

许亚吉,杨晶琼,秦敏,2020. 云南地区S波非弹性衰减与 $M_L$ 震级测定研究. 中国地震,36(1):105~114.

# 云南地区S波非弹性衰减 与 $M_L$ 震级测定研究

许亚吉 杨晶琼 秦敏

云南省地震局,昆明 650224

**摘要** 选取云南地震台网记录的地震波形资料,通过基于遗传算法的 Atkinson 方法分别计算云南3个区域的介质品质因子 $Q_0$ 值。根据云南地区地震波衰减的区域性差异,通过震级偏差统计分析了47个台站的单台 $M_L$ 震级偏差情况。结果显示:云南属于低 $Q_0$ 值地区,区域性差异明显。位于云南西部区域1的 $Q_0$ 值相对较高,为251.3;东部的区域3的 $Q_0$ 值次之,为216.9;中部的区域2的 $Q_0$ 值最低,为102.6。 $Q_0$ 值越小的地区,S波衰减程度越大,单台震级偏小于台网平均震级的台站也就越多。同一地区的台站在测定相同区域内的地震时,虽然地震波非弹性衰减程度相近,但由于受到各台站场地不同增益作用的影响,其单台震级偏差情况有所不同。

**关键词:** 非弹性衰减  $Q_0$ 值 震级偏差

[文章编号] 1001-4683(2020)01-0105-10 [中图分类号] P315 [文献标识码] A

## 0 引言

$M_L$ 震级最早由里克特提出,因其简单实用,至今仍作为测定中小地震的主要震级标度。由于地震波受震源、传播路径、台基情况等因素的影响,测震台站单台震级与台网平均震级出现偏差无法避免,特别是方位不同的台站测定的 $M_L$ 震级,有时会出现1.0级以上的偏差(卢婷等,2017)。为减小单台震级偏差,国内众多学者就 $M_L$ 震级测定问题开展了大量的研究工作。陈培善等(1983)利用1972~1978年发生在川滇地区的140个地震分析了量规函数、台站方位、台基以及测量方法对测定震级 $M_L$ 的影响。秦嘉政等(1986)分析了测震仪器、地震波衰减区域差异对 $M_L$ 震级的影响。陈继锋等(2013)选用甘肃地震台网2009~2012年记录到的地震资料,对各台站的震级偏差情况进行分析,得到甘肃地区的区域量规函数。吕作勇等(2015)对广东地震台网的44个台站进行 $M_L$ 震级偏差的统计分析,得到各台站的单台校正值。刘芳等(2017)利用2008~2015年内蒙古地震台网记录到的地震资料,得到内蒙古地区的区域量规函数。

云南地处青藏高原的东南边缘,是印度板块向中国大陆挤压作用的前沿地带,区域内地震活动频繁、地壳结构复杂、深部介质构造区域性差异较大(苏有锦等,1999)。这使得地震

[收稿日期] 2019-06-27; [修定日期] 2020-02-03

[项目类别] 云南省地震局青年地震科学基金(2018k02)项目资助

[作者简介] 许亚吉,男,1983年生,工程师,主要从事地震监测与数字地震学工作。E-mail: xu5149381@163.com

波在途经不同区域时衰减程度不同,同一个台站在测定震中位于不同区域的地震时,其单台震级与台网平均震级的偏差情况会有所不同。因此,本文收集整理了云南地震台网记录到的地震事件相关资料,选用互相衔接的三分段几何衰减模型,运用基于遗传算法的 Atkinson 方法 (Atkinson et al, 1992) 计算得到云南 3 个区域的介质品质因子  $Q_0$  和介质衰减系数  $\eta$ 。结合云南地区 S 波衰减的区域差异,在定量统计的基础上探讨  $M_L$  的测定问题,使单台  $M_L$  震级的测定更适合云南的区域实际情况。

## 1 分区

本文主要根据云南地区的区域构造特征来进行分区。金沙江-红河断裂带和小江断裂带是云南地区的 2 条主要断裂带。金沙江-红河断裂带东西两侧的构造环境、深部介质结构存在明显差异,通常以此作为云南东部和西部的分界线 (苏有锦等, 1999)。我们将金沙江-红河断裂带以西地区作为研究区域 1,该区域包含滇缅泰块体、印支板块 2 个一级构造单元,地震活动频繁。将金沙江-红河断裂带以东、小江断裂带以西地区作为研究区域 2;该区域主要包含中甸-丽江-大理地区、东川-昆明-玉溪地区,是云南地区地震活动最强烈的区域,多次发生  $M \geq 5.0$  地震。将小江断裂以东地区作为研究区域 3,该区域主要为相对稳定的华南板块和滇东块体,除昭通地区外,地震活动相对较弱。分区情况见图 1。

