

500百帕大气环流对云南地震 的影响和震级的预测^{*}

王裁云

(云南省气象台, 昆明 650034)

摘要 本文用北半球500百帕大气月均高度场资料,与云南地区每年发生的最大地震的震级作相关分析,选出其中影响地震的主要环流因子,分别构成每年上半年和下半年的最大震级预报方程。经三年的预报试验,效果尚好。

关键词: 大气环流特征; 震级预测; 云南地区; 格点高度

1 引言

前人的研究表明,大气环流的变化将对地球自转的速率发生影响,并间接影响地表大气压力、水份输送、洋流运动等,从而对地壳介质发生作用,在一定条件下,能调制地震的发生^[1,2]。

500百帕高度是反映大气环流特征的主流场。我们通过相关统计,发现某些时间、空间的500百帕高度变化,对其后云南地区发生的地震有一定影响。本文利用1951年以来北半球500百帕高度场资料与云南地区每年发生的最大地震的震级作相关分析,试图为该地区地震震级的预测提供参考依据。虽然现在还难以详细阐述其中的机理,但由于有较长时间的资料和足够多的样本参与统计,所得结果有一定的可信度。

2 相关分析结果

取1952—1988年云南省(包括省界附近)每年上半年(1—6月)和下半年(7—12月)的最大地震震级为样本,分别命名为 M_{1-6} 序列和 M_{7-12} 序列。

北半球500百帕日平均大气环流特征是用月平均的高度场表示的,本文取1951—1987年北半球 $10^{\circ}-85^{\circ}\text{N}$ 范围内共576个网格点的月均格点高度值,构成576个预报因子序列。

本文用相关系数 R 反映大气环流特征 X 和云南地区地震强度 M 的相关程度,即

$$R = \frac{\sum_{i=1}^{37} (X_i - \bar{X})(M_i - \bar{M})}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{37} (X_i - \bar{X})^2} \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{37} (M_i - \bar{M})^2}}$$

式中 M_i 和 $\bar{M}$ 及 X_i 和 $\bar{X}$,分别为预报对象和预报因子的37年序列数值和平均值。 M 和576个因子对应,从而有576个相关系数,构成相关系数分布场。

* 云南省科委应用基础研究基金资助项目(90A026)

在相关系数场中,凡达到 0.05 信度水平的相关系数(37 个样本下, $R_{0.05}=0.325$)的格点,称为相关点(或相关区),一个相关点的面积为 5×10 经纬度。显然,相关区的面积越大,且其中相关系数越高,则相关的可信度越高。

从预报实际考虑,用前一年 1—11 月 500 百帕高度场与下一年的上半年和下半年的预报对象进行相关分析。共计算出相关系数 12672 个。

表 1 给出了 7 月份 500 百帕高度场和次年下半年云南地区最大震级 M_{7-12} 的相关系数场。该表仅显示了 $5-180^{\circ}\text{E}$ 的 288 个格点的相关系数。为分析方便,在相关系数场中,只标出 $R\geq 0.325$ 的相关数值,其余用“0”表示。相关系数取三个字符,如 457,即为 0.457;—561 即为—0.561。

表 1 M_{7-12} 和上年 7 月 500 百帕各格点高度的相关系数

东 经 北 纬	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	327	361	372	407	391	390	364	344
80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	329	390	445	451	402	416	381
75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	351	377	398	350	0
70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	426	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	0	0	0	355	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	-346	0	0	0	0	-371	-493	-415	-350	0	0	0	0	0	0	0	-355	-336
35	0	0	0	0	0	0	-461	-478	-424	-442	0	0	0	0	0	0	-364	-368
30	0	0	0	0	0	0	-367	-359	-425	-402	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-377

经统计每年 1—11 月 500 百帕格点高度场与下一年最大震级的相关程度有较大差异,现用相关系数分别为 0.05 和 0.01(相关系数在 0.419 以上)的格点总数以及相关区数量表示相关程度,其结果如表 2 所示。

表 2 500 百帕每年 1—11 月的格点高度与次年
云南地区最大震级的相关程度

对 象	项目	月										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
M_{1-6}	信度达 0.05 的格点数	17	32	67	26	49	16	9	11	23	30	21
	信度达 0.01 的格点数	0	6	11	4	11	4	2	0	6	5	0
	相关区数	1	2	7	1	5	1	0	0	1	2	2
M_{7-12}	信度达 0.05 的格点数	15	8	8	22	34	34	66	10	9	13	0
	信度达 0.01 的格点数	0	0	0	8	3	1	14	0	0	0	0
	相关区域	1	0	0	1	3	2	4	1	0	1	0

由表 2 可见,云南地区 1—6 月的最大震级和上年 3 月和 5 月的 500 百帕格点高度相关最好,

其次是 2 月、9 月、10 月；每年 7—12 月的最大震级和上年 7 月的 500 百帕格点高度相关最好，其次是 5 月和 6 月，最差的是 11 月，没有一个相关点。

