

Research on Evolution and Regulation of the Songzi River

Suli Sun, Jian Shen

Jingjiang Bureau of Hydrological and Water Resources Survey, Bureau of Hydrology, Changjiang Water Resources Commission, Jingzhou Hubei
Email: suli.sun@qq.com

Received: Nov. 15th, 2015; accepted: Nov. 30th, 2015; published: Dec. 11th, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

Abstract

The paper briefly describes the complicated water network system of the Songzi River. It comprehensively and systematically analyzes the Songzi River's formation, evolution and characteristics. The Songzi River develops as the biggest flood channel for shunt under the constant silting-up and the shrink in three outlets and the progressive decrease of sand and flow diversion because of straightening the Jingjiang River's bend. And then the paper emphasizes that the Songzi estuary comes into being a lager bank caving after the operation of Three Gorge Project. The sediment generated by bank caving continuously moves to the wide and shallow branching channel to deposit, which certainly will speed up the sedimentation of the flood channel, increase the strength of the choked flow, give rise to the great change of river regime and bring about many negative effects. The crucial point is that it will expedite the shrink and decline of the Songzi River. It particularly expounds that we need to always retain the Songzi River for the long-term need of flood prevention of the Jingjiang River and the solution of serious water shortage. The paper points out the importance and urgency to keep the river flow through all the year and puts forward some relative engineering measures for planning and design department to refer.

Keywords

Songzi River, Deposition and Shrinkage, Flow Decrease, Regulation

松滋河演变与治理研究

孙苏里, 沈 健

作者简介: 孙苏里, 男, 长江水利委员会水文局荆江水文水资源勘测局工程师, 长期从事河床演变监测与分析工作。

文章引用: 孙苏里, 沈健. 松滋河演变与治理研究[J]. 水资源研究, 2015, 4(6): 559-566.
<http://dx.doi.org/10.12677/jwrr.2015.46070>

长江水利委员会水文局荆江水文水资源勘测局, 湖北 荆州
Email: suli.sun@qq.com

收稿日期: 2015年11月15日; 录用日期: 2015年11月30日; 发布日期: 2015年12月11日

摘要

本文简要描述了松滋河复杂的水网体系概况; 全面系统分析了松滋河的形成、演变过程与特征; 由于下荆江裁弯等因素, 松滋河在三口洪道不断淤积萎缩与分流分沙持续递减演变中, 发展为三口最大分流洪道; 随后着重论证了三峡枢纽运行后, 松滋河口门发生较大崩岸, 崩岸产生的泥沙源源不断地输移到口门内宽浅分汉河段沉积, 势必加快洪道淤积, 加大阻流力度, 造成重大河势变化, 带来系列负面影响, 其要害是加速松滋河的萎缩与衰亡。特别论述了为荆江防洪的长远需要与解决洞北荆南严重缺水问题, 需要永远保留松滋河, 并做到终年通流的重要性与紧迫性, 并提出了相关整治工程措施, 可提供规划设计部门参考。

关键词

松滋河, 淤积萎缩, 分流递减, 治理

1. 引言

长期以来, 三口洪道持续淤积萎缩, 三口分流分沙不断递减, 洪道的通流水位抬高, 且年断流天数逐步增加[1]。表明三口洪道已由萎缩过程进入衰亡阶段, 唯松滋河衰减缓慢, 减幅较小[2]。

三峡枢纽运行后, 上荆江的防洪问题并没有从根本上解决, 仍然受到大洪水, 特大洪水的严重威胁。因而, 三口洪道分洪依然具有至关重要的作用; 而松滋河是三口洪道中的最大分流洪道, 防洪形势不断恶化[3], 因此, 最具有整治价值。

2. 松滋河水系简况

松滋河是长江向洞庭湖分流三口洪道中, 河道最长、分流量最大、又处在最上游的一条洪道, 是江湖关系的重要组成部分; 松滋河水系干流、支流、串河、汉道等河道总长度为 353 km, 见图 1。

1) 水系内多处分汉: 松滋河在大口处分汉为东、西两支; 西支往下到青龙窖处, 再分汉为西、中两支; 东支在许家谭处分东支与官支河, 东西两大支流至小望角处汇合; 汇合后称为安乡河, 至小河口处与虎渡河交汇, 交汇点以下称为松虎洪道, 自此注入目平湖。以上松滋河各支的出口共有三处, 一是西支出口彭家港, 二是中支出口张九台下首的五里河, 三是东支与虎渡河合流洪道的出口蔡家滩(肖家湾对岸)。

