

甘肃及邻区b值与中强震的关系研究

刘 江 峰

(国家地震局兰州地震研究所)

摘 要

本文研究了甘肃及邻区8个小区的背景b值和计算b值的最小震级下限,对计算b值的两种常用方法优缺点进行了比较,同时,研究了甘肃及邻区b值与中强地震的关系。

研究结果表明,在甘肃及邻区,中强震前震中区及邻区的b值往往呈现低b值,与中强地震的对应率约为50%。作者认为,在日常的地震监测预报工作中,b值可作为一种较有效的判断指标。

一、前 言

自从1968年肖尔茨根据岩石实验结果,首次提出b值大小标志着介质中的应力水平高低这一观点之后,国内外许多学者曾进行了利用b值变化预报地震的研究。李全林等人研究发现,唐山等大震前若干年内,孕震区b值经历了高一低一回升的变化过程,认为大震前b值的负异常和回升过程是相当普遍的规律^[1]。马鸿庆研究认为,b值下降和震前回升是震源区的b值异常特征,而较大区域b值变化特点是有一个明显的高值期,采用较大区域内的高b值作为预报地震的标志量显然要比小区的低b值好得多^[2]。另外,根据对华北、西南地区13次中强地震的研究,马鸿庆认为大震前震中附近有个低b值区域,其外围有个高b值区域^[3]。黄德瑜等根据大范围的b值空间扫描发现,大震前震中附近存在低b值区^[4]。也有些震例震前出现高b值异常^[5]。这种复杂性表明,除了地壳中的应力水平以外,影响b值变化的因素很多^[6]。

对于西北地区的b值,以前尚没有人进行过系统的研究。然而,b值是在震情判断中经常采用的判据之一,因此,有必要对该地区b值特征进行一些较为细致的研究。笔者曾对该地区中强震前b值与其他地震预报指标的关系进行过一些探讨^[7],积累了一些资料。本文主要对甘肃及邻区b值与中强震的关系进行一些研究。

二、资料处理方法

本文所用资料选用兰州地震研究所传输计算室编辑的陕甘宁青四省(区)地震目录。由于西北地区许多地震台站是在1971年前后建成的,因此截取1972年1月以后至1988年11月的

资料进行计算。

b值大小与计算方法、区域划分、震级下限、累计时段等因素密切相关。故计算b值时,应该首先对以上诸条作出较为合理的选取。

1. 区域划分

不同地区b值往往有不同的特点。计算b值的区域原则上应按不同的地质构造单元划分。同时,为了满足计算精度所需的地震数目要求,要考虑到不同地区的地震活动水平和台网监测能力。地震活动水平较高及台网测控能力较强的地区,统计区可取小一些;反之,统计区则应取大一些。由于只选用陕甘宁青四省(区)地震目录,在甘肃内蒙交界地区,小区域边界以不超出甘肃省界过远为原则。另外,取与经纬线平行的直线作为小区域的边界,会给计算带来便利。综合考虑以上几点,大致将甘肃及邻区划分为8个小区域。各个区域的范围及编号见图1。

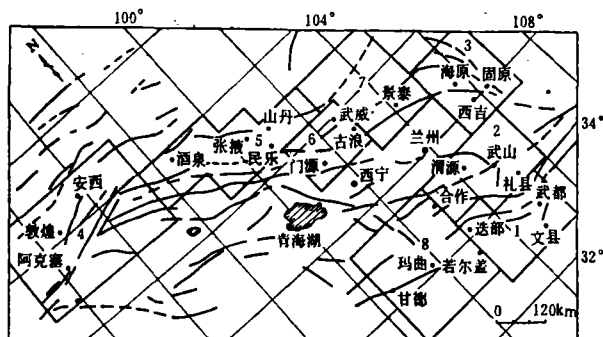


图1 甘肃及邻区小区域划分图

Fig.1 Regionalization of minor seismic areas in and near Gansu Province

2. 震级下限选取

为了减小b值计算的统计偏差,应尽量扩大信息量,所取震级下限越小越好。另一方面,受地震台网测控能力限制,若震级下限取得太小,因大量小地震漏记,会给计算结果带来较大的系统误差。解决好这一矛盾、选择合适的震级下限是计算b值的重要前提之一。

