

浙江中部地区近几十年汛期降水演变规律分析和预报模型建立

石细平, 单中华, 吴 宏

兰溪市气象局, 浙江兰溪 321100

摘要 对近几十年浙江中部汛期降水演变规律进行了分析, 并运用多元线性回归方法对浙中汛期降水进行预报建模。结果表明, 浙中汛期降水多年平均呈现西多东少、南北多中间少的空间分布特征, 6 月降水为每年汛期降水的峰值; 准 9 年振荡周期贯穿整个浙中汛期降水历史序列, 同时 1967—1982 年存在准 4 年振荡周期, 而准 5 年振荡周期则从 1978 年持续至今; 浙中汛期降水主要受南北半球中高纬环流系统扰动影响, 且环流敏感区域数北半球多于南半球; 通过多元线性回归建立的预报模型降水回归值曲线与降水实测值曲线拟合效果较为理想, 复相关系数达 0.81, 预报方程通过 95% 信度检验, 并以 2009 年汛期降水进行模型适用性检验。

关键词 汛期降水; 演变规律; 预报模型

中图分类号 P458.1*22

文献标识码 A

文章编号 1000-7857(2009)02-0096-05

Evolution Analysis of Flood Period Rainfall in Zhejiang Central Region and the Forecasting Model

SHI Xiping, SHAN Zhonghua, WU Hong

Lanxi Meteorology Bureau, Lanxi 321100, Zhejiang Province, China

Abstract The spatial distribution of the flood period rainfall over the years in Zhejiang central region is analyzed and it is shown that the rainfall amount in northern and southern part is more than that in central part, and the precipitation in western part is more than that in eastern part. June precipitation is the greatest during the annual flood season. There is a nine-year cycle throughout the precipitation sequence. Four-year cycle exists from 1967 to 1982, and five-year cycle appears since 1978 until now. Zhejiang central region flood season precipitation is mainly affected by the disturbances of the high-middle latitude atmospheric circulation system in both of northern and southern hemispheres, and the number of circulation sensitive areas in northern hemisphere is greater than that in southern hemisphere. Forecasting model is established by using multiple linear regression method. And the results of the forecasting model simulation are close to historical observations. The prediction equation passes 95% reliability test. The applicability of the prediction equation is tested by using 2009 data and the results show that the qualitative prediction is successful.

Keywords flood period rainfall; evolution discipline; forecasting model

0 引言

浙江中部地区属于亚热带季风气候, 气温适中, 雨量充沛, 全年降水主要集中在 5—9 月的汛期。在全球气候变暖背景下, 浙江中部地区极端天气频繁发生, 加之地处钱塘江中上游, 汛期防汛防洪形势十分严峻。樊高峰等^[1]对浙江省干湿状态时空分布特征的研究表明, 浙江中部干湿变化比较剧烈, 南部和北部变化相对较弱。钟晋阳等^[2]在浙江省雨涝时空

分布特征研究中指出雨涝等级在时间尺度上有逐步加强的趋势。钟元等^[3]对浙江省汛期旱涝趋势对气候变暖的响应进行了研究, 结果表明, 50 多年来浙江省气候变化总体趋势是逐渐变暖, 且在气候变暖期浙江省汛期旱涝事件的发生频数增加。腾卫平等^[4]基于支持向量机回归方法对浙江汛期旱涝进行了预报建模, 有着良好的应用前景。

本文着眼于探寻浙江中部地区汛期降水演变规律, 并对

收稿日期: 2009-05-12; 修回日期: 2009-12-16

作者简介: 石细平, 助理工程师, 研究方向为天气气候及公共气象服务, 电子邮箱: shitounanjiang@sina.com

其与全球 500hPa 大气环流进行敏感性实验,建立汛期降水预报模型,为汛期降水预测预报提供一些参考。

1 资料来源与方法

本文所用资料主要为美国国家环境预测中心/国家大气研究中心(NCEP/NCAR)发布的全球再分析月平均 500hPa 高度场资料,选取时段为 1966—2008 年共 43 年,以及浙江中部

地区 7 个站点 1967—2008 年共 42 年 5—9 月的降水历史观测资料。每年的 5—9 月为浙江中部地区的汛期。

本文所用方法主要是气候统计分析中的主振荡型分析^[9]。这是一种线性多元分析方法,用于处理浙江中部地区 7 个站点近 42 年汛期降水,提取其主成分。表 1 为提取的各特征值及其对应的特征向量和各主分量的方差贡献。

