

张振斌,王宏伟,2021. 2020 年 1 月 19 日伽师 6.4 级地震强震动记录特征分析. 中国地震,37(4):908~915.

2020 年 1 月 19 日伽师 6.4 级地震 强震动记录特征分析

张振斌¹⁾ 王宏伟²⁾

1) 新疆维吾尔自治区地震局, 乌鲁木齐 830011

2) 中国地震局工程力学研究所, 哈尔滨 150080

摘要 以新疆强震动台网获取的伽师 6.4 级地震的 42 组 126 条原始加速度记录为依据,对强震动记录时程、幅值、频谱三方面进行分析。结果表明,此次地震获取的最大加速度峰值为 633.3cm/s^2 ,仪器地震烈度为 IX 度;在震中距 200km 以内两水平向与垂直向加速度峰值比在 1~3 之间,速度峰值比在 0~4 之间。分析此次地震三分向加速度峰值衰减关系,0~50km 范围内地震峰值加速度观测值在分区地震动衰减关系(Yu13)长轴预测值误差范围之内,高于南天山西段土层衰减关系(Zhang)预测值;水平向加速度反应谱卓越周期主要集中在 0~0.5s,垂直向集中在 0~0.2s。65XKR 台水平向反应谱高于 VIII 度罕遇地震设计反应谱,峰值卓越周期为 0.48s;垂直向反应谱高于 VIII 度罕遇地震设计反应谱,峰值位于高频段。

关键词: 伽师地震 地震动特征 频谱

[文章编号] 1001-4683(2021)04-0908-08 [中图分类号] P315 [文献标识码] A

0 引言

2020 年 1 月 19 日 21 时 27 分新疆喀什地区伽师县发生 6.4 级地震,震中位于 39.83°N 、 77.21°E ,震源深度 16km。震中距伽师县 57km,距巴楚县 113km,距阿图什市区 90km,距喀什市 113km。此次地震发生区域属新疆地区南天山地震带西段,为极其活跃的地震带,地震频度高、强度大,是新疆 6 级以上地震活动最频繁的地区(李猛,2006)。2000 年以来伽师区域发生 5 级以上地震 4 次,分别为 2000 年 3 月 27 日伽师 5.3 级、2003 年 1 月 4 日伽师 5.4 级、2003 年 2 月 24 日巴楚 6.8 级和 2018 年 9 月 4 日伽师 5.5 级地震(宋春燕等,2019)。此次 6.4 级地震是新疆强震动台网建成以来发生在伽师区域的最大震级地震,地震发生时喀什、阿图什区域震感强烈,阿克苏亦有震感。距震中最近的西克尔强震动台(震中距 13.7km)EW、SN 和垂直向加速度峰值分别为 432.6cm/s^2 、 -484.9cm/s^2 和 633.3cm/s^2 ,速度峰值分别为 -65.9cm/s 、 58.6cm/s 和 -50.8cm/s ,计算仪器地震烈度为 IX 度,根据仪器烈度,此次地震最高烈度为 IX 度。地震宏观震中在伽师县西克尔镇、古勒鲁克乡一带,等震线长轴方向总体呈 EW 向。此次地震造成部分自建商铺倒塌,房屋不同程度开裂,部分围墙倒塌开

[收稿日期] 2020-02-26 [修定日期] 2020-11-11

[项目类别] 中国地震局星火计划(XH19051)、新疆地震局对外项目(300130201)共同资助

[作者简介] 张振斌,男,1975 年生,高级工程师,主要从事地震监测和强震资料应用研究。E-mail:zhang7806118@126.com

裂,国道 314 线伽师县境内部分道路受损。依据中国地震局地质研究所给出的结果,本次地震为北倾逆冲兼少量走滑型地震,倾角约 28° ,最大地表形变量 0.066m,最大滑动量 0.35m,位于地下 6.8km 处,初步推断此次地震发震构造处于柯坪塔格推覆体最南缘的褶皱-逆断裂带内。

