

地质灾风险评估在矿山地区中的应用

李扬

广西壮族自治区三一〇核地质大队，广西 桂林 541213

摘要： 矿山地区由于地质结构特殊、人类工程活动频繁，易受到地质灾害的威胁，给人员的生产生活带来巨大风险。因此，对矿山地区进行地质灾害风险评估是保障矿山安全不可或缺的步骤。本文旨在探讨地质灾害风险评估在矿山地区中的应用，通过系统性的方法和综合的分析，提供有力的决策支持，降低矿山地区地质灾害带来的损失。通过深入了解矿山地区地质灾害的发生机理和风险水平，制定有效的预防措施和紧急应对方法，对于提高矿山地区安全性具有重要实际意义。

关键词： 地质灾害；风险评估；矿山地区

Application of Geological Disaster Risk Assessment in Mining Areas

Li Yang

310th Nuclear Geological Brigade of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Guilin, Guangxi 541213

Abstract： Due to the special geological structure and frequent human engineering activities, mining areas are vulnerable to geological disasters, which pose huge risks to the production and life of personnel. Therefore, conducting geological hazard risk assessment in mining areas is an indispensable step in ensuring mine safety. This article aims to explore the application of geological hazard risk assessment in mining areas, providing strong decision support through systematic methods and comprehensive analysis, and reducing the losses caused by geological hazards in mining areas. It is of great practical significance to improve the safety of mining areas by deeply understanding the occurrence mechanism and risk level of geological disasters in mining areas, and formulating effective preventive measures and emergency response methods.

Keywords： geological hazards; risk assessment; mining area

引言

矿山地区由于地质灾害频发，给人类生产生活安全带来了严重的威胁。因此，为了减少矿山地区地质灾害带来的损失、提高矿山地区的安全性，对矿山地区进行地质灾害风险评估具有重要的理论和实际意义。矿山地区由于地质构造的特殊性和开采活动的复杂性，使得现有的风险评估方法在应用时存在一定的局限性。因此，本文旨在通过剖析矿山地区地质灾害的特殊性，结合风险评估理论和方法，提出适用于矿山地区的风评估方法，为矿山地区地质灾害的有效防控提供依据。

一、地质灾害概述

（一）矿山地区常见地质灾害类型

矿山地区由于独特的地质环境和人类的采矿活动，地质灾害类型具有一定的特点和频发性。以下是矿山地区常见的几种地质灾害及其特征：

1. 滑坡

在矿山地区，滑坡是常见的地质灾害之一。由于矿区开采活动导致地下水位变化和地质体的机械性质破坏，斜坡的稳定性会受到严重影响。这些变化可能导致大量土石松动，形成滑坡。滑坡不仅危及矿区工作人员的生命安全，还可能破坏矿山基础设施，甚至影响附近水域的水质和生态环境。

2. 崩塌

崩塌在矿山地区尤为危险，主要是由于开采活动造成的坡面裸露和地质体破碎。坡面的不稳定和裸露的岩体在自然因素（如持续降雨）或人为因素（如矿区的震动）的影响下，可能突然脱离母体并快速下滑。这种类型的崩塌风险对矿区的安全构成直接威胁，需要通过加固斜坡、改善排水系统等措施来降低风险。

（二）地质灾害对矿山地区的影响

1. 人员安全

地质灾害，尤其是滑坡和崩塌，极大地增加了矿山工人的安全风险。这些灾害的发生往往是突然和不可预测的，导致矿山工

* 作者简介：李扬，男，汉，（1995-），本科，广西桂林，助理工程师，水工环。

人在开采过程中持续面临生命安全的威胁。例如，不稳定的岩石或土体在一定条件下可能突然滑落或塌陷，造成严重的伤亡事故。因此，提高矿山安全和实施有效的灾害预警系统是保护工人生命安全的重要措施。这包括定期进行地质稳定性评估、安装监测设备来预测和警报可能的滑坡或崩塌事件，以及制定和训练应急疏散计划。

2. 设施损害

地质灾害对矿山设施的破坏不仅限于直接的物理损害，还包括由此引起的运营中断和经济损失。矿山的基础设施如采矿井口、运输通道、机械和设备都极易受到地质灾害的影响。例如，滑坡可能阻断交通路线，影响矿石和物资的运输；地面沉降可能破坏井架结构，导致昂贵设备的损坏和开采活动的延迟或中断。因此，加强矿山设施的抗灾能力，如设计和构建更为坚固的支持结构和优化矿区的水管理系统，是降低这种风险的关键。

二、风险评估理论与方法

（一）风险评估的概念

风险评估是一种系统的、科学的方法，主要用于确定在特定活动或环境中可能发生的不确定性事件的概率以及这些事件可能造成的影响程度。这一概念在众多领域都有应用，从公共健康、环境保护到工程建设和灾害管理等。

