

# 厦门典型养殖海域沉积物中重金属及其环境质量评价

庄宏儒

(厦门市水产研究所, 福建 厦门 361005)

**摘要:** 根据 2005 年 8 月对厦门典型养殖海域——同安湾及大嶝海域表层沉积物的调查资料, 分析了表层沉积物中重金属的质量分数, 研究了表层沉积物中有机质以及与重金属的相关性, 并运用单因子评价法评估了沉积环境质量。结果表明: 同安湾和大嶝海域表层沉积物中 Hg, Cd, Pb, Cu, As 的平均质量比分别为 0.060, 0.057, 31.8, 20.4, 7.27 mg/kg 和 0.047, 0.096, 26.6, 25.2, 6.65 mg/kg; 各重金属元素之间 (除 Cd 外) 呈显著的正相关, 与有机质也呈很好的正相关关系; 各要素均未对研究海域表层沉积物构成污染, 表层沉积物质量符合国家一类沉积物标准。

**关键词:** 重金属; 沉积物; 环境质量; 厦门

中图分类号: P595

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2006)07-0043-05

海水中的各种有毒物质通过各种生物、化学和物理作用进入沉积物, 这些污染物质会对底栖生物或依靠沉积物生存的生物产生直接的毒害作用, 并通过食物链富集和传递, 最终对人类健康造成影响<sup>[1]</sup>。众多污染物当中, 重金属由于其毒性和持久性而成为影响沉积物质量较严重的一类<sup>[2]</sup>。作为重金属的源和汇, 沉积物对于水体中重金属含量的分布和变化有重要作用, 因此沿岸海域沉积物在重金属污染评价中至关重要<sup>[3]</sup>。

同安湾位于厦门岛北面, 厦门五通与翔安澳头的连线以北的海域, 现有海域面积为 96.19 km<sup>2</sup>。大嶝岛海域为同安湾口至大嶝岛、小嶝岛和角屿周围海域, 现有海域面积约为 91 km<sup>2</sup>。近年来通过调整厦门市海洋功能区划, 同安湾和大嶝岛海域成为厦门市水产养殖的重要基地。目前, 同安湾和大嶝岛海域海水养殖总面积已超过 1 万 ha。为全面掌握厦门海水养殖功能区的环境状况和变化趋势, 作者于 2005 年 8 月对该海域沉积环境质量状况进行了调查, 着重分析了表层沉积物中重金属的质量比及分布, 并讨论其与有机质的相关性, 进而评价了监测海区表层沉积物的质量, 为今后同安湾和大嶝岛海域养殖业的可持续发展提供了科学依据。

## 1 采样和方法

### 1.1 样品采集

于 2005 年 8 月 31 日, 在厦门同安湾以及大嶝岛海域共设 6 个站点 (图 1) 采集表层沉积物样品。

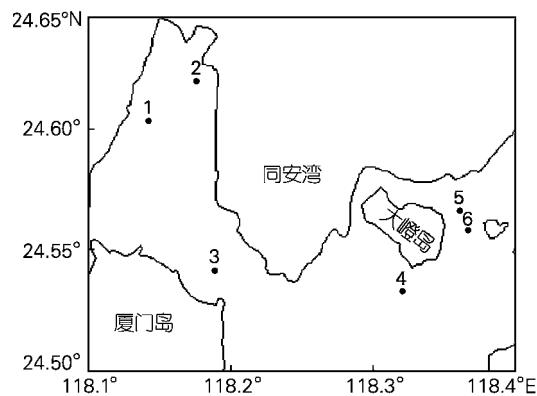


图 1 监测站点

Fig.1 Sampling sites

收稿日期: 2006-05-22; 修回日期: 2006-05-28

基金项目: 厦门市海洋与渔业局资助项目

作者简介: 庄宏儒 (1959-), 男, 福建厦门人, 工程师, 目前从事海洋环境监测与评价, E-mail: zhuanghongru@yahoo.com.cn

