

Reflection on the Application of InSAR Technology in Geological Disasters

Jiayi Hu

Guangdong Provincial Institute of Land and Resources Surveying and Mapping, Guangzhou, Guangdong, 510630, China

Abstract

Geological disasters occur frequently in China, and there are many hidden dangers of geological disasters, with a certain concealment, and many geological disasters have a long incubation period, seriously harm the safety of people's life and property, and is not conducive to the sustainable development of social economy. In addition, China's geological environment is relatively complex, which increases the difficulty of ground investigation and is difficult to find hidden dangers of geological hazards in time. Therefore, the original monitoring means of satellite InSAR should be optimized, so as to fully grasp the development law of geological disasters and minimize the harm of geological disasters. This paper mainly analyzes the application points of satellite InSAR technology in geological disasters, so as to further improve the level of geological disaster monitoring, and optimize the monitoring accuracy, and provide optimization ideas for the effective prevention and control of geological disasters.

Keywords

InSAR technology; geological disaster; application points

InSAR 技术在地质灾害中的运用思考

胡家毅

广东省国土资源测绘院, 中国·广东 广州 510630

摘要

中国地质灾害发生较为频繁,且地质灾害隐患较多,具有一定的隐蔽性,而且很多地质灾害的潜伏期较长,严重危害人们的生命财产安全,且不利于社会经济的可持续发展。再加上中国地质环境较为复杂,加大了地面调查难度,难以及时发现地质灾害隐患。因此,要在原有的星载InSAR监测手段上进行优化,以此全面掌握地质灾害发展规律,最大程度上减少地质灾害的危害性。论文主要对星载InSAR技术在地质灾害中的应用要点进行分析,从而进一步提高地质灾害监测水平,且优化监测精度,为地质灾害的有效性预防和控制提供优化思路。

关键词

InSAR技术; 地质灾害; 运用要点

1 引言

随着城市化进程的加快,城市、农村地质安全问题日益严重,尤其是地质灾害的发生,对人们的生命财产安全造成极大的威胁。其中地表形变引起的地面沉降是地质灾害的重要因素,且由于地质环境较为复杂,加大了地面勘查难度。基于此,需要利用 InSAR 技术对地质灾害引起的形变进行全面监测,为地质灾害有效预控提供数据依据。星载 InSAR 技术属于对地观测技术,是对信息技术、摄影测量技术、数字信号处理技术的有效结合,且该技术能够保障地质灾害监测工作的高精度、全天候,且监测范围较大,属于一种主动监测技术,尤其可以对地表微小形变进行有效监测,是预防地质灾害的重要手段。该监测技术的精度、分辨率较高,

且地表监测精度高达毫米级,能够对持续且缓慢发展的边坡活动进行连续捕捉。该技术成本较低,不需要设置地面基准点。

2 InSAR 技术原理

InSAR 技术即把合成孔径雷达放置在卫星上,利用两幅天线开展同步观测,也可以分开两次开展平行观测。通过这种方式照着目标场景,以便对地表相同景观的复图像进行抓取,结合实际观测需求,重访周期可以达到几天一次^[1]。获得复图像时,需要对目标区域的干涉图进行滤波、解缠处理后,进而获得两次成像微波路程差,才能对被测对象的平面位置、地面高程等数据进行精准掌握。该技术应用不需要在地面设置观测站,只需要利用雷达卫星实现对地观测,并采集相关数据,属于主动式观测方式,且能够进行全天候、实时性数据采集,监测范围较广,成本低,具有较高的性价比。InSAR 技术的广泛应用,能够进行创新和优化地质灾害

[作者简介]胡家毅(1996-),男,中国广东中山人,本科,助理工程师,从事测绘工程研究。

调查方法,且监测效果较高,能够有效弥补GPS技术的不足之处,有效提高测量精度和测量可达性。在星载InSAR技术应用中,往往不会受到云雨条件的限制,且可以短时间内快速采集相关数据,可以对大面积范围内的区域变形情况进行实时监测,尤其是在各类地质灾害监测中占据重要地位,如地面沉降、地面塌陷、山体滑坡等地质灾害监测中进行有效应用,且监测精度高达毫米级。例如,在滑坡地质灾害监测作业中,星载InSAR技术的应用,可以进行区域滑坡识别或者单体滑坡识别等^[2]。前者主要针对滑坡位置、规模、数量、背景环境的速度差值、灾害发育程度等进行全面监测;后者主要是对滑坡范围、滑坡变形量、滑坡变形发展趋势等情况进行动态化、全方位监测。

3 中国主流 InSAR 技术类型

3.1 D-InSAR 技术

D-InSAR技术主要是利用SAR传感器对相同区域的多幅影像进行同步采集,并通过干涉处理方式,其相关影响因素进行有效清除,其中包含大气相位、地形相位、噪声相位等,进而对采集的数据进行精准筛选,提取地形形变信息。当前,在地质灾害形变监测中常用的D-InSAR方法包含二轨法、三轨法、四轨法^[3]。其中二轨法,主要是对被测区域的两景SAR影像进行集成处理,形成一个干涉对,并去除外部DEM模拟的SAR相位,从而对地表形变信息进行有效采集。该技术方法主要在地表沉降监测中进行使用,且分辨率较高,监测精度可达毫米级。

