

地震活动因子 A 值及其在华北地震 中短期预报中的应用^{*}

王 炜¹, 宋先月¹, 刘 峥¹, 王峥峥²

(1. 上海市地震局, 上海 200062; 2. 江苏省地震局, 江苏南京 210014)

摘要: 综合考虑了地震活动时空强 3 个方面的震兆特征, 定义了地震活动因子 A 值. 使用 1972~1996 年华北地区地震资料进行空间扫描, 研究中强以上地震前 A 值的中短期异常变化特征. 结果表明, 在中短期阶段大多数地震前出现的 A 值中期异常区面积明显缩小或消失, 也有一些地震前 1~3 个月 A 值异常区面积再次增大. 还用 A 值进行地震中短期预报的有关问题进行了讨论.

关键词: 华北; 区域地震活动性; 地震活动因子 A 值; 中短期异常

中图分类号: P315.5; P315.75 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(1999)03-0234-08

0 引言

在地震活动性研究方面, 目前得到普遍承认和应用的统计关系式有 2 个, 其一为地震的震级-频度关系式, 即 $\lg N(M) = a - bM$; 另一个为余震频次衰减的大森公式, 即 $n(t) = A/t^P$. 近年来, 一些学者对地震活动在时空强方面的分布规律做了进一步的研究, 如文献[1]和[2]研究了地震之间最小距离 r 的分布, 文献[3]和[4]研究了相继发生的地震的时间间隔 τ 的分布, 认为 r 和 τ 都服从 Weibull 分布. 在此基础上提出了地震空间集中度 C 值和地震危险度 D 值; 文献[5]和[6]针对震级-频度关系常常在震级高端或低端偏离 G-R 公式的现象, 认为地震震级服从 Weibull 分布可能更为合适, 并提出了地震强度因子 Mf 值. 这些参数在实际地震预报中都取得了较好的效果.

C 值反应了地震在空间上的集中程度, D 值反应了地震在时间上的丛集程度, Mf 值则反应了地震活动增强的程度. 通常较大地震发生时, 震中周围地区的中小地震活动都可能出现上述 3 个方面的异常, 从而使 C 、 D 和 Mf 值增大. 但是对不同的地震, 这 3 个方面的异常所表现的程度是不一样的, 有些在时间或空间方面的丛集异常表现得十分明显, 而有些在地震活动增强方面的异常表现得十分突出. 因此不同地震的 C 、 D 和 Mf 值在震前的变化特征是大不一样的, 也就是说, 在一些地震前有些参数异常明显, 而有些异常不明显, 甚至在少数地震前都未能出现异常. 如果能使用某种参数来综合描述地震活动在时空强方面的变化, 就有可能使强震前的地震活动性异常更为突出. 为此作者引入了地震活动因子 A 值来表征地震在时空强 3 个方

收稿日期: 1998-08-25

^{*} 本文属于中国地震局 95-04 项目研究内容.

作者简介: 王炜(1947-), 男, 研究员, 从事地震预报及研究工作.

面的综合特征,并用于华北地区地震中期预报,取得了较好的预报效果^①.本文将在在此基础上研究 A 值在地震中短期阶段的异常变化,为地震的中短期预报提供依据.

1 资料与方法

所用资料取自中国地震局分析预报中心编辑的《中国地震目录》.为避免余震序列对计算结果的影响,计算时剔除了所有 $M_s \geq 5.0$ 地震序列的余震.

为综合考虑地震活动的时空强特征,本文定义地震活动因子 A 值为 C 值、 D 值和 Mf 值的线性组合,即为:

$$A = W_1 \mu(C) + W_2 \mu(D) + W_3 \mu(Mf) \quad (1)$$

式中: $\mu(C)$ 、 $\mu(D)$ 和 $\mu(Mf)$ 分别表示 C 、 D 和 Mf 值异常模糊集合的隶属度.可用如下函数表示:

$$\mu(Mf) = \begin{cases} 1.0 & X \geq X_0 \\ \exp[-\alpha(X_i - X_0)^2] & X < X_0 \end{cases} \quad (2)$$

这里取 $\alpha = 400$.由于华北地区 C 、 D 值异常的阈值为 0.2, Mf 值异常的阈值为 0.25,因此当 X_i 为 C 或 D 值时,取 $X_0 = 0.2$;当 X_i 为 Mf 值时,取 $X_0 = 0.25$.它表示当 X_i 大于阈值时,隶属函数为 1;当小于阈值时,隶属函数呈正态分布形态.根据 C 、 D 和 Mf 值在华北地区的中期预报准确率^{2,4,6},确定它们相应的权值 W_i 分别为 0.3、0.3 和 0.4.

