

云南近 40 年降水量的时空分布特征^{*}

周国莲¹, 晏红明²

(1. 云南省气象台, 云南 昆明 650034; 2. 云南省气象科学研究所, 云南 昆明 650034)

摘要:选取云南 125 个气象观测站 1961 年 1 月~2002 年 12 月 42 a 的逐月降水资料, 采用经验正交函数(EOF)分解方法, 对云南 42 a 降水量场的时空分布特征进行了分析研究, 得出: 云南降水量的空间分布类型主要表现为 4 种主要的定常型: ① 全省一致型; ② 南北分布型(冬春季); ③ 东北西南型(夏季); ④ 西北东南型(秋季). 同时, 南部变化梯度大于北部, 西部的梯度变化大于东部.

关键词:降水量场; 时空分布; 经验正交函数(EOF)

中图分类号: P 426; P 468 **文献标识码:** A **文章编号:** 0258-7971(2007)01-0055-07

气候资料的时空分布特征及其变化规律研究, 是气候分析预测的基础, 在众多气象要素中, 降水量是变率显著、对社会经济影响最大的气象变量之一, 也是我们气候预测中重点关注的对象. 因此, 搞清降水量变化的时空分布特征和规律, 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. 目前, 气候分析的发展已由单个资料的时间变化分析发展到场的时空分布变化分析, 这更有助于我们从宏观上来了解整个气象要素场的分布特征和变化规律, 已有专家对中国降水的时空分布特征进行过研究^[1]. 但有关云南降水的研究, 大部分的工作^[2~4]主要集中在对影响降水变化原因的研究, 而对于云南多年降水的分布特征和变化规律方面的研究还较少. 王宇^[5]分别分析了云南 18 个代表站 1951~1994 年近 40 a 降水年际变化特征, 结果表明不同站点降水年际变化的差异较大, 并在此基础上利用 EOF 方法分析了这 18 个站的空间分布特征, 得出了一些有意义的结论. 但由于云南地形复杂, 降水变化的区域差异较大, 选用 18 个代表站来研究云南降水的时空分布特征具有一定的局限性. 针对这一情况, 本文利用云南 125 个站近 42 a 的资料对云南月、季、年降

水量场进行更加系统、全面的分析, 更具有代表性. 采用新 30 a 的平均值, 更贴近实况场.

1 资料与分析方法

本文选用云南省 125 个气象测站 1961~2002 年共 42 a 逐月月平均降水资料, 采用 1971~2000 年 30 a 的平均值, 国家气象局规定从 2003 年 1 月 1 日起开始正式采用的多年平均值, 这能更好地与业务工作配合.

采用 EOF 分析法, 该方法是气象上常用的一种分析方法, 特点在于典型场是由气象要素场本身的相关特征所确定, 其基本原理是把包含 P 个空间点(变量)的场随时间变化进行分解, 即将气象要素场分解为空间场(特征向量)和时间系数. 空间场(特征向量)反映了场的空间分布特征, 它不随时间变化; 而时间系数(主要分量)描述场随时间的变化规律, 它不随空间而变. EOF 分析法可将要素场的主要特征浓缩在前几个特征向量和时间系数上. 用 EOF 分析法将资料阵 $\{X_{ij}\}$ (i 为空间点序号, j 为样本长度)展开为空间向量 Y 和时间系数 T 的乘积

$$X = Y \times T,$$

其中, 本文的 Y 为 125×125 的空间向量阵, T 为

* 收稿日期: 2006-01-12

基金项目: 云南省自然科学基金资助项目(2002D0082M).

作者简介: 周国莲(1973-), 女, 四川人, 工程师, 主要从事天气气候预报方面的研究.

125×42的时间系数阵.由于站点个数远大于样本个数,因此采用时空转换,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,找出我省降水量场的空间分布变化特点;对季降水场第1特征向量的时间系数进行分析,找出我省主要降水量场的时间变化特点.

