

# 岷江上游水系对龙门山断裂带右旋走滑作用的响应

陈浩<sup>1</sup> 李勇<sup>2</sup>

( 1. 绵阳师范学院 资源环境工程学院, 四川 绵阳 621000;

2. 成都理工大学 油气藏地质及开发工程国家重点实验室, 四川 成都 610059)

**摘 要:** 汶川 8.0 级特大地震是岷江上游流域最新一次区域构造活动。在此次地震中, 岷江河道因北川 - 映秀断裂北西盘的右旋走滑作用而被水平错动  $0.8 \pm 0.2$  m, 岷江河道南西方向的河流阶地也被同步位错  $0.6 \pm 0.1$  m。切过龙门山主干断裂的岷江上游干、支流水系因若干次历史地震驱动的走滑作用而发生同步弯曲。根据水系水平扭错量和岷江干、支流初始形成时间计算可知, 穿越岷江支流河道的汶川 - 茂县断裂右旋走滑速率为  $1 \sim 1.4$  mm/a, 切过岷江干流河道的北川 - 映秀断裂和彭县 - 灌县断裂右旋滑动速率分别为  $0.94$  mm/a 和  $0.71$  mm/a。计算结果表明, 龙门山各主干断裂右旋走滑作用有自北西向南东减弱的趋势。

**关键词:** 岷江上游; 龙门山断裂带; 右旋走滑; 响应

**中图分类号:** P931.2, P64

**文献标志码:** A

岷江上游流域主要发育 2 个活动断层体系, 北部为岷山构造带西缘的岷江断裂, 南部为龙门山活动断层体系, 包括汶川 - 茂县断裂、北川 - 映秀断裂和彭县 - 灌县断裂。岷江上游干流河道发源于岷山构造带西缘的弓嘎岭, 沿岷江断裂和汶川 - 茂县断裂南流, 横切龙门山构造带, 向东流入成都盆地( 图 1)。

2008 - 05 - 12 T14: 28 发生于四川省汶川县境内的 8.0 级特大地震, 是岷江上游流域最新一次区域构造活动。汶川地震的发震构造为走向北东的龙门山断裂带。汶川地震发生后, 我们开展了国家自然科学基金应急项目《汶川特大地震地表破裂与变形特点研究》的野外调查工作。调查结果表明, 汶川地震产生的地表破裂带主要沿北川 - 映秀断裂和彭县 - 灌县断裂展布, 断裂上盘的右旋走滑作用使切过断裂带的岷江河道发生明显的水平位错。

造山带内部水系发育模式对构造活动的响应机制一直是构造地貌研究的热点, 但对于发育于岷山构造带和龙门山构造带之中的岷江上游水系, 前人的研究主要集中于对河谷地貌特征、河流阶地形态

等水系剖面样式的探讨<sup>[2-6]</sup>, 有关岷江水系平面样式对断裂活动的响应研究目前还未见报道。本次研究以汶川地震为契机, 探讨地震对河流流向的改造作用, 并以此为基础, 分析自岷江河道形成以来岷江上游水系对龙门山断裂带右旋走滑作用的响应模式。

