

# 长江干流营养盐通量的初步研究\*

沈志良

(中国科学院海洋研究所, 青岛 266071)

**提要** 分别于1988年2月(冬季)和1986年6月(夏季)利用比色法对长江干流上游至河口水中营养盐进行测定,根据所测定的营养盐含量和长江径流量计算营养盐通量。结果表明,冬季重庆至河口长江水中 $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$ , TIN,  $\text{PO}_4\text{-P}$ 和 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 的平均浓度分别为 $52.2 \pm 6.6 \mu\text{mol/L}$ ,  $51.8 \pm 16.9 \mu\text{mol/L}$ ,  $105.3 \pm 11.4 \mu\text{mol/L}$ ,  $0.55 \pm 0.06 \mu\text{mol/L}$ 和 $75.2 \pm 23.6 \mu\text{mol/L}$ 。夏季 $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$ , TIN和 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 的平均浓度分别为 $69.0 \pm 17.0 \mu\text{mol/L}$ ,  $4.0 \pm 1.7 \mu\text{mol/L}$ ,  $73.3 \pm 15.6 \mu\text{mol/L}$ 和 $55.8 \pm 16.4 \mu\text{mol/L}$ 。冬季营养盐通量(除 $\text{NO}_2\text{-N}$ 外)自上游至下游逐渐增加,它们主要来自中、下游流域。夏季 $\text{NO}_3\text{-N}$ , TIN和 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 通量从上游至下游也有明显的增加趋势, $\text{NO}_3\text{-N}$ 和TIN,上游和中、下游几乎各占一半, $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 主要来自中、下游。夏季 $\text{NO}_3\text{-N}$ , TIN,  $\text{PO}_4\text{-P}$ 和 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 通量明显高于冬季。

**关键词** 长江 营养盐 通量

有关长江口营养盐已有许多研究(顾宏堪等,1981;王正方等,1983;Edmond et al., 1985;沈志良等,1987;Tang et al.,1990;沈志良等,1992;Zhang et al.,1994),但是有关长江河流中的营养盐研究还未见有系统的报道。作者曾报道了长江营养盐(N、P和Si)的输出通量,并提出了长江径流量(大通站流量)与营养盐输出通量的关系方程式(沈志良,1991)。本文研究了长江干流营养盐( $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{PO}_4\text{-P}$ 和 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ )通量和季节变化以及与长江径流量的关系,首次提出长江干流营养盐通量与长江径流量的关系方程式。

## 1 调查与方法

作者于80年代对长江干流进行了一系列调查,本文主要报道1986年6月长江重庆—河口和1988年2月长江金沙江渡口—汉口的两次调查,调查站位见图1。利用轮渡进行调查,取表层水样,储于聚乙烯瓶中,水样不经处理在低温下保存,回实验室后取上层清液测定。 $\text{NO}_3\text{-N}$ 以二苯基联苯胺二磺酸钠(BSPB)法, $\text{NO}_2\text{-N}$ 以重氮偶氮法, $\text{NH}_4\text{-N}$ 以次溴酸钠氧化法, $\text{PO}_4\text{-P}$ 和 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 分别以磷钼蓝和硅钼蓝法测定。全部水样利用美国Technicon AA-II自动分析仪进行比色分析。

## 2 结果与讨论

### 2.1 长江营养盐浓度水平和季节差异

\* 国家“七五”攻关项目资助:75-16-06-04-02号。沈志良,男,出生于1943年10月,研究员。

收稿日期:1996年1月28日,接受日期:1997年5月20日。

冬、夏季长江干流营养盐浓度变化见图2。冬季,金沙江渡口上游  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$ 和总无机氮(TIN)浓度明显低于其他站,主要是由于渡口上游长江水受污染较轻。重庆至入海口三者平均浓度分别为  $52.2 \pm 6.6\mu\text{mol/L}$ ,  $51.8 \pm 16.9\mu\text{mol/L}$ 和  $105.3 \pm 11.4\mu\text{mol/L}$ 。 $\text{NO}_2\text{-N}$ 浓度,渡口和入海口较低,其他各站均超过  $1\mu\text{mol/L}$ 。各站  $\text{PO}_4\text{-P}$ 浓度比较均匀,介于  $0.45\text{--}0.62\mu\text{mol/L}$ 之间,平均浓度为  $0.55 \pm 0.06\mu\text{mol/L}$ 。 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 浓度,渡口至岳阳变化较小,岳阳至入海口有明显的增加趋势,全部站位的平均浓度为  $75.2 \pm 23.6\mu\text{mol/L}$ 。

