

# Engineering Practice of Water Ecosystem Function Construction and Long-term Maintenance in Urban Park—Taking Shanghai, China Pudong Software Park Smart Lake as an Example

Yang Gao

Shanghai Taihe Water Technology Development Co., Ltd., Shanghai, 201700, China

## Abstract

As an important part of urban ecosystem, the ecological nature of landscape water is particularly important. Lucid waters and green mountains are gold and silver mountains, and the use of ecological technology to improve the quality of water environment has formed a consensus in the industry. Wisdom lake in Shanghai pudong software park, for example, the pretreatment (sediment activation), zooplankton guide underwater ecosystem construction and biological manipulation and comprehensive technology implementation of water ecological management, auxiliary professional water ecological conservation, water transparency significantly, water eutrophication, form a stable water ecosystem. Finally, the effective methods and strategies to solve the problem of water deterioration and maintain the long-term stability of the ecosystem are explored, so as to provide reference for the construction of ecological parks.

## Keywords

urban park; ecosystem function construction; long-term maintenance strategy

# 城市公园水体生态系统功能营造与长效保持工程实践——以中国上海市浦东软件园汇智湖为例

高洋

上海太和水科技发展股份有限公司, 中国·上海 201700

## 摘要

城市公园作为城市生态系统的重要组成部分,其景观水体的生态性也尤为重要。绿水青山就是金山银山,利用生态技术提升水环境质量已在行业内形成共识。论文以上海市浦东软件园汇智湖为例,采用预处理(底泥活化)、浮游动物引导水域生态系统构建以及生物操纵等综合技术实施水生态治理,辅助专业的水生态养护,水体透明度显著提升,水体富营养化得到改善,形成稳定的清水型生态系统。最终探索出以生态平衡技术解决水体恶化问题,以及维护其生态系统长期稳定的有效方法和策略,为建设生态型公园提供参考。

## 关键词

城市公园; 生态系统功能营造; 长效保持策略

## 1 引言

受城镇区域扩张、城镇人口自然增长和乡村人口流入城镇等因素影响,城镇人口继续增加,大量人口涌入城市,城市规模不断扩大,人们也逐渐远离大自然<sup>[1]</sup>。在城市快速发展的大背景下,为满足居民对美好生活的需求,中国各个地区不同类型的城市公园在快速建设。城市公园除了打造陆生景观,水体设计在城市公园建设中同样扮演着重要角色<sup>[2,3]</sup>。水的存在可以创造不同湿度与温度的生长环境,形成优越的小气候环境,缓解城市热岛效应;城市公园水体作为城市

的蓄水池可以有效调蓄雨水、补充城市地下水、净化水质;同时水体中的水生植物、鱼类及微生物又增加了城市的生物多样性。但是在建设和管理城市公园过程中忽略生态平衡的保护,最终造成城市公园生态环境失衡问题变得越来越突出<sup>[4-6]</sup>。论文以上海市浦东软件园内汇智湖水体水环境治理工程实践为例,探索研究城市公园水体生态系统功能营造与长效保持技术,以期在城市公园景观水体的治理和长期养护工作提供借鉴。

## 2 工程概况

汇智湖开挖于2006年,水域面积38000m<sup>2</sup>,水深1.0~3.5m,淤泥厚度0.5~0.8m,是软件园的主要景观之一。

【作者简介】高洋(1987-),男,中国山东枣庄人,硕士,工程师,从事水环境治理及产业融合研究。

汇智湖东侧与吕家浜相连处建有溢流坝,使汇智湖水体相对独立,汛期雨水通过溢流坝排放至外河道,旱季可利用泵站补充外河道水至湖内,湖水承担了园区内大部分的绿化灌溉用水(见图1)。



图1 汇智湖范围图

### 3 汇智湖存在的主要问题及其产生原因

汇智湖为半封闭水体,缺乏流动性,污染物堆积,受尘土、落叶、池泥和微生物的影响,水质遭受严重的破坏,抵御外界干扰的能力差,自然形成生态系统尤为困难。汇智湖的补充水源主要是自然降水、地表水以及外河道水,而这恰恰是公园水体污染物的主要来源,易把公园绿地的化肥农药、地表污染物带入水体中,造成水体过度营养化。再者,游客游玩时产生的垃圾进入公园水体,造成污染。野生水生植物品种单一,水体建设初期未能根据水体的实际情况培植沉水植物、挺水植物与浮水植物,并放养水生动物及微生物。使得城市公园水体难以形成结构完整、生态健康的可持续发展水生生态系统。随着时间的推移,湖内营养物质不断积累,水体富营养化现象日益严重,耐污型沉水植物狐尾藻大量生长,园区先后安排大量人员进行水草清理打捞,并采用水下割草机进行循环操作,水草清理稍有起色,但无法从根本上解决问题。