图2a是取不同震级下限计算的1987年1月8日迭部5.9级地震前震中周围 $4^{\circ} \times 4^{\circ}$ 区域b值变化曲线。由图可见,当区域范围较大或地震数目足够多时,取不同震级下限计算的b值曲线除有一个系统差值外,曲线变化趋势大致相同。但当区域范围较小或对于地震活动水平较低的区域,震级下限选得太低,小地震的漏记不仅使b值系统偏小,也会使曲线变化幅度发生变化,如图2b所示。

在实际计算中,在所能控制的震级范围内,按照最大似然法以各种震级下限计算b值在置信度内彼此有很好的一致性。根据这一特点,利用1972年以后近17年的地震资料,取不同震级下限分别计算了各个小区域的b值,结果列于表1中。在计算中发现,同心—西海固地区1979年以前小地震漏记显然比以后多,因此,表1中该区域的b值是取1979年1月以后的资料计算的。

分析表1中的计算结果,从 $M_L \geq 1.0$ 开始,随着震级下限的提高,b值显著变大。当下限提高到某一个值之后,b值则开始趋于稳定,说明大于这个震级的地震不再有漏记。这个下限值可被确定为相应区域计算b值所取震级下限的最小值。为了直观,根据表1作出8个区域b值随震级下限变化曲线(图3),在图3中竖线标出了各个区域的最小下限值。

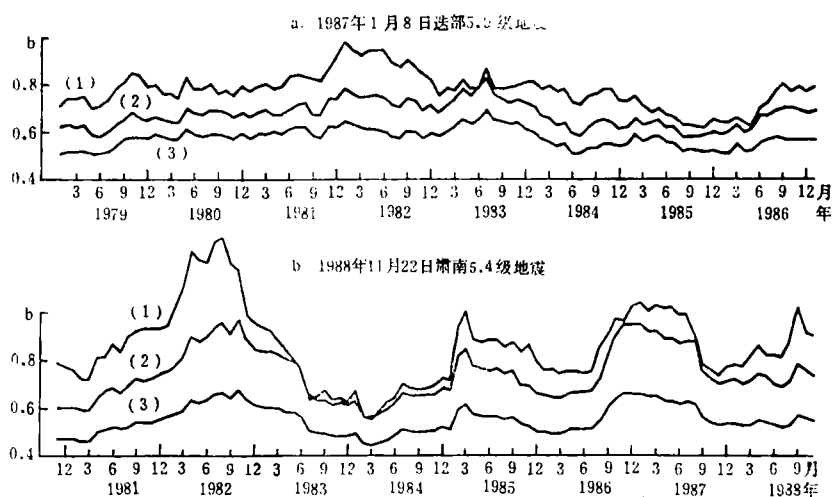
图2 两次地震前震中区域($4^{\circ} \times 4^{\circ}$) b值变化曲线(1) $M_L \geq 2.3$ (2) $M_L \geq 2.0$ (3) $M_L \geq 1.8$

Fig. 2 The variation curves of b values in the epicentral regions before two earthquakes

表1

甘肃及邻区8个小区域取不同震级下限计算的b值

编号	b 区域	震级下限 (M_L)										
		1.0	1.3	1.5	1.8	2.0	2.3	2.5	2.8	3.0	3.3	3.5
1	甘川交界地区	0.31	0.39	0.45	0.58	0.67	0.78	0.81	0.81	0.85	0.88	0.89
2	天水礼县—渭源地区	0.33	0.43	0.51	0.65	0.75	0.85	0.88	0.87	0.86	0.93	
3	同心—西海固地区	0.32	0.40	0.48	0.62	0.71	0.88	1.00	0.90	0.86		
4	肃北—安西地区	0.25	0.29	0.34	0.44	0.52	0.61	0.67	0.70	0.72	0.78	0.85
5	张掖—酒泉地区	0.31	0.39	0.47	0.62	0.72	0.80	0.82	0.85	0.84	0.81	0.80
6	古浪—门源地区	0.30	0.38	0.45	0.59	0.72	0.87	0.91	0.92	0.95	0.90	0.79
7	景泰—民勤地区	0.26	0.31	0.37	0.47	0.57	0.77	0.89	0.98	1.04	1.10	
8	玛曲—玛沁地区	0.22	0.26	0.29	0.36	0.42	0.53	0.62	0.74	0.74	0.81	

