

# 临猗 5.0 级地震前后品质因子值变化特征研究

王卫东<sup>1</sup>, 张永志<sup>1</sup>, 杜长娥<sup>2</sup>

(1. 长安大学 地质工程与测绘工程学院, 陕西 西安 710054; 2. 陕西省地震局, 陕西 西安 710068)

[摘要] 利用西安数字地震遥测台网记录的数字地震资料, 采用 P 波初动半周期残差法求得 1998 年 7 月临猗 5.0 级地震前后不同路径的  $Q$  (品质因子) 值变化, 发现地震发生前  $Q$  值为 87~203, 震后  $Q$  值为 67~164, 震前震中区附近出现明显的高  $Q$  值异常。结果表明, 地震前的高  $Q$  值异常可以作为地震预测的一种手段。

[关键词] 品质因子值; 初至波; 地震预测; 半周期

[中图分类号] P315.72; P315.75 [文献标识码] A [文章编号] 1672-6561(2005)04-0070-02

[作者简介] 王卫东(1967-), 男, 陕西宝鸡人, 副教授, 博士研究生, 从事地球内部物理学和地震学的教学与科研工作。

地球介质并非完全弹性体, 从总体看是一种粘弹性体。在短时间应力的作用下呈滞弹性。地震发生在地壳介质中, 由于地壳介质的非弹性, 地震波在传播过程中会发生能量吸收和散射, 造成在地震波传播方向上  $Q$  值的变化, 而从震源处发出的地震波必然携带出孕震区和传播路径上的介质特性信息。因而, 研究孕震区的介质条件和地震传播路径上的介质特性, 对于研究地震孕育的条件和地震预测都是十分有益的<sup>[1, 2]</sup>。

1998 年 7 月 11 日晋陕交界附近的山西临猗发生 5.0 级地震, 主震发生前后约半年时间在主震震中附近发生了 10 次地震。笔者利用西安数字地震遥测台网记录的宽频带数字地震资料, 通过 P 波初动半周期残差法<sup>[3, 4]</sup>, 研究了地震发生前后介质品质因子的变化, 并作了初步的分析探讨。

## 1 理论及方法

Gladwin 和 Stacey<sup>[5]</sup> 在岩石衰减性质的研究中发现

$$\tau = \tau_0 + C \cdot t/Q \quad (1)$$

式中:  $t$  为波的走时;  $Q$  为介质品质因子;  $\tau$  为脉冲宽度;  $\tau_0$  为  $t=0$  时的初始脉冲宽度;  $C$  为常数, 约为 0.53。如果波在传播过程中  $Q$  随波的传播路径而变化, 则式(1)可写为更为一般的形式

$$\tau = \tau_0 + C \int_0^t Q^{-1} dt \quad (2)$$

若将式(1)中的地震波走时  $t$  用直达 S 波和 P 波的走时差  $t_{S-P}$  来代替,

$$\text{由于} \quad t = \frac{1}{\frac{v_P}{v_S} - 1} \cdot t_{S-P}$$

则式(1)可改写为

$$\tau = \tau_0 + \alpha \cdot t_{S-P}/Q \quad (3)$$

$$\text{式中: } \alpha = C \left( \frac{v_P}{v_S} - 1 \right)。$$

如果有  $n$  个地震,  $m$  个台站, 那么从理论上最多可得到  $m \cdot n$  个记录, 则由式(3)可得方程组

$$\begin{bmatrix} \tau_{11} = \tau_1 + \alpha \cdot t_{11}/Q_{11} \\ \tau_{12} = \tau_1 + \alpha \cdot t_{12}/Q_{12} \\ \vdots \\ \tau_{ij} = \tau_i + \alpha \cdot t_{ij}/Q_{ij} \\ \vdots \\ \tau_{nm} = \tau_n + \alpha \cdot t_{nm}/Q_{nm} \end{bmatrix} \quad (4)$$

式(4)中共有未知数  $n+n \cdot m$  个, 大于方程个数  $n \cdot m$ , 因而无法求解, 但如果地震分布相对集中, 即  $Q_{11} \approx Q_{21} \approx \dots \approx Q_{n1}$ , 则  $Q$  的未知数个数可减少为  $m$

[收稿日期] 2004 05 11

[基金项目] 陕西省科学技术项目(95K12-G9); 中国地震局地震科学联合基金项目(95208)

个, 而方程数仍为  $n \cdot m$ , 未知数个数则减少为  $n+m$  个, 若  $n \cdot m > n+m$ , 则可利用最小二乘原理求解式 (4), 便可求得  $\tau_0$  和  $Q$ 。

