

余震信息在岷县漳县 6.6 级地震震后应急救援 重灾区快速判定时作用探讨^①

张苏平, 孙艳萍, 陈文凯

(甘肃省地震局, 甘肃 兰州 730000)

摘要:利用震后可以快速获取的余震信息, 迅快速判定出地震重灾区的范围, 为震后快速应急救援提供决策服务是十分重要的。本文利用甘肃岷县漳县 6.6 级地震后 12 小时余震分布, 以 1 小时为单位, 分时段绘制余震空间分布图, 结合居民点的空间分布、发震断层走向和地形地貌条件, 与实际考察得到的烈度图进行比较, 初步得出以下认识: 震后 3 小时左右余震分布集中的区域可能是破坏最严重的地区; 沿余震展布方向需要考虑震区地形地貌和降雨等次生灾害因素所引起的破坏; 由余震分布范围来确定重灾区时, 长轴方向需要参考发震断层的走向进行调整; 依据震区居民点分布密度调整重灾区位置; 考虑各种致灾因素的影响, 综合判定重灾区的范围。

关键词: 岷县漳县 6.6 级地震; 余震分布; 重灾区; 应急救援

中图分类号: P315.95 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-0844(2013)03-0465-06

DOI: 10.3969/j.issn.1000-0844.2013.03.0465

Effects of Aftershocks on Quick Determination of Hard-hit Area for Emergency Rescue after the Minxian—Zhangxian $M_s6.6$ Earthquake

ZHANG Su-ping, SUN Yan-ping, CHEN Wen-kai

(Earthquake Administration of Gansu Province, Lanzhou, Gansu 730000, China)

Abstract: Information used to evaluate disaster conditions shortly after an earthquake is very limited. To develop fast earthquake emergency response and rescue techniques using aftershock information that can quickly be accessed, the location relationship between the spatial distribution of aftershock activity in different time periods and heavy disaster area of intensity distribution is analyzed by actual investigation after an earthquake. Moreover, considering the influence factors of the seismogenic fault strike, residential area density, landform, and physiognomy in seismic area, the optimum time point of aftershocks statistics can reflect severe disaster areas. To quickly evaluate the severity of disaster areas according to the distribution of aftershocks at the optimum time point with consideration of other influencing factors after earthquakes, improvements can be made in services provided for earthquake emergency rescue.

It was determined that the most severe damages occur 3 h after aftershock distribution, and earthquake landform and rainfall disaster damage occur along the direction of aftershock distribution. When a severe disaster area is determined by the aftershock distribution range, adjustments of the long axis direction should be made in reference to the seismogenic fault strike; the direction of the long axis is generally consistent with seismogenic fault direction. Disaster severity is adju-

^① 收稿日期: 2013-09-03; 中国地震局兰州地震研究所论著编号: LC2013069

基金项目: 中国地震局兰州地震研究所地震科技发展基金; 国家地震社会服务工程应急救援系统

作者简介: 张苏平(1965-), 女(汉族), 硕士, 高级工程师, 主要从事地震应急工作。E-mail: zhangsp@gssb.gov.cn

ted on the basis of settlement distribution. Therefore, comprehensive analysis of the influence of various factors causing the disaster is necessary for disaster mitigation.

Key words: Minxian—Zhangxian M_s 6.6 earthquake; distribution of aftershock; serious disaster area; emergency response and rescue

0 引言

强震发生后需要第一时间对地震造成的灾害损失进行盲评估,对重灾区实施应急救援。然而短时间内能获取可以用于估计地震影响场的资料相当有限,并且有研究表明强震发生后,往往仪器震中(微观震中)与实地考察后的宏观震中存在一定的偏离。汶川 8.0 级大地震发生后现有的评估系统计算结果几乎都与实际有较大的差距,对应急救援没有起到很好的作用。快速评估结果的最大不确定来自于对地震影响场的估计^[1],和大震造成的通信堵塞瘫痪。在无法得到任何灾情信息的情况下,无论采用哪种地震烈度衰减关系确定地震影响场,高烈度区都是以仪器震中为中心的椭圆区,这与实际情况不完全符合,可能主要原因是没有考虑地震破裂展布方向(余震优势分布方位)和破裂尺度(余震分布尺度)等主要因素,客观上不能准确反映强震震中地区的震动情况。

