

泾阳 5.2 级地震的前兆异常

王卫东¹, 张永志¹, 王璇¹, 孟智民²

(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] 研究了泾阳 5.2 级地震前的地壳形变、地下水化学参数、地震分布图象和地震波速比的变化特征, 结果表明, 在震前该区地壳形变、地下流体和地震活动表现出长期、中期和短期的不同特征, 具有一定的前兆异常, 作出地震预测是可能的。

[关键词] 泾阳地震; 地震前兆; 地下流体; 地震空区; 地震预测

[中图分类号] P315.7 [文献标志码] A [文章编号] 1672-6561(2006)04-0078-04

Precursor of Jingyang Earthquake with M_L 5.2

WANG Wei dong¹, ZHANG Yong zhi¹, WANG Xuan¹, MENG Zhi min²

(1. School of Geological Engineering and Surveying Engineering, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China; 2. Shaanxi Province Bureau of Earthquake, Xi'an 710068, Shaanxi, China)

Abstract By studying the temporal characteristics of crustal deformation, underground hydrochemical parameters, distributions of earthquakes and ratio of P wave to S wave before Jingyang earthquake with $M_L = 5.2$, it is found that the crustal deformation, underground fluid and seismicity in this region exhibits different properties in long, medium and short terms before the earthquake. Thus, some anomalies do exist before the earthquake, and the forecast of the earthquake may be made.

Key words: Jingyang earthquake; earthquake precursor; underground fluid; seismicity gap; earthquake forecast

0 引言

1998 年 1 月 5 日 09 时 36 分, 陕西省泾阳县永乐镇附近发生 M_L 5.2 级地震, 震中位置 $34^{\circ}5'N$, $108^{\circ}9'E$, 震源深度 14 km, 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。

泾阳地震属孤立型, 既无前震亦无余震, 笔者经研究发现震前该区地壳形变、地下流体和地震活动表现出长期、中期和短期的不同特征, 具有一定的前兆异常。

1 地震的构造背景和区域地震活动

泾阳地震震中位于渭河断陷盆地内乾县、咸阳

塬断块和固市断块、西安断块的交接部位, 泾阳—临潼断裂和渭河断裂交汇处, 位于鄂尔多斯地块南缘弧型断裂相接的关中盆地东部^[1], 该地区运动方式以垂直差异运动为主, 兼具剪切拉张特征^[2-3]。另外, 泾阳地震震中位于铜川、耀县、淳化 P 波高速、高 Q 值区与西安、富平 P 波低速、低 Q 值区和户县 P 波低速、低 Q 值区的过渡带上^[4], 同时, 也位于地壳内 v_P/v_S 的高值异常区的边缘地段^[1], 可能反映了地震活动的深部构造背景。从历史上看, 西安北部 3 次 6 级以上强震都位于此地段, 其中 1568 年西安北 6 $\frac{3}{4}$ 级地震与此次泾阳地震震中位置十分接近。

泾阳地震震区位于渭河断陷盆地东部, 鄂尔多斯地块南缘, 该地区历史上曾多次发生强烈地震,

[收稿日期] 2006 02 22

[基金项目] 中国地质调查局项目(1212010440410), 陕西省科技项目(95K12-G9)

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

最大地震是 1556 年华县 8 ¼级地震。1970 年以来, 该区的 $M_s \geq 4$ 级地震的活动共有 4 个集发阶段, 即 1970~1973 年, 1980~1982 年, 1987~1993 年和 1998 年以来的第 4 集发时段, 具有较好的周期性, 因此, 研究此次地震的孕育发生, 将有助于该地区地震活动的监测预报工作。

2 前兆异常现象

经研究, 泾阳地震前, 该区地壳形变、地震活动和地下流体出现了中长期异常, 并出现了地震活动和地下流体的短临前兆信息, 主要表现在 3 个方面:

2.1 地壳形变

根据 1970~1986 年的垂直形变观测结果^[2], 泾阳地区位于渭北隆起区的边缘, 渭北隆起区与西安沉降区的转折部位。这一特点, 可能反映了形变场在 NE 向压应力作用下的弹性积累过程。

根据泾阳台 N1-A, N1-S1, KZ2-3 测线的短水准资料^[5], 1995 年前, 断层活动的准线性较好, 但在 1991 年 11 月至 1993 年 5 月出现了较大的波动, 期间于 1993 年 4 月发生了周至 3.6 级地震。但在 1995 年后出现了大幅度振荡, 其中 1995 年 4~8 月和 1996 年 2~9 月反向变化分别达 1.76 mm 和 1.51 mm。这种由准线性趋向非线性的变化反映了地震孕育过程的某种调整 and 变化。

