

中国科学院
大亚湾海洋生物综合实验站

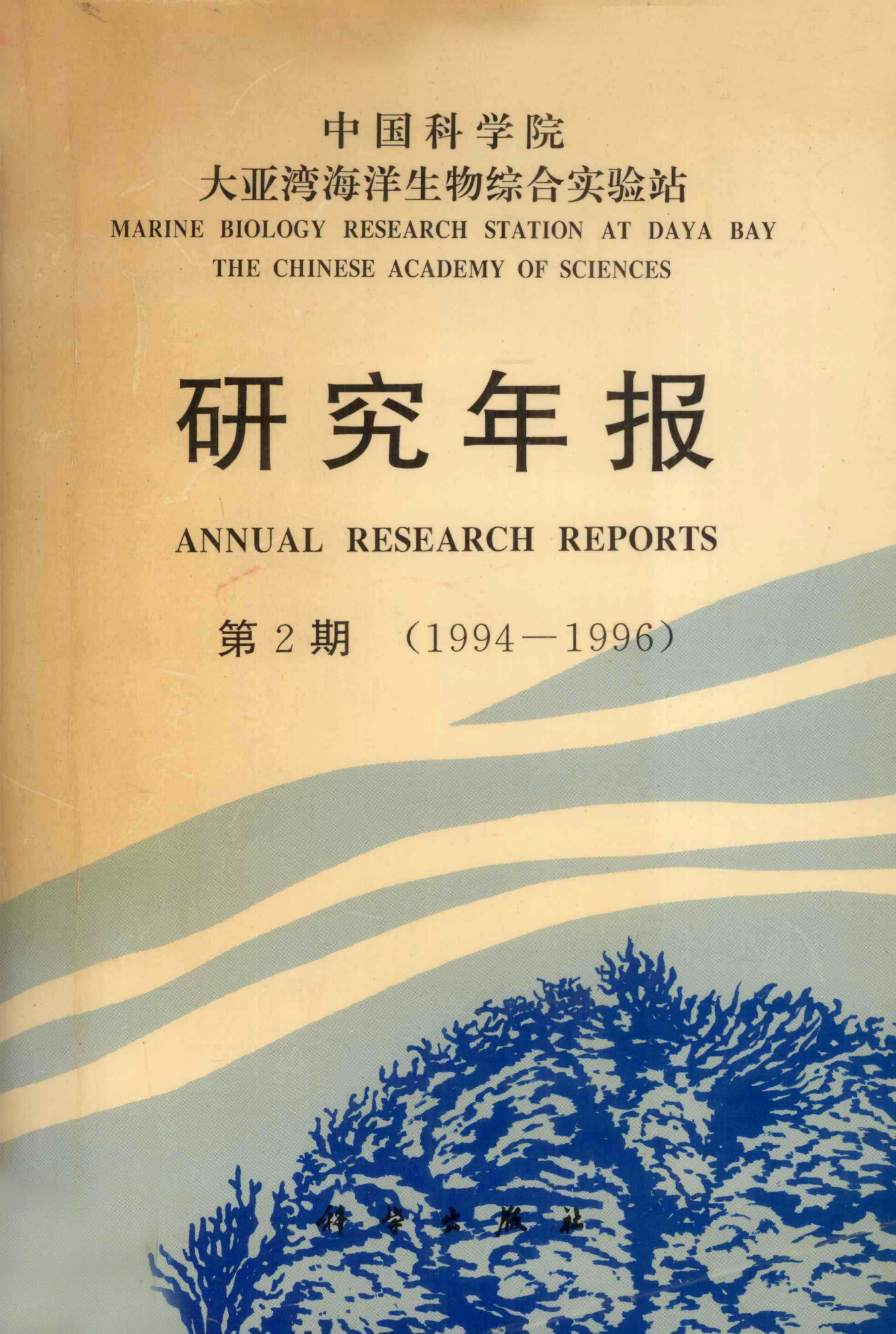
MARINE BIOLOGY RESEARCH STATION AT DAYA BAY
THE CHINESE ACADEMY OF SCIENCES

研究年报

ANNUAL RESEARCH REPORTS

第2期 (1994—1996)

科学出版社



内 容 简 介

本年报收集广东省大亚湾及其附近水域的海洋生物和生态环境研究论文共 22 篇。这些论文是中国科学院大亚湾海洋生物(开放)综合实验站基金资助课题(1994-1996)的研究成果,主要反映了大亚湾水域生态系统的现状,特别是广东大亚湾核电站运行后以及海水增养殖发展对水域生态环境的影响,对研究海湾沿岸大型工业建设(如核电站)等人类活动对自然生态环境的冲击具有重要的参考价值,对海湾可持续利用的综合管理也有一定的指导意义。本年报可供生态环境研究人员、大专院校师生以及水产、环境等有关部门的管理人员参考。

中国科学院大亚湾海洋生物综合实验站 研究年报

第 2 期(1994-1996)

潘金培 王肇鼎 主编

责任编辑 徐秉正

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

(邮政编码:100717)

韶关二九〇研究所地图彩印厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1998 年 5 月第 1 版 开本:787×1092 1/16

1998 年 5 月第 1 次印刷 印张:12 379

印数:001-500 字数:291 688

ISBN 7-03-006731-2/P·1059

定价:20 元

前 言

中国科学院大亚湾海洋生物综合实验站 (MBRS) 作为中国科学院的开放台站之一, 于 1990 年 10 月正式向国内外开放; 并设立大亚湾开放站研究基金, 按站的研究方向资助研究课题。此外, 大亚湾站承担了国家和中国科学院“六五”、“七五”、“八五”、“九五”重大和重点研究项目、“海洋 863”、国家和广东省自然科学基金项目及地方委托项目等, 围绕着大亚湾及邻近海域生态系统的结构功能和人类活动影响, 持续开展了海洋生态学和实验生物学的研究。

本期年报主要收集 1994 年至 1996 年开放站基金课题所完成的论文 22 篇。这些论文反映了大亚湾水域生态资源环境以及在广东大亚湾核电站运行前后的动态变化的研究进展, 对于深入研究大亚湾自然生态环境与沿岸工业发展等人类活动的影响具有参考价值。

