

DOI:10.16031/j.cnki.issn.1003-8035.2018.05.13

GB-InSAR 技术在山体崩塌残余危岩体监测中的应用

岳发政^{1,2}, 郭金城^{1,2}, 汪娟^{1,2}, 刘东烈^{1,2}

(1. 贵州省第一测绘院, 贵州 贵阳 550025; 2. 贵州省北斗导航位置服务中心, 贵州 贵阳 550025)

摘要: 介绍了在贵州首次使用 GB-InSAR 技术进行某山体崩塌应急监测的情况。利用 GB-InSAR 技术监测贵州某崩塌残余危岩体的稳定性, 得到了整个残余危岩体毫米级高精度连续形变结果, 并对残余危岩体可能发生的二次崩塌和稳定性进行评估。监测结果表明崩塌残余危岩体形变与降雨密切相关, 但整个残余危岩体发生大面积崩塌的可能性较小。

关键词: 地基合成孔径雷达干涉测量 (GB-InSAR); 变形监测; 应用;

中图分类号: P642.21; P237

文献标识码: A

文章编号: 1003-8035(2018)05-0078-03

The application of GB-InSAR technique in monitoring of residual body of rock avalanche

YUE Fazheng^{1,2}, GUO Jincheng^{1,2}, WANG Juan^{1,2}, LIU Donglie^{1,2}

(1. The First Surveying and Mapping Institute of Guizhou Province, Guiyang, Guizhou 550025, China;

2. Guizhou Beidou Navigation Location Service Center, Guiyang, Guizhou 550025, China)

Abstract: This article introduces the GB-InSAR technology and its first application in Guizhou for landslide emergency monitoring. The GB-InSAR technique is used to monitor the stability of a certain collapse in Guizhou Province, the results of high-precision continuous deformation in millimeters of the entire residual body were obtained. The secondary collapse and stability of the residual body were also evaluated. The monitoring results show that the deformation of the residual body is closely related to the rainfall, but it is less likely that the entire residual body will collapse in a large area.

Keywords: GB-InSAR; deformation monitoring; application

地基合成孔径干涉雷达 (Ground-based Synthetic Aperture Interferometry Radar) 利用传感器沿着滑轨运动形成的合成孔径来测量接收信号的幅度和相位, 结合干涉技术得到测量区域的地形和形变信息, 从而达到测量观测区域相对形变量的大小。GB-InSAR 技术除了继承 SAR 技术的优点外, 还具有体积小、运行周期短, 观测距离长等优点, 在地质灾害应急救援中优势明显。本文主要介绍 GB-InSAR 技术在贵州省某山体崩塌不稳定残余体应急监测中的应用。

1 GB-InSAR 技术

GB-InSAR 雷达监测系统采用电源给传感器提供动力, 沿着导轨周期性运动获得合成孔径影像, 然后将逐一获取的单维图像压缩后处理为单个雷达影像^[1]。传统 SAR 在获取地面上目标三维信息和监测目标微小变形量方面有所缺失^[2], 地基合成孔径干涉雷达系统作为一种新兴起的地表形变监测系统, 其结合了合成孔径干涉技术和步进频率技术, 可实现雷达影像距离向和方位向的高分辨率观测, 解决了受时空失干严

收稿日期: 2018-01-05; 修订日期: 2018-03-27

第一作者: 岳发政 (1992-), 男, 贵州册亨人, 学士, 助理工程师, 现从事遥感工作。E-mail: 592512823@qq.com

通讯作者: 刘东烈 (1987-), 男, 湖南人, 博士, 高级工程师, 从事遥感研究。E-mail: donglie.liu@westernbeidou.com

重和时空分辨率低的星载 SAR 缺点。地基合成孔径雷达干涉测量技术(GB-InSAR)是星载合成孔径雷达干涉测量技术很好的补充^[3],它具有最优的观测姿态和连续观测能力,而且具有灵活多变、分辨率高、平台稳定、观测周期短、造价相对低廉等优点,属于非接触测量方式,可以对危险边坡实施较好监测^[4]。GB-InSAR 目前已经在坝体溃坝、堆积场泥石流、大型矿山边坡滑坡等灾害的变形监测中起到重要作用。

