

竺山湖清淤工程的生态效益

樊尊荣¹, 李奇云², 刘 歆³

(1. 江苏省水利科教中心, 江苏 南京 210029; 2. 江苏兴水建设工程有限公司, 江苏 南京 210012;
3. 江苏省水利工程项目规划办公室, 江苏 南京 210029)

摘要:针对近年无锡市区及宜兴的太湖近岸水域发生水体多起异常现象,运用《河湖生态疏浚工程施工技术规范》对竺山湖清淤工程生态效益进行分析、评价和验证,旨在为太湖大面积生态清淤提供必要的理论依据和技术保障。

关键词:清淤工程;生态效益;评价验证;竺山湖

中图分类号:TV851 文献标识码:B 文章编号:1007-7839(2020)02-0021-04

Research on ecological benefits of dredging project in Zhushan Lake

FAN Zunrong, LI Qiyun, LIU Xin

(1. Jiangsu Water Conservancy Science and Education Center, Nanjing 210029, Jiangsu;
2. Jiangsu Xingshui Construction Engineering Co., Ltd., Nanjing 210012 Jiangsu;
3. Jiangsu Water Conservancy Project Planning Office, Nanjing 210029 Jiangsu)

Abstract: In recent years, there were many abnormal water bodies in the near shore waters of Taihu Lake in Wuxi City and Yixing. Therefore, the analysis, evaluation and verification of the ecological benefits of the dredging project of Zhushan Lake Using 《Technical specification for construction of river and lake ecological dredging engineering》 could provide the necessary theoretical basis and technical support for the large-scale ecological dredging of Taihu Lake.

Key words: dredging project; ecological benefits; evaluation and validation; Zhushan Lake

太湖是我国第三大淡水湖,构成长三角生态的核心,为长三角的社会经济发展以及文化繁荣做出了重要贡献^[1]。本文将在实地调查基础上,以太湖西北部半封闭型的竺山湖生态清淤工程后生态效益进行分析研究:一是开展竺山湖生态清淤区域的生态环境特征调查。研究竺山湖不同区域水质特性、沉积物的分布格局、有机物等污染底泥特征、底栖生物群落结构特点;评估生态清淤后可增加的生态缓冲容量;分析湖区底泥生态清淤的必要性和可行性;为生态清淤工程提供必要的依据和技术支撑。二是研究竺山湖清淤工程实施区域的生态环境演化规律。通过系统地比较竺山湖水域生态清

淤工程清淤前后、清淤区域与非清淤区域水生态环境、沉积物理化特性和生物种类组成、密度、生物量、生物完整性指数、蓝藻水华发生强度等的变化趋势,揭示工程实施后所处水域水质、沉积物理化特性和水生生物群落的演化规律,为科学评价底泥生态清淤工程的生态效应提供理论依据。三是竺山湖水域生态清淤工程生态效应评估。分析清淤后的区域水环境、水生态系统的演变规律和趋势,对竺山湖水域底泥生态清淤工程的生态效应、环境风险进行科学的评估;根据评估的结果,提出竺山湖水域水环境改善和水质保持的调控措施;以《河湖生态疏浚工程施工技术规范》(DB32/T 3258—

收稿日期:2019-11-12

作者简介:樊尊荣(1978—),男,工程师,主要从事水利科技管理工作。

2017)为依据,为行政部门的科学决策提供依据。

1 概况及存在问题

竺山湖位于太湖西北部,为半封闭型湖湾,湖东是连绵的丘陵山区,以自然的山体为湖岸线。竺山湖湖泊水面积 68.3 km^2 ,为太湖总面积的 2.9% ;湖底高程 $1.0 \sim 1.5 \text{ m}$ 。竺山湖呈特殊的袋状形态,水流交换缓慢,换水周期长,水动力条件差。由于受入湖河道水质的影响,水质常年劣 V 类,为太湖水质污染最严重的湖区之一,现状各入湖口门均无控制建筑物^[2]。正常情况下湖泊底泥清淤后会产生一系列的环境问题,主要包括营养盐的释放、有毒物质的再悬浮、水生植物和底栖生物的破坏等。底泥清淤的环境效应,按时间段来划分可分为短期效应和长期效应。因此,即使出于对环境改善目的的湖泊底泥清淤,如果缺乏足够的研究也可能存在生态环境风险问题,研究底泥清淤后生态环境的变化,对于定量评价清淤生态环境效应具有非常重要的意义。湖泊底泥清淤工程的生态效应既是湖泊富营养化控制研究中需要回答的科学问题,又是富营养化湖泊污染控制在技术选择时面临的实际问题。

