

露天煤矿智能化安全监控体系构建方法研究

邹振华

国能准能集团哈尔乌素露天煤矿

DOI: 10.12238/j.pm.v6i12.8616

[摘要] 随着露天煤矿开采规模的不断扩大与生产技术的不断提升, 煤矿作业面临着更复杂的安全风险与挑战。传统的安全监控系统已无法满足现代煤矿的安全管理需求, 迫需建立智能化的安全监控体系, 以提高安全管理的实时性与有效性。本文研究了基于智能化技术的露天煤矿安全监控体系的构建方法, 通过智能化安全监控体系, 旨在有效提升露天煤矿的安全生产水平, 降低生产成本, 并且为应急管理与灾难预防提供数据支持和决策依据。

[关键词] 露天煤矿; 智能化安全监控; 电铲; 矿用卡车; 物联网

Research on the Construction Method of Intelligent Safety Monitoring System for Open pit Coal Mines

Zou Zhenhua

Guoneng Zhunneng Group Halwusu Open pit Coal Mine

[Abstract] With the continuous expansion of open-pit coal mining scale and the continuous improvement of production technology, coal mining operations are facing more complex safety risks and challenges. The traditional safety monitoring system can no longer meet the safety management needs of modern coal mines, and it is urgent to establish an intelligent safety monitoring system to improve the real-time and effective safety management. This article studies the construction method of a safety monitoring system for open-pit coal mines based on intelligent technology. Through the intelligent safety monitoring system, the aim is to effectively improve the safety production level of open-pit coal mines, reduce production costs, and provide data support and decision-making basis for emergency management and disaster prevention.

[Key words] open-pit coal mine; Intelligent security monitoring; power shovel; Mining trucks; Internet of Things

引言

露天煤矿作为我国煤炭开采的重要方式, 其生产安全问题一直是煤矿企业与监管部门关注的重点, 随着矿山规模的逐步增加, 作业环境愈加复杂化, 传统的安全监控手段已无法满足现代露天矿安全管理的需求, 尤其是在电铲与矿用卡车协同作业的工况中, 由于作业条件多变且设备复杂, 安全管理面临诸多挑战, 通过智能化技术提升露天煤矿的安全监控能力, 成为当前研究的重点问题。智能化安全监控体系借助物联网、传感技术、大数据分析及人工智能算法, 对设备状态、环境变化、作业人员行为及矿区安全风险进行实时监控, 从而实现潜在危险的早期识别与预警, 构建此类体系, 不仅能够提升设备协同作业效率并减少人为错误, 还能够强化作业人员的安全意识, 有效降低生产事故的发生率。

1. 露天煤矿智能化安全监控系统的现有局限性

1.1 数据传输与通信瓶颈

智能化安全监控系统在数据传输中, 常见方式包含无线网络与有线通信, 露天煤矿环境复杂, 这些通信手段存在显著瓶颈, 矿区地形复杂、设备密集且信号干扰显著, 无线信号传输不稳定, 数据传输受限, 尤其是在深坑区域或远离控制中心的区域, 通信中断现象较为常见, 通信质量差导致实时数据传输延迟, 系统实时响应能力受到限制, 无法及时发现潜在安全风险, 影响系统的安全监控能力。

1.2 数据孤岛问题

在当前安全监控系统中, 各类设备与子系统间的数据共享存在显著缺陷, 数据孤岛现象相当明显, 电铲、矿用卡车、传感器等不同设备采集的数据格式不统一, 传输协议也存在显著的不规范性, 使得子系统间信息无法流通与整合, 这种局限性导致系统难以实现全面且精准的安全预测与预警, 设备数据的

协同效能无法有效发挥,影响了监控系统的整体作用与效能的全面实现。

1.3 设备监测精度不足

现有系统借助传感器与监控技术对矿山设备健康状态进行监测,但由于传感器存在局限性,监测精度往往难以达到较高的要求,电铲液压系统与矿用卡车发动机状态的监测,仅可提供基本运行参数,缺乏对设备内部零部件的实时且细致的监控,难以及时预判潜在故障点与故障类型,这造成故障发生时系统难以及时识别,设备停机或作业中断现象时有发生,对矿区生产效率与安全性都造成影响^[1]。

1.4 预警机制的滞后性

现有的智能化安全监控系统在预警机制上存在延迟现象,特别是在处理突发事件时响应较慢,尽管系统已借助大数据与人工智能技术进行风险预测,但由于算法的不完善和实时数据处理能力不足,无法对矿山作业环境的变化做出迅速反应,在矿区突发环境灾害、设备故障或人为安全违规等事件中,预警机制可能无法快速触发,错失最佳干预时机。

