

北江流域径流年内分配特征的变异性分析

李艳¹, 陈晓宏^{2,3}, 张鹏飞⁴

(1.广东财经大学公共管理学院,广东 广州 510320; 2.中山大学水资源与环境研究中心,广东 广州 510275;
3.华南地区水循环与水安全广东普通高校重点实验室,广东 广州 510275;
4.广东嘉应学院地理科学与旅游学院,广东 梅州 514015)

摘要:以北江流域石角站 53 年的实测月径流资料为基础,研究了流域内径流年内分配特征及其变异性。计算了径流年内分配不均匀性、集中程度、变化幅度等指标。发现各年代和多年平均相比,20 世纪 50、60 年代的径流年内分配较不均匀,70 年代以后,径流年内分配逐渐趋于均匀,集中期和极小比的变化表现为具有波动性。从各指标的变化趋势看,不均匀系数、调节系数和极大比在 1967、1975、1999 年发生了变化,集中度在 1999 年发生了变化,集中期在 1984、1999 年发生了变化,极小比在 1975、1983、1991、1999 年发生了变化。径流年内分配特征的趋势变化和降雨不一致,主要表现在径流的年内分配不均匀性趋势较降雨降低,径流对降水的滞后时间延长,径流极大比变化趋势较降雨下降,极小比变化较降雨平稳。说明北江流域径流年内分配特征发生了变异。对流域内水利工程设施的修建、植被条件、城市化发展情况进行了分析,认为北江流域径流年内分配特征发生变异,主要是受到了上述人类活动的综合影响。

关键词:径流;年内分配;变异;北江流域

中图分类号:P333;TV121

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2014)03-0080-07

1 引言

径流的年内分配状况,对区域内各行业用水、防洪、发电、水利设施的修建、生态环境保护等都具有重要的影响。近几十年来,随着人类活动的加大并伴随其深远影响,径流的年内分配规律也发生了变化。在变化的环境下,需要重新认识径流的年内分配特征。径流年内分配指标有不均匀系数、集中度、集中期、变化幅度等。其中,集中度与集中期除了作为河流类型、水文区划的指标或区域水文特征值外,对于水库设计与运行管理,以及评价其影响等也具有重要的应用意义^[1];径流变化幅度的大小对于水利调节和水生生物的生长繁殖都有重要的影响^[2]。本文以北江流域石角站 1956~2008 年实测月径流量和降雨数据为基础,计算了年内分配不均匀性、集中程度以及变化幅度等指标,分析了北江流域近 53 年来径流年内分配特征的变

化规律及其原因。

2 研究区概况

北江是珠江第二大水系,其上游浈江发源于江西省信丰县石碣,在韶关与武水汇合后,始称北江,然后在三水市的思贤滘与西江相通,流入珠江三角洲网河区,主流由虎门出海。北江思贤滘以上流域面积为 46 710km²(广东省境内 42 930km²),占珠江流域面积的 10.3%。干流总长 468km,河道平均坡降为 0.26‰,大部分是山区和丘陵,地势北高南低,只是出飞来峡后才逐渐平坦。北江流域内有韶关、清远、佛山三市,位于清远市石角镇的石角站是北江流域主要控制性水文站,至河口距离 52km,集水面积 38 363km²。

3 研究方法

不均匀性指标包括径流年内分配不均匀系数 C_u 、

收稿日期:2013-10-15

基金项目:国家自然科学基金项目(41001019);国家自然科学基金重点项目(51210013);广东省科技厅项目(2010B050300010);国家重点基础研究发展计划(973)项目(2010CB428405);中英瑞气候变化适应项目广东气候变化风险评估及适应对策研究(ACCC/20100705-1);中山大学重大项目培育和新兴交叉学科项目(10lgzd11)

作者简介:李艳(1978-),女,新疆库车人,讲师,博士,主要从事水文与水资源研究。E-mail:liyan2990@163.com

径流年内分配完全调节系数 C_r ; 集中程度指标包括集中度 C_n 、集中期 D ; 变化幅度指标包括极大比 C_{\max} 和极小比 C_{\min} 。各指标的计算公式如下:

3.1 不均匀性

径流年内分配不均匀系数 C_u ^[3-6]:

$$C_u = \sigma / \bar{R}, \sigma = \sqrt{\frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} (R_i - \bar{R})^2}, \bar{R} = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} R_i \quad (1)$$