## 2 $Q$ 值计算

### 2.1 数据挑选

云南地震台网 47 个台站基本上按云南省的国土面积平均分布,东部的昭通地区、曲靖地区 and 文山地区台站分布相对较稀疏,台站间距 100~200km;西部地区和中部地区台站分布较密,台站间距 50~100km。为了保证计算精度,按照以下条件对数据进行挑选:①为使地震射线能较好覆盖研究区域,所选地震和台站在空间分布上尽可能均匀;②震级  $3.0 \leq M_L \leq 4.5$ 、震源深度在 30km 内、地震波信噪比大于 1.5dB;③每个地震至少被 3 个台站记录到、每个台站至少能记录到 3 次地震。经过筛选,挑选出 2011~2017 年的 79 条地震用于计算。区域 1 选用 20 个台站记录到的 32 个地震,区域 2 选用 16 个台站记录到的 26 个地震,区域 3 选用 11 个台站记录到的 21 个地震。台站分布、震中分布及地震波射线路径见图 1。

### 2.2 $Q$ 值计算原理

去除自由表面效应、噪声干扰及仪器响应后,某一台站记录到的任一地震地面运动的剪切波位移谱为

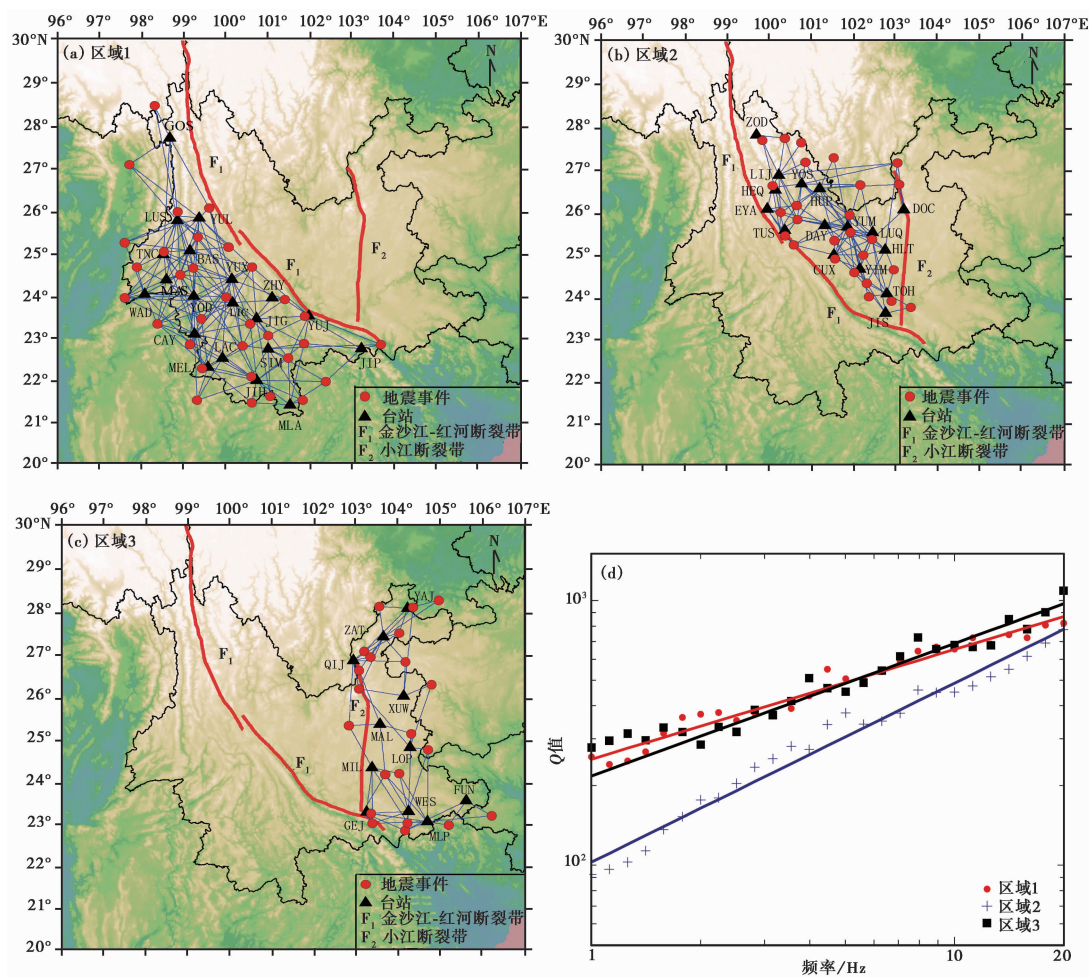
$$A_{ij}(f) = A_{i0}(f) P_{ij}(f) S_j(f) \quad (1)$$

其中,  $A_{ij}(f)$  为第  $j$  个台站观测到第  $i$  个地震的位移谱,  $A_{i0}(f)$  为第  $i$  个地震的震源谱,  $S_j(f)$  为第  $j$  个台站的场地响应,  $P_{ij}(f)$  为地震波到第  $j$  个台站的传播路径,  $f$  为地震波的频率。

$$P_{ij}(f) = G(R_{ij}) e^{-c(f)R_{ij}} \quad (2)$$

式中,  $G(R_{ij})$  为几何衰减函数,本文采用三分段几何衰减模型 (Atkinson et al, 1992),  $R_{ij}$  为震源距,非弹性衰减系数  $c(f)$  与介质品质因子  $Q(f)$  存在如下关系

$$Q(f) = \frac{\ln \pi f}{c(f) v_s} \quad (3)$$

图 1 各区域地震波射线路径(a)、(b)、(c)及  $Q(f)$  拟合曲线(d)

