

北江流域枯季降水径流分析

王贵妹

(广东省水文局韶关水文分局, 广东 韶关 512028)

摘要:通过对北江枯季降水径流的空间变化、年际变化和年内分配规律以及降水径流相关关系等分析,探索了北江枯水期降水径流分布特点及地区差异,以及在时间和空间上的变化和影响枯季径流的因素,为实现枯季水资源管理提供一定的技术支持。

关键词:北江; 枯季; 降水; 径流

中图分类号: P333.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1008-0112(2014)07-0065-11

1 概述

枯季径流是构成河川径流年内分配的重要组成部分,在水资源评价、生态环境及工程水文分析计算时是必不可少的,是河川径流的一种特殊形态。

本文通过对北江干流石角水文站以上区域枯季降水径流在时间上、空间上呈现的分布规律进行探讨,寻求流域枯季降水、蒸发、枯季洪水、径流特性规律研究,成果为流域水资源管理、保护、开发利用、防旱抗旱、枯季水量调度等工作提供一定的技术支持。

北江是珠江流域的三大水系之一,从源头至韶关市沙洲尾为上游,从沙洲尾至清远市飞来峡为中游,飞来峡至佛山市三水区思贤滘北窖口为下游,平均坡降为0.26‰,河长为468 km,流域面积为46 710 km²,占珠江流域总面积的7.14%。

2 资料序列与分析

北江流域石角站以上陆续设立了28个水文(位)站,其中干流有6个站,支流有22个站,在上述站中有6个泥沙监测断面、164个基本雨量站点、9个蒸发站点。主要水文(位)站情况见表1。

表1 北江流域水文站点一览

序号	站名	河名	集水面积/km ²	资料系列
1	小古藁	浈江	1 881	1958-2012
2	长坝	"	6 794	1953-2012
3	韶关(二)	北江	14 653	1943-2012
4	沙口	"	17 418	1955-2012
5	英德(五)	"	23 181	1924-2012

6	飞来峡	"	34 217	1953-2012
7	清远(三)	"	35 659	1915-2012
8	石角	"	38 363	1954-2012
9	结龙湾	罗坝水	281	1958-2012
10	仁化(二)	锦江	1 476	1956-2012
11	汾市	武江	880	1958-2012
12	坪石(二)	"	3 567	1959-2012
13	乐昌(二)	"	5 240	1947-2012
14	犁市(二)	"	6 976	1955-2012
15	赤溪(四)	田头水	396	1958-2012
16	南水水库(大坝)	南水	608	1972-2012
17	滙江	滙江	2 000	1955-2012
18	红桥(二)	"	3 066	1983-2012
19	长湖水库(大坝)	"	4 800	1974-2012
20	长湖水库(坝下二)	"	4 804	1971-2012
21	凤凰山	星子河	1 556	1959-2012
22	连县(三)	连江	2 450	1952-2012
23	阳山(一)	"	4 340	1951-2012
24	青莲(四)	"	6 540	1974-2012
25	高道	"	9 007	1954-2012
26	黄麋塘(二)	洞冠水	595	1958-2012
27	大庙峡(二)	滙江	472	1960-2012
28	珠坑	滨江	1 607	1959-2012

收稿日期: 2014-03-19; 修回日期: 2014-05-22

作者简介: 王贵妹(1983), 女, 本科, 工程师, 从事水文资料整汇编、水资源调查评价、水文分析计算等工作。

本次分析采用流量资料 14 站, 各站实测径流资料系列长度均已超过 30 年。各水文站流量测验满足定线要求, 水位流量关系曲线定线精度均符合规范规定。

采用降水量资料 127 站, 各降水量站自记仪器全年运转正常, 记录清晰。

水面蒸发量资料共 9 站, 均采用 E601 型蒸发器观测。

综上, 使用分析资料基本可靠, 能满足使用要求。

3 枯季降水径流分析

流域内降水径流在季节上变化明显, 一般 10 月 ~ 次年 2 月降水量较少, 降水季节分配不均匀易造成秋冬干旱, 为便于分析在降水径流关系汛期与枯季之间的过渡特性, 枯水期选取上一年全流域地表退水基本结束的 10 月开始到第二年春汛前的 3 月止。

3.1 降水量

3.1.1 降水量地区分布

根据资料统计, 流域降水量分布大体是南部多于北部, 山区多于平原, 年降水量在 712.0 ~ 4 040.0 mm 之间, 多年平均降水量为 1 764.8 mm。降水时空分布不均匀, 暴雨中心在广东省的中部偏北地区的坪溪、上洞、东坑坪一带及下游的飞来峡、清远、珠坑、鱼咀一带。

3.1.2 降水量年际变化

流域内各站年降水量的年际变化不大, 年降水量 C_v 值变化范围在 0.16 ~ 0.30 之间; 枯水期降水量 C_v 值变化范围在 0.27 ~ 0.56 之间, 年际变化较大。

绘制石角站雨量过程线图, 从图 1 可以看出, 汛期雨量与年雨量线趋势极为相似, 两者相关系数为 0.90。

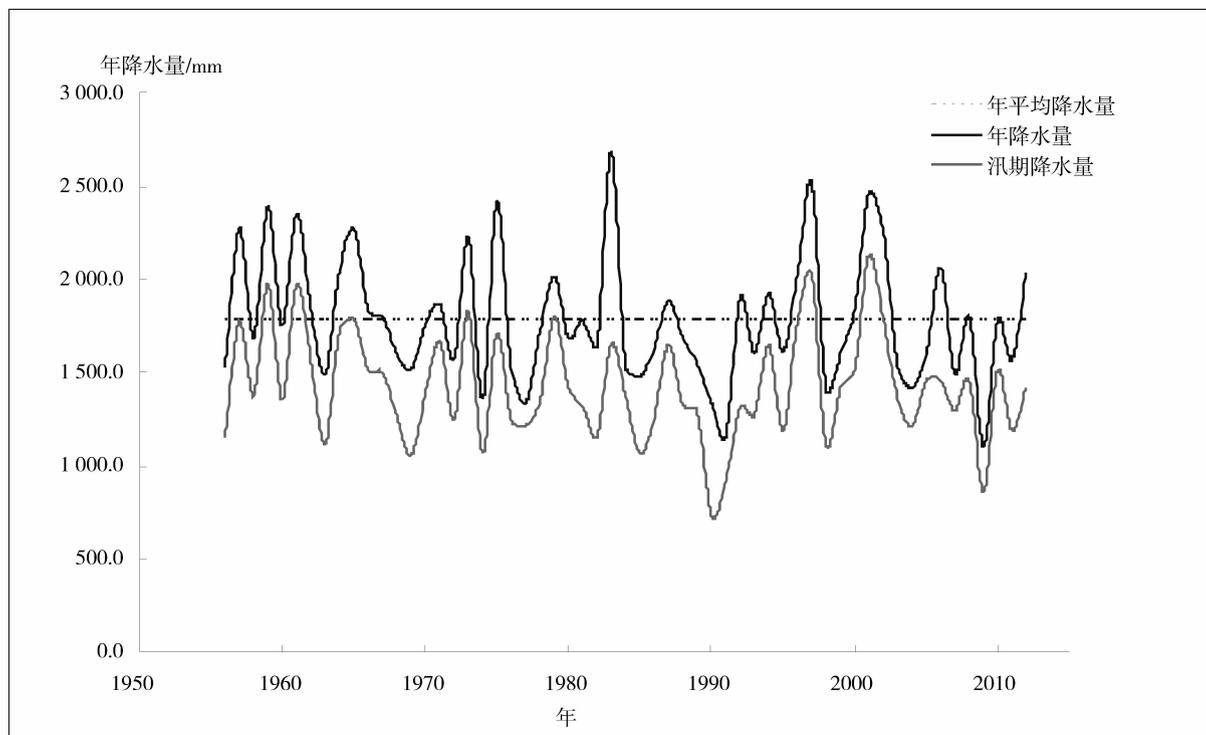


图 1 北江流域石角站多年降水量过程线

从图 2、图 3 可以看出, 20 世纪 60 年代 ~ 80 年代中期, 北江流域枯季面雨量存在明显的增长趋势, 之后枯季降水逐渐减少。自 20 世纪 80 年代中期, 北江流域枯季面雨量存在逐渐减少的趋势。随着社会经

