

刘芳、赵艳红、赵铁锁等,2017,内蒙古地震台网近震震级与面波震级间转换关系研究,中国地震,33(3),396~404。

内蒙古地震台网近震震级与 面波震级间转换关系研究

刘芳 赵艳红 赵铁锁 张晖 赵星 杨智升 李惠 娜热

内蒙古自治区地震局,呼和浩特市哲里木路80号 010051

摘要 利用内蒙古及周边2008~2015年11月116次 $M_L \geq 3.8$ 地震资料,重新测定近震震级 M_L 、面波震级 M_S ,基于1范数线性回归(SR1和SR2)和2范数正交回归(OR)方法建立 M_L 与 M_S 间的转换关系。同时,对每个点采用高斯随机扰动后发现,高斯扰动前后近震震级与面波震级间的转换关系变化不大。结果显示,正交回归方法(OR)得到的曲线,均方根误差最小,为最佳拟合曲线,转换关系式为 $M_{S,内蒙} = 0.96M_L - 0.10$ 。郭履灿震级转换关系 $M_S = 1.13M_L - 1.08$ 与本文得到的转换关系存在明显系统偏差,这可能是由于区域构造特征差异所致。 $M_{S,内蒙}$ 值明显大于 $M_{S,经验}$ 值,平均差值为0.23,建议使用重新矫正的 M_L 与 M_S 转换关系式, $M_{S,经验}$ 与 $M_{S,内蒙}$ 差值数量分布情况显示,差值为0.2~0.3的地震数量最多。

关键词: 近震震级 M_L 面波震级 M_S 高斯扰动 震级转换

[文章编号] 1001-4683(2017)03-0396-09 [中图分类号] P315 [文献标识码] A

0 引言

地震监测是地震预测研究最重要的观测基础,其中,震级是地震预测及其它相关地震研究的一个重要参数(陈运泰等,2000、2004;刘瑞丰,2003)。无论是现行的地震预测方法,还是前兆方面的经验公式,都直接与震级相关。地震研究工作中常使用面波震级 M_S 和近震震级 M_L 两种标度(张宏志等,2007;汪素云等,2010)。自20世纪以来,国内普遍采用的是1971年郭履灿得到的适用于中国华北地区的经验关系式 $M_{S,经验} = 1.13M_L - 1.08$ (震中距 $\Delta \leq 1000\text{km}$)^①。目前,区域地震台网大震速报、地震预测预报以及相关地球科学研究中使用的震级 M 均是由该经验公式转换得到的。由于不同震级的测量方法不同,因此,在地震台网的震级测定中,不同的震级之间一律不进行换算(刘瑞丰等,2006)。然而,多年的实际工作表明,近震震级 M_L 和面波震级 M_S 的实测结果显示,这2种标度转换关系已不符合目前使用的经验公式,存在系统偏差,需要被校正。

1范数线性回归和2范数正交回归方法是目前最常用的效果较好的获得近震震级 M_L

[收稿日期] 2015-12-29; [修定日期] 2016-02-01

[项目类别] 中国地震局地震科技星火项目(XH15008)和内蒙古自治区科技重大专项《重点地区地震预测预警技术研究开发与推广示范》共同资助

[作者简介] 刘芳,女,1963年生,高级工程师,主要从事地震监测、地震预报和地震学的研究工作。E-mail:lfm88@163.com

① 郭履灿,1971,华北地区的地方性震级 M_L 和面波震级 M_S 经验关系,全国地震工作会议资料,1~10。

与面波震级 M_s 间转换关系的方法。从理论上讲, 利用正交回归方法研究各种震级标度之间的关系应当更能接近实际测定的震级 (Madansky, 1959; Fuller, 1987; Carroll et al, 1996; 刘瑞丰等, 2007)。国内许多研究者针对不同地区的近震震级 M_L 与面波震级 M_s 间的转换关系采用线性回归和正交回归方法进行了研究, 并得到了较好的结果。刘瑞丰等 (2006、2007) 开展了对中国地震台网与美国地震台网测定震级间的对比研究以及对中国地震台网震级的研究; 任克新等 (2008) 对 IASPEI 新震级标度与传统震级标度进行了对比分析; 谢卓娟等 (2012) 对中国大陆及邻区面波震级与近震震级之间的经验关系进行了研究; 刘国华等 (2006)、杨晶琼等 (2013) 对云南地区, 张诚 (1981) 对甘肃地区近震震级与面波震级之间的转换关系进行了研究。

