

物联网与 AI 融合露天煤矿运输设备的监控系统

王立佳 王是达 包威健
扎鲁特旗扎哈淖尔煤业有限公司
DOI:10.12238/pe.v3i4.15130

[摘要] 露天矿山运输设备的作业环境复杂,安全隐患突出。为此,设计了一套基于物联网(IoT)与人工智能(AI)相融合的安全监控系统。该系统运用物联网技术,实现对设备温度、压力、运行速度等状态数据的实时采集与传输;通过人工智能算法对海量数据进行深度分析,以实现故障及异常工况的智能预警。系统应用后,能够提前识别潜在风险,例如设备故障初兆和异常运行趋势。它为矿山设备安全管理提供了新途径,有力保障了露天矿山运输作业的安全。

[关键词] 物联网; 人工智能; 露天煤矿; 运输设备; 安全监控
中图分类号: TD824 **文献标识码:** A

IoT and AI Integrated Monitoring System for Transportation Equipment in Open-pit Coal Mines

Lijia Wang Shida Wang Weijian Bao
Zhahlunt Banner Zhanhannuoer Coal Industry Co., Ltd.

[Abstract] The operating environment of transportation equipment in open-pit mines is complex, with prominent safety hazards. To address this, a safety monitoring system based on the integration of the Internet of Things (IoT) and Artificial Intelligence (AI) was designed. This system utilizes IoT technology to achieve real-time collection and transmission of status data such as equipment temperature, pressure, and operating speed. Through AI algorithms, massive amounts of data undergo deep analysis to enable intelligent early warning for faults and abnormal working conditions. After deployment, the system can proactively identify potential risks, including incipient signs of equipment failure and anomalous operational trends. It offers a new approach for mine equipment safety management and effectively safeguards the safety of open-pit mining transportation operations.

[Key words] Internet of Things; Artificial Intelligence; Open-pit Coal Mine; Transportation Equipment; Safety Monitoring

引言

露天煤矿的运输设备作业环境因其开放性、多变性和复杂性而面临着诸多挑战。这些环境因素包括但不限于极端天气条件、地质变化,以及作业过程中可能出现的突发事件。这些复杂性因素不仅对运输设备的正常运行构成了威胁,更对作业人员的安全带来了严重的隐患。在这样高风险的环境中,传统的监控和管理手段已经难以满足现代矿山安全的需求。

随着物联网(IoT)和人工智能(AI)技术的快速发展,它们在矿山领域的应用也日益广泛,尤其是在保障矿山安全发展和管理效率方面展现出巨大作用。

总之,物联网与AI技术在矿山领域的应用,不仅提高了煤矿作业的安全性和效率,也为煤矿安全管理提供了更加科学和智能的手段。

1 研究现状

物联网(IoT)技术在煤矿安全监控系统中的应用,已成为提升煤矿安全生产水平的关键技术之一。国内外众多研究机构和企业已经在该领域展开了深入的研究,并取得了一系列成果。

在国内,中国矿业大学(北京)的研究团队针对煤矿安全监控系统,开发了一套基于物联网的智能监控系统。该系统通过在煤矿中部署多种传感器,如气体浓度传感器、温湿度传感器和振动传感器等,实时采集环境数据。这些数据通过无线网络传输至地面数据处理平台,并利用高效的数学模型进行分析,以评估煤矿的安全风险。该团队的研究表明,该系统能够有效提高煤矿安全预警的准确性和响应速度,从而降低安全事故的发生率^[1]。

在国际上,美国矿业安全与健康协会(MSHA)也开展了相关的研究。他们开发了一种新的传感器融合技术,该技术能够综合分析来自不同传感器的数据,以提供更全面的煤矿环境监控信

息。通过使用加权平均模型和指数化调整,该技术能够更准确地反映出异常值的潜在威胁,从而提高煤矿的安全管理水平。

这些研究进展表明,物联网技术在煤矿安全监控系统中的应用具有显著的技术特点和应用效果。通过实时数据采集与分析,物联网技术能够提高煤矿安全预警的准确性和响应速度,从而降低安全事故的发生率。同时,通过智能联动与自动化控制,物联网技术能够提高煤矿的安全管理水平,实现高效、安全生产。

2 系统设计与架构

在煤矿物联网监控系统中,传感器和通信模块等硬件设备的选择至关重要,它们直接关系到系统的监测精度、数据传输效率以及整体运行稳定性。系统中的传感器种类繁多,包括温度传感器、湿度传感器等,这些传感器能够实时感知煤矿环境中的各种关键参数,为煤矿安全监测提供第一手数据。

