

# 单台体波震级测定问题的讨论

童迎世

(湖南省地震办吉首地震台)

## 摘 要

本文陈述了体波震级 $M_B$ 和 $M_b$ 的本质区别,同时指出了目前台站体波震级测定中存在的若干问题,为提高单台测定精度,对一致性测定作了讨论。

地震随着震源深度的增大,其面波越来越不发育,故在深源地震时,使用面波测定震级便遇到了一定困难。为了测定深源地震的震级,古登堡从使用面波推广到使用体波。最初是根据对体波P、S等地震波能量,进而根据震级和能量的经验关系,将体波震级推广到浅源地震,后来又进一步推广到深源地震。为了探索深部特征,因此对体波震级的测定日益引起地震工作者的关注和重视。

## 一、体波震级 $M_B$ 和 $M_b$ 的区别

体波震级的表现形式有两种。经典的体波震级 $M_B$ 是用长周期地震仪记录各种体波震相的最大振幅测定的,它表现了1—10秒周期范围的震源谱。近代体波震级 $M_b$ 表现为初始破裂的能量,是用短周期P波头几秒确定的震级标度,它只能代表地震初动破裂的大小,近似代表1秒的震源谱,而不表示地震的总体大小。 $M_b$ 表现为初始破裂的能量,而 $M_B$ 代表了地震多重破裂的主破裂能量。前者是在最大振幅的几周内计算获得的,或是由P波起始的几秒内计算得到的,而后者很可能是计算最大振幅之后,即在P波起始之后更长的时间间隔内得到的,这是体波震级 $M_B$ 和 $M_b$ 的本质区别。 $M_B$ 和 $M_b$ 在测定时都用公式(1),但使用资料的记录仪器不同,一个用长周期地震仪测定,一个用短周期地震仪测定。因此,同一地震,在同一地点观测, $M_B$ 和 $M_b$ 不会有一致的体波震级值。表一是吉首台作单台复核报告时,用DD—1仪计算的 $M_b$ ,用SK仪计算的 $M_B$ ,两者相距较大。同一地点计算同一地震,产生的这种差异,就是 $M_b$ 与 $M_B$ 的本质不同所在。

$$m = \text{Log} (A/T) + Q$$

(1)

表1 体波震级 $M_b$ 与 $M_B$ 对照表Table 1 Comparison of body wave magnitude between  $M_b$  and  $M_B$ 

1987年 月 日	发震时刻 h—m—S	震 中 坐 标		DD—1 计算	SK 计算
		$\varphi_N$	$\lambda_E$	$M_b$	$M_B$
3. 3	01—32—10.4	46.4	152.3	6.0	5.4
26	16—17—39.7	13.4	167.1	6.5	5.9
31	01—18—45.5	53.0	156.2	5.3	5.0
4. 14	13—12—22.5	47.8	146.9	6.4	5.1
17	01—03—08.8	49.9	78.6	6.4	5.0
29	01—45—25.3	27.7	56.2	5.8	5.5
30	05—17—40.2	39.9	74.6	5.6	5.7
5. 5	15—40—47.0	36.5	70.5	5.0	5.5
7	03—05—45.9	46.8	139.6	5.9	6.2
11	09—59—32.7	4.4	128.0	5.6	6.2
18	03—07—35.5	49.2	147.5	6.0	6.2
6. 2	16—44—53.8	3.9S	162.1E	4.6	4.7
12	09—51—00.1	25.5	122.3	4.5	5.0
20	00—53—03.4	50.0	78.6	6.3	6.6
22	05—16—33.6	26.9S	177.8W	4.9	5.5
27	00—17—03.5	2.3S	138.3E	6.4	6.8

## 二、体波震级测定中存在的问题：

单台由于受记录资料单一的局限，在测定地震参数时难免产生一些误差，尤其是体波震级的测定。

目前关于体波震级，各种书刊说法不一，公式的表现形式也有差异，单台测定花样繁多，据了解表现形式有如下几种：

(1) 在公式的使用上，有直接运用公式(1)定震级的，也有用  $M_B = 1.59m - 3.97$  作为体波震级的；

(2) 在测定震级时，有单独使用水平向 $P_H$ 、 $PP_H$ 、 $SH$ 震相的，也有单独用垂直向 $P_z$ 、 $PP_z$ 震相的；

(3) 在记录仪器的选择上，不分 $M_B$ 和 $M_b$ ，有用短周期和用中长周期的，也有用长周期记录资料测定的；

(4) 在计算方法上，有用地动位移 $A$ 除以周期 $T$ 的，也有 $A$ 不除以 $T$ 的，后者以周期小于一秒的为多。在两个分向周期不一致时，有选 $T$ 大的，有取算术平均值的，也有采用加权和的；

(5) 在查取起算函数时，有不论深源或浅源地震都查 $P_z$ 、 $PP_z$ 、 $SH$   $Q$ 值图的，也有都使用《浅源体波10倍 $Q$ 值表》的；

