

文章编号: 1003-1375(2002)03-0022-09

由昆仑山口西 8.1 级地震分析 中国大陆 1~3 年地震大形势

侯海峰,刁守中,华爱军

(山东省地震局,山东 济南 250014)

摘要: 在昆仑山口西 8.1 级地震震前分析基础上,对该次地震对中国大陆地震活动趋势的影响进行了分析,认为这次地震是 20 世纪以来第五活跃幕闭幕阶段的最大地震,据震前 3 年地震活动类比等推测,未来 3 年内中国大陆西部仍可能发生 7 级以上地震,东部地区可能发生少量 6 级地震。

关键词: 昆仑山;中国大陆;地震活动趋势

中图分类号: P315.5 文献标识码: A

0 引言

1~3 年地震大形势研究是介于数年及以上尺度的地震长期预报与 1 年尺度的地震中短期预报之间的地震中期阶段的研究,它在预测的阶段和预测方法上实现了长期预测及中短期预测之间衔接与传承,为年度中短期预测提供了宏观控制,为年度的综合地震防御提供了科学准备。因而 1~3 年地震大形势历来受到学者们的重视。

2001 年 11 月 14 日 17 时 26 分,在新疆、青海交界的昆仑山口西 (36.2°N , 90.9°E) 发生 $M_s 8.1$ 级地震(以下简称昆仑山口西 8.1 级地震)这是自 1997 年 11 月 8 日西藏玛尼 7.5 级地震后,我国大陆 7 级以上浅源大震平静 4 年后发生的 8 级特大地震,也是自 1951 年 11 月 18 日西藏当雄 8 级地震后 50 年,我国大陆地区发生的一次 8 级特大地震。毫无疑问,这次 8.1 级特大地震对我国大陆 1~3 年地震大形势将产生重要影响。本文拟对此做简要分析。

1 震前认识

在震前进行的地震大形势分析中,绝大多数研究者都认为,20 世纪以来中国大陆 7 级以上大震经历了四个较完整的活跃—平静的轮回,自 1988 年起,已进入第五活跃幕(另有一种称谓是活跃期),该活跃幕将大体在 2000 年左右结束^[1,2](图 1)。但在近几年的地震大形势研究中,则出现了两种不同的看法,即一部分研究者据地震活动和西部地壳

* 收稿日期: 2002-01-23

基金项目: 中国地震局“十五”科技攻关计划 01-04-01 子专题经费资助

作者简介: 侯海峰(1956-),男(汉),山西翼城人,山东省地震局工程师,主要从事地震分析预报等研究。

形变特征分析认为,自 1997 年玛尼 7.5 级地震后中国大陆 20 世纪第五活跃幕已经结束,此后已处于 7 级大震平静幕;另一部分研究者则从地震活动及地震期幕特征对比分析认为,目前仍处在中国大陆 20 世纪第五活跃幕后期,中国大陆仍可能发生 7 级以上大震,并有发生 7.7 级以上地震的可能

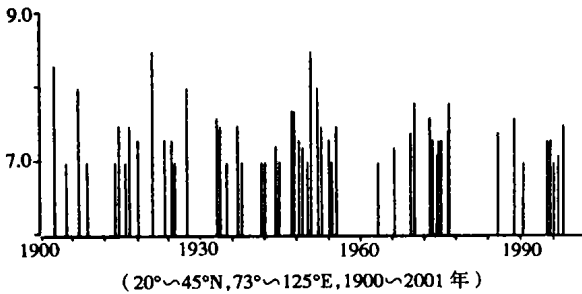


图 1 中国大陆 7 级以上地震 $M-t$ 图

在 1997 年底及 2000 年底分别完成的“1998~2000 年中国大陆及华北地区地震大形势预测研究”及“2001~2003 年中国大陆及华北地区地震大形势预测研究”中,提出以下基本认识¹⁾²⁾:

