

文章编号:1005-8737(2000)04-0082-05

## 广东沿岸牡蛎体 Cd 含量及时空分布特点

贾晓平, 林 钦, 蔡文贵, 李纯厚

(中国水产科学研究院 海洋渔业生态环境与污染监控技术重点实验室, 南海水产研究所, 广东 广州 510300)

**摘 要:**根据 1989~1997 年广东沿岸 12 个采样点近江牡蛎(*Crassostrea rivularis* Gould)体 Cd 的测定数据和有关历史资料, 分析了广东沿岸牡蛎体 Cd 含量与时空分布特点。所有牡蛎体样品均检出 Cd, 含量为  $(0.08 \sim 7.81) \times 10^{-6}$ , 总平均值为  $1.92 \times 10^{-6}$ 。粤东与粤西沿岸除个别样品外, 绝大部分 Cd 含量均远低于评价标准, 而珠江口沿岸样品的超标率则达到 25%。牡蛎体 Cd 含量的空间分布呈珠江口 > 粤西 > 粤东。1989~1997 年, 牡蛎体 Cd 含量的年际变化呈双峰分布, 次高值和最高值分别出现在 1992 年和 1995 年, 其余年份虽有波动, 但无显著差异。

**关键词:**广东沿岸; 近江牡蛎; Cd; 污染评价; 时空分布

**中图分类号:**Q959.223; S949

**文献标识码:**A

近江牡蛎(*Crassostrea rivularis* Gould)是广东沿岸主要的养殖贝类之一, 具有很高的经济价值。其对重金属等污染物质具有较强的富集能力和耐受力。因此, 本文采用近江牡蛎作为监测生物, 自 1989~1997 年对广东沿岸水域 12 个采样点牡蛎体 Cd 含量进行连续监测, 分析和阐述广东沿岸牡蛎体 Cd 含量水平和时空分布特点。

### 1 材料与方法

#### 1.1 样品的采集与处理

牡蛎采样点见图 1。在 12 个采样点中, 粤东(M1~M4)、珠江口(M5~M8)和粤西沿岸(M9~M12)各设 4 个点, 1989~1997 年(其中 1990、1994 和 1996 年未采样), 每年 3 月在各采样点分别采样 1 次, 分别采集 3~4 龄近江牡蛎 30 只, 现场开壳, 剥离和收集全部软组织和体液, 冰冻存于实验室, 匀浆后 -20℃ 保存, 30 d 内分析完毕。

收稿日期:2000-02-08

基金项目:中国水产科学研究院“八五”资助项目(91-7-1); 农业部渔业局重大渔业环境专题资助项目(95-97-1)

作者简介:贾晓平(1949-), 男, 南海水产研究所研究员, 从事渔业生态与环境研究。E-mail: scsfwqe@public.guangzhou.gd.cn

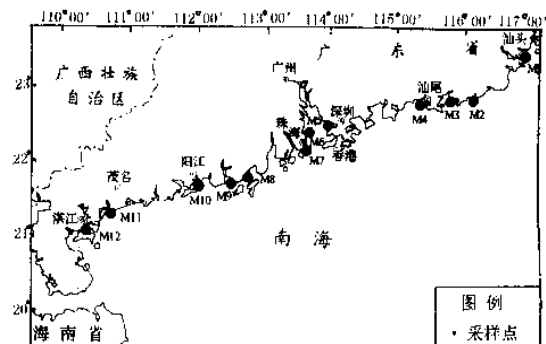


图 1 广东沿岸近江牡蛎采样站示意图

Fig.1 Sampling stations of oyster along Guangdong coastal waters

#### 1.2 分析方法

样品匀浆室温下自然解冻, 各取平行样, 采用干式消化法处理<sup>[1]</sup>, 灰分用 1:1 HNO<sub>3</sub> 溶解, 过滤定容后用日本岛津 AA-630-11 型原子吸收分光光度计测定总 Cd 含量。分析条件: 吸收波长 228.8 nm, 灯电流 10 mA, 狭缝 0.19 nm, 空气流速 9.5 L/min, 乙炔流速 2.5 L/min。方法检测限  $0.01 \times 10^{-6}$ , 变

