

· 争鸣与探索 ·

滇池宝丰湾疏浚区底泥污染程度评价及环保疏浚深度的确定

赵海涛 程瑾 付浩 唐达方

(中交天津港航勘察设计研究院有限公司 天津 300461)

摘要: 根据滇池外海主要入湖河口及重点区域底泥疏浚工程,宝丰湾疏浚区设计阶段勘察结果,采用内梅罗污染指数法及 Lars Hakanson 的重金属潜在生态风险指数法对疏浚区底泥进行了污染程度评价。针对底泥污染空间分布特征,确定疏浚深度,为环保施工提供依据。

关键词: 污染底泥; 环境评价; 疏浚深度; 滇池宝丰湾

中图分类号: X53; X820.3 文献标识码: B 文章编号: 1006-2009(2012)02-0057-06

Assessment of Contaminated Sediments on Baofeng Bay of Dianchi Lake for Calculation of Environmental Dredging Depth

ZHAO Hai-tao, CHENG Jin, FU Hao, TANG Da-fang

(CCCC Tianjin Port & Waterway Prospection & Design Research Institute Co., LTD, Tianjin 300461, China)

Abstract: According to investigation results about outer lakes estuary of Dianchi Lake and sediment dredging engineering of baofeng bay, Nemerow pollution index method and Potential Ecological Risk Index method of Lars Hakanson respectively have been used to assess the pollution levels of contaminated sediments. The pollution distribution determined dredging depth of sediment for environmental protection.

Key words: Contaminated sediments; Environmental assessment; Dredging depth; Baofeng bay of Dianchi Lake

滇池污染底泥疏浚及处置工程是滇池水污染防治“十五”计划确定的项目,对清除滇池外海北部主要入湖河口及重点区域主要内源污染,改善外海北部及各河口水域水质,恢复外海水生态环境将起到十分重要的作用,是滇池污染综合治理必要的工程措施。

该项工程能够巩固和扩大滇池污染底泥疏挖及处置工程疏浚的效果,促进社会经济稳步协调发展,将获得良好的环境效益、社会效益及一定的经济效益^[1-6]。

现对滇池外海主要入湖河口及重点区域底泥疏浚工程,宝丰湾区内底泥进行污染程度评价,并对确定环保疏浚深度进行分析。

1 取样点布设及样品采集

滇池宝丰湾疏浚区面积为 1.857 km²,疏浚区内取样点按照 100 m × 100 m 网格布设,共 135 个

取样点,其中取土试样点 68 个,污染物成分取样点 67 个。

污染物成分样品根据现场底泥的颜色、性状和夹杂物等及可行性研究阶段勘察报告进行采集,每个取样点垂直方向采集样品共计 4 个。污染层(A) 1 个,在表层泥面采样;过渡层(B) 2 个,泥面下 0.4 m ~ 1.2 m 采样;对照层(C) 1 个,在距泥面 2.0 m 下采集样品。

样品取出后,立即封装并及时编号,在作业船只上使用密封箱避光低温保存,及时送至指定实验室分析。分析项目为:重金属 Cd、Zn、Cu、Pb、Cr、Hg 及 As,营养物 TP、TN。宝丰湾疏浚区采样点见图 1。

