

doi: 10.6046/gtzyyg.2020.03.15

引用格式: 张玲,刘斌,葛大庆,等.基于多源 SAR 数据唐山城区活动断裂微小差异形变探测[J].国土资源遥感,2020,32(3):114-120. (Zhang L, Liu B, Ge D Q, et al. Detecting tiny differential deformation of Tangshan urban active fault using multi-source SAR data[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2020, 32(3): 114-120.)

基于多源 SAR 数据唐山城区 活动断裂微小差异形变探测

张玲,刘斌,葛大庆,郭小方

(中国自然资源航空物探遥感中心,北京 100083)

摘要: 活动断裂活动特征存在明显的时空分异性,需要长期有效地进行监测。合成孔径雷达干涉测量(interferometric synthetic aperture Radar, InSAR)技术是近些年来地表形变调查监测的主要技术手段之一,具有覆盖范围广、信息获取效率高、成本低等优势。以 InSAR 技术为手段,采用相干目标点长时间序列分析方法,利用 RADARSAT-2 卫星 Wide 模式 30 m 空间分辨率和 TerraSAR-X 卫星 Strip 模式 3 m 空间分辨率这 2 种雷达数据,开展了唐山市城区主要活动断裂两侧微小差异性形变探测的应用研究。结果显示,城区内唐山—古冶断裂较为明显,最大的差异量在 2 mm/a。以 RADARSAT-2 卫星 C 波段中等分辨率雷达数据为数据源的形变结果可以清晰地呈现出活动断裂两侧差异性形变;而 TerraSAR-X 卫星 X 波段数据雷达波长较短,受地表覆被变化影响较大,且活动断裂的变化相对于该量值较小,较难从地表形变中分离出断裂两侧的差异性形变。

关键词: InSAR; 活动断裂; 差异性形变; 微小形变

中图法分类号: P 237 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-070X(2020)03-0114-07



0 引言

合成孔径雷达干涉测量(interferometric synthetic aperture Radar, InSAR)技术是近 20 a 间快速发展起来的一门空间几何形态测量遥感技术,已成功应用于全球数字高程模型(digital elevation model, DEM)获取和各类地表形变场的监测工作,包括地震位移、地面沉降、山体滑坡、冰川移动和工程形变等。活动断裂的空间活动在重大工程选址、城市规划 and 地震安全性评价等工作中有重要意义,常采用跨断层监测网、线开展三维向量(垂直、张压和错动)变化监测,为断层活动性分析提供精确资料。

相对于广泛应用 InSAR 开展监测工作的其他形变,活动断裂本身变化非常小,大陆内部断层的滑动速率以 2~5 mm/a 最为典型^[1]。开展活动断裂 InSAR 监测的研究较少,但在已有研究中均体现了 InSAR 空间采样密度高、空间连续性好、覆盖面积大的优势^[2-3],且已有研究的试验区主要分布在受人为活动较少的地区。活动断裂活动表现为水平(张

压)方向、水平(走滑)方向和垂直(升降)方向。唐山断裂近些年来整体在水平方向呈现微弱的右旋张性活动,垂直方向呈正断层活动,不同时段运动状况有所不同^[4]。目前,InSAR 技术在覆盖范围上可以实现数百 km 的连续覆盖,监测精度为 mm 级,视线向监测灵敏度优于 1~2 mm。在满足相干性要求的条件下,采用 InSAR 技术可以探测到断裂两侧垂向相对活动性较大的差异性形变。

本研究利用 RADARSAT-2 卫星和 TerraSAR-X 卫星 2 种雷达数据分别开展 InSAR 处理,以相干目标为监测对象,构建监测网络,实现这些目标干涉相位的时间序列分析,获取了唐山市区域性地表形变结果,通过活动断裂两侧相干点目标的形变分析,呈现了穿越唐山市区的主要活动断裂两盘差异性活动特征。进一步证明 InSAR 技术可以作为一项活动断裂垂向形变监测的手段,与传统断层监测手段相结合,发挥 InSAR 技术面上覆盖广、台站单点测量精度高的优势,实现对活动断层更全面的监测,为城市规划建设、地壳运动研究等工作提供更为全面的测量数据。