异系数 2.3%。

## 2 结果与讨论

### 2.1 牡蛎体 Cd 含量的频率分布

所测样品 Cd 含量范围为  $(0.08 \sim 7.81) \times 10^{-6}$  (表 1), 总平均值为  $1.92 \times 10^{-6}$ 。其中, 79.2% 的样品 Cd 含量在  $(0.30 \sim 3.00) \times 10^{-6}$ , 尤其以  $(0.40 \sim$

$1.60) \times 10^{-6}$  出现的频率最高, 占 57.1%。Cd 含量低于  $0.30 \times 10^{-6}$  或高于  $3.0 \times 10^{-6}$  的样品, 仅分别占 2.6% 和 18.2%。从总体看, 广东沿岸牡蛎体 Cd 含量的出现频率呈典型的 F 分布 (图 2), 中值为  $1.24 \times 10^{-6}$ , 频率曲线的偏斜度和峰态值则分别为 1.673 和 2.371。

表 1 广东沿岸牡蛎体中 Cd 含量

| 沿岸<br>Coastal waters                   | 站号<br>Station | 地点<br>Site | 1989 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1997 |
|----------------------------------------|---------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 粤东<br>East Guangdong<br>coastal waters | M1            | 广澳湾        | 0.53 | 1.56 | 1.10 | 0.09 | 0.86 | 0.46 | 0.34 |
|                                        | M2            | 甲子港        | —    | 0.56 | 0.58 | 0.32 | 1.00 | 0.53 | 1.29 |
|                                        | M3            | 碣石湾        | 0.64 | 0.32 | 0.40 | 0.44 | 0.80 | 0.08 | 0.72 |
|                                        | M4            | 长沙湾        | —    | 0.51 | 0.70 | 0.52 | 0.17 | 1.36 | 0.99 |
| 珠江口<br>Pearl River<br>estuary          | M5            | 深圳湾        | 1.04 | 2.12 | 2.00 | 1.48 | 1.19 | 5.91 | 0.82 |
|                                        | M6            | 唐家湾        | 2.92 | 4.66 | 3.17 | —    | 2.48 | 6.52 | 3.60 |
|                                        | M7            | 香洲湾        | —    | 3.82 | 7.81 | 3.99 | 2.29 | 5.93 | —    |
|                                        | M8            | 广海湾        | 1.49 | 1.54 | 6.48 | 1.50 | 4.03 | 5.48 | —    |
| 粤西<br>West Guangdong<br>coastal waters | M9            | 镇海湾        | 1.55 | 1.66 | 1.24 | 1.80 | 3.98 | 2.27 | 0.90 |
|                                        | M10           | 马尾湾        | 1.17 | 1.60 | 1.28 | 0.91 | 1.74 | 3.61 | 1.12 |
|                                        | M11           | 博贺港        | —    | 0.98 | 1.20 | 1.33 | 1.09 | 2.98 | 0.76 |
|                                        | M12           | 湛江港        | 0.56 | 0.56 | 1.03 | 0.70 | 1.79 | 2.92 | 1.91 |
| 平均值<br>Average                         |               |            | 1.24 | 1.66 | 2.25 | 1.19 | 1.79 | 3.17 | 1.46 |

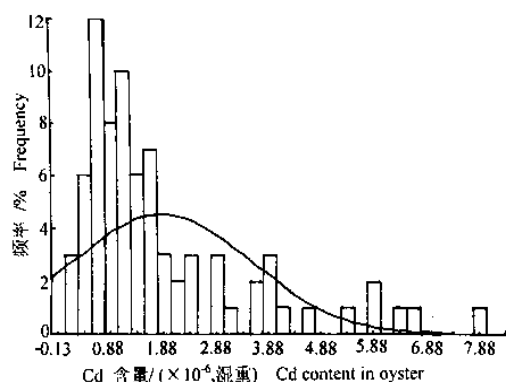


图 2 广东沿岸近江牡蛎体 Cd 含量频率分布

Fig.2 Frequency distribution of Cd contents in oyster from Guangdong coastal waters

