

文章编号: 0253-3782(2002)05-0552-04

研究简报

# 泾阳 $M_s$ 4.8 地震的发震构造与破裂特征<sup>\*</sup>

王卫东

(中国西安 710054 长安大学地球探测与信息工程系)

关键词 泾阳地震 发震断层 波谱分析

中图分类号: P315.3<sup>3</sup> 文献标识码: A

1998年1月5日, 陕西省泾阳县永乐镇附近发生了 $M_s$ 4.8地震。震中位置: 34.5°N、108.9°E, 发震时刻: 北京时间09时36分, 震源深度: 14 km, 震中烈度: VI度强, 西安等地震感强烈。陕西省关中东部地区是国家级地震重点监视防御区, 历史上曾多次发生强烈地震, 此次地震是陕西省近40年来最大的一次地震, 受到了省内外地震工作者的重视。

我们曾利用陕西省地震台网和邻省地震台网的P波初动资料, 求得了此次地震的震源机制解(王卫东, 王平, 1998), 见表1; 但却无法确定断层面, 因而也无法确定两个可能的错动力轴中真实的一个, 也无法判定发震构造。本文利用西安数字地震遥测台网的宽频带(0.05~20 s)数字地震资料, 采用波谱分析的方法, 基于单侧有限移动源的模式, 确定了此次地震的断层面和断层长度、破裂传播方向和破裂速度, 探讨了此次地震的发震构造和地震地质条件。

表1 1998年1月5日泾阳地震的震源机制

节面 I			节面 II			P轴		T轴		N轴		X轴	
走向	倾向	倾角	走向	倾向	倾角	方位	倾角	方位	倾角	方位	倾角	方位	倾角
89°	南	45°	162°	北东东	73°	222°	16°	115°	44°	328°	40°	72°	17°

## 1 泾阳 $M_s$ 4.8 地震的震源机制和震源破裂参数

在单侧有限移动源模型下(徐果明, 周蕙兰, 1982), 远场地震体波位移振幅谱的公式中含有有限性因子 $|X^{-1} \sin X|$ , 因而在振幅谱中出现了一系列极小值, 这些极小值发生在使 $X^{-1} \sin X = 0$ 的时候, 于是有

$$X = \frac{\omega L}{2} \left( \frac{1}{v} - \frac{\cos \theta}{C} \right) = n\pi \quad (1)$$

振幅谱的第n个极小值所对应的周期为 $T_n$ , 有

$$T_n = \frac{1}{n} \left( \frac{L}{v} - \frac{L}{C} \cos \theta \right) \quad (2)$$

式中,  $C$ 为体波速度,  $v$ 为破裂速度,  $L$ 为断层长度,  $\theta$ 为理想点与震源的连线与两个可能的破裂方位线

\* 2001-12-11 收到初稿, 2002-04-29 收到修改稿并决定采用。

的夹角。

分别选取震源机制解中的两个节面求取  $\cos\theta$ , 选取各个台站P波位移振幅谱上第一个极小值  $T_{\min}$  和  $\cos\theta$  作图, 则必定有一组满足线性关系, 且直线斜率为

$$K = -\frac{L}{C} \quad (3)$$

在  $T$  轴上的截距为

$$b_0 = \frac{L}{v} \quad (4)$$

则与之对应的节面即为破裂面, 根据式(3)、(4)可计算出破裂速度和断层长度。

我们利用西安数字地震遥测台网的宽频带数字地震记录, 选取垂直向P波记录进行波谱分析, 经仪器频率响应及传播路径衰减校正后得到震源的位移谱。其中, 传播路径衰减校正中的  $Q$  采用华北地区由尾波方法研究得到的数据(韦士忠等, 1987)。在利用圆盘位错模式计算震源参数时, 取  $v_p = 6.0 \times 10^3 \text{ m/s}$ ,  $\rho = 2.9 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ,  $\mu = 3.3 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$ 。为了正确辨认位移谱中与断层参数有关的极小值, 本研究反复进行了资料截取长度实验, 最后得到了如图1所示的结果。