内蒙古自治区横跨东北、华北与西北地区, 且位于南北地震带北段等重要构造区的最北端, 地质构造复杂, 地震活动较为强烈 (曹刚, 2001)。多年的近震震级实测工作显示, 2 种震级标度间的系统偏差给地震学研究者带来了极大的困惑。随着 2017 年版《地震震级的规定》(GB17740-2017) (刘瑞丰等, 2017) 的颁布, 研究者还将面临近震震级 M_L 与宽频带面波震级 $M_{B(BB)}$ ($M_L \geq 4.5$ 的速报震级) 间的转换关系问题。本文在遵循震级测定“继承性”的原则的基础上, 以达到新、旧震级标度的“无缝”衔接为目标, 依据新震级标度, 基于 1 范数线性回归和 2 范数正交回归方法, 利用 2008~2015 年 11 月以来发生的 116 次 $M_L \geq 3.8$ 地震的数字波形资料, 在测定近震震级 M_L 、面波震级 M_s 的基础上, 增测宽频带面波震级 $M_{S(BB)}$, 以获得近震震级与面波震级、近震震级与宽频带面波震级间的转换关系, 并与郭履灿获得的经验关系^①进行对比分析, 以期提高内蒙古地震台网震级测定精度, 为内蒙古地区的地震预测预报及地震学相关研究提供数据基础。

1 资料的选取

内蒙古“十五”数字化观测网络项目建成以来, 由 81 个数字台站 (区内 39 个、邻省 42

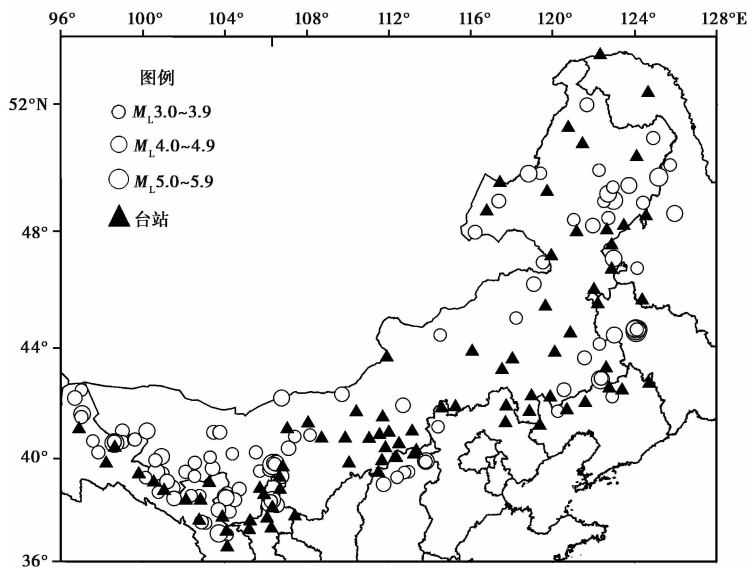


图 1 116 次 $M_L \geq 3.8$ 地震震中及台站分布

个)组成的数字化监测网络覆盖了内蒙古大部分地区,监测水平有了大幅度提高,这为校正内蒙古近震震级与面波震级、新建近震震级与宽频带面波震级间的转换关系提供了必要的数据基础。本文选取 116 次 $M_L \geq 3.8$ 地震数字波形数据用于建立近震震级与面波震级间的转换关系(图 1),使用 46 次 $M_L \geq 4.5$ 地震波形数据建立近震震级与宽频带面波震级间的转换关系(图 2)。

