

# 2007 年云南境外三次中强地震强震动观测记录<sup>\*</sup>

崔建文<sup>1</sup>, 潘云湖<sup>2</sup>, 刘国彬<sup>2</sup>, 李四豪<sup>2</sup>, 高 东<sup>1</sup>, 包 一峰<sup>1</sup>, 李世成<sup>1</sup>

(1. 云南省地震局, 昆明 650224 2 西双版纳州地震局, 云南 景洪 666100)

摘要: 2007 年 5 月 16 日 16 56 17 老挝北部发生  $M_s6.6$  地震; 2007 年 6 月 23 日 16 17 17.0 和 16 27 47.1 缅甸—中国边境分别发生  $M_s5.7$  和  $M_s5.4$  地震。“十五”期间, 在与老挝、缅甸交界的云南西双版纳自治州和普洱市境内刚建成的多个强震动观测台记录到了这三次地震产生的地面运动, 获得多个数字强震动台站所在场地的烈度分布。

关键词: 强震动; 中强地震; 云南; 老挝; 缅甸

中图分类号: P315.9 文献标志码: A 文章编号: 1000—0666(2008)增刊—0551—05

## 0 概况

北京时间 2007 年 5 月 16 日 16 56 17、6 月 23 日 16 17 17.0 和 16 27 47.1 在老挝北部以及缅甸—中国边境地区发生强烈地震, 相邻的云南省大部分地区有震感。“十五”期间, 国家重点项目“中国数字强震动台网”子项目“云南数字强震动台网建设”, 在该地区建成了 28 个数字强震动台(崔建文等, 2007)。在这 3 次地震中, 28 个数字强震动台中的部分台站记录到了地震动。特别是在老挝地震中, 有 10 多个台获取了这次地震的地震动记录共 38 条, 这是我国大陆首次在一次主震

中获取多个地震动记录。在 2007 年 6 月 3 日发生的宁洱  $M_s6.4$  地震中, 也有 20 多个台站获取了观测记录(崔建文等, 2007)。这些资料的获取, 为研究滇西南地区强烈地震的地震动衰减关系奠定了良好的基础。同时, 也初步展示了“十五”强震动台网建设的成效。

## 1 地震参数及观测台站

### 1.1 地震参数

表 1 列出了中国地震台网以及美国 USGS 测定的这 3 次地震的震源参数。定位结果如图 1 所示。

表 1 震源参数

地震	震源参数	中国地震台网结果 <sup>*</sup>	USGS 结果 <sup>**</sup>
老挝	发震时刻	2007—05—16 16 56 16.6	2007—05—16 08 56 15 (UTC)
	震级	$M_s6.6$	$M_w6.2$ $M_s6.3$
	北纬 /( $^{\circ}$ )	20.6	20.51
	东经 /( $^{\circ}$ )	101.0	100.74
	深度 /km	33	20
	断层面		strike=55 $^{\circ}$ , dip=70 $^{\circ}$ , slip=0 $^{\circ}$ strike=325 $^{\circ}$ , dip=90 $^{\circ}$ , slip=160 $^{\circ}$
中缅边境	发震时刻	2007—06—23 16 17 17	2007—06—23 08 17 19.89 (UTC)
	震级	$M_s5.7$	$M_w5.6$
	北纬 /( $^{\circ}$ )	21.44	21.47
	东经 /( $^{\circ}$ )	99.95	99.78
	深度 /km	17	22
	断层面		strike=71 $^{\circ}$ , dip=73 $^{\circ}$ , slip=—4 $^{\circ}$ strike=162 $^{\circ}$ , dip=86 $^{\circ}$ , slip=—163 $^{\circ}$

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2008—10—20.  
<sup>\*\*</sup> 基金项目: 云南社会发展科技计划 2007 CA002 资助.

