

文章编号: 1000 - 5463(2003)01 - 0076 - 06

珠江口担杆岛附近海域底栖腹足类 重金属含量及评价

方展强

(华南师范大学生命科学学院, 广东广州 510631)

摘要:对分布于珠江口担杆岛附近海域的 17 种底栖腹足类重金属的含量进行测定,结果显示:所有种类的整体软体组织中所测得的 Cu、Zn、Pb、Ni 和 Sn 的含量都低于香港 (PHMSO) 和广东省 (MOPAS) 对海产品管理的规定标准. 7 种腹足类体内的 Cd 含量和 12 种腹足类体内 Cr 含量分别超过 PHMSO 评价标准 ($2.00 \mu\text{g/g}$ 和 $1.00 \mu\text{g/g}$); 仅 3 种腹足类体内 Cd 含量和 5 种腹足类体内 Cr 含量分别超过 MOPAS 评价标准 ($5.50 \mu\text{g/g}$ 和 $5.50 \mu\text{g/g}$); 4 种腹足类体内的 Sb 含量略超过 PHMSO 评价标准 ($1.00 \mu\text{g/g}$). 结果还表明, Cd、Pb、Cr 和 Sb 含量随腹足类整体体质量的增加而增加, 而 Cu 和 Zn 在腹足类体内的含量与个体质量成反比. Cu、Zn、Pb、Ni、Sb 和 Sn 含量在腹足类不同器官组织中的分布为: 肝脏 > 肾脏 > 性腺 > 鳃 > 足 ($P < 0.01$); 而 Cd 和 Cr 含量的分布则为: 肾脏 > 肝脏 > 性腺 > 鳃 > 足 ($P < 0.01$).

关键词:腹足类; 重金属; 含量; 评价; 珠江口

中图分类号: Q58; O657.31 **文献标识码:** A

EVALUATION ON THE HEAVY METAL CONTENTS IN BENTHIC GASTROPODS FROM MARINE AREA NEAR DANG GANG ISLANDS

FANG Zhan - qiang

(College of Life Science, South China Normal University, Guangzhou 510631, China)

Abstract: Concentrations of heavy metals were determined in 17 species of benthic gastropods collected from the marine area near Dang Gang Islands of Pearl River estuary. The results indicate that Cu, Zn, Pb, Ni and Sn concentrations in 17 species of gastropods are within the local regulatory limits of Hong Kong (PHMSO) and Guangdong Province (MOPAS). However, 7 and 12 species of gastropod exceed the PHMSO levels of Cd ($2 \mu\text{g/g}$) and Cr ($1 \mu\text{g/g}$) respectively, while only 3 and 5 species of gastropods exceed the MOPAS levels of Cd ($5.5 \mu\text{g/g}$) and Cr ($5.5 \mu\text{g/g}$) respectively; 4 species of gastropods exceed the PHMSO levels of Sb ($1 \mu\text{g/g}$). Good correlation was observed for metal concentrations in soft tissues with the whole body weight of gastropods, except Ni and Sn. Small gastropods (whole body weight basis) has higher Cu and Zn levels than what of larger ones. However, larger individuals have high levels of Cd, Pb, Cr and Sb concentrations. Heavy metal concentrations of different tis-

收稿日期: 2002 - 09 - 03

基金项目: 香港城市大学资助

作者简介: 方展强(1953 -), 男, 广东普宁人, 华南师范大学教授, 硕士.

sues in gastropods are also significantly different ($P < 0.01$). In general, kidney or liver tissue have the highest proportion of metal contents (20% - 76%) as compared with other tissue parts (gonad, gill, and food), except for Cu, which shows the highest level in gill tissues. Zn, Pb, Ni, Sb and Sn concentrations in the tissues generally decrease in the relative order as follows: liver > kidney > gonad > gill > food, while poisonous metals such as Cd and Cr concentrations in the tissues generally decrease in the relative order as follows: kidney > liver > gonad > gill > food.