根据华北地区台网记录地震的能力,本文取起始震级 $M_0 = 2.3$.扫描中资料累积时间为 18 个月,扫描单元为半径 150 km 的圆形区域,在纬度和经度方向上的扫描滑动步长为 0.5° .由于华北北部和南部的地震活动水平有差异,因此经过实际检验在华北北部地区(北纬 37° 以北) $A \geq 0.50$ 为异常;华北南部地区(北纬 37° 以南) $A \geq 0.40$ 为异常.如果出现持续时间 1 年以上、异常面积大于 4 平方度的高值异常区域时,则认为该区为 A 值中期异常区.

2 地震活动因子 A 值在华北中强以上地震前的中短期异常

文献^①研究了华北地区 1975~1996 年发生的 30 次中强以上地震,发现有 25 次地震于震前 2~3 年开始,在震中附近出现较大范围的 A 值中期异常区.本文在此基础上通过逐月扫描,研究了 A 值在中强以上地震前 1 年左右的中短期阶段的异常变化.结果表明,地震前中短期阶段 A 值的异常变化形态可分为 3 类:一类为 A 值中期异常区面积明显缩小乃至消失;第二类为 A 值中期异常区面积在明显缩小或消失后,临震前再次扩大;第三类为 A 值中期异常区面积在中短期阶段并不发生明显的变化.显然在实际地震预报中,第一、二类中短期变化形态是较易识别的,而根据第三类形态则不易判断是否已进入中短期异常阶段.因此判断是否进入中短期阶段的主要标志是 A 值中期异常区是否出现第一或第二类异常.为定量地描述上述 3 类异常在中短期阶段的变化,定义中期异常的收缩率

$$\eta = 1 - S_{\min} / S_{\max}$$

式中: S_{\max} 为中期阶段异常区域的最大面积, S_{\min} 为中短期阶段(或当前时段)的异常区最小面积.由上式可知,当 $\eta > 0$ 时,异常区缩小; $\eta = 0$ 时,异常区面积不变; $\eta < 0$ 时,异常区面积扩大.据此本文定义当 $\eta \geq 0.5$ 时,异常区面积明显缩小,可认为出现中短期异常.第二类中短期异常也应满足此条件.

① 王炜,宋先月,刘峥.地震活动因子 A 值及其在华北地震中期预报中的应用[J].中国地震,待发表.

根据上述定义,华北地区25次出现 A 值中期异常的中强以上地震中,有14次于震前1年左右出现 A 值中期异常区面积明显缩小的现象(表1),所占比例 $P=0.56$.图1给出了这14次地震前 A 值异常变化的过程.由于篇幅所限,本文对各次震例的 A 值异常变化仅给出了3幅扫描图像,分别为异常中期阶段、震前1~0.5年的中短期阶段和临震前1个月内的变化情况.从图中可以看到,14次震例中 A 值的中短期异常变化大部分为第一类异常,仅1976年巴音木仁6.2级和1979年五原6.0级地震前出现第二类异常.