©1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

续表 1

地震	震源参数	中国地震台网结果 <sup>*</sup>	USGS结果 <sup>**</sup>
中缅边境	发震时刻	2007—06—23 16 27: 47. 1	2007—06—23 08 27: 48 (UTC)
	震级	M <sub>S</sub> 5. 4	M <sub>b</sub> 5. 2
	北纬 /(°)	21. 56	21. 55
	东经 /(°)	100. 01	99. 91
	深度 /km	11	12

注: <sup>\*</sup> 中国地震台网 (CSN) 地震目录 ( [http://www.csn.cn/newweb/day/csn\\_catalog\\_0002.jsp](http://www.csn.cn/newweb/day/csn_catalog_0002.jsp));  
<sup>\*\*</sup> USGS Earthquake Database ( <http://neic.usgs.gov/cgi-bin/epic/epic.cgi> )



图 1 地震震中及获取记录的强震动台站分布

1. 2 观测台站

这 3 次地震中, 共有 13 个强震动台获取记录, 除一个台建于山洞基岩场地上外, 其他台站均建于土层场地上。土层场地均作了场地勘察, 进行钻孔 (40 m 或到基岩面)、剪切波速测试、土样实验等。表 2 中列出了台站的基本情况, 图 1 给出了 13 个台站的分布情况。

台站使用的均为美国 Kinemetrics 公司生产的 E1NA 型记录器和中国地震局工程力学研究所生产的 SLJ-100 型力平衡加速度计, 其主要性能见表 3。

表 2 获取记录的强震动台情况

序号	台站名称	台站编号	仪器 序列号	地理位置			震中距 / km			场地类型
				纬度 /(°)	经度 /(°)	高程 /m	M <sub>s</sub> 6. 6	M <sub>s</sub> 5. 7	M <sub>s</sub> 5. 4	
1	勐腊	53MLX	4936	21. 425	101. 527	642	106. 9	163. 3	158. 7	基岩
2	勐仑	53MML	4930	21. 937	101. 247	507	150. 9	145. 0	135. 5	II
3	勐捧	53MMB	4923	21. 454	101. 306	389	100. 2	140. 4	135. 7	II
4	关累镇	53MGL	4928	21. 702	101. 286	585	126. 1	141. 2	133. 9	II
5	易武	53MYW	4946	21. 984	101. 467	1 283	161. 4	168. 0	158. 7	II
6	勐罕	53MH	5040	21. 851	100. 944	513	139. 3	112. 5	102. 9	II
7	勐龙	53ML	5039	21. 583	100. 677	611	114. 4	76. 9	70. 1	II
8	打洛	53MDL	5034	21. 702	100. 055	611	156. 8	31. 1	16. 8	II
9	宾房	53MBF	5013	22. 000	100. 625	1 035	160. 5	93. 5	81. 0	I
10	大寨	53SMD	4306	22. 741	101. 049	1 441	238. 1	183. 7	170. 0	II
11	澜沧	53LCX	5134	22. 547	99. 921	998	243. 6	123. 2	110. 1	I
12	江城	53JCX	5077	22. 590	101. 862	1 107	238. 5	234. 9	223. 4	II
13	思茅港	53SMG	4309	22. 491	100. 583	581	214. 7	133. 9	119. 8	II

表 3 强震动仪主要性能参数

仪器	主要技术指标
强震动记录器	E1NA 模数转换: 18 位; 采样率: 200 Hz
加速度计	SLJ-100 型力平衡加速度传感器, 动态范围: > 90 dB; 满量程: ±2 g

2 获取记录情况

老挝 M<sub>6. 6</sub> 地震中 13 个台站获取 39 条加速度记录; 缅甸 M<sub>5. 7</sub> 地震中 2 个台站获取 6 条加速度记录; 缅甸 M<sub>5. 4</sub> 地震中 4 个台站获取 12 条加速

度记录。表 4 给出了获取记录的情况。图 2 ~6 展示了部分峰值较大的记录。

表 4 获取记录情况										
序号	台站 名称	加速度峰值 / $\text{cm} \cdot \text{s}^{-2}$								
		$M_{\text{S}}6.6$			$M_{\text{S}}5.7$			$M_{\text{S}}5.4$		
		EW	UD	NS	EW	UD	NS	EW	UD	NS
1	勐腊	7.6	6.1	6.6						
2	勐仑	28.3	13.7	24.9						
3	勐捧	28.5	13.4	28.4						
4	关累镇	10.2	7.0	17.7						
5	易武	4.9	4.5	7.4						
6	勐罕	34.4	12.2	26.4				9.0	3.4	9.6
7	勐龙	25.4	15.5	34.8						
8	打洛	20.6	6.7	16.6	38.8	19.2	23	25.5	19.2	17.0
9	宾房	6.6	5.3	5.2				10	4.9	5.6
10	大寨	8.5	3.2	9.1						
11	澜沧	3.9	2.1	5.1						
12	江城	7.5	6.0	7.6						
13	思茅港	8.6	4.0	8.6	9.3	5.1	8.7	7.4	2.9	4.9

