

# 广州海域营养盐的质量浓度及分布特征

姜 胜<sup>1,2</sup>, 冯佳和<sup>2</sup>, 冯洁娉<sup>2,3</sup>, 李 岚<sup>2,3</sup>, 魏 鹏<sup>2</sup>, 杨宇峰<sup>1</sup>

(1. 暨南大学 水生生物研究所, 广东 广州 510632; 2. 广州海洋资源环境监测中心, 广东 广州 510235; 3. 中国海洋大学, 山东 青岛 266003)

**摘要:** 根据 2003 年 8 月至 2004 年 8 月的调查资料, 对广州海域营养盐的质量浓度及分布特征进行了初步探讨。结果表明: 无机氮(DIN)、 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$  和  $\text{SiO}_3^{2-}\text{-Si}$  质量浓度的年平均值分别为 1.56, 0.047 和 2.50 mg/L; 其平面分布特征均表现为湾顶高于湾外, 近岸高于远岸, 但其季节变化特征不尽相同。

**关键词:** 广州海域; 营养盐质量浓度; 分布特征

中图分类号: X55

文献标识码: A

文章编号: 1000 3096(2006) 04 0036-04

营养盐是海洋生物生长、发育的必需条件, 海域营养盐水平对海洋生产力有决定性的影响<sup>[1]</sup>。一般海水中营养盐的变化是由海洋的内部循环所决定, 但对环境变化较为明显的河口近岸海域, 除受海洋生物、化学、海水运动以及沉积作用等因素影响外, 尚受沿岸河水径流量影响<sup>[2-4]</sup>。研究河口海水中营养盐的分布规律, 对于了解营养物质的来源和迁移特征, 以及与浮游生物的关系等具有重要意义。

广州海域位于珠江口伶仃洋的湾顶, 上起黄埔港, 下至横门水道, 东以广州港航道为界, 珠江口东四口门虎门、蕉门、洪奇沥、横门位于其中。珠江径流经东四口门流入广州海域, 汇入伶仃洋。随着经济的发展, 广州海域生态环境日趋恶化。作者根据 2003 年 8 月至 2004 年 8 月的调查资料, 分析了广州海域营养盐的含量及分布特征, 研究结果可为广州海域环境保护提供基础资料。

## 1 材料与方法

2003 年 8 月至 2004 年 8 月, 在广州海域共布设 13 个站位(图 1)。S<sub>1</sub> 站位于有大面积海水养殖鱼塘的海鸥岛西北侧, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> 和 S<sub>4</sub> 站位于虎门水道, S<sub>5</sub>, S<sub>6</sub> 和 S<sub>7</sub> 站位于有大面积海水养殖鱼塘的龙穴岛外侧, S<sub>8</sub>, S<sub>9</sub> 站位于蕉门水道及其南支, S<sub>10</sub> 站位于万顷沙的东侧, S<sub>11</sub> 站位于万顷沙东南侧贝类养殖区的浅滩, S<sub>12</sub> 站位于广州海域最外侧的内伶仃洋, S<sub>13</sub> 站位于洪奇门和横门汇合处。调查站位定点采用美国 Garmin 公司生产的 GPS12 型全球卫星定位系统。每月调查 1 次, 每次调查于高潮前后 1h 内完成。按《海洋监测规范》<sup>[5]</sup> 的规定, 进行样品的采集、处理和营养盐

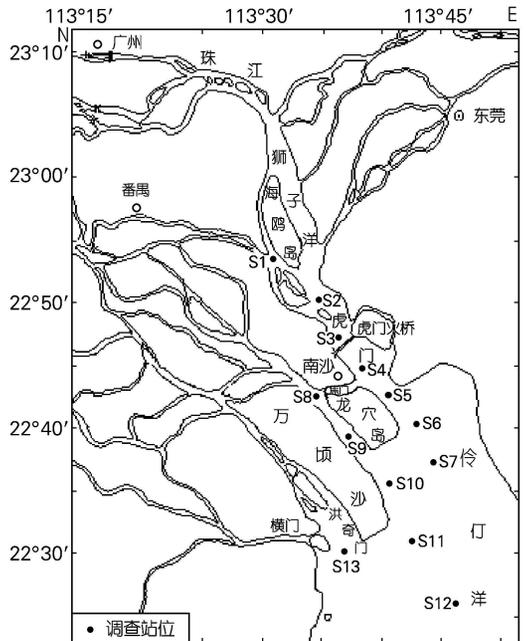


图 1 采样站位

Fig. 1 The map of sampling stations

收稿日期: 2005 11 21; 修回日期: 2006 02 07

基金项目: 国家 973 计划项目(2002CB412405)

