

5G 技术在煤矿智能化建设中的应用与挑战

杜岩园

(煤炭科学技术研究院有限公司 北京 100013)

摘要 5G 通信技术为煤矿的智能化发展注入了强劲的动力。文中阐述了 5G 技术的定义及其在速度、容量方面的优势,分析了 5G 在煤矿智能化中的多元应用场景,同时探讨了 5G 技术在煤矿智能化建设中的应用挑战,并据此提出了切实可行的应对策略,为 5G 技术在煤矿智能化领域的推广与应用提供了参考。

关键词: 5G 技术; 矿山建设; 智能化

中图分类号 TN929.5

Application and Challenges of 5G Technology in the Intelligent Construction of Coal Mines

DU Yanyuan

(Coal Science and Technology Research Institute Co., Ltd., Beijing 100013, China)

Abstract 5G communication technology has injected strong impetus into the intelligent development of coal mines. This paper expounds the definition of 5G technology and its advantages in terms of speed and capacity, analyzes the multiple application scenarios of 5G in the intelligent construction of coal mines, and faces the application challenges of 5G technology in the intelligent construction of coal mines, and puts forward practical response strategies accordingly, providing a reference for the promotion and application of 5G technology in the field of intelligent coal mines.

Key words 5G technology, Mine construction, Intellectualization

0 引言

5G 技术以其高速率、大容量的特性,为各行业的转型升级提供了支撑。当前,煤矿行业正在引入智能化技术,以应对生产效率提升、安全管理强化及可持续发展的迫切需求,推动煤炭行业的高效、安全和智能化发展。

1 5G 技术的概念与优势

1.1 5G 技术的概念

5G 技术是一种具有高速率、低时延和大连接特点的一代宽带移动通信技术,其核心在于对现有与新兴无线接入技术的深度整合与创新,完美契合了车联网、智能交通、超高清视频传输、沉浸式虚拟现实等新兴应用的需求。5G 技术融合应用了毫米波通信与 MIMO(多输入多输出)技术。前者通过探索高频段电磁波的传输潜力,极大地拓展了数据传输的速率边界;后者则依托多天线阵列的并行处理能力,实现了数据的高效并发传输,确保了数据传输的即时性与可靠性。

1.2 5G 技术的优势

相较于 4G/LTE 技术,5G 技术的峰值速率和数据传输能力得到了显著的提升。5G 不仅擅长利用高频段资源实现毫

米级数据传输,还能巧妙地规避低频段拥堵问题,通过波束成形与跟踪技术,在小范围内精准构建天线阵列,有效克服高频通信的穿透力不足的难题。5G 技术以大规模多输入多输出技术为核心,实现了空间频谱资源的高效利用,并提升了基站部署密度,扩大了无线移动宽带系统的容量(预估可达到 4G LTE 的数千倍),每平方千米内的连接数激增至百万,如图 1 所示。在 5G 网络架构下,设备间通信技术(D2D)的引入,更促进了用户设备间的直接互联。

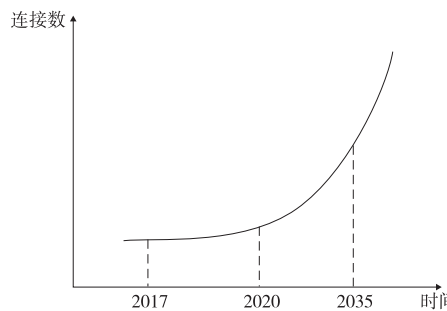


图 1 设备连接数增长曲线

2 5G 技术在煤矿智能化建设中的应用

2.1 基于 5G 的高精度实时定位与应用服务

在高精实时定位与应用服务领域引入网络切片技术,

作者简介:杜岩园(1982—),本科,工程师,研究方向为矿山信息化、智能监管。

可以灵活构建多个虚拟网络,满足煤矿智能化应用的多样化需求,实现网络功能与性能的优化^[1]。这可以有效提升网络传输效率与数据处理能力,极大地增强了系统对复杂井下环境的适应能力。5G技术以其超高速率、低延迟特性,有效解决了传统煤矿井下定位系统中超带宽传输受限及蓝牙定位精度不足等问题,保证了智能化应用的专业性。5G网络无需额外铺设基础设施,即可即时、高效地传输煤矿智能系统中的数据,为井下作业提供实时、精准的位置信息服务。基于此,探索并开发基于5G技术的井下高精度定位服务模式,正逐步成为煤矿智能化发展的重要趋势,为煤炭资源的深度开发与安全开采提供了技术基础。

