

文章编号:1001-4179(2012)24-0068-04

# 长江中游航道整治中生态技术应用探讨

杨芳丽,耿嘉良,付中敏,李元生

(长江航道规划设计研究院,湖北武汉 430010)

**摘要:**针对长江中游航道整治与水生态环境之间的矛盾,考虑航道自然条件包括周边环境、河床形态、泥沙、水流、水深、气候,以及船型、船舶密度等因素,从适应性、耐久性、经济性、生态美观以及维护管理等角度出发,将生态理念引入到航道整治中。将工程措施与生物措施相结合,并采用生态系统自我修复和人工辅助相结合的技术手段,选择了符合环保要求的材料和工艺。介绍了各种技术手段在长江中游若干河段航道整治中的实际运用情况,可为类似航道整治工程中生态技术的研究与运用提供借鉴。

**关键词:**航道整治;护岸工程措施;生态系统;生态技术

中图法分类号:X171.1 文献标志码:A

长江干线航道上起云南水富港,下至长江入海口,全长 2 838 km,是我国长江流域综合运输体系的主骨架。随着多年的系统整治以及三峡库区的形成,长江宜昌以上的航道条件大为改善。长江中游航道(宜昌至湖口段,全长 900 km,属平原河流)蜿蜒曲折,演变频繁剧烈,有近 20 处碍航浅滩制约着航道的通过能力。为保证航道基本畅通,已先后完成了部分河段的航道整治工程。长江下游航道水深条件相对较好,尚未进行大规模航道整治工程。为此,本文以长江中游航道为研究对象,对航道整治中生态技术的应用作初步探讨。

## 1 研究背景

在航道整治工程中,为确保航道的稳定,常用石块、混凝土、钢筋等高强度材料对洲滩、岸坡等进行硬化覆盖,如浆砌或干砌块石护岸、现浇或预制混凝土护岸等。这些硬质化护岸割裂了水体与土壤的关系,破坏了水-土-植物-生物之间形成的物质和能量循环系统,对生态环境造成威胁;混凝土等灰色硬性材料的大量应用同时也对河道景观造成了影响<sup>[1-4]</sup>。

20 世纪 80 年代以来,德国、瑞士等国家提出了

“亲近自然河流”概念和“自然型护岸”技术,其观点是广泛运用活的植物、植物与土木工程措施或非生命的植物材料相结合的河道整治方式,以减轻岸坡的不稳定性和侵蚀<sup>[1]</sup>。

近年来,我国处于建设资源节约、环境友好型社会,发展低碳经济的大环境下,内河水运以运能大、能耗低、占地少、污染轻等优势得到社会普遍认可,水运发展面临新机遇。航道整治是保持水运畅通的重要手段,随着“健康河流,人水和谐”理念的深入人心,由此提出了内河航道整治生态技术的概念,并将生态护岸(坡)理论引入航道整治工程中<sup>[5-7]</sup>。内河航道的生态护岸(坡)技术有其自身的技术要求,需要广泛开展研究并进行工程实践验证,如在限制性航道,存在船行波对岸坡的冲刷、船舶撞击造成的岸坡损毁、常用生态材料(如石笼、生态袋)易被船锚等钩扯毁坏等问题。本文在提出航道整治生态修复理念的基础上,对当前航道整治生态技术的应用进行了分析和总结,并提出了航道整治生态技术研究建议。

## 2 航道整治生态修复理念

### 2.1 生态目标

航道整治生态目标是以可持续发展观为指导,在

收稿日期:2012-09-10

作者简介:杨芳丽,女,工程师,博士,主要从事河流泥沙数值模拟研究。E-mail: yangfl81@163.com

满足交通功能的前提下,将工程措施与生物措施相结合。采用生态系统自我修复能力和人工辅助相结合的技术手段,选择合乎环保要求的材料和工艺,在满足航道整治效果的同时,力求恢复河岸生态系统合理的内部结构及其景观格局,要实现的目标包括:① 保护、修复湿地的生态环境;② 保持地下水、地表水和河流的循环系统;③ 强化水土保持、达到防洪的要求;④ 提高河道自净功能;⑤ 美观、经济、耐久。