2) 水系内有几条支流汇入: 西支右岸丘陵区有庙河、木天河、滢水河等支流汇入。

3) 水系内有多条串河: 采穴河、莲支河、苏支河、中河、瓦窑河、五里河等。

以上表明: 松滋河是一个由多条分流、汉道、串河、支流纵横交织组成的庞杂水网体系; 上游受到长江来水与河道水位变化的控制; 下游受到洞庭湖容积、水位及其顶托变化等因素制约。

3. 松滋河河道冲淤变化

3.1. 松滋河形成与兴盛期较短

松滋河是在长江流域出现 1870 年 $110,000 \text{ m}^3/\text{s}$ 流量的特大洪水作用下, 于宜昌以下百里洲汉道南汉右岸松滋县庞家湾、黄家铺两处堤防溃口后形成的, 从溃口到东西两支流的形成, 约 30 年左右的时间; 从此, 松滋河

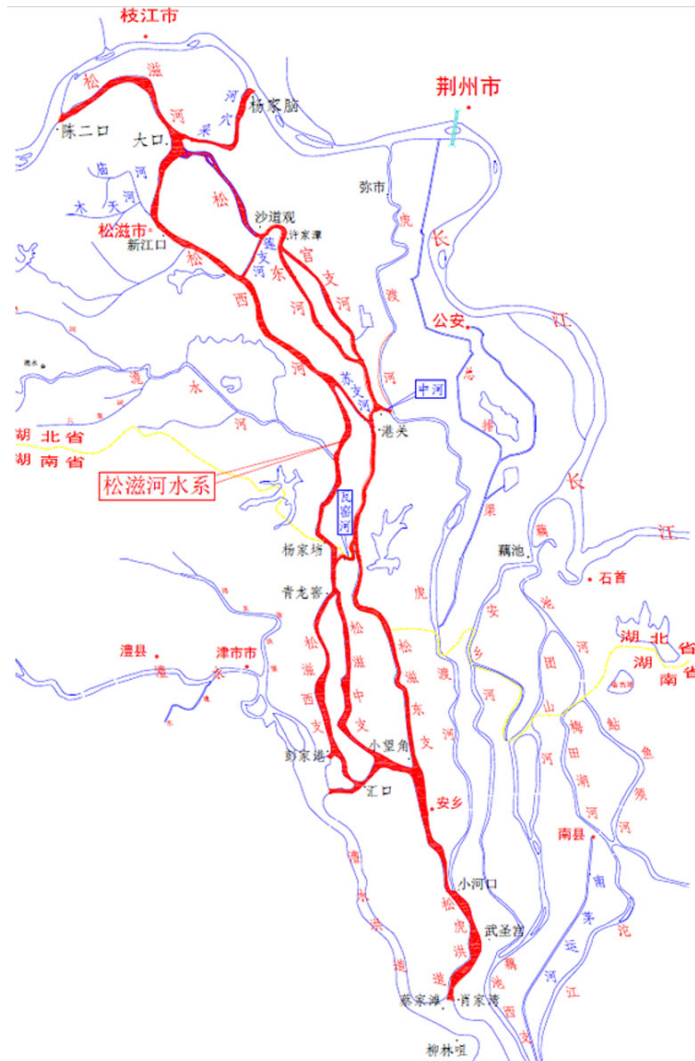


Figure 1. Distribution map about three outlets of flood channels of Jingjiang River
图 1. 荆江三口洪道分布示意图

进入了发育成熟的旺盛时期。据前人估计，松滋河顶盛期，汛期可分长江洪水的“一小半”，约四成左右，其洪峰分流量可达 $2.5\sim 3.0$ 万 m^3/s ，随着泥沙持续淤积与河道不断下延，松滋河从 20 世纪 20 年代以后即进入了漫长持续的萎缩阶段。

