

前兆震群中出现的高 b 值及其可能机制

孙 加 林

(内蒙古自治区地震局)

一、引 言

近年来,国内外对强震发生前后,在较大范围伴随着一系列震群活动引起普遍重视,並有“前兆震群”的提法。人们试图从震群的空间分布、时间进程、测震学指标及震源特征等方面探讨所谓前兆震群与一般震群的区别,从中寻找前兆震群的判据和指标,以期为预报未来强震提供有价值的依据。然而,目前虽然已取得了一些成果^{[1][2][3][4][5]},但近两年的一些事实又给出一些反例*,使一些测震学指标在判断前兆震群,一般震群和“诱发”震群面前陷于矛盾中。其中,大小地震比例系数 b 值便为突出的一例。不少学者的成果表明, b 值是有较清楚的物理意义的,它不仅是大小地震比例的一个统计量,而且是反映强震孕育过程地下应力积累和孕育阶段的一个重要指标。中外一些强震震例证明,震前在孕震区及周围可能出现低 b 值区,或在时间上出现低 b 值段^{[6][7]}。由此推测,强震发生前,其附近出现的震群的 b 值必然要低于一般小震群,或者与直接的前震序列 b 值相当。然而一些客观事实恰恰相反。

二、几组强震前兆震群序列的 b 值

1976年9月23日,在内蒙古、宁夏交界的巴音木仁地区发生一次6.2级地震(39°59.5'北,106°27'东)。在此之前的5个月,即1976年4月16日在内蒙古磴口地区开始了一串小震群活动。从4月16日至5月5日共发生小震427次,其中最高震级为 $M_s 3.8$ (40°08'北,107°07'东),与后来的6.2级地震相距近50公里。小震群活动范围为一个北西向的长达80公里的条带(图1)。磴口震群活动一直延续到巴音木仁6.2级地震发生。文献^[8]认为磴口震群为巴音木仁6.2级地震的前兆震群。通过手绘和最小二乘法计算,磴口震群序列 b 值为0.75。

1979年8月25日,在内蒙古五原地区发生了一次6.0级地震(41°14'北,108°07'东)。在此之前5个月,即1979年3月10日在五原西发生乌加河小震群,小震群活动范围较集中(乌加河台 $\overline{S} - \overline{P}$ 在2.5—3.2秒),距五原6.0级地震仅20公里左右,最大震级为 $M_s 2.1$ 级

* 据1980年全国地震趋势会商交流材料:内蒙、山西、河北三省区协作组,华北地区震群活动测震学指标比较。

($41^{\circ}17'$ 北, $107^{\circ}50'$ 东)(图2)。小震活动时间从10日至29日, 19天, 共发生小震76次。《五原6.0级地震总结》*认为乌加河震群为五原6.0级地震的前兆震群, 通过手绘和最小二乘法计算, 乌加河震群b值为0.86。

