

珠江口水域无机氮与活性磷酸盐含量调查

高 鹏^{1,2}, 赖子尼², 魏泰莉², 杨婉玲², 庞世勋², 谢文平²

(1. 上海水产大学生命科学与技术学院, 上海 200090;

2. 中国水产科学研究院珠江水产研究所, 广东 广州 510380)

摘要: 根据 2003 ~ 2005 年春、秋季对珠江八大门口水体的采样分析结果, 研究了珠江八大门口水体无机氮、活性磷酸盐含量的变化及富营养化状况。结果表明, 水体中无机氮的形态主要以硝酸态氮 ($\text{NO}_3^- \text{-N}$) 为主; 无机氮平均含量范围为 $1.986 \sim 5.070 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 虎门、鸡啼门无机氮含量相对于其他门口偏高, 横门、磨刀门则相对偏低。活性磷酸盐含量较低, 符合一类海水水质标准要求; 该水域富营养化比较严重, 属于 N 超标富营养化型。

关键词: 无机氮; 活性磷酸盐; 富营养化; 珠江口水域

中图分类号: X171.1

文献标识码: A

文章编号: 1673-2227-(2007)04-0032-06

Investigation of inorganic nitrogen and active phosphorus contents in Pearl River Estuary

GAO Peng^{1,2}, LAI Zini², WEI Taili², YANG Wanling², PANG Shixun², XIE Wenping²

(1. College of Aqua-life Science and Technology, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China;

2. Pearl River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510380, China)

Abstract: Vertical profiles of inorganic nitrogen and active phosphorus and other chemical parameters were taken in spring and autumn from 2003 to 2005 in the eight channels of Pearl River in order to analyze the status and characteristics of eutrophication. The result showed that in these three years, $\text{NO}_3^- \text{-N}$ is the main form of inorganic nitrogen in most area. The contents of inorganic nitrogen are between 1.986 to $5.070 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ in the Estuary. The contents of inorganic nitrogen in Humen (one of the Pearl River channels) and Jitimen are much higher than those of the other channels of the Pearl River, and Hengmen and Modaomen are obviously the lowest in these eight channels. The concentrations of active phosphorus are much lower than the first grade of seawater quality standard in this area. The situation of eutrophication becomes worst in the Estuary.

Key words: inorganic nitrogen; active phosphorus; eutrophication; Pearl River Estuary

随着社会经济的进步和人类活动的日益频繁, 大量的废污水被排入到河口地区, 使这一地区及其邻近海域的生物耗氧 (BOD) 及总氮含量 (TN) 等普遍超标^[1], 并面临着日益严重的富营养化威胁。近年的研究结果表明, 水体的富营养化过程可

对其他污染物的迁移转化产生显著的影响, 其中包括潜在的重要因子, 如在水体内的滞留时间, 沉积物埋藏及食物网结构等^[2-4]。珠江有八大入海口, 珠江河口区水域面积积极大, 是南海北部陆源污染物的主要受纳水体。目前, 针对珠江河口区溶解

收稿日期: 2007-03-20; 修回日期: 2007-05-18

资助项目: 珠江口海域渔业生态环境野外观测台站观测研究及数据信息系统建设

作者简介: 高 鹏 (1982-), 男, 硕士研究生, 从事渔业水质调控方面研究。E-mail: mohurry@vip.sina.com

通讯作者: 赖子尼, E-mail: znlai01@163.com

无机氮 (DIN)、活性磷酸盐 ($\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$) 含量变化以及富营养化状况的研究报道主要集中于局部门口以及伶仃洋海域^[5-9], 但对整体的八大门口进行连续同步观测的研究不多。本文对珠江八大门口水体的 DIN 及 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 的含量变化特征、营养化程度的现状进行分析研究, 为防治该水体的赤潮研究提供重要的基础资料, 并为海洋环境保护政策与行动的宏观决策提供科学依据。

1 样品采集与分析方法

1.1 样品的采集

为详细了解珠江河口 DIN 及 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 的含量变化特征, 于 2003 ~ 2005 年每年的 3 月与 8 月, 在珠江河口的八大入海口设 8 个监测点进行样品的采集, 每次对表层进行采集。各站点经纬度及地理位置见表 1、图 1。