(6) 在取样计算时，有多向几种体波震相计算求平均震级的，也有单向单一震相计算震级的，并都用 $M_b$ 表示。

诸如此类,使得计算方法不统一,计算出来的体波震级同《中国地震台临时报告》(下面简称《临报》)中给出的震级有明显差异,有的甚至相差很大。不是一致性偏高,也不是一致性偏低,而是出现离散的震级值(表1)。表1中列举的是吉首台1987年1—6月作单台复查报告时测定的30个地震的体波震级,这些震级同《临报》比较,最大的相差0.5级,最小的也相差0.1级。偏大的占60%,偏小的占40%。这种离散的震级值的出现,除了仪

表2 原测震级、平均震级与《临报》震级对比表

Table 2 Comparison between the magnitude of original measuring, average magnitude and temporal magnitude

月 日	发震时刻 h-m-S	震中坐标		原测	平均	震相采样	《临报》
		$\varphi_N$	$\lambda_E$	$M_B$	$\bar{M}_B$		$M_B$
1. 14	11-03-50.1	42.4N	142.6E	6.8	6.8	Pz, P <sub>H</sub> , SH	6.9
29	02-43-47.7	1.2N	126.3E	5.6	5.7	SH	5.7
2. 8	18-33-58.6	5.5S	147.5E	7.2	7.4	Pz, P <sub>H</sub>	7.5
11	17-42-50.8	43.1N	132.3E	6.1	5.8	Pz, P <sub>H</sub> , SH	5.8
23	15-49-58.0	15.4S	168.1E	6.3	6.0	Pz, P <sub>H</sub> , SH	6.0
24	00-51-28.2	57.1S	147.7E	6.3	5.9	SH	5.8
25	11-27-06.5	6.7S	148.3E	5.8	5.3	SH	5.3
2	01-42-34.5	38.0S	177.4E	6.5	6.3	Pz, SH	6.3
2	05-57-42.0	45.9S	96.4E	6.3	5.9	Pz, SH	5.9
18	03-38-29.3	31.9N	131.9E	6.5	6.6	Pz, P <sub>H</sub> , SH	6.7
19	22-51-40.9	19.8S	176.2W	6.0	6.1	Pz, P <sub>H</sub> , SH	6.2
4. 7	00-40-43.9	37.3N	141.5E	6.2	6.5	Pz, P <sub>H</sub> , SH	6.5
14	02-08-14.9	19.1N	147.1E	6.4	6.2	Pz, PP <sub>H</sub> , SH	6.2
16	19-23-26.7	37.1N	141.3E	5.9	5.6	Pz, P <sub>H</sub> , SH	5.6
21	15-28-43.2	27.9N	169.9E	6.5	6.1	Pz, P <sub>H</sub> , SH	6.1
5. 3	17-21-19.9	28.5N	127.5E	5.2	5.3	Pz, SH	5.4
5	15-40-47.0	36.5N	70.5E	5.5	5.7	Pz, P <sub>H</sub> , SH	5.7
6	04-06-15.0	51.3N	179.8W	6.8	6.4	Pz, P <sub>H</sub> , SH	6.4
7	03-05-45.9	46.8N	139.6E	6.2	6.3	Pz, P <sub>H</sub> , SH	6.5
11	09-59-32.7	4.4N	128.0E	6.2	6.1	Pz, P <sub>H</sub> , SH	6.1
12	01-30-26.2	7.1N	127.0E	5.8	6.0	Pz, P <sub>H</sub> , SH	5.9
12	13-56-29.6	5.8S	150.5E	5.9	5.5	Pz, PPz, P <sub>H</sub> , PP <sub>H</sub>	5.5
18	03-07-35.5	49.2N	147.5E	6.2	6.2	Pz, P <sub>H</sub> , SH	6.1
18	07-26-58.1	8.4N	125.5E	5.8	5.5	Pz, P <sub>H</sub> , SH	5.5
6. 6	18-40-29.0	10.9N	126.2E	5.9	6.1	Pz, P <sub>H</sub> , SH	6.1
14	05-07-28.5	10.4N	126.1E	6.1	5.8	Pz, P <sub>H</sub> , SH	5.8
17	01-32-57.1	5.5S	130.8E	7.0	7.2	Pz, PPz, P <sub>H</sub> , PP <sub>H</sub> , SH	7.2
18	10-01-02.3	17.2N	121.5E	6.1	6.3	Pz, P <sub>H</sub> , SH	6.3
21	05-46-12.8	54.2N	162.3E	6.4	6.6	Pz, P <sub>H</sub> , SH	6.6
27	00-17-03.5	2.3S	138.3E	6.1	6.4	Pz, PPz, P <sub>H</sub> , PP <sub>H</sub> , SH	6.5