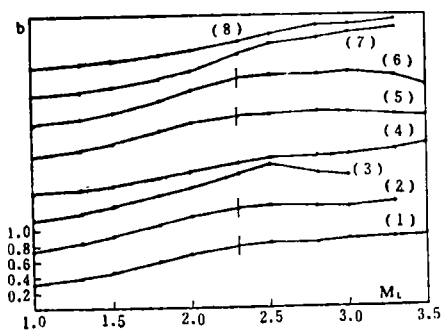


图3 甘肃及邻区8个小区域b值随震级下限变化曲线(每条曲线纵座标零点依此上移0.4)

Fig. 8 The changes of b values of eight minor areas with the changes of magnitude lower-limits

当下限提高到3.0后,再提高下限,由于地震数目显著减少,统计误差明显增加, b 值又会变得不稳定。所以,除非统计时段取相当长,一般震级下限不能选取太高。从图3还可以看出,对于4区,即肃北—安西地区, b 值一直随震级下限提高而变大。说明因该区台网稀少,3.5级以下的地震都有漏记。只不过从 $M_L \geq 2.5$ 之后, b 值变化渐缓,漏记的地震数量相对减少。该区域就取2.5为最小震级下限值。

另外,根据古登堡—里斯特震级频度关系式 $\log N = a - bM$,不同震级区间的地震数目服从指数分布。将8个区域各个震级区

间的地震数目分布列于表2, 显而易见, 低震级区间的地震数目不服从震级频度关系式。根据表2地震数目分布情况也可大致确定各个区域计算b值的最低震级下限。结果与图3大致相当。

表2

甘肃及邻区8个小区不同震级区间地震数目

地震数目 区域	震级范围 (ML)											
	1.0 -1.4	1.5 -1.9	2.0 -2.4	2.5 -2.9	3.0 -3.4	3.5 -3.9	4.0 -4.4	4.5 -4.9	5.0 -5.4	5.5 -5.9	6.0 -6.4	6.5 -6.9
1	78	301	531	322	135	59	15	8	2	2	1	1
2	41	210	295	151	53	26	8	1	1	1	0	0
3	26	115	169	129	38	9	6	1	0	1	0	0
4	1	28	163	153	75	39	23	4	2	1	0	0
5	32	238	465	241	99	31	17	6	2	1	0	0
6	37	293	724	435	169	46	15	5	4	1	0	1
7	3	33	139	169	77	22	6	2	1	0	0	0
8	1	8	38	77	44	28	8	2	1	1	1	0

3. b 值计算方法比较与选择

计算b值最常用的有最大似然法和最小二乘法。本文分别对这两种方法的优缺点进行了研究分析, 并进行了计算对比。表3是对两个地震活动水平相对较高区域, 即甘川交界地区(1区)和古浪—门源地区(6区)分别用两种方法取不同震级下限计算的b值。

表3

两种不同方法计算的b值

区域	震级下限 (ML) 计算方法	1.0	1.3	1.5	1.8	2.0	2.3	2.5	2.8	3.0	3.3	3.5
1区	最大似然法	0.31	0.39	0.45	0.58	0.67	0.78	0.81	0.81	0.85	0.88	0.89
	最小二乘法	0.64	0.67	0.67	0.69	0.69	0.69	0.68	0.66	0.64	0.62	0.59
6区	最大似然法	0.30	0.38	0.45	0.59	0.72	0.87	0.91	0.92	0.95	0.90	0.79
	最小二乘法	0.70	0.74	0.73	0.78	0.75	0.79	0.74	0.77	0.70	0.73	0.65

由表3可以看出, 最小二乘法的优点是对于固定区域、固定时段, b值与震级下限选取关系不大。即小地震的漏记对b值影响不大。因之, 在利用较长时段的地震资料进行中长期地震预报或研究地震烈度时, 用最小二乘法计算b值较为合适。另一方面, 由于最小二乘法本身的特点, 不管所含地震数目多少, 每个震级区间对b值的影响权重相同。即一个最大地震可能与小震级区间的数百乃至数千个地震对b值的贡献是等价的。由此产生的缺点是个别大地震将会对计算结果产生举足轻重的影响。这种影响当地震数目较少时尤其突出。仍以6区为例, 表4是以一年为时间窗, 用最小二乘法对该区b值进行逐月滑移扫描计算的结果。表4中下划线标出的三个明显低b值时段分别是发生在该区的三次较大地震(1978.8.16民乐5.0、1984.1.6九条岭5.3、1986.8.26门源6.4)引起的。

