

溧阳两次地震前震活动图 象的共性特征

孙寿成 胡连英

(江苏省地震局)

提 要

本文研究了溧阳两次地震的前震活动现象,发现溧阳两次地震的前震活动图象具有某些共性特征:(1)前震活动的时间尺度雷同;(2)前震活动频度和强度同具有时强时弱的分期活动特点;(3)震前孕震空区形态相似;(4)临震前地震活动同具有条带分布图象;(5)前震活动在时一空图形上分别形成“时—空”弯形平静区。

溧阳两次同源地震前震活动图象具有共性特征这一客观事实,可能反映两次地震在同一区域应力场作用下具有类似的孕震破裂过程。追溯这些过程,它们可能同受震源区及其附近的同一介质和构造条件的制约。

大震前的各种地震活动图象对比研究,已作为认识地震和预报地震的一种常用方法。多数的研究认为不同地震的这些图象不尽相同,图象的形态因地震而异。但溧阳两次地震前兆地震活动图象具有共性特征,许绍燮称之为地震现象的相似性*。本文将就这种特征进行具体论述,并提出初步认识,以供讨论。

一、前震活动图象的时空特征

根据苏皖两省台网1969年以来的地震资料,考虑到1974年以后两省的台网控制能力增强,分别统计 $\varphi_N 30^\circ 40' - 32^\circ 30'$, $\lambda_E 118^\circ$ 以东陆地部分(全区)和 $\varphi_N 30^\circ 40' - 32^\circ 30'$, $\lambda_E 118^\circ - 120^\circ$ (孕震区)范围内的 $M_s \geq 1$ 级地震,其逐年地震活动情况见表1和图1。

从表1可知,差不多从两次地震前三年开始,全区性地震活动和孕震区地震活动频度都有显著增加,其年频度远远超过正常水平(0—3次/年)。为与该区正常地震活动水平相区别,

*许绍燮、刘玉芬,从两次溧阳地震认识地震现象的相似性,1981.

表 1

5.5级地震前				6级地震前				备 注
时 间	全区(次)	孕震区(次)	孕震区地震次数占全区%	时 间	全区(次)	孕震区(次)	孕震区地震次数占全区%	
1969	4	1	25%	1975	22	8	14%	
1970	4	0	0	1976	29	8	27%	
1971	9	8	33%	1977	29	13	49%	
1972	14	8	57%	1978	29	8	27%	
1973	12	7	58%	1979.8	8	1	12%	
1974.8	11	8	73%					

我们将年频度大于3的地震称溧阳地震的前震(广义)活动。

1. 前震活动的时间序列雷同

从表1中可以看出,1970年以前地震活动水平相当低,全区统计年频度 ≤ 4 次;孕震区 ≤ 1 次。但自1971年始,在地震监测能力同等的条件下,全区和孕震区地震活动年频度显著增加,并且随时间向主震逼近。孕震区地震频次占全区百分比越来越大,1974年1—3月达到峰值,为73%。尽管1974年5.5级地震后区域地震监测台网加密和其余震序列的影响以致地震活动水平较高,但在5.5级地震后的第二年即1975年,孕震区地震活动很快恢复到3次/年的震前正常水平上。这也标志着以后发生的6级地震在孕震过程中是一次与5.5级地震无关的独立地震事件。

随着6级地震孕育,地震活动自1976年频度又迅速增加,到1977年孕震区内地震占全区地震次数百分比达49%,与前次地震不同的是,6级地震前震活动高潮不是在临震前,甚至主震前四个月内孕震区无一次地震发生。

比较以上两次地震前震活动时间序列特征可以认为,尽管两次地震在孕震过程中前震活动出现的高峰期不尽相同,但两次地震前震活动在时间尺度上是雷同的。若5.5级地震前震活动从1971年2月13日金坛2.3级地震起算到主震发生,全过程为1163天。6级地震前震活动从1975年3月6日太兴1.7级地震起算到主震发生共经历了1219天(图2)。据国内外有关研究认为,主震前震活动时间与主震震级相关,力武常次(1975)、关谷溥分别给出以下经验公式^[1, 2]:

$$\lg T = 0.77M - 1.65 \quad (1)$$

$$\lg T = 0.76M - 1.183 \quad (2)$$

式中T为前震活动时间, M为主震震级。

以5.5级地震、6级地震前震活动时间分别代入(1)、(2)式,求得经验震级:

