

松滋河西支分流能力变化分析

张益¹, 彭玉明^{2*}, 李宗骏²

¹松滋市水利和湖泊局, 湖北 松滋

²长江水利委员会水文局荆江水文水资源勘测局, 湖北 荆州

收稿日期: 2022年9月9日; 录用日期: 2022年11月22日; 发布日期: 2022年12月31日

摘要

长江中游河段荆江三口分流入洞庭湖, 在三峡水库蓄水后荆江三口年径流量占枝城分流比约为12%, 其中, 松滋口分流比为最大, 占7%左右。受荆江干流水沙变化、上下游水利工程兴建等因素影响, 荆江三口分流量沿时程逐渐减小, 松滋口沿时程总体也呈现减小, 但减小的幅度及速率为最小。松滋河经过大口之后又分为松滋河东支与西支, 东支分流比衰减速度相对较大, 西支分流减小的速度相对缓慢。利用荆江河段的水文及河道观测数据, 分析了松滋河西支1956年来各时段分流量及分流比的变化, 以枝城水文站流量为基准, 分析了各流量级新江口站分流量及分流比的变化, 从新江口水文断面河道形态尺度来分析过流能力变化, 得出松滋河西支在枝城10,000 m³/s分流能力减弱、在枝城20,000 m³/s分流能力基本没有变化、在枝城30,000 m³/s分流能力明显增强的结论。

关键词

松滋河西支, 新江口, 分流量, 分流比, 分流能力

Analysis of Diversion Capacity Change of West Branch of Songzi River

Yi Zhang¹, Yuming Peng^{2*}, Zongjun Li²

¹Songzi Water Resources and Lakes Bureau, Songzi Hubei

²Hydrology and Water Resources Survey Bureau of the Jingjiang Reaches of the Yangtze River, Bureau of Hydrology of Changjiang Water Resources Commission, Jingzhou Hubei

Received: Sep. 9th, 2022; accepted: Nov. 22nd, 2022; published: Dec. 31st, 2022

Abstract

Jingjiang reach in middle Yangtze River is diverted at the three outlets into the Dongting Lake. After the

作者简介: 张益, 男, 1978年出生, 湖北松滋人, 工程师, 从事水利工程及水资源管理, Email: 2781502588@qq.com

*通讯作者 Email: 373045327@qq.com

文章引用: 张益, 彭玉明, 李宗骏. 松滋河西支分流能力变化分析[J]. 水资源研究, 2022, 11(6): 580-589.

DOI: 10.12677/jwrr.2022.116063

impoundment of the Three Gorges Reservoir, annual runoff of the three outlets accounted for the proportion of Zhicheng Station is about 12%, of which Songzi outlet is the highest, accounting for 7%. Due to the water and sediment changes in Jingjiang reach and water conservancy project construction, the discharge of three outlets gradually decreased, and the attenuation magnitude of Songzi outlet's diversion discharge that gradually decreased is the minimum of three outlets. Songzi river is divided into the east branch and the west branch downstream Dakou. The flow diversion ratio of east branch is decreasing faster than the west branch. To reveal variation characteristics of discharge and flow diversion ratio in the west branch in different periods since 1956, observation data of hydrometric stations in Jingjiang reach and geomorphology of river channel were adopted. Variation of discharge and flow diversion ratio in Xinjiangkou station in different levels of discharge has been analyzed based on the discharge in the Zhicheng hydrological station. Using the geomorphological scale of Xinjiang outlet river channel, flow capacity in the west branch was analyzed. At the 10,000 m³/s, 20,000 m³/s and 30,000 m³/s in Zhicheng hydrological station, the flow capacity in the west branch weakened, unchanged and enhanced, respectively.