本文对强震动记录进行处理后,对地震动的幅值、衰减、反应谱等方面进行分析讨论,整理了近场典型强震动台获取的强震动记录特征,为进一步研究伽师区域强震动记录特征提供参考。

1 加速度记录收集与分析

新疆强震动台网共获取到 42 个台站的 126 条数字强震记录,其中 41 个土层台、1 个基岩台。此次地震获取强震动数据的 44 个强震动台站的位置分布见图 1。

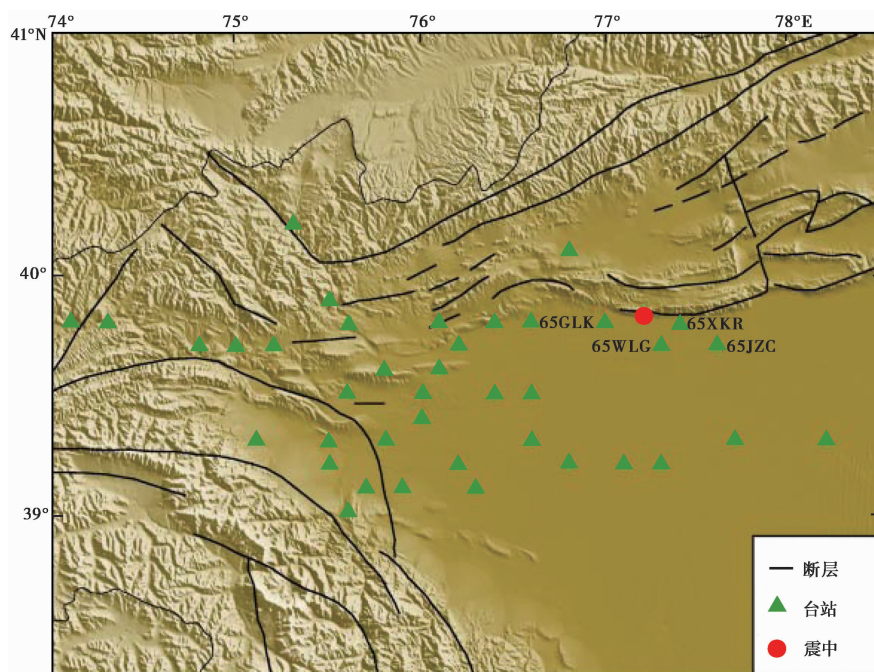


图 1 震中台站分布

获取记录台站数量与震中距之间的关系,如图 2 所示。其中,震中距小于 60km 的台站 6 个,震中距 60~80km 的台站 8 个,其余大多数台站的震中距大于 80km,距震中最近的为西克尔强震动台(震中距 13.7km)。为了更深入地了解本次地震的强震动记录特征,对获取的 42 条强震动记录进行必要的数据处理,采用 Boore (2001) 提出的方法对记录进行基线校正处理,并进行速度积分及频谱计算。依据《仪器地震烈度计算暂行规程》^①,利用此次地震强震记录的加速度峰值(PGA)及积分后的速度峰值(PGV),计算出每个台站所对应的仪器地震烈度等,记录分析基本情况见表 1。

^① 中国地震局监测预报司,2015.《仪器地震烈度计算暂行规程》. 内部资料.

