

研究简报

# 泾阳小震群的活动特征

丁韞玉 薛勇杰

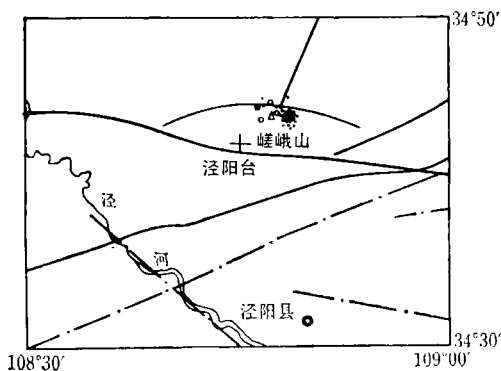
(陕西省地震局)

## 摘要

本文利用单台资料,对泾阳小震序列进行了详细的分析.研究了震群的时间序列、频度-震级关系、余震衰减规律以及震源的空间分布.并对其发震构造进行了探讨.结果表明这个小区域、低水平的微小地震序列与大区域、长时间的中、强地震有相似的活动特征.而且,震源的空间分布也表现出与构造有关,震源的错动方式也受区域应力场的控制.

## 一、引言

从1983年4月27日开始,在陕西泾阳出现了小震活动,断断续续至11月底延续了7个月.泾阳台共记录到地震237次,但震群的活动水平很低,陕西测震台网能够多台测定其震中位置的小震仅7次,其中最大地震  $M_s = 2.2$ ,震中位置:  $34^{\circ}44'N$ ,  $108^{\circ}48'E$ ,深度约5公里.大多数震级在0.5以下,能记录到的最低震级为-1.5.只有附近的泾阳地震台有完整连续的记录.震群位于泾阳台的东北方向,泾阳台记录的  $\bar{S}$  波与  $\bar{P}$  波的时差,90%以上为0.9—1.1秒,震中距约5—7公里.本文对震群序列的研究主要依据泾阳单



注: ○弦法测定的震中                      ●单台测定的震中  
epicenter determined by chord method      epicenter determined by single station

图1 泾阳地震台的位置和震群的震中分布范围

Fig. 1 Location of Jingyang seismograph station and epicentral distribution of the earthquake swarms

[图中构造根据《陕西省构造体系图》(陕西省地质局区域地质调查队, 1980年6月)]

台资料.泾阳地震台的位置及震中分布范围如图 1 所示.

二、震群的序列特征

1. 地震的时间序列

1983 年 4 月至 11 月经阳台记录的小震序列如图 2 所示.从图上清楚地看到,小震活动有密集、平静交替,成群发生的特征.4 月底至 11 月共出现过三次密集活动或称为三次子震群.每群地震中有 2—3 个震级相近的较大地震.4 月 27 日和 10 月 25 日两次子震群频度较高,最高日频度达 30 余次,最大震级  $M_s = 2.2$ .8 月的子震群频度较低,最高日频度仅 7 次,强度也较小,最大震级 1.2.子震群之间相隔约 3 个月.表现出一定的

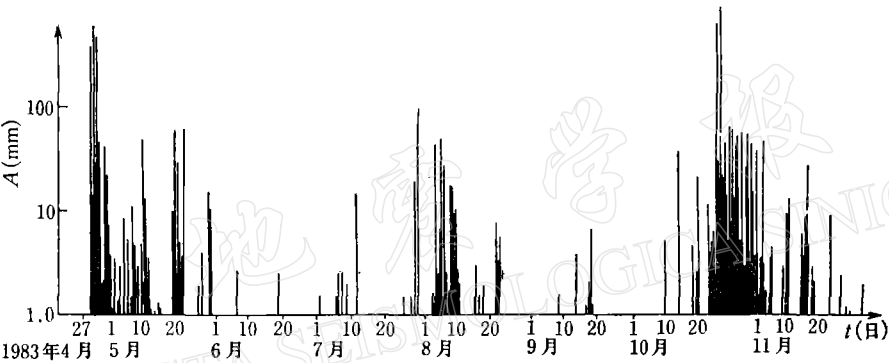


图 2 小震的时间序列 (1983.4.27—11.30)

Fig.2 Temporal distribution of the Small earthquake Sequence  
(27 April—30 November 1983)

周期性.可以看到,这种震群序列与大区域较强地震活动的高潮期、群发性及周期性等特征很相似.

