

# 智能化技术在金属矿山安全管理中的应用

蔡松杰 刘志会 郑志刚 王健  
锡林郭勒盟山金白音呼布矿业有限公司  
DOI:10.32629/jsse.v4i1.19108

**[摘要]** 随着人工智能、物联网、大数据、云计算等智能化技术的快速发展,金属矿山安全管理迎来了转型升级的契机。本文结合金属矿山安全管理的现状与痛点,系统分析了智能化技术在矿山安全监测预警、隐患排查、应急处置、生产作业管控等核心环节的应用场景与实践效果,探讨了技术应用过程中存在的问题,并提出针对性优化策略,为金属矿山实现安全管理智能化、精细化、高效化提供参考,助力矿山行业高质量、安全发展。

**[关键词]** 智能化技术; 金属矿山; 安全管理; 有效应用  
**中图分类号:** TD3 **文献标识码:** A

## The Application of Intelligent Technology in Metal Mine Safety Management

Songjie Cai Zhihui Liu Zhigang Zheng Jian Wang  
Shilin Gol League Shanjin Baiyinhubu Mining Co., Ltd.

**[Abstract]** With the rapid development of intelligent technologies such as artificial intelligence, the Internet of Things, big data, and cloud computing, metal mine safety management has encountered an opportunity for transformation and upgrading. This paper systematically analyzes the application scenarios and practical effects of intelligent technologies in core aspects of mine safety management, including monitoring and early warning, hazard identification, emergency response, and production operation control. It explores challenges in technology implementation, proposes targeted optimization strategies, and provides references for achieving intelligent, refined, and efficient safety management in metal mines, thereby supporting the high-quality and safe development of the mining industry.

**[Key words]** Intelligent technology; Metal mining; Safety management; Effective application

### 引言

安全是金属矿山可持续发展的生命线。传统的矿山安全管理模式多依赖于人工巡检与经验判断,存在信息滞后、覆盖面有限、预警能力不足等痛点,难以满足现代矿山高效、精细化管理的要求。近年来,以人工智能、物联网、大数据、云计算为代表的智能化技术迅猛发展,为矿山安全管理的转型升级提供了革命性的技术支撑。目前,智能化技术已在矿山安全监测预警、隐患排查、应急处置及人员作业管控等多个核心环节展现出巨大应用潜力。然而,在技术落地过程中,仍面临系统兼容性、设备适应性、人才资金保障等多重挑战。为此,本文系统梳理智能化技术在金属矿山安全管理中的核心应用场景与实践成效,剖析当前存在的突出问题,并提出针对性的优化策略,以期为推动金属矿山安全管理向智能化、现代化迈进提供有益借鉴。

### 1 智能化技术在金属矿山安全管理中的核心应用

#### 1.1 智能化监测预警技术的应用

智能化监测预警是金属矿山安全管理的核心环节,通过物联网、传感器、大数据等技术,实现对矿山各类安全隐患的实时监测、数据采集、智能分析和精准预警,提前防范安全事故的发生。其应用主要集中在以下几个方面。

在顶板灾害监测预警方面,融合光纤传感、微震监测、地质雷达等智能化技术,构建全方位的顶板监测体系。通过在顶板岩层中植入光纤传感器、微震传感器,实时采集顶板位移、应力、岩层破裂等数据,经大数据平台智能分析,判断顶板稳定性,当数据出现异常时,自动发出分级预警信息,提醒工作人员及时采取支护、撤离等措施。例如,某铁矿采用分布式光纤监测系统,实现对井下采掘工作面顶板的实时监测,监测精度可达0.1mm,成功预警多起顶板冒落隐患,有效降低了顶板灾害发生率。

在水害监测预警方面,利用物联网技术、水文传感器,实时监测井下地下水位、水压、水量等参数,结合地质水文数据,通过智能算法预判水害风险。同时,构建地下水动态监测网络,实现对地表水、地下水的协同监测,当出现水位异常上升、水压突

变等情况时,自动发出预警,并联动排水系统启动应急排水,防范水害事故发生。

在瓦斯及有害气体监测预警方面,采用智能瓦斯传感器、红外检测等技术,实时监测井下瓦斯、一氧化碳、硫化氢等有害气体浓度,数据实时传输至监控中心,当气体浓度超过安全阈值时,自动发出预警,并联动通风系统调整风量,同时禁止作业人员进入危险区域,防范瓦斯爆炸、中毒等事故。

此外,智能化监测预警技术还应用于矿山火灾、边坡滑坡等隐患的监测,通过温度传感器、振动传感器等设备,实时捕捉异常信号,实现多类型隐患的同步监测和协同预警,提升矿山安全防控的全面性和精准度。

