

黄树生, 左天惠, 韦王秋, 等. 广西北流—广东化州 M_s 5.2 级地震地震动峰值加速度特征 [J]. 华南地震, 2020, 40 (2): 43-49. [HUANG Shusheng, ZUO Tianhui, WEI Wangqiu, et al. Characteristic of Peak Acceleration Ground Motion of the Beiliu-Huazhou M_s 5.2 Earthquake in the Junction of Guangxi and Guangdong [J]. South China journal of seismology, 2020, 40 (2): 43 - 49]

广西北流—广东化州 M_s 5.2 级地震地震动峰值 加速度特征

黄树生¹, 左天惠², 韦王秋^{1,3}, 潘岳怡¹, 符衡¹

(1. 广西壮族自治区地震局, 南宁 530022; 2. 广西壮族自治区国情地理监测院, 南宁 530022;
3. 广西工程防震研究院, 南宁 530022)

摘要: 利用 2019 年 10 月 12 日广西北流—广东化州 M_s 5.2 级地震中周边 50 个台站获取的强震动数据, 经过基线校正、数字滤波后获得 EW、NS、UD 三方向的峰值加速度值, 对数据的分析后表明: 0~30 km 范围内, 3 个方向的峰值加速度衰减明显。而震中距大于 30 km 的峰值加速度中, 大部分的峰值加速度大于东部强震区的峰值加速度衰减关系理论值, 只有小部分垂向峰值加速度和个别的水平向峰值加速度小于东部强震区的衰减关系理论值。研究区 3 个方向的峰值加速度在震中西侧有多中心出现, 且其连线成呈现近 EW 向。研究区断层对本次地震的峰值加速度衰减影响不明显。竖向峰值加速度与两个水平方向峰值加速度有超过 1/3 的比值大于 0.65 (35 组/100 组)。33 组数据中只有 3 组数据的峰值加速度大于 0.05g, 具有工程设防意义。

关键词: 地震; 峰值加速度; 强震动

中图分类号: P315.7 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-8662 (2020) 02-0043-07

DOI: 10.13512/j.hndz.2020.02.07

Characteristic of Peak Acceleration Ground Motion of the Beiliu-Huazhou M_s 5.2 Earthquake in the Junction of Guangxi and Guangdong

HUANG Shusheng¹, ZUO Tianhui², WEI Wangqiu^{1,3}, PAN Yueyi¹, FU Heng¹

(1. Guangxi Autonomous Region Earthquake Agency, Nanning 530022, China;

2. Guangxi Institute of Natural Resources Survey and Monitoring, Nanning 530022, China;

3. Guangxi Academy of Engineering Shock Prevention, Nanning 530022, China)

Abstract: Using the strong vibration data obtained from 50 stations around the Beiliu-Huazhou M_s 5.2 earthquake on October 12th, 2019, the peak acceleration values in the three directions of EW, NS and UD are obtained after baseline correction and digital filtering. The analysis of the data shows that the peak acceleration attenuation in the three directions is obvious within the range of 0-30 km. However, for the peak acceleration with the epicenter distance greater than 30 km, most of the peak acceleration is greater than the theoretical value of the peak acceleration attenuation relationship in the eastern strong earthquake region, while only a small part of the vertical peak acceleration and some horizontal peak accelerations are smaller than the theoretical value of the attenuation

收稿日期: 2019-02-10

作者简介: 黄树生 (1969-), 男, 高级工程师, 主要从事地震监测工作。

E-mail: 1092072429@qq.com

relationship in the eastern strong earthquake region. The peak acceleration attenuation in the three directions of the study area has the characteristic of nw - w. The fault in the study area has no obvious effect on the attenuation of peak acceleration. The ratio of the vertical peak acceleration to the two horizontal peak accelerations was more than 1/3 greater than 0.65 (36 groups /100 groups). Of the 36 groups of data, only 3 groups of data have peak acceleration greater than 0.05g, which is of engineering fortification significance.

