

2016 年新疆阿克陶 M_s 6.7 地震 InSAR 同震形变与滑动分布特征^{*}

邱江涛^{1,2}, 赵强¹, 林鹏¹

(1. 中国地震局第二监测中心, 陕西 西安 710054; 2 中国地震局地震研究所, 湖北 武汉 430071)

摘要: 2016 年 11 月 25 日新疆阿克陶 M_s 6.7 地震发生在帕米尔构造结的弧顶地区、木吉断陷盆地西端附近, 此次地震主震破裂过程复杂, 根据地震波反演确定的震源机制解也存在较大差异。利用 InSAR 技术处理 Sentinel-1 SAR 影像数据获取了此次地震的同震形变场, 基于弹性半空间位错模型, 确定了断层几何参数和滑动分布模型。结果表明, 分布式滑动模型能较好地解释观测到的 InSAR 地表形变场。本次地震包括了至少 2 次破裂子事件, 分别位于中国地震台网测定的震中以东约 7 km 处 (74.11°E, 39.25°N)、以东约 33 km 处 (74.49°E, 39.16°N)。地震引起的形变场呈上下对称性分布, 最大 LOS 向形变量为 20 cm。地震同震位错以右旋走滑为主, 主要的滑动量集中在地下深度 0~20 km 处, 最大滑动量为 0.84 m。发震断层为木吉断裂, 此次地震显示印度板块的北东向推挤作用在增强。

关键词: 阿克陶地震; InSAR; 同震滑动分布; 木吉断裂; 震源机制

中图分类号: P315.725

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2018)03-0415-08

0 引言

据中国地震台网测定, 2016 年 11 月 25 日 22 时 24 分 30 秒在新疆维吾尔自治区阿克陶县 (39.27°N, 74.04°E) 发生了 M_s 6.7 地震 (以下简称阿克陶地震), 震源深度约为 10 km。此次地震是继 2012 年乌恰 5.1 级地震以来, 发生在南天山西段和帕米尔交汇地区的又一次强烈地震。

地震发生在高原山地, 由于交通不便、震中附近断层构造复杂, 传统测量手段无法及时获取有效的形变数据。而合成孔径雷达干涉 (InSAR) 技术自从 1993 年应用于地震形变以来, 已经有了广泛的应用 (乔学军等, 2014; 季灵运等, 2017; 赵强等, 2017), 特别是在植被覆盖度低的青藏高原地区, 同震形变场在长时间内都能保持较好的相干性。此外, 发生地震的帕米尔弧形构造结, 新生代以来受到印度板块向北的强烈挤压推覆作用, 是中国大陆受板块动力作用最强烈、地震活动最频繁的地区之一 (Burtman, Molnar, 1993; Burtman, 2000; 尹金辉等, 2001; 潘家伟等, 2009)。因此, InSAR 技术是

开展 2016 年新疆阿克陶 M_s 6.7 地震研究、获取本次地震同震形变场、反演震源参数及发震断层滑移分布的重要手段, 有助于探讨此次地震与区域构造运动的关系, 为判定震区及区域地震形势提供重要参考。