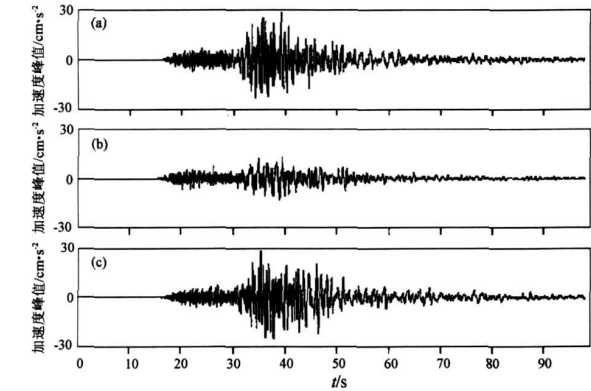


图 2 勐捧强震动台老挝  $M_s6.6$  地震记录  
(a) EW; (b) UD; (c) NS

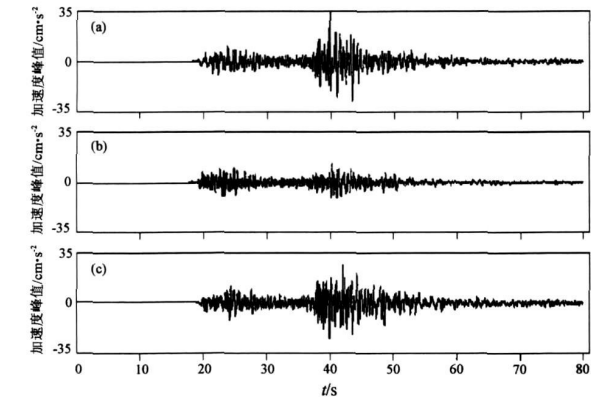


图 3 勐罕强震动台老挝  $M_s6.6$  地震记录  
(a) EW; (b) UD; (c) NS

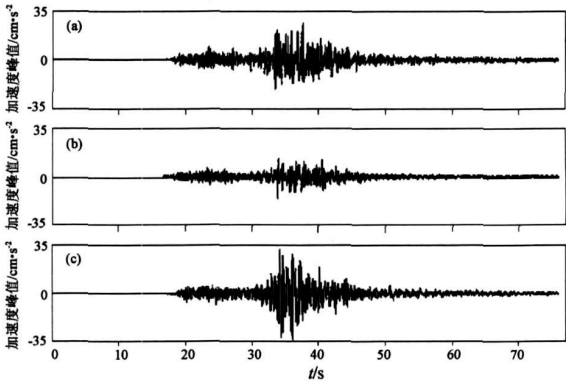


图 4 勐龙强震动台老挝  $M_s6.6$  地震记录  
(a) EW; (b) UD; (c) NS

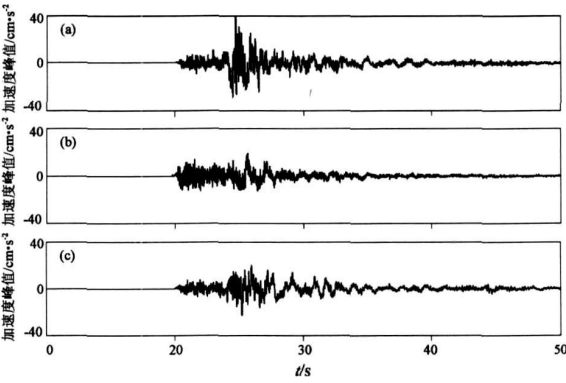


图 5 打洛强震动台缅甸  $M_s5.7$  地震记录  
(a) EW; (b) UD; (c) NS

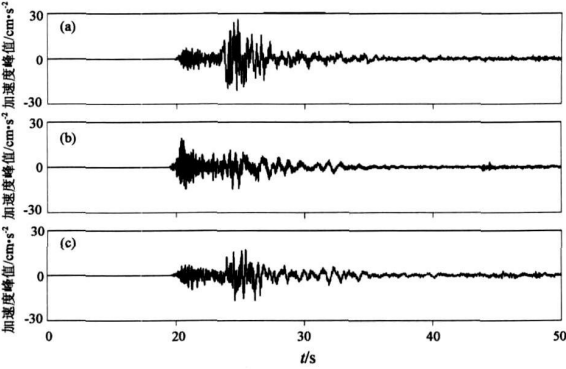


图 6 打洛强震动台缅甸  $M_s5.4$  地震记录  
(a) EW; (b) UD; (c) NS

3 讨论

3.1 地震动衰减

图 7 给出了澜沧—耿马地震地面加速度峰值的衰减规律 (王亚勇等, 1991)。可以看到, 虽然加

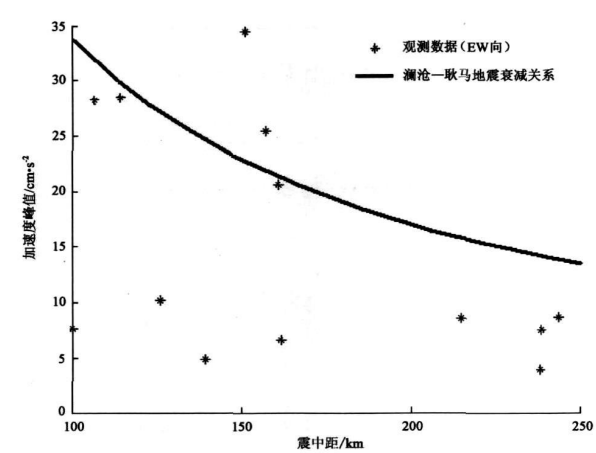


图 7 老挝 Ms6.6地震地面 加速度峰值（EW向）随震中距的变化

速度峰值随震中距的增加而衰减，但其变化规律性不强。剔除位于山洞内的勐腊台和属 类场地的澜沧台和宾房台，加速度峰值随距离的变化仍呈

大的离散，因此，这种变化的离散性不仅反映了各台站局部场地条件的差异，也应与大的构造背景和震源特征有关，值得进一步研究。

与澜沧—耿马地震加速度峰值衰减规律相对比，这次地震的最大值不超过衰减规律给出的预测值。

