



长江中游丙寅洲滩面 护滩带守护方案概化试验研究*

徐锐¹, 赵志舟¹, 余新明², 高辰龙³, 吕品²

(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;
3. 长江武汉航道局荆州处, 湖北 荆州 434000)

摘要: 平原河流河漫滩护坡工程顶部与滩面衔接处常受到水流淘刷而导致护坡破坏。以长江中游丙寅洲守护工程为依托, 参考边滩的护滩带结构, 对丙寅洲滩面上流速较大的上游段护坡顶部与滩面的衔接区采取护滩带间距守护措施。通过概化定床与动床水槽试验, 研究不同护滩带间距、高度对滩面水流结构与滩面稳定性的影响, 优化守护工程措施。研究结果表明, 在滩面流速相对较小的区域, 采取护滩带间距守护措施的工程效果较好。

关键词: 河漫滩; 护滩带; 近底流速; 紊动强度

中图分类号: U 617.8

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2015)05-0145-05

Generalized experiment on Bingyinzhou shoal protecting scheme in middle reach of the Yangtze River

XU Rui¹, ZHAO Zhi-zhou¹, YU Xin-ming², GAO Chen-long³, LYU Pin²

(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;

3. Changjiang Wuhan Waterway Bureau Jingzhou Section, Jingzhou 434000, China)

Abstract: The plain river flat slope protection is often damaged at the connecting part of the top and shoal face due to current scouring. Based on Bingyinzhou shoal protection engineering in the middle reach of the Yangtze River and referring to the protection structure, we take spacing-guaranteeing measures at the connecting part of the top and shoal face, where the current speed is relatively large. By generalized fixed-bed and flume experiment, we study the influence of different spacings and heights of the shoal protection on the flow structure and stability of the shoal face and optimize the protection engineering measures. The research results show that in the area of relatively small beach-face velocity, the spacing-guarantee measure is better.

Keywords: flood plain; beach protection belts; near-bottom velocity; turbulence intensity

下荆江河段位于长江中游, 河道曲折蜿蜒, 是典型的平原河流。河岸组成物多为松软的黏土和沙土, 抗冲能力较差, 在主流顶冲的作用下, 河岸容易被淘刷, 特别是在三峡工程蓄水以后, 中下游沙质河段受来沙减少的影响, 高滩岸线不

断崩塌后退, 因此多采取护岸工程守护岸线^[1-2]。由于丙寅洲上游段护坡工程顶部与滩面的衔接区高流速的区域面积较大, 滩面采取均匀散抛的守护形式其工程量必然较大。目前, 为了适应现场河道的天然环境, 部分河段的滩面采取三维立体

收稿日期: 2014-07-26

*基金项目: 重庆市科技应用开发项目 (cstc2013yykfa30005)

作者简介: 徐锐 (1987—), 男, 硕士研究生, 从事航道整治方面的研究。

网垫进行守护,但在丙寅洲上游段需守护的滩面附近流速大于2 m/s,三维立体网垫的稳定性还需检验。在长江中游航道整治工程中,软体排护滩带被广泛用于滩面守护和护底工程^[3-7]。借鉴护滩带在边滩守护工程中的应用,在所需守护的滩面上铺设散抛片石护滩带进行间距守护,可达到本工程高滩守护的需要。本文通过概化水槽试验,研究不同护滩带对滩面附近水流结构的影响,优化守护工程措施,并分析其适用条件。

1 河道概况

大马洲—砖桥河段位于长江中游的下荆江中部,属单一弯曲河型,上承窑监水道,下接铁铺水道,全长19.5 km(图1)。近年来,随着上游乌龟洲右缘下段和洲尾的快速崩退,进口深泓逐年右摆,且右摆幅度随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,这也直接影响到下游砖桥水道稳定的入流及较好的航道条件。丙寅洲中段及大马洲中下边滩目前较长岸线都已经形成崩退的陡坎形态,并在继续崩退中。所以对大马洲河段河漫滩采取守护措施,显得十分必要^[8]。

道,全长19.5 km(图1)。近年来,随着上游乌龟洲右缘下段和洲尾的快速崩退,进口深泓逐年右摆,且右摆幅度随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,这也直接影响到下游砖桥水道稳定的入流及较好的航道条件。丙寅洲中段及大马洲中下边滩目前较长岸线都已经形成崩退的陡坎形态,并在继续崩退中。所以对大马洲河段河漫滩采取守护措施,显得十分必要^[8]。