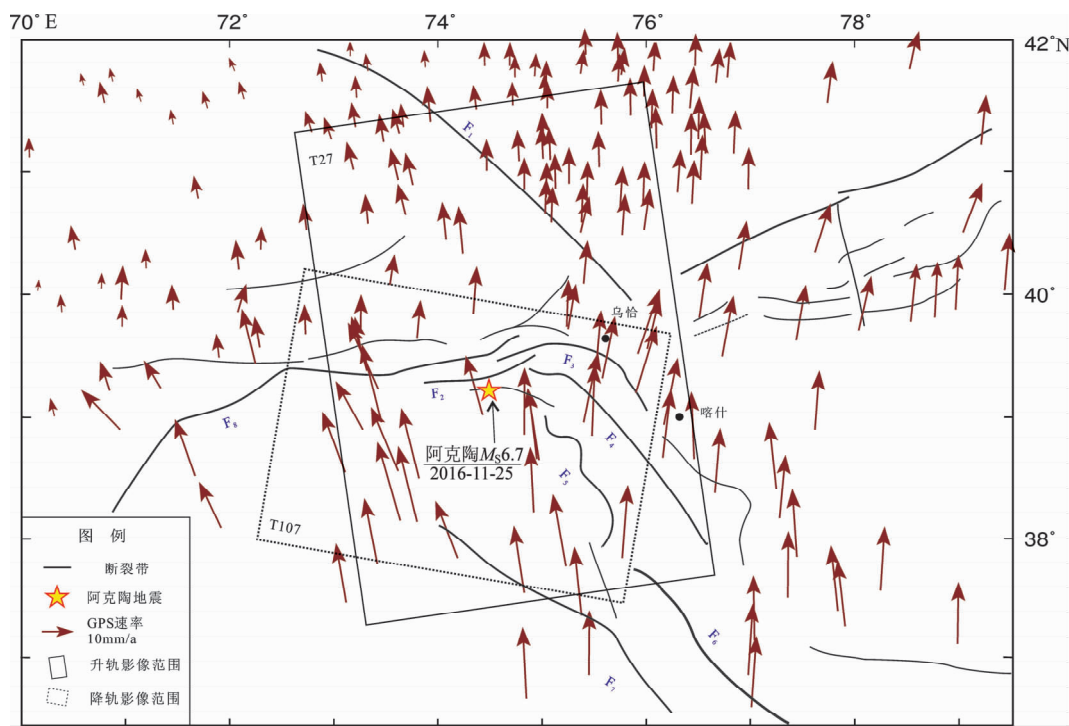
1 研究区概况

2016 年阿克陶 M_s 6.7 地震发生在南天山西段和帕米尔交汇地区、帕米尔构造结的弧顶地区、木吉断陷盆地西端地区附近, 是印度板块向欧亚板块向北东向碰撞的西触角地区, 附近分布有一系列大型地质构造 (图 1)。震中北部为帕米尔主逆冲断裂, 西部为卡拉库尔地堑, 南部为喀喇昆仑走滑断裂, 东部为公格尔拉张系 (Fan *et al.*, 1994; Schoenbohm *et al.*, 2011; Sippl *et al.*, 2013; Schurr *et al.*, 2015)。

该区域历史上强震活跃, 震中 100 km 范围内曾记录到 17 次 6 级以上地震, 其中 7 级以上地震 4 次, 分别为 1944 年 9 月 28 日乌恰南 7.0 级、1955 年 4 月 15 日乌恰西 7.0 级双震及 1974 年 8 月 11 日乌恰西南 7.3 级地震。此次阿克陶地震发生后截至 26 日 10 时,

^{*} 收稿日期: 2017-10-24.

基金项目: 国家自然科学基金 (41604015) 和地震科技星火计划项目 (XH17059) 联合资助.



F₁: 塔拉斯—费尔干纳断层; F₂: 玛尔坎苏逆断裂; F₃: 帕米尔前缘推覆系; F₄: 主帕米尔断层;
F₅: 公格尔拉张系; F₆: 喀拉喀什断层; F₇: 喀喇昆仑断层; F₈: 帕米尔前缘推覆系

图 1 2016 年 11 月 25 日阿克陶地震震中区域及邻区地形、断层、GPS 速度场及 InSAR 数据分布
Fig. 1 Topography, fault, GPS velocity field and InSAR data distribution
of the epicenter and surrounding areas of the Akto earthquake

共记录余震 309 次, 其中 4.0 ~ 4.9 级地震 3 次, 3.0 ~ 3.9 级地震 31 次, 最大余震为 4.0 级 (孔祥艳等, 2017; 王苏等, 2018)。根据震源破裂过程研究结果, 本次地震以单侧破裂为主, 从震中开始向东传播, 余震活动也显示了近 EW 向的展布特

征 (图 2)。地震发生后, 不同机构给出的震源机制解均显示此次地震是一次以走滑为主的破裂事件, 但不同机构给出的发震断层参数存在一定差异 (表 1, 图 2), 更重要的是此次阿克陶地震的主震破裂过程复杂, 引起的地面运动也必然复杂。

表 1 不同机构给出的 2016 年 11 月 25 日阿克陶地震震源参数

Tab. 1 Focal mechanisms of the Akto earthquake occurred on Nov. 25, 2016 from different institutions

机构	$\lambda_E/$ (°)	$\varphi_N/$ (°)	震源深度/ km	节面 I/ (°)			节面 II/ (°)			M_w
				走向	倾角	滑动角	走向	倾角	滑动角	
CENC	74.04	39.27	10.0	113	54	-168	16	80	-36	6.6
GCMT	74.14	39.27	19.1	110	78	-177	19	87	-12	6.6
USGS	73.978	39.273	17.0	199	84	14	107	76	174	6.6

注: CENC (China Earthquake Networks, 中国地震台网中心), GCMT (Global Centroid Moment Tensor, 哈佛大学全球矩张量解), USGS (United States Geological Survey, 美国地质勘探局)。

2 InSAR 观测及结果

由于震中位于高海拔地区, 人烟稀少、自然条件恶劣, 使得以地面观测站为基础的常规地壳

形变观测技术较难实施。因此 SAR 影像成为获取此次地震同震形变场的重要数据源。欧空局 (ESA) 的 Sentinel-1 卫星自 2014 年发射以来, 已免费提供了大量、广覆盖、短周期、短基线的 C 波段 SAR 数据。阿克陶地震发生后, 笔者下载了