与同等距离的台站相比，位于山洞内的勐腊台加速度峰值明显偏小大约 1/3 除可能有震源特性、大的构造环境影响外，造成加速度峰值明显偏小的主要原因主要是局部场地的环境：山洞内、基岩。但两者哪一个因素影响更大，则需要认真研究。

3.2 地震动与烈度的关系

强震动台站获取的地面加速度实际观测值，在抗震设计时对于台站所在场地烈度评价以及震后震害的快速评估有重要的参考意义，利用前人建立的烈度与地震动之间的关系，本文计算了老挝地震各有记录台站的烈度值（表 5）。

表 5 几种方法计算的老挝地震各强震动台站烈度

序号	台站名称	震中距 / km	加速度峰值 / cm s <sup>-2</sup>			计算的烈度				
			BW	UD	NS	方法一 <sup>①</sup>	方法二 <sup>②</sup>	方法三 <sup>③</sup>	方法四 <sup>④</sup>	方法五 <sup>⑤</sup>
1	勐腊	106.9	7.6	6.1	6.6	< V		< IV	III	V
2	勐仑	150.9	28.3	13.7	24.9	V		V	IV	V
3	勐捧	100.2	28.5	13.4	28.4	V		VI	IV	V
4	关累	126.1	10.2	7.0	17.7	< V		IV	III	IV
5	易武	161.4	4.9	4.5	7.4	< V		< IV	II	III
6	勐罕	139.3	34.4	12.2	26.4	V		V	IV	V
7	勐龙	114.4	25.4	15.5	34.8	V	< IV	V	IV	V
8	打洛	156.8	20.6	6.7	16.6	< V		V	IV	V
9	宾房	160.5	6.6	5.3	5.2	< V		< IV	III	III
10	大寨	238.1	8.5	3.2	9.1	< V		< IV	III	IV
11	澜沧	243.6	3.9	2.1	5.1	< V		< IV	II	III
12	江城	238.5	7.5	6.0	7.6	< V		< IV	III	III
13	思茅港	214.7	4.0	8.6		< V		< IV	III	IV

