

南湖周边水域水质改善与功能提升关键技术与工程示范

余颀¹ 吴定心² 董文龙¹

1 湖北生态工程职业技术学院, 湖北武汉; 430200;

2 武汉水之国环保科技有限公司, 湖北武汉, 430200;

摘要: 对武汉市南湖存在的多源汇流污染、水质持续在Ⅴ类、水体富营养化、生态系统缺失等景观湖泊共性问题, 以南湖入湖排口的华中农业大学东南部湖泊水系为例, 通过削减与控制水体污染物、水体流态模型构建、水生植物净化体系、水生食物链系统等修复技术的集成, 达成了集水质改善、功能提升、生态净化于一体的综合治理目标, 将水质从Ⅴ类提升到Ⅳ类, 不仅对南湖水体的综合治理起到积极的借鉴作用, 而且确保排放到南湖的水质达到Ⅳ类以上, 达成消减南湖外源污染的目的。

关键词: 湖泊; 水质改善; 生态修复; 示范工程

DOI: 10.69979/3041-0673.24.8.006

引言

湖泊是水生态的重要组成部分之一, 具有防洪排涝、气候调节、人文景观和维护生物多样性等多种生态服务功能^[1]。随着社会的不断发展, 湖泊生态健康日益恶化, 当前武汉市湖泊呈现总体恶化, 反复治理、反复污染的特点^[2]。2017年, 武汉市发布《武汉市“四水共治”工作方案(2017-2021年)》, 明确指出南湖是“四水共治”行动计划中重点治理对象, 其水质类别应为地表水Ⅳ类, 但一直处于劣Ⅴ类^[3], 亟需治理。由于南湖面积大、周边环境复杂多样、入湖排口多、污染源种类多、水流滞缓, 加大了水质水质改善与功能提升的难度^[4-6]。因此, 深入开展湖泊水体水质改善与功能提升的技术研究与工程应用势在必行。

1 拟解决的关键技术问题

南湖是武汉市第三大城中湖, 湖泊水域面积 7.67 km², 东西跨度 5.36 km, 总岸线 23 km, 南湖周边以居住和教育科研用地为主^[7]。《武汉市环境质量公报》显示, 2007-2020 年, 南湖水质持续为劣Ⅴ类, COD、氨氮等指标均超标, 主要污染源为排口污染, 表现为藻类频繁滋生、富营养化、水质自净能力缺失等。

针对城市景观湖泊存在的多源汇流污染、水质持续在Ⅴ类、水体富营养化、生态系统缺失等共性问题, 课题组以“控制污染、净化水体、生态恢复”为核心目标, 选择南湖入湖排口的华中农业大学东南部湖泊水系为示范工程, 开展湖泊水质改善与功能提升的关键技术研

究与集成应用, 通过分析总结华中农业大学东南部湖泊水系的改善背景、技术措施、效果评价等, 阐述湖泊水体生态修复的实践经验, 为南湖水质改善与功能提升、城市水体环境生态系统恢复与构建提供参考。

2 华中农业大学东南部湖泊水系示范工程概况

2.1 基本情况

本项目位于华中农业大学东南部, 其东南方紧临南湖, 北侧临近南湖大道, 南侧为水产养殖试验基地, 西侧为华中农业大学全生态养殖试验塘、园林园艺试验基地、机电中心及学生宿舍。本项目待治理水域由 3 个自然水塘及 1 个水产养殖塘组成, 由北向南依次编号为 F-1 塘、1 号塘、2 号塘和 3 号塘, 面积分别约为 10000 m²、1400 m²、4800 m² 和 1850 m², 总面积约 18050 m², 具体区位如图 1 所示。F-1 塘为水产养殖塘, 1、2 和 3 号塘为自然水塘, 4 个池塘的平均水深约 1.5~2 m, 底泥厚度约 20~30 cm, 1 号塘和 2 号塘之间连接驳岸进行过表面硬化处理, 其他滨岸均为自然状态。F-1 塘、1、2 和 3 号塘水体混浊, 湖面呈现绿色或蓝色的“水华”, 对 4 个池塘的水质进行测定, 结果表明 F-1 塘、1、2 和 3 号池塘的 COD 为 55.4~72.4 mg/L, NH₃-N 为 3.45~5.21 mg/L, TP 为 0.53~0.78 mg/L, 水质为劣Ⅴ类, 呈现中度水体富营养状态。

东南部湖泊还包含 3 个自然水塘, 从北到南依次编号为 4 号塘、5 号塘和 6 号塘, 面积分别约为 12000 m²、5300 m² 和 850 m², 总面积约 27.25 亩, 具体区位示意

