

# 利用地震振动持续时间测定震级

严旭东

(广州基准地震台)

**提要** 较大地震发生时,一些台站的记录振幅出格(亦称限幅),测定震级就困难。本文使用了广州地震台四年来记录的台湾 $M_s \geq 4.0$ 级的72次地震,通过用地震振动持续时间的方法,求得测定台湾地震震级( $M_D$ )的公式。该方法有助于台站在记录波“限幅”或S波到时难于判定的特定条件下迅速测定震级,从而提高大震速报的质量。

## 一、方 法

### 1. 观测现象

在地震观测中,发现在一定的距离内,记录仪上记录的地震波持续时间与震中距关系较小,而与震级关系较大,即震级愈大振动持续时间愈长<sup>[1]</sup>。因此,认为可以用地震振动的持续时间来测定震级,此震级以 $M_D$ 表示。统计了1985年1月1日到1988年12月31日四年间广州台记录的台湾及其附海域的 $M_s 4.0$ 级以上的72次地震<sup>1,2)</sup>(图1)逐一核对了每一个地震的震级,并测定了 $M_D$ 震级。

### 2. 方法及公式

我们将DD—1地震仪记录的地震图上可见振动终止的时间记为F,减去地震初动P波到时即为地震振动持续时间( $F-P$ ),以秒为单位,取其对数做为纵座标, $M_s$ 为横座标,将此72次地震的数据绘图2。

由图2可以看出,在震中距为5.2—9.6度之间时,地震震级与振动持续时间的对数有一定的相关性,利用文献<sup>[3]</sup>的方法求得相关系数为0.64,两者之间的关系基本呈线性变化。利用回归曲线可以求得震级 $M_s$ 与地震振动持续时间的关系式。

根据以上观测事实,不难得出如下结论:在震中距为5.2—9.6度之间,地震震级是地震振动持续时间( $F-P$ )的函数,即 $M=f(F-P)$ 。因此,我们可以用线性方程来描述震级与地震振动持续时间的关系,即:

$$M_D = \alpha + \beta \log(F-P) + \gamma(\Delta) \quad (1)$$

式中, $M_D$ 表示用地震振动持续时间测定的震级, $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma(\Delta)$ 是待定系数。由于震中距 $\Delta$ 对于震级 $M_D$ 的影响很小, $\gamma(\Delta)$ 项可以忽略不计,上式可简化为:

$$M_D = \alpha + \beta \log(F-P) \quad (2)$$

1) 广州地震台地震观测报告(1985, 1—1988, 12)

2) 广东省地震局“地震目录”