经过计算比较, 相对于最小二乘法, 使用最大似然法时, 所用资料中个别较大地震对计算结果的影响较小, 在地震数目较少时, 滑移扫描计算结果稳定性也较好。因此, 在对小区域的b值取较短时间窗(1—2年)进行时间滑移扫描计算时, 使用最大似然法较好。

本文以下的计算均采用最大似然法。

表4 用最小二乘法计算的古浪—门源地区b值(累计期间一年, 滑动步长一月)

月 年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1972												1.14
1973	1.02	0.96	1.05	1.14	0.79	0.80	0.78	0.78	0.76	0.76	0.77	0.78
1974	0.79	0.77	0.77	0.77	0.94	0.93	1.05	1.05	0.81	0.83	0.83	0.83
1975	0.81	0.80	0.79	0.78	0.76	0.73	0.71	0.71	1.04	0.99	1.03	0.85
1976	0.89	0.89	0.91	0.91	0.93	0.93	0.97	0.99	1.01	1.20	0.77	0.76
1977	0.72	0.72	0.72	0.73	0.70	0.71	0.64	0.63	0.62	0.61	0.77	0.83
1978	0.87	0.87	0.89	0.84	0.85	0.68	0.87	0.55	0.54	0.54	0.56	0.56
1979	0.54	0.53	0.51	0.52	0.51	0.52	0.49	0.97	0.69	0.68	0.65	0.61
1980	0.60	0.63	0.63	0.64	0.67	0.67	0.68	0.68	0.69	0.71	0.75	1.07
1981	1.08	1.07	1.07	1.08	1.10	0.93	0.93	0.82	0.81	0.77	0.73	0.81
1982	0.81	0.68	0.70	0.71	0.68	0.79	0.83	0.83	0.84	0.83	0.83	0.83
1983	0.84	0.85	0.84	0.86	0.84	0.97	0.91	1.09	1.10	1.11	0.91	0.91
1984	0.67	0.68	0.70	0.68	0.70	0.69	0.70	0.70	0.69	0.69	0.69	0.67
1985	0.74	0.74	0.72	0.79	0.77	0.77	0.72	0.72	0.73	0.73	0.73	0.89
1986	0.91	0.89	0.90	0.88	0.89	0.90	1.19	0.44	0.44	0.44	0.42	0.43
1987	0.43	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.43	1.15	1.10	1.01	1.05	0.95
1988	0.95	0.95	0.94	0.97	0.96	0.96	0.95	0.96	0.95	1.02	0.98	

4. 扫描时间窗的选定

从地震预报的角度考虑, 计算b值的扫描时间窗(即累计期间)应取小一些, 这样才能及时了解b值的变化趋势和幅度。但受到地震资料的限制, 时间窗取得太小, 累计地震数少会使统计误差增大, 增加偶然起伏。时间窗取得过大, 则会抹平一些客观存在的变化。

通过分别取半年、一年、二年三种时间窗进行计算比较, 认为对于本文所进行的大部分计算, 时间窗取一年较为合适。对于有些地区, 由于记录到的地震数目少, 则取两年为时间窗进行了计算分析。

三、区域b值变化与中强震的关系

1. 区域背景b值计算

异常是相对于正常而言的。在研究各个区域的b值变化特征时, 应先计算各个区域的正常背景值。以此为基础进行比较。

背景值计算采用了以下两种方法。第一种方法以近17年统计资料分别计算各个区域的b值(同心—西海固地区是以1979年以后的资料计算的); 第二种方法对每个区域每年计算一个b值(对于地震较少的7、8区, 每两年计算一个b值), 然后平均。这两种计算结果以及各个区域计算b值的最低震级下限、地震总数一并列于表5。可以看出, 除个别区域, 两种计算结果差别甚小。在以后进行的分析中, 就以第一种结果为正常的背景值。

