

# 长三角一体化示范区 典型湖泊生态修复路径

刘 鹏<sup>1</sup>, 秦 灏<sup>1</sup>, 吴小靖<sup>1</sup>, 钱 星<sup>2</sup>, 陈寿岭<sup>1</sup>

(1. 江苏省太湖水利规划设计研究院有限公司, 江苏 苏州 215000;

2. 华汇工程设计集团股份有限公司苏州分公司, 江苏 苏州 215000)

**摘要:**对照长江三角洲区域一体化发展战略对示范区幸福河湖建设提出的更高要求,以示范区典型湖泊——元荡为例,开展生态修复路径研究。从水生态环境存在的主要问题着手,研究出水生态修复方案,明确了近岸带湿地建设、人工生境营造、湖体增殖放流和生态清淤等措施,并分析生态修复的治理效果和经验,为其他湖泊水生态环境治理提供参考。

**关键词:**示范区; 典型湖泊; 生态修复; 长三角一体化

中图分类号:X171.4

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2023)01-0040-0005

## Study on ecological restoration path of typical lakes in the Yangtze River Delta integration demonstration area

LIU Peng<sup>1</sup>, QIN Hao<sup>1</sup>, WU Xiaojing<sup>1</sup>, QIAN Xing<sup>2</sup>, CHEN Shouling<sup>1</sup>

(1. Jiangsu Taihu Water Conservancy Planning and Design Institute Co., Ltd., Suzhou 215000, China;

2. Suzhou Branch of Huahui Engineering Design Group Co., Ltd., Suzhou 215000, China)

**Abstract:** In light of the higher requirements for the construction of happy rivers and lakes in the demonstration area put forward by the Yangtze River Delta regional integrated development strategy, a study on the ecological restoration path was carried out taking Yuan Dang, a typical lake in the demonstration area, as an example. Starting from the main problems existing in the water ecological environment, the paper studies the water ecological restoration scheme, clarifies the coastal wetland construction, artificial habitat construction, lake proliferation and release, ecological dredging and other measures, and analyzes the control effect and experience of ecological restoration, providing reference for the water ecological environment control of other lakes.

**Key words:** demonstration zone; typical lake; ecological restoration; the Yangtze River Delta regional integrated

元荡位于长江三角洲(以下简称长三角)一体化示范区核心区,是示范区水乡客厅的北大门,也是《长三角生态绿色一体化发展示范区总体方案》中“一河三湖”的重要组成部分。2019年10月以来,结合水系连通和农村水系综合整治,元荡先后开展

了水系连通、清淤疏浚、河道清障、岸坡整治、水源涵养、河湖管护和景观人文七类工程治理<sup>[1]</sup>。对照长三角一体化国家战略对元荡和示范区其他河湖提出的更高要求,有必要对元荡先行开展生态修复研究,巩固和提升防洪保安能力,持续提升湖泊生

收稿日期: 2022-11-23

基金项目: 江苏省水利科技项目(2020009)

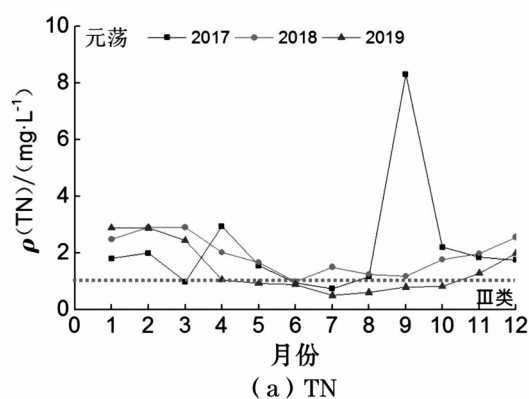
作者简介: 刘鹏(1991—),男,工程师,硕士,主要从事水利规划工作。E-mail:965524318@qq.com

