第 39 卷 第 5 期
2019 年 5 月

大 地 测 量 与 地 球 动 力 学
Journal of Geodesy and Geodynamics

Vol. 39 No. 5
May, 2019

DOI:10.14075/j.jgg.2019.05.005

文章编号:1671-5942(2019)05-0464-05

汶川地震前后红河断裂闭锁程度和滑动亏损研究

鲁小飞[1] 谭 凯[1] 赵 斌[1] 王东振[1] 李 琦[1]

1 中国地震局地震研究所地震大地测量重点实验室,武汉市洪山侧路 40 号,430071

摘 要:以 1998～2007 年和 2009～2017 年中国大陆水平 GPS 速度场为约束,基于块体-位错模型,研究 2008 年汶川地震前后红河断裂运动特征。结果表明,汶川地震后红河断裂平均右旋走滑速率约为 4.5 mm/a,其北段走滑速率增大明显,中段次之,而南段明显减弱;倾滑速率北段减弱明显,中段和南段有所减弱。汶川地震后红河断裂闭锁程度和滑动亏损中、北段都有所增加,南段减弱较大;近期红河断裂滑动亏损北段达到 10 mm/a 以上,中段也在 5～8 mm/a,平均闭锁深度在 20 km 左右。分析认为,汶川地震对红河断裂中、北段影响较小,南段影响较大。

关键词:断层闭锁;滑动亏损;滑动速率;红河断裂

中图分类号:P313 **文献标识码**:A

红河断裂是贯穿云南省的一条大型走滑断裂,是川滇菱形块体的西北边界,也是印支半岛和华南地块的主位移带。该断裂在早期(古近纪)以左旋剪切为主,后期(新近纪以来)转为右旋走滑运动,从中新世经第四纪至今仍继续其右旋走滑特性[1-2]。通过热年代测试认为,红河断裂后期的右旋走滑转变与山体隆升的快速冷却事件有关[3-4]。丁国瑜等[5]认为其右旋走滑运动与青藏高原的隆升相关。虢顺民[2]根据其不同的运动特性,将红河断裂分成北段(弥渡县苴力以北)、中段(苴力到元江)和南段(元江到河口)。1978 年以来的地震记录显示,红河断裂北段地震聚集在大理一带,6 级以上地震大都集中在北段;南段震级多在 3～5 级,且少而分散。红河断裂南北段地震活动这些差异与其构造运动有关,研究其差异可深入了解其构造运动特征,为地震危险性评估提供参考。

黄崐等[6]和王启梁等[7]对红河断裂水平形变进行研究认为,红河断裂受印度板块挤压,主压应力方向与断裂走向近于正交。王琪等[8]用 GPS 数据反演红河断裂速率表明,其速率值由北向南逐渐减小。李煜航等[9]采用线性球面块体模型反演红河断裂的滑动速率。王阎昭等[10]基于断层元模型,采用最小二乘法反演红河断裂的错动速率。Shen 等[11]利用剖面法研究其滑动速率。以前的研究由于站点较少,一般侧重于获取断裂滑动速率,而没有深入研究断裂的断层闭锁程度和滑动亏损。

断层内部的闭锁特征能够反映发震断层的应变积累,因此可以把观测到的 GPS 形变场作为约束,反演红河断裂的闭锁程度、滑动亏损、滑动速率等特征,为其地震危险性评估提供参考[12]。考虑到 2008 年汶川地震之后 GPS 站点的加密,红河断裂两侧区域 GPS 空间分辨率有较大提高。本文以 1998～2007 年和 2009～2017 年中国大陆 GPS 水平形变场为约束,采用块体-位错模型反演红河断裂的断层闭锁程度、滑动亏损、滑动速率等,对比分析 GPS 站点加密前后(2008 年汶川地震前后)红河断裂的运动特征变化,为其地震危险性评估提供参考。

1 GPS 速度场

本文采用的 GPS 数据主要来源于中国地壳运动观测网络(网络工程)和中国大陆构造环境监测网络(陆态网络),数据预处理使用 GAMIT/GlOBK 软件。首先获取测站和卫星轨道的单日松弛解。将单日松弛解与全球 IGS 松弛解联合平差,得到包含全球 IGS 和陆态网络站点的单日松弛解。采用七参数法,将单日松弛解转换到 ITRF2014 参考框架下形成的统一速度场。将得到的速度场转化为相对于稳定的欧亚参考框架的 1998～2007 年和 2009～2017 年 GPS 速度场,测

