

安宁河断裂带晚第四纪活动的基本特征 及强震危险性分析^{*}

程建武^{1,2}, 郭桂红³, 岳志军⁴

(1. 甘肃省地震局, 兰州 730000 2 中国地震局地质研究所, 北京 100029 3 兰州大学 西部灾害与环境力学教育部重点实验室, 兰州 730000 4 四川省成都市川庆钻探国际工程公司 土库曼分公司, 成都 610051)

摘要: 通过影像解译, 结合野外地质调查, 利用第四纪地貌填图、样品采集和差分 GPS 地貌面的测量等研究手段, 对安宁河断裂带及其附近地区第四纪地貌特征与断层活动关系进行了研究, 分析了安宁河断裂带晚第四纪以来的活动特征, 探讨了该断裂上强震的危险性。结果表明, 晚第四纪以来, 安宁河断裂带有强烈左旋走滑和逆冲的双重运动特征, 由此可将其划分为南、北两段, 北段最后一次活动时间大约在公元 15 世纪, 南段最后一次活动时间为 1536 年。安宁河断裂带北段的强震危险性大于南段, 且未来地震的强度在 7.5 级左右。

关键词: 安宁河断裂带; 活动断裂; 晚第四纪; 强震

中图分类号: P315.72⁺⁵ **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0666(2010)03-0265-08

0 引言

安宁河断裂位于青藏高原东缘、横断山脉中段的东部, 是青藏块体与华南块体的边界断裂之一。自新生代以来, 以喜马拉雅山为中心的青藏高原地区发生了强烈的构造抬升, 并逐渐向四周扩展。到晚第四纪时, 这一构造抬升波及到了包括安宁河断裂在内的川滇地区, 安宁河断裂就成为晚第四纪以来活动较为强烈的川滇活动块体边界断裂带。它北接鲜水河活动断裂, 南接则木河活动断裂, 东邻大凉山断裂, 位于川滇活动块体的东边界的中部, 在活动块体边界的动力学过程中起着承上启下的作用 (图 1)。安宁河断裂总体走向近南北向, 局部段落呈北偏东或稍偏西向, 该断裂不仅表现出鲜明的左旋走滑特征, 也显示了强烈的挤压特征 (张岳桥等, 2004)。冕宁附近地区的震源机制解研究表明安宁河断裂为走滑兼有逆冲分量的活动断裂 (龙思胜, 陈银, 2003; 安欧, 1997), 现今 GPS 测量结果也证实了这一点 (张培震等, 2003; 吕江宁等, 2003)。安宁河断裂带在晚第四纪反复经历了多次断裂活动和强震活动, 特别是晚更新世以来活动较为强烈, 有许

多破坏性历史地震发生。作为边界断裂的安宁河断裂带不仅是一条活动断裂而且是一条强烈地震活动带 (王新民等, 1998; 闻学泽等, 2000; 闻学泽, 2000; 周荣军等, 2001; 徐锡伟等, 2003a; 乔慧珍等, 2006; 何宏林, 池田安隆, 2007; 冉永康等, 2008)。

2008 年四川汶川 8.0 级地震的发生, 使川西地区再次成为地震研究的热点。汶川地震发生后, 该地区强震的活动可能向北或向南迁移, 而安宁河断裂是川西一条重要的边界活动断裂, 其晚第四纪以来的活动特征和强震特征都值得关注。150 年以来安宁河断裂带上没有发生过 7 级以上地震, 尤其是北段存在明显的“缺震”和强震空段, 是值得关注的地区。

1 安宁河断裂带的空间展布和影像及分段特征

1.1 安宁河断裂带的空间展布和影像特征

安宁河断裂带位于康滇地轴的轴部, 是川滇南北构造带的主要断裂, 具有活动强度大、滑动速率高等特点, 在地貌和影像上呈明显线性断层地貌特征 (图 1a)。断层主干断裂贯穿安宁河河

* 收稿日期: 2009-06-09.

基金项目: 国家重点基础研究发展计划 (2004CB418401) 和国家自然科学基金 (40904010) 联合资助.

中国地震局兰州地震研究所科研论著号: L2010007.

谷, 断层总体呈南北走向, 倾向东或西, 倾角 $60^{\circ} \sim 80^{\circ}$, 为逆冲断层, 个别地段可见正断层。该断裂形成于晋宁期, 后经过多次构造运动, 在漫长的地质演化史中, 对其周围的沉积和岩浆活动有明显的控制作用。在航磁异常图和布格重力异常图上, 安宁河断裂都有明显的反映。该断裂向下切割了莫霍面, 是一条深大断裂 (国家地震局西南烈度队, 1979; 唐荣昌等, 1989; Tang et al 1987)。

1.2 安宁河断裂带的几何特征和分段特征

晚第四纪活动的安宁河断裂带长约 150 ~ 160 km 具有明显的分段特征 (图 1)。野外第四

纪构造形迹调查表明, 该断裂带具有明显的不连续性, 主要表现为在纵向上有分段性。断裂带大致可分为两段 (裴锡瑜, 1998): 北段从石棉县的田湾到冕宁县北, 该段为由一系列次级断层组成的左旋左阶为主的逆冲走滑断裂, 平面结构相对简单。南段从冕宁到西昌 (图 1b), 由一系列次级断层斜列、断续延伸组成 2 条近平行断裂, 靠近河谷的西侧断层水平滑动速率为 6.5 mm/a (徐锡伟等, 2003a b), 2 条分支断层之间为挤压抬升的线性台地, 东侧断裂控制了断层槽谷, 并发育为串珠状的山间小盆地, 西侧断裂的西边为安宁河谷地。