式中,  $v_s$  为 S 波速度。

假定不同台站记录到的同一地震的震源谱相同, 定义残差

$$k_{ij} = [\lg A_{i0}(f)]_j - \lg A_{i0}(f) \quad (4)$$

式中,  $\lg A_{i0}(f)$  是第  $i$  个地震各台站震源谱的平均值。运用遗传算法, 通过调整使同一地震得到的  $k_{ij}$  最小 (刘杰等, 2003), 从而求出非弹性衰减系数  $c(f)$ , 进而拟合得到  $Q(f)$ 。

### 2.3 $Q$ 值反演结果

考虑到  $Q$  值与频率  $f$  相关, 用  $f$  的幂函数形式  $Q(f) = Q_0 f^\eta$  来拟合  $Q$  与频率  $f$  的关系。 $Q_0$  是  $f$  为 1 Hz 时的  $Q$  值,  $\eta$  是介质衰减系数, 地震波非弹性衰减主要取决于地震波传播区域内的  $Q_0$  和  $\eta$  (汪素云等, 2007)。 $Q_0$  与  $\eta$  具有反向变化规律, 即  $Q_0$  越高则  $\eta$  越低 (地震波衰减吸收慢),  $Q_0$  越低则  $\eta$  越高 (地震波衰减吸收快)。根据云南地震台网产出的观测报告, 计算  $M_L$  震级时, 两水平向 S 波最大振幅对应的频率主要在 1~20 Hz 频段内。因此, 本文仅拟合 1~20 Hz 频段内 3 个区域的衰减关系。

云南 3 个区域的  $Q(f)$  与频率  $f$  关系分别为:  $Q_{\text{区域1}}(f) = 251.3f^{0.4147}$ ,  $Q_{\text{区域2}}(f) = 102.6f^{0.6767}$ ,  $Q_{\text{区域3}}(f) = 216.9f^{0.5009}$ 。云南地区  $Q_0$  值较低, 且具有明显的区域性特征, 位于云南西部的区域 1 其  $Q_0$  值相对较高, 东部的区域 3 次之, 中部的区域 2 最低。从图 1 中可以看出, 区域 2 内的台站分布是 3 个区域中最密集的, 地震射线短, 穿透深度浅, 得到的  $Q_0$  值主要是反映浅层介质的衰减情况。地球浅部介质的横向不均匀性大于深部, 地震波在浅部介质内传播时衰减作用更明显。另外, 区域 2 内发育有程海断裂、楚雄-建水断裂等多条深且大的活动断裂, 介质破碎程度较高, 构造活动强烈。这些因素均导致区域 2 内的  $Q_0$  值偏低。

地壳速度结构与地震波衰减有一定程度的相关性, 即低速区衰减快, 高速区衰减慢。区域 3 的中下层地壳及上地幔顶部(震源深度在 20~50km 范围)普遍发育有低速层; 而区域 1 内大部分地区的上地壳(震源深度小于 20km)为高速区(如大理、腾冲、龙陵等地区), 未发现中下地壳有低速层(苏有锦等, 1999, 2006)。区域 3 内台站密度相对较稀疏, 地震波穿透深度较区域 1 大, 主要在低速区传播, 这使得区域 3 内  $Q_0$  值小于区域 1。

### 3 单台震级偏差统计

各台站单台震级的算术平均值为地震事件的最终震级, 因此单台震级与台网平均震级的偏差、单台震级的平均偏差能作为评估该台站震级测定可靠性的重要依据, 同时单台震级偏差平均值的负数可作为台站的震级校正值(张红才等, 2010)。

设台站  $j$  测定地震  $i$  的单台震级偏差为  $\Delta M_{ij}$ , 有

$$\Delta M_{ij} = M_{ij} - M_i \quad (5)$$

台站  $j$  震级偏差平均值为

$$\Delta \overline{M}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta M_{ij} \quad (6)$$

式中,  $M_{ij}$  为台站  $j$  测定地震  $i$  的单台震级,  $M_i$  为地震  $i$  的台网平均震级。

选取云南地震台网在 2010~2017 年记录到的  $2.0 \leq M_L \leq 5.0$  的地震作为分析样本, 限定每个地震有 5 个以上的台站参与震级计算。由于云南地震台网产出的观测报告中含有邻省台站的计算结果, 因此本文重新计算地震事件的台网平均震级, 使邻省台站不参与云南台网的震级计算, 最终得到 8089 个地震事件, 82599 条单台震级记录。对上述数据样本进行偏差统计发现: 对于不同震级档的地震, 单台震级的偏差情况不同, 地震震级越大, 单台震级的偏差程度越大。对于  $2.0 \leq M_L < 3.0$  的 6289 次地震(57100 个单台震级), 偏差值在  $\pm 0.3$  以内的有 49234 个, 占 86.2%, 对该震级档内的地震进行单台震级校正意义不大; 对于  $3.0 \leq M_L \leq 5.0$  的 1800 次地震(25499 个单台震级), 偏差值在  $\pm 0.6$  以内的有 25491 个, 占 96.4%。结合地震波衰减的区域性特征, 本文对  $3.0 \leq M_L \leq 5.0$  的地震按震中位置的空间分布进行了单台震级偏差统计分析, 各台站的震级偏差情况见表 1。

