

太湖无锡水域生态清淤及淤泥处理技术探讨

王鸿涌

(无锡市水利局,江苏无锡 214031)

[摘要] 在全面简述无锡湖泊治污、修复生态、维护湖泊健康生命实践的基础上,重点介绍了湖泊生态清淤和淤泥资源化利用的实践和思考。

[关键词] 太湖;无锡水域;清淤;固化

[中图分类号] X524 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2010)06-0108-05

1 前言

太湖是我国第三大淡水湖泊,南北长 68.5 km,东西平均宽 34 km,面积 2 338 km²,湖泊库容达 44.3 × 10⁸ m³,湖泊平均水深 1.9 m,是典型的浅水型湖泊,年交换系数 1.18(300 d 左右换一次水)。具有供水、防洪、灌溉、航运、养殖和旅游等多种功能,是太湖流域社会经济可持续发展及人民赖以生存的保障性资源,也是流域水生态系统的中枢。太湖无锡水域位于太湖西北部,占有湖面 613 km²,其中有竺山湖、梅梁湖、贡湖和五里湖等湖湾。这里是著名的太湖风景旅游胜地,但也是太湖水污染十分严重的湖区。为此,在国家重点治理太湖行动中,无锡市全力以赴,做了大量工作,取得了一定的研究成果和治理效果。

2 太湖及太湖无锡水域水质状况

由于流域社会经济的高速发展以及高强度人类活动的干预,导致太湖水环境问题日益突出。太湖的水质自 20 世纪 80 年代起,平均每 10 年下降一个等级。2002 年除东太湖和东部沿岸带水域符合地面水环境质量标准 II, III 类外,其余的湖区全部劣于 IV 类。同时,太湖水体的营养盐浓度不断升高,全湖平均达到了富营养水平,以蓝藻水华为表征的富营养化现象愈演愈烈。

太湖梅梁湖水域自 20 世纪 90 年代开始,水质持续维持在 V 类或劣 V 类,并且水体富营养化导致了蓝藻水华频发^[1]。自 20 世纪 80 年代起,与梅梁湖相邻的五里湖,由于污染源大量排放,逐渐演变为太湖的水污染重灾区,严重影响了无锡城区水体的水环境功能。太湖水污染问题已成为制约流域社会经济持续发展的重要瓶颈,是国家迫切需要解决的主要水环境问题之一。

3 太湖无锡水域的主要治理措施

无锡在多年的太湖治理中,采取了“控源与生态修复(或生态重建)相结合”的综合治理模式。在加强控制和清除湖泊内外污染源的同时,积极实施湖泊水生态的修复重建。主要从以下几个方面着手:a. 大力推进经济结构调整,实施更加严格的污染排放标准和区域环境准入条件,从源头上削减污染物排放量;b. 加快污染处理设施建设,全面提高污水处理率和处理标准;c. 突出抓好农业面源、水产养殖污染治理,加快建立生态隔离带;d. 加快调水引流工程建设,统筹规划调整河网水系,促进太湖水体有序流动;e. 全面推进湖泊底泥疏浚,积极开展生态修复;f. 建立和完善太湖水污染防治监测、统计和考核体系,严格环境执法监管;g. 大力组织科技攻关,推广应用水污染防治适用技术;h. 推进体制机制创新,加大财政治污投入,加快推进环境价

[收稿日期] 2009-12-10

[作者简介] 王鸿涌(1963-),男,河南南阳县人,高级工程师,研究方向为水生态环境;E-mail:whynj@126.com

格改革,加快建立政府引导、企业为主、社会参与的污染治理投入机制;i. 加强组织领导,建立工作责任制,定期公布太湖地区主要污染物减排和治污工程完成情况,接受社会和群众监督;j. 加大太湖治理的宣传力度,增强全社会环保意识,引导全社会广泛参与,推动污染治理工作的深入开展。