中 国 科 学 院
大亚湾海洋生物综合实验站

1998 年 5 月

目 录

前 言	(I)
粤东沿岸海水 Cu^{2+} , Zn^{2+} 及其生态学效应	
..... 顾宏堪、刘明星、黄西能	(1)
粤东沿岸海域海洋生物痕量金属的分析与现状	
..... 刘明星、顾宏堪、黄西能	(5)
初步探讨农药对大亚湾水域珍珠贝 DNA 合成的影响	
..... 郑建禄、林植青、方正信、张 穗、陈钧铭	(14)
利用单、双标记示踪技术研究两种海洋动物对 ^{90}Sr 和 ^{125}I 的积累与分布	
..... 陈舜华、钟创光、余肖峰、赵小奎	(25)
翡翠贻贝 (<i>Perna viridis</i>) 对 ^{134}Cs 和 ^{65}Zn 的积累、分布和排泄的研究	
..... 陈舜华、颜远义、钟创光、赵小奎、石 琼、彭业芳	(35)
核电站海洋环境放射性指示生物研究	
..... 周彩芸、戚 勇、马 风	(48)
大鹏澳网箱养殖海区的水环境和浮游植物变化特征	
..... 王肇鼎、彭云辉、周贤沛	(64)
大亚湾颗粒有机化学组成及其与环境因子的关系	
..... 李文权、崔淑芬、蔡阿根、王 宪、陈清花、郑爱榕	(76)
大亚湾悬浮颗粒中脂肪酸研究	
..... 李文权、崔淑芬、陈清花、郑爱榕	(86)
大亚湾西南面海区的氮循环 II. 水域的无机氮及其相互转化	
..... 黄西能、徐梅春、莫金垣、陈焕光	(94)
大亚湾核电站运行前后西南面水域水温的变化	
..... 黄西能、朱卓洪、徐梅春、金启增	(102)
大亚湾核电站附近地区与电白地区黄斑蓝子鱼红细胞、肝、脾组织中 SOD, GPT 活性的研究	
..... 程 舸、程惠贞、林慧贤、许艳春	(113)
余氯对紫贻贝幼虫和稚贝的行为、生长和存活的影响 (英文)	
..... 黎 辉, Raymond Seed, Ina Sharan Thompsom	(117)
大亚湾排海废水对海水化学组成的影响	
..... 郑庆华、何悦强、张观希	(129)
五种红树植物叶片表皮毛的初步观察	
..... 郑燕玲、缪绅裕、蔡亚娜、黎红梅、李焕娣	(135)

大亚湾核电站邻近水域浮游纤毛虫群落的种类组成
..... 徐润林、白庆笙 (140)

大亚湾南澳段沿岸陆地生物生产力问题研究
..... 钟晓青、赵耀钧、蔡在春 (145)

固相化乙酰胆碱脂酶酶的制备与应用研究
..... 许玫英、陈海峰、叶林顺、刘洁生、尹伊伟 (156)

海洋生物科学实测数据库及其信息应用系统设计提要
..... 蔡淇松、周锡徐、陈虹勋 (167)

海洋生物科学数据质量控制与数据集管理的设计
..... 蔡淇松、周锡徐、陈虹勋 (173)

微机海洋生物数据库系统的汉字及其支撑系统问题
..... 陈虹勋、蔡淇松 (178)

大亚湾核电站运行前后海洋生态系中放射性水平变化研究
... 周彩芸、李建国、戚 勇、刘广山、马 凤、林植青、郑建禄、王建林 (183)

附录 1. 中国科学院大亚湾海洋生物（开放）综合实验站（MBRS）课题基金申
请指南（1994—1996 年度）
..... (188)

附录 2. 中国科学大亚湾海洋生物（开放）综合实验站（MBRS）资助课题一览表
..... (189)

CONTENTS

- Ions Cu^{2+} and Zn^{2+} in the east coast waters of the Guangdong Province and their ecological effect
..... Gu Hongkan, Liu Mingxing, Huang Xineng (4)
- Present and analysis of trace metal of marine organisms in the east coastal sea waters of Guangdong Province
..... Liu Mingxing, Gu Hongkan, Huang Xineng (13)
- A preliminary examination of the effect of agricultural chemicals on the DNA synthesis of Pearl Oysters in Daya Bay
..... Zheng Jianlu, Lin Zhiqing, Fang Zhengxin, Zhang Sui, Kwan Ming CHan (24)
- A study of accumulation and distribution of ^{90}Sr and ^{125}I in two marine animals by using single and double labelling tracer technology
..... Chen Shunhua, Zhong Chuangguang, Yu Xiaofeng, Zhao Xiaokui (34)
- A study of accumulation, distribution and excretion of ^{134}Cs and ^{65}Zn by the green mussels (*Perna viridis* Linneaus)
..... Chen Shunhua,
Yan Yuanyi, Zhong Chuangguang, Zhao Xiaokui, Shi Qiong, Peng Yefang (47)
- Radioactive bioindicators in the marine environment around the Nuclear Power Plant
..... Zhou Caiyun, Qi Yong, Ma Feng (63)
- Features of variation in seawater environmental factors and phytoplankton at net cage culture area in Dapengao (Bight)
..... Wang Zhaoding, Peng Yunhui, Zhou Xianpei (75)
- Particulate organo-chemical composition and its relationship with environmental factors in Daya Bay
.....
Li Wenquan, Cui Shufen, Cai Agen, Wang Xian, Chen Qinghua, Zheng Airong (85)
- Assay of particulate fatty acids in Daya Bay
..... Li Wemquan, Cui Shufen, Chen Qinghua, Zheng Airong (93)
- Nitrogen cycling in the southwest area of Daya Bay. II. Nitrogen and their transformation
..... Huang Xineng, Xu Meichun, Mo Jinguan, Chen Huanguang (101)
- Variation of water temperature in the southwestern Daya Bay before and after the operation of Daya Bay Nuclear Power Plant
..... Huang Xineng, Zhu Zhuohong, Xu Meichun, Jing Qizeng (112)
- Activity of superoxide dismutase and glutamatepyruvate transaminase in erythro cyte, liver and spleen tissues of *Siganus oramin*, coming from the area Nea rby Daya Bay Nuclear Power Plant and Dian-Bai area of Guangdong Province

