

广东省前汛期降水分布趋势的分析与预测*

谢炯光

(广州中心气象台, 广州 510080)

提 要

利用模糊聚类分析方法将广东省前汛期降水的分布趋势进行分类. 取各类的代表站进行对应分析, 用前两个公共因子对汛期降水的分布趋势进行分类, 分析各类的 500 hPa 平均高度场及它们之间的差异. 同时研究各类前冬(1, 2月) 500 hPa 环流形势的演变特点和海温场(12~2月)的分布. 最后求得前两个载荷变量的预测值, 作出汛期降水分布趋势预报.

关键词: 汛期降水 模糊聚类分析 降水趋势预报

前 言

随着资料的不断增多, 预报方法的不断改进, 对影响短期气候变化的物理因素的认识逐步深入, 汛期降水量预报质量近年有了很大的改善. 但随着国民经济的发展和生产服务的需要, 人们逐渐发现, 只预报汛期降水量偏多还是偏少, 已经不能满足有关部门使用的需要. 只有在对汛期各月降水量作出估计的同时, 也对各月间的降水关系作出分析, 即对整个汛期降水从总体上考虑其分布趋势, 才能更好地满足用户的需要. 本文正是根据实际工作中提出的这个问题对广东省前汛期降水分布趋势进行分析和预测.

首先对广东省前汛期降水进行模糊聚类分型, 找出各型的代表站. 对代表站作对应分析. 文献[1][2]是一种综合了 R 型和 Q 型因子分析特点的多元统计分析技术, 从资料矩阵空间点和时间点之间联系性和对应性出发, 对在时间和空间方面联系密切的点聚集状况作出分类. 并对各类作相应的天气学意义分析, 最后利用双评分准则回归分析, 求得前 2 个公共因子载荷的预报值. 利用二维载荷因子散布图作出广东省前汛期降水分布趋势的预测.

1 资料及方法

本文研究的资料取自广东省 18 个站点 1951~1994 年 4、5、6 月份的降水量, 北半球 500 hPa 格点资料, 西北太平洋海温 286 点格点资料.

* 本研究得到“九五”重中之重项目“我国短期气候预测系统的研究”96-908-05-07 专题资助.
1996-10-03 收到, 1996-12-20 收到修改稿.

设广东省前汛期降水资料阵为 $X_{n \times m}$

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \dots & \dots & x_{ij} & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{pmatrix} \tag{1}$$

其中 i 代表样本, j 代表变量(月降水量).

令
$$T = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij}$$

$$P_{ij} = X_{ij}/T$$

将式(1)变为如下概率矩阵

$$\begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1m} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nm} \end{pmatrix} \begin{matrix} P_{.1} \\ P_{.2} \\ \dots \\ P_{.n} \end{matrix} \tag{2}$$

$$P_{.1} \quad P_{.2} \quad \dots \quad P_{.m}$$

其中
$$P_{.i} = \sum_{j=1}^m P_{ij} \quad P_{.j} = \sum_{i=1}^n P_{ij}$$

令
$$Z_{ij} = \frac{P_{ij} - P_{.i} P_{.j}}{\sqrt{P_{.i} P_{.j}}}$$

将式(2)变为如下矩阵

$$Z_{m \times n} = (Z_{ij})$$

计算矩阵 $Z_{m \times n}$ 得如下关系式

$$U_k = \frac{1}{\sqrt{\lambda_k}} Z' V_k \tag{3}$$

$$V_k = \frac{1}{\sqrt{\lambda_k}} Z U_k \tag{4}$$

其中 U_k 为 $Z'Z$ 的特征向量, V_k 为 ZZ' 的特征向量, λ_k 为特征根.