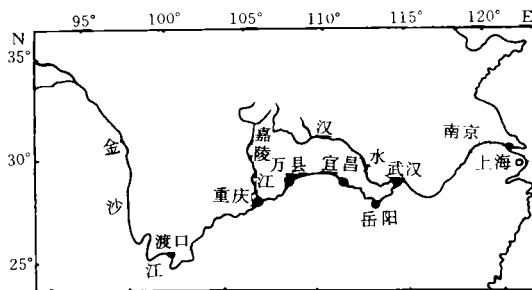


图1 长江干流调查站位图

Fig.1 Investigation stations in Changjiang River Mainstream

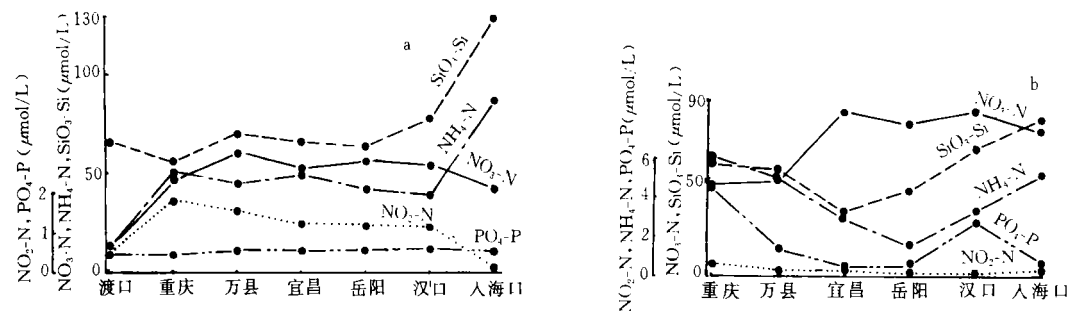


图2 长江干流营养盐浓度(μmol/L)变化 [冬季入海口营养盐浓度是由营养盐输出通量与长江径流量相关方程式计算得到(沈志良, 1991)]

Fig.2 Changes of the nutrients concentrations in the Changjiang River mainstream water

a. 冬季; b. 夏季

夏季长江  $\text{NO}_3\text{-N}$ 浓度高于冬季,从重庆至入海口平均为  $69.0 \pm 17.0\mu\text{mol/L}$ 。 $\text{NO}_2\text{-N}$ 和  $\text{NH}_4\text{-N}$ 浓度分别介于  $0.18\text{--}0.66\mu\text{mol/L}$ 和  $1.52\text{--}6.12\mu\text{mol/L}$ 之间,平均浓度分别为  $0.32 \pm 0.18\mu\text{mol/L}$ 和  $4.0 \pm 1.7\mu\text{mol/L}$ 。夏季  $\text{NO}_2\text{-N}$ 和  $\text{NH}_4\text{-N}$ 浓度明显地低于冬季,可能与夏季温度高、水流量大,二者易于进一步氧化有关。TIN浓度也低于冬季,平均为  $73.3 \pm 15.6\mu\text{mol/L}$ 。 $\text{PO}_4\text{-P}$ 浓度,夏季高于冬季且分布不均匀,重庆站高达  $4.64\mu\text{mol/L}$ ,可能与嘉陵江水排入有关,嘉陵江口为  $3.96\mu\text{mol/L}$ 。 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 浓度介于  $32.7\text{--}79.7\mu\text{mol/L}$ 之间,平均为  $55.8 \pm 16.4\mu\text{mol/L}$ ,其浓度变化与冬季一样,也是从岳阳往下游方向有较明显的增加趋势。河水中营养盐的浓度大小除了与外部来源多少有关外,还取决于河流流量的大小, $\text{PO}_4\text{-P}$ 的浓度变化亦与河水中悬浮体的吸附程度密切相关,混浊河水悬浮态  $\text{PO}_4\text{-P}$ 占河水中  $\text{PO}_4\text{-P}$ 总量的  $80\%\text{--}90\%$ (Baturin, 1982)。

