

跨断层水准与汶川 8.0 级地震强余震监视^{*}

苏 琴, 向和平, 邱桂兰, 马伶俐

(四川省地震局 测绘工程院, 四川 雅安 625000)

摘要: 汶川 8.0 级地震后, 根据中国地震局和四川省地震局的安排, 四川省地震局测绘工程院完成了龙门山断裂带及附近的 5 个跨断层短水准测点的应急观测任务, 其中双河是汶川地震后复测次数最多的场地。通过对双河跨断层短水准应急观测资料的分析, 提取汶川余震监视期内出现的异常情况以及与中强余震的关系进行讨论, 为今后强余震的预报总结经验。分析结果认为: 双河跨断层短水准定点观测反映了强震发生后断层的蠕滑特性, 较好地描述了中强余震发生前跨断层垂直形变异常形态, 为余震的监测预报积累了一些经验。

关键词: 汶川 8.0 级地震; 强余震; 双河; 跨断层水准

中图分类号: P315.72⁺7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0666(2010)04-0269-05

0 引言

2008 年 5 月 12 日, 四川省汶川县发生了震惊世界的 8.0 级地震。地震发生后, 四川省地震局根据中国地震局的应急安排很快对地处龙门山前山断裂带南段震中距为 42 km 的双河跨断层短水准场地进行了震后第一期应急监测, 通过观测发现该场地受汶川强震影响非常明显。

为监视强余震的发生和震后断层的活动特性, 观测人员于 2008 年 5 月 22 日开始对双河场地进行每天两个往返定点水准测量和近半年的应急观测。观测发现, 该场地短水准资料反映了该处断层在汶川地震的强余震发生前, 有较好的前兆异常出现, 为强余震的判定和了解龙门山断裂带震后的活动提供了非常宝贵的资料。本文对该场地在汶川 8.0 级地震的强余震监视情况进行分析总结, 以期今后强余震的监测和预测提供一些信息和经验。

1 双河场地概况

双河跨断层短水准场地位于四川省大邑县双河乡, 场地跨越龙门山断裂带中安县—灌县断层中段的双河断层 (周如品等, 1986 张永久等, 2007)。该断层总体走向 $N35^{\circ}E$ 垂直断距达 500 m 是一个区域性大断层, 是龙门山褶断带与成都凹

陷盆地的分界线, 地质史上有着明显的控制性, 大致形成于印支运动晚期。场地跨越处断层产状 $N35^{\circ}E/NW\angle 70^{\circ}$, 走向 $N30^{\circ}\sim 40^{\circ}E$ 三迭系上统须家河组 (T₃X) 灰岩 (上盘) 逆冲于侏罗系沙溪庙组 (J₃S) 砂岩 (下盘) 之上。断层通过之处, 岩石挤压剧烈, 由构造角砾岩、压碎岩和挤压片理等构成宽达百米的破碎带。断层具有压性特征, 有强烈的新活动性, 在近代曾发生多次中强地震。

该场地由两点构成单一水准测线, 1 号点位于断层上盘, 2 号点位于断层下盘, 场地布设情况详见图 1。

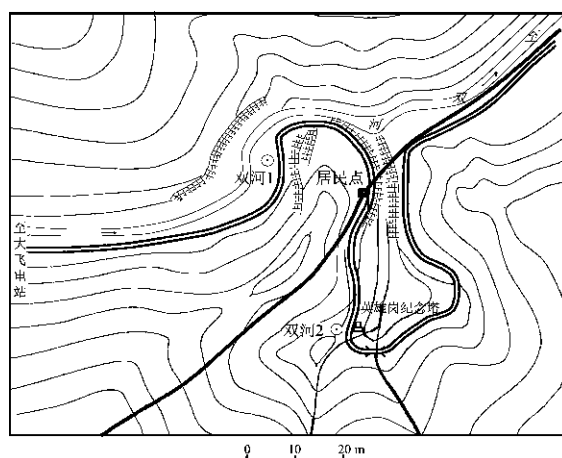


图 1 双河短水准观测场地布设图

FIG 1 The distribution of the short line leveling points at Shuanghe site

^{*} 收稿日期: 2009-12-17.

