

大亚湾和四十里湾附近海域表层沉积物中 无机碳形态研究*

解学良¹ 王允周² 张培玉¹ 高学鲁^{2**}

(1. 青岛大学化学化工与环境学院, 青岛, 266071; 2. 中国科学院烟台海岸带研究所海岸带环境过程重点实验室, 烟台, 264003)

摘要 采用连续浸取法对位于亚热带的大亚湾和温带的四十里湾附近海域的表层沉积物样品中无机碳的赋存形态进行了研究. 将无机碳分为可交换态(NaCl相)、弱碱浸取态($\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 相)、强碱浸取态(NaOH相)、弱酸浸取态($\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$ 相)和残渣态. 测定了相关地球化学参数粒度组成和总有机碳(TOC). 结果表明, $\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$ 相无机碳是大亚湾和四十里湾附近海域表层沉积物中无机碳的主要存在形式, 其平均含量分别占总无机碳的46.2%和86.8%. 沉积物粒度是控制四十里湾附近海域表层沉积物中NaCl相、 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 相和NaOH相无机碳含量空间变化的重要因素; 较高含量的粘土组分有利于大亚湾表层沉积物中 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 相和NaOH相无机碳的保存. TOC仅与大亚湾表层沉积物中的NaOH相无机碳和四十里湾附近海域表层沉积物中NaCl相无机碳具有显著的正相关关系, 表明其总体上对这两个海域表层沉积物中无机碳的形态组成影响较弱.
关键词 海洋沉积物, 无机碳, 连续浸取, 地球化学形态.

碳酸盐是海洋沉积物中无机碳最主要的存在形式, 它的沉淀与溶解受到上覆水及孔隙水温度、盐度、pH、碱度、氧化还原电位和生物扰动等多种因素的控制, 并影响海水碳酸盐系统的平衡^[1-4]. 海洋沉积物中碳酸盐矿物种类繁多, 形成和溶解条件各不相同^[5], 并且与沉积物中其它矿物组分之间存在各种各样的相互作用, 因此在海洋碳循环中的作用也明显不同. 元素的地球化学形态研究在环境科学的各个领域得到广泛应用, 由于分析手段限制, 目前无法对沉积物中某种元素的全部化学形态直接进行测定, 只能根据元素的行为差异将其分为不同的类型^[6]. 沉积物中无机碳的形态分析也是基于这种操作定义.

大亚湾位于南海北部, 属亚热带季风气候, 面积约600 km²; 四十里湾位于胶东半岛北部, 属温带季风气候, 水深一般为6—17 m. 自上世纪50年代起, 四十里湾附近海域就开始海带等藻类的养殖, 是受人类活动影响较早的中国近海海域之一. 大亚湾和四十里湾附近海域表层沉积物的粒度组成和总有机碳(TOC)含量显著不同, 而沉积物的粒度和TOC含量与无机碳循环关系密切.

本文通过对大亚湾和四十里湾附近海域的表层沉积物样品进行分析, 测定了总无机碳(TIC)、TOC和粒度, 并采用连续浸取法对TIC的形态进行了测定, 旨在研究海洋沉积物中无机碳的地球化学行为, 探讨TOC和粒度对无机碳含量及组成的影响.

1 材料与方法

2006年1月和2007年7月分别于大亚湾和四十里湾附近海域采用箱式和抓斗式采泥器分别采集了8个和9个表层沉积物样品(5—10 cm), 采样站位设置如表1所示. 样品采集后装入LDPE密实袋中密封, 上岸后保存于4℃冰箱内.

样品含水率采用60℃烘干称重法测定, 英国马尔文公司Mastersizer 2000型激光衍射粒度分析仪测定沉积物粒度, 将样品分为<4 μm(粘土)、4—63 μm(粉砂)和>63 μm(砂)3个粒径范围. 岛津TOC-V_{CPH}-SSM5000A分析仪测定总碳(TC)和总无机碳(TIC)含量, 两者之差为总有机碳(TOC)含量.

不同形态无机碳浸取方法^[5]: NaCl相: 根据含水率称取相当于0.5 g干重的湿样, 置于50 mL离心

2010年6月28日收稿.

