

新水沙条件与整治工程下和畅洲汉道演变分析

范红霞, 王建中, 朱立俊

Riverbed evolution characteristics in the Hechangzhou braided reach under new flow-sediment conditions and waterway regulations

FAN Hongxia, WANG Jianzhong, ZHU Lijun

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12170/20210208004>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

长江宜昌—监利段河床冲淤对宜昌站水沙变化的响应

Response of riverbed evolution of Yichang–Jianli reach of the Yangtze River to water and sediment conditions of Yichang Station

水利水运工程学报. 2020(4): 48 <https://doi.org/10.12170/2019062004>

长江下游新生洲洲头分流段演变特征及洲头守护措施

Evolution characteristics and protection measures for diversion section of Xinshengzhou shoal head in lower Yangtze River

水利水运工程学报. 2017(2): 91 <https://doi.org/10.16198/j.cnki.1009-640X.2017.02.012>

不同水文条件下通州沙河段沿程分流分沙特征

Water–sediment diversion ratio along Tongzhousha shoal reach under different hydrological conditions

水利水运工程学报. 2017(3): 1 <https://doi.org/10.16198/j.cnki.1009-640X.2017.03.001>

流域水沙变化和人类活动对长江口河槽演变的影响

New trends of river channel evolution of the Yangtze River estuary under the influences of inflow and sediment variations and human activities

水利水运工程学报. 2021(2): 1 <https://doi.org/10.12170/20200313001>

深水航道整治中新型结构淹没丁坝水流力特性研究

Flow force characteristics of new-type structure submerged spur dike during deep waterway regulation

水利水运工程学报. 2018(3): 16 <https://doi.org/10.16198/j.cnki.1009-640X.2018.03.003>

黄河内蒙段泥沙组成与力学运动特征

Sediment fraction and its mechanic movement characteristics in Inner Mongolia reach of Yellow River

水利水运工程学报. 2017(3): 16 <https://doi.org/10.16198/j.cnki.1009-640X.2017.03.003>



扫码进入官网，阅读更多精彩文章



关注微信公众号，获得更多资讯信息

DOI:10.12170/20210208004

范红霞, 王建中, 朱立俊. 新水沙条件与整治工程下和畅洲汉道演变分析 [J]. 水利水运工程学报, 2021(5): 19-26. (FAN Hongxia, WANG Jianzhong, ZHU Lijun. Riverbed evolution characteristics in the Hechangzhou braided reach under new flow-sediment conditions and waterway regulations[J]. Hydro-Science and Engineering, 2021(5): 19-26. (in Chinese))

新水沙条件与整治工程下和畅洲汉道演变分析

范红霞, 王建中, 朱立俊

(南京水利科学研究院 港口航道泥沙工程交通行业重点实验室, 江苏 南京 210029)

摘要: 和畅洲汉道是长江下游典型的江心洲分汉型河道,也是长江下游历史上演变最剧烈的河段之一。三峡水库蓄水后河段来沙大幅减少,和畅洲汉道演变与航道条件随之改变,为了抑制左汉发展、改善右汉航道条件,水利、交通部门先后在左汉口门、上中段修建了三道水下潜坝。在大量实测资料的基础上,分析了新水沙条件和整治工程双重作用下和畅洲汉道及其上游六圩弯道河床演变特征。分析结果表明:2009年后六圩弯道河床持续下切,伴随着局部岸线崩退和心滩发育等不利变化;三道潜坝限流作用显著,2019年左汉实测分流比约为64%,较2002年最高76%时下降12%;右汉河床经历了缓慢淤积到由淤转冲再到普遍冲刷的阶段性变化,航道条件得到改善;但左汉潜坝下游河床产生明显的局部冲刷,且发生两次崩岸事件,应引起重视。

关键词: 和畅洲汉道;新水沙条件;整治工程;演变特性

中图分类号: TV147

文献标志码: A

文章编号: 1009-640X(2021)05-0019-08

长江中下游广泛发育有江心洲分汉河道,上游众多干、支流水库的调蓄运行,显著改变了坝下游河段水文泥沙过程。对江心洲河道演变特征和规律的分析是河流地貌研究的重要组成部分,掌握新水沙条件运行下分汉河道演变特性与趋势,对河道治理、航道开发和保护与修复等具有重要意义^[1-5]。和畅洲汉道位于长江镇扬河段下段,是长江下游典型的江心洲分汉河道,历史上多次主支汉易位,是长江下游演变剧烈的河段之一,历经多次治理。众多学者对其演变特征与治理效果开展了相关研究^[6-10]。2003年三峡水库蓄水前,上段人工护岸限制形成的六圩弯道稳定少变,但和畅洲左汉(自然江面,不通航)持续冲刷发展,右汉(长江主航道)持续单向淤积萎缩,不利于河道治理和航运发展。为了限制左汉发展,2002年水利部门开始实施口门控制工程,2003年主体潜坝工程基本完工,工程后左汉迅猛发展的势头得到初步遏制,但右汉水动力仍显不足,河床仍缓慢淤积,航道条件继续恶化。为了提升右汉主航道通航能力,2015年交通部门在左汉上中段新建了两道潜坝,工程后左汉分流比进一步减少,两汉持续冲刷,尤其左汉潜坝区局部冲刷显著。受三峡工程运行后新水沙条件的影响,以及河道治理与航道整治工程的作用,和畅洲汉道及其上游六圩弯道河床演变出现了新的变化特征^[11-13]。