2 云南降水量距平场的空间分布特征

2.1 前K个主分量方差贡献率的月、季变化 首先对月、季降水量场进行EOF分析,将特征根按从大到小的顺序进行排列,按累积方差贡献率大于85%来确定选取主分量的个数,图1a,b分别为月、季主分量个数的时间变化.由图1可看出,对月降水量场,截取的主分量个数在6~9月份较多,均在20个以上,冬、春季节较少,12月份为4个,3月和11月为6个;对于季降水量场,夏、秋季截取的主分量个数仍然较多,均在15个以上,在冬季为5个,春季为11个.降水量场累积方差贡献大于85%主分量个数的月、季变化表明,选取同样多的主分量,夏、秋季的累积方差贡献率较小,冬、春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、秋季所需主分量个数较多,冬、春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、春季能够提取降水量场变化的信息比夏、秋季能够提取降水量场变化的信息要多.

通过上述的分析得出:云南冬、春季和夏、秋季降水分布具有不同的变化特征,冬、春季影响云南降水量变化的系统相对单一,例如高层500 hPa的低压槽,低层的冷锋切变,云南降水量变化比较一致,具有大尺度特征,用较少的特征向量主成分就

能描述降水场的大部分信息.而夏、秋季降水受中小尺度影响很大,造成降水分布的多样性,其空间分布特征较冬、春季复杂,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.

2.2 特征向量场的分析

2.2.1 云南降水量的季节分布特征 据有关专家分析,我国的降水量场一年四季的空间分布主要类型都是南北分布型^[1].而云南由于地处低纬高原地区,它的气候特征不同于我国其它地区.它有干湿季节之分,5~10月为雨季,11月~次年的4月为干季,它的降水量场的分布也与季节密切相关.

表1是云南年、季雨量距平前10个特征向量累积方差贡献,可以看到,前10个特征向量的解释方差是70%~90%左右,季第1特征向量的方差贡献,夏、秋季为30%左右,春季为46%,冬季为58%,前4个特征向量场可以提取原场50%以上的信息;冬春季提取的信息比夏秋季多.前几个特征向量收敛速度较快,第1特征向量的解释方差占总方差30%以上.前10个特征向量提取了原场70%以上的信息.

图2为云南1961~2002年春季(3~5月)、夏季(6~8月又称主汛期)、秋季(9~11月)、冬季(12~次年2月)四季雨量距平的前2个特征向量场,其所占累积方差贡献为:春季为56.7%、夏季为38.5%、秋季为51.2%、冬季为71.3%.分析图2发现,各个季节第1特征向量场所反映的分布特征比较一致,全省均为正,但不同季节正值区的大小和范围有些差别.夏、秋季的值比冬、春季的大,夏季有2个最大正值中心,分布在江城和昆明附近,

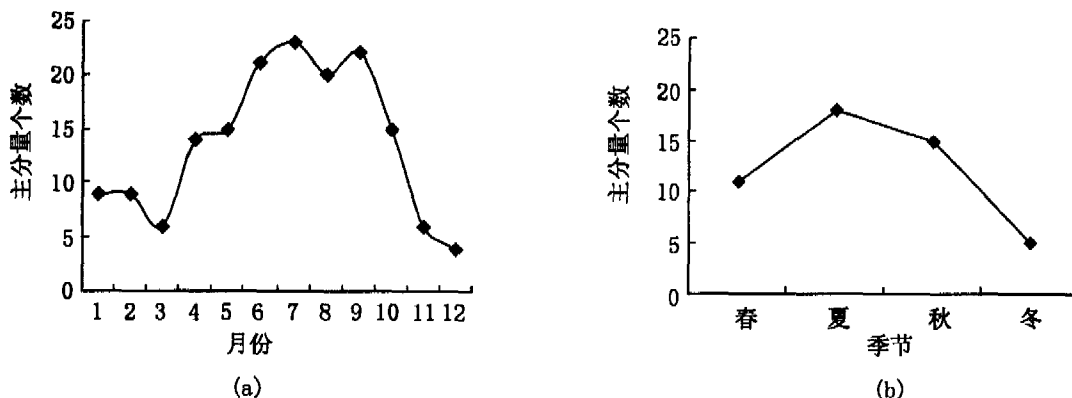


图1 累积方差贡献率大于85%的月(a)、季(b)主分量个数的时间变化

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

表1 云南年、季雨量前10个主要分量累积方差贡献

Tab.1 The sum variances contribution of pre ten principal components about every seasons

