

喀喇沁地区震群活动与周围 中强地震的对应关系

韩晓明¹, 薛丁¹, 刘文广², 张晖¹

(1. 内蒙古自治区地震局, 内蒙古呼和浩特 010010; 2. 内蒙古地震局乌家河地震台, 内蒙古临河 01500)

摘要: 内蒙古喀喇沁旗历史上曾多次发生典型震群活动, 2008年8月19日至9月14日再次发生震群活动。本文分析了本区历史震群活动与周围中强地震的发生的关系。结果表明喀喇沁地区的震群活动与周围地区的中强地震有一定的呼应关系。因此本次震群活动对周围地区未来中强地震的发生具有一定的预测意义。

关键词: 喀喇沁旗; 震群活动; 中强地震; 对应关系

中图分类号: P315.75 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2009)04-0380-05

Corresponding Relation between Kalaqin Earthquake Swarms and Moderate-strong Earthquakes in the Around Areas

HAN Xiao-ming¹, XUE Ding¹, LIU Wen-guang², ZHANG Hui¹

(1. Earthquake Administration of Inner Mongolia Autonomous Region, Hohhot 010010, China;

2. Wujiahe Earthquake Station, Inner Mongolia Linhe 015000, China)

Abstract: Several typical earthquake swarms occurred in Kalaqin region, Inner Mongolia, in history, and a new one occurred here from Aug. 19 to Sept. 14, 2008. In this paper, the historical earthquake swarms in this area and the relationship with moderate-strong earthquakes in around areas are analyzed. The result shows that the earthquake swarms activities in Kalaqin area have some corresponding relation with the moderate-strong earthquakes in around areas. So the new events have important foretell hint to forecast moderate-strong earthquake in the region.

Key words: Kalaqin; Earthquake swarm activity; Moderate-strong earthquake; Corresponding relation

0 前言

研究表明,许多大地震发生之前在未来震源区周围都出现过不同程度的小震异常活动^[1-3]。尤其对于那些处于区域现代构造运动的特殊部位,如断层交汇的相对破碎地区,不易积累较多的能量,对外围地区的构造运动的加剧和应力场的激烈变化反映十分敏感,小震活动往往以震群形式出现^[4]。

内蒙古赤峰南部的喀喇沁旗地区历史上曾发生多次震群活动,在震群活动后其周围往往有中强地震发生^[5-6]。2008年8月至9月,该地区又一次发

生大规模震群活动。本文研究这次震群活动的特点以及该地区的地质构造特征,讨论该地区震群活动与周围区域中强地震发生的对应关系。

1 2008年喀喇沁旗震群活动概况

2008年8月19日内蒙古自治区赤峰境内的喀喇沁旗爆发小震群活动,其特点是发震频繁,持续时间长。截至2008年9月14日08时,震群活动历时26天,累计发震743次。其中 $M_L 0.0 \sim 0.9$ 地震

收稿日期:2008-12-25

基金项目:中国地震局2009年度震情跟踪合同制定向工作任务(2009010108)

作者简介:韩晓明(1980-),男(汉族),河南漯河人,主要从事地震活动性和地震预报方面的工作。

570次, M_L 1.0~1.9地震154次; M_L 2.0~2.9地震16次; M_L 3.0~3.9地震3次; 最大震级 M_L 3.2。震中分布在方圆10 km范围内。

本次震群活动的震中附近有三个“十五”期间建设的测震台站,分别是宁城台,赤峰台和新惠台(表1)。由于本次震群活动的震级主要分布在2.0级以下,1.0级左右,所以距离震群较远的赤峰台和新惠台可用资料较少,大都为宁城单台记录,能精确定位的小震只有57次,其震中及台站分布如图1。

表1 喀喇沁震群区域测震台站参数表

台站名称	台站位置		距离震群中心/km
	E/°	N/°	
宁城台	118.87	41.72	35
赤峰台	118.97	42.30	51
新惠台	119.88	42.27	68

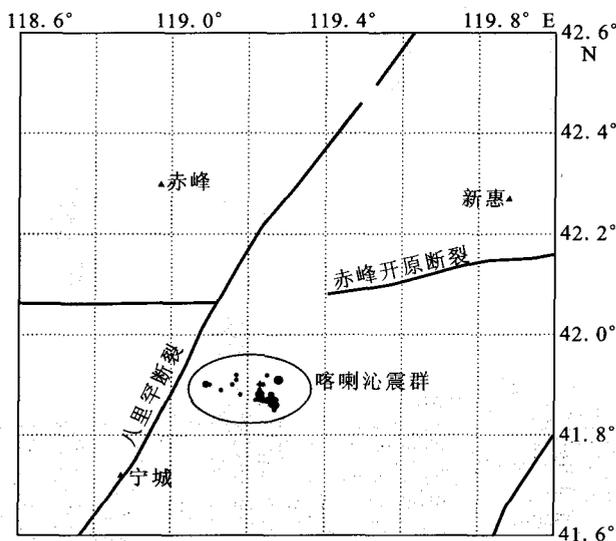


图1 2008年喀喇沁震群及其周围区域台站分布
Fig. 1 Distribution of Kalaqin earthquake swarm and seismic stations in 2008.