研究余震分布尺度的科学意义在于,许多具有明显地表破裂的大地震的对比研究结果显示,余震分布尺度粗略地与主震破裂尺度相当^[2]。本文参考已有的研究结果,对岷县漳县 6.6 级地震的余震信息进行时、空分析,以 1 小时为单位,分时段绘制余震空间分布图,结合居民点的空间分布、发震断层走向和地形地貌条件,与实际考察得到的烈度图进行比较,寻找能反映震后重灾区范围的余震信息的最佳时间段,以期地震后短时间内能够粗略判定地震重灾区范围,第一时间为政府提供科学部署救援力量的决策依据,提高应急救援的减灾实效。

1 余震时间、空间分布特征

依据余震与主震之间的空间位置关系, Kisslinger^[3]把余震划分为 3 类,第一类发生在主震破裂面上,是主震后短时间内的早期余震,其分布已能勾勒出主震破裂面的基本特征;第二类同样发生在主震破裂断层上,但可以位于初始滑动段落之外,表征了初始余震区的扩展,可能反映了断裂带性质的空间差异及破裂端部与力学障碍物之间相互作用的结果;第三类余震发生在比主震破裂尺度大得多的较远处,从机理上讲是由于主震的远程触发

而产生^[2]。

2008 年 5 月 12 日汶川 8.0 级地震的余震主要沿龙门山断裂分布,分布范围自 SW 至 NE 约 330 km^[4]。震后 12 小时余震分布如图 1(a)所示,共计 204 个 $M_L \geq 2.9$ 余震。前期余震在 IX 度区内沿整个破裂带均有分布,西南段相对集中。蒋海昆等对汶川 8.0 级地震序列研究显示余震具有分段活动特征,主震发生后早期余震活动主要集中在破裂起始点附近的余震区南段,后期余震主体活动区位于破裂扩展的终止区域(余震区北段)。汶川地震的余震分布优势沿发震断层自 SW 向 NW 方向展布,显示整个破裂过程以单侧破裂为主,震后 12 小时余震集中分布地震重灾区(中国地震局发布烈度图 IX 度区内)。

2010 年 4 月 14 日玉树 7.1 级地震主震位于玉树县结古镇西北约 30 km 处,地震破裂过程持续了约 23 s,破裂长度达 51 km。在空间上玉树地震余震(截止 2012 年 12 月 31 日)总体具有明显的分段集中活动的现象,余震主要分布在三个段落(集中区域),即为主震震中的西北端、主震震中附近和主震震中东南端,余震均沿甘孜—玉树—风火山断裂走向优势分布^[5]。图 1(b)显示震后 12 小时余震分布,共计 357 个 $M_L \geq 1.0$ 余震。前期余震主要分布于破裂起始点东南端,显示重灾区位于震中的东南端,而不是以微观震中为中心的椭圆区内,与中国地震局发布的烈度图 IX 度区比较吻合。

陈鲲等考虑震源破裂过程的地震震动图研究显示^[6],震中只是断层开始破裂的位置,并不一定是破裂最严重的地方,地震所引起的断层破裂并不只集中在震中或某个局部位置。为了能在震后短时间内较准确地判断地震造成的严重受损区域,需要对影响判断的各种因素进行识别、总结和综合分析,尽可能达到预期效果。

2 岷县漳县 6.6 级地震早期余震分布

2013 年 7 月 22 日 07 时 45 分(北京时间)在甘肃省定西市岷县漳县交界发生 M_s 6.6 地震,震中位于 34.5°N, 104.20°E,震源深度 20 km。据野外考察和历史资料初步判断本次地震在临潭—宕昌断裂

