



## 1989年四川巴塘地震序列特征

### 1. 概况

1989年4月16日04时34分在四川省甘孜藏族自治州巴塘县境内发生 $M_s6.7$ 地震, 随后于4月25日10时13分、5月3日13时53分和23时41分分别发生 $M_s6.7$ 、 $M_s6.4$ 和 $M_s6.2$ 地震, 到9月30日止, 共发生 $M_L \geq 1.0$ 地震21000余次,  $M_L \geq 2.0$ 地震3428次, 其中 $M_L 2.0-2.9$ 地震3121次,  $M_L 3.0-3.9$ 地震273次,  $M_L 4.0-4.9$ 地震25次,  $M_L 5.0-5.9$ 地震5次,  $M_L 6.0-6.9$ 地震4次。此次巴塘震群总计释放能量约 $1.87 \times 10^{22}$ 尔格左右, 相当于一次7级地震所释放的能量。地震后四川省地震局对该次地震进行了调查并对该地震序列进行了重新清理, 修定后的各次强震参数见表1, 图1为震中及烈度分布图。

表1 5.0级以上强震统计表

发震时间		震级 $M_s$	震中位置		震源 深度 (km)	P波 均方差	备注
年月日	时分秒		北纬	东经			
1989 4 16	04—34—14.4	6.7	29°54'	99°11'	15	0.60	
1989 4 25	10—13—20.3	6.7	29°59'	99°24'	10	0.71	
1989 4 25	10—15—57.8	5.1	29°49'	99°11'		1.14	重迭于前震
1989 5 1	07—05—24.5	5.4	29°58'	99°26'	10	1.00	
1989 5 3	13 53 01.4	6.4	30°00'	99°22'	15	0.74	
1989 5 3	23 41 29.3	6.2	29°56'	99°30'		0.46	
1989 5 4	01 28 19.3	5.1	30°04'	99°28'	10	0.78	
1989 5 5	02 10 26.7	5.1	29°59'	99°25'		0.84	
1989 7 21	11 09 10.7	5.8	29°56'	99°23'		0.34	

### 2. 地震序列活动特征

(1) 该次地震序列中两次 $M_s6.7$ 地震的能量分别占全序列地震能量的38%。4次6.0级以上地震分别发生在不同的断裂带上, 其中4月16日 $M_s6.7$ 地震发生在斋如降—小巴冲断裂带上( $F_2$ ), 其后发生的多数余震沿该断裂带分布(图2); 4月25日 $M_s6.7$ 地震及5月1日 $M_s5.4$ 和5月3日 $M_s6.4$ 地震都发生在沙马一定曲断裂带上( $F_3$ ), 4月25日至5月3日发生的余震大多沿该断裂带分布(图3)。5月3日6.2级地震后, 多数余震分布在沙马一定曲断裂以东30km范围内(图4), 这一区域是否还有隐伏断裂存在, 尚需进

