

甘肃及邻区台网 M_D 震级公式的研究

目前,在我国相继有不少地震台站(网)研究了适合该地区的测定持续时间震级的方法,并建立了相应的公式。本文利用兰州有线传输台网记录的甘肃及邻区的470个地震资料,建立了6个有线传输台和武威无线传输台网的4个子台的 M_D 震级公式,初步建立了兰州电传台网的 M_D 震级系统。本文还对 M_D 与 M_L 两种震级测量精度做了初步评价,简要分析了放大倍数 v 对 M_D 震级的影响。

1. 数据的选取与计算方法及结果

为了研究和建立甘肃地区的 M_D 震级公式,我们以 $\log(\tau)$ 为纵座标, M_L 为横座标,做了盐池台和景泰台的 $\log(\tau)$ — M_L 关系图(图1)。由图中可以明显看出,近震震级 M_L 与 $\log \tau$ 的相关性极强,基本属线性关系,用回归分析法求得相关系数 γ ,盐池台 $\gamma=0.94$,景泰台 $\gamma=0.93$ 。

选取兰州电传台网1983年—1986年记录到的甘肃省及邻近省区发生的470个地震,近1700个地震数据。震级范围为 $M_L 1.6-5.9$,震中距为10—1500km。根据公式

$$M_L \doteq M_D = A + B \cdot \log(\tau) + C \cdot \Delta \quad (1)$$

和
$$M_L \doteq M_D = A + B \cdot \log(\tau) \quad , \quad (2)$$

分别求出6个有线传输台和武威无线传输台网的4个子台的 M_D 震级公式。表1给出了这10个台的各系数值。

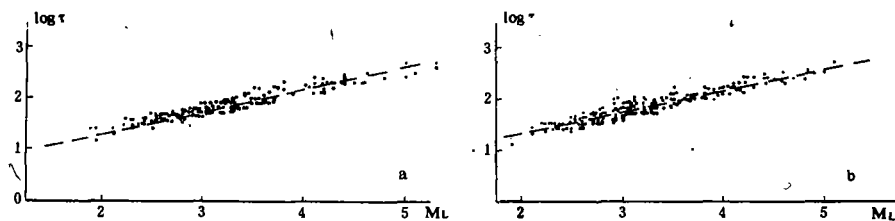


图1 M_L — $\log(\tau)$ 关系图

a. 盐池台; b. 景泰台

计算时持续时间 τ 从P波初动开始量起,至尾波双振幅衰减到2mm时为止。放大倍数 v 要求相对稳定,年变化率不得超过20%。采用甘肃区域常规台网地震观测报告给出的平均 M_L 震级。选取地震时考虑传输台网所能控制的各个方位均有地震分布。图2为震中分布图。

用最小二乘法进行第一次拟合:

$$A = \frac{(\sum \log(\tau_i)^2) \cdot (\sum \bar{M}_L) - (\sum \log(\tau_i)) \cdot (\sum \bar{M}_L \log(\tau_i))}{n \sum \log(\tau_i)^2 - (\sum \log(\tau_i))^2};$$

$$B = \frac{n(\sum \bar{M}_L) \cdot \log(\tau_i) - (\sum \bar{M}_L)(\sum \log(\tau_i))}{n \sum \log(\tau_i)^2 - (\sum \log(\tau_i))^2}.$$

其中 $i=1, 2, \dots, n$ 。求得

$$M_{D_i} = A + B \cdot \log(\tau_i) + C \cdot \Delta_i; \quad (3)$$

$$M_{D_i} = A + B \cdot \log(\tau_i). \quad (4)$$

利用(3)、(4)两式,分别求出各地震震级的 M_{D_i} ,然后进行第二次最小二乘法计算。考虑到震级系统的相互衔接和国内大部分台网未使用伍德—安德森地震仪,需要建立确定近震事件的震级经验关系,所有事件的震级应根据地震的总持续时间 τ (秒)、震中距及里希特近震震级的经验关系式确定,因此仍用区域台网的平均震级 M_L ,并舍去 $|M_{D_i} - M_L| \geq 0.4$ 以上的数据,分别求出各台的 M_D 方程。