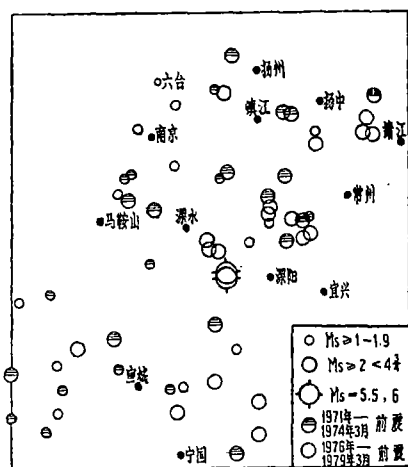


图1 溧阳两次地震的前震活动

Fig.1 Fore-shock of two earthquakes at Liyang.

$$M_{7.4} = \frac{\text{Lg}1163 + 1.65}{0.77} = 6.1$$

$$M_{7.9} = \frac{\text{Lg}1219 + 1.65}{0.77} = 6.2$$

$$M_{7.4} = \frac{\text{Lg}1163 + 1.183}{0.76} = 5.6$$

$$M_{7.9} = \frac{\text{Lg}1219 + 1.183}{0.76} = 5.6$$

两次地震虽然震级不同，但计算的结果相当一致。表明由于前震活动时间尺度接近，因此M—t相关关系对溧阳地震并不存在。

2.前震活动频度与强度同具有时强时弱的分期活动特点

溧阳两次地震前震活动水平（频度、强度）都具有随时间变化的时强时弱活动特点（图3）。表2对这种特点进行了具体划分。

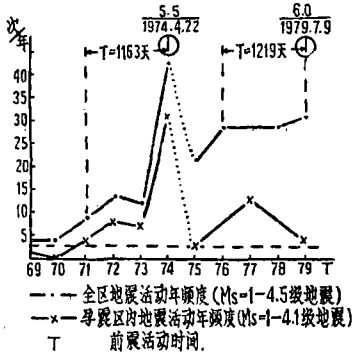


图 2 溧阳两次地震前震活动年频次图
Fig. 2 Frequency to fore-shock before the major shocks (two earthquakes at Liyang) occurring.

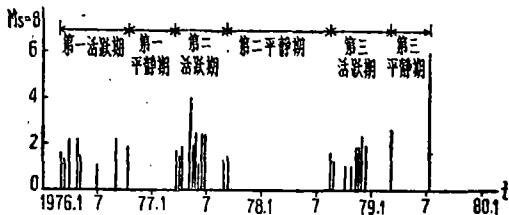
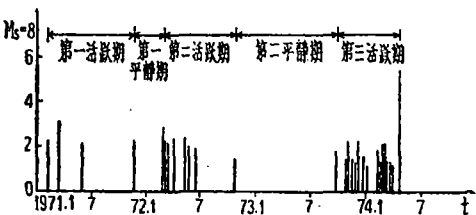


图 3 溧阳两次地震前震活动的“时—强”图
Fig. 3 The “M—T” figure before the two earthquakes at Liyang.

