

不同地质灾害类型的预测与防治技术研究

Research on Prediction and Prevention Techniques for Different Types of Geological Hazards

陈永波

Yongbo Chen

陕西省一八六煤田地质有限公司 中国·陕西 西安 710075

Shaanxi Province 186 Coalfield Geology Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710075, China

摘要: 矿山地质灾害主要包括矿井塌陷、地面沉陷、地震、地质气体突出、爆炸事故等多种类型。其中, 矿井塌陷是最为常见的矿山地质灾害之一。矿井内部的岩层结构和矿体开采导致的地下空洞会使地表形成坑塘, 严重时会引起地面沉陷或塌陷。地震是由于地壳运动产生的地球表面振动, 其能量释放会导致矿山地质灾害的发生。地质气体突出是指高压地下气体在开采过程中突然大量涌出, 形成可燃、有毒或窒息性气体, 给工人的安全带来威胁。论文对不同地质灾害类型的预测与防治技术进行了综述, 以减少矿山作业时地质灾害带来的危害。

Abstract: Mine geological disasters mainly include various types such as mine collapse, ground subsidence, earthquakes, geological gas outburst, and explosion accidents. Among them, mine collapse is one of the most common geological disasters in mines. The rock structure inside the mine and the underground cavities caused by mining can form pits on the surface, and in severe cases, it can cause ground subsidence or collapse. Earthquake is the vibration of the earth surface caused by Diastrophism, and its energy release will lead to the occurrence of mine geological disasters. Geological gas outburst refers to the sudden influx of high-pressure underground gas during the mining process, forming flammable, toxic, or suffocating gases, posing a threat to the safety of workers. The paper summarizes the prediction and prevention technologies for different types of geological disasters to reduce the harm caused by geological disasters during mining operations.

关键词: 地质灾害类型; 预测与防治技术; 矿山作业

Keywords: type of geological hazard; prediction and prevention techniques; mining operations

DOI: 10.12346/se.v5i1.8131

1 引言

矿山地质灾害是指在采矿和开采过程中发生的各种地质灾害。由于矿山地下工作环境的复杂性和特殊性, 矿山地质灾害造成的人员伤亡和财产损失往往较大, 对矿山生产和经济发展产生重要影响^[1]。为了预防和减少矿山地质灾害的发生, 需要采取一系列科学有效的预警和防治措施。如在矿井开采前进行地质勘探, 全面了解地下情况, 同时加强矿井内部支护措施和强化监测预警系统的建设, 及时发现和应对潜在的地质灾害风险。此外, 增强矿工安全意识和培训技能也是防范矿山地质灾害的重要手段。

2 不同地质灾害的常见类型

矿山地质灾害包括很多不同类型, 主要有以下几种。

2.1 矿井塌陷

在采矿过程中, 通过钻探、爆破和开采等活动, 矿石被移走或破碎, 导致地下形成空洞。如果这些空洞无法得到合理的支护和填补, 则可能引发地面沉陷或塌陷。矿山地质条件复杂, 岩层的稳定性不同。当存在具有不稳定性的岩层或断层时, 开采过程中可能造成岩层的变形和破裂, 导致地表形成坑塘, 甚至引发地面沉陷或塌陷^[2]。另外, 矿山开采过程中, 部分岩石被移除或破碎, 造成地下的掏空, 使得地表失去了支撑。当掏空区域超过一定规模时, 地表就可能出现

【作者简介】陈永波(1987-), 男, 中国陕西咸阳人, 工程师, 从事煤矿防治水、地质灾害评估等研究。

下沉、塌陷现象。这些都会造成一定的地质灾害。

2.2 地面沉陷

矿山开采过程中，由于地下空洞的形成，地表会失去支撑而发生下降，从而导致地面沉陷。当地下空洞无法得到合理的支护和填补时，地表下陷形成凹陷或坑洞的现象就会发生。这种地面沉陷现象是矿山开采活动带来的地质灾害之一，对于周围环境和土地利用都会造成一定的影响。

地面沉陷的过程可以分为两个阶段：一是初始沉降阶段。在矿山开采初期，矿体被开采后，地下空洞开始形成，地表下陷速度较快。此阶段的地面沉降主要由开采所造成的直接掏空引起。二是后期沉降阶段。随着矿体开采的进行，地下空洞逐渐扩大并稳定，地表下陷速度减缓，但仍会持续发生^[9]。此阶段的地面沉降主要是由于地下空洞的压缩、岩石破碎和岩层重组等因素所导致。

2.3 地震

在地壳运动过程中，地球表面会发生振动，即地震。矿山地质灾害中的地震通常是由于开采活动释放了能量而引发的，它可能会对矿井和附近的地质环境产生严重影响。地震不仅会导致矿井结构的损坏，还可能引发岩层移动、断层滑动等地质灾害，从而造成矿井坍塌、爆破事故等严重后果。此外，地震还可能引发地下水水位变动、地下水破裂以及气体喷出等问题，进一步加剧矿区地质环境的不稳定性，并可能对周边地区产生影响。因此，在矿山开采过程中，需要采取有效的措施来减轻地震带来的危害，保证矿井和地质环境的安全稳定。

