

甘肃东部地区Q值的分布(一)

张 诚 杜志俊 付印发

(国家地震局兰州地震研究所)

摘 要

本文在假定地球介质为粘弹性的基础上,测定和分析了东经 103° 以东的甘肃地区和宁夏西海固地区的介质品质因子Q值,由 \overline{P} 和 \overline{S} 功率谱计算的地震的平均Q值为126,低值区平均Q值为58。海原及礼县Q值较高,其平均Q值分别为194和957,迭部Q值较低,其平均Q值为48。这些高值和低值均出现在主震前后。

一、前言

在现今我国的地震预报工作中,探求地震前兆的思路和方法有多种,其中之一是研究地震前后介质Q值的变化特征。目前,测定Q值的方法还在研究中,现在国内应用的方法有两种:一是用体波(\overline{P} 、 \overline{S} 波)测定〔1、2、3〕,获得主震前体波Q值高,主震后Q值低的结果;另一种是用尾波测定,结果表明主震前尾波Q值低〔4〕。可见采用不同类型的波、不同方法测定的结果是有较大差别的。本文采用文献〔5〕给出的方法,研究甘肃东部和宁夏西海固地区的Q值的分布特征。

二、资料

本文选用兰州电讯传输台网中分布在甘肃东部地区的盐池(兰州)、永登、定西、景泰、临夏、通渭、平凉、天水、武山、礼县、武都、岷县和文县13个台站(图3)1985—1987年的资料。使用该台网131数字化处理系统,采集直达波(\overline{P} 、 \overline{S})垂直分量波形数据。共筛选出甘肃东部和宁夏西海固地区发生的 $M_s=1.4-3.7$ 级地震55次(4.9级地震1次),共331台次,其中 \overline{P} 波206台次, \overline{S} 波125台次,共采集26416个振幅数值。

采集数据时,选取波形清晰噪声小的记录,采样时间约2秒,每秒50次,采样率为0.02秒,谱分析采用余弦窗,谱频率上限为25赫芝,下限为0.5赫芝,分辨率为0.5赫芝。

三、方法

本文应用文献〔5〕的方法,该方法假定地球介质是均匀的、非弹性的、各向同性的固

体，地震波在这样的粘弹性固体中传播，其 P 波在地面上的位移方程为：

$$u(x, t) = A_0 \frac{1}{X^a} \exp\left(-\alpha_k \omega^k \frac{X}{2}\right) F(Az) G(t) \quad (1)$$

其中 A_0 为震源的初始振幅， $1/X^a$ 是几何扩散因子， $\exp\left(-\alpha_k \omega^k \frac{X}{2}\right)$ 是衰减因子 ($k = 0, 1, 2$)， $F(Az)$ 是方向性函数， $G(t)$ 是时间函数。为突出粘弹衰减因素，对功率谱采取切比雪夫拟合逼近，即

$$\ln S(f, x) = a_0 + a_1 f + a_2 f^2 + \dots \quad (2)$$

对于震中距不同的两个台，其功率谱之间应满足

$$S_2(f, x_2) = S_1(f, x_1) \exp[-\alpha_k (2\pi f)^k \Delta x] \quad (3)$$

其中 $\Delta x = x_2 - x_1$ 。

若设 f_2 是主频，则有

$$\left. \frac{dS_2(f, x_2)}{df} \right|_{f=f_2} = 0 \quad (4)$$

从而给出衰减系数和 Q 值的计算公式为：

$$\alpha_k = \left[\frac{dS_1(f, x_1)/df}{S_1(f, x_1)} / k(2\pi)^k f^{k+1} \Delta x \right] \Big|_{f=f_2} ; \quad (5)$$

$$k = 1, 2;$$

$$\alpha_0 = [\ln S_1(f, x_1) - \ln S_2(f, x_2)] / \Delta x ;$$

$$Q_k = \frac{1}{2} \left(\frac{2}{\alpha_k \omega^{k+1} C} - \frac{\alpha_k \omega^{k+1} C}{2} \right) \quad (6)$$

其中波速 C 应满足 K-K 关系：

$$\frac{\omega}{C(\omega)} = \frac{\omega}{C_\infty} + H[\alpha(\omega)] \quad (7)$$

