

文章编号:1000-0615(2000)06-0527-06

# 广东沿海牡蛎体 Pb 含量水平及时空变化趋势

贾晓平, 林 钦, 李纯厚, 蔡文贵

(中国水产科学研究院南海水产研究所, 广东 广州 510300)

**摘要:**为了了解广东沿海 Pb 含量水平的时空变化特点,1989-1997年,实施“南海贻贝观察”对广东沿海12个地点牡蛎体 Pb 含量进行了连续监测。广东沿海牡蛎体 Pb 含量范围为  $0.22 \times 10^{-6}$  ~  $2.06 \times 10^{-6}$  (湿重),总平均值为  $0.77 \times 10^{-6}$ 。牡蛎体 Pb 污染指数的范围和平均值分别为 0.11 ~ 1.03 和 0.39,总体上属轻污染水平。牡蛎体 Pb 含量的空间分布呈粤西海区  $\geq$  珠江口海区 > 粤东海区。广东沿海牡蛎 Pb 含量水平在 1989-1993 年间呈微弱下降趋势,1994 年 Pb 含量明显升高,此后 Pb 含量基本持平。

**关键词:**铅;牡蛎;时空变化;广东沿海

**中图分类号:**X502      **文献标识码:**A

## Concentrations and temporal-spatial variation trend of Pb in the oysters from Guangdong coastal waters

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

(South China Sea Fishery Research Institute, CAFS, Guangzhou 510300, China)

**Abstract:** In order to understand temporal-spatial variation characteristics of lead (Pb) concentration in Guangdong coastal waters, the “South China Sea Mussel Watch” was carried out for continuous monitoring of lead (Pb) concentration in oyster *Crassostrea rivularis* Gould at 12 sampling sites from 1989 to 1997. The Pb concentrations in the oyster samples ranged from  $0.22 \times 10^{-6}$  to  $2.06 \times 10^{-6}$  with an overall average of  $0.77 \times 10^{-6}$ . The Pb pollution indexes of the oyster samples ranged from 0.11 to 1.03 with an overall average of 0.39, indicating the slight pollution level of Pb along Guangdong coastal waters. The spatial distribution pattern of Pb in the oyster samples were found decline in the following order: the western Guangdong coast waters  $\geq$  the Pearl River estuary > the eastern Guangdong coast waters. The Pb concentration in the oyster samples showed a slight decreasing trend from 1989 to 1993 following a significant increasing trend in 1994, and after 1994, it showed a relatively stable period with no significant difference of Pb levels.

**Key words:** lead; oyster; temporal-spatial variation; Guangdong coastal waters

铅(Pb)是广东沿海工业排海废水中的主要污染物之一,同时,含 Pb 废气也通过大气沉降途径进入海洋环境,进行海洋生物地球化学循环。由于 Pb 及 Pb 化合物是蓄积性有毒物质,易于在海洋贝类体中积累,因此,“南海贻贝观察”以近江牡蛎(*Crassostrea rivularis*)作为监测生物,对广东沿海 Pb 含量的时空

收稿日期:2000-02-02

资助项目:中国水产科学研究院“八五”项目(91-7-1)、农业部渔业局重大渔业环境监测项目(95-97-1)

作者简介:贾晓平(1949-),男,河南获嘉人,研究员,从事渔业生态环境研究。Tel:020-84451083, E-mail:scsfwqe@public.guangzhou.gd.cn.

变化进行了连续监测。本文根据 1989 - 1997 年间广东沿海 12 个地点牡蛎样品 Pb 含量监测数据和有关资料,分析和阐述广东沿海牡蛎体 Pb 含量水平及其时空变化特点。

## 1 材料与方 法

### 1.1 样品的采集与处理

广东沿海 12 个牡蛎采样点示于图 1。在 12 个采样点中,粤东、珠江口和粤西海区各设 4 个采样点,分别为 M1 ~ M4, M5 ~ M8 和 M9 ~ M12。1989 - 1997 年间,每年 3 月份在各采样点分别采样一次(其中,1990 年和 1996 年未采样),每次在各采样点分别采集 3 ~ 4 龄牡蛎 30 只,现场开壳,剥离和收集全部软组织和体液,冰冻保存送至实验室,打成匀浆后于 - 20℃ 条件下保存至分析。

