

# 赣江主源贡水流域 1957—2016 年降雨特性

黄建刚, 刘惠英

(南昌工程学院 水利与生态工程学院, 南昌 330099)

**摘 要:**基于赣江主源贡水流域内 33 个雨量站 1957—2016 年逐日降雨资料,采用线性回归、Sen's 斜率估计、累积距平法、Mann-Kendall 趋势检验、Pettitt 突变检验和小波分析等研究方法,对各站降雨量和流域面雨量序列进行了多时间尺度特性分析。结果表明:流域 60 年来多年平均降雨量 1 647.38 mm,且以 1.39 mm/a 速率增大,无显著趋势和突变,存在 32 a 的周期变化。季节上,春季降雨最多,占全年的 40.15%,冬季最少,仅为 13.40%;秋季降雨量变化以  $-0.41$  mm/a 速率缓慢下降;春、夏、秋、冬的增长速率分别为 0.15 mm/a、0.76 mm/a、 $-0.41$  mm/a、0.88 mm/a,变化均不显著。月尺度上,5 月和 6 月降雨最多,分别占年降雨量的 16.27%、16.20%,12 月最少,仅为 3.00%,降雨趋势显著增加的月份为 8 月,显著减小的月份为 10 月。空间分布上,年降雨高值中心位于东部支流绵江洋地站,低值中心位于西南部支流濂水龙头站;降雨量在年、春、夏尺度上自东向西、自北向南递减,梅江、琴江、绵江流域降雨量呈上升趋势,濂水、湘水流域降水量呈下降趋势。研究结果对流域水资源规划、调度及山洪灾害预警具有参考意义。

**关键词:**降雨特性;趋势与突变分析;贡水流域;赣江流域

中图分类号:P426.6

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2020)03-0091-10

## Precipitation Characteristics of Gongshui Basin in the Primary Source of Ganjiang Basin During the Period 1957—2016

HUANG Jiangang, LIU Huiying

(School of Water Conservancy and Ecological Engineering, Nanchang Institute of Engineering, Nanchang 330099, China)

**Abstract:**Based on the daily rainfall data of 33 rain-measuring stations of Gongshui Basin of main source of Ganjiang River during 1957—2016, the multi-time scale characteristics of rainfall were analyzed by using linear regression method, Sen's slope estimation method, accumulated anomaly, Mann-Kendall trend tests, Pettitt tests and wavelet analysis methods. The results showed that the average annual rainfall of Gongshui Basin was 1 647.38 mm in the past 60 years, which increased at a rate of 1.39 mm/year. During this period, there was no significant trend and abrupt change, but there was the 32-year periodic change. The rainfall in spring accounted for 40.15% of the whole rainfall, while rainfall in winter is the least one, and only accounted for 13.40% of the whole rainfall. The change rates of spring, summer, autumn and winter were 0.15 mm/year, 0.76 mm/year,  $-0.41$  mm/year and 0.88 mm/year, respectively. Intra-year, the most rainfall occurred in May and June, accounting for 16.27% and 16.20% of the whole rainfall, respectively, while rainfall was minimum in December, accounting for only 3% of the whole rainfall. Rainfall in August presented the significantly increasing trend, while the rainfall in October significantly decreased ( $\alpha=0.10$ ). Spatially, the region with the highest rainfall is located at Yangdi station of Mianjiang sub-basin in the eastern part of basin, while the region with lowest rainfall is located at Longtou station of Lianshui sub-basin in the southwestern part of basin. The spatial distribution shows that the annual rainfall decreases from east to west and from north to south, spring and summer. The trends of rainfall in the Meijiang, Mianjiang and Qinjiang sub-basins are on the rise, while that in the Lianshui and Xiangshui basins are on the decline. The study has a very important reference meaning for the planning and scheduling water resources, warning mountain flood disaster.

收稿日期:2019-06-03

修回日期:2019-06-29

资助项目:江西省教育厅科研项目“定量评价赣江流域上游土地覆被变化对水沙关系的影响”(GJJ161098);国家自然科学基金项目“水利工程和水土保持措施对赣江上游水沙关系影响的定量研究”(41761058)

第一作者:黄建刚(1997—),男,江西上栗县人,学士,水文学与水资源工程专业。huangjg1997@126.com

通信作者:刘惠英(1973—),女,陕西凤翔县人,副教授,主要研究方向流域水沙变化和水体监测方面研究。E-mail:huiyingliu@nit.edu.cn

**Keywords:**precipitation characteristics; trend and abrupt change analysis; Gongshui basin; Ganjiang Basin

降水是水文循环中的一个最基本的环节,降水量的变化和分布具有极大的不确定性,其对工农业生产、水利开发、江河防洪和工程管理等有着重大影响。20 世纪以来,全球气候变暖,持续的温室效应,使全球水文循环发生了重大的变化,导致干旱、洪涝、台风、霜冻等极端灾害频发,对社会经济发展和人民生活等影响极大<sup>[1]</sup>。近几十年,我国社会经济发展迅速,水多、水少、水浑、水脏的问题日益成为社会关注的重点,一直严重困扰着我国民生、制约着国家的可持续发展。水安全问题已成为我国未来相当长时期内所面临的巨大挑战<sup>[2-3]</sup>。

江西省地处南岭以北、长江中下游南岸,属于亚热带湿润季风气候,是我国多雨的省区之一,水资源丰富。拥有我国第一大淡水湖鄱阳湖,自古有“襟三江而带五湖”之称,汇集赣江、抚河、信江、饶河、修河五大水系。赣江,入鄱阳湖的五大河之一,赣江流域的降水变化对鄱阳湖的流域起着举足轻重的作用。贡水流域是赣江的发源地之一、赣江主源,水资源和水能丰富、农业发达,流域内有石壁坑水库(中型)、团结水库(大二型)等水利工程<sup>[4]</sup>。对流域降雨特性、暴雨时空特征进行分析,剖析流域降雨量和暴雨量的时空分布、各季变化等,将为解决流域“绿水青山就是金山银山”问题提供参考依据,合理高效利用水利资源提高地方经济产值,助力农业生产,以及防洪抗旱意义重大。