* 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-YW-Q07-03, KZCX2-YW-JC203, KZCX1-YW-06-02)资助.

** 通讯联系人, Tel: 0535-2109132; E-mail: xlgao@yic.ac.cn

管中,加入 25 mL $1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 NaCl 溶液,摇匀振荡 2 h 后,离心分离,倒出浸取液,在残渣中加入 25 mL 蒸馏水,再振荡洗涤 10 min,离心分离,两次离心液合并; $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ 相: 在第 1 步残渣中加入 12.5 mL $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$,摇匀振荡 2 h 后,离心分离,倒出浸取液,在残渣中加入 25 mL 蒸馏水,再振荡洗涤 10 min,离心分离,两次离心液合并; NaOH 相: 在第 2 步残渣中加入 12.5 mL $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 NaOH 溶液,摇匀振荡 2 h 后,离心分离,倒出浸取液,在残渣中加入 25 mL 蒸馏水,再振荡洗涤 10 min,离心分离,两次离心液合并; $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$ 相: 在第 3 步残渣中加入 12.5 mL $0.2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$ 溶液,摇匀振荡 1 h 后,倒掉上清液; 残渣相: 将第 4 步残渣烘干,用岛津 TOC-V_{C_{PH}}-SSM5000A 分析仪测定其中无机碳含量,记为残渣相无机碳含量. 浸取液中的无机碳用岛津 TOC-V_{C_{PH}} 分析仪测定,最后换算为沉积物中无机碳的含量. $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$ 相无机碳含量由总无机碳含量减去其它 4 相无机碳含量得到. 各相无机碳分析的相对标准误差小于 15%.

表 1 大亚湾和四十里湾附近海域采样站位

Table 1 The sampling sites in Daya Bay and Sishili Bay areas

研究海域	坐标	1	2	3	4	5	6	7	8	9
大亚湾	经度	114.71°	114.54°	114.57°	114.67°	114.55°	114.67°	114.71°	114.71°	
	纬度	22.57°	22.58°	22.61°	22.62°	22.67°	22.72°	22.76°	22.67°	
四十里湾	经度	121.56°	121.56°	121.58°	121.64°	121.70°	121.76°	121.76°	121.69°	121.64°
	纬度	37.46°	37.50°	37.54°	37.54°	37.54°	37.54°	37.59°	37.59°	37.59°

2 结果与讨论

2.1 研究海域表层沉积物的地球化学特征

大亚湾海底沉积物以细颗粒为主,粉砂质泥和泥质粉砂占绝对优势,其分布趋势为近岸粗远岸细和湾口粗湾内细的特征. 大亚湾底质中的主要矿物有伊利石、高岭石、绿泥石、石英、石膏、钾长石、斜长石和方解石 8 种^[7]. 本研究所采集到的沉积物类型以粘土质粉砂为主,8 个沉积物中有 5 个属于此种类型,其它的 3 个属于粉砂类型; 中值粒径 (D_{50}) 在 $6.0\text{--}7.4 \mu\text{m}$ 很小的范围内波动,均值为 $6.8 \mu\text{m}$. 粉砂是沉积物的主要组分,平均含量为 70.2%,而粘土和砂的平均含量分别仅为 24.2% 和 5.6%. 各站位的粒度组成情况如图 1a 所示. 站位 5—8 的不同粒度组分的百分含量比较接近,粘土组分都在 34% 左右,粉砂组分都在 64% 左右,砂质组分则都低于 3%. 站位 5 的砂质百分含量最低,仅为 0.1%. 站位 1 和站位 2 的粉砂组分百分含量很高,分别为 86.9% 和 89.1%. 粘土和砂都在 8% 以下. 各表层沉积物 TOC 的含量均值为 $13.0 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$,最高值出现在站位 5,为 $16.0 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$,最低值出现在站位 3,为 $8.7 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ (图 2). 站位 5 位于大亚湾西北部的澳头湾,该区域大量开展的水产养殖活动可能是造成此站位 TOC 含量较高的原因.

