长江口营养盐(N, P, Si)分布与变化特征*

王正方 姚龙奎 阮小正

(国家海洋局第二海洋研究所)

河口区是河流和海洋的交汇处,是化学元素和有机物质同沉积物交换最激烈的场 所^[3-6,9-10,12]。研究河口营养盐(N, P, Si)不仅可了解河流的输出物质,而且还同了解邻 近海域及世界大洋的化学组成、变化、平衡等都有密切的关系。因此,对河口 N, P, Si 的 研究已愈益受到重视^[1,2,8],成为河口研究的基础工作。

一、 实 验

站位布设

1980 年 6 月 9-17 日,在长江口海域 (121°50'-122°30'E, 30°55'-31°45'N) 布设 了 14 个测站 (图 1a),其中 P8001, P8002, P8003, P8010 和 P8008 等为时间系列,其 余各站为大面观测站。

样品采集与制备

表层水样用塑料桶直接取得;中层、底层用 Niskin 采水器采集。 所得水样立即用 0.45μm Millipore 膜过滤。滤液于冰箱中储存 (< 4℃),在 24 小时内分析完毕。

主要仪器和试剂

Perkin Elman 分光光度计;光折射盐度计;0.45µm Millipore 过滤设备;试剂都为优级纯。

分析方法[4]

SiO²⁻ 采用硅钼黄法、NO³ 采用铜-镉还原法、PO¹⁻ 采用磷钼蓝法测定; S‰ 采用 光折射盐度计直接分析经 0.45µm Millipore 过滤的水样,经温度校正后获得。

二、结果与讨论

从 1980 年 6 月 9 日到 6 月 17 日的海上观测中,分别获得了四个连续站和两次大面 观测站的资料。绘制了 N, P, Si 的平面分布图、断面图、随时间变化图和相应的表格,分别列于图 1—4 和表 1,2。

1. 长江口海域 N, P, Si 的分布和变化

图 la, b, c 反映了长江口海域 N, P, Si 的表层平面分布。从图中可以看到, N, P, Si 等值线在本测区水平分布呈不圆滑的舌状; 表层的等值线梯度在 122°30′E 最大, 而 底层(图 ld)的变化梯度略小些。N, P, Si 浓度高值在 31°30′N 以南。

从 N, P, Si 分布图来看,长江入海物质被东海海水包围,等值线密集处混合最激烈;

^{*} 厦门大学王隆发老师,中国科学院海洋研究所康兴伦同志,参加了海上作业。 收稿日期: 1981 年 3 月 19 日。



图 1 长江口海域 N, P, Si 的平面分布(1980年6月) (图 ld 中 "SiO;"应为 SiO;⁻)

北部和东部被低 N, P, Si 的水体包围;南部的变化较缓。

长江口海域 N, P, Si 出现这样的分布趋势,一方面由于长江口段地理方位是东偏 南向,加上长江迳流量大,P8001 余流值高达 75.7cm/s (表 2),迳流水源源不断而来, 在长江口门处射流入海,使该测区高 N, P, Si 的水偏南侧;另一方面,长江迳流入海后, 重力流转变成惯性流(重力流并未完全消失),地球偏转力起作用,使迳流表层水南移,南 部 N, P, Si 变化较缓。由于外海水团对长江口海域的影响,使等值线呈不圆滑的舌状。

图 2 是在 122°30′E 的 P8006, P8007, P8009 和 P8011 的 N, P, Si 断面图。由 北向南, N, P, Si 逐渐增加。在 P8007 站出现低值,这是由于外海水入侵之故。同时, 也可看出长江冲淡水(长江迳流水与海水混合后的水)今年6月份在此分成两股向东海挺



图 2 N, P, Si 横断面分布 (1980 年 6 月) (图 2d 中"NO,"应为 NO;)

进。并且,长江迳流入海主峰在 P8009, P8011 以南、122°30′E 以西的方位上。而 NOr 的情况相反(图 2d),由北向南是递减的。

图 3 呈现了 N, P, Si 纵断面变化。由图中可见,在 P8012 和 P8013 测站,表、底 层 N, P, Si 分布均匀,说明流经该处的水体混合得很好。

从 SiO³₅, PO², NO³ 含量经向分布来看,近长江口的 P8012 到远离江口的 P8011 测站,浓度逐渐递降。从 P8012 到 P8011 出现表层高于底层, 有低 N, P, Si 的海水向





图 3 N, P, Si 纵断面分布 (1980 年 6 月) (图 3a 中"SiO³"应为 SiO³⁻; 图 3d 中"NO³"应为 NO⁻₂)

