

## 1993 年 10 月 26 日托来 6.0 级地震前 地震活动性异常特征

### 1 前言

1993 年 10 月 26 日在甘青交界托来附近( $N38^{\circ}36'$ ,  $E98^{\circ}42'$ )发生了一次  $M_s6.0$  级地震。地震发生之前,在河西祁连山地区( $N36^{\circ}-40^{\circ}$ ,  $E97^{\circ}-103^{\circ}$ )多项地震活动性指标出现了异常。

为提高预报水平,本文根据 1993 年 8 月以前的有关资料(其中所用地震目录取自甘肃省地震目录)从地震空区、地震条带、爆发余震图象 B、地震迁移和中小地震集中持续活动为空间图象指标,以频次、b 值和空间集中度 C 值为时间进程指标,分类进行了讨论。

### 2 空间图象异常

图 1、2,表 1,图 3、4、5,分别列举了震前地震空区、地震条带、爆发余震图象、地震迁移、中小地震集中持续活动这五项指标的时空图象。下面分别介绍。

#### 2.1 地震空区

从 1987 年 1 月开始,在河西西部( $N38^{\circ}30'-39^{\circ}40'$ ,  $E97^{\circ}20'-98^{\circ}40'$ )地区形成了一个由  $M_L \geq 3.6$  级地震围成的地震空区(图 1)。空区的中心位置为  $N39^{\circ}06'$ ,  $E98^{\circ}00'$ ;空区的长轴为 200km,短轴约 125km,最大空缺方位角约  $90^{\circ}$ 。

由空区的长轴推算,未来主震震级为  $M_s6.4 \pm 0.6$ 。以 1987 年 1 月至 1993 年 8 月共 79 个月的围空时间计算,未来主震震级为  $M_s7.3 \pm 0.52$ 。托来 6.0 级地震发生在空区的东南边缘上。震后空区仍未消失。

甘肃及邻近地区近几年来发生的几次  $M_s \geq 5.0$  级地震,如 1986 年 8 月 26 日门源 6.4 级地震,1987 年 1 月 8 日迭部 5.9 级地震和 1990 年 10 月 20 日景泰 6.2 级地震之前都有空区出现,而其他较小的地震发生之前均无此现象。这次地震前的空区位于祁连山构造带上,在空区东西两侧分别发生了 1927 年 5 月 23 日古浪 8.0 级地震和 1932 年 12 月 25 日昌马 7.6 级地震。

#### 2.2 地震条带

1991 年 1 月以来,甘肃西部地区  $M_L \geq 3.6$  级中小地震主要集中在河西祁连山构造带上活动,形成了一支规模较大的北西向地震条带。该条带与甘肃中部北东向地震条带交汇,二者近于垂直(图 2)。

该条带长 900km,宽 200km,长宽比为 4.5,条带内最大空段长约 130km,没有超过全长的  $1/3$ ,条带内外频次比为 0.95,大于 75%。可见条带的清晰度较高。托来 6.0 级地震就发

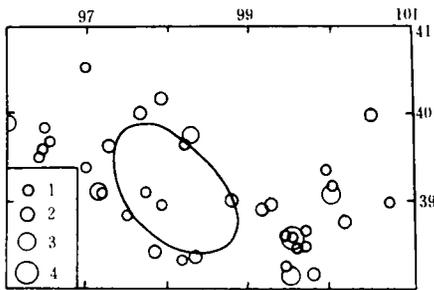


图 1 甘肃西部地区的地震空区(1987 年 1 月 1 日—1993 年 9 月 30 日)  
1.  $M_L=3.6-3.9$ ; 2.  $M_L=4.0-4.9$ ;  
3.  $M_L=5.0-5.9$

生在交汇部位附近的北西向条带上。

2.3 爆发余震图象

根据以往震例经验,在甘肃河西地区,如果发生主震的震级为  $M_L 4.0-5.6$ ,其后48小时内,在主震周围50km范围内发生的  $M_L 2.0$  的余震数超过4个,那么这样的主震余震序列就可看成是一次爆发余震图象。其后将有更大地震发生。

爆发余震图象在甘肃及邻区具有比较好的强震前兆信息,见表1。从表1可以看出1991年1月2日和1991年10月1日出现的两次爆发余震图象这可能对应托来6.0级地震。