作者简介: 姜胜(1975), 男, 湖北黄冈人, 工程师, 博士研究生, 主要从事海洋生态及环境方面的研究, 电话: 020-84423835, E-mail: jakkie@21cn.com; 杨宇峰, 通讯联系人, 电话: 020 85221397, E-mail: tyf@jnu.edu.cn

( $\text{NH}_4^+-\text{N}$ ,  $\text{NO}_2^--\text{N}$ ,  $\text{NO}_3^--\text{N}$ ,  $\text{PO}_4^{3--}\text{P}$  和  $\text{SiO}_3^{2--}\text{Si}$ ) 的分析测试。

## 2 结果与讨论

### 2.1 营养盐的平面分布特征

#### 2.1.1 无机氮(DIN)

由于珠江口河网复杂,地表径流较强,陆源污染较严重,大部分生活污水以及工农业废水经东四口门(虎门、蕉门、洪奇门和横门)流入珠江口海域,广州海域各调查站位海水中DIN质量浓度远高于四类海水水质标准(0.50 mg/L),其平面分布特征表现为湾顶向湾外递减趋势(图2)。受珠江河水、番禺及东莞等地的地表水、沿岸生活污水和工农业废水等的综合影响,虎门口 $S_2$ 站的DIN质量浓度达到最高,其变化范围为1.54~4.12 mg/L,年平均值为2.04 mg/L;最外侧位于内伶仃洋的 $S_{12}$ 站的DIN质量浓度最低,其变化范围为0.59~1.99 mg/L,年平均值为1.24 mg/L。

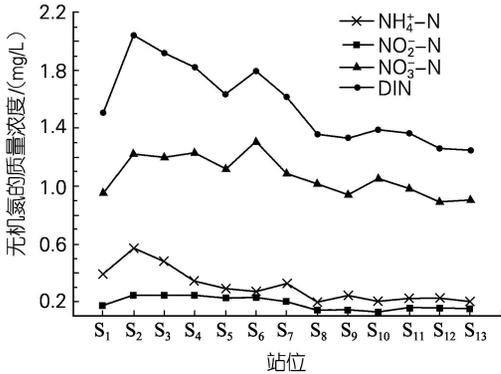


图2 DIN,  $\text{NH}_4^+-\text{N}$ ,  $\text{NO}_2^--\text{N}$  和  $\text{NO}_3^--\text{N}$  年平均值的平面分布

Fig. 2 Horizontal distributions of DIN,  $\text{NH}_4^+-\text{N}$ ,  $\text{NO}_2^--\text{N}$ , and  $\text{NO}_3^--\text{N}$

同样,广州海域中 $\text{NH}_4^+-\text{N}$ ,  $\text{NO}_2^--\text{N}$  和  $\text{NO}_3^--\text{N}$  受珠江地表径流和陆源污染的影响很大,其平面分布特征与DIN平面分布特征相似。就组成比例而言,以 $\text{NO}_3^--\text{N}$ 质量浓度最高, $\text{NH}_4^+-\text{N}$ 次之, $\text{NO}_2^--\text{N}$ 最低(图2),说明广州海域无机氮的形态较为稳定<sup>[6]</sup>。这与北海湾、粤东柘林湾等的特征相同<sup>[7,8]</sup>,但与胶州湾的情况( $\text{NO}_3^--\text{N}$ 和 $\text{NH}_4^+-\text{N}$ 的质量浓度基本相当)<sup>[9]</sup>不同。形成无机氮这种形态特征的主要原因在于,一是入海河水的 $\text{NO}_3^--\text{N}$ 占DIN中的比例高,二是调查海域属强潮区,水体交换充分。 $\text{NH}_4^+-\text{N}$ ,  $\text{NO}_2^--\text{N}$  和  $\text{NO}_3^--\text{N}$  的质量浓度最高点均出现在虎门口 $S_2$ 站,其变化范围

