



长江下游口岸直水道鳊鱼沙心滩头部护滩带 工程结构细部处理

雷雪婷¹, 伍文俊², 耿嘉良¹

(1. 长江航道规划设计研究院, 湖北 武汉 430011; 2. 长江航道局, 湖北 武汉 430010)

摘要: 鳊鱼沙心滩头部守护工程采用护滩结构, 在受径流和潮汐双重影响条件下的应用尚属首次。为保证鳊鱼沙心滩守护工程的质量和整治效果, 并保持整治工程结构的稳定性, 在分析长江下游口岸直水道鳊鱼沙心滩段水流特性的基础上, 根据局部水槽模型成果, 对鳊鱼沙心滩头部守护工程护滩带结构进行了细部处理, 在保证工程结构稳定的基础上, 减少了水毁损失, 降低了工程维护成本, 节约了工程量, 也为相关工程的设计与建设提供参考。

关键词: 鳊鱼沙心滩; 护滩带结构; 局部水槽模型

中图分类号: U 617.9*2

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2012)09-0136-06

Local optimization on engineering structure of protection belt of Manyusha beach

LEI Xue-ting¹, WU Wen-jun², GENG Jia-liang¹

(1. Changjiang Waterway Planning, Design and Research Institute, Wuhan 430011, China;

2. Changjiang Waterway Bureau, Wuhan 430010, China)

Abstract: The beach protection engineering was applied for the first time to the head of Manyusha shoal under the dual influences of runoff and tide. In order to ensure the quality, regulation effect, and stability of Manyusha shoal head protection engineering, we carried out some detail treatments for Manyusha shoal head protection engineering based on the analysis of flow characteristics of Manyusha shoal reach in Kou'an straight reach of the Yangtze River and according to achievements of the local scour flume test, by which, not only the stability of engineering structure was ensured, but also the loss of flood damage was reduced and the cost of project maintenance was cut down. It may serve as a reference for related engineering design and construction.

Key words: Manyusha shoal; protection structure; local sink model

口岸直水道上起五峰山, 下至十四圩, 全长约46 km, 鳊鱼沙心滩段位于口岸直水道中下段, 该滩段上起高港灯, 下至十四圩, 长约23 km, 为典型的长顺直河段, 平均河宽约为2.3 km, 河相系数在3~4, 江中鳊鱼沙心滩将河槽分为左、右两槽^[1]。多年来, 滩槽冲淤变化频繁, 两槽相应冲淤交替发展, 严重时甚至出现滩槽易位^[2], 导致两侧航槽水深和航宽不足, 是长江下游重点碍航水道之一, 也是长江口12.5 m深水航道上延的必经之路。河道形式见图1。

由于口岸直水道鳊鱼沙心滩段滩槽格局不稳, 因此在不利水沙条件下, 会导致鳊鱼沙心滩中上段滩槽易位, 航道条件恶化。为维持目前下游口岸直水道下段目前较为有利的滩槽格局和较好的航道条件, 为今后长江口深水航道向上延伸奠定基础, 目前, 长江下游口岸直水道航道治理鳊鱼沙心滩头部守护工程正在建设。对鳊鱼沙心滩的守护采取的工程措施主要是护滩^[1]。

