

长江口上升流区营养盐的分布及其通量的初步估算

裴绍峰^{1,2}, 沈志良¹

(1. 中国科学院 海洋研究所 海洋生态与环境科学重点实验室, 山东 青岛 266071; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100039)

摘要: 根据 2004 年 5 月份长江口调查资料, 分析了春季长江口上升流现象及其对营养盐分布的影响; 初步估算了春季上升流的营养盐通量。结果表明: 在春季, 低温、高盐、低溶解氧的上升流稳定存在于 122°20'~123°00'E, 31°00'~32°00'N 海区的 10 m 层和底层之间, 并可以涌升到 10 m 层以上海区。上升流为上层海区输入了丰富的 PO₄-P 和相对低浓度的 NO₃-N 和 SiO₃-Si。对上升流营养盐通量的计算表明, 春季上升流中磷酸盐输送通量远高于长江径流输入, 可能会成为影响该海区磷酸盐分布以及浮游植物生长的一个值得关注的因素; 而氮和硅营养盐则不如长江径流输入量大。

关键词: 上升流; 营养盐; 通量; 长江口

中图分类号: P734.2

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2008)09-0064-07

随着经济发展, 人为影响加大, 水域富营养化增加, 中国沿海水质急剧恶化, 赤潮频发^[1-3]。东海赤潮发生次数占全国记录总数的 45% 左右^[4], 且 74.7% 的赤潮集中在长江口邻近的 30°30'~32°00'N、122°15'~123°10'E 海域, 又被称为“长江口及其邻近海域赤潮多发区”^[5]。

陈长胜^[6]认为东海的生态系统以长江口和黑潮生态动力学为特征, 温、盐分布清楚地证实, 赤潮高发区的海水主要来源于长江冲淡水(CDW)和北进的台湾暖流(TWC)。长江口外海域赤潮频繁发生的过程不仅与长江有关, 而且可能与台湾暖流有关。长江径流输入的营养盐逐年增加^[7,8], 是造成该区富营养化的主要原因之一, 有关长江营养盐输入通量目前已经有了较多的报道^[9-11]。Chen^[12]认为涌升到东海陆架的黑潮次表层水为该海域输入大量营养盐, 是长江输送通量的多倍, 但随后被 Liu^[13]质疑。赵保仁等^[14-16]指出 5~8 月长江口海区 122°20'~123°10'E、31°00'~32°00'N 存在稳定上升流现象, 并简要论述了夏季上升流现象及营养盐的分布特征, 认为夏季上升流可将深底层的高营养盐水抬升到 10 m 层以上水域。朱建荣等^[17-19]对长江口上升流产生的动力机制进行了数值模拟。尽管对于其他海域的上升流营养盐通量已经有了一定的研究^[20-24], 但是关于长江口上升流区营养盐的输送通量, 目前尚未有人计算。

作者根据 2004 年 5 月份长江口调查资料, 在

分析长江口上升流区营养盐分布特征的基础上, 初步估算了春季上升流的营养盐通量, 并且和长江径流输送通量的历史数据进行了比较, 为进一步研究长江口富营养化提供参考。

1 采样和方法

于 2004 年 5 月对长江口及临近海域进行现场调查, 共设 38 个站位(图 1)。用南森采水器在表层、5、10、20、30 m 和底层采样, 用于测定营养盐的水样经预先在 450 °C 高温下进行灼烧处理 6 h 的 WhatmanGF/F 玻璃纤维素膜过滤, 储于用 1:10 盐酸溶液浸泡 24 h 并洗净烘干的聚乙烯瓶中, 加入 0.3% 的氯仿, 立即冰冻保存, 回实验室后分析。

溶解氧(DO)采用温克勒(Winkler)法现场测定。硝酸盐(NO₃-N)以铜镉还原法测定, 亚硝酸盐(NO₂-N)以重氮偶氮法测定, 铵(NH₄-N)以靛酚兰法测定, 磷酸盐(PO₄-P)以磷钼蓝法测定, 硅酸盐(SiO₃-Si)以硅钼蓝法测定。溶解无机氮(DIN)为 NO₃-N、

收稿日期: 2007-05-15; 修回日期: 2007-11-30

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX3-SW-232); 国家自然科学基金重点基金资助项目(50339040); 国务院三峡工程建设委员会资助项目(SX2004-010)

作者简介: 裴绍峰(1981-), 男, 山东聊城人, 硕士研究生, 研究方向: 海洋生物地球化学, E-mail: peishaofeng@gmail.com; 沈志良, 通讯作者, E-mail: zhishen@ms.qdio.ac.cn

