

水生态系统构建施工工艺对城市人工湖水质提升效果研究

杨代平

上海园林绿化建设有限公司, 上海
Email: 43719155@qq.com

收稿日期: 2021年4月26日; 录用日期: 2021年5月27日; 发布日期: 2021年6月3日

摘要

本文对城市人工湖水生态系统构建前、中、后的水质进行比对研究。研究表明, 通过水生态系统构建可显著降低水体中高锰酸盐指数(COD_{mn})、氨氮(NH₃-N)和总磷(TP)浓度。水生态系统构建完成后30日内, 劣于地表III类水的城市公园水体水质可提升至地表III类水。

关键词

城市人工湖, 水生态系统构建, 城市公园, 水质提升

Study on the Effect of Water Ecosystem Construction and Construction Technology on Improving the Water Quality of Urban Artificial Lakes

Daiping Yang

Shanghai Landscaping Construction Co., Ltd., Shanghai
Email: 43719155@qq.com

Received: Apr. 26th, 2021; accepted: May 27th, 2021; published: Jun. 3rd, 2021

Abstract

This paper compares the water quality before, during and after the construction of the urban artificial lake ecosystem. The results of the study show that the permanganate index (COD_{mn}), am-

monia nitrogen (NH₃-N) and total phosphorus (TP) concentrations in the water body can be significantly reduced through the construction of aquatic ecosystems. Within 30 days after the completion of the construction of the aquatic ecosystem, the water quality of urban parks that is inferior to surface grade III water can be upgraded to surface grade III water.

Keywords

Urban Artificial Lake, Water Ecosystem Construction, Urban Parks, Water Quality Improvement

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近年来,城市新开挖人工湖数量呈增长趋势,尤其是在新建园区、厂区、公园等环境内,人工湖的地位越来越重要[1][2]。小区域内的人工湖承担的重要功能是丰富区域内的景观性[3][4][5]。良好的水景是一道靓丽的风景线,而保证水景最基本的要求是水体清亮、水质达标;进一步的观感要求是水体“碧波荡漾、鱼翔浅底”。目前,很多人工湖水体生态系统不够完整,有如“挖坑蓄水”一般,后续水体水质极易恶化,产生水体浑浊、水色发绿等问题,水体水质和观感效果差[6][7][8]。目前,国内对水生态修复与保护方法研究很多[9]-[14],在实际应用过程中,多关注整体效果的可达性,对单个工艺对水质提升效果的研究较少[15][16][17][18]。因此,本文旨在对人工湖水生态系统构建前、中、后期的水质进行研究,探索水生态系统构建的各工艺对人工湖水水质提升的效果,为城市人工湖水水质保持提升等工作提供支持。

2. 材料与方法

2.1. 研究区域概况

本文选取浙江杭州某园区内新建的人工湖作为研究对象。该人工湖水体面积约 6000 m²,平均水深 1.5 m,水体总量约 9000 m³。中心湖开挖完成后,首次蓄水以自然降水为主,蓄水后一段时间水体水质开始恶化,产生蓝藻,水色青绿。随后,对人工湖进行水生态系统构建,通过一系列工程措施提升人工湖内水体水质。

本文按时间进度,以施工前、中、后三个时间节点进行研究,通过对比三个阶段的人工湖水水质数据,研究水生态系统构建对水质提升的效果。

2.2. 样品采集与实验方法

在施工前,施工中(施用水质改良剂后 14 天,沉水植物种植完成后 7 天),施工后(沉水植物种植完成后 30 天),分别对人工湖进行水质检测。检测期间避开台风、暴雨等天气,分别检测水样的溶解氧(DO)、高锰酸盐指数(COD_{mn})、氨氮(NH₃-N)和总磷(TP)。

2.3. 分析方法

本研究运用综合污染指数法[19]对上述检测点水质进行分析评价,选取标准为地表水环境质量标准中 III 类水标准(GB3838-2002)(表 1);并分析施工中期、后期相较于施工前期各指标污染物去除率进行对比分析。

Table 1. Grade III water standard in surface water environmental quality standards (GB3838-2002)
表 1. 地表水环境质量标准中 III 类水标准(GB3838-2002)

项目(mg/L)	高锰酸盐指数	氨氮	总氮	总磷	溶解氧
III 类标准限值	≤6	≤1.0	≤1.0	≤0.2	≥5

综合污染指数法计算公式:

$$P = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_{0i}} \quad (1)$$

同时, 研究各工艺对各污染物的去除率进行分析, 总结出去除各污染物所需的较佳工艺方式, 并计算各工艺每单位工程量对各污染物的去除量, 进而分析各施工工艺对污染物的去除效果。