在样本空间中第 j 个样本点在第 k 个因子轴上的坐标为 g_{jk} .

$$g_{jk} = U_{jk} \lambda_k \tag{5}$$

在变量空间中第 j 个样本点在第 k 个因子轴上的坐标为 t_{ik} .

$$t_{ik} = V_{ik} \lambda_k \tag{6}$$

2 计算及分析结果

2.1 计算与分类

对广东省 18 站汛期降水量用模糊聚类得到：在阈值为 0.75 的条件下，将广东 4~6 月降水分为 5 个区（西南、北、中、北部偏南、东南）。对每个区降水量作对应分析，取前两个因子载荷变量 f_1, f_2 作点聚图，在 f_1-f_2 因子平面图上，把降水分布趋势进行分类。从所得 5 张图的分析情况看，每张图都能把汛期降水的降水分布趋势很好地归类。表 1 是 5 个区对应分析的 f_1, f_2 的方差贡献。考虑到广东前汛期，北部的降水对北江，西江的防洪抗灾有着重要的意义，为方便计，本文以北部的代表站韶关进行计算及分析。

表 1 各区 f_1, f_2 的方差贡献

Table 1 The variance contribution of f_1, f_2 of correspondence analysis of five regions respectively

	北区	北部偏南区	中区	东南区	西南区
	韶关	清远	广州	汕头	湛江
f_1	41.4	42.9	36.2	58.7	34.7
f_2	29.3	28.6	27.6	41.3	33.3

型(↗型)，另一类为降后升型(○型)；第Ⅱ部分为升后降型(●型)；第Ⅲ部分为连降型(↘型)。由图可以看出该方法能把各年汛期降水的降水分布趋势很好地归类。

表 2 给出各类降水分布的月、季雨量距平百分率。由表 2 可以看出每一类的汛期降水分布趋势有如下特点：① 连升型：6 月份降水量偏多(7/7)，如预报该年为连升型和 4 月雨量偏多，则出现洪涝的可能性较大。② 连降型：5、6 月份降水偏少(5/6)。③ 升后降型：5 月份偏多(16/22=72.7)，6 月份偏少(18/22=81.8)。④ 降后升型：5 月份偏少(9/9)，6 月份偏多(6/9)。

降水分布趋势的这些特点，可以给预报员提供一些有用的天气预报参考信息，如预报升后降型则 6 月份降水偏少的可能性就相当大(18/22)；反之如预报连升型，则 6 月份降水偏多的可能性就大(7/7)。

取广东省韶关站(4~6 月)降水量 1951~1994 年资料阵($m=3, n=44$)，以月降水量作为矩阵的元素值进行对应分析，取前两个因子载荷变量 f_1, f_2 作点聚图(图 1)。在 f_1-f_2 因子平面图上，把 1951~1994 年 44 个降水分布趋势样本分为 3 部分；第 I 部分中又分为 2 类，一类为连升

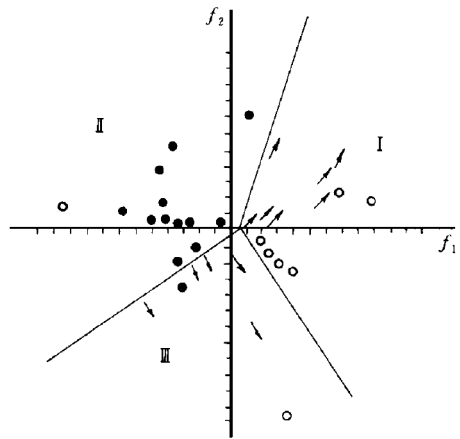


图 1 各类降水分布趋势散布图

(●-升后降, ○-降后升, ↗-连升, ↘-连降)

Fig. 1 Scatter diagram of various kinds of precipitation distribution tendency, (●-rising then falling, ○-falling then rising, ↗-continue rising, ↘-continue falling)

2.2 各类降水分布趋势的冬春季(1~3月)的平均环流形势的差异

为考察各类降水分布趋势的环流特征,我们对降后升型共10年,升后降型共22年,连升型共7年,连降型共6年(以上各年平均对应1~3月)的500 hPa平均高度场(图2a, b, c, d)进行对比研究. 由图可见,图2(a, b)的500 hPa高度场可归一大类. 图2(c, d)的500 hPa高度场又可归为另一大类. 这两大类的主要区别是:前者500 hPa高度场上极涡偏弱,位于阿拉斯加的高压脊偏强,欧洲槽偏弱,后者则刚好相反. 可以看出在冬季极涡偏弱,副热带高压也偏弱(偏强),则前汛期的降水分布趋势属升后降型(降后升型),降水量偏少(偏多). 反之,在冬季极涡偏强,副热带高压偏强(偏弱)的情况下,