### 2.2 牡蛎体 Cd 含量水平的比较

为了衡量广东沿岸牡蛎体 Cd 含量的水平状况, 将监测数据与国内外一些海区海洋贝类体内 Cd 含量进行比较, 数据列于表 2。表 2 表明, 1989 ~

1997 年广东沿岸牡蛎体中 Cd 含量的各年度平均值和总平均值明显高于国内外各清洁海区或微污染海区贝类 Cd 含量的平均值水平, 而相等于或略高于国内外各轻污染海区的贝类, 局部水域部分样品的 Cd 含量明显高于国内外轻污染海区的贝类 Cd 含量水平, 呈现出较明显的受污染状况。

### 2.3 牡蛎体 Cd 污染评价

Cd 和 Cd 化合物是危险的致癌物质, 其对人类危害指数为 30, 致癌危险度综合评价为 2B。目前, 世界上对海产品中 Cd 含量加以限制的地区和国家不多, 只有美国、澳大利亚、西澳大利亚、南斯拉夫、智利和我国香港特别行政区规定了 Cd 含量的标准。我国尚无正式颁布的海洋生物体 Cd 污染评价标准, 中国海岸带污染综合调查<sup>[12]</sup>曾推荐海洋生物体 Cd 污染评价标准参考值 (MBPES) 为  $5.5 \times 10^{-6}$  (湿重)。本文采用该标准参考值并以单因子污染标准指数法评价广东沿岸牡蛎体 Cd 的污染状况, 评价结果列于表 3。

表 2 不同海区贝类体中 Cd 含量的比较

| Table 2 Comparison of Cd content in shellfish from different waters |               |                       |                |                          | $\times 10^{-6}$ , 湿重 Wet |
|---------------------------------------------------------------------|---------------|-----------------------|----------------|--------------------------|---------------------------|
| 水域<br>Waters                                                        | 种类<br>Species | 含量范围<br>Content range | 平均值<br>Average | 污染状况<br>Pollution status |                           |
| 智利沿岸 <sup>[2]</sup><br>Chilean coastal waters                       | 贻贝 Mussel     | n. d.                 | —              | 清洁                       |                           |
| 美国佛罗里达沿岸 <sup>[3]</sup><br>Florida coastal waters, USA              | 牡蛎 Oyster     | 0.01~0.12             | 0.07           | 清洁                       |                           |
| 西班牙地中海沿岸 <sup>[4]</sup><br>Mediterranean coastal waters, Spain      | 贻贝 Mussel     | 0.04~0.09             | 0.07           | 清洁                       |                           |
| 澳大利亚东南沿海 <sup>[5]</sup><br>South-east coastal waters, Australia     | 贻贝 Mussel     | 0.47~0.50             | 0.49           | 微污染                      |                           |
| 泰国湾 <sup>[6]</sup> Thailand Gulf                                    | 牡蛎 Oyster     | 0.31~0.65             | 0.49           | 微污染                      |                           |
| 墨西哥湾 <sup>[7]</sup> Mexico Gulf                                     | 牡蛎 Oyster     | 0.2~1.3               | 0.7            | 微污染                      |                           |
| San Jose 湾, 阿根廷 <sup>[8]</sup><br>San Jose Gulf, Argentina          | 贻贝 Oyster     | 0.6~1.0               | 0.81           | 微污染                      |                           |
| 长江口邻近海域 <sup>[9]</sup><br>Yangzi River estuary                      | 贝类 Shellfish  | 0.12~2.09             | 0.53           | 微污染, 局部轻污染               |                           |
| 黄河口 <sup>[10]</sup> Yellow River estuary                            | 贝类 Shellfish  | 0.63~2.3              | 1.3            | 轻污染                      |                           |
| 香港 <sup>[12]</sup> Hong Kong coastal waters                         | 牡蛎 Oyster     | —                     | 1.61           | 轻污染                      |                           |
| 广东沿岸 Guangdong coastal waters                                       | 牡蛎 Oyster     | 0.08~7.81             | 1.92           | 轻污染                      |                           |

\* 按 6:1 将 Cd 干重含量换算为湿重含量。Cd content(wet) was converted from the dry weight on 6:1 basis.