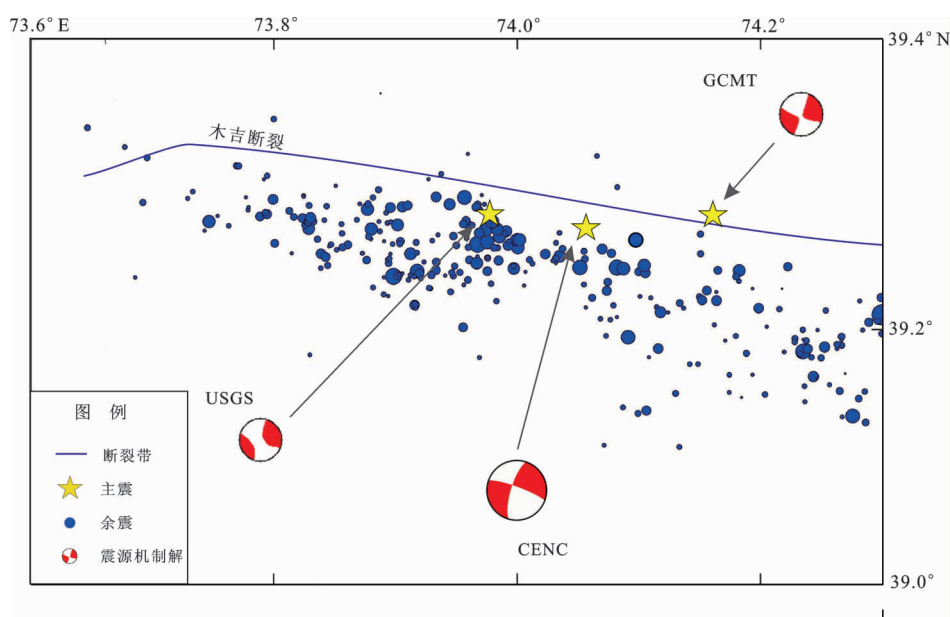


图2 不同机构给出的2016年阿克陶地震震源机制解

Fig. 2 Focal mechanism solutions of the 2016 Akto earthquake from different institutions

覆盖整个震区升降轨道4景SAR影像数据(干涉宽模式), 组成了2个时空基线较短的干涉对, 基本参数如表2所示。

Sentinel-1影像的InSAR数据处理采用GAMMA商业软件平台(Werner *et al.*, 2001), 利用两轨法生成同震形变干涉图。使用欧空局发布的Sentinel-1 POD回归轨道数据精化SAR数据的轨道参数; 使用顾及大地水准面差异的30 m分辨率

SRTM DEM数据来模拟和去除地形相位。利用多次Goldstein滤波法提高干涉图的信噪比; 采用最小费用流(Minimum Cost Flow, 简称MCF)算法进行相位解缠; 针对干涉图中仍残存的轨道误差和大气相位延迟, 使用多项式模型和地形相关法进行轨道误差去除和大气延迟削弱, 最终得到了地理编码后的阿克陶地震的高分辨率同震地表形变场(LOS视线方向), 结果如图3所示。

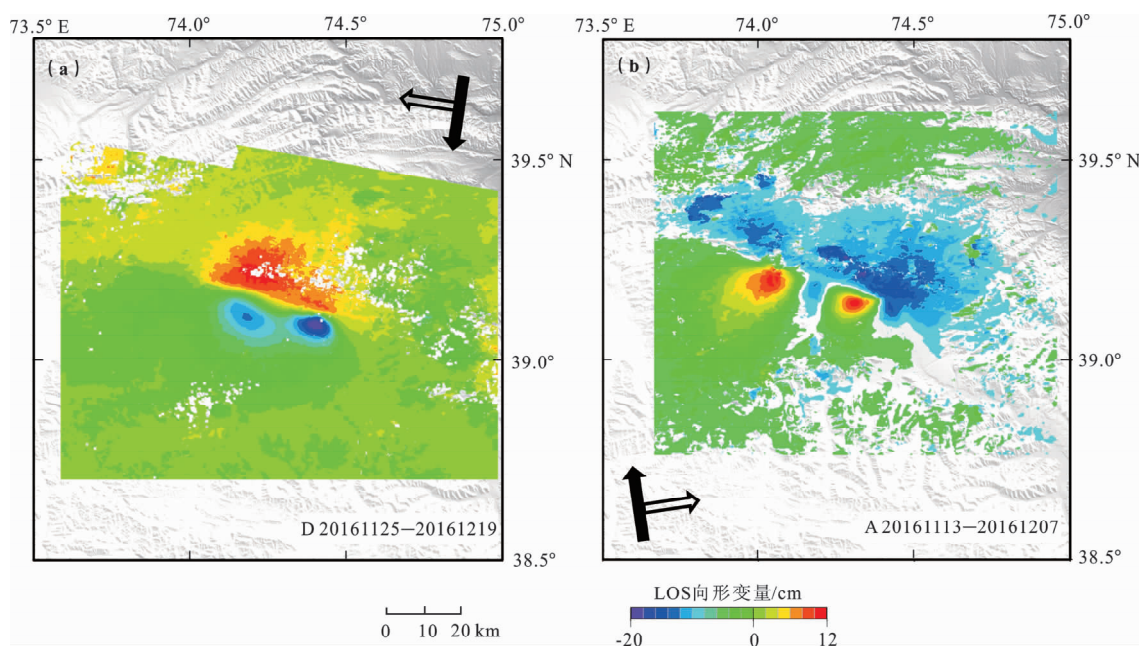
图3 2016年阿克陶 $M_s 6.7$ 地震 InSAR 同震形变场 (LOS 方向)Fig. 3 InSAR coseismic deformation fields (in LOS direction) of the 2016 Akto $M_s 6.7$ earthquake