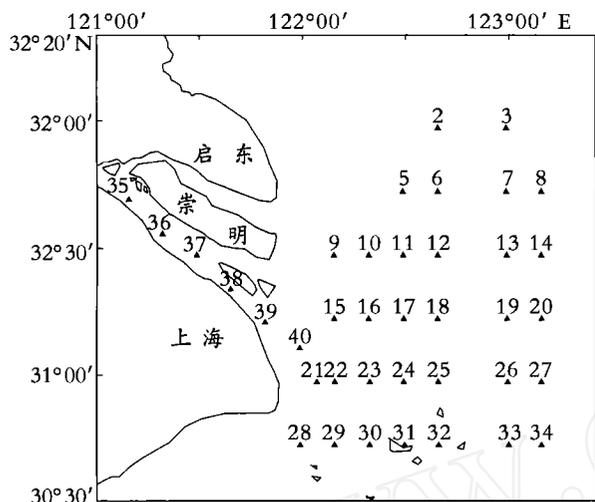


图1 长江口采样站位

Fig.1 Sampling stations in the Changjiang estuary

SiO₃-Si 的冰冻样品溶化 3 h 后进行分析^[25]。各项营养盐用荷兰产 SKALAR San & plus 微量自动分析系统分析。

2 结果和讨论

2.1 春季长江口上升流现象

在春季, 长江径流量猛增, 2004 年长江大通站流量从 4 月的 18 000 m³/s 增加到 6 月的 35 700 m³/s。同时, 光照增强, 温度回复, 浮游植物旺盛生长。作者分别选取一个典型的横向断面 C(31°30'N, 包括 9~14 站位), 和一个典型的纵向断面 H(122°40'E, 包括 2, 6, 12, 18, 25 和 32 站位) 对长江口上升流现象进行分析。

位于 31°30'N 附近的 C 断面温度、盐度和溶解氧的等值线(图 2)都在 122°20'~123°00'E 海域出现明显的抬升现象。16.5~20 °C 等温线在底层到表层之间大幅度抬升, 其中 16.5 °C 等温线从底层 30 m