## 1 研究区概况

赣江作为江西省的母亲河,发源于江西省石城县横江镇赣江源村石寮崇,自南向北流经赣州、吉安、宜春、南昌、九江 5 市,控制面积达 82 809 km<sup>2</sup>,其中江西省内占 81 527 km<sup>2</sup>,为总流域面积的 98.45%<sup>[5]</sup>。按照河谷地形和河道特征划分为上、中、下游三段。赣州市以上为上游,流向为自东向西;中游为赣州市到新干市,新干以下为下游,中下游的总体流向为自南向北。

贡水,赣江东源、正源,赣江的一级支流,介于东经 115°16′40″—116°38′03″,北纬 25°02′16″—27°30′13″(图 1)。发源于石城横江镇,在瑞金城区与黄沙河(亦发源于石城)交汇,称绵水,与发源于寻乌的湘水、安远的濂江、宁都的梅江汇流,并在赣县江口镇接纳平江(源于兴国),继而在茅店纳桃江(源于全南,流经龙南、信丰),流入赣州市章贡区,于八境台与章水交汇,章贡合渠即为赣。流域面积 16 231 km<sup>2</sup>,主河道长约 278 km,落差大于 1 300 m。地形多变,流域中有盆地、丘

陵和绵延的山地,流域地貌总体属低山丘陵地貌,地质结构复杂,总体地势是东南、南部高,西北部海拔相对较低,中部较为隆起。贡水流域属中亚热带湿润季风气候区,气候温和,雨量充沛,四季分明<sup>[6-7]</sup>。域内年均气温为 19.2℃。年均降水量为 1 647.38 mm。

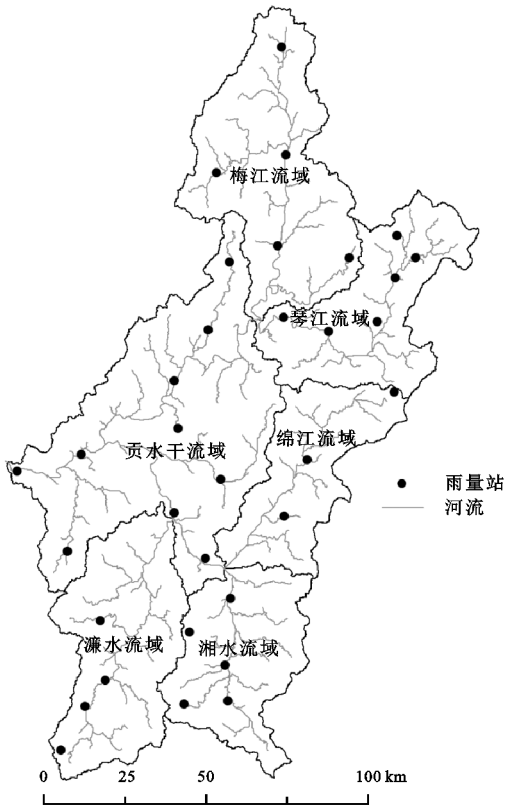


图 1 贡水流域

## 2 数据和方法

### 2.1 数据

本文所选用的 1957—2016 年日降雨数据来自长江水利委员会编撰的水文年鉴。雨量资料包括 33 个雨量站的逐日实测雨量(表 1)。对原始降水数据进行处理,以 3—5 月为春季、6—8 月为夏季、9—11 月为秋季、12 月及次年 1—2 月为冬季的降水序列,分别对其平均值、最大值、最小值、变差系数等进行统计分析,得到流域面雨量特征量。

### 2.2 研究方法

2.2.1 面雨量 考虑到序列的一致性,取各站点 1957—2016 年的逐日降水量数据,整理转化为月、季、年雨量,个别年份数据有所缺失,采用临近站点进行插值,以保证序列的完整性。

由于各站点分布均匀,为方便计算,选取算术平均法计算流域面雨量。变差系数  $C_v$  用于衡量系列的相对离散程度。极值比  $K_m$  反映了变化幅度的大小。

表 1 贡水流域各雨量站基本信息

站名	东经/(°)	北纬/(°)	高程/m	年降雨最大值/mm	年降雨最小值/mm	数据时段
湖洋	116.23	26.43	320	2558	1144	1965—2016
瑞金	116.05	25.88	188	2374	1049	1957—2016
新中	115.97	25.73	210	2547	917	1967—2006
筠门岭	115.75	25.23	210	2189	960	1966—2005
清溪	115.62	25.23	510	2549	867	1965—2005
周田	115.75	25.33	235	2341	813	1969—2016
右水	115.65	25.43	280	2172	991	1964—2006
麻州	115.78	25.52	146	2422	1017	1958—2016
珠兰	115.72	25.63	180	2365	1044	1963—2016
江头	115.23	25.13	480	2715	916	1964—2016
龙头	115.32	25.25	240	2317	895	1964—2016
羊信江	115.38	25.32	222	2417	1081	1958—2005
龙布	115.38	25.48	245	2286	1088	1962—2016
葫芦阁	115.63	25.77	147	2491	907	1957—2016
西江	115.78	25.85	180	2424	873	1964—2016
宽田	115.67	26.00	205	2258	960	1965—2006
肖田	116.08	27.03	280	2500	1046	1970—2016
璜陂	115.85	26.70	255	2510	1028	1964—2016
东山坝	116.07	26.73	205	2354	1006	1964—2006
宁都	116.02	26.48	187	2623	929	1957—2016
木兰	116.38	26.48	280	2990	922	1964—2016
丰山	116.43	26.42	248	2587	909	1963—2016
石城	116.37	26.37	236	2724	1038	1967—2013
屏山	116.30	26.25	190	3197	772	1964—2016
洋地	116.33	26.05	400	2594	1000	1965—2006
固村	116.15	26.23	170	2468	997	1965—2010
长胜	116.02	26.28	180	2680	875	1965—2016
青塘	115.87	26.45	212	2718	931	1964—2006
窑邦	115.78	26.27		2559	1061	1957—1995
汾坑	115.67	26.13	150	2452	961	1957—2016
于都	115.37	25.95	120	2310	821	1957—2016
祁禄山	115.30	25.68	200	2347	1024	1963—2006
峡山(二)	115.17	25.92	113	2366	955	1957—2016

2.2.2 Sen’s 斜率估计

对于时间序列  $X_n = \{x_1, x_2, \cdots, x_n\}$ , 计算基于序列秩次的趋势估  $\beta$ :

$$\beta = \text{Median} \frac{x_j - x_i}{j - i} \quad (1 \leq i \leq j \leq n) \quad (1)$$