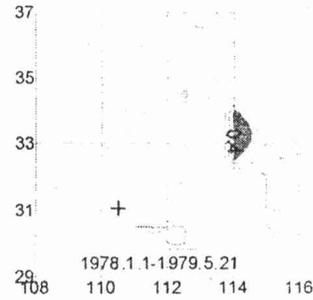
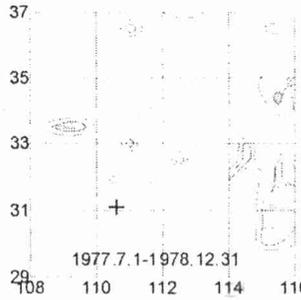
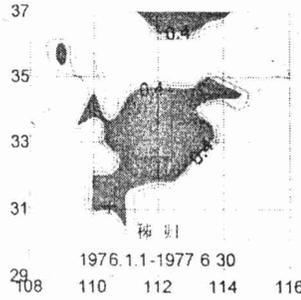
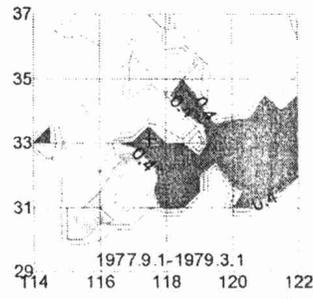
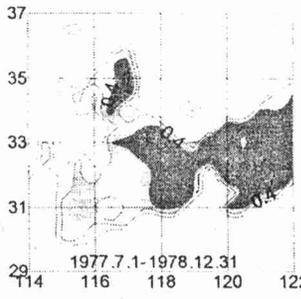
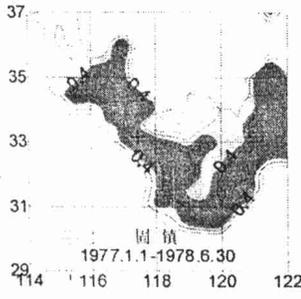
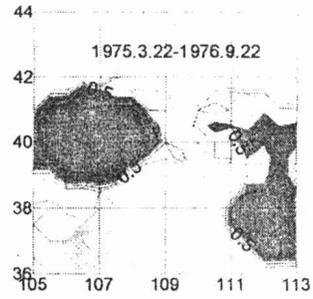
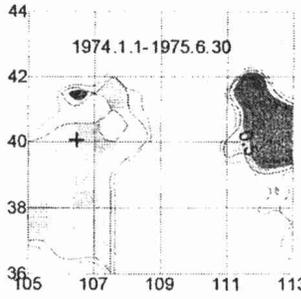
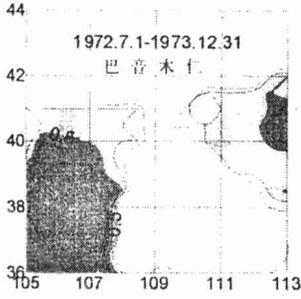
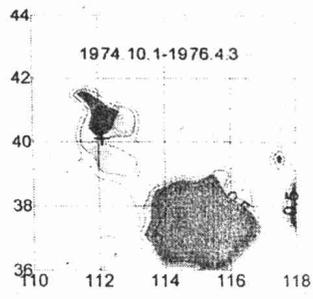
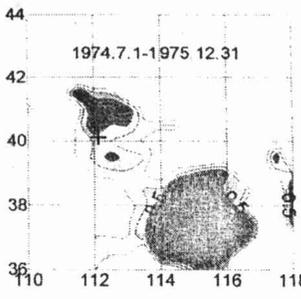
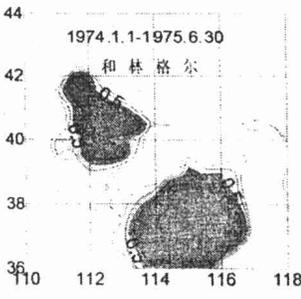
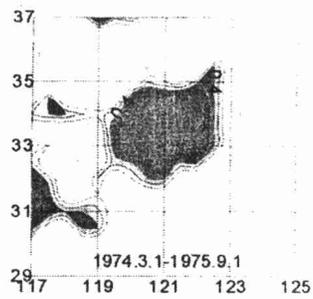
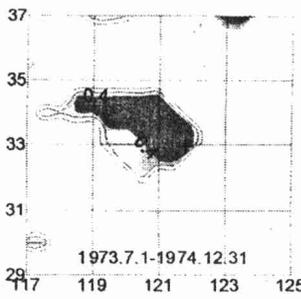
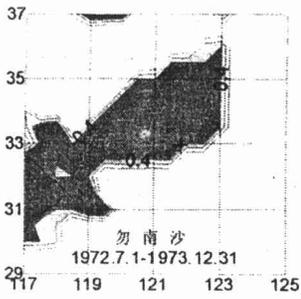
表1 1975~1996年华北地区($29^{\circ}\sim 43^{\circ}\text{N}$, $105^{\circ}\sim 125^{\circ}\text{E}$) $M_s\geq 5.0$
地震参数及 A 值中短期异常情况