冬季重庆至河口  $\text{NO}_3\text{-N}$ 占 TIN浓度的  $33\%\text{--}57\%$ ,平均为  $51\% \pm 9\%$ , $\text{NH}_4\text{-N}$ 占 TIN

浓度的 41%—67%，平均为  $48\% \pm 10\%$ ， $\text{NO}_3\text{-N}$  和  $\text{NH}_4\text{-N}$  几乎各占无机氮的一半，表明冬季长江水中三态无机氮远未达到热力学平衡。夏季  $\text{NO}_3\text{-N}$  是无机氮的主要存在形态，它在无机氮中所占的比例为 87%—98%，平均为  $93\% \pm 4\%$ 。 $\text{NH}_4\text{-N}$  只占无机氮的 2%—11%，平均仅为  $6\% \pm 4\%$ 。冬、夏季  $\text{NO}_3\text{-N}$  浓度仅占无机氮的 1%。这些结果与作者在长江口及其附近海区的调查是一致的(沈志良等, 1992)。TIN 与  $\text{PO}_4\text{-P}$  的原子比, 冬、夏季平均分别为  $193.7 \pm 36.2$  和  $88.2 \pm 68.6$ , 高 TIN /  $\text{PO}_4\text{-P}$  比值的长江水的输入使长江口海区表层水中, 它们的平均比值达到 25—43(沈志良等, 1992), 远高于在大洋水中的比值。TIN 与  $\text{SiO}_3\text{-Si}$  的原子比, 其平均值冬季为  $1.46 \pm 0.28$ , 夏季为  $1.45 \pm 0.63$ , 较高的 N / Si 比值表明长江流域受人类活动影响较严重, 因为河流中的  $\text{SiO}_3\text{-Si}$  几乎全部由风化作用提供。长江水中的无机氮浓度比亚马逊河、扎伊尔河和恒河等高得多, 而比较接近于莱茵河、罗纳河和密苏里河等欧美一些河流(Meybeck, 1982; Zhang et al., 1994)。

## 2.2 长江营养盐通量变化及其分配

### 2.2.1 冬季长江营养盐通量变化及其分配

根据 1988 年长江径流量和长江各站 2 月份多年平均流量分配比例以及 1988 年 2 月营养盐浓度, 计算各站营养盐通量及其在长江输出通量中所占的比例见表 1。

表1 冬季长江营养盐通量(kg/s)及占输出通量的比例

Tab.1 The nutrients fluxes (kg/s) in the Changjiang River water in winter and their ratios to output fluxes to the sea

站位	$\text{NO}_3\text{-N}$		$\text{NO}_2\text{-N}$		$\text{NH}_4\text{-N}$		TIN		$\text{PO}_4\text{-P}$		$\text{SiO}_3\text{-Si}$	
	通量	比例	通量	比例	通量	比例	通量	比例	通量	比例	通量	比例
渡口	0.10	1.6	0.003	16	0.10	0.8	0.20	1.0	0.008	4.3	0.98	2.6
重庆	1.98	31.6	0.074	389	2.06	16.0	4.11	21.4	0.040	21.1	4.52	11.8
万县	2.98	47.5	0.082	432	2.20	17.1	5.26	27.4	0.063	33.2	6.81	17.8
宜昌	2.74	43.7	0.066	347	2.58	20.0	5.39	28.1	0.066	34.7	6.95	18.1
岳阳	5.14	82.0	0.110	579	3.84	29.8	9.09	47.3	0.120	63.2	11.80	30.8
汉口	5.67	90.4	0.120	632	4.08	31.6	9.87	51.4	0.140	73.7	16.30	42.6
入海口	6.27	100.0	0.019	100	12.90	100.0	19.20	100.0	0.190	100.0	38.30	100.0

