

井下人员定位监控系统研究

刘钟泽

鄂尔多斯永煤矿业有限公司 内蒙古 鄂尔多斯 017000

摘要：煤矿井下环境复杂，对人员定位监控系统要求极高。马泰壕煤矿定位系统采用分层架构，融合定位、数据传输及处理分析等关键技术，实现人员精准定位、轨迹跟踪、区域管控与报警及应急救援指挥等功能。当前系统在定位精度、传输稳定性等方面仍有不足，未来将通过技术优化，与更多安全系统融合，降低成本，实现煤矿安全高效发展。

关键词：煤矿智能化改造；井下人员定位；监控系统；研究

引言：在煤矿产业智能化转型浪潮中，井下人员安全保障是核心议题。煤矿井下环境复杂恶劣，高温、高湿、粉尘密集及强电磁干扰等因素，对人员定位监控系统的稳定性与可靠性提出了严苛挑战。构建一套高效、精准、稳定的井下人员定位监控系统，成为保障煤矿安全生产、提升管理效率的关键所在。本文将从马泰壕煤矿定位系统的总体设计架构出发，深入剖析其关键技术、功能实现，并探讨技术优化方向、现存问题及未来发展趋势，为煤矿智能化安全管控提供参考。

1 马泰壕煤矿井下人员定位监控系统总体设计

马泰壕煤矿井下环境复杂，存在潮湿，粉尘，电磁干扰等诸多不利因素，这些因素对井下人员定位监控系统的稳定性和可靠性提出了极高要求。因此，在进行该系统总体设计时，必须充分考虑这些环境特点，采取针对性措施加以应对。（1）煤矿井下人员定位监控系统采用分层架构，主要由硬件层、软件层和应用层三部分紧密协作构成。硬件层作为系统的物理基础，包含定位终端、基站以及传输设备等关键组件。定位终端由井下人员随身携带，负责实时采集人员位置信息；基站分布在井下各个区域，接收定位终端发出的信号；传输设备则将基站收集到的信息快速、稳定地传输至后续处理环节，确保数据不丢失、不延误。（2）软件层是系统的核心处理单元，涵盖数据处理、定位算法、数据库管理等多个模块。数据处理模块对采集到的原始数据进行清洗、转换和整合；定位算法模块运用先进的算法，精确计算出人员的位置坐标；数据库管理模块则对海量数据进行存储、检索和维护，为系统提供数据支持。（3）应用层为用户提供直观、便捷的人机交互界面，实现人员定位监控、轨迹查询、报警等实用功能。系统设计目标清晰明确，要实现对井下人员的实时精准定位，定位精度需达到毫米级，以满足实际管理需求；能够实时监

控人员的移动轨迹，准确记录人员的进出时间和所在区域；当人员进入危险区域或遭遇紧急情况时，系统能迅速发出报警信号，并及时通知相关人员进行处理，保障井下人员的生命安全^[1]。

2 系统关键技术

2.1 定位技术

定位技术作为煤矿井下人员定位监控系统的核心要素，其性能直接决定了整个系统的效能。当下，应用于井下的主流定位技术包含射频识别（RFID）技术、蓝牙技术、Wi-Fi技术以及超宽带（UWB）技术等，它们各有特点与适用场景。（1）RFID技术成本优势显著，其识别距离处于适中水平，能满足基本的识别需求，但定位精度相对有限，难以实现高精度的位置确定。蓝牙技术以低功耗著称，非常适合短距离定位场景，不过在井下这种复杂的环境中，信号容易受到遮挡和干扰，稳定性欠佳。Wi-Fi技术具有广泛的覆盖范围，借助合适的算法能够实现较高精度的定位，然而井下存在大量电气设备，会产生较强的电磁干扰，影响其定位的稳定性。（2）超宽带（UWB）技术优势突出，具备极高的定位精度，能够在复杂的井下环境中实现毫米级定位，同时其抗干扰能力极强，可有效抵御井下粉尘、潮湿等因素对信号的影响，因此成为当前井下定位的主流技术之一。在实际应用中，需综合考虑井下的巷道布局、设备分布、人员活动范围等具体环境因素，以及不同业务对定位精度的需求，选择合适的定位技术，也可采用多种技术融合的方式，提升定位的准确性和可靠性。

2.2 数据传输技术

在煤矿井下人员定位监控系统智能化改造中，数据传输是连接前端信息采集与后端处理分析的关键环节。然而，井下环境极为复杂，存在着信道状况多变、传输距离长远以及各类干扰严重等诸多难题，这对数据传输