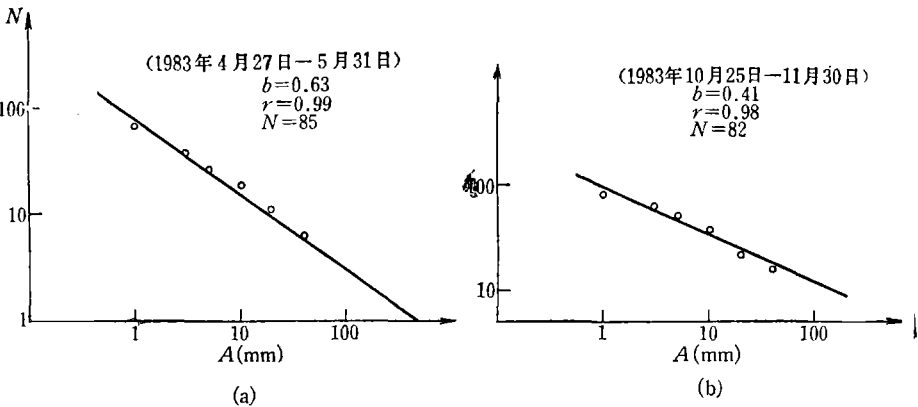


图 3 余震的累积频度  $N$  与归一化最大振幅  $A$  的关系

Fig.3 Correlation between the accumulative frequencies  $N$  and the normalized maximum amplitudes  $A$  of aftershocks.  
(a) 27 April—31 May 1983; (b) 25 October—30 November 1983.

## 2. 频度-震级关系

为简化计算,我们直接利用泾阳单台记录的最大规一化振幅来研究小震序列的频度-震级关系。4月27日及10月25日两次余震序列的累积频度 $N$ 与规一化最大振幅 $A$ 的关系曲线如图3所示。从图上可以看到,它们的线性关系很好,相关系数 $r$ 达0.99和0.98。这表明包括负级地震在内的微震序列也很好遵从古登堡提出的频度-震级关系。两次余震序列的 $b$ 值分别为0.63和0.41,低于关中地区近期1.5级以上小震活动的平均 $b$ 值(0.80)。

## 3. 余震衰减特性

我们研究了4月27日和10月25日两次泾阳震群的余震衰减特性。分别用最小二乘拟合公式<sup>[1]</sup>:  $n(t) = n_1 t^{-h}$  (图4)及计算归一化累积频度<sup>[2]</sup>(图5)两种方法计算了衰减系数 $h$ 。上述公式中, $t$ 为距主震的时间, $n_1$ 是在震后第一天的地震次数。

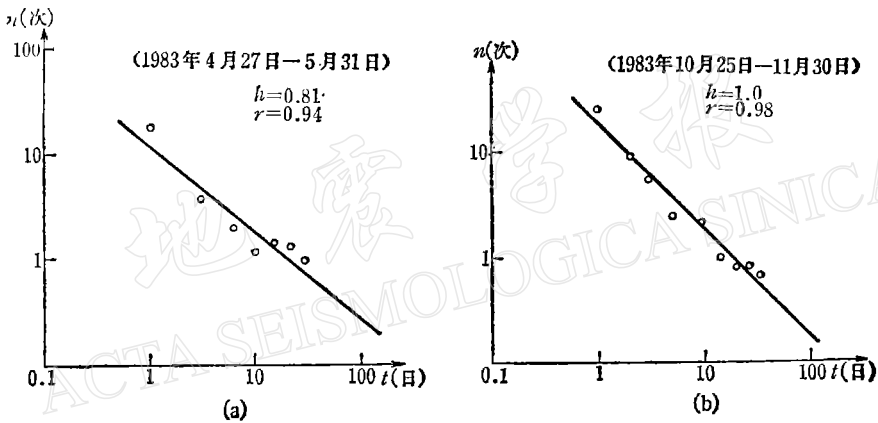


图4 余震日频度随时间的变化

Fig. 4 Variation of daily repetition rate  $n$  of aftershocks with time  
(a) 27 April—31 May 1983; (b) 25 October—30 November 1983

