

宁洱 M_s 6.4 地震的强震记录与地震烈度^{*}

施伟华, 李世成, 李正光, 张彦琪, 崔建文

(云南省地震局, 昆明 650224)

摘要: 介绍了记录到的 2007 年 6 月 3 日宁洱 6.4 级地震较大主震加速度并且位于 VI 度及其以上烈度区内或附近的 4 个观测台强震动记录的各项参数、地震地质构造背景及地震活动、现场震害调查方法及结果, 确定了本次地震的烈度, 并将其与按照最大峰值加速度确定的烈度做对比。最后分析了这 4 个强震台的记录与实际现场调查的烈度的差异, 探讨了产生差异的原因。

关键词: 宁洱地震; 强震动记录; 峰值加速度; 震害指数; 地震烈度

中图分类号: P315.9 文献标识码: A 文章编号: 1000-0666(2010)04-0337-08

0 引言

2007 年 6 月 3 日 5 时 34 分 56.6 秒, 云南省普洱市宁洱县 ($23^{\circ}03'N$ $101^{\circ}10'E$) 发生 M_s 6.4 地震。经云南省地震局现场考察确定, 宏观震中位于宁洱县宁洱镇太达村至同心乡曼连村一带, 极震区烈度为 VIII 度。

宁洱地震发生时, 云南数字强震观测台网中有 21 个台记录到了主震记录, 其中有 4 个台位于 VI 度及其以上烈度区内或者附近, 且记录值较大。在地震发生后的现场震害考查评估中, 云南省地震局对包括这 4 个强震观测台所在地在内的震区进行了烈度评定, 烈度等震线展布方向明显, 大致呈 340° 方向分布 (图 1)。

中国地震烈度表 (GB/T 17742—2008) 规定: 当有自由场地强震动记录时, 水平向地震动峰值加速度和峰值速度可作为综合评定地震烈度的参考指标。

地震动幅值的大小和震级的大小直接的关系, 但同时也和地震波的传播途径及场地条件等因素有关。地震动幅值的大小对震害的影响有着直接的关系, 同时地震动的频谱、持时等因素与震害也有关。所以, 结合地震动记录对震区的强震观测台所在地点的烈度进行研究和复核是有意义的, 可以为以后的烈度评定、强震动记录的研究和地震动的规律及其影响条件的探讨积累资料 and 依据。

宁洱地震发生后, 笔者参加了现场震害考察, 最近又对这 4 个强震观测台所在地的震害情况进行了调查, 对台址周围的自然环境进行了考察, 取得了一些资料。下面对这次地震的强震记录和烈度评定中的一些问题进行探讨。

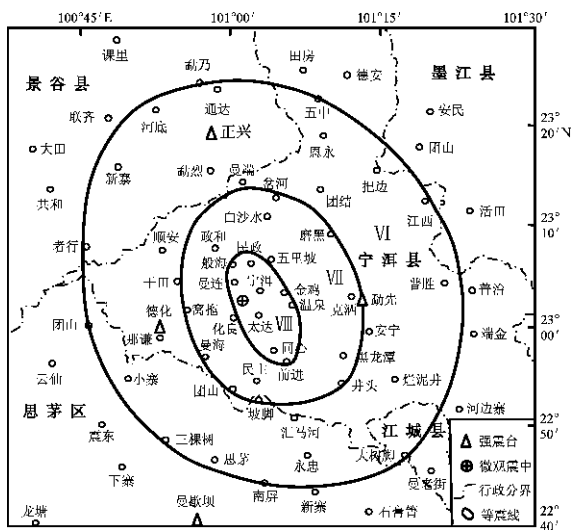


图 1 宁洱 6.4 级地震强震台址及烈度分布图

Fig.1 Strong motion record stations and seismic intensity distribution of the Ning'er M_s 6.4 earthquake