图 2 是位于区域 1 内的 BAS 等 20 个台站在测定不同区域地震的单台震级偏差统计情况。在测定区域 1 内地震时, BAS、GOS、JIG、JIH、JIP、LIC、LUS、YUJ、YUL 的单台震级普遍小于台网平均震级; CAY、LAC、MAS、MEL、MLA、SIM、TNC、YOD、YUX、ZHY 的单台震级普遍大于台网平均震级。位于同一区域内的台站在测定相同区域内地震时, 有的台站震级偏差平均值大于 0, 有的台站震级偏差平均值小于 0, 这可能与各台站的场地增益不同有关。以

表 1                      47 个台站  $M_L$  震级偏差情况 (适用于  $3.0 \leq M_L \leq 5.0$  地震)

| 台站  | 区域 1 内地震   |     | 区域 2 内地震   |     | 区域 3 内地震   |     |
|-----|------------|-----|------------|-----|------------|-----|
|     | $M_L$ 偏差均值 | 样本数 | $M_L$ 偏差均值 | 样本数 | $M_L$ 偏差均值 | 样本数 |
| BAS | -0.2       | 704 | 0.0        | 212 | —          | 5   |
| CAY | 0.2        | 747 | —          | 36  | —          | 3   |
| GOS | -0.2       | 241 | -0.2       | 248 | —          | 5   |
| JIG | -0.3       | 604 | 0.0        | 150 | —          | 20  |
| JIH | -0.1       | 424 | —          | 19  | —          | 13  |
| JIP | -0.2       | 154 | —          | 35  | —          | 38  |
| LAC | 0.2        | 513 | —          | 27  | —          | 6   |
| LIC | -0.1       | 723 | 0.2        | 153 | —          | 19  |
| LUS | -0.3       | 587 | 0.0        | 256 | —          | 9   |
| MAS | 0.4        | 707 | 0.5        | 83  | —          | 1   |
| MEL | 0.1        | 533 | —          | 19  | —          | 5   |
| MLA | 0.0        | 342 | —          | 13  | —          | 22  |
| SIM | 0.1        | 451 | 0.1        | 78  | —          | 17  |
| TNC | 0.2        | 680 | 0.4        | 130 | —          | 3   |
| WAD | 0.0        | 713 | 0.0        | 70  | —          | 4   |
| YOD | 0.2        | 818 | 0.2        | 116 | —          | 3   |
| YUJ | -0.4       | 361 | -0.4       | 116 | —          | 30  |
| YUL | -0.2       | 655 | -0.2       | 348 | —          | 25  |
| YUX | 0.2        | 800 | 0.3        | 201 | —          | 19  |
| ZHY | 0.2        | 261 | 0.3        | 91  | —          | 17  |
| CUX | 0.1        | 355 | 0.1        | 240 | -0.1       | 48  |
| DAY | 0.3        | 249 | 0.4        | 283 | 0.4        | 91  |
| DOC | —          | 43  | 0.0        | 190 | 0.0        | 245 |
| EYA | 0.0        | 589 | 0.1        | 365 | —          | 27  |
| HEQ | -0.1       | 376 | -0.2       | 360 | 0.0        | 45  |
| HLT | -0.2       | 75  | -0.1       | 165 | -0.4       | 81  |
| HUP | -0.1       | 199 | -0.2       | 373 | 0.1        | 203 |
| JIS | -0.2       | 168 | -0.2       | 54  | -0.1       | 40  |
| LIJ | -0.3       | 194 | -0.2       | 368 | 0.2        | 62  |
| LUQ | 0.2        | 112 | 0.3        | 237 | 0.1        | 108 |
| TOH | -0.2       | 141 | -0.2       | 83  | —          | 35  |
| TUS | 0.3        | 498 | 0.1        | 290 | —          | 19  |
| YIM | -0.2       | 287 | 0.0        | 205 | -0.4       | 51  |
| YOS | -0.1       | 257 | 0.0        | 397 | 0.0        | 167 |
| YUM | -0.1       | 201 | -0.2       | 293 | -0.4       | 100 |
| ZOD | -0.3       | 127 | -0.2       | 314 | —          | 10  |
| FUN | —          | 20  | —          | 7   | —          | 40  |
| GEJ | 0.1        | 131 | 0.1        | 64  | —          | 37  |

