

大地震前地震的围空区特征

吕德徽 李素琴 陈爱玲

(国家地震局 兰州地震研究所)

一、序 言

大地震前若干年,常常出现不同强度地震环绕未来大震震中分布的状态,形成所谓地震空白区。国内外许多学者认为,研究地震带内的地震活动空白区是预测主震的一种有希望的方法。因此我们在前人工作的基础上进一步对这个问题作些探讨,并对西北地区的实际地震进行了预报。

二、国内外研究现状

1965年苏联学者费多托夫(Fedotov),随后1968年日本学者茂木清夫^[1]根据西南环太平洋地震带地震活动性的研究,指出地震活动的空白区在几十年内常常有大震填充。在国内1970年梅世容等^[2]首次对我国华北地区大震前的地震空白区作了较详细的研究。他们指出,6级以上地震震前就有明显的围空,而且震前数月或数年有时在空白区内出现个别地震活动或沿构造线相继发生小震。他们还指出,大震前空白区外高活动区中的震中分布是不均匀的,在某些地区出现地震的相对集中(震群活动),有时大震即位于几个集中分布区的中间,或靠近某个集中分布区。在大震后,如果上述空区状态不消失,则有可能继续发生大地震,如果上述状态跟着消失了,意即转入常态。

1971年郭增建、秦保燕^[8]根据陕、甘、宁三省区历史上某些大震前空白区的时间和大小及西吉地震前出现空白区的时间和大小,并参考了国内外这方面的资料,提出了空区时间 t 与震级的关系式。

$$M = 1.55 \log t + 4.6 \quad (1)$$

上式中的 t 为空白区开始出现到发生大震的时间,以年为单位。

1973年成尔林、黄杏珍等^[4]研究了1966年以后发生在川滇两省的八次强震资料,发现存在着一个比余震区面积大得多的地震孕育区(即空白区)。空白区外弱震的能量、空白区的时间与主震震级有一定的关系。其经验关系式如下:

$$M = -9.02 + 0.73 \log \Sigma E \text{ (尔格)} \quad (2)$$

$$M = 4.05 + 2.39 \log t \text{ (年)} \quad (3)$$

式中 ΣE ——空白区外弱震能量和,

t ——空白区时间

1976年吴开统等^[5]在海城地震序列的特征一文中指出,1964年以来 $M_L \geq 4.0$ 的有感地震逐渐增多,在空间分布上形成明显的空白区,1975年发生7.3级主震,其震中位于空白区内

的西侧, 根据19次有空白区的地震资料, 强震震级与空白区的长轴以及面积之间存在以下的经验关系式:

$$M = 3.00 \log L - 0.07 (\pm 0.33) \quad (4)$$

$$M = 1.55 \log q + 0.31 (\pm 0.34) \quad (5)$$

式中L为空白区的长轴(公里), q为空白区的面积(平方公里), 根据上面的经验公式得到的估算震级7.5级与实发地震7.3级相差不大。

1977年地球物理研究所三室^[6]根据13次大震空白区的具体数据, 用最小二乘法求得经验公式如下:

$$M = 0.91 M_1 + 1.6 (\pm 0.31) \quad (6)$$

式中 M_1 表示围成空白区的地震的最大震级, 根据统计M和 M_1 约差2级。

1978年魏光兴等^[7]研究华北地区大地震前地震的围空区后得出空区面积与空区形成时间的乘积(ST)与震级(M)的公式:

$$M = 1.84 \log (ST) - 3.78 \quad (7)$$

在上述诸作者所得公式中值得指出的是郭增建和吴开统等的公式其斜率相同, 皆为1.55。因之可由此二式直接写出:

$$M = 0.78 \log (t \cdot s) + 2.45 \quad (8)$$

三、地震试报结果及未来主震强度的估计

根据对陕、甘、宁、青四省区地震空白区的分析结果, 我们得出了一些初步的看法并对1976年8月16日松潘—平武7.2级地震及1976年9月23日巴音木仁6.2级地震作了试报, 其依据如下:

1. 在中强地震或大震发生之前的数年, 数十年甚至百年有小震或中强地震围成地震的空白区, 这个空白区可视为未来强震的孕育区, 也就是未来强震发生的危险地区。

2. 地震空白区内地震活动比较平静, 而空白区外地震活动比较频繁, 但不均匀, 在某些地段密集。未来强震发生在空白区内或发生在空白区边缘, 较多的地震发生在空白区的边缘并在小震密集的地方。

3. 未来强震(主震)的强度与空白区的大小, 空白区形成的时间长短, 围空区周围小震的强度有关。一般来说是成正比的关系, 空白区越大, 形成空白区的时间越长, 围空地地震震级越大, 则主震的强度越大, 通常主震比围空地地震的震级要大两级左右。

4. 围空区周围的小震活动大致可分为三个阶段。

(1) 空白区内有小震活动, 地震活动水平较高。

(2) 小震退出空区在其外围活动, 空区内平静, 几乎没有有感地震。

(3) 小震活动逐渐向空区逼近, 空区边缘地震活动水平增高, 然后短期平静、发震。但有的地震也有短临前震。

试报结果

根据地震围空区的规律和特征我们对以下两个地震作了比较成功的试报。

1. 1976年8月16日松潘、平武7.2级地震

7.2级主震发生之前, 中强地震在松潘、岷县、合作、同仁、玛沁、阿坝围成空区(如图1)。该区自1952年至1961年空区基本形成。1962年至1970年比较平静, 1970年以来空区外围又开

始活动, 1973年8月23日南坪发生6.5级地震, 1974年9月23日玛曲发生5.7级地震, 这可看作是震前几年沿发震构造活动段两端的中强震活动, 尤其在南坪、松潘一带更为活动。玛曲地震后, 余震很少, 空区尚未消失, 当时发生的小震还在空区外围, 说明应力未释放完, 预示着还有更大的地震发生。

