

用500hPa高度场车贝雪夫系数 对辽宁7月降水的分析

原北厚 戴萍 (沈阳中心气象台)

前 言

长期预报的研究表明,月降水异常的直接原因主要是大气环流的异常^[1]。月平均天气受控于月平均环流。离开对大气环流的分析,将使长期预报成为纯数理统计的研究,更不容易发现长期天气变化的物理机制。目前,长期预报开展较多的日本、英国、西德等国家都用了很大精力来研究大气环流问题。月平均环流的分析与预报在我国长期预报中也占有重要地位。我国在日常长期预报业务中主要使用500 hPa 高度月平均图。在过去的工作中,对500 hPa 高度月平均图(包括月形势图和月距平图)与月天气的变化做过一些分析和研究^[2],取得一定的成果;但尚须进一步深入研究。

以往在月500 hpa高度距平图的使用上,一般选相关区是考虑高度距平与天气要素的符号相关,没有分析场分布的特点;或计算高度场的纬向或经向环流指数^[3],只考虑了分析场的个别情况,类似于分析车贝雪夫系数(以下简称车氏系数)的 A_{01} 或 A_{10} ^[4]。为了全面分析月500 hPa 环流与月平均天气的关系,本文选取影响辽宁省的直接大气环流控制区,对该区域的月500 hpa 高度距平场作车贝雪夫多项式(以下简称车氏多项式)展开^[4],分析车氏系数与辽宁7月降水类型的关系。结果表明, A_{00} 、 A_{01} 、 A_{10} 、 A_{02} 、 A_{20} 和 A_{11} 这六个车氏系数对决定7月降水类型效果很好。从而进一步揭示了月500 hpa 环流与降水的关系,在长期天气的分析和预

报方面比过去的工作迈出了新的一步。

一、辽宁7月降水的分型

辽宁省地处季风气候区,一年中的降水主要在夏季,夏季6、7、8三个月中又以7月降雨为最多。为进行降雨分型,选取了本省朝阳、阜新、锦州、铁岭、沈阳、抚顺、鞍山、辽阳、本溪、营口、丹东和大连十二个站点。每个站以月降水距平百分率大于20%或小于-20%为多雨或少雨;否则为常年。设多雨的站数为D,少雨的站数为S,常年的站数为C。如果 $D \geq 7$,且 $S \leq 2$,则定为多雨型;如果 $S \geq 7$,且 $D \leq 2$,则定为少雨型;不满足以上两条件的为正常型。正常型中, $D > S$ 为正常稍多型; $S > D$ 为正常稍少型。降雨分型的结果:对1952至1984年三十三年分型结果,多雨型有八年,即1953、1955、1959、1961、1963、1964、1973、1975年;少雨型有十年,即1958、1965、1968、1972、1974、1976、1978、1980、1982、1984年;其余十五年为正常型。这样划分的雨型与实际情况是符合的。

二、500h pa高度距平场的车贝雪夫系数

大气环流对某一地区天气变化的影响最重要的是直接控制该地区的环流。根据辽宁所处的地理位置,我们选取500 hPa 高度距平 ΔH 场的区域为 $30-50^{\circ}N$ 、 $100-145^{\circ}E$;为 5×5 的格点区。辽宁正位于该区域的中心地带。具体格点分布情况见图1。

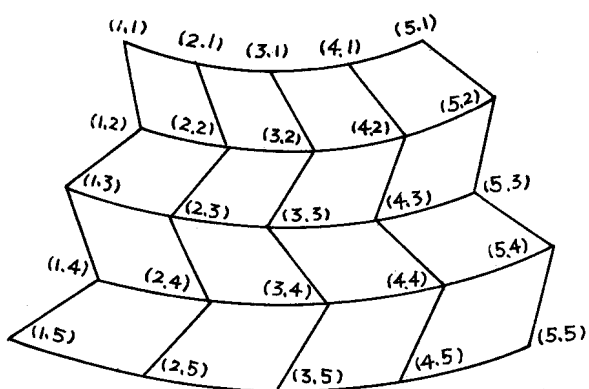


图1 车贝雪夫多项式展开的格点分布

(i, j) 为格点编号

对该区域的每年7月500 hpa高度距平场做车氏多项式展开。根据周家斌的研究工作^[5]，以上不规则格点的车氏多项式展开问题完全可以变换到序号空间后按等距矩形格点展开；当然要注意车氏多项式的图形会稍有扭曲变化的情况。