经过几年的综合治理,太湖无锡水域的水生态系统已开始逐渐恢复,水环境质量得到了很大的改善,太湖治理取得了良好的环境效益、社会效益与经济效益。在太湖无锡水域综合治理的过程中,无锡市水利局作为综合治理的主要职能部门之一,在调水引流、底泥疏浚和生态修复中开展了深入的研究和实践。特别是在清除太湖污染底泥,控制内源污染方面,笔者研究团队在国内率先采用了先进的环保生态清淤技术,并对淤泥处理资源化利用技术进行了深入的研究和生产性试验,取得了重大突破,为清除湖泊污染底泥的产业化生产,创出了一条新路,起到了一定的示范作用。

4 环保生态清淤工程

4.1 清淤的作用

湖泊底泥是陆源性入湖污染物(营养物、重金属、有机毒物等)的主要蓄积场所。国外的研究表明:污染湖泊的外源即使得到了有效的控制,但由于内源负荷的存在,湖泊水质要出现较明显的改善,大约需经过数十年的时间。因此,在湖泊流域的点源和面源污染基本得到控制的同时,采取工程措施清除内源(主要是污染底泥)是湖泊污染治理的有效措施之一。

太湖底泥中,聚集着历年来沉积的 N, P, 有机质、重金属等污染物,即使切断了全部外源污染,淤积于底泥之中的内源污染,依然是隐藏于太湖深处的“定时炸弹”。内源释放对太湖水质产生了持续压力^[2]。近几年,太湖外源污染总体减轻,而湖体总氮、总磷浓度下降的速度仍然较慢,这与内源污染释放关系较为密切。要控制太湖内源的污染,就必须对太湖进行清淤。

4.2 环保生态清淤的意义

环保生态清淤作为近 20 年来发展起来的新兴技术,不但能够清除底泥中的污染物,还可为水生态系统的恢复创造条件。环保生态清淤是水利工程、环境工程和疏浚工程交叉的边缘工程技术,其与一般工程疏浚的区别主要在于:环保生态清淤旨在清

除湖泊中富含污染物质的底泥和浮淤,并要求尽可能保护水生生态系统恢复的生境条件;工程疏浚则主要为某种工程的需要如疏通航道、扩大过水能力、水量增容等而进行的建设工程。

4.3 环保生态清淤的特点

环保生态清淤主要有以下几个特点:a. 泥沙搅动少,扩散和泄漏少,吸入浓度高,悬浮状态的污染物对周围水体影响小;b. 定位精度高、开挖精度高,能彻底清除污染物,超挖量少,既保证环保疏浚效果,又降低工程成本;c. 避免淤泥输送过程中的泄漏对水体造成二次污染;d. 对疏浚的污染底泥进行安全处理,避免污染物对其他水系及环境的污染。

4.4 环保生态清淤的几个关键措施

在太湖湖区实施环保生态清淤,必须把握几个关键。

1) 要选择符合要求的环保清淤设备。环保清淤设备需要满足以下几个方面的要求。a. 疏浚精度要高,挖深精度要控制在 10 cm 以内,严禁超挖、欠挖;b. 对底泥扰动要小,吸入浓度高,减少扰动带来的泥浆扩散;c. 疏浚底泥输送过程中不泄漏。针对以上几个特点,通过多种清淤机械的比选,最终采用了荷兰 IHC 公司的海狸 600 型,1200 型绞吸式挖泥船,该船采用定位桩台车,安装自动挖泥控制系统和显示系统,使用 GPS 定位,绞刀头下安装水下摄像系统,使疏浚精度提高到 10 cm 以内,在环保绞刀头部有严密的防漏护罩,防止淤泥的扩散,完全能够满足环保清淤的要求。

2) 合理确定清淤范围。哪片湖区需要清淤,清多大面积,必须要对湖底淤泥状况进行全面的摸底,测定湖泊底泥的厚度,淤泥中 N, P 及重金属含量,只有对湖泊底泥的基本情况全面了解,才能正确设计湖泊的清淤范围。对拟清淤湖区进行全面的湖底地形测量,确定湖底高程、淤泥分布及厚度,并取泥样进行污染物含量分析,将 TP(总磷),TN(总氮)及有机质超过一定含量的湖区确定为清淤范围。

