

固化/稳定化技术用于河道护岸生态设计的中试研究

贾玉宝¹, 孙即梁², 李飞鹏¹, 乐绍林³, 章树久², 陶 红¹

(1. 上海理工大学环境与建筑学院, 上海 200093; 2. 上海鼓华生态科技有限公司, 上海 201901;
3. 武汉二航路桥特种工程有限责任公司, 湖北 武汉 430071)

摘要:针对河道护岸土壤基质松散而导致基础不稳定, 以及底泥淤积等上海郊区河道存在的普遍问题, 以上海市北潮塘 100 m 河段为研究对象, 基于固化稳定化技术进行了河道护岸生态设计, 并进行了中试试验。根据河岸现状, 以固化后的河道淤泥和边坡土壤作为主要建材, 河道护岸设计从结构角度提出 3 种典型护岸设计模式, 近岸处河床底部采用置石或建筑废料进行堆砌加固处理, 达到稳定边坡土壤、美化边坡环境和恢复边坡自然生境的目标。同时, 初步实验结果表明, 与未建设河段相比, 建设河段的主要水质指标均有一定程度下降, 对 TP 的效果尤为明显, 下降约 70%, 表明材料对磷具有较好的吸附效果。本研究可为城市河道治理中的环保疏浚和生态修复提供新思路。

关键词:河道生态修复; 固化技术; 稳定化技术; 生态设计; 底泥资源化

中图分类号: X171.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-6933(2016)S1-0128-04

除污水排放、道路降雨径流汇入等外源污染外, 底泥中有机物、氮、磷、重金属等污染物质的释放成为河道水体二次污染的污染源^[1-2]。在外源污染得到有效控制后, 对底泥的有效治理是河道黑臭水体整治的关键所在, 直接影响河道治理的效果^[3-5]。目前河道的生态设计成为国内外研究和讨论的热点^[6-9], 综合性的河道整治工程方案普遍倾向于采用生态设计理念^[10], 更加关注河道的自然状态和生物多样性等, 以达到河道生态系统自我修复与净化的良性循环, 实现河道整治的长效性。对我国多数城市而言, 传统的河道渠化和裁弯取直虽然保障了河道的行洪能力, 但也大大加速了城市河道生态系统的退化, 且护岸景观单一加剧了城市文化的缺失^[11-12]。河道综合整治设计中, 营建护岸工程对防治洪涝灾害、维护廊道生态景观的作用尤为突出。

随着生态学和材料科学的发展, 生态护岸工程应运而生。利用特定材料或工程技术手段实现物质、养分和能量的交换是生态护岸的主要理念之一^[13]。生态护岸摒弃传统的刚性混凝土材料, 寻求更宜于与植物生长相结合的护岸材料, 生态混凝土、植草砖护岸、石笼与活体植物的扦插结合等技术, 在当前生态护岸设计中已有不少应用^[14-16]。选择适宜的护岸材料是当前生态护岸设计的关键所在。疏

浚底泥来自河道, 应用固化稳定化技术, 用疏浚底泥制建材, 能够使重金属元素变得稳定, 从技术的角度来看已颇为成熟。已有研究提出将疏浚底泥固化材料用于河道生态设计, 但鲜见将疏浚底泥固化材料用于河道生态设计的试验研究或工程实践的报道。为验证疏浚底泥材料在河道护岸设计的应用效果, 实现河道的综合治理, 本研究以上海市嘉定区北潮塘河段作为研究对象, 采用固化、稳定化技术对疏浚后河道底泥进行材料成型, 将成型材料应用于河道自身护岸生态设计实践, 并考察了实际工程的处理效果, 旨在为河道生态设计实际工程应用提供参考。

1 研究河道概况

研究河道位于上海市嘉定区北潮塘河段, 工程范围内河道长度为 100 m, 水面总面积为 1 200 m² 左右。河道在修复前, 边坡受到水流侵蚀, 土壤基质流失严重, 河道环境恶劣。附近农民私自在边坡上进行农作物耕种轮作, 导致土壤松散, 农药肥料及腐烂的农作物根系进一步改变了土壤性质。在坡面流、潮汐和纵向水流的共同作用下, 水位变动区域水土流失严重, 造成河岸带基础不稳定, 同时还存在一定程度的边坡向河中心滑坡、河床抬高等问题。

