

南海西南季风爆发的预测研究^{*}

周文¹, 温之平², 陈创买²

(1. 香港城市大学物理暨材料科学系, 香港;

2. 中山大学大气科学系, 广东 广州 510275)

摘要: 利用多个气候场的主分量因子通过相关分析筛选, 而后进行逐步回归预报。求得南海西南季风爆发的日期与高度场、海温场等因子场的主分量之间的联系。结果表明, 南海夏季风爆发日期 (1967—1997) 与上述主分量因子之间有较密切的关系, 由9个主分量因子组成的预报方程, 通过 $\alpha=0.01$ 显著性检验, 其方程复相关系数为0.9392。其平均拟合误差为2.896, 试报1998年南海北部和南部西南季风爆发的日期为第135.69 d (5月16日) 和第138.53 d (5月19日), 与SCSMEX的观测结论1998年南海北部夏季风爆发 (5月17日) 的日期仅差1 d, 南海中南部夏季风爆发 (5月25日) 的日期相差6 d。由此可见, 利用相关和回归方法用因子场的主分量作为因子预报南海北部夏季风爆发的效果比较好, 南部则相对较差。另外, 研究发现南海北部夏季风爆发主要与海温场的影响有关, 高度场对南海南部夏季风爆发影响较大, 且厄尔尼诺与南海南部西南季风爆发偏晚有关, 但与南海北部西南季风爆发关系不大。可以说, 这一方法是对南海夏季风爆发预报的一种新的尝试。

关键词: 西南季风爆发; 逐步回归; 主分量因子

中图分类号: P462.4⁺1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2002) 03-0095-04

亚洲特别在其南部是全球最显著的季风区, 亚洲季风环流系统由东亚季风系统和南亚季风系统两个子系统组成, 而东亚季风系统又分为南海季风系统和大陆季风系统, 其中南海季风属热带季风性质, 大陆季风则属副热带季风性质^[1]。南海由于有着独特的地理位置, 不仅具有鲜明的季风特性, 而且在两个子系统之间的相互关系中起着非常重要的作用。有关南海季风的研究, 近年来引起气象学界的广泛的兴趣, 研究表明^[2-4], 亚洲夏季风首先在南海地区建立, 且其爆发性特别明显。对南海西南季风爆发的研究也越来越引起人们所关注。但大多数工作都侧重于研究动力学和热力学方面在季风爆发时的作用, 而利用统计学方法来研究季风爆发的规律性并作出预测并不多见。我们知道, 气候研究的最终目的是为了对未来气候变化作出预测, 因此, 本文将依据南海季风实验 (SCSMEX) 定义南海西南季风爆发的思想, 利用多个气候场的主分量因子通过相关分析筛选, 而后进行逐步回归预报。分析南海西南季风爆发与高度场、海温场等因子场的主分量之间的联系。从而对南海西南季风的爆发规律有一个较全面的认识。

1 资料说明

文献 [5] 南海北部 (参考站: 香港, 阳江,

崖县, 曼谷, 武汉 (850 hPa SW $\geq$ 5d, V $\geq$ 8—10 m/s) 和南海南部 (参考站: 新加坡, 吉隆坡, 哥打巴卢, 哥打基纳巴卢 (850 hPa SW $\geq$ 5d, V $\geq$ 5 m/s) 西南季风爆发的资料, 从中选取1968—1997年为统计资料, 1998年为试报。