图如图 1 所示, 6 号塘与南湖相连, 通过排口将水排放到南湖。对 3 个池塘的水质进行测定, 结果表明 4、5 和 6 号塘的 COD 为 35.8~38.6 mg/L, NH₃-N 为 1.76~1.93 mg/L, TP 为 0.182~0.197 mg/L, 水质为Ⅳ类。



图 1 华中农业大学东南部湖泊水系位置示意图

2.2 研究目标

本项目拟对 1 个水产养殖塘和 3 个自然水塘 (F-1 塘、1、2 和 3 号塘) 进行水质提升与生态修复, 以期达到地表Ⅳ类水标准, 之后 6 号塘按地表Ⅳ类水标准排放进入南湖。

3 水体综合治理措施

3.1 污染源控制工程

3.1.1 削减排口污染

每个排口采用生态围栏微生物强化技术, 综合微生物、植物及生物膜技术, 在排口以耐污型植物浮岛与微生物挂膜载体构建内层生态围栏, 景观净化浮岛与微生物挂膜载体形成外层生态围栏, 同时搭建防水围挡, 相当于湖区原位污水处理池, 降低排口污染。

3.1.2 底泥清淤

采用抽吸的方式对 F-1 塘、1、2 和 3 号塘进行疏浚, 并布设生态碳纤填料, 投加微生物菌种, 进行生态挂膜, 增强污染物前端去除效率。

3.1.3 排水闸门系统

在 6 号塘东侧集水井处安装 1 套铝合金智控闸门, 闸门宽度 1.5m, 深度 1.5m, 根据水位实现自动控制排水, 通过连接手机端 APP, 实现远程监控及排水, 实时掌握排水到南湖的情况。

3.2 水体流态模型

3.2.1 管网改造

根据研究目标和各个湖泊的基本情况, 对水系排水进行重新设计, 确定水流方向由 F-1→1→2→3→4→5→6, 最终由 6 号池塘排放到南湖, 同时根据实际情况调节 F-1 塘、1、2、3、4、5 和 6 号塘的高度落差, 使整个水系的水能够通过重力作用从 F-1 塘流动到 6 号塘。

3.2.2 增设曝气系统

利用曝气机能够短时间快速提高水体溶解氧的功能, 设计了提水式曝气系统, F-1 号塘安装 2 台提水式曝气机, 1 号塘、2 号塘、3 号塘各安装 1 台提水式曝气机, 6 号塘安装 2 台潜水式曝气机。通过在湖区设置曝气系统, 促进水生植物的呼吸作用, 加速水体新陈代谢, 提高水体自净能力, 促进水体流动, 形成水系内部循环, 还可形成景观喷泉效果。

3.3 微生物生态系统

对水体、底泥采用不同类型的微生物菌剂进行处理, 快速消除水体的有机质、氮、磷, 从而迅速消除黑臭, 改善水质, 课题组采用武汉水之国环保科技有限公司 BioEcosys 系列菌种构建微生物生态系统。6 号塘与南湖排污口相连, 直接将示范工程的水排放到南湖, 因为面积只有 850m², 为巩固水体稳定处理效果, 确保按地表Ⅳ类水标准排放进入南湖, 对 6 号塘也进行了微生物菌剂处理。

3.4 水生植物净化体系

利用生物格栅和植物浮岛技术, 建立水生植物生态系统、浮岛生态系统、狐尾藻净化系统和人工水草净化系统, 用植物的生长吸收过程抑制藻类, 维持水质稳定, 达成水体景观的效果。

3.4.1 水生植物生态系统

在 F-1 号塘种植挺水植物约 70 m², 1 号塘约 20 m², 2 号塘约 350 m², 3 号塘约 250 m², 挺水植物包括美人蕉、鸢尾、再力花、梭鱼草、花叶芦竹和香蒲, 共六种。

在 2 号塘种植沉水植物 2400 m², 3 号塘种植沉水植物 700 m², 沉水植物包括苦草、竹叶眼子菜和黑藻三种。

3.4.2 浮岛生态系统

F-1 号塘布设圆形浮岛 200 m², 2 号塘布设圆形浮岛 40 m² 和矩形浮岛 50 m², 3 号塘布设圆形浮岛 40m², F-1、1、2、3 号塘 5 台曝气机共布设环形浮岛 100 m²。

3.4.3 人工水草净化系统

对 6 号塘水面杂草进行清理,池塘狐尾藻东西两侧围网隔离 200 m² 区域,进行绳形人工水草布设,总布设面积 200 m²,布设密度 5 根/m²。

3.5 水生食物链系统

通过在湖泊中投入鱼、虾、蚌类等水生动物,优化水体生物群落结构,形成水生食物链系统,抑制藻类过量繁殖,达成构建良性循环生态系统的目的。在 F-1、1、2 和 3 号塘投加鲢鱼、鳙鱼及鳊鱼等鱼类,总计投放约 40 kg,放养蚌类约 550 kg。