Median 函数为中值函数, 当  $\beta > 0$  时, 代表时间序列呈现上升趋势, 当  $\beta < 0$  时代表时间序列呈下降趋势<sup>[8]</sup>。

2.2.3 Mann-Kendall 和线性回归 线性回归是一种最简单、易行的反映序列趋势的方法, 运用线性回归斜率  $b$  值表征序列的趋势变化。Mann-Kendall 趋势检验法被广泛应用于研究水文和气象要素时间序列的趋势变化, 适用于类型变量和顺序变量, 是世界气

象组织推荐的并在现实中已广泛使用的非参数检验方法。计算过程如下:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{var}(S)}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{var}(S)}} & S < 0 \end{cases} \quad (2)$$

其中:

$$S = \sum_{n-1k=i+1}^i \sum_{n-1k=i+1}^n \text{sgn}(x_k - x_i) \quad (3)$$

$$\text{var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad (4)$$

式中:  $x_k - x_i$  为要进行检验的随机变量;  $n$  为所选数据序列的长度。

$$\text{Sgn}(\theta)=\begin{cases}1 & x_k-x_i>0 \\ 0 & x_k-x_i=0 \\ -1 & x_k-x_i<0\end{cases}\quad (5)$$

当  $Z>0$  时时间序列呈上升趋势,  $Z<0$  时下降趋势。通过计算统计量  $Z$  值, 将  $Z$  与给定的置信水平  $\alpha=0.05$  得到的  $Z_{1-\alpha/2}=1.96$  比较: (1) 若  $|Z|>Z_{1-\alpha/2}$ , 说明时间序列数据存在显著上升或者下降趋势。 (2) 若  $|Z|\leq Z_{1-\alpha/2}$ , 说明时间序列无显著变化趋势<sup>[9-10]</sup>。

2.2.4 突变分析方法 (1) 累积距平曲线法是一种常用的、直观的判断曲线变化趋势的方法<sup>[11]</sup>, 具有定量化程度高、确定性好的特点<sup>[12]</sup>, 在水文研究上有着广泛应用。

对于序列  $x$ , 其某一时刻  $t$  的就累计距平表示为:

$$\hat{x}=\sum_{i=1}^t((x_i-\bar{x}))\quad (t=1,2,\cdots,n)\quad (6)$$

其中  $n$  为时间序列长度,  $\bar{x}=\sum_{i=1}^nx_i$ 。

当  $\hat{x}$  的绝对值取到最大值时, 此时的  $t$  即为突变点。

(2) Pettitt 突变检验不仅能够判断突变点的位置及数量, 而且能够准确判断这些突变点是否在统计意义上显著<sup>[13]</sup>。

定义统计量  $U_{k,N}$ :

$$U_{k,N}=U_{k-1}+\sum_{i=1}^N\text{Sgn}(x_k-x_i)\quad (k=2,3,\cdots,N)\quad (7)$$

若  $k$  时刻满足  $M(k)=\max|U_{k,N}|$ , 则  $k$  点处发生突变。

同时计算统计量:

$$P=\frac{2\exp\{-6[M(k)]\}^2}{(N^2+N^3)}\quad (8)$$

如果  $p\leq 0.05$ , 则认为检测出的突变点在统计意义上是显著的<sup>[14]</sup>。

2.2.5 周期分析方法 小波分析很好地克服了传统谱分析方法的缺点, 在水文学中得到了广泛应用, 且得到了较好的结果<sup>[15]</sup>。本文采用 Morlet 小波研究流域内降雨量序列的特征尺度和周期性。利用 Matlab 软件实现 Morlet 连续复小波变换, 计算小波系数及其方差, 并绘制小波系数等值线和方差图。小波系数等值线图中的实线代表小波系数为正, 降雨偏多, 虚线代表负数, 为降雨偏少, 系数为零则对应着突变点<sup>[16]</sup>。

3 结果与分析

3.1 流域降雨量的基本特征

贡水流域属中亚热带湿润季风气候区, 雨量充

沛, 四季分明。流域的多年平均降雨达 1 647.38 mm, 最大为 2016 年(2 379.40 mm), 最小为 2003 年(1 099.64 mm)(表 2)。在 1957—2016 年, 总体年际变化较为稳定, 变差系数仅为 0.17。春季降雨最多, 占全年降雨的 40.15%; 夏季暴雨集中, 降雨占全年的 33.04%; 秋、冬两季降雨量较少, 仅占全年降雨量的 13.41% 和 13.40%。降雨量越少, 变差系数越大。春、夏两季变差系数分别为 0.23, 0.25, 而秋、冬季变差系数分别为 0.46, 0.42。与降雨量相反, 降雨极值比在冬季最大, 春季最小。

表 2 流域面降雨变化特征

特征值	全年	春	夏	秋	冬
多年平均值/mm	1647.38	661.48	544.23	220.93	220.74
占百分比/%	—	40.15	33.04	13.41	13.40
最大值/mm	2379.40	1076.58	910.57	479.84	541.45
最小值/mm	1099.64	324.27	294.90	64.92	63.25
变差系数	0.17	0.23	0.25	0.46	0.42
极值比	2.16	3.32	3.64	7.39	8.56

降雨年内分配不均, 降雨呈双峰型(图 2), 其中降雨最大月出现在 5 月、6 月, 多年平均月降雨量约为 267 mm, 5 月、6 月累计降雨占全年降雨量的 32%; 流域内的 4—9 月为汛期, 汛期累计降雨占全年的 68.96%; 降雨最少的月份为 12 月, 月平均降雨量仅为 49.65 mm, 占全年的 3.00%。流域降雨特征决定了流域春、夏多洪涝, 秋、冬易遭旱灾的特点。

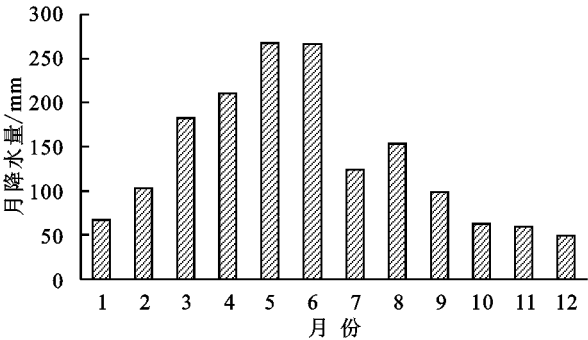


图 2 贡水流域多年月降雨平均

3.2 雨量变化趋势及周期

对 1957—2016 年贡水流域年、季雨量序列, 分别采用 M-K 趋势检验、Sen's 斜率估计和线性回归对流域各时段的降雨趋势进行计算, 并取 95% 置信度进行显著性检验(表 3)。结果表明: 贡水流域在近 60 a 内的年际及春、夏、冬季降雨量总体呈上升趋势, 但上升趋势不显著, 未通过显著性检验, 秋季的降雨量呈下降趋势。如按此趋势, 该流域未来夏涝秋旱的问题将更为严重, 应予以重视。