## 1 河道对汶川地震驱动的走滑作用的响应

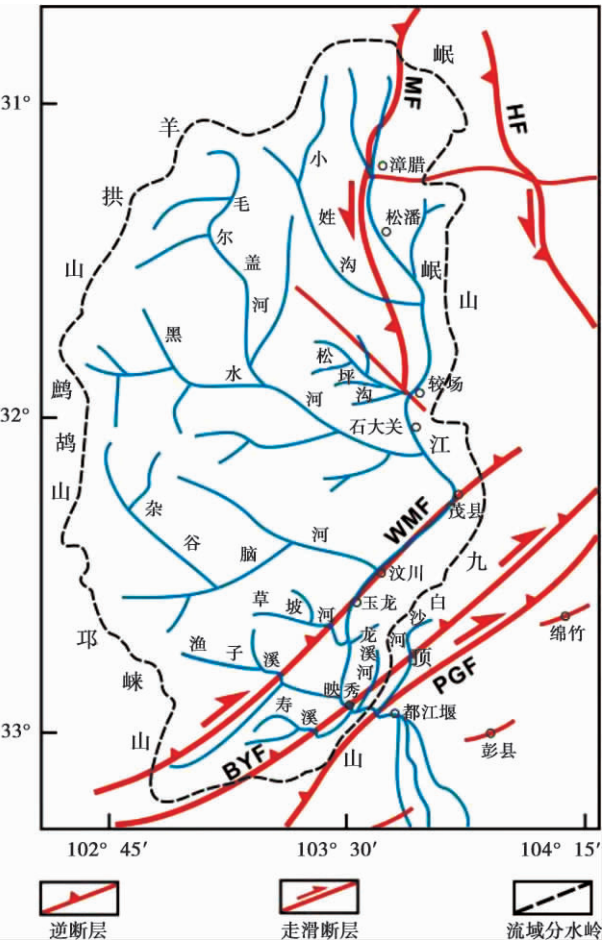
### 1.1 岷江上游河道的水平位错

北川 - 映秀断裂是汶川地震的发震断裂, 在汶川县映秀镇, 北川 - 映秀断裂沿西岸山坡切过岷江, 使岷江堤岸一条长约 30 m 的水泥路面发生拱曲变形, 拱曲顶部发育一系列裂缝, 裂缝走向与北川 - 映秀断裂走向一致。同时, 岷江河道因断裂北西盘的右旋走滑作用而发生水平错动, 形成一流向转折点。以被同步错断的公路侧缘为参照标志, 经实地测量, 河道右旋走滑距离为  $0.8 \pm 0.2$  m( 图 2)。

收稿日期( Received date): 2012 - 10 - 02; 改回日期( Accepted): 2012 - 12 - 30。

基金项目( Foundation item): 国家自然科学基金资助项目( 40841010)。[National Sciences Foundation of China( 40841010) .]

作者简介( Biography): 陈浩( 1977 - ), 男, 四川三台人, 博士, 讲师, 主要从事构造地貌与第四纪环境研究。通信地址: 四川省绵阳市仙人路一段 30 号绵阳师范学院资源环境工程学院。[Chen Hao( 1977 - ), male, Dr. & lecturer, major in study of tectonic geomorphology and quaternary environment. ] E-mail: chen hao11611@163.com, Tel: 18281512022



(底图据舒栋才<sup>[1]</sup>修改)  
(MF: 岷江断裂; HF: 虎牙断裂; WMF: 汶川-茂县断裂; BYF: 北川-映秀断裂; PGF: 彭县-灌县断裂)

图 1 岷江上游流域简图

Fig. 1 The sketch of the upper Min River basin

1.2 岷江上游河流阶地的水平位错

河堤水平错动量大小是河道转折幅度的度量指标,河流阶地的水平位错是河道错动在河谷谷坡上的表现形式。沿岷江河道水平错动处的南西方向,北川-映秀断裂切过岷江Ⅳ级阶地,在阶地面上形成了3个逆冲型地震陡坎(从南东到北西,3个地震陡坎的垂直位错分别为 $1.0 \pm 0.1\text{ m}$ 、 $0.9 \pm 0.1\text{ m}$ 、 $0.8 \pm 0.1\text{ m}$ ),其中,垂直位错 $1.0 \pm 0.1\text{ m}$ 的地震陡坎还显示出一定的右旋走滑性质。经测量,该地震陡坎的水平位错为 $0.6 \pm 0.1\text{ m}$ (图3)。

上述现象表明,在汶川地震中,岷江河床、河堤和Ⅳ级阶地因北川-映秀断裂北西盘的右旋走滑作用而发生右旋位错,其中,岷江河床、河堤的右旋错动使岷江流向发生转折,在河道上形成新的流向转折点,进而推测,岷江的一些流向转折点可能与历史地震驱动的若干次断层走滑作用有关,活动断裂对岷江上游水系的流向具有改造作用。

沿北川-映秀断裂走向追索,我们观察到,北川湔江及曲山镇黄家坝村、擂鼓镇坪上村、都江堰虹口乡八角庙村等地一些小河沟的流向也因断裂北西盘的右旋走滑作用而发生转折。表明沿北川-映秀断裂展布的地表破裂带切过河流时,除在岷江河道上形成流向转折点外,震区其他河流的流向也因断裂上盘的走滑作用而在一定程度上被改造。