原始状态河道水质情况见表 1。从表 1 可知,

基金项目: 国家自然科学基金(51679140); 上海市科委科研项目(132330502300)
作者简介: 贾玉宝(1989—), 男, 工程师, 主要从事河道底泥固化稳定化技术研究。E-mail: jiayubao@163.com

据《地表水环境质量标准》(GB3838—2002),原始河道水体属于典型的劣V类水体。

表 1 原始状态河道水质情况 mg/L

测定指标	质量浓度范围	平均质量浓度	GB 3838—2002 V类标准
COD	20.19~31.05	27.66	≤40
NH ₃ -N	2.02~3.67	2.86	≤2.0
TP	0.26~0.501	0.36	≤0.4

2 底泥固化稳定化技术

固化稳定化技术是向底泥中添加固化材料,通过固化材料与底泥发生水化学反应将底泥包裹,形成整体性完好、具有一定强度的固化产物,在改善底泥物理性质的同时减少污染物的释放,这是实现河道底泥资源化利用的有效处理方式^[17]。建材生态砖和轻质生态砖采用工程河道内疏浚底泥作为原料,应用宋迪等^[18]提出的一种用疏浚底泥免烧结制砖的方法(ZL 2014103263545)进行制备,作为河道生态设计实践的工程材料。建材生态砖的抗冻性、折压比、外观质量、吸水率、强度等级等,均满足《混凝土砖建筑技术规范》(CECS 257—2009)和《混凝土普通砖和装饰砖》(NY/T 671—2003)中相应要求。轻质生态砖具有良好的吸附性能,密度等级、抗压强度等,满足《轻集料及其试验方法-第一部分:轻集料》(GBT17431.1—2010)中的要求。同时建材生态砖和轻质生态砖二者均满足《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》(GB 5085.3—2007)标准,属于环境友好型材料。

3 河道护岸生态设计模式

河道护岸生态设计整体布置见图1。项目设计范围为虚线内河段。河道护岸生态设计以稳定边坡土壤、规划边坡坡型、阻止边坡滑移、美化边坡环境和恢复边坡自然生境为目标。按结构性质划分,生

态护岸可分为非结构性护岸和结构性护岸,其中非结构性护岸适用于水流冲刷较弱、坡度较缓的河段;结构性护岸适用于水流冲击适中和较强的河段^[19]。根据原始河岸情况,设计了A型、B型和C型3种护岸,在A型护岸区域内增设1个亲水平台,其中A、B型属于结构性护岸,C型属于非结构性护岸。在河流生态系统中,水生植物可以一定程度地去除河道水体中的营养盐等污染物,提高河道水体自净能力;同时,水生植物在平衡河岸带环境条件、改善河流局部小气候方面有重要作用^[20-21]。因此,本设计中护岸、亲水平台和近岸河道栽种挺水植物、浮叶植物和沉水植物等水生植物。

原始河岸受人为因素影响,土质松散,如不进行底部基础处理,将容易影响护岸和亲水平台的质量和使用寿命。该设计中,近岸处河床底部采用置石或建筑废料进行堆砌加固处理。A型、B型和C型3种护岸结构见图2。

A型护岸长度为15m,断面宽度为3~8m,所对应的原始河岸土质最为疏松,且由于地势原因,此处河岸受河水冲刷较为严重。为加强护岸的抗冲刷能力,护岸底部采用底泥固化模框进行砌筑,底泥固化模框采用模具和宋迪等^[18]的方法进行制备,尺寸为700mm×400mm×400mm,内部填充压实的卵石填料,平均粒径150mm。护岸的上层则采用轻质生态砖进行砌筑,空隙及延伸处种植挺水植物。B型护岸长度为15m,断面宽度为3~8m,所对应的原始河岸土质较好,且河水冲刷情况较为适中。护岸底部采用建材生态砖进行砌筑,空隙及延伸处种植浮叶植物及沉水植物,上层则采用轻质生态砖进行砌筑,空隙及延伸处种植挺水植物。C型护岸长度为90m,断面宽度为3~5m,所对应的原始河岸土质良好,且河水冲刷情况较弱。护岸土层平整后,采用河道底泥混拌固化剂后直接平铺浇筑于土层之上,浇

