文章编号: 1003-1375(2001) 04-0027-07

通过分区分析预测华北地震危险区

周 伟,杨国华,华彩虹

(中国地震局第一地形变监测中心,天津 300180)

摘要: 将华北地区(北纬 37°~ 41.5°,东经 112°~ 120°)以 50km× 50km为单位划分成 130个小区域,统计每区内近 10年(1990年~ 2000年 8月)来所发生的地震。从时间角度分析近十年内每年各区地震宏观走向情况;从空间角度分析每区十年内地震活动情况。将具有类似特征的区域归为一类,通过分析它们的形变背景推测这些区域的地震活动情况。

关键词: 形变分析;地震活动;分区

中图分类号: P315.75 文章标识码: A

0 引 言

自 80年代末开始,我国进入了一个新的地震活跃期,而华北地区近 10年来则以 1991年大同地震和 1998年张北地震最为突出,由此使得这二年成为 1990年至今 11年来的地震活跃年,其间数年亦相应成为地震活动平静年。具体情况见表 1。笔者统计了华北地区(北纬 37°~ 41.5°,东经 112°~ 120°) 1990年~ 2000年 8月所有 4级以上地震。

表 1 华北地区 1990年~ 2000年 8月 4级以上地震统计表

个数 \ 时间	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
4≤ M_L <5	6	15	3	5	2	3	3	1	30	9	2
M_L≥ 5	1	4	0	0	0	1	0	0	3	2	0

按表 1推测,是否可以认为未来几年应该是相对平静期,得出此结论或许顺理成章,但地震活动毕竟具有多样性和复杂性特征,笔者认为 1998年的地震活跃程度相对 1991年时要高,可以认为一直延续到 1999年。自 2000年起又开始了相对平静期,在这种平静下掩饰着两种可能性: (1)下一个平静期开始了,并将持续数年,如 1991-1998年的情况,形成一个较明显的周期。(2)开始下一个活跃期,1998年只是它的序幕。

这些都只是假设。本文将从地震发生的形变背景和地震活动的时间、空间规律进行分析,得出结论。

⑳ 收稿日期: 2000-11-30
基金项目: 国家重点基础研究发展规划。G1998 40700项目。
作者简介: 周伟(1975-),女(汉),中国地震局第一地形变监测中心研究所助工程师,主要从事形变分析与地震活动性综合研究等工作。

1 分区方法

在以往的研究中有一个广为人知的现象,即在中强地震前一定时空范围内经常出现地震活动相对增强现象,但如何对此加以验证,并将其具体量化? 已有的方法将地震活动性参数按照不同的扫描窗口(例如以 1平方度为单位面积)进行时空扫描计算[1]。 本文采取分区的方法将这些分区按规律统一进行编号来研究地震活动规律。以不同尺度分区,效果会有很大不同,我们曾尝试以 100km 10km等作为边长单位,但效果不太理想。 最后采取对华北地区以 50km× 50km为单位划分区域。 这样做具有以下优点:

(1)兼顾了地震分布并使得同一地区的地震达到一定的密集度,充分体现了地震活动的时空特征—— 重复性、填空性、迁移性[2]。

(2)更加明晰了地震活跃地区的位置和范围。

(3)由于每一个区域都有自己的代号,使得这些区域与其范围内的构造联系更加紧密,例如六楞山北麓断裂中段纵贯第 67 81区[3]。 这样有利于更好地分析形变与地震的关系: 究竟何种断裂更容易诱发地震,地震多集中发生于断裂的哪些部位,中段、数个断裂的交汇处等等; 另一方面,地震活动对形变又产生了何种影响。

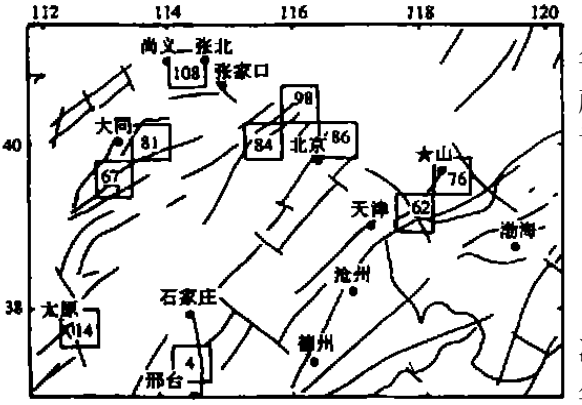


图 1 几个重点小区的分布

图 1中的方块所显示的即为所统计华北地区内几个具有典型特征的区域。所划分区域的编号过程是由程序控制,计算机自动累计得来。

2 空间特征分析

笔者统计了华北地区 1990年~ 2000年 8月,11年间各区地震活动情况,从中选择地震较活跃的 1991 1998年以及其间的 1996年,以柱状图显示(图 2),其中横坐标为分区编号,纵坐标为该区内当年发生的地震个数。

