

# 江苏数字地震台网 P 波谱震级和地震辐射能的计算\*

詹小艳, 章东, 王凯, 王俊

(江苏省地震局, 江苏 南京 210014)

**摘要:** 基于江苏数字地震台网的宽频带记录, 对 38 次  $M \geq 5.0$  地震的 P 波谱震级  $M_p$  进行测定, 对地震的辐射能量进行了估算。结果表明: 本文测定的  $M_p$  与中国地震台网中心 (CENC) 测定的  $M_s$ 、德国地学中心 (GFZ) 测定的  $M_w$  具有很好的一致性, 与该 2 种震级之间的平均偏差分别约为 0.17 和 0.10 级, 基本小于世界主要地震机构之间对同一震级的测定误差 (约 0.2 级); 同时, 基于  $M_p$  估算的地震辐射能与基于修正 G-R 关系由  $M_s$  震级换算获得的结果十分接近, 两者平均能量之比约为 1.1, 表明  $M_p$  与 P 波群 (P + pP + sP) 能量流是基本等效的。因此, 基于宽频带数字记录测定中强地震的 P 波谱震级以及地震辐射能是可行的, 且测定过程简便。

**关键词:** P 波谱震级; 地震辐射能; 宽频带记录; 区域地震台网

**中图分类号:** P315.32      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-0666(2021)01-0015-07

## 0 引言

震级是地震的基本参数之一, 可定量描述地震的强弱和大小, 但其更重要的意义是在地球物理学、地震工程学以及地震社会学等领域中的广泛应用。自 1935 年里克特提出地方性震级标度  $M_L$  以来, 学界对于震级的研究不断深化, 先后定义了多种震级标度, 主要包括: 体波震级  $m_b$ ,  $m_B$ ,  $m_{B(BB)}$ , 面波震级  $M_s$ ,  $M_{S(BB)}$  以及矩震级  $M_w$  等。 $M_L$ ,  $m$ ,  $M_s$  这 3 种标度实质上属于里克特-古登堡震级系统 (Gutenberg, Richter, 1942, 1955), 是根据地震波中某个特定震相上不同周期的振幅进行测定的 (Bormann, 2012)。由震源辐射出的地震波并不是单一频率的, 而是具有复杂的频谱成分, 因此, 以单一频率成分的震级来表征一个地震大小是不充分的。陈运泰和刘瑞丰 (2018) 认为衡量一个地震大小的最好办法是确定其地震矩及震源谱的总体特征, 进而测定其矩震级  $M_w$ 。理论上,  $M_w$  不存在震级饱和现象, 且没有下限, 但测定地震矩和震源谱需要对地震体波或面波的波形作模拟或反演, 不易于常规操作。从实用角度看, Nortmann 和 Duda (1983) 提出的谱震级不

仅具有里氏震级标度简便易行的优势, 还能反映从震源发射出的中低频能量及高频能量。从地震工程学的角度而言, 它的出现使得地震规模有了更全面和合理的量度, 但过去由于地震台站数量少且分布不均等限制, 致使该震级标度未得到广泛应用。

地震时以地震波形式传播的能量被称为地震波辐射能量, 简称为地震辐射能或地震波能量。地震辐射能是一个能独立描述震源特征的重要物理量, 是了解地震成因、地质构造背景等的关键参数, 但该参数不能被精确测定, 通常只能根据理论或经验公式, 采用地震震级来估计。地震辐射能是地震总释放能量的一部分, 而正是这部分能量对地震波传播所经过区域造成了破坏。因此, 科学测定地震辐射能, 对于了解地震灾害、评估地震对建筑物的破坏程度等, 具有十分重要的意义。

随着数字地震学的发展, 可以利用宽频带数字地震资料来直接测定地震波能量  $E$  和能量震级  $M_e$ , 如使用 P 波群 (P + pP + sP) 或 S 波群 (S + pS + sS) 的能量流来估计地震辐射能 (Boatwright, Choy, 1986; Choy, Boatwright, 1995); 通过测定谱震级后, 采用积分的方式来估算地震辐射能

\* 收稿日期: 2020-05-20.