小波系数等值线图反映了降雨量序列不同时间



尺度的周期变化及其时间分布,从而推断不同时间尺度下降雨量的变化趋势;小波方差图反映了能量随时间尺度的分布,可以确定一个时间序列受到各种尺度扰动相对强度,对应峰值处的尺度称为序列的主要时间尺度,用以反映时间序列的主要周期<sup>[17]</sup>。以贡水流域 1957—2016 年数据为基础,绘制贡水流域年、季小波系数等值线图和小波方差图(图 3)。

表 3 贡水流域面降雨量变化趋势

时段	<i>Z</i>	$\beta$	$b/(mm \cdot a^{-1})$	显著性	趋势
年	0.94	1.37	1.39	不显著	上升
春	0.52	0.58	0.15	不显著	上升
夏	0.98	1.01	0.76	不显著	上升
秋	-0.57	-0.37	-0.41	不显著	下降
冬	1.02	0.73	0.88	不显著	上升

从年际来看,在年降雨量小波系数等值线图中存在 2 类尺度的周期变化,在 30~35 a 时间尺度上,经历“多—少—多”震荡;在 10~15 a 时间尺度上表现为明显的 7 次“多—少”循环交替。在小波方差图中存在 2 个明显的峰值,其最高峰对应着 32 a 的时间尺度,表示 32 a 左右的周期震荡最强,为第一主周期;另一峰值对应的 14 a 时间尺度,为第二主周期。

从季节来看,各季的周期各不相同。春季降雨量存在 2 类时间尺度的周期变化,在 30~35 a 时间尺度上具有 3 次“多—少”周期震荡;在 10~20 a 出现 7 次“多—少”循环交替;在小波方差图中呈现 3 处峰值,分别对应 32,20,14 a 的时间尺度,其中 32 a 为春季降雨量变化的第一主周期,20 a 次之,14 a 为第三主周期。夏季降雨量在小波系数等值线图和方差图中变现与年降雨量一致。秋季降雨量的变化最为复杂,存在 4 类时间尺度的周期变化,分别为 30~35,18~22,10~15,3~5 a,其分别对应的“多—少”周期震荡为 4 次、5 次、9 次、22 次,34 a,11 a,20 a,3 a 分别为第一、二、三、四主周期。冬季小波系数等值线图上存在 3 类时间尺度,在 30~35 a 时间尺度上出现 3 次“多—少”周期震荡,在 15~20 a 上存在少—多循环交替 6 次,在 3~5 a 上具有 20 次“多—少”周期震荡;方差图上呈现 3 处峰值,按峰值大小排序,对应时间尺度为 34,18,4 a,分别为第一主周期、第二主周期、第三主周期。

综合可得,贡水流域春季、夏季降雨和年降雨变化趋势具有较大相似性,不同时间尺度的周期特征之间有不同程度的吻合,说明春、夏季降雨较大程度地控制着年降雨过程,与前文所提春夏两季降雨占全年比重大的结论吻合。

3.3 降雨量突变分析

从年内来看,对比 Pettitt 法和累积距平法的检验结果(图 4),春季、夏季、秋季分别在 1927 年、1991 年、1987 年发生了降雨量增加突变,并且夏季的突变点通过了  $\alpha=0.05$  的显著性检验;秋季及年际降雨量在 1991 年发生减少突变;

分析可得,在近 60 a 间贡水流域在 60 年代降雨量在年、春、秋、冬都呈现下降趋势,调查发现在该年代发生了两次重大干旱灾害,分别为 1963 年和 1967 年。在 2010 年后降雨量在不同时间指标上,都呈现增加势态。流域年、季降水量总体表现为增加趋势,变化呈波动性。

3.4 流域雨量的空间分布

为了研究雨量在不同站点的空间分布,对全流域 33 个雨量站进行 M-K 趋势检验(图 5)。

从全年来看,仅有 7 个站点呈现不显著的下降趋势,站点降雨趋势总体与前文的流域平均面雨量变化的趋势保持一致。

从年内各季来看,春、夏、秋、冬四季各站的雨量变化趋势总体上是符合各季流域平均面雨量变化趋势的,即上升、上升、下降、上升;春季呈现较显著( $\alpha=0.1$ )变化的有 1 站,夏季 6 站,秋季 5 站,冬季 1 站,其中夏季有 1 站(木兰)呈现显著( $\alpha=0.05$ )变化趋势。

图 5 可知,春夏两季的各站间的点降雨量差距大,极值差分别为 170.49 mm,191.47 mm,秋冬两季的各站差距较小,极值差分别为 52.99 mm,56.10 mm。除秋、冬季外,空间上,降雨量总体分布特征为自东向西减少,自北向南减少。

结合各站趋势统计和等雨量图分析季节降雨量分布特征如下:

春季:春季各区总体处于上升趋势,降雨量最多的区域为梅江、琴江和绵江流域,其中以琴江和绵江流域上游等地降雨量尤为偏多。

夏季:夏季各区降雨趋势依旧为上升趋势,但是降雨量相对春季偏少,降雨量最大地区开始出现往北移动的趋势,降雨量最多区域为在梅江流域,琴江上游地区降雨量的上升趋势显著。