收稿日期:2018-06-20
第一作者简介:鲁小飞,研究实习员,主要从事大地测量与地球动力学研究,E-mail:luxiaofei@cgps.ac.cn。
通讯作者:谭凯,研究员,主要从事大地测量与地球动力学研究,E-mail:whgpstan@163.com。

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

站速度的平均误差不超过 1.5 mm/a。汶川地震前研究区域参与反演的 GPS 站点有 124 个，汶川地震后 GPS 站点达到 220 个，空间分辨率有了较大提高。在反演之前，剔除误差较大的站点数据，尽量保证数据的真实可靠。由图 1 可见，汶川地震前后红河断裂附近 GPS 形变场变化不大，整体上呈顺时针偏转。速度剖面显示，平行于断层走向的 GPS 站点速度值与垂直于断层走向的距离呈近似线性变化，图 1(a)(黑色虚线表示红河断裂的位置)显示红色直线与散点拟合的相关系数为 0.91，图 1(b)显示红色直线与散点拟合的相关系数为 0.95。

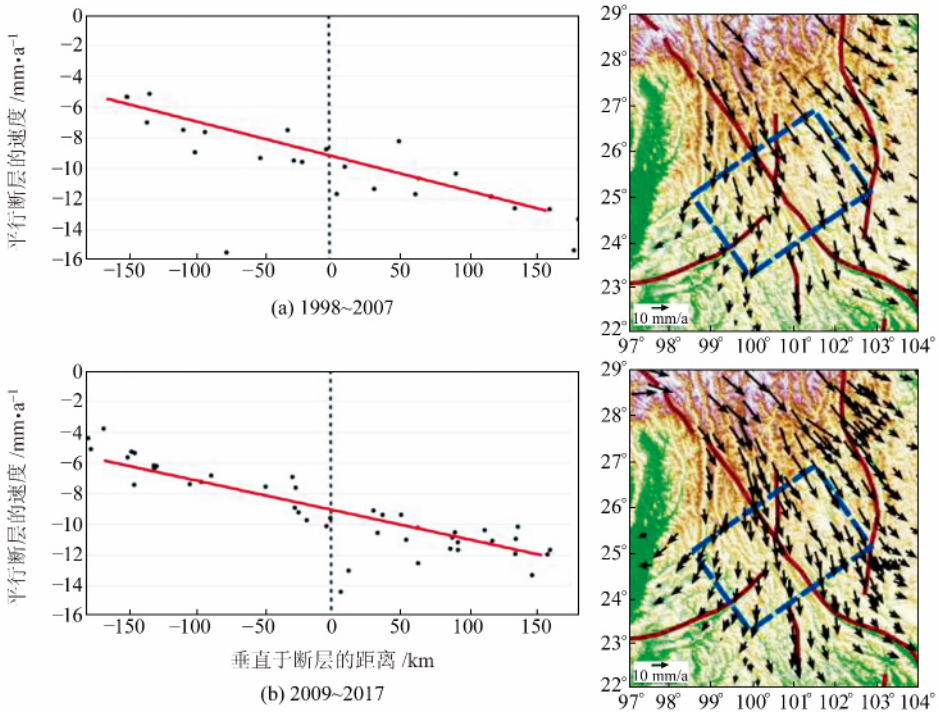


图 1　速度场分布图

Fig. 1　The map of velocity field distribution

2　反演算法

本文用块体-位错模型来模拟地壳运动和形变，用 DEFNODE 软件来实现。

假定块体内部形变分为 3 个部分：块体的刚性运动、块体内部的均匀应变和断层闭锁产生的弹性应变。在块体内部不存在均匀应变的情况下，理论表达式为：

$$V_i(X) = \sum_{b=1}^{B} H(X \in \Delta_b)[{}_R\Omega_b \times X] \cdot \vec{i} - \sum_{k=1}^{F}\sum_{n=1}^{N_k}\sum_{j=1}^{2} \varphi_{nk} G_{ij}(X, X_{nk})[{}_h\Omega_f \times X_{nk}] \cdot \vec{j} \quad (1)$$

