

环保疏浚系列化技术研究与工程示范

年跃刚¹, 范成新², 孔繁翔², 杨建华³, 荆一凤¹, 张景明⁴, 朱伟⁵

(1.中国环境科学研究院湖泊环境创新基地; 2.中科院南京地理与湖泊研究所; 3.天津航道勘察设计研究院;
4.上海航道勘察设计研究院; 5.河海大学)

摘要: 针对太湖五里湖的底泥污染问题, 研究了环保疏浚深度确定技术、精确疏浚技术、疏浚过程防扩散技术、堆场余水处理技术、堆场污泥干化技术、堆场污泥资源化利用技术、环保疏浚生态风险评估技术共 8 项环保疏浚的系列化技术, 并介绍了环保疏浚系列化技术在工程实施中的示范过程。

关键词: 污染底泥; 环保疏浚; 系列化技术; 工程示范

Researching on serialized technologies of environmental dredging and demonstration projects

//Nian Yuegang, Fan Chengxin, Kong Fanxiang, Yang Jianhua, Jing Yifeng, Zhang Jingming, Zhu Wei

Abstract: In view of pollution of the Wulihu lake sludge concerns, this article discussed the technologies of environmental dredging including the determination of depth, precise dredging, the fine particle anti-diffusion, the residual water treatment, the sludge drying, sludge resources utilization and ecological risk assessment. At last, it introduced the effects of environmental dredging serialized technologies in demonstration project.

Key words: polluted sludge; environmental dredging; serialized technologies; demonstration project

中图分类号: X171.4+TV213.4

文献标识码: A

文章编号: 1000-1123(2006)17-0040-03

我国从 20 世纪 80 年代以后, 工业生产迅速发展, 城市规模不断扩大, 由于城市污水处理厂建设滞后, 在 20 世纪 80 年代至 90 年代, 我国绝大部分城市污水及工业废水未经处理而直接排入了城市河道或城市湖泊, 致使城市河流或湖泊遭受严重污染, 底泥淤积严重, 浅水湖泊的底质污染已经成为我国城市湖泊以及城郊湖泊的普遍问题。

随着城市污水处理厂的建设运行, 湖泊外源污染得到了一定的控制, 从而城市浅水湖泊的内源污染上升为主要矛盾, 为了恢复城市湖泊的水生生态系统, 必须对内源加以控制。通常的方法有疏浚、覆盖、固化等措施, 而环保疏浚则是经济有效又比

较彻底的治理方式, 所以滇池、巢湖、西湖等湖泊陆续开展了环保疏浚工程。我国环保疏浚工作开展得较晚, 技术水平与国外相比有一定的差距, 所以需要从疏浚精度、二次污染防治以及疏浚污泥资源化等方面全面提升技术水平。本研究正是为适应这一需求而提出的。

环保疏浚系列化技术研究是国家“十五”863 计划重大科技专项子课题“重污染水体底泥环保疏浚与生态重建技术”的重要研究内容, 针对太湖五里湖底质污染问题, 对环保疏浚的系列化技术进行系统研究, 使疏浚技术与二次污染防治水平全面提升, 综合解决环保疏浚面临的问题。所研究的技术涉及污染底泥深度判

定、精确薄层疏浚、细颗粒去除与防扩散、堆场余水处理、堆场防渗、堆场污泥干化、堆场污泥资源化以及环保疏浚生态风险评估技术。

一、太湖五里湖底质污染状况

五里湖靠近无锡城区, 湖周有梁溪河、骂蠡港、曹王泾、蠡溪河等河道注入大量污水, 水质严重污染, 同时也造成底泥的淤积和污染。五里湖湖底普遍存在淤泥, 除来源于河道污水的排入外, 岸边污染物的排入, 岸边水土流失、水产养殖、垃圾入湖和航运旅游带来的污染也是造成底质污染的原因。而鬲泥清淤给农田补肥的现象不复存在, 导致淤泥沉积量不断增多。至 2002 年, 五里湖平均淤泥厚

