



疏浚弃土在戴家洲生态固滩工程中的综合利用

王晓燕¹, 李长铃², 李冬², 潘美元², 阮荣涛²

(1. 长江航道规划设计研究院, 湖北 武汉 430040; 2. 长江航道勘察设计院(武汉)有限公司, 湖北 武汉 430040)

摘要: 为落实长江经济带“共抓大保护, 不搞大开发”的重要指示精神, 长江干线武汉—安庆段航道整治工程探索疏浚弃土生态化综合利用, 采用生态友好结构、绿色施工工艺建设生态固滩工程, 降低疏浚对生态环境的影响, 并促进洲滩植被恢复, 提升洲滩生态功能。生态固滩工程主要包括围埝、围埝内疏浚土吹填及道路铺设、生态护滩 3 个部分。戴家洲生态固滩工程实施后洲滩稳定, 生态绿化效果良好, 实现生态与固滩协调统一, 达到了工程建设目标, 整治效果较好。

关键词: 疏浚弃土; 戴家洲; 生态固滩工程; 综合利用

中图分类号: U617

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2025)06-0122-06

Comprehensive utilization of dredged waste soil in ecological beach consolidation project in Daijiazhou

WANG Xiaoyan¹, LI Changling², LI Dong², PAN Meiyuan², RUAN Rongtao²

(1. Changjiang Waterway Planning Design and Research Institute, Wuhan 430040, China;

2. Changjiang Waterway Survey and Design Institute (Wuhan) Co., Ltd., Wuhan 430040, China)

Abstract: To implement the important directive spirit of the Yangtze River Economic Belt to “jointly protect and not engage in large-scale development”, this paper explores the ecological comprehensive utilization of dredged waste soil in the waterway regulation project of Wuhan-Anqing section of the Yangtze River trunk line, adopts eco-friendly structure and green construction technologies to construct ecological beach projects, reduces the impact of dredging on ecological environment, promotes the restoration of vegetation on the beach, and enhance the ecological function of the beach. The ecological beach consolidation project mainly includes three parts: embankment, filling of dredged soil inside the embankment, road laying, and ecological beach protection. After the implementation of the Daijiazhou ecological beach consolidation project, the beach has become stable, forming a good ecological greening effect, achieving the coordination and unity of ecology and beach consolidation, and achieving the construction goals of the project, and the regulation effect is good.

Keywords: dredged waste soil; Daijiazhou; ecological beach consolidation project; comprehensive utilization

长江全长 6 300 余公里, 是我国第一、世界第三长河。2014 年 9 月 12 日, 国务院印发的《关于依托黄金水道推动长江经济带发展的指导意见》指出, 加快推进长江干线航道系统治理, 打造畅通、高效、平安、绿色的黄金水道^[1]。2016 年 1 月 5 日, 习近平总书记在重庆召开的推动长江经济带

发展座谈会上明确指出, 推动长江经济带发展必须从中华民族长远利益考虑, 走生态优先、绿色发展之路, 使绿水青山产生巨大生态效益、经济效益、社会效益, 使母亲河永葆生机活力。

河道疏浚是解决河道淤积的常用手段之一, 但弃土处理是一个关键环节。疏浚土作为一种宝

收稿日期: 2024-08-19

作者简介: 王晓燕 (1970—), 女, 高级工程师, 从事内河航道科研与设计工作。

贵的资源,应根据其不同特性,选择合适的综合利用方式。进入21世纪以来,随着我国经济社会的快速发展和水运交通基础设施的大力建设,疏浚业取得了长足的发展^[2],据不完全统计,我国疏浚土整体利用率不足60%,内河航道疏浚土利用率仅约40%^[3]。国外发达国家疏浚土综合利用率普遍较高,如美国为80%,英国为65%,日本高达95%,荷兰也达90%以上^[4]。

1 生态固滩工程选址

长江干线武汉—安庆段上起天兴洲长江大桥、下迄安庆皖河口,全长约386.5 km^[5]。2016年以来,交通运输部开展了长江干线武汉—安庆段6 m水深航道整治工程前期研究、设计及施工工作,按照生态优先、统筹兼顾、因势利导、整疏结合等原则,通过工程措施,遏制河道的不利变化趋势,整治重点碍航浅滩,改善航道条件。为落实长江经济带“共抓大保护,不搞大开发”的重要指示精神,促进长江生态保护和沿岸经济发展,武安段工程建设强化绿色顶层设计,采用生态友好结构、绿色施工工艺,提出航道整疏及生态化治理措施,探索疏浚弃土生态化综合利用,以降低疏浚对生态环境的影响、促进洲滩植被恢复、提升洲滩生态功能。