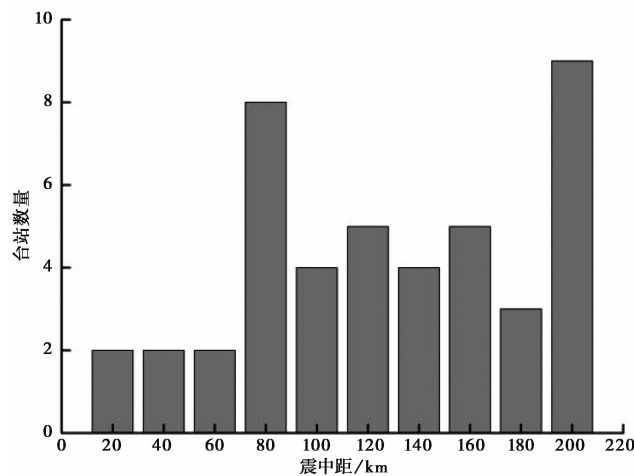


图2 记录台站数量与震中距关系

2 幅值特征

图3(a)~(d)分别为此次地震最近4个台站的加速度记录时程。由图1可以看出4个台站均分布在震中以南,从EW向来看,西克尔台(65XKR)和古勒鲁克台(65GLK)基本在一条线上,卧里托乎拉格台(65WLG)和伽师总场台(65JZC)基本也在一条线上。西克尔台(65XKR)和古勒鲁克台(65GLK)的震中距分别为13.8km和21.1km;卧里托乎拉格台(65WLG)和伽师总场台(65JZC)的震中距分别为16.8km和36.7km。上述4个台站相对于震中两两在SN向上呈条带分布。

分析4个台站的记录时程,其初动不明显,65XKR台垂直向有一个明显的正向脉冲,水平向记录最大幅值的周期较大,65GLK台记录时程出现2次较大幅值,2次幅值间持续6s左右,65WLG和65JZC台记录的波形呈纺锤形。

在强地震作用下,场地呈现强非线性响应,特别是软弱土层更是如此,因此地震波的不对称性对软弱场地的影响更为强烈(冀昆等,2014)。伽师区域覆盖层较厚,为了更好地了解场地影响程度,图4给出了此次地震42个台站的峰值加速度和峰值速度两水平向与垂直向的峰值比。从图4的加速度峰值比来看,在震中距200km以内,两水平向与垂直向峰值比在1~3之间,相对集中,震中距大于200km的加速度峰值比明显增大,由于此次地震震中距大于200km的数据较少,峰值比比较分散;从速度峰值比来看,两水平向与垂直向主要峰值比在0~4之间,相对比较集中,有个别台站比值较大,可能与数据处理及台站场地有一定关系,需要进一步分析。

选用第五代《中国地震动参选区划图》(GB18306-2015)中的分区地震动衰减关系(简称为Yu13)(俞言祥等,2013;汪素云等)和新疆南天山西段土层的衰减关系(简称为Zhang)(张振斌等,2010),对比分析此次地震的地震动记录幅值衰减特征。图5为此次地震三分向加速度峰值PGA-EW、PGA-NS、PGA-UD与各衰减关系的对比,其中短横线表示Yu13长轴,虚线表示标准差为 ± 0.236 ,实线为Zhang预测值。由图5可见,震中距0~50km处的PGA-EW、PGA-NS、PGA-UD观测值基本在Yu13长轴误差范围之内,高于Zhang预测值;

