

徐钦,田秀丰,王维欢,等.2013年甘肃岷县—漳县6.6级地震仪器烈度与宏观调查烈度比较分析[J].地震工程学报,2018,40(1):124-129.doi:10.3969/j.issn.1000-0844.2018.01.124
XU Qin, TIAN Xiufeng, WANG Weihuan, et al. A Comparison and Analysis of Instrumental Intensity and Macroseismic Survey Intensity of the 2013 Minxian—Zhangxian M_s 6.6 Earthquake in Gansu Province[J]. China Earthquake Engineering Journal, 2018, 40(1): 124-129. doi: 10.3969/j.issn.1000-0844.2018.01.124

2013年甘肃岷县—漳县6.6级地震仪器烈度与宏观调查烈度比较分析^①

徐钦^{1,2}, 田秀丰^{1,2}, 王维欢^{1,2}, 党红^{1,2}

(1.中国地震局兰州地震研究所,甘肃兰州730000; 2.甘肃省地震局,甘肃兰州730000)

摘要:对西北强震动台网中心收集的2013年7月22日甘肃岷县—漳县 M_s 6.6地震117组三分向加速度记录进行处理和初步分析,计算出相应的仪器烈度值。将该值与岷县漳县地震烈度图(中国地震局,2013)中的烈度区值进行对比,偏差在1度以内的占台站总数的81.8%。将地震仪器烈度与强震台站周边5 km内调查点烈度对比分析,完全吻合的台站占50%,略低于芦山地震58.6%。灾害调查分析认为岷县—漳县地震灾区建筑以土木结构和木结构为主,在相同烈度情况下,破坏比例大于其他地区。因此,虽然仪器烈度与震后宏观调查烈度不能达到完全吻合,但前者在一定程度上反映了震害情况,可快速为应急救援决策提供依据。另外,震后宏观烈度资料是一定区域范围内的平均或延伸,而强震数据只是个别点上的数据,不能忽略两者之间的差异性。

关键词:岷县—漳县6.6级地震;强震动记录;仪器烈度;宏观烈度

中图分类号:P315.9

文献标志码:A

文章编号:1000-0844(2018)01-0124-06

DOI:10.3969/j.issn.1000-0844.2018.01.124

A Comparison and Analysis of Instrumental Intensity and Macroseismic Survey Intensity of the 2013 Minxian—Zhangxian M_s 6.6 Earthquake in Gansu Province

XU Qin^{1,2}, TIAN Xiufeng^{1,2}, WANG Weihuan^{1,2}, DANG Hong^{1,2}

(1. Lanzhou Institute of Seismology, CEA, Lanzhou 730000, Gansu, China;

2. Earthquake Agency of Gansu Province, Lanzhou 730000, Gansu, China)

Abstract: On July 22, 2013, an M_s 6.6 earthquake occurred at the border area between Minxian and Zhangxian Counties, Gansu Province. In this study, 117 groups of three-component acceleration records collected by the Northwestern Strong Motion Networks Center were processed and analyzed, and the resultant instrumental intensity values were calculated and analyzed. The instrumental intensities and the intensities obtained from the Minxian—Zhangxian seismic intensity

① 收稿日期:2016-08-30

基金项目:中国地震局地震预测研究所基本科研业务项目(2013IESLZ04);国家自然科学基金项目(51778590,51408567);中国地震局监测、预测、科研三结合课题(CEA-JC13JH-172804)

作者简介:徐钦(1986—),女,硕士,工程师,主要从事强震动台网运维管理与数据处理等研究工作。

E-mail: xuqinhu2008@163.com.

通信作者:王维欢(1986—),女,硕士,工程师,主要从事测震台网速报和编目工作。E-mail: 119261975@qq.com.

map (China Earthquake Administration, 2013) were compared and analyzed, and the stations with deviations less than 1 degree were determined to account for 81.8%. The instrumental intensities and the intensities of surveying points within 5 km around the stations were also compared, and the stations with the same intensity account for 50%. The disaster investigation and analysis indicate that most buildings in the Minxian—Zhangxian earthquake-stricken area are of civil and wood structures, and they are more heavily damaged than other regions that experienced the earthquake at the same intensity. Although the instrumental intensity is not quite consistent with the microseismic intensity, the instrumental intensity reflects the earthquake disaster to a certain extent and provides the basis for determining emergency rescue.

