

1976年松潘大震前中强震的活动特征

王周元 张 伶

(国家地震局兰州地震研究所)

摘 要

1976年8月四川松潘,平武发生了强烈地震,震级分别为7.2, 6.7和7.2,这是我国南北地震带中段自1933年以来的最大地震。1933—1976年间该段上发生了一系列5.0—6.5级中强地震,本文讨论了这些中强震在震中跳迁,能量释放,大震源区小震频度,震中分布以及中强震余震的强度衰减等方面的地震活动特征。指出1973—1974年间的中强震活动,应当是1976年松潘平武地震的前兆地震活动,并且依据上述特征有可能将这类中强震从一般的中强震中区分出来。主要的活动特征可以归结为:自1972年开始,地震能量释放一反常态由原来源区和外围区的同步成比例变化改为截然反向的变化,这些中强震余震的扩散不明显,相反,主震却很清楚;这几个中强震和他们自己的最大强余震之间的时间间隔都大于4天,这明显大于附近地区其他中强震的这一间隔,也大于国内近年来大多数5.0—6.0级中强震的这一时间间隔;1976年初,即大震前半年,震源区的地震活动异常平静,一直持续到大震发生。

此外结合该区历史强震的迁移特点有可能预示1976年松潘平武地震的时间和地点,而其孕育过程似乎可由1949, 1972及1976年初分为几个阶段。

一、前 言

1976年8月松潘、平武7.2级地震前的地震活动特征已有人作过研究^[1-3],注意到震前震源区附近断续发生的中强震,本文除了对附近地区历史地震活动作些讨论外,拟着重对这些中强震作一些分析讨论,探讨其可能的前兆信息。我国大陆地区类似于松潘,平武这种类型的大震不多,据统计约占公元1000年以来发生的 $M \geq 7.0$ 级地震的10%,但是研究这类地震的活动特征对于监视预报这种大震及区分前兆中强震活动与一般中强震活动都有一定的意义。

二、震中附近历史大震活动简况

我国南北带的震中分布表明,大致在北纬 35° 附近有一近东西向的震中分布带,在

北纬30°附近有一北西向的震中分布带。北纬35°以北及北纬30°以南地区历史大震活动剧烈，震中分布范围较宽，总体走向都为近南北；而北纬30°~35°的一段历史大震稀少，震中基本成线状排列，分布范围狭窄，走向近北东—南西（图1）。因此我们大致以北纬30°和35°为界将南北地震带分为南、中、北三段，1976年8月松潘，平武7.2级地震就发生在中段上。这里只对中段的历史地震活动情况作些简单的讨论。

震前中段上7级以上大震仅4个（表1），以震中纬度代表各大震的空间坐标，考查其时空分布（图2a），可以看到，震中南北跳迁的间隔时间越来越小，似趋向于中某一中心，该中心可由南北二区震中相向移动的交汇点求得，在北纬32.6°附近（1979）这同1976年发生的地震震中位置很接近。

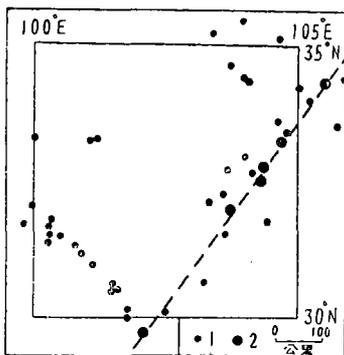


图 1

1. $M = 6 - 7$ 2. $M \geq 7.0$

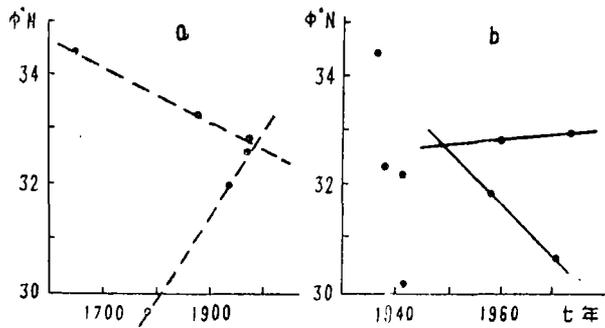


图 2

表 1

时 间	1654.7.21	1786.6	1879.7.1	1933.8.25	1976.8.16	1976.8.23	
$\lambda^\circ E$	105.5	102.1	104.7	103.7	104.3	104.3	
$\phi^\circ N$	34.3	29.7	33.2	32.0	32.8	32.5	
地 点	天水SW	康定南	武都南	迭溪	松潘	松潘	
M	$7\frac{1}{2}$	$7\frac{1}{2}$	$7\frac{1}{2}$	$7\frac{1}{2}$	7.2	7.2	

