

东太湖疏浚对河网环境影响的研究

陈德林¹ 赵 勇¹ 顾新刚¹ 陈云波² 周 斌² 王建生²

(1. 水利部上海勘测设计研究院 , 上海 200434 ; 2. 水利部太湖流域管理局 , 上海 200434)

摘要 在东太湖底泥富含污染物的情况下 , 进行环保疏浚施工实验。提出控制排泥场尾水对河网环境污染的措施 , 防止疏浚过程中造成地区水环境的二次污染。疏浚工程重点是防治技术的开发、评价及处理工艺的选定。

关键词 疏浚 ; 悬浮物 ; 河网环境 ; 排泥场 ; 太湖

中图分类号 :TV851 **文献标识码** :A **文章编号** :1004-693X(2006)03-0030-03

Study on the environmental impact on river network caused by dredging in East Lake Taihu

CHEN De-lin¹ , ZHAO Yong¹ , GU Xin-gang¹ , CHEN Yun-bo² , ZHOU Bin² , WANG Jian-sheng²
(1. Shanghai Survey & Design Research Institute , Shanghai 200434 , China ; 2. Taihu Basin Authority , Shanghai 200434 , China)

Abstract :As there are plenty of pollutants in the sediments of East Lake Taihu , measures were put forward to prevent the effluents of mud-dumping yard from polluting the river network according to the practice of environmental dredging , thus decreasing the secondary pollution on water environment . Emphasis should be placed on the development and analysis of control techniques and the choice of the proper treatment process .

Key words :dredging ; suspended solid ; river network environment ; mud-dumping yard ; Taihu Lake

东太湖疏浚是太湖综合治理的配套工程 , 是太湖大面积疏浚先期项目。工程于太湖东茭嘴处疏通一条底宽 350 ~ 450 m , 底高程为 0.00 m , 总长度 6.78km 疏浚土方 438 万 m³ 的湖底河道。太湖的水将顺畅地进入太浦河。工程于 2003 年 5 月正式开工 , 疏浚船只是目前国际上采用的荷兰 IHC 公司海狸 750 型、4012 型斗轮式挖泥船和海狸 BV1600 绞吸式挖泥船。单船产量 344 ~ 550 m³/h , 4 条船同时作业输泥浆控制在 12% ~ 26% , 排放泥浆水 2 523 ~ 4 033 m³/h , 单船一排泥浆 6.1 ~ 9.7 万 m³/d , 工程每天排出泥浆约 24.4 ~ 38.8 万 m³/d。泥浆通过管道输送至 3.5 km 外的陆上 5 个排泥场 , 排泥场内设置隔埂使泥浆有较大的回旋时间和空间静止沉淀。工程总的泥浆排量约为 3 220 万 m³。

大量的泥浆余水通过排泥场的退水口纳入太湖周边的河网中 , 为控制尾水的环保指标采取了一系

列的方法。正如合同中规定 : “ 本疏浚工程位于东太湖生活饮用水源区和养殖区 , 工程施工方应特别注意对周边水环境的保护 , 施工区疏挖底泥的扩散范围应控制在施工影响线范围之内。施工影响范围线以外疏浚工程引起的悬浮物增量不得超过 20 mg/L , 施工引起的溶解氧、化学需氧量、氨氮、总氮、总磷及石油类含量变化按 GB 3838—2002 标准评价 , 不得降低施工区域的水质类别。 ”

太湖疏浚的环保意识是社会文明发展的需要 , 摒弃征服自然、改造自然的错误思想。采用综合环保规划设计 , 科学地治水 , 防止疏浚过程中的二次污染。在我国越来越重视环境保护的大背景下 , 重视施工可能产生的环境变化 , 并采取积极的预防措施越发重要。东茭嘴疏浚工程地处太湖流域渔业养殖发达地区 , 研究疏浚施工对周边水体生物资源的影响程度 , 为预防和防止水环境恶化及改进施工方案提供了