Key words: Minxian—Zhangxian M_s 6.6 earthquake; strong motion records; instrumental intensity; macroseismic intensity

0 引言

地震烈度用于标度地震引起的地震动及其影响的强弱程度,是震后灾害评估、应急救援的重要信息。对其进行快速的评定对于部署救灾、稳定社会起重要作用。地震仪器烈度是指根据仪器观测记录计算得到的地震动强度或烈度,其能反映地震的影响程度。仪器烈度具有直观、简便等特点,能够在震后根据地震动记录快速计算获取^[1]。宏观烈度是基于震后现场调查和评估房屋损毁、人员伤亡、生命线工程破坏等数据进行分析处理而得到的烈度结果。

2013 年 7 月 22 日 7 点 46 分,在甘肃岷县—漳县(34.5°N,104.2°E)发生了 M_s 6.6 地震。此次地震是该省自 2003 年民乐地震后发生的唯一一次 6 级以上的地震。其震中区位于南北地震带北端的甘东南地区,该地区是中强震的多发区。地震发生在西秦岭断裂带南侧的临潭—宕昌断裂的岷县段,西起合作市以西,向东南经临潭北、岷县延伸至宕昌以

南,长约 250 km。该断裂由数条规模不等、相互平行或斜列的次级断裂组合而成^[2]。

1 强震动台站及记录获取

此次地震发生后,西北区域强震动台网中心共获取地震记录 120 组,获取记录的仪器稳定,波形完整,震相清晰。这之中 62XIG(西固台)三通道数据异常,62QXS(清水乡台)、62ZXX(中心乡台)垂直向通道未获得记录,本文未采用这三组记录数据,因此共获取三分向加速度记录 351 条。62MXT(岷县台)获得的最大加速度记录峰值(PGA)为 177.5 gal,其次是 62LZK(腊子口台)为 66.0 gal。触发台站震中距范围为 18~553 km,距离震中距最近的台站为 62MXT(岷县台),最远台站为 61HEY(合阳台),但其 PGA 衰减到 1.14 gal。选取震中距 200 km 以内的台站分布见图 1,仪器性能指标^[3]如表 1 所列。

表 1 数字强震仪主要技术指标

Table 1 Main technical indexes of digital accelerograph

序号	仪器类型	通道数/个	动态范围/dB	最大记录范围/g	采样率/sps	频率范围/Hz	数据存储/Mb
1	MR2002	3	108	±1	200	0~200	32
2	ETNA	3	108	±1	200	0~200	64
3	GSR-18	3	128	±1	200	0~200	128
4	GSMA-2400	3	>126	±1	200	0~200	128

