

水工环地质监测技术在地质灾害治理中的应用

韩珂 李姗姗

山东省地质矿产勘查开发局第七地质大队, 山东 临沂 276000

[摘要]随着经济社会的快速发展, 人类活动与自然环境的相互作用愈发频繁, 地质灾害的发生频率和影响范围逐渐增大。地质灾害不仅威胁着人类的生命财产安全, 还对经济发展和生态环境造成了巨大损失。地震、滑坡、泥石流、地面塌陷等地质灾害因其突发性强、破坏力大, 已成为现代社会不可忽视的重大问题。因此, 笔者结合自身工作经验与研究成果总结, 对地质灾害治理工作中水工环地质监测技术的应用进行深度剖析, 希望可以对相关人士有所帮助和启发。

[关键词]水工环; 地质监测技术; 灾害治理

DOI: 10.33142/ucp.v1i4.14151

中图分类号: TD163

文献标识码: A

Application of Hydraulic Engineering and Environmental Geological Monitoring Technology in Geological Disaster Management

HAN Ke, LI Shanshan

The 7th Geological Brigade of Shandong Geological and Mineral Exploration and Development Bureau, Linyi, Shandong, 276000, China

Abstract: With the rapid development of the economy and society, the interaction between human activities and the natural environment has become increasingly frequent, and the frequency and scope of geological disasters have gradually increased. Geological disasters not only threaten the safety of human life and property, but also cause huge losses to economic development and ecological environment. Geological disasters such as earthquakes, landslides, mudslides, and ground collapses have become significant issues that cannot be ignored in modern society due to their strong suddenness and destructive power. Therefore, based on my own work experience and research results, I have conducted a deep analysis of the application of hydraulic and environmental geological monitoring technology in geological hazard control work, hoping to provide assistance and inspiration to relevant personnel.

Keywords: hydraulic engineering and environmental protection; geological monitoring technology; disaster management

水工环地质监测技术是一种结合水文地质、工程地质和环境地质的综合调查手段, 通过对地质条件的实时监测和分析, 能够有效预测和防范地质灾害的发生。这项技术不仅提高了地质灾害的监测预警能力, 还能够为地质灾害治理提供科学依据和技术支持, 有助于降低灾害带来的负面影响, 保障人类社会的可持续发展。

1 地质灾害类型及特点分析

1.1 地震灾害

地震灾害涵盖由地震活动导致的强烈地表震动及其伴随产生的裂缝与形变现象。这些自然现象能够造成建筑物、构筑物的倒塌与损毁, 各类设备与设施的破坏, 交通和通信系统的中断以及其他关键基础设施如生命线工程的损坏。此外, 地震还可能触发火灾、爆炸、瘟疫流行、有害物质泄漏、放射性污染以及土地损害等次生灾害。构造地震、火山地震、陷落地震和诱发地震是地震灾害的主要类型, 无论何种类型的地震都具有一定的破坏性和突发性^[1]。

1.2 沉降灾害

地面沉降是一种局部性的地表下降现象, 它主要由人类工程经济活动所引发, 具体是因为地下松散的地层在经历固结和压缩过程后导致地壳表面的高度降低。尽管地下水位的自然波动和地质构造活动等自然因素会导致沉降灾害的发

生, 但诸如对地下水的过度抽取、地下矿产资源的开采以及大型工程建设等活动才是导致沉降灾害的主要因素。沉降灾害不仅会导致建筑物地基下沉、墙体开裂甚至倒塌, 甚至会造成堤坝、防汛墙的防洪能力降低, 加剧洪涝灾害的发生^[2]。

1.3 山体滑坡灾害

经相关研究显示, 山体滑坡作为矿山地质灾害中最为常见的一种类型, 其频繁发生主要归因于矿山开采活动引起的地质结构变化。当开采区域土壤质地疏松时, 土壤结构往往难以承受开采过程中产生的巨大力量。更糟糕的是, 如果矿山开采过程中相关人员未能科学规划地质工程建设, 将会进一步加剧地质结构的改变, 从而显著增加山体滑坡的风险。