表层沉积物用抓斗式采泥器采集。用塑料勺取其中央未受干扰的表层 0~2 cm 泥样于聚乙烯袋中,0~4

下保存。将解冻至室温的样品在 80 °C 烘箱内烘干 6 h,用玛瑙研钵将其研碎并全部通过 160 目筛,充分混匀后取样以备。

## 1.2 样品分析与评价方法

### 1.2.1 样品分析

分别测定表层沉积物中的 Hg,Cd,Pb,As,Cu 的质量比。其中 Cd,Pb 用无火焰原子吸收分光光度法测定,Cu 用火焰原子吸收分光光度法测定,Hg,As 用原子荧光光谱法。有机质的含量采用重铬酸钾-氧化还原容量法测定有机碳的含量,再乘以 1.724 换算为有机质的含量<sup>[4]</sup>。具体方法见《海洋监测规范》<sup>[5]</sup>。

### 1.2.2 环境质量评价办法

养殖区沉积物环境化学要素的评价采用单因子评价模式,单因子污染指数 1.0 作为该因子是否对环境产生污染的基本指标,单因子污染指数小于 0.5 表明调查沉积物未受该因子沾污;指数介于 0.5~1.0 之间表明调查沉积物受到该因子沾污;指数大于 1.0 表

明调查海域水质和沉积物已受该因子污染。

单因子污染指数计算公式:

$$I_i = C_i / S_i$$

式中:  $I_i$  为某污染因子的污染指数即单因子污染指数;  $C_i$  为某污染因子的实测浓度;  $S_i$  为某污染因子的评价标准。

## 2 结果与讨论

### 2.1 表层沉积物中重金属质量比与分布

研究海域表层沉积物中重金属质量比见表 1。计算可知,同安湾和大嶝海域沉积物中 Hg,Cd,Pb,Cu,As 的平均质量比分别为 0.060, 0.057, 31.8,20.4,7.27 mg/kg, 0.047,0.096,26.6,25.2,6.65 mg/kg。两海域相比,各重金属质量比相差不大,同安湾表层沉积物中 Hg,Pb,As 的质量比略高,而大嶝海域沉积物中 Cd,Cu 质量比较高。

为衡量厦门同安湾及大嶝岛海域的重金属污染水平,作者将本次研究结果与国内其他海域同类型的报道值进行比较,详见表 2。

表 1 厦门养殖海域表层沉积物中重金属的质量比

Tab. 1 Mass ratio of heavy metals of surface sediments in aquiculture sea area, Xiamen

研究海域	站位	重金属质量比(mg/kg)					有机质质量 分数(%)
		Hg	Cd	Pb	Cu	As	
同安湾	1	0.048	0.032	25.1	23.6	5.73	1.483
	2	0.089	0.100	46.5	14.8	8.97	1.483
	3	0.043	0.039	23.9	22.8	7.11	1.086
大嶝海域	4	0.054	0.220	26.5	22.3	7.37	1.259
	5	0.044	0.027	27.3	22.3	5.90	1.086
	6	0.042	0.040	26.0	30.9	6.68	1.276

从表 2 可以看出,同安湾和大嶝海域沉积物中重金属的质量比均低于大亚湾<sup>[9]</sup>(Cd 除外),高于海坛海峡<sup>[8]</sup>、广西近岸海域<sup>[6]</sup>(As 除外)、东山湾<sup>[7]</sup>。

### 2.2 表层沉积物环境质量评价

根据单因子评价的公式,可以得到各站位的不同重金属的污染指数,结果如表 3 所示。

由表 3 可以看出,同安湾和大嶝海域表层沉积物中 Hg,Cd,Pb,Cu,As 和有机质的污染指数均小于 1,表明研究海域没有受到这些物质的污染;沉积物中 As

和 Cd 的平均污染指数均小于 0.5,并且两种元素在所有站位的污染指数均小于 0.5,表明表层沉积物未受 As 和 Cd 的沾污;总汞的污染指数平均为 0.267,最大值为 0.445,最小值为 0.210,均小于 0.5,表明研究海域表层沉积物未受总汞的沾污;Pb 的污染指数平均为 0.487,小于 0.5,但是在 2 号站 Pb 的污染指数为 0.775,大于 0.5,表明监测海区大部分表层沉积物未受 Pb 的沾污;Cu 的污染指数平均为 0.651,除 2 号站小于 0.5 外,其余均介于 0.5~1 之间,表明大部

