

陈祥开, 曾维顺, 丁有兴, 等. 海南区域量规函数与台网震级的研究[J]. 华南地震, 2018, 38 (1): 77-82. [CHEN Xiangkai, ZENG Weishun, DING Youxing, et al. Study of the Calibration Function and the Magnitude of Seismic Network in Hainan[J]. South China journal of seismology, 2018, 38(1): 77-82.]

## 海南区域量规函数与台网震级的研究

陈祥开, 曾维顺, 丁有兴, 张华美, 田 轶, 彭利媚, 陈小敏, 苏荣托雅  
(海南省地震局, 海口 570203)

**摘要:** 选取海南数字台网其中4个台站记录到的地震资料, 资料时间从2009年1月至2016年8月, 总计280条地震, 累计样本数3 006个, 通过震级残差统计方法计算各子台震级与台网震级的偏差、平均偏差和标准偏差, 分析震级偏差频次分布, 修正了海南地区880 km以内的 $M_L$ 量规函数。

**关键词:** 震中距; 量规函数; 震级偏差; 台网震级

中图分类号: P315.75 文献标志码: A 文章编号: 1001-8662 (2018) 01-0077-06

DOI: 10.13512/j.hndz.2018.01.010

## Study of the Calibration Function and the Magnitude of Seismic Network in Hainan

CHEN Xiangkai, ZENG Weishun, DING Youxing, ZHANG Huamei, TIAN Yi,  
PENG Limei, CHEN Xiaomin, SURONG Tuoya  
(Hainan Earthquake Agency, Haikou 570203, China)

**Abstract:** The paper selects the seismic data recorded by the 4 stations of Hainan seismic network, which are from January 2009 to August 2016, with a total of 280 earthquake, and the cumulative number of samples 3 006. The paper calculates the deviation, average deviation and standard deviation between the substation magnitude and network magnitude by the statistic method of magnitude residuals deviation, analyzes the distribution of the deviation frequency of magnitude, and modifies  $M_L$  calibration function within 800 km of Hainan region.

**Keywords:** Epicenter distance; Calibration function; Magnitude deviation; Seismic Network

收稿日期: 2016-06-08

基金项目: 中国地震局三结合项目(152101)资助

作者简介: 陈祥开(1985-), 男, 工程师, 从事地震监测工作, 主要研究地震波形震相分析、地壳反演等研究。

E-mail: xiang.kai.chen@qq.com.

## 0 引言

1935年,里克特在研究美国南加州地震时引入近震震级标度  $M_L$ ,在研究南加州浅源地方性地震时,里克特注意到这样一个事实:若将一个地震在不同距离的台站上所记录到的最大振幅  $A$  的对数  $\lg A$  与对应的震中距  $\Delta$  作图,则不同大小的地震所给出的  $\lg A-\Delta$  关系曲线都相似,并且近似平行。对于  $A_1$  与  $A_0$  两个地震,若设  $A_1(\Delta)$  与  $A_0(\Delta)$  分别是其所记录到的两个地震的最大振幅,则有  $\lg A_1(\Delta)-\lg A_0(\Delta)=\text{常数}$ ,且与震中距  $\Delta$  无关,若取  $A_0$  为一个标准地震即参考事件的最大振幅,则任一地震的地方性震级  $M_L$  可以定义为:

$$M_L = \lg A(\Delta) - \lg A_0(\Delta) \quad 30 \text{ km} \leq \Delta \leq 600 \text{ km} \quad (1)$$

式(1)中,  $A(\Delta)$  是被测地震的最大振幅,  $A_0(\Delta)$  与  $A_0(\Delta)$  必须在同一距离用同样的地震仪测得<sup>[2]</sup>。量规函数是近震震级  $M_L$  测量中用地震波振幅(或位移)沿传播途径衰减变化的补偿值,是地震波随距离增大而衰减的平均度量,也是地震波区域衰减特征的一个定量性描述<sup>[6]</sup>。

多年来的实际观测和研究表明,近震震级量规函数在反映我国地壳的地区性特征方面还存在一些问题,对同一地震,在观测仪器一样、台基条件相似的条件求出震级会有差异,有事差别很大<sup>[2]</sup>。据文献记载,自1980年以来,许多地震工作者开展了大量研究,取得了不少有益的成果。严尊国通过震级残差统计分析和近震最大震相平均衰减形态的研究<sup>[8]</sup>,确立了我国东部地区和西部地区的中国近震震级量规函数,并约定了它们的使用区域,在此基础上,1995年利用新的地震观测资料,通过震级残差统计方法,检验其合理性<sup>[9]</sup>。目前,在河北、山西、江西、甘肃等地震台网都开