收稿日期: 2006-07-20

作者简介: 年跃刚(1963-), 男, 中国环境科学研究院湖泊环境创新基地, 研究员, 博士, 从事湖泊水污染控制与生态修复研究。

基金项目: 国家“十五”重大科技专项(2002AA6013)。

度 0.6-0.8m 左右, 淤泥量约 360 万 m³。

五里湖底泥中营养盐和有机质含量较高, 且呈逐年增加态势。底泥中有机质含量平均值为 4.04%, 其中东五里湖为 4.81%, 西五里湖为 2.77%; 五里湖淤泥的 TP 平均值为 0.26%, 其中东五里湖为 0.33%, 西五里湖为 0.15%; 五里湖淤泥的 TN 平均值为 0.12%, 其中东五里湖为 0.13%, 西五里湖为 0.10%。自 1992-2000 年的调查显示, 太湖底泥 TN 和 TP 含量以五里湖最高, TN 最高值含量几乎是太湖湖心区的 4 倍, TP 也达到 3 倍以上, 五里湖底泥污染程度明显高于太湖其他湖区。

二、环保疏浚的考核指标

环保疏浚工程可分为疏浚工程勘察设计、污泥疏挖、污泥输送、污泥处置及污泥利用五个过程, 本子课题主要对环保疏浚过程中容易产生二次污染的污泥疏挖过程、污泥处置过程、污泥的资源化、疏浚设计深度以及疏浚的生态风险方面开展研究。在本研究与示范工程中, 要达到表 1 的环保疏浚的考核指标。

三、环保疏浚系列化技术研究

环保疏浚系列化技术研究主要集中在以下 8 个方面:

1. 环保疏浚深度确定技术

将 Lars Håkanson 教授沉积物污染评价生态风险概念引到湖泊污染底泥重金属的风险评价, 结合湖泊底泥营养物释放实验, 提出环保疏浚深度确定技术采用生态风险—污染释放的技术方法, 通过估算底泥污染和生态风险状态, 从时空角度, 界定湖泊底

表 1 环保疏浚技术的考核指标

疏挖精度	<10cm
细颗粒扩散距离	<5m
细颗粒去除率	>95%
余水处理率	>95%
余水排放 SS 浓度	<200mg/L

泥是否污染, 以及结合底泥污染层释放风险, 综合确定污染底泥疏浚深度。

底泥生态风险—污染释放的技术方法主要分两个步骤:

(1) 确定底泥垂向污染层所达到的位置;

(2) 确定污染层内的底泥释放风险。

2. 精确疏浚技术

开发出“绞吸挖泥船高精度定位及挖深自动监控系统”, 主要由系统主计算机、数据采集通讯控制器(2台)、双机热备监视控制器、GPS 罗经仪、RTK GPS 定位仪以及传感器组 6 部分组成, 通过控制软件完成数据采集、处理、控制和显示, 实船安装后用于环保疏浚示范工程, 达到疏浚精度小于 10cm 的要求。主要有以下关键点:

采用网络技术、多 CPU 技术, 保证平面定位精度和挖深精度;

采用网络数字通讯传输信号, 提高数据抗干扰性能;

通过高精度挖深显示控制挖深;

控制桥架、绞刀头下放挖深, 提高疏浚泥面平整度;

解决“绞吸挖泥船高精度定位及挖深自动控制系统”平面定位及挖深的精度校验。

3. 疏浚过程防扩散技术

对环保疏浚船的运行工况进行了优化和改进, 研制出双吸管绞刀头, 满足防扩散范围小于 5m、细颗粒去除大于 95% 的要求, 主要研究以下四个方面:

细颗粒泥沙在静水、动水作用下的沉降特性;

绞刀切削过程中的离心力与泥泵吸泥负压力之间的关系;

环保疏浚过程中泥沙扩散的规律;

通过对现有环保疏浚施工工艺与机具的改进, 提高防扩散效果。

4. 堆场余水处理技术

采用泄水区加药的絮凝沉淀工艺处理环保疏浚堆场余水, 出水 SS 浓度小于 200mg/L, 堆场出水加药费

用为输泥管加药的 1/10, 使用所研制的新型复合絮凝剂投药量为现有絮凝剂投药量的 1/7~1/10。主要研究点如下:

余水中氮、磷等污染物与 SS 的相关关系;

泄水区加药余水处理方法与污泥管加药余水处理方法的比较;