(1) 中国大陆地区 1988 年以来的第五活动幕可能是一个低于以往平均水平的弱活动幕,其 7 级以上大震活动频度和强度将低

于以往平均水平,但发展过程较为缓慢,目前处于本活动幕的闭幕阶段

(2) 21 世纪初中国大陆发生 1~2 次浅源 7 级大震的可能性较大,同时应注意发生个别 7.7 级以上特大地震,即应注意在后期末幕阶段发生本幕最大地震

(3) 7 级以上大震主要危险区域应考虑青藏构造块体及北缘、南天山西段及川滇藏交界一带。

以上预测意见的主要依据是:

① 如表 1 所示,从中国大陆 7 级以上大震活跃—平静交替轮回分析,本幕现有地震的平均地震年频度 \bar{N} (0.67 次/a,不含余震)、平均震级 \bar{M} (7.2) 和最大震级 M_{max} (7.6) 都低于前四幕平均水平 (分别为 0.85 次/a、7.4、8.2),而地震平均时间间隔 dt (1.5a) 略长于前四幕平均水平 (1.2a)

表 1 20 世纪中国大陆 $M \geq 7$ 级地震活跃幕划分主要参数

分幕	1		2		3		4		5		1~4 均值		
	1913~	1927	1931~	1937	1941~	1955	1963~	1976	1988~	2000		1998~	2001
N(次)	10		6		14		13		8		9		10.8
T(年)	15		7		15		14		12		13		12.8
\bar{N} (次/年)	0.67		0.86		0.93		0.93		0.67		0.77		0.85
dt (年)	1.4		1.2		1.0		1.1		1.5		1.4		1.2
dt_{max} (年)	2.8		2.1		2.5		3.3		4.2		4.4		2.7
\bar{M} (M_s)	7.4		7.4		7.4		7.3		7.2		7.3		7.4
M_{max} (M_s)	8.5		8.0		8.6		7.8		7.6		8.1		8.2

注: 1~4 活跃幕时段参数数据 (高旭等)^[3]

② 从地震活跃幕细结构对比分析认为,目前处于闭幕阶段中。由于最大地震一般都在中后期发生,而本幕最大地震才 7.6 级,尚不满足,总体平均强度也偏低,因而应警惕本幕

* 1) 刁守中等, 1999. 10, 1998~2000 年中国大陆及华北地区地震大形势预测研究。

2) 刁守中等, 2000. 1., 2001~2003 年中国大陆及华北地区地震大形势预测研究。

最大地震可能在闭幕阶段发生

③ 1994~1997年,中国大陆发生5次7级以上大震。从中国大陆7级以上大震连发与7.7级以上特大地震续发特点分析认为,中国大陆以往5组7级大震连发后有4组续发了8.3级以上地震,1组续发了7.8级地震,其中有的是在大震连发过程中发生;有的在7级大震连发后平静2年多才发震,本组7级大震连发后,发生7.7级以上大地震的可能性很大。

④ 从中国大陆7级大震连续不活动(3年以上无7级大震)分析,一般连续平静3~4年后中国大陆即发生7级以上大震。2001~2003年发生7级以上概率高达93%。

⑤ 从伽师地区($40^{\circ}\pm 1.5'$, $76.5^{\circ}\pm 1.5'$)中强震活跃与甘、青、新地区7级大震关系分析看,20世纪以来的伽师地区前6次中强震活跃年份后3年内,甘、青、新地区都发生了7级以上大震。1997年伽师地区中强震群再次活跃,作为一个7级大震“震情窗口”预示甘、青、新地区未来3年左右内可能发生7级以上大震。