2 研究目标与内容

2.1 研究目标

针对底泥清淤可能引起的生态环境负效应问题,以竺山湖不同类型的底泥清淤区域为研究对象,通过对竺山湖清淤工程的历史及水环境现状调查,比较清淤前后水体理化因子、底泥分布及污染特征和生物种类组成、密度、生物量的变化,揭示清淤后水质、底泥营养盐和重金属变化规律以及浮游植物、浮游动物、水生植物、底栖动物的演化趋势,科学评价底泥清淤工程控制富营养化湖泊的生态效应,提出应用《河湖生态疏浚工程施工技术规范》(DB32/T 3258—2017)控制清淤改善竺山湖水域的水质,为太湖底泥全面清淤提供借鉴和技术支撑。

2.2 研究内容

竺山湖水域生态环境现状及清淤工程调查,开展竺山湖等太湖西北部周围湖区底泥分布与污染特征、水质和生物现状调查研究,结合历史清淤工程的时间、规模及方案论证(清淤范围和深度),探讨底泥清淤的必要性,明确针对西北部湖区特点的生态清淤设备、范围和清淤的厚度。

清淤工程前后水域生态环境动态变化,研究对

不同类型湖区的生态清淤工程实施的生态效应进行连续动态监测。比较底泥清淤前后水体理化因子、底泥营养盐、重金属含量、浮游生物和水生植物的种类组成、密度、生物量及多样性的指数变化,揭示太湖西北部水域底泥清淤后水质、底泥营养盐、重金属变化规律,分析底泥清淤工程实施后浮游生物、底栖动物和水生植物的演化趋势,评估底泥清淤的环境风险,为科学评价底泥清淤控制富营养化湖泊的生态效应提供实证。

竺山湖水域清淤工程生态效应评估及实施建议,综合集成太湖西北部水域环境问题、底泥清淤工程实施经验及清淤生态效应风险分析,确定竺山湖水域底泥清淤控制技术的实施原则、适用范围等,提出竺山湖水域水质改善与污染控制生态清淤的规范与建议。

3 生态清淤试验工程水质跟踪监测

3.1 监测工作方案

湖泊疏浚区及对照区水质监测。在竺山湖水域选择 5 块区域,定义为 3 块疏浚区及 2 块对照区,每区内设 1 个点,共布设 5 个点,在施工过程中每月安排 3~4 次水质监测。同时在疏浚船绞刀头周边水域布设移动监测点,随疏浚船在施工期间的工作面上移动而移动,伴随进行监测,主要任务是监测施工引起周边水域的扰动范围,以及对浊度指标的监测。

排泥管出泥口水质监测。监测指标主要为:含泥量、pH、COD、TN、TP 等内容。

排泥场和余水入湖口水质监测。排泥场出水口监测是针对在加药前,来自排泥场的水体;余水入湖口是指在余水沉淀池尾端排放河道之前口门的水体。

3.2 监测工作实施

在清淤工程实施后,对疏浚区及其对照区的五个湖区,排泥管、排泥场出水口、余水场排放口、余水受纳河道和排泥场周边区域的浅层地下水进行每月 3~4 次的水质监测。

3.2.1 样品采点和记录

一是定位,采样点定位采用全球卫星定位系统 GPS。二是水样采集,水质样品采集位置为水面下 0.5 m 处水样。三是样品现场处理,水样装入样品盒(袋)密封,做好编号、标记、登记,并在规定的条件下保存。四是现场测量和记录,现场测量和记录水质样品的水温、溶解氧和透明度。