新型高效余水处理絮凝剂的开发。

5. 堆场防渗技术

对底泥堆场围堰土体和地基土层阻隔污染物能力及污染物在黏土层中的运移规律进行的研究结果表明, 堆场的黏土围堰和黏土地基土层对太湖疏浚底泥中的污染物具备足够的阻隔能力, 提出以氮、磷营养盐和一般性有机污染为主的污染底泥堆场采取自然防渗的技术条件——天然黏土衬里的渗透系数不应大于 $1.0 \times 10^{-7} \text{cm/s}$, 场底及四壁衬里建议厚度不应小于 1.5m。

6. 堆场污泥干化技术

在多雨温湿地区黏性土质疏浚底泥自然干化过程极其缓慢, 为了节约土地资源, 有必要采取强化干化措施。而堆场主动排水对于堆场底泥具有普遍适用性, 本试验条件下开沟成本为 0.36 元/m³ 原状土, 是一种简便、经济的底泥干化方法; 课题研制的 1KZ-150 型履带自走式污泥开沟机技术性能良好, 可顺利实施堆场表面开沟和渐进开沟作业。电渗法利用其独特的排水机理, 能有效地进行黏性土质堆场底泥的从表面至深层的快速脱水, 当对堆场底泥干化周期有特殊要求或堆场局部积水其他干化方法难以实施时, 电渗井点排水是可供选择的有效底泥脱水技术。

7. 堆场污泥资源化利用技术

疏浚污泥资源化利用主要进行了污泥固化后用于筑堤土和路基土的研究, 主要工作集中在以下几个方面:

疏浚底泥进行固化处理的专利处理材料和最优配方;

固化土的力学性质研究;

污泥经固化处理后,其污染物的溶出速度,对周边的环境影响;

从强度、变形、渗透性、三轴参数等角度明确固化材料添加量和处理土物理力学性质之间的关系;

开发出适宜于有机质含量较高的湖泊疏浚污泥的专用固化激发剂,减少固化材料用量,降低固化材料处理成本,提高固化效果。

8.环保疏浚生态风险评估技术

该技术是在湖泊进行底泥疏浚期间和疏浚后,对由于疏浚工程给湖区带来的生态与环境要素的变化进行有效评价的检测方法。

选定不同疏浚工艺和深度的疏浚区,以及其临近的未疏浚区,布设监测点,2次/月采集底泥样品,对疏浚区疏浚前后及其未疏浚湖区的底泥样品进行内源污染物的检测,并对底泥中微生物群落结构和底栖生态系统功能的变化进行检测,同时监测主要环境物理和化学因子的变化。对底泥中微生物群落组成的分析,本研究改变传统的培养和形态鉴定方法,借用不饱和脂肪酸的生物标志物分析方法,以解决目前一般野外采样后在室内平板培养技术无法得到所有微生物种群的问题;而通过检测疏浚前后底泥中与营养盐代谢有关的关键酶活性,以评价疏浚对湖泊底泥生态系统中主要营养元素循环的影响,来确定底栖生态系统功能状态;结合室内全底泥生态毒理学实验,进行野外疏浚湖区的原位毒理学检测,选择评价疏浚工程对生物影响程度的生物学指标。

四、环保疏浚技术的工程示范

环保疏浚示范工程区位于西五里湖,面积为0.2km²,堆场位于渔港乡原退渔还湖利用的堆场,污泥固化示范场位于雪浪镇。环保疏浚船采用天津航道局海狸1200环保疏浚船,并安装了课题组研制的“绞吸挖泥船高精度

定位及挖深自动控制系统”。示范工程的实施经过以下11个步骤:

1.环保疏浚示范区地形测量

实测水下地形图显示,疏浚示范区陆上海拔高程一般在1.0~3.0m之间,水下湖底高程一般在0.5~1.0m左右,地形较平坦,中部略低,南北区域略高。

2.疏浚示范区底泥化学分析

疏浚区设15个物理孔和15个化学孔,对底泥进行勘察、勘测,根据分析结果,西五里湖疏浚区底泥中营养盐含量相对较高,有机质含量范围在0.796%~9.598%之间,表层浮泥层(0~10cm)平均值为4.619%,10~0cm平均值为4.433%;TN在0.012%~0.312%之间,平均值为0.109%;TP最高值、最小值分别为0.197%、0.005%,平均为0.056%。疏浚区底泥中重金属含量总体较低,金属镉含量平均值为7.1mg/kg,铜、铬、铅、锌各项指标平均值分别为75.2mg/kg、45.9mg/kg、49.6mg/kg和594.5mg/kg。

