

# 辽东湾东部浅水区沉积物中重金属潜在生态评价\*

冯慕华 龙江平 喻龙 李建军

(国家海洋局第一海洋研究所 青岛 266061)

**摘要** 根据重金属的生物地球化学特征,从沉积学角度,利用辽东湾东部浅水区3次环境调查数据(1988、1997、1999),进行沉积物重金属潜在生态危害评价。研究表明,辽东湾浅水区沉积物污染长期以来较小,属于轻微生态危害,产生危害的主要重金属元素是汞和镉。

**关键词** 辽东湾东部,沉积物,潜在生态危害评价,汞,镉

**中图分类号** P736.4<sup>+1</sup> **文献标识码** A **文章编号** 1000-3096(2003)03-0052-05

在辽东湾东部浅水区,1988、1997、1999年分别进行了三次大面调查(见图1),监测单位对调查数据采用标准指数法进行单因子污染评价,或者采用综合指数法进行多因子评价,这些方法简单但没有考虑环境因子、生物对污染的反应特征等,不能充分说明该区域的污染情况。而重金属潜在生态危害指数评价从各种污染物毒性大小不同、多种污染物的综合作用、污染物的沉积特征、区域敏感性等角度综合评价沉积物中重金属潜在的生态危害效应,并给出危害程度定量划分方法,使之成为评价沉积物化学参数生物毒性大小的有效手段<sup>[1,2]</sup>。本文采用以上3次调查数据进行重金属潜在生态危害指数评价,以期获得辽东湾水域沉积物中富集的重金属对生态环境影响的动态变化特征,也给其它具有相似底质特征的海区做比较和参考。

## 1 研究对象

辽东湾浅水区位于辽宁省营口市鲅鱼圈至葫芦岛市高角连线以北5.0m以浅的水域,海岸类型多为平原淤泥岸,海岸湿地大面积集中连片,沟渠纵横,坑塘泡沼密布,海水与淡水反复浸淹,是咸淡水动植物混生地带。东部海区底质沉积物类型主要为极细砂。东部海域生物生长的物质来源主要由大辽河、双台子河、大凌河和小凌河携带入海,沿岸海水混浊,有机质丰富,浮游生物繁茂,底栖生物众多,是多

种经济鱼虾、贝、蟹类产卵和索饵的优良场所,也是贝类养殖的优良场所。本区油气资源丰富,被誉为中国第三大油田。国家级湿地自然保护区——双台子河口湿地自然保护区也位于其中。但随着工业、渔业的发展,辽东湾的渔业生物资源及其结构发生了明显变化,主要经济鱼虾类中大部分资源已显著衰退,辽东湾生态环境的保护已势在必行。

## 2 研究方法

采用瑞典学者Håkanson 1980年提出的潜在生态危害指数(RI)法进行评价。

### 2.1 潜在生态危害指数计算方法

单个金属污染系数  $C_i = \frac{C_{i\text{表层}}}{C_n}$ , 其中,  $C_{i\text{表层}}$  为沉积物金属浓度实测值,  $C_n$  为计算所用的参比值。沉积物金属污染度( $C_d$ )即数种金属污染系数之和:  $C_d = \sum_{i=1}^m C_i$ ,  $C_d$  和  $C_i$  能够说明评价区域的污染特征,但不能揭示生态危害和生态效应。

\* 国家海洋局科技攻关项目 20010168 号。

第一作者:冯慕华,出生于1978年,国家海洋局第一海洋研究所硕士研究生,主要从事沉积物污染化学研究。E-mail: e2feng@163.net;电话:0532-8893507

收稿日期:2001-09-26;修回日期:2002-02-10

各金属的毒性响应系数(  $T_f^i$  ),此值反映金属的毒性水平和水体对金属污染的敏感程度。某单个金属的潜在生态危害系数  $E_f^i = T_f^i \cdot C_f^i$ , 沉积物多种金属潜在危害指数  $RI = \sum_{i=1}^m E_f^i$ 。

