

文章编号: 1008-2786-(2007)1-103-05

## 基于 GPS技术的活动断裂监测 ——以鲜水河、龙门山断裂为例

唐文清<sup>1,2</sup>, 刘宇平<sup>2</sup>, 陈智梁<sup>2</sup>, 张清志<sup>2</sup>, 赵济湘<sup>2</sup>

(1. 西南交通大学, 四川 成都 610031; 2. 成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082)

**摘 要:** GPS作为重要的技术手段,在地壳运动研究中得到广泛应用。以青藏高原东缘的鲜水河、龙门山两条重要活动断裂为例,根据GPS监测获得的欧亚框架的运动速度场,用刚性地块假设下的最小二乘法拟合方法,对其现今断裂活动性进行了研究。研究表明鲜水河断裂、龙门山断裂的整体运动速率分别为  $8.67 \pm 2.65$  mm/a,  $1.67 \pm 2.07$  mm/a;鲜水河断裂的甘孜-乾宁段、乾宁-康定段运动速率为  $8.88 \pm 2.74$  mm/a,  $9.73 \pm 2.30$  mm/a;龙门山断裂北段、中段、南段运动速率则分别为  $1.91 \pm 2.47$  mm/a,  $1.70 \pm 2.96$  mm/a,  $1.57 \pm 2.21$  mm/a。由此表明鲜水河断裂现今活动性大,而龙门山断裂的活动性相对不大。同时,断裂性质研究表明鲜水河断裂为左旋走滑挤压断裂;龙门山断裂性质为右旋挤压走滑断裂。

**关键词:** GPS监测;鲜水河断裂;龙门山断裂;运动速率

**中图分类号:** P642.27

**文献标识码:** A

印度板块与欧亚板块的碰撞形成了青藏高原。青藏高原周边地区以其强烈的地壳运动和变形,被看作全球最有典型意义的大陆地质构造带,成为研究大陆地壳的天然实验室<sup>[1-4]</sup>。青藏高原东缘作为印度板块和欧亚大陆汇聚而产生的主要变形区之一<sup>[5,6]</sup>,其新生代和现代构造变形的最显著特征就是晚第四纪活动断裂十分发育<sup>[7-9]</sup>。这些不同性质的活动断裂将高原地壳切割成大小不同、形状各异的活动块体。断裂及其所围的活动块体作为基本构造单元,构成高原构造框架。大量地质和地震研究表明:大部分地块内部相对稳定,构造变形主要发生在地块之间的边界上,地壳形变主要通过一系列断裂活动来实现<sup>[10]</sup>。因而,断裂活动的研究对探讨地壳运动及大陆动力学机制具有重要的意义。

青藏高原东缘是新构造运动强烈、地震活动频繁地区,独特的自然地理条件和地质背景条件使其

成为突发性山地地质灾害的易发区和重灾区,我国地质灾害高发地区之一,其中尤以断裂活动引起地质灾害最为严重,因而对断裂活动的研究,有利于地质灾害防治和地质环境稳定性评价。

GPS技术是当今科学技术发展的一项重要成果。由于其高精度、实时性、连续性等特点,已广泛应用于社会的各个领域。近些年来,随着空间技术的发展,GPS技术精度越来越高,成为研究现今地壳形变、地壳运动的重要手段<sup>[11,12]</sup>。

为此,本文以青藏高原东缘的鲜水河断裂、龙门山断裂为例,借助于高精度GPS这一技术手段,利用多年观测积累的GPS丰富资料计算所得到的现今地壳水平运动速度场,通过刚性地块假设下的最小二乘法拟合,对鲜水河、龙门山断裂现今活动大小进行计算,探讨其断裂现今活动量大小、断裂性质特征。

收稿日期 (Received date): 2006-03-31; 改回日期 (Accepted): 2006-10-28。

基金项目 (Foundation item): 中国地质调查局项目 (200313000024)、国土资源部重大基础项目 (2001010203)、国家自然科学基金主任基金 (40342017)。[Supported by Project of China geological survey (200313000024), the Major Basic Research Project of the the Land and Resources Ministry (2001010203), Director's Foundation Project of the National Natural Science Foundation of China (40342017).]