表2 各类降水分布的月,季雨量距平百分率(%)

Table 2 Percentage of monthly and seasonal rainfall anomaly for four types of precipitation distributions

(a)连升型

	1959年	1962年	1964年	1968年	1974年	1976年	1993年
季雨量	24.6	65.4	8.7	-6.7	16.4	-3.7	563.0
4月雨量	5.8	9.5	-17.2	-43.7	-30.6	-4.4	73.3
5月雨量	17.7	29.1	-24.6	-32.5	20.0	-11.3	60.8
6月雨量	51.3	163.3	72.7	59.9	60.0	5.6	108.6

(b)连降型

	1954年	1967年	1981年	1983年	1984年	1985年
季雨量	72.1	-45.3	14.6	-3.0	16.1	-54.5
4月雨量	96.9	-8.8	66.82	13.87	83.4	-38.1
5月雨量	72.5	-36.5	-17.0	-14.7	-7.8	-51.5
6月雨量	46.4	-92.4	-2.8	-6.9	-25.3	-74.5

(c)降后升型

年	1951年	1958年	1961年	1963年	1966年	1970年	1977年	1990年	1994年
季雨量	30.4	-14.3	8.5	-54.0	4.6	14.9	3.6	-22.4	30.6
4月雨量	160.6	13.7	31.5	-73.5	-0.1	27.9	10.3	-9.3	1.8
5月雨量	-67.6	-50.3	-36.0	-78.2	-79.1	-10.8	-13.3	-49.8	-31.8
6月雨量	8.6	-2.1	35.3	-6.9	103.9	30.5	15.9	-4.7	130.1

(d)升后降型

	1952年	1953年	1955年	1956年	1957年	1960年	1965年	1969年	1971年	1972年	1973年
季雨量	-2.5	33.1	2.5	-31.0	-1.6	1.7	-13.2	24.6	-22.1	14.8	-54.0
4月雨量	9.2	-24.3	-72.7	-33.7	-6.1	-40.7	1.2	-44.2	-52.0	10.5	59.7
5月雨量	9.3	96.3	32.5	-7.8	2.6	57.7	-8.4	12.8	1.0	42.3	64.4
6月雨量	-27.7	20.1	44.3	-54.4	-1.7	-18.4	-33.2	-35.9	-17.8	-11.8	22.9

续(d)

	1975年	1978年	1979年	1980年	1982年	1986年	1987年	1988年	1989年	1991年	1992年
季雨量	-13.2	-6.7	-39.6	11.9	-6.2	-18.5	-22.8	-35.3	-2.8	-43.6	-8.4
4月雨量	11.8	-0.1	-35.7	20.9	-21.2	-20.3	-20.1	-20.1	-9.6	-76.7	-3.0
5月雨量	58.0	14.0	-41.1	55.7	33.8	-22.3	12.1	-24.1	52.2	-18.3	21.3
6月雨量	-22.4	14.0	-41.8	-46.8	-36.1	-12.6	-56.9	-63.4	-58.2	-38.5	-47.6

则前汛期降水变化趋势属连降型(连升型),汛期降水量偏少(偏多).由于前汛期降水与冷空气活动和副高的位置有很大的关系,以上的结果表明,冬季极涡与副高的关系,与前汛期冷空气活动有较密切的关系,这和文献[3]关于极涡的季节变化规律相类似.如冬季副热带高压强,极涡偏强,则在前汛期影响广东省的冷空气偏少、偏弱.使广东省易出现降水量偏少的情况.