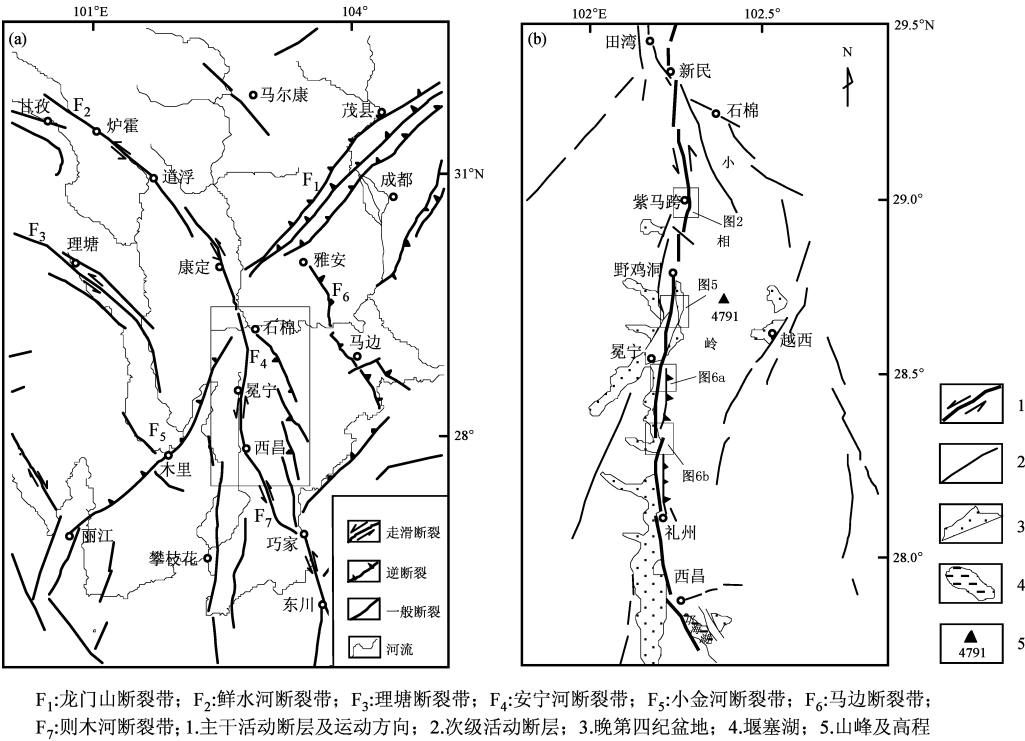


图 1 安宁河断裂带构造位置及其影像特征

(a) 安宁河断裂带附近影像及构造简图; (b) 安宁河断裂带空间展布图

Fig 1 Tectonic position and the feature of the image in the Anning River Fault Belt

(a) Image and the structure diagram in the Anning River Fault Belt (b) Distribution pattern of the Anning River Fault

2 安宁河断裂带晚第四纪活动特征

安宁河断裂带是晚第四纪以来, 在先存断裂破碎带的基础上继承和发展起来的。该断裂带以左旋走滑兼逆冲为主, 其活动特征在各段落有很大的差异性。下面对几个典型地段的断层活动特征作分析。

2.1 石棉县紫马跨村断裂活动特征

对安宁河断裂带北段研究最深入的是石棉县南紫马跨村附近的断层地貌, 前人对此做了大量工作 (闻学泽等, 2000), 取得了诸多有意义的成果。本研究通过对该区微地貌填图, 挖探槽揭露断层 (图 2a), 发现在紫马跨村北部约 1 km 处, 发育有 3 级地貌面: T3 为晚更新世冰水堆积台地, 堆积物直径差异大, 无分选性和磨圆度, 形成时

代为晚更新世，大约与安宁河 III级阶地形成时代（30~46 ka）相当（程建武，董治平，2009）；T2 台地为冲沟阶地，堆积物有分选性和磨圆度，形成时代大致与安宁河 II级阶地相同（16~26 ka）；T1为全新世冲洪积扇，发育有次级冲沟阶地，断层通过时，同时切割了 3 级台地面，形成了断塞塘、断层陡坎和槽谷地貌，断层的形迹较为清楚，形成时代与安宁河 I级阶地的形成时代（4.1~10.3 ka）相当（图 2）。闻学泽等（2000）用流动

GPS测量了 T3 级台面上陡坎（29°00′30.3″N 102°16′50.8″E）剖面（图 4），结果表明，该断层陡坎为复合陡坎，是晚更新世以来断层多期次活动的综合结果。陡坎总高度为 8.2 m 其中 h_1 为新生陡坎， $h_1=2.4\text{ m}$ h_2 为老陡坎，新陡坎的高度与附近的 T1 阶地面上的陡坎高度 $h=2.3\text{ m}$ 相近，由此可以推断出台面上的新陡坎 h_1 是全新世以来的断层活动形成的，并在 T1 台面亦有相同的记录。

