

内蒙古乌拉特前旗地区地震活动趋势分析

张晁军¹, 李占维², 王翠萍², 王彬¹,
赵蒙生¹, 王树明¹, 王彦伟², 李泰来²

(1. 内蒙古自治区地震局, 内蒙古 呼和浩特 010051;

2. 呼和浩特市地震局, 内蒙古 呼和浩特 010020)

摘要: 通过对1998~2000年7月内蒙古乌拉特前旗地区的地震活动(包括西山咀震群)特征及一些测震学指标变化特征的分析, 研究了该地区未来地震的活动趋势. 认为未来1年内该区发生6.0级以上中强地震的可能性不大, 但可能发生4级或5级左右的地震. 沿经度和纬度的震源深度剖面上显示的空区, 可能是未来能量积累的区域.

关键词: 内蒙古; 地震活动特征; 测震学指标; 变化特征; 地震趋势

中图分类号: P315.72 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2001)04-0377-05

0 引言

进入2000年以来, 内蒙古西山咀地震台记录到乌拉特前旗一带小震明显增多, 1~7月共发生 $0.4 \leq M_L \leq 4.0$ 地震145次, 并且呈逐步增多的趋势, 其中7月发生小震次数最多, 达40次. 这一现象引起了许多地震学者的关注. 该地区今后会不会有较大地震发生, 这是人们极为关注的问题. 为此笔者收集了 $39^{\circ}30' \sim 41^{\circ}30'N$, $107^{\circ}30' \sim 110^{\circ}30'E$ 范围内1998~2000年7月的地震记录及资料, 分析了 b 值、波速比、 Q 值、持续时间比、振幅比及地震时空分布特征, 在此基础上对该地区今后的地震活动趋势进行了研究.

1 研究区域地震活动性分析

1.1 地震活动情况

研究区位于阴山地震带内, 是该地震带内地震较为活跃的地区. 自1970年以来曾发生 $4.0 \leq M_L < 5.0$ 地震23次, $5.0 \leq M_L < 6.0$ 地震9次, $M_L \geq 6.0$ 地震2次(1979年8月25日五原6.0地震和1996年5月3日包头6.4地震). 1998年在研究区范围内共发生小震118次, 同时发生了乌加河震群, 其中包括 $M_L \geq 3.0$ 地震7次, 最大震级为 $M_L 3.9$. 1999年发生小震122次, 多集中在乌拉特前旗、中旗, 其中包括 $M_L \geq 3.0$ 地震6次, 最大地震为 $M_L 3.6$. 2000年小震活动呈上升趋势, 仅1~7月就发生小震145次, 同时发生了西山咀震群.

从1998~2000年7月的地震频度曲线(图1)可以看出: 在1998年3~10月曾有过地震频度增强现象, 1998年12月至2000年4月地震频度相对较低. 2000年4月在包头附近发生了

一次 $M_L 4.0$ 地震,之后 $M_L \leq 2.2$ 地震明显增多.

表 1 1998~2000 年 7 月研究区范围内地震活动情况统计

时间	1998 年	1999 年	2000 年 1~7 月
地震总数	118	122	145
震级范围	$0.4 \leq M_L \leq 3.9$	$0.4 \leq M_L \leq 3.6$	$0.4 \leq M_L \leq 4.0$
$M_L \geq 3$ 地震次数	7	6	1
最大震级	3.9	3.6	4.0
b 值	0.76	0.78	0.66

