

我国汛期降水的 EOF 分析

邓爱军 陶诗言 陈烈庭

(成都气象学院)

(中国科学院大气物理研究所)

提 要

本文选取了均匀分布的 32 个测站作为研究对象, 取其 1951—1985 年汛期 (4—9 月) 的逐月降水量, 利用经验正交函数 (EOF) 分析方法对我国汛期降水的基本气候特征进行了研究. 分析表明, 所得到的各特征向量场及其对应的时间系数很好地代表了我国汛期降水的空间分布和时间变化 (包括季节变化和年际变化). 这些结果为我们进一步探讨海温场、高度场等物理因子与我国汛期降水型的关系提供了基础.

一、引 言

近年来, 世界性气候异常的频繁发生引起了国内外气象学者的广泛重视. 由于降水的异常往往给工农业生产造成重大损失, 危害人民的生命财产安全. 因此, 大范围旱涝预报一直是长期天气预报研究的一个重要课题. 关于这方面的工作^[1-3]已有很多. 然而大部分工作都是以个别测站或区域平均的降水量和预报因子为依据, 往往具有一定的局限性. 另外, 长期预报实践表明^[4], 认识和掌握我国汛期降水总的分布趋势及其主要特征, 对做好全国大范围旱涝趋势预报具有非常重要的意义. 所以, 本文利用 EOF 分析方法研究了我国汛期降水的时空分布特征, 试图进一步探讨海温、高度场等物理因子与我国汛期降水的关系.

二、资 料 和 方 法

1. EOF 方法简介^[5]

EOF (Empirical Orthogonal Function) 方法即经验正交函数展开法, 它与其它正交函数分解方法一样, 可用于气象场的分解. 但它的优点是根据气象要素的主要特征来确定正交函数的形式, 取点也不受限制.

设气象场 $F=f(t, x)$, 其中, t 表示时间, x 表示空间点的编号. 以 $F_{ij} (i=1, 2, \dots, m, j=1, 2, \dots, n)$ 表示第 i 次时间第 j 个空间点上气象要素的观测值. 其中, m 为时间序列的长度, n 为测站数. 基本原理是将气象场 F 分解为只与时间或空间有关的两部分. 与空间有关的部分由正交函数组成, 称为特征向量; 与时间有关的部分表示各正交函数随时间的变化, 称为时间系数. 整个过程可写成:

1986 年 10 月 28 日收到, 1987 年 6 月 20 日收到再改稿.

$$F_{m \times n} = T_{m \times n} X_{n \times n}.$$

其中 $F_{m \times n}$ 是原气象场, $T_{m \times n}$ 是时间系数矩阵; $X_{n \times n}$ 矩阵由特征向量组成. 利用求矩阵特征值的方法求出 $R = F^T F$ 阵的特征值, 然后求出各特征值对应的特征向量, 最后求得各特征向量对应的时间系数. 关于具体求法已众所周知, 因此就不赘述了.

特征值的大小表示与其对应的特征向量即典型场的权重; 时间系数表示该典型场随时间的变化.

研究^[6]表明, 经验正交函数稳定的必要条件是气象资料必须是平稳时间序列以及 $m \gg n$. 本文在计算中也考虑了上述稳定性条件.

2. 资料

在全国范围内均匀地选取 32 个测站, 取其 1951—1985 年汛期 (4—9 月) 逐月的总降水量, 即以每年 4—9 月的降水量连续地排列作为某一空间点的一列. 因此, 这种资料中包含着季节变化和年际变化. 这两种变化是本文讨论的重点.

三、我国汛期降水的时空分布特征

对 35 年汛期逐月降水量进行 EOF 分析, 取前五个特征向量分别 (按顺序) 作为五个基本雨型. 表 1 是各基本雨型对应的特征值及其百分比. 百分比是某特征向量对应的特征值与 32 个特征值之和的比, 它更明显地表示了该特征向量的权重.

1. 降水的季节变化

图 1a 是第一特征向量, 表示第一雨型. 这种雨型分布反映了长江以南多 (少) 雨, 长江以北特别是黄河下游少 (多) 雨的降水特征. 为了更清楚地研究该雨型的季节变化

表 1 降水的前五个基本特征向量对应的特征值及其百分比

特征向量	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	总和
特征值	0.0679	0.0492	0.0306	0.0194	0.0135	0.1806
百分比	21.22	15.39	9.55	6.06	4.22	56.44

和降水的基本气候特征, 对该特征向量对应的时间系数逐月的值进行 35 年平均 (如图 2a 所示). 图 2a 中曲线的两个极值 (最大值和最小值) 分别在五月份和七月份, 四月份有次最大值. 五月份时间系数为正极值, 结合图 1a 得到如下结论: 长江以南多雨而长江以北特别是黄河下游少雨. 四月份类似于五月份. 七月份时间系数为负极值, 这种情况正好与四、五月份相反, 即长江以北特别是黄河下游多雨, 而长江以南少雨. 因此, 这种雨型分布反映了四、五月份 (华南前汛期) 雨带位于华南和七、八月份雨带偏北使华北特别是黄河下游多雨的气候特征.