1.4 地质裂缝灾害

地质裂缝灾害主要是地表或地下岩石、土壤出现的长条状或宽缝状的裂缝, 其形成原因主要包括以下几个方面:

(1) 干旱、热浪和低温等极端气候条件导致土地收缩或膨胀变形。(2) 地震与构造运动等导致地壳发生变形而产生应力。(3) 当地下水位下降时, 土壤或岩层发生干缩而形成地裂缝。(4) 人类采矿、水库蓄水以及地下水开采等活动改变地下水位及地质构造稳定性。(5) 河流冲刷或海浪侵蚀等自然侵蚀作用导致地表土壤或岩石破坏而形成裂缝。地质裂缝灾害作为一个全球范围内的灾害, 是累进

性发展的渐进性灾害,其形成和发展往往是一个长期的过程,这一灾害不仅会严重威胁城市建设与经济发展,还会对人民生命财产安全造成较大威胁。

1.5 泥石流灾害

泥石流是一种在山区或沟谷深邃、地势陡峭的区域,因暴雨、暴雪等自然灾害触发的山体滑坡现象,伴随着大量泥沙与石块形成的特殊洪流。其特点表现为突发性强、流速迅猛、流量巨大、携带物质丰富以及极具破坏性,虽然其流动时间较短,但却会造成较为严重的破坏效果。泥石流灾害的形成是地质条件、地形地貌特征、水文状况、气候条件以及植被覆盖情况等多种自然因素,与人类活动这一人为因素相互交织、共同作用的结果,其中足够的降雨强度和充足的松散土石物质积累是泥石流暴发的必要条件。简而言之,当大量水体渗透并饱和了山坡或沟床中的固体堆积物,导致其稳定性减弱后,这些被水分充分浸润的固体物质会在自身重量的驱动下开始移动,最终演化成泥石流^[3]。

2 地质灾害治理中水工环地质监测技术的具体应用

2.1 遥感信息监测技术

2.1.1 技术原理

遥感信息技术凭借其强大的适用性与功能性而得以在地质研究领域中被广泛应用。该项技术基于图像分析技术对地下水的动态变化情况进行收集与掌握,并准确识别并提取地质及水文特征标志。同时,通过观察植物生长状况的方式可以间接推断出地下沉降的位置与程度;而遥感监测技术则可以利用红外线成像技术判断河道的空间格局分布和锁定地表水精确位置,从而实现地下水、地表水资源的有效监测。随着遥感技术的不断进步,它正逐步从单一化迈向多元化,从静态观测转向动态监测。这一技术的发展使得信息监测不再受限于数据来源,无论是照片、地图还是非遥测数据等复合对象都能被有效整合利用。另外,在具体操作过程中,监测人员可以依照目标对象整体性特征,灵活性地选择最为合理的延时性照片,并借助先进的算法技术对这些作品进行分类处理。

遥感信息监测技术在地质灾害监测领域展现出更为广泛的潜力和价值,技术人员通过对遥感图像数据的深入分析可以精准识别出潜在的危险区域;利用更高分辨率的传感器图像数据对这些危险区域进行精确标记。这一原则的应用既注重准确性也强调多样性,其中准确性是确保监测对象精准定位的关键。具体来说,高精度监测能够实现威胁区域的全面、细致的监控,有助于确定应对灾害的优先级。相较于高精度监测,低精度监测因其覆盖范围广的特点,更适合用于大尺度区域的监测工作,能够有效把握灾害机制的整体变化趋势。

2.1.2 技术特点

广济扫描遥控传感器在技术上能够实现红外与可见光采集的优化,在提高技术应用灵活性与便捷性的同时拓

宽服务带宽。尽管在地质灾害监测作业中所使用到的远程传感器在探索电磁波的范围与能力方面已作出重要突破,并且在探测红外可见光领域已经达到纳米级水平。但受到技术与成本限制,遥感信息源的获取成本大幅增加,使得该技术在应用过程中的局限性也有所增加,甚至无法在更多领域中进行推广使用。