Keywords

West Branch of Songzi River, Xinjiangkou Station, Diversion Discharge, Flow Diversion Ratio, Diversion Discharge Capacity

Copyright © 2022 by author(s) and Wuhan University.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



1. 引言

荆江三口分别为松滋口、太平口及藕池口，其分流入洞庭湖对应通道为松滋河、虎渡河、藕池河，又称三口洪道(水系图见图1)，为荆江与洞庭湖的水沙连接通道，是江湖关系调整变化的纽带。长江干流松滋口在枝城以下约17 km处，松滋河在大口分为东西二支，控制站分别为沙道观水文站和新江口水文站。

针对三口分流分沙变化、分流能力及影响因素的研究有较为丰富的研究成果。许全喜[1]、徐长江[2]等研究认为1950年以来荆江三口分流分沙呈现逐年减小的趋势。朱玲玲[3]、徐照明[4]、赵秋湘[5]等认为三峡水库调度运行使得水库下游径流年内分配发生变化，汛期削峰及汛末蓄水减小了荆江三口的分流量。有关荆江三口分流能力变化的研究成果，阎云杰[6]研究认为荆江三口口门附近干流和进口段水面比降及其差异性对三口分流能力有一定影响，松滋口在三峡水库蓄水后分流能力有所增大；高耶[7]分析表明在干流流量20,000 m³/s条件下，新江口分流能力明显提升，在干流40,000 m³/s流量条件下，新江口分流能力没有明显变化；朱勇辉等[8]认为三峡水库蓄水前后枝城同大流量下松滋口分流量明显增大。关于过流能力变化的研究，姚记卓等[9][10]的分析成果认为在某一特征水位下流量的变化是衡量河道过流能力的重要指标；白涛等[11]总结了过流能力研究方法，过流能力的计算包含两种：一是直接利用水位流量关系曲线计算同水位流量的大小，二是横断面水力学特性法计算。本文利用荆江河段多年流量、水位、大断面及河道地形资料进行统计分析，其中枝城站1956~1991年流量无实测资料，利用宜昌站加上长阳站(清江)进行计算。主要研究方法为：1) 在枝城站同流量条件下计算新江口站分流量，比较新江口站在干流同流量条件下分流比的大小；2) 综合分析新江口站河道形态尺度变化，重点通过水位流量关系分析平滩水位条件下流量的变化，通过分析计算得到松滋河西支分流能力变化特点。



Figure 1. Sketch map of three outlets of the Jingjiang River
 图 1. 荆江三口水系示意图

2. 荆江干流水沙及冲淤变化概述

松滋河所在的干流河道对应荆江河段，荆江河段的水沙变化及河道变化是松滋河分流能力变化的主要因素之一。荆江及上下游大型水利工程的兴建给荆江河段的水沙变化及河道演变带来重要影响[12]。荆江三口水沙主要来自荆江干流，荆江河段水沙主要来自长江上游，一方面受长江上游天然径流形成影响，另一方面受上游控制性水库调度影响。

20世纪90年代以来，受上游水库拦沙、水土保持工程、降雨变化和河道采砂等影响，长江上游径流量变化不大，输沙量减少趋势明显。三峡水库蓄水运用以来，2003~2020年三峡入库主要控制站——朱沱、北碚、武隆站年平均径流量、悬移质输沙量之和分别为3726亿 m^3 和1.52亿t，较1990年以前分别减小3%和68%，与1991~2002年均值相比，径流量基本持平，输沙量减小57%。

荆江来水来沙以枝城站为代表，径流量无单向变化趋势，输沙年际间变化剧烈(图2)，葛洲坝1981年截流之前，荆江年均来沙量约5.1亿t；葛洲坝水利枢纽截流至三峡水库蓄水运行前，荆江年均来沙量已显示出逐步衰减的变化(扣除1998年大洪水大沙年影响)；2003年三峡水库蓄水运行后，荆江年均来沙量迅速衰减，2006年已减小至1200万t，随后进入缓慢衰减过程，其中2017年仅为550万t，2003~2020年枝城年均来沙量为4220万t。

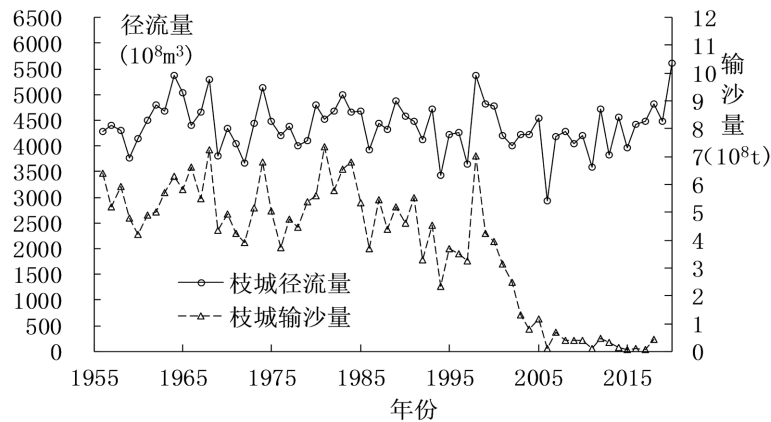


Figure 2. The hydrographs of annual runoff and sediment discharge at Zhicheng Station since 1956

