

伽师—巴楚地区中强地震加速度衰减关系研究

唐丽华, 李 锰, 王海涛

(新疆维吾尔自治区地震局, 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘 要:采用直接估计经验方法对巴楚—伽师地区 1996—2003 年 126 条 $M \geq 4$ 地震的加速度记录进行回归分析, 得到中强地震在土层场地上的水平向和垂直向加速度衰减规律。其中水平向加速度衰减关系适用的震级范围为 $4.0 \leq M \leq 6.9$, 垂直向为 $4.0 \leq M \leq 5.9$ 。

关键词:伽师—巴楚; 中强地震; 加速度; 衰减

中图分类号: P315.9

文献标识码: A

文章编号: 1000-0844(2007)04-0377-03

Research on the Acceleration Attenuation Relationship of Moderate-strong Earthquakes in Jiashi—Bachu Region

TANG Li-hua, LI Men, WANG Hai-tao

(Earthquake Administration of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830011, China)

Abstract: Using the experiential method, the horizontal and vertical acceleration attenuation relationships of moderate-strong earthquake in soil site are obtained by directly regressing the acceleration recordings of earthquakes ($M_s \geq 4$) from 1996 to 2003 in Jiashi—Bachu region. The horizontal pattern of the attenuation relationship is applicable to the earthquakes with magnitude 4.0~6.9, while the vertical pattern is applicable to earthquakes with magnitude 4.0~5.9.

Key words: Jiashi—Bachu region; Moderate-strong earthquake; Acceleration; Attenuation

0 引言

地震动估计是地震工程中的一个重要环节, 主要目的是为抗震设计提供一个定量的设防标准, 是连接结构抗震设计、工程地震学及地球物理学等学科间的纽带, 在地震危险性和地震区划中有着极为重要的作用。目前地震动的估计方法主要有三种^[1], 分别是经验方法、确定性方法和随机模拟方法。由于经验方法简单、便于应用, 目前在国内采用较多。根据资料使用和处理方法的不同, 经验方法又可分为直接统计法和转换法。转换方法是利用资料丰富的国家或地区的地震烈度和地震动衰减关系, 通过本地区的地震烈度衰减关系转换其地震动衰减关系, 广泛用于我国的工程场地地震安全性评价工作。由于我国和参考区的震级、烈度等参数有一定差异, 转换方法确定出的地震动衰减关系有一定不确定性。而直接统计法通常适用于具有丰富强

震记录的地区。

新疆是中国大陆地震活动强烈的地区之一, 自 1996 年开始南疆的伽师—巴楚及其附近地区接连发生 1996 年阿图什 6.9 级地震、1997—1998 年伽师 6 级强震群及 2003 年巴楚 6.8 级地震, 周边的地震台及临时强震台记录了主震及其余震, 为拟合这个地区的加速度衰减关系奠定了数据基础。由于伽师—巴楚地区强震资料较为丰富, 可以满足统计中强地震加速度衰减关系的需要, 所以本文采用直接统计方法回归了本地区中强地震的地面加速度衰减关系。

1 强震台站与加速度记录

新疆伽师—巴楚地区共有 14 个固定台和临时强震台获得记录(表 1)。强震记录仪以 CDQJ-1、

收稿日期: 2006-12-07

基金项目: 新疆维吾尔自治区科学研究和技术开发项目(200333116-4); 国家自然科学基金项目(50468003)

作者简介: 唐丽华(1974-), 女(汉族), 北京人, 助理研究员, 主要从事地震工程工作。

GQ3-A型为主,放置在粉质土或粘性土地地上。

表1 强震台站基本信息一览表

台站编号	台站名称	高程/m	场地土类型	仪器类型
1	西克尔	1 174	亚粘土	GQ3-A
2	巴楚	1 135	亚粘土	CDQJ-1
3	伽师	1 577	粉质土	CDQJ-1
4	哈里胡奇	1 187	粉质土	GQ3-A
5	琼库尔恰克	1 118	粉质土	GQ3-A
6	琼五井	1 154	粉质土	CDQJ-1
7	伽师二分场	1 153	亚粘土	CQJQ-1
8	42团	1 141	粉质土	ETNA
9	卧里托克拉克	1 170	粉质土	ETNA
10	45团	1 152	粉质土	SSR-1
11	英吾斯塘	1 153	粉质土	SSA-1
12	色力布亚	1 154	粉质土	CDQJ-1
13	土曼塔勒	1 152	粉质土	SSA-1
14	阿克萨克马热勒	1 140	粉质土	SSR-1

