

汶川 $M_s8.0$ 地震兰州烈度速报 强震动记录与初步分析

刘旭宙, 张元生, 周民都, 闵祥仪

(中国地震局兰州地震研究所, 甘肃, 兰州, 730000)

摘要: 2008 年汶川 $M_s8.0$ 地震有感地区范围大于 1 000 km。甘肃省十五期间在兰州市架设了 50 个强震台站用于实现市区范围内的强震动烈度速报, 在本次地震中大多数台站都记录到了相应的强震动记录, 其中最大单道加速度峰值记录为 40.4 cm/s^2 。本文展示了 43 个兰州烈度速报台站记录到的共 129 道本次地震强震动记录信息, 并初步分析了兰州市加速度峰值分布和加速度峰值与土层厚度的对应情况。

关键词: 汶川 $M_s8.0$ 地震; 强震动记录; 兰州地区; 烈度; 土层厚度

中图分类号: P315.914

文献标识码: A

文章编号: 1000-0844(2010)04-0376-05

Strong Ground Motion Records of Wenchuan $M_s8.0$ Earthquake from the Seismic Intensity Rapid Reporting Stations in Lanzhou and Its Preliminary Analysis

LIU Xu-zhou, ZHANG Yuan-sheng, ZHOU Min-du, MIN Xiang-yi

(Lanzhou Institute of Seismology, CEA, Lanzhou 730000, China)

Abstract: The Wenchuan $M_s8.0$ earthquake in 2008 caused shake even in region more than 1 000 km away. Most strong ground motion stations in Lanzhou area, which were built in "tenth 5-years plan" for rapid reporting of seismic intensity, recorded seismic wave during the event, the maximum peak acceleration of single channel was 40.4 cm/s^2 . In this paper, 129 records from 43 stations among total 50 stations in Lanzhou area during the earthquake are shown. The distribution of peak accelerations in Lanzhou area and relationship between the peak acceleration and soil thickness are analyzed also.

Key words: Wenchuan $M_s8.0$ earthquake; Strong ground motion records; Lanzhou area; Intensity; Soil thickness

0 引言

2008 年 5 月 12 日 14 点 28 分四川汶川发生 $M_s8.0$ 地震, 震中位置在 $103.4^\circ\text{E}, 31.0^\circ\text{N}$ 。这是新中国成立以来破坏最严重的一次地震。甘肃省十五期间在兰州市架设的烈度速报台站在本次地震中记录到相应的强震动信息, 其记录真实反应了汶川地震主震在兰州市相应地区的地表震动情况。本文将

展示兰州烈度速报台站在汶川主震中的地震动记录信息, 并初步分析兰州市加速度峰值分布和加速度峰值与土层厚度的对应情况。

1 资料

十五期间甘肃兰州共架设了 50 个烈度速报台

收稿日期: 2009-05-12

基金项目: 国家自然科学基金: 40874029; 基本科研业务专项: 景泰-天祝-古浪地区区域数字台网资料深加工; 中国地震局兰州地震研究所论著编号: LC2010058

作者简介: 刘旭宙(1976-), 男(汉族), 青海西宁人, 助理研究员, 现主要从事地震学研究。

站,其中有 43 个台记录到 129 道汶川地震主震信息(表 1)。最大单道加速度峰值记录来自和平台,为 40.4 cm/s^2 ,震中距为 560 km。和平台站场地条件为自由场地土层,故和平台的记录基本反应了当地地表加速度,合加速度峰值为 49.0 cm/s^2 ,按照中

国烈度表其地表破坏程度达到 VI 度。距震中最近为中铺台,震中距为 530 km,单道加速度峰值 10.8 cm/s^2 ;最远为秦川台,震中距为 630 km,单道加速度峰值 7.4 cm/s^2 。图 1 为相应的强震动波形记录。