器工作频率和最大振幅选择不当外,主要来源于上述几个因素。

### 三、体波震级的一致性测定

一个地震一个震级，这显然是定义震级的原则。然而有相当一部分地震，既有发育的面波，又有明显的体波震相，因此增加体波震级测定，可增加一个重要的震源参数。为了提高单台测定震级的可信度，必须作体波震级的一致性测定。

#### 1. 直接测定体波

各种震级标度的范围不足是表现了观测误差，也表现了内在变化。震级标度表示总体的地震性质。因为地震时应力场不同，错动的复杂性，断层的几何形状与大小，震源深度的不同，对震级标度的相互关系会发生相当大的变化。在古登堡引入体波震级以后，曾为了建立不同震级标度之间的关系，使震级标度达到一致，但结果只有在震级大约6.5—7.0时，体波震级 $M_B$ 与面波震级 $M_S$ 近似一致，在这个范围之外， $M_B$ 增大或减少，与 $M_S$ 有系统偏差。 $M_B$ 与 $M_S$ 是两个本质完全不同的震级，所以在测定时，无论是使用哪种仪器，只要是用体波震相，只需直接计算 $M_B$ 或 $M_b$ ，不必同面波震级进行换算，这样更真实地反映地震的总体性质。

#### 2. 正确使用Q值

对于体波震级公式同面波震级公式一样，它必须满足两个条件：

- (1) 对任何地震，计算出来的震级应与震中距无关；
- (2) 计算出来的震级应当对应于某一个建立得比较好的震级标度。

在计算过程中，正确使用起算函数是消除系统误差的一个重要方面。大家熟知，起算函数Q是震中距 $\Delta$ 和深度h的函数。它既与震源深度有关，又依赖于震中距。古登堡1945年给出的体波Q值图和表，通过修订，无论用水平还是垂直分量确定的震级之间，无显著差异，基本一致。不过对于浅源地震应使用《浅源体波10倍Q值表》，对于中、深源地震应根据不同的体波震相和不同的深度，分别使用 $P_z$ 、 $SH$ 和 $PP_z$  Q值表。如果是 $P_H$ 、 $PP_H$ 应另加修正值，绝不能一概而论。使用不当，可造成很大的误差。对同一震中距，由于深度不同，在查图和查表上可带来0.3—0.4级的误差。

#### 3. 求平均震级 $M_B$

前面提到 $M_B$ 和 $M_b$ 是两种截然不同的体波震级，因此应根据不同仪器记录的体波震相来测定体波震级。用中、长周期仪器记录的地震，其体波 $M_B$ 的测定，如果用纵波测定，一般应给出三个分量的测值，对于横波，应给出两个水平向的测值，才能与原作经验公式中采样标准吻合。目前有些台站用单台测定 $M_B$ 时，在原始读数中，仅给出一个垂直向，或一个水平向的读数，这种取数不全的现象，会造成震级偏小。特别是对多体波震相，很少综合测定，求平均震级。对同一仪器测定的体波震级，用两个以上震相或同一类震相两个方向（水平、垂直）测定震级，求平均值，可以消除仪器的向间响影。在各向异性介质中，体波速度变化为波传播方向的函数，因此振幅除了同深度有关外，还与传播方向有关。地震发生地点不同，仪器记录各个分向有明显差别，采取求平均震级的方法，可以削高补低，提高测定精度。表2中计算的平均震级一栏，由于在采样上作了一些补充，采用多震相求平均震级，即用：

$$M_B = \frac{1}{N} (M_{BP_z} + M_{BPP_z} + \cdots + M_{BSH}) \quad (2)$$

的方法进行了修正, 结果计算出来的震级三分之二与《临报》完全吻合。

对于短周期记录的地震, 体波震级 $M_b$ 的测定, 同样要求震级的平均值, 才能使得单台计算出来的体波震级与《临报》有较好的一致性。

体波震级也是重要的震源参数之一。测定方法虽然简单, 但要提高单台测定精度, 要做大量的工作, 要获得满意的结果有待进一步总结。

### 参 考 文 献

- 〔1〕中国科学院地球物理研究所, 地震学基础, 科学出版社, 1976。
- 〔2〕郭履灿、赵凤竹等编辑, 震级与震源参数测定, 中国科学技术出版社, 1986。
- 〔3〕赵荣国, 测定震级方法的引进和发展以及存在的问题, 地震地磁观测与研究, Vol. 8, No. 3, 1987。
- 〔4〕左兆荣等编译, 震相与地球内部结构, 地质出版社, 1986。

## DISCUSSION OF THE DETERMINING THE EARTH- QUAKE MAGNITUDE AT BODY WAVE OF SINGLE STATION

Tong Yingshi

( Seismological Station of Jishou, Hunan Province )

### Abstract

The natural distinction between MB and Mb of earthquake magnitude at body wave is summed up in this paper. At the same time, some problems about the determination of body wave magnitude in seismic stations are pointed out and how to raise the determinative precision of single station is also discussed in this paper.