

威海湾沉积物重金属含量分布及其潜在生态危害评价

杨立平^{1,2}, 张学超¹, 李晓敏¹, 聂新华¹

(1. 威海市海洋环境监测中心, 山东 威海 264209; 2. 东莞市海洋与渔业环境监测站, 广东 东莞 523939)

摘要: 对威海湾表层沉积物中重金属(Cu, Zn, Pb, Cd, Hg, As)的含量分布及富集状况进行了调查分析, 并采用 Hakanson 的潜在生态危害指数法评价了该湾沉积物中重金属污染的程度及其潜在的生态危害。结果表明, 威海湾表层沉积物中 Cu, Zn, Pb, Hg 4 种重金属的含量分布特征表现为由西北向东南递减的趋势; Cd 在湾西部含量较高, 呈由西向东递减的趋势; As 整体分布较均匀, 在湾内近岸处较高, 湾口处较低。潜在生态危害评价结果表明, 威海湾表层沉积物中重金属的潜在生态危害轻微; 污染程度顺序为 Cd>As>Hg>Pb>Cu>Zn; 对威海湾生态环境具有潜在影响的重金属主要是 Cd。

关键词: 沉积物; 重金属; 潜在生态危害; 威海湾

中图分类号: X55

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2010)06-0039-05

近海沉积物中重金属的污染来源主要是大气沉降、地表径流和近海排污三个方面。在受纳水体中, 重金属污染物不易降解, 能迅速由水相转入固相(悬浮物和沉积物), 而结合了重金属的悬浮物在水体搬运过程中, 当其负荷量超过搬运能力时, 便最终进入沉积物中蓄积, 使沉积物成为重金属等化学物质的主要存储库。沉积物中长期累积的重金属成为对水质具有潜在影响的次生污染源, 在一定条件下, 沉积物中长期累积的重金属释放到水体中, 造成重金属二次污染。由于沉积物既是重金属污染物的宿体, 又是水体中重金属污染物的来源, 而与水体相比, 沉积物中重金属具有丰度高、易于准确检测等特点, 因此, 沉积物在重金属污染评价中具有重要意义^[1]。

威海湾位于山东半岛北岸, 威海市区东部, 介于 37°26'~37°32'N, 122°07'~122°14'E 之间。威海湾为一耳型海湾, 南北长, 东西窄, 东南—西北长约 9 km, 东西最宽处约 7 km, 东面为湾口, 北、西、南三面被陆地环绕, 湾口被刘公岛一分为二, 北口宽约 2 km, 南口约 4 km。由于刘公岛的良好掩护作用, 威海湾北部早已成为集港口、旅游观光、商贸、临海工业为一体的综合性区域。同时, 威海湾又是重要的增养殖区。程波^[2]对威海湾沉积物地球化学特征(包括 Cu, Zn, Pb, Cd)进行了研究, 但关于威海湾沉积物中重金属的研究及其生态危害的评价尚未见报道。本研究以威海湾表层沉积物为研究对象, 采用瑞典科学家 Hakanson 的潜在生态风险指数法, 对沉积物

中的 Cu, Zn, Pb, Cd, Hg, As 的含量分布规律及其污染特征进行了研究, 以期了解威海湾沉积环境中重金属的污染现状, 为威海湾的生态环境保护、水产养殖业的可持续发展提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 样品采集与分析

2008 年 1 月在威海湾布设 14 个站位采集表层沉积物样品(图 1)。表层沉积物用抓斗式采泥器采集, 取表层 0~5 cm 泥样封存于双层聚乙烯袋内, 置于装有冰块的泡沫箱中, 带回实验室后冷冻保存。在实验室中将样品解冻混匀后, 于 60℃烘箱内烘 48 h, 用玛瑙研钵研碎后过 80 目筛, 封存于双层聚乙烯袋中置于干燥器中备用。Cu, Zn, Pb, Cd 采用火焰原子吸收分光光度法, As, Hg 采用原子荧光法, 具体操作参照《海洋监测规范 第 5 部分: 沉积物分析》^[3]。

1.2 评价方法

评价沉积物中重金属污染的方法很多^[4], 目前常用的方法主要有地质累积指数法、污染负荷指数法、潜在生态危害指数法等^[5]。而重金属潜在生态风险指数体现了生物有效性和相对贡献比例及地理空间差异等特点, 综合反映了重金属对生态环境影响