表 1 各测点信息及主震记录信息

台站名称	台站代码	场地类型	观测对象	仪器型号	震中距/km	最大加速度/ $[\text{cm} \cdot \text{s}^{-20}]$		
						垂直向	东西向	北南向
博物馆	62BWG	土层	自由地表	GSR-18	570.0	4.07	6.46	5.74
陈井	62CHJ	土层	自由地表	GSMA-2400IP	561.0	8.04	12.25	11.28
崔家庄	62CJA	土层	自由地表	GSMA-2400IP	568.0	7.20	14.51	14.34
大同	62DAT	土层	自由地表	GSR-18	630.0	7.18	14.60	10.05
地震局	62DZJ	土层	自由地表	GSMA-2400IP	562.0	11.27	18.47	21.97
定远	62DYU	土层	自由地表	GSMA-2400IP	555.0	0.00	12.19	15.47
东山	62DSH	土层	自由地表	GSMA-2400IP	600.0	11.12	15.01	15.13
儿童公园	62ERT	土层	自由地表	GSR-18	560.0	8.85	15.79	16.03
皋兰	62GLA	土层	自由地表	GSR-18	594.0	5.74	14.60	16.75
观象台	62GXT	土层	自由地表	GSR-18	590.0	6.46	13.64	9.57
和平	62HEP	土层	自由地表	GSR-18	560.0	22.49	37.80	40.43
河口	62HKO	土层	自由地表	GSMA-2400IP	580.0	7.28	21.02	20.71
河桥	62HEQ	土层	自由地表	GSR-18	619.0	4.31	7.90	8.37
河嘴	62HZU	土层	自由地表	GSMA-2400IP	580.0	4.47	25.93	22.84
红城	62HOH	土层	自由地表	GSMA-2400IP	616.0	0.11	13.31	10.62
红古	62HGU	土层	自由地表	GSMA-2400IP	606.0	2.98	7.22	6.15
花庄	62HUZ	土层	自由地表	GSMA-2400IP	588.0	4.20	7.68	8.99
金崖	62JAI	土层	自由地表	GSR-18	560.0	5.98	19.38	10.05
连搭	62LDA	土层	自由地表	GSMA-2400IP	546.0	6.93	7.25	8.34
刘家堡	62LJB	土层	自由地表	GSR-18	570.0	7.90	15.55	14.12
平安	62PAN	土层	自由地表	GSR-18	570.0	5.98	13.88	10.53
秦川	62QCH	土层	自由地表	GSR-18	630.0	5.26	7.42	5.26
清水乡	62QSX	土层	自由地表	GSMA-2400IP	625.0	0.01	10.96	2.67
清水驿	62QSY	土层	自由地表	GSMA-2400IP	548.0	10.66	17.98	18.16
什川	62SHI	土层	自由地表	GSMA-2400IP	580.0	0.01	2.19	9.58
树屏	62SHP	土层	自由地表	GSMA-2400IP	592.0	5.68	7.52	7.37
通远	62TOY	土层	自由地表	GSMA-2400IP	629.0	2.99	8.17	5.39
团庄	62TZT	土层	自由地表	GSMA-2400IP	604.0	5.74	13.60	11.19
五泉山	62WQS	基岩	自由地表	GSMA-2400IP	560.0	3.07	28.18	24.03
西槽	62XIC	土层	自由地表	GSR-18	610.0	7.66	9.81	11.96
西固	62XGU	土层	自由地表	GSR-18	570.0	7.90	18.18	11.96
西果园	62XIG	土层	自由地表	GSMA-2400IP	560.0	11.86	23.05	16.41
下海石	62LDA	土层	自由地表	GSR-18	600.0	4.79	7.66	6.94
小康营	62XKY	土层	自由地表	GSMA-2400IP	536.0	8.92	12.98	17.21
兴隆山	62XCH	土层	自由地表	GSMA-2400IP	540.0	4.46	6.30	5.40
盐锅峡	62YGX	土层	自由地表	GSR-18	560.0	3.35	5.74	5.50
雁滩	62YTA	土层	自由地表	GSMA-2400IP	565.0	4.49	8.72	7.82
窑街	62YJI	土层	自由地表	GSMA-2400IP	628.0	0.00	9.04	0.79
银山	62YSH	土层	自由地表	GSMA-2400IP	539.0	8.09	12.88	9.84
永靖	62YJN	土层	自由地表	GSMA-2400IP	550.0	4.78	11.66	11.98
中铺	62ZPU	土层	自由地表	GSR-18	530.0	7.66	10.77	10.29
中心乡	62ZXX	土层	自由地表	GSMA-2400IP	584.0	7.75	15.86	14.67
忠和	62ZHH	土层	自由地表	GSMA-2400IP	582.0	8.39	10.65	10.66