表 2

5.5级地震前震活动						6.0级地震前震活动					
前震分期	起止时间	累计月数	地震次数	月频度	释放能量 × 10 ¹⁴	起止时间	累计月数	地震次数	月频度	释放能量 × 10 ¹⁴	
第一活跃期	1971. 2—1971.11	9	4	0.4	453.6	1976. 3—1976.10	8	8	1	53.7	
第一平静期	1971.11—1972. 2	3	0	0	0	1976.11—1977. 2	4	0	0	0	
第二活跃期	1972. 3—1972.10	8	8	1	357.5	1977. 3—1977. 9	7	13	1.9	9074.9	
第二平静期	1972.11—1973. 8	10	0	0	0	1977.10—1978. 7	10	0	0	0	
第三活跃期	1973. 9—1974. 3	7	15	2.1	101.1	1978. 8—1979. 8	8	9	1.1	1459	
第三平静期	1974. 4	1	0	0	0	1979. 4—1979. 7	4	0	0	0	
主震时间	1974. 4.22					1979. 7. 9					
累 计		38	27		912.1		41	30		9274.4	

表 2、图 3 都反映两次中强地震前震活动经历大致相同过程，即三个活跃期和三个平

静期,而每个平静期和活跃期所需时间又大体相当,甚至构成这两次地震的前震次数也近于相等。

3. 震前的孕震空区

两次地震的前震活动皆相对密集在孕震区(图4)并分别形成十分相似的椭圆形图象,其轴方向皆为北北东。5.5级地震的前震活动孕震区长轴240公里,短轴为80公里;6级地震的前震孕震区长轴220公里,短轴为100公里。更为突出的是,两次地震前震活动主要集中在震区的外围,而在震中附近地震异常平静。因此在孕震区内分别形成以未来主震为中心的空区图象,这种现象茂木^[2]称之为“圈饼”(doughnut pattern)图象。从空区形成时间特征看,5.5级地震空区自1971年6月1日全坛2.2级地震始至1974年3月27日宣城东1.3级地震,为2年零10个月;6级地震空区自1976年10月19日郎溪2级地震始,至1978年12月1日的金坛2.6级地震,为2年另2个月。两次地震的空区的形成时间是相当的。在形态特征上,两空区长轴方向与孕震区之长轴完全一致。它们同时与震区内主要活动断裂构造——茅山断裂带(图4中的F)走向吻合。两空区长轴为110—120公里,面积相等。

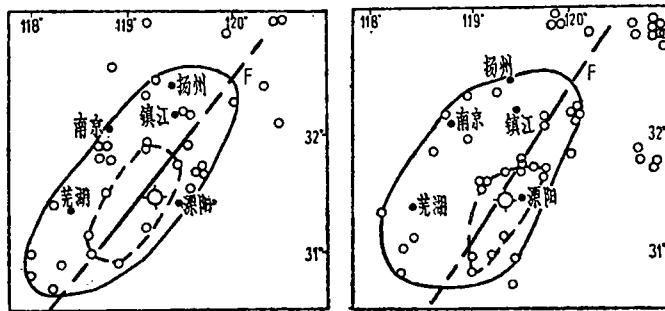


图4 溧阳两次地震前震活动的图象

Fig. 4 "Doughnut pattern" for fore-shock before the major earthquakes occurring.

据吴开统^[8]和赵根模^{*}的研究,地震空区长轴与主震震级相关。

$$M = 3.00LgL - 0.07 (\pm 0.33) \quad (3)$$

$$M = 3.61LgL - 1.26 (\pm 0.12) \quad (4)$$

式中M为主震震级, L为空区长轴长度(公里)。

将两次地震前地震空区长轴长度分别代入(3)、(4)式得:

$$M_{7.4} = 3.00Lg115 - 0.07 = 6.11 (\pm 0.33)$$

$$M_{7.4} = 3.61Lg115 - 1.26 = 6.17 (\pm 0.12)$$

$$M_{7.9} = 3.00Lg120 - 0.07 = 6.14 (\pm 0.33)$$

$$M_{7.9} = 3.61Lg120 - 1.26 = 6.21 (\pm 0.12)$$

计算结果表明所得的两次地震震级相当,这表明与前震异常时间和震级关系类似,溧阳两次地震的空区尺度(长轴)相近,它们与震级尺度之间同样不能建立正比例关系。

4. 临震前震活动同具条带状分布图象

*赵根模, 地震空区特征及应用, 1980.