作者简介 (Biography): 唐文清 (1966-), 男, 副研究员, 主要从事构造及GPS等方面的研究。[Tang Wenqing (1966-), male, associate professor, major in tectonics and GPS.]

## 1 鲜水河、龙门山断裂地质特征

鲜水河断裂、龙门山断裂是青藏高原东缘的两条重要断裂。两断裂的活动性相差较大,活动特征也不相同。鲜水河断裂作为川青地块及川滇地块的边界断裂,是一条具有多期活动的左旋平移断裂,该断裂的滑动速率高,地震强度大,是中国大陆地震活动最强的断裂之一<sup>[13-15]</sup>;而龙门山断裂作为川滇地块及华南地块的边界断裂,则是由一系列压性、压扭性断裂及褶皱组成著名的逆冲断裂带<sup>[16,17]</sup>(图1)。

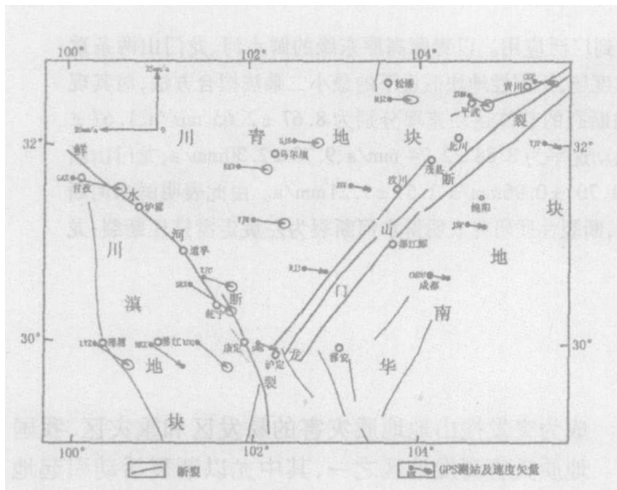


图1 断裂所在区构造及GPS测站略图

Fig. 1 Schematic map of tectonic and GPS stations in region of faults located

### 1.1 鲜水河断裂地质特征

鲜水河断裂西北起于甘孜北面,经炉霍南侧延至道孚,南东止于康定以南(见图1),走向北西 $40^{\circ}\sim 50^{\circ}$ ;长约350 km。平面上,断裂由北西段、南东两段组成。北西段为炉霍-乾宁,以较为单一的断裂延向东南,相对比较简单,属于“单一型”几何结构;南东段为乾宁-康定,由多条分支断裂组成,在平面上,它们构成一个复杂的“帚状”几何结构<sup>[18]</sup>。

鲜水河断裂作为一条活动断裂,现今仍在活动<sup>[19]</sup>。沿整个鲜水河断裂,第四纪晚期以来形成的断错水系、断错冲积扇、断错阶地等断错地貌丰富且保存得完整、清晰,表明全新世以来鲜水河断裂具有强烈构造活动。同时,新构造、地震地质、地表形变等研究发现该断裂活动具体明显的分段性,以乾宁为界,断裂北段与南段无论运动速率还是地震活动性都具有一定的差异。

### 1.2 龙门山断裂地质特征

龙门山断裂位于青藏高原东部边缘的中部,南起泸定、天全,与北西向鲜水河断裂相聚,沿四川盆地西缘呈北东-南西向延伸,经宝兴、都江堰、江油、广元进入陕西勉县一带,是由多条挤压逆冲断裂和多个推覆构造体组成的一个巨型复合推覆构造带(见图1)。龙门山断裂,横向上,自西向东分为后山断裂、中央断裂、前山断裂;纵向上,则又划分为北、中、南三段。北段一般指白龙江以北四川广元至陕西勉县、宁强一段;中段则为汶川、映秀、都江堰至茂汶、北川、江油一段,中段以南称之为南段。