济的飞速发展, 用水量的需求大大加大, 21 世纪以来北江流域枯季资源短缺更为严重, 对北江流域枯季水资源短缺的警示和生态环境的保护具有重要的意义。

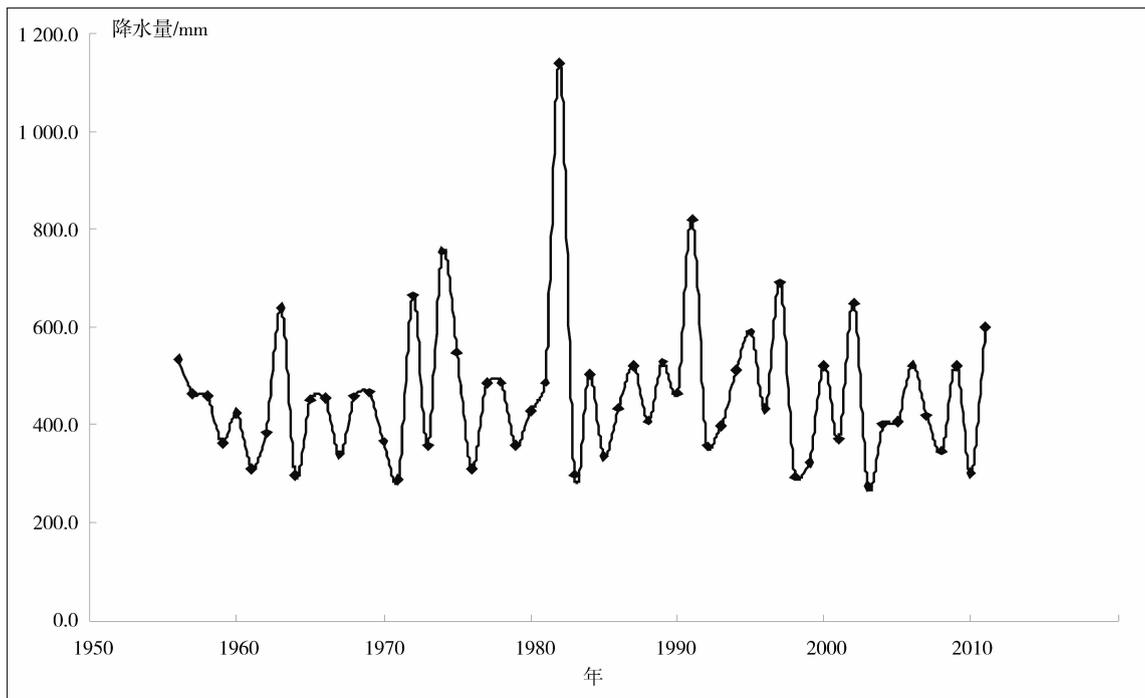


图2 北江流域枯季面雨量过程线

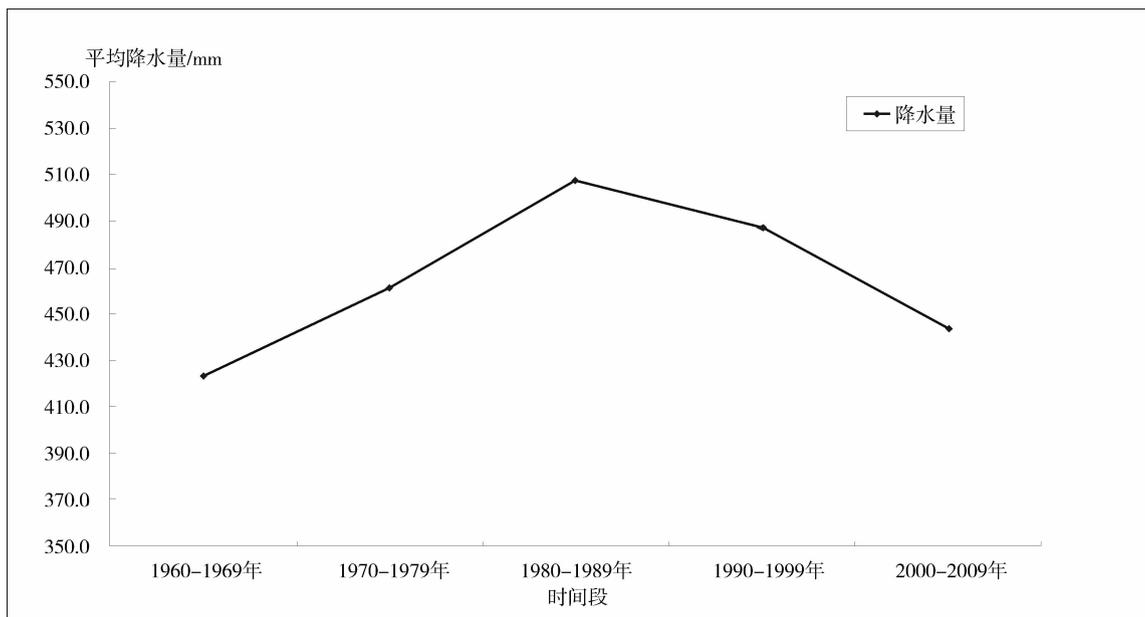


图3 北江流域枯季面雨量变化

3.1.3 降水量年内分配

降水年内分配极不均匀，降水量季节变化很大。具体数据见表2。

流域枯季中，3月降水量远远大于其余各月，12月降水量最小；2月和3月80年代和90年代面雨量存在明显的增长趋势，10月80年代和90年代面雨量存在较明显的减少趋势，其余各月降水无明显变化。

从图4可以看出，自20世纪60年代以来，北江

表2 降水量年内分配比例

(单位: mm)

月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	枯季	合计
降水量	64.7	94.0	155.0	223.7	296.6	299.6	184.3	184.4	107.0	64.5	50.6	40.4	469.2	1764.8
百分比	3.7	5.3	8.8	12.7	16.8	17.0	10.4	10.4	6.1	3.7	2.9	2.3	26.6	100

