

DOI: 10.16198/j.cnki.1009-640X.2015.02.015

刘涛. 长江下游张南上浅区航道整治效果评价[J]. 水利水运工程学报, 2015(2): 91-98. (LIU Tao. Waterway regulation works evaluation for Zhangjiazhou south branch up-shoal area of the Changjiang River[J]. Hydro-Science and Engineering, 2015(2): 91-98.)

长江下游张南上浅区航道整治效果评价

刘 涛

(长江航运规划研究中心, 湖北 武汉 430014)

摘要: 张家洲南港上浅区是长江下游著名的浅险水道之一,实施航道整治工程前,水道枯水期航道条件恶劣,航道浅情和船舶事故频发,通航安全难以保证,航道建设、管理与维护难度大。介绍了张家洲水道基本情况和航道整治工程概况,分析了张家洲南港上浅区航道整治工程前后河势条件、航道条件的变化以及整治建筑物的稳定性,对工程方案、工程结构型式及工程实施综合效果进行了评价,总结了工程实施的经验和对整治工程的后续维护与管理提出了建议。分析认为工程实施后,河势格局更趋稳定,南、北港汉道分流比变化不大,4 m线全线贯通,5 m线间断长度明显缩短,水深年际波动趋于稳定,通航条件明显改善,对下浅区的冲淤影响不大,整治建筑物总体保持稳定,达到了预期整治目标,完全能够满足4.5 m×200 m×1 050 m的航道设计标准。

关 键 词: 水路运输; 航道整治; 浅滩; 效果评价; 张家洲南港

中图分类号: U617

文献标志码: A

文章编号: 1009-640X(2015)02-0091-08

张家洲水道位于长江下游的鄂、赣、皖三省交界处,上起九江市锁江楼,下止八里江口,全长约30 km,平面形态为微弯双分汊河型。其中北港(又称左汊)弯曲,呈圆弧弓背状,南港(又称右汊)顺直,南港被官洲分为两汊,有上、下两个浅区,为长江下游重点碍航浅滩水道之一^[1-2]。1989年以前,南港由于水深严重不足,仅为中洪水主航道使用,北港为枯季主航道,但北港浅区航道维护尺度低,且维护困难。1989年后,枯水期南港分流比增大,南港航道条件得到改善,辟为全年通航的主航道,但南港内出现二级分汊,存在上、下两处浅区,且有鄱阳湖入汇,水沙条件复杂,船舶通航安全难以保证。

下浅区位于官厂至鄱阳湖口之间的过渡段,因江面放宽,水流分散,浅情最为严重,此处曾是影响张家洲水道全年畅通的关键所在。1998年长江大洪水之后,南港下浅区航道条件急剧恶化,1998—1999届枯水期有30多天达不到设计标准水深^[3],严重影响长江航运的发展。2001—2003年,对南港下浅区航道进行了整治,明显改善航道条件^[4]。

上浅区位于新港对开的放宽段,滩槽形态较稳定,一般年份枯水期加以疏浚维护即可达到现行航道尺度4.0 m×100 m×1 050 m(水深×航宽×弯曲半径)的要求。2002年后,官洲洲头前沿低滩退缩,深泓摆动幅度加大,浅区过水断面向宽浅方向发展,航道条件恶化,每逢枯水期船舶搁浅事故频繁发生,采用疏浚维护方式来保证通航条件已十分困难。交通运输部2008年批准的《长江干线航道总体规划纲要》提出^[5],到2020年,长江武汉至安庆段航道为内河Ⅰ级、水深4.5 m,通航由2 000 t或5 000 t级驳船组成的2~4万t级船队,利用自然水深通航5 000 t级海船。为改善该河段航道条件,达到文献^[5]提出的4.5 m×200 m×1 050 m航道尺度的要求,张家洲南港上浅区航道整治工程选择南港作为常年通航主汊道,结合已完成的下浅区航道整治工程取得的良好效果,采用整治建筑物束窄水流,增加浅滩流速、流量,改善张家洲南港上浅区航道条件。工程于2009年1月开工建设,2012年2月通过竣工验收。

