

硬质河底生态修复方案分析

——以南京市友谊河为例

张 力, 王丽君, 王 宁, 周小华, 花剑岚, 李 萍

(南京市水利规划设计院股份有限公司, 江苏 南京 210022)

摘 要: 对河流硬质护坡、护底进行生态修复已成为目前我国城市河流生态修复的研究热点、难点之一。以南京市友谊河为例, 探讨硬质河底生态修复方式, 讨论增氧设备、人工浮床、沉水植物的设计要点, 为同类河道生态修复工程提供科学的依据和建议。

关键词: 硬质河底; 生态修复; 沉水植物; 设计

中图分类号: TV85

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)02-0086-03

0 引言

河岸带是河流生态系统与陆地生态系统进行物质、能量、信息交换的一个重要过渡带, 并成为两者相互作用的重要纽带和桥梁。其生物群落的组成、结构和分布格局对河流生态环境的改善有着重要的作用^[1]。受传统水利工程和城市防洪排涝需求的双重影响, 很长一段时间以来, 普遍做法是用混凝土、预制块、浆砌石、干砌石等硬质材料修筑护岸及护底。这种硬化河道做法起到了一定的防洪防除的作用^[2]。但是从生态角度考虑, 硬质护岸、护底等隔绝了水域与陆域生态系统联系, 致使河、湖生态系统形成封闭, 不利于河流生态系统对水体自净能力的发挥和自然生态系统的修复。

现结合南京市友谊河(秦淮段)工程对硬质河底生态修复方案进行探讨。

1 工程概况

友谊河(秦淮段)位于南京市秦淮区, 河道起于长巷桥, 于新石杨路桥位置处入秦淮河, 全长约 2.4 km (见图 1)。河道流域范围内雨水主要通过沿线市政道路雨水主干管及排涝泵站排入友谊河, 最终通过石杨路泵站排入秦淮河。河道全线除宁芜铁路沿线河道左岸河底未护砌, 其余大多为雷诺护垫硬质护底, 局部为钢筋混凝土及浆砌块石硬质护底。此外, 河道内现状有约 800 m² 浮床, 局部段散布挺水植物。



图1 友谊河(秦淮段)河道区位置示意图

2020年友谊河(秦淮段“下同”)水环境提升工程, 拟对河道采取控源截污、环保清淤、生态修复等措施, 提升友谊河水质。

2 设计思路

大量研究表明, 只有外源污染得到有效控制, 水体富营养化控制和生态修复才能花最小的代价实现预期目标^[3]。该项工程结合区域雨污分流改造工程、市政雨水泵站水质净化站等相关工程建设, 通过控源截污工程完成友谊河截污。工程实施后无明显点源污染源直排入河; 并通过环保清淤将河道硬质护

收稿日期: 2020-10-29

作者简介: 张力(1988—), 男, 硕士, 工程师, 从事污染治理与水体修复研究及设计工作。

底以上淤泥全部清除。从而,为水生态修复奠定了基础。

依据河道周边区域发展情况,友谊河处于中心城区,其生态修复重点应放在河道内部的微地形构建、护岸改造、水质净化及生态种植^[4]。结合河道特点(护砌、护底)、绿化现状及项目重点,水生态修复主要采用了增氧、浮床、水生植物(主要是沉水植物)等生态修复手段(见表 1)。

3 工程设计

3.1 人工增氧

人工增氧是河道生态治理的一种有效技术手段^[5]。常见的人工增氧主要分为表面曝气、潜水射流曝气及鼓风曝气等设备^[6]。

(1)表面曝气:主要利用机械的搅拌作用,使气、水接触界面不断更新,将空气中的氧气不断地向水体中转移^[7]。利用该原理制成的人工增氧设备主要包括叶轮式增氧机、水车式增氧机、喷泉式增氧机及涌浪式增氧机等,该类曝气设备以漂浮式安装为主。

(2)潜水射流曝气:将来自鼓风机的压缩空气和来自水泵的加压水在射流曝气机的混合室里剧烈混合,然后高速地从射流器的喷嘴向外喷出,以达到提高水中溶解氧含量的目的^[8]。潜水射流曝气设备主要是漂浮式或沉水式安装,空气与水体在水面以下完成充分混合。

