

· “长江南京以下12.5 m深水航道建设”专栏(16) ·



长江下游口岸直水道落成洲 守护工程平面方案优化

雷雪婷

(长江航道规划设计研究院, 湖北 武汉 430011)

摘要: 口岸直水道是长江南京以下12.5 m深水航道上延的必经之路, 其上段落成洲守护工程的实施将为本水道总体治理方案的实施奠定基础。在综合河段河床演变特点和方案效果的基础上, 利用物模、数模、局部概化三维物模试验对工程方案平面布置进行了优化并形成了优化推荐方案。研究表明, 优化推荐方案的实施, 将有利于维持口岸直水道上段目前相对较为有利的滩槽格局, 抑制落成洲洲头和右汊发展的不利变化趋势。工程能够达到本期守护工程目标, 局部冲刷较小, 与后期方案衔接较好。并且在其基础上实施的12.5 m深水航道治理总体方案对口岸直水道航道条件改善明显。工程平面优化方案合理, 可为落成洲守护工程设计提供参考。工程实施2年来的效果分析表明: 本工程很好地守护了落成洲洲头, 遏制了落成洲多年来冲刷后退的不利趋势。

关键词: 口岸直水道; 落成洲守护工程; 平面方案; 优化

中图分类号: U 612.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)09-0001-10

Optimization of plane scheme for Luocheng shoal defending project downstream the Yangtze River

LEI Xue-ting

(Changjiang Waterway Planning, Design and Research Institute, Wuhan 430011, China)

Abstract: The straight reach of the Yangtze estuary is the only way to extend the 12.5 m deepwater channel downstream Nanjing reach of the Yangtze River. The implementation of the Luocheng shoal defending project will lay the foundation for the overall governance programs. On the basis of comprehensive analysis of riverbed evolution characteristics and program effectiveness, we optimize the project layout using the physical model, the mathematical model, as well as the local generalized three-dimensional physical model test and work out the optimized recommendation. The research shows that the implementation of the optimized scheme will be beneficial to maintain the good beach groove pattern on the upper channel of the straight reach of the Yangtze estuary, and control the adverse trends of Luocheng shoal head and the right branch development. The project can achieve the goal of the defending project. The local scour of the project is small, the project is easy to connect with the later scheme, and the 12.5 m deepwater channel's overall project management improves the channel condition of the straight reach of the Yangtze estuary considerably. The optimized plane scheme of the project is reasonable, which can provide a reference for the engineering design of Luocheng shoal defending project. The effect after implementation of the project shows that this project is good to protect the head of Luocheng shoal, and has curbed the negative trend of erosion.

Keywords: straight reach of Yangtze estuary; Luocheng shoal defending project; plane scheme; optimization

收稿日期: 2014-02-21

作者简介: 雷雪婷(1980—), 女, 高级工程师, 从事港口、航道科研与设计工作。

口岸直水道位于长江下游南京——浏河口河段，是长江口 12.5 m 深水航道上延的必经之路，水道内存在上下 2 个浅区。按照“总体规划，分布实施”的建设思路^[1]，将先期实施条件成熟、起到关键作用的守护、控制工程。其中，口岸直水道下段已于 2010 年开始实施鳊鱼沙心滩头部守护工程，而口岸直水道上段仍处在自然状态。近年来，因进口主流右摆，落成洲出现了洲头低滩冲刷、高滩崩退、右汊发展等新变化，引起左汊输沙能力降低，枯水河道展宽淤积，进而将会影响 12.5 m 深水航道的建设，因此需要实施守护工程。由长江航道规划设计研究院编制的《长江下游口岸直水道航道治理落成洲守护工程工程可行性研究报告》已于 2010 年 12 月获得了交通运输部的批复。为此，针对地形的冲淤调整以及由此带来的方案效果及影响的调整，细致考虑本期守护工程与总体治理

工程的衔接，综合总体治理方案数学模型、守护工程物理模型、工程局部三维概化物理模型的效果，对落成洲守护工程方案进行了平面优化研究，为落成洲守护工程设计提供技术支撑。

1 自然条件

1.1 河道概况

口岸直水道上段上起五峰山，下至高港灯，平面形态为中间宽两头窄的弯曲多分汊河型，长约 23 km，进口五峰山节点处河宽最窄为 1.1 km 形成卡口，之后则逐渐放宽，至三江营——嘶马镇一带河宽约 3.8 km，由落成洲将该段分为左右两汊，其中左汊为主汊，为主航道所在右汊为支汊，两汊河宽分别约为 1 400 m 和 500 m，分流比分别约为 80% 和 20%，过嘶马镇后河道逐渐缩窄，至高港灯处，河宽约 2.5 km（图 1）。