收稿日期: 2019-07-26; 修订日期: 2019-10-24

基金项目: 中国地质调查局项目“京津冀地区地面沉降地裂缝调查及地质环境监测”(编号: DD20160237)和“全国地面沉降遥感地质调查与监测”(编号: DD20190513)共同资助。

第一作者: 张玲(1982-),女,硕士,高级工程师。主要从事 InSAR 地表形变监测理论与应用研究。Email: zling127@qq.com。

1 InSAR 相干目标时序分析

InSAR 技术的核心是利用雷达数据的干涉相位获取目标的几何特征及变化信息。2 幅影像干涉纹图的相位 φ_{int} 包含: ①地形相位 φ_{top} ; ②平地相位 φ_{flat} ; ③2 幅影像间隔时间内地形雷达视线向 (line of sight, LOS) 变化引起的相位 φ_{def} ; ④大气波动带来的延迟相位差 $\delta\varphi_{\text{atm}}$; ⑤2 幅影像噪声相位差 $\delta\varphi_n$ 。由此干涉相位可以表示为:

$$\varphi_{\text{int}} = \varphi_{\text{top}} + \varphi_{\text{flat}} + \varphi_{\text{def}} + \delta\varphi_{\text{atm}} + \delta\varphi_n, \quad (1)$$

式中: φ_{top} 是由地形的高程带来的干涉相位, 可以通过外部 DEM 计算; φ_{flat} 由成像几何关系推算。经过差分干涉处理, 即去除 φ_{top} 和 φ_{flat} 后得到差分相位 φ_{diff} , 可以表示为:

$$\varphi_{\text{diff}} = \varphi_{\text{def}} + \varphi_{\text{topoerror}} + \delta\varphi_{\text{atm}} + \delta\varphi_n, \quad (2)$$

式中 $\varphi_{\text{topoerror}}$ 为高程误差引起的相位。

干涉处理过程中受卫星轨道、地形误差、大气和噪声等的影响, 2 期雷达数据的差分干涉测量精度往往达不到预期, 不能满足生产需要。而永久散射体方法^[5] (permanent scatterer InSAR, PSInSAR) 和相干目标时间序列分析^[6] 等方法, 是将获取的多期 (往往大于 20 期) 图像内质量可靠的相干点目标进行时间序列的回归分析, 以提取相干点目标高精度形变信息。意大利 TRE 公司曾利用丰富的测量数据统计出了 InSAR 各类测量值的测量精度, 即 1 个标准差 (σ)^[7], 如表 1 所示, 其中典型测量值精度仅以 PS 点距离参考点小于 4 km, C 波段数据为例。本研究将相干目标时序分析与小基线集技术 (small baseline subsets, SBAS) 方法^[8] 相结合, 将满足时空基线要求的图像对两两干涉, 通过对相干目标干涉相位的时间序列回归分析, 获取地面沉降信息。总

体处理流程如图 1 所示。相干目标时间序列分析方法以差分干涉图上相干特性保持良好的相干目标为研究对象, 避免了相干性降低造成的相位误差在解算过程中的传播。基于大量的合成孔径雷达 (synthetic aperture Radar, SAR) 数据 (20 ~ 30 景, 甚至更多), 从中筛选出具有稳定散射特性的点目标: 一是散射强度稳定, 统计强度离散性方差; 二是将单视复数据 (single look complex, SLC) 图像作反变换, 生成若干个子视图, 对子视图作谱相关分析, 将满足离散方差或谱相关要求像元作为待分析的相干目标。

表 1 InSAR 典型测量值精度^[7]