图 1b 是第二特征向量, 表示第二雨型. 其特征是我国东部特别是长江流域多 (少) 雨. 图 2b 是对应于该特征向量的时间系数逐月的多年平均值曲线. 图中可见, 六月份

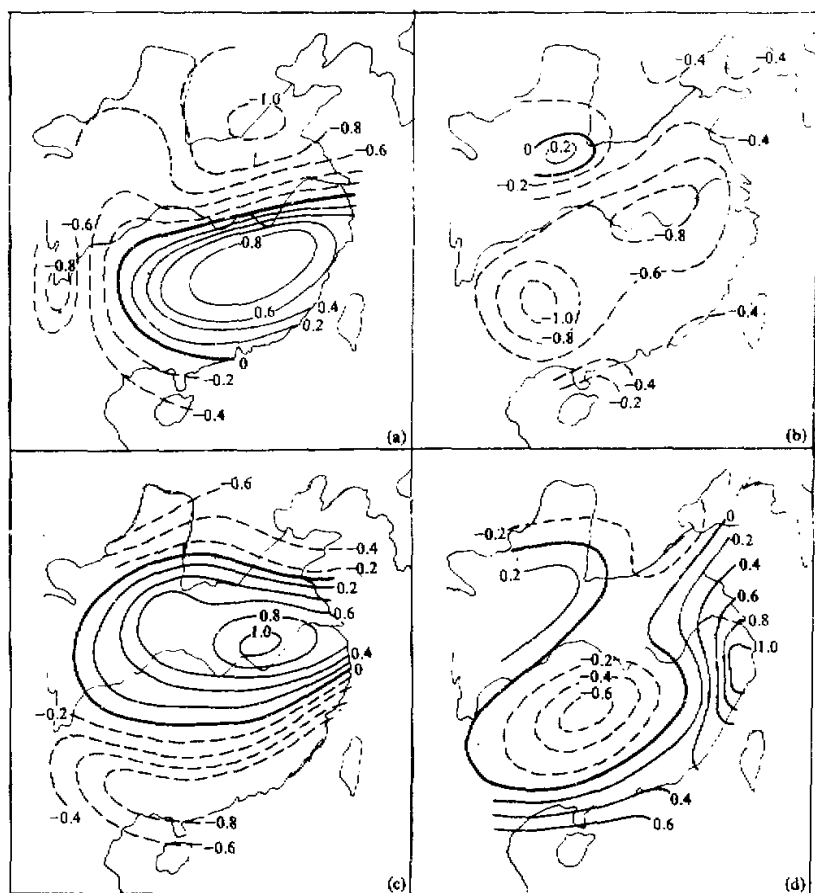


图1 降水的前四个特征向量

a: 第一特征向量, b: 第二特征向量, c: 第三特征向量, d: 第四特征向量。

为负值,七月份次之。因此,结合图1b即该雨型分布反映了六、七月份雨带位于长江流域即长江流域梅雨降水的气候特征。

图1c是第三特征向量,表示第三雨型。图中华南沿海地区和华北平原少(多)雨,而长江流域多(少)雨。图2c是对应于第三特征向量的时间系数逐月的多年平均值曲线。图中可见,八月份时间系数有明显的负极值。结合图1c即八月份雨带主要位于华北平原和华南沿海地区,而江淮流域少雨。这种雨型分布反映了八月份副热带高压比较偏北(位于 30°N 附近),其北侧的雨带位于华北平原,江淮流域由于受副热带高压控制而少雨,华南沿海地区受副热带高压南侧的东风气流影响而台风活动频繁。因此图1c中华南沿海地区的多雨带反映了台风降水。所以第三雨型表示了八月份南北两条雨带共存的降水特征。