### 1.2 智能化隐患排查技术的应用

传统隐患排查依赖人工,效率低、覆盖面有限,而智能化技术的应用,实现了隐患排查的自动化、智能化、全方位,有效解决了隐蔽性隐患难以发现的问题。

一是无人机巡检技术的应用。利用无人机搭载高清摄像头、红外热成像仪等设备,对矿山地表边坡、采空区、尾矿库等区域进行全方位巡检,无需人工进入危险区域,即可快速发现边坡滑坡、采空区塌陷、尾矿库渗漏等隐患。同时,无人机巡检数据可实时传输至监控中心,通过智能分析软件,自动识别隐患类型、位置和严重程度,生成隐患排查报告,为隐患整改提供科学依据。例如,某铜矿采用无人机巡检技术,每周对矿山边坡进行巡检,排查效率较人工提升5倍以上,成功发现多处隐蔽性边坡裂缝隐患,及时采取加固措施,避免了滑坡事故。

二是智能巡检机器人的应用。在井下作业区域,部署智能巡检机器人,搭载传感器、摄像头等设备,实现对井下巷道、设备、管线的24小时不间断巡检,自动识别设备故障、管线泄漏、顶板异常等隐患,同时记录巡检数据,生成隐患台账,实现隐患排查的闭环管理。智能巡检机器人可适应井下潮湿、粉尘、强电磁干扰等恶劣环境,替代人工完成高风险巡检任务,降低人员伤亡风险。

三是大数据隐患分析技术的应用。整合矿山监测数据、隐患排查数据、历史事故数据等,通过大数据分析平台,挖掘隐患产生的规律和关联因素,预判隐患发展趋势,提前制定防控措施,实现隐患的精准排查和源头治理。例如,通过分析历史顶板灾害数据,识别出顶板灾害高发区域和关键影响因素,有针对性地加强监测和支护,降低隐患发生概率。

### 1.3 智能化应急处置技术的应用

当发生安全事故时,快速、科学的应急处置是减少人员伤亡和财产损失的关键。智能化技术通过构建智能应急处置体系,实现应急响应、指挥调度、救援实施的全流程智能化,提升应急处置能力。

一是智能应急指挥系统的应用。整合矿山监测数据、地理信息、人员位置、救援设备等信息,构建智能应急指挥平台,当发生事故时,平台自动接收预警信息,快速定位事故位置、判断事故类型和严重程度,智能生成应急救援方案,调度救援人员、设

备和物资,实现应急指挥的精准化、高效化。同时,通过视频监控、人员定位等技术,实时掌握救援现场情况,及时调整救援方案,确保救援工作有序开展。

二是人员定位与应急救援技术的应用。采用UWB、RFID等智能化人员定位技术,实时监测井下作业人员的位置、轨迹,当发生事故时,快速确定被困人员位置,为救援工作提供精准指引。同时,配备智能救援设备,实现被困人员与救援指挥中心的实时通讯,保障救援工作的顺利开展。

三是应急模拟演练技术的应用。利用虚拟现实(VR)、增强现实(AR)等技术,构建矿山安全事故模拟场景,开展沉浸式应急演练,让作业人员和救援人员在模拟环境中熟悉应急处置流程、操作规范,提升应急处置能力和协同配合能力,减少实际事故中的失误。

### 1.4 智能化人员与作业管控技术的应用

人员管理和作业管控是矿山安全管理的重要内容,智能化技术通过实现人员管控、作业流程管控的智能化,规范作业行为,防范违规作业引发的安全事故。

在人员管控方面,采用智能考勤、人员定位、生物识别等技术,实现对作业人员的全流程管控。通过生物识别技术,严格控制人员进出井下的权限,防止无关人员进入危险区域;通过人员定位技术,实时掌握作业人员的位置和作业状态,当人员进入危险区域或违规作业时,自动发出预警,及时制止违规行为。同时,建立人员培训智能化系统,通过线上课程、模拟演练等方式,提升作业人员的安全意识和专业素养。

在作业管控方面,利用智能化技术规范开采、支护、爆破等作业流程,实现作业过程的精准管控。例如,在爆破作业中,采用智能爆破系统,精准控制爆破参数、爆破时间,减少爆破震动对顶板、围岩的影响,防范爆破引发的安全隐患;在支护作业中,采用智能支护设备,根据顶板监测数据,自动调整支护参数,提升支护质量,确保作业安全。此外,通过智能视频监控系统,实时监测井下作业现场,自动识别违规操作,及时发出预警并记录,规范作业人员行为。

## 2 智能化技术在金属矿山安全管理中应用存在的问题

一是技术融合不足,系统兼容性差。多数矿山的智能化系统多为单独部署,如监测系统、人员定位系统、应急处置系统等各自独立,缺乏有效的数据融合机制,不同系统之间的通信协议不统一,无法实现数据共享和协同联动,形成“信息孤岛”,影响了智能化技术的应用效果。

