Vol. 35 No. 3 Sept., 2013

甘肃岷县漳县 6.6 级地震强震动观测记录 与初步分析。

田秀丰,李佐唐,徐 钦,党 红,何新社 (中国地震局兰州地震研究所,甘肃兰州 730000)

摘要:2013 年 7 月 22 日甘肃省定西市岷县漳县交界(东经 104.2°,北纬 34.5°)发生 M6.6 地震。甘 肃强震动台网在该地区覆盖良好,获得了丰富的主震加速度记录。本文收集整理了此次地震中各 强震动台站获得的加速度记录资料并进行了基本处理;经统计分析绘出了峰值加速度分布图。 关键词:岷县漳县 6.6 级地震;强震动记录;峰值加速度 中图分类号: P315.914 文献标志码:A 文章编号: 1000-0844(2013)03-0497-06 DOI:10.3969/j. issn. 1000-0844.2013.03.0497

The Strong Motion Records and Preliminary Analysis for Minxian—Zhangxian M6. 6 Earthquake in Gansu Province

TIAN Xiu-feng, LI Zuo-tang, XU Qin, DANG Hong, HE Xin-she (Lanzhou Institute of Seismology, CEA, Lanzhou Gansu 730000, China)

Abstract: The Minxian-Zhangxian $M_{\rm s}$ 6.6 earthquake occurred on July 22, 2013, at the junction of Minxian and Zhangxian, Dingxi, Gansu Province (E 104. 2°, N 34. 5°). The depth of this widespread earthquake was shallow, which caused huge casualties and property losses. In this region, numerous professional strong motion observation stations recorded valuable acceleration records that accurately reflect the ground vibration of the main shock in the corresponding region of Gansu province and play an important role in the evaluation of earthquake development trends. In the present study, these acceleration records were collected and preliminary processed, and the results of peak ground acceleration were statistically analyzed. We determined that 47 strong motion stations obtained acceleration records, which included four types of strong motion seismographs such as MR2002, Etna, GSR-18, and GSMA-2400. The Minxian strong motion station was the closest to the epicenter at a distance of 18.0 km and peak accelerations of 160.7 gal (EW), 172.5 gal (NS), and 78.4 gal (vertical). The farthest station from the epicenter was Songshan at a distance of 297.3 km and peak accelerations of 3.3 gal (EW), 3.1 gal (NS), and 2.0 gal (vertical). By calculation, we ascertained that the EW, NS, and vertical acceleration values were 1. $2 \sim 160.7$ gal, 0. $4 \sim 172.5$ gal, and 0. $4 \sim 78.4$ gal, respectively. This earthquake decayed quickly, and the peak acceleration of stations 100 km from the epicenter was only approximately 10 gal. For this earthquake, the Minxian station showed the largest peak acceleration. Located in the Minyang township of Minxian, this station is situated in a good observation environment with stable equipment; therefore, the records obtained by this station are reliable. In

① 收稿日期:2013-06-20;中国地震局兰州地震研究所论著编号:LC2013

基金项目:兰州地球物理国家野外科学观测研究站开放基金(2013Y04)

作者简介:田秀丰(1984-),男(汉族),河南鹤壁人,助理研究员,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: txf913@163.com

addition, the peak ground acceleration of each station gradually reduced with epicentral distance. However, But the effects of anisotropic media and site conditions may have resulted in unequal peak ground acceleration values for different locations at the same epicentral distance. Although the Lintan strong motion station was 79.5 km from the epicenter, its peak acceleration was only approximately 5 gal. The Songshan was farthest from epicenter; however, its peak acceleration was not minimal. These special conditions may be associated with local geological formations and site environment. On the basis of the peak acceleration obtained by each station, we used the Kriging interpolation method and plotted the peak acceleration map of the Minxian—Zhangxian earthquake. The simulated values accurately reflected the ground motion intensity of the earthquake for each observation point to provide basic information for research on the characteristics of strong ground motion and seismic engineering. Moreover, this map can provide an important basis for rapid damage assessment and earthquake emergency planning. In this study, the work was preliminary pending further research after accumulation of supplemental data.

