

生态修复在城市河道治理中的应用与研究

高国敬

上海太和水环境科技发展股份有限公司

DOI:10.32629/eeep.v2i4.220

[摘要] 城市化进程的加速,导致城市河道的污染也愈发严重,黑臭水体的治理已引起相应的重视。为改善城市河道水质,恢复河道的生态系统、自净能力及其使用功能,在城市河道治理中应用生态修复技术具有积极作用。后洋浜河通过投放食藻虫,恢复沉水植被,调控水生动物的种群和数量等一系列综合措施,水体水质得到极大改善。在2014年8月至2015年12月期间,通过对河道水质的连续监测,结果表明,生态修复后主要水质指标透明度(SD)、溶解氧(DO)、氨氮($\text{NH}_3\text{-N}$)、总磷(TP)、高锰酸盐指数(COD_{Mn})均显著改善,水质稳定保持在国家地表水Ⅲ类及以上。

[关键词] 食藻虫; 城市河道; 生态修复; 食物链

快速的经济发展和城市建设过程中大量生活污水与工业废水排入河,水体容纳的污染物超过其自净能力,导致了河道生态系统的退化和使用功能的丧失,威胁到人类生活环境。目前城市黑臭河道治理的方法主要有底泥疏浚、截污纳管、河道综保、投放化学药剂和生态浮岛等技术^[1],其中生态修复因其水质改善效果显著和无二次污染等优点正受到广泛的关注^[2]。食藻虫引导水下生态修复技术是利用食藻虫摄食水体中的藻类和有机颗粒等,迅速提高水体的透明度,恢复沉水植被,并对水生动物的种群和结构加以调控,最终形成稳定的生态系统,恢复水体的生态自净能力,使水体长期保持清澈^[3]。本文以杭州后洋浜河为例,研究生态修复工程实施前后河道水质变化的规律,探讨生态修复在城市河道治理中的应用和意义。

1 工程概况和技术路线

1.1 工程概况

后洋浜河(拱康路—运河)位于杭州市拱墅区康桥街道,两岸为垂直硬化驳岸,沿河有雨污混流口分布,水体流动性较差,且底泥较厚,内源污染严重。此次生态治理工程河道长约1480m,河宽10~15m,平均水深为1.5m,水域面积约19240 m²。工程实施前,水体中氮磷含量很高,主要水质评价指标 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP 均存在超标现象,其中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量的平均值超地表水环境质量标准Ⅴ类上限值的3倍左右。河道中沉水植被缺乏,生物多样性较低,生态系统严重退化,水体自净能力较弱,富营养化程度严重,夏季有蓝藻爆发现象,水质综合评价为黑臭水体。

1.2 技术路线

本工程采用“食藻虫引导水下生态修复技术”对水体进行原位生态修复。食藻虫是一种大型枝角类浮游动物——大型溞(*Daphnia magna*),能够摄食水体中的有机颗粒、藻类和悬浮物,同时可产生弱酸性排泄物,进一步抑制水体中藻类的生长。水体透明度增加后,光照能够进入水底,促进沉水植物生长,同时沉水植物和食藻虫可以形成良好的共生关系。沉水植物大量吸收水体中过多的氮、磷等富营养物质,通过促进氮的硝化/反硝化作用,磷的沉降,形成水下森林抑制底泥的再悬浮等多种途径恢复水生态的自净能力。食藻虫所携

带的有益微生物和沉水植物经光合作用产生的氧向水体底部扩散,促进底泥的氧化还原电位升高,有利于水体中的昆虫和底栖生物大量滋生,在和沉水植物的共生作用下,促进底泥中营养物质的封存。再逐步恢复河道中的贝、螺、虾、鱼等高级水生动物,沉水植物和食藻虫可以被贝、螺、虾、鱼等高级水生动物吃掉,通过食物链把水体中的氮、磷等营养物质从水体中转移出来,降低水体的富营养化程度。经生态修复后的水体生态系统能够进行良性的自我循环,水体自净能力得到恢复,能够长效的维持修复水体的水质。