### 1.2 分析

将样品匀浆在室温下自然解冻后,每个样品称取平行样,采用干式消化法处理样品<sup>[1]</sup>,灰分用 1:1 HNO<sub>3</sub> 浸取,过滤定容后用岛津 AA - 630 - 11 型原子吸收分光光度计测定 Pb 含量。仪器条件为:吸收波长 283.3nm,灯电流 10mA,狭缝 0.19nm,燃烧器高度 8mm,空气流速 9.5L·min<sup>-1</sup>,乙炔流速 2.5L·min<sup>-1</sup>。本方法检测限 0.08 × 10<sup>-6</sup>,变异系数 4.1%。

## 2 结果与讨论

### 2.1 牡蛎体 Pb 含量的频率分布与含量水平的比较

1989 - 1997 年的连续监测结果表明,采自广东沿海 12 个地点的全部牡蛎样品均检出 Pb,含量范围为 0.22 × 10<sup>-6</sup> ~ 2.06 × 10<sup>-6</sup>(湿重,下同),总平均值为 0.77 × 10<sup>-6</sup>(见表 1 数据)。

广东沿海牡蛎样品 Pb 含量水平的出现频率呈偏正态分布特征,其含量频率曲线的中值为 0.75 × 10<sup>-6</sup>,曲线的偏斜度和峰态值分别为 1.445 和 4.896(见图 2)。根据表 1 数据统计,Pb 含量水平出现频率最高的是 0.60 × 10<sup>-6</sup> ~ 0.80 × 10<sup>-6</sup> 含量范围的样品,占 39.0%,其次是含量水平在 0.40 × 10<sup>-6</sup> ~ 0.60 × 10<sup>-6</sup> 和 0.80 × 10<sup>-6</sup> ~ 1.00 × 10<sup>-6</sup> 范围的样品,分别占 24.7% 和 20.8%。Pb 含量水平低于 0.40 × 10<sup>-6</sup> 或高于 1.20 × 10<sup>-6</sup> 的牡蛎样品出现频率很低,分别为 1.3% 和 3.8%。另外,还有 10.4% 的样品 Pb 含量水平在 1.00 × 10<sup>-6</sup> ~ 1.20 × 10<sup>-6</sup> 范围。在 12 个地点牡蛎样品中,Pb 含量的最高值和最低值分别出现在粤西海区的马尾湾(M10,1995 年)和镇海湾(M9,1993 年),最高值是最低值的 9.4 倍。

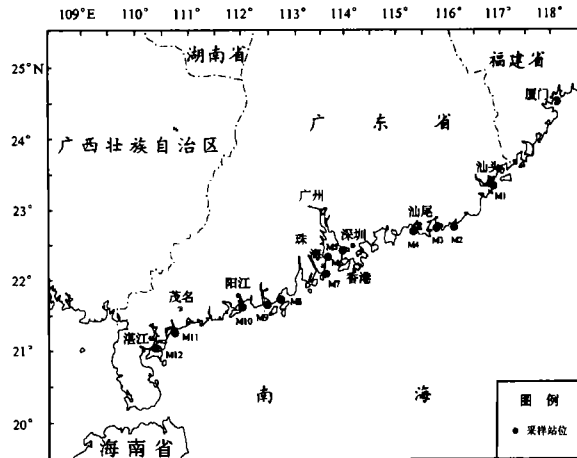


图 1 广东沿海牡蛎采样站示意图

Fig.1 Oyster sampling sites of Guangdong coastal waters

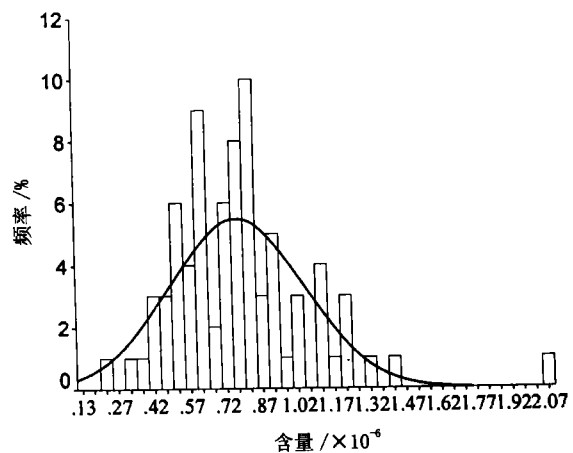


图 2 广东沿海牡蛎体 Pb 含量频率分布

Fig.2 Frequency distribution of Pb in the oyster from Guangdong coastal waters

表 1 广东沿海牡蛎体的 Pb 含量水平 ( $\times 10^{-6}$ , 湿重)Tab.1 Concentration of Pb in the oyster from Guangdong coastal waters ( $\times 10^{-6}$ , wet weight)