3.2. 三峡枢纽运行前三口洪道长期持续淤积萎缩，松滋河淤积较小

松滋河形成后，大量长江泥沙输移到下游洞庭湖边淤积，使河口三角洲不断向湖中扩展，洪道随之向湖内发展延伸；随着洪道向下淤延伸，比降减小，导致洪道河床持续淤积萎缩。现根据新中国成立后所测四次河道地形资料，计算出洪道冲淤变化成果，如表 1 所示。

表 1 显示，三峡水库运行前，从 1952~2003 年 51 年里，三口洪道总体为持续淤积萎缩，此期间藕池河淤积量高达 $31,795$ 万 m^3 ，占三口洪道同期总淤积量的 51.6%，淤积强度(每 km 年均淤积量)为 1.83 万 m^3 ；而松滋河此期间淤积量为 $17,093$ 万 m^3 ，占三口洪道同期总淤积量的 27.7%，淤积强度为 0.95 万 m^3 。两相比较，淤积量和淤积强度，藕池河分别为松滋河的 1.86 倍和 1.93 倍。说明藕池河淤积较大，松滋河淤积相对缓小。

3.3. 松滋河在三口分流持续递减中发展为最大分流洪道

三口分流由 20 世纪 60 年代藕池口占主导地位转变为现状下松滋口为主[4]。

3.3.1. 三口洪道分洪流量沿时程递减，松滋河的变幅由缓减变微升

1) 据长江委水文局统计[5]，六十年来各时段三口洪道实测长江各级洪水流量的分洪流量年均值，三口分洪流量在长江洪水各流量级均沿时程递减，本文只插入枝城站 5 万流量级及三口站相关数据，见表 2。

表 2 显示：三峡枢纽运行前(2003 年以前)，三口洪道分洪流量持续递减，松滋河减幅较小；长江枝城站在 5 万洪水流量下，三口分洪流量及其分洪比，都呈沿时程递减的总趋势，其中，松滋河递减幅度显著小于藕池河。如“下荆江系统裁弯前(1956~1966)”与“下荆江系统裁弯期(1967~1972)”两个时段的年均分洪量均以藕池河最大，松滋河第二，但从“下荆江裁弯调整期(1973~1980)”起，松滋河的年均分洪量转为最大，藕池河降为第二，原因是下荆江系统裁弯产生的水流、河势调整造成的。

2) 三峡水库蓄水后，藕池河与虎渡河的分洪流量，仍呈持续递减趋势，但减少幅度大幅缩小；唯松滋河出现了分洪流量不再递减、反而增大的转折性变化。原因是三峡枢纽运行，清水下泄，三口洪道发生不同程度的冲刷。其中，松滋河冲刷较大[3]，造成分洪流量增加较多，并影响三口总分洪流量出现了基本持平，或略微增大的现象。

3.3.2. 三口分流径流量持续递减，松滋河减幅较小

1) 表 3 显示，“下荆江系统裁弯前(1956~1966)”，藕池河年均径流量最大，其分流比为 14.1%，而松滋河分流比仅为 10.7%，屈居第二；到“下荆江裁弯期(1967~1972)”时，其年均分流比，藕池河为 9.1%，松滋河

Table 1. Statistical table about the change of sediment quantity of scour-silt in the three outlets of the Jingjiang River

表 1. 荆江三口洪道冲淤量变化分时段统计表(单位：冲淤量万 m³，百分数%)

项目	时段	松滋河		虎渡河		藕池河		松虎洪道		合计	
		冲淤量	百分比	冲淤量	百分比	冲淤量	百分比	冲淤量	百分比	冲淤量	百分比
总冲淤量	1952~1995	16,745	29.4	7080	12.4	28,689	50.4	4424	7.8	56,938	100
	1995~2003	348	7.4	1317	28.2	3106	66.4	-95	-2.0	4676	100
	1952~2003	17,093	27.7	8397	13.6	31,795	51.6	4329	7.0	61,614	100
	2003~2011	-3521	-46.8	-1493	-19.9	-1769	-23.5	-737	-9.8	-7520	100
年均冲淤量	1952~2011	13,572	25.1	6904	12.8	30,026	55.5	3592	6.6	54,094	100
	1952~1995	389.4	29.4	164.7	12.4	667.2	50.4	102.9	7.8	1324	100
	1995~2003	43.5	7.4	164.6	28.2	388.3	66.4	-11.9	-2.0	584.5	100
	1952~2003	335	27.7	164.6	13.6	623.4	51.6	84.9	7.0	1208.1	99.9
冲淤强度 (每 km 年均冲淤量)	2003~2011	-440	-46.8	-186.6	-19.9	-221.1	-23.5	-92.1	-9.8	-940	100
	1952~2011	230	25.1	117.0	12.8	508.9	55.5	60.9	6.6	916.8	100
	1952~1995	1.10		1.23		1.96		2.86		1.53	
	1995~2003	0.12		1.22		1.14		-0.33		0.68	
	1952~2003	0.95		1.23		1.83		2.36		1.40	
	2003~2011	-1.25		-1.39		-0.65		-2.56		-1.09	
	1952~2011	0.65		0.87		1.49		1.69		1.06	