由表 1 可知,第 1 主成分方差贡献达到 77.73%,对应的

表 1 浙中地区汛期降水特征值、特征向量和各主成分的方差贡献

Table 1 Eigenvalue, eigenvector and principal components of flood period rainfall

序号	特征值			特征向量					主成分
									方差贡献/%
1	0.213×10 ⁶	0.1702	0.4302	0.3753	0.3793	0.4210	0.4173	0.3869	77.730
2	0.280×10 ⁵	0.9716	0.0062	-0.0472	-0.0395	-0.0633	-0.2131	-0.0509	10.194
3	0.129×10 ⁵	0.1183	-0.2819	-0.1040	-0.4483	-0.3061	0.6158	0.4708	4.704
4	0.877×10 ⁴	-0.0303	0.3707	0.7027	-0.4301	-0.3704	-0.0433	-0.2088	3.193
5	0.594×10 ⁴	0.0390	0.2189	-0.1951	0.5184	-0.6102	0.3941	-0.3405	2.165
6	0.347×10 ⁴	-0.0071	-0.5783	0.4950	0.4458	-0.2945	-0.2241	0.2909	1.266
7	0.205×10 ⁴	-0.1020	0.4643	-0.2628	0.0311	-0.3585	-0.4401	0.6178	0.748

特征向量均为正值,其反映浙中地区汛期降水的总体变化特征;而第2主成分的方差贡献迅速衰减到10.19%,对应的特征向量正负均有,反映的是浙中地区汛期降水的局部变化特征。第1主成分已能较好反映原变量场的整体变化信息,故运用第1主成分进行相关的统计分析。同时,对浙中汛期降水进行相对变率分析^[6]。

$$F = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{\bar{X}} \times 100\%$$

式中, F 为降水相对变率, X_i 为逐年降水量, $\bar{X}$ 为累年平均降水量, n 为资料年数。

降水相对变率反映一个地区降水量的稳定程度,变率大的地区降水量不稳定,容易发生旱涝灾害。分析其变化规律有利于对浙中地区汛期降水进行预测,为合理利用水资源提供科学依据。

本文还运用小波变换分析方法对浙中汛期降水主分量分析后所得的第 1 主成分进行周期分析, 探寻浙中汛期降水的周期演变规律, 小波变换选用 Morlet 小波^[7]。

最后,对浙中汛期降水与全球 500hPa 高度场进行敏感性实验进而提取出敏感区域,并利用提取的预报因子进行多元线性回归^[5],然后建立浙中汛期降水预报方程。其回归预报方程形如

$$y=b_0+\sum_{k=1}^p b_kx_k$$

2 汛期降水演变规律分析

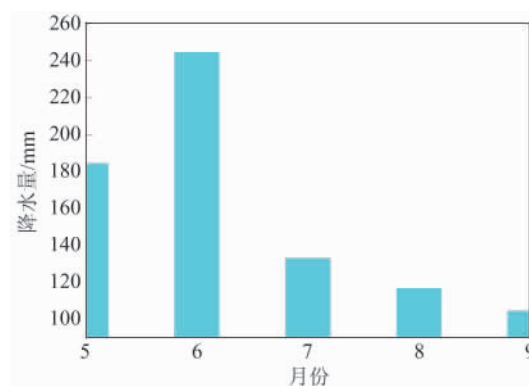
2.1 浙中汛期降水时空分布

浙江中部地区多年平均汛期降水存在时间和空间分布

上的不均匀性特征(图1)。由图1(a)可以看出,浙中地区多年平均汛期降水的空间分布呈现西多东少和南北多中间少特征,这与该地区北部、南部为山区,西部为盆地,东部为丘陵的



(a)



(b)

图1 浙江中部地区多年平均汛期降水的空间分布(a)和时间分布(b)

Fig. 1 Spatial (a) and temporal (b) distributions of flood period rainfall

地形特征相对应,说明浙中汛期降水受地形影响特征明显,即山区降水多于盆地(丘陵)。多年平均汛期降水的时间分布特征则表现为:6月是汛期降水的主要集中时段,为汛期降水峰值所在。而浙江平均入梅时间为6月14日,出梅时间为7月9日前后,说明梅雨期降水是6月降水的主要组成部分;5月降水量为汛期各月降水量次大值,7—9月降水量则逐月减少。另外根据历史资料统计,影响浙江中部地区的台风主要集中在7、8两个月^[4],说明台风带来的降水并不是浙中地区汛期降水的主要来源。