Keywords: Earthquake; Peak Acceleration; Strong motion

0 引言

经过多个项目的建设后,目前广西境内形成了由固定自由场强震动台站、一般站、基本站和基准站组成的数字强震动台网。这一台网为研究广西及周边地区地震的强震动提供了便利。2019年10月12日在广西北流发生了 $M_s 5.2$ 级地震。地震发生后,通过收集广西境内的数字强震台站数据,计算了本次地震的峰值加速度,并结合竖向与两个水平向地震动峰值加速度的比值关系、震中距和场地条件,分析了本次地震的竖向地震动特征。希望通过本次工作能为广西工程结构的地震反应分析和工程抗震设计提供参考。

1 数据

广西强震台网由国家“十五”重点项目——中国数字强震动台网项目广西19个台站、广西地震烈度速报与预警系统项目300个台站均建设在自由场地面基墩上(本文标记为土层),北部湾地震烈度速报项目110个台站安装在学校楼房一层地面基墩(本文标记为结构一层)上。数字强震动台站使用无线网络进行数据实时传输,“十五”台站数据采样率为200 Hz 其他台站数据采样率为100 Hz,通过JOPENS软件将数据汇集至台网中心服务器,广西强震动观测规模已覆盖广西辖区范围。

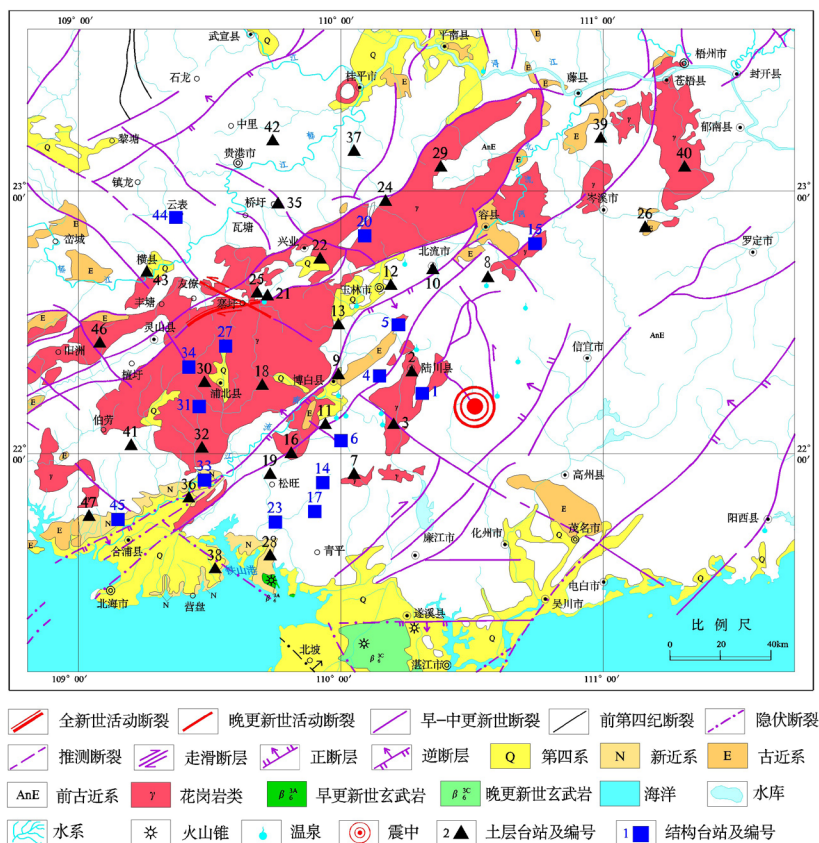


图1 研究区台站分布与地质关系简图

Fig. 1 The diagram of the relationship between the distribution of stations and geology in the study area

