



武汉鹦鹉洲长江大桥2[#]桥墩局部冲刷防护设计

李文全, 冯刚, 王志军, 耿嘉良, 张伟

(长江航道规划设计研究院, 湖北武汉430011)

摘要: 为防止武汉鹦鹉洲长江大桥2[#]桥墩建设对拟建的武桥水道航道整治工程建设和整治效果产生不利影响, 提出将桥墩防护工程和其周边航道整治工程合二为一的设计方案, 统筹安排施工进度, 并根据建设过程中出现的问题, 适时调整设计方案, 解决了桥梁建设与航道整治工程之间的矛盾, 确保两项工程保质、保量、按时竣工。

关键词: 鹦鹉洲大桥; 桥墩防冲工程; 航道整治工程

中图分类号: U 442.5

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)12-0142-05

Anti-scouring design for pier No. 2 of Yingwuzhou Yangtze River bridge

LI Wen-quan, FENG Gang, WANG Zhi-jun, GENG Jia-liang, ZHANG Wei

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

Abstract: In order to prevent adverse effects of pier No. 2 of Yingwuzhou Yangtze River bridge on the waterway regulation engineering of Wuqiao waterway, we integrat the engineering of the bridge pier protection engineering and its surrounding waterway regulation engineering, arrange comprehensively the construction schedule, and adjust the design scheme timely according to the problems in the construction process to deal with the contradiction between the bridge construction and waterway regulation engineering, and ensure that the two projects complete on time and with high quality.

Keywords: Yingwuzhou Yangtze River bridge; anti-scouring engineering for bridge pier; waterway regulation engineering

武汉鹦鹉洲长江大桥位于武桥水道武汉长江大桥上游约2 km处, 与汉阳墨水湖北路、武昌雄楚大街形成一条贯穿城市东西向的快速通道, 是武汉市一环线西进、南扩的控制性工程。为使船舶安全通过, 鹦鹉洲长江大桥采用2×850 m三塔两跨悬索桥形式跨越长江, 两侧边塔墩分别位于武昌鲇鱼套和汉阳腰路堤附近的岸坡上, 中塔墩又称2[#]桥墩, 位于潜洲尾部拟建的航道整治工程5[#]鱼骨坝和顺坝交汇处(图1)。为了防止2[#]桥墩建设给航道整治工程及其整治效果带来不利的影响, 大桥与航道建设单位携手研究, 提出将2[#]桥墩防冲工程建设与其附近航道整治工程建设统一

考虑的设计方案, 统筹安排施工进度, 并采取动态管理、动态设计、动态施工的措施, 使两项工程建设得以顺利进行。



图1 武汉鹦鹉洲长江大桥桥型方案

收稿日期: 2014-10-06

作者简介: 李文全(1966—), 男, 硕士, 教授级高级工程师, 从事航道整治工作。

1 河道及航道概况

武桥水道位于长江中游武汉市主城区内, 上起汉阳杨泗庙, 下止武汉长江大桥, 全长约 5 km, 目前航道维护尺度为 3.7 m × 80 m × 750 m, 通航保证率为 98%。规划到 2020 年航道建设标准提高至 3.7 m × 150 m × 1 000 m, 通航由 3 500 t 油驳组成的万吨级船队以及 3 000 吨级海船。

武桥水道上游为白沙洲水道, 靠江中右侧的狭长形白沙洲将之分为左右两汉, 左汉为主汉, 白沙洲尾常年存在的潜洲伸至武桥水道中下端,

潜洲对面靠汉阳一侧, 自上而下分布有荒五里边滩和汉阳边滩, 右岸鲇鱼套以下为武昌深槽。白沙洲至鲇鱼套河宽约 2 000 m 左右, 自鲇鱼套至蛇山河道急剧缩窄, 至龟、蛇两山节点处河宽仅 1 100 m, 呈顺直束窄河型 (图 2)。河床表面由细砂组成, 中值粒径为 0.15 ~ 0.20 mm, 下层为由石英、长石、松散的中粉砂组成, 大约在黄海高程 17.7 m 以下为微风化生物碎屑灰岩。河道两岸均已进行了人工护砌, 总体河势稳定, 但河段内滩槽的演变给航道带来较大的影响。