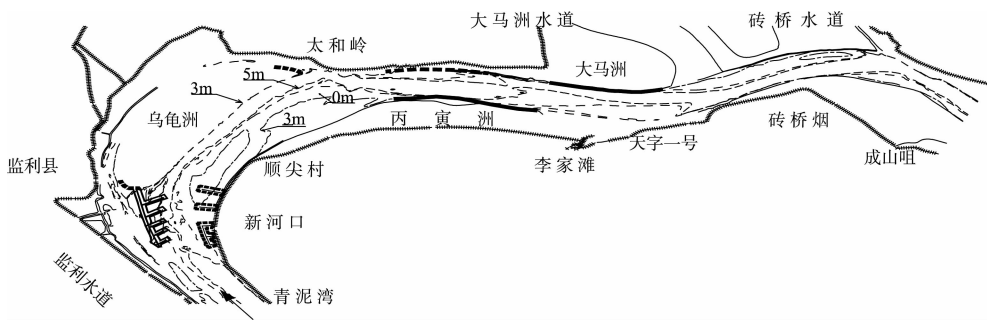


图1 大马洲水道河势

2 模型设计与布置

2.1 模型设计

2.1.1 原型滩面水流条件的概化

丙寅洲右岸局部半江模型流速分布见图2,5#~17#断面为工程实施部位^[8]。从图2可明显看出滩面上流速沿纵向逐渐减小,而且有归槽的趋势。上游滩面平均流速约为1.5 m/s,下游滩面平均流速约为1.1 m/s。

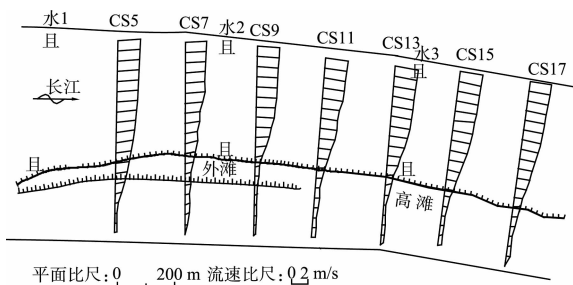


图2 局部模型流速分布 ($Q=35\ 000\ \text{m}^3/\text{s}$)

依据三峡蓄水以来监利站多年常遇流量,选择洪水漫滩后的28 900、35 000 m^3/s 两级特征洪水流量进行试验,对应模型流量分别为53、81 L/s。模型与原型水流条件对比见表1。

表1 模型与原型水流条件对比

原型		模型			
流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	水深/m	流速/ ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	流量/ ($\text{L} \cdot \text{s}^{-1}$)	水深/m	流速/ ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)
28 900	3.7	1.5	53	0.185	0.33
35 000	5.0	1.7	81	0.250	0.38

2.1.2 模型沙选取

丙寅洲滩面基本为粉细沙,仅表层覆盖薄层粉质黏土。河床质 D_{50} 约为0.21 mm。

选取 $\rho_s = 1.33\ \text{t}/\text{m}^3$,中值粒径约为0.17 mm的荣昌精煤作为模型沙。该模型沙起动公式为:

$$U_{cm} = \left(\frac{h}{d} \right)^{1/7} (10.604gd \times \frac{\rho_s - \rho}{\rho} + 4.456 \times 10^{-8} \times \frac{10+h}{d^{0.72}})^{1/2} \quad (1)$$

按式(1)计算得到起动流速比值为 $\lambda_{vo} = 4.2 \sim 4.5$, 与流速比尺基本接近, 满足起动相似的要求。

2.1.3 动床流量过程的概化

依据三峡蓄水以来监利站洪峰流量较大的 2007 年来水条件, 将全年流量过程进行概化, 模型汛期流量 53、81 L/s 的历时分别为 4.2、1.8 h。试验中, 对各个方案施放多个汛期流量过程。待施放完成后, 观测地形冲淤变化。

2.2 试验方案布置

2.2.1 水槽布置

依据丙寅洲滩面上水沙运动特性, 按 1:20 的比尺进行建立概化水槽模型。水槽宽度为 1 m、长度为 30 m, 底坡系数为 1×10^{-4} , 试验布置见图 3。

