

# 北部湾北部沿海硝酸盐含量 分布的初步探讨\*

韦蔓新 何本茂  
(广西海洋研究所)

**提要** 本文讨论了于1983年4月、7月、10月和1984年1月调查的北部湾北部沿岸海区硝酸盐的分布状况。研究指出,该水域硝酸盐的含量分布主要受沿岸水特别是陆水径流控制,其次受浮游植物影响。

海水中的硝酸盐是构成海洋生物细胞原生质中氨基酸的重要来源,它能直接被海洋植物吸收,其含量直接控制和影响海洋生物的活动<sup>1)</sup>。生物摄取使其含量下降,生物体的排泄物及其残骸的氧化分解使之再生<sup>2)</sup>。海水垂直对流作用可以将底部再生的硝酸盐带到上层,大陆水也会带来大量的硝酸盐<sup>3)</sup>,因而它的含量及其分布有明显的时间性和区域性。研究海水中硝酸盐含量的分布变化,对于了解海域营养环境、开发利用海洋生物资源及开展增殖业具有重大的现实意义。

## 一、观测位置和方法

北部湾位于南海北部大陆架的最西边,三面靠陆,中部与琼州海峡相通,为一半封闭式的亚热带海湾,岸线全长1437.89km(其中岛屿海岸线354.46km,东抵英罗港,西至与越南交界的北仑河口(即108°13'—109°38'E, 21°10'—21°51'N),水深至20m。北部湾以全日潮为主,属不规则日潮,潮流类型以往复流为主,北海以东最大平均流速可达36.8km/h以上,以西仅为2.3km/h。北部湾沿岸港湾众多,素有“港群”之称,受大陆水影响较大,年平均流量达 $258 \times 10^6 \text{m}^3$ 。所以由陆地排水带进海洋中的氮要比浅海区高得多。

整个调查区共设6条断面,43个测站(其中浅海大面站25个,河口站18个),见图1。

硝酸盐的测定采用铈还原法<sup>3)</sup>。

## 二、结 果

北部湾北部水域海水中硝酸盐的平面分布见图2。由图中可以清楚地看出,各季度月硝酸盐的平面分布趋势(除1月外),均为港湾内高,港湾外低,以4月、7月较为明显,由港内至港外,形成了很大梯度,如龙门港硝酸盐分别从 $14.3 \mu\text{mol/L}$ 降至 $0.10 \mu\text{mol/L}$ 和 $11.1 \mu\text{mol/L}$ 降至未检出。浅海区硝酸盐含量水平分布梯度较小,在浮游植物繁殖旺盛的4月,表底层硝酸盐都在 $0.20 \mu\text{mol/L}$ 左右波动,而在盛行西南、东北季风的7月、10月及1月三个季度月中,硝酸盐含量则都在 $0.60 \mu\text{mol/L}$ 左右波动。

硝酸盐含量随港湾和断面变化(图3和图4)表明,本海区硝酸盐的区域性变化比较明

\* 参加本项目采样及分析工作的还有范永坚、柳朝慧、董万平、刘国儒、薛春才等同志,本文经史致丽副教授审阅,特此致谢。

- 1) 山东海洋学院化学系,1977。海水分析(讲义),113—124页。
- 2) 史致丽、孙秉一,1984。长江口及西北太平洋边缘海域营养盐分布变化特征。
- 3) 国家海洋局,1975。海洋调查规范。第三分册,第46—48页。