1 实验方法与手段

防止水质污染的根本对策是:减少对水域的污染负荷量,进行水质监测,确定水质污染的环境标准,对施工的不同水域进行水域类型的划定,明确施工企业对公害所应承担的义务和责任^[1]。其具体做法为:

a. 疏浚设备及方式采用进口挖泥设备、密闭管道输送,在具有航行要求的部位采用潜管敷设,管道过村镇马路、小桥、河道采用河道内敷设。为考虑全程紊流状态增设 1~2 台接力泵,将泥浆输送至排泥场。

b. 排泥场容量采用“疏浚规范”的标准,再加一定的富余容积。由于工程处于内河水网密布的地区,排泥场较分散。虽然总容量与规范要求相接近,但分为四五个较小面积的排泥场,最大容量为 38 万 m³,最小容量为 18 万 m³。

c. 在挖土疏浚区域采用无纺布的围栏将扰动的泥浆水域分隔开来,防止泥浆水对太湖养殖区域的影响。在排泥场区域除场内实施隔埂延长泥浆水流径外,在退水口处增设多道围护栏结构,经沉淀池将退水过滤,使退水进一步净化。

d. 现场对退水水质进行随机取样并分析。同时还请太湖流域环境检测中心对施工区域的水质进行定期的检测,分别设有 16 个监测点。监测采用肯达尔经验法,进行同一监测断面的本次监测值、背景值与前次监测结果进行对比分析,并进行单项等级评价。检测情况见图 1,从图中可见,除悬浮物含量超标外,其它各项水质指标均达到渔业用水标准。

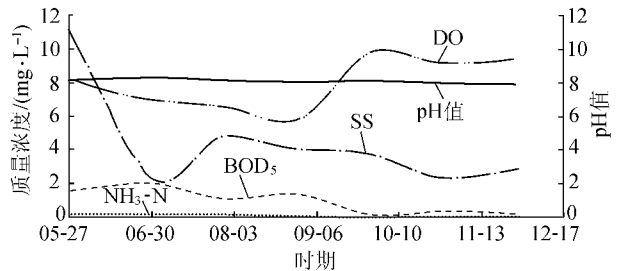


图 1 渔业监测点水质变化

2 实验结果

2.1 悬浮物的运动特征

悬浮物主要来源有两个方面:第一类是太湖湖底的淤泥。淤泥中含各种腐烂的动、植物,长年累月沉积在淤泥中。疏浚区域原为网箱养殖区,悬浮物为水产的排泄物和食饵等,呈乳白色,经过一段时间以絮状沉淀。分析 SS 含量变化,主要受风浪及施工

强度影响,疏浚区域为浅水水域,水深 1.6 m 左右,湖底沉积物较易受搅动。底泥的再悬浮进入水相,存在着一个水、悬浮物和底泥组成的复杂系统。在施工过程中,绞刀接触底泥,形成较大的流速,水中悬浮物迅速搅动,进而大幅度增加尾水中 SS、SOD 等多项指标含量。随着施工进行,SS 含量明显增加,此类悬浮物经过一段时间可以较快的沉淀。第二类为淤泥质黏土层,由于小于 5 μm 的黏性颗粒粒径占 45%,黏土颗粒一般呈片状结构。片状结构有较大的表面积,能吸附水中离子和极性分子而形成双电层结构。根据 Gouge-Chapman 理论^[2],黏性粒子表面新吸附的离子称“电位形离子”与“反离子”,在水中均作布朗运动。其黏性颗粒平均位移

$$x = \sqrt{R_t \Delta t / (N^3 T r)} \times 10^{-6} \quad (1)$$

式中:Δt 为观察的间隔时间;R_t 为气体常数;N 为阿伏伽德罗常数;T 为水的热力学温度;r 为颗粒半径。

由式(1)可知,颗粒半径愈大,布朗运动的平均位移愈小,反之愈大。粒径 3~5 μm 的颗粒平均位移仅在 1 mm/s 以下。当粒径大于 5 μm 时,布朗运动已经消灭。这种粒径在重力作用下下沉,如悬浮物或泥沙颗粒。布朗运动剧烈的小颗粒一方面受重力影响小,另一方面布朗运动的平均位移(即摆动幅度)大,所以能长期悬浮于水中。欲使此部分粒子沉降,必须使粒子相互凝聚成大的聚集体,而在水中黏土颗粒的排斥能很大,颗粒始终处于稳定状态。尾水属于相对低电解质,浓度、排斥能占优势,必须有充足的时间和外力克服“活化能”,才会发生凝聚沉淀。此类黏土颗粒呈灰色与高岭土相似,其尾水的颜色也呈淡乳白色。