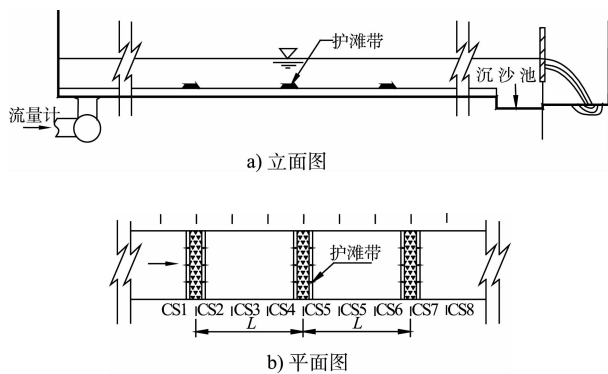


图 3 水槽模型试验布置

2.2.2 护滩带方案

采用 D 型排上散抛片石的护滩带方案。本试验在水槽中间段布置了 3 道护滩带, 采用模型软体排上散抛碎石进行模拟, 碎石粒径 0.6 ~ 1.0 cm。不同的护滩带间距和高度组成 5 个守护方案 (表 2)。

表 2 模型滩面护滩带守护方案

方案	护滩带间距 L/m	坝高/cm
1	3.0	2.5
2	2.4	
3	1.8	
4	2.4	0.7
5	1.2	

3 试验结果分析

3.1 定床试验

3.1.1 测量内容

定床试验主要测量不同方案在各工况下的流速和紊动强度沿垂向的分布。

流速采用美国 SONTEK 公司生产的声学多普勒流速仪 (MicroADV) 进行测量, 每个测点测量时间为 1 min, 采样频率为 25 Hz。

紊动强度采用如下基本公式:

纵向时均流速

$$\bar{u} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N u_i \quad (2)$$

流速均方值

$$\bar{u'^2} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (u_i - \bar{u})^2 \quad (3)$$

式中: u_i 为纵向瞬时流速; N 为采样统计的个数。

纵向紊动强度用流速均方根值表示 $\sigma_u = \sqrt{\bar{u'^2}}$ 。

3.1.2 方案 1~3 的对比试验

方案 1~3 坝高均为 2.5 cm, 护滩带间距分别为 3.0、2.4、1.8 m。

选取各个方案坝间 CS3 断面和中坝 CS5 断面的近底流速和紊动强度进行比较。试验结果见表 3、4。

表 3 相同间距不同坝高近底 \bar{u} 比较 m/s

方案	坝间距/m	Q = 53 L/s		Q = 81 L/s	
		CS3	CS5 (坝)	CS3	CS5 (坝)
1	3.0	0.78	0.90	0.88	1.06
2	2.4	0.74	0.88	0.80	0.96
3	1.8	0.69	0.78	0.73	0.85

表 4 相同间距不同坝高近底 σ_u 比较 m/s

方案	坝间距/m	Q = 53 L/s		Q = 81 L/s	
		CS3	CS5 (坝)	CS3	CS5 (坝)
1	3.0	0.12	0.22	0.13	0.28
2	2.4	0.15	0.25	0.14	0.25
3	1.8	0.15	0.27	0.13	0.27

1) 受护滩带挑流掩护作用的影响, 随着方案 1~3 各护滩带间距的缩短, 各断面在上下游护滩带之间测点流速减小。例如在 $Q = 81$ L/s 时, 护滩带间距分别为 3.0、2.4、1.8 m 时, 对应坝间

流速分别为 0.78、0.74、0.69 m/s。说明坝高相同时，间距越短，水流对滩面的冲刷越弱。

2) 各方案的近底紊动强度基本接近，但是对于每个方案，坝间的紊动强度要小于坝上紊动强度。例如 $Q = 53 \text{ L/s}$ 时，方案 1 坝间和坝上紊动强度分别为 0.12、0.22 m/s，方案 2 分别为 0.15、0.25 m/s，方案 3 分别为 0.15、0.27 m/s。说明水流在坝体附近扰动较为剧烈，坝体自身稳定受到影响。