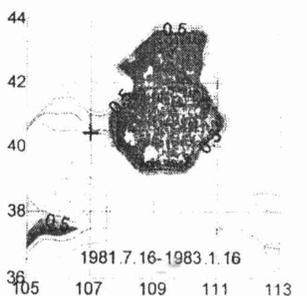
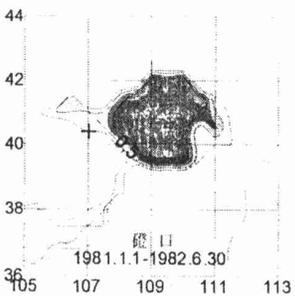
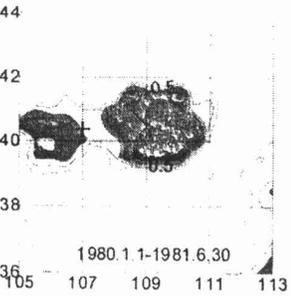
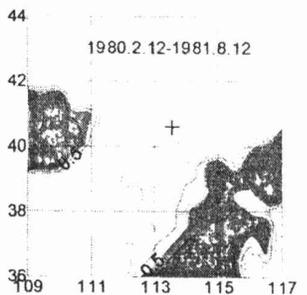
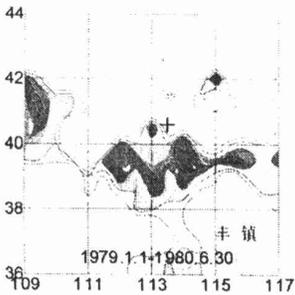
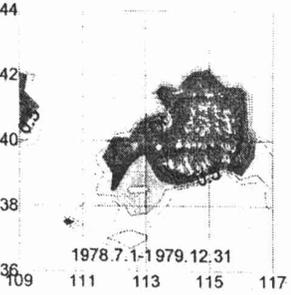
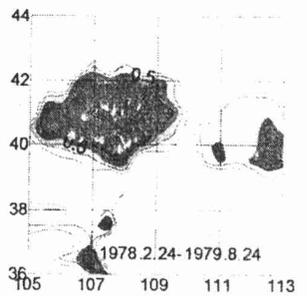
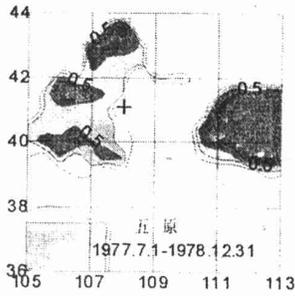
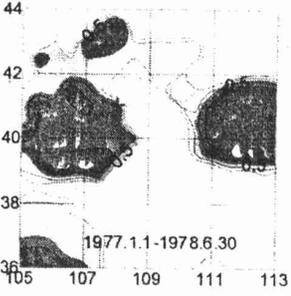
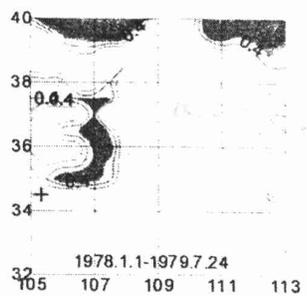
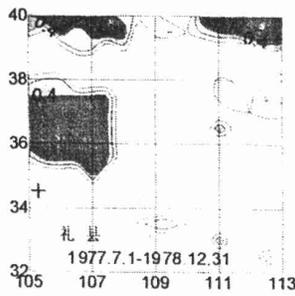
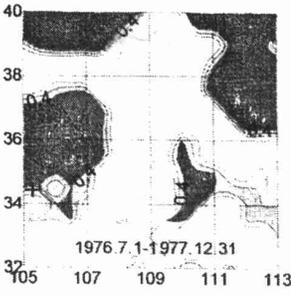
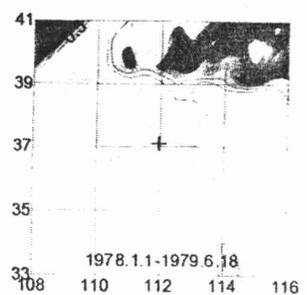
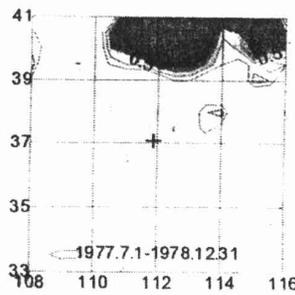
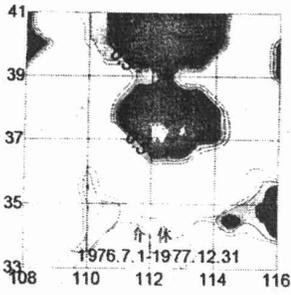
序号	发震时间	震中位置			震级 (M_s)	中短期异 常形态	备注
		纬度	经度	地点			
1	1975-02-04	$40^{\circ}42'$	$122^{\circ}42'$	辽宁 海城	7.3	③	
2	1975-09-02	$32^{\circ}54'$	$121^{\circ}48'$	黄海 勿南沙	5.3	①	
3	1976-04-06	$40^{\circ}14'$	$112^{\circ}12'$	内蒙 和林格尔	6.3	①	
4	1976-07-28	$39^{\circ}38'$	$118^{\circ}11'$	河北 唐山	7.8	③	
5	1976-09-23	$40^{\circ}05'$	$106^{\circ}21'$	内蒙 巴音木仁	6.2	②	
6	1979-03-02	$33^{\circ}11'$	$117^{\circ}25'$	安徽 固镇	5.0	①	
7	1979-05-22	$31^{\circ}06'$	$110^{\circ}28'$	湖北 秭归	5.1	①	
8	1979-06-19	$37^{\circ}06'$	$111^{\circ}52'$	山西 介休	5.1	①	
9	1979-07-09	$31^{\circ}27'$	$119^{\circ}15'$	江苏 溧阳	6.0	③	
10	1979-07-25	$34^{\circ}29'$	$105^{\circ}18'$	甘肃 礼县	5.0	①	
