

通海地震前的地震活动特征

刘祖荫

(云南省地震局)

1970年1月5日云南通海发生了7.7级强烈地震。至今十年中已发表了不少关于通海地震的文章,对地震地质背景、震源过程、烈度分布、形变特征等都作了较深刻明晰的研究。本文拟就现有收集到的资料对通海地震前的地震活动特征予以初步的讨论。

一、通海地震是第三活动周期的结束

通海地区本文是指小江断裂带以西,新平以东,南到建水以南,北到晋宁。即北纬 23.5° ~ 24.5° ,东经 102° ~ 103° 的地区。这里是康滇“菱形块体”的前冲部位,发育着北西弧形断裂和北北东向的断裂,并相互交叉。因此地震活动频繁,强度也较大。这个地区文化比较发达,历史地震记载较早。从公元1500年至1969年,共发生 $M \geq 6.0$ 级地震17次^[1],其中 $M \geq 7.0$ 级1次¹⁾。这些地震大部分分布在上述两组断裂带上(见图1)。

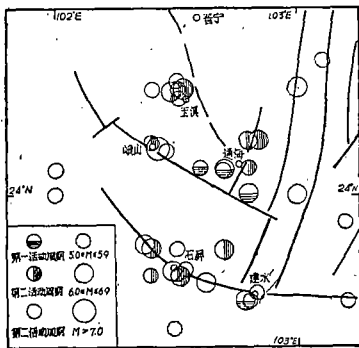


图1 通海地区的历史地震

通海地区历史地震的蠕变曲线大致可以分为三个活动周期。每个活动周期都有明显的高潮期和平静期(图2)。第一活动周期的平静期大致在1517年以前,高潮期是从1517年到1606年,计90年。第二活动周期的高潮期是1722年至1814年共93年。第三地震活动高潮期从1887年开始至1970年,约84年。三个地震活动高潮期的持续时间差不多相等,约为90年左右。它们之间的平静期为116和73年。因此,通海地区的地震活动周期大致是150~210年。

下面仔细分析第三活动周期。假定第二活动周期积累的能量全部释放完,第三活动周期开始的平静阶段应是第三周期应变能的主要积累期间,地震活动高潮期应是又积累又释放。从第三活动周期中,可以看到1870年至1940年的蠕变曲线基本是线性变化的(图2)。根据蠕

1) 据刘正荣同志说,1913年峨山地震,根据上海徐家汇观象台地震记录资料,由孙庆宜先生重新定为7.1级。

变曲线的物理解释〔2〕, 蠕变曲线的切线应近似与断层运动的速度成正比。因此, 这段曲线为直线标志着该地区地壳在这段时间内作匀速运动, 应变积累速度和应变释放速度是相等

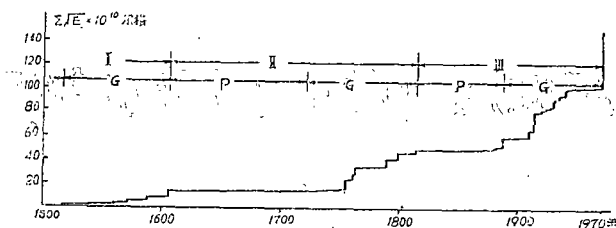


图2 通海地区历史地震的蠕变曲线

I 第一活动周期 II 第二活动周期 III 第三活动周期 G地震高潮期 P平静期

的。如果把这段时间的应变释放速度看作第三活动周期的平均应变积累速度, 由此得到 $\bar{V}_{\text{积}} = 0.65 \times 10^{10}$ 尔格 $^{1/2}$ /年。从1814年第三活动周期开始到1940年, 136年间共积累 88.4×10^{10} 尔格 $^{1/2}$, 除去已释放的 45.8×10^{10} 尔格 $^{1/2}$ 外, 还剩余 36.1×10^{10} 尔格 $^{1/2}$, 相当于一个7.5级地震。1939年到1941年在玉溪、石屏等地连续发生了5个5~6级中强震, 此后到1969年近30年没有较大的地震发生, 应变能的释放相对处于停止状态。因此到1969年共积累应变能 51.8×10^{10} 尔格 $^{1/2}$, 等于一个7 $\frac{3}{4}$ 级地震, 表明1970年1月5日发生7.7级通海地震是必然的。同时, 鉴于上述通海地区地震活动高潮期平均约90年, 通海地震的发生也象征着第三活动周期的结束。以后将进入另一个活动周期的相对平静期, 下一个地震活动高潮期至少要过50年以后才会到来。

二、中强震向震区迁移和地震活动空区的形成

仔细分析通海地区第三活动周期在地震活动高潮期的地震活动性是很有趣的。1913年峨山发生了7.1级强震。此后到1939年8月共发生5次中强震, 平均每年发生 ($M \geq 4.7$ 级) 0.20次, 假定这个值为这个地区地震活动的正常水平, 那么, 1939年9月到1941年连续发生5次中强震, 平均2.2次/年, 为正常活动水平的11倍, 1942年到1969年27年间仅发生4次 $M \geq 4.7$ 级的中强震, 平均0.15次/年, 比正常水平低得多(图3)。显然这是一种异常的地震活动。1939.9~1941的地震活动可以称为“前兆震群”〔8〕。

