

# 柯坪块体的地震活动特征

王筱荣

(新疆维吾尔自治区地震局, 新疆 乌鲁木齐 830011)

**摘要:**分析了柯坪块体1969年以来强震活动特征,发现该块体内6级地震的发生显示出明显的轮回特征,且发震周期与新疆地区强震活跃期吻合;西克尔和乌什2个地震活跃区的地震活动对块体内的6级地震活动有一定的预报意义;一次6级地震发生后该块体内所发生的4.5级以上地震对于预测未来6级地震的发生地点有一定的意义。

**关键词:**新疆;柯坪地块;地震活动特征;强震

中图分类号: P315.5 文献标识码: A 文章编号: 1000-0844(2001)04-0382-07

## 0 引言

前人的研究表明,一些相对独立的构造单元的地震活动性与大区域地震活动性相比有一定的特殊性,如鄂尔多斯块体、川滇菱形块体等。这些块体内的地震活动即具有独立性又与大区域的地震活动相关<sup>[1]</sup>。研究这类构造块体的地震活动规律对该块体及相应区域的地震趋势判定可能有一定的意义。新疆的柯坪块体是比较特殊的构造,本文研究了该块体的地震活动特征。

## 1 柯坪块体的地质及地球物理场特点

柯坪块体由阔克沙勒、柯坪、托特拱拜兹、费尔干纳断裂及库车凹陷围成(图1)<sup>[2]</sup>。上述断裂均为深达岩石圈的大断裂<sup>[3]</sup>。阔克沙勒断裂位于哈萨克板块和塔里木板块的缝合带上,年代较为古老,其北分布着早古生代沉积层,其南至柯坪断裂及托特拱拜兹断裂以北则分布着晚古生代沉积层。中生界覆盖下的前寒武纪杂岩广泛分布在柯坪断裂及托特拱拜兹断裂南端,柯坪断裂和前寒武杂岩之间有NE向带状早古生代沉积层分布<sup>[4]</sup>。沿块体南缘由东至西分布着库车凹陷、阿瓦提陷陷、巴楚隆起、罗斯塔格断阶和喀什凹陷。柯坪块体现今的构造格局是新生代时期印度板块与欧亚板块碰撞的产物,其强震活动受控于较为年轻的柯坪断裂及托特拱拜兹断裂。

据文献[5]和[6],柯坪块体地壳厚度为50 km,此深度低速区边界与块体边界基本重合。在巴楚隆起北翼与柯坪块体之间存在着向北楔入的低速带,而与其紧邻的柯坪一带则分布着高速体。重力异常梯级带分布与块体边界大致吻合,级差在 $250 \sim 300 \times 10^{-5} \text{ ms}^{-2}$ ,梯度变化为 $1.2 \times 10^{-5} \text{ ms}^{-2}$ ,块体内为重力负异常区。磁异常区展布范围与块体范围一致,磁场强度达

-100 ~ -200 nT, 盆地南缘为磁异常梯度陡变带<sup>7]</sup>. 该块体内自 1897 年以来发生的 24 次 6 级以上地震均发生在重磁异常的梯度带及高低速体的转换带上, 其中包括块体西侧的 1902 年阿图什 8 级大震. 块体北侧由于位于国境以外地球物理资料不详.

上述地质和地球物理场特点构成了柯坪块体的特殊性, 使它成为新疆地区的一个独立块体.

## 2 柯坪块体地震活动特征

考虑到历史地震记录可能有缺失, 本文中 6 级以上地震的资料取自新疆  $M_s \geq 4.7$  地震目录库, 分析时段自 1969 年起, 截止至 2000 年. 在此期间柯坪块体内共发生  $M_s \geq 6$  地震 9 次, 其中双主震 1 次. 中等以上地震资料取自新疆地震目录库 (1970 ~ 2000 年). 伽师地震不在柯坪块体内, 分析中没有考虑.