特征向量	春季/%	夏季/%	秋季/%	冬季/%	年/%
1	46.4	31.0	34.4	58.1	30.0
2	56.7	38.5	51.2	71.3	39.2
3	64.0	44.6	57.3	78.8	47.5
4	69.0	50.4	62.1	83.2	53.6
5	73.2	55.1	65.7	86.6	58.7
6	76.4	59.0	68.9	88.4	62.6
7	78.7	62.7	71.9	89.7	65.9
8	80.6	66.0	74.2	90.8	68.9
9	82.4	69.0	76.1	91.7	71.4
10	84.0	71.0	78.0	92.6	73.9

其它季节最大正值中心均在思茅、红河西南部,而且南部变化比北部明显,说明雨量的变化虽然比较一致,但不同季节和不同区域的变化是有差异的。

第2特征向量场反映了各个季节雨量距平除了存在全省一致的主要分布特征外,各自还具有自身的分布特征。冬、春季的第2特征向量场分布比较一致,呈南北分布型。反映了云南中部及以南和北部全部雨量相反的变化趋势,而滇南和滇北雨量变化的东西向差异又显著不同,北部的东西差异比较显著,西部变化较大,最大负值中心位于怒江,东部变化较小;南部的东西向差异较小,最大正值中心主要位于西双版纳。夏、秋季的第2特征向量场的分布不完全一致,夏季呈东北—西南走向,为负—正—负型,最大正值中心位于大理,负值中心有2个,1个在曲靖、1个在德宏;秋季呈西北—东南走向,西部及西北地区为正值区,最大正值中心位于保山,滇中及以东以南为负值区,最大负值中心在红河。夏、秋季特征向量场的分布特征代表了云南雨季的雨量分布特征。它与冬、春季相比,正值范围缩小,负值范围扩大,正负值中心发生了对调。表明在干季向雨季转换的过程中,云南雨量的分布也由干季型转向雨季型。

以上分析表明,云南雨量变化的第1特征向量表现为全省一致的变化趋势,均为正值。南部的变化比北部明显,各个季节的变化也有差异,夏、秋季雨量的变化比冬、春季大,夏季东部雨量变化比西北大,同时南部变化比北部明显。其它季节滇南的

雨量变化比滇北明显,东西变化差异不明显。冬、春季为南北型,夏季为东北—西南型,秋季为西北—东南型。

2.2.2 云南年降水量距平的分布特征 图3为1961~2002年云南降水量距平场前4个特征向量的空间分布图,前4个特征向量的累积方差贡献为53.6%。从图可知,第1特征向量场的分布比较一致,全省基本为正,最大正值中心主要分布在思茅。后3个特征向量场反映云南雨量变化与第1特征向量场明显不同,主要反映了不同区域雨量的差异。第2特征向量场主要为分布型,滇中及以南为正值区,最大正值中心位于红河南部,其它地区为负值,最大负值中心位于保山。南北变化大于北部,西北变化比东部明显,这与冬、春季的第2特征向量场基本一致。反映了冬、春季雨量变化的南北和东西差异。第3特征向量场滇东和滇西南边缘为负值区,最大负值中心在红河南部,其它地区为正值,最大正值中心位于大理。它基本反映了夏、秋季雨量的变化。从第2、第3特征向量场所占累积方差贡献的大小来看,云南雨量变化的南北差异比东西差异明显。第4特征向量场滇中及以北和滇东北为正值区,最大正值中心在曲靖北部,其它地区为负值区,最大负值中心位于保山。它反映了不同地区雨量变化的差异。这种特征向量场的方差贡献占总方差贡献的6.07%,可能反映了雨量变化的异常分布特征。

