

昆仑山口西 8.1 级地震后地震趋势分析

刘东旺¹, 沈小七¹, 刘泽民¹, 陆成民²

(1. 安徽省地震局, 安徽 合肥 230031; 2. 安徽省宿州市地震局, 安徽 宿州 234000)

摘要: 从地震活动周期对比、中国大陆周边边界动力条件变化以及西部地区强震迁移规律等方面, 分析了昆仑山口西 8.1 级地震后中国大陆地震活动趋势, 并统计分析了中国大陆西部 7.5 级以上强震对东部地区地震活动的影响。结果显示, 8.1 级大震后中国大陆 1900 年以来的第五个地震活跃期已趋于结束, 但地震频次、释放能量尚不够, 大陆边界动力条件没有改变, 因此今后几年大陆内部仍存在发生 7 级或稍强地震的可能, 其中西部的西北区发震可能性相对较大; 影响东部地区地震活动的强度可能为 6.5 级左右。

关键词: 地震活动周期; 边界动力条件; 强震迁移; 趋势分析; 中国大陆

中图分类号: P315.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2003)01-0046-06

0 引言

2001 年 11 月 14 日昆仑山口西 ($36^{\circ}12'N$, $90^{\circ}54'E$) 发生的 8.1 级地震, 是 50 年来中国大陆发生的唯一一次 8 级以上大震, 也是中国大陆 20 世纪第五个地震活跃期内发生的最大地震, 十分引人注目。本次地震的发生, 使得大陆内部地震能量得到较大释放, 可能标志着本活跃期趋于结束。即便如此, 今后几年中国大陆地震趋势如何? 8.1 级地震对人口稠密的东部地区地震活动会产生怎样的影响? 都是地震研究人员极为关注的问题。为此, 本文从地震活动周期对比、8.1 级地震前后中国大陆周边边界动力条件变化以及强震迁移特征等方面, 分析了 8.1 级地震后中国大陆地震趋势。同时统计分析了中国大陆西部 7.5 级强震对东部地区地震活动的影响。

1 中国大陆 6.0 级以上地震活动周期对比分析

1.1 地震活动周期的划分

地震活动在时间上存在着平静与活跃交替出现的现象较为普遍, 中国大陆 6 级以上地震活动也不例外^[1]。把地震活动由平静开始到活跃期结束视为一个地震活动周期。1900 年以来的地震活动可划分为五个地震活动周期(图 1)。其中第一活动周期资料不完整, 因此不作分析。根据地震活动周期划分结果, 统计了中国大陆地区 6 级以上地震活动的情况(表 1)。

1.2 地震活动性对比分析

(1) 地震活动持续时间。第二~第四活动周期持续时间为 18~31 年, 其中平静时段为 9~13 年, 活跃时段为 9~18 年, 活跃时段略长于平静时段。第五活跃期自 1988 年开始至 2002 年, 历时 15 年, 虽已达前三个活跃期的平均持时, 但尚未达最长活动时间, 因此有可能还将持续 3~5 年。

(2) 7 级以上地震频度与最大震级。第二~第四活动周期 7 级以上地震分别发生了 19、19、16 次, 其中

活跃期占 70%~90%; 第五活动周期到目前为止仅为 10 次, 虽然活跃期已占 90%, 但总频次远远少于前几个活动周期. 第二~第四活动周期内 7.5 级以上地震多发生于各活跃期的中后阶段, 随后仍有多次 7 级以上地震发生; 三个活动周期内最大震级分别为 8.5、8.5、7.8, 且其主体活动地区第二~第三周期均为大陆西部, 第四周期为西南和华北; 第五活动周期最高震级为 8.1 级, 主体地区也在西部, 与第二、第三周期相比, 最高震级虽偏低, 但已相当, 因此第五活跃期可能已进入中后阶段, 趋于结束. 但 2001 年 11 月 14 日 8.1 级地震后中国大陆仅发生 1 次 7.2 级东北深震, 仍有可能发生 7~7.5 级地震.

(3) 6 级地震能量释放. 第二~第四活跃期释放的能量分别为 554.49×10^{15} 、 534.73×10^{15} 、 197.33×10^{15} 焦耳. 第五活跃期释放的能量为 142.67×10^{15} 焦耳, 与较弱的第四活跃期相比仍差 54.66×10^{15} 焦耳, 相当于 5 次 7.5 级地震的能量. 因此今后几年仍存在发生几次 7 级或以上地震的可能.