收稿日期: 2014-08-20

作者简介: 刘 涛(1982-),男,湖北石首人,工程师,主要从事港口、航道及航运发展规划研究。

E-mail: lt14@cjhy.com.cn

2011 年初,国务院出台《关于加快长江等内河水运发展的意见》,长江航运发展上升到国家战略层面。特别是党的十八大后,国家力推长江经济带建设,国务院于 2014 年 9 月出台《关于依托黄金水道推动长江经济带发展的指导意见》,将提升长江黄金水道功能放在首位,要求加快推进长江干线航道系统治理,进一步凸显了长江航运在长江经济带建设中主通道地位和基础保障作用。面对长江航运发展千载难逢的历史机遇,以及长江流域经济社会发展的新形势与新要求,长江航道的通过能力存在不适应性,必须加强航道的系统治理。笔者进行了长江下游张家洲南港上浅区航道整治工程效果分析,以期充分了解航道整治技术的适应性,反映航道整治工程对经济社会的影响,总结形成航道整治的有益经验,促进航道整治工程技术的进步,并为长江干线航道的进一步系统整治与维护提供科学依据。

1 工程概况

1.1 建设内容与方案

张家洲河段示意图见图 1。南港上浅区航道整治工程分为官洲洲头低滩梳齿坝和南水道左岸江洲一大套口一带 4 000 m 护岸水下抛石加固两个工程,包括梳齿坝、护底带及水下加固等工程,主要建设内容为:①在官洲头部修建梳齿坝,包括一道顺坝和三道齿坝;②在官洲夹进口建一道护底带;③南水道左岸江洲一大套口一带护岸工程进行水下加固;④配套建设 1 艘 40 m 航道趸船及 8 座航道整治工程区域专用标。

梳齿坝及官洲夹进口护底带护底采用系混凝土块软体排,顺坝头部、齿坝坝体及南水道左岸护岸加固采用全抛石,顺坝中、下段坝体采用沙枕+块石及沙枕+模袋混凝土结构;顺坝接岸处采用钢丝网石笼护垫结构。

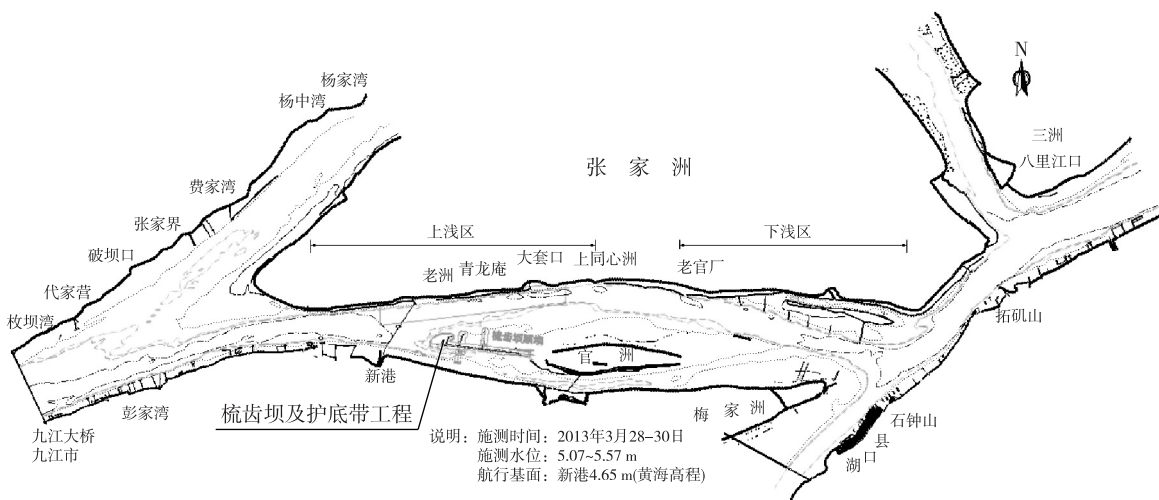


图 1 张家洲河段示意图

Fig. 1 Overview of Zhangjiazhou waterway

1.2 工程实施

施工期为 3 个枯水期,主体工程在前两届枯水期内完成。第 1 施工年度(2008—2009 年枯水期)完成梳齿坝顺坝,1#,2#,3#齿坝的护底(滩)、部分坝体工程,以及部分左岸护岸水下加固工程,及时控制河势与滩体,防止官洲头低滩的冲刷。第 2 施工年度(2009—2010 年枯水期)完成梳齿坝顺坝(除模袋混凝土)与 1#,2#,3#齿坝的剩余坝体,官洲夹进口护底带工程及剩余左岸护岸水下加固工程。第 3 施工年度(2010—2011 年枯水期)完成模袋混凝土段施工,并整理各坝体坝面,进行建设期的维护等。

工程于 2009 年 1 月开工,2011 年 3 月完成合同工程量,2011 年 11 月完成汛期加固施工,2012 年 2 月通过竣工验收。2012 年汛后,根据河道变化及工程区局部冲刷情况实施了维护加固工程。工程通过 2009—