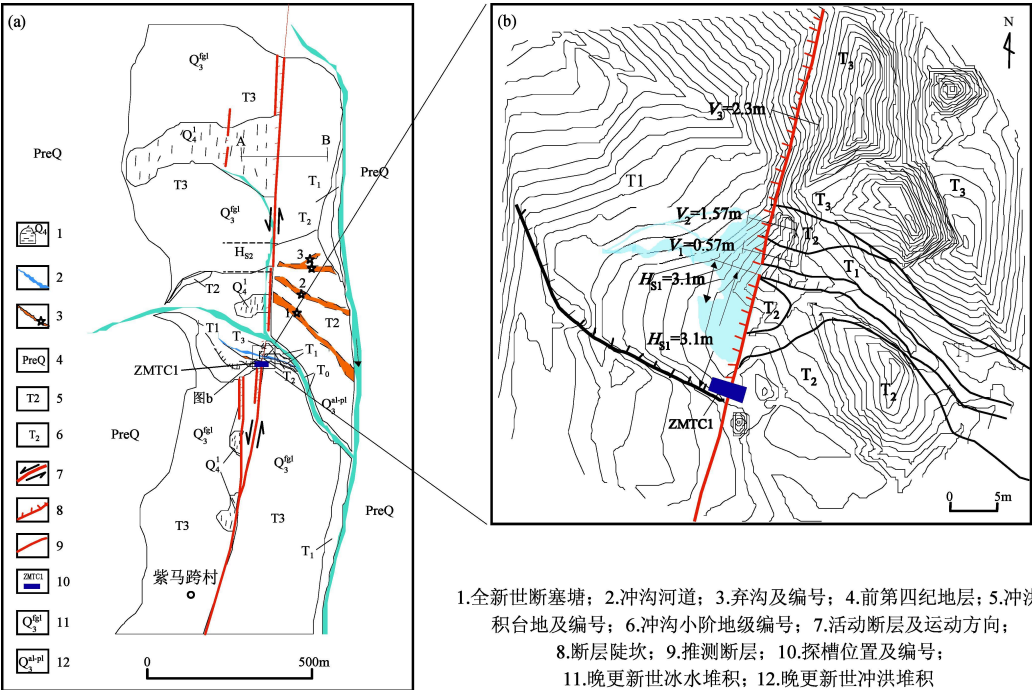


图 2 冕宁县紫马跨村附近构造地貌简图

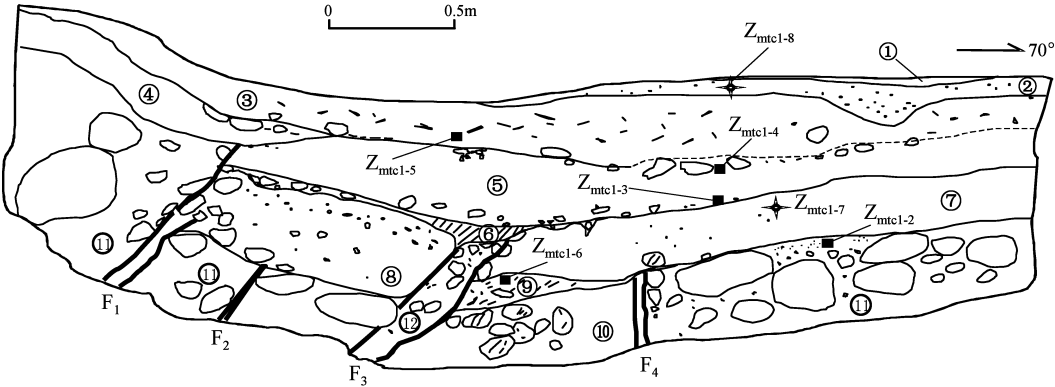
(a) 该区构造地貌图; (b) 冲沟微地貌单元 (图中等高线间距为 0.2 m)

Fig 2 Tectonic landform in the Zimakua Village Mianning County

(a) Structure geomorphological map in this area (b) Microgeomorph unit of the ditch (the spacing of the Contour line is 0.2m)

在 T2 台地面上发育有 3 条近东西向的小冲沟弃沟（图 2a 中的“1”、“2”、“3”），这 3 条小弃沟可能是在断层左旋活动时位错小水系留下的证据。图 2a 中 T2 台面被断层水平位错（ $36\pm5\text{ m}$ ）（图 2a 中 H_{S2} ）。在 T1 洪积扇面上发育的小冲沟正好垂直流过断层（图 2b），因此断层的多期次活动记录被冲沟形成的阶地保存下来。冲沟的 3 级阶地反映了断层的 3 次抬升活动。断层东盘相对西盘抬升，在东盘抬升的冲沟形成阶地（图 2b），在西盘发育有断塞塘。我们在野外利用流动 GPS 测

量了该小区的微地貌，等高线间距 0.2 m，T₃ 阶地高度 $V_3=2.3\text{ m}$ ，T₂ 阶地高度 $V_2=1.57\text{ m}$ ，T₁ 阶地高度 $V_1=0.75\text{ m}$ 。从地貌分析，水平位错主要标志是 T1 面阶地坎 H_S 被错断 10.5 m（图 2b），其中最年轻的一次水平位错 $H_{S1}=3.1\text{ m}$ 。根据探槽记录，阶地坎位错 10.5 m 的位移量有 3 次事件，以最年轻的一次事件的水平位错 $H_{S1}=3.1\text{ m}$ 为佐证，可以推测 10.5 m 的位错量可能是这三次事件的总位移量，并且每次事件的位移量在 3.5 m 左右。水位水平位移量与垂直位移量之比大约为 4:1。