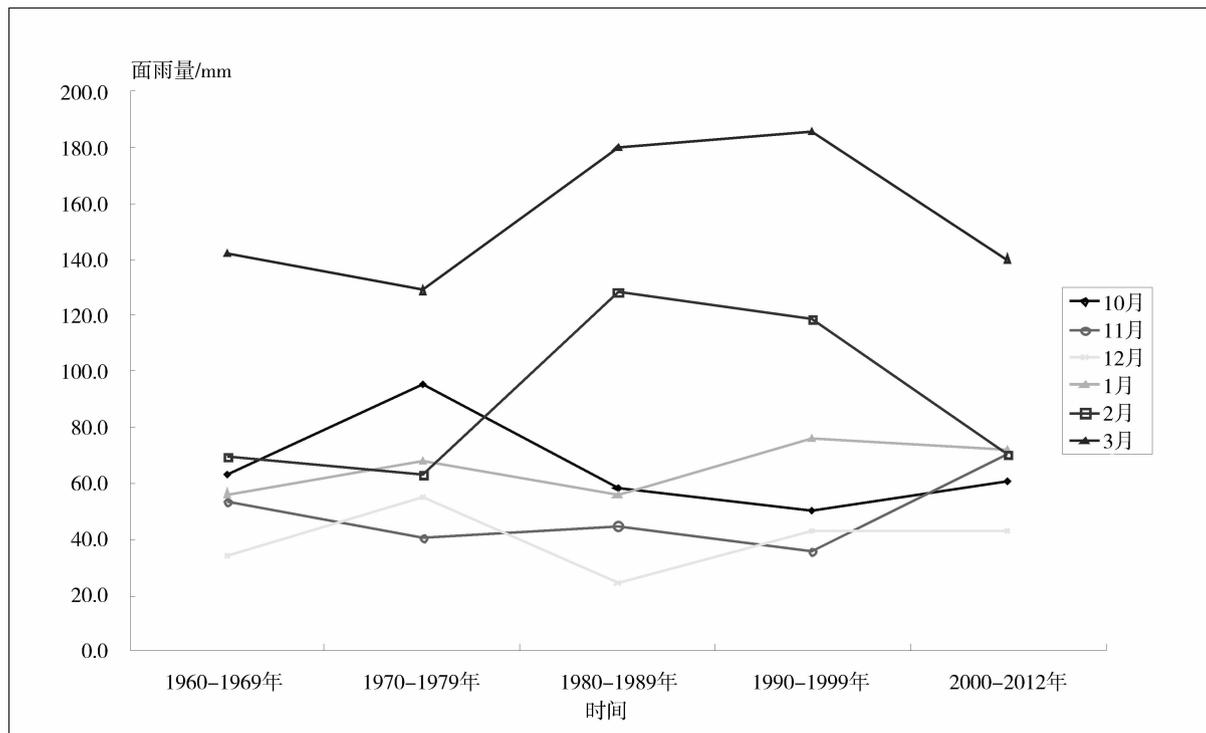


图4 北江流域枯季各月面雨量变化

3.2 蒸发量

本流域水面蒸发量在 790 ~ 1 200 mm 之间，一般是 7 ~ 8 月蒸发量最大，2 ~ 3 月最小，无明显的地区分布规律。枯季多年平均蒸发量为 372.3 mm。

表3 北江流域枯季多年旬平均蒸发量统计

月份	上旬	中旬	下旬	旬平均
10	35.5	33.2	33.1	33.9
11	28.0	24.5	23.2	25.3
12	21.3	19.5	20.2	20.3
1	16.1	15.3	15.8	15.7
2	14.6	15.3	11.7	13.9
3	15.6	12.8	16.5	15.0

统计北江流域枯季多年平均(旬)蒸发量见表3。

旬平均蒸发量在枯水期 2 月最小，为 13.9 mm；10 月最大，为 33.9 mm。

3.3 枯季径流量

3.3.1 枯季径流地区分布

各站历年枯水期径流量占年径流量的比值大部分在 20% ~ 30% 之间，流域区域产水特性差异不明显，径流分布与降水量分布基本一致。详见北江各主要站历年枯水流量特征值表4。

表4 北江各主要站历年枯水(10~3月)流量特征值

站名	河名	集水面积 /km ²	至源头河长 /km	枯季径流量 /亿 m ³	枯季径流流深 /mm	枯季径流模数/(10 ³ m ³ · km ⁻²)	多年10月平均流量 /(m ³ · s ⁻¹)	多年11月平均流量 /(m ³ · s ⁻¹)	多年12月平均流量 /(m ³ · s ⁻¹)	多年1月平均流量 /(m ³ · s ⁻¹)	多年2月平均流量 /(m ³ · s ⁻¹)	多年3月平均流量 /(m ³ · s ⁻¹)	历年瞬时最小流量 /(m ³ · s ⁻¹)
小古藁	浈江	1 881	112	4.07	216.4	13.76	25.5	19.7	15.7	17.8	25.9	51.3	0.018
长坝	浈江	6 794	195	16.34	240.5	15.29	109	88.0	74.2	75.1	103	181	11.2
飞来峡	北江	34 217	359	82.24	240.3	15.28	556	450	372	375	519	888	96.6
石角	北江	38 363	416	96.96	252.7	16.07	682	540	421	439	594	1 020	34.7
仁化	锦江	1 476	71	3.90	264.2	16.80	30.0	22.8	18.9	17.6	23.6	35.5	0
坪石	武江	3 567	136	8.91	249.8	15.89	52.6	39.6	33.0	41.9	64.7	109	1.46
犁市	武江	6 976	244	16.09	230.6	14.67	103	76.0	60.6	72.1	110	192	8.80
南水水库(大坝)	南水	608	58	3.22	529.6	33.68	23.6	17.2	17.7	18.6	19.5	26.0	0
潞江	潞江	2 000	91	3.94	197.0	12.53	28.1	23.1	18.1	18.4	23.9	38.6	0.800
长湖水库(坝下二)	潞江	4 804	163	11.45	238.3	15.16	80.7	68.9	58.0	55.4	67.9	105	0
凤凰山	连江	1 556	89	3.46	222.4	14.14	19.8	15.2	13.4	16.9	24.3	42.9	1.30
高道	连江	9 007	252	23.34	259.1	16.48	152	112	88.0	101	157	284	1.00
大庙峡	潞江	472	41	1.44	305.1	19.40	12.4	9.70	7.36	7.20	7.79	10.7	0.200
珠坑	滨江	1 607	75	5.06	314.9	20.02	43.6	33.1	23.1	25.1	26.2	41.9	1.92