收稿日期: 2011-07-17; 修订日期: 2012-02-03

作者简介: 赵海涛(1985-)男,内蒙古赤峰人,助理工程师,学士,从事岩土工程勘察与设计。

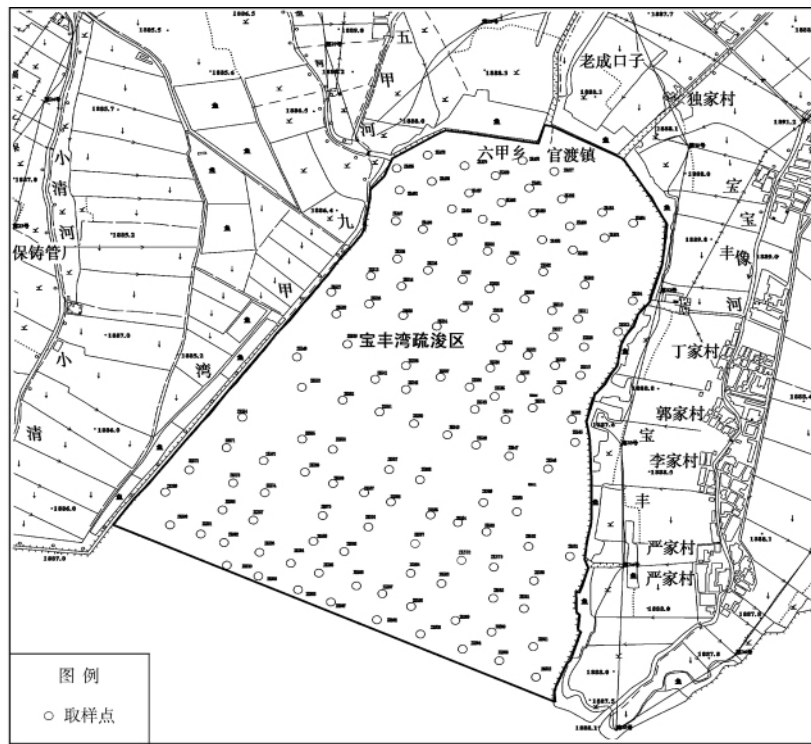


图 1 宝丰湾疏浚区取样点

Fig. 1 Sampling sites in Baofeng bay area

2 底泥污染物评价方法

污染物的评价有内梅罗污染指数评价^[7]、污染负荷指数法^[8]、地累积指数法^[9]、沉积物富集系数法^[10]、潜在生态风险指数法^[11-13]、脸谱图集法^[14]等多种方法。针对滇池底泥污染物的实际情况,用内梅罗污染指数评价和底泥重金属潜在生态风险指数评价,以确定底泥的污染程度及其界限深度。

2.1 内梅罗污染指数评价法^[7]

内梅罗污染指数反映了各污染物对土壤的作用,突出了高浓度污染物对土壤环境质量的影响,可按内梅罗污染指数划定污染程度。内梅罗指数污染评价标准见表 1。

表 1 土壤内梅罗污染指数评价标准

Table 1 The evaluation standard of soil Nemerow pollution index

等级	内梅罗污染指数	污染等级
I	PN ≤ 0.7	清洁(安全)
II	0.7 < PN ≤ 1.0	尚清洁(警戒限)
III	1.0 < PN ≤ 2.0	轻度污染
IV	2.0 < PN ≤ 3.0	中度污染
V	PN > 3.0	重污染

污染指数计算公式如下:

土壤单项污染指数 (PI) = 土壤污染物实测值 / 土壤污染物质量标准值

$$PN = [(PI_{均}^2 + PI_{最大}^2) / 2]^{1/2}$$

式中: PN 为内梅罗污染指数; $PI_{均}$ 为平均单项污染指数; $PI_{最大}$ 为最大单项污染指数。

2.2 底泥重金属潜在生态风险指数评价法简介^[11-13]

潜在生态风险指数评价法是瑞典科学家 Lars Hakanson 于 1980 年提出的关于沉积学方案。该指数与表层底泥重金属的含量、种类、毒性水平及生态环境对重金属污染的敏感性均有关,现对滇池宝丰湾疏浚区内常见的 7 种重金属进行潜在生态风险指数评价。潜在生态风险指数评价法对应指标包括:单一金属污染系数 C_r^i 、单一重金属的毒性系数 T_r^i 、单一重金属的潜在生态风险系数 E_r^i 、重金属潜在生态风险指数 RI,其关系如下:

(1) 单一重金属污染系数 C_r^i 。

$$C_r^i = C^i / C_n^i$$

式中: C^i 为单一底泥重金属质量比实测值; C_n^i

为单一重金属的背景参比值或标准值。

(2) 单一重金属的潜在生态风险系数 E_r^i 。

$$E_r^i = T_r^i \times C_r^i$$

反映重金属的毒性水平及生态环境对重金属污染的敏感程度。我国著名学者陈静生根据 Lars Hakanson 的评价方法给出了常见的 7 种重金属的值,见表 2。

表 2 各种重金属的 T_r^i 值

Table 2 The T_r^i value of heavy metals

重金属	Cd	Zn	Cu	Pb	Cr	As	Hg
T_r^i	30	1	5	5	2	10	40

(3) 重金属潜在生态风险指数 RI。

$$RI = \sum_{n=1}^n E_r^i$$

(4) 评价指标。

重金属潜在生态风险系数 (E_r^i) 描述单一重金属的污染程度,而重金属潜在生态风险指数 (RI) 描述某处多种重金属潜在生态风险系数的综合值。生态风险系数和生态风险指数评价标准见表 3。