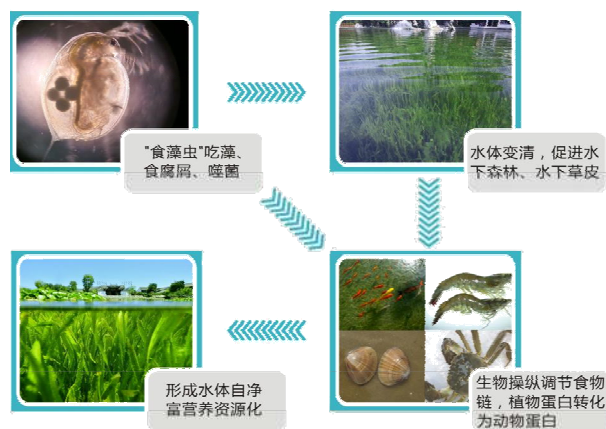


图1 食藻虫引导水下生态修复技术原理

1.3 施工过程

后洋浜河生态修复的主要内容:

1.3.1 底泥的活化和改良: 水体底泥活性处理等措施,目的是杀灭原来富营养化水体底质中的病原体,改善底质酸碱度,并建立或者恢复底质有益微生物处理系统。

1.3.2 排污口的预处理: 集约式强化生态预处理系统由根系发达的漂浮植物、生物挂膜填料、穿管曝气、软围隔组成。一方面截留通过该区域的垃圾等污染物,另一方面,通过耐污性强的植物的吸收转化和微生物膜的代谢分解,进一步净化水质。

1.3.3 曝气系统安装工程: 人工曝气治理污染河道技术

综合了曝气氧化塘和氧化沟的原理, 结合了推流和完全混流的特点, 有力的克服了河流水体的短流问题, 有利于氧气的扩散和水质的均匀, 能快速提高水体中 DO 的含量, 改变微生物的菌落结构, 降解污染物质, 快速改善水环境。

1.3.4 食藻虫的投放: 食藻虫能够捕食水体中的藻类、有机颗粒等物质, 迅速提高水体透明度, 改善水下的光照条件, 促进沉水植物的生长和生态系统的恢复。

1.3.5 沉水植物的种植: 沉水植物是水下景观的主要组成部分, 能构建优美的水下森林景观, 且是实现从浊水态到清水态转变的关键因素。沉水植物能够高效的吸收氮、磷等物质; 光合作用强, 能够产生大量的原生氧, 使水体长久保持较高的溶氧状态; 改变水体中氮磷等营养盐的循环模式, 抑制底泥再悬浮和氮磷的释放, 促进氮的硝化/反硝化作用和磷的沉降; 为浮游动物提供避难场所, 从而增强对浮游植物的控制和生态系统的自净能力。

1.3.6 水面景观的设计: 选用西伯利亚鸢尾、旱伞草、千屈菜和宫廷睡莲点缀水面, 以营造水清景美、水生植物错落有致、水下森林与浮叶植物相互呼应的优美景观, 提升河道的水域观赏性。

1.3.7 食物网的构建: 大型底栖生物在水生态系统的物质循环与能量流动中具有特殊的作用和地位^[4]。如螺类、青虾和贝类等, 能够大量摄食底泥中的有机质和腐败水生植物的残体等, 有效降低底质中有机质的含量及营养物质的释放。水体中的小型鱼类和底栖杂食性鱼类, 其摄食、搅动、排泄等活动会促进底泥的再悬浮和营养盐的释放, 不利于浮游植物的控制和修复后系统的稳定^[5]。因此, 控制鱼类的种群和数量, 构建由大型底栖动物和肉食性鱼类为主导的良性的食物网结构, 与水生植物形成共生关系, 是构建和维持“草型清水态”生态系统稳定的关键因素之一。

2 生态治理前后水质变化

2.1 材料与方法

采样点设置: 在生态治理河段的上、中、下游各设置一个采样点。

水质检测频率: 于 2014 年 8 月至 2015 年 12 月, 每月检测一次。

水质检测指标: 透明度 (SD, cm)、氨氮 ($\text{NH}_3\text{-N}$, mg/L) 溶解氧 (DO, mg/L) 高锰酸盐指数 (COD_{Mn} , mg/L,) 总磷 (TP, mg/L)

