

安徽省夏季降水区域特征

陈健^{1,2} 杜晓宾³ 方茸² 翟振芳² 邓斌²

(1 南京大学大气科学学院, 南京 210093; 2 安徽省合肥市气象局, 合肥 230041; 3 河南省气象局, 郑州 450003)

摘要 用 R 型因子分析的方法对 1957—2000 年安徽省 16 个测站的夏季降水资料进行研究, 应用因子荷载点聚图将观测站点进行区域划分, 找出每个区域内的代表观测站, 统计各分区夏季降水特征、夏季降水长期趋势变化、区域旱涝特征及年代际变化。结果表明: 安徽省夏季降水可以划分为 3 个区。其中砀山、滁州和宁国可以分别作为它们的标准站。研究指出, 40 多年 3 个区的夏季降水特征差别较大: 1 区夏季降水量最少, 2 区居中, 3 区最多, 其中 6 月 3 个区差别最明显; 1 区、2 区夏季降水量长期趋势变化不明显, 而 3 区表现为明显的正趋势变化; 2 区是降水异常的多发区, 更容易发生干旱与洪涝; 1 区中在 1957—1970 年和 1991—2000 年旱涝较频繁, 而在 2 区和 3 区中, 旱、涝频数随时间变化总体趋势是从旱向涝转变的。

关键词 安徽 R 型因子分析 夏季降水 区域特征

引言

当今某个别地点的气象预报已经远不能满足国民经济的需要, 往往需要较大范围的气象预报。但是, 气象要素的变化具有区域特征, 相近的地域往往具有相似的大尺度气候特征。我们可以利用长期积累的气象要素资料来识别这种区域特征, 从而了解同一区域内变化共性与不同区域之间变化的差异, 并将其作为大范围和中长期气象预报的重要参考依据。

安徽省位于我国东部, 长江、淮河自西向东横贯境内, 天然地将全省划分为淮北、江淮之间和江南 3 个区域。淮北为辽阔的平原, 海拔在 20~40 m; 江淮之间多起伏的丘陵, 大别山脉蜿蜒于西南; 江南除沿江一部分为圩区平原外, 多数是山区地带, 海拔在 500~1000 m。综观地貌构成, 安徽省地形十分复杂。从气象学观点看, 安徽省地处中纬度地带, 是季风气候最为明显的区域之一, 冬季在蒙古高压和阿留申低压的控制和影响下, 气候寒冷, 雨雪较少, 多晴朗天气。夏季(6—8 月)大陆低压形成, 盛行来自海洋的偏南暖湿气流, 天气炎热, 雨水充沛^[1]。夏季作为四季具有其特殊性, 夏季是全年降水最集中的季节, 区域旱涝特征也最显著, 所以通过对安徽省夏

季降水特征的研究对于防灾减灾更具有现实意义。

对安徽省基本自然特征的了解, 有助于研究安徽省夏季降水的区域性和区域特征。针对降水分区的方法与应用, 已有一些文章发表, 但目前对安徽省夏季降水进行分区的工作还没有, 本文用 R 型因子分析的方法, 对安徽省夏季降水进行分区, 进而研究它们的区域特征。

1 资料与方法

1.1 资料

利用砀山、亳州、宿州、阜阳、寿县、蚌埠、滁州、六安、霍山、合肥、巢湖、芜湖、安庆、宁国、黄山、屯溪 16 个观测站的月降水资料, 这些观测站较均匀地分布在安徽省内, 有 1957—2000 年完整的 44 年月气象观测资料, 基本上可以代表安徽省的特征。夏季降水用 6—8 月的总降水量。

1.2 R 型因子分析方法

气象场的分析与分类可以使用因子分析方法, 原始变量 X 可以分解为主成分的线性组合。这些主成分是互相独立的。但是第 k 个主成分的方差是 λ_k , Z_k 的系数 V_{ki} 并不能反映 Z_k 对 X_i 的重要性。为了用少数的 P 个变量(即主因子)来反映 m 个变量

