

乳山湾沉积物重金属污染及其生态危害评价

崔毅, 辛福言, 马绍赛, 宋云利, 陈碧鹏, 陈聚法

(中国水产科学研究院 黄海水产研究所, 山东 青岛 266071)

摘要:根据2003年对乳山湾东湾表层沉积物中重金属调查结果,对重金属含量分布及富集特征进行分析,并采用瑞典科学家 Hakanson 提出的潜在生态危害指数法对其生态危害程度进行评价。结果表明,乳山湾沉积物中的重金属含量,除5月的Hg、As平均含量略低于8月外,其他重金属(Cu、Zn、Pb、Cd)平均含量5月高于8月。在表层沉积物中Cd的富集程度最大,除5月1号测站外,污染指数超过1.0。水平分布除Cd为湾口处含量较低外,其他重金属基本呈湾口和湾底含量较高的分布趋势。单个重金属潜在危害系数表明,Cd的 E_i 值大于其他重金属的 E_i 值,其他重金属的 E_i 值均小于Hakanson所提出的沉积物重金属生态危害程度的轻微危害程度的划分标准。表明重金属对乳山湾生态环境具有潜在影响的元素主要是Cd,污染程度由高到低依次为Cd、Hg、As、Pb、Cu、Zn。与历史同期调查相比,表层沉积物中Cd含量升高幅度最大。从多个重金属的潜在生态危害指数看,两次RI调查均值小于150,属于轻微的生态危害。

关键词:重金属;沉积物;生态评价;乳山湾

中图分类号:XS5 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-8737-(2005)01-0083-08

乳山湾位于山东半岛南部,分为东湾和西湾。乳山湾有广阔的滩涂地带,底质以黏土质粉砂为主,滩面平缓,土质和水质肥沃,贝类资源丰富,为我国北方重要的经济贝类养殖基地之一,1978年被国家农业部定为全国第1个对虾养殖基地。该基地拥有数千公顷养虾池,对虾养殖产量和面积曾为全国第四,单产居全国第二^[1]。但随着近年来沿岸工农业及养殖业的不断发展,使该区的水环境和底质环境受到一定程度的污染,如每年通过乳山河排入的工业污水20世纪80年代达 $2\ 018 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,占烟台地区工业污水排放量的19.8%,主要污染物为有机物、石油类、挥发酚、氰化物、硫化物、重金属等^[1]。每年均有滩涂贝类不同程度的死亡发生^[2]。

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),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。在受重金属污染的体系中,水相中的重金属含量常因水动力条件和排放状况的不同,其含量分布也不同,但由于积累作用沉积物中的重金属含量往往比相应水相中的含量要高,且表现出较强分布规律^[3-4]。一旦沉积环境受到严重的污染并超过其承受能力,或其他外界因素的改变,如气候、水动力、pH、盐度、氧化

还原电位、水温等因子、有机、无机污染物大量排放,使长期积累的重金属从沉积物中重新释放,导致生态环境恶化,甚至通过食物链对人体造成威胁^[5]。有关沉积物重金属污染国内外曾有一些报道^[6-10],重金属沾污沉积物毒性研究的最新结果表明,酸溶硫化物(在冷盐酸介质中可挥发释放出 H_2S 的固相可溶部分 acid-volatile sulfide, AVS)对沉积物中重金属化学活性浓度和生物毒性效应起着主控作用^[11-14]。特别是一些二价重金属(如Cu、Zn、Pb、Cd、Ni、Co)多为亲硫元素,它们极易与AVS中的 S^{2-} 反应生成难溶金属硫化物,从而制约着沉积物中二价有毒金属的化学活性和生物可获得性,这一观点已被一些化学实验和生物毒理学实验所验证^[15]。

有关重金属在海湾沉积物中污染情况的调查报道较多^[16-19],但关于乳山湾沉积物中重金属含量水平及评价至今未见系统报道。崔毅等^[20]曾于1995年对乳山湾近岸部分贝类养殖区沉积物中重金属含量水平进行过研究,但调查范围仅限于近岸滩涂养殖区。本项目以沉积物为主要研究对象,根据重金属的环境化学行为特点,对乳山湾东湾表层沉积物中Cu、Zn、Pb、Cd、Hg、As的含量分布规律及其富集特征进行研究,并采用瑞典学者 Hakanson提

收稿日期:2004-03-15; 修订日期:2004-05-11。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40376037);山东省科技攻关计划项目(012110116);中国水产科学研究院基金项目(2001-4-5)。