式中: R_i 为各月径流量; \bar{R} 为月平均径流量。 C_u 值越大, 说明径流年内分配越不均匀。

径流年内分配完全调节系数 C_r ^[5-6]:

$$C_r = \sum_{i=1}^{12} \Phi_i(R_i - \bar{R}) / \sum_{i=1}^{12} R_i, \Phi_i = \begin{cases} 0, & R_i < \bar{R} \\ 1, & R_i \geq \bar{R} \end{cases} \quad (2)$$

C_r 值越大, 说明径流年内分配越集中。

3.2 集中程度

集中度 C_n 表示径流年内分配的集中程度, 集中期 D 表示径流集中的重心所出现的月份^[4-6]。

设 12 个月的分量和构成合成量的水平、垂直分量为:

$$R_x = \sum_{i=1}^{12} R_i \cos \theta_i, R_y = \sum_{i=1}^{12} R_i \sin \theta_i \quad (3)$$

$$\text{则合成量为: } R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} \quad (4)$$

$$\text{集中度: } C_n = R / \sum_{i=1}^{12} R_i \quad (5)$$

$$\text{集中期: } D = \arctan(R_y / R_x) \quad (6)$$

本文各月均按 30 d 计算, 1 月代表的角度为 15°、2 月为 45°、3 月为 75°, 以后各月均按 30° 累加。

3.3 变化幅度

采用相对变化幅度, 计算公式为:

$$C_{\max} = R_{\max} / \bar{R}, C_{\min} = R_{\min} / \bar{R} \quad (7)$$

式中: R_{\max} 为最大月平均径流量; R_{\min} 为最小月平均径流量。

4 结果分析

4.1 径流年内分配特征分布

将北江流域近 53 年的实测月径流数据代入式(1)~(7), 计算得到各年内分配指标值。统计各年代及多年平均的径流年内分配情况, 结果列于表 1。其中, 集中期 D 用度数表示, 换算到月, 则每月按 30° 计, 例如表 1 中多年平均情况下的集中期 $D=159.81$, 换算到月为 $\text{floor} (159.81/30)+1=6$, floor 表示向下取整, 日为 $159.81-150=9.81$, 即 6 月 9~10 日。

表 1 显示, 20 世纪 50、60 年代的 C_u 、 C_r 、 C_n 、 R_{\max} 都

表 1 各年代北江流域径流年内分配指标值

Table 1 The indexes of the annual runoff distribution in the Beijiang River basin in the various decades

年代	C_u	C_r	C_n	D	C_{\max}	C_{\min}	备注
50	0.865	0.318	0.491	155.147	3.040	0.176	1956~1959
60	0.845	0.331	0.453	163.891	3.054	0.230	1960~1969
70	0.751	0.308	0.433	160.982	2.687	0.256	1970~1979
80	0.769	0.313	0.442	147.644	2.709	0.210	1980~1989
90	0.728	0.303	0.440	161.189	2.588	0.243	1990~1999
21 世纪	0.777	0.307	0.456	168.057	2.825	0.229	2000~2008
多年平均	0.781	0.313	0.448	159.814	2.792	0.229	1956~2008

大于多年平均值, 表明 50、60 年代径流年内分配较不均匀。70、80、90 年代及 21 世纪的 C_u 、 C_r 都小于多年平均, 说明 70 年代以来, 径流年内分配逐渐趋于均匀。70、80、90 年代 C_n 、 C_{\max} 都小于多年平均, 21 世纪的 C_n 、 C_{\max} 都大于多年平均, 说明 21 世纪以来径流集中度和极大比有上升趋势。 D 和 C_{\min} 在 60、70、90 年代和 21 世纪都大于多年平均, 而 50、80 年代小于多年平均, 反映出具有一定的波动性。总体上来说, 20 世纪 50、60 年代径流年内分配较为不均, 而 70 年代以后, 径流年内分配趋于缓和。

4.2 径流年内分配特征的变化

为进一步观察各指标的变化趋势, 对各指标进行小波分解, 用分解后的低频系数重构序列来代表该指标的变化趋势^[7-8]。本文选用 db3 小波函数, 将原始序列和三层分解下的低频系数重构序列绘于图 1。