2012年4个枯水期的实施,经过3个洪水期冲刷,工程结构总体稳定。工程完工后,张家洲南港上浅区航道通航水深条件有了较大改善,整治工程实施效果明显。

2 工程前后河势及航道条件变化

2.1 河势条件变化

2.1.1 河道变化 工程前,张家洲水道分流比的变化具有一定规律性。中洪水期南港分流,分流比年际变化呈逐渐增大趋势,1950年代平均为46.5%,1960年代平均为45.4%,1970年代平均为47.1%,1990年代至今平均为50.5%。枯水期,南港分流比年际变化也呈逐渐增大趋势,1960年代平均为46.1%,1970年代平均为44.1%,1990年代平均为52.1%,20世纪初枯水期分流比较中洪水期增加了5%~10%,达60%左右^[6]。官洲夹分流比具有中洪水期高、枯水期低的特点,枯水期分流比在10.6%~24.6%。

整治工程实施以来,南港分流比相比同期总体上变化不大。工程前的2006年11月为60.4%,2008年3月为59.1%;工程后的2011年2月为61.92%,2013年3月为65.55%,可见枯水期南港分流比仍保持在60%左右。枯水期官洲夹分流比略有增加,工程前的2006年11月为6.86%,工程后的2011年2月为12.43%,2013年3月为12.05%(见表1)。

分析认为,梳齿坝顺坝实施前,枯水期官洲头存在窄沟过流,实施后拦截了部分水流,导致官洲夹枯水期分流比略有增加,但由于水流流速较小,因而对官洲夹内的影响很小。同时,在官洲夹进口建设护底带后,护底带上方河床有所淤积,抑制了南港进口段右岸侧深槽的下探发展。由此可见,官洲夹的发展总体上被抑制,不会影响官洲左侧浅滩的冲刷发展,也避免了对下浅区整治工程效果产生影响。

2.1.2 浅滩冲淤变化 整治工程实施前,上浅区年内具有涨淤落冲的特点。年内涨水过程的淤积厚度与退水过程的冲刷厚度基本相等(见图2)。退水初期,上深槽冲刷发展,浅滩沙埂以前冲后淤的方式向下移动,浅滩脊高程变化不大;退水初期至枯水期,浅滩沙埂从后向前滚动冲刷,浅滩脊高程下降,一般年份冲刷幅度为1~3 m。从1990年至三峡水库蓄水运行前,每当水位退到枯水位时,浅区4 m线一般可以冲开,或稍辅以疏浚即可以达到;三峡水库蓄水运行后,浅区断面向宽浅方向发展,退水冲刷力度减弱,浅区枯水期4 m线中断范围加长,疏浚维护十分困难^[7]。

表1 张家洲分流比统计

Tab. 1 Diversion ratio statistics of Zhangjiazhou waterway

南港			官洲夹		
观测时间	全江流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	分流比/ %	观测时间	南港流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	分流比/ %
2006-11	10 045	60.4	2006-11	6 089	6.86
2008-03	9 179	59.1	2007-01	5 330	3.42
2010-01	9 999	62.29	2008-03	5 379	4.92
2010-11	11 760	62.14	2010-11	7 274	12.94
2011-02	11 575	61.92	2011-02	7 151	12.43
2013-03	14 397	65.55	2013-03	9 437	12.05

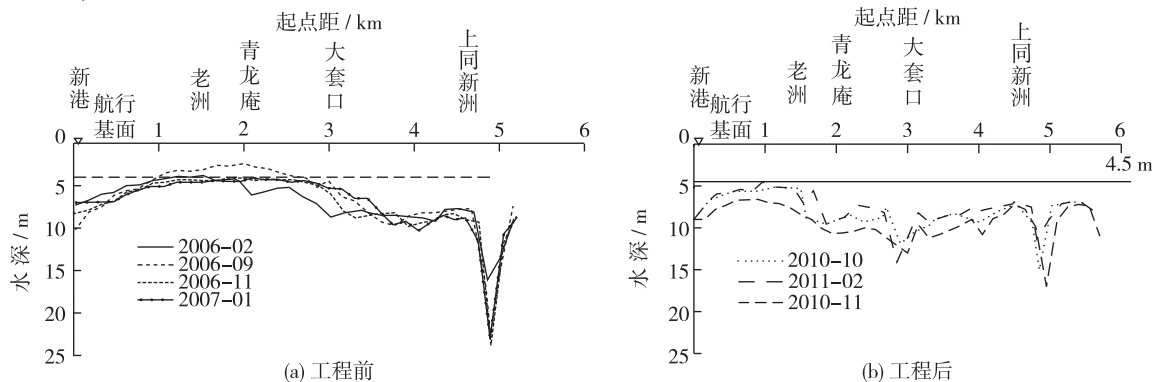


图2 工程前后上浅区深泓纵剖面退水期变化

Fig. 2 Changes of thalweg longitudinal profile in water escape period without and with regulation works

