

长江南京以下 12.5 m 深水航道治理工程 落成洲河段整治效果

曲红玲, 张 冉, 马洪亮

(华设设计集团股份有限公司, 江苏 南京 210014)

摘要: 长江南京以下 12.5 m 深水航道二期工程在落成洲河段采用潜堤、丁坝和护底带等航道整治工程, 以防止右汊进一步冲刷发展, 增强左汊浅段动力, 改善航道条件。为论证落成洲河段整治工程实施后的整治效果, 基于实测地形、水文资料, 系统对比落成洲河段整治工程实施前后滩槽演变、汊道分流分沙比调整、固滩效果、航道条件改善等。结果表明, 工程实施后, 落成洲洲头及丁坝掩护区淤积明显, 洲头冲刷后退的态势得到有效遏制, 左汊分流比增加约 4%, 丁坝挑流区流速增加 0.2 m/s 左右, 航道水深由 10.5 m 提升至 12.5 m, 整治建筑物总体实现整治意图, 但须关注三益桥边滩淤长对深水航道的影响。

关键词: 长江南京以下 12.5 m 深水航道; 整治效果; 滩槽演变; 通航条件

中图分类号: U 617

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2021)01-0150-06

Regulation effect of Luochengzhou waterway of 12.5 m deepwater channel of the Yangtze River below Nanjing

QU Hong-ling, ZHANG Ran, MA Hong-liang

(China Design Group Co., Ltd., Nanjing 210014, China)

Abstract: The submerged dike, spur dike and bottom protection zone are applied in the Luochengzhou waterway regulation project on the 12.5 m deepwater channel of the Yangtze River below Nanjing to prevent the right branch from further scouring and development, enhance the power of shallow section of left branch and improve the channel conditions. In order to demonstrate the regulation effect of the implementation of Luochengzhou waterway regulation project, we compare the shoal and channel evolution, the flow and sediment diversion ratios of branched channels, the shoal consolidation effect and the improvement of channel navigation conditions before and after the implementation of the Luochengzhou waterway regulation project based on the measured topographic and hydrological data. The results show that after the implementation of the project, the sediment deposited in the head of sandbar and the shelter area of the spur dike, and the trend of erosion and retreat of the head of sandbar are effectively curbed. The diversion ratio of the left branch increases by about 4%, the velocity of flow in the spur dike's pick-up area increases by about 0.2 m/s, and the water depth increases from 10.5 m to 12.5 m. The regulation aims are achieved in general through the regulation buildings, but attention should be paid to the impact of the deposition at Sanyiqiao marginal bank on the deepwater channel.

Keywords: 12.5 m deep channel of the Yangtze River below Nanjing; regulation effect; shoal and channel evolution; navigation condition

收稿日期: 2020-04-30

作者简介: 曲红玲(1980—), 女, 博士, 高级工程师, 从事水运工程咨询与研究。

长江南京以下 12.5 m 深水航道建设工程是“十二五”期间全国内河水运投资规模最大、技术最复杂的重大工程^[1]。其中,二期工程建设范围为南通天生港区—南京新生圩港区,口岸直水道为其重点整治河段之一。口岸直水道位于长江下游扬中河段左汊,水道上起五峰山,下至十四圩,全长约 46 km^[2]。水道上段为多分汊河型,下段为长顺直河型,且上段又处于弯道,河段内滩槽变化剧烈,航道条件影响因素复杂^[3]。

落成洲河段位于长江下游口岸直水道上游侧,自五峰山—高港灯,平面形态为中间宽、两头窄的弯曲多分汊河型,长约 23 km,由落成洲将该段分为左、右两汊,见图 1。其中左汊为主汊,是主航道所在,该段浅区段位于三益桥—三江营段,称为三益桥浅区^[4]。二期整治工程实施前,落成洲洲头冲刷后退,左汊深泓右偏,右汊冲刷发展,导致左汊三益桥浅区处于淤积态势,对左汊 12.5 m 深水航道的建设不利。本文以落成洲水道为例,基于该河段二期整治工程实施前后实测地形、水文资料,对其整治效果进行评价,为后续类似工程实施提供借鉴。