NO₂-N 和 NH₄-N 之和。为了防止 Si 聚合, 测定

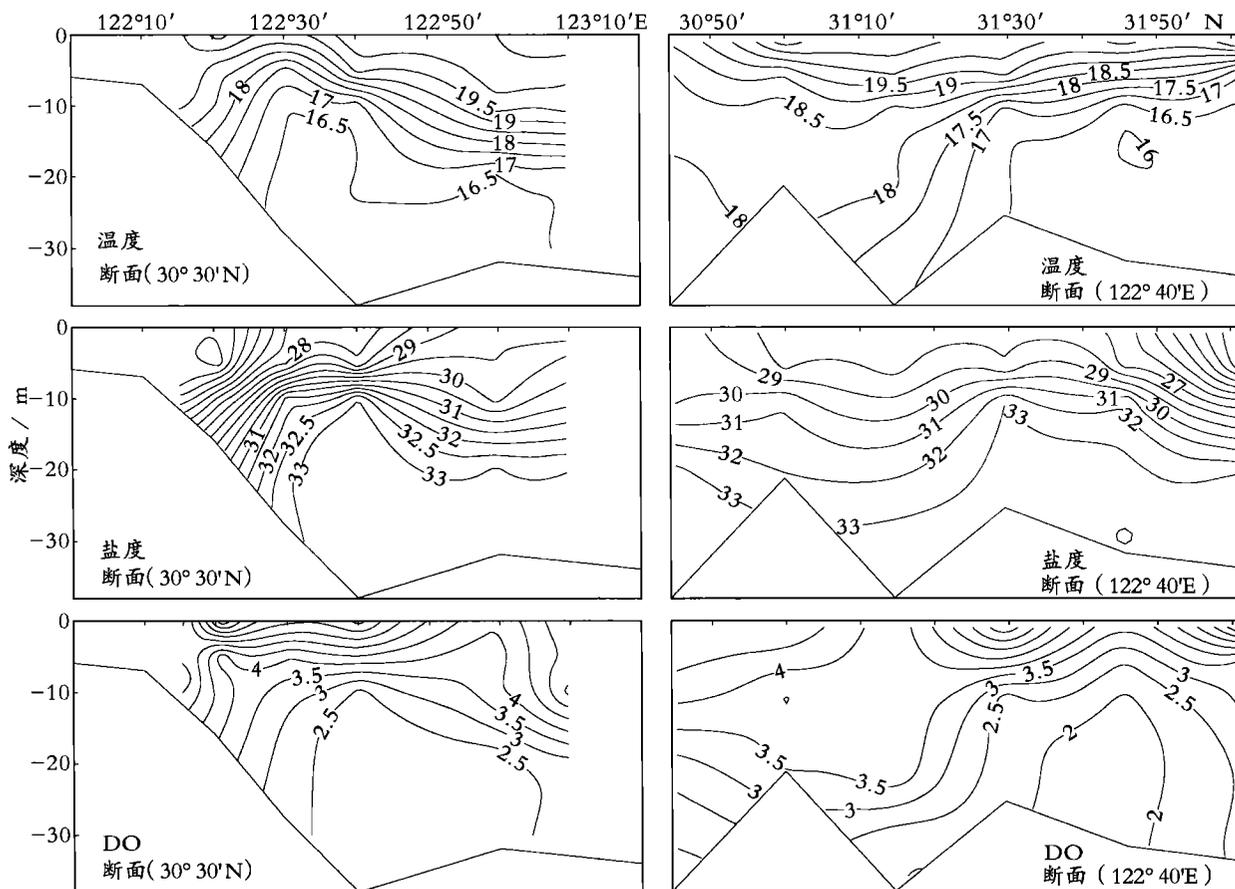


图2 春季 C 断面和 H 断面温度、盐度和溶解氧的分布特征

Fig.2 Vertical distributions of T, S and DO in transect C and H in spring

层抬升至 10 m 层, 大于 19.5 °C 的等温线抬升最高处到达表层。盐度 30~33 等值线也出现明显抬升, 其中 33 等值线从 20 m 层抬升至 10 m 层。2.5~4 mg/L 溶解氧等值线抬升明显, 4 mg/L 等值线抬升至 5 m 层以上。以上分析表明在 C 断面 122°20'~123°00'E 海域有低温、高盐、低溶解氧的上升流从海底向上层涌升, 爬升高度可以超越 10 m 层, 部分上升流水可以涌升至表层。这与赵保仁^[15]曾记录的夏季上

升流现象相似。

对位于 122°40'E 附近的纵向 H 断面(图 2)的分析表明, 上升流影响了温度、盐度和溶解氧的分布, 使得等值线被明显地抬升。此外, 温度和盐度等值线分布趋势表明, 春季上升流主体可以继续向北部延伸, 甚至超过了 32°00'N。

