## JOURNAL OF CHINA HIDROLOGI

# 广东梅江中上游河段气温、降水、径流变化趋势 及周期性分析

董才文,张正栋,蒙金华,万露文,杨传训

(华南师范大学地理科学学院,广东 广州 510631)

摘 要:运用梅江中上游河段两个国家气象站和两个水文站的时间序列数据,应用累积滤波器、Kendall的秩次相关和小波分析等方法对该河段气象水文要素的长期变化趋势及周期性进行了分析。结果显示:①梅江中上游河段降水量、径流量呈不同程度的减少趋势,而气温则表现出较明显的上升趋势,其中两个水文站径流量的减少趋势和气温的增加趋势十分显著,均通过了置信度为 95% 的显著性检验;②该河段气温、降水、径流序列周期变化不一,年均气温只有 28a 的主周期,年降水变化的主周期依次为 28a、12a、7a 和 4a,尖山站和水口站径流量变化的主周期很接近,尖山站依次为 28a、20a、12a、8a 和 5a,水口站依次为 29a、20a、12a、9a 和 5a;③另一方面,在河段气温上升、降水量几乎保持不变的情况下,两个水文站的径流量明显减少,这是人类活动所致还是气候变化的影响,还有待进一步研究。

关键词:气温:降水量:径流量:小波分析:梅江

中图分类号:P331

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2016)03-0084-07

### 1 引言

水文气象序列趋势变化特征是径流测报的基础性 工作[1],也是当前气候、土地利用/覆被变化等热点研究 领域所关注的重要内容[2]。水文、气象序列的变化主要 包括周期变化、趋势变化和随机变化[3],常用的周期分 析方法有功率谱、小波变换和滑动平均等滤波方法,主 要的趋势分析方法有灰色系统、最小二乘法、累积滤波 器法和 Kendall 的秩次相关法等,这些方法在国内水 文气象趋势分析中也多被采用。如王文圣等成功地将 小波分析用于水文时间序列的趋势分析及多时间尺度 分析中[4]:王秀杰等运用小波多分辨率功能,分别对黄 河头道拐站和花园口站实测日径流时间序列进行小波 分析,得出小波分析的组合模型对数据具有较强的抗 干扰性,在径流预测方面有明显的优越性[5];刘晓琼等 运用小波变换、滑动 t 检验、累积距平以及 Yamamoto、 Mann-Kendall 等方法系统分析了 1935~2011 年渭河 水沙序列演变规律[6]。刘超等利用假设统计检验法对 黄河上游干流 4 个流域近 30 年的降雨径流变化趋势进行了分析与检验[7];陈仁升等采用差积、累积和滑动平均三种滤波器和 Kendall 的秩次相关法对河西地区近 50 年来径流、降水和气温变化趋势进行了分析[8]; 王顺久运用 Mann-Kendall 统计检验、线性倾向估计和小波分析等方法对长江上游川江段气象水文要素的长期变化趋势及周期性进行了分析[9]。

气温、降水和径流是气象和水文的三个关键因子,分析三者的变化特征和演变规律对于农业和经济的发展有着重要的现实意义。弄清了一个地区水文、气象序列的周期、趋势和随机变化,就可以利用一定的组合,如傅立叶变换对未来的水文、气象因子做预测[10]。梅江为韩江主流,也是梅州市最重要的河流,近几十年,区域的自然环境和社会经济环境发生了很大变化。因此,开展梅江中上游河段气温、降水和径流长期变化趋势和周期性分析,有助于了解流域水量平衡的动态变化和进一步探讨梅江流域水文气候变化特征及演变规律。

### 2 研究区概况

梅江流域位于广东省东北部,梅州市的中西部,是 韩江主流,上游称琴江,流经五华县水寨与五华河汇合 后称梅江,由西南向东北流经五华、兴宁、梅县、梅江 区,至大埔县的三河坝与汀江、梅潭河汇合后称韩江。 梅江干流全长 307km,流域集雨面积为 13 929km²,河 床比降为 0.59%。, 地理坐标为东经 115°08′~ 116°33′, 北纬 23°21′~ 25°10′(见图 1)。梅江年平均流量为 94.17×108m3,水资源丰富,流域内水利设施众多,水系 航运发达。流域属亚热带季风气候区,多年平均气温为 21.1℃,多年平均降水量是 1 489.4mm,但降水量年内 分配不均,主要集中在 3~9 月,约占年降水总量的 82.5%, 年均相对湿度80%左右。流域径流完全由降 水补给、径流量、降水量两者的年际变化规律比较接 近。连续最大4个月径流量基本上出现于5~8月,约 占全年径流量的 53.1%, 汛期(4~9月) 径流量约占全 年径流量的 73.7%。流域属南亚热带赤红壤分布区, 分布着赤红壤、红壤、山黄壤和南方山地灌丛草甸土 等。现有植被主要是以马尾松为主的次生林、桉树林 和稀疏草坡以及农作物,平均植被覆盖度约为28%。