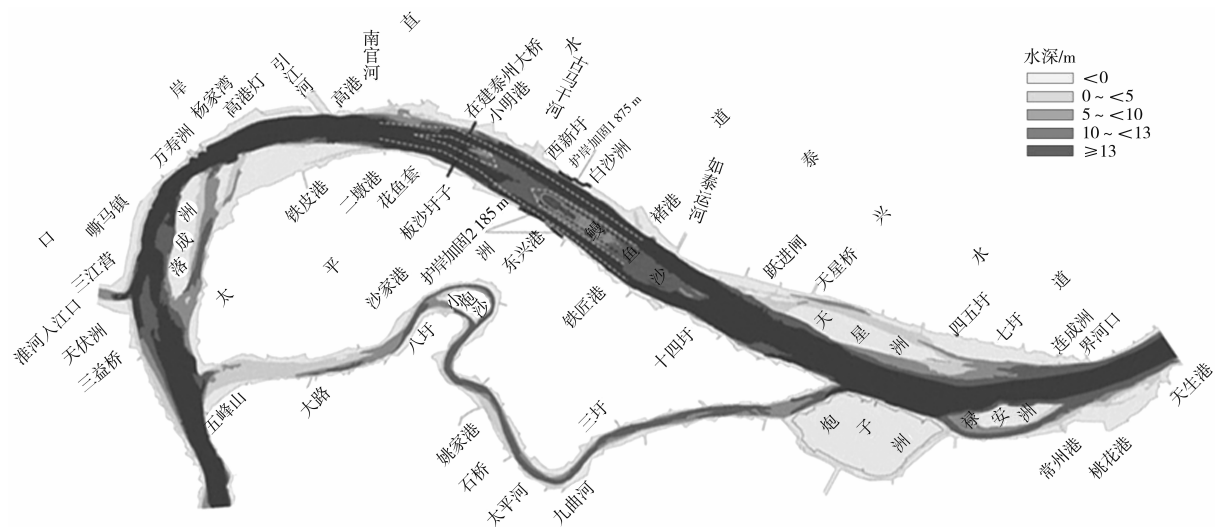


图 1 口岸直水道河势

1.2 航道存在的问题

三益桥浅滩段位于口岸直水道的进口段，属典型的过渡段型沙质浅滩。该段平面形态相对于上下游河道有所展宽，过水面积骤然增大，导致该段内输沙能力较上、下河段大幅降低，泥沙易于淤积形成浅区，航道主要问题表现为过渡放宽段内航道水深和宽度不足，一般由于过渡段洪水期淤积形成局部沙埂、沙包在汛末中枯水期来不及冲刷，影响航

道畅通^[2]。并且，河床演变分析表明，近年来，因进口主流右摆，落成洲出现了洲头低滩冲刷、高滩崩退，右汊发展等新变化，使左汊过渡段河道进一步向宽浅方向发展，航道条件进一步恶化。为了抑制口岸直水道上段航道条件的不利变化，为 12.5 m 深水航道治理工程的实施奠定基础，对落成洲守护工程进行控制守护，遏制口岸直水道上段的不利变化是非常必要和紧迫的。

2 落成洲守护工程“工可”方案

2.1 守护目标

针对口岸直水道航道存在的问题, 本工程的守护目标为: 通过守护工程, 维持口岸直水道上段目前相对较为有利的滩槽格局, 抑制落成洲洲头及前沿低滩冲刷和右汊发展的不利变化趋势, 避免航道条件进一步恶化, 为实现本水道的总体治理目标奠定基础。建设标准与目前航道维护标准一致, 为 $10.5\text{ m} \times 500\text{ m} \times 1\,050\text{ m}$, 保证率 98%。

2.2 工程设计思路

1) 针对 10.5 m 深水航道, 口岸直水道上段目前正处于航道条件相对较好的时期, 但存在一定的航道不利变化, 因此, 工程设计应主要通过工程措施, 抑制引起航道条件不利变化的因素, 保持目前相对有利的航道条件稳定。

2) 对航道条件影响较大的工程部位主要有 2 处: ①落成洲, 一旦冲刷降低, 其作为落成洲左汊的右边界, 对航道的控制作用将减弱, 使得三益桥过渡段主航槽水流动力条件减弱, 输沙能力降低, 航道条件变差; ②落成洲右汊的存在和发展减小了左汊的分流比, 使得三益桥过渡段主航槽水流动力条件减弱, 不利于左汊的稳定与发展, 分析认为落成洲右汊的发展与落成洲滩体的型态也密切相关, 落成洲作为落成洲右汊的左边界, 其持续冲刷后退, 则对落成洲右汊的控制作用减弱, 致使右汊的进流条件改善, 右汊持续发展。因此, 可以清晰地认识到右汊发展最直接的因素即为落成洲洲体和洲头低滩。故, 须通过守护落成洲洲头高、低滩, 以维持现有较好的航道条件。

3) 应对左、右两岸抛石镇脚岸线进行适当加固。

在以上设计思路中, 对于落成洲高滩的守护采用护岸工程, 对于落成洲洲头低滩的守护采用护滩工程, 对于两岸的岸线主要采用护岸加固工程。

2.3 工可方案

针对以上设计思路, “工可”阶段对落成洲守护的位置和守护方式进行了多方案的比选研究, 确定落成洲守护低滩位置在落成洲洲头约 1.6 km 处, 该位置是 2006 年落成洲洲头 10.5 m 低滩处, 也是模型试验确定的总体治理方案的鱼骨坝坝头位置。根据模型的研究成果, 从该位置开始守起, 可以达到较好的守护效果。具体的平面布置方案^[1]如下:

在落成洲洲头低滩布置护滩工程, 平面上为一纵三横四条护滩带; 在落成洲高滩布置护岸工程, 长度约 1 800 m; 在两岸布置护岸加固工程, 长约 8 575 m, 其平面布置见图 2。

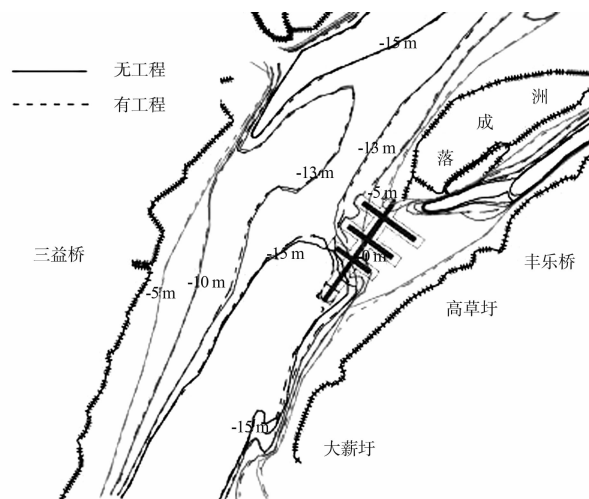


图2 工可方案实施前后等深线比较

3 落成洲守护工程平面优化

3.1 工可方案实施试验效果

工可方案实施后, 护滩带头部等深线变化较为剧烈, 且不是很平顺, 作为迎流顶冲部位, 工程前沿的局部冲刷坑较大, 并且护滩带对 -10 m 线的守护效果较差, 护滩带间的滩面冲刷较为厉害 (图 2), 因此, 认为工可方案总体上能起到守护滩面、控制分流的作用, 但横向格坝头部及之间的滩面冲刷较为剧烈, 需采用加强防护的措施予以预防及解决。