..... Cheng Ge, Cheng Huizhen, Lin Huixian, Xu Yanchun (116)	
Impacts of Total-Residual-Oxidants (TRO) on the growth, behavior and survival of <i>Mytilus edulis</i> L. larvae and juveniles (中文)	
..... Li Hui, Raymond Seed, Ina Sharan Thompson (128)	
Impact on the changes of chemical composition of seawater from waste water discharged in Daya Bay	
..... Zheng Qinghua, He Yueqiang, Zhang Guanxi (134)	
Preliminary observations on epidermal hair on the leaves of five species of mangrove plant	
..... Zheng Yanling, Miao Shenyu, Cai Yana, Li Hongmei, Li Huandi (139)	
Species composition of planktonic ciliate communities in around water of Nuclear Power Plant in Daya Bay	
..... Xu Runlin, Bai Qingsheng (144)	
Productivity of terrestrial biology in Nanao coast of Daya Bay	
..... Zhong Xiaoqing, Zhao Yaojun, Cai Zaichun (155)	
Preparation and application of immobilized anticholinesterase membrances	
..... Xu Meiyong, Chen Haifeng, Ye Linshun, Liu Jiasheng, Yin Yiwei (166)	
Breviary for the designation of marine biological survey database and its application information system	
..... Cai Qisong, Zhou Xisu, Chen Hongxun (172)	
Data quality control for marine biological database and the designation of data set management	
..... Cai Qisong, Zhou Xisu, Chen Hongxun (177)	
The chinese characters and their supporting systems on microcomputer database of marine biology	
..... Chen Hongxun, Cai Qisong (182)	
Variation of radioactivity in marine ecosystem of Daya Bay before and after operation of Daya Bay Nuclear Power Plant	
..... Zhou Caiyun, Li Jianguo, Qi Yong, Liu Guangshan, Ma Feng, Lin Zhiqing, Zheng Jianlu, Wang Jianlin (187)	
Appendix 1. Research area and focus of MBRS	
..... (188)	
Appendix 2. List of projects funded by MBRS (1994—1996)	
..... (189)	

粤东沿岸海水 Cu^{2+} , Zn^{2+} 及其生态学效应*

顾宏堪 刘明星

(中国科学院海洋研究所, 青岛 266071)

黄西能

(中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301)

提 要

1995年1月9—10日及7月19日二次采取粤东沿岸海域11个站的表、底层海水样,用“无试剂防吸附物理涂汞电极”阳极溶出法测定了 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 等离子,其浓度及变幅为: Cu^{2+} $0.71\mu\text{g/L} \pm 14\%$, Zn^{2+} $4.7\mu\text{g/L} \pm 9\%$, Cd^{2+} $0.051\mu\text{g/L} \pm 20\%$, Pb^{2+} $0.034\mu\text{g/L} \pm 24\%$, Sn^{4+} $0.81\mu\text{g/L} \pm 14\%$, Bi^{3+} $0.13\mu\text{g/L} \pm 15\%$ 。离子浓度及变幅均在“水汽化学”自然本底范围内,因而,粤东沿岸海水 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 等离子对水域生物的生态学效应亦应处于自然正常状态。其它离子用“顾函数”计算。

关键词: 粤东沿岸, 海水 Cu^{2+} , Zn^{2+} , 生态学效应

1 前 言

国内外水环境标准中 Zn^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Pb^{2+} 、 Cd^{2+} 浓度均订的偏高,它可使小虾、小鱼死亡。这是由于使用错误的分析方法所致。水样酸化,使微粒Zn等溶出为 Zn^{2+} 等自由离子,而包括在测定值中。故水愈混,测定值愈高。微粒可通过 $0.45\mu\text{m}$ 过滤膜,但对生物毒性的是 Zn^{2+} 等自由离子,而不是微粒Zn等。

顾宏堪等使用他们建立的“水样不酸化的方法”及“防吸附物理涂汞电极”,则只测定水中的 Zn^{2+} 等自由离子,而表明了真实的生物毒性。二十多年的生物毒性分析结果表明,海水水质标准 Zn^{2+} 等浓度必须重新研究制订^[1-3]。

这一研究,已由顾宏堪等“锌铜铅镉的分析、形式、毒性及水质标准研究”(国家自然科学基金项目)完成,并得出结论如下:

水产之本乃水质,河口水则更是鱼虾之源地。生物毒性实验相关模式为 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 等浓度与生物死亡率相应增高。同一浓度下,死亡率随时间24 h, 48 h, 72 h, 96 h逐步增高。实验加入 Cu^{2+} 下限仅 $1\mu\text{g/L}$ 和 Zn^{2+} 仅 $5\mu\text{g/L}$ 本底低浓度时,其毒性即已开始遵循相关模式。因此,比天然水仅高1—2倍的 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 离子的污染及毒性,就足以破坏鱼虾在河口的产卵、孵化及幼体成长过程。河口中 Cu^{2+} 允许浓度应 $<1.5\mu\text{g/L}$, Zn^{2+} $<10\mu\text{g/L}$ 。

* 中国科学院大亚湾海洋生物(开放)综合实验站基金资助课题(S9407)。

Cd²⁺与 Pb²⁺,也应低于本底的 1 倍,尽管影响较小。生物活性的 Cu²⁺与 Zn²⁺等,可用“无试剂防吸附物理涂汞电极溶出法”分析,以区分“溶解-Cu,Zn”中之无毒形式。以“天然水循环中 Cu²⁺,Zn²⁺等离子均匀分布规律”之浓度为自然本底,就可分析对比污染程度,找出并控制污染源。

本文研究之目的为,将上述最新成果用于研究“粤东沿岸海水 Cu²⁺,Zn²⁺及其生态学效应”。

2 方 法

采 样 1995 年 1 月 9—10 日及 7 月 19 日 2 次采取粤东沿岸海域 11 个站的表、底层海水样。

分 析 水样进行了 T,S,pH,Cu²⁺,Zn²⁺,Cd²⁺,Pb²⁺,Sn⁴⁺,Bi³⁺测定。盐度 S 用电导法测定,痕量离子 Cu²⁺等用顾宏堪等“无试剂防吸附物理涂汞电极阳极溶出法”测定^[2]。