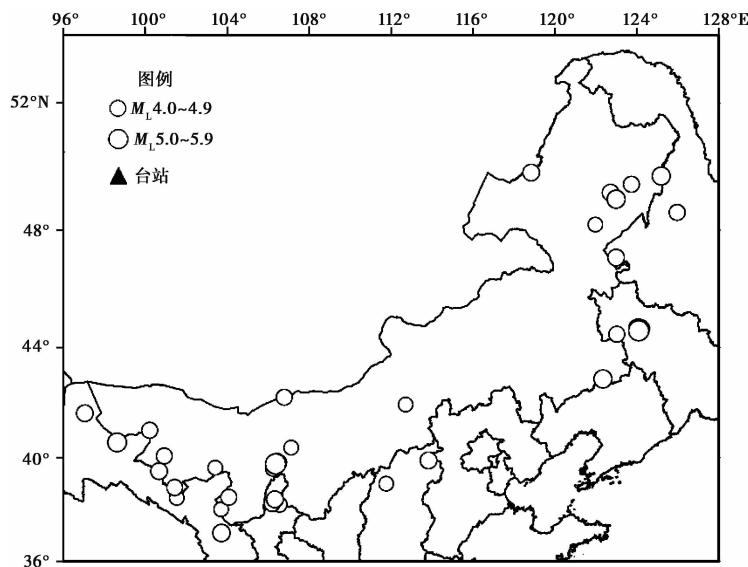


图 2 46 次 $M_L \geq 4.5$ 地震震中分布

2 震级的测定

近震震级 M_L 、面波震级 M_s 以及宽频带面波震级 $M_{S(BB)}$ 均按照 2017 年版《地震震级的规定》(GB17740-2017)(刘瑞丰等,2017)进行测定。

2.1 近震震级 M_L

近震震级 M_L 是使用仿真 DD-1 短周期地震仪记录的 S 波或 Lg 波的最大振幅,通过下式(刘瑞丰等,2015)计算得到

$$M_L = \lg A + R(\Delta) \quad (1)$$

其中, A 为水平向最大地动位移, $A = (A_N + A_E)/2$, 单位 m; A_N 、 A_E 分别为 SN、EW 向 S 波或 Lg 波的最大振幅,单位 m; $R(\Delta)$ 为近震震级的量规函数。

2.2 面波震级 M_s

针对浅源地震($h \leq 60\text{km}$)的面波震级 M_s , 应将原始宽频带记录仿真成基式(SK)中长周期地震仪记录,使用面波地动位移的最大振幅和相应的周期,采用如下公式(刘瑞丰等,2015)计算得到

$$M_s = \lg\left(\frac{A}{T}\right) + 1.66\lg(\Delta) + 3.5 \quad (2)$$

其中, A 为地震面波地动位移的最大振幅,取两水平分向地动位移的矢量和,单位 m; Δ 为震

中距,适用范围为 $2^\circ < \Delta < 130^\circ$; T 为 A 对应的周期,单位 s,依下式求得(刘瑞丰等,2015)

$$T = \frac{T_N A_N + T_E A_E}{A_N + A_E} \quad (3)$$

2.3 宽频带面波震级 $M_{S(BB)}$

对于浅源地震($h \leq 60\text{km}$)的面波震级 $M_{S(BB)}$,直接在垂直向速度型宽频带记录上量取面波质点运动速度的最大振幅,采用下式(刘瑞丰等,2015)得到

$$M_{S(BB)} = \lg\left(\frac{V_{\max}}{2\pi}\right) + 1.66\lg(\Delta) + 3.3 \quad (4)$$

式中, V_{\max} 为垂直向面波质点运动速度的最大值,单位 μm ; Δ 为震中距,适用范围为 $2^\circ < \Delta < 160^\circ$; T 为 V_{\max} 对应的面波周期, $3\text{s} < T < 60\text{s}$ 。

本文依据式(1)、(2)、(4),重新测定了 330 个近震震级 M_L 和面波震级 M_S 对以及 98 个宽频带面波震级 $M_{S(BB)}$,共计 758 个震级数据,用于矫正近震震级与面波震级间的转换关系、新建近震震级与宽频带面波震级间的转换关系。