表 3 广东沿岸牡蛎体 Cd 污染评价参数和结果

| Table 3 Assessment parameters and results of Cd pollution in oyster from Guangdong coastal waters |                                               |                      |                       |                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------|
| 沿岸区<br>Coastal waters                                                                             | 评价标准/ $\times 10^{-6}$<br>Assessment standard | 指数值范围<br>Index range | 平均指数<br>Average index | 污染状况<br>Pollution status |
| 粤东海区 East Guangdong coastal waters                                                                | 5.5                                           | 0.01~0.28            | 0.12                  | 基本清洁                     |
| 珠江口海区 Pearl River estuary                                                                         | 5.5                                           | 0.15~1.42            | 0.64                  | 轻污染~污染                   |
| 粤西海区 West Guangdong coastal waters                                                                | 5.5                                           | 0.10~0.72            | 0.29                  | 微污染                      |

表 3 数据表明, 1989~1997 年粤东沿岸除 2 个样品的指数 $>0.25$ 外, 其余指数均很低, 平均指数值仅为 0.12, 其 Cd 含量均在正常背景范围, 栖息水域总体上属清洁状态。粤西沿岸除少数样品的指数大于 0.5 外, 其余均低于 0.25, 其栖息水域总体上属微污染。而珠江口沿岸的平均指数大于 0.5, 且约有 25% 样品的指数超过 1.0, 其总体上属轻污染。其中, 珠江口西岸一些年份的样品已受到明显污染 (M6~M8)。世界各国颁布的标准之间差异很大, 例如澳大利亚的标准值为  $5.5 \times 10^{-6}$  (湿重, 下同), 美国、西澳大利亚和香港为  $2.0 \times 10^{-6}$ , 南斯拉夫为  $0.1 \times 10^{-6}$ , 而智利的标准最为严格, 为  $0.05 \times 10^{-6}$ 。如果按上述标准来评价, 则广东沿岸全部牡蛎样品的 Cd 含量均远高于智利的标准值, 97% 的样品高于南斯拉夫的标准值, 约 30% 的样品高于美国、

西澳大利亚和香港的标准值。因此, 广东沿岸牡蛎体 Cd 污染和卫生质量应引起足够的重视, 尤其珠江口西岸 Cd 污染比较严重, 必须加大防控和治理力度。

## 2.4 牡蛎体 Cd 含量水平的空间分布特点

广东沿岸 12 个点牡蛎体的 Cd 含量水平表现出明显的空间分布差异,  $t$  检验结果 ( $P < 0.05$ ) 和最近距离法聚类分析结果表明, 其空间分布可分为 3 个水平, 即香洲湾 (M7)、唐家湾 (M6)、广海湾 (M8)  $>$  深圳湾 (M5)、镇海湾 (M9)、马尾湾 (M10)、博贺港 (M11)、湛江港 (M12)  $>$  广澳湾 (M1)、甲子港 (M2)、长沙湾 (M4)、碣石湾 (M3)。1989~1997 年, 以珠江口沿岸牡蛎体 Cd 含量的水平为最高 (平均  $3.54 \times 10^{-6}$ ), 粤西沿岸次之 (平均  $1.57 \times 10^{-6}$ ), 而粤东沿岸最低 (平均  $0.65 \times 10^{-6}$ )。该监测结果与 1989~1997 年广东沿岸水体 Cd 质量浓度平均值的空间分布特点基本吻合<sup>1), 2)</sup> (图 3), 且 3 个岸段水体 Cd 质量浓度平均值的高低顺序也呈珠江口 ( $0.35 \mu\text{g/L}$ )

1) 林 钦, 等. 广东沿岸重要渔业水域环境监测报告. 南海水产研究, 1995.

2) 林 钦, 等. 广东沿岸重要渔业水域环境监测报告. 南海水产研究, 1996.

