

关于地基 InSAR 新技术及水利工程变形监测应用的研究

孙建勋¹ 郑会歌²

(1. 中水北方勘测设计研究有限责任公司, 天津 300222;

2. 中竞发(北京)工程造价咨询有限公司天津分公司, 天津 300010)

【摘要】 水利工程是中国建筑工程的重要组成部分, 针对部分规模较大的水利工程, 变形监测始终是变形观测的难解问题之一。本文针对地基 InSAR 新技术, 进行简要叙述, 首先分析该技术原理, 对其主要特征进行阐述。为展现该技术优势, 列出应用范围, 结合具体水利工程, 对该技术在水利工程变形监测方面应用进行叙述。

【关键词】 地基 InSAR 技术; 水利工程; 变形监测

中图分类号: TV554

文献标志码: B

文章编号: 1005-4774(2017)011-0007-04

Research on application of foundation InSAR new technology and water conservancy engineering deformation monitoring

SUN Jianxun¹, ZHENG Huige²

(1. Bei Fang Investigation, Design & Research Co., Ltd., Tianjin 300222, China;

2. Zhongjingfa (Beijing) Engineering Cost Consulting Co., Ltd., Tianjin Branch, Tianjin 300010, China)

Abstract: Water conservancy project is an important part of construction engineering in China, and the deformation monitoring aiming at some water conservancy projects with larger scale is always one of the deformation observation problems. In the paper, new technology of foundation InSAR is briefly narrated. Firstly, the principle of the technology is analyzed, and main characteristics thereof are described. The application scope is listed, specific water conservancy projects are combined, and the application of the technology in water conservancy engineering deformation monitoring is described in order to show the advantages of the technology.

Keywords: foundation InSAR technology; water conservancy engineering; deformation monitoring

1 InSAR 新技术涵义

InSAR(合成孔径雷达干涉测量)是指利用同一地区不同期次 SAR 数据中的相位信息进行干涉测量的技术。InSAR 技术以合成孔径雷达复数据提取的相位信息为信息源, 获取地表的三维信息和变化信息。InSAR 通过两副天线同时观测(单轨模式), 或两次近平

行的观测(重复轨道模式), 获取地表同一景观的复图像对。由于目标与两天线位置的几何关系, 在复图像上产生了相位差, 形成干涉条纹图。干涉条纹图中包含了斜距向上的点与两天线位置之差的精确信息。因此, 利用传感器高度、雷达波长、波束视向及天线基线距之间的几何关系, 可以精确地测量出图像上每一点的三维位置和变化信息。

水利事业是中国国民经济的基础产业。水利工程在中国防洪减灾中发挥着重要作用。为确保水利工程安全、稳定运行,管理机构要对水利工程开展变形监测。现阶段变形观测方法包括空间测量、地面测量、地面三维激光扫描等,虽然在过去发展中,这些方式方法发挥了重要作用,却各自受限。如:空间测量受限于外部环境;地面测量工作环境为野外,工作量繁重;激光扫描技术运用信息技术,但因为距离因素引发的问题成为其短板。地基 InSAR 技术相较于上述传统方式,其先进性尤为显著,具备测量范围广、操作自动化且具有较高精度等优势,为变形观测指出了新的发展方向。

2 InSAR 新技术应用范围

InSAR 技术起初的设计意图在于实现对地球表面的进一步观测,当前由于该技术优势明显,有利于人类

对自然环境观测的清晰化,在各领域的应用收获颇丰,水利、变化监测、地震活动以及极地等领域广泛推广。InSAR 技术的应用范围大体可以归为以下几方面。

2.1 数字高程模型获取

该技术的研发体现了监测领域的先进性发展,运用该技术能够实现对不同区域全天候、大面积、精准度高且全天时的监测,对于部分区域监测不便情况,该技术优势更加显著。美国航天局于 20 世纪开始,采用 InSAR 技术在环境各异的条件下进行研发工作,获取丰富的报告成果。运用此技术航拍,获取世界各地不同资料,同样起源于美国。InSAR 技术的首次应用就为美国获取了地球面积 80% 以上的影像数据,真切体现了该技术应用过程中的大面积、精度高、速度快的特性(见图 1)。