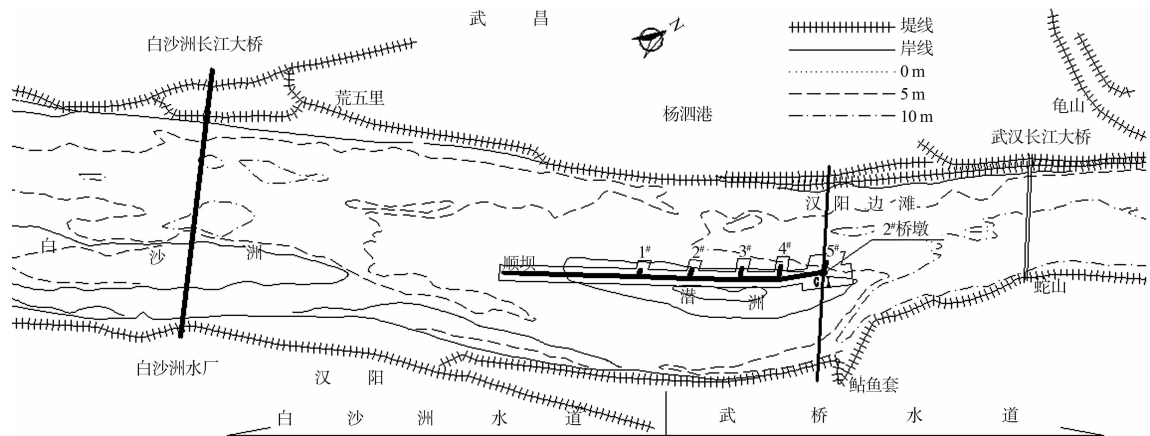


图 2 武桥水道航道形势布置

武汉长江大桥设计通航孔为上水 4[#]孔, 下水 6[#]孔。汛期该水道水流顺直, 通航船队能从设计通航孔过桥, 枯水期因长江大桥建桥后水流条件有所改变, 汉阳边滩由原来的狭长型逐步演变为向河心延伸的外凸型, 同时, 受武昌深槽吸流作用影响, 主流在潜洲尾坐弯并从左岸过渡到右岸, 造成枯季航道过于弯曲, 设计通航桥孔流向与桥墩轴线法向夹角过大, 航道条件逐年变差。20 世纪 90 年代后, 武桥水道通航形势变得更加紧张, 有的年份甚至边滩滩嘴伸入 6[#]桥孔, 每年枯季均需改孔调标、挖槽疏浚才能勉强维持通航, 严重时禁航, 成为制约长江中下游航运发展的瓶颈之一。2004 年 2 月 20 日至 3 月 4 日, 武桥水道改走 7[#]桥孔, 并限制每天仅通航 4 h, 而 7[#]桥墩工程地基条件较差, 加之此区域水流条件复杂, 航行困难。据不完全统计, 自武汉长江大桥建桥以来,

共发生了 80 余起船舶碰撞桥墩事故, 大桥及行轮的安全得不到保障。

为了解决武桥水道碍航问题, 航道部门曾对其航道整治工程方案进行了多年研究, 指出潜洲的存在和相对稳定是保持现有航道格局、实施改善武桥水道航道整治工程的基础。经过反复论证和修改设计方案, 并考虑与待建的鹦鹉洲长江大桥 2[#]桥墩护底防冲工程合理衔接, 最终提出如图 2 所示的在潜洲上修建由一道长顺坝和五道鱼骨坝组成的航道整治工程方案^[1], 其中顺坝总长度为 3 185 m, 顺坝左下侧布置长度分别为 70、90、110、130、100 m 的 5 道鱼骨坝, 各鱼骨坝坝顶高程均从坝根由整治水位的 12.91 m (黄海高程, 下同) 向坝头逐渐降低至设计水位 9.91 m。拟建的鹦鹉洲长江大桥 2[#]桥墩恰位于航道整治工程 5[#]鱼骨坝和顺坝交汇处的潜洲尾部。

2 2#桥墩局部防冲工程与航道整治工程设计

武汉鹦鹉洲长江大桥2#中塔墩承台为矩形，上下游为圆弧状，平面尺寸为70 m×34 m。承台顶在设计水位以下，高程为7.5 m，承台厚度7 m，桥轴线法向与水流方向交角约为7°。根据模型试验研究结果，鹦鹉洲长江大桥建后，2#桥墩所激起的河床局部冲刷范围和深度随着流量的增加、流速的增大而增大，大水年份冲刷较为严重，中小水年份较弱。