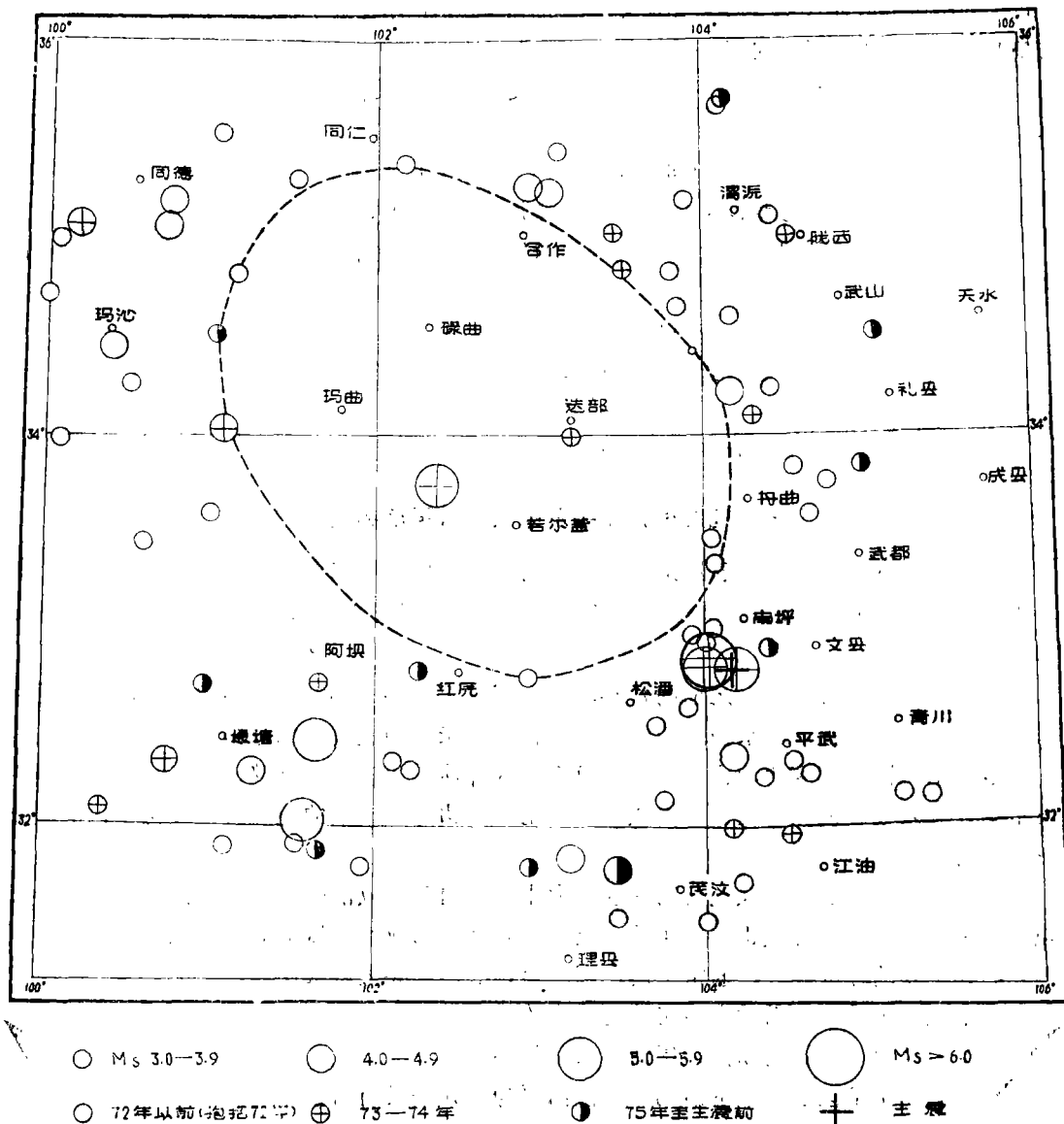


图1 1976年松潘地震前地震围空区

用发展断裂活动段的长度 $L=180$ 公里按郭增建、秦保燕公式进行计算。

$$M = 2.1 \log L + 3.3$$

$$M = 8 \text{ 级}$$

用空区形成的时间 $t=23$ 年(从1952年到1975年)进行计算

$$M = 1.55 \log t + 4.6$$

$$M = 6.7 \text{ 级}$$

根据这个空区的特点,在空区东南端的南坪、松潘一带地震密集,也考虑了计算的结果。1975年我们就预报了在松潘、南坪一带将有7级左右地震发生。预报的发震地点与实发地震地点相符合,强度相近。

2. 1976年9月23日巴音木仁6.2级地震

巴音木仁6.2级地震前,在巴音木仁和阿左旗西部有3—4级地震形成围空区(如图2)。这个空区自1958年以来逐渐形成,1976年1月开始在巴音木仁附近小震活动逐渐增加出现了小震群,根据围空区小震活动的特征,提出半年内可能发震。此外我们统计了西北地区一些震例后得出主震震级比围空地地震震级大2级左右,所以预报在围空区的东北端即巴音木仁一带有发生5.5级地震的危险性。预报的发震地点、地震震级与实发地震的地点和震级基本相符。

未来主震强度的估计

由于以上两次地震试报效果较好,所以我们认为地震围空区可视为未来主震的孕震区,可作为中长期预报的前兆。我们根据大地震前围空区的特征提出下列危险地区。又根据上述经验公式的计算结果(见表1),得出未来主震的强度。

用各种不同公式计算震级的结果

表1

作者、公式 地震危险区 计算结果	郭增建 秦保燕(1971)	成尔林 黄杏珍(1973)	吴开统等 (1976)		地球物理研究 所三室(1977)	魏光兴等 (1978)
	公式(1)	公式(2)	公式(4)	(5)	公式(6)	公式(7)
西海固地区 $t = 7$ 年 $L = 100$ 公里 $M_1 = 4$ $d = 85$ 公里	5.9	6.0	5.9	6.1	5.2	4.8
河西西部地区 $t = 32$ 年 $L = 220$ 公里 $M_1 = 5.4$ $d = 200$ 公里	6.9	7.6	7.0	7.3	6.4	7.2
天水地区 $t = 10$ 年 $L = 130$ 公里 $M_1 = 4.7$ $d = 65$ 公里	6.1	6.4	6.2	6.3	5.8	5.2

