

Regional Characteristics of Precipitation Trend in the Major Flood Season Based on REOF Analysis in Jiangxi

Guowen Li¹, Fangfang Dong¹, Luyu Zhang², Yang Zhang¹, Xuerong Cheng³, Zheng Guo⁴

¹Hydrology Bureau of Jiangxi, Nanchang Jiangxi

²Information Center, Ministry of Water Resources of China, Beijing

³Hydrology Bureau of Shangrao, Shangrao Jiangxi

⁴Hydrology Bureau of Jiujiang, Jiujiang Jiangxi

Email: linzi2009102022@foxmail.com

Received: Feb. 5th, 2019; accepted: Feb. 20th, 2019; published: Feb. 28th, 2019

Abstract

This paper used REOF analysis method to classify the standardized rainfall anomaly field during major flood season (April to June) in Jiangxi, and then used linear trend method, Mann-Kendall test method and Morlet wavelet analysis method to analyze long-term trends of precipitation in each sub-district. Evidence reveals that, the standardized rainfall anomaly field in the major flood season in Jiangxi is classified into two districts, north Jiangxi and south Jiangxi. There is no obvious trend of precipitation in the major flood season in north Jiangxi; precipitation in the major flood season of south Jiangxi is decreasing with a tendency rate of 17 mm/10 a in the long run, an evident downtrend has been happening since the end of 1980s, the recent mutation is around 1976. The wavelet analysis suggests that, 35 a is the first main period of the major flood season precipitation series in northern Jiangxi, 11 a, 6 a and 3 a are its meso-micro scale periods. 43 a is the first main period of the major flood season precipitation series in south Jiangxi, and 17 a, 25 a, 6 a, 4 a and 10 a are its meso-micro scale periods.

Keywords

Precipitation, Major Flood Season, Trend Analysis, Jiangxi Province

基于REOF分析的江西主汛期降水趋势的区域特征

李国文¹, 冻芳芳¹, 张麓瑀², 张阳¹, 程雪蓉³, 郭铮⁴

¹江西省水文局, 江西 南昌

²水利部信息中心, 北京

³江西省上饶水文局, 江西 上饶

作者简介: 李国文(1964-), 男, 江西人, 高级工程师。

⁴九江市水文局, 江西 九江
Email: linzi2009102022@foxmail.com

收稿日期: 2019年2月5日; 录用日期: 2019年2月20日; 发布日期: 2019年2月28日

摘要

采用旋转经验正交展开方法, 对江西省主汛期(4~6月)降水进行分区, 在此基础上运用线性趋势法、Mann-Kendall检验法与Morlet小波分析法, 研究各分区主汛期降水的长期演变规律。结果表明: 江西省主汛期降水量场可以划分为2个区域, 即赣北与赣南, 赣北主汛期降水无明显趋势; 赣南主汛期降水存在减小的趋势, 倾向率约为 $-17 \text{ mm}/10 \text{ a}$, 赣南主汛期降水在20世纪80年代末至今下降趋势显著, 最近一次突变时间在1976年左右。周期分析表明, 35 a为赣北主汛期降水系列第1主周期, 赣北主汛期降水的中小周期分别为11 a, 6 a和3 a; 43 a为赣南主汛期降水系列第1主周期, 赣南主汛期降水中小尺度对应17 a、25 a、6 a、4 a、10 a周期。

关键词

降水, 主汛期, 趋势分析, 江西

Copyright © 2019 by authors and Wuhan University.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

江西省地处中国东南部, 位于长江中下游南岸, 省界轮廓略呈长方形, 地形具有南高北低、东南西三面环山、由周边向内倾斜。江西省属中亚热带湿润季风气候区, 气候特点是: 春暖、夏热、秋燥、冬冷, 冬夏季长而春秋短, 四季温差大, 光照充足, 气候温和, 雨量充沛, 四季分明。春夏之交, 冷暖气流交绥, 梅雨连绵, 易受洪涝灾害; 夏季多为副热带高压控制, 盛行偏南风; 夏秋之际, 主要受台风影响, 常伴有局部暴雨洪水灾害; 冬季常受西伯利亚(或蒙古)高压影响, 盛行偏北风。江西省河流众多, 绝大部分汇入鄱阳湖, 入湖水系以赣江、抚河、修水、信江和饶河五大河流为主体, 经鄱阳湖调蓄后由湖口汇入长江, 形成完整的鄱阳湖水系。4~6月为江西的主汛期, 主汛期内暴雨洪水灾害频发, 威胁人民的生命和财产安全, 分析江西主汛期降水的特征有助于江西的防汛抗旱工作, 也是从了解洪水到管理洪水最终到人水和谐的必要一环。