由图可见, 对于 NNW 向的节面而言, 与断层参数有关的位移谱极小值随方位呈线性分布, 而近 E-W 向的节面与断层参数有关的位移谱极小值随方位则呈非线性分布。这表明 NNW 向的节面为真正的断层破裂面。因而, 此次地震的破裂面走向为  $162^\circ$ , 倾角  $73^\circ$ , 滑动角  $133^\circ$ , 错动方位  $179^\circ$ , 仰角  $45^\circ$ , 兼具走滑和倾滑特征。我们由此求得了此次地震的震源参数, 如表2所示。

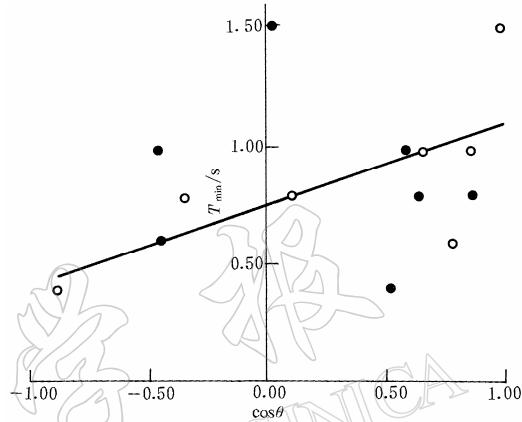


图1 从泾阳地震 P 波振幅谱得到的极小值方位分布。

图中○表示相对于 NNW 节面的资料点,  
●表示相对于 E-W 节面的资料点

表2 由P波位移谱资料得到的泾阳  $M_s$ 4.8 地震的震源参数

断层走向 / (°)	倾向 / (°)	倾角 / (°)	滑动角 / (°)	断层长度 / km	错距 / $10^{-2}$ m	地震矩 / $10^{15}$ N·m	应力降 / MPa	破裂传播方向	破裂速度 / $\text{km} \cdot \text{s}^{-1}$
162	NEE	73	133	2	5	1.85	3.52	NNW-SSE	2.7

注: 表中错距、地震矩、应力降由波谱分析利用圆盘位错模式得出(Hanks, Wyss, 1972)。

## 2 地震烈度分布和地震地质背景

图2为泾阳4.8级地震的宏观烈度分布图, 其长轴呈N-E向。震源机制解中两个节面方向分别为NNW向和近E-W向, 由波谱分析得到的断层面为NNW向节面, 与宏观烈度分布图的长轴方向有一定的偏差。从渭河盆地构造图(图3)(韩恒悦, 易学发, 1982)可见, 泾阳地震震中位于渭河断裂和泾河—灞河断裂的交汇部位。其中, 泾河—灞河断裂总体走向为N-W, 倾向N-E, 倾角60°左右, 长度约180 km, 沿断裂带曾有地震发生; 渭河断裂总体走向近E-W, 倾向N, 倾角65°左右, 长度约300 km, 沿断裂带有多次强震发生, 是一条活动较为强烈的发震断裂(彭建兵等, 1992)。这种由震源机制解得到的断层面与宏观烈度分布图的长轴方向的偏差, 是否由于泾阳地震震中位于渭河断裂和泾河—灞河断裂的交汇部位, 因而地震烈度分布受到某些影响, 尚需进一步研究。

由P波位移谱图象分析可知, 节面II(走向  $162^\circ$ , 倾角  $73^\circ$ )为此次地震的主破裂面, 结合地震地质资料和宏观烈度分布, 推测泾河—灞河断裂为此次地震的发震断裂。从震源机制解的分析可知, 此次地震的

压应力主轴为北东-南西向, 张应力主轴为北西西-南东东向, 与华北地区的应力场的方向比较一致(李钦祖等, 1982). 说明此次地震受华北区域应力场的控制. 另外, 震中位置与泾阳地震震中基本一致的

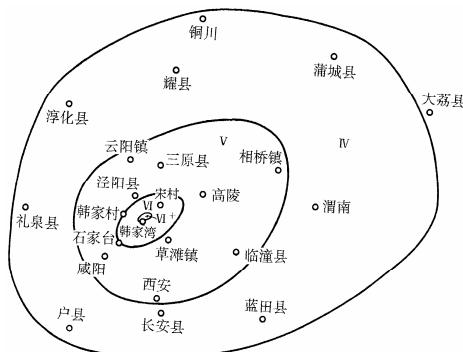


图2 泾阳Ms4.8地震的宏观烈度分布图

1568年西安北6 $\frac{3}{4}$ 级地震(34.4°N, 109°E)的极震区长轴方向也与泾河-灞河断裂的走向比较一致(国家地震局地球物理研究所, 复旦大学中国历史地理研究所, 1994; 李钦祖, 1980). 其发震断裂是否亦为泾河-灞河断裂, 尚有待进一步研究.