两次地震前18—40个月, 地震活动随机性很大, 但在主震前1—11个月, 地震活动都有向主震震中收缩并形成北北西和北东向地震活动条带, 两条带的交叉部位即为主震震中所在(图5)。

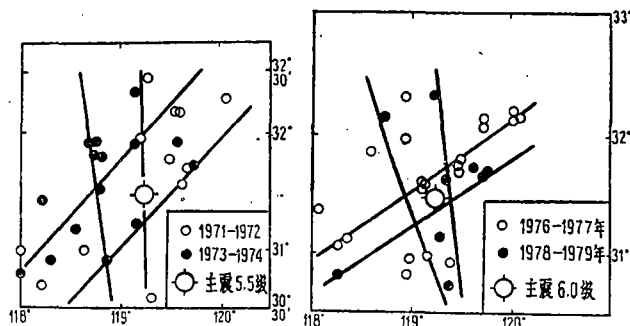


图5 溧阳两次地震临震前地震活动条带

Fig. 5 Seismicity immediately before the two earthquakes occurring within a belt in the form of a stripe.

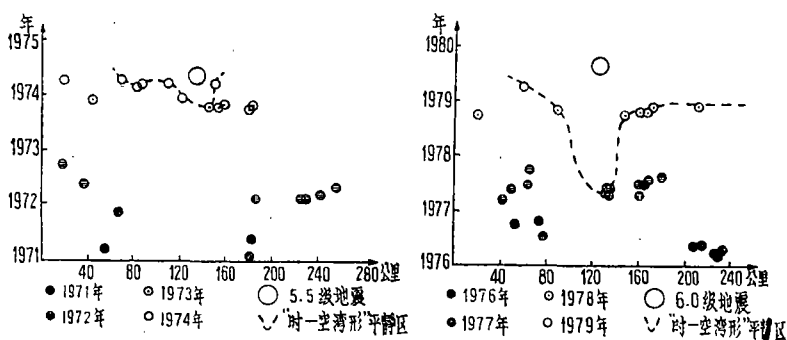


图6 溧阳两次地震前小震活动的“时—空”弯形分布

Fig. 6 Fore-shock activity has the same “crooked” shape on the figure of seismic “time-space”.

5. 前震活动在时—空图形上分别形成“时—空”弯形平静区。

以通过两次主震震源的区内主要地震构造——茅山断裂带为横坐标, 以前震活动时间为纵坐标, 构成“时—空”座标系^[4]。将前震震中分别投影到横坐标上, 得到图6的图形。图6清楚地显示了前震活动各自形成特有的“时—空”弯形。两次地震震中恰处于“时—空”弯形平静区最小区正对面。

二、认识与讨论

对比以上两次溧阳地震的前震活动图象, 有以下两点是十分明显的:

1. 溧阳两次同源地震前震活动表现在时空图象上有其共性特征。这一客观存在决不是偶然的巧合。它可能反映了两次地震在同一区域应力场作用下具有类似的孕震破裂过程。追溯这些过程, 两次地震同受震源区及其附近同一介质的结构条件的制约。就孕育破裂过程而言, 最直接的佐证可以从它们的P波初动解的结果(表3)比较得以说明。两次地震的P波初动求解所获得的震源应力状态和节面划分及其错动方式近于一致即震源力学特征上具有某种统一性。这种统一性不仅反映在孕震过程中的地震活动的共性特征, 而且也反映在两次地

震所造成的宏观烈度相似性上。6级地震等烈度线分布可视为放大了强度尺寸的5.5级地震烈度再现〔5〕。虽然溧阳两次地震是完全独立的地震事件,有约3公里的震源距,但在宏观上它们都位于震区规模最大的活动断裂——茅山断裂带上盘。据利用天然地震转换波法探测溧阳震区地壳深部资料*的分析,位于扬子准地台东南边缘的溧阳震区,地壳具有明显层状结构,康氏面深为18—23公里,莫氏面深为28—35公里。两次地震和其大多数前震震源均在晋宁期地槽型浅变质岩基底或花岗岩质层内。因此震源处的岩石物性属较不均匀弹—塑性类型。由于震源机制和震源区介质、结构条件的统一性,在同一区域应力场作用下,震区及其附近的地体活动特征不应有截然不同。

