

广东省前汛期和后汛期降水的气候特征^{*}

李江南¹, 王安宇¹, 蒙伟光¹, 樊琦¹, 冯瑞权^{1,2}, 侯尔滨²

(1. 中山大学大气科学系, 广东 广州 510275;

2. 澳门地球物理暨气象局, 澳门)

摘要: 用 48 a 广东 7 个代表站的降水资料对广东前汛期和后汛期的气候特征进行了统计分析, 结果发现: ① 广东降水的年变程曲线主要有单峰型和双峰型, 单峰型多为内陆站, 峰值在 5—6 月; 双峰型多为沿海站, 峰值在 5—6 月和 8 月。② 广东省降水的年际变化总趋势略有上升。20 世纪 90 年代降水十分异常, 降水量明显增大。前汛期和后汛期降水年际变化很大, 总体说来是负相关, 情况大致相反, 但 1986—1991 年是例外。③ 广东省前汛期和后汛期降水周期变化特征很不相同。前汛期主周期为 22、7 和 3 a, 后汛期主周期则为 11 和 3~5 a。前汛期和后汛期的降水与西太平洋副热带高压脊线位置的周期特征很相似, 证明两者有很密切的关系。

关键词: 降水; 气候特征; 广东省; 小波变换

中图分类号: P463.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2002) 03-0091-05

广东省的雨季为 4—9 月^[1~2], 它通常分为两个阶段, 第一阶段为 4—6 月, 这个阶段的降水以锋面降水为主, 称为前汛期; 第二阶段为 7—9 月, 这个阶段的降水主要是由热带天气系统如台风所造成, 称为后汛期。无论在前汛期还是后汛期, 都会出现暴雨, 给人民的生命财产和广东经济带来重大的损失。很显然, 前汛期和后汛期降水的气候特征是很不相同的, 我们对广东省有代表性的 7 个站 48 a (1951—1998 年) 的月平均降水资料用相关分析和小波分析等统计方法进行了一系列统计分析, 研究了广东省前汛期和后汛期降水的年际变化和周期变化等气候特征, 以及这些特征与西太平洋副热带高压活动的关系, 得到了一些很有意义的结果。

1 资料及计算方法

1.1 资料

广东省 7 个站 48 a (1951—1998 年) 的月平均降水资料取自国家气候中心制作的全国 160 个站的月降水资料。西太平洋副高强度指数和脊线位置是 45 a (1954—1998 年) 500 hPa 的逐月平均资料, 这些资料亦是国家气候中心制作的。在这 160 个站中广东虽然只有 7 个站: 梅县、汕头、河源、广州、曲江、阳江和湛江, 但是却很有代表性。这从下列两个方面可以证明, 一是贺海晏^[3]曾计算过广东 84 个站 40 a 的平均降水量, 得到的降水量

值为 1748 mm, 而这 7 个站 48 a 的平均降水量值为 1747 mm, 两者仅差 1 mm。二是我们将这 7 个站分为两类, 广州、河源和曲江为内陆站, 汕头、梅县、阳江和湛江为近海站, 这两类站间的降水相关性可达 0.6 以上。

1.2 计算方法

计算方法主要采用的是统计方法, 如相关分析、滑动平均、Mann-Kendall 突变分析方法^[4]等, 此外还采用了小波分析^[4]讨论了降水的周期振荡特征。现对小波分析做简单介绍:

本文选取目前最普遍使用的复值小波 Morlet 小波作为母小波:

$$\Psi(t) = \exp(i\omega_0 t) \exp(-t^2/2)$$

这是一个波矢为 ω_0 并用单位宽度的 Gaussian 包线来调整的平面波。通常取 $\omega_0 = 6.0$ 。以下是做小波变换时要分析的几个量的计算公式及物理意义:

(1) 信号 $f(t)$ 小波变换的离散形式为:

$$W(a, b) = |a|^{-\frac{1}{2}} \Delta t \sum_{i=1}^n f(i\Delta t) \Psi\left(\frac{i\Delta t - b}{a}\right)$$

