

◆海洋生态环境◆

涠洲岛近岸海域重金属污染状况研究^{*}陈丽雯¹, 戴圣生², 雷富¹, 张腾³, 徐轶肖³, 梁千千¹, 黄晓煦¹, 刘熊^{4**}

(1. 广西科学院北部湾海洋研究中心, 广西近海海洋环境科学重点实验室, 广西海洋天然产物与组合生物合成化学重点实验室, 广西南宁 530007; 2. 广西科学院, 广西南宁 530007; 3. 南宁师范大学, 北部湾环境演变与资源利用教育部重点实验室, 广西地表过程与智能模拟重点实验室, 广西南宁 530001; 4. 防城港市海域使用动态监管中心, 广西防城港 538001)

摘要: 为了解涠洲岛近岸海域重金属元素 Cu、Pb、Zn、Cd、Cr 和 Hg 的污染现状, 分别于 2018 年 9 月和 2019 年 3 月在涠洲岛近岸海域采集水样和生物样品, 对其重金属含量进行分析, 并计算各重金属的单项污染指数及其生物富集系数。结果显示, 春季涠洲岛近岸海域的海水重金属含量均值排序为 Zn>Pb>Cu>Cr>Cd>Hg, 浓度为 0.00–7.30 μg/L; 秋季为 Cu>Pb>Cd>Hg>Cr=Zn, 浓度为 0.00–4.18 μg/L。整体来看, 秋季涠洲岛近岸海域的海水各重金属含量均在国家一类海水水质标准范围内, 但春季涠洲岛东南面和北面的站点存在 Pb 超标现象。单项污染指数的计算结果表明, 春季海水重金属污染严重程度依次为 Pb>Hg>Zn>Cu>Cd>Cr, 秋季为 Pb>Cu>Hg>Zn>Cd>Cr, 均未超出国家一类海水水质标准。春季海洋生物重金属含量均值排序为 Zn>Cr>Cu>Hg>Pb>Cd, 秋季为 Zn>Cu>Cr>Hg>Pb>Cd。除 Hg、Zn、Cr 外, 各重金属富集指数均未超过 1 000, Hg、Zn、Cr 在当地海洋生物体内存在比较明显的富集累积现象, 其中 Hg 的富集程度显著高于其他重金属。总体来看, 涠洲岛近岸海域水质状况良好, 海洋生物受重金属污染程度低, 均未超出国家水质及食品安全标准, 但 Hg、Zn、Cr 出现了一定的生物富集现象, 需要警惕。

关键词: 涠洲岛 海水水质 海洋生物 重金属 污染指数 富集系数

中图分类号: X826, P76 文献标识码: A 文章编号: 1002-7378(2021)01-0037-09

DOI: 10.13657/j.cnki.gxkxyxb.20210429.001

0 引言

涠洲岛位于广西北部湾海域中部, 总面积约为 24.98 km², 有海蚀、海积及溶岩等景观, 属亚热带季

风气候, 素有“蓬莱岛”之称^[1]。涠洲岛以旅游业为主, 工业开发活动较少, 周边海域保持着良好的生态多样性, 除了近岸海域的珊瑚礁群落^[2], 还分布有中华鲎、江豚、海豚和布氏鲸等重点保护海洋生物, 是广

^{*} 国家自然科学基金(41976155), 广西自然科学基金(2020GXNSFDA297001), 广西近海海洋环境科学重点实验室自主研究课题(18A0303), 北部湾环境演变与资源利用教育部重点实验室和广西地表过程与智能模拟重点实验室开放基金(GTEU-KLOP-K1803)资助。

【作者简介】

陈丽雯(1997-), 女, 研究实习员, 主要从事海洋环境调查和研究, E-mail: 906718959@qq.com。

【**通信作者】

刘熊(1986-), 男, 工程师, 主要从事海洋环境监测和研究, E-mail: liuxiong0773@163.com。

【引用本文】

陈丽雯, 戴圣生, 雷富, 等. 涠洲岛近岸海域重金属污染状况研究[J]. 广西科学院学报, 2021, 37(1): 37-45.

CHEN L W, DAI S S, LEI F, et al. Study on Heavy Metal Pollution in Coastal Waters of Weizhou Island [J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2021, 37(1): 37-45.

西乃至全国范围内著名的海洋旅游景点^[1]。

重金属作为典型的累积性污染物,具有来源广、降解难、毒性强、易于生物富集等特点^[3]。排放到环境中的重金属污染物会通过摄食或组织吸收等方式进入生物体内,由此进入海洋食物链,最后在海洋食物链中传递和富集,如日本的“水俣病”事件就是由汞元素通过食物链的传递和富集引起的食品安全事故。重金属对海洋生态系统乃至人类健康构成了潜在的威胁。由于海水中较低的重金属含量、重金属浓度的时空波动性和生物有效性等因素的干扰,重金属的生物体富集效应更能体现出重金属的污染程度^[4,5]。