广西北流—广东化州 5.2 级地震发生后,共收集到 50 个台站共 150 组强震数据,其中竖向加速度数据 50 组。这 50 个台站主要使用的仪器型号为 GL-P2A 型强震仪,2 个台站仪器型号为 SYSCOM 型强地震仪,1 个台站仪器型号为 ETNA 型强震仪,仅有 5 个台站仪器型号为 CMG-5TCDE 型强震仪,各强震仪均安装在地面基墩上。其中结构台站 14 个,土层台站 36 个,其中研究区的台站分布图,见图 1。

2 方法

本文采用 2015 年 3 月 1 日中国地震局颁布的《仪器地震烈度计算暂行规程》算法对地震记录选取和处理,使用港震公司 SMAIAS 软件对强震记录数据进行分析处理,具体计算方法如下:

(1) 基线校正。对强震仪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值,事件前记录时间长度 30 s。

(2) 数字滤波。采用巴特沃斯数字滤波器对地震动加速度每个分向进行 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 每倍频程式。

本次工作共计算了水平向峰值加速度 100 组,竖向峰值加速度 50 组。

3 结果

为使本次地震的计算结果更接近于实际情况,作者收集了东南一侧广东局 3 个强震台站数据,通过上述算法获得各台站的 3 个方向的峰值加速度,然后采用克里金法进行插值获得 3 个方向的峰值加速度等值线图,再以这 3 张等值线图为底图,叠加区域断裂、台站位置及编号、方位角、震中距,得到 3 个方向的峰值加速度与区域断裂带、震中距的关系图(图 2~图 4)。结果表明在震中西侧有多中心出现,且连续呈现近 EW。震中东侧数据不足暂不做讨论。