收稿日期: 2009-09-11; 修回日期: 2009-12-10

作者简介: 杨立平(1978-), 男, 工程师, 主要从事海洋与渔业环境科学调查研究, E-mail: ylp@dg.cn, 电话: 13600280622; 通信作者, 张学超(1970-), 男, 高级工程师, E-mail: whzxc@126.com, 电话: 13573713606

的指标, 广泛地应用于沉积物重金属的潜在生态影响评价^[6~10]。

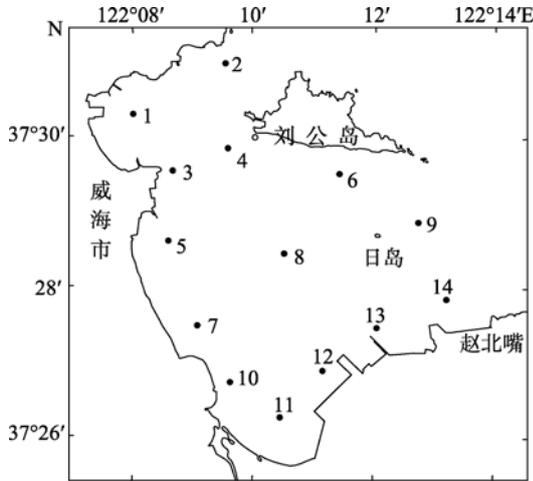


图 1 威海湾沉积物重金属采样站位

Fig. 1 Sampling sites for sediments of the Weihai Bay

采用瑞典科学家 Hakanson 提出的潜在生态危害指数(RI)法进行评价。根据这一方法, 某一区域沉积物中第 i 种重金属的潜在生态危害系数(E_r^i)及沉积物中多种重金属的潜在危害指数(RI)可分别表示为:

$$E_r^i = T_r^i C_f^i$$

$$RI = \sum_{i=1}^n E_r^i = \sum_{i=1}^n T_r^i C_f^i = \sum_{i=1}^n T_r^i \frac{C_s^i}{C_n^i}$$

式中: C_f^i 为单个重金属污染系数($C_f^i = C_s^i/C_n^i$); C_s^i 为表层沉积物重金属 i 浓度的实测值, C_n^i 为计算所用的背景值, 采用工业化以前沉积物中重金属的背景值(表 1)^[7]; T_r^i 为重金属 i 的毒性系数, 它主要反映重金属的毒性水平和生物对重金属污染的敏感程度, 揭示了重金属对人体的危害和对水生生态系统的危害。Hakanson 的模型中金属的主要危害途径是水-沉积物-生物-鱼-人体, 他提出的金属元素的毒性水平顺序为 $Hg > Cd > As > Pb = Cu > Zn$ 。对毒性系数作规范化处理后, T_r^i 定值见表 1。

潜在生态危害系数(E_r^i)、潜在生态危害指数(RI)

与污染程度的关系见表 2。

表 1 重金属的背景值(C_n^i)和毒性系数(T_r^i)

Tab. 1 Reference values (C_n^i) and toxicity coefficients

(T_r^i) of heavy metals						
参数	Cu	Zn	Pb	Cd	Hg	As
$C_n^i (\times 10^{-6})$	30	80	25	0.50	0.25	15
T_r^i	5	1	5	30	40	10

表 2 E_r^i , RI 与污染程度的关系

Tab. 2 Relationship between E_r^i , RI and pollution level

生态危害系数 E_r^i 和综合指数 RI	污染程度
$E_r^i < 40, RI < 150$	轻微的生态危害
$40 \leq E_r^i < 80, 150 \leq RI < 300$	中等的生态危害
$80 \leq E_r^i < 160, 300 \leq RI < 600$	强的生态危害
$160 \leq E_r^i < 320, 600 \leq RI < 1200$	很强的生态危害
$E_r^i \geq 320, RI \geq 1200$	极强的生态危害