的关系,应对主成分进行标准化,将标准化的主成分称为主因子。

$Z=V^T X$ 可写为 $X=VZ$, 其中 V_{ij} 就是第 i 个特征向量的第 j 个分量, Z_{it} 就是第 i 个主成分的第 t 个值, 因为第 i 个主成分的方差是 λ_i , 故令主因子为 f_i , 则 $f_{it} = Z_{it} / \sqrt{\lambda_i}$, 其中 $i=1, 2, \cdots, m$, f_{it} 是第 i 个主因子的第 t 个值。据此, 任何一个主因子的方差均标准化为 1。 $X=VZ$ 可写为矩阵形式: $X=V \cdot \lambda^{\frac{1}{2}} \cdot F=A \cdot F$ 。其中,

$$A = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & \cdots & A_{1m} \\ A_{21} & A_{22} & \cdots & A_{2m} \\ \vdots & & & \vdots \\ A_{m1} & A_{m2} & \cdots & A_{mm} \end{bmatrix}$$
$$= \begin{bmatrix} V_{11} \sqrt{\lambda_1} & V_{21} \sqrt{\lambda_2} & \cdots & V_{m1} \sqrt{\lambda_m} \\ V_{12} \sqrt{\lambda_1} & V_{22} \sqrt{\lambda_2} & \cdots & V_{m2} \sqrt{\lambda_m} \\ \vdots & & & \vdots \\ V_{1m} \sqrt{\lambda_1} & V_{2m} \sqrt{\lambda_2} & \cdots & V_{mm} \sqrt{\lambda_m} \end{bmatrix}$$

A 称为因子荷载阵。当 m 个变量是标准化变量时, 由主成分性质可知, A_{ik} 就是因子 X_i^* 与主因子 f_k 的相关系数。略去时间下标后, $X=A \cdot F$ 可写为:

$$\begin{cases} X_1 = A_{11}f_1 + A_{12}f_2 + \cdots + A_{1m}f_m \\ X_2 = A_{21}f_1 + A_{22}f_2 + \cdots + A_{2m}f_m \\ \vdots \\ X_m = A_{m1}f_1 + A_{m2}f_2 + \cdots + A_{mm}f_m \end{cases}$$

$X_1, X_2, \cdots, X_m$ 为原始变量, $f_1, f_2, \cdots, f_m$ 为主因子。上式表示 X_i 可精确地表示为 $f_1, f_2, \cdots, f_m$ 的线性组合。根据回归理论, 当 m 个变量是标准化变量时,

$\sum_{i=1}^m A_{ik}^2 = 1 (i=1, 2, \cdots, m)$ 。另一方面, A_{ik}^2 可以看成第 k 个主因子对 X_i 的方差贡献。因此第 k 个主因子对 m 个变量的方差贡献应为: $\sum_{i=1}^m A_{ik}^2 = V_{k1}\lambda_k + V_{k2}^2\lambda_k + \cdots + V_{km}^2\lambda_k = \lambda_k$ (表示某公因子 f_k 对诸变量 X_i 所提供的方差之和, 它恰好等于特征值 λ_k)。

若取 P 个主因子, $P \ll m$, 则它对 m 个原始变量的方差贡献应为 $\sum_{i=1}^P \lambda_i$ 。累积贡献百分率应为:

$$\sum_{i=1}^P \lambda_i / \sum_{i=1}^m \lambda_i。$$

R 型因子分析是将 m 个变量组合成 P 个公因子, 并研究公因子的荷载阵, 根据 P 个公因子确定

空间 P 个坐标轴。变量 X_i 在 P 个公因轴上的投影分别为 $A_{i1}, A_{i2}, \cdots, A_{iP}$, 或者说 $A_{i1}, A_{i2}, \cdots, A_{iP}$ 确定 P 维空间 X_i 的位置。这样就可以根据 m 个点的空间位置了解 m 个变量的相互关系或对 m 个变量进行分类^[2-3]。

2 安徽省夏季降水的区域性(R 型因子分析)

2.1 特征值与特征向量

16 个观测站 1957—2000 年的 44 年的资料组成 $mX_n, m=16, n=44$ 。进行 R 型因子分析。表 1 说明前 5 个特征值的累积百分率, 可以看出取 5 个特征值精确度达 97.33%, 故我们给出 5 个特征向量(列)。

表 1 特征值和累积百分率(前 5 个)					
k	1	2	3	4	5
λ_k	13.513	1.062	0.612	0.256	0.129
$\sum_{i=1}^k \lambda_i / \sum_{i=1}^{16} \lambda_i$	84.46%	91.09%	94.92%	96.52%	97.33%