护滩工程在长江中游有较成功的应用, 但在口岸直水道深水并受潮汐影响条件下的应用尚

收稿日期: 2012-03-01

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

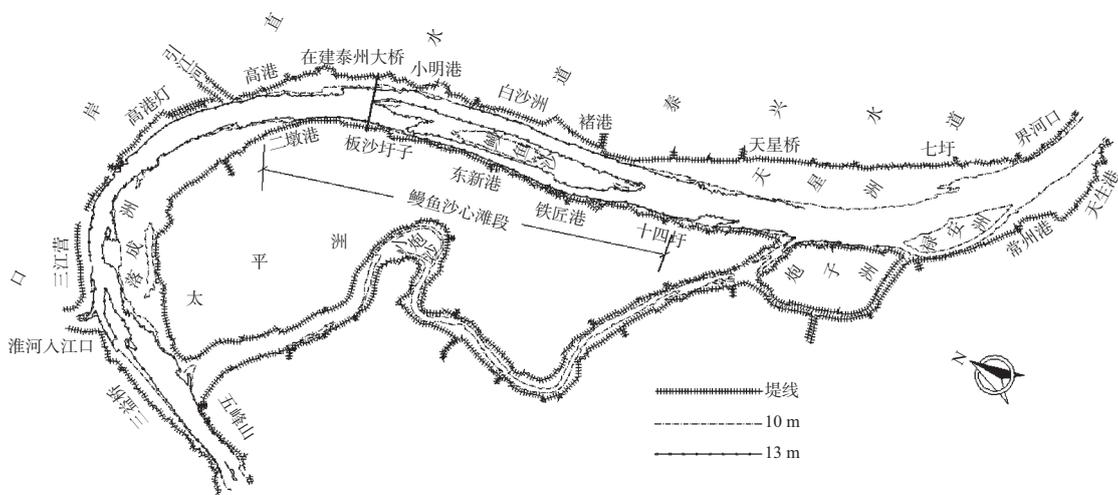


图1 口岸直水道河势

属首次。护滩带工程关键是根据各部位不同的功能、不同的水深、流速、流向等条件, 确定边缘可能变形、破坏部位, 提前采取预防处理措施, 确保护滩带稳定。在长江中游也就是径流河段, 已经总结了一套成功经验, 可凭经验初步判断护滩带工程冲刷变形部位, 但在口岸直水道, 受潮汐影响, 护滩(底)带边缘变形情况将会更加复杂, 原有经验将不再适用。因此为保证鳊鱼沙心滩守护工程的质量和整治效果, 并保持整治工程结构的稳定性, 延长整治建筑物使用寿命, 减少水毁损失, 降低工程维护成本, 在设计阶段, 利

用局部水槽模型研究了在口岸直水道鳊鱼沙心滩护滩工程的冲刷变形、破坏情况等, 并针对模型进行了护滩带结构局部处理措施研究。

1 鳊鱼沙心滩头部守护工程平面布置及初选方案结构设计

1.1 平面布置

鳊鱼沙心滩头部守护工程平面布置方案包括: 在鳊鱼沙心滩上段布置护滩工程; 左岸白沙洲附近、右岸东新港及以上布置护岸加固(图2)。

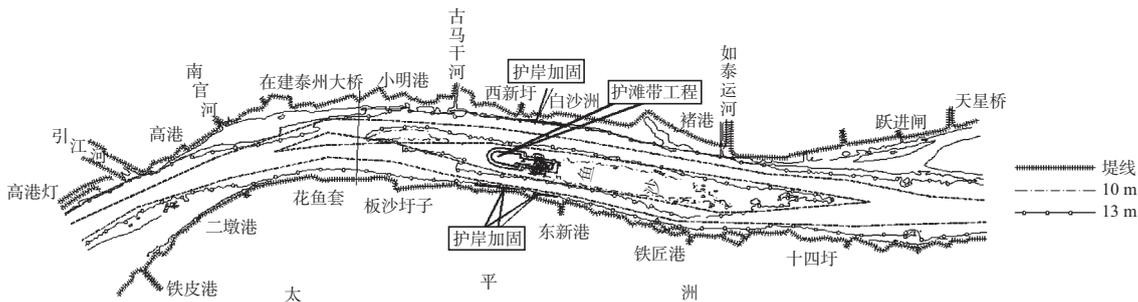


图2 鳊鱼沙心滩头部守护工程平面布置

其中主体为鳊鱼沙心滩头部的护滩带工程^[1], 具体为: 平面上为梭头加一纵一横2条护底带(图3)。护底带由主体工程区和变形区组成, 其中纵向总长2 224 m, 其中主体工程区总长1 964 m, 头部、尾部变形区分别长130 m; 主体工程区前段“梭头”