(3)鼓风-微孔曝气系统:利用空压机将压缩空气通过管道输送至安装在水体底部的空气扩散装置,使空气形成大小散乱的气泡群,气泡经过上升和随水循环流动,最终在液面处破裂,以完成水体复氧。鼓风曝气的设备可以固定在岸上,也可以安装在浮船上^[6]。

表 2 为不同人工增氧方式对比表。

对人工增氧各类型进行比选,从氧转移率角度出发,选择了鼓风-微孔曝气系统作为该工程的主要增氧方式,河道沿线设置鼓风-微孔曝气系统,鼓风机安装在河岸上,曝气盘配重后固定在硬质护底上。

3.2 人工浮床

对于城市河道,挺水植物和浮水植物种植面积不宜大于治理河道水域面积的 30%^[9]。为保持景观协调性,该工程人工浮床参照现状浮床形式,沿河道两岸在河道上、中游进行布设。

3.3 沉水植物

结合工程投资,沉水植物主要设置在友谊河(秦淮段)中游总长约 190 m 的河道河底集中布置,品种主要选择苦草,但河底为雷诺护垫硬质护底,并不适宜沉水植物直接种植。对硬质河底生态修复的方法进行总结分析:

(1)再生式生态修复法:该方法是一种彻底的生态修复方案,需要拆除现有硬质护岸,并对现状进行

表 1 河道类型及生态修复设计重点分析一览表^[4]

河道类型	中心城区和郊区城镇区河道	新城新镇和大型居住区河道	农村地区河道
河道特征	主要包括中心城区和郊区城镇化地区河道,周边区域为建成区;此类河道护岸(坡)、截污、防汛通道等工程已基本建成,河道平面形态基本定形	主要包括新城新镇、大型居住区及新开发区内的河道,周边区域一般为规划建设区。此类河道的平面形态可在规划绿化带范围内进行局部调整	主要包括农村区域的河道,周边区域一般为农业生产用地或农村建设用地。此类河道可在原有河道基础上进行拓宽或新开河道,河道用地较为充裕,河道平面形态可在规划陆域控制线内进行调整
建设思路	中心城区河道形态宜遵循河道现有形态布局,生态治理重点放在河道内部的微地形构建、护岸改造、水质净化及生态环境修复	新城新镇河道治理重点宜放在河道生境多样性的营造、水质净化、水生动植物的恢复及生态景观营造	农村河道生态治理重点宜放在生境多样性的保护及营造、水生动植物的恢复及生态绿化的保护
生态修复设计重点	1. 河道微地形构建可采用小型结构物、河床抛石、渔巢等微地形改造手段 2. 护岸改造可设置种植槽和种植平台等形式 3. 水质净化可采用浮床、增氧、生物膜等辅助技术 4. 生态修复宜在河道两侧现有的基础上进行补充种植和放养水生生物	1. 河道生境多样性宜充分考虑河道形态、地貌及河道内部微地形等因素,营造多样的河道生境系统;适当增加河道的蜿蜒性,断面宜采用复式断面,并因地制宜创造湿地;护岸宜采用生态亲和性较高的材料 2. 水质净化根据河道特点可采用浮床、增氧、生物膜等辅助技术 3. 通过适度的人工干预,加速恢复水生动植物的生境 4. 生态景观营造宜在现有绿化基础上,合理配置乔灌木,提升河道的生态景观效果	1. 河道生境多样性的保护尽量维持河道的原有地貌,保留自然条件较好的河段及湿地 2. 河道生境多样性的营造宜充分考虑河道形态地貌及河道内微地形改造两方面的因素,适当增加河道的蜿蜒性,断面形式宜采用斜坡或复式,因地制宜创造湿地、人工岛等;河道护岸材料优先采用天然材料 3. 水生动植物的恢复宜通过适度人工干预手段,加速恢复进程 4. 河道生态合理配置乔灌木,发挥水土保持及面源拦截等功能

表2 不同人工增氧方式对比表

项目	与水面关系	受水位变动影响	推流造浪能力	对周边居住环境的影响	设备施工安装及操作	景观效果	优点
表面曝气	漂浮式	配套的绳索等受水位变动影响较大	较弱	对周边声环境影响小	自动化程度高、施工简单、除配电外不占地	较好	安装方便,基本不占地,充氧效率一般
潜水射流曝气	漂浮式或沉水式	配套的绳索等受水位变动影响较大	较强	对周边声环境影响小	自动化程度高、施工简单、除配电外不占地	一般	安装方便,基本不占地,充氧效率较高
鼓风-微孔曝气系统	曝气盘沉水式,管道固定在岸上,风机可以固定在岸上、浮船上或沉水	较小	较弱	风机对周边声环境影响大,若采用沉水风机,声音较小	需配套专门的曝气盘、施工安装难度较大、自动化程度不高	较弱	氧转移率较高

