

# 贵州地区夏季降水特征及其预测方法

张艳梅<sup>1,2</sup> 江志红<sup>1</sup> 王 冀<sup>3</sup> 韩艳凤<sup>3</sup>

(1 南京信息工程大学, 南京 210044; 2 贵州省六盘水市气象局, 六盘水 553001;

3 辽宁省鞍山市气象局, 鞍山 114004)

**摘要** 利用贵州地区 52 个测站 1961~2000 年夏季(6~8 月)降水资料,采用突变分析、小波分析等方法,对贵州夏季降水的时间变化特征进行了诊断分析,并运用均生函数对贵州夏季降水建立预测模型,进行试报和预报检验。结果表明:贵州地区近 40 a 来夏季降水呈上升趋势,具有明显的年际变化特征;夏季降水比较明显的突变点出现在 1971 年和 1994 年(没有通过显著水平  $\alpha=0.05$  的信度检验),其 1971 年后到 1994 年前降水为减少趋势,1994 年后降水开始增多;夏季降水在年际尺度上主要存在显著的准 2 a、准 4 a 和 4~6 a、8~10 a 周期振荡;均生函数对夏季降水预测效果较好,尤其对极值的预测,效果更加明显。

**关键词** 贵州 夏季降水 周期 突变 均生函数

## 引言

贵州地区位于我国西南部,青藏高原东南侧,靠近孟加拉湾和中国南海,具有明显的季风气候特点,由于贵州地区受特殊的喀斯特地形地貌等诸多因素的影响,常受到各种天气系统的影响,省内气候复杂多变,气象灾害频发,在 1972 年曾出现百年罕见的全省性特大夏旱,造成全省 49 个县干旱达 60 天以上,受灾面积超过  $6.7 \times 10^5 \text{ hm}^2$ ,粮食产量比常年减产 30%~50%<sup>[1]</sup>。每年因暴雨造成的山体滑坡、泥石流等自然灾害也给人民生命财产、工农业生产等带来巨大的损失。贵州地区降水主要集中在夏季(6~8 月),在实施西部大开发的战略中,研究贵州夏季降水的变化规律,对可能的旱涝灾害做出尽可能准确的预报,对贵州省的社会经济活动和政府的规划决策及防灾减灾都具有重要的意义。

近年来许多气象工作者对气温、降水等方面作了大量研究,程炳岩<sup>[2]</sup>等采用连续小波变换和交叉小波变换方法研究了河南气温距平序列和 ENSO 指标的时频变化特征;陈志芳<sup>[3]</sup>利用 Morlet 小波分析了佛山市降水的多时间尺度变化特征,发现佛山市 44 年降水变化的能量主要集中在较小时间尺度

的演变上,陈小丽<sup>[4]</sup>利用 Mann-Kendall 等方法对影响海南的热带气旋的年频数进行趋势分析和突变检测,并利用模糊均生函数正交方法对未来 10 年热带气旋的年频数进行趋势预测。

本文采用突变分析、小波分析等方法,对贵州夏季降水的时间变化特征进行了诊断分析,并运用均生函数对夏季降水建立预测模型,进行试报和预报检验,为短期气候预测提供一定的科学依据。

## 1 资料和方法

本文资料为贵州地区 52 个测站 1961~2000 年夏季 6~8 月降水量资料。

对夏季降水量的标准化距平序列进行了 Morlet 小波分析,小波分析法可以分析出时间序列周期变化的局部特征,从而能更清楚的看到各周期随时间的变化情况,因而在气候分析中得到广泛的应用<sup>[5]</sup>。

分析夏季降水的年际、年代际变化特征,对夏季降水量的距平时间序列进行了线性倾向估计和 5 a 滑动平均,本文使用 Mann-Kendall 法分析了降水的突变性质,这一方法的优点是不仅计算简便,而且可以明确突变开始的时间,并指出突变区域,且不受少

江苏省“青蓝工程”基金项目资助

作者简介:张艳梅,女,1973 年生,硕士,工程师,从事天气预报工作,Email:hnli mei2@163.com

收稿日期:2004 年 8 月 16 日;定稿日期:2004 年 10 月 14 日

数异常值的干扰<sup>[5]</sup>。

在众多的统计预报方法中,时间序列分析法的自回归和自回归滑动平均模型着重于时间序列中邻接时刻间的联系,预测值趋向平均值,对极值拟合效果不理想。本文用均生函数对贵州夏季降水建立预测模型,并对模型的拟合和预报效果进行了检验。均生函数模型原理概述如下<sup>[5-7]</sup>:

设一维时间序列:

$$x(t) = \{x(1), x(2), \dots, x(N)\} \quad (1)$$

建立以均生函数为基础的预报模型,式中  $N$  为样本量。定义式(1)的均生函数为:

$$\bar{x}_k(i) = \frac{1}{n} \sum_{j=0}^{n_k-1} x(i+jk) \quad (2)$$

$(i = 1, 2, \dots, k; k = 1, 2, \dots, M)$

其中  $\bar{n}_k = \text{int}(N/k)$ ,  $M = \text{int}(N/2)$  或  $\text{int}(N/3)$ , 对  $\bar{x}_k(i)$  作周期性延拓,则可得到式(2)的外延序列:

$$f_k(t) = \bar{x}_k \left[ t - k \text{int} \left( \frac{t-1}{k} \right) \right] \quad (3)$$

称  $f_k(t)$  为均生函数的延拓序列,建立原序列  $x(t)$  与  $f_k(t)$  间的回归:

$$x(t) = a_0 + \sum_{i=1}^q a_i f(t) \quad q \leq M \quad (4)$$

利用均生函数外延值,即可对原序列作多步预测。

若要作  $Q$  步预测,具体步骤如下:

①建立每一个延拓序列与观测原序列间的一元回归之后,计算双评分准则  $C_{CSC}$  值,凡满足  $C_{CSC} > \chi^2_{\alpha}$  序列粗选为备选变量,取  $\alpha = 0.05$  或  $0.01$ ,设入选了  $p'$  个延拓序列。 $C_{CSC}$  定义为:

$$C_{CSC} = S_1 + S_2$$

其中  $S_1$  为数量评分,即为精评分,  $S_2$  为趋势评分,称为粗评分,  $N$  为样本长度,  $k$  为统计模型中变量个数。式中:

$$S_1 = (N - k) \left( 1 - \frac{Q_k}{Q_y} \right)$$

$$S_2 = 2I = 2 \left| \sum_{i=1}^G \sum_{j=1}^G n_{ij} \ln n_{ij} + N \ln N - \left[ \sum_{i=1}^G n_i \ln n_i + \sum_{j=1}^G n_j \ln n_j \right] \right|$$

②用所有可能子集回归法,筛选得一个最优回归,这时有  $p$  个 ( $p \geq p'$ ) 入选序列。

③若要作  $Q$  步预测,对  $p$  个序列各周期延拓或

累加延拓  $Q$  步,将外延得的值代入方程:

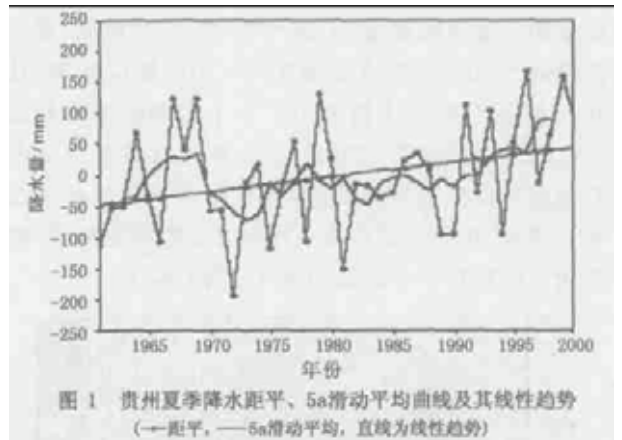
$$\bar{x}(t+q) = a_0 + \sum_{i=1}^p a_i f_i(t+q) \quad q = 1, 2, \dots, Q \quad (5)$$