近年来,随着涠洲岛海洋旅游产业的快速发展,人类活动的日益频繁,涠洲岛近岸海域的重金属污染状况成为岛民、游客以及政府部门热切关注的环境问题。1990年,邱邵芳^[6]对涠洲岛近岸海域的海水进行取样调查,发现各测点海水的铜(Cu)、铅(Pb)、锌(Zn)、镉(Cd)、铬(Cr) 5种重金属含量均不超标,符合国家一类海水的水质标准。2007年,谭趣孜和梁文^[7]对涠洲岛近岸海域水质状况进行调查,发现涠洲岛东面的两个站点 Pb 含量超标,水质已处于轻度污染水平。2016年,徐轶肖等^[8]对涠洲岛的海水重金属污染状况进行研究后发现,涠洲岛部分海域的海水综合污染指数均大于1,达到了轻度或中度污染水平,而且 Pb 等重金属元素存在超标现象,并认为人类活动是导致这种现象出现的主要原因。总体来看,近些年涠洲岛近岸海域的海水重金属污染水平有上升的趋势,尤其是东面和北面水域的污染较为突出。但相比广西其他近海城市附近海域的海水重金属污染程度,涠洲岛近岸海域仍可以认为处于清洁的水平^[8,9]。上述调查研究基本仅针对水质或底质环境,较少涉及海洋生物体内的重金属污染状况研究。为评估重金属对海洋生物和生态环境的影响,本研究在广西涠洲岛近岸海域开展现场调查和采样,对海水和海洋生物中的重金属元素 Cu、Pb、Zn、Cd、Cr、Hg 的污染状况进行分析和评价,为科学地开发和保护涠洲岛提供本底资料。

1 材料与方法

1.1 采样与测定

1.1.1 海水采集

2018年9月(秋季)和2019年3月(春季),分别在涠洲岛近岸海域的8个站点进行海水样本采集(图1)。使用2.5 dm³有机玻璃采水器采集表层(≤0.5

m)海水,经孔径0.45 μm的醋酸纤维膜过滤,滤液加入HNO₃酸化使其pH值≤2,于4℃下避光冷藏保存,尽快转移至实验室测定,具体方法按照《海洋监测规范》第3部分:样品采集、贮存与运输(GB 17378.3-2007)^[10]的要求执行。

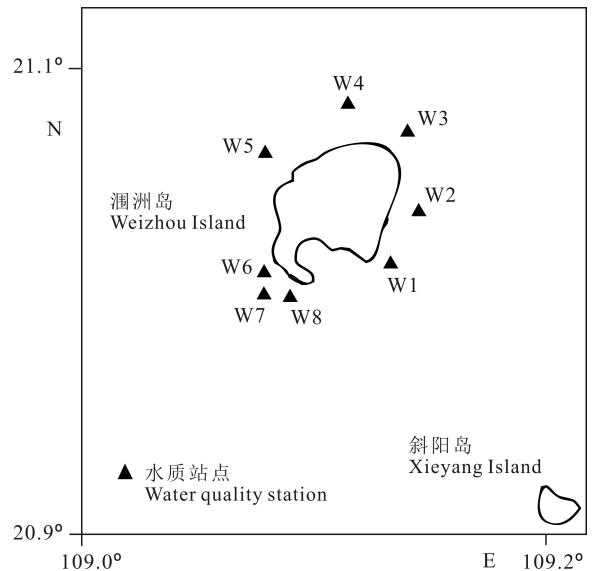


图1 采样站点

Fig.1 Sampling stations

1.1.2 海洋生物采样

生物体样品取自当地渔民在涠洲岛周边海域当日捕捞的渔获物,用阿氏拖网(网口长为0.8 m,宽为0.4 m)进行筛选,分拣所有渔获物,做好标记,并封入聚乙烯袋中,用冰块冷冻保存。在实验室对生物体样品进行种类鉴定、计数、称重并测量叉长,取其肌肉组织,用绞肉机搅碎,冷冻备用待测。每种海洋生物筛选性别相同、个体大小相近的生物用来测定,筛选出来的海洋生物体数量和重量,具体见表1。

1.1.3 重金属含量测定

根据《海洋监测规范》第4部分:海水分析(GB 17378.4-2007)^[11]和第6部分:生物体分析(GB 17378.6-2007)^[12]的要求,测定海水样本和生物样本的重金属含量,包括Cu、Pb、Zn、Cd、Cr、Hg。其中,Cu、Pb、Zn、Cd、Cr含量采用AAAnalyst 800原子吸收光谱仪测定(美国PerkinElmer公司),Hg含量采用AFS-830双道原子荧光光度计测定(北京吉天仪器有限公司)。为保证测量结果的稳定性和准确性,实验过程中均设置样品空白,并插入标样,标样测定值均在真值范围内,标准物质的回收率为90% - 110%。