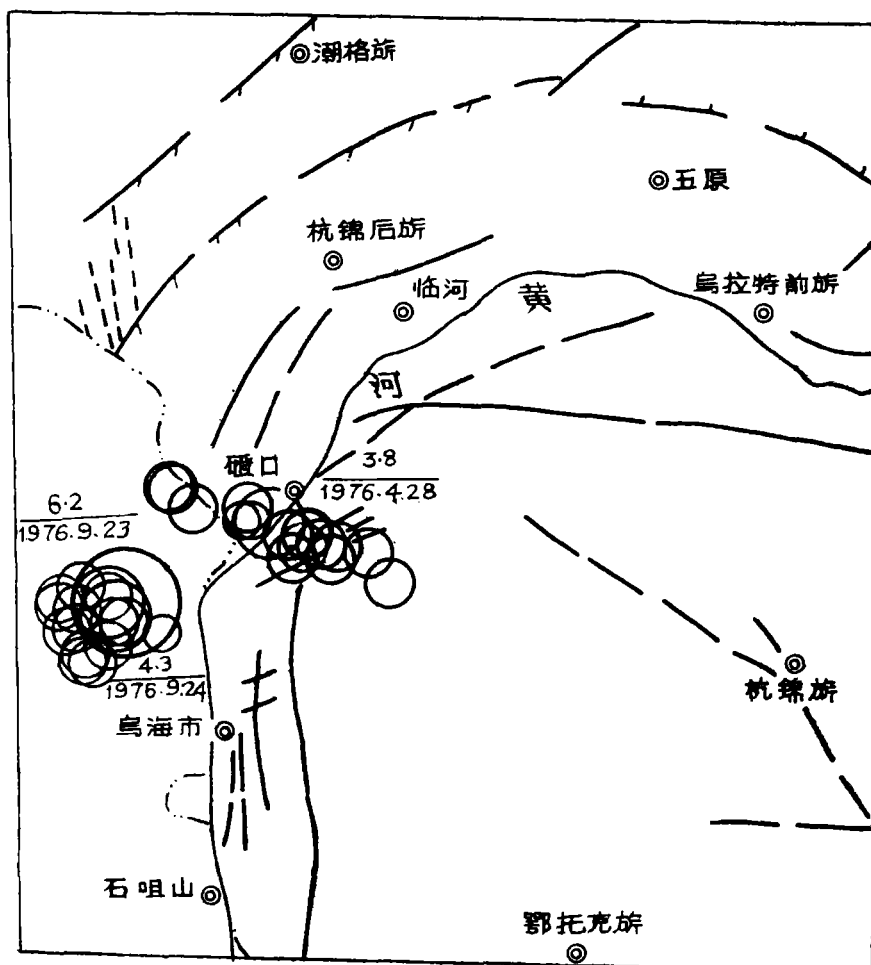


图1 巴音木仁6.2级地震及磴口前兆震群

1975年2月4日在辽宁省海城7.3级强震发生前的1个半月, 即1974年12月21日在本溪、辽阳间发生侵窝震群, 最大震级 $M_s 4.8$ (41.2° 北, 123.6° 东), 距海城7.3级强震相距约80公里(图3)。震群活动一直持续到7.3级地震发生, $M_s \geq 0.6$ 级地震共212次。有人认为侵窝震群为海城地震的早期前震活动, 即前兆震群。根据辽宁省地震目录, 手绘和最小二乘法计算, 震群b值为0.77。

1976年7月28日唐山7.8级地震前的5个月, 即2月25日, 在山东省庙岛发生了两股震群, 最大震级为 $M_s 4.1$ 级 ($39^{\circ}59.5'$ 北, $120^{\circ}31'$ 东), 距唐山7.8级地震近300公里(图4)。到3月底, 两股震群发生的小震共700多次。魏光兴根据庙岛小震群中几个较大地震与唐山

• 见《内蒙古地震》1979年第2期(内部)

7.8级地震的震源机制结果相一致等,认为庙岛震群的活动是在唐山大震前,受到大范围应力场增强的控制下发生的*。并给出两股震群的b值分别为0.52和0.83,总b值为0.82。

近年来,华北地区被公认的强震前具有前兆性质的震群活动的震例共有上述四组,列表如下:

表一

强震	前兆震群及起始时间	相隔时间	相距距离	震群b值
1976、9、23巴音木仁6.2	1976、4、16磴口3.8	5个月另10天	60公里	0.75
1979、8、25五原6.0	1979、3、10乌加河2.1	5个月另15天	20公里	0.86
1975、2、4海城7.3	1974、12、21菱窝4.8	1个月另15天	80公里	0.77
1976、7、28唐山7.8	1976、2、25庙岛4.1	5个月另2天	300公里	0.82

