

南黄海地区强震趋势预测

门可佩¹, 李端²P315.75
P315.5

(1. 南京气象学院, 江苏 南京 210044; 2. 青海广播电视大学, 青海 西宁 810008)

摘要:对南黄海地区1846年以来 $M_S \geq 6$ 强震活动的可公度性进行了分析,发现该区强震活动具有6 a、12 a和57 a的基本周期,此外还有63 a、69 a和75 a的周期.根据强震活动的可公度性特征和丛集特征,对南黄海地区未来 $M_S \geq 6$ 地震活动趋势进行了预测,并对预测结果进行了论证.

关键词:南黄海地震; 趋势预测; 可公度性

中图分类号: P315.5; P315.75 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2000)02-0134-05

0 前言

南黄海海域(31°~35°N, 120.5°~123.5°E)是中国东部中强地震最为活跃的地区之一,其地震活动在时间上有明显的成丛特点.自1846年以来该区的地震活动可划分为3个时段^[1]:第1时段为1846~1910年,地震活跃时间为30~40 a,平静时间为20 a;第2时段为1910~1975年,活跃时段30~40 a,平静约30 a;1975年以来为第3时段.在第3时段已发生了1984年6.2级和1996年6.1级强震,现在正处于该时段的后期.另外,台湾地区在地震活动平静了3 a之后,于1999年9月21日发生了7.6级大震群.由于台湾地区7级大震与南黄海地区中强地震关系密切,因此21世纪南黄海地区强震趋势如何,是需要引起注意和进行研究的,本文对此进行了探讨.

1 南黄海地区6级强震的可公度性分析和预测

根据作者以往的研究^[2~5],南黄海地区中强地震具有显著的可公度性.取南黄海海域1846年以来的7次 $M_S \geq 6$ 强震为样本,其发震年份分别为

$$X_1 = 1846, X_2 = 1852, X_3 = 1910, X_4 = 1921, X_5 = 1927, X_6 = 1984, X_7 = 1996$$

选取样本时对于强震群以其主震为代表.上述7个元素之间有以下结构关系:

$$X_2 + X_4 = X_1 + X_5 = 3773$$

$$X_3 + X_4 = X_1 + X_6 = 3830 \text{ (3831)}$$

$$X_4 + X_4 = X_1 + X_7 = 3842$$

$$X_5 + X_4 = X_2 + X_7 = 3848$$

$$X_6 + X_4 = X_3 + X_7 = 3905 \text{ (3906)}$$

$$X_6 + X_2 = X_3 + X_5 = 3836 \text{ (3837)}$$

收稿日期: 1999-09-17

基金项目: 该文是上海市科技发展基金项目(97251200)中“上海附近地区滨海地震学研究”子课题的部分成果.

作者简介: 门可佩(1949-),男,江苏南京人,副教授,现主要从事应用数学、统计分析、能源与经济、地震预测等研究.

经计算可知,该结构中包含6个周期,即

$$X_2 - X_1 = X_5 - X_4 = 6 \tag{1}$$

$$X_4 - X_3 = X_7 - X_6 = 12(11) \tag{2}$$

$$X_6 - X_5 = X_3 - X_2 = 57(58) \tag{3}$$

$$X_3 - X_1 = X_6 - X_4 = 63(64) \tag{4}$$

$$X_4 - X_2 = X_7 - X_5 = 69 \tag{5}$$

$$X_4 - X_1 = X_5 - X_2 = X_6 - X_3 = X_7 - X_4 = 75(74) \tag{6}$$

由(1)~(6)式可知,(1)式+(5)式=(2)式+(4)式=(6)式,(2)式+(3)式=(5)式,(1)式+(3)式=(4)式.这说明上述6个周期中,6 a、12 a和57 a是基本周期,而63 a、69 a、75 a为其之和,即:57+6=63,57+12=69,6+12+57=75.根据上述可公度结构关系,作者曾在1993年利用前6个强震样本 $X_1 \sim X_6$,对1996年南黄海6.1级地震,即 X_7 作过较好的预测^[2,4].