2 河道对龙门山断裂带右旋走滑历史的响应

如前所述,岷江河道因汶川地震驱动的走滑作用

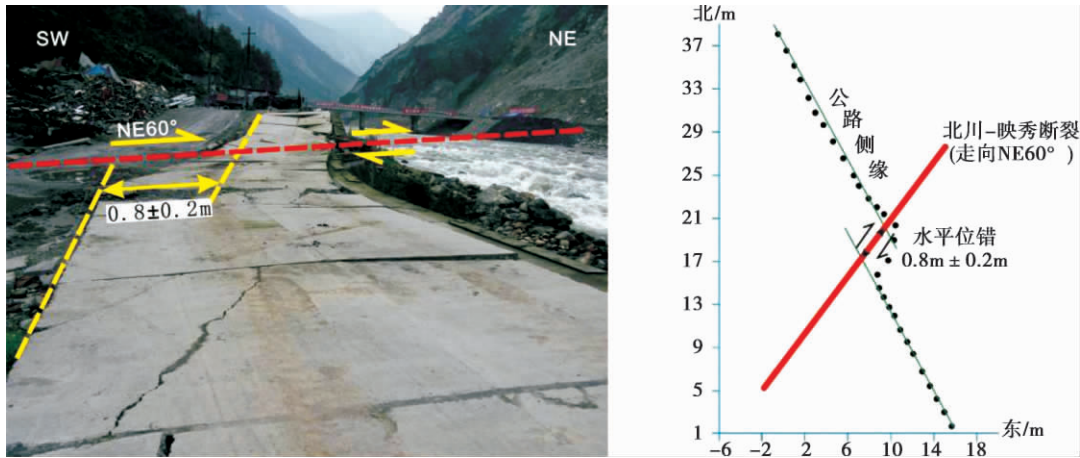


图 2 映秀镇岷江河道水平位错

Fig. 2 The horizontal displacement of Min River channel in Yingxiu Town

而发生水平错动,形成新的河流流向转折点。若干次历史地震驱动的走滑作用使切过活动断裂的河道沿断裂滑动方向发生同步弯曲,水系所记录的位移量指示自水系形成以来断裂总的水平位移之和。由图4可以看出,穿越龙门山断裂带的河流表现为反“S”形弯曲,表明该断裂带自河流形成以来具右旋走滑性质,河道的水平位错是对断裂右旋走滑的响应。

## 2.1 岷江上游干流水平位错与北川-映秀断裂右旋走滑的关系

### 2.1.1 干流河道累积水平扭错量

由图4可以看出,穿越北川-映秀断裂的岷江上游河道及相邻水系表现为较为明显的反“S”形弯曲。由于缺乏标识其他河流形成时间的地貌证据,本次研究仅分析岷江干流扭错量与北川-映秀断裂右旋走滑作用之间的关系。由图5可知,在都江堰虹口乡八角庙村以西,北川-映秀断裂分为南北两支,北支沿八角庙村-高原村-龙池镇北侧山坡-映秀镇一线展布,走向NE50°,在映秀镇附近切过岷江干流,沿断裂走滑方向,岷江干流河道产生了约3300 m的累积水平位错(图6)。

### 2.1.2 干流河道初始形成时间标定

根据岷江干流河道累积水平扭错量和干流水系初始形成时间,可以估算北川-映秀断裂的水平滑动速率。由于缺乏直接标定岷江河谷初始下蚀时间的测年资料,本次研究仅根据流域输沙量推断岷江上游干流河道的形成时间。

根据输沙量计算流域面状剥蚀速率是当前较为成熟的一种研究方法,李勇<sup>[10]</sup>等根据岷江上游多年平均输沙量( $536.67 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ ,据中科院南水北调综合考察队,1985)和流域面积( $22\,664 \text{ km}^2$ ),计算出岷江上游面状剥蚀速率(机械剥蚀速率与化学剥蚀速率之和)为 $0.32 \text{ mm/a}$ 。值得注意的是,剥蚀作用由面状剥蚀作用和线状剥蚀作用构成,河流下切是线状剥蚀作用的主要形式。岷江上游面状剥蚀速率约为岷江干流河道剥蚀速率(线状剥蚀速率)的30%<sup>[10]</sup>,在此基础上计算可知,岷江上游线状剥蚀速率约为 $1.06 \text{ mm/a}$ 。

本次研究把岷江上游左岸分水岭山顶面作为河流下蚀后残留的初始准平原面,把河床的高程作为河流下蚀的最低界面,山顶面与岷江河床的相对高度代表自岷江上游形成以来河流下切的总深度。岷江上游山顶面与岷江河床的最大相对高度大致为