Key words: Minxian-Zhangxian M6. 6 earthquake; strong motion records; peak ground acceleration

0 引言

2013 年 7 月 22 日 7 时 45 分 56 秒,甘肃省定西 市岷县漳县交界(东经 104.2°,北纬 34.5°)发生 M6.6 地震。此次地震震源深度浅、波及面广,给当 地造成了巨大的人员伤亡和财产损失。本地区在 "十五"期间架设了大量的专业强震动观测台站,大 多数在本次地震中记录到了宝贵的强震动资料。这 些记录真实地反应了该次地震主震在甘肃省相应地 区的地表震动加速度,能够在震后趋势判定和灾后 评估中起到重要作用。本文对甘肃强震动台网在本 次地震中获得的强震动记录资料进行基本处理,计 算各触发台站三分向峰值加速度值;并对计算结果 进行统计分析;以该些数据为基础绘制本次地震主 震的加速度分布图。

1 强震动台网布局

"十五"期间,甘肃省建成了由 150 个专业强震 动观测台站组成的强震动台网,包括省内固定强震 动台网(50 个台站)、兰州地震动烈度速报台网(50 个台站)、西部强震动衰减台阵(50 个台站)。另外, 汶川地震灾后重建项目中 30 个专业强震动台站目 前正处于试运行阶段。依照中国数字强震动台网建 设思路,兼顾考虑甘肃省的地震活动情况,所建台站 大多分布在重点监视防御区和主要的地震活动断裂 带及其附近,其余分布在高烈度的大中城市及人口 较密集地区^[1-4]。据甘肃省强震动台网统计,本次地 震中共有 66 个强震动台站产生了触发记录,包括 48 个"十五"建设台站(其中 47 个台站三分向记录 良好,1个台站三分向记录不完整,本文未采用该台 记录),18个汶川地震灾后重建台站(这些台站目前 处于试运行阶段,仪器设备尚不稳定,本文未采用该 些台记录)。这些触发台站中距离震中最近的台站 为岷县强震台,震中距18.0 km;距离震中最远的台 站为松山强震台,震中距297.3 km。甘肃强震动台 站为松山强震台,震中距297.3 km。甘肃强震动台 网"十五"建设台站分布图如图1所示。由图中可以 看出,除各别台站因供电或通讯等不确定因素未产 生记录外,震中及周边地区的大多数强震动台站都 获得了本次地震的主震加速度记录,获取率良好。







本次地震中触发台站所采用的强震观测仪器有 4 种类型,如表1所示。

四种仪器在架设时均设置为阈值触发(触发值 4 gal),采样率 200 sps,事前时间 20 s,事后时间 20 s。四种仪器从性能上看虽各有差异,但记录效果基

本一致。

2 地震记录及分析

2.1 地震记录

本次地震中,"十五"建设台站中有 47 个台站获 得了完整的主震加速度记录,这些台站均为自由场 地土层台或基岩台,地震发生时观测设备运行正常, 产生的触发记录较为可靠。我们首先对各条记录进 行零基线校正(实际触发前一段时间内的预存记录 的平均值作为零位来调整零线),然后计算获得了各 台站三分向峰值加速度值(表 2)。

衣I	蚀莀仅尖尘及土安抆木拍仦

Table 1 The type and main technical specification of strong motion seismograph

仪器类型	ᇱᄜᆇᆇᅖ	/ +	主要技术指标							
	王厂冏	通道数/个	动态范围 /dB	分辨率 /bit	触发模式	采样率/sps	时间服务	数据存储/Mb		
	MR2002	瑞士 Syscom 公司	3	108	18	阈值,STA/LTA	100,200,400,500	GPS 授时	32	
	ETNA	美国 Kinemetrics 公司	3	108	18	阈值,STA/LTA	100,200,250	GPS 授时	64	
	GSR-18	瑞士 Geosig 公司	3	128	18	阈值,STA/LTA	100,200,250	GPS 授时	128	
G	SMA-240) 中国港震公司	3	>126	>20	阈值,STA/LTA	100,200,500	GPS 授时	128	

2.2 分析与讨论

由表 2 可以看出,获得完整主震记录的 47 个强 震动台站中,距离震中最近的为岷县强震台,震中距 18.0 km,三分向峰值加速度分别为 160.7gal(EW 向)、172.5gal(NS 向)、78.4 gal(垂直向);距离震中 最远的为松山强震台,震中距 297.3 km,三分向峰 值加速度分别为 3.3 gal(EW 向)、3.1 gal(NS 向)、 2.0 gal(垂直向)。统计分析上述 47 组三分向峰值 加速度,EW 向加速度值介于 1.2~160.7 gal 之间, NS 向加速度值介于 0.4~172.5 gal 之间,垂直向 加速度值介于 $0.4 \sim 78.4$ gal 之间。另外,本次地震 衰减较快,距震中 100 km 左右的台站获得的峰值 加速度已降至 10 gal 左右。