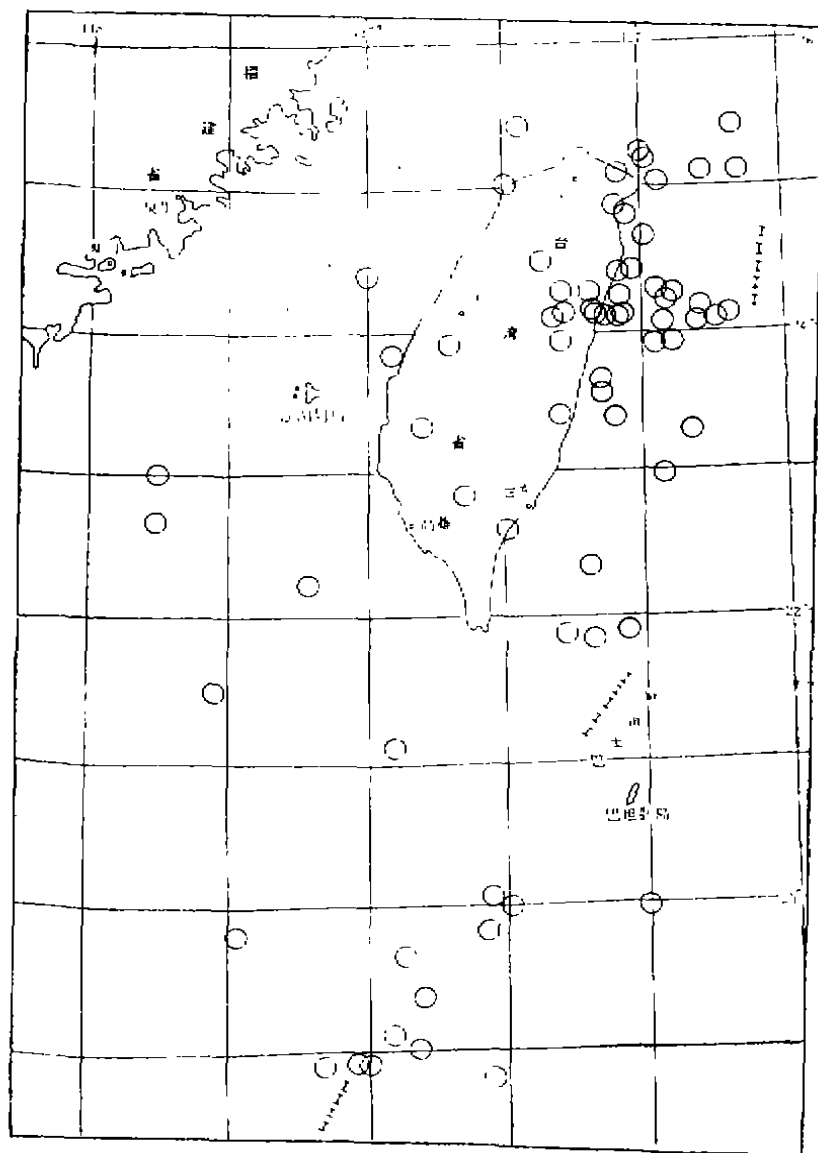


图1 台湾地区72次地震震中分布图

Fig. 1 Epicentre distribution of 72 earthquakes in Taiwan

式(2)就是测定 $M_D$ 震级的计算公式。式中

P—为地震仪器记录到地震首波的初到时刻。

F—为记录到地震振动终止的时刻。判断振动终止时间,可规定振动衰减到与干扰背景相同,即以双振幅为2毫米为标准;也可以规定在选取F后10秒钟不再出现2毫米的双振幅为准。

(F-P)—以秒为单位,表示记录到某一地震振动持续的时间。

本文所使用的72次地震面波震级大部分以本台中长周期地震仪测定为准,少部分以广东

省地震局地震目录（打印件）平均震级为准。

在做了上述规定之后，仔细量取了每个地震振动持续时间，经有关处理，用最小二乘法拟合曲线，求得公式（2）中的 $\alpha$ 、 $\beta$ 。

首先根据如下公式求得A、B、C、D。

$$A = \sum_{i=1}^n \log(F-P)_i$$

$$B = \sum_{i=1}^n M_{Si}$$

$$C = \sum_{i=1}^n \log^2(F-P)_i$$

$$D = \sum_{i=1}^n M_{Si} \cdot \log(F-P)_i$$

则有：
$$\alpha = \frac{AD-BC}{A^2-nC} ; \quad \beta = \frac{AB-nD}{A^2-nC} .$$

再以下式算出 $M_D$ 与 $M_S$ 震级的平均偏差：

$$\Delta M = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (M_{Si} - M_{Di})^2}{n-2}}$$

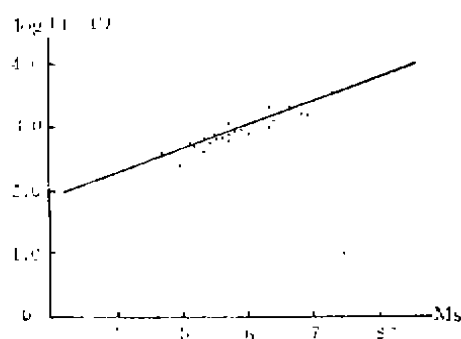


图2 振动持续时间与震级的关系（所用地震震中距在5.2—9.6度之间）

Fig. 2 Interrelation between time duration and magnitude

上述各式中， $i$ 为所用地震序号， $n$ 为所用地震总个数，本文中 $n$ 为72。通过计算和拟合，求得：

$$\alpha = -1.13, \quad \beta = 2.33, \quad \Delta M = 0.27$$

将 $\alpha$ 、 $\beta$ 代入（2）式，即得

$$M_D = -1.13 + 2.33 \log(F-P) \quad (3)$$

我们利用（3）逐一计算出72次地震的 $M_D$ 震级与 $M_S$ 震级的平均偏差在 $\pm 0.27$ 之间。计算检验了本文选取的72次地震震级并做了精确性统计（表1）。

从表1中可以看出，大于或等于0.5级的地震9次，占12.5%，而相差0.4级以内的为63次，占87.5%。由于用各种不同仪器记录或者用同一张记录地震记录图不同性质的波如P或PP，测定的震级往往都会相差0.3—0.4级，甚至相差0.5级的也有。

表1  $M_D$ 与 $M_S$ 震级精度统计表  
Table 1 Statistics of  $M_d$  and  $M_s$

$M_D$ 与 $M_S$ 相差	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0
次 数	2	7	7	10	13	18	15
百 分 比	12.5%		87.5%				

例如, 1989年8月3日19时30分台湾地区发生6.8级地震, 表中位于北纬23.0度, 东经122.1度。广州台当时根据Dk—1仪器记录, 测定震级为6.2级, 而后Sk和763地震仪器的记录, Sk的Mp震级为6.8级, 而763的Ms震级为5.8级, 相差达1.0级之大, 而使用公式(3)测定 $M_0$ 为7.2级, 相差0.4级。