3) 合理确定疏浚底泥厚度。以往我国运用背景值法、拐点法和标准偏差倍数法确定湖泊底泥疏浚深度。由于世界上尚无水体底泥污染评价标准,现有的土壤环境质量标准(GB15618-1995)和农用污泥中污染物控制标准(GB4284-84)并不适用于评价水体底泥,因此背景值的确定不能满足底泥环保疏浚要求。拐点法虽简单,但不能将拐点处的污染物含量与污染程度或等级相联系。标准偏差倍数

法容易混淆底泥污染与底泥污染物含量水平的概念,因此这3种方法仅作为参考,不能应用于环境目的的疏浚设计。

采用底泥生态风险与释放强度相结合的方法来确定疏浚底泥的厚度,该办法既考虑底泥本身的污染性状,又参照实际状态下底泥对湖泊水体的影响,使环保疏浚的深度确定更科学合理。该方法引入底泥污染物释放风险的概念,提出底泥中污染物是否对水体产生污染为主要依据,弥补了其他疏浚深度判断法中存在的依据不足的缺陷,可以防止因疏浚深度确定不当造成底泥释放明显或未减弱的决策失误。

4.5 环保生态清淤的工程流程

环保生态清淤工程可分为清淤工程勘察设计、污泥疏挖、污泥输送、余水处理及污泥处置5个过程。

4.6 环保生态清淤工程实例

无锡市太湖生态清淤从2002年就已开始实施,到目前为止已先后完成了五里湖,贡湖一期、二期,梅梁湖一期、二期、三期,竺山湖一期等工程,已累计完成清淤面积 31.66 km^2 ,清除淤泥 $877 \times 10^4\text{ m}^3$ 。目前正在进行2009年度太湖清淤工程的前期工作,计划实施梅梁湖清淤四期工程和宜兴竺山湖清淤二期工程。现规划中的无锡水域生态清淤工程将于2012年全面完成。

2002年对五里湖进行了全面的环保生态清淤,根据事前对五里湖的全面测量和淤泥污染物分层含量分析,针对不同层次的淤泥污染程度,确定清淤厚度为 $20 \sim 100\text{ cm}$,也有部分湖区由于淤泥较少且污染程度较轻而未予清淤,实际清除了湖底平均 50 cm 的淤泥,共计清出淤泥 $248 \times 10^4\text{ m}^3$ 。环保生态清淤工程实施后,五里湖水质得到明显改善,以实施清淤后的2003年与清淤前的2002年水质指标分析对比, COD_{Mn} 下降 17.1% ,总磷平均浓度下降 27.8% ,水体透明度提高了近 20 cm 。在清除了污染底泥的基础上,再经综合治理项目的逐步实施,当前五里湖水质与整治前2002年相比, COD_{Mn} 降至 4.8 mg/L , TN 降至 1.12 mg/L , TP 降至 0.087 mg/L ,降幅分别为 51.5% , 88.1% 和 50.3% ,总体水质已接近Ⅲ类水。

5 淤泥固化及资源化利用

5.1 淤泥固化的定义

淤泥固化技术是指在污染底泥疏挖完成后,为

了使疏浚堆场淤泥快速干化而采用的技术手段。淤泥固化技术是当前世界上较为先进的环保型处理方法,目前处理淤泥的方法主要有物理脱水固化、加热烧结和化学固化3种。

5.2 淤泥固化的意义

近年来,国内受污染大型湖泊的内源治理工作相继开展,由于堆泥场地紧张,场地使用费用昂贵等因素,疏浚堆场底泥长期占用土地成为影响疏浚工程效率和经济性的重要因素,在江苏、浙江等东部沿海人口密集、经济发达地区,这一矛盾更加突出。传统的堆填处理方法不仅占用大量土地,而且对周围的环境造成二次污染^[3]。据分析,按平均堆高 3 m 计,堆放 $2\,000\text{ m}^3$ 淤泥就需占用1亩($15\text{ 亩} = 1\text{ hm}^2$)土地, $200 \times 10^4\text{ m}^3$ 淤泥就需占用1000亩土地,淤泥堆放后,如果依靠自然风干,在很长时间内该土地将无法利用。