2.2 因子荷载阵和区域分布

据 R 型因子分析的原理, 因子荷载阵 $_{16}A_5$ 中第 i 列元素的平方和为 λ_i , 它表示第 i 个公因子对 16 个原变量所提供的方差之和。而 $_{16}A_5$ 中第 i 行元素的平方和称为共同度, 它表示这 5 个公因子对原变量 X_i 的总方差作的贡献。我们取两个公因子^[4], 则可以用 $_{16}A_5$ 中的左边两列的荷载值点图, 这两列分别表示 16 个因子在第 1、第 2 个公因子上的投影。

因子荷载点聚图: 将第 1、第 2 个公因子取为坐标轴 F_1, F_2 。将荷载值 $(A_{i1}, A_{i2}), i=1, 2, \cdots, 16$ 同时扩大 10 倍(图 1)。则变量可分成 3 类: $X_1(9.81, 0.38), X_3(8.90, 1.73), X_{12}(8.71, 0.25)$ 成一类; $X_2(9.41, -0.83), X_4(9.52, -2.21), X_5(9.41, -2.16), X_6(9.04, -3.16), X_7(9.78, -0.81), X_8(9.45, -1.82), X_9(9.45, -2.34), X_{10}(9.56, -1.79), X_{11}(8.49, -2.40)$ 成一类; $X_{13}(8.60, 4.19), X_{14}(8.71, 4.29), X_{15}(8.97, 3.97), X_{16}(9.12, 3.56)$ 成一类。

这样我们可将安徽省夏季降水区分为 3 个区, 为叙述方便起见, 分别称之为 1、2、3 区, 见表 2。

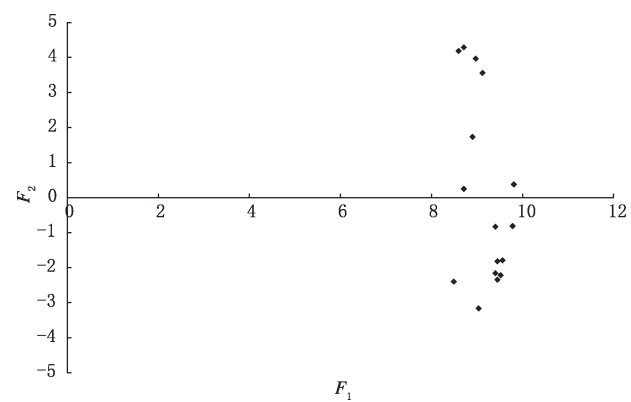


图 1 因子荷载点聚图

表 2 安徽省夏季降水的 3 个区

站数		站 名
1 区	3	砀山 宿州 芜湖
2 区	9	亳州 阜阳 寿县 蚌埠 滁州 六安 霍山 合肥 巢湖
3 区	4	安庆 宁国 黄山 屯溪

2.3 共同度

在因子荷载阵 $_{16}A_5$ 中,用 5 个主因子计算 16 个变量的共同度。可以看出,对 X_1, X_3, X_{12} 这一类, $H_1^2=0.983$ 为最大,表示用 X_1 代表 X_1, X_3, X_{12} 比较好,也就是 1 区中,砀山代表 X_1, X_3, X_{12} 最好。综上所述,同理,2 区中代表站为滁州 ($H_7^2=0.992$),3 区中代表站为宁国 ($H_{14}^2=0.988$)。经计算得,各区内代表观测站的夏季降水量与本区域内其他测站降水量的相关系数,平均来说达到最大。

通过 R 型因子分析将夏季降水划分为 3 个区,这种区划与引言中的淮北、江淮之间和江南 3 个天然区是有区别的,个别站点(芜湖)划分到了 1 区;2 区范围最大,包含了沿淮和江淮之间大部分地区;3 区划分则和江南基本一致。3 个区的代表站砀山、滁州和宁国分别位于淮北、江淮之间和江南。

3 安徽省夏季降水的区域变化特征

3.1 季、月降水量

表 3 给出了安徽省各分区夏季月份的降水量,可以看出,就夏季多年平均降水量而言,1 区降水量最少,2 区居中,3 区最多,其中 6 月降水量差别最明显,可以说夏季 1 区、2 区和 3 区降水量差异主要是由于 6 月降水量明显的差异造成的。1 区和 2 区的平均降水量从 6 月到 8 月表现为峰型特征(6 月和 8 月平均降水量少,而 7 月多),而 3 区则表现为逐月