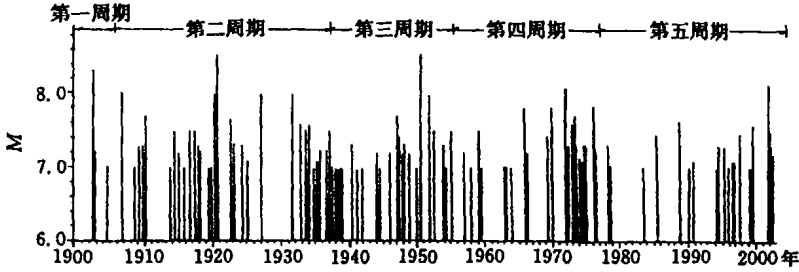


图 1 中国大陆 7 级以上地震 $M-t$ 图及活动周期划分

Fig. 1 The $M-t$ chart of seismicity and active period division in mainland of China.

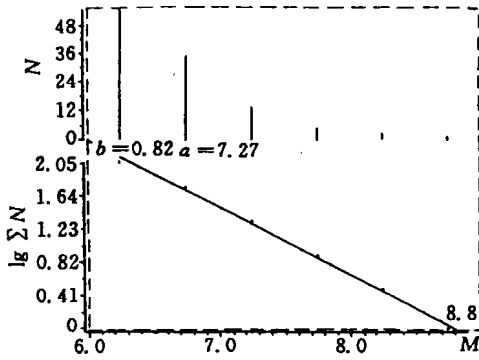
表 1 中国大陆 1900 年以来 6 级以上地震活动情况统计

地震活动周期	持续时间/年	7 级以上地震		6 级以上地震能量		占全周期能量百分比/%
		频次	百分比/%	/ 10^{15} J	/ 10^{15} J \cdot a $^{-1}$	
第二周期	平静期 1907~1919 (13)	5	26	27.50	2.12	4.7
	活跃期 1920~1937 (18)	14	74	554.49	30.81	95.3
第三周期	平静期 1938~1946 (9)	6	32	25.70	2.86	4.6
	活跃期 1947~1955 (9)	13	68	534.73	59.41	95.4
第四周期	平静期 1956~1965 (10)	2	13	12.39	1.24	5.9
	活跃期 1966~1976 (11)	14	87	197.33	17.94	94.1
第五周期	平静期 1977~1987 (11)	1	10	12.50	1.14	8.1
	活跃期 1988~2002 (15)	9	90	142.67	9.51	91.9
前 3 个活跃期平均值		12.7	76	428.85	36.05	94.9

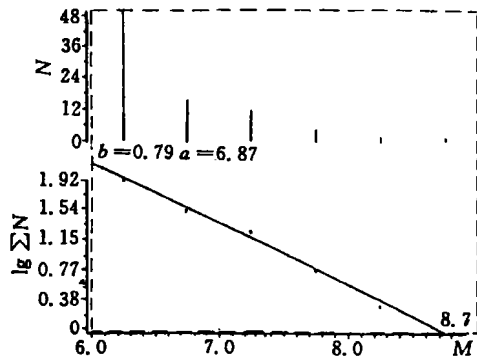
2 1900 年以来各活动周期 b 值对比分析

图 2 为第二~第五活动周期 b 值曲线. 由图可见, 第二、第三活动周期 b 值比较一致, 分别为 0.82、0.79; 第四活动周期 b 值为 0.98, 高于前二者. 可能与各自所处的区域构造环境、活动水平有关. 但第五活

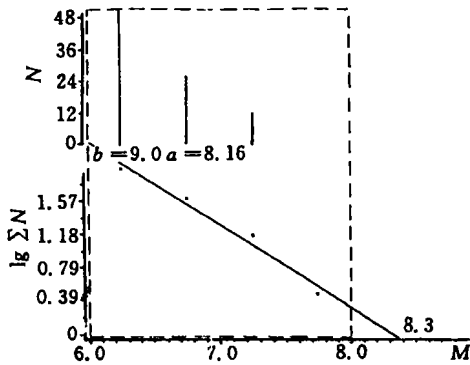
动周期 b 值为 1.01, 高于前三者, 且比主体地区相同的第二、第三活动周期 b 值明显偏高. 说明第五活动周期尚未完全结束, 仍存在发生较强地震的可能.



