

颗粒物物质和微量金属在东海 北部的沉积通量*

詹滨秋 黄华瑞 庞学忠
李鹏程 宋金明 任建伟

(中国科学院海洋研究所, 青岛 266071)

提要 于 1990 年运用沉积物捕捉器采样, 实测了东海北部(32.00°N, 126.00°E) 海域颗粒物质和微量金属 (Cu, Pb, Zn, Cr, Fe, Mn 和 Al) 的海洋垂直通量。结果表明, 颗粒物质的沉积通量随深度和季节而变化, 明显地受上升流的影响。沉积的颗粒物质以 0.45—63 μ m 的小颗粒为主; Cu 和 Zn 主要以有机物形式作垂直转移, Pb, Cr, Fe 和 Mn 主要以弱键结合形式作垂直转移, Al 则以硅酸盐的形式作垂直转移。沉积物中, 颗粒 Cu, Fe, Mn 和 Al 以 0.45—63 μ m 的颗粒为主; 颗粒 Pb 和 Cr 以大于 63 μ m 的颗粒为主; 0.45—63 μ m 和大于 63 μ m 的颗粒 Zn 在沉积物中占相近的比例。

关键词 颗粒物物质 微量金属 沉积通量 东海

化学元素从海洋转入底质的机理至今仍是人们注视的化学海洋学问题。自 70 年代以来, 国内外的科学家从分布、富集和室内模拟研究入手, 对海洋中的物质转移进行了许多研究(顾宏堪等, 1991; 孙秉一等, 1990a, b; Hu, 1984; Qin et al., 1988) 也提出许多理论模式 (Hu et al., 1984) 但很少涉及到沉积过程。本研究运用沉积物捕捉器和借助于样品的分级以及 3 种化学分离方法, 研究化学元素在转移中主要以什么方式进行, 并获得现场的垂直通量资料。

1 研究方法

1.1 地点和时间

研究地点选择在东海北部 (32.00°N, 126.00°E), 该处是长江冲淡水、东海水和黄海水混合的区域, 又是几股流系交汇的地方, 存在一个半永久性的气旋型涡旋和上升流 (丁宗信, 1985; 赵保仁, 1986; Hu, 1984), 见图 1。在 1990 年进行 2 个航次: 90-ES-1 和 90-ES-2, 捕捉器浮标系统投放日期为 5 月 4—6 日和 7 月 27—29 日。

1.2 捕捉器浮标系统

采用圆柱型和圆锥形 2 种捕捉器, 圆柱形捕捉器由 6 个单体组成梅花型, 开口总面积为 0.168m², 2 个圆锥形捕捉器以并列方式组成一组, 开口总面积为 0.373m²。沉积物捕捉器浮标系统的结构见图 2 (詹滨秋等, 1991)。

1.3 样品的分级、化学处理和分析方法 从沉积物捕捉器获得的样品, 用 63 μ m 的尼

* 国家自然科学基金资助项目, 4870284 号。中国科学院海洋研究所调查研究报告第 2008 号。
收稿日期: 1991 年 4 月 22 日; 接受日期: 1991 年 11 月 10 日。

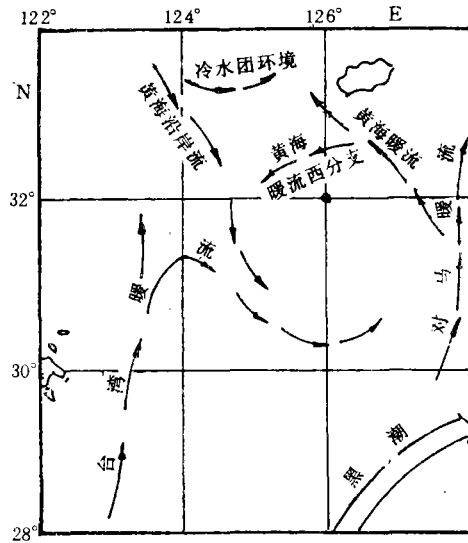


图 1 研究海域的流系和站位

Fig. 1 Current system in the research area and the station

龙筛绢和 $0.45\ \mu\text{m}$ 的醋酸纤维膜真空抽滤,分为 2 个粒级,大于 $63\ \mu\text{m}$ 和 $0.45\text{--}63\ \mu\text{m}$ 。每组样品又分为 3 份,供化学分析用。

把微量金属在海洋中的转移形式分为 3 类: 金属有机物 (Org-M), 弱键结合的金属化合物 (W-M) (Steinar et al., 1982) 和金属硅酸盐 (Si-M)。将每一粒级的 3 份样分别按 3 种化学分解法进行处理:

(1) 加入 $0.75\text{ml HCl} + 0.25\text{ml HNO}_3 + 0.05\text{ml HF}$ 溶液和样品于密封式聚四氟乙烯分解罐,在 $90\text{--}100^\circ\text{C}$ 下,分解 3h, 可分离出金属有机物, 弱键结合的金属化合物和金属硅酸盐。

(2) 加入 $0.75\text{ml HCl} + 0.25\text{ml HNO}_3$ 溶液和样品于密封式聚四氟乙烯分解罐,在 $90\text{--}100^\circ\text{C}$ 下,分解 3h, 可分离出金属有机物和弱键结合的金属化合物。

(3) 加入 1ml 的 1mol/L HCl 溶液和样品于密封式聚四氟乙烯分解罐,在 $90\text{--}100^\circ\text{C}$ 下,分解 3h, 可分离出弱键结合的金属化合物。

分解液经定容量后在 ICP 发射光谱仪上作微量金属分析。

2 结果与讨论

2.1 有关悬浮物质和不同粒级、不同形态的微量金属的沉积通量的资料汇总于表 1。

2.2 东海北部 ($32.00^\circ\text{N}, 126^\circ\text{E}$) 颗粒物质的日沉积通量随季节和深度而变化。在表层 (离海面 15m), 两个航次的沉积通量相当。可是对于底层 (离海底 15m), 5 月份的日沉积通量大于 7 月份; 7 月份底层的沉积通量小于表层: 这主要是上升流的作用 (丁宗信, 1985; 赵保仁, 1986)。这种现象在加拿大的萨尼奇湾也发现 (Zhan et al., 1989) 在沉积的颗粒物质中, 主要以 $0.45\text{--}63\ \mu\text{m}$ 颗粒为主。90-ES-1 航次, 表层沉积的 $0.45\text{--}63\ \mu\text{m}$ 颗粒占 62.7% , 而底层占 90.3% 。90-ES-2 航次, 表层沉积的两种粒度的颗粒的比