所采用的公式：

$$\tilde{A}_{ks} = \sum_{j=1}^{j_0} \sum_{i=1}^{i_0} \Delta H(i, j) \tilde{\varphi}_k(i) \tilde{\psi}_s(j)$$

式中 \tilde{A}_{ks} 是规一化车氏系数， $\tilde{\varphi}_k(i)$ ， $\tilde{\psi}_s(j)$ 是规一化车氏多项式， i_0 是*i*方向的格点数， j_0 是*j*方向的格点数， k, s 是车氏多项式展开的阶数。

再进一步求各车氏多项式与原始场之间的相关指数 θ_{ks} ，

公式为：

$$\theta_{ks} = V_{ks} / \sum_{j=1}^{j_0} \sum_{i=1}^{i_0} \Delta H^2(i, j)$$

式中 $V_{ks} = \tilde{A}_{ks}^2$ 是车氏多项式的方差贡献，相关指数 θ_{ks} 代表了 $\tilde{\varphi}_k(i) \tilde{\psi}_s(j)$ 对减少残差平方和的相对贡献。 θ_{ks} 越大，则说明在拟合场

$$\hat{\Delta H}_{K_0, S_0}(i, j) = \sum_{K=0}^{K_0} \sum_{S=0}^{S_0} \tilde{A}_{Ks} \tilde{\varphi}_K(i) \tilde{\psi}_S(j)$$

中的 \tilde{A}_{Ks} 大，亦即由 $\tilde{\varphi}_K(i) \tilde{\psi}_S(j)$ 所确定的场占有的权重大。

表1列出了各个车氏多项式的平均相关指数，从表中可见，低阶次车氏多项式的方差贡献比高阶次的大。相关指数大于0.05的车氏多项式有六个，它们是 $\varphi_0\psi_0$ 、 $\varphi_0\psi_1$ 、 $\varphi_0\psi_2$ 、 $\varphi_1\psi_0$ 、 $\varphi_2\psi_0$ 和 $\varphi_1\psi_1$ ，由这六个车氏多项式的拟合场与原始场的复相关指数

$$\bar{R} = \sum \theta_{ks} = \bar{\theta}_{00} + \bar{\theta}_{01} + \bar{\theta}_{02} + \bar{\theta}_{10} + \bar{\theta}_{20} + \bar{\theta}_{11} = 0.7615$$

表1 车氏多项式相关指数表

$\bar{\theta}_{00}$	$\bar{\theta}_{10}$	$\bar{\theta}_{20}$	$\bar{\theta}_{30}$	$\bar{\theta}_{40}$
0.2055	0.1088	0.0579	0.0185	0.0115
$\bar{\theta}_{01}$	$\bar{\theta}_{11}$	$\bar{\theta}_{21}$	$\bar{\theta}_{31}$	$\bar{\theta}_{41}$
0.2114	0.0581	0.0348	0.0101	0.0109
$\bar{\theta}_{02}$	$\bar{\theta}_{12}$	$\bar{\theta}_{22}$	$\bar{\theta}_{32}$	$\bar{\theta}_{42}$
0.1198	0.0435	0.0170	0.0089	0.0062
$\bar{\theta}_{03}$	$\bar{\theta}_{13}$	$\bar{\theta}_{23}$	$\bar{\theta}_{33}$	$\bar{\theta}_{43}$
0.0081	0.0090	0.0055	0.0041	0.0072
$\bar{\theta}_{04}$	$\bar{\theta}_{14}$	$\bar{\theta}_{24}$	$\bar{\theta}_{34}$	$\bar{\theta}_{44}$
0.0075	0.0010	0.0055	0.0108	0.0085

