

1988年澜沧、耿马大震的预报和再认识

石绍先 付虹 沈斌 尤传侠

(云南省地震局)

摘 要

本文介绍了作者在1988年11月6日澜沧、耿马大震前进行中、短临阶段预报及大震现场预报的主要思路、方法和依据。中期预报的主要依据是：地震活动特征、大震的47年重现周期和应变能的积累；短临预报的主要依据是：滇西南地震活动中心的动态演变、 $M_L \geq 5.0$ 级地震震中定向迁移及地震活动过程。大震后现场跟踪预报和最大强余震震级判别主要用了 $\Sigma\sqrt{E}-lgt$ 和b值截距法。最后本文对预报情况进行了总结和重新认识。

关键词：澜沧、耿马大震 大震重现周期 动态演变 定向迁移 b值截距

一、大震前的监视预报

1. 澜沧、耿马地震区的地震活动性

该区内主要发育着三组北东向和一组北西向强烈活动的断裂带^[1]。北东向的断裂带是：南淀河断裂、孟连—澜沧断裂和打洛—景洪断裂。北西向断裂是澜沧—勐遮断裂带。1900年以来，在该区内相继于1923年、1941年和1950年发生过沧源东南7.3级、耿马7.0级、澜沧7.0级和打洛7.0级4次大地震，其地震活动强烈程度大大超过东部与其相邻的思茅—勐腊地区及西部相邻的腾冲—龙陵地区。

从1900年到1976年云南地区曾出现过两个地震活动高潮，即1909—1950年和1965—1976年。两个活动期内所发生的强震在同一构造带上具有重现性。重现的两次强震的间隔在53年左右。两个活动期内各有5次地震在有关断裂上重现，在第一活动期内还有3次7.0级大震未重现（图1、图2）。其中有两次大震即1941年耿马7.0级地震及同年澜沧7.0级地震分别位于南淀河断裂和澜沧—勐遮断裂带上。

另外，1965—1984年滇西南共发生25次5.0—5.9级地震和8次6.0—6.9级地震，其中96%以上发生在思茅—勐腊地震区内，而澜沧—耿马地震区则处于平静状态。强烈的地震活动历史和高度平静的现状共同表明澜沧—耿马地区处于能量加速积累状态。这两个地区内的地震活动还存在着此起彼伏的呼应关系（图3）。

