

车贝雪夫系数与我国温度、降水关系的初步探讨*

陈玉琼 王才芳

中央气象局气象科学研究所

提 要

本文用车贝雪夫多项式分解了 15°N — 65°N 、 75°E — 155°E 范围内, 1954—1975 年逐候 500 毫巴等压面位势场。求出车贝雪夫的一些主要系数, 讨论了这些系数的物理意义及其与我国温度、降水的关系。主要结果有:

1. 表示大气经、纬向环流的车贝雪夫系数 A_{10} 、 A_{01} 与我国温度等级十年滑动平均和各地月平均温度存在相关关系。此关系的存在为温度趋势预报提供了可能性。

2. 表示平均高度的 A_{00} 系数冬季 12 月的值和 A_{10} 系数冬季 1 月的值, 两者组合成的复相关表为长江中、下游汛期(5—8 月)降水趋势预报提供了可能性。用复相关表的结果, 有三年做过长江中、下游汛期降水趋势预报, 其结果与实况基本一致。

一、前 言

在研究大气运动规律、气候形成因子与各气象要素之间相互关系的时候, 需要客观地描述各气象要素时、空分布的主要特征。目前, 定量地表示气象场的方法甚多, 比较广泛采用的有环流指数。由于气象场是复杂的, 环流指数只表示了个别特点。为了比较全面地反映气象场的特征, 许多气象工作者利用数学上提供的正交函数组来研究气象场。例如, 用三角函数组做气温和土壤温度的谐波分析^[1,2]; 三角函数与球函数的混合函数描述气象要素的时空分布^[3]; 自然正交分量^[4]分解和车贝雪夫多项式分解等方法^[5-6]。

车贝雪夫多项式分解, 能在任意选定的有限区域内进行, 用它研究各种空间尺度的气象场比较方便, 它的收敛速度也较快, 各个系数可以分别计算, 且可根据精确度的要求补算高次项系数, 因此曾得到较为广泛的应用。

在气象学中, 最早试用车贝雪夫多项式的是维得斯沃斯 (Wadsworth, G. P.) 和布锐 (Bran, J. G.)。以后美国麻省理工学

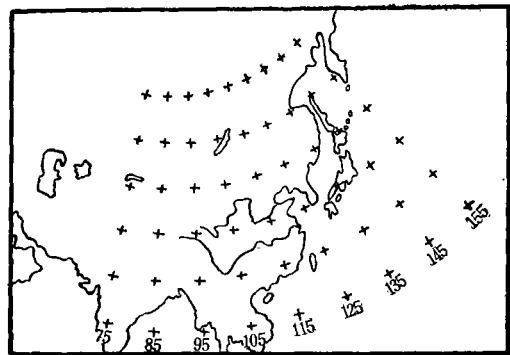


图 1 研究范围及网格点分布图

* 本文于 1979 年 5 月 16 日收到, 10 月 8 日收到修改稿。

院和苏联中央预报研究所, 都做了一系列工作。在国内, 张家诚等曾用车贝雪夫多项式研究月平均 500 毫巴等压面位势场^[7]。本文在张家诚等工作基础上, 用车贝雪夫多项式分解了 15—65°N、75—155°E 范围内, 经、纬向上每隔 10 度取一点, 共计 54 个网格点(见图 1) 1954—1975 年逐候 500 毫巴等压面位势场, 求出车贝雪夫的一些主要系数, 讨论这些系数与我国温度、降水的关系, 并将这种关系应用于长江中、下游地区汛期(5—8 月)降水预报。

二、车贝雪夫系数的计算及主要系数的物理意义

计算车贝雪夫系数公式

$$A_{i,j} = \frac{\sum \sum Z(x,y) \varphi_i(x) \psi_j(y)}{\sum \varphi_i^2(x) \sum \psi_j^2(y)}$$

式中 Z 表示 x, y 点上的高度值; $\varphi_i(x) \psi_j(y)$ 是车贝雪夫多项式, i, j 分别是纬向(x)和经向(y)多项式的序号; $A_{i,j}$ 是车贝雪夫系数。 $A_{i,j}$ 的物理意义是表示 $\varphi_i \psi_j$ 形式的要素场分布在分解场内所占权重。与本文有关的系数的物理意义及季节变化特点如下:

