

# 赣江下游径流变化特征分析

金晶<sup>1</sup>, 汪红洲<sup>2</sup>

(1. 江西水利职业学院, 江西 南昌 330013; 2. 中铁水利水电规划设计集团有限公司, 江西 南昌 330029)

**摘要:** 为研究赣江下游的径流变化特征, 以 1950~2018 年外洲站和 1956~2018 年石上站的实测数据为基础, 利用水文统计法和 Mann-Kendall 检验法完成赣江下游的径流趋势分析和突变性检验。结果表明, 赣江下游径流年内分配不均, 年际变化相对稳定; 根据 Mann-Kendall 分析结果, 赣江下游出现年径流增加和汛期径流降低趋势, 但趋势不显著, 枯水期径流则出现显著的增加; 根据各测站的突变性检验结果, 赣江下游枯水期在 1992 年前后发现显著变化。研究成果可以为评估赣江下游的水资源状况提供一定的参考。

**关键词:** 赣江下游; 趋势检验; 径流变化

**中图分类号:** P333      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1006—7973 (2021) 12—0133—03

江西省水系可分为五河一湖, 即赣江、抚河、信江、饶河、修水和鄱阳湖, 其中赣江是省内的第一大河, 也是长江的重要支流。赣江主河道长 823km, 干支流自南向北纵贯我省全境, 流经 47 个县(市), 流域面积 80948km<sup>2</sup>, 其中省内面积 79666km<sup>2</sup>, 约占全省国土面积的 47.7%。以新干为界, 新干以下为赣江下游, 包括南昌、吉安、新余、宜春、萍乡等区域。

十九大以来, 城镇化进程不断加快, 人民群众对水资源的需求越来越高, 赣江水资源的供需矛盾也日益突出。特别是赣江下游, 以省会南昌引领的社会经济高速发展, 人口、企业等集中, 若发生水资源短缺, 将会对人民生活、工农业发展、生态等方面造成不利影响, 使得国民经济遭受重大损失。根据专家调查和查阅文献, 径流是水资源短缺的主要影响因素。研究赣江下游的径流变化特征能够为流域的水资源短缺风险评估提供依据, 助力推进我省的“新 365 行动计划”, 为政府相关管理部门对赣江下游水资源的合理利用和科学化管理提供理论基础。

## 1 研究区概况

赣江流域属于中亚热带湿润季风气候区, 有充沛的降雨量, 多年平均降水量在 1400mm 至 1800mm 之间, 下游的降雨趋势大于中、上游, 降雨集中在 4~6 月, 由各水文测站实测降雨量数据统计, 这四个月的多年平均降雨量占全年降雨的 41% 至 51%, 由于江西省森林覆盖率全国第二, 山区较多, 该时期容易形成洪水灾害。赣江为我省第一大河, 水系发达, 下游流经南昌、吉安、萍乡等区域, 最后汇入鄱阳湖。解放后在赣江下游成立了外洲站和石上站, 用以观测流量、水位等, 是赣江下游的主要控制测站, 拥有长系列的水文实测数据。

## 2 数据与方法

本研究的数据来源于赣江下游的外洲、石上两个典型水文控制测站。外洲站位于南昌市桃花乡外洲村, 控制流域面积为 80948km<sup>2</sup>。石上站位于丰城市尚庄镇石上村, 控制流域面积 72760km<sup>2</sup>, 河道郊外顺直。外洲站使用的是 1950 年到 2018 年的水文数据, 石上站使用的是 1956 年到 1998 年的水文数据, 由于石上站 1998 年年底撤销停测, 故石上站控制流域 1998 年至 2018 年的水文数据基于樟树站水文比拟法求得。本次数据采用的是长序列的水文数据, 数据具有代表性, 连续可靠, 为研究提供了扎实的数据基础。



