

5G+ 露天矿山网络建设分析

卢超¹ 樊辉²

1. 中国铁塔股份有限公司西安市分公司 陕西西安 710000

2. 中国通信建设集团设计院有限公司 陕西西安 710000

摘要: 本方案采用一体化核心网、便携式 5G 基站、可移动的自卸式方舱、集装箱式算力中心等先进设备组成的整套云网解决方案,满足露天矿区环境复杂的特点,实现一张网解决矿区数据回传和统一调度功能。未来可与人工智能和大数据挖掘等新一代信息技术融合,逐步形成矿山监管大数据,实现矿山监管一张图。

关键字: 5G; 露天煤矿; 网络; 视频

Analysis of 5G open-pit mine network construction

Chao Lu¹ Hui Fan²

1. Xi'an Branch of China Tower Co., LTD., Xi'an 710000, China

2. China Communications Construction Group Design Institute Co., LTD., Xi'an, Shaanxi 710000, China

Abstract: This proposal adopts a complete cloud-network solution composed of advanced equipment such as an integrated core network, portable 5G base stations, mobile self-dumping cabins, and containerized computing centers, to meet the complex environmental characteristics of open-pit mining areas and achieve unified scheduling and data transmission. In the future, it can be integrated with new generation information technologies such as artificial intelligence and data mining to gradually form large-scale data for mining supervision, achieving a unified map for mining supervision.

Keywords: 5G; open-pit coal mine; network; video

一、建设背景

1.1 行业背景

(1) 国外发展背景

智能煤矿是在数字煤矿的基础上提出来的。数字煤矿是由数字地球延伸而来,即在煤矿范围内以三维坐标信息及其相关关系为基础而组成的信息框架。煤矿三维坐标信息是构建数字煤矿的基础数据,其获取、分析及应用技术在过去 20 年被深入研究并取得了重大突破,卫星遥感、激光扫描、GPS 定位导航、UWB 超宽带局部定位、GIS (地理信息系统)、虚拟现实等被广泛引入到煤矿开采领域。随着开采装备状态、安全监测监控等更广泛、更深入信息的不断融入,形成了一系列的信息化、数字化煤矿模型。

近年来,在以“智能化”为核心的综采工作面开采技术方面,国外煤炭企业发展较早,通过采用计算机技术、采煤机记忆截割技术、电液控制技术和变频软启动技术等,在地质条件好的中厚煤层实现了工作面 3~5 人的全自动化割煤,并探索实现工作面无人智能化开采。井工矿工作面通过采用大功率电牵引采煤机、电液控制的液压支架和具有软启动功能的刮板输送机,实现工作面三机的自动化和井下环境的安全信息实时监测;露天矿通过矿用卡车的智能化改造,实现了卡车无人驾驶。

(2) 国内发展背景

国内中国煤炭科工集团、中国矿业大学、阳煤集团等高校、科研机构和煤矿企业展开了大量智能煤矿研究,建立了智慧煤矿的总体架构和煤矿空间数据管理平台,开发了具有真三维场景以及带有虚拟漫游、数据库查询和交互控制功能的三维可视化煤矿系统;在物联网感知层中构建了分布式星状无线传感器网络,构建井下 5G 网络井下通信和定位系统;制订发布了《智慧煤矿信息系统通用技术规范》,正在开展智慧煤矿标准体系的建设^[1]。

大中型煤炭企业在先进的综合自动化、数字化与信息化技术和装备走在了行业前列,如神华、中煤、冀中能源、兖州矿业、陕西煤化工等大型煤炭现代化企业在矿井自动化、信息化、数字化、智能化建设方面取得了一些进展。神东煤炭的财务管理、资产管理、本质安全管理、生产管理、调度管理、全面预算管理、班组核算、流程管理等信息化建设作用突出。中国移动、华为等公司也发挥自身优势,开发了一系列的系统和产品,包括智慧煤矿通信网络整体解决方案、智慧煤矿操作系统、强实时传输控制技术、煤矿标准及映射编码技术、智能井下动态北斗系统)、基于人工智能 (AI) 的煤矿安全生产大数据核心技术应用等^[2]。

二、问题及对策建议

2.1 问题分析

1) 随着矿山开采区作业面不断推进,剥离物被不断的运往采空区,作业区地形地貌不断发生变化,采矿区底部与上边沿的垂直落差比较大,可以达到几十米甚至几百米,且工作区粉尘比较大,对 5G 网络设备的连片部署及设备防护带来巨大挑战。