3 回归方法

基于 1 范数线性回归和 2 范数正交回归方法(Carroll et al,1996),对内蒙古测震台网测定的 M_L 与 M_S 、 M_L 与 $M_{S(BB)}$ 之间的转换关系进行分析。

3.1 线性回归方法

对于 2 个或多个存在统计相关的随机变量,可根据大量的观测数据来确定它们之间定量的统计关系,即求出一定的数学公式来表达这些关系,这种公式被称作回归方程(刘瑞丰,2007)。考虑将 N 个数据点 (x_i, y_i) ($i = 1, 2, 3, \dots, N$) 拟合成如下式所示的直线模型

$$Y = AX + B \quad (5)$$

众所周知,对于相同的样本点,选择不同的自变量和因变量,会得到不同的回归方程,即选择 X 方向还是 Y 方向拟合,所得的回归直线是不同的(孙彦清,2002;刘瑞丰等,2007)。如果要确定直线型经验公式 $Y=AX+B$ 中的 A 和 B ,就要先根据测量的误差来判断误差方向,然后,再利用误差方向来确定拟合方向(黄杰等,2000;孙彦清,2002)。

通常利用线性最小二乘回归(SR)方法就可以确定系数 A 、 B 。Gutenberg 等(1956a、1956b)采用 SR 方法给出了 M_S 与 M_L 之间的关系式。SR 回归方法适用于一个变量产生的偏差比另一个变量产生的偏差大的情况。确定系数 A 、 B 拟合式(5)时有以下 2 种可能(Draper et al,1998)

$$\text{SR}_1 \quad Y \leftarrow A_1 X + B_1 \quad (6)$$

适用条件为 $\sigma_{xx}^2 \rightarrow 0$ 和 $\sigma_{yy}^2 > 0$,其中, σ_{xx}^2 、 σ_{yy}^2 分别为 x 、 y 的方差;

$$\text{SR}_2 \quad Y \rightarrow A_2 X + B_2 \quad (7)$$

这种情况又称为反标准回归,适用条件为 $\sigma_{xx}^2 > 0$ 和 $\sigma_{yy}^2 \rightarrow 0$ 。

3.2 正交回归方法

当 2 个变量均有可能发生较大变化,即当 X 、 Y 方向上的测量误差均不可忽略时,拟合不能在单一方向上进行。在这种情况下,拟合的直线应满足各测量点到拟合直线的垂直距离的平方和为最小,即正交拟合(吴俊林等,1992;李雄军,2005a、2005b;姜慧等,2006)。正交



回归方法能够克服固定单方向最优所带来的拟合稳定性差的弊端。以 OR 表示正交回归方法,则有

$$\text{OR} \quad Y = A_3 X + B_3 \tag{8}$$

通常采用 Hesse 表示方法来表示正交回归,即将 2 个变量都放在等号的右边,表示右边的 2 个变量都在变化,即

$$P = n_x X + n_y Y \tag{9}$$

式中, $P=B_3/q, n_x=-A_3/q, n_y=1/q, q=(1+A_3^2)^{1/2}, -n_x/n_y=A_3$ 。 $X、Y$ 的系数 A_3 和 B_3 同时除以 q ,使其符合 Hesse 表示方法。

如果将式(6)、(7)应用于震级标度 M_x 和 M_y ,则 SR_1 方法适用于在 M_x 测量偏差较大的情况下对 M_y 产生的影响,而 SR_2 方法则适用于在 M_y 测量偏差较大的情况下对 M_x 产生的影响。然而,由于所有的震级在测量时都有可能存在一定的误差,无论是 SR_1 还是 SR_2 ,其所得结果都与实际震级有一定的差别,因此,从理论上讲,利用正交回归方法研究各种震级标度之间的关系应当更能接近实际震级 (Madansky, 1959; Fuller, 1987; 刘瑞丰等, 2007)。为便于比较,本文分别给出了利用 1 范数 $SR_1、SR_2$ 和 2 范数 OR 方法得到的不同震级标度之间的关系式,但在对结果的分析和结论中则主要依据利用 OR 方法得出的拟合关系式。