表 1 记录分析基本情况

台站代码	台站名称	震中距 /km	场地类型	PGA/(cm·s ⁻²)			PGV/(cm·s ⁻¹)			仪器 烈度
				EW	NS	UD	EW	NS	UD	
65XKR	西克尔	13.8	土层	432.6	-484.9	633.3	-65.9	58.6	-50.8	9.2
65WLG	卧里托乎拉格	16.8	土层	120.9	-174.6	101.2	-5.9	9.7	-3.6	6.8
65GLK	古勒鲁克	21.1	土层	245.2	-214.1	93.5	24.9	-16.9	-4.0	8.1
65JZC	伽师总场	36.7	土层	113.6	151.7	65.2	11.2	-15.3	-4.7	7.3
65GDL	格达良	49.7	土层	80.4	151.1	62.1	-5.9	6.6	2.0	6.4
65HLJ	哈拉峻	50.9	土层	55.5	-77.9	-32.9	4.1	-7.1	2.5	6.4
65XTL	夏普吐勒	65.9	土层	-34.6	-34.5	-22.3	-4.1	-3.3	-1.6	5.5
65HQC	红旗农场	67.7	土层	-40.0	70.2	23.8	3.0	4.0	1.9	5.8
65ALM	阿洪鲁库木	71.4	土层	-22.3	-23.0	-18.8	-1.7	-2.2	-1.2	4.7
65QQK	琼库尔恰克	72.8	土层	40.8	-39.6	-27.3	-2.7	-5.0	-1.2	5.5
65SRT	42 团	75.7	土层	-18.9	-19.1	17.3	-2.0	-2.4	-0.9	4.7
65JAS	伽师	76.7	土层	62.9	-50.0	-26.9	-4.7	4.1	1.5	5.9
65YPH	岳普湖	76.7	土层	23.9	25.3	16.9	-2.0	-2.3	-1.1	4.7
65AKS	阿克喀什	78.0	土层	20.2	-20.7	-14.5	2.5	-2.1	-1.0	4.7
65YBZ	也克先巴扎	83.3	土层	20.5	-21.2	14.4	-2.7	2.1	-1.2	4.9
65ATS	阿图什	90.5	土层	8.2	-9.0	5.9	-0.9	-0.8	-0.7	3.5
65BRM	伯什克然木	98.3	土层	-17.8	-20.0	13.5	2.0	-1.7	-0.8	4.5
65AHU	阿湖	98.5	土层	4.2	-3.5	-3.2	-0.4	-0.4	-0.3	2.5
65MLA	毛拉	104.1	土层	39.5	49.6	-23.8	3.2	-3.7	1.2	5.6
65SUL	疏勒	110.5	土层	-15.7	-14.9	-7.2	1.6	-2.7	-0.7	4.6
65YPQ	牙甫泉	113.6	土层	19.1	-17.7	-8.3	-1.4	1.8	-0.8	4.4
65SUF	疏附	113.8	土层	-15.7	-14.9	-7.2	1.6	-2.7	-0.7	4.6
65ALL	阿拉力	114.2	土层	-16.5	-17.6	8.9	1.6	1.4	-2.4	4.5
65STS	上阿图什	121.0	土层	9.2	10.2	-5.4	-0.6	-0.7	0.4	3.4
65AKT	阿克陶	132.7	土层	-12.7	-16.1	6.1	0.8	-0.9	0.6	3.9
65BKS	布拉克苏	136.7	土层	12.8	-12.2	-5.1	-1.2	-1.4	-0.4	4.1
65TPA	托帕	139.1	土层	8.6	-11.7	-4.8	-0.7	-0.9	-0.6	3.6
65MUS	木什	140.5	土层	-11.0	12.7	8.2	0.4	-0.7	-0.3	3.6
65BLT	巴音库鲁提	143.3	土层	-7.7	6.7	-4.2	-1.4	-1.5	0.9	3.0
65WPR	乌帕尔	154.9	土层	-12.5	-18.5	-5.8	-1.0	1.6	-0.4	4.5
65TEK	塔尔拉克	156.0	土层	-7.5	-5.0	3.9	0.7	0.4	0.5	3.0
65ZYC	种羊场	157.5	土层	12.0	20.2	-10.0	-0.9	-2.0	-0.7	4.6
65TOY	托云	165.5	土层	12.5	-10.4	-5.1	0.8	0.6	0.3	3.5
65WUQ	乌恰	169.3	土层	6.5	-6.7	-3.6	-5.0	-4.5	1.5	3.1
65YTK	奥依塔克	170.0	土层	5.3	-7.3	-3.0	0.7	-3.1	-2.7	3.0
65KSU	康苏	188.1	基岩	-4.6	-6.1	-3.9	2.0	2.6	-0.3	2.9
65PKY	膘尔托阔依	191.6	土层	4.5	-3.3	-3.6	0.4	1.7	-7.3	2.5
65BLK	波斯坦铁列克	194.9	土层	3.6	-3.2	-2.7	-2.3	-3.3	3.7	2.2
65WSL	乌合沙鲁	208.2	土层	-13.3	-11.1	-3.6	0.4	-0.3	0.2	3.0
65WQT	乌鲁克恰提	246.5	土层	-15.1	8.7	-3.3	-0.6	0.4	-0.4	3.7
65JIG	吉根	266.3	土层	8.8	11.4	3.1	-7.0	1.0	-2.3	3.7
65KZR	克孜尔	492.7	土层	2.3	-1.6	-0.7	-1.4	-0.3	1.5	1.7

