

## 长江上游流域径流变化

王渺林<sup>1,2</sup>

(1. 长江水利委员会水文局 长江上游水文水资源勘测局, 重庆 400014;

2. 中国科学院 地理科学与资源研究所 陆地水循环及地表过程重点实验室, 北京 100101)

**摘要:**分析长江上游流域5个主要控制站:金沙江屏山、岷江高场、嘉陵江北碛、长江上游干流寸滩及乌江武隆的月流量变化。结果表明,高场和北碛站的径流显著减少,寸滩站径流则稍微减少。从年内分配上看,9~11月份减少较多。寸滩站径流减少主要受岷江和嘉陵江流域降水量减少和人类活动的影响。

**关键词:**径流;长江上游;气候变化;人类活动

中图分类号:P333;TV121

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2007)05-0115-03

## Runoff Changes in the Upper Reaches of the Yangtze River

WANG Miao-lin<sup>1,2</sup>

(1. Bureau of Hydrology & Water Resources Survey of the Upper Yangtze River, Bureau of Hydrology, Changjiang Water Resources Commission, Chongqing 400014, China; 2. Key Laboratory of Water Cycle & Related Land Surface Processes, Institute of Geographic Sciences & Natural Resources Research, Chinese Academy of Science, Beijing 100101, China)

**Abstract:** The changes of monthly runoff at the five main control stations in the upper reaches of the Yangtze River were analyzed including Pingshan station of the Jinsha River, Gaochang station of the Minjiang River, Beibei station of the Jialing River, Cuntan station of the upper trunk river and Wulong station of the Wujiang River. It was found that the runoff at Gaochang and Beibei station decreased obviously and the runoff at Cuntan station decreased faintly. And the ratio of runoff from September to November decreased obviously as for the changes of inner distribution. Finally it was concluded that the decrease of the runoff at Cuntan station was caused by the decreases in precipitations in the Minjiang River and the Jialing River basin and the influences of human activities.

**Key words:** runoff; the upper reaches of Yangtze River; climate changes; human activities

长江干流自江源至湖北宜昌为长江上游,流域面积约100万km<sup>2</sup>,主要水系有金沙江、岷江、沱江、嘉陵江、乌江等,径流量占全流域的47%。长江上游流域地形复杂,既受东南季风和西南季风影响,又受青藏高原影响,是气候变化的脆弱地区。分析长江上游径流变化,对深入了解长江上游生态环境演变过程、发展趋势以及影响和适应机制,指导流域农业的排水与灌溉、湿地的保护和规划管理都具有十分重要的意义。综述已有成果,对以往长江流域的径流变化分析,主要是针对上游的宜昌站和下游的大通站,一致的结论为:宜昌站径流减少、大通站径流增加<sup>[1~5]</sup>。其他的结论有:长江源区直门达站径流有减少趋势<sup>[6,7]</sup>;金沙江屏山站径流有增加趋势<sup>[1]</sup>。本文以长江上游流域5个主要控制站的径流观测数据为基础,详细分析各子流域的径流变化特征。

### 1 径流年际变化

年际变化由趋势性反映,判断是否存在明显的趋势,可以通过对要素构成的时间序列分析得到。趋势分析的方法很多,目前常用的有线性倾向估计、滑动平均、累积距平、二

次平滑、三次平滑、三次样条函数以及 Kendall 秩次相关法等<sup>[8]</sup>。本文主要应用 Kendall 秩次相关法。该方法是一种简便有效的非参数统计检验方法,其中 Kendall 统计量  $\tau$ , 方差  $\sigma_\tau^2$  和标准化变量  $M$  计算公式分别为:

$$\tau = \frac{4P}{N(N-1)} - 1 \quad (1)$$

$$\sigma_\tau^2 = \frac{2(2N+5)}{9N(N-1)} \quad (2)$$

$$M = \frac{\tau}{\sigma_\tau} \quad (3)$$

式中: $P$ ——径流序列所有对偶观测值( $W_i, W_j, j > i$ )中的出现个数; $N$ ——序列个数。 $M > 0$ ,则说明序列增加;反之为减小。取信度  $\alpha = 0.05$ ,相应的临界值  $M_\alpha = 1.96$ 。如果  $|M| > M_\alpha$ ,则序列发生显著变化。

选择金沙江屏山、岷江高场、嘉陵江北碛等站月流量资料进行分析。计算各站汛期平均流量、非汛期平均流量、年最大流量、年最小流量的 Kendall 标准化变量  $M$ ,见表1。