从图 2 可以看出, 10 m 层受到上升流影响较为显著。10 m 层平面分布 (图 3) 表明: 16.5~18 °C 之

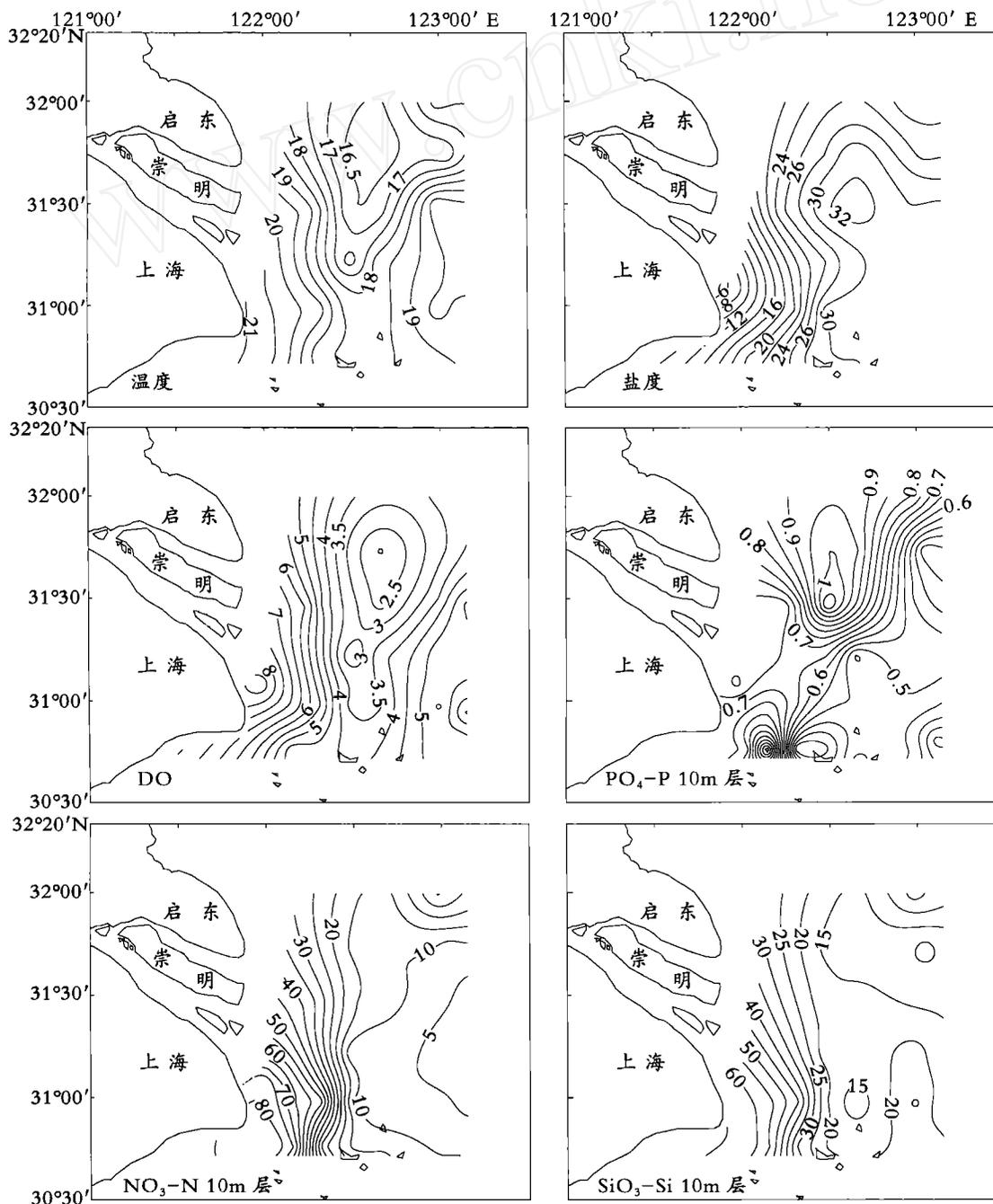


图 3 春季 10 m 层温度、盐度、溶解氧和营养盐的分布特征

Fig.3 Horizontal distributions of T, S, and DO and nutrients in the 10m layer in spring

间的低值等温线趋于闭合,最低温度比闭合区两侧温度(18.5 °C)低 2 °C 以上。等盐线分布表明盐度从西侧长江口门区向东逐渐增加,约从 122°25'E 开始,31~32 的等盐线明显趋于闭合,在 122°40'E, 31°30'N 形成盐度高于 32 的高盐核,朱德弟等^[26]也曾观测到与此类似的高盐核。溶解氧分布图中出现椭圆形等值线闭合区,位置和等温线闭合区吻合较好,其范围为小于 2.5~3.5 mg/L,溶解氧最低值比闭合区两侧(4 mg/L)低 1.5 mg/L 以上。综上可见,低温、高盐、低溶解氧的上升流主要出现在 122°20'~123°00'E, 31°00'~32°00'N 海域,与 C 断面图观测结果一致,等值线延伸趋势表明上升流还可以影响到 32°00'N 以北海区。

蒲新明等^[27]认为,这种低温、高盐区是由于受到黄海冷水团的影响所致,作者认为其影响因素不是黄海冷水团,因为黄海冷水团具有两大特征:温度低,盐度低(小于 31)^[28],而从盐度分布图中可见,

该区盐度较高,大于 31,而高盐核则高于 32,这显然不是黄海冷水团的特征。

2.2 春季上升流区营养盐分布特征

上升流将富含营养盐的深层水带到表层,形成了上升流区真光层的高生产力。从海水的化学要素分布看,上升流直接表现在营养盐的区域性高值,因而,海水中氮、磷、硅营养盐的分布成为上升流的化学指标之一^[24]。

通过对温跃层强度的计算发现:春季长江口上升流在涌升过程中将温跃层抬高了约 10m,使其厚度变薄,上面的混合层厚度也相应变薄,从而降低了水层间的屏障作用,有利于温跃层上下的物质输送。上升流对营养盐的输送的影响极为明显。下面分别从断面和平面两个角度分析上升流区各项营养盐分布特征。