A_{00} ——是所讨论范围内均匀场的权重, 即平均高度。在分解的全部系数中, 它占有的权重最大。 A_{00} 月值的变化特点是, 全年内以严冬 1 月的 A_{00} 值最小; 盛夏 7 月的 A_{00} 值最大。从冬季到夏季 A_{00} 月值是逐渐增加的, 由夏季至冬季则逐渐减小。

A_{01} ——是表示讨论范围内, 在 x 方向上是均匀的, 在 y 方向上成线性变化要素场的权重。本文中它表示全区为均匀西风流型的权重。代表了研究范围内大气环流纬向分量的特征, 称为西风指数。在全部系数中, 它的权重占第二位。全年内以冬季(12—2 月)的 A_{01} 月值最大, 此情况反映了冬季西风急流位置偏南, 强度达最大的特征, 也就是常说的高指数阶段。夏季(6—8 月)的 A_{01} 月值最小, 其中又以盛夏 7 月最为突出, 说明这时西风已北退到最北位置, 也就是大家所熟知的低指数阶段。其它月份, 如 4、5、9、10 月则属过渡阶段。

A_{10} ——是讨论研究范围内, 在 y 方向上是均匀的在 x 方向上成线性变化要素场的权重。该文中, 它表示了大气环流的经向分量全区为均匀南风流型的权重。当权重为负时, 风向相反。 A_{10} 的权重占第三位。此系数值的特点是, 全年内只有 7、8 两月为正值, 说明了 15—65°N、75—155°E 范围内, 7、8 两月南北风分量以南风为主, 同时也反映了低纬度赤道气团和副热带气团所产生的暖湿气流源源不断地向中高纬度输送的事实。其它各月的 A_{10} 值都是负值, 又以 1 月的 A_{10} 值最小, 接近 -2.0, 说明 1 月是北风的鼎盛时期。5、6、9、10 月的 A_{10} 值在 0~-1 之间, 反映出 15—65°N、75—155°E 范围内, 过渡季节中南北风分量虽南风势力比冬季有所加强, 但仍以北风为主。

三、 A_{01} 、 A_{10} 系数与温度的关系

众所周知, 我国大陆面积大部分处在副热带和热带。温度的变化除受海洋、陆地和地形的影响外, 大气环流的影响亦甚。图 2 是表示大气环流经、纬向环流的车贝雪夫系数 A_{10} (南北风分量)和 A_{01} (西风指数)与同时期我国温度等级十年滑动平均曲线图。可

以看出, A_{01} 与温度 (T) 曲线的变化趋势是一致的; A_{10} 与温度 (T) 曲线的变化趋势大致是反位相的。它们与温度 (T) 十年滑动平均值的相关系数 (r) 分别为 0.91 和 -0.70 (相关系数显著性分别达到 1% 和 5% 的信度要求)。另外, 从图 2 还可以看出, 本世纪六十年代在 $15-65^{\circ}\text{N}$ 、 $75-155^{\circ}\text{E}$ 范围内, 就其纬向和经向分量说来是在逐渐减弱的, 但是近年来已开始回升。与此相应的是温度等级曲线的变化趋势也大致是这样。此外, 若将 A_{10} 曲

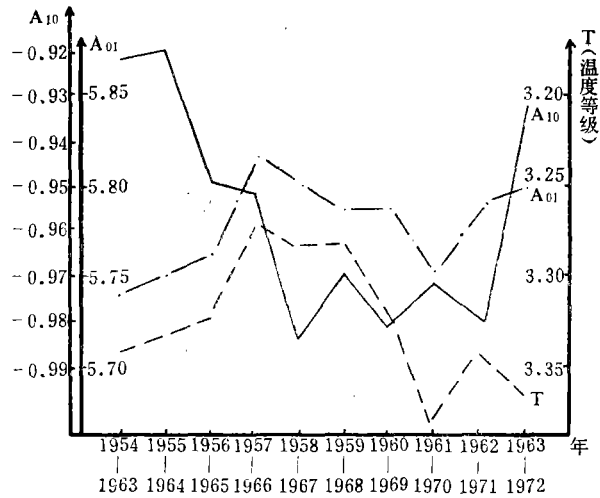


图 2 A_{01} 、 A_{10} 、T 十年滑动平均曲线

线向右移动三年, 使 A_{10} 十年滑动平均值, 如 1954—1963, 1955—1964, 1956—1965, …… , 1963—1972 年分别与温度等级 (T) 十年滑动平均曲线的 1957—1966, 1958—1967……和 1963—1972 年相重合, 则有温度等级 (T) 十年滑动平均曲线与 A_{10} 十年滑动平均曲线变化趋势一致的现象 (图 3)。这一现象的存在说明可以用已有的 A_{10} 值, 估计今后 2—3 年内温度变化的可能趋势。

