

有色金属矿山地质灾害风险评估与防治策略研究

于成凤

中煤科工西安研究院(集团)有限公司

DOI: 10.12238/ems.v6i4.7252

[摘要] 随着我国经济的飞速发展,有色金属矿产资源的需求日益增大,矿山开采活动也愈发频繁。然而,有色金属矿山地质灾害的频发,严重威胁了矿山的安全生产和人员的安全。因此,本文将从地质灾害风险评估和防治策略两个方面入手,对有色金属矿山地质灾害进行深入探讨,以期能为矿山地质灾害的预防和治理提供有益的参考。

[关键词] 有色金属矿山; 地质灾害; 风险评估; 防治策略

Research on risk assessment and prevention strategies for geological hazards in non-ferrous metal mines

Yu Chengfeng

Middling coal Technology and Industry Xi'an Research Institute (Group) Co., Ltd

[Abstract] With the rapid development of China's economy, the demand for non-ferrous metal mineral resources is increasing day by day, and mining activities are also becoming more frequent. However, the frequent occurrence of geological disasters in non-ferrous metal mines seriously threatens the safety of mining production and the lives of personnel. Therefore, this article will start from two aspects: geological hazard risk assessment and prevention strategies, and conduct in-depth discussions on geological hazards in non-ferrous metal mines, in order to provide useful references for the prevention and treatment of geological hazards in mines.

[Key words] non-ferrous metal mines; Geological hazards; Risk assessment; Prevention and control strategies

一、引言

有色金属矿山作为我国重要的资源开采领域,其安全生产对于国民经济和社会发展至关重要。然而,由于矿山开采活动的特殊性和复杂性,地质灾害问题一直是困扰矿山安全生产的难题。山体滑坡、泥石流、地面塌陷等灾害的频发,不仅给矿山带来了巨大的经济损失,更威胁到了人员的生命安全。因此,对有色金属矿山地质灾害的风险进行评估,并制定相应的防治策略,显得尤为重要和迫切。

二、有色金属矿山地质灾害风险评估

(一) 风险评估的概念及意义

地质灾害风险评估,在地质工程领域常被表述为地质灾害易发性与危险性量化评价,是对某一特定地质环境内灾害事件发生概率及其潜在危害程度进行科学化、数值化评估的过程。在有色金属矿山的开采作业背景下,此评估显得至关重要。具体而言,风险评估的深入实施能够精确甄别和定位

矿山区域内的潜在地质灾害隐患节点^[1],进而为矿山管理层提供精确的数据支撑和决策依据。同时,该评估还有助于实现资源的优化配置,通过针对性的防治措施部署,提升整体防灾减灾的效率与效果。此外,完备的风险评估成果亦能作为构建矿山应急响应预案的重要参考,确保在灾害突发时能够实施快速、有效的应急响应。

(二) 风险评估的方法与步骤

1. 数据资料采集与预处理

在地质灾害风险评估的初期阶段,需要系统收集有色金属矿山区域的多源地质数据,包括但不限于地质勘探报告、气象观测资料、水文地质信息等。随后,运用数据清洗、格式转换等预处理技术,确保这些原始数据的准确性和兼容性,为后续深入分析奠定坚实基础^[2]。这一过程涉及对地层岩性、地质构造、水文地质条件等核心要素的详细梳理,以及对历史地质灾害事件的案例分析和特征提取。

2. 风险因素辨识与定量分析

在获取到全面且准确的地质数据后，借助地质工程学原理、统计学方法等分析工具，识别出影响地质灾害发生的关键风险因素。这些风险因素可能包括地层岩性的变化、断裂构造的活动性、降雨的强度和频率、采矿活动的扰动等。紧接着，采用概率分析、敏感性分析等手段，对这些风险因素进行量化处理，明确它们各自对地质灾害发生的贡献程度和作用机制。

3. 风险评估模型构建与运算

基于风险因素定量分析的成果，选择适用的风险评估模型，如层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP)、模糊综合评判法、人工神经网络模型 (Artificial Neural Network, ANN) 等，以综合考量多种风险因素的交互作用和综合效应。通过模型的运算和求解，可以定量地得出矿山不同区域或开采工作面的地质灾害风险级别或风险指数。

4. 风险评估结果可视化表达与专业解读

利用地理信息系统 (Geographic Information System, GIS) 技术，将风险评估模型输出的抽象数据转化为直观可视的图形表达，如风险等级分布图、风险趋势图等。这种可视化表达方式有助于矿山管理者和地质专家快速把握地质灾害风险的空间分布特征和变化规律。同时，结合地质专业知识和工程实践经验，对评估结果进行专业解读和阐释，为制定针对性的地质灾害防治措施提供科学依据和策略建议。