11	1979-08-25	$41^{\circ}14'$	$108^{\circ}07'$	内蒙 五原	6.0	②	
12	1981-08-13	$40^{\circ}30'$	$113^{\circ}25'$	内蒙 丰镇	5.8	①	
13	1981-11-09	$37^{\circ}24'$	$114^{\circ}54'$	河北 邢台	5.8	③	
14	1982-04-14	$36^{\circ}45'$	$105^{\circ}30'$	宁夏 海原	5.7		漏报
15	1983-01-17	$40^{\circ}22'$	$107^{\circ}01'$	内蒙 磴口	5.1	①	
16	1983-11-07	$35^{\circ}18'$	$115^{\circ}36'$	山东 菏泽	5.9	①	
17	1984-05-21	$32^{\circ}38'$	$121^{\circ}36'$	南黄海	6.2	①	
18	1984-11-23	$38^{\circ}04'$	$106^{\circ}13'$	宁夏 灵武	5.3		漏报
19	1987-02-17	$33^{\circ}35'$	$120^{\circ}32'$	江苏 射阳	5.1	③	
20	1987-08-10	$38^{\circ}03'$	$106^{\circ}17'$	宁夏 灵武	5.5	③	
21	1987-10-25	$34^{\circ}03'$	$105^{\circ}10'$	甘肃 礼县	5.1	③	
22	1989-10-19	$39^{\circ}57'$	$113^{\circ}49'$	山西 大同	6.1		漏报
23	1989-11-02	$35^{\circ}58'$	$106^{\circ}17'$	宁夏 固原	5.0	①	
24	1990-02-10	$31^{\circ}41'$	$121^{\circ}00'$	江苏 常熟	5.1	③	
25	1991-01-13	$40^{\circ}33'$	$106^{\circ}03'$	内蒙 阿拉善左旗	5.2	①	
26	1991-01-29	$38^{\circ}28'$	$112^{\circ}32'$	山西 忻州	5.1		漏报
27	1992-01-23	$35^{\circ}12'$	$121^{\circ}04'$	北黄海	5.3	③	
28	1995-09-02	$35^{\circ}00'$	$118^{\circ}00'$	山东 苍山	5.2		漏报
29	1996-05-31	$40^{\circ}42'$	$109^{\circ}36'$	内蒙 包头	6.2	③	
30	1996-11-09	$31^{\circ}42'$	$123^{\circ}06'$	南黄海	6.1	③	