4 近震震级与面波震级间的转换关系

基于线性回归和正交回归方法,获得近震震级 M_L 与面波震级 M_S 间的转换关系;同时采用高斯扰动方法,对每个点进行高斯随机扰动,对扰动后的数据进行回归分析;将最终结果与郭履灿获得的经验关系^①进行对比分析。

4.1 M_L 与 M_S 间的转换关系

4.1.1 线性回归和正交回归

基于一般线性回归方法 (SR_1 和 SR_2) 和正交回归方法 (OR),对 2008 年 1 月~2015 年 10 月的 116 次地震的重测震级 M_L 和 M_S (共 329 个震级对) 进行了线性回归,震级范围为 $3.8 \leq M_S \leq 6.7$ 。表 1 给出了经线性回归和正交回归得到的 M_L 与 M_S 间的关系式,图 3(a) 为由线性回归 ($SR1$ 和 $SR2$)、正交回归 (OR) 以及郭履灿经验关系式^① $M_{S,经验} = 1.13M_L - 1.08$ 得到的 4 条 M_L 与 M_S 关系曲线。由图 3(a) 可见,由正交回归方法 (OR) 得到的曲线位于数据点的中间,且均方根误差最小,为最佳拟合曲线。由此得到内蒙古地区重新矫正后的近震震级 M_L 与面波震级 M_S 间的转换关系为

$$M_{S,内蒙} = 0.96M_L - 0.10 \tag{10}$$

表 1 M_L 震级与 M_S 震级间的关系

震级	地震数量	震级范围	回归方法	关系式	RMS(均方根误差)
M_L-M_S	116	$3.8 \leq M_S \leq 6.7$	SR1	$M_S \leftarrow -0.80M_L + 0.60$	± 0.32
			SR2	$M_S \rightarrow 1.16 M_L - 1.02$	± 0.34
			OR	$M_S = 0.96M_L - 0.10$	± 0.24

图 3(b) 给出了 $M_{S,内蒙}$ 与 $M_{S,经验}$ 差值数量分布情况。由图 3(b) 可见,差值绝大多数分布

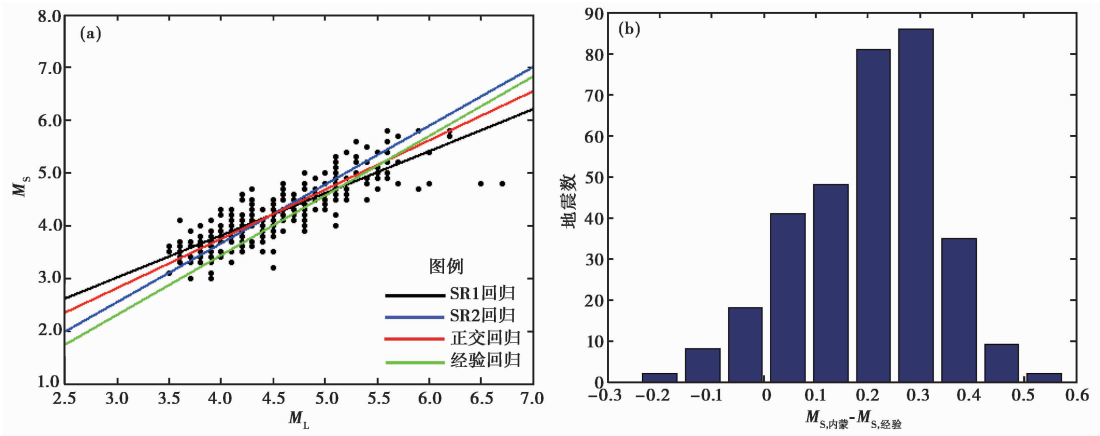


图3 震级关系及震级差值数量分布
(a) M_L 与 M_s 间的关系; (b) $M_{s, \text{内蒙}}$ 与 $M_{s, \text{经验}}$ 差值数量分布

