

# 人类活动对韩江水沙径流变化的影响

胡巍巍

(韩山师范学院 旅游管理与烹饪学院, 广东 潮州 521041)

**摘 要:**选取位于韩江中下游交界处的潮安水文站作为控制站,从径流量和输沙量两个方面,开展人类活动对韩江水沙径流变化的影响研究。利用潮安水文站 1954—2012 年系列年径流量、年输沙量以及其上游地区的年降水量数据, *T* 检验结果表明,两个时段的年降水量和年径流量并没有发生统计上显著的变化,而两个时段的年输沙量发生了统计上显著的变化,然后采用双累积曲线法进行进一步分析。分析结果表明,20 世纪 60 年代,由于梅河上游五华河水土流失严重,使得韩江输沙量和径流量均有所增加。而自 2006 开始,潮安站输沙量明显减少,总减沙量达到 3 215.19 万 t,年均减沙量为 459.32 万 t,主要原因是其上游韩江干流上大型的东山水利枢纽工程的兴建,其次是上游水土保持减沙和水库拦沙。本文可为韩江流域水利工程建设、生态环境保护和水资源合理利用提供科学依据。

**关键词:**径流变化;年径流量;年输沙量;年降水量;韩江

**中图分类号:**P349

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2016)02-0157-04

## The Influence of Human Activities on the Runoff and Sediment Load Changes of Hanjiang River

HU Weiwei

(School of Tour Management and Culinary Arts, Hanshan Normal College, Chaozhou, Guangdong 521041, China)

**Abstract:** The Hanjiang River development has a long history, especially since the liberation, the intervention of human activities on the river was strong, but there are few researches on influence of human activity on Hanjiang River hydrological processes, runoff and sediment characteristics changes. Chaoan gauging station was selected as the control station, which is located at the junction of the upper and middle reaches of Hanjiang River. From two aspects of runoff and sediment, the study on the impact of human activities on the Hanjiang River runoff changes was carried out. The 1954—2012 year series of annual runoff and precipitation data from Chaoan gauging station and sediment load data from upstream region were adapted. *T* test results showed that the annual precipitation and runoff in the two periods statistically significantly unchanged, but statistically significant change in sediment discharge occurred in the two periods. The double mass curves of annual precipitation and runoff change in the turning point, as well as the double mass curves of annual precipitation and annual sediment load change in the turning point were used to analyze the impact of human activities on the Hanjiang River runoff and sediment load changes. The results showed that in the 1960s, due to the Wuhe River in the upstream of Meihe River having serious soil erosion, the annual runoff and sediment load of the Hanjiang River increased slightly; since 2009, possibly because of increasing water needs of industry and agriculture along the upstream of the river, there was a slight reduction in the Hanjiang runoff. But since 2006, Chaoan station sediment load significantly reduced. The total sediment reduction amounted to  $3.215\ 19 \times 10^7$  t, the average annual sediment reduction is  $4.593\ 2 \times 10^6$  t. This was mainly due to the construction of Dongshan large dam project on upstream of the Hanjiang River. Second reason is the reduction of sand, soil and water conservation and upstream reservoir storage. This paper aimed to draw attention to water conservancy project construction and provide a theoretical basis for scientific and rational water conservancy construction, environmental protection and rational use of water resources in the Hanjiang River basin.

**Keywords:** runoff change; annual runoff; annual sediment load; annual precipitation; Hanjiang River

河流水沙变化不仅关系到河流本身的发展,而且也反映了流域的环境特性、水土流失程度及人类活动的影响。在水利规划、防洪减灾、水资源利用和保护及生态环境建设等方面的工作中,河流水沙变化问题是必须考虑的主要因素<sup>[1]</sup>。目前,国内外对于河流水沙变化的影响因素已有大量研究,尤其是人类活动对河流水沙变化的影响方面较为广泛<sup>[2-8]</sup>。