图 1 外洲站和石上站地理位置分布图

本文采用水文统计法对外洲站和石上站的连续的长系列水文统计数据进行分析, 计算变差系数  $C_v$ , 根据多年平均径流的年内分配比例、历年年径流、历年汛期月平均径流和历年枯水期月平均径流, 利用 Mann-Kendall 趋势检验方法<sup>[1-3]</sup>对赣江下游径流变化进行趋势分析和突变性检验。

## 3 结果分析

### 3.1 径流的变化

### 3.1.1 径流的年际、年内变化

多年平均流量的变差系数  $C_v^{[4]}$  可以反映控制测站流域内的径流在多年中的变化情况，具体计算公式为：

$$C_v = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (k_i - 1)^2} \quad (1)$$

式中： $K_i$  为模比系数，即第  $i$  年的年径流量与平均年径流量的比值； $n$  为系列长度。

通过计算，可得出赣江下游外洲、石上站变差系数统计表，即表 1。由表 1 可知，外洲站和石上站的变差系数分别为 0.29 和 0.31，对比两个测站的控制流域面积，发现变差系数  $C_v$  随流域面积增加而减小。而  $C_v$  值越小，说明测站的径流年际变化相对较小，赣江下游径流年际变化相对稳定。

表 1 赣江下游外洲、石上站变差系数  $C_v$  统计表

测站名称	流域面积 (km <sup>2</sup> )	变差系数 $C_v$
外洲	80948	0.29
石上	72760	0.31

根据统计可知，外洲站月最大径流出现在 6 月，占年径流的 18.89%，月最小径流出现在 12 月，占年径流的 3.11%；石上站月最大径流出现在 6 月，占年径流的 18.98%，月最小径流出现在 12 月，占年径流的 2.92%。外洲站 4~7 月径流量占年径流量的 59.67%，石上站 4~7 月径流量占年径流量的 59.96%。外洲站 12 月至翌年 1 月径流量占全年的 6.32%，石上站 12 月至翌年 1 月径流量占全年的 6.09%。说明赣江下游水资源年内时间分配不平衡，4~7 月为汛期防汛压力大，12 月至翌年 1 月则进入枯水期。

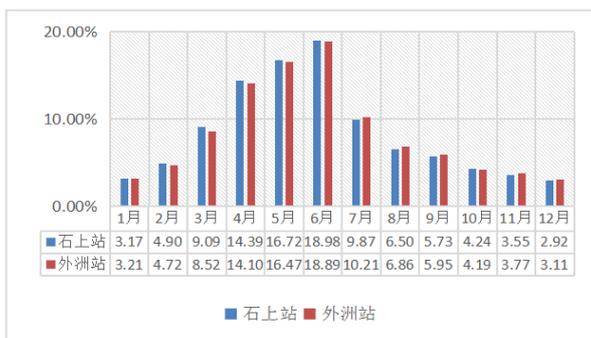


图 2 外洲站和石上站多年平均径流的年内分配统计图

### 3.1.2 汛期、枯水期径流变化

本文将外洲站与石上站的汛期月平均径流以及枯水期月平均径流数据进行统计，发现外洲站和石上站的径流数据变化高度统一，作为下游的外洲站在汛期和枯水期径流量均高于石上站，这是由于外洲站的流域面积更大，有支流汇入的原因，这符合径流的产生规律。分析图 3，汛期月平均径流有降低的趋势，枯水期月平均