3. 结果与分析

3.1. 各施工期各因子指数比对分析

由图 1 可知, 工程施工前, 各单因子指数均超过 1, 其中氨氮单因子指数最高, 达到 5.45, 是施工前水体中的重要污染物因子。总磷单因子指数达到 3.19, 也是水体中重要的污染因子。由此分析可以得出, 施工前水体中主要的污染物为氨氮和总磷。

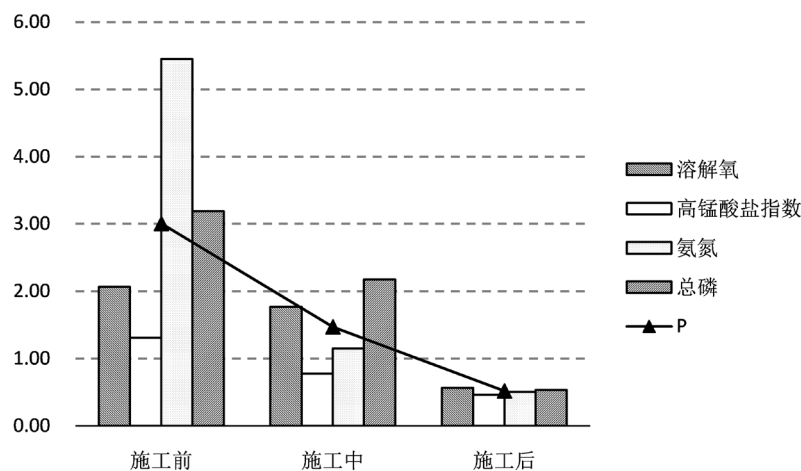


Figure 1. Changes in the pollution index of each indicator before, during and after construction
图 1. 施工前、中、后各指标污染指数变化

施工当中, 即施用水质改良剂后 14 天, 沉水植物种植完成后 7 天, 各单因子指数相较于施工前均有下降。其中, 指数下降最多的是氨氮, 由施工前的 5.45 下降到了 1.15; 总磷和溶解氧单因子污染指数略有下降, 分别从 3.19 和 2.07 下降到 2.18 和 1.77; 高锰酸盐单因子指数下降情况良好, 施工中已经小于 1, 下降到 0.78。

施工后 30 天, 各指标单因子指数均小于 1, 已达到地表水 III 类水标准, 水质提升效果显著。

项目水体的综合污染指数由施工前的 3.00, 逐步下降到施工后的 0.52, 表明水生态构建工程将目标水体水质提升至地表水 III 类水标准。

3.2. 施工中、施工后各指标去除率分析

整体来看, 施工全过程中, 氨氮的去除率最高; 施工中, 高锰酸盐指数和总磷去除率相对接近, 分

别为 40.76% 和 31.82%，施工后，总磷去除率达到 90.68%，高锰酸盐指数去除率为 64.71%。由图 2 可知，水生态系统构建工程对氨氮和总磷的去除效果显著，对高锰酸盐指数的去除效果较好。

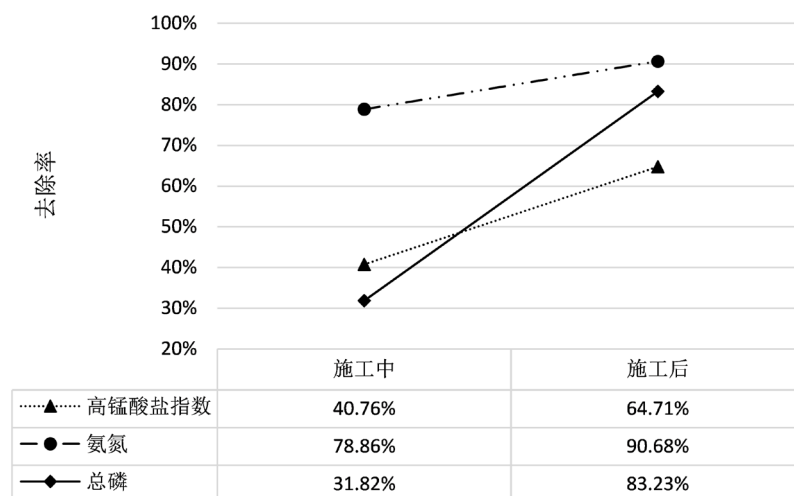


Figure 2. The removal rate of pollutants during and after construction

图 2. 施工中、施工后各污染物去除率

三种指标去除率的存在较大差异的原因，可能是由于施工前水体高锰酸盐指数较低，施工中高锰酸盐指数已经达到地表水 III 类水标准，后续高锰酸盐指数去除效果有所下降；水体中氨氮和总磷在施工前的浓度很高，属于劣 V 类水，施工后达到地表水 III 类水标准，去除率远高于高锰酸盐指数。

