

铜陵翠湖公园水体污染生态治理

刘 顺^{1,2}, 桂和荣^{2,3}, 洪步林⁴, 李冬生⁴

(1. 安徽理工大学 地球与环境学院, 安徽 淮南 232001; 2. 国家煤矿水害防治工程技术研究中心, 安徽 宿州 234000; 3. 宿州学院 资源与土木工程学院, 安徽 宿州 234000; 4. 安徽清环水工科技有限公司, 安徽 铜陵 244000)

摘 要: 翠湖的主体部分位于铜陵市翠湖公园内,是一处受到人为污染的景观水体。以翠湖治理为例,结合水利防洪、生态工程和园林绿化等原理,通过生态净化系统的自净能力对其进行深度治理。初期运行结果表明,透明度、DO 和 COD 等理化指标达到预期的地表水环境质量 V 类标准;而氨氮和总磷含量得到明显控制,该区域内氨氮和总磷最低含量分别达到 4.91 mg/L 和 0.447 mg/L,接近 V 类水质标准,整体水质情况得到全面改善。

关键词: 铜陵翠湖; 黑臭水体; 生态修复

中图分类号: TU992 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)08-0110-05

Ecological Management for Water Pollution Control of Green Lake Park in Tongling City

LIU Shun^{1,2}, GUI He-rong^{2,3}, HONG Bu-lin⁴, LI Dong-sheng⁴

(1. School of Earth & Environment, Anhui University of Science & Technology, Huainan 232001, China; 2. National Engineering Research Center of Coal Mine Water Hazard Controlling, Suzhou 234000, China; 3. School of Resources & Civil Engineering, Suzhou University, Suzhou 234000, China; 4. Anhui Qinghuan Shuigong Technology Corporation, Tongling 244000, China)

Abstract: The Green Lake, mainly located within Green Lake Park in Tongling City, was an artificially polluted landscape water. Combining with water conservancy and flood control, ecological engineering and landscaping and other principles, the governance of Tongling Green Lake was taken as an example to provide advanced treatment through the ecological purification and other measures. The result of initial operation showed that the visibility of the main lake, dissolved oxygen, COD and other indexes could reach the expected indicators of level V in *Environmental Quality Standards for Surface Water* (GB 3838-2002). While, the total content of ammonia nitrogen and phosphorus were obviously controlled, with the lowest content of 4.91 mg/L and 0.447 mg/L respectively, close to the water indicators of level V. Therefore, the overall water quality has been comprehensively improved.

Key words: the Green Lake in Tongling; black and malodorous river; ecological management

在城市河道的治理过程中,由于比较片面地强调防洪、排水,忽略了河道的其他功能,致使某些

城市河道成了“露天阴沟”或“盲肠河道”。同时,水系不够活,局部地段截污不力,都制约了城区河流

水环境质量提升^[1]。

国外的河流生态修复技术提出较早,发展较为成熟,而国内起步较晚,虽取得一定的成果^[2~4],但较多偏重湖泊的空间景观设计和简单的水质改善,而对运用生态技术对湖泊进行修复的研究还较少。翠湖水体生态工程以生态技术为核心,综合运用水污染治理的有效手段进行综合治理,取得了较好的效果。

1 工程概况

翠湖位于安徽省铜陵经济技术开发区境内翠湖公园之中,上游连接铜陵幸福渠排水口,下游连接西湖大水体,是铜陵市主城区主要的泄洪通道。翠湖水体占地面积约 15.3 hm²,平均水深约 2 m。治理保护段从翠湖二路幸福渠排水口起,到下游西湖水体入水口(位于翠湖六路),全长约 2.0 km,其间有主要城市雨水排污口 5 个(见图 1)。翠湖二路幸福渠雨污水排水口大约直接排放 3 000 m³/d 合流制污水(以生活污水为主)进入翠湖。翠湖三路排水口排放约 500 m³/d 污水,翠湖四路东、翠湖四路西和翠湖五路这三个排水口排放约 1 000 m³/d 污水,这些污水以工业废水为主,含大量油污。