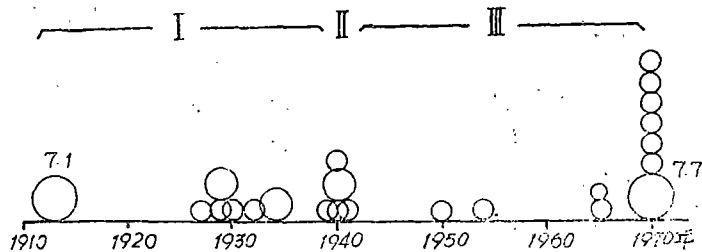


图3 1919~1970年的时间—震级图

I 正常活动 II 前兆性震群 III 地震空白

与此同时，在通海外围地区的地震活动不断向震区周围有规律的迁移、增强。从图4可以看到，1951年~1956年中强震主要沿康定、安宁河、元谋几条断裂以及西昌至丽江一带活动，这可能与1955年康定7.5级强震有关。

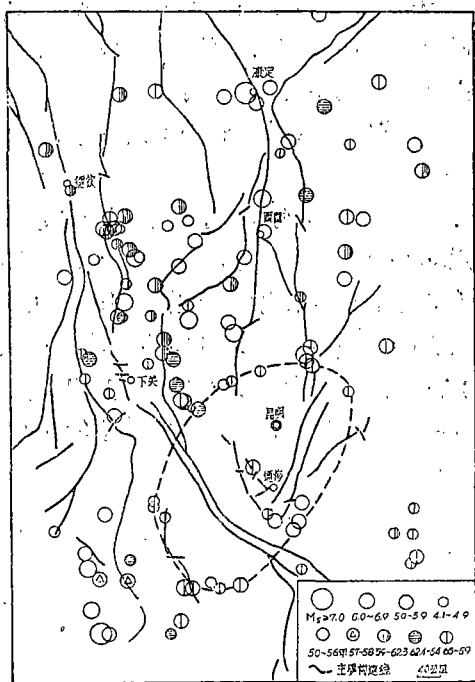


图4 通海地震前中强震迁移过程中的震中分布

岩石破裂实验中的应力与应变，微破裂与主破裂的关系〔5〕。1965年5月24日峨山5.2级地震就是在应力急剧增强阶段发生的。因此有人称为“信号地震”〔6〕或通海主震的“先驱破裂”〔7〕。

综合上述，通海地震前大面积的中强震活动呈现如下两个特点：1). 震中地区在正常地震活动水平上突然爆发一组中强震后，活动水平显著下降，低于正常年分。2). 与此同时，外区地震逐渐向震区迁移、增强，形成包围震区的一个大椭圆圈。围限地震的间距小于圆周的1/4。围限空区的长轴420公里，短轴240公里，总面积约79000平方公里，为通海大震余震面积（70公里×40公里）的6倍。利用统计公式〔8〕

$$M = 3.00 \log L - 0.07 (\pm 0.33)$$

(1)

式中L是空区的长轴（公里），算得震级分别为7.47~8.13，平均7.8级。

如果把这包围通海地区的围限地震作出蠕变曲线，则清楚地显出阶段性：表明通海地震在孕育过程中经历过低应力作用阶段，应力增强阶段，应力急剧增强阶段和大震前的相持阶段（图5）。大体类似于

如果把包围通海地区的围限地震作出蠕变曲线，则清楚地显出阶段性：表明通海地震在孕育过程中经历过低应力作用阶段，应力增强阶段，应力急剧增强阶段和大震前的相持阶段（图5）。大体类似于

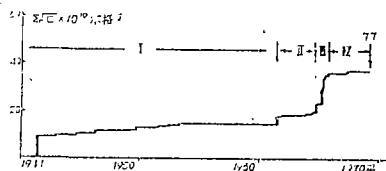


图5 围限地震的蠕变曲线

I 低应力作用阶段 II 应力加强阶段
III 应力急剧增强阶段 IV 大震前的相持阶段

三、空区内小地震活动特征

通海地震空区大致在北纬 $22^{\circ}\sim 26^{\circ}$ ，东经 $101^{\circ}\sim 103.5^{\circ}$ 的范围内。图6是1965~1969年底通海地震空区内的小震震中分布图（为了便于研究面上的小震活动特征，1966年2月5日东川地震和1965年7月3日江城地震的余震未画出）。从图中可以看到：