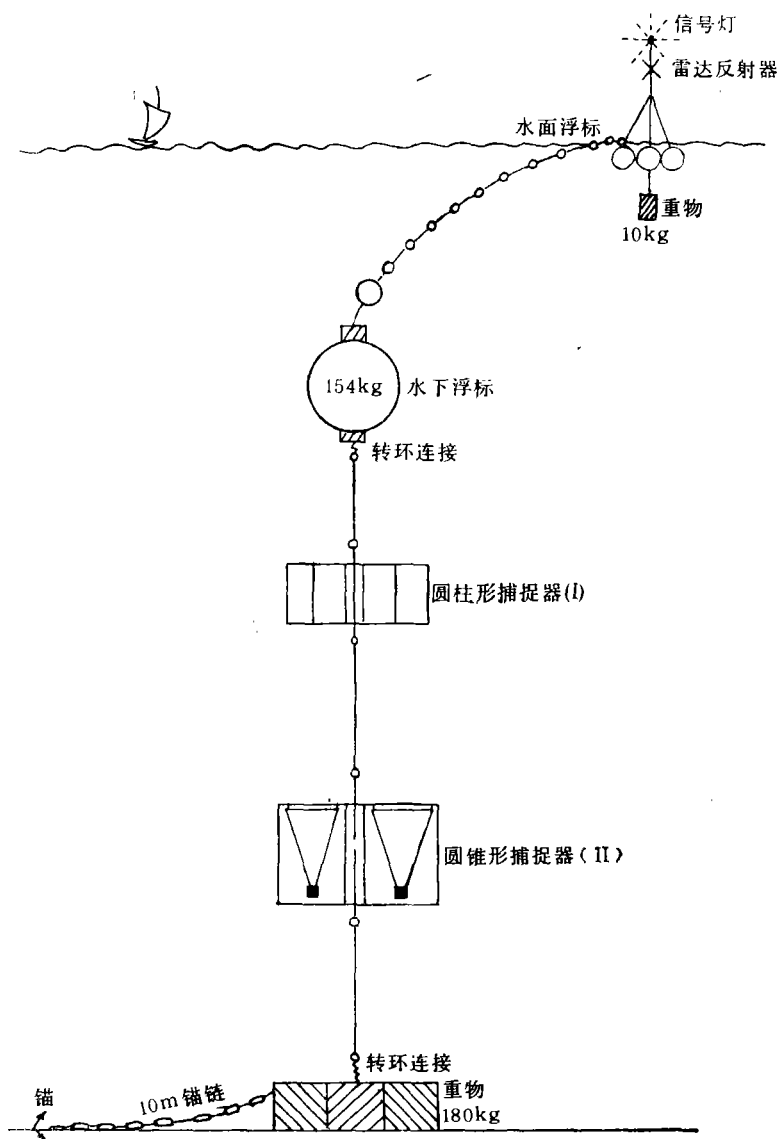


图 2 沉积物捕捉器浮标系统

Fig. 2 Buoy system with sediment trap

率相近;在底层, $0.45-63\mu\text{m}$ 的颗粒占 82.5%。

2.3 微量金属的日沉积通量范围。 Cu 在 $0.046-0.141\text{mg}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$; Pb 在 $0.38-1.22\text{mg}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$; Zn 在 $0.53-0.94\text{mg}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$; Cr 在 $0.091-0.56\text{mg}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 和 Al 在 $29.06-83.42\text{mg}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 之间。它们的沉积通量随季节和深度而变化。Cu, Pb, Fe, Mn 和 Al 在夏季底层的平均日沉积通量都大于春季, Zn 在两季的沉积通量相当; 而 Cr 则相反, 春季的日沉积通量大于夏季。在 7 个元素中, 有 5 个元素在夏季的沉积通量大于春季, 这种现象可以归结于, 夏季河流排放量大和生物活动强盛, 可是这种解释却不适于 Cr。

表 1 颗粒物质和微量金属在东海 (32°N, 126°E) 的日沉积通量^{a)} [mg/(m²·d)]
 Tab. 1 The sedimentation fluxes of trace metals and particulate matter in the East China Sea

颗粒物质 [g/(m ² ·d)]	90-ES-1 航次				90-ES-2 航次							
	表层		底层		表层		底层					
	0.45—63μm	>63μm	总 量	0.45—63μm	>63μm	总 量	0.45—63μm	>63μm	总 量			
	0.36	0.24	0.60	1.14	0.12	1.26	0.32	0.36	0.68	0.45	0.09	0.54
F	0.058	0.016	0.074	0.025	0.021	0.046	0.010	0.068	0.078	0.130	0.040	0.170
F _O	0.047	0.009	0.056	0.012	0.015	0.027	0.005	0.042	0.047	0.011	0.012	0.023
F _w	0.005	0.002	0.007	0.007	0.004	0.011	0.003	0.008	0.011	0.007	0.011	0.018
F _{Si}	0.006	0.005	0.011	0.006	0.002	0.018	0.020	0.018	0.020	0.112	0.017	0.119
	0.750	0.137	0.887	0.172	0.206	0.378	0.243	0.976	1.219	0.126	0.315	0.441
F	0.076	0.034	0.110	0.043	0.092	0.135	0.122	0.312	0.434	0.026	0.066	0.092
F _O	0.568	0.083	0.651	0.067	0.082	0.149	0.062	0.627	0.689	0.042	0.115	0.157
F _w	0.076	0.020	0.096	0.062	0.022	0.084	0.059	0.037	0.096	0.058	0.134	0.192
F _{Si}	0.404	0.168	0.572	0.306	0.323	0.627	0.431	0.405	0.836	0.274	0.252	0.526
F	0.128	0.044	0.172	0.197	0.155	0.352	0.197	0.036	0.233	0.202	0.112	0.314
F _O	0.136	0.064	0.200	0.054	0.090	0.144	0.120	0.182	0.302	0.036	0.070	0.106
F _w	0.140	0.060	0.200	0.055	0.078	0.133	0.114	0.187	0.401	0.036	0.070	0.106
F _{Si}												