龙门山断裂历史悠久且具有多期活动,第四纪一直在活动,主要断裂现在仍在活动<sup>[16]</sup>。龙门山断裂北段断裂活动相对较弱,西南段相对较强,特别是与岷山断裂相联系的中段,这里也是地震的多发地带。地质研究显示新生代和第四纪以来,北段活动减弱,而中段和南段晚第四纪以来仍在活动。龙门山断裂为川青地块向南东滑动与华南地块发生碰撞而形成,体现了青藏高原对华南地块挤压的构造特征和四川盆地作为前陆盆地的演化过程,控制着这一地区现代的地形、地貌<sup>[20,21]</sup>;同时也是我国南北地震带的一部分,对解释南北地震带的变形特征也具有重要的意义。

## 2 GPS监测及数据处理

为了对鲜水河、龙门山断裂进行研究,自1991年以来,先后在TJP(剑阁)、JSP(罗江)、CHDU(成都)、CGP(青川)、ZHM(平武)、MJZ(松潘)、ZQL(理县)、RJJ(宝兴)、SJS(红原)、KEY(可尔因)、YJW(金川)、XIC(八美夏村)、SWS(康定)、GAZ(甘孜)、LTZ(理塘)、HKZ(雅江)、SKX(八美色卡)、XDQ(新都桥)等地设立了GPS测站(见图1)。利用Trimble4000SS系列GPS双频接收机对这些站进行了多期监测,每期为3 d,每天连续24 h不间断观测。

GPS观测资料数据处理采用麻省理工学院GAMIT/GLOBK(Version 10.00)。首先利用GAMIT软件进行单日解算,得到测站坐标的松弛解;然后用GLOBK在无基准松弛约束条件下进行多时段综合解算,获得网平差,并进行重复度计算和评估数据质量;最后选定参考框架,得出不同参考框架的测站运动速度场。在数据处理过程中,为了更好地研究青

藏高原东缘的构造变形,结合实际情况,采用欧亚框架作为研究参考框架,于是得到欧亚框架下的测站运动速度(见图 1,表 1),运动速度精度为 1~2 mm,可信度为 95%。

表 1 欧亚框架 GPS测站运动速度<sup>\*</sup>

Table 1 Velcities of GPS stations in the Eurasian reference frames						
测站	测站坐标 (°)		运动速度及不定度 (mm/a)			
	经度	纬度	E	±	N	±
TJP	105.46	32.02	6.82	0.82	-1.52	0.77
JSP	104.56	31.37	7.34	0.89	-0.68	0.86
CHDU	104.07	30.69	7.84	0.79	-1.45	0.75
CGP	105.31	32.61	8.75	2.11	-0.55	1.21
ZHM	104.50	32.47	8.75	2.54	-4.44	2.58
MJZ	103.73	32.40	9.07	3.41	-0.37	1.73
ZGL	103.17	31.46	8.55	0.81	-1.87	0.77
RJJ	102.74	30.70	9.41	1.34	-1.56	0.78
SJS	102.61	32.03	10.06	2.25	-0.75	2.05
KEY	101.92	31.79	12.46	2.22	-1.23	2.04
YJW	102.08	31.45	13.65	2.44	-1.48	2.06
XIC	101.53	30.55	12.35	2.35	-3.73	2.07
SW S	102.16	30.08	7.77	0.95	-2.97	0.80
GAZ	99.94	31.63	21.26	2.88	-4.66	2.33
LTZ	100.21	29.99	14.97	2.63	-9.49	2.10
HKZ	101.01	30.03	14.20	1.02	-9.47	0.91
SKX	101.44	30.48	17.87	2.35	-11.29	2.06
XDQ	101.51	30.04	13.37	2.25	-10.93	2.04

<sup>\*</sup> 欧亚框架:在稳定的欧亚板块上选取 16 站(YAKB、IRKT、KSTU、POL2、KIT3、ZVEN、METS、TROM、BOR1、POTS、WTZR、NYAL、KO-SG、BRUS、HERS、VLL),使其速度调整最小化。除 KIT3、POL2、TROM、NYAL、METS 站的 N 向量初始速度分别为 -1.1、-1.5、-0.7、0.1、1mm/a, E 向量初始速度值分别为 -0.4、-0.2、-1.5、-1.5、0 mm/a 外,其余余站的初始速度为 0。

