

浅水湖泊生态清淤施工影响分析

刘 鹏, 吴小靖, 梁庆华, 汪院生

(江苏省太湖水利规划设计研究院有限公司, 江苏 苏州 215000)

摘要:以长荡湖为例研究生态清淤施工影响,通过现场采样和模拟实验相结合方式,分析并评估清淤施工影响范围、影响程度及时长和对底泥污染的清除情况。结果表明,200 m³/h型环保绞吸式清淤船在长荡湖中施工影响范围不超过50 m,水体悬浮物和污染物浓度在扰动停止后0.5 h左右即可恢复至接近本底水平,清淤后底泥污染得到有效去除。

关键词:浅水湖泊;生态清淤;施工影响;长荡湖

中图分类号:TV851

文献标识码:A

文章编号:1007-7839(2024)07-0006-0006

Analysis of the impact of ecological dredging construction on shallow lakes

LIU Peng, WU Xiaojing, LIANG Qinghua, WANG Yuansheng

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

Abstract: Taking Changdang Lake as an example, the impact of ecological dredging construction is studied. Through a combination of on-site sampling and simulation experiments, the scope of impact of dredging construction, the degree of impact on water quality, and the timely removal of sediment pollution are analyzed and evaluated. The results indicate that the construction impact range of the 200 m³/h type environmentally friendly cutter suction dredging ship in Changdang Lake does not exceed 50 m. The concentration of suspended solids and pollutants in the water body can recover to near the background level about 0.5 hours after disturbance stops, and the sediment pollution is effectively removed after dredging.

Key words: shallow lake; ecological dredging; construction impact; Changdang Lake

湖泊底泥是湖泊生态系统的重要组成部分,也是氮磷、重金属和持久性有机污染物的重要载体^[1],与湖泊富营养化和水质安全直接相关。随着控源截污和退渔还湖等措施的实施,长荡湖入湖污染得到有效控制,但湖泊富营养化趋势仍未根本扭转^[2],内源污染治理成为提升湖泊水环境的重要途径^[3-4]。长荡湖地处太湖和溧湖上游,是地区重要的饮用水源,其水质对地区和太湖供水至关重要。目前,生态清淤作为控制湖泊内源污染的重要手段,已在太湖流域和其他浅水湖泊普遍应用,然而清淤施工对

湖泊水环境的影响鲜有报道。本文基于2019年5月长荡湖生态清淤现场监测和模拟实验,评价绞吸式清淤船施工过程^[5-6]对周边水环境的影响,旨在为后续清淤施工船型和设备的选取提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究基础

长荡湖属于过水性湖泊,平均湖底高程2.3 m左右,平均水深仅1.1 m左右,且湖泊水位受上游来水影响比较大。根据近10年来月平均水位统计分

收稿日期:2024-02-05

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,主要从事水利规划和水科学研究工作。E-mail:965524318@qq.com

析,长荡湖仅6~10月水深超过1.1 m,11月~次年5月水深为0.7~1.05 m。环保型绞吸式清淤船是我国目前湖库底泥生态清淤工程中最为普遍应用的清淤设备,为避免枯水期施工吃水深度不足造成船舶搁浅,保证施工进度,选择体量相对较小的200 m³/h船型。

本研究依托长荡湖四期清淤工程开展(图1),研究区域监测时风速为1.5~2.0 m/s,东南风微风至2级,平均水深1 m。底泥检测结果显示,研究区域底泥重金属含量相对其他湖区普遍偏低,表层底泥营养盐含量明显高于底部,其中0~20 cm底泥总氮、总磷处于污染状态。以位于4~9号清淤区域作业的绞吸式清淤船作为代表性研究对象,船尾定位桩至绞吸头长度30 m,绞吸头左右摆动角度 $\pm 45^\circ$,船体向前移动速率为每5 min 1 m,绞吸后的底泥通过管道加压输送到岸边^[7-8]。