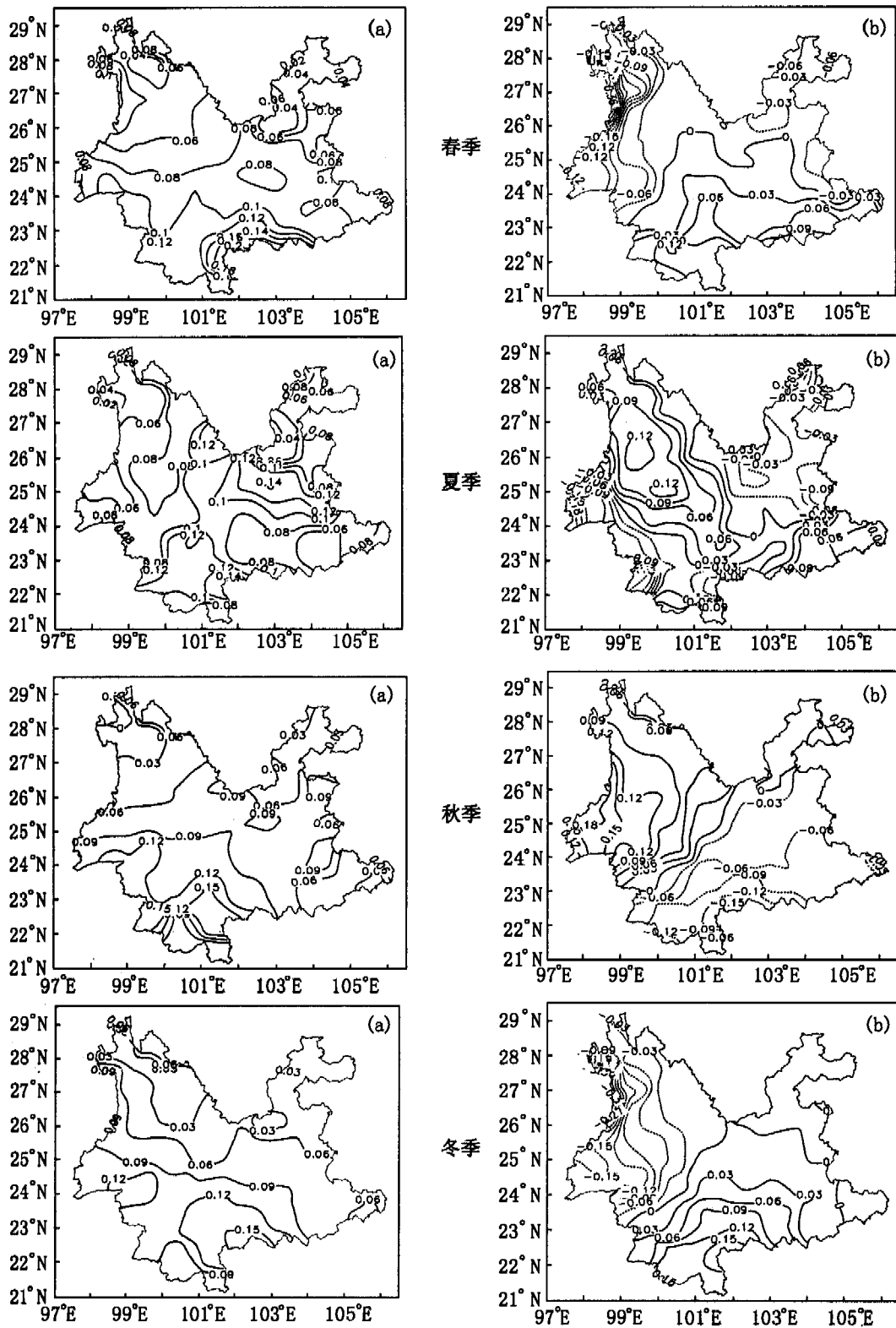


图 2 1961~2002 年云南各季雨量距平场 EOF 第 1 特征向量场(a)和第 2 特征向量场(b)

Fig. 2 Distribution of the first(a) and the second(b) eigenvector field about every season of yunnan in 1961—2002