即得  $Q$  步预测模型。

## 2 贵州夏季降水的时间变化特征

### 2.1 夏季降水的年际变化及趋势

为了解贵州地区近 40 a 夏季(6~8月)降水的年际变化及趋势,对夏季降水的距平时间序列做线性趋势估计和 5 a 滑动平均处理。图 1 为贵州夏季降水距平 5 a 滑动平均曲线及其线性趋势。由图可见,贵州地区近 40 a 来夏季降水呈上升趋势,其线性趋势为每 10 年 25.0 mm,但上升趋势不是很明显,距平序列与时间序列的相关系数为 0.26,没有通过 0.05 的信度检验(显著水平  $\alpha = 0.05$  时,相关系数为 0.30),贵州夏季降水存在着明显的年际、年代际变化特征,干湿时段较明显,20 世纪 60 年代到 70 年代为明显的多雨期,70 年代初期及整个 80 年代为相对少雨期,1972 年为夏季降水偏少的极值年份,全省出现了百年一遇的旱灾,但其中 1977、1979 年较常年多雨;90 年代以后贵州地区降水又进入多雨期。从降水的年际变化来看,降水极大值出现在 1969、1979、1996、1999 年,极小值出现在 1966、1972、1975、1981、1989 年。



### 2.2 突变分析

从以上的分析来看,贵州地区夏季降水存在较明显的年际变化特征。为进一步了解贵州地区 40 a 来夏季降水的突变性质,本文做了贵州夏季降水时间序列的 Mann-Kendall 统计量曲线(图 2),若  $UF$  的值大于零,则表明序列呈上升趋势,小于零则表明

序列呈下降趋势。当它们超过临界值时,表明上升或下降趋势显著。超过临界值的范围确定为出现突变的时间区域。如果  $UF$  和  $UK$  两条曲线出现交点,且交点在临界线之间,那么交点对应的时刻便是突变开始的时间。如图 2 所示,贵州夏季降水 40 a 来呈上升趋势,20 世纪 70 年代以前夏季降水具有明显的波动性质,存在几个突变点,比较明显的突变点出现在 1971 年和 1994 年(没有通过显著水平  $\alpha = 0.05$  的信度检验),其中 1971 年后到 1994 年前降水为减少趋势,1994 年后降水开始增多。



图 2 贵州夏季降水量的 Mann-Kendall 统计量曲线 (实线为  $UF$ ,虚线为  $UK$ ,直线为 0.05 显著性检验值  $\pm 1.96$ )

### 2.3 周期分析

采用 Morlet 小波方法,分析了贵州地区夏季降水的周期变化特征。图 3 给出了贵州夏季近 40 a 降水的小波变换系数(实部)分布图,由图可见,贵州夏季降水 40 a 来存在显著的 8~10 a 周期振荡,且 40 a 来稳定存在,主要经历了 4 个时期的多雨期和少雨期的交替变换。20 世纪 80 年代以前 4~6 a 左右的周期振荡信号较强,90 年代以后信号较弱。70 年代到 80 年代中期存在一个准 2 a 的周期振荡,90 年代以后存在一个较弱的准 4 a 周期振荡。

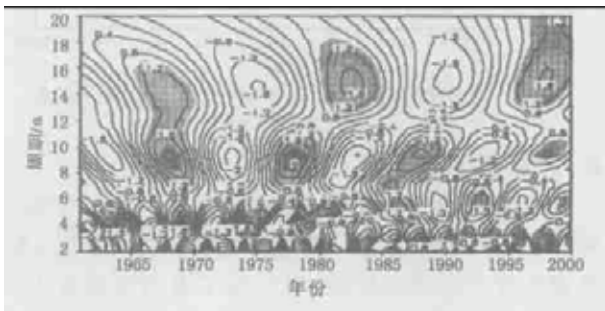


图 3 贵州夏季近 40 a 降水的 Morlet 小波变换系数(实部)

### 3 基于均生函数模型的贵州夏季降水预测检验

根据均生函数的预测模型原理,对贵州夏季降水的趋势进行拟合与预测。利用贵州地区 52 站 1961~1995 年的历年夏季平均降水量为样本资料,1996~2000 年为试报年,2001~2005 年为预报年。图 4 为贵州夏季降水量实况、拟合及预测,从图中可以看出,根据模型拟合的曲线与实况基本一致,尤其对降水极值年拟合的较好。

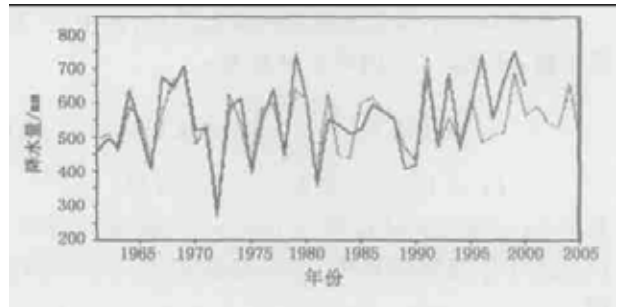


图 4 贵州夏季降水量实况、拟合及预报 (实线为实况,虚线为拟合,2001~2005 年为预报)