秋季:秋季各区降雨分布自东向西增多,降水大致呈现出下降趋势,部分呈微弱上升,主要集中在梅江、琴江流域等北部地区,而濂水、湘水流域等南部地区呈显著下降趋势。

冬季:冬季各区的降雨量分布较为均匀,中部地区相对偏多,降雨趋势总体呈现为缓慢上升,与秋季不同。

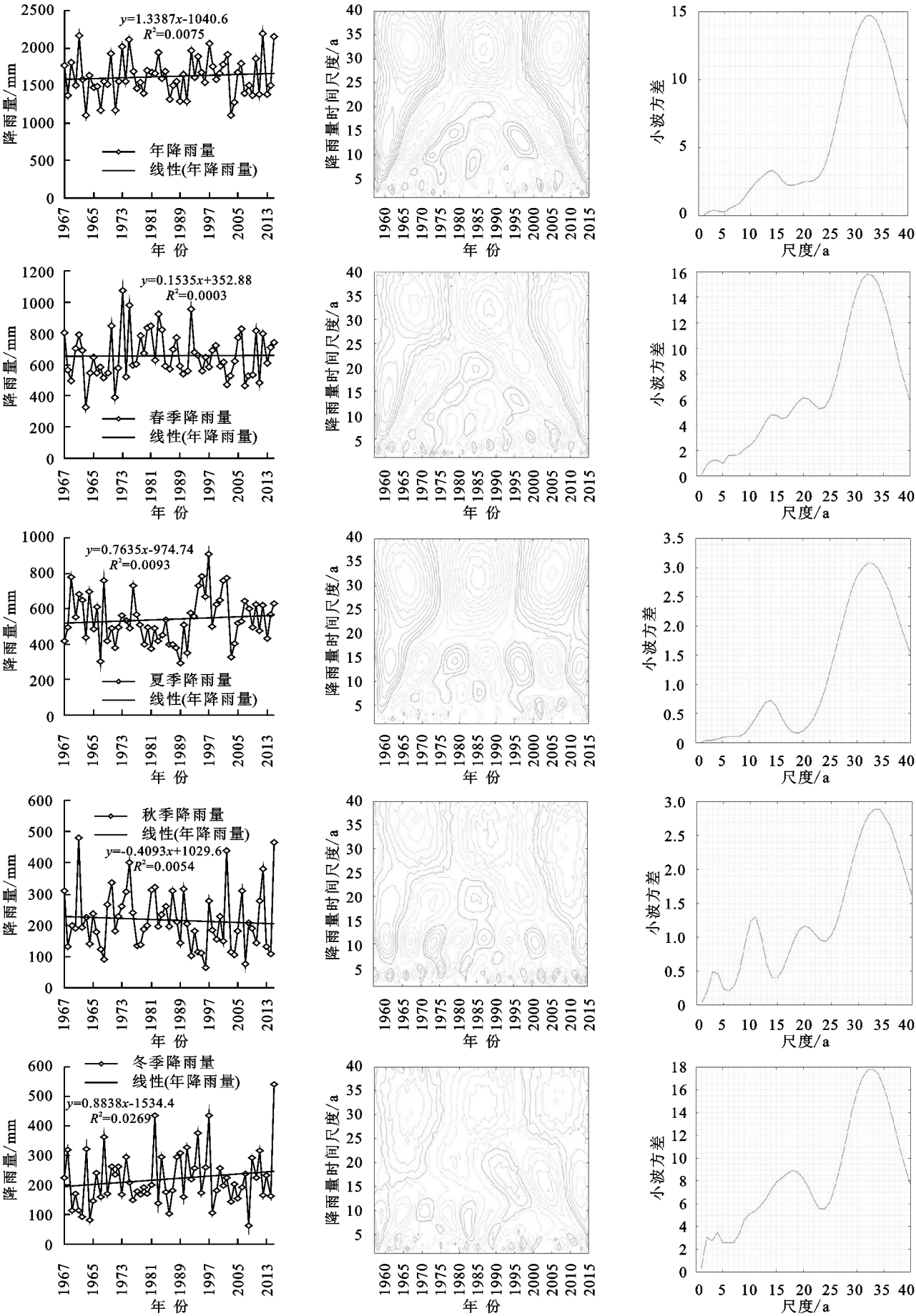


图 3 贡水流域年、季平均降雨量

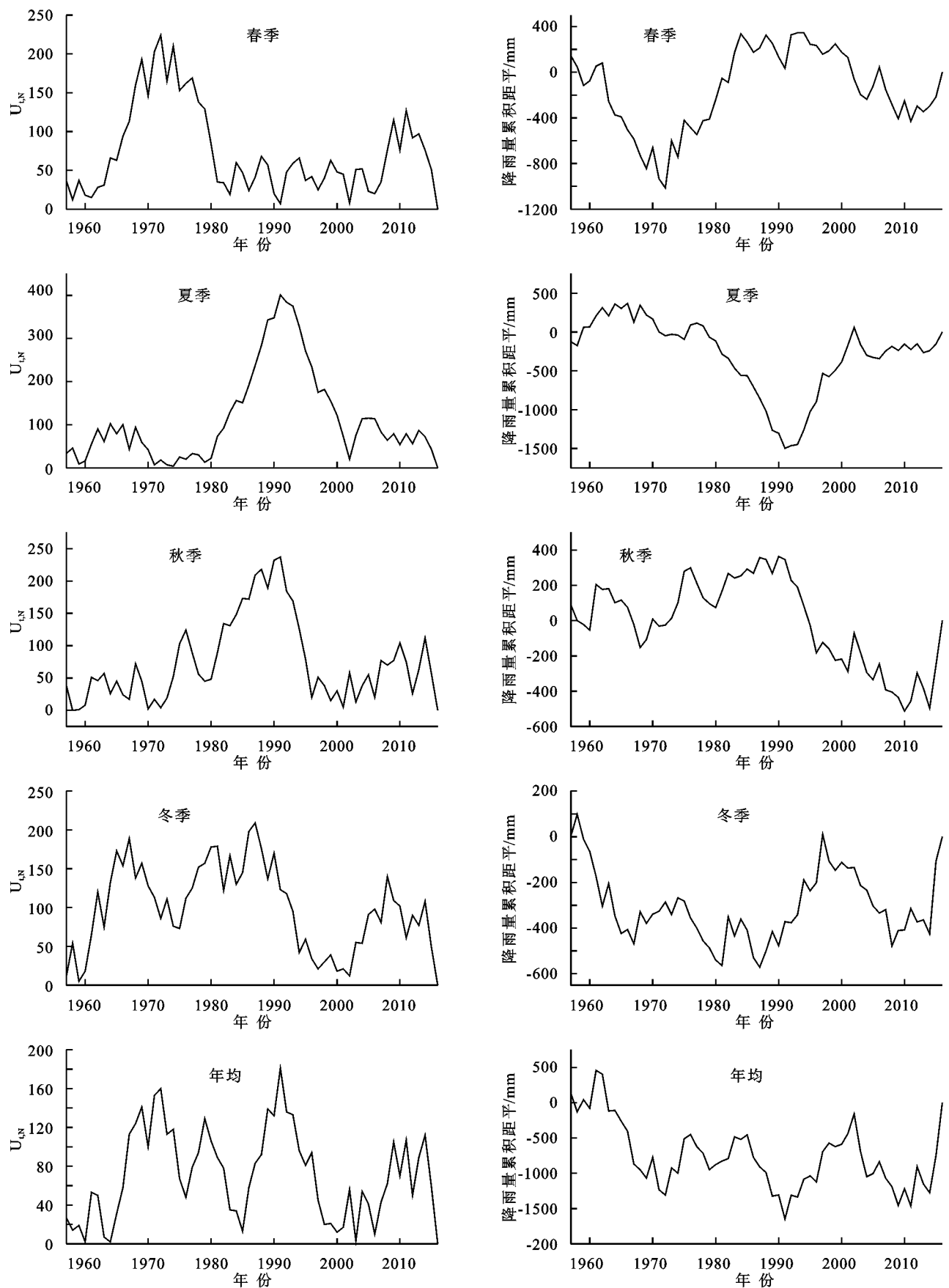


图4 Pettitt 检验、累积距平成果

从年内各月来看,其变化趋势各有不同,将各站各月的M-K 趋势检验的结果绘图,见图 6。1 月、3 月、9 月、12 月的贡水流域总体呈现上升趋势,流域内各站的上升趋势较为均匀,出现下降趋势的主要

集中在濂水、湘水、贡水干流区等流域较南部区域;7月、8月、11月的流域内上升趋势分布不均匀,从东北向西南递减,其中8月份的降水显著上升,具有显著性上升趋势的站点达到9站,主要分布在梅江、琴江流域;2月、5月流域内降水趋势分布较为均匀,没有