图2. 枝城站1956年以来年径流及输沙量变化过程示意图

3. 松滋河西支分流变化

3.1. 分流年际变化概述

20世纪50年代以来，荆江河段先后经历了下荆江裁弯、上游河段兴建葛洲坝水利枢纽、三峡水利枢纽等重大水利事件，为便于分析研究，将1956至今划分为以下五个阶段。第一时段：1956~1966年(下荆江系列裁弯以前)；第二时段：1967~1972年(下荆江系列裁弯期)；第三时段：1973~1980年(葛洲坝枢纽截流前)；第四阶段：1981~2002年(三峡水库蓄水前)；第五时段：2003~2020年(三峡水库蓄水运行后)。

根据1956~2020年水文资料，统计松滋河分流量(图3)、分流比的变化(图4)，分流量、分流比分时段变化见表1。统计表明：1) 松滋河分流量及分流比总体呈现缓慢减小的趋势，松滋河西支比东支减小的速度更加缓慢；2) 在干流平均径流量相同的条件下，新江口年平均分流量由第二阶段的 $321.5 \times 10^8 m^3$ 减少到第五阶段的 $249.3 \times 10^8 m^3$ ，分流比由7.5%减小到5.8%。松滋河分流量及分流比变化与干流洪水大小及时长有直接关系，图5为新江口年分流比与枝城流量大于 $30,000 m^3/s$ 天数的相关性，可见松新江口的分流量的大小与干流大流量及持续的时间有明显的正向关系。