表 1 生物体的数量及重量

Table 1 Quantity and weight of organisms

春季 Spring			秋季 Autumn		
种类 Species	数量 Quantity	重量 Weight (g)	种类 Species	数量 Quantity	重量 Weight (g)
囊形杂斑螺 <i>Subzebrinus baudoni saccatus</i>	8	200	钻嘴鱼 <i>Chelmon rostratus</i>	16	789
中华舌鳎 <i>Cynoglossus sinicus</i>	11	276	褐蓝子鱼 <i>Siganus fuscescens</i>	10	346
白姑鱼 <i>Pennahia argentata</i>	23	304	多鳞鳢 <i>Sillago sihama</i>	7	148
二长棘鲷 <i>Paerargyrops edita</i>	32	312	纵带绯鲤 <i>Upeneus sulphureus</i>	30	248
皮氏叫姑鱼 <i>Johnius belangerii</i>	3	180	截尾白姑鱼 <i>Pennahia anea</i>	10	194
鳄鲷 <i>Cociella crocodilus</i>	14	278	素银鲈 <i>Gerres argyreus</i>	6	150
海鳗 <i>Muraenesox cinereus</i>	12	523	线尾锥齿鲷 <i>Pentapodus setosus</i>	8	380
少牙斑鲆 <i>Pseudorhombus oligodon</i>	4	265	大眼鲷 <i>Saggrundus meerdervoortii</i>	11	345
			七带石斑鱼 <i>Epinephelus septemfasciatus</i>	2	605
			二长棘鲷 <i>Paerargyrops edita</i>	22	438

1.2 评价方法

1.2.1 海水水质

采用单项污染指数(PI)^[13]对海水的重金属含量进行评价,以《海水水质标准》1997版^[14]的一类标准限值作为超标参照,Cu、Pb、Zn、Cd、Cr、Hg的一类标准限值分别为5,1,20,1,50,0.05 μg/L。

单项污染指数计算公式为

$$PI = C_s^i / C_n^i, \quad (1)$$

式中, C_s^i 为第 i 测站重金属含量的实测值; C_n^i 为重金属含量的标准限值。当 $PI \leq 1$ 时,表示重金属含量符合标准;当 $PI > 1$ 时,表示重金属含量超过标准。

1.2.2 海洋生物

采用单项污染指数(PI)^[13]评价海洋生物重金属污染情况,计算公式同公式(1),以全国第二次资源调查标准(表2)作为超标参照。

表 2 全国第二次资源调查标准 (mg/kg)

Table 2 The second national resource survey standard (mg/kg)

类别 Category	Cu	Pb	Zn	Cd	Cr	Hg
软体动物 Mollusk	≤100	≤10.0	≤250	≤5.5	≤1.5	≤0.3
鱼类 Fishes	≤20	≤2.0	≤40	≤0.6	≤1.5	≤0.3

采用生物-水质富集系数(BSAFs)评价海洋生物对重金属的富集能力^[15],计算公式为

$$BSAFs = C_x / C_s, \quad (2)$$

式中, C_x 、 C_s 分别为生物体内重金属含量和海水中

重金属的平均含量,富集系数大于1 000时,表示水生生物对某种污染物有潜在的积累严重问题^[16]。

2 结果与分析

2.1 海水重金属污染状况

2.1.1 春、秋季海水重金属分布特征

由表3可以看出,春季海水的重金属含量均值依次为 $Zn > Pb > Cu > Cr > Cd > Hg$,浓度为0.00 - 7.30 μg/L,Cu、Pb、Zn、Cd、Cr、Hg最大值分别出现在W6、W4、W8、W2、W7、W1站点。其中W1、W4站点的Pb含量分别为1.15和2.21 μg/L,超过国家一类海水质量标准。秋季海水中重金属含量均值依次为 $Cu > Pb > Cd > Hg > Cr = Zn$,浓度为0.00 - 4.18 μg/L,Cu最大值出现在W3站点,Pb在W6站点,Cd在W8站点,W4、W8站点的Hg含量最大,Zn、Cr未检出,所有重金属元素含量均未超出国家一类海水质量标准^[14]。

春、秋季重金属Cu、Zn、Cd、Cr、Hg均未超标,但春季个别站存在Pb超标现象,主要分布于涠洲岛的北面 and 东南面(W1、W4站点)。从参考元素含量变异程度来看,变异系数值越小,差异越小。春季Cr、Cd、Pb含量在各采样点间差异较大,Cu最小,Zn与Hg介于中间;秋季Cd、Cu含量在各采样点间差异较大,Zn、Cr最小,Pb与Hg处于中间位置,说明重金属在涠洲岛的分布存在时间和地理差异。

表 3 表层海水重金属含量($\mu\text{g/L}$)Table 3 Content of heavy metals in surface seawater ($\mu\text{g/L}$)

重金属 Heavy metal	季节 Season	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	最小值 Min	最大值 Max	均值 Average	变异系数 CV(%)	检出限 Detection limit
Cu	春季 Spring	0.70	0.59	0.25	0.74	0.42	0.90	0.34	0.61	0.25	0.90	0.7	35.9	0.20
	秋季 Autumn	ND	0.68	4.18	3.30	0.51	0.29	2.36	0.80	0.00	4.18	1.53	95.3	0.20
Pb	春季 Spring	1.15	0.57	0.16	2.21	0.72	0.17	0.21	0.06	0.00	2.21	0.66	103.1	0.03
	秋季 Autumn	ND	0.49	0.60	0.43	0.16	0.94	0.15	0.70	0.00	0.94	0.44	67.3	0.03
Zn	春季 Spring	6.75	ND	3.90	5.27	ND	3.16	7.04	7.30	0.00	7.30	4.57	60.8	3.10
	秋季 Autumn	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0	3.10
Cd	春季 Spring	ND	0.29	ND	0.05	0.07	0.03	ND	ND	0.00	0.29	0.06	153.9	0.01
	秋季 Autumn	ND	ND	0.13	ND	ND	ND	0.06	0.08	0.00	0.13	0.04	117.9	0.01
Cr	春季 Spring	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.04	ND	0.00	2.04	0.43	156.9	0.40
	秋季 Autumn	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.0	0.40
Hg	春季 Spring	0.025	0.009	0.013	0.020	0.023	0.009	0.008	0.004	0.000	0.025	0.014	52.1	0.007
	秋季 Autumn	0.006	0.007	0.012	0.013	0.008	0.007	0.011	0.013	0.000	0.013	0.010	27.4	0.007