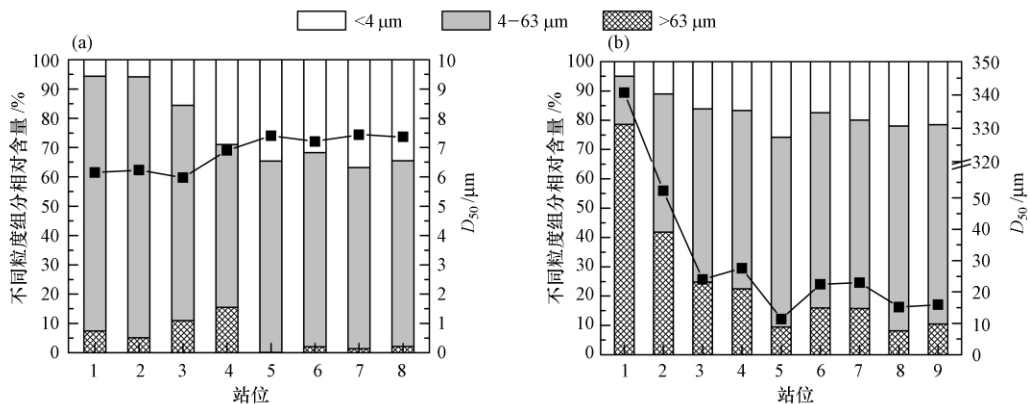


图 1 大亚湾 (a) 和四十里湾附近海域 (b) 表层沉积物样品的粒度组成

Fig. 1 The grain size compositions of surface sediments from Daya Bay (a) and Sishili Bay areas (b)

四十里湾附近海域的表层沉积物除 1 号站外也以粉砂为主,平均含量为 57.4%; 站位 1 的沉积物粒度远远高于其它站位的沉积物 D_{50} 高达 $341 \mu\text{m}$, 近 80% 由粒径 $>63 \mu\text{m}$ 的砂组成; 2 号站沉积物的砂组分含量也高达 42%; 3—9 号站沉积物的粒度组成比较接近, 粘土、粉砂、砂分别在 16.1%—25.8%、59.0%—69.9%、8.1%—24.8% 的范围内波动, D_{50} 在 11.3 — $27.6 \mu\text{m}$ 的范围内变化(图 1b)。与大亚湾相比, 四十里湾附近海域表层沉积物的 TOC 含量较低, 在 1.9 — $6.1 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 的范围内变化, 平均为 $4.8 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 仅相当于大亚湾表层沉积物 TOC 含量平均值的 37%; 除 1 号站明显偏低外, 其它 8 个站 TOC 含量之间的差异不大(图 2)。粒径 $>63 \mu\text{m}$ 的粗粒度组分所占比例高可能是 1 号站沉积物 TOC 含量低于其他站的重要原因之一。

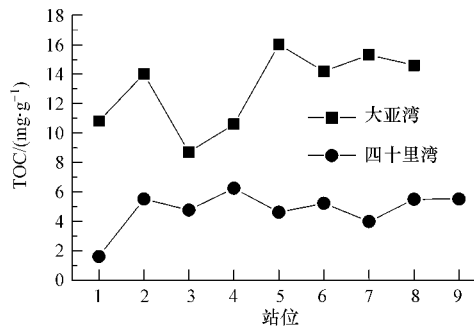


图 2 大亚湾和四十里湾附近海域表层沉积物的 TOC 含量

Fig. 2 The contents of TOC in surface sediments of Daya Bay and Sishili Bay areas

2.2 不同形态无机碳的含量和组成特征

与 TOC 的情况相反, 大亚湾表层沉积物中 TIC 含量的变化范围为 2.05 — $4.65 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 平均值为 $3.08 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 远低于四十里湾附近海域表层沉积物中 TIC 含量的变化范围 5.16 — $11.95 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 和平均值 $9.60 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ (图 3)。研究海域沉积物中不同形态无机碳的含量和组成分布如图 3 和图 4 所示。