表 2 SAR 数据基本信息

Tab. 2 Basic information of SAR data used in this study

飞行方向	轨道号	主像日期 (卫星)	辅像日期 (卫星)	时间基线/d	垂直基线/m
降轨	107	2016-11-25 (S1B)	2016-12-19 (S1B)	24	80.940
升轨	27	2016-11-13 (S1A)	2016-12-07 (S1A)	24	-101.065

从获得的 LOS 向的 InSAR 同震形变场 (图 3) 可以看出, Sentinel-1 卫星升降轨影像数据完全覆盖此次地震的整个同震形变场, 整个干涉形变相位连续, 特征清晰明显。其中 T107 降轨干涉图 (图 3a) 显示 SW 方向存在一个半蝴蝶状的 LOS 向下沉区 (长约 32 km, 最大宽约 10 km), 最大形变量约 20 cm, NE 方向存在一处半椭圆状上升区 (长轴约 36 km, 短轴约 16 km), 最大上升量约为 9 cm。T23 升轨干涉图 (图 3b) 则表现出与降轨干涉图截然相反的形变态势, 即降轨干涉图显示的 SW 方向下沉区在升轨干涉图里显示上升, 最大上升量约为 12 cm, 降轨干涉图显示的 NE 方向上升区在升轨干涉图里显示下沉, 最大下沉量约为 6 cm。

这种升降轨道干涉图显示相反的形变态势表明地震造成的地表形变以水平形变为主 (季灵运等, 2017), 符合走滑型地震形变的主要特征, 与地震学结果一致。从 InSAR 同震形变态势、余震分布以及已有断层的空间相对位置分布上, 初步判断本吉断裂为此次地震的发震断层。

3 断层参数与滑动分布反演

3.1 断层几何参数反演

Okada 位错模型是构建地下断层参数与地面形变数据之间的函数关系, 主要是模拟观测干涉形变场和估计断层参数 (Wang *et al.*, 2006)。一般如无其他先验信息, 可以通过非线性反演方法和

Okada 模型反演均匀滑动分布模型的断层几何参数 (温扬茂等, 2012)。

为有效获得阿克陶 $M_s 6.7$ 地震的同震滑动分布特征, 本文首先采用均匀网格采样方法对升降轨同震形变场进行降采样处理, 共获得降采样点数据升轨 5 839 个、降轨 4 841 个, 并按照得到的采样点位置来计算实际的卫星入射角及其轨道方位角; 采用 Okada 均匀弹性半空间位错模型, 结合 GCMT 的震源机制解和房立华等 (2016) 提供的阿克陶地震精定位结果, 非线性反演断层几何参数 (经度、纬度、走向、倾向、滑动角、深度以及断层的长度、宽度), 为了拟合可能残存的卫星轨道误差, 加入 6 个轨道参数来线性估计轨道误差, 其中, 采用 Levenberg-Marquardt 最小二乘优化算法迭代, 进行 8 个几何参数和 6 个轨道参数求解。

从表 3 可以看出, 通过单一断层反演, 得到发震断层走向大致为 NWW 向, 角度约 100° , 震中位置 (74.13°E , 39.24°N), 倾向 80° , 断层参数与 GCMT 给出的震源机制解中的节面 1 近似。但强余震的震源机制表明, 震中东侧的余震具有明显的正断分量, 表明这次地震震源动力过程比较复杂 (张旭等, 2017)。主震震源破裂过程至少有 2 次 (陈杰等, 2016; 房立华等, 2016)。因此, 根据干涉图及余震分布图将发震断层分割为二, 再次非线性反演得到发震断层几何参数结果见表 4。根据震级的计算公式, 得到该地震的矩震级范围为 $M_w 6.62 \sim 6.75$ 。

表 3 使用 Okada 位错模型反演获得的单一发震断层几何参数

Tab. 3 Geometric parameters of the single seismogenic fault inversed by the Okada dislocation model

$\lambda_E / (^\circ)$	$\varphi_N / (^\circ)$	走向/ $(^\circ)$	倾向/ $(^\circ)$	滑动角/ $(^\circ)$	深度/km	长度/km	宽度/km
74.13	39.24	100	80	-177	4.9	51.6	15.0

3.2 同震分布式滑动反演

发震断层的几何模型确定后, 断层面上的滑动量与地表形变之间呈线性关系 (季灵运等, 2017)。因此, 本文在上述 Okada 位错模型反演获

取发震断层几何参数结果的基础上, 进一步利用德国地学中心汪荣江开发的 SDM 程序包 (Wang *et al.*, 2011, 2013), 来获取断层面上的精细滑动分布。

表 4 使用 Okada 位错模型反演获得的 2 个发震断层几何参数
Tab. 4 Geometric parameters of two seismogenic faults inverted by the Okada dislocation model

发震断层	$\lambda_E/ (^{\circ})$	$\varphi_N/ (^{\circ})$	走向/ $(^{\circ})$	倾向/ $(^{\circ})$	滑动角/ $(^{\circ})$	深度/km	长度/km	宽度/km
断裂 1	74.11	39.25	98	80	-180	4.0	42.2	24.0
断裂 2	74.49	39.16	109	78	-170	4.9	22.3	17.7