反演过程中参数拟合的不符值表示为：

$$\chi_n^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N}(r_i / f\sigma_i)^2}{\mathrm{dof}} \quad (2)$$

式(1)和式(2)中参数的定义可参考文献[13-14]。

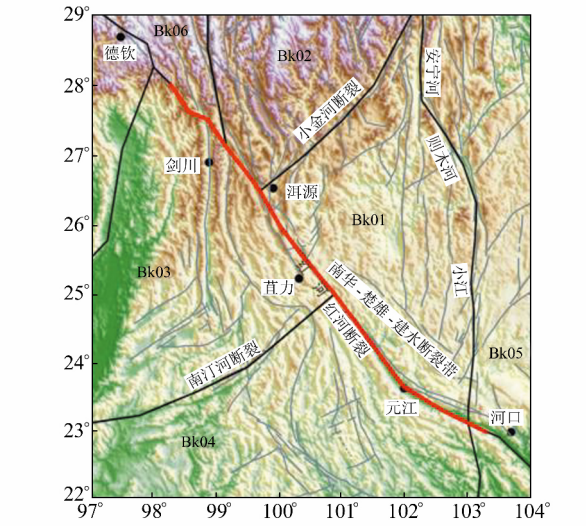
3　模拟计算

以张培震等[15]给出的中国大陆活动块体划分方案为基础，对研究区进行块体划分。徐锡伟等[16]以丽江-小金河断裂为界把川滇菱形块体划分为两个次级块体，如图 2 中块体 Bk01 和 Bk02；在滇西南块体划分的基础上，程佳[17]和王伟[18]以南汀河为界划分为滇西块体(Bk03)和滇南块体(Bk04)。综上，我们可以把研究区划分为滇东块体(Bk01)、川西块体(Bk02)、滇西块体(Bk03)、滇南块体(Bk04)、华南块体(Bk05)、羌塘块体(Bk06)等 6 个块体(图 2)。

对于红河断裂，沿其走向设置 13 个节点，沿地表向垂直方向设置 0.1 km、10 km、20 km、30 km、40 km 共 5 条等深线。邓起东[19]认为红河断裂的断层倾角为 65°～85°，中北段根据虢顺民等[2]地质调查以 75°为主，因此取 75°为断层倾角模拟反演。断层节点设置如图 3 所示。

使用模拟退火和网格搜索算法计算块体的边界断层滑动速率、闭锁程度、欧拉矢量等信息。通过大量的参数试算寻求最优的模型参数。计算表明，1998～2007 年 GPS 水平速度场数据误差因子 $f=4$ 时，$\chi_n^2 \approx 1.027$；2009～2017 年 GPS 水平速度场数据误差因子 $f=4.8$ 时，$\chi_n^2 \approx 1.029$。两

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net



黑线：块体边界，红线：红河断裂，灰线：断层，Bk01：滇东块体，Bk02：川西块体，Bk03：滇西块体，Bk04：滇南块体，Bk05：华南块体，Bk06：羌塘块体

图2 研究区域块体和断裂分布

Fig. 2 Blocks and faults in the studied area

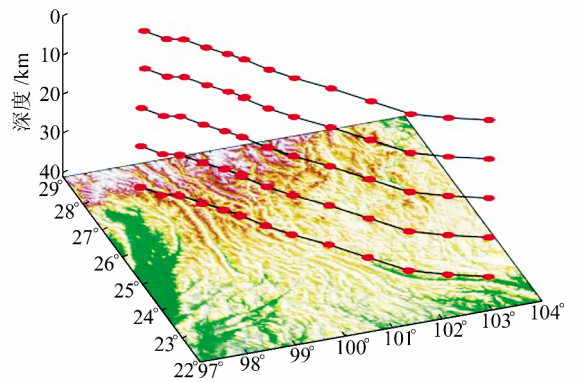


图3 红河断裂断层模型

Fig. 3 Honghe fault model

期速度场的误差不符值 χ_n^2 都约等于1，模型拟合度较好。

3.1 断层闭锁程度

根据上述模型和参数设置，得到汶川地震前1998～2007年和汶川地震后2009～2017年红河断裂的断层闭锁程度分布图(图4)。汶川地震前(图4(a))，红河断裂中北段深度20 km以上闭锁值在0.98以上，即完全闭锁状态，深度20～25 km闭锁值在0.8～0.4，深度25～35 km大部分小于0.45；南段在深度25 km以上闭锁值为0.75～1，深度25～30 km闭锁值在0.55～0.25，深度30～35 km闭锁值在0.25以下。