减少的特征。总体来说,3 区各月的平均降水量都比 1、2 区多;1 区 6 月的平均降水量相对较少,而 3 区相对较多;另外,2 区 7 月的平均降水量相对较少。

表 3 安徽省各分区的夏季降水量 mm

	1 区	2 区	3 区
各区总降水量平均值	438.1	459.0	693.3
6 月降水量平均值	99.7	138.9	304.3
7 月降水量平均值	210.5	190.5	215.3
8 月降水量平均值	127.9	129.6	173.7

3.2 长期趋势变化

图 2 是夏季降水距平在 1 区、2 区、3 区的时间变化曲线图,1 区(图 2a)长期趋势变化不明显;2 区(图 2b)有缓慢的线性增加趋势,但不明显;3 区(图 2c)有明显的线性增加趋势。所以总体来说,3 区(图 2c)表现为明显的正趋势变化,1 区(图 2a)和 2 区(图 2b)不明显。

3.3 区域旱、涝特征及年代际变化

在夏季的旱、涝频数及年代际变化方面,各区也有较明显的差别。我们将该区降水量标准化距平值大于(小于)2 倍的该区降水量的均方差作为区域大涝(大旱)的标准;标准化距平大于(小于)1 倍的该区降水量的均方差作为区域涝(旱)的标准(上述大涝、大旱的标准与 WMO 定义的气候异常标准一致);其他的作为正常年。由此得到各区逐年的旱、涝特征。表 4 是按年代统计的结果。

由表 4 和夏季降水量距平的曲线拟合考察 10 年左右的变化和旱涝时段的转换,可以看出:

①44 年中,1 区出现降水异常年为 11 年,2 区为 15 年,3 区为 9 年。可见 2 区是降水异常的多发区,更容易发生干旱或洪涝。

②3 个区的旱、涝频数都有明显的年代际变化。1 区中,在 1957—1970 年和 1991—2000 年旱涝较频繁;在 1957—1970 年,出现 2 次旱,3 次涝,其中有 1 次大涝;1991—2000 年,出现 2 次旱,2 次涝,其中大旱、大涝各一次;而在 1971—1990 年,仅出现 1 次旱,1 次涝,大多数年份属于降水正常年份。2 区中,在 1957—1970 年,出现 4 次旱;在 1971—1980 年,出现 2 次旱,3 次涝;在 1981—2000 年,出现 5 次涝,一次旱,其中有 1 次大涝;这表明旱、涝频数是从旱向涝转变的。3 区中,在 1957—1970 年,出现

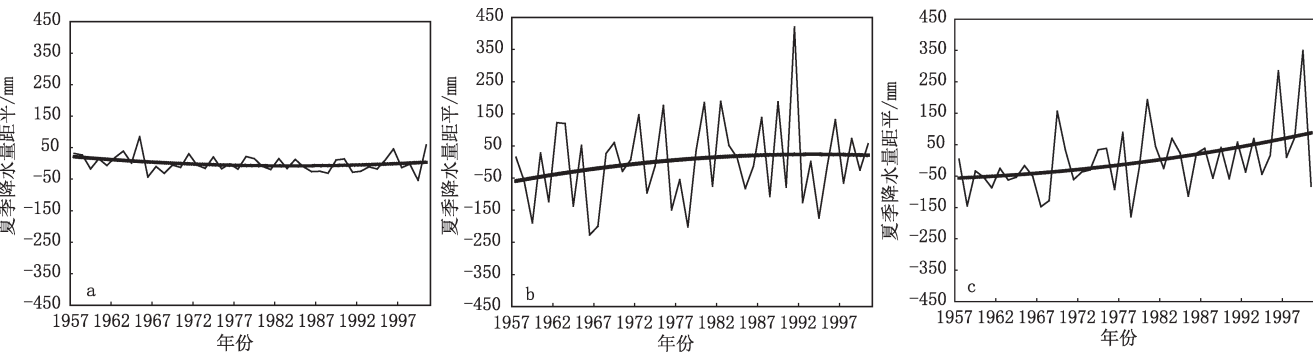


图 2 1957—2000 年安徽省 1(a)、2(b)、3(c)区夏季降水量距平变化曲线

表 4 安徽省区域旱、涝次数及年代际变化

年代	1 区				2 区				3 区			
	大旱	旱	涝	大涝	大旱	旱	涝	大涝	大旱	旱	涝	大涝
1957—1970	0	2	2	1	0	4	0	0	0	3	0	0
1971—1980	0	0	1	0	0	2	3	0	0	1	1	0
1981—1990	0	1	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0
1991—2000	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	2

