

深部铜矿开采中的地质灾害与安全预警机制

陈文冬

云南金沙矿业股份有限公司因民铜矿, 云南 昆明 654100

[摘要] 深部铜矿开采中的地质灾害与安全预警机制是关乎矿山安全的关键问题。随着矿业向深部挖掘发展, 地质灾害风险显著增加, 如岩爆、岩溶、地面沉降等对安全构成严峻挑战。有效的地质监测与安全预警系统的建立至关重要, 以及时识别和评估潜在风险, 并采取科学有效的预警措施, 确保矿山生产的安全与可持续性。

[关键词] 深部铜矿开采; 地质灾害; 安全预警机制

DOI: 10.33142/aem.v6i8.13236

中图分类号: TD862.1

文献标识码: A

Geological Hazards and Safety Warning Mechanism in Deep Copper Mining

CHEN Wendong

Yinmin Copper Mine of Yunnan Jinsha Mining Co., Ltd., Kunming, Yunnan, 654100, China

Abstract: The geological hazards and safety warning mechanism in deep copper mining are key issues related to mine safety. With the development of mining towards deep excavation, the risk of geological hazards has significantly increased, such as rock burst, karst, and ground subsidence, which pose serious challenges to safety. The establishment of an effective geological monitoring and safety warning system is crucial to timely identify and evaluate potential risks, and adopt scientific and effective warning measures to ensure the safety and sustainability of mining production.

Keywords: deep copper mining; geological hazards; safety warning mechanism

引言

在深部铜矿开采过程中, 地质灾害的管理和安全预警机制是确保矿山安全和生产连续性的重要组成部分。随着矿山开采深度的增加, 地质环境复杂性显著增加, 地质灾害如岩爆、岩溶、地面沉降及地下水涌出等对矿区安全构成潜在威胁。为了有效应对这些挑战, 必须建立健全的地质监测体系和安全预警机制, 旨在及时发现、评估和预警潜在地质灾害风险, 以减少事故发生的可能性, 并通过科学有效的预警措施保障矿山生产的安全性和可持续性。本文将深入探讨当前我国深部铜矿开采中常见地质灾害的特征及其应对策略, 以及最新的安全预警技术与方法, 旨在为提升矿山安全管理水平提供理论支持和实践指导。

1 地质灾害的类型与特征

1.1 岩爆

岩爆是深部矿山开采中常见的地质灾害之一, 通常发生在岩体受到高应力作用下, 岩石的内部结构和应力状态发生严重变化时。在岩爆事件中, 岩石因应力释放或矿体开采引起的应力集中而突然破裂和剥离, 释放出巨大的能量和岩屑, 可能造成严重的人员伤亡和设备损坏。岩爆的特征包括突然性强、规模大、影响范围广, 对于矿山安全构成严峻挑战。

1.2 岩溶

岩溶是深部矿山开采中可能遇到的地质灾害之一, 特别是在含有溶岩岩层的地质环境中更为常见。岩溶主要由

水溶蚀作用引起, 当地下水穿过溶岩或者含有可溶性矿物的岩石时, 会溶解其组成部分, 逐渐形成洞穴、地下水道和地下空洞。这些空洞如果不及时发现和处理, 可能会导致地表塌陷或者地下设施损坏, 严重影响矿山的安全和稳定运营。岩溶的特征包括形成隐蔽性强、演变过程缓慢但具有累积性、影响范围广泛等。

1.3 地面沉降

地面沉降是深部矿山开采中常见的地质灾害之一, 通常由于地下采空区域的塌陷或者岩层变形引起。在矿山开采过程中, 随着矿石的采出和地下空间的变化, 地面上方的岩层可能会失去支撑, 导致地面出现不同程度的下沉或塌陷现象。地面沉降的特征包括变形区域范围广、沉降速度快、对周边地质环境和建筑设施的影响显著。地面沉降对矿山运营和周边环境的影响是矿业开发中需要认真对待的问题。它不仅可能影响到地表设施的稳定性和使用寿命, 还可能对当地生态系统和社会经济活动造成负面影响。