2.2 悬浮物的自然絮凝沉降特性

工程中对 SS 的超标作了多项试验和监测,在 3# 排泥场退水口检测的情况见图 2,为直观反映 SS 随时间变化的趋势,纵坐标采用了 SS 质量浓度的对数。初期沉降主要为 5 μm 以上的大颗粒,由于退水中含有较高浓度的悬浮物,活性污泥膨胀时形态上有多种表现:有的为丝状,微生物大量增殖;有的为絮体,细而分散缺乏凝聚性;有的则为黏性缺乏密

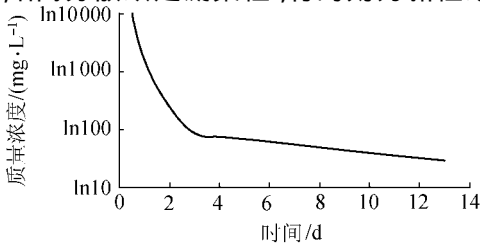


图 2 悬浮物浓度变化曲线

实。通过沉降对数坐标曲线可以发现 样本在前3 d SS 沉降极快占总含量的 80% 质量浓度的对数值约为 $\ln 50$,再 7 d 左右对数值降到 $\ln 30$ 。沉降曲线是前期极陡 ,经过 3 d 后沉降凝聚缓慢 ,沉降处理极为困难。在一定流速范围内悬浮物与流速成线性关系。水中悬浮物开始迅速地增加流速为启动流速 ,当排污流速大于泥沙启动流速时 ,排泥场内沉降的细颗粒起动 ,DO 也随流速增加而上升 ,这也是 DO 指标一直正常的原因。

3 保护水质的措施

为防止施工排泥场退水中悬浮物对周边水域的影响 ,水中悬浮的颗粒粒径大于 $10\ \mu\text{m}$ 的可以采用普通沉降和过滤方法加以分离 ,粒径小于 $1\ \mu\text{m}$ 的必须采用凝聚法分离。现场排水 pH 值为 8 左右 ,呈弱碱性 ,证明黏土粒子带有负电荷^[3]。决定分离效率的关键不在于粒径分布 ,而在于如何使悬浮颗粒也凝聚成粗大的絮体。

3.1 水体净化试验

2003 年 7 月 1 日 ,在 3 # 排泥场退水口沉淀池动水情况下投入 0.025‰ 的明矾 $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$,明矾在水中生成氢氧化铝 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 。氢氧化铝具有捕集水中杂质粒子的能力 ,起到凝聚作用。退水口水质 pH 值为 8。明矾具有较小溶解度 ,由于试验投放量小 ,Al 离子水解的作用而生成 $\text{Al}(\text{OH})_3$,仍为乳白色。在沉淀池短时间作用不明显 ,说明剂量偏小 ,若要加大剂量将可能对水域产生影响。

2003 年 7 月 9 日 ,与上海波依特科技公司合作做了水处理剂 CD-100 的液体试验。在出水口动态水流下掺加 0.006 3% CD-100 的水处理剂 ,25 min 后水面开始出现絮凝 ,絮凝的界面明显扩大 ,悬浮物下沉明显。50 min 后水面清晰面扩散 ;当掺量为 0.05% ,在静水中 15 min 后絮凝加剧 ,28 min 后絮凝粒子已沉淀 ,水变得澄清。CD-100 是无机高分子化合物水处理剂 ,具有絮凝效果好 ,生成的矾花大、投药量少、效率高、沉降快、适应性强的特点。但 2 元/ m^3 ,工程成本较高。