北江干流从上到下分布有小古茛、长坝、飞来峡、石角等4站，从干流径流量沿河长变化图5可看出，上下段沿程分布合理；各站枯季各月径流量沿程变化

趋势一致，如图6；枯季径流量与流域汇水面积相关关系较好，如图7。

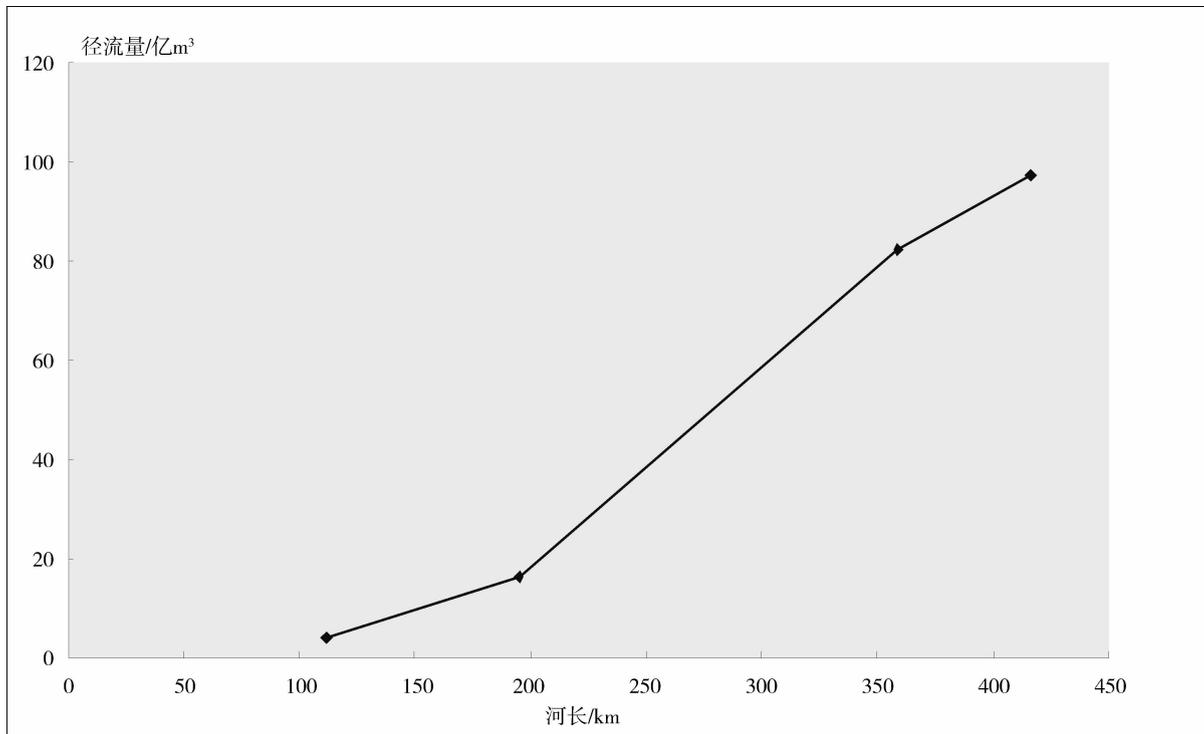


图5 枯季北江干流径流量沿河长变化

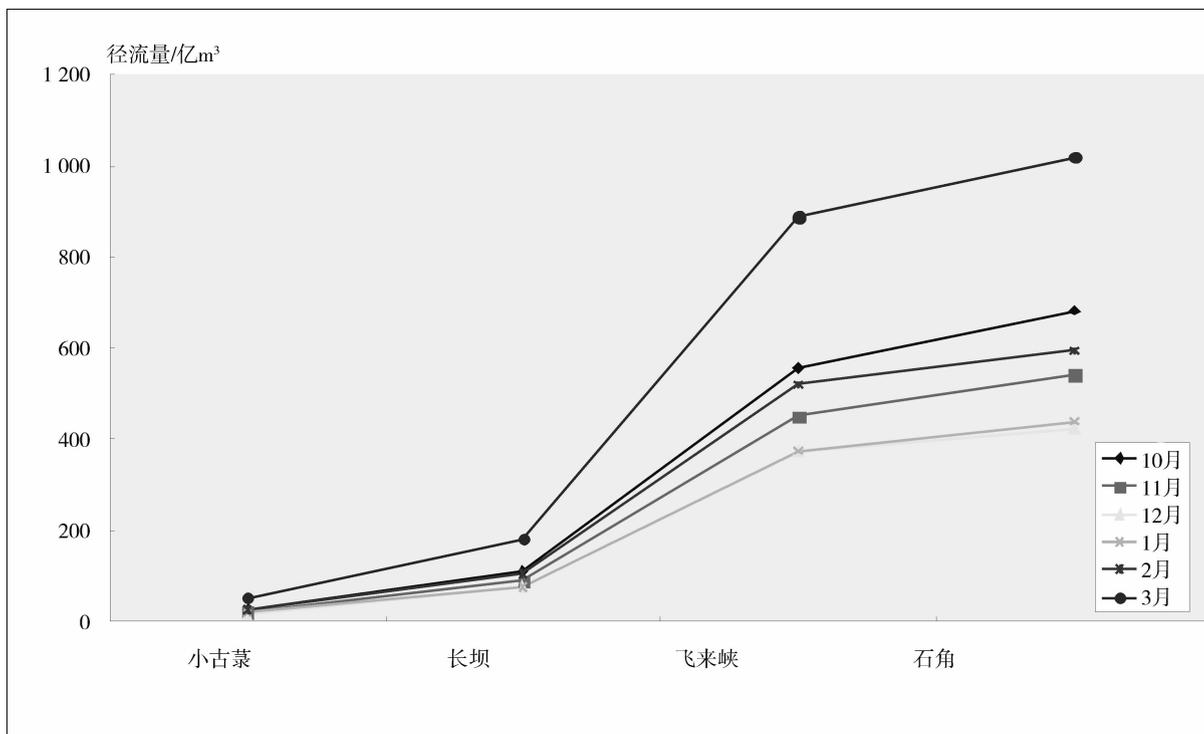


图6 干流各站各月枯季径流量沿程变化对照

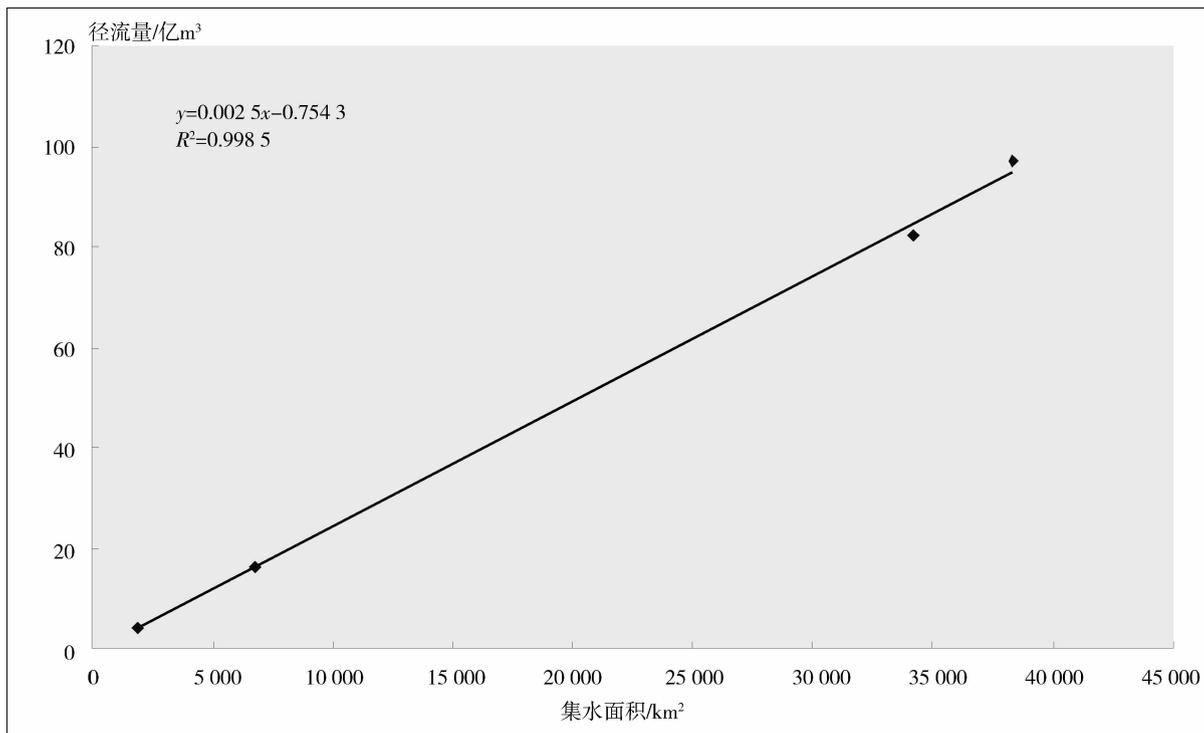


图7 北江干流集水面积与枯季径流量关系

3.3.2 枯季径流年际变化

因石角站控制径流面积达研究区域总集水面积的100%，从水文资料的代表性方面考虑，选取石角水文站作为分析依据站。绘制石角站年平均流量及枯季平均流量过程线，见图8，与图1对比，可得出径流量年际变化比降水量大的结论。其中1963年（水文年）