1.4 地下水涌出

地下水涌出是深部矿山开采中常见的地质灾害之一, 通常由于地下采空区域内部水文地质条件复杂, 或者岩层结构疏松、渗透性较强所致。在矿山开采过程中, 地下水受到矿石开采活动的影响, 可能从地下岩层或者矿体裂隙中迅速涌出, 形成地表水体或地下水体的增加或外溢现象^[1]。地下水涌出的特征包括水量大、涌出速度快、对矿山安全和生产设施的影响显著。地下水涌出不仅可能导致矿山内部

的工作环境恶化和设备损坏,还可能对周边的生态环境和社会经济造成潜在影响。

1.5 其他地质灾害

除了常见的岩爆、岩溶、地面沉降和地下水涌出外,深部矿山开采还可能遭遇到其他多种地质灾害。这些灾害可能包括地震引发的地质灾害、矿山内部火灾或爆炸、地表塌陷及矿山周边地质环境的不可预见变化等。这些灾害的特征各不相同,但都可能对矿山的安全和生产造成严重威胁,甚至影响到周边社区的安全和环境。其他地质灾害的出现往往受到地质构造、矿体性质、地下水位变动等多种因素的影响,其发生具有一定的偶然性和复杂性。

2 安全预警技术及方法

2.1 地质监测技术

在深部铜矿开采中,地质监测技术是关键的安全预警手段。这些技术涵盖了多种先进的工具和方法,主要用于实时监测和评估地下岩体的稳定性和变化趋势,帮助预警可能的地质灾害,如岩爆、岩溶、地面沉降等。地质监测技术的核心包括地震监测、岩层变形监测、地下水位监测和地下空洞检测。地震监测通过布设地震仪网和监测站,持续记录和分析地震活动的参数,如震级和发生频率,以识别可能影响矿山稳定性的地震事件。岩层变形监测利用变形传感器和高精度测量仪器,实时监测岩体的应力状态和变形情况,提前发现和预警岩体可能出现的变动和裂隙。地下水位监测系统通过水位传感器和水文测量设备,监测地下水位的变化,及时预警地下水涌出的风险,防范地下水对矿井运营的潜在影响。地下空洞检测则使用地质雷达和激光扫描技术,探测和评估地下空洞的分布和稳定性,减少因空洞导致的地面塌陷风险。这些技术不仅提供了关键的实时监测数据,也为工程师和管理人员提供了及时的预警信息,帮助其采取有效的安全措施和应急响应策略,以保障矿山的安全生产和员工的生命安全。

2.2 数据分析与预警系统

在深部铜矿开采中,数据分析与预警系统是关键的安全管理工具,其有效性直接影响到矿山运营的安全性和可持续性。数据分析与预警系统通过整合和分析多源数据,如地质监测数据、地震数据、传感器数据等,帮助识别和评估潜在的安全风险,及时预警可能发生的地质灾害。首先,数据分析技术在地质监测中的应用至关重要。通过高级数据处理和模型建立,可以实时监测岩层的变形情况和地下水位的波动趋势,识别岩体变动的迹象并进行预测。这种实时分析使得管理团队能够及时采取必要的安全措施,防范潜在的岩体崩塌或地下水涌出风险。其次,预警系统的设计和优化是确保及时响应地质灾害的关键。通过建立灵敏的预警机制和智能化的决策支持系统,管理人员可以在灾害发生前做出预防性措施,包括制定疏散计划、加强岩体支护、暂停危险区域的采矿活动等。预警系统的

有效性不仅依赖于数据的准确性和实时性,还取决于系统的自动化程度和预测算法的精度。最后,数据分析与预警系统的持续改进和优化对于提升矿山安全管理水平至关重要。通过引入先进的人工智能和机器学习技术,系统可以不断学习和优化预测模型,提高对潜在灾害的感知能力和预警效果。此外,加强数据的实时监控和交互式分析,能够及时更新预警策略和应急预案,提高应对突发事件的反应速度和准确性。

