

洪湖市沙套湖及周边鱼塘底积物重金属评价

刘飞 李治刚 陈力 胡斌 余建超

湖北省地质局第四地质大队

DOI:10.32629/eep.v2i12.565

[摘要] 2018年6月在沙套湖及周边鱼塘进行了底积物样品采集,根据测试分析数据,采用了单因子评价法和潜在危害生态指数法对底积物中8种重金属进行了环境影响评价。评价结果显示,沙套湖及周边鱼塘底积物重金属污染风险低,底积物生态环境处于良好的状态。

[关键词] 沙套湖; 底积物; 重金属; 潜在危害生态指数

Heavy metal evaluation of bottom sediments in shatao lake and surrounding fishponds in honghu city

Liu Fei Li Zhi Gang Chen Li Hu Bin She Jian Chao

The Fourth Geological Team of Bureau of Hubei Province

[Abstract] In June 2018, samples of bottom sediments were collected in shatao lake and surrounding fishponds. According to the test and analysis data, the single factor evaluation method and the potential ecological hazard index method were adopted to conduct environmental impact assessment of 8 heavy metals in the bottom sediments. The evaluation results show that the heavy metal pollution risk is low and the ecological environment is in good condition.

[Key words] Shatao lake; Bottom sediments; Heavy metal; Potential, harm ecological index

湖泊是人类赖以生存的重要水资源,作为封闭、半封闭水体,湖泊有其自身的水力特性和自净规律,不仅是农业、养殖、生活用水的主要来源,同时还具有保持水源、净化水质、蓄洪抗旱、调节气候,维持区域生态平衡,维持生物多样性等作用^[1]。随着经济发展,村镇周边人口不断增加,生活污水等污染物不断流入湖泊,沙套湖及周边发展水产养殖,也给湖泊水域环境带来了负面影响。养殖鱼塘中残饵、水生生物代谢物、养殖消毒农药、过量施用农田化肥等造成污染物增多,重金属累积在底泥中,逐渐超过生态系统中湖泊的自净能力,最终沙套湖将面临环境污染问题。

沙套湖是洪湖市第二大湖泊,也是新滩、燕窝两镇自然调蓄湖泊,由东湖、西套湖、精养鱼池三块组成。按照湖北省政府、荆州市政府关于实施退垸还湖文件精神,洪湖市政府于2017年12月发布《洪湖市人民政府实施沙套湖退渔还湖的通告》,全面推进沙套湖退渔还湖工作。通告要求从2018年1月1日起,禁止在沙套湖以任何形式从事水产养殖,实行人放天养、清水养殖。

本文选取了沙套湖及其周边鱼塘作为研究对象,通过样品采集和实验分析,对湖泊及其周边鱼塘底积物做出综合评价,为有关部门治理湖泊重金属污染问题提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 样品采集

