



# 长江中游河漫滩滩面守护结构试验研究<sup>\*</sup>

蒲 锋<sup>1</sup>, 高凯春<sup>2</sup>, 赵志舟<sup>1</sup>, 黄 颖<sup>2</sup>, 董克翠<sup>1</sup>

(1. 重庆交通大学 河海学院, 重庆 400074; 2. 长江航道局 荆江航道建设指挥部, 湖北 荆州 434000)

**摘要:**以长江大马洲水道为原型, 将植草格作为新型守护结构形式引入护滩工程。结合丙寅洲外滩滩面的水流和泥沙运动特点, 建立概化水槽模型, 进行了植草格对水流结构的影响及滩面防冲刷效果的试验研究。铺设植草格后滩面近底流速明显降低, 对格内回填沙的稳固作用较为明显, 为植草格内植被的生长提供了良好条件。在丙寅洲上游段外滩滩面流速较大的区域, 采取植草格生态守护措施是可行的。

**关键词:**滩面守护; 植草格; 水槽试验; 水力特性

中图分类号: U 617.8

文献标志码:

文章编号: 1002-4972(2015)04-0145-05

## Experimental research on beach face guardian structure of washland in middle reach of the Yangtze River

PU Feng<sup>1</sup>, GAO Kai-chun<sup>2</sup>, ZHAO Zhi-zhou<sup>1</sup>, HUANG Ying<sup>2</sup>, DONG Ke-cui<sup>1</sup>

(1. School of River and Ocean Engineering, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China;

2. Jingjiang Reach Waterway Construction Headquarters, Yangtze River Waterway Bureau, Jingzhou 434000, China)

**Abstract:** Taking the Damazhou waterway as the prototype, we introduce the grass grid as a new guardian structure into the beach protection engineering. According to the characteristics flow and silt motion of Bingyin delta beach, we set up the generalized flume model to study the grass grid's the influence on the flow structure and beach face scour prevention effect. After laying grass, the flow velocity of the beach face near bottom is decreased obviously and thus has an obvious effect of stabilizing the backfill sand and provides favorable conditions for the growth of grass vegetation. In the upstream segment of Bingyin delta beach where the face velocity is larger, it is feasible to take grass grid guard measures.

**Keywords:** beach face guardian; sodded grid; flume experiment; hydraulic characteristics

三峡工程蓄水以后, 长江中下游沙质河段受来沙减少的影响, 高滩崩退普遍发生, 成为造成河道展宽、浅滩恶化的主要影响因素之一。为充分发挥长江“黄金水道”的效益, 长江中下游航道整治工程中的高滩守护工程, 也就是护岸工程, 近年来广泛实施。护岸工程是一项以稳定河势为基础的整治工程, 主要方式有抛石、铰链混凝土板沉排、土工织物砂排、梢料、透水框架式、钢筋石笼等<sup>[1]</sup>。长江高滩护岸工程往往只守护至高

滩滩顶, 但河漫滩高程较低的滩面上汛期流速往往较大, 护滩顶部与后方滩面衔接段冲刷强烈容易导致护岸工程的破坏, 故应加强高程较低滩面的守护。以往衔接处的守护措施主要采用散抛片石等传统护滩结构形式, 很少考虑河道治理与滩面生态环境的统一, 已经不满足新时期航道整治生态理念的要求<sup>[2-5]</sup>。

目前, 加筋三维钢丝网垫作为一种生态护滩结构应用于长江安庆航道整治工程, 具有促淤能力强

收稿日期: 2014-07-02

<sup>\*</sup>基金项目: 重庆市科技应用开发项目 (cstc2013yykfA30005)

作者简介: 蒲锋 (1990—), 男, 硕士研究生, 从事航道整治方面的研究。

的特点,但其在较大流速区域的稳定性还有待于进一步研究。参考国内生态停车场的结构形式,将植草格作为新型守护结构形式引入生态护滩工程,并结合丙寅洲外滩滩面的水流和泥沙特点,进行河漫滩滩面较大流速区植草格守护结构形式及守护效果的初步试验研究,分析其实施的可行性<sup>[6-8]</sup>。

1 大马洲河道概况

大马洲水道位于荆江中部,上承窑监水道,下接砖桥水道,全长 10.5 km。该水道属荆江河段典型的单一顺直微弯河道,枯水河宽约 900 m,水道进口段右岸存在丙寅洲边滩,过渡段左岸为大马洲边滩(图 1)。