作者简介:崔毅(1955-),男,研究员,主要从事海洋环境与生态学。

出的潜在生态危害指数(RI)法进行评价^[21-22],以期对乳山湾沉积环境中富集的重金属污染现状有一基本了解,为乳山湾的生态环境保护、水产养殖业的可持续利用提供科学依据。

1 材料与方法

于2003年5月中旬、8月中旬进行了2个航次调查。共设8个采样点,对表层沉积物中重金属含量进行分析。采样站位见图1。表层样品采用抓式采泥器采集,样品的保存和分析均按照《海洋监测规范》(第5部分 沉积物分析)(GB17378.5-1998)所规定的要求和进行分析方法进行^[23-24],其中Cu、Zn、Pb、Cd分析均采用火焰原子吸收分光光度法进行,Hg采用冷原子吸收法,As的测定采用二乙基二硫代氨基甲酸银分光光度法。

2 结果与讨论

2.1 表层沉积物重金属含量的平面分布

乳山湾东湾区表层沉积物重金属分析结果见表1。

5月表层沉积物重金属水平分布情况见图2,Cu在湾口处含量最高,秦家庄近岸区域含量最低,在湾口区和秦家庄附近海域Cu水平梯度较大,等值线较为密集,并分别呈由北向南递减和由西北向东南递增的趋势;Zn在湾口、大庄附近及湾底部含量较高,秦家庄至寨前沿岸区域含量较低,湾西部其含量由西向东递减,湾中部和湾东部由西北向东南方向递增;Pb在邹格至大庄区域及湾口区域含量较高,秦家庄东北沿岸区域及寨前至金港区域含量较低,秦家庄东北和湾口区域其水平梯度较大,并分别呈由西北向东南递增和由西南向东北递减的趋势;Cd在湾中部和湾底区含量最高,湾口区域最低,湾西部其水平梯度较大,并呈由西南向东北方向递增趋势;Hg在湾口区域含量较高,秦家庄近岸区域含量最低,湾西部其含



图1 调查站位示意图

Fig. 1 Investigating stations in Rushan Bay, Bohai Sea

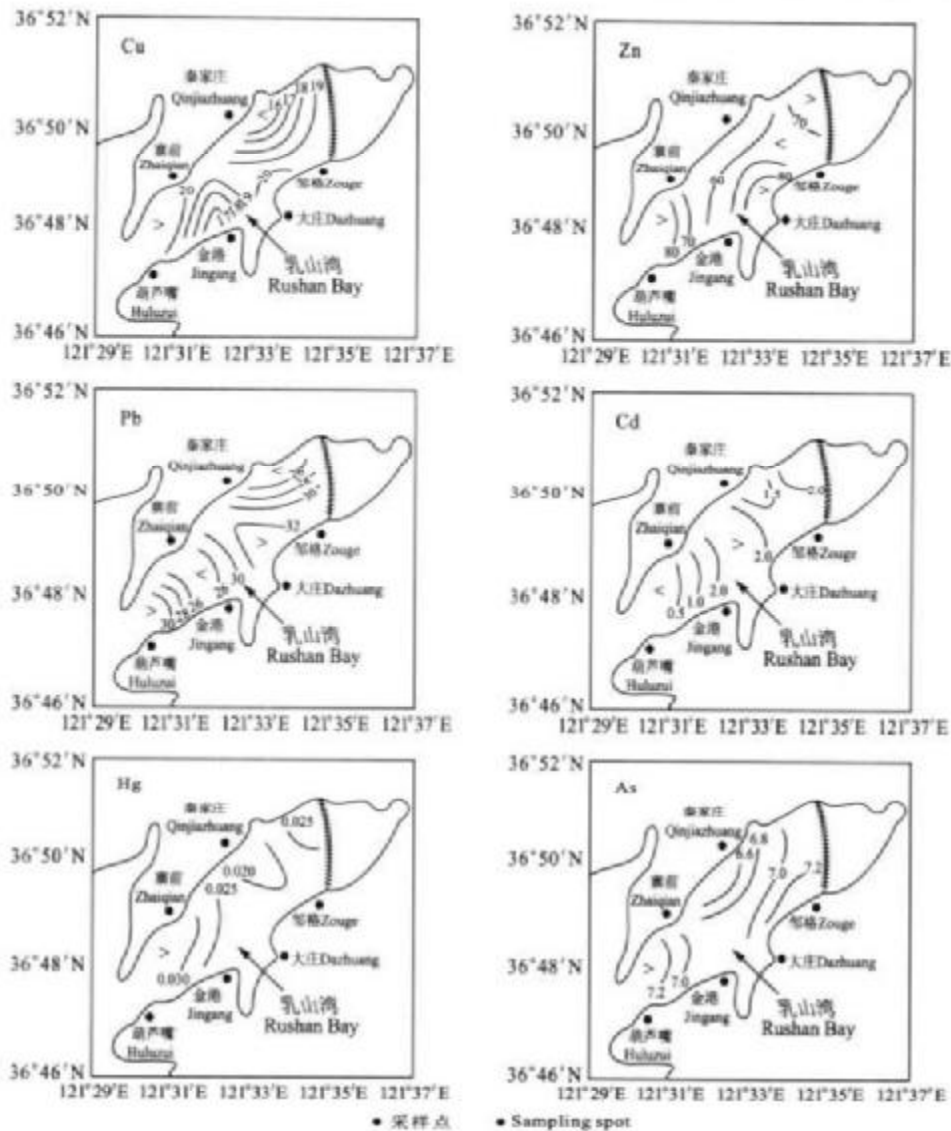
量由西向东递减,其他区域含量相差不大,分布相对均匀;As在湾口和邹格附近区域含量较高,秦家庄至寨前近岸区域含量较低,湾西部其含量由西向东递减,湾中部和东部由西北向东南递增。