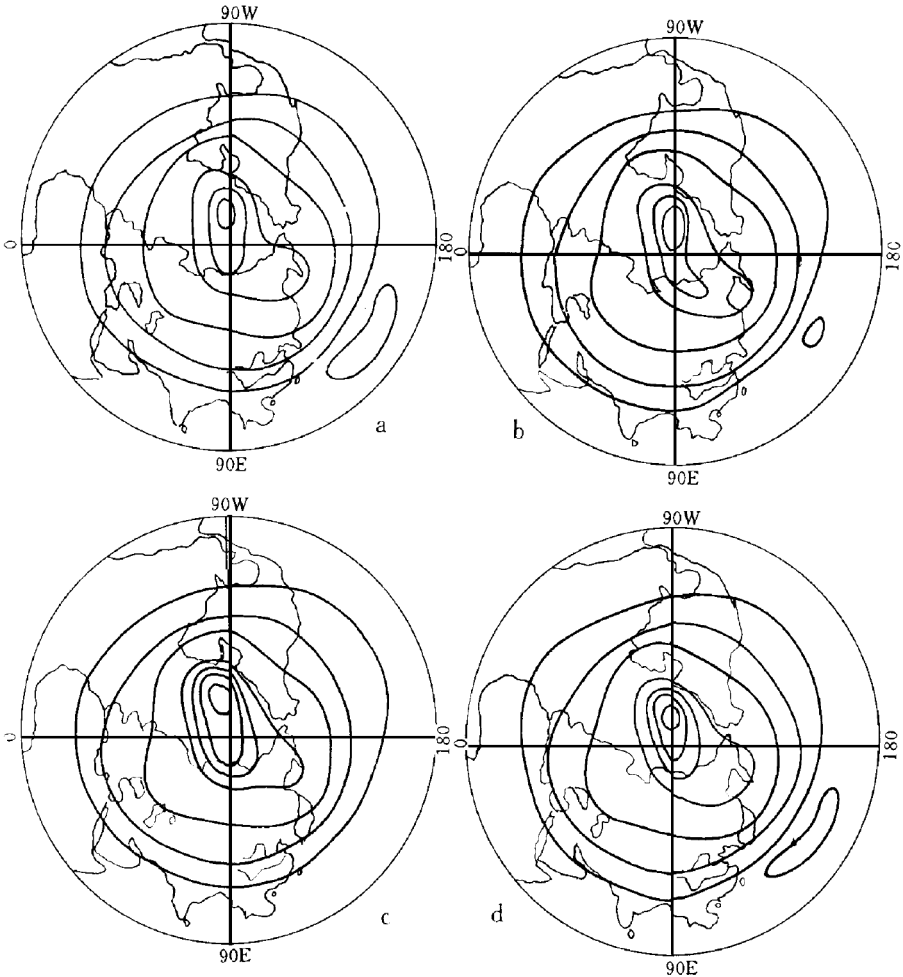


图2 降后升型(a)、升后降型(b)、连升型(c)、连降型(d)的(1~3月)平均环流形势
 Fig. 2 The mean circulation patterns of (a) falling then rising, (b) rising then falling, (c) continue rising, (d) continue falling from Jan. to March at 500 hPa

2.3 各类降水分布趋势前冬大范围环流特征的演变差异

人们通过研究旱涝前期的环流形势以进一步了解旱涝成因^[4],同样通过研究各类汛期降水分布的前期环流特征及其演变过程,也可以了解汛期降水分布趋势的成因,从而有效地进行汛期降水分布趋势的预测.我们分析了各类汛期降水分布趋势前冬(1,2月)

平均 500 hPa 高度场的特点及连续演变规律，发现降后升、升后降型与连升、连降型有明显的差异，降后升、升后降型 1 月的极涡强度比连升、连降型偏弱，东亚大槽降后升、升后降型较强。从 1 月到 2 月的 500 hPa 环流形势连续演变图(见图 3(a, b))，我们看到降后升、升后降型 2 月极涡比 1 月份稍有加强。而连升、连降型 2 月份极涡比 1 月明显加强(图 3(c, d))。可见广东前汛期两大类降水分布趋势，前冬的环流形势演变发展有着明显的差异。