舒长根[1]从副热带高压、青藏高原热力两方面分析了江西6月初~7月初降水异常的原因。尹洁[2]通过对典型少雨年2004年6月的副高、阻高、ITCZ系统特征的分析, 以及对历史少雨年和多雨年环流合成图作对比, 分析江西汛期降水异常的高中低纬环流特征。张超美[3]等基于1951~2013年江西省87个台站逐日降水数据和NCEP/NCAR再分析资料, 利用偏相关统计方法选取影响江西省汛期降水的强迫因子, 并进行归因分析, 最终基于GCM模式预报结果建立江西省汛期降水的降尺度预测模型。研究江西省汛期降水特征及影响因素的文献较多, 但对江西省主汛期降水及其分区特征研究较少。

基于此, 本文以江西省主汛期(4~6月)降水为研究对象, 采用点、面雨量数据系列, 运用统计学方法, 分析研究江西省主汛期降水区域特征。

2. 数据与方法

2.1. 数据

- 1) 江西省水文局提供的 1951~2017 年水情基本站汛期雨量系列;
- 2) 气象基本站 1951~2017 年汛期雨量资料系列。

2.2. 方法

- 1) 用 REOF 方法分析江西省主汛期降水分区;
- 2) 用线性趋势法与 Mann-Kendall 检验法(简称 M-K 方法)分析各分区主汛期降水趋势;
- 3) 用 Morlet 小波分析各分区主汛期降水周期特征。

由于篇幅所限, 本文对上述方法不做介绍, 详情请参考相关文献, 如文献[4] [5] [6] [7]。

3. 江西省汛期降水的空间分布

江西省汛期(4~9月)、主汛期(4~6月)、后汛期(7~9月)降水空间分布及距平过程如图 1 所示, 整个汛期降水量呈现“东北多西南少”分布, 主汛期分布与其较为相似, 而后汛期降水量则呈现“南北多中间少”的分布。整个汛期降水距平没有明显的趋势性, 主汛期与其变化十分相似, 二者线性相关系数达 0.87, 可见前汛期降水与后汛期降水有明显不同, 整个汛期降水分布由主汛期主导。因此, 本文选择主汛期(4~6月)为时段, 对江西主汛期降水特征作进一步分析。