## 2 资料处理和结果分析

西安数字地震遥测台网采用 FBS 3 型宽频带数字地震仪, 其频带范围为 0.05 ~ 20 s, EDAS 3 型数据采集器, 采样率为每秒 50 个样点, 由于是数字记录, 因而很容易将地震波形沿时间轴拉开, 可以较为准确地读取 P 波初动半周期。

采用上述方法, 将临猗地震震中区附近的地震以临猗 5.0 级主震为界分为前后两组, 量取西安数字遥测地震台网东部 4 个台站的地震 P 波初动半周期, 西安数字遥测地震台网台站分布和选取的地震见表 1、表 2。

表 1 西安数字遥测地震台网台站参数

台站	经纬度 $(^\circ)$		海拔高度 $h/m$	台基岩性	仪器类型
	$\lambda_E$	$\varphi_N$			
蓝田	109.29	34.17	1 300	花岗岩	FBS 3
乾县	108.22	34.57	885	石灰岩	FBS 3
周至	108.32	34.06	610	片麻岩	FBS 3
华阴	110.17	34.52	860	花岗岩	FBS 3
合阳	110.06	35.41	1 160	砂 岩	FBS 3
大孔	109.43	35.06	1 010	石灰岩	FBS 3
子午	108.92	34.03	630	花岗岩	FBS 3

表 2 所用地震参数

发震时间	震中位置		震级 $M_L$
	$\varphi_N$	$\lambda_E$	
1997 12 24 02 49	35°28′	110°12′	2.7
1998 02 12 08 25	35°19′	110°30′	2.9
1998 04 21 12 25	35°38′	110°38′	3.3
1998 06 24 01 45	35°36′	111°13′	2.5
1998 07 11 19 04	35°02′	110°42′	5.0
1998 07 11 19 57	35°00′	110°42′	2.0
1998 07 11 20 25	34°58′	110°41′	3.5
1998 07 22 09 09	35°01′	110°34′	2.5
1998 07 25 16 08	35°00′	110°39′	3.3
1998 07 27 01 10	35°02′	110°14′	2.8

由于  $\tau_0$  和  $Q$  均为正值, 采用带约束的最小二乘法求解方程组式 (4), 得到了相应传播路径上的介质品质因子  $Q$ , 临猗 5.0 级地震前后不同路径上的  $Q$  值变化见图 1。

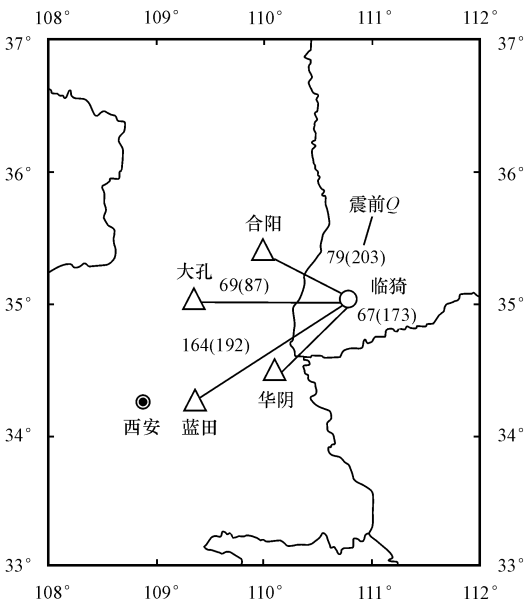


图 1 临猗 5.0 级地震前后不同路径上的  $Q$  值分布

Fig 1  $Q$  value distribution on different path before and after Linyi 5.0 earthquake

由图 1 可见, 震前各台站路径上的  $Q$  值均大于地震后的  $Q$  值, 且震中距较小的路径上的  $Q$  值变化更为明显, 震前  $Q$  值超过震后的两倍, 而震中距较大路径上的  $Q$  值震前只比震后高约 20%。上述结果表明, 在地震发生前由于应力场的增强, 增加了孕震区的裂隙, 而裂隙中的液体流动可能导致了地震波衰减的增大<sup>[6]</sup>。这与利用 P 波初动法对海城 7.3 级地震、宁河 6.9 级和日本西长野 6.8 级地震的研究结果<sup>[7~9]</sup> 相似, 也符合岩石中地震波衰减的实验研究结果<sup>[10~11]</sup>。

## 3 结语

利用 P 波初动半周期残差法对临猗 5.0 地震前后  $Q$  值变化特征进行了研究, 结果表明在主震前震中区附近出现了明显的高  $Q$  值异常, 结合以上所引述的其他学者的研究结果, 表明 P 波初动求取  $Q$  值可作为地震预报的一种手段, 而对陕西地区而言, 还需深入研究本地区  $Q$  值的正常背景, 为地震的分析预报服务。

(下转第 79 页)

出版社, 2002

[9] Deberge M V, Kreveld M, Schirra S. Topologically correct subdivision simplification using the Bendwith Criterion [J]. Cartography and Geographic information Systems, 1998, 25 (4): 243 ~ 257.