工程实施后,上浅区处航槽明显冲深、展宽,汛后深泓最浅点水深由原来的航行基面下 2 m 左右冲深至航行基面下 4 m 左右(见图 3)。同时浅滩深泓年内退水冲刷也比较明显,随着水位的退落,枯水期与汛后相比有 1~2 m 的冲深,河槽也有所拓宽,至枯水期深泓最浅点可达到航行基面下 5.5 m 左右,5 m 线宽也能达到 300 m 左右,完全能够满足设计的 4.5 m×200 m(水深×航宽)的航道尺度要求。

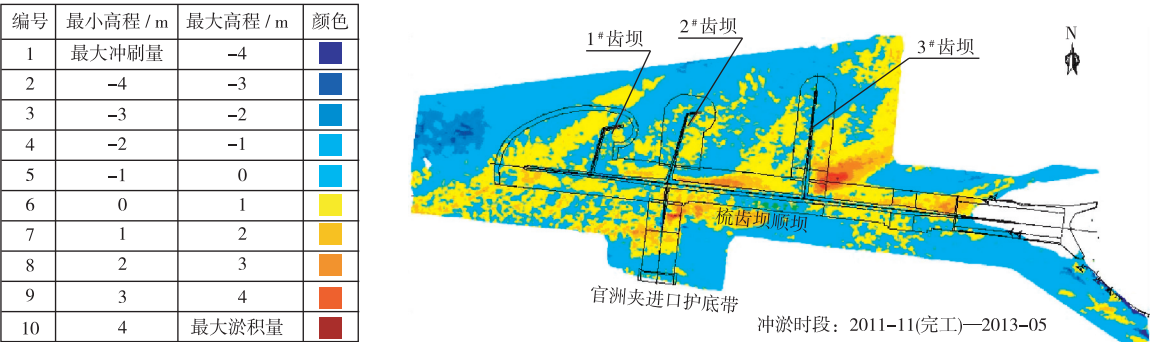


图 3 上浅区完工后冲淤变化

Fig. 3 Erosion and deposition changes of the up-shoal area with regulation works

2.1.3 河势变化总体评述 工程实施以来,南、北港汉道分流比仍保持稳定,南港上段官洲头低滩明显淤积抬高,上浅区深泓有所左摆,但相对稳定,浅滩区域汛后退水期水流集中,冲刷明显,改变了以前“边滩消长和深泓线摆动不定”的不利格局;官洲夹的发展得到了一定的抑制,而下浅区没有明显冲淤变化,未现淤浅的趋势。

2.2 航道条件变化

2.2.1 工程前航道条件 1988 年以前,张家洲水道 4 m 线贯通年份较少,逢枯季南港水深不足,有时被迫封航,航道改至北港,曾出现水深 1 m(1979 年 2 月)、封航 101 d(1964—1965 年枯水期)的情况。北港枯水期航槽狭窄多变,时有触浅现象发生,仅能维护航宽 60 m 的低标准。当航道束窄至 150 m 以下时,需设通行信号台来控制单线通航;北港曾出现过水深 3 m(1962 年 2 月)以及不足 4 m 标准水深的天数最长达 60 d(1969—1970 年枯水期)的情况,给航道畅通及船舶航行带来极大障碍,虽采用各种维护手段,仍难彻底改善枯季碍航局面^[7]。1988—1989 年枯水期后,南港开辟为全年通航的主航道,上浅区一直处于自然状态,枯水期水深在航行基准面下 4 m 左右,三峡水库蓄水运行前基本属于正常型浅滩,枯水期能够依靠水流的冲刷或稍加维护即可保持现行尺度航道的畅通^[8-9]。三峡水库蓄水运行后,上浅区浅滩形态向交错型态势发展,汛后水流分散,枯水期 4 m 线断开 1~2 km,即使进行大规模疏浚仍维护困难。

2.2.2 工程后航道条件 2008—2009 年枯水期,开始实施张家洲南港上浅区航道整治工程,官洲头低滩梳齿坝建至一定高程;2009—2010 年枯水期,主体工程基本建成。从整治以来的汛后测图看,航道整治工程效果比较明显,主要表现在官洲洲头低滩有所淤积、深泓左偏,汛后水流归槽、浅滩冲刷比较明显。工程实施后,上浅区 4 m 线全线贯通,枯水期在 300 m 以上;5 m 线航槽也有明显发展,枯水期也能达到 300 m 左右。工程前后航道 4 m 和 5 m 线的贯通与中断情况见表 2 和 3。