2.2 远程实时监控生产过程

5G技术的应用为远程实时监控生产过程的实现提供了新的机遇。相较于传统煤矿工业化生产依赖的远程控制系,5G移动通信技术确保了生产数据的即时汇聚与远程传输,在保障员工安全及井下环境安全的前提下,实现了对各生产区域的全面覆盖。基于5G构建的井下全功能远程控制体系可以促进煤炭资源的精准开采,通过集成化的安全管理机制建设智能化的实时开采管控框架,为煤矿行业的智能化转型提供支持。

2.3 基于5G技术的虚拟交互应用

5G技术可以用于融合虚拟现实与增强现实技术,为煤矿开采过程构建一个高度沉浸式的虚拟环境。通过该方式,煤矿智能化开采实现了从基础的三维建模到虚拟场景展示、互动模式探索直至可视化设计的全方位提升。在混合现实与云端实时渲染中,5G技术凭借其超大的带宽与低延迟特性,极大地促进了井下煤炭资源的虚拟开发与高效管理,确保了数据传输的即时性与准确性。5G网络卓越的带宽性能是支撑智能化煤矿采用超高清视频、海量传感器等前沿技术的基础。为实现该目标,需从空口侧与网络侧两个维度提升网络的带宽^[2]。在空口侧,通过引入新型调制信道编码技术和大规模天线阵列,5G网络实现了峰值速率的大幅提升(可达20 Gbps,较4G网络提升了20倍),充分满足了智能化煤矿中多样化数据采集终端的接入需求。在网络侧,5G前传网络接口亦经历了从CPRI到eCPRI的升级,速率从10 Gbps提升至25 Gbps,有效降低了网络建设与维护的成本,为智能化煤矿中的5G网络切片架构的构建提供了基础,为煤矿智能化建设中的虚拟交互应用提供了支撑,如图2所示。

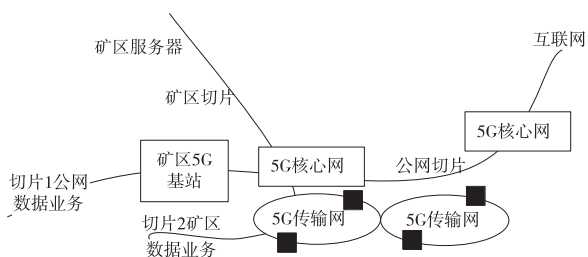


图2 智能化煤矿5G网络切片架构

2.4 井下远程协同运维管理

鉴于井下作业环境的复杂性与挑战性,如空间受限、深度增加等,传统的人工维护手段已不再适用。引入5G技术构建高效远程运维体系,可通过5G网络实现高清视频、音频等实时数据的无缝传输,将智能化操作系统深度集成至井下设备,并依托虚拟现实(VR)技术,为远程专家提供沉浸式的矿井现场视角,以提升故障诊断与维护的效率和精确度,保障生产安全与运营效率^[3]。

2.5 井下巡检和安防

在煤矿智能化转型中,基于5G移动通信技术构筑的系统架构成为井下巡检与安防工作的坚实后盾。该架构融合了高精度智能定位与超高速数据传输技术,深度嵌入了煤矿智能化发展的核心脉络,为井下作业的高效开展提供了基础。其不仅能实时监控装备运行状态与人员安全状况,还能通过实时共享井下数据与安全信息,构建起一个跨设备、跨终端的智慧数据生态系统。借助智慧终端的即时推送机制,可实现数据在多元设备间的无缝流转与深度整合,极大地提升了数据传输的时效性与准确性。5G技术的应用还促进了煤矿开采模式的创新,通过优化资源配置与作业流程,为煤炭资源的高效开采开辟了新的路径。

3 煤矿智能化转型中的挑战

3.1 建设成本高

在煤矿智能化转型中,5G技术虽是关键的驱动力,但其高昂的成本不容忽视。相较于4G,5G的网络架构更为复杂,对硬件设备的性能要求较高。频段资源的规划与部署是5G网络的基础,同样容易造成巨大的经济负担,对煤矿企业的财务规划构成挑战。面对成本难题,学术界与产业界需要深化5G技术的研发与创新,通过技术突破来降低建设成本。例如,聚焦于提升5G设备的能效比,优化网络架构设计,减少不必要的硬件冗余,以有效控制投资成本。同时,需要合理规划5G网络布局,充分利用现有的基础设施,避免重复建设与资源浪费。还需要积极争取并有效利用政府政策,如税收优惠、科研资助等,激励企业加大研发投入,提高5G技术的成本效益。

3.2 建设周期长

在煤矿中应用5G技术,需要经历漫长的建设周期。这是因为5G网络具有复杂性与广泛性,需要投入巨额的资金与人力资源来建设基础设施。由于5G网络需覆盖煤矿的各个角落,基站选址与建设需要进行细致的规划,以确保信号的全面覆盖与稳定性。另外,5G技术标准尚处于发展完善阶段,技术与设备尚未完全成熟,进一步延长了建设周期。因此,需要制定详细且科学的5G网络建设规划,注重技术探索和实际操作的可行性,同时加大对相关技术的研发投入,培养专业的人才队伍,以技术创新加速建设进程。