> 粤西 ( $0.11 \mu\text{g/L}$ ) > 粤东 ( $0.06 \mu\text{g/L}$ ) 的分布趋势。另外, 广东沿岸 Cd 污染源的区域分布特点也表明<sup>3)</sup>, 1989~1997 年, 广东沿岸 Cd 的总排放量中约有 50% 通过珠江八大口门排入珠江口沿岸, 而排入粤西和粤东沿岸的分别占 36% 和 14%。

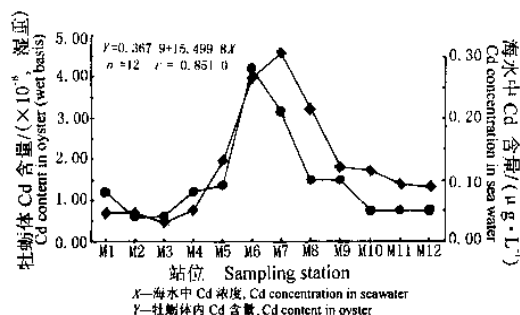


图 3 广东沿岸牡蛎体 Cd 含量与海水 Cd 浓度水平

Fig.3 Cd content in oyster and sea waters from Guangdong coastal waters

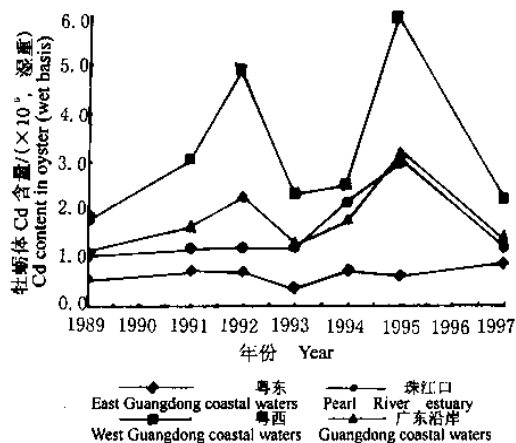


图 4 广东沿岸牡蛎体内 Cd 含量的变化趋势

Fig.4 Variation trend of Cd content in oysters from Guangdong coastal waters

## 2.5 牡蛎体 Cd 含量的年际变化

1989~1997 年, 广东沿岸牡蛎体 Cd 含量总均值的年际变化呈双峰分布(图 4), 次高值和最高值分别出现在 1992 年( $2.25 \times 10^{-6}$ )和 1995 年( $3.17 \times 10^{-6}$ ), 其余年份虽有波动, 但无显著差异( $1.19 \times 10^{-6} \sim 1.79 \times 10^{-6}$ ,  $t$  检验结果为  $P > 0.10$ )。珠江口沿岸牡蛎体 Cd 含量的年际变化亦呈双峰分布, 最高值与次高值分别出现在 1995 年( $5.96 \times 10^{-6}$ )和

1992 年( $4.87 \times 10^{-6}$ ), 其余年份的 Cd 含量间没有明显差异( $P > 0.10$ ); 粤东沿岸 Cd 含量除 1993 年明显较低外( $0.34 \times 10^{-6}$ ), 年际间没有观察到明显变化; 粤西沿岸在 1994~1995 年的 Cd 含量明显升高, 此后又降到 1989~1993 年的含量水平。

广东沿岸牡蛎体 Cd 含量总均值年际变化呈双峰分布, 主要是由 Cd 含量高值区珠江口沿岸的双峰分布决定的, 而珠江口沿岸 Cd 含量这种双峰分布特点, 与该岸段 Cd 的年际排放量变化有密切关系。有关污染源统计数据表明<sup>1)</sup>, 1986~1991 年, 珠江口沿岸 Cd 的排放量为  $0.20 \sim 0.50 \text{ t/a}$ 。而 1992 年, Cd 的排放量升至  $0.71 \text{ t/a}$ , 牡蛎体 Cd 含量也相应升至  $4.87 \times 10^{-6}$ , 出现第 1 个峰值。此后, Cd 的排放量略有下降。至 1995 年, Cd 的排放量又升高并达到历史最高水平, 为  $0.80 \text{ t/a}$ , 而该年度珠江口沿岸牡蛎体 Cd 含量平均值也达到监测记录的最高水平, 呈现出第 2 个峰值。