1 震区地震地质背景和地震活动

1.1 地震地质背景

震区的地理位置在云南省西南部, 属于横断

* 收稿日期: 2009-12-04

基金项目: 地震行业科研专项“宁洱 6.4 级地震现场综合考察和研究 (200808061)”资助

山脉纵谷区的南段，地势东北高，西南低，最高点为北部德安乡西北一带，海拔 2 409 m，最低点为澜沧江谷底中的小橄榄坝，海拔 600 m 左右。

从大地构造来划分，震区地处唐古拉—昌都—兰坪—思茅褶皱系（一级）、兰坪—思茅褶皱带（二级）和景谷—勐腊褶皱束（三级）。震区主要为中生代红层，宁洱至同心一带为背斜构造，背斜核部为二迭系灰岩，东西两翼为侏罗、白垩系紫红色砂岩。背斜东翼的北北西向的普洱断裂为这次地震的发震断裂。

从地震地质上来讲，震区位于宁洱新构造隆起区，地质构造复杂，新构造活动强烈，区域断裂发育，其中最主要的断裂带是无量山断裂带，是一条控制现代隆起的重要地震活动断裂带。该断裂带展布于无量山西麓，北起宁洱县磨黑盆地，南至江城县的整董一带，属于晚更新世活动断裂带，控制了兰坪—思茅中生代至早新生代拗陷及其内部中新世以来的新构造隆起的活动。

无量山断裂带由 3 条断裂组成，东支为磨黑断裂，中支为普洱断裂，西支为普文断裂。普洱断裂在震区又分为东、西两支，分别位于宁洱县城的东、西两侧，呈 NW—NNW（330°~340°）走向。本次地震微观震中位于普洱西支断裂的分支断裂上，宏观震中地处普洱西支断裂上（谢英情等，2007）。

1.2 地震活动

自 1884 年至 2007 年，在南北长约 80 km，宽约 50 km 的无量山断裂带范围内，共发生 6.0~6.9 级地震 11 次。其时间间隔为 1.5~20 a，复发的平均时间间隔为 10 a。这 11 次地震中，属原地复发的有 7 次，分别是：1884 年宁洱 6.5 级、1923 年宁洱 6.5 级、1970 年宁洱 6.2 级、1971 年普洱 6.2 级、1973 年宁洱 6.3 级、1993 年宁洱 6.3 级与 2007 年宁洱 6.4 级（毛玉平等，2003）。

上述 11 次地震的有关参数见表 1。

2 强震记录

2.1 各强震台所在地的地形地貌

(1) 德化

普洱市宁洱县德化乡驻地位于普洱河的支流南德河的河谷盆地内，盆地内散落有数个低矮丘陵。强震台就架设在该区域内的德化中学内，该

中学坐落在盆地边缘的阶地山包上。强震仪架设在山包接近顶部的阶梯形平地上，周围地势开阔，该山包的坡度为 10° 左右，而且高程比周围高，属于较孤突的地形（图 2）。

表 1 震区地震活动情况及参数 ($M_s \geq 6$)
Tab 1 Seismicity and parameters ($M_s \geq 6$) in the earthquake struck area

时间 年—月—日	地点	微观震中经纬度		震级 (M_s)	震源深 度/km	震中 烈度
		$\lambda_E/(^\circ)$	$\varphi_N/(^\circ)$			
1884—11—14	宁洱			6.5		VIII+
1923—07—01	宁洱	100.5°	23.0°	6.5		VIII
1942—02—01	普洱	100.3°	23.1°	6.7		VIII
1965—07—03	江城整董	101.6°	22.4°	6.1		VII+
1970—02—07	宁洱花房	101°02′	23°05′	6.2	15	VII+
1971—04—28	宁洱同心	101.1°	23.0°	6.7	15	VIII
1971—09—14	普洱	100.8°	23.0°	6.2		
1973—08—16	宁洱锅底塘	101.2°	23.1°	6.3	7	VIII
1979—03—15	宁洱磨黑	101.1°	23.2°	6.8	10	XI
1993—01—27	宁洱同心	101°05′	22°56′	6.3	14	VIII
2007—06—03	宁洱太达	101°10′	23°03′	6.4	5	VIII