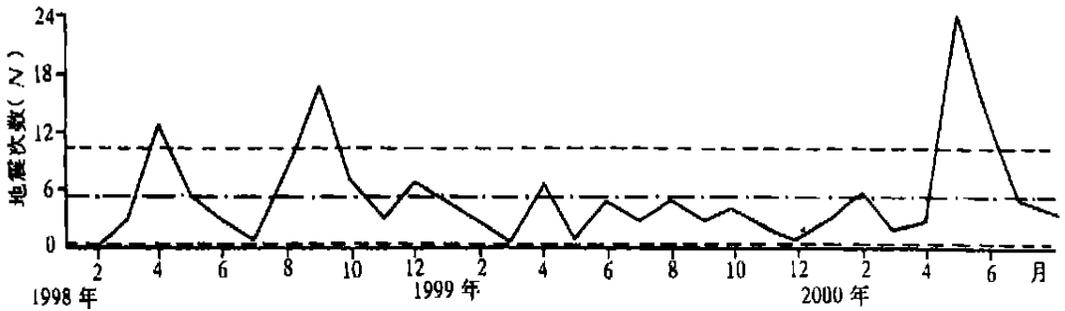
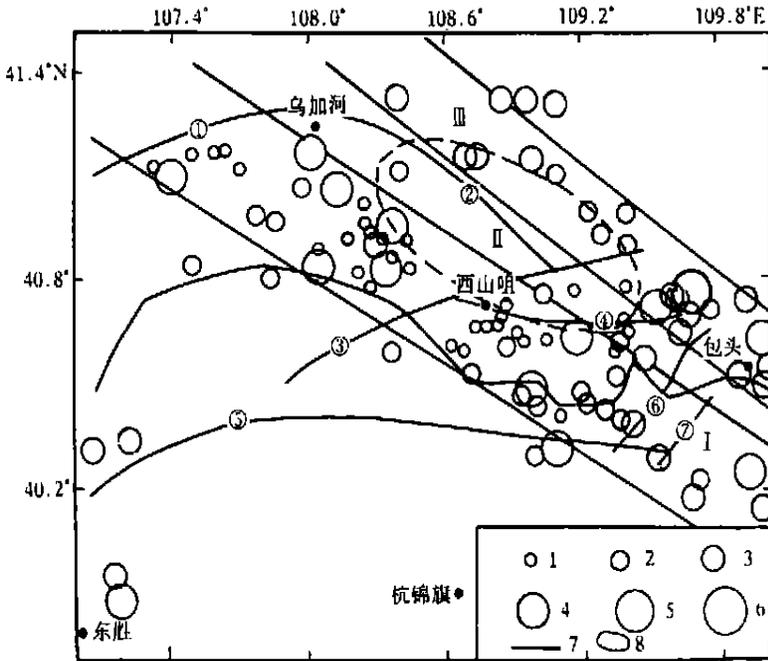


图 1 1998~2000 年 7 月研究区范围内地震频度变化曲线
Fig. 1 Curve of earthquake frequency from 1998 to July, 2000 in studied region.

1.2 1998~2000 年地震活动图像分析



- 1 $M_L = 0.1 \sim 0.9$ 2 $M_L = 1.0 \sim 1.9$; 3 $M_L = 2.0 \sim 2.9$; 4 $M_L = 3.0 \sim 3.9$;
- 5 $M_L = 4.0 \sim 4.9$; 6 $M_L = 5.0 \sim 5.9$ 7 地震条带; 8 空区;
- ① 狼山山前断裂; ② 色尔腾山山前断裂; ③ 乌拉山北缘断裂;
- ④ 乌拉山山前断裂; ⑤ 鄂尔多斯地台北缘断裂; ⑥ 包头断裂; ⑦ 达拉特旗断裂

图 2 1998~2000 年 7 月研究区震中分布

Fig. 2 Distribution of earthquakes from 1998 to July, 2000 in studied region.

从图2可以看出, 1998~2000年地震主要丛集在 $40.2^{\circ} \sim 41.4^{\circ}N$, $107.4^{\circ} \sim 110^{\circ}E$ 范围内. 大部分地震(包括 $M_L \geq 3.0$ 地震)沿NW方向呈条带分布, 可划分为2个条带, 见图2中I和III. 在I和II条带之间存在一个由 $M_L \leq 3.0$ 地震围成的空区II. 说明该地区地震活动在近期主要以小震为主.

需要说明的是: 这一地震活动图像和1976年和林格尔6.3级地震前的活动图像^[1]极其相似. 另外, 从较长时间尺度来看, 1979年五原6.0级地震和1996年包头6.4级地震为这一地区发生中强地震创造了一定的让位空间^[2]. 地震呈条带分布以及空区II随时间的演化, 都说明该地区可能存在发生中强地震的背景. 若空区II内在未来没有地震发生的话, 极有可能演变为孕育较大地震的空区.