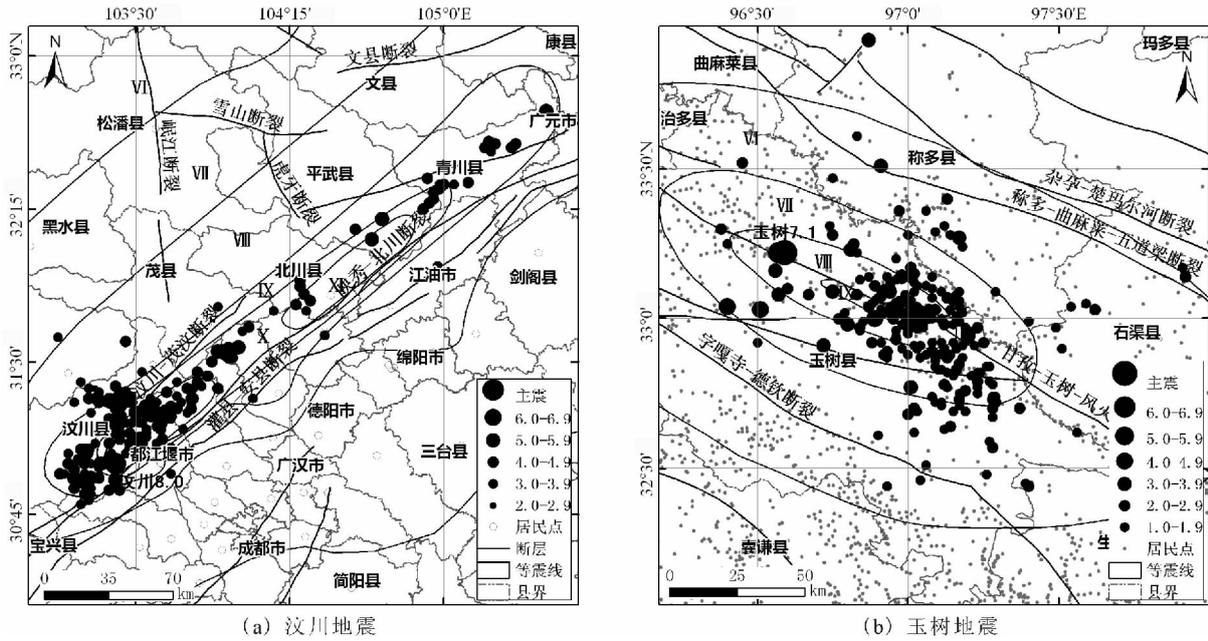


图 1 汶川 8.0 级地震、玉树 7.1 级地震 12 小时余震分布图

Fig. 1 Distribution of aftershocks in 12 hours after Wenchuan M8.0 and Yushu M7.1 earthquakes

东段分支断裂,为逆冲断裂,略具左旋走滑分量。本次地震为该断裂的新活动所诱发,其破裂规模和强度未引发地表破裂,地表破坏以建筑破坏和黄土次生灾害为主,呈 NWW 向条带状集中分布,其走向与区域断裂的走向一致^①。

截止 2013 年 7 月 22 日 19 时 45 分,根据甘肃地震台网结果,震后 12 小时分时段余震分布如图 2 所示,共 234 个余震(不计单台记录),余震集中分布从破裂起始点沿断裂方向向 NW 侧扩展,SW 侧也有少量余震。以 1 小时为单位分别绘制震后 12 小时的余震分布图,余震动态分布显示:从震后 1 小时至震后 3 小时余震主要沿主破裂的 NW 侧扩展,震后 4~12 小时余震不断增加,但余震区的范围基本不再变化。表 1 列出震后 12 小时各时段(1 小时为单位)余震区长、短轴数据和实际烈度图 VIII 区长、短轴数据及不同时段余震数量。震后 3 小时余震分布范围的长轴约 35.15 km,短轴约 21.71 km,叠加中国地震局已发布的岷县漳县 6.6 级地震烈度图,实际地震的 VIII 区与震后 3 小时余震分布范围相比,长轴方向长 4.5 km 左右,短轴方向基本相等, VIII 区向西偏移 1~2 km 左右。

3 影响重灾区判定因素的讨论

震后 3 小时余震分布图(图 3)显示,尽管 3 小时余震主要分布范围(图 3 中虚线)与烈度图 VIII 区范围相差不大,但余震密集区(80% 左右余震所在区

域)的长、短轴只有 3 小时余震分布范围的一半左右。这就提出一个问题:重灾区的范围是取余震密集区域还是 3 小时余震主要分布区域,怎样快速较准确地判定重灾区的范围?

