能。① 可对采煤机、刮板输送机等生产设备工况进行监测及告警。② 通过连续监测工作面刮板输送机及转载机的负荷量，获取其工作状态，发生超负荷工作情况时可减小采煤机牵引速度，以减少煤量，实现连续工作。③ 具有采煤机定位功能，通过连续监测采煤机在工作面的位置，随时掌握工作面生产状况，以便合理调度生产。④ 具有乳化液泵站监测功能，通过流量传感器对乳化液箱的补充液量进行监测，可及时、准确地掌握补充液量及乳化液浓度；通过监测乳化液泵站出口压力，控制液压支架的初撑力，以保证合格的支护质量；可监测和统计乳化液泵的启停情况。⑤ 具有带式输送机监控功能，通过监测工作面巷道带式输送机工作状态，随时调用带式输送机运行参数，并能实现带式输送机开停控制。⑥ 具有工作面生产工业过程监测功能，通过对上述监测结果进行分析和整理，确定整个工作面的生产工业过程，并以形象直观的方式在专用显示屏上显示，以便及时对生产过程进行调度和管理。

(3) 视频监视功能。通过工作面安装的高清摄像机，可在智能控制室清楚地查看采煤机、液压支架、刮板输送机等设备运行情况。

(4) 控制功能。通过采煤工作面控制中心主控台可实现工作面设备集中控制。通过各设备控制器，可实现对工作面所有生产设备的全面控制，启动工作面生产自动控制程序后可实现设备自动运行，具体功能包括：① 单设备起停控制，包括液压支架、采煤机、刮板输送机、转载机、破碎机、泵站、组合开关、语音广播系统等的启停控制。② 顺序开机控制，启动顺序为带式输送机→破碎机→转载机→刮板输送机。③ 顺序停机控制，停机顺序为刮板输送机→转载机→破碎机→带式输送机。④ 跟机自动化控制，即根据采煤机位置自动控制液压支架升降、移动作。

(5) 联动功能。各子系统之间存在联动功能，包括视频联动与语音联动。① 视频联动：当设备出现故障时，智能控制中心的控制画面自动弹出该设备故障部位的视频画面，以便操作人员与维护人员及时处理。② 语音联动：当工作面设备出现严重故障或者发生紧急情况时，语音广播系统自动广播有关信息，提示现场人员及时处理或紧急避险。

4 5G 技术在智能采煤工作面的应用

4.1 5G 网络构成

煤矿 5G 网络由安装在地面调度中心机房的核

心网络设备、基带处理单元(BBU)、有源天线处理单元(AAU)、射频单元集中控制器单元(RHub)、射频拉远单元(Pico RRU)、物联网无线通信路由器(5G CPE)组成,如图 2 所示。

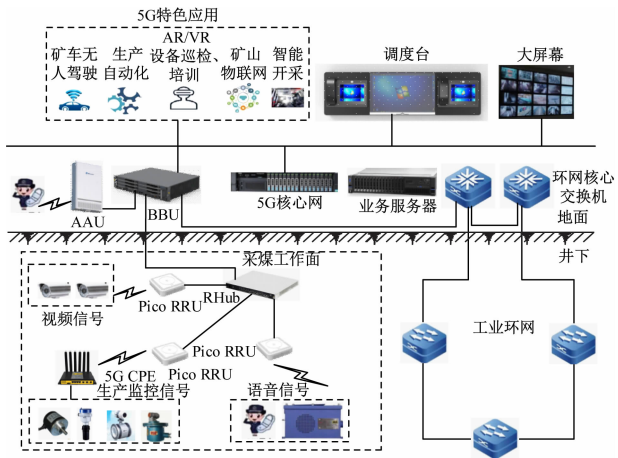


图 2 煤矿 5G 网络

4.2 5G 传输信号类型

(1) 设备状态采集与监测类信号。包括采煤机的牵引速度、方向、位置,采煤机电机电流、电动机温度、供水信息、流量、压力,液压支架的位移、压力、除尘等状况参数,负荷中心的工作状态参数、故障信息,乳化液泵站 的出口压力、工作压力、温度、流量、浓度及滤芯是否堵塞等状态参数、故障信息,刮板输送机、转载机、破碎机运行状态参数,被控电动机工作电压、电流、温度、启动状态、故障状态,移动变电站、组合开关信息,工作面推进速度及累计推进量,被控设备开机率统计数据,沿线闭锁位置信号,转载机、刮板输送机过载灯故障信息,工作面巷道带式输送机跑偏、堆煤、烟雾、打滑、温度、速度、纵撕、超温洒水等保护信号。

(2) 设备远程控制信号。包括移动变压器、组合开关的分合闸控制信号,采煤机滚筒升降控制信号,采煤机牵引电动机上行、下行、牵引停等控制信号,采煤机牵引速度调节信号,泵站电动机启停远程控制信号,单台液压支架远程控制信号,成组液压支架远程自动控制信号,破碎机、转载机、刮板输送机预警及启停控制信号,工作面巷道带式输送机预警及启停控制信号。

