

人类活动对长江径流量特性的影响

邹振华¹ 李琼芳¹ 夏自强¹ 王鸿杰²

(1. 河海大学水文水资源与水利工程科学国家重点实验室 江苏 南京 210098 ;
2. 河南省信阳水文水资源勘测局 河南 信阳 464000)

摘要 随着长江流域水资源开发利用程度的提高以及全球气候的变化,长江径流特性在一定程度上发生了变化.为分析人类活动对长江径流特性的影响,以万县、宜昌、汉口、大通、白河、仙桃 6 个水文站为研究对象,以丹江口、葛洲坝及三峡水库关闸蓄水时间划分研究时段,利用各站近 50 a 的日流量资料对比分析了各研究时段长江年、汛期、非汛期、月径流量变化特性.结果表明,水库对河流径流量的影响与水库库容大小、水库运行方式以及测站与水库的距离远近有关.

关键词 长江;径流量;丹江口水库;葛洲坝水库;三峡水库

中图分类号 TV213.2 **文献标识码** A **文章编号** 1000-1980(2007)06-0622-05

长江是我国第一大河流,其丰富的水量为长江流域的社会经济发展提供了必要的水资源和水能资源.近几十年来,人口急剧增长,长江流域水资源开发利用程度显著提高.据不完全统计,长江流域兴建了 46 000 多座水坝,7 000 多座涵闸,沿江湖泊大多数已同长江隔断水系联系.这些水利工程的修建在一定程度上改变了长江的径流特性,流域内的生态系统进而也受到影响,生物多样性下降,一些重要的生物物种受到胁迫^[1],生态系统服务功能^[2]减弱.研究这种变化环境下的水文循环及其时空演化规律是当前水文研究领域的热点之一^[3].

本文利用长系列日流量资料,按丹江口、葛洲坝和三峡水库关闸蓄水时间,分时段对比分析了长江万县、宜昌、汉口、大通、白河、仙桃 6 个水文站年径流、汛期和非汛期径流以及月径流的变化特性,以评价水利工程对河流水文律情变化的影响.研究站点概况详见文献[4].

1 研究方法

1.1 资料的选用及研究时段的划分

本文选用了宜昌站 1950~2005 年、汉口站 1952~2004 年、大通站 1950~2004 年、万县站 1967~1986 年、白河站 1955~1986 年以及仙桃站 1955~1987 年的日流量资料.为了分析丹江口、葛洲坝和三峡 3 个大型水利工程的修建对长江中下游的径流特性影响,以 3 个水库关闸蓄水的时间点为分界点对研究时段进行划分^[4].本文规定 5~10 月为汛期,11 月至次年 4 月为非汛期^[5].

1.2 分析方法

利用日流量资料,计算并分析不同研究时段长度内年径流量、汛期和非汛期径流量及其趋势变化,计算并比较 3 处水利工程建坝前后径流量年内分配的变化特性.

2 成果与分析

2.1 年径流量变化趋势分析

万县、宜昌、汉口、大通、白河、仙桃 6 站年径流量变化过程见图 1.

与宜昌站相比,大通站的年径流量变化更接近于汉口站的变化过程,这一结果表明下游的年径流量与其上游的年径流量密切相关.另外区间来水也是长江中下游干流径流的重要组成部分,分析发现宜昌站的径流