基金项目: 中国地震局“三结合”提升性课题 (3JH-202002010) 和地震科技星火计划项目 (XH19014) 联合资助.

第一作者简介: 詹小艳 (1984-), 工程师, 主要从事数字地震监测技术研究. E-mail: jsnjzxy@163.com.

(陈培善, Duda, 1993; 孙燕萍, 史勇军, 2006; 王俊等, 2007; 李赞等, 2019; 洪玉清等, 2020); 近年来, 还有学者利用加速度记录对 P 波谱成分及地震能量进行测定研究 (秦嘉政等, 2002; 陈晓佳, 薛兵, 2018; 张杨等, 2020)。鉴于这两个参数的重要意义, 目前越来越多的地震机构, 如 USGS 的国家地震信息中心 (NEIC)、德国国家地球科学研究中心 (GFZ) 等也正在加强地震辐射能和能量震级 ( $M_e$ ) 的测定技术研究, 并付诸实践 (袁乃荣等, 2018)。如 Di 等 (2008) 提出了利用  $20^\circ \sim 98^\circ$  震中距范围内的宽频带远震 P 波信号, 测定浅源强震至浅源特大地震的  $E$  和  $M_e$  方法, 并进行了验证。相比较而言, 我国在这方面的研究仍然较少, 在区域测震台网中的实际研究与应用更少。

自“十五”项目起, 经过十余年的持续建设, 我国数字化地震台站的密度已显著提高, 地震台站布设的观测设备以宽频带、大动态的数字观测系统为主, 使利用记录数据直接开展谱震级及地震辐射能的测定与研究成为可能。本文将以前江苏省数字台网记录到的 38 次中强地震为样本, 开展 P 波谱震级和地震辐射能的计算研究, 并分析谱震级与矩震级之间的定量关系。

## 1 计算原理

### 1.1 谱震级的测定

谱震级实质上是用震级单位来度量震源速度谱值, 是对震源辐射的波形能量谱密度的一种估计 (Nortmann, Duda, 1983; Kaiser, Duda, 1988; 郭履灿等, 1990), 计算公式为:

$$M(T) = \lg A_v(T) + f(\Delta, h, T) \quad (1)$$

式中:  $A_v(T)$  是观测台站平滑后的速度谱; 量规函数  $f(\Delta, h, T)$  由地震波几何扩散  $g(\Delta, h)$  和非弹性衰减的  $\alpha(\Delta, h, T)/T_{\text{rel}}$  构成;  $T_{\text{rel}}$  为相关周期, 不仅依赖于震中距  $\Delta$  和震源深度  $h$ , 还依赖于周期  $T$ , 它是由基于一般可接受的“地球吸收带  $Q$  值地球模型” (简称 ABM- $Q$  值模型) 推导得出。本文采用左兆荣和郭履灿 (1985) 为适用于中国地震台网而改进的量规函数  $Q(\Delta, h)$ , 该量规函数是以

Gutenberg 和 Richter 量规函数值为基础的。

对于谱震级的测定, 式 (1) 中速度谱  $A_v(T)$  的计算是核心。为了避免 S 波干扰, 本文从 P 波到达时开始采用适当的矩形窗; 随后, 通过在 1 ~ 30 s 的通频带范围内进行带通为 0.5 个倍频程的滤波, 获取各个中心周期上的滤波波形后, 再进行快速傅立叶变换 (FFT); 同时, 根据各台站观测设备的传递函数, 在频域内扣除仪器响应, 进而求出各个周期范围的谱振幅值, 并将其平均值作为相应中心周期的谱值。

### 1.2 地震辐射能计算

长期以来, 地震波辐射能计算一直是地震学基础研究领域的一个重要问题, 地震学家们提出过多种计算方法。其中, 基于面波震级的 Gutenberg-Richter 能量-震级关系 (以下简称 G-R 能量-震级关系) (Gutenberg, Richter, 1955) 和基于速度谱密度积分方式 (Bormann, 2002) 的计算方法, 被认为最为有效。