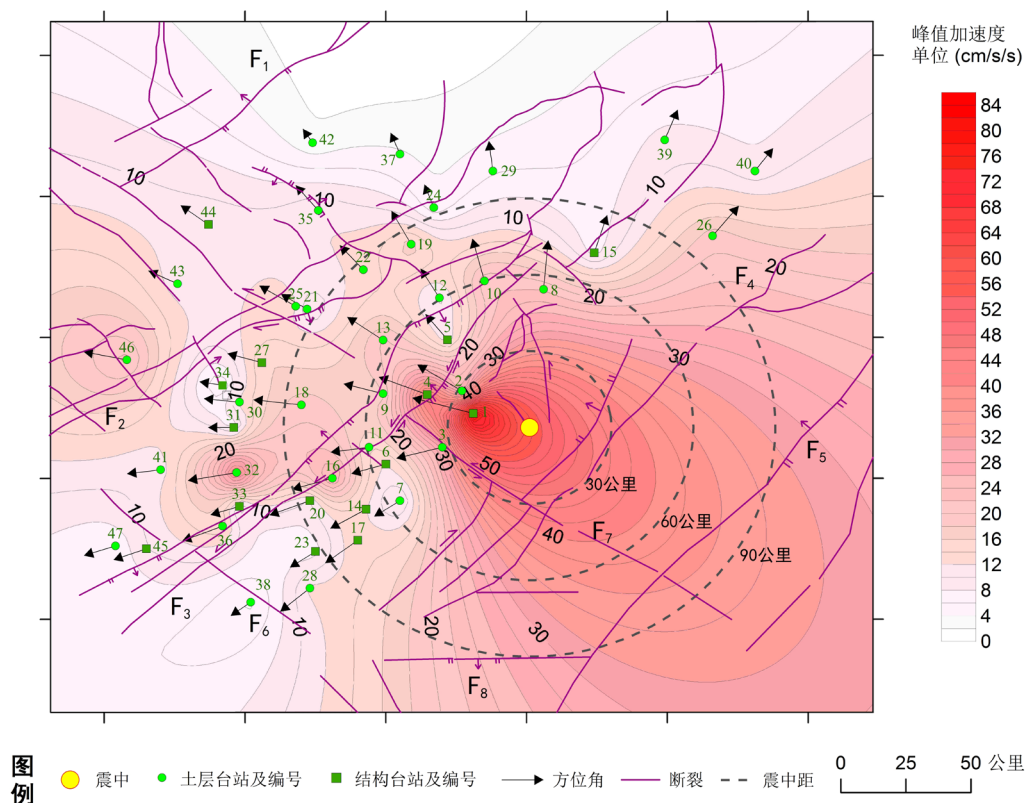
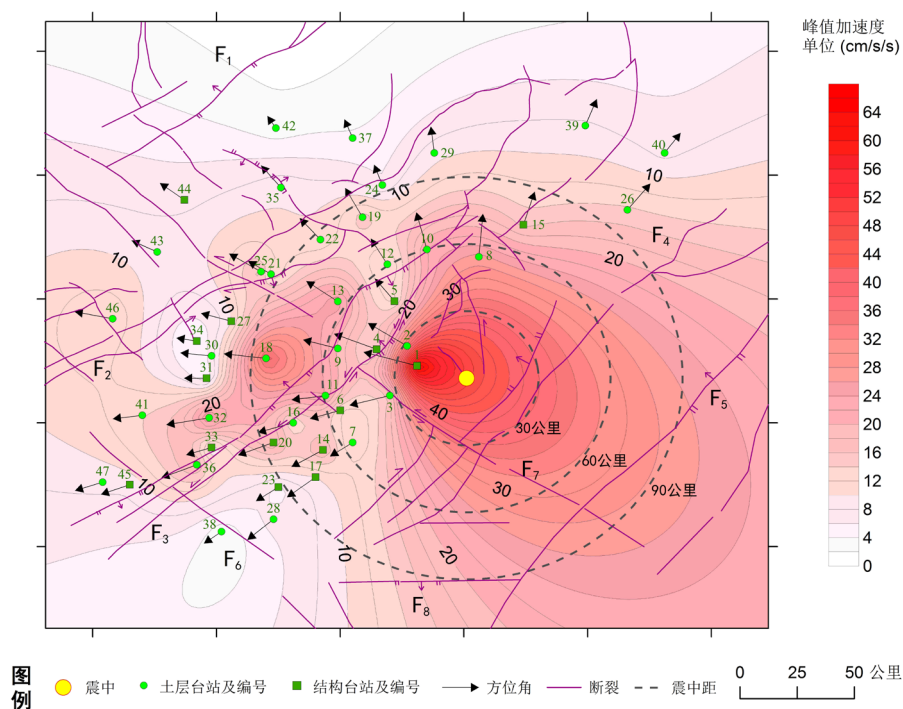


图 2 南北向峰值加速度分布与震中距、构造关系图

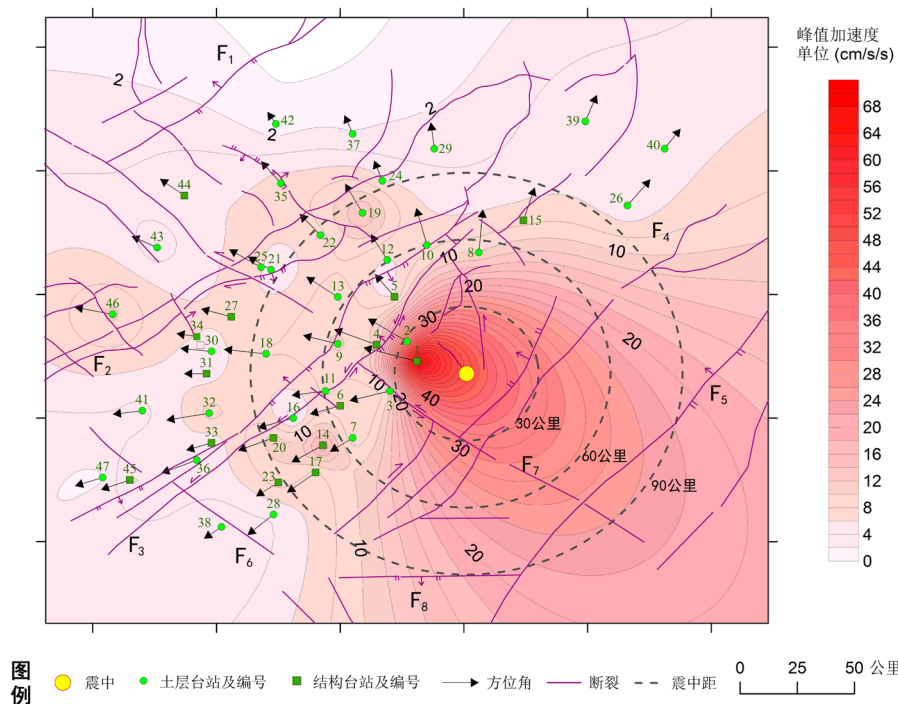
Fig.2 The relationship between the distribution of north-south peak acceleration distribution, the epicentral distance and structure



