

卫星遥感技术施工影响区域变形监测技术研究

张旭鹏 李鹤飞 杨 杰 徐玲君 张婧仪

北京中建建筑科学研究院有限公司 北京 100076

摘要:大型基础设施施工过程中会影响周边建(构)筑物的正常使用,造成严重的经济损失,因此大型基础设施施工过程中的变形监测尤其重要。传统的水准测量方法存在监测时间长、监测范围小、成本高等缺点,并且无法大范围获取建(构)筑物的变形信息。卫星遥感变形监测技术具有测量范围广、不受光照和天气条件的限制,可以穿透云层影响的特点,可实现对建(构)筑物微小形变做变形监测。课题组通过查阅相关规范和文献,归纳和总结了卫星遥感变形监测技术的研究现状以及适用范围。卫星遥感变形监测技术更适用于监测目标建筑物的历史变形累积量和历史变形速率,可与其他变形监测技术结合使用,实现全天候、全天候变形监测,对施工具有重要的指导意义。

关键词:大型基础设施;卫星遥感;变形监测;历史变形

Research on deformation monitoring technology of construction affected area based on satellite remote sensing technology

Zhang Xupeng, Li Hefei, Yang Jie, Xu Lingjun, Zhang Jingyi

Beijing Building Research Institute Corporation Limited of CSCEC,10076,China

Abstract: The construction of large infrastructure will affect the normal use of surrounding buildings (structures) and cause serious economic losses. Therefore, the deformation monitoring in the construction of large infrastructure is particularly important. The traditional leveling method has the disadvantages of long monitoring time, small monitoring range and high cost, and can not obtain the deformation information of buildings (structures) in a large range. Satellite remote sensing deformation monitoring technology has the characteristics of wide measurement range, not limited by light and weather conditions, and can penetrate the influence of clouds. It can realize the deformation monitoring of small deformation of buildings (structures). By consulting relevant specifications and documents, the research group summarizes the research status and application scope of satellite remote sensing deformation monitoring technology. Satellite remote sensing deformation monitoring technology is more suitable for monitoring the historical deformation accumulation and historical deformation rate of the target building. It can be combined with other deformation monitoring technologies to realize all-weather and all-weather deformation monitoring, which has important guiding significance for construction.

Keywords: large-scale infrastructure; Satellite remote sensing; Deformation monitoring; Deformation history

引言:

近年来我国城市化进程发展迅速,城市用地日渐紧张,地上交通压力越来越大,充分开发和利用地上、地下空间成为城市化发展的热点。地铁、基坑施工、城市轨道、高速公路等基础设施施工过程中会对其附近区域

的地下管线、建筑物、相邻环境、地面交通等产生影响,使得影响区域内建(构)筑物变形、管线破坏和边坡变形等危害时有发生,影响建(构)筑物的安全使用,会造成严重的经济损失和事故,因此大型基础设施施工过程中对周边建(构)筑物进行变形监测尤为重要。

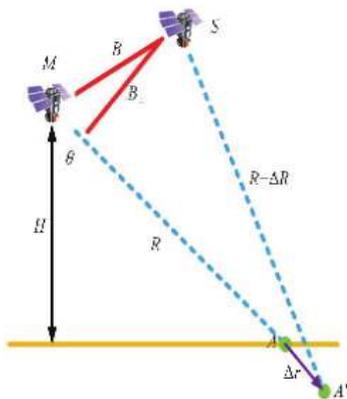
地铁、基坑施工、城市轨道、高速公路等基础设施对施工过程中其影响区内建(构)筑物的变形监测特点为:监测距离长、跨度大、监测周期长、监测间隔长、

作者简介:张旭鹏,1994年生,男,回族,河北省霸州市人,研究生,研究方向:检测与鉴定。

变形监测目标建(构)筑物多且无法全部覆盖。传统的水准测量方法很难满足对其施工范围内建(构)筑物变形的多时相、长时间、多目标的监测,存在成本高、监测时间长、监测范围小等缺点,并且无法大范围获取建(构)筑物的变形信息。

近些年来,卫星遥感技术的发展使得在施工影响区域内对单体建(构)筑物的变形监测成为可能,在变形监测方面展现出极好的应用前景。相比于传统的接触式测量技术,卫星遥感技术属于非接触测量范畴,具有其他技术所不具备的优势。该技术具有测量范围广、不受光照和天气条件的限制,可以穿透云层影响的特点,实现对建(构)筑物微小形变做变形监测。

合成孔径雷达技术时利用一个小天线沿着长线阵的轨迹等速移动并辐射相参信号,把在不同位置接收的回波进行相干处理,从而获得较高分辨率的成像雷达,与其它大多数雷达一样,遥感卫星的合成孔径雷达测定距离是通过发射电磁脉冲和接收目标回波之间的时间差实现的,进而再计算被监测目标的变形。