3 断裂活动性计算

在断裂活动性计算时,采用数据为欧亚框架的 GPS 测站运动速度。由于断裂两侧的地块相对稳定,块体内部测站运动具有相近性,因而,计算时将断裂两侧地质块体视为刚性体,以地质块体内测站的重心速度代表该地质块体的整体运动速度。具体作法:首先,利用欧亚框架 GPS 监测结果,根据地块内的各测站运动速度矢量,分别用最小二乘法得出地块各自重心的东、北方向的速度矢量;然后,根据所得的东、北方向的速度矢量分量,求得整个地块的运动速度和方向;再根据地块活动性强弱的情况,将活动性弱地块作为参考点(假设其静止不动),进而得到地块间的相对运动速度,既为断裂的活动速度(表 2)。

由于两侧地块内构造活动并非均一,断裂存在分段性,因而,相邻地块之间的活动并不能完全代表其间断裂的运动,为了尽可能体现断裂的活动特征,消除地块内其他小断层及隐伏活动构造的影响,根据地质特征,将鲜水河、龙门山断裂进行分段分析。鲜水河断裂分为甘孜-乾宁、乾宁-康定两段;龙门山断裂沿伸长方向则分为北段、中段、南段三段。同理,用最小二乘法分别计算断裂各段两侧地块重心的速度,并以活动性较小东侧块体为参考,求出西侧相对东侧的运动速度差,进而得到断裂各段运动速度(见表 2)。

4 结果分析

根据现今 GPS 监测结果,鲜水河断裂的整体运

表 2 断裂两侧采用测站及相对运动速度

Table 2 GPS stations on the both sides of the faults and their relative velocities						
断裂	构造位置	采用测站		运动速度差 (mm/a) 方向 (°)		
		东侧	西侧	(相对东侧)		
鲜水河	整个断裂	SJS KEY YJW XIC SW S	GAZ LTZ HKZ SKX XDQ	8.67 ±2.65	S30 E	
	甘孜-乾宁	SJS KEY YJW XIC	GAZ LTZ HKZ SKX	8.88 ±2.74	S37 E	
	乾宁-康定	XDQ	SW S	9.73 ±2.30	S35 E	
龙门山	整个断裂	TJP JSP CHDU	CGP ZHM MJZ ZGL RJJ	1.67 ±2.07	S71 E	
	北段	TJP JSP	CGP ZHM MJZ	1.91 ±2.47	S69 E	
	中段	JSP	ZGL	1.70 ±0.96	S46 E	
	南段	CHDU	RJJ	1.57 ±1.21	S86 E	

动速率为  $8.67 \pm 2.65 \text{ mm/a}$ ; 甘孜 - 乾宁段运动速率为  $8.88 \pm 2.74 \text{ mm/a}$ ; 乾宁 - 康定段运动速率为  $9.73 \pm 2.30 \text{ mm/a}$ 。这一结果与采用地质手段得到的运动速率 ( $9 \pm 1$ ) ~ ( $15 \pm 5$ )  $\text{mm/a}^{[22]}$ 、 $5 \sim 10 \text{ mm/a}^{[23]}$ 、 $9 \text{ mm/a}^{[24]}$  相近; 与其他 GPS 监测得出的运动速率  $9.8 \pm 2.2 \text{ mm/a}^{[25]}$ 、 $9.6 \pm 1.7 \text{ mm/a}^{[26]}$ 、 $9 \text{ mm/a}^{[27]}$  相差不大。表明了鲜水河断裂现今活动性大, 其中南段比北段略大。

鲜水河断裂西侧相对东侧运动方向为  $S30^\circ E$ , 其中甘孜 - 乾宁段断裂西盘相对东盘运动方向  $S37^\circ E$ , 乾宁 - 康定段西盘相对东盘运动方向  $S35^\circ E$ 。将其分解在断裂走向、倾向上, 可以推定其断裂性质为左旋走滑, 兼有挤压特征。