表 1 主震后 12 小时各时段余震参数

Table 1 The parameters of aftershocks in 12 hours after the main shock for each one hour

主震后 时段	余震区 长轴/km	余震区 短轴/km	累各余震 数量/个
1 小时	19.05	15.02	31
2 小时	24.53	15.02	69
3 小时	35.15	21.71	108
4 小时	35.56	21.71	135
5 小时	35.56	21.71	152
6 小时	35.56	21.71	173
7 小时	35.56	21.71	192
8 小时	35.56	21.71	199
9 小时	35.56	21.71	208
10 小时	35.56	21.71	219
11 小时	35.56	21.71	225
12 小时	35.56	21.71	234
实际烈度 图 VIII 区	40	22	

现场实地考察表明余震密集区是地震直接造成破坏最严重的地方,因此震后第一时间的地震应急救援地点首先考虑余震密集区;余震分布的长轴方

① 中国地震灾害防御中心. 岷县漳县地震震中区地震构造调查. <http://www.cea.gov.cn/publish/dizhenj/124/1067/20130726132633798666611/index.html>

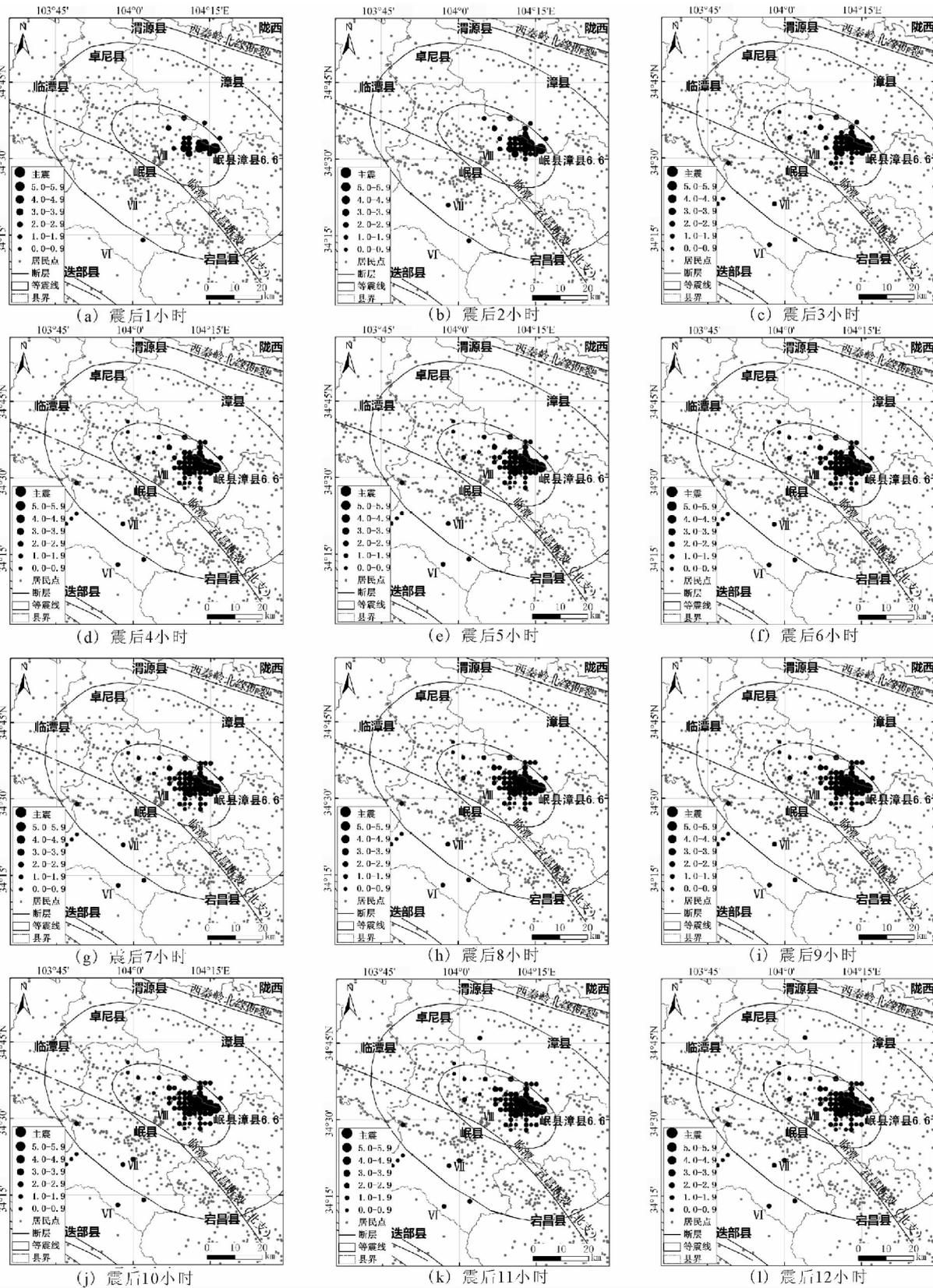


图2 岷县漳县6.6级地震震后12小时动态余震分布图

Fig. 2 Dynamic distribution maps of aftershock for each one hour in 12 hours after the Minxian-Zhangxian M6.6 earthquake

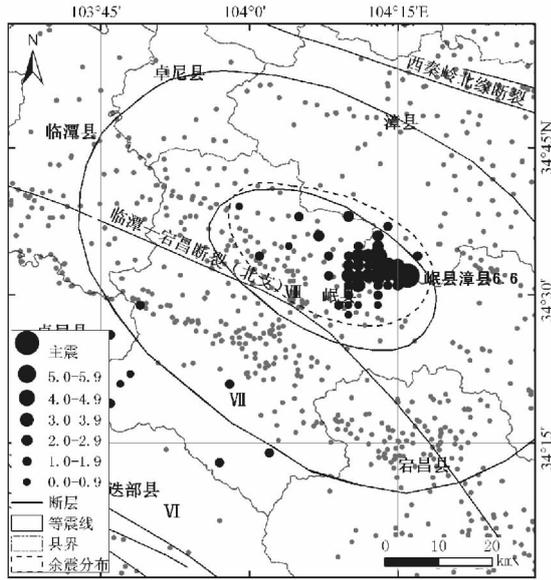


图 3 岷县漳县 6.6 级地震震后 3 小时余震分布图

