

文章编号: 0253-3782(2006)04-0380-09

# 强震前地震活动图象与震源 机制类型的相关性分析<sup>\*</sup>

王慧敏<sup>†</sup> 黎明晓 吕梅梅 张晓东

(中国北京 100036 中国地震台网中心)

**摘要** 在对 1966 年以来 63 次强震前中等地震活动图象全时空扫描的基础上, 讨论了大陆不同构造区域、不同震源机制强震前中等地震活动图象异常演化特征及其主要活动图象与震源机制节面的相关性. 研究表明: 强震前中等地震活动图象显现出应力集中和减弱两个阶段性特征, 第一阶段(中期阶段)的活动图象以条带、空区和集中活跃为主; 第二阶段(中短期)以持续平静为主. 走滑和正断层机制震前显示出较好的特征图象; 逆冲断层震前的活动图象与其它两种机制的图象不同, 没有明显的特征图象, 两个阶段都有平静现象出现. 强震前中等地震条带走向与震源机制的两个节面走向一致性较好, 但空区的一致性较差.

**关键词** 震源机制 强震 地震活动图象 相关性分析

**中图分类号:** P315.72 **文献标识码:** A

## 引言

地震是地壳构造活动的产物, 它包含着有关深层应力状态和介质性质的丰富信息, 而地震活动图象所携带的是地震孕育过程中地壳形变积累和集中的演化特征, 岩石破坏过程中力学机制的不同导致了不同的前兆特征(张国民等, 2001). 因此, 强震前的地震活动图象具有一定的有序性和阶段性, 并且与强震机制密切相关. 近年来有关这方面的研究已引起很多学者的关注, 林邦慧等(1982, 1986, 1989)以及胡小幸和林邦慧(1989)对部分强震前的震源破裂过程与地震活动图象的关系进行了探讨和研究, 张国民等(2001)和华祥文(1980)对强震前半年的小震及微震的  $P$  轴方向或震前几年的  $P$  轴平均方向与主压应力轴取向的一致性进行了对比分析. 这些研究对于将地震活动图象与地震的孕育机理相结合、深入揭示地震活动特征图象与强震孕育的物理关系和利用特征图象解释强震预测的物理基础都具有重要意义. 但上述研究所分析的震例和研究的区域比较有限, 多侧重于各自的研究区域, 或侧重于部分强震前小震  $P$  轴方向与大震  $P$  轴方向的相关性, 以及部分强震前活动图象与震源参数及破裂过程的相关性分析. 因此, 在上述研究的基础上, 如何充分利用我国丰富的强震资料, 通过对不同区域、不同震源机制强震前中等地震活动图象进行系统

<sup>\*</sup> 国家“十五”科技攻关 3+2 项目(2004BA601B01-01, 2004BA601B01-01-04)资助.

2005-12-21 收到初稿, 2006-03-13 决定采用修改稿.

<sup>†</sup> E-mail: wwhhmm2@163.com

的对比分析, 进一步探寻地震活动特征图象与地震震源机制类型之间的关联, 仍是非常必要和具有应用价值的。

本研究在对 1966 年以来大陆发生的可以查到震源机制解的 63 次(50 组)6.5 级以上强震前中等地震活动图象时空扫描的基础上, 详细对比和研究了不同区域、不同震源机制 6.5 级强震前中等地震活动图象的规律和特征, 并讨论了主要特征图象与震源机制的两个节面的相关性。

研究中发现强震前 5 级以上地震活动特征图象可分为两个阶段: 第一阶段(中期阶段)为强震孕育过程的高应力集中阶段, 西南、华北和青藏块体走滑型强震前 5 级地震活动图象以条带为主, 正断层强震次之, 空区占了一定比例, 地震条带方向与震源机制的两个节面走向具有较好的一致性; 第二阶段(中短期阶段)5 级地震活动大面积平静现象比较突出, 逆冲型强震前 5 级地震活动图象与其它两种机制的图象有明显的不同, 第二阶段没有突出的异常图象出现。两个阶段都有平静现象出现。

## 1 资料收集与处理

本研究收集了 1966 年以来我国大陆发生的可以查到震源机制解的 6.5 级以上地震, 基本采用许忠淮等(1989)所做的震源机制的数据结果(部分参考 Harvard CMT 目录<sup>①</sup>)。

