

荆江三口分流能力变化分析

秦 凯,彭 玉 明,陈 俭 煌

(长江水利委员会 荆江水文水资源勘测局,湖北 荆州 434020)

摘要:三峡水库蓄水前,荆江三口洪道逐渐淤积萎缩,分流比沿时程减小;三峡水库蓄水运行后,三口洪道发生了普遍冲刷,导致分流能力发生变化。为进一步了解其演变趋势,以便实施合理的综合整治,利用水沙数据、河道地形资料及已有的研究成果,探讨了影响三口分流能力的主要因素。分析结果表明,荆江三口分流总体呈现逐渐减小趋势,在三峡水库蓄水初期高水分流能力有所增强。

关 键 词:三口洪道;河道演变;分流能力变化;荆江

中图法分类号:TV85

文献标志码:A

DOI:10.16232/j.cnki.1001-4179.2015.18.009

1 荆江三口洪道基本情况

荆江三口洪道为松滋口、太平口、藕池口,分别分流松滋河、虎渡河、藕池河入洞庭湖,见图 1。松滋河分为东西 2 支。东支自沙道观以下有部分汇入西支,其后在中河口又与虎渡河连通,西支自狮子口以下有一部分流入东支,因西支官垸河与五里河的流向视不同来水而定,流向不固定。

虎渡河是由太平口分泄长江水入洞庭湖的河道,在弥陀寺以下有分支至中和口注入松滋河东支;其余部分经南闸最后汇入松虎合流段。

藕池河分东、中、西 3 支。东支为主流,自藕池口经管家铺入东洞庭湖;中支在陈家岭处又分为东西 2 支,东西 2 支随后又汇合南下,与藕池河西支相汇后入南洞庭湖;西支又称安乡河。

2 分流变化

20 世纪 60 年代以来,下荆江裁弯、上游葛洲坝水利枢纽兴建、三峡水库蓄水等,对荆江三口分流的变化产生了重要影响。本次研究将三口分流变化划分 5 个时间段进行数据统计分析:① 第 1 阶段。1956~1966 年,下荆江裁弯以前。② 第 2 阶段。1967~1972 年,

下荆江中洲子、上车湾、沙滩子裁弯期。③ 第 3 阶段。1973~1980 年,裁弯后至葛洲坝截流之前。④ 第四阶段。1981~2002 年,葛洲坝截流至三峡工程蓄水前(含 1981~1998 年和 1999~2002 年)。⑤ 第 5 阶段。三峡水库蓄水初期。分析结果见表 1,2。

表 1 长江枝城与荆江三口分流量与分流比 亿 m<sup>3</sup>

阶段	起止年份	枝城/	松滋口/亿 m <sup>3</sup>		太平口/亿 m <sup>3</sup>		藕池口/亿 m <sup>3</sup>		三口合计	三口分流
		亿 m <sup>3</sup>	新江口	沙道观	弥陀寺	康家岗	管家铺	分流/亿 m <sup>3</sup>	比/%	
1	1956 ~ 1966	4515	322.6	162.5	209.7	48.8	588.0	1331.6	29.5	
2	1967 ~ 1972	4302	321.5	123.9	185.8	21.4	368.8	1021.4	23.7	
3	1973 ~ 1980	4441	322.7	104.8	159.9	11.3	235.6	834.3	18.8	
4	1981 ~ 1998	4438	294.9	81.7	133.4	10.3	178.3	698.6	15.7	
	1999 ~ 2002	4454	277.7	67.2	125.6	8.7	146.1	625.3	14.0	
	1981 ~ 2002	4441	291.8	79.1	132.0	10.0	172.4	685.3	15.4	
5	2003 ~ 2012	4090	238.3	54.0	92.1	4.52	104.2	493.1	12.0	

20 世纪 50 年代以来,荆江四口(调弦口于 1959 年封堵)年分流量(比)沿时程逐步衰减。1981~2002 年与 1956~1966 年比较,三口年均分流量由 1 332 亿 m<sup>3</sup> 减少到 485.3 亿 m<sup>3</sup>,减幅达 63.6%,见表 1。可见三峡水库蓄水前,三口分流沿时程减少。三峡水库蓄水初期 2003~2012 年与蓄水前 1999~2002 年比较,分流比也有所减小。