生态恢复。根据河流自身特点与河道内生物栖息、繁殖的需要,合理设置浅滩、湿地、绿化带等,为生物创造栖息、繁殖空间,实现水陆生态再联系^[10]。

(2)新槽开挖技术:该技术是在现状河道河底再次挖深,在挖深后形成的区域修复并营造水生态环境^[10]。

(3)一种硬质河底的水生种植槽结构:在网格箱体内设置土工格室。土工格室内置种植土及粒径4~8 mm的碎石,种植土填充于碎石的间隙中,并种植水生植物^[11](见图2)。

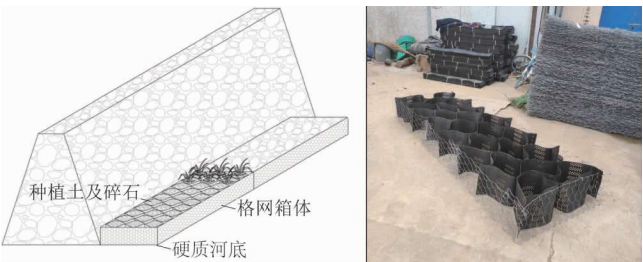


图2 一种硬质河底的水生植物生态种植槽结构设计及施工现场组装图

(4)一种用于硬质河底生态改造的系统:硬质河底上铺设若干块由天然砂石制成的生态植草砖,砖上设有沉水植物的种植土层(见图3)^[12]。

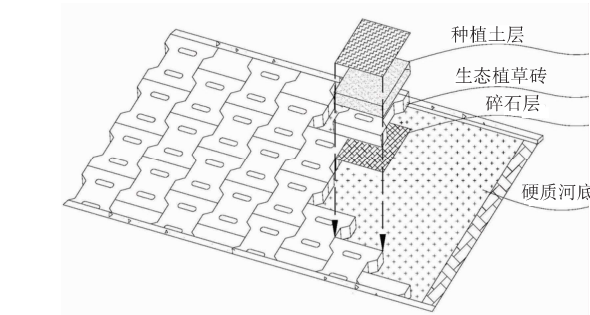


图3 一种用于硬质河底生态改造的系统设计图

基于历史原因,雷诺护垫硬质护底在该工程中不宜拆除。即:方法(1)、方法(2)难以应用于该工程中;方法(4)一种用于硬质河底生态改造的系统,需要制作特质的生态植草砖,限制了施工进度;方

法(3)中所有材料都为市场上常见材料,施工难度也较低。经综合比选后,该工程选择方法(3)一种硬质河底的水生植物生态种植槽结构作为沉水植物修复方法。

此外,沉水植物的生长受光照强度、营养盐、底质、悬浮物、水流、温度等多种因素影响。其中,光照强度是水生植物,尤其是沉水植物生长的主要限制因子^[13]。在实际测量过程中,往往不是测量水体光强,而是测量水体透明度^[14]。沉水植物种植区应确保3 h以上光照,透明度小于种植水深二分之一的水体不宜种植^[15]。该工程沉水植物种植区域水深在3.4~3.8 m左右,即:要求透明度达到1.9 m以上时,沉水植物的构建才具备可行性,而该河段水体的透明度在0.5 m左右。因此,该工程必须采用辅助手段促进沉水植物的恢复,即:设置了包括食藻虫等可快速提高水体透明度的辅助技术手段^[16]。

4 结 语

结合实际的工程案例,介绍了增氧、浮床、沉水植物等生态措施在硬质河底、生态修复中的应用。其设计方案具有一定代表性,可供类似工程参考。

参考文献:

[1] 谢三桃. 城市河流硬质护坡生态修复技术研究[D]. 南京: 河海大学, 2007.
[2] 时秀明. 杭州城区河道硬质驳岸软化技术初探[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2017.
[3] 谢爱军. 人工湿地净化富营养化湖泊外源污染试验研究 [D]. 上海: 华东师范大学, 2005.
[4] 上海市河道生态治理设计指南编制课题组. 上海市河道生态治理设计指南(试行)[R]. 上海: 2012.
[5] 周杰, 章永泰, 杨贤智. 人工曝气复氧治理黑臭河流[J]. 中国给水排水, 2001(4):47-49.
[6] 薛露肖. 环境工程水处理中对曝气设备的应用分析 [J]. 绿色科技, 2013(4):178-179.
[7] 徐根华. 机械式增氧机的结构、选型与维护[J]. 苏盐科技, 2000 (1):27-28.