3.2.2 检测分析方法

水质分析方法按照国家有关标准、规范进行, 见表 1。

主要有 2 个功能:
(1) 上下调整绞刀头的位置, 可以保证绞刀在不同深度、不同坡面下, 其切削轮廓始终与污染底

表 1 检测分析方法一览

序号	监测项目	测定方法	标准编号或参考书目	分析仪器
1	水温	便携式溶解氧仪附温度计	GB13195—1991	温度计或颠倒温度计测定法
2	pH 值	玻璃电极法	GB6920—1986	Hach sension3pH 测量仪
3	浊度	水质速测仪		
4	透明度	透明度计法 圆盘法	SL87—1994	透明度仪
5	溶解氧	便携式溶解氧仪现场测定	GB11913—1989	YSI—85 手提式溶解氧仪
6	悬浮物	重量法	GB11901—1989	梅特勒—托力多 AB204—S/FACT 电子天平
7	COD _{Mn}	酸性高锰酸钾氧化法	GB11892—1989	酸式滴定管
8	BOD ₅	稀释与接种法	GB7488—1987	碱式滴定管
9	总磷	过硫酸钾氧化—分光光度法	GB11893—1989	722 型光栅分光光度计
10	氨氮	纳氏比色法	GB7479—1987	Hach DR5000 分光光度计
11	正磷酸盐	分光光度法	GB/T8538—1995	722 型光栅分光光度计
12	总氮	碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法	GB 11894—89	普析 TU—1901 分光光度计
13	叶绿素 a	分光光度法	《湖泊富营养化调查规范》	UV754N 紫外可见分光光度计
14	挥发酚	氨基安替比林分光光度法	GB7490—1987	UV754 紫外可见分光光度计
15	COD _{Cr}	重铬酸盐法	GB11914—1989	722 型光栅分光光度计
16	砷	二乙基二硫代氨基甲酸银光度法	GB/T17134—1997	UV—1800 紫外可见分光光度计

3.2.3 数据采集

在以下不同地点进行数据采集。①疏浚区及对照区;②排泥场、沉淀池及相关河道;③对排泥场出水口和余水沉淀池;④对余水受纳河道;⑤对项目附近地下水。监测项目主要包括:水温、悬浮物、pH 值、电导率、DO、COD_{Mn}、COD_{Cr}、BOD₅、TP、正磷酸盐、氨氮、TN、挥发酚、六价铬、砷、叶绿素 a 等相关项目。提取多次不同地点的水样, 获得一定数量监测数据。

3.3 疏浚船绞刀头扰动影响分析

3.3.1 环保绞刀头疏浚机理

目前, 在环保疏浚项目中, 绞吸挖泥船仍是挖掘和输送泥土最经常使用的挖泥船。这种挖泥船在其吸泥导管前装有开挖泥土所用的环保绞刀, 其泥贴平, 提高挖掘精度。

(2) 机械切削底泥形成适合吸泥管水力输送的泥砂和水的混合物。而混合物形成过程受到绞刀头的几何形状、绞刀罩的几何形状和吸口的位置等因素影响^[3]。

被疏浚底泥由于颗粒小, 部分底泥在水流及疏浚挖掘机具的扰动过程中容易扬起并扩散到周围水体中去, 即在未被吸入吸泥管道之前就离开绞刀, 对周围水域的水质造成二次污染, 称为扩散。扩散量大小主要取决于底泥的类型、绞刀头转速、吸口吸力和吸口位置等因素的影响。