①白、黄色粗砂细砾，厚仅2~3cm；②棕黑色黏泥，植物根系和树枝较多，含少量砾石；③棕黄色砂土，散布小砾、木屑；④较均一的棕黄、微发黑的砂土；⑤灰黑色砂土，夹少量树根；⑥相对杂乱的灰黑色土；⑦铁灰色含黏土，含1~2cm的次圆状小砾；⑧铁灰色含黏土，砾石含量比⑦层多些；⑨棕黑色草炭，见半炭化的植物细茎和叶片；⑩灰白砂团块与草炭、棕黑泥混堆层；⑪灰绿色含黏土中细砂充填的大砾、巨砾层；⑫断层泥及挤压透镜体

图 3 紫马跨村跨断层探槽揭露断层剖面
Fig 3 Fault profile of trench in Zimakua Village

为了更好地理解断层活动期次与地貌的关系，冉勇康等（2008）在冲沟侧面开挖了探槽 Z_{mtc1}（29°00′29.0″N 102°16′52.0″E）（图 2b 图 3），取碳测年样品，测年结果分别为：Z_{mtc1-1}距今 1 349~1 634（1 492±142）a Z_{mtc1-2}距今 1 811~1 921（1 870±60）a Z_{mtc1-6}距今 1 053~1 172（1 113±63）a和 Z_{mtc1-7}（5.3±0.4）ka（由于该值明显比其它 3 个¹⁴C样品的测年值偏老，不确定性较大）。图 3 中的断层 F₁、F₃和 F₄分别错断了不同的地层单元，形成明显的 3 次活动事件，该探槽揭露出 3 次古地震事件，第一次事件距今：1 634~1 811（1 680±190）a 第二次事件距今 556~1 053 a 最后一次事件距今 508~556（532±24）a（冉勇康等，2008）。由于古地震的 3 次事件和冲沟小阶地 3 级垂直位错和水平位错事件有很好的对应关系，因此可以推断构造微地貌的形成是断层活动响应的具体表现。

综上所述，可以得出紫马跨村附近断层活动的定量数据（根据野外流动 GPS 测量结果，精度在 0.2m 左右）。自距今 30~46 ka 以来，T3 级台面断层陡坎高度为 8.2 m 因此断层垂直滑动平均速率为 0.27~0.18 mm/a 距今 16~26 ka 以来，T2 台地面水平位错量为 40 m 因此水平滑动平均速率为 1.54~2.50 mm/a 距今 4.1~10.3 ka 以来，T1 级台面断层陡坎高度是 2.4 m 因此断层垂直滑动平均速率为：0.59~0.23 mm/a 阶地坎被断层水平错断 10.5 m 如果 T1 阶地面形成后就被累积断层错断位移量，则断层的最小水平滑动速率为 1.02~2.56 mm/a 如按照探槽揭露的 3 次

事件的位移量来计算，即 1.7 ka 以来位移量为 10.5 m 则最大水平滑动速率为 6.17 mm/a 这里给出的定量活动数据的上下限值更能准确地显示目前的研究水平。

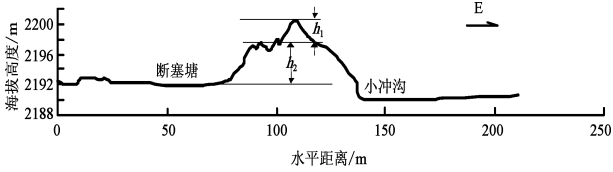


图 4 紫马跨村 3 级地貌面断层陡坎测量剖面
Fig 4 Measurement of the fault scarp at the third class landform surface in Zimakua Village

2.2 安宁河断裂北段冕宁县以北大海子村附近断裂活动特征

在冕宁县城厢镇大海子村附近（28°36′22.2″N 102°13′0.2″E），安宁河断裂的活动形成的串珠状的湖（当地人叫海子）、断层槽谷和断层挤压形成的透镜状隆起、洪积扇被断层位错等地貌显示了安宁河断裂的存在（图 5）。我们在野外对断裂附近填了断裂活动地貌图（图 5b），从图中可以看出，断层切割了晚更新世地层，形成了断塞塘，在晚更新世洪积层的基础上发育的串珠状海子，同时由于构造挤压，在断层附近形成了透镜状的隆起，最新断层活动错断了全新世以来形成的小冲锥体，并形成了断层槽谷地貌等。

冉勇康等（2008）在大海子开挖了组合探槽 DHZTC（图 5b），揭示出断层最后一次活动是

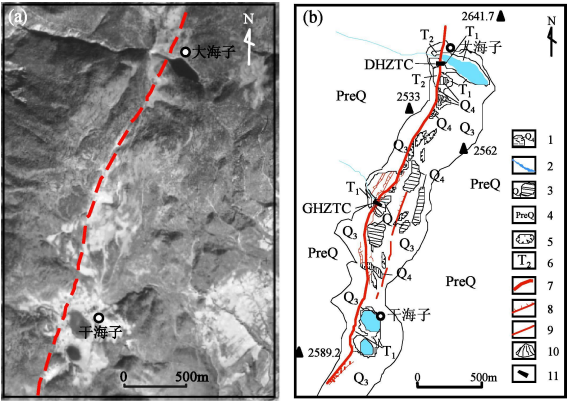


图 5 冕宁北大海子村安宁河断裂影像 (a) 及其断层微地貌分布图 (b)

Fig 5 Image (a) and the micro-relief (b) of Anning River Fault in the Dashaizi Village Mianning County

