

中国降水场的时空分布变化^x

严华生, 严小冬

(云南大学 大气科学系, 云南 昆明 650091)

摘要: 分析了全国 160 个气象观测站 51 a(1951-03~2002-02)的月季降水量距平场的时空分布变化规律得出: 我国降水空间分布的主要类型是南北分布; 统计降水量的时间尺度越大, 则降水量的空间分布尺度也越大; 冬季降水的空间分布尺度比夏季大; 夏季降水空间分布的年际变化比冬季大; 春、夏季的降水空间分布变化具有较为显著的正相关关系; 春季降水空间分布具有 2.4~3.0 a 的显著周期存在, 冬季降水空间分布也具有 2.3~2.8 a 的显著周期存在。

关键词: 降水场; 空间分布; 时间变化

中图分类号: P 458.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0258-7971(2004)01-0038-06

气候资料的时空分布变化特征和规律分析研究, 是气候分析预测的基础, 在诸多气候要素中, 降水量的变化最大, 是对社会经济影响最大的气候变量, 也是每年短期气候预测中重点关注的预报对象。因此, 搞清降水气候变量的时空分布变化特点和规律, 对认识气候变化, 做好气候预测及社会发展规划和生产布局都具有特别重要的意义。从气候分析的发展看, 已由单个气候资料的时间变化分析发展到气候要素场的时空分布变化分析。在气候分析中, 可把气候变化分解为空间大尺度变化部分与局地小尺度随机变化部分之和。现代气候时空分布变化研究, 还包括尺度分解的内容。现已有过许多工作对中国某个月或某几个月的降水量场时空分布变化进行研究^[1-3], 但缺少对全年各月和各季降水量场进行系统全面的研究。本文就是比较研究全年各月、季降水量场的时空分布变化特点和规律。

1 资料与方法

本文对全国 160 个测站 51 a(1951-03~2002-02)1~12 月各月降水量距平资料, 采用 EOF 分解的方法^[4,5]。由于站点个数远大于样本个数, 故采用时空转换, 分别按各月、季降水距平场进行展开。对月、季特征根与特征向量进行统计分析, 寻找我国降水

场的空间分布变化特点; 对季降水场第一特征向量的时间系数进行均方差分析、相关分析和功率谱分析, 寻找我国降水场典型的时间变化特点。

2 结果分析

2.1 前 K 个主分量方差贡献率的月、季变化 将特征根按从大到小的顺序进行排列, 按累积方差贡献率 > 85% 来确定选取主分量的个数, 分别按月、季绘出时间变化如图 1 所示。由图 1 可看出, 对月降水量场, 截取的主分量个数在 7 月份和 8 月份均为 24 个, 在 2 月份为 7 个; 同样对季降水量场, 截取的主分量个数在夏季为 23 个, 在冬季为 8 个。说明在冬季用较少的主分量就能描述出降水场典型的分布, 而夏季要较多的主分量才能描述降水场典型的分布。

为了考查不同月份、不同季节, 逐个增加主成分对累积方差贡献率的影响, 我们给出图 2。从图 2 中分析可知, 前 7 个主分量累积方差贡献率增加速度较快, 之后就迅速减慢。在选取 7 个主分量的前提下, 冬季的累积方差贡献百分率已经接近 90%, 即使是在夏季, 它的累积方差贡献百分率也接近 60%。说明我国空间大尺度降水场的变化主要集中在前 7 个主分量以内, 之后的变化就主要表现为中、小尺度的细微变化。

