

1990年10月20景泰地震的 活动图象及其特征

阎志德 王周元

(国家地震局兰州地震研究所)

摘 要

本文研究了甘肃景泰6.2级地震的活动图象及其特征。该次地震的类型属主震余震型。其地震活动的特征表现为：强震前中小地震活动图象发生变化，临震前出现中小地震活动条带；震前中小地震活动时间分维值下降并出现最低值；该次地震发生于6级地震等间距分布的格局中，并呈现明显的补位特征。本文还提出了一种利用震级测定值最大的台站的方位，确定地震破裂面的方向和节面展布的方向的方法。

一、引言

1990年10月20日在甘肃省景泰、天祝、古浪交界地区发生了6.2级地震，这是甘肃省自1954年发生山丹7 $\frac{1}{4}$ 级和民勤7级大震以来最强的一次地震活动。

为了深入研究这次地震的活动特征及进行地震趋势判断，本文从测震学的角度探讨了景泰地震的活动图象及其特征。

二、地震活动特征

1. 景泰地震的基本参数

景泰地震及其强余震的基本参数列于表1中，表2给出了景泰地区历史地震参数。

2. 区域地质构造背景^{2),3)}

1990年10月20日景泰地震发生在老虎山北麓断裂带上。该断裂带属于毛毛山—老虎山断裂带的东段，也是北祁连南缘昌马—祁连大断裂带的东延部分，其长约48公里，走向北70°西。该断裂活动强烈，在全新世期间，其平均水平位错幅度为28.6米，年平均滑动速率为2.86毫米，垂直断错幅度为10—15米，垂直升降速率为1.25毫米。该断裂带现

表1 地震基本参数

	地震日期		发震时刻		震中位置		震级		震中烈度	深度	震中地名	资料来源		
	年	月	日	时	分	秒	北纬	东经					ML	Ms
主震	1990	10	20	16	07	27.0	37°07'	103°36'	6.4		3	甘肃景泰	甘肃台网报告	
						27.4	37.12°	103.73°		6.2	17	甘肃景泰	中国地震台网报告	
							37°07'	103°37.5'			VII	景泰天祝交界	宏观	
余震	1	1990	10	20	16	39	18.0	37°06'	103°35'	4.7		18		甘肃台网报告
							18.6	37.14°	103.65°	5.6	5.0	16		中国地震台网报告
	2	1990	10	20	18	08	51.1	37°07'	103°36'	4.4		2		甘肃台网报告
	3	1990	10	20	18	43	17.1	37°07'	103°36'	4.1		3		甘肃台网报告
	4	1990	10	21	01	12	04.6	37°07'	103°38'	3.7		10		甘肃台网报告
	5	1990	10	21	23	30	07.2	37°08'	103°38'	3.8		9		甘肃台网报告
	6	1990	10	22	05	49	22.1	37°05'	103°35'	3.6		5		甘肃台网报告
	7	1990	10	22	09	05	22.3	37°10'	103°34'	3.8		15		甘肃台网报告
8	1990	11	26	15	15	26.1	37°08'	103°40'	4.0		29		甘肃台网报告	

表2 历史地震参数

地震日期	震中位置		震级 M _s	震中烈度	震中地名	资料来源
	北纬	东经				
1888年11月2日	37.1°	104.1°	$6\frac{1}{4}$	VII	甘肃景泰	陕甘宁青四省强震目录
	37°05'	103°47'	$6\frac{3}{4}$ —7.0	VII—IX	甘肃景泰	周俊喜等研究报告 ¹⁾

代弱震一直较活跃, 并且密集成带, 1888年曾发生过 $6\frac{1}{4}$ 级地震, 其震中与这次6.2级地震仅相距20公里左右。

3. 地震破裂面展布方向

景泰地震震级为6.2级, 这是中国地震观测台网22个基准台站测定的平均值。单台震级测定的最大值和最小值之差竟达0.9级(5.7—6.6级), 这不可能是面波震级测定的误差所致, 很可能是由于震源辐射的能量和能量谱各个方向不一样, 导致了震级测定的方向性差异。图1给出了各台相对景泰地震震中的方位及各台的震级测定值。从图1可见, 昆明和包头台震级测定值最小, 分别为5.9级和5.7级; 乌鲁木齐(6.6级)、喀什(6.4级)和南京(6.6级)、泰安(6.5级)台的震级测定值最大, 这四个台恰好沿北西西—南东东方向分布。

1) 周俊喜等, 1888年景泰 $6\frac{1}{4}$ 级地震破裂带研究, 1987.