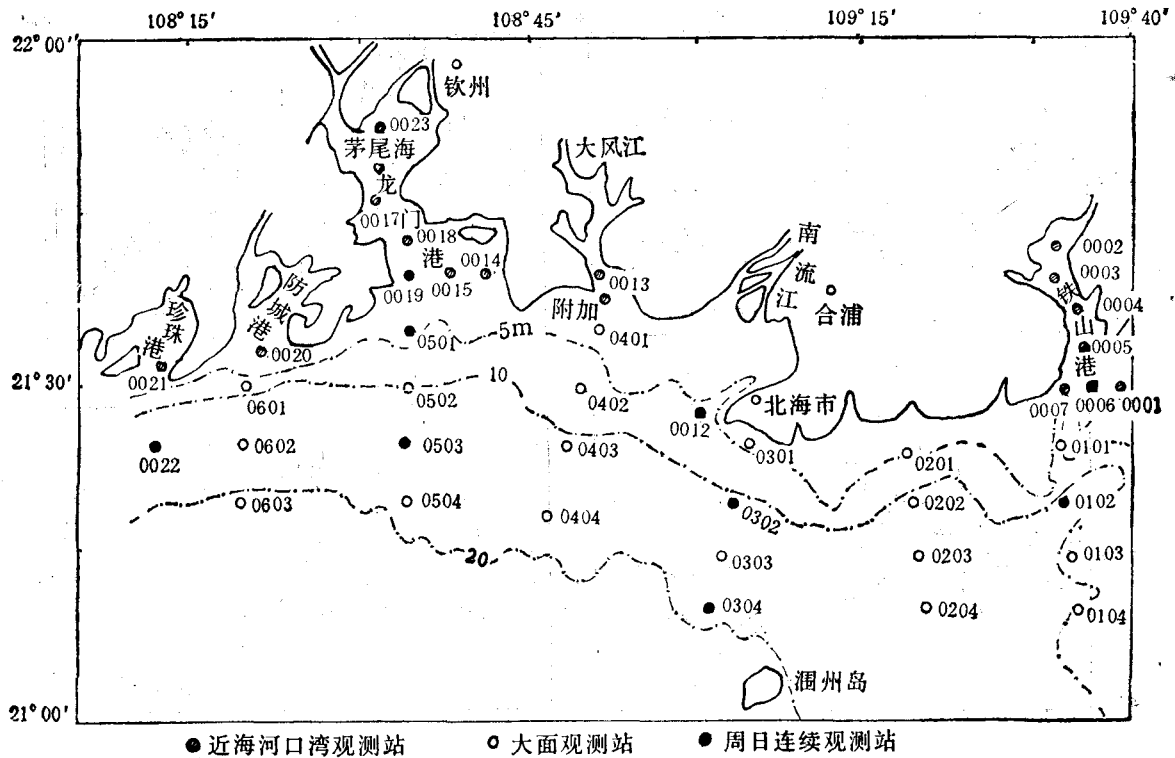


图1 站位

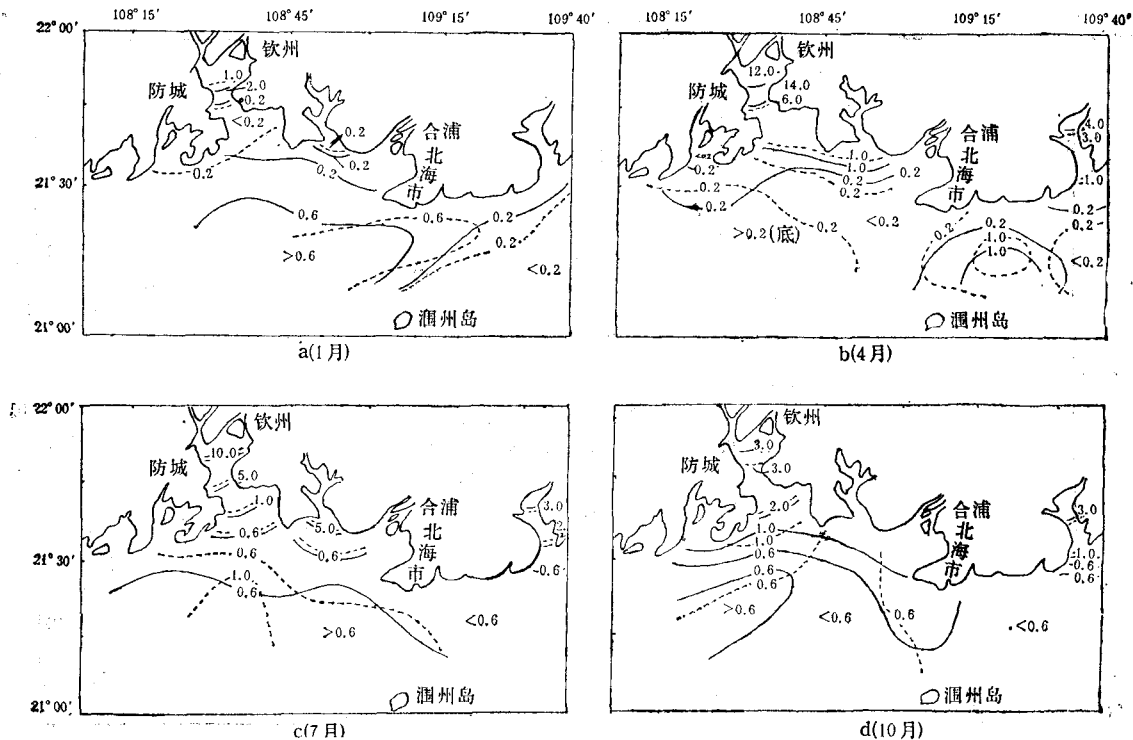
Fig. 1 The layout of stations

显。河口区呈现出中间高、两头低的趋势，与盐度的分布趋势相反，硝酸盐含量随着盐度的下降而增加。浅海区硝酸盐的断面变化（除4月外）均表现为01和02断面含量较低，03至06断面含量较高。整个浅海区受沿岸水影响相对较小，只有在径流影响较大的7月，硝酸盐含量才具有随盐度下降而升高的趋势，在10月和1月，由于水体垂直混合作用加强，底层富营养盐水被带至上层，硝酸盐含量随盐度的升高而增加，但变化幅度较小。

从图5可以明显看出，本海区硝酸盐的垂直变化存在着区域性和季节性差异。在盛行东北季风的1月和10月，西区(0018站、0504站)硝酸盐的垂直梯度明显表现为浅海大于河口；而在盛行西南季风的4月和7月，垂直梯度则为河口大于浅海，但幅度较1月和10月小得多。东区(0005站、0102站)各季度月硝酸盐的

垂直变化幅度均为河口大于浅海，尤其7月较为显著，表底差值高达  $3.27 \mu\text{mol/L}$ 。全调查海区温跃层以4月较为明显，其深度以河口区为浅，10月只有东区浅海出现温跃层，其深度比4月浅。