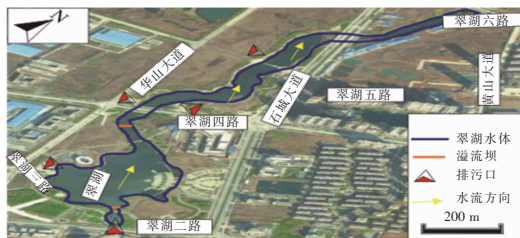


图 1 翠湖水体位置

Fig. 1 Location of the Green Lake

翠湖主要是在城市主排水沟(幸福渠)上扩宽筑坝而成,水源主要来自上游约 400 hm² 老城区的雨污水以及开发区内约 300 hm² 区域的雨水,由于老城区排水体制为雨污合流制,接入翠湖的水含有大量生活污水,同时由于污水管道建设滞后,导致开发区部分企业污水通过雨水管道排入翠湖,造成严重污染。由于上游雨污分流不彻底,使得翠湖水体的水质越来越差,大量油污垃圾等漂浮在水面,发黑发臭,整个翠湖水体已变成劣 V 类水体。

2 翠湖生态治理工艺流程及特点

2.1 生态修复工艺流程

翠湖水体改善工程主要目的是构建水生生态系

统,提高水体的透明度,恢复水体的景观效果。主要包括 4 个主体工程:基底改良工程、水生植物群落构建工程、水生动物系统构建工程和水体透明度提升工程。

工艺流程见图 2。

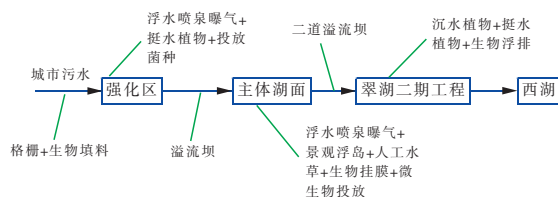


图 2 生态系统处理流程

Fig. 2 Flow chart of ecological system treatment process

来自老城区的工业废水和生活污水通过排污口进入翠湖,首先通过格栅和生物填料去除污水中较大的颗粒物质,包括雨水携带的泥沙和管道垃圾;进入强化区后,通过微生物初步分解污水中的有机物质。污水缓慢通过强化区,经过溢流坝进入翠湖主体湖面,在溢流坝下游建立景观浮岛,用生物膜网将主体湖面分隔成部分小区域分别进行治理。另外,在主体湖面构建水生植物群落和水生动物群落,对污水中的污染物进行分解、吸收。

通过综合优化配置,利用物理吸附过滤、植物吸收分解和微生物降解等作用,使湖水自净能力逐渐增强,形成湖体水环境的良性循环。污染物在主体湖面通过层层净化削减,接着通过翠湖二期工程的建设区域水生植物进一步削减,水质已经基本达到排入西湖的要求。

2.2 主要构筑物与设备

① 地理式高效水处理系统

在翠湖二路幸福渠主排水口处设计一套地理式高效水处理系统($V=1\ 820\ \text{m}^3$),占地面积为 300 m²,具有预处理规模为 5 000 m³/h 雨污合流水的能力。

② 沉水植物

在翠湖水底种植约 90 000 m² 沉水植物,覆盖率达 60%。沉水植物选用黑藻、狐尾藻、苦草等。

③ 景观浮岛与生物栅

景观浮岛与生物栅采用挺水植物和浮水植物,面积约为 3 050 m²。主要选用黄花鸢尾、再力花、粉绿狐尾藻、荷花等。

④ 造流器

设置涌浪式增氧机6台,额定电压为380 V,额定功率为1.5 kW,增氧能力为1.95 kg/h。设置喷泉式增氧机10台,额定电压为380 V,最大送氧面积为3 996~7 992 m²,增氧能力为1.2~1.6 kg/h。这些设备均采用耐腐蚀、抗老化的不锈钢和工程塑料。

2.3 水生生态净化系统

生态系统净化工程作为铜陵翠湖水体污染治理的核心环节,前期的所有工作都是为了营造良好的自然生态系统。污水生态净化与水生生态系统密切相关,生态净化可以定义为水生生态系统中各种生命体、非生命物质包括进入这个系统的污染物质通过富集与扩散、合成与分解、拮抗与协同等多种过程达到消除污染物的目的^[5]。这些过程通常发生在系统内部且与系统的物质循环和能量流动紧密联系。水体在流动过程中与土壤、植物,特别与地表根垫层及节根上生物膜相接触,通过物理、化学、物理-化学及生物反应而得到净化。根据翠湖水流动向,按串联系统原理,综合考虑水面面积、湖体深度、水力停留时间等多种因素,翠湖水生生态系统从南

到北依次为强化区的初级净化、主体湖面的深度净化、二期河道的进一步净化削减。配置挺水植物和曝气喷泉初步吸收、利用、降解水体的污染物质;溢流坝通过曝气、充氧,使水体含氧量增加,更具活力、水生植物配置以沉水植物为主,对流入的污水进行深度处理。