2) 政府相关监管部门综合信息化管理平台和视频联网综合管理平台存在信息孤岛,人员、车辆、边坡监测等数据资源缺乏融合分析,尚未形成一整套完整的矿山生产监督管理机制。

3) 矿区无线网络覆盖率低,较多区域存在盲区,普遍呈现速率低、延迟高的情况;网络可靠性差,不利于煤矿企业安全生产;现有子系统如边坡监测与人员定位、车辆管理系统的通信网络独立,信息不能相互共享;无线网桥连接存在一对多情况,传输宽带和传输距离考虑不足,影响数据传输效果;通信网络结构、传输距离、响应时间、配套供电、抗干扰和对抗恶劣环境等缺乏统一规划,维护工作量大;网络系统需承载数据、音频、视频等全业务类型的数据交换任务,现状难以满足当前需要,更难以满足未来网络平滑扩展升级需要^[3]。

4) 存在“以车代人”的监管漏洞,部分矿区将露天矿相关工程指挥车辆、运煤车辆、辅助车辆和其他车辆的在线离线状态代替了车辆驾驶员的状态,一旦车辆处于离线或非工作状态,将无法监测到相关人员定位信息。

5) 视频监控系统覆盖能力不足,目前的覆盖能力难以满足了解矿山现场扬尘状况、生产进度、人员车辆状态是否安全的要求,图像质量清晰度不足、稳定性差,存在掉线情况,监控点位置和角度的调节存在卡顿、反应迟钝情况,并缺乏视频权限管理和用户管理功能。

2.2 对策建议

1) 信息化系统在建设规划上还处于无序建设阶段,缺乏统一的安排和规划,建议重视整体规划,从系统架构、逻辑组织到数据分析平台以及制定数据标准、技术标准、运行标准都要进行统一规划、集成、整合^[4]。

2) 建议建立完备有效的融合通信专网系统,实现在矿区范围(覆盖率达到95%以上)的语音、数字、图像、视频等综合业务接入,同时能够与当地公用电话网联网,运行稳定、可靠,同时可以有条件的兼容后续业务扩容(如:应急广播、车载调度、可视通信等)的需求,采用 5G 专网无线通信系统,但是考虑到接入运营商外网部署网络现为 4G 无线通信系统,采用 4/5G 兼容主设备。系统组网结构、设备配置、传输通道设置等均应采用冗余方式,保证系统运行的安全性、可靠性。考虑露天矿特殊地理环境,设备选型应具有适用性、稳定性、先进性、及可扩展性。

3) 建议人员定位与车辆管理系统监测时独立设置,保障不漏一人、不漏一车,在监管层面数据融合,形成有效管理。

4) 扩充布控视频监控系统前端点位,满足企业安全生产和政府安全监管的需要,并确保布控合理有效,达到监控效果最大化,保证覆盖有效、成本合理。

5) 机房作为强弱电并存的汇聚地应保障其安全可靠,指挥中心满足日常和紧急情况下指挥调度的业务需要,建议有条件的独立设置。

6) 建议完善动态地图描述,搭建全景三维数字模型,利用无人机测绘快速构建露天精细地形,全面表达边坡形体、局部细节、高低落差等特征,为矿区道路和作业面规划、降低生产成本和劳动强度提供可能^[5]。

三、解决方案

3.1 建设目标

通过本次项目建设实现矿区所有重点区域全覆盖,无明显覆盖盲区,最终实现视频监控,人车定位,边坡检测等数据及时可靠的回传。

具体指标参数如下:

覆盖区内无线可通率应满足覆盖区内的移动台在 95% 的位置和 99% 的时间可以接入网络,而无线覆盖区边缘的通信概率应大于 95%。

要求在覆盖区域内, LTE 无线网络覆盖率应满足 $RSRP > -110\text{dBm}$ 的概率大于 95%。

在不超过 10 米 / 秒的中低速率移动场景下,覆盖区域内用户处于小区边沿时能提供上下行不低于 2048kbps 的数据传输能力。

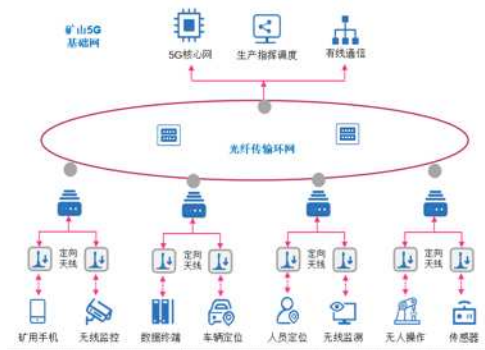
满足 1080P 视频实时回传业务

3.2 建设思路

3.2.1 网络覆盖建设思路

为确保满足高清视频实时回传对高带宽的需求,同时考虑到后期各项业务的承载,采用 5G 网络进行组网,频率采用 3.3Ghz-3.6Ghz 频段;5G 组网架构由融合业务交换机、核心网、统一网管、调度服务器、传输环网、室外宏基站、室内小基站、手持终端、CPE 等组成;