1.3 震源深度沿经向和纬向的变化

用1998~2000年7月可定位地震求得震源深度后, 做出震源在深度上沿经向和纬向分布, 见图3. 由图3可以看出, 研究区范围内地震震源分布在3~40 km范围内, 分布不均匀. $108.8^{\circ} \sim 110^{\circ}E$ 小震密集, 可能是未来小震多发地段. 同样沿纬向也存在这样的区域. 沿经向和纬向地壳内地震稀少的地区很可能是未来地震危险较大的地区, 因为这些地区易形成断层闭锁段, 从而积累能量^[3]孕育较大地震.

1.4 地震蠕变曲线特征

由1998~2000年7月蠕变曲线(图4)可以看出, 1999~2000年4月蠕变曲线较为平坦, 2000年4月以后, 曲线稍有加速迹象, 但变化并不很大, 这表明该地区地震活动有进一步增强的可能, 但是, 短期内蠕变加速的可能性较小. 因此, 该地区在今后1年内发生6级左右地震的可能性较小.

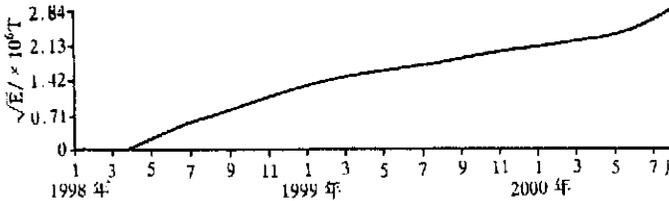


图4 1998~2000年7月蠕变曲线

Fig. 4 Creep curve from 1998 to July, 2000.

1998~2000年7月的资料求得研究区 b 值为0.72, 1998年 $b = 0.76$, 1999年 $b = 0.78$, 2000年1~7月 $b = 0.66$. 由此可见, 1999~2000年7月 b 值下降了15.38%. 虽然 b 值有所下降, 还不足以表明该地区有发生6级以上中强地震的可能. 由 b 值曲线外推(图5), 可以认为该地区有发生4级或5级地震的可能性.

2 几种测震学参数变化特征

2.1 振幅比 A_P/A_S 变化特征

西山咀地震台记录到的地震($s-p \leq 6.0$)波形, 大部分的初动形态尖锐, 地震波衰减较快, 高频成分较为发育, 个别地震的 $A_P/A_S \geq 1$, 表明研究区内地震的震源较深, 地震造成的岩体破裂以垂直方向为主, 并且有能量积累的迹象. 由图6a可见, 振幅比的点比较分散, 线性关系较差, 表明该地区地震能量积累得不充分.

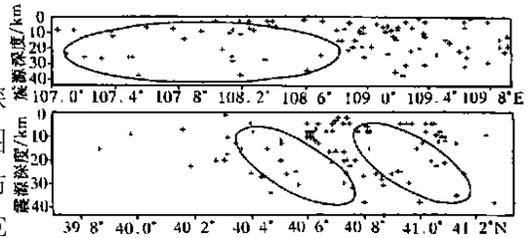


图3 1998~2000年7月地震震源深度沿经向和纬向的分布

Fig. 3 Distribution of focus in depth from 1998 to July, 2000 along latitude and longitude in studied region.

1.5 b 值变化特征

震级下限取 $M_L 0.4$, 使用

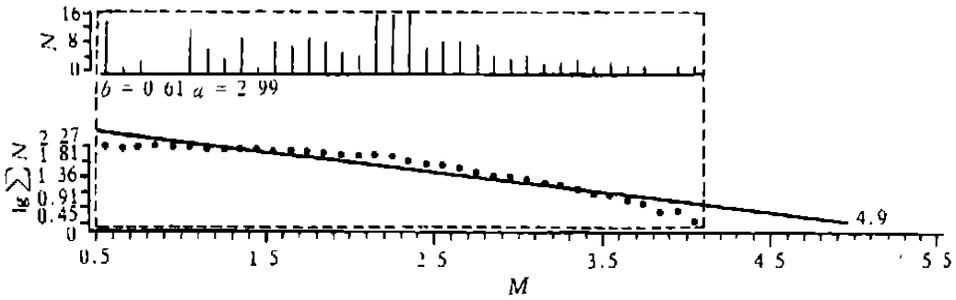


图5 1998~2000年7月研究区 b 值外推变化曲线

Fig. 5 Curve of the b values from 1998 to July, 2000 in studied region.

