

Practical Research on Digital Mining System and Intelligence in Mines

Yongsheng Liu

Xinjiang Anyi Jianxin Construction Engineering Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract

The digital mining system is a major innovation in the mining industry in recent years, which achieves efficient and intelligent management of mine mining through the comprehensive construction of physical layer, data link layer, and network application layer. The paper mainly studies the practical application of digital mining systems and their intelligent technologies in mines, especially in mining planning, production monitoring, and underground personnel positioning. Through the application of simulation tools, the high accuracy of digital mining systems in underground personnel positioning has been verified, further improving the safety and efficiency of mine operations, and striving to provide important references for the development of future mining technology.

Keywords

digital mining system; intelligentization; mine

数字化矿山系统及智能化在矿井中的实践研究

刘永胜

新疆安壹健鑫建设工程有限责任公司, 中国·新疆 乌鲁木齐 830000

摘要

数字化矿山系统是近年来矿业领域的重大创新,通过物理层、数据链路层、网络应用层的综合构建,实现了矿井开采的高效、智能化管理。论文主要研究了数字化矿山系统及其智能化技术在矿井中的实践应用,特别是在矿井开采规划、生产监测以及井下人员定位等方面的应用。通过仿真工具的应用,验证了数字化矿山系统在井下人员定位方面的高精度,进一步提高了矿井作业的安全性和效率,力求为未来矿业技术的发展提供了重要的参考。

关键词

数字化矿山系统; 智能化; 矿井

1 引言

随着全球资源开采的持续加深,矿山安全生产和高效管理已成为矿业发展的关键。传统的矿山开采依赖人工操作和经验判断,存在安全风险高、效率低下等问题。为此,数字化矿山系统应运而生,通过集成先进的信息技术和自动化设备,实现矿山开采的智能化管理,旨在提升矿山生产的安全性、效率和可持续性。然而,数字化转型过程中,如何有效实施矿山系统的智能化及其在实际矿井中的应用,成为亟待解决的问题。特别是在复杂地质条件下,保证系统精准高效的井下人员定位与生产监测,对于防止事故的发生、保障矿工安全具有重要意义。因此,深入研究数字化矿山系统及其智能化应用,对推动矿业技术进步和提高矿山安全生产水平具有重要价值^[1]。

2 数据化矿山的基本构造

2.1 物理层

在数字化矿山系统的构建中,物理层的建设是基础且关键的一环。它涉及煤矿井下的基础网络建设,包括有线和无线两种主要的通信方式。有线环网提供了一种稳定且可靠的数据传输方式,常被选作物理层建设的主要手段。通过铺设光纤或电缆,形成一个覆盖整个矿井的网络系统,确保数据传输的高速度和高安全性。此外,无线 Wi-Fi 作为辅助手段,通过建设无线平台部分,增加了系统的灵活性和扩展性,尤其在那些难以铺设有线网络的区域展现出其独特的优势。物理层的建设不仅限于选择有线或无线的单一模式,更多时候会采用有线和无线的混合方式,以实现更为全面和稳定的网络覆盖。井下数据的接入方式也呈现出多样性,常见的数据接入方式包括 RS485 和 TCP/IP 等。这些方式通过标准化的接口设计,能够实现各种设备和系统的无缝接入,为数据的实时采集、传输和处理提供了坚实的基础。

【作者简介】刘永胜(1978-),男,中国甘肃定西人,注册安全工程师,从事安全工程研究。

2.2 数据链路层

在数字化矿山系统的架构中，数据链路层扮演着至关重要的角色，它负责原始数据的接入、采集和初步处理，为上层的应用提供可靠的数据支持。实现高效稳定的数据链路层，需要依托于煤矿的基础设施建设，特别是那些已经部署完成的关键系统，如“六大系统”和视频监控系统等。这些系统构成了煤矿数据采集的主要来源，涵盖了生产监控、安全监测、通讯信号、人员定位、环境监测和设备维护等多个方面，为矿山的数字化转型提供了坚实的基础。当这些原始数据通过物理层的通信网络传输至服务器后，数据链路层的作用便凸显出来。在这一层级，数据不仅被采集和聚合，还需要经过必要的格式化处理，以满足后续应用层分析和处理的需求。这一过程涉及数据的清洗、校验和转换等操作，确保数据的准确性和一致性。通过这样的处理，数据链路层为矿山的智能化管理和决策提供了可靠的数据支撑，是连接物理采集设备与网络应用层之间的桥梁。因此，构建一个高效、稳定的数据链路层对于整个数字化矿山系统的成功实施至关重要^[2]。