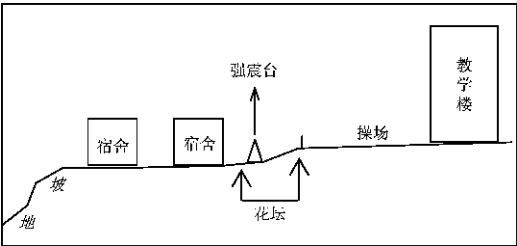


图 2 德化强震观测台地形示意图
Fig 2 Terrain schematic of Dehua Strong motion record station

(2) 正兴

普洱市景谷县正兴镇驻地分布于无量山中低山地区的山坡上，属于小黑江及支流切割成高山深谷的地貌形态。强震台在该区域内的正兴小学内。该小学位于较陡的山坡上，坡度在 15° 左右，比周围的地形陡，而且高。强震仪架设在山坡一陡坎边的平地上，其东北为一深约 20 m 的冲沟。该点属于陡峭孤突地形（图 3）。

(3) 勐先

普洱市宁洱县勐先乡位于勐先河侵蚀形成的勐先河谷盆地北边浅切割低山丘陵上，地貌属切割山原地形，山原顶部缓和起伏，河谷盆地内有数个连绵的丘陵。强震台在该区域内的勐先中学

内, 该中学位于河谷中的低矮丘陵山脊的坡地上。强震仪架设在坡地的一阶梯平地上 (图 4)。

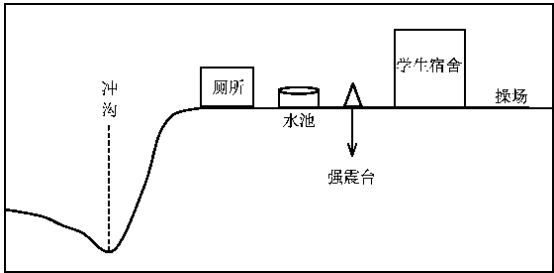


图 3 正兴强震观测台地形示意图
Fig 3 Terrain schematic of Zhengxing strong motion record station

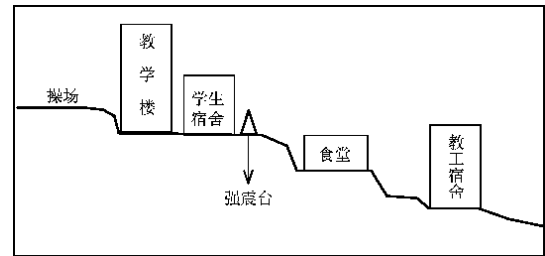


图 4 勐先强震观测台地形示意图
Fig 4 Terrain schematic of Mengxian strong motion record station

(4) 曼歇坝

普洱市思茅区南屏镇曼歇坝村公所驻地位于曼歇坝河谷盆地南端, 河床边的阶地与边坡的过渡地带。地貌属切割山原地形上的河谷盆地。

强震仪架设在村公所办公室旁边的一平地上, 场地地形平坦 (图 5)。

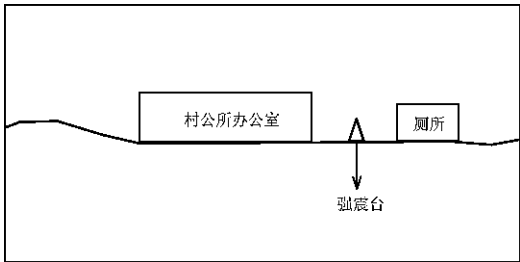


图 5 曼歇坝强震观测台地形示意图
Fig 5 Terrain schematic of Manxieba strong motion record station

2.2 各强震台场地的卓越周期和场地类型

建立强震观测台站时, 工作人员在各台站仪器架设地点均进行了地质勘察, 并做了各土层的剪切波速测试和土工试验。场地特征周期的物理意义是在小应变下, 场地的自振周期可以表示场地的动力特性。各台站的场地的卓越周期用下式计算:

$$T=\sum 4H_i /V_{si}$$
 (1)

式中: H_i 为第 i 层土的厚度; V_{si} 为第 i 层土的剪切波速。

各强震台场地的土层及场地的卓越周期和场地类型见表 2

表 2 各强震观测台场地的卓越周期和折算频率
Tab 2 Excellent cycle and conversion frequency at sites of the strong motion record stations