表 2 工程实施前张家洲上浅区航道条件

Tab. 2 Waterway conditions checklist of the up-shoal area with regulation works				m			
日 期	4 m 线	5 m 线	最小水深	日 期	4 m 线	5 m 线	最小水深
1975-10	D=1 550	D=2 460	1. 7	1997-11	T=140	D=900	4. 3
1977-10	D=1 020	D=1 390	2. 6	1998-12	D=1 000	D=1 470	2. 5
1978-01	T=230	D=740	4. 1	1999-04	T=100	D=770	4. 2

(续表)							
日 期	4 m 线	5 m 线	最小水深	日 期	4 m 线	5 m 线	最小水深
1979-11	D=60	D=850	3.6	1999-09	D=2 160	D=2 450	1.2
1980-03	T=420	T=150	4.4	2000-09	D=1 700	D=1 990	2.8
1980-10	D=2 160	D=2 990	1.2	2000-11		D=1 930	3.0
1981-01	D=2 170	D=2 460	-	2001-10	T=130	D=310	4.0
1981-03	D=650	D=2 200	4.0	2002-09	D=1 550	D=2 980	2.7
1981-10	D=1 190	D=2 580	1.3	2003-01	T=110	D=1 160	4.1
1982-10	D=2 740	D=2 960	1.4	2004-10	D=1 050	D=1 150	2.5
1987-10	T=150	D=1 750	1.4	2005-03	T=70	D=1 100	4.1
1988-10	D=2 240	D=2 700	1.8	2006-02	D=530	D=1 200	3.3
1989-10	D=2 230	D=2 970	2.3	2006-11	T=47	D=1 235	4.1
1991-10	D=2 400	D=2 870	2.1	2007-01	T=94	D=1 500	4.1
1993-09	D=2 130	D=2 870	2.0	2008-03	T=193	D=1 639	4.5
1995-11	D=1 350	D=1 630	2.6	2008-09	D=1 503	D=2 147	2.4

注：“T”表示贯通，测其最窄宽度；“D”表示间断，测其间断长度。

表 3 工程实施后航道条件							
Tab. 3 Waterway conditions checklist with regulation works							
上浅区				下浅区			
日 期	4 m 线	5 m 线	最小水深	日 期	4 m 线	5 m 线	最小水深
2010-10	T=230	T=60	5.3	2010-11	T=430	T=380	7.6
2010-11	T=250	D=440	4.5	2011-02	T=425	T=410	7.6
2011-02	T=370	T=320	6.1	2012-11	T=460	T=420	7.2
2012-11	T=360	D=70	4.8	2013-03	T=482	T=440	7.1
2013-03	T=360	T=310	5.8				

注：“T”表示贯通，测其最窄宽度；“D”表示间断，测其间断长度。

2.2.3 航道条件变化总体评述 上浅区整治后,通航条件明显改善,4 m 线全线贯通,枯水期在 350 m 以上;5 m 线航槽也有明显发展,枯水期能达到 300 m 左右,间断长度明显缩小,从千米以上降到百米以下;水深条件明显改善,水深年际波动趋于稳定,完全满足 4.5 m×200 m×1 050 m 的设计标准。同时,由表 3 可见,工程实施对下浅区影响很小,下浅区仍然保持良好的航道条件,枯水期 4 m 线宽超过 400 m,5 m 线宽保持在 400 m 左右,水深 7 m 以上。

3 整治建筑物稳定性分析

梳齿坝工程区域,从梳齿坝完工时的 2011 年 11 月地形与 2013 年 5 月地形比较来看,梳齿坝工程区域总体保持稳定。其中,顺坝区域总体上呈淤积状态,淤积幅度一般在 1 m 左右;仅局部有冲刷,经建设期维护后,已基本保持稳定。齿坝区域以冲刷为主,冲深约 1 m,1#齿坝江侧有部分淤积,淤积幅度约 1 m。官洲夹进口护底带区域,上游侧略有淤积,下游护底软体排外侧有所冲刷,但排内均保持稳定。上浅区工程完工后冲淤变化情况详见图 3。

水下护底带加固工程区域,通过实施过程中测图与 2011 年 11 月完工测图的对比,发现短丁坝矾头前沿河床冲淤变化较明显,但从工程河段岸坡地形变化来看,较测图以来的最低地形(2011 年 2 月)有不同程度的抬高,因此,可以判定左岸水下护岸加固区域基本稳定,整治工程达到了预期效果。

