

史水平、周斌、黄树生等,2015,2013 年广西平果震群尾波衰减特征研究,中国地震,31(4),710~720。

2013 年广西平果震群尾波衰减特征研究

史水平 周斌 黄树生 陆丽娟 蒙陆斌 张帆

广西壮族自治区地震局,南宁市古城路 33 号 530022

摘要 2013 年 6~7 月在广西平果县中铝广西分公司 3 号排泥库附近出现密集小震群活动。本文搜集本次震群中 146 次可用于计算尾波的 $M_L > 1.0$ 地震的近距离台站数字地震波形,利用波形高信噪比的尾波时间域信号,采用计算尾波品质因子 $Q_c(f)$ 值的 Sato 模型,通过滤波及去除环境噪声,计算了地震波传播路径上的尾波 $Q_c(f)$ 值;拟合 $Q_c(f)$ 值与频率 f 之间的关系,分析了排泥库区域地震波衰减的时空特征。根据信噪比及计算要求,从近场 7 个台站的记录中挑选出 273 条三分向记录,计算尾波衰减参数,得到尾波 $Q_c(f)$ 与频率 f 的关系为: $Q(f) = (69.07 \pm 40.09)f^{0.90 \pm 0.23}$ 。结果表明,本区域为低衰减区域,库区 Q 值相对较高,地震波衰减较慢,且 Q 值对频率的依赖性不强,研究区介质非均匀性程度低,介质较为稳定。

关键词: 广西平果 震群 尾波 衰减参数

[文章编号] 1001-4683(2015)04-0710-11 [中图分类号] P315 [文献标识码] A

0 引言

尾波理论是地震波衰减研究的重要理论。Aki(1969)在研究地震尾波中,提出一种统计模型来解释尾波的激发机制。他认为介质中均匀地分布着一些散射体,当地震波在传播过程中经过这些散射体时就发生逆向散射。在此基础上,Aki 等(1975)研究了只发生 1 次散射的情况,并在单次散射模型基础上提出了台、源重合情况下的尾波衰减系数的计算方法。该研究结果成功地解释了尾波的许多特点,并为众多观测事实所支持,从而使地震波衰减的研究工作得到了迅速的发展。Aki 等(1975)列举了尾波的几个重要性质:尾波不是直接从震源传播来的慢面波,尾波功率谱的衰减与台站-震源间的距离、射线路径均无关,且与震级也无关(至少对于 $M < 6$ 地震如此)。考虑到台、源分离情况下震源至接收点距离的影响,Sato(1977)成功地把“单次各向同性散射模型”推广到台站与震源分离的情况,该模型由于计算方法简单而得到了广泛应用(Liu et al, 1994; Naval et al, 1999; Castro et al, 2003; Horasan et al, 2004)。

2013 年 6~7 月,在广西平果县中铝广西分公司 3 号排泥库附近出现密集小震群活动,地震造成泥浆泄漏,给当地造成显著的社会和经济影响。此次震群的密集程度在该地区地

[收稿日期] 2014-06-19; [修定日期] 2014-12-01

[项目类别] 广西科学研究与技术开发计划项目“龙滩水库诱发地震活动特征分析与中强地震预测”(桂科攻 0993001-3)、“广西凌云与凤山交界特殊震群研究”(桂科攻 2011D40049)、“龙滩库区水库地震时空演化特征及跟踪预测研究”(12426001-3)联合资助

[作者简介] 史水平,男,1975 年生,高级工程师,主要从事地震监测预报以及数字地震学研究。E-mail: slevel@163.com

震史上是罕见的,并被初步判断为前兆型震群,但是其后该地区并未发生中强地震。本研究搜集了近场记录的信噪比较高的数字地震波资料,采用单次散射的 Sato 计算模型,计算地震波衰减参数,以期对中铝广西分公司 3 号排泥库区域地震波衰减特征有一定的认识。

1 理论与方法

依据 Sato 模型(Sato, 1997; Dominguez et al, 1997; Wong, 2001),在一定频率下,尾波振幅与时间的函数关系可表示为

$$F(t) = \lg[(A_c(t)/A_s)^2 K^{-1}(a)] = C(f) - b(t - t_s) \quad (1)$$

式中, A_s 是 S 波的最大振幅; $A_c(t)$ 是流逝时间 t 附近的尾波均方根振幅; $K(a)$ 及 $A_c(t)$ 分别由式(2)、(3)给出, $K(a)$ 是依赖于时间的散射体附近的几何扩散因子。

$$K(a) = 1/a \ln[(a + 1)/(a - 1)] \quad (2)$$

式中, $a = t/t_s$, t_s 为 S 波的走时, t 为从发震时刻算起的尾波流逝时间。

$$A_c(t) = (A_T^2 - A_n^2)^{1/2} \quad (3)$$

$$A_T = \sqrt{\frac{S_T(\text{EW})^2 + S_T(\text{NS})^2}{2}} \quad (4)$$

A_T 为 1 个采样周期 T 的地震波均方根振幅(Drouet et al, 2005); $S_T(\text{NS})$ 和 $S_T(\text{EW})$ 分别为南北及东西分量。 A_n 为 P 波到达前适当时间段(2s)噪声均方根振幅,用以进行地震波的噪声校正(Pulli, 1984)。 $C(f)$ 是与频率有关的影响因子,对同一地震的同一频率, $C(f)$ 为常数,拟合出 $F(t)$ 与 $(t - t_s)$ 的线性关系,得到 b 。 b 与 Q_c 的关系由下式给出