展了近震震级量规函数的研究工作<sup>[4-5,11-12]</sup>。

基于震级残差统计方法,使用海南地震台网记录的地震观测资料,对24个子台震级偏差进行定量的统计分析,研究其产生偏差的原因,修正并确定海南区域的量规函数,以提高海南地震台网震级测定的精度。

## 1 海南台网概括与资料选取

海南省数字测震台网(以下简称海南台网)是在“九五”建设的基础上新建和改建。

“九五”期间,海南省地震局建成了由1个台网中心、9个台站和1个中继站构成的海南地震台网。建成的台网使海南省琼东北地区的地震监测能力达到  $M_L \geq 1.0$ ,海南岛陆的地震监测能力达到  $M_L \geq 2.0$  级。截至2014年,海南台网建成了一个由24个数字地震台组成的台网,其中3个台站是新建台站(西沙台、临高台、九所台),此次选取的资料不涉及新建台站的台站。2个台站使用 CTS-1EF 甚宽频带地震计,3个台站使用 CMG-3ESPC-60 宽频带地震计,其余台站使用 BBVS-60 宽频带地震计。地震数据采集器字长全部为24位,采样率均为100 Hz。使用 SDH 或者 CDMA 的传输方式,把数据传送到海南省局台网中心,并实现数据汇集。

本文资料选取自2009年1月至2016年08月,海南台网子台4个以上所记录到的地震事件280条(如图1所示),其中海南省内及周边海域地震165条,省外地震115条,使用台网子台21个的地震资料。以这些资料为基础,利用 JOPENS 软件提供的单纯型定位,求取各个子台震级、各个子台经震中距以及台网震级,共计3 006个(如表1所示),震中距的范围3~887 km。

表1 资料选取统计表

Table 1 Data selection statistical list

日期/(年-月)	海南省内及周边海域地震条数	海南省外地震条数	子台震级的数量统计
2009-01~2019-12	15	11	339
2010-01~2010-12	21	20	334
2011-01~2011-12	16	10	386
2012-01~2012-12	22	16	412
2013-01~2013-12	20	10	374
2014-01~2014-12	26	13	409
2015-01~2015-12	31	22	402
2016-01~2016-08	14	13	350
合 计	165	115	3 006

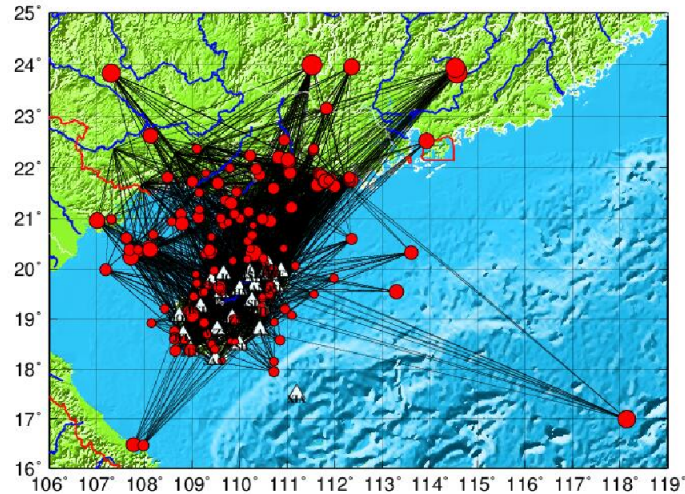


图 1 台站、地震分布图

Fig.1 The distribution map of station and earthquake epicenter

2 分析方法

通过地震资料的收集,对地震震级残差进行统计,主要对子台震级与台网平均震级的比较,产出子台震级偏差值随震中距的变化情况,最后修正量规函数。

目前,全国数字台网的速度型记录推荐采用的震级计算公式为<sup>[2]</sup>:

$$M_i=\lg \frac{A v * T}{2 I I}+R(\Delta) \tag{1}$$

式(1)中:  $A v$  为最大地动速度,  $A v=\frac{A v(E W)+A v(N S)}{2}$ ;  $T$  为最大地动速度对应的周期;  $R(\Delta)$  为量规函数。