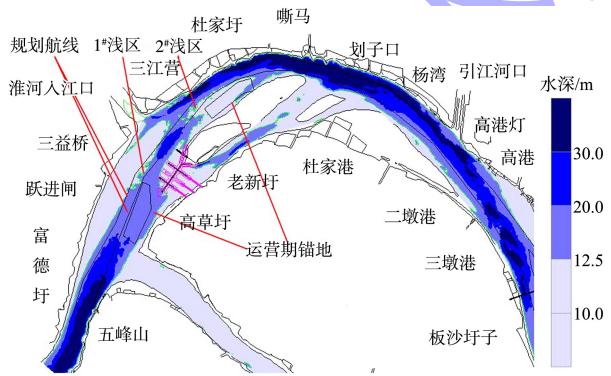


图 1 2012 年 12 月落成洲河段水深

1 整治工程概况

落成洲河段整治建筑物平面布置见图 2。在落成洲头守护工程基础上,实施头部潜堤、左汊丁坝(LL1~LL5)、右汊丁坝(LR1、LR2)+护底带(LY1、LY2)等整治工程,在继续加强洲头守护的同时,适当增强左汊航道浅段动力,同时适当限制落成洲右冲刷发展,稳定左右汊分流比。

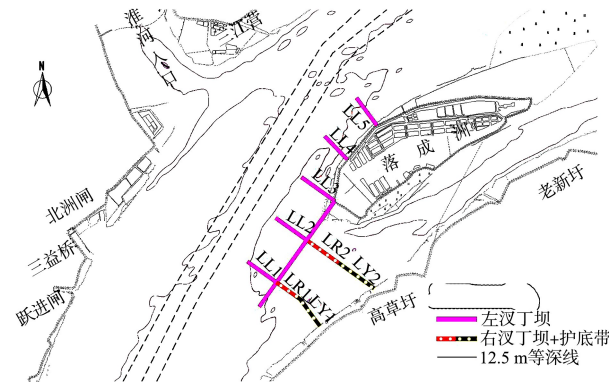


图 2 落成洲河段整治建筑物平面布置

2 河势演变

2.1 整治前后滩槽变化

2.1.1 整治工程实施前总体演变特征

位于口岸直水道上段的落成洲河段在两岸护岸工程及港口码头等工程的强力控制下,河道边界条件已基本稳固,河道横向变形的可能性很小,河道总体格局保持稳定。工程前河势演变特点主要有:

1) 2003—2012 年实测资料表明,落成洲右汊分流分沙能力逐年增强,造成落成洲右缘出现冲刷^[5]。

2) 近年来,落成洲主流仍存在右摆趋势,河段浅区由正常的过渡段浅滩逐渐演变成上下深槽交错型浅滩。

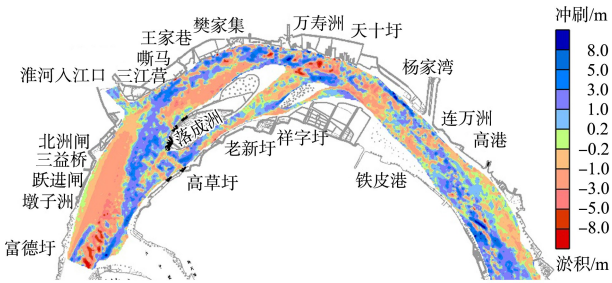
3) 洲头的护滩工程使落成洲洲头冲刷得以抑制,但仍不满足 12.5 m 深水航道的要求。

2.1.2 整治工程实施中滩槽冲淤变化

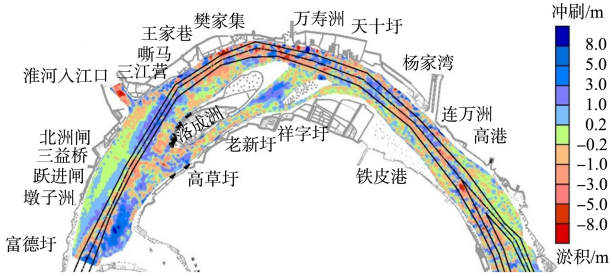
长江南京以下 12.5 m 深水航道工程实施过程中,落成洲河段地形冲淤变化较大的区域主要集中于落成洲头部及落成洲左、右汊水道。