从 $M-t$ 图及频度图可以看出,本次震群主要集中在8月20-22日爆发,三天发震494次,占总发震次数的66%;震级范围主要集中在0.1~0.9之间,共计553次,占总发震次数的77%。9月7日到13日期间出现短期平静后再次发生震群活动,规模相对于初始阶段有明显的减弱趋势,体现了本次震群活动起伏变化的特点(图2)。

本次震群位于宁城断陷内,断陷两侧为老哈河断裂和红山一八里罕断裂,其中红山一八里罕断裂第四纪活动明显。震群附近有八里罕断裂和赤峰一开原断裂(图1),本次震群发生于这两条断裂交汇部位东南约15 km处。

为了确定本次震群的类型,计算了前兆震群判

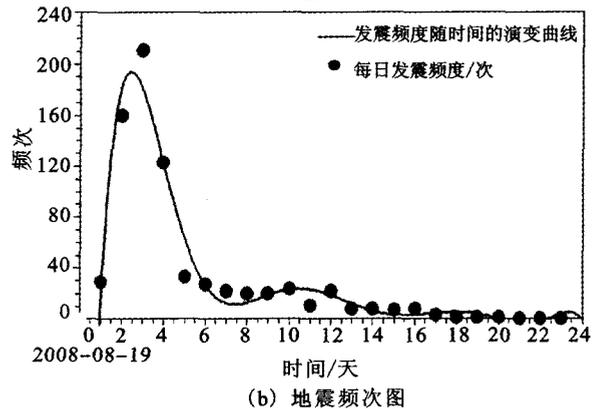
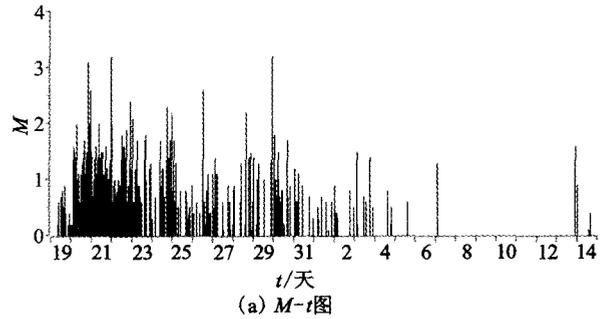


图2 喀喇沁震群 $M-t$ 关系及发震频度图
Fig. 2 The $M-t$ and frequency diagrams of Kalaqin earthquake swarm in 2008.

别指标: u 值为0.7624 (> 0.5 为前兆震群); F 值为1.1807 (> 0.70 为前兆震群); ρ 值为0.6578 (≥ 0.55 为非前兆震群); k 值为0.7815 (> 0.70 为非前兆震群); b 值为0.9679 (> 0.65 为前兆震群), h 值为1.400 (≥ 1.00 为非前兆震群)。6个判别指标中有3个判定为非前兆震群,3个判定为前兆震群,因此从判别指标尚不能对本次震群是否前兆震群做出确切的判定,需要对历史上本地区的震群与周围中强地震的关系作进一步研究。

2 本区历史大震对华北及东北地区地震形势的影响

公元1290年9月27日夜,在元朝武平路大定府(县)附近(今内蒙古宁城县城以南的大明乡东部)发生一次6.8级中强地震,震中位置:41.5°N, 119.3°E,属主-余震型。地震位于老哈河断裂南端,同时红山一八里罕也通过极震区,也属于断裂交汇和应力集中区。

武平路地震发生之前,全国及华北都处于地震活动平静期。据《中国地震简目》(1977)所列,全国已有252年没有发生7级以上地震;大华北也有165年没有发生大于6.8级地震;小华北和东北地

区已有近 80 年未发生 4.8 级以上地震。武平路地震的发生使全国特别是华北的地震形式突变,华北地区进入了第二个地震活跃期;第二年山西临汾发生 6.5 级地震;1303 年山西洪洞,赵城又发生 8 级地震。由此可以推断,武平路地震对华北及东北地区的地震发生有一定的影响。