注: t —空区形成时间 L —空区长轴 M_1 —围空区最大地震的震级 d —空区平均直径

1. 西海固地区

该区包括西吉、静宁、张家川、平凉、华亭(如图3)。1970年12月3日西吉发生5.5级地震后,从1972年开始至今逐渐形成小震活动围成的空白区,小震 $M_s \geq 2$,最大震级为4。

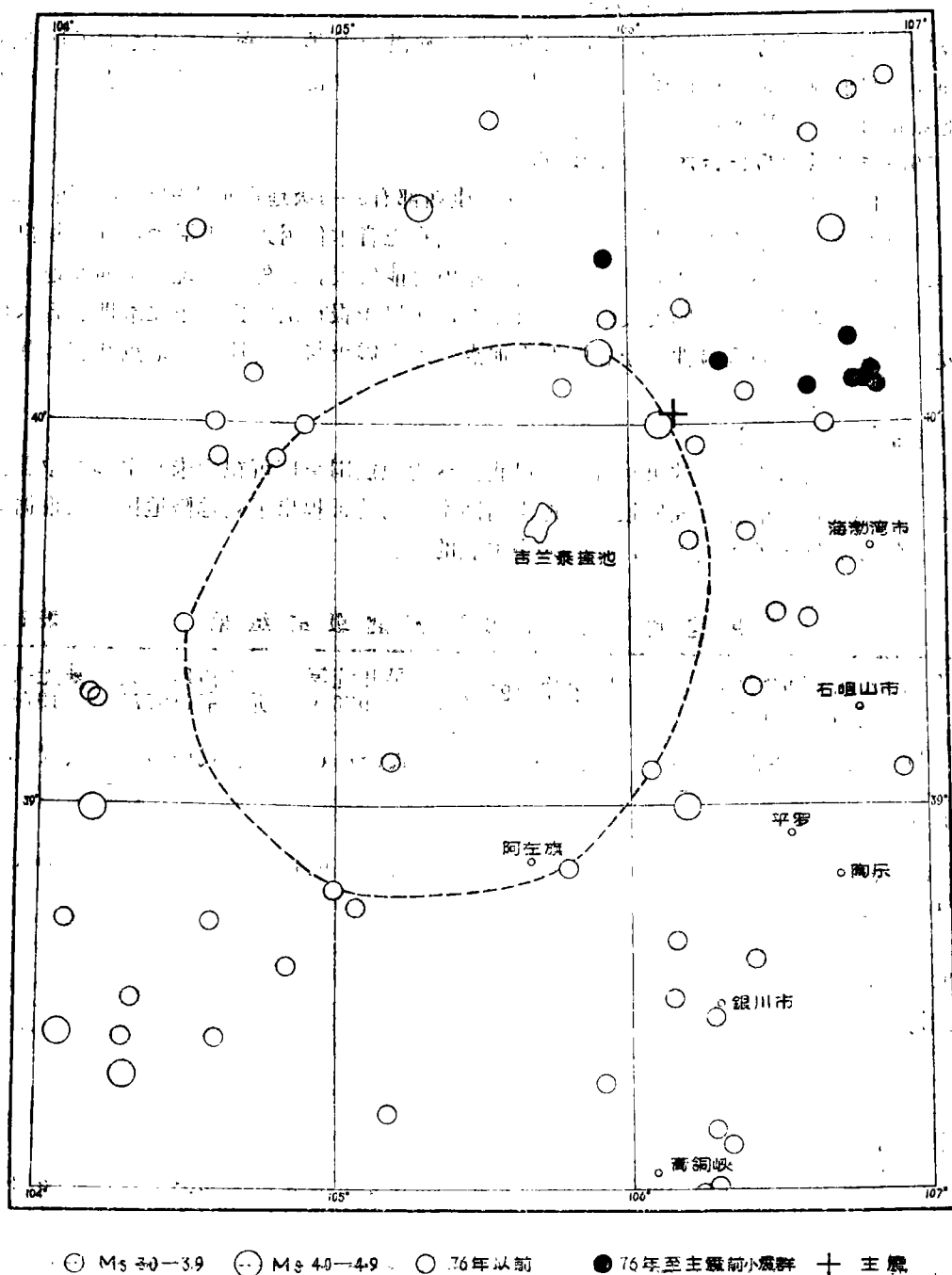


图2 巴音木仁地震前小震围空区

1974年以前,小震在空区附近活动,频度和强度均较高,并且在空区附近活动。1975年以后弱震退出空区,在外围活动,而空区内 $M_s \geq 3$ 级的地震只有一个,处于相对平静。1977年开始,小震又渐向空区附近靠拢,地震活动水平又增高,多在空区的西部和北部活动(西吉、固原一带),因此予计未来主震的位置在西吉、固原、隆德一带。该空区的长轴为100公里,空区的平均直径为85公里、空区时间为7年,围空区最大地震的强度为4级,用表1的公式进行计算,除魏光兴等的公式计算结果出入较大外,其他公式计算的结果比较一致,未来主震的强度为6级左右。而围空区最大地震的震级为4级,未来主震的震级要比它们大两级。这两者的结果是一致的。

2. 河西西部

本区包括玉门、昌马、哈拉湖一带。自1932年12月25日昌马发生7 $\frac{1}{2}$ 级地震后,一直未发生大震,但从1947年以后却多次发生中强地震并围成空白区。1970年以来弱震又在这个空