3 结果及讨论

粤东沿岸海水 Cu²⁺,Zn²⁺,Cd²⁺,Pb²⁺,Sn⁴⁺,Bi³⁺离子的测定结果列于表 1。

表 1 粤东沿岸海水 Cu²⁺,Zn²⁺等的离子浓度
Tab. 1 Ion concentration of Cu²⁺,Zn²⁺etc in Daye Bay sea water (μg/L)

日 期 站 号	层 次	Zn ²⁺	Cd ²⁺	Pb ²⁺	Cu ²⁺	Sn ⁴⁺	Bi ³⁺
1995. 1. 9—10.							
1	表	4. 8	0. 045	0. 038	0. 85		
	底	5. 2	0. 047	0. 039	0. 85		
2	表	4. 8	0. 044	0. 036	0. 85		
	底	5. 1	0. 047	0. 039	0. 85		
3	表	4. 5	0. 045	0. 038	0. 85		
	底	5. 2	0. 047	0. 038	0. 85		
4	表	4. 3	0. 041	0. 030	0. 64		
	底	4. 4	0. 041	0. 032	0. 63		
5	表	4. 8	0. 045	0. 040	0. 72		
	底	5. 1	0. 045	0. 042	0. 73		
6	表	4. 4	0. 039	0. 032	0. 61		
	底	4. 4	0. 041	0. 032	0. 63		
7	表	4. 6	0. 045	0. 034	0. 67		
	底	4. 8	0. 045	0. 035	0. 68		
8	表	4. 6	0. 039	0. 032	0. 67		
	底	4. 4	0. 041	0. 032	0. 63		
9	表	4. 4	0. 041	0. 030	0. 61		
	底	4. 4	0. 041	0. 030	0. 63		
11	表	4. 8	0. 047	0. 038	0. 80		
	底	5. 2	0. 047	0. 040	0. 85		
12	表	4. 9	0. 046	0. 045	0. 85		
平均		4. 7	0. 044	0. 036	0. 74		

续表 1

1995. 7. 19							
1	表	4. 5	0. 055	0. 036	0. 71	0. 96	0. 17
	底	4. 9	0. 055	0. 030	0. 80	0. 96	0. 15
2	表	4. 7	0. 061	0. 032	0. 70	0. 72	0. 15
	底	4. 8	0. 060	0. 035	0. 79	0. 77	0. 15
3	表	4. 5	0. 061	0. 030	0. 71	0. 72	0. 17
	底	4. 9	0. 054	0. 0032	0. 70	0. 62	0. 15
4	表	4. 5	0. 055	0. 032	0. 70	0. 84	0. 12
	底	4. 5	0. 055	0. 032	0. 62	0. 77	0. 13
5	表	4. 4	0. 055	0. 032	0. 71	0. 84	0. 12
	底	4. 5	0. 055	0. 032	0. 70	0. 84	0. 12
6	表	4. 4	0. 055	0. 032	0. 63	0. 74	0. 12
	底	4. 5	0. 055	0. 030	0. 62	0. 70	0. 12
7	表	4. 5	0. 060	0. 032	0. 65	0. 84	0. 12
	底	4. 5	0. 061	0. 030	0. 65	0. 70	0. 12
8	表	4. 4	0. 056	0. 030	0. 63	0. 91	0. 12
	底	4. 5	0. 055	0. 030	0. 55	0. 77	0. 10
9	表	4. 4	0. 055	0. 030	0. 53	0. 70	0. 11
	底	4. 7	0. 055	0. 032	0. 70	0. 77	0. 12
11	表	4. 5	0. 061	0. 030	0. 63	0. 91	0. 13
	底	5. 1	0. 055	0. 030	0. 71	0. 86	0. 15
12	表	5. 1	0. 061	0. 032	0. 70	0. 96	0. 15
平均		4. 6	0. 057	0. 031	0. 67	0. 81	0. 13
总平均		4. 7	0. 051	0. 034	0. 71	0. 81	0. 31
变幅%(<±)		9	20	24	14	14	15

“水汽化学” Cu^{2+} , Zn^{2+} 等离子自然本底浓度为^[2]: Cu^{2+} 为 $0.70 \mu\text{g/L}$, Zn^{2+} 为 $5.0 \mu\text{g/L}$, Cd^{2+} 为 $0.080 \mu\text{g/L}$, Pb^{2+} 为 $0.030 \mu\text{g/L}$, Sn^{4+} 为 $0.99 \mu\text{g/L}$, Bi^{3+} 为 $0.18 \mu\text{g/L}$, 变幅为 $\pm 30\%$ 。而表 1 列出的粤东沿岸海水离子浓度及变幅为: Cu^{2+} 为 $0.71 \mu\text{g/L} \pm 14\%$ (去最大最小值), Zn^{2+} 为 $4.7 \pm 9\%$, Cd^{2+} 为 $0.051 \pm 20\%$, Pb^{2+} 为 $\pm 0.034 \pm 24\%$, Sn^{4+} 为 $0.81 \pm 14\%$, Bi^{3+} 为 $0.13 \pm 15\%$ 。显然, 粤东沿岸海水 Cu^{2+} , Zn^{2+} 等离子浓度变幅均在“水汽化学”自然本底范围内, 因而, 粤东沿岸海水 Cu^{2+} , Zn^{2+} 等离子对水域生物的生态学效应亦处于自然正常状态^[4]。

对于粤东沿岸海水其它痕量离子的自然本底浓度, 可用顾函数计算^[5]。顾函数为:

$$(I_Z/Z)/VN = 1/(a + b/C)$$

式中 I_Z/Z 为比电子亲和常数(有关水合力), I_Z 为最后电离势, Z 为离子价数, V 为离子体积, N 为配位数(有关水合数), $C(\mu\text{g/L})$ 为离子自然本底浓度, 常数 $a=0.627$, $b=0.234$, 相关系数 $R=0.988$, 标准偏差 $S=0.0721$ 。