如图4(b)所示，汶川地震后红河断裂北段的闭锁程度变化不大；而中段深度23 km以上闭锁程度较大，大部分闭锁值在0.98以上，深度23～30 km闭锁值在0.8～0.4，深度30～35 km闭锁值大部分小于0.4；南段在深度10 km以上大部分闭锁值大于0.8，深度10～15 km闭锁值大部分在0.8～0.4，深度15 km以下闭锁值小于0.4。

汶川地震前红河断裂强闭锁区主要集中在河口西北段，汶川地震后红河断裂的强闭锁区集中在中段的苴力地区附近。汶川地震后红河断裂最北段闭锁程度稍微加强，苴力到元江的中段闭锁有所加强，南段闭锁程度明显减弱。从图4可以看出，汶川地震前后中段和北段闭锁程度变化不大，南段变化较大。

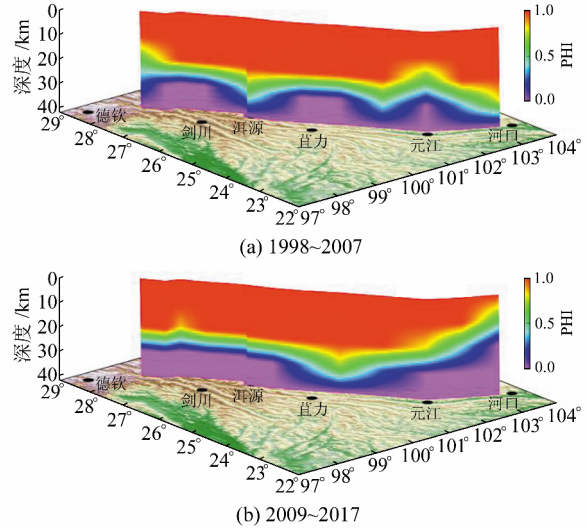


图4 红河断裂闭锁程度

Fig. 4 Locking degree of Honghe fault

3.2 断层滑动亏损分布

图5给出了汶川地震前后红河断裂滑动亏损分布情况。汶川地震前的结果(图5(a))显示，洱源以北深度22 km以上滑动亏损速率能达到10 mm/a，深度在22～27 km滑动亏损速率在8～4 mm/a，深度在27～35 km滑动速率小于2.5 mm/a；洱源到元江段在深度25 km以上滑动亏损速率约为8～4 mm/a，深度25～28 km滑动亏损速率约为

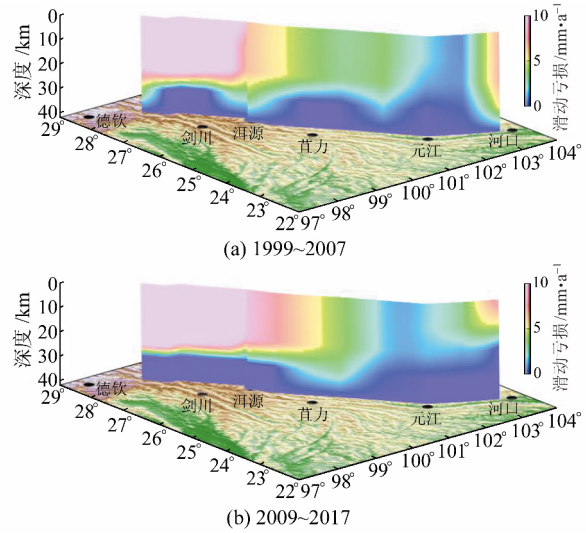


图5 红河断裂滑动亏损分布

Fig. 5 The slip deficit distribution of Honghe fault

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

3 mm/a，深度 28～35 km 滑动亏损速率在 0～2 mm/a；红河断裂最南端的河口西北部深度 30 km 以上滑动亏损速率大于 4 mm/a，亏损较大。