## 2.2 设计原则

(1) 航道整治生态建设应兼顾航运和生态建设两个目标的实现,侧重航运功能的建设,并在整个项目建设、管理过程中加以贯彻落实。

(2) 航道整治生态建设是工程措施和生物措施的有机结合,两者协调作用、互为补充。

(3) 航道整治生态修复强调因地制宜,充分利用天然资源,追求工程效果与周边环境、生态的和谐、统一。

(4) 航道整治生态建设要注重经济成本的控制。

## 2.3 材料选择原则

不同于一般的小型江河和沟渠,长江水量充沛、水流流速较快、水位变幅较大、地质条件复杂,这些特点决定长江航道整治生态修复材料要遵循如下原则:① 具有较高的强度、较好的抗冲撞能力;② 具有很好的透水性和生态性;③ 具有较好的环保性,最大程度避免二次环境污染问题;④ 具有景观性,保证与周围环境的和谐以及水边景观的连续性和自然性;⑤ 不阻碍植物生长,能维护自然生态环境;⑥ 便于就地取材,并且造价低廉。

## 3 航道整治生态技术

在航道整治工程中,为确保航道的稳定,常需对洲滩、岸坡等进行守护。在过去,一般护滩、护岸断面形式单一,走向笔直,结构也比较坚硬,其主要考虑的是结构稳定、抵御河道冲刷等<sup>[8]</sup>。因此,传统护滩、护岸结构主要采用浆砌石或干砌块石护坡、现浇混凝土护坡、预制混凝土块体护坡、或现在比较流行的土工模袋混凝土护坡等结构。传统的生硬结构形式割裂了水体与土壤的关系,对生态环境和河道景观造成了威胁<sup>[9]</sup>。为了人与自然和谐发展,经过近年的摸索,生态技术已经在整治工程中有了初步的应用。目前航道整治工程中,主要采用的生态技术有钢丝网石笼垫、三维土工网垫、钢丝网石笼挡墙和连锁式护坡块等。

### 3.1 钢丝网石笼垫

钢丝网石笼垫主要适用于天然岸坡的护坡,其实

质为充填满块石的规则矩形钢丝网石笼,由双绞合六边钢丝网格构成,在钢丝笼中装填块石后,封闭盖板,就形成一个大型的、具备一定柔韧性和整体性的工程模块,用来取代常用的块石抛投,维护岸坡的稳定。钢丝网尺寸为  $6\text{ m} \times 2\text{ m} \times 0.23\text{ m}$  (长 $\times$ 宽 $\times$ 高),网格尺寸为  $6\text{ cm} \times 8\text{ cm}$ ,网格钢丝直径  $2.0\text{ mm}$ ,绞边钢丝直径为  $2.2\text{ mm}$ ,边端钢丝直径为  $2.7\text{ mm}$ 。见图 1。

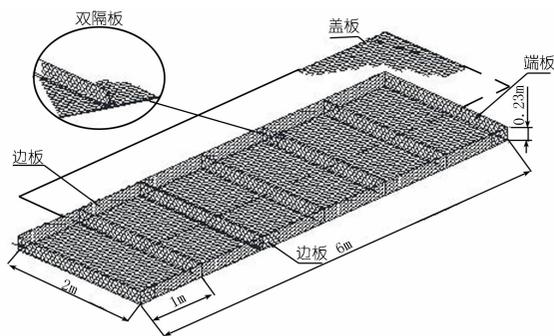


图 1 钢丝网石笼垫结构

### 3.2 三维土工网垫

加筋三维网垫是将发丝状聚丙烯材料挤压于机编六边形双绞合钢丝网面上形成的,钢丝镀高尔凡。加筋三维网垫通过将塑料和金属材料混合,可方便人工现场安装,适用于水流流速不大于  $3\text{ m/s}$  的新型护滩(坡)系统。每卷加筋三维网垫尺寸为  $25\text{ m} \times 2\text{ m} \times 0.012\text{ m}$  (长 $\times$ 宽 $\times$ 厚,下同),网格尺寸为  $6\text{ cm} \times 8\text{ cm}$ ,网格钢丝直径为  $2.2\text{ mm}$ ,见图 2。