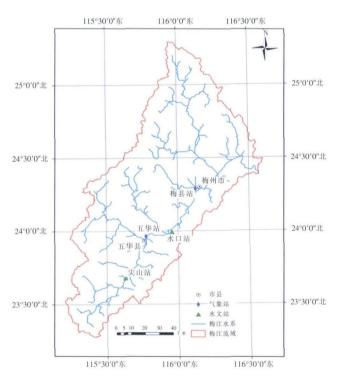


图 1 梅江流域地理位置图

Fig.1 The location of the Meijiang River basin

#### 3 数据来源与研究方法

#### 3.1 数据来源

本研究主要是分析梅江中上游河段气温、降水、径流等气象水文要素长期变化特征,因此选择梅江中上游干流气象水文资料完整且代表性较好的典型测站进行资料的收集整理。依据梅江上游的五华(1957~2013 年)2 个国家气象站的月平均气温、月累计降水量的平均值分别构造了梅江中上游河段 1957~2013 年共 57 年的年平均气温、年降水量时间序列,以分析河段气温、降水周期性和变化趋势。选取梅江上游的尖山(1960~2013 年)和中游的水口(1960~2013 年)两个水文站月径流数据进行河段的径流周期性和变化趋势分析。

#### 3.2 研究方法

采用累积滤波器法和 Kendall 的秩次相关法对年平均气温、降水和径流变化趋势进行分析和对比。通过小波变换分析年平均气温、降水和径流的周期性。

#### 3.2.1 累积滤波器法

对梅江中上游河段气温、降水和径流进行趋势变化分析,首先可以采用累积滤波器法[10],其方法的基本原理如下:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{R_i}{n}}{\overline{R}} \tag{1}$$

式中: S 为累积平均值;  $R_i$  为径流的时间序列值; R 为径流时间序列的平均值; n 为序列长度,  $n=1,2,\cdots,n$ 。累积滤波器能充分反映时间序列定性的变化趋势。

## 3.2.2 Kendall 的秩次相关法

累计滤波器法只是对时间序列的变化趋势做定性说明,对序列趋势变化的定量说明,则采用 Kendall 的秩次相关法[11],其基本原理如下:

$$f = \frac{4P}{N(N-1)} - 1$$
 ,  $e_f^2 = \frac{2(2N+9)}{9N(N-1)}$  ,  $M = \frac{f}{e_f}$  (2)

式中: M 为秩次相关系数; P 为径流序列所有对偶观测值 $(R_i,R_j,i< j)$ 中  $R_i< R_j$  出现的次数; N 为系列长度。 M 同样适用于气温、降水序列。

根据河流水文站点年径流序列,求出M值,当M增大时,M值就会很快收敛于标准化正态分布,可在正态分布表中查出取显著水平 $\alpha$ = 0.05 临界值 $M_{\alpha}$ = 1.96, 若|M|> 1.96,表示序列的变化趋势显著;|M|< 1.96

则表明序列的变化趋势不显著。并且当统计量 M 值大于零时,说明序列表现为上升趋势;M 值小于零时,则说明序列表现为下降趋势。

## 3.2.3 小波分析法

采用小波分析法<sup>[9,12]</sup>探讨时间序列周期成分和多时间尺度变化特征。

给定小波函数  $\psi_{a,b}(t)$ , 时间序列  $f(t) \in L^2(R)$ 的连续小波变换定义为:

$$W_f(a,b) = |a|^{-1/2} \int_R f(t) \overline{\psi} \left( \frac{t-b}{a} \right) dt \tag{3}$$

式中: $W_f(a,b)$ 为小波变换系数;f(t)为一个信号或平方可积函数,通过以b为横坐标、a为纵坐标绘制关于 $W_f(a,b)$ 的二维等值线图可以分析时间序列的多时间尺度变化特征; $\overline{\psi}(t)$ 为 $\psi(t)$ 的复共轭函数;a为尺度因子(频域),反映小波的周期长度;b为时间因子(时域),反映时间上的平移。