态系统稳定性,改善湖区景观品质,探索世界级水乡人居文明典范的“生态+”发展模式。

## 1 元荡水生态环境主要问题

### 1.1 湖体水质

元荡湖心省考断面考核目标Ⅲ类水标准,2017—2019年间水质监测数据显示,元荡TN、TP质量浓度均值为1.84 mg/L和0.078 mg/L,超过地表水湖库Ⅲ类水标准(图1)。年内变化显示,TN质量浓度总体呈下降—上升趋势,1—2月较高,7—9月较低,TP质量浓度变化规律不明显;年际变化显示,TN和TP年均质量浓度呈下降趋势。主要污染源来自沿岸居民生活污水排放、企业污水排放、农业面源污染、畜禽和水产养殖废水。元荡地处流域和区域下游,上游来水对湖体水质稳定达标也存在一定影响。



### 1.2 硬质岸坡

元荡北侧(吴家村、荡西村、荡村、太阳湖大花园)、南侧北府港东支北侧、西支东侧岸线为浆砌块石硬质护岸,一方面阻碍了陆域与水域之间的物质与能量流动<sup>[2]</sup>,湖滨带生态系统结构不稳定,生态服务功能降低;另一方面缺少生态缓冲空间,难以发挥湖滨带生物多样性维护、水质净化及消浪固岸等功能。

### 1.3 植被覆盖

元荡湖滨湿地带面积占比低,植被稀疏、种类单一、结构简单,湖驳岸主要表现为荒地杂草,难以发挥环境净化、提供生境等生态功能。水生植被覆盖度很低,仅为1%~3%,多为零星分布或斑块状分布。主要由于元荡距离城市建成区较近,人类活动较为频繁,农业、渔业等建设活动较多,人类活动干

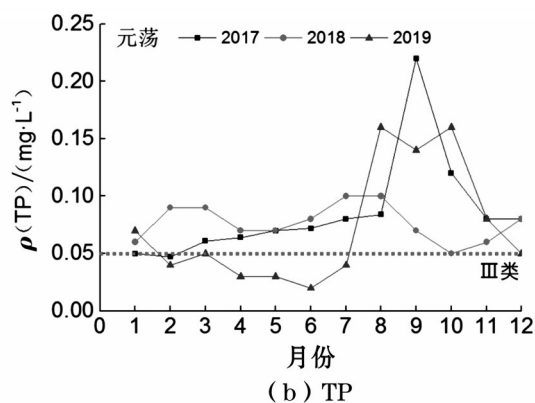


图1 元荡站(湖心)TN、TP质量浓度变化

扰较为强烈。

### 1.4 鱼类群落

元荡鱼类物种数少,群落结构种群单一,导致水生生态系统中冗余能量较多,各营养级间的能流传输效率均较低。水体中滤食性鱼类对浮游植物生长的抑制作用弱,食物链结构尚不完善。主要由于堤岸限制导致鱼类生境简化,降低湖泊形态的空间异质性,同时湖区增殖放流对重要经济鱼类的补充不足也导致鱼群结构不尽合理。

### 1.5 内源污染

元荡西南部、东北部沿岸湖区淤泥较深,湖心及其他区域淤深较浅,总体淤积量不大。入湖河道八荡河、出湖河道北府港等交界区域多年未进行有效治理,淤积明显,影响河湖水体交换和正常引排,存在营养盐释放风险。根据2020年6月检测结果显示,元荡底泥氮质量比为1 650~1 970 mg/kg,相对

偏高;磷质量比为676~786 mg/kg,呈东部高、西部低分布,均大于底泥污染底泥环保疏浚范围控制值<sup>[3]</sup>。

## 2 水生态修复工程方案

针对元荡水生态环境存在的主要问题,结合水上森林景观营造、近岸湿地带建设、滤食性鱼类和底栖动物放养、人工鱼巢鱼礁建设以及生态清淤等措施,构建“三湾两岛阻污染,湖体放流优结构,三片清淤去存量”的总体治理布局(图2),提升水生态系统质量和稳定性。

