

# 扩展经验正交函数(EEOF) 及其在月、季降水预测中的应用

谢炯光

(广州中心气象台, 广州 510080)

## 提 要

本文提出一种降水长期预测的新方案, 用扩展经验正交函数(EEOF)展开连续月组成的月(季)降水分布场, 求取各月的特征向量场和对应的时间权重系数, 分析各场的天气学意义及前后承替的相互关系, 用前期出现的特征向量场的特征来预测后期的降水场分布趋势, 同时利用特征向量场所对应的时间系数作二维点聚图, 估算预报月(季)份的降水总趋势。

关键词: 扩展经验正交函数; 月(季)降水; 隔季相关。

## 一、前 言

广东省前汛期(4—6月)的降水量可达1000至1400 mm, 约占广东省全年降水量的50%左右, 对广东省工农业生产有着十分重要的影响, 因此, 对前汛期雨量(各月雨量、季雨量)演变规律的研究及预测就显得十分重要, 是广东长期天气预报工作者的重要课题之一。

扩展EOF在天气气候分析中已有许多应用<sup>[1,2]</sup>, 但应用于长期降水趋势预测中还不多见, 本文用EEOF对广东省5月份降水量和季(4—6月)降水量的分布趋势进行预测是一个初步尝试。

据有关文献表明, 华南前汛期降水量与前汛期500 hPa环流形势有较密切的关系<sup>[3]</sup>, 由于环流形势直接决定了降水量场的分布趋势, 因此本文直接用EEOF方法展开降水场, 寻找前期降水场与后期降水场分布趋势的关系, 作出未来降水场分布趋势和降水量总趋势的预测, 文中以5月份的工作为例。

## 二、资料及计算方法

选取广东省18个站点1951—1990年的月降水资料、北半球500 hPa格点资料, 当研制5月份广东省降水分布趋势预测时取18个站点连续三个月(2、3、5月)的降水分布; 做季(4—6月)降水分布趋势预测时取1、2、4—6月连续三个降水场的分布作为变量场(前2个为因变量场, 后一个为预报量场), 将三个变量场资料连接起来, 构

成如下扩展的  $M \times N$  维矩阵:

$$A_{M \times N} = \begin{bmatrix} A_{M_1 \times N} \\ A_{M_2 \times N} \\ A_{M_3 \times N} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

式中  $A_{M_1 \times N}$ ,  $A_{M_2 \times N}$ ,  $A_{M_3 \times N}$  分别表示 2、3 月 (预报因子场)、5 月 (预报量场) 广东降水量场,  $M_1 = M_2 = M_3 = 18$  为场的站点数,  $N$  为样本数。  $A_{M \times N}$  为扩展后的降水量场,  $M = M_1 + M_2 + M_3$ 。

利用 EEOF 方法把矩阵  $A_{M \times N}$  展开成只依赖于时间和只依赖于空间的函数部分

$$A_{M \times N} = X_{M \times M} \times T_{M \times N}, \quad (2)$$

分别求出 2、3、5 月份各月的特征向量场和每个特征向量场所对应的权重系数。计算累积方差贡献, 本文计算前 5 个主分量的方差累积贡献百分率已超过 80%, 因此取前 5 个特征向量场作典型场进行预测处理。

### 三、主要特征向量场的天气学意义

2 月份第一特征向量 (图 1a) 除西北偏北为正外, 全省均为负值, 负值中心在阳江。为了分析第一特征向量的天气学意义, 我们求取与第一特征向量相对应的 500 hPa 环流合成平均图 (图 2a), 从图中可以看出副高呈带状分布 (由  $100^{\circ}\text{E}$ — $180^{\circ}\text{E}$ ), 强度比常年平均偏强, 东亚大槽位置偏北、偏东, 乌拉尔山附近为脊区, 地中海和里海为低槽区, 极涡中心位于西伯利亚平原北部, 强度较常年偏强, 但由于东亚大槽的平均位置偏东, 亚欧地区环流较平直, 整个高纬环流呈 3 波型, 在这种环流形势下, 广东省 2 月份的降水分布全省多数为负距平。3 月份的第一特征向量如图 1b, 由图可见, 除湛江外全省为正, 正中心在连县, 北部偏多, 南部偏少。