二是技术落地难度大,适配性不足。部分智能化技术和设备是通用型产品,未结合金属矿山的具休开采条件、地质环境进行定制化优化,导致设备在井下恶劣环境中易损坏、监测精度下降,难以适应矿山复杂的作业环境;同时,部分矿山技术基础薄弱,无法实现智能化系统的有效运维,导致系统无法正常发挥作用。

三是资金投入不足,技术升级缓慢。智能化技术的应用需要大量的资金投入,包括设备采购、系统建设、人员培训、运维等

方面。部分中小型金属矿山受经济效益影响,资金投入不足,无法采购先进的智能化设备和建设完善的安全管理平台,仍依赖传统管理模式,技术升级缓慢。

四是专业人才短缺,运维能力不足。智能化技术的应用需要既懂矿山安全管理,又掌握物联网、大数据、人工智能等技术的复合型人才。当前,我国金属矿山行业这类复合型人才短缺,部分矿山的运维人员专业水平不足,无法实现智能化系统的日常运维、故障排查和数据解读,影响了智能化技术的应用效果。

五是管理制度不完善,应用不规范。部分矿山虽然引入了智能化技术,但缺乏完善的管理制度和应用规范,对智能化系统的使用、数据的管理、隐患的整改等缺乏明确的要求,导致智能化技术的应用流于形式,无法充分发挥其作用。

### 3 智能化技术在金属矿山安全管理中应用的优化策略

#### 3.1 推动设备定制化,提升适配性

结合金属矿山的开采条件、地质环境,与设备厂家合作,研发定制化的智能化设备,提升设备的抗干扰、耐腐蚀、防水防尘能力,适应井下恶劣的作业环境。同时,加强设备的日常维护和校准,建立完善的设备运维管理制度,定期对设备进行检修、校准,确保设备正常运行,提升监测精度和系统稳定性。

#### 3.2 加大资金投入,推动技术升级

矿山企业应树立“安全第一”的理念,将智能化技术应用资金纳入年度预算,优先保障资金投入,用于智能化设备采购、系统建设、运维等方面。同时,积极争取政府相关部门的资金扶持和政策支持,推动智能化技术的升级换代。对于中小型矿山,可通过抱团发展、合作共建等方式,降低智能化技术的成本,推动智能化技术的普及应用。

#### 3.3 加强人才培养,提升运维能力

建立完善的人才培养体系,一方面,加强对现有员工的培训,开展物联网、大数据、智能化设备操作等相关培训,提升员工的专业素养和运维能力;另一方面,与高校、科研院所合作,引进和培养复合型人才,充实人才队伍,为智能化技术的应用提供人才支撑。同时,建立激励机制,鼓励员工主动学习智能化技术,提升工作能力。

#### 3.4 完善管理制度,规范技术应用

建立健全智能化技术应用的管理制度和应用规范,明确各部门、各岗位的职责,规范智能化系统的使用、数据管理、隐患整改等流程。加强对智能化技术应用的监督和考核,确保智能化系统的有效使用,避免应用流于形式。同时,结合矿山实际,不断优化管理制度,适应智能化技术的发展需求,推动安全管理的规范化、精细化。

### 4 结束语

智能化技术的应用,为金属矿山安全管理提供了全新的解决方案,有效解决了传统安全管理模式的痛点,推动了矿山安全管理从“被动应对”向“主动预防”、从“经验管理”向“数据驱动”的转型升级。当前,智能化技术已在金属矿山安全监测预警、隐患排查、应急处置、人员管控等核心环节广泛应用,取得了良好的实践效果,有效降低了安全事故发生率,提升了安全管理效率。

然而,智能化技术在应用过程中仍存在技术融合不足、设备适配性差、资金投入不足、专业人才短缺、管理制度不完善等问题,制约了其应用效果的充分发挥。通过加强技术融合、推动设备定制化、加大资金投入、加强人才培养、完善管理制度等优化策略,能够有效解决上述问题,提升智能化技术的应用效果。

### 【参考文献】

- [1]王鑫阳,魏鹏鹏,崔铁军.金属矿山安全智能化发展现状及展望[J].黄金,2025,46(07):26-31.
- [2]张阳阳.智能化技术在矿山安全管理中的应用实践[J].中国金属通报,2025,(03):67-69.
- [3]谢红星.基于安全管理问题的智能化矿山采矿技术分析[J].世界有色金属,2024,(17):34-36.
- [4]鄢德波,刘子强,吴玟文,等.智能化技术在矿山安全管理中的应用实践[J].采矿技术,2022,22(04):195-197.
- [5]路彦忠.基于智能化技术的金属非金属矿山事故隐患治理对策研究[J].冶金与材料,2021,41(01):55-56.

### 作者简介:

蔡松杰(1973--),男,汉族,山东临沂人,本科,注册安全工程师,研究方向:矿山安全。