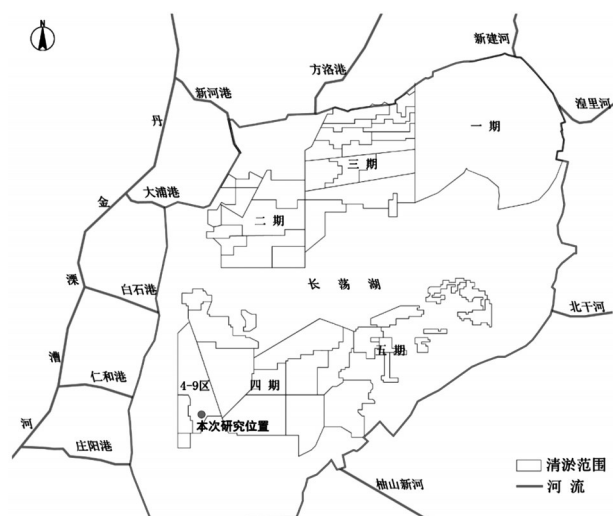


图1 研究区域位置示意

1.2 样品采集与处理

1.2.1 水样采集

以船体绞吸头为圆心,设置5条采样线,每条采样线上在距圆心0 m、5 m、10 m、20 m、30 m、50 m、100 m断面处水下50 cm位置分别布设采样点(图2),同时设置5个对照采样点,共计40处。

1.2.2 底泥采样和模拟试验

在研究区域分别于清淤作业前后各采集2份50 cm柱状底泥样品,并按照5 cm间隔进行分割。水体悬浮物沉降除受施工作业扰动外,还受风浪、水温等多种因素影响,考虑到现场采样无法控制外界环境条件,难以充分说明清淤施工对底泥扰动的影响效果,通过电机扰动模拟绞吸船作业后柱状底

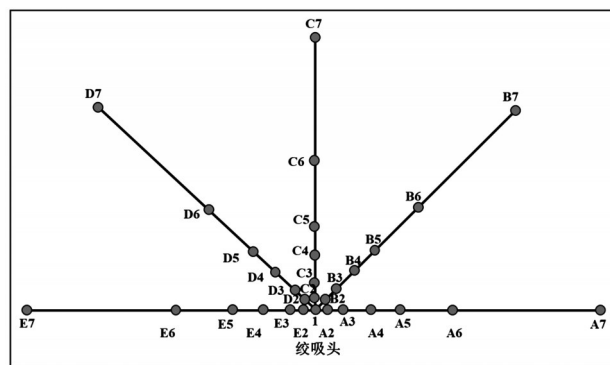


图2 绞吸式清淤船采样点布置示意

泥上覆水体悬浮颗粒物沉降过程。根据前期调试,电机转子转速为300 r/min时,对应上覆水中悬浮颗粒物浓度为1.5 g/L左右,与绞吸头作业时最为接近,可作为模拟对应转速。

1.3 分析项目及测定方法

水样经现场处理后冷藏保存及时送实验室分析,采用国家规定的标准分析方法进行检测。检测项目包括总悬浮颗粒物(TSS)、总氮(TN)、总磷(TP)、氨氮、高锰酸盐指数和镉(Cd)含量,其中射线A、C和E对应水样和对照水样加测铬(Cr)、铜(Cu)、镍(Ni)、锌(Zn)、砷(As)、铅(Pb)和汞(Hg)等7种重金属含量。

2 结果与分析

2.1 生态清淤作业影响范围

(1)水体TSS浓度变化。绞吸船作业时通过扇形扫动切削底泥,实际施工过程中,绞刀头切削底泥形成的泥浆不能完全通过离心泵吸取,部分泥浆外泄造成水体浑浊。绞吸头附近底泥扰动最大,水体TSS浓度最高,绞吸头离开后悬浮大颗粒迅速沉降,随后细小颗粒逐渐沉降。由于现场采样存在一定时间差,5条放射线圆心处水样TSS浓度并不完全一致,最高值为1.3 g/L,在持续约0.5h的采样过程中下降至0.36 g/L。水体TSS浓度与绞吸头距离呈反比,50 m距离以外水体TSS浓度不再升高(图3),结合航拍目视观察,可判定绞吸船作业时对水体TSS影响距离不超过50 m。