### 2.1 强震轮回特征

由图 2 可见, 强震活动明显沿柯坪块体自东向西依次发生. 1969 年 2 月 12 日 6.5 级地震和 1971 年 3 月 23 日、24 日 2 次 6 级地震发生在该块体东北角, 随后 1972 年 1 月 16 日在块体中部发生了 6.2 级地震, 1977 年 12 月 14 日 6.2 级地震则发生在块体西南角. 该块体内强震活动与新疆地区地震活动同步平静 10 年之后, 1987 年至 1998 年发生的 4 次地震重演了上一组地震的活动图像. 1987 年 1 月 24 日在块体东北角发生了 6.4 级地震, 1991 年 2 月 25 日 6.5 级地震则发生在块体中部, 1996 年 3 月 19 日 6.7 级地震和 1998 年 3 月 19 日 6.0 地震发生在块体西侧. 综合分析上述 2 次地震活动轮回, 发现它们具以下特征: (1) 2 次地震轮回在持续时间上相当. 第一次经历了 8 年, 第二次经历了 11 年. (2) 空间分布相似. 2 次轮回中发生在东段和发生在中段的地震震中位置几乎相同, 唯有西侧地震位置有差异, 而这一地区既是块体中发震构造最复杂的地区, 也是断裂交汇、拐弯地区. (3) 该块体内的地震活动与新疆大区域地震活跃期相吻合. 1897 年以来新疆的地震活动共经历了 5 个活跃期, 即 1902 ~ 1914、1924 ~ 1932、1944 ~ 1957、1967 ~ 1978 和 1985 ~ 1998. 柯坪块体内的地震活动的第一轮回自 1969 年开始至 1977 年, 第二轮回自 1987 年开始至 1998 年, 2 次轮回包括在新疆第四、第五个活跃期内. 说明该块体的地震活动不但与块体本身的特殊构造相关, 还与新疆地震活动大形势相关.

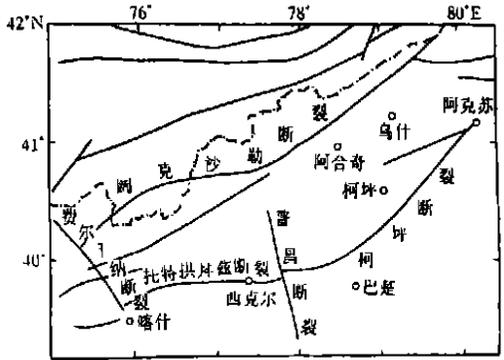


图 1 柯坪块体范围及断裂分布

Fig. 1 Distribution of Keeping block and faults.

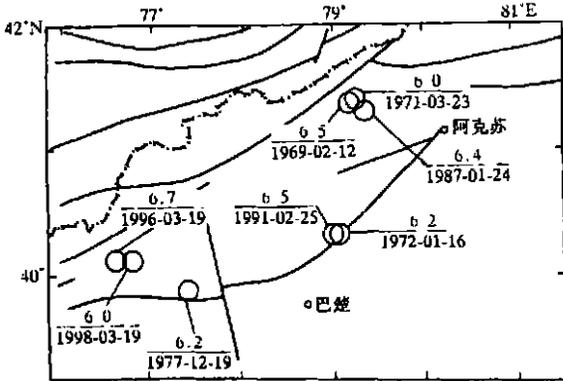


图 2 1969 ~ 2000 年柯坪块体 6 级地震分布

Fig. 2 Distribution of  $M_s \geq 6$  earthquakes in Keeping block from 1969 to 2000.

同, 唯有西侧地震位置有差异, 而这一地区既是块体中发震构造最复杂的地区, 也是断裂交汇、拐弯地区. (3) 该块体内的地震活动与新疆大区域地震活跃期相吻合. 1897 年以来新疆的地震活动共经历了 5 个活跃期, 即 1902 ~ 1914、1924 ~ 1932、1944 ~ 1957、1967 ~ 1978 和 1985 ~ 1998. 柯坪块体内的地震活动的第一轮回自 1969 年开始至 1977 年, 第二轮回自 1987 年开始至 1998 年, 2 次轮回包括在新疆第四、第五个活跃期内. 说明该块体的地震活动不但与块体本身的特殊构造相关, 还与新疆地震活动大形势相关.

