

煤矿安全生产监控与通信技术

张 雪 宋世伟 王家威

光力科技股份有限公司 河南 郑州 450000

摘 要：本文聚焦煤矿安全生产监控与通信技术。煤矿安全生产监控系统由硬件和软件构成，硬件涵盖传感器、分站、交换机和主机，软件包括监控软件与数据库管理系统，具备实时监测、报警、数据存储分析和控制等功能，具有可靠性高、准确性强等特点。当前，我国煤矿安全生产监控与通信技术采用有线与无线通信融合模式被广泛应用，但存在设备老化、兼容性差等问题。为此，促进通信系统全方位系统化发展、有效应用定位技术、制定地质灾难应急预案、加强技术研发创新，旨在提升煤矿安全生产水平，保障人员安全与生产稳定。

关键词：煤矿；安全生产监控；通信技术

引言：煤矿作为我国重要能源产业，安全生产关乎人员生命与企业效益。煤矿生产环境复杂，瓦斯爆炸、透水等事故频发，威胁巨大。煤矿安全生产监控与通信是保障安全生产的核心，能实时监测环境参数和设备状态，及时发现隐患并采取措施，实现高效生产调度和信息传递。随着科技发展，相关技术不断进步，但仍面临挑战。深入研究煤矿安全生产监控与通信技术，对提升煤矿安全生产水平，促进煤炭行业安全、高效、可持续发展意义重大。

1 煤矿安全生产监控系统相关概念

煤矿安全生产监控系统是保障煤矿安全作业的关键设施，在煤炭生产中发挥着重要作用。它能够对煤矿生产过程中的各类关键参数和设备状态进行实时监测。从系统组成来看，其硬件设备涵盖了多个关键部分。如瓦斯传感器用于精准检测瓦斯浓度，一氧化碳传感器用于监测一氧化碳含量，温度传感器感知环境温度等。传感器是系统的感知终端，负责采集各类物理量和化学量数据，分布在煤矿井下的各个关键位置，实时捕捉现场信息。分站作为连接传感器与交换机的中间枢纽，承担着数据处理、存储和转发的任务，同时还为传感器供电并实施控制。交换机则是数据传输的关键桥梁，将分站上传的数据转换为适合传输的信号送达主机。主机是整个系统的核心大脑，负责对传输来的数据进行全面分析、处理、显示以及存储，同时实现对整个系统的管理与控制^[1]。软件系统同样重要，监控软件为操作人员提供了直观的人机交互界面，方便实时查看监测数据、设备状态，进行参数设置与报警处理等操作；数据库管理系统则承担着存储和管理监测数据的重任，为后续的数据分析与决策提供坚实的数据支撑。煤矿安全生产监控系统具备多种重要功能。实时监测功能可让操作人员及时掌

握现场的各类参数和设备运行状况；报警功能在监测数据超出设定阈值时，能迅速发出声光报警信号，提醒相关人员采取措施；数据存储与分析功能可对监测数据进行保存，方便后续查询和深度分析，从中挖掘潜在安全隐患；控制功能则能依据监测数据和预设策略，对相关设备实施远程控制，推动自动化生产进程。

2 我国煤矿安全生产监控与通信技术的发展现状

2.1 技术应用情况

目前，我国煤矿安全生产监控与通信技术已经得到了广泛的应用。在监控技术方面，大多数煤矿企业都安装了煤矿安全生产监控系统，实现了对瓦斯、一氧化碳等有害气体浓度以及设备运行状态的实时监测。还有一些先进的煤矿企业采用了智能化的监控技术，如利用人工智能算法对监测数据进行分析 and 预测，提前发现潜在的安全隐患。通信技术在煤矿生产中同样扮演着关键角色。煤矿企业普遍采用有线与无线通信融合的模式。有线通信里，光纤通信凭借其光信号在纤芯中全反射传输的原理，实现了超高速、大容量的数据传输，且传输距离远，稳定性极高，常用于传输关键设备控制信号以及大量的监测数据。电缆通信则以金属导线为传输介质，在传输可靠性和成本之间取得良好平衡，用于传输一般性的控制和监测信号。在无线通信方面，WiFi技术基于IEEE 802.11标准，在煤矿井下的固定工作区域，如调度室、配电室等，提供便捷的接入，方便工作人员进行设备调试与数据查询；4G技术则凭借其高速率的数据传输能力，保障了语音通信的清晰流畅以及视频监控数据的快速回传，满足了实时性要求较高的通信场景。还有部分煤矿企业已开启5G技术在煤矿生产中的探索应用。5G技术基于新空口（NR）技术，拥有高达10Gbps的峰值速率、低至1毫秒的超低时延以及每平方公里百万级

别的连接数,能够实现设备的远程精准操控、高清视频的实时回传分析以及大量物联网设备的同时接入,为煤矿安全生产监控与通信带来质的飞跃,有望重塑煤矿生产的作业模式与安全保障体系。