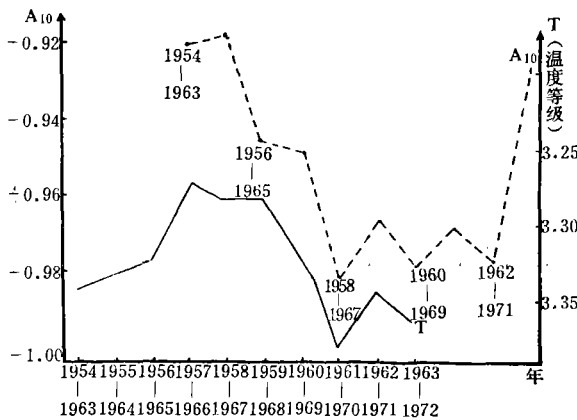
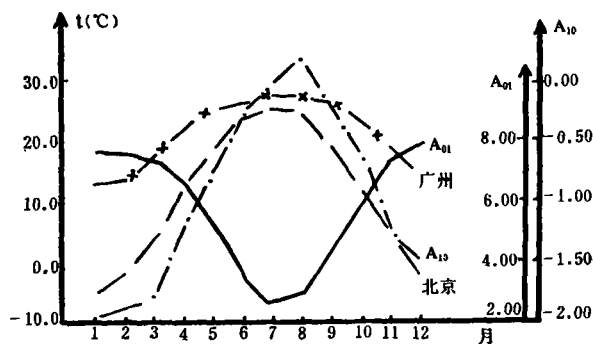
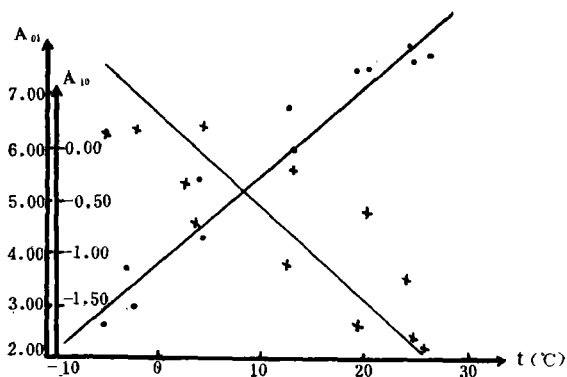


图 3 A_{10} 与温度等级 (T) 十年滑动平均曲线

A_{10} 、 A_{01} 除与全国温度等级有相关关系外, 与各地气温也有明显的相关。例如, A_{10} 、 A_{01} 与北京、广州两地的多年月平均气温年变化曲线成同趋势或反趋势分布 (图 4)。 A_{10} 与北京、广州月平均气温的相关系数为 0.94 和 0.96。 A_{01} 与北京、广州的月平均气温相关系数是 -0.87 和 -0.89 (相关显著性都已达到 1% 的信度要求)。这就说明了 $15-65^{\circ}\text{N}$ 、 $75-155^{\circ}\text{E}$ 范围内经、纬向环流的变化, 可以表示我国各地温度的变化特征。此外, 前期的 A_{10} 、 A_{01} 多年月平均值还与某地后期的多年月平均气温有关。例如, A_{10} 、 A_{01} 1 月月平均值与北京 7 月月平均气温; A_{10} 、 A_{01} 2 月月平均值与北京 8 月月平均气温, 依次类推作相关图 (图 5)。可以看出, A_{10} 、 A_{01} 前期值 (距前 6 个月) 与北京后期的月平均气温值, 分别有负相关和正相关关系 ($r = -0.84, 0.89$, 置信水平为 99%)。气候上的这种关系, 甚至在每年里也是存在的。例如, 1954 年 1—12 月 A_{10} 、 A_{01} 月值与北京 1954 年 7 月至 1955 年 6 月月平均气温的相关系数, 分别为 -0.67 和 0.88 。此种关系的存在, 在一定程度上为温度的长期趋势预报提供了可能性。

图 4 A_{01} 、 A_{10} 与北京、广州月平均气温年变化曲线图 5 A_{10} 、 A_{01} 多年月平均值与北京多年月平均气温相距 6 个月的相关图
(\times — A_{10} 与北京气温, \cdot — A_{01} 与北京气温)