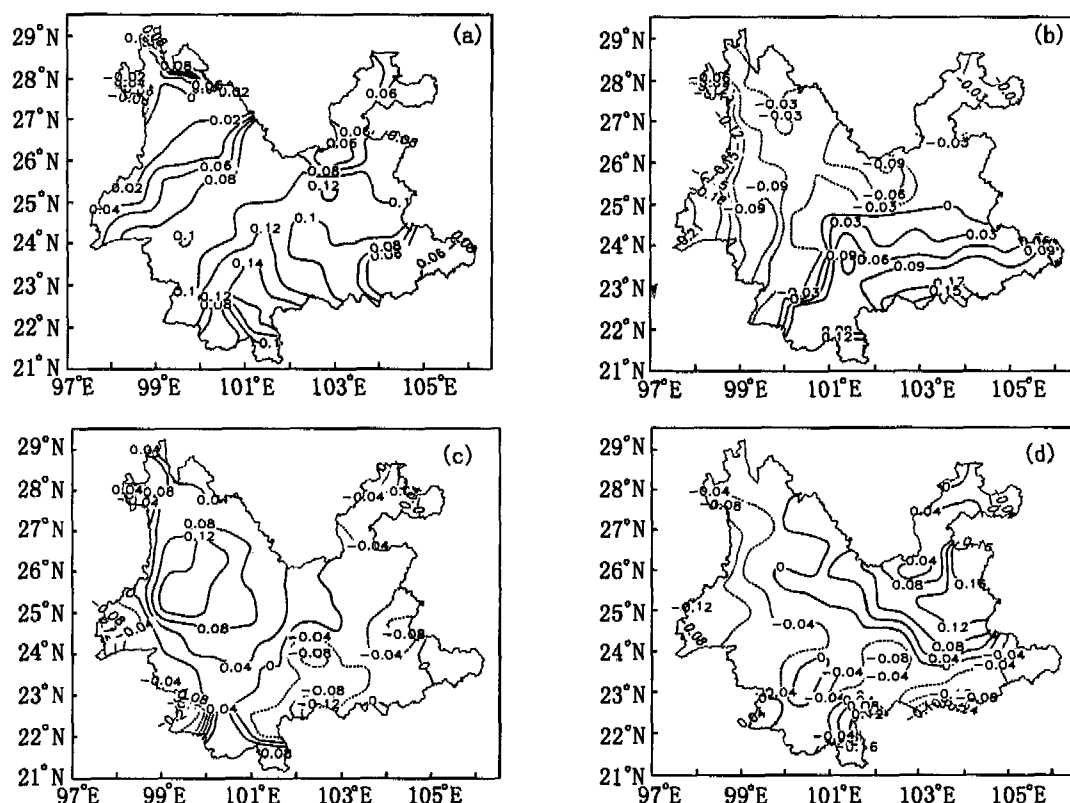
上述分析给出了占累积方差贡献较大的前几个特征向量场云南年、季平均雨量的主要特征,给出了云南雨量分布的4种主要的定常类型:①全省一致型;②南北分布型(冬春季);③东北西南型(夏季);④西北东南型(秋季).云南作为低纬高原地区特殊的气候区,干湿季的环流变化很明显,与此相应,降水年际变率大,使其分布有各种不同类型,局地性气候明显.

3 云南雨量距平的时间变化特征

3.1 时间系数的年变化特征 由于雨量距平的第1特征向量场的方差贡献占30%左右,第1时间系数的变化基本能代表云南雨量变化的首要趋势.图4为云南年雨量距平的第1特征向量的时间系数变化曲线,从图中可以看出,云南雨量有明显的年代季变化特点.云南在1961年至1975年为雨量偏多期,1976年到1994年为雨量偏多偏少相间

期,但以偏少为主,1995年以后到2002年为雨量偏多期.以上变化表明,1961~2002年云南雨量变化经历了偏多、偏少、偏多的年代际变化.

图5为各时间段云南雨量距平,从图可知,不同时间段距平场分布明显不同.1961~1975年,除西部边缘和北部边缘及滇西北雨量偏少外,其中心距平为-5.0 mm,其余大部分地区雨量均偏多,正距平中心达7.5 mm.1976~1990年,昭通、曲靖北部、文山南部和滇西边缘的丽江东部雨量略微偏多外,其余大部地区雨量均偏少,负距平中心达-4.0 mm.20世纪90年代后期至2002年,除昭通、曲靖北部、滇东南局部和滇西边缘雨量偏少外,其余大部地区雨量均偏多,正中心距平达7.5 mm.这进一步表明了云南雨量经历了偏多、偏少、偏多的年代季变化.同时,反映了云南雨量主要的空间分布特征是全省一致.



