

汶川 8.0 级地震峰值地震动特性研究

乔震元¹, 刘本玉¹, 张远富²

(1. 云南大学地球物理系, 云南昆明 650091; 2. 平凉市地震局, 甘肃平凉 744000)

摘要:对汶川 $M_s8.0$ 地震的加速度峰值进行统计和处理, 得到加速度(PGA)与断层距的统计关系、等值线图以及地震三方向的三维加速度图。发现加速度峰值沿断层方向衰减较慢, 沿其它方向衰减较快, 断层距在 100 km 内衰减最快。大峰值的加速度基本位于断裂的两侧的狭长地带及沿断裂方向。用中国西部加速度衰减公式计算的加速度值与实际记录值进行比较, 发现前者偏小并且衰减得快, 可能与本次地震的断裂破裂机制和地质构造有关。

关键词: 汶川 $M_s8.0$ 地震; 加速度峰值; 衰减规律; 加速度分布; 断层距

中图分类号: P315.914

文献标识码: A

文章编号: 1000-0844(2011)01-0091-05

Research on the Peak Ground Motion Characteristics of Wenchuan $M_s8.0$ Earthquake

QIAO Zhen-yuan¹, LIU Ben-yu¹, ZHANG Yuan-fu²

(1. Department of Geophysics, Yunnan University, Kunming 650091, China;

2. Earthquake Administration of Pingliang City, Gansu Pingliang 744000, China)

Abstract: Based on the statistical and processing work for the peak acceleration data of Wenchuan $M_s8.0$ earthquake in 2008, the statistical relationship between PGA and distance from the fault, PGA isogram and the 3-D acceleration diagrams in three directions are obtained. The results show that the peak acceleration attenuated slowly along the seismogenic fault, but attenuated rapidly in other directions, and the fastest decay appeared in the region within 100 km from the fault. High values of the peak acceleration commonly recorded in a narrow belt on both sides of the fault. Comparison of recorded values with values from the acceleration attenuation formula for west China shows that the latter are smaller and attenuate faster, it is considered related with the earthquake rupture mechanism and the tectonics.

Key words: Wenchuan $M_s8.0$ earthquake; Peak acceleration; Attenuation; Acceleration distribution; Distance from the fault

0 引言

2008年5月12日在四川省汶川境内发生了 $M_s8.0$ 特大地震, 全国各省市均有不同程度的震感, 以川陕甘三省震情最为严重。震中位置 $103.4^\circ\text{E}, 31.0^\circ\text{N}$, 震源深度 14 km, 震中烈度为 XI 度。地震发生在位于青藏高原与四川盆地分界的龙门山逆冲断裂带上。该断裂带长约 400 km, 宽约 60 km, 由 4 条大断裂构成。汶川地震的发震断层是中央断

裂(北川—映秀断裂), 地震破裂带始于汶川县映秀镇附近, 向 NE 方向经北川延伸了 300 km^[1]。

中国数字强震动台网完成于 2007 年底, 在汶川特大地震中该台网布设在四川、甘肃、陕西、云南、宁夏、青海、山西、山东、河南、河北、北京、天津、内蒙古、江苏、上海、福建、广东、湖北、安徽等 19 个省、市、自治区的 455 个台站获得了主震加速度记录^[2]。

收稿日期: 2009-12-24

基金项目: 国家自然科学基金(40564002)

作者简介: 乔震元(1984-), 男, 云南昆明人, 硕士生, 主要从事地震工程方面的研究。

本文利用这些记录数据来进行衰减规律的研究,应用 GB 17741-2005《工程场地地震安全性评价》中^[3]提供的中国西部地震动峰值加速度衰减关系,将加速度记录进行处理并对这些数据进行统计分析,得到了四川地区地震峰值加速度的分布规律。可为灾区重建及今后防震减灾工作提供参考。