桥墩周边河床局部冲刷，波及航道整治工程5#刺坝与顺坝末端的潜洲尾部，河工模型试验研究结果表明，若遇大水年份，该处河床最大冲深接近10 m^[2]，潜洲尾段冲刷，从而有可能造成汉阳边滩的进一步淤长和航道条件的恶化。另据2#桥墩局部冲刷系列模型试验研究结果，若遇洪峰流量83 700 m³/s、且持续时间较

长的大洪水时，桥墩周边280 m×220 m范围内河床均会发生严重冲刷，冲刷坑最大深度达到17 m左右，接近基岩层面^[3]，这不仅使航道整治工程失去建设基础，而且有可能给航道条件带来更加不利的影晌。因此，为防止桥墩附近河床局部冲刷引起潜洲洲尾变化，影响航道整治工程的修建和整治效果，提出将2#桥墩局部防冲工程与武桥水道航道整治工程中顺坝尾段（长191 m）和5#鱼骨坝（长100 m）合并一起组织施工的设计方案^[4]。在桥墩施工前，首先完成2#桥墩及其附近航道整治工程的防冲护底任务，整个护底防冲工程平面形态呈倒“T”形，最大长度512 m，最大宽度336 m，总面积14.86万m²（图3），在2#桥墩钢围堰拆除之后，构筑完成顺坝尾段和5#鱼骨坝坝体工程。护底防冲工程及其坝体结构布置形式见图3^[4]。

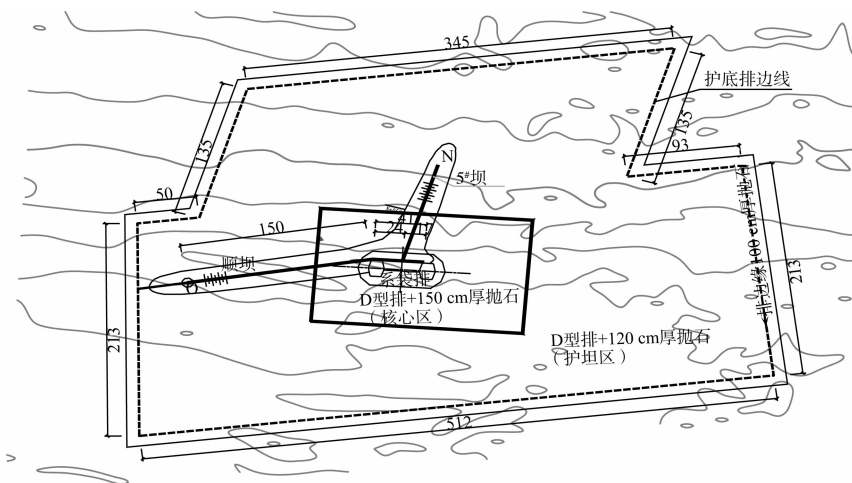


图3 2#桥墩建设护底防冲工程平面布置

1) 护底带。

在图3中所标核心区，主要分布在桥墩周围，为桥墩施工核心人工岛，即桥墩上边线河床防护34 m、桥墩下边线河床防护66 m、桥墩两侧边线河床各防护40 m，守护范围包括桥墩，核心区平面呈长方形，尺寸为170 m×114 m（长×宽），防护面积（包括桥墩）1.94万m²，铺设D型软体排护底（在围堰范围内采用系袋排护底），排面

抛石厚150 cm；除了图3中核心区外的护坦区，采用D型软体排护底，排面抛石厚120 cm。

2) 坝体结构。

为防止桥墩周围河床受强烈的绕流冲刷，同时保持坝体较小的透水性，顺坝尾段和5#鱼骨坝坝体结构（图4、5）采用抛石填芯、外包消能防冲较强的扭王字块体混合结构，坝顶采用现浇混凝土护面，厚40 cm、宽200 cm。