观察以上图像可以发现各年地震多集中在第 76区、81区、86区等区域内。 实际统计结果见表 2。

第 76区在唐山附近。我们可以发现 11年来每年此区地震(M_L> 0)集中度都是最高,4级以上地震除第 108区在 1998年较为突出外,综合多年情况仍以其为最多。 唐山地震已过去 30多年了,此地区仍旧余震不断原因何在? 我们推测 1976年的 7.8级大震引起该地区发生较大变形(地壳表层变形不明显),这种形变仍不断发展,引发持续不断的中小地震,同时这些地震又反过来促进形变的发展,这样互为推动,持续发展,在这样的过程中能量逐渐减弱。

第 108区 1990年~ 1997年一直处于相对稳定的状态。 自 1998年 1月张北 M6.2地震后,此区开始集中发生地震。 1998年 7月,1999年 3月分别发生 2次 5级以上地震。发生的地震数量至目前虽已呈下降趋势,但 1998年后各年地震总数仍旧较多,这种情况是

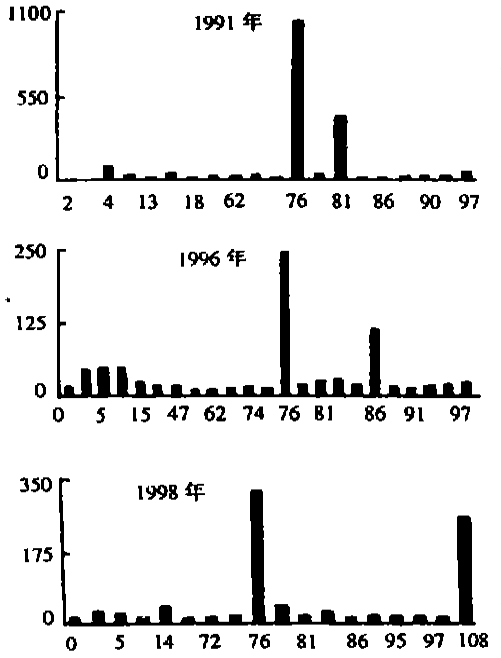


图 2　不同区块地震频度直方图
(1991年、1996年、1998年)

否类似于 76区的早期情形呢? 在后面我们将继续分析。

第 81区位于大同附近, 1991年和 1999年发生了两次 5级以上地震,总的地震数量也较多,是否会再次发生中级地震? 应该说还有可能。从图中可以看到此区自 1993年两次 4级地震后总地震个数一直较少,连续几年低于 1993年之前年平均水平,此情况随着 1999年 11月浑源 M5.4级地震的发生而有所改变,但数量上仍少于 1993年前,其情况不同于前两者。

第 86区,近 11年没有 5级以上地震,平均每年发生的地震数量也不甚多,只是 1996年地震数量突然增多,这与其境内当年发生的 2次 4级地震有关。紧随其后的 1997年地震数量仍远远高于其它年份的平均值,近期虽有所恢复,但因其处在北京周围地区,所以还应予以重视。它是否相同于 76区、108区的情况,还是自成一体,通过后文分析将予以确定。

表 2　　1990年~ 2000年 8月 4个区的地震数量统计

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	
	366	1038	730	492	400	427	246	288	321	233	122	$M_L > 0$
76区	2	5	1	1	1	0	1	0	3	0	1	$4 \leqslant M_L < 5$
	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	$M_L \geqslant 5$
	119	422	100	162	34	23	24	44	22	133	57	$M_L > 0$
81区	0	3	0	2	0	0	0	0	0	1	0	$4 \leqslant M_L < 5$
	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	$M_L \geqslant 5$
	15	16	15	15	11	13	114	63	16	11	7	$M_L > 0$
86区	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	$4 \leqslant M_L < 5$
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$M_L \geqslant 5$
	2	1	2	3	0	2	1	0	253	93	31	$M_L > 0$
108区	0	0	0	0	0	0	0	0	24	3	1	$4 \leqslant M_L < 5$
	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	$M_L \geqslant 5$