为了解决这个问题,笔者研究团队在国内率先采用固化技术对污染底泥进行处理,将废弃的底泥转化为土工再生资源 and 土壤资源进行利用,不仅可从根本上解决底泥的处理问题,而且与我国正在进行的大规模土建工程建设相结合,对于解决湖泊河网地区疏浚底泥的处理和土建工程建设用土具有重要的意义。同时也可清除湖泊污染底泥的产业化生产创出一条新路。

5.3 国内外淤泥固化的现状

目前,在疏浚底泥固化处理技术方面,国内外对疏浚淤泥固化处理的研究主要集中在固化材料、固化土的力学性质、固化施工的环境影响、固化方法对污染物的稳定效果方面,但是由于国情不同,国外的固化处理标准要求较高,因此固化材料的掺加量很高,相应成本也比较高,在我国目前的情况下难以接受。

5.4 无锡市淤泥资源化利用的创新点

在淤泥固化的工程中,针对疏浚底泥产生量大、力学性质差和含水率高等处理难点,以及处理淤泥要求时间紧的情况,一般采用化学固化的方法对淤泥进行处理。该技术通过向疏浚底泥中加入化学固化材料,使淤泥中的自由水变成结晶水或与土颗粒的结合水,使存在于其中的有机物、重金属封闭于土颗粒中,同时固化后的淤泥透水系数又很小,使得有害物质很难再次淋滤和溶出而形成二次污染,能形成较好的环保效应。

疏浚淤泥固化处理技术在国外都有应用(如日

本、新加坡),在日本有成套的大型固化处理设备和专用固化材料。由于国情不同,这种处理设备和固化材料价格较高,在日本处理淤泥的造价在100元/m³以上。笔者研究团队使用的“复合型淤泥固化材料”以工业废料为主要成分,不仅可以疏浚底泥处理为满足工程要求的土材料,还可“变废为宝”,减轻成本。淤泥固化处理成套设备,也都是自行设计制造的国产设备。因此,利用该设备和固化材料处理疏浚淤泥的造价在40~60元/m³左右,相对于国外同类技术,具有适合国情、造价相对较低的优点。

对淤泥中掺入不同的固化剂,可满足固化土的不同用途需求。疏浚底泥固化处理后的土可以被广泛地用作各种填土工程,如堤岸加固、道路建设、低洼地填方等;土壤化处理后的淤泥可以用作坡岸和城市绿化基质用土等。这些工程需求可以解决疏浚底泥处理后的出路问题。

5.5 淤泥固化的工艺流程

淤泥固化可以分为以下几个过程,a. 根据淤泥情况调配固化剂;b. 控制淤泥含水率,通过淤泥表面排水,底部挖沟、挖坑积水、集中排水等控制淤泥含水率在60%至80%之间;c. 对淤泥中的杂物进行预处理工作,防止搅拌机械产生机械故障;d. 添加固化剂,在均匀搅拌淤泥过程中通过固化添加剂罐控制添加剂量;e. 对经过固化的淤泥进行资源化利用。

5.6 无锡市淤泥资源化利用工程实例

从2006年起,无锡市对五里湖清淤时的长广溪堆场的淤泥进行固化处理,固化土主要用于低洼地填筑和道路路基用土。经化学固化后,对固化土的力学性能指标进行测试,碾压段的28d无侧限强度为61.8kPa,不碾压段强度为56.2kPa,碾压段和不碾压段28d无侧压抗压强度均大于设计强度40kPa。2007年无锡市又在管社山区域进行淤泥固化,固化土主要用于渔港地区渔池填土,碾压段的承载力设计强度为60~80kPa,固化土回填经碾压后,其抗压强度达到142.9kPa,承载力大大超过设计要求,安全系数达到2左右。

5.7 效益分析

长广溪800亩淤泥堆场,经过淤泥固化,共恢复可建设用地800亩,按每亩10万元计,可产生经济效益8000万元。管社山区域淤泥固化,共处理淤

泥120×10⁴m³,全面用于公路填筑和低洼地填埋,减少淤泥堆场600亩,按每亩10万元计,间接经济效益6000万元。以上土地仅按普通用地价格计算,在太湖周边土地开发的实际价格要高得多,经济效益更加可观。

