

1998年泾阳4.8级地震的一些特征

吴富春, 段 锋, 柯昌安, 张春生, 董星宏

(陕西省地震局, 陕西 西安 710068)

摘要:分析了1998年泾阳 $M_s4.8$ 地震的一些特征. 该次地震序列类型属孤立型, 与陕西关中地区历史强震多以主-余震型为主的特征不同. 震源机制解显示, 该次地震的断层错动以左旋走滑为主, 主压应力方向为NE~SW, 与大华北区域应力场的方向吻合.

关键词: 陕西; 孤立型序列; 震源机制解; 泾阳地震

中图分类号: P315.5, P315.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2000)01-0053-05

0 前言

1998年1月5日09时36分41.5秒在陕西泾阳($34^{\circ}25'N, 108^{\circ}59'E$)发生了 $M_s4.8(M_L5.2)$ 地震, 震中烈度为 VI^+ . 该次地震是陕西地区近40年来发生的最大的一次地震, 距西安市不到30 km. 西安市震感强烈(烈度为 $V \sim VD$), 而且又恰逢全国地震趋势会商会召开期间. 因此, 该次地震不仅在西安, 而且在全国都有较大影响. 本文拟研究泾阳地震前后地震活动的一些特征, 为陕西地区的地震研究和预报工作提供参考.

1 泾阳地震参数及震源机制解

王卫东等^[1]利用关中数字地震台网的资料计算出泾阳地震的一些参数, 见表1和表2. 震线及震源机制解见图1和图2. 泾阳地震的应力降为 3.52×10^6 Pa, 这在华北地区属于中等应力场.

表1 泾阳地震的一些参数

震中烈度	深度/km	等效震源半径/km	地震矩/ $N \cdot m$	应力降/Pa	平均位错/m
VI^+	14	0.605	1.85×10^{15}	3.52×10^6	0.5×10^{-2}

表2 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	倾向	方位	倾向	方位	倾向	方位	倾向
89°	S	45°	162°	NEE	73°	222°	16°	115°	44°	328°	40°	72°	17°

震源机制解显示, 该次地震的主压应力方向为 NE ~SW, 断层错动以左旋走滑为主, 与大华北区域应力场吻合. 该次地震可能是靠近渭河大断裂的一条小的分支断裂活动的结果.

2 泾阳地震前陕西关中地区地震活动背景

陕西关中地区是强震频发的地区. 历史上共发生过 5 级以上地震 18 次, 其中 6 级以上地震 7 次, 7 级以上地震 2 次, 华县 8 级地震就是其中之一^[2]. 历史强震多发生在关中东部, 其西部地震较少, 见表 3. 关中地区近代地震活动水平不高. 自 1704 年陇县 6.0 级地震发生以后该地区无 6 级以上地震活动; 自 1959 年韩城 5.4 级地震发生以后无 5 级以上地震; 1988 年武功 $M_L4.3$ 地震发生以后无 4 级以上地震 (图 3).

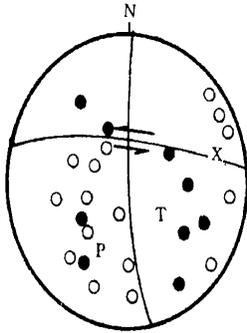


图 2 泾阳地震震源机制解
Fig. 2 The focal mechanism solution of the Jingyang earthquake, Shaanxi province.

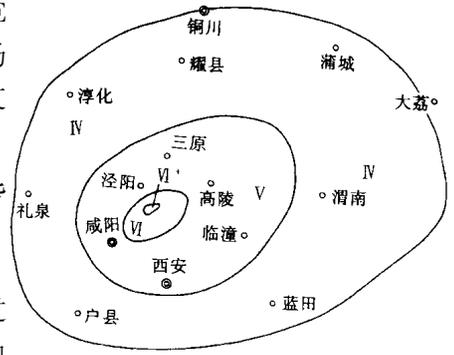


图 1 泾阳地震等震线
Fig. 1 The isoseismal map of the Jingyang earthquake, Shaanxi province.

1970 年以来关中地区发生的最大地震为 1980 年陇县 $M_L4.8$ 地震. 近 30 年来小震多发生在关中西部地区. 1993 ~ 1996 年, 关中西部的地震次数占陕西地区总地震次数的 70% 以上, 见表 4. 这与历史强震多发生在关中东部的情况正好相反.