在地质灾害的研究领域，风险评估的目的是量化潜在地质灾害对特定区域，如矿山地区的威胁程度。通过评估这些风险，科学家和决策者能够更好地制定灾害管理计划和应急响应策略，从而减少灾害带来的损害。

（二）地质灾害风险评估方法

风险评估方法大致可以分为两类：定性评估方法和定量评估方法，各有其特点和应用领域。

1. 定性评估方法

定性评估方法侧重于使用专家的经验、历史案例分析以及现场调查等手段，对地质灾害的潜在风险进行主观判断。这种方法的优势在于其简单直观，能够快速提供初步的风险评估，尤其是在缺乏充足数据的初期研究阶段。

然而，定性评估也存在一定的局限性。由于高度依赖专家的判断，这种方法可能受到个人经验和主观意识的影响，从而影响评估的准确性和客观性。此外，定性结果较难用于精确计算或预测灾害的具体影响，因此在需要精细操作的情况下，可能不足以支持复杂的决策制定。

2. 定量评估方法

相对于定性评估，定量评估方法基于数据和数学模型来量化地质灾害发生的概率以及可能造成的损失。这种方法通常包括统计分析、概率模型、地理信息系统（GIS）技术等高级技术的应用。

定量方法的主要优势在于其科学性和客观性，可以提供具体的数值支持决策。例如，通过计算特定地区内某地质灾害发生的概率和预期的经济损失，决策者可以更加精确地规划资源分配和应急准备工作。

（三）适用于矿山地区的风险评估方法选择与比较

1. 概率统计方法

这种方法利用历史地质灾害数据，通过统计学方法计算概率，预测未来可能发生的地质灾害。适用于有较为完整历史数据的矿山地区。通过分析过去的灾害发生情况，可以推断未来灾害的可能性。然而，该方法对于新兴矿山或者历史数据较为有限的地区可能不够准确。

2. GIS 模型建立

借助 GIS，可以建立地质灾害风险评估的数学模型，综合考虑地质构造、开采活动等因素，通过数值计算得出地质灾害发生的可能性和潜在影响。这种方法适用于数据相对较全面但复杂的矿山地区。GIS 提供了强大的地理信息分析工具，有助于更好地模拟各种地质灾害的发生机理。但需要充分的地理数据支持和准确的空间分析，以建立模型并精确预测潜在的地质灾害风险。GIS 的空间分析功能可以有效地处理这些复杂因素，为地质灾害风险建模提供强大的支持。

3. 综合评估方法

将定性和定量方法结合，充分利用专家知识和实地调查数据，综合评估地质灾害风险。适用于数据不充分且灾害影响因素复杂多样的矿山地区。综合评估方法通过融合专业意见和实际情况，能够在数据有限的情况下更全面地理解风险。这种方法的灵活性使其在不同矿山环境中都能够发挥作用。

三、地质灾害风险评估在矿山地区的应用

（一）数据收集与整理

1. 地质数据

地质数据的收集是了解矿山地区地质特征的首要步骤。这些数据通常包括地质地貌、地层构造和岩性等信息。例如，地形的高程变化数据可以通过地形图、遥感影像和现场测量获得，这些数据有助于分析地形对地质灾害的影响。地层的分布情况通常通过地质钻探和采样获得，而岩石的组成分析则需要通过实验室的岩石学和矿物学分析。

地质数据的综合分析非常关键，它可以揭示如断层分布、岩层倾斜程度及其稳定性等信息，这对于识别滑坡、崩塌等潜在风险源至关重要。通过 GIS（地理信息系统）技术，可以将这些数据进行可视化 and 更深入的空间分析，进一步增强对矿山地区地质安全状况的理解。

2. 气象数据

气象数据的收集包括降水量、温度、风速和其他气候因素，这些都是评估地质灾害潜在风险的重要环节。特别是降水，作为诱发滑坡和泥石流的主要因素之一，其数据的准确收集和分析对于预测这些灾害至关重要。

通过安装气象站或使用卫星数据，可以实时监测矿山地区的气象条件。长期气象数据的趋势分析有助于理解气候变化对地质灾害频发性的影响。此外，模型和预测工具如气候模型可以基于这些数据预测未来的气象状况，为灾害预警提供支持。

3. 矿山开采数据

矿山开采数据的收集涉及到采矿方法、开采规模、历史开采记录等信息。这些数据对于评估开采活动如何影响地质结构的稳定性和引发地质灾害具有重要意义。

（二）GIS 模型建立和参数选择

1. GIS 模型选择

GIS 提供了多种模型，适用于不同类型的地质灾害风险评估。选择合适的模型是进行有效评估的关键步骤，因为每种模型都有其特定的应用范围和优势。例如，概率统计模型非常适合用于基于历史数据的风险预测，它可以分析和计算特定地质灾害发生的概率。这种模型适用于数据充足的情况，可以利用过去的灾害记录来预测未来的风险趋势。