### 2.2 显示地震的示震特征

作者研究发现, 柯坪块体内  $M_s \geq 6$  地震发生后, 该块体内发生的  $M_s \geq 4.5$  地震对其后 6

级地震的发震地点有显示作用,因此,称这类地震为显示地震.图3为1969~1998年该块体内8次(双主震计为1次)6级地震发生后的 $M_S \geq 4.5$ 地震分布图.由图3(a)可见,1969年2月12日6.5级地震发生当天,距该次地震震中不到30 km处发生了2次4.7级地震,1971年3月23日和24日在4.7级地震震中附近发生了6.0和6.1级地震.这2次地震发生后,同年7月26日在普昌断裂西侧发生了西克尔5.7级地震,1972年1月16日在普昌断裂东侧发生了6.2级地震,见图3(b).1972年1月16日6.2级地震发生后,同年2月11日在西克尔发生了4.5级地震,距此次地震震中20 km处于1977年12月14日发生了6.2级地震,见图3(c).1977年12月19日6.2级地震发生后,1978年3月12日在柯坪块体东北端发生了5.5级地震,1987年1月24日在距此地震不足100 km处发生了乌什6.4级地震,见图3(d).乌什地震发生同日在块体中部发生了5.0级地震(同时还发生了一次余震),距此地震不足100 km处1991年2月25日发生了柯坪地震,见图3(e).柯坪地震发生后同年3月7日在该块体西端发生了5.2级地震,1996年3月19日在距此地震90 km处发生了阿图什6.7级地震,见图3(f).该次地震发生后半年时间内柯坪块体内仅发生了一次4.5级地震,即阿图什6.7级地震的余震,1998年3月19日在阿图什震区再次发生了6.0级地震,见图3(g).图3(h)给出了1998年3月19日阿图什6.0级地震后4.5级以上地震的分布,由图可见2次5级左右的地震均发生在柯坪块体东北侧,1998年6月7日5.2级地震位于该块体外缘,1998年6月25日5.1级地震位于该块体内.根据地震轮回特点,预计本区下一次强震的可能地点将位于该块体东部.

表1给出了柯坪块体内6级地震与显示地震的时间间隔及显示地震与后续6级地震间的距离,除了1971年7月26日地震距其后发生的6级地震较远外,其余显示地震与下一次6级地震的距离均在90 km范围内,而显示地震与前一次6级地震的时间间隔均在4个月以内.

表1 显示地震与其前后6级地震的时间间隔和距离

6级地震发震时间			显示地震发震时间			时间间隔/月	震中距离/km
时间	地点	震级	时间	地点	震级		
1969-02-12	乌什	6.5	1969-02-12	乌什	4.7	0	25
			1969-02-12	乌什	4.7		
1971-03-23	乌什	6.0	1971-07-26	西克尔	5.7	4	140
	乌什	6.1					
1972-01-16	柯坪	6.2	1972-01-26	西克尔	4.1	1	20
			1972-02-11	西克尔	4.5		
1977-12-19	西克尔	6.2	1978-03-12	乌什	5.5	3	80
1987-01-24	乌什	6.4	1987-01-24	柯坪	5.0	0	80
1991-02-25	柯坪	6.5	1991-03-07	阿图什	5.2	1	90
1996-03-19	阿图什	6.7	1996-03-22	阿图什	5.2	0	10
1998-03-19	阿图什	6.0	1998-06-25	阿克苏	5.1	3	?

### 2.3 强震前地震增强—平静特征

作者研究发现,强震前地震活动平静的时间越长,之后的强震震级越大.例如,1984年5月18日至1985年6月29日新疆地区未发生一次4.7级以上地震,平静时间长达一年以上,1985年8月发生了乌恰7.4级地震.再如,1996年4月至11月新疆全境未发生一次4.3级以上地震,平静时间长达8个月,1996年11月发生了喀喇昆仑山7.1级地震.新疆地区4.7级、4.3级地震的年均发生率分别为7.2次和15.1次(不包括余震).

图4给出了柯坪块体发生的7次6级地震前震中周围2度范围内3.0级以上地震时序图.