3 时间过程分析

笔者按所划分的 130个区域,分别做出 11年内地震活动曲线,从中选择具有代表性的 8个区域(图 3)[4]

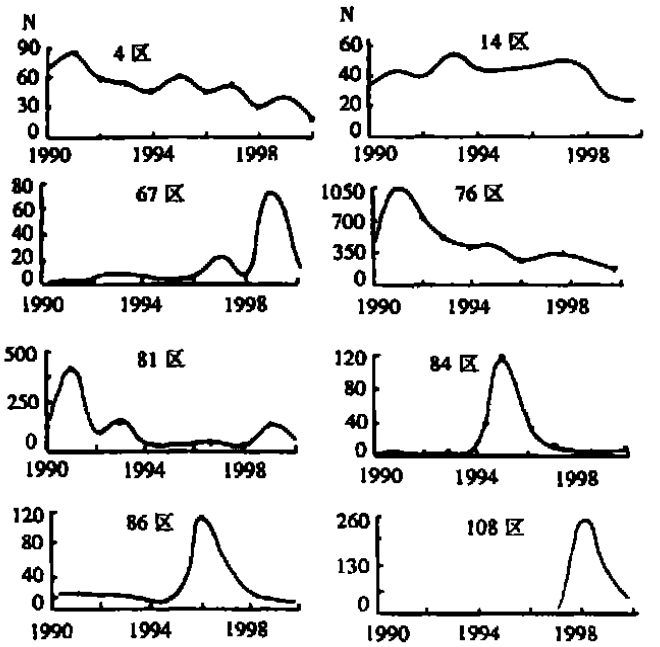


图 3 典型分区内地震频度时序曲线

将图线中具有类似走向的区域进行归类,讨论其共同特征。其中第 4区、第 14区的频次曲线没有太大起伏,而且在这些区内近 11年也没有 5级以上地震发生,但其每年的地震个数相对较多。那么未来这些区域地震活动情况将会怎样,后文我们将结合形变背景对其进行分析。

第 67区、84区、86区、108区都具有一个共同特点,即在本区主震发生前,区内地震个数很少,目前略显下降趋势。在后文中的形变分析中我们将进一步讨论。

第 76区、81区在前面的空间分析中已经谈到,在此就其频度曲线显示的情况进一步分析。第 76区频度曲线自 1991年两次 5级地震后,有一个逐渐减缓的态势,这种趋势在 1995年 M5.0级地震发生的情况下仍未改变,而且渐渐恢复到与发震前的 1990年相持平的状态,呈相对平静状态,与前文分析的结论相符。

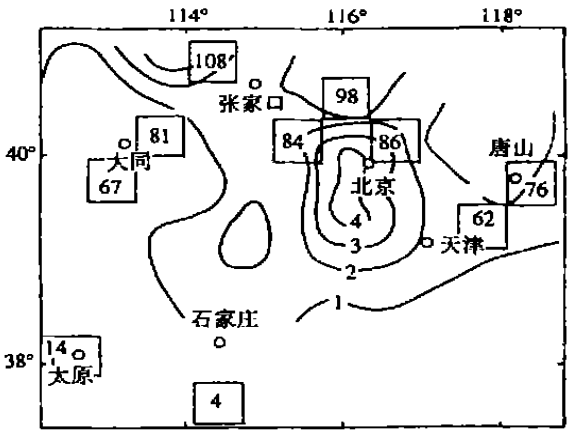
第 81区频度曲线在整体走势上与第 76区有些相似,也是在 1991年 M5.8级地震后出现升高然后转低。与第 76区不同之处是在 1999年 M5.4级地震中再次上行。这印证了前文对它的分析,其不同于第 76区能量逐渐释放的情况,它应该还能积聚较高能量。