将 1966 年以来大陆发生的 75 次 6.5 级以上地震以大陆活动地块为基础, 分别对华北东北、西南地区、青藏块体、新疆地区 6.5 级以上地震前中等地震活动图象进行扫描, 得到强震前中等地震不同阶段的特征图象, 而后挑选出查到震源机制解的 63 次 50 组地震(双震、地震丛均按第一个地震的发震机制讨论), 分别讨论上述 4 个区域不同震源机制强震前中等地震特征图象的分布情况, 并对照分析地震特征图象和震源机制的相关性。

## 2 大陆震源机制基本情况分析

1966 年以来大陆共有 50 组可以查到震源机制解的 6.5 级以上的地震可供讨论, 其中走滑型 31 组, 占 62%, 为中国大陆强震的主要发震机制, 华北、东北和西南地区的强震以走滑为主要发震机制, 青藏高原走滑机制的比例略低于华北东北和西南地区; 逆冲型 10 组, 占 20%, 主要分布在青藏块体北部和新疆地区; 正断层型 9 组, 占 18%, 主要分布在青藏块体南部地区(图 1)。

### 2.1 中国大陆不同震源机制 6.5 级以上地震前 5 级地震的图象变化

大陆 50 组 6.5 级以上地震前 5 级地震出现两个阶段异常图象的比例达 87% 以上, 第一阶段异常图象 80% 以上都发生在 35 个月内, 为中期阶段, 其图象以条带、空区和集中活跃为主(表 1)。此阶段的特征图象可能与高应力集中有关, 特征图象部位为新的应力集中点(梅世蓉等, 1993)。异常活动图象与未来强震的发震机制有一定的相关性, 以走滑为发震机制的强震前出现 5 级地震条带的概率明显大于其它震源机制强震前条带出现的概率。

从表 1 中可以看出, 西南地区不同类型震源机制的强震前, 中期阶段 5 级以上的地震都以条带为主, 青藏块体走滑强震前以条带为主, 占该区异常图象的 75%; 正断层强震前以空区为主, 占 50%; 逆冲强震前与其它两种机制的图象有明显的不同, 没有突出的特征