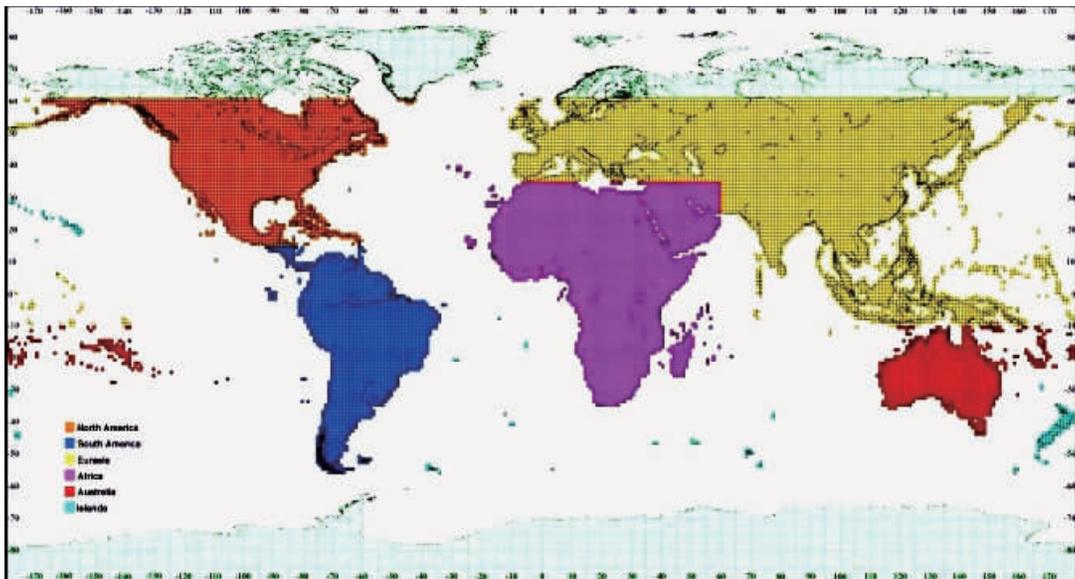


图1 SRTM 数据覆盖范围(深色区域)(JPL 网站)

2.2 地图测绘

以往传统测绘方式、方法的应用在取得一定成果的同时,也存在部分弊端,如:周期长,投入人力和物力大、监测精确度低等。InSAR 技术的应用却能够有效解决此类问题,在满足实际需求方面,若地势平坦,能够获取 2m 左右精确度,若是地形地势具有高低起伏,获取精确度约为 5m,对于现阶段监测要求完成度较高(见图 2)。

2.3 海洋应用方面

海洋领域应用 InSAR 技术能够对海浪的方向与表面流速等进行精准测量,从而根据海洋领域各项数据预测洋流走向等,对于海浪高度计算优势明显。海洋领域在该技术的应用方面不仅可以对海浪等进行监测,还能够针对舰船与海岸线的情况实施动态监测。

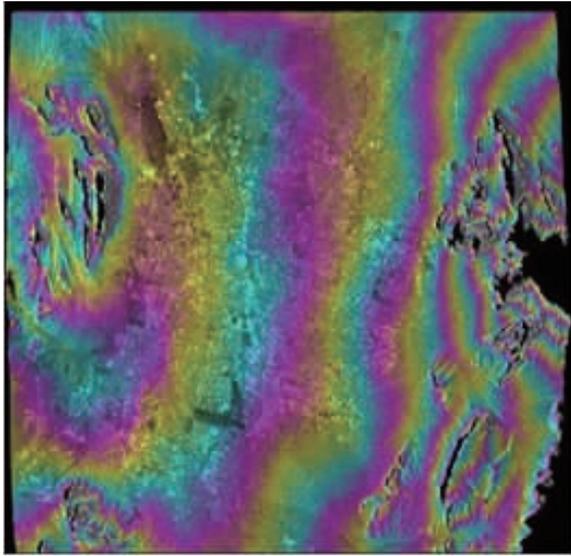


图2 InSAR 提取的 DEM(每个干涉条纹代表 160.00m 高程)