Tab. 1 Typical values of precision

测量值	精度 (1 σ)
平均形变速率 (LOS)/(mm a ⁻¹)	1
单次差分测量 (LOS)/mm	5
东向/m	6
北向/m	3
高程/m	1.5

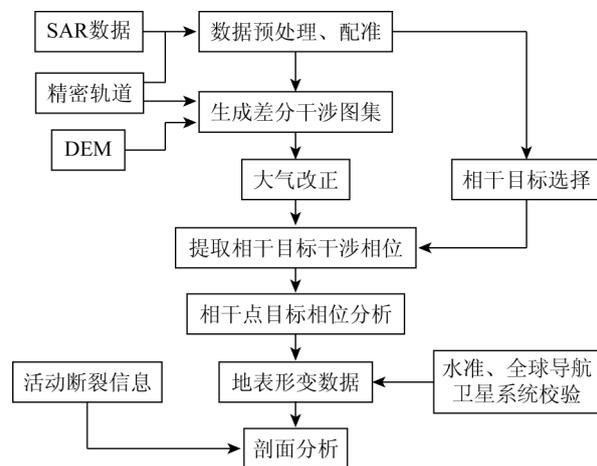


图 1 处理基本流程

Fig. 1 Data processing chart

则第 i 幅差分干涉图相邻 2 相干目标 x 和 y 的相位差可以表示为:

$$\delta\varphi^i(x, y) = \delta\varphi_{\text{def}}^i(x, y) + \delta\varphi_{\text{topoerror}}^i(x, y) + \delta\varphi_{\text{res}}^i(x, y) = \frac{4\pi}{\lambda} \cdot \delta v \cdot T^i + \frac{4\pi}{\lambda} \cdot \frac{B^i}{r \sin\theta} \cdot \delta h + \delta\varphi_{\text{res}}^i(x, y) + \delta\varphi_{\text{nonlinear}}^i(x, y), \quad (3)$$

式中: λ 为雷达波长; δv 为 2 点线性形变速率; T^i 为 i 幅差分干涉图的时间间隔; B^i 为第 i 幅差分像对的空间垂直基线; r 为传感器到目标的距离; θ 为雷达波入射角; δh 为 DEM 高程误差; $\delta\varphi_{\text{res}}^i(x, y)$ 为大气和噪声残余相位; $\delta\varphi_{\text{nonlinear}}^i(x, y)$ 为非线性形变相位。式(3)时间分析模型中将 δv 和 δh 设为待求参数, 将 $\delta\varphi_{\text{res}}^i(x, y)$ 和 $\delta\varphi_{\text{nonlinear}}^i(x, y)$ 设为随机误差, 通过构建离散点观测网络, 利用 Delaunay 三角剖分使得所有相邻相干目标互相关联, 基

于三角网之间的相互联系展开相位迭代处理, 经过迭代处理得到每个“弧段”上的相对速率、高程改正和残余误差等。对满足阈值条件的弧段进行积分, 得到绝对变化量, 即每个相干目标的形变速率和高程误差。

利用相干目标时序分析方法获取雷达图幅内地表形变状况, 作为活动断裂两侧差异性形变分析的基础, 对与活动断裂近似正交的剖面线进行分析, 从而获取活动断裂两侧形变的微小差异。

2 研究区概况及数据源

2.1 研究区概况

唐山市区内存在多条活动断裂, NNE 及 NEE 向断裂与 NW 向及近 E - W 断裂相交汇切割成块体, 城区内主体断裂为 NE 向的唐山断裂带, 是 1978 年唐山地震发震带^[9-10]。它是一条由多支相互平行的断裂与褶皱相伴生的复杂断裂带, 自西向东有陡河断裂、唐山—巍山—长山南坡断裂和唐山—古冶断裂。它发育在开平向斜陡倾以致倒转的西北翼上, 展布于平原区内, 为隐伏断裂^[9]。其中唐山—古冶断裂在晚第四纪活动性强, 构成唐山断裂带中规模最大的一条断裂, 1976 年唐山地震发震层位于该断裂南段, 震后北段断层附近有地表裂缝出现。本文以其中 3 条近似平行穿越唐山市主城区的 NNE 向断裂为主要分析对象。

2.2 数据源

本文选用了 2012 年 12 月—2016 年 10 月间的 35 期 RADARSAT - 2 卫星数据和 2012 年 12 月—2013 年 12 月间的 11 期 TerraSAR - X 卫星 Strip 模式 2 种类型的雷达数据。数据如表 2 和表 3 所示。