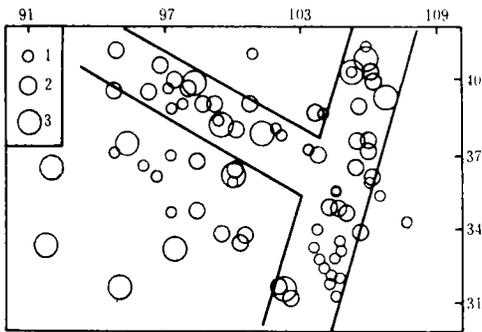


图2 甘肃地区的地震条带(1991年1月1日-1993年8月31日)  
1.  $M_L=3.0-3.9$ ; 2.  $M_L=4.0-4.9$ ; 3.  $M_L=5.0-5.9$

2.4 地震迁移

甘肃及邻近地区发生的  $M_s \geq 6.0$  级地震有沿构造方向迁移的规律(图3)。迁移方向主要有两个:一个是北西方向(1936年2月康乐  $6\frac{3}{4}$  级地震外)最长迁移时间为5-7年,一般在2年以内。另一个迁移方向是北东方向,最长迁移时间为4-5年,一般在3年以内。

表1 爆发余震图象B与强震对应表

爆发余震图象B					对应强震				
序号	时间	地点	MB1	N	时间	地点	$M_0(M_s)$	$\Delta T(天)$	$\Delta L(km)$
1	1984-01-06	37°56', 101°58'	5.4	17					
2	1984-02-17	37°30', 100°40'	5.6	10	1986-08-26	37°42', 101°30'	6.4	960	80
3	1988-10-01	38°37', 99°29'	4.7	6	1990-04-26	36°04', 100°08'	6.9	564	250
4	1989-11-02	35°55', 106°13'	5.1	5	1990-10-20	37°07', 103°36'	6.2	345	350
5	1991-01-02	38°09', 99°50'	5.5	10					
6	1991-10-01	37°54', 101°24'	5.6	10	?	? ?	?	?	?

1993年10月26日若羌6.6级地震的发生,被认为是共和-景泰北东向迁移之后的一次共和-若羌北西向迁移,再下一次迁移很可能发生在北东方向上,由若羌向北东迁移。与祁连山构造交汇的地区大体在阿尔金和祁连山交汇,此区离托来6.0级地震震中较近。

2.5 中小地震集中持续活动

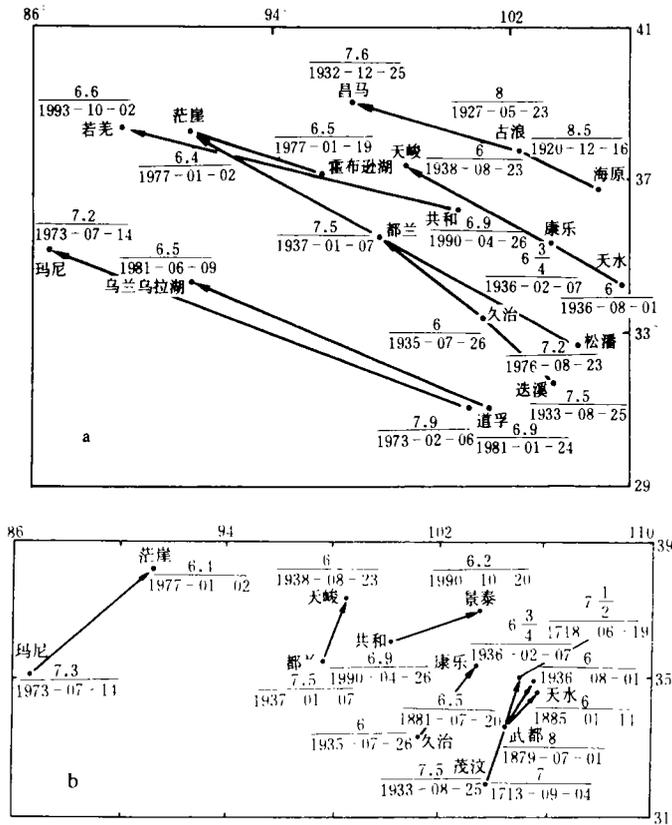


图3 甘肃及邻近地区地震迁移图

a. 北西方向; b. 北东方向

中小地震集中持续活动被认为是强震发生之前的区域地震活动水平增强的一种现象。门源地震前,中小地震集中持续活动了4年,发生了8次  $M_L \geq 4.0$  级地震;景泰地震前,中小地震集中持续活动了九年,发生了  $M_L \geq 4.0$  级地震5次。

甘肃西部祁连山构造带自1991年1月至1993年2月出现了两个中小地震持续活动的地区(图4)。一个是河西西部地区,其中心位置为  $N39^{\circ}30', E98^{\circ}00'$ ;另一个是河西东部地区,中心位置为  $N38^{\circ}30', E100^{\circ}00'$ 。这两个地区的中小地震已持续活动了3年多,且分别发生  $M_L \geq 4.0$  级地震6个和9个。根据以往震例认为未来1~2年内河西祁连山构造带上有发生  $M_S \geq 6.0$  级地震的可能。