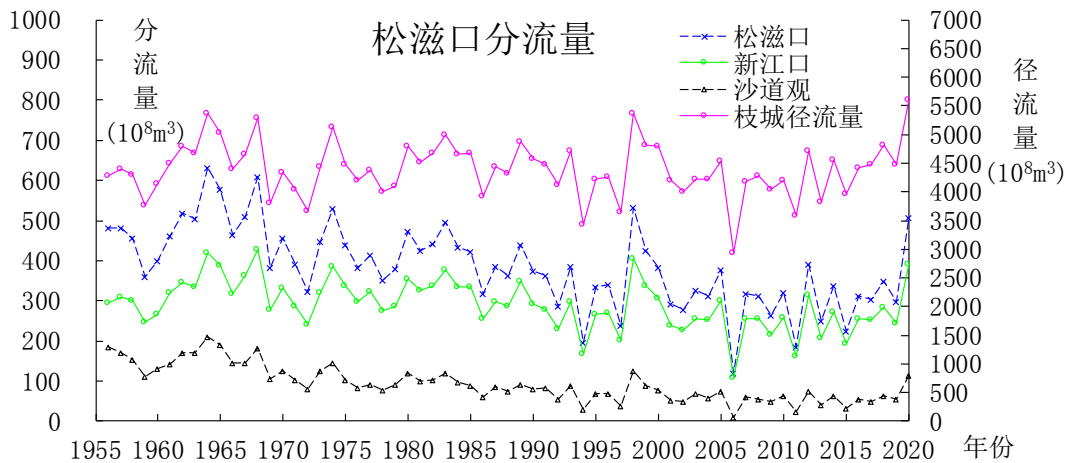


Figure 3. Interannual variation of shunt volume in Songzi outlet
图 3. 松滋口分流量年际变化

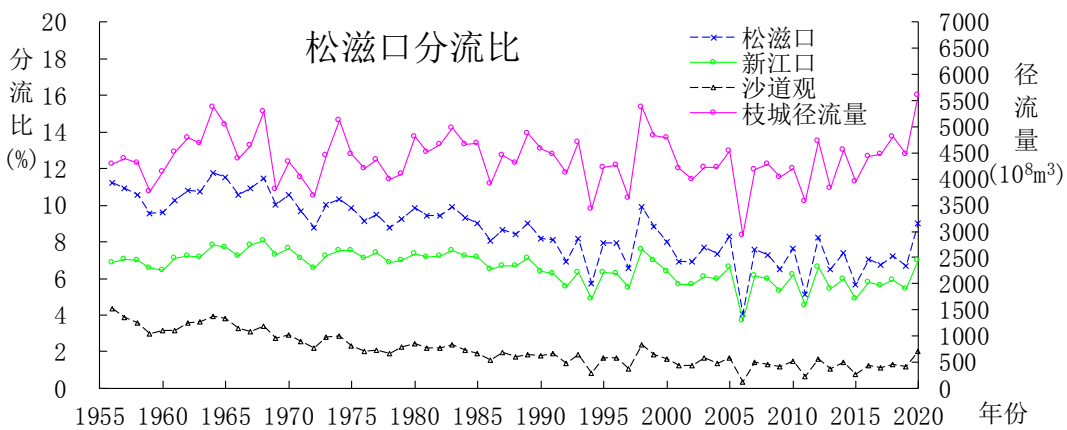


Figure 4. Interannual variation of shunt ratio in Songzi outlet
图 4. 松滋口分流比年际变化

Table 1. Statistical table of shunt volume and shunt ratio of Songzi outlet
表 1. 松滋口分时段分流量及分流比统计表

时段	枝城径流量($10^8 m^3$)	新江口		沙道观		松滋口合计	
		分流量($10^8 m^3$)	分流比(%)	分流量($10^8 m^3$)	分流比(%)	分流量($10^8 m^3$)	分流比(%)
1956~1966	4525	322.6	7.1	162.6	3.6	485.2	10.7
1967~1972	4302	321.5	7.5	123.9	2.9	445.4	10.4
1973~1980	4441	322.7	7.3	104.8	2.4	427.5	9.6
1981~2002	4441	291.8	6.6	79.04	1.8	370.8	8.3
2003~2020	4282	249.3	5.8	56.50	1.3	305.8	7.1

注：枝城 1956~1991 年无实测流量资料，来水量由宜昌 + 长阳同期叠加所得。

3.2. 各流量级的分流量及分流比的变化

新江口分流量及分流比的变化不仅与干流高洪及高洪持续时长有关系，同时还与河道的分流能力有关系。表 2 为枝城站 10,000 m³/s、20,000 m³/s、30,000 m³/s、40,000 m³/s 流量级条件下松滋口分流量及分流比的变化。

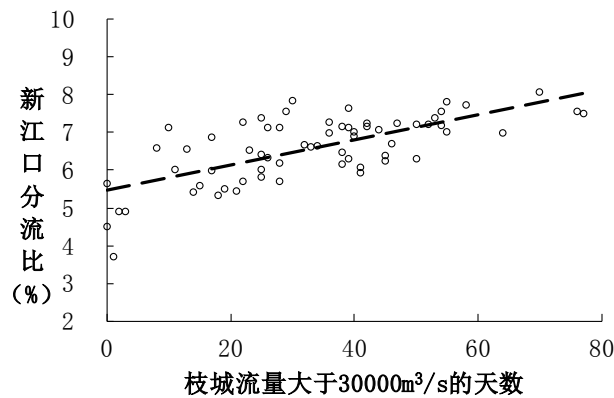


Figure 5. The relationship between the shunt ratio of Xinjiangkou Station and the high flood discharge days at Zhicheng Station
 图 5. 新江口分流比与枝城站高洪流量天数的关系图

Table 2. Shunt and shunt ratio under different flow levels in each period of Songzi outlet
 表 2. 松滋口各时段不同流量级的分流及分流比