3.2 “工可”以来的河床演变特点

从年际间冲淤变化 (图 3) 也可以看出, “工

可”以来,落成洲洲头低滩的前沿,特别是右侧冲刷仍较为剧烈,冲刷幅度最大可达 2 m,洲头低滩 10 m 等深线也明显右摆后退,最大幅度达 200 m (图 4);由于落成洲低滩的冲刷,为主流的进一步右偏的发展提供了空间,深泓右偏(图 5);同时落成洲右汊的入流条件进一步改善,右汊仍处于发展态势,其中口门附近及其中段变化稍大,冲刷幅度达 2~4 m;而落成洲洲头的后退及右汊的发展促使过渡段河床普遍淤积,最大淤积了 3.5 m。

可见,“工可”以来,口岸直水道上段延续近年来的变化规律:主流右偏、落成洲洲头冲刷、落成洲右汊发展,航道继续向宽浅方向发展。

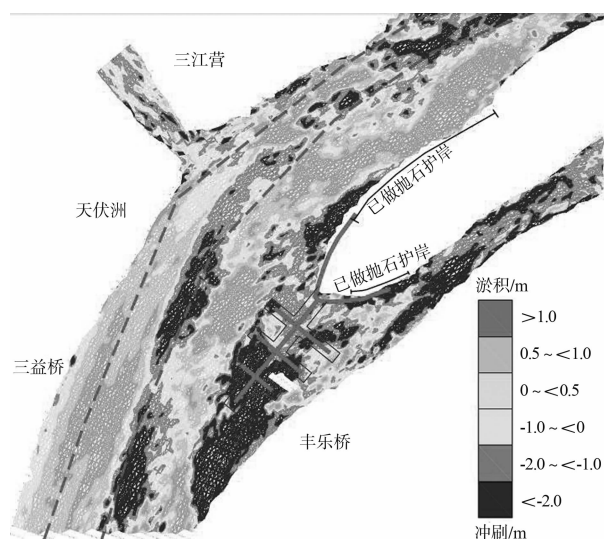


图3 2011年1月与2010年3月冲淤比较

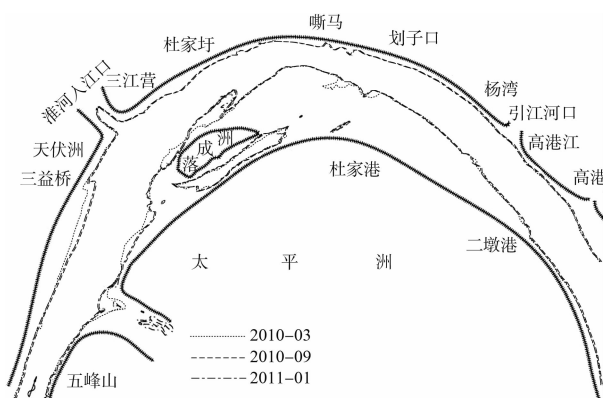


图4 “工可”以来 10 m 等深线变化

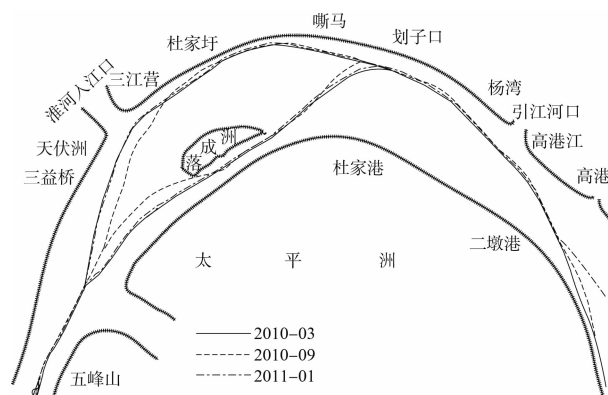


图5 “工可”以来深泓线变化

3.3 平面优化思路

鉴于工可方案实施后的效果以及“工可”以来的变化,在保持“工可”推荐方案总的格局的情况下,可对局部进行优化。具体优化思路如下:

1) 对于落成洲洲头低滩护滩带:优化落成洲洲头低滩护滩带平面布置,以适应新地形变化,确保对进口落成洲洲头低滩守护的有效性以及对进口主流流路的控制作用。

其一:针对“工可”以来,守护工程区域冲刷、后退的变化特点,对落成洲守护范围进一步论证,确定是否需要后退。

针对“工可”以来的变化,进一步论证落成洲守护工程的范围,主要有 2 种思路:①与总体治理方案一致,保持“工可”阶段确定的落成洲低滩守护位置不变,落成洲守护低滩位置在落成洲洲头约 1.6 km 处;②鉴于落成洲低滩近年来继续冲刷后退,特别是洲头位置,已由“工可”以来的 13 m 冲深为 17 m,已冲深为深槽,可以考虑将守护落成洲头低滩守护范围适当缩小,根据 2011 年 1 月地形,落成洲守护低滩位置在落成洲洲头约 1.2 km 处,此处水深约 13 m。

其二:针对落成洲低滩 10 m 等深线继续后退,考虑将横向护滩带位置后移,并加强对头部的守护和适当调整各横向护滩带长度,以适应新的地形变化,确保护滩效果。

“工可”以来,落成洲低滩仍处于冲刷态势,且冲刷明显的位置在低滩的前沿,靠近洲体部分

冲刷由于有洲体的掩护,冲刷相对较轻。从2011年1月与2010年3月的冲淤图(图3)可以看出,“工可”方案第一、二道护滩带间的冲刷幅度达到2 m以上,15 m深槽已发展至第一、二道护滩带之间,可见“工可”确定的守护部位现已冲深发展为了深槽。对于冲刷残存的洲头低滩,仍采用“工可”确定的另二道护滩带进行守护,力度显得不够,为此,可将处于深槽的护滩带位置后移,集中力量,守护现有的低滩,确保护滩效果。