# Application of artificial intelligence expanding GIS to the environmental cumulative impact assessment for regional development

LIU Shao jun<sup>1,2</sup>, HE Zheng wei<sup>1,2</sup>, HUANG Run qiu<sup>1</sup>, XU Qiang<sup>1</sup>  
(1. National laboratory of Geohazard Prevention and Geoenvironment Protection, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China; 2. Institue of Digital Land & Ecological Science, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

**Abstract** This paper makse full use of the advantages of the artificial intelligence and the designed cumulative impact expert system, which can explain the reasoning progress about the cumulative impact and take advantages of the reasoning and explaining function to overcome the shortage of GIS . In regional development of environmental impact assessment, it solves the problem that GIS, despite it's advantages in spatial analyses, cannot analyze the process. Namely, GIS cannot define and analyze the causes and divide the styles of the cumulative impact. The results indicate that cumulative impact expert system provides the decision support for regional development of environmental impact assessment.

**Key words:** geographic Information system ; cumulative Impact; artificial Intelligence; expert system  
[ 英文审定: 周军]

( 上接第 71 页 )

[ 参 考 文 献 ]

[ 1 ] Aki K. Scattering and attenuation[ J ] . Bull Seim Soc Amer 1982, 72: 319 ~ 330.

[ 2 ] Winkler K, Nur A. Seismic attenuation: effects of pore fluids and frictional sliding[ J ] . Geophysics, 1982, 47: 1 ~ 15.

[ 3 ] 国家地震局科技监测司. 地震现场工作大纲和震情分析指南 [ M ] . 北京: 地震出版社, 1990.

[ 4 ] 张国民, 傅征祥, 桂燮泰, 等. 地震预报引论 [ M ] . 北京: 地震出版社, 2001.

[ 5 ] Gladwin M T, Stacey F D. An elastic degradation of acoustic pulses in rock[ J ] . Phys Earth Planet Inter, 1974 8: 332 ~ 336.

[ 6 ] 王卫东, 王平, 杜长娥. 渭河断陷盆地及邻近地区地震活动的深部背景[ J] . 地球科学与环境学报, 2004 26( 3): 57 ~ 60

[ 7 ] 卓钰如. 不同类型地震发生区域的  $Q$  值特征[ J] . 地震, 1985, ( 2): 44 ~ 48.

[ 8 ] 林邦慧. 1977 年 5 月 12 日宁河地震烈度明显偏低的探讨 [ J ] . 地球物理学报, 1979, 22( 1): 14 ~ 24.

[ 9 ] Masakazu Ohtake . Temporal change of  $QP1$  in focal area of 1984 westem Nagano Japan earthquake as derived form pulse width analysis[ J ] . J Geophys Res, 1987, 92( B6): 4846 ~ 4852.

[ 10 ] 刘祖源. 岩石中地震波衰减的实验研究[ J] . 地震科学研究, 1983, ( 6): 34 ~ 40.

[ 11 ] 徐果明. 岩石的饱和度对地震波衰减的影响 [ J ] . 地震地磁观测与研究, 1985, 6( 6): 123 ~ 127.

# Research on temporal change in coda $Q$ factor before and after the Linyi earthquake with $M_L=5.0$

WANG Wei- dong<sup>1</sup>, ZHANG Yong zhi<sup>1</sup>, DU Chang e<sup>2</sup>  
(1. School of Geological Engineering and Surveying Engineering, Chang'an University, Xi'an 710054, China; 2. Seismological Bureau of Shaanxi Province, Xi'an 710068, China)

**Abstract** By using the digital data recorded by Xi'an digital telemetry seismic network, the temporal change in  $Q$  factor before and after Linyi earthquake with  $M_L=5.0$  in July, 1998 is determined through the method for half period of the first arrival P wave. It is pointed that the  $Q$  factor is 87 ~ 203 before the earthquake and is 67 ~ 164 after the earthquake, and clear anomaly with high  $Q$  factor appeared in the nearby areas of the epicenter before the earthquake. The result shows that anomaly with high  $Q$  factor before a earthquake can be used as a method for earthquake forecast.

**Key words:**  $Q$  factor; first arrival; earthquake forecast; half period  
[ 英文审定: 苏生瑞]