表 1 采样站点地理坐标

Tab. 1 Location of sampling stations

采样站点 sampling station	北纬 north latitude	东经 east longitude
虎门 Humen (S1)	22°47'42"	113°36'47"
蕉门 Jiaomen (S2)	22°36'30"	113°35'34"
洪沥门 Honglimen (S3)	22°36'30"	113°35'34"
横门 Hengmen (S4)	22°35'01"	113°33'50"
磨刀门 Moudaomen (S5)	22°09'40"	113°25'05"
鸡啼门 Jitimen (S6)	22°04'21"	113°16'19"
虎跳门 Hutiaomen (S7)	22°12'07"	113°05'59"
崖门 Yamen (S8)	22°12'10"	113°05'25"

1.2 分析方法

水样温度、盐度、pH、溶解氧用仪器现场测定, $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 、亚硝酸盐氮 ($\text{NO}_2^- \text{-N}$)、硝酸盐氮 ($\text{NO}_3^- \text{-N}$) 和氨氮 ($\text{NH}_4^+ \text{-N}$) 的测定按《水和废水监测分析方法》^[10] 进行, 非离子氨的测定按照《地面水环境质量标准非离子氨换算方法》^[11] 进行。

2 结果与分析

2.1 DIN 含量的变化特征

2.1.1 时间变化 珠江口水域 2003 ~ 2005 年

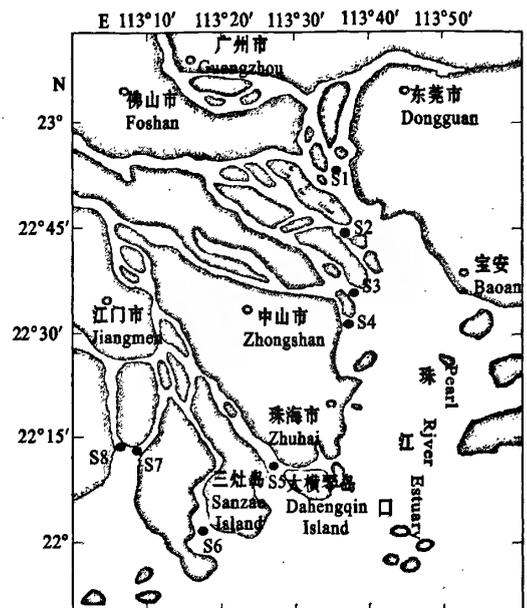


图 1 珠江口调查站位分布

S1. 虎门; S2. 蕉门; S3. 洪沥门; S4. 横门; S5. 磨刀门;
S6. 鸡啼门; S7. 虎跳门; S8. 崖门

Fig. 1 Distribution of sampling stations in Pearl River Estuary

S1. Humen; S2. Jiaomen; S3. Honglimen; S4. Hengmen;
S5. Moudaomen; S6. Jitimen; S7. Hutiaomen; S8. Yamen

的年 DIN 平均含量分别为 2.348、3.546、2.345 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 各门口 8 月 DIN 含量均比当年 3 月略有下降, 且 2004 年变化幅度在 3 年中最大 (图 2)。在 2004 年的盐度检测时发现, 各门口盐度范围在 0.2 ~ 11.8, 除横门外, 其它门口的盐度均比另 2 年同期升高 2 ~ 8 倍。这是由于珠江河口作为典型的咸潮区, 2004 年初珠江三角洲受咸潮影响是近 20 年比较严重的一次, 3 月又逢枯水期, 使得各门口盐度均升高。经相关分析及线性回归分析, 珠江河口区水域 DIN 与盐度具有相关关系, 相关系数为 0.806 ($P < 0.01$); 而且盐度取决于蒸发、降水、径流及外海高盐水入侵, 因此, 咸潮对珠江河口区水域 DIN 含量的影响极其重要。同期资料显示, 2004 年珠江地区降水量比 2003 年减少 30%^[12], 降水量减少的直接后果是: (1) 地表水减少, 污染物稀释能力下降; (2) 珠江水位下降咸潮上溯, 使原本应排入大海的污染物无法及时排

