

# 水工环地质勘查在地质灾害预警系统建设中的作用

郑世成

云南地质工程第二勘察院有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v7i12.2057

**[摘要]** 随着全球气候变化以及人类工程活动的日益频繁,地质灾害的发生频率和危害程度不断增加。地质灾害预警系统作为减轻灾害损失的重要手段,其建设至关重要。水工环地质勘查通过对水文地质、工程地质和环境地质条件的综合研究,为地质灾害预警系统提供关键的数据支持、科学的分析依据以及有效的技术保障。本文探讨水工环地质勘查在地质灾害预警系统建设中的作用,旨在提升地质灾害预警能力,更好地保障人民生命财产安全和生态环境稳定。

**[关键词]** 水工环地质勘查; 地质灾害; 预警系统建设

中图分类号: P62 文献标识码: A

## The role of hydraulic – environmental geological exploration in the construction of geological disaster warning system

Shicheng Zheng

Yunnan Geological Engineering Second Survey Institute Co., LTD.

**[Abstract]** With the global climate change and the increasing frequency of human engineering activities, the frequency and harm degree of geological disasters are increasing. As an important means to reduce disaster loss, the construction of geological hazard early – warning system is very important. Through the comprehensive study of hydrogeology engineering geology and environmental geological conditions, hydraulic environmental geological exploration provides key data support, scientific analysis basis and effective technical support for the geological disaster early warning system. This paper discusses the role of hydraulic – environmental geological exploration in the construction of geological disaster early – warning systems, aiming at improving the ability of geological disaster early – warning, and better guaranteeing the safety of people's lives and property and the stability of ecological environment.

**[Key words]** Geological exploration of hydraulic environment; Geological disasters; Early – warning system construction

## 引言

地质灾害如滑坡、泥石流、崩塌、地面沉降等,给人类社会带来巨大的人员伤亡和经济损失。地质灾害预警系统能够提前感知灾害的发生迹象,及时发出警报,为人们采取防灾减灾措施争取宝贵时间。水工环地质勘查作为地质工作的重要组成部分,对地质灾害的形成机制、影响因素有着深入的研究,其成果对于构建精准、高效的地质灾害预警系统具有不可替代的作用。对区域水文地质条件、工程地质特征以及环境地质背景的详细勘查和分析,可准确识别地质灾害隐患,预测灾害发生的可能性和规模,从而为地质灾害预警系统的建设和运行提供坚实的基础。

### 1 水工环地质勘查概述

#### 1.1 水文地质勘查

水文地质勘查主要研究地下水的形成、分布、运动规律以

及与周边环境的相互作用。通过对地下水水位、水量、水质等参数的监测和分析,了解地下水的动态变化情况。在地质灾害预警中,水文地质条件是重要的影响因素。地下水水位的上升可能导致土体饱和,降低土体抗剪强度,从而增加滑坡、泥石流等灾害发生的风险。结合长期的水文地质勘查成果,建立地下水动态监测网络,实时掌握地下水的变化趋势,为地质灾害预警提供关键的水文数据。在山区,降水入渗补给地下水,若地下水排泄不畅,就会引发山体滑坡。结合水文地质勘查,分析地下水的补给、径流和排泄条件,有助于预测在不同降水条件下,地下水对山体稳定性的影响,从而提前发出滑坡预警<sup>[1]</sup>。

#### 1.2 工程地质勘查

工程地质勘查侧重于研究岩土体的工程性质、地质结构以及区域稳定性。运用地质测绘、钻探、物探等手段,获取岩土体

的物理力学参数,如岩土体的密度、孔隙率、抗剪强度等。这些参数对于评估地质灾害的易发性和危害性至关重要。在滑坡灾害中,岩土体的抗剪强度直接关系到滑坡的稳定性。结合工程地质勘查,确定滑坡体的岩土类型、结构特征以及潜在滑动面的位置和性质,建立滑坡稳定性分析模型,准确预测滑坡发生的可能性和滑动规模。在建设大型工程时,工程地质勘查能够评估工程场地的稳定性,避免因工程选址不当引发地质灾害,同时也为地质灾害预警系统提供基础的工程地质数据<sup>[2]</sup>。

### 1.3环境地质勘查

环境地质勘查关注人类工程活动与地质环境之间的相互关系,以及地质环境的演变对人类生存和发展的影响。研究内容包括区域地质构造、地形地貌、植被覆盖等因素。在地质灾害预警系统建设中,环境地质勘查能够揭示地质灾害发生的宏观背景。在泥石流灾害防治中,通过环境地质勘查,了解流域内的地形地貌、植被覆盖情况以及地质构造特征,分析泥石流的形成条件和发展趋势。地形陡峭、植被覆盖率低、岩石破碎的区域,往往是泥石流的高发区。通过对这些环境地质因素的监测和分析,能够及时发现泥石流隐患,为预警系统提供全面的环境地质信息<sup>[3]</sup>。