长964 m, 底宽410 m, 后段纵向护底带长1 000 m, 宽200 m, 横向护底带长400 m, 宽80 m。

1.2 结构设计

护滩(底)排结构: 在有掩护部位如抛石下护底排采用D型排, 在没有掩护的部位采用抗冲刷能力

强的混凝土连锁块软体排(0.4 m × 0.4 m × 0.16 m)。

抛石压载: D型排上满抛0.8 m厚块石, 块石

粒径约0.36 m。同时排体边缘抛石, 宽度为20 m, 排上排外各10 m, 厚度为0.8 m (图3)。

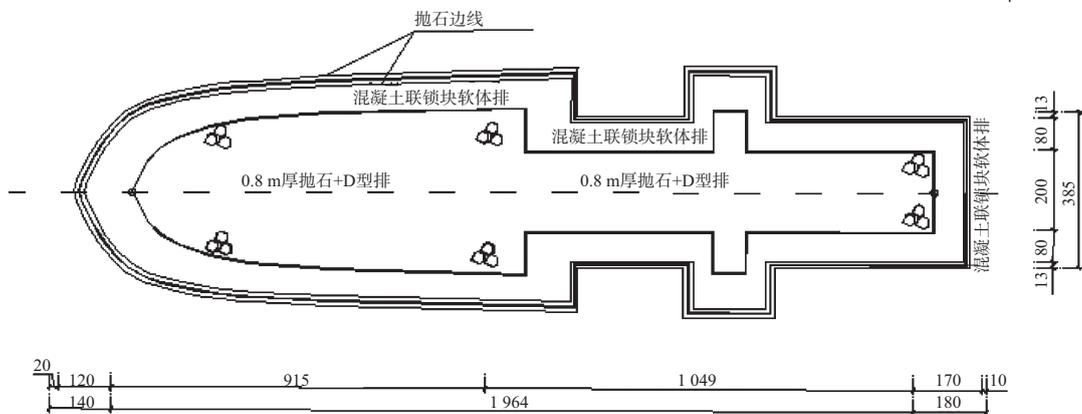


图3 护滩工程平面布置

2 鳊鱼沙河段水流特征

2.1 实测资料

口岸直水道处于长江下游潮流界的变化区之内, 受径流和潮汐双重作用, 潮流界随径流强弱和潮差大小等因素而变化, 枯季潮流界可达到镇江附近, 洪季潮流界下移至江阴附近^[3]。因此通常情

况下, 河段内中洪水期基本无涨潮流, 只有枯水大潮时才有涨潮流。据2005—2010年水文测验资料, 口岸直水道内枯水大潮涨潮流速为0.2 ~ 0.5 m/s, 落潮流速为0.37 ~ 0.82 m/s, 当上游流量大于40 000 m³/s时, 不存在涨潮流, 呈单向水流运动特征。鳊鱼沙护滩处的流速最大。统计各级流量下的流速见表1。

表1 鳊鱼沙心滩流速

| 工况 | 大通流量/(m ³ ·s ⁻¹) | 三江营/(m ³ ·s ⁻¹) | 滩脊线平均水深/m | 护滩处大致流速/(m·s ⁻¹) |
|----------|---|--|-----------|------------------------------|
| 防洪设计洪水 | 85 400 | 15 000 | 16.5 | 2.1 |
| 多年平均洪峰流量 | 62 000 | 0 | 13.4 | 1.6 |
| 实测洪水大潮 | 42 000 | 600 | | 高潮为0.1 低潮为1.2 |
| 实测枯水大潮 | 14 200 | 200 | 10~11.8 | 涨急为0.62 落急为0.9 |