2.2 北斗定位监测技术

2.2.1 北斗地质沉降监测方法

北斗定位系统利用卫星定位站参考技术和双差分模型,对数据同步监测站和 RTK 技术进行不断优化,可以更为全面地评估地质倾角监测点的形变情况。这一过程中,地质沉降监测的精确性高度依赖于北斗定位系统的准确性,因此被称为“北斗高精度测量技术”。为了克服电磁波在电离层传播时产生的延迟问题,该系统配备了双频接收机,能够同时接收两个不同频率的载波信号。在观测数据误差恒定的情况下,可以利用这些信号来修正误差并据此构建相应的数学模型,从而大幅提高监测的精度和可靠性^[4]。

2.2.2 北斗沉没地质监测的实现

对不同气候环境下地下水量及水位变化情况的监测必须基于地下水的整体活动规律,才能够更好地掌握地下水对于地质沉降所造成的各类影响。同时,基准站在选择与配置方面需要借助北斗接收器才可以更好地实现对观测数据的接收,并精准识别目标区域的稳定位置与坐标。为确保基准站拥有广泛的信号覆盖范围,需保障其视野开阔,避免任何障碍物干扰信号。同时要远离高压电力线和大型变电站,并减少高功率无线设备的使用来防止干扰的产生。此外,基准站应设计为无需人工值守并配置可靠的备用电源,以保障通信连接的连续性和稳定性。为了准确反映变形情况,可在监测点安装卫星接收器,并尽量选择地质变化明显的区域建立监测站。观景台的设计和使用需确保其功能性,其操作高度应保持在 1.5~1.7m 的范围内,防止造成信号的多路径阻挡或反射问题^[5]。

2.2.3 通信网络的选择

在准备工作完毕后要想保证各站点间通信的顺畅与稳定,需要搭建一个专用的通信网络。北斗地质监测系统可以采用受限光纤、ZigBee 以及无线 WIFI 等通信方式。鉴于中心距离较近且植被覆盖广泛的特点,无线传输通信成为必然选择。考虑到系统采集的数据量庞大以及站点间的适宜距离,采用 CPE+无线基站+网桥的组合方式在实践中被证明是最优的通信解决方案。

2.3 GNSS 技术

2.3.1 GNSS 技术测试内容

在设立探测参考站时,必须综合考量目标山体的走势、形态、滑坡区位置及岩土构成等因素后才能确定最佳位置。动态监测点的布置是 GNSS 技术监测的核心,采用部署自动化监测系统的方式能够全面扫描目标区域的地质数据并据此生成监测报告。为确保监测的整体效果,通信系统

表 2 地球物理勘探技术的主要技术类型与应用

技术类型	技术特点	具体应用
地质雷达探测技术	利用高频电磁波在地下介质中的传播规律,通过接收反射波来探测地下介质的结构和性质	探测地下空洞、裂缝、土层厚度和层理结构等信息
高密度电阻率法	基于电阻率差异在地面布置高密度电极阵列,测量地下介质的电阻率分布	探测地下含水层、溶洞、破碎带等潜在危险区域
浅层地震法	人工激发地震波,观测和分析地震波在地下的传播路径、速度和时间	探测地下空洞、裂缝、断层等构造
瞬变电磁法	在地面或钻孔中发射脉冲电磁场,观测地下介质中感应电流的分布和变化情况	探测地下含水层、溶洞、断裂带等潜在危险区域
声波监测技术	发射声波并接收反射波或透射波来分析介质的性质和结构	探测地下空洞、裂缝、断层等构造
重力与磁法勘探法	观测地下介质密度差异引起的重力场变化,推断地下构造和物质组成	探测地下断层、岩浆岩等构造,评估地质灾害的风险和分布情况
地热与特殊气体勘探	基于地热能 and 特殊气体的变化规律推断地下热源和地热资源	探测地下高温区域和潜在热源,评估地质灾害的风险和分布情况

