



戴家洲河段戴家洲右缘 守护工程设计及稳定性研究

闫 军, 蔡大富, 黄 卫, 黄蓓蓓, 曾 方

(长江航道规划设计研究院, 湖北 武汉 430011)

摘要: 戴家洲河段属于长江中游重点碍航河段之一。一期工程实施后, 航道条件有所改善。但戴家洲右缘下段受冲崩退, 影响一期工程效果和后续工程的实施, 使已出现的有利趋势向不利方向变化。结合戴家洲右缘地质组成, 提出了守护工程设计方案, 并进行了结构稳定性验算, 有助于提升对类似工程的比较认识。

关键词: 戴家洲河段; 守护方案; 工程设计; 稳定性

中图分类号: U 617.8

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2015)10-0112-06

Protection scheme design and structure stability of Daijiazhou waterway right edge

YAN Jun, CAI Da-fu, HUANG Wei, HUANG Bei-bei, ZENG Fang

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

Abstract: Daijiazhou reach is one of the key navigation-obstructing waterways in the middle reach of the Yangtze River. After the implementation of the first-stage project, the navigation condition was improved. However, the right edge of Daijiazhou is retreated due to bank failure, which affects the effect of the first-phase project and the construction of the consequent project. Also, the favorable tendency of navigation condition tends to the adverse direction. The design scheme of the protection project is proposed on the basis of geological compositions of the right edge of Daijiazhou, and the structure's stability is also checked. The present work enhances the understanding of such kind projects.

Keywords: Daijiazhou reach; protection scheme; engineering design; stability

1 概况

戴家洲河段位于武汉—安庆航段内, 地处长江中游湖北省境内, 上距武汉市约 99 km (图 1)。河段上起鄂城, 下迄回风矶, 全长约 34 km。该河段由巴河水道和戴家洲水道组成: 鄂城—巴河口段为巴河水道, 长约 14 km; 巴河口—回风矶段为戴家洲水道, 长约 20 km, 水道中江心洲——新洲和戴家洲 (两洲已合并统称“戴家洲”) 将河道分为左、右两汉, 其中左汉习称圆水道, 长 20 km, 弯曲半径 9 km, 右汉习称直水道, 长 16 km, 弯曲半径 15 km。两汉曾交替作为主航道使用^[1]。

刘万利等^[2-3]曾对本河段河床演变及碍航特性进行了深入分析研究, 认为戴家洲河段不论走哪一汉通航均存在浅区, 即圆水道进口易受到上游巴河边滩周期性下移影响而发生浅情; 直水道弯道水流特性较弱, 航槽摆动较大, 浅区较多, 出浅严重, 枯水期常采用改槽结合疏浚等手段才能维持通航。基于此, 作为列入《长江干线航道发展规划》的重点整治浅滩之一, 2009 年 1 月开工建设了航道整治一期工程, 主要在江心洲洲头低滩上布置了鱼骨坝^[4-5], 目前工程已建设完成, 从效果上来看^[6], 洲头低滩在鱼骨坝的作用下逐渐淤高, 且洲头前伸,

收稿日期: 2015-02-09

作者简介: 闫军 (1980—), 男, 博士, 高级工程师, 从事航道整治科研与设计。

抵抗较大流速的水流以及河床长期冲刷变形；护岸两端衔接段能有效防止水流“抄后路”，避免形成局部的冲刷坑；护坡要与周边的植被生态环境和谐。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，对护底带如何采取防冲（特别是头部及边缘的河床冲刷变形）促淤措施。

3 守护工程

3.1 守护原则

- 1) 协调一致：与河势控制规划相协调，与总体整治工程相一致。
- 2) 控制直水道平面形态：控制直水道相对有利部分的岸线边界，有利于直水道平面形态向弯曲方向发展。
- 3) 护岸与固滩相结合：在对洲右缘下段岸线守护的同时，对与之相连的有利低滩也加以守护。
- 4) 有利于与后续工程平顺衔接：戴家洲右缘

下段守护工程充分考虑与后续工程的衔接问题。

3.2 设计参数

- 1) 设计最低通航水位：取黄海高程 7.84 m（当地航行基面，燕矶处）。
- 2) 设计高程：①本守护工程的洲右缘顶部高程一般在 19.9 ~ 23.9 m。设计中采取“随坡就势”的方式将这一范围的高程作为护岸工程设计高程。低滩守护护底带宽度按整治线控制，高程与守护范围滩地高程相同。②枯水平台高程取设计水位上 3 m。

