

地质灾害风险评估中的水工环地质研究

张婷婷

云南地质工程第二勘察院有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v7i12.2082

[摘要] 地质灾害严重威胁人类生命财产安全与生态环境稳定,因此对其实施准确的风险评估至关重要。而水工环地质研究涵盖水文地质、工程地质与环境地质多个领域,为地质灾害风险评估提供关键数据、科学分析方法与理论支撑。基于此,本文探讨了水工环地质研究在地质灾害风险评估中的重要性、具体应用及研究进展,旨在提升地质灾害风险评估水平,助力防灾减灾工作。

[关键词] 地质灾害; 风险评估; 水工环地质

中图分类号: P5 文献标识码: A

Geological research of hydraulic environment in geological hazard risk assessment

Tingting Zhang

Yunnan Geological Engineering Second Survey Institute Co., LTD.

[Abstract] Geological disasters seriously threaten the safety of human life and property and the stability of ecological environment, so accurate risk assessment is very important. The study of hydroengineering and environmental geology covers many fields of hydrogeology, engineering geology and environmental geology, providing key data, scientific analysis methods and theoretical support for geological disaster risk assessment. This paper discusses the importance, specific application and research progress of hydroengineering environmental geology in geological hazard risk assessment, aiming to improve the level of geological hazard risk assessment and help disaster prevention and reduction.

[Key words] geological disaster; Risk assessment; Hydraulic ring geology

引言

地质灾害如滑坡、泥石流、崩塌、地面沉降等,具有突发性强、破坏力大的特点。随着全球气候变化及人类工程活动的加剧,地质灾害发生频率与危害程度不断上升。地质灾害风险评估是对灾害发生可能性及其可能造成损失进行定量或定性评价的过程,对于制定科学合理的防灾减灾策略具有重要指导意义。水工环地质研究通过对地质环境中水文、工程和环境要素的综合分析,揭示地质灾害的形成机制与演化规律,为风险评估提供不可或缺的依据,在地质灾害防治体系中占据核心地位。

1 水工环地质研究在地质灾害风险评估中的作用

1.1 提供基础数据

1.1.1 地质灾害隐患识别数据

开展水工环地质勘查,全面识别地质灾害隐患点。水文地质勘查可确定地下水水位、水量、水质等参数,为判断地下水对岩土体稳定性的影响提供数据支持。工程地质勘查获取岩土体类型、结构、物理力学性质等信息,明确潜在的地质灾害易发区域。环境地质勘查了解地形地貌、植被覆盖、人类工程活动等情况,

识别可能引发地质灾害的环境因素^[1]。

1.1.2 灾害影响因素监测数据

在水文地质方面,利用地下水监测井、雨量站等设备,监测地下水水位、降雨量等数据。在工程地质方面,通过位移监测仪器、应力应变监测仪器,对岩土体变形、应力状态进行长期监测。环境地质监测包括地形地貌变化监测、植被覆盖度监测以及人类工程活动监测等。这些监测数据为地质灾害风险评估提供了实时、准确的信息,有助于及时发现灾害发生的前兆,提高风险评估的时效性^[2]。

1.2 助力风险评估模型构建

1.2.1 基于水文地质条件的评估模型

根据水文地质勘查数据,建立基于地下水动态变化和地表水作用的地质灾害风险评估模型。在滑坡风险评估中,结合地下水水位变化、降雨强度和时长等因素,利用极限平衡理论和数值模拟方法,建立滑坡稳定性评价模型。输入不同的水文地质参数,模拟滑坡在不同工况下的稳定性状态,预测滑坡发生的可能性和规模。在泥石流风险评估中,基于流域内的降水、径流、地形地貌等水文地质条件,建立泥石流启动和运动模型,评估泥石流

的危险性。这些基于水文地质条件的评估模型,充分考虑水文因素对地质灾害的影响,提高风险评估的准确性。

1.2.2 结合工程地质参数的评估模型

工程地质勘察获取的岩土体物理力学参数是构建地质灾害风险评估模型的关键。在滑坡风险评估中,根据岩土体的抗剪强度、重度、孔隙率等参数,结合滑坡体的几何形态和结构特征,利用概率统计方法、模糊数学方法等,建立滑坡风险评估模型。对大量滑坡案例的分析,确定各参数与滑坡风险之间的定量关系,从而对不同区域的滑坡风险进行量化评估。在地面沉降风险评估中,结合岩土体的压缩性、地下水开采量等工程地质参数,建立地面沉降预测模型,评估地面沉降的风险等级^[3]。