图 1 可以看出,虽然各台站相对震中的方位和震中距相差不大,但是所记录的地震动波形却有一定的差异。为进一步分析其差异,将震中距在 530 ~590 km 之间,土层厚度分别为 1 m 以下,3~5 m, 16 m 和大于 50 m 的博物馆台、中铺台、观象台、和平台记录的波形进行傅里叶变换后进行比较(图

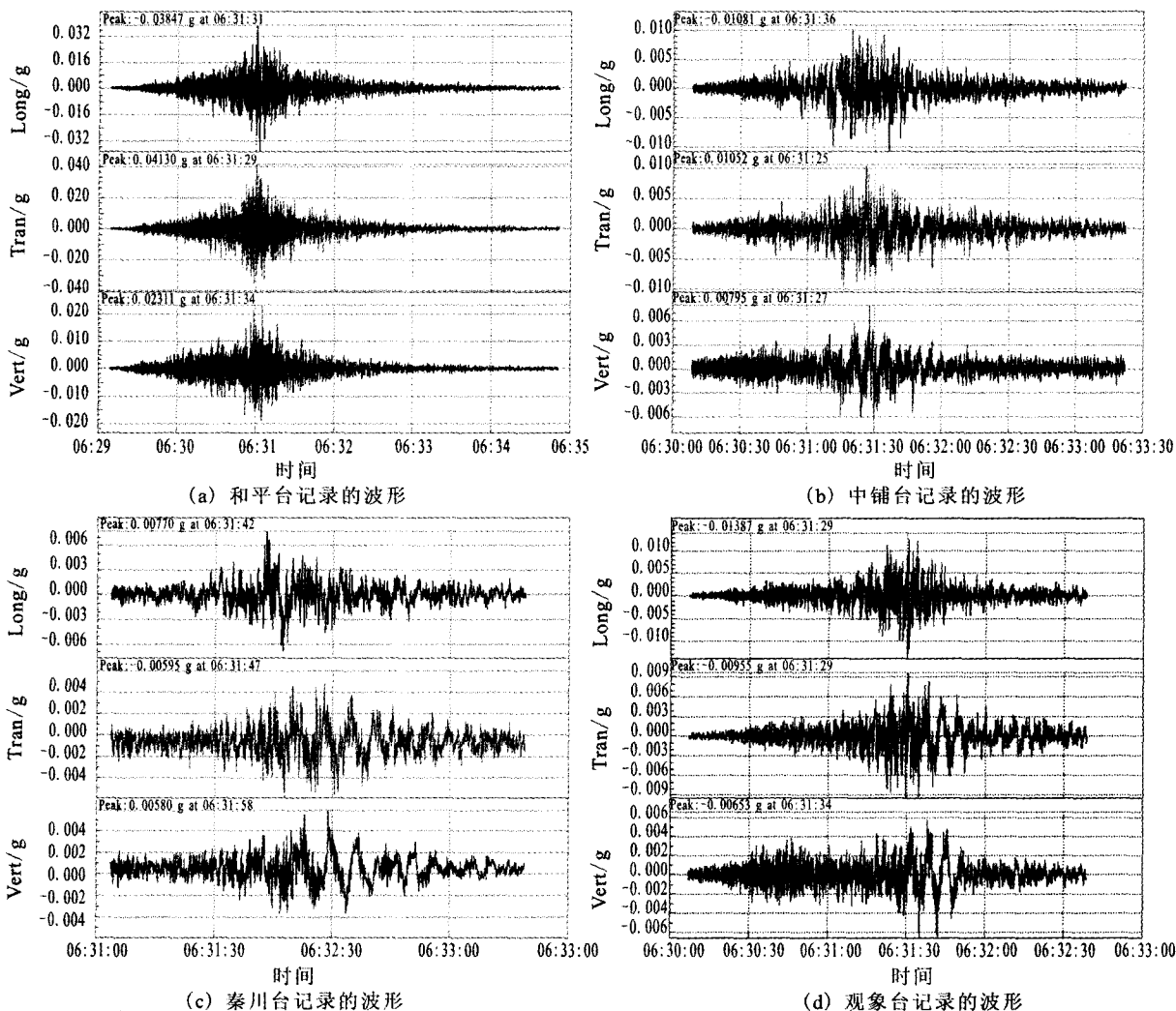


图1 几个强震台记录的汶川地震波形示例

Fig.1 The waveform records of Wenchuan $M_s8.0$ earthquake from some strong ground motion stations.

2)。可以看出,随着土层厚度的增大频率在 $0.5 \sim 7$ Hz 之间的地震动幅度有显著的增加。显然,随着土层厚度的增加地表接收的地震波中周期在 1 s 左右的地震波能量明显加强。故虽然几个台站的震中距和方位相差不大,但是记录的波形却不尽相同。并且由于这一频率范围接近一般建筑物的固有频率,所以地表土层的这种地震动放大作用对建筑物的抗震性能有很大的影响。