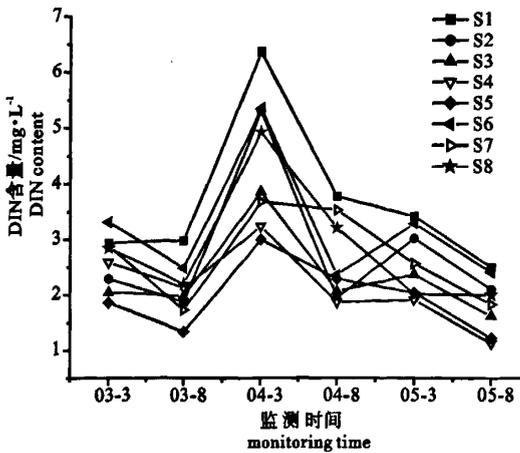


图2 珠江八大门口 DIN 含量的时间变化

Fig. 2 Temporal variation of DIN content of the eight channels

出,致使 DIN 含量急剧升高,影响水质。

2.1.2 水平分布 2003~2005年珠江八大门口 DIN 平均值为 $2.746 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,东4门口 (S1~S4) DIN 平均值为 $2.763 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,西4门口 (S5~S8) DIN 的平均值为 $2.730 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (图3)。各门口 DIN 均含量范围在 $1.986 \sim 5.070 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 之间,均超海水水质四类标准^[13]。虎门 (S1)、鸡啼门 (S6) DIN 含量较高,是含量较低的横门 (S4)、磨刀门 (S5) 的 $1.38 \sim 1.72$ 倍。珠江八大门口在 2004 年受到咸潮影响 DIN 含量总体有所上升,虎门的 DIN 含量为 3 年间平均值的 1.74 倍。S1~S5 随地理位置南移 DIN 含量呈下降的趋势 (图4),这是由于珠江河口所处形状为喇叭口状,虎门位于喇叭口的顶部,在这里由于海水的流入以及河水的流出形成对冲,致使河水中的营养物质堆积,而后余流自北向南流出,S2~S5 门口中的河水随海水流动而流出^[14]。

2.1.3 珠江八大门口 DIN 组成特征 珠江八大门口 3 年调查数据显示,就 DIN 的组分而言,除 2004 年 3 月鸡啼门及崖门 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 占 DIN 比例较高之外,其余历次 DIN 均以 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 为主,约占 60% 左右, $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 含量最低,通常低于 10% (图5)。调查还显示各门口 DIN 组分含量存在差异, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量介于 $0.044 \sim 3.034 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,大部分门口水质超过地表水水质三类标准^[15],有的甚至超过五

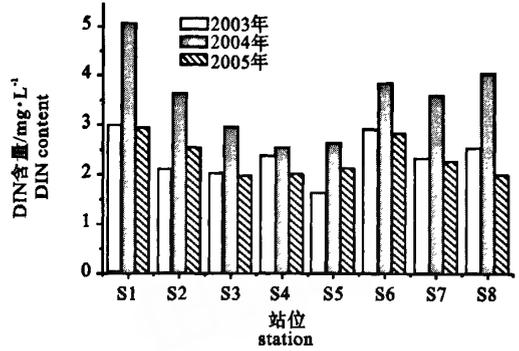


图3 2003~2005年各门口 DIN 平均含量比较

Fig. 3 The variation of DIN of eight channels in 2003~2005

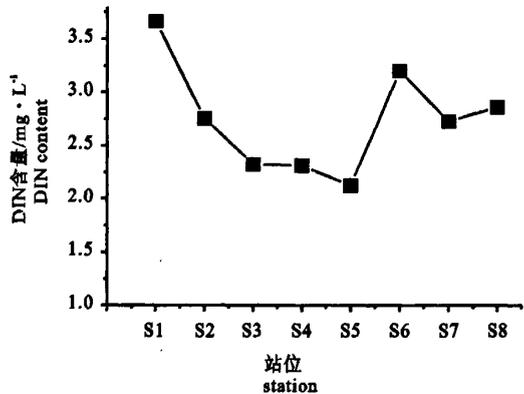


图4 2004年各门口 DIN 平均含量

Fig. 4 The average concentration of DIN of channels in 2004

类水质标准 (鸡啼门、崖门于 2004 年 3 月), 仅有 2003 年 8 月蕉门、洪沥门、磨刀门达到地表水一类水质标准; 虎门、鸡啼门中 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 平均值分别为 1.027 、 $1.318 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 为四类水体; 各门口非离子氨含量范围为 $0.009 \sim 0.088 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 超标率为 65% (以渔业水质标准^[16]评价), 其中虎门超标率为 67%、蕉门为 83%、洪沥门为 17%、横门为 67%、磨刀门为 33%、鸡啼门为 100%、虎跳门为 83%、崖门为 67%。研究发现, 3 年来各门口非离子氨含量呈上升趋势。

2.2 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 含量的变化特征

珠江口各门口 2003~2005 年 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 含量变化见表 2。