图1d是第四特征向量即第四雨型。图中,从华北平原,长江中上游地区至华南有

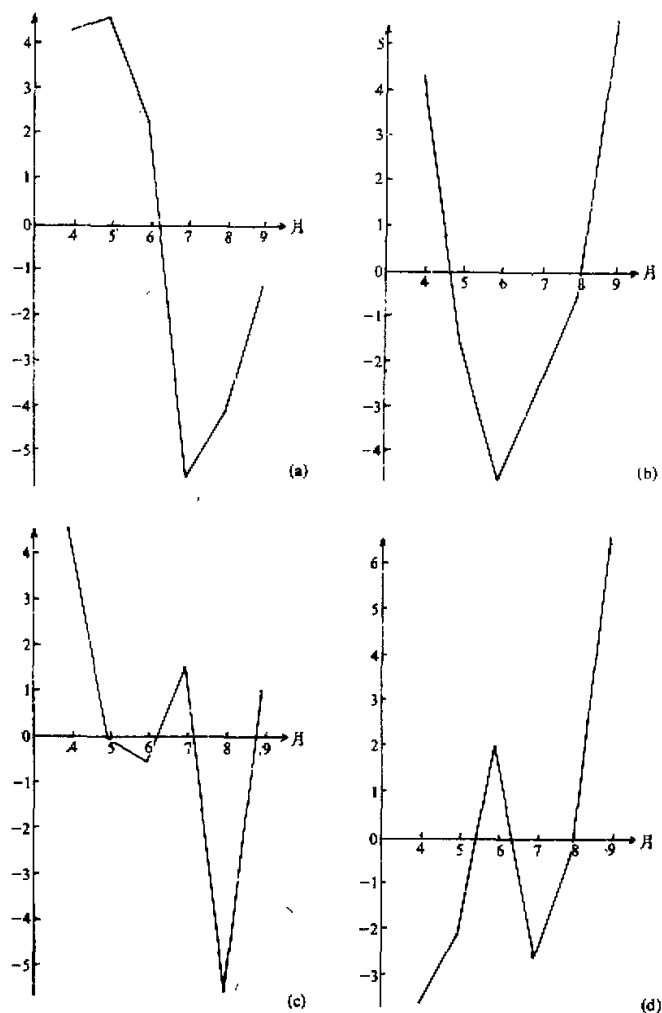


图2 降水的前四个特征向量对应时间系数逐月的多年平均值曲线

a: 第一特征向量, b: 第二特征向量, c: 第三特征向量, d: 第四特征向量。

一条东北—西南走向的多(少)雨带, 主要中心位于华南和西南; 其两侧的四川盆地和沿海地区为少(多)雨区。图2d是对应于第四特征向量的时间系数逐月的多年平均值曲线。图中, 四月份有明显的负极值。结合图1d即从华北平原至长江中上游到华南有东北—西南向的多雨带, 多雨区中心位于华南。这可能仍与华南前汛期降水有关。此时, 四川盆地和沿海地区少雨。图3d中, 九月份有明显的正极值, 即四川盆地和沿海地区多雨, 其间为东北—西南走向的少雨带。这种雨型分布可能反映了秋季四川盆地受生成后未移出的西南低涡影响(四川盆地的降水大部分是由西南低涡造成的)而多雨; 沿海地区的多雨区可能与台风和江淮气旋的活动有关。

图 1e(略)是第五特征向量,表示第五雨型.图中有两条多(少)雨带分别位于黄河流域和东南沿海地区,长江流域和西南地区少(多)雨.图 2e(略)是对应于该雨型的时间系数逐月的多年平均值曲线.图中四月份和七月份为负极值,即黄河流域和东南沿海地区为两条多雨带;长江流域和西南地区少雨.四月份,北支雨带可能与春季黄河气旋的活动有关;南支雨带可能与华南前汛期降水有关.七月份,北支雨带可能反映了副热带高压北侧的降水(同第一雨型);南支雨带可能与台风降水有关.图 2e 中,六月和九月份曲线为正极值,即西南地区 and 长江流域多雨,这可能与西南低涡降水和梅雨有关.

2. 汛期降水的年际变化

降水不仅有季节变化,而且还存在着年际变化.讨论汛期降水的年际变化有利于进一步研究降水的异常,对于探讨气候异常变化是很有意义的.本文是用上述五种基本雨型的时间系数距平进行研究的.