$$b = (2\pi f \lg e) / Q_c \quad (5)$$

品质因子 $Q_c(f)$ 与频率的关系表示为

$$Q_c(f) = Q_0 f^\eta \quad (6)$$

由于介质的品质因子 Q 值反应了衰减特征,品质因子值高则表示衰减慢。因此本文中将品质因子 $Q_c(f)$ 作为频率为 f 时的尾波衰减参数, Q_0 为频率 $f=1\text{Hz}$ 时的尾波衰减参数; η 代表尾波衰减参数 Q_c 对频率 f 的依赖性指数。

2 资料及数据处理

2.1 基本资料

中铝广西分公司 3 号排泥库位于广西平果县马头镇龙来村板下屯,总库容 4437 万 m^3 ,有效库容 4126 万 m^3 ,含泥度 28%,库面标高 394m,2012 年 12 月投入运行。库区地处右江褶皱带,存在 NE、NW 向的 2 组断裂,这 2 组断裂可能在晚更新世仍有活动,构造复杂,但地震活动性较弱,历史上距库区 100km 范围内没有显著地震事件发生。2013 年 6 月 16 日排泥库及其附近开始出现震群活动,至 2013 年 7 月 25 日,共记录到 1147 次地震,其中 1.0 级以下 1104 次,1.0~1.9 级 38 次,2.0~2.9 级 5 次,最大为 6 月 21 日、7 月 3 日 2 次 $M_s 2.3 (M_L 3.0)$ 地震。此次震群距离平果县城约 12km。震群发生时,平果县果化镇那荣村、布荣村、山营村,马头镇那塘村、龙来村有明显震感,平果铝业公司及县城一带有震感。2013 年 6 月 17 日,位于平果县马头镇龙来村板下屯的中铝广西分公司 3 号排泥库开始出现泥浆泄漏,泄漏点距右江河约 12km。此次震群活动在当地造成了较大的经济损失。

震区开始出现震群活动后,震源区先后布设了4个流动台站。尽管该序列地震震级不大,但近距离流动台仍获得了较多高信噪比的数字地震波资料。而平果台(PGX)、大新台(DXX)、南圩台(NAX)和岩滩台(YTT)等4个固定台距震中区小于70km,也记录了许多数字地震波资料。此次震群极短时间间隔内地震连发,致使部分地震无法进行尾波衰减参数的计算,因此本研究搜集了此次震群可用于计算尾波 Q 值的 $M_L \geq 1.0$ 地震近场记录的波形资料,根据信噪比及计算要求,从中挑选出146次地震在7个台站的273条记录,计算尾波衰减参数。地震震中及台站分布见图1。