本文在大量实测资料基础上,分析了近年来新水沙条件和人类活动双重作用下和畅洲汉道演变特征,为相关部门把握和畅洲汉道演变趋势、监测潜坝工程运营安全和航道维护管理提供支撑,也为类似分汉河道治理提供借鉴。

收稿日期: 2021-02-08

基金项目: 国家重点研发计划资助项目(2018YFC0407802; 2018YFC0407803); 中央级公益性科研院所基本科研业务费项目(Y220011)

作者简介: 范红霞(1981—),女,江苏盐城人,高级工程师,主要从事河流海岸工程水动力与泥沙研究工作。

E-mail: hxfan@nhri.cn

1 河段特性

1.1 河道概况

和畅洲汉道位于长江镇扬河段下段,上游为六圩弯道,下游为大港水道,河道形势见图 1。世业洲尾—沙道口为六圩弯道,平面形态为单一河弯,左侧为深槽、右侧为征润洲边滩;0 m 河床平均河宽 1 624 m,平均水深 20.5 m。沙道口—和畅洲尾为和畅洲汉道,左汊为主汊,自然江面,未开通航道,2019 年实测分流比约 64%,0 m 河床平均河宽 1 236 m,平均水深 23.5 m;右汊为支汊,为长江主航道,分流比约 36%,0 m 河床平均河宽 895 m,平均水深 13.7 m。和畅洲汉道汇流口—五峰山为大港水道,全长约 8 km,0 m 平均河宽 1 301 m,平均水深为 24.6 m(表 1)。

表 1 和畅洲汉道 0 m 河槽断面要素统计 (2019 年)
Tab. 1 The 0 m section characteristics of Hechangzhou branch in 2019

分段	断面要素				
	河宽/m	面积/m ²	水深/m	宽深比	
六圩弯道	1 624	30 463	20.5	1.96	
和畅洲汉道	左汊	1 236	27 776	23.5	1.49
	右汊	895	11 918	13.7	2.19
大港水道	1 301	31 291	24.6	1.46	

和畅洲汉道汇流口—五峰山为大港水道,全长约 8 km,0 m 平均河宽 1 301 m,平均水深为 24.6 m(表 1)。

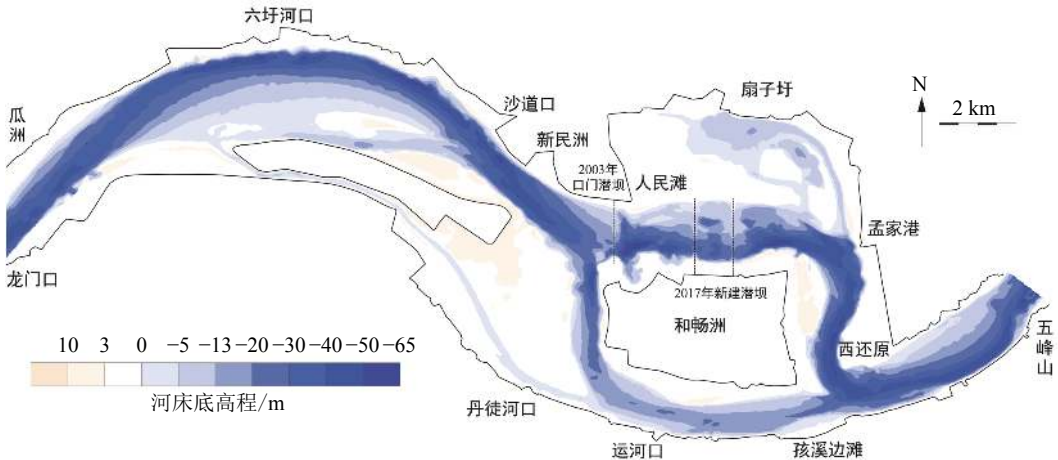


图 1 和畅洲汉道及其上下游河势(2019 年 4 月)

Fig. 1 River regime of upper and lower reaches of Hechangzhou branch (Apr. 2019)

1.2 水沙特性

1.2.1 年径流总量与输沙总量 本河段水沙特性以上游大通水文站资料为代表,三峡水库蓄水前后大通水文站径流总量均值分别为 9 080 亿 m³ 和 8 444 亿 m³,径流总量在三峡水库蓄水前后变化不大,见图 2。多年平均流量、平滩流量及多年平均洪峰流量分别为 28 500、48 150 和 59 400 m³/s。自 1951 年以来,大通水文站输沙总量呈阶段性减少,2003 年三峡工程运行后减幅更加显著。2003—2018 年大通水文站输沙总量均值 1.34 亿 t,与水库运行前 1951—2002 年的 4.71 亿 t 相比减幅达 70%,见图 3。