可见, 鳊鱼沙护滩处动力条件最强的为防洪设计洪水时2.1 m/s、每年可能出现的较强动力条件(多年平均洪峰流量)时为1.6 m/s、枯季出现的落潮流速约1.0 m/s、涨潮流速约0.6 m/s。因此, 涨潮及涨潮流对口岸直水道河床演变所起作用较小, 径流为主要造床动力因素, 尤其是大洪水的造床作用尤为明显^[3]。

2.2 鳊鱼沙心滩水流运动特点

鳊鱼沙浅滩段属于上游(高港灯附近)深槽与下游(小决港—太平洲尾)深槽之间的过渡段, 主流总体上表现为由左向右过渡^[1-3]。此外, 主流还沿程摆动过渡, 其中上段主流由右向左过渡, 下段主流由左向右过渡, 见图4。滩槽流量分

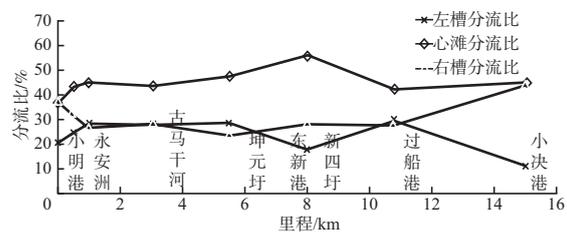


图4 鳊鱼沙顺直段滩槽分流比沿程变化

配比的沿程变化说明: 在进口处, 主流基本上是贴近右侧深槽的, 但因上段滩脊高程较低, 水流顺应上游河势, 仍有朝左侧过渡的倾向, 在河段中部主流已基本位于左侧, 之后小决港深槽吸流及河道略有向右微弯, 水流又在东新港下向右槽过渡。值得注意的是, 在上段内中间滩脊流量分

配较大, 已超过右槽10%左右, 因而中间滩脊必然受到冲刷, 特别是洪水期的强烈冲刷。

3 局部水槽模型试验成果

鳊鱼沙心滩头部守护工程局部水槽模型范围为鳊鱼沙心滩300 m, 500 m, 1 000 m范围内地形^[4], 水槽模型计算条件由建立的整体数学模型提供。

3.1 模型设计及模型沙选择

根据研究特性、场地条件、实验室供水能力, 选用宽度5 m的水槽进行研究, 水槽概化模型比尺为1:60, 系列模型采用1:100与1两个比尺。

模型沙选择采用唐存本公式计算, 模型沙采用 $\gamma_s=1.15 \text{ t/m}^3$, $d_{50}=0.14 \text{ mm}$ 的木屑^[5]。

3.2 模型试验条件

局部水槽模型是研究鳊鱼沙护滩后的局部水流特征与冲刷变形, 主要考虑不利与最常出现的水流动力条件: 最强水流动力是防洪设计洪水(流量为10.04万 m^3/s), 每年可能出现的最大流量为6.2万 m^3/s (多年平均洪峰流量), 造床流量4.26万 m^3/s 左右, 枯水流量1.44万 m^3/s 。各流量的计算条件见表2, 其中造床流量42 600 m^3/s 与枯水流量1.44万 m^3/s 的下边界为界河口实测潮位过程。

表2 二维水流模型的计算条件与护滩处大致流速

| 工况 | 大通流量/ ($\text{万m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) | 三江营/ ($\text{万m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) | 滩脊线平均水深/m | 界河口水位/m | 护滩处大致流速/($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) |
|----------|--|---|-----------|---------------------|--|
| 防洪设计洪水 | 8.54 | 1.50 | 16.5 | 5.72 | 2.1 |
| 多年平均洪峰流量 | 6.20 | 0 | 13.4 | 2.93 | 1.6 |
| 实测洪水大潮 | 4.20 | 0.06 | | 2006-06-27—28实测潮位过程 | 高高潮为0.1 低低潮为1.2 |
| 实测枯水大潮 | 1.42 | 0.02 | 10~11.8 | 2009-11-05—06实测潮位过程 | 涨急为0.62 落急为0.9 |

