

doi:10.3969/j.issn.0253-4193.2013.05.020

纪丽红,刘广山,李超,等.福建省兴化湾、九龙江河口和东山湾潮间带沉积物岩心碘研究[J].海洋学报,2013,35(5):177-183.

Ji Lihong, Liu Guangshan, Li Chao, et al. The determination of iodine in the sediment cores from the intertidal zone of the Xinhua Bay, the Jiulong Estuary and the Dongshan Bay[J]. Acta Oceanologica Sinica(in Chinese), 2013, 35(5): 177-183.

福建省兴化湾、九龙江河口和东山湾潮间带 沉积物岩心碘研究

纪丽红¹, 刘广山^{1*}, 李超¹, 陈志刚¹, 黄奕普¹

(1. 厦门大学 环境与生态学院, 福建 厦门 361005)

摘要: 用碱熔法处理样品, 水沥取, 用分光光度法测量了采集自福建省兴化湾、九龙江河口和东山湾 3 个海湾潮间带沉积物岩心的碘分布。兴化湾、九龙江河口和东山湾 3 岩心中的碘含量分别为 2.5 ~ 43.7, 17.3 ~ 39.6 和 11.3 ~ 29.1 mg/kg。3 个沉积物岩心中的碘含量稍高于福建省的土壤的碘含量, 与我国海域的沉积物碘含量在同一水平, 但明显低于文献报道的开阔海域沉积物的碘含量。兴化湾和东山湾沉积物中的碘与有机碳含量有较好的相关性; 在九龙江河口采集的岩心中的碘与有机碳含量的相关性较差。推测海洋源的沉积物碘与有机碳含量相关性较好, 而陆源沉积物的碘与有机碳含量相关性较差。

关键词: 沉积物岩心; 潮间带; 碘; 有机碳; 分光光度法

中图分类号: P595

文献标志码: A

文章编号: 0253-4193(2013)05-0177-07

1 引言

碘是具有重要生物效应的微量元素之一, 关于碘与人类健康的关系已经引起人们的高度重视, 人们也对很多食品和环境介质中的碘进行了研究^[1]。研究认为碘易与有机物结合, 因此碘在各种沉积物、沉积岩、特别在生源物质中的含量较高。海洋沉积物是自然界中碘含量最高的地质体, 其碘储量占地壳总碘储量的 70%^[2-8]。全球碘分布主要受海洋系统控制。普遍认为, 大气中的碘来源于海洋, 而且潮间带可能是有意义的大气甲基碘的源^[3-6]。

Fuge 和 Johnson^[7]对碘的地球化学进行了综述性研究, Wong^[3]对碘的海洋地球化学进行了综述性研究。有关研究者从不同角度对海洋沉积物的碘进

行了研究^[9-17]。研究我国近海沉积物碘的报道很少^[18]。

本文在福建省兴化湾、九龙江河口和东山湾潮间带采集沉积物岩心, 用分光光度法测量了 3 个岩心中的碘, 研究了碘的分布特征及其与有机物的关系。结合用²¹⁰Pb 方法建立的年代序列, 对沉积物岩心中碘分布随时间的变化进行了分析。

2 研究海区与岩心采集

于 2007 年 8 月, 在福建省的兴化湾、九龙江河口和东山湾 3 个海湾潮间带采集了沉积物岩心, 采样站位如图 1 所示。

兴化湾位于福建省沿海中段, 岸线长 223.4 km, 面积为 250 km²。海湾略呈长方形, 长 28 km, 宽 23

收稿日期: 2012-05-03; 修订日期: 2012-09-03。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目“应用¹²⁹I 的海洋铁锰结壳年代学”(41073044)。

作者简介: 纪丽红(1981—), 女, 博士, 从事同位素海洋学研究, E-mail: jilihongxin@gmail.com

* 通信作者: 刘广山, 教授, 从事同位素海洋学研究, E-mail: lgshan@xmu.edu.cn

km,由西北向东南展布。该湾属于淤泥型构造基岩海湾,湾中岛屿众多,常呈东北向成斜列式分布。湾口朝向东南,出南日群岛经兴化水道和南日水道与台湾海峡相通。兴化湾西边是莆田市所辖的莆田县、涵江区,东边是福州市所辖的福清区^[19]。兴化湾的沉积物岩心(C45)采自湾顶部潮间带(图 1b, C45)。该岩心长 93 cm,按 4 cm 间隔分割成 23 个样品。