就磷酸盐而言,在上升流的影响下,C 断面 PO_4-P 等值线(图 4)在 122°20'~123°00'E 海域出现

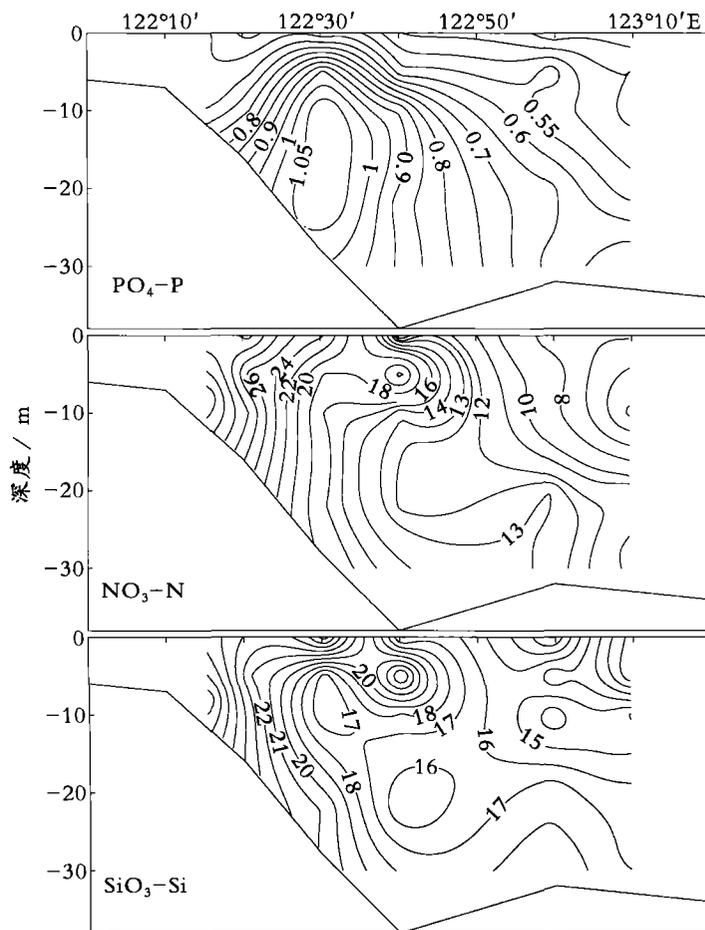


图 4 春季 C 断面营养盐的分布特征

Fig.4 Vertical distributions of nutrients in transect C in spring

抬升现象, 该等值线抬升区域与观测到的低温水抬升区域位置相近, 抬升区域中心为椭圆形闭合高值区, 闭合中心 $\text{PO}_4\text{-P}$ 浓度大于 $1.05 \mu\text{mol/L}$, 比抬升区域两侧海水高出 $0.55 \mu\text{mol/L}$ 以上。浓度大于 $1 \mu\text{mol/L}$ 高值区从底层 30 m 抬升至大约 8 m , 上下跨越 22 m , 东西跨度为 $122^\circ 25' \sim 122^\circ 38' \text{E}$ 。从水团流动趋势可以判断出, 这么高浓度的 $\text{PO}_4\text{-P}$ 显然是上升流从底层带上的。在 10 m 层, $\text{PO}_4\text{-P}$ 分布(图 3)出现两处明显的等值线高值闭合区: 其中北部高值闭合区出现位置和上升流区相对应, 浓度范围约为 $0.7 \sim 1 \mu\text{mol/L}$, 中心处浓度可达 $1 \mu\text{mol/L}$ 以上, 这比上升流区两侧海水高出许多, 显然受上升流带上的 $\text{PO}_4\text{-P}$ 的影响。上升流携带高含量 $\text{PO}_4\text{-P}$ 从下层向上抬升, 为远离长江口门的 $\text{PO}_4\text{-P}$ 含量相对低的上升流区源源不断输入大量 $\text{PO}_4\text{-P}$, 使得该区 $\text{PO}_4\text{-P}$ 浓度升高。虽然上升流从底层带来的 $\text{PO}_4\text{-P}$ 位于温跃层以下, 但随着水团的混合作用, 可能为上面真光层的浮游植物生长做出贡献。

$\text{NO}_3\text{-N}$ 和 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 的断面分布(图 4)也表明与 $\text{PO}_4\text{-P}$ 类似的等值线抬升现象, 区别在于: $\text{NO}_3\text{-N}$ 和 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 都表现为低值等值线抬升。如在 $\text{NO}_3\text{-N}$ 分布图中, 浓度为 $13 \sim 18 \mu\text{mol/L}$ 的等值线抬升明显; 在 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 分布图中, 浓度为 $17 \sim 20 \mu\text{mol/L}$ 的等值线抬升明显。处于抬升区域西侧的水团, 受长江冲淡水影响, $\text{NO}_3\text{-N}$ 和 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 浓度极高, 呈现出向长江口门区递增的趋势。这说明上升流从底层带上的 $\text{NO}_3\text{-N}$ 和 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 远低于长江冲淡水中的含量。