3.3 护滩带局部水流特征

根据局部水槽模型试验^[4], 三级流量条件下的水位情况见图5。可见, 三级流量条件下水位平缓, 上下游水位落差在0.22~0.46 cm。在水槽上游进口的断面处的表面流速的分布受滩体地形的影响, 沿断面分布并不均匀, 见图6。

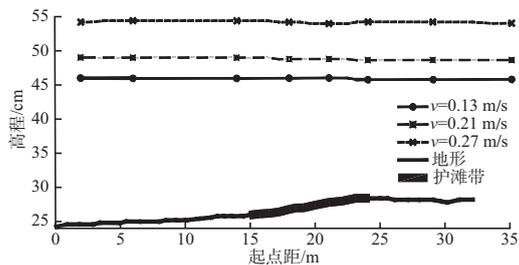


图5 初选方案沿程水位

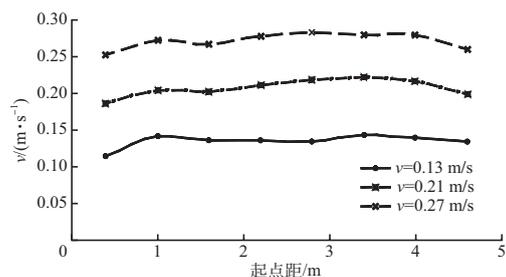


图6 初选方案进口处断面流速分布

3.4 护滩带边缘冲刷变形情况

三级流量条件下的清水冲刷地形化情况见图7~8。可见, 随着流量的增大, 护滩带附近的冲刷逐渐明显, 护滩带局部出现了破坏, 至一定程度后, 冲刷变形幅度趋缓。统计控制流速0.21 m/s,

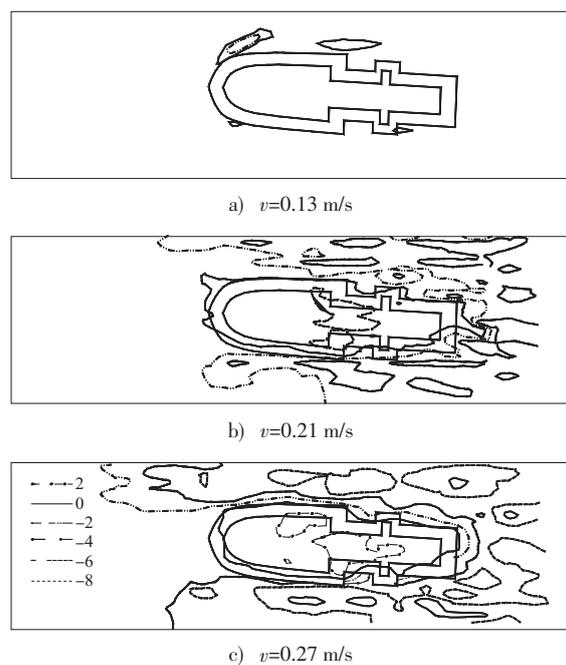


图7 初选方案冲刷等值线变化(单位: cm)

0.27 m/s时局部冲刷模型冲深试验成果见表3。由图7和表3可以看出,护滩带冲刷坑主要出现在“梭头”中上部及“两翼”下游,护滩带的最大冲刷坑出现在“梭头”中上部,排体上略有淤积。原体流速2.1 m/s时,“梭头”中上部的最大冲深为6.0~6.5 m(与前面模拟排体整体防护时最大冲深基本一致),距护滩带边缘的距离为30~50 m,其中护滩带的右侧冲刷相对强烈些,并且排边沿形成冲刷坑后地形较陡,有些排体因边沿淘刷而悬挂破坏^[4,6]。

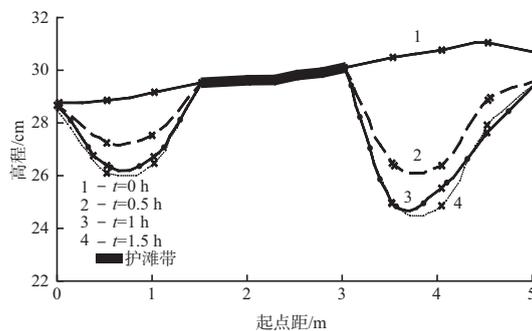


图8 冲刷最大断面地形变化过程 (0.27 m/s)