随着国家生态文明建设要求的不断提高,长江航道整治思路发生一定转变,为更好地生态化利用武安段基建性疏浚弃土,借鉴长江中游荆江河段倒口窑生态固滩的成功经验,考虑以基建性疏浚弃土作为基质进行生态固滩、营造局部湿地生境。

固滩区域的选择主要考虑3个方面的因素:

1) 滩体规模较大,形态相对稳定,利于植被繁育;2) 滩体高程应适中,过低则亲水植物成活率会较低,过高则滩体自身即具备生长植被的条件,固滩意义不大;3) 尽量靠近疏浚工程区,提高疏

浚弃土的利用率,降低营造成本。通过比选,选择在邻近4处实施基建性疏浚的沙洲水道黄州洲头、鳊鱼滩洲头、戴家洲河段戴家洲洲头、东流水道老虎滩滩头进行生态固滩。

本文以戴家洲河段戴家洲洲头生态固滩工程为例,介绍生态固滩工程的设计。生态固滩洲头区域位于戴家洲洲头部位,河床高程较高,多数时期滩体出露,上游已建鱼骨坝掩护水流较缓,存在运用植物进行固滩的水流动力条件。

2 生态固滩工程设计

2.1 戴家洲河段概况

戴家洲河段包括巴河、戴家洲2个水道,其中巴河水道为顺直放宽河段,右岸侧有池湖港心滩;戴家洲水道为微弯分汊河段,江心戴家洲将河道分为圆、直两水道,天然条件下,巴河、戴家洲水道演变关联性较强,圆、直两汊交替通航,各汊航道条件均较差。见图1。

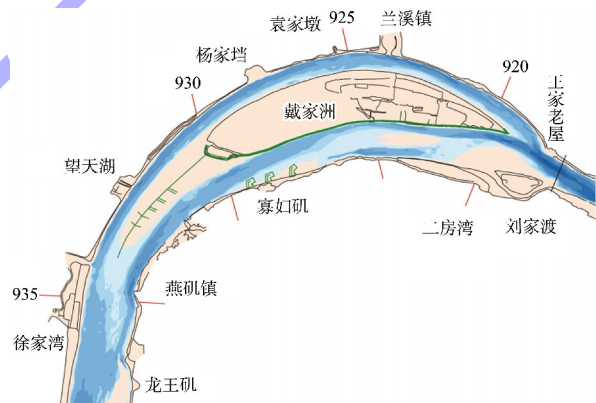


图1 戴家洲河段

Fig. 1 Daijiazhou river section

2.2 土层情况

根据岩土勘察报告,戴家洲直水道进口及出口水深较浅区域揭露的地层主要为粉细砂层^[6]。土层颗粒分析统计如表1所示,有效粒径0.04~0.08 mm,平均粒径0.14 mm。总体颗粒细小,级配不良,适用于回填。

表 1 土层颗粒平均值统计
Tab. 1 Statistics of average values of soil particles

土体 单元	颗粒组成百分数/%						休止角/(°)	
	20.00~>2.00 mm	2.00~>0.50 mm	0.50~>0.25 mm	0.25~>0.075 mm	≤0.075 mm	<0.005 mm	干燥	水下
粉细砂 1	0.80	1.79	14.75	66.50	17.03	5.91	32.47	28.32
粉细砂 2	1.19	2.56	15.66	63.70	17.19	5.20	32.30	28.50
粉细砂 3	2.37	3.23	15.27	62.41	17.23	2.20	-	-

2.3 总平面布置

生态固滩洲头区域位于戴家洲洲头部位，河床高程较高，多数时期滩体出露，上游已建鱼骨坝掩护水流较缓，存在运用植物进行固滩的水流动力条件。同时结合局部水流条件及滩体自身冲淤变化，选择相对稳定的中高滩区域进行植草，并辅以边缘防冲措施，保障植被达到一定丰度之前滩体的稳定。植被达到一定丰度后，植被的生长反过来又将增强滩体的稳定，改善局部土壤条件，实现生态与固滩两者的协调统一^[7]。