为保证业务系统保密性,部署独立的核心网设备,可实现数据统一回传、业务统一调度,随时了解作业区动态,支持通过人车定位系统查看车辆人员运行轨迹及状态,方便监管和预警。



5G 网络架构图

核心网方案:

针对矿区无线基础网络选用基于 X86 架构平台的中小容量 5GC 核心网, 可同时支持 NSA 和 SA 组网模式。

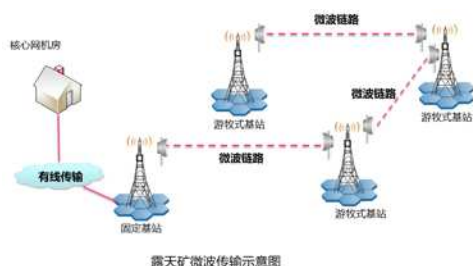
无线基站解决方案:

针对于露天矿作业区内无交流电、不允许敷设光缆线路、采煤作业区持续变化、站点位置周期变动等网络部署难点, 建议采用部署简单, 移动方便的自卸式通信基站。相比应急通信车, 造价低廉很多; 又可作为应急通信车的得力补充。

传输解决方案:

为适应露天矿作业区实时推进变化的网络部署特点, 在矿区外围区域布放大纤芯光缆, 并间隔放置光交箱, 采用定制的可移动基站, 大带宽微波进行无线网络覆盖。

目前微波传输带宽可达 6~几十 G, 传输容量足够, 安装方便, 性能稳定, 可作为本次 LTE 站点 X2 口, S1 口主要传输承载。



露天矿微波传输示意图

配套方案:

本着稳定可靠的原则, 电源优先采用引接市电方式, 实在无法满足需求的可采用太阳能供电系统 + 蓄电池的组合方式进行供电, 具体太阳能容量可根据实际需求进行测算。

目前大多数煤矿调度中心 (值班室) 与机房 (算力中心) 合设, 存在较大的管理风险, 建议按照行业建设标准建设, 为应用系统的集成与整合提供可靠有效的基础设施保障, 提高煤矿企业安全生产经营和管理决策水平^[6]。

3.2.2 人员车辆定位

1. 人员定位

针对矿区生产工人数量多且分散作业, 难以进行有效管理和实施全方位风险管控。利用 UWB 精定位系统可实现:

1) 生产工程的安全管理, 进一步提高生产效率, 突破生产瓶颈;

2) 对员工的智能化管理及生产设备的维护。根据定位系统应用场景, 露天矿山室外定位采用 GNSS 进行定位, 室内采用 UWB 精确定位, 两种定位模式互相融合, 在可视化管控平台集中展示。

通过部署 UWB 定位设备实现精确定位, 打造可寻、可视、可防、可控的一体化管控平台。UWB 定位系统具有容量大、稳定性强、精度高、安装便捷、易维护、

操作简便等特点。基于超宽带技术的确定位系统具有穿透力强、功耗低、抗多径效果好、安全性高、系统复杂度低、能提供小于 0.5 米的定位精度^[7]。

系统架构如下:

网络层: 包括通讯基站、交换机、防火墙。通讯基站通过以太网将测距信息汇聚到防火墙传输到内网服务器。

解算层: 在服务器上安装解算平台和数据库, 主要用于存储、计算采集端上报的数据, 得出物理位置坐标。

应用层: 主要负责基本信息的录入及数据展示的界面。显示的信息包括地图显示、人员图标及位置显示、各类报警信息、各类查询结果显示、各分类统计信息显示等。

3.2.3 车辆定位

由于采区作业范围广, 地点移动变化大, 人员、设备状态变化快, 定位的难度也大。GNSS (全球导航卫星系统) 定位系统主要用于矿区室外人员及车辆定位。本系统结合矿区的实际需求, 采用差分技术, 可同时支持 GPS, 北斗, GLONASS, GALILEO 等全球主流卫星定位系统, 定位精度达到 1 米以内。