汶川地震后的结果（图 5(b)）显示，红河断裂洱源以北在深度 27 km 以上滑动亏损速率能达到 10 mm/a，深度 27～30 km 滑动亏损速率在 5 mm/a 左右，深度 27～35 km 滑动亏损速率小于 1.5 mm/a；洱源到元江段在深度 27 km 以上时断层滑动亏损速率值为 7～5 mm/a，在深度 30 km 以下时滑动亏损速率值小于 2.5 mm/a；红河断裂最南段在深度 12 km 以上时的滑动亏损速率约为 5 mm/a，深度 15 km 以下时的滑动亏损速率小于 2.5 mm/a。

总体来看，汶川地震前红河断裂滑动亏损速率北段亏损严重，中段滑动亏损相对次之，南段整体来看滑动亏损较弱，但是南段局部滑动亏损高值区在河口西北段，滑动亏损最弱的区域主要集中在元江附近区域；汶川地震后，红河断裂滑动亏损速率总体趋势依然是北段强，中段次之，南段较弱。汶川地震后元江附近的滑动亏损速率低值区向其北段和南段有所扩展，红河断裂南段滑动亏损速率减弱，北段变化不大。

3.3　断层滑动速率讨论

表 1 为计算得到的汶川地震前后红河断裂的滑动速率，地震前红河断裂北段的右旋走滑速率为 4.7±2.6 mm/a，拉张速率为 6.4±2.5 mm/a；中段的右旋走滑速率为 4.2±1.6 mm/a，拉张速率为 2.4±1.8 mm/a；南段的右旋走滑速率为 2.8±1.8 mm/a，挤压速率为 1.1±0.7 mm/a。汶川地震前红河断裂中段滑动速率的反演结果与文献[9-11]的结果基本吻合。南段的挤压速率比前人的研究结果要小，可能是由于选取的 GPS 数据时间段不同造成。北段拉张速率的反演结果和李煜航[9]的研究结果相近，而右旋走滑速率要比李煜航[9]和 Shen 等[11]的大，可能是由于块体的划分不同以及北段的 GPS 站点稀疏造成。汶川地震后，红河断裂平均右旋走滑速率约为 4.5 mm/a，这和地质学上虢顺民等[20]认为的红河断裂晚第四纪的滑动速率为 13 mm/a 相比偏差较大，而徐锡伟等[16]认为红河断裂右旋滑动速率为 3～4 mm/a，和本文的研究结果接近。汶川地震后红河断裂北段走滑速率增大，倾滑速率减弱明显，倾滑速率中段和南段有所减弱，南段的走滑速率减弱较大。从滑动速率来看，北段比南段明显要大。

表 1　红河断裂滑动速率

Tab. 1　Slip rate of Honghe fault

计算时间段	断裂名称	本文结果		文献结果	
		走滑分量/mm·a^{-1}	倾滑分量/mm·a^{-1}	走滑分量/mm·a^{-1}	倾滑分量/mm·a^{-1}
1999～2007	北段	−4.7±2.6	6.4±2.5	−2.0±2.0[11]	7.2±1.1[9]
	中段	−4.2±1.6	2.4±1.8	−4.8±1.6[9-10]	1.0±1.5[9-10]
	南段	−2.8±1.8	−1.1±0.7	−3.7±1.8[2,9]	−4.6±1.6[9]
2009～2017	北段	−6.9±1.9	2.8±1.1	−3.2±1.3[21]	2.0±0.7[21]
	中段	−4.8±0.8	2.1±0.8		
	南段	−1.8±2.1	−0.9±0.7		

注：走滑（左旋为正、右旋为负），倾滑（拉张为正、挤压为负）。

4　结　语

本文以 1998～2007 年和 2009～2017 年（ITRF2014 框架下）中国大陆 GPS 水平形变场为约束，采用块体-位错模型对红河断裂的断层闭锁程度、滑动亏损、滑动速率等进行反演，得到以下认识：

