

# 1985年8月23日新疆乌恰地震

## 6.7级强余震频谱分析

林学文 王兰民

(国家地震局兰州地震研究所)

### 摘 要

在1985年8月23日新疆乌恰7.4级地震后二十天,即9月12日04点45分53秒发生了一次6.7级的强余震,在距微观震中约4公里处获得了强震记录。其最大水平向加速度值为123.8伽,是最大竖向加速度值的四倍。这次地震的反应谱峰值周期比海城、唐山、松潘地震都长。因此,虽然在微观震中处地震动强度相当于烈度7°,但震害却仅是6°。

1985年8月23日20点41分54秒在新疆维吾尔自治区的乌恰县发生了一次7.4级的强烈地震。宏观震中位于乌恰县城<sup>1)</sup>,仪器震中位于北纬39.4°,东经75.2°,震源深度约22公里<sup>1)2)</sup>。截止到9月8日,共记录到 $M \geq 2.0$ 级的地震1000多次。主震后20天,即9月12日凌晨4点45分53秒,又发生了一次6.7级的强余震<sup>3)</sup>。宏观震中位于恰克马克河大坝附近,仪器震中位于北纬39.3°,东经75.5°。我们架在乌泊尔西8公里处(微观震中距为4公里,宏观震中距为22公里)的强震流动台记录到了这次地震。乌恰地震等烈度线及震中分布见图1<sup>1)</sup>。

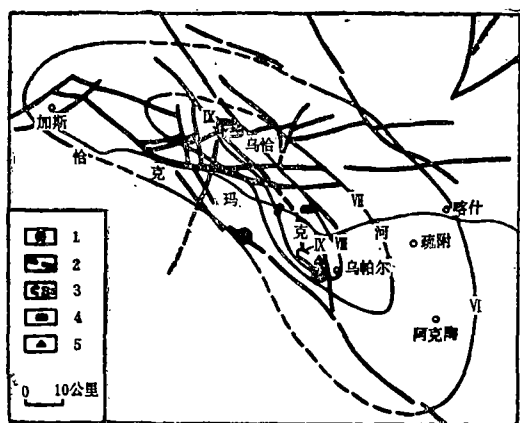


图1 1985年8月23日乌恰7.4级地震等震线图

1.震中位置 2.断层 3.等烈度线 4.水库大坝、电厂 5.台址

Fig.1 Isoseismic of the Wugua earthquake ( $M=7.4$ ) on Aug.23, 1985.

1) 兰州地震研究所工程地震室, 1985年8月23日新疆乌恰地震震害考察总结, 1985.  
2) 新疆维吾尔自治区地震局, 1985年8月23日乌恰7.4级地震宏观考察报告, 1985.  
3) 国家地震局《地震目录》。

## 一、强震流动台址选择及台址条件

强震地面运动记录是开展地震地面运动、结构反应、工程抗震等研究的重要资料。特别是震中距相同的基岩与厚复盖层的记录，其价值与意义更大，不仅在地面运动研究中很重要，而且也是地面运动反演的依据。因此，考虑到新疆地震局强震流动台的布局，我们把台址选在主震时震害最重、余震比较集中的乌恰县城。一台仪器架在乌恰地震台的砂岩山洞中，另一台仪器架在县政府大院内。乌恰县城座落于河谷阶地，在距此150米处有一深达360米的水井，尚未打穿砂卵砾石层。这是一个比较理想的对比组台址，可是在9月2日5.1级余震时，仪器没有被触发，因此将县政府院内的仪器撤换到乌泊尔西8公里的种羊场。种羊场台址位于招待所室内地面上。据招待所旁边的人防工程开挖情况了解，地表层为黄土状土，地下4米左右为粘性土（当地称胶泥层）并含钙质结核。据场区钻探资料，场区范围内10米以上为黄土状土类，其下为砂卵石。由此推测台址处地表层为约6米左右的黄土状土层，其下为风化砂岩（图2）。