表 2 RADARSAT - 2 数据列表

Tab. 2 Data list of RADARSAT - 2

编号	日期	编号	日期	编号	日期	编号	日期
1	2012/11/18	10	2013/11/13	19	2014/12/02	28	2016/03/26
2	2013/01/05	11	2013/12/07	20	2014/12/26	29	2016/04/19
3	2013/01/29	12	2014/02/17	21	2015/02/12	30	2016/05/13
4	2013/04/11	13	2014/04/06	22	2015/04/01	31	2016/06/06
5	2013/05/05	14	2014/04/30	23	2015/05/19	32	2016/06/30
6	2013/06/22	15	2014/08/04	24	2015/07/30	33	2016/08/17
7	2013/08/09	16	2014/08/28	25	2015/08/23	34	2016/09/10
8	2013/09/02	17	2014/09/21	26	2015/10/10	35	2016/10/28
9	2013/09/26	18	2014/11/08	27	2016/02/07		

表 3 TerraSAR - X 数据列表

Tab. 3 Data list of TerraSAR - X

编号	日期	编号	日期	编号	日期	编号	日期
1	2012/12/06	4	2013/04/28	7	2013/09/29	10	2013/12/04
2	2013/02/10	5	2013/06/11	8	2013/10/21	11	2013/12/26
3	2013/03/15	6	2013/08/27	9	2013/11/12		

RADARSAT - 2 数据为 Wide 成像模式, C 波段, 波长 5.6 cm; TerraSAR - X 数据为 Strip 成像模式, X 波段, 波长 3.2 cm。采用 SRTM DEM 为辅助高程数据, 空间分辨率 30 m。采用多主影像相干目标分析方法, 干涉像对空间基线小于 300 m, 时间间隔为 360 d, 图 2 为干涉图像对时空基线分布情况。

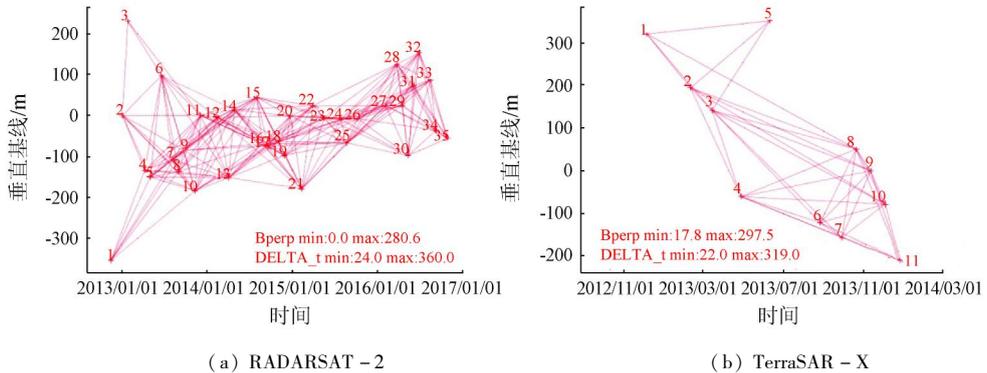


图 2 干涉图像对组合时空基线

Fig. 2 Baseline graph of interferometric images combination

3 InSAR 区域形变分析

基于上述 2 类雷达数据, 均采用空间基线 300 m, 时间基线 360 d 进行干涉图像对组合, 利用 SRTM 30 m 空间分辨率 DEM 作为高程信息, 分别生成 RADARSAT - 2 和 TerraSAR - X 差分干涉图集; 通过散射强度和谱相关选择相干目标, 开展相干目标的差分相位时序列分析, 2 种数据采用了相同的图像对选择参数和处理方法, 获取了完整覆盖唐山市主城区的地面沉降信息; 通过相干目标时序分析时间基线的控制, 分别得到了各年度地面沉降速率。图 3 为利用 RADARSAT - 2 和 TerraSAR - X 这 2 种

雷达数据获取的 2013 年地面沉降速率信息。图 3 显示了 2013 年唐山市主城区地面沉降总体沉降状况与唐山市主城区内活动断裂的分布状况。InSAR 形变测量对垂向最为敏感, 该处描述的 InSAR 形变信息即为垂向形变, 以雷达强度为底图信息, 图中采用相干目标点的颜色表现地面沉降的严重程度, 负值表示远离雷达视线方向, 转为垂向形变后对应地面沉降。对于唐山市而言, 主要地表形变为煤矿塌陷, 城区大部分地区基本稳定年沉降速率小于 15 mm/a。但受唐山矿和马家沟矿的影响, 矿区及周边地区存在严重的地面沉降现象, 特别是唐山矿所在的南湖地区, 形变中心地面塌陷一直持续, 塌陷中心形成的水域失相干严重。由图 3 可以看出, 矿

