

渭河断陷盆地及邻近地区地震活动的深部背景

王卫东¹, 张永志¹, 王平², 杜长娥²

(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 初动半周期方法, 得到了渭河断陷盆地及邻近地区的 Q 值分布, 探讨了该区域地震活动性与地壳内速度分布、 Q 值分布及地质构造的关系。结果表明: ① Q 值分布有两个地区存在较强烈地横向不均匀性, 其一是淳化、耀县高 Q 值区和相邻的西安、富平低 Q 值区, 其二是陕晋交界处的韩城高 Q 值区和相邻的澄城低 Q 值区, 它们都位于不同构造单元交界、差异运动显著、新老地层交错的地带; ② 历史强震震中主要分布在 Q 值分布高、低值间的过渡带上; ③ Q 值分布与 20 km 深度 P 波速度分布有较好地一致性。上述结果表明, 该区域的地震活动性有深部构造背景, 与区域速度场、介质品质因子分布密切相关。

[关键词] 渭河断陷; 速度分布; 介质品质因子; 地震活动性

[中图分类号] P315.2; P315.5 [文献标识码] A [文章编号] 1672-6561(2004)03-0057-04

[作者简介] 王卫东(1967-), 男, 陕西宝鸡人, 副研究员, 现从事地球物理学和地震学教学与科研工作。

渭河断陷盆地夹持于鄂尔多斯地块与秦岭山脉之间, 是分隔中国华北、华南地块的一条重要分界线。渭河断陷盆地经受过长期活动, 盆地内形成多个次级断块, 差异活动显著, 活动断裂发育。盆地东段为历史强震区, 发生过 1556 年华县 8.25 级大地震, 盆地南侧为著名的秦岭造山带。对该地区的深入研究对于探讨华县大地震及秦岭造山带深部构造背景, 进而探讨大陆地震成因有深远意义。

对于渭河断陷盆地及邻近地区的地壳结构前人已发表过一些研究结果^[1,2], 较详细地研究了该地区地壳内 P 波和 S 波速度结构, 对该地区的地壳厚度也有一些初步的研究^[3]。

西安数字地震遥测台网自 1997 年底正式运行以来, 已积累了一批宽频带数字地震资料^[4], 笔者应用初动半周期法求得了该地区的 Q 值分布, 探讨了 Q 值分布特征与该地区地壳内地震波速度结构、地质构造的关系, 分析了该地区的地震活动性。

1 Q 值计算原理与方法

介质的吸收是由于介质的内阻使弹性波部分

能量产生耗散的现象。为了标志耗散的强弱, 引入了介质品质因子 Q , $2\pi/Q$ 代表了每周波中能量的损耗与周波内总能量之比。即

$$\frac{2\pi}{Q} = \frac{\Delta E}{E} \quad (1)$$

当震级较小时, 介质吸收所产生的脉冲宽度可比初动半周期本身还要大得多, 初动半周期的大小主要由介质的吸收特性决定。同一地震台所记录下来的相同地区的地震, 其介质吸收的影响是相同的, 因而可以利用小地震相应的初动半周期最小值估算出该路径上的平均 Q 值^[5,6]。

2 Q 值反演结果

西安数字地震遥测台网全部采用 FBS-3 宽频带数字地震仪 (频带范围 0.05~20 Hz), 采样率为每秒 50 个样点, 采样间隔为 0.02 s, 与以往模拟记录相比读取 P 波初动半周期的精度有较大地提高。这里选取了 1997 年以后发生地震的数字地震波形资料, 经仿真处理成 DD-1 后量取 P 波初动半周期, 最后根据 T_{\min} 和 r/Q 之间的关系^[7], 求得了相应路径上的平均 Q 值, Q 值等值线分布见图 1。

由图 1 可见, 从总体上看, 与渭河断陷盆地相

[收稿日期] 2003-09-09

[基金项目] 陕西省科学技术委员会项目 (95K12-G9);

