

我国西南地区气压场振动对云南及邻 区 $M_L \geq 4.0$ 级地震的临震调制

杨子汉

(云南省地震局)

摘 要

本文初步分析了近两年我国西南地区大气压力场(100多个台站资料)的变化对云南地震的影响,发现当云南地区外围(主要是四川盆地)24小时变压 ΔP_{ij} 出现高值,并达到一定指标,即:

$$\Delta P_{ij} \geq 1.4\sigma_j,$$

而在云南同时出现相对低压时,省内及邻近地区就有可能发生 $M_L \geq 4.0$ 级地震,一般在7日或5日内发震。发震地点几乎都分布在低压强度最大的地区或高、低压切变带上。

文章最后就这两者间的可能联系作了简要讨论。

一、引 言

现代地学将地球上部圈层构造划分为四个圈,即岩石圈、水圈、大气圈和生物圈,这四个圈层之间的关系是紧密联系、相互渗透和相互制约的〔1〕。仅就大气圈对岩石圈作用而言,除全球大气环流的变化能影响地球整体运动〔2〕外,局部大气压力场的变化亦能引起局部地壳形变与位移〔3、4〕。因此,研究大气压力场变化与地震间的关系就成为一个十分有意义的课题。

本文的统计结果表明,我国西南地区大气压力场短周期振动与云南及邻区 $M_L \geq 4.0$ 级地震有较好的对应关系。

二、资料选取和处理

我们根据云南省气象台提供的我国西南地区每日14时的地面天气图,对100多个台站(图1)的观测资料进行逐日分析并绘制出地面等变压值 ΔP_{ij} ($\Delta P_{ij} = P_{ij} - P_{i-1,j}$, $i = 1, 2, \dots$ 天, $j = 1, 2, \dots$ 12月)曲线,由此可得每日变压空间分布形势。在此基础上,确定出正变压极大值(+ $\Delta P_{ij}(\max)$)或负变压极大值(- $\Delta P_{ij}(\max)$),它能

基本代表当日本区大气压力场的强度。因此，文中我们所用的 ΔP_{1j} ，即是指每日正负变压极大值。

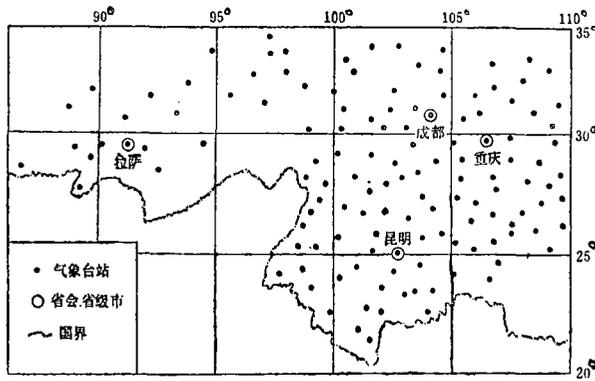


图1 中国西南地区气象台站分布图

Fig. 1 Distribution of meteorological stations in southwest China region from where data have been used in the study

考虑到大气压力场变化具有季节性，故首先计算了变压 ΔP_{1j} 的各月标准差：

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta P_{1j} - \overline{\Delta P_{1j}})^2} \quad (1)$$

($i = 1, 2, \dots$ 天, $j = 1, 2, \dots$ 12月)。图2 a显示出变压 ΔP_{1j} 具有明显的季节变化，在干季， ΔP_{1j} 偏高，而在雨季， ΔP_{1j} 则偏低。

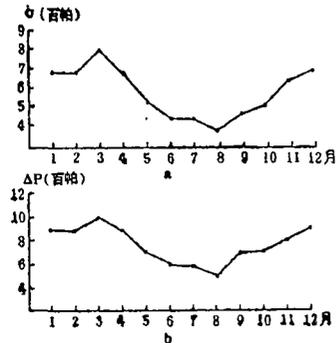


图2 每月变压异常指标及标准差曲线

a. 标准差曲线 b. 异常指标曲线

Fig. 2 Curves showing the indexes of the monthly atm. pressure variation anomalies (b) and curves showing standard deviations of the monthly atm. pressure variations (a)