3.3. 施工工艺对污染物去除效果分析

施工全过程中，水体未进行置换、补水，研究周期中未存在降水，可基本排除外来水源对研究水体水质的影响。

施工中时间节点时，所完成的工程内容为水质改良和沉水植物种植，为施用水质改良剂后 14 天，沉水植物种植完成后 7 天。此时沉水植物刚度过休眠期，旧叶脱落而新叶未生，对水质提升的作用可近似忽略。施工过程中，水质改良剂共施用 90 kg，效果存在期为 10 天。施工中对对比施工前，高锰酸盐指数、氨氮和总磷削减总量分别为 28.80 kg、38.68 kg 和 1.83 kg。由此可推算，每 kg 水质改良剂可削减高锰酸盐指数、氨氮和总磷总量为 0.32 kg、0.43 kg 和 0.02 kg。

施工后时间节点，为沉水植物种植完成后 30 天，此时沉水植物开始生长，对水质提升产生作用。水体中沉水植物为苦草，共种植 5800 m²，696,000 株。施工后对比施工中，高锰酸盐指数、氨氮和总磷削减总量分别为 16.92 kg、5.79 kg 和 2.95 kg。由此可推算，每平方米苦草(30 天)可削减高锰酸盐指数、氨氮和总磷总量为 2.91 g、1.00 g 和 0.51 g；即每 100 株苦草(30 天)可削减高锰酸盐指数、氨氮和总磷总量为 0.24 g、0.08 g 和 0.04 g。

工程施工完成后，高锰酸盐指数、氨氮和总磷削减总量分别为 45.72 kg、44.48 kg 和 4.78 kg，每立方米水量高锰酸盐指数、氨氮和总磷削减量分别为 5.08 kg、4.94 kg 和 0.53 kg。

由图 3 数据可知，本研究中人工湖水生态系统构建过程中，每单位水质改良剂对氨氮去除比例最高，达 56%；其次是高锰酸盐指数去除比例为 41%。由图 4 数据可知，本研究中人工湖水生态系统构建过程中，每单位苦草对高锰酸盐指数去除比例最高，达 66%；其次是氨氮去除比例为 23%；最低为总磷，去除比例为 11%。

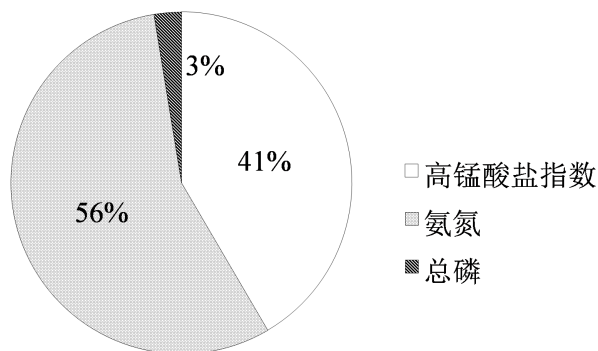


Figure 3. The removal ratio of three pollutants per unit of water quality improver

图 3. 单位水质改良剂对三种污染物去除比例

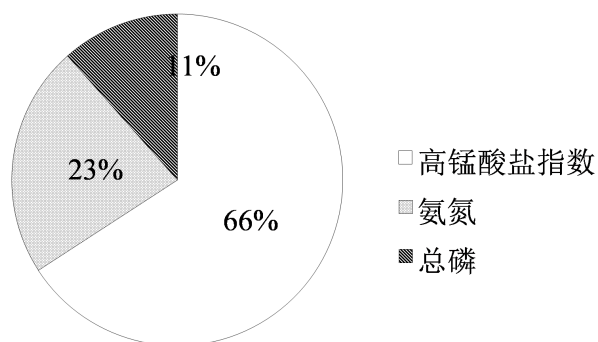


Figure 4. The removal ratio of three pollutants per unit of bitter grass

图 4. 单位苦草对三种污染物去除比例

综上, 水质改良剂在施工前中期对氨氮和高锰酸盐指数有良好的去除效果, 但仍无法单独使用该措施使水体水质达到地表水 III 类水标准; 苦草对高锰酸盐指数和总磷有较好的去除效果, 且适宜作为整个施工流程的后期处理措施, 可将水体水质提升到地表水 III 类水标准。

