

湖泊底泥环境疏浚工程技术

刘鸿亮, 金相灿, 荆一凤

(中国环境科学研究院, 北京 100012)

[摘要] 论述了湖泊污染底泥的环境疏浚工程技术, 这是一项当今世界上崭新环保工程技术, 作者根据国内湖泊环境疏浚第一例工程的经验和实践, 提出了环境疏浚工程技术, 包括该技术与工程疏浚技术的区别, 疏浚方案的制定, 适用机械的选型比较, 以及泥浆的脱水干化, 余水处理等, 同时还提出了防止二次污染的各种技术和措施, 为我国湖泊污染治理提供了一个有效的污染底泥疏浚技术。

[关键词] 湖泊底泥; 环境; 疏浚; 新技术

1 前言

湖泊污染底泥是湖泊污染的潜在污染源, 在湖泊环境发生变化时, 底泥中的营养盐会重新释放出来进入水体。尤其是对城市湖泊, 长期以来累积于沉积物中的氮磷往往很高, 在外来污染源存在时, 氮磷营养盐只是在某个季节或时期会对富营养化发挥比较显著的作用, 然而在湖泊外来污染源全部切断以后, 底泥中的营养盐会逐渐释放出来, 仍然会使湖泊发生富营养化^[1]。

氮磷的释放, 其机制不同。前者取决于氮化合物分解的程度, 而后者与其化学沉淀的形态有关。氮化合物在细菌的作用下可以相互转化, 不同形态的氮, 其释放能力不同, 溶出的溶解态无机氮在沉积物表面的水层进行扩散。由于表面的水层含氧量不同, 溶出情况也不同。若厌气性时, 以氨态氮溶出为主; 好气性时, 则以硝酸氮溶出, 其溶出速度比厌气时为快。底泥中的磷主要是无机态的正磷酸盐占大部分。一旦出现利于钙、铝、铁等不溶性磷酸盐沉淀物溶解的条件, 磷将会释放^[2]。

一般情况下释放出的营养盐首先进入沉积物的

间隙水中, 逐步扩散到沉积物表面, 进而向湖泊沉积物的上层水混合扩散, 从而对湖泊水体的富营养化发生作用(表1)。

表1 湖泊沉积物中氮磷的释放量

Table 1 Release capacity of N and P from sediments in some lakes, China

湖名	N释放速率 /mg(m ² ·d) ⁻¹	P释放速率 /mg(m ² ·d) ⁻¹	N释放量 /t·a ⁻¹	P释放量 /t·a ⁻¹
固城湖		7.74~8.10		
洱海	55~90	2.2~5.6	485.8~795.0	194.3~494.6
西湖		1.02		1.346
巢湖			1705.16	220.38
玄武湖			102	10.46
滇池草海				7.4

根据研究资料, 江苏固城湖、大理洱海和杭州西湖沉积物中磷的释放速率 [mg/(m²·d)] 分别为 7.74~8.10, 2.2~5.6 和 1.02。根据西湖研究计算表明, 每年沉积物中磷的释放量可达 1.3 t 左右, 相当于年入湖磷负荷量的 41.5%; 安徽巢湖的磷年释放量高达 220.38 t, 占全年入湖磷负荷量的 20.90%; 玄武湖的磷释放量占全年排入量的

[收稿日期] 1999-07-29

[作者简介] 刘鸿亮(1932-), 男, 辽宁大连市人, 中国工程院院士, 中国环境科学研究院研究员

21.5%^[3]。从以上几个例子中，我们不难看出，沉积物中磷释放对水体磷浓度的补充，是一个不可忽视的来源，尤其象杭州西湖采取了截污工程措施以后，这种来自沉积物中的磷，其重要性是不言而喻的。因此，国内外都采取多种方法对污染底泥采取工程措施，对城市附近污染底泥堆积深度很厚的局部浅水域，环境疏浚工程技术最为普遍，效果也最为明显。

2 环境疏浚和工程疏浚的区别

环境疏浚旨在清除湖泊水体中的污染底泥，并为水生生态系统的恢复创造条件，同时还需要与湖泊综合整治方案相协调；工程疏浚则主要为某种工程的需要如疏通航道，增容等而进行的，两者的具体区别见表2。