(2)水体污染物浓度变化。清淤作业过程中,距离绞吸头不同位置水体高锰酸盐指数变化幅度很小,氨氮浓度总体均高于对照点。距离绞吸头位置较近采样点的氨氮、总氮浓度总体低于较远位置,这可能由于底泥中氨氮、硝态氮受扰动扩散进入水体,悬浮颗粒物在扩散过程中可吸附水体中的

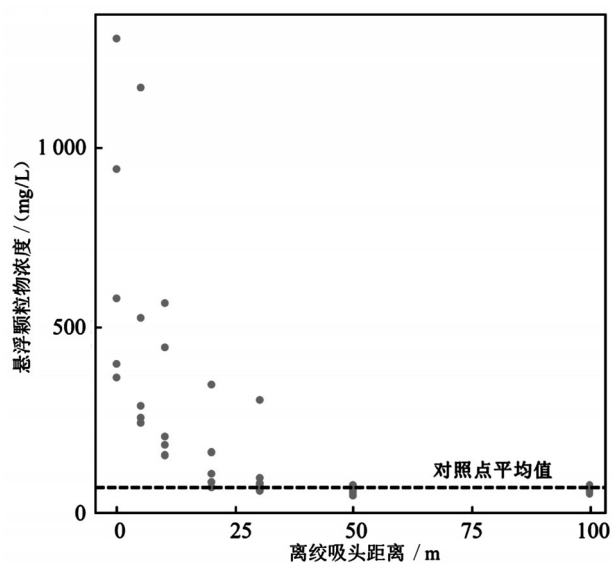


图3 离绞吸头不同距离的水体悬浮颗粒物(TSS)浓度

氨氮,硝态氮未被吸附,悬浮颗粒物扩散距离为50 m,距离绞吸头50 m以外水体基本不受颗粒物吸附影响。监测点位水体总氮主要形态是氨氮和硝态氮,氨态氮浓度和硝态氮浓度相反的变化趋势相

互抵消,造成在颗粒物扩散影响范围(50 m)以内总氮浓度与对照点相差不大,离绞吸头100 m处水体总氮浓度略有升高的趋势。实验期间水体总磷浓度与对照点位总体相差不大,受多种因素影响,不同点位水体总磷浓度变幅较宽,浓度变化与和绞吸头之间距离相关关系不显著。

重金属释放是长荡湖底泥清淤施工工艺选择的重要考虑因素,本次实验区域表层0~20 cm底泥含量高于风险管控值^[9],监测结果对评价绞吸船作业过程对水体重金属含量影响具有重要意义。绞吸船工作时,所有水样重金属浓度均未超过地表水Ⅲ类标准值,所有水样镉、铅、镍等3种重金属浓度均未超过检测限,部分水样的铜、铬、锌和总汞等4种重金属浓度超过检测限,所有水样砷浓度均超过检测限。

