

地震综合效应场函数 及其在地震预报中的应用

(二) 地震综合效应场函数在地震预报中的应用

罗兰格

(河北省地震局, 石家庄 050021)

摘要 应用地震综合效应场函数方法, 对地震前的空区、条带及大地震的迁移现象, 根据强震前地震活动的四要素, 进行了计算, 其预报效果令人满意。

关键词: 地震综合效应场函数 地震空区 预报效果

1 引言

地震综合效应场函数方法是根据已经发生的地震的参数 X 、 Y 、 M 、 t 、 θ_1 , 计算对其周围地区的综合效应场函数 g 。 g 函数的数学表达式为:

$$g = \frac{L}{2t} e^{(m - \frac{L^2}{4m^2 t})} (\cos^2 \theta + \cos^2 2\theta)$$

其中: m 为地震震级, t 为地震发生后的时间 (单位为天), L 为某个地点 (x_i, y_i) 到震中 (x_0, y_0) 的距离 (单位为公里), θ 为地震破裂面与某个地点到震中连线的夹角 (单位为度), 即设地震破裂面与正北的夹角 θ_1 , 震中到某个地点的连线与正北的夹角为 θ_i , 则 $\theta = \theta_i - \theta_1$ 。

如果已经发生多次地震, 每地点的综合效应场为各个地震的对该地点的 g 函数值的和, 综合效应场最强的地方就可能是未来地震的震中区⁽¹⁾。

2 在地震时、空图象分析中的应用

在地震活动空间图象分析中, 经常应用的方法有地震空区、地震条带以及为确定空区使用的 $R-t$ 图、 $D-t$ 图方法等。空区分为有震空区和无震空区, 在有震空区中又分为背景空区、孕震空区。为了确定一个地震空区, 规定了若干条件, 如地震对空区的包围程度和地震数目、围空地震的震级和空区的几何尺度、围空地震的时间尺度、空区内外地震数量比、空区内部地震活动蠕变曲线形态特征、空区内地质构造情况等等。所有这

些规定都是为了说明一个问题,即形成围空的这些地震会不会导致空区内发生较大地震,以及大概什么时间、发生多大地震。地震条带方法也是如此,为了判定一个地震条带不是长期地震活动带,而与未来较大地震活动有关,规定了在判定地震条带时必须考虑地震条带内的地震数量和震级、地震条带的形成时间及长度、条带的长宽比及条带内外地震数量比等等,同样也是为了说明条带内的这些地震是否会导致条带两端或其内部发生较大地震,以及什么时间、发生多大地震。但是,答案却是多解的。即空区内可能发生地震,也可能不发生地震,即使发生了地震,也可能在空区内部,也可能在空区的边缘,甚至在空区的外边。对于条带也是如此。另外,如果空区或条带形成了很长时间还没有发生预期的地震,如何判定其是否失效,也是一个尚未解决的问题。

以上方法的特点在于对已经发生的地震所形成的空间图象,进行宏观分析判定,而对每一个地震,由于其发生的时间、地点、震级的不同,对导致未来发生较强地震的作用不同没有进行具体的分析。显然,对于不同时间、地点、震级的地震,对区域应力场的影响是不同的,特别是地震的破裂方向不同,其影响方位及范围会有很大差异。因此,必须对地震活动的空间图象与时间图象进行综合分析,而且必须对每个地震的具体作用进行定量计算,然后判定一定空间、时间内所有地震的综合作用,就有可能得到更加符合实际的结果。应用地震综合效应场函数方法,对以上问题可以进行一些探讨。

下面我们举一些实例进行实际计算,并分析其结果。

(1) 1976年9月23日内蒙古巴音木仁6.2级地震

根据《中国震例》,在1976年9月23日内蒙古巴音木仁6.2级地震前,形成了一个十分完整的空区,所取地震从1962年到1976年,震级从4.0级到5.4,6.2级地震发生在空区的北部,是用围空区预报的一个很好的图形(图1)。选用此震例不仅仅是因为其效果比较理想,更主要的是因为该图给出了多次地震具体时间、地点及其相应的地质构造,使地震综合效应场函数的各个参量较为可靠。由于5级以下地震很少给出震源机制解,每个地震的破裂面方位是以震中附近的构造线走向近似为破裂面方位的。