G-R 能量-震级关系式为:

$$\lg E = 4.8 + 1.5 M_s \quad (2)$$

基于宽频带数字地震记录的发展, Boatwright 和 Choy (1986) 提出用 P 波群 (P + pP + sP) 或 S 波群 (S + pS + sS) 的能量流来估计辐射能量, 该方法也被 NEIC 用来广泛测定全球浅源地震的地震辐射能。在此基础上, Choy 和 Boatwright (1995) 将 G-R 能量-震级关系修正为:

$$\lg E = 4.4 + 1.5 M_s \quad (3)$$

Nortmann 和 Duda (1983) 考虑到谱震级值本质上是已经消除介质和仪器响应后的震源处的地震能量谱密度的反映, 提出可以通过谱震级值来计算地震能量。地震辐射能  $E$  可表示为:

$$E = \int_{f_1}^{f_2} 10^{2m(f) - C_E} df \quad (4)$$

式中:  $m(f)$  是谱震级;  $C_E = 1.4$ , 是根据具体情况确定的常数;  $f_1 = 1/32$  s, 是谱的最低频率;  $f_2 = 10$  Hz, 是谱的最高频率 (Nyquist 频率)。本文将采用基于 G-R 能量-震级关系和谱震级积分方式的计算方法来计算分析地震辐射能。

2 数据处理

本文选取 2013—2019 年江苏数字地震台网记录的震中距小于  $15^{\circ}$ 、 $M \geq 5.0$  的共 38 次地震

进行计算。江苏数字地震台网共有 107 个宽频带地震台站（包含山东、安徽、浙江、上海的 32 个台站），观测频带为  $60\text{ s} \sim 50\text{ Hz}$ ，数据采样率为  $100\text{ Hz}$ 。本文所选地震及相关震级测定结果如表 1 所示。