2.2 存在的问题

尽管我国煤矿安全生产监控与通信技术取得了一定的发展,但在实际应用中仍然存在一些问题。部分煤矿企业的监控与通信设备老化、落后,性能不稳定,无法满足煤矿安全生产的实际需求。煤矿安全生产监控与通信系统之间的兼容性较差,不同厂家生产的设备和系统之间难以实现互联互通和数据共享,给煤矿企业的统一管理和调度带来了困难。比如不同品牌的CAN通信设备,通信协议存在差异,难以协同工作。煤矿井下环境复杂,存在着电磁干扰、信号衰减、粉尘、潮湿等问题,影响了监控与通信信号的传输质量和稳定性。在无线通信中,蓝牙和LORA信号容易受到金属设备和复杂地形的干扰。在定位技术方面,目前常用的GPS定位技术在煤矿井下存在一定的局限性,无法实现全面覆盖,导致定位精度不高,影响了应急救援工作的效率。

3 煤矿安全生产中的有线通信技术

3.1 RS485通信

RS485通信在煤矿场景中应用广泛。它采用半双工差分传输方式,凭借差分信号出色的抗干扰能力,能在煤矿井下复杂的电磁环境中稳定工作。其工作原理基于A、B线的电压差来表示逻辑信号,有效提升了信号传输的可靠性。这种通信方式成本较低,布线也相对简单,非常契合煤矿井下大规模布线的需求。而且,它支持多个节点连接,最多可连接32个甚至更多节点,这使得煤矿井下众多分散的传感器,如瓦斯、一氧化碳、温度等传感器,能够方便地通过RS485总线将数据传输至分站,实现数据的集中收集与处理。不过,RS485通信也存在局限,传输距离理论上为1200米,实际受线缆质量和信号干扰影响会更短,传输速率也相对较低。为克服这些问题,可采用优质线缆、信号中继器以及优化通信协议等措施。

3.2 CAN通信

CAN通信作为一种多主工作方式的现场总线通信技术,在煤矿设备控制领域发挥着关键作用。它采用非破坏性总线仲裁技术,多个节点可同时向总线发送数据,当冲突发生时,优先级高的节点继续传输,低优先级的主动停止,确保了通信的可靠性。其数据传输速率高,最高可达1Mbps,具有高可靠性和实时性,在采煤机、刮板输送机等大型设备的内部通信以及设备间协同控制中

应用广泛。比如,采煤机的截割部、牵引部等部件通过CAN通信实时交换数据,保障设备高效稳定运行^[3]。此外,CAN通信常与PLC结合,实现设备自动化控制,还能与工业以太网融合,实现数据远程传输与监控。

3.3 光纤通信

光纤通信利用光信号在纤芯中全反射的原理传输数据,具备超高速、大容量的传输能力,带宽可达数十Gbps,传输距离远,在煤矿井下无中继传输距离可达数公里甚至更远。并且,它不受电磁干扰,稳定性极高,非常适合煤矿井下复杂的电磁环境。在煤矿安全生产中,常用于传输关键设备控制信号、海量监测数据以及高清视频信号。比如,将井上调度中心与井下核心设备相连,实现远程精准控制;快速传输井下监测数据至地面数据中心,便于实时分析处理;传输高清视频监控信号,让管理人员直观了解井下情况。

4 煤矿安全生产中的无线通信技术

4.1 LORA通信

LORA作为一种基于扩频技术的低功耗广域网无线通信技术,在煤矿安全生产领域具有重要应用价值。其关键技术为线性调频扩频(CSS),该技术通过将原始信号的频谱扩展到更宽的频带上,有效提升了信号的抗干扰能力与传输距离。在信号传输环节,LORA通过调制和解调实现数据的准确传输。调制过程将原始数据信号转换为适合在无线信道中传输的信号形式,而解调则是在接收端将接收到的信号还原为原始数据。其独特的调制方式能让信号在复杂环境中保持良好的传输性能,有效减少信号衰落和干扰。LORA通信在煤矿中有显著优势。它的传输距离长,即使在煤矿井下复杂环境,也能满足偏远区域设备的数据传输需求,如通风口、瓦斯监测点等位置分散设备的数据回传。

4.2 蓝牙通信

蓝牙通信是一种适用于煤矿井下短距离、低功耗设备之间通信的无线技术,工作频段为2.4GHz的ISM频段。它采用跳频扩频(FHSS)技术,可有效躲避干扰,因为当某一频点出现干扰时,信号可迅速切换到其他频点继续传输。蓝牙还采用自适应跳频(AFH)技术,该技术可根据周围环境的干扰情况自动调整跳频模式。当检测到某个频点干扰较强时,蓝牙设备会自动避开该频点,选择干扰较小的频点进行通信,从而进一步提高通信的稳定性和可靠性。在煤矿安全生产中,蓝牙通信常用于工作人员佩戴的便携式检测设备,如瓦斯检测仪、一氧化碳检测仪等与手机或其他终端设备之间的数据传输。这种短距离通信方式方便工作人员及时获取检测数