卫星遥感变形监测技术原理

课题组通过查阅相关规范和文献,归纳和总结了卫星遥感变形监测技术的研究现状以及适用范围。

1 卫星遥感变形监测技术研究综述

20世纪50年代SAR遥感技术的概念被提出,SAR遥感技术能够主动成像,具有穿透云层而不受云、雾等自然现象的影响,并且能全天随时进行观测的特点,对光学遥感的不足之处在一定程度上进行了弥补。目前国际上已投入使用很多的雷达卫星,为遥感技术的应用和发展提供了很好的数据平台。

1992年到1997年,美国内华达州^[1]对拉斯维加斯的地面沉降进行监测,采用了采用InSAR技术,获取了详细的地面沉降图,通过分析得到地面沉降的空间延伸范围受地质结构(断层)和沉积物(粘土厚度)的影响。1999年Wegmuller等^[2]利用1992年8月至1996年5月期间的ERS数据监测意大利Bologna城的沉降情况,并与GPS

数据和水准测量数据进行了深入的分析比较,得到了较一致的形变场和形变速率结果。2000年日本的Nakgwa等人^[3]利用JERS-1L波段SAR研究Kanta北部平原的地面沉降研究发现,相比ERS C波段的数据而言,L波段的SAR数据更适宜于研究平原地区的地面沉降。2001年,澳大利亚新南威尔大学的葛林林等^[4]采用1993至1995三年的ERS-1/2 Tandem数据和JERS-1数据,对该时间段内的多个煤矿区开采引起的地面沉降进行监测,将GPS技术与InSAR技术结合进行矿区地面沉降监测,利用GPS数据校正InSAR数据中的误差,校正大气误差和轨道误差,并通过地理信息系统(Geographic Information System, GIS)定量分析沿工作面推进的沉降变化情况。2003年,Fabrizio Lombardini等人^[5]对利用多基线干涉SAR数据解决叠掩问题进行了研究,同年,ZhongLu, Eric Fielding等人利用机载双天线TOPSAR数据和星载ERS1/2多基线数据对Alaska的Okmok火山喷发区进行DEM生成和地表形变测量。2003年Adam等研究人员应用PS-InSAR技术对德国柏林地区的地面做了变形速率的研究。以ERS影像作为源数据,通过处理最终得出了柏林地区4 mm/a的变形速率,并且在2003年针对这些研究成果,采用地面水准与GPS测量对研究结果进行了验证,证明了PS-InSAR运用于地表累积的变形监测有很好的应用前景。2007年,美国的Michelle Sneed等^[6]利用2003年5月~2005年9月的InSAR数据对科切拉谷地的地面沉降进行监测。

我国对于InSAR遥感技术的研究起步比较晚。大多数研究人员的研究方向主要集中在InSAR遥感技术的理论原理,实际应用方面研究较少。

2004年张洁等^[7]提出了PS-InSAR和D-InSAR技术的综合运用,进行山体滑坡监测,对InSAR理论所具有的适用性进行了探究。2008年程滔等^[8]利用实际地质勘察与InSAR技术相结合的方式,获取到了中国黄土地区的山体滑坡的分布情况,并对重点的监测区域进行了划定。2012年徐小波等学者^[9]使用13景Envisat SAR卫星图作为数据源并结合IPTA(Interferometric Point Target Analysis)技术对陕西省子长县的山体滑坡进行了有效监测。2017年范景辉等利用22景TerraSAR-X影像对三峡区的范家坪滑坡进行了监测,并分析滑坡与三峡水位的关系。事实说明,InSAR技术对于滑坡监测来说具有较大的可行性。

目前遥感卫星变形监测技术应广泛应用于边坡、隧道、大坝等大范围重型工程的变形监测领域之中,专家学者对卫星遥感技术应用领域的研究也越来越多,但是卫星遥感技术在施工区域内建(构)筑物的变形监测分析较少,这也是测量领域研究和应用的热点。卫星遥感技术与地面水准测量技术结合测量可以实现优势互补,

更高效高精确的进行变形监测工作。相比于传统测量手段而言,卫星遥感变形监测技术具有快速方便、经济高效、精细准确等特点。科技手段引入地铁、基坑施工、城市轨道、高速公路等大型基础设施施工安全监测是工程管理的重要发展方向,但目前该技术在相关方面缺乏系统科学的深入研究。