表 1 表明, 冬季沿长江营养盐通量变化规律性较好, 自上游至下游, TIN,  $\text{PO}_4\text{-P}$  和  $\text{SiO}_3\text{-Si}$  通量逐渐增加。金沙江渡口以上江段三者分别仅是长江输出通量的 1.0%, 4.3% 和 2.6%; 长江上游(宜昌以上江段)三者也分别仅是输出通量的 28.1%, 34.7% 和 18.1%, 宜昌位于三峡出口, 控制着上游川江来水。宜昌至岳阳三者通量增加很快, 分别增加了  $3.70\text{kg/s}$ ,  $0.054\text{kg/s}$  和  $4.85\text{kg/s}$ , 这与洞庭湖水系的加入密切相关, 岳阳比宜昌水量增加了约 75%, 宜昌至岳阳水量增加约占全流域的 26.1%。汉口接纳汉江来水, 其下游主要是鄱阳湖水系和长江下游来水。冬季长江中、下游来水约占全流域的 65.3%。在三态无机氮中,  $\text{NO}_3\text{-N}$  和  $\text{NH}_4\text{-N}$  比较有规律, 从上游至下游, 其通量明显增加, 中、下游占了大部分。其中宜昌至岳阳,  $\text{NO}_3\text{-N}$  增加了  $2.40\text{kg/s}$ , 是所有各江段中增加最快的。冬季长江  $\text{NH}_4\text{-N}$  主要来自中、下游, 其通量占输出通量的 80%, 汉口以下江段  $\text{NH}_4\text{-N}$  通量增加了 2 倍, 占输

出通量的 68.4%, 而  $\text{NO}_3\text{-N}$  增加很少, 只占输出通量的 9.6%, 这可能与二者的输入量和冬季  $\text{NH}_4\text{-N}$  转化成  $\text{NO}_3\text{-N}$  的速率低等有关。  $\text{NO}_2\text{-N}$  变化无一定规律, 主要由于其不稳定、变化较大。

**2.2.2 夏季长江营养盐通量变化及其分配** 根据 1986 年长江径流量和长江各站 6 月份多年平均流量分配比例以及 1986 年 6 月营养盐浓度, 计算各站营养盐通量及其在长江输出通量中所占的比例见表 2。表 2 表明, TIN 和  $\text{SiO}_3\text{-Si}$  通量有较好的规律性, 自上游至下游一般有明显的增加趋势。 TIN 通量上游和中、下游各占一半,  $\text{SiO}_3\text{-Si}$  主要来源于中、下游流域。夏季各站  $\text{PO}_4\text{-P}$  通量变化无一定规律, 最大值在重庆和汉口二站, 这主要是由于二站  $\text{PO}_4\text{-P}$  浓度高所致。在三态无机氮中,  $\text{NO}_3\text{-N}$  通量与 TIN 一致, 从上游至下游有明显的规律性, 上游和中、下游各占一半;  $\text{NH}_4\text{-N}$  通量规律性较差, 重庆和万县站较高, 宜昌和岳阳站较低, 岳阳以下明显增加;  $\text{NO}_2\text{-N}$  则无什么规律。

表2 夏季长江营养盐通量(kg/s)及占输出通量的比例

Tab.2 The nutrients fluxes (kg/s) in the Changjiang River water in summer and their ratios to output fluxes to the sea