8月沉积物重金属水平分布情况见图3,Cu湾口含量最高,邹格附近含量次之,湾北岸近岸区域含量最低,湾口区其含量由西南向东北方向递减,湾中部和东部基本呈由北向南递增趋势;Zn在湾口和邹格区域含量较高,湾北部近岸区域岸含量较低,其含量基本呈北岸向南岸递增的分布趋势;Pb在湾口处含量最高,邹格附近含量次之,湾北岸含量最低,其含量仍呈由北岸向南岸逐渐递增趋势;Cd在除湾口区含量较低,其他区域其含量变化不大,分布相对均匀;Hg在秦家庄以东沿岸区域含量较低,寨前附近区域含量较高,湾西部其含量由北岸向南岸递减,湾东部呈由北岸向南岸递增的趋势;As在湾南部近岸区域高于湾北部近岸区域,等值线走向基本与南、北两岸岸线平行。

表1 表层沉积物重金属含量比较($\times 10^{-6}$)

Tab. 1 Comparison on heavy metal in sediment of surface layer($\times 10^{-6}$)

要素 Element	5月 May		8月 August	
	含量范围 Range	$\bar{X} \pm SE$	含量范围 Range	$\bar{X} \pm SE$
Cu	15.69-23.43	19.41 $\pm$ 2.51	8.43-20.95	12.86 $\pm$ 4.26
Zn	59.36-82.67	70.55 $\pm$ 9.94	30.29-65.46	47.76 $\pm$ 10.58
Pb	24.22-33.75	28.64 $\pm$ 3.97	12.48-36.92	19.87 $\pm$ 8.01
Cd	0.13-2.36	1.56 $\pm$ 0.85	0.51-1.73	0.98 $\pm$ 0.38
Hg	0.018-0.036	0.025 $\pm$ 0.01	0.029-0.061	0.042 $\pm$ 0.01
As	6.39-7.28	7.01 $\pm$ 0.30	6.73-10.33	8.44 $\pm$ 1.27

图2 乳山湾东湾5月表层沉积物中重金属含量水平分布($\times 10^{-6}$)Fig.2 Horizontal distribution of heavy metal content in surface sediment in Rushan Bay in May($\times 10^{-6}$)

2.2 表层沉积物重金属含量的时间变化与污染特征

2.2.1 表层沉积物重金属含量的时间变化 由5月和8月对乳山湾沉积物中的重金属分析结果看,除5月沉积物中Hg、As含量略低于8月外,沉积物中Cu、Zn、Pb、Cd等重金属含量5月均高于8月(图4)。其原因可能与5月入海径流大于8月,带入较多污染物;另一方面,沿岸养殖业和盐业较发达,5月正值对虾养殖初期,特别是近年来虾病的流行,在清池和养殖过程中使用了大量的消毒剂以及硫、锌、铜等含量高的化肥。春季是乳山湾晒盐最佳季节,大量盐池卤