据,进行现场分析。而且,蓝牙设备具有体积小、成本低的特点,便于集成到各类便携式设备中,为煤矿安全生产的现场检测工作提供了便捷、高效的通信手段。

5 强化煤矿安全生产监控与通信技术的有效途径

5.1 促进通信系统朝着全方位和系统化发展

在煤矿安全生产体系里,通信系统是关键的一环,促进通信系统朝着全方位和系统化方向发展,对强化煤矿安全生产监控与通信技术意义重大^[2]。从全方位角度来看,需扩大通信覆盖范围,让信号无死角地覆盖煤矿井下各个区域。例如,在一些大型煤矿,通过布局基站与信号中继设备,让原本信号薄弱的偏远区域,也能实现顺畅通信,为一线作业人员与井上指挥中心的实时沟通提供了保障。从系统化角度而言,要构建完整统一的通信体系。把不同功能的通信模块进行有机整合。比如,将井下的有线电话网络与无线WiFi网络融合,工作人员既能在固定岗位通过有线电话沟通,也能在移动作业时借助无线设备随时联络。而且,通信系统要与其他安全生产监控系统深度融合,和瓦斯监测系统、通风控制系统、人员定位系统等实现数据共享与交互。当瓦斯监测系统检测到瓦斯浓度超标时,能即刻通过通信系统发出警报,并联动通风系统加大通风量,通知相关人员撤离,通过各系统协同运作,提升整体安全保障能力。此外,还要加强通信系统的智能化建设,利用人工智能技术对通信数据进行分析处理,实现故障自动诊断与预警,保障通信系统稳定运行,全方位、系统化的通信系统,将为煤矿安全生产筑牢坚实的通信根基。

5.2 有效应用定位技术

精准的定位技术对于煤矿安全生产至关重要,特别是在发生安全事故时,能够快速准确地确定人员和设备的位置,为应急救援工作提供重要依据。便携式定位装置具有体积小、重量轻、携带方便等优点,能够实时采集人员和设备的位置信息,并通过无线通信技术将数据传输给监控中心。另一方面,应加强对人员精准定位技术的研究和应用,如采用RFD以及漏泄电缆等技术,提高定位精度和覆盖范围。RFD技术具有识别速度快、精度高、抗干扰能力强等优点,能够在复杂的煤矿井下环境中实现对人员和设备的精准定位。漏泄电缆则可以解

决无线信号在煤矿井下传输过程中的衰减问题,确保定位信号的稳定传输,对遇险人员进行快速定位,为救援工作争取宝贵时间。

5.3 加强技术研发与创新

技术研发与创新是推动煤矿安全生产监控与通信技术发展的关键。煤矿企业应加强与科研机构、高校等的合作,共同开展技术研发和创新工作。加大对新技术、新设备的研发投入,积极探索适合煤矿安全生产的监控与通信技术^[4]。比如,研究开发更加先进的传感器技术,提高对有害气体和设备运行状态的监测精度;探索新的通信技术和网络架构,提高通信系统的可靠性和传输效率;开展人工智能、大数据等技术在煤矿安全生产监控中的应用研究,实现对监测数据的智能化分析和处理,提前预测安全隐患。同时加强对技术研发成果的转化和应用,将新技术、新设备及时推广到煤矿生产中,提高煤矿安全生产的技术水平。

结束语

综上所述,煤矿安全生产监控与通信技术在煤矿生产中起着举足轻重的作用。现有监控系统虽功能强大,但在实际应用中,通信技术仍存在诸多问题亟待解决。老旧设备需更新换代,兼容性问题要通过统一标准来攻克,复杂环境带来的干扰需借助技术创新应对。未来应持续加大对煤矿安全生产监控与通信技术的研发投入,推动RS485、CAN、LORA、蓝牙等技术的优化升级,加强不同技术的融合应用。同时提高煤矿企业对技术的重视程度,加强设备维护和人员培训,从而构建更加稳定、可靠、高效的煤矿安全生产监控与通信体系,为煤矿安全生产提供坚实保障。

参考文献

- [1] 佟智勇. 监测监控技术在煤矿安全生产中的应用的分析[J]. 中国科技期刊数据库工业A, 2024(11): 193-196.
- [2] 叶群. 浅谈智能视频监控技术在煤矿安全生产中的应用[J]. 电脑知识与技术, 2020, 16(15): 241-242.
- [3] 崔晓霞. 安全监测监控系统在煤矿安全生产中的作用[J]. 煤炭新视界, 2024(1): 33-34.
- [4] 王博翰, 郭俊. 煤矿安全监控系统技术及智能化发展趋势[J]. 陕西煤炭, 2024, 43(3): 109-112+148.