九龙江是福建省第二条大河,也是我国东南沿海有数的几条中等的亚热带山地河流之一,流域总面积为 14 740 km²,它由南溪、西溪和北溪汇合而成。九龙江河口位于厦门岛西南侧,其南部和西部是漳州市的龙海县。在九龙江进入河口前,河道分叉为北、中、

南 3 条支流,分别称之为南、中、北港^[20]。本研究九龙江河口的岩心采自 3 条支流汇合处的北港口(图 1c, C125)。该岩心长 86 cm,按 4 cm 间隔分割为 22 个样品。

东山湾位于台湾海峡南端的西岸,地属漳州市云霄县,是闽南最大的海湾。该海湾岸线长 110 km,面积为 248 km²;属构造型海湾,三面环山,南北长 20 km,东西宽 15 km,呈不规则的梨形深入陆地,湾顶有漳江入海,湾口朝南,口门狭窄,是个半封闭型海湾^[21]。本研究东山湾的岩心采自西海岸潮间带(见图 1d, C145)。该岩心长 76 cm,按 4 cm 间隔分割为 19 个样品。

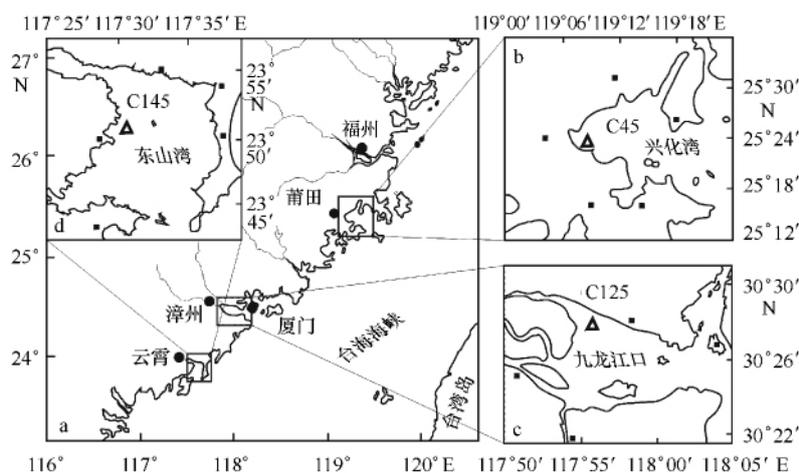


图 1 研究海区与采样站位

△为采样站位

3 材料和方法

3.1 样品中碘含量的测量方法

用碱熔法处理样品,水沥取,用分光光度法测量碘含量。样品的处理和测量步骤简述如下:

将岩心分割为样品,之后凉干、磨细,在 105℃ 烘干。称量约 2 g 烘干的样品与 6 g KOH 混合后 600℃ 灼烧 2 h。冷却后用水加热分散萃取,离心分离,取上清液,用 1:2 H₃PO₄ 酸化,加入饱和溴水氧化 I⁻ 为 I₂,用淀粉-KI 显色剂显色。用分光光度计测定试样溶液的吸光度。含量计算用与以上同样流程的试剂空白作参比。

向沉积物样品中加入一定量 KI 试剂后按分析步骤测定碘含量,得到样品回收率范围为 71.6%~77.8%,平均值为 73.7%。该结果与 Aumann 等^[22]

和 Englund 等^[23]报道用高温分解法处理沉积物样品得到的回收率接近。

从沉积物样品中抽取一个沉积物样品,等量称取 7 份测定其中的碘含量。得到的结果相对标准偏差为 3.6%。

3.2 有机碳测量

烧失量经常用来表征沉积物中有机物和碳酸盐含量,普遍认为,当灼烧沉积物样品的温度在 500℃ 左右时,烧失量是沉积物中的有机物,而烧失碳酸盐的温度在 900℃ 以上^[24]。取约 2 g 烘干的样品,在 450℃ 灼烧恒重测量烧失量。干动物软组织和植物碳含量在 40%~50%^[25],本文按烧失量的 45% 为有机碳含量来计算样品中的有机碳含量。