这样，不同季节 ΔP_{1j} 影响地震的强度标准也不完全一致，而是随季节涨落。若用 $\widehat{\Delta P}_j$ 表示各月变压异常指标，那么，据经验确定的 $\widehat{\Delta P}_j = 9, 9, 10, 9, 7, 6, 6, 5, 7, 7, 8, 9$ (当 $j = 1, 2, \dots$ 12月时)，示于图2 b中。图2中两种曲线形态几乎一致，不难求得两者间满足下列关系式：

$$\widehat{\Delta P} = 1.4\sigma_j; \quad (j = 1, 2, \dots, 12) \quad (2)$$

它们具有明显的线性关系。

于是，当用(1)式求出各月的 σ_j 值后，由(2)式即能得到 $\widehat{\Delta P}_j$ ，从而可作为识别每日 ΔP_{1j} 是否异常的判据。

$M_L \geq 4.0$ 级地震的临震调制

三、西南地区气压场的突变对云南及邻区地震活动的临震调制

根据以上 ΔP_{ij} 、 σ_j 、 $\hat{\Delta P}_i$ 值，通过分析，可列出一异常判别方程，用 A 表示判别量，用“1”表示有异常，“0”表示无异常，则：

$$A = \begin{cases} 1 & \text{当 } \Delta P_{ij} \geq 1.4\sigma_j \text{ 时} \\ 0 & \text{当 } \Delta P_{ij} < 1.4\sigma_j \text{ 时} \end{cases} \quad (3)$$

($i = 1, 2, \dots$ 天, $j = 1, 2, \dots$ 12月)。据此判别式，将凡属 $A = 1$ 的 ΔP_{ij} 值用直方柱按日标在图上，而把 $A = 0$ 的所有 ΔP_{ij} 值全部滤除，同时，把相应 $M_L \geq 4.0$ 级地震亦