汛期未发生较大规模洪水，汛期的平均流量较小，而次年1~3月平均流量远大于5、6、8、9月的流量，因此出现了枯季平均流量反而大于年平均流量的现象；1982年情况与1963年类似，故出现了枯季平均流量仅略小于年平均流量的现象，而1982年枯季平均流量也是整个过程线中的极大值。

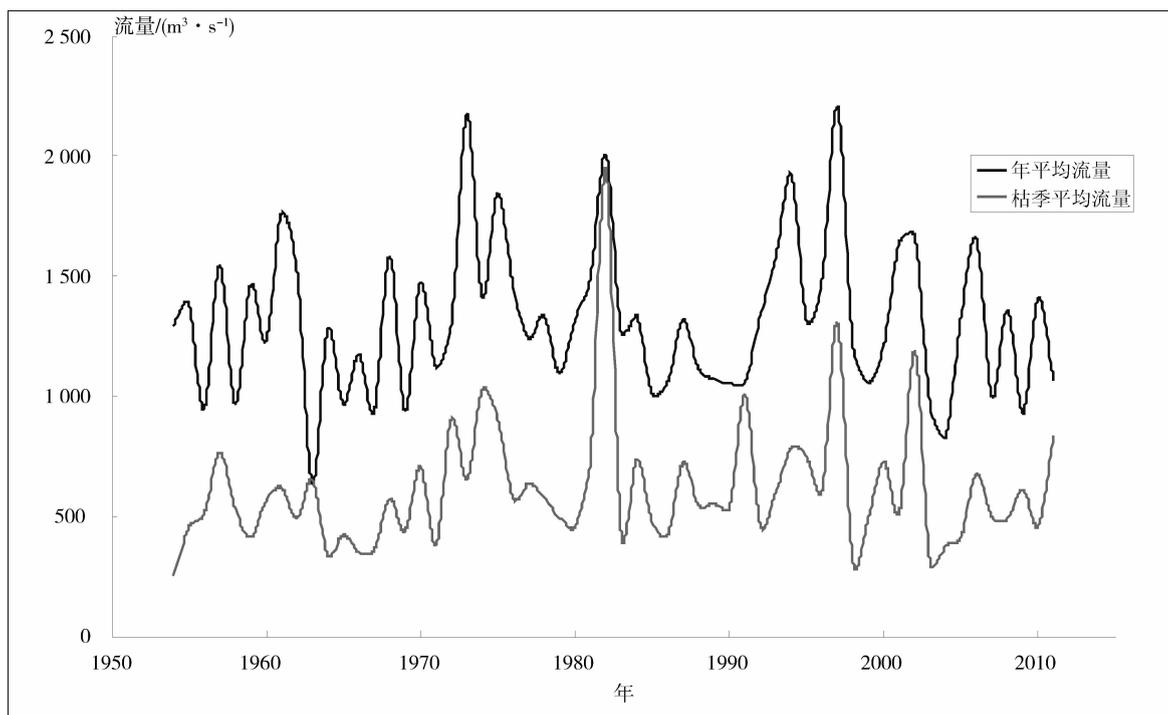


图8 石角站流量过程线

3.3.3 枯季径流年内分配

绘制石角站枯季各月平均流量过程线,如图9,历年平均流量中一般为12月最小,枯季初期10~12月径流量逐步减小,到1月开始呈逐月增多的趋势。

从石角站历年枯季各月平均流量中选出的最大、最小、月平均流量过程线(图10)可以看出,枯季最小流量过程线稳定少变,而最大和月平均流量过程线则呈现两头高、中间低的趋势。