表2 环境疏浚与工程疏浚的区别

Table 2 Difference between environmental and engineering dredgings

项 目	环境疏浚	一般疏浚
生态要求	为水生植物恢复创造条件	无
工程目标	清除存在于底泥中的污染物	增加水体容积，维持航行深度
边界要求	按污染土层分布确定	底面平坦，断面规则
疏挖泥层厚度	较薄，一般小于1 m	较厚，一般几米至几十米
对颗粒物扩散限制	尽量避免扩散及颗粒物再悬浮	不作限制
施工精度	5~10 cm	20~50 cm
设备选型	标准设备改造或专用设备	标准设备
工程监控	专项分析严格监控	一般控制
底泥处置	泥、水根据污染性质特殊处理	泥水分离后一般堆置

3 环境疏浚方案制定

3.1 污染底泥分布、总量调查及疏挖方案

包括湖泊底泥沉积特征、底泥物理力学指标、底泥中污染物浓度及分布规律、底泥中污染物潜在生态危害指数评价、污染底泥量测算等；疏挖范围及规模、疏浚作业区的划分及工程量、污染底泥存放堆场选址、疏挖设备选配、疏挖施工工艺流程、堆场围埝及泄水口形式等。

3.2 堆场余水、污染底泥处置方案及辅助工程

包括堆场余水水质控制、余水处理工艺、污染底泥处置、泥浆干化脱水、堆场二次污染防治措施、底泥综合利用等；辅助工程包括供水工程、供电工程、土建工程、交通通讯、生活福利设施。

3.3 投资估算、财务分析及机构

包括投资估算、资金筹措、财务评价、工程效益分析等；项目实施组织机构包括工程实施组织机构及工程进度安排。

4 底泥疏挖工艺及设备选型

4.1 疏挖工艺流程

将底泥从水下疏挖后输送到岸上，有管道输送和驳船输送两种方式。管道输送工作连续，生产效率高，当含泥率低时可长距离输送，输泥距离超过挖泥船排距时，还可加设接力泵站。采用管道输送泥浆并加设接力泵船的疏挖施工工艺流程如图1所示。驳船为间断输送，将挖泥船挖出的泥装入驳船，运到岸边，再用抓斗或泵将泥排出，该种运泥方式工序繁杂，生产效率较低，一般用于含泥量高或输送距离过长的场合。

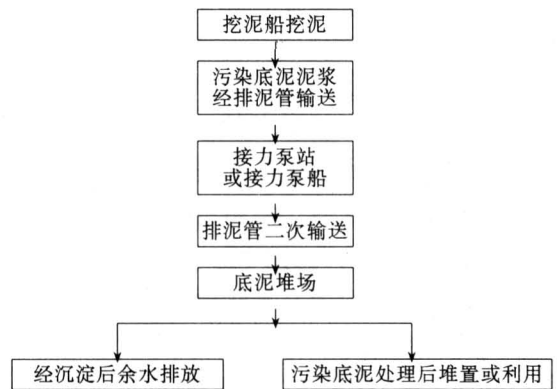


图1 污染底泥疏挖工艺流程图

Fig.1 Diagram of polluted sediments dredging process

绞吸式挖泥船能够将挖掘、输送、排出等疏浚工序一次完成，在施工中连续作业，它通过船上离心式泥泵的作用产生一定真空把挖掘的泥浆经吸泥管吸入、提升、再通过船上输泥管排到岸边堆泥场或底泥处理场，是一种效率较高的疏挖工艺流程。