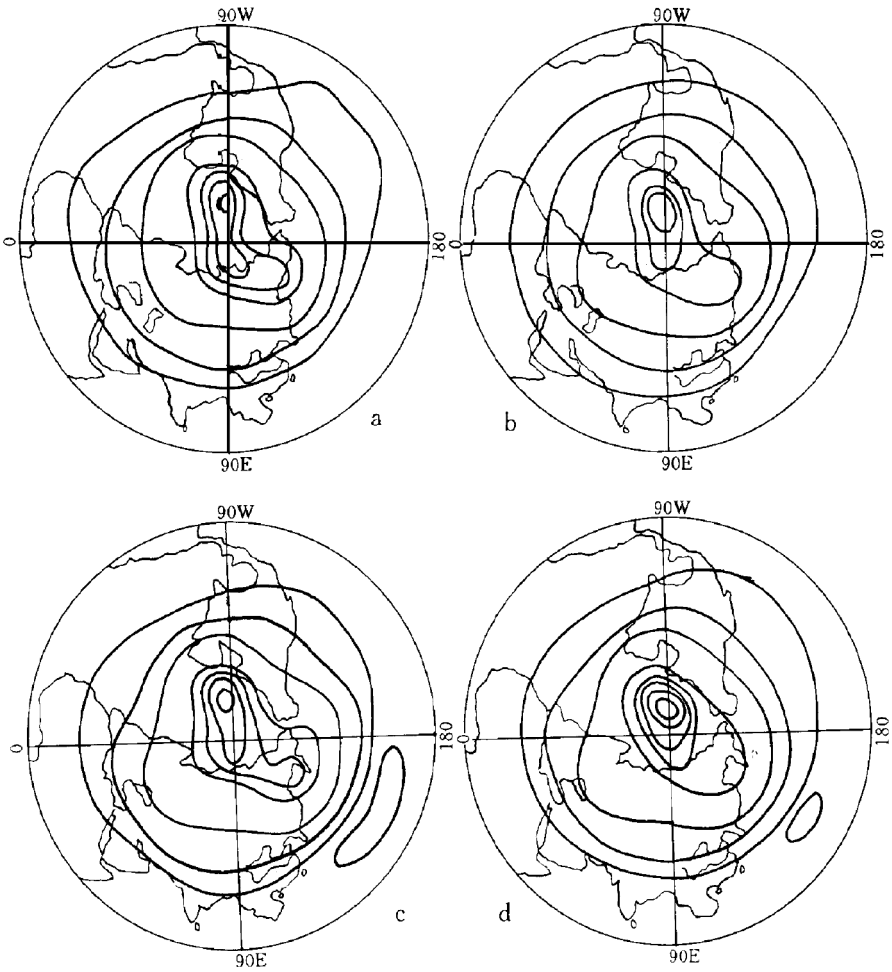


图 3 升后降型 1 月(a)和 2 月(b)以及连降型 1 月(c)和 2 月(d) 平均环流形势

Fig. 3 The mean monthly circulation patterns of (a) rising then falling (Jan.), (b) rising then falling (Feb.), (c) continue falling (Jan.), (d) continue falling (Feb.)

2.4 各类降水趋势前冬海温场的特征

冬季海温对东亚大气环流的影响时间大致从 4~5 月开始，一直可延续到 10~11 月，而以 7~9 月最为显著^[5]。用海温制作大范围长期降水趋势的季节性预报已取得明显的

效果. 本文着重研究海温对季节性降水的分布趋势的影响.

分析了4类冬季降水的分布趋势发现: ① 连升型前冬的海温场, 主要特点是加利福尼亚寒流区的海温为正, 黑潮暖流区和赤道冷水区为负, 而西风飘流区为正. ② 降后升型前冬的海温场, 加利福尼亚寒流区的海温为正, 黑潮暖流区和西风飘流区为负, 赤道冷水区为正. ③ 连降型前冬的海温场, 加利福尼亚寒流区为负, 西风飘流区和黑潮暖流区为负, 赤道冷水区除 Niño3 区为正外, 其余为负. ④ 升后降型前冬的海温场, 加利福尼亚寒流区的海温为负, 黑潮暖流区为负, 西风飘流区为正, 赤道冷水区除 Niño3 区小部分为正外, 其余为负.

由此可见, 前冬北太平洋海温场的海温分布与广东省北部地区的前汛期降水分布趋势有较好的联系.

2.5 计算因子载荷变量

为对因子载荷变量作出估计, 以在 f_1-f_2 散布图上做出汛期降水趋势归属哪一类型的预测, 我们利用均生函数自回归模型^[6]做出5个区1995年和1996年的因子载荷变量预测估计, 把得到的预报点绘到 f_1-f_2 图上(图略). 5个区的1995~1996年预测结果如表3所示. 由表3可见预测结果对前汛期降水分布有参考价值.