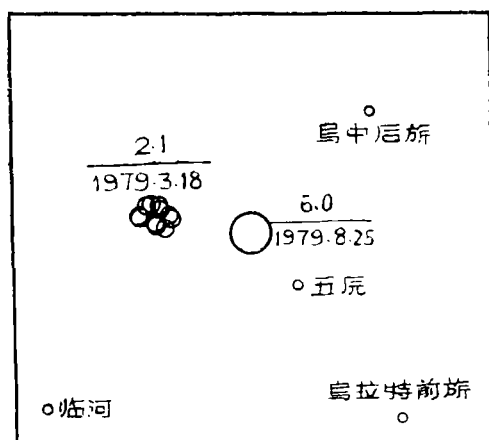


图2 五原6.0级地震及乌加河前兆震群

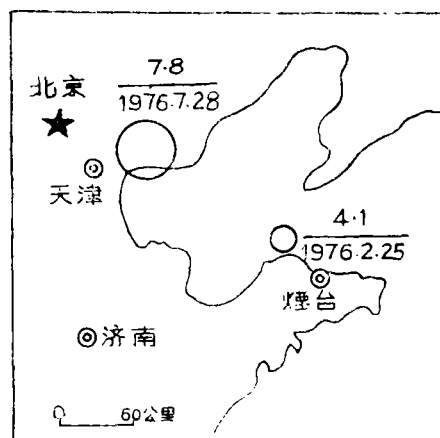


图4 唐山7.8级地震及庙岛前兆震群

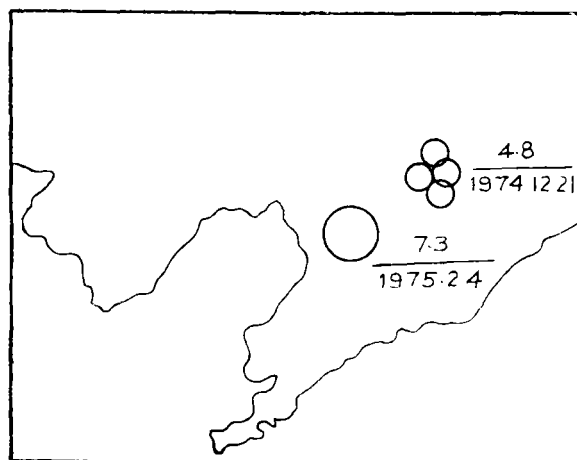


图3 海城7.3级地震及菱窝前兆震群

由上可清楚看到,海城、唐山、巴音木仁、五原四次强震前,其附近发生的前兆震群均具有较高的b值,这是令人十分费解的。与人们多年来通常所认为的强震孕育过程中具有前震性质的地震活动必为低b值的概念或出现b值下降等认识相矛盾。

三、前兆震群出现高b值的一种可能解释

我们将四次强震的震源机制解

* 据1979年第一届全国地震科学学术讨论会,魏光兴“1976年春季山东庙岛两次小震群”。

列在表二中, 根据文献[9][10][11]和“五原 6.0 级地震总结”一文*, 海城 7.3、唐山 7.8、巴音木仁 6.2 和五原 6.0 级地震的发震构造或断层错动节面分别为北西 68°、北东 41°、北东 15°、北西 3° (图 5)。

表二

地 震	A 节 面			B 节 面			P 轴		T 轴		N 轴	
	走向	倾向	倾角	走向	倾向	倾角	走向	仰角	走向	仰角	走向	仰角
海城 7.3	北西 76°	北东	81°	北东 23°	南东	75°	66°	17.5°	157°	4°	100°	72.5°
唐山 7.8	北东 41°	南东	85°	北西 51°	北东	76°	86.5°	18°	346.5°	10°	258°	69°
巴音木仁 6.2	北东 15°	南东	52°	北西 84°	北北东	89°	40°	34.6°	151°	17°	262°	50°
五原 6.0	北西 3°	北东东	70°	北东 94°	南南西	70.5°	46°	0°	135°	29°	313°	61.5°