由图 1 可见, C_u 、 C_r 、 C_{\max} 在 1967 年前呈缓慢上升趋势, 之后开始下降, 到 1975 年后进入到一个相对平稳的时期, 直到 1999 年始呈缓慢上升。 C_n 在 1999 年前总体表现为下降趋势, 之后转为上升趋势。 D 在 1984 年左右发生一个较显著转折, 1984 年前表现为逐渐降低, 1984 年后表现为逐渐增大, 至 1999 年达到一个极大值, 说明径流年内分配集中程度的月份在向后推迟, 由趋势序列上 1984 年的 144.74° (约 5 月下旬) 推迟到 1999 年的 178.61° (约 6 月底), 1999 年后又开始下降, 说明径流可调节的时期在发生变化。极小比 C_{\min} 在 1975 年前上升, 之后下降, 1983 年后又上升直到 1991 年, 之后下降, 到 1999 年以后开始上升, 说明最枯月径流量较其当年平均水平的变化不平稳, 有所波动。

4.3 径流年内分配特征的变异性

为了考察北江流域径流年内分配特征的变异性,

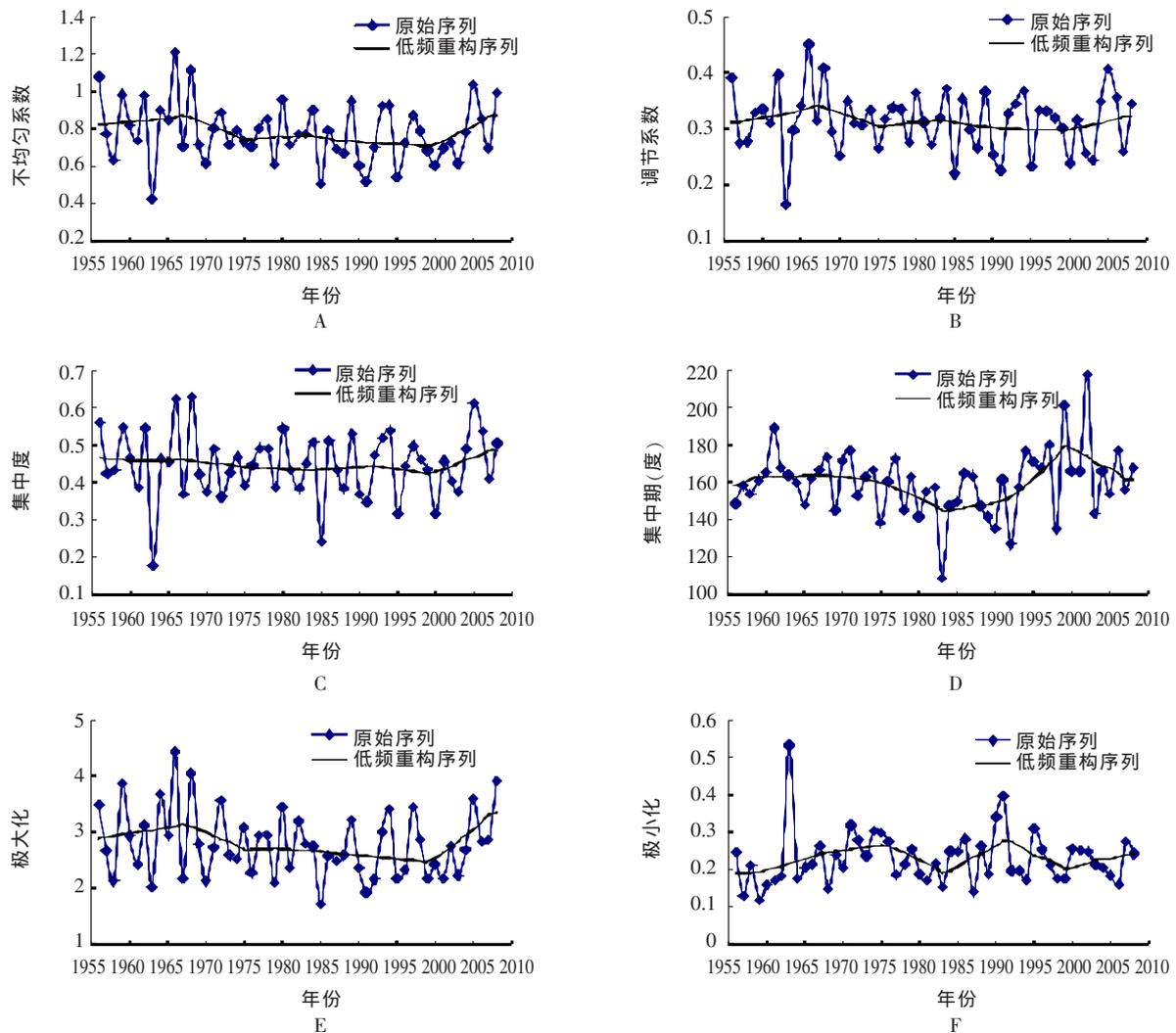


图1 径流年内分配特征指标及其变化趋势

Fig.1 The annual runoff distribution indexes and their change trends