注：表中“-”号为冲刷量，“+”号为淤积量，松滋河全长 353 km，藕池河全长 340.6 km，虎渡河全长 134.4 km，松虎洪道全长 36.0 km。

Table 2. Annual value table about comparison between the peak flow of Zhicheng station and the flood diversion flow of three outlets**表 2.** 长江枝城站洪峰流量级相应三口站分洪流量各时段年均值变化表(单位: 流量 m^3/s , 百分比%)

时段	枝城		三口分流之和			松滋口			太平口			藕池口		
	流量级	分流量	分流比	分流量	分流比(%)	占三口分流比	分流量	分流比	占三口分流比	分流量	分流比	占三口分流比		
1956~1966		21,900	43.8	7350	14.7	33.6	2570	5.1	11.7	12,000	24.0	54.8		
1967~1972		18,600	37.2	7300	14.6	39.2	2440	4.9	13.1	8900	17.8	47.8		
1973~1980	50,000	15,400	30.8	6730	13.5	43.7	2250	4.5	14.6	6400	12.8	41.6		
1981~2002		11,400	22.8	5800	11.6	50.9	1910	3.8	16.8	3660	7.3	32.1		
2003~2012		11,200	22.4	6010	12.0	53.7	1900	3.8	17.0	3280	6.6	29.3		

Table 3. Annual average runoff and diversion ratio of import control station of three outlets of the Jingjiang River**表 3.** 荆江三口分流洪道进口控制站各时段年均径流量与分流比统计表(单位: 径流量 10^8 m^3 , 分流比%)

时段	长江枝城站径流量	松滋口						太平口				藕池口				三口合计	
		新江口站		沙道观站		松滋口		弥市站		康家岗站		管家铺站		藕池口			
		径流量	分流比	径流量	分流比	径流量	分流比	径流量	分流比	径流量	分流比	径流量	分流比	径流量	分流比	径流量	分流比
1956~1966 (下荆江裁弯前)	4515	322.6	7.1	162.5	3.6	485.1	10.7	209.7	4.6	48.8	1.1	588.0	13.0	636.8	14.1	1331.6	29.5
1967~1972 (下荆江裁弯期)	4302	321.5	7.4	123.9	2.9	445.4	10.3	185.8	4.3	21.4	0.5	368.8	8.6	390.2	9.1	1021.4	23.7
1973~1980 (裁弯后调整期)	4441	322.7	7.3	104.8	2.4	427.5	9.6	159.9	3.6	11.3	0.3	235.6	5.3	246.9	5.6	834.3	18.8
1981~2002 (葛洲坝运行后至三峡运行前)	4441	291.8	6.6	79.1	1.8	370.9	8.3	132.0	3.0	10.0	0.2	172.4	3.9	182.4	4.1	685.3	15.4
2003~2014 (三峡枢纽运行后)	4111	238.7	5.8	53.8	1.3	292.5	7.1	90.2	2.2	4.218	0.1	103.3	2.5	107.5	2.6	490.2	11.9

为 10.3%，上升为三口最大分流洪道。自此以后，藕池河分流比一直大幅减小，松滋河只是持续微减，继续保持着最大分流洪道地位。说明下荆江系统裁弯是藕池河分流急剧缩减的直接原因，也是导致松滋河发展为三口最大分流洪道的基本条件。截至“三峡枢纽运行后(2003~2014)”三口年均分流比已下降至 11.9%，其中，松滋河占 7.1%，藕池与虎渡河仅占 4.8%。