表 1 本文选取的地震参数及相关震级测定结果									
Tab. 1 Parameters of selected earthquakes in this paper and related magnitude determination results									
序号	发震时刻	震中位置		震源深度/ km	CENC 测定 $M_S$	GFZ 测定 $M_W$	本文测定 $M_P$		参考位置
		$\varphi_N/(^{\circ})$	$\lambda_E/(^{\circ})$						
1	2013-05-18 06:02:23	37.70	124.67	8	5.0	—	5.1		黄海海域
2	2013-12-16 13:04:52	31.09	110.44	5	5.1	5.1	5.4		湖北省恩施州巴东县
3	2014-12-11 05:03:44	25.60	122.40	260	6.3( $m_B$ )	6.1	6.2		中国台湾新北市附近海域
4	2015-11-15 03:20:00	31.40	128.80	10	6.2	—	5.6		东海海域
5	2016-02-06 03:57:26	22.94	120.54	15	6.7	6.3	6.4		中国台湾高雄市
6	2016-04-14 20:26:37	32.80	130.62	20	6.6	6.1	6.2		日本九州岛
7	2016-04-14 23:03:47	32.70	130.84	20	6.5	6.0	6.2		日本九州岛
8	2016-04-16 00:25:09	32.75	130.80	10	7.4	7.0	7.6		日本九州岛
9	2016-04-27 23:17:10	24.22	121.71	8	5.9	5.4	5.5		中国台湾花莲县海域
10	2016-04-28 02:19:05	23.26	121.30	8.3	5.0	—	5.0		中国台湾花莲县
11	2016-05-12 11:17:13	24.71	122.00	15	6.3	5.7	6.3		中国台湾宜兰县海域
12	2016-05-12 12:29:56	24.77	122.02	15	6.1	5.6	5.9		中国台湾宜兰县海域
13	2016-05-13 16:24:12	24.78	121.98	6	5.2	5.0	4.6		中国台湾宜兰县海域
14	2016-05-31 13:23:49	25.43	122.41	239	6.0( $m_B$ )	6.3	6.1		中国台湾新北市海域
15	2016-07-31 17:18:11	24.08	111.56	10	5.2	—	4.7		广西梧州市苍梧县
16	2016-09-09 08:30:00	41.40	129.10	0	5.0	5.3	5.1		朝鲜
17	2016-12-15 22:14:30	22.86	121.26	5	5.2	—	5.0		中国台湾台东县海域
18	2017-02-11 01:12:51	22.85	120.20	20	5.6	5.3	5.1		中国台湾高雄市
19	2017-05-09 09:54:15	24.47	126.29	20	6.2	6.0	5.7		琉球群岛
20	2017-05-16 07:12:53	23.31	121.49	10	5.5	5.3	5.4		中国台湾台东县
21	2017-08-16 20:51:25	28.69	127.94	180	5.7( $m_B$ )	5.6	5.4		东海海域
22	2017-09-03 11:30:01	41.35	129.11	0	6.3	6.3	6.0		朝鲜
23	2017-09-20 22:29:55	23.35	121.85	15	5.5	5.3	5.3		中国台湾花莲县海域
24	2017-11-22 22:20:10	23.71	120.60	16	5.2	5.1	4.9		中国台湾云林县
25	2017-11-23 17:43:33	29.40	107.94	10	5.0	5.0	4.8		重庆武隆县
26	2018-02-04 21:56:41	24.20	121.72	10	6.6	5.9	6.4		中国台湾花莲县附近海域
27	2018-02-06 23:50:42	24.13	121.71	11	6.8	6.3	6.8		中国台湾花莲县附近海域
28	2018-02-07 19:13:05	23.98	121.79	13	5.0	—	5.3		中国台湾花莲县附近海域
29	2018-02-07 23:21:30	24.07	121.79	12	6.4	5.6	5.9		中国台湾花莲县附近海域
30	2018-02-26 02:28:40	24.43	121.97	17	5.1	5.1	4.9		中国台湾宜兰县海域
31	2018-03-20 17:22:56	23.33	120.52	14	5.1	—	4.9		中国台湾台南市
32	2018-05-02 07:47:04	23.97	122.29	15	5.3	5.1	5.2		中国台湾花莲县海域
33	2018-09-12 19:06:34	32.75	105.69	11	5.3	5.0	4.7		陕西汉中市宁强县
34	2018-10-23 12:34:57	24.01	122.65	30	6.0	5.8	6.1		中国台湾花莲县海域
35	2018-10-24 00:04:03	24.01	122.68	30	5.9	5.7	5.8		中国台湾花莲县海域
36	2018-11-26 07:57:24	23.28	118.60	20	6.2	5.8	6.5		中国台湾海峡
37	2018-12-16 05:21:05	23.71	121.80	26	5.2	5.2	4.7		中国台湾花莲县海域
38	2019-01-08 20:39:29	30.64	131.16	20	6.4	6.3	6.7		日本种子岛附近海域

对于 P 波谱震级的测定, 为了避免 S 波干扰, 首先通过人工拾取 P 波和 S 波的到时, 以便能精确截取 S 波之前的整个 P 波段的波形, 如图 1 所示。将去除线性趋势后的垂直向 P 波波形, 采用 10 个带通为 0.5 个倍频程的滤波器进行滤波, 倍频程滤

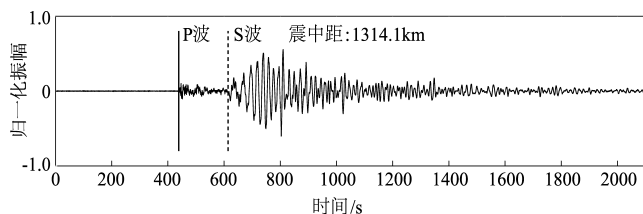


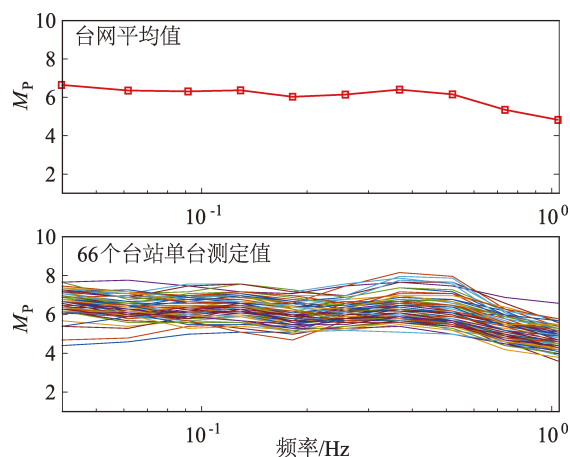
图 1 安徽定远台记录的 2019 年 1 月 8 日  
日本海域地震

Fig. 1 Earthquake in the sea area of Japan on  
Jan. 8, 2019 recorded by the Dingyuan station,  
Anhui Province