① 中国地震烈度表（1999）；② Modified Mercalli Intensities（Wald等，1999；Atkinson等，2000）；③ 袁一凡（1998）；④ ShakeMap方法（Wald等，1999a，1999b）；⑤ DENALI EARTHQUAKE统计结果（Manjosiyan，2003）

对比 5 种方法的结果，方法一、方法三和方法五结果相近，明显大于方法二、方法四的结果。而对于同一烈度值，Modified Mercalli 烈度表对应加速度峰值要大于中国的地震烈度表。基于 Modified Mercalli 烈度表建立的用于 ShakeMap 系统的烈度与加速度峰值的关系，在相同的加速度峰值情况下也给出了更小的烈度值。但同样是基于 Modified Mercalli 烈度表建立的方法五却给出了基本相近的结果。

利用方法一、方法三和方法五基本可以得到符合实际的结果，但由于获取记录的台站震中距均大于 100 km，这种合理性是否适应于近场区尤其是极震区，还需要加以分析。

4 结语

发生在老挝、缅甸的这三次地震虽然位于我国境外，但在边境一带的西双版纳州有较强烈的

震感, 布设于该地区的部分强震台站获取了这三次地震的地面运动记录。这是该地区首次多台站获取实际观测资料, 对于该地区的抗震设防具有一定的应用价值。利用实测加速度记录, 采用不同的方法对记录台站所在场地的烈度值进行了计算, 计算结果具有较好的一致性。

## 参考文献:

- 崔建文, 高东, 李世成, 等. 2006. 新的云南数字强震动观测台网 [J]. 地震研究, 29 (增刊): 453—458
- 崔建文, 李正光, 赵云旭. 2007. 2007年宁洱 6.4级地震强震动观测记录 [J]. 地震研究, 30 (4): 384—388.
- 王亚勇, 刘小弟, 黎家佑, 等. 1991. 澜沧—耿马强震地面运动特征研究 [J]. 地震工程与工程振动, 11 (2): 11—19.
- 袁一凡. 1998. 由地震动三要素确定地震动强度 (烈度) 的研究

- [R]. 哈尔滨: 国家地震局工程力学研究所.
- Atkinson GM, Sonley E. 2000. Empirical relationships between modified Mercalli intensity and response spectra [J]. BSSA, 90: 537—544.
- Martirosyan A H. 2003. Macroseismic survey of the M7.9, 2002 Denali fault earthquake [R]. Fairbanks: University of Alaska Fairbanks.
- Wald D J, Quitoriano V, Heaton T H, et al. 1999a. Relationships between peak ground acceleration, peak ground velocity and modified Mercalli intensity in California [J]. Earthquake Spectra, 15: 557—564.
- Wald D J, Quitoriano V, Heaton T H, et al. 1999b. TriNet ShakeMaps: rapid generation of instrumental ground motion and intensity maps for earthquakes in Southern California [J]. Earthquake Spectra, 15: 537—556.
- GB/T17742—1999. 中国地震烈度表 [S].

# Strong Motion Recordings of Three Moderate strong Earthquakes Out of the Borders of Yunnan in 2007

CUI Jianwen<sup>1</sup>, PAN Yunhui<sup>2</sup>, LIU Guobin<sup>2</sup>, LI Shihao<sup>2</sup>,  
GAO Dong<sup>2</sup>, BAO Yifeng<sup>2</sup>, LI Shicheng<sup>2</sup>

(1. Earthquake Administration of Yunnan Province, Kunming 650224, Yunnan, China)

(2. Earthquake Administration of Xishuangbanna Dai Autonomous Prefecture, Jinghong 666100, Yunnan, China)

## Abstract

An earthquake with  $M_s 6.6$  occurred in the north of Laos on 16 May 2007 at 16:56:17 Beijing Time and two earthquakes of  $M_s 5.7$  and  $5.4$  occurred on the Sino-Burma border on 23 June 2007 respectively at 16:17:17.0 and 16:27:47.1 Beijing Time. Lots of strong motion stations in Xishuangbanna Prefecture and Puer City of Yunnan, which were built during the tenth 5-year plan project, recorded the ground motion of the three earthquakes. Based on the records we got the intensity values at the sites of the stations.

Key words: strong motion; mid-strong earthquake; Yunnan; Laos; Burma