x 收稿日期: 2003-04-02

基金项目: 云南省重点基金资助项目(2003D0014Z); 国家自然科学基金资助项目(40065001)。

作者简介: 严华生(1955-), 男, 云南人, 教授, 主要从事气候变化、农业气象、统计气象方面的研究。

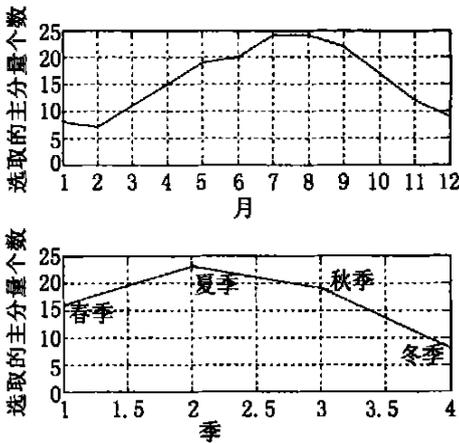


图1 累积方差贡献率> 85%的主分量个数

Fig. 1 The principal components quantity of sum variances explained > 85%

我们再进一步对各月份、各季节的特征根进行统计(见表1)所示. 从表1中的数据可以清楚地分析得出与上面相同的结论, 即: 若选取同样多的主分量, 夏季的累积方差贡献率较小, 冬季的累积方差贡献率较大; 若选定同样大小的累积方差贡献

率, 夏季所需主分量个数较多, 冬季所需主分量个数较少. 这说明在选取同样多的主分量的前提下, 冬季能够提取降水场变化的信息比夏季能够提取降水场变化的信息要多, 冬季降水场的大尺度特征比夏季明显.

当对月和季分别进行统计分析时, 用季作为时间尺度进行统计的结果明显地比用月作为时间尺度进行统计的方差贡献率大. 同时, 在对各个不同季和它们对应的3个月分别进行研究时, 从表1中的数据可知: 从各季中反映的场信息明显地优于与之对应的各月单独反映的场信息.

通过上述的分析得出: 用季作为时间尺度对我国降水场进行大尺度分析比用月作为时间尺度对我国降水进行大尺度分析效果要好. 另一方面, 我国冬季降水空间大范围分布明显, 具有大尺度特征, 用较少的特征向量主成分就能描述出该降水场的大部分信息. 而夏季降水局地性分布特别明显, 受中小尺度强降水影响很大, 其空间大范围分布特征没有冬季明显, 需要较多的特征向量主成分才能描述出该场的大部分信息.