震前对于地震大形势的上述估计,被2001年11月14日昆仑山口西8.1级地震基本验证。

2 昆仑山口西8.1级地震在第五活跃幕中的位置

昆仑山口西8.1级地震在地震群体活动的时间域及空间域处于什么位置是十分重要的,以下试做简要分析。

(1) 昆仑山口西8.1级地震不是孤立地震事件,属于第五活动幕闭幕阶段地震,也是第五活跃幕中的最大地震。这次地震发生后,中国大陆第五活跃幕已发生9次7级以上大震,持续13年,平均年度频度为0.77次/a,平均震级为7.3级,最大地震达8.1级,与表1所列前四幕平均结果相比,地震频度尚偏低1~2次,但活动时间、最大震级已经相当。这意味着这次8.1级地震的发生,将使第五活跃幕基本完整并趋于结束。

(2) 昆仑山口西8.1级地震发生在1997年玛尼7.5级地震后藏青新5~6级地震密集区附近。从更大范围看,昆仑山口西8.1级地震发生于1996年以来形成的川滇交界—藏青新交界处5级以上地震北西向条带的西北段边缘。该条带符合异常条带判据,于1997年前玛尼7.5级地震前1年左右形成,玛尼地震后进一步发展,但2001年其西北段明显减弱向平静过程发展(图2,3)。

(3) 昆仑山口西8.1级地震在玛尼7.5级地震东北方向,相距仅约350余公里,玛尼7.5级地震在青藏高原第二弧形带南部的玛尔盖—茶卡断裂上,昆仑山口西8.1级地震在同一弧形带北部的东昆仑断裂带上,它们都属青藏块体第二弧形带上的地震应变大释放,显示了青藏高原第二弧形带是第五活跃幕应变释放的主体活动带,这两次地震所在的区域乃至第二弧形带中、西部,至少近100年来没有8级以上地震的记载(此前缺文字记载)。

3 昆仑山口西8.1级地震后的地震大形势分析

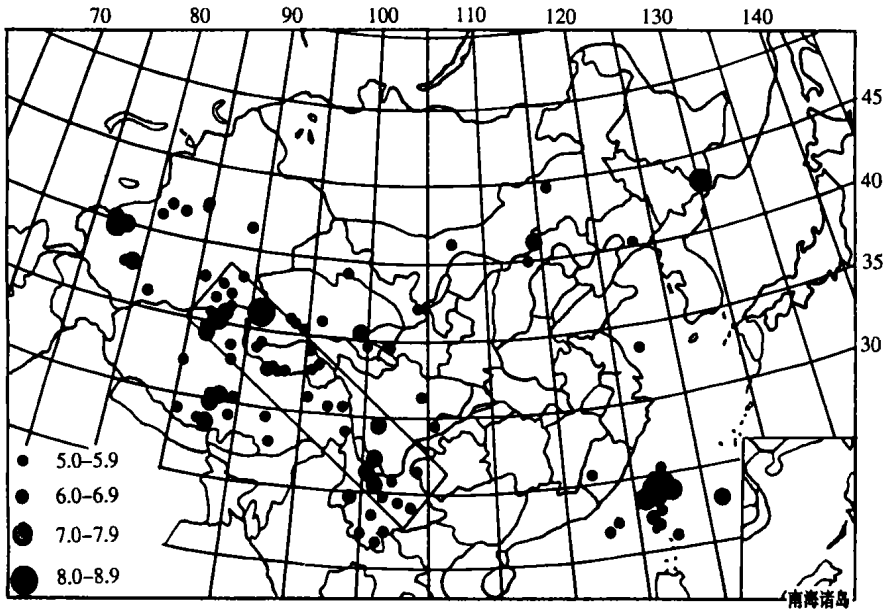


图 2 中国大陆 5 级以上地震分布图 (1997~ 2001 年)