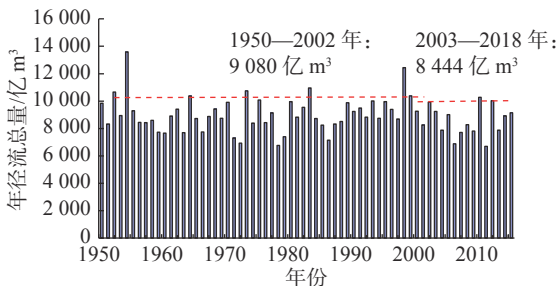


图 2 大通水文站径流总量历年变化

Fig. 2 Change of total runoff discharges of Datong hydrological station over the years

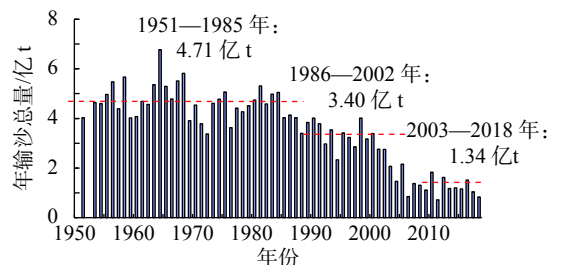


图 3 大通水文站输沙总量历年变化

Fig. 3 The total sediment transport changes of Datong hydrological station in recent years

1.2.2 潮位特征 本河段属感潮河段,但距河口较远,潮波变形十分显著,潮汐作用相对较弱。据镇江北固山水位站近40余年资料统计,历年最高潮位6.7 m,最低潮位-0.65 m,最大潮差2.32 m,最小潮差0 m,多年平均潮差为0.96 m。潮位平均落潮历时与涨潮历时的比值为3:1,涨潮历时为3.25 h,落潮历时为9.17 h。

1.2.3 悬沙含沙量与泥沙粒径 根据实测资料统计,2010年枯季河段含沙量 0.03 kg/m^3 ,悬移质中值粒径均值 0.008 mm ,床沙中值粒径均值 0.15 mm 。2013年洪季含沙量 $0.14\sim 0.20 \text{ kg/m}^3$,悬移质中值粒径范围 $0.006\sim 0.010 \text{ mm}$,床沙中值粒径均值 0.24 mm 。2017年洪季含沙量 $0.05\sim 0.09 \text{ kg/m}^3$,悬移质中值粒径 0.013 mm ,床沙中值粒径范围 $0.14\sim 0.36 \text{ mm}$,均值为 0.18 mm 。新水沙条件运行后,本河段含沙量显著减小,床沙中值粒径变化不大,但悬移质中值粒径由2010年的 0.008 mm 增加至2017年的 0.013 mm ,有加粗的趋势。

1.3 河道边界

本河段大部分岸段尤其北岸河床边界为现代长江冲积形成的岸滩,具有上层为河漫滩相亚黏土、下层为河床相粉细砂的二元结构,抗冲性差、易被冲刷,也易形成崩窝,六圩弯道北岸历史上强烈崩退,和畅洲洲体左缘也数次发生窝崩。和畅洲右汉—五峰山处于南岸为宁镇山脉北麓,土质较坚硬,江岸抗冲性较强。

2 和畅洲水道治理工程概况

2.1 2002—2003年左汉口门控制工程

长江镇扬河段和畅洲左汉口门控制工程位于和畅洲汉道左汉进口(位置见图1),主体工程为一道变坡塑枕潜坝,于2002年6月开工,2003年9月完成全部主体工程。坝顶平台高程自左岸至右岸分别为+4 m、-20 m和+4 m,阻水面积比约37%,坝顶宽度10 m,总长度为1 600 m,上、下游侧平均边坡为1:2.5和1:3.0。潜坝设计纵剖面结构型式见图4。

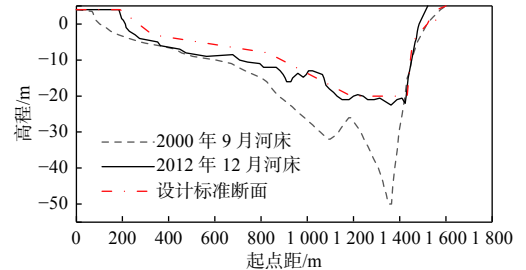


图4 2003年水利部门兴建口门潜坝形态
Fig. 4 The section of the first submerged dam

2.2 2015—2017年深水航道二期整治工程

和畅洲汉道是长江南京以下12.5 m深水航道6个重点整治碍航浅段之一,二期工程主体内容为在左汉上中段新建两道变坡潜坝(见图1)。新建1#潜坝距离已建口门潜坝2100 m,1#与2#潜坝相距1000 m,潜坝结构为变坡型式,自左岸至右岸坝顶深槽高程分别为+4 m、-6 m、-18 m和+4 m,两潜坝阻水面积比分别为44.0%和37.4%,潜堤断面见图5。二期工程于2015年6月开工建设,2017年6月整治建筑物工程完工,2018年5月试运行,2019年5月实现竣工验收。