2 结果与讨论

2.1 沉积物中重金属含量分布

威海湾表层沉积物中重金属的含量范围见表 3。从表 3 可以看出, Cu 的含量为 $(13.2 \sim 40.4) \times 10^{-6}$, Zn 的含量为 $(23.7 \sim 107.6) \times 10^{-6}$, Pb 的含量为 $(13.1 \sim 35.4) \times 10^{-6}$, Cd 的含量为 $(0.21 \sim 0.49) \times 10^{-6}$, Hg 的含量为 $(0.015 \sim 0.077) \times 10^{-6}$, As 的含量为 $(7.1 \sim 17.6) \times 10^{-6}$ 。

威海湾表层沉积物中重金属的含量分布情况见图 2。Cu, Zn, Pb, Hg 4 种重金属的分布特征较为相似, 总体特征是湾西北角含量最高, 水平梯度较大, 等值线较为密集, 湾口和南部较低, 南口最低, 并分别呈由西北向东南递减的趋势; Cd 在湾西部含量较高, 最高值出现在湾的西南部, 水平梯度较大, 向东逐渐降低, 在两个湾口附近分布较为均匀, 总体呈由西向东递减的趋势; As 的整体分布相对来说较为均匀, 仅在湾的西北部和南部出现 2 个 $> 15 \times 10^{-6}$ 的高值区, 总体分布特征为湾内近岸处含量较高, 湾口处较低。

表 3 威海湾表层重金属含量

Tab. 3 The ranges of heavy metal contents in the surface sediments of the Weihai Bay

参数	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	As
含量($\times 10^{-6}$)	13.2~40.4	13.1~35.4	23.7~107.6	0.21~0.49	0.015~0.077	7.1~17.6
平均	24.7±8.0	21.9±5.7	54.9±25.7	0.30±0.08	0.039±0.021	13.6±2.8