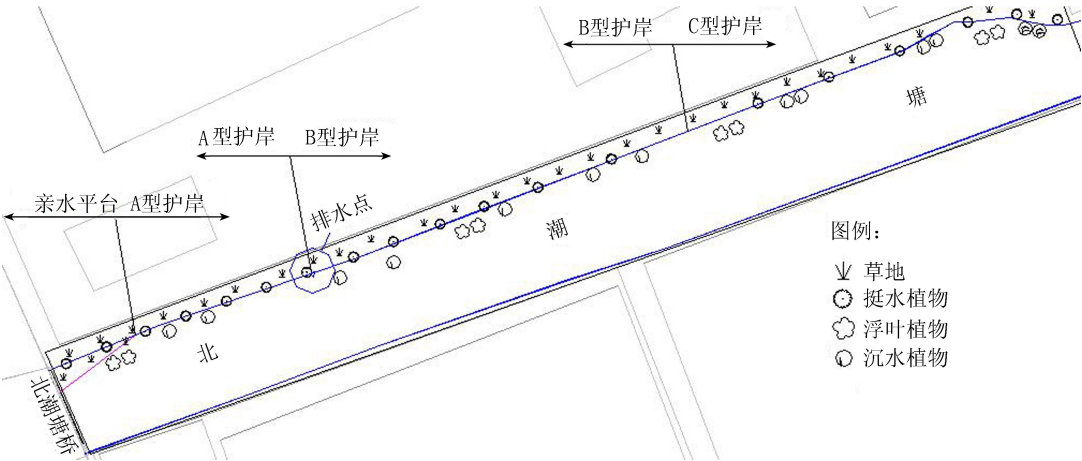


图 1 河道护岸生态设计整体布置

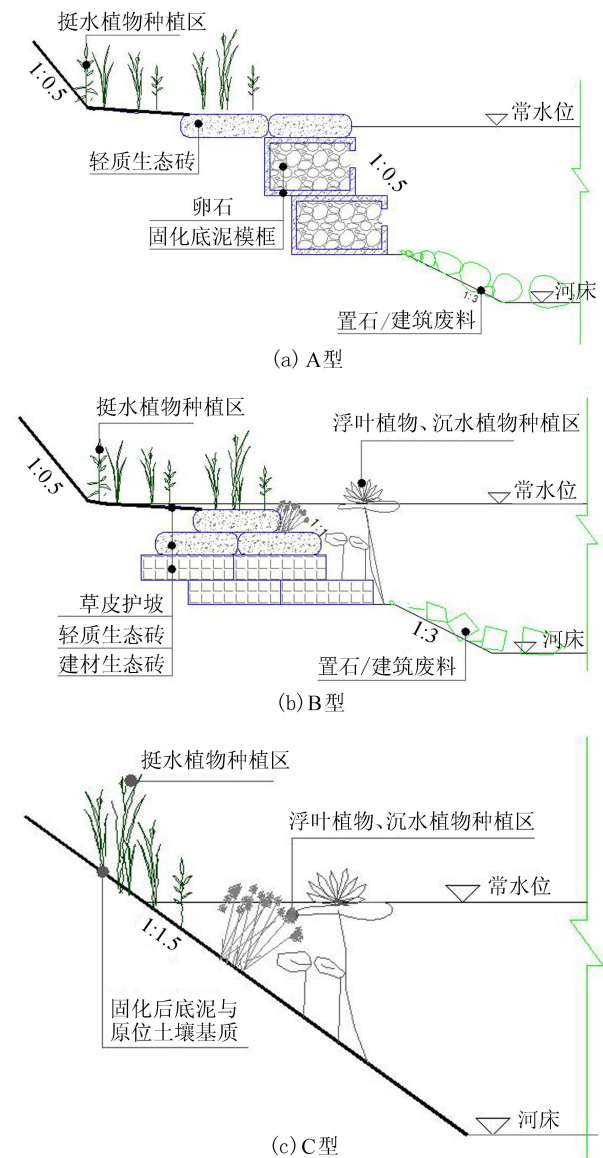


图2 A、B、C型护岸结构

筑方式类似于传统的硬质护岸,但 C 型护岸的浇筑不影响植物的种植和生长,更接近于自然状态。

亲水平台结构见图 3,沿河长度为 8 m,最宽处 6m,最窄处 4 m,水际线蜿蜒设置,总面积约 35 ~ 40 m²,预制桩为河道底泥经固化成型的桩基。亲水平台底部采用原河道底泥铺填,其他部分与 B 型护岸砌筑方式类似。