3.3 守护方案

- 1) 平面布置。
 - ①戴家洲右缘下段护岸长度为 3 538 m，护岸顶高程控制在 19.9 ~ 23.9 m，洲尾左缘（圆水道侧）向上延伸 200 m，防止圆水道出流背部淘刷。
 - ②对洲尾段水下低滩采用 3 道护底带进行守护，面积为 190 075 m²，守护高程为黄海高程 3.84 ~ 5.84 m。工程布置见图 3。

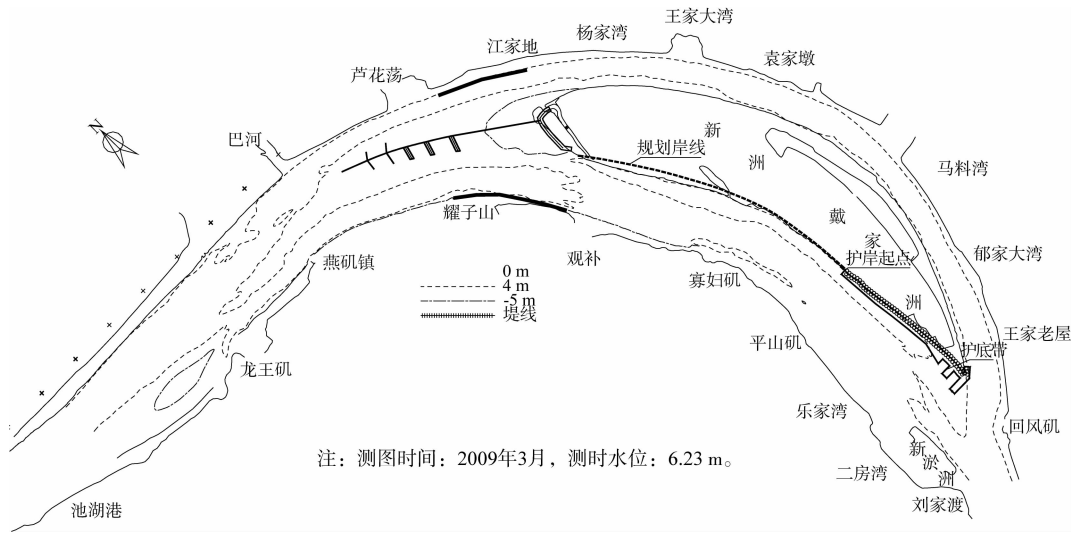


图 3 工程方案平面布置

- 2) 结构设计。
 - ①戴家洲右缘下段直水道侧护岸（图 4）。
长 3 338 m。采用平顺式护岸结构，从上往下包括：坡顶马道、护坡、枯水平台、护底、镇脚、备填石。
坡顶马道宽 3 m、高 50 cm，为干砌块石结

构。内侧设基槽，基槽宽 1 m、深 50 cm，槽内铺石填充，无纺布压在基槽内。
护坡结构：护坡面层采用 30 cm 厚干砌块石，其下为反滤层（10 cm 碎石、无纺布、10 cm 黄沙）。坡间每隔 10 m 设一道 Y 型盲沟（盲沟宽 40 cm、深 60 cm，内垫无纺布，碎石填充）。

枯水平台: 宽 3 m, 厚 1 m, 为干砌块石结构。内侧设基槽, 基槽宽 1 m, 深 50 cm, 槽内铺石填充, 护坡无纺布和护底排体压在基槽内。

护底: 采用 D 型排护底, 排长 100 m。

镇脚: 从枯水平台向河心侧宽 30 m 范围内, 在 D 型排上抛 1 m 厚块石镇脚。

备填石: 为防止 D 型排河心侧边缘冲刷破坏,

在其边缘 20 m 范围抛 1 m 厚块石。

②圆水道出口右侧局部护岸。

该段长 200 m。采用平顺式护岸结构, 从上往下为坡顶马道、护坡、枯水平台、护底、镇脚、备填石。与直水道侧护岸不同点主要在于护坡面层采用了 10 cm 厚六角混凝土块铺砌, 其它设计相同, 具体设计参见图 4。