强震观测台	地层编号	土层厚度 /m	土层名	等效剪切波速 /m·s ⁻¹	场地卓越周期和折算频率		场地类型
					周期 /s	频率 /Hz	
德化	①	6.6	素填土	273.54	0.18	5.56	II
	②	5.0	粘土				
	③	1.4	微风化石灰岩				
正兴	①	1.7	粘土	336.73	0.30	3.33	II
	②	7.5	粘土				
	③	13.6	强风化泥岩				
	④	2.2	中风化泥岩				
勐先	①	1.6	粉质粘土	307.72	0.23	4.35	II
	②	4.1	全风化粉砂岩				
	③	17.4	全风化粉砂岩				
曼歇坝	①	0.8	耕土	335.41	0.21	4.76	II
	②	6.2	粘土				
	③	4.9	强风化泥岩				
	④	1.3	强风化泥质粉砂岩				
	⑤	4.0	中风化石英粉砂岩				

各强震台的场地类型按建筑抗震设计规范（GB50011—2001）的方法确定，即先算出每个场地的等效剪切波速，然后根据等效剪切波速和覆盖层厚度这两个参数确定场地的类型。

2.3 各强震台的加速度记录

地震动的幅值、频率和持时对震害有着主要的影响。微弱的地震动没有多大的工程意义，所以在本文中笔者忽略地震动加速度记录的开始和最后较小的部分，而着眼于 $\geq 45\text{ ga}$ 的对工程有影响的地震动的频率和持续时间。

各强震台获得的主震峰值加速度和不同加速度段的加速度频率及持时见表 3。在这次现场考察时，笔者用 GPS 重新测量了德化、正尖、勐先、曼歇坝 4 个强震台的经纬度，并据此在电子地图上读出了微观震中距，其值与云南地震台网确定的微观震中距的误差 $\leq 0.4\text{ km}$ 。表 3 中的微观震中距采用的是云南地震台网的数据。

以上 4 个强震动观测台的三分向加速度记录见图 8~图 11。

表 3 各强震观测台加速度记录参数
Tab 3 Acceleration record parameters of the strong motion record stations

强震观测台	震中距 / km	加速度方向	峰值加速度 / ga	加速度频率 / Hz	不同加速度的持时 / s		
					$\geq 45\text{ ga}$	$\geq 90\text{ ga}$	$\geq 180\text{ ga}$
德化	14.6	BW	431	3.0	6.4	4.0	2.8
		SN	267		4.6	3.5	0
		UD	157	4.3	5.8	4.5	3.4
正兴	31.7	BW	405	3.4	15.1	6.0	3.5
		SN	211	4.0	16.2	4.7	2.3
		UD	103		9.9	0.7	0
勐先	19.4	BW	122	3.5	5.0	0.9	0
		SN	158	2.1	4.6	1.5	0
		UD	54		2.6	0	0
曼歇坝	40.7	BW	58.5	7.7	3.4	0	0
		SN	49.6	2.7	0.1	0	0
		UD	23.6	1.5	1.5	0	0

3 各强震台所在地的震害与烈度

3.1 震害

笔者对上述 4 个强震台所在地的震害进行了调查。虽然地震发生已经二年有余，但部分遭破坏的房屋还保持着原样，对于已修复或重建的房屋，通过对其主人的访问和了解，根据笔者多年的地震现场经验，对房屋的破坏等级进行了确定。震害指数的调查和烈度的评定主要以房屋破坏为主要依据，地震烈度调查工作按照《地震现场工作第三部分：调查规范》（GB/T18208.3—2000）和《中国地震烈度表》（GB/T17742—2008）的要求进行，将土木和砖木房屋看作 A、B 类房屋，砖混和框架结构房屋看作 C 类房屋。中国地震动参数区划图（GB18306—2001）规定了宁洱县的抗震设防烈度不低于Ⅶ度，设计基本加速度值 0.15 ga 。

普洱市的抗震设防烈度不低于Ⅷ度，设计基本加速度值 0.20 ga 。

下面对这 4 个点的震害调查范围、房屋概况及震害结果逐一介绍。

（1）宁洱德化

该点调查范围为德化中学、乡驻地和临近的勐泗村公所。房屋建筑以砖混结构和土木结构占多数，有少量框架结构和砖木结构，砖木结构有空心砖墙，也有红砖墙。框架结构和多数砖混结构为办公和商业用房，少量砖混结构为居民用房；砖木结构和土木结构绝大多数为农村居民用房。