2.4 地球动力学应用方面

2.4.1 地震形变的应用

地球动力学应用方向之一就是地震形变,主要涉及同震、震中与震后三方面研究。地震形变测量中 InSAR 技术的应用,是地表形变场观测的首次尝试,开创了应用的开端。自此以后各国人员对地震形变场中 InSAR 技术的应用展开广泛研究,充分证明该技术在地震形变场方面的应用具有较高效率。在过往地震研究中,引用该技术的有加利福尼亚州 1993 年地震、中国西藏 1997 年发生的玛尼地震,还有最为人瞩目的 2008 年汶川大地震。参考依据与可靠数据都是通过 InSAR 技术获取,主要为同震与震后数据资料,加深对地震形成与未来趋势预判,因为地震主震形成的地表形变,加之形变模型所做出的模拟结果,进一步对形变场进行分析,更为精确地对震源参数进行分析,归结地震发生原理,进而能够对地震的周期与演化过程充分掌控,减少自然灾害造成的损失。

2.4.2 火山研究

火山作为自然活动之一,能够形象反映出地质形变情况。经过我们对火山运动规律的分析,研究人员可以依据观测数据,对火山的未来走向进行预测。InSAR 技术的应用可以为人类再现火山的形变情况,有

助于人类研究地壳变化。有效应用该技术的有著名的意大利 Ena 火山(见图 3)与冰岛断裂火山等。

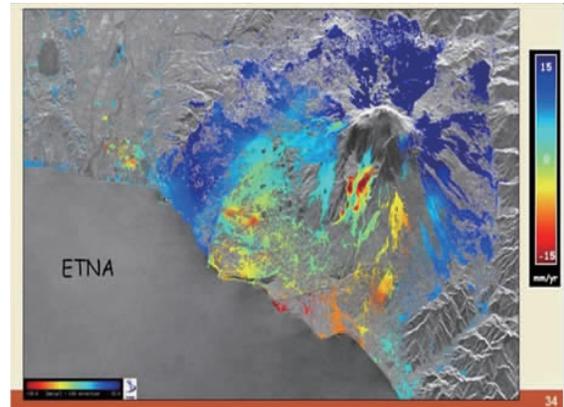


图3 InSAR 监测 Ena 火山运动

2.4.3 冰川应用

冰川同属地质活动之一,冰川研究方面应用 InSAR 技术可以保证相关监测数据的完整性、精确性以及高分辨性,以此对冰川活动与其他变化特征有效测量。著名研究学者 GoldStein 于 1993 年第一次在缺少控制点的前提下,对冰流的速度进行监测,后续相关学者在应用该技术的基础上,分别从冰川变形、温带冰川与冰流速度等方面展开了一系列分析与研究。

2.4.4 细微地形应用

InSAR 技术在细微地形变化方面的应用涉及滑坡与地面沉降等形变,该技术在这方面的应用要追溯到 1996 年,此为该技术对中等滑坡体运动能力确定的第一次验证。Refice 学者针对意大利南部的滑坡现象展开了一系列研究,提出植被覆盖、试验区小尺度与大气影响等方面影响,造成进行过程中相位失相干,以及时间与分辨率有所区别的不足。从地面沉降方面分析,发生该情况的原因在于对承压含水层的水量过度开采,从而形成地质灾害。

3 隔河岩大坝变形监测实验

3.1 大坝实验数据

采用 2013 年 7 月 27 日 20 时到 8 月 2 日 11 时在隔河岩水利工程区域获取的 1330 景地基 SAR 影像进行变形监测实验,图 4 中①为大坝坝体,②为电站与边