2 利用强震记录计算仪器烈度

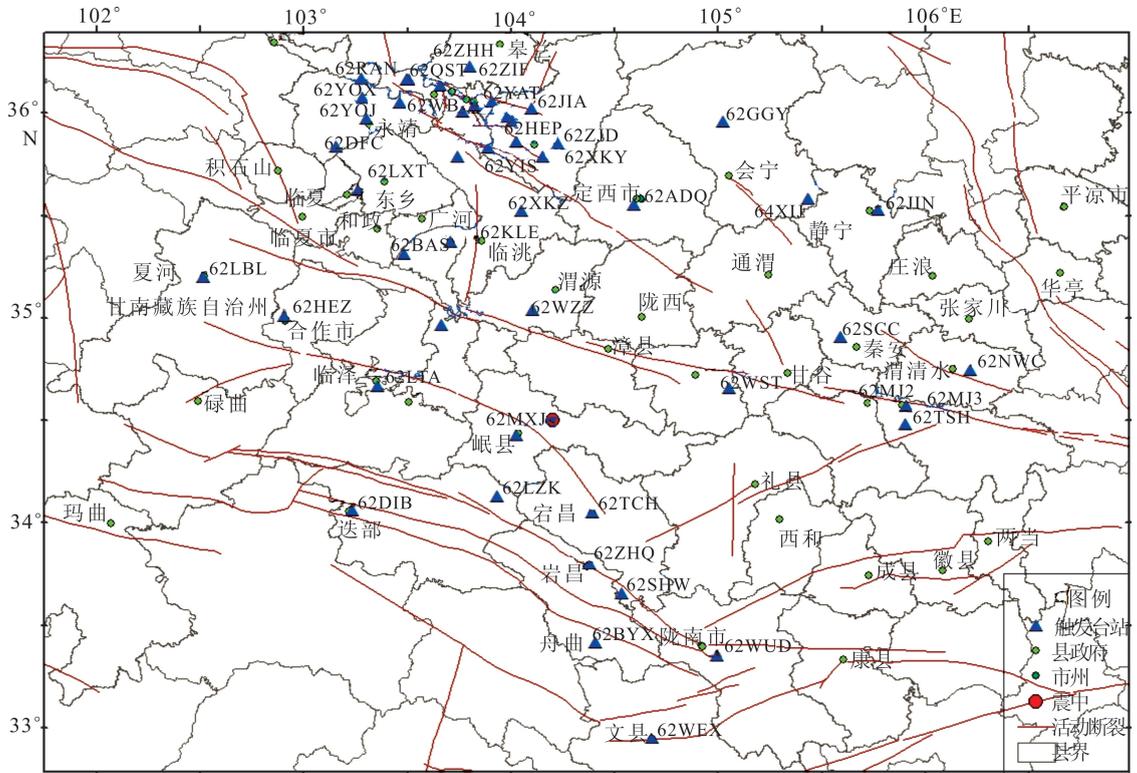
2.1 仪器烈度算法

随着地震观测仪器、信息通信技术、计算机技术等的发展,日本、美国以及我国台湾地区等都已经建立了应用实际地震动记录的仪器烈度速报系统^[4],并确定了相应的仪器烈度标准。目前国内的烈度算法有中国地震局工程力学研究所的袁一凡提出的基

于模糊判定的经验法、福建省地震局地方标准、美国 ShakeMap 烈度算法、日本 JMA 烈度算法等^[5]。2015 年 3 月 1 日中国地震局颁布了中国仪器烈度计算暂行规程^[4],本文即采用该规程所述算法。具体计算方法如下:

(1) 基线校正

对地震观测仪器获取的记录进行基线校正处理,采用记录时间过程减去地震事件前记录的平均

图1 获得强震记录台站分布($D < 200$ km)Fig.1 Distribution of stations with strong motion records ($D < 200$ km)

值,事前记录时间长度宜为 10 s。

(2) 数字滤波

采用数字滤波器对地震动加速度和速度记录的每个分向进行 0.1~10 Hz 带通滤波,滤波器通带波纹小于 0.5 dB,滤波器带外衰减大于 12 dB 每倍频程。

(3) 记录合成

所用的地震观测仪器应为三方向,条件不具备可采用两水平方向或单水平方向。本文采用的是三方向(EW、NS、UD)合成记录,加速度计算合成方法如式(1)所示,速度计算合成方法如式(2)所示。

$$a(t)_1 = \sqrt{a(t)_1^2_{E-W} + a(t)_1^2_{N-S} + a(t)_1^2_{U-D}} \quad (1)$$

$$v(t)_1 = \sqrt{v(t)_1^2_{E-W} + v(t)_1^2_{N-S} + v(t)_1^2_{U-D}} \quad (2)$$

(4) 应用加速度峰值计算仪器的地震烈度

$$PGA = \max[a(t_i)]$$

$$I_{PGA} = 3.17 \lg(PGA) + 6.59$$

(5) 应用速度峰值计算仪器的地震烈度

$$PGV = \max[v(t_i)]$$

$$I_{PGV} = 3.00 \lg(PGV) + 9.77$$

(6) 仪器地震烈度取值

若 I_{PGA} 和 I_{PGV} 均 ≥ 6.0 , 则仪器地震烈度 I 取 I_{PGV} , 其余取 I_{PGA} 和 I_{PGV} 的算术平均; I 值小于 1.0