2.2 持续时间衰减比 T_H/T_V 变化特征

根据西山咀地震台的记录, 做出了研究区地震的水平向和垂直向振动持续时间比变化曲线(图 6b). 由图 6b 可以看出, T_H/T_V 基本呈线性, 表明该地区的应力场基本保持平衡状态. 地应力变化差异较小.

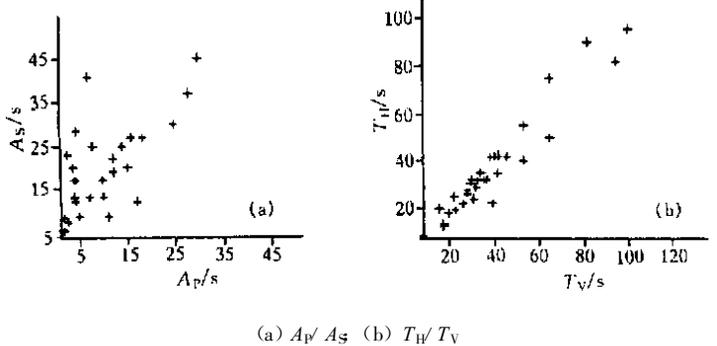


图6 振幅比 A_p/A_S 及持续时间衰减比 T_H/T_V 变化

Fig. 6 Variations of A_p/A_S and T_H/T_V

2.3 Q 值变化特征

用尾波衰减法求得研究区

2000年1~7月地震 Q 值, 见图7. 最大 Q 值约为320. 笔者曾对1996年包头6.4级地震前后 Q 值的变化特征进行了分析, 发现该次震前曾出现过 Q 值大于600的现象, 并常常出现 Q 值大于400的地震^[4]. 由此可以认为, 研究区 Q 值的变化表明地下介质完整性较差, 蓄积能量较低, 因此在短期内该地区不具备发生6.0级以上中强地震的背景.

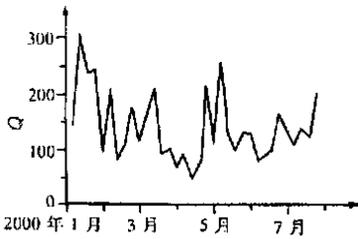


图7 研究区 Q 值变化曲线

Fig. 7 Curve of the Q value in studied region.

2.4 波速比 v_p/v_s 变化特征

选取1998~2000年7月发生的可定位地震, 用和达曲线法做出了研究区域的 v_p/v_s 变化曲线(图8). 从图8中可以看出: 在该时段内波速比变化出现4次明显的异常. 异常I的 v_p/v_s 为1.83, 在此背景下, 1998年3~7月, 在五原地区出现了震群活动^[3], 并伴有一系列 $M_L > 3.0$ 地震发生; 异常II出现在1998年8月, v_p/v_s 为1.87, 在此背景下在包头周边地区发生了一系列 $M_L 2 \sim 3$ 地震和4次 $M_L \geq 3.0$ 地震; 异常III出现在1999年8月, v_p/v_s 为1.86, 之后在杭锦旗及杭锦旗一带发生了5次 $M_L \geq 3.0$ 地震, 2000年发生了西山咀震群. 异常IV为负异常, v_p/v_s 为1.505, 目前还没有地震与之对应. 笔者认为在这样的异常之后研究区域内地震的频度会减弱, 使岩体中积蓄更多的能量, 同时在1~10个月内有

选取1998~2000年7月发生的可定位地震, 用和达曲线法做出了研究区域的 v_p/v_s 变化曲线(图8). 从图8中可以看出: 在该时段内波速比变化出现4次明显的异常. 异常I的 v_p/v_s 为1.83, 在此背景下, 1998年3~7月, 在五原地区出现了震群活动^[3], 并伴有一系列 $M_L > 3.0$ 地震发生; 异常II出现在1998年8月, v_p/v_s 为1.87, 在此背景下在包头周边地区发生了一系列 $M_L 2 \sim 3$ 地震和4次 $M_L \geq 3.0$ 地震; 异常III出现在1999年8月, v_p/v_s 为1.86, 之后在杭锦旗及杭锦旗一带发生了5次 $M_L \geq 3.0$ 地震, 2000年发生了西山咀震群. 异常IV为负异常, v_p/v_s 为1.505, 目前还没有地震与之对应. 笔者认为在这样的异常之后研究区域内地震的频度会减弱, 使岩体中积蓄更多的能量, 同时在1~10个月内有