3.3 网络安全问题

随着5G网络的广泛部署,煤矿智能化体系中的信息资产规模快速膨胀,复杂度显著提升,增加了系统的脆弱性。5G网络架构的开放性与灵活性促进了技术创新与业务融合,但也让边缘网络成为安全防御的薄弱环节,尤其是在煤矿这种特殊应用场景下,网络环境的复杂性与恶劣性进一步加剧了安全挑战。智能化煤矿中的设备与数据价值较高,一旦遭受安全威胁,可能会导致巨大的经济损失,甚至引发严重的安全事故。鉴于煤矿智能化系统的控制难度与特殊性,网络安全风险的防控与管理变得尤为复杂,需要采用多维度、深层次的优化策略。

4 5G技术的优化措施

4.1 优化网络规划

鉴于煤矿环境的独特性(高粉尘、高温高湿等极端条件),网络规划必须充分考虑环境因素对设备性能与寿命的潜在影响。(1)采用防尘、防潮、耐高温的设备,并设计合理的散热与清洁维护机制,确保网络基础设施的稳定运行。(2)智能化煤矿生产对网络的依赖度极高,任何网络中断现象都可能引发连锁反应,影响生产安全与效率。因此,需要构建多层次的安全防护体系,集成先进的网络安全设备,如防火墙、入侵检测系统等,并实施严格的网络通信加密策略,确保数据传输的机密性、完整性与可用性。(3)需要建立应急响应机制与灾难恢复计划,以应对突发性网络故障,保障生产的连续性。煤矿生产环境的动态变化要求网络规划具备高度的弹性与适应性。因此需要构建弹性网络,让网络架构能灵活进行资源分配,快速适应生产需求的变化。(4)采用SDN(软件定义网络)、NFV(网络功能虚拟化)等技术,可以实现网络功能的动态编排与资源的按需部署;引入智能运维系统,通过大数据分析技术与机器学习算法,对网络性能进行实时监测与预测,可以及时发现并解决潜在问题,降低运维成本,提高网络的整体效能。

4.2 提高技术应用水平

为解决5G技术在煤矿智能化转型中的应用问题,还需要不断提升技术应用水平。(1)在技术层面,需要强化技术研发,以稳固并提升5G技术的核心性能,同时聚焦于算法优化,通过引入先进的编码与调制技术来提升网络传输效

率,保证数据的完整性。加强硬件设计与制造能力,采用高耐用性材料与创新的散热技术,确保设备能在极端环境下稳定运行。提升系统设计人员的专业素养,引入敏捷开发与持续集成方法,不断优化5G网络系统的架构设计,从根本上增强系统的健壮性与可靠性。优化5G技术的应用模式,如扩大5G网络的覆盖范围,利用智能基站布局与天线技术解决信号盲区问题,实现施工区域的无缝覆盖。(2)在应用场景层面,应紧密结合煤矿运营与管理需求,定制化地开发应用场景,如智能监控、远程操控等,以充分发挥5G技术的优势。借助大数据分析 with 机器学习等技术,对煤矿生产数据进行深度挖掘与分析,实现生产流程的智能化监控与预测,为煤矿决策提供依据,进一步提升5G技术的实际应用效果与价值。

4.3 加强网络安全监管

强化网络安全监管是应对潜在风险、保障系统稳定运行的关键策略。(1)改良网络安全培训机制,提升网络安全维护人员的专业素养,使其熟练使用最新的安全理念、威胁识别技能及应急响应策略,并形成全员参与的网络安全文化。(2)构建完善的网络安全管理体系,依据行业标准与最佳实践,制定详细的安全管理制度与操作规范,实现对网络设备、应用程序、服务提供商及管理行为的全方位监控与审计。(3)引入加密技术、访问控制策略、数据备份与恢复机制,加强对关键数据与应用的保护,确保数据的机密性、完整性与可用性。

5 结语

5G技术在煤矿智能化转型中具有广阔的应用前景,但也面临着技术障碍与安全挑战的双重门槛。政府与企业应携手加大投资与研发力度,推动5G技术与煤炭产业的深度融合,使其在生产监控、自动化作业、远程运维等领域实现更广泛的应用。

参考文献

- [1] 贺镜儒.5G+无人驾驶技术在露天煤矿智能化建设中的运用分析[J].中国设备工程,2024(16):55-57.
- [2] 李晨鑫.煤矿用5G关键技术研究现状与发展方向[J].工矿自动化,2024,50(7):79-88.
- [3] 赵青.基于5G的煤矿智能视频分析系统的研发与应用[J].智能矿山,2024,5(7):66-71.