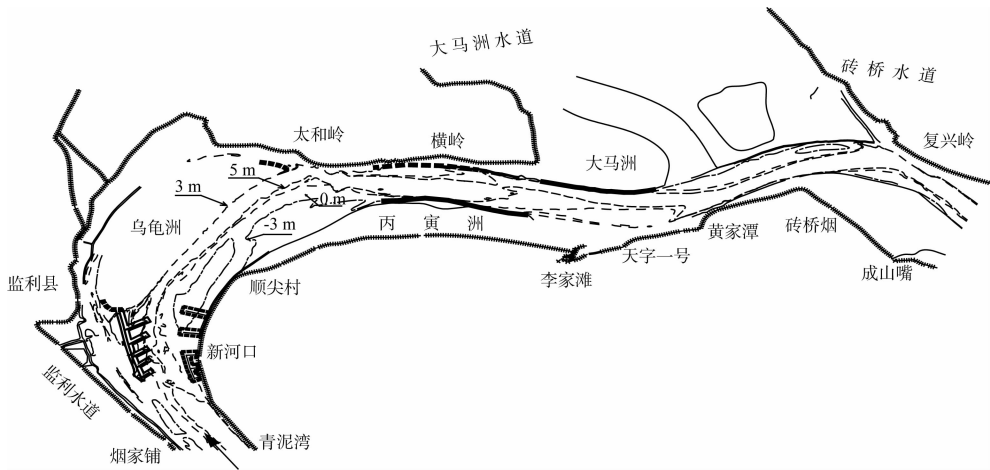


图 1 大马洲水道河势

受太和岭矶头影响,进口太和岭处中枯水河宽缩窄为 750 m,断面呈左偏“V”型。中间段水面逐渐放宽,断面多呈不规则“U”型,丙寅洲上游段枯水主槽靠近右岸;下游段主槽逐渐过渡至大马洲沙家边位置,出口段中枯水河面展宽至约 1 000 m,水流分散。近年来,随着乌龟洲右缘下段和洲尾的快速崩退,太和岭矶头挑流作用不断增强,进口深泓逐年右摆,且右摆幅度随太和岭上游主流不断坐弯而加大,大马洲水道进口航道变得弯曲、狭窄;随着丙寅洲边滩的上冲下淤,被丙寅洲边滩挑向左岸下泄的主流在左岸的顶冲点也相应下移,造成左岸大马洲边滩岸线后退、下边滩头部冲刷后退,致使大马洲水道出口段河面展宽、水流分散,上游冲刷泥沙在此落淤,河道断面由窄深向宽浅发展。

2 模型设计与布置

2.1 试验布置、仪器及内容

本试验在 28 m×1 m×1 m(长×宽×高)玻璃水槽中进行,水槽底部纵坡 0.25‰(图 2)。

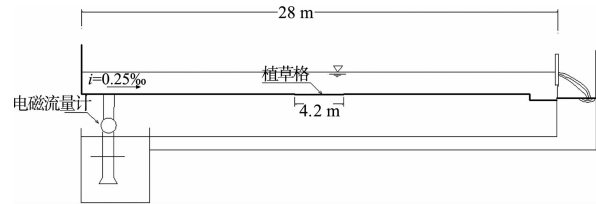


图 2 试验水槽

试验内容包括:

1) 植草格水力特性定床试验。

分无植草格、植草格内无填土、植草格内填土厚度为 2.5 cm 共 3 种工况,采用 ADV 测量三维垂线流速分布,观测植草格对滩面上水流结构的影响程度。

2) 植草格守护结构动床冲刷对比试验。

在水槽底部按起动条件相似铺设模型沙,分滩面无植草格、全幅植草格守护、半幅植草格守护 3 种工况,施放相同特征流量,观测冲刷幅度。

2.2 植草格守护结构

试验所采用的植草格规格为 350 mm×330 mm×50 mm,考虑到丙寅洲滩面河床组成适于植被的生长,故植草格内可直接回填滩面粉质黏土。

2.3 模型沙的选取

丙寅洲河漫滩滩面表层为粉质黏土,  $d_{50}$  平均值为 0.044 mm。以模型沙与原型沙起动相似条件为基准进行设计, 在长江重庆主城区河段边滩取样, 按丙寅洲滩面的河床组成配置模型沙, 模型沙与丙寅洲床沙级配曲线见图 3, 模型沙与原型沙级配、特征粒径相近,  $d_{50}$  为 0.044 mm。

