

中国大陆5级地震平静时间与7级地震的关系

苏鸾声

(山东省地震局, 济南 250021)

摘要 研究了1900年以来中国大陆5级以上地震平静时间和7级以上大震的关系, 发现在5级以上地震平静达3—4个月以上时, 在平静结束后1年左右时间内发生了7级以上大震。1994年出现了5级以上地震平静时间达134天, 对此平静时间以后的地震大形势进行了初步分析。

关键词: 地震幕 地震活动性 层次结构 强震 趋势预报

1 前言

近年来, 在地震分析预报工作中, 人们对中国大陆地区5级以上地震平静和缺震现象是十分关注的。尤其1994年2月16日青海共和5.8级地震发生后, 中国大陆地区出现了近30年来少见的长达134天的5级以上地震异常平静的状态, 更加引起了各地震监测和分析预报部门的高度重视。深入研究中强地震较长时间平静后是否存在发生7级以上大震的危险性是很有必要的。

2 中国大陆5级以上地震平静概况

作者根据《中国地震简目》等资料, 绘出1900年以来中国大陆5级以上地震每年最长平静时间时序图(图1)。由图可见, 1924年以前5级以上地震每年最长平静时间平均为5.7个月左右, 1924年以后为2.5个月左右, 这可能是由于1924年以前的资料不完整, 地震缺失较多所致。因此, 本文仅对1924年以来的资料进行分析。

1924年以来, 中国大陆出现5级以上地震平静时间达4个月以上的次数较少, 70年中只出现过6次, 不计1994年的1次, 可供研究的只有5次。

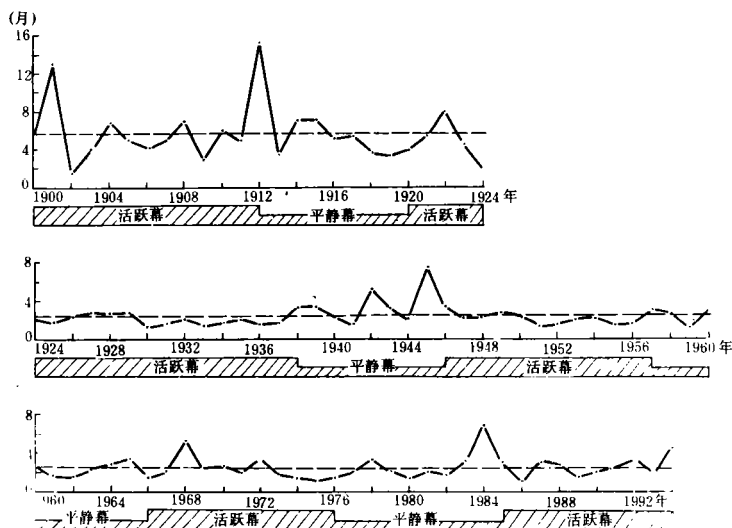


图1 中国大陆5级以上地震年平静时间时序图

Fig. 1 The time series of annual quiescences of $M \geq 5$ earthquakes in China continent.

第 1 和第 2 次是在 1942 年 2 月 1 日—7 月 9 日和 1942 年 9 月 3 日—1943 年 2 月 9 日,平静时间分别为 5 个月零 8 天和 5 个月零 6 天。第 1 次平静结束后 20 个月零 1 天,第 2 次平静结束后 13 个月零 1 天,于 1944 年 3 月 10 日在新疆发生了 7.2 级地震。

第 3 次是在 1945 年 1 月 4 日—8 月 22 日,平静时间达 7 个月零 18 天,平静结束后 4 个月零 20 天,于 1946 年 1 月 11 日在黑龙江省发生了 7.2 级地震。

第 4 次是在 1968 年 5 月 15 日—10 月 19 日,平静时间达 5 个月零 4 天,平静结束后 9 个月,于 1969 年 7 月 18 日发生了渤海 7.4 级地震;平静结束后 14 个月零 17 天,于 1970 年 1 月 5 日在云南发生了 7.7 级地震。

第 5 次是在 1984 年 4 月 24 日—11 月 23 日,平静时间约 7 个月,平静结束后 9 个月,于 1985 年 8 月 23 日在新疆乌恰发生了 7.4 级地震。