2.3 应急响应与管理措施

面对突发的地质灾害风险,及时有效的应急响应能力至关重要。首先,应急响应包括建立完善的应急预案和紧急撤离程序。这些预案需要考虑各种可能发生的地质灾害类型和严重程度,明确各级人员的责任和行动步骤,确保在灾害发生时能够快速、有序地组织人员撤离和安全转移。其次,应急响应还涉及到应急装备和设施的准备和维护。包括防护设施、通信设备、应急供水和食品储备等。这些设施的及时更新和维护,能够在紧急情况下提供必要的支持和保障,保障人员的安全和基本生活需求。另外,应急响应还需加强人员的培训和技能提升。通过定期的应急演练和培训课程,提高工作人员对应急情况的应对能力和适应能力,加强团队协作和应急响应的效率。最后,应急响应与管理措施的成功实施需要跨部门和跨级别的紧密合作和协调^[2]。管理层、技术人员、安全人员和基层员工之间的有效沟通和协作,是应对复杂多变地质环境中突发事件的关键。

3 深部铜矿开采中的安全管理策略

3.1 技术创新与应用

在深部铜矿开采中,技术创新与应用是提升安全管理策略效能和保障生产安全的关键因素。随着科技的不断进步,各种先进技术如人工智能、大数据分析、无人机监测等正在逐步应用于矿山安全管理中。首先,人工智能技术的应用为矿山安全管理带来了革命性的改变。通过机器学习算法和智能感知技术,可以对矿山内部的地质结构、岩体稳定性和设备运行状态进行实时监测和预测。这不仅大大提高了对潜在灾害的感知能力,还能及时发现异常情况并作出预警响应,有效降低事故风险。其次,大数据分析在矿山安全管理中的应用日益广泛。通过整合和分析多源数据,如地质监测数据、传感器数据、人员位置数据等,可以深入了解矿山各项运营指标的变化趋势和潜在风险。这种数据驱动的管理方式使管理者能够做出更加精准和科学的决策,优化安全管理策略和资源配置。此外,无人机技术在矿山安全管理中的应用也逐渐成为常态。无人机可以实现矿区内部和周边环境的高精度监测,快速获取地形、地貌和水文信息,识别潜在的安全隐患和灾害风险。它们不仅能够代替传统的人工巡查,减少人员接触风险,还能够大幅提高监测效率和准确性。

3.2 法律法规与标准制定

在深部铜矿开采中,法律法规与标准制定是确保安全管理策略有效实施和持续改进的重要基础。法律法规的制定和执行,旨在规范矿山开采行为,保护环境、保障安全,防范各类事故风险的发生。首先,法律法规的制定是对矿山安全管理的基本保障。通过国家和地方政府制定的相关法律法规,明确了矿山开采过程中的安全标准、环境保护要求和生产经营规范。这些法律法规不仅规定了矿山企业的法律责任和义务,还规定了政府监管部门的监督职责和执法权限,确保矿山企业依法经营,履行社会责任。其次,标准制定在矿山安全管理中具有重要作用。标准是对矿山安全管理实施过程中各项技术要求和操作流程的具体规定,是衡量矿山安全管理水平的重要标志^[3]。通过制定和遵守相关的安全技术标准,矿山企业能够确保设备的安全性、操作的规范性和人员的培训水平,从而有效预防和减少各类事故的发生。此外,法律法规与标准制定需要与时俱进,及时调整和完善。随着科技进步和安全管理理念的不断更新,相关法律法规和标准也需要不断更新和完善,以适应新技术、新设备的引入和矿山环境变化的挑战。