收稿日期:2006-06-20

基金项目:国家重点基础研究发展计划项目(2003CB415200);重庆市自然科学基金项目(CSTC2005BB0117)

作者简介:王渺林(1975—),男,工程师,博士生,从事流域水循环模拟、水文预报研究。

表 1 长江上游主要控制站 Kendall 变量 M 值

流域测站	统计年限	汛期平均 流量	非汛期 平均流量	年最大 流量	年最小 流量
金沙江屏山	1950~2004	1.024	1.1107	0.472	-0.080
岷江高场	1950~2004	-2.388	-0.472	-0.080	-6.206
嘉陵江北碛	1944~2004	-1.966	-1.5172	-0.661	-4.494
长江干流寸滩	1953~2004	-1.215	-1.136	-1.594	-0.616
乌江武隆	1952~2004	0.644	0.675	0.966	-1.442

由表 1 可知:(1)屏山站汛期平均流量、非汛期平均流量增加;(2)高场站汛期平均流量、年最小流量减少;(3)北碛站汛期平均流量、非汛期平均流量、年最小流量减少;(4)寸滩站汛期平均流量、非汛期平均流量、年最大流量减少;(5)武隆站汛期平均流量、非汛期平均流量、年最大流量增加,而年最小流量减少。如果取信度  $\alpha=0.05$ ,  $M_{\alpha}=1.96$ , 则高场和北碛站汛期平均流量、年最小流量发生显著减少。以 1985 年为界,统计各站 1985 年前和 1985 年以后的流量情况,见表 2。由表 2 可知,变化趋势基本与表 1 一致。其中高场站汛期平均流量减少 5.31%,北碛站汛期平均流量减少 18.75%,两站年最小流量分别减少 15.48%和 24.78%。图

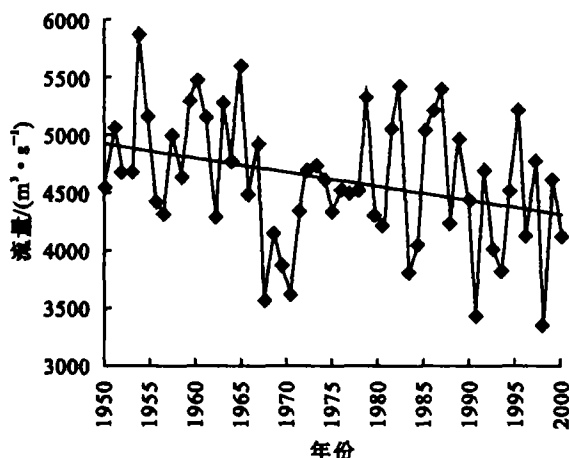


图 1 高场站汛期平均流量变化

## 2 径流年内变化

对各站每个月的径流量进行分阶段统计分析,计算每个

表 3 长江上游主要控制站分阶段年内分配变化

测站	月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
屏山	①	3.0	2.6	2.4	2.7	4.1	8.9	17.0	18.9	17.8	12.0	6.4	4.0
	②	3.0	2.7	2.5	2.8	4.0	8.7	17.6	17.6	18.7	12.1	6.3	4.0
高场	①	2.3	2.1	2.5	3.6	6.6	12.1	19.1	17.8	15.0	10.0	5.5	3.3
	②	2.4	2.3	2.7	4.1	6.6	13.0	17.8	17.7	14.9	9.5	5.4	3.5
北碛	①	1.0	1.7	1.4	1.8	3.8	7.3	9.7	20.8	16.1	18.6	11.1	5.0
	②	2.0	2.1	1.7	2.3	4.0	8.0	11.8	21.5	16.1	15.3	9.4	5.1
寸滩	①	2.6	2.3	2.3	3.3	5.8	10.1	18.6	18.0	16.6	11.1	5.9	3.5
	②	2.7	2.4	2.6	3.6	5.7	10.7	18.6	17.1	16.4	10.7	5.8	3.6
武隆	①	2.3	2.3	3.0	6.8	13.6	18.6	15.9	11.2	9.5	8.1	5.7	3.0
	②	2.7	2.8	3.7	6.4	10.8	18.0	20.6	11.6	7.9	7.4	5.0	3.1

注:①表示 1985 年前,②表示 1985 年以后。

分析各站每个月径流量占全年比例的变化,结果如下:

(1)各站 1~4 月,所占比例普遍增加。(2)屏山站 8 月减少 1.3%,而 9 月增加 0.9%;(3)高场站 1~6 月为增加,而 7~11 月为减少;(4)北碛站 1~8 月为增加,而 10~11 月减少较多;(5)寸滩站 8~11 月为减少(如图 4);(6)武隆站 5 月减