而对于龙门山断裂, 根据今 GPS 监测结果, 整个断裂带的现今运动速率为  $1.67 \pm 2.07 \text{ mm/a}$ , 其中北段运动速度为  $1.91 \pm 2.47 \text{ mm/a}$ , 中段为  $1.70 \pm 0.96 \text{ mm/a}$ , 南段为  $1.57 \pm 1.21 \text{ mm/a}$ 。这一结果与采用地质方法得到的中南段运动速率  $1 \sim 2 \text{ mm/a}^{[22]}$ 、地貌法得到整个断裂的运动速率  $1 \sim 5 \text{ mm/a}^{[22]}$  相近; 与本区其他 GPS 观测结果  $0 \sim 7 \text{ mm/a}^{[28]}$  相吻合。尽管上述各种方法得到的结果有细微差异, 但总体上表明龙门山断裂现今运动速度很小, 其活动性不明显。若单从数字大小看, 似乎由北向南活动性逐渐变小, 但鉴于龙门山断裂带整体走向  $NE$  向, 将其投影到断裂走向上, 得到相反的结果, 龙门山断裂南段活动性反而此北段要强。

对整个龙门山断裂而言, 西盘相对东盘总体运动为  $S71^\circ E$  方向, 反映到断裂走向上, 龙门山断裂现代构造活动性质总体表现为挤压作用为主, 兼有右旋走滑性质。对于各分段, 情况不尽相同, 相对东侧, 西侧运动方向北段为  $S69^\circ E$ , 中段为  $S46^\circ E$ , 南段为  $S86^\circ E$ 。为此, 将其分解到断裂上, 龙门山北段应为以挤压为主兼有走滑特征, 龙门山中段为挤压为主兼有轻微  $NE$  向走滑特征, 龙门山南段则为以走滑为主兼挤压特征。

## 参考文献 (References)

- [1] Tapponnier M P. Cenozoic tectonics of Asia: Effects of a continental collision [J]. *Science*, 1975, 189: 410 ~ 426
- [2] Houseman G., England P. Crustal thickening versus lateral expulsion in the Indian-Asian continental collision [J]. *Journal of Geophysical Research*, 1993, 98 (B7): 12233 ~ 12249
- [3] Molnar P., Tapponnier M P. Cenozoic tectonics of Asia: effects of a continental collision [J]. *Sciences*, 1975, 98: 419 ~ 426
- [4] Sun Honglie, Zheng Du. Formation, Evolution and development of Qinghai-Xizang (Tibetan) Plateau [M]. Guangzhou: Guangdong Science & Technology Press, 1998. [孙鸿烈, 郑度. 青藏高原形成演化与发展 [M]. 广州: 广东科技出版社, 1998.]
- [5] Royden L H, Burchfiel B C, King R W, et al. Surface deformation and lower crustal flow in Eastern Tibet [J]. *Science*, 1997, 276: 788 ~ 790
- [6] Feng Shen, Royden L H, Burchfiel B C. Large-scale crustal deformation of the Tibet Plateau [J]. *Journal of Geophysical Research*, 2001, 106 (B4): 6793 ~ 6816
- [7] Zhang Wenyou. Introduction to Fault Block Theory [M]. Beijing: Petroleum Publication House, 1984. 1 ~ 23 [张文佑. 断块构造导论 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1984. 1 ~ 23]
- [8] Dingguoyu. Active subplate, tectonic block and their kinematics [A]. Introduction to lithospheric dynamics of China [M]. Dingguoyu. Beijing: Seismological Press, 1991. 142 ~ 153 [丁国瑜. 活动亚板块、构造块体相对运动 [A]. 丁国瑜. 中国岩石圈动力学概论 [M]. 北京: 地震出版社, 1991. 142 ~ 153]
- [9] Zhang Peizhen. Late quaternary tectonic deformation and seismic hazard in continental China [J]. *Quaternary Research*, 1995, 5: 404 ~ 413 [张培震. 中国大陆岩石圈最新构造变动与地震灾害 [J]. 第四纪研究, 1995, 5: 404 ~ 413]
- [10] England P C, Molnar P. Right-lateral shear and rotation as the explanation for strike-slip faulting in east Tibet [J]. *Nature*, 1990, 344: 140 ~ 142
- [11] Song Shuli, Zhu Wenyao, Liao Xinhao. Recent Progress of GPS in Geodynamics [J]. *Progress In Astronomy*, 2003, 21 (2): 95 ~ 112 [宋淑丽, 朱文耀, 廖新浩. GPS 应用于地球动力学研究的进展 [J]. 天文学进展, 2003, 21 (2): 95 ~ 112]
- [12] Burchfiel B C. New technology, new geological challenges [J]. *GSA today*, 2004, 14 (2): 4 ~ 9
- [13] Cheng Wanzheng, Diao Guiling, Lu Yipei, et al. Focal mechanisms, Displacement rate and mode of motion of the Sichuan-Yunnan block [J]. *Seismology And Geology*, 2003, 25 (1): 71 ~ 87 [程万正, 刁桂苓, 吕弋培, 等. 川滇地块的震源力学机制、运动速率和活动方式 [J]. 地震地质, 2003, 25 (1): 71 ~ 87]
- [14] Long Sisheng, Zhao Zhu. Characteristics of the seismic source stress field in the intersection region of Xianshuihe, Longmenshan and Anninghe faults [J]. *Acta Seismologica Sinica*, 2000, 22 (5): 457 ~ 464 [龙思胜, 赵珠. 鲜水河、龙门山、安宁河断裂三大断裂交汇地区震源应力场特征 [J]. 地震学报, 2000, 22 (5): 457 ~ 464]
- [15] Zhou Rongjun, He Yulin, Yang Tao, et al. Slip rate and strong earthquake rupture on the Moximian segment along the Xianshuihe-Anninghe fault zone [J]. *Earthquake Research In China*, 2001, 17 (3): 253 ~ 262 [周荣军, 何玉林, 杨涛, 等. 鲜水河 - 安宁河断裂带磨西 - 冕宁段的滑动速率与强震位错 [J]. 中国地震, 2001, 17 (3): 253 ~ 262]
- [16] She Fa Chen, C. J. L. Wilson. Active faulting and movement associated with large earthquakes in the Min Shan and Longmen Mountains, northeastern Tibetan Plateau [J]. *Journal of Geophysical Research*, 1994, 99 (B12): 24025 ~ 24038
- [17] Lin Maobin, Guo Zhonghai, et al. A Research on the Orogenic Mod-