需要对降雨进行类似的研究。由于年内分配不均匀系数、年内分配完全调节系数与集中度表征的物理意义相似,为了减少篇幅,选择年内分配不均匀系数、集中期、极大比和极小比共4个指标来分析降雨量和径流量序列在年内分配特征变化上的关系。将上述4个指标降雨和径流的变化过程及其线性趋势绘于图2中,对比后发现,径流序列年内分配不均匀系数有一个不显著的缓慢下降趋势,而降雨的线性趋势线基本水平,说明径流在受到降雨影响的同时,还受到流域下垫面的影响。不均匀系数变小,说明流域对径流的调节能力加大了,从而使径流的年内分配不均匀性降低,人类修建的水利工程设施是加大对径流控制能力的重要原因。从趋势上看,降雨和径流的集中期在70年代以前较为接近,而后随时间距离越来越大,主要表现为降雨

序列的集中期在变小,而径流序列基本没有变化。径流序列的集中期没有随降雨序列下降而下降,说明在同样的降雨条件下,径流最可调节的时期在向后推移,径流对降雨的滞后时间在增加,原因有可能是人类活动改变下垫面性质而使产流的时间延长,这同样是受到人类活动影响的缘故。极大比的变化情形与年内分配不均匀系数类似,说明丰水月径流受到流域的调节如水利工程的调节。径流极小比较降雨变化平稳,表现为径流基本没有趋势变化,而降雨呈不显著增加趋势,说明枯水月径流同样受到了流域的调节。

从以上分析来看,北江流域径流年内分配特征的趋势变化和降雨不一致,说明北江流域径流年内分配特征发生了变异,主要原因是受到人类活动的影响,如流域内堤围、蓄引提工程等水利设施的修建,流域内水