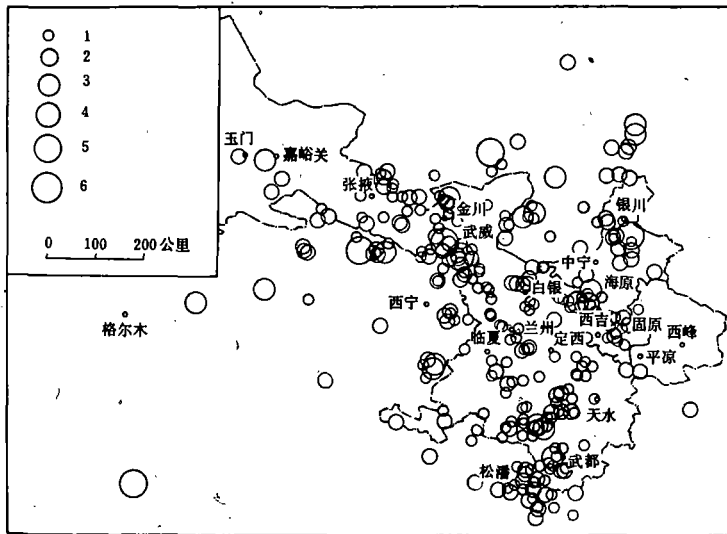


图2 地震震中分布图

1. $M \leq 2.9$; 2. $M = 3.0 - 3.9$; 3. $M = 4.0 - 4.9$;

4. $M = 5.0 - 5.9$; 5. $M = 6.0 - 6.9$; 6. $M \geq 7.0$

2. M_D 与 M_L 的比较

由图3可以看出,当 $2.0 < M_L < 4.6$ 时, $M_D \sim M_L$, 具有较好的线性关系;当 $M_L > 4.6$ 时, $M_D - M_L$ 关系离散度增大,出现 M_D 震级饱和现象;当 $M_L < 2.0$ 时, $M_D - M_L$ 关系离散度也增大,出现 M_D 震级浮值现象,即 M_D 系统偏高于 M_L 。

出现 M_D 震级饱和现象可能是由于大震的尾波谱随着周期增大,受短周期仪频率特性的限制,结果使 τ 值降低,使 M_D 震级偏低;另一方面发生大震时,短周期记录已限幅,区域

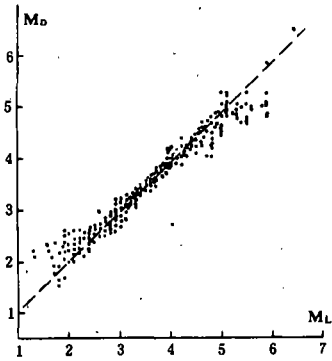


图 3

台网有时根据某台 SK 仪或 513 地震仪直接测定 M_s , 再外推 M_L , 这时的 M_L 往往较用短周期地震仪直接计算的 M_L 偏高⁽¹⁾。

对于 $M_L < 2.0$ 地震, 区域台网对于 M_L 的测定受多种因素的影响, 一般测值偏低⁽¹⁾。而 M_b 仅与持续时间 τ 有关, 因此, M_b 测值是稳定、可靠的。

3. 仪器放大倍数对 M_b 震级测定的影响

分析发现, 台站观测仪器的放大倍数对 M_b 震级测定有一定的影响。但是当放大倍数改变 50% 以上时, 测定 M_b 震级不需要改变震级公式中的各系数值, 只需对改变了的频率特性的 τ 值进行修正, 这是因为台基和介质散射特性将不会发生大的改变, 持续时间 τ 显然仅与

频率特性高低密切相关。

设某台仪器的放大倍数为 v_0 , 持续时间为 τ_0 , 由于 τ_0 由 v_0 控制, 则可写成 $\frac{\tau_0}{v_0}$; 当放大倍数由 v_0 变为 v_1 时, 设持续时间为 τ_1 , 则有 $\frac{\tau_1}{v_1}$ 。为了使公式中的系数 A、B 保持不变, 需要对 τ 值进行修正。

$$\text{设} \quad \frac{\tau_0}{v_0} = K \cdot \frac{\tau_1}{v_1}, \quad \text{则} \quad \tau_0 = K \cdot \tau_1 \frac{v_0}{v_1}。$$

$$\text{令} \quad \frac{v_0}{v_1} = K_1, \quad \text{则} \quad \tau_0 = K_1 \cdot K \cdot \tau_1。$$

$$\text{令} \quad I = K_1 \cdot K, \quad \text{则} \quad \tau_0 = I \cdot \tau_1。 \quad (5)$$