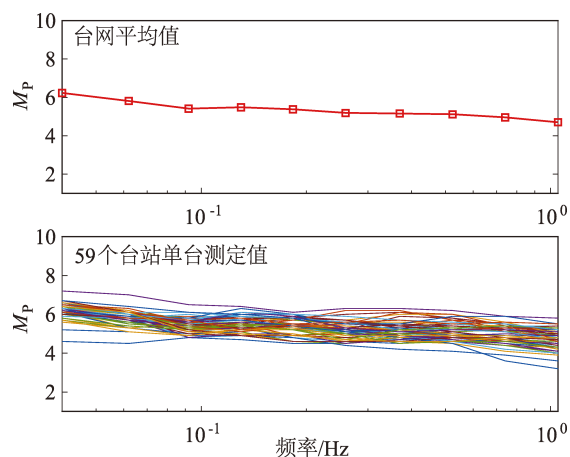
波器的中心周期分别为 32.0、25.6、16.2、10.9、8.0、4.0、2.0、1.0、0.5、0.25 s; 对滤波后的波形进行快速傅立叶变换 (FFT), 获得各个频带谱振幅值, 取其平均值作为对应中心周期的谱值; 最后, 根据左兆荣和郭履灿 (1985) 给出的  $g(\Delta, h)$  和  $\alpha(\Delta, h, T)$  等值线表, 获得起算函数  $f(\Delta, h, T)$  的数值, 将其代入式 (1) 便可计算出该周期所对应的 P 波谱震级, 用  $M_p(T)$  来表示。

### 3 结果分析

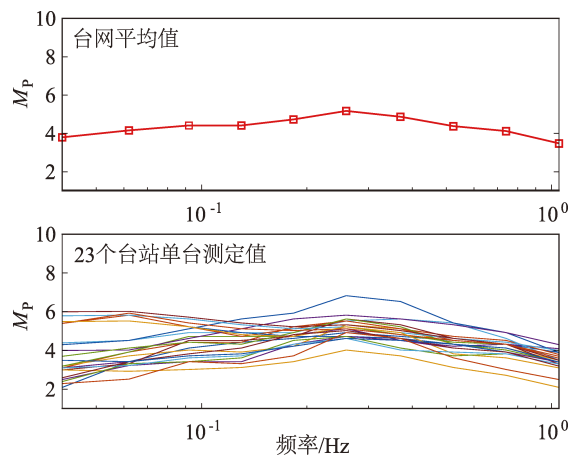
对某一个地震而言, 笔者取各个台站在 10 个频点上测得的最大谱震级  $M_p(T)$  来代表该台测定的震级, 再计算所有台站的平均值代表该地震的最终谱震级, 用  $M_p$  来表示。图 2 给出了相



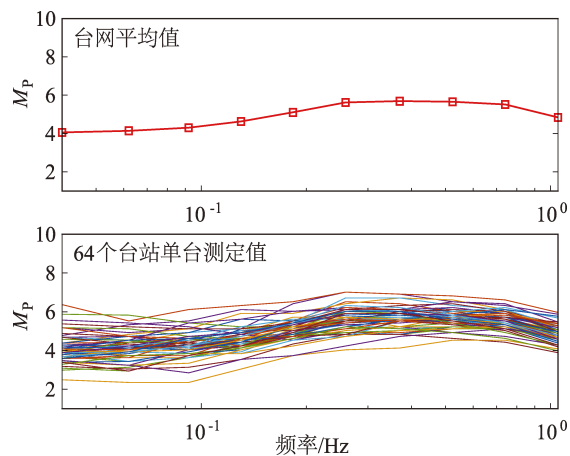
(a) 2016-04-14 日本本州岛 M6.5 地震



(b) 2018-10-24 中国台湾花莲县海域 M5.9 地震



(c) 2017-11-03 重庆武隆县 M5.0 地震



(d) 2016-09-09 朝鲜 M6.0 地震 (疑似爆破)