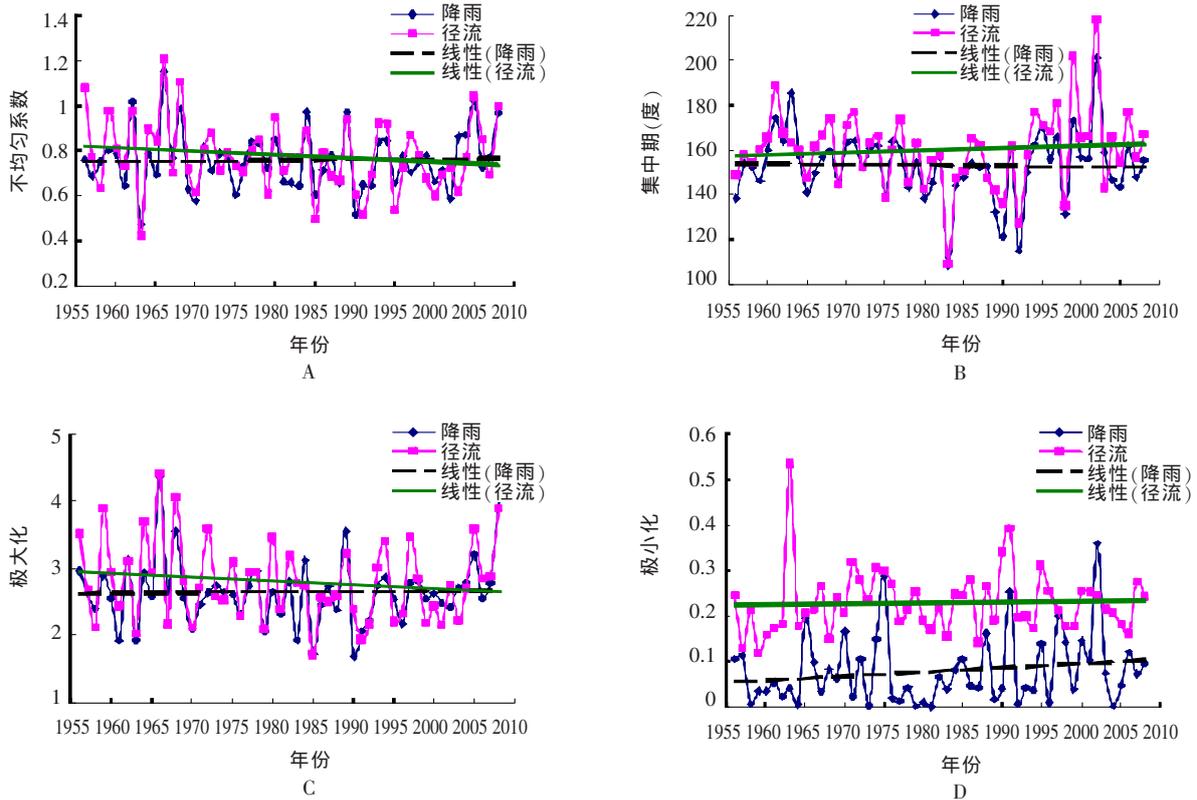


图2 降雨和径流年内分配指标过程及其线性趋势

Fig.2 The distribution indexes of the rainfall and runoff and their linear trends

土流失、植被条件的变化,城市化发展带来的下垫面改变等等。

4.4 径流年内分配变异原因探讨

4.4.1 水利工程

新中国成立前北江流域水利设施十分落后,防洪工程堤围、水库等基本上是一片空白,水资源基本上没有得到开发利用。1950年后,流域内进行了大规模的水利建设,先后建成了一大批大、中型水库及防洪、发电、灌溉、航运等综合利用水利工程。据统计,北江上游主要水库以70年代以后建成的居多(见表2),90年代中期北江干流中游河道陆续修筑了孟洲坝、白石窑、飞来峡等水利枢纽,其中孟洲坝、白石窑为日调节型水库,飞来峡水利枢纽是广东省建国以来建设规模最大的综合性水利枢纽工程,它以防洪为主,兼有航运、发电、供水和改善生态环境等综合效益,水库总库容 $19.5 \times 10^8 \text{m}^3$,这些梯级枢纽的建成对下游河道径流过程产生了一定影响,特别是1999年建成的飞来峡水库,更是对清远以下的北江河道径流起到一定的调节作用。此外,20世纪70年代后北江大堤的加固也对河道调蓄和径流过程有一定的调节作用。另据了解,流

表2 北江上游历年所建主要水库^①

Table 2 The main reservoirs in the upper reach of the Beijiang River

河流	水库名称	总库容 / 10^6m^3	建成日期
连江	潭岭	1.77	1966.9
南水河	南水	12.43	1971.5
滙江	长湖	1.49	1973.3
南水	泉水	0.216	1973
(曲江县)	罗坑	0.823	1980
高平水	高平	0.768	1983.6
(仁化县)	锦江	1.9	1990

域内主要地市韶关市和清远市的水利设施大都建于60、70年代,由于普遍存在着设计标准低,施工质量差等问题,近30年来两市都大力发展水利水电事业,如清远市,从1988年建市后的10年,水利水电建设投入资金为建国后到建市前38年投资总和的近一倍,90年代末有大型水库4宗,中型水库16宗,小型水库345宗,总库容共 $170\ 155 \times 10^4 \text{m}^3$,其中防洪库容 $20\ 86 \times 10^4 \text{m}^3$,全市小水电总装机容量居广东省第二位。水利工程的修建使径流年内分配趋于均匀,以不均匀系数 C_u 为例,50年代北江流域径流 C_u 为0.865,70年代降为0.751,90年代降为0.728,而降雨量的 C_u 值50

年代为 0.73,70 年代为 0.74,90 年代为 0.72,几乎未有趋势变化,这说明水利设施对径流的调节能力在加大。由此可见,水利工程的修筑、加固等人类活动是影响北江流域径流序列年内分配特征变化的一个重要原因。

4.4.2 植被条件

北江流域内水土流失严重。20 世纪 50 年代以前,北江流域的土壤侵蚀以自然侵蚀为主,人类活动只是加速了局部地区的土壤侵蚀。近几十年来,由于缺乏对自然规律的认识,乱砍乱伐森林、陡坡开山造田,以及房屋建设等,导致了水土流失的进一步发生与发展。造成流域内水土流失的人为因素主要有:森林和植被的破坏;不合理的耕作方式;筑路、开石、采矿、基建等人为造成的水土流失。水土流失使流域内植被覆盖率下降,植被对径流的调蓄作用受到一定程度的破坏。