3.2 时序 InSAR 技术

该技术应用中,需要结合基线约束条件,对长时间序列上的SAR复数图像进行有效性分组,同时对空间基线的长度进行严格控制,进而进一步提升干涉图的相干性,在此基础上要对差分干涉图进行多视处理,以便最大程度上降低噪声,通过这种方式才能有效提升相干性单元;之后还需要同奇异值分解法,对影像序列间地表形变速度的最小范数最小二乘解进行精准解算^[4]。SBAS-InSAR技术的应用,能够通过高相干目标点的相位进行时序分析的方式,从而对地表时序形变数据信息进行有效性采集。此外还需要在理论分析基础上,对形变模型进行合理性计算,这样可以最大程度上降低D-InSAR处理中时间与空间失关影响,这样才能有效提升形变监测精度。

4 InSAR 技术在地质灾害形变监测中的应用点

4.1 形变监测要点

在地表形变动态监测中,需要对地表变形速率、时间序列变形数据进行全面提取,并明确变形速度波动较大的斜坡,从而对活动斜坡类型、典型斜坡空间、时间变形特征进行全面分析。①滑坡变形监测。该类地质灾害监测中主要是针对处于变形发展阶段且年变形量为毫米级的滑坡灾害进行监测;通过InSAR监测可以获得高速率变形图斑^[5]。在

对滑坡监测时往往包含区域滑坡识别和单体变形特征监测。前者针对滑坡位置、规模、数量等数据进行监测;后者主要针对滑坡范围、变形量、各个部位的变形差异、滑坡成因机制等进行全面性监测。通过该技术的应用,能够精准计算滑坡体运动的速度,且减少植被覆盖的干扰,降低大气因素的影响,提升监测结果分辨率。②崩塌变形特征及监测内容。该监测工作主要针对崩塌体、危岩体等进行监测,尤其针对坡度陡、面积小的三维几何陡坡进行监测。崩塌监测包含区域崩塌识别和单体变形特征监测。前者包含崩塌位置、分布、灾害发育程度等内容;后者主要针对崩塌范围、变形量、位移方向等进行监测。③泥石流变形特征及监测内容。该对该类灾害进行监测时,主要是利用监测物源区变形情况对泥石流灾害发展趋势进行监测,该类变形问题的分布范围广,且变形量、位移方向差异较大。在对该方面的监测包含区域潜在泥石流沟的识别和单沟泥石流活动性监测。具体监测工作中,主要结合InSAR观测流域内泥石流物源区或堆积区的变形特征和空间分布规律,结合泥石流的地质条件进行综合分析。

4.2 形变区分析

①提取形变区。在具体实施中,需要结合持久散射体点形变数据,结合形变范围、整体形变速率、最大形变量等数据,以年平均形变速率绝对值大于10mm/a且局部连续进行分析提取。针对高危斜坡区,由于该区域与居民生产生活区较为相近,高差较大,且人员难以到达,如果PS点形变量与周边区域形变差异较大,需要对其相应的提取分析。此外还需要对不同时期采集的D-InSAR监测数据比较分析,同时要对形变反应较为突出且独立的区域进行全面提取和精准分析,在此基础上提取被测目标区域的形变区^[6]。②形变区筛查。结合以上提取的形变区,需要根据三维影像地图,对形变区的地面部位、地面坡度、重要水利等地质灾害威胁对象,需要对区域内已有的地理国情、基础地理信息等成果数据进行动态分析,以便实现形变区筛查工作,以此确定最终监测发展的形变区。③形变程度划分。在该环节中需要对监测筛查形变区年平均形变速率进行统一化统计分析,同时对InSAR技术进行优化应用,同时结合区域InSAR技术形变特征,对形变程度等级进行合理划分。④形变区编号规则。对筛查出来的地质灾害隐患点的空间位置进行关联分析,同时按照相关技术规范要求进行编号命名。

4.3 监测数据分析

在InSAR技术应用中,需要对监测到的地质灾害信息进行优化分析,其中数据分析流程如图1所示。

此外,还需要对雷达卫星技术进行优化应用,进而对采集的数据进行科学合理的分析处理。之后还需要选取监测时间,以便对雷达数据进行针对性采集,进而对一定分辨率的长波数据进行精确配准,其中数据处理方法如图2所示。