图 2 实际地震的  $M_p$  测定结果

Fig. 2 Results of  $M_p$  determination of the real earthquakes

对于江苏地震台网 4 个不同方位地震的实际测定过程。从图中可以清晰地看到，由各台站在 10 个频点上测定的  $M_p$  趋势形态基本一致，符合震源相对于记录台站相对较远时（台站震中距平均约  $11.2^\circ$ ），地震波传播到各个台站的路径效应之间差异性较小的理论预期；台网多台平均值在各个频点上的变化平稳，这说明多台平均值能很好地反应地震的大小，测定结果将更加稳定。统计结果显示，38 次地震的有效记录台站数平均约为 55 个，详细的测定结果见表 1。

为进一步验证本文测定结果的可靠性，将计算结果分别与中国地震台网中心（CENC）、德国 GFZ 测定的  $M_s$  和  $M_w$  正式结果进行对比，并计算  $M_p$  与  $M_s$ 、 $M_w$  之间的偏差，见图 3。从图 3b 可看出， $M_p$  与 CENC 测定的  $M_s$  和 GFZ 测定的  $M_w$ （31 次）相比，偏差分布总体上呈正态分布，平均偏差分别约

为 0.17 级和 0.10 级；误差范围在  $\pm 0.5$  级的比例分别约为 92.1%，90.3%，误差在  $\pm 0.3$  级的比例分别约为 73.7%，74.2%，这表明  $M_p$  与  $M_s$  和  $M_w$  有较好的一致性。 $M_p$  与其他 2 种震级之间偏差的主要原因可能是地震波能量在四象限辐射花样的非均匀性；江苏省地震台网包围震中的最大张角较小，仅约  $42^\circ$ ，这意味着记录台站相对于地震震中全部均分布在某一象限内，而地震波的辐射花样是四象限分布的。笔者还发现，与  $M_w$  相比， $M_p$  的正向偏离更高，约为 58.1%；而与  $M_s$  相比，正向偏离仅约 23.7%，更多的是负向偏离（约为 68.4%），其原因可能有两种：一是 2 个机构测定方法的差异，二是所使用的台站不同。但从实测结果平均偏差来看，本文测定的  $M_p$  与 2 种主要震级之间的偏差水平，甚至小于 CENC 和 GFZ 等世界主要地震机构在同一震级标度之间的测定误差（约为 0.2 级）。

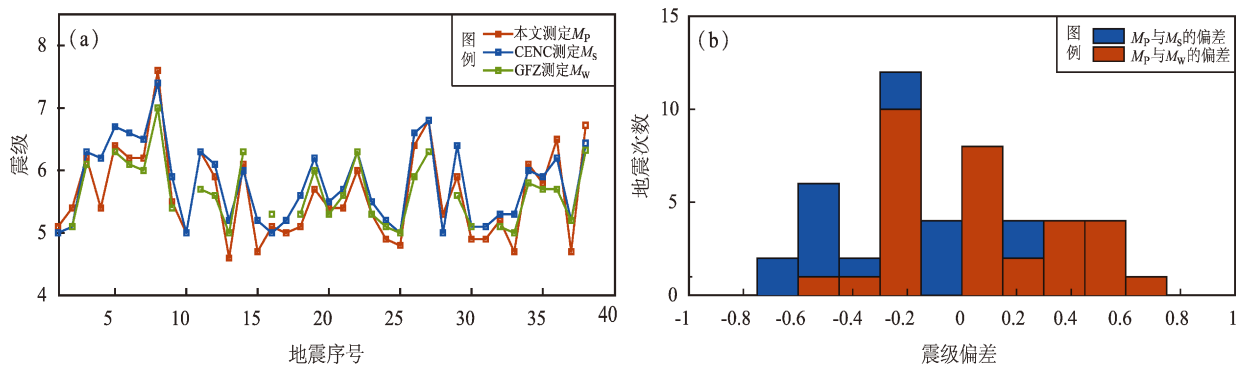


图 3  $M_p$  与  $M_s$ 、 $M_w$  的对比 (a) 及其偏差分布 (b)