(a) 第1特征向量;(b)第2特征向量;(c)第3特征向量;(d)第4特征向量

图3 1961~2002年云南年雨量距平 EOF 的前4个特征向量场

Fig.3 Distribution of the front four eigenvector of yunnan rainfall anomaly in 1961—2002

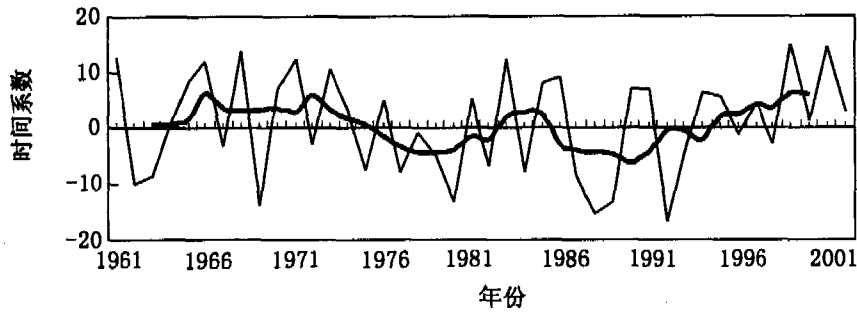
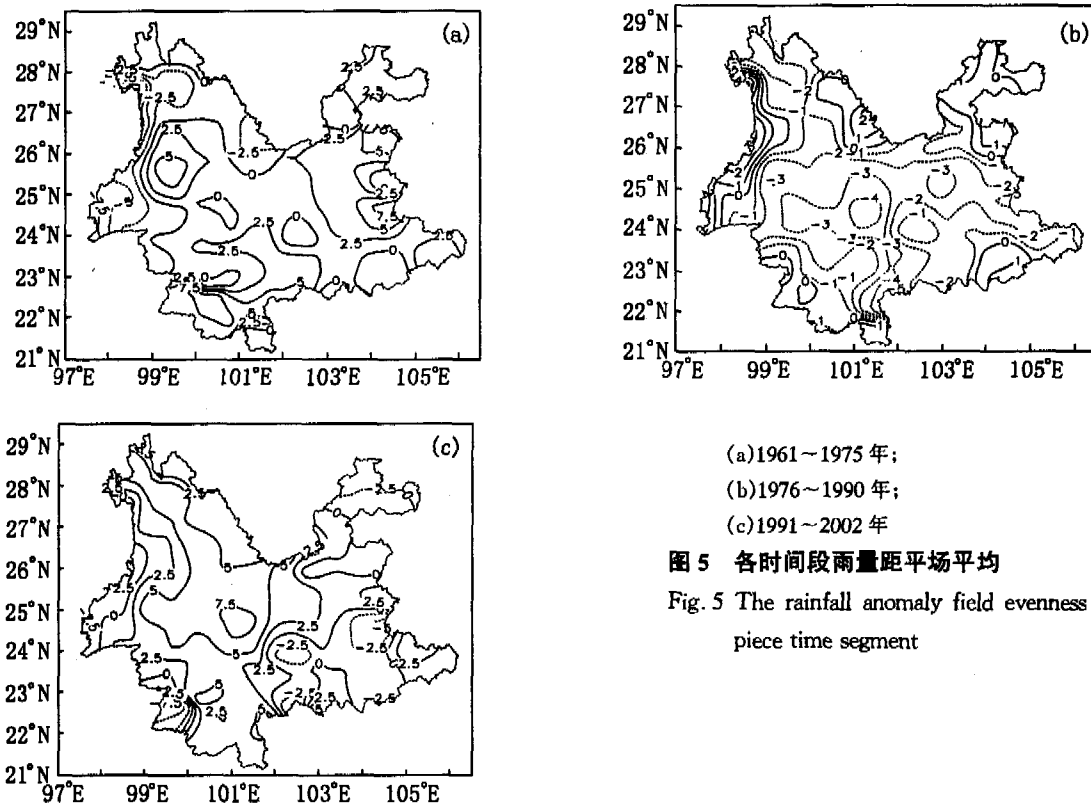


图 4 年雨量距平第 1 特征向量的时间系数(细线为第 1 时间系数,粗线为 5 a 滑动平均)

Fig. 4 The first temporal coefficient variation of first eigenvector of average rainfall(The filament is the first temporal coefficient variable, and the broad-brush is 5 year slippage evenness)