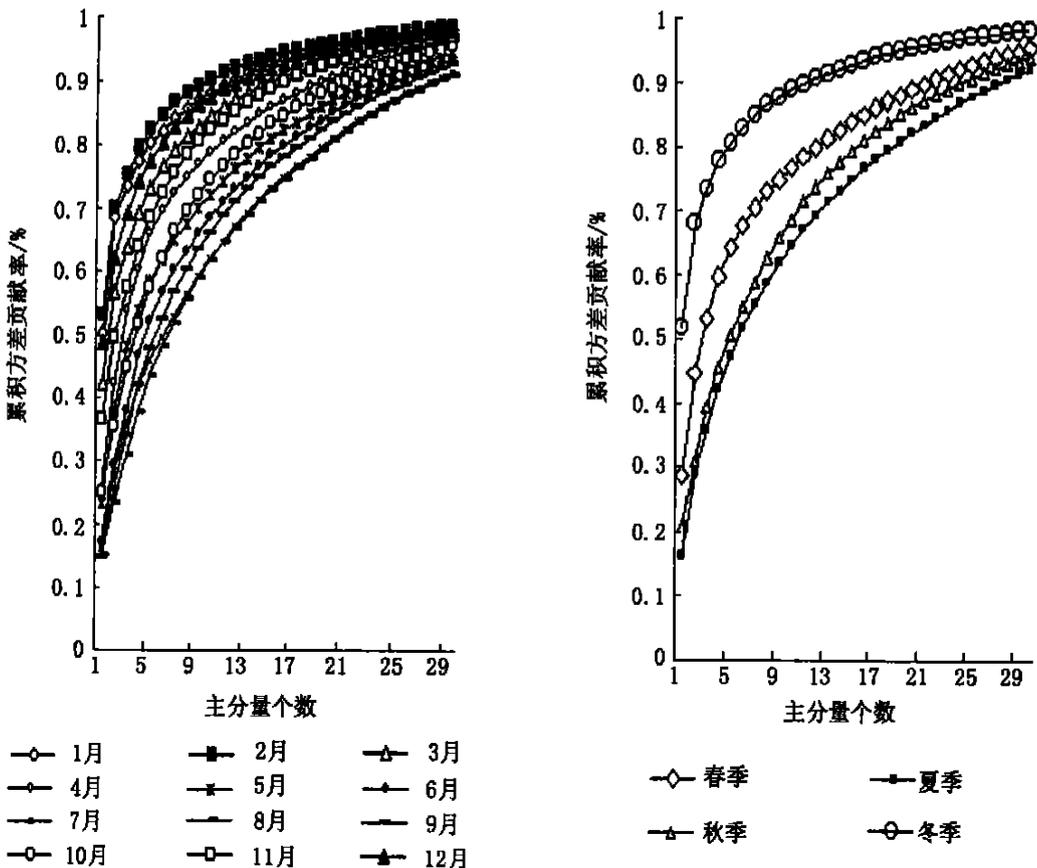


图2 前30个主分量累积解释方差变化

Fig. 2 The variation of sum variances explained of the first 30 principal components

表 1 主分量统计结果

Tab. 1 The statistical result of principal components

	最大特征根的值/ 10^6	最大特征根的值占全部特征根的值/%	累积方差贡献率达某值时, 所需的最少主分量个数				前 7 个主分量所占累积方差贡献率/%
			70%	75%	80%	85%	
1 月	1. 871 3	50. 24	3	4	5	8	84. 15
2 月	3. 712 5	53. 08	3	3	5	7	86. 68
3 月	4. 630 8	42. 45	5	6	8	11	79. 25
4 月	4. 855 2	25. 46	7	9	11	15	72. 29
5 月	7. 554 9	23. 29	10	12	15	19	64. 82
6 月	9. 411 7	17. 24	11	14	16	20	60. 16
7 月	10. 071	16. 14	14	17	20	24	52. 85
8 月	8. 220 4	15. 05	14	17	20	24	51. 79
9 月	4. 253 6	14. 54	12	15	18	22	56. 60
10 月	3. 594 3	25. 06	9	11	13	17	66. 29
11 月	2. 931 3	36. 64	6	7	9	12	75. 51
12 月	1. 548 9	48. 79	4	5	6	9	82. 77
春季	18. 972	28. 66	7	10	12	16	70. 56
夏季	30. 082	16. 21	13	16	19	23	55. 43
秋季	11. 056	20. 78	11	13	16	19	58. 87
冬季	7. 777 8	51. 92	3	4	5	8	84. 90