2) 三口分流递减中松滋河减幅较小：以表 3 中“三峡枢纽运行后(2003~2014)”与“下荆江裁弯前(1956~1966)”两时段年均值进行比较，松滋河减少 192.6 亿 m^3 ，减幅 39.7%；藕池河减少 529.3 亿 m^3 ，减幅 83.1%；虎渡河减少 119.5 亿 m^3 ，减幅 57.0%；其减量、减幅以藕池河最大，松滋河最小。

3.4. 三峡枢纽运行后松滋河冲刷较大，但宽浅处淤积出坝埂，加剧阻流

1) 松滋河冲刷较大

三峡水库蓄水后，清水下泄，进入洪道，洪道普遍由淤积转换为冲刷[1]。松滋河和藕池河的冲刷量(见表 4)分别为 3521 万 m^3 、2321 万 m^3 ；冲刷强度分别为 1.25 万 m^3 和 0.85 万 m^3 ，松滋河的冲刷量与冲刷强度分别是藕池河的 1.52 倍和 1.47 倍；以上表明，松滋河淤积小，冲刷大，萎缩较为缓慢。

2) 松滋河在宽浅部位堆积出低矮坝埂，加剧阻流

三峡水库蓄水 11 年(2003~2013)来, 松滋河口门发生的崩岸, 集中在口门左侧边滩——百里洲头部, 长江与松滋口岸线都有较大崩坍, 见图 2。其中, 松滋口崩岸宽度为 50~70 m, 长度为 1400 m, 崩塌面积约 5.8 万 m² [6],

Table 4. Scouring and silting change of the flood channels in three outlets of the Jingjiang River after the impoundment of Three Gorges Reservoir

表 4. 三枢纽蓄水后荆江三口洪道冲淤变化表(2003~2011) (单位: 冲淤量 10⁴ m³)

水系	河名	河段范围	河长(km)	洪水河槽	平滩河槽	枯水河槽
松滋河水系	口门段	松滋口~大口	24.0	-750	-501	-293
	采穴河	大口~杨家脑	18.2	19	6	6
	西支水系	大口~张九台	115.2	-1216	-918	-443
	中支	青龙窰~小望角	31.4	-261	-313	-221
	莲子河		4.9	3	3	5
	苏支河		10.0	-98	-60	-46
	东支水系	大口~小望角	149.3	-1218	-755	-550
	松滋河	(合计)	353	-3521	-2538	-1542
虎渡河水系		口门~安乡	134.4	-1493	-985	-463
松虎洪道		新开口~肖家湾	36.0	-737	-715	-604
藕池河水系	口门段	口门~藕池镇	16.6	-227	-226	-135
	东支水系	藕池镇~沱江	160	-1072	-474	-196
	中支水系	黄金闸~毛草街	92	-552	-317	-76
	西支	藕池镇~下柴市	72	-470	-294	-263
	藕池河	(合计)	340.6	-2321	-1311	-670
三口洪道		(总计)	864	-8072	-5549	-3279

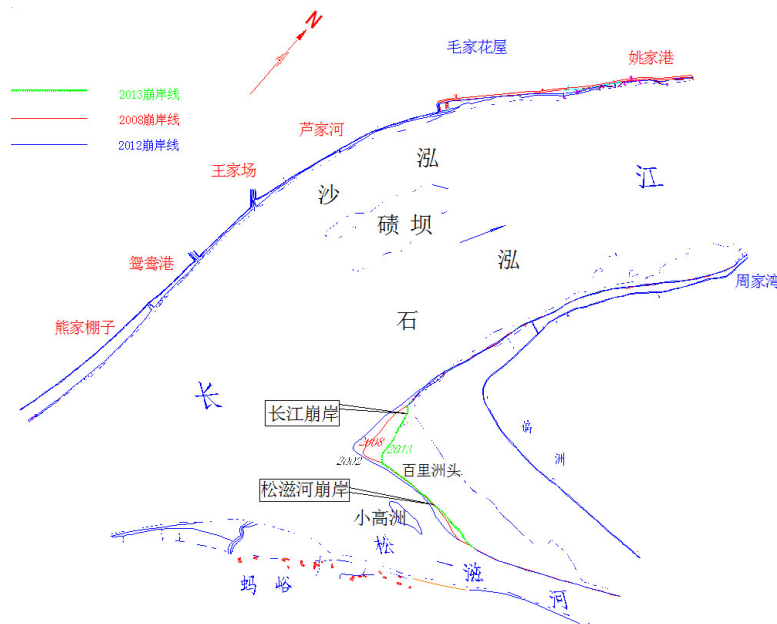


Figure 2. Location of the Songzi estuary's caved bank of the Yangtze River
图 2. 长江松滋口崩岸位置图