将小波系数的平方值在 b 域上积分,就可得到小波方差.即

$$Var(a) = \int_{-\infty}^{\infty} |W_f(a,b)|^2 db \tag{4}$$

小波方差随尺度的变化过程,称为小波方差图,它 反映了信号波动的能量随尺度的分布,因此,小波方差 图可用来确定信号中不同种尺度扰动的相对强度和存 在的主要时间尺度,即主周期。

#### 4 结果与分析

#### 4.1 时间变化特征分析

图 2~图 5 分别给出了梅江中上游河段气温、降水和径流的年平均和累积距平曲线。从图 2 可看出,1957~2013 年,研究区年均温度呈波动变化,总体上气温上升趋势明显。年均温度的最大值出现在 1998 年,为 22.53℃,1984 年出现最小值 20.69℃。从累积距平曲线看,57 年来研究区年均温变化十分明显,经历了 1 次显著的波动,1957~1997 年,累积距平曲线总体上呈下降趋势;1998~2013 年累积距平曲线则显著上升,表明在全球气候变暖这个大背景下,20 世纪 90 年代后期至今,研究区气温有明显的上升。

图 3 中,年降水量变化曲线表明,1957~2013 年,年降水量呈波动变化,总体上略下降,但趋势很不明显。多年平均降水量为 1 496.5mm,最大降水量为 2 355.4mm,出现在 1983 年,最小降水量为 1 011.3mm,出现在 1991 年。从累积距平曲线可看出,多年来研究

区的降水量也呈现出相对明显的阶段性变化特征, 1961~1971年、2001~2004年、2006~2012年降水量以减少为主,累积距平曲线呈明显下降状态;1958~1961年、1972~1994年累积距平曲线呈波动式上升状态,降水量以增加为主;1995~2000年降水变化不明显。

图 4、图 5 中,1960~2013 年,尖山站和水口站的年均径流量都为波动变化,总体上减小趋势明显,两个水文站的变化特征基本一致,两站径流量的最大值都出现在 1983 年,最小值都出现在 2009 年。从累积距平曲线可看出,54 年来两站的径流量也呈明显的阶段性变化,1973~2001 年累积距平曲线表现为明显上升趋势,累积距平为正,径流量以增加为主,河流为丰水期;1961~1972 年、2002~2012 年径流量都以减少为主,累积距平曲线波动式下降,也表明最近十几年河流进入枯水期。