2 贵州某山体崩塌应急监测

贵州省地质环境十分脆弱,省内地质地理条件特殊,各种地质灾害频发、多发、损失严重且分布广泛,地质灾害防治形势十分严峻,是全国地质灾害最严重的地区之一^[5]。针对贵州省境内某山体崩塌事故,为保障现场救援工作安全进行,我们首次使用高采样率、高分辨率、长距离 Ku 波段的地基合成孔径雷达干涉测量技术对崩塌残留危岩体进行了长时间应急监测。

2.1 测站选址及数据准备

本次应急监测使用的地基雷达型号为虎眼 B614 B01AB21,尽管该雷达设站灵活,但要得到高精度的观测数据,一个稳定的观测平台以及观测对象的高精度 DEM 数据(图 1)是非常必要的。此外,合适的入射角也是获取良好原始观测数据的关键因素。本次观测选址位于如图 1 残余体对面的稳定楼顶,距离观测对象大约 1.2 km,对整个残余体可实现全视角覆盖。



图 1 站位置及对象 DEM
Fig. 1 DEM of station location and object

2.2 监测结果分析

本次观测共采集并处理了 8 月 30 日至 9 月 8 日共 10 天的雷达 RAW 数据,软件大约 5 分钟处理一景,具体配置如表 1 所示。由于观测周期长,在观测过程中,雷达遭受了大风、降雨等恶劣天气的影响导致原始数据质量下降,但该地基雷达基本依然得到了良好的形变分析数据,体现了该系统的稳定性和抗干扰能力。

表 1 观测参数配置

Table 1 Observation parameters configuration				
天线倾角/ (°)	采样频率/ (次·h ⁻¹)	距离向分辨 率/m	角度向分辨 率/mrad	最远观测距 率/km
90	10	0.3	3	5

2.2.1 标记点形变时序分析

数据处理使用地基雷达自带软件,该软件界面友好、结果可视化。监测过程中,软件不断进行原始数据处理并将干涉图叠加至 DEM 以显示残余体形变信息,结合软件解算结果,可拾取获得较大变形量标记点的累积形变量和形变速率时间序列,以便对高危险点的变化趋势进行分析,为灾害应急救援指挥决策提供实时数据支撑。图 2 和图 3 分别显示某标识点形变量和形变速率曲线。时间序列显示,10 小时内,该点的变形量达到 10 mm,平均累计变形速率为 1 mm/h,结合该崩塌残余体现场情况,将该标志点区域列入危险关注区域。

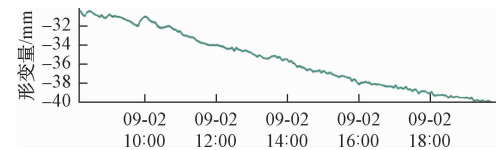


图 2 标识点形变量时序图
Fig. 2 The sequence chart of a marked point deformation

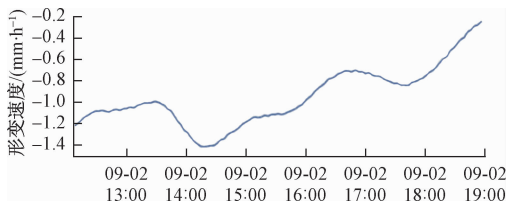


图 3 标识点形变速率时序图
Fig. 3 The sequence chart of a marked point deformation rate

2.2.2 形变区域分析

预测残余体变化趋势和评估稳定性是整个雷达观

测的最终目的,图 1 和图 4 结果显示滑坡体的左上高危部分(4、6 号标记点)和下部堆积体(9 号标记点)不太稳定,下部堆积体(9 号标记点)在雨水作用下变形量不断变大最大变形量达到 145 mm,最大变形速率达 9 mm/h,其余各部分都比较稳定,不会出现整体崩塌的危险。