3700 m(岷江河谷剖面几何形态特征表现为上部盘谷型和下部“V”字形。整个岷江上游干流河道盘谷深度变化不大,约为2000 m,“V”型谷地显示了明显的纵向变化特征,北段下切浅,南段下切深,深度最大处达1700 m<sup>[2]</sup>),该数值即为自岷江上游形成以来河流下切的最小深度。本次研究把利用输沙量计算所得的剥蚀速率作为自岷江上游形成以来干流的平均剥蚀速率,岷江上游初始下切时间为

$$T = \frac{H}{V} = \frac{3700 \text{ m}}{1.06 \text{ m/a}} = 3.5 \text{ Ma}$$

式中  $T$  为岷江初始下切时间;  $H$  为山顶面与河床的最大相对高度;  $V$  为根据输沙量计算所得的河流下切速率。

近年来,李勇<sup>[10-11]</sup>、王凤林<sup>[12]</sup>等对成都盆地西缘的大邑砾岩(成都盆地西部地表剖面和盆地内钻井剖面均揭示大邑和灌县一带的大邑砾岩系古岷江带出,并且大邑砾岩是成都盆地中最古老的岷江冲积砾石层)开展了详细的年代学研究,并先后采集了10个大邑砾岩剖面的砂岩夹层,用电子自旋共振法测定其年龄。结果表明,大邑砾岩形成时间介于2.3—3.6 Ma,其中,大邑砾岩最古老年龄样本位于彭州丁家湾剖面,这一时间值的地质含义在于成都盆地内岷江冲积扇形成时间约为3.6 Ma<sup>[10]</sup>。据此推测,岷江上游干流水系的形成时间也大致为3.6 Ma,与根据输沙量计算所得的岷江上游初始下切时间基本一致。

### 2.1.3 北川-映秀断裂右旋走滑速率

根据岷江干流河道累积水平扭错量(3300 m)和干流水系初始形成时间(3500 ka)可知,自岷江形成以来,北川-映秀断裂平均右旋走滑速率为 $0.94 \text{ mm/a}$ 。

沿断裂走向线追索,北川-映秀断裂从岷江上游支流白沙河西岸Ⅲ级阶地后缘穿过,阶地右旋错动量约50 m,在该阶地面上距地表约1 m处取亚砂土经热释光测年,年龄值为50 ka<sup>[6]</sup>,表明自晚更新世以来,北川-映秀断裂的右旋走滑速率大约为 $1 \text{ mm/a}$ 。另外,周荣军<sup>[13]</sup>根据胥家沟等断错冲沟的右旋位错量和同期沉积物测年值推测,北川-映秀断裂晚第四纪以来右旋走滑速率为 $0.82 \sim 1.3 \text{ mm/a}$ (表1)。由上述分析可知,距今3.6 Ma以来,北川-映秀断裂右旋走滑速率介于 $0.82 \sim 1.3 \text{ mm/a}$ 间。