其中, Δt 为取样间隔, n 为样本量, a 是频率参数, b 是时间参数。分析小波变换 (小波系数) 可以得到信号不同的周期成分, 但不能比较各周期成分之间能量贡献的大小。

(2) 信号 $f(t)$ 的小波方差为:

$$W_p(a) = \int_{-\infty}^{\infty} |W(a, b)|^2 db$$

* 收稿日期: 2001—09—21

基金项目: 国家重点基础研究发展规划资助项目 (G1998040900)

作者简介: 李江南 (1968—), 男, 博士生; E-mail: jiangnan@webmail.zsu.edu.cn

小波方差图反映了波动的能量随尺度 a 的分布, 故可以用来确定一个时间序列中各种尺度扰动的相对强度, 对应峰值处的尺度称为该序列的主要时间尺度。

文中伸缩尺度 a 取为:

$$a = 2^{(1+0.25(j-1))} \quad j = 1, 2, \dots, 33$$

a 与周期 T 有如下对应关系:

$$T = \frac{4\pi a}{\omega_0 + \sqrt{2 + \omega_0^2}}$$

2 降水的年际变化

在分析广东省前汛期和后汛期降水的年际变化之前, 先分析广东省降水的年变程。

2.1 降水的年变程

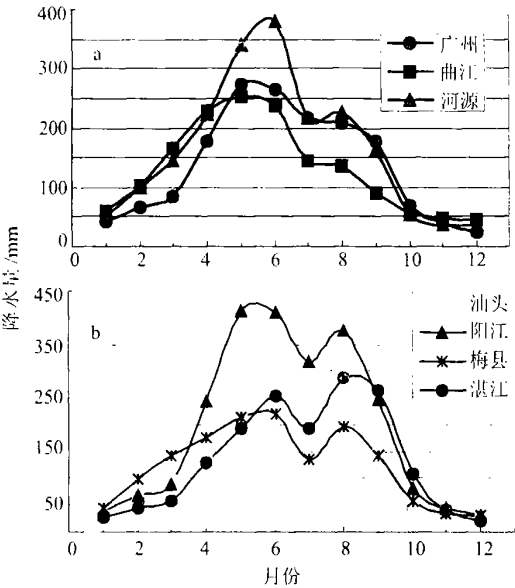


图 1 48 a 平均广东 7 站降水的年变程
Fig 1 Forty-eight yearly mean on the monthly variation of rainfall of 7 stations in Guangdong Province

从图 1 可以看出, 广东省内陆 3 站 (图 1a) 后汛期由于受热带天气系统影响不大, 因此降水年变程曲线呈单峰型, 峰值在 5—6 月, 也就是说这些内陆站后汛期降水相对偏少。而近海 4 站 (图 1b) 情况则不相同, 后汛期由于受热带天气系统影响较大, 降水较多, 年变程曲线呈双峰型, 峰值在 5—6 月和 8 月, 特别是那些受台风登陆频繁地区如湛江和阳江最为典型。汕头则因为台风登陆较少^[5,6], 第 2 峰很不明显。

图 2 是西太平洋副热带高压强度指数 45 a 平均值的年变程。从图上可以看出, 它也呈双峰型, 这是可以理解的, 因为副高强度指数是按 110°E—180°E, 10°N 以北范围, 500 hPa 月平均位势高度

图上, 经距为 10°, 纬距为 5°的方格范围内平均位势高度大于 5 880 位势米的值累加来定义的, 显然这代表了对流层下半层的平均温度场。在前汛期, 华南前汛期降水、台湾和江淮梅雨释放了大量的潜热; 在后汛期, 台风降水也释放了大量的潜热。不难想象, 这些潜热的释放对副高强度年变程曲线中双峰的形成有一定的贡献。