为了进一步识别时间序列的周期成分及其在时域上的分布,利用 Morlet 小波对年平均气温、年降水

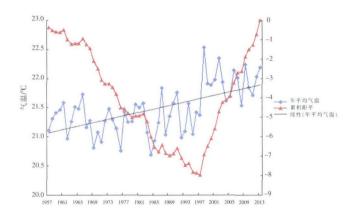


图 2 研究区年平均气温和累积距平曲线

Fig.2 The annual average temperature and its cumulative anomalies

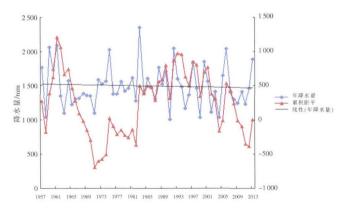


图 3 研究区年降水量和累积距平曲线

Fig.3 The annual precipitation and its cumulative anomalies

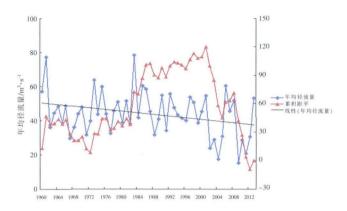


图 4 尖山站年均径流量和累积距平曲线

Fig.4 The annual runoff and its cumulative anomalies at the Jianshan station

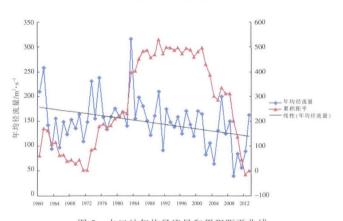


图 5 水口站年均径流量和累积距平曲线

Fig.5 The annual runoff and its cumulative anomalies at the Shuikou station

## 量、尖山站径流量和水口站径流量进行周期性分析。

小波方差的大小代表某一尺度成分的多少,反应它所对应时段尺度的周期是否明显,小波方差值越大,它所对应的时段尺度的周期越明显,小波方差图反应了能量随时间尺度的分布,用以反映时间序列的主要周期[13]。根据图 6 给出的时间序列小波方差变化曲线可看出,年均气温有一个明显的峰值,为 28a,说明年均气温 28a 左右的周期震荡最强,为年均气温变化的第1主周期。年降水量有4个较明显的峰值,分别对应时间尺度 28a、12a、7a 和 4a,第1主周期是 28a。尖山站和水口站径流量的峰值基本相同,尖山站有 28a、20a、12a、8a 和 5a 的主周期,水口站有 29a、20a、12a、9a 和 5a 的主周期。

图 7 显示了梅江中上游河段 57a 年均温在不同时间尺度上的周期震荡,图中信号的强弱通过小波系数的大小来表示,等值线为正的用实线表示,代表气温偏高;等值线为负的用虚线表示,代表气温偏低。图 7 可

以看到年均温 28a 左右强周期对应的位相结构,正负相位以 28a 左右的时间震荡,出现了高-低交替的准 3次震荡,在 1957~1963年、1973~1982年、1990~1999年、2008~2013年各时段为正相位,表示气温偏高,其余年份气温偏低。

图 8 变化显示梅江中上游河段降水量存在如下 4 类周期变化:25~30a 尺度,以 28 a 为震荡中心,降水量出现丰-枯交替的准 3 次震荡;10~14a 尺度,震荡中心为 12a,降水量出现丰-枯交替的准 5 次震荡,该周期变化在 20 世纪 70 年代至今表现尤为活跃;7~11 a 尺度,以 7 a 为震荡中心,降水量出现丰-枯交替的准 6 次震荡,该周期变化主要活跃于 1978~2002 年。

从图 9 和图 10 可以看出,尖山站和水口站径流

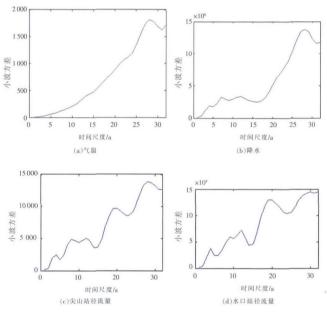


图 6 研究区时间序列小波方差

Fig.6 The time series of the wavelet variance

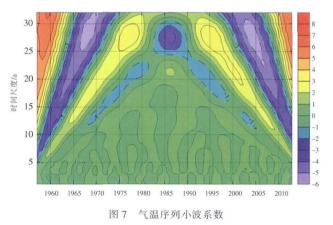


Fig.7 The wavelet coefficient of the temperature sequence

量的小波系数实部等值线图很接近,两者在不同时间尺度上的周期震荡类似。尖山站和水口站都存在5类周期变化:25~30a尺度,尖山站以28a为震荡中心,径流量出现丰-枯交替的准3次震荡,1964~1973年、1983~1992年、2002~2010年为枯水期,其他年份为丰水期;水口站以29a为震荡中心,丰-枯交替的次数和