参 考 文 献

- [1] 顾宏堪. 天然水中痕量金属的分析、形式、分布及毒性. 见: 中国科学院地学部第二次学部委员大会文集. 北京: 科学出版社, 1988. 249—252
- [2] 顾宏堪主编. 渤海东海海洋化学. 北京: 科学出版社, 1991. 500
- [3] 顾宏堪, 陈钧铭, 刘明星等. 天然水循环中的痕量金属离子. 北京: 海洋出版社, 1991. 107
- [4] 顾宏堪. 河口水 Cu^{2+} , Zn^{3+} 的分析、形式、分布、毒性与生态环境. 海洋与湖沼, 1996, 27(3): 336—339
- [5] Gu Hongkan. Water—Water vapor ion flux calculated by Gu's function. *Yellow Sea Research*, 1994, 6: 73—75

IONS Cu^{2+} AND Zn^{2+} IN THE EAST COAST WATERS OF THE GUANGDONG PROVINCE AND THEIR ECOLOGICAL EFFECT

Gu Hongkan Liu Mingxing

(*Institute of Oceanology, The Chinese Academia of Sciences, Qingdao 266071*)

Huang Xineng

(*South China Sea Institute of Oceanology, The Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301*)

Abstract

The sea water samples collected from 11 stations in the east coast waters of the Guangdong Province in 9—10th January and 19th July 1995 were analyzed by "Anti—adsorption physically coated mercury film electrode without reagent" ASV method. The ion concentrations are: Cu^{2+} $0.71\mu\text{g/L} \pm 14\%$, Zn^{2+} $4.7\mu\text{g/L} \pm 9\%$, Cd^{2+} $0.051\mu\text{g/L} \pm 20\%$, Pb^{2+} $0.034\mu\text{g/L} \pm 24\%$, Sn^{4+} $0.81\mu\text{g/L} \pm 14\%$, Bi^{3+} $0.13\mu\text{g/L} \pm 15\%$. The ion concentrations and ranges in the east coast waters of the Guangdong Province are same as that of the natural baseline ion concentrations in "Water vapor chemistry". Therefore, the ions Cu^{2+} , Zn^{2+} etc. in the east coast waters of the Guangdong Province are at normal state for their ecological effect. Other ions can be calculated by Gu's Function.

Key words: The east coast waters of the Guangdong Province, Cu^{2+} and Zn^{2+} , Ecological effect

粤东沿岸海域海洋生物痕量金属的分析与现状^{*}

刘明星 顾宏堪

(中国科学院海洋研究所, 青岛 266071)

黄西能

(中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301)

提 要

1995年1月调查采集了粤东沿岸海域的各类海洋生物,其中包括鱼类、甲壳、双壳及软体动物,约30余种。并对几种主要鱼类的肉、鳃、鳞及内脏进行了重金属Zn, Cd, Pb和Cu的分析测定,计算了各类生物对痕量金属的富集系数,结合有关资料及标准对该海域生物的含量进行讨论。其监测结果是,鱼类平均对上述4种金属的含量分别是21.2, 0.242, 1.95及1.04 $\mu\text{g/g}$ (湿重);甲壳动物平均含量分别为22.9, 0.468, 2.18及7.68 $\mu\text{g/g}$ (湿重);软体动物平均为26.2, 0.923, 2.39及8.10 $\mu\text{g/g}$ (湿重)。鱼类对上述4种金属的平均富集系数,分别是 4.3×10^3 , 3.5×10^3 , 6.3×10^4 及 1.6×10^3 ;甲壳动物的平均富集系数,分别为 4.7×10^3 , 6.7×10^3 , 7.3×10^4 及 1.1×10^4 ;软体动物平均分别为 5.3×10^3 , 1.3×10^4 , 8.0×10^4 及 1.2×10^4 。

关键词: 粤东沿岸, 海洋生物, 痕量金属, 环境质量

粤东沿岸岸线曲折, 港湾多, 除大亚湾和大鹏湾为内湾型港湾外, 其余的如红海湾、碣石湾等均为开放式港湾。浮游植物和底栖生物总量年平均粤东岸段高于粤西岸段和海南岸段^[1]。大亚湾是粤东沿岸最大港湾, 湾内有丰富的水产资源, 特别是鱼类种类繁多, 湾内拖网渔获量就有157种^[2], 其它水产种类也相当丰富。本文通过最近调查采样, 分析报道了粤东沿岸海域鱼类、虾蟹、双壳类及软体动物中痕量金属的含量及富集系数, 并结合“海洋生物污染指标”评述该海域各生物的痕量金属含量水平及环境质量。

1 材料及方法

1.1 样品采集

各类海洋生物样品采集于1995年1月, 现场样品用洁净海水冲洗, 除去表底污物, 冷

* 中国科学大亚湾海洋生物(开放)综合实验站基金资助课题(S9407)。

海洋调查及样品采集中得到中国科学院大亚湾海洋综合实验站的大力支持, 中国科学院海洋研究所王存信、徐纪山、任先秋教授及张宝琳、张淑萍高工协助样品鉴定, 特此致谢。

冻保存,带回实验室进行预处理。称湿重后即将样品置于红外灯下(80℃)烘干,恒重后再称其干重,用玛瑙研钵磨成细粉,过 150 目筛的粉样保存于干燥器内备分析用。

1.2 样品测定

样品痕量金属分析测定参见文献[3—5]。用防吸附物理涂汞电极单池示差反向极谱分析,使用仪器为 Davis A 1660 型微分阴极射线极谱仪(英国制)。样品测定结果,均作试剂空白校正。

2 结 果

·粤东沿岸海域采集的各类海洋生物及其干湿比由表 1 示出。

表 1 粤东沿岸海域海洋生物及分析部位
Tab. 1 The analytical place of marine organisms in the east coastal sea waters of Guangdong Province