Key words: gastropods; heavy metals; contents; evaluation; Pearl River estuary

珠江三角洲地区由于人口稠密,工商业部门迅速发展,海岸环境的排污日益严重.目前大量未经处理或半处理过的排放物仍含有高浓度的各种污染物,如重金属或有机氯污染物.贝类动物具有从水生环境中积累重金属和有机氯污染物的能力而被推荐作为监测海洋环境污染的理想指示生物^[1],海洋环境的污染状况可以通过对贝类体内污染物含量的监测进行评价.此外,海产品体内积累的污染物将对消费者的健康造成潜在威胁,近年对珠江三角洲地区市场的食用贝类体内重金属含量的测定已发现有超标的现象^[1].珠江口浅海区海域是本地区食用贝类的重要产区之一,对其底栖贝类污染物的测定既可以评价其食用价值,又可以为本地区海洋环境质量的监测提供重要数据.本研究目的在于报道本水域底栖腹足贝类重金属的含量及其被食用的卫生评价结果.

1 材料与方法

1.1 设点及采样

采样点选择在南海担杆岛附近海域(图1),本海域是珠江河口区经济贝类的主要产地之一.于1999年12月至2000年1月期间先后进行了7个航次的拖网采样工作,采集的腹足类共17种隶属12个科(表1).样品送到香港城市大学生化系实验室,分别称重测量体长.样品根据其不同实验目的而分别进行处理.如不能及时分析,样品先置-25℃冰柜冷藏.

1.2 样品处理

各随机选择25个个体,取出整体软体组织混合进行匀浆,再称重.为防止高温下的金属流失,样品采用冰冻干燥方法,将匀浆装入多聚乙烯瓶子中,先置于-20℃冰柜冷藏,再送冷冻干燥机干燥,至恒重,再称重,并计算出干湿重比率.

取干燥样品大约1g(3次重复)放入消化玻管中,加入10mL体积分数为65%的浓硝酸,静候2h再置于消化箱并逐渐加温保持至130℃直到消化液透明为止.将消化液用滤纸过滤,再用三蒸水定量至25mL,装在经酸洗