假设台网震级为  $M_{Li}$ , 则第  $j$  个台站, 按公式(1)求得震级  $M_{Lij}$ , 然后对第  $i$  个地震所记录到的子台求震级平均值和标准偏差, 即:

$$M_{Li}=\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N M_{Lij} \tag{2}$$

$$\delta_i=\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N\left(M_{Lij}-M_{Li}\right)^2}{N-1}} \tag{3}$$

第  $i$  个地震, 第  $j$  个子台震级偏差和平均偏差为:

$$\Delta M_{Lij}=M_{Lij}-M_{Li} \tag{4}$$

$$\Delta M_{Li}=\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N\left(M_{Lij}-M_{Li}\right) \tag{5}$$

3 结果分析

海南地震台网 21 个台(除新建子台西沙台、九所台、临高台外)所记录到的 280 条地震数据进

行整理统计, 用以上方法计算, 得到了各子台震级与台网震级 的平均偏差和标准偏差。计算结果如表 2 所示。

表 2 各子台计算得到的平均偏差和标准偏差

Table 2 Average deviation and standard deviation calculated from each station

序号	台站名称	台站代码	样本数	标准偏差	平均偏差
1	那大	NAD	167	0.02	-0.09
2	东方	DOF	90	0.03	-0.19
3	三亚	SAY	79	0.04	-0.49
4	翁田	WET	177	0.04	-0.22
5	琼海	QIH	143	0.02	-0.02
6	万宁	WAN	157	0.02	-0.01
7	陵水	LSH	120	0.02	-0.08
8	五指山	WZS	163	0.02	-0.05
9	尖峰岭	JFL	107	0.02	0.06
10	白沙	BSH	172	0.03	0
11	松林岭	SLL	154	0.03	0.27
12	澄迈台	CHM	213	0.03	-0.14
13	七星岭	QXL	191	0.05	0.35
14	青山岭	QSL	174	0.03	0.16
15	白石岭	BSL	183	0.03	0.15
16	琼中	QZN	156	0.03	0.04
17	定安台	DAN	178	0.02	-0.03
18	火山	HSK	46	0.02	-0.03
19	永茂岭	YML	68	0.02	-0.16
20	演丰	SHP	78	0.04	0.27
21	三江	SAJ	67	0.03	0.20

3.1 子台震级与台网震级的偏差分析

从上述表 1 可以看到 21 个子台都存在一定的震级偏差, 平均偏差范围在-0.49~0.35 之间, 震级平均

偏差的绝对值在 0.2 以内只占 80.9%，但标准偏差基本在 0.2 以内，说明震级偏差离散程度较小。

统计海南台网 21 个子台，280 条的地震的样本，并做子台震级与平均震级偏差值的统计，偏差基本呈正态分布，但分散度较高，如图 2 所示。在 280 条地震的 3 006 个子台震级中，偏差值的绝对值在 0.2 以内共计 1 531 次，占 50.9%；偏差值

的绝对值在 0.2~0.3(含 0.2、0.3)共计 1 051 次，占 34.9%；偏差值在 0.3~0.4(含 0.3、0.4)共计 819 次，占 27.2%；偏差值的绝对值在 0.4~0.5(含 0.4、0.5)共计 532 次，占 17.6%；偏差值的绝对值在 0.5~0.6(含 0.5、0.6)共计 327 次，占 10.8%；偏差值的绝对值在 0.6~0.7(含 0.6、0.7)共计 184 次，占 6.1%；大于 0.7 的 88 次，占 2.9%。

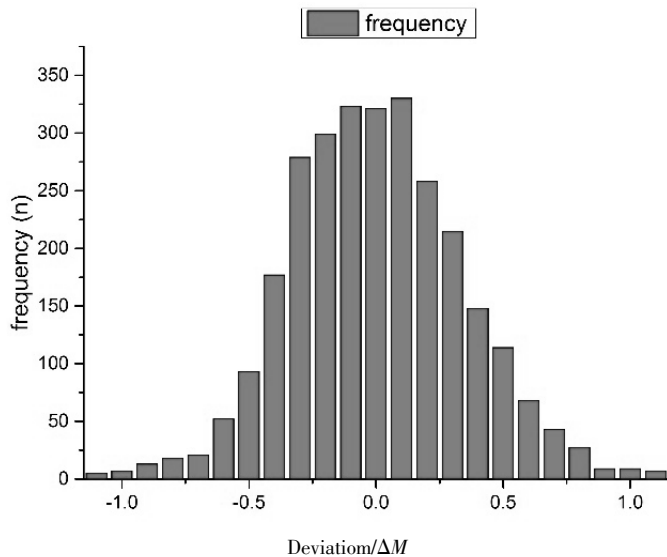


图 2 子台震级与平均震级偏差统计

Fig.2 Statistic of magnitude deviation between single station and average one

3.2 子台震级偏差值随着震中距变化规律

为了研究子台震级偏差随震中距的变化规律，将 21 个子台的震级偏差数据，按 10 km 间隔求其平均偏差值 $\overline{\Delta M_{I_k}}$ ，在 0~880 范围内，分 88 个间隔，其表达式如下式(6)所示。

$$\overline{\Delta M_{I_k}}=\frac{1}{N}\sum_{j=1}^N\Delta M_{I_j}$$

(6)