自1996年阿图什6.9级地震至2003年巴楚6.8级地震,伽师—巴楚地区共发生 $M_s \geq 6$ 地震12个,强震仪共记录 $M \geq 3.0$ 地震加速度281条,其中 $M \geq 4.0$ 地震126条,由新疆地震局地震监测中心提供。由图1可见,大多数地震的震中距集中在15~60 km之间,6级以上地震震中距分布比较均匀,可以满足样本统计分析要求。

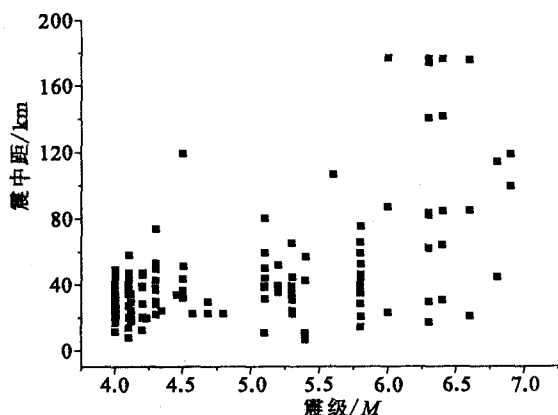


图1 伽师—巴楚地区加速度记录震级—震中距分布图

Fig. 1 Distribution of magnitudes—epicentral distance of acceleration records in Jiashi—Bachu region.

2 地震动衰减关系的确定及对比分析

2.1 地震动衰减关系的确定

地震动衰减规律的确定可以分两步完成,(1)选择经验衰减模型;(2)采用实际记录,用回归方法确定经验模型中的系数。

大量的研究表明:地震动衰减规律与震源参数、传播途径、局部场地条件等因素密切相关^[2]。震级是常规地震台网测定的重要震源参数;传播途径可

简单用震中距 R 表示,主要描述地震波从震源到表面的传播过程中介质对地震波的扩散衰减、吸收衰减作用。另外,局部场地条件对地震动幅值和频谱特征也有着重要的影响。因此,本研究选择了反映上述特性的常用经验衰减模型^[3]:

$$\lg y = c_1 + c_2 M + c_3 \lg(R + R_0) \quad (1)$$

式中 y 表示地震动峰值加速度(cm/s^2); M 为震级; R 为震中距(km); R_0 为近场距离修正系数,在3~20 km范围内搜索,取计算方差最小时的值。

采用Fortran程序^[4]进行回归统计分析。根据加速度资料分别进行伽师—巴楚地区的地面水平、垂直向峰值加速度回归,得到公式如下:

$$\text{水平向: } \lg a = 2.427 + 0.259M - 1.398 \lg(R + 14) \quad (2)$$

$$\sigma_{lg} = 0.354 \quad (2)$$

$$\text{垂直向: } \lg a = 2.078 + 0.345M - 1.596 \lg(R + 12) \quad (3)$$

$$\sigma_{lg} = 0.378 \quad (3)$$

水平向与垂直向线性回归的复相关系数分别为0.649、0.613,说明线性回归效果并不理想,这与样本点的分布不均匀直接相关。水平向、垂直向加速度衰减曲线分别见图2、图3。

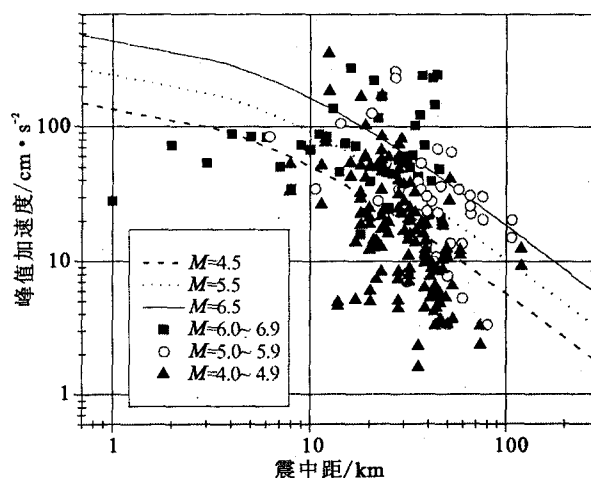


图2 伽师—巴楚地区水平向峰值加速度衰减曲线与实际资料的对比

Fig. 2 Comparison between peak horizontal acceleration attenuation curves and records in Jiashi—Bachu region.