1）汶川地震后红河断裂中北段的闭锁程度和滑动亏损都有所增加，而南段的闭锁程度和滑动亏损减弱较大。南段的河口附近解锁，滑动亏损明显减弱。

2）汶川地震后红河断裂北段走滑速率增大明显，中段次之，南段明显减弱。倾滑速率北段减弱明显，中段和南段有所减弱。整体平均右旋走滑速率约为 4.5 mm/a。

3）汶川地震后红河断裂北段的滑动亏损速率在 10 mm/a 以上，中段亏损速率也在 5～8 mm/a，闭锁深度都在 20 km 左右。

4）就汶川地震前后红河断裂的闭锁程度、滑动亏损、滑动速率的变化来看，汶川地震对红河断裂南段影响较大。但是红河断裂中北段的闭锁程度、滑动亏损、滑动速率数值较南段大，说明中北段构造活动比南段强烈，应变积累能力较强。

以上认识，可以为红河断裂的地震危险性评估提供参考。

参考文献

[1]　向宏发，韩竹军，虢顺民，等. 红河断裂带大型右旋走滑运动与伴生构造地貌变形[J]. 地震地质，2004，26(4)：597-610 (Xiang Hongfa, Han Zhujun, Guo Shunmin, et al. Large-Scale Dextral Strike-Slip Movement and Associated Tectonic

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

Deformation along the Red-River Fault Zone[J]. Seismology and Geology, 2004,26(4):597-610)

[2] 虢顺民,向宏发. 红河断裂第四纪右旋走滑与尾端拉张转换关系研究[J]. 地震地质,1996, 18(4):301-309(Guo Shunmin, Xiang Hongfa. A Study on the Relation between Quaternary Right-Lateral Slip and Tip Extension along the Honghe Fault [J]. Seismology and Geology,1996,18(4):301-309)

[3] Loup P H, Harrison T M, Ryerson F J, et al. Structural Petrological and Thermal evolution of a Tertiary Ductile Strike-Slip Shear Zone, Diancangshan, Yunnan[J]. Journal of Geophysical Research Solid Earth,1993,98(84):6 715-6 743

[4] 陈文寄, Harrison T M, Leloup P H,等. 多重扩散摸式与构造——热年代学研究[A]//国家地震局地质研究所. 现今地球动力学研究及其应用[M]. 北京:地震出版社,1994 (Chen Wenji, Harrison T M, Leloup P H, et al. Multiple Diffusion Mode and Structure a Thermochronology Study [C]//Institute of Geology of State Earthquake Administration. Earth Dynamics Research and Application[M]. Beijing:Seismological Press,1994)

[5] 丁国瑜. 活动走滑断裂带的断错水系与地震[J]. 地震,1982 (1):3-8(Ding Guoyu. Fault Water System and Earthquake in Active Strike-Slip Fault Zone[J]. Earthquake, 1982(1):3-8)

[6] 黄崐,阳世华,吴彬生,等. 红河断裂中段的水平形变[J]. 地壳形变与地震,1983(1): 12-22(Huang Kun, Yang Shihua, Wu Binsheng, et al. Horizontal Deformation of the Middle Section of Honghe Fault[J]. Crustal Deformation and Earthquake, 1983(1): 12-22)

[7] 王启梁,曹新菊,马敏. 红河断裂带的近代形变特征[J]. 地壳形变与地震 , 1989(1):1-12(Wang Qiliang,Cao Xinju, Ma Min. Modern Deformation Characteristics of the Honghe Fault Zone[J]. Crustal Deformation and Earthquake, 1989(1):1-12)

[8] 王琪. 红河断裂的 GPS 监测与现代构造应力场[J]. 地壳形变与地震,1998,18(2):49-56(Wang Qi. GPS Monitoring and Modern Tectonic Stress Field of Honghe Fault[J]. Crustal Deformation and Earthquake,1998,18(2):49-56)

[9] 李煜航,郝明,季灵运,等. 青藏高原东缘中南部主要活动断裂滑动速率及其地震矩亏损[J]. 地球物理学报, 2014, 57 (4): 1 062-1 078(Li Yuhang,Hao Ming,Ji Lingyun,et al. Fault Slip Rate and Seismic Moment Deficit on Major Active Faults in Mid and South Part of the Eastern Margin of Tibet Plateau[J]. Chinese Journal of Geophysics, 2014, 57 (4):1 062-1 078)