三、有色金属矿山地质灾害防治策略

(一) 构建精细化地质灾害监测预警体系

为切实提升地质灾害应对能力，首要之务是建立一个精细化、具备高度敏感性的地质灾害监测预警系统。该系统需深度融合地质勘探技术、遥感监测技术以及实时传感器网络技术尖端科技，对矿山关键地质构造区域进行持续、高精度的实时监测。具体实施时，需布置高精度的地质监测仪器，如高精度位移监测仪、应力监测仪、渗压监测仪等，并结合地质雷达系统、三维激光扫描仪等先进设备，以实现地层形变、应力分布变化及地下水动态等关键参数的精准捕捉与深入分析。

同时，借助物联网 (IoT) 技术的力量，可以实现监测数据的实时采集、传输与处理。再通过运用大数据分析技术、云计算技术等对海量数据进行深度挖掘与模式识别，从而准确甄别地质灾害的先兆信息，为预警发布提供可靠依据。预警信息的发布则需依托稳定可靠的通信网络和智能化的预警信息发布平台，确保能够在第一时间将预警信息准确传达给矿山工作人员，以便其能够迅速、有效地启动应急响应程序。

为确保监测预警体系的持续稳定运行，还需建立完善的设备维护与管理机制，包括定期对监测设备进行校准与检修、对数据质量进行严格把控、以及根据地质条件变化及时更新

预警模型等。

(二) 实施科学化的开采方案与多元化防治措施

在有色金属矿山的开采作业中，必须始终秉持科学化的原则，结合地质勘探成果与开采条件评估，制定切实可行的开采方案。这就要求充分利用地质勘探数据，精确分析矿体的空间赋存状态与开采技术条件，选择合适的采矿方法及合理的回采顺序，以最大限度地减少对地质环境的扰动与破坏。

针对不同类型的地质灾害隐患点，需采取针对性的多元化防治措施。例如，针对潜在的山体滑坡灾害，可采取预应力锚索加固技术、抗滑桩支挡技术等工程措施来增强山体结构的稳定性；对于泥石流灾害风险点，则可通过建设排导槽、设置拦挡坝等工程措施来控制泥石流的运动轨迹与堆积范围。同时，还需建立完善的安全巡检与风险评估机制，及时发现并处置新生的地质灾害隐患点，确保矿山生产安全持续进行。

(三) 提升人员专业素养与应急响应能力

为保障地质灾害防治工作的顺利开展与实施效果，必须不断提升矿山工作人员的专业素养与应急响应能力。具体而言，可通过定期组织地质灾害防治知识专题培训、开展应急预案模拟演练等方式来实现这一目标。培训内容需涵盖地质灾害的基本知识、监测预警技术的操作流程、应急预案的执行要点等多个方面^[3]，确保工作人员能够全面掌握相关知识与技能并熟练应用于实际工作中。

同时，应急预案的模拟演练也是提升应急响应能力的重要途径。通过模拟真实的灾害场景与紧急情况，可以检验应急预案的实用性与可操作性，并帮助工作人员熟悉应急响应流程与各自职责分工。此外，在演练过程中还可针对暴露出的问题与不足进行及时总结与改进，不断完善应急预案体系并提高整体应急响应效率。

(四) 强化科技支撑与创新引领作用

在地质灾害防治领域中持续强化科技支撑并发挥创新引领作用是推动防治工作向更高水平发展的关键所在。因此需持续加大科技研发投入力度并积极引进国内外先进的监测预警技术与装备成果。例如利用高分辨率卫星遥感技术、无人机倾斜摄影测量技术等手段进行大范围快速的地质灾害调查评估工作；研发基于人工智能算法的地质灾害预测预警模型及决策支持系统等高端技术装备以提高预警准确性与时效性水平。

鼓励开展科技创新活动并探索新型地质灾害防治材料与方法应用前景。通过产学研用紧密结合的创新模式推动科技成果转化落地并广泛应用于实际工程项目中，从而不断提升地质灾害防治工作的科技含量与创新能力水平。

四、有色金属矿山地质灾害案例分析与应用

(一) 地质灾害风险因素精细化识别

本次案例研究针对某地区有色金属矿山, 该矿山历经多年开采, 地质条件错综复杂, 地质灾害风险高悬。为精准评估风险并制定针对性防治策略, 我们进行了深入的分析与应用。

通过详细解读矿山地质勘探资料、长期地质环境监测数据以及历史地质灾害记录, 我们精确识别了矿山面临的主要地质灾害风险因素:

1. 岩性组合特征: 矿区内存在多种岩性组合, 包括软弱破碎岩层、断裂带等, 这些岩层的物理力学性质对地质灾害的发生具有显著影响。

2. 地质构造复杂性: 矿山地处多个地质构造单元交汇部位, 褶皱、断裂构造发育, 地质构造活动性强, 加剧了地质灾害的易发程度。

3. 水文地质动态: 矿区内地下水系统复杂多变, 水位波动幅度大, 水动力条件活跃, 对岩体稳定性和地下采矿作业安全构成严重威胁。

(二) 基于 AHP 的地质灾害风险评估模型构建

在风险因素精细化识别的基础上, 我们采用层次分析法 (AHP) 构建了地质灾害风险评估模型。该模型通过层次化结构将风险因素进行有序划分, 并利用专家打分法确定各因素的相对重要性权重。具体实施步骤如下:

1. 构建层次化结构模型: 以地质灾害风险评估为目标层, 以岩性组合特征、地质构造复杂性、水文地质动态等为准则层, 进一步细化各准则层下的具体风险因素作为方案层。

2. 构造判断矩阵: 针对各层次中的风险因素, 进行两两比较, 依据专家经验打分确定其相对重要性, 进而构造出判断矩阵。

3. 层次单排序与一致性检验: 通过计算判断矩阵的最大特征值及其对应特征向量, 确定各层次风险因素的权重分配, 并进行一致性检验以确保权重分配的合理性和准确性。

4. 层次总排序与一致性检验: 综合各层次风险因素的权重值, 得出最底层风险因素相对于总目标的综合权重值, 并进行总的一致性检验以验证模型的有效性。

(三) 风险评估成果与针对性防治策略制定

根据 AHP 模型的风险评估成果, 我们将矿山划分为高风险区、中风险区和低风险区。针对不同风险等级的区域, 我们制定了相应的防治策略:

1. 高风险区策略: 在高风险区域内, 我们计划部署高密度的地质灾害实时监测预警系统, 包括安装高精度传感器、建立数据传输与分析平台等。同时, 优化采矿工艺和方法, 降低对岩体的扰动程度; 加强人员安全培训与应急演练, 提升应对突发地质灾害的能力。

2. 中风险区策略: 对于中风险区域, 我们将加强常规的

地质灾害监测与巡查工作, 定期开展区域安全评估。在采矿过程中注重调整开采顺序和参数设置, 以减轻对地质环境的压力。

3. 低风险区策略: 尽管低风险区域相对安全, 但我们仍将保持必要的监测措施, 并制定应急预案以应对可能发生的突发情况。

(四) 防治策略实施效果综合评估

在实施了上述防治策略后, 我们对策略的实施效果进行了综合评估:

1. 实时监测预警系统成效显著: 高风险区域内建立的实时监测预警系统成功提前预警了多起潜在地质灾害事件, 为矿山人员提供了及时有效的逃生和应急响应时间。

2. 采矿工艺优化成果突出: 通过优化采矿工艺和方法, 我们显著降低了对岩体的扰动程度, 从而减少了地质灾害的发生频率和影响范围。

3. 人员培训与应急演练取得实效: 定期开展的安全培训和应急演练活动有效提升了矿山人员的安全意识和应急处置能力, 为应对突发地质灾害提供了有力保障^[4]。

综上所述, 通过精细化的地质灾害风险评估和针对性的防治策略制定与实施, 我们成功降低了该有色金属矿山地质灾害的发生概率和危害程度, 显著提升了矿山的安全生产水平。

五、结语

本文通过对有色金属矿山地质灾害的深入探究, 明确了风险评估在保障矿山安全中的核心地位, 并提出了加强监测预警、科学开采、人员培训、科技创新等多元化防治策略的重要性与实效性。面对未来科技进步与资源需求的双重挑战, 我们将持续深化研究, 优化防治体系, 积极推广智能化技术应用, 以期有色金属矿山的绿色可持续发展和人员生命安全提供坚实保障。

[参考文献]

[1] 王国法, 庞义辉, 任怀伟, 等. 智慧矿山系统工程及关键技术研究与实践[J/OL]. 煤炭学报, 1-23[2024-03-29]. <https://doi.org/10.13225/j.cnki.jccs.2023.1355>.

[2] 白晓东. 浅谈煤矿井下供电设备预防性维护与故障预测[J]. 中国设备工程, 2023, (20): 66-68.

[3] 陈宁. 基于微服务架构的矿井生产调度平台实践[J]. 煤炭科技, 2023, 44 (06): 40-44. DOI: 10.19896/j.cnki.mtkj.2023.06.009.

[4] 刘辰昇, 刘言明. 如何提高露天金属矿山安全管理人员的综合能力[J]. 中国金属通报, 2023, (11): 219-221.