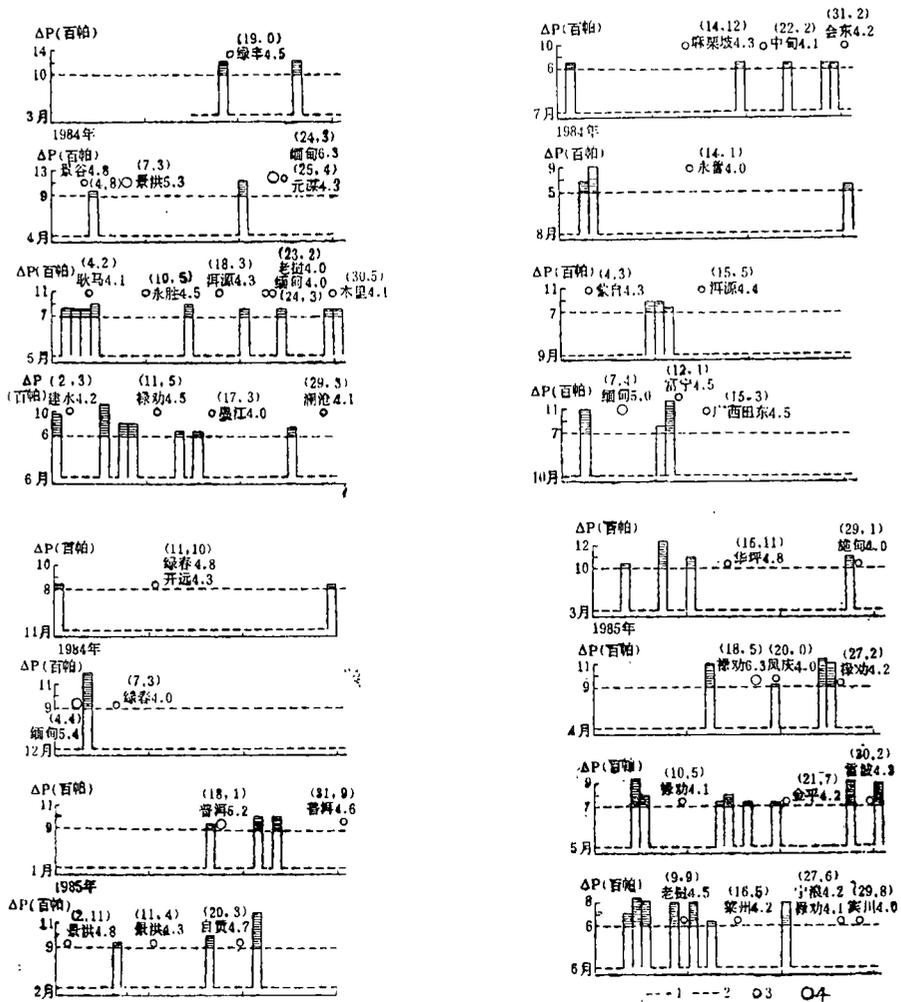


图 3 变压异常与 $M_L \geq 4.0$ 级地震的对应关系
 (图中括号内的第一个数为发震日，第二个数为异常距地震的天数)

1. 指标线 2. 滤波线 3. $4.0 \leq M_L \leq 4.9$ 4. $M_L \geq 5.0$

Fig. 3 Correlation between the atm. pressure variation anomalies and the occurrences of $M_L \geq 4.0$ events

按其发震日标于图上，图3给出了变压异常与 $M_L \geq 4.0$ 级地震的典型对应关系。

因一次天气突变过程可能是一日或数日，而数日内地震的发生有时也不仅只一次甚至以震群形式出现，因此，为了找到变压 ΔP_i 异常与地震间的关系，我们规定：一次异常过程（可包括一天以上的连续异常）对应一次地震过程（可包括几天内连续数次地震）。这样，在统计范围内，异常过程总共为69次，而地震过程为70次（图4），这二者的对应关系大致为：概括率 $P_{概} = (65/70) = 93\%$ ；漏报率 $P_{漏} = (5/7) = 7\%$ ；预报准确率 $P_{准} = (65/69) = 94\%$ ；而虚报率 $P_{虚} = (4/69) = 6\%$ ，可见这一统计关系是相当好的。

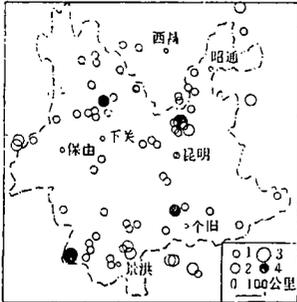


图4 云南及邻区两年来 $M_L \geq 4.0$ 级地震震中分布图
(由昆明电信传输台网标定)

1.4.0 ≤ M_L ≤ 4.9 2.5.0 ≤ M_L ≤ 5.9 3.6.0 ≤ M_L ≤ 7.0 4. $M_L \geq 5.0$
Fig.4 Epicentral distribution of $M_L \geq 4.0$ events occurred in and around Yunnan area over the last 2 years or longer

关于时间问题，我们把发震前12天内出现的异常次数按时间顺序排列，并列出其相应所占百分率，一次地震过程以第一次地震为统计时间，如表1所示。

变压异常对应 $M_L \geq 4.0$ 级地震次数随时间的分布及所占百分率 表1

变压异常过程距发震时间(天)	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
发震次数	1	1	1	2	1	2	2	11	6	11	11	9	7
占百分率(%)	1.5	1.5	1.5	1.3	1.5	3.1	3.1	16.9	9.2	16.9	16.9	13.8	10.8