3 1970—1999 年赤峰南部震群活动与周围中强地震的关系

3.1 赤峰南部震群与周边中强地震的对应关系统计

震群是地震活动的一种形式,是局部范围发生微破裂造成构造应力的释放。与发震区域的地质构

造条件、介质特性、地下热运动有着密切关系,同时又受到大范围构造应力场的制约^[7-9]。本次喀喇沁震群活动表明宁城断陷盆地地下介质的活动水平有增强趋势。鉴于该区域历史上发生的多次震群活动与华北及东北地区的中强地震有着一定的呼应关系,因此有必要对该区域的历史震群进行研究,力图发现更为科学合理的规律。

根据全国地震目录(1970—1999 年)和内蒙古测震台网提供的目录,经过完整性和一致性处理,从中筛选赤峰南部地区 $M_L 1.0$ 以上地震和 $M_L 5.0$ 以上地震分别统计分析,得到赤峰南部(包括喀喇沁震群区域)的震群活动与周围区域中强地震的对应关系(表 2,图 3)。

表 2 赤峰南部震群与周围中强地震对应关系表

时间	E/°	N/°	地点	震级/M	次数	对应地震
1976-04-11	119.23	41.67	乃林	2.7	27	1977 年 6 月阜新 5.1 级
1977-08-02	119.25	41.78	乃林	1.8	40	1978 年 5 月海城 6.3 级
1981-09-22	120.03	42.02	新惠	2.3	31	
1984-04-23	119.25	41.85	乃林	3.7	134	1985 年 6 月苏尼特 5.6 级
1988-03-23	128.15	42.11	新惠	2.3	43	1988 年 4 月阿旗 5.0 级
1988-07-17	118.60	41.57	大城子	2.6	15	1989 年 10 月大同—阳高 6.1 级
1989-08-28	119.20	41.90	乃林	3.3	75	1989 年 10 月大同—阳高 6.1 级
1989-09-02	121.13	42.75	奈曼	2.4	23	
1990-10-02	118.45	42.08	赤郊	3.6	39	

注:表中选取 1970 年以来,以喀喇沁旗为中心方圆 500 km 范围内的中强地震作为研究对象

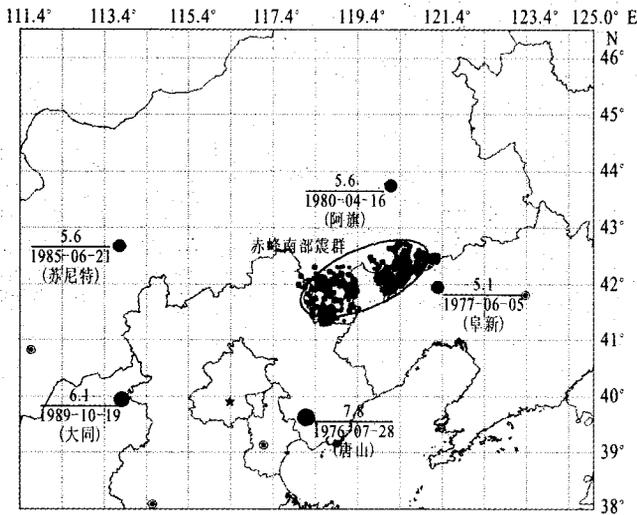


图 3 赤峰南部震群与周围几次典型中强地震分布图

Fig. 3 Distribution of the earthquake swarms in southern Chifeng and some typical moderate-strong earthquakes in the around areas.

3.2 赤峰南部震群对周边中强震的预报效能评价

根据许少燮^[10]的研究,预报与实况发生的地震次数可概括成一个列联表(表 3),其中漏报率 $a = n_0^1/N_1$;空报率 $b = n_1^0/N_0$;有震报准率 $c = n_1^1/N_1$;

无震报准率 $d = n_0^0/N_0$ 。

表 3 预报效能评价参数表

		预报地震		
		有震	无震	
实际情况	有震	n_1^1 (c)	n_1^0 (a)	N_1
	无震	n_0^1 (b)	n_0^0 (d)	N_0
		N_1	N_0	N

从表 3 可以看出,只要知道表中任意 2 个适宜的参数,列表就可以完全确定,故将预报效能评分 R 值定义为

$$R = 1 - a - b \tag{1}$$

$$R = c + d - 1 \tag{2}$$

$$R = c - b \tag{3}$$

$$R = d - a \tag{4}$$

其中式(3)在使用中较为方便,其含义为

$$R = c - d =$$

$$\frac{\text{报对的地震次数}}{\text{应预报的地震总次数}} - \frac{\text{预报占用时间}}{\text{预测研究的总时间}}$$

