

· 航道及通航建筑物 ·



长江白茆沙航道整治技术

方爱东, 王效远, 赵凯

(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 在长江南京以下 12.5 m 深水航道一期工程白茆沙整治工程中, 为实现“遏制不利趋势、改善航道条件”的整治目标, 通过河床演变分析、数学模型计算、物理模型试验等途径确定了整治方案。通过多方案比选, 项目采用软体排作为护底结构、抛石斜坡堤和构件堤作为导流结构的工程措施, 研发一种新型护滩结构——主动式钩连体, 并在工程中得到应用。

关键词: 白茆沙; 模型试验; 结构选型; 主动式钩连体

中图分类号: U 617

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)10-0136-05

Improvement technology of Baimaoshan channel in the Yangtze River

FANG Ai-dong, WANG Xiao-yuan, ZHAO Kai

(CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China)

Abstract: In phase I (Taicang to Nantong section) of 12.5 m deep-water channel project from Nanjing in the Yangtze River, to achieve the goal of “curbing adverse trends and improving channel conditions”, we carried out riverbed evolution analysis, mathematical model calculation and physical model test and determined the regulation scheme at last. Based on a multi-program comparison, we chose the flexible mattress, riprap embankment and component embankment as the engineering measures, and developed a new beach protection structure, i. e. the active hook, and applied it to the project.

Keywords: Baimaoshan; model test; structural selection; active hook

长江南京以下 12.5 m 深水航道一期工程是“十二五”全国内河水运投资规模巨大、技术复杂的重大工程, 其中白茆沙水道治理是深水航道一期工程建设的重点项目。2000 年以来, 白茆沙沙头不断冲刷下移, 沙体面积持续减小。白茆沙沙体冲刷, 导致一部分泥沙下泄, 增加了下游深槽底沙来量, 加剧南支中上段深槽淤积, 使深槽向宽浅方向发展, 影响 12.5 m 水深航道的长期稳定。河势变化存在着对深水航道的建设和维护不利的状况, 因此开展白茆沙整治对于 12.5 m 深水航道的建设是必要和紧迫的。

针对白茆沙水道航道存在的问题, 通过河床

演变分析^[1]、数学模型计算、物理模型试验等途径, 对长江下游白茆沙水道的演变规律及演变趋势进行深入分析, 提出该水道总体治理思路与控导工程方案^[2], 并在此基础上选择合适的堤身结构形式。

1 河床演变分析

1.1 历史演变状况

白茆沙形成于南支南岸白茆口附近, 在徐六泾节点河段形成前, 白茆沙河段受上游主流摆动影响, 汉道更替频繁; 沙体多次发生淤长离开南岸、冲刷下移、北移并岸等变化。上游带来的大

收稿日期: 2016-06-16

作者简介: 方爱东 (1961—), 男, 教授级高工, 从事港口航道工程设计研究工作。

量泥沙使得白茆口附近边滩迅速淤长, 并逐渐脱离南岸, 形成了现白茆沙沙体。在沙体淤长初期, 南水道进口段淤浅, 北水道冲刷发展。随着白茆沙逐渐下移北靠, 南水道大幅发展, 北水道开始萎缩^[3] (表 1)。

表 1 白茆沙南、北水道断面槽宽及面积统计(-5 m 以下)

年份	北水道		南水道		面积比例/%	
	槽宽/m	面积/m ²	槽宽/m	面积/m ²	北水道	南水道
1984	3 627	18 164	4 299	18 779	49.2	50.8
1992	3 748	22 947	3 210	20 003	53.4	46.6
1998	3 401	18 603	4 115	27 259	40.6	59.4
2001	4 382	20 631	4 333	32 992	38.5	61.5
2006	3 426	11 810	4 338	31 248	27.4	72.6
2001	3 494	13 866	4 321	37 677	26.9	73.1
平均	3 726	16 668	4 149	27 736	37.5	62.5

1.2 近期演变特点

1998 大洪水以后, 白茆沙沙头冲刷下移, 上游河槽向宽浅型发展。白茆沙南北水道维持“南强北弱”态势。其中, 南水道冲刷发展, 深槽不断向北拓宽, 而南水道进口段存在水下浅区。白茆沙冲刷泥沙下泄, 加剧南支中下段局部深槽淤积。