生 物 名 称	采样位置	样品数量 (个、尾)	测定部位	干重/湿 tgj (%)	备 注
黄吻棱鱼 <i>Thrissa vitirostris</i>	海域北部 (N)	5	肉	25.0	平均体长 5.2 cm
黄吻棱鱼 <i>Thrissa vitirostris</i>	海域西部 (W)	6	肉	25.6	平均体长 5.4 cm
白姑鱼 <i>Argyrosomus argenteus</i>	(W)	4	肉	29.5	平均体长 12 cm
纤羊舌鲆 <i>Arnoglossus tenuis</i>	(N)	10	网	17.5	平均体长 6 cm
焦氏舌鳎 <i>Cynoglossus joyneri</i>	(N)	4	肉	19.1	平均体长 7.2 cm
乔氏魷 <i>Hemiramphus georgii</i>	(N)	6	肉	22.3	平均体长 5.6 cm
多鳞鱼 <i>Sillago sihama</i>	(N)	5	肉	22.6	平均体长 8.7 cm
麦氏犀鲨 <i>Bregmacero macdellandi</i>	(W)	10	肉	22.2	平均体长 3 cm
中华单角鲀 <i>Monacanthus chintnsis</i>	(W)	8	肉	18.5	平均体长 5.5 cm
黄斑鲷 <i>Leiogenathus bindus</i>	(W)	6	肉	22.8	平均体长 12 cm
黄鳍鲷 <i>Sparus latus</i>	(W)	3	肉	25.1	平均体长 13 cm
李氏魷(魷兼) <i>Callionymus richardsoni</i>	(N)	6	肉	20	平均体长 6 cm
李氏魷 <i>Callionymus richardsoni</i>	海域南部 (S)	6	肉	18.9	平均体长 5.5 cm
黄斑蓝子鱼 <i>Siganus oramin</i>	(S)	6	肉	23.7	平均体长 10 cm

续表 1

生物名称	采样位置	样品数量 (个、尾)	测定部位	干重/湿重(%)	备 注
中华管鞭虾 <i>Solenocera sinensis</i>	(W)	10	整体	32.0	体长 4.5 cm 去皮取各组混合体
鹰爪虾 <i>Trachypenaeus urvirostris</i>	(W)	10	整体	28.5	体长 5.0 cm 去皮,取各组组织混合体
近缘新对虾 <i>Metapenaeus affinis</i>	(W)	3	整体	27.9	体长 9.0 cm 去皮,取各组组织混合体
虾 姑 <i>Squilla dratoria</i>	(W)	6	肉	27.0	体长平均 11 cm
隆线强蟹 <i>Eucrate crematu</i>	(W)	5	整体	35	平均体长 4.2 cm
双斑虫寻 <i>Charybdis bimaculata</i>	(W)	6	整体	30.4	平均体长 3.5 cm
双喙耳乌贼 <i>Sepiola birostrata</i>	(N)	10	整体	22.7	平均体长 3.5 cm
枪乌贼 <i>Loligo sp.</i>	(N)	10	整体	31.0	平均体长 8 cm
大章鱼 <i>Octopodidae sp.</i>	(S)	1	足	28.8	整体重 3.5 kg
栉孔扇贝 <i>Chlamys glorious (Reeve)</i>	(W)	6	整体	13.8	壳长 5 cm
翡翠贻贝 <i>Perna vividis (Linne)</i>	(W)	10	整体	15.3	壳长 6 cm
丽文蛤 <i>meretrix lusoria</i>	(W)	10	整体	9.0	壳长 2.5 cm
文 蛤 <i>meretrix meretrix</i>	(W)	10	整体	16.3	壳长 4.5 cm
美叶蛤 <i>Chausinella calophylla</i>	(W)	10	整体	13.3	壳长 2 cm
牡 蛎 <i>Ostrea sp.</i>	(N)	8	整体	16.7	壳长 4 cm
长毛蚶 <i>Scapharca globosa (Reeve)</i>	(W)	10	整体	9.6	壳长 2.5 cm
联珠蚶 <i>Mabellarca consociata (Smith)</i>	(W)	10	整体	13.3	壳长 3.2 cm
方斑东方螺 <i>Babylonia aredata (Link)</i>	(W)	10	整体	43.0	壳长 4.5 cm
炎 螺 <i>Bulla sp.</i>	(W)	10	整体	22.8	壳长 5 cm
泥东风螺 <i>Babylonia lutosa (Lamarck)</i>	(W)	10	整体	24	壳长 4 cm
骨 螺 <i>Murex sp.</i>	(W)	10	整体	20	壳长 2.5 cm
<i>Bedeve sp.</i>	(W)	10	整体	18.5	壳长 3.0 cm

表 2 粤东沿岸海洋生物体中痕量金属含量

Tab. 2 The trace metal content of marine organisms of the east coastal sea waters of Guangdong Province