$\text{NO}_3\text{-N}$ 和 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 的平面分布(图 3)趋势相似, 即浓度从近岸到外海逐渐降低。在上升流影响显著的 10 m 层以及底层, 两种营养盐浓度都约为 $10 \sim 20 \mu\text{mol/L}$ 。对比可见, 上升流区的 $\text{NO}_3\text{-N}$ 和 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 浓度远低于长江口门区; 而在上升流影响区域, 10 m 层和底层 $\text{NO}_3\text{-N}$ 和 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 浓度低于表层, 这种分布趋势与它们在 C 断面分布一致。可见, 上升流从底层带上的 $\text{NO}_3\text{-N}$ 和 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 浓度相对较低。

2.3 长江口上升流区营养盐通量的初步估算

2.3.1 营养盐通量的估算

借鉴陈水土和阮五琦^[24]估算台湾海峡上升流区营养盐输送通量的方法, 对长江口上升流区春季氮、磷和硅的垂直输送通量进行估算。计算公式如下:

$$P = aCW \quad (1)$$

式中, P ($\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$) 为自底层向上层输送的营养盐垂直通量; a 为单位换算系数; C ($\mu\text{mol/L}$) 为营养盐浓度; W (m/s) 为上升流速度。

根据赵保仁^[15]计算出的长江口外的上升流垂直流速范围, 大约 $1.0 \times 10^{-5} \sim 5.0 \times 10^{-5} \text{ m/s}$, 估算出营养盐垂直输送通量范围。然后, 根据受上升流影响显著的 10 m 层的营养盐分布(图 3), 计算出上升流区域的面积, 以及该区域对应的营养盐平均浓度, 根据公式(1), 估算出营养盐通量 (kg/s) 的范围, 结果列于表 1。

磷酸盐的估算, 根据 10 m 层内不同海区的平均浓度划分为 4 个小海区; 分别计算 4 个小海区的垂直输送通量后, 再加权计算出 10 m 层磷酸盐总输送通量范围为 $1.4 \sim 7 \text{ kg/s}$ 或 $23.91 \sim 119.57 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。这一数值高于杨红等^[29]根据 1998 年东海调查资料估算的长江口及临近海域上升流区磷酸盐的平均垂直通量 $10.03 \sim 50.16 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。

2.3.2 营养盐输送通量的比较

将以上计算结果与 Shen^[30]根据 1985 年~1986 年周年调查所得的长江输入的营养盐通量比较(表 1), 春季上升流中 $\text{PO}_4\text{-P}$ 输送通量远远高于长江径流输入, 其低限是其径流通量的 3 倍以上, 可能会成为影响该海区 $\text{PO}_4\text{-P}$ 分布以及浮游植物生长的一个值得关注的因素。而 $\text{SiO}_3\text{-Si}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ 和 DIN 则相对较少, 长江径流输入量分别是其低限的 3.0, 2.1 和 2.4 倍。需要指出的是, 作者计算的仅仅是春季的情况, 春季上升流输送的营养盐可能要高于年的平均输送。以上计算结果和前面观测到的营养盐分布特征是一致的。高 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、相对低的 $\text{NO}_3\text{-N}$ 和 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 含量的上升流将会改变该区营养盐结构, 从而对浮游植物的生长产生影响。计算结果表明, 上升流输送的营养盐通量与径流输入之比为: $\text{PO}_4\text{-P}$: $3.3 \sim 16.2$; $\text{SiO}_3\text{-Si}$: $0.33 \sim 1.6$; $\text{NO}_3\text{-N}$: $0.47 \sim 2.4$; DIN : $0.42 \sim 2.1$ (表 1)。上升流把如此多的营养盐从底层带到上层, 特别是 $\text{PO}_4\text{-P}$, 成为该海区营养盐的主要来源之一, 可能对长江口水域富营养化带来不可忽视的影响。

将长江口上升流区营养盐输送通量和其他海域上升流进行比较(表 2)。可以看出, 计算结果在同一数量级水平上。其中舟山和渔山渔场上升流区的营养盐通量相对较高。长江口上升流区的营养盐通量相对其他沿岸上升流, 也是比较高的。

表 1 上升流区营养盐垂直通量与长江径流营养盐输入比较

Tab.1 Comparison of the nutrient fluxes between the upwelling area and the Changjiang River