由表1可见，在7日内发震的次数占发震总数的91.8%，5日内发震次数占84.5%。因此大气压力场的突变与地震的关系在7日内具有卓越分布。而在统计期内， $M_L \geq 4.0$ 级地震随时间的自然发生概率 $P_{自} = (776/70) = 11.1$ 天，可以认为，大气压力场的短周期突变在7日内触发 $M_L \geq 4.0$ 级地震的规律是客观存在的，基本不受自然发震概率的影响。所对应的地震绝大部分分布在外围（四川盆地）高压与云南低压所形成的切变带上（0值线）或低压强度最大地区，图5为1986年2月6日芒康 $M_L = 5.2$ 级地震震前一天日变压场的分布形势

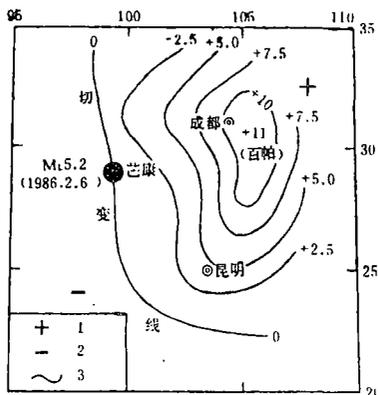


图5 中国西南地区1986年2月5日变压场与次日地震的分布形势

1. 正交变压区域 2. 负交变压区域 3. 等变压线

Fig.5 Distribution situation of the atm. pressure variation field on Feb. 5, 1986 in southwest China and the earthquakes occurred on the next day

$M_L \geq 4.0$ 级地震的临震调制

(特例之一)。

关于震级问题，一般情况下，当外围地区达到高压指标时在云南常有 $M_L \geq 4.0$ 级地震发生；如果省内还有大的低压配和，则有可能出现 $M_L \geq 5.0$ 级地震。当然也有一次较大的气压扰动触发几次 4.0 级以上地震的例子(图 3)。

在统计期内，云南一共发生了 4 次 $M \geq 5.0$ 级地震，这 4 次地震之前除西南地区大气压力场分别出现高压指标外，最明显的特征还在于云南省有关台站的气压时间演变曲线都发生较大的同步短周期振动(其中以低压为最典型)过程。我们选择了离各次地震较近的台站画出地震前后两个月内该台气压绝对值变化曲线(图 6)。

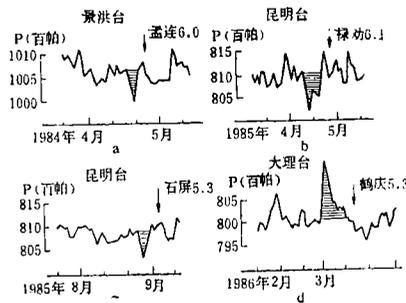


图 6 近两年云南省 4 次 $M \geq 5.0$ 级地震前后震中附近气压绝对值变化曲线
 Fig. 6 Curves showing the variations of the atm. pressure absolute values around the epicentres both before and after 4 $M \geq 5.0$ events occurred in Yunnan since the last 2 years

图 6 表明，孟连南 6.0 级地震(如图 6 a)前，在 4 月 16 日气压值就开始下降，4 月 19 日降到最低点，幅度为 6 百帕，回升结束后 2 日发震，整个振动过程为 6 天；禄劝 6.1 级地震前(图 6 b)，从 4 月 5 日开始气压出现下降，4 月 8 日降到最低，降幅为 8 百帕，回升结束后 2 日发震，整个振动过程为 11 天；石屏 5.3 级地震前 8 月 24 日气压开始下降，26 日降到最低，其幅度为 5 百帕，回升后 3 日发震(图 6 c)；1986 年 3 月 13 日鹤庆 5.3 级地震前气压在 2 月 28 日就开始大幅度上升，至 3 月 13 日达到最大值，幅度为 12 百帕，之后又大幅度急剧下降至第 10 天时发震(图 6 d)

综上所述，当一次中强地震前，除了在震中外围气压场出现高压外，在震中周围一般出现低压，时间演变曲线上则表现为一次短周期振动过程，平均振幅为 8 百帕左右，整个振动过程的平均时间为 9 日，在其结束后 3 日内即发震或在恢复时发震。