(7) 式中 C_∞ 是频率很大时的波速，H 表示希尔伯特变换。

依赖于频率的 Q 值为：

$$Q_k^f = Q_k(f_2, f), K = 0, 1, 2 \quad (8)$$

当 $k = 1$ 时， Q_k^f 与频率无关。

对于每个地震，由三个台以上的 Q 值求平均。 Q_p 表示用 P 波计算的 Q 值， Q_s 表示用 S 波计算的。由 S 波计算 Q 值的过程与 P 波相同，不同之处主要是推导 S 波的地面位移方程式时，考虑了横波的位移特性。以 1985 年 1 月 15 日宁夏海原 2.5 级地震为例，将由 131 数字化系统采样，计算的 P 波功率谱及切比雪夫拟合图示于图 2 中。图 1 为计算 Q 值的程序框图。

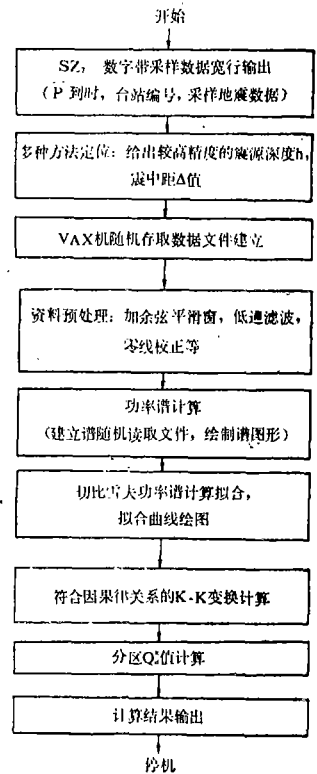


图 1

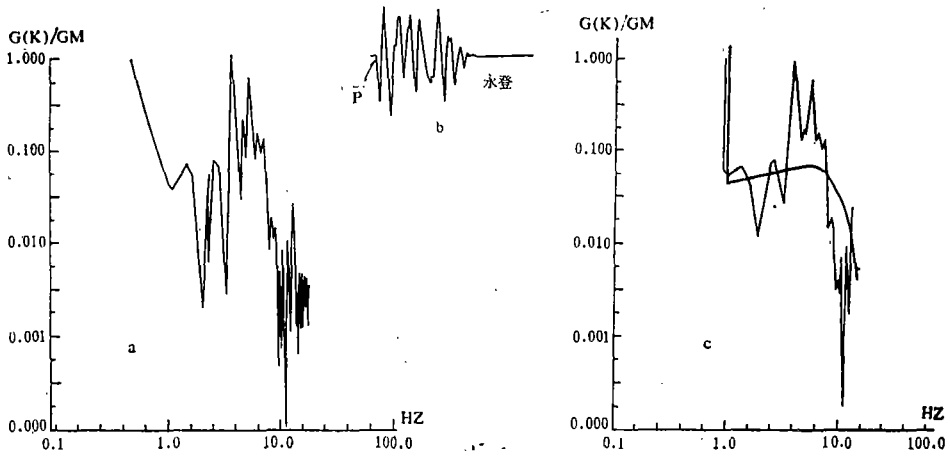


图2 1985年1月15日宁夏海原2.5级地震 (h = 20km)