与 3 月第一特征向量相应的 500 hPa 平均环流形势如图 2b。与 2 月份的环流形势相比, 从图中可以看出副高位置没有多少变动, 强度仍较强, 位于西伯利亚平原北部的极涡少动, 但强度已明显减弱, 主体已移到加拿大北部, 亚欧大陆的经向环流稍有加强, 乌拉尔山附近的高压脊加强, 东亚大槽平均位置较 2 月份稍偏西, 高纬环流呈 2 波型, 在这种环流形势下, 广东省 3 月份的降水分布趋势如图 1b, 全省趋势基本为正。

从 2 月到 3 月的环流形势演变中, 我们可以看到有如下特点: 500 hPa 环流型由冬季向春季变动的过程中有副高提早加强的现象, 极涡主体从 2 月到 3 月中由偏于东半球转到偏于西半球, 高纬环流由 3 波型转为 2 波型。正是由于这种环流演变形式决定和对应了 5 月份广东省降水的分布趋势 (图 1c)。

由图可以看出全省为正, 正中心在清远和阳江, 这是 5 月份典型的平均降水分布情况。

由第一特征向量的对比分析中可以看出, 前期环流形势的差异以及前后环流演变的差异, 是导致广东后期的降水分布出现差异的主要原因。利用扩展 EOF 技术可以归纳

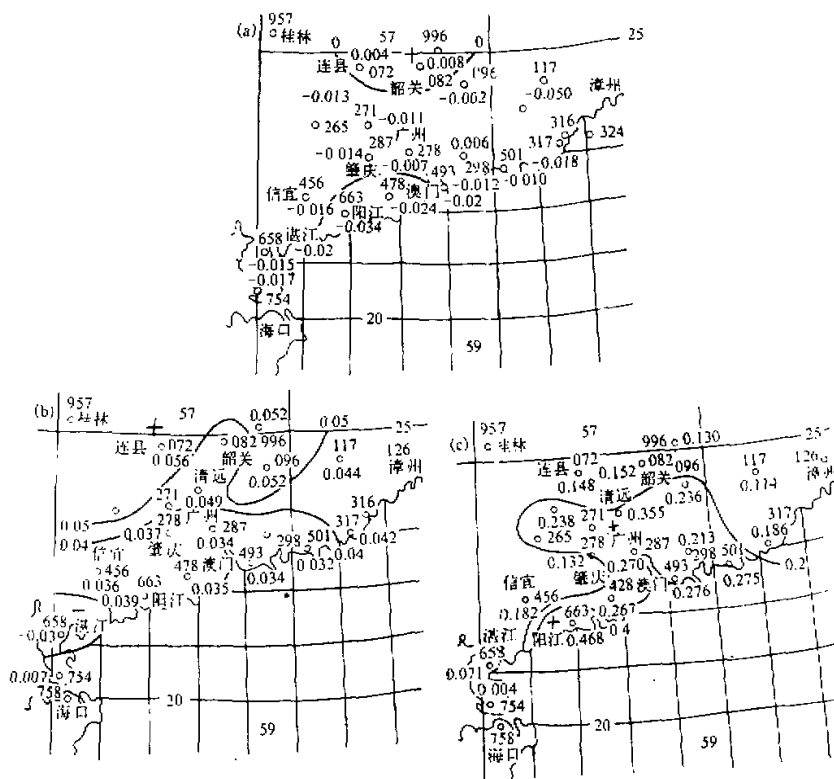


图1 第一特征向量场

(a) 2 月份, (b) 3 月份, (c) 5 月份

出几种广东 5 月(或 4—6 月)降水分布的前期环流特征及前后二个月的演变特征,做预报时我们只要对照前期环流的特征和分析演变的情况,就可以得出未来广东省的降水分布趋势。

第二至第五特征向量场及其对应的 500 hPa 平均环流场的特征,及前后月环流形势的演变特点与天气学意义因篇幅关系从略。

由上分析可知,不同降水场(或环流形势场)的连续演变,可决定后期的降水场分布趋势。即后期的要素场分布与前期环流形势关系密切<sup>[4,5]</sup>。用 2、3、5 月做 EEOF 展开所得的结果,大约有 60—90 天的对应关系。用 1、2、4—6 月做 EEOF 展开所得结果,大约有半年左右的对应关系。这和近年许多研究工作者所指出的隔季相关现象,东亚大气环流在其自身演变过程中存在半年左右的振荡现象<sup>[6]</sup>是相一致的。