2.2 潜在生态危害评价

威海湾表层沉积物的单项潜在生态危害系数和

综合指数的评价结果见表 4。

从表 4 中可以看出, Cd 的 E_i^i 值大于其他重金属

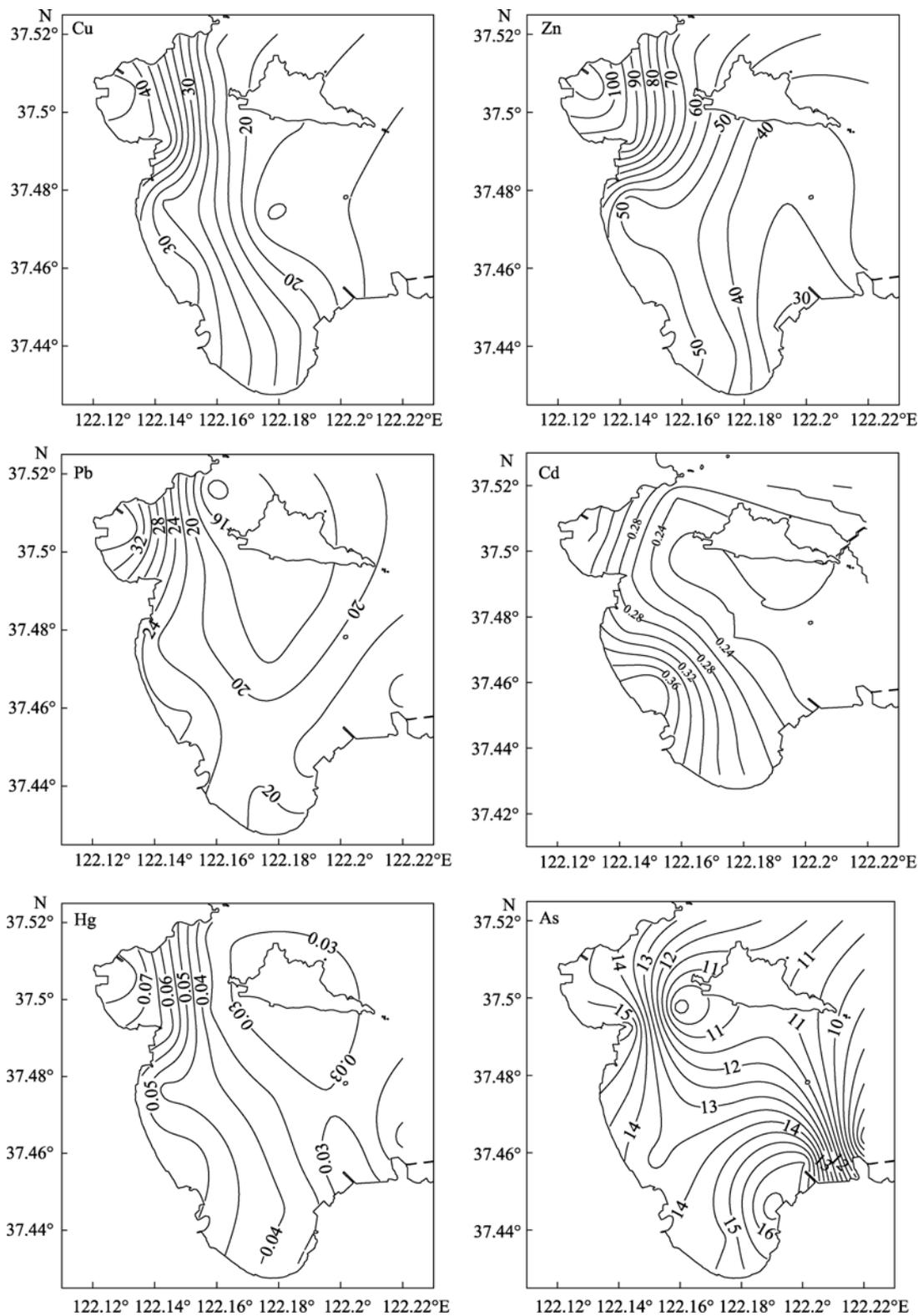


图 2 威海湾重金属含量平面分布(单位: $\times 10^{-6}$)

Fig. 2 Horizontal distributions of heavy metals in the surface sediment of the Weihai Bay(unit: $\times 10^{-6}$)

表 4 威海湾沉积物中重金属的单项潜在生态危害系数(E_r^i)和综合指数(RI)Tab. 4 Potential ecological risk factors (E_r^i) and risk indices (RI) of heavy metals in the surface sediments of the Weihai Bay

站位	E_r^i						RI
	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	As	
1	7.07	7.08	1.35	20.40	12.32	9.53	57.75
2	3.72	2.62	0.78	14.40	5.10	8.40	35.02
3	6.58	4.84	1.15	15.60	10.27	10.47	48.91
4	3.92	3.82	0.84	12.60	5.28	6.47	32.93
5	4.62	4.26	0.57	17.40	6.98	9.73	43.56
6	2.98	3.40	0.44	13.80	4.16	7.60	32.39
7	5.20	4.84	0.67	24.60	8.64	8.93	52.88
8	2.62	3.50	0.49	13.20	5.76	8.60	34.16
9	2.20	3.22	0.30	13.80	2.72	9.27	31.50
10	4.97	5.90	1.12	29.40	9.12	11.73	62.24
11	4.23	3.92	0.61	17.40	6.56	9.60	42.32
12	3.58	4.56	0.38	15.00	6.24	11.20	40.96
13	2.85	4.54	0.39	12.60	4.00	10.67	35.05
14	2.45	4.94	0.54	13.20	6.72	4.73	32.58
平均	4.07	4.39	0.69	16.67	6.71	9.07	41.59

的 E_r^i 值, 顺序由大到小依次为 Cd, As, Hg, Pb, Cu, Zn, 其中 As 的 E_r^i 值比 Cd 小, 约是 Cd 的 1/2, Hg 的 E_r^i 值约是 Cd 的 1/2.5, Pb、Cu 的 E_r^i 值约是 Cd 的 1/4, Zn 的 E_r^i 值约是 Cd 的 1/24, 表明 Cd 对 E_r^i 值的影响最大。6 种重金属的 E_r^i 值最大出现在 10 号站, 为 29.40, 各站的 E_r^i 值均小于其轻微生态危害的划分标准值, 表明威海湾表层沉积物重金属潜在生态危害轻微。由多个重金属的潜在生态危害指数看, 各站的 RI 值均小于 150, 属于轻微的生态危害。