在 0.0~0.4 之间,其中,以 $M_{s, \text{内蒙}} - M_{s, \text{经验}} = 0.3$ 的数量最多。可见,内蒙古地震实测 $M_{s, \text{内蒙}}$ 与 $M_{s, \text{经验}}$ 值相差较大。

4.1.2 高斯随机扰动

利用上述 329 个 M_L 、 M_s 震级对数据,采用 Matlab 平台自带函数 noral,对 329 对数据进行高斯扰动。扰动过程中震级 M_s 添加均值为 0,方差为 0.2。扰动后,对高斯扰动后的数据进行线性回归(SR1 和 SR2)和正交回归(OR),表 2 给出了经高斯扰动后线性回归和正交回归得到的 M_L 与 M_s 间的关系式,图 4 为经过高斯扰动后的线性回归(SR1 和 SR2)、正交回归(OR)以及由郭履灿经验关系回归得到的 4 条曲线。

表 2 经高斯扰动后 M_L 震级与 M_s 震级间的关系

震级	地震数量	震级范围	回归方法	关系式	RMS(均方根误差)
$M_L - M_s$	116	$3.8 \leq M_s \leq 6.7$	SR1	$M_s \leftarrow -0.79M_L + 0.66$	± 0.37
			SR2	$M_s \rightarrow 1.23M_L - 1.31$	± 0.37
			OR	$M_s = 0.98M_L - 0.16$	± 0.27

由表 2、图 4 可见,高斯扰动前、后近震震级 M_L 与面波震级 M_s 间的转换关系变化不大,系数 A 由 0.96 变为 0.98,增加了 0.02;系数 B 由 0.10 变为 0.16,增加了 0.06。

4.2 2 种震级转换关系的对比分析

分析式(10)与郭履灿经验公式^① $M_{s, \text{经验}} = 1.13M_L - 1.08$ 的两种震级转换关系、两种转化关系的实测值 $M_{s, \text{经验}}$ 、 $M_{s, \text{内蒙}}$ 以及 $M_{s, \text{经验}}$ 与 $M_{s, \text{内蒙}}$ 的差值分布情况可知:

(1) 从 2 种震级转换关系式整体来看,差别较大。系数 A 由 1.13 降为 0.96,降低了 0.07,变化不大;系数 B 变化较大,两者明显存在系统偏差。这种差别可能是由区域构造特征的差异性所致。

(2) 由本文实测的 M_L 经式(10)转换得到的 $M_{s, \text{内蒙}}$ 值,明显高于由 $M_{s, \text{经验}} = 1.13M_L - 1.08$ 转换得到的 $M_{s, \text{经验}}$ 值,平均差值为 0.23,故建议使用式(10)。

(3) 分析 $M_{s, \text{经验}}$ 与 $M_{s, \text{内蒙}}$ 差值数量分布情况(图 3(b))可知,绝大多数地震震级差值为

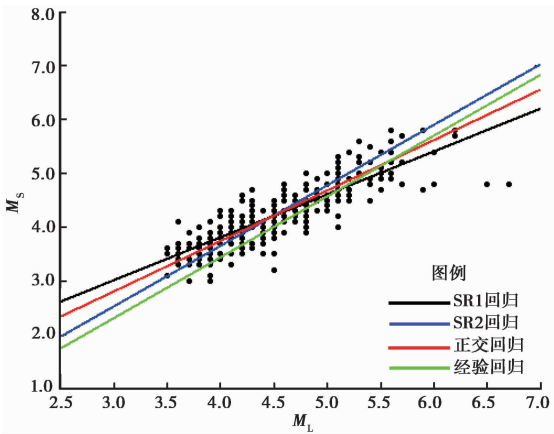


图 4 经高斯扰动后近震震级 M_L 与面波震级 M_s 间的关系
 0~0.4,在 0.2~0.3 间的地震数量最多。
 (4)表 3 给出了 $3.0 \leq M_L \leq 7.0$ 震级范围内关系式 $M_{s,经验}$ 与 $M_{s,内蒙}$ 的对照,可以看到,二者相差的震级范围为 0~0.5。