本文根据 InSAR 数据得到的形变图以及表 4 反演得到的断层参数，确定使用双断层模型。一般主震破裂区范围上限可以用余震展布范围确定，由此考虑将断层沿走向分别拓展 50 和 26 km，沿倾向分别拓展 40 和 38 km，并把断层面按 $2\text{ km} \times 2\text{ km}$ 共划分为 747 个子断层。使用升、降轨干涉图（图 3）联合约束反演发震断层的精细滑动分布，2 幅干涉图给定相同权重。反演过程中，根据 CRUST1.0 模型确定区域地壳分层结构；对于相邻断层片的滑动量，施加应力降平滑约束。

通过克里金插值法填补空白点，如图 4 所示，从整体上看，分布式滑动模型拟合得到的形变场能够较好地模拟观测形变场，2 处主要的形变特征

能够得到最佳拟合。但也发现在形变区，尤其是北部存在过度拟合现象（图 4c，d），可能是由于干涉图包含大气延迟干扰或积雪影响等噪声，造成拟合残差偏大。

图 5 为阿克陶地震同震滑动分布结果，从图中可以看出阿克陶地震同震破裂长度约 70 km，同震滑动分布主要集中在沿倾向向下 0 ~ 20 km 深度范围，属典型的浅源构造地震。断层破裂主要以右旋走滑为主，破裂西段正断分量不明显，最大滑动量 0.84 m，位于 7.1 km 深处；东段最大滑动量 0.68 m，位于 6.6 km 深处，兼有正断分量，沿倾向最大滑动量 0.38 m。从滑动分布得出的矩震级为 $M_w6.61 \sim 6.67$ ，与表 1 给定的震级基本一致，略小于均一滑动的反演结果。