2003~2012 年分流情况见表 2,三峡水库蓄水后

表 2 三峡水库蓄水以来荆江三口逐年径流量与分流比

年份	枝城/ 亿 m <sup>3</sup>	松滋口				太平口		藕池口				三口合计	
		新江口/ 亿 m <sup>3</sup>	沙道观/ 亿 m <sup>3</sup>	合计/ 亿 m <sup>3</sup>	分流比/ %	弥陀寺/ 亿 m <sup>3</sup>	分流比/ %	藕池(管)/ 亿 m <sup>3</sup>	藕池(康)/ 亿 m <sup>3</sup>	合计/ 亿 m <sup>3</sup>	分流比/ %	分流量/ 亿 m <sup>3</sup>	分流比/ %
		亿 m <sup>3</sup>	亿 m <sup>3</sup>	亿 m <sup>3</sup>	%	亿 m <sup>3</sup>	%	亿 m <sup>3</sup>	亿 m <sup>3</sup>	亿 m <sup>3</sup>	%	亿 m <sup>3</sup>	%
2003	4226	256.6	69.4	326.0	7.7	105.7	2.5	129.6	7.2	136.8	3.2	568.5	13.5
2004	4218	253.2	57.7	310.9	7.4	103.7	2.5	105.1	4.6	109.7	2.6	524.3	12.4
2005	4545	300.8	76.2	377.0	8.3	122.8	2.7	136.5	7.1	143.6	3.2	643.3	14.2
2006	2928	108.7	10.4	119.1	4.1	34.3	1.2	28.7	0.5	29.12	1.0	182.6	6.2
2007	4810	256.9	61.0	317.9	6.6	99.7	2.1	120.1	5.9	126.0	2.6	543.6	11.3
2008	4281	257.0	56.1	313.1	7.3	98.7	2.3	112.9	4.0	116.9	2.7	528.7	12.4
2009	4043	215.0	48.5	263.5	6.5	86.7	2.1	91.4	3.3	94.7	2.3	444.9	11.0
2010	4195	259.6	62.4	322.0	7.7	107.0	2.6	131.3	5.8	137.1	3.3	566.0	13.5
2011	3582	161.7	22.5	184.2	5.1	47.6	1.3	43.8	0.6	44.3	1.2	276.2	7.7
2012	4724	314.0	76.1	390.1	8.3	114.4	2.4	142.5	6.4	148.9	3.2	653.4	13.8