1933年迭溪 $7\frac{1}{2}$ 级地震以后，中段的6级以上地震从1936年开始发生，而且基本上都组成对出现，成对地震的间隔时间都在两三年之内（表二），其分布（图2b）表明，后两组地震也出现明显的南北跳迁现象，不过跳迁的距离正好与上述7级以上大震相反，越来越大，似自某一中心开始向南北扩展。从图中可得这个中心的坐标为北纬32.7°（1949年），

表 2

时间	1936.8.1	1938.3.14	1941.6.12	1941.10.8	1958.2.8	1960.11.9	1970.2.24	1973.8.11
$\lambda^\circ E$	105.8	103.6	102.5	103.3	104.4	103.7	102.9	104°00'
$\phi^\circ N$	34.4	32.3	30.1	32.1	31.8	32.8	30.7	32°53'
地点	天水S	松潘S	天全	黑水	北川	松潘	大邑W	南坪
M	6	6	6	6	6.2	$6\frac{3}{4}$	$6\frac{4}{1}$	6.5

也正好位于1976年8月7.2级大震震中附近。考虑到在1920年前后青藏高原东部地区6.0级以

上地震活动在频度上的转折突增以后，1950年前后其地理分布再次发生了明显的变化：前30年间（1920—1950）6级以上大震多分布在北纬 30° 以北地区*，这些似乎表明，中段上1949年前后开始出现的中强震活动较之以前略有规律的变化不是偶然的现象，而可能是某种范围区域应力场开始起作用的反映。

三、震源及外围区的能量释放

根据甘肃台网地震目录并参考四川台网资料，分别作了大震余震区及（北纬 30.6° — 34.6 ，东经 102.4° — 106.0° ）外围区1966年以来的能量释放曲线（图3）。两条曲线都表现出起伏变化，而外围区比起震中区通常约低一个数量级，即是说震源区一直为一高的地震放能区，这可能同应力集中及区内1960年的 $6\frac{3}{4}$ 级地震有关，曲线还表明震源区的能量释放在起伏中还存在着趋势性增高变化，特别应指出的是，1971年以前两条曲线表现出基本一致的同步变化，但从1972年开始直到大震发生前却表现出极不协调的反向变化。根据震中区强震分别是1973—1974年间发生的，可以认为1972年开始的变化不是简单地由这几个中强震引起，而是表明中段的应力集中至此进入了一个新的阶段，可将震源区和外围明显分开。根据震源区的放能情况，这应当表明应力集中进入了加速阶段。1975年以后，震源区的放能水平反而低于外围地区，出现了反向变化。如果单独考查图三中某一条曲线很难判别是否有异常，或者异常何时开始，但两条曲线的前后对比则可以清楚地说明震源区能量曲线的趋势性增高是异常的显示，而震源区应变能释放异常开始的时间应当在1972年前后。因此，1973—1974年间的中强震活动应当属于大震的前兆地震活动，它们同大震的孕育过程密切相关，所以它们与其它一般中强震不同的活动特点很可能是受1976年松潘，平武7.2级大震震源应力场制约的一种表现。有趣的是，研究结果表明，该大震的前兆波速异常也自1972年开始〔4〕，这就表明1972年的变化不是偶然的。

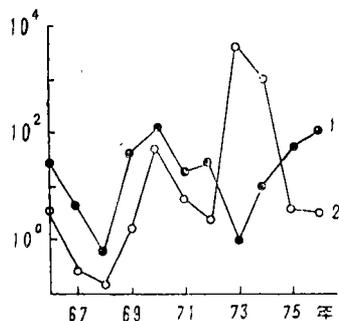


图 3

1. 外围区 ($\times 10^{17}$ 尔格) 2. 震中区 ($\times 10^{18}$ 尔格)

四、中强震的一些活动特点

1. 余震的震中分布

图4为1973年8月11日6.5级地震，1974年1月16日5.7级地震及1974年11月17日5.7级地震的余震震中分布。为便于比较，还分段点出了直至1980年底的震中分布，所取地震震级 $M_s \geq 1.0$ 级。尽管所取余震的延续时间不等，但几个中强震的余震震中分布图的一个共同点在于震中分布都相当集中，1976年8月23日7.2级地震后却开始出现扩散趋势，1978年以后尤为明显。目前人们普遍认为余震区的大小代表了震源区的尺度，它同主震强度有关，在此