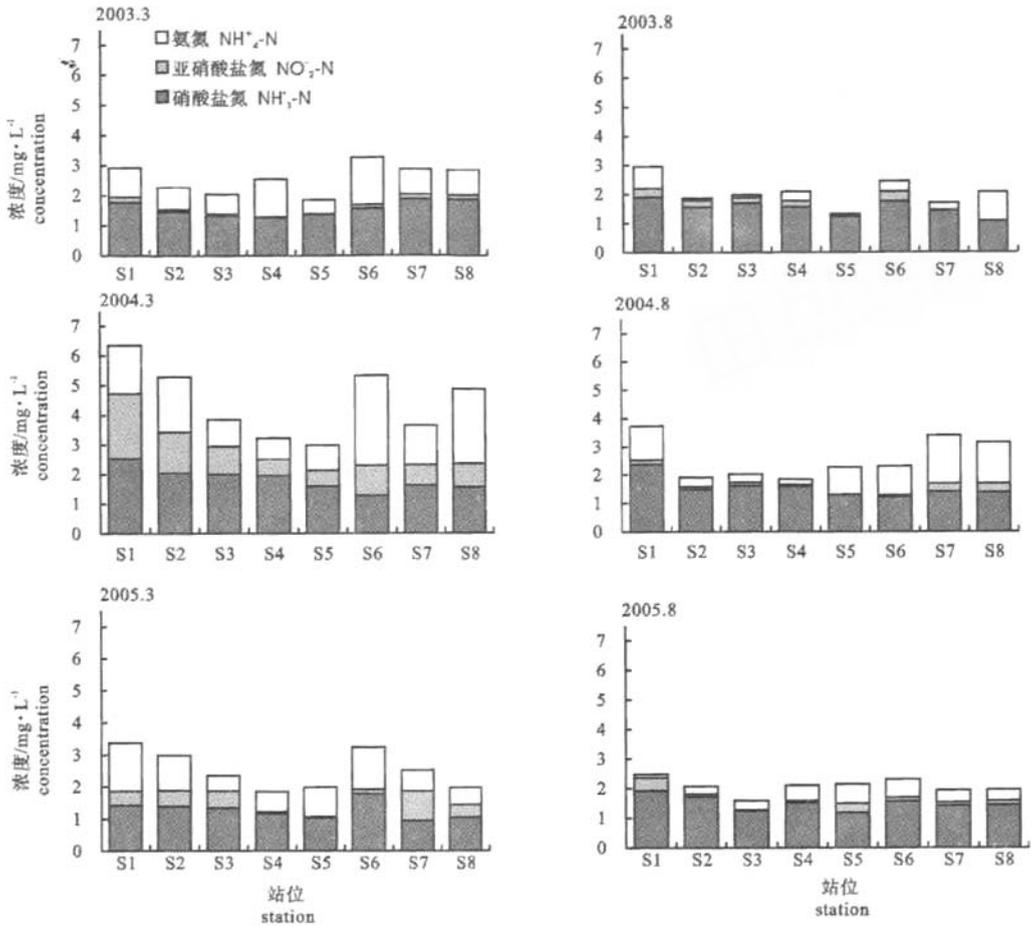


图5 珠江八大门口 DIN 组分的变化

Fig. 5 Components variation of DIN

表2 珠江八大门口 PO₄³⁻-P 含量变化

Tab. 2 The variation of PO₄³⁻-P of the eight channels

mg·L⁻¹

时间 time	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
2003.3	0.0018	0.0013	0.0063	0.0160	未检出	未检出	未检出	未检出
2003.8	0.0072	0.0025	未检出	未检出	未检出	未检出	0.0043	未检出
2004.3	0.0023	0.0010	未检出	0.0071	未检出	未检出	0.0010	未检出
2004.8	0.0005	0.0000	0.0001	未检出	未检出	0.0024	0.0010	未检出
2005.3	0.0061	0.0131	0.0080	0.0050	未检出	0.0023	0.0015	未检出
2005.8	0.0001	0.0028	未检出	未检出	未检出	0.0018	0.0001	未检出

从表2看出，八大门口 PO₄³⁻-P 含量均很低，而且大部分站位监测结果为未检出。各门口 PO₄³⁻-

P 含量与站位地理位置无关，但仍可看出东4门口比西4门口高；丰水期（8月）各门口 PO₄³⁻-P 均

含量范围为 $0 \sim 0.0026 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 平均值为 $9.50 \times 10^{-4} \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 而枯水期 (3月), 各门口 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 均含量范围为 $0 \sim 0.0094 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 平均值为 $0.0030 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (图6)。虽然珠江各门口 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 含量在枯水期比丰水期明显高出很多, 但仍保持较低水平, 低于海水水质一类标准 ($0.015 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$)。说明径流带来的 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 在珠江口水域承受范围之内。