4. 结论

1) 本研究通过水生态系统构建, 即水质改良和沉水植物吸收污染物的组合措施, 将项目水体水质由地表水劣 V 类水体提升至地表水 III 类水标准。

2) 水生态系统构建工程将水体中的高锰酸盐指数、氨氮和总磷分别去除了 64.71%、90.68% 和 83.23%, 去除效果显著。

3) 水质改良剂在施工前中期对氨氮和高锰酸盐指数有良好的去除效果, 但仍无法单独使用该措施使水体水质达到地表水 III 类水标准; 苦草对高锰酸盐指数和总磷有较好的去除效果, 可将水体水质提升至地表水 III 类水标准。

参考文献

- [1] Lin, H., Liu, J., Dong, Y., et al. (2018) Absorption Characteristics of Compound Heavy Metals Vanadium, Chromium, and Cadmium in Water by Emergent Macrophytes and Its Combinations. *Environmental Science and Pollution Research*, **25**, 17820-17829. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1785-9>
- [2] 方神光, 江佩轩. 景观格局及其对河湖水环境与水生态影响研究进展[J]. 人民珠江, 2020, 41(9): 70-78.
- [3] 康自华. 成都活水公园人工湿地及其三种挺水植物净化效果的研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2007.
- [4] 江波. 河湖水生态系统保护与修复[C]//河海大学、江苏省水利厅. 2018(第六届)中国水生态大会论文集. 河海大

- 学、江苏省水利厅:北京沃特咨询有限公司,2018:4.
- [5] 周蕾. 基于承载力调度模型的生态系统水质修复研究[J]. 地下水, 2021, 43(1): 197-199.
- [6] 彭杰帅, 罗超, 唐祚. 应用于农村污染河流水体的生物修复技术研究[J]. 湖南水利水电, 2021(1): 91-94.
- [7] 谢忱, 黄溢, 钟胜财, 丁瑞, 蔡秋鹏, 乌景秀. 基于生态功能分区的平原河网生态校园景观水系水生态规划探讨[J]. 净水技术, 2021, 40(3): 61-67.
- [8] 沙朋朋. 水生态修复与保护方法技术的发展和实践分析[J]. 工程与建设, 2020, 34(5): 946-947, 950.
- [9] 袁鹏, 徐连奎, 可宝玲, 孙菲, 高红杰. 南京市月牙湖黑臭水体整治与生态修复[J]. 环境工程技术学报, 2020, 10(5): 696-701.
- [10] 权永辉, 杨艳, 孟丽媛, 张琳琳. 基于水生态修复系统的滩区绿化工程探析[J]. 地下水, 2020, 42(4): 201-203.
- [11] 廖国庆. 人工湖湖滨缓流带水生态系统构建技术研究[D]: [硕士学位论文]. 广州: 华南理工大学, 2020.
- [12] 林跃朝, 朱晨东. 我国河流生态治理历程[J]. 中国防汛抗旱, 2020, 30(11): 73-76.
- [13] 张云昌. 浅谈水生态保护与修复的理论和方法[J]. 中国水利, 2019(23): 12-14, 22.
- [14] 刘丹, 王烜, 李春晖, 蔡宴朋, 刘强. 水文连通性对湖泊生态环境影响的研究进展[J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(7): 1702-1715.
- [15] 汪洁琼, 葛俊雯, 成水平. 基于水生态系统服务综合效能提升的城市河流生态修复研究[J]. 西部人居环境学刊, 2018, 33(6): 54-58.
- [16] 刘瑾. 浅谈黄河流域水生态系统的保护与修复[C]//中国水利经济研究会、水利部发展研究中心、南京水利科学研究院、河海大学. 建设生态水利 推进绿色发展论文集. 中国水利经济研究会、水利部发展研究中心、南京水利科学研究院、河海大学: 中国水利经济研究会, 2018: 6.
- [17] 刘宁. 城市河道生态修复与治理的探讨——以杭州市某河道治理为例[C]//中国水利经济研究会、水利部发展研究中心、南京水利科学研究院、河海大学. 建设生态水利 推进绿色发展论文集. 中国水利经济研究会、水利部发展研究中心、南京水利科学研究院、河海大学: 中国水利经济研究会, 2018: 7.
- [18] 汪洁琼, 葛俊雯, 成水平. 基于水生态系统服务综合效能提升的城市河流生态修复研究[C]//中国风景园林学会. 中国风景园林学会 2018 年会论文集. 中国风景园林学会: 中国风景园林学会, 2018: 1.
- [19] 徐祖信. 我国河流综合水质标识指数评价方法研究[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2005, 33(4): 482-488.