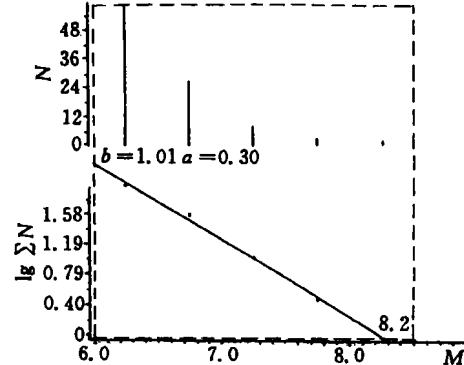
(a) 第二活动轮回, 1907~1937, $b=0.82$



(b) 第三活动轮回 1938~1955, $b=0.79$



(c) 第四活动轮回 1956~1976 $b=0.98$



(d) 第五活动轮回 1977~2002 $b=1.01$

(a) 第二活动轮回, 1907~1937, $b=0.82$; (b) 第三活动轮回, 1938~1955, $b=0.79$

(c) 第四活动轮回, 1956~1976 $b=0.98$; (d) 第五活动轮回 1977~2002, $b=1.01$

图2 中国大陆不同活动周期 $M_S \geq 6.0$ 级地震频度—震级关系

Fig. 2 The $G-R$ relation of active periods ($M_S \geq 6.0$) in mainland of China.

3 8.1级地震前后中国大陆边界动力条件分析

中国大陆内部地震属于板内地震, 地震的孕育发生与板块相互作用及板内构造活动等多种因素有关. 大陆边界主要受印度板块、太平洋板块及菲律宾板块的作用, 形成四个“触角”(兴都库什、缅甸弧、台湾震区、东北深震区), 四个“触角”的地震活动及其强弱对大陆内部地震活动会产生一定影响. 图3、图4分别为8.1级地震前后大陆周边地震活动情况.

由图可见, 8.1级地震前各“触角”地震活动及其时序为: 1999年4月8日东北深震区发生7.0级深震→1999年9月21日台湾发生7.6级大震→2000年6月8日缅甸北部发生7.0级地震. 呈现由东向西三个“触角”依次活动后发生了昆仑山口西8.1级地震; 8.1级地震后各“触角”地震活动及其时序为: 2002年3月3日位于兴都库什地区的阿富汗发生了7.1级地震→3月31日台湾发生了7.5级地震→6月29日东北深震区发生了7.2级深震. 呈现由西向东三个“触角”发生了地震活动, 是否意味着东部地区未来1~2年也存在着强震发生的可能? 值得注意. 总之, 8.1级地震前后中国大陆周边动力条件基本格局没有改变, 大陆内部强震形势依然较严峻.

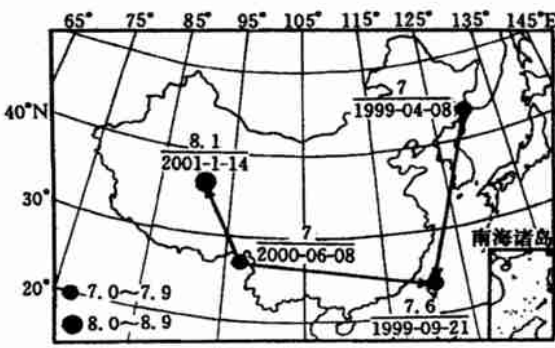


图 3 8.1 级地震前中国大陆周边强震分布

Fig. 3 Distribution of strong shock around mainland of China before M 8.1 earthquake.

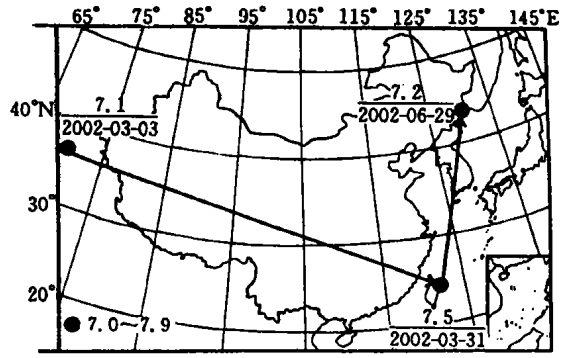
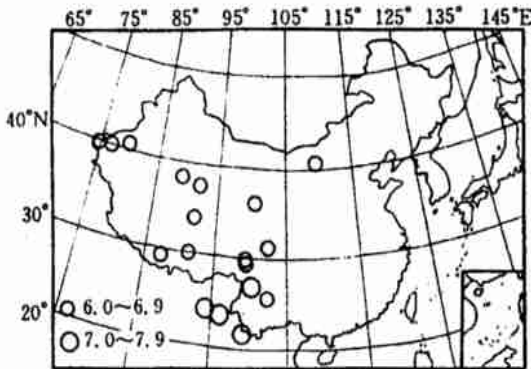
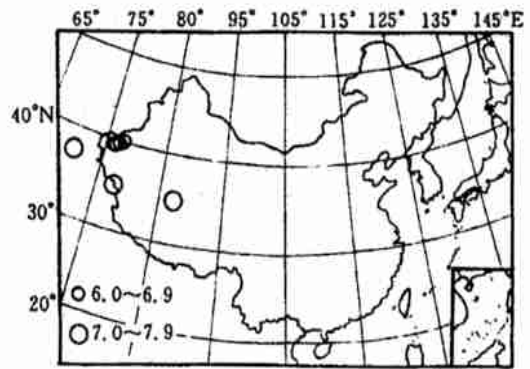