2.2 特征向量场

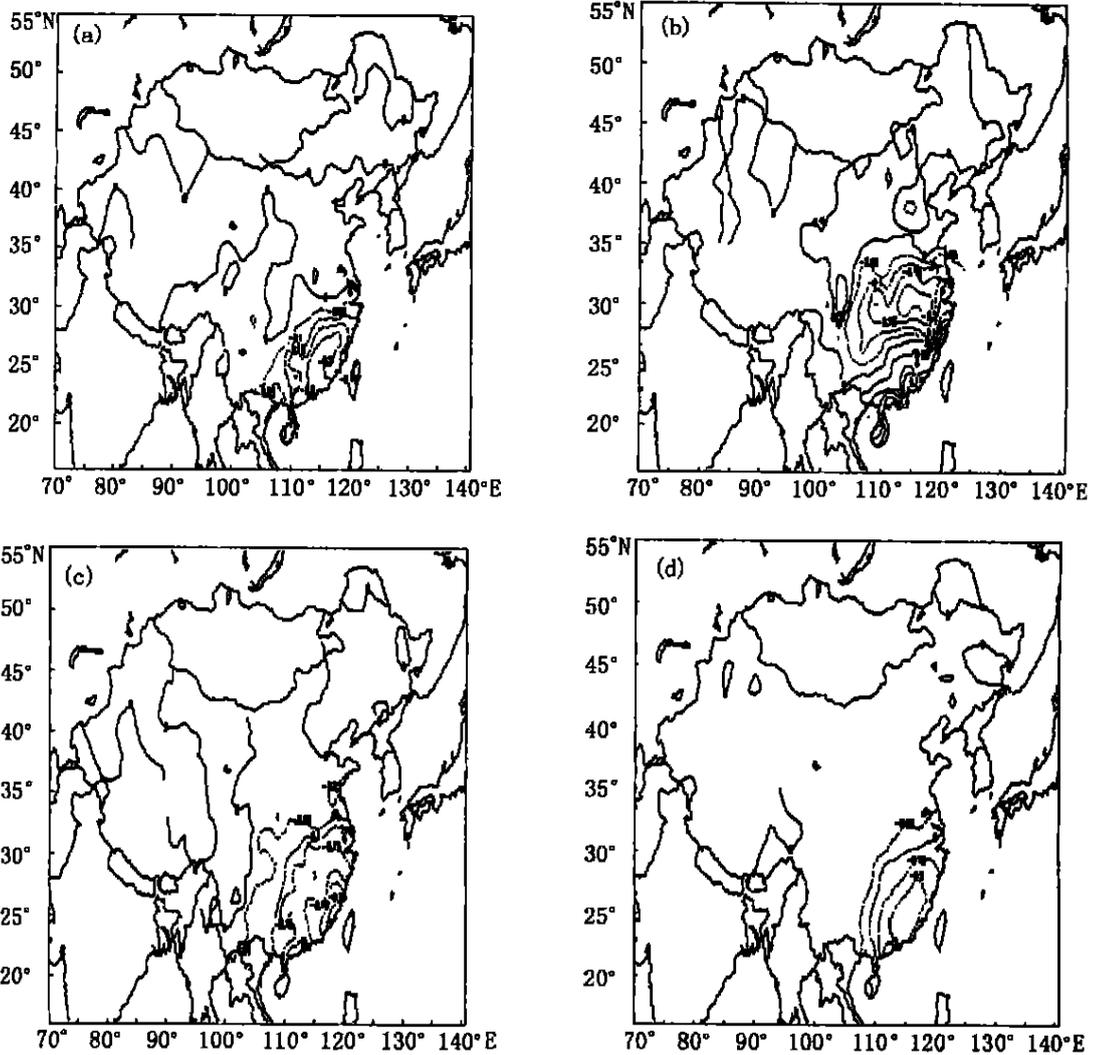
2.2.1 第一特征向量场的分析 图 3a~ 3d 为不同季第一特征向量场空间分布图, 比较图 3a~ 3d 可以看出以下几点: ¹ 在春夏秋冬不同季节, 我国降水场空间分布的主要类型都是南北分布型. 这说明我国降水场在不同的季节, 其分布特征具有较大的相似性和稳定性; ⁰ 我国一年四季其降水场的距平分布, 无论是正距平的高值区, 还是负距平的高值区, 以及等值线密集区, 它们大都集中分布在我国东部沿海一带, 东南沿海一带是降水空间变化最剧烈的地方; [»] 不同季节的变化特点是: 春季和夏季空间变化梯度大, 秋季和冬季空间变化梯度小.

为了进一步说明月降水量场与季降水量场之间的关系, 再分别从各季中抽取对应中间月份, 即对应的 4, 7, 10 月和 1 月, 绘出第一特征向量空间分布图(图略), 分析得出: 其分布区域、变化趋势, 以及变化梯度的大小都与其对应的季很相吻合.

2.2.2 第二特征向量场的分析 分析第二特征向量空间分布图(图略)得出: 我国降水场的距平区域仍旧主要分布在长江、黄河以及淮河一带. 表明我国降水变化仍旧是以华南、华北地区为主要变化区域. 但与第一特征向量图相比, 第二特征向量图其降水距平分布的整体特点性较差, 主要表现在夏季, 其降水变化的南北分布趋势已经不很明显, 相反却表现为东西向的分布.

与第一特征向量的距平分布相比较, 第二特征向量的距平分布变化较大. 具体表现为: 春季其距平分布呈南负、北正的对称分布; 夏季以负距平的分布占优势, 主要集中分布在华南地区; 秋季以负距平的分布为主, 主要分布在华北地区; 冬季的距平分布呈南正、北负的对称分布. 降水变化梯度冬季比秋季大, 这与第一特征向量反映的情况接近相反.