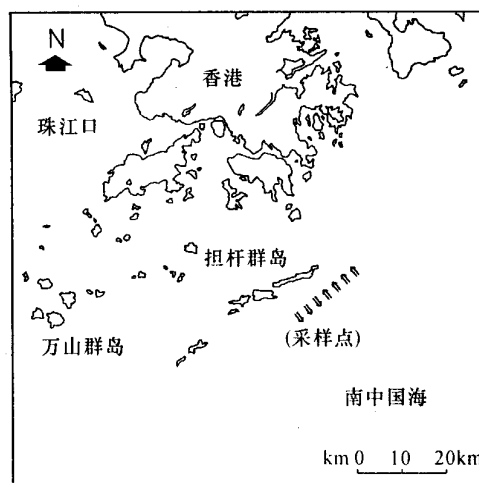


图1 采样点

过的塑料瓶里,然后在 4℃ 冰柜冷藏贮存,待测定。

表 1 1999 年 12 月至 2000 年 1 月期间在担杆岛附近海域采集的腹足类

科名	种名	采集数量	<i>l</i> (体长)/mm	<i>m</i> (体质量)/g
轮螺科 Architectoniciidae	大轮螺 <i>Architectonica maxima</i>	133	32 - 41	7 - 11
	篱凤螺 <i>Strombus luhuanus</i>	137	74 - 85	40 - 63
玉螺科 Naticidae	扁玉螺 <i>Neverita didyma</i>	206	25 - 50	10 - 42
	乳玉螺 <i>Polynices mammata</i>	228	21 - 48	8 - 40
	大口乳玉螺 <i>Polynices macrostoma</i>	220	25 - 61	9 - 40
冠螺科 Cassidae	双沟鬘螺 <i>Phalium bisulcatum</i>	242	35 - 55	6 - 25
嵌线螺科 Cymatiidae	网纹扭螺 <i>Distorsio reticulata</i>	157	55 - 95	48 - 49
蛙螺科 Bursidae	习见蛙螺 <i>Bursa rane</i>	432	61 - 95	24 - 52
鹑螺科 Tonniidae	带鹑螺 <i>Tonna olearium</i>	129	86 - 110	72 - 84
	沟鹑螺 <i>Tonna sulcosa</i>	130	85 - 105	70 - 134
	丽鹑螺 <i>Tonna magnifica</i>	76	93 - 125	63 - 176
琵琶螺科 Ficidae	琵琶螺 <i>Ficus ficus</i>	244	134 - 153	70 - 251
骨螺科 Muricidae	皱红螺 <i>Rapana bezoar</i>	128	37 - 45	132 - 156
	浅缝骨螺 <i>Murex trapa</i>	125	75 - 103	8 - 11
娥螺科 Buccinidae	泥东方螺 <i>Babylonia lutosa</i>	87	65 - 93	38 - 85
盔螺科 Galeodidae	细角螺 <i>Hemifusus ternatanus</i>	13	163 - 212	129 - 732
涡螺科 Valutidae	瓜螺 <i>Cymbium melo</i>	3	205	1512

1.3 样品分析

按照 Allen et al^[2]描述的方法,用火焰原子吸收分光光度计测定 Cd、Cu、Zn、Pb、Ni、Cr、Sb 和 Sn 含量。所有数据在 95 % 置信度的水平下,用 Student's *t*-test 检验法进行分析,比较各数据之间的差异。

1.4 质量控制

采用标准物作对照,对样品作多次重复分析及使用未受污染的试剂和仪器,在与样品分析流程相同条件下作了空白分析,未发现人为污染。标准物中的 Cd、Cu、Zn、Pb、Ni、Cr、Sb 和 Sn 的平均回收率达 86 % 以上(表 2),表明本实验对样品的分析方法是可靠的。

表 2 标准物(Standard Oyster Tissue 1566a)中不同金属的检验值(*w*(干重)/($\mu\text{g g}^{-1}$)及平均回收率(%)

	镉(Cd)	铜(Cu)	锌(Zn)	铅(Pb)	镍(Ni)	铬(Cr)	锑(Sb)	锡(Sn)
确认值	4.15 ±0.38	66.30 ±4.30	830 ±57	0.37 ±0.01	2.25 ±0.44	1.43 ±0.46	NCV	NCV
检验值	3.94 ±0.13	60.88 ±1.21	807.8 ±14.9	0.31 ±0.14	2.09 ±0.20	1.43 ±0.25	0.03	8.10
回收率	94.85 ±3.1	91.73 ±1.73	96.98 ±1.80	83.2 ±18.4	92.97 ±8.63	100.3 ±17.2	—	—

NCV: 未有确认值

2 结果与讨论

2.1 不同种类体内重金属含量的差异

对 17 种不同种类的腹足贝类整体软体组织的重金属含量测定结果见表 3。

表3 腹足类重金属含量(w(湿重)/(μg g⁻¹))