肃北—安西地区的背景b值较小, 只有0.67, 前面已分析过, 这是因为计算中虽取2.5为震级下限, 但实际上 $M_L \geq 2.5$ 的地震仍有漏记。

2. 区域b值异常与中强震的对应检验

依照表5中所示的地震数目多少, 对于区域1、5、6采用一年为扫描时间窗, 对于区域2、3、4选用二年为扫描时间窗。而对于区域7、8根据最大似然法计算b值的标准差

表5 8个小区域背景b值、最低震级下限、地震总数

区 域	1	2	3	4	5	6	7	8
震级下限 (M_L)	2.3	2.3	2.3	2.5	2.3	2.3	2.8	2.8
地震总数	748	346	250	297	563	971	160	119
b	0.78	0.85	0.91	0.67	0.80	0.87	0.98	0.74
年均b值	0.79	0.88	0.82	0.68	0.84	0.88	0.96	0.80

公式 (95%置信度) [8]

$$\Delta b = 1.96 \frac{b}{\sqrt{N-1}}$$

由于地震数目少,即使采用2年为扫描时间窗,b值平均标准差仍然高达0.4以上。要使b值标准差变小,则会使计算结果置信度大大降低。因对,对于区域7、8,b值不适宜做为中短期预报的震情判断指标。同样理由,对于区域2、3、4采用一年作为扫描时间窗也是不合适的。

图4是4个小区的b值变化曲线(限于篇幅,文中只给出部分图)。区域内及距区域边界100公里以内范围发生的 $M_s \geq 5.0$ 级地震也标于图上。图中震级为 M_s 。为了排除个别大地震的影响,在计算时,剔除了 $M_L \geq 5.0$ ($M_s \geq 4.6$)的地震。同心一西海固地区1979年前后b值有一个较大的系统差值,这可能与该地区台网布设时间有关。