图 3 为 1982~2003 年北江流域 NDVI 的变化过程及其线性趋势。可以看出,近 20 年来北江流域 NDVI 呈缓慢下降趋势,说明流域内植被动态发生变化,从而影响径流汇聚特征。植被对径流具有调蓄作用,一方面,降雨时,一部分降雨被植被冠层截留蒸发,另一部分则渗入土壤后通过土壤蒸发和植物蒸腾而消耗。另一方面,降雨过后,蓄积在土壤和地下的水分缓慢流出补给河流,从而使径流的年内分配趋于均匀。北江流域植被覆盖减少,导致流域内径流分配的不均匀性增加。

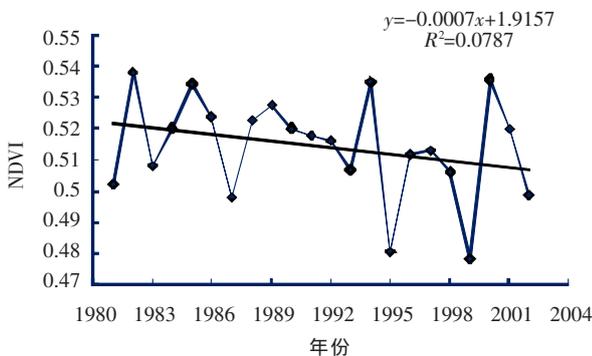


图3 1982~2003年北江流域NDVI的变化过程及其线性趋势

Fig.3 Changes of the average annual NDVI in the Beijiang River basin during 1982-2003

4.4.3 城市化发展

北江流域内包含的行政区中以韶关和清远两市所占的面积最大。图4为两市国内生产总值(当年价)发

展图,图5为两市年末户籍总人口发展图,可以看出,两市总人口呈现出稳定的上升趋势,80年代后,两市GDP增长速度很快,而在70年代以前,GDP的发展速度很慢,说明80年代以来,北江流域内人口和经济水平都有了较大的发展,人类的生产能力加大了。表3为北江流域按水资源三级分区统计的GDP发展情况,可以看出,1980~2000年间,流域内GDP值呈显著上升趋势,说明人类的社会、经济活动在加大,对水资源的影响也在相应加深。表4为近几年来北江流域各行业用水情况。从近几年北江流域用水情况看,农业用水方面,一方面随着种植结构的变化,灌溉需水量大的水田灌溉面积减少,转向逐步扩大灌溉需水量小的经济作物灌溉面积,从而使农业灌溉水量减少;另一方面渠系改造、渠道防渗等措施提高了渠系水利用系数以及其他农业节水灌溉措施的逐步推广,也会减少农业灌溉需水量,所以从总体上看农业用水呈下降趋势。工业用水方面,一方面随着工业的发展,流域内工业产值的增长会导致用水量增加,另一方面随着工业节水技术的进步,工业水重复利用率不断提高会减少工业的用水量,但从总体上看,工业用水量仍呈增长趋势。生活用水方面,随着人口的增长以及生活用水定额的增大,生活用水量总体也呈上升趋势。工业和生活用水量的增加,说明城市化进程日益加剧。如果按照近十年北江流域的单位GDP用水定额来做回归拟合,估算1980年的万元GDP用水定额大约为 $2430\text{m}^3/\text{万元}$,则1980年流域的总用水量大约为 $17 \times 10^8\text{m}^3$,约为2012年总用水量的30%。可见,随着流域内人口和社会经济的发展,总用水量总体呈增加的趋势,用水格局的变化必然导致径流发生一定程度的变化,但具体是使得径流年内分配变得不均匀还是均匀仍需进一步探讨。另一方面,流域内作物的灌溉制度,产业的用水特点,人们的生活习惯等也往往使用水量呈季节变化。就北江流域而言,夏季天气炎热,人们生活用水量一般较冬季大。工业行业以机械、电子、电器、陶瓷、建材、纺织服装、生物医学、食品加工、烟草等作为支柱产业,总体用水量无明显季节变化。农业生产以粮食作物为主,水稻一年两熟,抽穗结实期需水量大。

另外,据韶关和清远两市的有关数据,韶关市1996年建设用地面积为 $6.39 \times 10^4\text{hm}^2$,到2005年发展为 $6.9127 \times 10^4\text{hm}^2$,清远市1997年建设用地面积为 $8.435 \times 10^4\text{hm}^2$,到2005年发展为 $8.9287 \times 10^4\text{hm}^2$,可见,流域内不透水面积在扩大,下垫面硬质化发展使得流