岷县强震台距离震中最近,获得了最大的三分 向峰值加速度。该台位于甘肃省定西市岷县岷阳 镇,场地表面地形平坦,地貌单元系洮河Ⅱ级阶地, 台址东北7.5 km 有临潭一宕昌断裂,台址西南40 km 有光盖山一迭山北缘断裂。该台观测环境良 好,仪器设备稳定,在本次地震中获得了较为可靠的 记录。图2为岷县强震台获得的主震加速度记录。





另外由表 2 可以看出,随着震中距的变大各强 震台记录到的加速度峰值呈逐渐缩小趋势。但受介 质各向异性和记录场地覆盖层局部条件的影响,同 一震中距(或震中距基本相同)的不同地点测得的加 速度峰值并不相等^[5-10]。临潭强震台震中距为 79. 5 km,但获得的峰值加速度仅为 5 gal 左右;松山强 震台距离震中最远,但其获得的三分向峰值加速度 并不是最小的。这些特异性可能与当地的地质构造 和台址的场地环境有关。

3 峰值加速度分布图

为依据(通常选取三分向中的某一分向或最大分向 来进行绘图),可真实反映地震发生时各观测点的地 面运动强度,能够为研究强地面运动的特性和工

峰值加速度分布图以各观测点的峰值加速度值

表 2 强震动台站信息及峰值加速度

Table	e 2 The Ini	ormation of stron	Table 2 The information of strong motion stations and peak ground accelerations									
	台站名称	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	场地类型	震中距	峰值加速度/gal							
伃亏		议器型与		/km	东西	南北	垂直					
1	岷县	MR2002	土层台	18.0	160.7	172.5	78.4					
2	宕昌	Etna	土层台	53.2	70.5	73.1	49.7					
3	冶力关	Etna	土层台	71.5	35.8	29.4	13.6					
4	临潭	MR2002	基岩台	79.5	4.9	7.2	5.5					
5	舟曲	MR2002	土层台	79.5	14.1	15.7	11.8					
6	沙湾	MR2002	土层台	98.8	7.8	11.4	5.5					
7	迭部	Etna	土层台	101.6	14.1	13.5	11.1					
8	康乐	Etna	土层台	106.9	7.0	6.8	5.4					
9	八松	MR2002	土层台	111.4	8.6	7.8	5.6					
10	合作	Etna	土层台	130.0	2.3	2.3	1.7					
11	小康营	GSMA-2400	土层台	143.1	2.9	3.8	1.7					
12	武都	Etna	土层台	147.0	28.7	16.3	0.5					
13	中铺	GSR-18	土层台	149.1	7.6	8.1	3.0					
14	赵家岔	GSMA-2400	土层台	149.8	7.4	5.2	4.0					
15	银山	GSMA-2400	土层台	150.5	1.8	2.0	1.2					
16	临夏	MR2002	土层台	153.0	4.7	4.3	3.1					
17	天水	MR2002	土层台	156.2	29.0	37.2	21.2					
18	定远	GSMA-2400	土层台	163.7	2.8	2.6	2.3					
19	金崖	GSR-18	土层台	169.2	7.7	8.9	4.6					
20	西果园	GSMA-2400	土层台	172.0	2.0	6.6	4.0					
21	拉卜楞	MR2002	土层台	172.1	6.7	4.3	1.8					
22	文县	MR2002	基岩台	174.4	3.5	3.1	2.0					
23	雁滩	GSMA-2400	土层台	174.8	2.6	2.4	1.0					
24	观象台	GSR-18	土层台	179.3	5.9	4.5	3.4					
25	静宁	MR2002	土层台	182.9	3.1	3.5	2.0					
26	永靖	GSMA-2400	土层台	182.9	2.0	1.8	1.8					
27	西固	GSR-18	土层台	183.8	8.5	8.3	4.1					
28	刘家堡	GSR-18	土层台	184.8	9.6	7.7	4.7					
29	盐锅峡	GSR-18	土层台	193.8	2.1	3.3	1.9					
30	忠和	GSMA-2400	土层台	195.7	3.0	2.6	1.5					
31	青石台	GSMA-2400	土层台	195.9	5.1	5.0	3.1					
32	张家台	GSMA-2400	土层台	196.5	1.5	1.3	1.1					
33	中心乡	GSMA-2400	土层台	202.4	3.2	3.5	1.7					
34	平安	GSR-18	土层台	203.6	11.8	6.4	3.4					
35	皋兰	GSR-18	土层台	207.0	12.4	10.8	3.6					
36	花庄	GSMA-2400	土层台	209.0	4.4	4.2	1.1					
37	河嘴	GSMA-2400	土层台	217.5	1.6	0.6	1.0					
38	团庄	GSMA-2400	土层台	217.9	5.0	4.6	2.6					
39	红古	GSMA-2400	土层台	223.7	1.9	2.8	1.0					
40	红城	GSMA-2400	土层台	230.0	1.8	0.4	0.4					
41	东山	GSMA-2400	土层台	235.7	2.0	1.8	1.2					
42	下海石	GSR-18	土层台	240.0	5.2	4.2	2.5					
43	秦川	GSR-18	土层台	245.4	3.8	3.0	2.1					
44	大同	GSR-18	土层台	245.8	4.2	5.4	1.4					
45	河桥	GSR-18	土层台	252.2	4.6	3.5	1.6					
46	坪城	GSMA-2400	土层台	284.6	1.2	1.6	1.0					
47	松山	MR2002	土层台	297.3	3.3	3.1	2.0					