*王周元，大地震前后的趋势估计及五原盆地大震趋势的估计。全国地震大形势研究学术讨论会材料。

也可大致看出这种关系。但是作为应力调整释放的余震活动如果没有新的控制因素起作用的话，它总是会告一段落转入正常活动的。其标志之一就在于震中分布的扩散。主震越小，这种调整释放时间会越短，因而震中的扩散就会来得早些。图4中反映出来的差异变化表明1978年以后震源应力场的调整释放基本告一段落，因而余震的扩散现象也十分明显。换句话说长时间余震震中分布的扩散现象不明显，是这几个中强震的余震活动特点之一，很可能反映了大震的前兆信息。

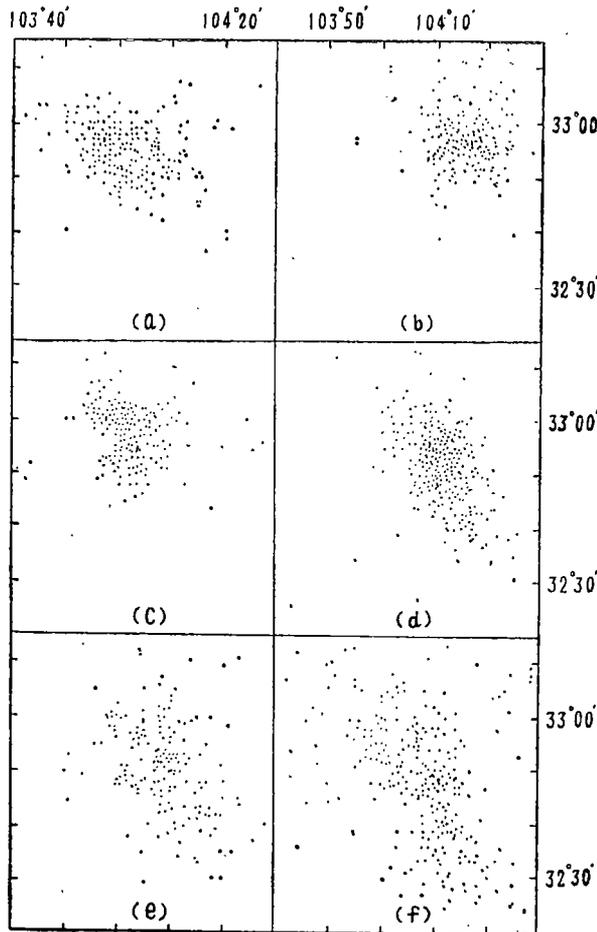


图 4

- a. 1973年8月11日—1974年1月15日
- b. 1974年1月16日—1974年11月16日
- c. 1974年11月17日—1976年8月15日
- d. 1976年8月16日—1976年8月21日
- e. 1976年8月22日—1977年12月31日
- f. 1978年1月1日—1980年12月31日

2. 大震前的平静

前已述及，根据图3所示的震源区和外围区地震放能曲线对比表明，1975年以后，震源区的放能水平已经低于外围地区，这一方面反映自此中小地震的活动空间开始由源区转移到外围地区；另一方面则预示了震源区自此进入中小地震的平静期。为了详细考察震源区的平静情况，这里拟作进一步的讨论。

根据1973年8月6.5级地震及1976年8月7.2级地震的余震($M_s \geq 1.0$)月频曲线(图5),尽管前一段时间资料不全,但不难看出约在一年以后这两次相差近一级的地震的余震月频次曲线趋于重合。据此,我们有可能通过比较大震一年以后相应时段的余震频次变化情况来提取1976年8月大震前小震活动频次异常信息。