表现出较大的地区流域差异;4月、6月、10月流域总体呈下降趋势,在空间分布上从东北向西南降水减小趋势越来越明显,尤其以10月份为甚,具有显著性下降的站点达到7处,且这些站点基本分布在濂水和湘水等流域。

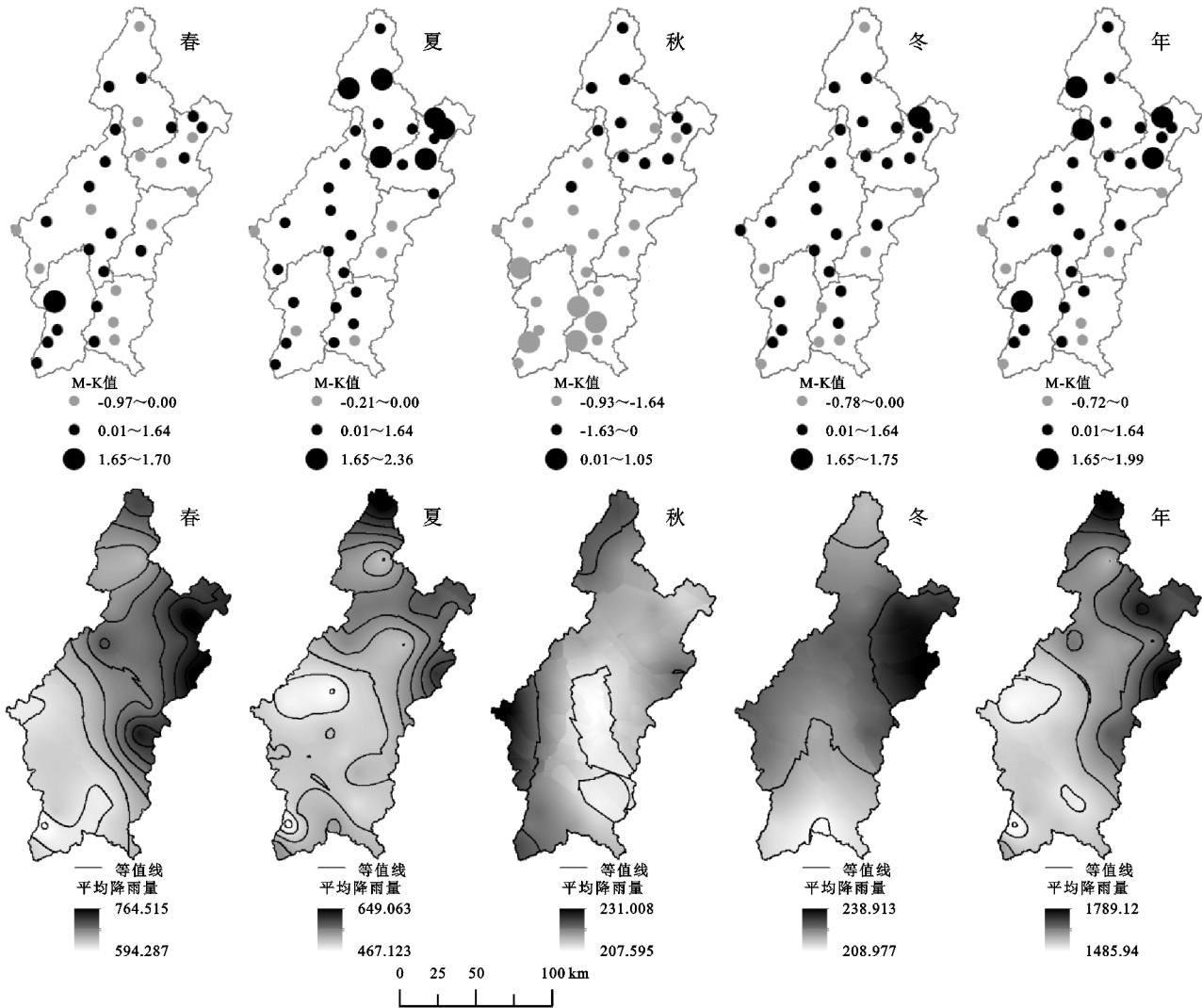


图5 各站春、夏、秋、冬、年 M-K 检验 Z 值和等雨量

3.5 贡水流域暴雨时空特征分析

本文暴雨泛指日降水量 $\geq 50$  mm 的降水过程,主要从时间和空间上研究暴雨的分布特性。

时间上,全年暴雨呈双峰状,与流域多年月降雨量线型走势大致相同(图 7)。

暴雨发生频率与暴雨量分布基本统一,暴雨集中发生在每年的 5 月、6 月,其暴雨量占到全年暴雨量的 48.42%,发生暴雨的频率达到 47.28%;1 月、2 月、12 月暴雨量几乎为零,发生频率仅为 4.15%,见图 8。