根据2011年1月的最新地形测图,第一道横向护滩带水深约11.3~17 m,可将第一道横向护滩带后移约260 m,护滩带处水深范围10.3~13.8 m,该位置基本上处于上深槽15 m等深线的边缘。

将横向护滩带后移动后,对纵向护滩带头部的守护作用将较差,为此,需要将护滩带头部适当加强;另若单纯将横向护滩带位置后移,则护滩带头部的连线将较远偏离总体工程整治线,为此,适当调整增加横向护滩带的长度,并形成较大角度调整水流,以适应新地形。

其三:针对工可方案实施后横向护滩带间滩面冲刷较为严重,调整横向护滩带间距,以增强横向护滩带间以及与落成洲护岸间的相互掩护作用和稳定性。

洲头鱼骨状护滩带的主要作用是稳定落成洲洲头低滩,并与落成洲高滩相接,总体工程将在其基础上加高加大,形成鱼骨坝,在左汉进口形成高大完整的凸岸岸线,适当减小主流的摆动范围,集中水流冲刷进口段浅区航槽。但由于落成洲左汉内主流右摆,洲头低滩头部及滩体受主流冲刷强,因此,横向护滩带间距较大将不利于对落成洲低滩守护的有效性,也不利于将来在其上加高形成鱼骨坝后于坝体的稳定,还会影响坝田的淤积效果,进而不利于形成高大完整的凸岸岸线。在工可方案中,三道横向护滩带采用等间距布置且间距较大,横向护滩带间滩面冲刷较为严

重(图2),间距基本上是取2倍的护滩带长,既对护滩带的守护效果会产生一定的影响,也不利于落成洲护岸的稳定。为此,护滩带间距可适当减小。

其四:针对“工可”以来,主流继续右偏、右汉继续发展的现象,考虑将纵向护滩带向右偏转,增强对左汉主流的控制作用及右汉的限制作用。

“工可”以来,洲滩冲刷后退明显,右汉进流条件进一步改善、右汉冲刷下切幅度大、发展迅速。因此,“工可”确定的鱼骨状护滩带的方向对控制两汉的分流,特别是限制右汉的发展,效果将会减弱,为此,本次设计将纵向护滩带向右偏移一定角度,一方面形成的整治工程线型较“工可”线型更加适应现状地形,在此基础上加高形成鱼骨坝后,对于主流的挑流作用增强,有利于过渡段浅区航道条件的改善;另一方面对右汉进流的控制作用增强,有利于限制右汉的发展。

2) 对于落成洲高滩护岸工程,根据现场踏勘情况,核减已有护岸部分。

根据最新测图及现场踏勘情况,“工可”“阶段确定的1 800 m护岸范围中,有700 m与水利部门已建护岸工程重合,其中左缘重合100 m,右缘重合600 m,为此,核减护岸工程700 m,即护岸工程长度为1 100 m,并增加与已建护岸工程的衔接段。根据“工可”以来的河演分析成果,已建护岸工程区域落成洲右缘冲刷较左缘剧烈,故左缘增加衔接段100 m,右缘增加200 m。

3) 护岸加固与工可一致。

3.4 模型试验

根据工可方案实施后的效果及“工可”以来的变化特点,拟定了方案优化思路,然而以上优化思路主要是基于定性分析得出的成果。为保证方案效果以及保证方案与航道治理总体方案的合理衔接,需要依据模型试验对初步的优化方案进行进一步优化、调整,其中重点是护滩带工程方案的平面优化。

为配合本工程的优化及方案效果分析,配套的共有 3 个模型,其一为落成洲守护工程动床物理模型^[3],其二为二维水沙数学模型^[4],其三为落成洲头低滩间隔式守护护滩带间距专题概化物理模型^[5](局部三维)。这 3 个模型同时进行,并各有侧重,其中二维数学模型主要研究在本守护工程基础上加高形成坝体后的总体治理方案及效果,对本次设计而言,主要是为确定落成洲头低滩守护工程范围、纵向护滩带的轴线方向、横向护滩带的间距及布置(包括守护位置、左右缘的长度等),研究本期工程与总体治理工程的衔接;动床物理模型主要研究确定落成洲头低滩守护工程范围、护滩带的护滩效果、方案的典型年、系列年效果;局部三维概化物理模型则主要研究落成洲护滩带和在护滩带基础上加高形成鱼骨坝,在不同间距下的极限冲刷深度,为本工程护滩带间距的选取提供参考。综合各模型试验成果,对落成洲守护工程的平面优化如下:

1) 关于护滩带守护工程范围。

据落成洲守护工程动床物理模型试验研究^[3],从 2010 年水沙过程后的冲淤地形 -13 m、-15 m 等高线可以看出,落成洲头部守护范围不变,护滩效果较好,对右汉的限制作用也较为明显(图 2、图 6、表 1)。

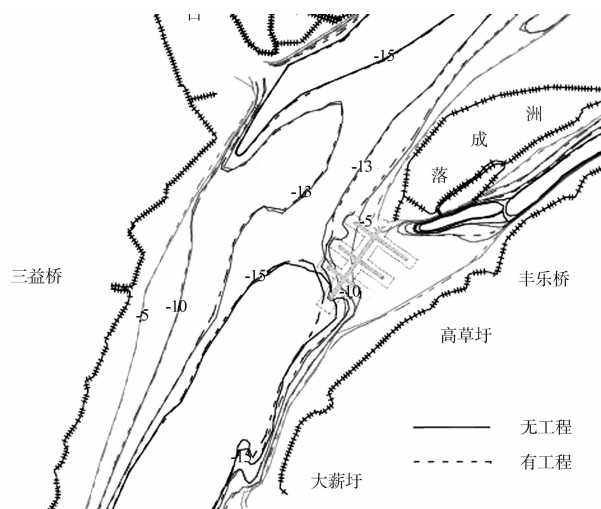


图 6 护滩工程前后等深线比较(头部后退)(单位: m)