分表层沉积物受 Cu 的沾污；有机质的污染指数平均为 0.64，所有站位污染指数均大于 0.5,表明表层沉积物受到有机质的沾污。总体而言，厦门典型养殖海域（同安湾和大嶝海域）沉积物中重金属水平符合国家一类沉积物标准<sup>[10]</sup>。

表 2 国内不同海区表层沉积物中重金属质量比

Tab. 2 Mass ratio of heavy metal contents between different regions

海域	重金属质量比(mg/kg)					来源
	Hg	Cd	Pb	Cu	As	
同安湾	0.060 (0.089~0.043)	0.057 (0.032~0.100)	31.8 (23.9~46.5)	20.4 (14.8~23.6)	7.27 (5.73~8.97)	本文
大嶝海域	0.047 (0.042~0.054)	0.096 (0.027~0.220)	26.6 (26.0~27.3)	25.2 (22.3~30.9)	6.65 (5.90~7.37)	本文
海坛海峡	0.018	0.12	23.4	11.4	7.8	[8]
广西近岸海域	0.018	0.025	19.0	18.3	9.52	[6]
东山湾	—	0.066	14.6	17.3	—	[7]
大亚湾	0.162	0.042	32.0	24.0	8.0	[9]
一类标准	0.200	0.500	60.0	35.0	20.0	[10]

表 3  $I_i$  分析结果

Tab.3  $I_i$  for different pollutants in the sediments of the different areas, Xiamen

站位	$I_i$					有机质
	Hg	Cd	Pb	Cu	As	
1	0.240	0.064	0.418	0.674	0.287	0.74
2	0.445	0.200	0.775	0.423	0.449	0.74
3	0.215	0.078	0.398	0.651	0.356	0.54
4	0.270	0.440	0.442	0.637	0.369	0.63
5	0.220	0.054	0.455	0.637	0.295	0.54
6	0.210	0.080	0.433	0.883	0.334	0.64
平均值	0.267	0.153	0.487	0.651	0.348	0.64

### 2.3 沉积物中重金属及有机质质量比的相关性分析

沉积物中重金属的分布与沉积物中有机质密切相关,重金属易与有机质（主要为腐殖质）通过表面吸附、阳离子交换和螯合反应形成金属有机络合物而从水体中移出<sup>[11, 12]</sup>。因此作者对厦门同安湾及大嶝海域各重金属、有机质彼此之间的相关性进行了分析。

利用 SPSS 软件,计算了各污染物之间的 Pearson 系数,结果如表 4 所示。由表 4 可以看出,Cu,Hg,Pb,As

之间表现出良好的线性正相关,表明这 4 种元素地球化学性质相似,且污染来源相同<sup>[7]</sup>。此外,沉积物中有机质与 Cu, Hg, Pb 之间也表现出良好的相关性,这也证明了有机质是上述重金属元素良好的结合底物之一,同时有机质含量是决定表层沉积物中重金属分布的主要因子之一<sup>[13]</sup>。As 与有机质的相关性较差,而 Cd 与其他几种重金属元素的相关性也较差,表明其污染来源可能与其他重金属有所差异,该结果与罗冬莲等人对福建主要养殖海域的研究结果是一致的<sup>[14]</sup>。

表 4 表层沉积物中几种重金属及有机质的相关性分析

Tab.4 Correlations among several heavy metals and organic materials in surface sediments

	Hg	Cd	Pb	Cu	As	有机质
Hg	1					
Cd	0.359	1				
Pb	0.985	0.190	1			
Cu	0.989	0.298	0.756	1		
As	0.989	0.640	0.870	0.631	1	
有机质	0.624	0.630	0.748	0.917	0.312	1

### 3 结论

根据 2005 年 8 月对厦门典型养殖海域——同安湾和大嶝海域表层沉积物中重金属及有机质的研究，可以得到如下结论：(1) 厦门同安湾和大嶝海域表层沉积物中 Hg, Cd, Pb, Cu, As 的平均质量比分别为 0.060, 0.057, 31.8, 20.4, 7.27 mg/kg 和 0.047, 0.096, 26.6, 25.2, 6.65 mg/kg。与其它海区相比，同安湾和大嶝海域沉积物中重金属的质量比均低于大亚湾（除 Cd 外），高于海坛海峡、广西近岸海域（除 As 外）、东山湾。(2) 同安湾和大嶝海域表层沉积物未受 As, Cd, Hg 和 Pb 的沾污，但受到 Cu 和有机质的沾污。总体而言，上述污染物质均未对厦门养殖养育沉积物环境构成污染，其总体环境质量达到国家一类沉积物标准。(3) Cu, Hg, Pb, As 之间表现出良好的正相关，表明这 4 种元素地球化学性质上的相似性，同时污染来源相同。此外，有机质与 Cu, Hg, Pb, Cd 的相关性较好，说明其与上述 4 种元素的地球化学行为有重要关系。