几乎在所有地震中近断层区域建筑破坏是最严重的,而对结构物的危害主要来自地震产生的水平剪切运动^[4]。在一般情况下,地震动加速度水平向幅值比垂直方向幅值大。影响地震动峰值加速度的因素很多,包括震级、距离、断层方向、地质构造等。于海英等认为沿着断层方向地震动峰值明显大于其它方向,在断层上盘地震动峰值大于同等情况下下盘峰值加速度,体现了断盘效应^[5]。一般情况下,地震动峰值随震级的增大而增大,随距离的增大而减小^[6]。胡聿贤等也认为震级对加速度关系影响颇大^[7]。本文应用最小二乘法对汶川地震记录所得到的加速度数据进行统计处理,并对统计结果进行比较和讨论。

1 数据和模型

本文数据来自中国数字强震动台网记录的 399 个土层上三方向加速度数据。断层距是通过百度地图上直接测距得到;台站经纬度由 Google Earth 中测出,误差在 1%~2%左右。本文应用最小二乘法进行统计得到结果。计算加速度的理论公式是用中

国西部地区地震动峰值加速度衰减关系求得^[3]

$$\ln a_{R_a} = 5.912\ 025 + 1.836\ 588M -$$

$$2.846\ 58\ln(R_{R_a} + 3.400e^{0.451M})$$

$$\ln a_{R_b} = 2.509\ 012 + 1.360\ 759M -$$

$$1.791\ 51\ln(R_{R_b} + 1.046e^{0.451M})$$

式中, a_{R_a} 为长轴方向的加速度; a_{R_b} 为短轴方向加速度; M 为震级; R_a 和 R_b 是距离项,为震源距,本文用的是断层距^[3]。

2 结果

运用得到的数据,我们取断层距小于 600 km 的加速度值进行拟合,得到加速度与断层距的关系(图 1)。可以看出,加速度峰值随着距离的增大而减小,特别是在断层距 100 km 以内。大峰值加速度基本位于断裂附近,最大的几个点基本位于断层距 40 km 左右。南北向和东西方向加速度值变化几乎是一致的,只是在最高峰值比东西向稍微偏低,衰减的速度比东西向稍慢,在 300 km 以后趋于水平,其幅值变化不大。可能与断裂的东西向逆冲并兼有走滑机制有关。垂直方向的加速度值与其他两个方向相比加速度值较低且衰减更快,在 200 km 处就很小了。

为了清楚的看到加速度的分布情况,我们取 29°~36°N, 102°~108°E 范围内做加速度等值线图,等值线之间的差值为 100 cm/s²(图 2)。

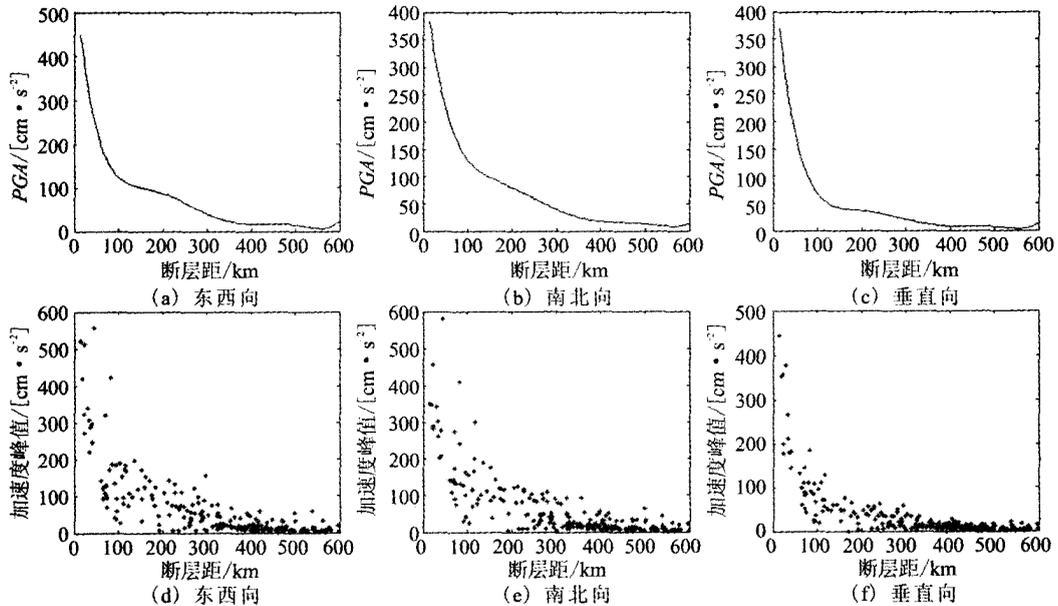


图 1 三方向加速度与断层距的关系

Fig. 1 Relationship between distance from the fault and the acceleration in three directions.