2.2 浙中汛期降水相对变率分析

表2为浙中地区汛期降水相对变率统计表。分析可知,在每年长达5个月的汛期内,浙中地区7个站点的单站单月降水相对变率变化幅度较大,最小的仅为28%(东阳5月降

水相对变率),而最大的则达61%(兰溪7月降水相对变率),说明汛期内单站单月降水的预测难度较大,旱涝发生频率较高。浙中地区7个站点降水量之和的相对变率月分布特征表现为:5、6两月降水相对变率均为28%;而7—9月的降水相对变率则达到40%左右,说明该时段降水的年际差异较大。根据历史资料统计,影响浙江中部地区的台风主要集中在7、8两月,说明不同年份受台风影响程度大小决定该时段降水相对变率的大小。汛期降水相对变率的地区空间分布较为一致(18%~21%),说明浙中地区不同县市(区)汛期降水多寡的年际变化是一致的。对于地区总汛期降水而言,其相对变率仅为16%,地区总汛期降水年际偏差较小,从某种程度上说明只要提取到适合的预报因子,对浙中地区整个汛期降水进行有效预报是可行的。

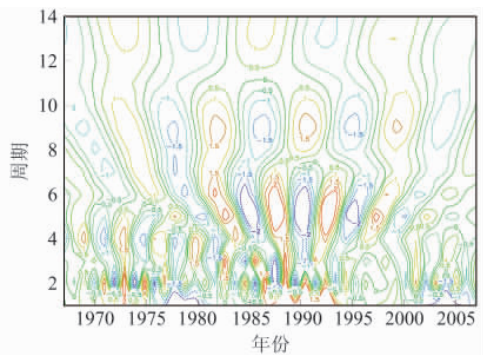
表2 浙中地区汛期降水相对变率(单位:%)
Table 2 Relative variability of flood period rainfall (unit: %)

月份	兰溪	浦江	金华	义乌	武义	永康	东阳	各站点总计
5	29	32	33	29	32	30	28	28
6	30	34	29	35	30	30	31	28
7	61	46	55	51	45	50	50	42
8	54	45	54	55	43	38	47	40
9	45	46	48	45	47	54	49	40
各月总计	20	18	19	21	20	18	19	16

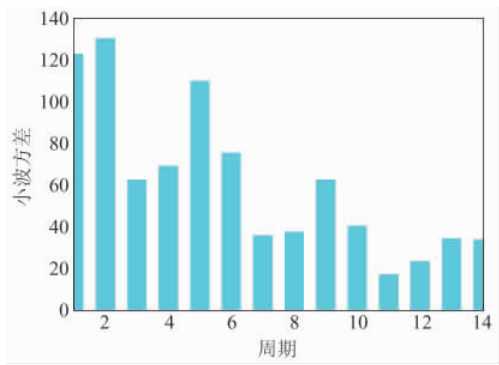
2.3 浙中汛期降水演变周期分析

图2为浙中地区汛期降水第1主成分小波系数分布图(图2(a))和小波方差图(图2(b))。分析可知,几十年来浙江中部地区汛期降水主要存在准5年和准9年周期振荡。其中,准9年振荡周期贯穿于所选取的整个气候时间序列,准5年振荡周期则从1978年开始出现,并持续至今。此外,1967—

1982年还存在准4年振荡周期。结合准5年振荡周期分析可以看出,浙江中部地区汛期降水存在一个从准4年向准5年周期振荡演变的过程,且这一转变过程出现在20世纪70年代末到80年代初。1995年之前存在比较明显的准2年振荡周期,此后这一周期振荡消失。



(a) 小波系数
(a) Wavelet coefficients



(b) 小波方差
(b) Wavelet variance

图2 浙中地区汛期降水第一主成分分析图

Fig. 2 The first principal component of flood period rainfall analysis

3 汛期降水与全球500hPa大气环流敏感性分析和预报模型建立

3.1 浙中汛期降水与全球500hPa大气环流敏感性分析

利用浙中汛期降水第1主成分与当年5—9月全球

500hPa平均高度场、当年1—4月全球500hPa平均高度场和前一年5—9月(滞后1年)全球500hPa平均高度场进行典型相关分析,得出相关系数等值线图(图3)。由3种情况的相关系数等值线分布可以看出,相关系数等值线极值中心主要出