### 2.1 “三湾两岛阻污染”

针对元荡水体氮磷质量浓度高、近岸带生物资源缺失等问题,结合元荡水位波动规律、水体交换特性、底泥理化特性,在元荡西侧八荡河入湖片区、北侧太阳湖花园片区、南侧北府港片区和东成港、东寿港附近岛屿等主要水流交换区域,开展近岸湿

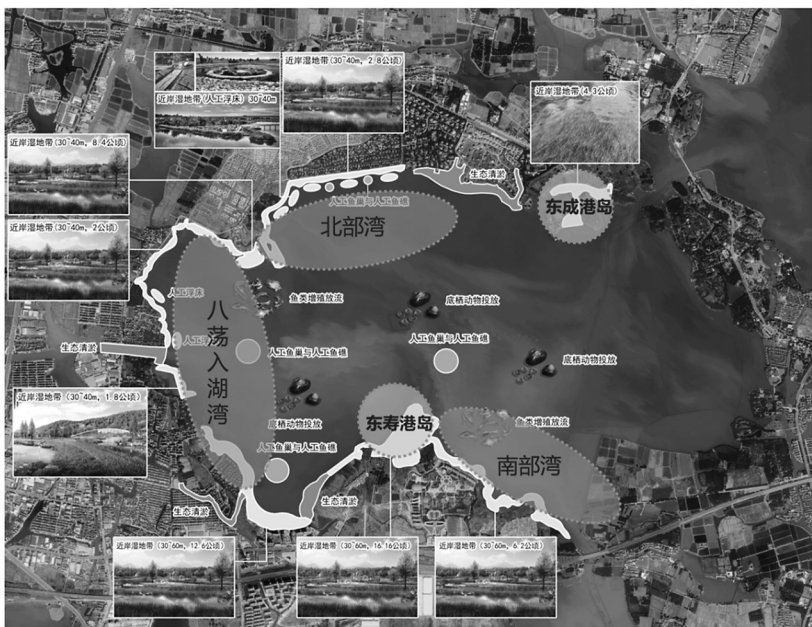


图2 元荡生态修复总体布局

地生态修复(图3),设置消浪拦截带、植物净化带和近岸结合带,配置挺水植物、浮叶植物、沉水植物群落,建设生态岛,阻隔入湖河道和陆域面源污染物直排入湖,增加吸附、吸收水体中氮磷等营养盐,削减水体污染负荷,降低湖流波浪强度,抑制底泥再悬浮,提升湖体自净能力<sup>[4-7]</sup>,同时促进湖泊水源涵养、提升生物多样性。

## 2.2 “湖体放流优结构”

### 2.2.1 鱼类增殖放流

结合元荡鱼类种类组成及种群结构变化和鱼类的生境适应性,元荡鱼类放流主要考虑3种情况,包括:直接摄食浮游植物的滤食性鱼类;延长食物链同时抑制小型鱼类对浮游动物摄食作用的肉食性鱼类;可适应元荡浅水湖泊生境、形成优势种群