流量级	时段	新江口分流量 (m ³ /s)	新江口分流比 (%)	沙道观分流量 (m ³ /s)	沙道观分流比 (%)	松滋口分流量 (m ³ /s)	松滋口分流比 (%)
10,000 m ³ /s	1956~1966	496	5.0	176	1.8	672	6.8
	1967~1972	530	5.3	72.5	0.7	602	6
	1973~1980	457	4.6	42.3	0.4	500	5
	1981~2002	365	3.6	4.5	0.0	369	3.6
	2003~2020	270	2.7	0.3	0.0	270	2.7
20,000 m ³ /s	1956~1966	1649	8.2	826	4.1	2475	12.4
	1967~1972	1781	8.9	734	3.7	2514	12.6
	1973~1980	1739	8.7	538	2.7	2277	11.4
	1981~2002	1577	7.9	356	1.8	1933	9.7
	2003~2020	1608	8.0	362	1.8	1970	9.8
30,000 m ³ /s	1956~1966	2431	8.1	1335	4.5	3766	12.6
	1967~1972	2779	9.3	1296	4.3	4075	13.6
	1973~1980	2569	8.6	998	3.3	3567	11.9
	1981~2002	2469	8.2	782	2.6	3251	10.8
	2003~2020	2626	8.8	823	2.7	3449	11.5
40,000 m ³ /s	1956~1966	3280	8.2	1975	4.9	5255	13.1
	1967~1972	3688	9.2	1932	4.8	5620	14.0
	1973~1980	3707	9.3	1653	4.1	5360	13.4
	1981~2002	3614	9.0	1359	3.4	4972	12.4
	2003~2020	3779	9.4	1303	3.3	5082	12.7

枝城 10,000 m³/s 流量条件下, 松滋口分流比沿时程逐渐减小, 分流比从第一时段(1956~1966)的 6.8%减小至第五时段(2003~2020)的 2.7%, 新江口从 5.0%减小至 2.7%, 目前沙道观 10,000 m³/s 流量已经不分流; 枝城 20,000 m³/s 条件下, 松滋口分流比总体沿时段减小, 三峡水库蓄水前后时段比较, 分流比变化很小; 枝城 30,000 m³/s 条件下, 三峡水库蓄水后比蓄水前时段分流比有所增大, 新江口分流比增大, 沙道观基本没有变化; 枝城 40,000 m³/s 条件下, 松滋河分流比的变化与 30,000 m³/s 分流比变化类似, 三峡水库蓄水后比前时段松滋口分流比有

所增大，新江口分流比增大，沙道观基本没有变化。

从各流量级分流比可以看出，蓄水前后时段进行比较，枝城 10,000 m³/s 新江口分流能力减弱，枝城 20,000 m³/s 新江口分流能力基本没有变化，枝城 30,000 m³/s 以上新江口分流能力增大。

3.3. 三峡水库蓄水前后不同量级典型洪水分流变化

图 6 为各时段典型高洪期间松滋口分流与枝城站的洪峰峰值相关关系。图 6(a)为蓄水后(2003~2020)与蓄水前(1955~2002)进行比较，图 6(b)为蓄水后(2003~2020)与蓄水前(1992~2002)进行比较，高洪条件下，沙道观分流比在前四个时段逐渐减小，第五时段(蓄水前后)与第四时段比较基本没有变化，新江口第五时段(蓄水后)比第四时段分流比明显增大。可见，三峡水库蓄水后与前一时段(1992~2002)比较，在高洪条件下，沙道观分流能力基本没有什么变化，新江口分流能力明显增大。