了 3 次旱,1 次涝;在 1971—1990 年,仅出现了 2 次旱,1 次涝;而在 1991—2000 年出现了 2 次大涝,这在过去的 30 多年实属罕见(没有出现 1 次大涝),从第 3 个区的分析中可以看出旱、涝频数在这个区也是从旱向涝转变的。

4 结论

(1)安徽省夏季降水可以划分为 3 区,其中砀山、滁州和宁国可以分别作为它们的标准站。

(2)就夏季多年平均降水量而言,1 区降水量最少,2 区居中,3 区最多,其中 6 月 3 个区的降水量的差别最明显(3 个区夏季平均降水量差异的主要因素)。1 区和 2 区两个区域的平均降水量 6—8 月表现为峰型特征,而 3 区则表现为逐月减少的特征。总体来说,3 区各月的平均降水量都比 1、2 区多;1 区 6 月的平均降水量相对较少,而 3 区 6 月则相对较多;另外,2 区 7 月的平均降水量相对较少。

(3)近 44 年,从夏季降水量来看,夏季降水量距平的时间变化曲线和曲线拟合表现为:1 区、2 区长期趋势变化不明显,而 3 区表现为明显的正趋势变化。

(4)降水异常的频数 3 个区域有差别,2 区是降水异常的多发区,更容易发生干旱与洪涝。

(5)旱、涝频数都有明显的年代际变化。1 区中在 1957—1970 年和 1991—2000 年旱涝较频繁;2 区、3 区中,旱、涝频数随时间变化总体趋势是从旱向涝转变的。

(6)本文对安徽省夏季降水进行了数理统计,后期将会应用前期结论对 2001—2010 年 10 年间夏季降水进行有针对性地统计与检验,系统性地阐述其中的规律,结合前期的研究成果应用于实际工作。

参考文献

[1] 刘志澄,李柏. 安徽省新一代大气综合探测系统[J]. 安徽气象, 2000,3:10.

[2] 施能. 气象科研与预报中的多元分析方法[J]. 北京:气象出版社,2001:91-128.

[3] 施能,王永波,马丽,等. 浙江省夏季降水的区域特征[J]. 科技通报,2001,17(5):10-15.

[4] North G, T Bell, Cahalan R, et al. Sampling errors in the estimation of empirical orthogonal function [J]. Mon wea Rev, 1982, 110: 699-706.

Regional Characteristics of Summer Rainfall Variation in Anhui Province

Chen Jian^{1,2} Du Xiaobin³ Fang Rong² Zhai Zhenfang² Deng Bin²

(1 Institute of Atmospheric Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093; 2 Hefei Meteorological Observatory, Hefei 230041; 3 Henan Meteorological Observatory, Zhengzhou 450003)

Abstract: The R-style factor analysis is carried out for the summer rainfall fields of 16 observation station over Anhui Province from 1957 to 2000, by means of the factor-load scatter diagram to carry out the division of observation stations to find the representative stations within the region, the summer rainfall statistical characteristics of the region, the long-term trend of summer precipitation, the characteristics of regional droughts, and the inter-decadal variation. The analysis indicates that the rainfall fields can be divided into 3 sub-regions, in which Dangshan, Chuzhou and Ningguo can be used as their standard stations respectively. The results indicate that there is great difference in the characteristics of summer rainfall among the three regions for more than four decades. The summer rainfall in Zone 1 was the least, and that in Zone 3 was the greatest; there is most obvious difference between three zones in June; the long-term trends of summer precipitation in Zone 1 and Zone 2 were not significant, but that in Zone 3 was very obvious. There were frequent droughts in Zone 1 from 1957 to 1970 and 1991 to 2000. The overall trends of the drought/flood occurrence frequencies in Zone 2 and Zone 3 varied over time, changing from droughts to floods.

Key words: Anhui Province, R-style factor analysis, summer rainfall, regional characteristic