2.2 各类参数的确定

Häkanson 从重金属的生物毒性角度建议对 Cu、Pb、Zn、Cd、Hg、As、Cr 7 种元素进行评价,使区域质量评价更具有代表性和可比性。

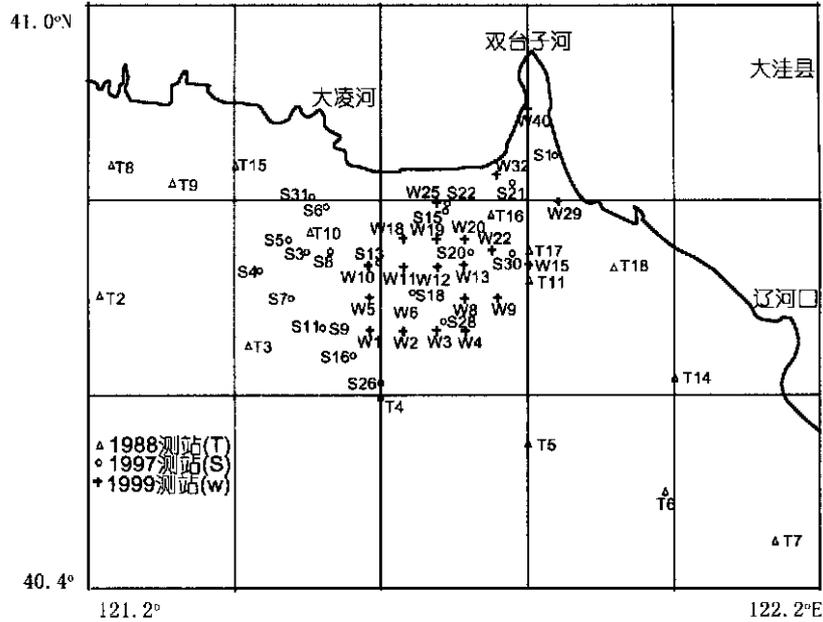


图1 辽东湾浅水区采样站位

Fig.1 Sampling stations of the Liaodong Bay

2.2.1 参比值的确定 以中国海域沉积物的重金属背景值为依据,并用辽东湾沉积物中重金属环境背景值进行校正,参考“全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程”和“环境质量评价方法与提要”的底质污染物质评价标准,提出海域污染系数计算所用参比值  $C_n^i$ , Cu 为  $25 \times 10^{-6}$ , Pb 为  $30 \times 10^{-6}$ , Zn 为  $80 \times 10^{-6}$ , Cd 为  $0.5 \times 10^{-6}$ , Hg 为  $0.2 \times 10^{-6}$ , As 为  $10 \times 10^{-6}$ , Cr 为  $60 \times 10^{-6}$ 。

2.2.2 金属毒性系数的确定 金属毒性系数揭示了金属对人体的危害和对水生生态系统的危害。Häkanson 的模型中金属的主要危害途径是:水-沉积物-生物-鱼-人体,他提出的 7 种金属元素的毒性水平顺序为  $Hg > Cd > As > Pb = Cu > Cr > Zn$ 。对毒性系数作规范化处理后,  $T_f^i$  定值为:  $Hg = 40, Cd = 30, As = 10, Pb = Cu = 5, Cr = 2, Zn = 1$ 。

表 1  $E_f^i, RI$  与污染程度的关系

Tab.1 The relationship between  $E_f^i, RI$  and pollution level

指数类型	所处范围	污染程度	指数类型	所处范围	污染程度
潜在生态危害系数	$E_f^i < 40$	轻微的生态危害	潜在生态危害指数	$RI < 150$	轻微的生态危害
	$40 \leq E_f^i < 80$	中等的生态危害		$150 \leq RI < 300$	中等的生态危害
危害系数	$80 \leq E_f^i < 160$	强的生态危害	危害指数	$300 \leq RI < 600$	强的生态危害
	$160 \leq E_f^i < 320$	很强的生态危害		$RI \geq 600$	很强的生态危害
	$E_f^i \geq 320$	极强的生态危害			