Fig. 3 Comparison of  $M_p$  with  $M_s$ 、 $M_w$  (a) and their deviations (b)

地震辐射能计算结果见图 4，从图中可以清晰地看到，基于  $M_p$  估算的结果与 2 种基于 G-R 能量-震级关系（式 2、3）用  $M_s$  震级换算结果之间的对应关系非常一致，与修正后的 G-R 关系换算结果更为接近。G-R 能量-震级修正关系是基于波群能量流获得的，地震辐射能结果与其一致性更好，在一定程度上说明  $M_p$  与 P 波群（P + pP + sP）能量流是基本等效的，表明基于谱震级估算的地震辐射能是可靠的。

## 4 结论与讨论

本文利用江苏数字地震台网记录的中强地震

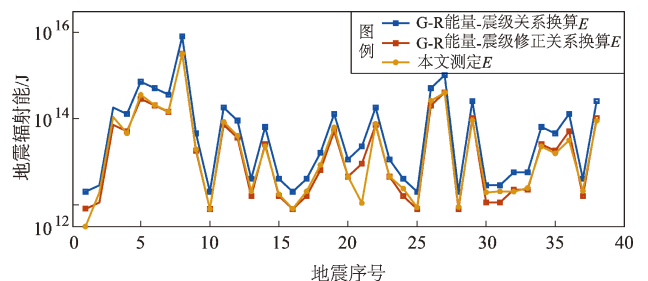


图 4 地震辐射能的计算结果对比

Fig. 4 Comparison of calculation results of seismic radiation energy

波形，初步尝试了 P 波谱震级  $M_p$  的测定，并基于  $M_p$  对地震辐射能量进行了估算。本文在估算各台站速度谱值时引入了窄带滤波，从 38 次  $M5.0$  以

上地震的实测结果看,本文测定的  $M_p$  与 CENC 测定的  $M_s$ 、德国 GFZ 测定的  $M_w$  的结果之间具有很好的一致性,绝对偏差的分布呈现正态分布特征,误差范围在  $\pm 0.5$  级的比例均大于 90%,误差在  $\pm 0.3$  级的比例也均大于 70%;  $M_p$  与 2 种震级之间的平均偏差小于世界主要地震机构之间对同一震级的测定误差(约为 0.2 级)。在地震辐射能计算方面,基于  $M_p$  估算的地震辐射能与原始 G-R 关系、修正后 G-R 关系换算结果之间的平均比值分别约为 0.4 和 1.1,表明  $M_p$  与 P 波群(P + pP + sP)能量流是基本等效的。综合来看,由本文改进后测定的  $M_p$  具有稳定性和可靠性;同时,  $M_p$  的测定过程简便、快捷,便于省级区域台网开展日常测定,且仅需在垂直分向上截取 P 波段的波形进行计算,因此将大大缩短测定时间,具有重要的实际意义。

辐射能量是一个独立描述震源特征的物理量。未来,随着地震台站分布的更加合理、高质量的宽频带数字化地震台站的日益增多,地震台网开展地震辐射能的测定是必不可少的,本文研究结果可提供一定的实际参考。笔者将对更多地震开展测定,以进一步确认 P 波谱震级的稳定性和可靠性,并对体波的起算函数进行修正,以获取更为可靠的 P 波谱震级,不断丰富地震台网的产出,为科学研究、地震灾害评估提供基础资料。