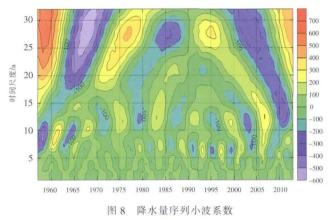


Fig.8 The wavelet coefficient of the precipitation sequence

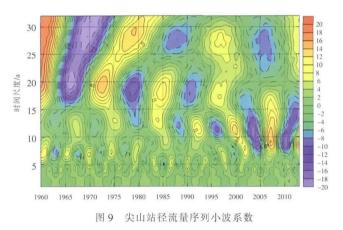


Fig.9 The wavelet coefficient of the runoff sequence at the Jianshan station

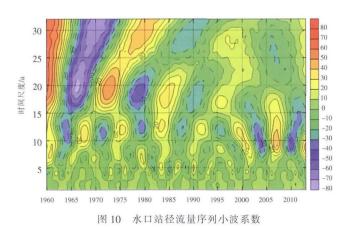


Fig.10 The wavelet coefficient of the runoff sequence at the Shuikou station

时间与尖山站基本一致。17~22a 尺度,尖山站以 20a 为震荡中心,径流量出现丰-枯交替的准 3 次震荡,该周期变化主要活跃于 1963~1998 年,其他年份较弱;水口站与其保持一致。10~14a 尺度,尖山站以 12a 为震荡中心,径流量出现丰-枯交替的准 6 次震荡,该周期在 1987~2012 年变化强度较大;相比于尖山站,水口站以 12a 为震荡中心的丰-枯交替更加明显,变化强度更大。6~9a 尺度,尖山站以 8a 为震荡中心,径流量出现丰-枯交替的准 5 次震荡,该周期变化在 20 世纪 60 年代和 70 年代较强,其它年代较弱;水口站与之类似。3~6a 尺度,尖山站以 5a 为震荡中心,径流出现数次小尺度丰-枯交替准震荡,该周期变化在 1973~1994 年较强,其它年份较弱,2000 年之后趋于消失;水口站与尖山站保持一致。

#### 4.2 变化趋势分析

根据累积滤波器法和 Kendall 的秩次相关法对年平均气温、降水和径流变化趋势进行计算、分析和对比,根据计算出的梅江中上游河段气温、降水、径流累积平均值(见图 11)可以看出,年均气温、年降水量和两个站点的径流量都随年份不同呈现波动性变化。年均气温总体上呈明显上升趋势,1957~1962 年、1963~1967 年、1997~2013 年三个阶段气温上升显著;年降水量也呈略微减少趋势,1963~1971 年减少幅度较大,但之后没有明显变化;两个水文站的径流量总体上都

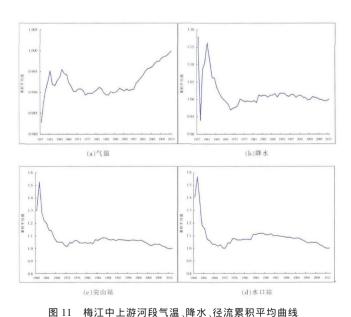


Fig.11 The accumulative average curves of the temperature, precipitation and runoff in the middle and upper reaches of the

Meijiang River

表现出明显下降趋势,1961~1972年均显著下降,1973~1987年略有上升,之后再次下降。为了进一步分析梅江中上游河段年均气温上升、年降水量略下降和两站径流量下降趋势的可靠性,本研究采用 Kendall的秩次相关法进一步检验,从表 1 中的趋势性检验结果可知,累积滤波器反映的系列趋势变化同 Kendall秩次相关法所得结果一致。气温、降水和两个水文站径流量的 M 值分别为 3.02、-0.67、-2.58 和-2.73,其中气温和径流量的绝对值均大于  $\alpha$ =0.05 时的临界值 1.96,即通过了置信度为 95%的显著性检验,趋势显著;降水量的 M 值小于 1.96,降水减少趋势不明显。

表1 气温、降水量和径流量变化趋势
Table1 The variation trend of the temperature, precipitation
and runoff

	Kendall 秩次相关法				用和海边吸入
	M 值	趋势	$M_{\alpha} = 0.05$	显著性	- 累积滤波器法
气 温	3.02	递 增	1.96	显 著	递 增
降 水	-0.67	递 减	1.96	不显著	递 减
尖山站	-2.58	递 减	1.96	显 著	递 减
水口站	-2.73	递 减	1.96	显著	递 减

## 5 结论

本文运用梅江中上游河段两个国家气象站和两个水文站的时间序列数据,应用累积滤波器、Kendall的秩次相关和小波分析等方法对该河段气温、降水及径流的长期变化趋势及周期性进行了分析,得到如下结论:

- (1)梅江中上游河段 1957~2013 年来,降水呈略 微减少趋势,气温则明显上升。相关研究表明,广东省自 20 世纪 60 年代以后气温逐渐上升,90 年代上升幅度明显加大[15-16],这也与全球气温增暖的大背景相一致;河段 54a 来径流均是减少的趋势,两个水文站的径流减少趋势通过了显著水平  $\alpha$ =0.05 的信度检验,变化显著。
- (2)河段气温、降水、径流序列具有不同的周期成分即多时间尺度特性,如年均温只有 28a 的主周期,年降水具有 28a、12a、7a 和 4a 主周期,尖山站径流具有 28a、20a、12a、8a 和 5a 主周期,水口站径流有 29a、20a、12a、9a 和 5a 主周期,同时各种周期成分在时域上分布不均匀。从主周期可看出,气温、降水和径流的