种名	镉(Cd)	铜(Cu)	锌(Zn)	铅(Pb)	铬(Cr)	镍(Ni)	锑(Sb)	锡(Sn)
大轮螺	1.11 ±0.23	2.51 ±0.08	74.6 ±7.22	1.00 ±0.11	0.81 ±0.06	0.29 ±0.03	0.09 ±0.01	3.33 ±0.05
箭凤螺	0.37 ±0.02	1.72 ±0.11	16.9 ±0.99	0.68 ±0.17	15.49 ±0.6 *	8.35 ±0.70	1.36 ±0.6 *	26.1 ±3.98
扁玉螺	1.15 ±0.05	15.9 ±0.76	18.0 ±0.23	0.29 ±0.11	0.82 ±0.18	1.43 ±0.10	0.09 ±0.01	5.13 ±0.31
乳玉螺	2.58 ±0.70 *	11.24 ±1.4	46.90 ±30	0.43 ±0.00	1.91 ±0.37 *	1.81 ±0.21	0.11 ±0.04	4.65 ±0.31
大口乳玉螺	5.66 ±0.99 *	10.85 ±2.6	18.09 ±0.7	0.03 ±0.00	1.74 ±0.53 *	1.38 ±0.19	0.14 ±0.03	3.28 ±0.27
双沟鬘螺	0.20 ±0.03	1.76 ±0.30	32.77 ±3.4	0.62 ±0.32	2.11 ±0.23 *	0.70 ±0.38	0.58 ±0.21	6.98 ±2.45
网纹扭螺	3.09 ±0.16 *	46.71 ±8.7	127.77 ±4	0.19 ±0.06	1.18 ±0.16 *	2.53 ±0.12	2.1 ±1.23 *	17.32 ±3.7
习见蛙螺	1.59 ±0.13	7.44 ±0.29	121.9 ±13	1.47 ±0.32	7.88 ±2.47 *	6.93 ±1.11	0.14 ±0.05	5.38 ±1.51
带鹑螺	0.41 ±0.05	1.24 ±0.10	13.28 ±0.2	0.29 ±0.10	5.75 ±0.16 *	4.78 ±1.67	0.13 ±0.09	7.64 ±0.51
沟鹑螺	0.35 ±0.06	0.31 ±0.04	14.46 ±1.5	0.14 ±0.65	2.27 ±0.60 *	1.87 ±0.43	0.23 ±0.05	8.65 ±1.36
丽鹑螺	0.24 ±0.01	1.26 ±0.11	11.79 ±0.2	1.96 ±0.24	13.28 ±0.9 *	7.78 ±0.44	0.32 ±0.02	11.2 ±2.59
琵琶螺	0.79 ±0.06	2.16 ±0.17	76.26 ±5.7	0.61 ±0.79	1.98 ±0.75 *	1.81 ±0.35	1.29 ±0.2 *	48.6 ±21.3
皱红螺	15.34 ±13 *	55.51 ±27	51.39 ±7.0	0.21 ±0.14	2.65 ±0.39 *	1.76 ±0.69	0.74 ±0.21	43.1 ±14.6
浅缝骨螺	3.74 ±0.09 *	25.93 ±1.4	21.24 ±3.0	0.38 ±0.02	5.12 ±0.20 *	4.05 ±0.29	0.26 ±0.09	36.2 ±12.1
泥东方螺	5.02 ±1.77 *	67.92 ±17	34.70 ±2.5	1.11 ±0.32	0.60 ±0.14	0.49 ±0.24	1.67 ±0.7 *	36.8 ±8.45
细角螺	3.97 ±1.24 *	11.31 ±2.2	27.78 ±1.9	0.87 ±0.79	0.77 ±0.01	0.97 ±0.03	0.51 ±0.13	2.35 ±1.14
瓜螺	1.01 ±0.14	17.57 ±1.0	45.73 ±27	1.90 ±0.22	0.75 ±0.05	0.74 ±0.11	0.02 ±0.01	34.9 ±11.8

* ——超标

腹足类体内分别积累不同水平的重金属。网纹扭螺和习见蛙螺 Zn 的含量最高,达 120 μg/g 以上,而网纹扭螺、皱红螺和泥东方螺的 Cu 含量也在 45 μg/g 以上。丽鹑螺的 Cu 和 Zn 的含量最低,分别为 1 μg/g 和 11 μg/g。皱红螺体内的 Cd 含量达 15 μg/g,但 10 种腹足类体内 Cd 含量在 2 μg/g 以下,13 种腹足类体内的 Pb 和 Sb 水平较低,其含量在 1 μg/g 以下。所有种类体内 Cr 和 Ni 的平均含量分别为 3.8 μg/g 和 2.8 μg/g,但 Sn 的平均含量达 15 μg/g。由此可见,同属腹足贝类的不同种类,其体内重金属积累的差异,显然是由于它们食性的不同造成的,也与金属的种类和在环境的浓度有关。腹足类营底栖生活,靠摄食其他生物或底质为生,对重金属的富集主要通过食物链。如细角螺主要以扇贝等双壳贝类为食^[3],许多研究已经证明扇贝体内含有较高的重金属^[4,5],细角螺通过食物链富集重金属,其体内的 Cd 含量高达 3.97 μg/g。此外,对本海区底栖贝类体内重金属污染物含量的测定结果表明,香港附近海域已严重遭受重金属污染。据统计,香港每天约有 2 t 的重金属倾入附近海域^[6]。这些污染物最终积累在沉积物,造成严重的海洋污染。

