

厦门西港和九龙江口悬浮颗粒中主要元素含量及其控制因素的研究

郭劳动 洪华生 陈敬虔 洪丽玉

(厦门大学海洋学系, 361005)

收稿日期 1989年11月20日

关键词 悬浮颗粒, 主要元素, 九龙江河口

提要 厦门西港和九龙江口春季(3月)表层海水 TSM 含量分别为 17.80 ± 6.16 和 $60.11 \pm 75.25 \text{mg/dm}^3$, 整个调查海区平均为 $38.96 \pm 56.50 \text{mg/dm}^3$ 。河流输入是河口区悬浮颗粒的主要来源。悬浮颗粒中 Si, Al, Fe 的含量最大 ($47.4 \sim 190 \times 10^{-3}$), C, Ca, Mg, Ti, Mn 的含量次之(平均在 $1.6 \sim 29.5 \times 10^{-3}$), 其它元素的含量一般小于 1×10^{-3} 。因子分布表明: 陆源输入、各种地球化学过程以及与生物活动有关的过程是控制悬浮颗粒化学组成的主要因素。

九龙江口地处亚热带, 属典型的硅质河流。对海水溶解组分的化学已作了较深入的研究。本文从构成颗粒基本骨架的主要元素入手, 探讨厦门西港、九龙江口悬浮颗粒中主要元素的含量组成、存在形态以及控制悬浮颗粒化学组成的主要因素。

I. 实验与方法

I. 1. 采样

1986年3月在厦门西港、九龙江口采集表层海水悬浮颗粒样品。站位设置见图1。水样立即用经预先处理、称量过的 $0.4\mu\text{m}$ 的Nuclepore滤膜($\phi = 47\text{mm}$)过滤,并经洗盐、干燥后再称至恒重(精确至 0.01mg),得到海水总悬浮物含量(TSM)及待分析的悬浮颗粒样品。用于测定颗粒有机碳(POC)的样品则采用玻璃纤维滤膜(Whatman, GF/F)过滤。

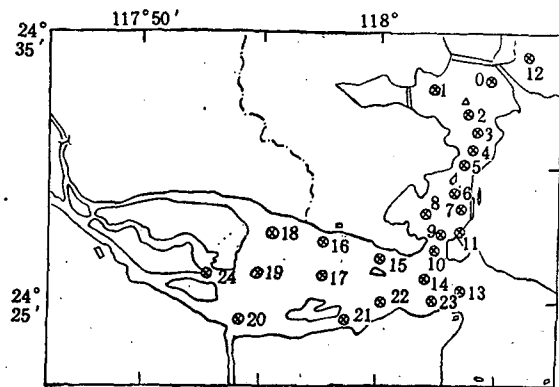


图1 厦门西港、九龙江口采样站位图

Fig. 1 Sampling locations in Jiulong River estuary and Xiamen Harbour

I. 2. 测定

对悬浮颗粒样品分别进行 $0.5\text{mol}/\text{dm}^3$ 的HCl浸取和全消化($\text{HClO}_4 + \text{HNO}_3 + \text{HF}$)处理,用等离子发射光谱(Hilger, E984型)测定各元素的含量,用分光光度法测磷。元素标准采用Sigma公司的商品标准溶液,测定前稀释。

II. 结果与讨论

II. 1. TSM 的含量分布

1986年3月航次厦门西港、九龙江口表层海水TSM平均含量分别为 $17.80 \pm 6.16\text{mg}/\text{dm}^3$ 和 $60.11 \pm 72.25\text{mg}/\text{dm}^3$ 。整个调查海区平均为 $38.96 \pm 56.50\text{mg}/\text{dm}^3$ 。图2示出调查海区表层海水TSM的平面分区。表明陆源输入是河口区悬浮颗粒的主要来源,且河流输入的悬浮颗粒大部

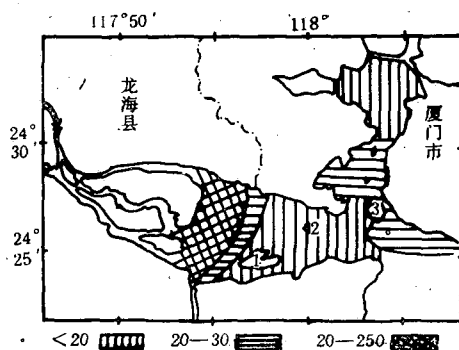


图2 表层海水TSM的平面分布(mg/dm^3)