根据4个季度月的调查资料，对各测站进行了硝酸盐与磷酸盐的原子比(N/P)计算，其结果表明：河口区N/P值在7月最高，1月最低；浅海区在1月最高，4月最低。全调查区总平均N/P值在7月高，1月低，4月、10月介于其间。N/P值的分布趋势与硝酸盐一样，明显表现为河口区较高，浅海区较低。最高值48出现在龙门港的0017站，最低值(0)出现在钦州湾口区域。但随着断面和港湾的不同，N/P值变化亦较大。总的趋势与硝酸盐的分布基本上是一致的，只是04断面1、7两季度月N/P值变化幅度较大。

图2 硝酸盐表底层平面分布 ( $\mu\text{mol/L}$ )

(—表层 ————底层)

Fig. 2 The nitrate distribution in surface and bottom layers

(— surface, ———— bottom)

硝酸盐的季节变化,由于陆地径流的影响,河口区与浅海区的季节变化呈明显的区域性。在径流影响较大的  $108^{\circ}25'E$  以东海域,河口区硝酸盐的最高值均出现于雨水较多的春夏季,与其相邻的浅海区则呈秋冬季高的趋势;以西海域受沿岸水影响较小,河口区与浅海区的季节变化基本一致,均呈夏秋高的变化特点。