站位	$\text{NO}_3\text{-N}$		$\text{NO}_2\text{-N}$		$\text{NH}_4\text{-N}$		TIN		$\text{PO}_4\text{-P}$		$\text{SiO}_3\text{-Si}$	
	通量	比例	通量	比例	通量	比例	通量	比例	通量	比例	通量	比例
重庆	6.75	21.6	0.095	79.2	0.88	40.0	7.7	23.0	1.48	247	17.1	25.1
万县	9.06	29.0	0.050	41.7	0.93	42.3	10.0	30.0	0.56	93	20.4	30.0
宜昌	16.20	51.9	0.066	55.0	0.56	25.5	16.8	50.2	0.21	35	12.6	18.5
岳阳	23.40	75.0	0.054	45.0	0.46	20.9	23.9	71.3	0.36	60	26.3	38.7
汉口	26.40	84.6	0.063	52.5	1.04	47.3	27.5	82.1	1.92	320	40.8	60.0
入海口	31.20	100.0	0.12	100.0	2.20	100.0	33.5	100.0	0.60	100	68.0	100.0

TIN,  $\text{PO}_4\text{-P}$  和  $\text{SiO}_3\text{-Si}$  通量夏季比冬季高得多, TIN 和  $\text{SiO}_3\text{-Si}$  的平均值夏季分别是冬季的 2.3 和 2.2 倍,  $\text{PO}_4\text{-P}$  通量增加更多。  $\text{NO}_3\text{-N}$  夏季比冬季增加了 3.6 倍,  $\text{NO}_2\text{-N}$  变化不大,  $\text{NH}_4\text{-N}$  通量显著地减少, 仅是冬季的 21%。夏季营养盐通量增加主要是由于长江径流增加, 6 月长江径流比 2 月增加了 2.2 倍。  $\text{NH}_4\text{-N}$  通量减小主要是由于其浓度大大降低, 夏季  $\text{NH}_4\text{-N}$  平均浓度仅是冬季的 8%, 这与 1985—1986 年河口的周年调查结果是一致的(沈志良等, 1992)。

根据 1982 年沿江各站的调查资料<sup>1)</sup> 计算得到的 TIN,  $\text{NO}_3\text{-N}$  和  $\text{NH}_4\text{-N}$  年平均通量也有类似的变化趋势, 从上游至下游逐渐增加,  $\text{NO}_2\text{-N}$  通量变化也没有什么规律。与表 1 和表 2 相比, 1982 年无机氮通量介于二者之间, 比较接近于夏季, 可能是由于 1982 年长江年平均径流 ( $30\ 692\text{m}^3/\text{s}$ ) 与 1986 年 6 月 ( $30\ 483\text{m}^3/\text{s}$ ) 相似的缘故。

**2.2.3 长江营养盐通量与长江径流量的关系** 对长江营养盐通量与长江径流量  $Q$  进行回归分析, 可以得到如下关系式:

冬季(1988 年 2 月)

1) 长江干流水质状况及评价, 1984。

$$\text{SiO}_3\text{-Si} \text{ (kg / s)} = - 5.18 + 0.003431Q(\text{m}^3 / \text{s})(r = 0.940, n = 7)$$

$$\text{PO}_4\text{-P} \text{ (kg / s)} = - 0.0035 + 0.000018Q(\text{m}^3 / \text{s})(r = 0.996, n = 7)$$

$$\text{TIN} \text{ (kg / s)} = - 1.19 + 0.001730Q(\text{m}^3 / \text{s})(r = 0.981, n = 7)$$

$$\text{NO}_3\text{-N} \text{ (kg / s)} = 0.376 + 0.000626Q(\text{m}^3 / \text{s})(r = 0.964, n = 7)$$

$$\text{NO}_2\text{-N} \text{ (kg / s)} = 0.055 + 0.0000024Q(\text{m}^3 / \text{s})(r = 0.191, n = 7)$$

$$\text{NH}_4\text{-N} \text{ (kg / s)} = - 1.62 + 0.001100Q(\text{m}^3 / \text{s})(r = 0.908, n = 7)$$