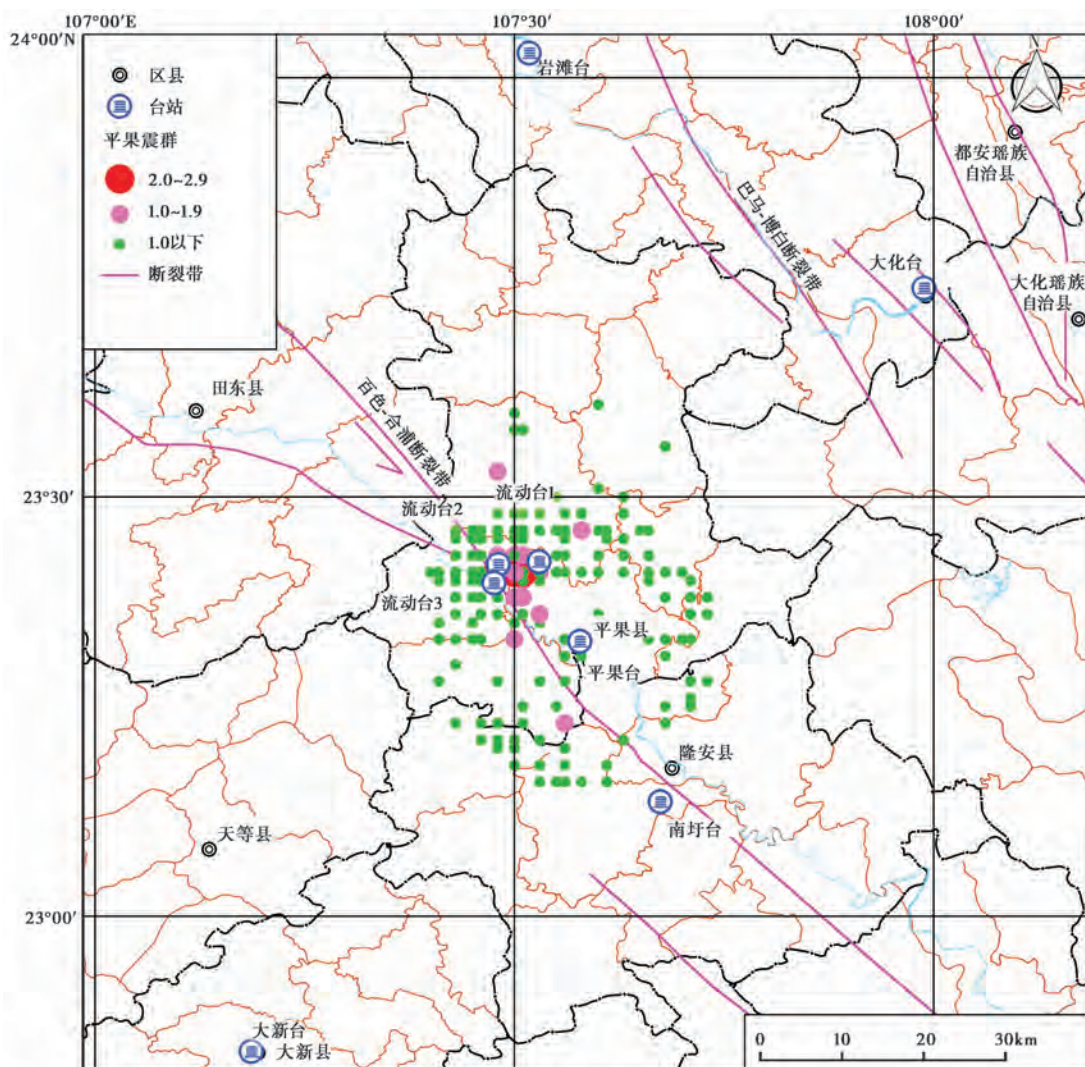


图1 台站及震中分布

2.2 数据处理

通过原始记录读取Pg、Sg震相到时,在Pg波到时前取2s为背景噪声,使用均方根振幅比作为信噪比,其值大于2则满足尾波衰减参数进一步计算的基本条件,截取可用尾波波形

(朱新运等, 2005、2006)。在满足信噪比的情况下, 将流逝时间固定为 60s, 在近场地 7 个台站记录的 146 次地震中, 挑选出地震波形记录 273 条。对每条记录, 确定分析频率段为 4~18Hz, 间隔 1Hz, 使用 6 阶 Butterworth 带通滤波器, 对分析频率 f , 以 $[(2/3)f, (4/3)f]$ 带宽滤波。尾波从 S 波震相到时之后 5s 开始起算, 取采样窗长 2s, 滑动步长 0.5s, 根据式 (3)、(4) 计算各时间点的合成振幅, 求解尾波 $Q_c(f)$; 根据式 (6) 拟合 $Q_c(f)$ 与 f 的关系, 获得 Q_0 及 η 。计算过程见图 2。

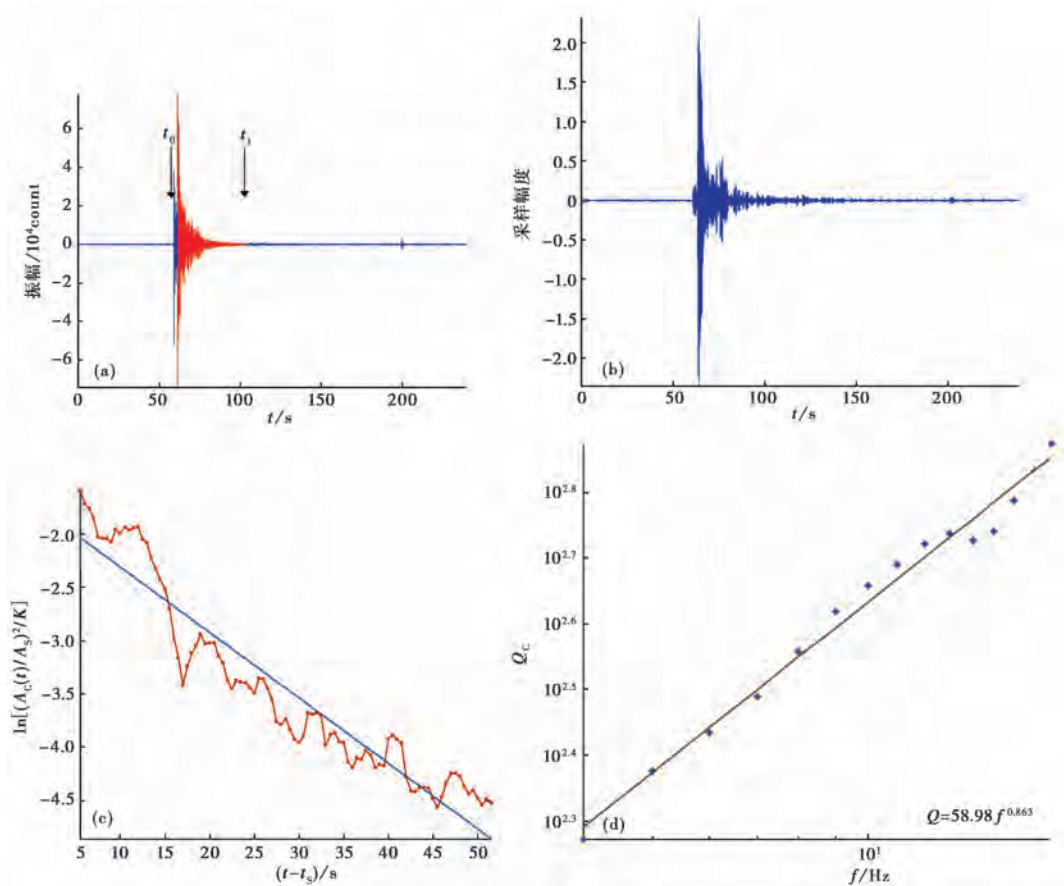


图 2 尾波衰减参数计算过程实例

(a) 波形原始记录 (仅绘 EW 向), t_1 表示尾波计算实际使用的尾波截断点, t_0 表示地震发震时刻 ($t_1 - t_0 = 60$ s);