生物名称	Zn($\mu\text{g/g}$)		Cd($\mu\text{g/g}$)		Pb($\mu\text{g/g}$)		Cu($\mu\text{g/g}$)	
	干重	湿重	干重	湿重	干重	湿重	干重	湿重
黄吻梭鱼(N)	86.7	21.7	1.00	0.25	8.66	2.17	3.57	0.89
黄吻梭鱼(W)	108	27.0	1.06	0.265	10.1	2.53	2.36	0.59
白姑鱼肉	65	19.1	0.90	0.265	7.02	2.05	2.18	0.64
白姑鱼内脏	151	44.6	1.19	0.35	7.20	2.12	3.31	0.97
白姑鱼鳃	140.8	41.2	1.31	0.385	6.70	1.97	3.65	1.07
纤羊舌鲆	54.2	9.5	1.51	0.264	7.40	1.29	4.06	0.71
焦氏舌鳎	75.8	14.6	1.63	0.217	8.91	1.71	3.31	0.63
乔氏鳀	81.3	21.9	1.57	0.356	10.8	2.45	4.60	1.50
多鳞鱼	97.5	22.4	0.87	0.197	8.00	1.82	5.54	1.26
麦氏犀鳕	189.5	41.7	1.57	0.348	7.20	1.60	4.44	0.98
中华单角鲀	48.8	9.1	1.13	0.209	8.17	1.51	4.72	0.87
黄斑鲷	86.7	27.1	1.32	0.412	9.63	3.01	3.35	1.05
黄鳍鲷肉	75.8	18.9	1.06	0.265	6.70	1.68	3.31	0.81
黄鳍鲷鳞	162.5	40.5	1.13	0.282	11.1	2.78	4.16	1.04
黄鳍鲷鳃	200.4	49.8	1.25	0.312	13.0	3.25	4.45	1.11
黄鳍鲷内脏	270.0	67.5	1.56	0.390	10.5	2.63	4.27	1.05
李氏鱼鲐(N)	102.9	20.6	0.94	0.189	6.95	1.39	5.57	1.10
黄斑蓝子鱼	119.2	28.3	0.94	0.224	7.80	1.86	3.87	0.92
李氏鱼鲐(S)	81.3	15.2	1.00	0.187	10.5	1.98	5.39	1.02
中华管鞭虾	58.5	18.7	0.69	0.22	7.22	2.31	2.87	0.91
鹰爪虾	52.0	14.8	0.59	0.17	3.99	1.17	8.24	2.35
近缘新对虾	91.0	25.2	0.98	0.27	3.33	0.93	9.42	2.63
虾姑	55.2	14.9	2.09	0.55	5.0	1.35	45.0	12.2
隆线强蟹	146.0	51.5	3.25	1.06	10.0	3.50	73.0	25.6
双斑虫	42.3	12.8	1.77	0.54	12.8	3.80	7.85	2.39
双喙耳贼	162.5	36.7	4.83	1.14	22.7	5.15	54.0	12.3
枪乌贼	178	55.2	2.85	0.88	8.88	2.75	46.5	14.4
大章鱼(足)	61.7	17.7	0.65	0.187	6.65	1.91	7.50	21.6
荣栉孔扇贝	479	66.1	8.87	1.22	14.4	1.98	51.1	7.0
翡翠贻贝	123.5	18.9	5.32	0.81	2.78	0.43	10.5	1.6
丽文蛤	325	29.3	6.0	0.54	3.88	0.35	7.5	0.67
文蛤	165	26.8	2.76	0.45	4.44	0.72	46.0	7.49
美叶蛤	58.5	7.80	8.90	1.18	3.85	0.52	4.70	0.63
牡蛎	68.3	11.4	7.01	1.61	3.32	0.56	5.20	0.86
长毛蚶	74.7	7.71	4.28	0.41	6.66	0.63	45.0	4.32
联珠蚶	136.5	18.1	3.86	0.42	9.44	1.25	4.43	5.91
方斑东方螺	104.0	44.7	3.94	1.68	5.01	2.11	4.86	20.9
炎螺	113.0	24.8	4.17	0.91	8.87	1.95	49.7	10.8
泥东风螺	71.5	17.2	2.16	1.71	5.56	1.33	10.3	2.47
骨螺	52.0	10.4	2.56	0.51	2.26	1.55	4.97	9.91
<i>Bedeve. sp.</i>	146.0	27.0	8.47	1.56	10.6	1.96	47.6	8.81

注:表内各数据均已扣除海水及试剂空白。

表 2 示出海域各类生物 Zn,Cd,Pb,Cu 含量情况,在所采集的鱼类里,肉中含 Zn 量较高的是麦氏犀鲂、黄斑蓝子鱼、黄斑鲮等,其含量分别为 41.7,28.3,27.1 $\mu\text{g/g}$ (以湿重计算,以下皆同)。而含 Zn 较低的是中华单角鲀、纤羊舌鲂、焦氏舌鲂,其含量分别为 9.1,9.5,14.6 $\mu\text{g/g}$ 。在测定的两种鱼类组织中,都是内脏含 Zn 最高,鳃次之,肉含量最低。在所采集的虾类中,近缘亲对虾含 Zn 较高,其含量为 25.2 $\mu\text{g/g}$ 。双壳类中以荣栉孔扇贝含量较高,美叶蛤含量最低,含量分别为 66.1 及 7.8 $\mu\text{g/g}$ 。软体动物枪乌贼 Zn 的含量较高,螺类以方斑东方螺含量较高,分别为 55.2 及 44.7 $\mu\text{g/g}$ 。

在采集的生物中,含 Cd 较高的鱼类有黄斑鲮、乔氏鲮,含量分别为 0.412 及 0.356 $\mu\text{g/g}$ 。含 Cd 较低是李氏鲮、多鳞鲮,分别为 0.187 及 0.197 $\mu\text{g/g}$ 。而黄鳍鲷的内脏及白姑鱼的鳃含 Cd 较高,分别为 0.390 及 0.385 $\mu\text{g/g}$ 。虾类的含量是在 0.17—0.27 $\mu\text{g/g}$ 。蟹类含量较高的是隆线强蟹,含量为 1.06 $\mu\text{g/g}$ 。双壳类含量较高的是荣栉孔扇贝、美叶蛤、牡蛎,含量分别是 1.22,1.18 及 1.16 $\mu\text{g/g}$ 。泥东风螺与方斑东方螺含 Cd 也较高,分别是 1.71 及 1.68 $\mu\text{g/g}$ 。相比之下,骨螺含量较低,为 0.51 $\mu\text{g/g}$ 。

在所采的生物样本中,鱼类含 Pb 较高的黄斑鲮、黄吻棱鲷、乔氏鲮,分别为 3.01,2.53 及 2.45 $\mu\text{g/g}$ 。含量较低的是纤羊舌鲂、李氏鲮(北部海域)含量分别为 1.29 及 1.39 $\mu\text{g/g}$ 。黄鳍鲷的鳃、鳞内脏含量也较高,分别为 0.325,0.278 及 2.63 $\mu\text{g/g}$ 。虾类内中华管鞭虾含量较高,是 2.31 $\mu\text{g/g}$,近缘亲对虾含量较低,是 0.93 $\mu\text{g/g}$ 。隆线强蟹和双斑蜆含量都比较高,分别为 3.50 及 3.80 $\mu\text{g/g}$ 。双壳类中荣栉孔扇贝及联珠蚶含量较高,分别是 1.78 及 1.25 $\mu\text{g/g}$ 。含量比较低的是丽文蛤、翡翠贻贝,分别是 0.35 及 0.43 $\mu\text{g/g}$ 。螺类中方斑东方螺含量较高,为 2.15 $\mu\text{g/g}$ 。相比之下,泥东风螺含量较低,为 1.33 $\mu\text{g/g}$ 。鱼类含 Cu 较高的是多鳞鲮、李氏鲮(北部),含量分别为 1.26 及 1.10 $\mu\text{g/g}$ 。含量较低的是黄吻棱鲷、白姑鱼肉、焦氏舌鲂,含量分别为 0.59,0.64,0.63 $\mu\text{g/g}$ 。黄鳍鲷及白姑鱼的内脏、鳃、鳞含量基本相一致,含量范围在 0.97—1.11 $\mu\text{g/g}$ 之间。近缘亲对虾,鹰爪虾含量为 2.63,2.35 $\mu\text{g/g}$ 。隆线强蟹的含量高达 25.6 $\mu\text{g/g}$,双斑蜆含量较低,为 2.39 $\mu\text{g/g}$ 。双壳类含量较高的是丽文蛤及荣栉孔扇贝,分别为 7.49 及 7.0 $\mu\text{g/g}$ 。含量较低是美叶蛤,为 0.67 $\mu\text{g/g}$,螺类中方斑东方螺含量较高,为 20.9 $\mu\text{g/g}$,泥东风螺含量较低,为 14.4 $\mu\text{g/g}$ 。