<sup>①</sup> 来自 <http://www.seismology.harvard.edu>

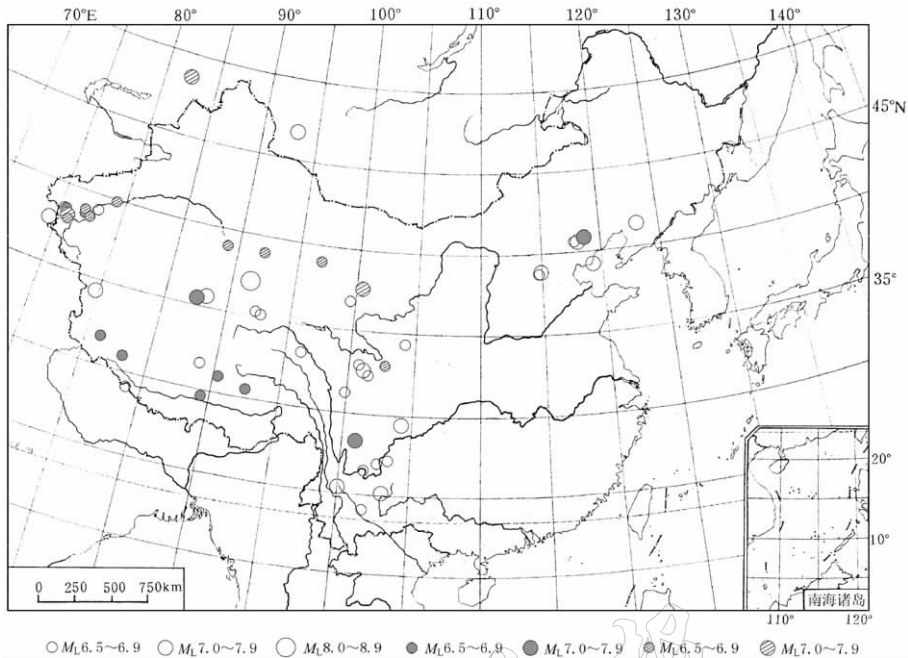


图 1 中国及周边不同震源机制强震分布图

○ 走滑型地震；● 正断层地震；⊙ 逆冲型地震

表 1 中国及周边不同构造区域不同震源机制 6.5 级以上强震前  $M_L \geq 5$  地震图象

地区	编号	发震时间 年-月-日	发震地点	$M_L$	震源 机制	中期阶段 形 态	震前时 间/月	持续时 间/月	中短期阶段 形 态	震前时 间/月
西南 地 区	1	1966-02-05	云南东川	6.5	走滑	集中活跃	48	34	活跃区平静	14
	2	1967-08-30	四川炉霍	6.8	走滑	沿断裂 3 个地震	50	33	局部平静	17
	3	1970-01-15	云南通海	7.8	走滑	条带	13.5	11.5	大面积平静	2
	4	1973-02-06	四川炉霍	7.6	走滑	条带	17	13	大面积平静	4
	5	1973-08-11	四川松潘	6.5	走滑	震周平静 远区条带	6	6	仅 1 次信号震	
	6	1974-05-11	云南大关	7.1	走滑	条带	20	16	大面积平静	4
	7	1976-05-29	云南龙陵	7.3 7.4	走滑	交汇条带	16	12.5	大面积平静	3.5
	8	1979-03-15	云南普洱	6.8	走滑	局部活跃	27	17	条带	10
	9	1981-01-24	四川道孚	6.9	走滑	条带	31.5	17	局部平静	14.5
	10	1988-11-06	澜沧—耿马	7.6 7.2	走滑	交汇条带	44.5	23.5	大面积平静	6.5
	11	1989-04-16	四川巴塘	6.7	走滑	交汇条带	28	26.5	大面积平静	1.5
	12	1995-10-24	云南武定	6.5	走滑	条带	26.5	23	大面积平静	3.5
	13	2000-01-15	云南姚安	6.5	走滑	交叉条带	32	27	较大面积平静	5
	14	1996-02-03	云南丽江	7.0	正断	北东条带	30	27	大面积平静	3
	15	1989-09-22	四川小金	6.6	逆冲	交汇条带	28	24.5	大面积平静	3.5
青 藏 块 体	1	1966-06-27	西藏普兰	6.5	走滑	平静	3.5	3.5	与本区 9 号地震 震间隔短,无图象	
	2	1971-04-03	青海杂多	6.5	走滑	条带	14	12	局部平静	2
	3	1981-06-10	青海西捷	6.8	走滑	空区	15.5	8	大面积平静	7.5

续表 1

地区	编号	发震时间 年-月-日	发震地区	M <sub>L</sub>	震源 机制	中期阶段 形 态	震前时 间/月	持续时 间/月	中短期阶段 形态	震前时 间/月
青 藏 块 体	4	1986-06-21	西藏文部	6.5	走滑	交汇条带	12	10	大面积平静	2
	5	1988-11-05	青海格尔木	6.8	走滑	交汇条带	23.5	23.2	无明显平静	8 天
	6	1997-11-08	西藏玛尼	7.5	走滑	交汇条带	28	20.5	局部平静	7.5
	7	2000-09-12	青海玛多	6.6	走滑	交汇条带	10.5	8.5	大面积平静	2
	8	2001-11-14	昆仑山口西	8.1	走滑	交汇条带	32	28.5	大面积平静	3.5
	9	1966-03-06	西藏扎达	6.6	正断	空区	16.5	13	大面积平静	3
	10	1973-07-14	亦基台错	7.3	正断	交叉条带	15.5	11.5	大面积平静	4
	11	1975-01-19	西藏狮泉河	6.9	正断	远区空区条带	17	14	大面积平静	3
	12	1980-02-22	西藏申扎	6.8	正断	条带	19.5	16.5	大面积平静	3.5
	13	1992-07-30	西藏拉萨	6.5	正断	集中活动	27	21.5	大面积平静	5.5
	14	1993-03-20	西藏拉孜	6.6	正断	空区	32	25	局部平静	7
	15	1990-01-14	青海茫崖	6.7	逆冲	集中活跃	14	10	较大面积平静	4
	16	1990-04-26	青海共和	6.9	逆冲	大面积平静	3.5	3.5	没有图象	
	17	2003-04-17	青海德令哈	6.6	逆冲	平静	10	3.5	北东条带	6
华 北 东 北 地 区	1	1966-03-08	邢台	6.8	走滑	条带	113	100	大面积平静	13
		1966-03-22		7.2						
	2	1969-07-18	渤海	7.4	走滑	北东条带	33.5	30	大面积平静	3.5
	3	1975-02-04	海城	7.3	走滑	条带	60	47	大面积平静	13
	4	1976-04-06	和林格尔	6.5	走滑	条带集中活跃	68.5	41.5	局部平静	27
新 疆 地 区	5	1976-07-11	唐山 宁河	7.8 6.9	走滑 正断	条带	108	77	大面积平静	31
	1	1974-07-05	巴里坤东北	7.1	走滑	条带	43	32	平静	11.5
	2	1974-08-11	乌恰西南	7.4	走滑	带状分布	33	20	条带	13
	3	1983-02-13	乌恰北	6.8	走滑	条带	17	13.5	大面积平静	3.5
	4	1996-11-19	喀喇昆仑	7.2	走滑	平静	8	8		
	5	1998-08-27	伽师巴楚间	6.6	走滑	平静	10	4.5	集中活跃	5.5
	6	1990-04-17	乌恰	6.6	正断	带状分布	29	21	平静	8
	7	1997-04-11	伽师	6.8	正断	平静	5	5		
	8	1985-08-23	乌恰	7.4	逆冲	集中活跃	28.5	8.5	平静	20
	9	1990-06-14	吉木乃西北	7.4	逆冲	组合条带	48	43	平静	5
	10	1991-02-25	柯坪	6.5	逆冲	相对平静	8	8		
	11	1993-10-02	若羌	6.8	逆冲	相对活跃	10	7	平静	3
	12	1996-03-19	阿图什北	6.9	逆冲	平静	9.5	4	带状分布	5.5
	13	2003-02-24	伽师	6.8	逆冲	平静	25	14.5	相对集中	10.5