因子资料取自如下3个方面: 即取北太平洋海温场5个区春夏秋冬各季的主分量分析的前6个分量, 其中1区表示太平洋西部 (180°E以西, 10°S及其以北), 2区表示太平洋东北部 (180°E以东, 10°N及其以北), 3区表示太平洋东赤道区 (180°E以东, 10°S—15°N), 4区表示北太平洋 (110°E以东, 15°S及其以北), 而5区表示太平洋热带地区 (10°S—30°N); 取北半球500 hPa高度场8个区春夏秋冬各季主分量分析的前6个分量, 其中1区表示东北半球北部 (0—180°E, 45°N及其以北), 2区表示东北半球南部 (0—180°E, 0—45°N), 3区表示西北半球北部 (180°E—360°E, 45°N及其以北), 4区表示西北半球南部 (180°E—360°E, 0—45°N), 5区表示东北半球 (0—180°E, 10—85°N), 6区表示西北半球 (180°E—360°E, 10—85°N), 7区表示北半球太平洋地区的南部 (90°E—270°E, 45°N及其以南), 8区表示北半球太平洋地区的北部 (90°E—270°E, 45°N以北) 等因子, 时间取1967—1997年, 预报1998年。

* 收稿日期: 2001—12—07

基金项目: 国家重点基础发展规则资助项目 (G1998040900 第1部分)

作者简介: 周文 (1969—), 女, 博士生, Email: 50004154@student.cityu.edu.hk

2 计算方法

2.1 预报量和预报因子

预报量为南海北部、南海南部西南季风爆发日期。

预报因子则是因子场的前 6 个主分量, 称为主分量因子, 计算如下: 设因子场是含有 p 个空间点和 m 时间点的标准化变量矩阵

$X = (x_{ij}) (i = 1, 2, \cdots, p; j = 1, 2, \cdots, m) (1)$ 对 X 矩阵作主分量分析计算^[1], 将其分解成空间函数矩阵 V 和时间函数矩阵 F :

$$X = VF \quad (2)$$

此处 V 也称为 $p \times r$ 阶特征向量 (r 为 p 和 m 的最小值), F 也称为 $r \times m$ 阶主分量, 即含有 r 个长度为 m 的主分量序列。

$$F = (F_1 F_2 \cdots F_r)' \quad (3)$$

第 k 个主分量为:

$$F_k = f_{k1}, f_{k2}, \cdots, f_{km} \quad (4)$$

利用这方法, 分别对 500 hPa 高度场和太平洋海温场的各个区春夏秋冬四季进行主分量分析计算, 可获得较多的主分量因子。

2.2 相关分析

由于因子场主分量因子数目大, 通过相关分析可从大量的因子中筛选出比较好的因子供逐步回归使用。预报量是用南海北部、南海南部和西沙西南季风爆发日期的资料, 而因子是取自因子场的春夏秋冬四季的前 6 个主分量, 用这两个序列进行相关计算。则预报量 Y 与第 k 个因子 X_k 的相关系数为:

$$\gamma_k = \frac{1}{n} \sum \frac{(Y_i - Y)(X_{ki} - X_k)}{S_y \cdot S_k} \quad (5)$$

其中, Y 和 X_k 分别为预报量及预报因子的样本平均值; 而 S_y 和 S_k 分别为预报量和预报因子的样本标准差:

$$S_y = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - Y)^2 \right]^{1/2} \quad (6)$$

$$S_k = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_{ki} - X_k)^2 \right]^{1/2} \quad k = 1, 2, \cdots, p \quad (7)$$

p 为因子数, n 为资料长度。

设定显著水平为 α , 故若 $r_k > r_\alpha$, 则第 k 个因子与预报量相关显著, 可作为可能预报因子参加逐步回归。

2.3 逐步回归

利用双重检验的逐步回归紧凑方案建立回归方程, 它的基本思想是: 将因子一个个引入, 引入因子的条件是该因子方差贡献是显著的。同时, 在引

入第 3 个因子后, 若要再引入新因子, 则在每引入一个新因子前, 要先对进入方程的因子逐个检验, 将方差贡献不显著的因子剔除。因而保证了最后所得的方程中所有因子都是显著的, 则在显著水平 α 下, 设有 L 个因子进入回归方程, 最优的回归方程:

$$Y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \cdots + b_L x_L \quad (8)$$

其中, $b_0, b_1, \cdots, b_L$ 为回归系数, $x, x, \cdots, x_L$ 为因子。

最后计算复相关系数 R 和残差平方和 Q 分别为:

$$\begin{cases} R = \sqrt{\frac{U}{S_{yy}}} \\ Q = \sum (y_i - Y_i)^2 \end{cases} \quad (9)$$