表3 局部冲刷模型冲深试验结果

| 部位 | 模型试验冲刷坑 | | | | 换算至原体 | | | | |
|----|------------|-------------|------------|-------------|-----------|------------|-----------|------------|------|
| | 流速0.21 m/s | | 流速0.27 m/s | | 流速1.6 m/s | | 流速2.1 m/s | | |
| | 深度/cm | 距护滩带边缘距离/cm | 深度/cm | 距护滩带边缘距离/cm | 深度/m | 距护滩带边缘距离/m | 深度/m | 距护滩带边缘距离/m | |
| 左侧 | 梭头 | 5.5 | 54.3 | 9.8 | 67.3 | 3.3 | 32.6 | 5.9 | 40.4 |
| | 两翼 | 5.6 | 160.2 | 5.7 | 115.5 | 3.4 | 96.1 | 3.4 | 69.3 |
| 右侧 | 梭头 | 6.2 | 89.6 | 10.8 | 83.9 | 3.7 | 53.7 | 6.5 | 50.3 |
| | 两翼 | 5.7 | 161.1 | 5.9 | 118.5 | 3.4 | 96.7 | 3.5 | 71.1 |

4 护滩工程局部处理措施

根据局部水槽模型试验可知,护滩带局部变形主要出现在“梭头”中上部及“两翼”下游,护滩带的最大冲刷坑出现在“梭头”中上部,并且排边沿形成冲刷坑后地形较陡,甚至有些排体因边沿淘刷而悬挂。针对以上试验成果,对护滩带结构细部采取如下处理措施:

1) 对于“梭头”的中上部,采用满抛石的结构进行加强处理,并适当加大梭头头部的余排宽度。

2) 对于“两翼”下游的冲刷坑,根据模型试验结合工程经验,转角处的夹角很大的水下建筑物,对行进流干扰很大,影响建筑物附近的水流流态,可能会形成涡流,对建筑物局部河床淘刷较为剧烈,可能出现因局部冲刷失稳,而影响工程的整体稳定性的情况,而采用渐变的方式来平顺水流,可减少工程对水流流态的干扰,为此,对于“两翼”转角处采取局部圆弧处理的方式。

3) 对于排体边沿冲刷坑很陡,且冲刷深度较大情况,为防止工程因局部排体边缘冲刷较大,继续发展影响整体工程的稳定,在工程施工完成后,在边缘冲刷变形较大区域,抛备填石。

4) 由于护滩带主体结构采用满抛石进行守护,工程量大,为此,考虑采用间断抛石进行处理。

根据以上处理方案,局部冲刷模型进行了进一步的试验。模型试验结果表明,工程进行以上局部处理后,冲刷坑深度有所减小,护滩带破坏情况明显改善,并且,采用间隔式守护后,不仅工程量减小,而且对滩槽的流速分布有较为明显的调整效果。

根据局部冲刷模型,在护滩带上满抛石、间隔35 m、间隔70 m进行抛石情况,从护滩带冲刷最大位置处,断面近底流速分布可见(图9),满抛压载、间隔70 m、间隔35 m压载情况下护滩处的近底流速逐次减小,表明滩面加糙依次增