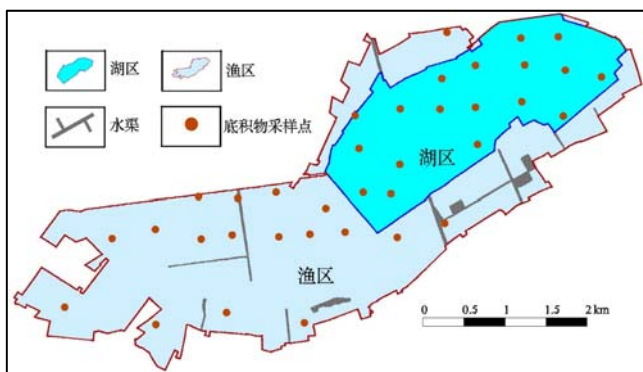


图1 评价区样品布置图

样品布置按照“全面控制、突出重点”为原则,于2018年7月在沙套湖湖区及周边鱼塘均布置了底积物样品(湖区18件,鱼塘18件),见图1,评价区航空相片见图2。

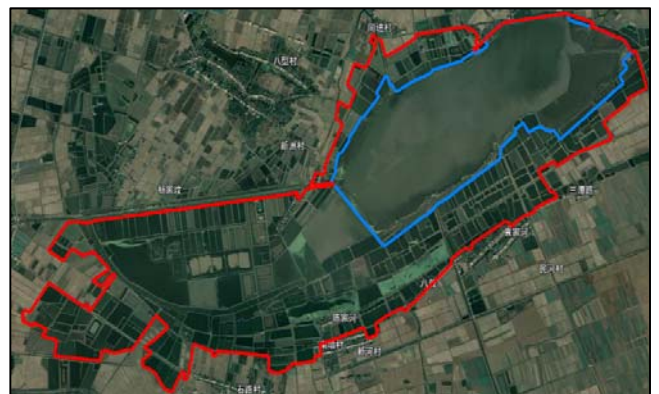


图2 评价区航空像片图

1.2 测定方法

分析8个重金属元素为As、Cd、Cr、Cu、Hg、Ni、Pb、Zn,分析测试工作由湖北省地质实验测试中心承担。其中As、Hg采用原子荧光光谱法(AFS); Cd、Cu、Ni、Pb、Zn采用电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS); Cr采用电感耦合等离子体原子发射光谱法(ICP-OES)。样品分析质量满足《土地质量地球化学评价规范DZ/T 0295-2016》要求。

1.3 数据处理与评价方法

采用IBM SPSS 19.0软件对数据进行了统计分析,为了体现评价方法的一致性,本文研究采用的单因子评价法、综合污染指数法,潜在危害生态指数法均选取8个评价指标进行分析。本文评价图制作基于全国第二次土地调查绘制的土地利用现状图,三因素图斑插值法进行评价。

1.3.1 单因子评价法

单因子评价法选用“一票否决”法,即根据底积物参与评价的指标中类别最高的一项来确定土壤质量类别。在所有的参评土壤指标中,如有某

一项指标超标,则所属区域土壤不符合相应的土壤标准。本文选用的土壤质量标准值见生态环境部GB15618-2018《农用地土壤污染风险管控标准》污染风险筛选值及管制值。

风险筛选值:指农用地土壤中污染物含量等于或者低于该值的,对农产品质量安全、农作物生长或生态环境的风险低,一般情况下可以忽略;超过该值的,对农产品质量安全、农作物生长或土壤生态环境可能存在风险,应当加强土壤环境加强土壤环境监测和农产品协同监测,原则上应当采取安全利用措施。

风险管制值:指农用地土壤中污染物含量超过该值的,食用农产品不符合质量安全标准等农用地土壤污染风险高,原则上应当采取严格管控措施。

根据各个重金属元素的污染风险筛选值及管制值,分别评价各个重金属元素,划分为安全区、风险区、管制区。

1.3.2潜在危害生态指数法

潜在生态危害指数法是瑞典学者Hakanson于1980年建立的一套应用沉积学原理评价重金属及生态危害的方法。该方法不仅考虑土壤重金属含量,而且综合考虑了多元素协同作用、毒性水平、污染浓度以及环境对重金属污染敏感性等因素,因此在环境风险评价中得到了广泛应用^[2]。

Hakanson认为,潜在危害生态指数基础以4个条件为基础:

(1)含量条件:表层沉积物的金属浓度。综合生态危害指数Ri值应随表层重金属污染程度加重而增大。

(2)数量条件:金属污染物的种类数。受多种金属的污染沉积物综合生态危害指数Ri值应高于只受少数几种金属污染沉积物的综合生态危害指数Ri值。

(3)毒性条件:金属的毒性水平。毒性条件是根据“丰度原则”来区分各种污染物,由于重金属的沉积作用及对固体的亲和作用,使得毒性和稀有性存在比例关系,毒性高的金属比毒性低的金属对Ri值有较大贡献。