站位	层次	SiO ₃ ²⁻ (μM/l)	NO ₃ (μM/l)	$NO_2(\mu M/l)$	PO ₄ ³⁻ (μM/l)
P8001	表	104105.2	56-64	0.10-0.24	0.42-0.73
	底	103.9-105.2	55—63	0.11-0.22	0.52-0.68
P8008	表	62—102	40-64	0.08-0.21	0.40-1.03
	底	<u></u> 30—46	2061	0.12-0.50	0.22-1.34
P8010	表	5787	36-48	0.08-0.21	0.74-1.04
	底	+575	33 46	0.07-0.18	0.67-0.96

表 1 P8001, P8010 和 P8008 站 N, P, Si 变化范围

表2 河口区余流值表 (cm/s)*

测 站	表	层	底	层	
P8001	75	.7 .	47.6		
P8003	39.3		13.5		
P8010	11.5		8.3		

* 表中数值由我所水文室整理。

江内楔人。NO₂情况复杂,规律性较差。

图 4a, b, c 为 N, P, Si 的含量随时间的变化。从 P8003 和 P8010 测站的连续观 察来看, NO₃, PO₄⁻ 和 SiO₃⁻ 的量值是时间的周期函数,同潮汐关系密切。退潮时, 盐 度下降, NO₃, PO₄⁻ 和 SiO₃⁻ 的浓度下降(不过, NO₂ 变化规律性差)。P8001 站变化





⁽图中"SiO;"应为 SiO;-; "PO;"应为 PO;-; "NO," 应为NO;。)



不明显,表、底层 N, P, Si 浓度接近。

表 1 列出了 N, P, Si 变化的范围。从表中可见, 表层 SiO⁺ 和 NO⁻, 比底层的高。 在盐度低于 1% 的 P8001 站, 近似河水的样品分析, 表层与底层较一致。

2. 长江口海域 N, P, Si 的迁移规律

根据实测数据,将 SiO₃⁻ 对 S‰, NO₃⁻ 对 S‰, NO₂⁻ 对 S‰, PO₄⁻ 对 S‰ 作相 关图(见图 5--8)。将 SiO₃²⁻-S‰ 和 NO₃⁻-S‰ 经统计处理,制得 SiO₃²⁻, NO₃⁻ 的理论稀 释线,并且分别得到 SiO₃²⁻-S‰ 和 NO₃⁻-S‰ 的相关系数如下:

$$r_{(SiO_3^2 - 5\%)} = -0.99$$
 (n = 204)
 $r_{(NO_1^2 - 5\%)} = -0.96$ (n = 139)



经简单的数学处理, SiO3 对 S‰ 和 NO3 对 S‰ 的变化率分别为:

 $\frac{d\text{SiO}_3^{2^-}}{dS\%} = -2.86; \quad \frac{d\text{NO}_3^-}{dS\%} = -1.79$

从 SiO₃⁻⁻-S‰ 和 NO₃⁻-S‰ 的相关系数值来分析, SiO₃⁻⁻ 和 NO₃⁻ 主要受海水稀释 来控制。对 NO₃⁻⁻ 来说,相关系数为 - 0.96,说明 NO₃⁻⁻ 的散点比 SiO₃⁻⁻ 的散点在理论 稀释线的两侧要宽。

从图 6 可见, SiO³⁻ 在海水中的浓度要比在河水中低得多。 这就暗示了必定存在着 限制 SiO³⁻ 存在的某些因子。 据文献报道^[7], Al 也有类似的情况, 在这两种情况中, 海 水中 Al 和 SiO³⁻ 的浓度似乎比预料的氢氧化铝和活性硅的浓度为低。海水中溶解硅和 铝的浓度可能受到因生成新的硅铝矿而受到调节, 因为硅铝矿的溶解度^[11] 远比氢氧化铝 和硅酸低。 海水中硅的浓度除了受地质过程影响外,还受生物过程的影响。在河口,水文要素的 变化,加速了这两个过程。海水中的硅,以溶解硅酸盐离子和悬浮二氧化硅两种形式存 在^[5]。Sillen^[13] 指出硅酸 H₄SiO₄ 是一种弱酸。 因此,在海水中 pH = 8 左右的范围内, 只有约 5% 的溶解硅能以 H₃SiO₄ 形式存在。 他的结论是以单分子 [Si(OH)₄] 形式存 在。另一方面,Si(IV) 的水合程度是可变的。硅酸容易不可逆地脱水成为十分稳定的硅 石 SiO₂^[6].显然,这也是可溶性硅的浓度下降原因之一。