从相关较好的月份分析相关较好的地理位置，结果见表 3。

表 3 云南地区每年的最大震级和上年 500 百帕高度相关较好的地区

对象	相关月	相关区格点数	具体位置	最大相关系数
M_{1-6}	2	12	35—55°N , 125—150°W	0.519
	3	17	10—25°N , 140—180°E	0.567
	5	9	20—35°N , 5—25°E	0.504
	9	15	10—25°N , 65—95°E	0.561
	10	8	45—55°N , 30—50°E	0.518
M_{7-12}	4	17	65—75°N , 40—80°W	0.491
	5	7	40—45°N , 5—25°E	0.442
	5	7	25—30°N , 35—55°W	0.420
	6	4	40—50°N , 155—165°E	0.434
	7	21	75—85°N , 120—180°E	0.451
	7	12	30—40°N , 65—95°E	0.493
	7	16	15—35°N , 135—155°W	0.474

由表 3 可见，东半球的相关区比西半球的多，低纬度的相关区比高纬度的多，这和云南处于东半球和低纬度地区是对应的。

3 预报方程的建立

在上述相关分析基础上，用逐步回归方法建立预报方程。本文规定候选因子的单相关系数要高于 0.01 信度，其入选和剔出因子的方差比 F_1 、 F_2 值一般取 4.0。另外，在逐步回归过程中，将因子一个个入选，方程不断地变化，直到在 F_1 、 F_2 值控制下既无因子入选，也无因子剔出为止，最后得出预报方程。因此， F_1 、 F_2 的取值关系到所建立的预报方程是否合理。

3.1 云南地区每年 1—6 月的最大震级预报方程

取候选因子的单相关系数在 0.44 以上，取 $F_1=F_2=4$ ，将因子逐个入选，得出如下 3 个预报方程：

$M_{1-6}=57.844+2.698X_9-2.796X_{26}$ (1)

$M_{1-6}=-9.640+2.158X_9+1.161X_{15}-2.566X_{26}$ (2)

$M_{1-6}=58.418+1.721X_9+1.087X_{15}-2.242X_{26}-0.748X_{31}$ (3)

其中 X_9 为上年 3 月(下同)10°N,160°E 的 500 百帕高度值， X_{26} 为上年 9 月 20°N,80°E 的高度值， X_{15} 为上年 5 月 30°N,20°E 的高度值， X_{31} 为上年 10 月 45°N,35°E 的高度值，各因子的单相关系数分别为 0.567、-0.561、0.504 和 -0.518；3 个预报方程的复相关系数分别为 0.698、0.762 和 0.802。

3.2 云南地区每年 7—12 月的最大震级预报方程

共选入 5 个因子，预报方程依次为：

$M_{7-12}=212.187+0.978X_{14}-2.500X_{17}$ (4)

$$M_{7-12}=152.059+1.161X_{13}+0.816X_{14}-2.571X_{17}$$

(5)

$$M_{7-12}=267.538-1.598X_{12}+1.153X_{13}+0.820X_{14}-2.299X_{17}$$

(6)

$$M_{7-12}=278.848-0.538X_{11}-1.482X_{12}+1.082X_{13}+0.797X_{14}-2.035X_{17}$$

(7)

在上述方程中,先后入选的因子为 X_{17} 、 X_{14} 、 X_{13} 、 X_{12} 和 X_{11} ,其单相关系数分别为 -0.493 、 0.445 、 0.434 、 -0.420 和 -0.440 ,它们分别是上年 7 月 40°N 、 70°E 和 80°N 、 140°E 、6 月 45°N 、 155°E 、5 月的 25°N 、 45°W 和 40°N 、 20°E 的 500 百帕高度值。方程(4)–(7)的复相关系数分别为 0.684 、 0.778 、 0.851 和 0.872 。

3.3 方程的拟合情况

以方程(7)为例,把各因子的历史资料值代入方程,所得的云南地区每年 7–12 月最大震级的计算值(拟合值)和实测值见表 4。

表 4 方程(7)的拟合值和实测值

年份	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
拟合值	5.9	4.5	4.1	6.6	4.8	3.8	5.0	4.9	5.4	5.0	5.2	4.8	5.5	5.2	6.1	5.1	5.1	4.9	4.9
实测值	5.8	4.0	4.0	6.8	4.8	4.0	5.2	5.0	5.5	5.6	5.0	4.3	5.0	6.1	6.4	4.8	4.4	4.3	5.6
年 份	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	
拟合值	6.0	5.8	6.2	4.3	6.0	6.0	4.6	5.6	4.9	5.0	6.1	5.5	5.1	3.8	6.3	5.1	4.5	7.1	
实测值	6.0	5.5	6.3	4.5	5.5	6.7	5.3	5.6	5.1	4.7	5.9	5.7	4.4	3.7	5.5	5.3	4.6	7.6	

由表 4 可见,云南地区历年 7–12 月的最大震级变化在 4.0 级到 7.6 级,用方程(7)拟合的结果都较好。其中最大的地震为 1988 年 11 月澜沧、耿马 7.6 级地震,1955 年 9 月永仁、会理 6.8 级地震次之,用方程(7)拟合的结果为 7.1 级和 6.6 级,表明方程的质量比较好。