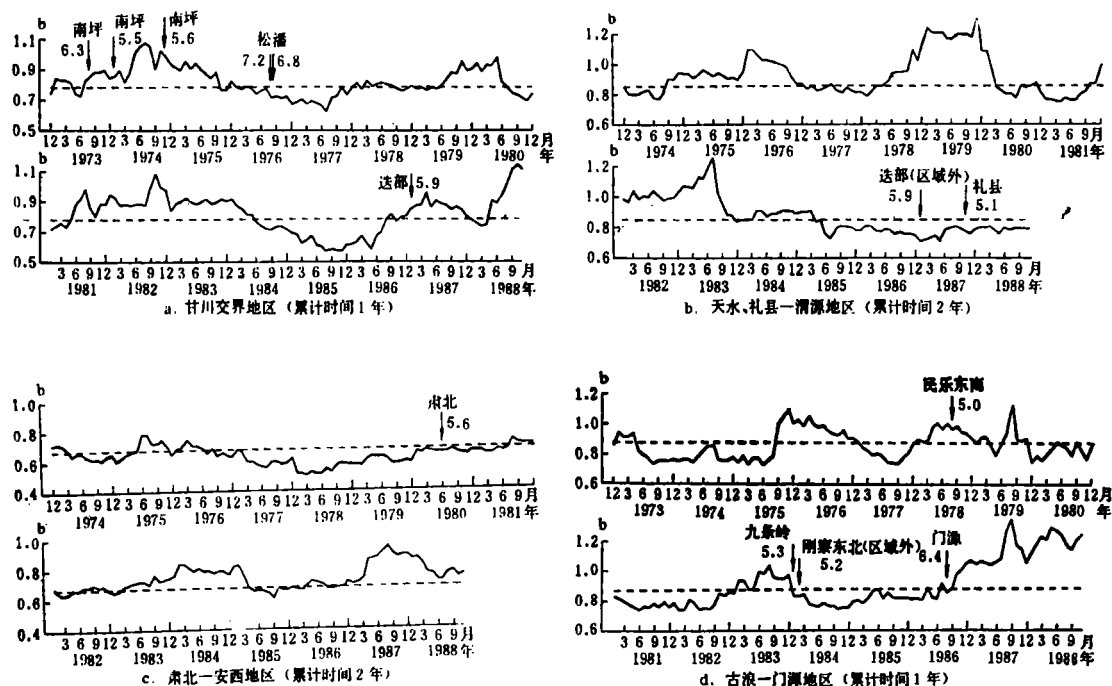


图4 四个小区域b值变化曲线

Fig. 4 The variation curves of b values of four minor seismic areas

对区域1—6 b值异常与中强地震的对应情况分析统计如下。

6个区域内1972年以来共发生 $M_s \geq 5.0$ 级地震10次(双震按1次统计,另外1986年门源

6.4级地震强余震及四川南坪1973年7月—1974年11月的中强震群未统计在内)。这10次地震与震中所在区域低b值异常对应情况列于表6。

这10次地震中,震中所在区域震前出现明显低b值异常的有4次。震前无异常的3次,其中1976年8月松潘7.0级地震震中正好在1区边界内,但震中区大部分不在1区。且这次地震发生在四川境内,而本文所用资料仅为陕甘宁青台网记录。因之,此次地震前1区未发现b值异常可能是由于资料不全所致。10次地震中有3次震前震中所在区域虽出现过低b值,但异常不明显或难于作出判断。如1984年1月九条岭5.3级地震之前3年左右,震中所在区域出现低b值异常,异常持续约两年,恢复到正常值之上约1年后发震,另两次地震震中均位于所在区域边界上。

表6 甘肃及邻区10次中强震与震中所在区域b值异常对应情况

发震时间	发震地点	震级 M_s	震前b值异常情况
1986.8.26	青海门源北	6.4	异常明显
1987.1.8	甘肃迭部	5.9	异常明显
1987.10.25	甘肃礼县	5.1	异常明显
1980.6.1	甘肃肃北东南	5.6	异常明显
1976.8.16	四川松潘	7.2	无异常
1982.4.14	宁夏海源	5.6	无异常
1988.11.22	甘肃肃南	5.4	无异常
1984.1.6	甘肃九条岭	5.3	有异常不明显
1983.7.27	青海木里北	5.0	有异常不明显
1978.8.16	甘肃民乐东南	5.0	有异常不明显

发生在各个区域边界外100公里以内范围的 $M_s \geq 5.0$ 级地震共计8次。这8次地震与相邻区域低b值异常对应情况列于表7,其中震前在相应邻区出现明显低b值异常的有3次。无异常的有1次,有异常但不明显的有4次。

表7 甘肃及邻区8次中强震与相邻区域b值异常对应情况

发震时间	发震地点	震级 M_s	震前相邻区域b值异常情况
1987.1.8	甘肃迭部	5.9	异常明显
1988.1.10	宁夏灵武	5.0	异常明显
1980.4.18	青海木里	5.2	异常明显
1984.11.23	宁夏灵武	5.1	无异常
1986.8.26	青海门源北	6.4	有异常不明显
1984.1.6	甘肃九条岭	5.3	有异常不明显
1978.8.16	甘肃民乐东南	5.2	有异常不明显
1984.2.17	青海刚察东北	5.2	有异常不明显

如果将b值低于背景值持续一年半以上确定为较明显的异常。6个区域共出现较明显异常9次。其中有4次对应了区域内发生的地震,3次对应了区域边界附近的地震,1次为无震异常,1次对应情况不好判断。9次异常中低b值持续2年以上的明显异常有6次。其中4次对应了区域内的地震,1次对应了区域边界附近的地震,仅有1次为无震异常。这9次异常与中强地震对应情况列于表8。

由以上的分析统计可知,发生在区域1—6的5级以上地震,半数以上震前震中所在区域或相邻地区出现过低b值异常;6个区域内出现的低b值异常大多数也都对应了本区或邻区发生的地震。

表 8 甘肃及邻区 6 个小区域 9 次 b 值异常对应地震情况

区 域	异常起止时间	对应地震情况
甘川交界地区	1984.6—1986.8	好
天水礼县—渭源地区	1985.6—1988.11	好
同心—西海固地区	1986.7—1988.9	较好
肃北—安西地区	1977.3—1980.3	好
张掖—酒泉地区	1978.8—1980.5	较好
张掖—酒泉地区	1983.5—1984.11	一般
古浪—门源地区	1973.5—1975.8	差
古浪—门源地区	1981.1—1982.12	一般
古浪—门源地区	1984.1—1986.7	好