水排放入海。由于乳山湾口狭窄,水交换不畅^[1],各类废水的排入致使海水中污染物含量升高,造成部分污染物沉积,使沉积物中重金属含量升高。本次同步调查水环境中重金属含量监测结果显示,5月水域中Hg、As的含量低于8月,而其他重金属含量5月高于8月,与沉积物的监测结果一致。与历史调查资料比较可看出,5月表层沉积物重金属含量除Hg、As外,其他重金属含量均高于1997年同期调查结果,8月与历史同期调查结果比较Zn、Cd、As含量呈升高趋势,而Cu、Pb、Hg且有所降低^[20]。

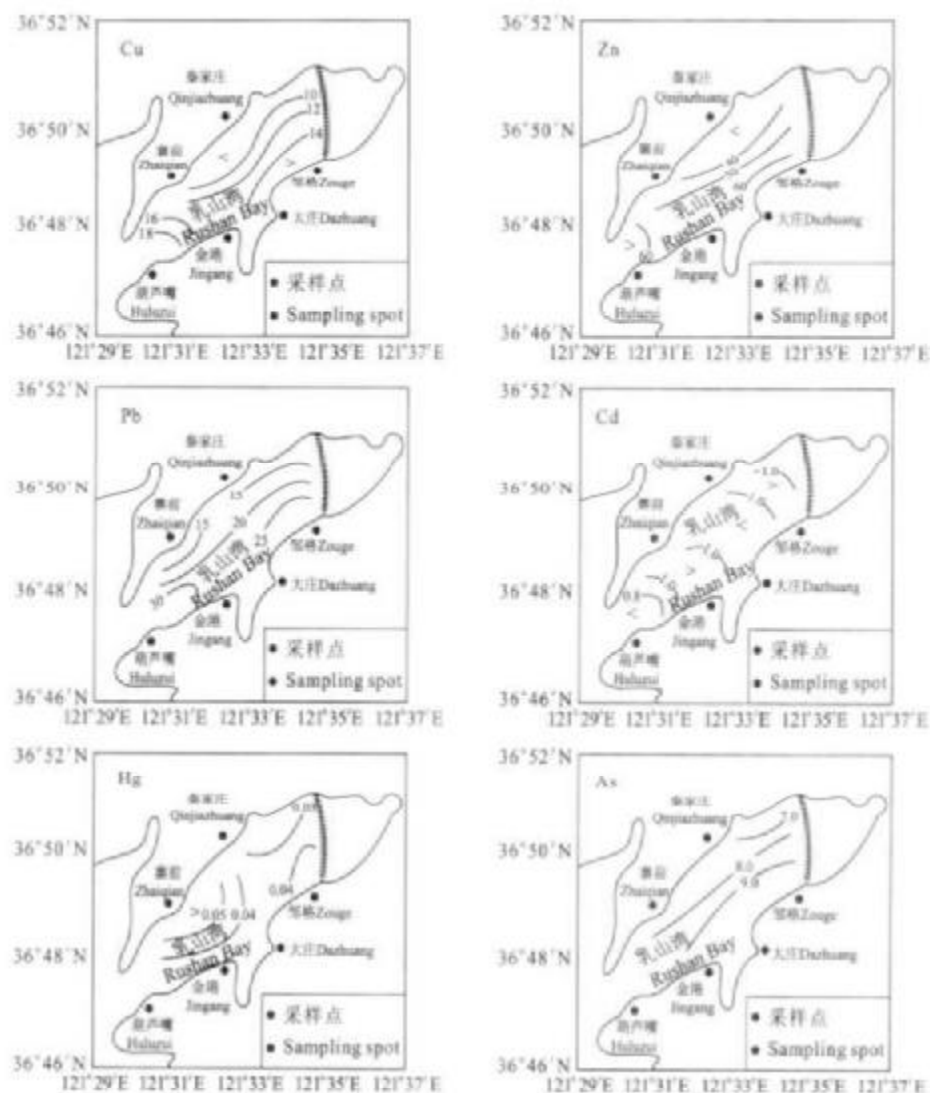
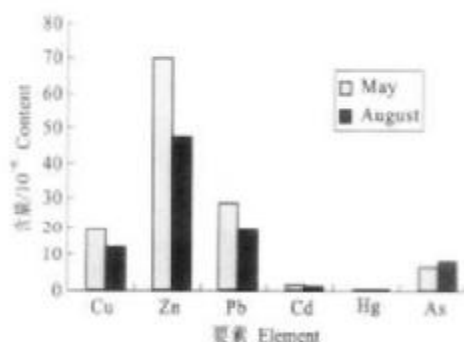
图3 乳山湾东湾8月表层沉积物中重金属含量水平分布($\times 10^{-6}$)Fig.3 Horizontal distribution of heavy metal content in surface sediment in Rushan Bay in August($\times 10^{-6}$)