a. \bar{P} 功率谱图 b. 回放 \bar{P} 波形 c. 功率谱切比雪夫拟合图

Fig. 1 The Haiyuan earthquake (M=2.5) on Jan. 15, 1985 in Ningxia

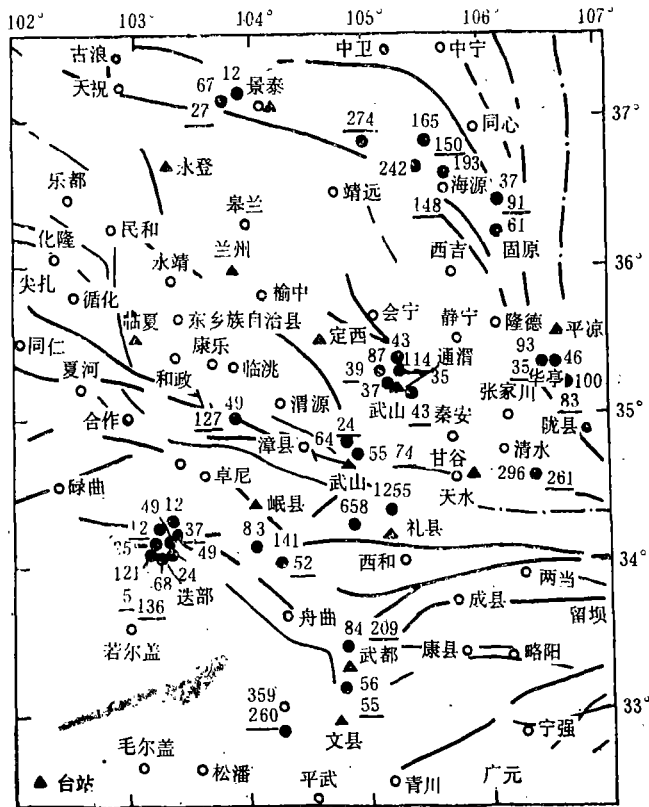


图3 甘肃东部地区的电讯传输台网分布和Q值分布 (图中带横线的数字为 Q_s , 不带横线的为 Q_p)

Fig. 2 Q value and electric communication transmission station distribution in the eastern Gansu

四、计算结果

本文共计算出东经 103° 以东的甘肃东部和宁夏西海固地区的 Q_{α} 值32个， $Q_{\alpha} = 12 - 1255$ ； Q_{β} 值22个； $Q_{\beta} = 5 - 274$ ， Q_{α} 和 Q_{β} 平均值 $\bar{Q} = 126$ （见表1和图3）。其中高值区为：海原（ $\bar{Q} = 194$ ）、礼县（ $\bar{Q} = 957$ ）、清水（ $\bar{Q} = 279$ ）和南坪（ $\bar{Q} = 310$ ）。低值区平均Q值为58。

表1

甘肃东部地区的Q值及地震基本参数

日期			发震时刻			震中位置		h	Ms	地点	Q		注	
年	月	日	时	分	秒	ϕ	λ	公里			Q_{α}	Q_{β}		
1985	1	14	10	50	8	37.107	103.807	1	2.7	景泰	67	24		
		15	20	01	11.3	36.807	105.453	20	2.5	海原	165	150		
	2	9	09	46	37.7	34.063	103.965	1	2.3	岷县	83			
		9	13	59	40.3	34.759	104.768	22	1.9	陇西	64	24		
	8	25	17	43	54.2	35.31	105.424	7	2.1	通渭	43			
	4	22	06	08	23.6	36.767	104.961	17	1.7	靖远		274		
	4	29	22	17	15.7	36.739	105.44	14	2.0	海原	193	140		
		29	09	22	48.1	36.212	106.08	29	3.2	固原	61			
	5	21	18	51	47.1	33.372	104.806	14	1.9	武都	84	200		
		23	18	59	33.5	33.131	104.807	15	2.4	文县	56	55		
	6	24	08	24	29.7	33.999	104.315	6	4.0	宕昌		52		
		24	15	24	51.7	33.994	104.322	0	2.5	宕昌	141			
	7	24	03	43	38.5	35.002	103.776	13	1.9	临潭	49	129		
	11	16	18	26	35.5	34.498	104.874	9	1.8	武山	55	74		
	12	11	04	02	30.6	35.093	105.268	14	1.7	通渭	35	43		
	1986	16	00	56	53.8	32.085	103.792	0	2.1	景泰	12			
12			03	46	51.2	35.333	105.333	8	1.6	通渭	87	39		
5		14	06	57	10.8	32.9	104.296	21	2.6	文县	359	260		
		26	01	00	37.5	35.217	106.667	12	3.7	华亭	46			
8		21	13	00	24.6	35.329	105.202	11	2.7	通渭	37	114		
9		8	14	26	44.5	34.517	106.431	19	2.3	清水	296	261		
		26	01	24	46.6	36.39	106.112	22	2.5	海原	37	31		
10		25	02	46	13.6	36.667	105.60	6	1.4	海原	242			
1987		1	8	02	29	59.9	34.203	103.216	11	3.0	迭部	25		
			8	02	48	18.8	34.225	103.269	11	2.3	迭部	49		
	8	19	35	25.1	34.167	103.30	8	2.8	迭部	24				
		9	14	54	46.0	34.314	103.296	1	2.5	迭部	12	37		
	14	13	39	5.0	34.205	103.31	0	2.7	迭部	40				
		19	02	53	4.5	34.172	103.3	0	2.6	迭部		12		
	23	20	48	57.1	34.15	103.212	0	3.1	迭部	121	5			
	24	04	14	41.7	34.141	103.258	0	3.1	迭部	68	136			
	29	01	35	43.3	35.336	106.535	17	2.3	华亭	93	35			
	2	14	04	58	11.7	34.448	105.23	22	1.7	礼县	1255			
	5	6	17	10	34.2	35.21	106.655	3	2.8	华亭	100	33		
	8	12	02	17	38.1	34.345	104.775	21	2.1	礼县	658			