注:ND表示未检出

Note:ND means not detected

2.1.2 海水重金属污染状况

单项污染指数的计算结果见表4。春季海水的重金属元素中,Pb的单项污染指数均值最大,其他元素均值偏低,均小于1,符合一类水质标准,各重金属污染程度均值依次为 Pb>Hg>Zn>Cu>Cd>Cr。但该海域有两个站点(W1、W4)的Pb污染指数超出国家一类海水质量标准,分别超出15%和121%。秋

表 4 涠洲岛近岸海域海水中各种重金属的污染指数
Table 4 Pollution index of various heavy metals in seawater of Weizhou Island coastal area

重金属 Heavy metal	春季 Spring			秋季 Autumn		
	最小值 Min	最大值 Max	均值 Average	最小值 Min	最大值 Max	均值 Average
Cu	0.05	0.18	0.11	0.03	0.84	0.31
Pb	0.06	2.21	0.66	0.02	0.94	0.44
Zn	0.08	0.37	0.23	0.08	0.08	0.08
Cd	0.01	0.29	0.06	0.01	0.1	0.04
Cr	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00
Hg	0.08	0.50	0.28	0.12	0.26	0.19

季海水中,Pb和Cu的单项污染指数均值相对其他元素来说偏大,而Cr为0,但都在国家一类海水水质标准内。从污染程度来看,各重金属污染程度均值依次为 Pb>Cu>Hg>Zn>Cd>Cr。

2.2 海洋生物重金属污染状况

从图2可以看出,春季海洋生物的重金属含量均值排序为 Zn>Cr>Cu>Hg>Pb>Cd;秋季为 Zn>Cu>Cr>Hg>Pb>Cd。由表5可以看出,春季重金属元素Cu、Cd在囊形杂斑螺中的含量最高,Pb均是未检出,Zn、Hg在二长棘鲷(*P. edita*)中含量最高。秋季为Cu在钻嘴鱼(*C. rostratus*)体内含量最高,Pb、Zn在素银鲈(*G. argyreus*)中含量最高,Cr在截尾白姑鱼(*P. anea*)中最多,Cd在多鳞鱧(*S. sihamma*)中最多,Hg在大眼鲷(*S. meerdervoortii*)中最多。春季、秋季各海洋生物的重金属单项污染指数均小于1,说明该海域的海洋生物未受到严重的重金属污染。春季各重金属的富集系数均值排序为 Hg>Cr>Cu>Zn>Cd>Pb,秋季各重金属的排序为 Hg>Zn>Cr>Cd>Cu>Pb。除Hg、Zn、Cr外,各