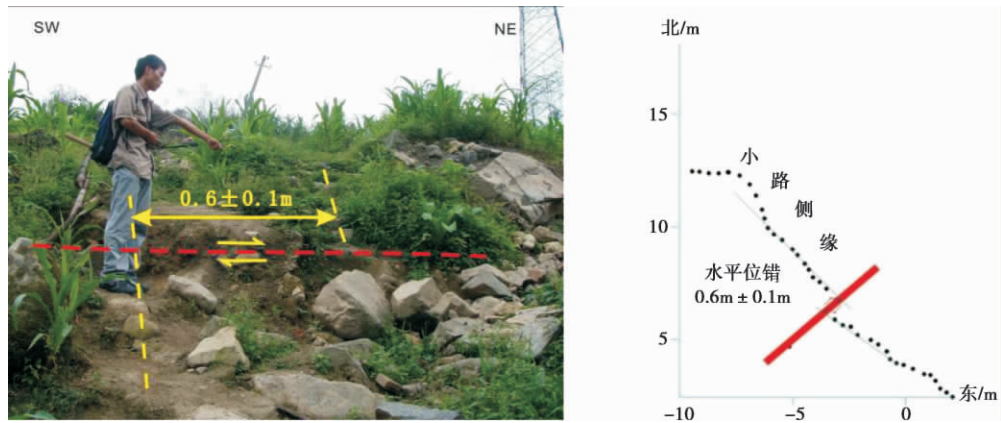


图3 映秀镇岷江IV级阶地水平位错实测剖面

Fig. 3 The horizontal displacement of the fourth terrace of Min River

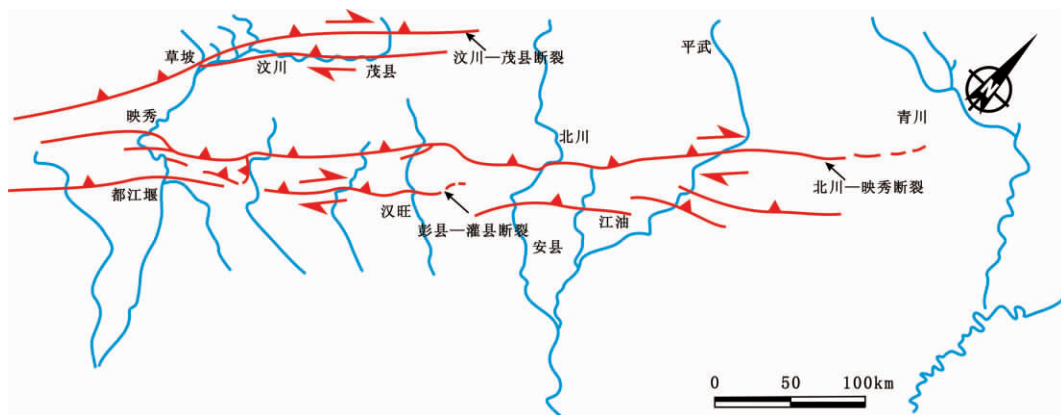


图4 龙门山断裂带断裂走滑运动与水系扭错关系图(据唐荣昌<sup>[7]</sup>、李海兵<sup>[8]</sup>等改绘)

Fig. 4 Drainage dislocation along the Longmenshan fault zone

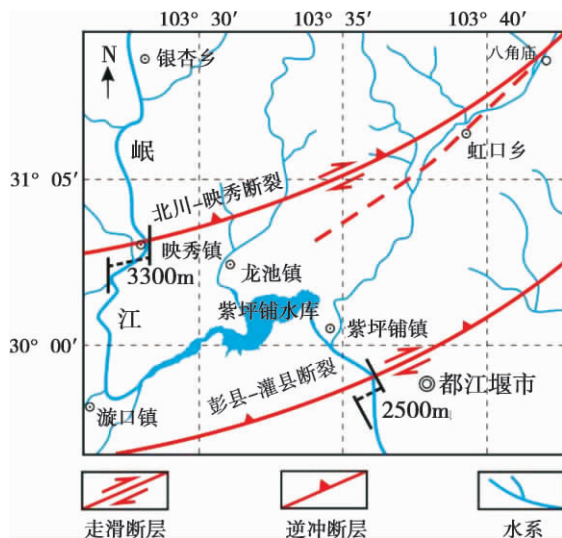


图5 北川-映秀断裂和彭县-灌县断裂  
水平滑动与水系位错关系图

Fig. 5 The relationship between the dextral strike slipping of Beichuan - Yingxiu fault and Pengxian - Guanxian fault and the horizontal displacement of Min River channel



图6 岷江干流河道累积水平位错  
(底图据付碧宏<sup>[9]</sup>等)

Fig. 6 The horizontal displacement of Min River main channel

2.2 岷江上游支流水平位错与汶川 – 茂县断裂右旋走滑的关系

汶川 – 茂县断裂总体走向  $N30^{\circ} \sim 50^{\circ}E$  ,倾向北西 ,倾角  $50^{\circ} \sim 70^{\circ}$  ,在草坡附近 ,发育一条与主干断裂大致平行的压扭性次级断裂 ,该断裂切过岷江上游水系时 ,在草坡 – 汶川一段 ,岷江支流水系因断裂右旋走滑而被反“S”型同步扭曲( 见图 4) ,最大扭错量达 500 ~ 700 m。经测量 ,被断层扭错的一系列支流水系大致形成于中、晚更新世( 约 0.5 Ma) <sup>[7]</sup> ,则汶川 – 茂县断裂自中、晚更新世以来平均右旋走滑速率为 1 ~ 1.4 mm/a。沿汶川 – 茂县断裂走向追索 ,在石鼓和高坎附近 ,山脊也有被断层右旋错断的痕迹 ,石鼓和高坎被切山脊右旋位错量分别为 150 m 和 40 m 左右 ,石鼓附近山脊面上覆盖有河流相砂砾石层 ,为岷江 VI 级阶地沉积物 ,经热释光法测定的年龄值为  $157.6 \pm 11.8$  ka; 高坎附近山脊斜坡上保存着岷江 III 级阶地堆积物 ,热释光年龄值为  $42.1 \pm 3.5$  ka<sup>[13]</sup>。据此估算 ,汶川 – 茂县断裂在石鼓和高坎附近的平均右旋走滑速率分别为 0.952 mm/a 和 0.950 mm/a( 表 2) ,两数值非常接近。另外 ,周荣军<sup>[13]</sup>、马保起<sup>[6]</sup>等根据地表变形量数据估算该断裂自晚第四纪以来右旋走滑速率为 0.8 ~ 1.0 mm/a。上述分析表明 ,自中、晚更新世以来 ,汶川 – 茂县断