(3) 语音信号。包括手机客户端语音通话信号、工作面岗位调度电话语音信号、手持终端语音信号、工作面广播信号。

(4) 视频信号。包括工作面液压支架、采煤机、刮板输送机等设备的高清视频监测信号,用于大块煤识别、堆煤、不安全行为、胶带跑偏等故障智能识别的视频信号。

5 5G 技术在采煤工作面应用意义

(1) 矿用 5G 技术的低延时特性,使得远程开采成为现实。

为了让煤矿工人从井下复杂、恶劣的工作环境中解放出来,不少煤矿企业引进了智能化采煤设备。但受制于信号传输的低速率和不稳定性,工作人员 仍需 在作业一线对设备进行监测,不能真正实现远程操控。4G 网络有 3~4 s 的延时,为了避免在延时过程中发生事故,不能尝试无人操作。

矿用 5G 网络的传输延时降至 20 ms,借助 5G 技术,煤矿可真正实现远程操控,大大减少工作面生产人员的数量,提高安全系数。

(2) 矿用 5G 技术的高带宽,为安全生产数据传输提供了“高速公路”。

为了实现智能开采,很多煤矿企业在采煤工作面安装了高清摄像机,但由于 4G 与 WiFi 网络带宽低,无法将高清视频信号流畅地传输至智能控制中心,导致工作人员看不到工作面及设备运行情况,进而无法准确地对开采设备进行启停控制与调整。5G 射频拉远单元的对外接口具有 1×25 Gbit/s 带宽,5G CPE 下行速率为 3.4 Gbit/s、上行速率为 350 Mbit/s,可传输高清视频数据,便于智能采煤工作面控制中心的工作人员查看开采设备运行情况并进行相关操作。

(3) 矿用 5G 网络大大减少了通信线缆,更加易于维护。

大带宽、低延时的 5G 网络建成后,基本上可将所有信号通过无线网络传输,无需铺设大量信号线缆,能够大大降低故障率,且便于设备移动与维护。

6 智能采煤工作面展望

在工作面巷道建立智能控制中心,依托 5G 网络实现远程智能开采,是当今最新通信技术与采煤技术的综合应用,可做到少人、更安全开采,但这不是智能采煤的终点。未来可依托不断发展的新技术、新装备、新工艺、新方法,使煤炭开采更加安全、智能。

(1) 采用煤岩识别技术,使采煤机根据煤岩地质情况自动调整工作状态,更加高效地进行煤炭开采。

(2) 采用导航技术,对采煤设备进行实时精确定位,提高对设备的智能化控制水平,实现安全监控与高精度开采。

(3) 采用遥控智能机器人及相应的传感设备辅助生产。

(4) 加强智能掘进技术研究,提高掘进设备的整体性能与智能化控制,建设更加协调、高效的掘进工作面,实现无人化煤矿掘进作业。

参考文献:

[1] 王国法,张德生. 煤炭智能化综采技术创新实践与发展展望 [J]. 中国矿业大学学报, 2018, 47 (3): 459-467.

[2] 田成金. 煤炭智能化开采模式和关键技术研究[J]. 工矿自动化, 2016, 42(11): 28-32.

[3] 徐建军. 煤矿智能化综采技术现状及展望[J]. 陕西煤炭, 2017, 36(3): 44-47.

[4] 王国法,张金虎. 煤矿高效开采技术与装备的最新发展[J]. 煤矿开采, 2018, 23(1): 1-4.

[5] 王峰. 综采无人工作面自动化开采技术研究与应用 [J]. 工矿自动化, 2015, 41(7): 5-9.

[6] 王国法,范京道,徐亚军,等. 煤炭智能化开采关键技术创新进展与展望[J]. 工矿自动化, 2018, 44 (2): 5-12.

[7] 徐建军. 智能化开采控制系统设计[J]. 煤矿机电, 2017(5): 33-38.

[8] 张彩峰. 塔山煤矿综采放顶煤工作面智能化开采技术的探讨及应用[J]. 煤矿机电, 2018(2): 68-73.

[9] 陈尔奎,张敏,尹晓钢,等. 基于 OneNET 的矿山综合监控系统的研究 [J]. 煤炭技术, 2017, 36 (9): 195-197.

[10] 张帝,董飞,高彬,等. 基于嵌入式实时操作系统的智能矿灯设计[J]. 工矿自动化, 2018, 44(2): 23-27.

[11] 刘杨,梁镇锋,兰纯杰,等. 基于标识卡、智能矿车、智能矿灯的矿山物联网技术发展与挑战[J]. 煤炭技术, 2015, 34(5): 236-238.