综合来看,上浅区航道整治工程实施以来的总体冲淤变化不大,整治建筑物总体保持稳定。

4 整治工程效果评价

4.1 工程方案评价

工程方案针对上浅区“边滩退缩,深泓摆动幅度加大,浅区过水断面向宽浅方向发展”的实际情况^[10],在官洲头部修建梳齿坝,恢复官洲头部低滩滩形,并适当加大,缩窄枯水河槽,集中水流,使汛后退水期浅滩能够及早得到冲刷;官洲夹进口修建护底带,防止官洲夹的冲刷发展,避免对下浅区整治工程产生影响;对江洲一大套口一带护岸工程进行水下加固,加强护岸工程的稳定。方案布置服从了河道治理总体规划的要求,实施局部低水整治,对两汉分流条件、防洪、堤防安全等影响不大,较好体现了“恢复并适当加高洲头低滩形态,调顺水流及抑制官洲夹发展”的总体设计思路。就实施后的工程效果而言,航道条件明显好转,达到了预期效果,说明工程治理思路正确,方案布置合理。

4.2 工程结构评价

4.2.1 结构型式与优化 工程主要结构型式有:梳齿坝、官洲夹进口护底带护底采用的系混凝土块软体排、齿坝坝体及南水道左岸护岸加固采用的全抛石、梳齿坝顺坝中下段采用的沙枕+块石及沙枕+模袋混凝土结构以及顺坝接岸处采用的钢丝网石笼护垫结构。

结构设计充分借鉴近年来的工程经验,对局部结构进行优化改进。优化内容主要有:顺坝中下段较高部位的坝顶和坝面采用整体性强、稳定性好的模袋混凝土新结构,坝芯采用沙枕;顺坝根部护坡采用钢丝网石笼护垫新结构;X排边缘采用预埋基槽+铺石进行保护;根据水流冲刷特点,采用不同的铺排方向。

4.2.2 工程结构评价 在充分发挥传统结构优势的基础上,积极探索新结构的应用与完善。在本工程中,除充分发挥传统D型排护底与块石坝体优势外,对位于河床底质较好、水深适中、流速较小的梳齿坝顺坝中下段的坝体改为模袋坝,完善了沙枕+模袋的施工工艺。同时,积极实践生态护坡结构型式,如梳齿坝顺坝根部中高水位时出露,具备生态护坡条件。在初步设计阶段将顺坝根部护岸由X型排改为钢丝网石笼护垫,保留了植物的生长条件,有利于生态修复。工程结构的改进,丰富了长江航道整治工程的技术经验。

从工程实施及运行情况看,工程结构的改进效果良好,工程区域总体保持稳定,结构设计符合工程实际,节约了工程材料,施工或维护简便易行,工程对环境的影响较小。

4.3 工程效果评价

(1)改善了航道条件,实现了该水道2020年航道建设标准。通过整治,使得官洲洲头低滩淤积、枯水期深泓左偏,汛后浅滩冲刷明显,中枯水河槽保持稳定,水流平顺。遏制了上浅区浅滩交错型发展的态势,改善了汛后维护条件,缓解了枯水期船舶搁浅事故频发的局面。测图显示,2010年10月2日,航槽5m线贯通,最窄处4m线宽达230m;到2011年2月,最窄处5m线宽度达320m;2013年3月,浅滩区最窄处5m线宽度也达到了310m。可见,浅滩处已完全满足4.5m×200m×1050m的航道设计标准。

(2)抑制了官洲夹进口的进一步发展,有效保障了下浅区航道条件的稳定。工程实施前,官洲夹进口存在一定的发展趋势,出口正对下浅区,一旦进口冲刷发展,一方面易导致南港上段水流分散,影响上浅区集中水流冲刷^[11];另一方面可能影响下浅区航道条件。通过官洲夹进口护底带建设,护底带上游侧河床有所淤积,官洲夹的发展基本被抑制,不会影响官洲左侧浅滩的冲刷发展,也避免了对下浅区航道的影响。

(3)对沿岸防洪和区域经济社会发展有积极作用。本工程方案与水利部门的规划保持充分的协调,工程对南港左岸江洲一大套口一带岸线进行了水下抛石加固,保护了江堤安全。同时,工程实施以来,水道左右汉分流比基本稳定,未对该水道的行洪产生不利影响。另外,随着航道条件和航行安全形势的改善,水运地位得到提升,对沿岸港口及经济社会发展将起到积极促进作用。