(a)1961~1975 年;
(b)1976~1990 年;
(c)1991~2002 年
图 5 各时间段雨量距平场平均

Fig. 5 The rainfall anomaly field evenness about a piece time segment

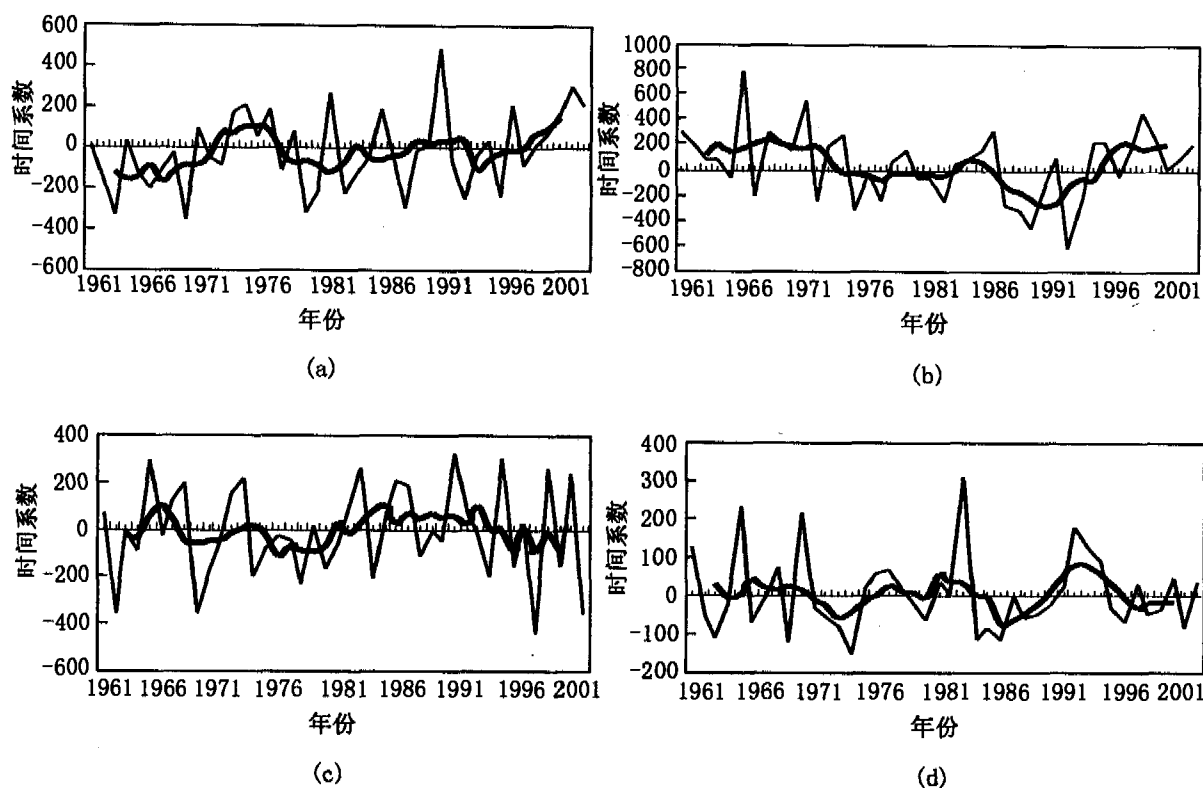
3.2 时间系数的季节变化特征 云南的降水量 85%~95%在雨季,55%~65%以上都是在主汛期(6~8月)^[6],而干季降水很少。因此,夏季雨量的变化基本能代表年降水量的变化趋势。图 6 为云南各季雨量距平场第 1 特征向量的时间系数变化曲线。从图可知,各季雨量变化均有正负交叉,而夏季雨量变化幅度最大,其余 3 季的变化幅度基本相同。春季 1961~1971 年以负值为主,1998 年以后均为正值。夏季 1975 年以前正为主体,1994 年以后均为正,其余年份正负交叉以负为主。秋冬季正

负交替变化。从总体看,各季雨量变化的年代际特征和年雨量的年代际变化特征基本是一致的。

4 结 论

通过对云南 42 a 雨量距平场的时空特征的分析,得出以下几点结论:

(1) 云南雨量的年季变化全省位相比较一致,夏秋季的雨量变化比冬春季大,雨量变化最明显的区域在滇南。



(a) 春季; (b) 夏季; (c) 秋季; (d) 冬季

图6 季雨量距平场第1特征向量的时间系数(细线为第1时间系数,粗线为5a滑动平均)

Fig.6 The first temporal coefficient of eigenvector about the season average rainfall anomaly field(The filament is the first temporal coefficient variable, and the broad-brush is 5 year slippage evenness)

(2) 云南的降水空间分布的主要类型为:① 全省一致型;② 南北分布型(冬春季);③ 东北西南型(夏季);④ 西北东南型(秋季).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,夏秋季变化梯度大,冬春季变化梯度小;从空间上看,西部变化梯度大,东部变化梯度小.

(3) 年代季变化特征.60年代至70年代中期,云南大部分地区雨量趋于增加;70年代中后期至80年代全省大部分地区雨量趋于减少;90年代至今,全省大部分地区雨量趋于增加.

(4) 夏、秋季受中小尺度的影响比较大,空间分布复杂,降水具有多样性;而冬、春季受影响系统相对单一,降水量变化比较一致,空间分布相对简单.

参考文献:

- [1] 严华生,严小冬.中国降水场的时空分布变化[J].云南大学学报:自然科学版,2004,26(1):38-43.
- [2] 晏红明,杞明辉,肖子牛.云南5月雨量与热带海温异常及亚洲季风变化的关系[J].应用气象学报,2001,12(3):368-376.
- [3] 严华生,李艳,晏红明,等.热带海温变化对云南初夏干湿转换季节雨量的影响[J].热带气象学报,2002,18(2):165-172.
- [4] 秦剑,潘黑娜,石鲁平,等.南支槽与强冷空气结合对云南冬季天气的影响[J].气象,1991,17(3):39-43.
- [5] 王宇.云南气候变化概论[M].北京:气象出版社,1996.
- [6] 解明恩,张万诚.云南短期气候预测方法与模型[M].北京:气象出版社,2000.

极子的长期变化[J]. 地震地磁观测与研究, 2006, 27(2):48-50.

[17] 刘青松, 朱日祥, 潘永信, 等. 地球磁场的变化规律及其影响因素[J]. 中国科学, 1999, 29(3):263-269.

Research on the geomagnetic main field periodicity

BAI Chun-hua, KANG Guo-fa, GAO Guo-ming

(Department of Geophysics, Yunnan University, Kunming 650091, China)

Abstract: Based on the data of the Bloxham & Jackson Geomagnetic model (BJ for short) and the International Geomagnetic Reference Field (IGRF), the features of the geomagnetic main field periodicity are discussed. The results indicate that there is a periodicity about 60 years for the change rates of geomagnetic parameters, including geomagnetic moment, the spatial power spectrum and the average drift rate of spherical harmonic coefficients with different orders of the non-dipole magnetic field. And a 30-year periodicity is commonly available for the geomagnetic parameters and the average western drift rate considering the weight factors and the terms that related to $n = 2$. Consequently, it can be confirmed that 60-year and 30-year are the main characteristic periods of geomagnetic secular variation.

Key words: geomagnetic main field; secular variation; periodicity

* * * * *

(上接第 61 页)

The spatial and temporal distribution feature of precipitation field over Yunnan

ZHOU Guo-lian¹, YAN Hong-ming²

(1. Meteorological Observatory of Yunnan Province, Kunming 650034, China;

2. Meteorological Sciences Institute of Yunnan Province, Kunming 650034, China)

Abstract: The spatial and temporal distribution feature of the rainfall anomaly field of season and year about Yunnan are analyzed using precipitation anomaly field data of every month and every season from January in 1961 to December in 2002 of wide province 125 meteorological observing stations, and using the method of empirical orthogonal function (EOF). Following is the result: There are three main stationary types: ① All over the province is consistent; ② The north-south distribution (the Winter and Spring season); ③ The northeast-southwest type (Summer season); ④ The northwest-southwest type (Autumn). and at the same time, the south variable gradient is greater than the north variable gradient, the western variable gradient is greater than eastern variable gradient.

Key words: rainfall field; precipitation anomaly; spatial and temporal distribution; EOF method