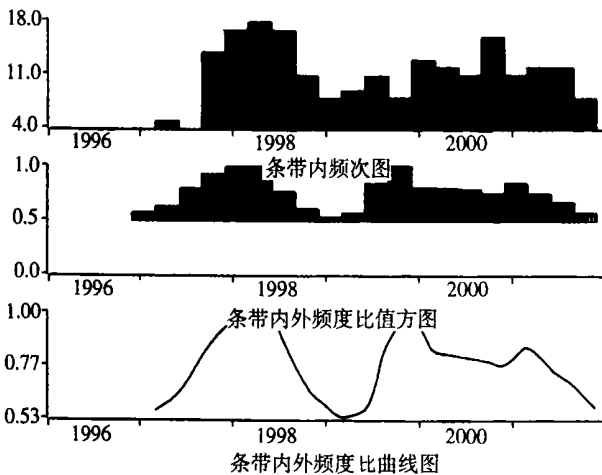


图 3 川滇交界 - 藏青新 5 级地震条带参数图

昆仑山口西 8.1 级地震其后中国大陆地震群体活动可能产生重要影响,以下从两方面进行分析,即一是对 8 级地震前、后 3 年中国大陆西部 7 级地震及中国大陆东部 6 级地震活动情况类比分析;二是从中国大陆 35° 线附近区域 6 级以上地震活动的分段相关性分析探索这一问题

3.1 中国大陆 8 级地震前后强震活动特征

表 2 给出了中国西部 8 级以上特大地震前后 3 年内相关

地震情况表,由表 2 可见:

(1) 近 200 年来,中国大陆共发生 $M \geq 8$ 级地震 11 次, 10 组样本 (同一年分为一组), 8 级地震前后 3 年内中国西部 7 级地震活动和东部 6 级地震活动状态较复杂,但可分为以下不同类型:

① 震前 3 年内大陆西部 7 级,东部 6 级地震活动,震后 3 年内大陆西部无 7 级地震活动,而大陆东部有 6 级地震活动,如 1927 年古浪 8 级地震。

表 2 中国西部 8级地震前后 3年内东西部相关地震

序号	中国西部 $M_s \geq 8$ 级地震	中国西部 $M_s \geq 7$ 级地震	中国东部 $M_s \geq 6$ 级地震
1	1812-03-08, 43. 7°, 83. 5° 新疆尼勒克东, 8	(1811年 1次 6- $\frac{3}{4}$; 1814年 1次, 6)	(1813及 1814各 1次 5- $\frac{1}{4}$)
2	1833-08-26, 28. 3°, 85. 5°西藏 聂拉木, 8 1833-09-06, 25. 0°, 103. 0°云 南嵩明杨林, 8		1830-06-12, 36. 4°, 114. 3° 河北磁县, 7- $\frac{1}{2}$ 1831-09-28, 32. 8°, 116. 8° 安徽凤台, 6- $\frac{1}{4}$
3	1879-07-01, 33. 2°, 104. 7° 甘肃武都, 8	1882年, 37. 0°, 79. 5° 新疆和田, 7	1882-12-02, 38. 1°, 115. 5° 河北深县, 6
4	1902. 8. 22, 39. 9°, 76. 2°新疆 阿图什, 8- $\frac{1}{4}$	1904-08-30, 31. 0°, 101. 1°. 四 川道孚, 7	1902-07-03, 43. 2°, 129. 6° 吉林图门, 6 6 1905-08-25, 43. 0°, 129. 0° 吉林图门, 6- $\frac{3}{4}$
5	1920-12-16, 36. 7°, 104. 9°宁 夏海原, 8. 5	1920-12-25, 36. 6°, 105. 2°甘 肃靖远, 7. 0 1923-03-24, 31. 5°, 101. 0°四 川炉霍, 道孚, 7- $\frac{1}{4}$	1917-01-24, 31. 3°, 116. 2° 安徽霍山, 6- $\frac{1}{4}$ 1917-07-31, 42. 5°, 131. 0° 吉林琿春, 7. 5 1918-02-10, 43. 0°, 130. 0° 吉林图门, 6- $\frac{1}{2}$ 1918-02-13, 23. 6°, 117. 3° 广东南澳, 7. 3 1918-04-10, 43. 5°, 130. 5° 吉林琿春, 7. 2 1920-05-06, 43. 0°, 131. 5° 吉林琿春, 6- $\frac{1}{4}$ 1921-03-19, 24. 0°, 116. 5° 广东南澳, 6- $\frac{1}{4}$ 1921-01-02, 33. 7°, 122. 0° 黄海, 6- $\frac{1}{2}$ 1922-09-29, 39. 2°, 120. 5° 渤海 6- $\frac{1}{2}$