第一主周期约为 28~29a。

- (3)在气温上升、降水量几乎保持不变的情况下,梅江中上游河段的两个水文站的径流明显减小,出现这一变化特征的原因可能有以下3方面:①选择的气象站位于梅江干流,不能完全反映干流上各支流气温及降水变化情况,各支流流域降水量的减少可能导致梅江干流径流量减少;②随着经济社会的发展和人口的增加,梅江中上游河段工农业和生活用水的大量增加可能导致径流量的减少,另外,流域覆被增加和水利工程建设也会使径流量减少,2002年之后,径流量的减少尤为明显;③华南地区近十几年来气温增幅较大,导致蒸发量增加,从而引起河段径流量的减少。然而,出现这一变化特征的具体原因,还需要结合梅江各支流水文气象资料以及相应区域水资源开发利用资料进行综合分析。
- (4)本文所研究的气象水文要素所表现出来的长期变化趋势是单纯的气象水文周期性的表现,还是由于气候变化的影响,尚有待深入研究。参考文献:
- [1] 赵丽娜,宋松柏,郝博,等.年径流序列趋势识别研究[J].西北农林科技 大学学报(自然科学版),2010,38(3):194-198. (ZHAO Lina, SONG Songbai, HAO Bo, et al. Identification of annual runoff series trend [J]. Journal of Northwest A&F University (Nat.Sci.Ed.), 2010, 38(2):194-198. (in Chinese))
- [2] 何海,陆桂华,闫桂霞. 塔里木河流域水文循环要素变化特征分析[J]. 水电能源科学, 2010,28(2):13-15. (HE Hai, LU Guihua, YAN Guixia. Analysis of variation characteristics of hydrological cycle factors in Tarim River basin [J]. Water Resources and Power, 2010,28(2):13-15. (in Chinese))
- [3] 刘光生,王根绪,胡宏昌,等. 长江黄河源区近 45 年气候变化特征分析[J]. 资源科学, 2010,32(8):1486-1492. (LIU Guangsheng, WANG Genxu, HU Hongchang, et al. Climate change characteristics in the source regions of the Yangtze River and Yellow River over the past 45 years [J]. Resources Science, 2010,32(8):1486-1492. (in Chinese))
- [4] 王文圣,丁晶,李跃清. 水文小波分析[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005. (WANG Wensheng, DING Jing, LI Yueqing. Wavelet Analysis of Hydrology [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2005. (in Chinese))
- [5] 王秀杰,封桂敏,耿庆柱. 小波分析组合模型在日径流预测中的应用研究[J]. 自然资源学报, 2014,29(5):885-892. (WANG Xiujie, FENG Guimin, GENG Qingzhu. Application research on combined models based on wavelet analysis in prediction of daily runoff [J]. Journal of Natural Resources, 2014,29(5):885-892. (in Chinese))
- [6] 刘晓琼,刘彦随,李同昇,等. 基于小波多尺度变换的渭河水沙演变规 律研究[J]. 地理科学, 2015,35(2):211-217. (LIU Xiaoqiong, LIU

- Yansui, LI Tongsheng, et al. Evolution law of the runoff and sediment discharge of the Weihe River based on wavelet multi-scale transform [J]. Scientia Geographica Sinica, 2015,35(2):211–217. (in Chinese))
- [7] 刘超,秦毅,邓娜. 黄河上游主要干支流近期降水、径流统计特征变化分析[J]. 水土保持学报, 2004,18(1):96-99. (LIU Chao, QIU Yi, DENG Na. Changes in statistical feature of recent precipitation and runoff in upper reaches of Yellow River [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2004,18(1):96-99. (in Chinese))
- [8] 陈仁升,康尔泗,蓝永超,等. 河西地区近 50a 来年径流、降水和气温变化趋势分析[J]. 干旱区资源与环境, 2001,15(4):51-56. (CHEN Rensheng, KANG Ersi, LAN Yongchao, et al. Variance tendency of annual runoff, precipitation and temperature in hexi region in 50 years [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2001,15(4):51-56. (in Chinese))
- [9] 王顺久. 长江上游川江段气温、降水及径流变化趋势分析[J]. 资源科学, 2009,31(7):1142-1149. (WANG Shunjiu. Changing pattern of the temperature, precipitation and runoff in Chuanjiang section of the Yangtze River [J]. Resources Science, 2009,31(7):1142-1149. (in Chinese))
- [10] 陈仁升,康尔泗,杨建平,等. 甘肃河西地区近 50 年气象和水文序列的变化趋势[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2002,38(2):163-170. (CHEN Rensheng, KANG Ersi, YANG Jianping, et al. Variance tendency in the 50-year annual meteorological and hydrological series of Hexi region of Gansu province [J]. Journal of Lanzhou University(Natural Sciences), 2002,38(2):163-170. (in Chinese))
- [11] 李丽娟,郑红星. 华北典型河流年径流演变规律及其驱动力分析— 以潮白河为例.地理学报, 2000,55(3):309-316. (LI Lijuan, ZHENG Hongxing. Characteristics and driving forces of annual runoff