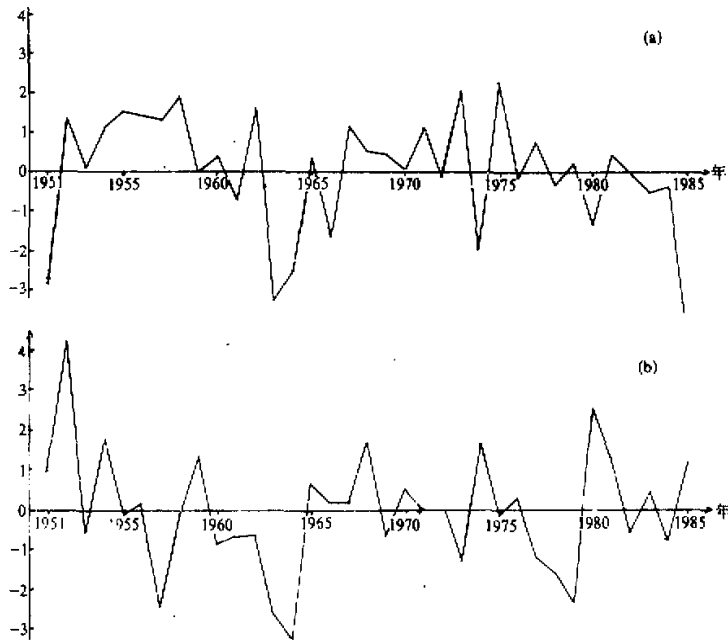


图3 第一特征向量对应的时间系数距平曲线
a: 五月份 b: 七月份

图 3a 是第一特征向量即第一雨型对应的时间系数五月份的距平曲线,是由该特征向量对应的时间系数中逐年五月份的值减去图 2a 中五月份的多(少)年平均值所得到的差,它可以近似地表示华南前汛期降水的年际变化(此处是指降水相对于正常年的偏差值).图中可见,华南前汛期降水较常年偏多的年份有:1958,1962,1973 和 1975 年等.这与历史气候资料^[7]比较是基本吻合的.图 3b 是第一雨型对应的时间系数七月份的距平曲线,反映了黄河下游降水的年际变化.负距平表示降水偏多,这是因为时间系数七月份

的(多年平均)值本身是负的(同时还考虑了特征向量的符号)。从图中可以看出,1957、1964和1979等年份黄河下游降水较常年偏多,而1952和1982等年偏少。

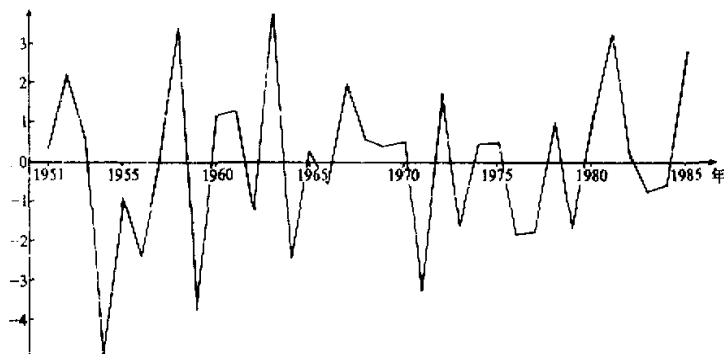


图4 第二特征向量对应的时间系数六月份的距平曲线

图4是第二特征向量对应的时间系数六月份的距平曲线,它表示了梅雨降水的年际变化。图中可见梅雨降水较常年偏多的年份有:1954,1956,1959,1964,1971,1974,1976,1977和1979等年;偏少的年份有:1952,1958,1963,1966,1972,1981和1985年,其中有的年份甚至出现了空梅,这与历史气候资料^[7]比较,以上分析是比较符合事实的,如“1954年长江流域出现了百年未遇的大洪水,江南地区4—7月总降水量达到1200—1800mm,有些地方超过了2000mm,1958年是严重的空梅年。”以上事实都可以从图5中很清楚地看出。

图5是第三雨型对应的时间系数八月份的距平曲线,它表示了华南沿海地区和华北平原两条降水带的年际变化。图中可以看出降水偏多的年份有:1959,1964,1967,1972,1973,1976,1978和1985等年,其中以1959,1967,1978和1985年最为显著。如“1959年8月份,山西北部、河北北部、辽宁西部、内蒙古中部和东南部总雨量多达400—700mm,比常年偏多五成至两倍,出现了严重的雨涝。由于连降暴雨,使北京、