1994-2011 陕西省地震局九五项目

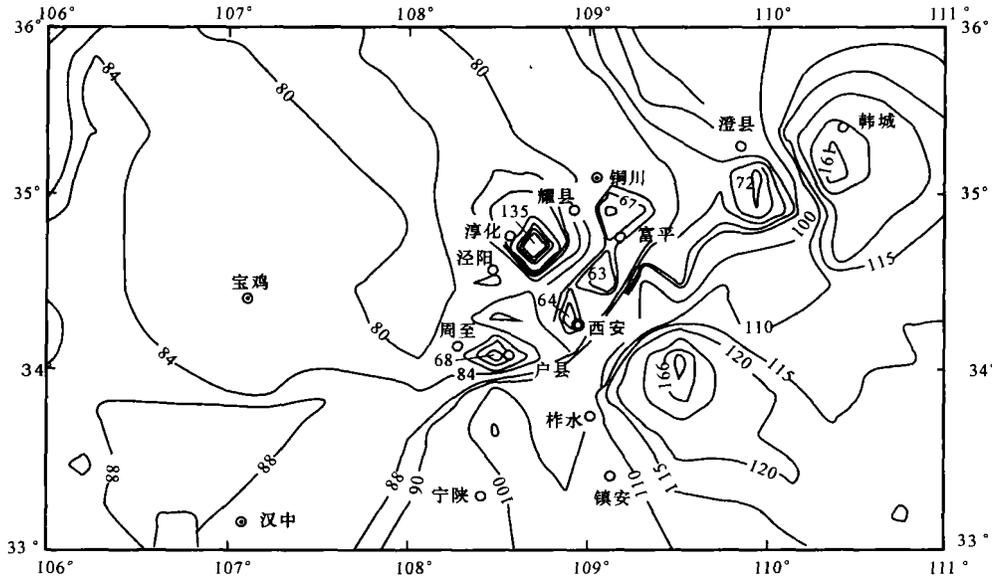


图 1 渭河断陷盆地及邻区的 Q 值分布等值线

Fig. 1 Contour map of Q value Distribution in Weihe fault depression basin and its adjacent areas

邻的南部地区 (34°N 以南) Q 值较大, 而渭河断陷盆地内部 Q 值分布则变化较大, 有几个高值区和与之相邻的低值区, 主要有淳化、耀县高值区和相邻的西安、富平低值区, 卢县低值区; 韩城高值区和相邻的澄城低值区; 与渭河断陷盆地相邻的北部鄂尔多斯地块则由于地震很少, 缺少相应的数据而无法讨论。

3 地震活动背景分析

图 2 是渭河断陷盆地及其邻近地区的构造单元分区及强震分布图。渭河盆地是一条重要的大地构造分界线, 盆地北缘是鄂尔多斯地块, 南缘为秦岭造山带。盆地内有 EW 向、NE 向及 NW 向多组活动断裂, 构造比较复杂。渭河断陷历史上也是一个强震区, 地震活动的空间分布也极不均匀, 断陷盆地东部地震活动明显强于西部。渭河断陷盆地内部 Q 值分布的不均匀性在不同程度上反映了构造单元、断裂构造及地震活动特征的差异。

由图 1 和图 2 可见, 南部 Q 值较高区域在地质构造上属秦巴山脉隆起区, 岩石的刚度较大, 地震波衰减较小; 而渭河断陷盆地内部则由于构造较为复杂, 活动断裂纵横分布, 造成了 Q 值分布复杂性。

与渭河断陷盆地 P 波速度分布图^[1] (图 3) 相比较, 可以发现两者间存在着某种联系, 具体表现为: 铜川、耀县、淳化 P 波高速区也是高 Q 值区; 韩城 P