四、 A_{00} 、 A_{10} 系数与降水的关系及其在长江中、下游地区汛期降水预报中的应用

根据分析, $15-65^{\circ}\text{N}$ 、 $75-155^{\circ}\text{E}$ 范围内, 500 毫巴 12 月平均高度值(A_{00}), 与 1 月北风量($-A_{10}$)和长江中、下游五站汛期(5—8 月)降水量是有关系的。从图 6、7 可以看出, 冬季 12 月平均高度值(A_{00})和 1 月北风量($-A_{10}$)与长江中、下游汛期(5—8 月)降水量基本上成反位相关系。21 年(1954—1975 年)资料中, 12 月 A_{00} 值与长江中、下游汛期(5—8 月)降水量成反位相关系的有 15 年, 占 71.4%; 成同位相关系的有 6 年, 占 28.6%。22 年(1954—1976 年)资料中, 1 月北风量($-A_{10}$)与同年长江中、下游汛期降水成反位相关系的有 15 年, 占 68.2%; 成同位相关系的有 7 年, 占 31.8%。根据以上结果, 将 $15-65^{\circ}\text{N}$ 、 $75-155^{\circ}\text{E}$ 范围内, 历年 500 毫巴 12 月平均高度值(A_{00})和 1 月北风量($-A_{10}$)与长江中、下游汛期降水变化趋势制作复相关表(表 1), 表中的 A_{00} 值和 A_{10} 值以及降水量, 都是指与前一年同期相比是上升或下降趋势。从表 1 可以看出, 12 月 A_{00} 值与 1 月 A_{10} 值与前一年同期相比, 都是上升趋势的共有 7 年。7 年中长江中、下游汛期降水量与前一年同期降水量相比是下降的有 5 年, 占 71.4%; 降水量是上升的有 2 年, 占 28.6%(表 1 第①栏)。反之, 12 月 A_{00} 值与 1 月 A_{10} 值与前一年同期相比

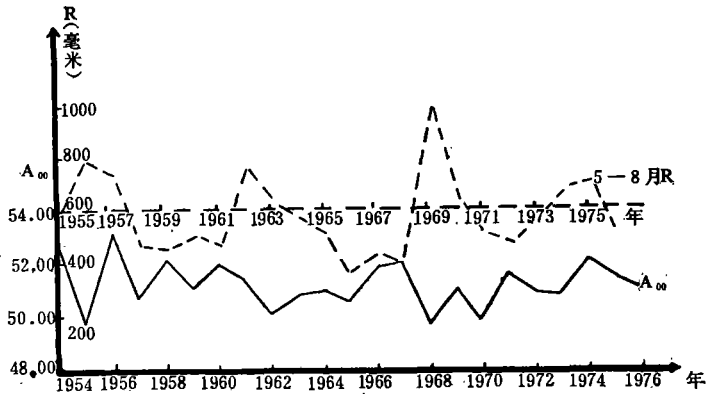


图 6 历年 12 月 A_{00} 值与次年长江中、下游五站汛期(5—8 月)降水

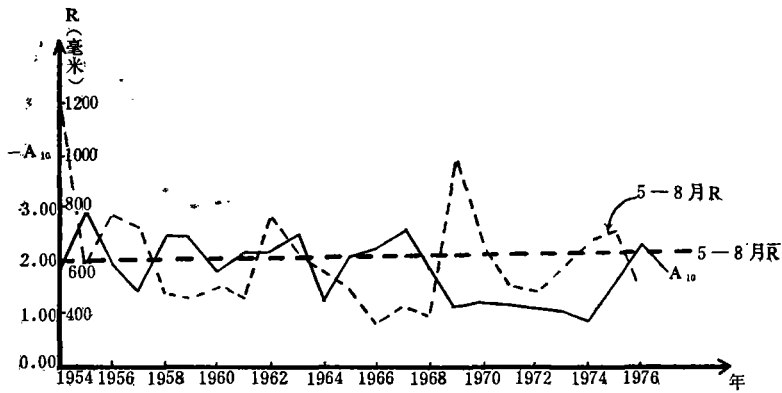


图 7 历年 1 月 A_{10} 值与长江中、下游五站汛期(5—8 月)降水

表 1

	A_{00} 12月(↑)			A_{00} 12月(↓)		
A_{10} 1月(↑)	1955(↓) 1965(↓) 1975(↑)	1959(↓) 1967(↑)	1961(↓) 1970(↓) ①	1958(↓) 1976(↓)*	1963(↓) 1978(↓)*	1966(↓) ②
A_{10} 1月(↓)	1957(↓) 1972(↓)	1964(↓)	1968(↓) ③	1956(↑) 1969(↑) 1974(↑)	1960(↑) 1971(↓) 1977(↑)*	1962(↑) 1973(↑) ④