初通前,落成洲头部扭转冲刷并开始显现淤积趋势,落成洲左缘淤积,淤积幅度 1~3 m;左汊水道受丁坝挑流作用,水深刷深,冲刷幅度 3~5 m,右汊水道中上段略有冲刷,下段普遍呈淤积状态,淤积幅度在 1 m 左右,见图 3a)。

初通期,落成洲头部沙体持续保持淤积状态,淤积范围有所扩大;左汊水道主要呈冲刷趋势,右汊有冲有淤,冲淤相间,见图 3b)。



a) 初通前，2015年8月—2016年8月



b) 初通期，2016年8月—2017年5月

图 3 落成洲河段地形冲淤变化

2.1.3 整治工程实施后冲淤变化

落成洲段整治工程完工后(2017 年 2 月—2018 年 11 月)，沙头呈持续淤积状态，左汉三益桥—三江营航道范围内略有淤积，淤积厚度约 1 m；三江营下游侧为冲刷状态，冲刷深度在 5 m 左右；右汉下段有所冲刷，见图 4。

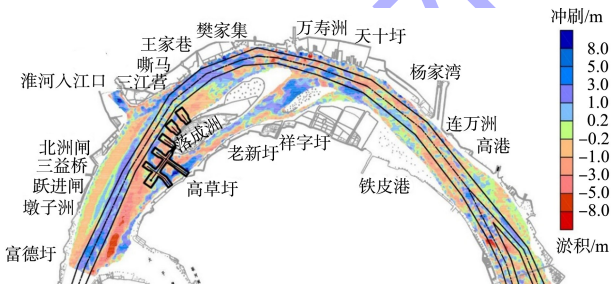


图 4 整治建筑物完工后(2017 年 5 月—2018 年 11 月)
落成洲段地形冲淤变化

总体而言，落成洲河段整治工程实施后，整治工程在守护沙洲、稳定滩槽格局、增加浅区水动力等方面的作用逐渐显现。

2.2 汉道分流分沙比调整

落成洲将长江干流分为左右两汉，左汉为主汉，右汉为支汉。落成洲河段整治工程实施前后

左汉落潮分流分沙比见表 1，可以看出：落成洲左汉分流比由工程前的 76.8% 提升至工程后的 80.8%，分沙比由工程前 75.4% 上升至工程后 80.4%，均呈增加趋势，右汉限流、左汉发展趋势开始显现。从年内分流分沙比来看，洪季分流比一般大于分沙比，枯季分流比一般小于分沙比，且枯季分沙比大于洪季分沙比。

表 1 落成洲左汉落潮分流分沙比

洪(枯)季	时间	大通流量/ (万 m ³ ·s ⁻¹)	分流比/%	分沙比/%
洪季	2013 年 7 月	4.225	—	75.4
	2014 年 6 月	3.760	76.8	—
	2015 年 9 月	3.010	76.8	74.6
	2016 年 8 月	5.390	80.6	79.0
	2017 年 8 月	4.420	79.3	78.3
	2018 年 7 月	4.650	80.8	80.4
枯季	2016 年 2 月	1.900	79.0	83.8
	2017 年 2 月	1.360	82.6	86.8
	2018 年 2 月	1.340	82.1	84.4

3 固滩效果及整治建筑物稳定性

3.1 固滩效果

2015 年 8 月—2018 年 11 月落成洲冲淤变化见图 5。工程实施后，随着潜堤、丁坝及护底工程的完成，洲头及北侧丁坝附近明显淤积，落成洲洲头冲刷后退的态势得到了有效遏制；南侧丁坝掩护区域淤积明显，护底带上游侧淤积，下游侧存在冲刷。落成洲 5 m 等深线变化见图 6，可以看出 5 m 等深线基本保持稳定。