(4)敏感条件:水体对重金属的敏感性。对金属污染敏感性大的水体应比敏感性小的水体有较高的综合生态危害指数Ri值。

单个重金属污染系数(Factor of Contamination),简称C_fⁱ的计算公式为:

$$C_f^i = C_r^i / C_n^i$$

C_fⁱ某一重金属的污染系数,C_rⁱ表层底积物重金属浓度实测值,C_nⁱ某一重金属的评价标准。

本文C_nⁱ某一重金属评价标准参考生态环境部GB15618-2018《农用地土壤污染风险管控标准》污染风险筛选值。

某个重金属的潜在生态危害指数(Potential Ecological Risk Factor)简称E_rⁱ,计算公式为:

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

其中:T_rⁱ为重金属的毒性响应系数(Toxic Response Factor),此值反映重金属的毒性水平及水体对重金属的敏感程度。

T_rⁱ值:Pb=Cu=Ni=5、Cd=30、Zn=1、Cr=2、Hg=40、As=10^[3]

沉积物重金属污染度(Degree of Contamination),简称C_d,是多种重金属污染系数之和,计算公式为:

$$C_d = \sum_{i=1}^n C_f^i$$

沉积物多种重金属潜在生态危害指数(Potential Ecological Risk Index),简称Ri,其计算公式为:

$$Ri = \sum_{r=1}^n E_r^i$$

将上述各式归纳,可得到下述表达式:

$$Ri = \sum_{i=1}^n E_r^i = \sum_{i=1}^n T_r^i \times C_f^i = \sum_{i=1}^n T_r^i \times C_r^i / C_n^i$$

C_rⁱ为底积物重金属浓度测试值,T_rⁱ各重金属的毒性响应系数(Toxic Response Factor),C_nⁱ为某一重金属的评价标准。

潜在生态危害指数(E_rⁱ)是描述某一污染物从低到高的5个变化等级值,见表1。

表1 单个生态危害指数E_rⁱ危害程度分级

单个E _r ⁱ	<40	40-80	80-160	160-320	≥320
生态危害程度	轻微	中等	强	很强	极强

潜在生态危害指数(RI)是描述多个污染物的危害系数的综合值,此值分为4个等级,见表2。

表2 综合生态危害指数Ri与危害程度分级

综合RI	<150	150-300	300-600	≥600
生态危害程度	轻微	中等	强	很强

2 结果与讨论

2.1数据结果分析

底积物中重金属含量与自然因素(水土流失、土壤元素背景值、地表径流)和人为因素(未经处理的生活污水、周边农田过度使用化肥、农药、除草剂而产生的污水、遗弃在湖周边的生活垃圾等)有关。

研究湖塘底积物的污染状况,首先要确定元素的参考值及背景值,只有确定了各元素的参考值及背景值,才能确定底积物是否被污染。本文选择作参考值及背景值的方法如下。

2.1.1以页岩的平均含量作为参考值

在自然沉积作用下的湖区鱼塘底积物,重金属含量随着底积物的粒度、物质组分、沉积环境有不同的差别。不同的河口在现代环境下可能已经受到污染,因而不同地区的湖塘底积物数据难以做对比。本次参考值选择页岩平均含量原因有三点:(1)岩石标准作为全球范围的标准,可以避免受到人为污染影响;(2)从粒度分布、矿物组成及沉积环境来看,页岩与现代底积物的性质最为相似;(3)从岩石重金属含量来看,页岩相比其他岩石,重金属含量往往最高^[4]。在此情况下,湖区鱼塘的重金属含量如果高于页岩中的含量,则可能是受污染影响。页岩平均值含量采用涂里千(1961)数值(2007勘察地球化学),见表3。

表3 页岩重金属平均值含量

名称	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
页岩平均值	1.3	0.3	90	45	400	68	20	95