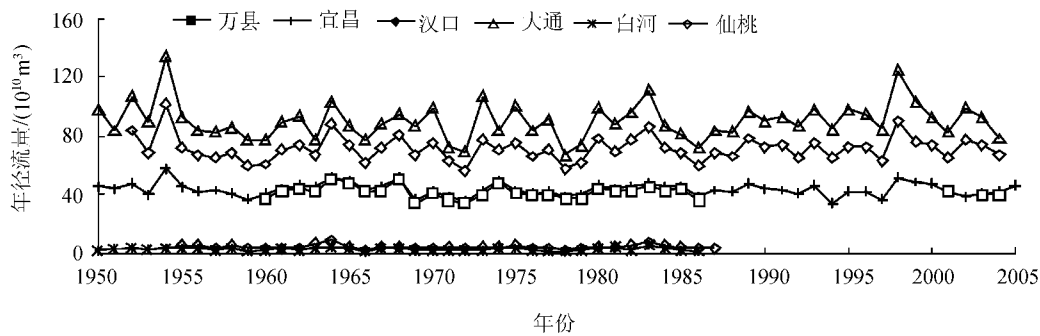


图 1 年径流量变化过程

Fig.1 Variation of annual runoff

量占汉口站的 3/5,占大通站的 1/2.由图 1 可以看出,万县、宜昌、汉口、大通 4 站的年径流过程总体上变化基本一致,但其波动幅度因测站位置不同而有所不同,大通站年径流的 C_v 值为 0.14,而宜昌站年径流的 C_v 值为 0.10,说明大通站的波动较宜昌站的要剧烈.但值得注意的是长江干、支流上修建的大量水库都为季调节水库,对年径流量无影响,因此这 4 个站的年径流量的变化主要是受降水影响.苏布达等^[6]的研究表明,1986 年以来长江中下游极端降水事件呈显著增加的趋势,与此同时上游极端降水事件呈弱增长趋势,因此长江中下游地区降水的年际变化较上游的大.由表 1 可以看出,第 1、第 2 时段白河和仙桃站多年平均径流量的比值几乎没有变化,说明丹江口水库的运行对仙桃站年径流过程的影响不大.第 2、第 3、第 4 时段万县站与宜昌站多年平均径流量的比值也没有发生变化,表明葛洲坝水库和三峡水库的运行对宜昌站的年径流特性的影响也很有限.由于三峡水库和丹江口水库均为季调节水库,而葛洲坝水库为小库容的径流式水库,因此它们的库容都不足以改变下游径流的年际分配.

2.2 汛期、非汛期径流量变化趋势分析

各站汛期、非汛期径流量变化过程分别见图 2 和图 3.多年平均年、汛期、非汛期径流量及汛期所占比例见表 1.