由上述空间异常指标综合分析,我们可大体圈定托来6.0级地震危险区。这为今后的地震预报提供参考。

### 3 时间进程指标异常

在上述空间异常基础上,我们对  $N35^{\circ}-42^{\circ}, E94^{\circ}-106^{\circ}$  地区的地震频度、蠕变、缺震和空间集中度C值等指标进行了时空扫描。结果发现  $N37^{\circ}-40^{\circ}, E97^{\circ}-100^{\circ}$  范围内伴随着空区、条带和爆发余震图象等的形成上述指标均出现了不同程度的异常,其中以频次、b值和c值尤为突出。这三项指标从1980年—1993年8月以来出现了3次大幅度的异常,很

好地对应了1986年8月26日门源6.4级地震和1990年4月26日共和7.0级地震(图5)。1991年6月—1992年12月所出现的高值异常正好是该地区1993年10月26日托来6.0级地震前的震兆反映。这三项指标在时间上具有同步性。各自的异常形态都很相似。下面分别介绍:

### 3.1 频次

从图5A可以看出,从1991年6月开始,地震活动频次曲线有一个异常上升的过程,至1992年初达到高值并开始下降,1993年3月恢复到正常值。参考门源和共和地震前频次呈现增加—减少—发震的过程,可以看出,1994年将是可能发震的时间。作为中期预报,这与1993年10月26日托来6.0级地震发震时间迫近。

### 3.2 b值

图5B是b值曲线。1993年6月b值曲线达到峰值并开始下降,这说明已进入中短期异常阶段。参考门源6.4级和共和7.0级地震前b值曲线出现由高值向低值的变化过程,由b值曲线外推,可得发震的时间是1993年下半年至1994年。

### 3.3 c值

图5c为空间集中度c值曲线。c值在甘肃西部地区有比较好的预报效能。其特征如下:

(1)由于中小地震在空间上集中往往不明显,因此,c值异常只能反映较大的地震。

(2)在甘肃地区,c值异常幅度是 $c \geq 0.29$ ,当c值异常达到0.29时可预报1~2年内,在300km范围内发生中强地震。震级越大,c值在震前的异常反映就越明显。

(3)在c值出现异常的同时,b值和频次也往往出现明显的异常。这几种震兆往往是同步的。

1992年6月在 $N37^\circ - 40^\circ, E97^\circ - 100^\circ$ 范围,c值异常超过了0.29的高值。根据以往的经验,和震例推测,1993年下半年至1994年将是发生 $M_s \geq 6.0$ 级中强地震的时段。

### 4 结束语

1993年10月26日托来6.0级地震前,地震活

动时间进程曲线的异常形态和1986年8月26日门源6.4级地震以及1990年4月26日共

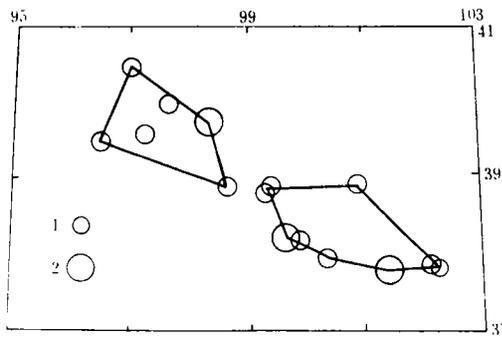


图4 甘肃西部地区的中小地震集中持续活动  
1.  $M_L = 4.0 - 4.9$ ; 2.  $M_L = 5.0 - 5.9$

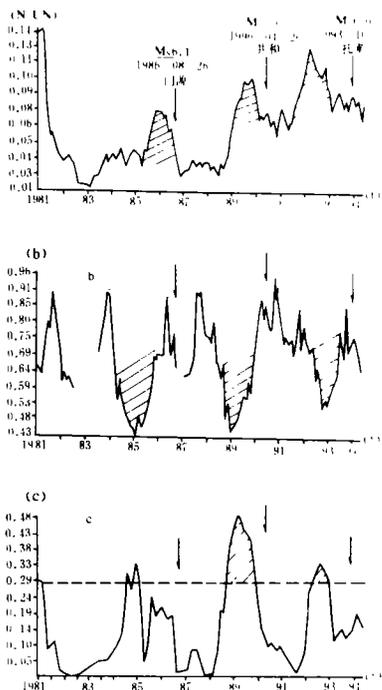


图5  $N37^\circ - 40^\circ, E97^\circ - 100^\circ$ 地区的时间进程曲线

A. 频次; B. b值; C. c值;