### 2.3 沉积物重金属污染生态危害系数和生态危害指数与污染程度的划分

潜在生态危害系数 ( $E_i^p$ )、潜在生态危害指数 ( $RI$ )与污染程度的关系见表 1。

### 3 样品分析

重金属样品在 110 °C 下烘干(汞、砷的样品在实验室风干),用玛瑙研钵研磨过 80 目尼龙筛。重金属的分析方法按 HY003·5-91 进行。汞用冷原子吸收分光光度法测定,砷用氢化物发生原子吸收分光光度法测定,其它重金属样品消化后用石墨炉原子吸收分光光度法测定。

### 4 结果与讨论

图 2 是根据辽东湾 1988 年、1997 年、1999 年三次大面调查的数据计算得的重金属潜在生态危害指数平面分布图。不同年份的调查重金属潜在生态危害指数都小于 150,属于轻微生态危害,即沉积物中蓄积的重金属的生态危害效应较小。从表 2 可知,1988 年沉积物重金属潜在危害系数  $E_i^p$ :  $Hg > As > Cd > Cu > Pb > Zn > Cr$ ,汞污染对  $RI$  值的贡献最大。W18 站点汞的  $E_i^p > 80$ ,属于强的生态危害,并且其它金属含量也较高,因此生态危害指数达到 141(见图 2),该区域的重金属污染对生物具有潜在毒性作用。该站点位于盖州滩近岸处,粘土含量大于 40%<sup>[3]</sup>,说明该位置水交换缓慢,入海的重金属通过吸着、沉淀、有机络合等方式在细颗粒中浓集,吸附了重金属的悬浮物极易沉降下来,使沉积物富集了大量重金属。其它两次调查结果污染情况如下:1997 年  $Cd > Hg > As > Cu > Pb > Zn > Cr$ ,1999 年  $Cd > As > Hg > Cu > Pb > Cr > Zn$ ,沉积物中  $Cd$  含量较大。从三次调查的生态危害系数可以看出,对生态环境具有潜在影响的元素主要是镉、汞和砷,汞的含量逐年降低,镉和砷的含量呈逐渐增高的趋势。虽然其它重金属含量较高,但是有些金属具有亲颗粒性,易被悬浮物迁移进入沉积物中矿化埋藏使它们

对生物毒性降低如铅<sup>[4]</sup>,或者有些元素在自然界丰度较大如铬<sup>[5]</sup>,从而使它们对生态的危害相对较小。从图 2 可以分析得到:三次大面调查站位分布虽然不很一致,但  $RI$  值分布有一定规律,1988 年在