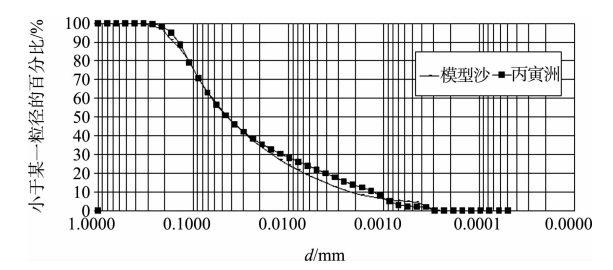


图 3 模型沙与丙寅洲床沙级配曲线

2.4 试验水流条件的选取

本试验选取大马洲水道汛期流量  $Q=35\,000\text{ m}^3/\text{s}$  作为试验特征流量, 丙寅洲滩面水深 3.7 m、表面流 1.5 m/s (表 1)。采用武水公式<sup>[9]</sup>:

$$U_c = \left(\frac{h}{d}\right)^{\frac{1}{7}} \left(17.6d \times \frac{\rho_s - \rho}{\rho} + 6.05 \times 10^{-7} \times \frac{10 + h}{d^{0.72}}\right)^{\frac{1}{2}}$$

(1)

计算得原型沙起动流速为 0.55 m/s, 滩面流速与滩面河床质起动流速  $v/v_c$  比值为 2.2。

| 表 1 试验特征流量下试验水槽水流条件的控制 |                 |          |                                            |                                         |                                  |
|------------------------|-----------------|----------|--------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------|
| 参数                     | $d_{50}/$<br>mm | 水深/<br>m | 垂线平均<br>流速/ $(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$ | 起动流速/<br>$(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$ | $v/v_c$ 流量                       |
| 原型                     | 0.044           | 3.70     | 1.20                                       | 0.55                                    | 2.2 35 000 $\text{m}^3/\text{s}$ |
| 模型                     | 0.044           | 0.12     | 0.54                                       | 0.30                                    | 1.8 65 L/s                       |

按级配相似的原型沙、模型沙起动条件相似, 概化水槽相应流量为 65 L/s, 模型水深 0.12 m 时水槽内模型沙  $v/v_c$  比值为 1.8, 与原型起动情况相近。

3 植草格水流特性试验

特征试验流量下滩面无植草格、植草格内为无填土、植草格内填土厚度为 2.5 cm 这 3 种不同工况下, 水槽轴线底部植草格中心垂线位置纵向流速、纵向流速的均方差  $\sigma$  分布见图 4~6。