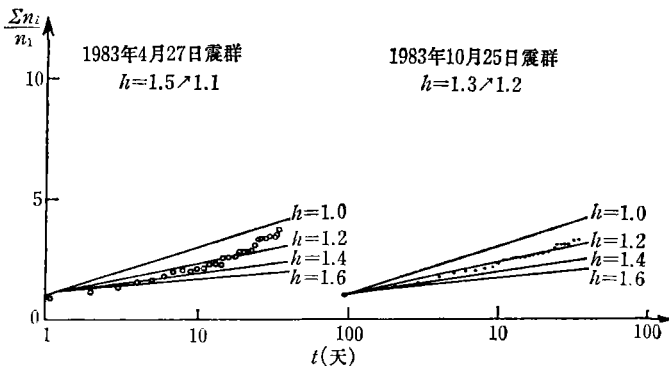


图5 余震归一化累积频度随时间的变化

Fig. 5 Variation of the normalized accumulative repetition rate of aftershocks with time

从图4(a)和图4(b)可以看出, $\lg n$ 与 $\lg t$ 的线性关系相当好,相关系数达0.98和0.94。这表明,如此微小的地震,其余震亦遵从茂木提出的频度衰减规律,两次震群的衰

减系数  $h$  分别为 0.81 和 1.0, 与我国七级以上大震的余震衰减系数相近<sup>[1]</sup>。

用归一化累积频度法计算的  $h$  值略高于上述方法的结果,  $h = 1.1-1.2$ 。用此方法容易看出衰减系数随时间的变化(图 5)。4 月 27 日震群, 开始 10 天内, 衰减较快( $h = 1.5$ ), 后来逐渐变慢, 主震后 33 天,  $h = 1.1$ 。10 月 25 日震群的衰减系数随时间变化不大, 但也有减小的趋势。

### 三、震源空间分布与地震机制

我们尝试利用单台初动方向和振幅比来确定震源位置。从泾阳台 200 余次小震记录中, 选取了  $P$  波初动方向清楚, 振幅可以准确测量的 25 次小震, 对它们分别计算了方位角、出射角、震中距及震源深度。

这 25 次小震的震源分布给出了一幅非常清楚而有意思的空间图象(图 6)。图 6(a) 是以泾阳台为坐标中心的平面震中分布图, 震群沿北西向分布。图 6(b) 是以泾阳台为坐标