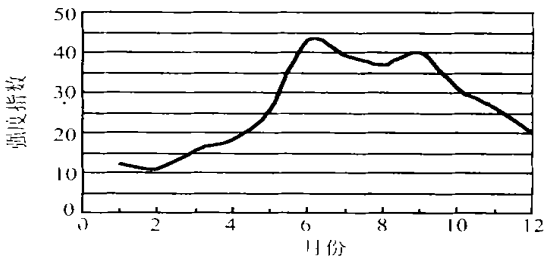


图 2 45 a 平均西太平洋副热带高压高强度指数的年变程
Fig 2 Forty-five yearly mean on the monthly variation of the intensity index of subtropical high in the Western Pacific at 500 hPa

2.2 降水的年际变化

余功梅^[7]曾对华南地区近 40 a 降水的气候特征进行过仔细分析, 认为“50 年代中期和 60 年代处于降水偏少期, 其中 60 年代中后期相对偏少, 70 年代和 80 年代前期处于降水偏多期, 80 和 90 年代初降水持续偏少, 1992 年以后又转偏多”。我们分析了广东 7 站汛期 (4—9 月) 降水平均值的年际变化, 结果 (图略) 与余功梅的结论十分一致。但我们把前汛期和后汛期分开来分析以后, 发现与上述结论不十分一致, 主要是前汛期与后汛期降水的年际变化特征很不一致, 且有一定程度的反相关关系。

从图 3 可以看出: ①前汛期和后汛期降水的总趋势都是略有上升, 这主要与 90 年代降水总量偏大有关; ②前汛期和后汛期的降水趋势有一定程度的反相关关系, 有一个时段例外, 即是 1986—1991 年, 两者趋势大致一致; ③无论是前汛期还是后汛期, 降水与温度场的年际变化完全不同, 起伏很大, 尤以 90 年代最为突出; ④前汛期和后汛期降水的年际变化上有明显的年代际变化特征, 关于这一点在下一节将作进一步的讨论。我们将内陆 3 站、近海 4 站 (图略) 与广东 7 站前后汛期降水的年际变化曲线进行了比较, 结果发现三者前汛期降水的年际变化曲线非常相似, 而对于后汛期, 三者就不怎么相似, 显然这与台风登陆位置的年际差异很大有关。

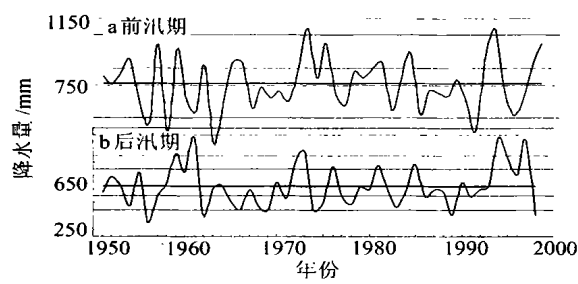


图 3 广东 7 站平均降水量 (mm) 的年际变化
Fig. 3 Annual variation of mean rainfall (mm) of 7 stations in Guangdong Province

梁建茵^[8]曾发现 6 月西太平洋副热带高压脊线位置与华南降水有很好的关系：副高脊线偏南(北)，华南降水偏多(少)。我们也将广东 7 站、内陆 3 站、沿海 4 站前汛期和后汛期的年际变化曲线分别与相同时段副高脊线位置的年际变化作比较，但没有发现很好的关系，这可能与前汛期和后汛期时间长度(3 个月)太长有关。需说明的是，

我们所使用的副高脊线位置是用 500 hPa 月平均位势高度图上 110°E—150°E 的范围内，西太平洋副热带高压脊线的平均纬度来定义的。

3 降水的周期变化

广东 7 站、内陆 3 站、近海 4 站前汛期降水的周期变化很相似，但 3 者后汛期降水的周期变化则很不相同。从图 4 可以看出，内陆站和近海站前汛期降水的周期变化是大致相似的，最长的周期在 22 a 左右，最明显的周期在 7 a 左右，最短的周期为 3 a 左右。两者也有不同之处，如内陆站 7 和 3 a 周期在 80 年代之后不复存在，取而代之的是 5 a 左右的周期；而沿海站 7 a 周期相对比较稳定，3 a 左右的周期 60 年代中期至 80 年代初近乎消失，但此后又逐渐明显。内陆站和近海站后汛期降水的周期则大不相同，虽然它们都有 10~11 a 和 3~5 a 左右的主周期。对于 10~11 a 的主周期，内陆站在 80 年代之后比较明显，而近海站则相反，在 80 年代之前比较明显。