四、中强震前震中周围区域 b 值变化

1972年以来发生的 5 级以上、震中区大部分位于图 1 所示的 8 个小区域内的中强地震共有 9 次。其中 1974 年 9 月 23 日玛曲和 1980 年 6 月 1 日肃北东南两次 5.6 级地震,因震前震中区小地震太少无法研究。对于其余 7 次地震震前震中周围区域的 b 值变化进行了研究。

不同地震孕震区的大小、形状一般互不相同。研究区域选择不同,会给研究结果带来差异。为了避免人为因素影响、便于计算机处理,本文研究区域选取经纬线构成的以震中为中心的长方形。另外,研究区域范围大小的选取也很重要。取得太大,有可能使一些异常被淹没;取得太小,因地震少会增加 b 值变化曲线的偶然起伏,或对有些孕震区偏于震中位置一侧的地震,研究区域不能完全覆盖孕震区。

本文分别选取 $3^{\circ} \times 3^{\circ}$ 和 $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ 作为研究区域进行了研究,资料截取地震之前 9 年。一般选用 1 年为时间扫描窗,对于地震数目较少的区域选取 2 年为扫描时间窗。背景 b 值选用前面计算过的相应区域的背景 b 值。

7 次地震及震前震中周围区域 b 值异常情况列于表 9。

表 9 甘肃及邻区 7 次中强震前震中区 b 值异常情况

发震时间	地点	震级 M _s	震中经纬度	震前震中区 b 值异常情况	
				$8^{\circ} \times 8^{\circ}$ 区	$2^{\circ} \times 2^{\circ}$ 区
1986.8.26	门源	6.4	37°42', 101°34'	异常明显	有异常不明显
1987.1.8	迭部	5.9	34°10', 103°14'	异常明显	无异常
1987.10.25	礼县	5.1	34°03', 105°10'	异常明显	有异常不明显
1988.11.22	肃南	5.4	38°35', 99°32'	有异常不明显	有异常不明显
1984.1.6	九条岭	5.3	37°55', 102°11'	有异常不明显	异常明显
1982.4.14	海原	5.6	36°48', 105°30'	有异常不明显	无异常
1978.8.16	民乐	5.0	38°17', 101°00'	异常明显	有异常不明显

对于 $3^{\circ} \times 3^{\circ}$ 区, 7 次地震中有 4 次震前有较明显的低 b 值异常(图 5 a、b、c、d), 有 3 次震前 b 值有异常, 但不明显。震前 8 年其它时间出现的异常持续时间相对都短一些, 且大部分都对应了区域内发生的较大地震。较明显的无震异常只有一次, 即民乐地震前 1973 年 5 月—1975 年 9 月出现的异常。

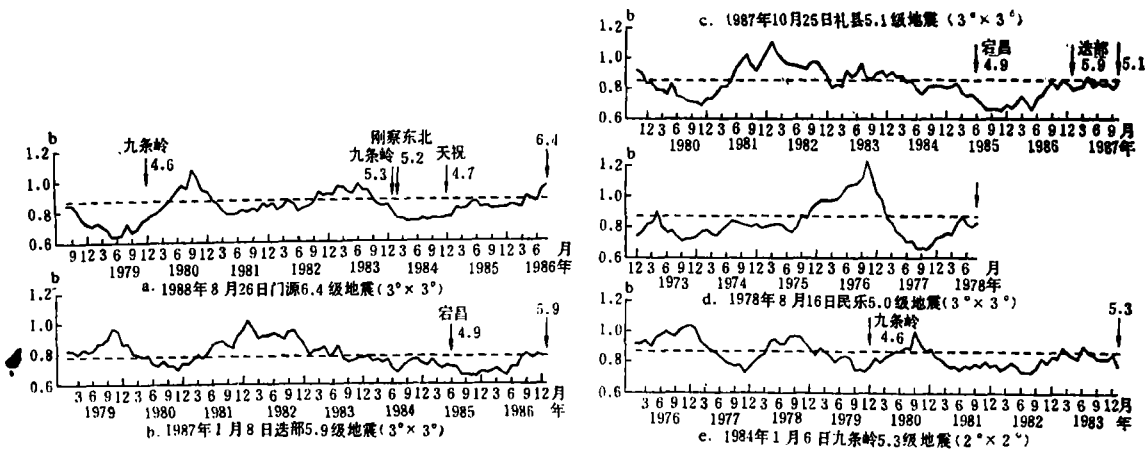


图5 地震前震中区域b值变化曲线(累计期间一年)