- el of Longmen Mountains Orogenic Belt[M]. Chengdu: Chengdu University of Science and Technology Press, 1996. [林茂炳, 苟宗海, 等. 四川龙门山造山带造山模式研究 [M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1991.]
- [18] Pan Mao, Liang Haihua, Cai Yongen, *et al.* Comparision between the Xianshuihe fault zone and Zemuhe fault zone, western Sichuan Province, China [J]. *Earthquake Research In China*, 1994, 10 (1): 28 ~ 37. [潘懋, 梁海华, 蔡永恩, 等. 中国川西地区鲜水河断裂和则木河断裂几何学、运动学特征及地震活动性对比研究 [J]. 中国地震, 1994, 10 (1): 28 ~ 37]
- [19] Qian Hong, C. R. Allen, Luo Zhuoli, *et al.* The active characteristics of Xianshuihe fault in Holocene [J]. *Earthquake Research In China*, 1988, 4 (2): 9 ~ 18 [钱洪, C. R. 艾伦, 罗灼礼, 等. 全新世以来鲜水河断裂的活动特征 [J]. 中国地震, 4 (2), 1988: 9 ~ 18]
- [20] Deng Qidong, Chen Shefa, Zhao Xiaolin. Tectonics, seismisity and dynamics of Longmenshan Mountains and Its adjacent regions [J]. *Seismology And Geology*, 1994, 16 (4): 390 ~ 403 [邓起东, 陈社发, 赵小麟. 龙门山及其邻区的构造和地震活动及动力学 [J]. 地震地质, 1994, 16 (4): 390 ~ 403]
- [21] Zhao Xiaolin, Deng Qidong, Chen Shefa. Tectonic geomorphology of the central segment of the Longmenshan thrust belt, Westem Sichuan, southwest China. [J]. *Seismology And Geology*, 1994, V. 16, N. 4: 422 ~ 428 [赵小麟, 邓起东, 陈社发. 龙门山逆断裂带中段的构造地貌学研究 [J]. 地震地质, 1994, 16 (4): 422 ~ 428]
- [22] Tang Rongchang, Han Weibin, *et al.* Active Faults and Earthquakes in Sichuan Province [M]. Beijing: Seismological Press, 1993. 67 ~ 138 [唐荣昌, 韩渭宾, 等. 四川活动断动断裂与地震 [M]. 北京: 地震出版社, 1993. 67 ~ 138]
- [23] Ma Xingyuan, Su Jian, Wu Daning. The active blocks movement and tectonic deformation in China [A]. In: Study on Modern Crustal Movement [C]. Beijing: Seismological Press. 1987. 1 ~ 8 [马杏垣, 宿俭, 吴大宁. 中国的活动块体运动与构造变形 [A]. 见: 现代地壳运动研究 [C]. 北京: 地震出版社. 1987. 1 ~ 8]
- [24] Ding Guoyu. Introduction to Lithospheric Dynamics of China [M]. Beijing: Seismological Press, 1991. 142 ~ 153 [丁国瑜. 中国岩石圈动力学概论 [M]. 北京: 地震出版社, 1991. 142 ~ 153]
- [25] Li Yanxing, Yang Guohua, Li Zhi, *et al.* Motion and deformation of active blocks on china mainland [J]. *Science In China (Series D)*, 2003, 33 (suppl.): 65 ~ 81 [李延兴, 杨国华, 李智, 等. 中国大陆活动地块的运动与应变状态 [J]. 中国科学 (D 辑), 2003, 33 (增刊): 65 ~ 81]
- [26] Xu Xiwei, Wen Xueze, Zheng Rongzhang, *et al.* Pattern of latest tectonic motion and dynamics of faulted blocks in Yunnan and Sichuan [J]. *Science In China (Series D)*, 2003, 33 (suppl.): 151 ~ 162 [徐锡伟, 闻学泽, 郑容章, 等. 川滇地区活动块体最新构造变动样式及动力学来源. 中国科学 (D 辑), 2003, 33 (增刊): 151 ~ 162]
- [27] Wang Min, Shen Zhengkang, Niu zhijun *et al.* Contemporary crustal deformation and active blocks model of china mainland [J]. *Science In China (Series D)*, 2003, 33 (suppl.): 21 ~ 32 [王敏, 沈正康, 牛之俊, 等. 现今中国大陆地壳运动与运动块体模型 [J]. 中国科学 (D 辑), 2003, 33 (增刊): 21 ~ 32]
- [28] Chen Zhiliang, Zhang Xuanyang, Shen feng, *et al.* GPS monitoring of the crustal motion in southwest China [J]. *Chinese Science Bulletin*, 1999, 44 (8): 851 ~ 854 [陈智梁, 张选阳, 沈凤, 等. 中国西南地区地壳运动的 GPS 监测 [J]. 科学通报, 1999, 44 (8): 851 ~ 854]