2 模型试验

针对白茆沙现状和河床演变特征, 确定了“遏制不利趋势、改善航道条件”的整治目标。

针对白茆沙沙头持续冲刷后退、白茆沙南水道向东拓宽的状况, 将“形成稳定的航道边界、适当增加浅段动力条件”作为整治建筑物工程的核心功能要求。具体工程措施为: 在白茆沙高滩南北边缘布置护滩潜堤固滩防冲、稳定白茆沙头, 在白茆沙头部及向上游局部延伸区域布置潜堤, 以增强护滩的效果, 在头部潜堤及南侧堤南侧布置丁坝以增加护滩范围, 适当增强浅段落潮动力。

根据初步确定的工程措施, 对白茆沙水道进行了多方案的数学模型、物理模型试验比选, 确定了优化的工程措施。

通过潮流数学模型可以看出, 采取工程措施以后, 白茆沙碍航浅段涨落潮流速增幅明显增加, 落急流速增加幅度可达 0.25 m/s 以上, 浅滩落潮

动力得到明显增强(图 1)。

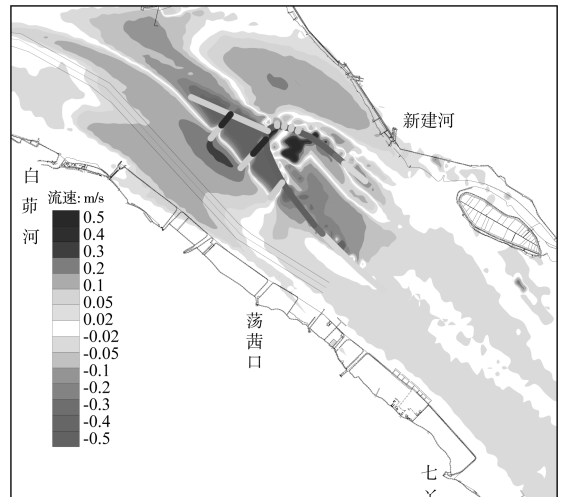


图 1 工程实施后落急流速变化

通过动床模型试验^[4]可以看出, 工程实施后白茆沙丁坝坝田区及护滩潜堤内流速减小 0.1~0.3 m/s, 坝田区和堤内掩护区最大淤积幅度超过 0.5 m。

根据模型试验确定的具体工程措施为: 白茆沙头部潜堤堤头高程 -7 m, 根部与护滩南北堤相接, 高程 1.0 m。白茆沙南侧 3 座丁坝(S1~S3)头部高程均为 -7.0 m, 根部坝顶高程与潜堤齐平(图 2)。

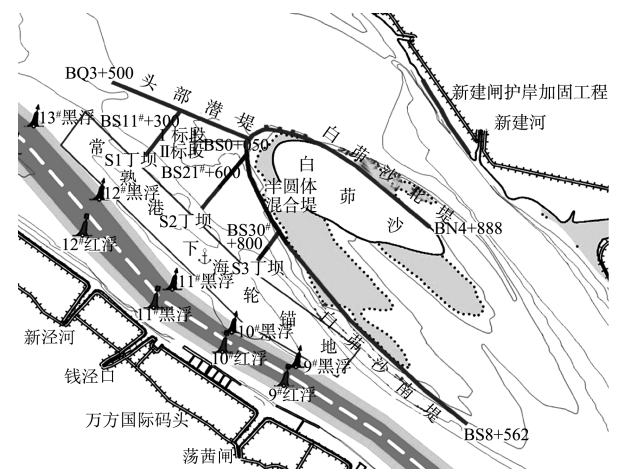


图 2 白茆沙整治建筑物布置

3 堤身结构选型

根据模型试验确定了堤坝轴线、高程, 在保证建筑物功能的前提下, 通过计算分析和方案比选, 对堤身结构形式和堤身材料进行经济技术比选, 得出最终方案^[5]。

3.1 堤身结构形式

堤坝结构形式的选择应按照因地制宜、就地取材、既安全又经济的原则，根据堤坝所处的位置、功能要求，堤址的地形地质条件、筑堤材料、潮汐、水流、风浪特性、施工条件、运营管理、环境景观及工程造价等因素，经技术经济比较，综合选定。白茆沙整治工程水工建筑物功能主要为固沙稳槽、导流加深，结合地质和水流特点分