1 和图 2 给出高场站汛期平均流量和年最小流量变化,可以看出序列有明显的减少趋势。图 3 给出屏山站 2 月、3 月平均流量变化,可以看出近几年 2 月、3 月流量突然增加。

表 2 长江上游主要控制站分阶段均值变化  $m^3/s$

测站	阶段及变化	平均流量		年流量	
		汛期	非汛期	最大	最小
屏山	1950~1984 年	6998	1891	17051	1219
	1985~2004 年	7508	2029	17970	1266
	变化幅度/%	7.29	7.30	5.39	3.86
高场	1950~1984 年	4462	1076	19128	575
	1985~2004 年	4225	1087	19290	486
	变化幅度/%	-5.31	1.02	0.85	-15.48
北碛	1944~1984 年	3674	719	25020	335
	1985~2004 年	2985	653	21049	252
	变化幅度/%	-18.75	-9.18	-15.87	-24.78
寸滩	1953~1984 年	18289	5852	51559	2678
	1985~2004 年	17619	5791	47165	2734
	变化幅度/%	-3.66	-1.04	-8.52	2.09
武隆	1952~1984 年	2459	739	13018	308
	1985~2004 年	2370	736	13385	299
	变化幅度/%	-3.62	-0.41	2.82	-2.92

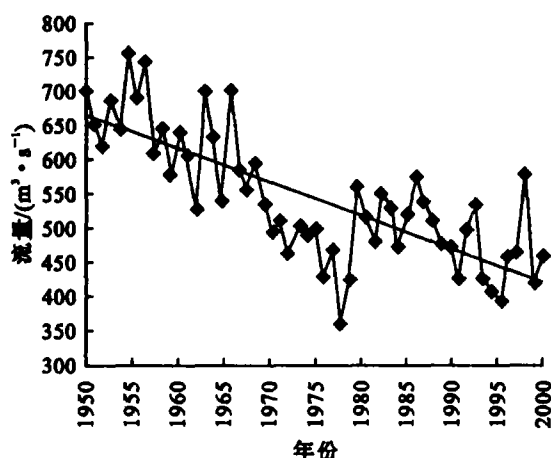


图 2 高场站年最小流量变化

月所占比例,结果见表 3。由表 3 可以看出,各站径流量主要集中在 6~9 月,占全年的 55.3%~63.3%。

少 2.8%,而 7 月增加 4.7%,10~11 月减少 0.7%。

## 3 径流变化原因初步分析

### 3.1 气候变化影响

根据王艳君等的分析,长江上游地区气候变化情况

为<sup>[1,9]</sup>:(1)气温变化:长江上游流域气温显著升高,主要的增温区域在长江干流屏山站以上流域,即长江源区及金沙江流域。(2)降水变化:长江源区及金沙江流域年降水显著增多,而岷江和嘉陵江流域年降水则下降。

因此,寸滩站径流呈现微弱下降趋势,这除了受人类活动的影响外,主要与岷江和嘉陵江流域降水量的减少有关<sup>[2]</sup>。

### 3.2 人类活动影响

随着经济和社会的发展,人类活动对径流过程的干扰逐渐增强。长江上游水电开发,不仅包括干流,梯级各大支流

也均有分布,各水库之间水量干扰难以避免,汛后争水不可避免,一些水库很可能蓄不满。水库对径流过程的调节作用逐渐增强,表现为库容系数的逐年增大。2003年长江上游库容系数已达到18.83%<sup>[10]</sup>(见图5)。与此同时,长江上游水资源消耗,包括西部地区经济、人口增长需要增加的耗水量,西线南水北调,水利工程引起蒸发和灌溉用水等进一步增大。一旦水资源不能合理的利用,就可能出现水资源匮乏的局面,从而制约着全流域的水资源开发利用。