Cr	F	0.120	0.046	0.166	0.043	0.514	0.557	0.031	0.183	0.214	0.027	0.046	0.091
	F _O	0.005	0.031	0.036	0.005	0.029	0.034	0.004	0.022	0.026	0.004	0.009	0.013
	F _w	0.096	0.006	0.102	0.025	0.371	0.396	0.023	0.125	0.148	0.021	0.049	0.070
	F _{Si}	0.019	0.009	0.028	0.013	0.114	0.127	0.004	0.036	0.040	0.002	0.008	0.010
Fe	F	43.10	4.25	47.35	10.93	7.75	18.68	8.83	16.92	25.75	15.81	5.01	20.82
	F _O	5.30	1.06	6.36	4.82	0.099	4.92	0.87	2.86	3.73	1.80	0.47	2.27
	F _w	33.76	2.94	36.70	5.42	6.98	12.40	6.55	13.24	19.79	13.89	3.68	17.57
	F _{Si}	4.04	0.26	4.30	0.68	0.67	1.35	1.41	0.82	2.23	0.18	0.86	1.05
Mn	F	0.864	0.091	0.955	0.132	0.090	0.222	0.076	0.139	0.215	0.376	0.075	0.451
	F _O	0.045	0.074	0.119	0.047	0.027	0.069	0.010	0.005	0.015	0.090	0.013	0.103
	F _w	0.802	0.010	0.812	0.078	0.062	0.140	0.049	0.120	0.169	0.271	0.058	0.329
	F _{Si}	0.017	0.007	0.024	0.007	0.006	0.013	0.017	0.014	0.031	0.015	0.004	0.019
Al	F	75.82	7.59	83.42	18.06	10.95	29.0	14.30	21.22	35.52	32.51	6.94	39.45
	F _O	8.12	1.68	9.80	4.98	0.47	5.45	6.37	3.08	9.45	9.68	2.48	12.16
	F _w	20.94	3.22	24.16	2.82	3.80	6.62	2.49	5.54	8.03	10.35	1.97	12.32
	F _{Si}	46.77	2.69	49.46	10.26	6.68	16.94	5.44	12.60	18.04	12.48	2.49	14.98

a) F 为元素总通量, F_O, F_w, F_{Si} 分别为金属有机物通量, 以弱键结合的金属化合物通量, 金属硅酸盐通量。

微量金属沉积通量的深度变化特征可归为 3 类: (1) Fe 和 Pb, 无论在春或夏季, 表层的沉积通量都大于底层; (2) Cu, Mn 和 Al, 春季表层的沉积通量大于底层; (3) Zn 和 Cr, 在春季, 底层的沉积通量大于表层, 而夏季表层的沉积通量大于底层。

微量金属的沉积通量主要受 3 个因素所控制: (1) 外界输入(包括大气和河流输入); (2) 海洋自身生成的颗粒物(包括化学过程和生物生产所产生的颗粒物); (3) 底质的再悬浮。因而要想较准确地解释微量金属沉积通量的时空变化特征和规律, 须对上述诸因素作综合性的研究。

2.4 微量金属在垂直转移中的化学形态。Pb, Cr, Fe 和 Mn 在沉降的悬浮颗粒物中主要以弱键结合的颗粒金属为主, 说明它们在垂直转移时主要为氢氧化物、水合氧化物和碳酸盐, 或是在粘土矿物和生物碎屑上吸附的金属离子和形成的络合物。Al 以颗粒硅酸盐, 而 Cu 和 Zn 则主要为颗粒有机物, 但其中也有例外, 例如在夏季的底层, Cu 和 Pb 以颗粒硅酸盐为主, 这可能由于沉积物再悬浮而引起 (Hu, 1984)。

2.5 沉降颗粒微量金属的颗粒度。垂直沉降的颗粒 Cu, Fe, Mn 和 Al 以 0.45—63 μm 的颗粒为主, 颗粒 Pb 和 Cr 以大于 63 μm 的颗粒为主, 而 0.45—63 μm 和大于 63 μm 的颗粒 Zn 在沉降物质中所占的比率相当。唯有例外, 在夏季的表层, 大于 63 μm 的颗粒 Cu, Fe, Mn 和 Al 的沉积通量大于 0.45—63 μm 颗粒金属的沉积通量。

2.6 与世界上一些深海和海湾的颗粒物和微量金属的平均日沉积通量的比较。由表 2 可见东海北部颗粒物和微量金属的沉积通量都远大于马尾藻海的物质通量。与两个近海湾比较, 东海北部颗粒物的沉积通量不及萨尼奇湾和喷火湾的 30%; Cu 和 Zn 相当; Fe, Mn 和 Zn 则较低。萨尼奇湾 Pb 的沉积通量为东海北部的 110 倍, 而后者却为喷火湾的 3.4 倍。从微量金属在颗粒物中所占的地位可以看到, 马尾藻海、萨尼奇湾和喷火湾的沉降物质的微量金属, Fe 占首位。而在东海, Al 占首位, 这说明东海的悬浮物质受其河流带来的硅铝酸盐的影响要比上述三个海和湾受河流排放物的影响大; 尽管长江

表 2 东海和世界一些深海、海湾的颗粒物和微量金属沉积通量的比较

Tab.2 Fluxes of particulate matter and trace metals in the East China Sea and some deep sea and bay over all the world