基金项目: 2010 年三结合课题 (2010020909) 资助

(4) 双河测点跨断层短水准点观测出现异常所对应的地震空间分布规律性不太好。余震区不管是北段发生强余震还是南段发生强余震, 双河定点观测资料均会出现明显的异常, 但很难就异常特征来判定未来发生强余震的准确地点。

Caption for Table 1: The observational abnormal cases at Shuanghe cross-fault short-line leveling site

(3) 异常表现形式大多为曲线维持在一定量级上作蠕动变化。强震发生后, 每期跨断层观测资料理论上都应监测到断层的即时活动性或因气象、误差等产生的变化, 而当断层蠕滑活动时, 传递到地表监测的信息为观测值无正常的活动

表 2 双河跨断层短水准应急观测异常情况统计表
Tab 2 The emergency observational abnormal cases at Shuanghe cross fault short line leveling site

序号	异常开始时间	异常结束时间	异常持续时间 /d	异常表现形态	对应地震
1	2008 年 7 月 6 日	2008 年 7 月 12 日	6	曲线蠕动	7 月 15 日绵竹 5.0 级
2	2008 年 7 月 15 日	2008 年 7 月 22 日	7	曲线蠕动	7 月 24 日宁强—青川间 6.0 级
3	2008 年 7 月 29 日	2008 年 8 月 5 日	7	曲线蠕动	8 月 5 日青川 6.1 级
4	2008 年 8 月 12 日	2008 年 8 月 19 日	7	曲线蠕动	8 月 13 日北川 4.9 级 8 月 15 日汶川 4.9 级
5	2008 年 8 月 15 日	2008 年 9 月 16 日	31	曲线持续下降	9 月 12 日武都—宁强间 5.5 级
6	2008 年 9 月 30 日	2008 年 10 月 4 日	4	曲线蠕动	10 月 4 日茂县—北川间 4.5 级
7	2008 年 11 月 1 日	2008 年 11 月 4 日	3	曲线蠕动	11 月 6 日汶川 4.6 级
8	2008 年 11 月 11 日	2008 年 11 月 18 日	7	曲线蠕动	11 月 16 日平武 5.1 级
9	2008 年 11 月 25 日	2008 年 12 月 2 日	8	曲线小幅波动	12 月 10 日青川 5.0 级
10	2008 年 12 月 16 日	2008 年 12 月 30 日	15	曲线蠕动	12 月 29 日青川 4.9 级

变化，当这种正常的变化连续消失时，即判定为蠕滑。

(4) 异常特征与余震的准确地点相关性不太好。根据异常特征判定准确的发震地点比较困难，但大多能判定余震区将发生中强震。发震地点的不确定性为汶川 8.0 级强余震的预报工作带来了相当大的难度。

4 结论与认识

4.1 结论

双河跨断层短水准测点较好地反映了汶川 8.0 级强震发生后断层的垂直形变活动特征，描述了余震区发生中强余震前跨断层短水准资料的异常特性。

(1) 第一阶段定点连续观测与第二阶段应急流动观测成果均反映出：在汶川主震的中强余震发生前观测资料出现了明显且直观的异常，异常表现形态大多为观测曲线日变消失（连续定点观测）或蠕动变化（流动应急观测），表明在主震发生后 45 天内，断层破日变后伴生中强余震，主震发生后 50~180 天时间段内断层垂直活动停止滑动后伴生中强余震，且断层的垂直活动停滞时间与震级有一定的联系。

(2) 两种观测方式均反映出跨断层垂直形变异常特征与中强余震的发生地点没有太大的相关性，要解决这个问题还需要结合其它方法来进行认真的综合分析和研究。

(3) 随着汶川地震的余震逐步衰减，跨断层短水准观测资料表现出来的异常形态发生较明显

的变化。定点形变观测在震后一个半月内具有较好的前兆预测意义，其预测概率为 0.69，应急观测（7 天 /2 周期）在主震后 50~180 天内具有较好的前兆预测意义，其预测概率为 0.56。强震发生半年后，主震区余震逐渐减少，跨断层垂直形变观测曲线则逐步恢复到正常的断层活动形态，但震时产生的永久性形变仍然存在（这里的正常年变只是相对震前的年变化形态而言）。