参考文献：

[1] Lawrence A L, Mason R P. Factors controlling the bioaccumulation of mercury and methylmercury by the estuarine amphipod *Leptocheirus plumulosus*[J]. **Environmental Pollution**, 2001, 111:217-231.

[2] Srinivasa R M, Shaik B, Sravan K, *et al.* Distribution, enrichment and accumulation of heavy metals in coastal sediments of Alang Sosiya ship scrapping yard, India[J]. **Marine Pollution Bulletin**, 2004, 48:1 055-1 059.

[3] Chapman P M, Wang F Y. Appropriate applications of

sediment quality values for metals and metalloids[J]. **Environmental Science and Technology**, 1999, 33:3 937-3 941.

[4] 国家环保局水和废水监测分析方法编委会. 水和废水监测分析方法(第三版) [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1997.

[5] GB 17378—1998. 海洋监测规范[S].

[6] 廉雪琼, 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.

[7] 王瑞贤, 许清辉, 陈维芬. 东山湾表层沉积物中 8 项化学要素的地球化学特征[J]. **台湾海峡**, 1992, 11(3): 197-202.

[8] 祝立. 福建平潭海坛海峡贝类监控区海水、沉积物及贝类体内重金属的分析与评价[J]. **福建水产**, 2004, 3: 60-63.

[9] 丘耀文, 颜文, 王肇鼎. 大亚湾海水、沉积物和生物体中重金属分布及其生态危害[J]. **热带海洋学报**, 2005, 24(5): 69-76.

[10] GB 18668—2002. 海洋沉积物质量[S].

[11] Router J H, Rerdue E M. Importance of heavy metal-organic matter interactions in natural waters[J]. **Geochim Cosmochim Acta**, 1977, 41: 325 -334.

[12] Duursma E K, Dawson R. 纪明候, 钱佐国译. 海洋有机化学[M]. 北京: 海洋出版社, 1992. 223-286.

[13] Soares H M V M, Boaventura R A R, Machado A A S C, *et al.* Sediments as monitors of heavy metal contamination in the Ave River Basin (Portugal): multivariate analysis of data[J]. **Environmental Pollution**, 1999, 105: 311-323.

[14] 罗冬莲, 阮金山, 许翠娅, 等. 福建主要贝类养殖区表层沉积物重金属和有机质的含量及其相关性[J]. **海洋环境科学**, 2004, 23(1): 33-36.

# Heavy metals and environment quality evaluation of the typical aquiculture sea area, Xiamen

ZHUANG Hong-ru

(Fishery Research Institute of Xiamen, Xiamen 361005, China)

**Received :** May , 22 , 2006

**Key words:** heavy metals; sediment; environment quality ; Xiamen

**Abstract:** According to the survey on surface sediments from Tong'An Bay and Dadeng in August 2005, contents of heavy metals in surface sediments and correlations between heavy metals and organic matters in surface sediments have been analyzed. The quality of sediment environment was also evaluated by single factor evaluation model. The results may be summarized as follows: the average contents of Hg, Cd, Pb, Cu and As in surface sediments in Tong'An Bay and Dadeng sea area are 0.060, 0.057, 31.8, 20.4, 7.27 mg/kg and 0.047, 0.096, 26.6, 25.2, 6.65 mg/kg, respectively, which are all below the values of First-class Standard for Marine Sediments Quality. There were distinct positive correlations among the four heavy metals except for Cd, and the contents of these heavy metals also have the good positive correlations with the organic matter. Surface sediments of monitoring zones have not been polluted by Hg, Cd, Pb, Cu, As and organic matters.

(本文编辑：刘珊珊)