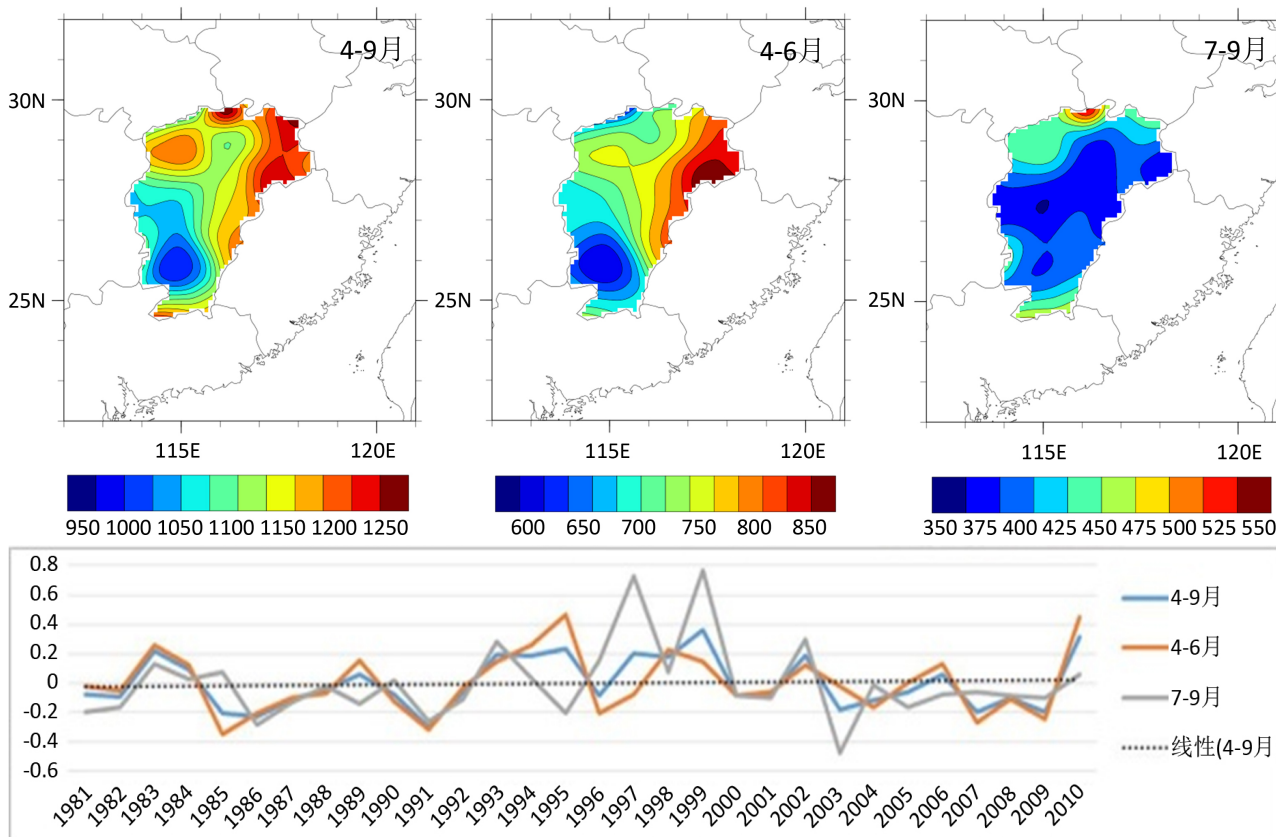


Figure 1. Precipitation spatial distribution and anomaly of flood season in Jiangxi Province

图 1. 江西省汛期降雨空间分布及时间距平

4. 江西省主汛期降水的客观分区

利用江西省 1981~2010 年 4~6 月降水资料作 REOF 分析, 得到江西省主汛期降水的前 2 个模态的空间分布和时间序列, 如图 2。第 1~2 模态的方差贡献分别为 64.0%, 22.6%。

从方差贡献可以看出, 第 1 模态为主导模态, 之后的模态所占贡献快速收敛。第一模态的空间分布为“南北偶极”型, 降水量级北部明显大于南部, 北部降水明显偏多(少)的年份南部降水会偏少(多)。时间序列与 4~6 月降水距平一致, 降水偏多年份, 通常北部降水偏多南部降水偏少。

第 2 模态方差贡献率为 22.6%, 空间分布最北部与其余地方反相关。降水偏多(少)年份主要表现为中部地区明显偏多(少), 最北部则略偏少(多)。全省降水异常程度主要由中南部降水异常程度决定。