2.2 地下流体

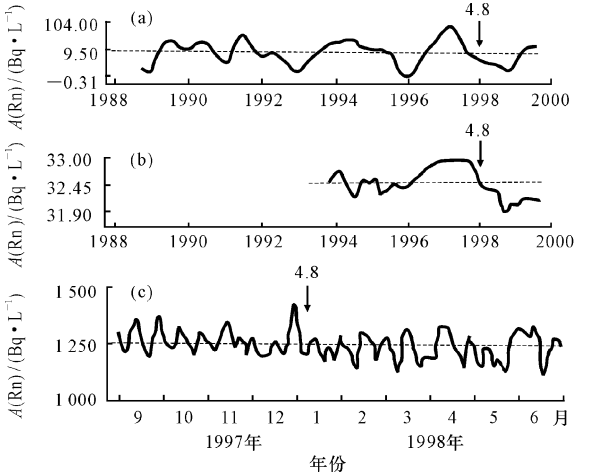
震源区附近的临潼台(震中距在 50 km 内)水 $A(Rn)$ 月均值在 1997 年 1~6 月出现上升异常, 实测最大值 1410 Bq/L, 最大幅度 16.5%, 比 1996 年同期高出 190 Bq/L; 陕广场台(震中距在 50 km 内)水 $A(Rn)$ 平均值为 32.6 Bq/L, 1996 年 10 月至 1997 年 11 月出现了异常高值平稳变化, 出现了明显的中期异常(图 1, 表 1)。

而在临近地震的 1997 年 12 月 26~31 日, 临潼台水 $A(Rn)$ 呈现连续高值变化, 最大值 1470 Bq/L, 最大幅度 19.5%, 是泾阳地震前后 1 年内的最大值, 异常调查未发现明显干扰因素, 出现了短临异常特征(图 1, 表 1)。

2.3 地震活动

2.3.1 地震活动背景

历史上, 鄂尔多斯地块周缘中西缘、南缘和东缘地震活动水平相当, 西缘稍强, 南缘次之, 北缘最弱。但近代以来, 北缘活动明显增强, 南缘则减弱。



(a) 临潼台水 Rn 剔除非震长趋势变化后的余差滑动值(月均);
(b) 陕广场台水 Rn 滑动值(月均); (c) 临潼台水 Rn 滑动值(日均)

图 1 泾阳地震水 Rn 异常图
Fig. 1 Map Showing Anomaly of Rn in Water Before Jingyang Earthquake

表 1 泾阳地震水化异常参数

Tab. 1 Anomaly of Hydrochemical Parameters in Jingyang Earthquake

台 站	震中距/km	开始时间	结束时间
临潼台水	35	1997-01	1997-06
陕广场台水	30	1996-10	1997-11
临潼台水	35	1997-12-26	1997-12-31

台 站	水化学异常		形态特征
	$A(Rn)_{max}$ /(Bq·L ⁻¹)	最大幅度/%	
临潼台水	1410	16.5	上升-转平-下降-发震
陕广场台水	33.1		上升-转平-下降-发震
临潼台水	1470	19.5	上升-转平-下降-发震

表 2 1970~1997 年鄂尔多斯地块周缘地震统计

Tab. 2 Cartogram of Earthquakes Occurring around Ordos Massif from 1970 to 1997

震级	东缘	西缘	北缘	南缘
M5/次	6	9	4	0
M6/次	2	1	3	0
M _{max} /级	6.8	6.0	6.5	4.8

由表 2 可见, 泾阳地震是在鄂尔多斯地块南缘严重缺震的背景下发生的。

2.3.2 地震空区

通过关中地区小震图像分析发现, 1996 年 10 月至 1997 年 9 月形成以长安为中心, 长轴约 170 km, 短轴为 110 km 的 $M_s \geq 1.0$ 的地震空区(图 2)。根据经验公式^[6] $M_s = 6.20 \lg L - 8.08 (\pm 0.6)$, 预测震级

为 5.7 ± 0.6 , 与后来发生的地震震级基本相当。

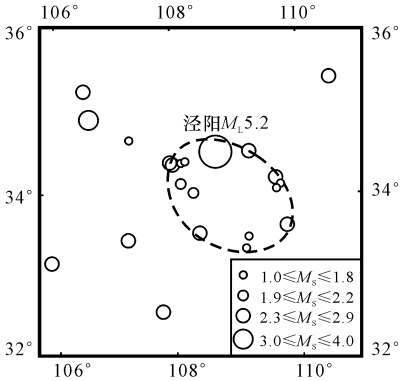
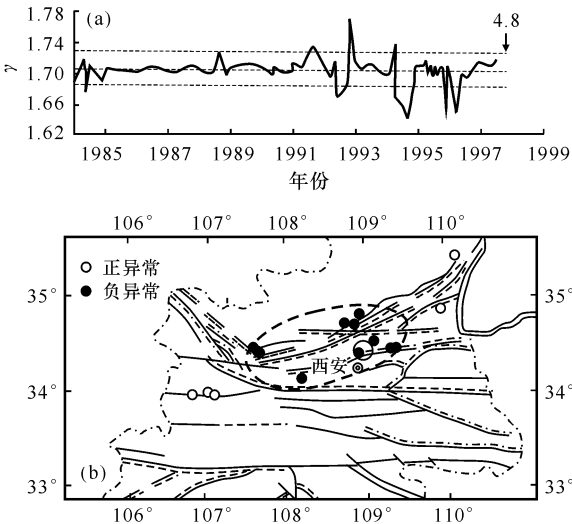