2 南黄海地区未来强震趋势预测

2.1 可公度性预测

设未来南黄海6级强震为 X_8 ,利用样本 $X_1 \sim X_7$ 进行预测.其三元可公度式^[6,7]有以下5种:

$$X_8 = X_5 + X_4 - X_1 = 2002$$

$$X_8 = X_5 + X_5 - X_2 = 2002$$

$$X_8 = X_5 + X_6 - X_3 = 2002$$

$$X_8 = X_5 + X_7 - X_4 = 2002$$

$$X_8 = X_7 + X_2 - X_1 = 2002$$

因采用年号进行计算,故误差取 ± 1 a.这里可公度式的频数 $x = 9$,按文献[6]计算得出的频数 $\lambda_x = 2.78$,其置信水平在90%以上,这表明 $X_8 = 2002$ 绝非偶然.在上述5个公式中, $X_1 \sim X_8$ 各元素出现的频数依次为2,2,1,2,5,1,2和5,其中 X_5 出现5次,则 X_8 和 X_5 可归为一类,得子集 $\langle X_5, X_8 \rangle$.这说明未来强震 X_8 具有与 X_5 相类似的性质,因此2002年前后南黄海地区有可能发生 $M_S \geq 6$ 地震.

2.2 根据地震丛集特征的预测结果

1846年以来,南黄海海域6级强震具有明显的丛集特征.6级强震按3丛分布,每丛间隔时间为57 a,丛内强震间隔时间为12 a和6 a,规律性十分显著(图1).图中斜线表示63 a和69 a的周期.由图1可知, X_5 为第2丛强震的最后一次地震,因此, X_8 也将可能是第3丛强震活动结束的标志.依照前2丛内强震发生的规律可以推测,1996年南黄海6.1级地震后,未来6级强震可能发生在2002年前后,其强度大约不会超过第3

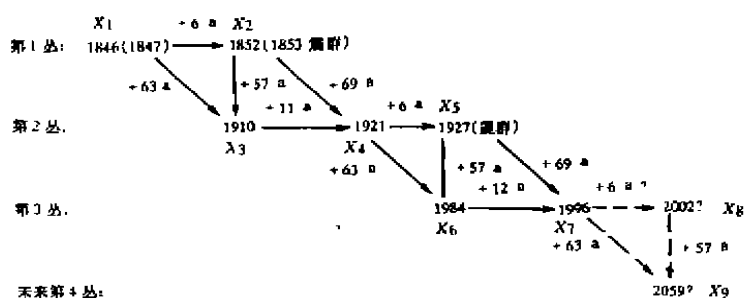


图1 1846年以来南黄海地区6级强震丛集活动特征(虚线表示预测结果)

Fig.1 Cluster characteristics of $M_S \geq 6$ strong earthquakes in the southern Yellow Sea area since 1846 (dotted line for prediction).

丛强震活动的首次地震,即1984年 $M_S6.2$ 地震。 X_8 地震发生之后,第3丛强震活动可能即将结束。根据图1所示的强震活动规律推测, $X_9 = 2059$,即在2059年前后南黄海地区可能发生 $M_S \geq 6$ 强震,并且这次地震可能标志南黄海第4丛强震活动的开始。

图2是南黄海地区以75 a(或74 a)为周期的6级强震活动情况示意图。由图2可见,1846年以来南黄海6级强震按75 a(或74 a)间隔发生。根据图2所示的地震活动规律推测,在第1活跃幕中的1927年 $M_S6.5$ 地震发生后,间隔75 a,则在第二活跃幕的2002年南黄海地区可能有 $M_S \geq 6$ 地震发生;第2活跃幕的1984年 $M_S6.2$ 地震发生后,间隔75 a,在2059年前后该地区可能再次发生 $M_S \geq 6$ 地震,并且新一轮地震活跃幕即将开始。