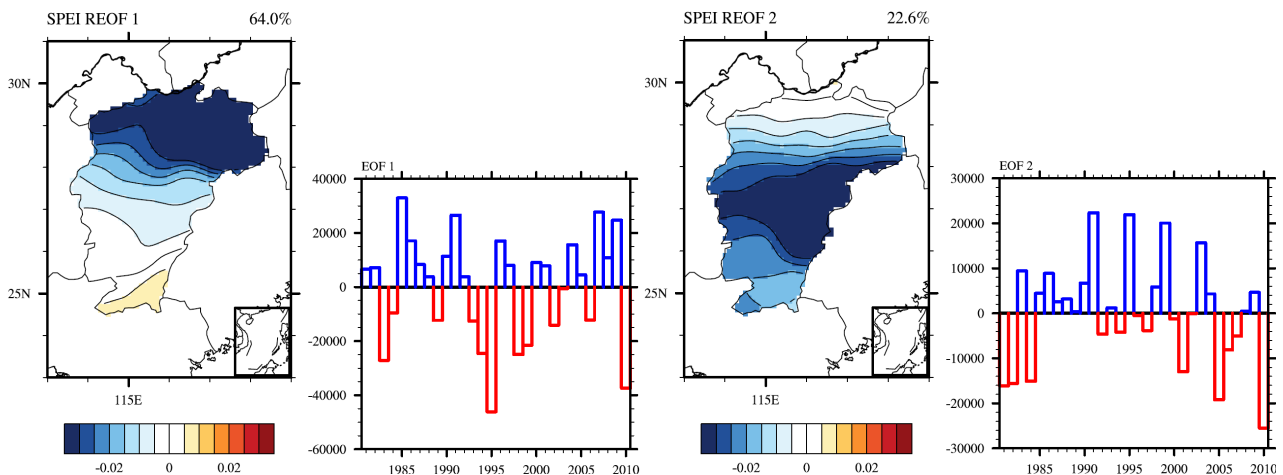


Figure 2. Precipitation spatial distribution and time series of modals 1 - 2 of major flood season during 1981-2010 in Jiangxi
图 2. 1981~2010 年 4~6 月降水 REOF 第 1~2 模态空间分布及其时间序列

从 REOF 的结果来看, 第 1 模态所占比例大, 同时较好地表现出江西省主汛期降水的南北差异, 时间序列也与 4~6 月降水距平一致, 因此, 对于 4~6 月降水的研究, 根据第一模态的“南北偶极”结果, 将江西划分为南北两部分, 分别开展之后的统计分析。

5. 分区主汛期降水趋势特征

5.1. 线性趋势

赣北、赣南历年主汛期降水线性变化如图 3 和图 4, 从图中可以看出: 在多年的丰枯交替变化中主汛期降水存在减弱的趋势, 其中, 赣北主汛期的降水存在微弱减小的趋势, 倾向率为 $-5.7 \text{ mm}/10 \text{ a}$; 赣南主汛期降水存在较明显减小的趋势, 倾向率为 $-17 \text{ mm}/10 \text{ a}$ 。

5.2. M-K 分析

赣北主汛期的降水 M-K 分析(取 0.05 的显著性水平), 绘制 UF 与 UB 曲线如图 5 所示, 由图可得, 赣北 4~6 月降雨量在 20 世纪 50 年代呈上升趋势; 20 世纪 60 年代初期以后的长时段里多呈下降趋势, 整个序列上升(除 1954 年)或下降趋势变化不显著, 突变时间发生在 1963 年和 2016 年前后。

赣南主汛期的降水 M-K 分析(取 0.05 的显著性水平), 绘制 UF 与 UB 曲线如图 6 所示, 由图可得, 赣南主汛期降水量在 20 世纪 70 年代中期以前有升有降, 呈波动性特征, 但变化不显著; 赣南主汛期降水量在 20 世纪 60 年代中期以后呈下降趋势, 且 20 世纪 80 年代末至今下降趋势显著, 通过了 0.05 的显著性水平, 最

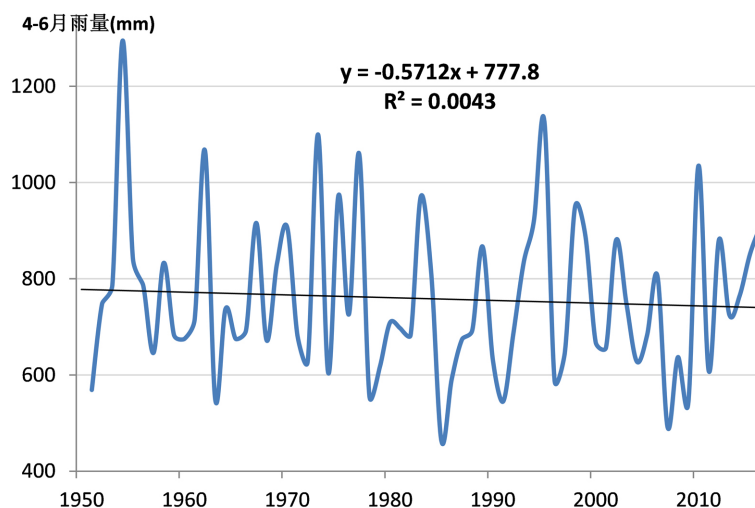


Figure 3. Precipitation linear trend of major flood season in northern Jiangxi
图 3. 赣北主汛期的降水线性趋势

