

# 胶州湾沉积物对海洋生物重金属富集的影响分析

张春荣<sup>1</sup> 吴正龙<sup>1</sup> 高宗军<sup>1</sup> 庞绪贵<sup>2</sup>

(1. 山东科技大学 山东省沉积成矿作用与沉积矿产重点实验室, 山东 青岛 266590;  
2. 山东省地质调查院, 山东 济南 250013)

**摘要:** 本文对胶州湾沉积物和海洋生物重金属含量进行了统计分析。首先用地球化学法对海洋生物重金属富集特征进行了分析, 然后用 Spearman's 相关系数法分析了沉积物重金属含量和海洋生物重金属含量的相关性。分析结果表明鱼类对重金属的富集能力最差, 而贝类和藻类较强; 沉积物重金属均能促进或抑制海洋生物对重金属的富集, 而对贝类的抑制作用最强。此结果可以为海洋生物的选择性养殖和种植提供依据。

**关键词:** 胶州湾; 沉积物; 海洋生物; 重金属

**中图分类号:** P512.2      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-3657(2012)04-1094-05

随着青岛市经济的快速发展, 污染物的排放量与日俱增, 其中有很大一部分直接或间接排入胶州湾<sup>[1]</sup>。沉积物对重金属具有较高的富集或捕获能力, 各种来源的重金属主要在近海沉积<sup>[2-4]</sup>。沉积物重金属是海洋生物特别是底栖生物重金属摄入的重要来源<sup>[5]</sup>。另外重金属不易分解、转化, 可以通过生物系统, 经由食物链进入人体, 人体超量吸收, 将危及人类的生命健康<sup>[6-9]</sup>。因此, 研究胶州湾沉积物重金属含量对海洋生物重金属富集的影响, 可以为海产品的选择性养殖和种植提供依据, 保障海产品的安全。

## 1 样品采集和分析方法

样品采集严格按照《区域生态地球化学评价技术要求》进行, 采集海洋生物和沉积物样点共计 15 处(图 1), 其中海洋生物样品 25 件, 沉积物样品 15 件。生物样品现场采集、分装, 及时送检, 均不超过 2 h 即被送往实验室分析。沉积物样品自然干燥后, 用 20 目尼龙筛过筛, 将小于 20 目筛孔部分收集到纸袋和塑料瓶中, 过筛后样品重量大于 500 g。

本文选取生物毒性显著的 As、Cd、Cr、Cu、Hg、

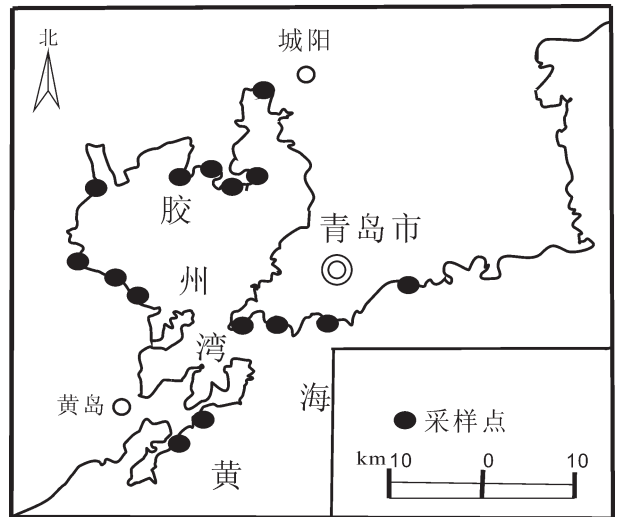


图 1 胶州湾海洋生物及沉积物取样点分布图

Fig.1 The distribution of sampling points of halobios and sediments in Jiaozhou Bay

Ni、Pb 和 Zn 等 8 个重金属元素对海洋生物和沉积物样品进行分析。分析严格按照《生态地球化学评价样品分析指南》的要求进行, 其中 As 和 Hg 采用原

子荧光光谱法,Cd 采用石墨炉原子吸收法,Cr 和 Pb 采用 X 射线荧光光谱法,Ni、Cu 和 Zn 元素采用等离子体发射光谱法。

## 2 海洋生物重金属富集特征

根据海洋生物及相应沉积物重金属含量检测分析数据(其中 25 件海洋生物有 14 件样品未检出 Hg,1 件样品未检出 As),按照鱼类(光鱼、红鱼等 9 件)、贝类(蛤蜊、牡蛎等 11 件)和藻类(海带、海菜等 5 件)进行分类统计,得到海洋生物重金属富集特征(表 1)。