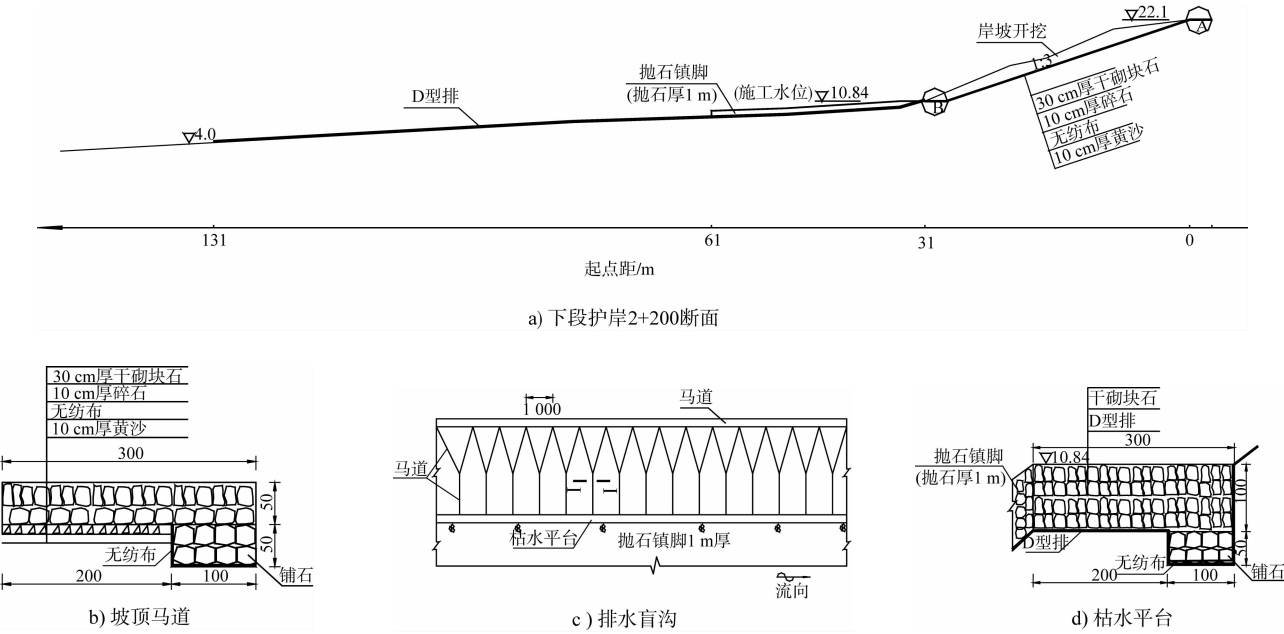


图 4 戴家洲右缘下段直水道侧护岸 (单位: 高程: m, 尺寸: cm)

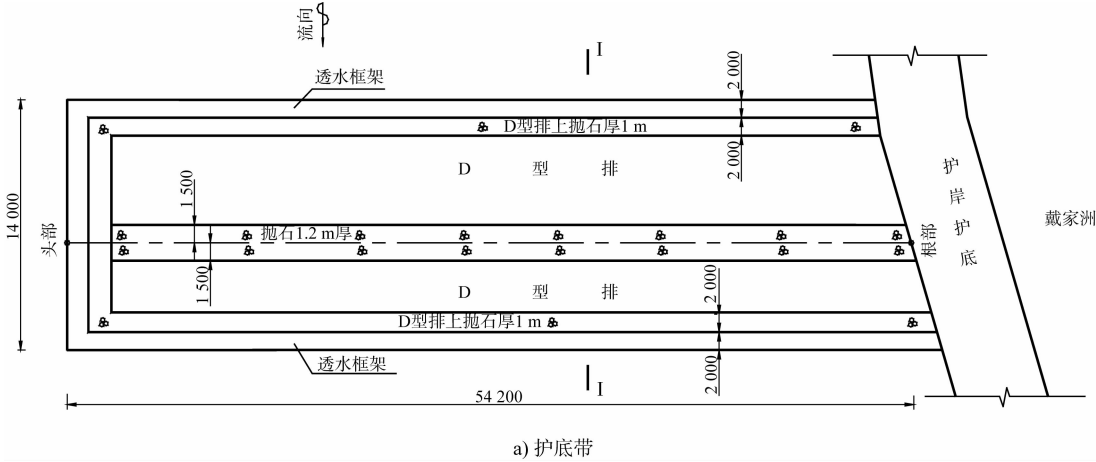
③护底带结构设计。

1#、2#和 3#护底带均由护底排、排上压石和排边透水框架组成。

1#护底带: 采用 D 型排护底。D 型排排体边缘 20 m 宽范围抛石厚 1.0 m、排体外缘 20 m 范围

抛投透水框架。

2#、3#护底带: 采用 D 型排护底。在 D 型排纵轴线两侧各 15 m 范围内排体上抛石, 厚 1.2 m。D 型排排体边缘 20 m 宽范围内抛石厚 1.0 m, 排体外缘 20 m 范围抛投透水框架。2#护底带结构设计见图 5。