4.2 认识

由前面的分析可以看出强余震的发生与断裂活动有着紧密的联系。一次强震发生后，震中能量的释放触动了断层的滑动。它和余震是一种共生现象，是大震之后应力调整过程中的两种应变释放形式（刘玉权等，1988；李杰，赵金花，2001）。

跨断裂地形变测量结果反映地面断层活动特征。可以设想它是由断裂深处首先破裂面向上传播的结果，即断裂活动是地震的续发现象。汶川 8.0 级强震后，强大的能量致使距震中 42 km 的处于龙门山前山断裂尾端的双河断层产生 7.76 mm 的同震变化，其上盘明显下降，但该处断层没有产生破裂，且与震中位置不在同一破裂段上。双河断层受力方式的差异致使其与逆冲型强震的断层活动形态不同。强震破裂段的逆冲力传递到该处转变为拉张力，迫使断层在瞬间产生张性变化。随着余震逐步衰减，断层也随之调整，断层在调整过程中会以余震的形式释放能量，在主震区附近发生余震前，断裂深部的能量逐渐传播，到达双河场地时即表现为一定时间段的蠕滑，蠕滑后即释放能量，此时发生一系列中强余震。而随着余震逐步衰减，该场地表现出的异常也相对减弱，

直至逐步恢复到震前的年变化形态, 完成了强震引发断层的调整活动过程。

致谢: 本文编写过程中得到李爱霞工程师、宗萍助理工程师等在资料收集和处理方面的大力支持, 在此谨表谢忱!

参考文献:

- 皇甫岗, 李忠华, 秦嘉政, 等. 2007. 川滇菱形块体强震活动关联分析 [J]. 地震研究, 30(3): 205—209.
- 李杰, 赵金花. 2001. 苍山 5.2 级地震前后沂沭断裂带地壳垂直形变

- 时空动态演化特征 [J]. 地震研究, 24(4): 307—314.
- 刘玉权, 彭兴宽, 黄震民. 1988. 通海地震震后地形变研究 [J]. 地震研究, 21(4): 369—376.
- 苏琴, 朱航, 杨永林. 2009. 耿达短水准异常与汶川 8.0 级地震 [J]. 大地形变测量与地震动力学, 29(增刊): 103—105.
- 徐锡伟, 闻学泽, 叶建青. 2008. 汶川 $M_s 8.0$ 地震地表破裂带及其发震构造 [J]. 地震地质, (3): 597—629.
- 张永久, 乔慧珍, 程万正, 等. 2007. 四川盆地区域介质衰减特征研究 [J]. 地震研究, 30(1): 43—47.
- 周如品, 李昌芝, 王雅杰. 1986. 川西大地形变测量网点布设图集 [G]. 四川省地震局地震测量队, 141—142.

Cross fault Level and 8.0 Earthquake Aftershock Monitoring

SU QIN, XIANG He-Ping, QIU Gui-lan, MA Ling-li

(Earthquake Administration of Sichuan Province, Surveying and Mapping Engineering Institute, Ya'an 625000, Sichuan, China)

Abstract

After the Wenchuan 8.0 earthquake, in accordance with national and provincial seismological bureau arrangement, Sichuan Seismological Bureau of Surveying and Mapping Engineering Institute and the completion of the Longmen Shan fault zone near the 5 cross fault standard of measurement points short of emergency observation tasks, in which pairs of River is measured again after the earthquake, the highest number of venues. This will be short on cross fault standard of emergency Shuanghe observation data analysis, extraction monitoring after shocks in Wenchuan anomalies that have emerged during the period and with the discussion of the relationship between strong aftershocks, aftershocks of the forecast for future lessons learned. Analysis concluded that Shuanghe cross fault short observation reflects the level of fixed-point after the earthquake fault creep characteristics, better describes the occurrence of strong aftershocks in the vertical fault deformation anomaly before the cross shape, as the aftershocks have accumulated some experience in monitoring and forecasting.

Key words: strong aftershock of Wenchuan 8.0 Earthquake, Shuanghe cross fault leveling