营养盐	区域面积 ($\times 10^6 \text{ m}^2$)	平均浓度 ($\mu\text{mol/L}$)	流速 ($\times 10^{-5} \text{ m/s}$)	垂直输送通量 ($\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$)	通量 (kg/s)	长江径流 Shen ^[32] (kg/s)
PO ₄ -P	268.53	1	1~5	26.76~133.8	1.4~7.0	0.43
	2612.02	0.95	1~5	25.42~127.1		
	1379.25	0.85	1~5	22.75~113.75		
	805.58	0.75	1~5	20.07~100.35		
SiO ₃ -Si	5065.37	14.62	1~5	354.77~1773.85	20.8~104	63.3
NO ₃ -N	5065.37	13.38	1~5	161.92~809.6	9.49~47.45	20.0
DIN	5065.37	16.42	1~5	198.71~993.55	11.65~58.25	27.9

表 2 长江口上升流区与其他沿岸上升流区的营养盐垂直通量比较^[24]

Tab.2 Comparison of the nutrient fluxes between the upwelling area of the Changjiang estuary and other coastal upwelling areas

营养盐	长江口	舟山和渔山 渔场	台湾海峡中北部 近岸	闽南-台湾浅滩渔场	浙江沿岸	粤东沿岸
PO ₄ -P	23.91~119.57	38~189	23.6	13.2		46.5
SiO ₃ -Si	354.77~1773.85	669~3348	302	264		
NO ₃ -N	161.92~809.6	165~824	223	88.5	33.87~2143.7	
调查年份	2004	1984	1988	1988	1981	
参考资料	本文	[21]	[24]	[23]	[20]	[22]

3 小结

在春季，低温、高盐、低溶解氧的长江口上升流稳定存在于 122°20'~123°00'E，31°00'~32°00'N 海区的 10 m 层和底层之间，可以涌升到 10 m 层以上海区；春季上升流的涌升可以使温跃层抬升、变薄，促进了深层和混合层的物质输送。为上层海区输入了丰富的 PO₄-P 和相对低浓度的 NO₃-N 和 SiO₃-Si。

对长江口上升流春季营养盐通量的计算结果表明，上升流中磷酸盐输送通量远远高于长江径流输入，是其径流通量的两倍以上，可能会成为影响该海区磷酸盐分布以及浮游植物生长的一个重要因素；而氮和硅营养盐则相对含量较少，不如长江径流输入量大。

致谢：张启龙教授提出宝贵意见，并提供盐度数据，谨致谢意！

参考文献：

- [1] 周名江, 颜天, 邹景忠. 长江口邻近海域赤潮发生区基本特征初探[J]. 应用生态学报, 2003, 14(7): 1031-1038.
- [2] 孙霞, 王保栋, 王修林, 等. 东海赤潮高发区营养盐时空分布特征及其控制要素[J]. 海洋科学, 2004, 28(8): 28-32.
- [3] 王修林, 孙霞, 韩秀荣, 等. 2002 年春、夏季东海赤潮高发区营养盐结构及分布特征的比较[J]. 海洋与湖沼, 2004, 35(4): 323-331.
- [4] 石晓勇, 王修林, 陆茸, 等. 东海赤潮高发区春季溶解氧和 pH 分布特征及影响因素探讨[J]. 海洋与湖沼, 2005, 36(5): 404-412.
- [5] 徐韧, 洪君超, 王桂兰, 等. 长江口及其临近海域的赤潮现象[J]. 海洋通报, 1994, 13(5): 25-29.
- [6] 陈长胜. 海洋生态系统动力学与模型[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003. 86-289.
- [7] 沈志良. 三峡工程对长江口及其附近海域营养盐分布变化影响的研究[J]. 海洋与湖沼, 1991, 22(6): 540-546.