3.2 疏浚退水综合系统控制

疏浚泥浆经过管道输送至排泥场 ,在排泥场大面积沉淀池区域内水流平缓。设计宽顶堰退水口和竖井式退水口 ,将泥浆水经过至少 3 d 的迂回缓慢流动 ,再排出退水口。定期观察水位并保持泥浆水有 1 m 以上的水深 ,使悬浮物质有充足的时间、空间沉淀。在退水口处流速控制在扰动流以下 ,退水口后设置小面积的沉淀池 ,并在纳入水域设置二三道土工布围栏 ,分层拦截过滤 ,及时监测围堤外的水质情

况。施工时及时对排泥场进行加高、加固 ,增加排泥场容积。在有条件的地方 ,采用 2 个排泥场轮流吹填的方式。通过这些措施增加了尾水沉淀时间。

这些方法在施工初期取得了明显的作用。施工后期由于排泥场沉淀容积已被土方所占据 ,泥浆水流速增大 ,回流时间缩短 ,SS 指标较难控制 ,效果下降。

3.3 太湖疏浚的环境特征和要求

疏浚工程的主要排泥场退水水域位于太湖流域杭嘉湖地区的西北角 ,地处“北排行洪通道”下游。北排地区地形由西南向东北倾斜 ,该水域属平原河网地区 ,又是湖荡密集区 ,水面坡降小 ,流速缓慢 ,行洪时水流总趋势由西南向东北 ,但非汛期水流方向来回不定 ,与太浦河水位关系较大。当大潮汛时 ,太浦河下游水位上升 ,水可由太浦河倒入湖荡区。湖荡密集区的水产养殖业较发达。疏浚退水的水质若进入该区域将会造成说不清的麻烦。鉴于环境特征 ,太湖疏浚工程在总体规划设计中要充分考虑河网的承受能力。

a. 疏浚工程是一项相对简单的施工过程。人类活动的干扰是使当地生态子系统产生不平衡的主要因素。维护和改善流域范围内的景观 ,要求规划设计中充分考虑河网的生态恢复能力等因素。

b. 太湖水域水势平缓 ,水面坡降小 ,在规划设计疏浚尾水充分纳入水域时的影响 ,就不能以一般疏浚的要求来计算排泥场的容积。通过试验 ,科学地确定疏浚排泥场容积 ,要留有充足的余度。

c. 一般疏浚工程的退水处理是简单的。在疏浚工程定额上也是采取常规的方式进行计价。在环境要求逐步提高的情况下 ,退水不做处理很难达到受纳水域的水质要求。若要处理 ,这将引起较大的费用差额。

d. 多数河流、河网均有完善的水利基础设施 ,大量的水闸系统。这为流域水流调动提供了有利条件。在保证满足防汛、抗旱、航运等水利功能的前提下 ,综合调水是河流治理的重要辅助措施。通过综合调水对河网水流进行科学调度 ,尽量提高水体流动能力 ,以改善河网地区水流状况。在水流极其缓慢的湖泊地区 ,由浓度差形成的密度流是扩散的重要原因。定向排放 ,以达到不改变局部区域水环境质量。

e. 去除水中悬浮物粒子有很多方法。哪种方法最有效 ,则需要视水质的状况而定。了解化学絮凝剂的反应机理及要被去除的粒子种类和粒子大小等 ,一般要进行过滤试验来比较阻力的变化。

太湖地区大规模疏浚只是开始 ,若仍采用现行的疏浚规范 ,以疏浚定额指导招投标 (下转第 50 页)