技术的可靠性和稳定性提出了严苛要求。

目前,井下常用的数据传输技术主要分为有线传输和无线传输两大类。(1)有线传输技术,像以太网、光纤等,具备显著优势。其传输速率高,能够快速、大量地传递数据,而且稳定性良好,受外界干扰因素影响较小。但有线传输也存在明显不足,井下巷道纵横交错,布线难度极大,不仅耗费大量的人力、物力和时间,而且成本高昂。同时,在井下恶劣的环境下,线缆容易受到机械损伤、潮湿腐蚀等,影响数据传输的正常进行。(2)无线传输技术,如ZigBee、LoRa、4G/5G等,则展现出布线灵活、成本低的特点,尤其适用于复杂的井下环境。随着5G技术的飞速发展,其低时延、高带宽、广连接的卓越特性,为井下数据传输带来了全新的解决方案,能够充分满足实时定位监控、高清视频传输等对数据传输要求极高的业务需求,推动井下数据传输技术迈向新的台阶。

2.3 数据处理与分析技术

在煤矿井下人员定位监控系统的运行过程中,会产生海量且复杂的数据,涵盖人员的实时位置信息、定位设备的运行状态信息等。这些数据不仅数量庞大,而且可能存在冗余、错误等问题,直接影响了数据的有效性和可用性,因此必须运用科学有效的数据处理与分析技术加以处理。(1)数据处理阶段,数据清洗是关键环节。通过设定合理的规则和算法,能够精准识别并去除数据中的冗余部分和错误信息,如重复的位置记录、异常的设备状态数据等,从而显著提高数据质量,为后续分析提供可靠基础。数据融合技术则可来自不同定位终端和传感器的数据进行整合,形成更全面、准确的信息,进一步提升数据的价值。(2)在数据分析方面,借助大数据分析和人工智能等前沿技术,深入挖掘数据背后的潜在规律。例如,对人员的移动轨迹和活动规律进行细致分析,能够清晰掌握人员在井下的活动范围和频率。基于此,若发现人员在危险区域的停留时间和频率过高,煤矿管理部门便可及时采取针对性措施,如加强该区域的安全警示、优化作业流程等,有效减少人员进入危险区域的次数,切实降低安全风险,为煤矿的安全生产管理提供强有力的决策支持^[2]。

3 系统功能实现

3.1 人员定位与跟踪

在煤矿井下复杂且多变的环境中,人员定位与跟踪功能是保障安全生产与高效管理的关键环节。(1)马泰壕煤矿定位系统巧妙借助先进的定位终端,采用超宽带(UWB)高精度定位技术,能够实时、精准地采集井下

人员的位置信息,其定位精度可达到毫米级,为后续的精准管理提供了坚实的数据基础。(2)采集到的位置信息会通过稳定可靠的有线数据传输与无线网络相结合的方式,迅速且无误地传输至马泰壕煤矿调度监控中心。监控中心配备有功能强大的软件平台,该平台具备高效的数据处理和解析能力。它能够对接收到的海量位置信息进行快速处理,精准解析出人员的具体位置坐标,并在精心绘制的电子地图上进行直观、实时的显示。(3)软件平台还会对人员的移动轨迹进行全程跟踪记录,形成详细的历史轨迹数据。管理人员只需通过平台简单操作,即可随时查询特定人员的当前位置,快速掌握其在井下的分布情况。同时,还能调取人员的历史轨迹信息,深入了解其作业路径、活动范围和作业时长等,从而为合理调度人员、优化作业流程以及保障安全生产提供有力的数据支持和决策依据。

3.2 区域管控与报警

在井下复杂且多变的作业环境中,区域管控与报警功能是保障人员安全、规范作业流程的重要防线。马泰壕煤矿定位系统具有以下功能:(1)系统具备高度灵活的区域设置能力,能够依据井下的实际布局、生产工艺以及安全规范,精准划分出不同类型的区域,涵盖危险区域(如瓦斯积聚区、顶板易垮落区)、限制区域(如设备检修禁入区、爆破警戒区)以及作业区域(如采煤工作面、掘进巷道)等。(2)当井下人员进入或离开这些预先设定好的区域时,系统依托先进的定位技术,能够迅速且精准地自动识别人员的位置变动情况,并立即触发相应的报警机制。报警形式丰富多样且实用,现场会通过声光报警装置发出响亮且醒目的警报声和闪烁灯光,第一时间提醒在场人员注意;同时,系统还会以短信报警的方式,将报警信息及时推送至管理人员和相关责任人的手机上,确保信息传递的及时性和准确性。(3)系统还可针对人员在危险区域的停留时间进行严格限制。一旦人员停留时长超过预设的安全阈值,系统会毫不犹豫地发出紧急报警,促使管理人员迅速采取应对措施,有效降低安全风险,保障井下作业人员的生命安全^[3]。