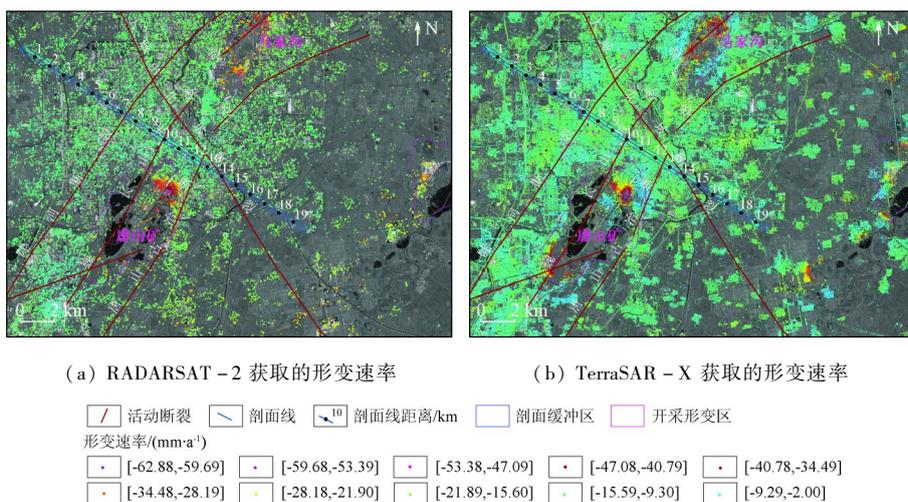


图3 2013年唐山市主城区地面沉降速率

Fig. 3 Subsidence velocity map of Tangshan urban area in 2013

区失相干区无法选取有效的相干点目标,但在矿区形变范围外围地面沉降最大速率达到 60 mm/a 以上。市区内唐山矿和马家沟矿开采造成的沉降影响范围位于陡河断裂与唐山—古冶断裂之间。活动断裂两侧的差异性形变较矿区开采带来的形变量可以忽略不计,在平面图上无明显现象。

4 微小差异形变差异分析

由于市区南部唐山矿和北部马家沟矿造成了大范围的地面沉降与塌陷,为尽可能地避免 2 个矿区开采带来的地面沉降影响(如图 3 紫色框所示位置),并保证有较充足的相干目标条件下建立了剖面线及其缓冲区,长度 19.8 km,缓冲区宽度 200 m。对 TerraSAR-X Strip 模式 3 m 空间分辨率雷达数据和 RADARSAT-2 wide 模式 30 m 雷达数据获取

的形变信息分别开展了近似垂直于断裂的剖面分析。通常在其他地表形变调查中多采用剖面线直接分析,故 RADARSAT-2 数据直接利用剖面线进行分析;但是由于在本次数据处理过程中发现单一的剖面线差异表现不突出,且 TerraSAR-X 数据剖面没有差异性趋势,进而对其采用剖面线缓冲区内相干点目标集的方法进行分析。

通过比较分析 2013 年度 2 种数据 2 种不同方法的剖面数据,结果表明 RADARSAT-2 中缓冲区内相干点目标集的分析较明显呈现出活动断裂两侧差异性形变。图 4 为基于 2013 年获取的地面沉降速率信息开展的 2 种数据剖面分析比较,垂直于横坐标的 3 条红色竖线分别代表自西向东排列的陡河断裂、巍山—长山南坡断裂和唐山—古冶断裂的 3 条断裂的位置。