在1909—1950年第一次地震活动高潮期内，该区内大震前是有前震活动的，即在澜沧西北于1935年和1938年先后发生了5.0和6.0级地震。

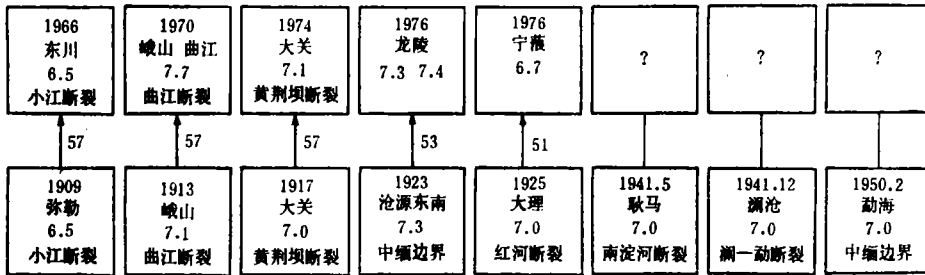


图 1

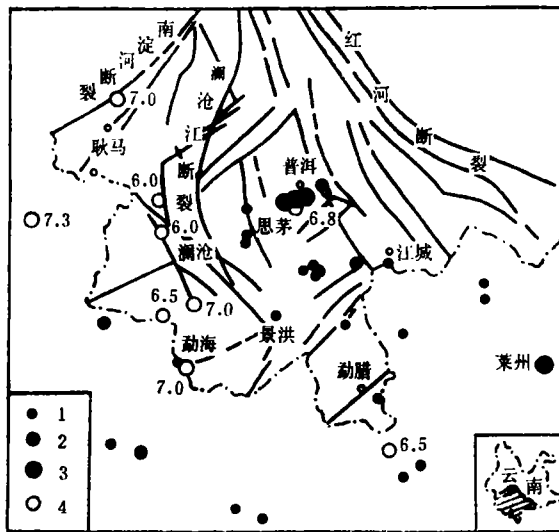


图 2 滇西南1965—1984年 $M \geq 5.0$ 地震震中分布图

1. $M_s = 5.0 - 5.9$ 2. $M_s = 6.0 - 6.9$ 3. $M_s = 7.0 - 7.9$ 4. 历史地震
Fig. 2 Distribution of earthquakes ($M \geq 5.0$) in the Southwestern Yunnan from 1965 to 1984

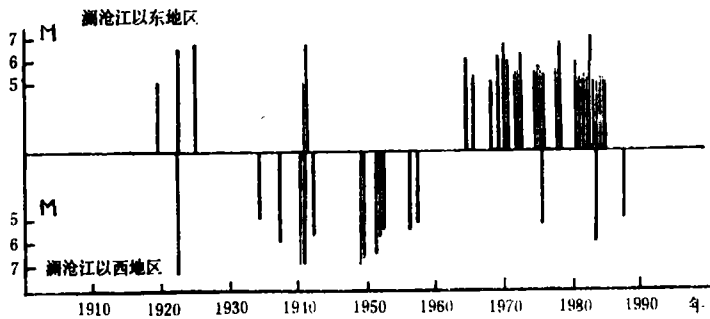


图 3 滇西南东西两区地震M—T图

Fig. 3 M—T diagram of earthquakes ($M \geq 5.0$) in the east and west areas of the Southwestern Yunnan

2. 大震重现周期

大震重现周期是复杂的，是由多种因素决定的。文献1)曾用自相关函数计算给出云南、四川几个主要地震带1900年以来的大震重现周期，其中腾冲—龙陵震区为43年，思茅—勐腊区为51年。根据时振梁(1984年)研究，大震重现周期随着地震区所在板块汇聚带的距离增大而增大。因此位于前述二个地震区中间的澜沧—耿马地震区的大震重现周期应为47年左右。

在东西两区处于能量大释放阶段时(1976年龙陵发生7.4、7.3级地震，1979年普洱发生6.8级地震)，澜沧、耿马地震区处于高度平静状态。如果47年重现周期存在，按照上一高潮期地震发展过程预测，该区从1984年开始应进入地震活动高潮期，1988年应为能量释放高潮期，1997年后为这一高潮期的尾声阶段。1984年4月孟连—澜沧断裂带在平静32年之后首次发生6.3级强震。

根据上述情况，作者认为2)：

(1) 滇西南澜沧江断裂以东的思茅—勐腊地震区能量大释放阶段已经过去，今后地震主要活动地区可能由东区转至西区即耿马—云县、澜沧—景洪地区。

(2) 耿马—云县带估计已积累了相当6.8级以上的地震的能量，今后几年有可能进入预释放阶段。

(3) 1986年下半年滇西南 $M_L \geq 4.0$ 级地震主要集中在双江—澜沧一带，1987年有可能发生揭幕性中强地震活动。

(4) 今后几年主要是确立孕震体的存在，注意地震活动的动态演变，研究大震综合预报各阶段判据、指标。

3. 滇西南地震活动中心的动态演变

从图2中我们注意到，1965—1984年滇西南能量大释放重点地区在澜沧江以东的思茅—勐腊地区内。而从图4中可清楚看到，1984—1987年该区地震活动逐年减弱，与此相反，澜沧—景洪一带地震活动逐年增加，显示了地震活动中心已迁移到该带内。

4. $M_L \geq 5.0$ 地震震中定向迁移

文献[1]曾指出，滇西南多次强震前出现4.0级以上地震震中由远及近的定向迁移现象。从1987年开始， $M_L \geq 5.0$ 级地震沿着孟连—澜沧、勐遮—澜沧断裂向着澜沧、耿马地震震中区迁移。