图4 不同月份表层沉积物中重金属含量变化比较

Fig.4 Comparison of heavy metal content from surface sediment in different month

2.2.2 表层沉积物重金属含量的污染特征 从表2所计算的重金属污染指数看,5月和8月两次调查的乳山湾表层沉积物中,Cd的污染程度均最大,平均为2.54,除5月的1号测站Cd的富集系数小于1.0外,其他各测站Cd的富集系数都超过1.0,而其他重金属的污染程度均较低,平均污染指数也小于1.0。由此得出本区重金属污染程度从高到低依次为,5月: Cd、Cu、Pb、Zn、As、Hg; 8月: Cd、As、Cu、Pb、Zn、Hg。

表2 乳山湾表层沉积物中重金属含量和污染指数*

Tab.2 Heavy metal contents and pollution index in surface sediment from Rushan Bay*

要素 Element	5月 May		8月 August	
	含量/ $\times 10^{-6}$ Content	污染指数 Pollution index	含量/ $\times 10^{-6}$ Content	污染指数 Pollution index
Cu	19.41	0.55	12.860	0.37
Zn	70.55	0.47	47.760	0.32
Pb	28.64	0.48	19.870	0.33
Cd	1.56	3.12	0.980	1.96
Hg	0.025	0.13	0.042	0.21
As	7.01	0.35	8.440	0.42

* 污染指数为实测的重金属含量与《海洋沉积物质量》(GB18668-2002)中一类标准值的比值^[24]。

* Pollution index shows the ratio between local determined value and first standard of marine sediment quality.

2.3 重金属的潜在生态危害评价

以往的环境评价中,大都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^[25-28],但没有考虑环境因子、生物对污染响应特征等,不能充分说明该区域的污染状况。而重金属潜在生态危害指数根据各种污染物的毒性、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,综合评价沉积物重金属潜在的生态危害效应,并给出了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^[29-30]。

本研究采用瑞典科学家 Hakanson 提出的潜在生态危害指数(RI)法^[21]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_i^p)及沉积物中多种重金属的潜在危害指数(RI)可分别表示为:

$$E_i^p = T_i \cdot C_i^p$$

$$RI = \sum_{i=1}^n E_i^p = \sum_{i=1}^n T_i \cdot C_i^p = \sum_{i=1}^n T_i \cdot \frac{C_i}{C_n^b}$$

式中: C_i^p 为单个重金属污染系数($C_i^p = C_i/C_n^b$); C_i 为表层沉积物重金属*i*浓度的实测值, C_n^b 为计算所用的背景值,本研究采用“山东省海岸带和海涂资源综合调查报告”中所定的当地沉积物中重金属背景值(表3)^[31]; T_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^[21]的模型中重金属的主要危害途径是:水→沉积物→生物→鱼→人体。他提出的重金属元素的毒性水平顺序由大到小依次为 Hg、Cd、As、(Pb与Cu)、Zn,对毒性系数作规范化处理后,有关 T_i 定值见表3。

表3 重金属的参比值(C_n^b)和毒性系数(T_i)^[31]Tab.3 Reference values (C_n^b) and toxicity coefficient (T_i) of heavy metals^[31]

参 数 Parameter	Cu	Zn	Pb	Cd	As	Hg
$C_n^b (\times 10^{-6})$	39.5	84	46	0.50	10	0.127
T_i	5	1	5	30	10	40

根据 Hakanson^[21]的潜在生态危害系数(E_i^p)、潜在生态危害指数(RI)与污染程度的关系所提出的沉积物重金属生态危害程度的划分标准(表4),对所调查结果进行评价。

表5列出了乳山湾各测站沉积物中重金属潜在危害系数, Cd 的 E_i^p 值大于其他重金属的 E_i^p 值,其次序由大到小依次为 Cd、Hg、As、Pb、Cu、Zn, 其中 Hg 的 E_i^p 值比 Cd 的 E_i^p 值小约 6 倍, As 的 E_i^p 值比