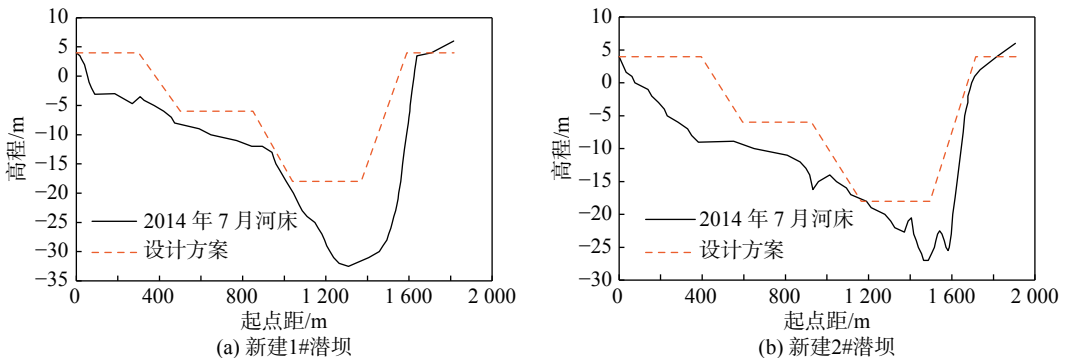


图5 航道部门新建潜坝设计剖面

Fig. 5 Profiles of the two new submerged dams

3 近年来和畅洲汉道演变特征分析

和畅洲汉道历史上河势演变剧烈,河道演变与人类活动密切相关,上游六圩弯道在强烈干预下形成人工河弯,和畅洲体形成独特的长方形外形。2003年以前,六圩弯道河岸基本稳定,深槽小幅摆动,河势总体稳定;和畅洲汉道左汉占据绝对主汉地位,呈进一步发展态势,不利于左岸防洪与右岸经济发展。2003年后,三峡水库蓄水运行,河段输沙量锐减,为遏制左汉继续扩大、右汉缓慢萎缩的趋势,改善右汉深水航道条件,水利与交通部门先后实施了相应的整治工程,在新水沙条件与强烈的人工干预下,和畅洲汉道演变呈现新的特征,且河床还在动态响应调整过程中。

3.1 六圩弯道

三峡水库蓄水后六圩弯道演变于2003—2009年、2009—2017年、2017—2019年间呈阶段性变化:

(1)洲滩及岸线平面变化。在总体河势相对稳定的前提下,弯道北岸因崩岸出现局部岸线后退(Lw14—15断面);征润洲边滩先小幅淤积后明显冲刷后退;与原焦南航道连接的焦南串沟明显冲深,水道内0 m线贯通;征润洲边滩外心滩淤涨淤高加快且有并滩迹象(见图6)。

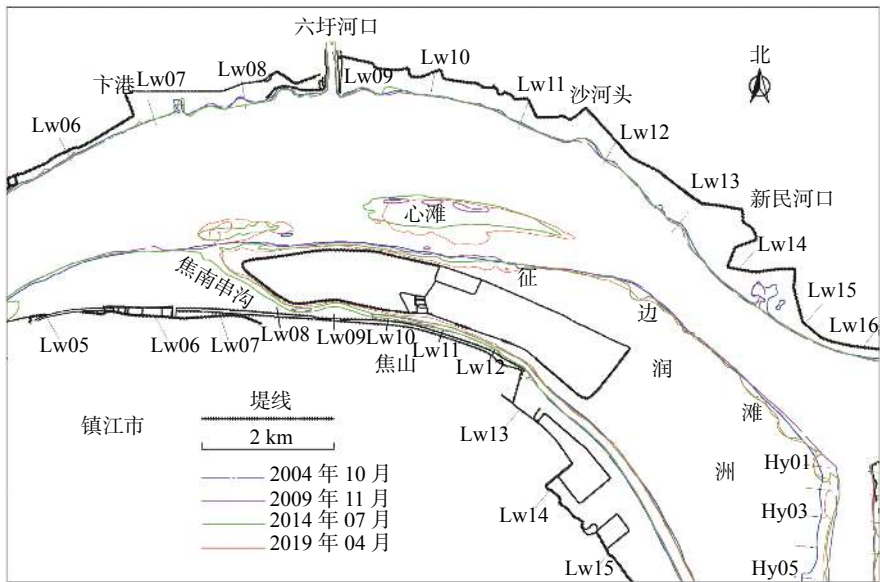


图6 六圩弯道2003—2019年0 m线平面变化

Fig. 6 Plane changes of 0 m depth contour in Liuwei bend from 2003 to 2019

(2)深槽变化。2003年后六圩弯道深槽总体呈向南冲刷扩大之势,同时槽尾向南(右汉)偏转。以-30 m深槽为例,2004—2009年六圩河口以下槽身冲刷小幅扩大,和畅洲汉道分流区槽尾小幅上提且向右汉偏转,2009年后整体明显展宽,槽尾向左汉下挫400余米,具体见图7。