4 形变背景分析

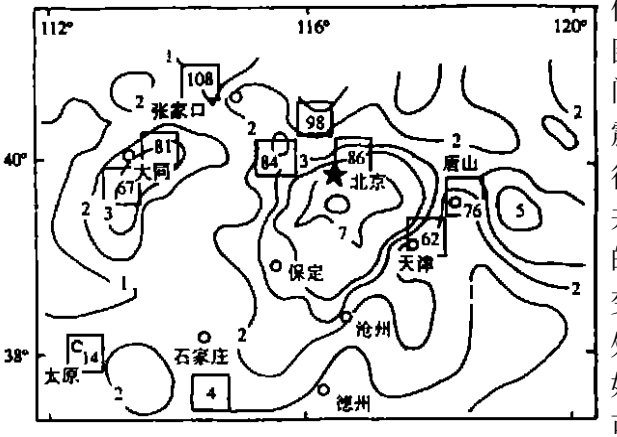
上文中我们从时间和空间的角度对这 130个区域 11年的地震活动进行讨论,但作为地震发生的要素,时间和空间是紧密相联的。因此综合前两方面的分析,可以发现这些区域或具有以下两个特征或必具其一:区块内地震频次一直居高;二、区块内地震一直较少,但从某一时段、某一地震开始突然成为地震活跃区。前者我们可能很容易注意到,而后者才更具危险性、破坏性,也比较难以发现,可这正体现了地震活动的又一特性——填空性[2]。如果结合长期形变背景分析,还是可以进一步发现某些规律的。

下面我们将就 GPS观测资料得到的近年华北地区和山西带两个区域的水平应变状态图像进行分析。图中方块所代表的区域为前文时、空分析所讨论的区域。

观察图 4,我们发现有两个区域的最大剪切应变值相对较高,一是以北京为中心的北京地区,另一个是张家口西北的张北— 尚义地区[4]。第 108区恰好位于张家口西北的张北— 尚义地区,由前文的时间、空间分析可以看出此区 1990年~ 1997年无异常表现,1998年 1月突然发生张北 *M*6.2级地震,好象很出乎人们意料,但其形变背景却早已存在[4]。只是这种形变在地震前后如何发展的过程我们没有看到。在 1995年~ 1999年华北部分区域最大剪切应变图中看到的张北— 尚义地区,即第 108区的最大剪切应变值开始减小[4],不再象其在 1992年~ 1995年图中那么突出,毕竟已跨过 1998年,与此相对应,在上文的时间、空间分析中,该区 1999年的地震活动也开始呈下降趋势。



a. 1992年~ 1995年



b. 1995年~ 1999年

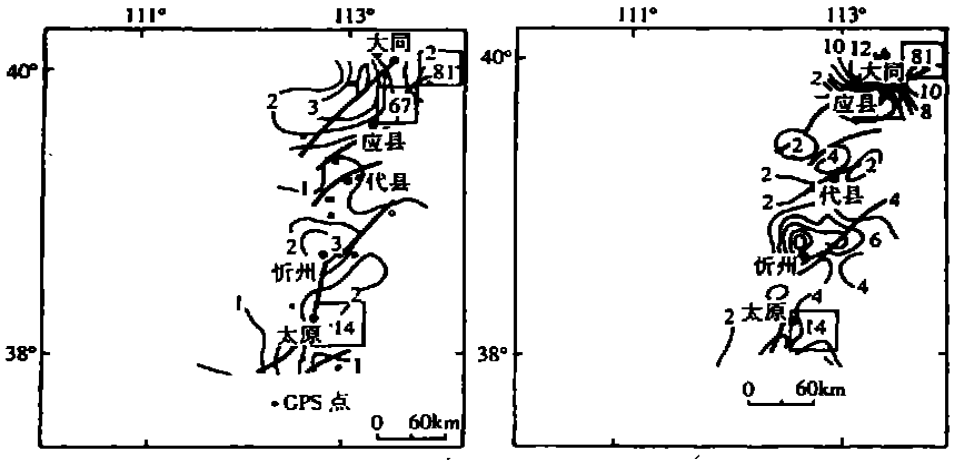
图 4　北京地区最大剪应变与地震活动显著区块的分布

图 4中另一剪切应力集中区是以北京为中心的区域[4]。第 84区、86区恰好位于此范围内,对照前文时间、空间分析可知,第 84区 1995年发生过 4.1级地震,第 86区 1996年发生了 4.5级和 4级两次地震。此二区域的能量是否通过这几次 4级以上地震充分释放了呢? 带着这个疑问我们去看 1995年~ 1999年华北部分区域最大剪切应变图,发现此二区的剪切应变仍很大,在整个华北地区中算得比较突出的区域[4]。是否可以就此推测其处在一个能量逐渐释放的阶段呢? 我们认为理由尚不太充分。第一,毕竟此图所跨年限较长;第二,前文时间、空间分析显示,近 11年内无 5级以上地震,每年平均地震数目不多,不能提供很有力的证据;第三,其能量量级本身并不高,只是相对较突出[4]。随着时间的推移和工作的推进,其形变情况将变得更加明晰。仅就目前分析该分区处在一种中间状态,不同于前面二者,如果其形变加剧,分区内地震增多,它可能会转变成类似于第 81区的情形。