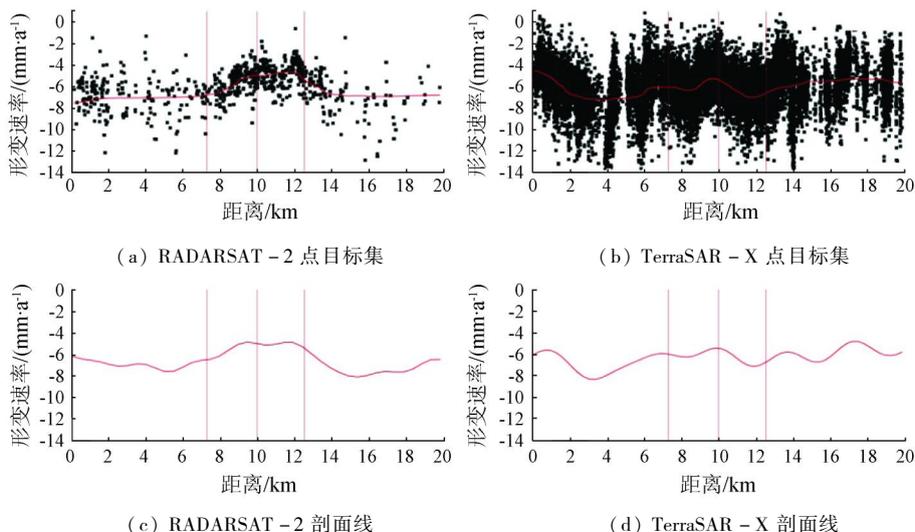


图4 2013年不同剖面分析数据比较

Fig. 4 Comparison of different profile data in 2013

在缓冲区内点目标集分析中,横坐标为点目标在剖面线的垂足距剖面线起始点的距离,纵坐标为各点目标的形变速率,负数代表点目标为沉降,通过点集数据的快速傅立叶变换(fast Fourier transform, FFT)滤波,得到缓冲区内相干点目标集在距离向的趋势线(图4(a)和(b)中红色曲线),在图4(a)中,RADARSAT-2数据的相干点目标集趋势线较好地呈现出活动断裂两侧形变的微小差异。剖面线分析中,将整个地区相干点沉降信息插值为面,再提取剖面线上的形变信息。

通过图4比较可以看出,利用RADARSAT-2卫星wide雷达数据获取的地面沉降信息能够反映出断裂两侧的差异性形变,缓冲区内相干点目标集

的分析比直接获取的剖面线趋势更加明显,故推测可能因为RADARSAT-2卫星雷达数据为C波段中等空间分辨率数据更能代表一定区域内地表的综合形变,而TerraSAR-X卫星X波段数据雷达波长较短,受地表覆被变化影响较大,而活动断裂形变过小,剖面差异形变不明显。此外,缓冲区内相干点目标集的分析也比直接获取的剖面线趋势更加明显。

因此,选择RADARSAT-2卫星wide雷达数据提取的缓冲区相干点目标集来分析2013—2016年4个年度活动断裂两侧的微小差异形变特征,2013—2016年4期剖面缓冲区内相干点目标集形变信息如图5所示。

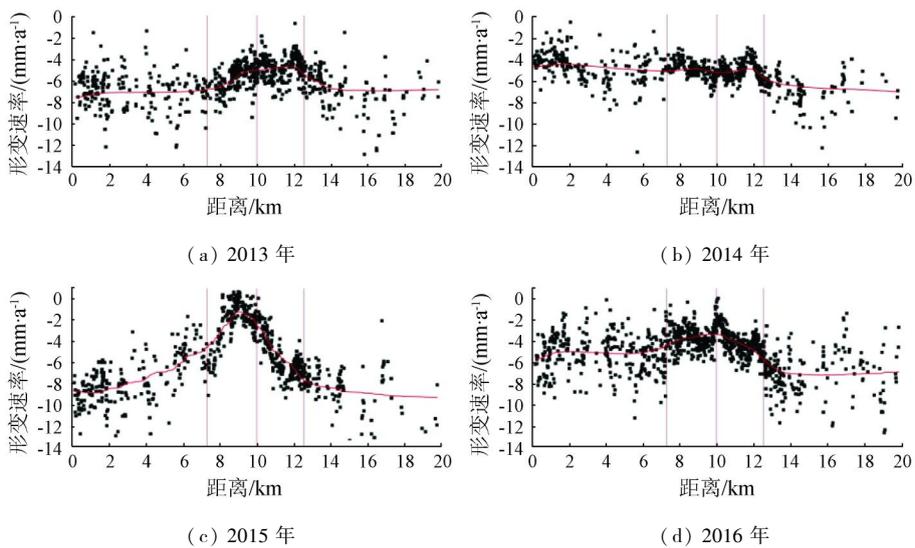


图5 2013—2016年研究区微小差异性形变

Fig. 5 Tiny differential deformation of active fault in the study area from 2013 to 2016