表 1 护滩工程前后效果比较

方案	左汉 -10 m 等高线左移/m	右汉分流比/%	右汉 -10 m 槽
头部不变	120 ~ 370	减少 0.32 ~ 0.39	自 1.48 km ² 减少为 1.33 km ²
头部后退	120 ~ 360	减少 0.31 ~ 0.38	自 1.48 km ² 减少为 1.34 km ²

据二维水沙数学模型计算研究^[4],在护滩带基础上加高形成鱼骨坝,头部不变方案对 12.5 m 等深线的改善效果好(图 7)。

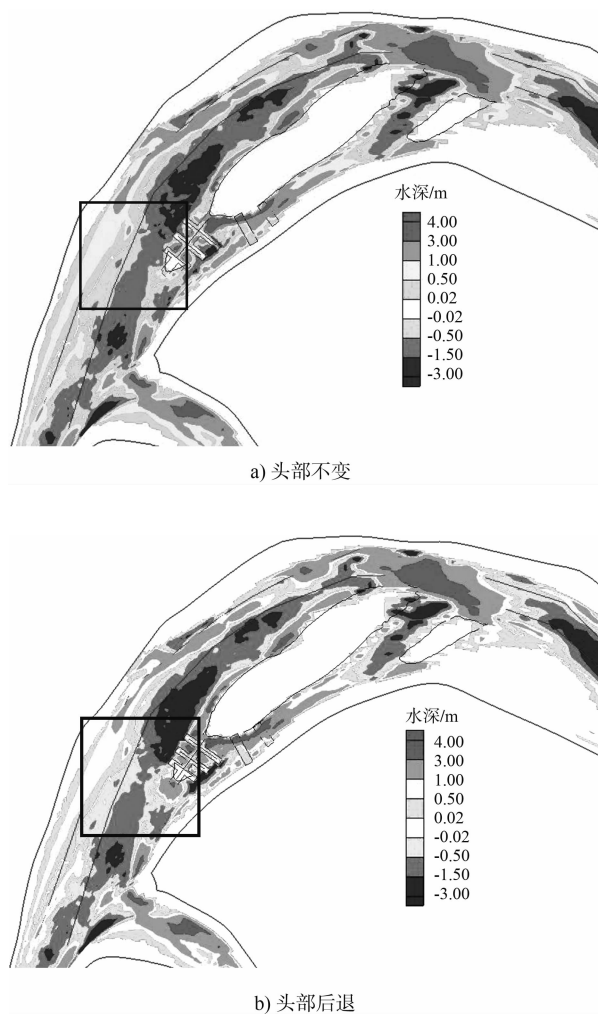


图 7 鱼骨坝工程前后等深线比较

综合考虑守护工程动床模型试验和二维水沙数学模型计算成果,守护位置不变在护滩、对左汉航道条件的改善及对右汉的限制等方面的效果均较守护位置后退要好;在与总体工程的衔接上,保持与总体工程守护位置一致,也有利于后续工

程的实施。因此,洲头低滩头部守护位置在设计阶段与“工可”一致,保持不变。

2) 关于第一道护滩带的位置。

据守护工程动床物理模型试验研究^[3],工可方案在新地形条件下,对落成洲守护工程滩体的守护效果较差(图2),而第一道护滩带后移后,对10 m等深线的控制力度不够,但是对滩体的守护较“工可”方案明显增强(图10)。为此,根据前述平面优化思路,考虑第一道护滩带后移约260 m,并在头部进行加强,按照此进行优化后的方案护滩效果明显增强,且加强对护滩带头部强度后,能有效守护低滩前沿-15 m等深线,强化护滩带头部,工程效果明显(图8)。

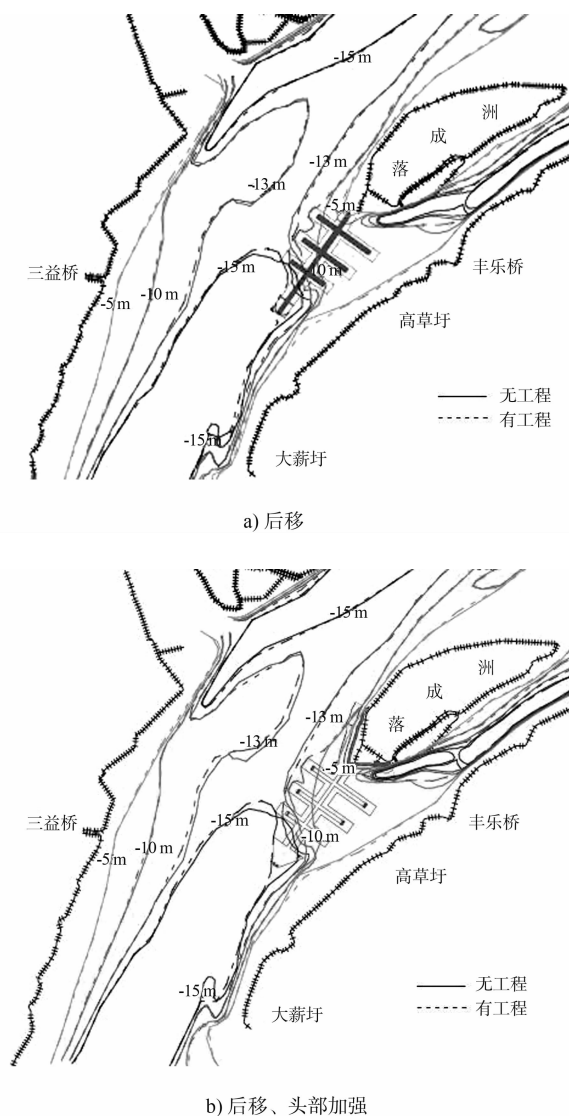


图8 护滩工程前后等深线比较

3) 关于护滩带的间距。

据二维水沙数学模型计算成果^[4],在2011年1月地形条件下,在“工可”护滩带平面布置基础上加高至总体方案模型效果反映出间距大,相互掩护效果不够,形成的冲刷坑较为厉害等问题,具体来看,鱼骨坝上流速最大增幅为0.24 m/s,第二道格坝上流速最大增幅为0.32 m/s,第二、三道格坝间掩护效果较差,冲刷1.5 m以上范围较大。因此需要对护滩带间距适当缩小。经数学模型对1.5倍、1.2倍、1.1倍等多个间距方案效果进行率定后确定1.2倍和1.1倍方案效果较优。