图 8,9 反映出 PO³⁻, NO⁻, 同盐度之间的关系没有明显的规律。

3. 长江迳流 N, P, Si 输出量的估算

在大洋水中,活性 N, P, Si 的量都是很低的。 而长江口淡水的量较高,这就必然存 在着由河流经过河口这个界面向海洋输送的问题。

 项 时	月 平 均 量 (kg/s)			月 流 量 (t/Month)		
间	NO ₃	P O ³−	SiO ₃ ²⁻	NO ₃	PO4~	SiO3-
1980.6.	161.3	2.37	315.6	4.2×10°	6.1×10 ³	8.1×10'

表 3 1980 年 6 月长江人海物质 N, P, Si 输出量¹⁾

 长江迳流量系由安徽省水利局水文总站大通水文站提供,在计算中,我们进行了适当较正,特此说明,并谨此致 谢。

我们将所获得的资料同有关水文资料结合,粗略地进行了估算。表 3 列出了 1980 年 6 月长江入海物质 NO₃, PO³⁻, SiO³⁻ 的输出量。

参考文献

- [1] 李法西、吴喻端、王隆发、陈泽夏,1964。河口硅酸盐物理化学过程研究 I. 活性硅含量分布变化及其影响因素的初步探讨。海洋与湖沼 6(4): 311-321。
- [2] 顾宏堪,1976。海洋中氮循环的热力学平衡问题。海洋科学集刊 11: 1-6。
- [3] 阿列金 O. A., 1957. 水化学。中国工业出版社,40-44页。
- [4] 霍恩 R. A., 1976. 海洋化学。中国科学出版社,151-181页。
- [5] Burton, J. D., 1976. Basic Properties and Processes in Estuarine Chemistry. Estuarine Chemistry. Academic Press, London and New York. pp. 1-36.
- [6] Goldberg, E. D., 1971. Atmospheric Dust. the Sedimentary Cycle and Man Comment Earth Sci. Geophys. 1: 17-132.
- [7] Hydes, D. T. and P. S. Liss, 1977. The Behaviour of Dissolved Aluminium in Estuarine and Coastal Waters. Estuar. and Coast. Mar. Sci. 5(6): 755-770.
- [S] Li Faxi, 1979. Analysis of the Mechanism of Removal of Reactive Silicote in the Estuarial Region. Selected Works of Oceanography 2(1): 47-62.
- [9] Lonv, N. and G. H. Bolt, 1963. Interaction Between Calcium Carbonates and Bentonite Suspension. Nature 200: 1343.
- [10] Mackenjie, F. T., 1964. Strontium Content and Variable Strontium-Chlorinty Relationship of Sargasso Sca Waler. Science 146: 517.
- [11] Roberte, W., 1976. Handbook of Chemistry and Physics 1976-1977 57th. CRC Press, Inc. B-86.
- [12] Shepard, F. P., 1963. Submarine Geology. Happer Row Publishers. p. 559.
- [13] Sillen, L. G., 1961. The Physical Chemistry of Seawater. Oceanog. 67: 549-581.
- [14] Strickland, T. D. H. and T. R. Parsons, 1968. A Practical Handbook of Seawater Analysis. Fisheries Research Board of Canada, pp. 45-77.

DISTRIBUTION AND CHARACTERISTICS OF NUTRIENTS (N, P, Si) IN THE ESTUARY OF CHANGJIANG RIVER IN JUNE, 1980

Wang Zhenfang Yao Longkui and Yuan Xiaozheng (Second Institute of Oceanography, National Bureau of Oceanography)

ABSTRACT

This paper describes major features and distribution of N, P, Si during the month of June, 1980 in the estuary of Changjiang River. The distribution of nutrients appeared to be plume-shaped. Near 122°30'E, there were many packed isolines of N, P, Si. At the southern part of the estuary, the isolines were much looser.

Some figures show the relationships between nutrients (N, P, Si) and salinity (S‰). The theoretical dilution line of SiO_3^{2-} and NO_3^{-} indicates that the change of SiO_3^{2-} and NO_3^{-} is due to the physical mixing at the estuary area. The relative figures of NO_2^{-} and PO_4^{3-} suggest that chemical or biological interactions might have taken place. The dilution slopes from the experimental results are:

$$\frac{d \sin^2 \sigma}{d S \% \sigma} = -2.86, \quad \frac{d NO_3^{-1}}{d S \% \sigma} = -1.79.$$

The fluxs of nutrients (N, P, Si) of Changjiang River during the month of June, 1980 were estimated to be 161.3 kg/s for N_3 -O, 2.4 kg/s for PO_4^{3-} , 315.6 kg/s for SiO_3^{2-} respectively.