4 结语

1) 多年平均的浙江中部汛期降水空间分布表现为西多东少、南北多中间少的特征;6月降水为汛期降水峰值,5月次之,7月至9月则逐月减少为其时间分布特征。

2) 准9年的振荡周期贯穿于整个浙中汛期降水序列;此外,1967—1982年存在准4年振荡周期,70年代末到80年代初准4年振荡周期向准5年的振荡周期演变,准5年的振荡周期从1978年开始持续至今。

3) 对浙江中部汛期降水起主导作用的环流扰动主要为南北半球的中高维环流系统的扰动,而低维环流的扰动或调整对浙中地区汛期降水影响不大;且北半球的敏感区域数大于南半球敏感区域数。

4) 建立的浙江中部地区汛期降水预报模型较为理想,复相关系数达0.81,预报方程通过95%的信度检验;预测2009年浙中7个站点汛期降水较常年约偏少16%,实际汛期降水量比常年偏少6%,说明模型对2009年浙中地区7个站点汛期降水的定性预测是成功的。

5) 该模型的不足之处在于:只能对浙中地区7个站点的汛期总降水量进行预测,而未能实现对浙中地区汛期降水的时间和空间分布进行精细化预报。

参考文献 (References)

- [1] 樊高峰, 张小伟, 徐义, 等. 浙江省干湿状态的时空分布特征 [J]. 中国农业气象, 2008, 29(1): 111-114.
Fan Gaofeng, Zhang Xiaowei, Xu Yi, et al. Chinese Journal of

Agrometeorology, 2008, 29(1): 111-114.

- [2] 钟晋阳, 王秀珍, 黄敬峰, 等. 浙江省雨涝时空分布特征研究 [J]. 科技通报, 2009, 25(1): 35-39.
Zhong Jinyang, Wang Xiuzhen, Huang Jingfeng, et al. Bulletin of Science and Technology, 2009, 25(1): 35-39.
- [3] 钟元, 顾俊强, 滕卫平, 等. 浙江省汛期旱涝趋势对气候变暖的响应[J]. 浙江大学学报: 理学版, 2007, 34(1): 107-114.
Zhong Yuan, Gu Junqiang, Teng Weiping, et al. Journal of Zhejiang University: Science Edition, 2007, 34(1): 107-114.
- [4] 滕卫平, 俞善贤, 胡波. 基于支持向量机的浙江汛期旱涝预测方法研究[J]. 气象科技, 2008, 36(2): 139-143.
Teng Weiping, Yu Shanxian, Hu Bo. Meteorological Science and Technology, 2008, 36(2): 139-143.
- [5] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法[M]. 北京: 气象出版社, 2004.
Huang Jiayou. Meteorological statistical analysis and forecasting methods [M]. Beijing: China Meteorological Press, 2004.
- [6] 吴洪宝, 吴蕾. 气候变率诊断和预测方法[M]. 北京: 气象出版社, 2005.
Wu Hongbao, Wu Lei. Diagnosis of climate variability and prediction methods[M]. Beijing: China Meteorological Press, 2005.
- [7] 李明秀. 衢州地区降水变率与降水变化规律分析 [J]. 浙江气象, 2005, 37(3): 10-12.
Li Mingxiu. Zhejiang Meteorology, 2005, 37(3): 10-12.
- [8] 金培, 沈锦栋, 吴森清. 金华历史影响台风时空分布特征统计分析[J]. 浙江气象, 2008, 29(2): 1-3.
Jin Pei, Shen Jindong, Wu Senqing. Zhejiang Meteorology, 2008, 29(2): 1-3.
- [9] 王绍武. 现代气候学研究进展[M]. 北京: 气象出版社, 2001.
Wang Shaowu. Modern advances in climate studies [M]. Beijing: China Meteorological Press, 2001.

(责任编辑 朱宇)

第6届国际稀土开发 与应用研讨会

时 间: 2010年8月
地 点: 北京

主办单位: 中国稀土学会

通信地址: 北京市海淀区学院南路76号
中国稀土学会办公室 (100081)
电 话: 010-62182748
传 真: 010-62173501
电子信箱: csre@cs-re.org.cn