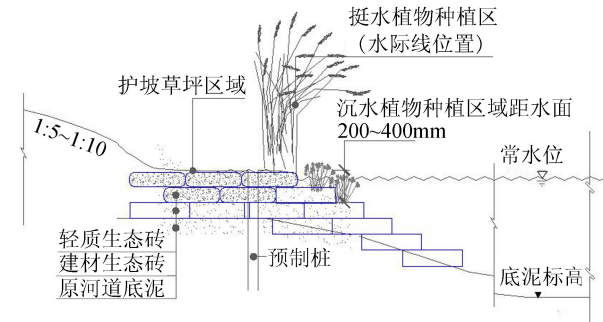


图3 亲水平台结构

4 处理效果

该河道护岸生态设计的中试工程于 2016 年 4 月施工完成。在 2016 年 6 月期间,对工程范围内河道水质进行连续 10 次测定,河道水质情况如表 2 所示。

表 2 生态设计河道水质情况

测定指标	质量浓度范围	平均质量浓度	GB 3838—2002 V 类标准
COD	14.39 ~ 34.83	19	≤ 40
NH ₃ -N	1.37 ~ 2.13	1.78	≤ 2.0
TP	0.078 ~ 0.164	0.112	≤ 0.4

对比表 1 中原始状态河道水质情况,可以看出,该河道护岸生态设计中试工程建成 1 个月后,河道水体质量得到了很大程度的改善,对 TP 的净化效果尤为明显,质量浓度平均下降约 70%,COD 和 NH₃-N 的质量浓度平均下降达 30%,水质已经满足《地表水环境质量标准》(GB3838—2002) V 类水标准。河道水质的改善,部分原因可能是由于实践工程前期将河道底泥疏浚出去,一定程度地削减了内源负荷及污染物释放^[22-23];同时,轻质生态砖的吸附性能和水生植物的净化作用也是水质改善的重要原因之一^[24-25]。

该中试工程将疏浚底泥固化材料用于河道生态设计,与传统的生态混凝土、植草砖护岸、石笼与活体植物的扦插结合等生态护岸设计不同,既保障了边坡稳定和行洪排涝,恢复了边坡自然生境,又促进了河道水体自我修复的良性循环,同时,将疏浚底泥回归于河道,直接作为建材原料,弥补了现有河道生态设计的缺口,达到了河道生态系统中的闭环处理和循环经济效果。河道护岸生态设计中试工程实景如图 4 所示。在后续研究中,应继续探索疏浚底泥固化材料在河道治理工程、生态修复工程和景观建设过程中的多目标利用途径及效果。



图4 河道护岸生态设计中试工程实景

5 结 语

以上海市嘉定区北潮塘 100 m 河段为研究对

象,基于生态设计理念,应用固化稳定化技术,进行了河道护岸生态设计的中试试验研究。以固化后的河道淤泥和边坡土壤作为主要建材,根据护岸现状和结构稳固的理论,提出了3种典型河道护岸结构模式,同时近岸处河床底部采用置石或建筑废料进行堆砌加固处理,最终达到了稳定边坡土壤、美化边坡环境和恢复边坡自然生境的目标。通过与未改造护岸的河段水质对比,初步测定结果表明,该中试工程对河道水体具有一定的改善效果,对TP的去除效果尤为明显,质量浓度平均下降约70%,COD和NH₃-N的质量浓度平均下降达30%。河道内疏浚底泥应用于自身修复工程,实现了河道生态治理过程中底泥资源化利用,达到了闭环处理和循环经济的效果,可为城市河道治理中的水体修复和生态补偿提供新途径。

参考文献:

[1] 王旭,王永刚,孙长虹,等. 城市黑臭水体形成机理与评价方法研究进展[J]. 应用生态学报, 2016, 27(4): 1331-1340.

[2] 李飞鹏,陈玲,张海平,等. 巢湖市河流表层沉积物中重金属污染和风险评价[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2012, 40(12): 1852-1856.