析，结构方案选择对地基条件要求较低，对水流流态影响较小的斜坡式结构形式和混合式结构形式。

3.2 堤身材料

根据本工程受波浪、水流作用的双重特点，初步选择抛石斜坡堤、袋装砂堤芯大块石护面斜坡堤、混合式堤进行比较(图3~4)。不同材料类型的优缺点见表2。

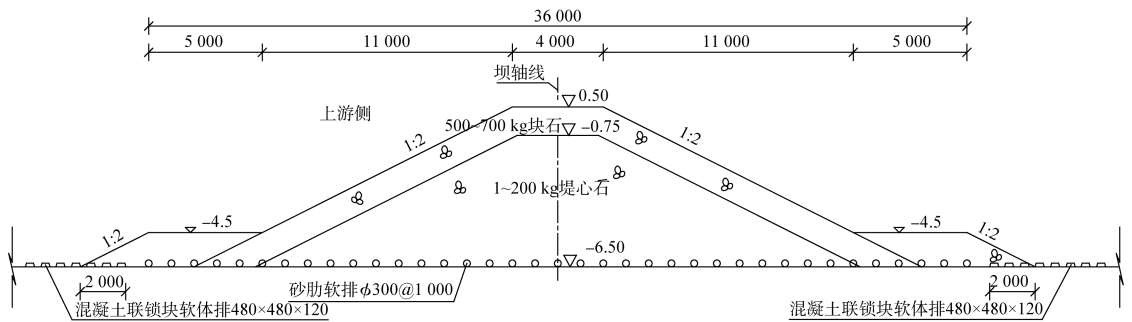


图3 抛石斜坡堤断面形式

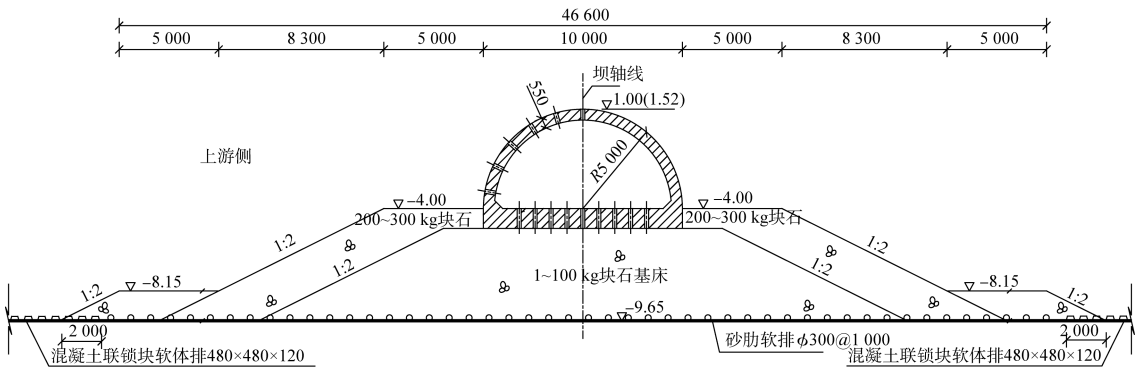


图4 混合堤断面形式

表2 堤身材料比较

堤身形式	优点	缺点
抛石斜坡堤	堤身适应能力强，施工工序简单，维修方便	块石用量大，整体性较差；易发生局部损坏
袋装砂芯堤+大块石护面	部分筑堤材料可用砂替代，造价较低，堤身整体性较好	施工工序复杂，质量控制要求高，易发生破损流失
半圆体混合堤	堤身结构稳定性好，适应软土地基	造价高，施工时对基床整平要求高，不适合浅水区域应用