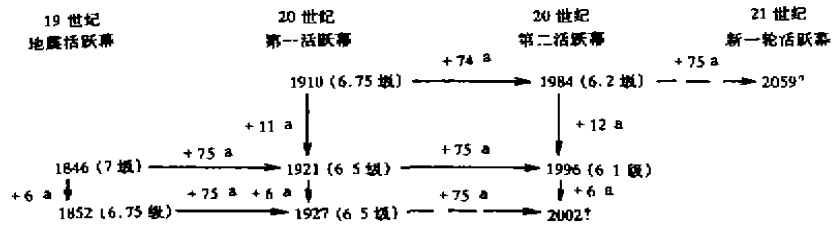


图2 南黄海地区以75 a(或74 a)为周期的6级强震活动示意图(虚线表示预测结果)

Fig. 2 Periods of 75 years in activity of $M_S \geq 6$ strong earthquakes of the southern Yellow Sea area (dotted line for prediction).

2002,2008,2053。当 $m > 1$ 时, $\Delta_{i,m}$ 的分布也各有聚点,很有规律,当然这与 $\Delta_{i,1}$ 分布的规律性有关。特别是第3列 $\{\Delta_{i,3}\}$ 的聚点均为75。这也进一步证明了75 a具有突出的预测功能。

3 讨论

按文献[7],以 $\Delta_{i,m} = X_i - X_{i-m}$ 表示稀有事件的第 i 次实现与前 m 次实现的时间间隔,其中 $1 \leq i - m < i < N$, N 为已实现的总次数。本文中 $N = 7$ 。 $\Delta_{i,m}$ 是三元可公度式的构成基础,南黄海地区6级强震时间间隔 $\Delta_{i,m}$ 的分布情况见表1。

表1中 $\Delta_{i,m}$ 的分布相当稳定,因而有可能通过已知强震事件的时间序列预测未来可能发生的强震事件。当 $m = 1$ 时, $\{\Delta_{i,1}\}$ 具有明显的聚点,集中分布在6、12和57附近,而且3个聚点的概率相同。因此未来强震事件 X_8 的发展有3种可能性:2002,2008,2053。当 $m > 1$ 时, $\Delta_{i,m}$ 的分布也各有聚点,很有规律,当然这与 $\Delta_{i,1}$ 分布的规律性有关。特别是第3列 $\{\Delta_{i,3}\}$ 的

表1 时间间隔 $\Delta_{i,m}$ 聚点的分布

i	m					
	1	2	3	4	5	6
2	6					
3	57	63				
4	12	69	75			
5	6	18	75	81		
6	57	63	75	132	138	
7	12	69	75	87	144	150
	$\{\Delta_{i,1}\}$	$\{\Delta_{i,2}\}$	$\{\Delta_{i,3}\}$	$\{\Delta_{i,4}\}$	$\{\Delta_{i,5}\}$	$\{\Delta_{i,6}\}$

聚点均为75。这也进一步证明了75 a具有突出的预测功能。

为了确定 X_8 的3种可能性中哪一种最大,利用(7)式计算了 $\Delta_{8,m}$,计算结果见表2。由表2可知, $\Delta_{8,6}$ 支持 $X_8^{(1)}$, $\Delta_{8,5}$ 支持 $X_8^{(3)}$; $\Delta_{8,2}$ 虽对二者都支持,却略偏重 $X_8^{(3)}$;而 $\Delta_{8,4}$ 对3者均支持。但是 $X_8^{(1)}$ 还独得 $\Delta_{8,3}$ 的支持,因此 $P[X_8^{(1)}] > P[X_8^{(3)}] > P[X_8^{(2)}]$,即 $X_8^{(1)}$ 的可能性更大,也就是说 X_8 地震发生在2002年是可信的。

$$\begin{cases} X_8^{(1)} = X_7 + \Delta_{2,1} = 1996 + 6 = 2002 \\ X_8^{(2)} = X_7 + \Delta_{7,1} = 1996 + 12 = 2008 \\ X_8^{(3)} = X_7 + \Delta_{6,1} = 1996 + 57 = 2053 \end{cases} \quad (7)$$