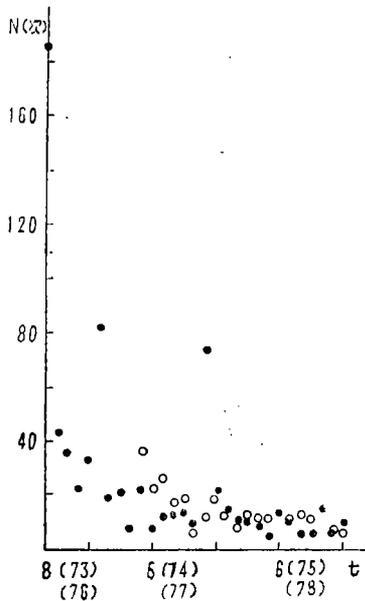


图 5

黑点为1973年8月6.5级地震余震月频次,
空心圆为1976年8月7.2级地震余震月频次

为了清楚起见,我们以时间为横坐标,相邻两次1.0级以上地震的时间间隔为纵坐标作图(图6)。该图表明:1976年8月大震后余震活动在跳跃起伏中逐渐趋于平缓,1973年8月地震后的情况也基本如此,但从1976年2月初开始,震源区的小震活动突然变得异常平静,表现了震前小震活动的一个鲜明特点。限于篇幅,图6中选留了两个地震的有关部分的相应一段,以作比较。

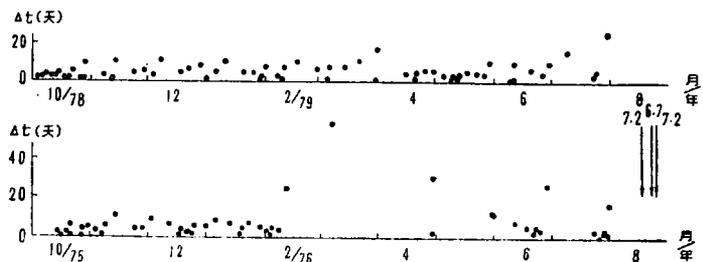


图 6

我们统计了全国大陆上近1000年来74个7级以上大震前中强震的活动情况,结果表明,大地震前震中及附近地区属于平静的约占57%。这74个大震里8级以上地震共15个,其中震前中强震活动属于平静的11个约占73%。可见震前平静可能是前兆地震活动较为普遍的现象。其原因可能在于,孕震区及周围介质如果太破碎,太软弱,易于发生中小地震,就不太容易积蓄足够的能量,孕育大震。而图6所示情况的特殊之处在于,震前不久,震源区及其附近相继发生过几次6级左右的中强震,并且统计的是低至1.0级的小震,所以图6反映出来的这种平静变化就更具有特殊意义,这种突然转入平静的情况表明震源区的应力状态或者介质性质至此发生了突变,即是说又进入了一个新的阶段。

3. 最大强余震。

统计了1976年松潘,平武7.2级大地震前附近地区1960年以来中强震的最大余震同主震的时间间隔 Δt (表3),可以看到,这10个地震中仅震源区1973—1974年间三个地震的 Δt 在4天以上,其余地震有的就在震源区,有的在外围,但 Δt 都在1天以内。这样,这些中强震就清楚地分为两组,一组为一般的中强震,它们的最大强余震几乎紧跟在主震之后发生,间隔时间最多不超过一天,另一组作为大震前兆活动的中强震,它们的最大强余震与主震的时间间隔则较长,都在4天以上。为了便于比较我们还统计了1970—1980年间全国大陆上其他地区主震~余震型的20个5—6级中强震的 Δt [5],结果发现,其中15个 Δt 较短,都在两天以内,而且这些中强震均与7级以上大震关系不明显;其余5个 Δt 稍长些,其中有4个都在1976年的几个大震前后,似与当年的几个大震有些关系,仅一个在1976年以后,有待检验。不过,这似乎可以说明一般中强震和作为大震的前兆活动的中强震之间,其最大余震发

表3

时 间	地点	M主	M余	时 间	Δt (天)
1960.11.9 18—43	松潘	6 ³ / ₄	5.1	11.9. 20—27	0.1
1961.8.30 20—00	松潘	5.5	4.5	8.31. 00—54	0.2
1961.10.1 08—16	阆井	5.7	4.7	10.2. 03—55	0.8
1969.9.26 07—10	阿坝	5.1	4.0	9.26. 11—01	0.2
1970.9.5 21—37	壤塘	5.5	4.0	9.5. 23—49	0.1
1970.11.8 17—15	壤塘	5.5	4.5	11.8. 22—57	0.2
1973.8.11 15—15	南平	6.5	4.8	8.16. 12—48	4.9
1974.1.16 06—50	南平	5.7	4.1	1.20. 09—52	4.1
1974.9.23 22—51	若尔盖	5.6	3.5	9.23 22—58	0.0
1974.11.17 00—25	南平	5.7	3.9	11.25. 12—25	8.5