### 3. 注意事项

在确定(2)式中的 $\alpha$ 、 $\beta$ 系数时, 所使用的地震仪放大倍数等仪器参数必须长期稳定。据文献<sup>[1]</sup>介绍, 差要保证计算测定的地震震级在 $\pm 0.1$ 级的误差范围内, 仪器放大倍数的相对变化率必须小于25%。因为同一个台站对同一次地震, 放大倍数高的记录器记录到的振动持续时间一般总比放大倍数低的一些。“地震台站观测规范”规定, 笔绘记录地震仪的监测幅度相对变化不得超过15%<sup>[2]</sup>。若以变化率 $\delta = 25\%$ 计算, 设 $M_{S1}$ 、 $M_{S2}$ 为变化前后测定的震级, 则有 $V_{W2} = (1 + \delta) V_{W1}$ , 根据测定 $M_S$ 震级的计算公式有:

$$M_{S1} = \log \left( \frac{A/V_{W1}}{T} \right)_{\text{最大}} + 1.66 \log \Delta + 3.5$$

$$M_{S2} = \log \left( \frac{A/V_{W2}}{T} \right)_{\text{最大}} + 1.66 \log \Delta + 3.5$$

经处理后, 震级偏差为

$$\Delta M = \log \frac{V_{W1}}{V_{W2}} = \log \frac{V_{W1}}{V_{W1}(1 \pm \delta)} = -\log(1 \pm \delta) = \pm 0.097$$

由上述推导可以看出, 要保证震级误差在 $\pm 0.1$ 级范围内, 放大倍数变化率必须小于25%, 最好保证在15%以内。表2、表3是广州台1985年到1989年2月, DD—1型地震仪的几次测定常数的结果及其前后放大倍数的相对变化率。

表2 广州台DD—1型地震仪常数表(N—S)  
Table 2 Constant table of DD—1 Seismograph in Guangzhou  
Standard Station (N—S) 1985—1989

年. 月	$V_{W1} \times 10^4$	$\frac{Tw}{R}$	$\sigma$											
			0.1	0.3	0.5	1.0	1.6	2.0	Q	0%	0%	0%	0%	0%
1985. 1	4.32		4.13		4.85		3.91		1.29		0.66			
8	5.32	+23.1	4.08	-1.21	5.81	+7.22	4.83	+23.53	1.54	+19.38	0.66		0.00	
1986. 2	4.89	-8.08	5.04	+23.53	5.20	-10.50	4.31	-10.77	1.40	-9.09	0.71	+7.58		
8	5.18	+5.95	5.43	+7.74	5.59	+7.50	4.58	+6.26	1.48	+5.71	0.77	+8.45		
1987. 2	4.37	-15.64	4.66	-14.18	4.81	-13.95	3.88	-15.28	1.29	-12.84	0.67	-12.99		
8	4.07	-6.86	4.20	-9.87	4.31	-10.40	3.59	-7.47	1.18	-8.53	0.60	-10.45		
1988. 2	4.50	+10.56	4.76	+13.30	4.94	+14.62	4.03	+12.26	1.34	+13.56	0.67	+11.67		
5	4.19	+6.89	4.38	-7.98	4.52	-8.50	3.70	-8.19	1.19	-11.19	0.59	-11.94		
8	4.01	-4.30	4.17	-4.79	4.33	-4.20	3.56	-3.78	1.16	-2.52	0.58	-1.69		
1989. 2	4.07	+1.50	4.26	+2.16	4.47	+3.23	3.67	+3.09	1.20	+3.45	0.60	+3.45		
平 均				+1.46	+0.97	-1.66	-0.04	-0.23				-0.66		

表3 广州台DD—1地震仪常数表(E—W) 1985~1989

Table 3 Constant table of DD—1 Seismograph in Guangzhou  
Standard Station (E—W, 1985—1989)