从表 1 可以看出,As、Cr、Ni、Pb 在海洋生物中富集的顺序为藻类>贝类>鱼类,Cd、Cu 在海洋生物中富集的顺序为贝类>藻类>鱼类,Hg、Zn 在海

洋生物中富集的顺序为贝类>鱼类>藻类,其中 Hg 在三类海洋生物中均有未检出者,在藻类中全部未检出,说明藻类对 Hg 的富集能力最差。总体来看,鱼类对沉积物重金属富集能力最差,而贝类和藻类对沉积物重金属的富集能力较强。

## 3 沉积物重金属对海洋生物富集的影响

非参数统计中的 Spearman,s 相关系数法不仅能发现线性关系,也能发现单调的非线性关系,且对分析的变量数据不需要正态性假设<sup>[9]</sup>,因此本文运用 Spearman,s 相关系数法计算沉积物和海洋生物重金属之间的相关系数(表 2~4)。

表 1 胶州湾海洋生物重金属富集特征  
Table.1 Characteristics of heavy metal enrichment in halobios of Jiaozhou Bay

化学元素		As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
鱼类富集系数	最大值	0.00	0.27	0.02	0.17	0.04	0.05	0.03	1.13
	最小值	0.00	0.02	0.01	0.02	0.00	0.02	0.00	0.24
	平均值	0.00	0.11	0.01	0.07	0.03	0.04	0.01	0.47
贝类富集系数	最大值	0.03	27.56	0.16	13.41	1.24	0.23	0.06	19.51
	最小值	0.00	0.65	0.01	0.03	0.00	0.03	0.01	0.20
	平均值	0.01	7.50	0.05	2.31	0.22	0.11	0.02	2.97
藻类富集系数	最大值	0.26	1.51	0.17	0.46	0.00	0.20	0.06	0.42
	最小值	0.03	0.36	0.01	0.04	0.00	0.07	0.01	0.23
	平均值	0.09	0.85	0.08	0.25	0.00	0.12	0.03	0.32

表 2 沉积物和鱼类重金属 Spearman,s 相关系数  
Table 2 Spearman,s correlation coefficient table of heavy metals in fish and sediments

沉积物	鱼类							
	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
As	-0.167	0.15	0.483	0.15	-0.536	0.117	-0.033	-0.117
Cd	-0.067	-0.333	0.1	0.017	0.243	0.2	-0.05	-0.45
Cr	0.700*	-0.6	0.717*	0.183	0.05	0.25	0.65	-0.133
Cu	0.25	-0.683*	0.5	0.2	0.293	0.267	0.35	-0.417
Hg	-0.317	-0.233	-0.05	0.117	0.368	-0.067	-0.15	-0.617
Ni	0.317	-0.617	0.667*	0.2	0.092	0.217	0.367	-0.417
Pb	0.778*	-0.234	0.251	0.318	0.387	0.46	0.736*	0.377
Zn	0.233	-0.533	0.583	0.283	0.201	0.35	0.383	-0.367

注: \* 表示相关性水平 0.05。

表 3 沉积物和贝类重金属 Spearman,s 相关系数

Table 3 Spearman,s correlation coefficient table of heavy metals in shellfish and sediments

沉积物	贝类							
	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
As	0.355	-0.209	-0.291	-0.127	-0.674*	0.382	-0.191	-0.745**
Cd	0.182	-0.5	-0.382	-0.4	-0.347	0.382	-0.464	-0.073
Cr	-0.118	-0.364	-0.436	-0.164	0.305	0.1	-0.318	0.445
Cu	-0.236	-0.209	-0.436	-0.136	0.242	0.173	-0.491	0.445
Hg	0.155	-0.545	-0.382	-0.627*	-0.221	0.145	-0.473	-0.055
Ni	-0.182	-0.218	-0.555	-0.027	0.316	0.045	-0.382	0.427
Pb	-0.455	-0.009	-0.273	-0.527	0.158	0.182	-0.727*	0.382
Zn	-0.255	-0.373	-0.727*	-0.609*	-0.053	0.236	-0.609*	0.127

注: \* 表示相关性水平 0.05; \*\* 表示相关性水平 0.01。

表 4 沉积物和藻类重金属 Spearman,s 相关系数表

Table 4 Spearman,s correlation coefficient table of heavy metals in alga and sediments

沉积物	藻类						
	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
As	0.975**	0.872	0.205	-0.205	0.205	0.205	0.872
Cd	-0.564	-0.154	-0.308	-0.205	-0.308	-0.308	-0.154
Cr	0.564	0.667	-0.205	-0.821	-0.205	-0.205	0.667
Cu	-0.154	-0.051	-0.41	-0.821	-0.41	-0.41	-0.051
Hg	-0.667	-0.564	0.103	0.718	0.103	0.103	-0.564
Ni	0.564	0.667	-0.205	-0.821	-0.205	-0.205	0.667
Pb	-0.564	-0.154	-0.308	-0.205	-0.308	-0.308	-0.154
Zn	0.154	0.564	-0.103	-0.205	-0.103	-0.103	0.564