## Monitoring of Faults Activity Based on GPS

TANG Weiqing<sup>1,2</sup>, LU Yuping<sup>2</sup>, CHEN Zhiliang<sup>2</sup>, ZHANG Qingzhi<sup>2</sup>, ZHAO Jixiang<sup>2</sup>

(1. Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China;

2. Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, China)

**Abstract:** GPS was widely applied to research on crustal motion as a important means. According to velocities field in the Eurasia reference frame, this paper has study the fault activity taking a example of Xianshuihe and Longmenshan active faults on eastern Tibetan Plateau margin by a least square fit under hypotheses of rigid mass. The fitting results shows that the wholly velocities of Xianshuihe and Longmenshan fault is  $8.67 \pm 2.65$  mm/a,  $1.67 \pm 2.07$  mm/a, respectively. to the Xianshuihe fault, The velocity of Gaze-Qianning and Qianning-Kangdin segment is  $8.88 \pm 2.74$  mm/a,  $9.73 \pm 2.30$  mm/a, respectively. To Longmenshan fault, the velocity of northern segment, middle segment and southern segment is  $1.91 \pm 2.47$  mm/a,  $1.70 \pm 0.96$  mm/a,  $1.57 \pm 1.21$  mm/a, respectively. Therefore, present activity of Xianshuihe fault is stronger than that of Longmenshan fault. Study to fault character also show that the nature of Xianshuihe fault is left-lateral strike slip and the nature of Longmenshan fault is right-lateral compressive.

**Key words:** GPS Monitoring; Xianshuihe fault; Longmenshan fault; movement velocity