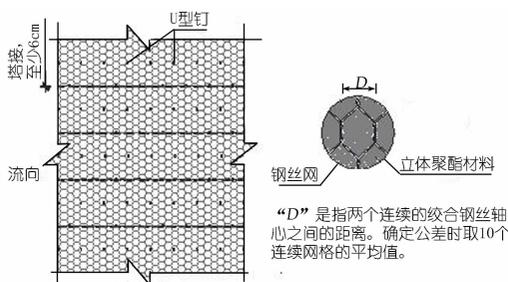


图 2 三维土工网垫结构

### 3.3 钢丝网石笼挡墙

钢丝网石笼实质为充填满块石的规则矩形钢丝笼单元体,单元体由底板、隔板、侧板和盖板组成,低碳钢丝经机器编制,形成双绞合六边形金属网格组合的工程构件,在钢丝笼中装填块石后,封闭盖板,形成了一个大型的、具备一定柔韧性和整体性的工程模块,具有极强的抗冲性。钢丝网石笼规格为  $2.5\text{ m} \times 1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 、 $1.5\text{ m} \times 1\text{ m} \times 1\text{ m}$  和  $1.0\text{ m} \times 1\text{ m} \times 1\text{ m}$ ,网格尺寸为  $8\text{ cm} \times 10\text{ cm}$ 。网面钢丝直径为  $2.7\text{ mm}$ ,公差  $\pm 0.06\text{ mm}$ ,最小镀层量为  $245\text{ g/m}^2$ 。为了加强构件刚

度, 钢丝面板边端采用直径为 3.4 mm 的边端钢丝, 镀层钢丝公差  $\pm 0.07$  mm, 最小镀层量为  $265 \text{ g/m}^2$ ; 绑扎钢丝直径为 2.2 mm, 公差  $\pm 0.06$  mm, 最小镀层量为  $230 \text{ g/m}^2$ 。见图 3。

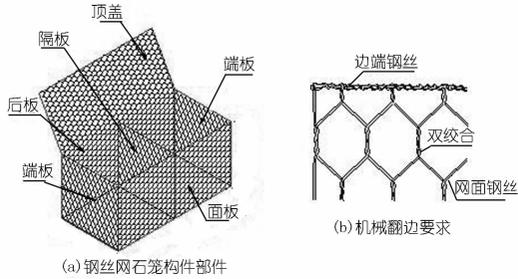


图 3 钢丝网石笼挡墙结构

### 3.4 联锁式护坡块

联锁式护坡块采用 C30 混凝土块体, 中间开孔, 空隙率大于 20%, 块体尺寸为  $50 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ , 重量为 18 kg, 可人工安装, 适用于土壤水侵蚀控制的新型联锁式预制混凝土块铺面系统<sup>[10]</sup>。由于采用独特的联锁设计, 每块护坡块与周围的 6 块护坡块产生超强联锁, 使铺面系统在水流作用下具有良好的整体稳定性, 见图 4。

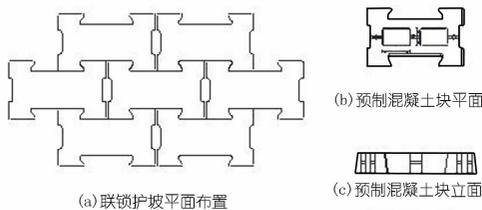


图 4 联锁式护坡块结构

## 4 生态技术应用效果及机理分析

### 4.1 钢丝网石笼垫

钢丝网石笼垫是一种柔性的网垫, 能适应基础的不均匀沉陷, 避免内部结构遭受破坏, 基础处理简单, 施工方便。网垫本身透水性好, 不需另设排水, 适用于水位变幅较大的河流。同时, 该结构有较强的抵御水流动力冲刷、牵拽的能力, 网垫的缝隙提供植物生长的条件, 能维护自然生态环境、改善生态和景观, 是较好的生态修复结构。