2) 周俊喜等, 毛毛山—老虎山断层的晚更新世以来的构造活动, 1987.

3) 周俊喜等, 老虎山断层的全新世构造活动, 1987.

由于在破裂传播的前进方向上地震波辐射能量大，故震级测定值最大的台站的方位可能代表了地震的破裂面方向。如在断层破裂前进方向上S波和面波辐射最强，且P波的最大振幅与震源破裂面的夹角小于45°，故位于S波和面波辐射最强的方向，其台站测定的震级值较大。因此，景泰6.2级地震的破裂面方向可能是北西西—南东东方向。利用上述方法可以在地震发生后立即确定出地震破裂面的方向。

4. 地震活动的等间距性补位特征

全国地震资料的研究表明，7.5级以上巨大地震的优势分布间距为550和1100公里，多为550公里左右^[1,2]。根据文献〔3〕对西北地区的统计，7级以上大地震的优势分布间距约为400—550公里；绝大部分6级以上地震的分布间距为400—500公里。图2给出了西北地区6级地震等间距分布图。该区共发生6级地震（包括余震）8次，震中极相近的地震作为一个破裂点考虑，则8次地震分属5个破裂点，运用震中定位的原理，与两点等距的是其连线的平分线，两两平分线的公共交区与各点等距，图2中给出平分线的公共交区范围，景泰地震位于其中的部位。又以每个破裂点为圆心，以不同的半径画圆交切，以400公里为半径的结果最好，圆的公共交切区正好是景泰地震的位置。上述资料表明，景泰地震发生在西北地区6级地震

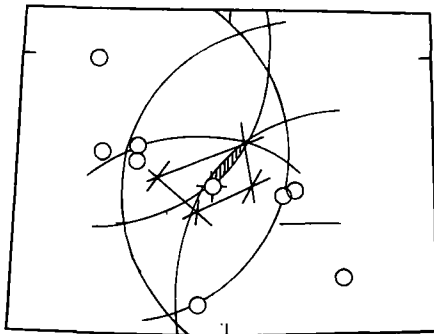


图2 西北地区6级地震等间距分布
Fig. 2 Equidistance distribution of earthquakes with magnitude of 6 in Northwest China

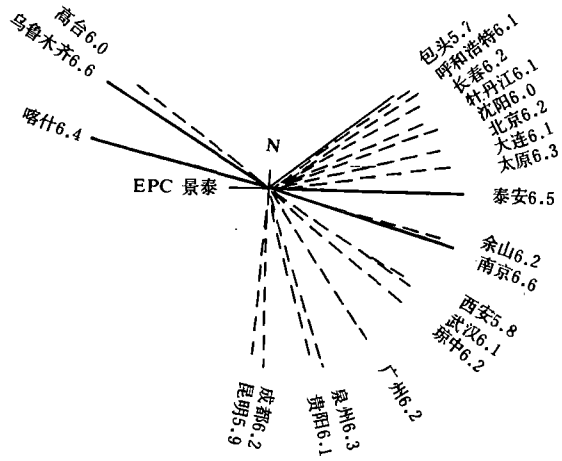


图1 中国地震观测台网各台相对于景泰地震震中的方位及震级测定值
Fig. 1 Chinese seismic station position relative to epicentre of Jingtai earthquake and their magnitude values determined

呈等间距分布的格局中，呈现明显的补位性特征。

5. 主震前小震活动空间分布特征

图3a是1965年—1990年10月20日景泰地区地震分布图。为了考察不同时期地震活动图象的变化，我们选择1987年3月31日—1990年10月20日、1987年10月10日—1990年10月20日和1990年4月1日—1990年10月20日三个时间段，分别