海 区	站号	地点	1989	1991	1992	1993	1994	1995	1997	平均值
粤东	M1	广澳湾	0.75	0.48	0.40	0.61	0.60	0.72	0.70	0.61
	M2	甲子港	—	0.49	0.42	0.58	0.60	0.38	1.10	0.60
	M3	碣石湾	—	0.52	0.64	0.62	0.70	0.34	0.80	0.60
	M4	长沙湾	0.86	0.75	0.50	0.64	1.00	1.10	1.20	0.86
珠江口	M5	深圳湾	0.86	0.74	0.75	0.56	1.10	0.78	1.20	0.86
	M6	唐家湾	0.58	0.78	0.79	—	0.70	0.81	—	0.73
	M7	香洲湾	—	0.80	0.92	0.94	0.90	0.92	0.80	0.88
	M8	广海湾	0.81	0.62	0.97	0.54	1.00	0.69	—	0.77
粤西	M9	镇海湾	0.86	0.66	0.78	0.22	0.90	0.42	0.80	0.66
	M10	马尾湾	0.62	0.75	0.80	0.55	1.10	2.06	0.50	0.91
	M11	博贺港	—	0.84	0.62	0.84	1.40	1.31	0.80	0.97
	M12	湛江港	0.52	0.74	0.53	0.46	1.20	1.18	1.00	0.80
全 海 区		0.73	0.68	0.68	0.60	0.93	0.89	0.89	0.77	

由表 2 中数据可知,广东沿海牡蛎体 Pb 含量各年度平均值和总平均值均明显高于国内外未开发区或非工业区附近海域的含量水平(平均值范围  $0.031 \times 10^{-6} \sim 0.30 \times 10^{-6}$ ),低于国外工业稠密区或工业污染区附近海域的含量水平(平均值范围  $1.48 \times 10^{-6} \sim 7.0 \times 10^{-6}$ ),而与国外一般工业区或城市区附近海域的含量水平相似(平均值范围  $0.63 \times 10^{-6} \sim 0.98 \times 10^{-6}$ )。然而,自 1994 年以来,广东沿海有 6 个地点(M2、M4、M5、M10、M11 和 M12)10 个样次的 Pb 含量上升至  $1.10 \times 10^{-6} \sim 1.40 \times 10^{-6}$  水平,接近国外工业稠密区或工业污染区附近海域的水平,尤其是 1995 年采自马尾湾(M10)的牡蛎样品,其 Pb 含量水平达  $2.06 \times 10^{-6}$ ,已达到国外工业污染海域的含量水平,应该引起高度重视。

表 2 不同海区海洋贝类体中 Pb 含量的比较 ( $\times 10^{-6}$ , 湿重)Tab.2 Comparison of Pb concentration in the oyster from different waters ( $\times 10^{-6}$ , wet weight)

海 区	种类	含量范围	平均值	海区周围状况	参考文献
日本沿海	牡蛎	—	0.031	非工业、生活区	[2]
泰国湾	牡蛎*	0.02~0.13	—	非工业、生活区	[3]
南非沿海	牡蛎	0.01~1.18	0.13	大部分尚未开发	[4]
澳大利亚南部	贻贝	0.1~0.2	0.15	非工业、生活区	[5]
San José 湾,阿根廷	贻贝*	0.13~0.32	—	未污染区域	[6]
南极洲沿海	扇贝*	0.17~0.43	0.30	未开发区域	[7]
黄河口	贝类	0.12~0.37	0.22	非工业、生活区	[8]
亚德里亚海沿岸	贻贝	—	0.20	未污染区域	[9]
香港	牡蛎	0.65~0.87	—	工业区、生活区	[10]
Bengal 湾,印度	牡蛎*	0.52~0.74	0.63	工业区	[11]
西班牙地中海西部	贻贝	0.05~2.83	0.74	工业区、城市区	[12]
西班牙地中海沿岸	贻贝	0.37~2.30	0.98	工业区	[13]
墨西哥湾	牡蛎*	0.48~4.03	1.48	工业区、城市区	[14]
格但斯克港,波兰	贻贝*	1.15~2.17	1.68	工业稠密区	[15]
Bidasoa 河口,法国—西班牙	蛤*	3.0~11.7	7.0	工业污染区域	[16]
广东沿海	牡蛎	0.22~2.06	0.77	邻近工业、生活区域	本文