2 地表加速度峰值的分布特征

地面运动加速度大小和持续时间直接决定了地震的破坏力,强震动记录则真实地反映了地面的加速度,其等值线分布能够较好地描绘震害的分布情况。兰州市烈度速报台站分布在市区三县五区之中,各台站基本布设于自由场地,架设以来运行稳定。在 50 个烈度速报台站中有 43 个台站记录到汶

川地震主震的信息,为绘制兰州市地表加速度分布提供了可靠的数据。整理资料后选取各个台站最大的单道加速度记录做出加速度峰值等值分布图(图 3)。图中显示加速度峰值最大值和最大梯度区均分布在兰州市和平一带地区。这一地区相对其他烈度速报台更靠近龙门山断裂的延伸方向,此外钻孔资料表明这一带的个别地区土层也较市区其他地方要厚。

众所周知土层对于地震动有一定的放大作用。例如和平平台的土层厚度超过了 50 m,在汶川地震的强震动记录中其加速度峰值就大于其他兰州烈度速报台站的记录。为进一步分析土层厚度与加速度峰值之间的关系,先将 43 个烈度台的加速度峰值记录换算成统一震中距的加速度值(由于兰州烈度速报台站在汶川主震的震中距都在 530 km 以上,在不考虑其他场地因素的前提下,各台站的加速度峰值