土木和砖木结构房屋除个别毁坏外，多数为局部破坏和基本完好，震害现象主要为墙体开裂，少量梭瓦；砖混结构房屋个别墙体出现严重裂缝，少数墙体出现显见裂缝（图 6）；框架结构房屋个别承重梁可见细微裂纹，部分填充墙开裂。



图 6 德化中学砖混教学楼破坏
Fig 6 Brick & Concrete building destroyed
in Dehua Middle School

(2) 景谷正兴

该点调查范围为正兴小学、镇驻地和附近的农村民居。调查范围内有四种建筑结构的房屋，砖混结构和土木结构占多数，还有少量砖木结构，框架结构的房屋数量最少。该点的框架结构和多数砖混结构为学校的教学用房和镇政府的办公和商业用房，少量砖混结构为居民用房；砖木结构和土木结构绝大多数为农村居民用房。

正兴小学的震害明显重于其周围的震害。震害最重的是 2005 年 10 月竣工使用的一幢三层框架结构综合楼，有二根柱子上部水平向断裂，多数填充墙中等开裂，少数填充墙严重开裂，该楼于 2008 年 8 月拆除。该楼位于冲沟的陡坎边，属于孤突陡峭地形。该校的其它框架和砖混结构房屋亦有破坏（图 7）。少数土木和砖木结构房屋的墙体开裂，多数房屋梭瓦，并有少量掉瓦。



图 7 正兴中学框架教学楼窗肚墙开裂
Fig 7 Cracks on the wall of frame building
in Zhengxing Middle school

(3) 宁洱勐先

该点调查范围为勐先中学、乡驻地和紧挨着的和平村公所大沟边社。该范围内有四种建筑结构的房屋：乡驻地和中学以框架结构和砖混结构为主，其中框架结构少于砖混结构；村子以土木结构和砖木结构为主，其中砖木结构少于土木结构。该调查点农村的土木结构房屋中以土墙承重的占多数，但墙体粘土的质量较好，土和沙子的比例合适，所以墙体的硬度高，比较结实。

土木和砖木结构房屋以破坏和基本完好为主，少数墙体开裂，有梭瓦掉瓦现象；砖混结构房屋个别墙体的窗角出现裂缝，少数墙体出现显见裂纹；框架结构房屋少数填充墙轻微开裂。

(4) 普洱曼歇坝

该点调查范围为曼歇坝村公所驻地及与其相连的大海子社，该社有 50 多户人家，散布于村公所旁的边坡上，坡度 15°左右。房屋建筑以砖木结构占多数，少数为土木结构，还有个别的砖混结构。砖木结构和土木结构绝大多数为农村居民用房，砖混结构为茶叶厂和个别居民用房。

少数土木和砖木结构房屋墙体轻微开裂，少量梭瓦，个别掉瓦。个别砖混结构房屋墙体出现可见裂缝。

对各调查点的各类房屋的破坏比进行了调查，据此计算得到了各类房屋的震害指数，进而确定了各调查点的震害指数，其结果见表 4。

表 4 各调查点的震害指数
Tab 4 Earthquake hazard indexes of the
actual scene investigation

调查点	房屋震害指数				调查点 震害指数
	框架	砖混	砖木	土木	
德化	0.05	0.09	0.05	0.08	0.07
正兴	0.09	0.09	0.05	0.06	0.07
勐先	0.04	0.08	0.04	0.08	0.06
曼歇坝			0.02	0.03	0.02

3.2 烈度

中国地震烈度表（GB/T 1774—2008）规定了震害指数与烈度、加速度存在的对应关系（表 5）。

从表 4 可以得知，3 个调查点的烈度为Ⅵ度，1 个点（曼歇坝）的震害指数是 0.02，按照表 5 的规定在Ⅵ度范围内，但是按照传统的烈度判定方法，震害指数为 0.01、0.02 的，就定为Ⅴ度，在此特别说明，从此也可以看出烈度的模糊性。

表 5 A B C类房屋的震害指数与烈度、水平向峰值加速度 (m/s²) 的关系

Tab 5 Relations of damage indexes with seismic intensity and maximum of horizontal peak acceleration for A B C category houses