人类活动对河流的影响主要表现在修建各种水利工程和通过土地利用改变流域下垫面特性。韩江流域人口稠密,河流开发历史悠久,特别是解放以来,对河流进行了各种方式的改造和开发利用。目前上游地区修建了大量的水库、下游各支流河口都建有挡潮闸,中下游干流上还有几座大型的水利枢纽工程,以及沿途的两岸堤防和各种引水取水活动。在河流生态系统中,水文径流是最主要的驱动力<sup>[9-10]</sup>。上述人类活动不仅影响韩江河流水文过程,而且会使河流生态系统受到破坏,河流健康受到威胁。由于韩江流域位于我国东南沿海地区,其流域植被覆盖率高,水量丰富,含沙量低,水质良好,目前很少有韩江水文过程、水沙径流特征变化方面的研究,人类活动的负面影响也被忽视。实际上,由于韩江整个流域对河流的开发活动已非常强烈,必然会对河流的水文过程产生影响,进而影响河流生态系统的健康。本论文主要从径流量和输沙量两个方面,开展人类活动对韩江径流变化的影响研究,为科学合理进行流域水利工程建设、生态环境保护和水资源合理利用提供科学依据。同时,我国南方地区河流众多,韩江在南方地区具有一定的代表性,本研究对南方地区河流开展河流管理、生态恢复等工作具有一定的借鉴意义。

## 1 研究区概况及研究方法

### 1.1 研究区概况

韩江由梅河(或称梅江)、汀江两江组成,以梅河为主流。梅河发源于广东省紫金县境的上嶂七星,由西南向东北流经五华、兴宁、梅县至大埔的三河坝与汀江汇合后称韩江,而后折向南流,于汕头市汇入南海。韩江自潮州市以下为三角洲河网区,分东、西、北溪注入南海。西溪于旦家园附近又分梅溪、新津河、外砂河入海。韩江流域位于粤东、闽西南。地理位置在东经  $115^{\circ}13'—117^{\circ}09'$ ,北纬  $23^{\circ}17'—26^{\circ}05'$ 。北面的武夷山杉岭背斜是韩江、赣江的天然分界线;南面以阴那山及八乡山地,构成韩榕二江的分水岭;东面由凤凰山脉与独流入海的黄岗水分隔;其西部则为不大明显的台地与东江分水。韩江流域是以多字型构造为特点,其构造线走向以东北—西南为主,西

北—东南走向为次,流域南北长约 310 km,平均宽 98 km,流域地势是自西北和东北向东南倾斜,地势海拔高程自 20~1 500 m 不等。本流域以多山地区丘陵为其特点,山地占总流域面积的 70%,多分布在流域的北部和中部,一般高程在海拔 500 m 以上;丘陵占总流域面积的 25%,多分布在梅河流域和其他干支流谷地,一般高程在海拔 200 m 以下;平原占总面积的 5%,主要在韩江下游三角洲,一般高程在海拔 20 m 以下。韩江干流长 470 km,流域集水面积 30 112 km<sup>2</sup>。其中汀江为 11 802 km<sup>2</sup>,梅河为 13 929 km<sup>2</sup>,三河坝至潮安水文站区间为 3 346 km<sup>2</sup>,潮安以下(韩江三角洲)为 1 035 km<sup>2</sup>。

流域内雨量充沛,根据流域内各站资料统计,多年平均雨量在 1 450~2 000 mm,潮安站多年平均降雨量为 1 610 mm,但年内分配不均匀,其中汛期 4—9 月降雨量占全年降雨量的 80% 左右,其中 4—6 月多为锋面雨,7—9 月多为台风雨。降水由于受地形影响,其分布自沿海向北增大,过莲花山脉后,又向西北逐渐减少,暴雨中心在际头、凤凰一带。

### 1.2 数据与方法

本论文主要基于人类活动对韩江径流变化的影响研究,主要考虑的是中上游的水库和水利枢纽工程对水沙过程的影响,数据主要涉及年径流量、年输沙量和流域年降水量。本研究以位于中下游交界处的潮安水文站开展研究。所采用的数据包括年径流总量和年输沙量。另外,利用分布于潮安水文站上游地区,具有长时间观测序列的多个雨量站的年降水量数据进行面降水量的计算。本文径流量、输沙量和降水量数据均来自《中华人民共和国水文年鉴》。

本文共搜集到潮安水文站 1954—1987 年以及 2006—2012 年共 41 a 观测数据,1988—2005 年期间数据缺失。20 世纪 80 年代,韩江上游地区虽然兴建了一批中小型水库,但它们对韩江径流的影响较小,而许多大中型水库 2005 年以后才开始运行,因此 1988—2005 年期间许多年份人类活动的强度和 1988 年以前比差异并不显著。而 2005 年以后时段本文获取了 2006—2012 年共计 7 a 的水文数据,尽管只有 7 a 的水文观测数据,但计算结果表明,以潮安水文站这 7 a 的年径流量、年输沙量样本均值以及上游地区年降水量样本均值作为多年平均值的估计误差上限分别为 12.76%,40.82% 和 6.63% ( $p=0.68$ ),因此认为 2006—2012 年这 7 a 的情况对多年平均状况同样具有很好的代表性。1987 年以前时段较长,可以将两个时段的比较理解为近期观测值与背景值的比较。所以,本文所获取的相关水文数据能满足本论文研究需要。