2.2 衰减关系与实际资料的对比

从式(2)、(3)中水平、垂直分量较小的剩余标准差来看,得到的衰减曲线可靠性较高,这说明所选用的加速度衰减模型是合适的。将图2、3中水平向、垂直向加速度衰减曲线与实际加速度记录进行比较可知:衰减曲线基本反映了离散数据点的变化趋势。

根据样本的震级分布,水平向加速度衰减关系适用于 $4.0 \leq M \leq 6.9$,垂直向加速度衰减关系适用

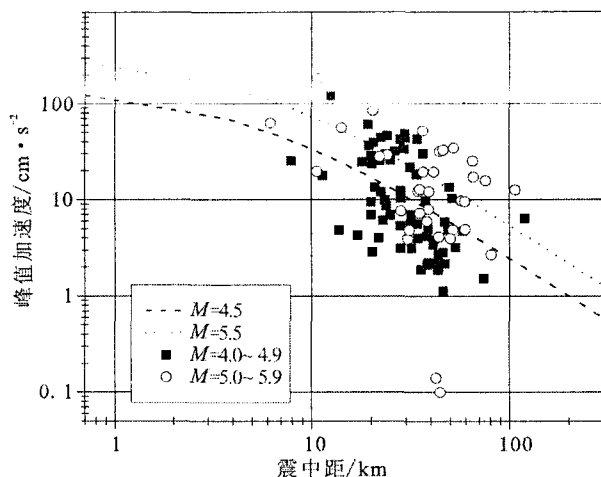


图 3 伽师—巴楚地区垂直向峰值加速度衰减曲线与实际资料的对比

Fig. 3 Comparison between peak vertical acceleration attenuation curves and records in Jiashi—Bachu region.

于 $4.0 \leq M \leq 5.9$ 。此外,根据样本的震中距分布,加速度衰减关系的最佳适用范围为 15~60 km。

2.3 水平向、垂直向加速度衰减关系的比较

将水平向、垂直向加速度衰减关系进行对比(图 4),可见不同震级的垂直向加速度衰减均比水平向加速度衰减速率快;中远场垂直向加速度峰值小于水平向加速度峰值,可能与垂直向加速度高频成份丰富,在土层场地中衰减较快有关。

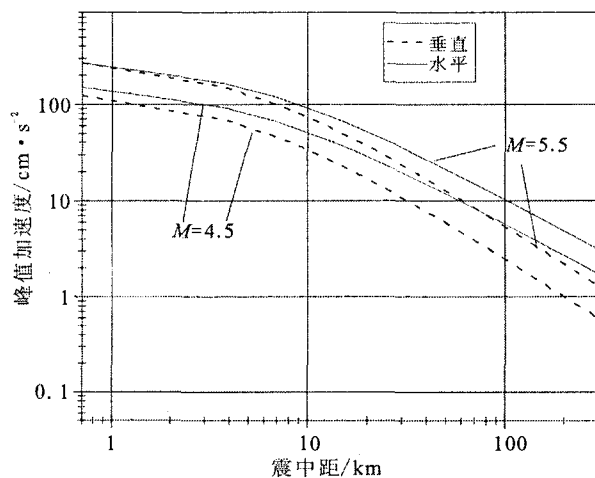


图 4 伽师—巴楚地区水平、垂直向加速度衰减关系曲线对比

Fig. 4 Comparison between horizontal peak acceleration attenuation curves and vertical ones in Jiashi—Bachu region.

2.4 土层场地加速度衰减关系的比较

场地特点的差异可能导致衰减关系的差异。本

研究确定的加速度衰减关系为厚覆盖土层场地,场地效应较大,与一般土层场地的衰减关系会有一定差异^[10]。下面对本文确定厚覆盖土层场地衰减关系与其它学者^[6-7]得到的土层场地衰减关系作个简单比较。国内外学者统计得到的土层上加速度衰减关系有:

(1) 麦圭尔(1978): $\ln a_{\max} = 3.4 + 0.59M - 1.17 \ln R - 0.2S$, $S = 1$ 时,为土层场地;

(2) 日本《道路桥方书·同解说》(1980)次硬地基: $a_{\max} = 59.0 \cdot 10^{0.261M} \cdot (\Delta + 10)^{-0.886}$, Δ 为震中距

(3) 王亚勇等(1986): $\ln a = 3.226 + 0.219M - 1.377 \ln(\Delta + 30) + 0.1T_s$, Δ 为震中距, T_s 为场地固有周期。综合考虑新疆防御自然灾害研究所《伽师地震小区划》(2003 年)、新疆巴楚灾区地震小区划等报告中采用地脉动测试、剪切波速计算结果得到的场地固有周期,取 $T_s = 0.37$ s。

图 5 分别为上述加速度衰减关系与本次拟合得到的衰减曲线。从图中可以看出,本文的计算结果在近场与日本的衰减曲线基本一致,在远场与麦圭尔的衰减曲线相近。比较而言,本文拟合的厚覆盖土层场地衰减关系衰减速度较快。