崩坍的泥沙大量沉积在口门内约 8 km 处叫月洼子的分汉宽浅段,并堆积成宽矮坝埂,高出枯水积水面 1.0~1.5 m,阻流加剧,使松滋河汛后断流与汛前通流的水位提高,导致年内断流时间增长。分析认为,长江三峡枢纽运行后,总体上为冲刷,而冲刷产生的泥沙在向下游输移的过程中,当经过宽浅分汉段时,由于水流分散,流速减缓,加上洪道水流本来就严重阻滞,便导致泥沙集中堆积,形成为宽矮坝埂,枯水阻流加剧。

综合以上因素说明,尽管三峡枢纽运行后,三口洪道总体上发生了冲刷,但长江进入三口的流量总在不断减少中,还有洪道自身阻流作用加剧等,致造成三口分流持续递减。

3.5. 松滋口崩岸造成重大河势变化并带来系列严重负面影响

松滋口百里洲洲头崩岸造成的重大河势变化,主要是松滋口口门左侧岸线后退,口门展宽成分汉宽浅型喇叭口,原左侧边滩根部倒套发展为左汉河道,原边滩洲脊演变为江心洲等。

1) 随着松滋河口门展宽,导致松滋河汛期分流吸溜作用相应增大,牵动口门外长江中高水位主流线进一步右移,持续顶冲口门左侧百里洲洲头岸线,由于崩岸线已被长航护岸控制,顶冲刷岸水流将有损护岸工程安全;若护岸工程牢固,则促使崩岸向护岸下游发展。

2) 随着口门崩岸向下游发展,崩岸产生的泥沙源源不断地输移到口门内宽浅分汉河段沉积,势必加快洪道淤积,加大阻流力度,延长枯水断流时间[4]。

3) 随着洪道淤积持续发展,导致松滋河快速萎缩,过流能力日渐降低,原洪道所具有的水资源调剂能力与高水分洪作用,正处在加速消减中。

综上所述,松滋口口门百里洲洲头崩岸引发的重大河势变化及其系列连锁负面影响,尤其是加速松滋河萎缩消亡进程,严重危害国计民生,因而绝不能让它继续存在和发展下去!

4. 抓紧整治松滋河

4.1. 加紧整治松滋河的目的及重要战略意义

1) 长江中游防洪的长远需要

近年荆南三口分流洪道已进入快速衰萎阶段,尤其是三峡枢纽蓄水运行后,三口分流径流量急剧减少[2]。据水文资料揭示,近几年三口分流总量仅占长江枝城站年径流量的 12%左右。而在三口中,松滋河是分流量最大的洪道,其分流量占到枝城站年径流量的 7%以上,为三口分流总量的 59.7%。若松滋河快速淤塞,则预示着三口分流洪道将由近代的快速衰萎向着基本消亡演变。

2) 洞北荆南广大地区用水的需要

三口洪道整个水网体系,近代每年有半年或半年以上不通流[2],据地方水利部门观察,最近十多年里松滋河口的断流时间,一般长达半年或以上,每年 10 月到次年 4 月都是断流的。在断流期,洪道内积水细菌繁殖,血吸虫病复而增生;洪道水网地区,民间生产生活、水运等需要洪道常年通流。所以,保留松滋河并做到终年通流,是国民经济、人民生产生活用水的迫切需求。

综上所述,永久地维护松滋河存在,不让它淤塞消失,并使它终年通流,具有重大战略意义。

4.2. 长久保留松滋河并实现终年通流的条件与工程措施

4.2.1. 长期保留松滋河并做终年通流应具备的条件

长久保留松滋河,并做到终年通流的条件有:一是长江枯水期有一定数量的水流(暂定 300 m³/s)可以供给松滋河;二是长江可供松滋河的枯水能够进入松滋河口门内;三是进入松滋河的长江枯水能够在洪道内合理分配,有序通畅流动。