2.2 生态清淤对上覆水水质的影响

模拟实验结果(图5)表明,底泥扰动悬浮后上覆水体悬浮颗粒物、总氮、总磷浓度处于较高水平,停止扰动0.5 h后浓度迅速下降,分别为初始值的

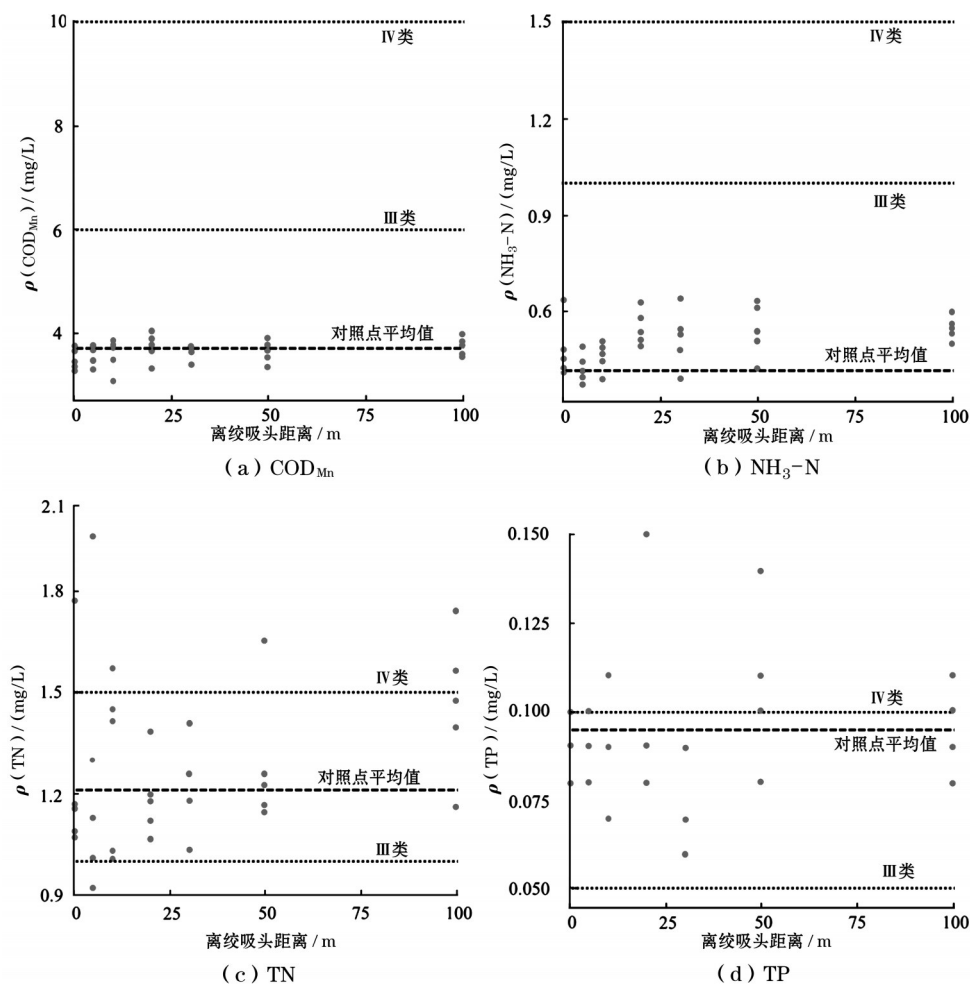


图4 离绞吸头不同距离的水体污染物含量分布

表 1 离绞吸头不同距离水体重金属浓度统计结果

采样射线	金属元素	镉/ (mg/L)	铅/ (mg/L)	铜/ (mg/L)	铬/ (mg/L)	锌/ (mg/L)	镍/ (mg/L)	总汞/ (μg/L)	砷/ (μg/L)
A	未检出水样数	7	7	3	7	0	7	7	0
	检出值浓度范围	—	—	0.01~0.04	—	0.015~0.166	—	—	1~6
B	未检出水样数	7	*	*	*	*	*	*	*
	检出值浓度范围	—	—	—	—	—	—	—	—
C	未检出水样数	7	7	2	5	0	7	7	0
	检出值浓度范围	—	—	0.02~0.03	0.01~0.01	0.008~0.108	—	—	0.7~5.8
D	未检出水样数	7	*	*	*	*	*	*	*
	检出值浓度范围	—	—	—	—	—	—	—	—
E	未检出水样数	7	7	5	5	3	7	5	0
	检出值浓度范围	—	—	0.03~0.08	0.01~0.02	0.14~0.076	—	0.06~0.07	0.6~7.0
	对照点	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.95
	样品检测限	0.03	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.04	0.3
	地表水Ⅲ标准值	0.005	0.05	1	0.05	1	#	0.1	50
	地表水Ⅳ标准值	0.1	0.1	1	0.05	2	#	1	100