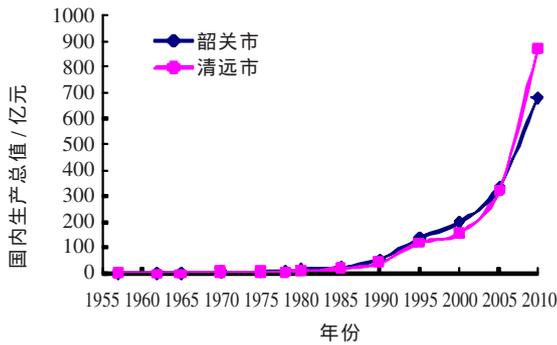


图4 韶关、清远两市 GDP 发展图

Fig.4 GDP development of Qingyuan and Shaoguan

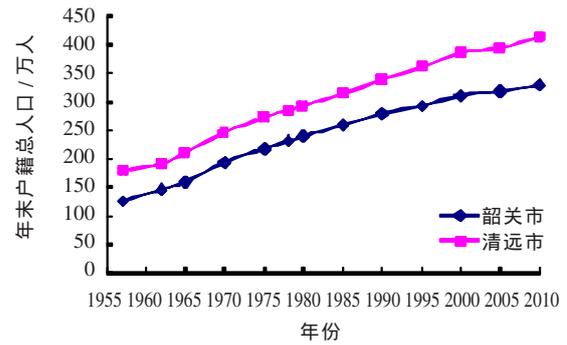


图5 韶关、清远两市人口发展图

Fig.5 Population development of Qingyuan and Shaoguan

表3 北江流域 GDP 发展情况

Table 3 Development of GDP in the Beijiang River basin

北江流域水资源分区	GDP / 亿元					年平均增长率 / %				
	1980	1985	1990	1995	2000	1980~1985	1985~1990	1990~1995	1995~2000	1980~2000
北江大坑口以上	34	53	77	112	155	9.5	7.7	7.7	6.7	7.9
北江大坑口以下	36	59	92	234	308	10.2	9.4	20.5	5.7	11.3

表4 北江流域各行业用水情况

单位: 10^8m^3

Table 4 Industry water use in the Beijiang River basin (10^8m^3)

		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
生产	农业	38.3	38.1	35.6	35.49	34.44	35.64	35.64	35.50	35.88
	工业	7.9	8.6	8.56	9.88	10.59	7.53	9.13	9.01	7.54
	城镇公共	0.6	0.5	0.44	0.59	0.60	0.59	0.87	0.95	1.38
生活	居民生活	4.0	5.2	5.34	5.27	5.03	5.03	5.19	5.07	4.80
	生态环境	0.11	0.2	0.22	0.17	0.15	0.18	0.22	0.25	0.31
总用水量		50.9	52.6	50.16	51.40	50.81	48.97	51.05	50.78	49.91

域内土壤蓄水能力变弱,径流的年内变化加大。以上分析说明,随着社会、经济发展及城市化进程加快,流域下垫面性质发生改变,人类活动对径流的影响也在加大,从而使流域内水文特征发生变异。

5 结论

以石角站 53 年的实测月径流资料为基础,研究了北江流域径流年内分配变化规律。通过计算径流年内分配不均匀性、集中程度、变化幅度等指标发现:

(1)从各年代和多年平均状况的对比来看,20 世纪 50、60 年代径流年内分配较不均匀,而 70 年代之后,径流年内分配趋于缓和。集中期和极小比的变化

表现为具有一定的波动性。

(2)从各指标的变化趋势看,不均匀系数、调节系数和极大比在 1967、1975、1999 年发生了变化,集中度在 1999 年发生了变化,集中期在 1984、1999 年发生了变化,极小比在 1975、1983、1991、1999 年发生了变化。

(3)对降雨序列的年内分配指标进行类似的分析后发现,径流年内分配特征的趋势变化和降雨不一致,主要表现在径流的年内分配不均匀性变化趋势较降雨降低,径流对降水的滞后时间延长,径流极大比变化趋势较降雨下降,极小比变化较降雨平稳。说明北江流域径流年内分配特征发生了变异。

(4)对流域内水利工程的修建、植被条件、城市化发展情况进行了分析,认为北江流域径流年内分配特征发生变异,主要是受到了上述人类活动的综合影响。

参考文献:

- [1] 汤奇成,程天文,李秀云. 中国河川月径流的集中度和集中期的初步研究[J]. 地理学报, 1982,37(4):383-393. (TANG Qicheng, CHEN Tianwen, LI Xiuyun. Preliminary study on the degree and time of concentration of monthly runoff of Chinese streams [J]. ACTA Geographica Sinica, 1982,37(4):383-393. (in Chinese))
- [2] 郑红星,刘昌明. 黄河源区径流年内分配变化规律分析[J]. 地理科学进展, 2003,22(6): 585-591. (ZHENG Hongxing, LIU Changming. Changes of annual runoff distribution in the headwater of the Yellow River basin [J]. Progress in Geography, 2003,22(6):585-591. (in Chinese))
- [3] 马正耀. 黑河径流年内分配格局变化趋势研究[J]. 水文, 2011,31(4): 92-96. (MA Zhengyao. Trend of annual runoff distribution change in Heihe River basin [J]. Journal of China Hydrology, 2011,31(4): 92-96. (in Chinese))
- [4] 燕华云,杨贵林,汪青春. 长江源区径流年内分配时程变化规律分析[J]. 冰川冻土, 2006,28(4):526-529. (YAN Huayun, YANG Guilin, WANG Qingchun. Change of annual runoff distribution in the headwaters of the Yangtze River [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2006,28(4):526-529. (in Chinese))
- [5] 杨远东. 河川径流年内分配的计算方法[J]. 地理学报, 1984,39(2): 218-227. (YANG Yuandong. Calculation method of annual runoff distribution [J]. ACTA Geographica Sinica, 1984,39(2):218-227. (in Chinese))
- [6] 刘贤赵,李嘉竹,宿庆,等. 基于集中度与集中期的径流年内分配研究[J]. 地理科学, 2007,27(6):791-795. (LIU Xianzhao, LI Jiazhu, SU Qing, et al. Interannual runoff distribution based on degree and time of concentration for rivers [J]. Scientia Geographica Sinica, 2007,27(6):791-795. (in Chinese))
- [7] 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 Jin, LI Yueqing. Hydrology Wavelet Analysis [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2005. (in Chinese))
- [8] 刘建梅,王安志,裴铁璠,等. 杂谷脑河径流趋势及周期变化特征的小波分析[J]. 北京林业大学学报, 2005,27(4):49-55. (LIU Jianmei, WANG Anzhi, PEI Tiefan, et al. Flow trend and periodic variation of Zagunao River using wavelet analysis [J]. Journal of Beijing Forestry University, 2005,27(4):49-55. (in Chinese))
- [9] 罗宪林,杨清书,贾良文,等. 珠江三角洲网河河床演变[M]. 广州: 中山大学出版社, 2002. (LUO Xianlin, YANG Qingshu, JIA Liangwen, et al. Riverbed Evolution of River Network in Pearl River Delta [M]. Guangzhou: Sun Yat-sen University Press, 2002. (in Chinese))

Variability Analysis of Annual Runoff Distribution Characteristics in Beijiang River Basin

LI Yan¹, CHEN Xiaohong^{2,3}, ZHANG Pengfei⁴

(1. School of Public Management, Guangdong University of Finance & Economics, Guangzhou 510320, China; 2. Center for Water Resources and Environment, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China; 3. Key Laboratory of Water Cycle and Water Security in Southern China of Guangdong High Education Institute, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China; 4. Geography Science and Travel College, Jiaying University, Meizhou 514015, China)

Abstract: Based on the monthly runoff data of 53 years from the Shijiao Wtation in the Beijiang River Basin, the annual runoff distribution characteristics were studied, and several indices related to the attributes of uneven, concentrate degree and amplitude of variation were calculated. The results show that annual runoff distribution in 1950s and 1960 is uneven, after 1970s it becomes moderate than before, concentration period and minimum ratio change with fluctuation. From the tendency of each index, it shows that non-uniform coefficient, adjustment coefficient and maximum ratio changed in 1967, 1975 and 1999; concentration changed in 1999; concentrated period changed in 1984 and 1999; minimum ratio changed in 1975, 1983, 1991 and 1999. Variation in distribution trend of rainfall and runoff is not the same, trend of uneven characteristic of runoff distribution reduced than rainfall, delay time of runoff to precipitation increased, trend of maximum ratio of runoff decreased than rainfall, change of minimum ratio is smoother than rainfall. Annual distribution characteristics of runoff in the Beijiang River Basin have changed. Construction of water conservancy facilities within the watershed, soil erosion, economic development were analyzed. The result shows that the variation of annual runoff distribution in the Beijiang River Basin is mainly affected by the combination of the human activities.

Key words: runoff; annual runoff distribution; variability; Beijiang River Basin