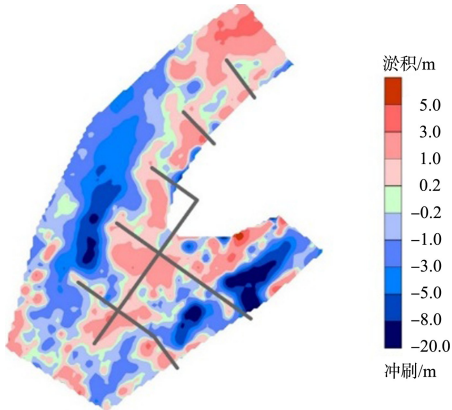


图 5 2015 年 8 月—2018 年 11 月落成洲冲淤变化

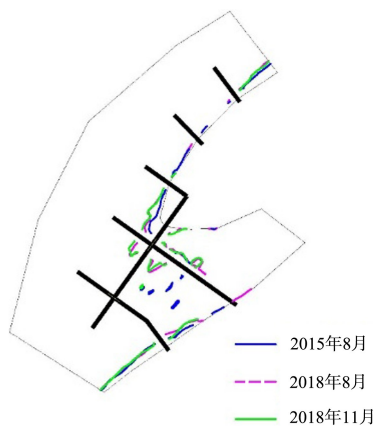


图 6 落成洲 5 m 等深线变化

3.2 整治建筑物稳定性

3.2.1 排边冲刷

落成洲段的关键守护区域为落成洲洲头上游侧及右汊进口段, 监测数据表明, 工程实施以来落成洲潜堤最大冲刷出现在右汊, 最大累计深度达 6.8 m, 防护效果相对良好。两侧丁坝最大冲刷出现在右侧护底带 LY2 处, 最大累计深度达 14.9 m, 冲刷较为明显。

双洎沙头部潜堤北侧以淤积为主, 南侧冲刷相对明显; 双洎沙北侧丁坝周边以淤积为主, 南侧丁坝周边以冲刷为主, 且靠近双洎沙头部的丁坝周边冲刷相对明显, 应予以关注。

3.2.2 水平位移与垂直沉降情况

1) 水平位移情况。在监测时段内, LL3~LL5 丁

坝、头部潜堤最大水平位移速率分别为 9、7、13 和 13 $\mu\text{m}/\text{d}$, 均小于 5 mm/d 的预警值。因此, 在监测时段内, 潜堤地基稳定, 未发生明显的水平位移。

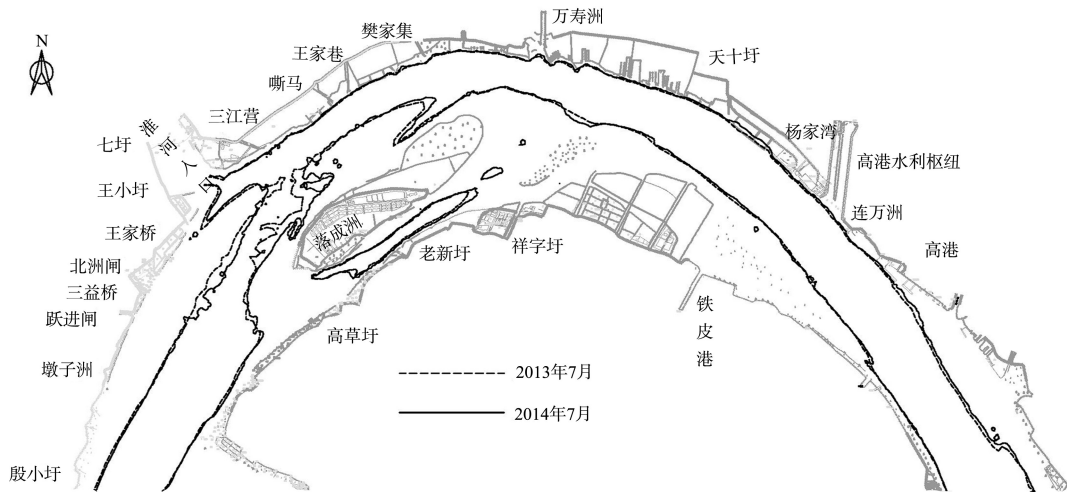
2) 垂直沉降情况。在监测时段内, LL3~LL5 丁坝、头部潜堤轴线处最大沉降速率分别为 -0.24、0.16、0.48 和 0.62 mm/d, 均小于 10 mm/d 的沉降预警值。在监测时段内, 堤心处地基未发生明显沉降。