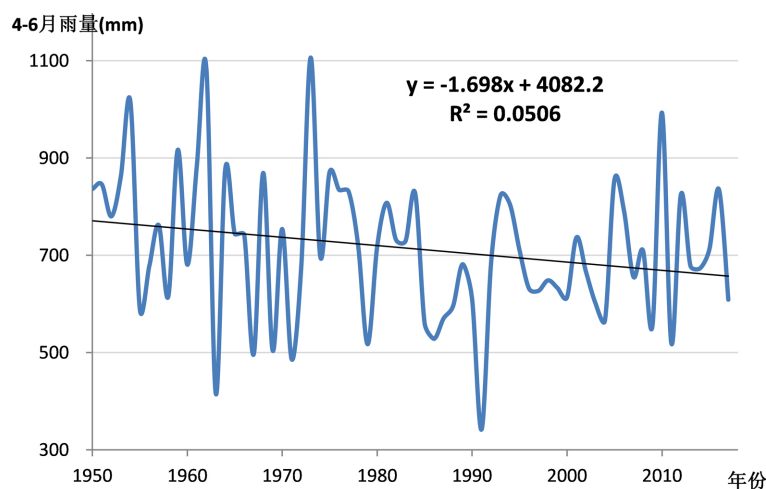


Figure 4. Precipitation linear trend of major flood season in southern Jiangxi
图 4. 赣南主汛期的降水线性趋势

近一次突变时间在 1976 年左右。

6. 分区主汛期降水周期特征

6.1. 赣北主汛期的降水周期特征

赣北 4~6 月降水 Morlet 小波系数实部如图 7(左)所示, 赣北 4~6 月降水由 42~64 a, 22~42 a, 5~22 a, 5 a 以下 4 种尺度的周期波动变化规律控制整个时间域上的丰枯变化, 大尺度的周期变化明显, 如 22~42 a 尺度上, 赣北 4~6 月降水经历了丰 - 枯 - 丰 - 枯 - 丰 - 枯的循环变化规律, 目前处于丰水期, 等值线未闭合, 表明接下来的年份将继续处于丰水状态。小尺度震动频率加快, 周期未表现出整个时域连续性, 如 5~22 a 尺度上, 20 世纪 90 年代以前表现出周期现象, 但 90 年代后周期性不明显。

绘制赣北 4~6 月降水小波方差图, 从图 7(右)中可以看出赣北 4~6 月降水存在 5 个较明显的峰值, 依次对应着 35 a, 56 a, 11 a, 6 a, 3 a 的时间尺度。其中, 最大峰值对应着 35 a 的时间尺度, 表明赣北 4~6 月降水在 35 a 的时间尺度上周期震动最强, 为第 1 主周期, 中小尺度主要对应 11 a, 6 a, 3 a 的周期。

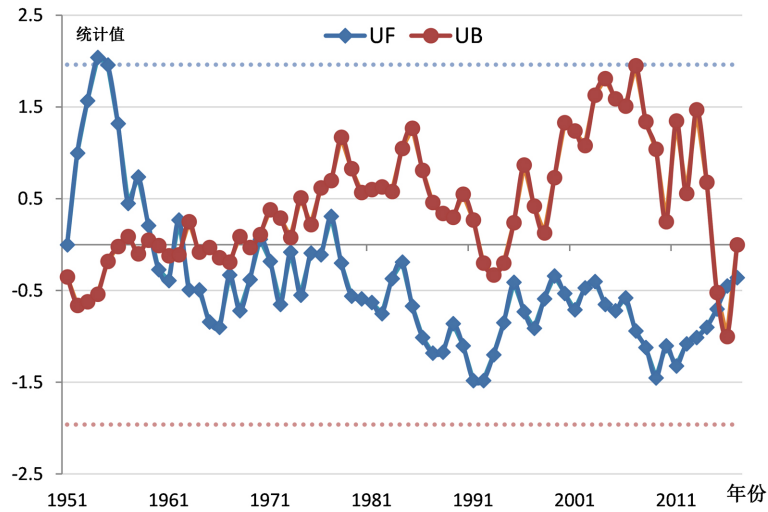


Figure 5. Precipitation M-K analysis of major flood season in northern Jiangxi
图 5. 赣北主汛期降水 M-K 分析