以下利用 $X_8^{(1)}$ 、 $X_8^{(2)}$ 、 $X_8^{(3)}$ 分别对 X_9 进行预测:

(1) 对于 $X_8^{(1)} = 2002$,利用(8)式计算 $\Delta_{9,m}$,结果见表3。

$$\begin{cases} X_9^{(1)} = X_8^{(1)} + \Delta_{2,1} = 2002 + 6 = 2008 \\ X_9^{(2)} = X_8^{(1)} + \Delta_{7,1} = 2002 + 12 = 2014 \\ X_9^{(3)} = X_8^{(1)} + \Delta_{6,1} = 2002 + 57 = 2059 \end{cases} \quad (8)$$

由表3可以看出, $\Delta_{9,m}$ 各值都支持 $X_9^{(3)}$, 而对 $X_9^{(1)}$ 和 $X_9^{(2)}$ 各仅有1个值或2个值支持, 显然 $X_9 = 2059$ 的可能性 $P[X_9^{(3)}]$ 最大. 因此, X_9 应取 2059.

(2) 对于 $X_8^{(2)} = 2008$, 根据(9)式计算的结果见表4.

$$\begin{cases} X_9^{(1)} = X_8^{(2)} + \Delta_{2,1} = 2008 + 6 = 2014 \\ X_9^{(2)} = X_8^{(2)} + \Delta_{7,1} = 2008 + 12 = 2020 \\ X_9^{(3)} = X_8^{(2)} + \Delta_{6,1} = 2008 + 57 = 2065 \end{cases} \quad (9)$$

由表4分析可知, $X_9^{(1)}$ 和 $X_9^{(3)}$ 分别有 $\Delta_{9,4}$ 与 $\Delta_{9,5}$ 的支持, $\Delta_{9,2}$ 虽对二者均支持, 但是更偏重后者. 所以 $X_9^{(3)}$ 的可能性略大于 $X_9^{(1)}$, 即 X_9 应取 2065, 或取 2014.

(3) 对于 $X_8^{(3)} = 2053$, 根据(10)式计算的结果见表5.

表2 $\Delta_{8,m}$ 计算结果

	<i>m</i>					
	1	2	3	4	5	6
$X_8^{(1)}$	6	18	75	81	93	150
$X_8^{(2)}$	12	24	81	87	99	156
$X_8^{(3)}$	57	69	81	132	144	201

表3 $\Delta_{9,m}$ 计算结果

	<i>m</i>					
	1	2	3	4	5	6
$X_9^{(1)}$	6	12	24	81	87	99
$X_9^{(2)}$	12	18	30	87	93	105
$X_9^{(3)}$	57	63	75	132	138	150

表4 $\Delta_{9,m}$ 计算结果

	<i>m</i>					
	1	2	3	4	5	6
$X_9^{(1)}$	6	18	30	87	93	105
$X_9^{(2)}$	12	24	36	93	99	111
$X_9^{(3)}$	57	69	81	138	144	156

表5 $\Delta_{9,m}$ 计算结果

	<i>m</i>					
	1	2	3	4	5	6
$X_9^{(1)}$	6	63	75	132	138	150
$X_9^{(2)}$	12	69	81	138	144	156
$X_9^{(3)}$	57	114	126	183	189	201

$$\begin{cases} X_9^{(1)} = X_8^{(3)} + \Delta_{2,1} = 2053 + 6 = 2059 \\ X_9^{(2)} = X_8^{(3)} + \Delta_{7,1} = 2053 + 12 = 2065 \\ X_9^{(3)} = X_8^{(3)} + \Delta_{6,1} = 2053 + 57 = 2110 \end{cases} \quad (10)$$

由表5可以看出, $\Delta_{9,m}$ 各值都支持 $X_9^{(1)}$, 其可能性大大超过后二者, 在此情况下, X_9 应取 2059.