通信模块的选择同样关键,系统采用了Zig Bee技术,这是一种广泛应用于低功耗、低成本的无线通信技术,特别适合于传感器网络的构建²。Zig Bee技术能够在多个传感器节点之间实现高效的数据传输,支持自组织和自修复网络,这对于煤矿这种复杂环境下的数据传输尤为重要^[2]。

综上所述,煤矿物联网监控系统的硬件设计需要综合考虑传感器的监测能力、通信模块的传输效率、电源模块的供电稳定性以及整个系统的成本效益。通过精心设计和合理选择这些硬件设备,可以构建一个高效、可靠的煤矿安全监测系统,为煤矿安全生产提供有力保障。

3 数据处理与分析

数据预处理主要包括数据清洗和格式转换两个环节,这两个环节对于保障数据仓库的准确性和可靠性至关重要。

首先,在煤矿安全监控系统中,数据清洗涉及去除重复数据、纠正错误数据、处理缺失值等操作。例如,通过对比瓦斯抽放日统计数据与月报、年报数据,可以修正不一致的信息,确保数据的连贯性和准确性。此外,清除处于调校期间的瓦斯报警数据也是数据清洗的一部分,这有助于提高数据的质量和可靠性。

其次,格式转换是数据预处理的另一个关键环节。由于煤矿安全监测系统涉及多种数据源,每种数据源可能有不同的数据格式和结构。因此,将数据转换为统一的格式,是确保数据兼容性和可分析性的必要步骤。例如,将井下作业人员的考勤数据从时序数据库中提取出来,转换为标准的时间戳格式,以便于与其他数据进行关联分析。

在数据清洗和格式转换的过程中,采用先进的数据处理技术和算法是提高效率和准确性的关键。例如,利用机器学习算法进行异常检测,可以自动识别和处理数据中的异常值,从而提高数据清洗的效率和准确性。

总之,数据预处理是煤矿安全监控系统中不可或缺的一环。通过细致的数据清洗和格式转换,可以确保数据的质量和一致性,为构建高效、可靠的煤矿安全监测系统提供坚实的数据基础。这一过程不仅涉及技术层面的处理,更需要对数据进行细致

地分析和理解,确保每一步操作都符合系统的需求和标准。通过不断地优化和改进,数据预处理技术将在煤矿安全监测系统中发挥越来越重要的作用,为煤矿的安全生产提供更加坚实的保障。

4 智能预警与决策支持

基于人工智能(AI)算法的故障预测模型是现代工业安全监控领域的一项重要技术,它通过分析历史数据和实时数据,预测系统可能出现的故障,从而提前采取措施以避免事故的发生。这种模型的应用,不仅能够提高系统的安全性和可靠性,还能显著降低维护成本,提高生产效率。

在智慧矿山安全监控系统中,基于AI的故障预测模型尤为重要。该系统通过在井口、井下、皮带运输线等关键区域部署摄像头、传感器等智能设备,实时采集关于人员、设备、材料、环境等的安全状态和行为数据。这些数据包括结构化、半结构化、非结构化等各种格式,通过5G、PON、NB-IoT等接入方式,被传输到AI分析层进行深度处理和分析。

AI分析层是整个系统的核心,它由数据中台、知识中台、算法中台构成,共同构成了一个强大的AI赋能平台。在这个平台上,利用深度学习算法对视频图像进行特征提取、目标检测、目标跟踪、目标识别、目标分类等智能分析操作。这些操作不仅能够识别出潜在的安全风险和异常状态,还能根据预设的规则和模型,判断是否存在不安全的行为、状态或因素,并生成相应的报警信号或指令。

应用层则面向不同的客户端系统,实现煤矿实时数据在线监测、现场图像和视频的监控、超标报警,提供面向不同管理层的管理与统计分析结果。这一层的设计,使得基于AI的智慧煤矿安全监控预警系统能够通过“监管平台”的智能交互,实现安全生产全过程、全要素、全产业链的连接和监管,具备安全感知、监测、预警、处置、评估等功能,显著提升跨部门的安全生产联动能力。

总之,基于AI算法的故障预测模型在智慧矿山安全监控系统中的应用,不仅提高了系统的智能化水平,还增强了系统的预测能力和响应速度,为矿山安全生产提供了有力的技术支持。随着AI技术的不断进步和优化,未来这一模型将在更多领域发挥其独特的价值,为各行各业的安全生产保驾护航。

5 系统实现与测试

煤矿运输智能融合监控系统是一个高度复杂且精细的架构,旨在通过集成和优化现有的监测监控系统,提高煤矿运输系统的稳定性和准确性,从而提升原煤运输效率。该系统采用了软件工程的分层架构设计方法,将整个系统划分为六个层次,包括子系统与传感层、基础设施层、采集交互层、存储访问层、分析挖掘层和融合展现层^[3]。