烈度	VI		VII		VIII		IX		X		XI	
房屋类型	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
震害指数	0.0~0.11	0.0~0.08	0.09~0.31	0.07~0.22	0.29~0.51	0.20~0.40	0.49~0.71	0.38~0.60	0.69~0.91	0.58~0.80	0.89~1.0	0.78~1.0
加速度	0.45~0.89		0.90~1.77		1.78~3.53		3.54~7.07		7.08~14.14			

根据表 5 确定的各强震观察点烈度值与现场调查后确定的烈度值的对比列于表 6

表 6 峰值加速度烈度和现场考察烈度的对比

Tab 6 Intensities by the maximum peak acceleration compared with the field investigation intensities

强震观察台	震中距 / km	强震观测台所处的断层	峰值加速度的烈度	现场考察的烈度
德化	14.6	普文断裂	IX	VI
正兴	31.7	普洱断裂	IX	VI
勐先	19.4	磨黑断裂	VII	VI
曼歇坝	40.7	普文断裂	VI	V

4 分析与探讨

4.1 分析

从表 2 可以看出，四个强震观察台的场地类型均为 II 类，但场地卓越周期有些差别，正兴台场地的卓越周期为 0.3 s，比其他三个场地的要长。

从表 3 得知，德化、正兴台的强震动记录的水平加速度峰值均超过 400 gal，但是正兴台的微观震中距为 31.7 km，比德化台的 14.6 km 大得多。四个强震观察台记录的加速度频率有些差别，其中曼歇坝的东西向加速度频率要明显高于其余三个台的记录。从不同加速度段的持时来看，则可以明显地看出虽然正兴台的微观震中距较远，达 31.7 km，但它 $\geq 45\text{ gal}$ 的加速度持时比其他三个台长得多，为 16.2 s， $\geq 90\text{ gal}$ 和 $\geq 180\text{ gal}$ 的持时也比其余三个台的长。勐先台的微观震中距较近，只有 19.4 km，但持时最短，它 $\geq 45\text{ gal}$ 的加速度持时只有 5.0 s。

由表 4 得知，德化和正兴调查点的震害指数均为 0.07，但在各类房屋的震害指数中，正兴的框架结构的震害指数比德化的高，砖混结构的震害指数亦高于砖木和土木结构的震害指数。

由表 6 得知，四个强震观察台均位于断层上，而正兴台是处于本次地震的发震断层——普洱断

层之上（谢英情等，2007）。从表中还可以看出，如果单用加速度峰值按照表 5 的标准来确定烈度，那么所定的烈度都高于现场调查得到的烈度。

4.2 探讨

德化台的水平向加速度记录是最大的，仪器架设于河谷阶地上的孤突山包上，此类地形对地震动的放大作用是显而易见的，但它对建筑物的破坏并没有很大的影响，这应该和持时较短有关系， $\geq 45\text{ gal}$ 的加速度的持时只有 6.4 s， 431 gal 的东西向水平加速度峰值只是一个瞬间的脉冲（图 8）。

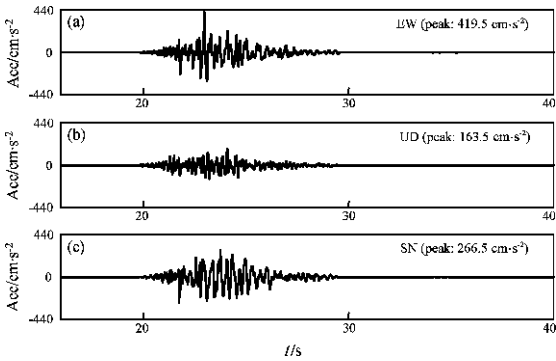


图 8 宁洱 M_{6.4} 地震德化强震动固定台三分向加速度记录

Fig 8 Three direction acceleration records of Dehua strong motion record station in Ning'er M_{6.4} earthquake