1536年西昌北—冕宁的 7.5 级强震，这也说明南段地震破裂可能到达该地区。

2.3 安宁河断裂带南段冕宁县南高窑村断层活动特征

在安宁河断裂带南段冕宁县南高窑村附近，断层形迹清楚，主要表现为断层陡坎、断塞塘等断层微地貌（图 6a）。冉勇康等（2008）在断层陡坎附近开挖了探槽（ $28^{\circ}30'32.5''N$ $102^{\circ}11'51.7''E$ ）、剖面中显示断层已经错断了地表，仅上覆表土层未错断，这揭示断层最后一次活动为 1850 年西昌 7.5 级以上的地震。图 6a-1 给出了冕宁帽合山一带安宁河断裂典型的地貌特征，主要为断层槽谷、断塞塘等地貌，图中 F 示意断层位置，图 6a-2 为冕宁帽合山附近安宁河断裂带的断层综合剖面，断层东盘为西格达组湖湘地层，西盘为花岗岩，二者接触带为断层通过位置，断层产状近直立，但该观测点未取得较为理想的定量数据。

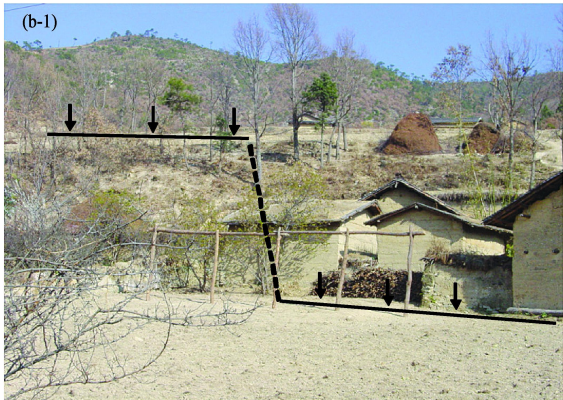
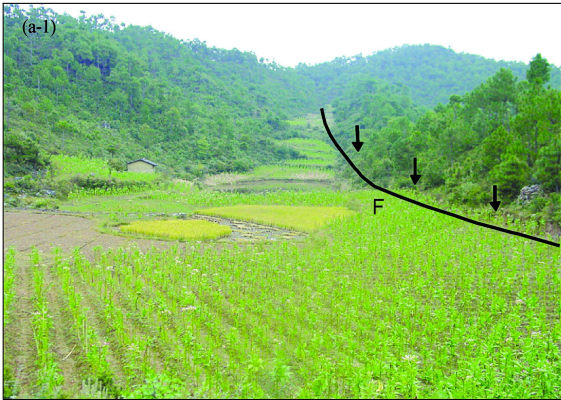


图 6 安宁河断裂带南段活动断层位错地貌 (a) 和陡坎测量结果 (b)

(a-1) 冕宁南帽合山附近地貌; (a-2) 冕宁帽合山附近安宁河断裂带综合剖面图; (b-1) 泸沽镇沙尔村断层地貌; (b-2) 冕宁泸沽镇沙尔村断层陡坎测量剖面

Fig 6 Dislocation relief (a) and the measurement of the fault scarp (b) in south segment of Anning River Fault Belt

(a-1) Landform in the Mahe Mountain of Mianning (a-2) Composite section of Anning River Fault Belt in the Mahe Mountain of Mianning (b-1) Fault landform in Lugu Town (b-2) Section of the fault scarp in Lugu Town of Mianning

2.4 安宁河断裂带南段冕宁县泸沽镇沙尔村断层活动特征

在泸沽镇南的沙尔村发育有全新世洪积扇($28^{\circ}15'29.6''N$ $102^{\circ}11'42.8''E$)。断层通过该洪积扇时,洪积扇面被错断形成了断层陡坎(图 6b-1),我们在野外利用皮尺和罗盘对该陡坎进行了测量,陡坎剖面图(图 6b-2)显示,断层陡坎高度 $h=7.5\text{ m}$ 现有研究结果表明全新世洪积扇形成时代在 $4.1\sim10.3\text{ ka}$ 由此推断出全新世以来断裂带的垂直滑动平均速率为 $1.8\sim0.73\text{ mm/a}$ 该点附近的水系已被断层左旋错断,由于被错地貌面的时代难以确定,很难得到断层水平滑动速率(王新民等, 1998)。在泸沽镇附近,裴锡瑜等(1998)根据断层水平错距和地貌面年龄得出南段水平滑动速率为 5.4 mm/a

3 安宁河断裂带强震活动特征

3.1 安宁河断裂带历史强震活动的特点

在安宁河断裂带附近的西昌地区历史记载过 1536年和 1850年 2次 7.5级地震(图 7中虚线框所示),以后 150多年来,除 1952年在冕宁以南发生过一次 6.5级地震外,没有更大的地震发生。可以看出安宁河断裂带北段处于明显的“缺震”状