3.3 岩心年代序列建立

用 HPGc γ 谱方法测量岩心中的²¹⁰Pb 和²²⁶Ra 放

射性活性分布^[26],对 C45 岩心测量了全部样品,对 C125 和 C145 岩心各测定了它们的 3 个样品。由 ²¹⁰Pb 过剩方法推算得 C45、C125 和 C145 三个岩心的平均沉积速率为 0.37、1.42 和 1.74 cm/a。由以上数据计算得各个岩心每个层位的年代。

4 结果讨论

4.1 岩心中的碘含量水平

兴化湾潮间带沉积物岩心(C45)碘含量为 2.5 ~ 43.7 mg/kg,平均值为 15.2 mg/kg。九龙江河口沉

积物岩心(C125)碘含量为 17.3 ~ 39.6 mg/kg,平均值为 23.8 mg/kg。东山湾沉积物岩心(C145)碘含量为 11.3 ~ 29.1 mg/kg,平均值为 19.5 mg/kg。

表 1 给出了海水、岩石、海藻、海洋沉积物、我国海域沉积物和福建省及厦门市土壤的碘含量水平。比较表 1 给出的数据可以看出,海藻的碘含量最高,在 100 ~ 1 000 mg/kg 量级;海洋沉积物在 1 ~ 1 000 mg/kg 量级;海湾沉积物的碘含量低于远洋沉积物;土壤的碘含量水平更低一些。最低碘含量的地质介质是火成岩,沉积岩碘含量水平也低于海洋沉积物。

表 1 一些地质介质中的碘含量

介质	碘含量/mg · kg ⁻¹		有机碳含量/%		碘与碳含量之比/×10 ⁻³	
	范围值	平均值	范围值	平均值	范围值	平均值
海水	0.024~0.120 ^[7]	0.06 ^[3]		0.1 ^[27]		0.06
火成岩	0.040~0.320 ^[7]					
沉积岩	0~38.440 ^[7]					
海藻	90~2 500 ^[6]	1 295	22~54 ^[21]	38		3.41
浮游生物 ^[28]					0.323~3.01	
沉降颗粒物 ^[28]					1.72~3.33	
海洋沉积物	3~429 ^[7]	106		2.94 ^[25]		3.62
表层海洋沉积物 ^[3]	20~2 000	60				
浅海富氧沉积物 ^[11]	20~220	114	0.7~15.8	4.26	0.98~8.14	5.26
波罗的海沉积物 ^[28]	41.6~75.9	58.4	4.01~8.82	5.94	0.90~1.20	1.06
密西西比河沉积物 ^[29]	3.4~34.3		0.89~1.41			
西南非大陆架沉积物 ^[30]	96~1 990		1~22.2		1.7~25.3	8.7
冲绳海槽沉积物 ^[17]		64				
巴伦支海陆架 ^[9]	22~828		0.33~2.73		1.63~38.4	
巴拿马海盆 ^[11]	76~861		0.50~2.58			
苏格兰 Loch Etive 河口 ^[13]	208~721		1.9~6.4			11.1
渤海沉积物 ^[18]		14				
黄海沉积物 ^[18]		22				
东海沉积物 ^[18]		14				
南海沉积物 ^[18]		17				
兴化湾潮间带沉积物(本文)	2.5~43.7	15.2	2.20~3.89	2.79	0.113~1.243	0.512
九龙江河口潮间带沉积物(本文)	17.3~39.6	23.8	3.22~4.36	3.60	0.453~0.907	0.659
东山湾潮间带沉积物(本文)	11.3~29.1	19.5	1.03~5.88	1.85	0.58~2.58	1.15
福建省的土壤 ^[31]	0.94~13.9	7.68	0.40~18.9	3.20		
厦门市的土壤 ^[31]	0.82~22.1	8.23	0.19~8.61	1.85		

本研究的 3 个沉积物岩心中碘含量稍高于福建土壤中的碘含量,与我国海沉积物的碘含量在同一水平,但明显低于文献报道的其他海洋沉积物的碘含量。与文献资料比,我国土壤的碘含量并不比其他地区的低^[7,31],但我国海域的沉积物的碘含量却低于其