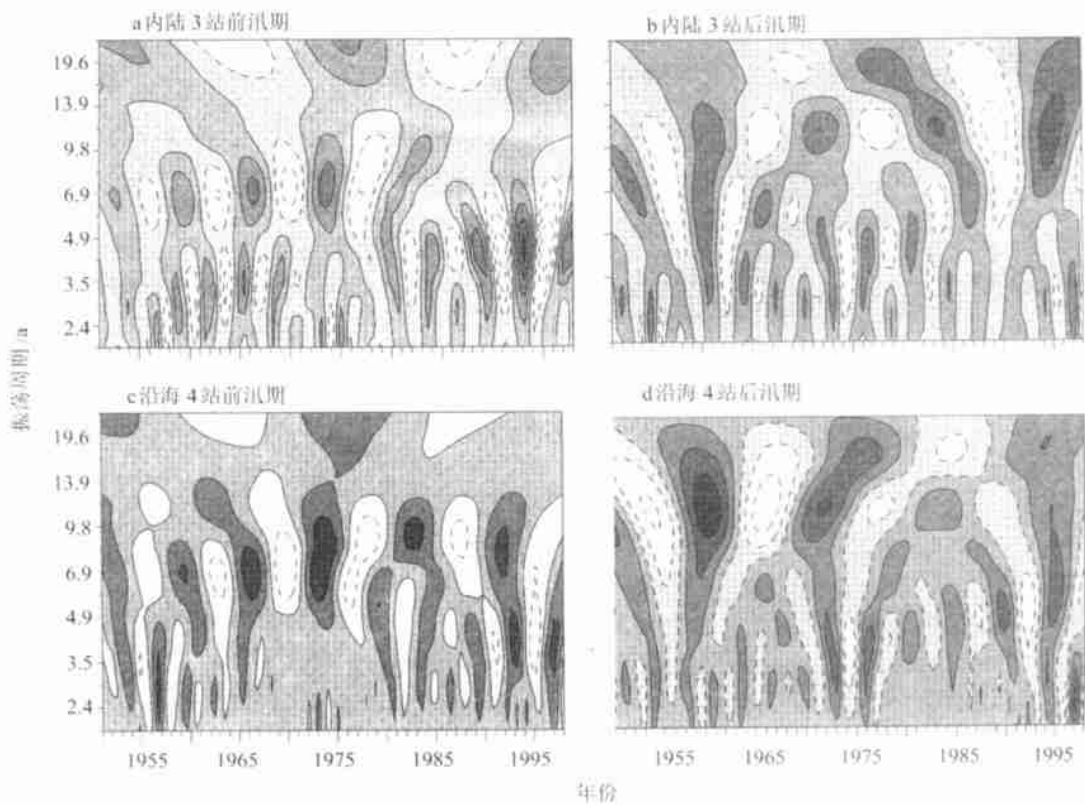


图 4 降水的小波变换图
Fig 4 Morlet transformation of rainfall

我们将前汛期和后汛期内陆 3 站和近海 4 站的降水与相同时段副高脊线位置的周期变化进行比

较。图 5 是前汛期和后汛期副高脊线位置的小波变换图，与图 4 相比，可以看出，前汛期内陆 3 站和

近海 4 站与同期副高脊线位置的周期变化是很相似的。三者都有 22、7 和 3 a 左右的振荡周期，图形结构也大致相同。仔细比较，对于 7 a 左右周期来说，内陆 3 站降水与副高脊线位置变化的周期要更相似一些，例如副高脊线位置的 7 a 周期在 80 年代之后也明显减弱。至于后汛期，内陆 3 站降水与副高脊线位置变化的周期仍很相似，而近海 4 站则不相同。在后汛期台风降水对近海 4 站的降水影响