Fig. 5 The changes of b values of the epicentral regions before moderate earthquakes

对于 $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ 区, 7次地震中震前有明显低b值异常的只有1次(图5e); 有4次属于震前有异常, 但不明显, 或较难作出判断; 有2次震前无异常。与 $3^{\circ} \times 3^{\circ}$ 区相比, 异常持续时间和幅度显然小得多。这可能与区域选取较小, 而扫描时间窗较长有关。

五、讨 论

1. 根据以上所做工作, 甘肃及邻区低b值异常与中强地震的对应率约为50%, 但是1986年门源6.4及1987年迭部5.9两次较大地震, 震前震中区及相邻区域都出现了较明显的低b值异常。由此可见, 对于日常的地震预报工作, b值可视为一种较有效的监测判断指标。

2. 判断b值异常的前提是先计算背景b值。由于甘肃省地形狭长, 不同区域地质构造不同。加之, 地震台网测控能力不均衡。因此, 不同小区域背景b值不同。判断异常与否应以该区域的背景b值作为参照系。不同于华北地区, 不宜在大面积的空间扫描图上, 经过横向比较划低b值区。另外, 震级下限选取很重要, 若低于该地区台网实际测控能力, 则可能造成虚假的低b值现象。

3. 在日常的地震预报工作中, 可建立多种时间扫描曲线进行分析对比, 综合判断。比如, 除了各个小区域b值变化曲线外, 可以1度为间隔, 以经纬线交点为中心建立若干条 $3^{\circ} \times 3^{\circ}$ 、 $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ 的区域b值变化曲线。选取 $3^{\circ} \times 3^{\circ}$ 区域, 一般可取一年为扫描时间窗。若选择 $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ 区域, 由于大多数地区地震数不满足精度要求, 可适当增大扫描时间窗。

4. 计算b值时, 应剔除大地震的余震序列和震群。另外, 对小区域进行时间扫描计算时要注意排除较大地震的影响。亦即要考虑上限。本文主要考虑b值与中强震的关系, 上限取 $M_L < 5.0$ 。若要研究b值与强震的关系, 上限可适当提高。

(本文1990年2月2日收到)

参 考 文 献

- [1] 李全林等, b值时空扫描, 地球物理学报, Vol. 21, No. 2, 1978.
[2] 马鸿庆, 华北地区几次大震前的b值异常变化, 地球物理学报, Vol. 21, No. 2, 1978.
[3] 马鸿庆, 大中地震前b值的区域分布, 地球物理学报, Vol. 25, No. 2, 1982.
[4] 黄德瑜、冯浩, 强震前大范围地震活动性参数时空扫描, 地震学报, Vol. 8, No. 1, 1981.
[5] 卫鹏飞, 华北缺震曲线, 地震研究, Vol. 8, No. 4, 1981.
[6] 刘江峰, 地壳介质的应力松弛与b值的关系讨论, 西北地震学报, Vol. 8, No. 1, 1986.
[7] 刘江峰, 西北地区中强震前b值与小震调制比的相关变化, 西北地震学报, Vol. 11, No. 2, 1989.
[8] 陆远忠等, 地震预报的地震学方法, 地震出版社, 1985.

THE RELATION OF THE B-VALUE CHANGES TO THE
MODERATE EARTHQUAKES IN AND NEAR GANSU PROVINCE

Liu Jiangfeng

(*Earthquake Research Institute of Lanzhou, SSB, Gansu, China*)

Abstract

First, to the eight minor regions in and near Gansu Province, the background b-values are computed and the least magnitude lower-limits for the calculation of the b-values are determined. Then, the two calculation methods are compared. Finally, the relation of the b-value changes to the moderate earthquakes is discussed. The research shows that there are some abnormal changes of b value in and near epicentral regions before about half of the moderate earthquakes that are studied in this paper. The change of b value can be regarded as a reference factor for earthquake prediction.