Fig. 3 Distribution map of aftershocks in 3 hours after the main shock of Minxian-Zhangxian M6.6

向以 NWW 向为主,与发震断层的走向一致,因此随着余震不断发生,其次应该考虑沿余震展布的长轴方向(发震断层走向)的破坏区域,这些破坏包括地震引起的直接灾害和次生灾害等;岷县漳县震区山大沟深,且被黄土地层所覆盖,这种地形地貌条件,加上降雨影响,导致大量滑坡、崩塌等地质灾害。另外居民点的分布是震后重灾区判定不可缺少的影响因素,地震应急救援第一时间主要是人民生命财产的抢救,虚线所圈定范围的东北侧居民点分布稀少,而西南侧居民点密集,且靠近断层,结果实际情况是 3 小时余震主要分布范围的西南侧地震破坏严重,因此考虑震区居民点的分布情况来调整余震分布所确定的重灾区范围十分重要。

4 认识与结论

基于应急救援的目的,震后的重灾区快速判定中应考虑以下因素:

- (1) 震后 3 小时左右余震分布集中的区域可能是破坏最严重的地区;
- (2) 沿余震展布方向,需要考虑震区地形地貌和降雨等次生灾害因素所引起的破坏;
- (3) 由余震分布范围来确定重灾区时,长轴方向需要参考发震断层的走向进行调整,一般重灾区的长轴方向与发震断层方向一致;

(4) 震区居民点分布的重要性不可忽视,依据震区居民点分布调整重灾区位置;

(5) 考虑各种致灾因素的影响,综合判定重灾区的范围。

通过岷县漳县 6.6 级地震早期余震信息的分析,看到余震信息在震后应急救援重灾区的快速判定中的所发挥作用是非常重要的。将中国地震局正式发布的地震烈度分布图和地震的早期余震动态分布图叠加分析,显示震后 3 个小时的余震分布与地震高烈度区基本吻合,也就是说考虑发震断层走向、震区居民点的分布和震区地形地貌等影响因素,对震后 3 小时余震分布图进行适当的调整,就可以粗略判定地震重灾区,为震后快速应急救援提供科学依据。

目前对震后应急救援黄金时间段内利用余震空间分布快速(粗略)判定重灾区范围的研究,还处于初步研究阶段,可能存在一些不合理之处,需要进一步研究。

参考文献(References)