态(图 7中阴影部分),成为强震活动的空段(闻学泽等, 2008)。

3.2 安宁河断裂带强震危险性讨论

安宁河断裂带是川滇块体的东边界,位于龙门山断裂的南部。强震一般都发生在边界断裂上,因此安宁河断裂带的强震危险性值得讨论。

第一,从地震地质角度来讲,安宁河断裂带北段已经进入了强震复发周期(冉勇康等, 2008)。已有的古地震研究表明(冉勇康等, 2008 闻学泽等, 2000),在紫马跨村附近断层最后一次活动时间约为公元 15世纪(1480年),根据古地震活动的准周期估计,目前已达强震活动的准周期(冉勇康等, 2008),且地震强度在 7级以上。同时,安宁河断裂南段 2次 7.5级以上地震的发生(闻学泽等, 2007),对南段具有贯通作用,使该段应力累积速度相对缓慢,因此发生大震的危险性较低;而北段处于所谓的“闭锁”状态,因此北段的地震危险性大于南段。

第二,从地震活动性来分析,在安宁河断裂带上曾今发生过的历史强震有公元 624年 8月 18日西昌 6.0级地震,公元 814年 4月 6日西昌一带 7级地震,公元 1536年 3月 29日西昌以北 7.5级地震,1850年 9月 12日西昌 7.5级地震,1913年 8月冕宁 6.0级地震,1923年 8月冕宁大桥 5.5级地震,1952年 9月 30日冕宁—石龙 6.7级地震等强震。这些强震主要集中在断裂的南段,北段为地震空段,仅发生了 1923年冕宁北 5.5级地震(韩渭宾, 蒋国芳, 2005),目前处于一种所谓的“缺震”状态,在这种情况下,北段有可能首先发生中强地震,强度应在 7级以上。

第三,2008年汶川 8.0级地震发生在龙门山断裂带上,这必将对龙门山断裂带的南段至安宁河断裂带的北段产生一定的影响。应力场的变化将会影响安宁河断裂的地震活动。

四川汶川 8.0级地震发生在龙门山断裂带上,属于以逆冲型为主兼走滑性质的地震。依据逆冲型断裂的活动性质,其应力场调整的时间比走滑断裂的更长些(图 8)。从构造应力场的角度来分析,2001年昆仑山口西 8.1级地震后,该地区的应变能将会向东和东南方向转移,主要表现为在东昆仑断裂带和鲜水河断裂带上迁移,这有可能加剧这两条断裂上的地震危险性。汶川 8.0级地震后由东昆仑断裂带、鲜水河断裂带及龙山断裂带

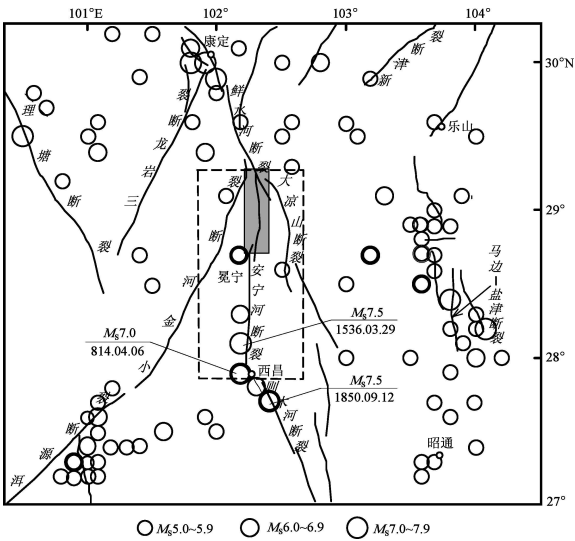


图 7 安宁河断裂带及其附近历史强震分布图(图中线条为活动断裂,为了图面的清晰,图中只标出了与本文相关的 3次 7级以上地震发震时间及大小)

Fig 7 Distribution of the historical earthquakes near the Anning River Fault Belt

为边界构成的马尔康块体相对西川盆地向东和东南方向移动（张培震等，2008；李建彪等，2006）。由于东昆仑断裂带为左旋走滑断裂，其南盘运动方向刚好与马尔康块体的运动方向一致，因此该断裂两盘的相互作用加强，汶川地震的发生对该断裂有加载作用。鲜水河断裂带也为左旋走滑断裂，其东北盘的移动方向刚好与马尔康块体的运动方向相反，因此马尔康块体向东和东南方向的运动弱化了鲜水河断裂带两盘的相对运动，汶川地震对该断裂为卸载作用。从目前已发生的地震来看，这种判断基本正确，今后应密切注意东昆仑—库玛断裂带发生 6~7 级地震的可能性。汶川地震的发生还加剧了川滇块体向东南的运动，从而导致南北向安宁河断裂带呈加载趋势，因而该断裂未来的地震危险性较高。

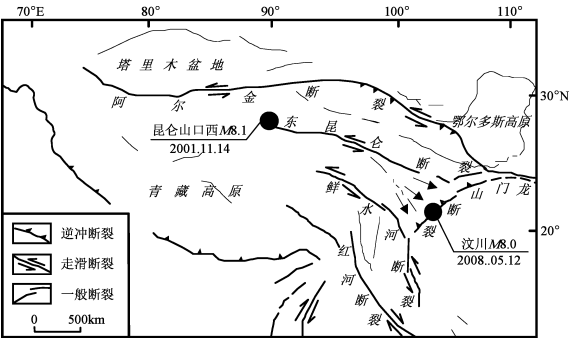


图 8 汶川 8.0 级地震发震动力学过程及构造背景简图（程建武，董治平，2009）
Fig 8 Dynamic process and tectonic background of the Ms8.0 Wenchuan earthquake (Cheng Dong 2009)