图 2 泾阳地震前地震空区

Fig. 2 Seismic Gap Before Jingyang Earthquake

2.3.3 地震波速异常

通过对泾阳 $M_s 4.8$ 级地震前震源区附近 ($\varphi_N 32^{\circ} 30' \sim 35^{\circ} 30'$, $\lambda_E 106^{\circ} 50' \sim 108^{\circ} 50'$) 1984 ~ 1997 年 12 月发生的 $M_s \geq 2.3$ 地震进行研究 (图 3) 发现, 研究区内地震波速比在 1994 年 3 月底至 1994 年 12 月初, 震中附近地区出现了明显的波速比低值异常 (最大异常幅度为 0.07), 回升到正常值后在 1995 年 10 月至 1996 年 5 月再次出现低值异常, 其后出现拉锯式回升, 与南黄海地震前的波速比低值异常特征一致^[7]。另外, 研究区的波速比低值异常区的空间分布近似为一椭圆, 其长轴方向与震源机制解显示的主压应力方向一致, 短轴方向与主张应力方向一致, 长半轴约 80 km, 短半轴约 20 km, 面积约 $5\,027\text{ km}^2$, 由公式^[8] $M_s = -0.7 + 1.7 \lg S (\pm 0.7) (\text{km}^2)$, 预测震级为 5.6 ± 0.7 , 与后来发生的地震震级基本相当。



(a) 波速比随时间进程变化曲线; (b) 波速比异常空间分布图

图 3 研究区内地震波速比异常图

Fig. 3 Map Showing v_p/v_s Anomaly in Studied Area

3 讨论与结论

泾阳地震虽属孤立型, 但经研究发现震前该区地壳形变、地下流体和地震活动表现出长期、中期和短期的不同特征, 具有一定的前兆异常。

早期, 在震源区外围存在着形变场的隆起, 地震正发生于形变场隆起与下降的转折部位, 这可能反映了地震孕育的长趋势变化, 表明在泾阳地震前震源区外围存在着较大范围的应力积累过程, 可能与青藏块体 NE 向不断挤压鄂尔多斯块体和华北地区应力场的调整有关。

在 1994 年 3 ~ 12 月初, 震中附近区出现明显波速比低值异常, 1995 年 10 月至 1996 年 5 月间再次出现低值异常; 断层形变在 1995 年 4 ~ 8 月和 1996 年 2 ~ 9 月出现反向变化; 震中附近陕广场台和临潼台水 R_n 月均值分别在 1996 年 10 月和 1997 年 1 月出现明显的中期异常; 从 1996 年 10 月起, 开始孕震空区的围空现象。地震孕育出现明显中期异常。

地震孕育的后期, 1997 年 9 月, 地震围空区形成, 波速比值出现了拉锯式回升, 震源区附近临潼台水 R_n 日均值从 1997 年 12 月 26 日起呈现连续高值异常变化, 表现为典型的上升 - 转平 - 下降 - 发震形态, 出现了短临异常。

泾阳 $M_s 5.2$ 级地震, 虽属孤立型, 但具有一定的前兆异常, 在加强地震监测的前提下综合研究其前兆异常, 是可能对该地震作出预报的。

[参 考 文 献]

[1] 王卫东, 张永志, 王 平, 等. 渭河断陷盆地及邻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.

[2] 国家地震局鄂尔多斯周缘活动断裂系课题组. 鄂尔多斯周缘活动断裂系[M]. 北京: 地震出版社, 1988.

[3] 李永善, 耿大玉, 林继华, 等. 西安地裂及渭河盆地活断层研究[M]. 北京: 地震出版社, 1992.

[4] 王卫东, 杜长娥. 渭河断陷盆地及邻区 Q 值分布与地震灾害关系的初步研究[J]. 灾害学, 2003, 18(3): 50 - 53.

[5] 邢西淳, 王争良, 毛 娟, 等. 泾阳 4.8 级地震的地形变特征[J]. 地壳形变与地震, 1999, 19(4): 75 - 79.

[6] 梅世蓉, 冯得益, 张国民, 等. 中国地震预报概论[M]. 北京: 地震出版社, 1993.

[7] 苏鸾声. 南黄海北部 5.3 级地震前波速比异常时空变化特征[J]. 西北地震学报, 1993, 15(2): 84 - 86.

[8] 冯得益, 王周元, 顾瑾平, 等. 我国西北部地区一些强震及中强震前后波速异常的初步研究(一) [J]. 地球物理学报, 1977, 20(2): 115 - 123.