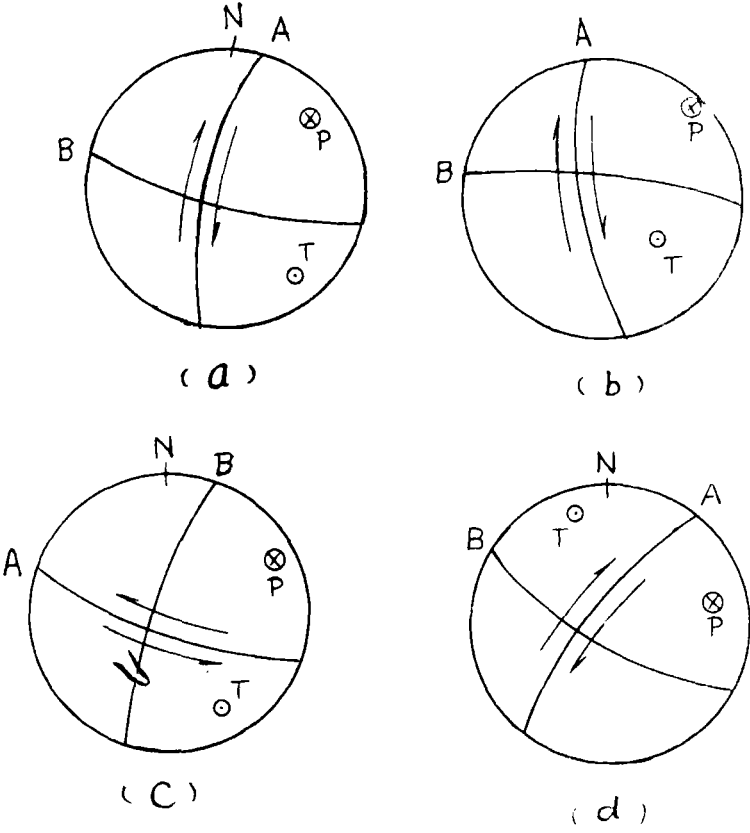


图 5 (a) 巴音木仁 6.2 级地震震源机制解 (b) 五原 6.0 级地震震源机制解 (c) 海城 7.3 级地震震源机制解 (d) 唐山 7.8 级地震震源机制解

由图 1—图 4 可清楚地看到这样的一个事实: 四次前兆震群均不是发生在强震的断层面附近或其延伸方向, 而是发生在一个与断层面相正交的辅助面附近, 或是与辅助面大体平行

• 见 1979 年《内蒙古地震》第二期 (内部)。

的一个面上。

根据双力偶点源模型理论, 在一个强震发生时, 存在两个节面: 一个为地震时产生错动的断层面; 一个为与断层面相正交的辅助面。两者的根本区别, 在于前者为震前积累剪切应力的面, 并且基本上为最大剪切应力面, 地震时此面释放地震应变能, 辐射弹性波; 而后者仅在地震时, 在该面上 P 波位移等于零^[12], 它和地震错动面相正交。因此震前辅助面上, 虽然具有一定的剪切应力, 但相对未来的断层面要低得多。大量观测事实证明, 在强震发生前, 一些小震活动往往是沿着辅助节面或是与前震构造成共轭的构造上发生, 这正是因为在此方向上, 介质强度经不住一定的剪切应力作用的缘故, 或者说在此面上应力水平和介质强度均较低。

目前, 国内外较普遍认为 b 值大小与介质中应力高低有关, 或者说 b 值的变化是取决于岩石介质中应力与最后破坏应力的百分比。据此, 上述四次强震前与之有关联的小震群活动均出现高 b 值, 正是低应力水平的反应。如果以上分析是合理的, 可以设想, 前兆震群若发生在强震破裂面附近或其延伸方向, 将有可能出现低 b 值, 因为破裂面附近在震前必有较高的剪切应力。而这种猜测被在今年 2 月 10 日发生在我国东北地区的博克图 5.6 级地震所证实。

1980 年 2 月 10 日, 在内蒙古呼盟地区发生了博克图 5.6 级地震 ($48^{\circ}46'$ 北, $121^{\circ}46'$ 东)。在此之前 1 个月 25 天, 即 1979 年 12 月 15 日、16 日在与 5.6 级地震相距 98 公里的阿荣旗发生了 4.2、4.4、4.0 级震群活动 ($48^{\circ}30'$ 北, $123^{\circ}06'$ 东) (图 6)。38 天共发生 $M_s \geq 1.0$ 级地震