(b) $f = 11 * (1 \pm 1/3)$ Hz 数据滤波实例; (c) 主频率为 $f = 11$ Hz 的数据拟合; (d) $Q_c(f)$ 与频率间的关系

3 结果

3.1 震区及各台站统计的衰减系数特征

尾波 Q 值主要反映了以震源和记录台站为 2 个焦点的椭球范围内的品质因子特性。用 1 个台站记录到的不同地震求出的 Q_c 值, 反映了台站附近的品质因子特征。如果用某一区域内所有台站资料计算 Q_c 值, 即可得到该区域的品质因子特征。经过对震区全部可用地震事件计算结果进行统计, 地震波衰减参数可表示为下式, 数据分布见图 3。

$$Q(f) = (69.07 \pm 40.09)f^{0.90 \pm 0.23} \quad (7)$$

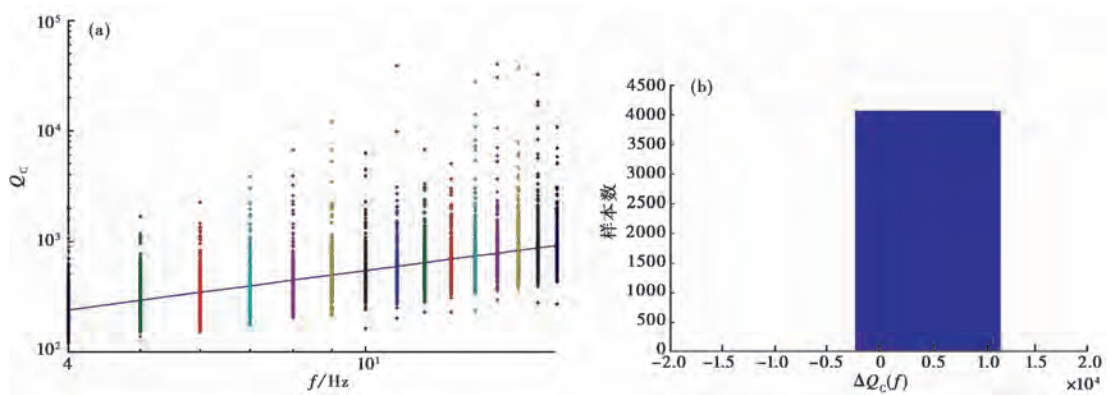


图3 震区全部所用台站记录的尾波衰减参数与频率间的关系

(a) $Q_c(f)$ 与频率间的关系,星号表示实测的 $Q_c(f)$ 值,实线表示衰减参数与频率的依赖关系;(b)数据残差分布

为进一步对数据进行分析,本研究按有记录的台站来统计地震波衰减参数与频率的关系,统计实例见式(8)及图4,各台站统计的衰减参数见表1。

由 NAX 台单台获得的尾波衰减参数与频率间的关系为

$$Q(f) = (62.98 \pm 26.57)f^{0.94 \pm 0.23} \quad (8)$$

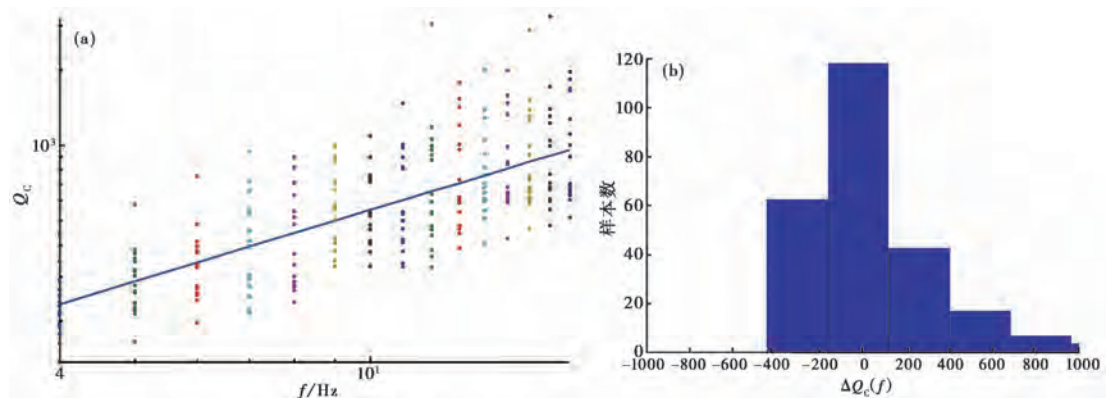


图4 NAX 台站记录的尾波衰减参数与频率间的关系

(a) $Q_c(f)$ 与频率间的关系,星号表示实测的 $Q_c(f)$ 值,实线表示衰减参数与频率的依赖关系;(b)数据残差分布

由表1可见,距排泥库库区较近的平果台(PGX)、流动台1(L4501)、流动台2(L4502)和流动台3(L4503)等4个台站 $\overline{Q_0}$ 及 ΔQ_0 较高, $\overline{Q_0}$ 达到80左右且标准偏差高达55%;其余台站获得的 $\overline{Q_0}$ 为63以下且标准偏差小于30%。因此,震源区(库区)近距离观测台站所获得的尾波衰减参数相对一致。