(3)断面要素。2003年前,六圩弯道形态已基本适应长江来水来沙条件的变化,平均河床断面面积、平均水深、河槽容积等要素变动不大;2003—2016年,河床总体呈冲刷下切趋势,尤其是2010—2016年更为显著,平均断面面积扩大12%、平均水深增加2.1 m,2016年后冲刷速率放缓,平均水深略有减少,见表2。2010年后六圩弯道持续冲刷下切,是三峡工程运行后新水沙条件下,清水下泄引起的长距离冲刷在本河段的河床变化响应的结果。

(4)河床冲淤。2003—2009年深槽冲刷为主、洲滩淤积为主(见图6~9和图10(a)),总体呈“淤滩冲槽”的特征,0 m河槽容积保持在4.7亿 m^3 以内;2009—2016年河床呈冲刷之势,征润洲尾冲刷尤为明显,心滩则略有淤积,河槽容积突破5.2亿 m^3 (见图8和图10(b));2017年后左汉新建潜坝主体完工,河床下切趋势变缓,下段深槽略有回淤,河床回淤0.1亿 m^3 (见图8和图10(c)及(d)),2017年与2019年0 m河槽容

积分别为 5.17 亿 m^3 和 5.19 亿 m^3 。六圩弯道河床冲淤变化主要受控于新水沙条件,但 2017 年后下段深槽小幅回淤且南偏与新建潜坝工程后分流点上提相关。

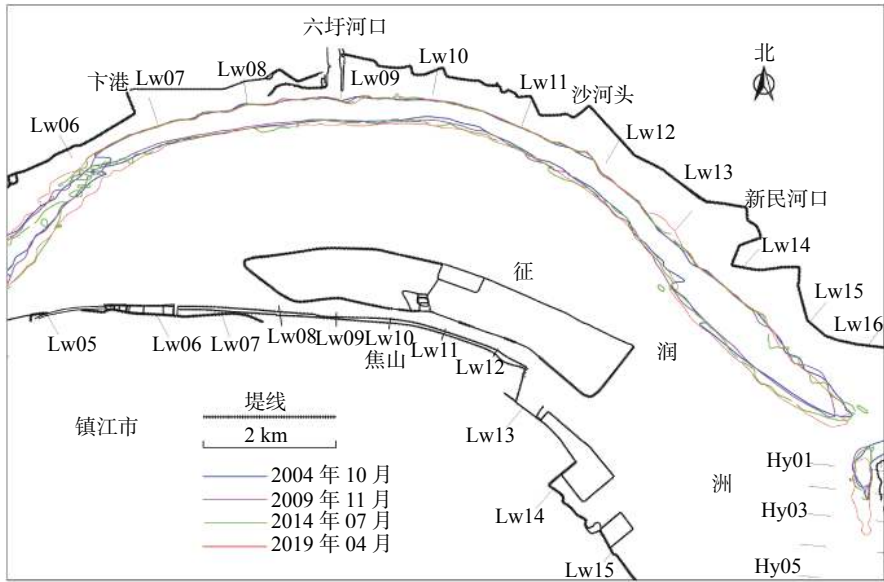


图7 六圩弯道 2003—2019 年-30 m 线平面变化

Fig. 7 Plane changes of -30 m depth contour in Liuwei bend from 2003 to 2019

3.2 和畅洲汉道

3.2.1 汉道分流比 历史上六圩弯道与和畅洲汉道河势演变剧烈,和畅洲主支汉曾多次易位。1986 年前左汉为支汉,1977 年人民滩鹅头切割后左汉持续发展,至 1986 年分流比达 50.2%,成为主汉,至 2002 年 3 月实测分流比为 76%。2003 年左汉口门控制工程实施后,左汉分流比下降约 3%,达到了工程的预期目标;至 2010 年,左汉分流比维持在 72%~73%,随后 2011—2014 年缓慢回升至 74%~75%;2017 年深水航道二期工程两道潜坝实施后,左汉分流比下降约 9%,至 64%~66%,2019 年 1 月实测值为 64%,潜坝限流效果显著。和畅洲汉道左汉分流比历年变化见图 9。

3.2.2 河床冲淤变化 在和畅洲左汉,河床冲淤变化情况如下:

(1)2003—2015 年:2003 年水利部门实施口门控制工程后,左汉潜坝下游 4.5 km 范围内河床普遍

冲刷,强烈冲刷部位集中在坝下 2 km 范围内。根据 2014 年 7 月实测水下地形资料,潜坝下游 330 m 处河床冲刷后最深点高程达到-62 m,11 年以来最大累计冲刷深度达 20 m 以上,见图 10(a)和(b)。

(2)2015—2019 年:2015—2017 年为左汉上中段深水航道新建两道潜坝施工期,新建两道潜坝间特别是 2#潜坝下游侧河床局部冲刷显著,2#潜坝下游侧河床最大冲深达 23 m,冲刷幅度大于 10 m 的范围延伸至 2#潜坝下游 2.7 km 处,孟家港以下左汉下段河床则以淤积为主;2017 年以后左汉河床冲淤交替,冲刷速率开始减缓,见图 10(c)和(d)。