他海域的。

4.2 岩心中的碘含量分布及其随时间的变化

3 个岩心的碘含量分布如图 2 所示。

4.2.1 兴化湾

在兴化湾采集的岩心(C45)中碘含量由表层向下

直到 25 cm 深度呈降低趋势。在 25 cm 深度之下随深度增加,岩心中的碘含量变化有起伏,但变化趋势

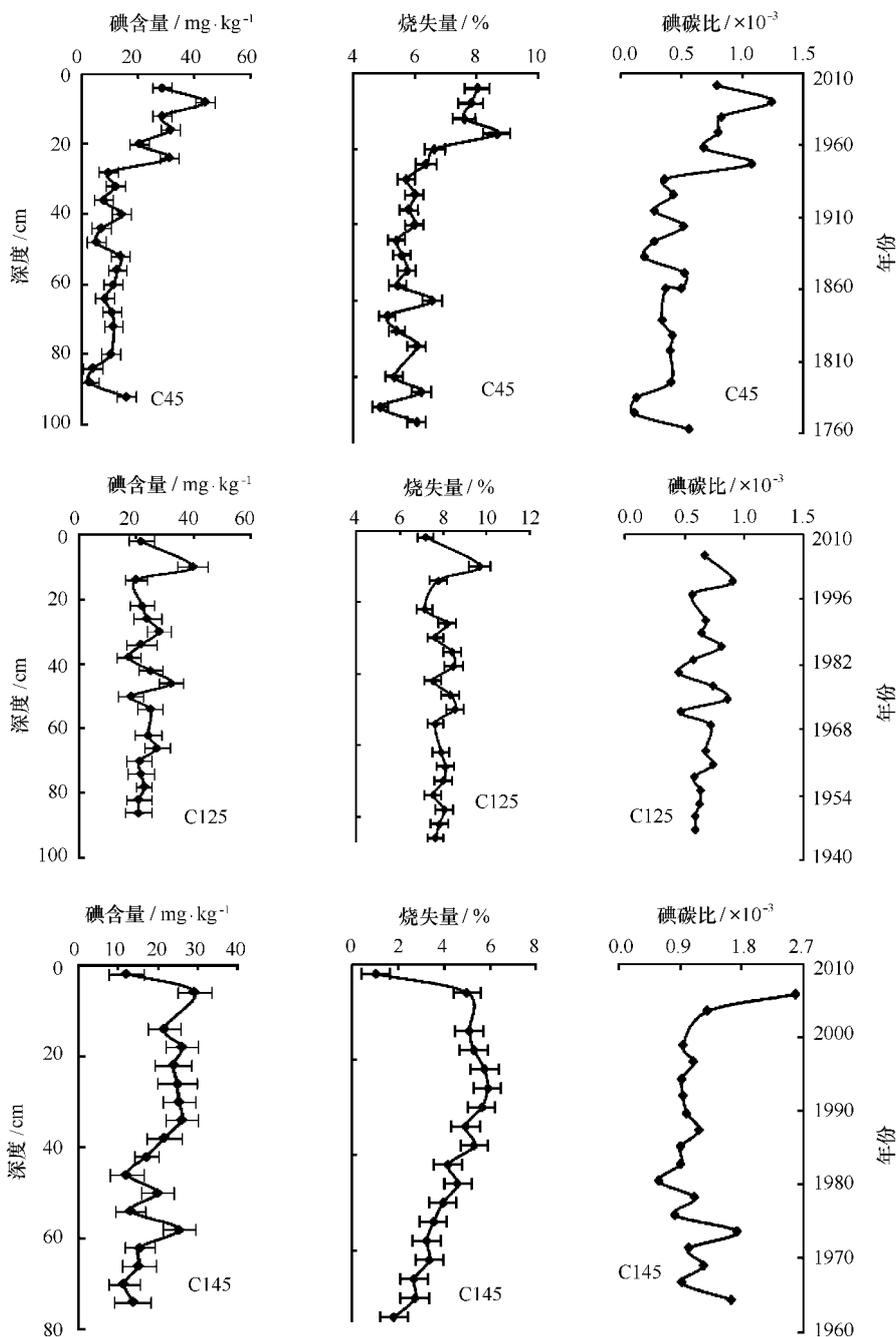


图 2 兴化湾(C45)、九龙江河口(C125)和东山湾(C145)岩心中的碘和有机碳含量分布

在兴化湾采集的岩心涵盖的时间达 240 a,最深层到 1760 年。岩心中的碘和有机碳含量从 1940 年开始到采样时间随时间逐渐增加。碘与有机碳含量的比值也在增加,这说明碘含量的增加的速率比有机物快。兴化湾是养殖区,可能是 1950 年后养殖业快