时取 1.0, I 值大于 12.0 时取 12.0。

2.2 强震记录仪器烈度计算结果

根据岷县—漳县地震烈度图(中国地震局, 2013)(图 2), 在获取了 117 组完整强震动记录的台站中^[6], VIII 度区无台站, VII 度区有 1 个, VI 度区有 5 个, 其他均位于 VI 度区以外。根据 VI 度区的范围, 我们推测至少有 5 个台位于 V 度区。这 11 个台站的位置示于图 2, 台站相关参数及仪器烈度值(计算的仪器烈度均按四舍五入取整数)如表 2 所列。

3 地震仪器烈度与宏观调查烈度对比分析

岷县—漳县地震发生后中国地震局启动地震应急 II 级响应。根据现场调查, 此次地震极震区烈度为 VIII 度, 震区建筑 90% 以上为土木结构和木结构, 且多为老旧房屋, 抗震性能差。加之震前灾区持续降雨, 造成房屋地基和生土墙体支撑强度降低。与其他地震区相比, 相同烈度下土木结构和木结构破坏比例偏大, 砖结构和砖混结构破坏明显偏轻^[7]。

VIII 度区范围: 西北自岷县中寨镇起, 东南至岷县禾驮乡东南, 东北自岷县禾驮乡东北起, 西南至岷县禾驮乡西南, 长轴为 40 km, 短轴为 21 km, 面积 706 km²。

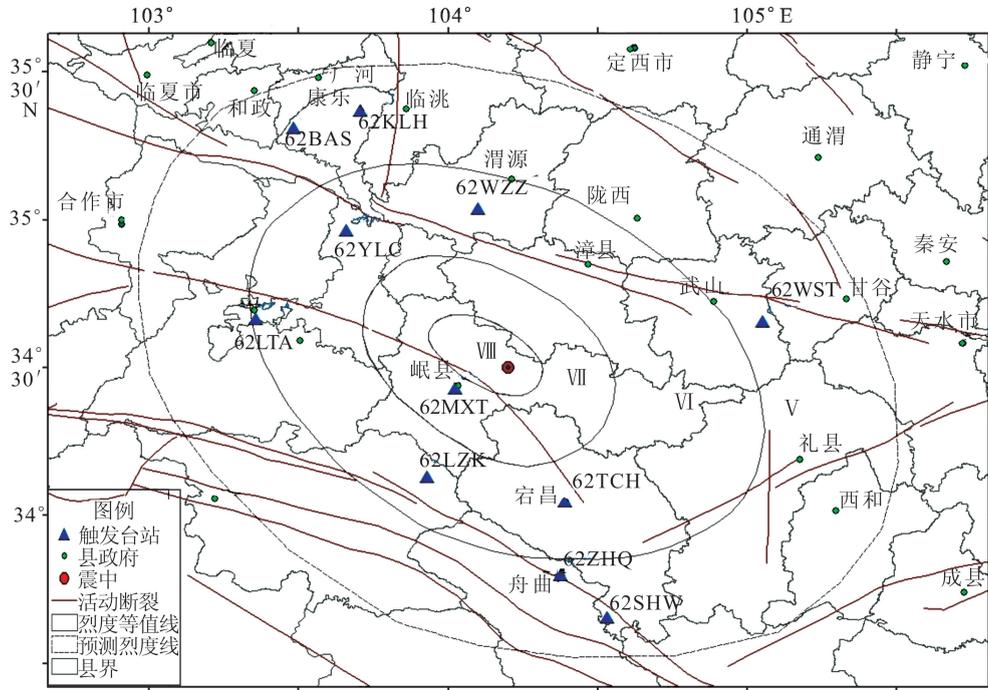


图 2 岷县地震加速度记录的台站分布与烈度分布图

Fig.2 Distribution of stations which obtained acceleration records and seismic intensity distribution for the Minxian—Zhangxian earthquake used in this study