表 2 六圩弯道近年来 0 m 河床断面要素变化

Tab. 2 Changes of 0 m riverbed profile of Liuwei bend

日期	河宽/m	断面面积/ m^2	水深/m	宽深比
1994.05	1 649	26 563	17.3	2.34
1996.05	1 540	27 195	18.9	2.07
1998.09	1 626	28 083	18.8	2.14
2000.09	1 620	27 973	19.1	2.10
2002.08	1 637	26 952	18.3	2.21
2004.10	1 635	27 526	18.5	2.19
2006.05	1 638	27 386	18.3	2.21
2008.08	1 633	27 338	18.5	2.19
2009.11	1 609	27 466	19.0	2.11
2010.03	1 622	27 626	18.9	2.13
2011.01	1 667	27 882	18.7	2.19
2011.10	1 536	28 630	20.1	1.95
2012.12	1 595	29 094	19.9	2.00
2013.07	1 610	29 471	20.0	2.00
2014.07	1 587	29 350	20.1	1.98
2015.11	1 613	30 401	20.5	1.96
2016.11	1 600	30 901	21.0	1.91
2017.11	1 611	30 371	20.6	1.95
2019.04	1 675	30 463	20.2	2.02

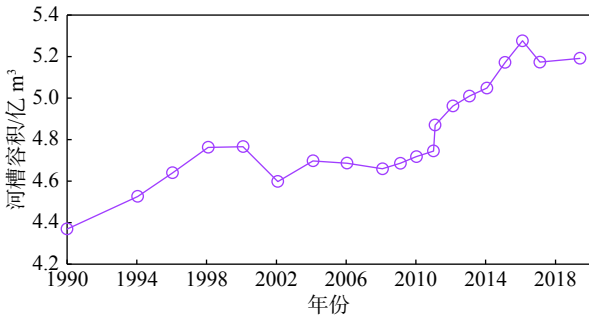


图 8 六圩弯道 0 m 河槽容积变化

Fig. 8 River capacity changes of Liuwei bend in recent years

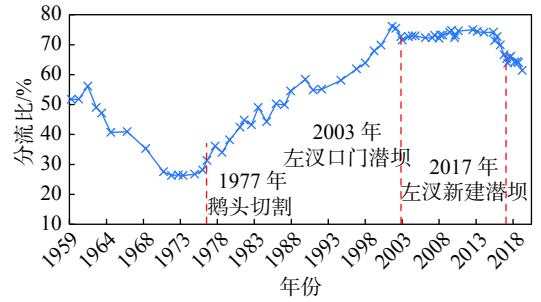
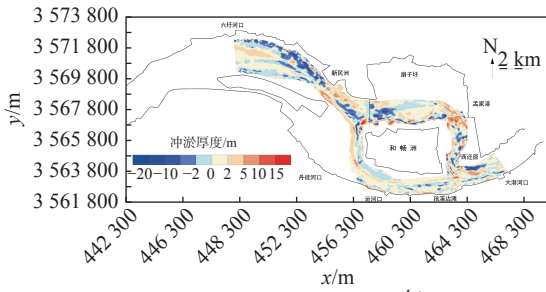
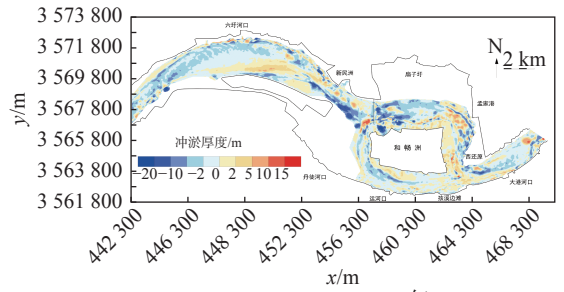


图 9 和畅洲汉道左汉分流比(1959—2019 年)

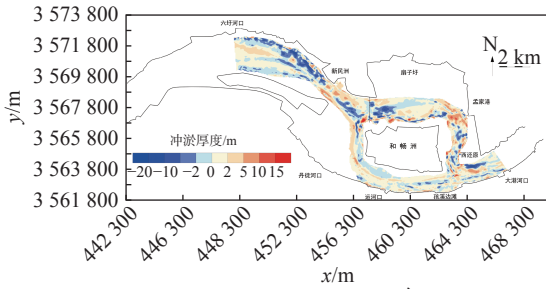
Fig. 9 Changes in diversion ratio of Hechangzhou left branch from 1959 to 2019