4 水体治理成效

本项目主体工程建设完成后开始运行,对水体连续取样检测,监测数据为 2022 年 9 月~2023 年 1 月,示范工程对 COD、NH₃-N 的去除效果见图 2-3。在运行初期即 2022 年 9 月~2022 年 10 月,F-1、1、2 和 3 号塘中微生物、沉水植物、挺水植物和植物浮岛正处于适应期,无法实现稳定处理,出水 COD、NH₃-N 浓度高且波动较大,造成与待治理水系相连的 4、5 和 6 号塘的水体 COD、NH₃-N 浓度偏高,处于地表水 V 类标准。2022 年 11 月以来,F-1、1、2 和 3 号塘能进行稳定处理,整个水系即 F-1、1、2、3、4、5 和 6 号塘的 COD、NH₃-N 浓度维持在地表水 IV 类标准,水质得到明显改善,满足南湖排水水质要求。

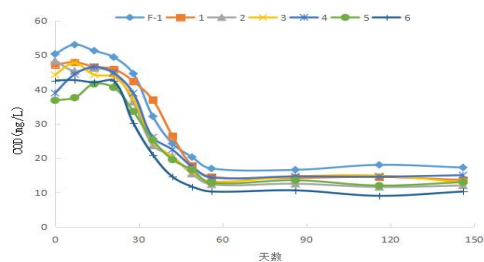


图 2 COD 去除效果

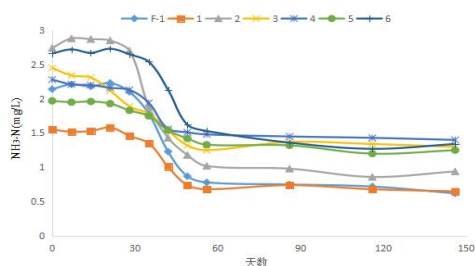


图 3 NH₃-N 去除效果

5 结论

本示范工程通过削减与控制水体污染物、水体流态

模型构建、水生植物净化体系、水生食物链系统等修复技术的集成,达成了集水质改善、功能提升、生态净化于一体的综合治理目标,将水质从 V 类提升到 IV 类,具有成本低、见效快、无副作用以及水质能长效维持等优势。

武汉市南湖存在多源汇流污染、水质持续在 V 类、水体富营养化、生态系统缺失等景观湖泊共性问题,选择南湖入湖排口的华中农业大学东南部湖泊水系作为示范工程,不仅对改善河流湖泊水体富营养化起到积极的借鉴作用,而且确保排放到南湖的水质达到 IV 类以上,达成消减南湖外源污染的目的。

参考文献

- [1]王圣瑞,郑丙辉,金相灿,孟伟,席海燕.全国重点湖泊生态安全状况及其保障对策[J].环境保护,2014,42(04):39-42.DOI:10.14026.
- [2]熊昱,廖炜,李璐,杨伟,马丽梅,王晖.湖北省湖泊污染现状及原因分析[J].中国水利,2016(18):54-57.
- [3]市委办公厅 市人民政府办公厅关于印发《武汉市“四水共治”工作方案(2017-2021 年)》的通知[J].武汉市人民政府公报,2017(05):36-41.
- [4]宋柯峰,蔡启佳,洪培,邓青辉,王纯波,肖邦定.武汉南湖可溶性有机物的来源与组成分析[J].环境科学与技术,2021,44(03):120-129.
- [5]陈璇,黄超颖.中心城区入湖排口的污染削减实践——以武汉市南湖楚康路排口为例[J].中国资源综合利用,2020,38(12):128-130.
- [6]魏明蓉,姜应和,黄海涛,林华,王生凤.湖泊疏浚底泥处置方法初探——以武汉南湖为例[J].安徽农业科学,2010,38(28):15801-15802+15805.
- [7]杨墨,王彬,张锋,李璐,马放.武汉南湖周边某雨水处理厂设计[J].给水排水,2021,57(08):56-60.

作者简介:余颀(1990-),女,汉族,武汉人,讲师,硕士研究生,湖北生态工程职业技术学院,主要研究方向水污染控制技术,生态修复。

作者简介:吴定心(1984-),男,荆州人,博士研究生,高级工程师,研究方向环保,水污染控制技术。通讯作者:董文龙(1983-),男,黄石人,硕士研究生,教授,研究方向为水污染控制技术。

基金项目:湖北省教育厅科学技术研究计划指导性项目 B2022581“南湖周边水域水质改善与功能提升关键技术研究工程示范”