据局部三维概化模型试验成果^[5],选用1.5倍坝长,软体排守护部位能够保持稳定,但坝田间、第三道护滩带与洲头间冲刷较大,特别是洲头右缘,冲刷幅度在3 m以上(图9a));选用1.2倍坝长,软体排守护部位能够保持稳定,不再冲刷(图9b))。因此,选用1.2B,横向护滩带的间距也基本合适。

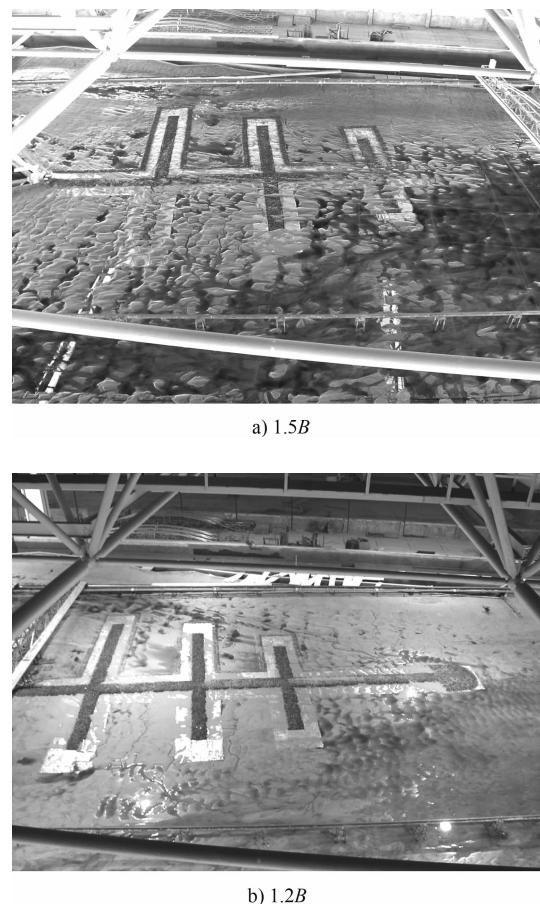


图9 护滩工程后极限冲刷地形

综合考虑二维水沙数学模型计算和局部概化模型试验成果,护滩带间距取 1.2 倍对守护范围滩面的守护较好,且在其基础上加高形成坝体后的总体治理效果也较优,并且在护滩带和鱼骨坝阶段,工程局部冲刷坑均相对较小,因此,护滩带间距取 1.2 倍。

4) 关于纵向护滩带方向。

据二维水沙数学模型计算研究^[4],在鱼骨坝纵向坝轴线偏转 3.5° 情况下,对左汊浅区改善、右汊限制更明显(表 2)。而纵向坝轴线继续右偏后,对左汊主航道内的流速影响范围有限,对浅段改善作用相对较差(图 10)。

表 2 鱼骨坝工程对落成洲右汊分流比调整比较 %

方案	落成洲右汊分流比 (定床)	落成洲右汊分流比 (动床)
原方向方案(加高)	-0.4	-0.7
右偏方案(加高)	-0.5	-1.0

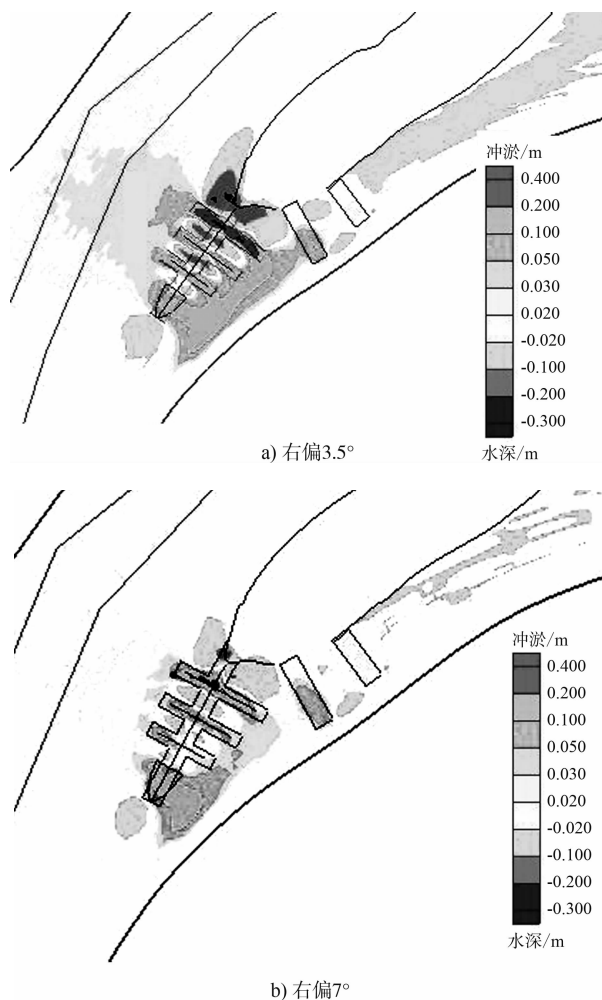


图 10 鱼骨坝工程前后冲淤比较

据落成洲守护工程动床物理模型试验研究^[3],右偏后,对右汊的限制作用加强。

综合考虑数学模型和物模动床试验成果,确定护滩工程整体右偏 3.5° 较好,对于护滩的效果及整个整治建筑物的稳定有利。且在此基础上实施的总体工程方案的整治效果也较好。