在子系统与传感层,系统部署了各种监测监控类设备,通过温度、烟雾、振动、堆煤保护等传感器实现底层数据的实时采集。

基础设施层则提供了必要的计算资源、存储资源、网络设

备、网络安全设备、服务器和操作系统等,确保了融合监控系统运行的基础设施支持。

采集交互层的功能在于数据交互规范和接口协议的制定与实施,解决了不同异构系统中数据无法快速统一交互的问题。这一层包括数据采集模块、数据解析模块和控制命令执行模块,实现了不同子系统数据的一体化采集、解析和标准格式数据的形成,为数据的进一步处理和存储打下基础。

存储访问层面对多传感器海量实时监测数据的高速处理和设备指令的快速计算与控制提出了解决方案。系统设计使用了TDengine时序数据库存储传感器时序数据,以及MySQL关系数据库存储其他相关数据,确保了数据的快速、高效存储和访问。

分析挖掘层则基于多系统间融合存储的海量数据,开展关联印证分析和挖掘分析服务。这一层的分析结果为决策分析和协同控制提供了数据支撑,并通过控制命令执行模块实现指令的下发,及时发现设备异常故障信息。

最后,融合展现层是基于B/S架构的融合监控Web平台,采用基于Java的Springboot框架,集成Spring Cloud微服务组件,结合基于MVVM设计模式的Vue前端框架,完成了系统微服务的搭建和网页功能的开发。平台在基于SVG的二维图形组件库基础上进行二次封装,设计了各类图元,实现了主运输关键设备参数的实时在线组态监控与可视化展现。

6 实验与结果分析

6.1 实验设计

在探讨煤矿物联网安全监测系统的实验设计思路与环境设置时,我们首先需要明确实验的核心目标与预期成果。

实验设计思路应围绕煤矿物联网安全监测系统的关键技术展开,包括传感器的无线数据采集与感知、网络传输层的远程智能化控制、数据分析及安全预警等方面。

在实验场地选择上,应选择具有代表性的煤矿作业环境,确保实验条件的真实性和代表性。设备安装应严格按照实验方案进行,确保所有传感器和监测设备的正确安装和调试,以保证数据的准确采集。数据采集与传输环节应确保数据的实时性和完整性,避免数据丢失或损坏。

总之,在煤矿物联网安全监测系统的实验设计思路和环境设置中,通过严格的实验设计和细致的实验环境设置,确保实验结果的有效性和可靠性。

6.2 实验结果

在现代煤矿安全生产管理中,物联网技术的应用已成为提升监控效率和安全性的关键。通过综合利用各种传感器,如温湿度传感器、振动传感器等,物联网技术能够实时采集矿区的环境数据,并通过无线通信技术将这些数据传输至数据处理平台,对数据进行处理与分析,为管理人员提供及时的预警信息。

此外,实验还对比了基于物联网的监测平台与传统监测平台在实际运行过程中的效果。实验数据显示,基于物联网的监测平台在运行过程中对矿山生产现场CO浓度的监测结果与实际现场数据相差不超过 $\pm 1.5\%$,而传统基于大数据技术的监测平台得出的监测结果与实际数据相差最大超过20%。这一对比明显表明,物联网技术在实时监测和数据处理方面具有更高的准确性和可靠性,为矿山安全生产提供了更为可靠的依据。

7 结论与展望

7.1 研究结论

本文设计的基于物联网技术的煤矿智能化安全监控系统,不仅在技术上具有创新性,而且在实际应用中展现出显著的价值。该系统通过实时监控和预警,极大地提高了煤矿安全生产水平,减少了安全事故的发生。这一系统的成功应用,标志着我国煤矿安全生产管理向智能化、信息化迈出了重要的一步,为煤矿行业的可持续发展提供了有力的技术支持。

7.2 未来展望

未来的研究应重点关注物联网技术在煤矿监控系统中的应用。通过优化传感器布局和提高数据采集的精度,可以实现对煤矿环境的全面监控。

总之,未来的研究方向应聚焦于如何进一步提升煤矿监控系统的智能化水平,以及如何更好地将这些技术应用于实际的煤矿安全生产中,为煤矿安全提供更强的保障。

[参考文献]

- [1]季治福.提高煤矿安全监控系统智能化水平技术研究[J].中国战略新兴产业,2025(443):55-58.
- [2]李瑞华,乔玉峰,刘峰.基于物联网的煤矿安全检测系统设计[J].电子设计工程,2016,24(328):141-142+145.
- [3]沈宇,王祺.基于大数据的煤矿安全监管联网平台设计与实现[J].矿业安全与环保,2016,43(230):26-29.

作者简介:

王立佳(1989--),男,汉族,内蒙古兴安盟突泉县人,本科,注册安全工程师,研究方向:露天煤矿运输作业安全工程管理。