

刘晓锋、袁菲、陈宏峰等, 2013, 洛阳地震台面波震级的偏差研究, 中国地震, 29(4), 522 ~ 527.

洛阳地震台面波震级的偏差研究

刘晓锋¹⁾ 袁菲²⁾ 陈宏峰³⁾ 徐志国³⁾
任泉³⁾ 邹立晔³⁾ 邱海江³⁾ 侯建民³⁾

1) 洛阳地震台, 河南省洛阳市南郊龙门镇 471023

2) 河北行政学院, 河北省石家庄市槐中路 516 号 050031

3) 中国地震台网中心, 北京市西城区三里河南横街 5 号 100045

摘要 利用洛阳地震台 1985 ~ 2003 年记录的 1755 个地震的面波资料, 采用与国家地震台网中心相同的面波震级公式, 研究了该台测定的面波震级与国家地震台网中心测定面波震级之间的偏差。结果表明, 洛阳地震台测定面波震级的偏差与震中距之间有明显的相关性, 在 $1^\circ \leq \Delta \leq 130^\circ$ 范围内面波震级由偏小 0.1 逐渐变化到偏大, $\Delta \geq 20^\circ$ 时偏大 0.2 ~ 0.3; 在 $130^\circ < \Delta \leq 180^\circ$ 范围内偏大 0.2。

关键词: 面波震级 量规函数 震级偏差

[文章编号] 1001-4683(2013)04-0522-06

[中图分类号] P315

[文献标识码] A

0 引言

洛阳地震台是河南省唯一的国家测震基本台和全国大地震速报台, 承担着国内资料交换和大震速报任务。该台由原地质部第一物探大队 1970 年选址, 位于秦岭纬向构造带的南侧, 并与新华夏构造在此相交汇。台址位于寒武系中统石灰质基岩上, 岩层出露广泛, 岩性致密坚硬, 是比较理想的地震台台址。台址附近有两条大断裂, 其一是测区东的伊河大断裂, 沿伊河展布, 走向北偏东, 有资料表明其为活动大断裂(河南省地震局, 2005)。其二是新安-草店大断裂, 走向 NW, 倾向 WS, 倾角 $60^\circ \sim 70^\circ$ 。洛阳地震台坐落在大断层的破碎带上, 断层上盘为新地层, 下盘为老地层, 即石炭系泥岩、沙岩, 寒武系、奥陶系石灰岩及古老的冰积(震旦系)石英岩, 该断层为正断层。

1972 年 6 月 20 日起使用 573 型短周期地震仪进行观测, 65 型拾震器放置在台站东北角的山坡高处、与山底高差约 30m 的一号摆房, 67 型放大器放置在距山底高差约 5m 的观测室内。拾震器与放大器通过摆线连接, 摆线架设在山坡上, 摆线下种植柏树, 摆线悬空。从 1975 年 3 月 1 日起, 洛阳地震台又安装了 DD-1 型短周期地震仪, DS-1 型拾震器仍放置在一号摆房, DJ-1 型放大器放置在山底的观测室内。1980 年 6 月 30 日 573 型短周期地震仪器停止观测, 2004 年 1 月 DD-1 型短周期地震仪器也停止观测。

[收稿日期] 2012-08-21; [修定日期] 2012-09-03

[项目类别] 地震行业科研专项(200708024)资助

[作者简介] 刘晓锋, 女, 1973 年生, 工程师, 现从事地震监测工作。E-mail: lyczh@126.com

1976年3月13日洛阳地震台安装了DK-I型中长周期地震仪,该仪器采用墨水笔绘记录,比较适合地震速报。DK-I型地震仪一直稳定工作到2003年底,20多年来积累了大量观测资料,仪器的一致性比较好,为开展面波震级研究提供了有利的条件。1999年9月开始安装CTS-I型宽频带数字地震仪器,从2000年1月起数字与模拟记录地震仪器并行观测,2003年以后模拟记录的DD-I和DK-I地震仪器陆续停止观测。

地震的震级是通过测量地震波中的某个震相的振幅来衡量地震相对大小的一个量(陈运泰等,2004)。自从1945年古登堡提出面波震级标度以来,在以后的几十年中,面波震级在世界各国得到了普遍的应用。在面波经过的路径上,由于受地壳和上地幔构造的不均匀性、地震面波辐射的方向性以及地震台站的台基响应等因素的影响,不同地震台站测定的震级都存在一定的偏差(陈培善,1982;陈培善等,1998)。地震台的台基对震级的影响主要与地震台站当地的地壳结构、近地表的岩石性质、土壤的疏松程度、地形等因素引起的放大效应有关。通过实际资料的计算表明,地震台站的台基响应对震级的大小会产生一定的影响(Gutenberg, 1945;赵荣国等,1997)。本文收集了1985~2003年洛阳地震台站DK-I型地震仪器记录的1755个地震面波资料,计算了洛阳地震台与国家地震台网地震目录面波震级的偏差。在本项研究中没有使用数字地震仪器测定的震级资料,其原因是在数字地震仪器使用初期仪器参数和常规分析软件存在的问题;更重要的是,数字和模拟记录地震仪器的特性存在很大的差别,而使用的面波震级量规函数是相对于模拟记录中长周期地震仪器的,对于数字地震仪器的震级测定问题还需作进一步的研究。