表 2 典型强震动记录相关参数及烈度值

Table 2 The intensity and some related parameters of typical strong motion records

台站名称	台站代码	场地类型	仪器型号	震中距/km	PGA/(cm · s ⁻²)			PGV/(cm · s ⁻¹)			烈度
					EW	NS	UD	EW	NS	UD	
岷县	62MXT	土层	MR2002	18	-177.5	-172	-76	8.3	-7.5	-3.5	Ⅶ
腊子口	62LZK	土层	MR2002	47.9	66	56.9	41	2.1	1.5	1.7	Ⅵ
宕昌	62TCH	土层	ENTA	53.2	77.4	79.8	-55.4	4.2	-3.1	-2.2	Ⅵ
冶力关	62YLG	土层	ENTA	71.5	38	30.9	-14.3	1.5	-1.2	-0.9	V
五竹镇	62WZZ	基岩	CPU32	60.5	10	17	7	1.4	1.8	1	Ⅳ
舟曲	62ZHQ	基岩	MR2002	79.4	13.6	14.2	10.6	0.8	1	0.8	Ⅳ
临潭	62LTA	基岩	MR2002	79.5	-5.8	-7.6	-5.9	0.4	0.8	-0.5	Ⅲ
武山台	62WST	土层	MR2002	79.8	21.8	21.8	18.1	0.8	1	0.6	Ⅳ
沙湾	62SHW	土层	MR2002	98.8	-8.4	13.8	-6.2	-0.6	-0.59	0.64	Ⅳ
康乐	62KLE	土层	ENTA	106.8	7.1	7.2	5.6	1.19	1.32	0.53	Ⅳ
八松	62BAS	土层	MR2002	111.4	-8.7	-8	5.5	-0.84	0.93	-0.69	Ⅳ

Ⅶ度区范围:西北自卓尼县洮源乡起,东南至宕昌县木耳乡,东北自漳县金钟镇起,西南至岷县麻子川乡,长轴为 87 km,短轴为 59 km,面积 3 640 km²。

Ⅵ度区范围:西北自卓尼县康多乡起,东南至礼县沙金乡,东北自陇西县菜子镇起,西南至迭部县洛大乡,长轴为 161 km,短轴为 127 km,面积 12 086 km²。

位于Ⅵ度区之外的甘谷县、西和县、康县等部分县也因遭受强烈地震波及,造成个别居民点有少量破坏,或因滚石崩塌或因惊吓避震不当造成少量人员伤亡。

(1) 将表 2 中地震强震台站记录计算获得的仪器烈度值与图 2 所示的地震烈度图中烈度区值进行对比验证。因为数据量少,统计结果并未剔除基岩台。表 3 的计算结果显示 27.27%的台站能够完全与地震烈度图中烈度区值吻合。如果判定烈度计算结果与所在震区宏观烈度相差±1 度是可接受的,如图 3 所示则本次地震仪器烈度值与地震烈度图所在烈度区相差±1 度以内的台站占比为 81.8%。因此,采用仪器烈度计算暂行规程^[4]计算的地震仪器烈度一定程度上可以客观反映强震台站周边的震害程度。

表3 仪器烈度与调查点烈度对比表

台站名称	仪器烈度	烈度区	调查点地理位置	调查点烈度	距离/km
62MXT	Ⅵ	Ⅵ	岷县秦许乡上河阳村	Ⅶ	4.47
			岷县岷阳镇岷峰村	Ⅵ	0.6
			岷县岷阳镇长虹村	Ⅵ	1.9
			岷县十里镇张家坪村	Ⅶ	4.57
62LZK	Ⅵ	Ⅵ	迭部县腊子口乡镇府	Ⅵ	0.05
62TCH	Ⅵ	Ⅵ	宕昌县坡里村车拉乡	Ⅵ	4.96
62YLG	Ⅴ	Ⅵ	临潭县冶力关镇蕙家村	Ⅵ	5
62WZZ	Ⅳ	Ⅵ	渭源县五竹镇黑鹰沟村	Ⅵ	5
			渭源县五竹镇路麻滩村	Ⅵ	3.93
62LTA	Ⅲ	Ⅵ	临潭县城关镇	Ⅵ	2.18
			临潭县川长敏家嘴村	Ⅵ	4.8