- [1] 王晓青,丁香,王龙,等. 四川汶川 8 级大地震灾害损失快速评估研究[J]. 地震学报, 2009, 31(2): 205-211.
WANG Xiao-qing, DING Xiang, WANG Long, et al. A Study on Fast Earthquake Loss Assessment and Its Application to 2008 Wenchuan M8 Earthquake[J]. Acta Seismologica Sinica, 2009, 31(2): 205-211. (in Chinese)
- [2] 蒋海昆,郑建成,吴琼,等. 中国大陆中强以上地震余震分布尺度的统计特征[J]. 地震学报, 2007, 29(2): 151-164.
JIANG Hai-kun, ZHENG Jian-chang, WU Qiong, et al. Statistical Features of Aftershock Distribution Size for Moderate and Large Earthquakes in Chinese Mainland[J]. Acta Seismologica Sinica, 2007, 29(2): 151-164. (in Chinese)
- [3] Kisslinger C. Aftershock and Fault-zone Properties[J]. Advances in Geophysics, 1996, 38: 1-36.
- [4] 蒋海昆,黎明晓,吴琼,等. 汶川 8.0 级地震序列及相关问题讨论[J]. 地震地质, 2008, 30(3): 743-758.
JIANG Hai-kun, LI Ming-xiao, WU Qiong, et al. Features of the May 12 M8.0 Wenchuan Earthquake Sequence and Discussion on Relevant Problems[J]. Seismology and Geology, 2008, 30(3): 743-758. (in Chinese)
- [5] 马玉虎,陈玉华,王培玲,等. 2010 年玉树 7.1 级地震序列时空演化特征及早期趋势判断[J]. 地震, 2012, 32(3): 109-116.
MA Yu-hu, CHEN Yu-hua, WANG Pei-ling, et al. Temporal-spatial Evolution Characteristics of the 2010 Yushu M7.1 Earthquake Sequence and Tendency Judgement [J]. Earthquake, 2012, 32(3): 109-116. (in Chinese)
- [6] 陈鲲,俞言祥,高孟潭,等. 考虑震源破裂过程的青海玉树地震震动图研究[J]. 中国地震, 2011, 27(1): 56-64.

- CHEN Kun, YU Yan-xiang, GAO Meng-tan, et al. Research on ShakeMap for Yushu Earthquake in Qinghai Based on Source Process[J]. Earthquake Research in China, 2011, 27(1): 56-64. (in Chinese)
- [7] 陈运泰, 许力生, 张勇, 等. 2008年5月12日汶川特大地震震源特性分析报告[R]. 2008, <http://www.csi.ac.cn/sichuan/chenyuntai.pdf>.
- CHEN Yun-tai, XU Li-sheng, ZHANG Yong, et al. Report on the Great Wenchuan Earthquake Source of May 12 [R]. 2008, <http://www.csi.ac.cn/sichuan/chenyuntai.pdf>. (in Chinese)
- [8] 李志强, 袁一凡, 李晓丽, 等. 对汶川地震宏观震中和极震区的认识[J]. 地震地质, 2008, 30(3): 798-777.
- LI Zhi-qiang, YUAN Yi-fan, LI Xiao-li, et al. Some Insights in-
to the Macro-epicenter and Meizoseismal Region of Wenchuan Earthquake[J]. Seismology and Geology, 2008, 30(3): 798-777. (in Chinese)
- [9] 李鑫, 郭安宁, 焦娇. 地震灾害经济易损性评估研究[J]. 西北地震学报, 2012, 34(3): 284-288.
- LI Xin, GUO An-ning, JIAO Jiao. Assessment of Economic Vulnerability Caused by Earthquake Hazard[J]. Northwestern Seismological Journal, 2012, 34(3): 284-288. (in Chinese)
- [10] 李晓杰, 姜立新, 杨天青. 强震人员损失回归预测方法[J]. 西北地震学报, 2012, 34(1): 44-49.
- LI Xiao-jie, JIANG Li-xin, YANG Tian-qing. Estimation of Casualty in Strong Earthquake Using Empirical Regression Method[J]. Northwestern Seismological Journal, 2012, 34(1): 44-49. (in Chinese)