为了更好的表现暴雨的空间分布特征,以贡水流域内的子流域进行面暴雨计算(图 9)。暴雨多年均值最大为琴江流域的 383.41 mm,最小为湘水流域的 306.94 mm,结合流域内子流域的分布图,可以发现暴雨年均值自北向

南、自东向西递减,与 3.4 节中流域雨量空间分布结论一致。

暴雨中心定义为每次暴雨发生时暴雨量最大值出现的点,以各雨量站点为单位进行点暴雨计算。为了保证研究结果的科学性,规避原始数据缺失带来的影响,选取 1970—1995 年资料完整的 33 个雨量站,统计每个站点在 26 a 间成为暴雨中心的次数(表 4)。

从表中可以看出在 1970—1995 年,窑邦、龙头、固村、筠门岭、肖田、清溪成为暴雨中心的次数 $\geq 60$  次。然龙头、筠门岭、清溪分属于濂水、湘水流域,为暴雨量及降雨量较小的流域,尤其是龙头地区,降雨量为全流域最少,说明该地区降雨以短时强暴雨为主,极易爆发山洪;其他站点暴雨中心出现频次与暴雨量及降雨量分布吻合,是洪涝灾害发生的高频地区。



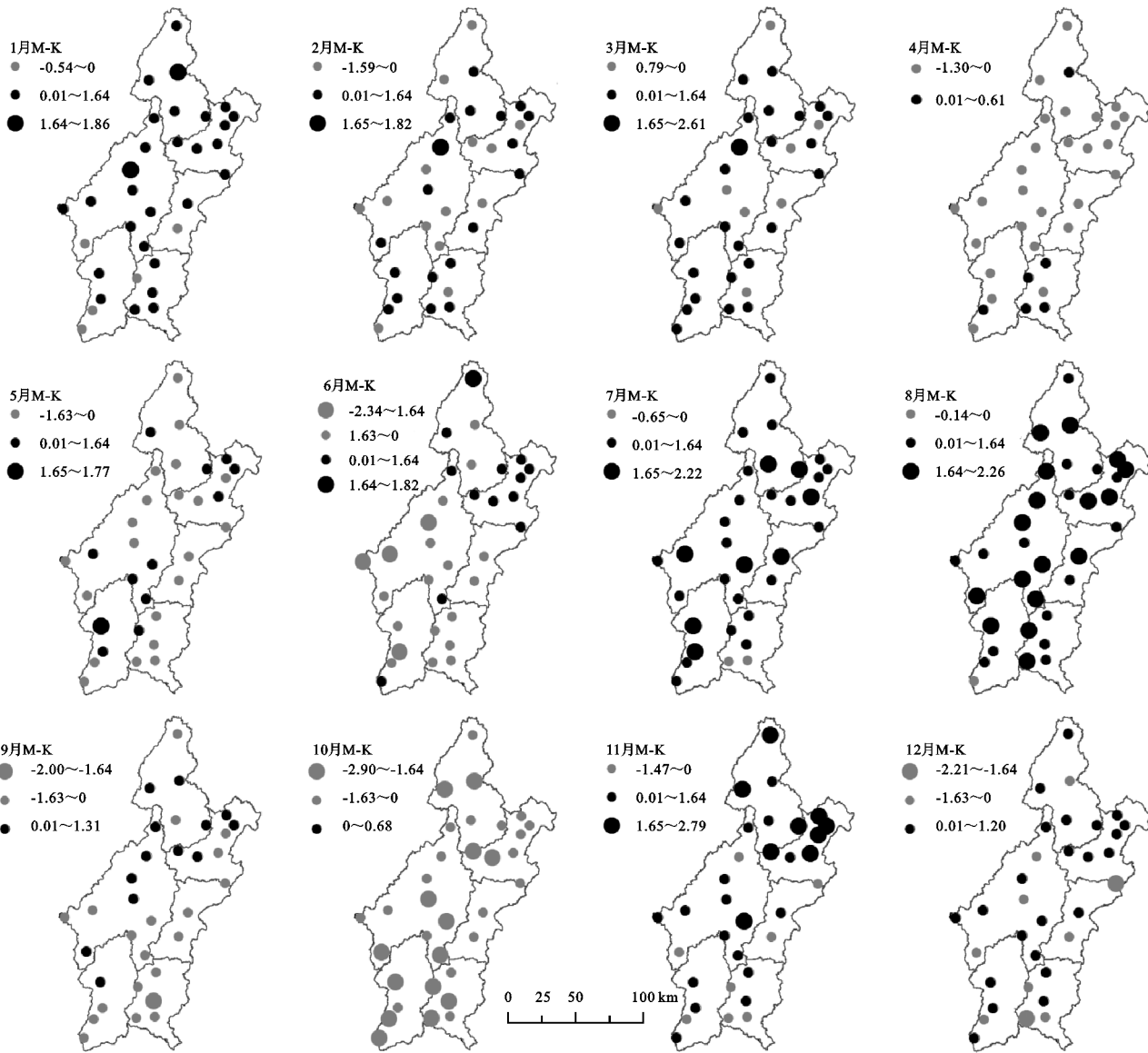


图 6 贡水流域各月 M-K 趋势

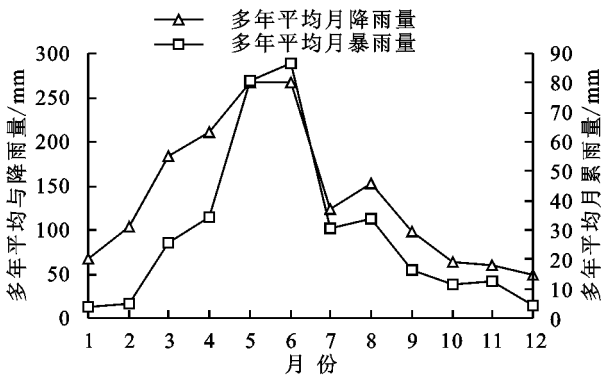


图 7 月降雨量与月暴雨量分布

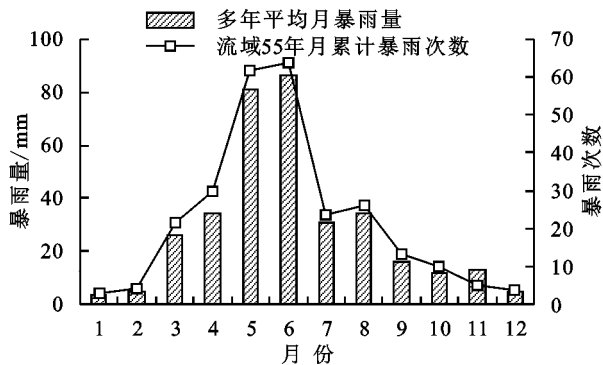


图 8 多年月暴雨特征分布

4 结论

(1) 年降雨量总体呈不显著增加, 在 1991 年发生增加突变, 并以每年 1.39 mm 趋势上升, 第一主周期为 32 a 左右, 第二主周期在 14 a 左右。四季变化趋势分别为上升、上升、下降、上升。研究降雨历史波

动规律和变化趋势, 将为贡水农业生产, 水资源合理利用提供技术参考。

(2) 从时间上来看, 贡水流域年内降雨和暴雨均呈双峰型, 集中于 5 月、6 月、7 月、8 月的降雨量呈现显著增加趋势, 且夏季降雨量在 1991 年发生显著性增加突变, 极易与来自长江上游的洪水相遇, 形成峰

高、量大、主峰靠后的极具危险性的大洪水。10 月降雨量呈现显著减少趋势,将加重秋季干旱的程度。

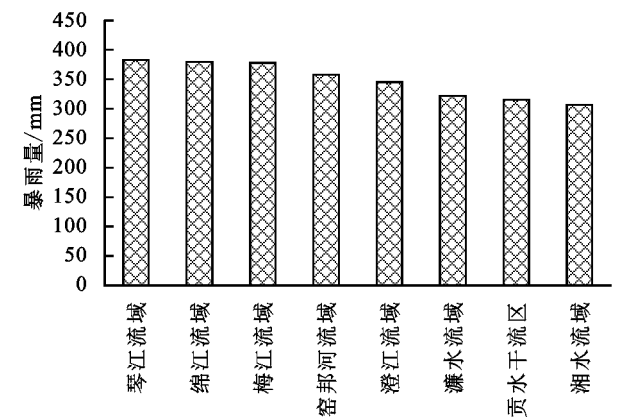


图 9 贡水子流域多年平均暴雨量

表 4 各站点暴雨中心出现次数统计

站名	暴雨中心 出现次数	站名	暴雨中心 出现次数	站名	暴雨中心 出现次数	站名	暴雨中心 出现次数
湖洋	17	珠兰	31	肖田	77	洋地	40
瑞金	13	江头	45	璜陂	26	固村	81
新中	36	龙头	97	东山坝	25	长胜	28
筠门岭	79	羊信江	36	宁都	26	青塘	17
清溪	60	龙布	29	木兰	26	窑邦	127
周田	22	葫芦阁	19	丰山	25	汾坑	16
右水	23	西江	17	石城	25	于都	21
麻州	23	宽田	21	屏山	23	祁禄山	22
峡山(二)	23						

注:下划线表示暴雨次数≥60 次。

(3) 从空间上来看,贡水流降雨量在年、春、夏时间尺度上表现出自东向西、自北向南递减的规律。降水趋势在梅江、琴江、绵江流域具有上升趋势,濂水和湘水等南部地区具有下降趋势。暴雨中心出现概率高的地点为窑邦、龙头、固村、筠门岭、肖田、清溪,其中龙头、筠门岭和清溪的降雨以短时强暴雨为主,结合当地地形,极易爆发山洪;其他暴雨中心与流域降雨趋势一致,是洪涝灾害频发区域。