3.3 培训与教育

有效的培训与教育不仅有助于增强员工对潜在风险的识别能力,还能提升其应对突发事件的应急反应能力,从而有效降低事故发生率。首先,培训与教育强调安全意识的培养。通过系统的安全教育和培训课程,员工能够深入了解矿山开采过程中可能面临的各类安全风险和危害,理解安全规章制度的重要性和遵守要求的必要性。这不仅使员工在日常工作中能够时刻保持警惕,还能够培养出正确的安全行为习惯,从而预防事故的发生。其次,培训与教育注重技能和操作的提升。针对不同岗位和职责的员工,制定针对性的技能培训计划,包括设备操作技能、紧急逃生技能、应急救援技能等。通过模拟实战演练和案例分析,使员工能够在实际操作中掌握正确的应对策略和技能,提高对突发事件的处理能力和效率。另外,培训与教育还应重视安全文化的建设。通过组织安全知识竞赛、安全演讲比赛等活动,营造积极向上的安全氛围,增强员工之间的安全协作和互助意识。建立健全的安全管理制度和激励机制,鼓励员工自觉遵守安全规章制度,共同维护矿山的稳定和运行。最后,培训与教育需要持续不断地进行更新和优化。随着矿山技术和设备的更新换代,安全管理理念和应对策略也在不断演变。

3.4 社会责任和可持续发展

矿山作为地方经济发展的重要支柱,其安全管理不仅影响到企业自身的稳定发展,也直接关系到当地社会和环

境的持续健康。首先,社会责任在矿山安全管理中扮演着承担社会责任和保护社会公共利益的重要角色。矿山企业应当积极履行社会责任,关注和响应当地居民和社区的合理诉求,确保开采活动不会对当地居民的生活和环境造成负面影响。通过与当地政府、社区和利益相关者进行沟通和与合作,建立起和谐稳定的社会关系,共同推动当地经济社会的可持续发展。其次,可持续发展理念需要贯彻于矿山的日常运营和安全管理中。矿山企业应积极采取措施,优化资源利用结构,降低能耗和排放,推动绿色技术和环境保护措施的实施^[4]。通过引入清洁生产技术、循环利用水资源、减少矿山废弃物的排放等方式,减少对周围环境的负面影响,实现矿山开采与生态环境的协调发展。另外,社会责任和可持续发展也包括对员工的关怀和培训。矿山企业应关注员工的健康与安全,提供良好的工作环境和必要的安全设施,确保员工能够在安全的条件下工作。

4 结语

深部铜矿开采中的地质灾害与安全预警机制是矿山安全管理中至关重要的议题。随着矿业向深部挖掘发展,地质灾害如岩爆、岩溶、地面沉降等的风险显著增加,这些灾害不仅威胁到矿工的生命安全,也对矿山设施和环境造成严重影响。因此,建立有效的地质监测和安全预警系统,及时识别和评估潜在的地质风险,实施科学有效的预警和应急响应措施,显得尤为紧迫和必要。在应对深部铜矿开采中的地质灾害时,技术创新、数据分析能力的提升、预警系统的智能化以及员工的持续培训是关键因素。政府监管部门、矿业企业和科研机构应当加强合作,共同推动安全预警技术的发展和运用,确保矿山的安全生产和可持续发展。只有通过不懈努力,我们才能有效应对深部铜矿开采中的挑战,保障工人的安全,实现矿山持续健康发展的目标。

[参考文献]

- [1] 罗卫兵,石大庆,武鹏杰,等. 丰山铜矿深部岩爆特征及防治措施研究[J]. 世界有色金属,2023(17):160-162.
- [2] 廖磊. 闽西地区某金铜矿区深部水文地质特征研究[J]. 世界有色金属,2021(6):121-122.
- [3] 苗勇刚,张长锁,夏志远,等. 某铜矿微震监测系统台网设计及精度分析[J]. 有色金属(矿山部分),2020,72(6):30-35.
- [4] 陈灿. 皖南某铜矿深部开采提升方案的探讨[J]. 矿业工程,2018,16(2):13-15.

作者简介: 陈文冬(1982.10—),男,毕业院校:昆明理工大学,学历:大学本科,专业:测绘工程,就任单位:云南金沙矿业股份有限公司因民铜矿,职务:总工程师,职务年限:8年,职称:注册安全工程师。