已有研究(Pulli, 1984; Wong, 2001)表明,在震源距及地震剪切波速度确定的情况下,流逝时间越长,采样椭球体越大,采样也越深。而随着深度增加、应力增大,介质的非均匀性降低(Jacobson et al, 1984; Carpenter et al, 1985; 刘希强等, 2009), $Q_c(f)$ 值随尾波流逝时间的

表 1 各台站数据统计结果

台站名称、代码及位置				衰减参数					记录数
台站名称	代码	北纬/(°)	东经/(°)	$\overline{Q_0}$	ΔQ_0	$\overline{\eta}$	$\Delta \eta$	流逝时间/s	
平果台	PGX	23.33	107.58	78.18	23.13	0.845	0.183	60	95
流动台 1	L4501	23.42	107.53	81.45	39.93	0.982	0.282	60	13
流动台 2	L4502	23.42	107.48	88.24	48.42	0.863	0.270	60	57
流动台 3	L4503	23.40	107.48	80.88	47.62	0.934	0.353	60	24
大新台	DXX	22.85	107.19	37.79	10.94	0.991	0.1507	60	43
南圩台	NAX	23.14	107.67	62.98	26.57	0.9432	0.227	60	17
岩滩台	YTT	24.03	107.52	52.71	21.14	0.901	0.184	60	20
平均/合计				69.07	40.09	0.897	0.230	60	273

增加而增大,介质对地震波造成衰减的程度也降低。但也有不同,如 Petukhin 等(2003)在研究 Kinki 区域地震波衰减时,按地震震源深度将其分为孕震层地震(0~20km)和非孕震层地震(20~70km)来研究浅层及深层的地震波衰减。其研究结果表明,浅层地震波衰减的 $\overline{Q_0}$ 大于深层的。本研究同一研究区剪切波速度基本一致,地震均为浅源地震,尾波流逝时间相同。相比之下,大新(DXX)、南圩(NAX)和岩滩(YTT)等 3 个台站震中距大于库区台站,按照尾波采样公式(Pulli,1984),其尾波采样深度小于库区台站尾波采样深度,而获得的 $\overline{Q_0}$ 则小于库区台站的结果,这说明该区域浅层采样的尾波衰减较快,区域存在浅层高衰减层。

3.2 库区 Q 值衰减系数变化分析

3.2.1 近距离台记录的衰减系数统计特征

库区近距离 4 个台站获得的 $\overline{Q_0}$ 基本相等且标准偏差都较大,这 4 个台站中 1 个为固定台、3 个为流动台。3 个流动台为 2013 年 6 月 16 日震群发生之后的数天内临时架设,台站记录的 Sg、Pg 波走时差绝大部分为 0.3~2.0s,即台站震中距离约小于 20km。由于受资料的限制,以及震群极短时间间隔内地震连发,因而对部分地震无法进行尾波衰减参数的计算。我们通过分析发现可用地震事件计算,并由此得出库区近距离尾波衰减参数与频率间的关系为 $Q(f) = (82.02 \pm 40.26)f^{0.87 \pm 0.24}$,本研究按照地震发生时间顺序对 4 个库区近距离台站的尾波衰减参数进行了统计,结果如图 5、6、7 所示。

Q 值是表征一个地区地下介质均匀程度的物理量,低 Q_0 值表示地下介质非均匀程度高, Q 值与频率有关; η 为频率的相关系数(也叫吸收系数),其高值表示 Q 值与频率的依赖关系较强,表明介质的均匀程度低。与国内不同区域 Q 值及其对频率的依赖程度相比,本研究都表现为高 Q_0 、低 η 的现象,库区 Q 值相对较高,地震波衰减较慢,且 Q 值对频率的依赖性不强。

3.2.2 平果台记录的衰减系数特征

流动台稳定性相对较差,故障率较高,单台对序列地震记录的完整性不佳。从表 1 可以看出,7 个台站记录的 146 次地震中,实际获取的记录仅 273 条,流动台有效记录仅 94 条。相比而言,在 7 个台站中记录最完整的是库区附近的平果台,在 146 次地震中有效记录达