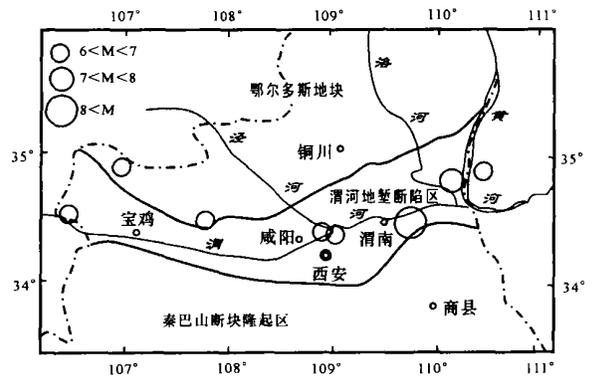


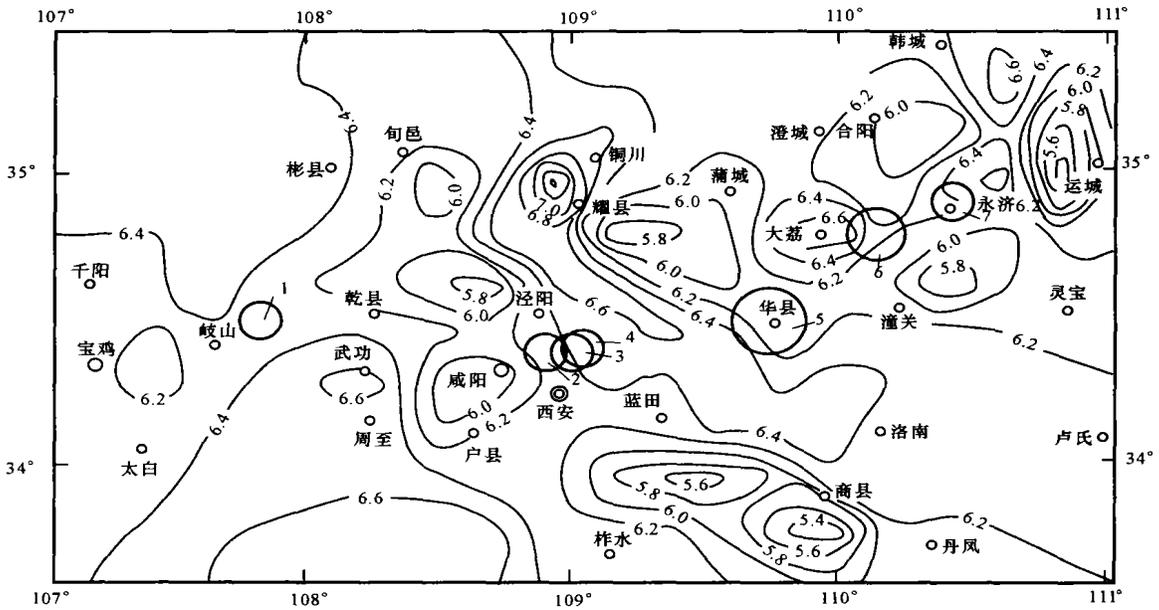
图 2 渭河断陷构造单元划分及强震分布

Fig. 2 Division of geological structures in Weihe fault depression basin and distribution of strong earthquakes

波高速区也是高 Q 值区; 澄城 P 波低速区也是低 Q 值区; 铜川、耀县、淳化 P 波高速区的邻近存在不连续的两个 P 波低速区, 与 Q 值分布图上西安、富平低 Q 值区和卢县低 Q 值区的位置较为一致。

上述一致性表明, 渭河断陷盆地内部存在着地震波速较高、 Q 值也较高的区域, 这类区域介质的刚性较大; 也存在一些地震波速较低、 Q 值也较低的区域, 这类区域可能发生过强烈地隆升、沉降、挤压或拉张, 使得该类区域的介质结构发生了破坏, 结构较为破碎, 因而 Q 值也较低。