表 3 沉积物中重金属潜在生态风险程度划分标准

Table 3 Criteria for degrees of the ecological risk of heavy metals in sediments

单一重金属潜在生态风险系数 (E_r^i)	潜在生态风险指数 (RI)	潜在生态风险程度
$E_r^i < 40$	$RI < 150$	低风险
$40 \leq E_r^i < 80$	$150 \leq RI < 300$	中风险
$80 \leq E_r^i < 160$	$300 \leq RI < 600$	较高风险
$160 \leq E_r^i < 320$	$RI \geq 600$	很高风险
$E_r^i \geq 320$		极强风险

3 质量标准值的选定

3.1 土壤污染物质量标准值的选定

目前昆明滇池没有总氮 (TN) 和总磷 (TP) 的土壤污染物质量标准值。参考滇池外海主要入湖河口及重点区域底泥取样点底部 C 层营养物含量,采用各疏浚区控制点 C 层平均值作为土壤污染物质量标准值,其中 TN 为 800 mg/kg,TP 为 475 mg/kg,见表 4。

表 4 滇池外海主要入湖河口及重点区域

底泥取样点 C 层营养物含量统计 mg/kg

Table 4 The statistics of C layer nutrients content in Main estuarine and key areas of Dianchi lake mg/kg

区域	TN		TP	
	范围	平均值	范围	平均值
滇池外海	580 ~ 1166	936	146 ~ 773	475
宝丰湾	159 ~ 907	590	317 ~ 858	622
宝象河口			201 ~ 472	309

3.2 底泥重金属的背景标准值的选定

《土壤环境质量标准》(GB 15618 - 1995) 根据土壤应用功能和保护目标,将土壤环境质量划分为三级:一级标准为保护区域自然生态,维持自然背景的土壤环境质量的限制值;二级标准为保障农业生产,维护人体健康的土壤限制值;三级标准为保障农林业生产和植物正常生长的土壤临界值。

滇池是我国著名的高原湿地自然保护区,具有城市供水、水产养殖、水上航运、旅游观光、调节气候、防洪调蓄等多种功能,故 C_n^i 值采用《土壤环境质量标准》(GB 15618 - 1995) 中的一级标准值。

4 环保疏浚深度的确定

环保疏浚作为水环境综合整治中的一项重要措施,在滇池、巢湖、太湖等流域水环境综合整治中已被广泛应用^[15]。疏浚勘察发现,疏浚区内污染层 (A) 与过渡层 (B) 之间有较明显的分层界限,同时上述 2 种污染物评价方法的评价结果也和现场分层一致。在实际工程应用中,先根据现场底泥的颜色、性状和夹杂物等进行现场初步污染程度分层,再结合室内土工试验及化学实验结果合理调整,最终确定底泥污染分层界限及其疏挖深度。

对于大面积的湖泊疏浚,确定疏浚深度不宜依据底泥层污染的平均厚度进行,可根据污染层的厚度进行差异化疏浚。疏浚区可根据污染分层层底等高线确定各疏浚点的疏挖深度,见图 2。