正兴台的水平向加速度记录峰值为 405 gal，仅次于德化台。正兴小学的砖混和框架结构破坏重于其周边的土木和砖木结构。对于这种现象，笔者认为：一是该地的加速度不但幅值大，而且持时长，对结构产生震害的积累效应，这是一个重要因素；二是它的地形为陡峭孤突地形，对地震波具有放大或聚焦作用，导致震害加重（通海地震影响场调查组，1997；施伟华等，2002，2003）；第三，该场地位于本次地震的发震断层上。震害经验表明，位于发震断层上的建筑物的

震害往往都比较大, 应该与地震时发震断层上比别处的震动持时长、位移大有关; 第四, 该场地卓越周期 0.3 s 比较接近该点的砖混和框架结构的自振周期, 地震时可能产生了共振效应 (图 9)。

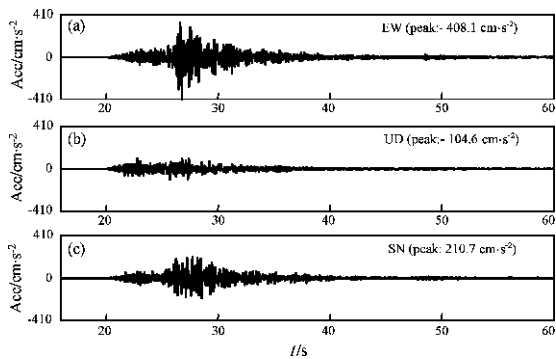


图 9 宁洱 $M_{s6.4}$ 地震正兴强震动固定台
三分向加速度记录

Fig 9 Three direction acceleration records of
Zhengxing strong motion record station
in NingEr $M_{s6.4}$ earthquake

勐先台的微观震中距在四个台中是最近的, 但却没有得到最大的加速度, 水平向加速度记录峰值为 158 gal , $\geq 45\text{ gal}$ 的加速度的持时只有 5.0 s , 有点反常。该点现场调查的震害指数 0.06 低于德化和正兴的震害指数。这种微观震中距小, 却出现地震动的小幅值、短持时而震害轻的现象, 是和该地所处的河谷和低矮丘陵缓坡的地形地貌有关的, 可以认为在该地地震波的传播较通畅, 少有放大作用 (图 10)。

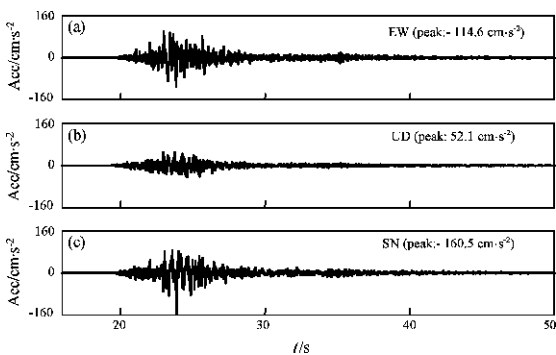


图 10 宁洱 $M_{s6.4}$ 地震勐先强震动固定台
三分向加速度记录

Fig 10 Three direction acceleration records of
Mengxian strong motion record station
in NingEr $M_{s6.4}$ earthquake

曼歇坝台的水平向峰值加速度 58.5 gal 但由于 $\geq 45\text{ gal}$ 的水平向加速度持时短, 只有 3.4 s , 导致该地的实际震害指数为 0.02 烈度为 V 度。该点从微观震源距、加速度幅值及持时来看, 与实际的震害程度差别不太大, 没有大的异常 (图 11)。

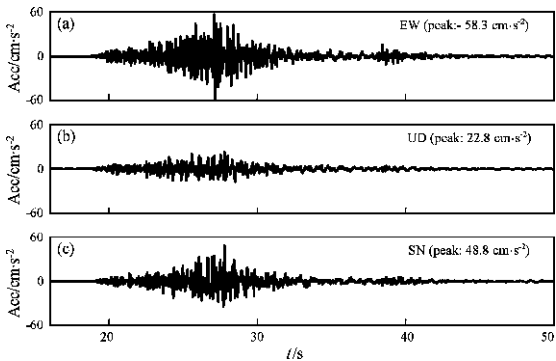


图 11 宁洱 $M_{s6.4}$ 地震曼歇坝强震动固定台
三分向加速度记录

Fig 11 Three direction acceleration records of
Manxieba strong motion record station
in NingEr $M_{s6.4}$ earthquake