1 面波震级计算公式

1966年1月以后,中国地震台网采用了郭履灿等(1981)提出的以北京白家疃地震台为基准的面波震级公式

$$M_s = \lg\left(\frac{A}{T}\right)_{\max} + \sigma(\Delta) \quad (1)$$

式中

$$\sigma(\Delta) = 1.66 \lg \Delta + 3.5 \quad 1^\circ < \Delta < 130^\circ \quad (2)$$

当 $\Delta = 130^\circ \sim 180^\circ$ 时,半经验、半理论的面波震级量规函数为

$$\sigma(\Delta) = 6.775 + \frac{1}{2} \left[(2.147 e^{-0.044\Delta} + 1.325) (\Delta - 90^\circ) \times 10^{-2} + \lg \sin \Delta + \frac{1}{3} (\lg \Delta - 1.954) \right] \quad (3)$$

式中 A 是两水平分向面波地动位移的矢量和, $A = (A_E^2 + A_N^2)^{\frac{1}{2}}$,单位为 μm ; T 是相应的周期,单位为 s ; Δ 是震中距,单位为 $^\circ$ 。

2 震级偏差的计算

从式(1)可以看出,面波震级的大小与台站的震中距有关系。由于地球介质的不均匀性,对于不同震中距的地震,洛阳地震台记录地震的震级偏差会有一些的差别。为此,把台站的震中距分为 $1^\circ \sim 10^\circ$ 、 $10^\circ \sim 20^\circ$ 、 $20^\circ \sim 30^\circ$ 、 $30^\circ \sim 40^\circ$ 、 $40^\circ \sim 80^\circ$ 、 $80^\circ \sim 130^\circ$ 和 $130^\circ \sim 180^\circ$ 等7段来计算震级偏差。

当 $1^\circ \leq \Delta \leq 10^\circ$, $k = 1$; 当 $10^\circ < \Delta \leq 20^\circ$, $k = 2$; 当 $20^\circ < \Delta \leq 30^\circ$, $k = 3$; 当 $30^\circ < \Delta \leq 40^\circ$, $k = 4$; 当 $40^\circ < \Delta \leq 80^\circ$, $k = 5$; 当 $80^\circ < \Delta \leq 130^\circ$, $k = 6$; 当 $130^\circ < \Delta \leq 180^\circ$, $k = 7$ 。

本文收集了 1985 ~ 2003 年洛阳地震台站的 DK-1 型地震仪记录的 1755 个地震面波资料, 计算了洛阳地震台与国家地震台网地震目录中面波震级的偏差。设 M_i 是洛阳地震台测定第 i 个地震的面波震级, M_{0i} 是国家地震台网测定的该地震面波震级, E_i 是二者的偏差, 则