地点		东 海 (32.00°N, 126.00°E)	马尾藻海 ^{a)} (31°31'N, 55°03'W)	萨尼奇湾 ^{b)} (48°37.35'N, 123°30.00'W)	喷火湾 ^{c)} (42°16.00'N, 140°36.00'E)
水深(m)		83	5 581	225	110
物质 通量 [mg/(m ² ·d)]	颗粒物	890	46	4280	4330
	Cu	0.11		0.16	0.14
	Pb	0.41	0.0065	45.3	0.12
	Zn	0.58	0.020	0.52	
	Cr	0.33	0.003		
	Fe	19.75	1.70	1918	133
	Mn	0.34	0.044		
	Al	34.34			

a) Spenser, et al., 1978; b) Zhan et al., 1989; c) Noriki et al., 1985.

和黄河把大量的悬浮物质输运到东海,但是它们大部分已在河口区沉积。同时,由于东海是一个开阔的陆架海和几股流系在此相交汇,颗粒物质被搬运到深海和大洋要比半封闭式的近海海湾容易,因而在东海北部的物质通量比近海湾小。与深海相比,东海北部由于悬浮物质含量高,以及具有强的生物地球化学作用,物质的通量要远远地大于相对稳定的深海。

参 考 文 献

- 丁宗信,1985,东海北部气旋区夏半年水文结构,海洋与湖沼,16: 138—146。
- 顾宏堪等,1991,渤黄东海海洋化学,科学出版社,15—266。
- 赵保仁,1986,东海北部气旋区的水文结构,海洋与湖沼论文集,科学出版社,34—41。
- 孙秉一等,1990,铬(VI)对浮游植物生长率的影响,青岛海洋大学学报,20: 1—8。
- 孙秉一等,1990,铜对三角褐指藻的毒性,青岛海洋大学学报,20: 9—18。
- 詹滨秋等,1991,沉积捕捉器的设计和应用,海洋科学,1: 16—18。
- Hu, D., 1984, Upwelling and sedimentation dynamics, *Chin. J. Oceanol. Limnol.*, 12—12—19.
- Noriki, S. et al., 1985, Removal of trace metals from seawater during a phytoplankton bloom as studied with sediment traps in Funka Bay, Japan, *Mar. Chem.*, 17: 75—89.
- Qin, Y. et al., 1988, Study on suspended matter in sea water in the southern Yellow sea, *Chin. J. Oceanol. Limnol.*, 7: 345—354.
- Steinar, K. N. and Water, L., 1982, The determination of weakly and strongly bound Copper, Lead and Cadmium in Oslo Fjord samples, *Mar. Chem.*, 11: 223—233.
- Spencer, D. E. et al., 1978, Chemical fluxes from a sediment trap experiment in the deep Sargasso Sea, *J. Mar. Res.*, 36: 493—521.
- Zhan, B. et al., 1989, Sea flux of trace metals in Saanich Inlet, *Chin. J. Oceanol. Limnol.*, 7: 345—354.

THE SEDIMENT FLUXES OF PARTICULATE MATTER AND TRACE METALS IN NORTHERN EAST CHINA SEA*

Zhan Binqiu, Huang Huarui, Pan Xuezhong, Li Pengcheng,

Song Jinming and Ren Jianwei

(*Institute of Oceanology, Academia Sinica, Qingdao 266071*)

ABSTRACT

Vertical oceanic fluxes of particulate matter and trace metals (Cu, Pb, Zn, Cr, Fe, Mn and Al) were measured with sediment trap in the North East China Sea (32.00°N, 126.00°E) 4—6, May and 27—29, July, 1990. The average daily fluxes of particulate matter and Cu, Pb, Zn, Fe, Cr, Mn and Al were 0.89 g/(m²·d), 0.11 mg/(m²·d), 0.41 mg/(m²·d), 0.58 mg/(m²·d), 19.75mg/(m²·d), 0.33mg/(m²·d), 0.34mg/(m²·d), and 34.34mg/(m²·d), respectively. The results showed that the vertical flux changed with depth and seasons, and were obviously influenced by upwelling. The size range of sinking particulate matter was mainly between 0.45 and 63 μm. Vertical transfer of particulate Cu and Zn depended on the organic form, Cr, Fe, Pb and Mn on weak-bond form and Al on silicate form. The size of particulate Cu, Fe, Mn and Al were mainly between 0.45 and 63 μm. Most of sinking particulate Cr and Pb were larger than 63 μm and the proportion of 0.45—63 μm and more than 63 μm particulate Zn in sediment matter were similar.

Key words Particulate matter Trace metal Sediment flux East China Sea

* Contribution No. 2008 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.