### 三、讨论

1. 由于本调查区的沿岸港湾众多,因此,该调查区受陆地径流影响较为显著,河口区硝酸盐含量(除1月外)远较浅海区高(表1)。从表1中可以看出,各季度月由沿岸江河排水输送的硝酸盐,相对含量在4月最大,随季节变化依次递减,1月最小。据水文观测资料记载,本岸段各河流的入海水量在7月最大,而本次调查

的硝酸盐含量却在4月高,这与7月河口区浮游植物显著增加有关。经相关分析得出,该季度月硝酸盐含量与浮游植物呈指数负相关:

$$\text{浮游植物}(10^4 \text{个}/\text{m}^3) = 3261 \times \text{C}_{\text{NO}_3\text{-N}}^{1.215} \\ (n=8, r=-0.805)$$

说明了7月硝酸盐含量偏低,乃是由于浮游植物对其大量消耗的结果。

2. 硝酸盐的含量分布随区域的不同而变化较大。河口区的硝酸盐含量均随着盐度的增加而逐渐递减<sup>[2]</sup>,经相关分析得出,该区4个季度月表层水中的硝酸盐含量与盐度呈负相关。其关系如下( $S_{\text{‰}}$ 表示盐度, $r$ 表示相关系数, $n$ 表示站位数):

$$\text{NO}_3\text{-N}(\mu\text{mol/L}) = 19.83 - 0.730 S_{\text{‰}} \\ (4 \text{月}, n=18, r=-0.941; S_{\text{‰}} \text{范围}: 10.99\text{—}31.48\text{‰})$$