夏季(1986年6月)

$$\text{SiO}_3\text{-Si} \text{ (kg / s)} = - 16.50 + 0.002539Q(\text{m}^3 / \text{s})(r = 0.928, n = 6)$$

$$\text{PO}_4\text{-P} \text{ (kg / s)} = 0.914 - 0.0000032Q(\text{m}^3 / \text{s})(r = - 0.035, n = 6)$$

$$\text{TIN}(\text{kg / s}) = - 4.39 + 0.001302Q(\text{m}^3 / \text{s})(r = 0.969, n = 6)$$

$$\text{NO}_3\text{-N}(\text{kg / s}) = - 4.36 + 0.001243Q(\text{m}^3 / \text{s})(r = 0.959, n = 6)$$

$$\text{NO}_2\text{-N}(\text{kg / s}) = 0.046 + 0.0000015Q(\text{m}^3 / \text{s})(r = 0.423, n = 6)$$

$$\text{NH}_4\text{-N}(\text{kg / s}) = - 0.054 + 0.000057Q(\text{m}^3 / \text{s})(r = 0.692, n = 6)$$

年平均(1982年)

$$\text{TIN}(\text{kg / s}) = - 0.766 + 0.000825Q(\text{m}^3 / \text{s})(r = 0.915, n = 7)$$

$$\text{NO}_3\text{-N}(\text{kg / s}) = 0.769 + 0.000564Q(\text{m}^3 / \text{s})(r = 0.918, n = 7)$$

$$\text{NO}_2\text{-N}(\text{kg / s}) = 0.014 + 0.0000132Q(\text{m}^3 / \text{s})(r = 0.673, n = 7)$$

$$\text{NH}_4\text{-N}(\text{kg / s}) = - 1.56 + 0.000249Q(\text{m}^3 / \text{s})(r = 0.786, n = 7)$$

由上述关系式可以看出,大多数营养盐通量与长江径流呈线性正相关,冬季除  $\text{NO}_2\text{-N}$  外和夏季除  $\text{PO}_4\text{-P}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$  和  $\text{NH}_4\text{-N}$  外,它们的相关性都在 99% 以上。1982 年 TIN,  $\text{NO}_3\text{-N}$  通量与长江径流的相关性也超过 99%,  $\text{NH}_4\text{-N}$  通量与长江径流的相关性在 95% 以上。这表明,从长江上游至下游,营养盐通量随径流量增加而增加,这是由于沿途营养盐得到源源不断地补充的缘故。

### 3 结语

**3.1** 长江干流从重庆至河口营养盐浓度变幅不大,冬季更为明显。TIN 和  $\text{Si}_3\text{-Si}$  浓度的季节变化主要受径流控制。冬季三态无机氮远未达到热力学平衡,夏季  $\text{NO}_3\text{-N}$  是无机氮的主要存在形式。

**3.2** 冬季营养盐和夏季  $\text{Si}_3\text{-Si}$  主要来自中、下游流域,夏季 TIN 和  $\text{NO}_3\text{-N}$  上游和中、下游各占一半。夏季营养盐通量显著高于冬季,主要决定于径流大小。

**3.3** 冬季营养盐(除  $\text{NO}_2\text{-N}$  外)通量、夏季 TIN,  $\text{NO}_3\text{-N}$  和  $\text{Si}_3\text{-Si}$  与长江径流量呈显著的线性正相关。

## 参 考 文 献

- 王正方等, 1983, 海洋与湖沼, **14**(4): 324—332.
- 沈志良等, 1987, 海洋科学集刊, **28**: 69—77.
- 沈志良, 1991, 海洋与湖沼, **22**(6): 540—546.
- 沈志良等, 1992, 海洋科学集刊, **33**: 109—129.
- 顾宏堪等, 1981, 山东海洋学院学报, **11**(4): 37—46.
- Baturin, G. N., 1982, Phosphorites on the Sea Floor, Elsevier Scientific Publishing Company (Amsterdam—Oxford—New York), 9—12.
- Edmond, J. M. et al., 1985, *Contin. Shelf Res.*, **4**: 17—36.
- Meybeck, M., 1982, *Ameri. J. Sci.*, **282**(4): 401—450.
- Tang Renyou et al., 1990, Biogeochemical Study of the Changjiang Estuary, China Ocean Press (Beijing), 322—334.
- Zhang, J. et al., 1994, *Water Res.*, **28**(3): 609—617.