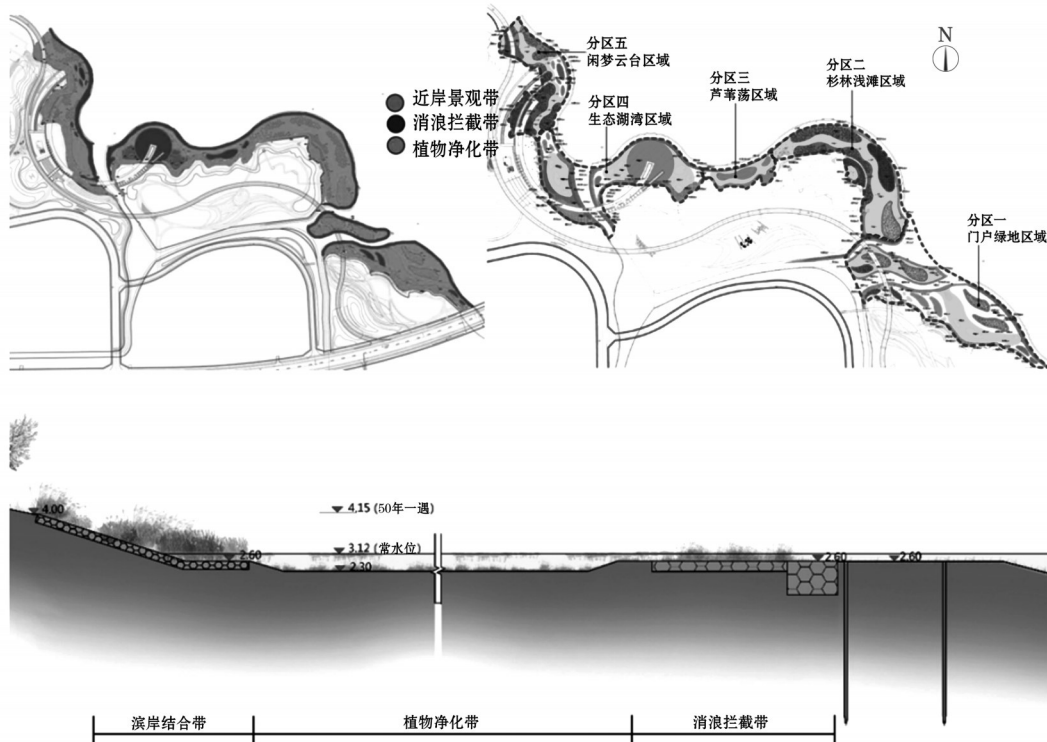


图3 元荡近岸湿地带典型设计



的鱼类。

在元荡全湖投放滤食性鱼类鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)、鳙(*Aristichthys nobilis*)、肉食性鱼类黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*),同时将经济价值较大且在生态位上能对黄颡鱼形成有效补充的肉食性鱼类鳊(*Siniperca chuatsi*)也作为主要放流种类,根据不同营养级鱼类放养试验对水体净化效果对比分析,推荐投放鲢+鳙+黄颡鱼+鳊比例为3:7:1:1,投放密度为50~60 g/m<sup>3</sup>,见表1。

## 2.2.2 底栖动物投放

2017年和2019年元荡底栖动物调查结果显示,元荡水域螺类(如铜锈环棱螺、长角涵螺)数量较多、生物量较大,且螺类繁殖速度较快,容易形成种群。向元荡水体投放以蚌类为主的土著底栖动物,如三角帆蚌(*Hyriopsis cumingii*)、背角无齿蚌(*Anodonta woodiana*)、河蚬(*Corbicula fluminea*)等,投放密度控制在1.5~3个/m<sup>3</sup>可保证对水质的处理效果最佳。

表1 不同密度鱼类放养对水质指标的净化效果

放养密度/ (g·m <sup>-3</sup> )	放养品种	放养比例	去除效果/%			
			TN	TP	COD	Chl-a
20	鲢+鳙	81:189	20.73	5.98	1.36	23.75
	鲢+鳙+黄颡鱼	81:189:27	38.57	44.97	16.94	36.20
30	鲢+鳙	121:283	-7.45	32.64	6.67	17.12
	鲢+鳙+黄颡鱼	121:283:40	14.09	33.10	22.21	56.61
40	鲢+鳙	162:378	26.42	42.58	12.32	17.57
	鲢+鳙+黄颡鱼	162:378:54	30.96	35.22	24.61	37.88
50	鲢+鳙	202:472	-9.71	21.59	-2.24	13.63
	鲢+鳙+黄颡鱼	202:472:68	43.52	39.76	13.98	50.62
60	鲢+鳙	243:567	13.58	12.25	-3.72	19.72
	鲢+鳙+黄颡鱼	243:567:81	41.99	62.42	19.75	54.74