坡阶梯,③为2级升船机及中间错船渠。



图4 IBIS-L 数据采集场景

对相邻地基 SAR 影像进行干涉处理(见图5),利用相干系数和幅度离差指数阈值法,提取高质量相干目标,根据大坝监测组提供的垂线及全站仪监测信息,选择3个相干点,分布如图6所示,作为稳定点控制点(GCP),采用基于稳定点加权法进行大气延迟校正。

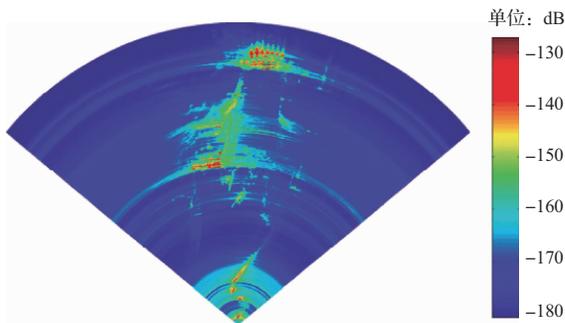


图5 地基 SAR 能量

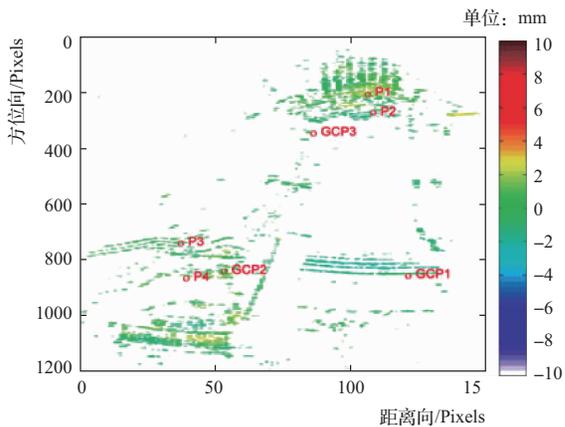


图6 累计变形

3.2 监测结论

根据图6与图7展现效果图,得出以下结论:

a. 进行试验的地带,其构成主体大多为水泥建筑

物或裸露岩石,鉴于地基地势有利,地基的 SAR 回波信号源相对较强,相干性较好,由此形成的累积形变图在空间密度方面有较高精确度。

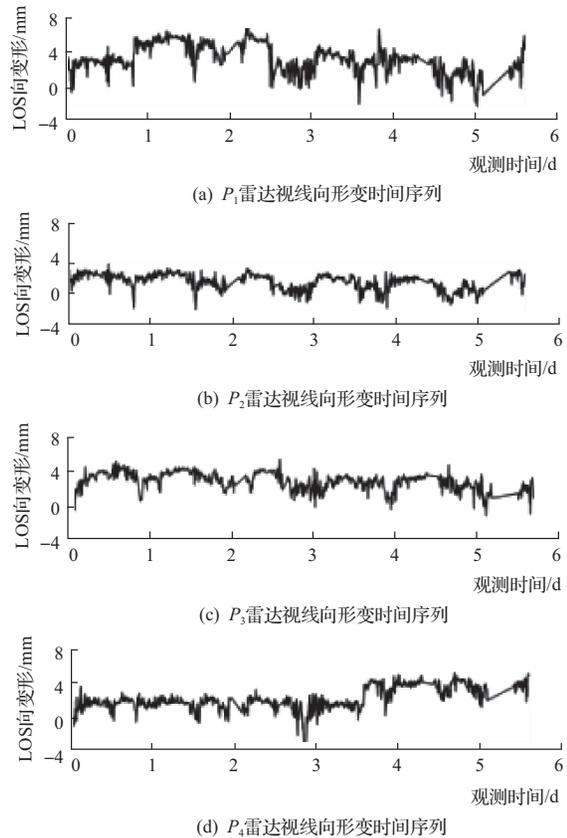


图7 P1~P4 雷达视线向形变时间序列

b. 通过监测数据分析,监测像元并未发生趋势性形变,监测像结果与大坝监测中心的结果相一致,不过并非完全一致,某些像元形变值存在很大程度的波动,呈现出一定的规律。根据分析,与大气延迟校正完善度不高有关系。