可以近似认为和震中距成线性关系),然后参照各个台站的钻孔土层厚度资料,作出强震动记录的加速度峰值与土层厚度的对应情况。

图 4(a)、(b)、(c)分别为垂直向,东西向,北南向加速度峰值与土层厚度的对应情况。从图中可以

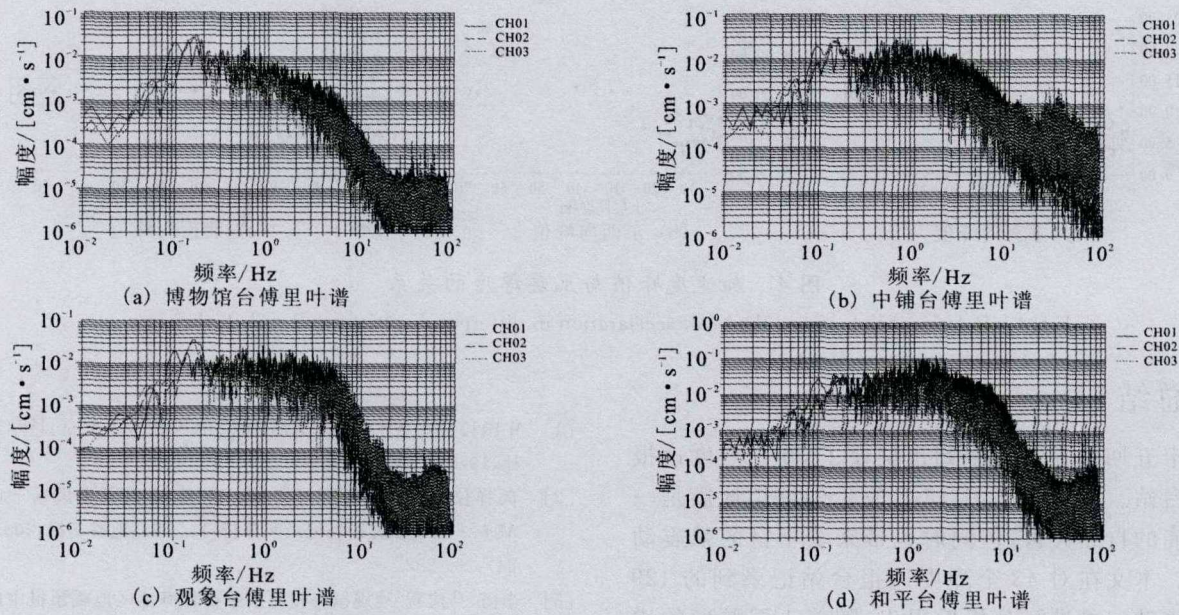


图 2 几个台的波形傅立叶谱

Fig. 2 The Fourier spectrums of waveform records from some strong ground motion stations.

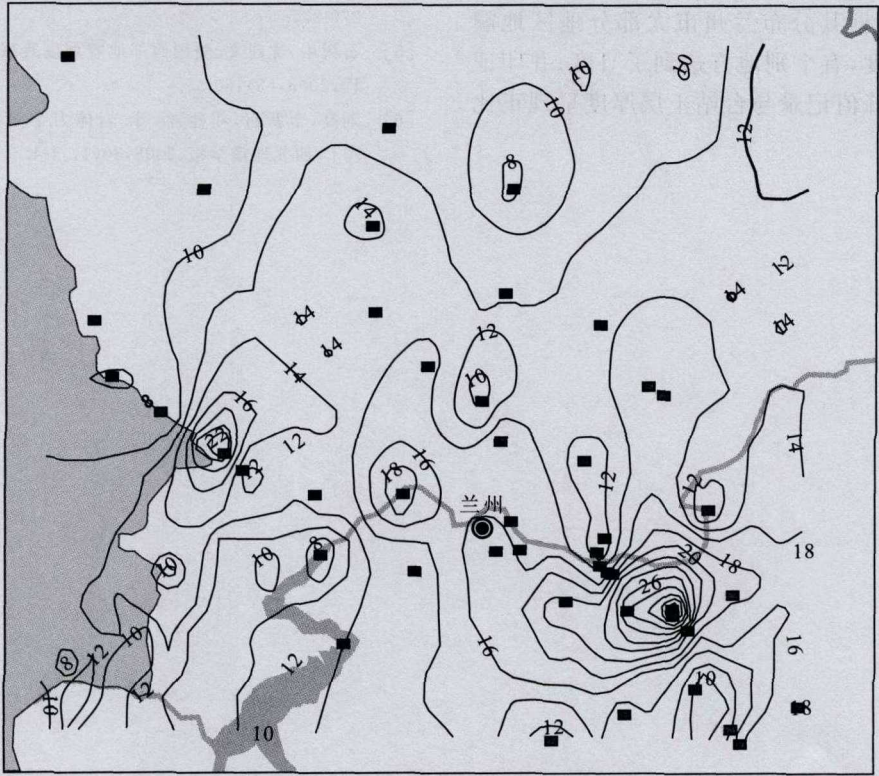


图 3 兰州市范围内的加速度峰值等值线分布图

Fig. 3 The peak acceleration isopleths in Lanzhou.