续表 1

| 台站  | 区域 1 内地震   |     | 区域 2 内地震   |     | 区域 3 内地震   |     |
|-----|------------|-----|------------|-----|------------|-----|
|     | $M_L$ 偏差均值 | 样本数 | $M_L$ 偏差均值 | 样本数 | $M_L$ 偏差均值 | 样本数 |
| LOP | —          | 8   | —          | 14  | 0.0        | 63  |
| MAL | —          | 15  | -0.4       | 68  | -0.2       | 155 |
| MIL | -0.3       | 67  | -0.5       | 67  | -0.3       | 68  |
| MLP | 0.1        | 55  | —          | 13  | —          | 38  |
| QIJ | —          | 27  | 0.3        | 218 | 0.4        | 240 |
| WES | 0.1        | 66  | —          | 14  | —          | 38  |
| XUW | —          | 7   | —          | 41  | -0.3       | 244 |
| YAJ | —          | 3   | 0.0        | 53  | -0.1       | 220 |
| ZAT | —          | 6   | -0.1       | 111 | 0.0        | 246 |

注：“—”表示样本量较少不适合做统计。

BAS 和 MAS 为例,2 个台站相距较近,S 波振幅的衰减程度相近,但在 1~10Hz 频段内 MAS 的场地增益要明显大于 BAS(许亚吉等,2019)。这使得在测定区域 1 内的地震时,MAS 的震级偏差平均值达到 0.4,而 BAS 震级偏差平均值却是-0.2。在测定区域 2 内的地震时,大部分台站的单台震级表现为普遍大于台网平均震级,这可能与区域 1 内的台站接收到的地震波衰减程度比区域 2 内台站接收到的要弱、区域 2 内的台站大量参与台网平均震级的计算使台网平均震级偏小有关。CAY、JIH、JIP、LAC、MEL、MLA 因为距离较远记录到地震较少,不适合做该区域内的单台震级偏差统计。对于区域 3 内的地震,由于各台站的样本量较少,同样不适合做单台震级偏差统计分析。

图 3 是位于区域 2 内的 CUX 等 16 个台站在测定不同区域地震的单台震级偏差统计情况。在测定全省范围内的地震时,由于该区域地震波衰减较强,大部分台站的单台震级主要表现为小于或接近于台网平均震级。值得注意的是,TUS 由于靠近区域 1,记录到的地震波衰减程度较其他台站要弱,使其在测定区域 1 内的地震时主要表现为台站单台震级大于台网平均震级。DAY、LUQ 无论测定哪个区域的地震,台站单台震级普遍大于台网平均震级,这可能与台站场地增益作用对 S 波振幅的影响比非弹性衰减更大有关(许亚吉等,2019)。

图 4 是位于区域 3 内的 GEJ 等 11 个台站在测定不同区域地震的单台震级偏差统计情况。该区域内的大部分台站不参与区域 1 的震级测定,样本数较少,不适合讨论区域 1 内地震的单台震级偏差问题。对于区域 2 的地震,FUN、LOP、MLP、WES、XUW 台站样本量较少,不适合统计;MAL、MIL、ZAT 的单台震级普遍小于台网平均震级;GEJ 的单台震级普遍大于台网平均震级,这可能与其靠近区域 2、地震射线路径短、记录到的地震波衰减程度比其他台站要弱有关。对于区域 3 的地震,位于东南部的 GEJ、FUN、MLP、WES 样本量较少,不适合统计;MAL、MIL、XUW、YAJ、LOP、ZAT 的单台震级普遍小于或接近于台网平均震级;QIJ 的单台震级普遍大于台网平均震级,这可能与 QIJ 台在 1~10Hz 频带内场地增益作用大于区域 3 内其他台站有关(许亚吉等,2019)。