5. 中小地震围空区的快速形成

文献[1]提出由2个 $M_L \geq 5.0$ 级和多个4.0—4.9级地震组成的相对独立的地震围空

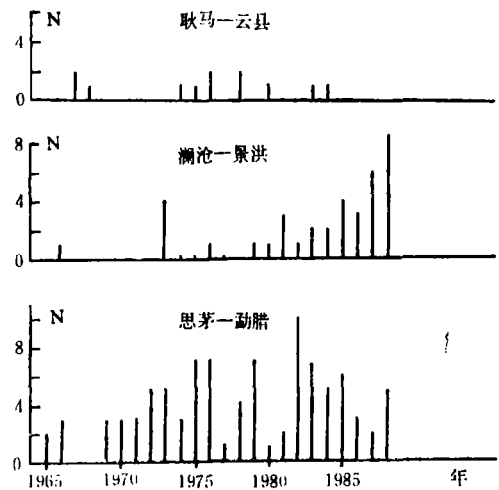


图4 滇西南各震区 $M_s \geq 4.0$ 地震年频度
Fig. 4 Yearly frequency of earthquakes ($M \geq 4.0$) in the various seismic areas of the Southwestern Yunnan

1) 石绍先，1987年滇西南地震趋势意见，1986。

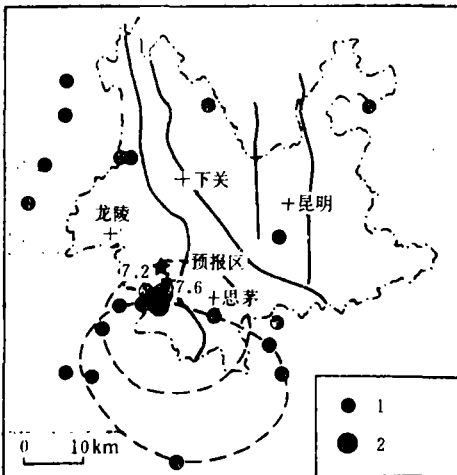
2) 关于滇西南趋势意见的讨论，1986。

区是滇西南强震存在和进入短临阶段的重要判据。图 5 显示在1988年7月—10月 2 个多月内形成了一个由 2 次 $M_L \geq 5.0$ 级和 13 次 $M_L \geq 4.0$ 级地震围成的孕震区，其长轴约为 400 km。根据吴开统提出的公式计算出 $M = 7.7$ 。

6. 能量加速释放

图 6 是研究区内澜沧—景洪地震带 1965—1988 年 10 月地震 $N-T$ 和 $\Sigma\sqrt{E}-t$ 图。其中 1965—1984 年该带处于相对稳定状态，只在邻区强震前该带内地震稍有起伏， $M \geq 3.0$ 地震平均年频度为 9 次，平均年释放应变能为 13×10^6 焦耳^{1/2}。而 1985—1988 年上述二个参数分别为 28 次和 42.3×10^6 焦耳^{1/2}，达到并超过原活动水平的 3 倍以上，表明在此期间地震活动明显增强。

根据上述事实 and 判据，1988 年 10 月 20 前我们提出正式书面预报意见，即 1988 年 11 月—1989 年 12 月滇西南以北纬 $22^\circ.2$ ，东经 $100^\circ.2$ 为中心的 150 公里范围内可能发生 M_s 5.8 级左右的地震，最大可达 6.5 级。



1988.7.22-1988.10.10
图 5 云南省 1988 年 7 月—10 月 $M \geq 4.0$ 地震震中分布图
1. $M = 4.0-4.9$ 2. $M = 5.0-5.9$
Fig. 5 Distribution of earthquakes ($M \geq 4.0$) in Yunnan Province from July to Oct., 1988