2.3 网络应用层

在数字化矿山系统中，网络应用层是实现高级功能和智能化管理的核心所在，它包含了网络层和应用层两个重要组成部分。网络层主要负责数据的传输和通信，而应用层则着重于数据的应用和处理，两者共同构成了数字化矿山实施的关键平台。网络层的建设以有线环网平台和无线网络平台为基础，通过主干环网的布设实现井下大巷及作业环境中的数据传输。在环境恶劣的井下工作面，无线网络的覆盖则成为保障信号传输的有效方式。这种结合有线和无线的网络架构，不仅增强了网络的稳定性和覆盖范围，也为数据的实时传输提供了可靠保障。在地面的机房，服务器的统一管理和硬件防火墙的使用，确保了网络安全和数据的有效隔离。采用双网卡信息发布服务器加防火墙技术，实现了工业环网与企业信息网之间的安全通信，既保护了数据的安全，也满足了信息共享和传递的需求。网络应用层上的数字化应用是矿山智能化管理的具体实现形式。在这一层，各种专业化的应用软件和系统被开发和部署，用于处理和分析从物理层和数据链路层收集来的数据，支持矿山的生产监控、安全管理、决策分析等多方面的需求。

3 数字化矿山系统及智能化在矿井中的运用过程

3.1 矿井开采规划

数字化矿山系统在矿井开采规划中的应用，体现了现代信息技术对传统矿业的深度融合与革新。通过实时监控系统收集的矿山数据，结合工程地质学等领域的专业理论知识，数字化矿山系统能够在三维建模的支持下，对矿井开采过程进行精准的三维重现。这一过程不仅依赖于系统内部构建的高度成熟的数据模型，更通过这些模型输出最佳的矿井

开采方案，极大提高了矿井规划的科学性和精确性。随着开采过程中空间数据的更新和变化，数字化矿山系统展现出了其强大的灵活性和适应性。系统内置的建模算法可以快速响应数据变化，实现开采方案的一键调整。这种调整过程不仅简便快捷，而且通过三维渲染引擎的直观展示，能够清晰地呈现矿井采掘系统、井巷系统、给排水系统、铺运轨道系统、通风系统、供电系统等关键环节的实时状态。这为矿山管理者提供了一个直观、全面的决策支持平台，使得矿井开采规划更加合理化、系统化。此外，数字化矿山系统的这种应用不仅提高了矿井开采的效率和安全性，还为资源的合理开发和环境保护提供了技术保障。通过精确的三维模型和数据分析，矿山开采活动更加贴近实际地质情况，减少了不必要的资源浪费和环境破坏，实现了矿业可持续发展的目标^[3]。

3.2 矿井生产监测

在数字化矿山系统中，矿井生产监测的实践展示了系统如何有效整合各类监测数据，以及这些数据如何支持矿井生产的高效与安全。以中央变电所监测为例，设计风量为 $50.00\text{m}^3/\text{s}$ ，而实际测得的风量为 $49.9\text{m}^3/\text{s}$ ，环境温度保持在 20°C 。这样的监测数据为矿井生产管理人员提供了实时、准确的设备运行状态，使得对通风设备、电力设备等关键设施进行预防性维护和检修成为可能。通过将设备的点检数据集成到数字化矿山系统中，实现了对矿井机电数据的全生命周期管理。这不仅提高了设备的完好率，也为矿井的高效运作提供了坚实的保障。在地质结构复杂、资源层厚度薄且数量多的矿井中，如此系统的应用尤为关键。当矿井遭遇大量降水，可能引发泥石流等灾害时，数字化矿山系统的监测与预警功能就显得尤为重要，这些功能可以显著降低地下资源层不稳定带来的风险，对整个矿区区域的安全控制提供强有力的技术支撑。除了基本的监测功能外，数字化矿山系统还支持矿井查询漫游、三维可视化和数值模拟等高级功能。这些功能不仅提升了矿井监测的效率和准确性，也极大地增强了数据的可视化和可操作性。通过三维模型系统和数值模拟接口或工程计算机辅助设计（CAD）接口的应用，矿井生产管理人员能够更直观地理解矿井的实际情况，更有效地进行生产调度和安全管理。这种技术的应用，标志着矿山生产管理向数字化、智能化的转型，为矿山安全生产提供了新的解决方案^[4]。

3.3 井下人员定位

在数字化矿山系统中，井下人员定位技术的实施是对提高矿山安全生产水平的重要贡献。这一技术在井下人员生命体征监测的基础上，进一步集成了先进的测距算法及基于接收信号强度指示（RSSI）的定位算法。该系统通过分析基站发出的信号与井下人员携带的射频识别设备接收到的信号之间的差值，利用空间传播损耗公式计算出人员与基站的相对距离，实现了精准的人员定位。系统通过收集信号发射功率、天线增益以及接收节点的接收功率等信息，估算