重金属富集指数均未超过 1 000。Hg、Zn、Cr 的富集系数都超过 1 000,说明这 3 种重金属在当地海洋生

物体内存在比较明显的富集累积现象,尤其是 Hg,富集程度显著高于其他重金属。

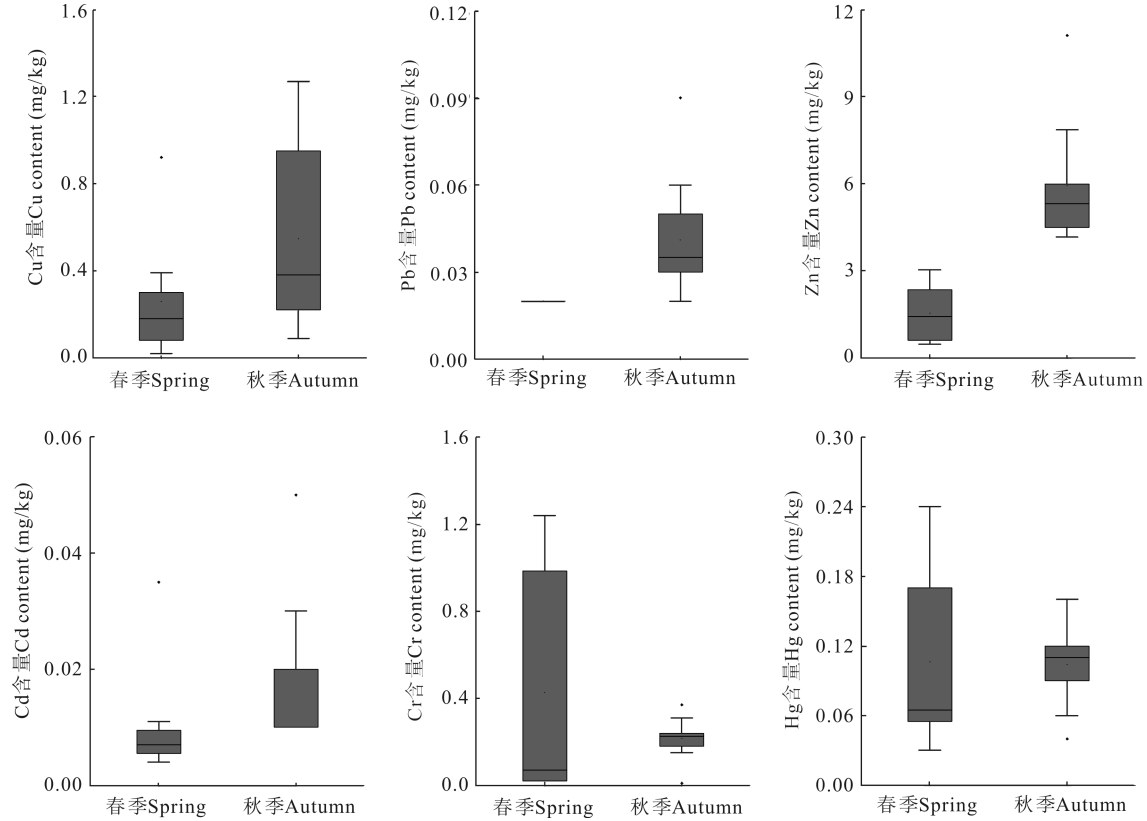


图2 生物体的重金属含量

Fig.2 Heavy metal content of organisms

表5 生物体重金属污染指数和富集系数

Table 5 Heavy metal pollution index and enrichment coefficient of organisms

季节 Season	种类 Species	Cu		Pb		Zn		Cd		Cr		Hg	
		BSAFs	PI	BSAFs	PI	BSAFs	PI	BSAFs	PI	BSAFs	PI	BSAFs	PI
春季 Spring	囊形杂斑螺 <i>S. baudoni saccatus</i>	1 614	0.01	30	0.01	481	0.11	583	0.01	47	0.01	2 143	0.10
	中华舌鳎 <i>C. sinicus</i>	140	0.00	30	0.01	133	0.02	67	0.01	163	0.05	5 000	0.23
	白姑鱼 <i>P. argentata</i>	684	0.02	30	0.01	464	0.05	117	0.01	2 209	0.63	14 286	0.67
	二长棘鲷 <i>P. edita</i>	263	0.01	30	0.01	661	0.08	133	0.01	163	0.05	17 143	0.80
	皮氏叫姑鱼 <i>J. belangerii</i>	368	0.01	30	0.01	101	0.01	67	0.01	2 884	0.83	10 000	0.47
	鳄鲷 <i>C. crocodilus</i>	35	0.00	30	0.01	127	0.01	117	0.01	47	0.01	3 571	0.17
	海鳗 <i>M. cinereus</i>	140	0.00	30	0.01	545	0.06	117	0.01	2 372	0.68	4 286	0.20
	少牙斑鲆 <i>P. oligodon</i>	368	0.01	30	0.01	158	0.02	183	0.02	47	0.01	4 286	0.20
	均值 Average	452	0.01	30	0.01	334	0.04	173	0.02	991	0.28	7 589	0.35

续表 5

Continued table 5

季节 Season	种类 Species	Cu		Pb		Zn		Cd		Cr		Hg	
		BSAF _s	PI	BSAF _s	PI	BSAF _s	PI	BSAF _s	PI	BSAF _s	PI	BSAF _s	PI
秋季 Autumn	钻嘴鱼 <i>C. rostratus</i>	833	0.06	114	0.03	3 794	0.15	750	0.05	1 198	0.16	11 000	0.37
	褐蓝子鱼 <i>S. fuscescens</i>	623	0.05	68	0.02	3 535	0.14	500	0.03	762	0.10	12 000	0.40
	多鳞鳕 <i>S. sihama</i>	707	0.05	68	0.02	5 065	0.20	1 250	0.08	1 050	0.14	10 000	0.33
	纵带绯鲤 <i>U. sulphureus</i>	144	0.01	91	0.02	3 316	0.13	500	0.03	905	0.12	11 000	0.37
	截尾白姑鱼 <i>P. anea</i>	186	0.01	68	0.02	3 858	0.15	250	0.02	1 852	0.25	12 000	0.40
	素银鲈 <i>G. argyreus</i>	251	0.02	205	0.05	7 148	0.28	250	0.02	1 541	0.21	13 000	0.43
	线尾锥齿鲷 <i>P. setosus</i>	304	0.02	91	0.02	3 226	0.13	500	0.03	1 188	0.16	9 000	0.30
	大眼鲷 <i>S. meerdervoortii</i>	61	0.00	136	0.03	2 677	0.1	250	0.02	1 214	0.16	16 000	0.53
	二长棘鲷 <i>P. edita</i>	109	0.01	45	0.01	2 690	0.1	500	0.03	982	0.13	4 000	0.13
	七带石斑鱼 <i>E. septemfasciatus</i>	119	0.01	45	0.01	2 897	0.11	250	0.02	59	0.01	6 000	0.20
	均值 Average	334	0.03	93	0.02	3 821	0.15	500	0.03	1 075	0.14	10 400	0.35