此外, 不论 X_8 为何值, 都可以直接利用 $X_1 \sim X_7$ 去预测 X_9 , 见下列三元可公度关系式:

$$\begin{aligned} X_7 + X_3 - X_1 &= 2059, & X_6 + X_4 - X_1 &= 2059, \\ X_7 + X_4 - X_2 &= 2065, & X_6 + X_5 - X_2 &= 2059, \\ X_7 + X_5 - X_3 &= 2014, & X_6 + X_6 - X_3 &= 2059, \\ X_7 + X_6 - X_4 &= 2059, & X_5 + X_5 - X_1 &= 2008. \\ X_7 + X_7 - X_5 &= 2065 \end{aligned}$$

在上述9个公式中, 预测结果为 2059 的有5式, 预测值为 2065 的有2式, 预测值为 2008 与 2014 的各1式, 由此可知, X_9 为 2059 的可能性最大.

综上所述,在2002年和2059年前后南黄海地区将发生 $M_S \geq 6$ 强震的可能性是较大的。

4 结论

(1) 1846年以来,南黄海地区 $M_S \geq 6$ 强震具有显著的可公度性,其可公度的基本周期为6 a、12 a和57 a,此外还有由其派生的63 a、69 a、75 a等周期,其中75 a周期具有突出的预测作用。

(2) 目前南黄海地区的地震活动处于20世纪第2活跃幕的后期,未来2次 $M_S \geq 6$ 强震可能发生在2002年和2059年前后,前者可能标志南黄海地区第3丛强震活动的结束,估计其震级不会超过6.2级,而后者则可能是南黄海第4丛强震活动的开始。

(3) 只要强震等稀有事件时间序列间隔 $\Delta_{i,m}$ 分布具有明显的“聚点”,则可利用三元可公度式进行周期或多周期的递进预测,这对于中长期地震预报和防震减灾具有较为重要的意义。

[参考文献]

- [1] 林命周,刘昌森,何淑韵,等.南黄海地区的地震活动特征与趋势[A].见:上海市的地震与应急——1996年11月9日长江口以东海域地震研究文集[C].北京:地震出版社,1999,89~96.
- [2] 门可佩.江苏—南黄海地区 $M \geq 6$ 强震预测研究[J].地震地磁观测与研究,1993,14(2):7~12.
- [3] 门可佩.南黄海6.1级地震后强震活动趋势的初步研究[J].西北地震学报,1999,21(1):107~109.
- [4] 门可佩,赵兵.江苏—南黄海地区地震活动趋势研究[J].地震地磁观测与研究,1997,18(3):65~72.
- [5] 门可佩,赵兵.南黄海地区中强地震周期性特征及其预测研究[A].见:上海市的地震与应急——1996年11月9日长江口以东海域地震研究文集[C].北京:地震出版社,1999,97~104.
- [6] 翁文波,吕牛顿,张清.预测学[M].北京:石油工业出版社,1996.
- [7] 王仲奇.三元可公度性应用于稀有事件预测的合理性分析及 $(\Delta_{i,m})$ 有明显“聚点”的稀有事件的预测[J].预测,1989,(3):43~46,50.

PREDICTION FOR TREND OF STRONG EARTHQUAKES IN THE SOUTHERN YELLOW SEA AREA

MEN Ke-pei¹, LI Duan²

(1. Nanjing Institute of Meteorology, Nanjing 210044, China;
2. Qinghai Broadcast and TV University, Xining 810008, China)

Abstract: Commensurable characteristics of activity of $M_S \geq 6$ earthquakes in the southern Yellow Sea area since 1846 are analysed. There are major periods of 6 years, 12 years and 57 years and periods of 63 years, 69 years and 75 years besides in activity of strong earthquakes of the area. Based on commensurable and clustered characteristics of activity of strong earthquakes, the trend of strong earthquakes in the area in future is forecasted. The forecasting results are proved.

Key words: Nanhuanghai earthquake; Trend prediction; Commensurability