

文章编号: 0253-3782(2002)04-0441-04

研究简报

兰州庄浪河断裂带的新构造变形与地震活动*

袁道阳¹⁾ 刘百麓¹⁾ 张培震²⁾
刘小凤¹⁾ 才树华¹⁾ 刘小龙¹⁾

1) 中国兰州 730000 中国地震局兰州地震研究所

2) 中国北京 100029 中国地震局地质研究所

关键词 庄浪河断裂带 新构造变形 断裂扩展褶皱 地震活动

中图分类号: P315.2

文献标识码: A

庄浪河断裂带位于兰州市西固区河口以北的庄浪河谷地西侧,由几条小断裂雁列而成,但地表出露并不清楚.前人曾对该断裂开展过一些零星的研究工作,初步认为该断裂的永登—河口段为晚更新世甚至全新世活动段,并认为公元1440年永登 $6\frac{1}{4}$ 级地震和苦水 $5\frac{1}{2}$ 级地震可能就发生在该断裂上,甚至1125年兰州7级地震的发生也跟该断裂有关(国家地震局兰州地震研究所,甘肃省计划委员会,1993;何秀琴等,1997).1995年7月22日庄浪河西侧又发生了永登5.8级地震(邢成起等,1996;周俊喜,1997).长期以来,由于所获得的该断裂新活动的证据不充分,导致了认识上的不统一,因而对几次强震的发震构造背景、机制等一直没有明确的结论,这在很大程度上影响了人们对本区新构造变形和强震发生机制的准确认识和理解.我们通过详细地追踪考察,并结合强震活动特征进行综合分析,对该断裂的新构造变形特征与强震的发震构造和机制提出了新的更明确的认识.

1 庄浪河断裂带的新构造变形特征

庄浪河断裂带大致沿庄浪河西侧分布.断裂南起河口,往北经苦水、龙泉、大同至永登以北,总体呈北西 15° 方向展布,长逾100 km(图1).庄浪河断裂带由几条次级断裂雁列而成,构成两条弧形逆断裂—褶皱带.为了研究该地区断裂的最新构造变形特征和机制,我们在认真分析本区新生代构造演化特征的基础上,进行了较详细的航卫片解译和野外考察,并选择穿越不同方向路线地质剖面的方法,获得了该断裂晚新生代构造变形与地震活动的新资料.

1.1 庄浪河断裂带晚新生代构造变形特征

庄浪河地区发育了一套白垩系河湖相紫红色厚层状砂泥岩互层,第三纪早期强烈的构造活动使其发生了明显的褶皱变形,形成一个以挤压逆冲—褶皱为主的弧形构造带,并在背斜脊部白垩系内形成了众多不同方向的张性正断层.这次构造活动不但形成了一个明显的不整合面,而且还使下第三系缺失.后期沉积了一套上第三系桔红色砂泥岩和第四纪地层.第四纪早期以来的多期构造活动,不但使中新统桔红色泥岩(N₁)发生了明显的褶皱变形,而且也使下更新统冲洪积砾岩和中更新统冲积石质黄土卷入褶皱构造之中,同时在地表断续出露了一些逆冲断裂,如庄浪河断裂及其分支——疙瘩沟断裂等(图1).它们共同构成了一个逆断裂—褶皱带,属断裂扩展褶皱.

所谓断裂扩展褶皱,是指形成和生长发育于扩展的逆冲断裂顶端的一种褶皱,在逆断裂向上向前扩展的同时,褶皱在断裂的顶端生长发育,扩展逆断裂上的位移沿断裂扩展方向逐渐减小,其损失的位移被断裂顶端的褶皱吸收(Suppe, Medwedeff, 1990).一个背斜要想称为断裂扩展褶皱,须满足以下两个基本条

* 国家重点基础研究发展规划项目(G1998040701-04)和甘肃省“九五”攻关项目(GK973-2-110A)资助.中国地震局兰州地震研究所论著号:LC2001059.

2001-08-07收到初稿,2001-12-11收到修改稿,2002-02-01决定采用.