(F1: 宾阳—大黎断裂带; F2: 防城—灵山断裂带; F3: 合浦—北流断裂带; F4: 廉江—信宜断裂带;
F5: 四会—吴川断裂带; F6: 百色—合浦断裂带; F7: 巴马—博白断裂带; F8: 遂溪断裂带)

图3 东西向峰值加速度分布与震中距、构造关系图

Fig.3 The relationship between the distribution of east-west peak acceleration distribution, the epicentral distance and structure



(F1: 宾阳—大黎断裂带; F2: 防城—灵山断裂带; F3: 合浦—北流断裂带; F4: 廉江—信宜断裂带;
F5: 四会—吴川断裂带; F6: 百色—合浦断裂带; F7: 巴马—博白断裂带; F8: 遂溪断裂带)

图4 垂直峰值加速度分布与震中距、构造关系图

Fig.4 The relationship between the distribution of vertical peak acceleration distribution, the epicentral distance and structure

4 分析与讨论

4.1 峰值加速度与震中距的关系

从宏观上观察（图 2～4），三个方向上的峰值加速度最大值均出现在 30 km 以内，在 30 km 以内迅速降低。将本次工作的结果与中国东部强震区 5 级地震的衰减关系^[1]进行了对比。从图 5 中可以发现，0～30 km 范围内，3 个方向的峰值加速度衰减明显。而震中距大于 30 km

的峰值加速度中，大部分的峰值加速度大于东部 5 级强震区的峰值加速度衰减关系，只有小部分垂向峰值加速度和个别的水平向峰值加速度小于东部 5 级强震区的衰减关系。造成这种结果的原因，可能与研究区内台站的台基有关。全国性的区划图的衰减关系实际上是一个平均的场地的衰减。而研究区中有 14 个台是结构台，地震动传入结构后对地震动有放大作用。而对地震动的响应是复杂的^[2]，土层台对地震动的响应机制仍不清楚。