的建设必须维持较高的通信质量,避免因数据采集不全而影响监测结果的真实性与准确性。

安装信号接收器与监视器的重点在于利用 GNSS 技术实时监测滑坡的急剧变形。工作人员在选择接收器位置时需要特别注意控制站与金属矿物位置的协调性,以防谐波干扰影响信号接收。而数据处理与监控环节则依赖于计算机软件进行数据处理并结合后续的人工分析评估, GPSADI 软件系列和 TGPPS 具备对 2D/3D 网络进行横向区分的功能,能够满足数据处理的整体需求。图 1 为监测数据分析逻辑构图。

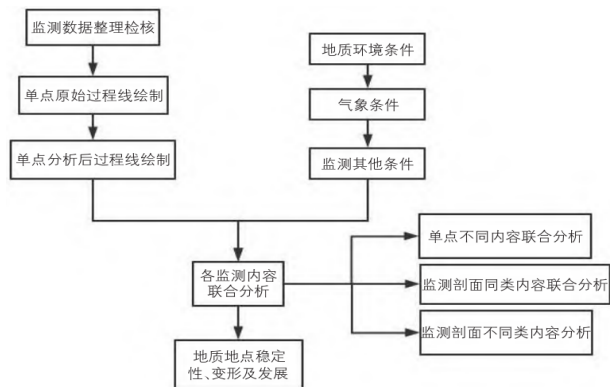


图 1 监测数据分析逻辑构图

2.3.2 GNSS 技术特点

GNSS 技术能够提供厘米级甚至毫米级的定位精度,这对于滑坡等地质灾害的微小形变监测至关重要,监测人员通过高精度定位,可以准确地捕捉到滑坡体的位移变化,为滑坡预警和防治提供科学依据。同时,GNSS 技术能够实时监测滑坡体的位移变化并保证监测数据的及时性与有效性,这对于监测人员及时发现潜在危险并为应急响应和灾害防治工作赢得宝贵时间至关重要。现代 GNSS 形变监测系统已经具备高度的自动化和智能化特点,系统不仅能够自动接收和处理卫星信号,自动分析数据并识别异常变化;还可以与现有的监测系统集成,实现数据的共享与融合,为灾害预警和应急响应提供全面、高效的解决方案。

2.4 地球物理勘探技术

地球物理勘探技术(物探技术)能够针对不同地质灾害类型及应用场景选择不同的技术方法,全面、准确地掌握地质灾害的潜在风险和分布情况,为监测团队制定科学、合理的治理措施提供有力支持,其主要技术类型与应用如表 2 所示。

3 结语

近年来,随着科技的不断进步,水工环地质监测技术得到了快速发展。地球物理勘探技术、GNSS 技术、北斗定位监测技术以及遥感信息监测技术等先进技术的应用能够进一步拓宽监测范围,提高监测数据的准确性和时效性。这些技术的应用现状表明,水工环地质监测技术在地质灾害治理中已经具备了较高的可靠性和实用性。因此,本文重点对地质灾害的主要类型及以上几种水工环地质监测技术在其中的应用进行深入分析与讨论,希望可以促进全社会的可持续发展。

【参考文献】

- [1]王勇宏. 探讨水工环地质技术在矿山地质灾害治理工程中的应用[J]. 中国金属通报, 2024(4): 225-227.
- [2]夏晨. 水工环地质技术在矿山地质灾害治理中的应用[J]. 四川有色金属, 2024(1): 14-17.
- [3]王首东. 水工环地质技术在地质灾害治理工程中的应用分析[J]. 西部探矿工程, 2023, 35(8): 1-3.
- [4]荆宇涵. 矿山水工环地质监测技术在地质灾害治理中的应用[J]. 世界有色金属, 2023(5): 226-228.
- [5]杜勇. 水工环地质技术在地质灾害治理工程中的应用[J]. 世界有色金属, 2022(9): 223-225.

作者简介: 韩珂, 男, (1981.12—), 毕业于山东经济学院劳动与社会保障专业, 单位山东省地矿局第七地质大队, 工程师; 李姗姗 (1982.8—), 女, 山东大学威海分校工商管理专业, 山东省地质矿产勘查开发局第七地质大队, 助理工程师。