图 4 8.1 级地震后中国大陆周边强震分布

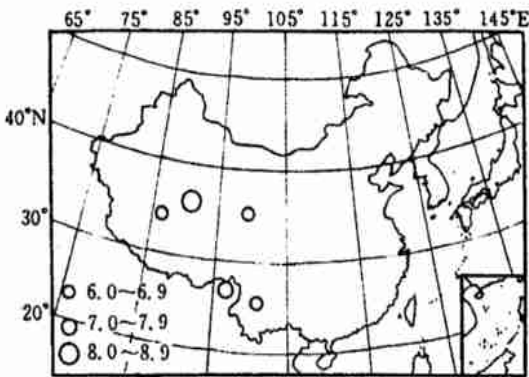
Fig. 4 Distribution of strong shock around mainland of China after M 8.1 earthquake.



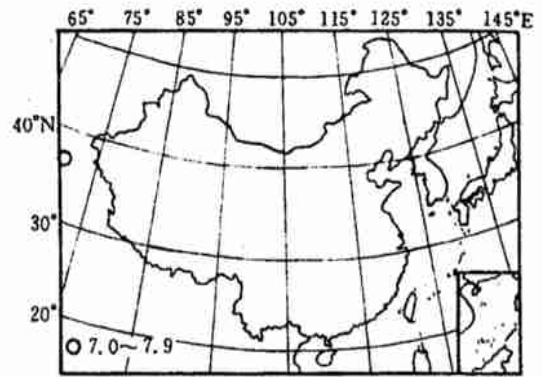
(a) 1988~1996 年东“触角”活动



(b) 1996~1999 年西“触角”活动



(c) 2000~2001 年东“触角”活动



(d) 2002 年~? 西“触角”活动

(a) 1988~1996 年东“触角”活动; (b) 1996~1999 年西“触角”活动
(c) 2000~2001 年东“触角”活动; (d) 2002~? 西“触角”活动

图 5 东、西触角交替活动期中国西部 6.4 级以上地震分布(1988~2002 年).

Fig. 5 Distribution of earthquakes ($M \geq 6.4$) in western China when east and west antennas active alternately (1988~2002).

4 中国西部地震迁移特征分析

印度板块是中国西部地震活动的主要动力源, 其东(缅甸弧顶)、西(兴都库什弧顶)触角强震交替活动或同时活动对中国西部地震活动的主体分布产生重要影响^[2]. 图 5 为 1988 年中国大陆第五个地震活跃期以来, 东、西“触角”交替活动期间西部 6.4 级以上地震活动分布.

由图可见: 1988~1996年东“触角”分别发生了1988年8月6日缅甸那加山7.2级、1991年1月5日缅甸曼德勒7.6级、1995年7月12日中缅边境孟连7.2级三次强震, 其间中国西部6.4级以上地震主要分布于其东南区; 1996~1999年西“触角”发生了1998年5月30日阿富汗7.1级地震, 西部6.4级以上地震主要分布于其西北区; 2000~2001年东“触角”发生了2000年6月8日缅甸北部7.0级地震, 其后西部依次发生了2000年9月12日青海兴海6.6级、2001年3月5日西藏玛尼6.4级和2001年11月14日昆仑山口西8.1级地震, 主要位于东南区。由此可见中国西部地震活动既受东西“触角”影响, 又随其交替活动而呈现南北对迁。2002年西“触角”发生了3月3日阿富汗7.1级地震, 因此今后中国西部西北区发生6.4级以上地震的可能性较东南区大。

5 8.1级地震对中国东部地震活动的影响

为了了解中国大陆(主要是西部)地区发生的强震对东部地区地震活动的影响, 统计并分析了1900年以来大陆发生的21次7.5级以上强震后, 大陆东部(含近海)地区1~3年内5.0级以上地震活动情况及二者的关系, 结果显示: 7.5级以上地震发生后1~3年内东部地区发生5.0级、5.5级、6.0级、7.0级以上地震分别为106、61、33、5次。其中震后第一年、第二年、第三年分别发生了30、21、15、1次, 48、29、12、4次和28、11、6、0次。可见大陆强震对东部地区的影响主要在震后第二年, 其发震概率见表2。这可能与块体间相互作用, 应力场增强的过程需要一定的时间有关。