Fig. 2 Distribution of TSM from surface seawater (mg/dm^3)

1.海门岛; 2.鸡屿; 3.鼓浪屿

分在海门岛以西沉降。西港 TSM 的分布比较均匀, 宝珠屿一带 TSM 含量在 $20\text{mg}/\text{dm}^3$ 以下, 东渡以西及外港一带 TSM 含量为 $20\sim 30\text{mg}/\text{dm}^3$ 。可见西港的情况与河口区不同, 它周围没有明显的陆源输入, 但是西港及外港一带 TSM 含量的增大可能与西港周围海水的侵蚀及沉积物的再悬浮等过程有关。

II. 2. 悬浮颗粒的化学组成

表 1 列出了厦门西港、九龙江口 1986 年 3 月航次悬浮颗粒中主要元素的含量及其与表层沉积物的比较。

表 1 悬浮颗粒主要元素含量 ($\times 10^{-3}$)

Tab. 1 Major element composition in suspended particles and surface sediments ($\times 10^{-3}$)

元素	区域			
	西 港	九龙江口	全区平均	S.S.*
Si	249.0±79.0	175±108	190±116	347
Fe	53.8±7.0	42.0±5.6	47.4±8.6	37.0±6.2
Al	143.0±60.7	37.4±24.5	93.2±89.3	96.4±28.5
Mn	2.00±0.45	1.29±0.22	1.62±0.49	1.19±0.42
Ca	26.6±8.6	13.3±10.8	18.8±13.9	10.59±6.47
Mg	16.0±13.5	6.53±3.97	12.2±11.3	9.79±4.78
Ti	6.23±1.36	4.39±0.58	5.22±1.35	4.02±0.60
Ba	1.27±0.55	0.469±0.302	0.545±0.525	/
Sr	0.225±0.086	0.066±0.061	0.136±0.107	/
V	0.77±0.21	0.437±0.164	0.573±0.265	/
Mo	0.75±0.19	0.298±0.141	0.496±0.292	/
Cu	0.114±0.037	0.044±0.017	0.076±0.044	0.019±0.011
POC	31.1±11.8	28.0±17.6	29.5±13.6	13.4±3.9
P	0.854±0.237	0.921±0.354	0.889±0.302	0.36±0.10
TSM**	17.80±6.16	60.11±75.25	38.96±56.50	/

* 表层沉积物; ** mg/dm^3 。

表 1 说明悬浮颗粒的组成是以 Fe, Al-硅酸盐等为主的陆源碎屑颗粒。从有机物的含量大小来看, 西港悬浮颗粒中有机物平均占 7.7%, 九龙江口平均占 7.0%。说明有机物也是悬浮颗粒的重要组成部分。

从表 1 还可看出, Si, Al 等成岩元素在悬浮颗粒中的含量一般小于其在表层沉积物中的含量。但那些与生物活动密切相关的元素 (如 P, C 等) 及那些易生成水合氧化物的元素 (如 Mn, Fe 等) 在悬浮颗粒中的含量则高于沉积物中的含量。这种差别表明悬浮颗粒在其输送过程中, 陆源碎屑颗粒首先在河口区沉积, 较细的颗粒则被带到离岸的地方去沉积, 且其化学组成受到海洋环境中各种物理化学过程和生物过程的影响^[1,2]。

从悬浮颗粒上元素的分相测定结果看 (图略), 元素在两海区悬浮颗粒的弱结合态 (W) 和晶格态 (R) 的分布特点为: Fe, Al, Si, Ti, Mo 等主要赋存于 R 态中; Mn, Ca, Mg, Sr 等主要赋存于弱结合态。Si/Ti 比值随盐度的变化 (图略) 可以看出: 不论是 Fe 还是弱结合态的 Si, 它们与 Ti 的比值在盐度 0~24 的河口区都随盐度的增加而增加。这说明悬浮颗粒在河口的迁移输送过程中, 元素的弱结合部分的含量增加了。这种“自生”过程对悬浮颗粒的特性和对元素的生物地球化学循环起着重要的作用。