从渭河盆地的地壳速度层析成像研究结果(丁韫玉等, 2000)看, 泾阳地震震中位于地壳内 $v_p/v_s$ 的高值异常区的边缘地段(图4)、鄂尔多斯地块与渭河断陷盆地的交界部位, 且偏于地块隆升的一侧. 强烈的差异运动很可能使深部物质上涌, 可能

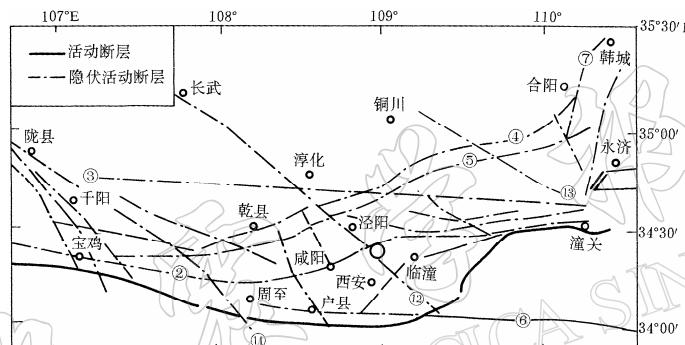


图3 渭河断陷盆地构造图

- ① 秦岭北麓大断裂; ② 宝鸡-咸阳-潼关断裂(渭河断裂); ③ 口镇-阎良断裂; ④ 乾县-鲁桥断裂;  
 ⑤ 扶风-双泉断裂; ⑥ 铁炉子断裂; ⑦ 韩城断裂; ⑧ 中条山断裂; ⑨ 长安-临潼断裂;  
 ⑩ 固关-宝鸡断裂; ⑪ 岐山-周至断裂; ⑫ 泾河-灞河断裂; ⑬ 蒲城-大荔断裂

反映了地震活动的深部构造背景. 在此种垂直向力与华北地区水平应力场的联合作用下, 泾阳地震的震源机制表现出兼有走滑和倾滑的特征. 而垂直向作用力在大陆地区可能是存在的(曾融生, 1984; 曾融生等, 1988; Richardson *et al.*, 1976). 鄂尔多斯地块周缘也存在深部物质上涌的可能(国家地震局《鄂尔多斯周缘活动断裂系》课题组, 1988). 泾阳附近自20世纪70年代以来常有中小地震和震群活动, 泾阳Ms4.8地震又是陕西省近40年来发生的最大地震, 需进一步加强此地区的地震监测.

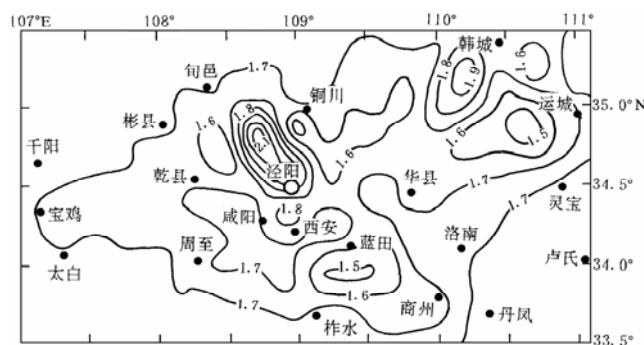


图4 渭河断陷盆地 $h=20$  km水平截面上的 $v_p/v_s$ 等值线图

### 3 讨论和结论

本研究利用西安数字地震遥测台网的宽频带数字地震资料, 采用波谱分析的方法, 基于单侧有限移动源的模式, 确定了 1998 年 1 月 5 日泾阳  $M_s$ 4.8 地震震源机制和震源破裂参数, 并结合地质和其它地球物理资料, 探讨了此次地震的发震构造、地震地质条件和地震活动性。