钢丝网石笼垫在长江中游嘉鱼燕子窝河段、枝江江口河段、马家咀水道等多个航道整治工程中得到了成功应用, 并取得了较好的效果。工程施工过程中, 遇到降水较大时, 钢丝网石笼垫坡面易变形, 影响美观。但在工程施工 1~2 a 后, 在常水位以上部位均被植被覆盖, 此时坡面变形较小, 工程部位郁郁葱葱。因此,

根据经验, 施工期及其后 1 a, 可通过增设碎石垫层来解决钢丝网石笼垫变形不均匀问题。

### 4.2 三维土工网垫

三维土工网垫是一种新型护坡结构, 通过将塑料和金属材料相混合, 优势互补, 可方便人工现场安装。三维土工网垫为柔性结构, 遇到小规模变形(由沉陷、结冰、滑坡、膨胀土等引起)时具有高度的适应性。三维土工网垫具有更高的抗拉强度 ( $30 \sim 50 \text{ kN/m}$ )。加筋垫能连接在一起, 同时, 与其他结构也能有效连接, 达到防护系统的连贯性以减少薄弱环节。三维土工网垫也能有效连接, 达到防护系统的连贯性。三维土工网垫的双绞金属网提高了土工网垫的抗冲刷能力, 使其在高速水流以及其他恶劣环境下保持完整的面层, 不被下面的土体侵蚀, 此外, 该结构具有其他柔性铺面材料的优点, 如空隙率高、透水性好、空隙内可以植草, 在美化环境同时形成自然坡面, 改善生态环境。

该结构在长江中游安庆水道航道整治中进行了试验性应用, 并取得了一定效果。在实施过程中, 发现在施工期的结构防老化问题较为突出。三维土工网垫主要通过附着在金属网架的高分子聚丙烯塑料来达到保护面层的目的, 但塑料在紫外线照射下, 易老化、寿命较短, 因此, 在施工期应注意防老化问题。等施工完毕 1~2 a 结构被植被覆盖后, 老化问题将慢慢消失。由于长江水位变幅较大, 常水位以下不适合植被生长, 防老化问题难以解决。因此该结构适用于常水位以上的护滩工程。

### 4.3 钢丝网石笼挡墙

钢丝网石笼重力式挡墙常用于河道衬砌, 堰体及海幔等支挡与防冲刷工程。在较高的坡面上, 由于钢丝网石笼表面粗糙, 泥沙易于落淤在石笼内, 可以长出青草以起到环保绿化的效果。

目前, 该结构已经应用于长江中游藕池口水道的航道整治工程中, 可减小对原状岸坡的破坏, 并起到一定的保护环境作用; 同时, 石笼有缝隙, 利于植被生长, 产生的绿化效果使环境景观得到美化。然而该结构对地基承载力有一定要求, 同时在降雨量较大区域, 集中排水的问题较难解决。在具体工程运用上, 应注意扬长避短, 最大限度发挥该结构的优点, 并规避以上容易出现的问题。

### 4.4 联锁式护坡块

联锁式护坡块是一种适用于土壤水侵蚀控制的新型联锁式预制混凝土块铺面系统。其中间开孔, 空隙率大于 20%, 适于植物生长, 既保证岸坡稳定, 又保护了生态环境, 与自然生态相作用、协调。该结构在枝江