四、结果与讨论

通过二年来对西南地区大气压力场变化与发震关系的试验分析，我们得到，当该区气压场出现一次短周期大幅度剧烈振动(即外围高压而云南低压)过程时，在云南及邻区将发生地震活动，其对应率为 90% 以上，并且：

(1) 在最优分布的7日内发震的概率为91.8%;

(2) $M_L \geq 4.0$ 级地震的发生地点绝大部分在高、低压切变带上(0值线), 而 $M_L \geq 5.0$ 级地震则主要分布在低压强度最大地区;

(3) 对应的地震震级为 $M_L \geq 4.0$ 级, 其中有4次是 $M \geq 5.0$ 级。

当远场围压增加时, 在低压地区则能减轻震源围压或减小其中等主应力。此外, 高、低压切变带的出现亦能增大剪应力, 使介质性质改变。因此, 若在上述应力改变部位本已存在极不稳定介质或较强的构造活动背景, 大气压力场的突变所施加的外力则对介质破裂起了一定的触发作用, 剪应力的改变和中等主应力的减小都有利于地震的爆发^[5,6]。

当然, 大气压力场的变化与地壳上部之间的能量传递是十分复杂的问题, 尚需进一步探讨。

在进行这项工作与完成本文时, 均得到赵洪声同志的热情帮助和支持, 云南省气象台提供了全部气象资料, 在此一并致谢!

(本文1986年6月11日收到)

参 考 文 献

- [1] 徐道一、杨正宗、张勤文、孙亦因, 天文地质学概论, 地质出版社, 1984.
- [2] G.G. Sorrells, John A. Modonald, Z.A. Der and Engene Herrin, Earth motion caused by local atmospheric pressure changes, Geophys., J.R. astr. Soc., Vol.26, 1971.
- [3] 藤井和成, 局部的な气压の変化してもなう地壳形变, 地震学会讲演稿集, No.1, 1981.
- [4] 赵洪声、杨子汉、刘志坤, 云南年平均地面气压场的分布型式及其对场内地震活动的调制, 科学探索, Vol.4, No.2, 1984.
- [5] 郭增建、秦保燕, 震源物理, 地震出版社, 1979.
- [6] 耿乃光, 应力减小引起地震, 地震学报, Vol.7, No.4, 1985.

IMPENDING-EARTHQUAKE MODULATION EFFECTS ON $M_L \geq 4.0$
EVENTS OCCURRED IN YUNNAN AREA AND ITS NEIGHBORHOOD
BY THE VIBRATION OF THE ATMOSPHERIC
FIELD IN SOUTHWEST CHINA

Yang Zihan

(*Seismological Bureau of Yunnan Province*)

Abstract

Using the data from more than 100 meteorological stations, this paper preliminarily analyzes the effect on earthquake occurrences by the variations of atmospheric pressure field during the last two years or longer in the southwestern areas of China, yielding results show that when the 24-hour atm. variation in Yunnan area and its neighborhood (mostly in the Sichuan basin) appears a high value and then reaches a certain index, i.e., $\Delta P_{ij} = P_{ij} - P_{i-1,j}$, (i : date, j : month) we have:

$\Delta P_{ij} \geq 1.4\sigma_j$, ($j = \text{Jan., Feb., } \dots \text{ Dec.}$, $\sigma_j = \text{standard deviation}$). If a relatively low atm. pressure is also detected in the same period in Yunnan area, there might be possibility for occurrences of $M_L \geq 4.0$ events in Yunnan region and its neighborhood. The 91.8% prediction accuracy can be maintained for earthquake occurrences within the following 7 days, and 84.5% prediction accuracy can also be reached for earthquake occurrences in the following 5 days. The epicentres of the earthquakes nearly all distribute appears the areas where the greatest strength of low atm. pressure, or it is on the shearing belt of the high-and low-atm. pressures.

Finally, the paper briefly discusses the possible connections between the above-mentioned two situations.