从上述分析分析结果可知, 无论从单种重金属的潜在生态危害系数(E_r^i)来评价, 还是从多个重金属的综合指数(RI)来评价, 威海湾表层沉积物重金属的潜在生态危害轻微, 重金属污染程度的顺序为 Cd > As > Hg > Pb > Cu > Zn, 对威海湾生态环境具有潜在影响的重金属主要是 Cd。

3 结论

(1) 威海湾表层沉积物中重金属的分布特征表现为: Cu, Zn, Pb, Hg 4 种重金属的分布特征表现为由西北向东南递减的趋势; Cd 在湾西部含量较高, 向东逐渐降低, 在两个湾口附近分布较为均匀; As 整体分布较均匀, 在湾内近岸处较高, 湾口处较低。

表明陆源污染是威海湾重金属的主要来源。陆源排污对威海湾沉积物中重金属的影响规律应进一步探讨。

(2) 根据单项潜在生态危害系数, 表层沉积物中重金属的污染程度大小顺序依次为 Cd>As>Hg>Pb>Cu>Zn。

(3) 单项潜在生态危害系数和综合指数的评价结果表明, 威海湾表层沉积物中重金属的潜在生态危害轻微, 对威海湾生态环境具有潜在影响的重金属元素主要是 Cd。

参考文献:

- [1] 张丽洁, 王贵, 姚德, 等. 近海沉积物重金属研究及环境意义[J]. 海洋地质动态, 2003, 19(3): 6-9.
- [2] 程波. 威海湾表层沉积物地球化学[J]. 海洋科学, 1989, 6: 42-46.
- [3] GB17378.5—2007, 海洋监测规范——沉积物分析部分[S].
- [4] 丁喜桂, 叶思源, 高宗军. 近海沉积物重金属污染评价方法[J]. 海洋地质动态, 2005, 21(8): 31-36.
- [5] 金艳, 何德文, 柴立元, 等. 重金属污染评价研究进展[J]. 有色金属, 2007, 59(2): 100-104.
- [6] 崔毅, 幸福言, 马绍赛, 等. 乳山湾沉积物重金属污染及其生态危害评价[J]. 中国水产科学, 2005, 12(1):

- 83-90 .
- [7] 蒋增杰, 方建光, 张继红, 等. 桑沟湾沉积物重金属含量分布及潜在生态危害评价[J]. 农业环境科学学报, 2008, 27(1):301-305 .
- [8] 冯慕华, 龙江平, 喻龙, 等. 辽东湾东部浅水区沉积物中重金属潜在生态评价[J]. 海洋科学, 2003, 27(3): 53-56 .
- [9] 刘成, 王兆印, 何耘, 等. 环渤海湾诸河口潜在生态风险评价[J]. 环境科学研究, 2002, 15(5): 33-37 .
- [10] 范文宏, 张博, 陈静生, 等. 锦州湾沉积物中重金属污染的潜在生物毒性风险评价[J]. 环境科学学报, 2006, 26(6): 1000-1005.

Distribution features and evaluation on potential ecological risk of heavy metals in surface sediments of Weihai Bay

YANG Li-ping^{1,2}, ZHANG Xue-chao¹, LI Xiao-min¹, NIE Xin-hua¹

(1. Weihai Marine Environment Monitoring Center, Weihai 264209, China; 2. Dongguan Marine and Fishery Environment Monitoring Station, Dongguan 523939, China)

Received: Sep., 11, 2009

Key words: sediments; heavy metals; potential ecological risk; the Weihai Bay

Abstract: This paper reported the distributions and enrichment of heavy metals (Cu, Zn, Pb, Cd, Hg, As[C_{Y1}]) in the surface sediments of the Weihai Bay. In addition, the method of potential ecological risk index devised by Lars Hakanson was used to assess the ecological risks of these elements. The results showed that the contents of Cu, Zn, Pb, and Hg gradually decreased from the northwest to the southeast; Cd appeared higher in the west of the Bay and decreased from the west to the east; and As distributed uniformly, and appeared higher at nearshore of the inner bay but lower at the bay mouth. The risk levels for these heavy elements in this area were light. The pollution degree of these heavy elements in the surface sediments of the Weihai Bay was in the order of Cd>As>Hg>Pb>Cu>Zn, with Cd being the potential impact element for the ecological environment of the Weihai Bay.

(本文编辑: 张培新)