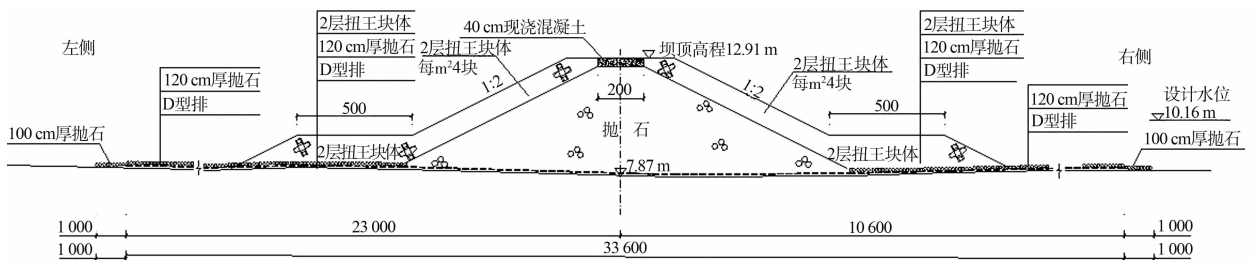


图 4 顺坝结构断面

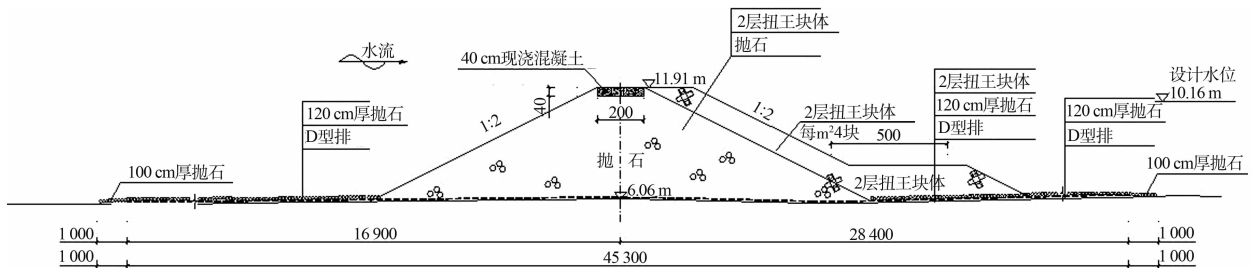


图 5 5# 鱼骨坝结构断面

3) 施工期围堰周边防护。

为防止钢围堰下沉时将护底软体排撕破, 沿着围堰边缘下切口周边抛投沙枕, 形成一个环形沙枕棱体, 沙枕带宽度 20 m, 厚度 1 m, 面积 4 904 m²。

3 分期施工, 动态管理

为避免 2# 桥墩施工与航道整治工程施工相互干扰, 计划将桥墩附近局部防冲护底工程和航道整治工程分 3 个阶段实施。

1) 第一阶段 (2011 年 1—8 月): 在桥墩钢围堰沉放之前, 预先完成图 3 中包括核心区 and 护坦区的全部沉排护底、抛石加固工程, 对钢围堰周边的潜洲进行保护。在钢围堰沉放就位前, 由潜水员沿围堰边缘切割并清除软体排。

第二阶段 (2012 年 5 月—2013 年 1 月): 在钢围堰沉放完毕后, 完成围堰周边部分抛枕、抛石和顺坝尾段坝体抛石工作。但在该阶段由于 2# 桥墩钢围堰周围停靠大量的施工船舶, 占据了大片防护工程施工水域, 为了不影响 2# 桥墩钢梁吊装正常作业, 暂时中止顺坝尾段和 5# 鱼骨坝坝

体工程施工, 推迟至 2014 年 2 月开始的第三阶段施工任务中。

3) 第三阶段 (2014 年 2—6 月), 完成顺坝尾段、5# 鱼骨坝的坝体构筑工程。

由于工程施工过程中避免不了一些意想不到的问题, 因此, 在施工过程中, 必须加强观测, 动态管理, 发现问题, 及时调整或变更设计方案, 及时处理工程中出现的问題^[5]。

在钢围堰下沉过程中, 从多波束回声仪和潜水员摸探情况看, 软体排总体防护效果较好, 护底工程区大都出现淤积现象, 但钢围堰周边冲刷较为严重, 上游和两侧面最大冲刷宽度 50 余米, 下游最大冲刷宽度 80 余米, 冲刷坑面积约达 3 500 m², 局部坑沿坡度陡于 1:1, 最大冲刷深度达 11 m (图 6, I 区)。造成这种现象的原因, 主要是为了方便钢围堰顺利下沉, 潜水员割去围堰覆盖范围内的水下护底排后, 在沿体流作用下, 导致排体局部破坏, 河床产生较大幅度的冲刷。另外, 由于施工船舶定位抛锚或碰撞将部分护底排损坏, 使护坦区左侧也出现长 × 宽分别为 76 m × 35 m、50 m × 40 m、50 m × 114 m 的 3 处局