表 3 $3.0 \leq M_L \leq 7.0$ 震级范围内关系式 $M_{s,内蒙}$ 与 $M_{s,经验}$ 的对照

M_L	内蒙古地区关系式 $M_{s,内蒙}$	经验关系式 $M_{s,经验}$	$M_{s,内蒙} - M_{s,经验}$
3.0	2.8	2.3	0.5
3.5	3.3	2.9	0.4
4.0	3.7	3.4	0.3
4.5	4.2	4.0	0.2
5.0	4.7	4.6	0.1
5.5	5.1	5.1	0.0
6.0	5.6	5.7	0.1
6.5	6.1	6.3	0.2
7.0	6.5	6.8	0.3

5 结论

本文基于 1 范数线性回归(SR₁ 和 SR₂)和 2 范数正交回归(OR)等 3 种方法,通过对内蒙古地区 2008 年 1 月~2015 年 11 月 116 次 $M_L \geq 3.8$ 地震的近震震级 M_L 和面波震级 M_s 的重新实测,校正了郭履灿的经验震级转换关系^①,获得了内蒙古地区近震震级 M_L 与面波震级 M_s 间的转换关系,并得到以下结果:

(1)由线性回归(SR1 和 SR2)与正交回归(OR)方法所得的 M_L 与 M_s 关系曲线可知,正交回归方法(OR)得到的曲线位于数据点的中间,且均方根误差最小,为最佳拟合曲线,故内蒙古地区近震震级 M_L 与面波震级 M_s 间的转换关系应为 $M_{s,内蒙} = 0.96M_L - 0.10$ 。

(2)基于 Matlab 平台中的高斯扰动函数,对每个点采用高斯随机扰动,高斯扰动前、后近震震级和面波震级间的转换关系变化不大。

(3) 分析 $M_{S, \text{经验}} = 1.13M_L - 1.08$ 和 $M_{S, \text{内蒙}} = 0.96M_L - 0.10$ 可知, 两者间明显存在系统偏差, 这种差别可能是由区域构造特征的差异性所致。

(4) $M_{S, \text{内蒙}}$ 值明显高于 $M_{S, \text{经验}}$ 值, 平均差值为 0.2。结果表明, 近震震级经验转换关系已不适合内蒙古地区的区域特征, 建议使用矫正后的近震震级 M_L 与面波震级 M_S 间的转换关系式。

(5) 关系式 $M_{S, \text{经验}}$ 与 $M_{S, \text{内蒙}}$ 的差值数量分布情况显示, 绝大多数地震震级差值为 0~0.4, 0.2~0.3 间的地震数量最多。可见, $M_{S, \text{内蒙}}$ 与 $M_{S, \text{经验}}$ 值相差较大。

(6) 由 $3.0 \leq M_L \leq 7.0$ 震级范围内关系式 $M_{S, \text{经验}}$ 与 $M_{S, \text{内蒙}}$ 的对照表可见, 二者相差的震级为 0~0.5。

(7) 由于本研究所选时段 $M_L \geq 3.8$ 地震数量不多, 且地震分布不均匀, 因此, 本文所得结果还有待在今后的实际使用过程中不断完善, 以使其更加符合内蒙古地区的区域特征。