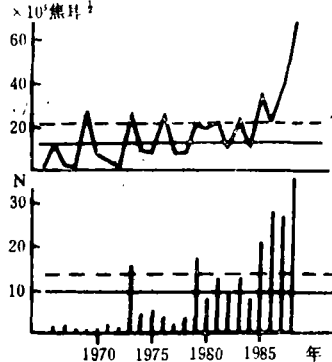


图 6 1965—1988 年澜沧—景洪地震带 $M \geq 3.0$ 地震 $N-T$ 及 $\Sigma\sqrt{E}-t$ 图
Fig. 6 The $N-T$ and $\Sigma\sqrt{E}-t$ diagrams of Lancang—Jinghong seismic belt from 1965 to 1988

二、大震后的余震预报

1. 利用应变释放曲线进行现场跟踪预报

我们采用了 0.01、0.1、1、10 天为单位作 $\Sigma\sqrt{E_i}-\lg t$ 图 (图 7)，这样可以利用大震后两天内大量余震的能量释放规律作外推预报。主震后于 11 月 15 日、27 日和 30 日发生的 6.1 级、6.3 级和 6.7 级强余震在图 7 曲线中均有显示。

2. 用 b 值截距法对最大强余震震级的预报

图 8 是大震后第三天作出的澜沧、耿马余震 b 值截距图。其中最大余震震级应在 6.5—6.9 之间，据此我们于 11 月 9 日提出，并于 11 月 19 日、28 日多次重申，在一个月左右的时间，老震区有可能发生 6.5—6.9 级余震，实际于 1988 年 11 月 30 日发生了 6.7 级强余震。

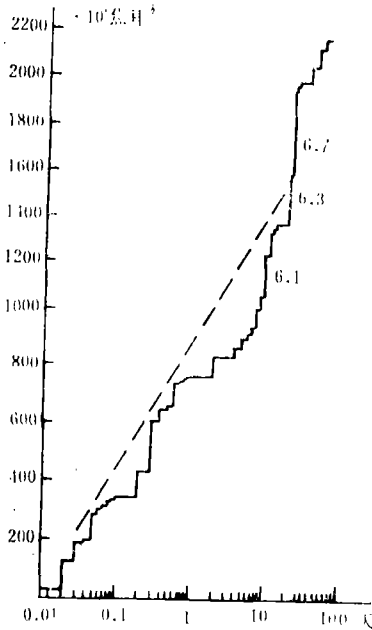


图 7 澜沧、耿马地震余震 $\Sigma\sqrt{E}-\lg t$ 图
Fig. 7 $\Sigma\sqrt{E}-\lg t$ diagram of the Lancang—Gengma aftershocks

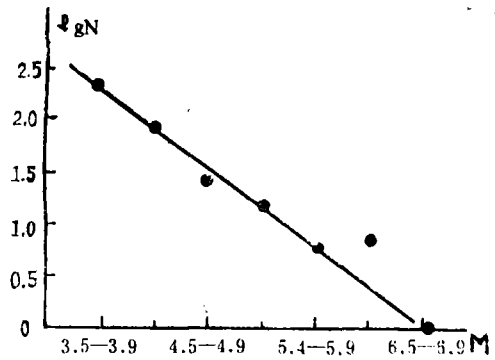


图 8 澜沧、耿马地震序列 b 值截距图
Fig. 8 The b value intercept diagram of the Lancang—Gengma aftershock sequence

3. 利用余震应变释放转折时段预报后期余震

一次强震后，余震在早期表现出频度高、强度大的特点，以后余震时间间隔显著增大，强度显著减弱。因此应变释放速率转折时段对于预报后期的余震起着一定的作用。

我们注意到，b 值截距曲线反应 11 月 30 日发生的 6.7 级余震可能是澜沧、耿马地震后的最大余震。

里克特、茂木曾总结出主震震级和余震活动空间有下列关系式：

$$\lg L (\text{km}) = 0.5M - 1.8 ; \quad (1)$$

$$\lg A (\text{km}^2) = M - 4 ; \quad (2)$$

$$\lg V (\text{km}^3) = M - 2.8 . \quad (3)$$

其中 L、A 和 V 分别为余震区最大尺度、面积和体积，其值分别为 100km、3981km² 和 6309⁶ km³。到 11 月 30 日为止，澜沧、耿马地区余震的三个参数 L、A 和 V 分别达到 110km、3993km² 和 63888km³，因此可以推测，余震区再扩大的可能性很小了。