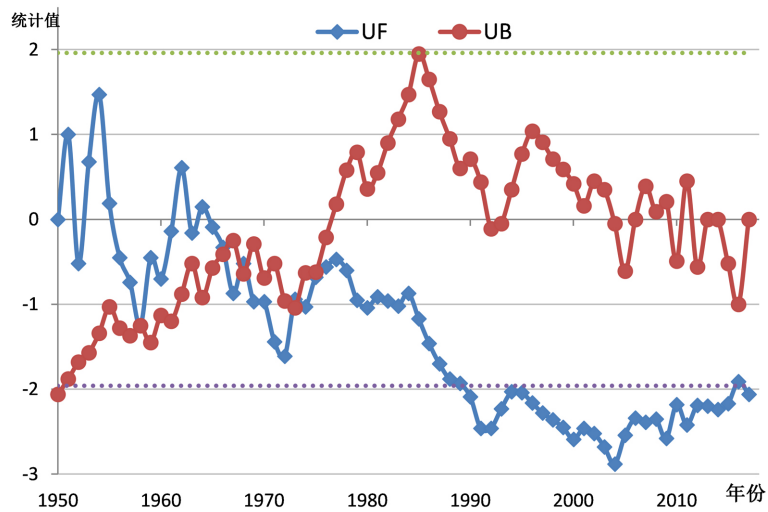


Figure 6. Precipitation M-K analysis of major flood season in southern Jiangxi
图 6. 赣南主汛期降水 M-K 分析

6.2. 赣南主汛期的降水周期特征

赣南历年 4~6 月雨量序列 Morlet 小波系数实部如图 8(左)所示,其小波系数实部图大致可以分为 50 a 以上, 32~50 a, 23~32 a, 15~23 a, 6~15 a 和 6 a 以下 6 类时间尺度的周期变化,在 50 a 以上的尺度上,赣南 4~6 月降水经历了枯 - 丰 - 枯 - 丰 - 枯的变化,且 2017 年等值线未闭合,表明未来大尺度上处于枯水状态可能性大。在 23~32 a 尺度上,赣南 4~6 月降水经历了枯 - 丰 - 枯 - 丰 - 枯 - 丰 - 枯 - 丰 - 枯 9 个循环过程。15 年以下尺度,赣南 4~6 月降水周期频率变动加快,6~15 年尺度周期性比较明显,6 a 以下尺度在 20 世纪 80 年代中期以后分布比较零乱,不同时段强弱不同,局部差异大。

赣南 4~6 月降水小波方差见图 8(右),从图中可看出,小波方差图存在 7 个较为明显的峰值,依次对应着 43 a、56 a、17 a、25 a、6 a、4 a、10 a 的时间尺度。其中最大峰值对应 43 a 的时间尺度,说明赣南 4~6 月降水在 43 a 尺度上周期震动最强,为第 1 主周期;中小尺度对应 17 a、25 a、6 a、4 a、10 a 的周期。上述 7 个时间尺度周期的波动控制着赣南 4~6 月降水在整个时间域内的变化特征。