注: \* 按 6:1 将贝类体中 Pb 干重含量换算为湿重含量。

## 2.2 牡蛎体 Pb 污染评价

Pb 是人体非必需的微量元素,成人一般每月由饮食摄入  $100 \sim 300 \mu\text{g}$  Pb。Pb 及其化合物是蓄积性有毒物质,生物学半衰期为 6 个月。已有证据证明,一些 Pb 化合物有致癌和致畸作用,其可疑致癌物序码和可疑致畸物序码分别为 4214 和 4202<sup>[17]</sup>。Pb 的危害性指数为 22,危险级别为 II 级,属中等毒性范

围<sup>[17-19]</sup>。由于对 Pb 的毒性毒理及危害性研究得比较详尽,因此世界各国对海产品 Pb 含量的限制标准值十分相近,例如,美国、英国、加拿大、澳大利亚、智利的标准值均为  $2.0 \times 10^{-6}$ ,南斯拉夫和德国的标准较为严格,分别为  $1.0 \times 10^{-6}$  和  $0.5 \times 10^{-6}$ 。另外,英国和我国香港特别行政区对贝类的 Pb 含量颁布了专门标准值,分别为  $10 \times 10^{-6}$  和  $6.0 \times 10^{-6}$ 。迄今为止,我国对海产品的 Pb 含量尚未颁布限制标准,仅规定了罐头鱼的 Pb 含量不得超过  $2.0 \times 10^{-6}$ 。因此,本文借鉴国外大多数国家的标准,采用  $2.0 \times 10^{-6}$  做评价标准,以单因子污染指数法评价广东沿海牡蛎体 Pb 污染状况,评价结果列于表 3。

对于海洋生物体重金属污染状况评价,国内目前尚未制定和划分明确的等级标准,一般而言,污染指数平均值  $< 0.2$  可视为正常背景水平,  $0.2 \sim 0.6$  为轻污染水平,  $0.6 \sim 1.0$  为污染水平,而  $> 1.0$  则为重污染水平。评价结果表明,1989-1997 年间,广东沿海牡蛎样品中除 1 例样品的污染指数  $> 1.0$  外,其余样品的污染指数范围和总平均值分别为  $0.11 \sim 0.72$  和  $0.39$ ,总体上属轻污染水平。然

而,若以南斯拉夫标准( $1.0 \times 10^{-6}$ )来衡量,则样品的超标率将达到 18.2%,若以更为严格的德国标准( $0.5 \times 10^{-6}$ )来衡量,则超标率将高达 88.3%,这些数据,对我国水产品卫生质量控制有重要参考价值,尤其对我国水产品进入欧洲市场有重要指导意义。

### 2.3 牡蛎体 Pb 含量的地理分布差异

1989-1997 年广东沿海 12 个地点牡蛎体 Pb 平均含量地理分布状况示于图 3。在 12 个地点中,粤西海区的博贺港(M11 站,  $0.97 \times 10^{-6}$ )和马尾湾(M10 站,  $0.91 \times 10^{-6}$ )的 Pb 含量水平明显高于全海区总平均值( $0.77 \times 10^{-6}$ ),而粤东海区的广澳湾(M1,  $0.61 \times 10^{-6}$ )、甲子港(M2,  $0.60 \times 10^{-6}$ )和碣石湾(M3,  $0.60 \times 10^{-6}$ )的 Pb 含量水平则明显低于总平均值,其余 7 个地点牡蛎样品的 Pb 含量水平与总平均值相近。对 12 个地点牡蛎样品 Pb 含量水平进行显著性差异 t 检验的结果表明,粤西海区的马尾湾(M10 站)和博贺港(M11 站)的 Pb 含量水平明显高于粤东海区的广澳湾(M1 站)、甲子港(M2 站)和碣石湾(M3 站)的含量水平( $P < 0.10$ ),而其含量水平虽与其他 7 个地点牡蛎体的 Pb 含量水平存在表现上的差异,但没有统计学意义上的显著差异( $P > 0.10$ )。在三个海区中,珠江口海区和粤西海区牡蛎体 Pb 含量水平相似,分别为  $0.81 \times 10^{-6}$  和  $0.83 \times 10^{-6}$ ,而粤东海区的相对较低,为  $0.68 \times 10^{-6}$ 。