给出了中小地震活动分布图，见图 3b—d。图中地震序号是以 6.2 级地震为起点，向前拓展依次以 1, 2, 3……表示。从图中可以看出，1987 年 3 月 31 日—1990 年 10 月 20 日，中小地震主要呈条带状分布，外围地区也有所分布（7, 9, 10, 14, 17, 22 号地震），条带中出现一个地震围空区（图 3b）；1987 年 10 月 10 日—1990 年 10 月 20 日，小震围空区消失，地震条带更加明显，其总体呈北西西向分布（图 3c）；1990 年 4 月 1 日—1990 年 10 月 20 日，地震条带范围缩小，临近主震前几个月内 6 次小震呈线状展布，主震发生小震条带的端部（图 3d），我们称这个临近主震前的小震条带为临震条带。

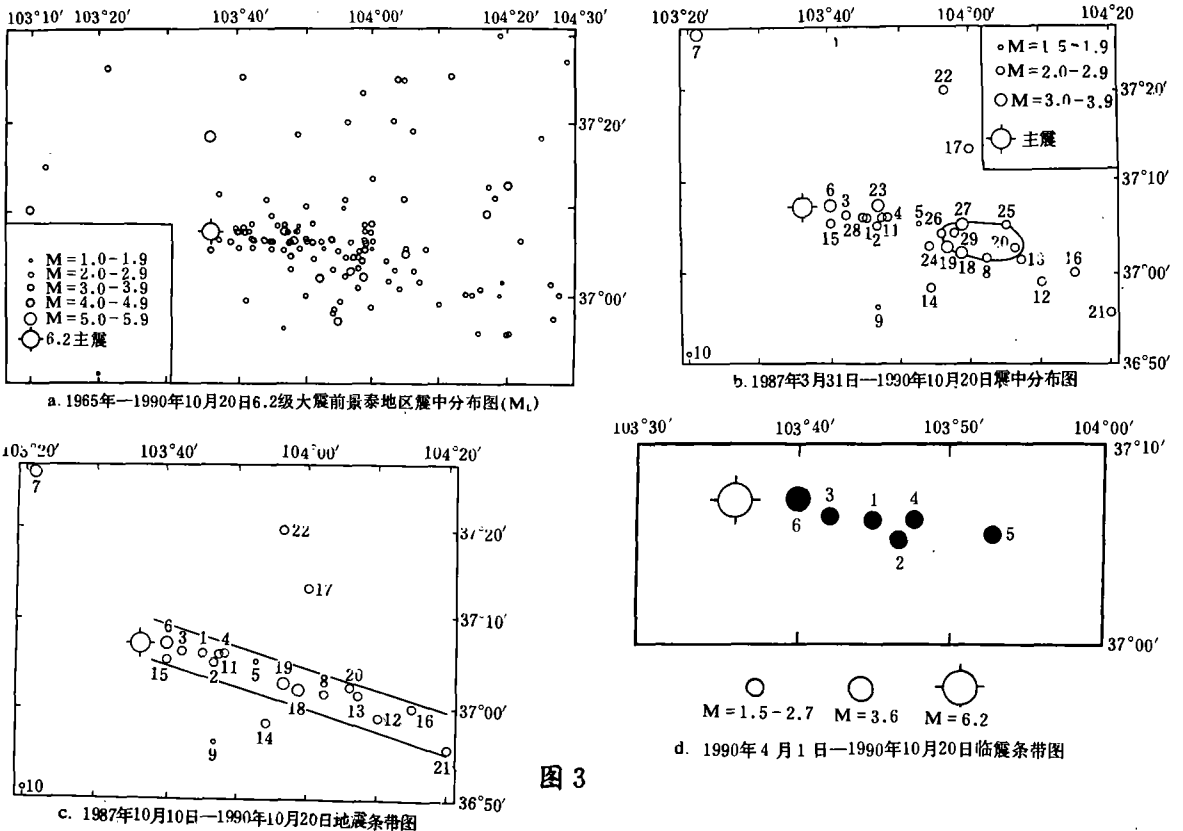


图 3

三、地震序列的时间分维特征

在文献〔4〕的研究基础上，我们计算了景泰地震序列的时间分维值，并研究了它的变化过程。图 4 为景泰地震前不同时间段的时间分维，图 5 为景泰地震余震的时间分维。