2 卫星遥感变形监测技术的适用范围

卫星遥感变形监测技术具有技术测量范围广、不受光照和天气条件的限制,可以穿透云层影响的特点,可实现对建筑物微小形变做变形监测。现有的变形监测遥感卫星有我国研发的“高分”系列光学遥感卫星,俄罗斯研发的哨兵系列遥感卫星以及意大利研发的宇宙地中海高分辨率雷达卫星(COSMO-SkyMed卫星)等,COSMO-SkyMed系统具有很好的连续性,在COSMO-SkyMed一代星座之后,还将发射COSMO-SkyMed二代卫星星座,以后还计划发射L波段卫星,既保证了数据服务的延续性,又扩大了数据的应用范围,为对地观测具有全球覆盖能力,具有适应各种气候的日夜获取能力以及高分辨率、高精度、高干涉/极化测量能力。

卫星遥感变形监测技术的变形监测频率由遥感卫星的回归周期决定,即一个回归周期可以对监测目标进行一次变形测量,COSMO-SkyMed卫星是目前监测周期相对较短,变形监测精度较高的遥感卫星,具有3米分辨率,一个回归周期为16天,其4颗遥感卫星同时进行拍摄,可以保证3~4天拍摄一次被监测目标的InSAR图像。

卫星遥感变形监测技术目前无法做到全天候、实时监测变形,只能根据遥感卫星回归周期进行变形监测,卫星遥感变形监测技术更适用于监测目标建(构)筑物的历史变形累积量和历史变形速率,通过调取被监测区域的历史卫星InSAR图形,提取其三维空间坐标信息进行处理分析,得到被监测区域的建(构)筑物的历史累计变形量和变形速率,分析施工影响区域建(构)筑物的历史状况和潜在危险,可有效规避风险,明确责任主体并指导施工。

卫星遥感变形监测技术的监测频率由遥感卫星的回归周期决定,无法做到实时监测,因此实际工程应用中,可将卫星遥感变形监测技术与传统变形测量技术(地面摄影技术、GPS测量技术、水准测量技术等)、无人机遥感变形监测技术以及地基雷达遥感变形监测技术结合适用,可弥补卫星遥感变形监测技术监测频率过长的不足,最终实现全天时、全天候变形监测并校准卫星遥感变形监测数据。

3 结论

(1) 本文梳理并总结了卫星遥感变形监测技术研究现状,目前国外对卫星遥感变形监测技术的研究较为成

熟,而我国对于InSAR遥感技术的研究起步比较晚,大多数学者和专家主要的研究方向是集中在InSAR遥感技术的理论原理,实际应用方面研究较少。

(2) 卫星遥感变形监测技术更适用于监测目标建筑物的历史变形累积量和历史变形速率,通过调取监测区域的历史卫星InSAR图形进行处理分析,可得到监测区域的历史累计变形量和历史变形速率,反演施工影响区域内建(构)筑物的历史变形趋势,分析施工影响区域的历史状况和潜在危险,可规避风险并指导施工。

(3) 可将卫星遥感变形监测技术与传统变形测量技术以、无人机遥感变形技术以及地基雷达遥感变形监测技术结合适用。

参考文献:

[1] Ferretti A, Prati C, Rocca F. Analysis of Permanent Scatterers in SAR interferometry[C]. Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2000.

[2] Wegmuller U, Strozzi T, Wiesmann A, Werner C, 1999, I and subsidence mapping with ERS interferometry: evaluation of maturity and operational readiness[J]. FRIN GE'99, Belgium, 10~12

[3] Nakagawa H, Murakami M, Fujiwara S, Tobita M, 2000, L and subsidence of the northern Kanto Plains caused by ground water extraction detected by JERS-21 SAR interferometry, International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 5: 2233~2235

[4] Ge L, Rizos C, Han S, et al. Mining Subsidence using the combined InSAR and GPS approach[C]. Proceedings of FIG International Symposium on Deformation Measurements, 2001: 1-10.

[5] 路旭, 匡绍君, 贾有良等. 用INSAR作地面沉降监测的试验研究[J]. 大地测量与地球动力学, 2002, 22(4): 66-70.

[6] Sneed M, Stork S V, Ikehara M E. Detection and measurement of land subsidence using global positioning system and interferometric synthetic aperture radar[J]. Water-Resources Investigations Report.

[7] 张洁, 胡光道, 罗宁波. INSAR技术在滑坡监测中的应用研究[J]. 工程地球物理学报, 2004, 1(2): 147-153.

[8] 程滔, 单新建, 董文彤, 等. 利用InSAR技术研究黄土地区滑坡分布[J]. 水文地质工程地质, 2008, 35(1): 98-101.

[9] 徐小波, 屈春燕, 单新建, 等. 基于PS-InSAR技术的断裂带地壳形变实验研究[J]. 地球科学进展, 2012, 27(4): 452-459.