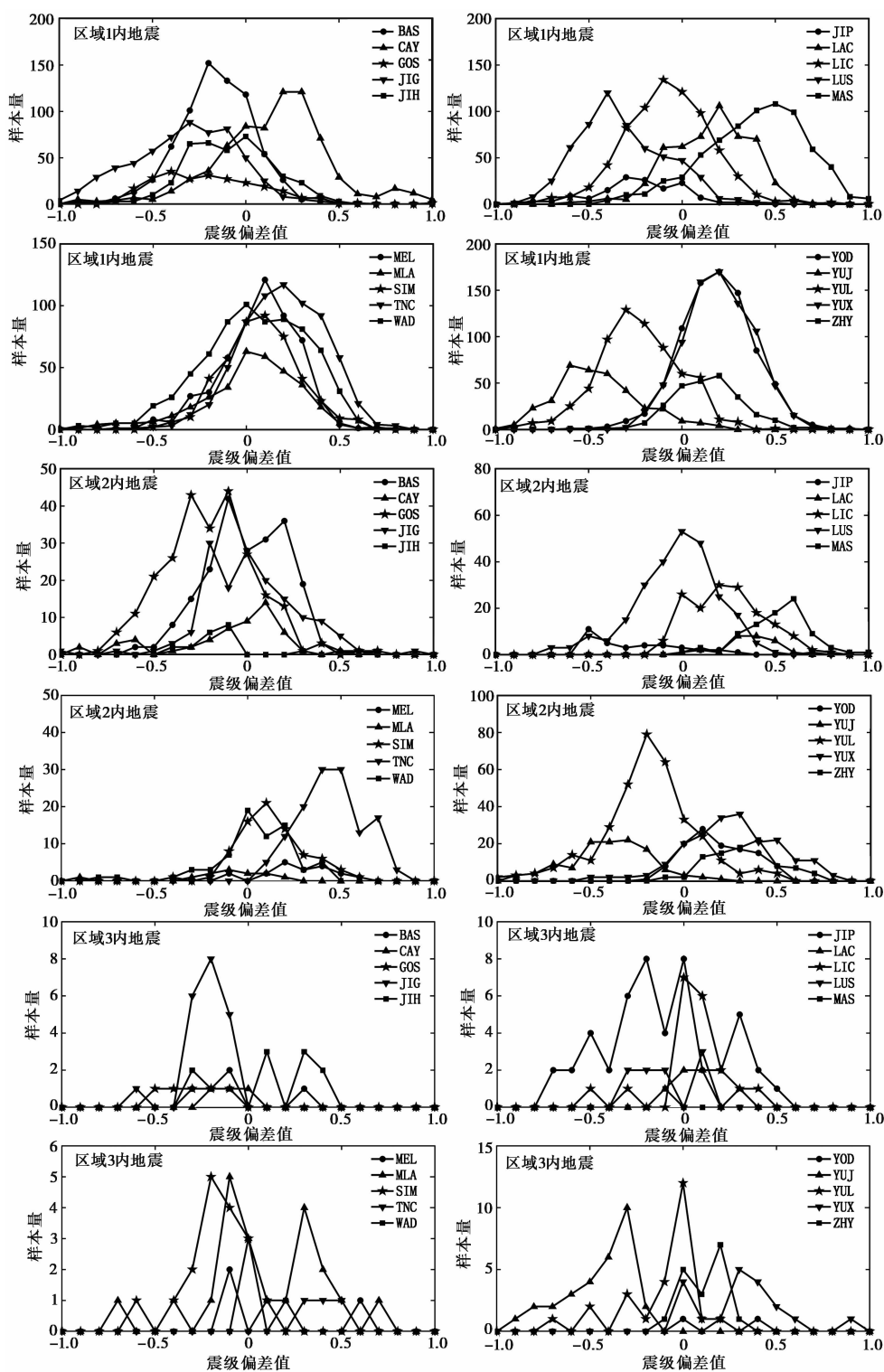


图 2 区域 1 内台站单台震级偏差统计

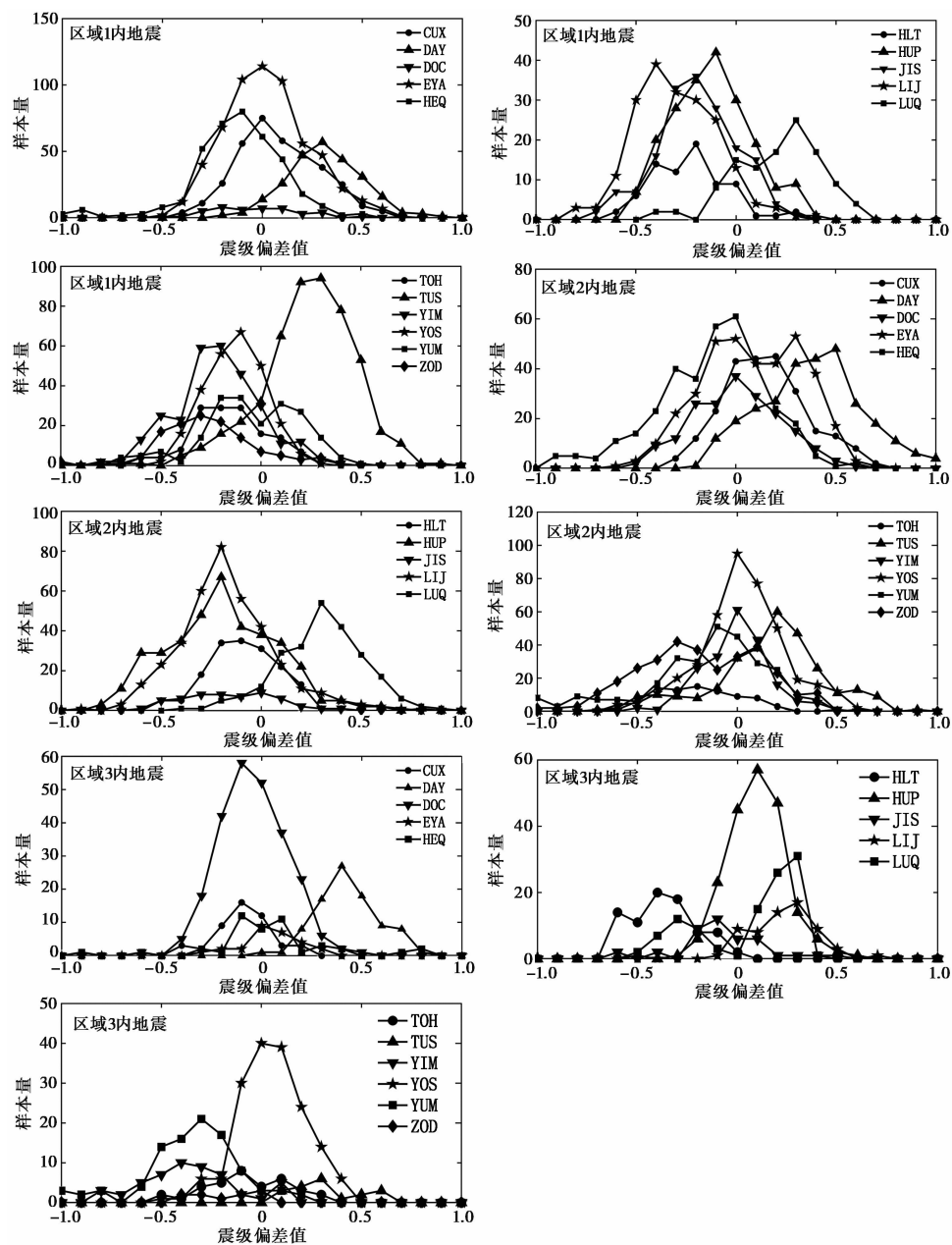


图3 区域2内台站单台震级偏差统计

## 4 结论

本文通过 Atkinson 方法,计算云南3个分区的S波非弹性衰减模型,并根据衰减的区域性差异分析了47个台站的单台震级偏差情况得到以下结论:

(1) 3个分区  $Q$  值与频率  $f$  的关系分别为:  $Q_{\text{区域1}}(f) = 251.3f^{0.4147}$ ,  $Q_{\text{区域2}}(f) = 