当前, 人们认为地震动的幅值、频谱和持时是影响震害的三个要素。一般来说, 地震动幅值由震级决定, 多数地震都会产生大幅值的脉冲, 但由于其持时短暂, 对震害的影响有限, 特别是对于柔性建筑。频谱是随震级、距离和场地条件而变的, 不同自振周期的结构物在不同频谱下会产生不同程度的震害。在本次地震中, 没有明显的频谱影响。大多数地震工程学家从实际震害调查材料、结构的低周疲劳现象、破坏的积累效应、试验与理论分析, 认为持时是地震动工程特性的三要素之一。但也有少数人认为对于刚性结构, 从弹性反应来看持时是不太重要的, 一两个大震动脉冲就可以使刚性结构造成严重破坏或倒塌 (胡聿贤, 2006)。前述的正兴小学三层框架结构综合楼的严重破坏是否是因为该地的大震动脉冲造成的呢? 应该说峰值地震动不是对震害或烈度有重要影响的因素, 在地震动方面还有频谱与持时产生的结构共振效应与震害积累效应, 在场地条件方面还有地形与地基的地震动放大作用与抗震能力。由于该楼已被拆除, 使得进一步的探查难以开展。

烈度是由地震动的多个参数共同决定的, 只寻求其中任何一个参数与烈度的关系都会有很大的离

散, 烈度与单个地震动参数之间的关系都不太密切。从中国地震烈度表 (GB/T 17742—2008) 规定的震害指数与烈度、加速度存在的对应关系 (表 5) 来看, 烈度相差一度, 峰值加速度相差约一倍。而实际证明: 同一烈度所对应的实测加速度的峰值却有几倍乃至更大的差距, 离散很大。所以, 笔者认为不应该过分强调地震动峰值与烈度之间的关系, 但可以把它作为一种参考。在评定烈度时, 不同地震动幅值的持时对烈度的影响不可轻视。

参考文献:

胡聿贤 . 2006. 地震工程学 [M]. 北京: 地震出版社 .

毛玉平, 韩新民, 谷一山, 等 . 2003. 云南地区强震 ($M \geq 6$ 级) 研究 [M]. 昆明: 云南科技出版社 .
施伟华, 崔建文, 包一峰, 等 . 2003. 姚安 6.5 级地震场地与震害的关系 [J]. 地震研究, 26 (1): 86—91.
施伟华, 崔建文, 吕明, 等 . 2002. 施甸 5.9 级地震场地与震害的关系 [J]. 地震研究, 25 (3): 295—301.
通海地震影响场调查组 . 1997. 通海地震的烈度分布与场地影响 [M]. 北京: 科学出版社 .
谢英倩, 李岩峰, 张建国, 等 . 2007. 2007 年宁洱 6.4 级地震发震构造分析 [J]. 地震研究, 30 (4): 350—358.
GB 18306—2001 中国地震动参数区划图 [S].
GB/T 17742—2008 中国地震烈度表 [S].
GB/T 18208.3—2000 地震现场工作第三部分: 调查规范 [S].
GB 50011—2001 建筑抗震设计规范 [S].

Strong Motion Observation Records and Seismic Intensity
of the Ning'er $M_s6.4$ Earthquake

SHI Wei-hua LI Shi-cheng LI Zheng-guang ZHANG Yan-qi CUI Jian-wen
(Earthquake Administration of Yunnan Province, Kunming 650224, Yunnan, China)

Abstract

Four strong motion record stations had been located in VI degrees above seismic intensity zone or the nearby on June 3, 2007 Ning'er $M_s6.4$ earthquake struck area. We recorded larger main earthquake acceleration records by them. The paper describes seismogenic and seismicity at the venue of four strong motion record stations. We introduced the parameters of the strong motion records. We described investigation methods and results of earthquake disaster for the four fields and determined the seismic intensity and compared with seismic intensity by the maximum peak acceleration in accordance. We analyzed differences of seismic intensity between four strong motion records and actual scene investigation records. We discussed reasons of differences for seismic intensity too.

Key words: Ning'er earthquake, strong motion records, acceleration peak value, earthquake hazard index, seismic intensity