一步调查证实。

上述事实表明,巴塘地震序列是由两个地震序列组合而成的混合型强震群型序列<sup>1)</sup>。

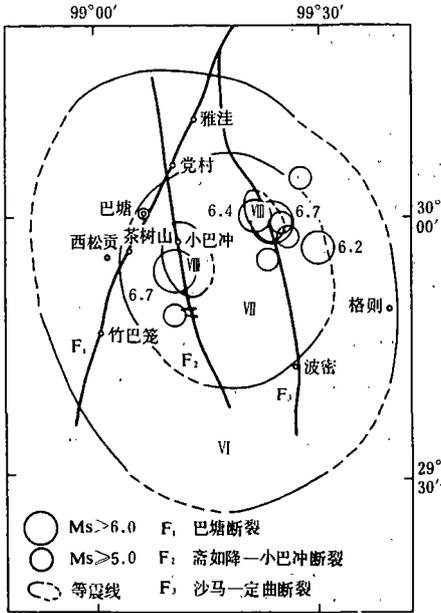


图1 强震分布及等烈度线图

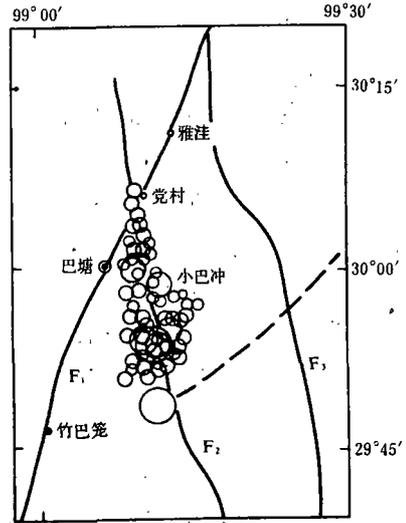


图2 4月16日 Ms6.7地震序列分布

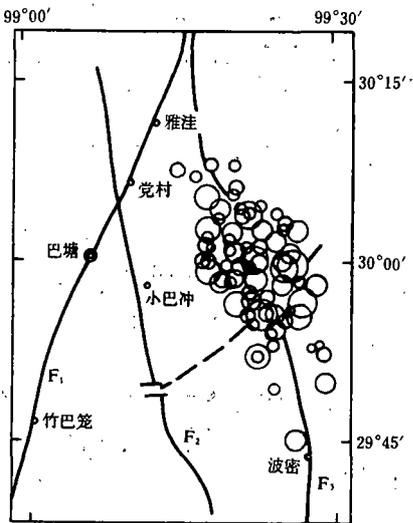


图3 4月25日 Ms6.7地震序列分布

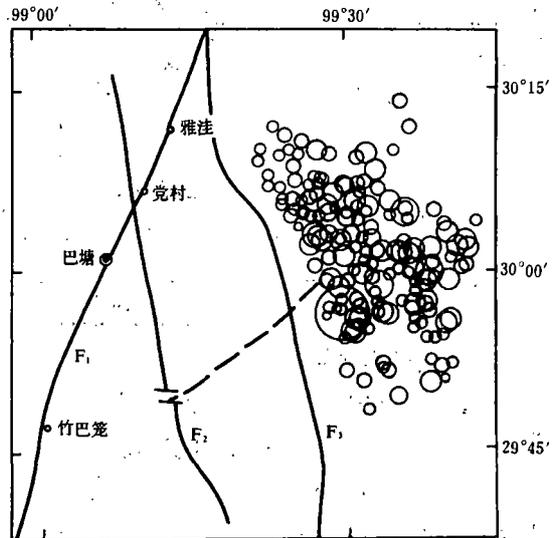


图4 5月3日 Ms6.2地震后余震分布

(2) 巴塘地震序列的震中分布大致呈椭圆形, 其长轴方向为北  $65^{\circ}$  东, 长约 60km, 短轴长约 30km。由图 1—4 可以看出, 地震的发生有随时间向北东方向迁移的特征。

(3) 地震序列中几次 5.0 级以上地震都分布在 15km 深度以内, 特别是 10km 深处附近地震最多 (图 5), 占全序列地震的 50% 左右。5 月 3 日以后, 25km 深度处的地震增多, 震源深度有随时间逐渐加深的特征。值得指出的是, 在 20km 深处发生的地震特别少, 是否有层界面影响, 这是需要进一步研究的。

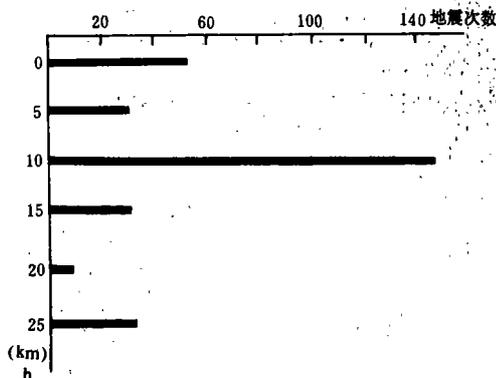


图 5  $M_L \geq 3.0$  地震震源随深度分布频次图

3.0 地震达 70 小时; 5 月 1 日  $M_S 5.4$  地震前持续 28 小时缺  $M_L \geq 3.0$  地震; 5 月 3 日  $M_S 6.4$  地震前持续 31 小时缺  $M_L \geq 3.0$  地震。