至 2012 年,三口合计分流比在短暂的衰减后出现波动性恢复上涨,松滋口 2012 年分流比增大并且超过 2003 年的分流流量,三口分流能力有所提升。

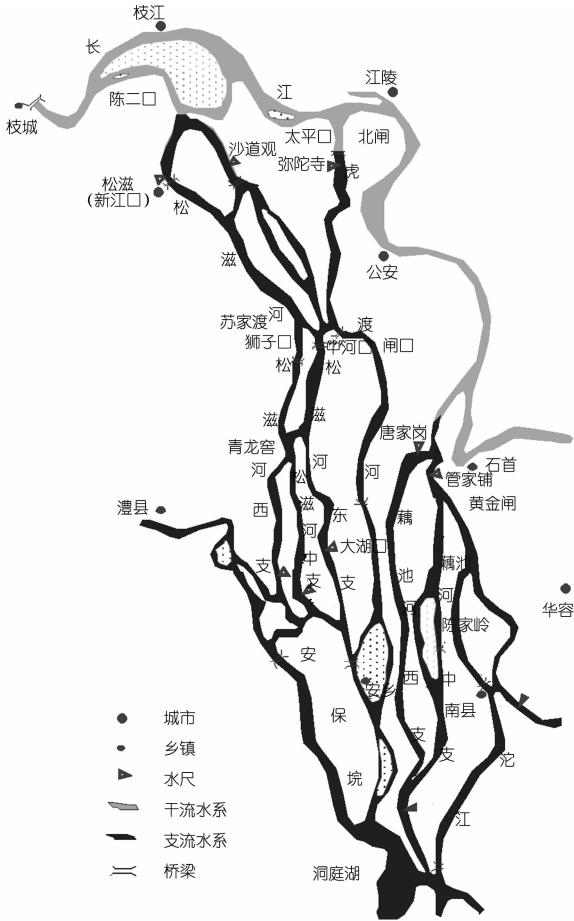


图 1 荆江河段洞庭湖三口洪道水系示意

3 分流能力变化分析

3.1 典型高洪洪峰过程三口分流变化

三口分流分沙量主要集中在每年汛期,为分析三峡水库蓄水以来汛期三口分流受长江干流和三口洪道

冲淤影响的程度以及分流能力的变化,选取了 1993 ~ 2012 年中 13 个年份典型高洪洪峰过程 3 d 分流流量及相应分流比进行对比分析,具体见表 3。

表 3 不同时段典型高洪洪峰三口分流比统计

洪次	枝城		松滋口分流比/%			太平口		藕池口分流比/%			三口	
	洪峰/ (m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> )	洪量/ 亿 m <sup>3</sup>	新江口	沙道观	合计	分流比/ %		藕池(管)	藕池(康)	合计	分流比/ %	
19930831	55900	142.1	8.8	3.5	12.3	4.1		8.7	0.8	9.5	25.9	
19960705	48200	117.2	8.6	3.2	11.8	3.5		6.0	0.4	6.4	21.7	
19980817	71600	167.0	9.7	3.9	13.6	4.4		8.9	0.8	9.7	27.7	
20020818	49800	125.5	8.4	3.0	11.4	3.7		7.2	0.5	7.7	22.8	
20030904	48800	120.7	8.2	2.9	11.1	3.7		5.4	0.4	5.8	20.6	
20040909	58700	142.0	9.0	3.2	12.2	3.6		6.7	0.5	7.2	23.0	
20050831	44800	112.4	9.2	3.2	12.4	4.1		6.1	0.4	6.5	23.0	
20070731	50200	122.3	9.2	3.0	12.2	3.7		6.4	0.4	6.8	22.7	
20080817	40300	100.1	8.7	3.0	11.7	3.5		4.9	0.3	4.2	20.3	
20090805	40100	101.7	9.0	3.1	12.1	4.0		5.1	0.3	5.4	21.5	
20100727	42600	108.4	10.3	3.4	13.7	4.8		6.8	0.4	7.2	25.7	
20110806	28700	72.3	8.5	2.4	10.9	3.3		3.2	0.1	3.3	17.5	
20120730	47500	120.2	10.6	3.7	14.3	4.2		6.5	0.4	6.9	25.4	

典型洪峰三口分流有以下特点:① 三口总分流比随枝城洪峰流量增大而增大,但各口门有所差异,藕池口随枝城洪峰流量增大而增大的趋势很明显,松滋口有所增大,太平口变化不明显;② 三峡水库蓄水运行以来,洪峰期三口总分流比有所增加,在洪峰流量基本相同的情况下,三口合计分流比由 20% 增加到 25% 左右,增幅最大的为松滋口。

3.2 高水期不同流量级三口分流变化分析

针对以上 5 个时段,统计了不同流量级三口分流流量及分流比(见图 2,3),不同流量级分流变化表现为:三口沿时程分流流量、分流比逐渐减小,分流能力逐渐减弱;分流流量随枝城站流量增大而增大,分流比在各时段变化不尽相同,荆江干流河道冲淤基本平衡期(1956 ~ 1966 年)分流比随流量的增大变化很小,枝城站流

量超 50 000 m<sup>3</sup>/s 时,三口分流比反而减小;三峡水库蓄水初期与蓄水前一时段相比较,同流量下分流量及分流比有所减小,减小幅度较小,远比前几时段的幅度小,说明三峡水库蓄水初期分流能力有所减弱,但分流能力减小的速度较缓慢。