因此 R 值即为扣除了随机概率的预报成功率。根据上述原理及方法,在选取的时空范围内(表 2),计算出赤峰南部地区震群对周围中强地震的预测效

能评分 $R_{赤峰}$ 值为 0.600 8, 许少燮根据二项式分布原则编制的保证 97.5% 信度对应效能评分为 $R_{0.975} = 0.368$, 显然 $R_{赤峰} > R_{0.975}$, 因此赤峰南部震群活动与周边地区中强地震的对应关系具有一定的可信度。

从表 2 可以看出, 该震群区域与华北震区的呼应关系是明显的。因为赤峰南部地区构造发育, 整体破碎, 不易积累较多的能量, 多以小震及震群形式将能量释放, 以此来不断调整该区域的应力平衡和稳定; 震群主要分布在赤峰—开原纬向新断裂构造带与北东向新华夏系断裂带交汇处即八里罕断裂带, 该断裂带又与赤峰—开原断裂构造带交汇, 且沿此 2 条断裂带呈 NE 展布。赤峰南部地区与华北震区之间正好被众多的北北东向大断裂带所连接, 从而加强了两区之间能量和地震信息的传递, 所以反映敏感。

4 喀喇沁震群区域的地震活动与周围中强地震的关系

喀喇沁旗位于宁城—义县地震带上, 该地震带小震活动频度较高, 震群活动时时有发生, 且该地震带的活动与华北第二, 三, 四地震活跃期相关。1970 年以来, 喀喇沁旗地区发生过规模不等的小震群活动, 以该地区小震 ($M_L \geq 1.5$) 的月频度 5.0 次作为警戒线, 共有 6 次超出警戒线的震群活动。同样按照上述公式并结合图 4 中表达的信息, 选取时间范围为 1970-01-01—2008-12-31, 空间范围为本次喀喇沁震群为中心方圆 500 km 的区域, 计算出喀喇沁地区震群的预报效能评分 $R_{喀喇沁} = 0.406 3 > R_{0.975} = 0.288$, 表明喀喇沁震群活动对周边地区中强地震具有一定的预测效能。

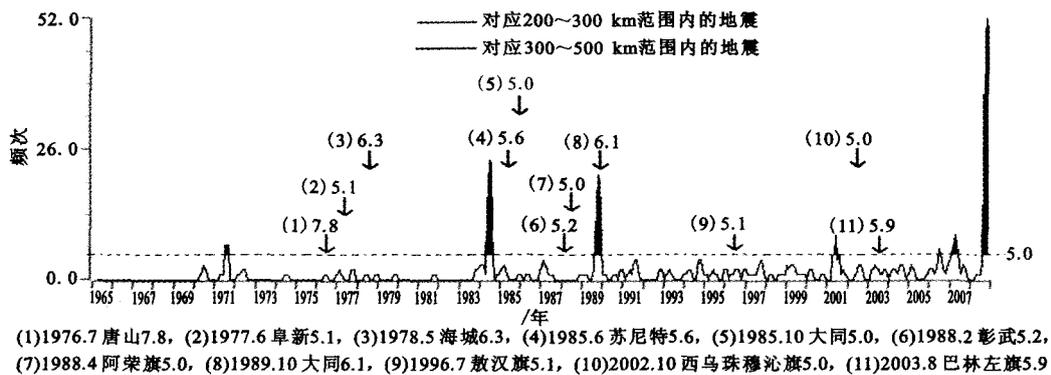


图 4 喀喇沁地区的震群活动与周围中强地震的对应关系

Fig. 4 Corresponding relation between kalaqin earthquake swarms and moderate-strong earthquakes in the around area.

从图 5 可以看出, 在时间分布上, 震群发生后 1~2 年的时间段内周围地区发生中强地震的概率是比较大的; 从空间分布来看, 震群活动与 300~500 km 范围内中强地震的对应关系比较明显。但这种对应关系不是严格的一一对应, 一次震群发生后可能周围区域有 2 次以上中强地震发生, 一个中强地震发生前的一段时间内也可能有 2 到 3 次震群活动。因此 2008 年 8 月的喀喇沁旗震群活动对今后的一段时间内 (1~2 年) 华北地区中强地震的发生有着重要的预示意义。喀喇沁地区的震群活动可能携带华北中强震发生背景的中短期预测信息, 可作为华北块体应力背景增强的敏感窗口。

衷心感谢兰州地震研究所荣代路研究员和内蒙古地震局高立新高级工程师在论文写作过程中的悉心指导!