(4)积累了工程建设新经验,改善了工程区生态环境。工程实施过程中,根据航道、港口、防洪、环境保护等方面的要求,提出了梳齿坝的平面布置型式,对梳齿坝的布局进行了深入的动床模型试验论证,梳齿坝

工程既能集中水流冲刷上浅区,提高航道尺度,也不影响官洲夹进口段小型船舶的通航;完善了沙枕+模袋的施工工艺,梳齿坝顺坝中下段坝体改为模袋坝,工程用沙可就地取材,减少石料用量,提高施工效率,整体性好;积极实践生态护坡结构型式,如梳齿坝顺坝根部采用钢丝网石笼护垫,中高水位出露时具备生态护坡条件,保留了植物生长条件,工程后生态迅速恢复,基本可免除工程后的维护。

5 结 语

张家洲南港上浅区航道整治工程的工程方案符合河道治理总体规划的要求,较好地体现了“恢复并适当加高洲头低滩形态,调顺水流及抑制官洲夹发展”的设计思路。工程区域总体保持稳定,工程结构和工艺改进利于生态保护,易于施工或维护。工程实施后,航道条件得到了明显改善,达到了设计航道尺度,提前实现了文献[5]提出的目标,整治效果十分明显。长江中下游宜昌至浏河口,总长 1 643.6 km 的河道内有分汊水道 41 个,其中中游支汊 25 个,下游支汊 23 个,水道总长约 799.5 km^[12]。沿江经济社会和长江航运的蓬勃发展,对长江支汊河道资源的需求和要求日益提高,支汊航道的充分利用越来越受到社会各方的关注。张家洲水道左右两汊均为通航河道,是一种典型的对称型支汊航道,长江干线支汊航道分布广泛,有特性但也具共性,通过对南港上浅区的整治,支汊航道治理的研究与技术水平得到提升,可为长江中下游其他支汊河段的航道整治提供参考与技术支撑。

整治建筑物经过近期洪水的考验,总体比较稳定,但由于其适应河床的变化调整需要一个相对较长的时间,因此应继续跟踪其变形情况,进行必要的维护,以保证建筑物稳定与整治效果的持续发挥。同时,从工程实施过程中的测图来看,官洲夹进口护底带及官洲头低滩梳齿坝左侧局部水域存在非法采砂现象,不利于河势及航道条件的稳定,甚至可能会影响整治建筑物功能的发挥,官洲洲头的稳定与完整有利于限制官洲夹进口段过度展宽^[13],建议有关部门在加强守护工程维护力度的同时加强采砂管理。

参 考 文 献:

- [1] 李根. 长江张南水道通航环境安全评价研究[D]. 武汉:武汉理工大学,2006. (LI Gen. The safety assessment research about navigation environment of the Zhangnan waterway of the Yangtze River[D]. Wuhan:Wuhan University of Technology, 2006. (in Chinese))
- [2] 吴祥华, 陈凤玉. 长江武穴水道航道整治工程影响分析[J]. 水利水运工程学报, 2005(4): 61-65. (WU Xiang-hua, CHEN Feng-yu. Influence analyses of regulation works in Wuxue waterway of the Yangtze River[J]. Hydro-Science and Engineering, 2005(4): 61-65. (in Chinese))
- [3] 黄召彪. 长江下游张家洲南港航道整治工程初步设计[R]. 武汉:长江航道规划设计研究院, 2001. (HUANG Zhao-biao. Waterway regulation works preliminary design of Zhangjiazhou Nangang of the Yangtze River[R]. Wuhan: Changjiang Waterway Planning Design and Research Institute, 2001. (in Chinese))
- [4] 李文全, 黄召彪, 邓晓丽, 等. 张家洲南港下浅区航道整治工程方案试验研究及整治效果分析[J]. 水运工程, 2010(3): 97-102. (LI Wen-quan, HUANG Zhao-biao, DENG Xiao-li, et al. Model experiment and effect analysis of waterway regulation works of Zhangjiazhou Nangang downstream the Changjiang River [J]. Port & Waterway Engineering, 2010(3): 97-102. (in Chinese))
- [5] 交通运输部. 长江干线航道总体规划纲要[R]. 武汉:长江航务管理局, 2008. (Ministry of Transport. Changjiang River waterway planning program[R]. Wuhan: Changjiang River Administration of Navigational Affairs, 2008. (in Chinese))
- [6] 李文全, 邓晓丽, 雷家利, 等. 长江下游张家洲南港上浅区演变分析及航道治理措施研究[J]. 水运工程, 2009(12): 131-135. (LI Wen-quan, DENG Xiao-li, LEI Jia-li, et al. Evolution analysis of the upper shallow area and study on waterway regulation measures of Zhangjiazhou Nangang downstream the Changjiang River[J]. Port & Waterway Engineering, 2009(12): 131-135. (in Chinese))
- [7] 许全喜. 三峡工程蓄水运用前后长江中下游干流河道冲淤规律研究[J]. 水力发电学报, 2013, 32(2): 148-156. (XU Quan-xi. A study of sediment deposition and erosion patterns in the middle and lower Changjiang mainstream after operation of TGR[J]. Journal of Hydroelectric Engineering, 2013, 32(2): 148-156. (in Chinese))