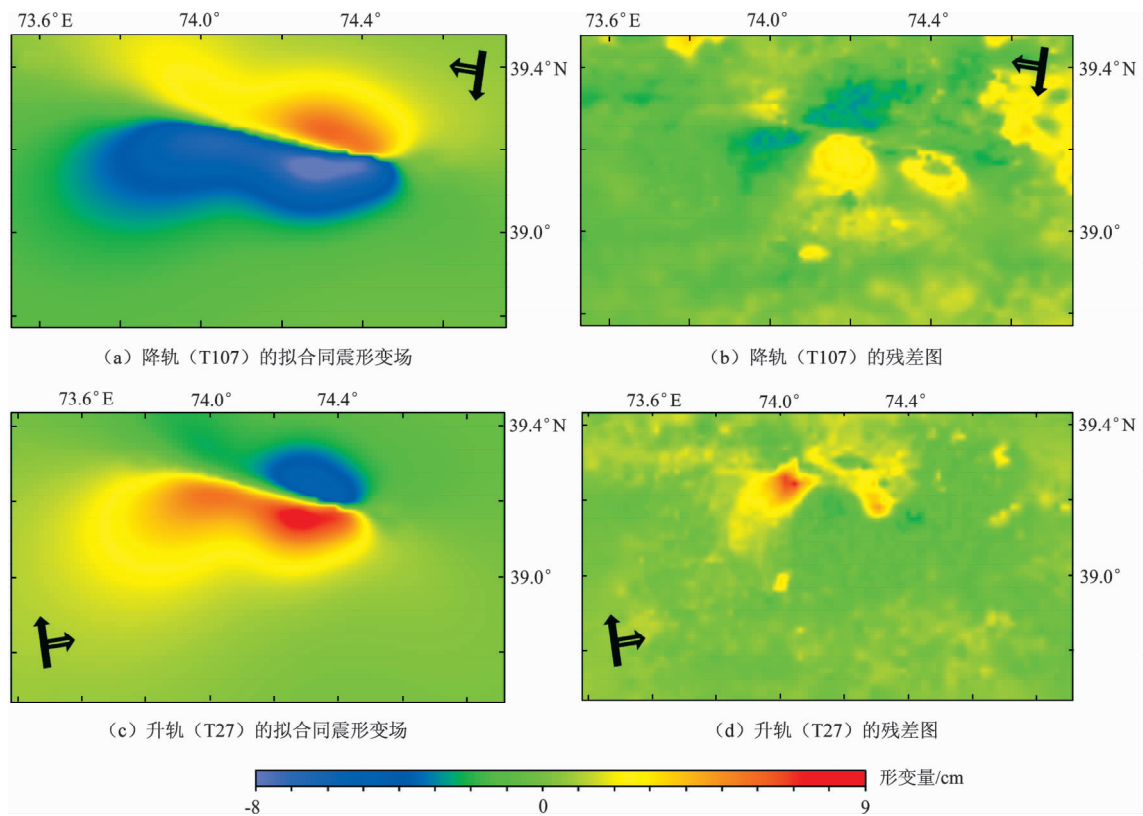


图 4 分布式滑动模型拟合结果
Fig. 4 Distributed sliding model fitting results

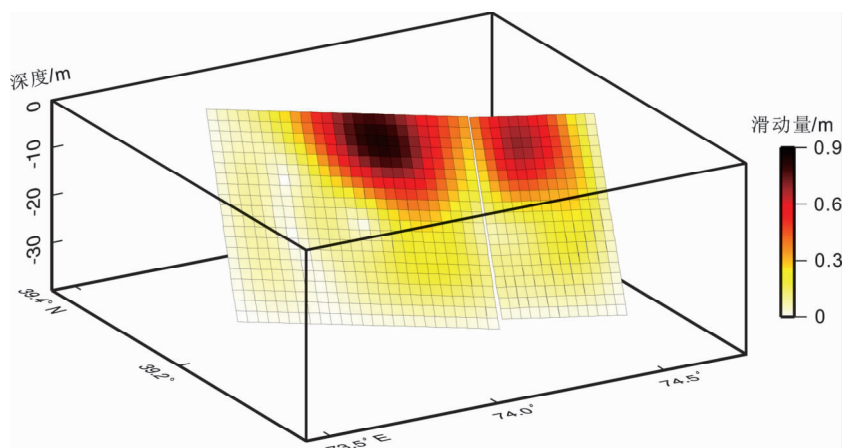


图5 阿克陶地震同震破裂滑动分布反演结果图

Fig. 5 Inversed coseismic slip distribution of the Akto earthquake

4 讨论

结合上述分析结果, 展开如下讨论:

(1) 震中位置分析。2016 年阿克陶地震发生后, 尽管 CENC、GCMT 和 USGS 等机构利用远场波动资料分别计算出该地震的发震位置和震源机制解, 但是由于亚洲地区地震台站稀少以及青藏高原地区地壳的不均匀性, 使得基于地震波资料给出的地震震中位置有着较大的不确定性 (表 1)。根据通过单一断层反演计算得到的 InSAR 同震形变中心位置 (图 3), 大致确定阿克陶 $M_s 6.7$ 地震同震破裂的震中为 (74.13°E , 39.24°N), 与 USGS 确定的位置相差约 11.7 km , 与 GCMT 确定的中心位置相差约 3.4 km , 与 CENC 确定的相差约 6.4 km 。这种差异可能也与地震学反演得到的震中是起始破裂的位置、InSAR 反演的结果是滑动量级最大的部位有关。

(2) 震源机制分析。从 InSAR 同震形变图像 (图 3) 和位错反演结果 (图 4, 5) 来看, 此次地震地表形变以水平形变为主, 同震破裂长度约为 70 km 。发震断层走向大致为 NWW 向, 角度约 100° , 倾向约 80° , 断层参数与 GCMT 给出的震源机制解中的节面 I 近似, 与木吉断裂吻合。使用双断层均一滑动模型反演得到此次地震的矩震级范围为 $M_w 6.62 \sim 6.75$, 分布式滑动模型反演得出的矩震级为 $M_w 6.61 \sim 6.67$, 与各机构给定的震级基本一致。断层面上的精细滑动分布结果, 证明此次地震震源破裂主要以右旋走滑为主, 仅在东

段兼有部分正断分量。

(3) 与区域构造运动的关系。帕米尔构造结是中国大陆受板块动力作用最强烈、地震活动最频繁的地区之一。现今 GPS 观测资料 (杨少敏等, 2008; Mohadjer *et al*, 2010; Ge *et al*, 2015; Zhou *et al*, 2016) 表明该构造结整体向北的推挤速率高达 $(23 \pm 2) \text{ mm/a}$, 现今构造变形以前缘地壳缩短和走滑、构造结内部拉张为特征。内部拉张分别以东部的公格尔山拉张系和西部卡拉库尔地堑的 EW 向拉张作用为主 (Brunel *et al*, 1994; Robinson *et al*, 2004, 2007; 陈杰等, 2011)。此次地震发震断层即位于公格尔山拉张系最北段, 木吉盆地北缘。公格尔山拉张系的東西向拉张量呈北大南小态势, 在最北段的木吉盆地约为 30 km (Robinson *et al*, 2007)。对比震中 100 km 范围内 7 级以上地震震源机制解 (乔学军等, 2014; Metzger *et al*, 2016), 表明帕米尔高原内部上地壳变形仍以近 EW 向拉张为主, 印度板块的 NE 向推挤作用在增强。

(4) Okada 半无限空间模型虽然计算速度快、精度高, 广泛应用于同震反演, 但使用半无限空间模型反演得到的断层深度大于真实的断层深度, 并且反演的滑移量也偏大。本文使用的 Okada 半无限空间模型只用于断层几何参数反演, 同时使用 Wang 等 (2006) 发布的基于分层介质模型的反演程序 SDM 对这次地震进行地下位错反演, 以得到更准确的地下位错分布及应力分布等信息。但本次发震位置处于高海拔区域, 野外考察难度较大, 所以单一测量手段很难精确地确定地下及地表的

位错分布(季灵运等, 2015), 如果结合 GPS、强震等资料进行地表破裂和地下位错联合反演, 则会更为精细地解决模型的建立与实际地震破裂的关系, 有效提高震源机制解的精度。