应用地震综合效应场函数分别计算了图1中全部地震的综合效应场,1971年以后地震的综合效应场,1973年以后地震的综合效应场和1976年以后地震的综合效应场。计算时间均取1976年9月23日,意思是根据以上地震,如果在1976年9月23日发生较强地震,判定其最大可能发震地点。其结果分别见图2、3、4、5。

从以上几张图中可以看出,在利用图1中全部地震时,地震综合效应场最强的地方不在空区内,而在空区的外边,空区内只有一个不大的较强地区,当利用离发震时间较近的地震时,强综合效应区明显落在空区内,而且就是巴音木仁6.2级地震的震中区。

在巴音木仁6.2级地震前,除 $M_L \geq 4$ 级地震形成了空区外,震中区附近的小地震也形成了明显的条带分布(图6)。由于该图没有给出每个小地震的具体参数,我们从中国东部目录中调出该区相同时段内的 $M_L \geq 3$ 级的地震(对该目录中所有 $M_L \geq 3$ 级地震均按其所在的构造情况给出了破裂面方向),根据每个地震的时、空、强、面4个参数的综合效应场函数计算了1976年9月23日发生地震的最大可能地点(图7)。

值得说明的是,图中每个地震的破裂面方位是在整理中国东部目录时统一给出的,完全没有考虑未来可能发生的地震,目录的调用也严格按指定的计算区域和时段不作任何

修改，其计算结果与实际情况之如此一致，出乎我们意料之外。

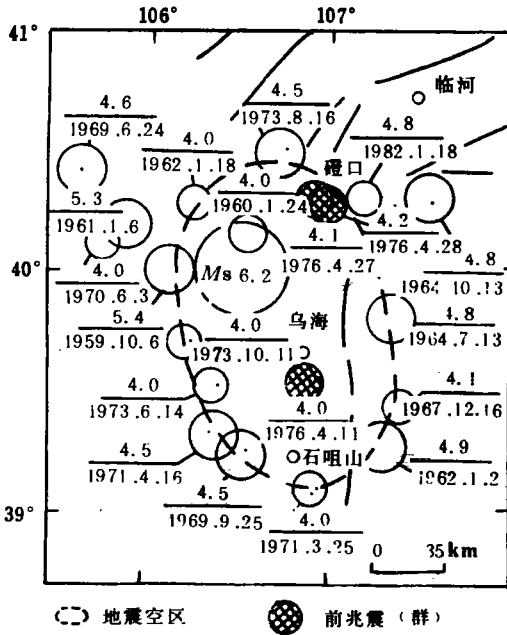


图1 1976年9月23日内蒙古巴音木仁6.2级地震前 $M_L > 4$ 级地震空间分布图

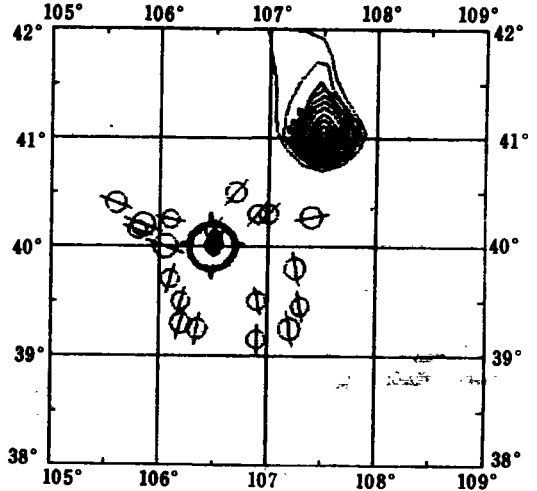


图2 图1中全部地震的综合效应场