五、讨 论

影响地震波衰减的因素是很复杂的,如地壳的纵向、横向不均匀性、震源辐射的方向性、波的散射和波阵面的几何扩散、振型干涉和仪器频响等,尽管对各种影响进行了可能的校正,但仍使Q值的精度受到影响。由于Q值表征介质内摩擦与散射的能量耗损,因而采用不同方法、不同波类计算的结果差异较大,而且随地壳结构和地震活动性的差异,Q值具有区域性特征,如陈运泰等〔1〕采用圆盘形位错模式和P波初动振幅和半周期,计算云南巧家地区的 $Q = 620$,石棉地区的 $Q = 560$;林邦慧等〔2〕以同一模式计算出1976年7月唐山7.8级地震前Q值最高($Q = 660$),1976年11月宁河6.9级地震前Q值略有下降($Q = 606$),至1977年5月宁河6.2级地震前Q值下降较多($Q = 357$),主震前Q值比余震高1—2倍;朱传镇等〔8〕采用等效弹性球模式,用P波振幅谱计算了1975年2月海城7.3级地震前 $Q = 500—600$,震后在震中区西南方向上 $Q = 180$,高低值之比约为3:1;而本文给出的平均 $\bar{Q} = 126$,低值 $\bar{Q} = 58$ 。因此,对不同作者的结果,比较时应取相对值的对比,即高低值之比,并且考虑其他影响因素。

对于甘肃东部地区,将 $\bar{Q} = 194$ (海原地区)及其以上定为高值,将全区平均 $\bar{Q} = 58$ 定为低值,高值为低值的3倍以上,这与海城、唐山大震前后的Q值的高低值之比相似。

海原地区的Q值是用1985、1986年小地震测得的,即是在1982年4月海原5.5级地震后4年测的。该次地震至今已六年了,区域应力场可能有所加强,这与Q值偏高的结果是一致的。从海原与灵武地区的地震迁移关系看,1988年元月4日、10日灵武发生5.4级和5.3级地震,海原地区在短期内有可能发生中强震。礼县地区的测值是在1987年10月25日5.5级地震之前,因此Q值偏高。迭部的测值在1987年元月8日5.9级地震之后,属余震Q值,因此其值较低, $\bar{Q} = 49$,接近于全区的平均值。上述结果表明,中强震前Q值高,中强震后或余震的Q值低。

由于资料的限制,本文未能给出中强震全序列的Q值分布,所以对该地区中强震前后的Q值分布,尚需进一步研究。

(本文1988年6月23日收到)

参 考 文 献

- 〔1〕陈运泰等,巧家、石棉小震震源参数的测定及其地震危险性的估计,地球物理学报,Vol.19, No. 3, 1976.
- 〔2〕林邦慧等,京津地区Q值及平均应力降的分布特征,地球物理学报,Vol.25, No. 4, 1982.
- 〔8〕朱传镇等,海城地震前后微震震源与介质品质因子,地球物理学报,Vol.20, No. 3, 1977.
- 〔4〕高龙生,Q值研究的进展和问题,地震地磁观测与研究,Vol.6, No.6, 1985.
- 〔6〕杜志俊,滇西地区近震P波及粘性 Q_s 值的测定,地震研究,Vol.12, No.1, 1989.

Q VALUE DISTRIBUTION IN THE EASTERN AREA OF GANSU PROVINCE (I)

Zhang Cheng, Du Zhijun, Fu Yinfa

(*Earthquake Research Institute of Lanzhou, SSB, Gansu, China*)

Abstract

This paper determines and analyses crust medium quality factor, Q value, in the eastern Gansu area and Xiji-Haiyuan-Guyuan area of Ningxia, assuming that crust medium is visco-elastic. The mean Q value calculated by power spectrum of the direct P and S wave is 126. The mean Q value is 58 in low value area. The Q values are high in Haiyuan and Lixian area, the mean Q value is 194 and 957 respectively. The Q value is low in Diebu area, its mean Q value is 48. These high and low Q values occurred before and after main earthquake.