选取地震时，考虑到甘肃地震台网不同时期对该地区的监测能力，震级下限取 $M_L 2.0$ ，在 1966 年—1973 年增算了 $M_L 3.0$ 和 3.5 地震，1974 年—1981 年增算了 $M_L 3.0$ 地震，1982 年—1989 年增算了 $M_L 2.5$ 地震，1990 年 2 月 20 日—10 月 20 日仅取 2.0 以上地震。

景泰地区地震活动的时间分维数，震前若干年平均为 0.51，1990 年 2 月 20 日—10 月 20 日即临震前 8 个月是 0.30，余震序列的分维数平均为 0.63。由于计算样本不够多且空间范围太小，对分维数的计算有所影响，但计算结果也明显地反映出，临震前的分维值

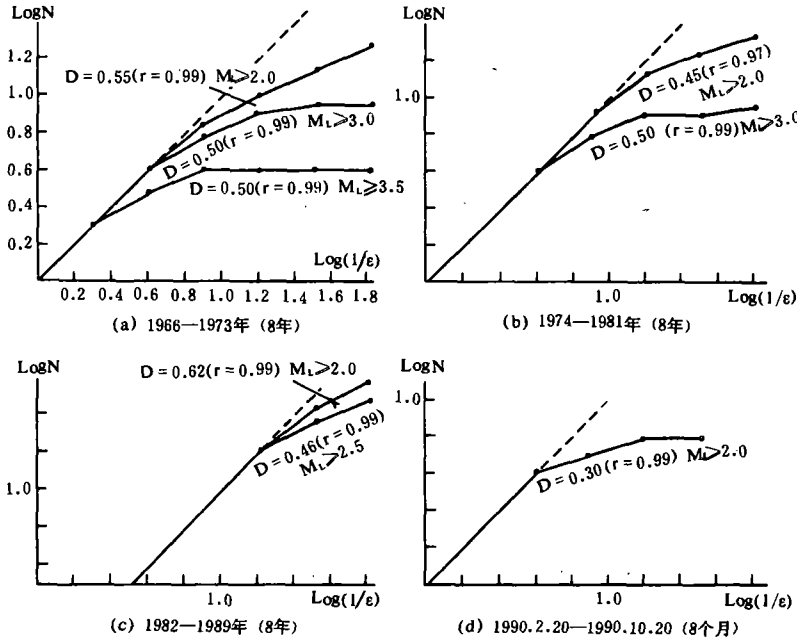


图4 景泰地区震前不同时间段的时间分维

Fig. 4 Time fractal dimension diagrams of earthquakes of series interval in Jingtai region