其中, S_{yy} 为预报量样本离差平方和, 可由式 (7) 的 S_y 的平方求得, U 称为回归平方和:

$$\begin{cases} U = \sum_{i=1}^n (Y_i - Y)^2 \\ S_{yy} = U + Q \end{cases} \quad (10)$$

在建立方程过程中, 残差平方和 (Q) 越小, 回归平方和 (U) 越大, 复相关系数 (R) 越大, 方程就越可靠。

3 南海西南季风爆发的预测

3.1 相关分析结果

对 30 a 的南海北部南部西南季风爆发日期的统计资料用上述因子群逐个进行相关计算, 取显著性水平 $\alpha=0.05$, 结果分别能找到数目为 43 和 44 个可能预报因子, 参加逐步回归, 而单相关系数分别最高达 0.594 和 0.631, 最低都为 0.349。

3.2 南海西南季风爆发回归方程的建立

我们利用相关分析找到南海北部和南部西南季风爆发日期的可能预报因子 (群), 用双重检验的逐步回归对其建立回归方程, 南海北部和南部西南季风爆发日期回归方程如下:

(1) 南海北部西南季风爆发日期回归方程
$$Y_1 = 132.6948 - 1.2738X_1 + 1.30151X_2 + 0.24649X_3 - 1.69118X_4 - 0.88038X_5 + 0.56804X_6 - 1.99744X_7 + 1.00021X_8 - 0.45334X_9 \quad (11)$$

其中, X_1 为春季高度场第 3 区第 5 个主分量; X_2 为冬季高度场第 3 区第 4 个主分量; X_3 为春季高度场第 5 区第 1 个主分量; X_4 为春季海温场第 3 区第 5 个主分量; X_5 为季秋海温场第 1 区第 2 个主分量; X_6 为季冬海温场第 1 区第 1 个主分量; X_7 为夏季海温场第 2 区第 6 个主分量; X_8 为冬季海温场第 2 区第 4

个主分量; X_9 为春季海温场第 4 区第 6 个主分量。

(2) 南海南部西南季风爆发日期回归方程

$$Y_2 = 130.4156 - 1.11381X_1 - 1.46378X_2 + 3.26844X_3 - 0.77477X_4 - 1.24999X_5 - 1.91810X_6 + 3.49718X_7 + 1.85516X_8 + 4.85835X_9 - 1.44256X_{10} + 1.07111X_{11} + 0.50584X_{12} \quad (12)$$

其中, X_1 为夏季高度场第 1 区第 1 个主分量; X_2 为夏季高度场第 1 区第 4 个主分量; X_3 为夏季高度场第 3 区第 2 个主分量; X_4 为春季高度场第 7 区第 2 个主分量; X_5 为春季高度场第 8 区第 3 个主分量; X_6 为春季高度场第 8 区第 5 个主分量; X_7 为夏季高度场第 8 区第 3 个主分量; X_8 为季春高度场第 8 区第 3 个主分量; X_9 为春季海温场第 2 区第 5 个主分量; X_{10} 为秋季海温场第 3 区第 3 个主分量; X_{11} 为夏季海温场第 5 区第 3 个主分量; X_{12} 为秋季海温场第 5 区第 3 个主分量。