翠湖水生植物的选择参考国内外水生生态修复资料,根据翠湖流域内的水文地貌等条件进行设计,遵循适应当地环境,优先选择本地净化效果好、去污能力强、生态安全,并具有一定观赏价值的植物的原则。在满足以上要求的基础上,尽量使选择的品种容易管理,减少维护的工作量。挺水植物主要选择芦苇、再力花、黄花鸢尾、荷花、水葱等。沉水植物主要选择苦草、狐尾藻、微齿眼子菜、伊乐藻、黑藻等。水生植物种植种类以及各自的空间布局对水体生态环境改善和景观效果具有重要作用,比如微齿眼子菜、苦草等具有抑制藻类生长的效果^[6];伊乐藻对总磷的去除能力要优于微齿眼子菜和狐尾藻等^[7]。翠湖湖心和湖岸的沉水植物配置分别如图3、4所示。

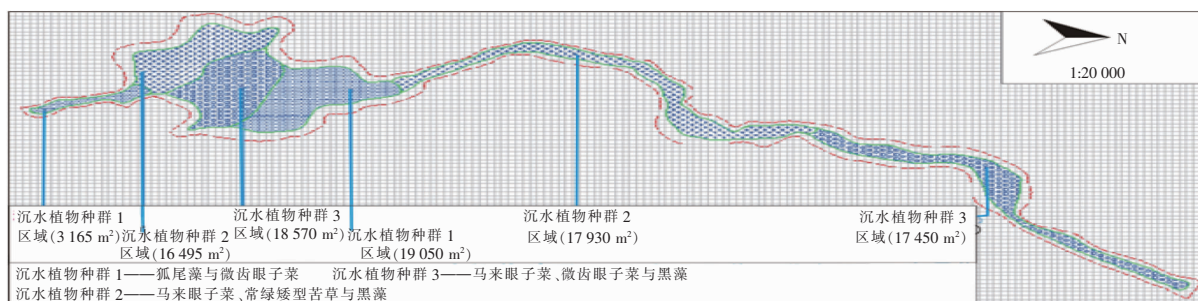


图3 湖心水生植物配置

Fig. 3 Distribution of aquatic plants in central lake

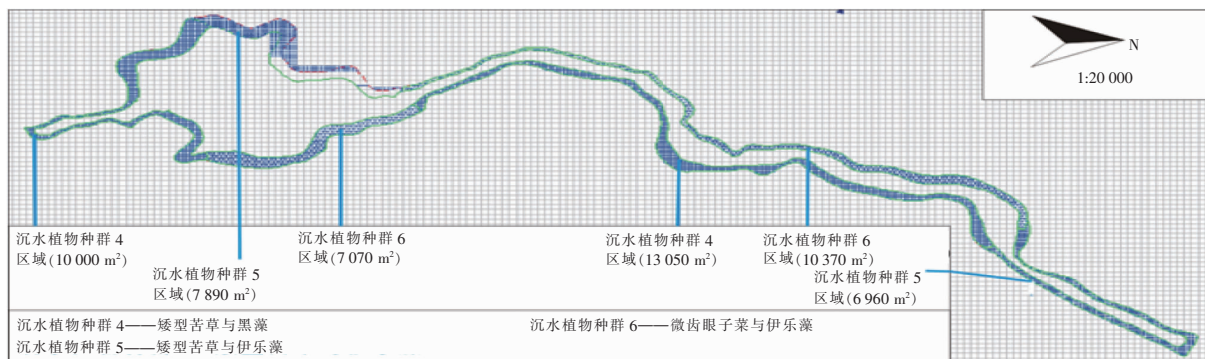


图4 湖岸水生植物配置

Fig. 4 Distribution of aquatic plants in lakeshore

3 工艺效果及评价

3.1 水质监测情况

通过初期的运行调试,对翠湖水体设置7个点进行取样测试,具体数据见表1。通过与《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)进行比较,可以看出所有区域的pH值都在地表水V类水质范围内。由