3.污染底泥层的判定

根据地形勘察与底泥化学分析,确定15个化学孔的污染底泥厚度,确定污泥顶标高和污泥底标高。

4.疏浚示范工程设计

根据水下地形图和五里湖疏浚岩土工程勘察报告中30个水下钻孔(15个化学分析孔、15个地质勘察孔)初步分析,按照污染底泥底标高的分布情况,在满足挖泥船施工可操作性条件下,将疏浚作业区划分为9个不同设计挖泥标高作业区,其中航道南侧4个区,航道内2个区,航道附近1个区,航道北侧2个区。

5.堆场区勘察设计与改造

对渔港乡原退渔还湖堆场进行设计改造,增加导流墙,以提高自然沉降速度,在泄水区设计建造加药絮凝沉淀区,以满足泄水区加药与输泥管加药的比较。

6.现场安装余水处理加药设备

首先在实验室进行絮凝剂的复

配开发实验,选择复配出适合余水处理特点的经济高效絮凝剂,用于余水处理的示范工程,并在现场安装余水处理加药设备。

7.堆场黏土防渗监测

选择堆场余水渗透观察井,在疏浚前监测本底值,并在疏浚过程及疏浚后监测渗透变化,以考察黏土防渗的效果。

8.环保疏浚施工及检测

将海狸1200环保疏浚船运至工程现场,安装课题组研制的相关设备,边施工边总结经验,调整工艺参数,在施工过程中监测细颗粒扩散情况。通过检测与计算:疏浚超挖深度小于10cm的保证率为78%;扩散范围5m处取样45个点,满足要求点为43个,占总检测数的95.6%,细颗粒去除率为99.95%。

9.余水处理及检测

环保疏浚示范工程与余水处理工程同步进行,以保证余水处理的达标率,在余水处理工程实施期间,经监测,余水的排放浓度全部小于200mg/L,余水处理率大于95%,达到了规定的技术指标,

10.污泥干化工程

疏浚完成后,经过半年的自然干化,堆场表层已经能够承载一定的重量,采用课题组研制的污泥开沟机按设计的开沟方法进行开沟作业,以便提高下部污泥的干化速度。

11.污泥资源化利用工程

疏浚后的污泥通过加入一定量的固化剂,可以制造成用于路基或筑堤的土壤,以便减少堆场占地,并能使疏浚污泥资源化。

五、结语

本次环保疏浚系列化技术研究全面提升了环保疏浚和二次污染防治的水平,对疏浚污泥厚度的判定、疏浚污泥的超挖欠挖、疏浚过程的细颗粒扩散、堆场防渗、堆场余水处理、堆场污泥干化、堆场(下转第58页)

织《河南水利年鉴》的编纂出版和四大流域年鉴的供稿等。当前水利建设的形势,又提出了水利史志多样性的课题。什么叫多样性?我们的理解是忠实全面地记录历史,要忠实地把河南水利建设的宏大场面和重大事件、典型人物等一系列的人和事都记录下来,并针对不同的内容选择不同的体例和不同的记载方式。对于河南省当前的水利建设,要在传统史志编纂的基础上,增加人物志、工程志等内容,全面记录和展现河南水利建设的辉煌历史,让“献身、负责、求实”的水利行业精神代代相传。

三是水利史志工作量大和编修人员少的矛盾。目前河南省水利史志办只有正式人员三名,大量的史志编修任务对水利厅史志办也是一个巨大的挑战。

二、搞好河南省水利史志编纂工作的思考

面对如此复杂的形势,要搞好水利史志工作,就要拓宽工作思路,在更大的范围和更广的空间去认识、规划和布局水利史志工作。在具体工作中必须体现时代性,把握规律性,富有创造性,从工作体制、工作内容、工作方式等方面全面创新,努力开创史志工作新局面。