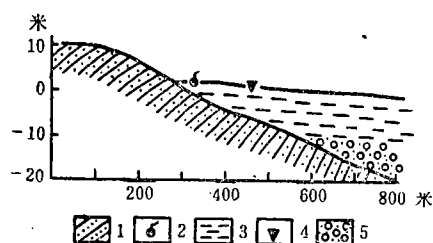


图2 台址剖面示意图

1.砂岩 2.泉点 3.黄土状土 4.台址 5.砂卵砾石

Fig.2 The ground medium section of the station of observing strong earthquake

6.7级强余震时，该处遭到6°破坏。招待所房屋南侧屋檐大片震落，场区住房有三处山墙、女儿墙倒塌，老旧房屋山墙闪裂。人感强烈。

## 二、观测仪器及数字化处理

### 1. 仪器性能及参数

记录使用的仪器是GQⅡ—A型工程强震仪，其主要技术性能如下：

幅频特性：0—20Hz以上；动态范围：10—500gal、20—1000gal；触发加速度：6gal ± 2gal；延时：6sec ± 2sec；启动延时：≥50ms。主要技术参数见表1。

### 2. 数字化处理

表1 GQⅡ—A型强震仪主要技术参数

| 方 向       | SN   | EW   | UD   |
|-----------|------|------|------|
| 主要参数      |      |      |      |
| 灵敏度(mm/g) | 40.6 | 33.5 | 32.5 |
| 自振频率(Hz)  | 19.8 | 20.9 | 21.5 |
| 阻尼(D)     | 0.61 | 0.61 | 0.63 |

数字化处理使用的是G242型图数转换仪，读数精度可达0.01毫米。强震记录的时标为0.091秒1毫米，则处理结果的时间精度可达0.0009秒。数字化过程采用不等步长取样方法。强震记录各分向的取样长度和取样个数见表2。6.7级强余震各分量的最大幅值( $\frac{A}{2}$ )及出现的时程位置见表3。

表2 6.7级强余震各分量取  
样长度及个数

| 方 向       | SN     | EW     | UD     |
|-----------|--------|--------|--------|
| 取样长度(sec) | 18.775 | 18.774 | 18.784 |
| 取样个数      | 349    | 390    | 278    |

表3 6.7级强余震各分量最大幅  
值及时程位置

| 方 向 | 最大振幅 ( $\frac{A}{2}$ ) |         |
|-----|------------------------|---------|
|     | (幅值gal)                | 时程(sec) |
| UD  | 30.5                   | 5.535   |
| SN  | 90.8                   | 2.185   |
| EW  | 123.8                  | 2.295   |

### 三、频谱分析

地震地面运动是一个随机振动过程,对于给定的地震动过程,可以认为是一个非周期性的随机振动,它可分解为许多不同频率的简谐波。严格讲强震记录中的每一微小波形都反映了地震动的实际情况,地震动过程中的频谱特征,反映了地面运动的特性。我们对经过数字化处理后的强震记录,进行了富氏谱和反应谱分析。

#### 1. 反应谱

反应谱表征单自由度体系在地震作用下最大反应值与体系动力特性之间的函数关系。通过计算,得到在不同自振周期和阻尼比时体系对地震动的反应。影响反应谱精度的主要因素有:零线问题、积分步长和记录的计算长度等〔1〕—〔3〕。

零线问题对反应谱长周期部分影响较大,在数据处理过程中我们利用平移法对零线进行了校正。

积分步长对计算结果的精度的影响主要在于截断误差和离散误差方面。计算中采用了线性加速度法,假定地震动加速度和体系的反应加速度在给定步长内按线性规律变化。地面运动卓越频率为2.0—2.5Hz,因此计算过程中选取积分步长为0.005秒是完全可以保证精度的。

#### 2. 富氏谱

富氏谱反映了地震动能量在频率域的分布。计算时取 $N = 2^{11} = 2048$ 。强震记录各分量的计算长度见表2。取计算时间步长 $\Delta t = 0.00917$ 。

