

文章编号: 0253-3782(2002)05-0552-04

研究简报

泾阳 $M_s4.8$ 地震的发震构造与破裂特征^{*}

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: P315.3³ 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 $M_s4.8$ 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 $M_s4.8$ 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, θ 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_1 和 $\cos\theta$ 作图，则必定有一组满足线性关系，且直线斜率为

$$K = -\frac{L}{C}$$

(3)

在 T 轴上的截距为

$$b_0 = \frac{L}{v}$$

(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° ，倾角 73° ，滑动角 133° ，错动方位 179° ，仰角 45° ，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。

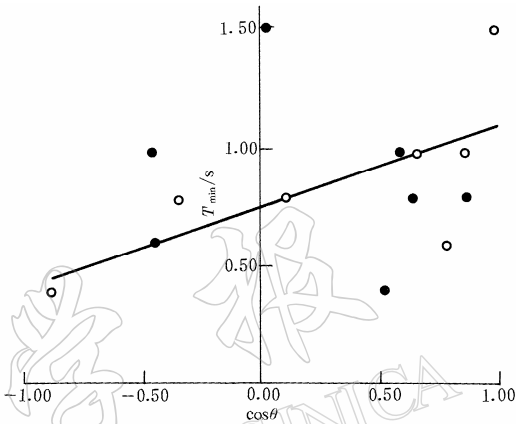


图 1 从泾阳地震 P 波振幅谱得到的极小值方位分布。

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 / $10^{15}\text{N}\cdot\text{m}$	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展断裂(彭建兵等，1992)。这种由震源机制解得到的断层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° ，倾角 73°) 为此次地震的主破裂面，结合地震地质资料 and 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.

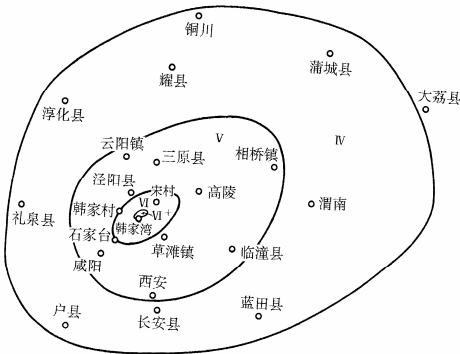


图2 泾阳 $M_s4.8$ 地震的宏观烈度分布图

从渭河盆地的地壳速度层析成像研究结果(丁楹玉等，2000)看，泾阳地震震中位于地壳内 v_h/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

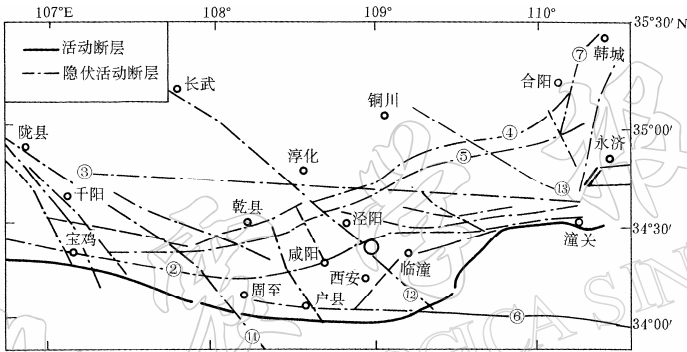


图3 渭河断陷盆地构造图

- 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 因关—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 $M_s4.8$ 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.

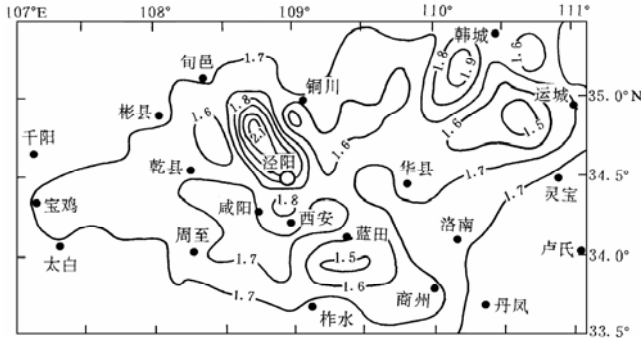


图4 渭河断陷盆地 $h=20$ km水平截面上的 v_h/v_s 等值线图

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 $M_s4.8$ 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 $M_s4.8$ 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 $M_s4.8$ 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_H/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 $M_s4.8$ 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

- 丁楣玉, 狄秀玲, 袁志祥. 2000. 渭河断陷地壳三维 S 波速度结构和 v_H/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, 周惠兰. 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 $M_s4.8$ 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