3 结论与讨论

3.1 A 值用于中短期地震预报的方法与预报指标

由文献①和本文的研究可知,华北地区80%以上的中强以上地震前2~3年开始存在着 A 值中期异常区.在震前1年左右的中短期阶段,中期异常区出现3类不同形态的中短期变化.第一类为较大范围的 A 值中期异常区的范围明显缩小乃至消失,这时异常面积收缩率 η





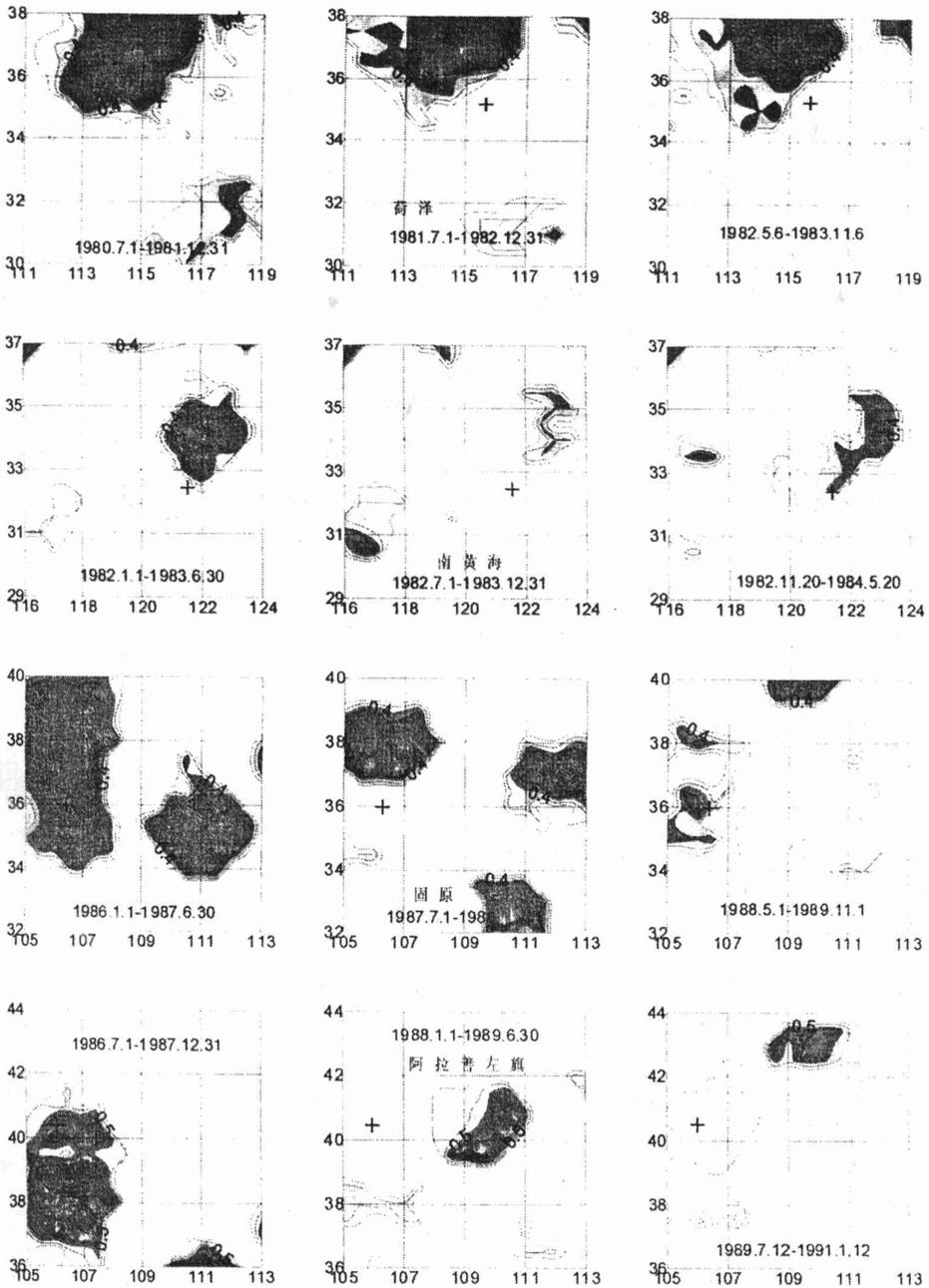


图 1 1975~1996 年华北地区 14 次地震前中短期阶段的 A 值异常变化

Fig. 1 Mid-short term anomabus changes of A -value before 14 earthquakes in northern China from 1975 to 1996.