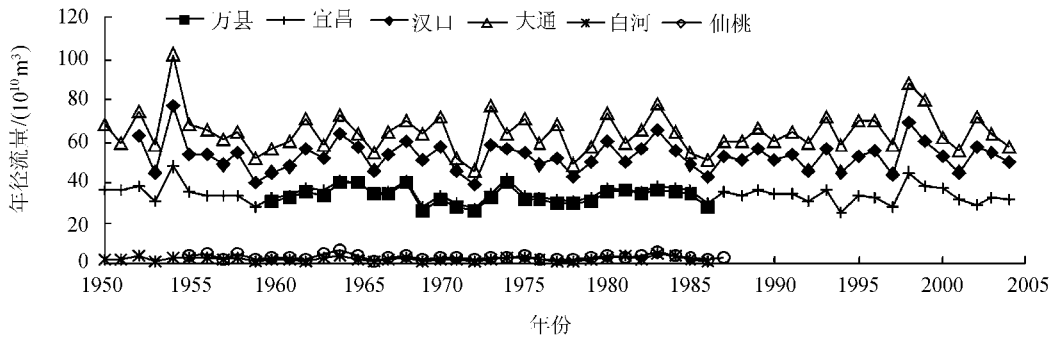


图 2 汛期径流量变化

Fig.2 Variation of runoff for wet season

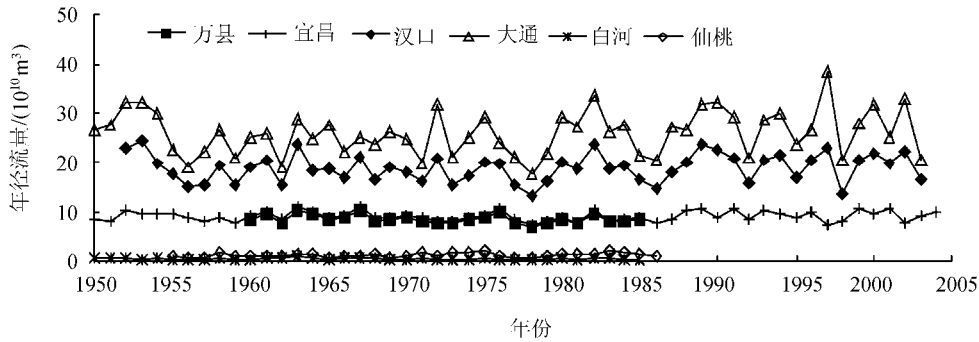


图 3 非汛期径流量变化

Fig.3 Variation of runoff for dry season

表 1 不同时段径流量多年平均值及汛期径流量所占比例

Table 1 Mean annual runoff in different subperiods and proportion of runoff in flood season					
测站	时 段	径流量(10 ¹⁰ m ³)			汛期所占 比例/%
		汛期	非汛期	年平均	
宜昌	1955 ~ 1966 年	34.94	9.14	44.05	79.3
	1967 ~ 1980 年	33.48	8.90	42.42	78.9
	1981 ~ 1986 年	35.50	8.65	44.25	80.2
	1981 ~ 2002 年	34.26	9.22	43.48	78.8
	2003 ~ 2004 年	32.26	9.15	41.19	78.3
万县	1967 ~ 1980 年	32.10	8.46	40.60	79.1
	1981 ~ 1986 年	34.26	8.40	42.60	80.4
	2003 ~ 2004 年	31.14	8.40	39.54	78.8
汉口	1955 ~ 1966 年	51.10	18.07	69.13	73.9
	1967 ~ 1980 年	51.62	17.93	69.41	74.4
	1981 ~ 1986 年	52.53	18.76	71.96	73.0
	1981 ~ 2002 年	52.54	19.81	72.27	72.7
	2003 ~ 2004 年	51.65	16.80	70.77	73.0
白河	1955 ~ 1966 年	2.14	0.58	2.70	79.1
	1967 ~ 1980 年	1.81	0.52	2.35	77.3
	1981 ~ 1986 年	2.73	0.50	3.24	84.4
仙桃	1955 ~ 1966 年	3.26	1.09	4.45	73.3
	1967 ~ 1980 年	2.64	1.27	3.92	67.4
	1981 ~ 1987 年	3.48	1.53	5.08	68.4
大通	1955 ~ 1966 年	61.85	23.84	85.81	72.1
	1967 ~ 1980 年	63.01	24.42	87.18	72.3
	1981 ~ 1986 年	61.97	26.22	88.56	70.0
	1981 ~ 2002 年	64.66	27.85	92.41	70.0
	2003 ~ 2004 年	60.35	20.60	85.62	70.5

第 2 时段宜昌站汛期多年平均径流量所占比例为 78.9% ,略低于万县站的 79.1% ,第 3 时段即 1981 ~ 1986 年 ,两站该值分别增加到 80.2% 和 80.4%(表 1) ,宜昌站的仍略低于万县站的 ,结果表明葛洲坝水库的运行几乎对其下游径流的季节分配无影响.从图 2 和图 3 也可以看出 ,葛洲坝水库关闸蓄水前后 ,宜昌和万县径流过程基本一致 ,无明显变化.实际上葛洲坝水库因其库容相对较小 ,为径流式水库 ,其本身就不具有防洪功能 ,来水基本全部下泄 ,因而对其下游径流的季节分配几乎无影响.第 4 时段万县站和宜昌站汛期多年平均径流量所占比例的变化表明三峡水库对宜昌站径流量的年内分配的影响十分有限.

由图 2 和图 3 各站汛期、非汛期径流变化过程可以看出 ,在 1967 年以前 ,仙桃站汛期径流量普遍均高于白河站的 ,尤其是在丰水年更明显.但在 1967 年后仙桃站与白河站汛期径流量间的差异显著减小.非汛期径流量的变化恰恰相反 ,1967 年以前 ,两站非汛期径流量相差很小 ,而且径流过程稳定 ;1967 年后 ,两站非汛期径流量差距扩大 ,特别是在丰水年.这表明丹江口水库汛期滞洪的运行方式对下游地区径流量的季节分配产生了显著的影响 ,使得径流量的年内分配变得更平坦.仙桃站和白河站各时段汛期径流量所占比例的变化也能反映丹江口水库的这一影响(表 1) ,1967 年以前 ,白河站第 1 时段汛期多年平均径流量所占比例为 79.1% ,较其第 2 时段的 77.3% 高出 1.8% ,而仙桃站则由第 1 时段的 73.3% 减小到第 2 时段的 67.4% ,减小了 5.9% .结果表明丹江口水库的运行导致其下游汛期径流量所占比例明显下降 ,非汛期径流量所占比例明显增加.

虽然仙桃站和宜昌站汛期多年平均径流量所占比例在第 2 时段均有所减小 ,但汉口站的比例却有所增加 ,其原因在于一方面宜昌至汉口间的子流域在 20 世纪 70 年代经历了几次丰水年 ,而同时长江上游流域在 1967 ~ 1978 年经历了枯水季^[7] ;另一方面 ,1967 ~ 1980 年间 ,由于下荆江裁弯导致三口分流比锐减 ,加大了荆江流量 ,而 1980 年后 ,恢复裁弯前水平^[8] .由此可见 ,发生在宜昌至汉口间的区间来水改变了汉口站径流量的季节分配.汉口站第 3 时段汛期多年平均径流所占比例较第 2 时段的有所减小 ,而第 3 时段宜昌站的较前一时段几乎没有变化 ,这表明丹江口水库的修建对汉口站径流量的季节分配有一定的影响 ,但由于汉口站距丹江口水库较远 ,而且汉口站的径流量有超过一半的来自于宜昌 ,因此对其影响远不如仙桃站明显.葛洲坝