而其余十九个高阶次的车氏多项式的拟合场与原始场的复相关指数却不足0.24。说明用这六个车氏多项式已能很好地表达500 hpa高度距平场的特征。可见，500 hpa高度场用车氏多项式展开收敛还是比较快的，是可行的；另一方面，低阶次车氏多项式的图形简明且物理意义清楚，便于深入地分析环流特点和给以天气学的解释。

三、月降水型与高度距平场

车贝雪夫系数的关系

在分析月降水型与500 hpa高度距平场的关系进行长期预报时，以往普遍的作法是找它们之间的符号相关，或计算相关系数以及西风指数，实践中总觉得不太理想。本文用前面谈到的500 hpa高度距平场车氏多项式展开的六个主要车氏系数来分析与7月降水型

关系，取得了比过去令人满意的结果。

首先， A_{00} 是重要的前提，多雨型的 A_{00} 都大于零；而少雨型的 A_{00} 多是小于零。但反过来不见得成立，这还要看其余五个车氏系数的情况，方能确定属于哪种雨型。

(1)、如果 $A_{00} > 0$ ，另五个车氏系数为正，且其方差贡献大，则出现多雨型，拟合率7/9(即78%)。另一年正常稍多型，一年少雨型。

虽然 $A_{00} > 0$ ，但另五个车氏系数为负，且其方差贡献大，则只能出现正常型或少雨型，拟合率分别为3/5或2/5。没有出现多雨型。

(2)、如果 $A_{00} < 0$ ，另五个车氏系数为负，且其方差贡献大，则出现少雨型。拟合情况是少雨型占4/6，正常稍少型占2/6，没有出现多雨型。按降水趋势的正确率为百分之百。

虽然 $A_{00} < 0$ ，但另五个车氏系数为正，且其方差贡献大，则以正常型为主。拟合率为5/7，其中正常稍少型占4年，正常稍多型占1年；另两年为少雨型。

可见，在 $A_{00} < 0$ 这类中没有出现多雨型。

(3)、如果 $A_{00} \approx 0$ ($\theta_{00} < 0.02$)，另五个车氏系数为负，且其方差贡献大，则出现正常型或少雨型(各占2/4)。虽然 $A_{00} \approx 0$ ，但另五个车氏系数为正，且其方差贡献大，则为正常型或多雨型(各占1/2)。详见表2。

四、月降水型的环流特征

从上述500hpa高度场与省7月雨型的关系可以看出， A_{00} 是首先要考虑的，它代表了大气环流的季节特征。多雨型绝大部分出现在 $A_{00} > 0$ 的年份里。根据车氏多项式 $\varphi_0(i)\varphi_0(j)$ 的标准图形， $A_{00} > 0$ 则说明500hpa高度场比历年平均高度要高。相应这些年的

表2 车氏系数与雨型的关系

$A_{00} > 0$	$5\theta^* > 0$	1953 (+)	1955 (+)	1961 (+)	1963 (+)	1964 (+)
	$5\theta^* < 0$	1977 (⊕)	1981 (⊕)	1960 (⊖)	1958 (-)	1978 (-)
$A_{00} < 0$	$5\theta < 0$	1968 (-)	1972 (-)	1982 (-)	1984 (-)	1952 (⊖)
	$5\theta > 0$	1956 (⊖)	1957 (⊖)	1971 (⊖)	1966 (⊖)	1983 (⊕)
$A_{00} \approx 0$	$5\theta < 0$	1959 (+)	1969 (⊖)			
	$5\theta > 0$	1974 (-)	1954 (⊖)	1970 (⊕)	1979 (⊖)	