3.1.3 方案 2、4 对比试验

方案 2、4 护滩带间距均为 2.4 m，坝高分别为 2.5、0.7 cm。各方案的近底纵向时均流速和紊动强度对比见表 5、6。

表 5 相同间距不同坝高近底 \bar{u} 比较 m/s

方案	坝高/cm	$Q = 53 \text{ L/s}$		$Q = 81 \text{ L/s}$	
		CS3	CS5(坝)	CS3	CS5(坝)
2	2.5	0.74	0.88	0.80	0.96
4	0.7	0.69	0.78	0.73	0.85

表 6 相同间距不同坝高近底 σ_u 比较 m/s

方案	坝高/cm	$Q = 53 \text{ L/s}$		$Q = 81 \text{ L/s}$	
		CS3	CS5(坝)	CS3	CS5(坝)
2	2.5	0.15	0.25	0.14	0.27
4	0.7	0.11	0.21	0.16	0.22

1) 从表中试验结果可以看出，坝间距相同时，坝高越低，坝间和坝上的近底流速越小。例如 $Q = 81 \text{ L/s}$ 时方案 2 与方案 4 坝间流速分别为 0.80、0.73 m/s，坝上流速分别为 0.96、0.85 m/s。说明在相同的坝间距条件下，坝高越低，水流对滩面的冲刷越弱。

2) 坝间距相同时，坝高越低，近底紊动强度越小。例如， $Q = 53 \text{ L/s}$ 时，方案 2 和方案 4 的坝间近底紊动强度分别为 0.15、0.11 m/s，坝上近底紊动强度分别为 0.25、0.21 m/s。说明在坝间距相同时，坝高越低，水流在近底范围的扰动越小，对滩面稳定越有利。

定床试验结果表明，护滩带坝间距越小、坝高越低，滩面附近水流强度相对较弱，其守护效果通过动床试验进一步进行检验。

3.2 动床试验

在 1 m 玻璃水槽中间布置长度 6 m 的动床试验段，铺设厚度 10 cm 的模型沙，动床表面高程同定床。灌水浸泡后再调整控制床面至设计高程。

3.2.1 方案 2、4 对比试验

各个方案在概化试验流量下，持续冲刷 6 个完整流量过程，河床达到极限冲刷状态。

6 个汛期流量过程冲刷完成后，测量水槽中心线纵向地形变化，结果见图 4。

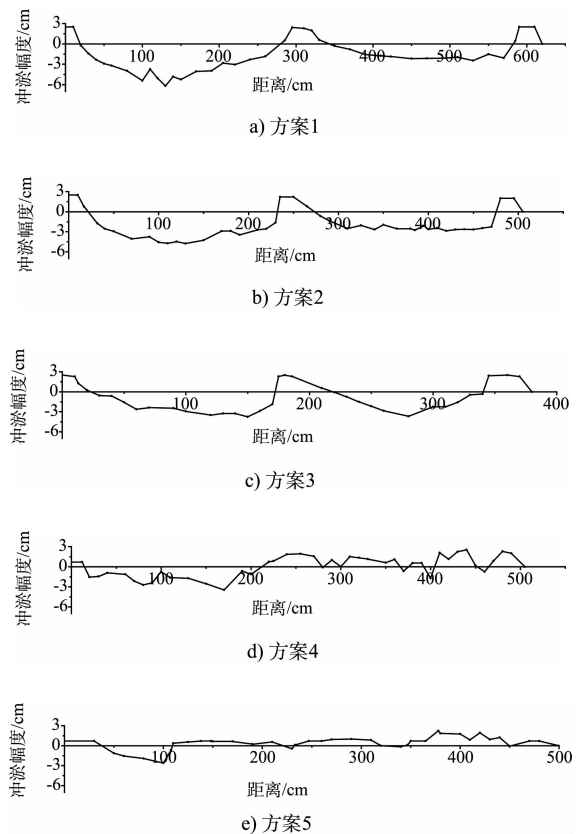


图 4 方案 1~5 冲刷地形

图 4 中，方案 1~3 坝高均为 2.5 cm，坝间距依次为 3.0、2.4、1.8 m，对应最大冲刷深度分别为 6.0、5.3、4.0 cm；方案 4、5 坝高均为 0.7 cm，坝间距为 2.4、1.2 m，最大冲刷深度分别为 3.5、2.0 cm。对比以上试验结果可以看出，坝高相同时，坝间距越小，坝高越低，滩面平均冲刷深度越小，护滩带守护效果越好。