从图 1 可以看到, 在研究区内, Q 值分布总体上有两个地区存在强烈地横向不均匀性, 一个地区



1—岐山 6 级地震; 2—4—西安北 6.25 级、6 级、6.75 级地震; 5—华县 8.25 级地震; 6—朝邑 7 级地震; 7—永济 6 级地震

图 3 渭河断陷盆地 $h=20$ km 水平截面上的地壳速度等值线

Fig. 3 Contour map of V_p at depth $h=20$ km in Weihe fault depression basin

位于陕晋交界处的韩城高 Q 值区和澄城低 Q 值区; 另一个位于陕西中部的铜川、耀县与淳化一带, 其特点是高 Q 值区与低 Q 值区相互交错, 形成耀县、淳化高 Q 值区和相邻的西安、富平低 Q 值区与户县低 Q 值区。从地质构造分析, 上述两个地区都位于不同构造单元交界、差异运动显著、新老地层交错的地区。陕晋交界处的韩城高 Q 值区和澄城低 Q 值区位于渭河盆地东缘、运城盆地和中条山的交接部位, 渭河盆地和运城盆地都覆盖着较新地第四系 (Q_{1-2} , Q_{3-4}) 地层, 但中条山有寒武系、上元古界甚至太古界的古老地层, 也是 EW 向活动断裂与 NE 向断裂交汇的地段, 构造相当复杂; 而陕西中部的耀县、淳化高 Q 值区和相邻的西安、富平低 Q 值区位于鄂尔多斯地块与渭河断陷盆地的交接部位, 两盘差异运动显著, 地层是第四系、二叠系、三叠系、石炭系甚至奥陶系新老交错的地区。

从图 1~图 3 对比可知, 渭河断陷盆地东部的强震主要发生在高低速过渡带, 与以往对中国西部和华北地区的研究结果比较一致^[8~11], 而这些强震也发生在高 Q 值区与低 Q 值区的过渡带上, 如陕西 1501 年朝邑地震位于陕晋交界处的韩城高 Q 值区和澄城低 Q 值区的过渡带上; 西安北部的几次 6 级以上强震也位于耀县、淳化高 Q 值区和相邻的西安、富平低 Q 值区的过渡带上。

与渭河断陷盆地 V_p/V_s 等值线图^[4] (图 4) 对比可知, 耀县、淳化高 Q 值区也是 P 波高速区和 V_p/V_s 高值区, 此区域位于鄂尔多斯地块与渭河断陷盆地的交接部位, 且偏于地块隆升的一侧, 强烈地差异运动很可能使深层的物质上升, 因而可能有深部的构造背景。此区域边缘的过渡带上历史上曾经发生过 6 级以上强震, 自 1970 年以来, 在淳化、泾阳一带也常有中小地震和震群活动, 1998 年 1 月 5 日还发生了陕西省近 40 年来最大的地震泾阳 4.8 级地震, 是一个值得深入研究和加强监测的地区。

[参 考 文 献]

- [1] 薛广盈, 丁锡玉, 袁志祥. 渭河断陷盆地地壳速度结构的层析成像研究[J]. 地震学报, 1997, 19(3): 283~290.
- [2] 丁锡玉, 狄秀玲, 袁志祥. 渭河断陷地壳三维 S 波速度结构和 V_p/V_s 分布图象[J]. 地球物理学报, 2000, 43(2): 194~202.
- [3] 姜家兰, 黄长林. 陕西地区地壳厚度初探[J]. 西北地震学报, 1986, 8(4): 43~51.
- [4] 王卫东, 王平. 泾阳 4.8 级地震的震源参数与震源机制[J]. 地震学报, 1998, 20(6): 656~658.
- [5] 陈运泰, 林邦慧, 李兴才, 等. 巧家、石棉的小震震源参数的测定及其地震危险性的估计[J]. 地球物理学报, 1976, 19(3): 206~233.
- [6] Masakazu Ohtake. Temporal change of Q_p-1 in focal area of 1984 western Nagano, Japan earthquake as derived from pulse width analysis[J]. J. Geophys. Res., 1987, 92(B6): 4846~4852.