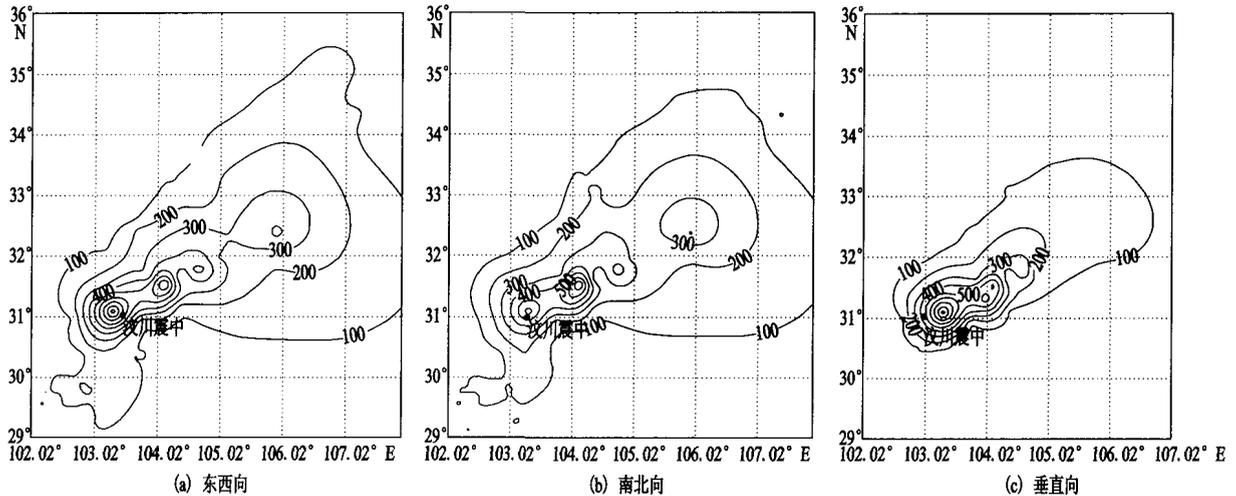


图 2 三个方向峰值加速度等值线图
Fig. 2 Isograms of acceleration in three directions.

从图 2 可以看出加速度沿着断裂带的分布及加速度衰减的情况。加速度高值地带基本是沿着断裂的狭长地带。东西向和南北向在青川附近分成两支,这与断裂的分布和台站分布有关。垂直向没有很明显的分支,可能是衰减较快。由于映秀—北川断层是 NE 走向的逆冲断层,上盘的加速运动方向是向东,下盘的加速运动方向是向西。汶川地震的破裂由南向北,由逆冲变为走滑,断层开始逆冲破裂阶段的的东西分量 PGA 值较南北分量大,然而就整个区域的 PGA 分布来看,东西分量和南北分量大小没有明显规律^[2,5]。为了进一步的更直观的看出地震动峰值衰减。我们做了三维加速度峰值的衰减图(图 3)。从图 3 可以明显看出加速度沿断裂分布的情况及断层的上下盘效应。峰值加速度沿断裂衰减比其他方向衰减的慢,震中位置加速度峰值非常明显,加速度高值基本上是沿着断裂的狭长地带。破裂的上下盘效应也很明显。图中还可以明显的看到加速度的分叉(图 4 中也有所体现)。