表 3 陕西地区历史地震统计 ($M_S \geq 5.0$)

震级	地震次数				
	关中		陕南		陕北
	东部	西部	安康	汉中	
$M_S \geq 5.0$	10	1	2	5	6
$M_S \geq 6.0$	3	2	1	0	0
$M_S \geq 7.0$	1	0	0	0	0
$M_S \geq 8.0$	1	0	0	0	0
总次数	15	3	3	5	6
M_{max}	8	6.5	6.5	5.5	5.5

表 4 1990 年以来陕西地区地震统计

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
关中 $P_1(\%)$	41.5	28.6	42.9	80.7	72.5	85.0	80.7	43.7	29.2
关中西部 M_{max}	3.0	2.2	2.7	3.6	2.9	3.6	3.6	3.0	2.4
关中东 $P_2(\%)$	29.3	23.8	16.7	4.5	5.8	2.5	7.1	12.2	25.0
关中东 M_{max}	2.6	3.0	2.8	2.4	2.5	2.5	2.2	2.8	5.2
陕南 $P_3(\%)$	9.8	23.8	16.7	6.5	17.4	5.0	25.0	12.5	20.8
陕南西部 M_{max}	3.0	2.6	2.8	2.3	2.4	3.3	3.6	2.4	2.6
陕南东 $P_4(\%)$	19.5	23.8	23.8	8.1	2.9	7.5	7.1	31.3	25.0
陕南东 M_{max}	3.5	2.9	3.3	3.7	2.2	2.9	2.0	2.5	2.5

注: 表中 $P_1 \sim P_4(\%)$ 为每个地区地震总数占陕西地区地震总数的比例.

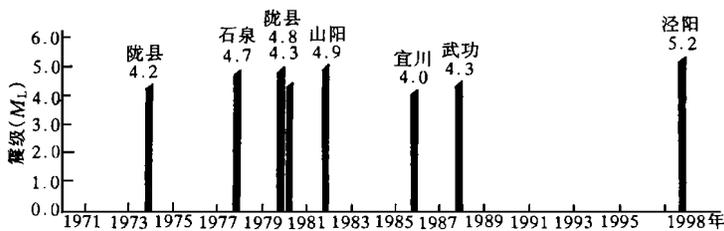


图3 1970~1998年陕西地区 $M_L \geq 4.0$ 地震 $M-t$ 图

Fig. 3 The $M-t$ figure of $M_L \geq 4.0$ earthquakes of Shaanxi region from 1970 to 1998.

在泾阳地震震中周围 50 km 范围内, 1487 ~ 1607 年发生过 6 次 5 级以上地震, 最大的一次为 1568 年 5 月 15 日西安 $6 \frac{3}{4}$ 级地震, 同年 1 月和 4 月在兰田和西安还分别发生了 5 $\frac{1}{2}$ 级和 6.0 级地震. 泾阳地震发生在关中地区地震频次较低的时段内(图 4).

1976 年以来在泾阳地震震中以北约 30 km 的嵯峨山地区

发生过 9 次震群活动. 但是研究发现这些震群与该区的冯村水库漏水有关. 水库整修后, 自 1994 年以来再没有震群发生了.

由上述分析可以看出, 泾阳地震是在关中地区地震活动较弱的背景下发生的一次较强的地震.

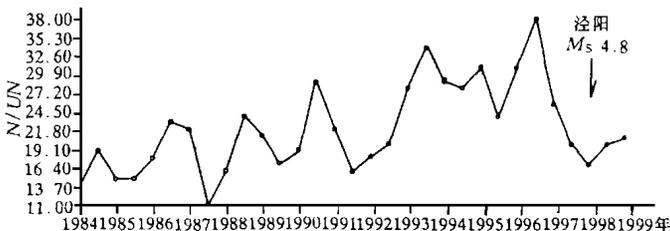


图4 陕西地区地震频次随时间的分布

Fig. 4 The seismic frequency curve of Shaanxi region.

3 泾阳地震序列特征

泾阳地震发生后在其震中周围 30 km 范围内, 震前 3 年及震后 14 个月均未记录到地震. 该地区可检测到 $M_L \geq 0.5$ 地震. 如果把范围扩大到 50 km, 则该次地震前 1997 年 8 月 10 日发生过一次 2.8 级地震, 震后 1998 年 1 月 9 日和 4 月 15 日发生了 2.3 级和 1.8 级 2 次余震. 但是这 3 次地震均不在同一地点. 所以该次地震序列基本上属于孤立型.

在中国大陆地区类似泾阳地震的这种孤立型地震较少见. 表 5、表 6 和表 7 为中国大陆地区 1970 ~ 1997 年 122 次 4.7 ~ 5.5 级地震的前余震统计结果.