年 月	$V_{wx} 10^4$	$T_w$	$R$	$0.1$		$0.3$		$0.5$		$1.0$		$1.6$		$2.0$	
				$\sigma\%$		$\sigma\%$		$\sigma\%$		$\sigma\%$		$\sigma\%$		$\sigma\%$	
1985. 1	4.67		5.01			5.07		3.83		1.12		0.52			
8	4.03	-13.7	4.16	-16.97	4.19	-17.36	3.14	-18.02	0.90	-19.64	0.55	+5.77			
1986. 2	4.03	0.00	4.05	-2.64	4.17	-0.48	3.54	+12.74	1.02	+13.23	0.51	-7.27			
8	3.85	-4.47	3.69	-8.89	3.71	-11.03	2.85	-19.49	0.84	-17.65	0.56	+9.80			
1987. 2	3.41	+11.43	3.39	-8.13	3.47	-0.47	2.84	-0.34	0.93	+1.71	0.47	-16.07			
8	2.93	-14.08	2.79	-17.70	2.79	-20.17	2.14	-24.65	0.89	-4.30	0.41	-12.76			
1988. 2	3.34	+13.99	3.22	+15.41	3.23	+15.77	2.44	+14.02	0.72	-19.10	0.46	+12.10			
5	3.29	-1.50	3.18	-1.24	3.28	+1.55	2.66	+9.02	0.84	+16.67	0.43	-6.52			
8	3.33	+1.22	3.13	-1.57	3.24	-1.22	2.63	-1.13	0.84	0.00	0.43	0.00			
1989. 2	3.51	+5.41	3.15	+0.64	3.23	-0.31	2.62	-0.38	0.85	+1.10	0.43	0.00			
平 均				-0.19		-4.56		-3.75		-3.14		-2.09		-1.65	

从表2、表3中可以看出,在1985年1月~1989年2月的时间段内,DD—1地震仪的放大倍数相对变化率均小于25%。尤其在1985年5月更换ARA—S放大器以后,仪器放大倍数相对变化率小于5%。满足本方法对仪器稳定性的要求。

## 二、结 束 语

推导出测定台湾地震 $M_D$ 震级公式,经计算验证结果,与使用其他中长周期地震仪记录测定的 $M_S$ 震级相比较,相差很小,说明这一方法是可行的。

使用振动持续时间测定震级的条件是:

仪器的稳定性要好,每次测定的放大倍数相对变化小于15%;仪器记录的干扰背景要小,这样就可以较准确地确定振动的终止时间。使用该方法的好处在于它不需要精确测定续至震相S波,只要满足使用条件,就很容易测定出地震震级。位于震中区或在震中区边缘的台站,只有一种型号地震仪器,一旦发生大地震,记录出现限幅就很难测定震级,使用本方法就很快测定出地震的震级,提高速报地震的质量。各台站在利用此公式测定台湾地震 $M_D$ 震级时,可以与 $M_S$ 震级进行比较,如果相差不大,可以使用该公式,否则各台应求出其本台测定 $M_D$ 震级公式中的待定系数 $\alpha$ 及 $\beta$ 。

跟别的事物一分为二一样,使用这种方法的缺点就是若发生震群或两次大地震之间时间间隔很短时,该方法就无能为力了。另外,对于每一地区每一类型仪器应各自建立相应的计算公式,这就首先要求常数可靠的基础上做大量的统计工作。

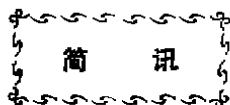
- 〔1〕叶家鑫,余山地震台测定MD震级的公式,地震观测与研究,第2卷第3期,地震震级学术讨论会专辑,1981。
- 〔2〕国家地震局,地震台站观测规范(试行),地震出版社,1979。
- 〔3〕上海师范大学概率统计教研组编,回归分析及其试验设计,上海教育出版社,1978。

## DETERMINING MAGNITUDE BY THE TIME DURATION OF EARTHQUAKE

Yan Xudong

(Guangzhou Standard Station of Guangdong Seismological Bureau)

(Abstract) When large earthquake occur, it is very difficulty to determine magnitude, because the recording amplitude of some stations exceeds what is proper. This paper describes a magnitude formula by using the time duration of 72 earthquakes of  $M_s \geq 4.0$  occurred in Taiwan which were recorded by Guangzhou Standard Station in four years. By using this formula, magnitude can be determined rapidly, even if the recording wave exceeds what is proper or it is very difficulty to judge the time of arrival of S wave, thus the quality of quick reporting large earthquake will be improved.



简 讯

### 全国期刊展览将于今年九月在北京展出

据讯:为检阅我国自党的十一届三中全会以来期刊出版事业的成就,加强对期刊出版工作的导向,扩大期刊宣传,促进期刊的繁荣,中华人民共和国新闻出版署决定于1990年9月将在北京举办全国期刊展览。

为办好这次期刊展览,新闻出版署成立了全国期刊展览领导小组,各省、自治区、直辖市新闻出版局也相应成立期刊展览筹备组织,领导和安排展览有关事宜。届时,将出版《全国期刊展览(1990)参展名录》,举行记者招待会,人民日报、光明日报、中央电视台将刊播广告;还将举办编辑、出版、发行、经营方面的研讨会和开展“我所喜爱的期刊”、“期刊整体设计奖”、“期刊印刷质量奖”等活动;邀请各地高等学校、研究单位、图书馆人士及部份外国出版界人士参观。

目前有关部门正积极办理选送期刊工作,广东省科委决定选用本刊参展,现已送展。

(薛佳谋)