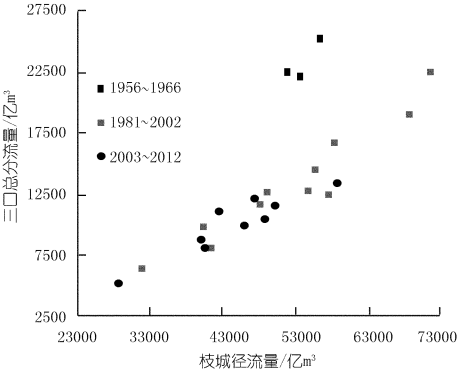


图2 典型时段高水三口总分流量变化

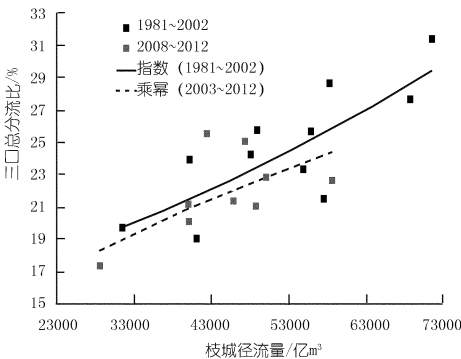


图3 典型时段高水三口总分流比变化

3.3 三口断流变化分析

2003 年前,三口洪道以及三口口门段的逐渐淤积萎缩造成了三口过流水位抬高,沙道观、弥陀寺、藕池(管)、藕池(康)4 站连续多年出现断流,且年断流天数逐步增加,尤其是特殊枯水年份,沙道观、藕池(管)、藕池(康)断流期长达半年以上,而藕池(康)站甚至断流 11 个月,累积长达 336 d,见表 4。

表 4 三口控制站年断流天数及断流时枝城站对应流量统计

时段	三口站年断流天数/d				枝城对应断流流量/(m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> )			
	沙道观	弥陀寺	藕池(管)	藕池(康)	沙道观	弥陀寺	藕池(管)	藕池(康)
1956~1966	0	35	17	213	/	4292	3925	13070
1967~1972	0	3	80	241	/	3470	4958	15950
1973~1980	71	70	145	258	4660	5180	7790	18350
1981~2002	171	155	167	248	8920	7676	8665	17390
2003~2012	199	141	185	263	10300	7080	9180	15600

三峡水库蓄水前,荆江三口断流天数增加及断流时对应枝城站流量增大,说明中低水时荆江三口口门进流条件变差,分流能力减弱。三峡水库蓄水以来,荆

江三口进口控制站中沙道观、弥陀寺、藕池(管)3 站无明显变化趋势,各站年断流天数基本稳定,说明在三峡水库蓄水运行初期荆江三口分流能力变化较小,蓄水对分流能力的影响不明显。

4 三口分流主要影响因素分析

对荆江三口分流量及分流能力的影响因素主要有干流来水过程及干流水位、干流河道的冲淤变化、口门形态、三口河道冲淤变化、洞庭湖淤积萎缩、三峡水库调度运行等因素。

4.1 荆江干流河道冲刷对三口分流影响分析

20 世纪 50 年代以来,荆江河段先后经历了下荆江裁弯和上游河段兴建葛洲坝、三峡大坝等重大水利事件,这些水利工程的实施,使荆江河道随之发生冲刷,对三口分流的变化产生了不同的影响。

为了扩大泄流量,减轻荆江河段的防洪压力,下荆江于 1966 年和 1968 年分别实施了中洲子和上车湾两处人工裁弯,沙滩子于 1972 年 7 月发生自然裁弯。3 处裁弯共缩短下荆江河道长度 78 km,也使上下荆江经历了较长时间的河床调整过程。

下荆江系统裁弯,使荆江三口分流口门分流分沙受到不同程度的影响,其中藕池口距裁弯处近,受影响大,松滋口距裁弯处远,受影响较小。下荆江裁弯是藕池河急剧淤积萎缩的主要原因<sup>[1]</sup>,下荆江裁弯引起荆江河道冲刷,同流量下水位下降见表 5<sup>[2]</sup>。

表 5 1966~1991 年同流量下水位降低(不同城陵矶水位)