### 4 汇智湖水体生态系统功能营造及

针对汇智湖存在的问题,采用预处理(底泥活化)、浮游动物引导水下生态系统构建以及生物操纵等综合技术实施水生态治理。预处理工艺主要为底质活化改良;浮游动物引导水下生态系统构建包括沉水植物种植、浮游动物投放、微生物投放、大型水生动物投放、增设曝气设备等技术,实现微生物—沉水植物—浮叶植物—水生动物群落共生,最终形成稳定的清水型生态系统。

#### 4.1 底质活化改良

土壤作为植物生长的影响因素之一,为了营造水生植物生长所需的环境,水体底部需要有质量良好的土壤环境。由于长期的沉降作用,汇智湖底部土壤在水—土交界处呈悬浮状,沉水植物不易扎根,不能满足沉水植物的正常生长;同时,底泥长时间处于厌氧状态,有害物积累较多,根据对底泥检测结果分析,磷酸盐含量高。针对这一现状,首先排

干湖水,曝晒底泥2~3d,然后泼洒石灰或石灰乳:泼洒量为 $1.2\text{kg}/\text{m}^2$ ,然后再暴晒3~5d,最终使底泥“钝化”并达到稳定,有利于水生生态系统建设施工。

#### 4.2 浮游动物引导水下生态系统构建工艺

浮游动物引导水下生态系统构建工艺,在水体内种植沉水植物,投放浮游动物,投放大型水生动物等,构建微生物—沉水植物—浮叶植物—水生动物共生群落,提高物种多样性,营造良好的生态环境,利用沉水植物对营养物质的吸收、微生物群落的净化,最后实现富营养资源转化。

##### 4.2.1 沉水植物系统构建

沉水植物是水下景观的主要组成部分,是实现从浊水态到清水态转变的关键,对水体的综合净化效果最佳;能够高效的吸收氮磷等营养物质,抑制底泥再悬浮及氮磷营养盐释放,促进氮的硝化/反硝化作用及磷的沉降;能够产生大量的原生氧,可长久保持水体高溶氧状态;为浮游动物提供避难所,增强生态系统对浮游植物的控制和系统的自净能力。沉水植物布设以四季常绿矮型苦草为主,搭配改良刺苦草与小茨藻,在丰富生物多样性的同时打造错落有致的水下森林景观,针对汇智湖,水草覆盖率设计为75%,四季常绿矮型苦草为 $17100\text{m}^2$ ,种植密度:20丛/ $\text{m}^2$ ,13株/丛,高度20~25cm。改良刺苦草与小茨藻各 $5700\text{m}^2$ ,种植密度:20丛/ $\text{m}^2$ ,13株/丛,高度25~35cm。

##### 4.2.2 浮游动物与微生物投放

大型枝角类浮游动物(食藻虫)为水生态修复技术的核心,它对控制和预防水体藻类,提升透明度起着至关重要的作用。食藻虫以水体中的藻类为其主要食物来源,可以有效地消除藻类,提高水体透明度,营造水下植被的生长环境,促进水底水生植被的生长,并与水生植被形成良好的共生关系。大型枝角类浮游动物投放密度 $80\text{mL}/\text{m}^2$ ,投放面积为 $38000\text{m}^2$ ,总投放304L。生物在构建水下生态系统之前,使用氨化细菌、硝化细菌和反硝化细菌等微生物促进沉水植物正常生长。

##### 4.2.3 大型水生动物投放

待沉水植物生长茂盛、覆盖率有大幅度提高,有一定抗干扰能力后可投放水生动物补充水生生态系统中消费者的不足,完善水生生态系统。由大型底栖动物和肉食性鱼类为主导的水生动物群落与水生植物形成共生关系,辅助维持“草型清水态”生态系统固有的物质循环、能量流动和信息传递的稳定进行。螺类及虾发挥滤水功能,辅助净化;肉食性鱼类控制滤食性及杂食性鱼类种类;本工程拟投放土著种:环棱螺120kg(规格:300只左右/kg),45kg青虾(规格:2~3cm/只),110尾黑鱼(规格:50~150g/尾)。