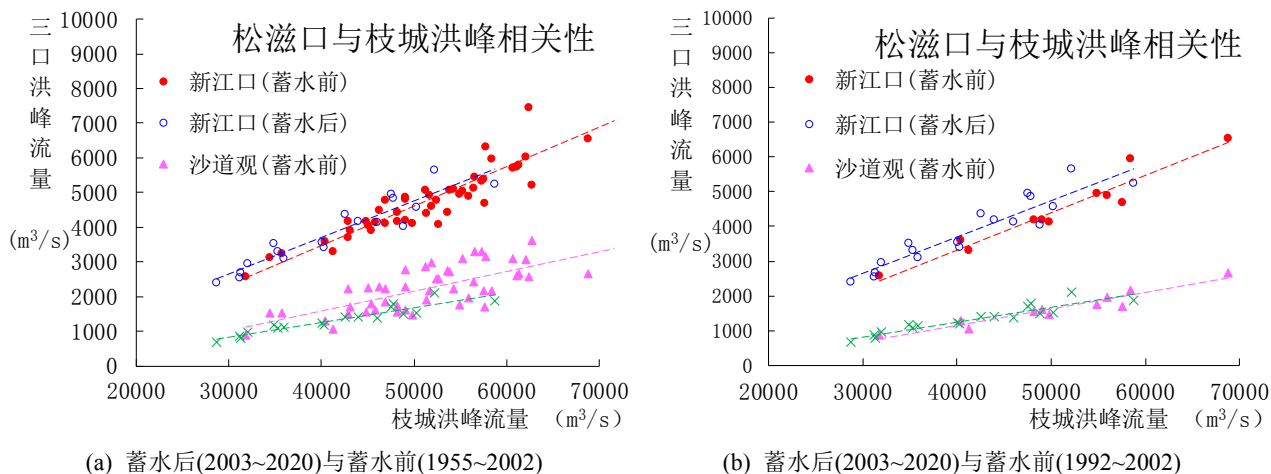


Figure 6. Correlation between shunt of Songzi outlet and flood peak at Zhicheng station