(下转第 106 页)

正棱镜观测的坐标表来推算全站仪和后视棱镜的当前坐标,全站仪和后视棱镜校正完成后,再计算顶管机姿态,顶管机姿态计算方法与工作模式一相同。在即将贯通前,也可以利用多次控制测量成果测定机头后 200 m 高精度管节每米坐标表,来推算全站仪和后视棱镜的当前精确坐标,从而确保顶管机精确贯通。

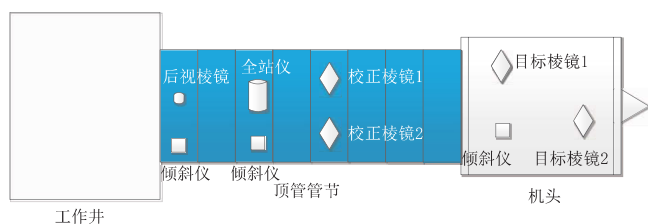


图6 工作模式三示意图

4 结 语

针对长距离顶管的平面控制测量问题,以3种测量方式进行井上与井下的方位和坐标传递。根据顶管掘进精度需求以及每种方法所能达到的精度水平,按照顶管掘进距离选择适当的传递方式,使得顶

管控制测量精度和效率达到平衡。结合先进算法的单站轨迹定向式顶管导向系统,最终在2020年4月18日和5月4日分别实现左右双线高精度贯通,通过实际测量机头与洞门边间隙,双线贯通误差均小于40 mm。该控制测量方法及顶管导向技术不仅仅适用于本项目,也可推广应用于各类长距离曲线顶管,保证顶管项目同时实现高效施工与高精度轴线控制,具有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 李军. 竖井定向联系测量新方法的应用研究[J]. 测绘通报, 2005(8):44-46.
- [2] 李明军. 基于某高速铁路精密工程控制测量若干问题的研究[D]. 长春: 吉林大学, 2009.
- [3] 程效军, 缪盾. 全站仪自由设站法精度探讨[J]. 铁道勘察, 2008, 34(6):1-4.
- [4] 张忠良, 杨友涛, 刘成龙. 轨道精调中后方交会点三维严密平差方法研究[J]. 铁道工程学报, 2008(5):33-36, 71.
- [5] 魏成, 花向红, 唐琨, 等. 地下导线测量对隧道横向贯通误差影响研究[J]. 测绘地理信息, 2013, 38(1):11-13.
- [6] 刘三枝, 高俊强. 地铁隧道地下控制导线测量布设方案对比分析[J]. 南京工业大学学报(自然科学版), 2006(2):56-58.

(上接第88页)

- [8] 钟仁超, 陆天友. 氧化沟曝气设备性能比较 [J]. 贵州大学学报(自然科学版), 2009(1):140-142.
- [9] DB3301/T0237—2018, 城市生态河道设施配置规范[S].
- [10] 齐成红, 王铭伦, 钱新举. 河道硬质护岸生态修复应用趋势分析[J]. 中国水利, 2016, (22):52-53.
- [11] 张力, 王丽君, 陈亮, 等. 一种硬质河底的水生植物生态种植槽结构[P]. 中国专利: ZL2019209566500.0, 2020-04-21.
- [12] 黄龙翔, 黄海宇, 朱明石, 等. 一种用于硬质河底生态改造的

- 系统[P]. 中国专利: ZL201520886365.9, 2016-05-25.
- [13] 王华, 逢勇, 刘申宝, 等. 沉水植物生长影响因子研究进展[J]. 生态学报. 2008(8):3958-3968.
- [14] 曹昀, 胡红, 时强. 沉水植物恢复的透明度条件研究[J]. 安徽农业科学. 2012, 40(3):1710-1711.
- [15] DB13/T1773—2013, 水生植物建植及养护管理技术规范[S].
- [16] 徐兵兵. 食藻虫引导水生态修复技术在城市湖泊治理过程中的优势及其应用[J]. 化工设计通讯. 2020, 46(06):255-269.