部冲刷破坏区(图6, II、III、IV区, 其中III区为L形状), 冲刷深度0.8~1.2 m。对此, 及时变更设计方案和处理发现的问题; 对于围堰周边严重冲刷破坏区域, 采用抛沙枕填坑垫底、抛石护面的方法, 回填冲刷坑, 加固防护结构形式。抛枕范围覆盖全部冲刷区域, 沙枕最大的回填厚度约为5.8 m, 平均回填厚度约为3.24 m, 沙枕顶面抛石厚1 m; 对于护坦左侧局部冲刷破坏区域, 一般采用1 m厚抛石护面加固措施。

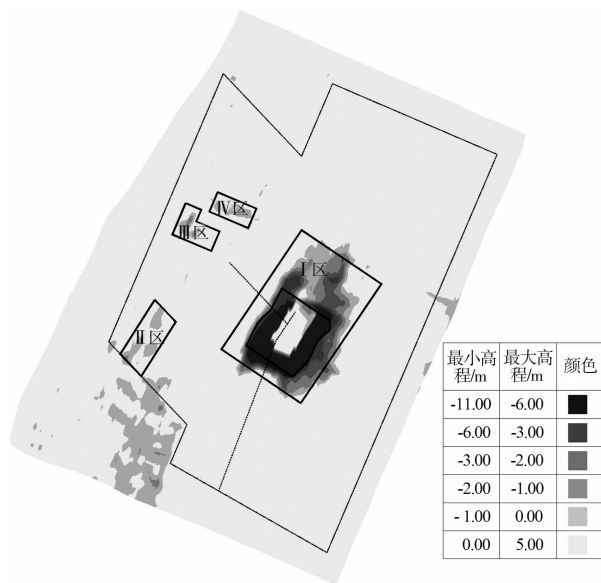


图6 护坦区冲淤变化

由于第三期工程施工推迟至3—5月底之间, 水位已高于航道整治工程坝顶面, 根据当年年底验收工程要求, 不可能完成坝顶现浇混凝土护面, 故将坝顶护面现浇混凝土改为铺石结构, 并根据当时河道变化情况, 调整工程量, 使顺坝尾段抛石量比原设计增加1 428 m³, 5#刺坝抛石工程量比原设计增加230 m³。

4 结语

1) 武汉鹦鹉洲长江大桥与其周边航道整治工程建设联手研究、统筹安排施工进度, 实现了2#桥墩防护工程与武桥水道航道整治工程无缝完整的结合, 其经验可为其它工程建设提供借鉴。工程实施2 a来的河道变化表明, 对于桥墩周边局部

冲刷的研究结果基本正确, 实施的防护工程措施基本合适。

2) 为了避免不同工程施工相互干扰, 同时, 因涉水工程建设受水位涨落、河床冲淤变化影响较大, 因此, 采取“动态管理、动态设计、动态施工”的原则, 对于确保工程质量和工程顺利实施是完全必要的。在2#桥墩防护工程施工过程中, 加强观测研究, 根据实际情况, 在符合国家相关规范和强制性条文规定的前提下, 为保证建筑物完整及稳定, 及时调整了2#桥墩防护的施工进度和变更第三施工期的设计方案, 使两项工程均在施工期内顺利完成。

3) 由于工程建后尚未遇到较大洪水的考验, 为了确保桥梁安全和航道整治效果, 建议每年汛后跟踪观测2#桥墩周边护坦和坝体周边局部河床变形情况, 对于工程结构局部冲刷变形的部位要及时抛石维护, 以免水毁不断扩大, 危害建筑物的整体安全。

参考文献:

- [1] 陈建, 曾涛, 杨祥飞. 长江中游武桥水道航道整治工程初步设计[R]. 重庆: 长江重庆航运工程勘察设计院, 2010.
- [2] 陈立. 武汉鹦鹉洲长江大桥物理模型试验研究报告[R]. 武汉: 武汉大学水资源与水电工程科学国家重点实验室, 200.
- [3] 陈立. 武汉鹦鹉洲长江大桥2#桥墩局部冲刷的影响及防护措施试验研究报告[R]. 武汉: 武汉大学水资源与水电工程科学国家重点实验室, 2009.
- [4] 冯刚, 李文全, 王志军, 等. 武汉鹦鹉洲长江大桥2#桥墩局部冲刷防护工程施工图设计[R]. 武汉: 长江航道规划设计研究院, 2010.
- [5] 冯刚, 李文全, 王志军, 等. 长江中游武桥水道航道整治工程(武汉鹦鹉洲长江大桥2#桥墩局部冲刷防护工程)第三阶段施工图设计[R]. 武汉: 长江航道规划设计研究院, 2014.

(本文编辑 郭雪珍)