分别为0.06~2.46, 0.09~0.47和0.36~3.76 mg/L, 年平均值分别为0.57, 0.24和1.22 mg/L; 三氮最低值均出现在位于伶仃洋的 $S_{12}$ 站,其变化范围分别为0.05~0.56, 0.02~0.41和0.26~1.68 mg/L, 年平均值分别为0.22, 0.15和0.88 mg/L。

#### 2.1.2 活性磷酸盐

在广州海域,受地表径流、陆源污染、农业污水和海水养殖等方面的影响,绝大部分调查站位海水中活性磷酸盐质量浓度高于二类海水水质标准(0.030 mg/L),其平面分布特征表现为在河口湾顶及近岸贝类养殖区较高(图3),这说明珠江口附近陆源排放的 $\text{PO}_4^{3--}\text{P}$ 对该海域中海水的 $\text{PO}_4^{3--}\text{P}$ 影响较大<sup>[10]</sup>。由于河口附近区域悬浮颗粒物较多,对 $\text{PO}_4^{3--}\text{P}$ 产生的缓冲作用导致该区 $\text{PO}_4^{3--}\text{P}$ 质量浓度相对较低<sup>[11,12]</sup>,活性磷酸盐最低值区出现在受两侧二十多条小河涌和蕉门口河水影响的龙穴岛西侧 $S_9$ 站,其变化范围为0.017~0.063 mg/L,年平均值为0.037 mg/L。同时,由于河口附近区域悬浮颗粒物和陆源输入 $\text{PO}_4^{3--}\text{P}$ 的共同影响,活性磷酸盐最高值不是出现在海鸥岛西北侧 $S_1$ 站,而是出现在虎门口 $S_2$ 站,其变化范围为0.071~0.407 mg/L,年平均值为0.071 mg/L。由于附近浅滩贝类养殖的影响,次高值区出现在万顷沙东南侧贝类养殖区海域的 $S_{11}$ 站,其变化范围为0.022~0.274 mg/L,年平均值为0.059 mg/L。

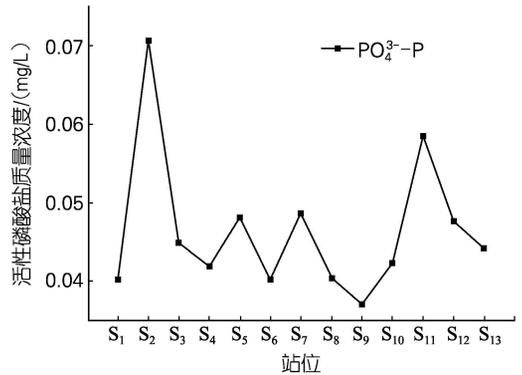


图3  $\text{PO}_4^{3--}\text{P}$  年平均值的平面分布

Fig. 3 Horizontal distribution of  $\text{PO}_4^{3--}\text{P}$

#### 2.1.3 活性硅酸盐

硅酸盐是硅藻类生物构成骨、介壳的主要成分,其在海水中的生物地球化学循环与浮游植物,尤其是硅藻的生长繁殖有密切关系。由于地表径流是硅输入海域的主要途径,近岸海域硅含量要高于远岸海域<sup>[13]</sup>,广州海域硅含量平面分布表现为河口近岸处

高于远岸处(图4)。由于两侧小河涌和蕉门口的地表径流影响,且受海水影响较小,硅质量浓度在龙穴岛西侧S<sub>9</sub>站出现最高值,其变化范围为0.35~4.114 mg/L,年平均值为2.78 mg/L;海鸟岛旁S<sub>1</sub>站硅质量浓度也较高,其变化范围为0.33~4.66 mg/L,年平均值为2.72 mg/L。最外侧位于内伶仃洋的S<sub>12</sub>站的硅质量浓度最低,其变化范围为0.14~3.73 mg/L,年平均值为2.09 mg/L。这也表明广州海域活性硅酸盐的分布主要受控于河水和海水的物理混合作用,显示出保守性行为,与大多数河口的情形相似<sup>[14,15]</sup>。