表1 监测点的水质监测结果

Tab.1 Monitoring results of water quality at different sampling points

项 目	逸顿上游 拦水坝区	翠湖水体 强化区	翠湖一期 月亮湾区	翠湖一期 观景平台	翠湖一期 湖中心区	翠湖三路 入湖口区	翠湖二期 湖中心区	V类 标准值
pH值	7.05	7.69	7.33	7.43	7.39	7.40	7.34	6~9
DO/(mg·L ⁻¹)	0.68	4.71	5.74	5.92	5.88	5.79	5.46	≥2
COD/(mg·L ⁻¹)	128.0	26.2	17.6	19.6	18.1	19.0	21.0	≤40
NH ₃ -N/(mg·L ⁻¹)	17.30	6.72	5.88	5.67	5.60	5.77	4.91	≤2.0
总磷/(mg·L ⁻¹)	1.410	0.678	0.461	0.447	0.451	0.460	0.481	≤0.4
透明度/cm	36	92	112	108	110	115	106	—

从表1看出,氨氮含量均超过标准值,主要区域氨氮含量为5~6 mg/L,与总磷一样,还未达到V类水质标准。本次测试是铜陵翠湖水质的初次调试,后期还需要进行一年左右的水质调试。从表1可知,COD、氨氮、总磷的含量已经明显接近标准值,且与进水口水质相比都有了大幅下降,与翠湖二期湖中心区相比分别下降107、12.39、0.929 mg/L。铜陵翠湖作为景观水体,透明度项目占主要验收分值,除了排污口附近区域偏低外,其他区域基本达到100 cm以上,远远超过验收指标(50 cm)。

初期的运行结果表明,采用翠湖层层削减的生态治理模式,翠湖水质与水体景观都有了较大程度的改善。翠湖水生生态系统的构建,有利于水体形成良性的生态循环,大大提高水体的活力,从而为水体中植物和动物的生长、代谢及污染物的降解、水体透明度的提升创造了有利的环境。

3.2 生态及景观效应评价

通过实施翠湖生态修复工程,目前已经基本构建成以荷花和芦苇为主的挺水植物群落及以黑藻和苦草为主的沉水植物群落。这些水生生物的茎叶表面吸收水体中的营养盐,根从底泥中获取营养盐,其光合作用中不断向水体释放大量的氧气,促进有机污染物和无机还原物的氧化分解,促进和维护底泥表层成为氧化态的氧化层,抵制内负荷的释放,改善水体理化环境,有利于水生态系统的恢复^[8]。由于翠湖地势较平缓,流速较慢,但受气候以及风向影响而改变,冲刷河床力度较弱,所以两岸草地土壤

于逸顿上游拦水坝区作为最大的生活污水进水口,选取作为监测点,各项目指标都显示为劣V类,其中DO、COD、氨氮、总磷分别为0.68、128、17.3、1.410 mg/L,都呈现出远远劣于其他区的水质情况。这说明排入翠湖的城市污水在经过层层净化之后,已得到较大改善,翠湖生态项目工程取得了初步成果。

较结实,部分河涌两岸筑有硬石砖以保护植被,非河涌岸边以芦苇、再力花等挺水植物构建水陆交错带,一方面具有防止湖岸土壤侵蚀、稳定湖岸的功能,另一方面也能够提供舒适宜人的娱乐场所,具有环境和经济双重价值。此外,设计喷泉式曝气装置,不仅有助于翠湖水生生态系统的恢复,还能带来景观效果。

与国内传统的水污染治理相比,翠湖水体生态治理将净化功能与公园景观相结合是其一大特色。生态系统的建立和恢复,不仅缓解了上游老城区污水排放问题,而且使下游西湖进水口的水质得到净化。另外,水生植物、水生动物和水上建筑小品,都丰富了公园景观。该水体治理工程于2015年6月29日开始运营,湖泊的大体构筑已经基本完成,往日的“脏、乱、差”和水体的黑臭已经得到有效遏制,去往翠湖周边的居民日益增多。翠湖的生态治理方案效果显著,已达到初期目标,得到有关部门以及周边居民的肯定。

图5 为治理前、后效果对比。



图5 工程治理前、后水体对照

Fig.5 Comparison of water body before and after improvement

4 结论

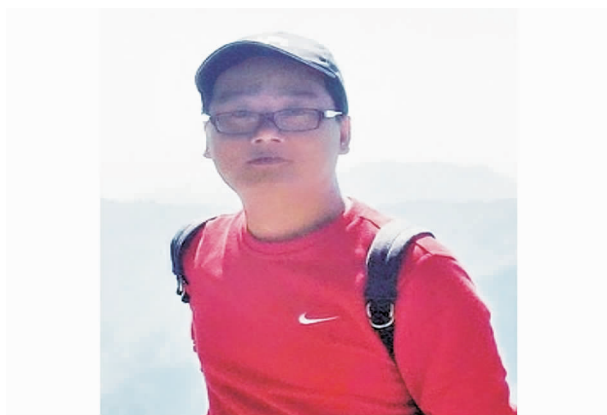
通过实施翠湖水体治理工程改善了往日“脏、乱、差”的局面,黑臭水体得到全面遏制,使翠湖公园成为了集生态、观赏、休憩、娱乐和生态修复示范为一体的综合公园。