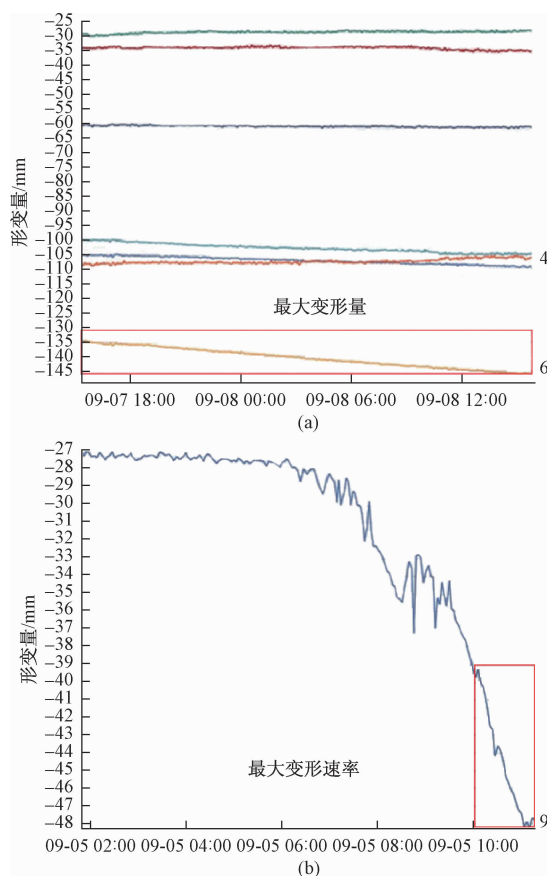


图 4 最大变形量和变形速率

Fig. 4 The maximum deformation and deformation rate

2.2.3 灾害预警

所有观测数据都为灾害体变化趋势预测和稳定性评估以及灾害预警提供科学依据,预警机制以最大形变量和形变速率为依据,提前预警可能发生的崩塌,保证现场救援人员安全。

9 月 5 日 9 点,由于降雨量不断加大,裂隙水不断增多,软件 9 号标识点 5 小时内的变形量达到 21 mm,最大变形速率达到 8.5 mm/h,根据设定的报警阈值,软件自动发出警报,随后 9 号标识点附近发生小型崩塌。由于持续降雨影响,在雨水和间隙水的作用下,残余体还发生了几次小型崩塌,系统也成功预测了这几次崩塌,验证了该系统监测数据的准确性。

3 结语

接触式测量方法主要包括水准仪测量、倾斜仪测量、GPS 测量和无线传感器网络测量等,其最大特点是只能对场景中的某些离散点进行观测,难以满足对边坡进行全覆盖形变监测的需求。非接触式测量 SAR 技术可有效应用于广域地表沉降和形变监测,但重访时间过长^[6];地基差分干涉 SAR 系统采用地基重轨干涉 SAR 技术实现高精度形变测量,具有全天时、全天候、全覆盖、高精度的特点^[7]。地基雷达干涉测量系统(GB-InSAR)在贵州某山体崩塌残余体监测中发挥了重要作用,为崩塌残余体稳定性评估和救灾指挥工作提供了科学依据。

诚然,该技术在应用过程中数据精度会受到大气扰动、时间和空间去相干、频率和相位等不稳定条件的影响,但是其在应用过程中体现出来的便捷性、灵活性和抗干扰能力以及亚毫米级变形监测精度也能完全满足应急救援监测的需要。

监测结果表明:滑坡体左上部高危部分和下部堆积体部分不太稳定,在监测过程中也发生过几次小型崩塌,主要是不稳定堆积体和高危岩土体在间隙水和雨水作用下发生较大位移,但是整个残余体比较稳定。监测结果与传统监测手段得到的结果相吻合,因此,残余体没有发生大范围崩塌的危险。

致谢:感谢北京理工雷科电子信息技术有限公司在应急救援过程中所提供的设备和技术支持。

参考文献:

- [1] 岳建平,岳顺. GBSAR 监测技术研究进展[J]. 现代测绘, 2017(3): 5-9.
YUE Jianping, YUE Shun. Research progress of GBSAR monitoring technology[J]. Modern Surveying and Mapping, 2017(3): 5-9.
- [2] 张宗申,周建郑,张春燕. 基于 GBSAR 的微变形监测系统应用研究[J]. 大坝与安全, 2013(6): 19-23.
ZHANG Zongshen, ZHOU Jianzheng, ZHANG Chunyan. Application of micro-deformation monitoring system based on GBSAR[J]. Dam & Safety, 2013(6): 19-23.
- [3] LEE H, LEE J H, KIM K E, et al. Development of a truck-mounted arc-scanning synthetic aperture radar[J]. IEEE Trans. Geosci. & Remote Sens, 2014, 52(5): 2773-2779.

(下转第 88 页)