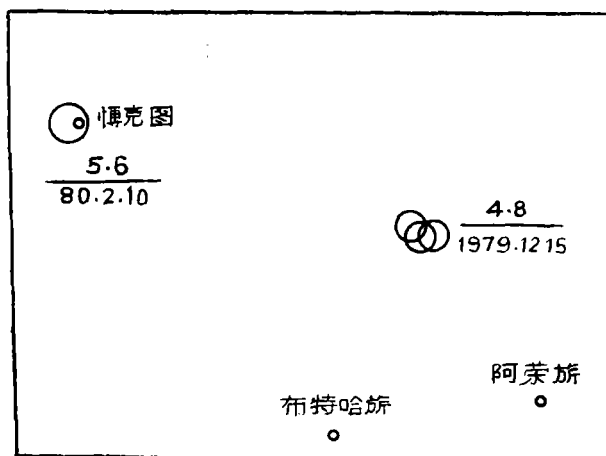


图 6 1980 年 2 月 10 日博克图 5.6 级地震及阿荣旗前兆震群

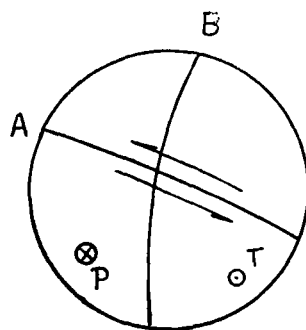


图 7 博克图 5.6 级地震震源机制解

33 次。根据《博克图 5.6 级地震总结》*, 博克图 5.6 级地震和阿荣旗 4.4 级地震的烈度等震线内外圈长轴方向均为北西向, 与当地雅鲁河断裂, 阿伦河断裂走向相一致, 与 5.6 级地震震源机制解中的北西向节面走向也一致 (图 7) (表三), 阿荣旗 4.4 级震群恰处于北西向节面的延伸方向。阿荣旗震群序列 b 值为 0.40, 是一个 b 值很低的震群 (表四)。

* 载 1980 年《内蒙古地震》第一期 (内部)

表三

地震	A 节 面			B 节 面			P 轴		T 轴		N 轴	
	走向	倾向	倾角	走向	倾向	倾角	走向	仰角	走向	仰角	走向	仰角
博克图5.6	北西 68.6°	南西	85°	北东20°	南东	82°	246°	2.5°	156°	5°	312°	80°

表四

地震时间震级	前 兆 震 群	间隔时间	相距距离	震群 b 值
1980、2、10博克图5.6	1979、12、15阿荣旗4.4	1个月25天	98公里	0.40

四、结 语

1. 前兆震群的 b 值较高并不费解。近年来,我国华北地区几次具有前兆震群的海城、唐山、巴音木仁、五原四次强震恰均表现为前兆震群的高 b 值,其主要原因,前兆震群均发生在与地震错动面相正交的辅助面附近,是剪切应力水平较低的反映。

2. 若前兆震群为低 b 值,其可能原因是它发生未来强震错动面附近或其延伸方向。虽然震例不多,但1980年2月10日博克图5.6级地震前的阿荣旗震群给出初步的验证。

3. 看来,用震群的 b 值高低来判断是否为前兆震群是较为困难和危险的,因为事实证明前兆震群中更多情况为高 b 值。因此,必须配合其他震兆特征和测震学指标,进行综合判断。

4. 当判断一个震群为前兆震群,并且具有较高的 b 值,那么未来强震很可能发生在与震群活动成正交的另一组构造上。这对地震的中短期预报仍然是有一定意义的。

1980.4.20 (1980年5月4日收到)

参 考 文 献

- [1] 埃维森 新西兰前兆性地震序列 1978 《国外地震》 第1期
- [2] 金严等 辽宁海城地震前震震源错动方式的一个特点 1976 《地球物理学报》 19卷3
- [3] 朱传镇等 海城地震前后微震震源参数与介质品质因子 1977 《地球物理学报》 20卷3
- [4] 柯龙生等 前震序列与一般小震群活动规律的探讨 1977 《地球物理学报》 20卷2
- [5] 陈颢 用震源机制的一致性作为描述地震活动的新参考 1978 《地球物理学报》 21卷2
- [6] 李全林等 b 值时空扫描 1978 《地球物理学报》 21卷2
- [7] 马鸿庆 华北地区几次大震前 b 值异常变化 1978 《地球物理学报》 21卷2
- [8] 李孟奎 巴音木仁6.2级地震的活动特征 1979 《西北地震学报》 1卷3
- [9] 顾浩鼎等 1975年2月4日辽宁省海城地震的震源机制 1976 《地球物理学报》 19卷4
- [10] 邱群 1976年7月28日河北省唐山7.8级地震的发震背景及其活动性 1976 《地球物理学报》 19卷4期
- [11] 孙加林 内蒙古地区震源机制与区域应力场 1979 《地震科学研究》 第1期
- [12] 郭增健、秦保燕 震源物理 地震出版社 152—153页 1979