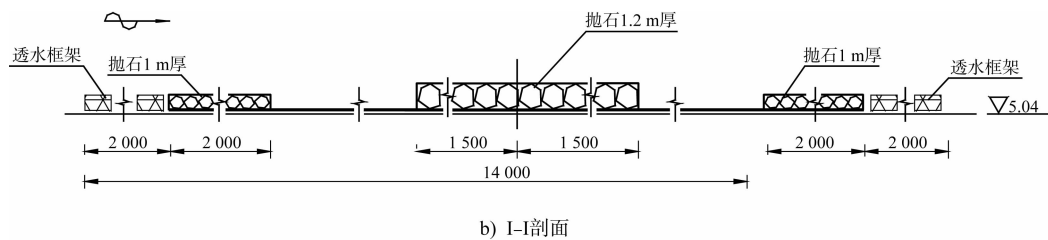


图5 2#护底带结构(单位: cm)

4 稳定性验算

4.1 建筑物构件稳定分析

4.1.1 面层块体稳定质量

按 JTJ 312—2003《航道整治工程技术规范》公式(10.10.3)计算。当流速大于 3 m/s 时,水流作用下块石的粒径按下式计算:

$$d = 0.04v_f^2 \quad (1)$$

式中: d 为块石等容粒径 (m); v_f 为建筑物的表面流速 (m/s)。计算得 $d = 0.36$ m。

$$\text{块石质量为: } W = \frac{4\pi}{3}r^3\rho_b \quad (2)$$

式中: W 为单个块体的稳定质量 (kg); ρ_b 为块石的密度 (kg/m^3), $\rho_b = 2\,650 \text{ kg/m}^3$ 。计算得 $W = 65 \text{ kg}$ 。故护面块石单块质量在 65 kg 以上。

4.1.2 水下排体稳定分析

按照 JTJ 239—2005《水运工程土工合成材料应用技术规范》的有关要求,主要进行了排体掀倾和抗滑稳定计算。

1) 软体排抗倾稳定计算。

$$v \leq v_{cr} \quad (3)$$

$$v_{cr} = \theta \sqrt{\rho'_R t_m g} \quad (4)$$

$$\rho'_R = (\rho_m - \rho_w) / \rho_w \quad (5)$$

式中: v 为软体排边缘流速 (m/s); v_{cr} 为软体排边缘临界流速 (m/s); θ 为系数,分离压载软体排取 2,系结软体排取 2,砂被软体排取 1.4; ρ'_R 为软体排相对浮密度; g 为重力加速度,取 10 m/s^2 ; t_m 为软体排等效厚度,取 0.1 m; ρ_m 为软体排密度,取 $2\,400 \text{ t/m}^3$; ρ_w 为水的密度,取 $1\,000 \text{ t/m}^3$ 。计算得: $v_{cr} = 2.37 \text{ m/s}$ 。

本工程的设计流速为 3 m/s,只有洪水期时流速才可能达到 3 m/s,由于排体紧贴河床,根据垂线流速分布公式计算排体的表面流速。

$$u = (y/h)^m u_{\max} \quad (6)$$

式中: y/h 为相对水深; m 为指数,取 1/6。计算得 $u = 2.04 \text{ m/s}$,小于软体排边缘临界流速,因此排体能满足抗倾的稳定性要求。

2) 软体排抗滑稳定计算。

软体排抗滑稳定验算可按 JTJ 239—2005《水运工程土工合成材料应用技术规范》公式进行:

$$K_m = \frac{(\rho'_a t_m \cos \alpha - \Delta h \rho_w) f_{sg}}{\rho'_a t_m \sin \alpha} \quad (7)$$

式中: K_m 为软体排抗滑稳定安全系数,大于 1.1; ρ'_a 为排体的浮密度 (t/m^3); t_m 为软体排等效厚度 (m); α 为坡脚 (弧度); Δh 为软体排上下水头差 (m); ρ_w 为水的密度 (t/m^3); f_{sg} 为软体排与坡面的摩擦系数,用水下值,由试验确定。计算得 $K_m = 1.54 > 1.1$,说明软体排满足水下抗滑稳定的要求。

4.2 岸坡整体稳定验算

1) 计算条件。

根据岸坡地形、地质资料选择 1 个典型断面,按两种不同的土质,对守护的岸线进行岸坡整体稳定验算,求得最小稳定系数。计算工况采用设计水位 7.84 m,计算方法采用 JTJ 300—2000《港口及航道护岸工程设计与施工规范》规定的圆弧滑动法。