### 2.4 牡蛎体 Pb 含量的年际变化

广东全海区及粤东、珠江口、粤西三海区牡蛎体 Pb 含量的年际变化趋势示于图 4。由图中曲线表观特点看,广东全海区牡蛎体 Pb 含量 1989-1993 年间呈微弱下降趋势,1994 年 Pb 含量水平明显上升,此后到 1997 年 Pb 含量基本保持相同水平,年际间没有显著差异。同时,采用 Spearman 顺位相关法进行分析,所得结论与表观趋势分析的结果相同(90%置信水平,  $r_s = 0.792$ )。在三个海区中,粤东海区的 Pb 含量在 1989-1992 年间呈下降趋势,1992 年降至最低点( $0.49 \times 10^{-6}$ ),此后 Pb 含量水平呈上升趋势,1997 年升至观察期间的最高值( $0.95 \times 10^{-6}$ )。而珠江口海区的 Pb 含量则从总体上显示出上升趋势,尽管 1993 年和 1995 年的 Pb 含量水平平均比其上一年度的含量水平略低,但 Spearman 顺位相关分析结果仍证明了这种上升趋势存在(90%置信水平,  $r_s = 0.694$ )。粤西海区 Pb 含量水平的年际变化趋势与粤东海区的相似而又具有自己的特点,即其 Pb 含量水平在 1989-1993 年间呈下降趋势,此后,在 1994-1995 年期间其 Pb 含量水平出现突跃性升高现象,1997 年其 Pb 含量水平回落至 1992 年以前水平。

表 3 广东沿海牡蛎污染评价结果

Tab.3 Assessment result of Pb pollution of the oyster from Guangdong coastal waters

海区	评价标准 ( $\times 10^{-6}$ , 湿重)	污染指数范围	平均值	污染等级
粤东海区	2.0	0.17~0.60	0.34	轻污染
珠江口海区	2.0	0.27~0.60	0.41	轻污染
粤西海区	2.0	0.11~1.03	0.42	轻污染
全海区	2.0	0.11~1.03	0.39	轻污染

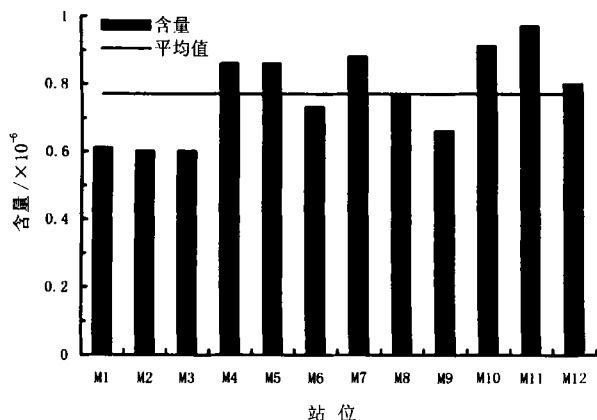


图3 广东沿海牡蛎体 Pb 含量的地域分布

Fig.3 Spatial distribution of Pb in the oyster from Guangdong coastal waters

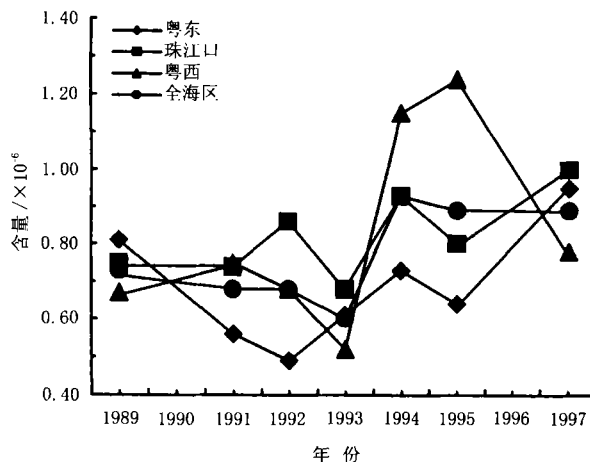


图4 广东沿海牡蛎体 Pb 含量的变化趋势

Fig.4 Variation trend of Pb in the oyster from Guangdong coastal waters

广东沿海牡蛎体 Pb 含量这种变化趋势的确切原因目前还难以解释清楚,原因有三个方面:一是广东沿海 Pb 污染源分布与污染源源强没有确切数据,尤其是生活污染源和大气沉降污染源没有任何数据。二是牡蛎采样区及其附近水体 Pb 含量没有连续、详细数据。三是“贻贝观察”技术的特点是指示某一区域的某一时段污染物的综合累积指标和趋势指标,而水质同步测定的瞬时指标不一定与之相吻合。因此,对于广东沿海 Pb 污染的变化趋势,需要进一步从多角度加以详细研究,以求能了解和掌握其变化规律。