综上所述，安宁河断裂的强震危险性不容忽视，中国大陆已发生的几次大震具有“填充性”特点，安宁河断裂带北段的“缺震”状态增加了大震“填充”的危险性。

4 结论

4.1 安宁河断裂带晚第四纪活动的基本特征

安宁河断裂带是川滇菱形活动块体东部边界断裂的一部分。当川滇活动块体由北北西向南南东滑动时，活动块体在南南东方向的主应力作用在南北向的安宁河断裂上，分解成一个与断裂平行的南北向水平滑动分力和一个垂直于南北向断裂面的压力，从而使安宁河断裂既具有走滑特性，

也具有挤压特征。
根据安宁河断裂带的活动特征，一般将其划分为南、北两段，石棉—冕宁段由较单一断层组成，晚第四纪以来断层活动表现为挤压和走滑的双重特征。垂直滑动速率与水平滑动速率比为 4:1，距今 30~46 ka 以来断层垂直滑动平均速率为 0.27~0.18 mm/a，距今 16~26 ka 以来水平滑动平均速率为 1.54~2.50 mm/a，距今 4.1~10.3 ka 以来断层垂直滑动平均速率为 0.59~0.23 mm/a，最小水平滑动速率为 1.02~2.56 mm/a，1.7 ka 以来最大水平滑动速率可能为 6.17 mm/a。冕宁—西昌段由 1~2 条断层组成，全新世以来该段垂直滑动平均速率为 1.8~0.73 mm/a，水平滑动速率为 5.4 mm/a。而冕宁东北的大海子—干海子一带为南、北两段的过渡段，该处断裂有东、西 2 支分支断层。其中大海子—干海子一带为断裂带的东支断层，该断层的最后一次活动与 1536 年西昌 7.5 级地震有关，古地震揭示西昌强震的破裂带有可能到达该段。

4.2 安宁河断裂带的强震危险性

地震地质研究表明安宁河断裂带历史上有多次强震发生，该断裂带是一条强地震活动带，断裂北段的“缺震”状态和古地震研究结果表明，北段目前已进入了强震活动的复发间隔期（冉勇康等，2008；闻学泽等，2000），并且 2008 年汶川 8 级地震对该区应力场也有影响。随着时间的推移，断裂带的强震危险性在增加，且北段的强震危险性大于南段，未来地震的强度在 7.5 级左右。

感谢中国地震局地质研究所冉勇康研究员、张培震研究员、徐锡伟研究员和四川省地震局闻学泽研究员对本研究野外工作的指导。感谢陈立春博士参与了部分野外工作。感谢四川省地震局和西昌地震监测中心对本研究工作的大力支持。

参考文献：

安欧. 1997 国西南部强震带大震复发机制 [J]. 地震研究, 20(4): 378—385.
程建武. 2010 根据孢粉记录和阶地结构分析川西安宁河 I—III 阶地成因 [J]. 中国科学 (D 辑): 地球科学, 40(10): 1—10.
程建武, 董治平. 2009 四川汶川 8.0 级地震前后中国大陆地西部震活动特征及震后趋势分析 [J]. 华南地震, (4): 54—62.
斐锡瑜. 1998 晚第四纪安宁活动断裂分段的基本特征 [J]. 四川地震, (4): 52—61.
国家地震局西南烈度队. 1979 川滇强震区地震地质调查汇编 [M].

北京:地震出版社.

韩渭宾, 蒋国芳. 2005. 大凉山断裂带与安宁河—则木河断裂带的地震活动性分析 [J]. 地震研究, 28(3): 207—212.

何宏林, 池田安隆. 2007. 安宁河断裂带晚第四纪运动特征及模式的讨论 [J]. 地震学报, 29(5): 537—550.

李建彪, 甘卫军, 冉勇康, 等. 2006. 青藏高原东部构造块体的运动学记变形特征分析 [J]. 西北地震学报, 28(2): 97—103.

龙思胜, 陈银. 2003. 安宁河—则木河断裂带近期 7 次地震的震源机制解 [J]. 四川地震, (2): 21—25.

吕江宁, 沈正康, 王敏. 2003. 川滇地区现代地壳运动速度场和活动块体模型研究 [J]. 地震地质, 25(4): 543—554.

乔慧珍, 程万正, 陈学忠. 2006. 安宁河—则木河断裂带地震视应力研究 [J]. 地震研究, 29(2): 126—130.

冉勇康, 陈立春, 程建武, 等. 2008. 安宁河断裂冕宁以北晚第四纪地表变形与强震破裂行为 [J]. 中国科学 (D 辑): 地球科学, 38(5): 543—554.

唐荣昌, 黄祖智, 文德华, 等. 1989. 试论安宁河断裂带新活动的分段性和地震活动 [J]. 地震研究, 12(4): 337—347.

王新民, 张成贵, 裴锡瑜. 1998. 安宁河断裂的新活动性 [J]. 四川地震, (4): 13—33.

闻学泽. 2000. 四川西部鲜水河—安宁河—则木河断裂带的地震破裂分段特征 [J]. 地震地质, 22(3): 239—249.

闻学泽, 杜平山, 龙德雄. 2000. 安宁河断裂带小相岭段古地震的新

证据及最晚事件的年代 [J]. 地震地质, 22(1): 1—8.

闻学泽, 马胜利, 雷兴林, 等. 2007. 安宁河—则木河断裂带过渡段及其附近新发现的历史大地震破裂遗迹 [J]. 地震地质, 29(4): 826—832.