3.5 优化推荐方案

1) 护滩带。

根据工可方案实施后的效果和“工可”以来的变化结合 3 个模型成果,将横向护滩带向后紧缩守护残存低滩,将护滩带间距由 2 倍护滩带长度缩小为 1.2 倍,以加强掩护,另,加强头部的守护,在以上优化基础上将护滩带整体右偏约 3.5°,以增强对右汊的限制并增强挑流作用,并适当增加右缘鱼骨坝的长度有利于进一步限制右汊、改善浅区,由此优化出设计方案如下:

在落成洲洲头低滩布置护滩工程,平面上为梭头加一纵三横四条护底带,其中梭头长 300 m,底宽 400 m;纵向护底带长 1 300 m,宽 200 m;三道横向护底带长分别为 635 m、800 m、925 m,宽均为 150 m,护滩带间距主要依据左缘护滩带长度,按照 1.1 倍进行布置,第一道与第二道护滩带间距 320 m,第二道与第三道护滩带间距 360 m。工程主要作用是守护落成洲洲头低滩、防止其冲刷,并通过护滩带缩小右汊口门,限制右汊冲刷发展。

2) 落成洲高滩护岸。

在落成洲头实施护岸,总长 1 100 m,左缘衔接段长度 100 m,右缘衔接段长度 200 m,工程主要作用是稳定洲头高滩,防止岸线崩退。

3) 护岸加固。

在左岸三益桥、三江营—杜家圩实施护岸加固,总长 6 300 m;右岸丰乐桥实施护岸加固,长 2 275 m。工程主要作用是稳定关键部位岸线,减少工程对防洪及河势的影响。方案平面布置见图 11。

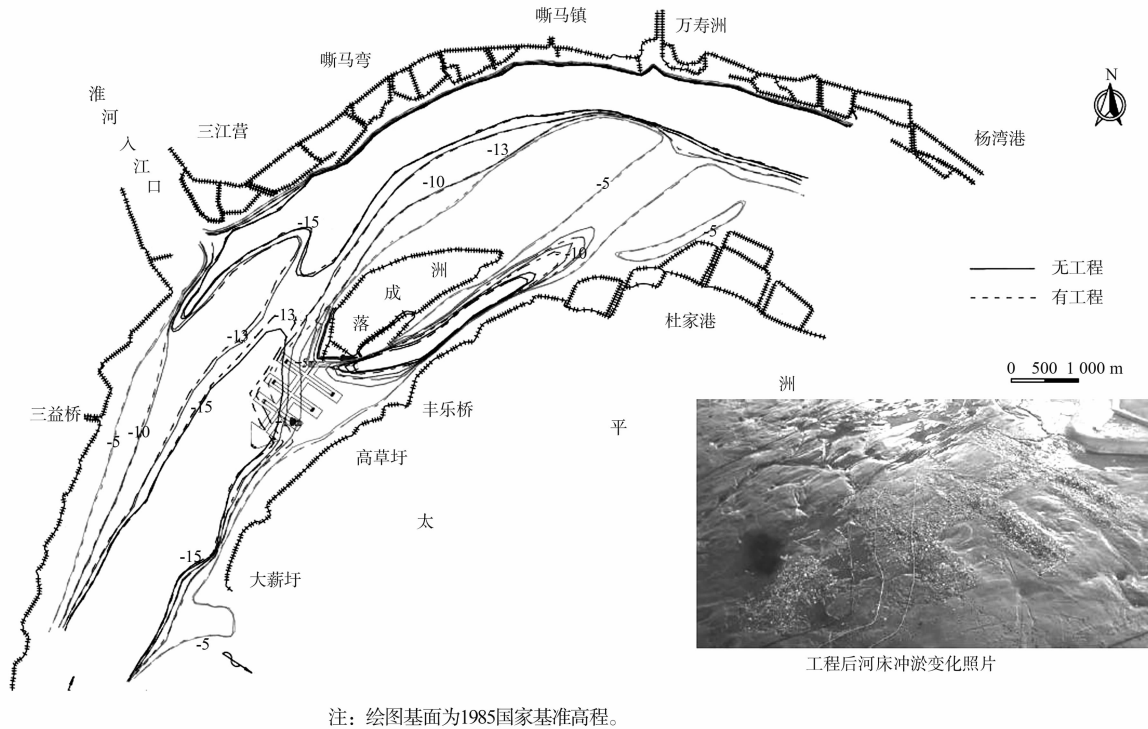


图 11 优化方案平面布置及系列年实施后效果（单位：m）

4 方案效果

4.1 模型系列年试验效果

据方案长系列年（施放 2007—2010 年 + 1998 年 + 1999 年 + 2007—2010 年共 10 年水沙过程）试验结果表明，工程实施后，即使遭遇包含连续特大洪水年在内的长系列年水沙过程，落成洲头部及其前沿滩地稳定性有保障，右汊的冲刷发展现象也得到控制。工程维持了目前滩槽格局，为深水航道的治理奠定了基础，达到了预期的整治目的（图 15）。

4.2 工程主体完工约 2 a 的实际效果

落成洲守护工程于 2011 年 10 月开始实施，于 2012 年 7 月完成落成洲低滩护滩带和高滩护岸工程。从主体工程实施完成后的局部冲淤变化（图 12）看，工程完工以来，主体工程区域淤积范围及幅度大于冲刷，其中护滩带头部及左缘淤积明显，幅度在 1 m 以上，右缘则有冲有淤，局部略有冲刷，幅度普遍在 0.5 m 左右，护岸工程