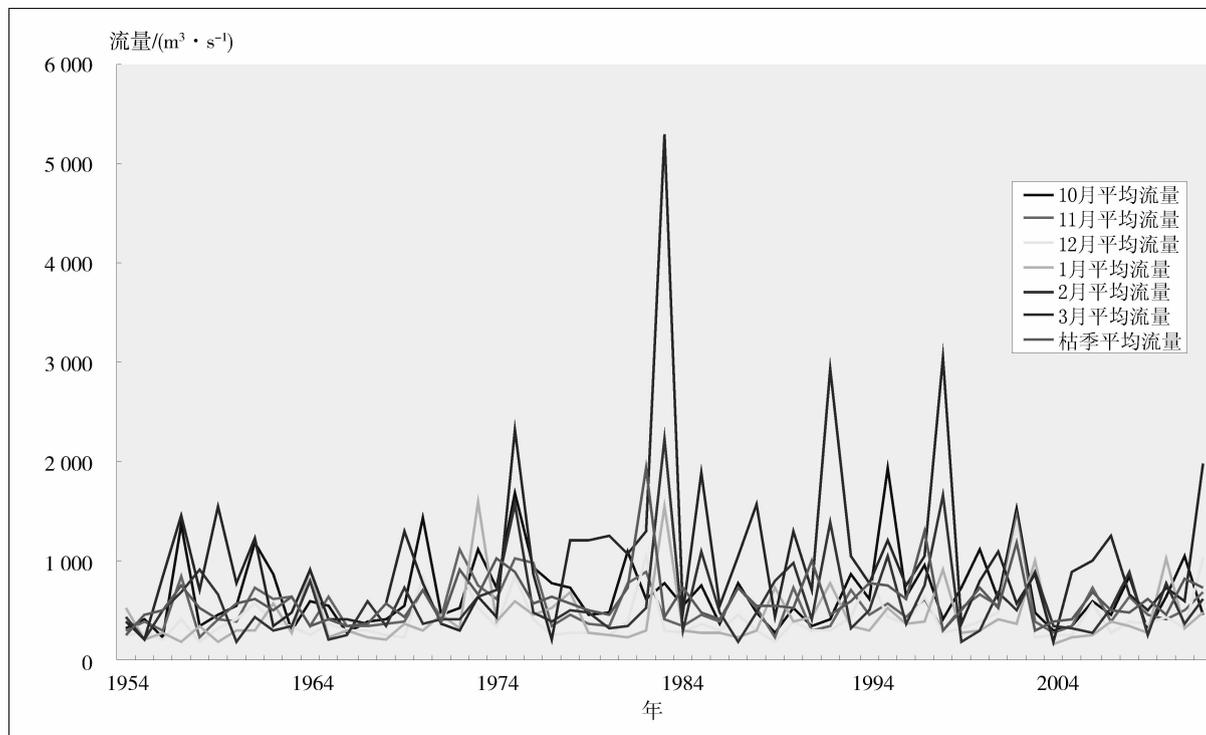


图9 石角水文站枯季月平均流量过程

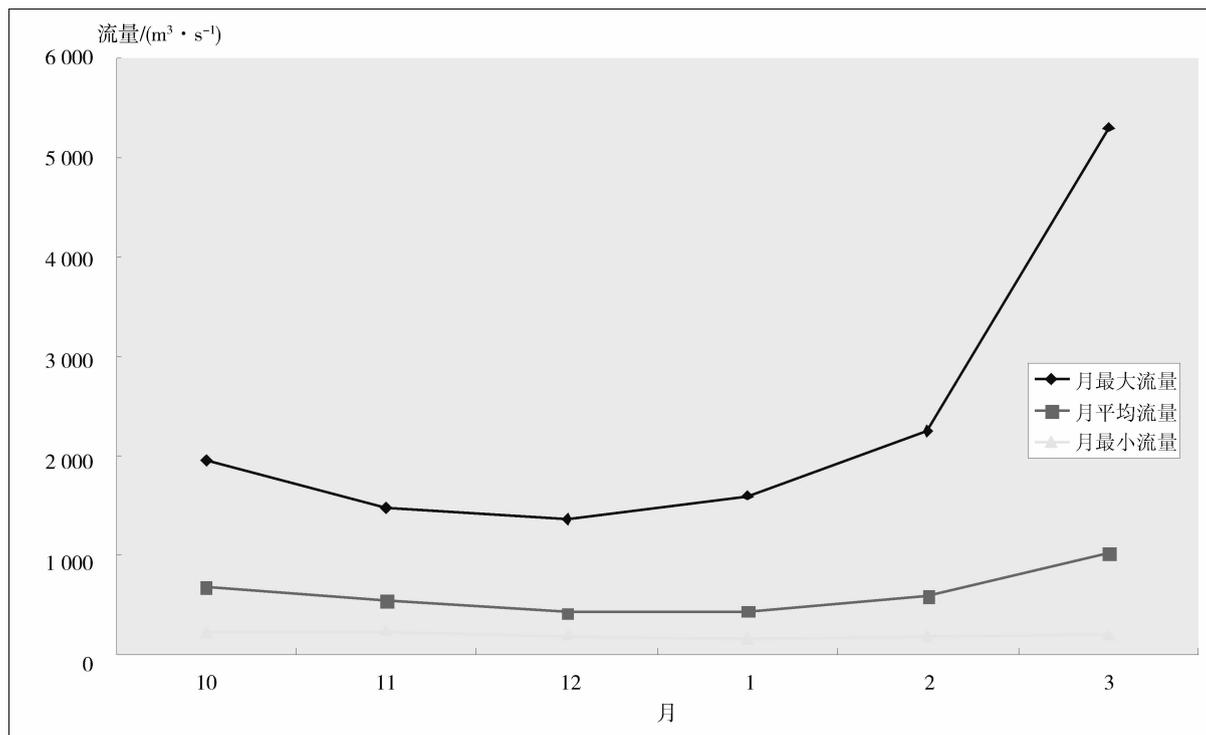


图10 石角水文站月平均最大、最小、平均流量关系线

3.4 枯季降水径流关系

3.4.1 场次降雨径流相关分析

本流域基本上属湿润地区, 一次降水径流关系可以用以下水量平衡方程式表示:

$$P + P_a = R + (I_m + E) \quad (1)$$

式中 P 为本次降雨深; P_a 为前期影响雨量; R 为本次降雨产生的径流深(包括地表径流和地下径流); I_m 为土壤前期含水量; E 为雨期蒸发量。

从式(1)可知, 场次降雨产生的径流主要取决于降雨量大小、土壤前期含水量情况及雨期的蒸发量,

由前述分析可知, 北江流域的旬平均蒸发量均大于 13.9 mm, 故认为小于 13.9 mm 的旬降水基本对径流不产生影响, 为无效降雨。

1) 产流特性

从图 11 中可以看出, 枯季北江流域旬面平均雨量小于 47 mm 的情况基本上不会对石角站流量产生影响。当旬面平均降雨量达到 60 mm 时, 石角站旬平均流量增加约 243 m³/s; 当旬面平均降雨量达到 100 mm 时, 石角站旬平均流量增加约 990 m³/s。

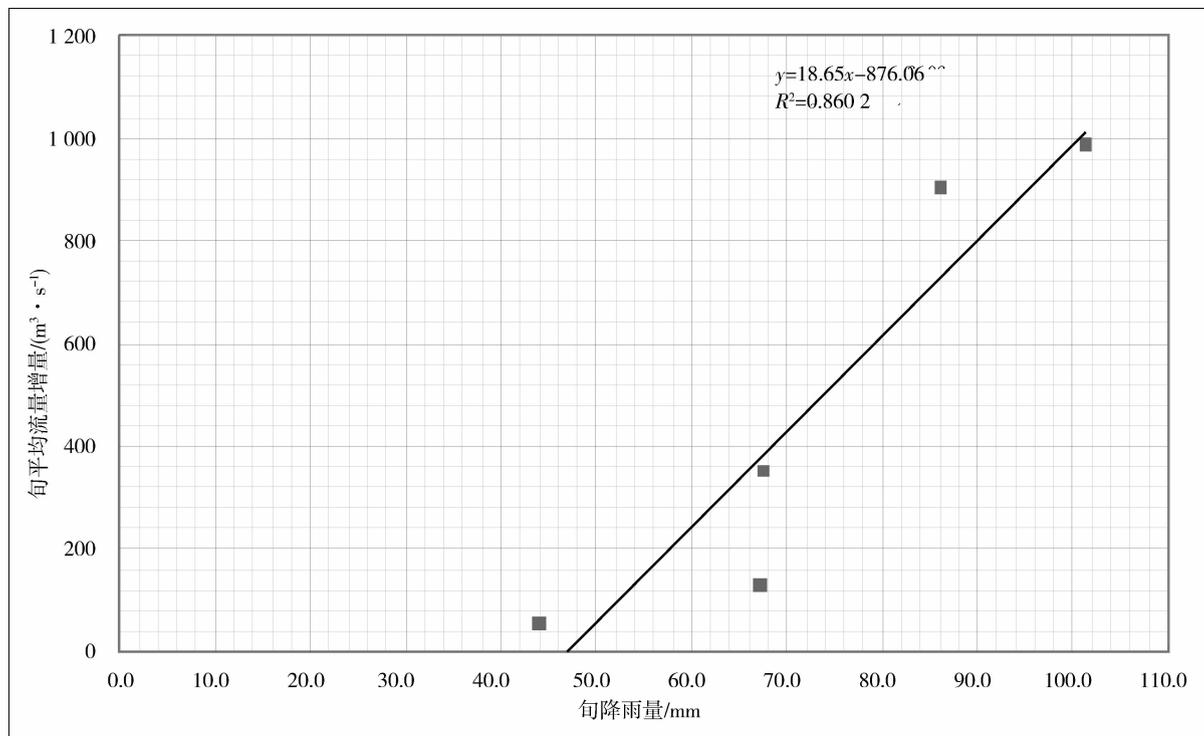


图 11 北江流域有效降雨与石角水文站流量增幅相关关系

2) 降雨径流系数

统计枯季降雨量大于蒸发量的典型场次洪水变化过程, 流域枯季发生洪水时多为流域面上普降大雨, 洪水多呈现陡涨陡落的单峰过程, 基本无前期影响雨量或前期影响雨量较小。3 月后期由于降水增多, 有时会发生退而复涨的洪水, 与前汛期洪水相衔接。计算各场洪水降雨径流系数, 分布在 0.10 ~ 0.31 之间, 径流系数较小。

3.4.2 降雨径流变化趋势分析

绘制北江流域石角站时段雨量及时段流量 5 年滑动平均过程线图(见图 12), 从图 12 可以看出, 降雨量的年际变化情况表现为: 年降雨量在 20 世纪 80 年代初期有一个高峰值, 至 70 年代初为一个减小的趋势, 之后为增加, 到 80 年代中期有个高峰值, 之后减