闻学泽, 范军, 易桂喜, 等. 2008. 川西安宁河断裂带上的地震空区 [J]. 中国科学 (D 辑): 地球科学, 38(7): 797—807.

徐锡伟, 程国良, 于贵华, 等. 2003a. 川滇菱形块体顺时针转动的构造学与古地磁学证据 [J]. 地震地质, 25(1): 61—71.

徐锡伟, 闻学泽, 郑荣章, 等. 2003b. 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 (D 辑): 地球科学, 33(增刊): 151—162.

张培震, 王敏, 甘卫军, 等. 2003. GPS 观测的活动断裂滑动速率及其对现今大陆动力作用的制约 [J]. 地学前缘, 10(增刊): 81—92.

张培震, 徐锡伟, 闻学泽, 等. 2008. 2008 年汶川 8.0 级地震发震断裂的滑动速率、复发周期和构造成因 [J]. 地球物理学报, 51(4): 1066—1073.

张岳桥, 杨农, 孟晖, 等. 2004. 四川攀西地区晚新生代构造变形历史与升降过程初步研究 [J]. 中国地质, 31(1): 23—33.

周荣军, 何玉林, 杨涛. 2001. 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, 17(3): 253—262.

Tang R C Wen D H Zhang S L et al 1987. Movement and earthquake occurrences along the Anning River fault [J]. Journal of Seismological Research 10(3): 363—378.

Basic Characteristics and Earthquake Risk Analysis of the Anning River Fault Zone in the West of Sichuan Province

CHENG Jian-wu^{1,2}, GUO Guihong³, YUE Zhi-jun

- (1. Earthquake Administration of Gansu Province Lanzhou 730000 Gansu China)
- (2. Institute of Geology China Earthquake Administration Beijing 100029 China)
- (3. Key Laboratory of Mechanics of Western Disaster and Environment of Lanzhou University Lanzhou 730000 Gansu China)
- (4. Chuanqing OFS International Engineering Company Chengdu 610051 Sichuan China)

Abstract

On the basis of the image interpretation, geological investigation of the field by Quaternary mapping, sample collecting and difference GPS measuring of the surface etc., We study the relationship between quaternary geomorphologic features in the Anninghe River Fault Zone and the adjacent region and the activity of Anninghe Fault Zone. And we analyze the activity characteristics of the Anninghe River Fault Zone since Late Quaternary, and discuss the risk of strong earthquakes in the Anninghe River Fault Zone. The results show that the Anninghe River Fault Zone featured a strong left-lateral strike slip and thrust since the Late Quaternary. The Anninghe River Fault Zone can be divided into two parts: in the north segment, the last earthquake event may occurred around the 15th century AD; in the south segment, the last event may occurred in 1536 in Xichang City of Sichuan Province. The strong earthquake risk in the north segment of the Anninghe River Fault Zone is higher than the one in the south segment and the future strong earthquake's magnitude will be 7.5 or so.

Key words: Anninghe River Fault Zone; active fault; Late Quaternary; strong earthquake



张宇翔 陕西省地震局高级工程师。1986年毕业于陕西工学院电子系无线电专业,获学士学位。陕西省地震学会学术委员会委员,陕西省地震学会地震监测技术委员会主任。主要从事地震监测技术、地震灾害研究等工作。



曹玲玲 甘肃省地震局副研究员。1996年毕业于南京大学地球科学系,获学士学位;2001年毕业于中国地震局兰州地震研究所,获硕士学位。主要从事地下流体地震预报研究工作。



方宏芳 福建省漳州市地震局工程师。1990年毕业于中国地质大学水文地质工程地质专业,获工学学士学位;2009年12月毕业于云南大学固体地球物理专业,获理学硕士学位。主要从事地下流体、体应变监测及地震预测研究工作。



程建武 甘肃省地震局高级工程师。1996年毕业于西安地质学院矿产勘查专业,获理学学士学位;2001年毕业于中国地震局兰州地震研究所地球物理专业,获理学硕士学位;2010年毕业于中国地震局地质研究所,获博士学位。主要从事活动构造与地震危险性评价工作。



李罡风 安徽省地震局工程师。1996年毕业于安徽大学数学系应用数学专业,获理学学士学位。主要从事地震前兆观测数据分析处理和地理信息系统开发等工作。



徐春迪 宝鸡文理学院地理科学与环境工程系副教授。1997年毕业于西北大学城市与资源学系,获理学学士学位;2007年毕业于华东师范大学资源与环境学院地理信息系统与地图学专业,获理学硕士学位。主要从事3S技术应用及资源与灾害方面的教学和研究工作。



韩晓明 内蒙古自治区地震局工程师。2004年毕业于河南理工大学测绘与国土信息工程学院大地测量专业,获工学学士学位;2007年毕业于中国地震局兰州地震研究所固体地球物理专业,获理学硕士学位。主要从事地震活动性以及测震学方面的研究工作。



史杰 中国地震局兰州地震研究所在读硕士研究生。2003年毕业于新疆大学资源勘查系资源勘查工程专业,获工学学士学位。主要从事活动构造研究工作。

注:张昱、李永莉、莘海亮、曾宪伟、谢晓峰、刘丽芳、胡毅力、曹彦波、倪泰山的简介已分别刊登在本刊:

Vol 31, No 3 Vol 29, No 3 Vol 31, No 2 Vol 31, No 2 Vol 33, No 1; Vol 28, No 4 Vol 29, No 2 Vol 30, No 3 Vol 32, No 1.

©1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>