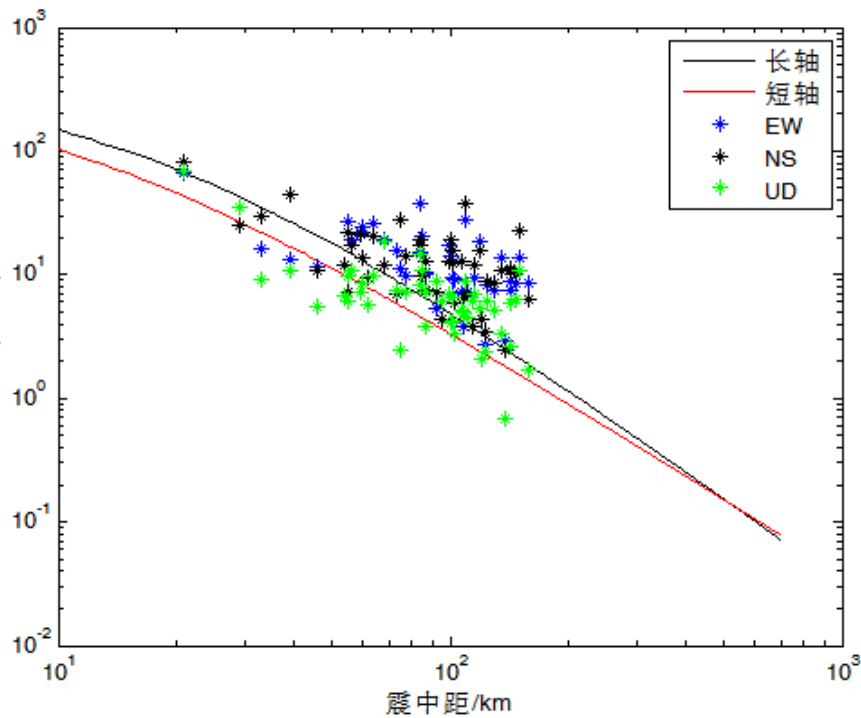


图 5 广西北流—广东化州 $M_s5.2$ 级地震三方向峰值加速度与中国东部强震区峰值加速度衰减关系对比图
Fig.5 Comparison of attenuation relationship between the peak acceleration in three directions of the Beiliu-Huazhou $M_s5.2$ earthquake and the peak acceleration in the strong earthquake area of eastern China

4.2 峰值加速度与地质条件的关系

从图 1 至图 4 观察，靠近断层或在断层上的 10 个台（表 1）附近出现加速度峰值密集区，这些密集区呈现出等值线密集或峰谷（等值线封闭成低值或高值的区域）。江辉等^[3]引入考虑震级和断层距影响的地震动衰减模型，并与既有的衰减模型进行了对比，提出了一个新的近断层区域峰值衰减模型。本文将靠近断层的 10 个台的数据与该模型进行了对比（图 6），发现研究区近断层或断层上的台站衰减明显小于江辉等^[3]的衰减模型关系，暗示研究区内的断层对本次地震的峰值衰减的影响并不明显。