表 3 粤东沿岸各类生物的金属含量范围($\mu\text{g/g}$,湿重)

Tab. 3 The content range of trace metal in marine organisms of the east coastal sea waters of Guangdong Province

金 属	鱼 类	甲壳动物	软体动物
Zn 范围	9.1—41.7	7.8—51.5	7.7—66.1
平均	21.2	22.9	26.2
Cd 范围	0.187—0.412	0.170—1.06	0.41—1.71
平均	0.242	0.468	0.923
Pb 范围	1.29—3.01	0.93—3.80	0.35—5.15
平均	1.95	2.18	2.39
Cu 范围	0.59—1.26	0.91—25.6	0.63—21.6
平均	1.04	7.68	8.10

注:鱼类的痕量金属含量范围,不包括内脏、鳃、鳞。

表 3 列出了粤东沿岸海域生物含痕量金属的范围。从表中可看出 14 种鱼类平均含 Zn,Cd,Pb, Cu 的量分别为 21.2,0.242,1.95 及 1.04 $\mu\text{g/g}$ 。甲壳动物对上述痕量金属的平均含量,分别为 22.9,0.468,2.18 $\mu\text{g/g}$ 及 7.68 $\mu\text{g/g}$;软体动物的平均含量,分别为 26.2,0.923,2.39 及 8.10 $\mu\text{g/g}$ 。

粤东沿岸海域的鱼类,甲壳动物、软体动物对上述 4 种痕量金属的富集系数,由表 4 示出。在所采集的鱼类中,鱼肉对 Zn 的富集最高是麦氏犀鲑,其值为 8.5×10^3 。富集最低的是纤羊舌鲷,其值为 1.9×10^3 。黄鳍鲷及白姑鱼的内脏对 Zn 富集值为 1.4×10^4 和 8.4×10^3 。乔氏鳘对 Cd 的富集最高,达 5.1×10^3 ,李氏鳘富集最低,为 2.8×10^3 。黄斑鲳对 Pb 富集最高,其值高达 1.0×10^6 ;李氏鳘最低,为 4.6×10^5 。多鳞鱈对 Cu 富集最高,达 1.9×10^3 ;黄吻棱鲷较低,为 9×10^3 。虾类中近缘亲对虾对 Zn,Cd,Cu 的富集较高,分别为 5.1×10^3 , 3.8×10^3 及 4.2×10^3 ,中华管鞭虾对 Pb 富集较高,为 7.7×10^5 。双壳类荣栉孔扇贝对 Zn,Cd,Pb 及 Cu 的富集系数,分别为 1.3×10^4 , 1.7×10^4 , 6.6×10^5 及 1.1×10^4 。枪乌贼对上述 4 种金属的富集系数为 1.1×10^4 , 1.3×10^4 , 9.2×10^5 及 2.2×10^4 。螺类中以方斑东风螺对 4 种金属富集系数较高,其值分别为 9.1×10^3 , 2.4×10^4 , 7.2×10^5 及 3.2×10^4 。

表 4 各类海洋生物对痕量金属的富集系数

Tab. 4 The concentration factor of trace metal of marine organisms

金 属	鱼 类	甲壳动物	软体动物
Zn 范围 平均	$\frac{1.8\times10^3-8.5\times10^3}{4.3\times10^3}$	$\frac{1.6\times10^3-9.1\times10^3}{4.7\times10^3}$	$\frac{1.6\times10^3-1.3\times10^4}{5.3\times10^3}$
Cd 范围 平均	$\frac{2.7\times10^3-5.9\times10^3}{3.5\times10^3}$	$\frac{2.4\times10^3-1.5\times10^4}{6.7\times10^3}$	$\frac{5.9\times10^3-2.4\times10^4}{1.3\times10^4}$
Pb 范围 平均	$\frac{4.3\times10^4-1.0\times10^5}{6.3\times10^4}$	$\frac{3.1\times10^4-1.2\times10^5}{7.3\times10^4}$	$\frac{1.1\times10^4-1.7\times10^5}{8.0\times10^4}$
Cu 范围 平均	$\frac{9.0\times10^2-1.9\times10^3}{1.6\times10^3}$	$\frac{1.4\times10^3-3.9\times10^4}{1.1\times10^4}$	$\frac{9.6\times10^2-3.3\times10^4}{1.2\times10^4}$

注:粤东沿岸海域海水中 Zn^{2+} 、 Cd^{2+} 、 Pb^{2+} 、 Cu^{2+} 离子的含量,分别为 4.9,0.070,0.030 及 0.65 $\mu\text{g/g}$ (1995 年 1 月采集水样,分析方法见文献[5])。

鱼类对 4 种痕量金属的富集能力依次为 $\text{Pb}>\text{Zn}>\text{Cd}>\text{Cu}$ 。甲壳动物的富集力依次为 $\text{Pb}>\text{Cu}>\text{Cd}>\text{Zn}$ 。软体动物的富集能力依次为 $\text{Pb}>\text{Cd}>\text{Cu}>\text{Zn}$ 。

3 讨 论

3.1 鱼类是游动性动物

本文报告的鱼类虽是在局部海域采集,不可能完全代表整个粤东沿岸鱼类的情况,但