潮安站上游控制流域面积为 29 077 km<sup>2</sup>,但雨量站分布较多,从 1954 年以来,除最初 2 a 仅有 20 个站的记录数据外,其他年份一般有 150~200 个雨量站,本文因此直接采用算术平均法求潮安站上游流域各年的面降水量。

本文利用  $t$  检验进行 1987 年以前和 2006 年以后两个时段相关水文数据的比较,比较前后时段差异的显著性,如检验结果显著(即  $p<0.05$ ),则认为发生了变化。然后采用双累积曲线法检验年降水量与年径流量累积变化的转折点,以及年降水量与年输沙量累积变化的转折点<sup>[11]</sup>,双累积曲线上转折点的出现表明降雨径流以及输沙量的关系发生了变化,这种变化可归因为人类活动的影响。

2 结果与分析

2.1 两个时段各个量的变化情况

由表 1 可知,与 1987 年以前时段相比,2006 年以后时段年均降水量和年均径流量变化均不大,相对变化率在 10% 左右,但年均输沙量变化明显,不足 1987 年以前时段的 1/3。 $t$  检验结果表明,两个时段的年降水量( $p=0.84$ )和年径流量( $p=0.63$ )并没有发生统计上显著的变化,这一点从二者的多年变化趋势图(图 1)上也能得到印证,从 1954 年以来,二者都有增加的趋势,但年径流量趋势线向上倾斜的程度稍小于年降水量趋势线。而两个时段的年输沙量( $p=0.0003$ )发生了统计上显著的变化,后一个时段显著小,从年输沙量分布图(图 2)上也能看出这种变化。

表 1 研究时段潮安水文站相关水文数据平均值

数据时段	年均降水量/mm	年均径流量/亿 m <sup>3</sup>	年均输沙量/万 t
1954—1987	1630.2	244.7	770.9
2006—2012	1690.8	237.7	228.7

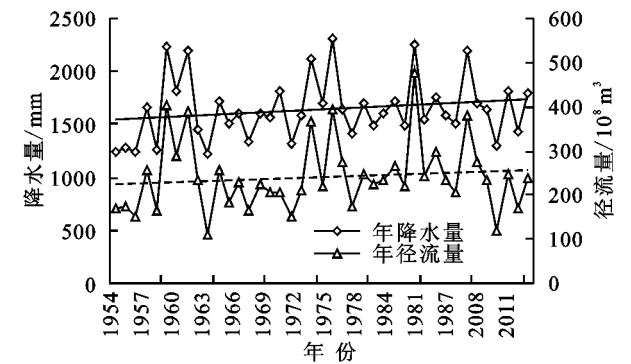


图 1 1954—2012 年潮安水文站年径流量和上游地区年降水量

2.2 人类活动对径流量的影响

从图 3 看年降水量与年径流总量双累积曲线,波

动很小,几乎是直线,没有转折点,表明在年际尺度上,2006 年以后流域的产流环境没有发生显著变化,相同降雨仍然会产生相同的径流。只在 1961—1962 年有一点向上的波动,表明人类活动的影响使径流量略有增大。另外,在 2009 年,曲线稍微向下波动,表明人类活动的影响使径流量又略有减少。