[10] 王阎昭,王恩宁,沈正康,等. 基于 GPS 资料约束反演川滇地区主要断裂现今活动速率[J]. 中国科学:地球科学, 2008,38(5):582-597(WangYanzhao, Wang Enning, Shen Zhengkang,et al. The Inversion of Current Activity Rates of Major Faults in Sichuan-Yunnan Region Based on GPS Data Constraints[J]. Science China Earth Sciences, 2008,38(5): 582-597)

[11] Shen Z K, Lü J, Wang M, et al. Contemporary Crustal Deformation around the Southeast Borderland of the Tibetan Plateau[J]. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 2005, 110(B11)

[12] 赵静,武艳强,江在森,等. 芦山地震前龙门山断裂带闭锁程度与变形动态特征研究[J]. 地震学报,2013,35(5): 681-691(Zhao Jing,Wu Yanqiang,Jiang Zaisen,et al. Fault Locking and Dynamic Deformation of the Longmenshan Fault Zone before the 2013 Lushan Ms7.0 Earthquake[J]. Acta Seismologica Sinica, 2013,35(5): 681-691)

[13] McCaffrey R. Plate Coupling, Block Rotation and Crustal Deformation in the Pacific Northwest[J]. Molecular & Cellular Biology, 2006 , 17(4):2 107-2 115

[14] 赵静,江在森,武艳强,等. 汶川地震前龙门山断裂带闭锁程度和滑动亏损分布研究[J]. 地球物理学报, 2012,55(9): 2 963-2 972(Zhao Jing, Jiang Zaisen, Wu Yanqiang, et al. Study on Locking and Slip Deficit Distribution of Longmenshan Fault Zone before Wenchuan Earthquake[J]. Journal of Geophysics,2012,55(9):2963-2972)

[15] 张培震,邓起东,张国民,等. 中国大陆的强震活动与活动地块[J]. 中国科学: 地球科学,2003,33(B04):12-20(Zhang Peizhen, Deng Qidong, Zhang Guomin, et al. Strong Earthquake Activity and Activity Land in Mainland China [J]. Science China Earth Sciences,2003,33(B04):12-20)

[16] 徐锡伟,闻学泽,郑荣章,等. 川滇地区活动块体最新构造变动样式及其动力来源[J]. 中国科学: 地球科学, 2003,33 (B04):151-162(Xu Xiwei,Wen Xueze,Zheng Rongzhang, et al. The Latest Tectonic Variation Patterns and Dynamic Sources of Active Blocks in Sichuan-Yunnan Region[J]. Science China Earth Sciences,2003,33(B04):151-162)

[17] 程佳,刘杰,甘卫军,等. 川滇菱形块体东边界各断层段强震演化特征研究[J]. 中国科学:地球科学, 2011(9):1 311-1 326(Cheng Jia,Liu Jie,Gan Weijun,et al. The Study on the Characteristics of Strong Earthquake Evolution of Fault Segments in the East Boundary of Sichuan-Yunnan Diamond Block[J]. Science China Earth Sciences, 2011(9): 1 311-1 326)

[18] 王伟,王琪. GPS 观测约束下的中国大陆活动地块运动学模型[J]. 大地测量与地球动力学,2008, 28(4):75-82(Wang Wei,Wang Qi. Kinematical Model of Crustal Blocks of China Continent Revealed by GPS Measurements[J]. Journal of Geodesy and Geodynamics,2008,28,28(4):75-82)

[19] 邓起东,张培震,冉勇康,等. 中国活动构造与地震活动[J]. 地学前缘,2003, 10(增 1): 66-73(Deng Qidong, Zhang Peizhen, Ran Yongkang, et al. China Active Tectonics and Seismic Activities[J]. Earth Science Frontiers, 2003, 10 (Sl): 66-73)

[20] 虢顺民,计凤桔,向宏发,等. 红河活动断裂带[M]. 北京:地震出版社,2001(Guo Shunmin, Ji Fengju, Xiang Hongfa, et al. The Honghe Active Fault Zone[M]. Beijing: Seismological Press,2001)