致谢:感谢南昌工程学院桂发亮博士提出的宝贵意见

参考文献:

[1] 丁一汇,任国玉,石广玉,等.气候变化国家评估报告

(I):中国气候变化的历史和未来趋势[J].气候变化研究进展,2006,2(1):3-08.

[2] Some'e B S, Ezani A, Tabari H. Spatiotemporal trends and change point of precipitation in Iran[J]. Atmospheric Research, 2012,113:1-12.

[3] 江西省水利厅.江西水旱灾害[M].南昌:江西省水利厅, 1995.

[4] 中国工程院.水安全与水利水电可持续发展[M].北京:高等教育出版社,2014.

[5] 江西省.江西河湖大典[M].武汉:长江出版社,2010.

[6] 安阳.江西五大河流之源[J].江西科学,1994(2):105-112.

[7] 赵淑云,苗帅升,刘友存,等.赣江上游典型流域输沙过程及对降水与径流变化的响应:以贡水流域为例[J].江西理工大学学报,2018,39(1):37-43.

[8] 李常斌,王帅兵,杨林山,等.1951—2010 年洮河流域水文气象要素变化的时空特征[J].冰川冻土,2013,35(5):1259-1266.

[9] 魏凤英.现代气候统计诊断与预测技术[M].北京:气象出版社,2007.

[10] Afzal M, Mansell M G, Gagnon A S. Trends and variability in daily precipitation in Scotland[J]. Procedia Environmental Sciences, 2011,6(1):15-26.

[11] 龚云,孔兰.南明河流域径流量时间序列演变趋势分析[J].中国农村水利水电,2011(1):14-15.

[12] 闫敏华,邓伟,陈泮勤.三江平原气候突变分析[J].地理科学,2003,23(6):661-667.

[13] Zarenistanak M, Dhorde A G, Kripalani R H. Temperature analysis over southwest Iran: trends and projections [J]. Theoretical and Applied Climatology, 2014,116(1/2):103-117.

[14] 李占玲,徐宗学.近 50 年来黑河流域气温和降水量突变特征分析[J].资源科学,2011,33(10):1877-1882.

[15] 桑燕芳,王中根,刘昌明.小波分析方法在水文学研究中的应用现状及展望[J].地理科学进展,2013,9(9):1413-1422.

[16] 邵晓梅,许月卿,严昌荣.黄河流域降水序列变化的小波分析[J].北京大学学报:自然科学版网络版,2006,42(1):503-509.

[17] 邱庆栋,章竹青,彭梦霜,等.基于 Morlet 小波的长沙降水周期分析[J].低碳世界,2016(33):97-98.