$A_{00} > 0$	$5\theta > 0$	1973 (+)	1975 (+)	1962 (⊕)	1980 (-)
	$5\theta < 0$				
$A_{00} < 0$	$5\theta < 0$	1967 (⊖)			
	$5\theta > 0$	1965 (-)	1976 (-)		
$A_{00} \approx 0$	$5\theta > 0$				
	$5\theta < 0$				

*: $5\theta > 0$ 表示车氏系数 A_{01} 、 A_{10} 、 A_{02} 、 A_{20} 、 A_{11} 大于零的方差贡献大。 $5\theta < 0$ 表示上述车氏系数小于零的方差贡献大。

副热带高压(以下简称副高)都偏北，分析副高特征量是副高脊线偏北和588线北界偏北；而与副高面积指数和副高西伸脊点位置关系不大。相反，少雨年则大部分出现在 $A_{00} < 0$ 的年份里，即500hpa高度场比历年平均高度要低。副热带高压偏南，即副高脊线和588线北界偏南。

然而， $A_{00} > 0$ 的并不都是多雨型； $A_{00} < 0$ 也不一定是少雨型，还需分析其他五个车氏系数(A_{ks})。如果 $A_{00} > 0$ ，并且其他五个 A_{ks} 是大于零的方差贡献大($5\theta > 0$)，则可判定为多雨型。根据 A_{01} 、 A_{10} 、 A_{02} 、 A_{20} 和 A_{11} 大于零所对应的车氏多项式 $\varphi_0(i)\varphi_1(j)$ 、 $\varphi_1(i)\varphi_0(j)$ (图略)， $\varphi_0(i)\varphi_2(j)$ 、 $\varphi_2(i)\varphi_0(j)$ (图2、图3)， $\varphi_1(i)\varphi_1(j)$ (图略)的标准图形，说明在辽宁地区经常有低槽活动，或盛行偏南气流。因为历年平均7月500hpa高度图上(图4)辽宁是受平直西风环流控制，叠加如上的距平场则会形成一定的槽区控制，提供有利于降水的流