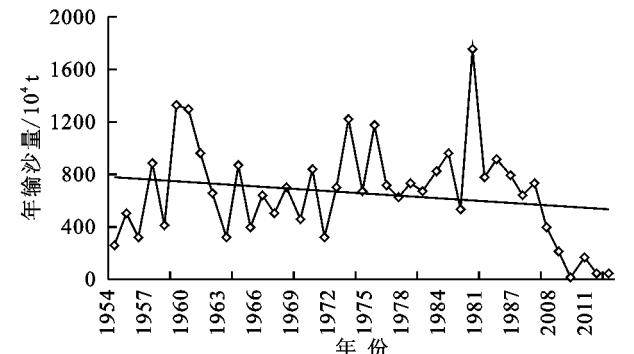


图 2 1954—2012 年潮安水文站年输沙量

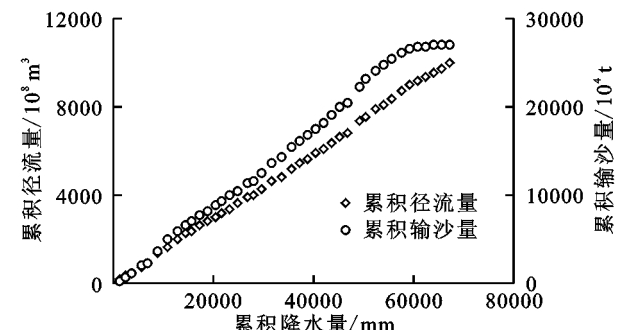


图 3 1954—2012 年潮安水文站年降水量与年径流量及输沙量双累积曲线

2.3 人类活动对输沙量的影响

从图 3 看年降水量与年输沙量双累积曲线,波动明显,主要体现在从 2006 年开始,曲线明显向下弯曲,表明人类活动影响使输沙量明显减少。另外,在 1960 年开始曲线稍微向上弯曲,表明人类活动影响使输沙量有所增大。下面定量估算自 2006 年以来人类活动对输沙量的影响,按降水—输沙双累积曲线,对 2006 年出现明显转折点以后至 2012 年的累积输沙量的变化进行估算,求得 2006 年以来的减沙量。这一变化量实际上就是转折点后相对于转折点前拟合直线的累积偏离量,此偏离量可以用直线回归方程来计算。以 2006 年的转折点为界,分别建立两个时段的双累积直线拟合方程(图 4),前后时段结束时的累积沙量差值即为后一时段因人类活动干扰而导致的累积减沙量。两个时段的双累积直线拟合方程如下:

1954—1987 年:

$$y_1=0.472x-663.8 \quad (R^2=0.996) \tag{1}$$

2006—2012 年:

$$y_2=0.082x+22353 \quad (R^2=0.862) \tag{2}$$

根据以上两个时段的直线拟合方程计算 2006 年以后时段的累积减沙量。将 2012 年潮安站的累积降水量 67 261.5 代入(1)式,得到输沙值  $y_1 = 31\ 083.63$  万 t,  $y_1$  为 2006—2012 年期间假定不受人类活动影响时 2012 年潮安站的累积输沙量,将 2012 年潮安站的累积降水量 67 261.5 代入(2)式得到  $y_2 = 27\ 868.44$  万 t,  $y_2$  为 2006—2012 年期间受人类活动影响时 2012 年潮安站的累积输沙量,则 2006—2012 年的总减沙量为  $y_1 - y_2 = 3\ 215.19$  万 t,年均减沙量为 459.32 万 t,与 1987 年以前时段相比,年均减沙率超过 60%。