表 3

		5.5级地震					6级地震				
		走向	倾向	倾角	仰角		走向	倾向	倾角	仰角	
节 面 I		30°	SEE	58°		右旋	20°	SEE	75°		右旋
节 面 II		101°	NNE	75°		左旋	109°	NNE	80°		左旋
P轴		60°			36°		64°			18°	
T轴		164°			35°		154°			5°	
错动力	X	20°			15°		18			10°	
	Y	120°			32°		110°			15°	

2. 溧阳两次地震活动图象共性特征不仅表现在这些活动图象的形态和方式上,而且表现在这些图象的时间尺度和空间尺度上十分接近。似乎与主震震级之间并无比例关系,即这些前震活动图象不因震级偏大而增大,亦不因震级偏小而变小。这一特殊现象与大震前前震活动图象研究所得到的图象随地震震级而异的结论不一致。这种情况,许绍燮对华北六次强震所作的地震活动图象重现性研究结果就是证明(见文献〔6〕中的图4)。因此类似溧阳地震前震活动图象的相似性可能不是一种偶然的孤立的现象。它有可能反映另外一种事实,即反映同一震源体在重复应力场作用下破裂前震有一定重现性。楠濑勤一郎等(1981)的实验发现,岩样(花岗岩)轴向重复加载,在凯瑟效应中发生的声发射震源与接近(小于)上一次施加的最大轴压时产生的声发射震源分布无明显不同。它可从实验角度论证了对同源地震或同处一地震构造区的地震,由于其边界条件相似,尽管震级略有差异,其前震活动存在着明显的相似性。从这一意义上说,仅运用图象对比法进行地震预报而不顾及震前异常图象出现的应力原因和业已存在的复杂介质、构造条件,在理论上是有重大缺陷的,简单的图象对比法还不能成为预报地震的决定性手段。

本文得到许绍燮同志审阅和具体帮助,顺致谢意。

(文文1982年11月15日收到)

参 考 文 献

- 〔1〕力武常次,地震预报,地震出版社,1978.
- 〔2〕关谷溥,异常地震活动的地震预报,地震前兆,地震出版社,1980.

*梁中华,溧阳震区地壳深部结构的探测与研究(初稿),1983.

- [3] 吴开统, 海城地震序列的特征, 地球物理学报, Vol.19, №2, 1976.
[4] P.C米哈依罗瓦, 地震平静发展的动力学和强震预报, 国外地震, №7, 1981.
[5] 孙寿成、秦承昌, 溧阳地震烈度, 地震, №1, 1980.
[6] 许绍燮、沈佩文, 地震活动性图象, 地震学报, Vol.4, №3, 1982.

THE COMMON CHARACTERISTICS OF SEISMICITY PATTERN FOR THE TWO EARTHQUAKES AT LIYANG

Sun Shoucheng Hu Lianying

(*Seismological Bureau of Jiangsu Province, Nanjing, China*)

Abstract

In this paper, based on the data of foreshocks of two main earthquakes $M=5.5$, 1974 and $M=6.0$, 1979 at Liyang, Jiangsu Province the some common have been found in the foreshock seismicity pattern. They are the following:

(1) These two earthquakes had almost the same duration of foreshocks activity.

(2) The strong and weak foreshock activities before the two earthquakes occurred alternatively.

(3) The geometry of the seismic gaps for the two main shock looked same.

(4) The seismic activities in imminent term showed a band-shaped bistribution.

(5) There was a bay-shaped quiet area of foreshocks for main shocks in a time-space diagram.

The reason of characteristics shared by the fore-earthquake prior to the major shock occurring in Liyang mentioned above has been discussed in this paper also. The authors assume that the two earthquakes might have similar broken course under the equivalent stress field and traced back to the process, it is thought to be provided with the same condition of both medium and geological structure.

Finally, these characteristics are of significance in earthquake predication