### 3 小结

广东沿海牡蛎体 Pb 含量范围为  $0.22 \times 10^{-6} \sim 2.06 \times 10^{-6}$ , 84.5% 的牡蛎样品 Pb 含量水平分布在  $0.40 \times 10^{-6} \sim 1.00 \times 10^{-6}$  范围内,总平均值为  $0.77 \times 10^{-6}$ 。牡蛎样品的 Pb 污染指数范围和总平均值分别为 0.11 ~ 1.03 和 0.39,总体上属轻污染水平。

广东沿海牡蛎体 Pb 含量空间分布呈粤西海区  $\geq$  珠江口海区  $>$  粤东海区的梯度格局。

广东沿海牡蛎体 Pb 含量在 1989 - 1993 年间呈微弱下降趋势,1994 年牡蛎体 Pb 含量水平明显升高,此后牡蛎体 Pb 含量基本处于相同水平,年际间没有明显差异。

### 参考文献:

- [1] 王化泉, 贾晓平, 赖聪洪, 等. 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, 1990, 9: 43-47.
- [2] Ishii T, Nakamura R, Ishikawa M, et al. Determination and distribution of trace elements in marine invertebrates[J]. 日本水产学会志, 1995, 51(4): 509-627.
- [3] Hungspreugs M, Utoomprurkpor W, Dklarmvanij S, et al. The present status of the aquatic environment of Thailand[J]. Mar Pollut Bull, 1989, 20 (7): 327-332.
- [4] Watling H R, Watling R J. Metal concentration in oysters from the Southern African Coast[J]. Bull Environ Contam Toxicol, 1982, 28(4): 460-466.
- [5] Richardson B J, Garnham J S, Fabris J G, et al. Trace metal concentrations in mussels (*Mytilus edulis planulatus* L.) transplanted into Southern Australian Waters[J]. Mar Pollut Bull, 1994, 28 (6): 392-396.
- [6] Gil M N, Harvey M A, Eslevs J, et al. Metal content in bivalve molluscs from the San J6se and Nnevo Gulfs, Patagonia, Argentina[J]. Mar Pollut Bull, 1988, 19 (4): 181-182.
- [7] Berkman P A, Nigro M. Trace metal concentration in scallops around Antarctica[J]. Mar Pollut Bull, 1992, 24 (6): 322-323.
- [8] 刘明星, 张道临, 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.

- [9] Martincic D, Kworol Z, Branica M, et al. Trace metals in selected organisms from the Adriatic Sea[J]. *Mar Chem*, 1987, (2-4): 207-220.
- [10] Ashton A. "Oyster-watch" for monitoring Coal Ash lagoons in an environmentally sensitive area of Hong Kong[J]. *Mar Pollut Bull*, 1991, 22(7): 334-339.
- [11] Mitra A, Choudhury A. Trace metals in macrobenthic molluscs of the Hoogly Estuary, India[J]. *Mar Pollut Bull*, 1993, 26(9): 521-522.
- [12] Pastor A, Hernandez F, Peris M A, et al. Levels of heavy metals in some marine organisms from the western Mediterranean Area (Spain)[J]. *Mar Pollut Bull*, 1994, 28(1): 50-53.
- [13] Medina J, Hernandez F, Pastor A, et al. Determination of Hg, Cd, Cr, Pb in marine organisms by flameless atomic absorption spectrophotometry[J]. *Mar Pollut Bull*, 1986, 17(1): 41-44.
- [14] 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.
- [15] Szefer R, Szefer K. Occurrence of ten metals in *Mytilus edulis* L. and *Cardium glaucum* L. from the Gdan'sk Bay[J]. *Mar Pollut Bull*, 1985, 16(11): 446-450.
- [16] Saiz-Salinas J I, Ruiz J M, Frances-Zubillaga G, et al. Heavy metals in intertidal sediments and biota from the Bidasoa estuary[J]. *Mar Pollut Bull*, 1996, 32(1): 69-71.
- [17] 汪晶, 和德科, 汪尧衢, 等(编译). 环境评价数据手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 1988. 302-303, 438.
- [18] 吴学周(主编). 中国大百科全书—环境科学[M]. 北京·上海: 中国大百科全书出版社, 1983. 286.
- [19] 纪云晶(主编). 实用毒理学[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1993. 388-403.