表5 中国大陆 1970 ~ 1997 年 4.7 ~ 5.5 级地震震前 3 个月的前震统计

前震数	$r \leq 30$ km			$r \leq 50$ km		
	地震次数 (N)	N/122 (%)	$\sum N/122$ (%)	地震次数 (N)	N/122 (%)	$\sum N/122$ (%)
0	33	27.05	27.05	12	9.84	9.84
1	24	19.67	46.72	18	14.75	24.59
2	10	8.20	54.92	8	6.56	31.15
3	9	7.34	62.26	14	11.48	42.63

表6 中国大陆地区 1970 ~ 1997 年 4.7 ~ 5.5 级地震震后 6 个月内的余震统计

余震数	$r \leq 30$ km			$r \leq 50$ km		
	地震次数 (N)	N/122 (%)	$\sum N/122$ (%)	地震次数 (N)	N/122 (%)	$\sum N/122$ (%)
0	5	4.10	4.10	1	0.82	0.82
1	3	2.46	6.67	2	1.64	2.46
2	5	4.10	10.83	6	4.92	7.38
3	6	4.92	15.75	0	0	7.38

表7 中国大陆地区 1970~1997 年 4.7~5.5 级地震前余震统计

前震数	余震数	$r \leq 30 \text{ km}$			$r \leq 50 \text{ km}$		
		地震次数	$N/122$	$\sum P$	地震次数	$N/122$	$\sum P$
		(N)	(%)	(%)	(N)	(%)	(%)
0	0	4	3.28	3.28	1	0.82	0.82
	1	2	1.64	4.92	1	0.82	1.64
	2	1	0.82	5.74	2	1.64	3.28
	3	0	0	5.74	0	0	3.28
1	0	1	0.82		0	0	0
	1	1	0.82		1	0.82	0.82
	2	3	2.46		2	1.64	0.82
	3	3	2.46		0	0	0.82

由表 5~7 中可以看出:无前震的地震在 122 次地震中所占比例为 27.05%,有 1 次前震的占 19.67%,有 2 次前震的占 8.20%。没有前震,不少测震学预报地震的方法就无法使用。因此,从测震学角度上看,涇阳地震是难以预报的;在 122 次地震中无余震的地震仅占 4.10%,有 1 次余震的占 2.46%,有 2 次余震的占 4.10%,即余震在 2 次以下的比例为 10.83%。因此,从余震的角度上看,涇阳地震序列衰减不正常;在 122 次地震中,既无前震又无余震的仅占 3.28%。由此可知,涇阳地震是一次十分独特的地震。

为确定涇阳 4.8 级地震后有无更大地震发生,笔者又对 1970~1997 年中国大陆 87 次 6 级以上地震震前 3 个月内发生的前震($M_1 \geq 4.0$, $r \leq 100 \text{ km}$)和震后 12 个月内发生的余震进行了统计分析。结果表明,87 次 6 级以上地震中无 4 级以上前震的比例为 28.74%,有 1 次前震的为 21.84%,有 2 次前震的为 8.05%(表 8)。说明将该次 4.8 级地震作为前震去预报后面有无 6 级地震是不太可能的。涇阳 4.8 级地震后 1 年内发生 6 级以上地震的概率仅为 22%。

4 结论

涇阳地震是在关中地区地震活动较弱的背景下发生的。它的运动方式与大华北区域应力场相吻合。但是该次地震序列属孤立型,这与关中地区历史强震多以主-余震型为主的特征不同。这类地震在中国大陆地区同类地震中也属少见。

对于涇阳地震这种孤立型地震,很多以测震学为依据的预报地震的方法不能使用,加之前兆异常也不多,对该次地震的预报就十分困难。震后判断虽然是正确的,但依据并不充分。对于这种孤立型地震的预报是目前地震预报中亟待解决的问题。

表 8 中国大陆 1970~1997 年 $M_s \geq 6.0$ 地震的前震统计

前震数	地震次数	$N/87$	$\sum P$
	(N)	(%)	(%)
0	25	28.74	28.74
1	19	21.84	50.58
2	7	8.05	58.63
3	6	6.90	65.53
4	3	3.45	68.98
5	5	5.75	74.73
6	5	5.75	80.48
7	4	4.60	85.08
8	0	0.00	85.08
9	3	3.45	88.53
10	0	0.00	88.53
> 10	10	11.49	100.02

[参考文献]

- [1] 王卫东, 王平. 泾阳4.8级地震的震源参数和震源机制[J]. 地震学报, 1998, 20(6): 656~658.
- [2] 顾功叙, 林庭煌, 时振梁. 中国地震目录[M]. 北京: 科学出版社, 1983. 773~775.

SOME CHARACTERISTICS OF THE JINGYANG M_s 4.8 EARTHQUAKE IN 1998

WU Fu-chun, DUAN Feng, KE Chang-an, ZHANG Chun-sheng, DONG Xing-hong
(*Seismological Bureau of Shaanxi Province, Xi'an 710068, China*)

Abstract: Some characteristics of the Jingyang M_s 4.8 earthquake in 1998 are analysed. The results show that the earthquake is during weaker seismicity in Guanzhong, Shaanxi. Sequence of the earthquake is isolated type and differs from sequences of greater part of historic strong earthquakes in Guanzhong area which are mainshock-aftershock type. The sequence type of the earthquake is very scarce in Chinese continent. The focal mechanism solution of the earthquake shows that the seismogenic fault is left-lateral slip one, the principal stress orientation is NE~SW and identical with the direction of regional stress field of northern China.

Key words: Shaanxi; Isolated type sequence; Focal mechanism solution; Jingyang earthquake