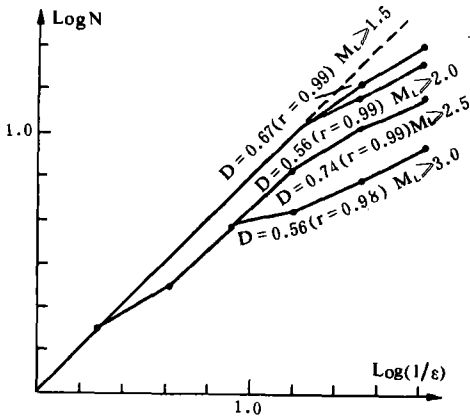


图5 景泰地震余震的时间分维

Fig. 5 Time fractal dimension diagram of aftershock

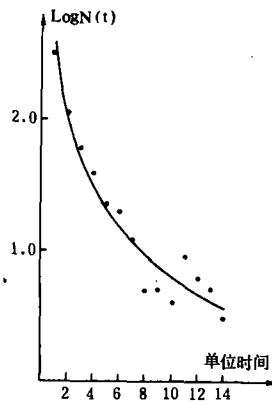


图6 景泰地震余震衰减P值曲线

Fig. 6 P-value curve of aftershock attenuation

明显下降，震后回升且高于震前和背景值。景泰地震序列时间分维特征再次证明，强震前的降维现象可以作为一种前兆信息。

四、余震系列衰减

1. 余震系列的时间分布

图6给出了景泰地震的余震衰减曲线，频次衰减系数P为1.76，表明余震系列衰减快。

图7给出了景泰地震余震归一化累积频度h值曲线，h值为1.6，表明该地震序列的衰减为主震余震型序列的正常衰减，其后无更强地震发生。

景泰地震余震序列的b值为0.63，属正常水平；主震释放的能量与余震序列释放的总能量之比为 $12.5893 \times 10^{20} / 12.7936 \times 10^{20} = 0.98$ ，主震震级与10月20日16时39分发生的两次最大余震的震级差 $\Delta M \approx 1.2 - 2.0$ 级，均表明该地震序列属主震余震型序列。

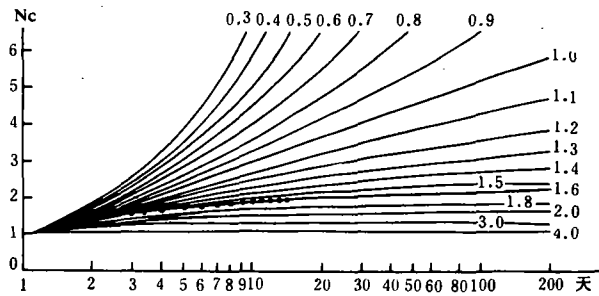


图7 景泰地震余震归一化累积频度h值曲线
Fig. 7 Normalized accumulation frequency b-value curve of aftershock

2. 余震序列的空间分布

图8为景泰地震余震震中分布图，由图可见，余震活动分布密集，余震密集区长轴约20公里，宽约14公里，面积约280平方公里。余震分布区长轴的走向大体是北西西，与

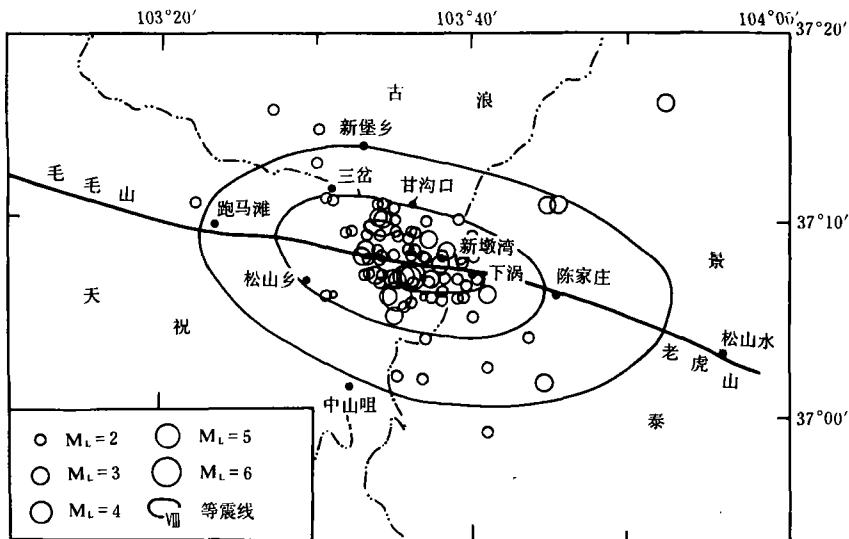


图8 景泰地震序列余震(M_L≥2.0)震中分布图(10月20日—31日)

Fig. 8 The epicenter distribution (October 20-31, 1990) with M_L≥2.0 in Jingtai earthquake sequence