续表 2

序号	中国西部 $M_s \geq 8$ 级地震	中国西部 $M_s \geq 7$ 级地震	中国东部 $M_s \geq 6$ 级地震
6	1927-05-23, 37.7°, 102.2°, 甘肃古浪, 8	1924-07-03, 36.8°, 83.8° 新疆民丰, 7- $\frac{1}{2}$ 1925-03-16, 25.7°, 100.4° 云南大理风仪间, 7	1927-02-03, 33.5°, 121.0° 黄海 6- $\frac{1}{2}$ 1927-05-18, 44.0°, 131.0° 黑龙江东宁, 6- $\frac{1}{2}$ 1928-06-07, 44.0°, 131.0° 黑龙江东宁, 6 1929-01-14, 40.7°, 111.3° 内蒙古呼和浩特, 6
7	1931-08-11, 47.1°, 89.8°, 新疆富蕴, 8	1932-12-25, 39.7°, 96.7°, 甘肃昌马, 7.6 1933-05-13, 31.9°, 103.4° 四川茂汶叠溪, 7- $\frac{1}{2}$ 1934-12-15, 31.3°, 89.0° 西藏申扎东北, 7	1932-04-06, 31.4°, 115.0° 湖北麻城, 6 1932-08-22, 36.1°, 121.6° 黄海, 6- $\frac{1}{4}$ 1933-09-09, 44.0°, 130.0° 黑龙江牡丹江, 6- $\frac{1}{4}$ 1934-01-12, 41.1°, 108.3° 内蒙古五原, 6- $\frac{1}{4}$
8	1950-08-15, 28.4°, 96.7°, 西藏隅墨脱间, 8.6	1947-03-17, 33.3°, 99.5°, 青海达日西北, 7.7 1947-07-29, 28.6°, 93.6°, 西藏朗县东南, 7.7 1948-05-25, 29.5°, 100.5°, 四川理塘, 7.3 1949-02-24, 42.0°, 84.0°, 新疆轮台, 7- $\frac{1}{4}$ 1950-02-03, 21.7°, 100.1°, 云南勐海西南, 7	
9	1951-11-18, 31.1°, 91.4°, 西藏当雄, 8	1952-08-18, 31.0°, 91.5°, 西藏那曲西南, 7- $\frac{1}{2}$ 1954-02-11, 39.0°, 101.3° 甘肃山丹红寺湖, 7- $\frac{1}{4}$ 1954-07-31, 38.8°, 104.2°, 内蒙古阿拉善左旗, 7	
10	2001-11-14°, 36.2°, 90.9°, 新疆青海交界, 8		1998-01-10, 41°06', 114°18', 河北张北, 6.2 1999-04-18, 43.4°, 130.3° 吉林汪清—珲春, 7

② 震前、震后 3 年内, 大陆西部均有 7 级地震活动, 东部无 6 级地震活动, 如 1950 年

察隅 8.6及 1951年当雄 8级地震

③ 震前 3年内,大陆西部无 7级地震活动,东部有 6级地震活动,震后 3年内大陆西部 7级,东部有 6级地震活动,且东北深震同步活动,如 1920年海原 8.5级和 1931年富蕴 8级,2001年 11月 14日昆仑山口西 8.1级地震震前 3年内与此类似

④ 震前 3年内大陆西部无 7级地震活动,东部有 6级地震活动,震后 3年内大陆西部无 7级地震,东部无 6级地震活动,如 1933年西藏双拉木 8级和云南嵩明 8级地震