- changes for rivers in North China—A case study in the Chaobaihe River [J]. Acta Geographica Sinica, 2000,55(3):309 316. (in Chinese))
- [12] 刘贤赵,张安定,李嘉竹. 地理学数学方法[M]. 北京: 科学出版社, 2009. (LIU Xianzhao, ZHANG Anding, LI Jiazhu. Mathematical Methods in Geography[M]. Beijing: Science Press, 2009. (in Chinese))
- [13] 马新萍,白红英,侯钦磊,等. 1959 年至 2010 年秦岭灞河流域径流量变化及其影响因素分析[J]. 资源科学, 2012,34(7):1298-1305. (MA Xinping, BAI Hongying, HOU Qinlei,et al. Runoff change of Bahe River basin in Qinling Mountains and its influencing factors[J]. Resources Science, 2012,34(7):1298-1305. (in Chinese))
- [14] 冯夏清,章光新,尹雄锐. 乌裕尔河流域径流特征分析[J]. 自然资源 学报, 2009,24(7):1286-1294. (FENG Xiaqing, ZHANG Guangxin, YI Xiongrui. Analysis of the characteristics of runoff in Wuyuerhe River basin [J]. Journal of Natural Resources, 2009,24(7):1286-1294. (in Chinese))
- [15] 杜尧东,宋丽莉,毛慧琴,等. 广东地区的气候变暖及其对农业的影响与对策[J]. 热带气象学报, 2004,20(3):302-310. (DU Yaodong, SONG Lili, MAO Huiqin,et al. Climate warming in Guangdong province and its influences on agriculture and the adaption measures [J]. Journal of Tropical Meteorology, 2004,20(3):302-310. (in Chinese))
- [16] 陈新光,钱光明,陈特固,等. 广东气候变暖若干特征及其对气候带变化的影响[J]. 热带气象学报, 2006,22(6):547-552. (CHEN Xinguang, QIAN Guangming, CHEN Tegu, et al. Characteristics of climate warming and impact on climate belts change in Guangdong [J]. Journal of Tropical Meteorology, 2006,22(6):547-552. (in Chinese))

## Variance Tendency and Periodicity of Temperature, Precipitation and Runoff in Middle and Upper Reaches of Meijiang River

DONG Caiwen, ZHANG Zhengdong, MENG Jinhua, WAN Luwen, YANG Chuanxun

(School of Geography, South China Normal University, Guangzhou 510631, China)

Abstract: The temperature, precipitation and runoff are the three key factors of meteorology and hydrology. It is of great importance to the development of agriculture and economy to analyze the characteristics of change and evolution rule of the three factors. Using time series data of the two national meteorology stations and two hydrology stations in the middle and upper reaches of the Meijiang River and combining some methods such as cumulative filter, Kendall's rank correlation and wavelet analysis to analyze the secular variation trend and the periodicity of meteorology and hydrology essential factor in this reach. The results show that:(1) The precipitation and runoff exhibit different degrees of reduction trend, but the temperature displays an obvious trend of escalation. The decreasing trend of runoff at the two hydrology stations and the increasing of temperature are extremely remarkable and pass the confidence level of 95% of the significant test; (2) The temperature, precipitation and runoff sequence of this reach have multi-time scales periodic variation, the annual average temperature of the main cycle is only 28a, the main cycles of precipitation are 28a,12a,7a and 4a, the main cycles of Jianshan station and Shuikou station are similar approximately, the former are 28a, 20a, 12a, 8a and 5a, the latter 29a, 20a, 12a, 9a and 5a; (3) On the other hand, the runoff at the two hydrology stations in this reach show significant decreasing trend in the case of rise in temperature and precipitation that remains almost unchanged, which is caused by human activities or climate change and should be studied further.

Key words: temperature; precipitation; runoff; wavelet analysis; Meijiang River