很大，台风登陆位置的年际变化很大，也没有明显的规律性，所以近海 4 站降水与副高脊线位置的周期变化很不相似是可以理解的。内陆 3 站和近海 4 站的前汛期降水、内陆 3 站的后汛期降水与同期副高脊线位置变化的周期很一致，说明了副高的位置变化与华南降水的关系是非常密切的。对此我们将进一步的研究。

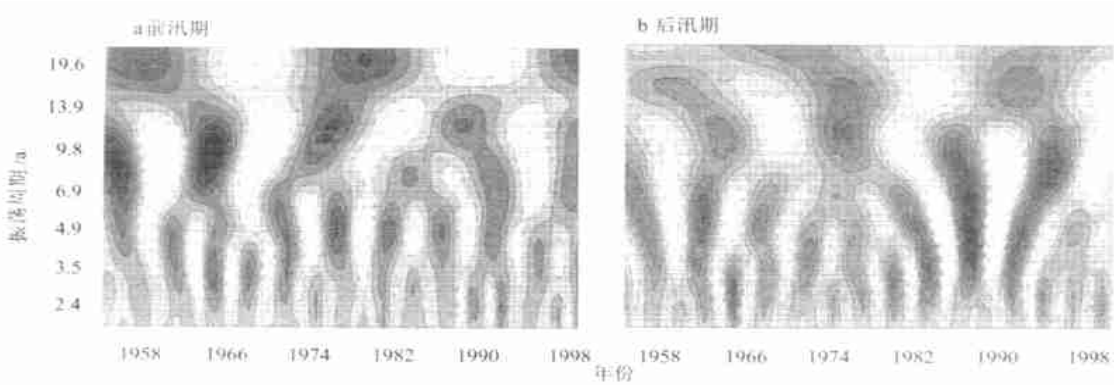


图 5 西太平洋副热带高压脊线位置的小波变换图
Fig. 5 Morlet transformation of the ridge line position of subtropical high in the Western Pacific

5 结束语

通过对广东 7 站 48 a 月平均降水资料的统计分析，我们得到以下几点结论：

(1) 广东降水的年变程曲线主要有单峰型和双峰型，单峰型多为内陆站，峰值在 5—6 月；双峰型多为近海站，峰值在 5—6 月和 8 月。

(2) 广东省降水的年际变化总趋势略有上升。90 年代降水十分异常，降水量明显增大。前汛期和后汛期降水年际变化很大，总体说来是负相关，情况大致相反，但 1986—1991 年是例外，两者趋势大致一致。

(3) 广东省前汛期和后汛期降水周期变化特征很不相同。前汛期主周期为 22、7 和 3 a，后汛期主周期则为 11 和 3~5 a。前汛期和后汛期的降水与西太平洋副热带高压脊线位置的周期特征很相似，证明两者有很密切的关系。

参考文献:

[1] 广东热带海洋气象研究所. 广东前汛期暴雨[M]. 广州: 科学普及出版社, 1984.

[2] 鹿世瑾. 华南气候[M]. 北京: 气象出版社, 1990.

[3] 贺海晏. 近 40 年广东省的旱涝特征[M]. 热带气象学报, 1998, 14(4): 297—305.

[4] 魏风英. 现代气候统计诊断预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 1999.

[5] 林应河. 台风对广东涝、旱的影响 // 广东灾害性气候的分析和预测研究[M]. 广州: 中山大学出版社, 1999.

[6] 谢宝永, 曾琮. 登陆广东的热带气旋的统计特征 // 广东灾害性气候的分析和预测研究[M]. 广州: 中山大学出版社, 1999.

[7] 余功梅. 华南地区近 40 年降水的气候特征[J]. 热带气象学报, 1996, 12(3): 252—256.

[8] 梁建茵. 6 月西太平洋副高脊线的年际变化及其对华南降水的影响[J]. 热带气象学报, 1994, 10(3): 274—279.

(下转第 98 页)

KRISHNAMURTI T N, eds. Monsoon meteorology [M]. Oxford: Oxford University Press, 1987: 60—92.