注:分析单位Hg为10⁻³,其它元素均为10⁻⁴

2.1.2以长江底积物作为背景值

本文引用2011年湖北省地质调查院《湖北省江汉流域经济区农业地质调查》报告中长江武汉段底积物作为背景值(Cr缺乏数据)。长江底积物(武汉段)数据见表4。

表4 长江底积物(武汉段)数据表

名称	pH	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
长江平均值	7.85	8.07	0.63	-	38	115	36.96	30.28	107.66

注:重金属分析单位Hg为10⁻²,其它元素均为10⁻⁴

2.1.3评价区数据统计分析

根据以页岩作为参考值、长江底积物(武汉段)作为背景值,本评价区

湖区及鱼塘底积物pH及重金属数据分析见表5。

表5 湖区及鱼塘底积物pH及重金属数据分析表

名称	pH	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
湖平均值	7.76	14.60	0.44	99.74	50.01	80.54	50.23	37.49	119.66
湖最大值	8.06	17.39	0.61	113.20	56.60	96.43	57.36	42.30	139.99
湖最小值	7.63	12.67	0.36	90.18	42.17	72.36	43.55	33.75	107.70
塘平均值	7.94	14.75	0.36	105.59	51.16	89.41	52.84	37.37	120.29
塘最大值	8.24	19.24	0.44	120.69	58.71	106.84	57.70	41.23	135.73
塘最小值	7.61	9.24	0.30	67.66	44.31	67.28	41.49	29.25	93.75
页岩平均值	-	1.30	0.30	90.00	45.00	400.00	68.00	20.00	95.00
长江平均值	7.85	8.07	0.63	-	3.008	115.00	36.96	30.28	107.66

注: 重金属分析单位Hg为 10^4 , 其它元素均为 10^4

从表3可以看出, 鱼塘的底积物pH值不仅高于湖区底积物, 还高于长江底积物, 这可能与渔民向鱼塘施用生石灰消毒所致。湖区及鱼塘底积物重金属数据重金属元素与长江武汉段底积物相似, 说明评价区内受到本地人为影响小, 主要重金属来自长江。无论是评价区底积物还是长江底积物, 砷As、镉Cd、铅Pb三种重金属相对于页岩而言都偏高, 说明评价区内湖积物、长江底积物(武汉段)在自然环境形成后, 都受到了后期环境影响。

2.2 单因子评价法

根据生态环境部GB15618-2018《农用地土壤污染风险管控标准》污染风险筛选值及管制值, 分别评价各个重金属元素, 再根据“一票否决制”, 对地块图斑进行评价, 划分为安全区、风险区、管制区, 得到沙套湖及周边鱼塘环境评价图, 见图3。