水库的修建对宜昌站径流量的季节分配无明显影响, 因此其对汉口站径流量的季节分配的影响更加微弱. 第 4 时段汉口站汛期多年平均径流量所占比例的变化与宜昌站的有所不同, 这是因为该时段宜昌至汉口间的子流域发生了大洪水, 且 20 世纪 90 年代长江流域径流组成发生变化, 上游来水减少, 中下游来水增加^[9]. 同时, 由于宜昌至汉口间的河道及子流域的调节作用, 使得三峡水库的运行对汉口站径流量季节分配的影响没有宜昌站那么显著.

由于大通站距 3 处水利工程距离较远, 而且汉口至大通间的河道及子流域对径流起着明显的调节作用, 因此这 2 处水利工程对大通站径流量的年内分配的影响较宜昌站和汉口站小得多. 与汉口站类似, 葛洲坝水库对大通站径流量的季节分配也几乎无影响. 由表 1 可以看出, 大通站各时段汛期多年平均径流量所占比例变化同汉口站, 但大通站径流量季节分配较汉口站平坦.

2.3 月径流量变化过程

丹江口、葛洲坝、三峡水库关闸蓄水前后, 白河站、仙桃站、皇庄站(位于丹江口坝址与仙桃站之间)以及宜昌站和万县站的径流量年内分配分别见图 4~6.