1.2.3 考虑环境地质因素的综合评估模型

将环境地质勘察获取的地形地貌、植被覆盖、人类工程活动等因素与水文地质、工程地质数据相结合,建立综合的地质灾害风险评估模型。在泥石流风险评估中,考虑流域内的地形坡度、沟谷形态、植被覆盖率以及人类工程活动对泥石流形成条件的影响,利用层次分析法、地理信息系统(GIS)技术等,建立多因素耦合的泥石流风险评估模型。该模型能够全面反映地质灾害形成的环境背景和人类活动影响,为区域地质灾害风险评估提供更全面、准确的结果。利用GIS技术,可将各种地质数据进行空间分析和可视化表达,直观展示地质灾害风险分布情况,为防灾减灾规划提供科学依据^[4]。

1.3 指导防灾减灾决策

1.3.1 风险分区与防治措施制定

基于水工环地质研究成果和风险评估结果,对区域进行地质灾害风险分区。将风险划分为高、中、低不同等级区域,针对不同等级区域制定相应的防治措施。在高风险区域,加强监测预警,采取工程治理措施,如滑坡治理中的抗滑桩、挡土墙建设,泥石流防治中的拦挡坝、排导槽修建等。在中风险区域,优化人类工程活动,加强植被保护和生态修复,提高区域地质环境稳定性。在低风险区域,建立长期监测机制,预防潜在地质灾害的发生。

1.3.2 应急响应与救援决策支持

在地质灾害发生后,水工环地质研究成果为应急响应和救援决策提供支持。对灾害发生区域的水文地质、工程地质和环境地质条件的快速分析,评估灾害的发展趋势和可能造成的影响范围。在滑坡灾害发生后,根据水文地质勘察数据判断地下水对滑坡体后续稳定性的影响,结合工程地质勘察确定滑坡体的结构和岩土体特性,为救援队伍制定合理的救援方案提供依据。环境地质研究可帮助评估灾害对周边生态环境的破坏程度,为灾后生态修复提供指导^[5]。

2 水工环地质研究在地质灾害风险评估中的方法与技术应用

2.1 地质勘察技术

2.1.1 传统地质勘察方法

传统的地质测绘、钻探、坑探等方法在水工环地质勘察中

仍发挥着重要作用。地质测绘对地表地质现象的观察和测量,绘制地质图,了解区域地质构造、地层岩性、地形地貌等基本地质信息,为地质灾害风险评估提供宏观基础资料。钻探和坑探能够获取深部岩土体样品,进行物理力学性质测试,确定岩土体的类型、结构和工程特性。

2.1.2 地球物理勘查技术

地球物理勘查技术如地质雷达、瞬变电磁法、地震勘探等,能快速、高效地探测地下地质结构和岩土体特性。地质雷达利用高频电磁波在地下介质中的传播特性,探测地下空洞、断层、岩土体分层等信息,可用于识别潜在的地面塌陷、滑坡隐患等。瞬变电磁法通过发射和接收电磁信号,探测地下不同地质体的电性差异,确定地下水分布、岩溶发育情况等。地震勘探利用人工激发的地震波在地下传播的规律,探测地层结构和地质构造。这些地球物理勘查技术具有探测速度快、范围广、对环境破坏小等优点,在地质灾害风险评估中得到广泛应用。例如,在某岩溶地区的地面塌陷风险评估中,采用地质雷达和瞬变电磁法相结合的方式,准确探测出地下岩溶洞穴的分布范围和规模,为风险评估提供了详细的地质信息。

2.2 监测技术

2.2.1 地面监测技术

地面监测技术包括位移监测、应力应变监测、地下水水位监测等。位移监测利用全站仪、GPS、倾斜仪等设备,实时监测地质体的水平和垂直位移变化。GPS技术实现高精度的三维位移监测,精度可达毫米级,广泛应用于滑坡、地面沉降等地质灾害监测。应力应变监测利用应变计、压力盒等仪器,监测岩土体内部的应力应变状态,为分析地质体稳定性提供依据。地下水水位监测通过地下水监测井和水位传感器,实时掌握地下水水位动态变化。这些地面监测技术能够为地质灾害风险评估提供实时、准确的监测数据,及时发现灾害前兆。

2.2.2 遥感监测技术

遥感监测技术利用卫星、航空飞行器等平台获取大面积的地质信息。光学遥感可分析不同地物的光谱特征,识别地质构造、地形地貌变化、植被覆盖等信息,用于地质灾害隐患识别和环境地质研究。对比不同时期的卫星影像,可发现山体滑坡、地面塌陷等灾害造成的地表形态变化。合成孔径雷达干涉测量(InSAR)技术能够利用雷达信号的干涉特性,高精度监测地面微小变形,监测精度可达毫米级,对早期识别地面沉降、滑坡等地质灾害具有重要意义。在某城市地面沉降监测中,利用InSAR技术监测到城市部分区域每年几毫米的地面沉降变化,为及时采取防治措施提供依据。

2.3 数据分析与模拟技术

2.3.1 地理信息系统(GIS)技术

GIS技术具有强大的数据管理、分析和可视化功能,在地质灾害风险评估中得到广泛应用。将水工环地质勘察数据、监测数据以及其他相关数据进行整合,建立地质灾害风险评估数据库。利用GIS的空间分析功能,如叠加分析、缓冲区分析等,对地