102.6f^{0.6767}$ ,  $Q_{\text{区域3}}(f) = 216.9f^{0.5009}$ 。云南属于低  $Q_0$  值地区,区域性差异明显,位于云南西部的区域1的

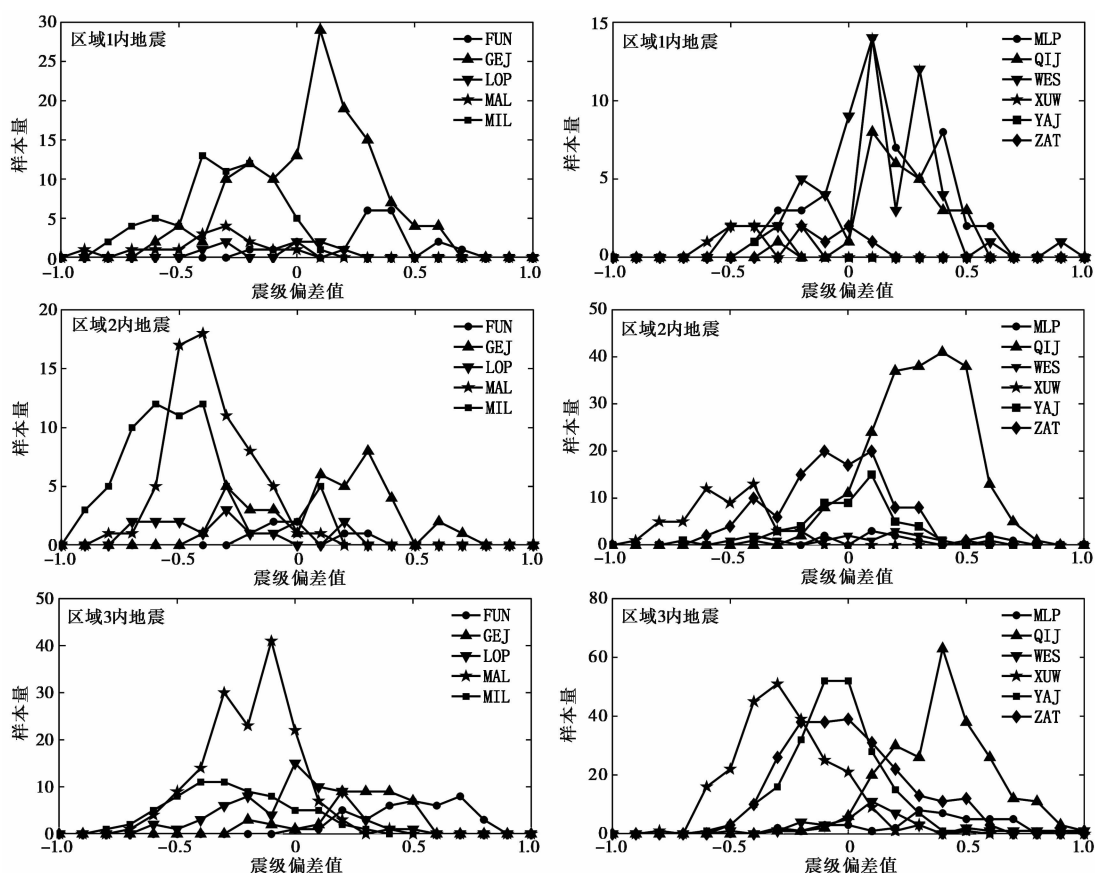


图 4 区域 3 内台站单台震级偏差统计

$Q_0$  值相对较高,东部的区域 3 次之,中部的区域 2 最低。地震波在 3 个区域内传播,其衰减程度各不相同。区域 2 内介质破碎程度较高,介质衰减关系表现为低  $Q_0$ 、高  $\eta$ ,S 波在此区域内传播衰减程度最强。