根据污染物程度评价结果,疏浚区最小环保疏浚深度定为将污染层 (A) 彻底清除。过渡层 (B) 在无化学、生物等生态修复措施的情况下进行疏浚清除。

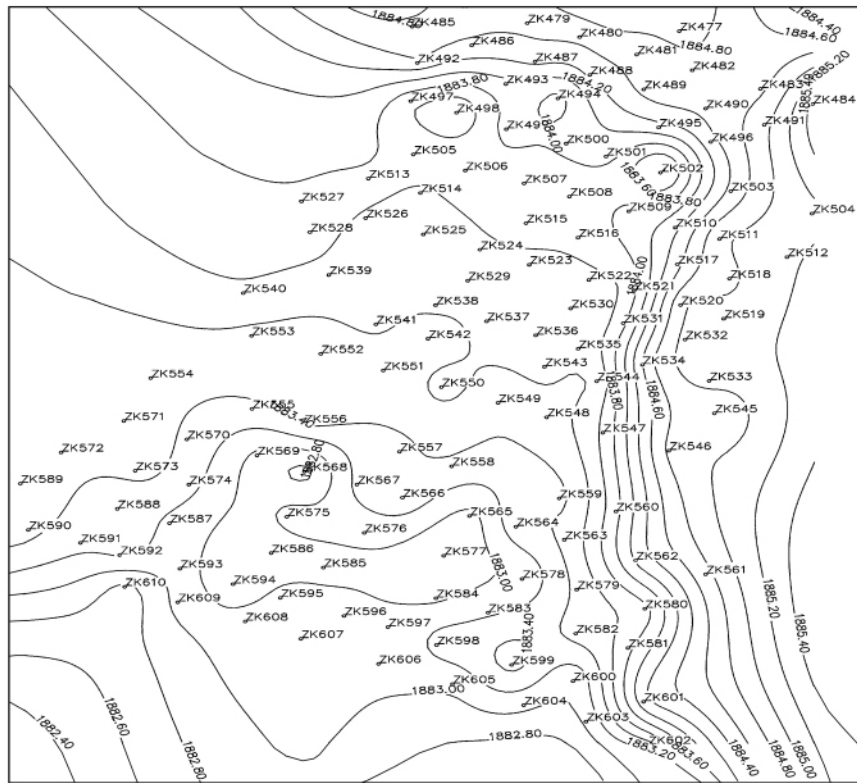


图 2 宝丰湾疏浚区污染层(A)层底等高线

Fig. 2 Contour map of pollution layer A in Baofeng bay dredging area

5 底泥污染程度分析评价

5.1 底泥的基本性状及污染物指标统计分析

滇池宝丰湾疏浚区地表下 0 m ~ 5.00 m 深度范围内按岩性主要分为流泥和淤泥,其具有含水量、孔隙比和液性指数较大,天然重度较小的特性。

经过对各工程地质层原状样的室内土工试验成果统计分析,疏浚区内主要土层的物理力学性质见表 5。

表 5 物理力学指标统计

Table 5 The statistics of the physico-mechanical index

岩土名称	含水量 /%	重力密度 $\gamma / (\text{kN} \cdot \text{m}^{-3})$	孔隙比 e	液性指数 I_L	快剪	
					黏聚力 p / kPa	摩擦角 $\varphi / (^\circ)$
流泥	87.9	14.7	2.56	2.23	0.7	0.6
淤泥	76.8	15.5	2.19	1.76	1.3	0.9

滇池宝丰湾疏浚区内污染层(A)底泥的颜色以灰黑色为主,浅表层呈灰黄色、黄褐色,流动一流塑状态。该层富含有机质,偶见螺壳,其沉积年代较新,为近年来人类活动的产物,其水土交换性好,

容易对湖泊水体产生内源污染。过渡层(B)底泥的颜色以灰色为主,多为流塑状态,含少量有机质、植物根系及螺壳碎片。污染层(A)与过渡层(B)之间有较明显的分层界限。该疏浚区内污染物指标统计结果参见表 6。

5.2 底泥污染物评价

通过内梅罗污染指数评价可见:污染层(A)中营养物质 TN、TP 为中度污染,重金属 Cd 为中度污染, Cu、Hg 为重度污染;过渡层(B)中营养物质 TN 为轻度污染,TP 为中度污染,重金属 Cu 为中度污染, Hg 为重度污染。宝丰湾疏浚区内各污染土层的内梅罗污染指数评价见表 7。

通过潜在生态风险指数评价可见,污染层(A)中单一重金属 Cd 的潜在生态风险为中风险, Hg 为较高风险,重金属综合潜在生态风险程度中风险;过渡层(B)中单一重金属 Cd 的潜在生态风险为低风险, Hg 为较高风险,重金属综合潜在生态风险程度中风险。

重金属内梅罗污染指数评价与潜在生态风险指数评价结果略有不同,考虑到重金属毒性响应系

数的不同,重金属污染评价以潜在生态风险指数及生态风险程度评价为准。根据单一重金属的 E_r^i 值对 7 种重金属的潜在生态风险程度进行排序,结果为: $Hg > Cd > Cu > As > Pb > Cr > Zn$ 。重金属潜在生态风险指数及生态风险程度评价见表 8。