3.3.2 疏浚船绞刀头扰动影响范围分析

(1) 疏浚船绞刀头扰动影响范围分析。有防护罩的绞刀头挖掘泥沙时, 泥沙扩散量远远小于无防

护罩的扩散量;通过疏浚船双吸口绞刀头结构的改变和泥土距离吸泥管口的位置调整,从而可以在同等防扩散的条件下提高疏浚进度。疏浚船绞刀头当自左向右运行移动,因而对左侧湖水扰动影响距离较大,对前侧和右侧的影响距离相对较小;反之自右向左运行移动因而对左侧湖水扰动影响距离较大,对前侧和右侧的影响距离相对较小。绞刀头在吸泥过程中因防护罩的作用下,调整好绞刀头转动角速度,使得流体混合物引向吸口的力,处于主导地位,因而基本不产生扰动影响,仅在移动过程中带动湖底淤泥而使湖水变得浑浊。

(2)疏浚船绞刀头扰动影响持续时间分析。为掌握疏浚船绞刀头扰动对湖水浊度的影响持续时间,根据疏浚工作运行情况,在绞刀头附近 1 m 处对湖水浊度变化过程进行监测。疏浚船绞刀头扰动增强,监测点附近水域浊度在极短时间内迅速升高,呈正相关性。绞刀头停止扰动后湖水浊度逐步呈缓慢下降态势,直至恢复至本底,整个过程约有 4~5 min 左右。

4 清淤生态效益分析

(1)底泥疏浚对有机污染物和磷的内源输入产生了较明显抑制作用。能否成为“湖泛”形成的策源地和促进底泥污染释放的最重要环境因素之一,就是表层底泥能否营造和维持缺氧环境,疏浚切去了富含有机质和大量具有微生物活性的表层底泥,使得其溶氧的消耗变得很小,且沉积物净化能力有较大的提高。

(2)疏浚后,透明度、 COD_{Mn} 、氨氮、总氮、总磷和叶绿素 a 含量等指标均有明显转好,其中 COD_{Mn} 、总磷和叶绿素 a 等 3 项指标降低非常明显。通过底泥疏浚对有机污染物和磷的内源输入产生了较明显的抑制作用,见表 2。

(3)疏浚后,水体中 SS 值含量明显降低。SS 值的降低,表明悬浮于水体中的颗粒物等减少,以及相关的浮游植物数量降低。这一物理效应来自于疏浚后对新生表层物性的改变,尤其在密度、含水量等物理性状上的差别,如疏浚后密实了表层沉积物,使得底泥和颗粒难以上浮进入水体,SS 值含量降幅多达 20% 以上。

(4)疏浚后主要水化学离子发生变化。水体中 TP、溶解性磷酸根以及总溶解性磷酸根含量,整体上均有大幅度的下降,此外较高价态的含氮化合物 NO_2^- 和 NO_3^- 同样有着类似下降的现象。水体营养物的减少,也使得浮游植物的数量降低。

5 结 语

通过清淤工程,可以将竺山湖水域污染底泥进行大范围清除,极大的缓解底泥对清淤区域水环境的影响。清淤后底泥中污染物含量降低,底质环境变得清洁,水体的自净能力提高,水生物恢复较快,降低了疏浚区域内,湖泛发生的概率,增强了周边水源地的供水安全保证。随着水环境的改善,环太湖区域宜居和投资吸引力得到进一步提升,为太湖区域内经济社会可持续发展创造更好的条件^[4]。

参考文献:

- [1] 付文凤,姜海. 竺山湾湖滨缓冲带生态工程综合效益评价[J]. 水土保持通报,2017(4):268-273.
- [2] 包涛芳,朱丽娟. 宜兴市太湖生态清淤技术浅析[J]. 江苏水利,2010(6):37-40.
- [3] 周银明,王卫星. 竺山湖生态清淤试验工程[J]. 浙江水利水电专科学校学报,2009(3):26-29.
- [4] 张纯敏. 太湖西沿岸区底泥污染及生态应急清淤研究[J]. 环境影响评价,2018(7):92-96.

表 2 疏浚前后湖水中主要污染物及叶绿素含量比较

	透明度/m	$\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})/$ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{NH}_4^+ - \text{N})/$ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{TN})/$ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{TP})/$ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{chl} - \text{a})/$ ($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)
疏浚前	0.55	8.33	2.49	6.56	0.192	60.06
疏浚后	0.50	6.20	2.36	6.37	0.120	42.49