$$E_i = M_i - M_{0i} \quad (4)$$

式中 i 为地震序号, $i = 1, 2, 3, \dots, 1755$ 。

设洛阳地震台震中距在第 k 个区间内有 G_k 个数据, 在第 k 个区间内震级的平均偏差为

$$C_k = \sum_{i=1}^{G_k} E_i / G_k \quad (5)$$

另外, 为了使用方便, 本文未将台站的震中距进行分段, 在 $1^\circ \sim 180^\circ$ 范围内给出洛阳地震台平均偏差 C 为

$$C = \sum_{i=1}^G E_i / G \quad (6)$$

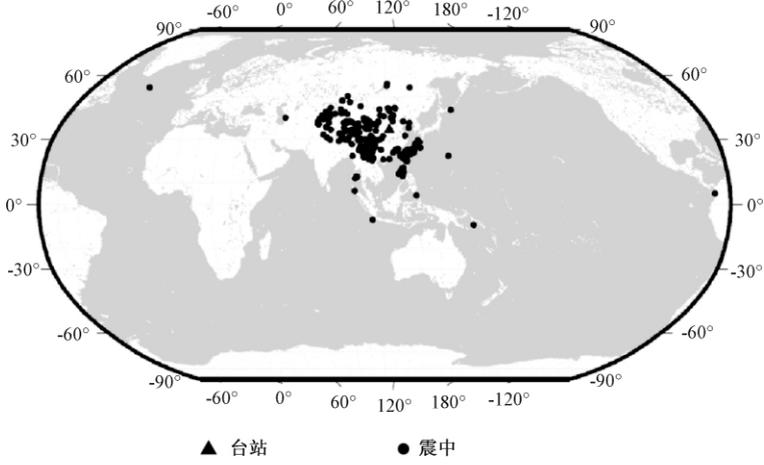
式中 G 为地震总数。

利用式 (5)、(6) 得到不同震中距的洛阳地震台面波震级的偏差 (表 1)。由表 (1) 可见, 洛阳地震台记录的地震中有 1686 个地震震中距小于 80° , 共占总数的 96%。其中小于 30° 的 1211 个, 占地震总数的 69%; 大于 80° 的地震只有 69 个, 占总数的 4%。洛阳地震台测定的面波震级与国家地震台网测定的结果有一定的偏差, 震中距 $0^\circ \sim 10^\circ$ 时洛阳地震台的面波震级偏小 0.1 左右; 在 $10^\circ \sim 20^\circ$ 范围内有 798 个地震几乎没有偏差, 占总数的 46%; 在 $20^\circ \sim 180^\circ$ 范围内震级偏大 0.2 左右, 但最大不超过 0.3。

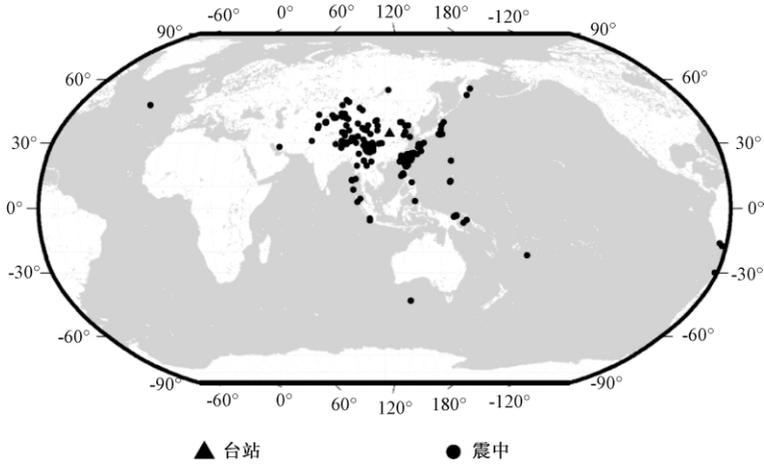
表 1 洛阳地震台面波震级偏差

震中距 ($^\circ$)	偏差值	地震数量
1 ~ 10	-0.1	104
10 < ~ 20	0.0	798
20 < ~ 30	0.2	309
30 < ~ 40	0.3	166
40 < ~ 80	0.3	309
80 < ~ 130	0.3	50
130 < ~ 180	0.2	19
0 < ~ 180	0.1	1755

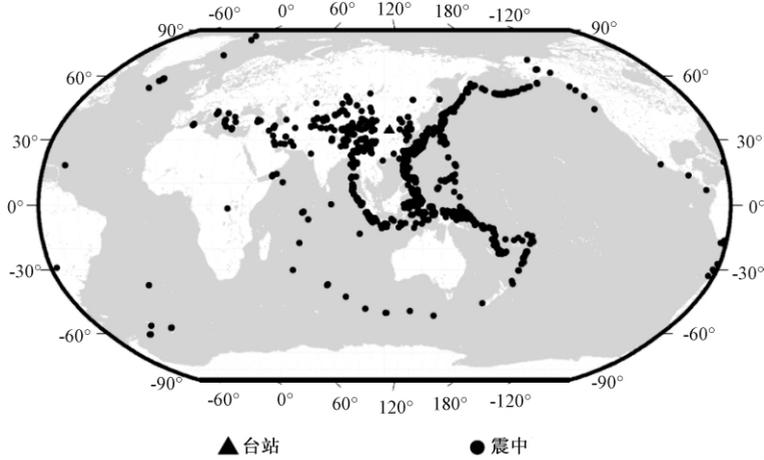
为了研究面波震级偏差与地震位置的关系, 对洛阳地震台测定的面波震级与国家台网测定的面波震级进行比较, 并分别按洛阳台测定的震级偏小、震级相等、震级偏大加以划分, 同时以图 1 ~ 3 显示。由图 1、2 可见, 洛阳地震台测定面波震级的偏差存在比较明显的区域性, 震级偏小的地震基本位于中国大陆和我国台湾地区, 震级相等的地震与图 1 基本相当, 地震主要位于中国大陆和我国台湾地区, 但范围稍有所扩大, 对于远震和极远震洛阳地震台测定的面波震级基本都不会偏小; 从图 3 可以看出, 洛阳地震台测定面波震级偏大的地震主要分布于环太平洋地震带和欧亚地震带, 远震、极远震基本上震级偏大。