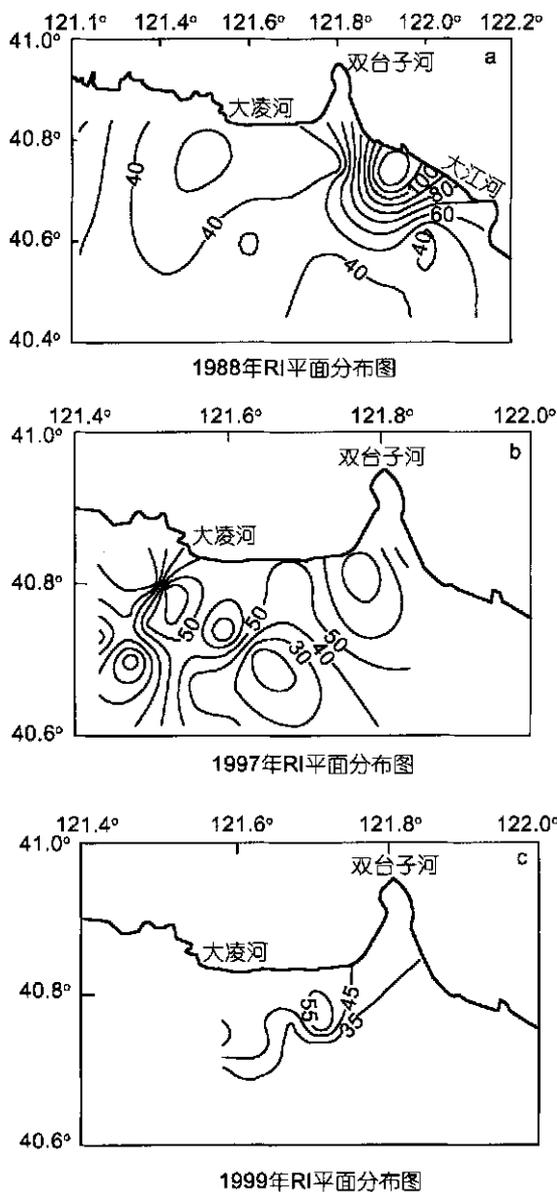


图 2 辽东湾浅水区沉积物重金属潜在生态危害指数  
Fig. 2 The potential ecological risk index of heavy metal of sediments in the Liaodong Bay

双台子河口和大辽河河口中间的区域出现最高值, 1997年大凌河口附近出现极大值, 1999年在大凌河口与双台子河口中间的区域出现峰值, 说明河口区沉积物中重金属含量很高。河流的径流物质在河口输送入海时, 由于盐淡水交会, 引起介质的盐度及pH值的变化, 重金属将水解、凝聚并与胶体物质交换、吸附而被载带在沉积物上, 从而使河口区成为重金属的储存库<sup>[6]</sup>。然而河口区又是良好的养殖场和鱼虾幼苗的洄游区, 河口区的污染直接关系到人类的健康, 因此要加强对河口区污染的监测和控制。

对比以往所作的单因子评价及综合评价结果: 1988年沉积物质量属允许级, 总铬为重点评价对象; 1997年底质属于重金属沾污, 其中铅、锌有污染; 1999年海底沉积物属于清洁级底质。底质评价结果与重金属潜在生态危害指数评价所得的结果比较吻合, 但是前者忽略了生物对不同底质条件下重金属的毒性响应特性和重金属毒性差别, 不能揭示各种重金属的生态危害效应, 没有突出对生物有很强毒性的汞、镉的作用。

潜在生态危害指数法比沉积物质量三合一( Triad)法<sup>[5-7]</sup>简单, 后者结合化学分析(C)、生物毒性

(T)、底栖群落结构(B)三方面的数据进行区域沉积物污染及生态控制研究, 所需数据量大, 需要进行的工作量大, 不适用于一般环境调查评价。前者只需重金属总量, 使方法的实用性大大提高。

在潜在生态危害指数法中, 通过综合考虑重金属毒性、重金属在沉积物中普遍的迁移转化规律, 以及评价区域对重金属污染的敏感性, 将这些特性量化校正得到所需的一些参数。利用沉积物重金属总量分析测试结果和这些参数计算得到潜在生态危害指数, 并且与区域背景值进行比较, 消除了区域差异及异源污染影响, 适合于大区域范围不同源沉积物之间进行评价比较。但是潜在生态危害指数法没有充分考虑沉积物的地质特征(氧化还原条件、粒径分布)、上覆水的化学特性(pH、盐度、有机质含量)、水动力条件等决定重金属地球化学特征及赋存形态的因素的作用。重金属不同结合形态决定了重金属的生物有效性, 使重金属的生物毒性不同。因此需要继续研究这些特性在重金属生态毒性方面的作用并且将它们量化, 优化生态危害系数和生态危害指数, 使其更加正确充分地反应重金属的生态危害效应。