式(6)中： $k$  是间隔序数， $N$  为间隔范围内震级偏差样本数。计算结果如表 3 所示。

从表 2 可以得知：震中距在 40 km 和 400 km 之间，平均偏差值绝对值未出现超过 0.2，说明量规函数适用；如图 3 所示，震中距在 40 km 之前，和 400 km 之后，平均偏差是变化幅度比较大的，说明量规函数有必要修正一下。

表 3 子台震级偏差按震中距分段统计

Table 3 The fragment statistics of magnitude deviation of single station with epicenter distance

震中距/km	样本数/N	平均偏差	震中距/km	样本数/N	平均偏差	震中距/km	样本数/N	平均偏差
0~10	11	-0.17	290~300	37	-0.065	80~590	5	-0.10
10~20	63	0.03	300~310	68	-0.11	590~600	1	0.10
20~30	75	-0.43	310~320	43	0.01	600~610	1	-0.25
30~40	111	-0.20	320~330	31	0.05	610~620	3	-0.23
40~50	95	-0.20	330~340	20	-0.11	620~630	3	0.07
50~60	103	0.09	340~350	14	0	630~640	3	-0.13
60~70	123	0	350~360	15	0	640~650	1	0.10
70~80	123	0.02	360~370	21	-0.07	650~660	1	-0.40
80~90	138	0.06	370~380	7	0	660~670	2	0
90~100	126	0.01	380~390	14	0.31	670~680	3	-0.03

(转下表)

(接表 3)

震中距/km	样本数/N	平均偏差	震中距/km	样本数/N	平均偏差	震中距/km	样本数/N	平均偏差
100~110	134	-0.05	390~400	15	0.18	680~690	0	0
110~120	141	-0.02	400~410	17	0.09	690~700	2	-0.10
120~130	133	0.05	410~420	7	-0.04	710~720	1	0.40
130~140	52	0.144 4	420~430	3	0.07	720~730	1	-0.10
140~150	120	0.05	430~440	6	-0.08	730~740	0	0
150~160	131	0.12	440~450	4	0.18	740~750	0	0
160~170	115	0.01	450~460	7	-0.11	750~760	1	0.1
170~180	86	0.03	460~470	4	-0.08	760~770	2	0.10
180~190	88	0.15	470~480	4	0.08	770~780	0	0
190~200	84	0.07	480~490	3	-0.17	780~790	0	0
200~210	63	0.10	490~500	3	-0.23	790~800	0	0
210~220	75	0.05	500~510	2	0.10	800~810	0	0
220~230	98	0.01	510~520	2	-0.40	810~820	0	0
230~240	47	0.18	520~530	1	0.10	820~830	0	0
240~250	71	0.01	530~540	4	0.10	830~840	3	-0.17
250~260	81	0.15	540~550	4	-0.20	840~850	2	-0.20
260~270	69	-0.01	550~560	1	0.10	850~860	1	0.30
270~280	46	-0.10	560~570	0	0	860~870	2	-0.30
280~290	46	-0.10	570~580	3	-0.33	870~880	2	0