第35卷第3期

501

程结构抗震设计方法与技术提供基础资料,同时可 为快速震害评估和制定大震应急方案提供重要依 据^[1,11]。

本文以表 2 中计算得到的 47 组三分向峰值加 速度值为基础,选取三分向中的最大峰值加速度值 为数据源,采用克里格差值法^[12]绘制了该次地震的 峰值加速度分布图(图 3)。由图 3 可以看出,峰值 加速度等值线长轴呈 NW 走向分布,最大值点位于 震中附近。根据《中国地震烈度表》(GB/T 17742-2008)中水平向峰值加速度与烈度的对应关系,最大 值点对应的烈度为 WD 度,这与中国地震局发布的《甘 肃岷县漳县 6.6 级地震烈度图》(图 4)相一致。但 峰值加速度分布图以各观测点的实测加速度峰值为 依据,会受到观测点场地条件和仪器误差等因素的 影响;地震烈度图通过地震现场调查工作来完成,兼 顾强震动记录及遥感震害等资料,因此峰值加速度 分布图虽能为地震烈度图的绘制提供重要依据,但 两者的分布不可能完全一致^[3]。

4 结束语

甘肃强震动台网在岷县漳县 M6.6 地震中经受 了考验,获得了大量的近场、中远场强震动记录,为 我国强震数据的积累提供了丰富的资源。总结这次 破坏性地震中所蕴含的各类地震动力学规律,可为 地震工程研究与抗震设防提供重要依据^[13-14]。本文 收集整理了甘肃强震动台网获取的主震加速度记录,计算得到了各强震动台站三分向峰值加速度,对 计算结果进行了统计分析,并绘制了该次地震的峰 值加速度分布图。这些工作虽然是初步的,但可为 本次地震的灾情评估及后续工作提供重要的基础数 据。







图 4 甘肃岷县漳县 6.6 级地震烈度图(来源于中国地震台网中心) Fig.4 The seismic intensity map of Minxian-Zhangxian M6.6 earthquake

参考文献(References)

- [1] 周雍年. 强震动观测技术[M]. 北京:地震出版社, 2011.
 Zhou Y N. Strong Motion Observation Technique[M]. Beijing: Seismological Press, 2011. (in Chinese)
- [2] 胡聿贤. 地震工程学[M]. 北京,地震出版社,2006.
 Hu Y X. Earthquake Engineering[M]. Beijing: Seismological Press, 2006. (in Chinese)
- [3] 谢礼立,于双久. 强震观测与分析原理[M]. 北京,地震出版 社,1982.
 Xie L L, Yu S J. Strong Motion Observation and Analysis Principle[M]. Beijing: Seismological Press, 1982. (in Chinese)
- [4] 周朝晖. 2008 年四川汶川 8.0 级地震强震动台网观测记录
 [J]. 四川地震, 2008, 4:25-29.
 Zhou Z H. The Strong Ground Motion Recordings of the M8.
 0 Wenchuan Earthquake in Sichuan Province[J]. Earthquake Research in Sichuan, 2008, 4:25-29. (in Chinese)
- [5] 刘旭宙,姚凯,何新社,等. 2008 年 5 月 12 日汶川 M_s8.0 地 震甘肃强震记录与初步分析[J]. 西北地震学报,2008,30
 (3):266-269.