[3] ZHANG S, ZHOU Q, XU D, et al. Effects of sediment dredging on water quality and zooplankton community structure in a shallow of eutrophic lake[J]. Journal of Environmental Sciences, 2010, 22(2): 218-224.

[4] 谢丹平,李开明,江栋,等. 底泥修复对城市污染河道水体污染修复的影响研究[J]. 环境工程学报, 2009, 3(8): 1447-1453.

[5] ZHONG J, FAN C, LU Z, et al. Significance of dredging on sediment denitrification in Meiliang Bay, China: A year long simulation study[J]. Journal of Environmental Sciences, 2010, 22(1): 68-75.

[6] 刘向荣,彭艺艺,余润生,等. 柳州竹鹅溪河道综合整治工程设计[J]. 中国给水排水, 2010, 26(4): 38-41.

[7] 冯婷,贾亚军. 生态护坡技术在城市河道整治中的应用[J]. 中国给水排水, 2008, 24(20): 58-60.

[8] 李德巍,李英华,渠元闯. 生态驳岸在河道治理中优劣性比较[J]. 中国给水排水, 2014, 30(12): 41-44.

[9] 於建明,吴成明,陈哲,等. 宁波市中塘河支流黑臭河道治理与生态修复[J]. 中国给水排水, 2013, 29(4): 64-67.

[10] 高晓琴,姜姜,张金池. 生态河道研究进展及发展趋势[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2008, 32(1): 103-106.

[11] 吴保生,陈红刚,马吉明. 美国基西米河渠化工程对河流生态环境的影响[J]. 水利水电技术, 2004, 35(9): 13-16.

[12] 苏辉明,武文实,林捷,等. 河道治理对天池景区三工河谷自然景观的影响及思考[J]. 防护林科技, 2014(6): 53-54.

[13] 王贞. 城市河流生态护岸工程景观设计理念与策略[M]. 武汉:华中科技大学出版社, 2014.

[14] 陈庆锋,单保庆,尹澄清,等. 生态混凝土在改善城市水环境中的应用前景[J]. 中国给水排水, 2008, 24(2): 15-19.

[15] 邢振贤,王雅楠,谢琰. 混凝土生态护岸试验与工程效果分析[J]. 中国农村水利水电, 2013(10): 51-53.

[16] 张桂荣,赵波,饶志刚,等. 土质岸坡生态防治技术研究[J]. 郑州大学学报(工学版), 2012, 33(5): 87-91.

[17] MULLIGAN C N, YONG R N, GIBBS B F. An evaluation of technologies for the heavy metal remediation of dredged sediments. Journal of Hazardous Materials, 85, 145-163[J]. Journal of Hazardous Materials, 2001, 85(1-2): 145-63.

[18] 宋迪,陶红,李蕊,等. 一种用疏浚底泥免烧结制砖的方法[P]. 中国专利: ZL 2014103263545, 2016.

[19] 田硕. 城市河道护岸规划设计中的生态模式[J]. 中国水利, 2006(20): 13-16.

[20] 李睿华,管运涛,何苗,等. 河岸混合植物带处理受污染河水中试研究[J]. 环境科学, 2006, 27(4): 651-654.

[21] 韩飞园,周非,刘雪花,等. 水生植物重建工程对小柘皋河富营养化水质的净化效果[J]. 环境科学研究, 2011, 24(11): 1263-1268.

[22] 王心宇,周丰,伊旋,等. 滇池沉积物中主要污染物含量时间分异特征研究[J]. 环境科学, 2014, 35(1): 194-201.

[23] 毛志刚,谷孝鸿,陆小明,等. 太湖东部不同类型湖区疏浚后沉积物重金属污染及潜在生态风险评价[J]. 环境科学, 2014, 35(1): 186-193.

[24] WANG X, CHEN J, KONG Y, et al. Sequestration of phosphorus from wastewater by cement-based or alternative cementations materials[J]. Water Research, 2014, 62(7): 88-96.

[25] 方焰星,何池全,梁霞,等. 水生植物对污染水体氮磷的净化效果研究[J]. 水生态学杂志, 2010, 3(6): 36-40.

(收稿日期:2016-12-02 编辑:彭桃英)