速发展,使海湾沉积物生源物质逐渐增加,碘含量增加快,说明海源生物物质占更大的比重^[7,13]。

4.2.2 九龙江河口

在九龙江河口区采集的岩心(C125)中碘含量除在 10、30、46 cm 深度有极大值外,在其他深度均匀分

布。整体上随深度增加,碘与有机碳含量呈不明显的降低趋势。九龙江河口的岩心涵盖的时间尺度为 60 a,底层为 1950 年,由于九龙江是山地河流,沿流域工业较少,发展也慢,所以九龙江入海物质的变化不很明显,该岩心的碘和有机碳含量随时间变化不明显。从图 2 可以看出,从过去到现在碘与碳含量之比随时间稍有增加。

4.2.3 东山湾

在东山湾采集的岩心(C145)中由表层向下到 6 cm 深度,碘含量快速增加,达到最大值,之后随深度增加总体呈降低趋势;在 18~34 cm 层段变化不明显,从 34 到 46 cm 又快速降低,之下呈不规则起伏变化。在东山湾表层沉积物中有低的碘含量,这是因为表层沉积物是泥质粗沙,所以其中也有低的有机碳含量。尽管该岩心表层有低的碘和有机碳浓度,但与之下的样品比较,在表层具有高的碘与碳含量之比,而且整个岩心的碘/碳比比其他两个岩心高,这说明该岩心海源物质比例比其他两个岩心的高。

东山湾岩心涵盖的时间尺度为 40 a,底层为 1960 年中期。东山湾是养殖区,周边是山地农业区,工业发展对该海区影响不大,在 3 个海湾中该海湾沉积物中的碘含量居中,但有机碳含量最低,这可能是由于该海湾周边有较好的植被覆盖,陆源输入较少所致。

总体看,3 个海湾的岩心中的碘含量、有机碳含量与碘与碳含量之比随深度增加呈降低趋势,与文献报道的海洋沉积物岩心中 3 个参数变化的趋势一致^[32-34]。整体上未发现这 3 个参数的变化与人类活动有明确的关系。

4.3 沉积物岩心碘含量与有机碳含量的相关性

比较图 2 烧失量和碘含量分布可以发现,每个岩心的有机碳含量与碘含量似有相似的分布,这说明碘具有亲生物性^[2]。对每个岩心的碘含量与有机碳含量进行相关分析,发现兴化湾和东山湾沉积物岩心中的碘含量与烧失量有较好的相关性,相关系数分别为 0.70 和 0.53;在九龙江河口采集的岩心碘与有机碳含量的相关性较差,相关系数仅为 0.25。

许多研究发现,海洋沉积物中的碘含量和有机碳含量成一定的比例^[10,28-29]。在兴化湾潮间带和东山湾潮间带沉积物岩心中的碘和有机碳含量有良好的相关性,而在九龙江河口潮间带沉积物岩心中的碘和有机碳含量的相关性较差,说明兴化湾和东山湾潮间

带中碘含量与九龙江河口沉积物中碘含量受不同因素控制。本研究的 3 个岩心中碘含量与有机碳含量的比值的平均值分别为 0.512×10^{-3} 、 0.659×10^{-3} 和 1.15×10^{-3} ,这些是文献报道的碘与有机碳含量比值的下限,这是由于本文研究的沉积物岩心中的碘含量低所致。Petersen 和 Price^[11]认为在深海与陆架区有相同的碘含量与有机碳含量的比值。在近岸与潮间带,由于受陆源影响大,这种推论可能不再适用。

沉积物中有机物的来源不同可能会引起碘与有机碳含量关系的不同。Okaty 等^[27]报道,只在岩心的前 30 cm,碘与有机碳含量才有良好的相关性,并认为在这个深度沉积物中碘与有机碳含量有良好的相关性是因为这些有机物主要来自海洋。Malcolm 和 Price^[13]也曾指出沉积物中的碘含量与海源有机质含量直接相关,认为可以根据碘和有机碳含量的这种相关性来直接判断有机物的来源。吴世汉等报道中国土壤中碘含量与其中的有机质之间并不存在线性关系^[35]。流入兴化湾和东山湾河流的流量较小,岩心中的沉积物可能受海洋的影响比较大,所以其中的碘含量与有机物含量相关性较好,九龙江河口的沉积物岩心采集于河口区,而且九龙江是福建省第二大河,河口的沉积物中陆源物质的比例比其他两个岩心的要大,因此其中的碘含量与有机物含量相关性较差。