区域总体预计，幅度 0.2 ~ 2 m，说明工程的实施，很好的守护了落成洲洲头，遏制了落成洲多年来冲刷后退的不利趋势。

5 结语

1) 口岸直水道上段三益桥浅滩属过渡放宽段浅滩，近年来，因进口主流右摆，落成洲出现了洲头低滩冲刷、高滩崩退，右汊发展等新变化，使左汊过渡段河道进一步向宽浅方向发展，航道条件进一步恶化。为了抑制口岸直水道上段航道条件的不利变化，为 12.5 m 深水航道治理工程的实施奠定基础，对落成洲守护工程进行控制守护，遏制口岸直水道上段的不利变化是非常必要和紧迫的。

2) 落成洲守护工程的实施，将有利于维持口岸直水道上段目前相对较为有利的滩槽格局，抑制落成洲洲头及前沿低滩冲刷和右汊发展的不利变化趋势，避免航道条件进一步恶化，为实现本水道的总体治理目标奠定基础。

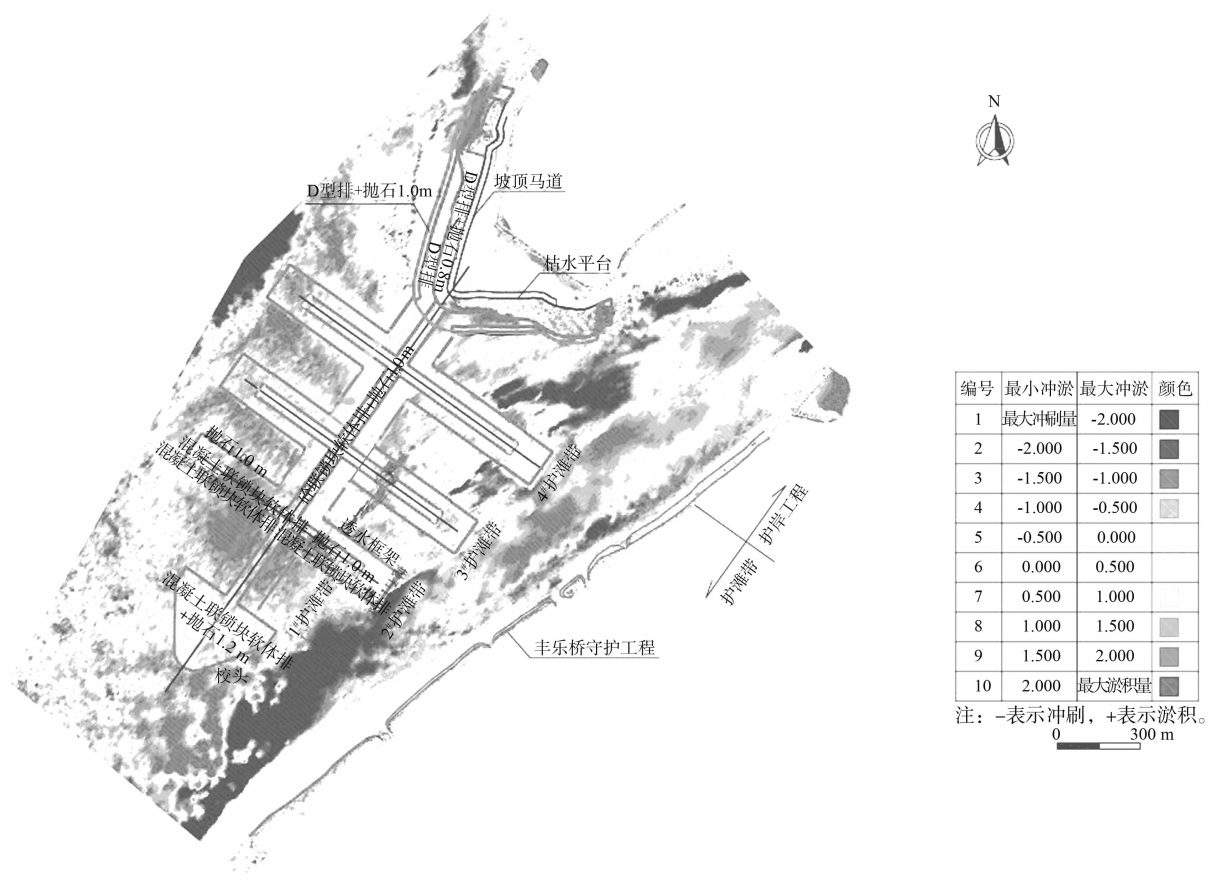


图 12 工程方案实施后效果 (2014 年 5 月与 2012 年 7 月冲淤比较)

3) 综合落成洲守护工程动床物理模型、二维水沙数学模型和局部三维概化模型研究成果确定的优化方案效果明显, 能够达到本期守护工程目标, 工程局部冲刷较小, 与后期方案衔接较好, 并且在其基础上实施的 12.5 m 深水航道治理总体方案对口岸直水道上浅区航道条件改善明显, 平面优化方案合理, 可为落成洲守护工程设计提供参考。

4) 工程实施 2 a 来的效果分析表明: 本工程很好的守护了落成洲洲头, 遏制了落成洲多年来冲刷后退的不利趋势。

参考文献:

[1] 袁达全, 雷雪婷, 耿嘉良, 等. 长江下游口岸直水道航道

治理落成洲守护工程工程可行性研究报告[R]. 武汉: 长江航道规划设计研究院, 2010.

[2] 雷雪婷, 袁达全, 陈飞. 长江下游口岸直水道三益桥浅区段河床演变与航道整治思路浅析[J]. 人民长江, 2012(S2): 106-108, 160.

[3] 张幸农, 陈长英. 长江下游口岸直水道航道治理落成洲守护工程工程初步设计方案河工模型试验研究[R]. 南京: 南京水利科学研究院, 2011.

[4] 张明进. 长江下游口岸直水道 12.5 m 深水航道建设二期工程二维水沙数学模型研究报告[R]. 天津: 天津水运科学研究院, 2011.

[5] 刘高峰, 贾晓. 落成洲洲头低滩间隔式守护护滩带间距专题物理模型试验研究[R]. 上海: 上海河口海岸研究中心, 2011.

(本文编辑 郭雪珍)