由图5对缓冲区内相干目标点的沉降信息进行分析发现,2013—2016年间,穿越唐山市主城区的3条主要断裂中,在剖面线位置,唐山—古冶断裂和陡河断裂两侧差异形变较为明显,巍山—长山南坡断裂在此次研究周期内未发现明显差异形变。

唐山—古冶断裂两侧的差异性最为明显,断裂西盘相对东盘沉降速率略小,各年度形变差异均在2 mm/a左右,两侧差异性沉降在2015年最为显著。唐山—古冶断裂晚第四纪活动性强,构成了唐山断裂带中规模最大的一条断裂,错断了第四系内各层位地层界面,1976年唐山地震发震层就位于该断裂南段。据跨唐山—古冶断裂的监测台站水准显示该断裂1997年以前断层垂直方向活动速率较高,东盘相对于西盘下降^[4],此次结果也显示出东盘下降速率较快。

陡河断裂剖面位置西盘相对东盘沉降速率略大,在1~2 mm/a,2014年度差异不明显。该断裂

北起陡河水库东岸,东盘上升形成一基岩陡坎,西盘下落300 m,浅层地震勘查显示断层两侧第四纪厚度相差70 m^[11],西盘较厚的第四纪地层更易发生垂向压缩形变。

巍山—长山南坡断裂由一些断断续续及平行的NE向断层组成,多为倾向NW的逆断层,1993年在凤凰山公园内和北新东道浅层地震勘探中提示上断点在第四系地层中埋深10 m,为前更新世晚期断层,晚更新世以来未见明显活动^[12]。在2013—2016年间的监测周期内未发现明显差异性形变。

InSAR技术可监测到的微小差异主要是垂向形变引起,由于断裂两侧的地层差异,尤其第四系易压缩松散层厚度的不同造成断裂两侧垂向形变的空间分异性,会使得在断裂两侧沉降出现微小差异。另外值得说明的是,因InSAR相干点目标的测量起算基准问题,本研究只关注差异性沉降,对于地面沉降的绝对值需要参考地面其他测量手段。

5 结论

通常城区具有较高的相干性,是本次研究活动断裂微小形变活动的前提,但人为活动的干扰也较多,因此监测结果需要与其他手段监测结果相互印证,以提高可信度。

1) 活动断裂的形变量级很小,短时间监测结果中由于量级过小而易被其他误差所掩盖,如大气误差、轨道残差等。

2) 沿断裂近似垂向做剖面分析发现了断裂两侧的微小差异形变,唐山—古冶断裂较为明显,多年间的监测显示最大的差异量在 2 mm/a 左右。

3) RADARSAT-2 卫星 C 波段 InSAR 监测结果能够明显地呈现出活动断裂两侧的微小差异性形变。对活动断裂缓冲区内的相干点目标集监测结果进行分析较单纯利用剖面线分析要更为明显。

4) 活动断裂活动通常表现在水平(张压或走滑)方向和垂直(升降)方向上呈现出显著的时空分异特征。InSAR 技术可以作为活动断裂两侧垂直方向微小差异性形变监测的一种辅助手段。

参考文献(References):

- [1] Fialko Y. Interseismic strain accumulation and the earthquake potential on the southern San Andreas Fault system [J]. *Nature*, 2006, 441 (22): 967 - 971.
- [2] 屈春燕,单新建,张国宏,等. 时序 InSAR 断层活动性观测研究进展及若干问题探讨[J]. *地震地质*, 2014, 36 (3): 731 - 748.
Qu C Y, Shan X J, Zhang G H, et al. The research progress in measurement of fault activity by time series InSAR and discussion of related issues [J]. *Seismology and Geology*, 2014, 36 (3): 731 - 748.
- [3] Zhang L, Cao D Y, Zhang J F, et al. Interseismic fault movement of Xianshuihe fault zone based on across-fault deformation data and InSAR [J]. *Pure and Applied Geophysics*, 2019 (176): 649 - 667.