##### 4.2.4 人工增氧曝气系统设置

辅助增氧工程包括浮水泵以及相关的固定装置、控制开关/电控箱的安装、调试和质保维护,本项目在水域中分别布设2套功率为1.5kW的浮水泵。为建立良性的生态系统提供了保障,满足了水体供氧需求;也可促进上下层水体

交换，同时提高局部水体景观效果。

## 5 水体生态系统长效保持技术

工程施工完成后，进入水生态养护管理期。养护管理计划主要包括分项养护管理计划、季节性养护、水质监测方案、风险防范措施及项目资料标准化管理。其中曝气增氧设备每年（或累计运行 2500h）应维护保养一次；及时清除水体表面的植物及非目的性沉水植物；加强对有害生物的日常监测和控制，以生物防治、物理防治为主的无公害防治方法；水生植物休眠期清理植株上的枯枝和病叶，喷洒晶体石硫合剂等进行病菌预防控制；及时补充微生物菌，调控水体生态平衡。

## 6 工程效益分析

浦东软件园汇智湖水体水环境治理工程完成后，生态系统得到恢复，连续的专业养护使其产生稳定的、良好的生

态环境效益。

### 6.1 水质稳步提升

汇智湖治理前水质为劣 V 类水体，其中总磷浓度较高，治理完成后且经过专业的生态系统养护，水体透明度显著增加，治理前湖体透明度仅为 30cm，而 2022 年至今湖体透明度达 1.5m 以上（见图 2），高于 GB12941—91《景观娱乐用水水质标准》A 类标准。溶解氧由 3.8mg/L 提升至 8.3mg/L，养护期稳定在 6.8~8.3mg/L 之间（见图 3）。治理前汇智湖总磷浓度为 0.45mg/L，治理完成后逐步削减至 0.02mg/L（见图 4），治理前高锰酸盐指数浓度为 10.6mg/L，治理完成后逐步削减至 2.9mg/L（见图 5），治理前氨氮浓度为 1.36mg/L，治理完成后逐步削减至 0.06mg/L（见图 6），主要富营养指标（总磷、高锰酸盐指数、氨氮）远高于 GB3838—2002《地表水环境质量标准》Ⅲ类标准。