II. 3. 悬浮颗粒化学组成的主要控制因素

应用 SPSS/PC + 统计软件包对调查海区悬浮颗粒中元素总量的化学分析结果进行因子分析, 试图找出控制悬浮颗粒化学组成的主要因素。取相关系数矩阵的初始统计量中前 3 个大于 1 的特征值, 计算这 3 个因子的载荷矩阵, 并按方差最大法旋转得各元素在各主因子上的载荷。见图 3。

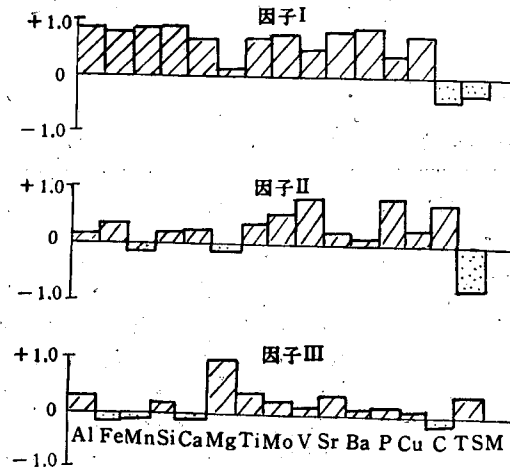


图 3 各元素在各主因子上的载荷分布图。

Fig. 3 Plot of varimax factor cores on the three factors identified by the principal analysis

从图 3 看出, 因子 I 正轴上的元素有 Al, Fe, Mn, Si, Ti, Mo, Sr, Ba, Cu 等, 它们主要是亲陆性的和那些易形成水合氧化物的元素, 其方差贡献达 56% 以上, 是控制悬浮颗粒化学组成的主要因素。影响这些元素在悬浮颗粒中含量的主要过程是陆源颗粒的输入及水体中各种地球化学过程。因子 II 正轴上的元素主要有 C, P, V, (Mo) 等, 它们主要是那些与生命过程有关的元素。控制这些元素组成的主要因素是生物活动及人类倾废等过程。因子 III 的方差贡献只有 7%, 正轴上的元素有 Mg, Sr 等元素。可能是与某些沉淀过程有关的因素, 也是控制悬浮物组成的主要因子之一。总之, 影响悬浮颗粒化学组成的因素主要是陆源输入、各种地球化学过程及与生物活动有关的过程。

参考文献

- [1] Bostrom K. et. al., 1981. Selective removal of trace elements from the Baltic by suspended matter. *Mar. Chem.* 10: 335-354.
- [2] Sholkovitz, E. R. & Price, N. B., 1980. The major-element chemistry of suspended matter in the Amazon Estuary. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 44: 163-171.

MAJOR ELEMENT COMPOSITION AND CONTROLLING FACTORS OF SUSPENDED PARTICLES IN XIAMEN HARBOUR AND JIULONG RIVER ESTUARY

Guo Laodong, Hong Huasheng, Chen Jingqian and Hong Liyu.

(Department of Oceanography, Xiamen University 361005)

Received: Nov. 20, 1989

Key Words: Suspended particle, Major element, Jiulong River estuary

Abstract

The content of total suspended matter (TSM) from the surface seawater of Xiamen Harbour and Jiulong River estuary during March, 1986 were 17.86 ± 6.16 and 60.11 ± 75.25 mg/dm³ respectively. River input is the most important source of suspended particles. The contents of major elements of suspended particles are in the sequence of Si, Al, Fe ($(47.4-190) \times 10^{-3}$) > POC (29.5×10^{-3}) Ca, Mg, Ti, Mn ($(1.6-18.8) \times 10^{-3}$) > P, Ba, Sr, V, Mo, Cu (less than 1×10^{-3}). In average, more than 75% of Fe, Al, Si, Ti and Mo were present in the refractory fraction, more than 50% of Mn, Ca, Mg and Sr were present in the weak acid soluble fraction.