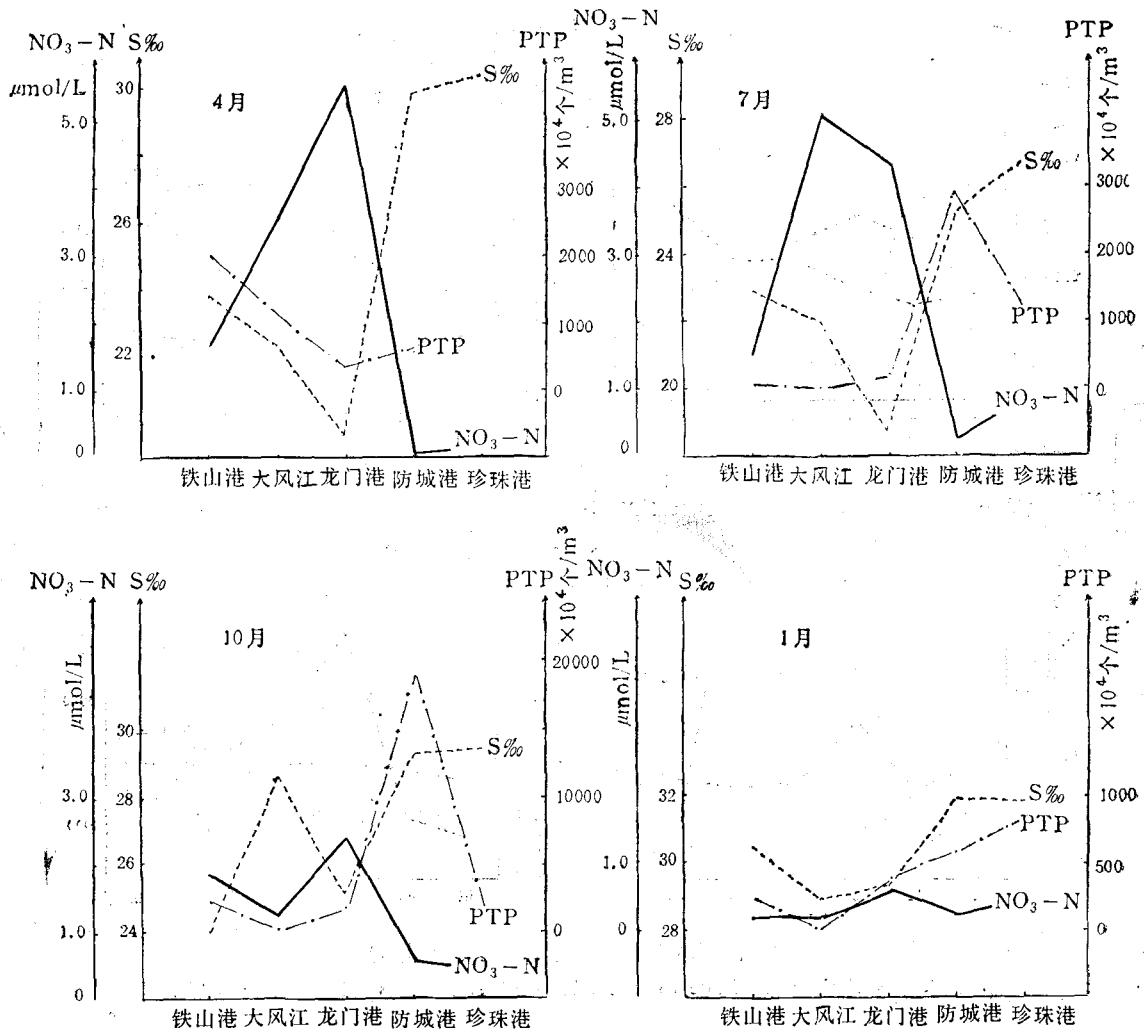


图3 河口区硝酸盐随港湾变化(μmol/L)

Fig. 3 The variations of nitrate content with harbours in the estuary (μmol/L)

表1 各季度月河口区及浅海区硝酸盐及浮游植物的平均含量<sup>1)</sup>

Tab. 1 The seasonal mean content of nitrate and phytoplankton in estuary and offshore waters

| 时间(年.月) | 河口区                            |  | 浅海区                            |  | 河口区/浅海区<br>NO <sub>3</sub> -N |
|---------|--------------------------------|--|--------------------------------|--|-------------------------------|
|         | NO <sub>3</sub> -N<br>(μmol/L) | 浮游植物<br>(×10 <sup>4</sup> 个/m <sup>3</sup> ) | NO <sub>3</sub> -N<br>(μmol/L) | 浮游植物<br>(×10 <sup>4</sup> 个/m <sup>3</sup> ) |                               |
| 1983.4  | 3.32                           | 2281   | 0.31                           | 3410   | 10.70                         |
| 1983.7  | 3.15                           | 5371   | 0.68                           | 1395   | 4.63                          |
| 1983.10 | 1.85                           | 3563   | 0.55                           | 3201   | 3.36                          |
| 1984.1  | 0.38                           | 348  | 0.40                           | 1024   | 0.95                          |