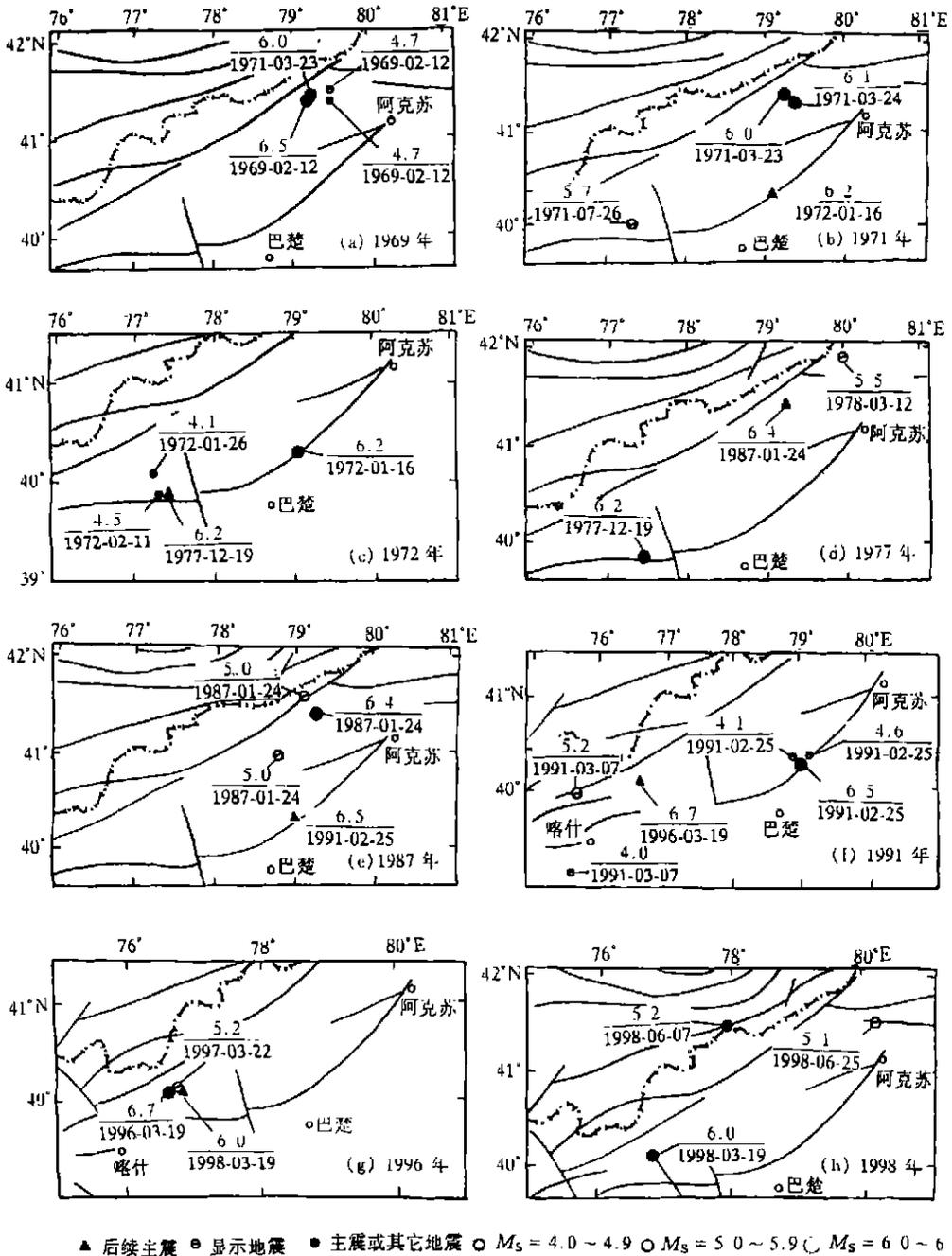


图 3 1969~1998 年柯坪块体内主震、显示地震和后续主震分布

Fig. 3 Distribution of main earthquakes and show earthquakes and later arrived main earthquakes from 1969 to 1998 in Keeping block.

将累积 3 个月的地震发生数超 2 倍均方差视为地震活动明显增强, 低于 1 视为地震活动明显平静, 发现该块体的地震活动除了有与文献 [8] 和 [9] 的研究结果相同的增强—平静—(稍有增强)发震特点外, 还具有如下特点: (1) 平静时间似与构造有关, 位于普昌断裂西侧的地震震前