根据大森公式  $N(t) = A/t^p$ , 用  $M_L \geq 2.0$  地震计算了巴塘地震序列的 P 值。4 月 16 日  $M_S 6.7$  地震序列 P 值为 0.73; 4 月 25 日  $M_S 6.7$  地震序列 P 值为 0.87; 5 月 3 日 6.4、6.2 地震后 P 值为 0.82, 符合震群型序列特征。

另外, 根据古登堡公式  $\log N = a + bM$ , 计算出全序列 b 值为 0.75, 也符合震群型序列的特征。

### 3. 巴塘地震台记录的地震波形特征

巴塘地震台是距巴塘震群最近的台站, 该台记录的地震波形具有以下几种特征: (1) 正常波形, 即 P、S 波清晰、明显, 与一般地方震无异; (2) 大头波形, 即 P 波振幅比 S 波大 (图 6a)。S 波及 P 波到时差一般在 2.0 秒左右, 表明地震震中距台站较近; (3) 小头波, 即 P 波的振幅大大小于 S 波, 有时甚至很微弱 (见图 6b)。另外还有“大周期”波形, 即 P、S 波的周期比一般地方震大得多, 有时 P 波周期竟达 0.6—0.8 秒, 而正常时仅为 0.05—0.2 秒。有时还出现纺锤形波, 在相当数量的 P、S 波之间出现比 P 波振幅大的性质不明的震相 (图 6c)。有人认为出现不同类型的波形也许是双震型及震群型地震的最本质的特征。这次巴塘地震即与此符合。

(4) 用文献 [1] 的方法, 选取  $M_L \geq 2.0$  地震, 计算出巴塘地震序列归一化累积频度衰减系数。4 月 16 日  $M_S 6.7$  地震后 h 值为 1.7, 4 月 25 日  $M_S 6.7$  地震后 h 值为 1.4, 5 月 3 日 6.4、6.2 级地震后 h 值突变至 0.9, 以后在 0.6—0.8 之间变化, 7 月 21 日 5.8 级地震后 h 值为 0.7。h 值的动态变化反映了地震序列的衰减过程。

(5) 巴塘地震序列中的 5.0 级以上地震发生前, 呈现地震活动水平下降的现象, 地震日频度在强震前一天降到最低点并出现“缺震”现象。如 4 月 25 日  $M_S 6.7$  地震前缺  $M_L \geq$