▲ 台站 ● 震中
图 1 震级偏小的地震分布图



▲ 台站 ● 震中
图 2 震级相等的地震分布图



▲ 台站 ● 震中
图 3 震级偏大的地震分布图

对于震级 6.0 以上地震,我们也将洛阳地震台测定的面波震级与美国地质调查局地震信息中心(USGS/NEIC)测定的结果进行了对比分析,结果表明洛阳地震台测定的面波震级比后者的偏大 0.3 左右。主要原因有两点:一是我国和美国使用的面波震级测定公式不同,存在系统差;二是震级测定方法有差异,我国使用两水平向记录测定面波震级,美国使用垂直向记录测定面波震级(刘瑞丰等,2006)。

4 讨论与结论

本文利用 1985~2003 年洛阳地震台站 DK-1 地震仪器记录的 1755 个地震面波资料,采用与国家地震台网中心相同的面波震级计算公式,计算了洛阳地震台与国家地震台网中心测定面波震级的偏差,通过分析得出以下结论:

(1) 洛阳地震台测定的面波震级与国家地震台网中心的相比有一定偏差,在 $1^\circ \leq \Delta \leq 130^\circ$ 范围内由偏小 0.1 逐渐变化到偏大, 20° 以后偏大 0.2~0.3; 在 $130^\circ < \Delta \leq 180^\circ$ 偏大 0.2。

(2) 洛阳地震台测定面波震级的偏差存在比较明显的区域性,震级偏小的地震基本位于中国大陆和我国台湾地区;震级相等的地震也主要位于中国大陆和我国台湾地区,但范围稍有所扩大;面波震级偏大的地震主要分布于环太平洋地震带和欧亚地震带,远震、极远震基本上震级偏大。

洛阳地震台有 40 多年的历史,已经积累了大量的观测资料,从面波震级的测定结果看,该台的观测资料稳定可靠,所测的面波震级与国家地震台网中心测定的结果偏差不大,在地震监测特别是在大震速报中发挥了重要作用。影响台站震级测定精度的因素很多,主要包括台站台基的影响、震源辐射地震波花样的影响和地震波传播路径的影响。在下一步的工作中,我们将在本文测定结果的基础上,测定洛阳地震台的台基校正值和震源校正值,不断提高震级测定的精度。

参考文献

- 陈培善,1982,地震震级的综合评述,地震地磁观测与研究,3(3),14~19。
陈培善、成瑾,1998,中国地震基本台网测定面波震级的偏差,国际地震动态,(7),6~8。
陈运泰、刘瑞丰,2004,地震的震级,地震地磁观测与研究,25(6),1~11。
河南省地震局,2005,河南地震监测志,22~28,北京:地震出版社。
郭履灿、庞明虎,1981,面波震级和它的台基校正值,地震学报,3(3),312~320。
刘瑞丰、陈运泰、Peter Bormann 等,2006,中国地震台网与美国地震台网测定震级的对比——II. 面波震级,地震学报,28(1),1~7。
赵荣国、李卫平,1997,现今震级测定偏差,国际地震动态,(12),1~8。
Gutenberg B, 1945, Amplitude of surface waves and magnitudes of shallow earthquakes, Bull Seism Soc Am, 35,3~12.

Research on the surface wave magnitude deviation of Luoyang seismic station

*Liu Xiaofeng*¹⁾ *Yuan Fei*²⁾ *Chen Hongfeng*³⁾ *Xu Zhiguo*³⁾ *Ren Xiao*³⁾ *Zou Liye*³⁾ *Qiu Haijiang*³⁾ *Hou Jianmin*³⁾

1) Luoyang Seismic Station, Luoyang 471023, Henan, China

2) Hebei Academy of Governance, Shijiazhuang 050031, China

3) China Earthquake Networks Center, Beijing 100045, China

Abstract The surface wave magnitudes of 1755 earthquakes from 1985 to 2003, determined by the Luoyang seismic station with the same surface wave magnitude formula as the one China Earthquake Networks Center uses, are compared with the CENC earthquake catalogue. The result shows that, the surface wave magnitude deviation of Luoyang seismic station is closely related to the epicentral distance. The magnitude deviation is from smaller than 0.1 to larger in the epicentral range of $1^\circ \leq \Delta \leq 130^\circ$; it is 0.2 ~ 0.3 larger in the range of $20^\circ < \Delta \leq 130^\circ$; the deviation is 0.2 larger in the range of $130^\circ < \Delta \leq 180^\circ$.

Key words: Surface wave magnitude Calibration function Magnitude deviation