表 2 不同年度  $E_i$  平均值对比

Tab.2 Comparison of the average value of  $E_i$  in different investigated year

年份	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	As	Cr
1988	2.85	2.52	0.85	3.83	30.29	8.47	0.27
1997	3.92	3.38	0.82	20.28	16.10	8.71	0.78
1999	4.33	3.12	0.81	13.05	6.72	10.08	0.93

陆地径流、大气沉降、排污口排放等途径带来大量重金属和悬浮颗粒物入海, 经过一系列作用, 重金属随同胶体物质沉积下来, 从而从水体中清除出去, 进入沉积物中蓄积, 使沉积物成为重金属等化学物质的主要存储库。一旦沉积环境遭受严重的污染并超过其承受能力的限度, 或者其他外界因素改变(如气候、水动力条件、pH、S、Eh、T等环境因子, 有机、无机污染物大量排放), 能够造成长期积累的重金属从沉积物中重新释放出来, 从而引发延缓或突然爆发的有害效应, 可能导致生态环境恶化, 甚至通过食物链对人体造成威胁<sup>[6]</sup>。潜在生态危害指数正从这

个角度, 利用重金属总量分析数据, 计算得到的结果反映了沉积物中重金属可能存在的生态危害效应。潜在生态危害指数法可作为确定沉积物质量参数 SQVs(Sediment Quality Values)的第一步, 再用其它方法(如毒性试验、底栖生态结构分析、生物组织富集量分析、毒性鉴别试验)进行更进一步研究, 充分估计沉积物质量<sup>[2,8]</sup>。

## 5 结论

本文通过对辽东湾浅水区三次大面调查数据进

## 研究报告 *REPORTS*

行重金属潜在生态危害指数评价得出:该海区底质重金属污染具有轻微生态危害,沉积物重金属污染对生态影响较小;主要污染物是汞和镉,虽然这两种金属的含量较小,但是具有一定生态危害效应;1988年到1999年辽东湾海区底质污染由汞污染转为镉污染,因此需对污染源和污染类型的排放进行控制。

### 参考文献

- 1 霍文毅.河流颗粒物重金属污染评价方法比较研究.地理科学,1997,17(1):81-86
- 2 Chapman P M, Peiyue wang, et al. Appropriate applications of sediment quality values for metals and metalloids. Environmental Science & Technology, 1999, 33(22):3 937-3 941
- 3 鲍永恩,符文侠.辽东湾北部沉积物对重金属集散的控制作用.海洋学报,1994,16(3):139-141
- 4 贾振邦,梁涛.香港河流重金属污染及潜在生态危害研究.北京大学学报(自然科学版),1997,33(4):185-192
- 5 Chapman P M, Hyland J, Ingersoll C, et al. General guidelines for using the sediment quality triad. Marine Pollution Bulletin,1997,34:368-372
- 6 Forstner U, Wittman G T W, Metal Pollution in Aquatic Environment. Berlin: Springer-Verlag, 1984
- 7 Long ER, Wilson C J. On the identification of toxic hot spots using measures of the sediment. Marine Pollution Bulletin, 1997,34:373-374
- 8 Miller BS, Pirie DJ, Redshaw CJ. An assessment of the contamination and toxicity of marine sediments in the Holy Loch, Scotland. Marine Pollution Bulletin, 2000,40(1):22-35

# ECOLOGICAL RISK EVALUATION OF HEAVY METALS OF MARINE SEDIMENT IN LIAODONG BAYS SHALLOW WATERS

FENG Mu-Hua LONG Jiang-Ping YU Long LI Jian-Jun  
(First Institute of Oceanography, SOA, Qingdao, 266061)

Received: Sep., 26, 2001

Key Words: Liaodong bay, Sediment, Potential ecological risk evaluation, Mercury, Cadmium

## Abstract

Based on data from four environmental investigations(1988,1993,1997,1999), the potential ecological risk of heavy metal of sediments has been assessed. The results show that the contamination level of sediments in Liaodong bays shallow waters is light. The main factors caused ecological hazard are mercury and cadmium.

(本文编辑:张培新)