#### 参考文献:

- 陈培善, Duda S J. 1993. 由 CDSN 记录计算出的谱震级和地震辐射能[J]. 地震学报, 15(4): 418-426.
- 陈晓佳, 薛兵. 2018. 近场 P 波频谱分布及震级确定方法[J]. 地震, 38(3): 123-133.
- 陈运泰, 刘瑞丰. 2018. 矩震级及其计算[J]. 地震地磁观测与研究, 39(2): 1-9.
- 郭履灿, 吴建平, 王淑贞. 1990. 论在中国地区用数字式地震仪记录测定谱震级[J]. 地震地磁观测与研究, 11(5): 22-29.
- 洪玉清, 杨选, 龚莹, 等. 2020. 广西北流—广东化州 5.2 级地震及前震的矩震级测定[J]. 华南地震, 40(2): 26-31.
- 李赞, 刘瑞丰, 孔韩东, 等. 2019. 中强地震能量震级测定[J]. 地震学报, 41(3): 289-301, doi:10.11939/jass.20180139.
- 秦嘉政, 钱晓东, 叶建庆, 等. 2002. 用峰值速度估算姚安地震序列的地震能量[J]. 地震学报, 24(1): 98-102.
- 孙燕萍, 史勇军. 2006. 利用宽频带数字地震记录测定谱震级[J]. 地震地磁观测与研究, 27(1): 32-39.
- 王俊, 崔庆谷, 蔡舒梅, 等. 2007. 云南数字台网谱震级的测定和地震辐射能的计算[J]. 云南大学学报(自然科学版), 29(S1): 155-159, 165.
- 袁乃荣, 刘瑞丰, 李赞, 等. 2018. 能量震级及其测定[J]. 地震地磁观测与研究, 39(5): 1-7.
- 左兆荣, 郭履灿. 1985. 体波震级综合起算函数的研究[J]. 地震学报, 25(5): 158-170.
- Boatwright J, Choy G L. 1986. Teleseismic estimates of the energy radiated by shallow earthquakes[J]. J Geophys Res, 91(B2): 2095-2111.
- Bormann P. 2012. New Manual of Seismological Observatory Practice[M/OL]. [2012-09-24] (2020-05-20). GFZ; IASPEI. <http://www.iaspei.org/>.
- Choy G L, Boatwright J. 1995. Global pattern of radiated seismic energy and apparent stress[J]. J Geophys Res, 100(B9): 18205-18228.
- Di G D, Grosser H, Parolai S, et al. 2008. Rapid determination of  $M_e$  for strong to great shallow earthquakes [J]. Geophys Res Lett, 35(10): L10308.
- Gutenberg B, Richter C F. 1942. Earthquake magnitude, intensity, energy and acceleration[J]. BSSA, 32: 162-191.
- Gutenberg B, Richter C F. 1955. Magnitude and energy of earthquakes [J]. Ann Geofis, 9: 1-15.
- Kaiser D, Duda S J. 1988. Magnitude spectra and other source parameters for some major 1985 and 1986 earthquakes[J]. Tectonophysics, 152(3-4): 303-318.
- Nortmann R, Duda S J. 1983. Determination of spectral properties of earthquakes from their magnitudes[J]. Tectonophysics, 93(3-4): 251-275.

## Calculation of P-wave Spectrum Magnitude and Seismic Radiation Energy of Jiangsu Digital Seismic Network

ZHAN Xiaoyan, ZHANG Dong, WANG Kai, WANG Jun  
(*Jiangsu Earthquake Agency, Nanjing 210014, Jiangsu, China*)

### Abstract

In this paper, based on the broadband records of Jiangsu Digital Seismic Network, we measured the P-wave spectrum magnitude ( $M_p$ ) of moderate and strong earthquakes, and estimated the seismic radiation energy. The results show that there is a good consistency between the  $M_p$  measured in this paper and the results of  $M_s$  measured by China Seismic Networks Center (CENC) and  $M_w$  measured by German Geoscience Center (GFZ). The average deviations between  $M_p$  and two magnitudes are only about 0.17 and 0.10, which are basically less than the measurement error (generally about 0.2) between the same magnitude of the world's major earthquake agencies. At the same time, the seismic radiation energy estimated based on  $M_p$  is very close to that obtained from the conversion of  $M_s$  based on the modified G-R relationship, and the ratio of their average energy is about 1.1, which shows that the energy flow of  $M_p$  and the P-wave group (P + pP + sP) are basically equivalent. So, it is feasible to determine the P-wave spectrum magnitude and seismic radiation energy of moderate and strong earthquakes based on broadband digital records, and the measurement process is simple and fast.

**Keywords:** P-wave spectrum magnitude; seismic radiant energy; broadband recording; regional seismic network