- [4] 周海涛,郭良迁,张立成. 唐山断裂现代活动性研究[J]. *华北地震科学*, 2009, 27 (3): 17 - 22.
Zhou H T, Guo L Q, Zhang L C. Study on modern activity of Tangshan fault [J]. *North China Earthquake Sciences*, 2009, 27 (3): 17 - 22.
- [5] Ferretti A, Prati C, Rocca F. Permanent scatterers in SAR interferometry [J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2001, 39 (1): 1 - 20.
- [6] Wemer C, Wegmüller U, Strozzi T, et al. Interferometric point target analysis for deformation mapping [J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2003 (7): 4362 - 4364.
- [7] Ferretti A, Tamburini A, Novali F, et al. Impact of high resolution radar imagery on reservoir monitoring [J]. *Energy Procedia*, 2011, (4): 3465 - 3471.
- [8] Berardino P, Fornaro G, Lanari R, et al. A new algorithm for surface deformation monitoring based on small baseline differential SAR interferograms [J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2002, 40 (11): 2375 - 2383.
- [9] 邓起东. 城市活动断裂探测和地震危险性评价问题[J]. *地震地质*, 2002, 24 (4): 601 - 605.
Deng Q D. Exploration and Seismic hazard assessment of active faults in urban areas [J]. *Seismology and Geology*, 2002, 24 (4): 601 - 605.
- [10] 李传友,汪一鹏,王志才. 中国东部城市地区隐伏断裂上断点与最新活动时代关系的初步分析——以邢台、唐山地震区为例[J]. *地震地质*, 2007, 29 (2): 431 - 445.
Li C Y, Wang Y P, Wang Z C. Some analyses on the relation between the upper offset point and the latest activity times of buried faults in cities of eastern China: Taking the Xingtai and Tangshan earthquake regions as an example [J]. *Seismology and Geology*, 2007, 29 (2): 431 - 445.
- [11] 王景明,王文秋,苏幼坡. 唐山市区断裂活动与地质灾害[J]. *河北理工学院学报*, 1998, 20 (1): 75 - 83.
Wang J M, Wang W Q, Su Y P. The fracture activities and geological calamity in Tangshan City [J]. *Journal of Hebei Institute of Technology*, 1998, 20 (1): 75 - 83.
- [12] Liu K, Qu G S, Chen J Q, et al. Recurrence characteristics of major earthquakes in the Tangshan area, north China [J]. *Acta Geologica Sinica - English Edition*, 2013, 87 (1): 254 - 271.

Detecting tiny differential deformation of Tangshan urban active fault using multi-source SAR data

ZHANG Ling, LIU Bin, GE Daqing, GUO Xiaofang

(China Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center for Natural Resources, Beijing 100083, China)

Abstract: The active faults deformation, with distinct temporal and spatial variations, requires long-term and effective monitoring. InSAR (interferometry synthetic aperture Radar), with the advantages of high efficiency, wide coverage and low cost, is one of the main technical means for ground surface deformation survey in recent years. In this paper, the small differential deformation of the main active faults in Tangshan urban area was monitored by the interferometric point target analysis. Two kinds of radar data were used; the Wide strip mode of

RADARSAT -2 C - band with 30m spatial resolution and the Strip mode of TerraSAR - X X - band with 3 m spatial resolution. The results show that the differential deformation of Tangshan - Guye active fault is obvious with the maximum differential velocity of 2 mm/a. In this case , the deformation results from RADARSAT -2 C - band medium resolution data can clearly show the tiny differential deformation between the two sides of the active faults . However, TerraSAR - X X - band data, with shorter wavelength, is more obviously affected by the change of surface cover. Compared with this deformation , the vertical differential deformation between the two sides of active faults is too small to be separated from the TerraSAR results .

Keywords: InSAR; active fault; differential deformation; tiny surface deformation

(责任编辑: 李 瑜)