## 2.2.3 人工生境营造

为改善鱼类生境,满足不同习性鱼类繁殖需求,结合近岸湿地带建设中人工浮岛及水生植物群落搭配,建设人工鱼巢鱼礁。参考《河湖生态系统保护与修复工程技术导则》(SL/T 800—2020)<sup>[8]</sup>等资料,规划在元荡北侧太阳湖大花园、西侧和南侧的浅水库湾(适宜产粘性卵鱼类的产卵水域)设置人工鱼巢框架1 500 m<sup>2</sup>,在元荡西北侧和西南侧布置人工鱼礁100个,集中布置,形成2个鱼礁区,每个鱼礁区约0.67 hm<sup>2</sup>。

## 2.3 “三片清淤去存量”

在东成港、八荡河、杨树港等底泥淤积较厚的入湖口周边区域实施生态清淤,清淤土方约26万m<sup>3</sup>,去除上层较高负荷的氮磷等营养物质。表层氮磷等营养物质含量较高的淤泥拟运送至排泥池堆放,其他底泥结合生态修复措施,预处理后用于局部滨岸带湿地塑形,实现淤泥的减量化和资源化利用。

# 3 效果分析

元荡水生态修复通过近岸带湿地建设、人工生

境营造、湖体增殖放流和生态清淤,为水生动植物提供了更为适宜的生存环境,增加水生植物种类超过10种,植被覆盖率超过90%,鱼类资源量增加30%,进一步完善了水生生物群落结构,提升生物多样性,实现水生态系统良性循环。结合近岸带湿地建设,植被的消浪、固岸等作用降低风浪对湖岸线的侵蚀强度,湖滨岸线稳定性进一步提高,防洪保安能力兼顾提升。配套清淤和管护等措施,可有效改善湖泊水环境质量,明显提升生态服务价值,实现元荡水清、湖畅、岸绿、景美的总体目标。

# 4 结 语

以元荡作为典型湖泊开展生态修复研究,对照长三角一体化示范区高质量发展要求,结合水系连通及农村水系综合整治,进一步实施水生态修复,通过近岸带湿地建设、人工生境营造、湖体增殖放流和生态清淤,可实现湖泊水生态系统的良性循环发展,将生态优势转化为经济优势和发展优势,为其他湖泊治理提供重要参考。

## 参考文献:

- [1] 吴芳,李灿灿,郑宏伟,等. 苏州市吴江区农村水系综合整治技术难点及设计创新[J]. 中国水利, 2021(12): 40-43.
- [2] 谢先坤,施震余. 基于自然解决方案的元荡湖湖滨带生态修复[J]. 湿地科学与管理, 2022, 18(4): 56-59.
- [3] 秦鸿根,金相灿,李进军,等. 湖泊河流环保疏浚工程技术指南[M]. 北京:科学出版社, 2013.
- [4] 张祚,谭术魁. 城市滨湖空间开放性与公共性分析:以武汉市为例[J]. 城市问题, 2014(11): 7-12.
- [5] 季永兴,施皓,毛永清,等. 长三角示范区跨界湖泊滨水

空间生态修复实践[J]. 长江技术经济, 2022, 6(5): 8-15.

- [6] KIM K, LEE H, LEE D. Wetland restoration to enhance biodiversity in urban areas: a comparative analysis [J]. Landscape and Ecological Engineering, 2010, 7(1): 27-32.
- [7] BYEON C. Ecological restoration of rivers and wetlands with a sustainable structured wetland biotope (SSB) system [J]. KSCE Journal of Civil Engineering, 2012, 16(2): 255-263.
- [8] 中华人民共和国水利部. 河湖生态系统保护与修复工程技术导则: SL/T 800—2020[S]. 北京:中国水利水电出版社, 2020.