根据现有材料单价，对抛石堤、袋装砂堤和以半圆体堤为代表的混合堤3种堤型典型断面造价进行了每延米不同提高、不同结构形式的造价

分析(图5)。考虑到石料价格存在一定的不确定性，对石料价格进行上涨10%的敏感性分析，典型断面造价见图6。

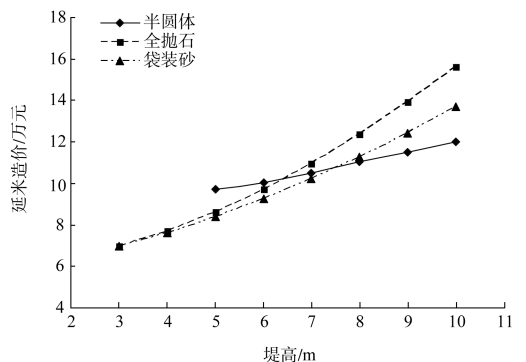


图5 不同堤高典型断面造价比较

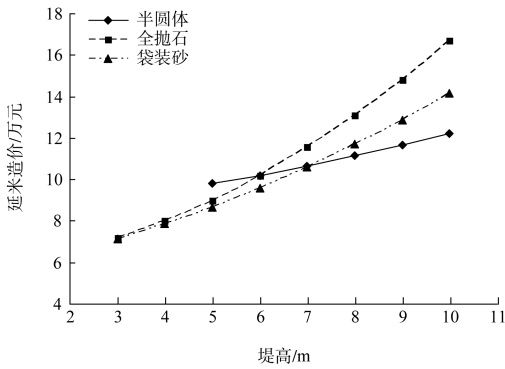


图 6 不同堤高典型断面造价比较
(石料价格上涨 10%)

由以上图表可见,在现有材料单价下,半圆体混合堤与抛石堤相比,堤高超过 6.5 m 时,半圆体混合堤造价更为经济,当石料价格上涨 10% 时,其经济点下移,堤高超过 6.0 m 时,混合堤造价更为经济。袋装砂芯斜坡堤虽然在堤高 4~7 m 时较上述其他两种堤型略有经济优势,但幅度较小且较抛石堤增加了施工工序和难度,因此本工程不采用袋装砂芯堤。

根据以上经济比选,在整治建筑物工程中对于水深较浅处采用抛石斜坡堤结构,对于水深较大处采用半圆体混合堤结构。

4 新护底形式的探索运用

江河航道整治工程中,消能护滩结构被广泛应用,实现守护洲滩、稳定航槽的功能。其中应用较为广泛的为系结混凝土连锁块软体排和四面六边透水框架,这些结果形式护滩效果明显,但也存在结构边缘易冲刷,勾连性不足等特点。针对现行护滩结构存在的不足,在长江深水航道一期项目中,提出利用构件抛投形成主动勾连、整体式联接性能良好的护滩结构创新设计理念,研发一种消减水流能量明显、护滩促淤效果良好的新型消能护滩结构——主动式钩连体,并在长江南京以下 12.5 m 深水航道一期工程白茆沙整治工程中进行了典型应用。

4.1 结构形式

主动式钩连体产品的结构设计是基于钩连体的实际使用工况要求、钩连体批量生产时制造的

可行性以及钩连体的整体成本控制等方面。根据模型试验研究,确定构件尺寸为 60 cm 的组装件(图 7)。

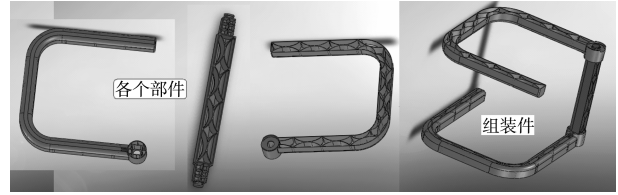


图 7 主动式钩连体组装件

4.2 方案设计

应用区位于北潜堤内侧,滩面高程为 0.0~0.4 m。抛投区内边缘距堤轴线 50 m,长 200 m,宽 40 m,与堤身排的搭接宽度为 5 m。在抛投区内部垂直堤轴线方向,每隔 20 m 铺设连锁块软体排,宽度为 1 m。抛投区划分为 5 m×10 m 的小抛投区,每个抛投区抛投个数控制在 400 个左右(图 8)。

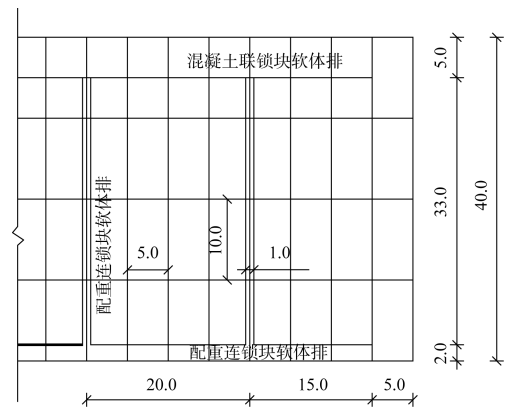


图 8 施工布置 (单位: m)