流量/ (m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> )	沙市水位降低值/m			监利水位降低值/m		
5000	2.4(24)	2.14(26)	1.72(28)	0.54(18)	0.42(21)	0.21(24)
10000	1.76(26)	1.45(28)	1.18(30)	0.77(21)	0.51(20)	0.22(27)
20000	1.04(28)	0.87(30)		0.73(24)	0.48(27)	0.25(30)
30000	0.7(30)			0.43(30)		

注:括号外为水位降低值,括号内为城陵矶水位值。

葛洲坝水利枢纽一期工程于 1981 年完工,工程建成后,大部分推移质泥沙沉积在水库中,使葛洲坝下游河段推移质泥沙补给大为减少,荆江河段发生冲刷。1980~2002 年,荆江河段枯水河槽冲刷量达到 2.03 亿 m<sup>3</sup>,枯水河槽高程平均下降 0.56 m,葛洲坝运行初期(1980~1991 年),冲刷更为剧烈,荆江河段枯水河槽高程平均下降 0.51 m。

受水沙条件及荆江干流工程等影响,荆江河道总体表现为冲刷,详见表 6。

1966~2002 期间,荆江河段总体表现为冲刷,各分段洪水河槽及平滩河槽冲刷深度接近或超过 1m(石首河段除外),石首河段受 1998 年大水影响,平滩

水面线以上河槽发生淤积,基本河槽则发生冲刷。

2002 年 10 月至 2012 年 10 月期间,荆江河段普遍发生冲刷,洪水河槽(对应宜昌流量为 50 000 m<sup>3</sup>/s)冲刷量为 6.13 亿 m<sup>3</sup>,平滩河槽(对应宜昌流量为 30 000 m<sup>3</sup>/s)冲刷量为 5.71 亿 m<sup>3</sup>,平滩河槽平均冲刷深度均超过 1 m。

表 6 1996 ~ 2012 年荆江河段不同水位河槽冲刷情况

时段/年	河槽	平均河宽/	冲淤量/	平均冲淤
		m	万 m <sup>3</sup>	深度/m
1966 ~ 2002	洪水	1647	-52935	-0.95
	平滩	1329	-56833	-1.27
2002 ~ 2012	洪水	2044	-61270	-0.89
	平滩	1376	-57175	-1.23

下荆江系统裁弯、葛洲坝水利工程兴建、上游水土保持及水库群的兴建、三峡水库蓄水运行等均不同程度引起荆江河段来沙量的减少,河道冲刷下切,同流量水位降低,同时加大了口门进口处与干流河底的高程差,对三口分流有一定阻碍作用,在一定程度上削弱了荆江三口的分流能力。

4.2 三口洪道冲淤及洞庭湖萎缩的影响分析

根据已有计算成果<sup>[3]</sup>,1952 ~ 1995 年三口洪道泥沙总淤积量为 5.69 亿 m<sup>3</sup>,1995 ~ 2003 年,三口洪道枯水位以下河床冲淤基本平衡,泥沙淤积主要集中在中、高水河床,总淤积量为 0.4676 亿 m<sup>3</sup>。三峡水库蓄水运行后,三口洪道洪水河槽总冲刷量为 0.752 亿 m<sup>3</sup>,荆江三口分流口门段均表现为冲刷。

三口洪道的普遍性冲刷,尤其是口门的冲刷扩展在一定程度上加强了三口分流能力,而荆江干流的冲刷下切又削弱了三口分流分沙能力。从目前的分析结果看,三峡水库蓄水后至 2012 年,三口合计分流分沙比在短暂的衰减后出现波动性恢复上涨。由此可见,三峡水库蓄水运用以来,荆江干流冲刷对三口分流的影响小于三口洪道冲刷的影响,从而导致三口分流能力有所加强。

三峡水库蓄水运行前,三口洪道及洞庭湖区以淤积为主,泥沙的淤积使三口洪道逐年萎缩,减少了三口洪道的分流能力。淤积主要发生在高水河床,平滩以上河床的淤积量约占淤积总量的 51%,低水河床冲淤基本平衡。高洪流量级三口洪道分流能力衰减幅度较大,而中小流量级分流能力变化不大。