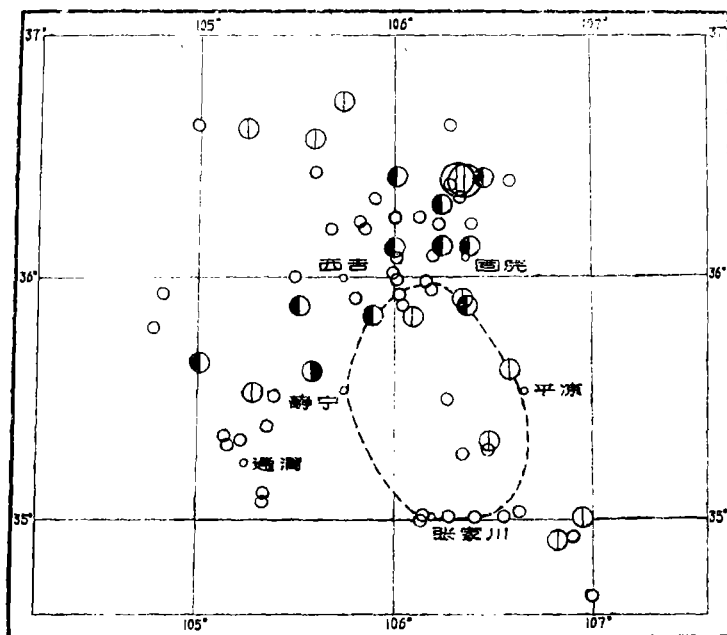


图 3 西海固地区1971—1978年弱震震中分布图

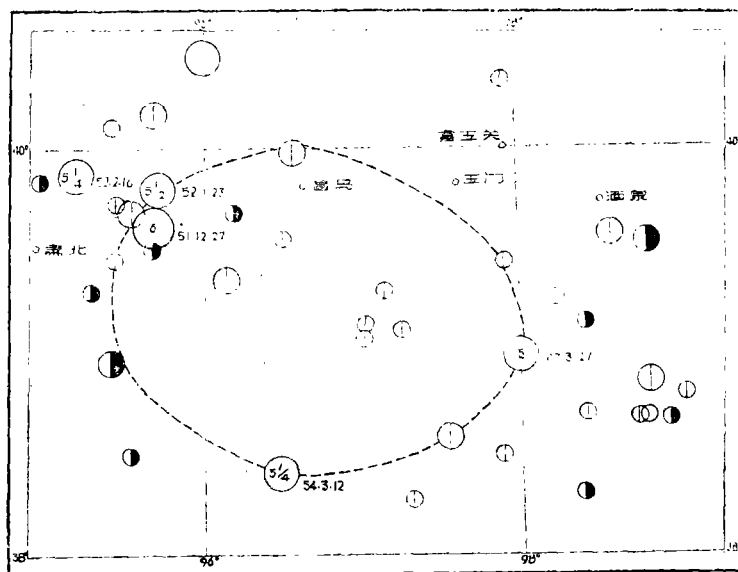


图 4 河西地区1970—1979弱震震中分布图

区附近活动(如图4),更增加了该区有发生大地震的危险性,未来大震的位置可能在肃北一带或者在哈拉湖以东。因为这两段小震密集,而肃北一带又是北西向断裂与阿尔金山断裂的交汇处。

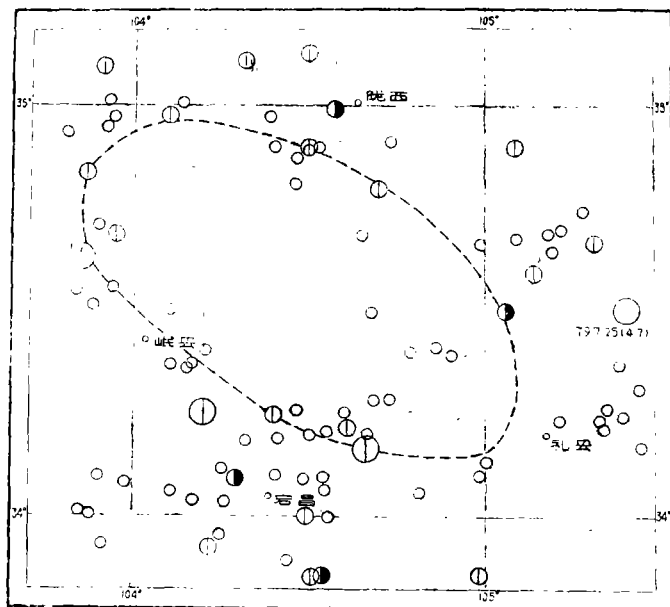


图5 天水地区1969—1978年弱震震中分布图

大于3级的地震。1979年7月25日岷县东北发生4.7级地震,其震中位置离地震空白区较远,因此近期不会有更大的地震发生。但是由于该区有地震空白区存在,仍然是值得注意的地区。根据上述经验公式计算的结果(如表1),未来主震的强度为6级左右。

参 考 文 献

- [1] Masakazu Ohtake, Tosimatu Matumoto and Garyv. LatHaM, Seismicity Gap near Oaxaca, Southern Mexico as a Probable Precursor to a Large Earthquake. Pure and Applied Geophysics Vol. 115 No. 1/2 1977.
- [2] 地球物理研究所三连:从华北地区强震活动的规则性论危险区划分的一个途径,地震战线 1970年 1期
- [3] 兰州地震大队,用地震资料推断近期地震危险区,地震战线 1971年 8期
- [4] 西南地震烈度队,强弱地震的时空强关系,地震战线 1973年 3期
- [5] 吴开统等,海城地震序列的特征,地球物理学报 1976年 2期
- [6] 中国科学院地球物理研究所三室,大震前的地震活动,地震战线 1977年 6期
- [7] 魏光兴等,华北地区地震前地震的围空区特征,地球物理学报 1978年 3期

该区空区的长轴为220公里,空区平均直径为200公里,空区时间为32年,围空区最大地震为5.4级。根据上述各经验公式计算结果(如表1)其主震强度为7级左右。

3. 天水地区

在岷县、宕昌、礼县、漳县一带,自1969年以后逐渐由 $M_s \geq 2$ 地震围成空区(如图5)。1974年以前,空区周围小震活动水平较高,在空区内也有些小震发生。1974年以后,小震都发生在远离空区的外围,特别是1975年以来,地震活动处于极端平静的状态,1977年至1978年末发生过一次 M_s