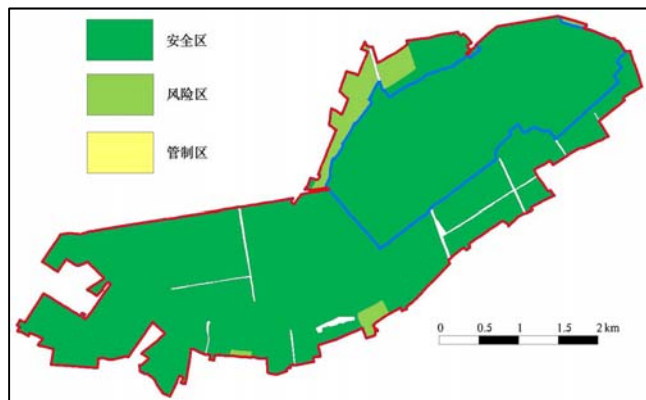


图3 沙套湖及周边鱼塘底积物环境评价图

从图3沙套湖及周边鱼塘底积物环境评价图中可以看出, 沙套湖及周边鱼塘整体环境良好, 安全区占绝大多数, 仅评价区北端及南端出现小范围的风险区, 评价区内无管制区。评价区内存在小范围内的风险区是底积物中镉Cd超过风险值所致。根据湖北省地质调查院《湖北省江汉流域经济区农业地质调查》报告显示: 长江三峡重庆段水系沉积物平均含量为 $0.586\mu\text{g/g}$, 在三峡库区蓄水后, 上游各种来源的水系悬浮物在三峡库区消落带及库底沉积而形成广泛分布的淤积物, 使湖北宜昌段长江沉积物呈现高镉异常。长江湖北段有许多重要的支流, 如: 清江、沮漳河等大量支流水体的汇入, 也对长江镉高值带的形成产生影响^[5]。评价区水源主要来自长江, 评价区出现镉Cd风险区主要与长江冲积有关。

2.3 潜在危害生态指数评价法

将湖区及周边鱼塘样品数据按照潜在危害生态指数法评价, 分别计算评价区内各个采样点单个生态危害指数 E_i 及综合生态危害指数 R_i , 最终得到沙套湖及周边鱼塘综合生态危害指数 R_i 分级图, 见图4。

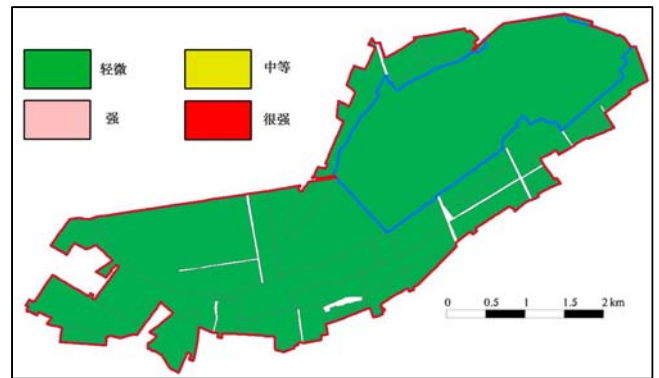


图4 沙套湖及周边鱼塘综合生态危害指数 R_i 分级图

从图4中可以看出, 沙套湖及周边鱼塘综合生态危害指数均在生态危害程度“轻微”级别, 生态环境良好。潜在危害生态指数法重点考虑了重金属对环境的生态效应影响。不同的重金属具有不同的生物毒性, 所以对环境造成的生态危害不同。本次评价中, 毒性响应系数 T_i 值 (Toxic Response Factor) 为 $\text{Pb}=\text{Cu}=\text{Ni}=5$ 、 $\text{Cd}=30$ 、 $\text{Zn}=1$ 、 $\text{Cr}=2$ 、 $\text{As}=10$ 、 $\text{Hg}=40$, 充分考虑到了8种不同的重金属对生态的不同危害性。

3 结论

(1) 沙套湖及周边鱼塘底积物重金属污染风险低, 无论是采用单因子评价法还是潜在危害生态指数评价法, 评价区内底积物生态环境均处于较为良好的状态。

(2) 沙套湖及周边鱼塘底积物重金属来源主要是长江冲积, 本地渔民施用消毒剂、村民施用化肥、村民生活污水排放对评价区内重金属积累影响较小。

[参考文献]

- [1] 陈静生. 沉积物重金属污染研究中的若干问题[J]. 环境科学丛刊, 1983, 4(8): 1-2.
- [2] Lars Hakanson. An ecological risk index for aquatic pollution control—a sedimentological approach[J]. Water Research, 1980, 14: 975.
- [3] 徐争启, 倪师军. 潜在生态危害指数法评价中重金属毒性系数计算[J]. 环境科学与技术, 2008, 31(2): 112-115.
- [4] 何静. 湖塘中重金属污染及对水质影响的分析[D]. 成都理工大学, 2007.
- [5] 张德存, 李金平, 杨军. 湖北省江汉流域经济区农业地质调查总报告[R]. 武汉: 湖北省地质调查院, 2011.

作者简介:

刘飞(1987—), 男, 湖北人, 汉族, 学士学位, 物化探工程师, 研究方向: 地球化学专业。