6 环保生态清淤及淤泥资源化利用前景及存在问题

环保生态清淤技术作为一项既能够清除湖泊内污染源,又能够为水生态系统恢复提供有利条件的成熟技术,在水环境治理上有着极其重要的地位,将是我国湖泊内源治理的主要技术措施之一^[4]。

淤泥固化技术在水环境治理中也有着极其重要的作用,有巨大的推广价值。a. 淤泥固化可以根据不同淤泥的性能和固化土不同用处的要求,设计不同的配方方案,使固化的淤泥满足不同的需求;b. 将已成为有害垃圾的淤泥变为有用的土方资源,减少大量的淤泥堆积土地,有效节约了土地资源、保护了环境;c. 固化材料是一种利用粉煤灰、废石膏等工业废料为主组合成的新材料,走以废治废的创新思路,发挥了资源的更大利用价值。

环保生态清淤技术同疏浚淤泥的固化和资源化利用技术相结合,可形成生态清淤产业链和生产能力,将使环保生态清淤工程在湖泊水环境治理方面有着远大的前景,相信该项技术定会为我国的湖泊治理提供强有力的支撑。但同时也要清醒的看到,淤泥固化技术的研究还有着需要进一步改善的地方,其造价相对于我国国情还是偏高,目前该技术在我国经济发达地区相对可以承受,但要向全国推广还存在一定的困难。所以,在淤泥处理的造价方面,应该进一步研究新的材料与方法,降低处理成本,提高市场竞争能力。

参考文献

- [1] 金相灿,刘洪亮,屠清瑛,等.中国湖泊富营养化[M].北京:中国环境科学出版社,1990
- [2] 郑超海,范成新,逢勇.太湖底泥的污染控制及修复技术的可行性应用探讨[J].污染防治技术,2003,(22):23-26
- [3] 李磊,朱伟,赵建,等.西五里湖疏浚底泥资源化处理的二次污染问题研究[J].河海大学学报,2005,33(2):127-130
- [4] 秦伯强,高光,胡维平,等.浅水湖泊生态系统恢复的理论与实践思考[J].湖泊科学,2005,17(1):9-16

Discussion on ecological dredging and silt treatment technology of Taihu Lake in Wuxi City

Wang Hongyong

(Wuxi City Hydraulic Bureau, Wuxi, Jiangsu 214031, China)

[**Abstract**] Based on the simple description of pollution control, ecology restoration and maintenance of healthy life of lakes in Wuxi City, the paper focused on the practice and thinking of lake ecological dredging and silt resource utilization.

[**Key words**] Taihu Lake; water basin in Wuxi City; desilte; solidify

(上接 84 页)

Evaluation of a typical plateau deep lake by DOM spectral characteristics

Tian Linfeng, Hu Jiwei, Li Cunxiong, Huang Xianfei, Xie Weifang

(Guizhou Provincial Key Laboratory for Information System of Mountainous Areas and Protection of Ecological Environment, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China)

[**Abstract**] Dissolved organic matter (DOM) is a focus and challenge in the field of water environmental research since it plays an important role in the restoration research of aquatic system. Ultraviolet-visible (UV-VIS) spectroscopy and fluorescence spectrophotometer are often used as an effective way for extracting DOM characteristics. In the present research, spectral characteristics of DOM were studied in water samples from different locations of the Hongfeng Lake, a man-made deep karstic lake and a key drinking-water source for Guiyang City, Guizhou Province, and various components of organic matter distributed at different samples were identified. The UV-VIS absorption ratio values (E_3/E_4) for the water samples collected from the Hongfeng Lake ranged from 1.70 to 8.77, and in general these values at 10 m depth were higher than those at 5 m depth except site HWHDC, while the fluorescence ratio values (f_{450}/f_{500}) ranged from 1.38 to 1.52. It could thus be inferred that the main organic pollution was from terrestrial origin at present. It is found, however, that spectral characteristics of the water samples from sites HWHDC, BHHX and ZG are different from those from the other sites. In addition, the results indicated that the depth of water had correlation with the humification degree of organic matter.

[**Key words**] dissolved organic matter; ultraviolet-visible spectral characteristics; fluorescence spectroscopy; correlations