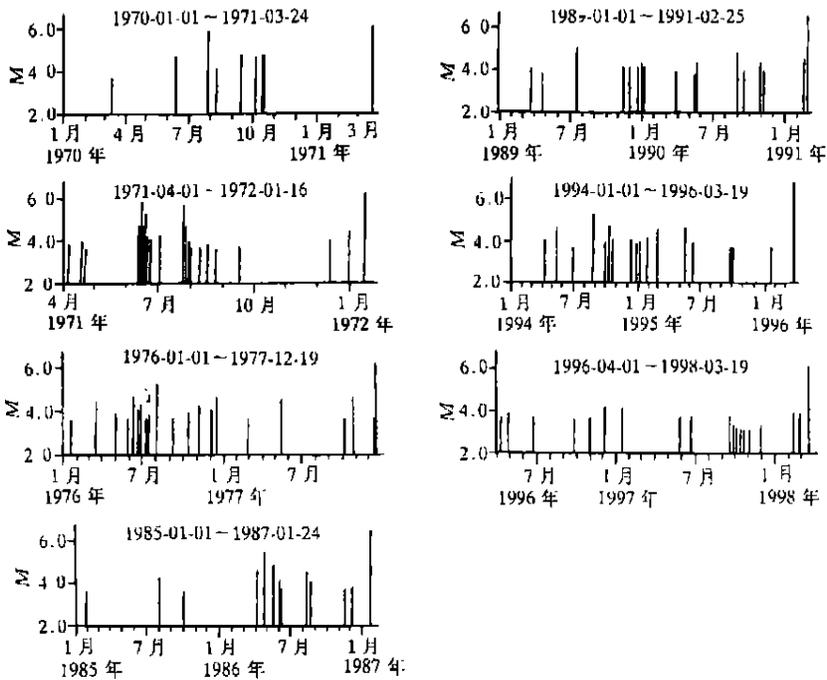


图4 柯坪块体内6级地震发生前中地震活动时序图

Fig. 4 M-t diagram of middle earthquakes before  $M_s \geq 6$  earthquakes in Keping block.

平静时间均大于5个月,而位于柯坪断裂的2次地震震前异常时间均为3个月.前已述及,普昌断裂东侧构造性质简单,而普昌断裂西侧断裂分布及断裂性质较复杂.(2)该块体内地震活动与新疆地区的地震活动即相关又独立.1985年8月乌恰7.4级地震前后,该块体地震活动与新疆全区地震活动呈同步平静和同步活动,1986年7月以后显示出非同步现象.1998年阿图什地震前和1996年11月喀喇昆仑山7级地震前该块体内地震活动与新疆全区的地震活动均呈平静现象.喀喇昆仑山地震和伽师地震发生后,1997年1月至5月除伽师有地震活动外,柯坪块体与新疆全区均无地震活动,这种平静持续数月后,当新疆地区地震活动再次出现高潮时柯坪块体内的地震却表现为平静,表明其仅受控于局部应力场(图5).

### 3 西克尔和乌什小区的示震特征

以在1个月时间、1平方度范围内发生8次以上中小地震活动作为地震成群活动的标准,对1970年以来西克尔和乌什小区的中小地震活动与柯坪块体的强震活动的关系进行了分析,结果见表2.由表2可见:(1)块体东段6级地震发生前西克尔和乌什小区中小地震成群活动,且以西克

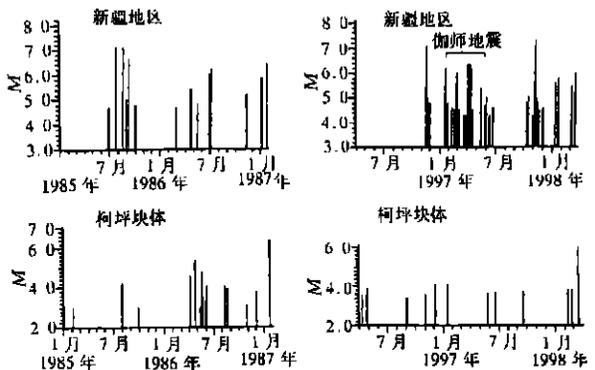


图5 新疆地区地震活动与柯坪块体内地震活动的关系

Fig. 5 Correlation between seismicity of Xinjiang region and Keping block.

尔地震活动为主。(2)该块体中段6级地震发生前西克尔和乌什小区的中小地震集中活动相互呼应。(3)该块体西段6级地震发生前,以西克尔小区中小地震集中活动为主.与文献[10]不同之处是,本文着眼于2个小区的地震活动起伏而不是某个台站周围的地震活动,其次本文研究的是柯坪块体中的6级地震而不是几平方度乃至十几平方度范围内发生的强震.由此得到的预测地震时空强参数是较唯一的.