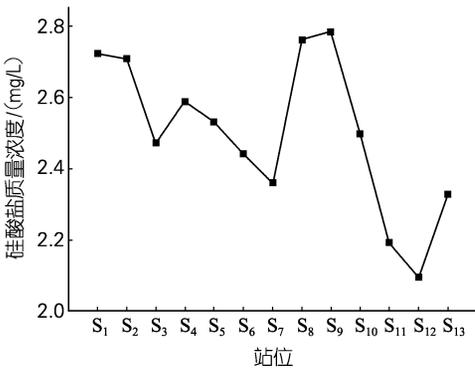


图4 SiO<sub>3</sub><sup>2-</sup>-Si 年平均值的平面分布

Fig. 4 Horizontal variation of SiO<sub>3</sub><sup>2-</sup>-Si

## 2.2 营养盐的质量浓度及季节分布特征

广州海域 DIN, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P 和 SiO<sub>3</sub><sup>2-</sup>-Si 质量浓度的年平均值分别为 1.56, 0.047 和 2.50 mg/L(表1), 变化范围分别为 0.45~4.12, 0.017~0.407 和 0.14~4.66 mg/L, 均略高于长江口海域的含量<sup>[16]</sup>。与国外的河口海域相比, 略低于苏格兰的 Tweed Estuary<sup>[3]</sup> 的含量, 但远高于苏格兰的 Forth Estuary<sup>[3]</sup>、Tay Estuary<sup>[3]</sup> 和美国的 Delaware Estuary<sup>[17]</sup> 的含量。这与广州海域地处珠江口湾顶, 周边地区人口众多, 工农业发达, 珠江水系地表径流大, 大量富含营养盐的工农业废水、生活污水排入其中密切相关。

广州海域 DIN, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P 和 SiO<sub>3</sub><sup>2-</sup>-Si 质量浓度季节变化特征不尽相同(表1)。DIN 质量浓度在春季达到高峰, 其均值为 2.33 mg/L; 在秋季达到低谷, 其均值为 0.82 mg/L。这是由于广州海域在每年 5 月至 9 月为丰水期, 降雨量较大, 地表水较丰富, 陆源输入无机氮含量较低, 并且在 10 月份广州海域浮游植物细胞数达到全年高峰, 其大量繁殖消耗大量无机氮造成的。PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P 质量浓度在秋季达到高峰, 夏季次之, 春季则回落到低谷, 其均值分别为 0.110, 0.060 和 0.031 mg/L。这可能与夏、秋季是广州海域周边地区养殖高峰期, 大量富含磷的养殖废水进入广州海域有关。SiO<sub>3</sub><sup>2-</sup>-Si 质量浓度在冬季达到高峰, 其均值高达 2.99 mg/L; 春、夏季则较低。这是因为广州海域在冬秋季为枯水期, 水量少但硅含量高; 春、夏季为丰水期, 大量的地表冲淡水虽水量多, 但冲淡水中硅质量浓度相对低很多。

表1 广州海域营养盐质量浓度季节变化

Tab. 1 Seasonal variation of nutrients in Guangzhou sea area

营养盐	平均质量浓度(mg/L)				
	秋季	冬季	春季	夏季	年平均值
DIN	0.82±0.39	1.29±0.27	2.33±0.63	1.60±0.65	1.56±0.64
PO <sub>4</sub> -P	0.110±0.067	0.043±0.008	0.031±0.008	0.060±0.017	0.047±0.040
SiO <sub>3</sub> -Si	2.52±0.90	2.99±0.45	1.39±0.74	1.52±1.33	2.50±1.03

## 3 结论

(1) 受生活污水、工农业废水等陆源污染和地表径流的影响, 广州海域 DIN, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P 和 SiO<sub>3</sub><sup>2-</sup>-Si 等质量浓度较高, 其年平均值分别为 1.56, 0.047 和 2.50 mg/L。

(2) 广州海域 DIN, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P 和 SiO<sub>3</sub><sup>2-</sup>-Si 的平面分布受陆源、径流和海流等的影响, 表现为湾顶高于湾外, 近岸高于远岸。NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N 和 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 的平面分布特征与 DIN 相一致, 但就组成比例而言, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 最高,

NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 次之, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N 最低。

(3) 广州海域 DIN, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P 和 SiO<sub>3</sub><sup>2-</sup>-Si 质量浓度季节变化特征不太相似。DIN 质量浓度在春季达到高峰, 秋季回落到低谷; PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P 质量浓度在秋季达到高峰, 夏季次之, 春季则回落到低谷; SiO<sub>3</sub><sup>2-</sup>-Si 质量浓度在冬季达到高峰, 春季则降至低谷。