⑤ 震前、震后 3年内,大陆西部无 7级地震,东部无 6级地震活动,如 1812年尼勒克东 8级地震,但此时地震记载可能有遗漏

⑥ 震前 3年内大陆西部无 7级,东部无 6级地震活动,震后 3年内大陆西部有 7级地震,东部有 6级地震活动,如 1879年武都 8级地震

由上述分类可知,昆仑山口西 8.1级地震后,中国大陆西部和东部都可能地震活动(含东北深震)。

(2)在前 10次 8级以上地震中,甘、青、新、宁 8级地震有 6次,其中的 4次,在震后 3年内中国大陆西部有 7级以上大震续发;其中的 5次在震后 3年内中国大陆东部有 6级以上地震续发,6级以上地震主要在华北块体边缘地带(阴山—燕山—渤海带,南黄海带等)及东南沿海地区,东北可能有深震发生。

此外,昆仑山口西 8.1级地震后第二天起,在 8.1级震中以东约 300km处发生格尔木 5.7级中强震群活动,至今(2001年 12月 20日)发生的 5.3~ 5.7级地震已达 3次,而格尔木震群仍在继续;在 8.1级微观震中区也发生 11月 30日 5.1级余震活动,但余震强度仍偏低,对此应予关注

3.2 35°N线附近的强震活动

由于地球自转速率变化等原因,35°N线附近是一个多强震的地带,且其活动有一定的呼应关系。昆仑山口西 8.1级特大地震发生的这一地带内,可能对该地带地震活动产生影响。限于资料,以下取 1900年以来 35°N线附近(33°~ 38°N,76°~ 124°E)地震分东、西两段进行分析。

表 3及图 4给出中国大陆 35°N线附近东、西段(以 106°E为界) $M_s \geq 6.7$ 级地震及东段 $M_s \geq 6.0$ 级地震相关性情况,由表 3及图 4可见:

(1)在昆仑山口西 8.1级地震前,东、西段的地震可以划分为 10组,其中的 6组,东西两段地震有遥相呼应的同步涨落性,占总数的 60%,扣除两段有震年(20年)自然概率(20%),仍有 40%的对应率,表明 35°N线附近东西两段的相关性是客观存在的。

(2)从东、西两段地震发震时间先后看,6组相关地震中,5组为先西段发震后东段发震,只有 1组(第 2组)为东段先发震西段后发震。因此,两者相关性的时序关系有优势分布。两段地震呼应的最短的 3~4个月,长的可达近 2年,但大部分在 1年之内,平均为 9.5个月,这对 1~3年地震形势分析是有参考意义的。

(3)东西段的相关性与各段的地震活动状态有明显关系,即在 1966年前,东西段的呼应性明显。此前 7组地震中,6组有呼应关系,呼应率高达 86%,扣除自然概率(30%),仍有 56%的呼应率。而自 1966年后,西段发生 3组 6.7级以上地震后,东段没有 6级以上地震发生,这与 1966年以后东段 6级地震处于平静时期有关。

表 3 中国大陆 35° 线附近东西段地震相关性统计表

序号	西 段				东 段				Δt (月)	备 注
	年 月 日	纬度	经度	M_s	年 月 日	纬度	经度	M_s		
1	1912-08-31	3700	7800	6.8						
	1902-11-04	3600	9600	6.9						
2	1910-07-12	3700	7600	6.7	1910-01-08	3500	12200	6.7	6	东段先发震
3	1920-12-16	3642	10454	8.5	1921-04-12	3548	10612	6.5	4	西段先发震
	1920-12-25	3636	10512	7.0	1921-12-01	3342	12200	6.5		
	1924-07-03	3648	8348	7.3						
4	1924-07-12	3706	8336	7.2	1927-02-03	3330	12100	6.5	3	西段先发震
	1927-05-23	3742	10212	8.0	1932-08-22	3606	12136	6.2		
	1936-02-07	3524	10324	6.7	1937-08-01	3524	11506	7.0		
5	1937-01-07	3530	9736	7.5	1937-08-01	3518	11512	6.7	7	西段先发震
6	1947-03-17	3318	9930	7.7	1948-05-23	3742	12148	6.0	14	西段先发震
7	1962-05-21	3706	9600	6.8	1966-03-08	3718	11454	6.8		
	1963-04-19	3542	9700	7.0	1966-03-22	3730	11506	7.2	23	西段先发震
8	1973-07-14	3506	8630	7.3						
	1988-11-05	3400	9130	6.8						
9	1990-01-14	3730	9142	6.7						
10	1990-04-26	3606	10018	7.0						
	1996-11-19	3512	7800	7.1						
	1997-11-08	3512	8718	7.5						
11	2001-11-14	3612	9054	8.1						