经查证,2014 年枯水期,三峡枢纽下泄最小流量为 5760 m³/s(宜昌站),而且持续时间只有 1 天,大多数时

日都在 6000~6500 m³/s 流量以上；另据中国水科院分析，在现已建成的金沙江、嘉陵江、乌江上的大型枢纽水库群联合调度后，三峡水库最小下泄流量可达到 7000 m³/s，还有宜昌下游支溪如清江及地下渗流加进来，预计长江松滋口的枯水流量将通常达到 7000 m³/s 左右或以上。如若松滋口分流 300 m³/s 个流量，对松滋口下游长江上的航运、供水没有影响。这样，保留松滋河并终年通流的基本条件已经具备。

4.2.2. 实现松滋河终年通流(初步设想)的主要工程

- 1) 松滋河口门淤塞严重，需作枯水引流工程；
- 2) 松滋河洪道淤积阻流严重需作疏浚工程，并对宽浅分汊河段改造为单一窄深河道；
- 3) 串河扰乱洪道水流需进行工程控制。

5. 结论

1) 河道冲淤演变特点：松滋河形成与兴盛期较短，三峡枢纽运行前，三口洪道长期持续淤积萎缩，淤积形式为洪道不断向下游延伸与河床持续萎缩。松滋河淤积较小。三峡枢纽蓄水后，松滋河在三口洪道发生冲刷，但在宽浅分汊部位淤积成坝梗加剧阻流。

2) 三峡枢纽运行前，松滋河在三口分洪流量沿时程递减中，减幅较小，显著小于藕池河；三峡枢纽运行后，藕池河减幅缩小，松滋河变减为增；松滋河在三口分流径流量持续递减中，减幅较小，说明松滋河是在三口分流持续递减过程中发展为最大分流洪道的。

3) 三峡枢纽运行后，松滋河口门发生较大崩岸，带来较大河势变化及其系列负面影响，其要害是加速松滋河萎缩衰亡进程。

4) 抓紧治理松滋河

松滋河的治理具有重大价值，一是长江中游防洪的需要；二是洞北荆南缺水的需要。宜尽早规划实施，愈早愈主动，推迟愈加被动。

参考文献 (References)

- [1] 彭玉明, 秦凯, 陈俭煌. 荆江三口分流能力变化分析[A]. 2014 第六届全国河道治理与生态修复技术论文集[C], 100-110. PENG Yumin, QIN Kai and CHEN Jianhuang. Analysis ability change of three rivers in the Jingjiang River Diversion. The 2014 Sixth National River Management and Ecological Restoration Technology Document Assembly, 100-110. (in Chinese)
- [2] 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): 1-8. 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): 1-8. (in Chinese)
- [3] 张有兴, 廖晓红, 黎昔春, 方春明. 松滋河堵支并流整治措施研究[J]. 泥沙研究, 2008, 2(1): 52-56. ZHANG Youxing, LIAO Xiaohong, LI Xichun and FANG Chunming. Research on Songzi River branches blocking. Journal of Sediment Research, 2008, 2(1): 52-56. (in Chinese)
- [4] 穆锦宾, 张小峰, 许全喜. 荆江三口分流分沙变化研究[J]. 水利水运工程学报, 2008(3): 22-28. MU Jinbin, ZHANG Xiaofeng and XU Quanxi. Study on variation of runoff and sediment diversion from three outfalls. Hydro-Science and Engineering, 2008(3): 22-28. (in Chinese)
- [5] 长江委水文局. 2014 年度三峡水库进出库水沙特性、水库淤积及坝下游河道冲刷分析[A]. 武汉: 长江委水文局, 143-175. Bureau of Hydrology, Changjiang Water Resources Commission. Analysis on characteristics of flow and sediment characteristics, reservoir sedimentation and downstream channel of the Three Gorges Reservoir in 2014. Wuhan Bureau of Hydrology, Changjiang Water Resources Commission, 143-175. (in Chinese)
- [6] 孙苏里, 王维国, 沈健. 松滋河口门崩岸调查分析[J]. 水资源研究, 2015, 4(2): 168-173. SUN Suli, WANG Weiguo and SHEN Jian. Investigation and analysis of Songzi River outlet caving bank. Journal of Water Resources Research, 2015, 4(2): 168-173. (in Chinese)