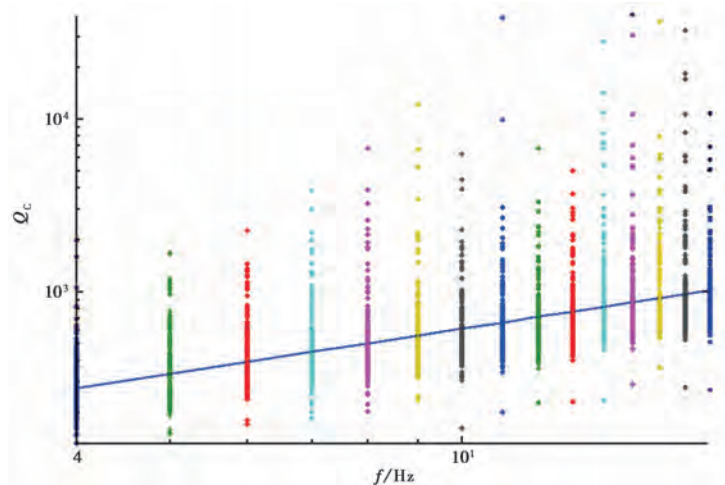


图5 近台台站 $Q_c(f)$ 与频率 f 间的关系

星号表示实测的 $Q_c(f)$ 值;实线表示衰减参数与频率的依赖关系

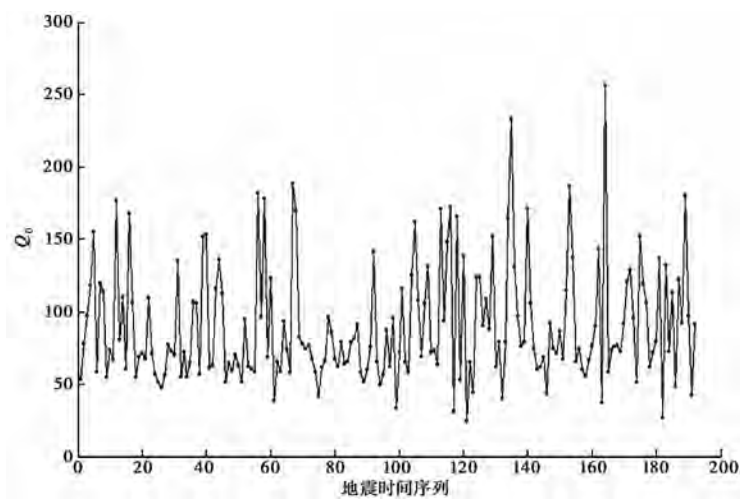


图6 近台台站尾波衰减参数 Q_0 随地震时间序列的变化

95次。

绘制平果台单台获得的尾波衰减系数 Q_0 和衰减指数 η 随地震时间序列的变化图(图8),由图8(a)可见,在地震序列发展过程中,尾波衰减系数 Q_0 存在波动变化,且前期波动较大,后期较小,但没有趋势性上升或下降,或趋势性特征不明显。而由图8(b)所反映的 η 除了波动变化以外,整体上表现出低值现象。在序列发展后期, η 整体上还表现出上升的趋势。根据式(6)中 $Q_c(f)$ 、 Q_0 、 η 、 f 之间的关系,在 Q_0 不变的情况下, η 越小,在高频率端的 $Q_c(f)$ 则越小,这说明随着序列的发展,高频率波衰减系数增大,衰减趋势变缓。