小至 90 年代初期降雨量又逐步增大, 至 90 年代末、21 世纪初达到最高值后开始减小; 枯水期降水量距平过程表现较为平缓, 20 世纪 80 年代初期有个极大值, 其余年份无明显的偏大或偏小值; 12 月降雨量少且基本处于稳定状态。与各时期径流距平图 13 进行对照, 年平均径流量、枯水期 5 年滑动平均过程线与年降雨量过程相似, 径流量也表现为在 20 世纪 80 年代末最小、90 年代初期逐步增大的特点, 其最大值出现在 90 年代中期, 比降雨量的最大值出现时间略早; 枯季径流量极值出现时间与枯季降水量一致。可以看出, 流域径流受降雨影响很大, 对应关系较好, 枯水期的径流与雨季降雨量补给也是息息相关的。但径流变化的幅度大于降雨量变化幅度, 这是因为径流量还存在其它的影响因素。

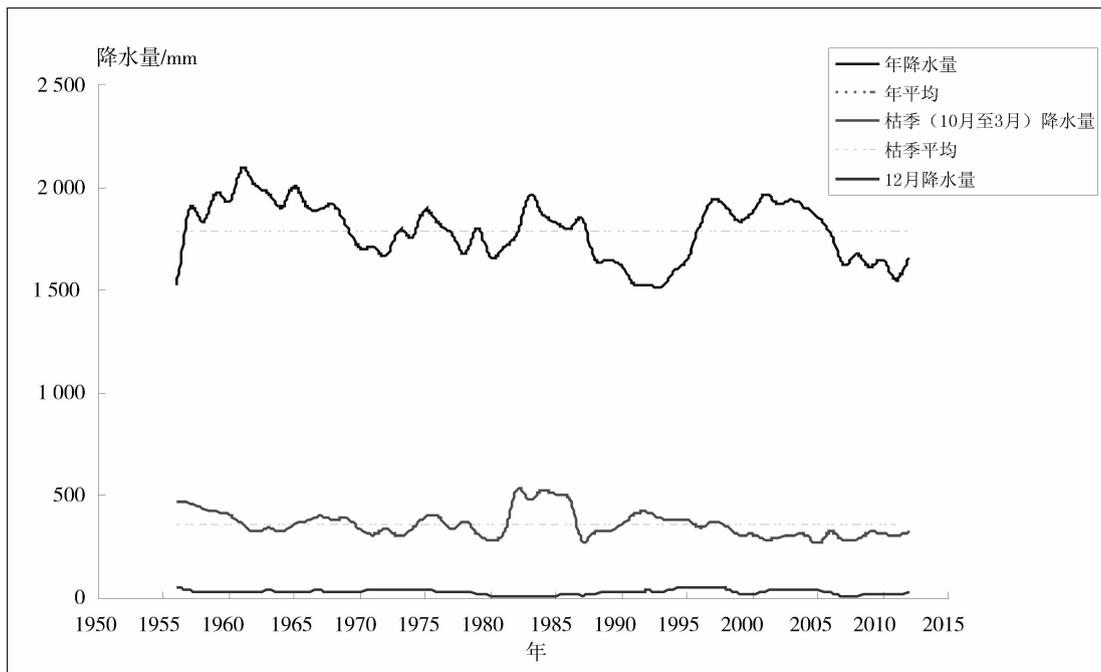


图 12 石角站时段雨量 5 年滑动平均过程线

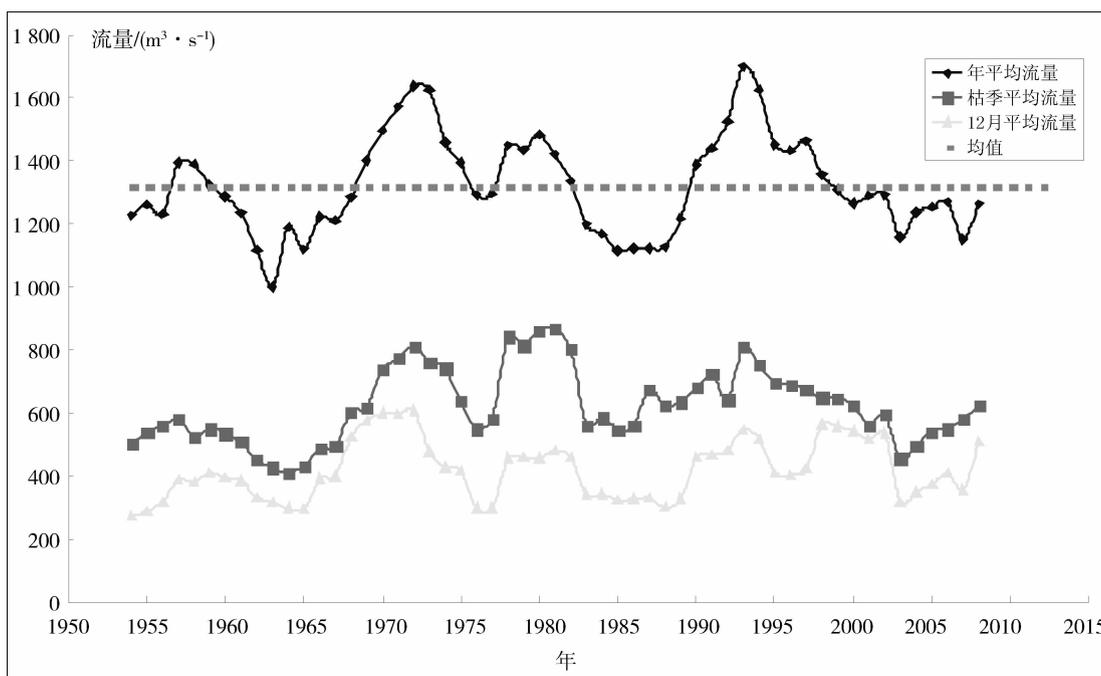


图 13 石角站时段流量 5 年滑动平均过程线

从图 14 可以看出,自 20 世纪 80 年代以来,北江枯季径流量存在一定的减小趋势,与枯季降水量减小趋势相对应。

从图 15 可以看出,自 20 世纪 60 年代以来,北江

流域枯季 3 月平均流量远远大于其余各月;12 月平均流量最小;10~12 月逐渐减小,与降水的逐渐减少一致;次年 1~3 月径流呈现出一定的增长趋势,这与降水量的逐渐增大一致。