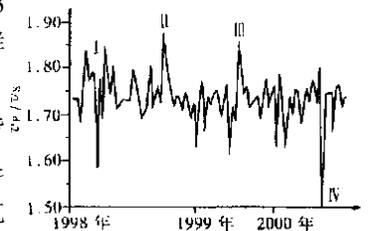


图8 研究区域波速比变化曲线

Fig. 8 Curve of the v_p/v_s in studied region.

发生4级或5级左右地震的可能性,或者发生多次3.0级左右地震,使地震能量充分释放出来.特别是在条带I和III内,微破裂会加剧,而在少破裂区II与条带III的交汇部位,可能会形成断层闭锁段,使地震能量在此积累起来,故从长期来看,在乌拉特前旗一带有发生6.0级左右地震的可能性.

3 结论

通过以上分析,可以得出以下认识:

(1) 地震波形态、动力学指标的变化以及地震活动空间分布、能量变化均显示,在1年的时间尺度内,乌拉特前旗及周围地区不可能发生6.0级以上地震,但是存在发生4级或5级,尤其是4级左右地震的可能性.

(2) 从长期来看,该地区具备发生6.0级以上地震的背景条件.今后对该地区应予以关注.

(3) 从地震的分布特点来看,这次乌拉特前旗地震活动的增强,有可能是包头6.4级地震的震后效应.在包头老震区及周边地区,地震活动有可能继续增强,而发生4或5级左右的地震.

(4) 沿经度和纬度的震源深度剖面上显示的空区,可能是未来中强地震发生的区域.

后记

2001年6月5日在乌拉特前旗发生了4.8级地震,震中位置为 $40^{\circ}38'N$, $108^{\circ}23'E$,震源深度17.4 km, $v_p/v_s = 1.7189$.该次地震的发生时间、地点和震级都和笔者的研究结果相吻合,证明了用本文提出的方法进行地震的趋势预测是可行的.

[参考文献]

- [1] 张晁军,李占维,王翠萍,等.1976年和林格尔6.3级地震前后震兆特征分析[J].地震研究,2001,24(3):225-23.
- [2] 郭增建,秦保燕.震源物理[M].北京:地震出版社,1979.126-135.
- [3] 张晁军,赵蒙生,王彬,等.包头6.4级地震前后小震活动空间分布特征及其成因机理、破裂方式研究[J].西北地震学报,1999,21(4):411-416.
- [4] 张晁军,赵蒙生,王彬,等.从 b 值、 V_p/V_s 、 Q 值的时空变化特征分析包头6.4级地震的孕育过程[J].内蒙古地震,2000,(1):23-29.
- [5] 张晁军,赵蒙生,熊峰,等.1998年3月五原震群精确定位极其未来地震活动分析[J].地震学刊,1998,(1):20-26.

THE ANALYSIS ON SEISMICITY TREND OF WULATEQIANQI REGION, INNER MONGOLIA IN FUTURE

ZHANG Chao-jun¹, LI Zhan-wei², WANG Cui-ping², WANG Bin¹,
ZHAO Meng-sheng¹, WANG Shu-ming¹, WANG Yan-wei², LI Tai-lai²

(1. Seismological Bureau of Inner Mongolia Autonomous Region, Huhhot 010051, China;
2. Seismological Bureau of Huhhot City, Huhhot 010020, China)

Abstract: Based on the analysis on seismicity and variations of some seismometry indices in Wulateqianqi region, Inner Mongolia from 1998 to July, 2000, seismicity trend of the region in future is studied. It is believed that there is a little possibility of $M_s 6.0$ earthquake to occur in a future year, but there is a larger one of events with magnitude of about 4 or 5 to occur. The gaps on focus depth sections along longitude or latitude may be risk regions of coming strong earthquakes.

Key words: Inner Mongolia; Seismicity character; Indices of seismometry; Variation character; Seismicity trend.