由回归方程 (11) 可以看出, 南海北部西南季风爆发预报方程有 9 个预报因子, 主要与西北半球北部和北半球东部的冬春季高度场、西太平洋秋冬季海温场和西北太平洋夏季冬季海温场以及北太平洋春季海温场的影响有关。海温场占 6 个, 高度场只占 3 个, 可见海温场的影响远远超过高度场。其中春季为 4 次, 冬季 3 次, 秋季、夏季各 1 次, 而且以前年的因子场第 4、5、6 主分量为 主, 第 1、2 主分量并不占主导地位。由回归方程 (12) 可以看出, 南海南部西南季风爆发预报方程有 12 个预报因子, 主要与东北半球北部和西北半球北部的夏季高度场以及北半球太平洋春夏高度场、太平洋东部和太平洋东赤道区的春秋季节海温场和太平洋热带地区夏秋季海温场的影响有关。海温场占 4 个, 高度场却占了 8 个, 可见高度场的影响远远超过海温场。其中春夏季各为 5 次, 秋季为 2 次, 冬季 0 次, 而且以前年因子场第 1、2、3 主分量为 主, 第 4、5、6 主分量并不像前面回归方程 (11) 那样占主导地位。值得一提的是, 虽然, 文献 [9] 统计出 30 a 中南海南部西南季风爆发偏晚 (6 月上旬) 的 7 年都是发生在厄尔尼诺发生当年或次年与我们所选的因子是一致的, 但南海北部西南季风爆发与赤道东太平洋的海温变化关系不大。

3.3 南海西南季风爆发的拟合预报

对于南海北部西南季风爆发预报, 挑选 9 个因子 (超过信度水平 0.88) 建立回归方程, 其中以海温场的因子为主, 方程复相关系数为 0.939 2, 超过显著性水平 $\alpha=0.01$ 。拟合误差为 2.896, 样本平均值 131.63 (5 月第 3 候), 样本方差为 8.43; 南海南部西南季风爆发预报, 挑选了 12 个

因子 (超过信度水平 0.88) 建立回归方程, 其中以高度场的因子为主; 方程复相关系数为 0.899 5, 超过显著性水平 $\alpha=0.01$ 。拟合误差为 4.663, 样本平均值 138.53 (5 月第 4 候), 样本方差为 4.66。预报方面, 1998 年的预报南海北部西南季风爆发为第 135.69 天 (约为 5 月 16 日, 5 月第 4 候), 实际该年南海北部西南季风于 5 月 17 日 (第 137 天, 5 月第 4 候) 爆发, 1998 年的预报南海南部西南季风爆发为第 136.82 天 (约为 5 月 17 日, 5 月第 4 候), 实际该年南海南部西南季风于 5 月 25 日 (第 145 天, 5 月第 5 候), 北部预报非常准确, 而南部预报也只存在 1 候的差距 (如图 1), 所以预报方程有一定的参考价值。

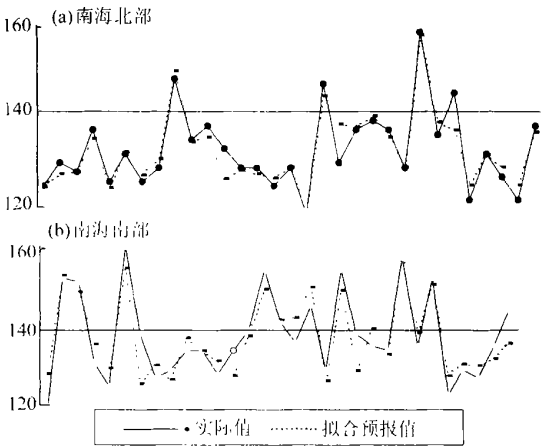


图 1 南海北部和南部西南季风爆发拟合预报图
Fig 1 The onset date of southwest monsoon over South China Sea

4 结 论

通过以上分析, 有如下的结论:

- (1) 由于外界因子场因子数目太多, 而利用主分量方法就能方便地分析出具有高信息量的因子, 这样就能保证场的信息不被抹去, 故主分量分析用于计算出因子场的主分量有很好的效果。
- (2) 利用相关和回归方法用因子场的主分量作为因子预报南海北部夏季风爆发的效果比较好, 南部则相对较差。
- (3) 南海北部夏季风爆发主要与海温场的影响有关, 高度场对南海南部夏季风爆发影响较大, 且厄尔尼诺与南海南部西南季风爆发偏晚有关, 但与南海北部西南季风爆发关系不大。

参考文献:

[1] TAO S Y, CHEN L X. A review of recent research on the east Asian summer monsoon in China // CHANG C P,

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