 $g_{min} = 66$ $g_{max} = 77$

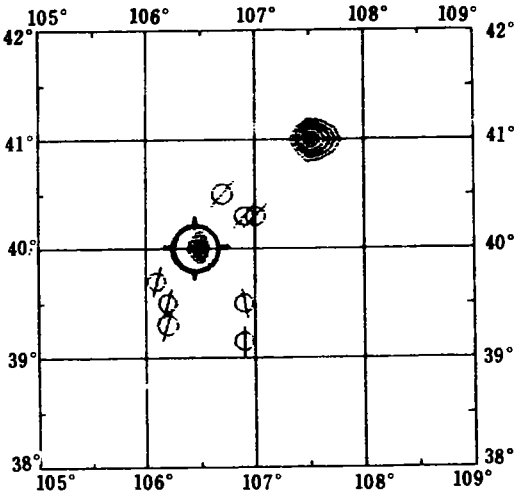


图3 1971—1976年地震的综合效应场
 $g_{min} = 50$ $g_{max} = 56$

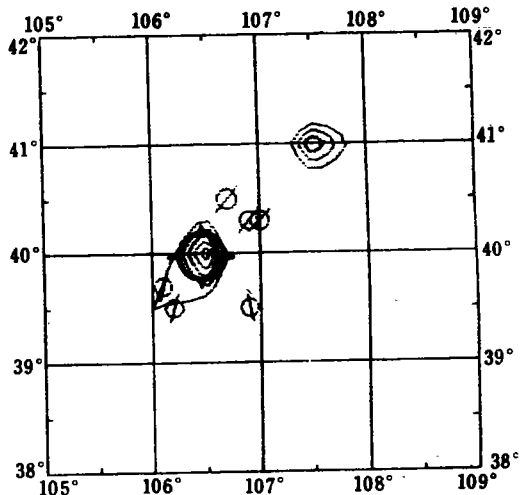


图4 1973—1976年地震的综合效应场
 $g_{min} = 40$ $g_{max} = 50$

(2) 1979年8月25日内蒙古五原6.0级地震

选取此震例的原因与选择前一个震例一样，主要出于资料的完整、可靠。其震前地震活动的空间分布图象见图8。这个空区的围空地地震主要集中在空区的两头，并不完全符合空区的各项要求，但在空间内的一端发生了6.0级地震。采用地震综合效应场函数方法，分别取图8中全部地震，1970年以后的地震，1971年以后的地震及1976年以后的

地震进行地震综合效应场的计算，计算时间均取为 1979 年 8 月 25 日。其结果分别见图 9、10、11、12。

与上一个震例不同的是，在本震例的计算过程中，不论使用哪些地震，其综合效应场最强的地点始终在一个地方，而且就是五原 6.0 级地震的震中位置，两者之一致程度也远非我们所意料。

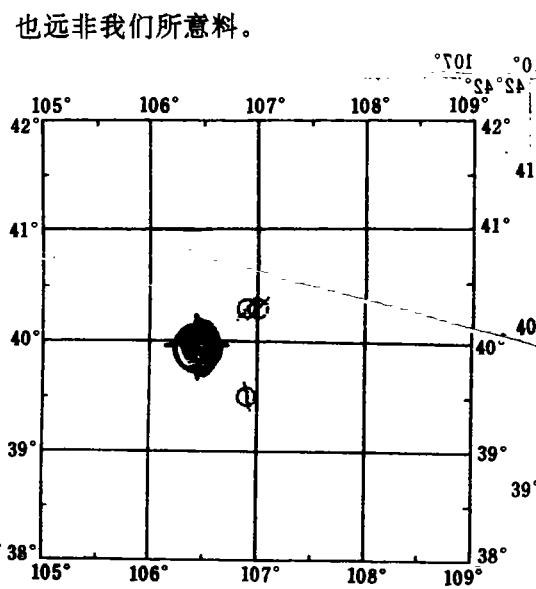


图 5 1976 年三次地震的综合效应场
 $g_{min} = 35$ $g_{max} = 43$

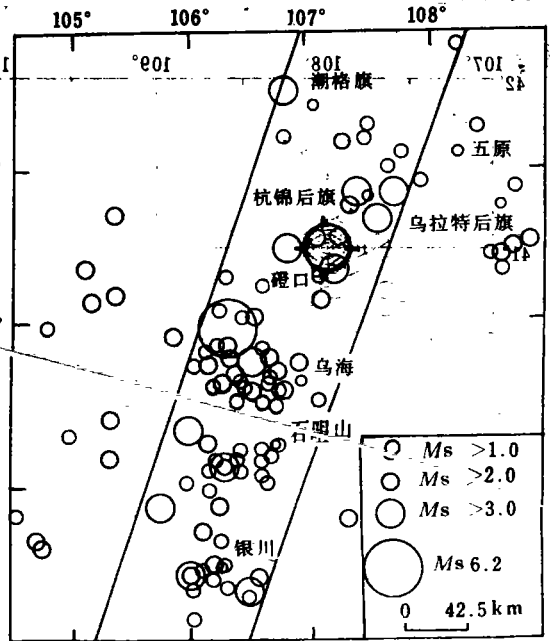


图 6 巴音木仁 6.2 级地震前小震条带分布
(1974.1—1976.9)