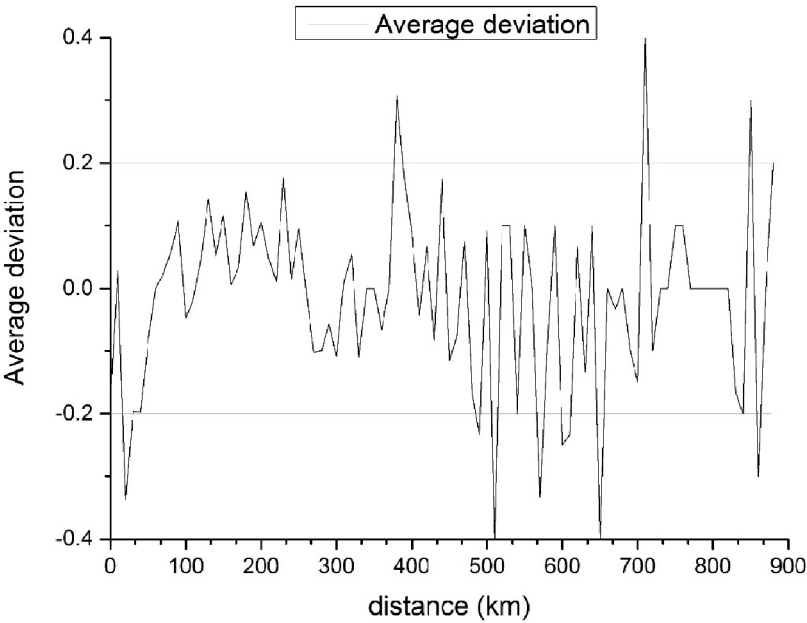


图 3 子台震级偏差随震中距的变化图

Fig.3 Variation of magnitude deviation of single station with epicenter distance

3.3 修正量规函数

从图 3 可以得知，震中距小于 40 km 和大于 400 km 时，子台震级的稳定性较弱，说明量规函数不稳定，不适适合海南区域，需要进行修正。取表 2 中平均偏差的负值为量规函数的修正值，对这一范围内的数据进行修正，重新计算各子台震级的偏差、平均偏差，修正后的量规函数 R2 与

原量规函数R1 之间的比较，如下图 4 所示。

4 结语

本文通过选取海南地震台网记录到的资料，对 21 个台站的数据进行了归类统计分析，得出以下结论：



图4 量规函数比较图

Fig.4 Comparison of calibration function after correction

(1) 子台震级与台网平均震级的偏差值, 三亚台、翁田台、七星岭、永茂岭和演丰台偏差值较大, 其余台站均较小。其中, 三亚台、翁田台、七星岭的偏差主要来自于量规函数的影响, 而永茂岭和演丰台的偏差经核实, 是来自仪器本身设置参数有问题。

(2) 各子台震级在震中距小于 40 km 和大于 400 km 时, 量规函数变化较大, 但对该范围的量规函数进行修正后, 各子台震级偏差明显下降, 说明修正量规函数是具有实际意义的。

(3) 实际工作应用方面, 在大震速报时, 建议使用 50 km 至 400 km 范围的台站参与震级计算。

由于选取的资料有限, 较远的震中距数据缺少, 因此得出的结论难免有一定的局限性, 这有待进一步积累资料再研究。

[7] 何晓群, 刘文卿. 应用回归分析(第二版)[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2007.

[8] 严尊国, 李普丽, 师蓉梅. 中国近震震级量规函数研究[J]. 中国地震, 1992, 8(4): 76-91.

[9] 严尊国, 李普丽, 师蓉梅. 中国近震震级量规函数检验研究[J]. 华南地震, 1995, 15(1): 1-11.

[10] 黄瑞和, 曾日祥. 广西地区震级量规函数  $R(\Delta)$  修正和台基校正[J]. 地震地磁观测与研究, 1989, 10(6): 10-14.

[11] 赵明淳, 毛国良, 张丛珍, 等. 河北遥测台网速度震级偏差与量规函数关系的研究[J]. 地震地磁观测与研究, 2005, 26(5): 87-94.

[12] 陈继峰, 尹欣欣, 董宗明, 等. 甘肃地区近震震级的量规函数研究[J]. 中国地震, 2013, 29(3): 327-334.

## 参考文献:

- [1] 刘瑞丰, 党京平, 陈培善. 利用速度型数字地震仪记录测定面波震级[J]. 地震地磁观测与研究, 1996, 17(2): 1-4.
- [2] 陈运泰, 刘瑞丰. 地震的震级[J]. 地震地磁观测与研究, 2004, 25(6): 1-12.
- [3] 林仙坎. 闽台地区近震震级  $M_L$  量规函数研究[J]. 中国地震, 2006, 22(3): 287-293.
- [4] 项月文, 曾文敬, 罗丽, 等. 江西数字地震台网近震震级与量规函数关系的研究[J]. 华南地震, 2010, 30(3): 95-104.
- [5] 孟晓琴, 梁向军, 张玲, 等. 山西地震台网速报震级与量规函数的研究[J]. 山西地震, 2008, 36(2): 19-23.
- [6] 薛志照. 近震震级  $M_L$  量规函数与台站校正[J]. 华北地震科学, 1992, 10(1): 60-651.