表2 中国大陆7.5级以上地震后东部地区发震概率

震级	$M \geq 5.0$	$M \geq 5.5$	$M \geq 6.0$	$M \geq 7.0$
第一年	0.28	0.34	0.46	0.20
第二年	0.45	0.48	0.36	0.80
第三年	0.27	0.18	0.18	0.00

图6为中国大陆7.5级以上强震后1~3年内东部地区5.0级以上地震震中分布。其中实心圆为7.5级以上强震, 空心圆为东部受强震影响的地震分布。可见7.5级以上强震后受影响的区域主要是大华北地区, 其次是东南沿海地区和东北深震区。其最大影响强度在大华北、东南沿海及东北深震区分别为7.3、7.3和7.2级。实际上2002年6月29日东北深震区已发生7.2级地震。

6 结论

(1) 根据1900年以来中国大陆6.0级以上地震活动周期、 b 值对比分析结果, 认为昆仑山口西8.1级地震发生后, 本地震活跃期已趋于结束, 发生7.5级以上地震的可能性不大。但地震频次、释放能量尚不够, 今后几年仍存在发生7.0~7.5级地震的可能。

(2) 8.1级地震前后中国大陆周边边界动力条件没有改变, 大陆内部仍存在发生强震的危险, 应注意东部地区发生较强地震。西部地区地震迁移规律显示其西北区今后几年发震可能性将大于东南区。

(3) 8.1级地震的发生, 对东部地区今后1~3年地震活动将产生一定的影响。其影响时间主要是震后第二年; 影响区域主要是大华北地区, 其次是东南沿海和东北深震区; 影响强度最高为7.3级。

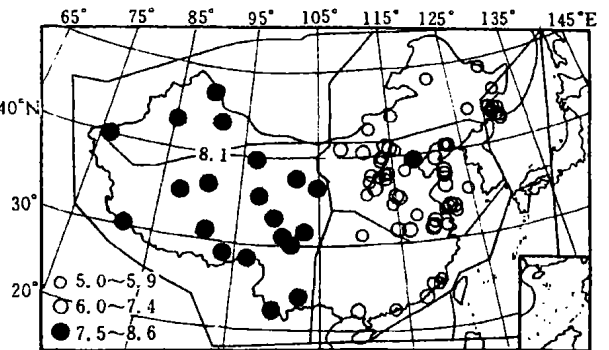


图6 中国东部受强震影响后5.0级以上地震震中分布

Fig. 6 Distribution of earthquakes ($M \geq 5.0$) in eastern China after strong shocks.

[参考文献]

- [1] 邱竟男, 高旭. 关于本世纪我国地震活动阶段性的讨论[J]. 地震, 1986, (6): 41—47.
[2] 张国民, 李献智, 耿鲁明. 印度板块北边界地震活动和中国大陆地震[J]. 地震, 1994, (3): 1—9.

ANALYSIS ON SEISMIC TENDENCY AFTER WEST TO KUNLUN MOUNTAIN
PASS M_s 8.1 EARTHQUAKE

LIU Dong-wang¹, SHEN Xiao-qi¹, LIU Ze-min¹, LU Cheng-min²

(1. *Seismological Bureau of Anhui Province, Hefei 230031, China;*

2. *Seismological Bureau of Suzhou City, Anhui Suzhou 234000 China*)

Abstract: The seismic tendency in mainland of China after west to Kunlun Mountain Pass M_s 8.1 earthquake is analysed by the comparing of seismicity in different active period, the change of dynamical condition around mainland of China and the migratory rule of strong shock in western China. The effect of $M \geq 7.5$ earthquakes in western China on seismicity in eastern China is statistically analysed too. The result shows that the fifth active period of seismicity since 1900 is going to end, but the seismic frequency and energy releasing are not enough, and the dynamical conditions on the border of China doesn't change after the M 8.1 earthquake, so it is possible to occur $M \geq 7.0$ earthquake in mainland of China in future several years especially in northwestern area of western China. The effect of M 8.1 earthquake on seismicity in eastern China is about M 6.5.

Key words: Active period of seismicity; Dynamical condition on borders; The migration of strong shock; Tendency analysis; Mainland of China