震源机制解中的节面 II 为断层破裂面。其走向 162°, 倾向 NEE, 倾角 73°, 滑动角 133°; 由单侧有限移动源的模式得出的断层长度为 2 km, 破裂速度为 2.7 km/s, 破裂传播方向为 NNW-SSE。

泾阳  $M_s$ 4.8 地震的发震断裂为泾河—灞河断裂。其走向为 NW, 倾角 60°左右, 长度约 180 km。

泾阳  $M_s$ 4.8 地震震源机制解显示其压应力主轴为北东-南西向, 张应力主轴为北西西-南东东向, 与华北地区的应力场的方向比较一致。说明此次地震受华北区域应力场的控制。其错动方位 179°, 仰角 45°, 兼具走滑和倾滑特征。由于泾阳地震震中位于渭河断陷盆地地壳内  $v_p/v_s$  的高值异常区的边缘, 可能反映了地震活动的深部构造背景, 与深部物质上涌有关。在此种垂直向力与华北地区水平应力场的联合作用下, 泾阳地震的震源机制表现出兼有走滑和倾滑的特征。历史上泾阳附近曾经发生过西安北 6  $\frac{3}{4}$  级等强震, 自 20 世纪 70 年代以来常有中小地震和震群活动, 泾阳  $M_s$ 4.8 地震又是陕西省近 40 年来发生的最大地震, 因而, 此区域值得深入研究和进一步加强监测。

谢家树研究员审阅了全文, 特此致谢。

### 参 考 文 献

- 丁韫玉, 狄秀玲, 袁志祥. 2000. 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, 43(2): 194~202  
 国家地震局地球物理研究所, 复旦大学中国历史地理研究所. 1994. 中国历史地震图集(明清时期) [M]. 北京: 地图出版社, 99  
 国家地震局《鄂尔多斯周缘活动断裂系》课题组, 1988. 鄂尔多斯周缘活动断裂系 [M]. 北京: 地震出版社, 312~328  
 韩恒悦, 易学发. 1982. 渭河新生带断陷盆地与华县大地震 [A]. 见: 中国地震学会地震地质专业委员会编. 中国活动断裂 [C].  
 北京: 地震出版社, 133~140  
 李钦祖. 1980. 华北地壳应力场的基本特征 [J]. 地球物理学报, 23(4): 376~387  
 李钦祖, 靳雅敏, 于新昌. 1982. 华北地区的震源机制与地壳应力场 [J]. 地震学报, 4(1): 55~61  
 彭建兵, 张骏, 苏生瑞, 等. 1992. 渭河盆地活动断裂与地质灾害 [M]. 西安: 西北大学出版社, 28~48  
 王卫东, 王平. 1998. 泾阳 4.8 级地震的震源机制和震源参数 [J]. 地震学报, 20(6): 656~658  
 韦士忠, 陈培善, 辛书义, 等. 1987. 用中小地震波谱研究华北北部地区的应力场和地震危险性 [J]. 地震, 7(2): 1~9  
 徐果明, 周蕙兰. 1982. 地震学原理 [M]. 北京: 科学出版社, 381~394  
 曾融生. 1984. 固体地球物理学导论 [M]. 北京: 科学出版社, 363~373  
 曾融生, 张少泉, 周海南, 等. 1988. 唐山地震区的地壳结构及大陆地震成因的探讨 [A]. 见: 国家地震局科技监测司编. 中国大陆深部构造的研究与进展 [C]. 北京: 地质出版社, 1~18  
 Hanks T C, Wyss M. 1972. The use of body-wave spectra in the determination of seismic-source parameters [J]. Bull Seism Soc Amer, 62: 2 561~2 589  
 Richardson R M, Sean C S, Norman H S. 1976. Intraplate stress as an indication of plate tectonic driving forces [J]. J Geophys Res, 81: 11 376~11 387

## SEISMOGENIC STRUCTURE AND RUPTURE CHARACTERISTICS OF THE $M_s$ 4.8 JINGYANG EARTHQUAKE

Wang Weidong

(Department of Geophysical Exploration and Information Engineering, Chang'an University, Xi'an 710054, China)

**Key words:** Jingyang earthquake; seismogenic fault; spectrum analysis