\* 表中各构造区域的地震按走滑、正断和逆冲机制顺序排列。

图象。华北地区震源机制比较单一(成丛地震按首发地震的机制考虑),均为走滑型,震前 5 级地震图象也相对一致,为不同走向的条带。新疆地区强震前地震活动图象比较复杂,除走滑型地震前以地震条带为主外,正断层和逆冲型强震前没有典型的特征图象,这可能与新疆地区是挤压环境下的再生造山断块和盆地断块发育区,以活动逆断裂-褶皱带和压陷盆地发育为主,控制了地震的主要发震类型有关(邓起东等,2003)。

第二个阶段的图象 90%发生在震前 18 个月内,为中短期阶段,其特征图象以大面积或局部平静为主(表 1),大部分区域存在地震活动水平明显减弱的过程。西南地区走滑强震前 5 级以上地震活动减弱过程比较突出,其它类型只有 2 次震例存在减弱过程;青藏块体走滑型和正断层强震前以大面积或局部平静为主,占 85%,而逆冲型强震前没有明显的

规律可寻；华北地区强震前都出现大面积或局部平静现象；新疆地区特征不太明显。

综上所述，大陆走滑强震前，中期阶段的 5 级以上地震的特征图象以条带为主，31 组震例中有 24 组为不同走向的条带，占 77%；9 组正断层震例，震前以条带(4 例)和空区(3 例)为主，约 78%，有一定的有序性；10 组逆冲断层强震前与其它两种机制的特征图象有明显的不同，其中 5 次为平静，其次为条带和集中活跃，见图 2 和表 2。

中短期的特征图象以大面积和局部平静为主，青藏块体、西南、华北、东北地区走滑和正断层强震前局部或大面积平静现象比较突出，可达 85%以上。

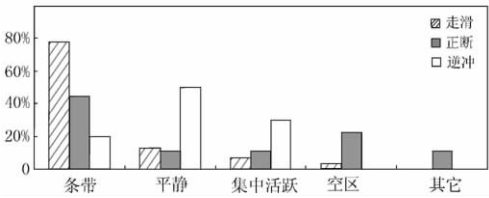


图 2 不同震源机制震前中期阶段 5 级地震各类图象所占比例

表 2 不同震源机制震前中期阶段 5 级地震图象所占比例

震前 5 级以上 地震图象	走 滑 型		正 断 层		逆 冲 型	
	频次	所占比例	频次	所占比例	频次	所占比例
条带	24	77%	4	45%	2	20%
平静	4	13%	1	11%	5	50%
集中活跃	2	7%	1	11%	3	30%
空区	1	3%	3	33%	0	

本研究对 50 组强震前 4 级地震的特征图象也做了追踪分析，5 级地震图象两个阶段过渡期间，在时间和空间上配套出现了 4 级地震的阶段性的图象，不同震源机制强震前图象也以条带为主(23 组)，其中走滑所占比例最大，正断以条带和空区为主，逆冲以平静所占比例最高，其图象和未来地震的发震机制也有一定的相关性，限于篇幅关系这里不再详细讨论。