Cd 小约 9 倍, Pb 的 E_i^p 值比 Cd 小约 28 倍, Cu 的 E_i^p 值比 Cd 小约 37 倍, Zn 的 E_i^p 值比 Cd 小约 107 倍, 表明 Cd 对 RI 值的影响程度大大高于其他重金属。而其他 5 种重金属的 E_i^p 值均小于其轻微生态危害的划分标准值, 说明乳山湾沉积物中除 Cd 污染较为严重外, 其他重金属的生态危害甚微, 但湾口区 1、2 号测站 Cd 的 E_i^p 值为 40 左右, 属轻微 Cd 生态危害, 5 号测站 E_i^p 值为 $40 \leq E_i^p < 80$, 属中等 Cd 生

态危害,其他测站Cd的 E_r 值为 $80 \leq E_r < 160$,属强生态危害。从Cd的全湾 E_r 均值看,乳山湾属中等Cd生态危害。由多个重金属的潜在生态危害指数

看,两次调查RI均值小于150,属于轻微的生态危害,但5月的RI均值大于8月,且5月的3,7号测站RI值为 $150 \leq RI < 300$,已达中等生态危害。

表4 E_r 、RI值与污染程度的关系Tab.4 Relationship between E_r , RI and pollution level

指数范围 Index range	污染程度 Pollution degree
$E_r < 40$ or $RI < 150$	轻微的生态危害 Light ecological risk
$40 \leq E_r < 80$ or $150 \leq RI < 300$	中等的生态危害 Middle ecological risk
$80 \leq E_r < 160$ or $300 \leq RI < 600$	强的生态危害 Serious ecological risk
$160 \leq E_r < 320$ or $RI \geq 600$	很强的生态危害 Very serious ecological risk
$E_r \geq 320$	极强的生态危害 Extremely serious ecological risk

表5 乳山湾沉积物中重金属的潜在危害系数(E_r)和危害指数(RI)Tab.5 Potential ecological harm factors (E_r) and risk indices (RI) of heavy metals in surface sediments from Rushan Bay

站号 Station	E_r						RI
	Cu	Zn	Pb	Cd	Hg	As	
1	1.97	0.73	2.04	40.80	13.26	7.50	67.30
2	2.65	0.87	3.84	38.70	10.09	7.97	66.12
3	1.79	0.58	2.65	93.60	13.56	7.03	122.21
4	1.86	0.68	2.40	99.90	11.04	8.05	127.93
5	1.68	0.53	2.18	62.40	7.31	7.03	86.13
6	2.41	0.82	3.15	86.70	9.48	8.52	117.08
7	1.76	0.63	2.11	86.10	9.02	6.90	113.52
8	2.22	0.79	2.71	101.10	10.85	8.78	134.45
平均值 Average	2.04	0.70	2.64	76.16	10.58	7.72	99.84

从RI值的平面分布看,5月和8月乳山湾均存在明显的区域差异。5月,湾底北部和湾中部金港以北的带状区域RI值最高(>140),湾口区RI值最低(<40),湾西部RI值由西向东递增,湾中部由西南向东北递减,湾底区RI值分布趋势与湾中部

相反;8月,邹格近岸区域RI值最高(>110),湾口区和湾底北部近岸区域RI值最低(<60),湾西部RI值由西南向东北递增,湾中部RI值分布相对均匀,其变化范围在70—80,湾东部RI值基本呈由北岸向南岸递增的分布趋势(图5)。

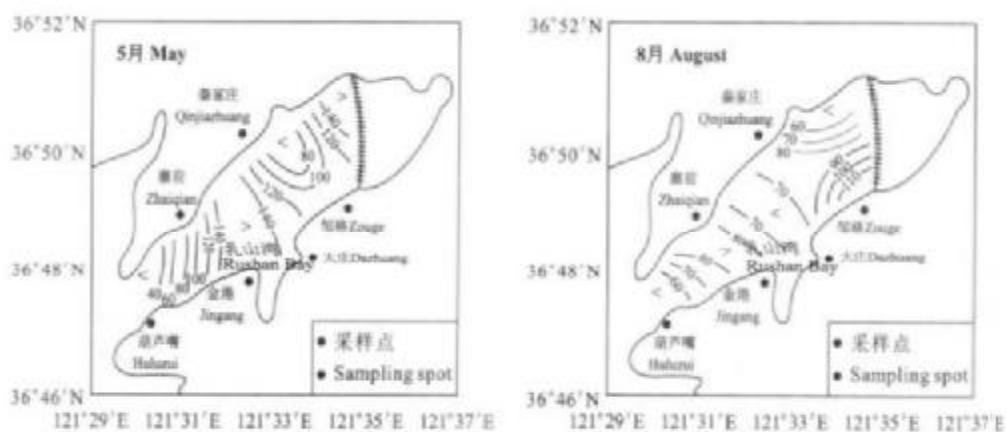


图5 乳山湾沉积物重金属潜在危害指数(RI)平面分布

Fig.5 Horizontal distribution of potential ecological harm index of heavy metal of sediments in Rushan Bay