生态固滩设置在戴家洲洲头护岸前部区域，长约 1 500 m，最大宽度约 700 m，面积约 65 万 m²。

2.4 工程结构

2.4.1 围埝

在戴家洲头部构筑围埝，围埝头部高程为 16.03 m，逐渐向洲头高滩顶高程 19.03 m 呈缓坡平顺相接。在围埝施工前，应将原地面植被、腐殖土、淤泥等不利于埝体抗滑稳定的材料清理干净。围埝主要采用沙枕和铺石结构铺筑。沙枕采用疏浚弃土填充，沙枕分层铺筑，沙枕上覆盖 0.8 m 厚铺石防老化，沙枕与铺石之间铺无纺布 1 层。对于围埝高度小于 1.3 m 的部分采用全铺石结构砌筑，在下方及内侧需铺设 1 层无纺布，并在铺石顶面回搭 50 cm 压在块石中。为保持围埝的稳定性，在围埝外缘设置钢丝网格护底，护底外侧设置一定宽度 2 层一次成型透水框架进行防冲处理。为降低围埝头部的水流流速，在围埝头部钢丝网格上设置一定宽度 2 层透水框架防冲。在与

滩面道路相接的框架部位，将透水框架改为 2 m 宽、23 cm 厚钢丝网格人行通道，便于上下。

2.4.2 围埝内疏浚土吹填及道路铺设

围埝构筑完成后，戴家洲河段基建型疏浚弃土由驳船运至戴家洲洲头左侧滩体区域，在固滩区采用吹泥船将疏浚土吹填至围埝内，形成自然缓坡。由于高滩上均为细砂，透水率高，且围埝本身平均高度仅 1.8 m，吹填采用堰流方式自然排水。吹填后进行平整，使高程从头部 16.03 m 逐渐向洲头高滩呈缓坡平顺相接；平整后，沿滩脊设置 3 m 宽的钢丝网格主路，两侧间隔 100 m 设置 2 m 宽钢丝网格支路与滩脊主路相接。

2.4.3 生态护滩

围埝头部及尾部约 2.3 万 m² 范围铺设蜂格柔性三维网格生态固滩结构，其他区域在其面层均匀铺 1 层 0.1 m 厚植草土壤基质。随后采用撒种、扦插的方式种植先锋植被。先锋植被增殖至足够丰度需要 1~2 a，在此期间，为避免土壤基质在汛期流失，需在 3 月之前实施辅助的临时固土措施，对于蜂格网生态结构，在其上覆盖绿色保土网，并采用钢丝与木桩进行连接固定；对于其他先锋植被覆盖的部位，在表面按纵横交错的方式铺设麻绳绳网。选择孔径 10 cm×10 cm 的绳网，配合初步长成的先锋植被，控制土体冲失。

如图 2 所示，戴家洲生态固滩头部示范应用了高分子材料蜂格柔性三维网格结构。蜂格网可灵活地伸缩、变形、裁剪和拼接，能适应坡面自然和缓起伏变化，可大面积整体铺装，施工便捷，满足设计和施工的需求。



图2 铺设中的蜂格柔性三维网格
Fig.2 Flexible 3D grids with honeycomb structure during installation

3 疏浚施工工艺优化

戴家洲河段基建性疏浚采用吸盘式挖泥船施工,挖泥船挖泥后运至戴家洲洲头左侧滩体区域,在固滩区采用吹泥船将疏浚土吹填至围埝内。

传统的吸盘式挖泥船舷外边抛的施工工艺存在一些不足,如受船舶边抛距离限制,疏浚泥沙不能被有效抛出航道边线以外,存在二次开挖、转运的现象,以致不能有效地利用疏浚弃土,且航道两侧边抛出去的泥沙有可能随着水流扰动逐渐回淤到施工区域,影响施工效果。参考长江口深水航道治理工程一期经验,采用传统的疏浚土抛泥工艺也存在不足。利用自航耙吸船进行疏浚航道,疏浚土由自航耙吸船运至北槽内的贮泥坑、抛泥区或北槽外的抛泥区,抛泥时间为全潮抛泥^[8]。在疏浚土吹泥上滩施工过程中,存在贮泥坑泥沙流失、耙吸船溢流泥沙扩散,加重航道回淤,降低了疏浚土综合利用率^[9]。利用疏浚土塑造的生态陆域可提供新的发展空间^[10],实现长江口航道疏浚土从外抛资源浪费到变废为宝的转变、从污染海洋水环境到塑造生态陆域的转变^[11]。

为了对疏浚弃土进行生态化利用,生态固滩工程采用吸盘式挖泥船舷外装驳施工工法,对吸盘船的装驳工艺进行改进研究,优化吸盘式挖泥船舷外装驳施工工法,改造吸盘船装驳设备,便