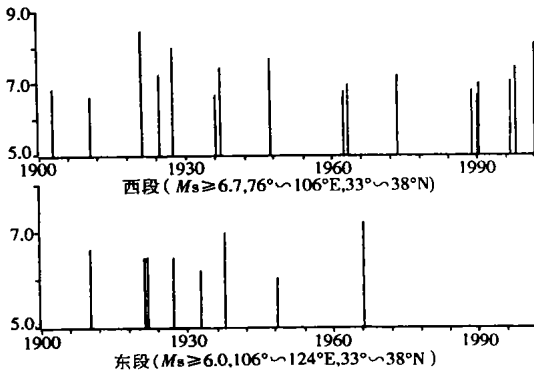


图 4 中国大陆 35° N 线附近地震 M_s 图

据以上分析, 昆仑山口西 8.1 及特大地震后, 35° N 线附近的东段发生 6 级以上地震的可能性较小。

4 基本结论

(1) 昆仑山口西 8.1 级地震的发生, 部分验证了震前对地震大形势的分析意见基本是正确的, 它发生于中国大陆第五活跃期的闭幕阶段, 可能是本活跃幕的最大地震, 预示第五活跃幕即将结束。

显示了青藏高原第二弧形带为本活跃幕的主体应变释放带。

(2) 昆仑山口西 8.1 级地震后 1~3 年内, 中国大陆西部可能续发个别 7 级以上地震, 但大震连发的可能性很小; 中国东部地区可能有少量 6 级以上地震活动, 主要活动区域为华北块体边缘, 东南沿海, 东北也可能有深震活动。

(3) 从中国大陆 35° N 线附近东、西段地震呼应关系看, 由于目前东段处于 6 级地震平静时期, 未来 3 年内东段发生 6 级以上地震的可能性不大。

参考文献:

- [1] 国家地震局分析预报中心. 中国地震大形势预测研究 (1) [M]. 北京: 地震出版社, 1990, 1-187.
- [2] 国家地震局分析预报中心. 中国地震大形势预测研究 (2) [M]. 北京: 地震出版社, 1993, 1-119.
- [3] 高旭, 丁鉴海, 尹祥础, 黄德瑜, 李献智, 黎令仪, 郑大林. 关于今后 3 年 (1995~ 1997) 我国强震形势及重点危险区的预测研究. 中国地震趋势预测研究 (1995 年度) [M]. 北京: 地震出版社 1994, 1-19.

**Analysis to the earthquake situation within 1 to 3 years in mainland of
China From the West Kunlun Mountain Pass M8. 1 earthquake**

HOU Hai-feng, DIAO Shou-zhong, HU A Ai-jun

(Seismological Bureau of Shandong Province, Jinan 250014, China)

Abstract The influence of West Kunlun Mountain Pass $M_{8.1}$ earthquake on the seismicity in the mainland of China is analyzed. We conclude this earthquake is the largest one occurred in mainland at the end of the fifth active stage. Expected from analogy of seismicity in previous 3 years, some $M \geq 7.0$ earthquakes may occur in the western part of China in future three years, and $M \geq 6.0$ events may occur in the eastern part of China.

Key words large earthquake; earthquake tendency; the mainland of China;