大亚湾表层沉积物中, 各形态无机碳平均含量的高低顺序为: $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$ 相 $>$ $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ 相 $>$ NaOH 相 \approx NaCl 相 $>$ 残渣相。 $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$ 相在各个站位中都为沉积物无机碳的主要形态, 在 TIC 中的平均百分含量达到 46.2%, 变化范围为 31.7%—67.3%, 含量最高值出现在站位 6, 为 $3.13 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 最低值出现在站位 1, 为 $0.65 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 平均含量为 $1.51 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。 $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ 相无机碳平均占 TIC 的 16.9%, 含量最高值出现在站位 8, 为 $0.59 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 最低值出现在站位 1, 为 $0.39 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 平均含量为 $0.50 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。 NaOH 相无机碳平均占 TIC 的 15.7%, 含量最高值出现在站位 5, 为 $0.54 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 最低值出现在站位 1, 为 $0.37 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 平均含量为 $0.46 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。 NaCl 相无机碳平均占 TIC 的 15.6%, 含量在各站位之间的差异比较小, 最高值出现在站位 5 和站位 6, 为 $0.47 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 最低值出现在站位 8, 为 $0.42 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 平均含量为 $0.45 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。 残渣相无机碳平均仅占 TIC 的 5.6%, 含量最高值出现在站位 7, 为 $0.22 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 最低值出现在站位 2, 为 $0.10 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 平均含量为 $0.16 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。

四十里湾附近海域表层沉积物中, 各形态无机碳平均含量的顺序为: $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$ 相 $>$ NaCl 相 $>$ $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ 相 $>$ 残渣相 $>$ NaOH 相。 和大亚湾的情况相同, $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$ 相在各个沉积物样品中都为沉积物无机碳的主要形态, 在 TIC 中所占的比例平均高达 86.8%, 变化范围为 79.3%—95.1%, 大大高于其在大亚湾沉积物中所占 TIC 的比例, 而其它 4 相无机碳之和平均仅占 TIC 的 13.2%; $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$ 相无机碳含量最高值出现在站位 1, 为 $11.36 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 最低值出现在站位 2, 为 $4.10 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 平均含量为 $8.40 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。 NaCl 相无机碳在 3—9 号站之间的变化很小, 最高值出现在站位 5, 为 $0.61 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 最低值出现在站位 1, 为 $0.27 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 平均含量为 $0.54 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。 $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ 相无机碳的最高值出现在站位 5, 为 $0.36 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 最低值出现在站位 1, 为 $0.03 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 平均含量为 $0.26 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。 残渣相无机碳的最高值出现在站位 8, 为 $0.33 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 最低值出现在站位 3, 为 $0.17 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 平均含量为 $0.27 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。 NaOH 相无机碳的最高值出现在站位 5, 为 $0.17 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 最低值出现在站位 1, 为 $0.07 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 平均含量为 $0.14 \text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。