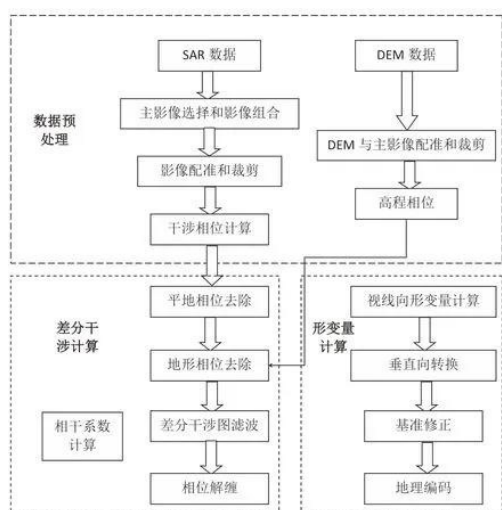


图1 星载 InSAR 数据处理流程

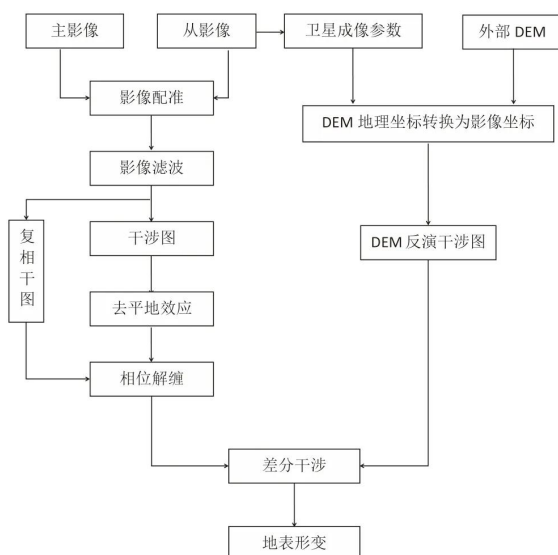


图2 星载 InSAR 监测数据分析方法流程

另外，还需要做好数据精度控制工作，尤其要全方位评定监测精度，对变形年速率误差进行合理控制。针对不同的 SAR 数据、不同处理方法获得的监测结果开展交叉检验工作。此外还需要结合高精度 DEM 进行形态分析工作，叠加显示严重变形区的滑坡部位。针对分辨率在 3m 以上的遥感影像解译滑坡拉裂缝、后缘陡坎等地质特征、变形量的对应关系进行综合性分析^[7]。

完成地质灾害监测工作后，需要监测结果进行全面性分析，尤其要以变形空间分布和量值为基础，同时要结合坡体形态、高程、植被类型等特征，通过层次分析法对变形滑坡进行精准性识别和综合性划分。滑坡地质灾害的诱发原因不同，分析方法也存在一定的差异性。如针对降雨诱发的滑

坡，需要结合重点部位变形速率、时程曲线，同时对滑坡地质特征进行分析，以便对滑坡变形趋势和危险性进行综合性分析。此外针对相同因素引起的滑坡灾害，需要根据以往滑坡案例、区域统计数据等对滑坡灾害的潜在危险性进行科学预测。此外还需要对滑坡变形时程曲线中的大变形时间段与雨季、地震等灾害与人类工程活动相关性进行综合性分析。

4.4 其他方面

①野外验证。通过该环节能够对形变影像中较为模糊的信息进行全面采集，探查多解地物类型。同时还需要全面验证解译工作，逐一核实影像中不确定的图斑，确保数据准确性^[8]。②资料整理。完成野外验证工作后，需要对野外资料进行全面整理和分析，尤其要全面解译地质灾害、孕灾地质背景等数据，同时要对初步解译成果进行有效修改，补充遗漏的地质灾害，以便通过解译成果对监测区域的地质灾害情况进行全方位、准确性体现。一旦在此过程中发现不足之处，需要第一时间安排人员进行野外补充调查。

5 结语

综上所述，为了对地质灾害进行有效性监测，把地质灾害危害性控制在最小化，对 InSAR 技术进行优化应用不言而喻，其可进一步强化其监测预警和防范能力，为地质灾害监测提供更高效率的监测途径。需要对 InSAR 技术进行优化应用，充分发挥其优势作用，进一步强化其监测预警和防范能力。

参考文献

- [1] 王雅平,杨明龙,吴学群,等.InSAR技术在滇中红层公路地质灾害监测中的应用[J].中国水运(下半月),2024,24(8):127-129.
- [2] 李洪涛,陈文乐.基于InSAR技术的西南区域天然气管道周边地质灾害监测方法[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(11):96-98.
- [3] 邵东桥,张文伦,靳军,等.SBAS-InSAR技术在地质灾害精细化调查前期隐患识别中的应用[J].甘肃地质,2024,33(2):80-88.
- [4] 李昊,李叶繁,魏长婧,等.基于SBAS-InSAR技术的登封市潜在地质灾害识别研究[J].河南科学,2024,42(8):1170-1178.
- [5] 张迪.联合时序InSAR和机器学习的滑坡灾害易发性评价[D].重庆:重庆交通大学,2024.
- [6] 王新龙,车子杰,马飞,等.基于PS-InSAR技术的晋城矿区地表形变监测及地质灾害风险预警[J].安全与环境工程,2024,31(2):173-179+212.
- [7] 蔡瑞庆,马立龙,李倩文,等.基于SBAS-InSAR技术的若羌县地质灾害识别与监测[J].河南科技,2024,51(6):95-99.
- [8] 邵海.天一空一地一内一体化技术在高寒艰险地区地质灾害调查中的应用与思考[J].科技创新与应用,2020(8):178-179.