2.2 水体透明度的变化

2014 年 8 月水体修复前透明度不足 0.3m, 在投放食藻虫之后, 透明度快速提升至 1.2 米, 水深不足 1.2 米的河段清澈见底。随着水下森林群落的构建和恢复, 水体的透明度呈逐渐增高趋势, 最终生态治理河段全部清澈见底, 透明度最高达到 2m 以上。

2.3 水体溶解氧的变化

生态修复前溶解氧为 2.3mg/L, 生态修复后, 水体中的溶解氧含量显著提高, 在 2016 年 1 月溶解氧最高达到了 14mg/L 以上, 为超饱和状态。在水质检测期间,

其中 2014 年 12 月, 2015 年 5 月、11 月和 12 月以及 2016 年的 1 月和 2 月, 溶解氧均在 8.0mg/L 以上, 根据《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) 水体中溶解氧的含量达到了 I 类水的标准。

2.4 水体氨氮的变化

在水质监测期间, 氨氮浓度的变化显著, 总体呈下降趋势, 且 3 个监测点的变化趋势一致。氨氮能够被沉水植物直接吸收利用, 当河道中的沉水植物修复后, 氨氮的浓度大幅下降, 从治理前的 12.6mg/L, 下降至 2014 年 12 月的 0.5mg/L 以下, 此后基本一直维持在 0.5mg/L 以内, 根据《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) 后洋浜河水体中氨氮指标基本稳定在 II 类水。

2.5 水体总磷的变化

后洋浜河总磷的变化从生态修复前的 1.03mg/L 逐渐下降至 0.1mg/L 以下, 待生态系统稳定后, 水体中磷的含量基本保持在 0.2mg/L 以内, 表明生态修复对降低水体中磷含量的效果极显著, 根据《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) 治理河段内总磷含量达到 II-III 类水。

2.6 水体高锰酸盐指数的变化

总体上, 高锰酸盐指数在检测期内呈逐步下降趋势, 且在 2014 年 11 月以后基本降至 6mg/L 以下。受鱼类和底栖动物等水生生物的放养和繁殖的影响, 在 2015 年 6 月份水体中高锰酸盐指数上升至约 6mg/L, 此后基本保持在 3.3-4.8mg/L 之间。根据《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) 后洋浜河高锰酸盐指数达到 III 类水以上。

3 结论

食藻虫引导水下生态修复技术治理城市污染河道, 主要是通过生物链能量传递的方式将水中的氮、磷等营养盐富集到高等动植物体上, 达到降低水体中营养的目的, 最终实现水体生态系统的良性循环。后洋浜河生态修复工程完成后, 河道水质显著改善, 彻底消除水体黑臭, 终年无蓝藻爆发, 在 1.5 米水深范围内均清澈见底, 水质长期保持在国家地表 III 类水及以上。实践证明, 生态修复能够显著的改善河道水质, 恢复水体中生物的多样性, 有利于健康河流生态体系的构建, 在城市河道水体治理中具有重要的实践和推广意义。

参考文献

- [1] 张晨. 城市河道生态治理与环境修复关键技术之研究[J]. 绿色环保建材, 2017, 18(01): 215.
- [2] 何文辉, 彭自然, 何培民, 等. 食藻虫控藻引导景观水体生态修复系统的构建与应用[C]// 建设世博会美好水环境研讨会会议论文集, 上海, 2009: 54-59.
- [3] 彭自然, 何文辉, 等. 圆明园景观水体生态修复过程中水质变化的初步研究[J]. 上海海洋大学学报, 2011, 20(3): 457-461.
- [4] 廖文根, 杜强, 谭红武, 等. 水生态修复技术应用现状及发展趋势[J]. 中国水利, 2016, (17): 25-28.
- [5] 朱亮, 苗伟红, 严莹. 河流湖泊水体生物-生态修复技术评述[J]. 河海大学学报: 自然科学版, 2005, (1): 20-23.