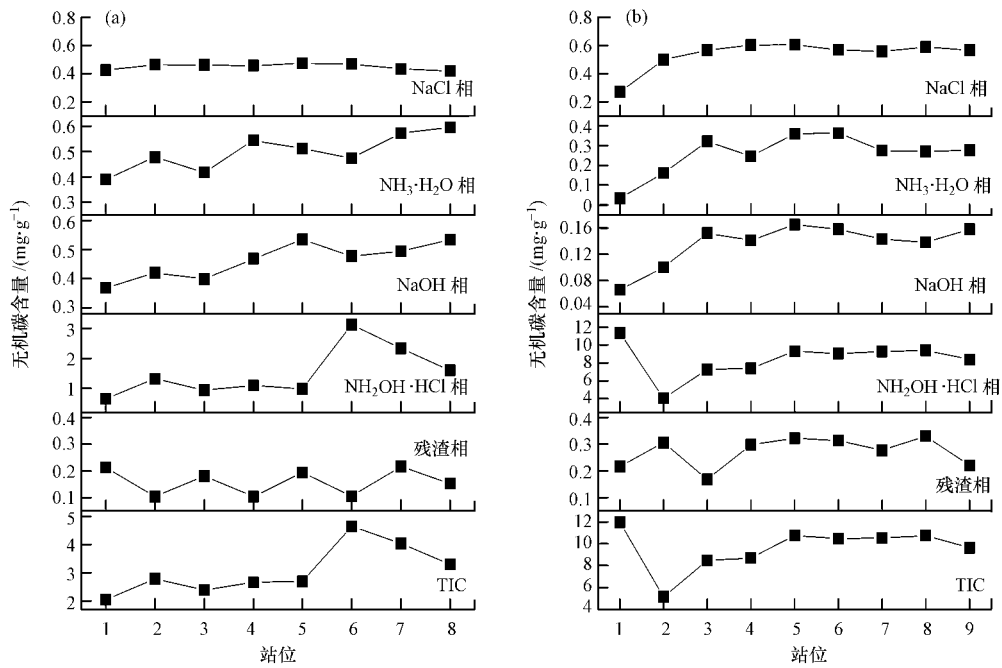


图 3 大亚湾 (a) 和四十里湾附近海域 (b) 表层沉积物的无机碳含量

Fig. 3 The contents of inorganic carbon in surface sediments of Daya Bay (a) and Sishili Bay areas (b)

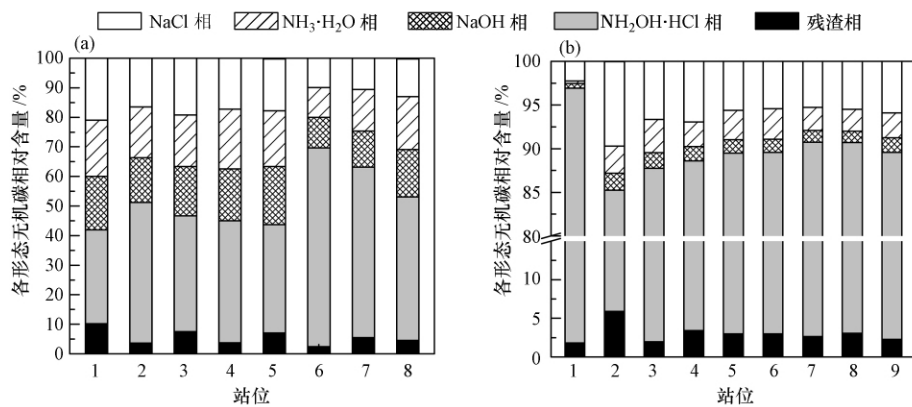


图 4 大亚湾 (a) 和四十里湾附近海域 (b) 表层沉积物中无机碳的形态组成

Fig. 4 The distribution of different geochemical fractions of inorganic carbon in surface sediments collected from Daya Bay (a) and Sishili Bay areas (b)

2.3 影响不同形态无机碳相互转化的因素分析

沉积物中各种元素的含量受控于沉积物的粒度组成、物质来源、沉积动力环境、氧化还原环境等因素^[8]。杨作升等对东海沉积物的研究表明,碳酸盐在不同粒径中的含量差别明显^[9];郭志刚等对该海区沉积物的研究表明,无机碳的分布受不同物源影响明显,同时受沉积动力环境控制^[10]。有机质也是影响沉积物中无机碳生物地球化学循环的重要因素,有机碳的矿化会影响到无机碳的固化与释放^[11-13]。

相关分析表明(表 2),大亚湾表层沉积物 TIC 与 TOC 和粒度之间的相关关系较弱,说明 TIC 受这两个环境因子的影响不大。各形态无机碳中只有 $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$ 相与 TIC 之间存在显著相关关系。 NaCl 相、 $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$ 相和残渣相无机碳与 TOC 和粒度之间的相关关系也较弱,说明大亚湾沉积物中,这三相无机碳受 TOC 和粒度的影响不大。物质来源、沉积动力环境、氧化还原环境等因素的影响程度可能更大。 $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ 相和 NaOH 相与粒度之间均存在较显著的相关关系,说明粒度是影响这两相无机碳的重要因素。粘土组分有利于碱浸取相无机碳的保存。此外,TOC 与 NaOH 相无机碳之间较显著的相关关系说明 TOC 也是影响该相无机碳的重要因素。较高含量的 TOC 有利于 NaOH 相无机碳的生成与保存。 $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$