4.2 设备选型

为了适应不同工况需要,现代挖泥船类型繁多,大致可分为三大类20种。据不完全统计,我国现有各种国产或进口挖泥船约1800余艘。

耙吸式挖泥船吃水较深,一般满载吃水在3m以上,在浅水水域中难以应用。链斗、抓斗、铲斗挖泥船挖泥提升过程中污泥溢流散失甚多,加之用拖轮泥驳在浅水中航行运泥,因螺旋桨的作用将会在运送途中搅起底泥,造成污染,因此不宜选用。吸扬式挖泥船适于吸取含水量较高的淤泥,对于较密实的底泥和粘性土需加喷水装置使其松动,由此也会造成污泥扩散,在这种情况下不宜采用。气动泵挖泥船在挖深浅、排距大时难以发挥其优势,但在污泥厚度大、排距小时适于应用。斗轮式挖泥船通过斗轮旋转切割和挖掘土层,形成泥和水的混合物后,再经吸泥管吸入泥泵,具有增加对硬质土的挖掘能力及提高污染浓度等优点,但由于斗轮直径较大,漏失也较严重,可能造成底泥的扩散污染。绞吸式挖泥船对土质的适应性强,生产率及排距的选择比较灵活,生产效率高而能耗和运行成本低,是国内外应用最为广泛的船型,但绞刀在水中转动挖泥,可使污染再悬浮而造成污染。

鉴于传统疏浚机械用于环境疏浚均存在某些不足,随着环境保护意识在全球范围内的提高,环保型疏浚机械的发展日益受到重视。从70年代起北美、欧洲、日本等发达国家相继投入人力、物力,致力于环保疏浚设备的研制和相关技术开发,取得显著成效。如:为解决常规绞吸式挖泥船施工中产生的二次污染问题,荷兰IHC公司开发了液压可调节罩式环保型绞刀;DAMEN公司设计制造的HAM291环保疏浚船采用独特的螺旋环保绞刀、三缆定位索系统和现场监测系统,既可有效防止污染扩散,又可将疏挖精度提高到5cm以内;日本采用气密式回转泥斗、高浓度气力泵和压缩空气输送等技术,实现了高浓度疏浚和高浓度输送。上述设备和技术已取得环境疏浚的成功经验,我国可以在引进消化国外先进的环境疏浚设备和技术的基础上,自主开发我国适用的环境疏浚设备和技术。

5 堆场余水及污染底泥处置

5.1 堆场余水处理及水质控制

污染底泥及其泥浆输送至岸上后,体积一般将

扩大若干倍,泥浆经堆场沉淀后大量余水外排,余水处理是环境疏浚的又一重要环节。泥浆余水是否需要处理及怎样处理,取决于余水中污染物的组分及含量、接纳余水水体的性质、功能以及技术经济分析结果。堆场余水处理工艺应简单易行、经济有效、适合大流量泥浆实施操作。

国内某些湖泊环境疏浚工程堆场余水监测结果表明,采用自然沉淀的堆场在吹填初期及中期堆场排放的余水水质良好,吹填后期及中后期的部分时段可能出现超标现象,说明采用堆场自然沉淀的方法控制余水水质是基本有效的。

为了进一步控制堆场余水水质及可能造成的污染,可采用以下措施:(1)优化堆场设计,强化自然沉淀效果;(2)降低吹填后期泥浆流量,延长余水在堆场的滞留时间;(3)泄水口外设置防护屏,防止污染物在接纳水体中扩散;(4)投放化学药剂,降低堆场余水中污染物含量。投放混凝剂强化堆场沉淀效果的工艺流程框图见图2。

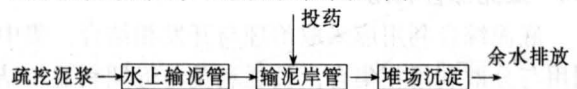


图2 投药沉淀处理堆场余水工艺流程

Fig. 2 Diagram of treatment process for effluents from disposal sites of polluted sediments

5.2 污染底泥处置

污染底泥中含有各种对环境有害的污染物,不能直接吹填堆放,尚须经过无害化处理或采取防止污染扩散的措施。污染底泥处置的基本原则为:

根据底泥中污染物种类,选择有效的处理方法,保证处理效果;污染底泥疏浚一般工程量浩大,宜选择处理成本低的处理工艺;污染底泥处理过程中不产生二次污染;在可能条件下,污泥处置与综合利用相结合。