[21] 赵静. 块体模型与负位错模型分析川滇地区块体应变与断裂带变形特征[D]. 北京:中国地震局地震预测研究所, 2012(Zhao Jing. Analysis of Block Strain and Fault Zone Deformation Characteristics in Sichuan-Yunnan Region Using Block Deformation Model and Negative Dislocation Model[D]. Beijing: Institute of Earthquake Forecasting, CEA,2012)

(下转第 475 页)

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

A Study of Qianguo M_S5.8 Earthquake Swarm Based on the Variation of Gravity Point, Section Difference, and 3D Inversion

WANG Tongqing[1]　*ZHANG Pin*[1]　*LIU Jinzhao*[1]
CHEN Zhaohui[1]　*ZHANG Shuangxi*[1]　*ZHU Chuandong*[1]
1　The First Monitoring and Application Center, CEA, 7 Naihuo Road, Tianjin 300180, China

Abstract: Using recent years flow gravity measurements from northeast China, we analyze in detail the time series variation characteristics of the flow gravity points around the Qianguo M_S5.8 earthquake swarm. Based on the variation of gravity segment difference, the index values *G* and *C* are introduced to the whole and local gravity variations in northeast China, which reflects the degree of anomaly significance. Finally, we do 3D density inversion of the dynamic change of gravity field before the Qianguo M_S5.8 earthquake swarm. The results show that: (1) The gravity variations on both sides of the seismogenic structure have obvious differences, which can be used as a sign to identify the tectonic activation or decoupling motion. (2) As a new method to describe the variation of regional gravity field, the significant indices *G* and *C* can provide a new idea for quantitative description of seismic gravity precursors. (3) The inversion results of gravity variation before the earthquake show that the earthquake occurred in the transitional region of mass migration, and the vertical inversion results have a certain significance for revealing the focal depth of this earthquake.

Key words: Qianguo M_S5.8 earthquake swarm; gravity variation; 3D inversion; northeast China

Foundation support: The Earthquake Tracking Task of CEA, No. 2018010212, 2018010209; National Natural Science Foundation of China, No. 41704084; Ministry of Science and Technology Special Foundation, No. 2015FY210400.

About the first author: WANG Tongqing, engineer, majors in gravity data processing and seismic analysis, E-mail: wtqhappy@163.com.

(上接第 468 页)

Research on Fault Locking and Fault Slip Deficit of the Honghe Fault before and after Wenchuan Earthquake

LU Xiaofei[1]　*TAN Kai*[1]　*ZHAO Bin*[1]　*WANG Dongzhen*[1]　*LI Qi*[1]
1　Key Laboratory of Earthquake Geodesy, Institute of Seismology, CEA, 40 Hongshance Road, Wuhan 430071, China

Abstract: This paper uses the horizontal GPS velocity field of the Chinese continent in 1998～2007 and 2009～2017 years as constraints. Based on the block-dislocation model, we study the movement characteristics of the Honghe fault before and after the 2008 Wenchuan earthquake. The results show that after the Wenchuan earthquake, the average right-lateral strike-slip rate of the Honghe fault is about 4.5 mm/a, and the strike-slip rate of the northern segment increases obviously, the strike-slip rate of the middle segment increases slightly, the strike-slip rate of the southern segment decreases obviously. The dip-slip rate on the northern segment of the Honghe fault decreases obviously, the middle and southern segments decrease slightly. After the Wenchuan earthquake, the locking and slip deficit on the northern segment of the Honghe fault increases slightly and the middle segment is the same, while the locking and slip deficit on the southern segment decreases significantly. Recently, the slip deficit on the northern segment of the Honghe fault is about 10 mm/a, the slip deficit on the middle segment is also 5～8 mm/a, and the average locking depth is about 20 km. The analysis suggests the impact of Wenchuan earthquake on the northern segment and the middle segment of the Honghe fault is relatively small, which has a great influence on its southern segment.

Key words: fault locking; slip deficit; slip rate; Honghe fault

About the first author: LU Xiaofei, assistant professor, majors in geodesy and geodynamics, E-mail: luxiaofei@cgps.ac.cn.
Corresponding author: TAN Kai, researcher, majors in geodesy and geodynamics, E-mail: whgpstan@163.com.

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net