(上接第39页)

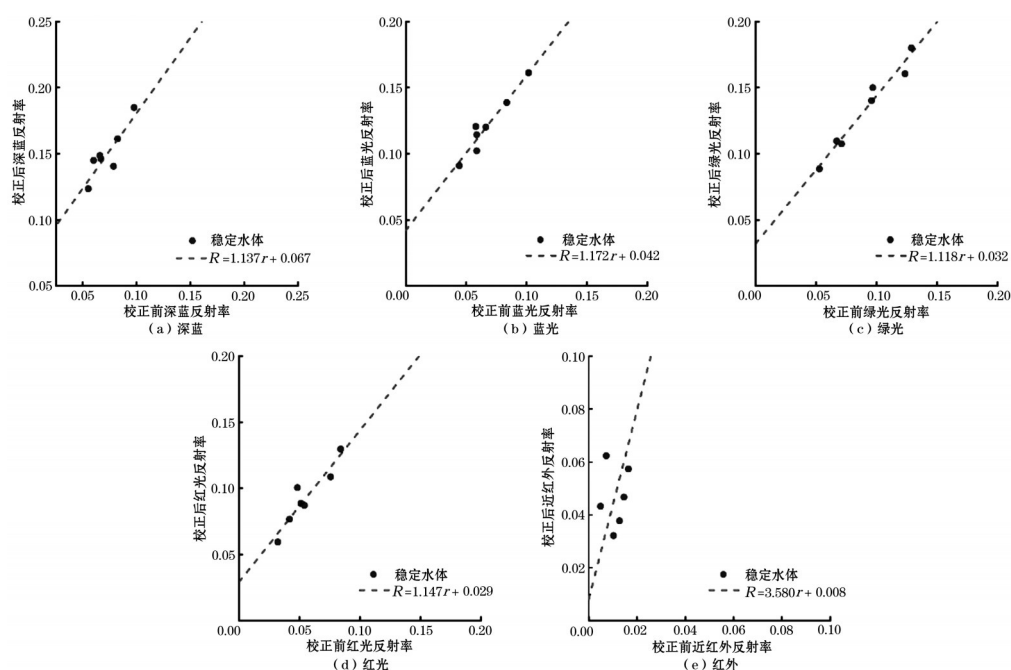


图5 各波段辐射一致性校正模型

射一致性校正,为多源遥感数据的协同应用和分析提供了新的方法。(1)提出了水环境关键因子稳定性分析与稳定水体筛选方法,通过分析各站点水环境关键因子的稳定性,计算综合稳定性指标,选择 $k$ 个综合稳定性指标最小的站点作为稳定特性水体;(2)基于线性回归方程法构建校正模型,对各监测点校正前后反射率值进行密度散点图统计和线性拟合定量分析,建立拟合度最高的各波段一致性校正模型。

## 参考文献:

- [1] 李建. 面向近岸/内陆水环境动态监测需求的定量遥感时空一谱问题研究[D]. 武汉:武汉大学, 2015.

- [2] 钟函笑,边金虎,李爱农. Landsat-8 OLI 与 Sentinel-2 MSI 山区遥感影像辐射一致性研究[J]. 遥感技术与应用, 2018, 33(3): 428-438.
- [3] 梁丽,边金虎,李爱农,等. 中巴经济走廊 DMSP/OLS 与 NPP/VIIRS 夜光数据辐射一致性校正[J]. 遥感学报, 2020, 24(2): 149-160.
- [4] 伊丕源,刘原麟,武鼎,等. 顾及时间因子的航空高光谱影像辐射归一化校正[J]. 科学技术与工程, 2021, 21(20): 8342-8349.
- [5] 黄莉婷. 耦合中等分辨率地表反射率信息的 GF-1 影像辐射归一化方法研究[D]. 桂林:桂林理工大学, 2020.
- [6] 唐军武,顾行发,牛生丽,等. 基于水体目标的 CBERS-02 卫星 CCD 相机与 MODIS 的交叉辐射定标[J]. 中国科学 E 辑:信息科学, 2005(增刊1): 59-69.