2.2 不同震源机制类型强震前中期阶段地震活动异常图象的持续时间

不同震源机制强震前中期阶段地震活动异常图象的持续时间有明显的差异(表 1、图 3)，走滑机制持续时间最长，10~30 个月的占 60%以上，除一次集中活跃外其它均为不同走向的地震条带，尤以华北地区条带持续时间较长。从 1999 年以来我国 GPS 水平位移观测结果可明显看到，从青藏地块到华北地块，水平位移的幅度明显衰减。利用地震所释放的应变速率对中国大陆地壳应变场分布特点的研究也表明中国大陆的东西部存在着明显的差异，即东经 107°以东地区，地震应变速率大多在  $3 \times 10^{-8}/a$  以下，平均为  $1.3 \times 10^{-8}/a$ ；东经 107°以西地区，地震应变速率在  $3 \times 10^{-8}/a$  以上，平均为  $8.16 \times 10^{-8}/a$ (王辉等，2005)，这可能是以走滑断层构造为主的华北断层应力的积累时间，相对其它断层结构要长的根本原因。

正断层的持续时间稍短，在 5~17 个月的占 60%以上；逆冲断层持续时间更短，80%都在 10 个月以内，其主要分布在西部地区，这可能与西部地区直接受到来自印度板块的插入和推挤过程的影响有关，巨大的挤压作用有利于应力的积累，这使得应力集中的速率明显高于华北地块，近几年我国 GPS 水平位移的观测结果也验证了西部地区的水平位移明显高于华北地区的事实。

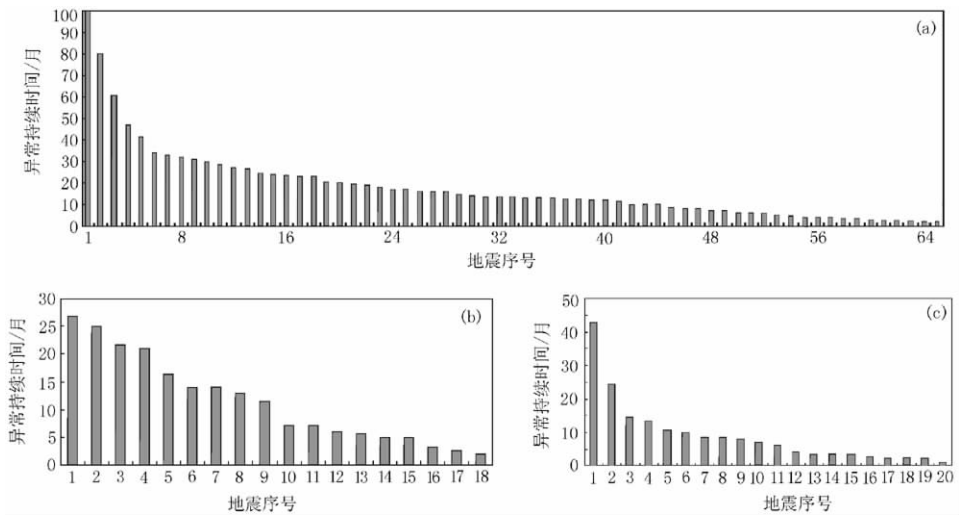


图3 不同震源机制类型地震中期阶段异常持续时间  
(a) 走滑断层型；(b) 正断层型；(c) 逆冲断层型

3 地震条带、空区与震源机制解中节面关系的讨论

秦保燕等(1990)曾研究过 11 个震例的发震断层面剪切运动方向与地震活动特征的相关性，提出了由震后地震活动条带判断发震断层面走向的方法。那么强震前的地震条带和空区与震源机制是否也存在一定的关系呢？为此，本文分别讨论了强震前的地震条带走向、空区长轴方向与震源机制解两个节面走向的相关性。

3.1 地震条带走向与未来强震震源机制解中节面关系的讨论

在研究条带(包括空区长轴)走向与震源机制解中节面的关系时定义：条带走向或空区长轴方向与震源机制的两个节面走向夹角(均以最小夹角为准)相差 20°以内认为二者一致，反之则不一致。