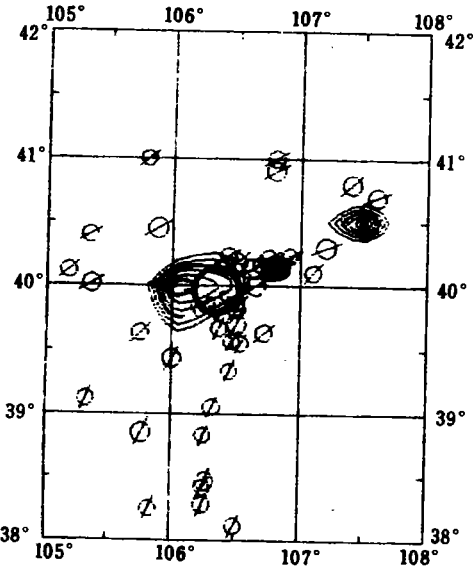


图 7 1974.1—1976.9 地震综合效应场
 $g_{min} = 150$ $g_{max} = 180$

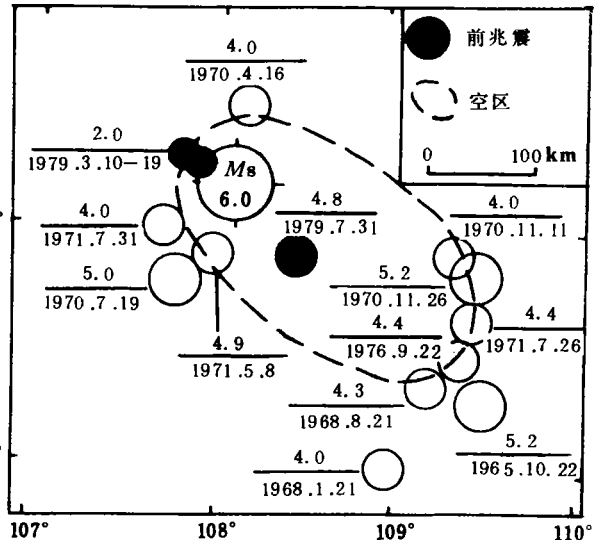


图 8 1979 年 8 月 25 日内蒙古五原 6.0 级地震前 $M_L \geq 4$ 级地震空间分布图

3 在地震时、空迁移中的应用

在地震预报研究中经常遇到，一个较大地震发生后，在一定时，空距离再次发生较大或者大地震，一些人将其称为地震的空间迁移现象。这方面的研究很多，如对某个地

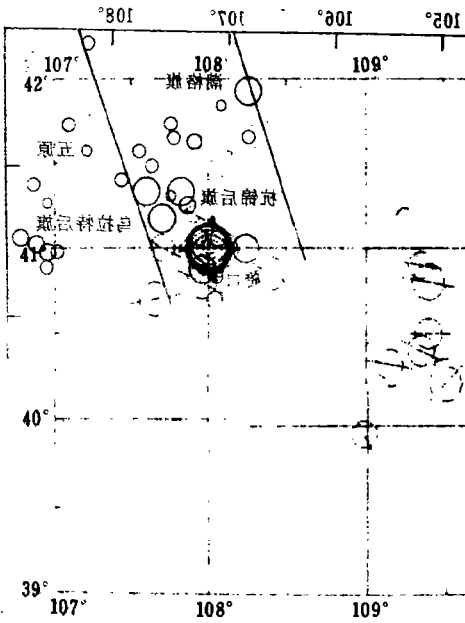


图 9 图 8 中全部地震的综合效应场
 $g_{min}=100$ $g_{max}=125$

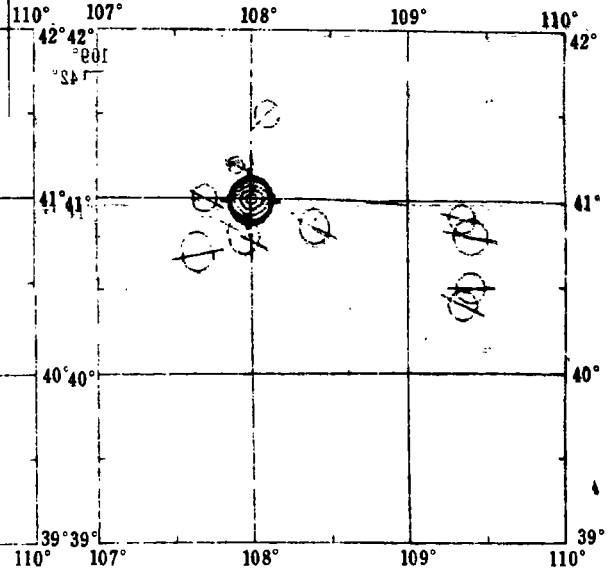


图 10 1970—1979 年地震的综合效应场
 $g_{min}=100$ $g_{max}=120$

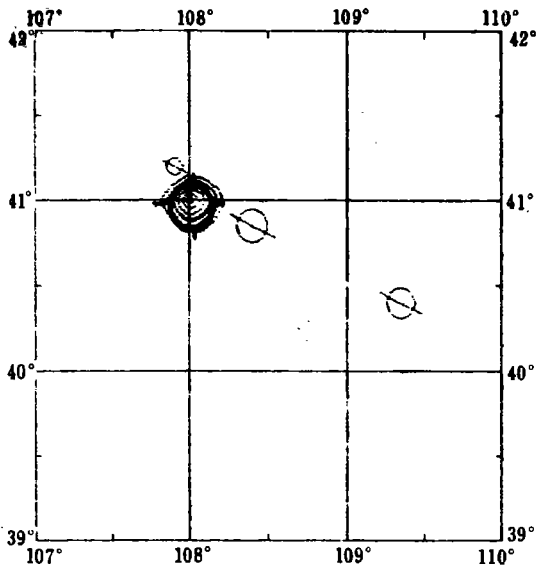