- [8] 刘怀汉, 何明宪. 三峡工程 135m 蓄水运用对长江中游航道的影响[J]. 水利水运工程学报, 2003(1): 49-52. (LIU Huai-han, HE Ming-xian. Influences of 135-m-height storage of Three Gorges Project on the middle-reach channel of the Yangtze River [J]. Hydro-Science and Engineering, 2003(1): 49-52. (in Chinese))
- [9] 薛小华, 黄召彪. 长江下游张家洲水道近期河床演变分析[J]. 水运工程, 2008(8): 116-121. (XUE Xiao-hua, HUANG Zhao-biao. Analysis of river bed evolution for Zhangjiazhou waterway downstream the Yangtze River [J]. Port & Waterway Engineering, 2008(8): 116-121. (in Chinese))
- [10] 李文全, 张伟, 邓晓丽, 等. 长江张家洲南港浅滩航道整治工程试验研究及整治效果分析[J]. 水利水电快报, 2010, 31(1): 11-15. (LI Wen-quan, ZHANG Wei, DENG Xiao-li, et al. Channel improvement project experimental study and regulation effect analysis of Zhangjiazhou Nangang of the Yangtze River [J]. Express Water Resource & Hydropower Information, 2010, 31(1): 11-15. (in Chinese))
- [11] 马爱兴, 曹民雄, 王秀红, 等. 长江中下游航道整治护滩带损毁机理分析及应对措施[J]. 水利水运工程学报, 2011(2): 34-40. (MA Ai-xing, CAO Ming-xiong, WANG Xiu-hong, et al. Failure mechanism and relevant measures for beach protection band in lower-middle reaches of the Yangtze River [J]. Hydro-Science and Engineering, 2011(2): 34-40. (in Chinese))
- [12] 彭东方, 张妍妍, 刘涛, 等. 长江干线中下游支汊河道通航条件研究[R]. 武汉: 长江航运规划研究中心, 2014. (PENG Dong-fang, ZHANG Yan-yan, LIU Tao, et al. Channel conditions study on branch waterway of middle and lower reach of the Changjiang River [R]. Wuhan: Navigational Planning & Research Center of Changjiang River, 2014. (in Chinese))
- [13] 王业祥, 李义天, 朱玲玲. 长江中游嘉鱼-燕子窝河段演变机理及发展趋势研究[J]. 泥沙研究, 2012(2): 1-6. (WANG Ye-xiang, LI Yi-tian, ZHU Ling-ling. Analysis of evolution mechanism and tendency of Jiayu-Yanziwo section in middle Yangtze River [J]. Journal of Sediment Research, 2012(2): 1-6. (in Chinese))

Waterway regulation works evaluation for Zhangjiazhou south branch up-shoal area of the Changjiang River

LIU Tao

(*Navigational Planning & Research Center of Changjiang River, Wuhan 430014, China*)

Abstract: The Zhangjiazhou waterway is one of the navigation hindering reaches of the downstream Changjiang River. Before the completion of the waterway regulation works, the channel was in a very bad condition during the dry season, and navigational accidents occurred frequently. It was difficult to ensure navigation safety because of having many difficulties in waterway construction, management and maintenance. In this paper, the basic situations and regulation works are presented, and the changes in the river regime, waterway conditions and the stability of the regulation works before and after the completion of construction are analysed. Based on the summation of operation experiences from the regulation works, it is suggested that the ongoing management and maintenance must be done for the regulation works in the future. The practical operation of the regulation works shows that the river regime is more stable; the south and north branches have little changes in diversion ratio; the navigation conditions are significantly improved; all the channel has a depth of 4 m; and an interval length of the depth of 5 m is shortened greatly, therefore, the annual fluctuation of water depth tends to be stable. Having little effect on the scouring and deposition along the lower shallow area, the overall regulation works have achieved the expected remediation goals, and completely met the design standards of 4.5 m×200 m×1 050 m for the navigation channel.

Key words: waterway transport; waterway regulation; shoal; effect evaluation; Zhangjiazhou south branch