## 2 水工环地质勘查在地质灾害预警系统建设中的作用

### 2.1提供基础数据支持

#### 2.1.1地质灾害隐患识别

水工环地质勘查通过详细的野外调查、地质测绘和地球物理勘探等方法,全面识别地质灾害隐患点。在山区进行地质勘查时,观察山体的地形地貌特征、岩土体的露头情况以及植被生长状况,可初步判断是否存在滑坡、崩塌等灾害隐患。结合钻探和物探数据,进一步确定隐患点的具体位置、规模和性质。利用地质雷达可以探测地下空洞、断层等地质构造,为识别潜在的地面塌陷隐患提供依据<sup>[4]</sup>。

#### 2.1.2灾害影响因素监测数据

水文地质、工程地质和环境地质勘查,能够获取地质灾害影响因素的实时监测数据。在水文地质方面,地下水监测井网可实时监测地下水水位、水量和水质的变化。在工程地质方面,利用位移监测仪器、应力应变监测仪器等,对岩土体的变形、应力状态进行长期监测。在环境地质方面,通过气象站、植被监测站等,获取降水、气温、植被覆盖度等环境因素的变化数据。这些监测数据实时传输到地质灾害预警系统,为系统分析地质灾害的发生发展过程提供了丰富的数据支持。在滑坡预警中,地下水水位的上升、岩土体的位移变化以及降水的增加等数据,都是判断滑坡是否即将发生的重要依据<sup>[5]</sup>。

### 2.2助力灾害预测模型构建

#### 2.2.1基于水文地质条件的预测模型

根据水文地质勘查数据,建立基于地下水动态变化的地质灾害预测模型。在泥石流预测中,结合降水数据和地下水水位变化,建立降水-地下水-泥石流启动模型。分析不同降水条件下地

下水的响应规律,以及地下水对泥石流形成物质的饱和、软化作用,预测泥石流发生的可能性和规模。在地面沉降预测中,利用长期的地下水开采数据和水位监测数据,建立地下水开采与地面沉降的定量关系模型,预测地面沉降的发展趋势。

#### 2.2.2结合工程地质参数的预测模型

工程地质勘查获取的岩土体物理力学参数,是构建地质灾害预测模型的关键。在滑坡稳定性分析中,根据岩土体的抗剪强度、重度等参数,结合滑坡体的几何形态和结构特征,利用极限平衡理论、数值模拟等方法,建立滑坡稳定性预测模型。输入实时监测的岩土体变形数据、地下水水位变化数据等,动态评估滑坡的稳定性状态,预测滑坡的滑动时间和滑动路径。在崩塌灾害预测中,结合岩石的力学性质、节理裂隙发育特征以及地形地貌条件,建立崩塌灾害预测模型,为崩塌灾害预警提供科学依据。

#### 2.2.3考虑环境地质因素的综合预测模型

环境地质因素对地质灾害的发生发展有着重要影响,将环境地质勘查获取的地形地貌、植被覆盖、地质构造等因素与水文地质、工程地质数据相结合,建立综合的地质灾害预测模型。例如,在泥石流预测中,考虑流域内的地形坡度、沟谷形态、植被覆盖率以及地质构造等因素,结合降水和地下水条件,建立多因素耦合的泥石流预测模型。该模型更全面地反映泥石流的形成机制,提高预测的精度。在地质灾害预警系统中,综合预测模型综合分析各种因素的变化,及时发出准确的灾害预警信息。

### 2.3提升预警系统可靠性

#### 2.3.1勘查技术保障

水工环地质勘查采用的先进技术手段,为地质灾害预警系统的可靠性提供保障。在地质灾害监测中,利用全球定位系统(GPS)、合成孔径雷达干涉测量(InSAR)等技术,实现对山体、地面变形的高精度监测。GPS技术能够实时获取监测点的三维坐标变化,精度可达毫米级,为滑坡、地面沉降等灾害的监测提供准确的数据。InSAR技术对不同时间的雷达图像进行干涉处理,能够大面积、高精度地监测地面变形情况,及时发现潜在的地质灾害隐患(图1)。此外,地球物理勘探技术如地质雷达、瞬变电磁法等,可快速探测地下地质结构和岩土体特性,为地质灾害预警系统提供详细的地质信息,确保预警系统的监测数据准确可靠。

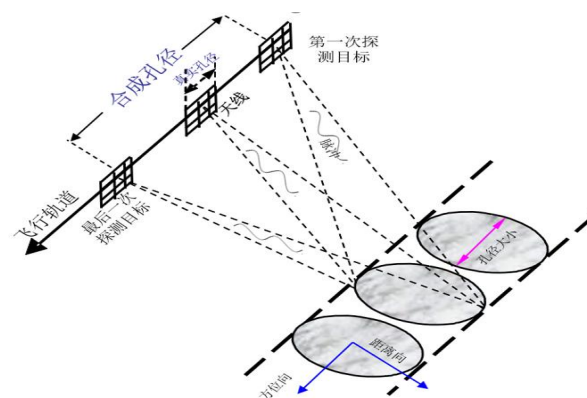


图1 InSAR技术原理

### 2.3.2 勘查数据质量控制

在地质灾害预警系统建设中, 水工环地质勘查数据的质量, 影响预警系统的可靠性。建立严格的数据质量控制体系, 对勘查数据的采集、处理和分析过程进行全程监控。在数据采集阶段, 严格按照相关规范 and 标准进行操作, 确保数据的准确性和完整性。在数据处理阶段, 采用科学的方法对数据进行筛选、校正和分析, 去除异常数据, 提高数据的可靠性。在数据存储和传输阶段, 采用安全可靠的技术手段, 确保数据不丢失、不被篡改。通过对勘查数据质量的严格控制, 为地质灾害预警系统提供高质量的数据, 从而提升预警系统的可靠性和稳定性。