综上所述,对乳山湾生态环境具有潜在影响的重金属元素主要是Cd,与历史同期调查相比,表层沉积物中Cd含量升高的幅度最大;多个重金属潜在生态危害指数RI均值小于150,属于轻微的生态危害。重金属污染程度由高到低依次为Cd、Hg、As、Pb、Cu、Zn,说明乳山湾近年来受Cd污染的威胁最大。

参考文献:

- [1] 中国海湾志编辑委员会. 中国海湾志第四分册[M]. 北京:海洋出版社,1993. 34~72.
- [2] 马绍赛,周诗贵,陈康法,等. 滩涂养殖牡蛎死亡及生态环境效应调查研究[J]. 海洋水产研究,1997,18(2):13~19.
- [3] 陈静生,邓宝山. 水环境化学[M]. 重庆:高等教育出版社,1987.
- [4] 陈静生,邓宝山. 环境地球化学[M]. 北京:海洋出版社,1990.
- [5] Forstner U, Wittman G T W. Metal pollution in aquatic environment[M]. Berlin: Springer Verlag, 1984.
- [6] Burton J D, Lius L S. Estuarine chemistry[M]. London: Academic Press, 1976. 49.
- [7] 陈松. 河口重金属在沉积物-海水的界面转移[J]. 海洋学报, 1989, 11(6): 714~721.
- [8] James C S L, Kenned Y C. Migration of trace metals in interfaces of seawater and polluted surficial sediments[J]. Environmental Science and Technology, 1977, 11(2): 174~182.
- [9] Buckley D E, Smith J N, Winter G V. Accumulation of contaminant metals in marine sediments of Halifax Harbour, Nova Scotia: environment factors and historical trends[J]. Applied Geochemistry, 1995, 10: 175~195.
- [10] 陈慈美,林月玲,吴瑜瑞. 沉积物二次污染对海域赤潮的影响[J]. 海洋通报, 1991, 10(5): 64~71.
- [11] Ankley G T, Phipps G L, Leonard E N, et al. Acid-volatile sulfide as a factor mediating cadmium and nickel bio-availability in contaminated sediments[J]. Environ Toxicol Chem, 1991, 10: 1299~1307.
- [12] Toro D M Dk, Mahony J D, Hansen D J, et al. Acid volatile sulfide predicts the acute toxicity of cadmium and nickel in sediments[J]. Environ Sci Technol, 1992, 26: 96~101.
- [13] Casas A M, Creelias E A. Relationship between acid volatile sulfide and the toxicity of zinc, lead and copper in marine sediments[J]. Environ Toxicol Chem, 1994, 13: 525~536.
- [14] Brouwer H, Murphy T. Volatile sulfides and their toxicity in freshwater sediments[J]. Environ Toxicol Chem, 1995, 14: 203~208.
- [15] 陈淑梅,王菊英,马德毅,等. 酸溶硫化物与沉积物中重金属化学活性的关系[J]. 海洋环境科学, 1999, 18(3): 16~21.
- [16] 陈松,许爱玉,骆炳坤,等. 台湾海峡西部海域沉积物中重金属的地球化学特征[J]. 台湾海峡, 1993, 12(3): 280~286.
- [17] 康雪琼,王运芳,陈群英. 广西近岸海域海水和沉积物及生物体中的重金属[J]. 海洋环境科学, 2001, 20(2): 59~62.
- [18] 夏真. 大鹏湾海洋底质环境综合评价[J]. 海洋地质动态, 2002, 18(10): 1~5.
- [19] 甘居利,贾晓平,李纯厚,等. 南海北部陆架区表层沉积物中重金属分布和污染状况[J]. 热带海洋学报, 2003, 22(1): 36~41.
- [20] 崔毅,辛福言,马绍赛,等. 乳山湾东流区表层沉积物中有害物质调查研究[J]. 海洋水产研究, 1997, 18(2): 39~45.
- [21] Hakanson LAPS. An ecological risk index for aquatic pollution control - A sediment logical approach[J]. Water Research, 1980, 14: 975~1001.
- [22] 陈静生,周家义. 中国水环境重金属研究[M]. 北京:中国环境科学出版社, 1992. 168~170.
- [23] GB17378.5-1998. 沉积物分析[S].
- [24] GB18668-2002. 海洋沉积物质量[S].
- [25] 葛仁英,韩正玉,邵明福. 海洋港附近海域污染现状评价[J]. 海洋环境科学, 1997, 16(4): 26~31.
- [26] 国家海洋局. 海洋环境保护与监测[M]. 北京:海洋出版社, 1998. 286~289.
- [27] 阮金山,许翠姬,罗冬连,等. 福建兴化湾海水、沉积物及水生生物体内浙江省含量分析与评价[J]. 热带海洋, 2000, 19(1): 52~57.
- [28] 李建军,冯嘉华,喻龙. 辽东湾浅水区水环境质量现状评价[J]. 海洋环境科学, 2001, 20(3): 42~45.
- [29] 翟文毅. 河流颗粒重金属污染评价方法比较研究[J]. 地理科学, 1997, 17(1): 81~86.
- [30] Chapman P M, Wang Peiyue. Appropriate applications of sediment quality values for metals and metalloids[J]. Environmental Science & Technology, 1999, 33(22): 3937~3941.
- [31] 山东省科学技术委员会. 山东省海岸带和海涂资源综合调查报告[M]. 北京:中国科学技术出版社, 1990. 526.