图 11 1971—1979 年地震的综合效应场
 $g_{min}=90$ $g_{max}=111$

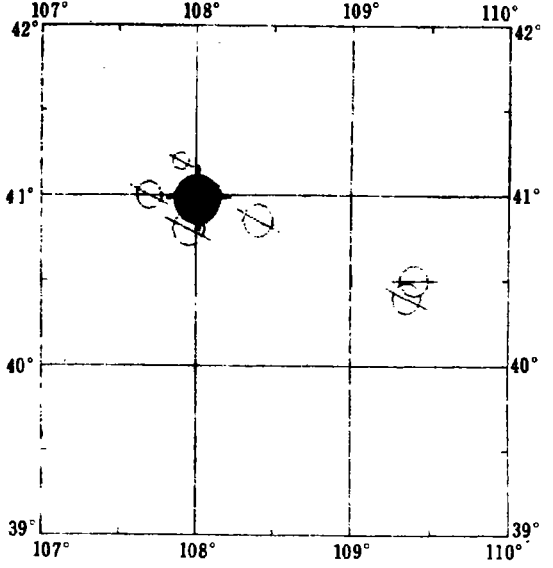


图 12 1976—1979 年地震的综合效应场
 $g_{min}=80$ $g_{max}=107$

震带存在着在带内来回对迁的现象,在大区域范围内存在着沿深大断裂走向迁移的现象,在发生两个较大地震后,在其连线上或两侧可能发生第三个地震,当一个大地震发生后,在其一定距离的环线上可能再次发生较大地震等等。所有这些研究,都力图说明地震的时、空迁移现象,并依次预报未来强震。然而,地震的时、空迁移现象是十分复杂的,它不仅与地震的时间、地点有关,而且与地震的震级、地质条件等有关。因此,如果简单地从地震的时、空变化来分析地震迁移现象,很难找到其活动规律。

我们试图应用地震综合效应场函数方法探讨地震时、空迁移规律。地震迁移一般是指较大地震,小地震的迁移现象通常不为人们所重视。因此,我们首先以华北地区 1966 年—1976 年先后发生的邢台、河间、渤海、海城、唐山等几次大地震为例,将计算结果用地震的实际情况进行检验。