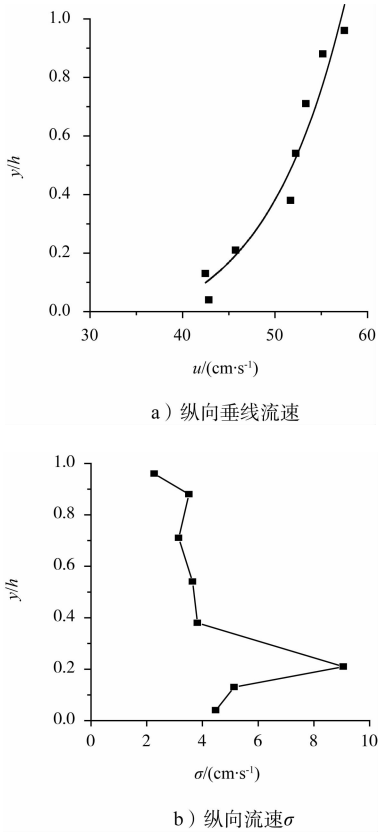


图 4 无植草格守护时流速分布

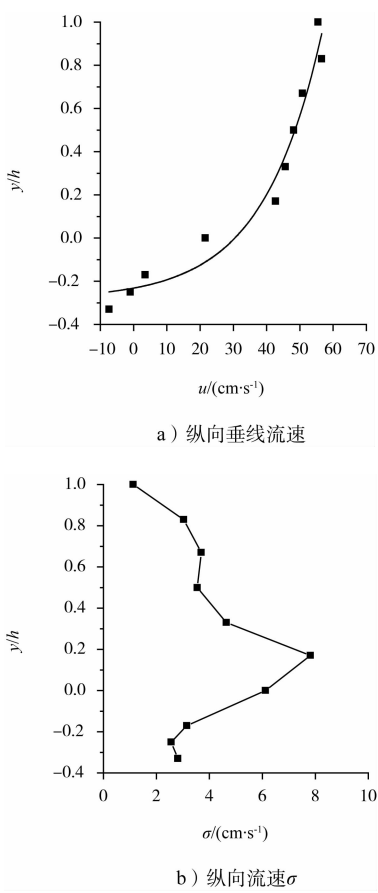


图 5 植草格填土厚度为 0 cm 时流速分布

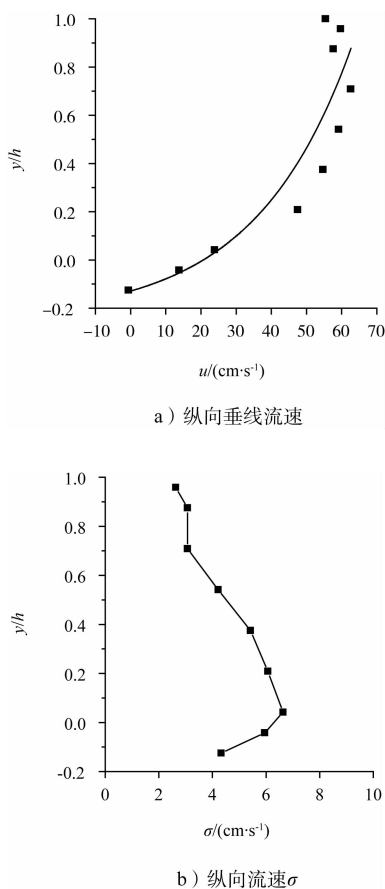


图 6 植草格填土厚度为 2.5 cm 时流速分布

由图 4~6 知, 3 种不同工况下床面以上纵向垂线流速分布、 $\sigma$  分布规律基本相近; 但在植草格守护时床面近底流速明显较小, 无植草格时近底流速为 42 cm/s; 植草格内填土 0 cm 时近底流速为 20 cm/s; 植草格内填土为 2.5 cm 时, 填土表面的近底流速 10 cm/s 左右。这是因为植草格守护措施加大了滩面阻水效应, 能量耗散强度加大, 所以滩面流速降低。

此外, 不同工况下纵向流速的均方差  $\sigma$  分布规律基本相近, 河漫滩滩面水槽试验纵向紊动强度呈现出降低的趋势。由文献[10]中非均匀沙散粒体泥沙的临界起动流速公式:

$$v_c = \frac{2.11}{1 + \beta \sigma_{ub}} \sqrt{6.5^2 \cdot \frac{\rho_s - \rho}{\rho} \cdot g d_i A \left( 1 + \xi \frac{d_m}{d_i} \right) \left( \frac{h}{d_{90}} \right)^{1/6}} \quad (2)$$

计算对比可得泥沙的临界起动流速明显增大, 植草格内泥沙起动更加困难, 从而植草格守护措施将有效抑制滩面泥沙的进一步冲刷。

## 4 冲刷试验对比

### 4.1 试验布置

为对比分析植草格对滩面回填土的保护作用, 进行了无守护措施、半幅宽植草格守护、全幅宽植草格守护工况下的冲刷试验, 试验平面布置见图 7。

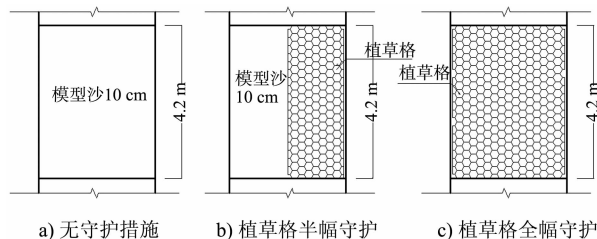


图 7 冲刷对比试验平面布置

### 4.2 无守护试验结果分析

在试验水槽中部布置长度 4.2 m 的局部动床段, 铺设 10 cm 厚度的模型沙。模型流量 65 L/s、水深 0.12 m 时, 水槽内模型沙  $v/v_c$  比值为 1.8, 与原型起动情况相近。施放 65 L/s 流量, 观察冲刷历时对冲刷范围的影响。试验结果表明, 连续施放 65 L/s 流量 4 h, 局部动床段平均冲刷 5 cm。

### 4.3 植草格全幅宽度守护试验

将无守护措施时冲刷试验的 4.2 m 长的局部动床段进行调整, 表面采取 5 cm 厚度的 50 mm × 330 mm × 50 mm 规格植草格进行守护, 守护宽度同水槽宽度, 植草格内铺填模型沙, 底部铺设土工布。