致谢: 参加现场工作的还有广州海洋资源环境监测中心史合印、李松青、黄云峰和李学恒等同志, 在此谨致谢忱。

- 参考文献:
- [1] 陈金斯, 李飞永. 大亚湾无机氮的分布特征[J]. 热带海洋, 1996, 15(3): 92-97.
- [2] 施建荣, 张立, 邹伟明, 等. 舟山渔场近岸海水中营养盐的分布特征[J]. 海洋环境科学, 1999, 18(2): 43-47.
- [3] Balls P W. Nutrient inputs to estuaries from nine Scottish east coast river: influence of estuarine processes on input to the North Sea[J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 1994, 39: 329-352.
- [4] Tian R C, Hu F X, Martin M. Summer nutrient fronts in the Changjiang (Yantze River) estuary[J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 1993, 37: 27-41.
- [5] GB17378-1998. 海洋监测规范[Z].
- [6] 杨殿荣. 海洋学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1986. 175-178.
- [7] 韦蔓新, 童万平, 何本茂, 等. 北海湾无机氮的分布及其与环境因子的关系[J]. 海洋环境科学, 2000, 19(2): 25-29.
- [8] 周凯, 姜胜. 粤东柘林湾无机氮的时空分布特征[J]. 生态科学, 2002, 21(2): 121-125.
- [9] 赵夕旦, 祝陈坚. 胶州湾东部海水中氮的含量与分布[J]. 海洋科学, 1998, 1: 40-44.
- [10] 黄小平, 黄良民. 珠江口海域无机氮和活性磷酸盐含量的时空变化特征[J]. 台湾海峡, 2002, 21(4): 416-421.
- [11] Rendell A R, Horrobin T M, Jickells T D. Nutrient cycling in the Great Ouse estuary and its impact on nutrient fluxes to the Wash, England[J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 1997, 45: 653-668.
- [12] 郑庆华, 何悦强, 张银英, 等. 珠江口咸淡水交汇区营养盐的化学自净研究[J]. 热带海洋, 1995, 14(2): 68-75.
- [13] 王朝晖, 齐雨藻, 李锦蓉, 等. 大亚湾养殖区营养盐状况分析与评价[J]. 海洋环境科学, 2004, 23(2): 25-28.
- [14] 王方正. 长江口营养盐(N, P, Si)分布与变化特征[J]. 海洋与湖沼, 1983, 14(4): 324-331.
- [15] 张经. 若干北方河口中的营养要素——黄河、滦河、大辽河、鸭绿江[A]. 张经. 中国主要河口的生物地球化学研究[C]. 北京: 海洋出版社, 1997. 205-218.
- [16] 金卫红, 邵秀伟. 近岸海域水质分析及对海洋生态环境的影响研究[J]. 高师理科学刊, 2000, 20(1): 19-23.
- [17] Fisher T R, Harding L W, Stanley D W, *et al.* Phytoplankton, nutrients and turbidity in the Chesapeake, Delaware and Hudson Estuaries[J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 1988, 27: 61-93.

## Contents and distribution characteristics of nutrient in the Guangzhou sea area

JIANG Sheng<sup>1,2</sup>, FENG Jia he<sup>2</sup>, FENG Jie ping<sup>2,3</sup>, LI Lan<sup>2,3</sup>, WEI Peng<sup>2</sup>, YANG Yufeng<sup>1</sup>

(1. Institute of the Hydrobiology, Jinan University, Guangzhou 510632, China; 2. Guangzhou Monitoring Centre of Marine Resources and Environment, Guangzhou 510235, China; 3. Ocean University of China, Qingdao 266003, China)

Received: Nov. 21, 2005

Key words: Guangzhou sea area; nutrient contents; distribution characteristics

**Abstract:** Based on the field investigation data during August, 2003 and August, 2004 in the Guangzhou sea area, the contents and distribution characteristics of nutrient were discussed. Results showed that the annual average concentrations of DIN,  $\text{PO}_4^{3-}\text{P}$  and  $\text{SiO}_3^{2-}\text{Si}$  were 1.56, 0.047 and 2.50 mg/L, respectively. The contents decreased gradually from inner bay to outer bay, and from nearshore to offshore. There were the different seasonal variations among nutrient in the Guangzhou sea area.

(本文编辑:张培新)