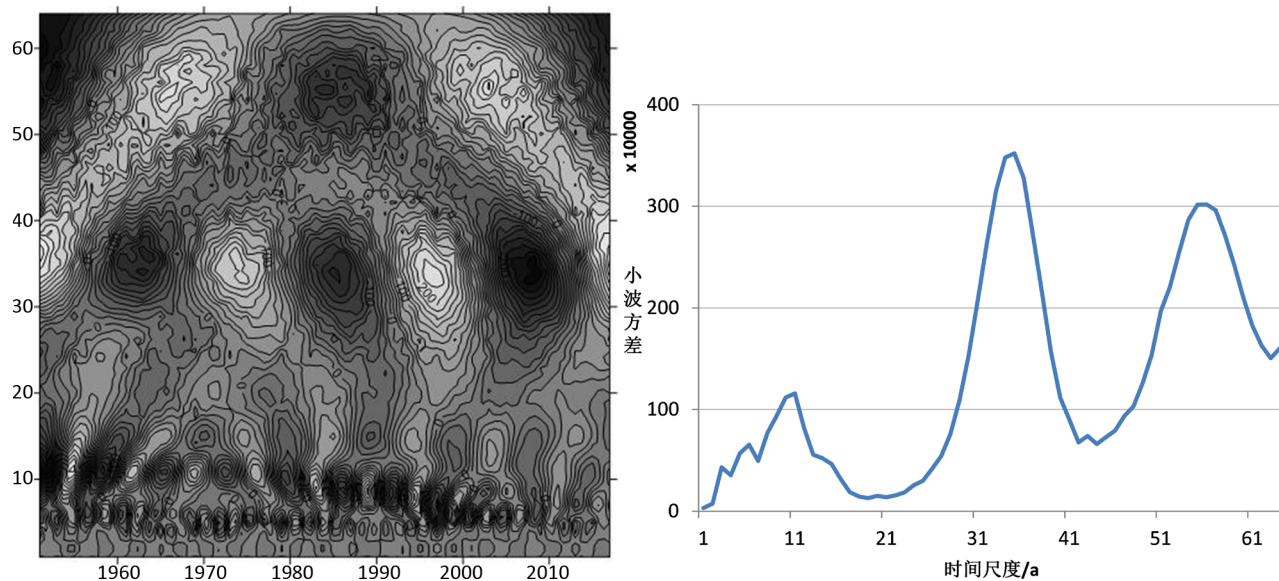


Figure 7. Precipitation Morlet wavelet real parts map and variance of major flood season in northern Jiangxi (In the real parts map: Bright color represents abundant state, Dark color represents low state, the same below)

图 7. 赣北主汛期的降水小波实部与方差图(亮色代表丰水, 暗色代表枯水, 下同)

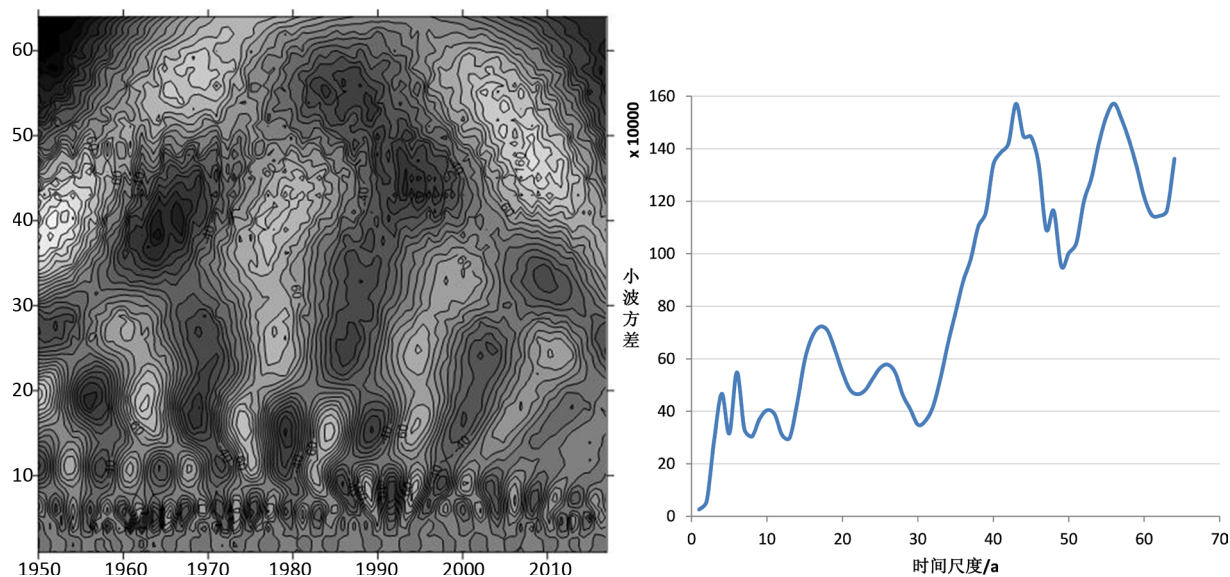


Figure 8. Precipitation Morlet wavelet real parts map and variance of major flood season in southern Jiangxi