矿井下的信号传播损耗,进而将这种传播损耗转化为人员与发射基站之间的距离。特别是在基站的发射信号功率设定为2000MHz的条件下,信号的传播损耗主要取决于井下人员携带的射频识别设备与基站之间的距离。通过考虑自由空间中电波的损耗情况,系统能够完成对人员位置的精确定位。这种井下人员定位技术不仅能够紧急情况下快速定位井下人员的位置,提高救援效率,同时也能够日常生产中实时监控人员分布,优化人员配置,从而有效预防事故的发生。此技术的应用极大增强了数字化矿山的安全管理能力,是矿山智能化发展过程中的一大进步。

4 数字化矿山系统在井下人员定位中的应用精度

4.1 仿真工具

在 Windows10 操作系统上,通过使用 Matlab 仿真工具对数字化矿山系统中的井下人员定位技术进行了精密的仿真分析。这一过程涉及设置一个模拟的矿井环境,其尺寸为宽 100cm、长 10000cm、高 200cm。在此环境中部署了无线基站和手持射频识别终端以及基站天线,旨在模拟矿井中人员的位置定位。基站之间的间隔设定为 65m,这样的布局可以确保覆盖整个模拟环境,而基站位置的 RSSI 值则被用作定位算法的关键输入参数。仿真的设置重点模拟了矿井下人员活动的真实情况,包括环境的温湿度、巷道内壁的表面条件等,以期达到与实际矿井环境尽可能相似的效果。特别是,温湿度的恒定性是这一仿真设置的一大特点,因为它对于信号传播特性有着显著影响。此外,在距离基站 100cm 处设置的测点,旨在检验定位系统在相对较近距离下的精确度。通过这样的设置,研究者能够详细记录和分析在不同环境条件下,信号强度如何变化以及这些变化如何影响定位精度。这一仿真工作的核心在于评估数字化矿山系统在实际应用中可能遇到的各种挑战,如信号衰减、多径传播以及环境干扰等,对井下人员定位精度的影响。通过 Matlab 工具,研究者可以模拟这些因素对信号传播的影响,并据此评估定位系统的性能。这种仿真分析方法为优化定位技术提供了宝贵的数据支持,有助于开发出更加准确和可靠的井下人员定位系统,进一步提高矿井作业的安全性和效率^[5]。

4.2 仿真效果

在进行数字化矿山系统中井下人员定位精度的仿真研

究时,采取了一种细致入微的方法来确保测量结果的可靠性和精准度。这种方法涉及在多个时间段和位置进行广泛测量,以便能够全面评估系统的性能。在每个预定位置连续进行 10 次测量,每次测量覆盖 10 米的距离,每次测量又包括了 10 组数据,每组数据由 30 条结果组成。通过计算每组数据的平均值,最终得到了 10 条综合数据结果。这些测量所得的 RSSI (接收信号强度指示) 值范围在 50~70 之间。当这些 RSSI 值被转换为以 10 为底的对数值之后,其范围位于 1~3 之间。这一步骤是为了更方便地处理和比较数据,因为对数转换可以使得数据的趋势和差异更加明显。通过这种精密的测量和数据处理方法,发现每个距离对数所对应的 RSSI 实测值与数字化矿山系统预测的理论化趋势高度一致。这种一致性表明,数字化矿山系统在进行井下人员定位时具备较高的精度,其数据的可信度和可靠性都十分良好。因此,这种方法不仅证明了数字化矿山系统在实际应用中的有效性,也突显了其在提高矿井安全性和管理效率方面的巨大潜力。

5 结论

论文深入探讨了数字化矿山系统及其在井下人员定位中的应用,通过实践证明了该系统不仅提高了矿井作业的安全性和效率,而且在井下复杂环境中展现出了高度的定位精确性。通过仿真工具和实地测量,验证了数字化矿山系统在矿井人员定位方面的有效性,为矿山安全监控和管理提供了新的技术手段。随着技术的不断进步和优化,数字化矿山将在促进矿山安全生产和提升管理水平方面发挥更大的作用。

参考文献

- [1] 单波.数字化矿山系统及智能化在矿井中的运用[J].中国高新科技,2023(11):49-51.
- [2] 刘伟.数字化矿山系统及智能化在矿井中的应用[J].产业创新研究,2022(20):88-90.
- [3] 王杰.数字化矿山系统及智能化在矿井中的应用[J].矿业装备,2022(2):194-195.
- [4] 陈继勋.数字化矿山系统及智能化在矿井中的应用[J].内蒙古煤炭经济,2021(15):142-143.
- [5] 赵文阳,乔茂华.关于数字化矿山系统分析及智能化在矿井中的应用探讨[J].智库时代,2019(46):285-286.