在研究对比中发现条带走向与震源机制解的两个节面走向一致性较好(首先考虑 5 级地震条带，5 级地震条带没有的再考虑 4 级地震条带)。考虑到数据的可靠性，主要对比 1976 年以来可查到震源机制解的地震，震前有 23 组出现方向性比较好的条带，其中 16 组与震源机制解的节面相对一致，约占 70%，统计分析得到自然概率大约为 44.4%(按照两个节面走向±20°的范围互不重合计算，80/180 得到的)；另外 7 组不一致，申扎地震条带与节面最小夹角为 78°(表 3)，近乎垂直。

为了验证地震条带与震源机制节面一致性的可信度，分别以 2°、5°和 7°递增统计它们的夹角，结果发现，随着夹角范围的增加，落入每个依次累加角度范围内的地震比例均高于其自然概率，但其增益随着角度的增加越来越小，也就是说无论从哪个角度对比，大多数地震条带走向基本与未来强震震源机制节面的走向保持一致，这充分说明震前中等地震条带的走向受到强震震源机制的控制，而不是随机分布的(图 4)。

许绍燮(1989)曾指出破裂是一种降维，在大破裂的准备过程中，微破裂有向未来大破裂区集中并定向的特征，即形成所谓微观破裂带。林邦慧等(1989)曾给出溧阳—介休—五原北西地震活动带上 5 级地震的破裂面走向均为北西向，与条带走向基本一致的结论。这

表 3 地震条带走向与震源机制节面走向的关系

编号	年份	地点	$M_L$	异常条带走向	地震震源机制		条带走向与 节面夹角 /(°)	条带走向与震源 机制节面走向 是否一致
					节面 I 走向/(°)	节面 II 走向/(°)		
1	2000	玛多	6.6	NE 70°, NW 15°	251*	343	1	是
2	1976	龙陵	7.3, 7.4	NE 30°, NW 30°	242	152	2	是
3	1991	柯坪	6.5	NE 60°, NW 45°	242	68	2	是
4	2000	姚安	6.5	NE 65°, NW 65°	27*	118	3	是
5	1988	澜沧	7.0	NE 5°, NE 60°	333	64	4	是
6	1989	小金	6.6	NE 30°, NE 60°	352	202	8	是
7	1990	茫崖	6.7	NE 80°, NW 25°	72	310	8	是
8	1986	文部	6.5	NE 70°, NW 30°	51	142	8	是
9	1989	巴塘	6.7	NE 65°, NW 5°	273	74	9	是
10	1981	道孚	6.9	NE 35°, NW 50°	319	51	9	是
11	1988	格尔木	6.8	NE 60°, NW 45°	158	251	11	是
12	1993	拉孜	6.6	NW 30°	161	22	11	是
13	1976	唐山	7.8	NE 65°	126*	229	16	是
14	1990	吉木乃	7.4	NE 60°, NW 30°	224	132	16	是
15	1995	武定	6.5	NE 30°	13*	105	17	是
16	1998	伽师	6.6	NE 40°	240	330	20	是
17	1997	玛尼	7.5	NE 55°, NW 40°	79	348	24	否
18	2001	昆仑西	8.1	NE 65°, NW 30°	94*	190	29	否
19	1983	乌恰	6.8	NE 20°	230	323	30	否
20	1996	丽江	7.0	NE 30°	0	153	30	否
21	1990	乌恰	6.6	NE 70°	118*	218	32	否
22	1996	昆仑	7.2	NE 60°	180	273	33	否
23	1980	申扎	6.8	NE 85°	7*	180	78	否

\* 该走向数据参考 Harvard CMT 目录结果, 来自 <http://www.seismology.harvard.edu>.