1) 2.5~4.0级地震在南华、楚雄附近形成一个密集区，这里刚好是前述中强震向通海震区迁移的终点（图4），也是空区的边界。

2) 小地震在空间上的分布呈现明显的阶段性：1965~1966年，几乎全区都有活动；1967~1968年在高空区内围绕未来大地震的震中直径近200公里的园内又形成一个空区；1969年震中区又出现小震活动，最明显地是大震前半年（6月9日）在峨山玉溪之间的4级震群。这种图象显示了在中强震空区形成后，有一个小地震由震中区向外扩散而后又收缩的活动过程。和小震频度图和b值图（图7）对照，小震向外扩散阶段正好对应地震频度和b值下降的时候，在小震向震中区收缩阶段，频度却一度升高，但很快下降，而b值并不明显回升。这个特征与其他作者的研究有相类似之处^[9]。

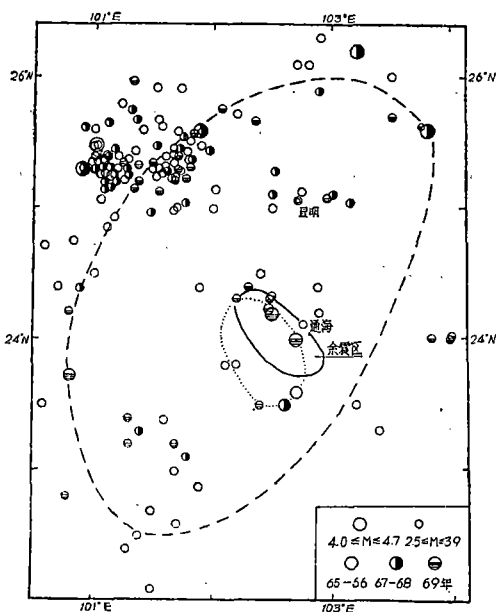


图6 1965~1969通海地区小地震的活动分布

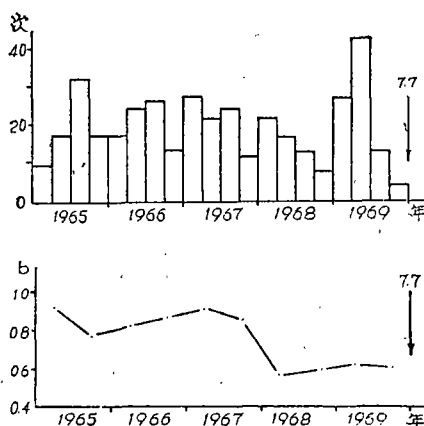


图7 小震的频度和b值变化

3) 在大震震中区还有一个小震的包围圈，它的面积与通海余震的面积相当，长轴方向与通海地震的破裂方向相近，只是复盖面积略向西南偏移。因此，有人认为这是布隆迪^[10]模式的微破裂运体区¹⁾。

1) 见杨智娴1920年1月5日在通海地震十周年学术讨论会上的报告。

四、结 语

由前面的分析讨论，本文认为通海地震前的地震活动呈现如下三个特征：

一、通海地区的历史地震表明具有明显的平静和活动相间的周期性。从应变释放曲线和活动周期看，通海大震可能标志着第三活动周期的结束，下一个地震活动高潮期大致要在50年以后。

二、通海大震前，中强震在大区域上的活动，呈现明显地向震中区迁移的图象，并最终形成一个大的地震空区。包围空区的形成过程反映了通海地震前应力的集中过程。

三、中短期的小震活动，显示一个由震中区向外扩散而后又收缩的过程。小地震频度和b值的变化是与这一过程相对应的。

参 考 文 献

- [1] 中国地震目录 国家地震局编 地震出版社
- [2] 欧阳廷，由地壳的相对运动估计1967年炉霍地震后该地区的地震趋势 地球物理学报 17, 1, 1974.
- [3] F. F. Evison, Precursor seismic sequences in New Zealand. New Zealand Journal of Geology and Geophysics, Vol. 20, № 1, P129—141, 1977.
- [4] 阚荣举等 我国西南地区现代构造应力场与现代构造活动特征的探讨，地球物理学报 20, 2, 96~109, 1977.
- [5] 中国科学院地球物理所第三研究室实验组 单轴压力下岩石破裂的初步研究 地球物理学报, 19, 4, 306—315, 1976.
- [6] 冯德益等，我国西部地区一些强震及中强震前后波速异常的初步研究（一），地球物理学报, 19, 3, 1976.
- [7] 刘祖荫，通海地震序列的时空分布和孕育过程的讨论，地震研究 2, 3, 1979.
- [8] 吴开统等，海城地震序列特征，地球物理学报, 19, 2, 95—109页, 1976.
- [9] 张诚等，西海固地区地震活动的某些特征，西北地震学报, 第2卷, 第2期, 1980.
- [10] B. T. Brady, Theory of Earthquake IV, General Implication for Earthquake prediction, pure and Applied Geophysics, Vol 114, № 6, 1031—1050, 1976

CHARACTERISTICS OF SEISMIC ACTIVITIES BEFORE EARTHQUAKE IN TONGHAI

Liu Zu-yin