件：①必须是形成和发育于扩展的逆冲断裂的上盘，在逆断裂向上扩展的同时，背斜在断裂的顶端生长发育；② 向上扩展的逆断裂的位移沿断裂扩展的方向逐渐减小，即断层下部的位移大于上部，损失的位移被断裂顶端的褶皱吸收，断裂变形转化为褶皱变形(杨晓平，邓起东，1998；邓起东等，2000)．根据庄浪河西侧弧形逆断裂-褶皱构造在平面和剖面上的构造几何特征可以初步断定，它应是一个断裂扩展褶皱．这一点在穿过该挤压褶皱区的庄浪河阶地纵剖面上反映也非常明显．

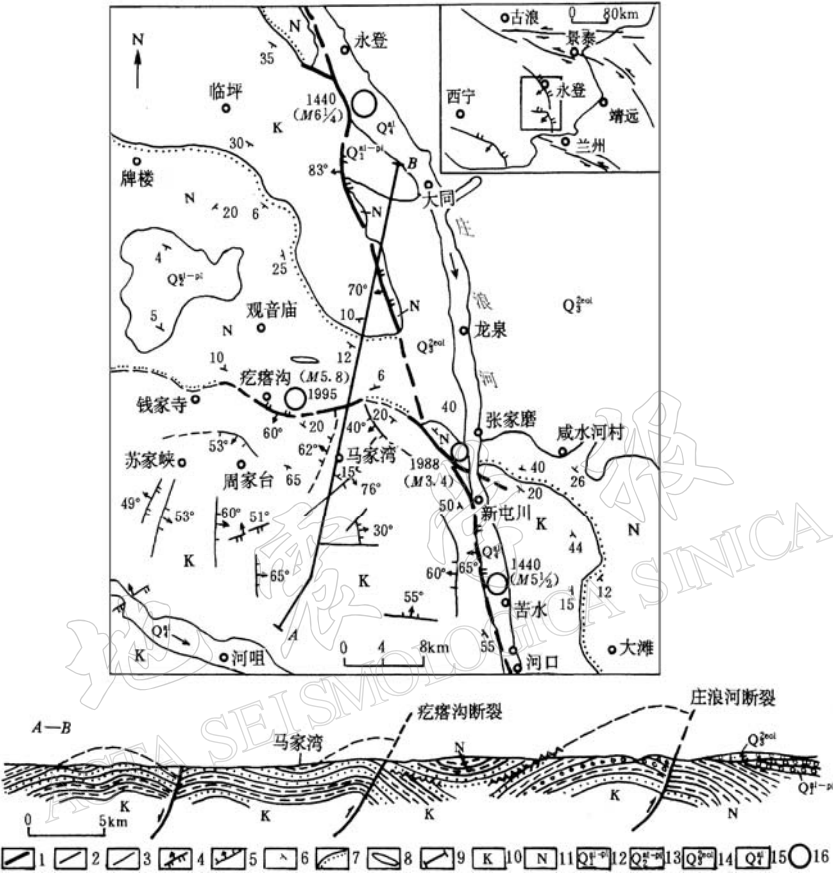


图 1 庄浪河地区地质构造简图

1. Q_4 断裂；2. Q_3 断裂；3. Q_1-2 断裂；4. 正断裂；5. 逆断裂；6. 岩层产状；7. 不整合界线；
8. 向斜轴；9. 剖面位置；10. 白垩系砂泥岩；11. 上第三系砂泥岩；12. 下更新统冲洪积砾岩；
13. 中更新统冲积石质黄土；14. 上更新统风成黄土；15. 全新统冲积物；16. 地震震中

1.2 庄浪河阶地的构造变形特征

庄浪河是本区斜穿该逆断裂-褶皱带的一条自北向南流的河流，其东西两岸发育了连续性较好的Ⅰ～Ⅲ级阶地．图 2 是沿庄浪河东岸实测的Ⅰ～Ⅲ级阶地纵剖面图．其中，张家磨以北为沉降区，属堆积阶地；张家磨以南为隆起区，属基座阶地．从阶地纵剖面图可以看出，张家磨以南阶地明显隆起，发生了同步褶皱变形，表现为阶地背斜核部比较平坦，南翼缓倾，北翼陡倾．其几何形态与断裂扩展褶皱模型的图象十分类似．其中Ⅲ级阶地地面抬升幅度为 25 m 左右，Ⅱ级阶地地面抬升幅度为 18 m 左右，而Ⅰ级阶地抬升幅度较小，仅几米．显示该逆断裂-褶皱带自晚新生代形成以来到晚更新世甚至全新世仍在活动．可见，庄浪河断裂带晚第四纪以来仍是以断裂扩展机制变形的，本区发生的多次中强地震可能也与此有关．