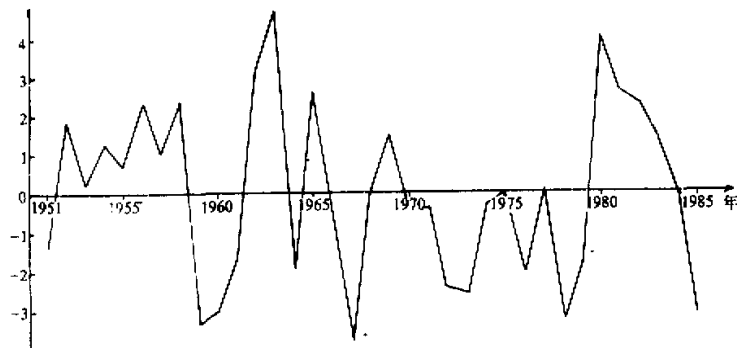


图5 第三特征向量对应的时间系数八月份的距平曲线

天津等地发生了严重的洪涝灾害,华南沿海地区由于台风活动异常偏多,使福建、广东、广西和浙江等地出现了大暴雨。此时,长江和淮河流域干旱严重”。^[7]华北平原和华南沿海地区降水偏少的年份有:1963,1965和1980等年。如1980年“八月份江西大部、

福建和广东省相继少雨干旱,不少地方河溪断流、山塘水库干涸,甚至多年未干过的泉水也断水”。^[7]

图 6 是对应于第四特征向量的时间系数九月份的距平曲线。图中可见一些降水异常的年份。如“1956, 1958 和 1962 年沿海地区和四川盆地降水偏多, 1985 年九月份浙江和江苏沿海地区出现了比较严重的涝灾。

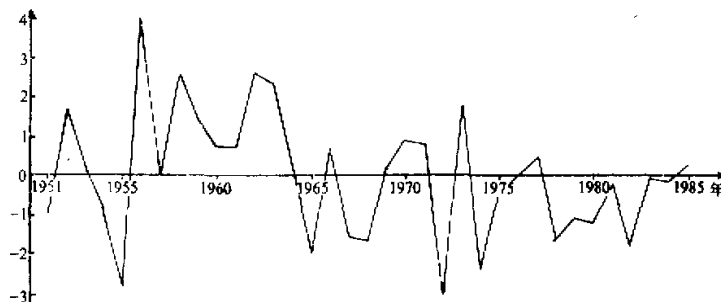


图 6 第四特征向量对应的时间系数九月份的距平曲线

四、结 论

综上所述,我们利用 EOF 分析方法将我国汛期降水分解为以下五个基本类型:

(1) 长江以南多(少)雨,长江以北特别是黄河下游少(多)雨,见图 1a. 该雨型的方差贡献为 21.22%. 它反映了四、五月份的华南前汛期降水和七、八月份黄河下游降水的基本气候特征。

(2) 我国东部特别是长江流域多(少)雨,见图 1b. 该雨型方差贡献为 15.39%. 它反映了六、七月份长江流域梅雨降水的基本气候特征。

(3) 华北平原和华南沿海地区少(多)雨,江淮流域多(少)雨,见图 1c. 该雨型方差贡献为 9.55%. 它反映了八月份两支雨带(北支即副高北侧的雨带和南支台风雨带)共存的降水特征。

(4) 沿海地区和四川盆地多(少)雨,其间有一东北—西南走向的少(多)雨带,见图 1d.

(5) 东南沿海地区和黄河流域多(少)雨,西南地区 and 长江流域少(多)雨。

通过对时间系数的分析,可以看出汛期降水的季节变化,即雨带随着季节的南北移动;通过对时间系数距平曲线的分析可以看出汛期降水较常年的偏差即年际变化与历史气候资料相比是比较符合事实的。这些分析都为我们进一步研究我国汛期降水与其它物理因子(如海温场,高度场等)的关系奠定了基础。

参 考 文 献

- [1] 陈烈庭, 1977, 东太平洋赤道地区 SST 异常对热带大气环流及我国汛期降水的影响, 大气科学, 第 1 卷 1 期, 1—12.
- [2] 章淹等, 1985, 1983 年长江流域的异常大雨与海洋异常, 海洋学报, 第 7 卷 1 期, 21—33.
- [3] 陶诗言, 徐淑英, 1962, 夏季江淮流域持久性旱涝现象的环流特征, 气象学报, 第 32 卷 1 期.
- [4] 中央气象台长期预报组, 1976, 西太平洋副热带高压和我国东部地区夏季的降水——我国夏季降水的中长期预报初步探讨之一, 一九七六年全国经验交流会技术资料选编, 气象出版社.
- [5] 南京气象学院气象专业试用教材, 1980, 气象统计预报, 177 页.
- [6] 章基嘉等, 1979, 论自然正交函数的稳定性, 南京气象学院学报, 第 2 期, 89—98.
- [7] 冯佩芝等, 1984, 中国主要气象灾害分析 (1951—1980), 气象出版社.