生的时间与主震间的时间间隔是有较明显的分别的。一般而论，前兆活动型中强震的 Δt 偏大。可见1976年松潘、平武大震震源区的这几个中强震的最大强余震的发生时间比较特殊，从而也在一定程度上反映了余震强度衰减具有某种特殊性。这可能同这个中强震发生在震源区，而且正好在震源应力场的加强过程中发生有关。所以这种强余震发生在时间上的差异有可能反映出大震的前兆信息。

五、结 语

1. 我国南北地震带中段（ $30^{\circ}\sim 35^{\circ}\text{N}$ ）为数不多的几个6级以上历史地震的跳迁活动特征有可能预示出1976年8月松潘—平武7.2级大震的大致时空位置；

2. 1966年以后，松潘—平武大震震源区（即余震区）及其外围区（北纬 $30.6^{\circ}\sim 34.6^{\circ}$ ，东经 $102.4^{\circ}\sim 106.0^{\circ}$ ）的能量释放特点表明：1972年开始，震源应力场开始形成，震源区与外围区的应变能释放对比一反常态，出现极不协调的反向变化，从而表明震源区附近1973~1974年间的几个中强震很可能是1976年8月7.2级大震的前兆地震。

3. 作为大震的前兆活动的几个中强震的活动特点是：中强震本身的余震（ $M_s \geq 1.0$ 级）的空间分布范围在震后几天内就已勾画出来，但在其后较长时间仍无明显的扩散现象；自1975年起应变能释放的中心就已转移到外围，震源区开始趋于平静；而大震前半年震源区小震（ $M_s \geq 1.0$ ）活动突然变得异常平静；前兆中强震的最大强余震与主震的时间间隔远比其它一般中强震长得多。据此，我们有可能把一般中强震和作为大震前兆活动的中强震区别开来。

4. 根据上述地震活动特点，1976年8月松潘平武7.2级大震的孕育阶段似乎可以1972年和1976年2月为界分为几段，源区和外围的活动情况分别出现明显的变化。而整个中段上中强震活动大致在本世纪40~50年代中发生的变化尚有待更多的资料来确定。

（本文1981年11月17日收到）

参 考 文 献

- [1] 韩渭宾等, 松潘、平武地震与川青块体的运动, 地震科学研究, №1, 1980.
[2] 陈天长等, 松潘平武地震的地震活动特征, 四川地震战线, №1, 1978.
[3] 钱兆霞, 大震前的中强地震活动特征, 地震研究, Vol. 3, №4, 1980.
[4] 冯德益等, 1976年四川省松潘平武地震前波速比的异常变化, 地震学报, Vol. 2, №1, 1980.
[5] 国家地震局分析预报中心, 中国东部地震目录1970—1979($M \geq 1$), 地震出版社, 1980.

THE MODERATE EARTHQUAKE BEFORE LARGE SONGPAN
EARTHQUAKE IN 1976

Wang Zhouyuan Zhang Ling

(Seismological Institute of Lanzhou, State Seismological Bureau)

Abstract

In August 1976, the strong earthquakes with $M_s = 7.2, 6.7$ and 7.2 respectively occurred in Songpan-Pingwu, Sichuan Province, which is the largest event in the middle section of the north-south earthquake belt in China since 1933. A series of moderate earthquakes of magnitudes $5.0-6.5$ occurred here during 1933—1976. This Paper deals with the characteristics of the moderate earthquakes, such as: shock in epicenter, the release of seismic energy, the change of small shock frequency in focus region, epicenter distribution as well as magnitude attenuation of the aftershocks. It suggests that moderate seismicity during 1973—1974 should be the precursor of songpan-Pingwu earthquake in 1976. we can separate them from common ones based on their features mentioned above. The significant characteristics can be regarded as: from 1972, the release of seismic energy had assumed a striking contrast between focus region and its surrounding region, a reversal past proportional change relation; The epicenter diffusion of aftershocks of these moderate events couldn't be seen; on the contrary, the main shocks were very clear; The durations between moderate earthquakes and their own largest aftershocks lasted over 4 days, not only in near regions but also in many other areas. In early 1976, i.e. half a year before large earthquakes, an abnormal seismic quiet had been kept in the region till their occurrence.

Besides, combinating with the migrating feature of historical large earthquakes in these regions, it is possible to prereveal the location and time of Songpan-Pingwu earthquakes in 1976. The preparing process of the shocks seemed to be divided into stages by 1949, 1972 and early 1976 respectively.