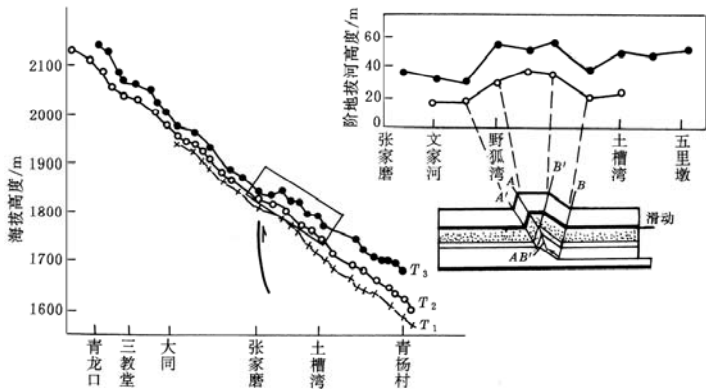


图 2 庄浪河阶地实测纵剖面图

2 庄浪河断裂带的地震活动

2.1 强震的发震构造与发震机制

沿庄浪河断裂带曾发生多次中强地震，主要有：1440 年 10 月 26 日永登 6¼ 级地震、1440 年 12 月 16 日永登苦水 5½ 级地震、1988 年 10 月 13 日龙泉 3.4 级地震和 1995 年 7 月 22 日永登七山 5.8 级地震等。其中，1440 年 10 月 26 日永登 6¼ 级地震和 1440 年 12 月 16 日永登苦水 5½ 级地震大致发生在庄浪河谷地。据史料记载，地震造成了一定的房屋倒塌和滑坡等震害，但具体震中位置并不确切。由于年代久远，已无法详细考证其发震构造和发震机制。而只有 1995 年永登 5.8 级地震，可以为本区的新构造变形机制和断裂最新活动方式提供可靠的证据。

对 1995 年永登 5.8 级地震的发震构造和发震机制在认识上存在较大分歧，而且震源机制解(表 1)结果也与本区的 NE-NEE 向的区域构造应力场方向明显不一致(邢成起等, 1996)。周俊喜(1997)认为，1995 年永登 5.8 级地震的发震构造可能为庄浪河西侧的疙瘩沟断裂；而共同参加现场考察的邢成起等(1996)则认为，本次地震的发震构造应为本区深部近东西向的周家台隐伏断裂。出现分歧的原因是地表所见的疙瘩沟断裂规模较小(仅 12 km)，而且仅是晚更新世有过活动；而周家台隐伏断裂又缺乏详细的深部资料，其新活动性更不清楚。致使这次地震的发震构造难以达成共识。

我们认为，本次地震的发生应直接与本区的弧形逆断裂-褶皱带的新活动有关，属断裂扩展褶皱作用造成的地震。地震震中正好位于庄浪河西侧弧形逆断裂-褶皱带的北西翼。其震源机制解 *P* 轴方向为 345°，正好垂直于弧形褶皱带北西翼的轴向。而且本次地震的等震线也表现为南侧(上盘)衰减慢，向北(下盘)却衰减快，属断裂扩展褶皱作用的形态。疙瘩沟断裂可能仅是该逆断裂-褶皱带的北西翼断坡部位在地表的露头，而邢成起等(1996)提到的深部的周家台隐伏断裂，可能正好对应该逆断裂-褶皱带下部的滑脱带。这一特殊现象可能正是造成认识上出现分歧的真正原因。

同样可以推断，本区发生的 1440 年永登 6¼ 级地震和 5½ 级地震，可能也属此种类型的地震。其中，1440 年 5½ 级地震可能就发生在该逆断裂-褶皱带的南东翼，而 1440 年 6¼ 级地震则可能发生在北侧另一弧形构造带的弧顶部位(图 1)。

表 1 1995 年 7 月 22 日永登 5.8 级地震震源机制解(邢成起等, 1996)

	节面 I	节面 II	<i>P</i> 轴	<i>T</i> 轴	<i>B</i> 轴
走向	23°	111°	345°	238°	109°
倾向	NW	SW			
倾角	46°	87°			
仰角			27°	32°	56°

2.2 弱震活动及震源深度特征

地震活动是反映现代地壳运动的最直接证据, 中强震和弱震的空间分布基本与区域深大活动断裂相一致. 图 3 是庄浪河附近地区现代弱震震中分布图. 从图中可以看出, 沿庄浪河断裂带的地震活动形成两条

北西-北北西向的弧形条带, 在弧顶部位弱震活动呈块状密集分布. 这正好与地表的逆断裂-褶皱带的位置相对应.

了解地震活动在深部的延伸情况. 我们选择垂直拉脊山断裂-庄浪河断裂带做了一条北东东向的震源深度剖面(图 3). 尽管存在一定的定位精度误差, 但是从图 3 中仍可以了解到该区深部构造的一些信息. 其中在庄浪河断裂的分支断裂——疙瘩沟断裂周围地震相对集中, 形成一个团块, 最大震源深度 30 km, 绝大部分局限在 20 km 范围以内, 属中上地壳的浅源地震. 而且地震均发生在该断裂挤压逆冲构造的上盘, 其形态也大致与断裂扩展褶皱作用的构造模型相吻合.