5 结论

2016年11月25日阿克陶地震发生在新疆西南缘高寒地区, 由于自然条件限制, 野外地质调查和地球物理数据采集工作难以完全开展。本研究利用 Sentinel-1 卫星数据进行 InSAR 处理, 获取新疆阿克陶 $M_s6.7$ 地震的高质量同震地表形变场, 并联合反演了发震断层的几何参数、精细滑动分布特征。

(1) 此次地震发生在帕米尔构造结的弧顶地区, Sentinel-1 卫星升降轨影像数据完全覆盖此次地震的整个同震形变场。从获得的升降轨同震 LOS 形变场可以看出, 此次地震属于右旋走滑型地震, 地表形变以水平形变为主, 呈上下对称性分布, 且主要分布在发震断层附近的区域, 最大 LOS 向形变量为 20 cm, 结合余震分布判断木吉断裂为此次地震的发震断层。

(2) 阿克陶地震的主震破裂过程复杂, 引起震中附近地面出现大量边坡失稳、岩崩、滚石等地质灾害, 因此采用均匀网格采样方法可以有效抑制个别误差较大结果对整个形变场特征的影响。

(3) 本次地震震源动力过程比较复杂, 主震震源破裂过程至少有 2 次, 因此使用双断层模型反演断层面的精细滑动分布。同震滑动分布主要集中在沿倾向向下 0~20 km 深度范围, 属典型的浅源构造地震。震源破裂西段正断分量不明显, 最大滑动量 0.84 m, 位于 7.1 km 深处。东段最大滑动量 0.68 m, 位于 6.6 km 深处, 兼有正断分量, 沿倾向最大滑动量 0.38 m。符合木吉断裂近直立, 兼具正断作用的构造特征。

感谢 ESA 为本文提供的 Sentinel-1A/B 卫星数据, 中国地震局地球物理研究所房立华研究员提供的余震精定位结果, GFZ 汪荣江教授提供的 SDM 反演程序。

参考文献:

陈杰, 李涛, 李文巧, 等. 2011. 帕米尔构造结及邻区的晚新生代构造

与现今变形[J]. 地震地质, 33(2): 241-259.

陈杰, 李涛, 孙建宝, 等. 2016. 2016年11月25日新疆阿克陶 $M_w6.6$ 地震发震构造与地表破裂[J]. 地震地质, 38(4): 1160-1174.

房立华, 陈运泰课题组, 等. 2016. 2016年11月25日新疆阿克陶 6.7 级地震[EB/OL]. (2016-11-25) [2017-10-24]. <http://www.ccea-igp.ac.cn/tpxw/275080.html>.

季灵运, 刘传金, 徐晶, 等. 2017. 九寨沟 $M_s7.0$ 地震的 InSAR 观测及发震构造分析[J]. 地球物理学报, 60(10): 4069-4082.

季灵运, 刘立炜, 郝明. 2015. 利用 InSAR 技术研究滇西南镇康-永德地区现今地壳形变特征[J]. 地震研究, 38(1): 84-89.

孔祥艳, 陈向军, 钟世军, 等. 2017. 2016年11月25日阿克陶 $M_s6.7$ 地震及其余震序列精定位[J]. 内陆地震, 31(2): 110-114.

潘家伟, 李海兵, Van der Woerd J, 等. 2009. 青藏高原西北部帕米尔东北缘构造地貌与活动构造研究[J]. 第四纪研究, 29(3): 586-598.

乔学军, 王琪, 杨少敏, 等. 2014. 2008年新疆乌恰 $M_w6.7$ 地震震源机制与形变特征的 InSAR 研究[J]. 地球物理学报, 56(6): 1805-1813.

王苏, 李建有, 徐晓雅, 等. 2018. 2016年新疆阿克陶 $M_s6.7$ 地震和呼图壁 $M_s6.2$ 地震的余震触发研究[J]. 地震研究, 41(1): 98-103.

温扬茂, 何平, 许才军, 等. 2012. 联合 Envisat 和 ALOS 卫星影像确定 L'Aquila 地震震源机制[J]. 地球物理学报, 55(1): 53-65.

杨少敏, 李杰, 王琪. 2008. GPS 研究天山现今变形与断层活动[J]. 中国科学: 地球科学, 38(7): 872-880.

尹金辉, 陈杰, 郑勇刚, 等. 2001. 卡兹克阿尔特断裂带活动特征[J]. 中国地震, 17(2): 221-230.

张旭, 严川, 许力生, 等. 2017. 2016年阿克陶 $M_s6.7$ 地震震源复杂性与烈度[J]. 地球物理学报, 60(4): 1411-1422.

赵强, 王双绪, 蒋锋云, 等. 2017. 利用 InSAR 技术研究 2016 年青海门源 $M_w5.9$ 地震同震形变场及断层滑动分布[J]. 地震, 37(2): 95-105.

Brunel M, Arnaud N, Tapponnier P, et al. 1994. Kongur Shan normal fault: Type example of mountain building assisted by extension (Karakoram fault, eastern Pamir) [J]. Geology, 22(8): 707-710.

Burtman V S, Molnar P. 1993. Geological and Geophysical Evidence for Deep Subduction of Continental Crust Beneath the Pamir [J]. Special Paper of the Geological Society of America, 281(2): 248-251.