(5) 式中 I 反映了放大倍数的改变量, K 是与其它各种物理因素有关的一个参数。 I 值要根据实际观测资料求出, 并要求地震次数 $N \geq 30$ 次。具体作法是, 首先应用 $M_b - M_L$ 关系, 选择 $2.0 < M_L < 4.6$ 的地震, 将 I 值代入 M_b 公式, 即 $M_b = A + B \log(\tau_1 \cdot I)$, 变化 I 值, 将 M_b 与 M_L 的平均偏差为最小时的 I 值作为 τ 的校正值。以盐池、永登、两台为例, 盐池台 1986 年仪器换限幅前置板, 其放大倍数由 14 万倍变为 7 万倍, 用 30 次地震求得该台 $I = 1.55$ 时, 其 $|M_b - M_L|$ 的平均偏差 $D = -0.035 - 0.022$, 标准差 $\delta = 0.232 - 0.236$ 。永登台仪器放大倍数由 9.8 万倍变为 16.7 万倍, 求得 $I = 0.68, D = -0.113 - 0.005$ 。

由上述两台的实例表明, 当仪器放大倍数改变时, 无需重新拟合新的 M_b 公式, 只需将 τ 乘以一个 I 值就可使所测 M_b 与原震级水平相同。当仪器频率特性年变化率为 10% 时, 无需加任何修正。但是在放大倍数年变化率达 30% 以上时就要考虑校正。

4. 小结

利用 M_b 震级公式, 用兰州电传台网记到的 22 次地震作了系统检验, 表 3 给出了检验结果。结果表明除两次 $M_L > 4.6$ 地震出现震级饱和外, 19 次地震的 $M_b - M_L \leq 0.2$, 其中 $M_b - M_L = 0$ 的地震占 37%; $M_b - M_L = \pm 0.1$ 的占 25%。平均偏差 $D = 0.03$ 。

在检验过程中, 对放大倍数变化较大的盐池和永登两台的 τ 值用本文得到的 I 值做了

表 1 M_b 震级公式各系数取值

台站名称	台址 岩性	$M_b = A + B \cdot \log(\tau) + C \cdot \Delta$						各台记录的 地震次数 N				$M_b = A + B \cdot \log \tau$				
		A	B	C	DIF	ABS	SD _i	A	B	DIF	ABS	SD	A	B	DIF	ABS
景泰	砂页岩	-0.496	1.976	3.8×10^{-4}	-2.79×10^{-12}	0.173	0.205	188				-0.619	2.09	-5.3×10^{-4}	0.176	0.21
盐池	花岗岩	-0.726	1.987	1.09×10^{-3}	1.47×10^{-4}	0.159	0.191	242				-1.117	2.347	-4.74×10^{-5}	0.189	0.231
水登	变质石英砂岩	-0.631	1.841	8.5×10^{-4}	-5.0×10^{-6}	0.164	0.196	199				-0.894	2.09	1.51×10^{-4}	0.180	0.226
岷县	砂岩	-0.063	1.636	1.3×10^{-3}	-2.8×10^{-4}	0.140	0.167	107				-0.688	2.156	3.77×10^{-4}	0.196	0.243
临夏	闪长岩	-0.575	1.904	1.5×10^{-3}	-1.93×10^{-11}	0.164	0.193	108				-1.176	2.428	-1.98×10^{-4}	0.209	0.268
文县	变质砂岩	-0.869	2.009	1.0×10^{-3}	-1.41×10^{-4}	0.175	0.205	79				-1.368	2.371	-4.06×10^{-11}	0.218	0.262
兰州	砂岩	0.081	1.558	1.3×10^{-3}	-1.79×10^{-4}	0.216	0.276	111				-0.077	1.809	2.68×10^{-4}	0.242	0.313
九条岭	花岗岩	-0.027	1.665	6.0×10^{-4}	3.17×10^{-4}	0.162	0.194	128				-0.257	1.86	-2.44×10^{-4}	0.177	0.221
红崖山	变质岩	-0.041	1.793	5.0×10^{-4}	-6.25×10^{-4}	0.165	0.196	97				-0.170	1.923	-3.12×10^{-4}	0.174	0.206
石岗	变质砂岩	0.116	1.425	9.0×10^{-4}	-2.78×10^{-4}	0.151	0.178	78				-0.534	1.892	-1.38×10^{-4}	0.172	0.220
老爷山	花岗岩	-0.018	1.463	1.2×10^{-3}	-6.6×10^{-4}	0.136	0.171	98				-0.976	2.11	2.22×10^{-4}	0.207	0.263