[参考文献]

- [1] 朱传镇, 付昌洪, 罗胜利. 震群与大地震关系的研究(华北地区)[J]. 地震学报, 1981, 3(2): 105-117.
- [2] 蒋秀娥, 陈非比. 区域震群与唐山大震[J]. 地震学报, 1983, 5(2): 145-157.
- [3] 林邦慧. 前震和前震序列的研究[J]. 地震学报, 1979, 16(增刊): 24-48.
- [4] 许绍燮. 海城地震前震序列与震群[J]. 地震学报, 1981, 3(1): 1-10.
- [5] 李志. 赤峰地区震群活动的初步研究[J]. 内蒙古地震, 1994, 2(1): 16-20.
- [6] 高立新, 郑斯华, 丁风和. 内蒙古中西部地区震源参数和场地响应反演[J]. 西北地震学报, 2005, 27(2): 109-114.
- [7] 刘小凤, 肖丽珠, 梅秀萍, 等. 祁连山地震活动带地震活动特征及序列类型[J]. 西北地震学报, 2005, 27(1): 57-60.
- [8] 杨国栋, 苏永刚. 甘东南及其邻区的地震活动性与近期震情研究[J]. 西北地震学报, 2005, 27(2): 182-185.

- [9] 曹井泉,朝伦巴根,汪翠枝. 华北地区中等地震活动非稳态特征及预报效能研究[J]. 西北地震学报,2008,30(2):168-172.
- [10] 许少燮. 地震活动性预报地震方法[J]. 地震学报,1993,15(2):239-252.
- [11] 李亚荣,荣代璐,韩晓明. 2003年岷县5.5级地震地震学前兆前兆特征及预报意义[J]. 西北地震学报,2007,29(2):150-155.
- [12] 张彬,杨选辉,易志刚. 松潘—平武地震前地震视应变场的时空演变[J]. 西北地震学报,2007,29(3):121-123.
- [13] 路鹏,刘瑞丰,李志雄,等. 地震科学数据的分级分类探讨[J]. 西北地震学报,2007,29(3):249-254.
- [14] 高立新. 巴林左旗—阿鲁科尔沁旗5.9级地震前地下流体异常特征分析[J]. 地震,2005,25(1):103-110.
- [15] 高立新,阎海滨,丁风和,等. 东乌珠穆沁旗5.9级地震参数及序列特征[J]. 东北地震研究,2005,21(2):16-23.

(上接 354 页)

- [8] Yamazaki Y. Electrical conductivity of strained rocks, 1, Laboratory experiments on sedimentary rocks[J]. Bull. Earthquake Inst. Univ. Tokyo, 1965, 43: 783-802.
- [9] 张学民,翟彦忠,郭建芳,等. 2004年印尼8.7级强震前昌黎台的远场电性异常特征探讨[J]. 地震,2006,26(4):82-93.
- [10] Freed A M. Earthquake triggering by static, dynamic, and postseismic stress transfer[J]. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 2005, 33: 335-367.
- [11] 国家地震局预测预防司. 电磁学分析预报方法[M]. 北京:地震出版社,1998:32-33.
- [12] 赵玉林,钱复业,许同春. 受力条件下岩(土)层电阻率变化的放大系数及其与应变关系的研究[A]//国家地震局. 地震预报方法实用化文集地磁地电专辑[G]. 北京:学术书刊出版社,1990:334-342.
- [13] 杜学斌,叶青,马占虎,等. 强地震附近电阻率对称四极观测的探测深度[J]. 地球物理学报,2008,51(6):1943-1949.
- [14] 杜学斌,马占虎,叶青,等. 与强震有关的视电阻率各项异性变化[J]. 地球物理学进展,2006,21(1):93-100.
- [15] 阮爱国,李清河,赵和云. APE理论与地电阻率前兆[J]. 西北地震学报,2000,22(3):209-216.
- [16] 钱家栋,曹爱民. 1976年唐山7.8级地震地电阻率和地下水前兆综合物理机制研究[J]. 地震,1998,18(增刊):1-9.
- [17] Crampin S, Evans R, Atkinson B K. Earthquake prediction; A new physical basis[J]. Geophys. J. R. Astr. Soc., 1984, 76: 147-156.
- [18] Crampin S, Booth D C, Evans R, et al.. Changes in shear wave splitting at Anza near the time of the North Palm Springs earthquake[J]. J. Geophys. Res., 1990, 98(B7): 11197-11212.
- [19] 马占虎,杜学斌,谭大成,等. 地震电性变化及其物理机制初步讨论[J]. 西北地震学报,2004,26(3):234-239.