Burtman V S. 2000. Cenozoic crustal shortening between the Pamir and Tien Shan and a reconstruction of the Pamir-Tien Shan transition zone for the Cretaceous and Paleogene [J]. Tectonophysics, 319(2): 69-92.

Fan G, Ni J F, Wallace T C. 1994. Active tectonics of the Pamirs and Karakorum [J]. Journal of Geophysical Research Solid Earth, 99(B4): 7131-7160.

Ge W, Molnar P, Shen Z, et al. 2015. Present-day crustal thinning in the southern and northern Tibetan Plateau revealed by GPS measurements [J]. Geophysical Research Letters, 42(13): 5227-5235.

Metzger S, Schurr B, Schoene T, et al. 2016. Rupture model of the 2015 $M7.2$ Sarez, Central Pamir, earthquake and the importance of strike

- slip faulting in the Pamir interior [R]. Abstract T11A - 2579 presented at 2011 Fall Meeting, AGU, San Francisco, Calif, 12 - 16 Dec.
- Mohadjer S, Bendick R, Ischuk A, *et al.* 2010. Partitioning of India - Eurasia convergence in the Pamir - Hindu Kush from GPS measurements [J]. *Geophysical Research Letters*, 37 (4) : 90 - 98.
- Robinson A C, Yin A, Manning C E, *et al.* 2004. Tectonic evolution of the northeastern Pamir: Constraints from the northern portion of the Cenozoic Kongur Shan extensional system, western China [J]. *Geological Society of America Bulletin*, 116 (7) : 953.
- Robinson A C, Yin A, Manning C E, *et al.* 2007. Cenozoic evolution of the eastern Pamir: Implications for strain - accommodation mechanisms at the western end of the Himalayan - Tibetan orogen [J]. *Geological Society of America Bulletin*, 119 (7) : 882 - 896.
- Schoenbohm L M, Chen J, Yuan Z, *et al.* 2011. Spatial and Temporal Variation in Slip Rate along the Kongur Normal Fault, Chinese Pamir [J]. *Journal of Himalayan Earth Science*.
- Schurr B, Ratschbacher L, Sippl C, *et al.* 2015. Seismotectonics of the Pamir [J]. *Tectonics*, 33 (8) : 1501 - 1518.
- Sippl C, Schurr B, Yuan X, *et al.* 2013. Geometry of the Pamir - Hindu Kush intermediate - depth earthquake zone from local seismic data [J]. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 118 (4) : 1438 - 1457.
- Wang R J, Lorenzo - Martín F, Roth F. 2006. PSGRN/PSCMP—a new code for calculating co - and post - seismic deformation, geoid and gravity changes based on the viscoelastic - gravitational dislocation theory [J]. *Computers & Geosciences*, 32 (4) : 527 - 541.
- Wang R J, Parolai S, Ge M, *et al.* 2013. The 2011 M_w 9.0 Tohoku Earthquake: Comparison of GPS and Strong - Motion Data [J]. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 103 (2B) : 1336 - 1347.
- Wang R J, Schurr B, Milkereit C, *et al.* 2011. An Improved Automatic Scheme for Empirical Baseline Correction of Digital Strong - Motion Records [J]. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 101 (5) : 2029 - 2044.
- Werner C, Wegmüller U, Strozzi T, *et al.* 2001. GAMMA SAR and interferometric processing software [J]. *Proc. ERS - Envisat Symposium*, Gothenburg.
- Zhou Y, He J, Oimahmadov I, *et al.* 2016. Present - day crustal motion around the Pamir Plateau from GPS measurements [J]. *Gondwana Research*, 35 : 144 - 154.

Characteristics of InSAR Coseismic Deformation and Slip Distribution of the Akto M_s 6.7 Earthquake, Xinjiang

QIU Jiangtao^{1,2}, ZHAO Qiang¹, LIN Peng¹

(1. The Second Monitoring and Application Center, China Earthquake Administration, Shannxi 710054, Xi'an, China)

(2. Institute of Seismology, China Earthquake Administration, Wuhan 430071, Hubei, China)

Abstract

The Akto M_s 6.7 earthquake, Xinjiang occurred near the western end of the Muji fault basin in the top of the Pamir syntax. The main shock of this earthquake is complicated and the focal mechanism solutions show differences based on seismic wave inversions. Based on the Sentinel - 1 SAR image data, the coseismic deformation field of the earthquake is obtained by InSAR technique. Based on the elastic half - space dislocation model, the geometrical parameters and the slip distribution model are determined by nonlinear and linear inversion algorithms. The results show that the distributed slip model can well explain the coseismic deformation field. The earthquake includes at least two rupture events, which are located at 7 km (74.11° E, 39.25° N) and 33 km (74.49° E, 39.16° N) east of the epicenter of the CENC. The deformation field caused by the earthquake shows symmetric distributions, with the maximum deformation (LOS) of 20 cm. The main seismic slip is concentrated in the 0 ~ 20 km depth, and the maximum slip is 0.84 m. The seismic fault is the Muji fault, and this earthquake shows that the N - E thrust of the Indian plate is enhanced.

Keywords: the Akto earthquake; InSAR; coseismic slip distribution; Muji fault; focal mechanism