表2 柯坪块体6级地震发生前西克尔和乌什小区的中小地震活动情况

强震			强震前小震活动		
发震时间	地点	震级 ( $M_s$ )	发震时间	地点	震级 ( $M_s$ )
1971-03-23	乌什	6.0	1970-07~10	西克尔	2~4
1972-01-16	柯坪	6.2	1971-08~12	西克尔-乌什	2~4
1977-12-19	西克尔	6.2	1977-10	西克尔	2~3
1987-01-24	乌什	6.4	1986-04~05	西克尔-乌什	2~5
1991-02-25	柯坪	6.5	1990-09~12	乌什-西克尔	2~3
1996-03-19	阿图什	6.7	1995-09	西克尔	2~4
1998-03-19	阿图什	6.0	1997-09~1998-01	西克尔	2~4

## 4 讨论与结论

地震的敏感点一般是构造上的特殊部位.普昌断裂东西二侧构造性质明显不同,东侧断裂走向以北东为主,西侧断裂走向以东西为主.受欧亚板块和印度板块的挤压东侧断裂多显走滑性质,西侧断裂多以逆冲为主,在西克尔一带形成明显的反扭应力场.震源机制结果表明,西克尔和乌什地区的震源应力状态在柯坪块体中最复杂,2个区又分别处于块体东北和西南2个角域.王春华<sup>[1]</sup>对鄂尔多斯块体进行形变重力模拟试验得出:块体的角域是高应力集中区,也是地震活动的主要场所.这从一个侧面说明特殊的构造格局及其应力分布状态是形成地震敏感区的可能条件.

通过上述分析可以认为:(1)柯坪块体内6级地震发生后该块体内所发生的4.5级以上地震对于预测研究区内未来6级地震发生的地点有较好的预报意义.(2)利用西克尔和乌什2个地震活跃区的地震活动特点预测块体内的6级地震有一定的时间和地点预报意义.(3)柯坪块体内发生的6级地震所具有的明显的轮回特征,有助于对柯坪块体内未来6级地震的趋势性预测.

### [参考文献]

- [1] 苏刚.将鄂尔多斯块体作为一独立单元参与中期地震趋势会商的建议[J].西北地震学报,2000,22(4):485-487.
- [2] 马杏垣.中国及邻近海域岩石圈动力学图[Z].北京:地质出版社,1986.
- [3] 柏美祥.新疆活断层和强震[A].新疆地震局.新疆地震研究文集[C].新疆:新疆人民出版社,2000.201-213.
- [4] 张良臣.中国新疆板块构造与动力学特征[A].新疆地质与矿产委员会.新疆第三届天山地质矿产学术讨论会论文集[C].新疆:新疆人民出版社,1995.1-13.
- [5] 胥颐.天山莫霍面的形态及其成因分析[J].内陆地震,1997,11(1):29-33.
- [6] 胥颐.新疆天山及邻区地壳上地幔三维速度图像[J].地震学报,1994,16(4):480-487.
- [7] 邓起东.天山活动构造[M].北京:地震出版社,2000.24-27.
- [8] 陆远忠.地震预报的测震学方法[M].北京:地震出版社,1985.86-93.

- [9] 宋俊高. 前兆性地震平静在中期预报中的定量研究[J], 西北地震学报, 2000, 19(3): 37—43.
- [10] 国家地震局科技监测司. 地震预报方法实用化研究文集地震学专辑[C], 北京: 学术书刊出版社, 1989. 268—295.
- [11] 王春华. 鄂尔多斯块体周缘地堑系形成机制及地震活动性的实验研究[J], 西北地震学报, 1990, 12(4): 69—74.

## A DISCUSSION ON CHARACTERISTICS OF SEISMICITY IN KEPING BLOCK, XINJIANG

WANG Xiao-rong

(*Seismological Bureau of Xinjiang Uyger Autonomous Region, Urungi 830011, China*)

**Abstract:** Activity characteristics of strong earthquakes in Keping block, Xinjiang since 1969 are analyzed. It is found that the strong earthquakes in the block periodically and circularity occur and the periods are corresponding with active periods of strong earthquakes of Xinjiang region. The seismicities of Xikeer and Wushi small region in the Keping block have a certain significance to prediction of  $M_S \geq 6$  earthquakes in the block. After a  $M_S \geq 6$  earthquakes, activities of  $M_S \geq 4.5$  earthquakes in the block indicated places of coming strong earthquakes in a certain extent.

**Key words:** Xinjiang; Keping block; Seismicity character; Strong earthquake