在上述 5 次 5 级以上地震平静 4 个月以上的情况中,有 4 次是在平静结束后 1 年半时间内发生 7 级以上地震的,占总次数的 80%。

除了上述 5 次长达 4 个多月的平静时间以外,还出现了 12 次长达 3 个月以上的平静时间。在这些平静时间结束后也多有 7 级大震发生,具体情况见表 1。

表 1 中国大陆 1924 年以来 5 级以上地震平静时间统计表

序号	平静时间	平静长达时间	平静结束至发震时间	平静后发生的第 1 次 7 级大震
1	1938-05-14—08-23	3 个月零 9 天	22 个月 17 天	1940 年 7 月 10 日黑龙江 7.3 级
2	1939-09-19—1940-01-01	3 个月零 12 天	7 个月 9 天	1940 年 7 月 10 日黑龙江 7.3 级
3	1942-02-01—07-09	5 个月零 8 天	20 个月 1 天	1944 年 3 月 10 日新疆 7.2 级
4	1942-09-03—1943-02-09	5 个月零 6 天	13 个月 1 天	1944 年 3 月 10 日新疆 7.2 级
5	1943-04-05—07-15	3 个月零 8 天	7 个月 23 天	1944 年 3 月 10 日新疆 7.2 级
6	1945-01-04—08-22	7 个月零 18 天	4 个月 20 天	1946 年 1 月 11 日黑龙江 7.2 级
7	1946-03-16—07-02	3 个月零 16 天	8 个月 15 天	1947 年 3 月 17 日青海 7.7 级
8	1957-10-01—1958-01-04	3 个月零 3 天	5 年 3 个月 15 天	1963 年 4 月 19 日青海 7.0 级
9	1965-01-21—05-04	3 个月零 13 天	10 个月 18 天	1966 年 3 月 22 日邢台 7.2 级
10	1968-05-15—10-19	5 个月零 4 天	8 个月 29 天	1969 年 7 月 18 日渤海 7.4 级
11	1972-04-09—07-23	3 个月零 14 天	10 个月 23 天	1973 年 2 月 6 日炉霍 7.6 级
12	1978-10-17—1979-01-31	3 个月零 14 天	6 年 7 个月 23 天	1985 年 8 月 23 日乌恰 7.4 级
13	1983-06-29—10-08	3 个月零 9 天	22 个月 15 天	1985 年 8 月 23 日乌恰 7.4 级
14	1984-04-24—11-23	约 7 个月	9 个月	1985 年 8 月 23 日乌恰 7.4 级
15	1985-01-16—04-18	3 个月零 2 天	4 个月 5 天	1985 年 8 月 23 日乌恰 7.4 级
16	1987-04-30—08-02	3 个月零 2 天	15 个月 3 天	1988 年 11 月 5 日唐古拉山 7.0 级, 11 月 6 日澜沧 7.6、7.2 级
17	1992-08-17—11-26	3 个月零 9 天		
18	1994-02-16—06-30	4 个月零 14 天		

3 利用 5 级以上地震平静时间对 7 级以上大震的预报效能评价

自 1924 年至今,5 级以上地震平静时间达 3 个月以上的共有 18 次。根据《地震学分析预报方法程式指南》,出现地震活动的异常平静时,预报 1 年内有震,如期满未震,可继续延长半年。据此可以认为,平静结束后 18 个月以内发生的 7 级地震可视为该平静时间对应的地震。上述 18 次平静时间中,除 1994 年的 1 次外,其余 17 次总预报时间约 254 个月,在此期间发生 7 级大震 17 次(表 2)。自 1924 年以来中国大陆共发生 7 级以上大震 52 次,总研究时间长达 845 个月,评分结果:

$$R = \frac{17}{52} - \frac{254}{845} = 0.0263$$

小于 97.5%置信度的 R 值为 0.134,即信度很低。

表 2 5 级地震平静时间为 3 个月以上的预报时间及发生的 7 级大震

序号	预报时间	7 级大震	序号	预报时间	7 级大震
1	1938-08-23	1940 年 7 月 10 日黑龙江 7.3 级	7	1972-07—23	1973 年 2 月 6 日炉霍 7.6 级
	至 1941-06-01	1941 年 5 月 16 日云南 7.0 级		至 1974-01-23	7 月 14 日西藏 7.3 级 9 月 29 日吉林 7.7 级
2	1942-07-09	1944 年 3 月 10 日新疆 7.2 级	8	1979-01-31	
	至 1945-01-15	9 月 28 日新疆 7.0 级		至 1980-07-31	
3	1945-08-22	1946 年 1 月 11 日黑龙江 7.2 级	9	1983-10-08	1985 年 8 月 23 日新疆 7.4 级
	至 1948-01-02	1947 年 3 月 17 日青海 7.7 级		至 1986-10-18	
		1947 年 7 月 29 日西藏 7.7 级			
4	1958-01-04		10	1987-08-02	1988 年 11 月 5 日唐古拉山 7.0 级
	至 1959-07-04			至 1989-02-02	11 月 6 日澜沧 7.0 级 11 月 6 日耿马 7.0 级
5	1965-05-04	1966 年 3 月 22 日宁晋 7.2 级	11	1992-11-26	
	至 1966-11-04			至 1994-05-26	
6	1968-10-19	1969 年 7 月 18 日渤海 7.4 级	12	1994-06-30	1994 年 9 月 16 日台湾海峡 7.3 级
	至 1970-04-19	1970 年 1 月 5 日云南 7.7 级		至 1995-12-31	

平静时间在 5 个月以上的预报时间长 79 个月,其间发生 7 级以上地震 5 次(表 3),R 值为:

$$R = \frac{5}{52} - \frac{79}{845} = 0.0027$$

小于 97.5%置信度的 R 值为 0.074,信度也很低。

这就是说,用中国大陆 5 级以上地震平静时间达 3 个月或 5 个月以上作为异常,预报平静时间结束后 18 个月内有 7 级以上大震发生,其信度很低,将出现大量的漏报或虚报,预报效果很差。

对 5 级以上地震平静时间达 3 个月以上,平静结束后发生 7 级以上大震的实际情况,从时间上进行统计分析,由表 1 可见,平静结束后 6 个月内发生 7 级以上大震的可能性很小,17 次中仅有 2 次,概率仅达 12%;6 至 18 个月内发生 7 级以上大震的概率较大,17 次中有 9 次,约达 53%;18 个月内不发生 7 级以上大震的可能性较小,17 次中占 6 次,概率达 35%。

表 3 5 级以上地震平静时间为 5 个月以上的预报时间及发生的大震

序号	预报时间	相应发生的 7 级以上大震
1	1942-07-09—1944-01-09	
2	1943-02-09—1944-08-09	1944 年 3 月 10 日新疆 7.2 级
3	1945-08-22—1947-02-22	1946 年 1 月 11 日黑龙江 7.2 级
4	1968-10-19—1970-04-19	1969 年 7 月 18 日渤海 7.4 级、1970 年 1 月 5 日云南 7.7 级
5	1984-11-23—1986-05-23	1985 年 8 月 23 日新疆乌恰 7.4 级

4 地震活动周期性与 5 级以上地震平静时间和 7 级以上大震的关系

中国大陆地震活动显示了强弱分段、起伏交替的现象,起伏变化的时间范围长短不一,近年来不少作者运用系统科学的思想和方法,提出地震活动的时间层次可分为地震世(千年)、地震期(几百年)、地震幕(几十年)和地震阶(几年)。地震阶之下还可能有更低的层次,中强地震往往成丛活动,每丛持续活动 1 至 2 个月,丛与丛之间有 2—3 个月平静,这种“地震丛”可能是地震阶所含的更低层次^{〔1〕}。中国大陆 5 级以上地震几个月的平静现象,相当于地震阶所含的丛与丛之间的平静。活跃期地震丛较多,相对平静时间就短;平静期内地震丛少,相对平静时间就长。因此,在活跃期内出现 5 级以上地震长期平静的次数要少,在平静期内出现 5 级以上地震长期平静的次数应当多。事实正是如此,由图 1 可见,自 1924 年以来的 3 个平静幕的 23 年中,出现 5 级以上地震平静 3 个月以上的有 9 次,平均 2.6 年 1 次;在 4 个活跃幕的 48 年中出现 5 级以上地震平静 3 个月以上的有 9 次,平均 5.3 年 1 次。5 级以上地震平静 5 个月以上的有 5 次,4 次处于平静幕中,1 次处于活跃幕中。