(1) 1966 年邢台地区连续发生了 6.8 级、7.2 级及多次 5 级多地震,根据《中国震例》给出的震源机制解,这些地震的主破裂面为北东 27° 。河间 6.3 级地震发生在 1967 年 3 月 27 日,从 1966 年邢台地震到 1967 年 3 月 27 日地震综合效应场最强的地方将是邢台地震的迁移地点(图 13)。

图 13 中存在两个强综合效应地区,其中北边的一个就是河间地震的震中区。南边一个是河南林县震群的震中区。

(2) 河间地震后发生了渤海地震,应用综合效应场函数方法计算不出渤海地震。估计可能是由于邢台地震、河间地震与渤海地震不在同一构造带上,其孕震过程不是同一过程,两者之间没有相互关系所致。

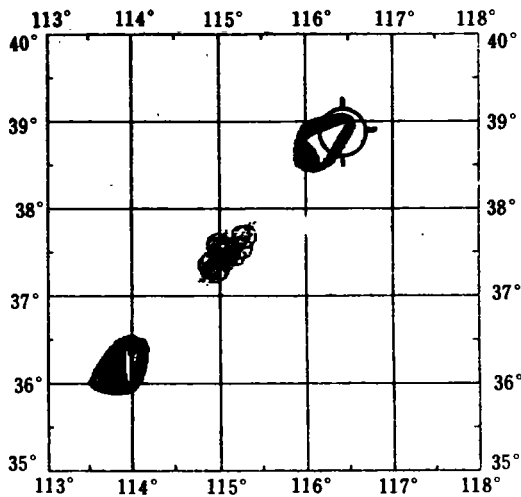


图 13 河间地震前的地震综合效应场 ($g_{\min}=1600$, $g_{\max}=1700$)

(3) 渤海地震后,根据《中国震例》提供的余震目录和余震震中分布图,余震分布的长轴方向为北东 40° 左右,利用所有 4.8 级以上地震计算其在 1975 年 2 月 4 日海城地震时的综合效应场,其结果见图 14。

图 14 中也存在两个强综合效应区,北边的一个恰恰就是海城地震的震中区。

(4) 海城地震后仅一年多,1976 年 7 月 28 日就发生了唐山 7.8 级大地震,两次大地

震相隔时间之短、距离之近是少见的。唐山地震是华北地震活跃期的最后一个大地震，它的发生是整个华北地震活动的结果，因此它是1966年以来华北所有大地震的综合效应。我们应用邢台、河间、渤海、海城等大地震及其强余震，计算1976年7月28日的地震综合效应场，结果见图15。

从图中可以看出，唐山地震的震中位置距强综合效应区较远，大约200多公里，这个结果主要是受海城地震的影响。

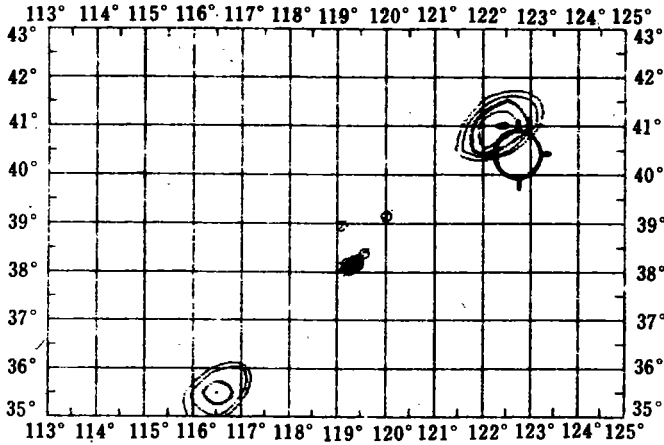


图14 海城地震前的地震综合效应场 ($g_{\min}=350$, $g_{\max}=370$)