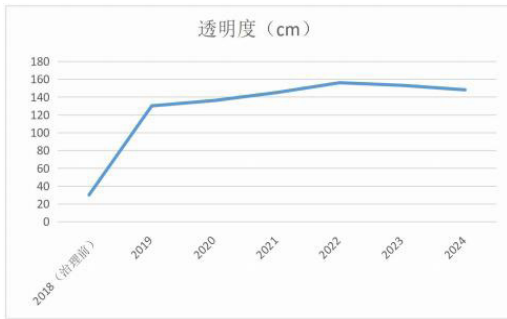


图 2 汇智湖治理前后透明度变化图

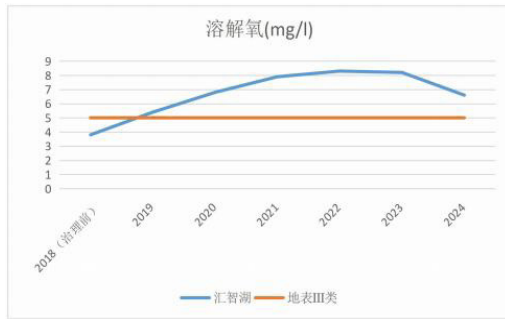


图 3 汇智湖治理前后溶解氧变化图

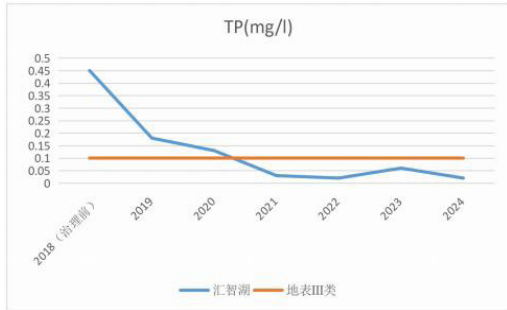


图 4 汇智湖治理前后总磷变化图



图 5 汇智湖治理前后高锰酸盐变化图

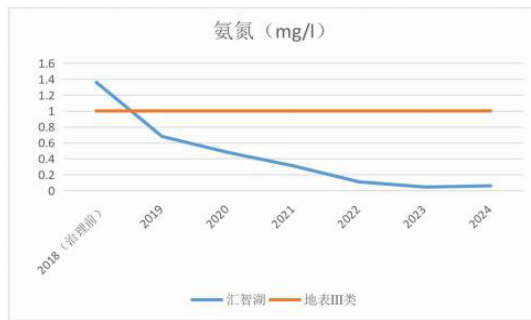


图 6 汇智湖治理前后氨氮变化图

## 6.2 形成稳定的清水型生态系统

汇智湖较高的水体透明度有利于沉水植物的生长,经调查,汇智湖水下沉水植物覆盖率已高于80%。沉水植物为主的生产者在营养元素的竞争中可以有效抑制蓝绿藻等浮游植物的生长,进而可维持较高的水体透明度,另一方面,生态系统中浮游动物、杂食性鱼类、肉食性鱼类维持着健康的结构比例,肉食性鱼类控制着杂食性、底栖类鱼类的数量,进而避免浮游动物大量被杂食性鱼类摄食,从而保证有一定数量的浮游动物可以直接预防浮游植物的爆发,同时也会减少底栖类鱼类对底质的扰动,维持水体处于较高的透明度。2018年治理完成至今,汇智湖水体中微生物—水生植物群落—水生动物维持着动态稳定,即形成了稳定的清水型生态系统,水体自净能力显著提升,水环境的生态平衡全面恢复。

## 7 结论及建议

本项目采用浮游动物引导水下生态系统构建工艺,在水体内种植沉水植物,投放浮游动物,投放大型水生动物等,构建形成微生物—沉水植物—浮叶植物—水生动物共生群落,水体从劣V类提升为Ⅲ类水,明显改善了汇智湖水质。结合该项目的实践和成效,从功能营造和长效保持相结合角度,提出对城市公园景观水体治理的建议。

### 7.1 污染源控制

污染物的持续输入,将超过生态系统的自净能力,使生态系统由清水态向浊水态转变,进而使水质持续恶化,因此减少地表径流,管控面源污染,减少污染物质输入尤为必要。园区应采取雨污分流,避免污水直接入湖,地表径流可以结合海绵城市建设,增加植草沟、雨水花园、旱溪等生物

滞留设施进行污染源控制。

### 7.2 生态系统稳定性长效保持

生态系统稳定性长效保持是恢复和提升水体自净功能的关键。生态系统的稳定性包括沉水植物群落稳定及水生动物群落稳定。在生态系统构建初期,以四季常绿矮型苦草为主,随着时间的推移,沉水植物群落会发生演替,顶冠型、季节性沉水植物(如轮叶黑藻、金鱼藻等)会增多,在日常养护中要注意季节性沉水植物在生长旺盛期进行人工控制,防止顶冠型沉水植物遮挡阳光造成矮型苦草大量死亡,不利于沉水植物群落的稳定。另外,水生动物的群落稳定主要表现为合理的鱼类结构,杂食性、底栖类鱼类控制在合理的数量范围内,减少其对沉水植物的摄食及对底泥的扰动,同时,要预防福寿螺等外来物种的入侵。

### 参考文献

- [1] 张宏儒,何珊.城市大型水体景观与自然净化一体化设计策略[J].建筑科技,2022,6(1):5-8.
- [2] 范嘉敏.生态平衡背景下城市公园水体设计和植物配置策略探讨[J].南方农业,2022(1):75-76.
- [3] 张翰.生态平衡视角下城市公园的水体设计和植物配置[J].智慧城市,2021,7(2):39-40.
- [4] 谭凯婷,柳君侠,王志红,等.沉水植物修复富营养化景观水体的研究进展[J].水处理技术,2019,45(6):15-18.
- [5] 周运昌,何岩,陈静涵,等.城市景观水体石灰控藻效应研究[J].华东师范大学学报(自然科学版),2020(1):103-109.
- [6] 艾昕,兰亦阳,郑曦.基于生态系统服务协同增益的城市生态空间区划研究——以北京市生态涵养区为例[J].风景园林,2020,27(11):82-89.