洞庭湖萎缩是三口洪道分流能力减小的主要原因之一。洞庭湖淤积造成三口洪道出口水位抬升,减小了出口段河道水面比降,减缓了出口流速,也加剧了三口洪道的淤积。三峡水库蓄水后,荆江三口分沙量大幅减少,洞庭湖区淤积显著减少,这也是荆江三口分流

能力减小缓慢的一个因素。

4.3 三峡水库调度对三口分流影响分析

三峡水库蓄水正常运用后改变了长江中下游天然的径流过程,主要表现在:① 汛前消落期,长江中下游流量较天然情况增加约 3 800 m<sup>3</sup>/s;② 蓄水期,日均减少流量约 5 500 m<sup>3</sup>/s;③ 枯水期,宜昌以下河道流量较天然情况增加 1 000 ~ 2 000 m<sup>3</sup>/s。

三峡水库蓄水运行后,三口五站与枝城站多年逐月月径流量年内分配发生变化。由表 7 可见,三峡水库蓄水运用前后枝城站径流量年内分配发生了较大变化,主汛期和汛末受水库防洪调度和兴利调度影响,6 ~ 10 月月径流量占年径流量比例较蓄水前有所降低,因三峡水库枯季对下游河道流量进行补给,11 月至次年 5 月月径流量占年径流量比例较蓄水前有所增加;三口五站 6 ~ 10 月月径流量占年径流量比例与蓄水前比较变化较小,主要受到两方面的影响:一是三峡水库蓄水后三口在高水分流有所减小,量很小;二是受三峡水库蓄水影响,在三峡蓄水期分流减少、三峡水库枯季对下游河道流量进行补给的条件下,枝城站流量有所加大,但荆江三口进口控制站多数处于断流状态,因此 11 月至次年 5 月月径流量占年径流量的比例变化不大。

表 7 三峡水库蓄水前后三口和枝城站年内径流分配变化统计

项目	年份	占年均径流量比例/%											
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
枝城站	1981 ~ 2002	2.66	2.48	2.80	4.15	6.82	11.18	19.14	16.26	14.82	10.43	5.78	3.48
	2003 ~ 2012	3.56	3.44	3.79	4.83	7.75	11.02	17.75	15.75	14.12	8.11	5.97	3.90
三口合计	1981 ~ 2002	0.04	0.02	0.07	0.73	3.70	11.36	29.01	23.41	19.51	9.67	2.24	0.24
	2003 ~ 2012	0.09	0.08	0.15	0.77	4.85	11.98	28.60	24.74	20.10	5.94	2.48	0.23

依据已有的寸滩加武隆与三口相关关系计算的结果<sup>[4]</sup>,汛末蓄水对三口分流量减少影响最大,175 m 蓄水 5 a 来年均约减少 70 亿 m<sup>3</sup>。可见,三口分流量的大小不仅与上游来水总量有关,与来水过程也密切相关。

4.4 枝城径流变化对三口分流影响

枝城站流量过程对三口分流有直接影响,不同时期受人类工程的影响,枝城站与三口总分流量相关关系有所差别,相关关系见图 4。由图 4 可见,不同时段三口总分流量与枝城站径流相关关系差别明显,由于受到上游来水偏枯及三峡水库调度影响,枝城站 2003 ~ 2012 年流量过程及径流量受到影响,从而对三口总分流量产生影响。利用 1973 ~ 2002 年枝城与三口分流量的相关关系,计算了三口总分流量受枝城径流变化的影响,见图 5。计算的三口分流量平均减少约 67 亿 m<sup>3</sup>,计算的样本数据虽少,但与已有的计算结果相近。