(注：表内 * 为预报趋势)

都是下降趋势的也有 7 年，7 年中长江中、下游汛期降水与前一年同期相比，除 1971 年外都是上升的，占 85.7%(表 1 第④栏)。换言之，15—65°N、75—155°E 范围内，500 毫巴 12 月平均高度值(A_{00})与 1 月北风量($-A_{10}$)与前一年同期相比有所增大时，长江中、下游汛期降水与前一年同期相比，大多数年份是减少的；相反，大多数年份的汛期降水量则有所增加。另外，12 月的 A_{00} 值与 1 月的 A_{10} 值与前一年同期相比不是同时上升或下降时，当年长江中、下游汛期降水量与前一年同期相比毫无例外都是下降(表 1

第②、③栏)。目前看来,表1只有第①栏中的1967、1975年和第④栏中的1971年与实况稍有出入,而其余年份都与实况相符。因此,曾用这个表的关系对1976、1977和1978年长江中、下游汛期降水趋势作过预报。例如,预报1976年长江中、下游汛期(5—8月)降水量将比1975年减少。事实是,1976年长江中、下游汛期降水492.0 mm,比1975年汛期降水量714.0 mm少222.0 mm;预报1977年长江中、下游汛期降水比1976年有所增加,总趋势是近于常年或稍多。实况是1977年汛期降水658.4 mm,比1954—1975年汛期降水量平均值614.4 mm多44.0 mm;比1976年汛期降水492.0 mm增加166.4 mm。预报1978年汛期降水量少于多年平均值,属偏旱年。实际上1978年长江中、下游地区是旱情比较重的年份。显然,上述三年的预报结果都大致与实况相近。

目前看来,上述方法用于长江中、下游汛期降水量预报,要报出具体的降水量是有困难的,但是,趋势还是可以估计。因此,根据历史资料的整理分析和预报的初步结果,可以认为,车贝雪夫系数,历年12月 A_{00} 值和1月 A_{10} 值组成的复相关表,用于长江中、下游汛期降水趋势预报是有价值的。

致谢:本文承张家诚同志指导,表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 么枕生,地理学报,18,126—128,1944.
- [2] 么枕生,由土壤温度论微气候,气象学报,21,69—78,1950.
- [3] Блинова, Е. Н., Труды Ин-та Физ. Атм. АН СССР № 2, 5—22, 1958.
- [4] Багров, Н. А., Труды ЦИПа, вып. 74, 1959.
- [5] Наре, F. K., Polar Atmosphere Symposium, Part 1, Met. Sec., 137, 1958.
- [6] Багров, Н. А., Труды ЦИПа, вып. 64, 1958.
- [7] 张家诚等,用车雪夫多项式研究月平均500毫巴等压面位势场的初步结果,气象学报(1963),第2期。

A PRELIMINARY STUDY OF THE RELATIONS BETWEEN THE COEFFICIENTS OF CHEBYSHEV AND TEMPERATURE AND RAINFALL IN CHINA

Chen Yu-qiong Wang Cai-fang

(Academy of Meteorological Science, Central Meteorological Service)

Abstract

In this article the 500mb height of each pentad in the period 1954—1975 in the area 15—65° N, 75—155° E are resolved with Chebyshev Polynomials. Some main coefficients are obtained, the physical explanation of these coefficients as well as the relationships of these coefficients with temperature and rainfall in our country are discussed. The main results are as following:

1. The coefficients A_{10} , A_{01} which express the meridional and zonal circulation of atmosphere are correlated with the 10-year running means of temperature grade and monthly average temperature of all parts of our country. This correlation make it possible to forecast the tendency of temperature.

2. A multicorrelation table, formed by the December coefficient A_{00} which expresses average height and January coefficient A_{10} in same winter is a possible tool for forecasting the tendency of rainfall in coming the rainy season (May—August) of the middle and Lower Reaches of Yangtze. Good results have been obtained in three-year applications.