质灾害影响因素进行综合分析,绘制地质灾害风险分区图(图1)。例如,将地形坡度、岩土体类型、地下水水位等数据进行叠加分析,确定滑坡灾害的高风险区域。GIS的可视化功能直观展示地质灾害风险分布情况,为防灾减灾决策提供直观、准确的信息支持。

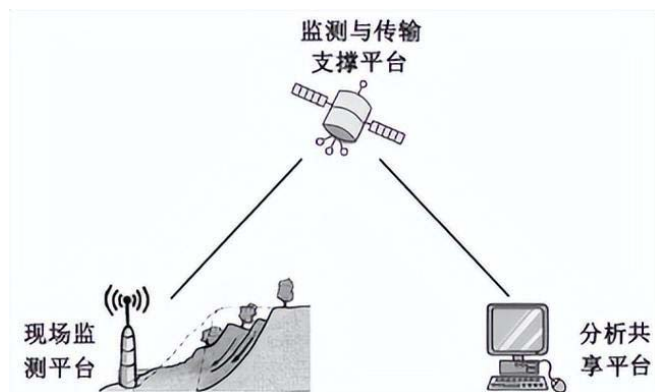


图1 GIS技术原理

2.3.2 数值模拟技术

数值模拟技术如有限元法、离散元法等,对地质灾害的形成过程和演化规律进行模拟分析。在滑坡稳定性分析中,利用有限元法建立滑坡体的力学模型,考虑岩土体的物理力学性质、地下水作用、地震作用等因素,模拟滑坡在不同工况下的变形和破坏过程,预测滑坡的滑动时间和滑动路径。离散元法适用于分析节理裂隙发育的岩体崩塌灾害,模拟岩体块体之间的相互作用,研究崩塌的发生机制和运动过程。这些数值模拟技术为地质灾害风险评估提供定量分析结果,提高评估的科学性和准确性。

3 某山区滑坡风险评估案例

在某山区开展地质灾害风险评估工作。结合水文地质勘查,查明该区域年降水量达1200毫米,6-8月为雨季,降水量占全年的70%。雨季时,地下水水位平均上升3-4米,部分区域因地形和地质条件影响,水位上升可达6米。工程地质勘查确定滑坡体主要由粉质黏土和页岩组成,粉质黏土内摩擦角为 18° ,凝聚力为12千帕,页岩节理化程度高,完整性差。环境地质勘查发现该区域地形坡度多在 30° - 45° 之间,植被覆盖率为40%,且存在不合理的切坡建房等人类工程活动。

基于上述勘查数据,利用极限平衡理论和GIS技术,建立滑坡风险评估模型。将地形坡度、岩土体类型、地下水水位、植被覆盖度以及人类工程活动等因素作为评估指标,借助层次分析法确定各指标的权重。经计算,该区域滑坡风险高的区域占总面积的20%,主要分布在地形陡峭、岩土体抗剪强度低且受人类工程活动影响大的地段。针对高风险区域,采取修建抗滑桩、挡土墙、截排水工程以及限制人类工程活动等防治措施。经过治理后,该区域滑坡风险得到有效降低,通过后续监测数据对比,滑坡体位移明显减小,稳定性显著提高。

4 结论

水工环地质研究在地质灾害风险评估中具有不可替代的重要作用,从水文地质角度,其明确了地下水与地表水对灾害形成的影响机制,为风险评估提供关键水文数据;工程地质方面,岩土体特性与地质构造的研究成果是评估灾害易发性的基础;环境地质则揭示地形地貌与人类活动在灾害发生中的作用。提供基础数据、助力风险评估模型构建以及指导防灾减灾决策,水工环地质研究有效提升地质灾害风险评估的准确性与科学性。借助先进的勘查、监测及分析模拟技术,结合实际案例,有效识别隐患、量化风险,为防灾减灾提供有力支撑。未来,应持续深化水工环地质研究,进一步提升地质灾害风险评估水平。

【参考文献】

- [1]郭蕴科.矿山水工环地质灾害风险评估方法探微[J].世界有色金属,2023(16):220-222.
- [2]郝小栋.矿山水工环地质灾害风险评估方法研究[J].世界有色金属,2022(13):154-156.
- [3]齐新炬,高小霞.水工环地质灾害危险性评估策略分析[J].价值工程,2024,43(32):70-73.
- [4]符广卷,吴多誉.水工环地质灾害危险性评估的策略研究[J].城镇建设,2025(1):347-349.
- [5]王刚.水工环地质灾害危险性评估方法研究[J].中国金属通报,2020(13):222-223.

作者简介:

张婷婷(1984--),女,汉族,云南省腾冲市人,本科,水工环中级工程师,从事水工环相关研究。