裂的水平滑动速率变化不大 ,介于 1 ~ 1.4 mm/a。

2.3 岷江上游干流水平位错与彭县 – 灌县断裂右旋走滑的关系

彭县 – 灌县断裂由多条次级断裂断续相接而成 ,总体走向  $N35^{\circ} \sim 45^{\circ}E$  ,倾向北西 ,倾角  $50^{\circ} \sim 70^{\circ}$  ,若干切过断裂的河道因断裂右旋滑动而同步弯曲( 见图 4) 。在都江堰市以北 ,彭县 – 灌县断裂切过岷江干流河道 ,岷江干流被右旋扭错约 2 500 m ( 见图 5) ,岷江上游形成时间大致为 3.5 Ma ,表明自岷江上游河道形成以来 ,彭县 – 灌县断裂在该区域平均右旋滑动速率为 0.71 mm/a。沿该断裂追索 ,在都江堰西南侧的大邑油茶树 ,彭县 – 灌县断裂从一洪积扇上切过 ,扇面上一冲沟侧壁被右旋位错了 78 m ,若冲沟位错开始时间与距今  $87\,800 \pm 6\,900$  a 的洪积扇顶部年龄大致相当<sup>[13]</sup>。自晚第四纪以来 ,在大邑附近 ,彭县 – 灌县断裂右旋走滑速率为 0.88 mm/a。在都江堰东北侧的彭县通济场菩萨堂一带 ,发育于洪积扇上( 顶部年龄  $96\,000 \pm 7\,300$  a) 的一冲沟侧缘壁被彭县 – 灌县断裂右旋位错了 75 m<sup>[13]</sup> ,该断裂在该处水平滑动速率值为 0.78 mm/a ( 表 3) 。以上分析表明 ,相对于汶川 – 茂县断裂和北川 – 映秀断裂 ,彭县 – 灌县断裂的水平滑动速率值较小 ,介于 0.69 ~ 0.88 mm/a ,均值为 0.78 mm/a。

表 1 北川 – 映秀断裂水平断错地貌特征

Table 1 The character of geomorphic offset in Beichuan – Yingxiu fault

地点	地貌单元	水平断距/m	地貌单元年龄/ka	水平滑动速率/( mm/ a)
映秀	岷江干流水系	3 300	3 500	0.94
白沙河西岸	岷江支流 III 级阶地	50	50	1
白水河东	胥家沟	20 ~ 30	23.3 ~ 24.3	0.82 ~ 1.3

表 2 汶川 – 茂县断裂水平断错地貌特征

Table 2 The character of geomorphic offset in Wenchuan – Maoxian fault

地点	地貌单元	水平断距/m	地貌单元年龄/ka	水平滑动速率/( mm/ a)
草坡 – 汶川一带	岷江支流水系	500 ~ 700	500	1 ~ 1.4
石鼓	岷江 VI 级阶地	150	$157.6 \pm 11.8$	0.952
高坎	岷江 III 级阶地	40	$42.1 \pm 3.5$	0.950

表 3 彭县 – 灌县断裂水平断错地貌特征

Table 3 The character of geomorphic offset in Pengxian – Guanxian fault

地点	地貌单元	水平断距/m	地貌单元年龄/ka	水平滑动速率/( mm/ a)
都江堰北	岷江干流水系	2 500	3 500	0.71
油茶树	冲沟侧壁	78	87.8	0.88
菩萨堂	冲沟侧壁	75	96	0.78



### 3 龙门山活动断裂右旋走滑分量对比

一些学者<sup>[10,14]</sup>对龙门山活动断裂带的研究结果表明,龙门山构造带的3条主干断裂晚第四纪以来均显示由北西向南东的逆冲运动,并具有显著的右旋走滑分量。本次研究利用岷江上游干、支流水平扭错量对龙门山活动断裂右旋走滑分量进行了标定。结果表明,在龙门山构造带中,3条主干断裂的走滑分量滑动速率值(介于0.71~1.4 mm/a)属同一个数量级。其中,切过岷江支流河道的汶川-茂县断裂右旋走滑速率为1~1.4 mm/a,穿越岷江干流河道的北川-映秀断裂和彭县-灌县断裂的右旋滑动速率分别为0.94 mm/a和0.71 mm/a(表4)。

表4 不同参照体系下计算所得的活动断裂滑动速率

Table 4 The strike-slip rate of active faults from different reference systems

参照体系	汶川-茂县断裂	北川-映秀断裂	彭县-灌县断裂
岷江干、支流河道	1~1.4	0.94	0.71
岷江阶地及冲沟侧壁	0.95	0.82	0.78
平均值	1.1	1.08	0.79