3 讨论

3.1 海水与海洋生物的重金属含量

本研究发现,春季涠洲岛近岸海域海水中 Pb 存在超标情况,超标海水采样点位于涠洲岛的东南面和北面,与前人的研究相似^[8,17]。2015年,王宁等^[17]研究发现,涠洲岛东南面海域海水存在 Pb 超标现象;2016年,徐轶肖等^[8]研究发现,涠洲岛近岸海域存在 Pb、Hg、Zn 超标的现象,Pb 污染主要分布在涠洲岛的北面和东面。陆地输入可能是该海域 Pb 超标的主要原因,已有研究表明,陆地输入是重金属进入海洋环境的重要途径之一^[18]。岛上的北面有石油终端处理厂、石油码头、天然气厂等工业设施,而 Pb 作为石油中普遍的抑爆添加物,会随着石油的大量消耗向环境中输入^[17],海水中的溶解态 Pb 通常主要来源于工业废物的排放等^[19]。除 Pb 外,其他重金属元素并未出现明显的超标现象,整体来看,涠洲岛近岸海域海水环境质量状况较为良好。

海洋生物的富集指数除 Hg、Zn、Cr 外,各重金属均未超过 1 000,与 2010 年雷富等^[20]调查的钦州湾鱼类的富集系数相比,本研究中,钦州湾鱼类重金属

Cr 的富集指数也超过 1 000,但其他重金属元素的富集指数在本次研究均较小。相比其他重金属元素,海洋生物中 Hg 的富集程度最高,可能是因为鱼类脂肪含量丰富,更加容易吸收和蓄积甲基汞。同时,Hg 在生物体内的转化和排出速度很缓慢,会长期保留在海洋生物体内^[6],也会加剧 Hg 的积累。据联合国环境规划署对全球 Hg 的评估,世界上很多鱼类的甲基汞含量都较高^[21],本研究结果与之一致。根据前人研究发现,甲基汞具有生物富集和扩大的特性,含量随着食物链逐渐富集起来,有时富集系数甚至高达 10^{-7} ,海洋生物越靠近食物链顶端,富集系数就越大,对人类的危害就越大^[22]。Zn 也表现出较强的富集性,富集系数超过 1 000,可能与 Zn 是构成 DNA、细胞膜、核糖体等生物体结构的必需元素有关^[23]。Cr 的富集系数较高,其原因目前尚不清楚,须进一步调查研究。

海洋生物体内重金属含量的高低顺序与海水中重金属含量的状况并不一致。这是因为,在海水低浓度重金属的条件下,海洋生物的重金属富集除了受到海水重金属含量的影响,还受到其他因素的影响,如沉积物的重金属含量、重金属元素的化学特性、沉积

物的理化性质、水体的理化因子等环境因素。此外,海洋生物的生命周期、生理状况和摄食习性等内部环境也是重金属富集的影响因子^[24-26]。

3.2 海水与海洋生物的重金属含量的季节性差异

本研究表明,除 Zn 外,海水中各重金属含量在春季和秋季没有明显的区别(表 2)。在秋季的调查中,Zn 未被检测出来,但在春季的 W1、W7 和 W8 站点,海水中 Zn 含量高达 7 $\mu\text{g/L}$ 。从地理位置上看,这些站点都位于人类活动较为频繁的区域附近,Zn 的季节差异可能是人为活动与陆源输入的暂时影响,而随着人为排放减少,海水中 Zn 被自然稀释和生物利用,会下降到检测限以下的低水平。研究发现,涠洲岛的东南面表层土壤含有相对较高的 Zn^[27],进一步表明海水中 Zn 含量可能受到陆源输入的显著影响。除陆源输入的影响,水动力情况也会对表层海水的重金属变化产生重要影响。涠洲岛南海域的表层海流基本为季风驱动,还受到内陆径流冲淡水的影响,潮流呈现季节性的变化。根据北部湾环流调查发现,春季潮流最弱,平均流速为 2.8 cm/s,秋季为 7.9 cm/s。这将影响表层海水的重金属 Zn 的扩散和转移,因此可以认为涠洲岛的潮流季节性变化是表层海水 Zn 出现季节变化的原因之一^[28,29]。

对比春秋两季海洋生物体内的重金属含量,可以看出秋季海洋生物的重金属含量要普遍高于春季,尤其是 Zn 和 Pb(图 2),海洋生物重金属含量呈现季节性差异变化。Thomas 等^[30]在孟加拉湾钦奈市近岸海域调查发现,夏季海洋生物体内的重金属含量较其他季节偏高,认为这是由于季风带来的降雨导致陆源重金属通过径流转移到海水中的结果。本研究结果也支持该观点。涠洲岛处于亚热带季风气候带,雨季大致集中在 5 月到 8 月。本研究的秋季采样正值雨季过后,陆源径流输入明显,可以认为重金属含量上升是陆源输入引起的,再通过食物链转移至生物的体内^[18]。另外,有研究表明环境温度的改变会影响生物体内的重金属积累速率^[31]以及富集的组织部位^[32]。本研究调查中,春季温度为 22.8 $^{\circ}\text{C}$,秋季温度为 30.1 $^{\circ}\text{C}$,温度差异较大,可能导致重金属在海洋生物体的富集部位发生变化,本文研究仅针对肌肉组织,因此容易受到这种转移现象的影响。其具体原因和机理有待进一步研究。