表 1 台站与断层距离表

Table 1 Distance between stations and fault

台号	与断层距离 /km
3	1.2
4	1.8
6	2
11	断层上
16	2.4
21	1.6
33	1.8
34	1.4
35	1.2
46	1.25

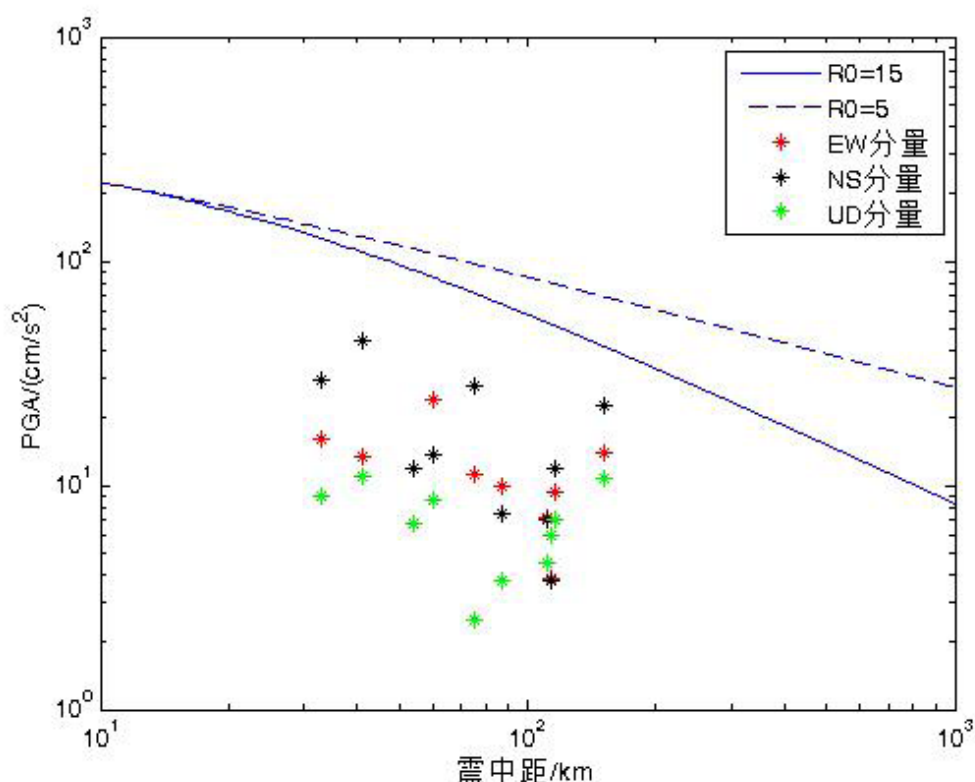


图6 研究区近断层（或断层上）的台站三方向峰值加速度衰减特征（底图为江辉等，2011 的衰减模型）

Fig 6 Attenuation characteristics of peak acceleration in three directions of the station near the fault (or above the fault) in the study area

4.3 峰值加速度与断裂关系

从图2～图4观察，三分向峰值加速度在震中西侧有多中心出现，且其连线呈现近EW。作者认为出现这种现象可能与断裂有关联。经查阅资料，任镇寰等（2016）的研究表明，陆川至信宜一线存在一条东西向 $-30-40 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 的重力梯度异常带，博白—浦北一线则出现北西西向的 $-20 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 的重力梯度异常带，后来经过综合解译认为深部存在一条东西向的“浦北—信宜断裂”。对照本文结果中出现的多中心现象，与该东西向的重力异常梯度带基本吻合。

4.4 工程意义

对于大跨度桥梁、高层房屋、核电站等工程的抗震设计者而言，竖向地震动对工程结构的影响是值得重视^[4-5]，因而加深对竖向地震动

特性的认识具有现实和工程意义^[6]。目前的核心问题是在工程设计时竖向峰值加速度的取值问题。现行的建筑抗震设计规范（2010年版）和构筑物抗震设计规范（2012年版）中规定^[7-8]，在9度时的一些特定建筑和结构，其竖向地震影响系数的最大值可取水平影响系数最大值的65%。

将本次地震竖向峰值加速度与两个水平方向峰值加速度分别作比值（UD/NS为竖向峰值加速度/南北向峰值加速度，UD/EW为竖向峰值加速度/东西向峰值加速度，下同），共100组（图7）。在比值大于1.0的组分里，30 km以内的有3组（共4组），30~60 km范围内的有0组（共18组），60~90 km范围内的有3组（共22组），>90 km范围内的有6组（共56组）。

比值大于0.65小于1.0的组分里，30 km以内的有1组，30~60 km范围内的有2组（共18组），60~90 km范围内的有5组（共22组），>90 km范围内的有16组（共56组）。