综合分析可知,工程区底泥污染物主要为营养物质 TN、TP 和重金属 Cd、Hg 污染,其含量及污染程度在垂直方向自上而下递减。其中污染层(A)中 TN 与 TP 为中度污染,单一重金属 Cd 潜在生态

风险为中等,单一重金属 Hg 潜在生态风险为较高,重金属综合潜在生态风险程度中等风险;过渡层(B)中 TN 为轻度污染,TP 为中度污染,单一重金属 Cd 潜在生态风险为低,单一重金属 Hg 潜在生态风险为中等,重金属综合潜在生态风险程度中等风险。根据单一重金属的 E_r^i 值对 7 种重金属的潜在生态风险程度进行排序,结果为: $Hg > Cd > Cu > As > Pb > Cr > Zn$ 。

表 6 底泥污染物含量统计
Table 6 Concentrations of pollutants in sediments

层号	统计指标	TN	TP	Cd	Zn	Cu	Pb	Cr	As	Hg
A	最大值	2 308	1 616	0.716	180.3	155.9	84.6	204.0	27.0	0.693
	最小值	1 014	772	0.200	81.4	81.4	22.2	74.7	10.6	0.129
	均值	1 453	1 016	0.324	134.3	116.4	48.9	122.7	16.3	0.413
B	最大值	1 179	891	0.348	141.8	133.1	54.7	173.9	17.0	0.495
	最小值	665	681	0.126	83.1	85.0	21.9	69.0	8.9	0.189
	均值	924	793	0.252	127.2	113.0	43.2	119.3	12.9	0.357
C	最大值	907	858	0.295	141.2	105.5	53.6	161.7	19.0	0.405
	最小值	159	317	0.186	15.5	12.7	14.5	72.7	1.0	0.102
	均值	590	622	0.246	89.6	58.1	31.8	105.2	8.4	0.241

表 7 内梅罗污染指数评价统计
Table 7 The statistics of the Nemerow pollution index

层号	统计指标	TN	TP	Cd	Zn	Cu	Pb	Cr	As	Hg
A	PI _均	1.82	2.14	1.62	1.34	3.33	1.40	1.36	1.09	2.75
	PI _{最大}	2.88	3.41	3.58	1.80	4.45	2.42	2.27	1.80	4.62
	PN	2.41	2.85	2.78	1.59	3.93	1.97	1.87	1.49	3.80
	污染等级	中度	中度	中度	轻度	重度	轻度	轻度	轻度	轻度
B	PI _均	1.16	1.67	1.26	1.27	3.23	1.24	1.33	0.86	2.38
	PI _{最大}	1.47	1.88	1.74	1.42	3.80	1.56	1.93	1.14	3.30
	PN	1.32	1.78	1.52	1.35	3.53	1.41	1.66	1.01	2.88
	污染等级	轻度	中度	轻度	轻度	重度	轻度	轻度	轻度	轻度
C	PI _均	0.74	1.31	1.23	0.90	1.66	0.91	1.170	0.56	1.60
	PI _{最大}	1.13	1.81	1.48	1.41	3.02	1.53	1.80	1.27	2.70
	PN	0.96	1.58	1.36	1.18	2.43	1.26	1.52	0.98	2.22
	污染等级	轻度	轻度	轻度	轻度	中度	轻度	轻度	尚清洁	轻度

表8 底泥重金属潜在生态风险指数及生态风险程度评价统计
Table 8 Potential ecological risk coefficients and indices of heavy metals in sediments

层号	统计指标	Cd	Zn	Cu	Pb	Cr	As	Hg
A	C_f^i	1.62	1.34	3.33	1.40	1.36	1.09	2.75
	E_r^i	48.6	1.34	16.63	6.99	2.73	10.87	110
	RI				197			
B	C_f^i	1.26	1.27	3.23	1.24	1.33	0.86	2.38
	E_r^i	37.8	1.27	16.14	6.18	2.65	8.59	95.2
	RI				168			
C	C_f^i	1.23	0.90	1.66	0.91	1.17	0.56	1.60
	E_r^i	36.8	0.90	8.30	4.54	2.34	5.58	64.2
	RI				123			