#### 四、具体操作

预报时根据 2、3 月出现的实际降水距平百分率分布场和 500 hPa 环流形势场,与

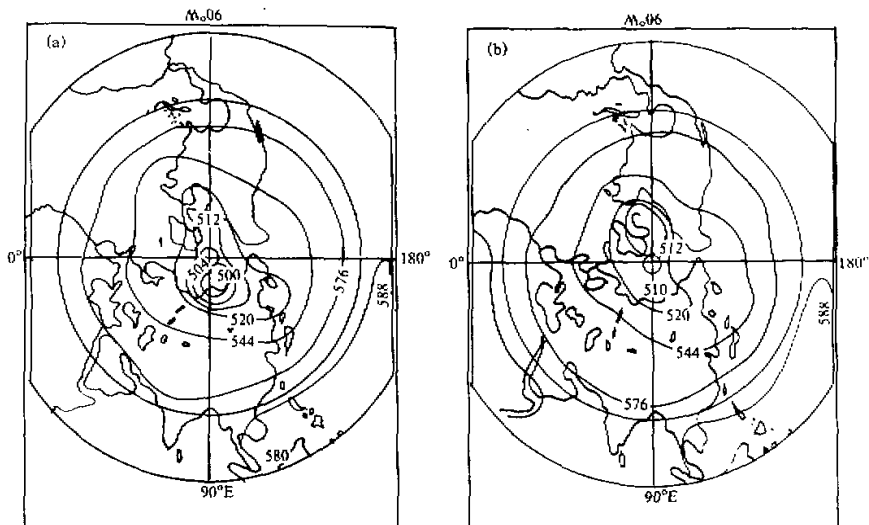


图 2 与 2 月份(a)、3 月份(b)第一特征向量场相对应的 500 hPa 平均图

2、3 月的各个特征向量场和平均环流形势场相对照进行分析,找出最相似的降水特征向量场和 500 hPa 环流的连续演变特征。其对应的 5 月份降水特征向量场的分布就是要预报的降水量场的分布特征。由于特征向量场给出的是距平符号分布的相对性,并不一定是降水正距平和负距平分布与特征向量场相对应,也就是说并不存在数学上严格的一一对应关系,这一点在做预报分析时要予以考虑。1992 年根据 2 月和 3 月的降水距平百分率场(图略),预报 5 月的降水分布趋势如 5 月份的第二特征向量,即预报广东降水东南部沿海汕尾一带,西南部阳江、信宜等地为正,其余地区为负。实况如图 3。

由实况可以看出,趋势报得较好,2 个正中心和 1 个负中心都基本报准(做季的预报时也发现降水分布的正、负中心能较好地报出来)。如以预报的距平符号与实况出现的降水距平符号相一致为准确,则 1992 年的预报准确率为  $10/18 = 56\%$ 。

为了从另一角度来预测全省降水量的总趋势,我们利用所求得的第一特征向量所对应的 2、3 月份的时间系数作二维坐标点聚图(图 4),图中横坐标为 2 月份第一特征向量所对应的时间系数,纵坐标为 3 月第一特征向量所对应的时间系数,图中点数为历年 5 月份的降水距平百分率。

做预报时,只要根据已出现月份的降水距平值,用(3)式即可算出做预测所需要的时间系数

$$T_{M \times N} = X'_{M \times M} \times A_{M \times N}, \quad (3)$$

式中  $X'_{M \times M}$  已知,  $A_{M \times N}$  为已出现月份降水距平值组成的矩阵。

用(3)式算出 1992 年 2、3 月份的时间系数分别为:  $T_1 = -13.25$ ;  $T_2 = 118.47$ 。点子落在图的右下方(见图 4)。