看出土层厚度在 20 m 以下时,加速度峰值与土层厚度的关系有很大的不确定性,然而当土层厚度超过 20 m 时加速度峰值明显随着土层厚度的增加呈现正比例增长。实际上地表加速度值与台站相对断

裂带所处的地理位置,当地地质结构和场地条件都有关系,但是汶川地震主震的兰州市烈度速报台站记录仍然反映出土层超过 20 m 时地表加速度峰值随着土层厚度的增加正比例增长这一现象。

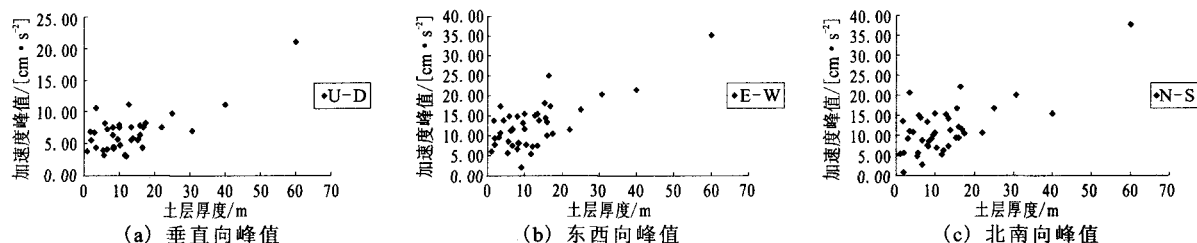


图4 加速度峰值与土层厚度的关系

Fig. 4 Relationship between the peak acceleration in different diractions and soil thickness.

3 总结

十五期间在甘肃兰州市架设了 50 个烈度速报强震台站。2008 年 5 月 12 日发生的汶川地震是一次惨痛的自然灾害,但同时也带来了丰富的强震动资料。本文在对 43 个烈度速报台站记录到的 129 道强震动记录进行分析后得出,随着土层厚度的增加,地表接收的地震波中周期在 1 s 左右的地震波能量明显加强,并得到了兰州市区地表加速度峰值的等值线分布,根据其分布兰州市大部分地区地震动烈度为Ⅲ~Ⅴ度,有个别地方达到了Ⅵ度;并印证了台站的加速度峰值记录与台站土层厚度呈现正比的对应情况。

【参考文献】

- [1] 中国科学院地球物理研究所. 地震学基础[M]. 北京:科学出版社,1976.
- [2] 闵祥仪,姚凯,何新社. 2003 年 10 月 25 日甘肃民乐—山丹 $M_s 6.1$ 地震强震近场记录和分析[J]. 西北地震学报,2003,25(4):289-292.
- [3] 李吕,马建新. 地震拟合相关系数在青海地区地震预报中的应用[J]. 西北地震学报,2008,30(2):184-188.
- [4] 刘旭宙,姚凯,何新社,等. 2008 年 5 月 12 日汶川 $M_s 8.0$ 地震甘肃强震动记录与初步分析[J]. 西北地震学报,2008,30(3):270-275.
- [5] 石树中,沈建文. 美国西部地震烈度衰减规律[J]. 世界地震工程,2003,(3):50-55.
- [6] 刘高,李新召,邓建丽,等. 岩体力学参数变异性及取值方法[J]. 西北地震学报,2008,30(1):1-4.