4 结语

地基合成孔径雷达技术的实质为采用干涉测量技术,达到收获微小形变的作用,是有效方式之一,其不仅应用于水利工程中,也应用于桥梁工程等监测工作中。上文中提到,因为传统形变观测方式具备固有缺陷,而 InSAR 监测新技术有广阔的发展前景,应用工作效率更加高效。水利工程是中国重点发展的项目之一,技术的不断更新有利于提升工作 (下转第 64 页)



水上公园俯瞰效果图

水上公园的建成,有效净化周围空气,调节大气温度及湿度。通过气象监测,水上公园两岸夏季温度比其他区域低 2°C ,空气湿度比其他地区高10%左右,其年降水量比未建成前高出100mm。

6 结 语

为了治理赣江在江西省吉安市内的河道,改变城市形象,建设水上公园,充分引入生态水利设计理念,发挥水的自然功能,应用橡胶坝、生态网石笼、湿地整治河道等有效措施,将人工景观与自然景观有机融合,合理协调经济发展与环境保护、城市景观与自然景观的关系,实现人与自然和谐发展。为相关城市水利工程中河道治理提供了成功经验。◆

参考文献

- [1] 朱昌明. 生态水利在河道治理工程中的应用[J]. 黑龙江水利科技, 2012(11): 200-201.
- [2] 许映建, 石磊. 如皋城区河道治理工程中生态水利设计理念的应用[J]. 水资源开发与管理, 2016(7): 38-41.
- [3] 吴恭王, 王慧. 生态理念在河道治理工程设计中的应用[J]. 江西水利科技, 2015(6): 460-462.
- [4] 赵文龙. 生态水利理念在中小河流治理工程中的应用[J]. 水利科技, 2013(1): 50-52.
- [5] 刘敏虹. 浅论生态水利在河道治理中的应用[J]. 中国水运(下半月), 2013(8): 166-167.
- [6] 郝芹. 生态水利在河道治理中的应用[J]. 山东水利, 2013(6): 55-56.
- [7] 高建. 生态水利在河道治理工程中的应用[J]. 黑龙江水利科技, 2014(11): 227-228.
- [8] 李强. 关于生态水利在河道治理中的应用探讨[J]. 水土保持应用技术, 2014(6): 30-31.

(上接第10页)效率,解决实际供需问题,InSAR新技术的应用有积极的现实意义。◆

参考文献

- [1] 廖明生, 林晖. 雷达干涉测量——原理与信号处理基础[M]. 北京: 测绘出版社, 2003.
- [2] 邱志伟, 张路, 廖明生. 一种顾及相干性的星载干涉SAR成像算法[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2010(9): 1065-1068.
- [3] 何敏, 何秀凤. 合成孔径雷达干涉测量技术及其在形变灾害监测中的应用[J]. 水电自动化与大坝监测, 2005(2): 45-48.
- [4] 岳建平, 方露, 黎妮. 变形监测理论与技术研究进展[J].

测绘通报, 2007(7): 1-4.

- [5] 何宁, 齐跃, 何斌, 等. 地表微变形远程监测雷达在大坝监测中的应用[J]. 中国水利, 2009(8): 46-47.
- [6] 黄其欢, 张理想. 基于GBInSAR技术的微变形监测系统及其在大坝变形监测中的应用[J]. 水利水电科技进展, 2011(3): 84-87.
- [7] STROZZI T, FARINA P, CORSINI A. Survey and Monitoring of Landslide Displacements by Means of L-band Satellite SAR Interferometry[J]. Landslides, 2005, 2(3): 193-201.
- [8] 许小剑, 黄培康. 雷达系统及其信息处理[M]. 北京: 电子工业出版社, 2010.
- [9] 胡著智, 王慧谔麟, 陈铁恋, 等. 航天航空遥感技术与应用[M]. 南京: 南京大学出版社, 2010.