图 8. 赣南主汛期降水小波实部与方差图

7. 结论

江西省汛期降水空间分布显示, 江西省汛期和主汛期降水均呈“东南多西北少”的空间分布型, 整个汛期降水分布由主汛期主导。本文分析了江西省主汛期降水的分区, 进一步分析了各分区主汛期降水的趋势及周期特征, 得到以下结论:

1) 应用 REOF 将江西省主汛期降水分为赣北和赣南两个分区。

2) 线性趋势分析表明, 在多年的丰枯交替变化中江西主汛期降水存在减弱的趋势, 其中, 赣北主汛期降水存在微弱减小的趋势, 倾向率为 $-5.7 \text{ mm}/10 \text{ a}$; 赣南主汛期降水存在较明显减小的趋势, 倾向率为 $-17 \text{ mm}/10 \text{ a}$ 。

赣北 4~6 月降雨量在 20 世纪 50 年代呈上升趋势；20 世纪 60 年代初期以后的长时段里多呈下降趋势，整个序列上升(除 1954 年)或下降趋势变化不显著，突变时间发生在 1963 年和 2016 年前后。

3) 赣南主汛期降水量在 20 世纪 60 年代中期以后呈下降趋势，且 20 世纪 80 年代末至今下降趋势显著，最近一次突变时间在 1976 年左右。

4) 周期分析表明，35 a 为赣北主汛期系列第 1 主周期，赣北主汛期降水的中小周期分别为 11 a, 6 a 和 3 a；43 a 为赣南主汛期降水系列第 1 主周期；中小尺度对应 17 a、25 a、6 a、4 a、10 a 周期。

基金项目

江西省水利厅科技项目(KT201524)。

参考文献

- [1] 舒长根. 江西汛期降水异常分析[J]. 江西气象科技, 1994(1): 14-16.
SHU Changgen. Analysis of precipitation anomaly of flood season in Jiangxi Province. Jiangxi Meteorology Science & Technology, 1994(1): 14-16. (in Chinese)
- [2] 尹洁. 江西汛期降水异常偏少的高中低纬环流特征初探[C]//中国气象学会 2005 年年会论文集. 2005.
YIN Jie. Analysis on atmospheric circulation of less rainfall in flood season over Jiangxi. Symposium of Annual Conference on Chinese Meteorological Society, 2005. (in Chinese)
- [3] 张超美, 宋进波, 章毅之, 等. 基于 GCM 模式预报的江西汛期降水降尺度预测模型[J]. 气象与减灾研究, 2017, 40(3): 171-177.
ZHANG Chaomei, SONG Jinbo, ZHANG Yizhi, et al. A downscaling forecast model for precipitation in flood season over Jiangxi Province based on GCM system. Meteorology and Disaster Reduction Research, 2017, 40(3): 171-177. (in Chinese)
- [4] 黄嘉佑. 转动主分量分析在天气气候分析中的应用[J]. 气象, 1988, 14(9): 47-51.
HUANG Jiayou. Rotated principal components application in weather and climate analysis. Meteorological Monthly, 1988, 14(9): 47-51. (in Chinese)
- [5] 魏凤英. 现代气候统计诊断预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 1999
WEI Fengying. Modern climate statistical diagnosis and prediction technology. Beijing: Meteorological Press, 1999. (in Chinese)
- [6] 刘燕, 叶萌. 基于 REOF 分析的广东前汛期降水趋势的区域特征[J]. 广东气象, 2007, 29(4): 15-18.
LIU Yan, YE Meng. Regional characteristics of precipitation trend in pre-flood season based on REOF analysis in Guangdong. Guangdong Meteorology, 2007, 29(4): 15-18. (in Chinese)
- [7] 刘艳群, 赵佩红. 广东省春季降水的空间分布特征[J]. 人民珠江, 2009, 30(4): 1-5.
LIU Yanqun, ZHAO Peihong. Characteristics of precipitation in time and space in spring of Guangdong. Pearl River, 2009, 30(4): 1-5. (in Chinese)