5 结语

(1)测定了 3 个采自福建省兴化湾、九龙江河口和东山湾潮间带沉积物岩心中的碘含量。结果给出了 3 个岩心中的碘含量分别为 2.5~43.7,17.3~39.6 和 11.3~29.1 mg/kg。3 个沉积物岩心中的碘含量高于福建省土壤中的碘含量,与我国海域的沉积物碘含量在同一水平,但明显低于文献报道的海洋沉积物的碘含量。

(2)在 3 个岩心的研究结果表明,随深度增加,岩心中的碘含量、有机碳含量和碘与碳含量之比总体上呈逐渐降低趋势,人类活动与沉积物岩心中的碘含量不存在明显的对应关系。

(3)结果表明,在兴化湾和东山湾采集的岩心中的碘与有机碳含量有良好的相关性,而在九龙江河口采集的岩心中的碘与有机碳含量的相关性较差。这证明了海洋贡献的沉积物中有机物与碘含量相关性较好,而陆源物质中碘含量与有机碳相关性较差。

参考文献:

- [1] Preedy V R, Burrow G N, Watson R. Comprehensive Handbook of Iodine[M]. London: Elsevier Inc. 2009:1312.
- [2] Elderfield H, Truesdale V W. On the biophilic of iodine in seawater[J]. Earth and Planetary Science Letters, 1980, 50: 105—114.
- [3] Wong G T F. The marine geochemistry of iodine[J]. Critical Reviews in Aquatic Sciences, 1991, 4(1): 45—73.
- [4] Alicke B, Hebestreit K, Platt U, et al. Iodine oxide in the marine boundary layer[J]. Nature, 1999, 397(6720): 572—573.
- [5] Carpenter L J. Iodine in the marine boundary layer[J]. Chemical Reviews, 2003, 103(12): 4953—4962.
- [6] Whitehead D C. The distribution and transformations of iodine in the environment[J]. Environment International, 1984, 10(4): 321—339.
- [7] Fuge R, Johnson C C. The geochemistry of iodine—a review[J]. Environmental Geochemistry and Health, 1986, 8(2): 31—54.
- [8] Muramatsu Y, Wedepohl K H. The distribution of iodine in the earth's crust[J]. Chemical Geology, 1998, 147(3—4): 201—216.
- [9] Price N B, Calvert S E, Jones P G W. The distribution of iodine and bromine in the sediments of the southwest Barents Sea[J]. Journal of Marine Research, 1970, 28(1): 22—34.
- [10] Harvey G R. A study of the chemistry of iodine and bromine in marine sediments[J]. Marine Chemistry, 1980, 8(4): 327—332.
- [11] Pedersen T F, Price N B. The geochemistry of iodine and bromine in sediments of the Panama Basin[J]. Journal of Marine Research, 1980, 38: 397—411.
- [12] Ullman W J, Aller R C. Rates of iodine remineralization in terrigenous near-shore sediments[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1983, 47(8): 1423—1432.
- [13] Malcolm S J, Price N B. The behaviour of iodine and bromine in estuarine surface sediments[J]. Marine Chemistry, 1984, 15(3): 263—271.
- [14] Wakefield S H, Elderfield H. Interstitial water iodine enrichments in sediments from the eastern Pacific[J]. Journal of Marine Research, 1985, 43(4): 951—961.
- [15] Ullman W J, Aller R C. The geochemistry of iodine in near—shore carbonate sediments[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1985, 49: 967—978.
- [16] 程先豪. 海洋沉积物中碘的早期成岩再迁移[J]. 海洋学报, 1993, 15(4): 56—63.
- [17] 高爱国, 刘焱光, 张道建, 等. 楚科奇海与白令海沉积物中碘的纬向分布[J]. 中国科学, 2003, 33(2): 155—162.
- [18] 赵一阳, 鄢明才. 中国浅海沉积物地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 1994: 174.
- [19] 中国海湾志编纂委员会. 中国海湾志: 第七分册[K]. 北京: 海洋出版社, 1994: 198—249.
- [20] 中国海湾志编纂委员会. 中国海湾志: 第十四分册[K]. 北京: 海洋出版社, 1998: 692—734.
- [21] 中国海湾志编纂委员会. 中国海湾志: 第八分册[K]. 北京: 海洋出版社, 1993: 310—381.
- [22] Aumann D C, Faleschini H, Friedmann L. Determination of ^{129}I and ^{127}I at natural levels by neutron activation analysis[J]. Radiochim. Acta, 1981, 29: 209—215.
- [23] Englund E, Aldahan A, Possnert G, et al. A routine preparation method for AMS measurement of ^{129}I in solid material[J]. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 2007, 259(1): 365—369.
- [24] Heiri O, Lotter A F, Lemcke G. Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results[J]. Journal of Paleolimnology, 2001, 25(1): 101—110.
- [25] 鲍恩(Bowen H J M). 元素的环境化学[M]. 崔仙舟, 王中柱译. 北京: 科学出版社. 1986.
- [26] 纪丽红, 李超, 刘广山. 兴化湾西岸潮间带沉积物岩心放射性核素分布与沉积速率[J]. 海洋学研究, 2009, 27(3): 1—7.
- [27] 纪候明. 海水有机物[K]//中国大百科全书——大气科学·海洋科学·水文科学. 北京: 大百科全书出版社. 1987: 282—284.
- [28] Aldahan A, Englund E, Possnert G, et al. Iodine— ^{129}I enrichment in sediment of the Baltic Sea[J]. Applied Geochemistry, 2007, 22(3): 637—647.
- [29] Oktay S D, Santschi P H, Moran J E, et al. The ^{129}I iodine bomb pulse recorded in Mississippi River Delta sediments: results from isotopes of I, Pu, Cs, Pb, and C[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 2000, 64(6): 989—996.
- [30] Price N B, Calvert S E. The geochemistry of iodine in oxidised and reduced recent marine sediments[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1973, 37: 2149—2158.
- [31] 魏复盛. 中国土壤元素背景值[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990.
- [32] Price N B, Calvert S E. The contrasting geochemical behaviours of iodine and bromine in recent sediments from the Namibian shelf[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1977, 41: 1769—1775.
- [33] Kennedy H A, Elderfield H. Iodine diagenesis in pelagic deep-sea sediments[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1987, 51: 2489—2504.
- [34] Li Y H, Gregory S. Diffusion of ions in sea water and in deep-sea sediments[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1974, 38: 703—714.
- [35] 吴世汗, 邢光熹. 我国主要土壤类型中溴和碘的分布特性[J]. 土壤, 1996, 1: 21—24.