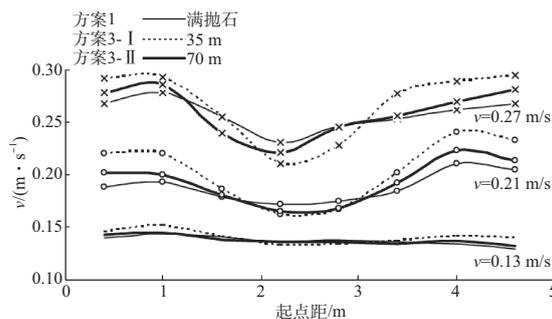


图9 不同压载方式冲刷最大断面近底流速分布

大,护滩带边沿的冲刷深度依次增大。可见3种压载情况下,压载间隔35 m的滩面加糙最大,滩面流速最小,护滩的促淤效果最好,但同时滩体两侧流速则相应增大,冲刷程度也最为明显。为

此,设计中对于护滩带上满抛石改为改变断面流速较大,但滩体边缘冲刷坑相对较小的抛石间隔70 m。优化后,鳊鱼沙心滩头部守护工程护滩带布置如图10所示。

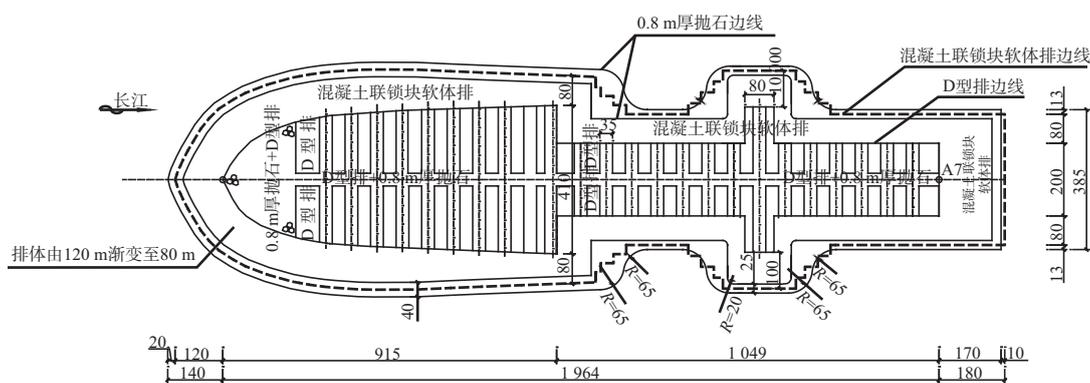


图10 优化后护滩工程平面布置

5 结语

结合局部水槽模型试验成果对长江下游口岸直水道航道治理鳊鱼沙心滩头部护滩带工程不同部位采用不同的处理方式,达到了保证工程结构稳定的目的,并且对于护滩带上满抛石改用间隔抛石,不仅节约了工程量,而且增强了护滩带调整水流分布的效果,与本工程“固滩稳槽”的治理思路一致,对本工程的整治效果也有一定的作用,可为相关工程的设计与建设提供一定的参考。

参考文献:

[1] 袁达全,雷雪婷,李冬,等.长江下游口岸直水道航道治理鳊鱼沙心滩头部守护工程初步设计报告[R].武汉:长江航道规划设计研究院,2010.

- [2] 张幸农,谢瑞,陈长英,等.长江下游口岸直水道航道治理鳊鱼沙心滩头部守护工程初设阶段动床模型试验研究[R].南京:南京水利科学研究院,2010.
- [3] 陈长英,张幸农.长江口岸直水道泰兴顺直段近期演变分析[J].水道港口,2009(3):182-186.
- [4] 曹民雄,蔡国正,王秀红,等.长江下游口岸直水道航道治理鳊鱼沙心滩头部守护工程护滩带局部冲刷水槽系列模型试验研究[R].南京:南京水利科学研究院,2010.
- [5] 曹民雄,余新明,刘兆衡,等.长江口岸直水道鳊鱼沙心滩头部守护工程局部冲刷系列水槽试验研究[J].水运工程,2012(1):105-110.
- [6] 曹民雄,李青云,蔡国正,等.长江口岸直水道鳊鱼沙心滩头部守护工程局部冲刷水槽概化试验研究——I.水槽概化与护滩建筑物模拟设计[J].水运工程,2011(8):73-79.

(本文编辑 郭雪珍)