Liu X Z, Yao K, He X S, et al. The Strong Motion Records in Gansu Province for Wenchuan $M_{\rm S}8$. 0 Earthquake on May 12, 2008, and Preliminary Analysis[J]. Northwestern Seismological Journal, 2008, 30(3):266-269. (in Chinese)

- [6] 温瑞智,周正华,李小军,等. 汶川 M₈8.0 地震的强余震流动 观测[J]. 地震学报, 2009, 31(2):219-225.
 Wen R Z, Zhou Z H, Li X J, et al. Strong Ground Motion Observation for Wenchuan Aftershocks[J]. Acta Seismologica Sinica, 2009, 31(2):219-225. (in Chinese)
- [7] 何少林, 闵祥仪, 何新社. 2002 年 12 月 17 日玉门 M_L4.5 地 震的强震仪多条记录资料分析[J]. 西北地震学报, 2004, 16
 (9):274-279.

He S L, Min X Y, He X S. Analysis on Records of Strong Motion Accelerograph inYumen $M_{\rm L}4$. 5 Earthquake on Dec. 17, 2002[J]. Northwestern Seismological Journal, 2004, 16 (9):274-279. (in Chinese)

[8] 闵祥仪,姚凯,何新社. 2003 年 10 月 25 日甘肃省民乐一山丹 M_s6.1 地震强震动近场记录和分析[J].西北地震学报, 2003,25(4):289-292.

Min X Y, Yao K, He X S. Strong Motion Records and Preliminary Analysis for Minle-Shandan $M_{\rm S}6.1$ Earthquake on Oct. 25, 2003, Gansu Province[J]. Northwestern Seismological Journal, 2003, 25(4):289-292. (in Chinese)

[9] 姚凯,孙崇绍,朱珊珊,等. 2008 年汶川地震后的三次强余震 地表峰值加速度衰减场研究[J].西北地震学报,2012,34 (1):99-104.

Yao K, Sun C S, Zhu S S, et al. Study on PGA Attenuation of Three Strong Aftershocks of Wenchuan Earthquake[J]. Northwestern Seismological Journal, 2012, 34(1):99-104. (in Chinese)

- [10] 赵雯佳,徐平,林向东,等. 2011年10月12日北京市石景山区 M_L2.1 地震近场加速度记录初步分析[J]. 地震工程学报, 2013, 35(1):183-189.
 Zhao W J, Xu P, Lin X D, et al. Near-field Acceleration Records and Preliminary Analysis of M_L2.1 Shijingshan District Earthquake on Oct. 12, 2011, Beijing[J]. China Earthquake
- [11] 俞瑞芳,俞言祥,肖亮,等.利用国家数字地震台网记录计 算汶川地震余震峰值加速度分布图[J].国际地震动态, 2008,(6):4-8.
 Yu R F, Yu Y X, Xiao L, et al. Mapping PGA Contours

Engineering Journal, 2013, 35(1):183-189. (in Chinese)

from China National Digital Seismic Network Records[J]. Recent Developments in World Seismology, 2008, (6);4-8. (in Chinese)

- [12] 谭继强,丁明柱.空间数据插值方法的评价[J].测绘与空间 地理信息,2004,27(4):11-13.
 Tan J Q, Ding M Z. An Evaluation of Spatial Data Interpolation Methods[J]. Geomatics and Spatial Information Technology, 2004, 27(4):11-13. (in Chinese)
- [13] 李山有,金星,陈先,等. 地震动强度与地震烈度速报研究
 [J]. 地震工程与工程振动, 2002, 22(6):2-8.
 Li S Y, Jin X, Chen X, et al. Rapid Reporting of Peak Strong Motion and Seismic Intensity[J]. Earthquake Engineering and Engineering Vibration, 2002, 22(6):2-8. (in Chinese)
- [14] 温瑞智,周宝峰,史大成,等.日本 M_w9.0强震动观测与记录初步分析[J].国际地震动态,2011,(4):16-22.
 Wen R Z, Zhou B F, Shi D C, et al. The Strong Ground Motion Observation and Data Analysis for off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake M_w9.0[J]. Recent Developments in World Seismology, 2011, (4):16-22. (in Chinese)