利用模型对贵州夏季降水趋势进行外推 5 步做 1996~2000 年的试报。根据累年平均值,结合试报值的结果,与实况值进行比较,5 年中有 4 年的距平符号一致(表 1)。距平符号一致率达 80%,对 1999 年降水偏多和 1997 年降水偏少的预报效果较好,可见,该模型对降水短期气候预测有一定的参考价值。

表 1 贵州夏季降水的预报检验

	mm				
	1996 年	1997 年	1998 年	1999 年	2000 年
实况	740.9	553.5	661.7	750.5	651.9
预测	486.4	507.4	551.8	689.4	563.3
距平符号一致	×	✓	✓	✓	✓

用该模型对 2001~2005 年贵州夏季降水进行趋势预测(见图 4 虚线部分),预计贵州未来 5 年的夏季降水处于少雨期,2004 年为极值年,降水偏多。

为了进一步探讨均生函数对夏季降水的预测效果,分别对夏季 6、7、8 各月的降水作了拟合和预测(图略),结果发现,拟合趋势和实况也基本一致,6、8 月拟合符合率为 60%,7 月为 80%。

### 4 小结

(1)通过对贵州地区夏季降水的时间变化特征进行分析,发现近 40 a 贵州地区夏季降水存在明显的年际变化特征,夏季降水近 40 a 来有上升的趋势;贵州

夏季降水主要存在显著的 8~10 a、4~6 a、准 4 a 和准 2 a 的周期振荡;夏季降水比较明显的突变点出现在 1971 年和 1994 年,其中 1971 年后到 1994 年前降水为减少趋势,1994 年后降水开始增多。

(2) 利用均生函数模型对贵州夏季降水趋势的拟合和预报中,拟合与实况基本一致,尤其对降水极值拟合效果较好,预计贵州未来 5 年的夏季降水处于少雨期,表明该模型对降水短期气候预测有一定的参考价值。

### 参考文献

1 伍红雨. 贵州夏季降水异常的小波分析. 贵州气象, 2001, 25: 8

- 9
- 2 程炳岩, 黄海仁, 刘朝顺, 等. 河南省气温变化及其与 ENSO 的相关. 气象科技, 2004, 32(3): 177 - 181
  - 3 陈志芳. 佛山降水变化的小波特征. 气象科技, 2002, 30(4): 214 - 217
  - 4 陈小丽. 海南热带气旋年际变化与趋势预测. 热带气象学报, 2000, 16(4): 360 - 365
  - 5 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术. 北京: 气象出版社, 1999
  - 6 魏凤英, 曹鸿兴. 模糊均生函数模型及其应用. 气象, 1993, 2(7)
  - 7 魏凤英. 长期预测的数学模型及其应用. 北京: 气象出版社, 1989

## Features and Prediction of Summer Precipitation in Guizhou Province

Zhang Yanmei<sup>1,2</sup> Jiang Zhihong<sup>1</sup> Wang Ji<sup>3</sup> Han Yanfeng<sup>3</sup>

(1 Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044; 2 Liupanshui Meteorological Bureau, Guizhou Province, Liu Panshui 553001; 3 Anshan Meteorological Bureau, Liaoning Province, Anshan 114004)

**Abstract:** Based on the monthly precipitation data of 52 observational stations in June, July and August from 1961 to 2000, the features of summer precipitation in Guizhou Province were analyzed by means of abrupt change analysis and wavelet analysis techniques. A prediction model was developed and the prediction experiment of summer precipitation in Guizhou Province was conducted with the mean generating function. The results indicate that summer precipitation in Guizhou increased obviously in recent 40 years and its inter-annual variation was remarkable with varying periods: 8 - 10, 4 - 6, 4, and 2 years. Abrupt change mainly occurred in 1971 and 1994, and precipitation began to decrease from 1994. The result shows that the mean generating function has good prediction capability for short-range climate changes, especially for extreme precipitation events.

**Key words:** Guizhou, summer precipitation, abrupt changes, mean generalized functions