于疏浚弃土运输至较远的区域进行综合利用,同时减少各自的不足,提高施工效率。

3.1 施工工艺流程优化

对传统的吸盘式挖泥船中管道系统、泥泵转速、排泥管阻流喷嘴等工艺原理进行分析,优化施工工法,提出新的吸盘式挖泥船舷外装驳施工工艺,流程为施工前准备→吸盘式挖泥船进场上线→泥驳靠档→吸盘头下放→启动泥泵、高压冲水→挖砂装驳→泥驳满载离档→下一艘泥驳靠档,见图3、4。



图3 泥驳靠档
Fig.3 Dock for mud barge



图4 挖砂装驳
Fig.4 Sand-digging and barge-loading

3.2 设备改造

对自航吸盘式挖泥船装驳喷头进行改造,改造后的装驳喷嘴如图5所示,结构简单、安装便利、造价低,使用时可继续利用船舶原设备进行操作,省时省力,喷嘴泥沙方向、范围集中,便于收集,可以实现疏浚土的综合利用。



图 5 边喷管喷嘴改造

Fig. 5 Transformation of edge nozzle

3.3 吹填

施工时用泥驳将疏浚弃土运至指定区域,再用吹填设备将疏浚弃土吹运至吹填区。采用人工配合反铲挖掘机进行排泥管操作,反铲挖掘机吊运移动,人工进行胶垫安装及法兰连接。出泥管口伸出围埝坡脚以外长度为 5 m,并高出排泥面 0.5 m 以上。管线布置应满足设计高程、吹填范围、吹填厚度的要求,并应考虑吹填区地形地貌、几何形状对管线布置的影响。

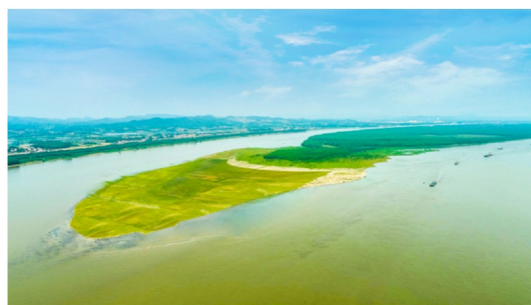
吹填分区分段进行,施工方式为水枪冲挖砂土,将砂土打成泥浆,由泥浆泵抽排至吹填现场,泥浆经排水固定后形成密实的土体。进行吹填施工时,在吹填管管头加装消能花洒头以减少冲刷力,确保吹填的高程和平整度达到设计标准。在吹填施工期间,在吹填出砂口(管头)四周 100 m 范围设立若干标尺,控制吹填砂高程达到设计要求。

4 工程效果

1) 生态与固滩的协调统一。图 6 为戴家洲生态固滩工程实施前后对比。戴家洲生态固滩工程实施后,生态与固滩两者协调统一,达到良好的生态绿化效果。工程完工后生态固滩区地形较稳定,工程区结构稳定,固滩效果明显。工程绿化效果良好,植被生长郁郁葱葱。在头部高程较低的区域,以草皮植入的方式种植藨草等土著植被及土壤藻类;高程高于 17.53 m 的区域,以狗牙根、芦苇、三叶草为主。



a) 实施前



b) 实施后

图 6 戴家洲生态固滩工程实施前后对比

Fig. 6 Comparison before and after implementation of ecological beach consolidation project in Daijiazhou

2) 良好的经济效益和环保效益。随着航道维护力度的提升,为满足更加高效、环保的疏浚要求,在对挖泥船装驳装置进行改造的基础上,优化了吸盘船疏浚弃土装驳施工工法,积极推进航道疏浚土综合利用,既生态环保又节约成本约 11%。吸盘式挖泥船舷外装驳施工工法不仅实现了疏浚土装驳后再利用,有效防止了疏浚土二次入水对施工区域附近底层生物的破坏,而且大幅提高了疏浚船时间利用率,在戴家洲水道疏浚工程施工中,211 d 内完成疏浚土方 218.552 7 万 m^3 。

5 结语

1) 从生态固滩工程实施后的工程效果看,戴家洲生态固滩工程的设计思路正确、方案布置合理,工程实施后生态效果显著,滩槽格局基本稳定。

2) 高分子材料蜂格柔性三维网格填土种草后,根系能在片材透水孔中穿插缠绕,水流冲刷时植物根系锚固对下方土体形成固持作用,但护滩和防冲效果有限,较适用于缓流区。

参考文献:

- [1] 国务院. 关于依托黄金水道推动长江经济带发展的指导意见·国发[2014]39号[A]. 北京: 国务院, 2014.
- The State Council: Guiding pinions on promoting development of the Yangtze River Economic Belt by relying on the golden waterway: Issued by the country[2014]No. 39[A]. Beijing: the State Council, 2014.
- [2] 中国疏浚协会. 中国疏浚业发展战略研究报告(2008年版)[R]. 北京: 中国疏浚协会, 2009.
- China Dredging Association. Research report on the development strategy of China's dredging industry (2008 edition) [R]. Beijing: China Dredging Association, 2009.
- [3] 交通运输部天津水运工程科学研究所. 疏浚土在生态工程中的综合利用项目研究报告[R]. 天津: 交通运输部天津水运工程科学研究所, 2022.
- Tianjin Research Institute for Water Transport Engineering, MOT. Research report on comprehensive utilization of dredged soil in ecological engineering projects [R]. Tianjin: Tianjin Research Institute for Water Transport Engineering, MOT, 2022.
- [4] 付桂, 赵德招, 程海峰. 国内外疏浚土综合利用现状对比分析[J]. 水运工程, 2011(3): 90-96.
- FU G, ZHAO D Z, CHENG H F. Comparison and analysis of comprehensive utilization of dredged materials at home and abroad [J]. Port & waterway engineering, 2011(3): 90-96.
- [5] 长江航道规划设计研究院, 中交第二航务工程勘察设计院有限公司, 长江重庆航运工程勘察设计院. 长江干线武汉至安庆段6米水深航道整治工程初步设计[R]. 武汉: 长江航道规划设计研究院, 中交第二航务工程勘察设计院有限公司, 长江重庆航运工程勘察设计院, 2018.
- Changjiang Waterway Planning Design and Research Institute, CCCC Second Harbor Consultants Co., Ltd., Chongqing Shipping Engineering Survey and Design Institute of the Yangtze River. Preliminary design of 6-meter deep channel regulation project for Wuhan-Anqing section of Yangtze River main line [R]. Wuhan: Changjiang Waterway Planning Design and Research Institute, CCCC Second Harbor Consultants Co., Ltd., Chongqing Shipping Engineering Survey and Design Institute of the Yangtze River, 2018.
- [6] 中交第二航务工程勘察设计院有限公司. 长江干线武汉至安庆段6米水深航道整治工程初步设计阶段岩土勘察报告(三、戴家洲河段)[R]. 武汉: 中交第二航务工程勘察设计院有限公司, 2018.
- CCCC Second Harbor Consultants Co., Ltd. Preliminary design stage geotechnical investigation report for the 6-meter deep channel regulation project of the Yangtze River main line from Wuhan to Anqing (III. Daijiazhou river section) [R]. Wuhan: CCCC Second Harbor Consultants Co., Ltd., 2018.
- [7] 长江航道规划设计研究院. 长江干线武汉至安庆段6米水深航道整治工程施工图设计(第四批)戴家洲河段第四册: 生态固滩工程[R]. 武汉: 长江航道规划设计研究院, 2019.
- Changjiang Waterway Planning Design and Research Institute. Construction drawing design for the 6-meter deep channel regulation project of Wuhan-Anqing section of Yangtze River main line (fourth batch) volume 4: Ecological beach consolidation project of Daijiazhou river section [R]. Wuhan: Changjiang Waterway Planning Design and Research Institute, 2019.
- [8] 冯俊. 长江口疏浚工程疏浚土抛泥工艺优化[J]. 水运工程, 2010(11): 75-79.
- FENG J. Optimization on construction method of spoil silt in dredging engineering of the Yangtze Estuary[J]. Port & waterway engineering, 2010(11): 75-79.
- [9] 付桂, 丁健, 赵德招. 长江口疏浚土综合利用技术试验研究[J]. 水运工程, 2012(7): 8-14.
- FU G, DING J, ZHAO D Z. Experimental study on techniques of comprehensive utilization of dredged material in Yangtze estuary [J]. Port & waterway engineering, 2012(7): 8-14.
- [10] 刘杰, 吴华林, 程海峰, 等. 长江口横沙东滩中长期开发利用研究[J]. 水运工程, 2012(7): 111-116.
- LIU J, WU H L, CHENG H F, et al. Study on medium and longterm development of the Hengsha east shoal in the Yangtze estuary [J]. Port & waterway engineering, 2012(7): 111-116.
- [11] 包起帆, 楼飞, 孟舒. 长江口航道疏浚土综合利用及新横沙生态成陆探索[J]. 水运工程, 2018(11): 80-84, 125.
- BAO Q F, LOU F, MENG S. Comprehensive utilization of dredged soil in the Yangtze estuary channel and exploration of ecological land formation in Xinhengsha [J]. Port & waterway engineering, 2018(11): 80-84, 125.