富氏变换的定义域是在正负无穷大之间,但实际地震记录是有限的,因此要引起频谱的畸变,通称漏泄效应。对于加速度记录来说,只要记录长度包含了大振幅出现的时段,就会使记录长度影响相对减弱。

反应谱、富氏谱的计算程序同文献〔3〕。

#### 3. 频谱分析

现将富氏谱的谱幅值与对应的频率和反应谱(取阻尼为0.05)的峰值与对应周期列于表4,谱曲线见图3。

#### 4. 讨论

(1) 这次强余震记录的垂直分量比较小,水平分量中尤其东西分量很大,垂直分量与南北及东西分量之比分别为0.334、0.246,远较一般地震低。松潘地震中文县流动台址的五

表 4

6.7级强余震富氏谱反应谱峰值及对应频率与周期

| 方 向 | 富 氏 谱           |             | 反 应 谱       |              |                 |              |         |              |
|-----|-----------------|-------------|-------------|--------------|-----------------|--------------|---------|--------------|
|     | 幅 值<br>(cm/sec) | 频 率<br>(Hz) | 位 移         |              | 速 度             |              | $\beta$ |              |
|     |                 |             | 幅 值<br>(cm) | 周 期<br>(sec) | 幅 值<br>(cm/sec) | 周 期<br>(sec) | 幅 值     | 周 期<br>(sec) |
| UD  | 26.28           | 2.344       | 1.02        | 0.60         | 11.31           | 0.60         | 4.32    | 0.42         |
| SN  | 46.14           | 1.953       | 2.30        | 0.91         | 16.07           | 0.94         | 2.51    | 0.42         |
| EW  | 60.87           | 1.953       | 3.98        | 1.14         | 27.09           | 0.51         | 3.16    | 0.47         |

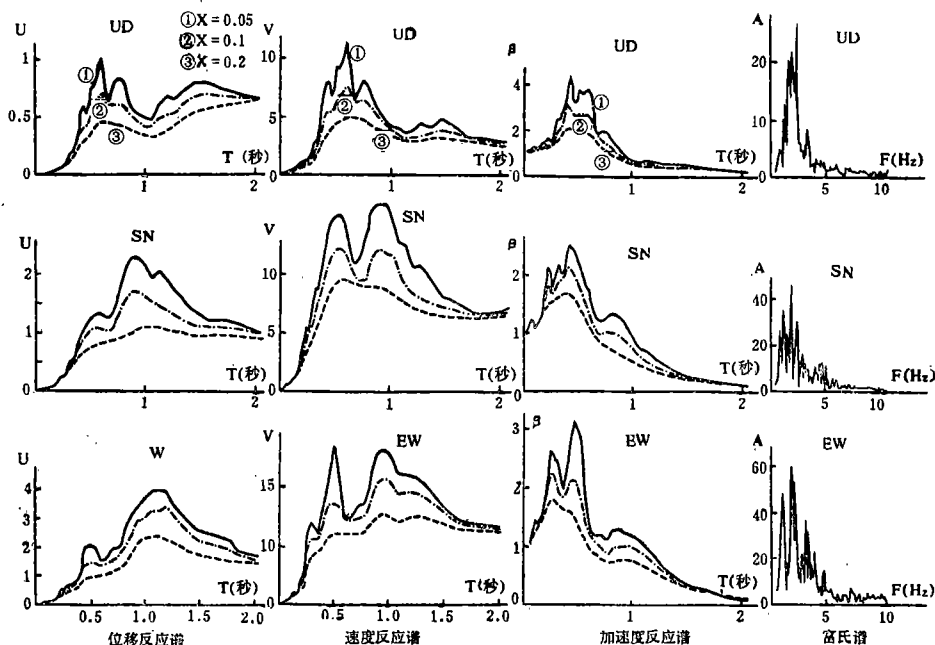


图 3 6.7级强余震的频谱 (X即为阻尼系数)

Fig. 3 Frequency-spectrum of the strong aftershock (M=6.7)