2.露天煤矿智能化安全监控体系构建的关键技术

2.1 物联网技术在安全监控中的应用

露天煤矿智能化安全监控体系的构建中,物联网技术的引用起到了关键作用,借助实时感知、数据采集与智能联动等技术方式,物联网实现对人员、设备及环境等要素的全方位监控,为矿区安全管理提供了坚实的技术支撑。通过部署传感器、无线通信模块和智能终端,物联网构建了覆盖矿区的感知网络,能够全天候监测采矿设备运行状态、边坡稳定性、作业人员位置、气象变化等关键参数,同时将采集的数据实时传输至中央监控平台,实现异常情况的快速识别与预警响应,在人员定位系统方面,可实时掌握井下或边坡作业人员位置,若发生危险或误入禁区,系统将立即报警并通知管理人员干预。大型采掘设备安装振动、温度和电流传感器后,可进行预测性维护,提前发现隐患,避免突发故障,边坡监测采用激光测距、倾角仪和光纤传感技术,对地表变形进行高精度监控,有效预防滑坡和垮塌事故的发生。物联网技术与大数据、人工智能等技术的融合,显著提升了数据采集与传输能力,同时可进行智能分析与可视化表达,为安全决策提供科学依据,在露天煤矿智能化安全监控体系中,物联网技术作为核心支撑,正推动矿山安全从“人防”向“技防”和“智防”转型,大幅度提升了矿区的本质安全水平与应急响应能力。

2.2 无线通信与数据传输技术

由于露天煤矿作业面广、在矿区复杂环境的条件下,传统有线网络的部署和维护成本偏高,且容易受到环境因素的干扰,无线通信技术成为矿区安全监控体系中至为关键的实现方式,矿区内部署无线通信网络,可确保所有设备与传感器的数

据快速且稳定地传输至监控中心,为实时数据传输提供支持,通过无线通信基站与中继点的部署,矿区每个设备与监控点能够实现高效数据传输。

2.3 大数据与人工智能在安全监控中的应用

在露天煤矿智能化安全监控系统中,大数据与人工智能技术的处理和分析能力显著增强,矿区设备运行、环境监测传感器和视频监控等数据的不断积累,为大数据技术的存储、分析与挖掘提供了依据,通过大数据分析电铲与矿用卡车的运行状态数据,能够识别设备磨损情况并预测潜在故障,此类预测模型基于历史数据,同时结合环境因素、设备使用时长和负载情况等变量,从而提前生成设备维护决策,达到降低非计划停机风险的目标。人工智能技术能够进一步强化矿区安全监控能力,借助机器学习与深度学习等方法,系统可自动提取历史安全事故数据与实时数据中潜在的安全风险规律,依据这些规律对潜在危险进行预警,煤矿设备在不同气候条件下基于AI分析的运行特征,可为管理人员调整作业计划、减少事故风险提供重要依据^[3]。

2.4 智能视频监控与图像识别技术

智能视频监控与图像识别技术显著推动了煤矿安全监控的提升,矿区内部存在大量摄像头与图像采集设备,借助图像处理技术可对矿区环境和设备状态进行实时分析,智能监控系统利用图像识别技术,能够识别矿区内的危险行为,像设备故障、人员违规操作等,从而实时发出报警提示。以矿用卡车自动驾驶为例,智能视频监控系统对电铲与卡车协同作业过程进行分析,可识别驾驶行为是否规范、行驶路线是否违规等现象,从而减少操作不当造成的安全隐患。图像识别系统能够自动监测电铲铲斗与矿山边坡的接触行为,降低因操作不规范导致的安全事故风险,同时,借助深度学习技术,视频监控系统可对图像数据进行自动识别与处理,检测矿区人员是否佩戴安全帽、进入危险区域等防护设施的使用和管理,使安全监管在细致性和实时性显著增强。

3 露天煤矿智能化安全监控体系构建方法

3.1 安全监控设备的选择与布设

智能化安全监控体系的构建以安全监控设备为重要基础,设备的合理化布设与准确化使用对系统的稳定性与效率存在直接影响,露天煤矿作业环境复杂多变,场地大、地形多变且气候变化显著,要求监控设备具备抗干扰能力与恶劣环境适应性,常见的监控设备包括高精度气体检测仪、温湿度传感器、振动传感器、雷达监测装置和高清摄像头等。在矿区设备布设规划中,需依据矿区作业的关键区域与危险点进行合理化布设,例如矿区运输通道、设备集中的区域、高温危险环境等,应配备传感器与视频监控设备,以确保实现全方位的监控。设备布设阶段,为减少设备信号衰减现象,通常采用无线传输系统并

借助信号中继点增强传输稳定性,在矿区极端天气与粉尘环境的客观要求中,选择防爆、防水且抗震设计的设备显得尤为重要,相关数据显示,合理的设备布设方式对提升矿区实时监控覆盖率、降低盲区、强化安全隐患预警能力,可达到显著的提升和改化^[4]。