翠湖水体治理工程已经在主要区域构建了大量的沉水植物群落,提高了水生生物的多样性,增加了水中溶解氧含量以及对水中的各类藻类起到显著抑制作用;构建的挺水植物群落,一方面完善了生物物种的多样性,另一方面也成为翠湖景观的一大特色。

翠湖水质基本得到有效控制,除部分地区尚未构建好水生植物外,翠湖主体湖面水质得到基本改善,通过物理、化学、生物、生态等综合作用,其中总磷、氨氮等指标接近Ⅴ类指标,与治理较好的区域相比,城市污水中的COD、氨氮、总磷分别下降107、12.39、0.929 mg/L,而透明度、COD、pH值等指标达到验收标准,为接下来的治理和后期的水质调节打下基础。

参考文献:

- [1] 黄伟来,李瑞霞,杨再福,等. 城市河流水污染综合治理研究[J]. 环境科学与技术,2006,29(10):109-111.
Huang Weilai, Li Ruixia, Yang Zaifu, *et al.* Integrated treatment of city river aquatic pollution[J]. Environmental Science and Technology, 2006, 29(10):109-111 (in Chinese).
- [2] 唐丽虹. 福州市琴亭人工湖水量及水质保持设计[J]. 中国给水排水,2010,26(4):45-48.
Tang Lihong. Design of water quantity and quality preservation for Qinting artificial lake in Fuzhou City[J]. China Water & Wastewater, 2010, 26(4):45-48 (in Chinese).
- [3] 孙政,周建忠,马林伟,等. 深圳市东湖公园湖泊污染防治[J]. 中国给水排水,2007,23(8):42-45.
Sun Zheng, Zhou Jianzhong, Ma Linwei, *et al.* Lake pollution control of Donghu Park in Shenzhen City[J]. China Water & Wastewater, 2007, 23(8):42-45 (in Chinese).
- [4] 於建明,吴成明,陈哲,等. 宁波市中塘河支流黑臭河道治理与生态修复[J]. 中国给水排水,2013,29(4):64-67.
Yu Jianming, Wu Chengming, Chen Zhe, *et al.* Improvement and ecological remediation of malodorous river, Zhongtang River tributary in Ningbo City[J]. China Water & Wastewater, 2013, 29(4):64-67 (in Chinese).
- [5] 季兵,张明旭,陈漫漫. 污水生态净化技术研究与进展[J]. 上海环境科学,2005,24(4):164-168.
Ji Bing, Zhang Mingxu, Chen Manman. Research and application progress on sewage ecological cleaning technologies[J]. Shanghai Environmental Sciences, 2005, 24(4):164-168 (in Chinese).
- [6] 鲜啟鸣,陈海东,邹惠仙,等. 四种沉水植物的克藻效应[J]. 湖泊科学,2005,17(1):75-80.
Xian Qiming, Chen Haidong, Zou Huixian, *et al.* Allelopathic effects of four submerged macrophytes on microcystis aeruginosa[J]. Journal of Lake Sciences, 2005, 17(1):75-80 (in Chinese).
- [7] 宋福,陈艳卿,乔建荣,等. 常见沉水植物对草海水体(含底泥)总氮去除速率的研究[J]. 环境科学研究,1997,10(4):47-50.
Song Fu, Chen Yanqing, Qiao Jianrong, *et al.* Study on the removal rate to total nitrogen in Caohai Lake (including sediments) by common submerged macrophytes[J]. Research of Environmental Sciences, 1997, 10(4):47-50 (in Chinese).
- [8] 吴芝瑛,陈璠. 小流域水污染治理示范工程——杭州长桥溪的生态修复[J]. 湖泊科学,2008,20(1):33-38.
Wu Zhiying, Chen Yun. Demonstration project of water pollution treatment in small watershed; ecological remediation of Changqiao Stream, West Lake, Hangzhou[J]. Journal of Lake Sciences, 2008, 20(1):33-38 (in Chinese).



作者简介:刘顺(1992-),男,安徽合肥人,硕士研究生,研究方向为水污染治理。

E-mail:1210124441@qq.com

收稿日期:2017-09-12