注:“—”表示无该项统计值,“*”表示样品未检测,“ND”表示样品浓度未超过检测限,“#”表示地表水环境质量标准(GB3838—2002)没有该项标准值。

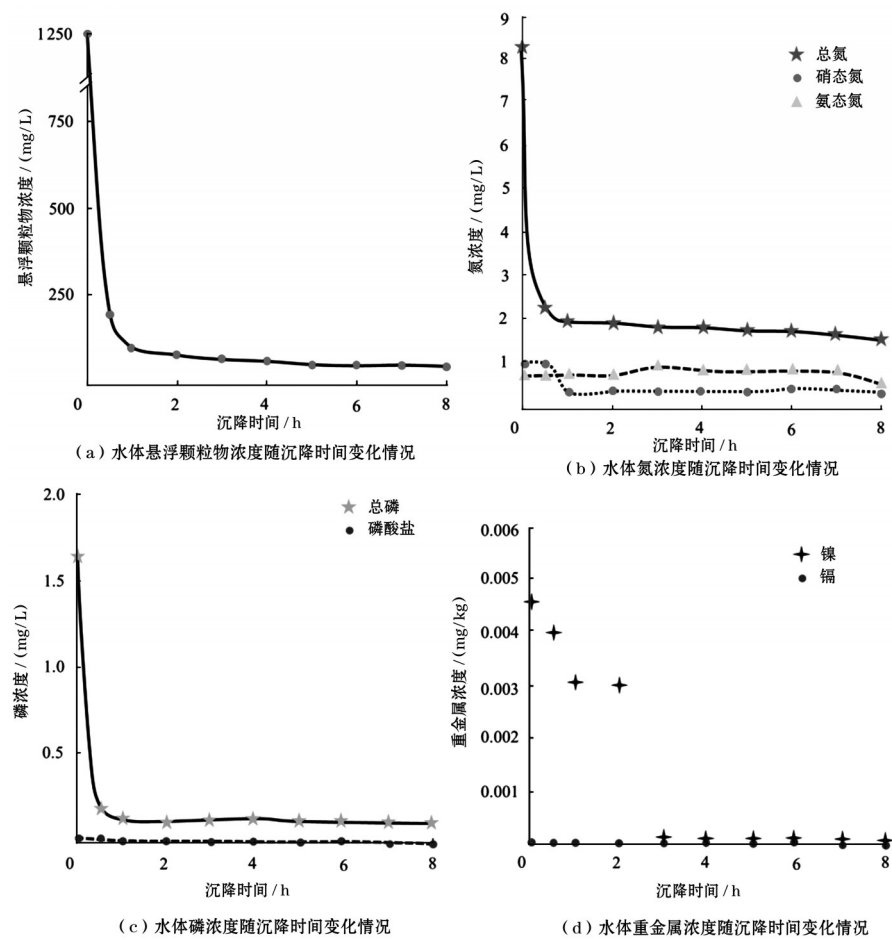


图 5 底泥悬浮后沉降过程中水体悬浮颗粒物和污染物含量变化

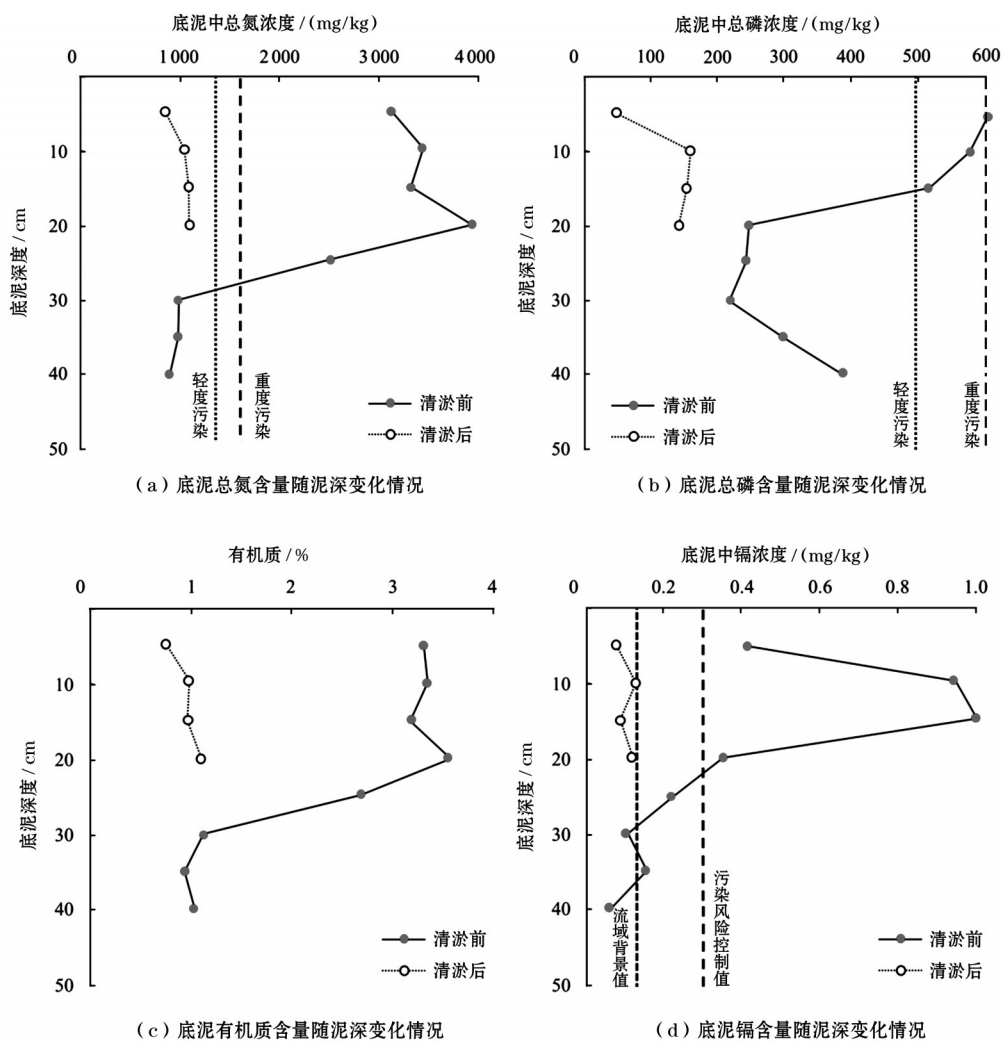


图6 清淤前后柱状底泥污染物含量

16%、26%和10%，停止扰动4 h后，浓度进一步下降为初始值的5%、20%和7%，并基本保持稳定。硝态氮、氨态氮和磷酸盐浓度在停止扰动后有所波动，但总体变化不大。

上覆水体检测的重金属浓度均低于地表水Ⅲ类标准值，其中镉、铅、铬、汞浓度均低于检测限，铜浓度仅在第1个水样中检出，镍浓度只在前4个水样中检出，所有水样锌和砷浓度均检出。停止扰动后3 h后，镍浓度下降为低于检测限，锌和砷浓度保持基本稳定。

2.3 生态清淤对底泥污染影响

环保型绞吸船通过绞吸头低速旋转将表层底泥剥离，下层底泥与上覆水体形成新的水土界面，清淤后表层底泥中总氮、总磷、有机质和镉等污染物含量显著降低(图6)，0~20 cm表层底泥中4种污染物去除率分别为70%、73%、72%和85%。总氮污染程度由“重度污染”改善为“清洁”，总磷污染程度