1) 浮游植物数据由本所浮游生物组提供。

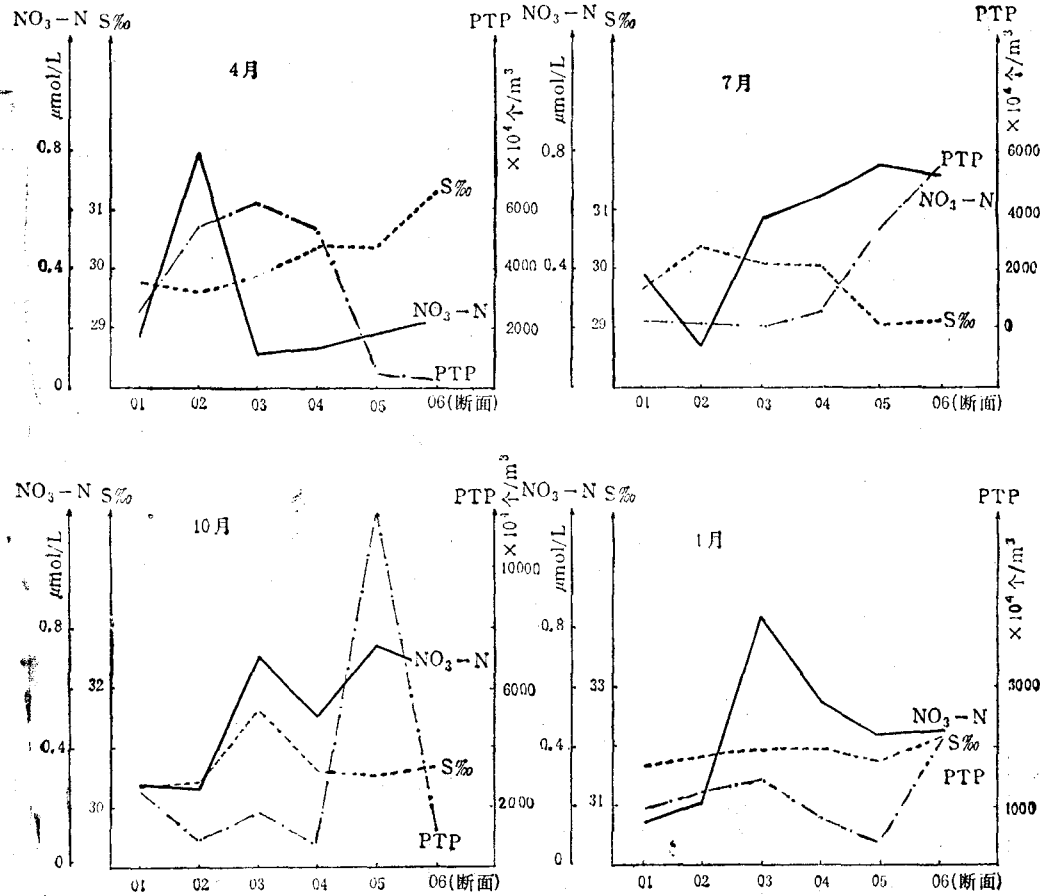


图4 浅海区硝酸盐随断面变化 ( $\mu\text{mol/L}$ )

Fig. 4 The variations of nitrate content with sections in the shallow sea ( $\mu\text{mol/L}$ )

$\text{NO}_3\text{-N}$  ( $\mu\text{mol/L}$ ) =  $16.23 - 0.617 S\text{‰}$   
 (7月,  $n = 18, r = -0.849$ ;  $S\text{‰}$  范围:  $8.50 - 31.78\text{‰}$ )

$\text{NO}_3\text{-N}$  ( $\mu\text{mol/L}$ ) =  $11.99 - 0.396 S\text{‰}$   
 (10月,  $n = 18, r = -0.884$ ;  $S\text{‰}$  范围:  $19.88 - 32.62\text{‰}$ )

$\text{NO}_3\text{-N}$  ( $\mu\text{mol/L}$ ) =  $11.18 - 0.358 S\text{‰}$   
 (1月,  $n = 18, r = -0.735$ ;  $S\text{‰}$  范围:  $25.48 - 32.26\text{‰}$ )

4个季度月表层水中的硝酸盐与  $S\text{‰}$  呈负相关的关系, 说明了控制该区表层水中硝酸盐含量的主要原因是物理混合过程, 浮游生物作用则是次要的。

底层水中硝酸盐与  $S\text{‰}$  亦呈负相关, 它们

的相关系数分别为:

$r = -0.926$  (4月,  $n = 18, S\text{‰}$  范围:  $11.56 - 31.96\text{‰}$ )

$r = -0.883$  (7月,  $n = 18, S\text{‰}$  范围:  $8.51 - 31.72\text{‰}$ )

$r = -0.846$  (10月,  $n = 18, S\text{‰}$  范围:  $20.69 - 32.61\text{‰}$ )

$r = -0.454$  (1月,  $n = 18, S\text{‰}$  范围:  $26.78 - 32.33\text{‰}$ )