张国民将中国大陆自 1900 年以来的地震活动划分为 5 个轮回^{〔2〕},即 5 个活跃幕和 4 个平静幕,1924 年以来有 4 个活跃幕和 3 个平静幕(表 4)。

表 4 中国大陆强震轮回

序号	第一轮回		第二轮回		第三轮回		第四轮回		第五轮回
分幕	活跃幕	平静幕	活跃幕	平静幕	活跃幕	平静幕	活跃幕	平静幕	活跃幕
张国民	1900—	1912—	1920—	1938—	1946—	1957—	1966—	1976—	1985—
	1912	1920	1938	1946	1957	1966	1976	1985	
马宗晋	1897—	1912—	1920—	1937—	1946—	1957—	1966—		
	1912	1920	1937	1946	1957	1966	1980		

自 1924 年以来,在活跃幕中(不含最后 1 年)出现 5 级以上地震平静达 3 个月以上的有 6 次,在平静幕最后 1 年出现这样的平静时间有 3 次,共有 7 个预报时段(表 5)。由图 2 可见,前 6 个预报时段与 7 级以上地震都有较好的对应,若将第 7 个预报时段作为虚报,计算 1924 年至 1994 年 5 月 26 日平静幕最后 1 年和活跃幕(不计最后 1 年)5 级以上地震平静时间的 R 值,总研究时间为 569 个月,预报时间为 141 个月,其间发生地震 38 次,实际对应 13 次,R 值的计算结果为:

$$R = \frac{13}{38} - \frac{141}{569} = 0.0943$$

虽然 R 值仍较低,但比前述总体统计的 R 值高得多,约为 3.6 倍。在 9 次 5 级地震平静时间中有 8 次在平静结束后 18 个月内发生了 7 级大震,占 89%;上述第 7 个预报时段结束 4 个月后,1994 年 9 月 16 日在台湾海峡发生了 7.3 级地震。由此可见,在考虑地震平静幕和活跃幕后,5 级地震的平静时间具有一定的预报意义。

表 5 平静幕最后 1 年与活跃幕(不计最后 1 年)5 级地震平静时间和预报时间

平静时间	预报时间段
1945-01-04—1945-08-22	1945-08-22—1948-01-02
1946-03-16—1946-07-02	
1965-01-21—1965-05-04	1965-05-04—1966-11-04
1968-05-15—1968-10-19	1968-10-19—1970-04-19
1972-04-09—1972-07-23	1972-07-23—1974-01-23
1984-04-24—1984-11-23	1984-11-23—1986-10-18
1985-01-06—1985-04-18	
1987-04-30—1987-08-02	1987-08-02—1989-02-02
1992-08-17—1992-11-26	1992-11-26—1994-05-26

表 6 活跃幕最后 1 年与平静幕(不计最后 1 年)5 级地震平静时间和预报时间

平静时间	预报时间段
1938-05-14—1938-08-23	1938-08-23—1941-07-01
1939-09-19—1940-01-01	
1942-02-01—1942-07-09	1942-07-09—1945-01-15
1942-09-03—1943-02-09	
1943-04-05—1943-07-15	
1957-10-01—1958-01-04	1958-01-04—1959-07-04
1978-10-17—1979-01-31	1979-01-31—1980-07-31
1983-06-29—1983-10-08	1983-10-08—1985-04-08

在活跃幕最后 1 年和平静幕(不计最后 1 年)中出现 5 级地震平静 3 个月以上的共 8 次,有 5 个预报时段(表 6)。其总研究时间为 276 个月,总预报时间为 118 个月,其间发生 7 级地震 14 次,对应 4 次,按 R 值评分:

$$R = \frac{4}{14} - \frac{118}{276} = -0.1418$$

R 为负值,即无震报有震情况多,在 8 次平静时间中仅有 3 次在平静结束后 18 个月内发生 7 级以上大震,报准率仅占 38%,因此,不具有预报意义。

为什么在地震活跃幕中(不含活跃幕最后 1 年)和平静幕最后 1 年出现 5 级以上地震平静 3 个月以上,在平静结束后 18 个月内发生 7 级以上大震的概率较高呢?作者认为,根据地震活动幕的特征,在活跃幕中 7 级以上大震频度高、能量大、成丛活动,其能量积累快,经较短时间能量即能快速积累,进而很快释放,所以在 5 级以上地震平静时间结束后不久就发生 7 级以上大震;另外,平静幕最后 1 年,是能量经长期缓慢积累,达到即将释放的阶段,这时出现短期地震活动平静是能量进入加速积累阶段,故平静结束后 18 个月内发生 7 级以上大震的概率较高。