PRELIMINARY STUDY ON THE CHANGJIANG RIVER  
MAINSTREAM NUTRIENTS FLUXES

Shen Zhiliang

*(Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071)*

**Abstract** Investigations were conducted in Feb., 1988 and June, 1986 on the nutrients from the upper reaches water of the Changjiang River mainstream to the river mouth water. Their concentrations were determined by colorimetry and the nutrients fluxes in the Changjiang River water were calculated from concentrations and Changjiang River flow. The average concentrations of  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$ , TIN (total inorganic N),  $\text{PO}_4\text{-P}$  and  $\text{SiO}_3\text{-Si}$  from Chongqing to the river mouth in winter (February, 1988) were  $52.2 \pm 6.6 \mu\text{mol / L}$ ,  $51.8 \pm 16.9 \mu\text{mol / L}$ ,  $105.3 \pm 11.4 \mu\text{mol / L}$ ,  $0.55 \pm 0.06 \mu\text{mol / L}$  and  $75.2 \pm 23.6 \mu\text{mol / L}$  respectively. Their average concentrations in summer (June, 1986) were  $69.0 \pm 17.0 \mu\text{mol / L}$  for  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $4.0 \pm 1.7 \mu\text{mol / L}$  for  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $73.3 \pm 15.6 \mu\text{mol / L}$  for TIN and  $55.8 \pm 16.4 \mu\text{mol / L}$  for  $\text{SiO}_3\text{-Si}$ . The concentrations of  $\text{NO}_3\text{-N}$  and  $\text{NH}_4\text{-N}$  in the Changjiang River water were almost half of TIN respectively in winter and  $\text{NO}_3\text{-N}$  was the main form of inorganic N in summer, and was  $93 \pm 4\%$  of TIN. The high atomic ratio of TIN to  $\text{SiO}_3\text{-Si}$  (average  $1.46 \pm 0.28$  in winter and  $1.45 \pm 0.63$  in summer) showed that the Changjiang River drainage was seriously affected by human activities. From the upper to lower reaches, the fluxes of the nutrients (except  $\text{NO}_2\text{-N}$ ) in winter and the fluxes of  $\text{NO}_3\text{-N}$ , TIN and  $\text{SiO}_3\text{-Si}$  in summer gradually increased. The nutrients in winter and  $\text{SiO}_3\text{-Si}$  in summer were mainly from the middle and lower reaches. In summer, half of the

$\text{NO}_3\text{-N}$  and TIN fluxes came from the upper reaches, the half from the middle to lower reaches. The fluxes of  $\text{NO}_3\text{-N}$ , TIN,  $\text{PO}_4\text{-P}$  and  $\text{SiO}_3\text{-Si}$  in summer being much more than they in winter, was mainly due to increased runoff. Equations of the relationship between nutrients fluxes and the Changjiang River flow are suggested in this paper.

**Key words**      Changjiang River      Nutrients      Fluxes

## 《海洋与湖沼》学报历年获奖目录

1988 年	山东省科协优秀科技期刊	一等奖
1990 年	中国科学院优秀自然科学期刊	二等奖
1991 年	山东省科委、山东省新闻出版局、山东省科协 优秀科技期刊(总分第一名)	一等奖
1992 年	中国科学院优秀科技期刊	二等奖
1992 年	中国科协优秀科技期刊	一等奖
1992 年	国家科委、中宣部、国家新闻出版署优秀科技期刊	二等奖
1994 年	华东区优秀科技期刊	一等奖
1996 年	山东省科委、山东省新闻出版局、山东省科协 科技期刊质量评估	优秀级
1996 年	山东科技期刊编辑学会	先进集体奖
1997 年	中国科协优秀科技期刊	二等奖
1997 年	国家科委、中宣部、国家新闻出版署优秀科技期刊	三等奖