图 6. 松滋河分流与枝城洪峰相关性

4. 新江口站河道形态变化

河道形态尺度的变化影响河道过流能力，图 7~9 分别为新江口站断面宽深比(\sqrt{B}/H 、断面水深、断面面积

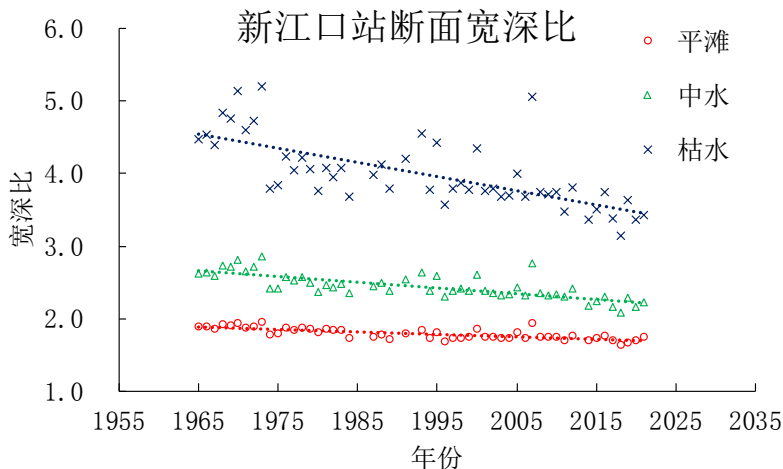


Figure 7. Section width to depth ratio of Xinjiangkou station

图 7. 新江口站断面宽深比

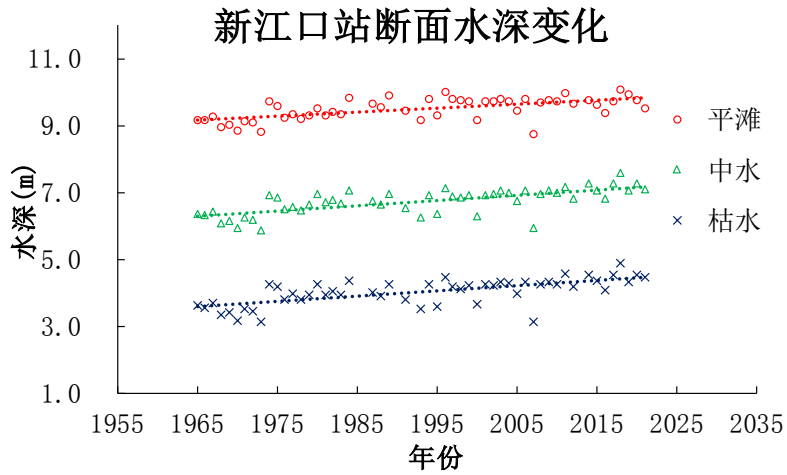


Figure 8. Water depth variation of Xinjiangkou station section
图 8. 新江口断面水深变化

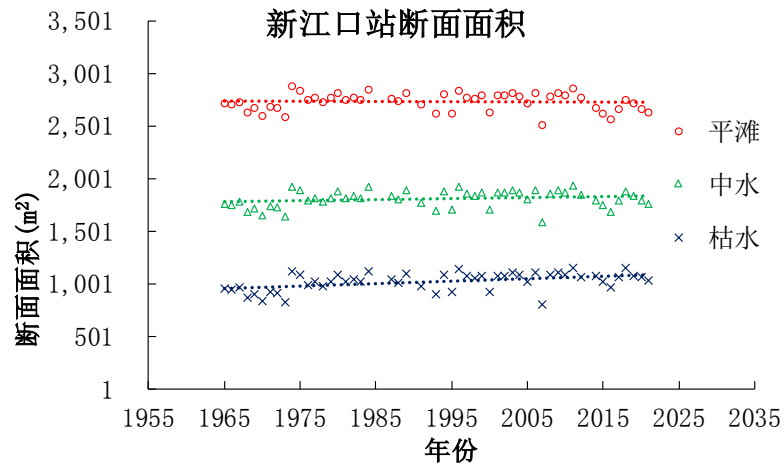


Figure 9. Section area of Xinjiangkou station
图 9. 新江口站断面面积

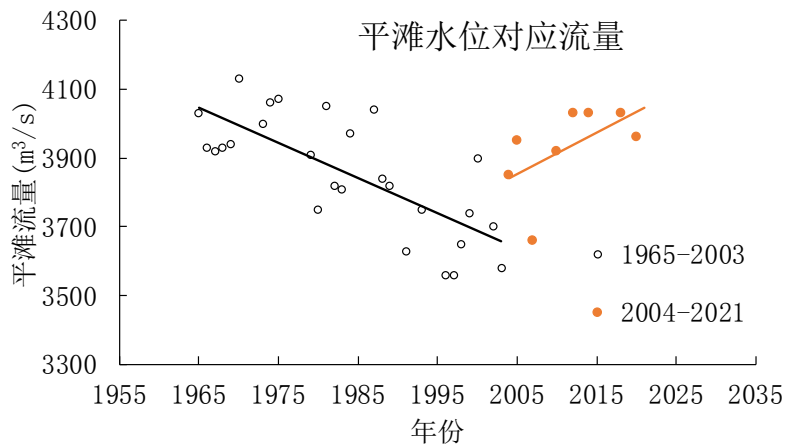


Figure 10. Flat beach water level corresponds to discharge
图 10. 平滩水位对应流量

在平滩、中水、枯水水位条件下沿时程变化,图7可以看出,新江口断面在各水位条件下,宽深比沿时程逐渐减小,河床往窄深发展,枯水水位变化最明显。图8表明水深沿时程有所增大。图9表明平滩、中水位时断面面积基本没有变化,枯水断面面积沿时程有所增大。图10为新江口平滩水位时对应的断面流量,三峡水库蓄水运行前,新江口平滩流量沿时程逐渐减小,蓄水后,平滩流量逐渐增大。从新江口站河道形态尺度的变化可以得出,三峡水库蓄水后,新江口断面往窄深方向发展,有利断面过流,平滩流量增大,断面过流能力恢复到1981年前的水平。

5. 结论

1) 新江口分流比沿时程逐渐减小,新江口年分流比与枝城流量大于 $30,000\text{ m}^3/\text{s}$ 天数的持续时间有明显的正向关系,2003~2020时段与1981~2002时段比较,新江口分流比减小主要与三峡等上游水库调度运行有关,汛期削峰及汛末蓄水减小了松滋河西支的分流量。

2) 2003~2020时段与1981~2002时段比较,枝城 $10,000\text{ m}^3/\text{s}$ 新江口分流能力减弱,枝城 $20,000\text{ m}^3/\text{s}$ 新江口分流能力基本没有变化,枝城 $30,000\text{ m}^3/\text{s}$ 以上新江口分流能力明显增大。