3 实测值与中国西部地震动峰值加速度衰减公式计算值比较

用文献[3]中中国西部地震动峰值加速度衰减公式计算得到的理论加速度值与实际观测到的值进行比较^[3,8,9](图 4)。从图 4 中可以明显看出,峰值加速度形态两者基本上是一致的,说明加速度的衰减与断裂的方向关系密切。但是衰减公式算出的加速度值比实际观测到的加速度值小,且衰减比实际的衰减要快。根据中华人民共和国建筑抗震设计规范《GB50011—2001》,可能是土层场地对地震动有

放大作用^[10-11,5]。衰减公式计算得到的加速度值沿着断裂方向的衰减没有实际记录到的明显,范围也较实际观测的小。实际记录到的加速度的三维表面图有很明显的加速度峰值,并且峰值比衰减公式计算的要大,且明显双峰。但是在东北方向理论计算的比实际测量的大。加速度正的最大值和负的最大值也能明显看出沿着断裂方向,并且体现出几个峰值来;用衰减公式计算的也有几个峰值也很突出,但是没有实际记录到的突出。还可以看出衰减公式算出的加速度的三维表面图中,断裂东北段的青川、北川加速度比汶川、理县方向的大。可能与龙门山断裂地质构造有关。龙门山断裂带由几条断裂构成,西部加速度衰减公式的计算范围在 105°以西,而断裂一部分已经超过了这个经度,所以计算的加速度也存在一定的误差。

4 结论

汶川大地震以前由于我国强震动台站数量很少,缺乏自己的强震动观测记录尤其是大震近场记录。汶川大地震强震动记录群均为数字强震仪记录,震相完整、记录质量高,极大地丰富了我强震动记录数据库。由本文的初步分析可以得到下列结论:

- (1) 加速度记录的高峰值基本是在断裂附近,较大的地表加速度值分布在断层两侧及沿断层破裂方向;
- (2) 加速度衰减沿着断裂方向衰减较慢,沿着其他方向衰减较快;
- (3) 较大的加速度峰值沿发震断层分布,集中