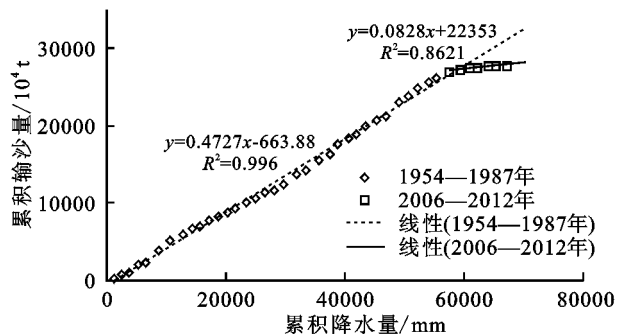


图 4 1954—2012 年潮安水文站年降水量与年输沙量双累积曲线及其直线拟合方程

### 3 讨论

韩江流域内,由于梅河上游的五华河过去水土流失严重,五华河的年平均侵蚀模数为  $506.8\text{ t/km}^2$ ,年均含沙量为  $0.68\text{ kg/m}^3$ ,因此梅河含沙量远较汀江大。按 1955—1980 年系列资料统计,梅河横山站年平均含沙量为  $0.48\text{ kg/m}^3$ ,年输沙量为 463 万 t,占韩江流域的 63.4%;而汀江则含沙量较少,仅为梅河的一半,溪口站年平均含沙量为  $0.23\text{ kg/m}^3$ ,年输沙量约 198 万 t,仅占韩江流域的 27.1%。所以,1961—1962 年潮安站年径流量、输沙量略有增大是因为当时梅河上游五华河流域由于乱砍滥伐,植被破坏,导致水土流失严重,同时,梅河上游地区土壤蓄水能力下降。五华河流域经近 10 多年的整治,水土流失基本上得到控制。同时,自 20 世纪 80 年代以来,潮安水文站上游汀江已建成规模较大的工程有青溪水电站,最近建成的有永定(棉花滩)水库电站;梅潭河已有双溪水电站和梅潭、三河坝水电站;在梅河已建成的有石窟河上的长潭水库电站,瓜洲、坝头径流电站,梅河干流的西阳径流电站;梅河支流宁江的合水水库、五华河支流的益塘水库等;在建的还有梅河干流丹竹、蓬辣滩两径流式电站。这些都使韩江流域中下游的含沙量有所减少。但潮安站输沙量明显减少是从 2006 年开始,主要原因是在其上游的丰顺县境内,韩江干流上开始兴建一个大型的水利枢纽工

程——梅州市丰顺县韩江东山水利枢纽工程,该工程项目是丰顺县历史上最大的招商引资项目,投资 9.8 亿元人民币,总装机容量 75 MW。主要功能是改善韩江上游通航条件并发电。工程于 2006 年 9 月 1 日正式动工兴建,一期围堰正式实施。一期围堰于 2006 年 10 月 1 日成功合拢。2010 年 12 月,东山水利枢纽工程竣工投产。随着 2006 年围堰合拢,上游河道流速减小,泥沙沉积,所以潮安站的输沙量从 2006 年开始明显减少。而工程对下游径流量的影响不大。2009 年径流量有小幅减少,可能是因为上游沿途工农业引水、用水增加的原因。

### 4 结论

- (1) 20 世纪 60 年代,由于梅河上游五华河水土流失严重,使得韩江输沙量和径流量均有所增加。
- (2) 2009 年开始,可能是因为上游沿途工农业引水、用水增加的原因,韩江径流量有小幅减少。
- (3) 总体上,2006 年以后流域的产流环境没有发生显著变化,相同降雨仍然会产生相同的径流。但自 2006 年开始,潮安站输沙量明显减少,2006—2012 年的总减沙量为 3 215.19 万 t,年均减沙量为 459.32 万 t。主要原因是其上游韩江干流上大型的东山水利枢纽工程的兴建,其次是上游水土保持减沙和水库拦沙。这一点应引起重视和思考,由于河水含沙量的大量减少,清水下泄,会引起工程下游河道的下切侵蚀,影响河床和河势的稳定性,也会影响自然河流生态系统的稳定性。同时,由于长期过度采砂,韩江下游河段下切非常厉害,严重破坏了天然河道的水沙平衡,使韩江下游及三角洲地区河床变化较大。近年来,韩江采砂活动开始向中游河段转移,而且非常猖獗。上游来沙量的减少,加上过度采砂,势必会引起韩江中下游河床和河势的巨大变化,严重威胁到防洪和生态的安全。

#### 参考文献:

- [1] 胡春宏,王延贵,张燕菁,等. 中国江河水沙变化趋势与主要影响因素[J]. 水科学进展,2010,21(4):524-532.
- [2] Kliment Z, Matoušková M. Runoff changes in the Šumava Mountains (Black Forest) and the Foothill Regions: extent of influence by human impact and climate change[J]. Water Resources Management, 2009, 23(9): 1813-1834.
- [3] Barnett T P, Pierce D W, Hidalgo H G, et al. Human-induced changes in the hydrology of the western United States[J]. Science, 2008,319(5866):1080-1083.
- [4] 孔岩,王红,任立良. 黄河入海径流变化及影响因素[J]. 地理研究,2012,31(11):1981-1990.

树种的生物生态学特性不同,改土保肥能力也有所不同。经过各林分改造作用,土壤盐渍化程度降低,由中盐化向轻盐化转化,而土壤碱化程度有所增加,土壤脱盐过程与碱化过程并存,各林地土壤全盐量均低于荒地,而 pH(桑树)高于荒地。交换性  $\text{Na}^+$  与碱化度在各林地土壤中的变化趋势一致。土壤碱化程度以紫穗槐林地最大,怪柳林地次之。