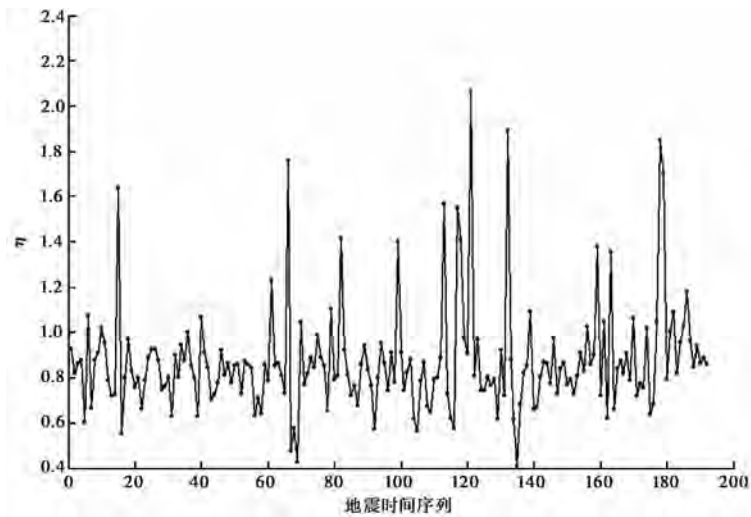


图 7 近台台站尾波衰减指数 η 随地震时间序列的变化

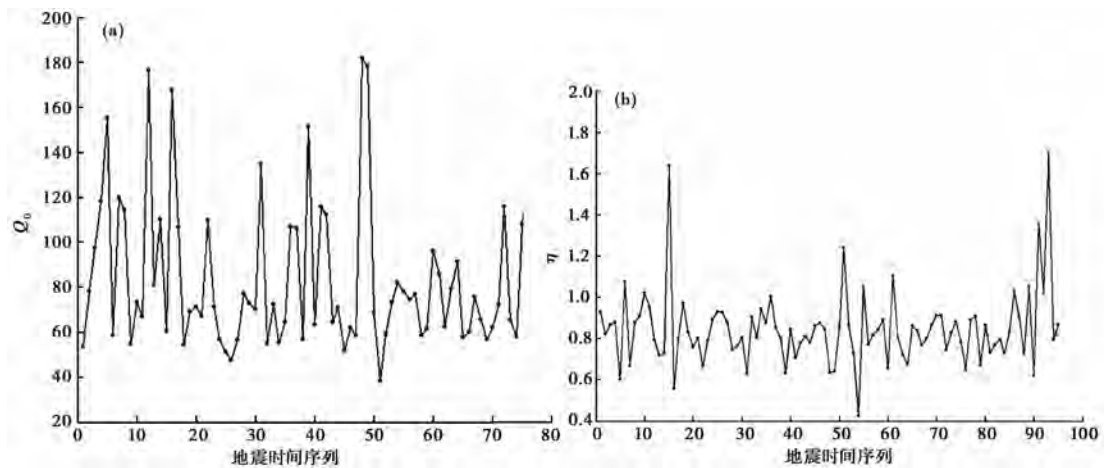


图 8 平果台获得的尾波衰减参数 Q_0 (a) 和 η (b) 随地震时间序列的变化

4 讨论与结论

为了与本文的研究结果进行对比,我们搜集了使用同样方法在国内外其它区域获得的尾波衰减参数(表 2)。魏红梅等(2009)研究重庆荣昌区域尾波衰减参数时限定流逝时间为 60s,其结果中 Q_0 明显小于本研究获得的 Q_0 ,而频率的依赖性指数 η 则大于本研究的,说明重庆荣昌区域地震活动性高于中铝广西分公司 3 号排泥库库区,这与两区域实际的地震活动水平一致。师海阔等(2011)计算的宁夏区域尾波 Q_0 值表明,宁夏全区或分区的尾波衰减参数小于本研究区的结果,但其计算尾波衰减参数使用的流逝时间是 80s,本研究使用的是 60s,两者相差 20s。一般情况下,流逝时间越长,反映的尾波采样越深, Q_0 值越大。按数据推断,以同样 60s 的流逝时间计算,宁夏全区或分区的尾波衰减系数 Q_0 值小于中铝广西分公

司3号排泥库的 Q_0 值。同样,宁夏全区的地震活动水平也高于本研究区。表2中,刘芳等(2007)选取的尾波流逝时间为70~80s(大于本研究),而其统计的 Q_0 值也大于本研究的 Q_0 值,但其研究区域包括整个内蒙古中西部地区,故数据结果难以比较;Amerbeh等(1989)对喀麦隆火山区、Domínguez等(1997)对巴哈北部地区的尾波衰减参数的研究没有固定尾波流逝时间,其数据的随机波动非常大,无法进行比较;而Wong(2001)在研究特雷斯火山区尾波衰减时虽然没有固定流逝时间,但限制了12s的尾波窗,在震源距变化不大的情况下,尾波窗相对长度与流逝时间是等比例的,其衰减数据结果与本研究基本相当。朱新运等(2012)选取尾波流逝时间为60s(与本研究相同),而其统计的 Q_0 值却小于本研究的 Q_0 值,这与珊溪水库库区的地震活动水平(2014年10月25日再次发生4.1级地震)高于本研究区相一致。

表2 国内外不同区域尾波衰减参数比较

序号	研究区域	衰减参数		尾波 流逝时间/s	备注
		$\overline{Q_0}$	$\overline{\eta}$		
1	内蒙古中西部	69.98	0.899	70~80	刘芳等(2007)
2	重庆荣昌	42.24	1.0118	60	魏红梅等(2009)
3	喀麦隆火山区	65	1	25~50	Amerbeh等(1989)
4	巴哈北部	41~207	—	35~70	Domínguez等(1997)
5	特雷斯火山区	50	0.65	12s(尾波窗)	Wong(2001)
6	宁夏全区	44.81	0.9491	80	师海阔等(2011)
	吉兰泰区	53.59	0.9148	80	
	银川区	53.04	0.921	80	
	卫宁同区	42.25	0.9523	80	
	固海地震区	41.65	0.9636	80	
7	珊溪水库 全部记录	52.2	0.922	60	朱新运等(2012)
	库区记录	51.4	0.96	60	
8	中铝广西分公司3号排泥库 全部记录	62.98	0.94	60	本研究
	库区记录	82.02	0.87	60	

诸多研究认为,尾波 Q 值是衡量某地区构造活动的一个指标,地震活动频繁的地区 Q 值低,地震活动相对平静的地区 Q 值高。年代久远的地质单元或构造运动稳定的地区 Q 值高,反之,晚近代地质单元或构造运动活跃地区 Q 值低。与国内不同区域 Q 值及其对频率的依赖程度相比,本区 Q 值相对较高,地震波衰减较慢,且 Q 值对频率的依赖性相对稍低。由此可以认为,研究区区域介质非均匀性程度较低,介质较为稳定。

致谢:本研究所用尾波 Q 值计算软件由浙江省地震局朱新运博士提供,计算所用波形数据由广西地震台网中心提供,在此深表谢意。

参考文献

- 刘芳、苗春兰、高艳玲等,2007,内蒙古中西部地区尾波 Q 值研究,地震,27(1),72~75。
 刘希强、石玉燕、曲均浩等,2009,品质因子的尾波测定方法讨论,中国地震,25(1),11~23。
 师海阔、朱新运、贺永忠等,2011,基于Sato模型的宁夏及邻区尾波 Q 值研究,地震,31(1),118~126。