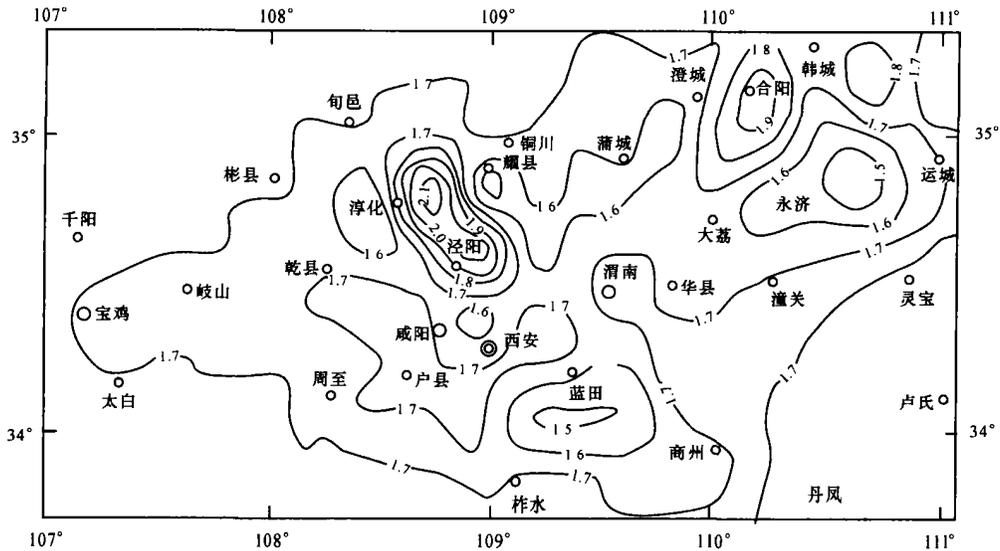


图 4 渭河断陷盆地 $h=20$ km 水平截面上的 V_p/V_s 等值线

Fig. 4 Contour map of V_p/V_s at depth $h=20$ km in Weihe fault depression basin

- [7] 国家地震局科技监测司. 地震观测技术[M]. 北京: 地震出版社, 1995.
- [8] 刘建华, 刘福田, 吴华, 等. 中国南北带地壳和上地幔的三维速度图像[J]. 地球物理学报, 1989, 32(2): 143~151.
- [9] 孙若味, 刘福田, 刘建华. 四川地区的地震层析成像[J]. 地球物理学报, 1991, 34(6): 708~716.
- [10] 孙若味, 赵燕来, 梅世蓉. 渤海及其邻区的地震层析成像[J]. 地球物理学报, 1993, 36(1): 44~54.
- [11] 刘瑞丰, 陈培善, 李强. 云南及邻区的地震层析成像[J]. 地球物理学报, 1993, 36(3): 311~320.

Seismicity and deep backgrounds of the Weihe fault depression and its adjacent areas

WANG Wei-dong¹, ZHANG Yong-zhi¹, WANG Ping², DU Chang-e²

(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: In this paper, by using the seismic data recorded from Xi'an digital telemetry seismic network and the method of half period of first P arrivals, Q value distribution of Weihe fault depression basin and its adjacent area is determined. The relationship between seismicity and Q value distribution, velocity distribution and geological structures in this region is then discussed. The results show that: (1) there are two strong lateral inhomogeneous regions of Q value distribution, one is Chunhua-Yaoxian region with high Q value and its adjacent Xi'an-Fuping region and Huaxian region with low Q value, the other is Hancheng region on the boundary between Shaanxi and Shanxi Provinces with high Q value and its adjacent Chengcheng region with low Q value. These two regions are located in a region where different tectonic units meet, and differential movement is significant and different rock strata are interceded; (2) the historical strong earthquakes occurred mainly in the transitional belt between the regions with high and low Q values; (3) the distribution of Q value is comparatively consistent with the image of P-wave velocity distribution at depth $h=20$ km in the studied area. The above results indicate that the seismicity in this region has deep geological background and is closely related to the distribution of Q value and the image of P-wave velocity distribution of the region.

Key words: Weihe fault depression; distribution of seismic velocity; Q value; seismicity

[英文审定: 苏生瑞]