致谢: 感谢刘瑞丰研究员为本研究提供计算程序及帮助。

参考文献

- 曹刚, 2001, 内蒙古地震研究, 北京: 地震出版社。
- 陈运泰、吴忠良、王培德等, 2000, 数字地震学, 1~30, 北京: 地震出版社。
- 陈运泰、刘瑞丰, 2004, 地震的震级, 地震地磁观测与研究, **25**(6), 1~12。
- 黄杰、蔡希洁、林尊琪, 2000, 一种对称的线性拟合数据处理方法, 计量技术, (5), 47~49。
- 姜慧、唐丽华、梁海华, 2006, 回归分析方法在地震科学应用中的问题与探讨, 华南地震, **26**(3), 1~7。
- 李雄军, 2005a, 对 X 和 Y 方向最小二乘线性回归的讨论, 计量技术, (1), 50~52。
- 李雄军, 2005b, 几种线性回归方法的比较, 计量技术, (8), 52~54。
- 刘国华、阚丹、王力军, 2006, 分析云南地震资料给出的近震震级 M_L 和面波震级 M_S , 地震地磁观测与研究, **27**(6), 13~17。
- 刘瑞丰, 2003, 地震参数, 7~15, 北京: 地震出版社。
- 刘瑞丰、陈运泰、Bormann P 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。
- 刘瑞丰、陈运泰、任泉等, 2007, 中国地震台网震级的对比, 地震学报, **29**(5), 467~476。
- 刘瑞丰、陈运泰、任泉等, 2015, 震级的测定, 北京: 地震出版社。
- 任克新、刘瑞丰、张立文等, 2008, IASPEI 新震级标度与传统震级标度的对比, 地震地磁观测与研究, **29**(5), 16~21。
- 孙彦清, 2002, 最小二乘线性拟合应注意的两个问题, 汉中师范学院学报(自然科学版), **20**(1), 58~61。
- 汪素云、王健、俞言祥等, 2010, 基于中国地震台网观测报告的 M_L 与 M_S 经验关系, 中国地震, **26**(1), 14~22。
- 吴俊林、王社柱、李树华, 1992, 直线拟合方向选择的应用分析, 陕西师大学报, **20**(3), 72~75。
- 谢卓娟、吕悦军、彭艳菊等, 2012, 中国大陆及邻区面波震级与近震震级之间的经验关系研究, 地壳构造与地壳应力文集, 24, 74~88, 北京: 地震出版社。
- 杨晶琼、杨周胜、蔡明军等, 2013, 云南地区近震震级与面波震级转换关系研究, 中国地震, **29**(4), 513~521。
- 张诚, 1981, 西北地区测定震级 M_L 中的某些问题, 地震地磁观测与研究, **2**(3), 17~24。
- 张宏志、刁桂苓、赵明淳等, 2007, 不同标度震级关系和台基影响问题探讨, 中国地震, **23**(2), 141~146。
- Carroll R J, Ruppert D, 1996, The use and misuse of orthogonal regression in linear errors-in-variables models, The American Statistician, **50**(1), 1~6。
- Draper N R, Smith H, 1998, Applied regression analysis, New York: John Wiley & Sons, 100~125。
- Fuller W A, 1987, Measurement Error Models, New York: John Wiley & Sons, 20~30。
- Gutenberg B, 1945a, Amplitude of surface waves and magnitude of shallow earthquakes, Bull Seism Soc Am, **35**, 3~12。
- Gutenberg B, 1945b, Amplitudes of P, PP, and S and magnitude of shallow earthquakes, Bull Seism Soc Am, **35**, 57~69。

Madansky A, 1959, The fitting of straight lines when both variables are subject to error, J Amer Statist Assoc, **54**, 173~205.

On conversion relationship between near earthquake magnitude and the wave magnitude in Inner Mongolia

*Liu Fang Zhao Yanhong Zhao Tiesuo Zhang Hui Zhao Xing Yang Zhisheng
Li Hui Na Re*

Earthquake Administration of Inner Mongolia Autonomous, Hohhot 050051, China

Abstract Using the 116 earthquakes with $M_L \geq 3.8$ in the Inner Mongolia region from 2008 to 2015, we remeasured the near earthquake magnitude M_L and surface wave magnitude M_s , based on 1 norm linear regression (SR1 and SR2) and 2 norm (OR) orthogonal regression method. We established the conversion relationship between M_L and M_s . The result was tested with the Gaussian disturbance. The result shows that the orthogonal regression method (OR) result has the best fitting curve, and the conversion relation is $M_s = 0.96 M_L - 0.10$. The difference between our result and Guo Lvcn's ($M_s = 1.13 M_L - 1.08$) may be caused by regional tectonic characteristics. Inner Mongolia M_s value is significantly higher than M_s experience value, with the average difference of 0.23, the difference distribution of experience relation and the rectified relation is in the range of 0.2~0.3.

Key words: Near earthquake magnitude M_L ; Surface wave magnitude M_s ; Gauss perturbation; Magnitude conversion