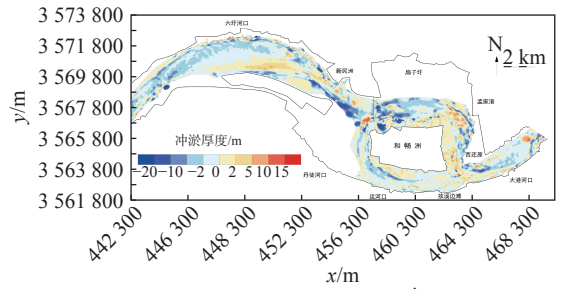
(a) 2003—2009年



(b) 2009—2015年



(c) 2015—2017年



(d) 2017—2019年

图 10 近年来和畅洲汉道河床冲淤厚度分布

Fig. 10 Distribution of erosion and deposition depth of Hechangzhou branch in recent years

在和畅洲右汉,河床冲淤变化情况如下:2003—2009 年左汉口门潜坝运行初期,右汉河床淤积减缓但仍以缓慢淤积为主,2009—2015 年间新水沙条件下清水冲刷效应逐步显现,右汉河床由缓慢淤积逐渐变为小幅冲刷,冲刷首先发生于右汉中上段;2015 年后,随着左汉新建潜坝逐渐施工至完工,右汉水流动力显著增强,河床呈现普遍冲刷态势,尤其是进口段冲刷剧烈,同时右汉凸岸边滩开始呈现冲刷之势,12.5 m 深水航道航宽由 200 m 增加至 250 m,2019 年和畅洲右汉航道运行几乎不需要维护,整治工程达到了较为理想的效果。

3.2.3 河槽容积变化 2002—2019 年,左汉河槽容积呈小幅下降-缓慢增加-快速增加 3 个阶段。2015 年和 2017 年 0 m 河槽容积分别为 2.586 和 2.828 亿 m^3 ,两年内冲刷达 0.42 亿 m^3 ,2019 年左汉河槽容积小幅回升,与 2016 年量值相当(见图 11)。

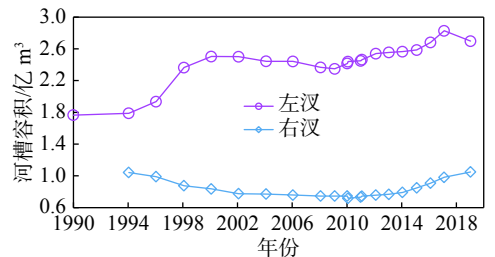


图 11 和畅洲左、右汉 0 m 河槽容积历年变化

Fig. 11 Statistics of channel capacity of Hechangzhou branch from 1994 to 2019

4 结 语

和畅洲汉道的河床演变与上游河势、来水来沙条件、河道边界及强烈的人工干预有关。随着三峡水库蓄水后清水下泄的持续影响,河床逐渐呈现冲刷之势,为了控制河势和改善航道条件,左汉口门及上中段相继修建了三道潜坝工程。新水沙条件与人类活动双重控制下,左汉迅速发展的势头得以控制,2003年第一道口门潜坝和2017年两道潜坝工程后左汉分流比分别下降3%和10%,目前左汉分流比约64%。一方面,潜坝限流作用显著,右汉水动力得以大幅增强,河床冲淤经历了缓慢淤积-由淤转冲-普遍冲刷,航道条件得以明显改善;另一方面,潜坝近区水流紊动剧烈,潜坝间尤其最后一道潜坝下游河床发生了强烈的局部冲刷,不利于河道边界稳定。同时上游六圩弯道冲刷虽然趋缓,但串沟和心滩有发育趋势。这些河道新的演变特征给河势控制和整治工程效果维持带来潜在风险,应加强和畅洲水道整治工程段河床冲淤变化、岸坡稳定和航道条件变化的监测工作,必要时采取措施确保整治建筑物的安全可靠,保障河势稳定和深水航道的畅通。

参 考 文 献:

- [1] 尚倩倩,许慧,李国斌,等.三峡水库蓄水前后嘉鱼水道河床演变[J].水利水运工程学报,2016(5):32-38.(SHANG Qianqian, XU Hui, LI Guobin, et al. Evolution analysis of Jiayu waterway before and after impoundment of Three Gorges reservoir[J]. Hydro-Science and Engineering, 2016(5): 32-38. (in Chinese))
- [2] 陈冬,陈一梅,黄召彪.长江下游黑沙洲南水道演变特征分析[J].水利水运工程学报,2015(2):84-90.(CHEN Dong, CHEN Yimei, HUANG Zhaobiao. Evolution characteristics analysis of Heishazhou southern waterway of the lower Yangtze River[J]. Hydro-Science and Engineering, 2015(2): 84-90. (in Chinese))
- [3] 栾华龙,刘同宦,黄卫东.水沙条件变化下长江下游典型江心洲汉道形态演变及趋势[J].长江科学院院报,2018,35(11):7-12.(LUAN Hualong, LIU Tonghuan, HUANG Weidong. Morphological evolution and trends of typical central bar channels in the lower Yangtze River under varying water and sediment discharge[J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2018, 35(11): 7-12. (in Chinese))
- [4] 魏林云,李强,谢静红.长江下荆江监利河段乌龟洲汉道分流分沙变化及演变特征分析[J].水利水电快报,2021,42(2):24-30.(WEI Linyun, LI Qiang, XIE Jinghong. Characteristic analysis of branch flow and sediment diversion of Wugui central bar in Jianli reach of Lower Jingjiang River of Yangtze River[J]. Express Water Resources & Hydropower Information, 2021, 42(2): 24-30. (in Chinese))
- [5] 刘杰,程海峰,韩露,等.流域水沙变化和人类活动对长江口河槽演变的影响[J].水利水运工程学报,2021(2):1-9.(LIU Jie, CHENG Haifeng, HAN Lu, et al. New trends of river channel evolution of the Yangtze River Estuary under the influences of inflow and sediment variations and human activities[J]. Hydro-Science and Engineering, 2021(2): 1-9. (in Chinese))
- [6] 桑正浩,揭向阳,白海瑞.镇扬河段和畅洲汉道整治探究[J].中国水运,2014,14(9):302-303.(SANG Zhenghao, JIE Xiangyang, BAI Hairui. Regulation of Hechangzhou branch of Zhengyang reach[J]. China Water Transport, 2014, 14(9): 302-303. (in Chinese))
- [7] 窦臻,张增发.长江和畅洲左汉潜坝工程对汉道演变的影响[J].长江科学院院报,2012,29(10):21-27.(DOU Zhen, ZHANG Zengfa. Effect of submerged dike in the left branch at Hechang sandbar on the evolution of river branches[J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2012, 29(10): 21-27. (in Chinese))
- [8] 杨芳丽.和畅洲段分流比及河槽容积与航道条件关系研究[J].人民长江,2015,46(17):10-14.(YANG Fangli. Study on relationship of diversion ratio, channel capacity and waterway condition of Hechangzhou waterway[J]. Yangtze River, 2015, 46(17): 10-14. (in Chinese))
- [9] 杨芳丽,付中敏,朱立俊,等.和畅洲汉道近期演变及航道整治方案设想[J].泥沙研究,2012(4):63-68.(YANG Fangli, FU Zhongmin, ZHU Lijun, et al. Study of recent river evolution and waterway regulation of Hechangzhou branch channel[J].

Journal of Sediment Research, 2012(4): 63-68. (in Chinese))

- [10] 王建中, 范红霞, 朱立俊, 等. 和畅洲汊道深水航道整治右汊水力改善措施分析[J]. *水运工程*, 2014(9): 11-17. (WANG Jianzhong, FAN Hongxia, ZHU Lijun, et al. Hydrodynamic improvement measures of channel regulation of the right branch of Hechangzhou waterway [J]. *Port & Waterway Engineering*, 2014(9): 11-17. (in Chinese))
- [11] 窦希萍, 缴健, 储麇, 等. 长江口水沙变化与趋势预测[J]. *海洋工程*, 2020, 38(4): 2-10. (DOU Xiping, JIAO Jian, CHU Ao, et al. Review of hydro-sediment change and tendency in Yangtze estuary [J]. *The Ocean Engineering*, 2020, 38(4): 2-10. (in Chinese))
- [12] 郭文献, 李越, 王鸿翔. 近60年来长江入海水沙演变规律及影响因素分析[J]. *中国农村水利水电*, 2019(7): 60-65. (GUO Wenxian, LI Yue, WANG Hongxiang. Driving factors analysis of the evolution of runoff and sediment at Datong Station in recent 60 years [J]. *China Rural Water and Hydropower*, 2019(7): 60-65. (in Chinese))
- [13] 韩玉芳, 窦希萍. 长江口综合治理历程及思考[J]. *海洋工程*, 2020, 38(4): 11-18. (HAN Yufang, DOU Xiping. The process and prospect of comprehensive control of Yangtze estuary [J]. *The Ocean Engineering*, 2020, 38(4): 11-18. (in Chinese))

Riverbed evolution characteristics in the Hechangzhou braided reach under new flow-sediment conditions and waterway regulations

FAN Hongxia, WANG Jianzhong, ZHU Lijun

(Key Laboratory of Port, Waterway and Sedimentation Engineering of MOT, Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China)

Abstract: The Hechangzhou river reach is a typical braided reach and one of the most violently changed reaches in the lower reaches of the Yangtze River. After the impoundment of Three Gorges Dam, the sediment outflow decreased greatly, the new features of river bed evolution showed up and the navigation conditions changed accordingly in Hechangzhou braided reach. In order to restrain the scour development in the left branch and improve the navigation conditions in the right branch channel, three underwater submerged dams in the left branch were successively built. Based on a large amount of measured data, the evolution characteristics of Hechangzhou braided reach were analyzed. Results show that the riverbed in the Liuwei reach continued to cut down in 2009, accompanied by occurrences of bank line collapse and development of central bar. The control effect of three submerged dams is significant, and the measured diversion ratio of left branch in 2019 was about 64%, 12% lower than that of the highest 76% in 2002. The riverbed in the right branch changed from slow deposition to general scour, and the navigation conditions were improved. However, the left branch has experienced a significant scour in the local reach and two bank collapse events happened, which should be paid enough attention to.

Key words: Hechangzhou river reach; new water and sediment conditions; waterway regulations; evolution characteristics