总体而言, 监测时段内, 落成洲河段整治建筑物地基保持稳定。

4 航道条件改善情况

4.1 航道尺度变化

航道宽度变化见图 7。工程前(2014 年 7 月), 落成洲段 12.5 m 深槽宽度条件较好, 各断面深槽宽度均满足设计宽度要求, 最窄处位于王家桥断面, 深槽宽度为 572 m; 初通期(2017 年 8 月), 王家桥断面深槽宽度大幅改善, 深槽宽度扩展为 988 m, 其余断面深槽宽度变化相对较小; 试运行期(2018 年 8 月), 12.5 m 深槽宽度持续加大, 王家桥断面 12.5 m 深槽宽度已达 1 133 m, 深槽最窄处位于嘶马断面, 宽度为 676 m, 也满足设计最小航宽要求。



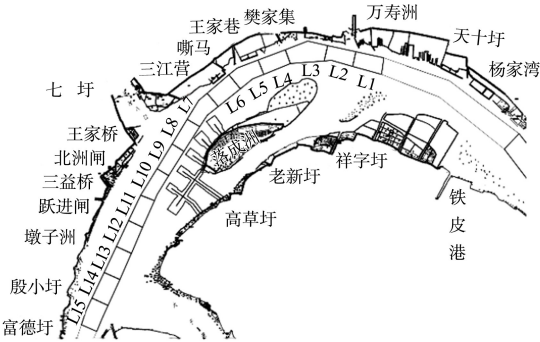
a) 2013年7月—2014年7月



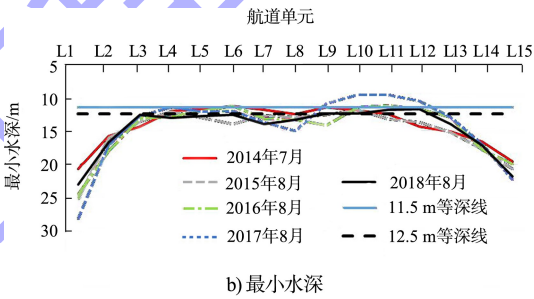
图 7 落成洲河段 12.5 m 等深线变化

航道水深条件变化见图 8。工程前，设计初通航道范围内最小水深浅于 11.5 m 的区段主要分布于樊家集—三益桥，最浅水深分别为 11.33 m；最大水深与平均水深全部深于 12.5 m，其中平均水深最浅点位于北洲闸，单元平均水深为 13.55 m。初通期，初通航道范围内最小水深浅于 12.5 m 的区段主要为王家桥—跃进闸，最浅水深为 9.59 m；最大水深与平均水深全部深于 11.5 m。试运行期，设计航道范围内三益桥单元最小水深浅于 12.5 m，最小水深为 11.73 m；最大水深与平均水深全部深于 12.5 m。

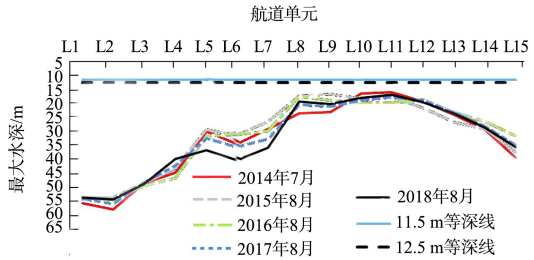
从航道宽、深变化情况看，除三益桥局部存在浅区外，整体航道条件良好。



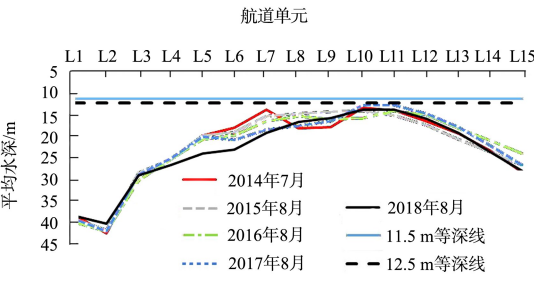
a) 航道单元划分



b) 最小水深



c) 最大水深



d) 平均水深

图 8 口岸直水道落成洲段航道沿程航道单元划分及水深变化

4.2 航道维护情况

试运行前 10 个月(2018 年 5 月—2019 年 2 月)以来,落成洲段合计疏浚土工程量 131.7 万 m³。从维护疏浚范围与量值上看,工程量基本集中在落成洲三益桥浅区段;从航道维护疏浚量月度分布看,5、12 与 1 月维护量很少,6—11、2 月维护疏浚量相对较大。