由“中度污染”改善为“清洁”，重金属镉含量由超过风险筛选值(0.3 mg/kg)^[9]下降至接近“背景值”。

3 结 论

(1)在风力小于3级、水深1 m的条件下，200 m³/h型绞吸式挖泥船作业时对水体TSS浓度和污染物影响距离不超过50 m。

(2)上覆水体总氮、总磷和悬浮颗粒物浓度在底泥停止扰动0.5 h后即显著下降，硝态氮、氨态氮和磷酸盐浓度总体波动不大，重金属浓度均低于Ⅲ类标准值。

(3)清淤后表层底泥总氮、总磷、有机质和镉等污染物含量显著降低，总氮、总磷均由“污染”改善为“清洁”，重金属镉由超过风险值下降至接近“背景值”。

(4)本文清淤对上覆水水质影响为模拟扰动沉降实验结果，实际施工过程中可能出现风浪和其他

因素叠加影响增加扰动时间,颗粒物沉降时间会延长,但水体污染物浓度并不一定随时间延长而升高。随着环保绞吸式清淤技术的更新,施工影响将进一步减小,清淤效果也会得到显著改善。

参考文献:

- [1] 陈超,钟继承,邵世光,等.太湖西北部典型疏浚/对照湖区内源性营养盐释放潜力对比[J].湖泊科学,2014,26(6):829-836.
- [2] 徐锦前,钟威,蔡永久,等.近30年长荡湖和溇湖水环境演变趋势[J].长江流域资源与环境,2022,31(7):1641-1652.
- [3] 朱林,汪院生,邓建才,等.长荡湖表层沉积物中营养盐空间分布与污染特征[J].水资源保护,2015,31(6):135-140.
- [4] 孙媛媛,刘伦华.浅水湖泊内源污染治理探索与实践[J].水利规划与设计,2023(7):40-43.
- [5] 卢德明,赵俞斌.河道环保绞吸式清淤施工技术[J].中国水能及电气化,2018(9):15-17.
- [6] 闫云华.绞吸式挖泥船泥浆流速与浓度双参数的MFAC研究[D].武汉:武汉理工大学,2022.
- [7] 李军.绞吸挖泥船疏浚优化研究[D].江苏科技大学,2021.
- [8] 陈宝.绞吸式挖泥船疏浚作业生产率预测[D].上海:上海电机学院,2022.
- [9] 生态环境部.GB15618—2018,土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)[S].北京:中国环境出版集团,2018.
- [6] 王雷刚,赵小宁,王浪.零河水库清淤工程清淤方案浅析[J].陕西水利,2022(12):142-144.
- [7] 张力,王丽君,王宁,等.环保清淤技术在二十埠河清淤工程中的应用[J].江苏水利,2021(2):66-69.
- [8] 杨毅.环保式清淤技术及在南淝河清淤工程中的应用[J].绿色科技,2015(1):174-176.
- [9] 黄朝煊,孙杰.河库清淤重难点分析及措施探究——以浙江省温岭市太湖水库环保清淤工程为例[J].施工技术,2018,47(S1):1047-1051.
- [10] 刘珩,韩文杰.河湖清淤底泥处理工艺[J].珠江水运,2023(5):50-52.
- [11] 胡现.生态清淤和底泥处置的实践和思考[J].低碳世界,2022,12(2):50-52.
- [12] 蓝蓉.滇池环保疏浚工程中的新型土工管袋围堰——国内首次土工管袋围堰生产性试验工程设计[J].云南环境科学,2002(1):39-42.
- [13] 黄涛,沈保根,鄢俊,等.巢湖淤泥土工管袋脱水效果试验研究[J].水运工程,2022(4):25-29.
- [14] 陈文明.土工管袋脱水固结在某河道疏浚工程中的试验研究[J].珠江水运,2023(23):9-11.
- [15] 郑华,尹昭宇,林宇杰,等.土工管袋用于湿地疏浚淤泥脱水处理效果评估[J].浙江水利科技,2022,50(4):51-55.

(上接第5页)