(2) 以隶属函数分析法对各造林地土壤肥力特征的综合评价结果为:刺槐林>冬枣林>杨树林>桑树林>白蜡林>榆树林>紫穗槐林>怪柳林,刺槐对土壤肥力的改良效果最好。

(3) 以主成分分析法对各造林地土壤盐碱化程度的综合评价结果为:紫穗槐林>怪柳林>榆树林>杨树林>白蜡林>刺槐林>冬枣林>桑树林,其中紫穗槐林地的土壤盐碱化程度最高,刺槐林地、冬枣林地和桑树林地土壤盐碱化程度低于荒地。

#### 参考文献:

- [1] 张杰,陈立新,乔璐,等. 大庆市不同土壤类型盐碱化特征及评价[J]. 东北林业大学学报, 2010, 38(7): 119-122.
- [2] 张建锋,张旭东,周金星,等. 世界盐碱地资源及其改良利用的基本措施[J]. 水土保持研究, 2005, 12(6): 28-30.
- [3] 丁晨曦,李永强,董智,等. 不同土地利用方式对黄河三角洲盐碱地土壤理化性质的影响[J]. 中国水土保持科学, 2013, 11(2): 84-89.
- [4] 王玉祥,夏阳,盖广玲,等. 植树造林在黄河三角洲生态与环境建设中的作用[J]. 水土保持研究, 2005, 12(5): 256-258.
- [5] 王丽琴,李红丽,董智,等. 黄河三角洲盐碱地造林对土壤水分特性的影响[J]. 中国水土保持科学, 2014, 12(1): 38-45.
- [6] 黄建成,陈国栋,李鹏. 宁夏引黄灌区土壤盐渍化现状与改良[J]. 水土保持研究, 2008, 15(6): 256-258.
- [7] 张巍,冯玉杰. 松嫩平原盐碱土理化性质与生态恢复[J]. 土壤学报, 2009, 46(1): 169-172.
- [8] Qadir M, Schubert S, Ghafoor A, et al. Amelioration strategies for sodic soils: a review[J]. Land Degradation & Development, 2001, 12(4): 357-386.
- [9] Jordan M M, Navarro-Pedreno J, Garcia-Sanchez E, et al. Spatial dynamics of soil salinity under arid and semi-arid conditions: geological and environmental implications [J]. Environmental Geology, 2004, 45(4): 448-456.
- [10] 宇振荣. 中国土地盐碱化及其防治对策研究[J]. 农业生态环境, 1997, 13(3): 1-5.
- [11] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [12] 李常艳. 滨海盐碱地植物耐盐性的研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2011.
- [13] 阎鹏,徐世良. 山东土壤[M]. 北京: 中国农业出版社, 1994.
- [14] 张桃林,王兴祥. 土壤退化研究的进展与趋向[J]. 自然资源学报, 2000, 15(3): 280-283.
- [15] 罗珠珠. 不同耕作措施下黄土高原旱地土壤质量综合评价[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2008.
- [16] 林学斌,陈湘,刘明德. SPSS 11 统计分析实务设计宝典[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2002.
- [17] 陈立新,肖洋. 大兴安岭林区落叶松林地不同发育阶段土壤肥力演变与评价[J]. 中国水土保持科学, 2006, 4(5): 50-55.

(上接第 160 页)

- [5] 曹建廷,秦大河,罗勇,等. 长江源区 1956—2000 年径流量变化分析[J]. 水科学进展, 2007, 18(1): 29-33.
- [6] 赵军凯,李九发,戴志军,等. 长江宜昌站径流变化过程分析[J]. 资源科学, 2012, 34(12): 2306-2315.
- [7] 丁永建,叶柏生,韩添丁,等. 过去 50 年中国西部气候和径流变化的区域差异[J]. 中国科学地球科学: 中文版, 2007, 37(2): 206-214.
- [8] 覃红燕,谢永宏,邹冬生. 湖南四水入洞庭湖水沙演变及成因分析[J]. 地理科学, 2012, 32(5): 509-615.
- [9] Stanford J A, Wang J V, Liss W J, et al. A General protocol for restoration of regulated rivers[J]. Regulated rivers: Research & Management, 1996(12): 391-413.
- [10] Allan J D, Bain M B, Pestegaard K L, et al. The natural flow regime: A paradigm for river conservation [J]. Bioscience, 1997, 47(11): 769-784.
- [11] 穆兴民,张秀勤,高鹏,等. 双累积曲线方法理论及在水文气象领域应用中应注意的问题[J]. 水文, 2010, 30(4): 47-51.