4.3 钩连体施工

钩连体作为一种轻型构件,既具备现场低潮露滩时人工抛投、绑扎以及整理的条件,也具备高潮期水深足够船机施工时船机抛投的条件。

船机抛投:施工前在铺排船翻板及甲板上满铺土工格栅,作为水下时的支撑。随后由人工组装钩连体并叠放,将钩连体相互间及与格栅间进行绑扎,待绑扎完成后按照铺排流程下放格栅并移船,依次循环直至施工完成。

人工抛投:在陆上或船上将钩连体组装完成并绑扎成捆,高潮时通过运输船将其抛投至指定

区域，等低潮时再进行人工定位抛投。

4.4 监测分析

为了检测应用效果，在抛投完成后的一个水文年内对典型应用段进行观测。观测结果表明抛投区内发生了全面淤积，平均淤高 0.48 m 以上(图 9)。从淤积后地形角度看，在主动式钩连体抛投区外侧，普遍呈现淤积态势，普遍淤涨 0.2~0.3 m，说明钩连体对掩护区也具有良好的防冲促淤效果。

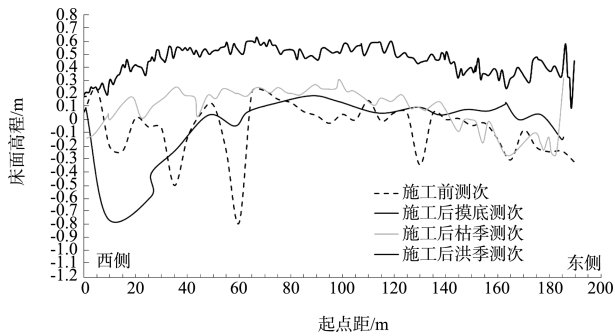


图 9 滩面高程变化情况

5 结论

1) 根据对河床的历史和近期演变分析可知，河势的变化不利于航道通航，因此必须尽快采取工程措施。

2) 通过数学模型、物理模型试验，进行多方案比选，确定的工程措施可以达到整治目标。

3) 从经济性比较可以看出，在堤高超出一定高度时，与斜坡堤相比，半圆体混合堤更为经济。因此，在水深较浅处采用抛石斜坡堤结构，在水深较大处采用半圆体混合堤结构。

4) 施工后监测结果表明，新型护底方式主动式钩连体在高滩部位的效果十分明显，说明在堤坝水深、水流流速等条件合适的情况下具有工程应用推广价值。为进一步降低成本，其材料和加工成型工艺值得进一步深化研究和改进。

参考文献:

[1] 夏云峰, 曹民雄, 陈雄波. 长江下游三沙(福姜沙、通州沙、白茆沙)水道演变分析及深水航道整治设想[J]. 泥沙研究, 2001(3): 57-75.

[2] 刘怀汉, 袁达全, 裴金林, 等. 长江下游白茆沙水道航道整治对策[J]. 水运工程, 2010(11): 86-92.

[3] 孔令双, 王巍, 顾峰峰, 等. 长江口白茆沙河段航道整治方案初步研究[J]. 水道港口, 2010, 31(5): 379-383.

[4] 杜德军, 夏云峰, 吴道文, 等. 通州沙和白茆沙 12.5 m 深水航道整治方案试验研究[J]. 水利水运工程学报, 2013(5): 1-9.

[5] 蔡建冬, 陈海峰, 高志伟. 长江南京以下 12.5 m 深水航道一期工程白茆沙河段航道整治建筑物选型[J]. 水运工程, 2013(10): 60-63.

(本文编辑 郭雪珍)

· 消 息 ·

港珠澳大桥主体桥梁贯通

9月27日上午，港珠澳大桥主体桥梁工程贯通仪式在施工现场举行。港珠澳大桥全长 55 km，是世界最长的跨海大桥。

目前，港珠澳大桥海底隧道沉管安装工作正在加紧推进，预计 2017 年 3 月实现大桥真正意义的全线贯通。港珠澳大桥通车后，香港至珠海、澳门的陆路通行时间将由 3 h 变为 0.5 h，对促进香港、澳门和珠江三角洲西岸地区经济发展具有重要战略意义，大桥也将成为中国从桥梁大国走向桥梁强国的里程碑之作。