相与 NaOH 相无机碳之间显著的正相关关系说明这两相无机碳可能存在相同的成因或来源。

与大亚湾的情况相同, TOC 和粒度不是影响四十里湾附近海域表层沉积物 TIC 的重要因素; 由于平均 86.8% 的 TIC 以 $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$ 相无机碳的形态存在, 该形态无机碳含量的高低直接决定了四十里湾附近海域表层沉积物中 TIC 含量的高低(表 2)。5 种形态的无机碳中, 只有 NaCl 相无机碳与 TOC 之间存在显著相关关系, 该形态无机碳含量随 TOC 含量的增加而增加。NaCl 相、 $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ 相和 NaOH 相无机碳可能存在相同的成因或来源。粘土和粉砂组分有利于 NaCl 相、 $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ 相和 NaOH 相无机碳的保存, 而粒径 $>63\ \mu\text{m}$ 的砂组分则不利于这 3 相无机碳的保存。沉积物的粒度组成对 $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$ 相和残渣相无机碳无明显影响。

表 2 不同形态无机碳与各地球化学参数间的相关系数

Table 2 The correlation coefficients between inorganic carbon fractions and geochemical parameters

	TIC	NaCl 相	$\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ 相	NaOH 相	$\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$ 相	残渣相
NaCl 相	0.037	1				
$\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ 相	0.451	-0.296	1			
NaOH 相	0.525	0.000	0.842**	1		
$\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$ 相	0.990***	0.071	0.342	0.411	1	
大亚湾 残渣相	-0.188	-0.476	-0.135	-0.082	-0.231	1
TOC	0.571	-0.062	0.597	0.741*	0.495	0.044
粘土%	0.629	-0.030	0.771*	0.909***	0.527	0.069
粉砂%	-0.444	-0.037	-0.709*	-0.752*	-0.356	0.061
砂%	-0.539	0.157	-0.293	-0.534	-0.488	-0.306
NaCl 相	-0.224	1				
$\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ 相	0.049	0.880**	1			
NaOH 相	0.066	0.903***	0.969***	1		
$\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$ 相	0.992***	-0.343	-0.070	-0.052	1	
四十里湾 残渣相	-0.022	0.390	0.247	0.172	-0.086	1
TOC	-0.548	0.848**	0.587	0.627	-0.634	0.404
粘土%	0.183	0.855**	0.844**	0.892**	0.067	0.380
粉砂%	-0.068	0.960***	0.894**	0.924***	-0.187	0.368
砂%	0.000	-0.952***	-0.899***	-0.934***	0.121	-0.379

注: * 在 0.05 水平上显著相关, ** 在 0.01 水平上显著相关, *** 在 0.001 水平上显著相关(双尾检验)。

3 结论

本文对大亚湾和四十里湾附近海域表层沉积物中各形态无机碳含量及其与各影响因素之间的关系进行分析, 结果表明, 虽然大亚湾和四十里湾附近海域表层沉积物中 TIC 含量差异很大, 前者的 TIC 含量仅为后者的 32%, 但 $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$ 相无机碳在这两个海域都为沉积物无机碳的主要形态, 其平均含量分别占 TIC 的 46.2% 和 86.8%。大亚湾表层沉积物各形态无机碳平均含量的高低顺序为: $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$ 相 $>$ $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ 相 $>$ NaOH 相 \approx NaCl 相 $>$ 残渣相。四十里湾附近海域表层沉积物各形态无机碳平均含量的高低顺序为: $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$ 相 $>$ NaCl 相 $>$ $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ 相 $>$ 残渣相 $>$ NaOH 相。

沉积物粒度是控制四十里湾附近海域表层沉积物中 NaCl 相、 $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ 相和 NaOH 相无机碳含量空间变化的重要因素。细粒度组分有利于这 3 种形态无机碳的保存; 较高含量的粘土组分有利于大亚湾表层沉积物中 $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ 相和 NaOH 相无机碳的保存。TOC 仅与大亚湾表层沉积物中的 NaOH 相无机碳和四十里湾附近海域表层沉积物中 NaCl 相无机碳有显著的正相关关系, 表明其总体上对这两个海域表层沉积物中无机碳的形态组成影响较弱。

参 考 文 献

[1] Gattuso J P, Frankignoulle M, Wollast R. Carbon and carbonate metabolism in coastal aquatic ecosystems [J]. Annual Review of Ecology