2.3 第一特征向量场时间系数的年际变化分析 我们把不同季节第一特征向量所对应的时间系数



(a) 春季; (b) 夏季; (c) 秋季; (d) 冬季

图 3 第一特征向量场的空间分布

Fig. 3 Distribution of the first eigenvector

年际变化作图(如图 4 所示). 为了分析比较不同季节变化大小, 我们又进一步计算出各季对应时间系数的均方差(见表 2)所示. 从图 4 和表 2 可以分析得出我国降水量空间分布的年际变化有如下特点:

从第一特征向量场对应时间系数演变过程来看, 夏季的波动范围最大, 冬季的波动范围最小, 例如: 在 51 a 中, 第一特征向量场时间系数的绝对值超过 1000 的次数总共有 15 次, 夏季就占了 10 次, 春季占 4 次, 冬季占 1 次. 另外, 秋季与冬季相比, 在 51 a 中, 冬、秋 2 季第一特征向量场时间系数的绝对值超过 500 次数的总共有 27 次, 秋季占了 18 次, 冬季占 9 次.

从表 2 中可以清楚看出, 夏季均方差最大, 春季次之, 秋季与冬季相比, 秋季稍大. 上述表明我国降水量的空间分布的年际变化以夏季为最大, 春季次之, 秋季更次之, 冬季为最小.

我们知道, 均方差反映了对该变量作预报的难易程度. 显然均方差小的变量比均方差大的变量容易预报.

对时间系数进行功率谱分析, 结果如图 5 所示.

从功率谱图可知: 在 $N = 51$, 取最大落后步长 $M = 14$ 的前提下, 只有春季和冬季的降水分布序列有显著的周期存在, 其中春季的周期约为 2.4 ~ 3.0 a, 冬季的周期约为 2.3 ~ 2.8 a, 而夏季和秋