由图估算 1992 年 5 月广东全省总的降水量趋势为正(但分布不均),实况是全省 5

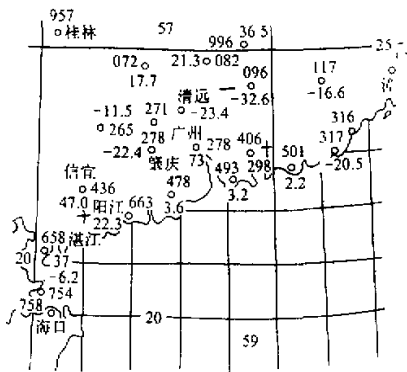


图3 1992年5月份广东省降水距平百分率分布实况

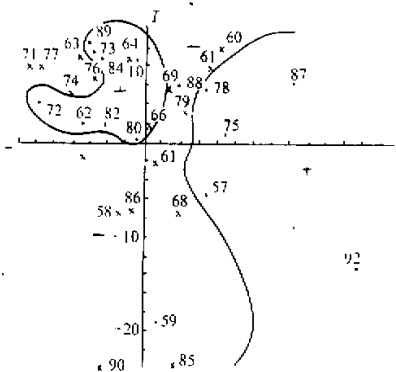


图4 广东省5月份降水总趋势点聚图  
“•”为降水正距平,“x”为降水负距平

月份18站降水量的合计值为5536.5 mm,比平均值4998.6 mm多537.9 mm,趋势预报准确。

表1是近10年用此方法试报的结果(以预报的距平符号与实况的降水距平符号相一致为正确进行统计),其平均确率为67%,1991年的预报确率为61%。

表1 1982—1991年 EOF方法做5月份降水趋势预报确率与5月份降水业务预报评分一览表

| 年          | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 平均   |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 项目         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| EOF方法预报准确率 | 0.89 | 0.87 | 0.50 | 0.78 | 0.89 | 0.33 | 0.56 | 0.56 | 0.83 | 0.61 | 0.67 |
| 5月业务预报评分确率 | 0.67 | 0.61 | 0.44 | 0.43 | 0.51 | 0.67 | 0.67 | 0.64 | 0.41 | 0.90 | 0.59 |

1992,1993年利用此方法做了广东省前汛期、季(4—6月)的降水趋势预测。

1992年预报广东省东部和阳江降水偏多,清远、河源等市偏少,实况与预报趋势一致。

1993年预报广东汛期降水有两个正的降水中心,一个在广东省北部清远附近,一个在阳江(许多预报工具反映阳江偏少),北部的降水量偏多。实况是1993年4月至5月初广东省北部连续降大暴雨,韶关、清远等北部地区遭受25年一遇的洪水袭击,整个汛期的降水趋势与预报相符。可见用该方法做月(季)降水趋势预报有一定的参考价值。

五、小 结

(1) 该方法有较明确的天气学意义,其基础是近年来许多研究成果所表明的,长期天气过程的演变存在着隔季、月的遥相关关系。但其承替关系的物理过程有待进一步探索。

(2) 该方法的试报和实际使用略高于近10年的预报质量评分,在业务预报中有较

好的参考价值。

(3) 该方法是在天气统计的意义下, 考虑要素场(降水场)的连续演变来决定未来将出现的降水场分布趋势, 亦即是从动态的观点来分析, 考虑长期天气过程的演变及结果。因此预报效果更接近客观实际。

(4) 缺点是在判别实际出现的降水场与哪一个典型场更相似时, 由于天气变化的复杂性, 难免会带上主观性。这有待今后的实际工作中进一步改进。

(5) 前期降水场有两个月份, 若找到的相似属于不同的特征向量, 我们取后一个月的相似为准, 再参考其它一些依据作出判断。效果如何还有待在今后的使用中进一步验证。

## 参 考 文 献

- [1] Weare, B.C. and J.S. Nasstron, 1982. Examples of extended empirical orthogonal function analysis. *Mon. Wea. Rev.*, 110, 481—485.
- [2] 葛玲等, 1991, 北半球 30 hPa 月平均高度、温度场典型特征的结构和演变, 南京气象学院学报, 14, No.2, 160—168.
- [3] 陈菊英, 1991, 中国旱涝的分布和长期预报研究, 农业出版社.
- [4] 林学椿, 1978, 初夏我国大范围旱涝的前期特征, 中长期水文气象预报文集(第一集), 水利电力出版社, 119—127.
- [5] 李鸿洲等, 1978, 长江流域洞庭、鄱阳两湖地区汛期旱涝长期天气过程的初步分析, 中长期水文气象预报文集(第一集), 水利电力出版社, 140—161.
- [6] 张庆云、陈烈庭, 1992, 东亚大气环流的低频振荡及韵律的关系, 大气科学, 16, No.3, 333—338.

## Extended Empirical Orthogonal Function (EEOF) and Applications to Monthly (Seasonal) Rainfall Prediction

Xie Jiongguang

(Guangzhou Central Meteorological Observatory, Guangzhou 510080)

### Abstract

In this paper, a new scheme for long rang forecast has been presented. The monthly (seasonal) rainfall distribution field which are consist of continuous monthly data is expanded by EEOF. Each monthly characteristic vector field and correction to time weighted coefficient is evaluated, the synoptic signification of each field and its continuance evolution are analysed. Finally, the monthly and seasonal rainfall distribution field is predicted by the earlier characteristic vector field. Simultaneously, the rainfall tendency of monthly (seasonal) is evaluated by the two dimensional scatter diagram of the time coefficient.

**Key words:** extended empirical orthogonal function; monthly (seasonal) rainfall; relation of ever successive seasons.