3.3 应急救援支持

在复杂且充满不确定性的井下环境中,突发事件一旦发生,每一秒都关乎着受困人员的生命安危,高效、精准的应急救援支持系统至关重要。(1)当井下突发事件降临,马泰壕煤矿定位系统凭借其高精度的定位技术,能够迅速且精准地锁定受困人员的位置,为应急救援行动提供至关重要的准确信息。(2)救援人员可借助系统强大的查询功能,快速获取受困人员的最后已知位

置以及详细的移动轨迹。基于这些关键信息,救援团队能够全面、深入地分析受困人员可能所处的环境、面临的危险以及最佳的救援路径,进而制定出科学合理、切实可行的救援方案,大大提高救援效率,为受困人员争取宝贵的生存时间。(3)系统还具备出色的集成能力,可与应急通信系统紧密结合。通过这一功能,救援人员能够与受困人员实现实时、稳定的通信。一方面,及时了解受困人员的身体状况、周边环境等具体情况;另一方面,给予受困人员必要的心理安抚和自救指导,增强他们求生的信心和勇气,为成功实施救援行动奠定坚实基础。

4 定位监控系统发展探讨

4.1 技术优化方向

要进一步提升煤矿井下人员定位监控系统的性能,技术优化是核心路径。在定位技术领域,要针对现有技术精准发力。一方面,着力改进既有技术的缺陷,像提升RFID技术的定位精度,使其能更精确地锁定人员位置;强化蓝牙技术在复杂井下环境中的信号稳定性,减少信号丢失和干扰。另一方面,加大对新型定位技术的研发投入,积极探索契合井下特殊环境的定位新方式。在数据传输技术方面,需不断完善有线传输的抗损能力,降低线缆在井下受损概率;优化无线传输的抗干扰性能,借助先进算法和技术手段,充分发挥5G等新兴技术优势,保障数据传输的高效与稳定。

4.2 现存问题分析

煤矿井下人员定位监控系统虽在保障煤矿安全生产方面成效显著,但现存问题不容忽视。在定位精度上,部分系统于复杂井下环境中表现欠佳,受巷道布局、信号反射等因素干扰,定位精度难以达到高精度作业要求,影响人员位置判断的准确性。数据传输稳定性也有待加强,井下潮湿、多尘、强电磁干扰等恶劣条件,易使数据传输出现丢失或延迟,影响信息实时性。同时,系统成本偏高,给中小型煤矿带来较大资金压力。而且,系统与其他煤矿安全监测系统融合不足,信息无法有效共享与协同工作,难以形成全方位安全保障合力,

限制了整体安全保障能力的提升^[4]。

4.3 未来发展趋势

展望未来,煤矿井下人员定位监控系统将步入智能化、精准化与集成化深度融合的新阶段。人工智能、物联网、区块链等前沿技术的持续融入,将赋予系统更强大的性能。定位精度与抗干扰能力会显著提升,即便在复杂多变的井下环境也能精准定位。数据处理与分析能力不断跃升,可深度挖掘数据价值,为安全生产提供更具前瞻性和精准性的决策依据。系统还将与通风、瓦斯监测、顶板监测等安全系统深度融合,构建一体化安全监测网络,实现信息实时共享与协同联动。而且,随着技术成熟与规模化应用,系统成本将逐步降低,推动其在更多煤矿普及,助力煤矿产业安全高效可持续发展。

结束语

煤矿井下人员定位监控系统是保障煤矿安全生产的关键力量。从总体设计到关键技术,再到功能实现,各环节紧密相连、协同共进,为井下人员安全与高效管理筑牢根基。尽管当前系统在定位精度、数据传输稳定性、成本及系统融合等方面存在挑战,但技术优化方向明确,未来发展前景广阔。随着人工智能、物联网等前沿技术的深度融入,系统将迈向智能化、精准化与集成化新高度,实现定位更精准、数据处理更智能、多系统协同更紧密。同时,成本降低将推动其广泛普及,为煤矿产业安全、高效、可持续发展提供更为坚实有力的技术支撑与保障。

参考文献

- [1]夏超锋.煤矿井下人员定位视频监控系统设计与实施[J].自动化应用,2024,65(13):196-198.
- [2]原彩彩.煤矿井下人员定位跟踪系统软硬件开发与实践分析[J].自动化应用,2024,65(09):240-242.
- [3]李静.矿井人员定位系统定位精度的优化设计与应用[J].自动化应用,2024,65(06):28-30.
- [4]汪爽.基于UWB定位技术的井下人员定位系统设计研究[J].矿业装备,2023(12):191-193.