另据秦嘉政等的研究，1988 年 8 月 31 日澜沧西北 $M_L < 5.1$ 级前震剪切应力值高达 400 巴以上，大震后余震剪切应力值逐渐减小，到 12 月 1 日除个别余震剪切应力值大于 200 巴外，其它余震均降至 100 巴以下，再发生更大余震的应力背景已不存在了。

综上所述，我们认为，11 月 30 日 6.7 级余震就是其中最大的强余震，今后虽不能完全排除发生 $M \geq 6.0$ 级地震的可能，但主要应注意中地震震的发生，12 月份有发生 2 次左右中地震的可能。这一认识与后期余震实际情况基本一致。

三、对澜沧、耿马大震预报的再认识

对该次大震的震级预报显著偏小的主要原因是，对强震前兆特征的认识理想化、典型化，致使主观期待超过客观实际。

我们通过对滇西南发生的33次5.0—6.8级地震资料的总结,给出了下面3个预测震级的公式:

$$M_{\pm} = 2.61 \log L (\text{km}) + 0.138 \quad ; \quad (4)$$

$$M_{\pm} = 1.3261 \log T (\text{天}) + 3.25 \quad ; \quad (5)$$

$$M_{\pm} = 1.13M_{\text{前}} + 0.89 \quad . \quad (9)$$

截止10月20日利用上述公式计算的地震震级分别为7.0、5.8和7.7。我们用聚类分析法所得出的结果也是 $M > 7.0$ 。但是长期以来已建立起震级越大前兆越明显的概念,因此期待可能出现更多的预报指标,如震前平静段、前兆突发性异常集中段、动物异常及地下水宏观异常现象等,然后再确定上述结论。由于大震前兆与主观期待差距较大,且震区周围台站极少,对宏观前兆现象收集难度太大,因此造成预报震级偏小。

造成上述思想简单化、绝对化的另一原因是由于对一些震例总结不客观引起的。不少震例总结经常把震前前兆的多解性唯一化,把震前模糊的难以识别的前兆写得清晰可辨,把本来存在于多个地震中的前兆集中于一个理想模式。这样理想化、典型化的加工过程使得主观认识与客观实际差距越来越大,当然用它来指导实践自然是不合适的。

(本文1990年6月20日收到)

参 考 文 献

- [1] 石绍先, 滇西南强震预报经验指标、前兆特征和综合预报思路, 地震研究, Vol. 9, No. 1, 1986.

PREDICTION AND RE-CONSIDERATION FOR THE GREAT LANCANG-GENGMA EARTHQUAKE OF 1988

Shi Shaoxian, Fu Hong, Shen Bin, You Chuanxia

(*Seismological Bureau of Yunnan Province, Kunming*)

Abstract

In this paper, the scientific thinking, method and reason of the medium- and short-term earthquake prediction and the forecast on the spot before and after the Lancang earthquake with $M=7.6$ and the Gengma earthquake with $M=7.2$, which occurred on Nov. 6, 1988, have been objectively expounded. The main reason of the medium-term prediction includes the basic seismicity characteristics, the 47-year recurrence period of great earthquake and the accumulated strain energy. The main criteria of the short-term prediction embrace the dynamic deduction of seismicity centers in the southwestern Yunnan, the direction shifting track of epicenters of earthquakes with $M \geq 5.0$ and the analysis of seismicity process. $\Sigma \sqrt{E} - \lg t$ and b-value intercept method is effective methods determining and predicting the largest aftershock on the spot. Finally, this paper sums up and reconsiders the prediction.