所处区域内毛毛山—老虎山断裂走向一致,与震源机制解⁽⁵⁾B节面(走向方位角 94° ,倾向方位角 185° ,倾角 70°)基本一致。

五、结论和讨论

1. 根据上述资料和讨论可以认为,景泰地震的破裂面方向为北西西向,与该区走向为北 70° 西的老虎山北麓断裂带基本一致。

2. 一次强震发生后,如果震中位置远离断层或者该地区根本就没有地表出露的断裂构造,或者由于台站分布方位和记录不清等原因,震源机制解难以提供出结果时,可以利用台网中震级测定值最大的台站的方位,推断可能的地震破裂面方向和节面展布方向。

3. 景泰地震的发生具有明显的等间距补位特征。地震序列的类型属主震余震型。

4. 景泰地震前出现的中小地震活动图象的变化和临震条带,以及震前的地震活动时间分布降维过程和最低分维值的出现,无疑是两条很有价值的短临预报指标。

5. 景泰地震的发生与区域背景构造老虎山北麓断裂有一定的关系。该断裂于1888年曾发生一次 $6\frac{1}{4}$ 级地震(震中烈度VIII—IX),时隔约100年又发生了1990年6.2级地震(震中烈度VIII),两次地震的高烈度区(VIII)等震线重合,震中相距仅20公里,震级相当,可视为原地重复发生⁽⁶⁾。因此,在长约48公里的断裂上短期内再次发生大地震的可能性不大。毛毛山—老虎山断裂的西段,构造活动情况尚不清楚,至于其中段,虽有构造活动迹象,但晚第四纪期间以垂直升降运动为主,无更多断裂活动的明显标志。景泰6.2级地震的余震非常集中,也无向该断裂西部扩展,因此毛毛山—老虎山断裂中段能否发生大地震的问题,尚需进一步认识。

(本文1991年8月6日收到)

参考文献

- (1) 高建国,以新的七级半以上地震目录探讨地震间距的优势分布,西北地震学报, Vol. 2, No. 2, 1980.
- (2) 许绍燮,以物理模型为基础的概率性地震预报方案,地震, No. 2, 1991.
- (3) 阎志德,西北地区地震活动规律及其成因分析,地球物理研究所四十年,地震出版社, 1990.
- (4) 李海华等,门源6.4级强震前地震活动时间的分维结构,西北地震学报, Vol. 9, No. 4, 1987.
- (5) 温增平,1990年10月20日天祝、古浪6.2级地震的震源机制解,西北地震学报, Vol. 13, No. 1, 1991.
- (6) 阎志德等,论中国大陆地区地震的重复性及其意义,西北地震学报, Vol. 13, No. 2, 1991.

(下转58页)

**THE CHARACTERISTICS OF MAGNITUDE LEVEL AND
PREDICTION OF SEISMIC ACTIVITY**

Yang Jideng

(Seismological Bureau of Yunnan Province, Kunming, China)

Abstract

By preliminary statistics, it is discovered that the proportion of high level earthquake number to lower level event number in the world and in China is $1/8$ to $1/9$, that is, the latter is about 10 times greater than the former. Then the index predicting the higher magnitude earthquakes by using the lower magnitude earthquakes is studied.

(上接48页)

**SEISMIC PATTERN AND CHARACTERISTICS OF THE JINGTAI
EARTHQUAKE OF OCT. 20, 1990**

Yan Zhide, Wang Zhouyuan

(Earthquake Research Institute of Lanzhou, SSB, China)

Abstract

On Oct. 20, 1990, there occurred a earthquake with magnitude of 6.2 in Jingtai area, Gansu, which is main — aftershock type. The seismic active feature shows: before strong earthquake, the distribution pattern of moderate and small events changed, the seismic belt appeared impending main shock; the time fractal dimension value decreased and got the minimum, the position style of equo-distance distribution of earthquakes with magnitude of 6 occurred nearby was characterized by filling location obviously. Also, this paper suggested a new method to rapidly obtain the trend of seismic rupture and nodal face from the position of stations, relative to epicentre, with the maximum values of magnitude determined.