- [8] 沈志良,刘群,张淑美,等.长江和长江口高含量无机氮的主要控制因素[J].海洋与湖沼,2001,32(4):465-473.
- [9] 沈志良.长江氮的输送通量[J].水科学进展,2004,15(6):752-759.
- [10] 沈志良.长江磷和硅的输送通量[J].地理学报,2006,61(7):741-751.
- [11] 刘新成,沈焕庭,黄清辉.长江入河口区生源要素的浓度变化及通量估算[J].海洋与湖沼,2002,33(3):332-340.
- [12] Chen C T A. The Kuroshio intermediate water is the major source of nutrients on the East China Sea continental shelf [J]. *Oceanologica Acta*, 1996, 19(5): 523-527.
- [13] Liu K K. Comments on "the Kuroshio intermediate water is the major source of nutrients on the East China Sea continental shelf" by Chen (1996) [J]. *Oceanologica Acta*, 1998, 21(5): 709-712.
- [14] 赵保仁,乐肯堂,朱兰部,长江口海域温、盐度分布的基本特征和上升流现象[A]. 中国科学院海洋研究所. 海洋科学集刊 (33) [C].北京:科学出版社,1992.15-26.
- [15] 赵保仁.长江口外的上升流现象[J]. 海洋学报,1993,15(2):106-114.
- [16] 赵保仁,任广法,曹德明,等.长江口上升流海区的生态环境特征[J].海洋与湖沼,2001,32(3):327-333.
- [17] 朱建荣,沈焕庭.长江冲淡水扩展机制[M].上海:华东师范大学出版社,1997.18-176.
- [18] 朱建荣.夏季长江口外水下河谷西侧上升流产生的动力机制[J].科学通报,2003,48(22):2488-2492.
- [19] 朱建荣,丁平兴,胡敦欣.2000年8月长江口外海区冲淡水和羽状锋的观测[J]. 海洋与湖沼,2003,34(3):249-255.
- [20] 雷鹏飞.浙江近海上上升流速度及其营养盐通量计算[J].海洋湖沼通报,1984,2:22-26.
- [21] 王桂云,臧家业.东海海洋化学要素含量及其分布[A].国家海洋局科技司. 黑潮调查研究论文集[C].北京:海洋出版社,1987.267-284.
- [22] 韩舞鹰,马克美.粤东沿岸上升流的研究[J]. 海洋学报,1988,10(1):52-59.
- [23] 吴丽云,阮五琦.闽南-台湾浅滩渔场上升流区营养盐的研究[A].洪华生.闽南-台湾浅滩渔场上升流区生态系研究[C].北京:科学出版社,1991.169-178.
- [24] 陈水土,阮五琦.台湾海峡上升流区氮、磷、硅的化学特性及输送通量估算[J]. 海洋学报,1996,18(3):36-44.
- [25] Koroleff F. Determination of silicon [A]. Grasshoff K. *Methods of Seawater Analysis*[C]. Verlag Chemie, Weinheim, 1976. 149-158.
- [26] 朱德弟,潘玉球,许卫忆,等.长江口外赤潮频发海区水文分布特征分析[J].应用生态学报,2003,14(7):1131-1134.
- [27] 蒲新明,吴玉霖,张永山.长江口区浮游植物营养限制因子的研究 II .春季的营养限制情况 [J]. 海洋学报,2001,23(3):57-66.
- [28] Beardsley R C, Limeburner R, Le K T, *et al.* Structure of the Changjiang River plume in the East China Sea during June 1980[A]. *Acta Oceanologica Sinica. Proceedings of the international symposium on sedimentation on the continental shelf, with special reference to the East China Sea*[C]. Vol.1. Hangzhou, China: China Ocean Press, 1983. 265-284.
- [29] 杨红,李纲,金成法.长江口及邻近海域磷酸盐的再生和垂直通量[J].上海水产大学学报. 2005, 14(2): 162-167.
- [30] Shen Zhiliang. A study on the relationships of the nutrients near the Changjiang River estuary with the flow of the Changjiang River water[J]. *Chin J Oceanol Limnol*, 1993, 11(3): 260-267.

(下转第 75 页)

The nutrient distribution and nutrient flux estimation in the upwelling area of the Changjiang estuary

PEI Shao-feng^{1,2}, SHEN Zhi-liang¹

(1. Key Laboratory of Marine Ecology and Environmental Sciences, Institute of Oceanology, the Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Received: May, 15, 2007

Key words: upwelling; nutrient; fluxes; Changjiang estuary

Abstract: Based on the investigation in May 2004, the influences of spring upwelling in the Changjiang estuary on the nutrient distributions were studied, and then the nutrient fluxes were estimated preliminarily. The results indicate that the upwelling, characterized by low temperature, high salinity, and low dissolved oxygen, existed persistently between the bottom and the layers above 10m in the region of 122°20'~123°00'E, 31°00'~32°00'N in spring. The spring upwelling brought up rich phosphate and relatively poor nitrate and silicate to the upper layers above 10 m. The estimation of nutrient fluxes indicates that the phosphate flux in spring upwelling was two times higher as that of the Changjiang river water, which might be an important factor to influence the phosphate distribution and phytoplankton growth. In contrast, the fluxes of nitrate and silicate were much lower than the inputs from the Changjiang river water.

(本文编辑: 张培新)