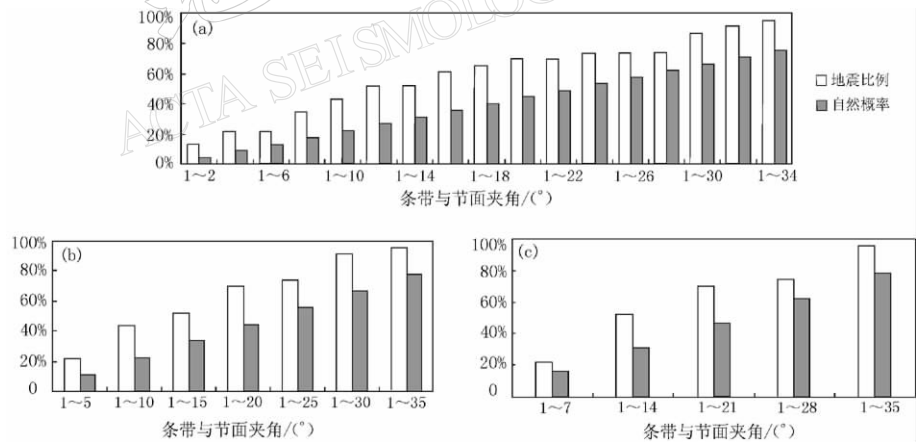


图 4 条带与节面以 2°(a), 5°(b), 7°(c)夹角统计的地震比例与自然概率

些都从另一角度说明了强震前小震活动条带和未来大地震破裂方向之间的相关性。

3.2 空区走向与震源机制节面关系的讨论

在研究对比中发现, 空区长轴与震源机制的两个节面走向的一致性不好, 走向一致的地震仅占 11.1%(表 4), 低于上述的自然概率 44.4%。空区与震源机制的一致性较差的原因很可能与空区本身的判定精度有关。虽然空区携带了一定的源场信息, 但仅仅是由天然地震投影到地表形成的二维图象, 不是经过高精度定位的发震构造断裂面上的三维孕震空区,

因此仍可能远大于震源的体积,且相当粗略,因此对未来震源位置的空间分辨率是有限的.

表 4 中期阶段地震空区长轴走向与震源机制

年份	地点	$M_L$	空区长轴走向	地震震源机制		空区长轴与节面夹角/ $^{\circ}$	空区长轴走向与震源机制的两个节面走向是否一致
				节面 I 走向/ $^{\circ}$	节面 II 走向/ $^{\circ}$		
1979	普洱	6.8	NW $20^{\circ}$	33	124	36	否
1980	申扎	6.8	NW $75^{\circ}$	7 *	180	82	否
1981	道孚	6.9	NE $35^{\circ}$	319	51	16	是
1981	西捷	6.8	NE $20^{\circ}$	76	166	56	否
1986	文部	6.5	NE $75^{\circ}$	51	142	24	是
1992	拉萨	6.5	NE $60^{\circ}$	10	196	50	否
1993	拉孜	6.6	NW $65^{\circ}$	161	22	46	否
1995	武定	6.5	NE $40^{\circ}$	13 *	105	27	否
2001	昆仑西	8.1	NE $55^{\circ}$	94 *	190	39	否

\* 该走向数据参考 Harvard CMT 目录结果, 来自 <http://www.seismology.harvard.edu>

4 讨论和结论

1) 走滑断层为大陆 6.5 级以上地震的主要发震机制, 1966 年以来可查到震源机制解的 50 组地震中有 31 组为走滑断层, 占 62%, 主要分布在华北、西南和青藏块体. 由于走滑地震受剪切力的作用, 中期阶段 5 级地震前的活动图象以条带为主, 31 组活动中有 24 组为不同走向或交汇条带, 占 77% 左右. 异常持续时间较长, 60% 在 10~30 个月. 走滑机制地震前, 孕育过程中高应力集中阶段后的活动水平总体减弱的过程比较突出, 31 组地震中 24 组出现局部或大面积平静, 接近 80%, 其中大面积平静占 50% 以上. 通过对比分析认为, 走滑断层的压、张应力( $P, T$  轴)平面接近水平, 可能是地震活动特征图象规律性比较好的原因.

2) 正断层为发震机制的共 9 组, 占 18%, 其中以青藏块体为主, 在大陆的正断层机制中占主要地位. 正断层主压应力接近垂直, 与水平面的地震活动图象有一定的投影关系. 特征图象相对走滑机制的规律性存在一定的差距, 其中期阶段的地震活动特征图象以地震条带和空区为主, 占 78%. 异常持续时间小于走滑断层, 60% 以上为 5~17 个月. 中短期阶段活动总体水平降低的过程也相对比较明显, 9 组中有 8 组出现局部和大面积平静.

3) 逆冲断层为发震机制的共 10 组, 占 20%, 其中以新疆地区为主. 逆断层张应力接近垂直, 发震断层面受到压应力的作用, 应力平面与水平面夹角较大, 通常看到的是投影在水平面上的震中图象, 强震前没有典型的特征图象, 两个阶段的地震活动特征图象都以平静和地震活动集中为主, 平静现象在两个阶段都占 50%. 异常持续时间比较短, 80% 都在 10 个月以内.

4) 强震前出现的地震条带走向与震源机制两个节面走向的一致性较好, 分别以  $2^{\circ}, 5^{\circ}$  和  $7^{\circ}$  递增统计它们的夹角度数发现, 随着夹角范围的增大, 落入每个依次累加角度范围内的地震比例均高于自然概率, 但其增益随着角度的增加越来越小, 这说明震前地震条带的走向受强震震源机制控制, 而不是随机分布的.