1) 吴开统, 强震序列活动的主要特点及其基本类型的判断方法, 大震现场工作研究汇编, 1989。

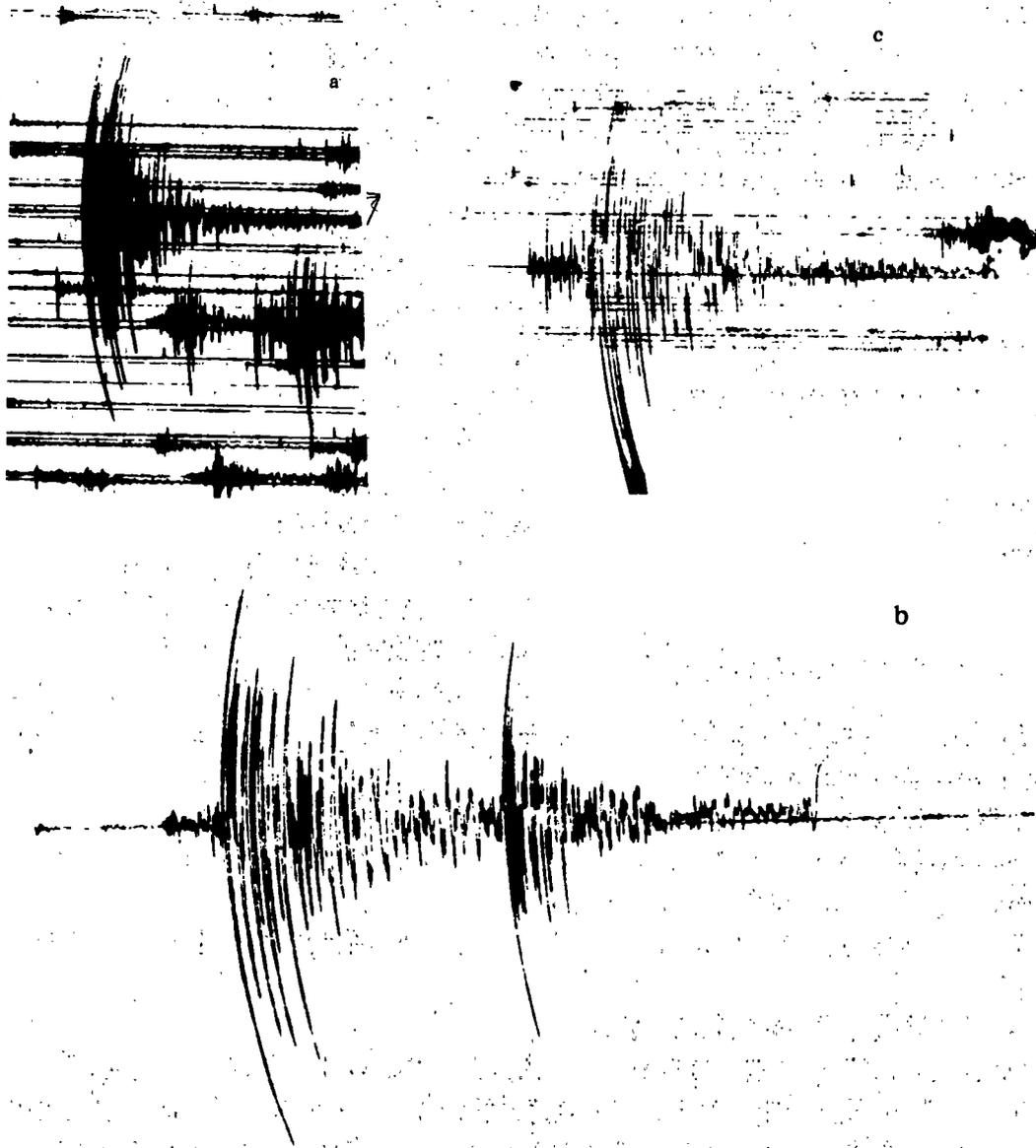


图6 巴塘地震台记录的地震波形特征

a. 4月29日  $M_L$  1.8地震, V—D分向记录

b. 4月27日  $M_L$  2.1地震, N—S分向记录

c. 5月11日  $M_L$  2.2地震, V—D分向记录

另外,巴塘地震台地震记录的垂直分量上初动方向分布的差别也反映了两条断裂带上地震的发震机制的差异。在统计的334次初动向下的地震中,有90%以上的地震分布在 $F_3$ 断裂上;193次初动向上的地震中,有80%分布在 $F_2$ 断裂上。说明在 $F_3$ 断裂上发生

地震时，巴塘地震台处于压缩区内； $F_2$ 断裂上发生地震时巴塘地震台处于膨胀区。

#### 4. 结束语

巴塘地震序列是一个典型的混合型强震群型序列。该次地震序列资料十分丰富。本文仅研究了其地震序列特征，许多问题还有待进一步研究。

(本文1991年2月20日收到)

(四川省地震局 郭铭奎)

#### 参考文献

- (1) 刘正荣，根据地震频度衰减预报地震的工作细则，地震，No. 2, 1984.

### CHARACTERISTICS OF THE BATANG EARTHQUAKE SEQUENCE OF SICHUAN PROVINCE IN 1989

Guo Mingkui

(*Seismological Bureau of Sichuan Province, Chengdu, China*)