另一方面，物理力学模型则更加关注地质构造和开采活动对地质稳定性的影响。这种模型适用于地质条件复杂或开采强度高的矿山地区，可以详细模拟地质活动和人类活动如何共同作用引发地质灾害。物理力学模型依赖于精确的地质和工程数据，能够提供更深入的洞察，帮助矿山管理者理解潜在的灾害发生机制，并据此制定预防措施。

2. 参数选择与敏感性分析

在建立 GIS 模型的过程中，选择正确的参数至关重要。这些参数包括地质特性、气象条件、水文数据等，它们直接影响模型的输出和预测的准确性。进行敏感性分析是理解各参数对模型结果影响程度的有效方法。通过敏感性分析，可以识别出对地质灾害风险评估影响最大的因素，这对于优化模型和数据收集计划非常有帮助。

例如，如果分析显示某个参数的微小变化会显著影响模型结果，那么这个参数就应被视为一个关键变量，需要进行更精确的测量和更频繁的更新。GIS 的强大分析功能支持这种类型的敏感性分析，确保所选参数可以有效地反映地质灾害的风险。

3. 实施和评估

在选择了合适的模型和参数后，下一步是实施模型并对其进行评估。这一阶段包括运行模型，收集输出数据，并对结果进行解析。评估模型的性能不仅涉及查看其预测结果的准确性，还包括检验模型是否能在不同条件下稳定运行。

此外，模型评估还应包括与实际地质灾害事件的对比分析，以验证模型的预测能力。如果模型在实际应用中表现良好，它可以被用作未来风险管理和决策支持的重要工具。反之，如果模型表现不佳，则可能需要回到参数选择和模型调整阶段，进行必要的优化。

（三）风险评估结果与分析

1. 风险等级划分

在地质灾害风险评估过程中，一个关键步骤是将风险按照一定标准分为不同的等级，如低、中、高。这种分级基于灾害发生的概率和潜在的影响程度，例如可能造成的人员伤亡、设施损毁和经济损失。通过对风险进行等级划分，决策者可以清晰地看到

哪些区域最需要资源和注意，从而有针对性地部署预防措施和应急响应。这种方法不仅提高了资源分配的效率，也增强了风险管理的实效性。

2. 空间分布分析

空间分布分析是利用地理信息系统（GIS）来可视化和分析矿山地区地质灾害的风险分布。通过这种分析，可以识别出哪些区域的风险等级较高，哪些区域相对较安全。这有助于矿山管理者和规划者了解风险集中的地理区域，并据此优化矿区的开发计划和安全措施。例如，可能决定在高风险区域加强监测设施，或者调整开采方案以避免潜在的高风险区域。

综上所述，在地质灾害风险评估的过程中，风险等级的划分和空间分布分析是两个关键环节。这两个步骤不仅提升了资源分配的效率，也增强了整体的风险管理能力。

四、矿山地区地质灾害风险管理与减灾策略

（一）风险管理框架的构建

为了有效管理矿山地区的地质灾害风险，建立一个全面的风险管理框架至关重要。首先，风险识别是基础，需要整合地质、气象及开采数据，识别出可能导致灾害的关键风险因素，如不稳定的岩层、水文地质条件变化等。接下来，通过应用已经讨论的定性和定量风险评估方法，对这些风险因素进行评价，以确定它们的潜在影响及发生的可能性。最后，根据评估结果，制定风险控制策略，例如施工安全标准的制定和应急预案的策划，确保风险处于可接受的水平。

（二）减灾技术与措施

在减灾技术和措施方面，工程措施如斜坡支护、排水系统的改造和加固作用不可小觑，这些措施能显著降低如滑坡和崩塌等灾害的风险。此外，建立一个高效的监测和预警系统，通过实时监控关键风险点（例如使用倾斜计和地下水位传感器）可以提前发现问题，及时通过短信或自动系统向相关人员发送警报，从而采取适当措施防范灾害。应急响应计划也是必不可少的部分，它包括详细的人员疏散路线、应急联系人、医疗支持和物资供应等内容，确保在灾害发生时能迅速有效地响应。

总结：

通过本文，我们探讨了矿山地区地质灾害风险评估的理论与方法。研究发现矿山地区地质灾害频发，对人员、设施和环境构成严重威胁。在风险评估方面，我们综合考虑了定性评估、定量评估、概率统计方法、GIS 模型方法和综合评估方法等多种途径，为矿山地区的风险评估提供了基础。此外，我们剖析了地质结构特点和开采活动引发的地质灾害风险因素，为后续研究提供了理论支持。然而，存在的问题主要包括数据不足和模型复杂性，未来的研究方向将集中在数据完善、模型优化和实地验证。