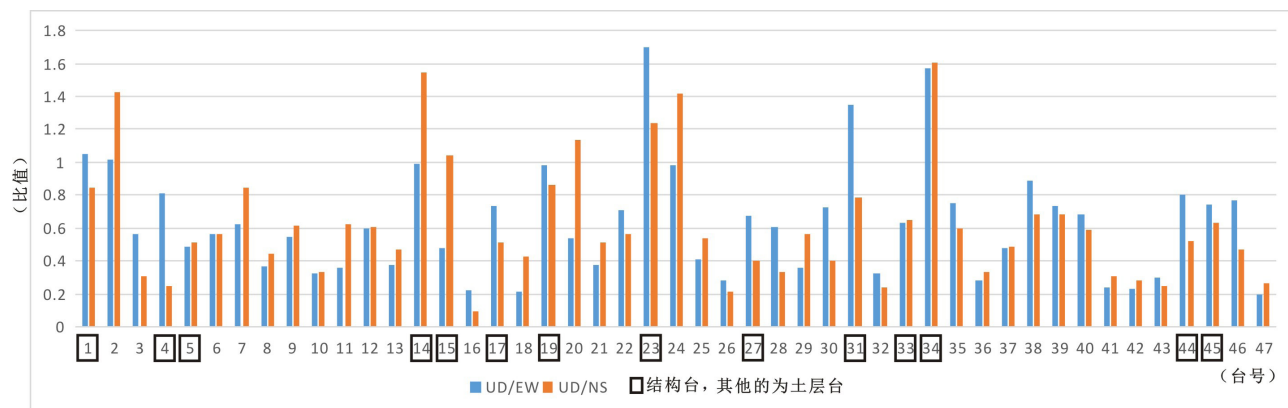


图7 垂向峰值加速度与水平向峰值加速度比值图

Fig.7 The ratio of vertical peak acceleration to horizontal peak acceleration

对工程抗震而言,如果仅从比值上考察,那么现行的建筑抗震设计规范和构筑物抗震设计规范的规定是不足的。但是,峰值加速度均经换算后大于 $0.05g$ (相当于Ⅵ度) 只有3组,这三组峰值加速度出现在同一个站,即本次工作中震中距最小的台站(21 km)玉林乌石站,UD/NS 为 0.85, UD/EW 为 1.05。

周正华等^[4]通过研究国内外数十次地震($M_L \geq 5$)的近场自由地表加速度记录,并进行近场加速度峰值比的统计分析后认为,竖向设计反应谱值不能简单地取为水平向设计谱值的 $2/3$,并指出最大影响系数 α_{max} 的确定应考虑近、远场的影响,在近场大于 $2/3$,在远场小于 $2/3$ 。本次工作的计算结果与周正华等^[4]的建议有相同之处。

5 结论

通过上述计算、分析和讨论后,可以获得以下认识:

(1) 0~30 km 范围内,3个方向的峰值加速度衰减明显。而震中距大于 30 km 的峰值加速度中,大部分的峰值加速度大于东部 5 级强震区的峰值加速衰减关系,只有小部分垂向峰值加速度和个别的水平向峰值加速度小于东部 5 级强震区的衰减关系。

(2) 研究区三分向峰值加速度在震中西侧有多中心出现,且其连线呈现近 EW。

(3) 研究区断层对本次地震的峰值加速度衰减影响不明显。

(4) 竖向峰值加速度与两个水平方向峰值加速度有超过 $1/3$ 的比值大于 0.65 (36 组/100 组)。36 组数据中只有 3 组数据的峰值加速度大于 $0.05g$, 具有工程设防意义。

参考文献

- [1] 俞言祥. 新一代地震区划图地震动参数衰减关系的建立与特点分析 [J]. 城市与减灾, 2016(3): 34-38.
- [2] 高孟潭. GB18306-2015《中国地震动参数区划图》宣贯教材 [M]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
- [3] 江辉, 慎丹, 倪永军, 等. 近断层地震地面运动峰值衰减规律研究 [J]. 北京交通大学学报, 2011, 35(4): 83-87.
- [4] 周正华, 周雍年, 卢滔, 等. 竖向地震动特征研究 [J]. 地震工程与工程振动, 2003, 23(3): 25-29.
- [5] 胡聿贤. 地震工程学 (第二版) [M]. 北京: 地震出版社, 2006.
- [6] 田宽. 竖向地震动设计峰值加速度研究 [D]. 重庆: 重庆大学, 2015.
- [7] 中华人民共和国建设部. GB50011-2010: 建筑抗震设计规范 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.
- [8] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB50191-2012: 构筑物抗震设计规范 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2012.