2.2 个体大小不同体内重金属含量的差异

对习见蛙螺 5 个不同体重组体内的重金属含量的测定结果见表 4。

表4 习见蛙螺不同体重组^{*}重金属含量(w(湿重)/(μg g⁻¹))

组别	镉(Cd)	铜(Cu)	锌(Zn)	铅(Pb)	铬(Cr)	镍(Ni)	锑(Sb)	锡(Sn)
A	1.17 ±0.23	7.59 ±1.03	136 ±26.1	0.96 ±0.23	2.39 ±0.6	15.21 ±2.65	0.09 ±0.03	6.84 ±1.65
B	1.37 ±0.18	7.44 ±0.30	122 ±13.2	1.09 ±0.18	2.47 ±0.50	13.40 ±1.24	0.13 ±0.02	6.35 ±0.58
C	1.53 ±0.15	6.62 ±1.02	114.5 ±22	1.28 ±0.21	5.18 ±1.17	15.64 ±1.23	0.14 ±0.05	5.38 ±1.51
D	1.61 ±0.13	5.79 ±0.66	107 ±3.16	1.47 ±0.32	7.88 ±2.47	6.93 ±1.11	0.17 ±0.04	7.36 ±0.59
E	1.81 ±0.14	5.55 ±0.76	103 ±6.29	1.66 ±26.1	7.91 ±1.30	7.66 ±2.53	0.19 ±0.05	6.34 ±1.24

* : n = 30; A: 20 - 25 g; B: 26 - 30 g; C: 31 - 35 g; D: 36 - 40 g; E: 41 - 45 g

结果显示,习见蛙螺体内的非必需金属元素 Cd、Pb、Cr 和 Sb 含量随体质量的增加而增加,显著正相关(相关系数 r 分别为 0.983 7、0.995 5、0.905 9 和 0.973 0)。但 Ni 和 Sn 在习见蛙螺体内的分布则不呈规律性,而必需金属元素 Cu 和 Zn 在习见蛙螺体内的含量与个体质量成反比(相关系数 r 分别为 0.953 1 和 0.955 0)。贝类小的个体比大的个体其体内积累的必需金属元素含量要高,这是因为小个体的新陈代谢更旺盛,而引起细胞内物质更新更迅速,由此也提高了组织中的金属结合^[7]。

2.3 不同器官组织重金属的含量

习见蛙螺不同器官组织中的 Cd、Cu、Zn、Pb、Cr、Ni、Sb 和 Sn 含量见表 5。

表 5 习见蛙螺不同器官组织重金属含量(w(湿重))/($\mu\text{g g}^{-1}$)

器官	镉(Cd)	铜(Cu)	锌(Zn)	铅(Pb)	铬(Cr)	镍(Ni)	锑(Sb)	锡(Sn)
足	0.13 \pm 0.02	4.28 \pm 0.23	130 \pm 0.11	0.19 \pm 0.03	0.88 \pm 0.25	1.26 \pm 0.41	0.01 \pm 0.01	0.54 \pm 0.12
肝脏	11.26 \pm 0.34	21.6 \pm 0.78	539.8 \pm 9.2	3.51 \pm 0.62	1.04 \pm 0.02	38.0 \pm 1.87	1.45 \pm 0.32	15.3 \pm 3.69
性腺	1.54 \pm 0.07	8.55 \pm 0.48	42.6 \pm 1.51	1.42 \pm 0.65	2.16 \pm 0.33	2.85 \pm 0.22	0.35 \pm 0.02	3.49 \pm 0.56
鳃	1.49 \pm 0.04	22.47 \pm 1.9	18.9 \pm 0.67	1.16 \pm 0.12	1.41 \pm 0.06	2.45 \pm 0.40	0.08 \pm 0.02	0.89 \pm 0.24
肾脏	19.57 \pm 0.5	14.26 \pm 0.4	94.7 \pm 2.19	2.39 \pm 0.40	1.80 \pm 0.09	5.73 \pm 0.13	1.37 \pm 0.45	13.7 \pm 3.78