- System, 1998, 29: 405-434
- [2] Yates K K, Halley R B. Diurnal variation in rates of calcification and carbonate sediment dissolution in Florida Bay [J]. *Estuaries and Coasts*, 2006, 29(1): 24-39
- [3] Hu X, Burdige D J. Enriched stable carbon isotopes in the pore waters of carbonate sediments dominated by seagrasses: Evidence for coupled carbonate dissolution and reprecipitation [J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2007, 71: 129-144
- [4] Millero F J. The marine inorganic carbon cycle [J]. *Marine Chemistry*, 2007, 107: 308-341
- [5] 李学刚, 李宁, 宋金明. 海洋沉积物中不同结合态无机碳的测定 [J]. *分析化学*, 2004, 32(4): 425-429
- [6] Templeton D M, Ariese F, Cornelis R, et al. Guidelines for terms related to chemical speciation and fractionation of elements. Definitions, structural aspects, and methodological approaches [J]. *Pure and Applied Chemistry*, 2000, 72: 1453-1470
- [7] 李祥云, 陈虹勋, 李传荣, 等. 大亚湾悬浮物和底质中主要矿物的分布特征 [J]. *热带海洋*, 1989, 8(1): 35-42
- [8] 袁华茂, 吕晓霞, 李学刚, 等. 自然粒度下渤海沉积物中有机碳的地球化学特征 [J]. *环境化学*, 2003, 22(2): 115-120
- [9] 杨作升, 范德江, 郭志刚, 等. 东海陆架北部泥质区表层沉积物碳酸盐粒级分布与物源分析 [J]. *沉积学报*, 2002, 20(1): 1-6
- [10] 郭志刚, 杨作升, 曲艳慧, 等. 东海中陆架泥质区及其周边表层沉积物碳的分布与固碳能力的研究 [J]. *海洋与湖沼*, 1999, 30: 421-426
- [11] Jahnke R A, Craven D B, Gaillard J F. The influence of organic matter diagenesis on CaCO_3 dissolution at the deep-sea floor [J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1994, 58: 2799-2809
- [12] Hammond D E, McManus J, Berelson W M, et al. Early diagenesis of organic material in equatorial Pacific sediments: stoichiometry and kinetics [J]. *Deep-Sea Research II*, 1996, 43: 1365-1412
- [13] Abril G, Frankignoulle M. Nitrogen-alkalinity interactions in the highly polluted Scheldt basin (Belgium) [J]. *Water Research*, 2001, 35: 844-850

FRACTIONATION OF INORGANIC CARBON IN SURFACE SEDIMENTS OF DAYA BAY AND SISHILI BAY AREAS

XIE Xueliang¹ WANG Yunzhou² ZHANG Peiyu¹ GAO Xuelu²

(1. College of Chemistry, Chemical Engineering and Environment, Qingdao University, Qingdao, 266071, China; 2. Key Laboratory of Coastal Environmental Processes, Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, Yantai, 264003, China)

ABSTRACT

A sequential extraction technique was used to study the geochemical fractions of inorganic carbon (IC) in surface sediments of Daya Bay and Sishili Bay area. The IC was divided into five fractions: the exchangeable fraction (NaCl fraction), weak alkali extractable fraction ($\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ fraction), strong alkali extractable fraction (NaOH fraction), weak acid extractable fraction ($\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$ fraction) and residual fraction. The sediment grain size composition and total organic carbon (TOC) were also measured to seek their relationships with the IC contents and fractionation. The results showed that $\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$ fraction is the major component of inorganic carbon in surface sediments of Daya Bay and Sishili Bay area, and it on average accounts for 46.2% and 86.8% of the total inorganic carbon. For the samples from the Sishili Bay area, the sediment grain size is an important factor that influences the spatial variation of inorganic carbon in NaCl, $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ and NaOH fractions. For the samples from Daya Bay, the higher clay content benefits the preservation of inorganic carbon in $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ and NaOH fractions. The TOC contents showed significant positive correlations only with NaOH fraction of inorganic carbon in surface sediments of Daya Bay, and with NaCl fraction in surface sediments of the Sishili Bay area, it indicated that as a whole TOC has a weak influence on the fractionation of inorganic carbon in surface sediments of the two research areas.

Keywords: marine sediment, inorganic carbon, sequential extraction, geochemical fraction.