Pollution of heavy metals in sediments and its evaluation of potential ecological harm in Rushan Bay, Shandong Peninsula

CUI Yi, XIN Fu-yan, MA Shao-sai, SONG Yun-li, CHEN Bi-juan, CHEN Ju-fa

(Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China)

Abstract: Rushan Bay is located in south to Shandong Peninsula, which is divided into east section and west section. With a wide beach land, gentle slopes and fertile water and sediments, the shellfish resource is rich in Rushan Bay, which is one of the main shellfish culture base in the northern China. However, the water and sediment environment of Rushan Bay has been polluted due to the continuous development of industry, agriculture and aquaculture in recent years. For example, the amount of industry sewage drained into this bay through Rushan River was $2\ 018 \times 10^4\ \text{m}^3/\text{a}$ in 1980s, accounting for 19.8% of the total drainage amount of Yantai area; the main pollutants were organic matters, oil, volatile hydroxybenzene, cyanide, sulfide and heavy metals. The death of shellfish culturing at beach occurred in varying degrees every year. So, it is necessary to protect the ecological environment of Rushan Bay. The investigation was conducted in 2003. The samples of surface sediments were obtained with sediment sampler, stored and analyzed in advance with the specification for marine monitoring Part 5—sediment analysis (GB17378.5—1998). The contents of copper, zinc, lead and cadmium in sediments were determined by the method of flame atomic absorption spectrometry, mercury by the cold atomic absorption spectrophotometry and arsenic by the method of silver diethyldithiocarbamate spectrophotometry. The results showed that the average contents of copper, zinc, lead and cadmium in May were larger than that in August except mercury and arsenic. The enrichment degree of cadmium was the largest in surface sediments; the pollution index was more than 1.0 in most stations except that in station No. 1 which was less than 1.0 in May. The horizontal distribution trend of copper, zinc, lead, mercury and arsenic in surface sediments were higher in mouth and bottom parts than other parts of the Bay, while that of cadmium was lower in the mouth than in the other parts. The potential ecological risk factor (E_i^p) for single heavy metal showed that E_i^p of cadmium was much larger than those of other heavy metals which were much lower than the standard of slight ecological harm plotted by Hakanson. This indicated that the potential effect factor for ecological environment in this region was cadmium. The order of pollution degree of these heavy metals in surface sediments follows $\text{Cd} > \text{Hg} > \text{As} > \text{Pb} > \text{Cu} > \text{Zn}$. Compared with the historical survey data, the increasing degree of cadmium content in surface sediments was the highest among the investigated metals. The assessment of potential ecological harm index reveals that in most stations RI is lower than 150, which implies those station-located water areas have slight ecological harm potentiality, except stations No. 3 and No. 7 in May where belongs to middle potential ecological harm with RI of $150 \leq \text{RI} < 300$.

Key words: heavy metal; sediments; ecological assessment; Rushan Bay