结果表明,腹足类同一类器官组织中的重金属含量有明显不同,这是由于不同金属对生物体生命作用的差异,其含量高低的的基本趋势是:Zn、Cu > Cr、Ni > Cd > Sn、Pb 和 Sb ($P < 0.01$)。此外,对于同一种金属来说,由于贝类体内各组织器官的生理功能、代谢水平存在一定的差异,其不同器官组织中的分布也存在明显的不同,如 Cu、Zn、Pb、Ni、Sb 和 Sn 的含量:肝脏 > 肾脏 > 性腺 > 鳃 > 足 ($P < 0.01$); 而 Cd 和 Cr 的含量则为:肾脏 > 肝脏 > 性腺 > 鳃 > 足 ($P < 0.01$)。Cu 和 Zn 等生命必需元素一般在贝类体内的含量较高,并且存在肝脏等器官中,这主要与它们的生理作用有关。但是对于 Cd 和 Cr 等有毒元素,贝类通过排泄作用将其存储在肾脏中,有部分最后被排除体外。鳃组织表面由于存在大量的吸附颗粒,能吸附水环境中的重金属而其含量也较高。

2.4 对食用贝类的卫生评价

为了保证消费者的健康,在香港已经颁布了具法律效力的“香港公众健康与市政服务条例中对伪劣食品管理的规定(PHMSO)”,对食用海产品中重金属所允许的最高含量作了明确限定;由广东省海岸带资源综合调查小组推荐的海洋生物污染评价标准(MOPAS)作为广东省对海产品的卫生评价标准(表 6)。

瓜螺、习见蛙螺、细角螺、泥东方螺、琵琶螺及几种鹑螺等为珠江三角洲和香港市场常见上市种类,有一定产量其食用价值也较高。结果表明,所有(17种)腹足贝类的整体软体组织中所测得的 Cu、Zn、Pb、Ni 和 Sn 的含量都

表 6 香港和广东省海产品中重金属允许的最高含量(w(湿重))/($\mu\text{g g}^{-1}$)限制

金属	香港标准	广东标准
锑 Antimony(Sb)	1.00 [*]	—
砷 Arsenic (as As ₂ O ₃)	10.00	10.00
镉 Cadmium(Cd)	2.00 [*]	5.50 [*]
铬 Chromium(Cr)	1.00 ^g	5.50 [*]
铅 Lead(Pb)	6.00 [*]	10.00 [*]
汞 Mercury(Hg)	0.50	0.30
锡 Tin(Sn)	230.00 [*]	—
镍 Nickel(Ni)	—	15.50 [*]