2.4 冒顶灾害

矿山冒顶灾害是指矿山开采过程中，由于岩层受到强大的地质应力作用或其他原因导致其失稳垮塌，从而造成矿井顶板的坍塌和冒顶现象，具体如图1所示。

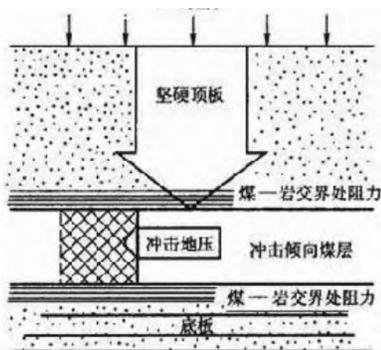


图1 冒顶灾害发生机制

矿山冒顶灾害往往具有突发性和不可预知性，且危害严重。当矿井顶板发生冒顶时，将造成巨大的岩石块体向矿井内部掉落，可能导致人员伤亡、设备损坏、矿井道路封闭等后果。冒顶灾害还会引起瓦斯积聚、通风中断、水灾等次生灾害，增加救援和抢险的难度。

2.5 矿山爆炸事故

由于操作失误、设备故障或能源积聚等原因，矿山内的易燃气体（如甲烷）一旦发生点火源，就可能引发煤矿瓦斯

事故。矿山瓦斯事故往往具有瞬间释放大量能量、波及范围广、危害严重的特点。

煤矿中存在的瓦斯主要是甲烷气体，其在空气中形成可燃的气体混合物，在一定浓度范围内遇到点火源就可能形成火灾或爆炸。当煤矿中的甲烷气体体积聚到一定浓度时，如果有点火源（如明火、电火花等），甲烷气体就会迅速燃烧或爆炸，释放出巨大能量。这种能量释放形式可能是一次性的爆炸，也可能是多次连续的爆炸。瓦斯爆炸会产生强大的冲击波和高温气体，瞬间释放的能量将导致矿井内部的岩层崩塌、构筑物损坏，可能导致火灾蔓延、人员被掩埋、通风中断等一系列严重后果。

3 不同地质灾害类型的预测技术

不同矿山地质灾害类型的预测技术可以根据具体的灾害类型进行分别描述。以下是几种常见的矿山地质灾害类型以及相应的预测技术。

3.1 矿山冒顶灾害的预测技术

综合应用表1所示的技术手段，可以更全面地评估矿山冒顶的潜在风险，及时采取相应的防治措施，确保矿山的安全生产。

表1 矿山冒顶灾害预测技术

预测技术	内涵
地质勘察和岩层力学性质评价	通过对矿山地质构造、岩层变形等进行详细勘察，评价岩层的物理力学性质和稳定性，以确定是否存在冒顶风险。这包括对地质构造、岩石结构、断裂带、节理等进行详细调查和分析，判断岩体的稳定状态
矿山微震监测	利用微震监测设备对矿山地下进行实时监测，通过分析和识别微震信号的频谱、振幅和时序特征，判断岩体的变形和破裂情况，进而判定是否存在冒顶的可能性
加速度计监测	通过安装加速度计等监测设备，对岩体进行实时监测，记录和分析岩体的震动情况。当岩体出现异常的震动信号时，可能表明其稳定性受到破坏，从而预示着冒顶事件的潜在风险
数值模型和数值模拟	利用数值模型和数值模拟方法，建立矿井的三维力学数学模型，对岩体的稳定性和变形特征进行分析和预测。通过模拟岩体应力分布、变形、位移等参数，可以评估冒顶的可能性，并提供预警指标
现场实测技术	包括岩壁位移监测、应力监测、水文地质监测等现场实测技术。通过监测岩壁变形、应力变化以及水文地质因素的变化情况，可以了解岩体的动态变化，判断冒顶风险

3.2 矿山地面塌陷的预测技术

矿山地面坍塌是人工开采活动造成的灾害现象，因此可以通过一定的技术进行预测。

3.2.1 遥感监测技术

利用遥感技术，包括卫星遥感和航空遥感，对矿山周边地表进行高分辨率影像获取和监测，如图2所示。通过对影像的解译和比对，可以观察到地表的形变、裂缝以及沉陷等现象，提前发现地表塌陷的迹象，并进行预测和预警。

3.2.2 地面监测技术

包括全站仪、GPS定位等地面测量技术，通过对地表进

行周期性或实时的监测和测量,记录和分析地表的变形、位移、沉陷等参数。通过监测地表的变化情况,可以及时发现地表塌陷的趋势和规律,并进行预测。



图 2 地质灾害遥感监测影像

3.2.3 水文地质监测

对矿山周边水文地质环境进行实时监测,包括地下水位、水压、水质等参数的测量和分析。通过观测水文地质环境的变化情况,可以判断地下水位变化对岩层稳定性的影响,从而预测地面塌陷的风险。