表 2 盐池台和永登台 M_b 随仪器频率特性变化

台站	$M_b = A + B \cdot \log(\tau) + C \cdot \Delta$			地震次数 N	放大倍数 $V(1.0^\circ)$	$M_b = A + B \cdot \log(\tau)$		说 明
	A	B	C			A	B	
盐池台	-0.726	1.987	0.00109	242	1984年 14.4×10^4 1985年 12.9×10^4 1986年 7×10^4	-1.117	2.34	测量的数据全部使用
	-0.842	2.073	0.0010	54	14.4×10^4	-1.199	2.41	1984年5月以后54个地震
	-1.184	2.310	0.0005	18	14.4×10^4	-1.504	2.55	1984年5月以后18个地震
	-0.5446	1.808	0.0015	51	12.9×10^4	-1.124	2.34	1985年3月以后51个地震
	-0.507	1.791	0.0015	19	12.9×10^4	-1.25	2.41	1985年3月以后19个地震
	-0.8941	2.234	0.0013	19	7.0×10^4	-1.25	2.63	1986年3月以后19个地震
永登台	$M_b = A + B \cdot \log(\tau) + C \cdot \Delta$			地震次数 N	放大倍数 $V(1.0^\circ)$	$M_b = A + B \cdot \log(\tau)$		说 明
	A	B	C		14.1×10^4 9.8×10^4 16.7×10^4	A	B	
	-0.631	1.841	0.0008	199		-0.894	2.09	测量的数据全部使用
	-0.438	1.774	0.0008	68	9.8×10^4	-0.755	2.05	1985年的地震数据
-0.643	1.895	0.0002	42	14.1×10^4		-0.659	1.93	1984年的地震数据

表 3

编号	时间	\bar{M}_D	\bar{M}_L	$\bar{M}_D - \bar{M}_L$	备注
1	1986年5月2日	2.9	3.1	-0.2	
2	1986年5月4日	2.3	2.3	0	
3	1986年5月15日	3.2	3.3	-0.1	
4	1986年5月16日	3.1	3.2	-0.1	
5	1986年5月18日	3.1	3.1	0	
6	1986年5月23日	3.4	3.1	+0.1	
7	1986年5月26日	4.2	4.2	0	
8	1986年5月27日	3.0	2.7	+0.3	
9	1986年5月20日	3.7	3.9	-0.2	
10	1986年6月29日	3.4	3.2	+0.2	
11	1986年6月25日	2.1	2.0	+0.1	
12	1986年6月24日	3.1	3.3	-0.2	
13	1986年6月22日	2.2	2.4	-0.2	
14	1986年6月3日	4.6	5.0	-0.4	震级饱和的影响
15	1986年6月1日	3.8	4.0	-0.2	
16	1986年6月3日	3.9	3.9	0	
17	1986年7月28日	2.8	2.8	0	
18	1986年7月9日	2.4	2.4	0	
19	1986年7月4日	4.0	4.7	-0.7	震级饱和的影响
20	1986年7月3日	2.8	2.8	0	
21	1986年7月2日	3.8	3.7	+0.1	
22	1986年7月8日	3.3	3.5	-0.2	

校正,取得了较好的效果。说明用本文方法修正频率特性变化后的 τ 值将是可行的。

目前甘肃区域台网全部采用地动位移计算近震震级, M_D 震级系统的建立使测定近震震级增加了一种方法,同时还可以将两种方法进行对比研究。当大震或近震使短周期地震仪记录全部限幅时, M_D 震级标度将会起到重要的作用。对个别地震 M_L 与 M_D 产生系统偏差时,应进一步研究 M_L 与 M_D 的精度与稳定度,以取得合理的地震震级计算系统。

(国家地震局兰州地震研究所 张树勋 任 群)

参考文献

- (1)张诚,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, Vol. 2, No. 3, 1981.

STUDY OF THE M_D MAGNITUDE FORMULATION FOR SEISMIC NETWORK OF GANSU PROVINCE AND ITS VICINITY

Zhang Shuxun, Ren Qun

(Earthquake Research Institute of Lanzhou, SSB, China)