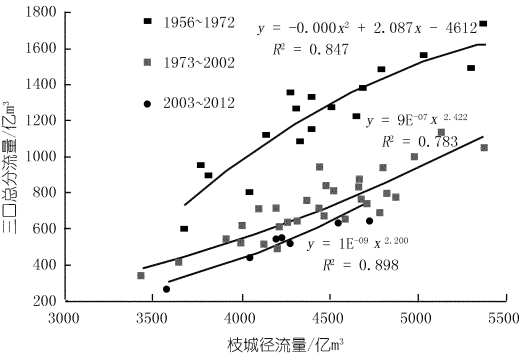


图 4 枝城站径流量与三口总分流量的关系

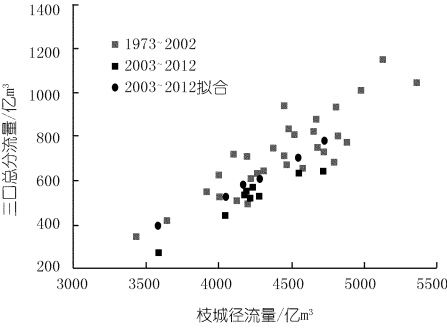


图 5 三口总分流量还原计算

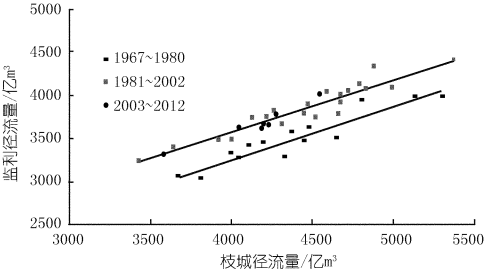


图 6 监利与枝城径流量关系

4.5 洞庭湖顶托影响

荆江与洞庭湖之间形成了复杂的江湖关系,三峡水库蓄水前,三口分流减少,同时荆江出流对洞庭湖出流顶托作用加强,尤其是下荆江系统裁弯后,加速了三口萎缩。裁弯下游河段发生淤积,顶托洞庭湖出流,造成城陵矶水位抬高,据计算<sup>[5]</sup>,20 世纪 80 年代洪水期城陵矶水位抬高 0.5 ~ 0.76 m,城陵矶水位的抬高反过来引起荆江下泄流量减少。三峡水库蓄水后,由于荆江河段来沙大幅减少,引起普遍冲刷,荆江的冲刷下切及洞庭湖的淤积减少在一定程度上减弱了荆江与洞庭湖之间的相互顶托作用。洪水期,枝城站同流量下荆江河段的下泄流量受到洞庭湖顶托的影响,三口分流流量在一定程度上受到了洞庭湖出流顶托强弱的影响。监利站与枝城站径流相关关系见图 6,1980 年以后荆江下泄流量明显增大,三峡水库蓄水后与前一时段(1981 ~ 2002 年)相比有所增大。

参考文献:

[1] 方春明.荆江裁弯造成藕池河急剧淤积与分流分沙减少分析[J].泥沙研究,2002,(4).

[2] 韩其为,何明民.从裁弯后荆江断面调整看三峡水库修建后横断面变化.三峡水利枢纽工程应用基础研究(第二卷)[M].北京:地质出版社,1997.

[3] 胡功宇.长江三峡工程泥沙问题研究(2001-2005)第四卷[M].北京:知识产权出版社,2008.

[4] 彭玉明.三峡水库调度运行对荆江三口分流及洞庭湖的影响初探[C]//第九届全国泥沙基本理论研究学术讨论会论文集,2014.

[5] 段文忠.长江城陵矶-螺山河段水位抬高及原因分析[J].水利学报,2001,2(2).

(编辑:常汉生)

Analysis on change of flow diversion capacity of three channels of Jingjiang River

QIN Kai, PENG Yuming, CHEN Jianhuang

(Jingjiang Bureau of Hydrology and Water Resources Survey, Changjiang Water Resources Committee, Jingzhou 434002, China)

**Abstract:** Before the impoundment of Three Gorges Reservoir, the three diversion channels from Changjiang River to Dongting Lake shrank gradually. After the operation of Three Gorges Reservoir, three channels are scoured and the diversion capacity changed. To further understand the evolution trend of the three channels and take reasonable and comprehensive measures, the water level, discharge and variation tendency of the diversion capacity of the three channels are analyzed by using the flow and sediment data, topographic data and the previous research results. The analysis results show that the diversion capacity of the three channels decreased in general, however in the initial impoundment period of Three Gorges Reservoir, the diversion capacity increased in flood season.

**Key words:** three out - channels of Jingjiang River; river channel evolution; diversion capacity variation; impoundment of Three Gorges Reservoir