除了这几种预测技术之外,还可以和地质勘察和岩层力学性质评价、数值模型和数值模拟等多种技术结合使用进行预测。

3.3 矿山瓦斯爆炸的预测技术

矿山爆炸的预测对于矿山开采也非常重要,能够有效保障矿山作业的安全。表 2 是几种常见的矿山瓦斯爆炸的预测技术。

表 2 矿山瓦斯爆炸预测技术

预测技术	内容
瓦斯监测仪和传感器	安装瓦斯监测仪和传感器,实时监测瓦斯浓度、氧气含量、温度等指标,发现瓦斯积聚和异常情况,及时采取措施
热成像技术	利用红外热像仪进行矿井巷道的定期扫描,检测矿井中可能存在的异常温度,迅速发现潜在的瓦斯积聚区
瓦斯动力学模拟技术	通过瓦斯动力学模拟方法,建立矿井的流场和瓦斯爆炸传播模型,预测瓦斯爆炸的可能区域和范围

4 不同地质灾害的防治技术

4.1 完善开采评估

完善开采评估是减少矿山地质灾害的重要手段之一。通过完善开采评估,可以较为全面地了解矿山地质情况与风险,从而减少矿山地质灾害的发生。在实际操作中,还需要根据具体情况结合专业技术人员的经验和判断,综合考虑各种因素,制定合理有效的开采方案。具体来看,进行全面而详细的地质勘察,包括地质结构、岩性、水文地质等方面的调查。以此为基础,建立准确的地质模型,包括地层分布、构造特征等,用于预测和评估可能存在的地质灾害风险。同时对矿山岩体进行力学参数测试与分析,包括岩石强度、岩石变形特性等。通过实验室试验和现场观测,获得准确的数

据,为矿山设计和开采方案提供依据。同时,结合岩体力学参数进行数值模拟,预测可能出现的岩体破裂、塌陷等地质灾害情况。建立矿山开采信息管理系统,整合和管理各类数据和信息,提供可视化和分析功能。通过数据的统计和分析,及时了解矿山开采过程中可能存在的风险和问题,以便采取相应的措施加以解决。

4.2 进行科学开采

减少矿山地质灾害,最重要的方法之一就是进行科学开采。科学开采意味着在充分了解地质情况的基础上,通过合理规划和控制开采过程,最大程度地降低地质灾害的风险。

首先,在进行开采前,必须进行充分的地质勘察和评估工作,包括岩体结构、水文地质、地下水流动情况等方面的调查,以便全面了解矿区的地质条件。同时,还需要进行岩石力学性质测试与分析,以获得准确的岩体力学参数数据。

其次,在制定开采方案时,应根据地质勘察和岩石力学参数,合理选择开采方法和支护方式,并确保开采参数的科学调整与控制。这包括确定开采深度、开采速度以及支护结构的合理布局等,以保证岩体的稳定性。

最后,还需要建立完善的管理体系和信息系统,对开采过程中的数据和信息进行整合和管理。通过数据分析和综合考虑各种因素,能够提前发现潜在的风险,并做出相应的防范和控制措施。

4.3 做好开采防护

对于矿山地质灾害的治理,除了针对已经发生的灾害进行应急处置和恢复工作外,防护也是至关重要的一项工作。需要矿山开采单位加强对矿山地质环境的监测和预警,及时发现地质灾害隐患,以便采取相应的措施进行治理。同时,矿山开采单位应加强员工的安全培训,增强他们的防灾意识和避险能力。一方面,矿山开采单位应密切关注采空区域的地质动态,一旦发现存在地面塌陷风险,应及时组织疏散周边居民,确保其人身安全。另一方面,矿山开采单位需要对采空区域进行准确定位和判断。这可以通过地质勘探、测量和监测等手段来实现。

5 结语

不同地质灾害类型的预测与防治技术研究具有重要的实践意义。在矿山作业中,通过科学的预测手段和有效的防治措施,可以减少地质灾害对人类社会和环境的影响,保障人民的生命财产安全,实现可持续发展目标。然而,地质灾害的复杂性和多样性使得研究工作仍然具有一定的挑战性,需要不断深入研究和探索,促进技术创新与应用,以提高地质灾害防治的效果和能力,保障人民的生产生命安全。

参考文献

- [1] 张兴辉,王海亮. 矿山地质灾害勘查及其防治措施研究[J]. 能源与环保,2023,45(4):123-130.
- [2] 赵龙刚. 基于水工环地质技术的矿山地质灾害防治[J]. 世界有色金属,2023(5):166-168.
- [3] 毛则飞. 矿山地质灾害类型与防治措施分析[J]. 世界有色金属,2023(5):199-201.