径流有升高的趋势。

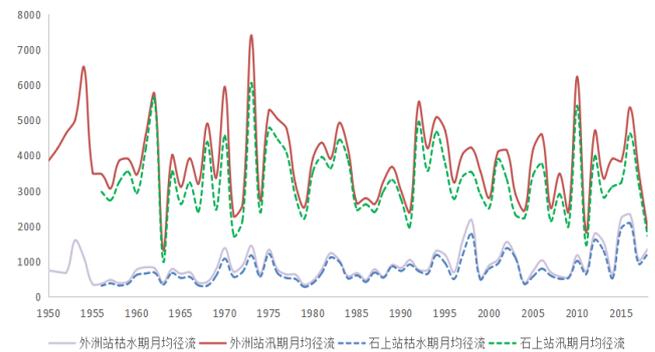


图 3 外洲站和石上站汛期、枯水期月平均径流统计图

### 3.2 径流变化趋势

为了定量地分析赣江下游年径流、汛期和枯水期径流的变化趋势，本文采用 Mann-Kendall 趋势检验法对赣江下游石上站和外洲站的汛期月平均径流、年径流和枯水期月平均径流进行趋势分析，对两个代表测站的 MK 趋势检验结果见表 2。针对统计变量  $Z$  的，小于 0 代表统计量呈现下降趋势，大于 0 表示统计量呈现上升趋势<sup>[5]</sup>，统计变量  $Z$  的绝对值分别大于或等于 1.65、1.96 和 2.56 的情况表示，分别通过了置信度为 0.1、0.05 和 0.01 的显著性检验。

由表 2 可知，石上站在 1956~2018 年和外洲站在 1950~2018 年之间，石上站和外洲站年径流的检验值  $Z$  均大于 0，但  $Z$  值都没有突破置信度为 0.05 的临界值 ( $\pm 1.96$ )，表明流域的年径流呈上升趋势但不显著，外洲站无明显增大，石上站小幅度增大；枯水期月平均径流的检验值  $Z$  都大于 0，且均通过了 0.01 ( $\pm 2.56$ ) 的显著性水平检验，说明枯水期月平均径流上升趋势非常显著，石上站较外洲站上升更明显；汛期月平均径流的检验值  $Z$  都出现小于 0 的情况，说明汛期的月平均径流呈现下降的趋势，但是没有通过 0.05 的显著性检验，说明下降趋势不明显，外洲站呈现小幅度减少的趋势，石上站无明显减小。这主要是受到其上游水利枢纽对径流的调蓄影响，尤其是对枯水期的径流补偿。

表 2 赣江下游外洲、石上站 Mann-Kendall 趋势检验的  $Z$  值

测站名称	年径流系数	枯水期月平均径流系数	汛期月平均径流系数
外洲	0.5	3.07	-1.23
石上	1.17	4.15	-0.58

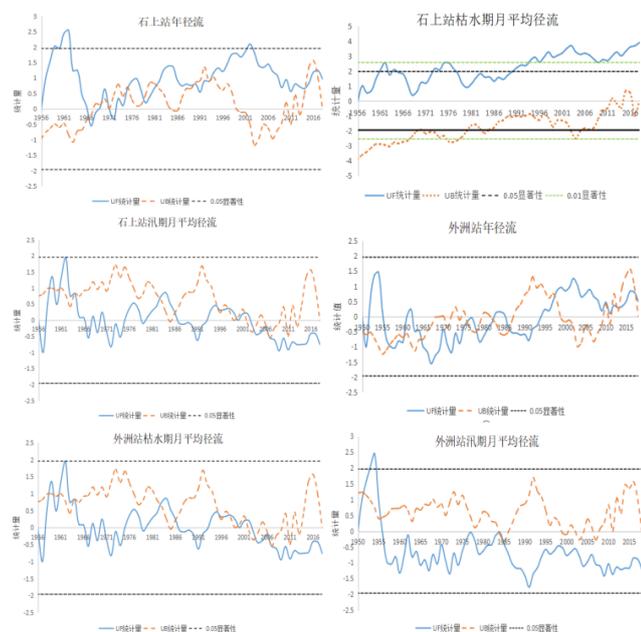
### 3.3 径流特征的突变性检验

图 4 为赣江下游石上、外洲站年径流、枯水期月平均径流和汛期月平均径流的 MK 突变检验图，如果在置信区间内曲线 UF 和 UB 出现交点，判断在该时刻发生突变<sup>[6]</sup>，本文将年份距离相近的突变点统一划分为一个突变点，突变点均在置信度为 95% 的临界线