## 参考文献:

- [1] 王化泉, 赖聪洪, 贾晓平. 共沉淀分离-原子吸收法测定海产动物体中的痕量重金属[J]. 环境科学丛刊, 1980, (9): 43-47.
- [2] Ober A G, Gonzalez M, Maria L S. Heavy metals in molluscan, crustacean and other commercially important Chilean marine coastal water species[J]. Bull Environ Contam Toxicol, 1987, 38(3): 534-539.
- [3] Trocine R P, Trefry J H. Metal concentrations in sediment, water and clams from the India river lagoon, Florida[J]. Mar Pollut Bull, 1996, 32(10): 754-759.
- [4] Medina J, Hernandez F, Pastor A. Determination of Hg, Cd, Cr, Pb in marine organisms by flameless atomic absorption spectrophotometry[J]. Mar Pollut Bull, 1986, 17(1): 41-44.
- [5] Hayres D, Leeder J, Rayment P. Temporal and spatial variation in heavy metal concentrations in the bivalve *Donax deltoides* from the Ninety Mile Beach, Victoria, Australia[J]. Mar Pollut Bull, 1995, 30(6): 419-424.
- [6] Hungspreugs M, Utomprurkporm W, Dharmvanij S. The present status of the aquatic environment of Thailand[J]. Mar Pollut Bull, 1989, 20(7): 327-332.
- [7] Vdzquez G F, Sanchez G M, Virender K S, et al. Trace metals in the oyster *Crassostrea virginica* of the Teminos lagoon, Campeche, Mexico[J]. Mar Pollut Bull, 1993, 26(7): 398-399.
- [8] Gil M N, Harrey M A, Esleves J L. Metal content in bivalve molluscs from the San José and Nnevo Gulf, Patagonia, Argentina[J]. Mar Pollut Bull, 1988, 19(4): 181-182.
- [9] 戴国梁, 朱启琴, 杨鸿山. 长江口及其邻近海域海洋生物重金属和有机氯农药的分析与评价[J]. 海洋环境科学, 1991, 10(3): 20-26.

3) 广东省环保局. 广东省环境统计资料汇编. 1986~1997.

- [10] 刘明星, 张首临, 李国基, 等. 黄河口及邻近海区海洋生物中的痕量金属[J]. 海洋学报, 1988, 10(6): 778-786.
- [11] Aston A. "Oyster - Watch" for monitoring Coal Ash Lagoon in an environmentally sensitive area of Hong Kong[J]. Mar Pollut Bull, 1991, 22(7): 334-339.
- [12] 王化泉, 贾晓平, 林燕棠, 等. 关于海洋生物污染评价若干标准的初步探讨[A]. 珠江口海岸带和海涂资源综合调查研究论文集(2)[C]. 广州: 广东科技出版社, 1982. 132-141.

## Contents and temporal - spatial distribution characteristics of Cd in oysters along Guangdong coastal waters

JIA Xiao-ping, LIN Qin, CAI Weng-gui, LI Chun-hou

(Key Laboratory of Marine Fishery Ecology Environment and Pollution Monitoring & Control Technique,  
South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China)

**Abstract:** The monitoring and experiment were conducted from 1989 to 1997. There were 12 sampling stations set along Guangdong coastal waters. The results show that the Cd content in all oyster samples was detectable, ranging from  $0.08 \times 10^{-6}$  to  $7.81 \times 10^{-6}$  with an overall average of  $1.92 \times 10^{-6}$ . The content of Cd in most of the oyster samples collected from east Guangdong coastal waters and west Guangdong coastal waters was well below the level of Marine Biology Pollution Evaluation Standard (MBPES), while Cd content in 25% of the samples collected from Pearl River estuary exceeded the MBPES level. The spatial distribution of Cd content in the oysters was in the following order: the Pearl River estuary > west Guangdong coastal waters > east Guangdong coastal waters. The temporal variation of Cd content in the oysters showed a double-peak pattern from 1989 to 1997 with the maximum value in 1995 and second highest value in 1992, respectively, while Cd content showed no significant difference in the other monitoring years.

**Key words:** Guangdong coastal waters; *Crassostrea rivularis*; Cd; pollution assessment; temporal-spatial distribution