安全帽人员定位终端功耗极低, 并且支持 USB 充电, 当报文满足 1HZ/24H/ 可使用 1 个月以上时间^[8]。

双向通讯模式:

定位基站与任意定位终端之间的通讯支持双向通讯模式。这使得定位系统能够动态管理定位终端, 包括根据最佳的定位与电源管理方式, 适时改变定位终端的刷新速率。佩戴式设计, 方便灵活安全帽人员定位终端可佩戴在工人安全帽上, 方便灵活使用。

采用 UWB 和 GNSS 高度融合的定位标签, 借助 GNSS 基站, 结合独特算法, 只用一个定位标签可实现室内室外自动切换, 可达到室内 30 厘米室外 1 米的定位精度。

3.2.4 视频监控回传

矿场一般有大量视频监控需求, 主要分为固定和移动两种场景。固定场景主要为矿场监控、钻凿作业监控、设备监控等, 移动场景主要为驾驶员、车辆状态监控等。

1)、带宽需求: 单路视频回传要求 2Mbps 以上的上行带宽;

2)、时延: 端到端数据传输时延小于 500ms, 支持切换, 切换时延小于 50ms;

3)、稳定性: 数据丢包率小于 10%;

4)、防震: 车载监控对数据接入终端具有一定的防震等级要求

基于 5G 网路承载矿区生产环节的监控视频回传, 确保安全、高效生产。具体如下:

传统的有线回传方式施工困难, 部署成本高, 使用 5G 无线回传方式, 在降低部署成本的同时满足大量视频监控的回传需求, 同时满足生产监控对于网络的稳定性要求支持固定回传和移动回传。

方案架构如下:

视频回传数据直接通过无线基站上传至现有业务平台，5G 用户设备作为宽带接入业务的终端，主要提供 CPE 终端。



4 结论

目前世界正由第三次工业革命的信息时代(以信息化、自动化为特征,是一场信息控制技术革命,使信息和资源交流变得迅速、便捷),向第四次工业革命的数字时代与智能时代(以互联网、物联网、CPS、大数据、云计算、机器人、智能化为支撑,大幅度地提高资源生产率)快速推进。

中国提出了《中国制造 2025》,以重塑制造业技术体系、生产模式、产业形态和价值链,推动制造业由大到强转变,发展智能制造装备技术,加快网络化制造技术、云计算、大数据等技术在制造业中的深度应用,推动制造业向自动化、智能化、服务化的转变,对传统制造业进行绿色改造,由粗放型向集约型制造转变。

煤炭行业自动化与信息化建设可以大致分为单机自动化、综合自动化、数字化煤矿与智慧煤矿四个阶段,目前正处于数字化煤矿向智慧煤矿过渡阶段。顺应历史潮流,积极推煤矿智能化建设,是积极应对经济转型与煤炭行业四期叠加的重要举措,同时也是建设“安全、高效、绿色、可持续”发展煤矿的必由之路。智能矿山的演进将呈现以下趋势:1)硬件物联网化-基于信息通信和物联网技术,实现矿山“一张网、一张图”的智慧化基础设施服务。2)软件平台化-业务系统可灵活

拆分、合并,是一个具有可开放、数据共享、可扩展特性的平台产品。3)运维一体化-空间运维、设备运维、产业服务相互融合,统一管理煤矿产业导入服务、资产管理服务、设施运维服务和产业配套服务。

参考文献:

- [1] 智慧煤矿信息系统通用技术规范 (GB/T 34679-2017)
- [2] 煤炭工业智能化矿井设计标准 (GB / T 51272-2018)
- [3] 工业互联网安全框架 (2019)
- [4] 工业智能白皮书 (2019)
- [5] 工业互联网平台白皮书 (2019)
- [6] 《煤矿安全规程》2016 年版
- [7] 《煤炭工业矿井设计规范》
- [8] 《煤炭工业矿井总体规划规范》(GB50465-2008)

作者简介:卢超、男、汉、出生于:1982 年 1 月,籍贯:陕西西安,学历:本科,职称:工程师,毕业院校:西安交通大学,研究方向:移动通信

作者简介:樊辉、男、汉、出生于:1986 年 5 月 籍贯:陕西渭南,学历:本科,职称:工程师,毕业院校:西安建筑科技大学,研究方向:信息化基础网络建设