表 6 惠州市水资源承载力多目标计算参数

人均 GDP/ (万元·人 ⁻¹)		工业用水/ (m ³ ·万元 ⁻¹)		生活用水/ (L·(人·d) ⁻¹)				农业灌溉定额/ (m ³ ·hm ⁻²)				生态与其他 需水量/%		污水处理 率/%			
上限	下限	上限	下限	城镇		农村		水田		旱地		上限	下限	工业		生活	
				上限	下限	上限	下限	上限	下限	上限	下限			上限	下限	上限	下限
12	13	10	14	400	450	280	300	12687	14179	2836	3134	25	30	90	98	70	90

d. 水环境约束模块。污水排放量约束：

$$W_{pt} = \sum_{i=1}^n W_n(i) \alpha(i)$$

式中： W_{pt} 为第 t 年污水排放总量； $\alpha(i)$ 为第 i 个用水部门污水产生系数。

COD 排放总量控制约束：

$$\sum_{i=1}^n W_n(i) \alpha(i) c(i) \leq W_{CODt}$$

式中： $c(i)$ 为第 i 个用水部门 COD 排放浓度； W_{CODt} 为水体最大纳污量（COD）。

2.2.3 主要参数

主要参数根据 2020 年城市规划指标和预测值确定，结果见表 6。

2.2.4 水资源承载力确定

通过水资源承载力多目标模型计算惠州市 2020 年水资源承载力，按不同决策意向分别计算了经济发展型（以经济发展为第一目标，以下同）、人口增长型、环境保护型和综合发展型 4 种方案结果，并与惠州市城镇体系规划目标作比较，结果见表 7。

表 7 惠州市水资源承载力多目标计算结果

方 案	GDP		工业 产值/ 亿元	人口		COD 排放 量/ 万 t
	计算值/ 亿元	增长率/ %		计算值/ 万人	增长率/%	
经济发展型	5 174	11.34	13 729.2	377.2	1.10	4.46
人口增长型	4 989	11.44	13 245.7	391.6	1.31	4.43
环境保护型	4 805	11.49	10 952.7	362.9	0.97	2.65
综合发展型	5 139	11.44	13 427.9	388.5	1.39	4.39
规划目标	5 686	13.00	14 098.0	407.6	1.46	

注：4 种方案可供水量均按 36.36 亿 m³ 计算。GDP 和人口的增长率计算是以 2010 年计算结果为基准的，各方案类型 2010 年的值不相同，所以可能出现增长率与相应值不对应情况。

由表 7 可看出，惠州市 2020 年城市规划目标 GDP、GDP 增长率、工业产值、人口等均高于水资源承载力各方案相应目标，说明从水资源承载力角度看，惠州市有关社会经济发展目标规划值偏高，应适当下调，以保证水资源与社会经济协调发展。

参考文献：

[1] 牟海省,刘昌明.我国城市设置与区域水资源承载力协调研究[J].地理学报,1994,49(4):338-344.
[2] 张磊.珠江三角洲经济区城市生态环境承载力研究[J].环境科学与技术,1997,7(2):11-12.
[3] 姜文超,龙腾锐.水资源承载力理论在城市规划中的应用[J].城市规划,2003,27(7):78-82.
[4] 谭少华.我国水资源与城市规划协调研究[J].地域研究与开发,2001,20(2):47-51.
[5] 申金升,徐一飞.城市规划与城市可持续发展初探[J].规划师,1999,15(2):12-16.
[6] 黄光宇.中国生态城市规划与建设进展[J].城市环境与城市生态,2001,14(3):6-8.
[7] 段进.关于我国城市规划体系结构的思考[J].规划师,1999,15(4):13-18.

（收稿日期：2004-08-15 编辑：舒建）

（上接第 32 页）

要求承包商以达标承诺进行施工这只能是下策。应全面认识环保疏浚对太湖治理的重要性，以人为本，制订出既经济合理又满足环保要求的疏浚施工预案是当前环境疏浚治理、科学治水的要求。

参考文献：

[1] 徐祖信.河流污染治理技术与实践[M].北京：中国水利

水电出版社，2003.

[2] 洪毓康.土质学与土力学[M].北京：人民交通出版社，1987.
[3] 公害防止技术和法规编委会.公害防止技术：水质篇[M].卢贤昭,译.北京：化学工业出版社，1993.

（收稿日期：2004-11-18 编辑：舒建）