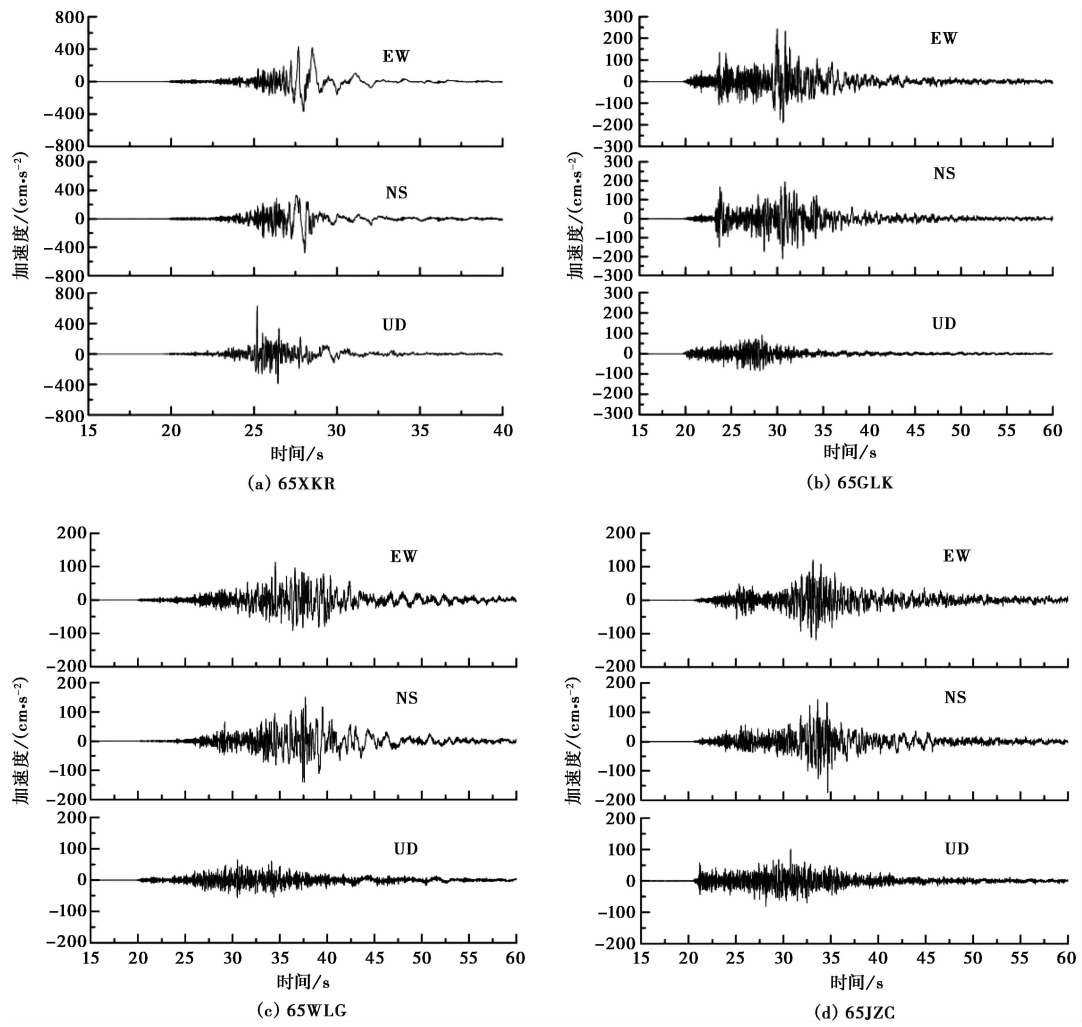


图3 4个台站的加速度时程

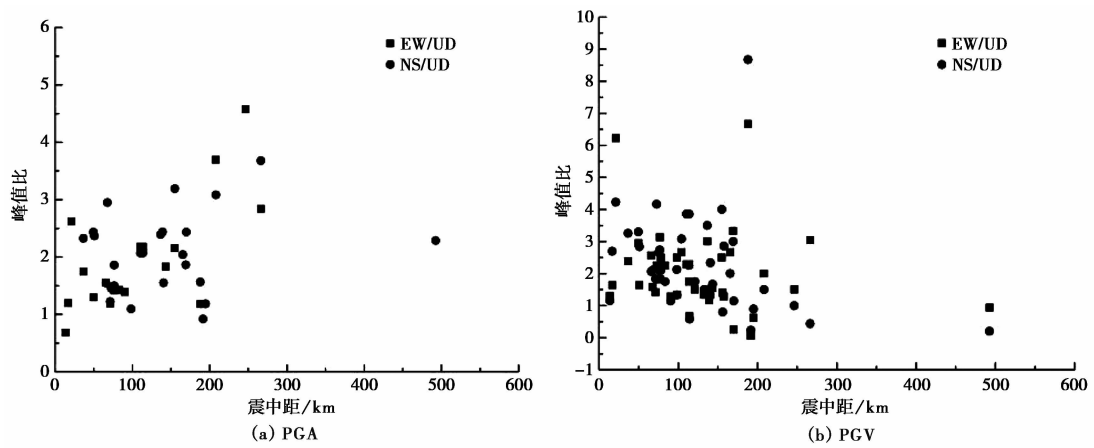


图4 加速度和速度峰值比

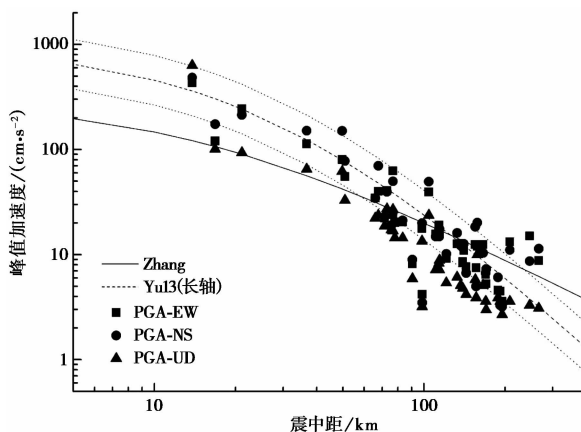


图 5 加速度峰值与衰减关系

震中距大于 50km 的 PGA-EW、PGA-NS、PGA-UD 观测值部分低于 Yu13 长轴误差值,但三分向观测值与 Zhang 预测值上、下分布相对均匀。需要说明的是,此次地震获取到数据的台站基本均为土层台,仅有一个为基岩台。在对比分析中发现,此次地震整体强震动记录观测值与 Yu13 长轴预测值衰减特性一致,新疆西部土层衰减关系在近场低于实际观察值,故建议在对新疆土层衰减关系的研究中补充近场数据,可完善新疆区域土层地震动的衰减关系。

3 反应谱

利用上述 4 个强震动台获取的 4 组强震动记录,分别对合成水平向与垂直向加速度记录计算加速度反应谱,由图 6 可见 4 个距震中较近台站的水平向加速度反应谱卓越周期主要集中在 0~0.5s,垂直向集中在 0~0.2s;从 4 个台站的分布来看,分布在震中东南的 65XKR 和 65JZC 台获取水平向加速度记录反应谱卓越周期在 0.4s 左右,分布在震中西南的 65GLK 和 65WLG 台获取水平向加速度反应谱卓越周期在 0.1s 左右;65XKR 台加速度反应谱值最大,其水平向接近 1300cm/s^2 左右,垂直向接近 1500cm/s^2 左右,其他 3 个台站的加速度反应谱水平向在 $350\sim 600\text{cm/s}^2$ 左右,垂直向在 $200\sim 300\text{cm/s}^2$ 左右。