岷江两岸河流阶地及冲沟侧壁也因活动断裂的右旋走滑运动而发生水平扭错,根据水平扭错量和相应测年值计算出龙门山各主干断裂的走滑速率介于0.78~1.3 mm/a。在不同参照体系中计算所得的活动断裂走滑速率平均值(汶川-茂县断裂:1.1 mm/a;北川-映秀断裂:1.08 mm/a;彭县-灌县断裂:0.79)表明,在龙门山构造带中,各主干断裂右旋走滑分量的滑动速率有自北西向南东逐渐减小的趋势,即从龙门山后山带至前山带主干断裂的走滑作用越来越弱(见表4)。

### 4 结论

在汶川地震中,切过北川-映秀断裂的岷江河道,因断裂北西盘的右旋走滑作用而被水平错动0.8±0.2 m,岷江河道南西方向的河流阶地也被同步位错0.6±0.1 m。若干次历史地震驱动的走滑作用使切过龙门山主干断裂的岷江上游河道及相邻水系沿断裂滑动方向发生同步弯曲,根据水系水平扭错量和相应测年值计算可知,在龙门山构造带中,各主干断裂右旋走滑作用有自北西向南东减弱的趋

势。

本次研究对汶川地震导致的岷江河道及阶地地面水平错动量进行了实地测量,所测数据为活动构造的水系响应研究提供了最直接的量化资料,同时,汶川地震形成的河道错动点也可作为标定活动断层和古地震事件的指示器。岷江上游水系对龙门山断裂带右旋走滑作用响应机制的探讨,有助于进一步认识岷江上游地质地貌演化规律,进而为深入研究岷江水系平面展布格局与断裂活动的耦合关系奠定理论基础。

致谢:董顺利、闫亮、马博琳、乔宝成、张毅也参加了本次研究的野外调查工作,图2、图3为本项目组成员野外调查的共同成果,在此深表谢意。

### 参考文献(References)

- [1] Shu Dongcai. Study of mountainous forest watershed distributed hydrological model based on DEM [D]. Chengdu: Sichuan University 2005. [舒栋才.基于DEM的山地森林流域分布式水文模型研究[D].成都:四川大学 2005.]
- [2] Zhang Yueqiao, Yang Nong, Meng Hui. Deep-incised valleys along the Minjiang river upstream and their responses to the uplift of the west sichuan plateau, China [J]. Journal of Chengdu University of Technology 2005, 32(4): 331-339 [张岳桥, 杨农, 孟晖. 岷江上游深切河谷及其对川西高原隆升的响应 [J]. 成都理工大学学报: 自然科学版 2005, 32(4): 331-339]
- [3] Zhang Huiping, Yang Nong, Zhang Yueqiao. Geomorphology of the Minjiang drainage system (Sichuan, China) and its structural implications [J]. Quaternary Science, 2006, 26(1): 126-135 [张会平, 杨农, 张岳桥. 岷江水系流域地貌特征及其构造指示意义 [J]. 第四纪研究 2006, 26(1): 126-135]
- [4] Gao Xuanyu, Li Yong. Comparison on the incision rate in the upper and middle reaches of Minjiang river [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2006, 15(4): 517-521 [高玄远, 李勇. 岷江上游和中游几个河段的下蚀率对比研究 [J]. 长江流域资源与环境 2006, 15(4): 517-521]
- [5] Yang Nong, Zhang Yueqiao, Meng Hui. Study of the Minjiang river terraces in the western Sichuan plateau [J]. Journal of Geomechanics 2003, 9(4): 363-370 [杨农, 张岳桥, 孟晖. 川西高原岷江上游河流阶地初步研究 [J]. 地质力学学报 2003, 9(4): 363-370]
- [6] Ma Baoqi, Su Gang, Hou Zhihua, et al. Late quaternary slip rate in the central part of the Longmenshan fault zone from terrace deformation along the Minjiang river [J]. Seismology and Geology 2005, 27(2): 234-242 [马保起, 苏刚, 侯治华, 等. 利用岷江阶地的变形估算龙门山断裂带中段晚第四纪滑动速率 [J]. 地震地质, 2005, 27(2): 234-242]
- [7] Tang Rongchang, Wen Dehua, Huang Zuzhi, et al. The quaternary activity characteristics of several major active faults in the Songpan-Longmenshan region [J]. China Earthquake, 1991, 7(3): 64