3.2 系统部署与调试流程

智能化安全监控体系的正常运行与系统部署和调试流程存在重要相关性,在部署环节,应依据设计规划严谨进行,以确保各类监控设备的功能稳定性并避免冗余现象,部署阶段中,设备安装测试是重点任务,所有设备应符合矿区环境要求,安装过程中,设备角度、位置以及与其它设备的协调性需要特别考虑,以减少监控盲区,调试阶段中,应强化设备的功能测试与系统集成测试,通过模拟矿区可能发生的突发状况,对系统的响应速度、数据传输稳定性以及报警精度进行重点评估。模拟矿用卡车碰撞、矿山坍塌、火灾等工况,对视频监控系统与气体检测系统的响应能力和预警时效性进行检测,在调试过程中,还需进行数据校准,确保传感器与监控设备采集数据的精度与可靠性,系统调试完成后,还需进行负荷测试,通过模拟高负荷工况,检查系统在矿区极端环境下的运作情况,以确认系统稳定性。

3.3 数据采集与处理流程

数据采集与处理在智能化安全监控体系中是核心环节,在露天煤矿中,数据采集依赖于监控设备的传感功能和多种信息采集手段,环境数据通过各类传感器(如温度、湿度、气体传感器等)采集,实时监控矿区安全状况,视频监控和图像识别技术的使用进一步提升了监控数据的全面性,在数据采集中,确保数据的实时性和完整性是核心要求,采集的数据通过无线通信网络传输至中央处理系统,进入数据处理环节。数据处理环节中,借助数据清洗技术去除无效信息之后,采用大数据处理平台对数据进行存储与实时分析,数据挖掘技术可以对矿区各类设备的运行状态及矿区环境的变化趋势进行分析,提前发现潜在的安全隐患,在数据处理过程中,传感器与视频监控数据的多维度分析为环境数据关联性分析和设备故障预测模型生成提供依据,处理后的数据将为安全监控决策、设备调度及应急响应提供实时支持^[5]。

3.4 安全监控平台的管理与维护

智能化安全监控体系的长期稳定运行离不开对安全监控平台的管理与维护,平台管理包含权限设置与数据管理,以确保各部门及人员在权限范围内访问平台数据,同时,数据备份与灾难恢复的设计同样为平台管理的必要内容,用以应对突发情况下的数据安全与业务连续性,平台维护不仅包括系统软件和硬件的定期检查与更新,也要求对设备进行检查与维护,矿区内的监控设备会受到极端环境(如温度、湿度、粉尘等)的

影响,长期运行可能导致设备性能下降,此类现象需要在维护中进行监测。设备使用周期的延长与定期检查维护存在关键性关联,在平台维护工作进行中,技术人员依据设备的实际工作状态对其进行保养,包含摄像头的定期清洁、气体传感器灵敏度的检测等,硬件维护工作需特别关注,平台的安全性维护同样至关重要,防火墙配置、入侵检测和病毒防护等都需进行,确保平台不受到外部攻击或数据泄露的威胁。

3.5 应急预案与演练

露天煤矿智能化安全监控体系的安全保障机制中,应急预案的制定与定期应急演练的开展对矿区安全的保障性不言而喻,应急预案应包含处理矿区各种突发事故的方案,例如火灾、塌方、有害气体泄漏以及设备故障等,每一类事故的预案内容都应包含应急响应流程、各部门的分工、预警触发条件、信息通报方式以及人员疏散措施。在预案制定阶段,矿区特殊环境、设备布局以及矿工安全防护设施等条件都应充分考虑在预案内容中进行规范和说明。应急预案的高效实施能力,演练是重要检验方式,定期开展模拟演练,可有效评估预案的可操作性及应急响应能力,在模拟煤矿气体泄漏的应急演练中,检测设备对气体泄漏的响应时间与有效范围得到检验,确保矿区员工能在最短时间内撤离到安全区域,演练中,系统与人员之间的协调受到特别关注,信息传递与处理速度显著提升,演练后,矿区的应急响应速度提高,发现的问题得到及时整改,演练效果显著。

4 结论

借助设备的科学选择、系统架构的优化设计、完善的数据处理流程及高效的管理维护机制,露天煤矿智能化安全监控体系可对矿区进行全方位、实时化的监控与管理,在技术不断进步的推动下,智能化监控系统功能将逐步完善,突发事件响应速度与处理能力显著提升,为矿区安全生产提供更强有力的保障。

参考文献

- [1] 贺喜, 张禹, 刘秉轩.露天煤矿智能化开采技术研究与应用[J].内蒙古煤炭经济, 2025, (04): 133-135.
 - [2] 韩宇飞.露天煤矿智能化总体构架及关键技术探析[J].中国煤炭工业, 2025, (01): 67-69.
 - [3] 刘强, 王耀龙, 张飞, 等.露天煤矿智能化安全管控平台设计[J].煤炭技术, 2024, 43 (07): 230-234.
 - [4] 王国法, 杜毅博.煤矿智能化标准体系构建与建设内容解析[J].智能矿山, 2024, 5 (05): 2-12.
 - [5] 杜潇, 栗飞.露天煤矿智能化建设关键技术研究与发展概述[J].露天采矿技术, 2024, 39 (01): 70-73.
- 作者简介: 邹振华(1997—),男,汉族,内蒙古鄂尔多斯人,本科学历,助理工程师,研究方向:露天煤矿智能化建设和机电管理。