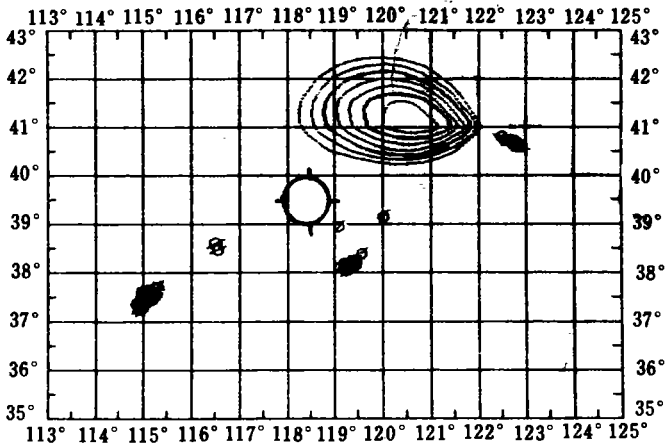


图15 唐山地震前的地震综合效应场 ($g_{\min}=100$, $g_{\max}=1345$)

4 讨论

从以上的计算结果可以看出：

(1) 地震活动的时、空特征对未来地震的发生确实具有较大的作用，特别是对未来地震的震中位置具有决定性的作用。这个作用是通过每个地震的时间、地点、震级及其

破裂面方位实现的，它是地震群体中每个地震的时、空、强、面 4 个要素的综合效应，与单纯从空间分布或单纯从时间分布方面研究具有很大不同。它综合了地震 4 要素多维空间的各个侧面，要比从不同剖面分析问题更加全面、深入。从以上震例看出，计算结果是相当理想的。

(2) 每个地震的破裂面方位对未来地震的发生地点具有重要作用。对于同样的空间、时间分布状态地震群体，由于其中一些地震的破裂面方位的不同，其综合结果可能有很大不同。如就空区而言，有的预期的地震发生在空区中间，有的则发生在空区内的一侧，有的甚至发生在空区的外边，就是因为形成围空的各个地震的破裂方向不同、各个地震的震级及发生时间不同造成的。1979 年 8 月 25 日的五原 6.0 级地震前的计算结果就很说明问题。

(3) 由于地震综合效应场函数方法考虑的是每个地震 4 要素的综合效应，于是对地震活动的单方面特征，如空间分布特征等，要求就不必十分严格。如空区，围空的地震可不必限制，空区也没有必要要求围得很完整，条带也不必限制其地震次数、条带的长宽比、条带内外地震数量比等条件。甚至在一定程度上就不再需要从空间上判定空区或条带等空间图象。

(4) 不同计算的时间结果也将不同。也就是说，由于预报时间的改变，发生地震的地点也将随之改变。如果根据已经发生的地震，每天作地震综合效应场分布图，将会看到地震综合效应场随时间的演变，形成类似气象云图一样的结果，当综合效应场最大值在某个地区少动时，将接近地震的发生时间。当然，如果能依据各种地震前兆异常确定发震时间，应用地震综合效应场函数确定发震地点则更为直接。

(5) 从以上计算结果所给出的强综合效应场的范围及其与未来地震的一致程度（唐山地震例外），可以大大提高地点预报的精度。因为，以上各图给出的强综合效应区都只有几百到一千多平方公里的范围，比现在的数万甚至十多万平方公里的预报范围要缩小一到两个数量级。

(5) g_{\max} 与未来地震的震级无明显关系，对震级的预报尚待研究。

(1993 年 12 月 30 日收到初稿)

参 考 文 献

- 1 罗兰格·地震综合效应场函数及其在地震预报中的应用·(一)地震综合效应场函数及其计算方法·华北地震科学, 1994, 12 (3), 1—7
- 2 张肇诚, 罗兰格, 等·中国震例(1966—1985)·北京: 地震出版社, 1988, 1990.

THE FUNCTION OF SEISMIC COMPREHENSIVE EFFECT FIELD AND ITS APPLICATION EARTHQUAKE PREDICTION

— (2) Application of the Function of Seismic Comprehensive Effect Field to Earthquake Prediction

Luo Langer

(Seismological Bureau of Hebei Province, Shijiazhuang, 050021)

Abstract

This paper, by using the function of Seismic comprehensive effect field, calculates the gap, belt and large earthquake migration phenomena before earthquakes according to the four elements of Seismic activity before strong earthquakes, the prediction effectiveness is satisfactory.

Key Words: function of seismic comprehensive effect field, Seismic gap, prediction effectiveness