[2] LAU K M, SHEN S H. Biennial oscillation associated with the East Asian summer monsoon and tropical sea surface temperature // YE D Z, et al, eds. Climate variability [M]. Beijing: China Meteorological Press, 1992: 53—58.

[3] 贺海晏, 温志平, 简茂球, 等. 1982—1996 年亚洲热带夏季风建立迟早的探讨 [J]. 中山大学学报 (自然科学版), 2000, 39(4): 99—103.

[4] 阎俊岳. 南海西南季风爆发的气候特征 [J]. 气象学报, 1997(5): 174—186.

[5] 丁一汇, 薛纪善, 王守荣, 等. 1998 年亚洲季风活动与中国的暴雨/洪涝, 南海季风爆发和演变及其与海洋相互作用 [M]. 北京: 气象出版社, 1999.

Forecasting the Onset of Southwestlies Monsoon Over South China Sea

ZHOU Wen¹, WEN Zhi ping², CHEN Chuang mai²

(1. Department of Physics & Materials Science, City University of Hongkong, Hongkong, China;
2. Department of Atmospheric Science, Sun Yat sen (Zhongshan) University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: The relationships between the onset date of South China Sea (SCS) Southwestlies Monsoon (SCSSM) and the principal component of factor fields such as height (HGT) field and sea surface temperature (SST) field et al. are studied by correlation analysis and stepwise regression predication on principal component factor fields of several climate fields. The result shows that the prediction equation consisting of 9 principal component factors has passes the significance statistical test ($\alpha=0.01$), and its R-square and the average fitting error are 0.939 2 and 2.896, respectively. The forecasting onset date of 1998 SCSSM in Northern part of SCS (NSCS) and Southern part of SCS (SSCS) are May 16 and May 19, respectively. Comparing with observational result of SCSMEX, the fitting of NSCS is better than that of SSCS. In addition, the SST field mainly affects the onset of SCSSM over NSCS, while the onset of SCSSM over SSCS is related with both HGT field and EL-Nino.

Key words: southwestlies monsoon onset; stepwise regression; principal component factor

(上接第 94 页)

The Climatological Characteristics of Precipitation of the Presummer Rainy Reason and Second Rainy Season in Guangdong Province

LI Jiang nan¹, WANG An yu¹, MENG Wei guang¹, FAN Qi¹, FONG Soi kun^{1, 2}, HAO I pan²

(1. Department of Atmospheric Sciences, Sun Yat sen (Zhongshan) University, Guangzhou 510275, China;
2. Macao Geophysical and Meteorological Bureau, Macao, China)

Abstract: The climatological characteristics of precipitation of the presummer rainy season and second rainy season in Guangdong Province were studied with wavelet transport and correlation analysis methods based on the monthly mean precipitation rate data from the National Climate Center of China for the forty eight years (1951—1998) and seven representative stations in Guangdong Province. The main conclusions are as follows: (1) The climatological annual variation of the monthly mean precipitation rate of the seven stations in Guangdong Province can be divided into two patterns. One is single peak pattern for inland stations, with peak values occurring in May or June. The other one is two peaks pattern, with two peak values occurring respectively in May or June and August. (2) The trend of the interannual change of the precipitation is positive in Guangdong Province especially in recent ten years. In general, the signs of the interannual change of the precipitation in Guangdong Province for the presummer rainy season and second rainy season are reverse except for 1986—1991. (3) The results of wavlet transport analysis reveals that: ①The frequencies of the periodic oscillation of the interannual change of the precipitation in the Guangdong Province for presummer rainy season and the second rainy season are different; ② For the presummer rainy season the main periods are 22, 7 and 3 years; ③ For the second rainy season the main periods are 11 years and 3~5 years; ④ The patterns of the periodic oscillations of the interannual change of the precipitation and the mean positions of ridge line of subtropical high in the western Pacific for the presummer rainy season and second rainy season are very similar.

Key words: precipitation; climatological characteristics; Guangdong Province; wavelet transport