### 2.3.3 勘查成果验证与更新

水工环地质勘查成果需要不断进行验证和更新, 以适应地质环境的动态变化。定期对地质灾害隐患点进行复查, 验证前期勘查成果的准确性。同时, 随着时间的推移和地质环境的变化, 及时更新勘查数据和成果。在山区, 由于人类工程活动和气候变化的影响, 山体的稳定性、地下水水位等地质条件可能发生变化。通过定期的水工环地质勘查, 更新地质灾害预测模型的参数, 调整预警系统的阈值, 确保预警系统能及时准确反映地质灾害的实际情况, 提高预警系统的可靠性和有效性。

## 3 某山区滑坡预警案例分析

### 3.1 隐患勘查发现

在某山区开展水工环地质勘查时, 发现多处潜在滑坡隐患点。水文地质勘查数据显示, 该区域年降水量达1500毫米, 且60%集中在雨季。雨季时, 地下水水位平均上升3-5米, 部分区域因排水不畅, 地下水位上升幅度甚至可达8米, 这使得土体饱和程度大幅增加。工程地质勘查确定滑坡体岩土类型主要为粉质黏土和砂岩, 粉质黏土抗剪强度低, 内摩擦角约为 $15^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , 粘聚力在10-15千帕之间, 砂岩节理裂隙发育, 完整性差。环境地质勘查表明, 该区域地形坡度多在 $35^{\circ}$ - $45^{\circ}$ 之间, 植被覆盖率仅为30%, 难以有效固持土壤。

### 3.2 预警模型建立

基于上述勘查成果, 建立了针对性的滑坡预警模型。在滑坡隐患点周边, 每隔50米设置一个地下水监测井, 实时监测地下水水位变化, 精度可达 $\pm 0.1$ 米。每30米安装一个位移监测站, 采用高精度位移传感器, 可精确监测滑坡体水平和垂直位移, 精度达 $\pm 1$ 毫米。通过长期监测数据以及岩土体力学参数, 结合极限平

衡理论, 确定了预警阈值。当监测到地下水水位连续3天上升超过2米, 且滑坡体累计位移超过5毫米时, 启动预警机制。

### 3.3 预警成效显著

在一次强降雨过程中, 预警系统发挥了关键作用。监测数据显示, 在降雨开始后的48小时内, 地下水水位迅速上升了2.5米, 同时滑坡体位移达到6毫米, 触发了预警模型。预警系统提前24小时发出滑坡预警, 当地政府接到警报后, 迅速组织周边200余户、800多名居民撤离。此次成功预警避免了可能出现的重大人员伤亡和财产损失。事后对滑坡体进行勘查, 实际滑坡范围与预警模型预测基本相符, 验证了预警模型的准确性以及前期勘查成果的可靠性, 为后续山区地质灾害防治提供了宝贵经验。

## 4 结论

水工环地质勘查在地质灾害预警系统建设中发挥着重要作用, 提供基础数据支持、助力灾害预测模型构建以及提升预警系统可靠性, 为地质灾害预警提供科学依据和技术保障。在实际工作中, 应不断加强水工环地质勘查工作, 提高勘查技术水平和数据质量, 完善地质灾害预警系统。同时, 加强对地质灾害形成机制和演化规律的研究, 进一步优化预警模型, 提高预警的准确性和时效性。通过水工环地质勘查与地质灾害预警系统的紧密结合, 能够更好地应对地质灾害威胁, 保障人民生命财产安全和生态环境稳定, 为经济社会的可持续发展提供有力支撑。

### [参考文献]

- [1] 关人杰. 地质灾害治理中水工环勘查技术要点分析[J]. 中国金属通报, 2024(7): 131-133.
- [2] 刘勇. 矿产勘查中水工环地质灾害防治措施分析[J]. 百科论坛电子杂志, 2025(2): 97-99.
- [3] 李鹏, 王鹏. 基于物联网的矿山水工环地质灾害风险预警系统应用[J]. 中国金属通报, 2021(5): 196-197.
- [4] 党伟, 王青. 水工环地质在矿山地质灾害活动中的应用[J]. 世界有色金属, 2023(4): 172-174.
- [5] 张浪汉, 王均救. 水工环技术在地质灾害防治中的应用[J]. 世界有色金属, 2022(19): 190-192.

### 作者简介:

郑世成(1990--), 男, 彝族, 云南省昆明市人, 本科, 水工环中级工程师、从事水工环相关研究。