注: \*\* 表示相关性水平 0.01。

由表 2 可以看出:沉积物 Cr 与鱼类 As、Cr、Pb、Cu 与鱼类 Cr、Ni 与鱼类 Cr、Pb 与鱼类 As、Pb、Zn 与鱼类 Cr 的相关系数均在 0.5 以上,说明沉积物 Cu、Cr、Ni、Pb、Zn 的含量增加,能促进鱼类对 As、Cr、Pb 的富集。沉积物 As 与鱼类 Hg、Hg 与鱼类 Zn 相关系数均小于-0.5,说明沉积物 As、Hg 的含量增加,能抑制鱼类对 Hg、Zn 的富集。沉积物中 Cd 与鱼类重金属相关系数绝对值均小于 0.5,说明沉积物中 Cd 的含量增加与鱼类对重金属的富集没有密切的关系。

由表 3 可以看出,沉积物 As 与贝类 Hg、Zn、Cd

与贝类 Cd、Hg 与贝类的 Cr、Cu、Ni 与贝类的 Cr、Pb 与贝类的 Cu、Pb、Zn 与贝类的 Cr、Cu、Pb 相关系数均小于-0.5,说明沉积物中 As、Cd、Hg、Ni、Pb、Zn 含量增加,能抑制贝类对 Cd、Cr、Cu、Hg、Pb、Zn 的富集。沉积物 Cr、Cu 与贝类重金属相关系数绝对值均在 0.5 以下,说明沉积物中 Cr、Cu 的含量增加与贝类对重金属的富集没有密切的关系。

由表 4 可以看出,沉积物 As、Cr、Ni 与藻类 As、Cd、Zn、Hg 与藻类 Cu、Zn 与藻类 Cd、Zn 相关系数均大于 0.5,说明沉积物 As、Cr、Ni、Hg、Zn 含量增加,能够促进藻类对 As、Cd、Cu、Zn 的富集。沉积物

Cr、Pb 与藻类 As 相关系数小于-0.5, 说明沉积物 Cr、Pb 含量增加能抑制藻类对 As 的富集。所有检测的藻类样品中, 均未检测出 Hg 的含量, 说明藻类对 Hg 的富集能力较弱。

## 4 结果和讨论

由海洋生物重金属富集特征可以发现, 各类海洋生物对重金属的富集能力具有一定的差异。但总体来看, 鱼类对重金属的富集能力最差, 而贝类和藻类对重金属的富集能力较强。因此为防止重金属危害人体健康, 在日常生活中应多吃鱼类, 少吃贝类和藻类。

由沉积物对海洋生物重金属富集的影响分析可以发现, 沉积物重金属均能促进或抑制鱼类、贝类和藻类对重金属的富集, 对贝类的抑制作用最强。其中沉积物 Cu、Cr、Ni、Pb、Zn 的含量增加能促进鱼类对 As、Cr、Pb 的富集, 沉积物 As、Cr、Ni、Hg、Zn 含量增加, 能够促进藻类对 As、Cd、Cu、Zn 的富集; 所以在沉积物 Cu、Cr、Ni、Pb、Zn 含量较高的区域不宜养殖鱼类, 在沉积物 As、Cr、Ni、Hg、Zn 含量较高的区域, 不易种植藻类。其中沉积物 As、Hg 的含量增加能抑制鱼类对 Hg、Zn 的富集; 沉积物 As、Cd、Hg、Ni、Pb、Zn 的含量增加, 能抑制贝类对 Cd、Cr、Cu、Hg、Pb、Zn 的富集, 沉积物 Cr、Pb 含量增加能抑制藻类对 As 的富集; 因此沉积物 As、Hg 含量高宜于养殖鱼类, 沉积物 As、Cd、Hg、Ni、Pb、Zn 含量高, 宜于养殖贝类, 而沉积物 Cr、Pb 含量高, 宜于种植藻类。

## 参考文献(References):

[1] 徐晓达, 林振宏, 李绍全. 胶州湾的重金属污染研究[J]. 海洋科学, 2005, 29(1):48-53.  
Xu Xiaoda, Lin Zhenhong, Li Shaoquan. The studied of the heavy metal pollution of Jiaozhou Bay [J]. Marine Sciences, 2005, 29(1): 48-53(in Chinese with English abstract).