2) 土坡稳定安全系数 k 计算式。

$$k = \frac{\sum c_i l_i + \sum \rho_i g b_i h_i \cos \alpha_i \tan \varphi_i}{\sum \rho_i g b_i h_i \sin \alpha_i} \quad (8)$$

式中: l_i 为土条底部斜面长 (m); h_i 为土条高 (m); b_i 为土条宽 (m); ρ_i 为土条的饱和密度 (t/m^3); α_i 为土条与滑动面夹角 ($^\circ$); φ_i 为土条内摩擦角 ($^\circ$); c_i 为凝聚力 (kPa)。

3) 计算地质参数。

地质参数见表 1。

表 1 戴家洲土体主要物理力学指标

岩土名称	湿密度 $\rho/$ ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	凝聚力 $c/$ kPa	内摩擦角 $\psi/(\text{°})$	$\tan\varphi$
粉质黏土	1.91	18.0	14.4	0.26
松散粉砂	1.79	0.4	17.8	0.32
稍密粉砂	1.80	0	29.1	0.56
中密粉砂	1.84	0	31.0	0.60

4) 计算结果。

取最不利的滑动半径 $R=30.6\text{ m}$, 算得土坡稳定安全系数 $k=2.1>1.5$, 岸坡满足整体稳定要求。

5 结语

1) 护岸采用平顺式结构, 从上往下依次为坡顶马道、护坡、枯水平台、护底、镇脚、备填石, 能够较好适应工程区域地质情况。护坡结构中采用 Y 型盲沟有助于收集滩面渗流, 保持结构稳定; 镇脚设计有利于防止 D 型排老化并保证岸坡稳定。

2) 护底带排边设计透水框架, 对于防止排体边缘冲刷、保证排体稳定有利。

3) 文中提出的护岸及护滩(底)工程设计方案参照了目前长江中下游航道整治中常用的设计形式, 且经建筑物构件稳定及岸坡整体稳定计算分析, 提出的设计方案能够满足设计要求。

参考文献:

[1] 蔡大富, 闫军. 长江中游戴家洲河段戴家洲右缘下段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, 2009.

[2] 刘万利, 李旺生, 朱玉德, 等. 长江中游戴家洲河段河床演变分析及趋势预测[J]. 水道港口, 2011(4): 259-263.

[3] 蔡大富. 长江中游戴家洲河段河床演变及碍航特性分析[J]. 泥沙研究, 2011(2): 47-54.

[4] 蔡大富, 李青云. 长江中游戴家洲河段航道整治工程方案研究[J]. 水运工程, 2008(12): 105-109.

[5] 刘万利, 李旺生, 朱玉德, 等. 长江中游戴家洲河段航道整治思路探讨[J]. 水道港口, 2009(1): 31-36.

[6] 蔡大富. 长江中游戴家洲河段航道整治一期工程效果分析[J]. 水运工程, 2011(2): 91-96.

[7] 刘万利, 李旺生, 李一兵, 等. 长江中游戴家洲河段崩岸特性及护岸措施研究[J]. 水道港口, 2013(2): 133-138.

[8] 刘万利, 李旺生, 朱玉德, 等. 长江中游戴家洲河段戴家洲右缘下段守护工程物理模型试验研究(动床试验报告)[R]. 天津: 天津水运工程科学研究院, 2009.

[9] 张明进, 李一兵. 长江中游戴家洲河段戴家洲右缘下段守护工程数学模型研究报告[R]. 天津: 天津水运工程科学研究院, 2009.

[10] 中国建筑西南勘察设计研究院有限公司. 长江中游戴家洲河段戴家洲右缘下段守护工程工程可行性研究报告工程地质勘察报告[R]. 武汉: 中国建筑西南勘察设计研究院有限公司, 2009.

(本文编辑 武亚庆)

· 消 息 ·

中交水运规划设计院有限公司中标
湛江徐闻港区南山作业区客货滚装码头初步设计项目

近日, 中交水运规划设计院有限公司成功中标湛江徐闻港区南山作业区客货滚装码头初步设计项目, 中标内容包括初步设计和初设及施工图阶段勘察。

项目位于湛江徐闻港区南山作业区、已建粤海铁路轮渡码头北港东侧。项目总投资约 12 亿元, 通过能力 320 万辆次/a、旅客 1 728 万人次/a, 共建设 5 000 吨级泊位 16 个、5 000 吨级危险品泊位 1 个以及与之相适应的综合客运枢纽、车辆候渡场、危险品监测站等设施。项目建成后, 该地区将成为粤海的综合交通枢纽中心, 可极大地缓解粤海之间交通运输紧张的局面。 (来源: 中交水运规划设计院有限公司)