The determination of iodine in the sediment cores from the intertidal zone of the Xinhua Bay, the Jiulong Estuary and the Dongshan Bay

JI Lihong¹, LIU Guangshan¹, LI Chao¹, CHEN Zhigang¹, HUANG Yipu¹

(1. *College of Environment and Ecology, Xiamen University, Xiamen 361005, China*)

Abstract: Three sediment cores are collected from the intertidal zone of the Xinhua Bay, the Jiulong Estuary and the Dongshan Bay of Fujian Province, southeastern China. The iodine contents in the sediment samples sliced by the three cores are measured by a spectrophotometric method after alkali fusion and leached with water. The results show that the iodine contents are between 2.5 and 43.7 mg/kg in the core from the Xinhua Bay, and 17.3 and 39.6 mg/kg in that from the Jiulong Estuary and 11.3 and 29.1 mg/kg in that from the Dongshan Bay respectively. The iodine contents in sediment samples of this study are higher than that of China's soils and at same level with those of China's Seas sediment. The iodine contents are well correlated with the organic carbon content in the sediments from the Xinhua Bay and the Dongshan Bay, respectively, where matter may mainly from the ocean. The correlation between iodine and organic carbon content is not well close in the sediments from the Jiulong Estuary, where the material is mainly terrigenous. It is shown that the correlation between iodine and organic carbon contents in the sediments from the ocean is well, but not close in that terrigenous fraction.

Key words: sediment core; intertidal zone; iodine; organic carbon; spectrophotometry