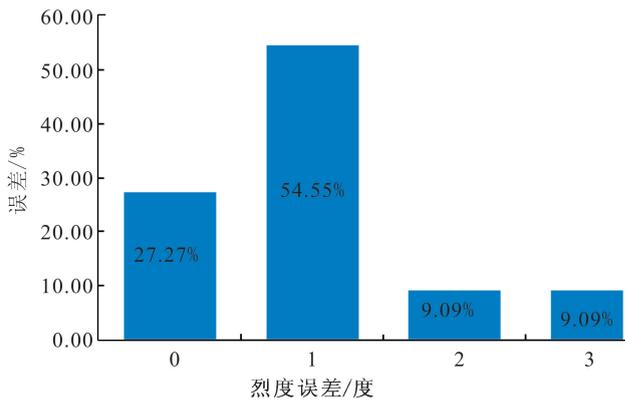


图3 仪器烈度误差

Fig.3 Instrumental intensity error

此外,基岩台 62ZHQ、62LTA 仪器烈度值为Ⅳ、Ⅲ,但其均属于Ⅵ烈度区。仪器烈度低于烈度区 3 度以内,该值明显低于相同区域的土层台,由于地震烈度受场地条件的影响,在相同对比区域内基岩地基上的烈度普遍较低,软弱地基上的地震烈度会高于基岩地基上的烈度值。

(2) 分析岷县—漳县仪器烈度与周边 5 km 内调查点烈度的对应关系(本文调查点资料来自于岷县—漳县 6.6 级地震现场工作队),筛选出烈度Ⅵ度以上地区强震台站周边半径 5 km 内的调查点,然后将台站仪器烈度与周边调查点的平均烈度进行对比分析。如表 3 所列仪器烈度与周边调查点的平均烈度值误差为 0 的占 50%,误差在 1 度以内的占 66.7%。同时,除基岩台外,仪器烈度与周边调查点的误差均在 1 度以内。然而,芦山地震仪器烈度与周边半径 5 km 内的调查点平均烈度值误差为 0 的占 58.6%^[8],完全吻合度略高于此次地震。此次灾害调查分析认为,岷县—漳县地震灾区建筑以土木结构和木结构为主,在震前灾区持续 20 d 的降雨造成当地巨厚黄土沉积区为主的房屋地基和土木结构

生土墙和木结构的围护生土墙强度降低。地震后,在相同烈度下破坏比例大于其他地区;砖结构和砖混结构破坏程度明显低于相同烈度的芦山地震灾区。也由于这个原因,Ⅷ度区范围偏大,Ⅵ度区也相对较大^[7]。因此,地震烈度作为一种综合的宏观指标,利用强地面运动进行定量衡量有一定的困难,不能苛求仪器烈度与地震烈度完全一致,但在前期震区烈度信息较少的情况下其还是具有较高的参考价值。

4 结论

通过 2013 年甘肃岷县—漳县 6.6 级地震仪器烈度与宏观烈度对比分析,得到以下几点结论:

(1) 震后计算的仪器烈度与震后宏观调查烈度虽然不能达到完全吻合,但仪器烈度在一定程度上反映了震害情况,特别是在前期震区烈度信息较少的情况下通过观测仪器快速计算烈度,并绘制地震影响强度和范围图,可快速估计人员伤亡和经济损失,为制定应急救援决策和工程抢险修复决策提供依据。

(2) 对比分析结果表明,由于地震烈度受场地条件的影响,在相同区域内软弱地基上的地震烈度会高于基岩地基上的烈度值。

(3) 由于宏观地震烈度的模糊性、主观性、多指标性和平均性,要实现仪器烈度和宏观烈度的完全一致很难做到,因为宏观调查烈度是余震叠加的复合烈度,因此一般区域内仪器烈度小于宏观烈度 1 度以内是可以接受的。