与表层相比, 底层水中硝酸盐与盐度的相关系数略有下降, 尤以1月较为明显, 可能与底层有机体分解释放出硝酸盐有关。

浅海区硝酸盐与盐度不相关, 但在7、10两季度月, 底层水中硝酸盐与  $\text{O}_2\%$  (氧的相对含

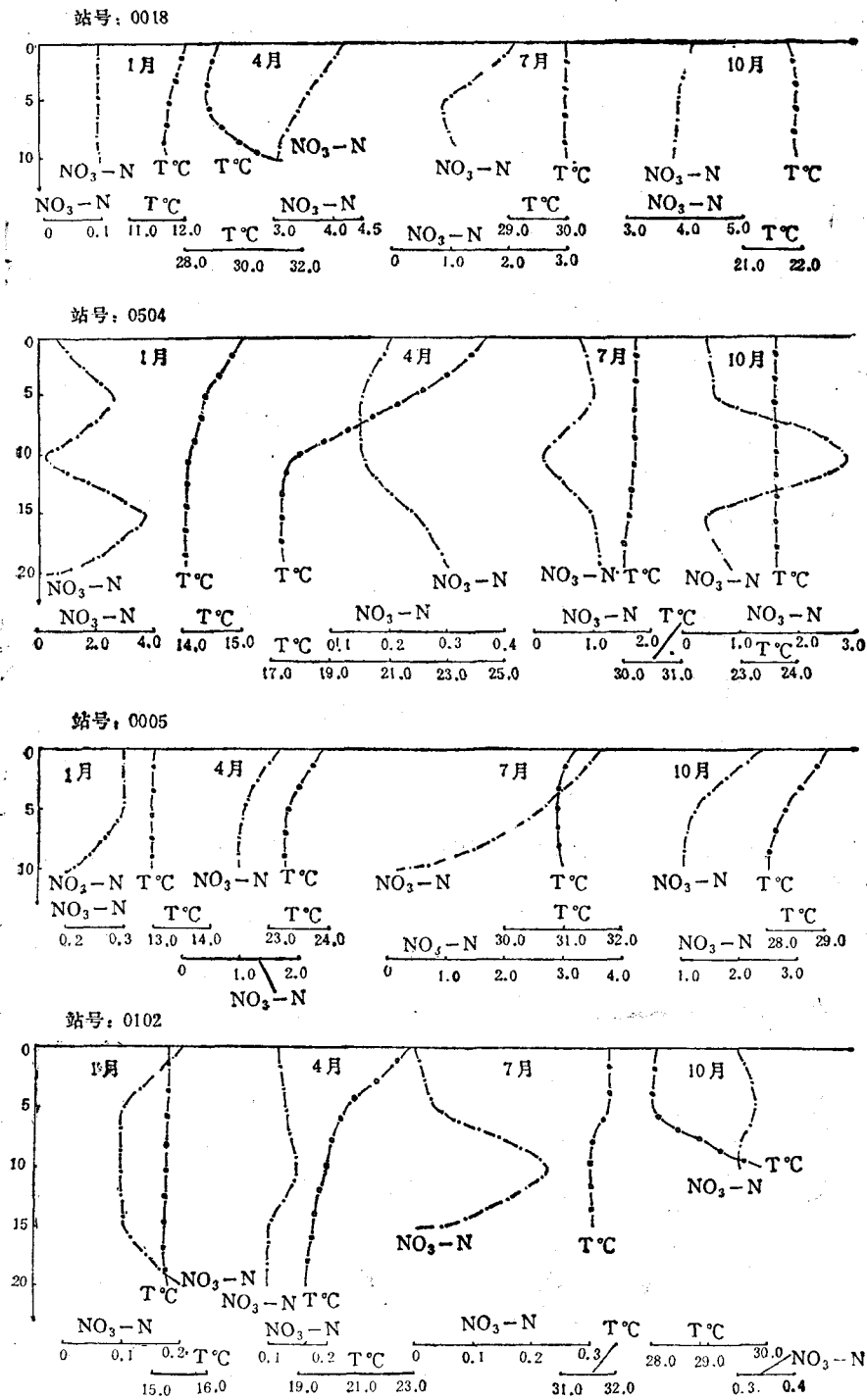


图5 硝酸盐垂直分布 (μmol/L)