图4 赣江下游外洲、石上水文站径流 Mann-Kendall 突变检验

±1.96 之间。由图可知,石上站年径流 UF 处于上下波动,在 1956~1992 年之间 UF 基本为正,年径流量总体呈增长趋势,1992~2018 年之间年径流增加更加显著;枯水期月平均径流没有显著的突变特性,UF 呈增大趋势;汛期月平均径流在 1956~1986 年之间 UF 呈增加降低交替变化,1986~1992 年间也是与之前相似,但是在 1992~2018 年 UF 呈明显减小趋势,所以认为石上站的年径流和汛期月平均径流的特变年份为 1992 年。对于外洲站,年径流 UF 也处于上下波动,1950~1986 年之间 UF 基本为负,年径流呈减小趋势,1986~1997 年,出现了一个稳定期,呈现增长趋势,1997~2018 年 UF 均为正值,年径流的增长出现波动性下降;枯水期月平均径流在 1950~1992 年 UF 呈增加降低交替变化,1992~2018 年之间 UF 大部分为负,呈现波动性下降趋势;汛期月平均径流 1950~1986 年之间,大部分 UF 值为负,变化较为平缓,1986~2018 年之间 UF 全部为负,出现明显降低趋势,所以认为外洲站年径流在 1986 年和 1997 年、枯水期在 1992 年、汛期在 1986 年存在明显突变特征。对比分析得出,赣江下游年径流枯水期在 1992 年前后存在明显突变性变化特征。

分析两个测站的突变点时间,1986 年和 1997 年发生突变主要是受到人类活动影响,1992 年发生突变主要是受到建设在赣江中游的工程规模为大(1)型的万安水库,其作为赣江流域综合规划的重要工程项目,能够在汛情能够利用自身库容有效起到削减洪峰、滞留洪水的作用,承担中下游的防洪任务,在枯水期调节补偿下游流量,显著补偿下游枯水期流量,极大地改善赣江下游的径流情况。



#### 4 结语

(1) 赣江下游变差系数较小,径流年际变化相对稳定,径流年内分配中最大径流出现在 6 月,最小径流出现在 12 月,汛期为 4~7 月,汛期径流量占年径流量约 60%,枯水期为 12 月至翌年 1 月。

(2) 依据 Mann-Kendall 趋势检验法的结果分析,受到其上游水利枢纽对径流的调蓄影响,赣江下游年径流呈较缓的上升趋势,汛期月平均径流呈较缓的下降趋势,枯水期月平均径流均通过 0.01 的显著性水平检验,上升趋势显著,枢纽径流调节对赣江下游枯水期的补偿效果很明显。

(3) 根据 Mann-Kendall 突变检验分析,赣江下游枯水期月平均径流在 1992 年前后存在明显的突变性特征,万安水库对下游枯水期补偿效果显著。

(4) 总体来说,赣江下游流域,上下游测站径流变化趋势和特征相似,未来各测站可能会延续 1992 以后的径流变化趋势,本成果可以为评估赣江下游的水资源状况提供一定的参考,有利于开展后续的赣江下游水资源风险评估工作。

#### 参考文献:

- [1] 黄伊涵,尹义星,韩翠,刘梦洋,王小军.基于水文特征参数的 1954—2007 年鄱阳湖流域径流演变特征[J].中国农村水利水电,2019,(01):56-62.
- [2] 游海林,吴永明,杜冰雪,戴雪,姚忠,刘丽贞,徐力刚.1950—2016 年赣江径流量变化特征及其影响因素分析[J].水利水电技术,2019,50(9):48-54.
- [3] 苏贤保.黄河上游径流复杂性多尺度特征及其驱动机制研究[D].甘肃:兰州大学,2019.
- [4] 冯德程,赵玲玲,李翀.近 60a 饶河流域径流变化特征研究[J].中国农村水利水电,2018,(9):42-51.
- [5] 胡娟萍.黄河中游径流量演变特征及其对气候变化的响应[D].河南:华北水利水电大学,2016.
- [6] 王大超.大通河径流变化特征及其影响因素探析[D].甘肃:兰州大学,2019.

基金项目:江西省教育厅科技项目(GJJ191434)。