方案 4、5 的守护效果比方案 1~3 要好，转化为原型后，冲刷深度为 0.4~0.7 m。

3.2.2 水流条件对守护效果的影响

考虑到滩面流速沿纵向减小,将上述汛期动床试验流量减小80%,各概化流量级模型水深及历时保持不变,进行动床对比试验,以研究不同水流条件对护滩带守护效果的影响。该工况下原型滩面上汛期流速1.2~1.4 m/s。

方案4、5在减小后的流量条件下,完成6个流量过程末的冲刷地形变化见图5。

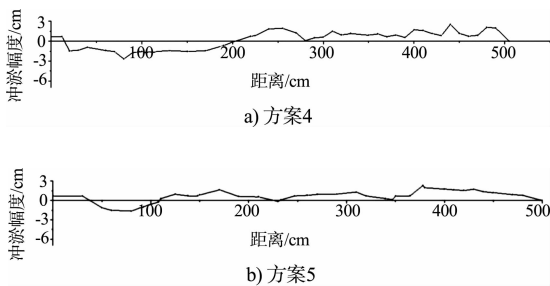


图5 减小流量后方案4、5冲刷地形

方案4、5的最大冲刷深度分别为2.7、1.6 cm。方案5冲刷深度转化为原型后为0.32 m,是可以接受的冲刷深度。所以认为方案5在该水流条件下是比较理想的方案。

试验结果表明,在流速较小区域,方案5滩面守护能力增强,能发挥较好的守护效果。

4 结语

1) 在滩面上采用护滩带间隔守护的方案,可减小滩面流速,降低滩面冲刷强度,达到守护滩面的效果。而且护滩带坝高越低,间距越小,守护

效果越好。

2) 对于原型汛期流速1.2~1.4 m/s的河漫滩护坡顶与滩面衔接区域,采取方案5能发挥较好的守护效果。

参考文献:

- [1] 陈飞,张卫军,周俊,等. 2007年度荆江河势踏勘综述[J]. 人民长江, 2008(7): 21-22.
- [2] 余文畴,岳红艳. 长江中下游崩岸机理中的水流泥沙运动条件[J]. 人民长江, 2008(3): 64-66.
- [3] 贾晓,伍文俊,吴华林,等. 长江中下游洲滩守护工程概化模型试验研究[J]. 水运工程, 2012(2): 123-126.
- [4] 童凡,黄召彪,杨文玉. 荆江河段航道整治工程护滩设计思路分析[J]. 中国水运, 2013(8): 36-37.
- [5] 张京来,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, 2008(8): 204-206.
- [6] 马爱兴,曹民雄,王秀红,等. 长江中下游航道整治护滩带损毁机理分析及应对措施[J]. 水利水运工程学报, 2011(2): 32-37.
- [7] 李文全,雷家利,王伟峰,等. 长江中下游航道整治软体排护滩带结构优化设计[J]. 水运工程, 2012(1): 88-92.
- [8] 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专题研究报告[R]. 重庆:重庆交通大学, 2012.
- [9] 潘庆桑. 长江中下游河道演变与整治[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2009.
- [10] 王昌杰. 河流动力学[M]. 北京:人民交通出版社, 2001.

(本文编辑 武亚庆)

· 消 息 ·

上航局承建的浙江舟山集装箱物流基地陆域项目通过验收

4月30日,上航局承建的浙江舟山金塘木岙集装箱物流基地陆域形成项目通过验收。

该项目位于舟山新区金塘岛,施工内容包括长2765 m的围堤建设及围垦总面积0.947 km²的陆域形成工程,合同金额7.8亿元。

金塘岛地处中国海岸线中心位置,水深20 m以上的海岸线达到14.5 km。上航局在围堤施工中因地制宜,解决了在离岸深水超厚淤泥质土质上筑堤的难题,为国内同类型围堤施工积累了宝贵经验。

该工程的建成将进一步扩大金塘港区的区位和资源优势,对金塘岛加快建设国际物流岛具有重要推动作用。

(摘编自《中国交通建设网》)