一是做好规划。在省水利厅领导的支持下,抓紧制订完善《河南省水

利史志编纂“十一五”规划》,对河南省水利史志要编修的内容,列出详细的目录,根据史志办的能力和水平,做出中远期规划和实施规划的方法步骤,组织得力人员抓紧落实。

二是加强人员管理,提高工作效率。根据当前要实施的水利史志编修任务要求,特别是省志水利卷续志、省水利志和水利年鉴等工作内容,进行合理分工,提高工作效率,改善工作效果。

三是加强史志办与省水利厅各处室、各有关部门的联系与合作;加强与各市水利局和厅二级单位的联系,增强史志办修志的指导性,拓展水利史志编修范围,增加创收途径,缓解修志经费不足的矛盾,共同搞好河南省水利史志编修工作。

四是走出去,请进来,加强与外省水利史志编修单位的联系,借鉴其他地方的经验,引入科学的方法,提高河南省水利史志编修质量。

五是不断拓展水利史志工作的新空间。史志办要认真学习贯彻《条例》精神,积极运用《条例》,用《条例》保障水利史志编纂工作的顺利进行。同时,还要以创新的姿态看待水利史志工作,积极拓展水利史志的新空间,实现水利史志工作的多元化发展。

编纂出版《中原河湖大典》。抓住当前水利部编纂《中国河湖大典》

的有利时机,在省水利厅的支持下,在有关流域机构的帮助下,组织专门人员,动员市县力量,对河南省规模以上河湖条题进行认真调查,结合历史资料,形成《中原河湖大典》条题初稿,经过专家审查修改后分别上报有关流域机构《中国河湖大典》编委会办公室;然后组织《中原河湖大典》的出版发行。

在认真调研的基础上,开展水利文化建设方面的研讨,不断增加水利史志工作内涵,延伸服务范围。做好《影响中国历史的100名治水人物》《影响中国历史的100个治水事件》《影响中国历史的100项水利工程》《大河东流——河南省治淮历史回顾》和大型水利文化著作《千秋伟业——南水北调工程建设纪实》及大型报告文学集《为了生命的渴盼——河南省解决群众饮水安全工程建设纪实》的编纂工作。通过一系列水利文化作品的策划与推出,从根本上解决水利系统文化建设滞后的问题,以文化凝聚人心,以文化的力量推动水利建设和水利行业的发展,进而推动河南省水利事业的长足发展。

参考文献:

- [1] 张旺,张天辉.对水利社会管理的几点认识[J].中国水利,2005(11).
- [2] 沈全厚,梁滨久.创建学习型史志机构之我见[J].中国地方志,2004(6).

责任编辑 刘炳忠

(上接第42页) 污泥资源化利用以及疏浚过程的生态风险评估问题进行了全面研究,同时,将所研究的技术在工程规模上进行了示范,取得了较好的效果,为推动我国环保疏浚技术的发展起到了积极作用。

参考文献:

- [1] 刘鸿亮,金相灿,荆一凤.湖泊底泥环境疏浚工程技术[J].中国工程科学,1999.1(1).
- [2] 中国科学院南京地理研究所.太湖综合调查初步报告[M].北京:科学出

版社,1965.

- [3] 颜昌宙,范成新,杨建华等.湖泊底泥环保疏浚技术研究展望[J].环境污染与防治,2004.3(26).
- [4] 柳惠青.湖泊污染内源治理中的环保疏浚[J].水运工程,2000(11).
- [5] 金相灿,荆一凤,刘文生等.湖泊污染底泥疏浚工程技术——滇池草海底泥疏浚及处置[J].环境科学研究,1999.12(5).
- [6] 陈荷生,石建华.太湖底泥的生态疏浚工程——太湖水污染综合治理措施之一[J].水资源保护,1998(3).

[7] 卢云涛,滇池.草海污染底泥疏挖及处置工程效益分析[J].云南环境科学,1998.2(17).

[8] 李文义,李进军.滇池草海污染底泥疏挖及处置工程(一期)施工技术.国家环境保护总局科技标准司.中国湖泊富营养化及其防治研究[M].北京:中国环境科学出版社,2001.

[9] Sebetich M J, Ferriero N. Lake restoration by sediment dredging [J]. Verh Internat Verein Limno I, 1997. 26(2). 责任编辑 李计初