江口河段航道整治工程中已经有成功应用,护坡水草生长较好,茂密的植物形成绿色城墙,形成优美的景观,防止了水土流失,促进了岸坡稳定。

以上在长江中游航道整治中得到应用的生态技术,主要是采用植物与人工材料相结合的护面形式,在岸坡防护和生态保护之间寻求平衡,这样既满足结构强度和稳定性要求、增强护面的抗冲刷能力,又克服了传统护岸体“生硬”的缺陷,具有一定的生态效果。但在应用过程中,仍存在问题,需要今后的整治工程中,继续进行深入的探索和研究,不断尝试和推进生态技术的应用,恢复和保持航道整治工程及其周边环境的自然景观,改善水域生态环境,改进护滩、护岸亲水性。

## 5 结论与展望

(1) 从国内外河道生态修复与功能重建的研究和探索中可以看出,目前的生态河道建设处于因现实需要而进行工程修复的阶段,对其中的生态学过程了解甚少,需要借助“3S”技术、生物地球化学循环研究方法等,从大尺度上研究整个流域生态系统的过程与机理,以更好地指导河道生态修复和功能重建。

(2) 国内对航道整治生态修复工作仍处于起步阶段,目前仅仅借鉴国外相关技术,而缺乏完整的生态修复与功能重建技术体系。为此,需要经过大量的工程实践检验,以筛选出适宜的技术及其技术体系。另外,国内外河道生态恢复目标的重点不同,需要在吸收、消

化国外技术同时,创新建设理念、改变发展模式、因地制宜、讲求实效,实现生态效益与工程效益的统一。

(3) 修复与重建工程效果的合理评价和适应性管理是生态修复与功能重建的必要步骤。为此,可结合适应性管理策略研究评估模型对航道整治生态修复技术的成功与否进行综合评价,以便进一步为工程实践提供参考与指导。

### 参考文献:

- [1] 夏继红,严忠民.国内外城市河道生态型护岸研究现状及发展趋势[J].中国水土保持,2004,(3):20-21.
- [2] 汪洋,周明耀,赵瑞龙,等.城镇河道生态护岸技术的研究现状与展望[J].中国水土保持科学,2005,3(1):31-33.
- [3] 谢三桃,朱青.城市河流硬质护岸生态修复研究进展[J].环境科学与技术,2009,8(5):83-87.
- [4] 高之栋,穆如发.河道生态修复技术初步构思[J].水土保持研究,2006,13(6):32-34.
- [5] 郑文利,沈承秀.河道生态修复及几个问题的初探[J].水利规划与设计,2008,(2):36-38.
- [6] 赵广琦,崔心红,张群,等.河岸带植被重建的生态修复技术及应用[J].园林科技,2010,(2):23-29.
- [7] 周跃,Watts D.坡面生态工程及其发展现状[J].生态学杂志,1999,18(5):68-73.
- [8] 季永兴,刘水芹,张勇.城市河道整治中生态型护岸结构探讨[J].水土保持研究,2001,8(4):25-28.
- [9] 杨海军,封福记,赵亚楠,等.受损河岸生态修复技术[J].东北水利水电,2008,22(6):51-53.
- [10] 周扬,徐亚同.生态护岸在城市河道生态修复中的应用[J].上海化工,2009,(8):1-4.

(编辑:李慧)

## Exploration on application of eco - technology in waterway regulation project at midstream of Yangtze River

YANG Fangli, GENG Jialiang, FU Zhongmin, LI Yuansheng

(Changjiang River Waterway Planning, Design and Research Institute, Wuhan 430010, China)

**Abstract:** According to the contradiction of the waterway regulation and river ecology, considering the natural conditions such as surrounding environment, riverbed configuration, sedimentation, flow, water depth and climate etc., and the ship form and density, the ecological concept is introduced in waterway regulation from the aspect of suitability, durability, economical efficiency, aesthetic property and maintenance management. Through the combination of engineering and biological control measures, the methods of self-recovery and artificial supplementary are adopted and the material and techniques that meet the requirement of environment protection are selected. The application of the above techniques in waterway regulation at midstream of Yangtze River is described, which can provide reference for the study and application of similar ecological techniques in waterway regulation.

**Key words:** waterway regulation; bank protection measures; river ecosystem; eco - technology

治 水 兴 水 利 国 惠 民