(4) 本文是利用岷县—漳县 6.6 级地震所获取强震记录得出的。由于此次地震数据量少,极震区又缺乏强震数据,结果存在一定的偏差性。本文震后烈度调查资料是一定区域范围内的平均或延伸,而统计分析使用的强震数据只是个别点上的数据,

不能忽略两者之前的差异性,若进一步针对强震动台站场地等周边环境进行调查,可以降低统计关系的离散性。

致谢:感谢甘肃、宁夏、青海、陕西强震动观测人员在本次地震观测、记录收集工作中的辛勤劳动。感谢中国地震局岷县—漳县地震现场队全体工作人员的辛勤工作。

参考文献(References)

- [1] 马强,李水龙,李山有,等.不同地震动参数与地震烈度的相关性分析[J].地震工程与工程震动,2014,34(4):83-90.
MA Qiang, LI Shuilong, LI Shanyou, et al. On the Correlation of Ground Motion Parameters with Seismic Intensity [J]. Earthquake Engineering and Engineering Dynamics, 2014, 34(4):83-90.
- [2] 石玉成,高晓明,谭明,等.2013年岷县漳县6.6级地震灾害损失评估[J].地震工程学报,2013,35(4):717-723.
SHI Yucheng, GAO Xiaoming, TAN Ming, et al. Disaster Loss Assessment of the Minxian—Zhangxian $M_S6.6$ Earthquake, 2013[J]. China Earthquake Engineering Journal, 2013, 35(4):717-723.
- [3] 徐钦,李佐唐,何新社,等.2016年1月21日青海门源6.4级地震强震动记录及特征分析[J].地震工程学报,2016,38(2):327-332.
XU Qin, LI Zuotang, HE Xinshe, et al. Strong Ground Motion Records and Its Characteristics in the Menyuan $M_S6.6$ Earthquake of January 21, 2016[J]. China Earthquake Engineering Journal, 2016, 38(2):327-332.
- [4] 金星,张红才,李军.地震仪器烈度标准初步研究[J].地球物理学进展,2013,28(5):2336-2351.
JIN Xing, ZHANG Hongcai, LI Jun. Preliminary Study on Instrumental Seismic Intensity Standard [J]. Progress In Geophysics, 2013, 28(5):2336-2351.
- [5] 朱永莉,黎大虎,龙承厚,等.不同仪器烈度算法在四川地区历次地震中的比较应用[J].地震学报,2014,37(2):335-346.
ZHU Yongli, LI Dahu, LONG Chenghou, et al. Comparative Study of Different Instrumental Intensity Algorithms For Earthquakes In Sichuan Region [J]. Acta Seismologica Sinica, 2014, 37(2):335-346.
- [6] 田秀丰,李佐唐,徐钦.甘肃岷县漳县6.6级地震强震动观测记录与初步分析[J].地震工程学报,2013,35(3):497-502.
TIAN Xiufeng, LI Zuotang, XU Qin. The Strong Motion Records and Preliminary Analysis for Minxian—Zhangxian $M_S6.6$ Earthquake in Gansu Province [J]. China Earthquake Engineering Journal, 2013, 35(3):497-502.
- [7] 李志强,姜立新,李亦钢,等.2013年7月22日甘肃岷县漳县 $M_S6.6$ 地震灾害特点分析[J].地震地质,2013,35(3):593-603.
LI Zhiqiang, JIANG Lixin, LI Yigang, et al. Analysis on the Characteristics of the $M_S6.6$ in Gansu Province, China on July 22, 2013 [J]. Seismology and Geology, 2013, 35(3):593-603.
- [8] 冯蔚,姜立新,杨天青,等.芦山7.0级地震强震台仪器烈度与调查点烈度的对比分析[J].地震地质,2014,36(1):222-228.
FENG Wei, JIANG Lixin, YANG Tianqing, et al. A Comparative Analysis Between Instrumental Intensity and Survey Spot Intensity of Lushan $M7.0$ Earthquake [J]. Seismology and Geology, 2014, 36(1):222-228.