5.3 堆场设计

堆场是污染底泥存放的场所,其主要设施包括围埝、泄水口、排水沟等,堆场设计必须符合环境疏浚的特定要求。

(1)围埝 是堆场的重要组成部分。围埝的结构形式应根据吹填区位置、现场水深、地质条件、吹填高程、当地可用材料等情况选择。按结构形式围埝分为重力式、板桩式等,按筑埝材料围埝分为

土埧、石埧、砂埧等。存放污染底泥的堆场，围埧设计除了考虑稳定性，还应考虑防渗措施，以防止二次污染。国内已经进行的环境疏浚实践表明，铺设土工膜是一种简单有效的防渗方法。

(2) 泄水口 是泥浆在堆场沉淀后排放余水的口门，其作用是调节泥浆流程、控制排放量、保证污染泥粒沉淀效果及提高吹填平整度等。泄水口的位置、数量及断面尺寸根据泥浆进入堆场的总流量、污染颗粒大小、堆场面积及吹填场地地形条件确定。泄水口的形式分为管式、溢流堰式、泄水闸式等，设计中应按具体情况和现场条件选用，无论采用何种形式，都应注意将泄水口布置在尽量远离排泥管出口的位置。

(3) 排水沟 是连接泄水口导引堆场余水向外排出的通道，排水沟的断面一般为矩形、梯形、圆形等，其设计应满足排水通畅、牢固经济、防冲性能好、易于维护的要求。

5.4 底泥综合利用

底泥综合利用应采取治理与开发相结合，集中利用与分散利用相集合，长远利益与近期利益相结合的原则，充分利用土地及底泥的资源价值。底泥的开发利用应由政府有关部门统一安排，根据不同具体情况，采取覆盖、防渗及其它必要措施，防止底泥中污染物向环境扩散。底泥利用的主要途径为：

(1) 建立湖滨绿化带，美化环境，保护水体沿湖岸边绿化，乔灌木搭配，地面植草，使堆场所在地形成绿化带，既可防风，又可保持水土，美化环

境，并起到防止污染土扩散的作用，实践证明，在污染底泥堆场直接播撒草籽植草可以获得成功。

(2) 填地造景，开发旅游资源。湖泊周围往往具有美好的自然风貌，具备优越的旅游开发环境，将湖泊周围的坑洼废地填平后为开发用地创造了条件，但应避免人为活动加强而引起排污强度的提高。

(3) 湖泊底泥中往往富含氮、磷、钾多种营养元素，同时还含有普通矿物肥料中所缺少的有机质及多种微量元素，无害化处理后作为林地肥料有明显增产效果。

(4) 可用底泥制造聚合物基废弃物复合材料、建筑墙体材料、混凝土轻骨料、硅酸盐胶凝材料。

昆明滇池草海污染底泥的环境疏浚工程实施后草海水质得到显著改善，获得较好的环境效益和社会效益。

参考文献

- [1] Akrotanakul S, Boersma L. Socil Sci. 1983, (13595): 267~274 and (13596): 331~341
- [2] Forester. Wittmanm, Metal pollution in the Aquatic environment, Springer-verlag Berlin Heidelberg New Yorw 1981
- [3] 金相灿. 沉积物污染化学 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1992
- [4] 昆明市环境科学研究所. 滇池富营养化调查 [M]. 昆明: 云南科学技术出版社, 1992
- [5] 金相灿, 刘树坤, 章宗涉, 等. 中国湖泊富营养化 [M]. 北京: 海洋出版社, 1995

Environmental Dredging Technology of Lake Sediment

Liu Hongliang, Jin Xiangcan, Jing Yifeng

(Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China)

[Abstract] This paper discussed environmental dredging engineering technology for sediment in lake, which is a new technique of the field in worldwide. The paper presented environmental dredging technique of lake sediment on the basis first environmental dredging engineering - Chaohe engineering of Lake Dianchi, including the nature of environmental dredging, technological process, main dredging facilities selection, the silt and its stockpile and dewater and treatment, as well measures to prevent pollution in environmental dredging. The technique developed is practical one to control pollution and eutrophication for Lakes all over the China.

[Key words] sediment lake; environmental; dredging; new technology