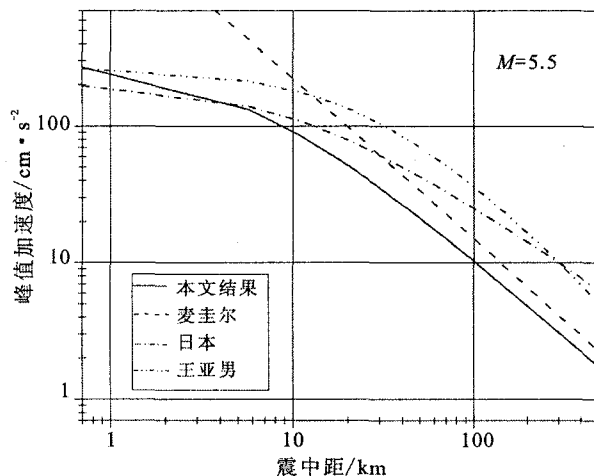


图 5 $M=5.5$ 时不同加速度衰减关系曲线

Fig. 5 Curves of different acceleration relations in $M=5.5$.

(下转 384 页)

的物理、力学性质会发生不同程度的变化,导致活动性断层产生蠕动变化,这种蠕动变化以地面形变和物质质量变化表现出来。地壳形变会导致地面空间位置的变化,地壳的介质密度也可能会发生不同程度的变化,地壳和上地幔内还可能存在着物质的迁移^[6]等变化。所有这些变化都将导致重力场的变化,并且应该通过地表的重力测量反映出来。

综上所述,豫鲁测区大部分异常测点的重力变化应该是由该区地壳形变、地壳的介质密度变化和地壳深部质量迁移等变化共同作用引起的。

[参考文献]

- [1] 李清林,秦建增,冯建林. 河南原阳 2002 年 11 月 7 日 $M_L 4.5$ 地震前后的重力场变化[A]//地震研究与工程抗震[G]. 北京:原子能出版社,2003.
- [2] 李清林,秦建增. 大同 5.6 级地震前后的重力场变化和深部动力学过程[J]. 地壳形变与地震,2001,19(4):43-51.
- [3] 李清林,秦建增,冯建林. 太原 $M_L 5.0$ 地震前后的重力场变化[J]. 华北地震科学,2004,(2):41-44.
- [4] 孟夏,孟万辉,徐敬文,等. 流动重力测量结果与地震的关系[J]. 西北地震学报,2001,23(3):74-77.
- [5] 李清林,秦建增,张晓普. 1997—2001 年华北地区的重力场变化和昆仑山口西 8.1 地震[J]. 西北地震学报,2003,25(3):74-76.
- [6] 陈运泰,顾浩鼎. 1975 年海城地震与 1976 年唐山地震前后的重力场变化[J]. 地震学报,1980,2(1):21-30.

(上接 379 页)

3 结语

本文采用直接估计法对巴楚—伽师地区 1996~2003 年 $M \geq 6$ 级地震及其余震的加速度记录进行回归统计,得到该地区水平向、垂直向的土层场地加速度衰减曲线。根据资料的分布特点,水平向加速度衰减关系适用于 $4.0 \leq M \leq 6.9$,垂直向加速度衰减关系适用于 $4.0 \leq M \leq 5.9$,最佳适用的震中距为 15~60 km。

本地区发生的地震以中强地震为主,本文确定的衰减关系可以为本地区地震安全性评价、震害预测和建筑物抗震设防等工作提供参考依据。

[参考文献]

- [1] 姜慧. 地震动随机模拟方法中的场地效应研究[D]. 北京:中国地震局地球物理研究所,2005.
- [2] 霍俊荣. 近场强地面运动衰减规律研究[D]. 哈尔滨:中国地震局工程力学研究所,1989.
- [3] 赵永庆,付正新,高东,等. 云南地区地面峰值加速度衰减规律[J]. 地震研究,2003,26(3):250-256.
- [4] 徐士良编著. FORTRAN 常用算法程序集[M]. 北京:清华大学出版社,1995:372-376.
- [5] 姜慧,胡聿贤,俞言祥. 厚盖层场地的联合效应和强地面运动随机模拟[J]. 地震工程与工程振动,2004,24(2):29-35.
- [6] 胡聿贤. 地震工程学[M]. 北京:地震出版社,1988:193-210.
- [7] 胡聿贤主编. 地震安全性评价技术教程[M]. 北京:地震出版社,2003:298-300.