从食品安全的角度来看,按照国家食品卫生标准值^[33],Pb、Cd、Cr、As、Hg 的标准值分别为 0.5、0.1、2.0、0.5 mg/kg。本次采集的海洋生物重金属含量

均明显低于标准值,说明从食品安全方面考虑,涠洲岛近岸海域的经济鱼类是健康安全的。

4 结论

通过对涠洲岛近岸海域海水和海洋生物重金属的调查和评价,得出以下结论:(1)涠洲岛近岸海域春季、秋季海水水质环境总体状况良好;(2)涠洲岛近岸海域海洋生物各重金属元素的单项污染指数均小于 1,未超出国家标准,说明其受污染程度较低;(3)涠洲岛近岸海域重金属富集程度总体较低,但 Hg 的累积问题比较突出,Zn、Cr 也有较明显的累积现象,应该加以关注;(4)本次调查海水采样位点不多,采集的海洋生物种类有限,且仅使用单项污染指数和富集系数来评价分析,研究存在一定的局限性,需要进一步对海域内重金属元素的情况开展全面调查和深入分析,才能完整全面地了解该海域的生态环境情况。

参考文献

- [1] 浅蓝. 中国最美的十大海岛之一美不胜收涠洲岛[J]. 城建档案, 2011(4): 13-15.
- [2] 史海燕. 广西北海涠洲岛珊瑚礁海域生态环境监测与评价[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2012.
- [3] 梁森, 李德鹏, 路波, 等. 辽东湾西北部海域表层沉积物重金属含量的空间分布特征与污染状况评价[J]. 海洋环境科学, 2019, 38(6): 874-883.
- [4] 张晓举, 赵升, 冯春晖, 等. 渤海湾南部海域生物体内的重金属含量与富集因素[J]. 大连海洋大学学报, 2014, 29(3): 267-271.
- [5] 郭远明. 海洋贝类对水体中重金属的富集能力研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2008.
- [6] 邱绍芳. 涠洲岛附近海域水质和底质环境的分析与评价[J]. 广西科学院学报, 1999, 15(4): 170-173.
- [7] 谭趣孜, 梁文. 广西涠洲岛附近海域水质现状评价与分析[J]. 广西轻工业, 2011(10): 107-108.
- [8] 徐轶肖, 谢谊, 赵鹏, 等. 北部湾涠洲岛海水重金属污染现状研究[J]. 生态环境学报, 2018, 27(5): 908-915.
- [9] 陈继艺, 刘保良, 魏春雷. 涠洲岛珊瑚礁海洋公园海水因子分类和水质评价[J]. 海洋开发与管理, 2018, 35(12): 52-56.
- [10] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 《海洋监测规范》第 3 部分 样品采集、贮存与运输: GB 17378.3-2007 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [11] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 《海洋监测规范》第 4 部分 海水分析: GB 17378.4-2007 [S]. 北京: 中国标准出版社,

- 2008.
- [12] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会.《海洋监测规范》第6部分 生物体分析:GB 17378.6-2007 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [13] 孙书涵, 王冬艳, 胡克, 等. 双台子河口区水中重金属污染评价及其生态效应分析[J]. 世界地质, 2007, 26(1): 75-79.
- [14] 国家环境保护局. 海水水质标准: GB 3097-1997 [S]. 北京: 环境科学出版社, 2004.
- [15] SZEFER P, GELDON J, ALI A, et al. Distribution and association of trace metals in soft tissue and byssus of *Mytella strigata* and other benthic organisms from Mazatlan Harbour, Mangrove Lagoon of the northwest coast of Mexico [J]. Environment International, 1998, 24(3): 359-374.
- [16] KENAGA E E. Predicted bioconcentration factors and soil sorption coefficients of pesticides and other chemicals [J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 1980, 4(1): 26-38.
- [17] 王宁, 余克服, 王英辉, 等. 涠洲岛珊瑚骨骼重金属水平及其生物富集效应[J]. 广西大学学报: 自然科学版, 2019, 44(2): 570-579.
- [18] 曾珍, 陈春亮, 柯盛, 等. 博贺湾海域海水和生物重金属污染特征和评价[J]. 海洋开发与管理, 2019, 36(8): 24-28.
- [19] 孙维萍, 潘建明, 吕海燕, 等. 2006年夏冬季长江口、杭州湾及邻近海域表层海水溶解态重金属的平面分布特征[J]. 海洋学研究, 2009, 27(1): 37-43.
- [20] 雷富, 韦重霄, 何小英, 等. 钦州湾近岸海域底栖生物体内重金属含量与污染评价[J]. 广西科学院学报, 2011, 27(4): 351-354.
- [21] 贺亮, 范必威. 海洋环境中的重金属及其对海洋生物的影响[J]. 广州化学, 2006, 31(3): 63-69.
- [22] 张亮, 陶舒琴, 张向前. 海洋中汞甲基化机理研究进展[J]. 海洋开发与管理, 2017, 34(9): 111-116.
- [23] VALLEE B L, FALCHUK K H. The biochemical basis of zinc physiology [J]. Physiological Reviews, 1993, 73(1): 79-118.
- [24] 孙维萍, 刘小涯, 潘建明, 等. 浙江沿海经济鱼类体内重金属的残留水平[J]. 浙江大学学报: 理学版, 2012, 39(3): 338-344.
- [25] 向蓓, 赵文, 王媛, 等. Cd(II)胁迫对盐藻生长、抗氧化系统及线粒体膜电位的影响[J]. 大连海洋大学学报, 2012, 27(1): 64-68.
- [26] 韦丽丽, 周琼, 谢从新, 等. 三峡库区重金属的生物富集、生物放大及其生物因子的影响[J]. 环境科学, 2016, 37(1): 325-334.
- [27] 蔡芸霜, 胡宝清, 张建兵, 等. 涠洲岛土壤重金属分布特征及风险评估[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(2): 247-256.
- [28] 魏春雷, 高劲松, 曹雪峰, 等. 广西涠洲岛南岸表层海水特征及机制实测分析[J]. 中国海洋大学学报: 自然科学版, 2017, 47(4): 7-13.
- [29] 陈宜展, 杨威, 曹永港, 等. 北部湾北部环流的季节特征[J]. 广东海洋大学学报, 2020, 40(4): 68-74.
- [30] THOMAS S, MOHAIDEEN J A. Seasonal variation in heavy metal distribution in fish, water and sediment [J]. International Journal of Material Science Engineering, 2014, 1(2): 15-18.
- [31] PHILLIPS D J H. Quantitative aquatic biological indicators [M]. Essex, UK: Applied Science Publishers, 1980.
- [32] DURAL M, GRNC E, YEMENICIOLU S, et al. Accumulation of some heavy metals seasonally in *Hysterothylacium aduncum* (Nematoda) and its host red sea bream, *Pagellus erythrinus* (Sparidae) from gulf of iskenderun (North-Eastern Mediterranean) [J]. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 2010, 84(1): 125-131.
- [33] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准食品中污染物限量: GB 2762-2017 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.