5 结论

- 1)落成洲河段整治工程实施后,有效遏制了沙头的冲刷后退,改善左、右汊的分流格局,增强右汊浅区水动力条件,实现整治建筑物整治意图。
- 2)试运行期前 10 个月(2018 年 5 月—2019 年 2 月),航道维护疏浚量 131.7 万 m³,主要集中在三益桥浅区。三益桥边滩目前处于自然演变状态,边滩呈向南淤长趋势,对保持深水航道的水深条

(上接第 122 页)

6 结论

- 1)承船厢位置从底部至顶部变化时,其特征振型参数基本保持不变。
- 2)同一地震作用下,承船厢位置从底部至顶部变化时,承船厢主纵梁中部位置各高程点位移、加速度、应力变化趋势基本一致,承船厢是作为一个整体来抵抗地震作用。
- 3)承船厢最大等效应力随着承船厢位置的升高而增大,表明钢丝绳长度的减小会使得承船厢的最大应力值增大。
- 4)承船厢位于顶部时,其加速度、位移、应力值均处于最大值。在进行承船厢抗震计算时,应将承船厢位于顶部位置作为抗震设计控制工况。

参考文献:

[1] 李海涛.三峡升船机中的耦合动力学问题[D].大连:大连理工大学,2006.

[2] 朱仁庆,吴有生,彭兴宁.升船机提升系统中船厢、水体和钢缆相互耦合作用分析[J].中国造船,2004,45(3): 1-13.

件产生不利影响,未来须进一步加强跟踪观测,分析三益桥边滩淤长及其对深水航道通航条件的影响。

参考文献:

[1] 金震宇.长江南京以下 12.5 m 深水航道二期工程环保实践[J].水运工程,2018(7): 16-19, 46.

[2] 李冬.长江下游口岸直水道鳊鱼沙心滩头部守护工程效果分析[J].中国水运·航道科技,2016(6): 29-33.

[3] 张宏千,张明进,郑金海.长江下游口岸直水道河床演变和碍航成因分析[J].水道港口,2015,36(6): 542-549.

[4] 刘旺喜.口岸直水道落成洲守护工程对三益桥浅区段水动力条件的影响[J].水运工程,2016(7): 1-5.

[5] 曹民雄,应翰海,申霞.长江南京以下深水航道二期工程碍航水道演变特性及航道治理思路[J].水运工程,2018(2): 1-12.

(本文编辑 王璁)

[3] 王晋媛,石端伟,鲍务均.三峡升船机承船厢的有限元分析[J].水利电力机械,2000(6): 12-16.

[4] 韩明岚.三峡升船机中船进出船厢时的动态响应及其有限元的计算[D].大连:大连理工大学,2001.

[5] 李艳.升船机考虑塔柱与承船厢中水动力耦联的地震响应分析[D].武汉:武汉理工大学,2009.

[6] 马洪伟.升船机塔柱整体系统简化计算模型与动力性能研究[D].南京:河海大学,2012.

[7] 中国水利水电科学研究院.水工建+筑物抗震设计规范: SL 203—1997[S].北京:中国水利水电出版社,1997.

[8] 水电水利规划设计总院.水电工程水工建筑物抗震设计规范: NB 35047—2015[S].北京:中国电力出版社,2015.

[9] 朱虹,林新志.三峡升船机塔柱抗震设计[J].人民长江,2009,40(23): 56-58.

[10] 程耿东,李海涛,阮诗伦.重力全平衡提升式升船机的自振特性和稳定性分析[J].机械强度,2005,27(3): 276-281.

[11] 高聪聪,陶桂兰,姚云峰.高扬程升船机多子结构耦合系统动力特性[J].水运工程,2017(10): 149-153, 159.

(本文编辑 王璁)