- 71 [唐荣昌,文德华,黄祖智,等. 松潘-龙门山地区主要活动断裂带第四纪活动特征[J]. 中国地震, 1991, 7(3): 64-71]
- [8] Li Haibing, Fu Xiaofang, Woerd J V D, et al. Co-seismic surface rupture and dextral-slip oblique thrusting of the Ms8.0 Wenchuan earthquake[J]. Acta Geologica Sinica, 2008, 82(12): 1623-1643 [李海兵, 付小方, Woerd J V D, 等. 汶川地震(Ms8.0)地表破裂及其同震右旋斜向逆冲作用[J]. 地质学报, 2008, 82(12): 1623-1643]
- [9] Fu Bihong, Shi Pilog, Zhang Zhiwu. Spatial characteristics of the surface rupture produced by the Ms8.0 Wenchuan earthquake using high-resolution remote sensing imagery[J]. Acta Geologica Sinica, 2008, 82(12): 1679-1687 [付碧宏, 时丕龙, 张之武, 等. 四川汶川 Ms8.0 大地震地表破裂的遥感影像解析[J]. 地质学报, 2008, 82(12): 1679-1687]
- [10] Li Yong, Zhou Rongjun, Densmore A L, et al. Continental dynamics and geological responses of the eastern margin of Qinghai-Tibet plateau[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2006. [李勇, 周荣军, Densmore A L, 等. 青藏高原东缘大陆动力学过程与地质响应[M]. 北京: 地质出版社, 2006.]
- [11] Li Yong, Zeng Yunfu. The filling sequence in Longmenshan fore-land basin [J]. Journal of Chengdu University of Technology, 1994, 21(3): 46-55 [李勇, 曾允孚. 龙门山前陆盆地充填序列[J]. 成都理工大学学报, 1994, 21(3): 46-55]
- [12] Wang Fenglin, Li Yong, Li Yongzhao, et al. Sedimentary characteristics of the Cenozoic Dayi conglomerate in Chengdu basin[J]. Journal of Chengdu University of Technology, 2003, 30(2): 139-146 [王凤林, 李勇, 李永昭, 等. 成都盆地新生代大邑砾岩的沉积特征[J]. 成都理工大学学报: 自然科学版, 2003, 30(2): 139-146]
- [13] Zhou Rongjun, Li Yong, Densmore A L. Active tectonics of the eastern margin of the Tibet plateau[J]. Mineralogy and Petrology, 2006, 26(2): 40-51 [周荣军, 李勇, Densmore A L. 青藏高原东缘活动构造[J]. 矿物岩石, 2006, 26(2): 40-51]
- [14] Densmore A L, Li Yong, Ellis M A, et al. Active tectonics and erosional unloading at eastern margin of the Tibetan plateau[J]. Journal of Mountain Science, 2005, 2(2): 146-154
- [15] Dong Shunli, Li Yong, Chen Longsheng, et al. Surface rupturing of Wenchuan Ms8.0 earthquake based on fault scratch at Bajiaomiao, Dujiangyan [J]. Quaternary Science, 2009, 29(3): 439-448 [董顺利, 李勇, 陈龙生, 等. 汶川 Ms8.0 地震的地表破裂过程——以都江堰八角庙村断层擦痕剖面为例[J]. 第四纪研究, 2009, 29(3): 439-448]

## Water System Responding to the Dextral Strike-slipping of the Longmenshan Fault Zone in the Upper Min River Basin

CHEN Hao<sup>1</sup>, LI Yong<sup>2</sup>

(1. College of Resources and environmental engineering, Mian Yang Normal University, Mianyang 621000, Sichuan, China;

2. National Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

**Abstract:** The Wenchuan Ms8.0 earthquake was the latest regional tectonic activity in the upper Min River basin. The horizontal displacement of Min River channel reached  $0.8 \pm 0.2$  m for dextral strike slip movement of Beichuan-Yingxiu fault, and the synchronous displacement of the river terrace in the southwest side of Min River channel reaches  $0.6 \pm 0.1$  m. The horizontal movement of the main and tributary of Min River were caused by the strike slipping in historical earthquakes. The dextral strike-slip rate of faults was calculated according to the horizontal slip amount and initial formation time of water system. The strike-slip rate of Wenchuan-Maoxian fault is 1-1.4 mm/a, the strike-slip rate of Beichuan-Yingxiu fault is 0.94 mm/a, the strike-slip rate of Pengxian-Guanxian fault is 0.71 mm/a. The intensity of dextral strike slipping of main faults in the Longmen Mountain were decreased from northwest to southeast.

**Key words:** the upper Min River basin; Longmenshan fault zone; Dextral strike slip; response