(2) 从震级偏差的统计结果可以看出,对于  $Q_0$  值较大地区(区域 1)的台站,受 S 波传播路径不同的影响,在测定不同区域地震的  $M_L$  震级时,其单台震级偏差表现出不同的特征:测定区域 1 内的地震时,震级偏差没有统一规律,测定区域 2 内的地震时,震级偏差普遍大于台网平均震级。对于  $Q_0$  值最低地区(区域 2)的台站,由于地震波经过高衰减区域,其单台震级偏差普遍小于台网平均震级。区域 3 内的大部分台站,其单台震级偏差也普遍小于台网平均震级。由此可知,台站所在区域  $Q_0$  值越小,单台震级偏小于台网平均震级的台站就越多。

(3) 位于同一地区的台站在测定相同区域内地震时,虽然地震波非弹性衰减程度相近,但由于受到各台站场地不同增益作用的影响,其震级偏差情况有所不同。对于场地增益作用较大的台站,在做单台震级偏差分析时,除考虑地震波的衰减因素外,还应考虑场地的增益影响。

## 参考文献

- 陈继锋,尹欣欣,董宗明,等,2013. 甘肃地区近震震级的量规函数研究. 中国地震, **29**(3):327~334.
- 陈培善,秦嘉政,1983. 量规函数、台站方位、台基及不同测量方法对近震震级  $M_L$  的影响. 地震学报, **5**(1):87~98.
- 刘芳,张帆,李彬,等,2017. 内蒙古中西部地区中小地震矩震级研究. 中国地震, **33**(2):301~310.
- 刘杰,郑斯华,黄玉龙,2003. 利用遗传算法反演非弹性衰减系数、震源参数和场地响应. 地震学报, **25**(2):211~218.
- 卢婷,苏金蓉,孙玮,2017. 四川近震震级确定及地震波衰减特征的区域性差异. 大地测量与地球动力学, **37**(6):655~660.
- 吕作勇,马晓静,房立华,2015. 广东地区近震  $M_L$  震级量规函数. 中国地震, **31**(3):562~573.
- 秦嘉政,阚荣举,刘祖荫,1986. 不同地震仪器以及地震波的区域性衰减特征对测定  $M_L$  的影响. 地震研究, **9**(1):13~25.
- 苏有锦,刘杰,郑斯华,等,2006. 云南地区 S 波非弹性衰减  $Q$  值研究. 地震学报, **28**(2):206~212.
- 苏有锦,刘祖荫,蔡民军,等,1999. 云南地区强震分布的深部地球介质背景. 地震学报, **21**(3):313~322.
- 汪素云,裴顺平,许忠怀,等,2007. 利用  $M_L$  振幅研究地壳横波  $Q$  值 I:不同构造区的衰减特征. 地球物理学报, **50**(6):1740~1747.
- 许亚吉,杨晶琼,蔡明军,等,2019. 云南测震台网台站场地响应与  $M_L$  震级测定的讨论. 中国地震, **35**(1):84~95.
- 张红才,金星,马强,等,2010. 福建省“九五”地震监测台网台站震级校正及单台震级应用研究. 华南地震, **30**(3):27~36.
- Atkinson G M, Mereu R F, 1992. The shape of ground motion attenuation curves in southeastern Canada. Bull Seismol Soc Am, **82**(5):2014~2031.

## Study on Non-elasticity Attenuation of S Wave and Magnitude( $M_L$ ) Determination in Yunnan Region

Xu Yaji Yang Jingqiong Qin Min

Yunnan Earthquake Agency, Kunming 650224, China

**Abstract** Using digital waveform data recorded by Yunnan seismic networks, quality factor  $Q_0$  values of three regions in Yunnan are obtained by the iterative grid-search technique, as described by Atkinson. According of regional seismic wave attenuation characteristics in Yunnan, the single  $M_L$  magnitude deviations of 47 stations are analyzed based on the magnitude deviation statistics. The results show that the overall  $Q_0$  values of Yunnan are relatively low and significantly different with different regions. The higher value of regional  $Q_0$  is 251.3 in region 1 (located in the west of Yunnan), followed by a value of 216.9 in region 2 (located in the east of Yunnan), a lowest value of 102.6 in region 3 (located in the middle of Yunnan). The number of stations with single magnitude smaller than the average magnitude of the network is relatively large in the region with a lower  $Q_0$  and the greater attenuation of S wave. Although non-elasticity attenuation of seismic wave is similar, the single magnitude deviations are different due to the different site amplifications of each station, when earthquakes occurred in same regions are determined by stations located in the same region.

**Keywords:** Non-elasticity;  $Q_0$  value; Magnitude deviation