表3 5个区1995~1996年汛期降水趋势预测结果

Table 3 1995~1996 forecasting results of precipitation trend for five regions

		韶关	清远	广州	汕头	湛江
1995年	预报	降后升	升后降	降后升	升后降	连升
	实况	降后升	连升	连升	连升	连升
1996年	预报	降后升	连升	升后降	升后降	升后降
	实况	连降	连升	升后降	升后降	连升

3 小结

(1) 利用聚类 and 对应分析对广东前汛期降水分布趋势作预测在业务工作上是一种新的尝试. 由于所采用的统计方法考虑了样本资料空间和时间上的连续演变特点, 因此其预测结果对业务预报工作有较好的参考价值.

(2) 分类的结果对各月降雨量的趋势预报有一定的参考价值.

(3) 对于广东省前汛期降水分布为波动型(降后升, 升后降型), 其500 hPa的平均场主要特点是极涡偏弱, 位于阿拉斯加的高压脊偏强. 连线型(连升, 连降型)500 hPa的主要特征是极涡偏强, 欧洲槽偏强, 位于阿拉斯加的高压偏弱.

(4) 广东前汛期降水分布趋势前冬(1, 2月)500 hPa的特点及演变, 波动型(降后升, 升后降型)1月极涡偏弱, 2月份的极涡强度相对1月份变化不大. 而连降、连升型则相反, 1月份极涡较强, 2月份的极涡强度比1月份明显加强.

(5) 前汛期几类降水分布趋势与西太平洋的黑潮、西风飘流、赤道冷水区等海区的海表温度有较好的相关关系.

(6) 对于广东省前汛期降水分布趋势, 波动型和直线型无论是同时的或是前冬, 其中高纬的环流形势特征及其变化规律都迥然不同. 这种不同的环流形势的建立和演变及其物理机制尽管十分复杂, 但其前期特征和统计关系, 对提高业务短期气候预测水平, 还是很有参考价值的. 并且可以为今后的短期气候动力-统计预测工作打下基础.

参 考 文 献

- 1 王学仁. 地质数据的多变量统计分析. 北京: 科学出版社, 1985. 306~316.
- 2 黄嘉佑. 北京冬季气温的对应分析研究. 大气科学, 1981, 5(2): 207~213.
- 3 北京气象学院教材科. 长期天气预报理论方法和资料库建立的研究. 北京: 北京气象学院教材科印, 1991. 111~140.
- 4 孙淑清, 孙柏民. 东亚冬季风环流异常与中国江淮流域夏季旱涝天气的关系. 气象学报, 1995, 53(4): 438~450.
- 5 中国科学院大气物理研究所长期预报组. 一个可能提高长期预报质量的物理因子——1973~1977年汛期降水长期预报试验小结. 见: 长江流域规划办公室主编. 中长期水文气象预报文集第一集. 北京: 水利电力出版社, 1979. 172~183.
- 6 魏凤英, 曹鸿兴. 长期预测的数学模型及其应用. 北京: 气象出版社, 1990. 82~86.

ANALYSIS AND FORECAST OF PRECIPITATION DISTRIBUTION TREND PRIOR TO FLOOD SEASON IN GUANGDONG PROVINCE

Xie Jiongguang

(Guangzhou Central Meteorological Observatory, Guangzhou 510080)

Abstract

Classification of precipitation distribution trends prior to flood-season in Guangdong Province was carried out by using fuzzy cluster analysis technique. Corresponding analysis was also made for the sampled representative stations. The distribution trends of flood-season precipitation were classified by taking the first two common factors to analyse mean height fields at 500 hPa and investigate their differences. Meanwhile, evolution characteristics of 500 hPa circulation situation in the previous winter seasons (Jan. ~Feb.) and SST distribution (Dec. ~Feb.) were studied. Finally, precipitation distribution trend in flood-season was predicted by using forecast values of the first two loading variables.

Key words: Floodseason precipitation Fuzzy cluster analysis Precipitation trend forecast