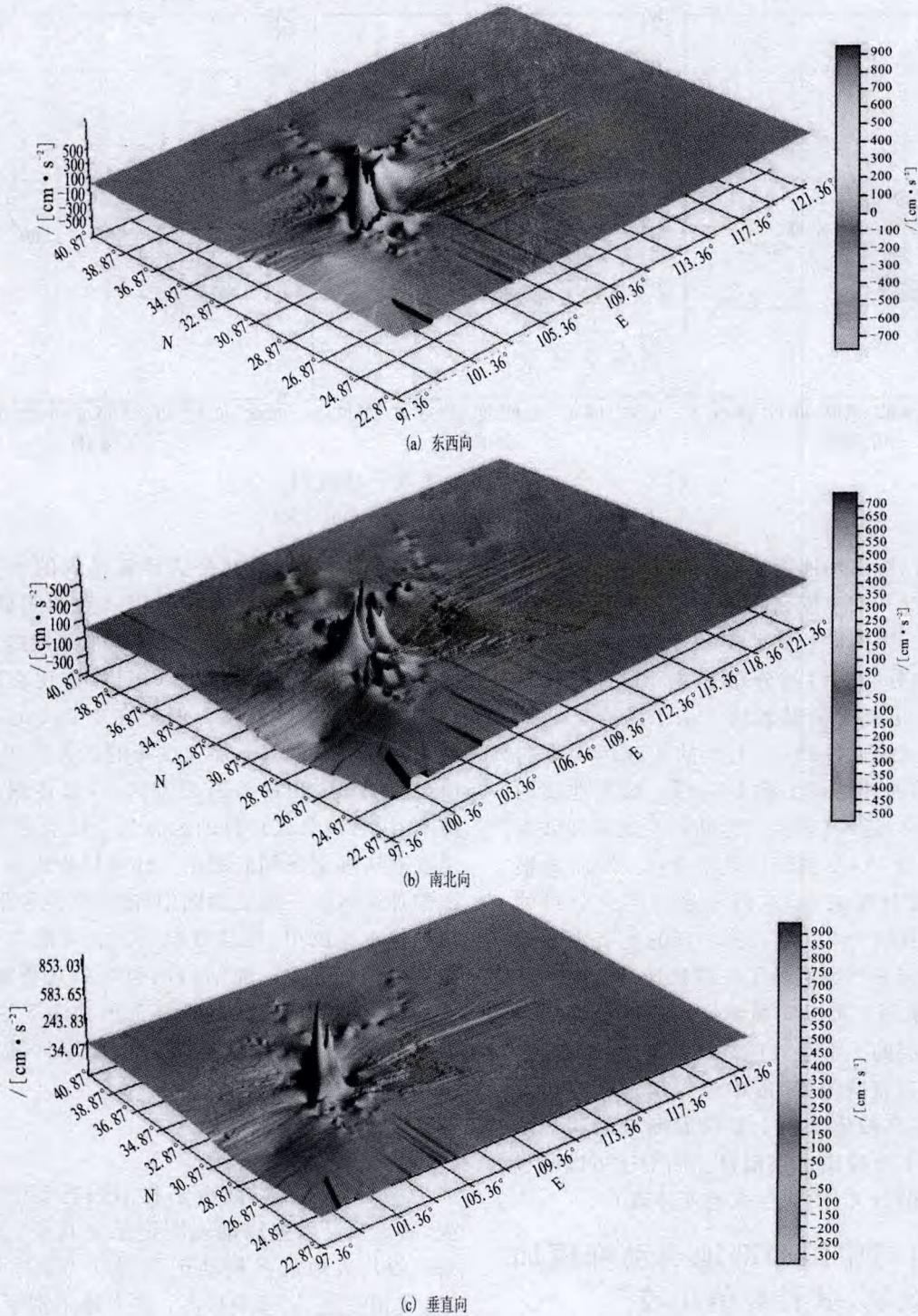


图 3 三个方向峰值加速度三维表面图

Fig. 3 3-D images of peak acceleration in three directions.