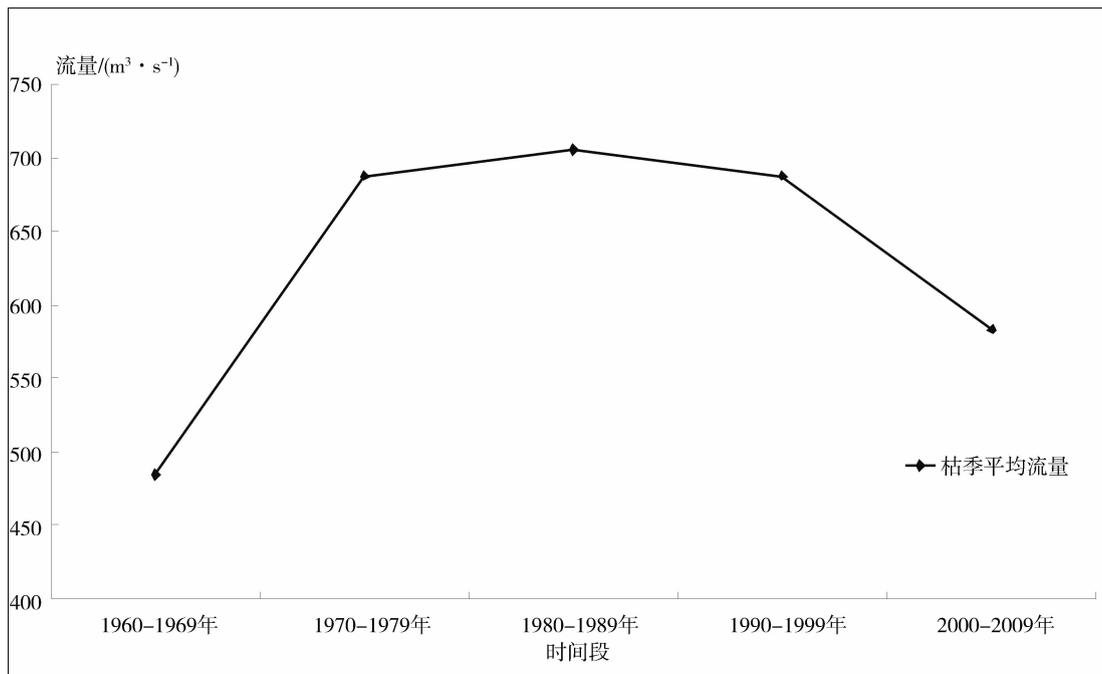


图 14 北江石角站枯季平均流量变化

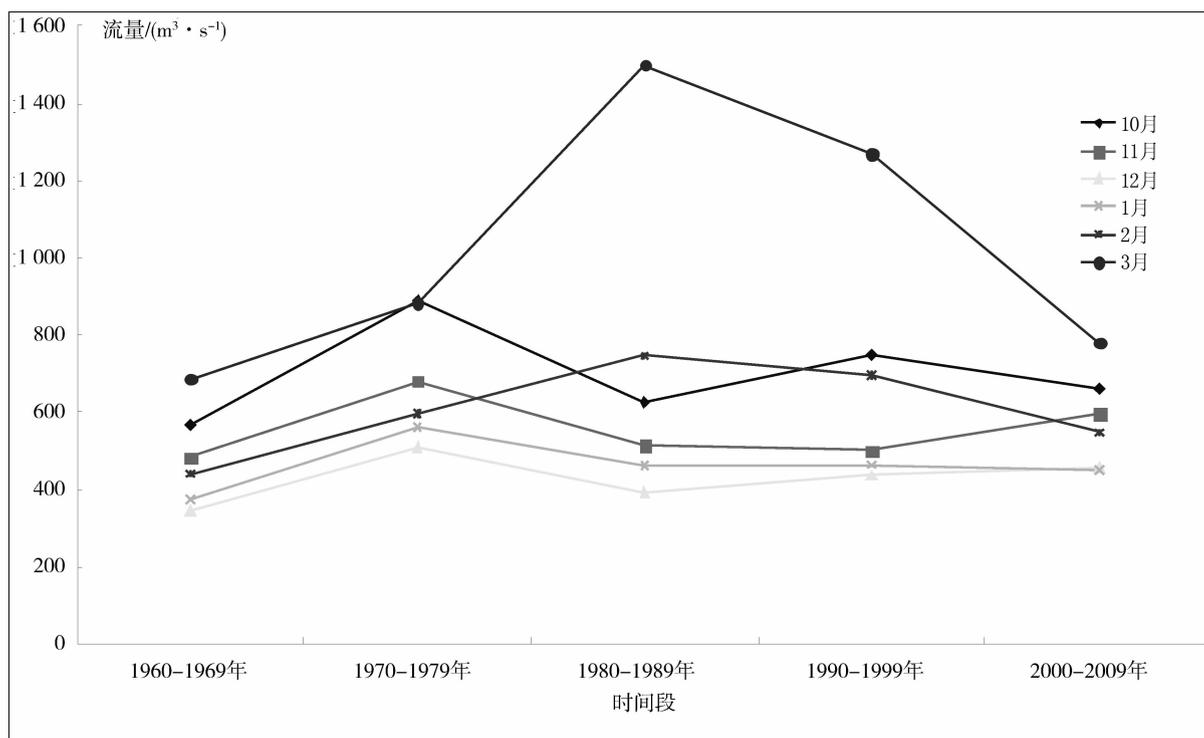


图 15 北江石角站枯季各月平均流量变化

4 结论

在降水量的地区分布上，北江流域石角站以上表现为南多北少、西多东少的特点；枯季降水量年际变化较小，表现为 20 世纪 80 年代中期以前增长、之后逐渐减小的趋势；枯季降水量年内分配表现为两头高、

中间低的趋势，12 月份降水量少且基本处于稳定状态，3 月份降水量远高于枯季其他月份降水量，与汛期相衔接。

枯水期流量占年径流量的比值大部分为 20% ~ 30% 之间，年际变化较降水量大，20 世纪 90 年代后

存在一定的减小趋势,与降水量变化趋势相对应;枯季径流的年内分配过程线基本上呈两头高、中间低的趋势,与枯季降水量年内变化趋势相对应。

本文的分析数据可为流域水资源的合理分配、调度提供依据,为最严格水资源管理制度提供一定的技术支持。

参考文献:

- [1] 芮孝芳. 水文学原理[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2004.
- [2] 广东省地方志编纂委员会. 广东省志·水利志[M]. 1992.

(本文责任编辑 马克俊)

Analysis on Rain – Runoff in Dry Season of Beijiang River Basin

WANG Guimei

(Bureau of Hydrology of Shaoguan, Guangdong Province, Shaoguan 512028, China)

Abstract: Through the analysis of rainfall runoff spatial variation, interannual and intra annual distribution law and the rainfall runoff relationship in dry season of Beijiang River, rainfall runoff distribution characteristics and regional differences, the temporal and spatial changes influence factors of dry season runoff have been explored, which provide the technical support for realization of the dry season water resources management.

Key words: Beijiang River; dry season; rainfall; runoff

(上接第 64 页)

- [5] 梅州市水务局. 梅州市水资源公报[R]. 梅州:梅州市水务局, 2011.
- [6] 广东省水利厅. 广东省地下水功能区划报告[R]. 广州:广东省水利厅, 2009.
- [7] 广东梅州地质工程勘察院. 梅州市祥和养生园供水井地质水文综合报告[R]. 梅州:梅州市地质工程勘察院, 2013.

- [8] 广东省地质局. 1:200 000 区域水文地质普查报告(梅县幅)[R]. 广州:广东省地质局, 1981.
- [9] 国务院. 全国农村饮水安全工程“十二五”规划[R]. 北京:国务院, 2012.

(本文责任编辑 马克俊)

Analysis on the Utilization of the Water Resources of Small Water Intake Project in Mountainous Area without Enough Data

CAI Yiyao

(Meizhou Levee Management Office, Meizhou 514031, China)

Abstract: Rural drinking water engineering and other small water projects, often in poor and remote mountainous areas, technology and funds in the engineering construction and management, are relatively weak. Hydrology and terrain data become lack in the design too. Taken the small water engineering of a small water tourism project in Meizhou City as an example, the lack of data on small mountain water use development ideas have been discussed, which provides reference for rural drinking water projects and other small water project design.

Key words: Lack of information; Mountain Area; Small water project; Water resources development