Fig. 5 The vertical distributions of nitrate

量) 呈负相关, 与 AOU (表观耗氧量) 呈正相 (7月,  $n = 25, r = -0.406$ )

关, 它们的关系如下:

$$\text{NO}_3\text{-N} (\mu\text{mol/L}) = 2.981 - 0.025 \text{O}_2\%$$

$$\text{NO}_3\text{-N} (\mu\text{mol/L}) = 4.429 - 0.039 \text{O}_2\% \quad (10月, n = 25, r = -0.659)$$

$\text{NO}_3\text{-N}(\mu\text{mol/L}) = 0.438 + 1.138 \text{ AOU}$   
(7月,  $n = 25$ ,  $r = 0.525$ )

$\text{NO}_3\text{-N}(\mu\text{mol/L}) = 0.489 + 0.515 \text{ AOU}$   
(10月,  $n = 25$ ,  $r = 0.649$ )

上述关系说明该区底层水中控制硝酸盐的因素主要是生物作用及有机体分解等化学过程。

3. 硝酸盐的垂直分布, 具有不同的区域不同变化的特点。河口区由于受径流影响大, 硝酸盐的补充速率大于浮游植物的消耗速率, 因此, 表层均较低层高; 浅海区受沿岸水影响较小, 表层和底层硝酸盐含量基本相同。

硝酸盐与磷酸盐的原子比, 在空间及时间上的变化幅度是比较大的, 在4月、7月, 有的测站由于浮游植物严重消耗硝酸盐, N/P值出现零值, 但在沿岸水影响显著的测站, N/P值高达20—40以上。从整个海区N/P值的分布情况看到, 各季度月N/P值较高的测站均出现于沿岸各港湾内侧, 尤以茅尾海和大风江最显

著, 表明了不同河流其氮、磷比值差异较大。但湾外以及浅海区域N/P值是很低的, 绝大部分测站均在1以下, 远小于正常比值16, 这与该区浮游植物大量消耗以及硝酸氮的补充源不足有关。

硝酸盐的季度月变化, 与陆地径流及底层有机体的分解有着密切的关系。夏季径流量最大, 河口区硝酸盐含量亦最高, 这说明陆地径流在向北部湾输送硝酸盐方面起着相当重要的作用; 浅海区硝酸盐的最高值多出现于水体垂直对流作用较强的秋冬季, 说明了该区硝酸盐的补充源以底层再生的硝酸盐为主。

#### 主要参考文献

- [1] 张正斌、顾宏堪、刘莲生、周迪颐、戴钟道、刘明星, 1982。海洋化学。上海科技出版社, 220—342页。  
[2] 顾宏堪、熊孝先、刘明星、李延, 1981。长江口附近氮的地球化学 I. 长江口附近海区海水中的硝酸盐。山东海洋学院学报 11(4): 37—46。

## A PRELIMINARY ANALYSIS OF NITRATE CONTENT IN THE BEIBU-GULF

Wei Manxin, He Benmao  
(*Oceanographic Institute, Guangxi*)

### Abstract

The nitrate content distribution measurement in the Beibu-Gulf was carried out in April, July, October in 1983 and January in 1984. The results showed that the distributions of nitrate content in the estuary is obviously higher than in the coastal waters. Vertically, content in the surface is higher than in the bottom in the estuary, whereas uniform distributions are found in the shallow sea. The distributions of the N/P (i.e., the atomic rate between nitrate and phosphate) are very much similar to that of nitrate. The seasonal variations of nitrate content are maximum during summer months in the estuary but autumn-winter in the shallow sea, which were caused by the continental runoff and the stemming of nitrate from the seabottom respectively.