在靠近断层的狭长区域。在相同情况下，断裂上盘峰值加速度值明显高于下盘值。上盘效应和方向性效应较明显；

(4) 理论计算的加速度与实际观测的加速度存在差异，可能与土层对加速度峰值具有放大效应有关，也存在一定的误差，但基本上和实际观测的一

致；

(5) 加速度峰值随着距离的加大不断减小，在 100 km 以内衰减最快，到 300 km 处基本上已经很小了；

本文也提供了一种方法，就是应用加速度的三维图可以更清楚更直观的看到加速度峰值的特性。

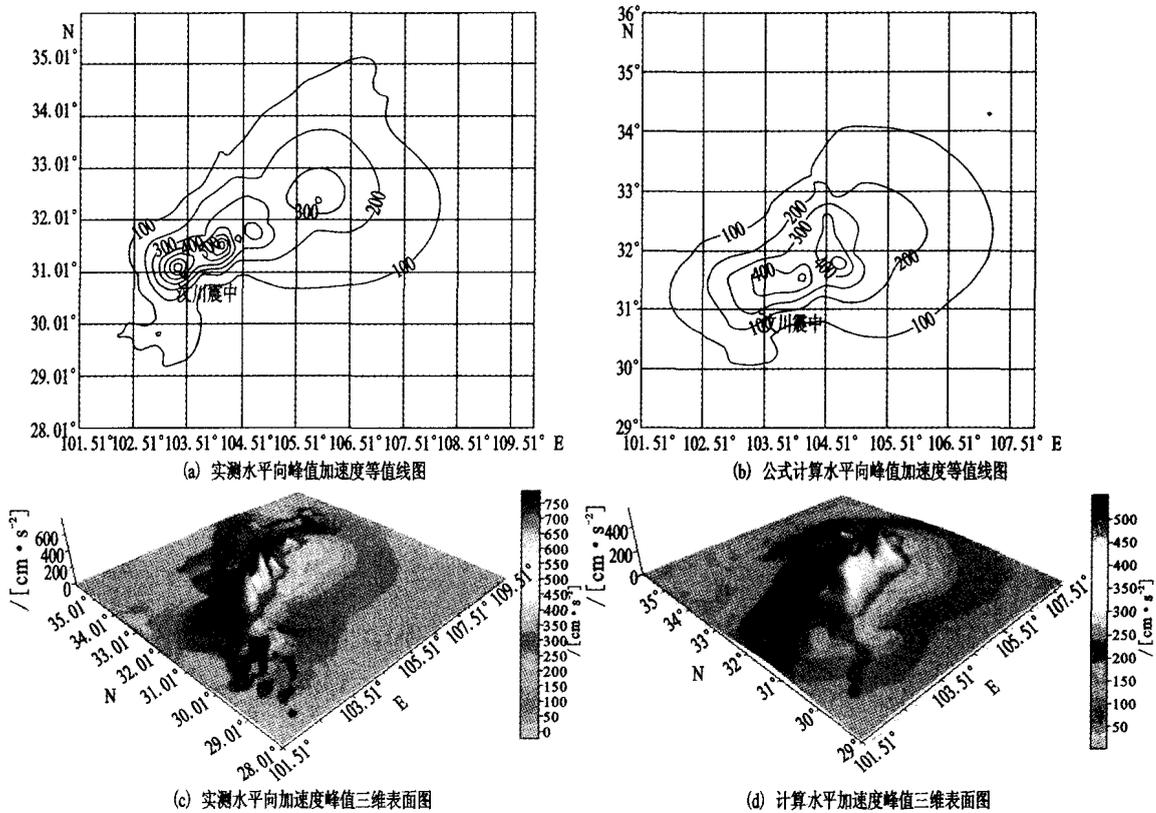


图 4 实测水平方向峰值加速度与中国西部地区加速度衰减公式计算的加速度值的等值线图和三维表面图的比较

Fig. 4 Comparison of the peak acceleration isograms in horizontal and 3-D images between recorded data and values from the acceleration attenuation formula for west China.

[参考文献]

[1] 康兰池,金星.四川地区地震动峰值衰减规律研究[J].地震学报,2009,31(4):403-410.

[2] 中国地震局震害防御司编.中国强震记录汇报,第12集,第1卷,汶川8.0级地震未校正加速度记录[R].北京:地震出版社,2008.

[3] 卢寿德主编.GB 17741-2005《工程场地地震安全性评价》贯宣教材[M].北京:中国标准出版社,2006.

[4] 贾俊峰,欧进萍.近断层竖向地震动峰值特征[J].地震工程与工程振动.2009,29(1):44-49.

[5] 于海英,王栋,杨永强,等.汶川8.0级地震动加速度记录的初步分析[J].地震工程与工程振动,2009,29(1):1-13.

[6] 金星,康兰池,欧益萍.福建地区中小地震地震动峰值衰减规律研究[J].地震学报,2008,30(3):279-291

[7] 胡聿贤.参考唐山地震确定的华北地区地震动衰减关系[J].土木工程学报,1986,19(3):1-10

[8] 汪素云,俞言祥.地震动参数理论预测公式在工程地震中的应用[J].地震地磁观测与研究,2000,21(1):1-6

[9] 汪素云,俞言祥,高阿甲,等.中国分区地震动衰减关系的确定[J].中国地震,2000,16(2):99-106

[10] 刘峥,沈建文,石树中,等.软土对基岩峰值加速度的放大作用[J].同济大学学报(自然科学版),2009,37(5):607-611

[11] 王秀梅,赵艳,李化明,等.震中距对不同类别场地峰值加速度的影响[J].佳木斯大学学报(自然科学版),2009,27(3):414-418

[12] 杨晓平,李安,刘宝金,等.成都平原内汶川Ms8.0地震的地表变形[J].地球物理学报,2009,52(10):2527-2537

[13] 陶夏新,王国新.近场地震动模拟中断破裂方向性效应和上盘效应的表达[J].地震学报,2003,25(2):191-198

[14] 华卫,陈章立,郑斯华,等.2008年汶川8.0级地震序列震源参数分段特征的研究[J].地球物理学报,2009,52(2):365-371

[15] 贾俊峰,胡聿贤.地震动峰值参数衰减规律的研究[J].地震工程与工程振动,1992,12(2):1-11