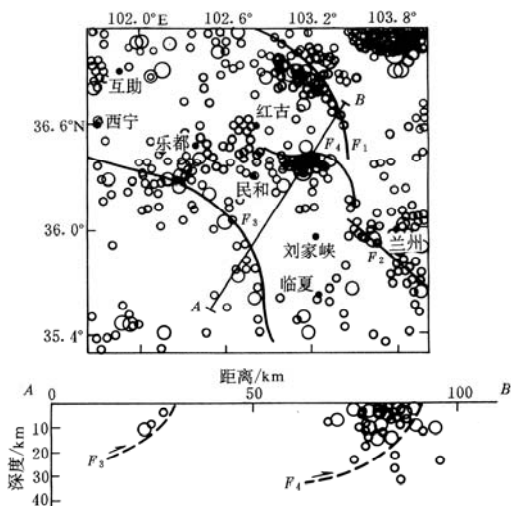


图 3 庄浪河断裂带地区弱震震中及震源深度剖面图

F_1 : 庄浪河断裂; F_2 : 马街山断裂;

F_3 : 拉脊山断裂; F_4 : 疙瘩沟断裂

背斜的陡翼边缘, 总体呈北北西向, 大致由两条弧形分叉的逆断裂-褶皱带构成. 它们在地下深部为逆掩断层活动形成的断裂扩展褶皱. 地表所见规模不大、活动性不强的次级断层仅是下部逆断裂往北东方向斜冲活动的地表构造形迹. 其新活动造成斜穿该褶皱带的庄浪河 I~III 级阶地发生明显的褶皱变形. 本区的多次中强地震, 如 1440 年永登 6 $\frac{1}{4}$ 级地震、苦水 5 $\frac{1}{2}$ 级地震和 1995 年的永登 5.8 级地震的发生, 可能与其现今的逆断裂-褶皱作用有关, 主要表现为以断展褶皱为主的挤压逆断特性. 这也正是为什么多年来人们很难在庄浪河发现规模较大、连续性好、活动性强的断裂的真正原因.

3 结语

综合研究表明, 庄浪河地区晚新生代以来的构造变形主要以挤压逆断裂-褶皱作用为主, 地貌上构成西缓东陡的复式背斜. 庄浪河断裂就位于该复式

参 考 文 献

- 邓起东, 冯先岳, 张培震, 等. 2000. 天山活动构造[M]. 北京: 地震出版社, 188~199
- 国家地震局兰州地震研究所, 甘肃省计划委员会. 1993. 甘肃省地震危险区划研究[M]. 兰州: 兰州大学出版社, 88~91
- 何秀琴, 王多杰, 万夫领. 1997. 1125 年兰州 7.0 级地震形变破裂带特征及有关问题讨论[J]. 华北地震科学, 15(1): 37~44
- 邢成起, 荣代璐, 姚同福, 等. 1996. 1995 年 7 月 22 日永登 5.8 级地震发震构造和发震机制分析[J]. 西北地震学报, 18(3): 1~9
- 杨晓平, 邓起东. 1998. 新疆独山子背斜的断裂扩展褶皱作用[A]. 见:《活动断裂研究》编委会编. 活动断裂研究 6[C]. 北京: 地震出版社, 66~73
- 周俊喜. 1997. 1995 年 7 月 22 日永登 5.8 级地震发震构造初步分析[J]. 西北地震学报, 19(增刊): 139~141
- Suppe J, Medwedeff D A. 1990. Geometry and kinematics of fault-propagation folding[J]. *Eclogue Geol Helv*, 83(3): 409~454

THE NEOTECTONIC DEFORMATION AND EARTHQUAKE ACTIVITY IN ZHUANGLANG RIVER ACTIVE FAULT ZONE OF LANZHOU

Yuan Daoyang¹⁾ Liu Baichi¹⁾ Zhang Peizhen²⁾ Liu Xiaofeng¹⁾ Cai Shuhua¹⁾ Liu Xiaolong¹⁾

1) Lanzhou Institute of Seismology, China Seismological Bureau, Lanzhou 730000, China

2) Institute of Geology, China Seismological Bureau, Beijing 100029, China

Key words: Zhuanglang river active fault zone; neotectonic deformation; fault-propagation fold; earthquake activity.