3) 三峡水库蓄水后,新江口断面往窄深方向发展,平滩水位时流量增大,断面过流能力恢复到1981年前的水平。

基金项目

国家自然科学基金联合基金项目(编号:U2040215)。

参考文献

- [1] 许全喜,胡功宇,袁晶.近50年来荆江三口分流分沙变化研究[J].泥沙研究,2009,10(5):1-2.
XU Quanxi, HU Gongyu and YUAN Jing. Research on the flow and sediment diversion in the three outlets along Jingjiang River in recent 50 years. Journal of Sediment Research, 2009, 10(5): 1-2. (in Chinese)
- [2] 徐长江,刘冬英,张冬冬,等.2020年荆江三口分流分沙变化研究[J].人民长江,2020,12(51):202-206.
XU Changjiang, LIU Dongying, ZHANG Dongdong, et al. Research on flow and sediment diversion in three outlets along Jingjiang River. Yangtze River, 2020, 12(51): 202-206. (in Chinese)
- [3] 朱玲玲,许全喜,戴明龙.荆江三口分流变化及三峡水库蓄水影响[J].水科学进展,2016,6(27):827-829.
ZHU Lingling, XU Quanxi and DAI Minglong. Runoff diverted from the Jingjiang reach to the Dongting Lake and the effect of Three Gorges Reservoir. Advances in Water Science, 2016, 6(27): 827-829. (in Chinese)
- [4] 徐照明,要威,马强,等.三峡等上游水库水量调度对荆江三口分流的影响[J].人民长江,2018,13(49):79-82.
XU Zhaoming, YAO Wei, MA Qiang, et al. Influence of upstream reservoirs regulation on flow diversion of three distributaries along Jingjiang River. Yangtze River, 2018, 13(49): 79-82. (in Chinese)
- [5] 赵秋湘,付湘,孙昭华.三峡水库运行对荆江三口分流的影响评估[J].长江科学院院报,2020,2(37):10-13.
ZHAO Qiuxiang, FU Xiang and SUN Zhaohua. Evaluation of the impact of Three Gorges Reservoir on three outlets of Jingjiang River. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2020, 2(37): 10-13. (in Chinese)
- [6] 阎云杰,施勇,贾雅兰,等.三峡水库蓄水后荆江三口分流能力变化原因初探[J].人民长江,2020,5(51):105-107.
YAN Yunjie, SHI Yong, JIA Yalan, et al. Causes of water diversion capacity change at three outlets of Jingjiang River after impoundment of Three Gorges Reservoir. Yangtze River, 2020, 5(51): 105-107. (in Chinese)
- [7] 高耶.三峡工程运行前后荆江三口分流能力变化[J].湖南水利水电,2020(3):19-23.
GAO Ye. Water diversion capacity change at three outlets of Jingjiang River before and after the operation of Three Gorges Project. Hunan Hydro & Power, 2020(3): 19-23. (in Chinese)
- [8] 朱勇辉,郭小虎,李凌云.2020年汛期荆江三口分洪能力及洞庭湖出流变化[J].人民长江,2020,12(51):211-215.
ZHU Yonghui, GUO Xiaohu and LI Lingyun. Changes of flood diversion capacity of three outlets on Jingjiang reach and outflow of Dongting Lake during 2020 flood season. Yangtze River, 2020, 12(51): 211-215. (in Chinese)
- [9] 姚记卓,夏军强,邓珊珊,等.三峡工程蓄水后长江中游城陵矶-汉口河段过流能力变化及影响因素分析[J].湖泊科学,2021,33(3):830-833.
YAO Jizhuo, XIA Junqiang, DENG Shanshan, et al. Variation in flood-discharge capacity of Chenglingji-Hankou reach in the

-
- middle Yangtze River and analysis of influencing factors since the onset of the Three Gorges Reservoir. *Journal of Lake Sciences*, 2021, 33(3): 830-833. (in Chinese)
- [10] WU, B. S., WANG, G. Q., XIA, J. Q., et al. Response of bankfull discharge to discharge and sediment load in the lower Yellow River. *Geomorphology*, 2008, 100(3/4): 366-376. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2008.01.007>
- [11] 白涛, 哈燕萍, 马盼盼, 等. 黄河宁蒙段河道过流能力[J]. *中国沙漠*, 2018, 5(38): 1094-1097.
BAI Tao, HA Yanping, MA Panpan, et al. Conveyance capacity of Ningxia-Inner Mongolia reach of the Yellow River. *Journal of Desert Research*, 2018, 5(38): 1094-1097. (in Chinese)
- [12] 陈俭煌, 彭玉明, 黄烈敏. 三峡水库不同调度方式对荆江三口分流影响分析[J]. *人民长江*, 2015, 21(46): 10-12.
CHEN Jianhuang, PENG Yuming and HUANG Liemin. Influence of different operation modes of Three Gorges Reservoir on division of three channels of Jinjiang River. *Yangtze River*, 2015, 21(46): 10-12. (in Chinese)