Study on Heavy Metal Pollution in Coastal Waters of Weizhou Island

CHEN Liwen¹, DAI Shengsheng², LEI Fu¹, ZHANG Teng³, XU Yixiao³, LIANG Qianqian¹, HUANG Xiaoxu¹, LIU Xiong⁴

(1. Guangxi Key Laboratory of Marine Environmental Science, Guangxi Key Laboratory of Marine Natural Products and Combinatorial Biosynthesis Chemistry, Beibu Gulf Marine Research Center, Guangxi Academy of Sciences, Nanning, Guangxi, 530007, China; 2. Guangxi Academy of Sciences, Nanning, Guangxi, 530007, China; 3. Key Laboratory of Environment Change and Resources Use in Beibu Gulf, Ministry of Education, Guangxi Key Laboratory of Earth Surface Processes and Intelligent Simulation, Nanning Normal University, Nanning, Guangxi, 530001, China; 4. Center for Dynamic Supervision for Usage of Fangchenggang City Sea Area, Fangchenggang, Guangxi, 538001, China)

Abstract: To understand the pollution status of heavy metal elements Cu, Pb, Zn, Cd, Cr and Hg in the coastal waters of Weizhou Island, water and biological samples were collected from the coastal waters of Weizhou Island in September 2018 and March 2019, respectively. The heavy metal content of the samples was analyzed, and the individual pollution index and bio-concentration coefficient of each heavy metal were calculated. The results showed that the average content of heavy metals in the coastal waters of Weizhou Island in spring was in the order of Zn>Pb>Cu>Cr>Cd>Hg, and the concentration range was 0.00 – 7.30 $\mu\text{g/L}$, and in autumn it was Cu>Pb>Cd>Hg>Cr = Zn, and the concentration range was 0.00 – 4.18 $\mu\text{g/L}$. On the whole, the heavy metal contents in the coastal waters of Weizhou Island in autumn were all within the range of national first-class seawater quality standard in autumn, but in spring Pb contents exceeded the standard at the stations in the southeast and north of Weizhou Island. The calculation results of single pollution index showed that the severity of heavy metal pollution of seawater in spring was Pb>Hg>Zn>Cu>Cd>Cr, and in autumn it was Pb>Cu>Hg>Zn>Cd>Cr, all of which did not exceed the national first-class seawater quality standard. The average content of heavy metals in marine organisms in spring was in the order of Zn>Cr>Cu>Hg>Pb>Cd, and in autumn, it was Zn>Cu>Cr>Hg>Pb>Cd. Except for Hg, Zn and Cr, the enrichment index of each heavy metal did not exceed 1 000. Hg, Zn and Cr had obvious enrichment and accumulation in local marine organisms, and the enrichment degree of Hg was significantly higher than that of other heavy metals. Overall, the water quality in the coastal waters of Weizhou Island was in good condition, and the degree of heavy metal pollution of marine organisms was low, which did not exceed the national water quality and food safety standards. However, it is necessary to be alert to the bio-enrichment phenomenon of Hg, Zn and Cr.

Key words: Weizhou Island, seawater quality, marine organism, heavy metals, pollution index, enrichment coefficient

责任编辑:符支宏



微信公众号投稿更便捷

联系电话:0771-2503923

邮箱:gxkxyxb@gxas.cn

投稿系统网址: <http://gxkx.ijournal.cn/gxkxyxb/ch>