- 魏红梅、贺曼秋、黄世源等, 2009, 重庆荣昌地区尾波 Q_c 值特征, 西北地震学报, **31**(1), 97~100。
- 朱新运、刘杰、张帆等, 2006, 基于 Aki 模型的近震 S 波尾波 Q 值求解及分析软件研制, 地震研究, **29**(1), 76~80。
- 朱新运、杨钢宇、张震峰等, 2005, 基于 Sato 模型的近震 S 波尾波 Q 值求解及分析软件研制, 地震地磁观测与研究, **26**(3), 63~70。
- 朱新运、于俊谊、张帆等, 2012, 浙江珊溪水库库区地震波衰减特征研究, 地震学报, **34**(6), 785~794。
- Aki K, 1969, Analysis of the seismic coda of local earthquakes as scatter waves, *J Geophys Res*, **74**(2), 615~631.
- Aki K, Chouet B, 1975, Origin of coda waves: Source, attenuation and scattering effects, *J Geophys Res*, **80**(23), 3322~3342.
- Amerbeh W B, Fairhead J D, et al, 1989, Coda Q estimates in the Mount Cameroon volcanic region, West Africa, *Bull Seism Soc Am*, **79**(5), 1589~1600.
- Carpenter P J, Sanford A R, 1985, Apparent Q for upper crustal rocks in the central Rio Grande Rift, *J Geophys Res*, **90**(B10), 8661~8674.
- Castro R R, Cecilio J R, Inzunza L, et al, 2003, Direct body wave Q estimates in northern Baja California Mexico, *Phys Earth Planet Inter*, **103**(1-2), 33~38.
- Domínguez T, Rebolgar C J, 1997, Regional variations of seismic attenuation from coda and Lg waves in northern Baja California, *J Geophys Res*, **102**(B7), 15259~15268.
- Drouet S, Souriau A, Cotton F, et al, 2005, Attenuation, seismic moments, and site effects for weak-motion events: Application to the Pyrenees, *Bull Seism Soc Am*, **95**(5), 1731~1748.
- Horasan G, Guney A B, 2004, S-wave attenuation in the Sea of Marmara, Turkey, *Phys Earth Planet Inter*, **142**(3-4), 215~224.
- Jacobson R S, Shor G G, 1984, A comparison of velocity and attenuation between the Nicobar and Bengal deep sea fans, *J Geophys Res*, **89**(B7), 6181~6196.
- Liu Z, Wuenschel M E, 1994, Attenuation of body waves in the central New Madrid seismic zone, *Bull Seism Soc Am*, **84**(4), 1112~1122.
- Nava F A, Arthur R G, Castro R R, et al, 1999, S wave attenuation in the coastal region of Jalisco-Colima, Mexico, *Phys Earth Planet Inter*, **115**(3), 247~257.
- Petukhin A, Irikura K, 2003, Estimation of Q -values in the seismogenic and aseismic layers in the Kinki region, Japan, by elimination of the geometrical spreading effect using ray approximation, *Bull seism Soc Am*, **93**(4), 1498~1515.
- Pulli J J, 1984, Attenuation of coda wave in New England, *Bull Seism Soc Am*, **74**(4), 1149~1166.
- Sato H, 1977, Energy propagation including scattering effects: Single isotropic scattering approximation, *J Phys Earth*, **25**, 27~41.
- Wong V, 2001, Attenuation of coda wave at Tres Viegebes volcanic area Baja California sur Mexico, *Bull Seism Soc Am*, **91**(4), 683~693.

Research on characteristics of seismic wave attenuation for the earthquake swarm occurring in Pingguo County, Guangxi Zhuang Autonomous Region in 2013

Shi Shuiping Zhou Bin Huang Shusheng Lu Lijuan Meng Lubin Zhang Fan

Earthquake Administration of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Nanning 530022, China

Abstract From June to July, 2013, the small earthquake swarm occurred intensively nearby the third Mud Gallery of Aluminum Corporation of China Guangxi Branch which is located in Pingguo County, Guangxi Zhuang Autonomous Region. This paper have collected waveform data of 146 earthquakes with $M_L > 1.0$ recorded at the near-source stations. By using the coda time series with high signal-to-noise ratio and filtering the data to eliminate background noises based on Sato model, the coda $Q_c(f)$ was calculated, and the relationship between $Q_c(f)$ and frequency (f) was obtained. Then, the characteristics of seismic wave attenuation in the third Mud Gallery area were analyzed. 273 three-component records chosen from 7 seismic stations were used for this study. The result shows that the relationship between the $Q_c(f)$ and f is: $Q(f) = (69.07 \pm 40.09)f^{0.90 \pm 0.23}$, suggesting that the study area is a tectonically inactive zone. The attenuation coefficient for high frequency waves increases with seismic activity. Further analysis on the relationship between $Q_c(f)$ and the sampling depth reveals that big attenuation layers exist deep beneath the study area.

Key words: Pingguo County, Guangxi Zhuang Autonomous Region Earthquake swarm
Coda Attenuation coefficient