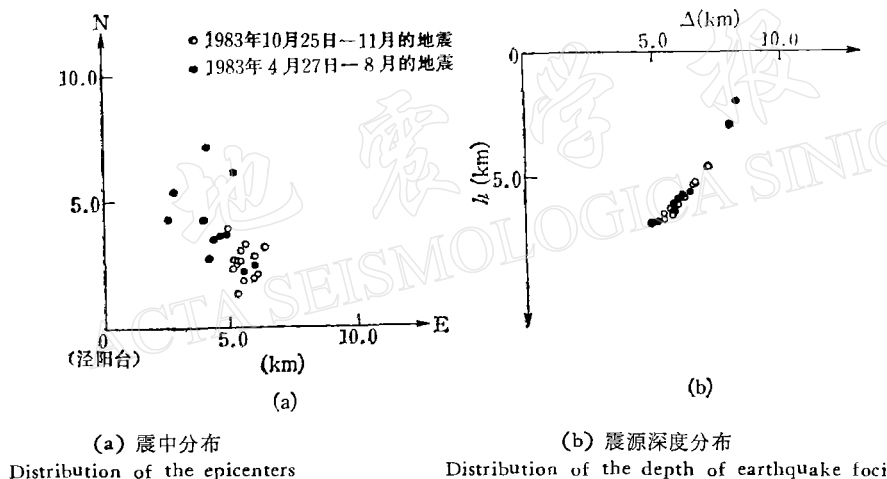


图 6 泾阳震群的空间分布

Fig. 6 Spatial distribution of Jingyang earthquake swarms

[注] “○” events of 25 October—November 1983

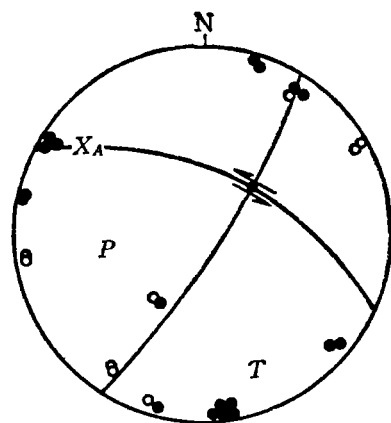
“●” events of 27 April—August 1983

中心的震源深度分布图, 震源主要集中在 5—7km 深度范围内。从图 6 清楚地看到, 震中沿 NW-SE 方向展布, 而且深度从东北向西南逐渐加深, 呈现出小震沿着一条北西走向, 倾向西南, 倾角约  $50^\circ$  的断层面分布的图象。与构造图对比(图 1), 看来可能是嵯峨山之北的一条小构造的活动, 小震群是这条断层在 5—7km 深度上的粘滑或微破裂。

此外, 震源尚有从西北向东南发展的迹象, 在图 6(a) 中, 实心圆“●”表示 4 月 27 日至 8 月间的小震, 主要集中在西北方向, 空心圈“○”表示 10 月发生的小震, 则集中于前者的东南方向。但两次震群的深度分布没有明显变化。

仅仅根据陕西台网观测的  $P$  波初动, 确定泾阳 2.2 级小震的震源机制比较困难。我们利用从震群的空间分布所推断的断层面走向和倾伏, 以此作为确定断层面解的补充条件,

再联合使用对数次小震的初动观测资料,大致可以划出泾阳震群的综合断层面解。图 7 是综合断层面解的赤极投影图。压应力主轴  $P$  为北东东—南西西向,张应力主轴为北北西—南南东向,  $P$  轴与  $T$  轴都接近水平。  $N$  轴较陡。两个节平面的走向分别为北西西,北北东。震群沿北西西断层面分布,则平均错动方位约  $300^\circ$ ,仰角  $14^\circ$ 。这是以水平剪切为主的左旋走滑运动。泾阳震群的机制解与华北地区的震源机制结果<sup>[3]</sup>非常一致,看来,泾阳小震是在华北区域应力场作用下,北北西向构造活动的结果,震源错动方式亦受华北区域应力场的控制。



● 压缩 (compression)      ○ 膨胀 (dilatation)

图 7 泾阳震群综合断层面解的赤极投影图(震源球上半球投影)

Fig. 7 Stereographic projection of the composite fault plane solution for Jingyang earthquake swarms (upper hemisphere projection)

## 参 考 文 献

- [1] 王碧泉、王春珍,余震序列的时空特征,地震学报,5, 383—395, 1983.
- [2] 刘正荣、钱兆霞、王维清,前震的一个标志——地震频度的衰减,地震研究,2, 1—4, 1979.
- [3] 李钦祖、靳雅敏、于新昌,华北地区的震源机制与地壳应力场,地震学报,4, 55—61, 1982.

## ACTIVITY FEATURES OF JINGYANG SMALL EARTHQUAKE SWARMS

DING YUNYU and XUE YONGJIE

(Seismological Bureau of Shaanxi Province)

### Abstract

In this paper, the small earthquake sequence occurred in Jingyang, Shaanxi during 25 April—30 November 1983 are analysed. Using only the data of Jingyang seismograph station, the temporal distribution, the relation between repetition rate and magnitude, the attenuation of aftershocks and the spatial distribution of the hypocenters for the earthquakes in the swarms are studied. This paper also makes an approach to the seismogenic structure of the region. Results show that activity features of the low-level micro-earthquake sequence occurring in a small region are similar to those of moderate-strong earthquakes occurring in a large region during a long period of time. Furthermore, it is indicated that the spatial distribution of the earthquake foci is related to the tectonic activity and that the mode of hypocentral displacement is controlled by the stress field in the crust of the whole region.