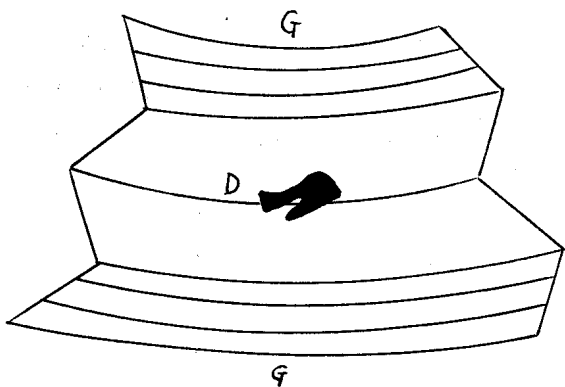


图2 $\varphi_0(i)\psi(j)$ 示意图

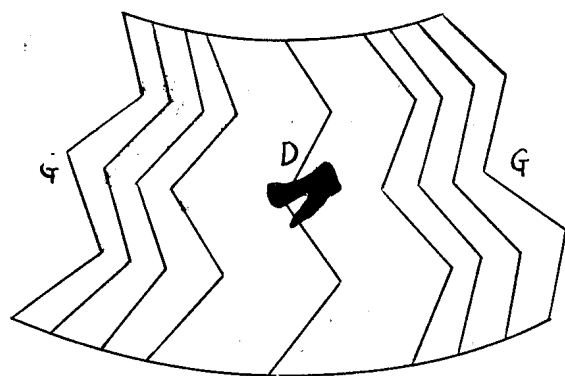


图3 $\varphi_2(i)\psi_0(j)$ 示意图

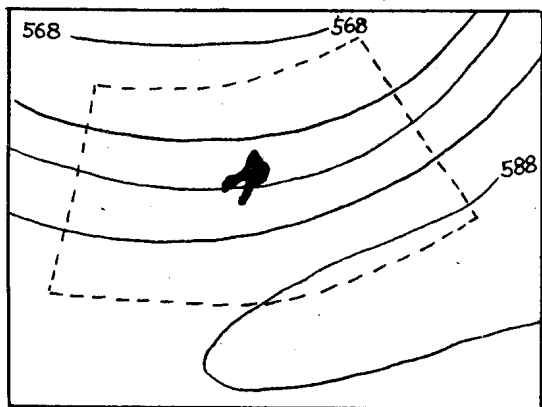


图4 1951—1980年7月500hpa平均高度图
—等高线(位势什米),……车氏多项式展开区域

流上叠加一个正变高区,使辽宁受高脊区或偏北气流控制,而不利降水(图6)、7月降水只能是正常型(为主)或少雨型。

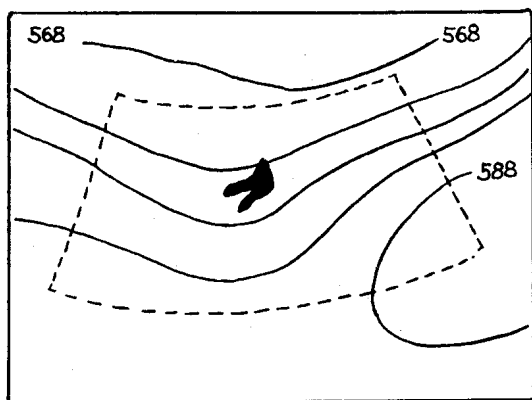


图5 1955年7月500 hPa 平均高度图

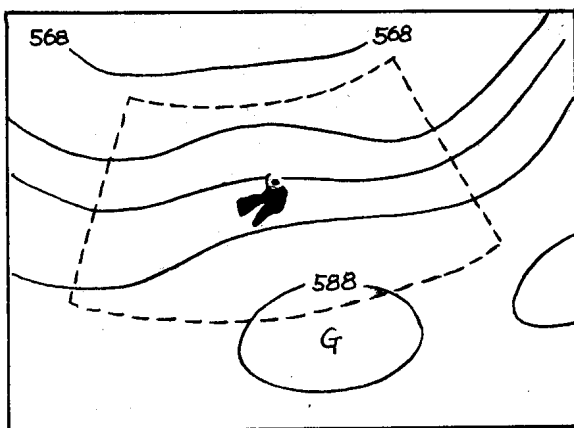


图6 1977年7月500 hPa 平均高度图

场(图5)。相反,虽然也是 $A_{00} > 0$,但另外五个 A_{ks} 是小于零的方差贡献大($5\theta < 0$),它们小于零所对应的车氏多项式的标准图形恰好相反。辽宁上空会在平直西风环

同样,在 $A_{00} < 0$ 的前提下,虽然容易出现少雨型,但还需进一步分析另五个车氏系数的情况,方能确定雨型。另五个 A_{ks} 如果是小于零的方差贡献大,即 $5\theta < 0$,则如前面分析过的那样,在少雨的背景下又是少雨的环流(图7),则将出现少雨型。属于这种情况的年份,7月降水趋势无一例外是少的;而且大部分是少雨型。如果 $5\theta > 0$,则属在少雨的背景下,具有有利于降水的环流(图8),7月降水大部分属于正常型,以正常稍少型为主,而没有一年是多雨型。