个强震记录的平均比值 (与水平向中较大一个比较) 为0.71, 唐山地震则在0.41~0.71之间。

(2) 乌恰地震中6.7级强余震与海城地震、唐山地震<sup>[4]</sup>、松潘地震的加速度反应谱峰值周期的对比见表5。

表 5 几次地震加速度反应谱峰值周期对比

| 地震及台址   | 海城<br>大石桥 | 唐山<br>唐山      | 松潘<br>文县      | 乌恰<br>乌泊尔     |
|---------|-----------|---------------|---------------|---------------|
| 峰值周期(s) | 0.20      | 0.05—<br>0.17 | 0.05—<br>0.15 | 0.42—<br>0.47 |

由表5可以清楚地看出, 乌泊尔台的强余震加速度反应谱的峰值周期较长, 即频率较低, 在2.1—2.4赫之间。一般农民用房屋自振周期在0.1—0.2秒之间 (5—10赫)<sup>[5]4</sup>。所以, 虽然本台记录的最大加速度为124伽, 已相当于7°的地震烈度, 但本地

4) 根据陈丙午等同志对甘肃省不同结构类型农村民房的实测资料。

的破坏却只有 $6^\circ$ ，这是该地破坏较轻的主要原因。

由于台址距微观震中仅4公里，台址处覆盖层约6米（见图2），因此，强余震记录的频谱卓越周期较长可能是这次强余震固有频谱组成的特点。

（3）这次地震中比较突出的震害是喀什一号电站大坝。主震时大坝已遭严重破坏，6.7级强余震后则使其濒于毁坏。究其原因，首先是大坝位于主震的 $8^\circ$ 区，又是强余震的宏观震中所在，地表破坏可达 $8^\circ$ 以上。其次是主震及强余震时地震动水平EW向分量很强<sup>1)</sup>，大坝长轴呈 $N50^\circ E$ 向，因此在主震、余震中均遭受到很强的EW向剪切力的作用。再加上坝体施工质量粗劣，且有人为不整合面（采用塑料薄膜作为心墙与砂砾石坝壳的防渗膜）。

#### 四、结 论

获取强震记录的重要途径除在地震活动频度较高的地震带合理布设强震监测台网外，最好的办法就是捕捉强余震。

为了成功地获得强余震记录，首先要根据台网资料了解余震分布区的范围及其扩展趋势，在此基础上才能根据仪器情况合理地布设强震流动台网。在监测过程中，要随时了解、分析各台的记录情况，在必要和可能的情况下，应根据余震趋势作适当的台址调整，以期获得更理想的记录效果。

#### 参 考 文 献

- 〔1〕谢礼立、于双久等，强震观测与分析原理，地震出版社，1982。
- 〔2〕大崎顺彦，地震动のスペクトル解析入门，鹿岛出版会，昭和51年。
- 〔3〕何韞如、邵世勋，松潘强震记录的谱分析，地震出版社，1979。
- 〔4〕中国科学院工程力学研究所、河北省地震局抗震组，唐山地震震害调查初步总结，地震出版社，1978。
- 〔5〕地震工程概论编写组，地震工程概论，科学出版社，1977。

THE ANALYSIS OF FREQUENCY-SPECTRUM OF THE  
STRONG AFTERSHOCK ( $M=6.7$ ) AFTER WUQIA  
EARTHQUAKE ON AUG.28, 1985 IN XINJIANG

Lin Xuewen      Wang Lanmin

(*Lanzhou Seismological Institute, State Seismological Bureau*)

Abstract

At 4 : 45 on Sept.12, 1985, 20 days later after Wuqia earthquake ( $M_s=7.4$ ), a strong aftershock of  $M_s=6.7$  occurred. A violent seismic accelerometer recorded its waves about 4 kilometers to the epicenter which was determined by the seismograph network. The maximum acceleration of its eastwest component is 123.8 gal, which is four times greater than its vertical component. The corresponding period of the acceleration peak value of the response spectrum of this earthquake is longer than those in Heicheng, Tangshan and Songpan. The intensity of the earthquake motion near the epicenter is equal to 7, but its real failure is only 6.