该工况下同样连续施放 65 L/s 流量 4 h, 冲刷末地形见图 8, 植草格内模型沙冲刷深度约 1.0 ~ 1.5 cm。



图 8 植草格守护全宽冲刷 4 h 末地形

4.4 植草格半幅宽度守护对比试验

为进一步对比植草格对格内模型沙的守护效果, 将水槽 4.2 m 长的局部动床段半幅宽度范围采取植草格进行守护, 其余半幅宽度范围无植草格守护。

同样连续施放 65 L/s 流量, 冲刷至 4 h 末时地形, 无植草格半幅刷低约 4 ~ 5 cm, 植草格守护区内模型沙冲刷深度约 1.0 ~ 1.5 cm。各工况试验对比 (图 9) 表明, 植草格对格内模型沙的守护效果较为明显。

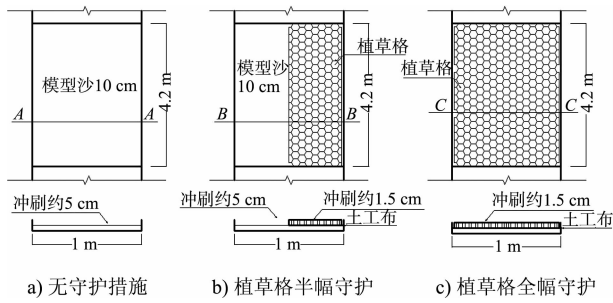


图 9 各工况下冲刷试验对比

5 结论

- 1) 在有植草格守护的情况下, 床面以下格内填土冲刷下降至一定高度时, 格内近底流速明显降低, 将有效抑制滩面泥沙的进一步冲刷。
- 2) 动床试验验证了植草格对格内模型沙的守护效果, 在丙寅洲上游段外滩滩面流速较大的区域, 可考虑采取植草格守护措施。

3) 植草格滩面守护结构作为一种新型的技术应用于航道整治工程时, 应当结合植草格本身的规格, 如孔径大小、网格形状、格子厚度、抗腐蚀性等, 与河道水流流速大小、冲刷历时、网格中填土的类型等因素综合研究做出合理的选择。

参考文献:

- [1] 余文畴, 卢金友. 长江中下游河道整治和护岸工程实践与展望[J]. 人民长江, 2002, 33(8): 15-17.
- [2] 赵志舟, 彭凯. 长江中游荆江河段航道整治工程大马洲至砖桥水道护坎结构形式深化研究报告[R]. 重庆: 重庆交通大学, 2014.
- [3] 徐芳, 岳红艳. 护岸工程与环境关系浅析[J]. 重庆交通学院学报, 2005, 5(2): 116-118.
- [4] 长江航道规划设计研究院, 长江重庆航运工程勘察设计院. 窑监大河段治理方案专题研究[R]. 武汉: 长江航道规划设计研究院, 2011.
- [5] 张垂虎. 三维土工网植草加固航道边坡技术在北江下游航道整治工程中的应用[J]. 水运工程, 2006(1): 72-74.
- [6] 张金来, 吴婷婷, 陈其武, 等. 加筋三维钢丝网垫在护滩工程中的应用[J]. 水运工程, 2012(8): 204-206.
- [7] 王艳梅, 黄涛. 生态停车场面层材料系统初步探讨[J]. 绿色科技, 2013(3): 96-99.
- [8] 程铁军, 张俊, 李善奇, 等. 生态护岸在航道整治工程中的应用[J]. 水运工程, 2012(10): 128-131.
- [9] 王昌杰. 河流动力学[M]. 北京: 人民交通出版社, 2001.
- [10] 何文社, 曹叔尤, 刘兴年, 等. 泥沙起动临界切应力研究[J]. 力学学报, 2003(3): 326-331.

(本文编辑 武亚庆)

\*\*\*\*\*

· 消 息 ·

中国港湾中标港珠澳大桥香港口岸车辆通关工程

3 月 27 日, 中国港湾中标香港特别行政区路政署港珠澳大桥香港口岸车辆通关广场、辅助建筑物及设施项目, 中标额 9.8 亿美元, 工期 30 个月。

该工程主要包括: 兴建港珠澳大桥香港口岸的车辆通关广场、辅助建筑物、行车天桥、地面道路及排水、污水、水务、环境美化、公用设施, 机电工程等。

该项目是继港珠澳大桥人工岛项目、连线项目及西桥项目后, 中国港湾中标的第 4 个港珠澳大桥相关工程, 体现了中国港湾在建造特大型桥梁方面的实力, 进一步扩大了其在香港市场的品牌影响力。

(来源: 中国港湾)