图 4中第 98区、62区、76区形变背景不突出。其中第 98区 1990年发生 5级地震之后一直较平静。从前面时间、空间分析看,62区、76区处在一种较平稳但相对多震的状态。所以此 3个区域没有太大的形变也是正常的。

图 5利用山西带 GPS资料得到的山西北部地区形变背景与地震活动的关系也具有

同图 4相类似的特征。



a. 1996年~ 1997年 b. 1997年~ 1998年

图 5 山西带北部最大剪应变与地震活动显著区块的分布

首先从图中我们可以发现,地震活动时间、空间分析所得到的 3个区域—— 第 81区、第 67区、第 14区都处在断裂交汇、拐弯及其端点部位,这些地方也正是地壳剧烈活动,区域应力相对较集中的区域[5]。

第 81区在 1996年~ 1997年山西带水平活动图中可观察出存在形变背景,但不是很大[5],笔者分析这与其是地震较集中的区域有关,而且此区 1991年发生过 M5. 8级地震。在 1997年~ 1998年图中,此区域形变明显增大,在整个山西带中变得比较突出。而且这种形变是发生在地震多发区域连续几年相对平静之后, 1999年此区域发生 M5. 4级地震。笔者认为这是一个值得注意的结果,通过进一步印证,即可以作为一种规律,来推测未来地震。

第 67区因与其相邻,且近年又处在同一形变范围内,情况相似。

第 14区除 1991年发生了两次 4级左右地震,近年地震活动相对较平静,从图 5中看到的形变也不明显。

综合以上分析结果,说明了地震的发生与形变是密不可分的,同时形变程度又受到其区域内地震活动的影响。上文所做的时间、空间分析结果在形变背景、分析中得到了印证,同时在时间、空间分析中无法解释的现象在形变分析中找到了根源,所以笔者认为将地震活动的时空分布放到形变的大背景下分析预测危险区会得到一个比较理想的结果。

5 结 论

本文通过对 130个划分区域进行时空分析,将具有同等特征的区域分为一类,研究其形变背景,推测这种背景对地震活动的影响,以及这些区域的地震活动反过来如何促进形变的发展。

通过分析得出: 本研究区域内近年地震相对集中的分区主要有三个: 第 76区 (唐山附近)、第 81区 (大同附近)、第 108区 (张北附近)。其中第 76区与第 108区可归为一类,地

震活动频繁,但该分区内形变不大,其处在能量逐渐释放减弱的过程中。第 81区地质构造复杂,仍存在较大形变背景,地震频繁,推测该分区应该还能积聚较高能量。第 84 86区(北京附近)处在一种中间过程,不同于前面二者,如果其形变加剧,分区内地震增多,它可能会转变成第二种情况。

参考文献:

[1] 梅世蓉,等.地震短临预报的理论与方法 [C].国家地震局"八五"攻关课题论文集.北京: 地震出版社, 1997.
[2] 王炜,庄昆元,等.测震学分析预报方法 [C].北京: 地震出版社, 1997.
[3] 国家地震局《鄂尔多斯周缘活动断裂系》课题组,鄂尔多期周缘活动断裂系 [C]. 北京: 地震出版社, 1998.
[4] 杨国华,等. GPS用于区域地壳运动及地震危险区判定的初步研究 [J]. 中国地震 . 1998. (3).
[5] 杨国华,等.应用 GPS技术监测山西断裂带的水平运动 [J]. 地震学报, 2000(9).

Prediction to the risk region of earthquake in north China through zoning analysis

ZHOU Wei, YANG Gou-hua, HUA Cai-hong
(First Crustal Deformation Monitoring Center, CSB, Tianjin 300180, China)

Abstract North China region(37°– 41.5°N, 112°– 120°E) is divide into 130 zones (50km× 50km). All the earthquakes occurred in recent ten years in the 130 zones are studied by statistics. The seismicity in each zone is analyzed from the temporal and spatial distribution, and the zones that have the same character are categorised into one type. Based on the crustal deformation background in each zone, the earthquake activity is predicted.

Ker words crustal deformation analysis; seismicity; zoning