6 结论

TN、TP 和重金属 Cd、Hg 污染,其含量及污染程度在底泥垂直方向自上而下递减。污染层(A)中 TN 和 TP 为中度污染,单一重金属 Cd 潜在生态风险为中等,单一重金属 Hg 潜在生态风险为较高,重金属综合潜在生态风险程度中等风险;过渡层(B)中 TN 为轻度污染,TP 为中度污染,单一重金属 Cd 潜在生态风险为低,单一重金属 Hg 潜在生态风险为中等,重金属综合潜在生态风险程度中等风险。根据单一重金属的 E_r^i 值对 7 种重金属的潜在生态风险程度进行排序,结果为: $Hg > Cd > Cu > As > Pb > Cr > Zn$ 。

疏浚区应将污染层(A)清除,环保疏浚清除过渡层(B)。对于大面积的湖泊疏浚,不宜依据各污染底泥层的平均厚度进行,可根据污染层的厚度进行差异化疏浚。

【参考文献】

- [1] 徐行. 浅析滇池污染与综合治理[J]. 中国电子商务, 2010, 11(2): 91-93.
- [2] 方淋. 昆明滇池环境的污染成因与治理分析[J]. 中国科技产业, 2007, 21(10): 79-82.
- [3] 赖红兵, 陈宇. 滇池边农业面源污染治理实践[J]. 人民长江, 2009, 40(1): 57-58.
- [4] 刘嫫. 滇池污染的综合治理与管理对策研究[J]. 环境科学导刊, 2008, 28(6): 51-54.
- [5] 吕利军, 王嘉学, 袁花, 等. 滇池水体环境污染的综合研究[J]. 云南化工, 2009, 37(3): 57-61.
- [6] 张帆, 蒋宁俊. 土壤重金属污染的工程危害及修复方法[J]. 环境监测管理与技术, 2010, 22(4): 58-60.
- [7] 国家环境保护局科技标准司. GB 15618-1995 土壤环境质量标准[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 1995.
- [8] 贾振邦, 周华. 应用污染负荷指数法评价太子河沉积物中重金属污染[J]. 环境科技, 1992, 16(6): 39-42.
- [9] PORSTNER U. Lecture Notes in Earth Sciences (Contaminated Sediments) [M]. Berlin: Springer Verlag, 1989: 107-109.
- [10] 陈静生, 陶澍, 邓宝山, 等. 水环境化学 [M]. 重庆: 高等教育出版社, 1987: 107-109.
- [11] HAKANSON L. An ecological risk index for aquatic pollution control—a sedimentological approach [J]. Water Research, 1980, 14(2): 975-1001.
- [12] 刘晶, 滕彦国, 崔艳芳, 等. 土壤重金属污染生态风险评价方法综述[J]. 环境监测管理与技术, 2007, 19(3): 6-11.
- [13] 彭涛, 陈蕾. 扬州古运河底泥重金属污染潜在生态危害评价[J]. 环境监测管理与技术, 2010, 22(2): 41-43.
- [14] 刘文新, 栾兆坤, 汤鸿霄. 应用多变量脸谱法进行河流与湖泊表层沉积物重金属污染状况的综合对比研究[J]. 环境化学, 1997, 16(1): 23-29.
- [15] 贾海峰, 马洪涛. 城市河湖底泥疏浚对水生态的影响分析与对策探讨[J]. 北京水务, 2006, 31(1): 48-51.

· 简讯 ·

南京4月1日起网上直播空气质量

“从2012年4月1日开始,每小时公布一次南京市实时空气污染指数(二氧化硫、氮氧化物、PM₁₀等),以让市民了解实时空气质量。”南京市环保局局长韦昌明介绍,南京发布PM_{2.5}调整为4步走:3月底在省环保厅网站上发布3个点的PM_{2.5}监测数据;4月1日起,南京空气质量实时发布系统将改成正式版;年底前,南京PM_{2.5}监测点将扩大到6个,新增奥体中心、玄武湖、瑞金路3个监测点;到明年上半年,浦口、山西路、迈皋桥3个国控点也将具备PM_{2.5}监测能力,实现全市9个国控点PM_{2.5}监测全“覆盖”。届时,南京全市的环境质量将按照新的国家标准进行评价。

摘自 www.jshb.gov.cn 2012-03-26