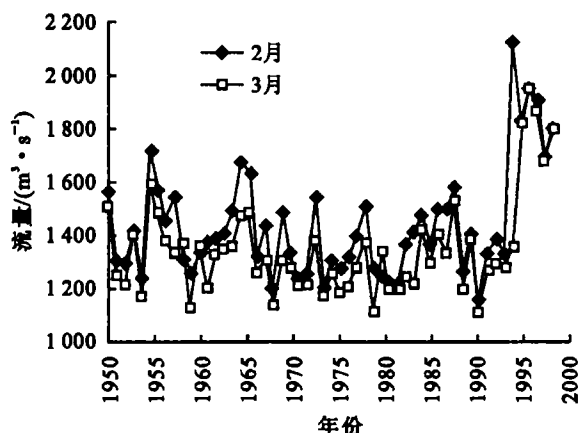


图3 屏山站2月、3月平均流量变化

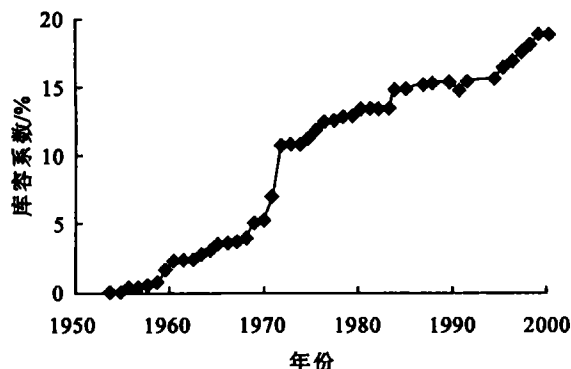


图5 长江上游库容系数逐年变化<sup>[9]</sup>

## 4 结 语

本文分析长江上游流域金沙江屏山、岷江高场、嘉陵江北碛、长江干流寸滩、乌江武隆等5个主要控制站的月流量变化。结果表明,高场和北碛站的径流显著减少,寸滩站则微弱减少。从年内分配上看,9~11月份减少较多。寸滩站径流减少主要受岷江和嘉陵江降水量的减少和人类活动的影响。由于长江上游流域径流9~11月减少非常明显,影响三峡电站汛后的正常蓄水。同时,水量减少将对岷江和嘉陵江的生态环境产生不利影响<sup>[11]</sup>。

### 参考文献:

- [1] 王艳君,姜彤,施雅风. 长江上游流域1961—2000年气候及径流变化趋势[J]. 冰川冻土,2005,27(5):709—714.
- [2] 姜彤,苏布达,王艳君,等. 四十年来长江流域气温降水与径流变化趋势[J]. 气候变化研究进展,2005,1(2):65—68.

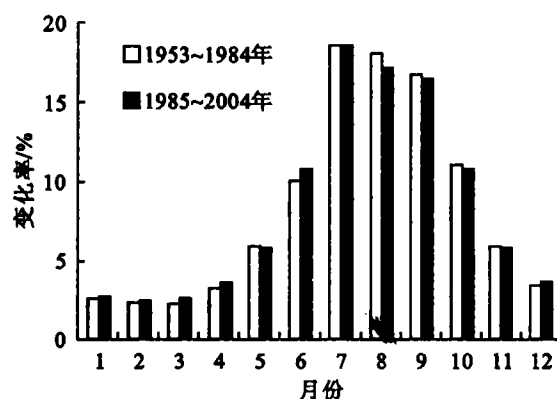


图4 寸滩站径流年内变化

- [3] Xiong L, Guo S. Trendtest and change-point detection for the annual discharge series of the Yangtze River at the Yichang hydrological station[J]. Hydrological Sciences Journal, 2004, 49(1): 99—112.
- [4] Chen Xiqing, Zong Yongqiang, Zhang Erfeng, et al. Human impacts on the Changjiang (Yangtze) River basin, China, with special reference to the impacts on the dry season water discharges into the sea[J]. Geomorphology, 2001, 41: 111—123.
- [5] Yang S L, Gao A, Hotz Helenmary M, et al. Trends in annual discharge from the Yangtze River to the sea (1865—2004) [J]. Hydrological Sciences Journal, 2005, 50(5): 825—836.
- [6] 谢昌卫,丁永建,刘时银,等. 长江黄河源寒区径流时空变化特征对比[J]. 冰川冻土,2003,25(4):414—422.
- [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] 王渺林,傅华,薛兴江. 寸滩站年最大洪峰演变规律及预报[J]. 重庆交通学院学报,2006,25(4):129—132.
- [9] Zhang Qiang, Jiang Tong, Gemmer Marco, et al. Precipitation, temperature and runoff analysis from 1950 to 2002 in the Yangtze basin, China[J]. Hydrological Sciences Journal, 2005, 50(1): 65—80.
- [10] 何用,李义天,吴道喜,等. 水沙过程与河流健康[J]. 水利学报,2006,37(11):1354—1359.
- [11] 王渺林,郭丽娟,高攀宇,等. 岷江流域水资源安全及适应对策[J]. 重庆交通学院学报,2006,25(4):138—142.