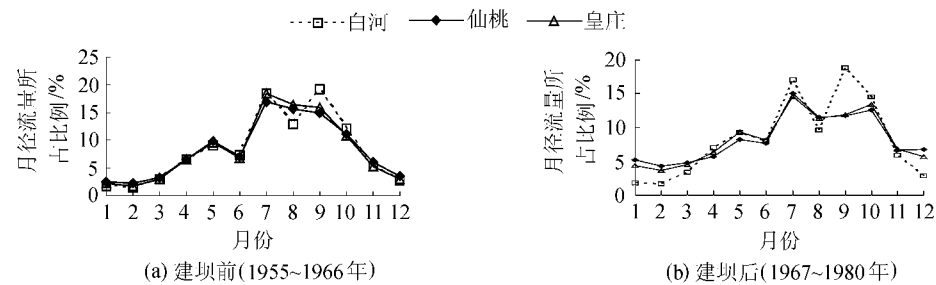


图 4 丹江口水库对径流量的影响
Fig.4 Impacts of Danjiangkou Reservoir on runoff distribution

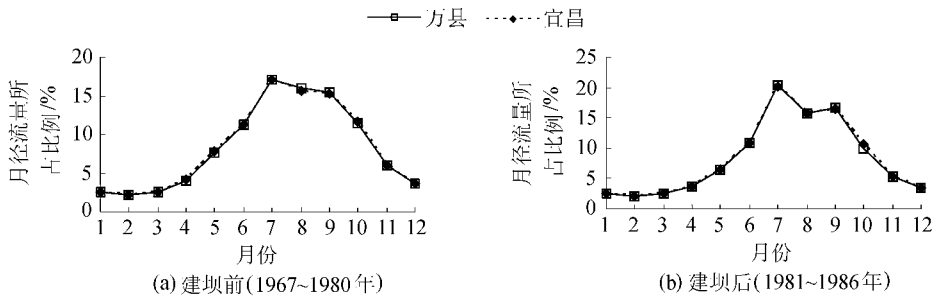


图 5 葛洲坝水库对径流量的影响
Fig.5 Impacts of Gezhouba Reservoir on runoff distribution

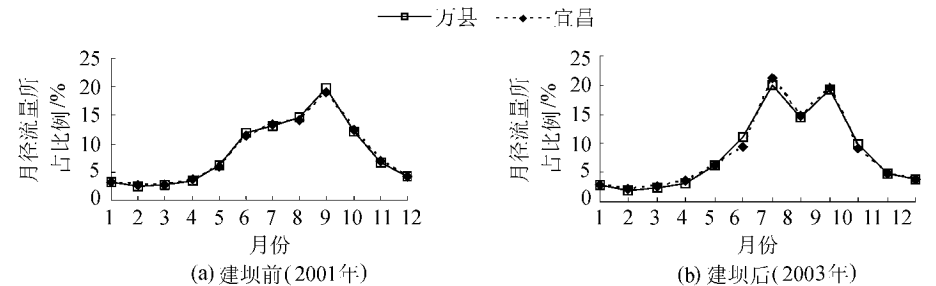


图 6 三峡水库对径流量的影响
Fig.6 Impacts of Three Gorges Reservoir on runoff distribution

丹江口水库二期加高工程于 2005 年 9 月正式开工, 预计 2010 年竣工, 二期工程正常蓄水位 170 m, 总库容将由 174.5 亿 m^3 增至 290.5 亿 m^3 , 多年平均可向华北调水 145 亿 m^3 以上. 三峡工程也将于 2009 年完工, 完工后其正常蓄水位将由 2003 年的 135 m 增至 175 m, 总库容将达到 393 亿 m^3 . 可以预计 2 处水库对长江流域径流特性变化的影响将进一步加剧.

3 结 论

本文分析了近年来人类活动尤其是建坝对长江径流特性的影响,结果表明:水库对河流径流量的影响与水库库容大小、水库运行方式以及测站与水库的距离远近有关,降水的变化引起年、汛期、非汛期径流量的变化,而且极端降水事件对洪水有一定贡献,葛洲坝水库的运行对其下游的年、汛期、非汛期径流量的特性几乎没有影响;三峡水库的运行对其下游的年径流过程无影响,但是由于三峡水库蓄水及其“蓄清排浑”的运行方式,使其对下游季节分配和年内分配有一定的影响;丹江口水库汛期滞洪的运行方式对其下游年径流特性无明显影响,但使得径流量的季节分配和年内分配变平坦;汉口站和大通站的径流量年内分配和季节分配除受其上游水库运行影响外,还受其间支流来水的影响,而且宜昌至大通间的河段起到了一定的调节作用。本文研究成果可为评价人类活动对长江生态系统结构及稳定性的影响提供依据。

参考文献:

- [1] 黄德林,黄道明.长江流域水资源开发的生态效应及对策[J].水利水电快报,2005,26(18):1-6.
- [2] 谢高地,鲁春霞,成升魁.全球生态系统服务价值评估研究进展[J].资源科学,2001,23(6):5-9.
- [3] 钱正英,陈家琦,冯杰.人与河流和谐发展[J].河海大学学报:自然科学版,2006,34(1):1-5.
- [4] 李琼芳,邹振华,郭瑾,等.人类活动对长江泥沙特性的影响[J].河海大学学报:自然科学版,2007,35(4):364-368.
- [5] 陈竹青.长江中下游生态径流过程的分析计算[D].南京:河海大学,2005.
- [6] 苏布达,姜彤,任国玉,等.长江流域1960~2004年极端强降水时空变化趋势[J].气候变化研究进展,2006,2(1):9-14.
- [7] 李林,王振宇,秦宁生,等.长江上游径流量变化及其与影响因子关系分析[J].自然资源学报,2004,19(6):694-700.
- [8] 唐日长.下荆江裁弯对荆江洞庭湖影响分析[J].人民长江,1999,30(4):20-23.
- [9] 秦年秀,姜彤,许崇育.长江流域径流趋势变化及突变分析[J].长江流域源与环境,2005,14(5):589-594.

Human-induced alterations in runoff of the Yangtze River

ZOU Zhen-hua¹, LI Qiong-fang¹, XIA Zi-qiang¹, WANG Hong-jie²

(1. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering,
Hohai University, Nanjing 210098, China;

2. Xinyang Hydrology-Water Resources Investigation Authority, Xinyang 464000, China)

Abstract: With the development and utilization of water resources of the Yangtze River and the change of global climate, the characteristics of the runoff of this region have changed to some extent. With the Wanxian, Yichang, Hankou, Datong, Baihe and Xiantao hydrological stations as the study objectives for research of the influences of human activities on the runoff of the Yangtze River, the study period was divided into 4 subperiods by the time when the gates of Danjiangkou, Gezhouba, and Three Gorges reservoirs were initially closed for water storage. The variations of annual runoff, monthly runoff, and the runoff of wet season and dry season of the Yangtze River were comparatively analyzed according to the observed data of daily runoff for recent 50 years, and the result shows that the impacts of reservoirs on river flow regime vary with the capacity and operation pattern of reservoirs and their distance to the measurement stations.

Key words: Yangtze River; runoff; Danjiangkou Reservoir; Gezhouba Reservoir; Three Gorges Reservoir