综上所述, 虽然地震是源于地下局部岩层的突然错动, 但在孕震阶段整个孕震区都受应力场的控制. 强震前中等地震活动图象同样受到孕震过程中应力场的控制, 震前出现的中等地震活动特征图象和未来强震的震源机制有一定相关性. 地震条带走向与震源机制的



两个节面有较好的一致性,说明强震孕育的应力场分布控制了地震条带的走向.不同震源机制异常持续时间的不同与构造区域的动力来源及其应变速率有关.大量震例的系统分析和研究结果表明,地震条带的产生和发展以及地震空区、集中活跃和平静的出现都与强震的孕育过程密切相关.

### 参 考 文 献

- 邓起东,张培震,冉勇康,等. 2003. 中国活动构造与地震活动[J]. 地学前缘, **10**(特刊): 66~73
- 华祥文. 1980. 唐山强震前后北京、天津周围地区应力场的变化过程[J]. 地震学报, **2**(2): 130~146
- 胡小幸,林邦慧. 1989. 邢台地震空间分布随时间变化的立体图象与地震发生的过程[J]. 地震学报, **11**(1): 1~11
- 林邦慧,魏福胜,刘万琴. 1982. 溧阳—介休—五原北西地震带强震的破裂特征[J]. 地震学报, **4**(2): 116~126
- 林邦慧,陈天长,蒲晓红. 1986. 鲜水河断裂带强震破裂过程与地震活动[J]. 地震学报, **8**(1): 1~20
- 林邦慧,胡小幸,周冉. 1989. 强震震源破裂过程、地震震源参数与地震活动[A]. 见:国家地震局地震监测司编. 地震预报方法实用化研究文集:地震学专辑[C]. 北京:学术期刊出版社, 409~425
- 梅世荣,冯德益,张国民,等. 1993. 中国地震预报概论[M]. 北京:地震出版社, 323~324
- 秦保燕,谭爱娜,李亚荣. 1990. 动态应力与地震图象变化的相关性初探[J]. 内陆地震, **4**(3): 201~210
- 王辉,张国民,江在森,等. 2005. 利用多种地震学参数研究中国大陆地壳应变场[J]. 地震, **25**(2): 9~18
- 许绍强. 1989. 以物理模型为基础的概率性地震预报方案[A]. 见:国家地震局地震监测司编. 地震预报方法实用化研究文集:地震学专辑[C]. 北京:学术期刊出版社, 554~575
- 许忠淮,汪素云,黄雨蕊,等. 1989. 由大量的地震资料推断的我国大陆构造应力场[J]. 地球物理学报, **32**(6): 636~647
- 张国民,傅征祥,桂燮泰,等. 2001. 地震预报引论[M]. 北京:科学出版社, 12~22, 351~357

## ON CORRELATION BETWEEN SEISMIC ACTIVITIES AND FOCAL MECHANISMS PRIOR TO STRONG EARTHQUAKES

Wang Huimin Li Mingxiao Lü Meimei Zhang Xiaodong

(China Earthquake Networks Center, Beijing 100036, China)

**Abstract:** On the basis of the results from spatial-temporal scanning of moderate seismic activities prior to 63 strong earthquakes occurred since 1966, we investigate in this paper the characteristics of anomalous evolution of moderate seismic activities prior to strong earthquakes with different focal mechanisms in different tectonic blocks, as well as the correlation between principal seismic activities and nodal planes of focal mechanisms. The research results indicate that the moderate seismic activities prior to strong earthquakes display two significant stages of stress concentration and stress weakening, which are consistent to the evolvement of local tectonic stress field. The first stage, defined as medium-term stage, is characterized by seismic belts, seismic gaps and centralized activities; the second stage, defined as the short-term stage, is predominated by continuous quiescence. For the earthquakes occurred on the strike-slip and normal faults, the two stages are relatively evident; while for the earthquakes occurred on the thrust faults, there is no characteristic images and seismic quiescence appear in both stages. The spatial distribution of moderate shock belts before strong earthquakes show a good coherence with that of the two nodal planes of focal mechanisms, while the spatial distribution of seismic gaps enclosed by moderate shocks display a poor coherence with the nodal planes.

**Key words:** focal mechanism; strong earthquake; seismic activity; correlation analysis