3.4 预报检验

1989 年以后用上述方程的实际预报情况见表 5 和表 6。

表 5 M_{1-6} 的方程预报值和实际值

方 程 号		(1)	(2)	(3)	实 际 值
上年 因子		$X_9、X_{26}$	$X_9、X_{26}、X_{15}$	$X_9、X_{26}、X_{15}、X_{31}$	
预 报 值	1989	5.7	6.0	6.1	6.2
	1990	5.2	6.3	5.4	5.0
	1991	4.9	4.8	4.8	5.0

表 6 M_{7-12} 的方程预报值和实际值

方程号		(4)	(5)	(6)	(7)	实际值
上年因子		$X_{17}、X_{14}$	$X_{17}、X_{14}、X_{13}$	$X_{17}、X_{14}、X_{13}、X_{12}$	$X_{17}、X_{14}、X_{13}、X_{12}、X_{11}$	
预 报 值	1989	5.2	5.3	5.2	5.1	5.0
	1990	4.2	4.3	4.5	4.5	4.5
	1991	5.7	5.7	5.9	5.7	5.1

从表 5 和表 6 可见,方程因子数的增加并没有使预报值有较大变化。各方程的预报结果都比较好,有一定的参考价值。另外也可以认为,最先进入方程的两个因子是各方程的重要因子,在预报中

起了主要作用。

4 方程的重要因子的意义

(1) M_{1-6} 方程的4个因子来自上年3月、9月、5月和10月,皆位于东半球; M_{7-12} 方程的5个因子有4个位于东半球,时间为7月、6月、5月,这说明东半球从春季到秋季500百帕的环流形势将对次年云南地区的最大地震震级发生影响。

(2) M_{1-6} 方程最先入选的因子 X_9 为3月500百帕 $10-25^{\circ}\text{N}$ 、 $140^{\circ}-180^{\circ}\text{E}$ 范围的相关区代表点,这正好是西太平洋副热带高压在3月的活动中心。若该副高越强,则次年上半年云南地区的地震强度越大。第二个入选因子 X_{26} 是9月500百帕 $10-25^{\circ}\text{N}$ 、 $65-95^{\circ}\text{E}$ 范围相关区的代表点,可代表9月印度低压的强弱,该低压越低,则次年上半年云南地区的地震强度越大。这两个因子代表了最靠近云南的两个500百帕环流系统的强弱,相关区面积较大,各为17和15个相关点。

(3) M_{7-12} 方程最先入选的两个因子为 X_{17} 和 X_{14} ,代表了上年7月500百帕环流形势, X_{17} 代表 $30-40^{\circ}\text{N}$ 、 $65-95^{\circ}\text{E}$ 范围相关区内青藏高原高压的强度,有12个相关点, X_{14} 代表 $75-85^{\circ}\text{N}$ 、 $120-180^{\circ}\text{E}$ 范围内极地低涡的强度,有21个相关点。 X_{17} 和 X_{14} 的相关系数符号表明,7月500百帕青藏高原高压越弱(即高度值越低)和北极海俄罗斯远东部份极涡越弱(即高度值越高),则次年云南地区7-12月的地震震级就越大。

5 小 结

综上所述,可以得出如下结论:

(1)北半球500百帕春、夏、秋三季的环流形势对次年云南地区最大地震的大小有一定影响。3月西太平洋副高越强和9月印度低压越强,则次年云南地区1-6月的地震震级越大,反之亦然。7月的青藏高原高压越弱和东亚极涡越弱,则次年云南地区7-12月的地震的震级越大,反之亦然。

(2)本文选取的因子和预报方程的单相关和复相关系数均超过0.01信度水平,有一定可信度,经三年的独立样本检验,预报效果也是较好的。

至于为什么500百帕环流形势对次年云南地区地震震级有影响,对此目前还难以解释,其中的地-气动力过程及耦合机制还有待今后进行探索研究。

(本文1992年8月26日收到)

参考文献

1. 赵洪声,等. 大气激励与地球响应. 北京:气象出版社. 1989.
2. 兰州地震大队气象组. 气象与地震. 北京:地震出版社. 1976.

**THE INFLUENCE OF THE CIRCULATION FEATURES
AT 500 HPA ON THE EARTHQUAKES IN YUNNAN
PROVINCE AND ITS FORECASTING**

Wang Caiyun

(Yunnan Meteorological Service)

Abstract

Based on the statistical correlation analysis, we find that the monthly mean geopotential height at 500 hPa which can be presented the circulation features over Northern Hemisphere is certain related to maximum earthquakes for Jan. — June and July — Dec. in Yunnan Province. From the stepwise regression forecasting analysis mentioned above, it chooses main circulation factors influencing the earthquakes, and sets up some regression forecasting equations for the maximum magnitude.

Key Words: Correlation coefficient; Geopotential height at grid point; Atmospheric circulation feature; Regression forecasting equation