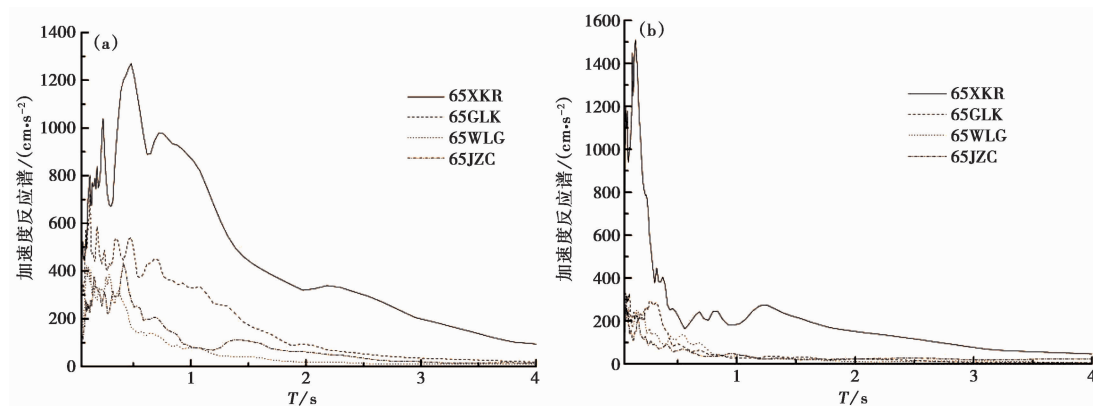


图 6 4 个台站水平向(a)与垂直向(b)加速度反应谱

将 65XKR、65GLK、65WLG 和 65JZC 台的反应谱计算结果与我国《GB 50011-2010 建筑抗震设计规范》(中华人民共和国住房和城乡建设部等,2010)的设计反应谱进行比较(图7),在本次地震中4个台站所在场地均为Ⅱ类场地,因此设计反应谱场地条件取Ⅱ类场地。

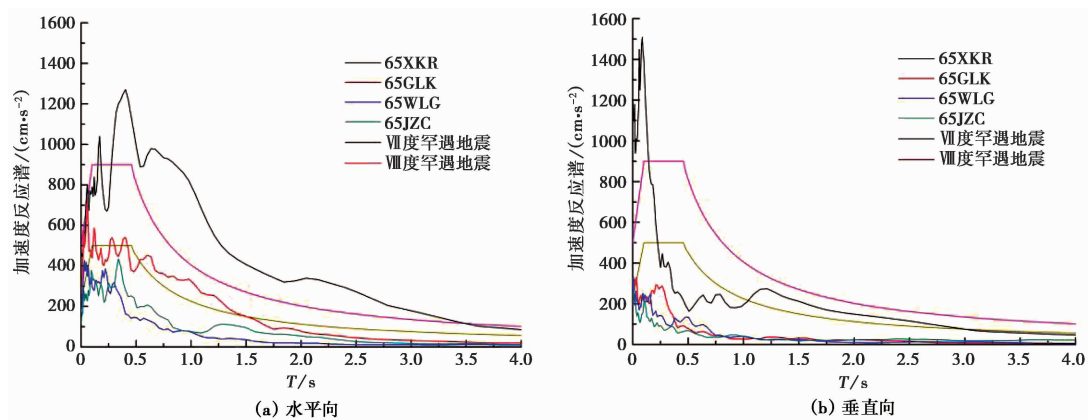


图7 4个台站加速度反应谱与抗震设计谱对比

由图7可见,65XKR台水平向反应谱高于Ⅷ度罕遇地震设计反应谱,峰值卓越周期为0.48s;垂直向反应谱高于Ⅷ度罕遇地震设计反应谱,峰值位于高频段;65GLK台水平向反应谱高于Ⅶ度罕遇地震设计反应谱,低于Ⅷ度罕遇地震设计反应谱,峰值位于高频段,其他2个台站水平向反应谱均低于Ⅶ度罕遇地震设计反应谱。此外,对于大于1s的中长周期部分,65XKR台水平向反应谱高于Ⅷ度罕遇地震设计反应谱,其余3个台站水平向反应谱均低于Ⅷ度罕遇地震设计反应谱。

4 结论

本文分析了2020年1月19日新疆伽师6.4级地震所获取的强震动记录,从地震动记录时程、幅值、频谱三方面分析此次地震的强震动记录特征,分析结果如下:

(1)此次地震位于新疆中强地震多发区,强震动台站分布较密,共获取42组126条加速度记录,主要分布在震中西南方向,PGA值最大为633.3cm/s²,仪器地震烈度Ⅸ度。

(2)分析距震中较近的4个台站的记录时程,4个台站记录的初动不明显;65XKR台垂直向有一个明显正向脉冲,水平向记录最大幅值的周期较大;65GLK台记录时程出现2次较大幅值,2次幅值间持续6s左右;65WLG和65JZC台记录的波形呈纺锤形。

(3)分析42个台站的峰值加速度和峰值速度两水平向与垂直向峰值比,在震中距200km以内两水平向与垂直向加速度峰值比在1~3之间,两水平向与垂直向速度峰值比在0~4之间。

(4)与分区地震动衰减关系(Yu13)和南天山西段土层的衰减关系(Zhang)对比发现,此次地震三分向加速度峰值在0~50km,基本在Yu13长轴误差范围之内,高于Zhang预测值。

(5)4个距震中较近台站的水平向加速度反应谱卓越周期主要集中在0~0.5s,垂直向集中在0~0.2s。65XKR台水平向反应谱高于Ⅷ度罕遇地震设计反应谱,峰值卓越周期为0.48s;垂直向反应谱高于Ⅷ度罕遇地震设计反应谱,峰值位于高频段。

参考文献

- 冀昆,温睿智,任叶飞,等,2014. 芦山地震场地非线性反应特征分析. 地震工程与工程振动, **34**(增刊):333~338.
- 李锰,2006. 新疆“十五”强震动台网建设. 内陆地震, **20**(4):317~322.
- 宋春燕,高荣,刘建明,等,2019. 2018 年 9 月 4 日新疆伽师 $M_s 5.5$ 地震序列及发震构造讨论. 中国地震, **35**(2):256~268.
- 汪素云,俞言祥,高阿甲,等,2000. 中国分区地震动衰减关系的确定. 中国地震, **16**(2):99~106.
- 俞言祥,李山有,肖亮,2013. 为新区划图编制所建立的地震动衰减关系. 震灾防御技术, **8**(1):24~33.
- 张振斌,唐丽华,2010. 新疆南天山地区土层场地地震动峰值加速度衰减关系. 中国地震, **26**(4):401~406.
- 中华人民共和国住房和城乡建设部,中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,2010. GB 50011-2010 建筑抗震设计规范. 北京:中国建筑工业出版社.
- Boore D,2001. Effect of baseline corrections on displacements and response spectra for several recordings of the 1999 Chi-Chi, Taiwan, earthquake. Bull Seismol Soc Am, **91**(5):1199~1211.

The Characteristics of Strong Motion Records of Xinjiang Jiashi $M6.4$ Earthquake on January 19, 2020

Zhang Zhenbin¹⁾ Wang Hongwei²⁾

1) Earthquake Agency of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830011, China

2) Institute of Engineering Mechanics, China Earthquake Administration, Harbin 150080, China

Abstract In this paper, we analyzed 42 three-component acceleration data from the $M6.4$ earthquake occurred on January 19, 2020 in Jiashi country, Xinjiang, to study the characteristic of the amplitude, duration and response spectrum of the strong motion records. The results show that the maximum peak of acceleration value is 633.3cm/s^2 , and the seismic intensity of the instrument is IX degrees, the ratio of acceleration peak to vertical peak value is between 0 and 4, the peak value of acceleration of this earthquake is basically within the range of Yu13 long axis error of ground motion attenuation relationship, which is higher than Zhang's predicted value. The excellent period of horizontal acceleration response spectrum is mainly concentrated in 0~0.5 seconds, and the vertical direction is concentrated in 0~0.2 seconds, The horizontal response spectrum of 65XKR station is higher than VIII degrees rare earthquake design response spectrum, the value is 0.48 seconds, the vertical response spectrum is higher than VIII degrees rare earthquake design response spectrum, and the peak value is in the high frequency band.

Keywords: Earthquake of Jiashi; Characteristics of strong motions; Frequency spectrum