[2] 叶思源, 周永青, 丁喜桂. 胶州湾水生系统中痕量金属组分场态特征[J]. 中国地质, 2006, 33(5):1109-1117.  
Ye Siyuan, Zhou Yongqing, Ding Xigui. Chemical field of trace metals in the aquatic system of the Jiaozhou Bay, Qingdao [J]. Geology in China, 2006, 33 (5):1109-1117 (in Chinese with

English abstract).

- [3] 李学杰. 广东大亚湾底质重金属分布特征与环境质量评价 [J]. 中国地质, 2003, 30(4):429-435.  
Li Xuejie. Distribution of heavy metals in substrate of the Daya Bay, Guangdong, and assessment of the quality of the seafloor environment [J]. Geology in China, 2003, 30 (4):429-435 (in Chinese with English abstract).
- [4] 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):6-10.  
Zhang Lijie, Wang Gui, Yao De, et al. Environmental significance and research of heavy metals in offshore sediments [J]. Marine Geology Letters, 2003, 19 (3):6-10 (in Chinese with English abstract).
- [5] Wand W X, Stupakoff I, Fisher N S. Bioavailability of dissolved and sediment-bound metals to a marine deposit-feeding polychaete [J]. Marine Ecology Progress Series, 1999, 178:281-293.
- [6] 庞绪贵, 高宗军, 边建朝, 等. 山东省黄河下游流域地方病与生态地球化学环境相关性研究[J]. 中国地质, 2010, 37(3):824-830.  
Pang Xugui, Gao Zongjun, Bian Jianchao, et al. The correlation between endemic diseases and eco-geochemical environment in the lower Yellow River basin, Shandong Province [J]. Geology in China, 2010, 37(3):824-830(in Chinese with English abstract).
- [7] Zhang Chunrong, Gao Zongjun, Pang Xugui. The Characteristics and Influencing Factors Analysis for Heavy Metals in Vegetables Qingdao District. ICAE2011 [C]. Beijing: IEEE Press, 2011:552-556.
- [8] 杜富芝, 傅瓦利, 甄晓君, 等. 城乡交错区土壤中镉的赋存形态及其生物有效性研究[J]. 中国地质, 2009, 36(6):1413-1418.  
Du Fuzhi, Fu Wali, Zhen Xiaojun, et al. Modes of occurrence and bioavailability of Cd in soils of the urban-rural integration area [J]. Geology in China, 2009, 36 (6):1413-1418 (in Chinese with English abstract).
- [9] 庞绪贵, 成世才, 张春荣, 等. 生态地质环境对山东鱼台地区蔬菜重金属污染的影响及选择性种植[J]. 江西农业学报, 2010, 22(2):139-141.  
Pang Xugui, Cheng Shicai, Zhang Chunrong, et al. Impact of eco-geological environment on heavy metal pollution of vegetable in Yutai area of Shandong and selective cultivation [J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2010, 22(2):139-141(in Chinese with English abstract).
- [10] 王开军, 黄添强. 基于趋势秩的 Spearman 相关方法[J]. 福建师范大学学报(自然科学版), 2010, 26(1):38-41.  
Wang Kaijun, Huang Tianqiang. Spearman rank correlation method based on trend rank [J]. Journal of Fujian Normal University(Natural Science Edition), 2010, 26(1):38-41(in Chinese with English abstract).

## An analysis of impact of sediments on heavy metal enrichment in halobios of the Jiaozhou Bay

ZHANG Chun-rong<sup>1</sup>, WU Zheng-long<sup>1</sup>, GAO Zong-jun<sup>1</sup>, PANG Xu-gui<sup>2</sup>

(1. Shandong Provincial Key Laboratory of Depositional Mineralization & Sedimentary Minerals, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266510, Shandong, China; 2. Shandong Institute of Geological Survey, Ji'nan 250013, Shandong, China)

**Abstract:** This paper has analyzed the heavy metal content in halobios and sediments of the Jiaozhou Bay. The authors first used geochemical method to analyze the enrichment characteristics of heavy metals of halobios, and then adopted the Spearman's correlation coefficient analysis method to analyze the relationship between the heavy metals in halobios and sediments. The analytical results show that fish has low ability in enriching heavy metals, whereas shellfish and algae have strong ability in this aspect. The heavy metals in sediments can also stimulate or prohibit the absorption of other heavy metals by halobios and have especially strongest inhibition function on shellfish. The results obtained by the authors can provide a basis for selective breeding and planting of halobios.

**Key words:** Jiaozhou Bay; sediments; halobios; heavy metals

---

**About the first author:** ZHANG Chun-rong, female, born in 1973, doctor, engages in the study of environment geology, hydrology and water resources; E-mail: zcrsdust@126.com.