≥ 0.5 ; 第二类为 A 值中期异常区在出现明显缩小或消失后, 临震前 1~3 个月之内再次扩大; 第三类为 A 值中期异常区在中短期阶段并不发生明显变化, 这时 $|\eta| < 0.5$. 通常主要以中期异常区面积是否出现明显收缩作为中短期预报指标. 如果出现面积大于 4 平方度、时间超过 1 年的 A 值中期异常区, 并且其后异常区出现明显收缩, $\eta \geq 0.5$, 则可以认为当前可能已进入中短期异常阶段. 如果异常区范围再次明显增大, 即可能为第二类异常, 那么未来 3 个月内可能发生中强以上地震. 因此在实际短期和临震预报中, 应注意中期异常区的范围出现明显收

缩后是否再次增大.

3.2 A 值的中短期异常与平静

为综合考虑地震活动在时空强 3 个方面的特征, 本文定义地震活动因子 A 值为 C 、 D 和 Mf 值的线性组合. 通常当某一地区地震活动水平较弱或相对平静时, 地震活动在时间和空间上的丛集程度一般也较弱, 因此相应的 C 、 D 和 Mf 值较小, 从而 A 值也明显偏小. 反之, 当地震活动增强时, 地震活动的频次和强度将增高, 它们在时间、空间上的丛集程度通常也会增强, 从而使得 C 、 D 和 Mf 值增大. 因此 A 值在一定程度上反映了地震活动的增强. 绝大多数中强以上地震前出现 A 值中期异常区的现象表明, 震前中期阶段震中附近地区的地震活动的增强是较为普遍的现象. 进入中短期阶段后, 大部分中期异常区面积明显地缩小或消失, 这表明地震活动增强后所出现的平静现象是中短期阶段最主要的特征之一.

由本文的资料可以看到, 还有一部分地震前的平静现象是不明显的. 其中可能是由于某一地区在一个时期中孕育和发生多次地震所至. 如 1987 年江苏射阳 5.1 级地震后, 苏鲁交界及南黄海地区陆续发生了 1990 年常熟 5.1 级、1992 年黄海 5.3 级、1995 年苍山 5.2 级、1996 年南黄海 6.1 级、1997 年南黄海 5.1 级和一些 4 级以上地震, 因此该地区的 A 值异常一直持续起伏不断. 因而上述几次地震前的中短期阶段, A 值中期异常区面积收缩现象就表现得很不明显, A 值中期异常区面积收缩现象十分明显.

[]

- [1] , , . C 值及其在地震预报中的应用[A] . : () . : , 1989. 127 ~ 141.
- [2] , , . C 值在华北中强以上地震前的中期异常变化[J] . , 1999, 22(1): 51 ~ 56.
- [3] , . D 值在华北大震前的异常变化[J] . , 1987, 9(2): 113 ~ 127.
- [4] , , . D 值在华北中强以上地震前的中期异常变化[J] . , 1997, 19(2): 1 ~ 6.
- [5] , , , . Mf 值在华北中强以上地震前的异常变化[J] . , 1994, 10(): 95 ~ 110.
- [6] , , , . Mf 值空间异常分析[A] . : “ ” . : , 1997. 158 ~ 169.

SEISMICITY FACTOR A -VALUE AND ITS APPLICATION IN MID-SHORT TERM EARTHQUAKE PREDICTION IN NORTHERN CHINA

WANG Wei¹, SONG Xian-yue¹, LIU Zheng¹, WANG Zheng-zheng²
(1. *Seismological Bureau of Shanghai, Shanghai 200062, China;*
2. *Seismological Bureau of Jiangsu Province, Nanjing 210041, China*)

Abstract

The seismicity factor A -value is defined by synthesizing the seismicity precursors in time, space and magnitude. The seismicity data of moderate or small earthquakes during 1972~1996 in northern China are used in spacial scanning of seismicity factor A -value, studying mid-short term change of the A -value before the earthquakes. The result shows that in mid-short term, the mid-term anomaly zones of A -value that appeared about 2~3 years before a lot of strong earthquakes may contract or disappear obviously, and the zones may obviously extend again about 1~3 months before some earthquakes. Some problems about mid-short term earthquake prediction by using the A -value are also discussed.

Key words: North China; Regional seismicity; Seismicity factor A -value; Mid-short term anomaly