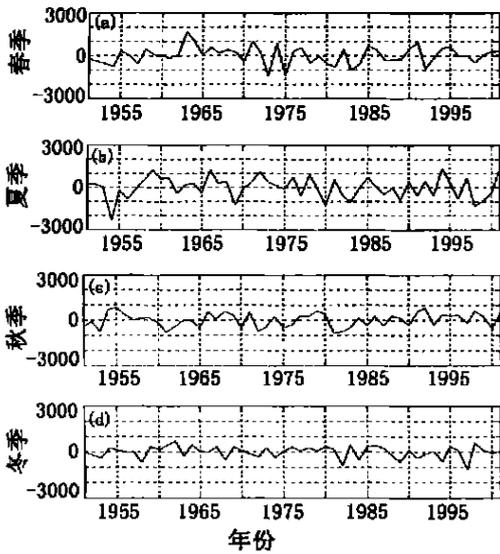


图 4 降水 EOF 展开后第一时间系数年际变化

Fig. 4 First temporal coefficient variation of rainfall from EOF expansion

表 2 第一时间系数的均方差

Tab. 2 The mean square deviation of first temporal coefficient

季节	春季	夏季	秋季	冬季
均方差	609.918 6	768.022 6	465.594 2	390.513 7

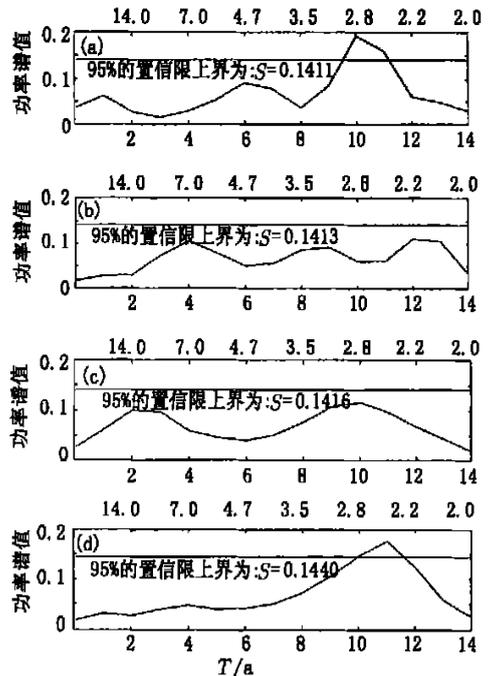
季的降水空间分布序列却无显著的年际变化周期存在。

对各季第一特征向量时间系数计算相关系数(见表 3)得出:春季与夏季的降水分布具有一定的正相关关系,其值通过的相关系数显著性检验。

3 结论

通过以上几个方面的分析,初步得出如下结论。

(1) 用季作为时间尺度对我国降水场进行大尺度分析比用月作为时间尺度对我国降水场进行大尺度分析效果要好。也就是说,所统计的降水时段时间尺度越大,则空间尺度也越大,反之亦然。另一方面,我国冬季降水空间大范围分布明显,具有大尺度特征,用较少的特征向量主成分就能描述出



(a)春季 (b)夏季 (c)秋季 (d)冬季

图 5 降水第一时间系数的功率谱分析

Fig. 5 The spectral analysis result of the first temporal coefficient of precipitation

该降水场的大部分信息。而夏季降水局地性分布特别明显,受中小尺度强降水影响很大,其空间大范围分布特征没有冬季明显,需要较多的特征向量主成分才能描述出该场的大部分信息。

(2) 我国的降水空间分布的主要类型是南北分布;降水的月变化与季节变化总体上保持较好的一致性;从季节上看,冬季变化梯度小,夏季变化梯度大;从空间上看,东南部变化梯度大,西北部变化梯度小。

(3) 夏季是一年中降水量空间分布年际变化最大的季节和可预报性最低的季节;冬季是降水量空间分布年际变化最小的季节。通过对时间系数进行相关性分析可知:春季和夏季的降水空间分布变化具有一定的正相关,通过对时间系数进行功率谱分析可知:我国降水空间分布的年际变化,只有春季和冬季具有显著的周期存在。

表 3 第一时间系数相关性分析结果

Tab. 3 The correlation analysis result of first temporal coefficient

	春、夏季	春、秋季	春、冬季	夏、秋季	夏、冬季	秋、冬季
相关系数	0.268 9	0.219 8	- 0.188 0	- 0.148 3	- 0.161 0	- 0.008 7

参考文献:

- [1] 叶笃正, 黄荣辉. 长江黄河流域旱涝规律和成因研究 [M]. 济南: 山东科技出版社, 1996.
- [2] 严华生, 陈兴芳, 谢应齐. 中国近百年雨量与大气环流因子的关系 [J]. 热带气象学报, 1998, 14(3): 251-257.
- [3] 陈兴芳. 汛期旱涝预测方法研究 [M]. 北京: 气象出版社, 2000.
- [4] 严华生, 王学仁. 多因变量及要素场统计预报 [M]. 北京: 气象出版社, 1991.
- [5] 施能. 气象科研与预报中的多元分析方法 [M]. 北京: 气象出版社, 2002.

The spatial and temporal distribution variation of precipitation field over China

YAN Hua2sheng, YAN Xiao2dong

(Department of Atmospheric Science, Yunnan University, Kunming 650091 China)

Abstract: The spatial and temporal distribution variation characteristics of the rainfall over China are analyzed by using precipitation anomaly field of every month and every season from March in 1951 to February in 2002 of nationwide 160 meteorological observing stations. There are six main conclusions as follows: ¹ the main type of Chinese precipitation spatial distribution is latitudinal pattern; ^o the time scale of precipitation is as large as the spatial distribution scale of precipitation; [>] the spatial distribution scale of Winter rainfall is larger than that of Summer rainfall; ^¼ the interannual change of Summer rainfall spatial distribution is larger than that of Winter rainfall spatial distribution; ^½ the positive correlation of the precipitation spatial distribution variation of Spring and Summer is much significant; ^¾ the spatial distribution of Spring precipitation has significance period which is about 2.4~3.0 years, and the spatial distribution of Winter rainfall has also significance period which is about 2.3~2.8 years.

Key words: precipitation field; spatial distribution; temporal variation