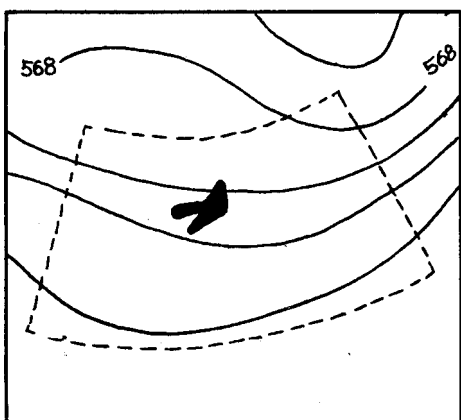


图7 1968年7月500hpa平均高度图

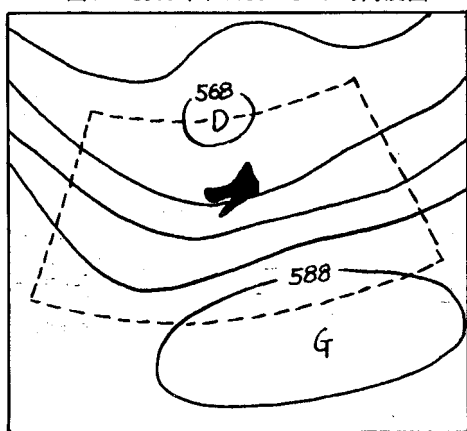


图8 1956年7月500hpa平均高度图

而在 $A_{00} \approx 0$ 的前提下,背景条件对多雨和少雨是等价的,这时仍要看另五个 A_{ks} 的方差贡献情况。这时对降水有利或不利的环流条件起到决定性的作用。如果 $\delta\theta > 0$,环流有利降水,则降水为多雨型或正常型,没有少雨型。如果 $\delta\theta < 0$,环流不利于降水,则降水为少雨型或正常型,没有多雨型。总的说来,在 $A_{00} \approx 0$ 的背景下,大部分为正常型。

结 束 语

过去在长期天气与环流的分析中,一个是用高度距平图上的相关区,统计其 $\Sigma\Delta H$ 与预报量(譬如月降水量)的相关(正相关或负相关),相当于只提供了本文所谈的 A_{00} 的背景情况。另一个是用高度形势图,即考

察等高线的槽脊等情况,是定性的分析,当环流系统较弱时很难区分。本文所谈到的另五个车氏系数 A_{ks} 所相应的车氏多项式的标准图形也是反映的环流条件,但做到了客观和定量的分析,并且应用车氏多项式展开的方法把长期天气的环流背景和环流条件有机的结合起来,使我们对长期预报问题的研究比过去更深了一步。

由于对预报量及其相应的直接环流条件进行了上述的分析,使长期预报的因子有了一定的天气学意义,较之纯统计预报将会可靠和稳定。通过进一步的工作,寻求 A_{ks} 的演变规律,将会使长期预报有所改进。车氏多项式在天气气候分析与预报工作中的应用,还需要进行大量的工作。

参 考 文 献

- (1) 王绍武、赵宗慈,长期天气预报基础,北大地球物理系,1981年。
- (2) 原北厚等,辽宁省夏季冷暖与同期旬气温相关分析,东北夏季低温长期预报文集,气象出版社,1981年。
- (3) 中央气象台长期预报组,长期天气预报技术经验总结附录(内部材料),1976年。
- (4) 周家斌,车贝雪夫多项式简介(一),河南气象,(1)1984年。
- (5) 周家斌,不规则格点上的车贝雪夫多项式展开问题,大气科学,7卷3期,1983年。

一场罕见的霰

宽甸县气象站 王震

4月17日清晨5时许,宽甸镇内降霰十几分钟。地面覆盖上厚厚的一层。根据我们观测到的实况,直径达十到十几毫米的霰很多,而绝大部分霰的直径都在八、九毫米之间,融化后的降水量为2.4毫米。这是我站建站以来三十多年首次见到的现象,难怪当时观测员也险些误认为是冰雹。而当地居民则都称之为冰雹。降霰当时的温度为 4°C ,观测区南部伴有雷暴。由于受雪面及对流影响,使5到7时的温度下降了 2°C 左右。阳坡积霰上午10到11时才逐渐融完,而背阴地及地垄沟的积霰一直保持到下午二、三点钟。