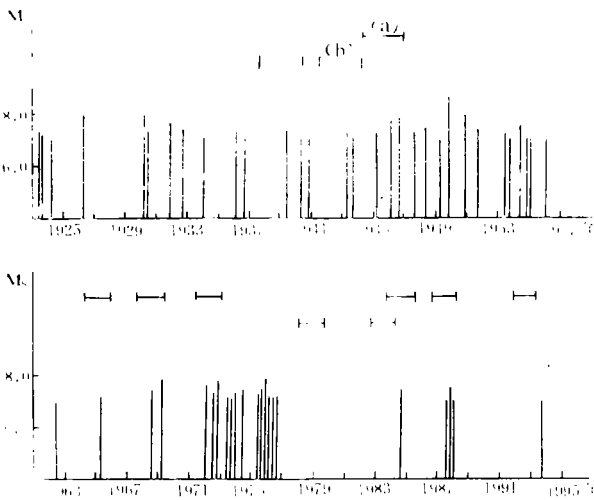


图 2 中国大陆 5 级以上地震平静异常预测图
(a)平静幕最后 1 年与活跃幕(不计最后 1 年)预报时段
(b)活跃幕最后 1 年与平静幕(不计最后 1 年)预报时段

Fig. 2 The prediction of quiescence anomalies of M≥5 earthquakes in China continent.

地震活跃幕最后1年和地震平静幕(不含最后1年),是经活跃幕中能量大释放以后,进入能量剩余释放和地下应力调整阶段,再次发生7级以上大震的可能性较小,中强地震活动是成丛性的,虽然还会出现地震丛之间5级以上地震平静时段,但再次对应7级以上大震的概率很低。

5 对1994年中国大陆5级以上地震平静4个多月后地震大形势的讨论

中国大陆地区自1994年2月16日青海共和5.8级地震后,至6月30日唐古拉山青藏交界发生6.3级地震,其间出现5级以上地震平静134天的现象。中强地震较长时间平静后,中国大陆是否存在7级以上大震的危险,是值得进行讨论的问题。

在地震活动时间层次结构中,中国大陆5级以上地震几个月的平静,相当于地震阶所包含的丛与丛之间的平静,平静后地震丛的活动水平是否达到7级以上,是受高一层次地震活动状态的控制的。

据张国民等研究,从1985年开始中国大陆地震活动就进入了一个新的地震活跃幕,目前正处在活跃幕中,也有少数专家认为,这个新的活跃幕还没有到来。综合这两种看法,目前地震活动正处在进入活跃幕和将要进入活跃幕的阶段,即目前正处在高应力状态下,能量经长期积累,达到快要大释放阶段,5级以上地震短时间平静及1994年全球7级大震高频次活动和台湾强震活跃,可能使中国大陆地区能量加速积累,将进入能量大释放阶段,在这种情况下在5级地震平静时间结束后1年半时间内发生7级以上大震的概率较高。另外,如前所述,5级以上地震平静3个月以上,在平静结束后6—18个月内发生7级以上大震概率较高,约为53%。因此,1995年是中國大陸发生7级以上大震可能性较大的一年,需要注意加强监视。

(本文1994年12月1日收到)

参考文献

- 1 蒋铭,等.地震活动的时间层次结构.中国地震,1991,7(3):42—53.
- 2 张国民,等.印度板块北边界地震活动和大陆地震.地震,1994,(3):1—8.

THE RELATION BETWEEN THE QUIESCENCE OF $M \geq 5$ SHOCKS AND THE $M \geq 7$ EARTHQUAKES IN CHINA CONTINENT

Su Luansheng

(Seismological Bureau of Shandong Province, Jinan 250021)

Abstract

This paper discussed the relation between the quiescence of $M \geq 5$ shocks and the $M \geq 7$ earthquakes in China continent since 1900. Furthermore, the seismic tendency and the seismic quiescence ($M \geq 5$) for 134 days in 1994 has been preliminarily analyzed.

Key words: Seismic episode, Seismic activity, Level structure, Strong earthquake, Trend prediction