^{*}本研究使用的数据

低于 PHMSO 和 MOPAS 评价标准。但是,7 种腹足类体内的 Cd 含量超过 PHMSO 评价标准 ($2.00 \mu\text{g/g}$),其中重要的食用贝类如细角螺和泥东方螺,体内 Cd 含量超标 1 - 1.5 倍,皱红螺 Cd 含量高达 $15.34 \mu\text{g/g}$,超标几乎达 6.5 倍,这 3 种海产品体内的 Cd 含量也超过 MOPAS 评价标准 ($5.50 \mu\text{g/g}$),占总数的 18%。12 种腹足类体内 Cr 含量超过 PHMSO 评价标准 ($1.00 \mu\text{g/g}$),但重要的食用贝类如瓜螺、细角螺和泥东方螺体内的 Cr 含量都在标准以下,习见蛙螺、丽鹑螺和篱凤螺分别超标 6、12 和 14 倍;但有 5 个种类超过 PHMSO 评价标准 ($5.50 \mu\text{g/g}$)。仅 4 种腹足类体内的 Sb 含量略超过 PHMSO 评价标准 ($1.00 \mu\text{g/g}$),其中包括较重要的食用贝类泥东方螺(表 3)。近年曾对珠江三角洲主要市场(包括香港在内)常见的 14 种食用贝类的重金属含量进行调查^[1],其结果表明仅 3 种贝类其体内的 Cd、Pb、Ni、Cr、Sb 和 Sn 含量完全低于当地规定的标准,然而 60% 的双壳类其 Cd 和 Cr 含量超标,而 40% 的腹足类其 Sb 和 Cr 含量超标,这些结果与本研究的结论相一致。

对习见蛙螺不同体质量组体内 Cd、Cr 和 Sb 等金属平均含量的分析结果(表 4)表明,3 种有毒重金属的含量与腹足贝类的体质量增加成正比关系,也即个体越大,体内 3 种有毒重金属含量越高。此外,对习见蛙螺体内不同器官组织重金属的分布进行的分析结果表明,有毒重金属 Cd、Cr 和 Sb 主要分布和富集在肾脏和肝脏,其次则积累在性腺和鳃表面,足部的含量最低,因此仅将海产腹足类的腹足作为食用部分较为安全。PHMSO 评价标准没有对 Ni 作出规定,参考 MOPAS 评价标准,对 Ni 在海产贝类的含量限制在 $15 \mu\text{g/g}$ (湿重)以下,根据这一标准,所有被测的腹足贝类体内 Ni 含量都不超出标准。虽然 Cu 和 Zn 是贝类体内的必需元素,在香港并没有对其含量定出标准,但在西方许多国家都对其在食用贝类的含量标准有严格规定。在澳大利亚,贝类体内的 Cu 和 Zn 允许最高含量分别不能超过 70.0 和 $1000 \mu\text{g/g}$ (湿重)^[8],参照这一标准,所有被捕获的腹足类样品体内的 Cu 和 Zn 水平都低于此标准。

参考文献:

- [1] FANG Zhan-qiang, CHEUNG R Y H, WONG M H. Heavy metal concentrations in edible bivalves and gastropods available in major markets of the Pearl River Delta[J]. *Journal of Environmental Sciences*, 2001, 13(2): 210 - 217.
- [2] ALLEN S E, GRIMSHAW H M, PARKINSON J A, et al. *Chemical Analysis of Ecological Materials*[M]. Oxford: Blackwell, 1974.
- [3] MORTON B, MORTON J. *The Sea Shore Ecology of Hong Kong*[M]. Hong Kong: Hong Kong University Press, 1983.
- [4] PAPADOPOULOU C. The elementary composition of marine invertebrates as a contribution to the sea pollution investigation[A]. In: *Proc. MAMBO Meeting*[C]. Castellabate, Italy, 1973. 1 - 18.
- [5] MAHER W A. Distribution of arsenic in marine animals: relationship to diet[J]. *Comp Biochem Physiol*, 1985, 82C: 433 - 434.
- [6] LAM H W. *Marine Water Quality in Hong Kong for 1993*[R]. Hong Kong: Hong Kong Government Printer, 1994.
- [7] CHEUNG R Y H, WONG M H. Trace metal contents of the pacific oyster (*Crassostrea gigas*) purchased from markets in Hong Kong[J]. *Environment Management*. 1992, 16(6): 752 - 761.
- [8] PEERZADA N, DDICKINSON C. Metal in oysters from the Arnhem Land Coast, Northern Territory, Australia[J]. *Marine Pollution Bulletin*, 1989, 20(3): 144 - 145.

【责任编辑 黄玉萍】