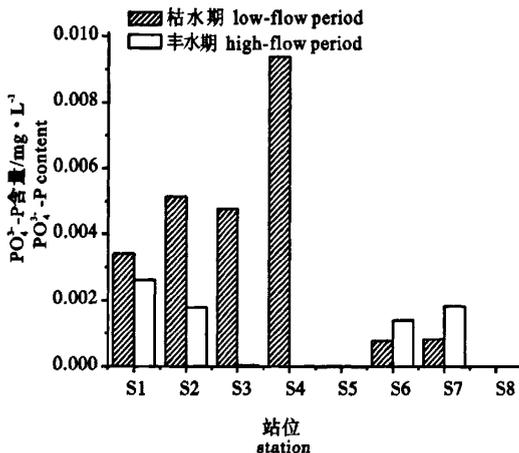


图6 各门口枯水期与丰水期时 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 含量比较

Fig.6 Comprison of the content of $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ of the channels between low-flow period and high-flow period

2.3 珠江口水域富营养化程度的现状

由于大量的工农业废水及生活污水的排放, 给河口区以及附近海域带来极为严重的影响, 而这些废水又是造成水体富营养物质的主要来源。珠江河口也因为大量 DIN 的输入, 加剧了富营养化程度。据报道, 在过去的 20 年里, 珠江河口区水体中 BOD 和 TN 的平均值至少增加了 $0.4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 不仅使珠江成为一条污染严重的河流, 也使珠江口水域的富营养化程度升高^[1]。

根据营养状态指数法^[17]: $E = \text{COD} \times \text{DIN} \times \text{PO}_4^{3-}\text{-P} \times 10^6 / 4500$, 各门口 3 年来枯水期 (3月) E 的均值为 12.3006, 丰水期 (8月) E 的均值为 2.8508, E 值皆大于 1, 而且枯水期时的富营养化比丰水期时要严重的多; 3 年来, 除磨刀门和崖门外, 其余各门口的 E 的均值很大, 分别为虎门 12.1788、蕉门 17.9165、洪沥门 3.7156、横门 9.9244、鸡啼门 2.6636、虎跳门 3.5918, 可见各

门口富营养化均很严重, 而且均属于 N 超标富营养化型, 与上述评价结果一致。

从近年来大量监测资料表明, 珠江口生态系统始终处于不健康水平。水体呈严重富营养化状态, 营养盐失衡, 几乎全部水域无机氮含量劣于四类海水水质标准, 是海域水质面临的最主要问题, 而且咸害和生活污水已经成为珠江口的重要污染因素。

3 结论

(1) 珠江河口水域 DIN 含量严重超标, 而 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 相对缺乏, 使得浮游植物的生长受到磷酸盐供应的限制, 水域富营养化严重, 枯水期情况比丰水期更甚。各门口 E 值均大于 1, 蕉门甚至达到 17.9165。

(2) 3 年间珠江河口水域各门口 DIN 含量均很高, 2004 年更甚, 远远超过我国的海水水质四类标准。这是因为调查所设站点为珠江的人海口处, 而此处的水质因子受到陆地及径流的影响比较大, 导致浓度堆积, 含量升高。另外, 咸潮的肆虐、降雨量等均是影响水域 DIN 含量的重要因素, 此外还受海平面上升、生产和生活用水增加等方面的影响。

(3) 该水域各门口间 DIN 含量差异较大, 范围在 $1.986 \sim 5.070 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 之间。虎门、鸡啼门无机氮含量相对于其它门口偏高, 横门、磨刀门则相对较低。各门口的 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 含量均较低, 符合一类海水水质标准要求

(4) 该水域 DIN 含量与盐度具有相关关系, 并且是咸潮事件的高发区, 因此咸潮是影响该水域 DIN 含量的重要因素之一。

(5) 该水域在 2004 年初由于降雨量减少, 导致各门口的 $\text{NO}_2^- \text{-N}$ 含量明显升高, 水质污染程度更甚。

(6) 该水域非离子氨含量呈上升趋势, 对渔业资源影响程度值得关注。

(7) 该水域处于河口咸淡水交汇地区, 因此, 定性水质的标准比较复杂, 根据不同的标准对于富营养化的判断也有不同。目前国家还没有出台关于河口地区咸淡水水质分析及富营养化判断的标准及方法, 这是今后值得研究的方向之一。

参考文献:

- [1] 罗家海. 珠江广州段局部水体溶解氧低的主要原因分析 [J]. 环境科学研究, 2002, 15 (2): 8-11.
- [2] ANDERSON A, NORDBACK J, WALLBERG P, et al. Effect of nutrient enrichment on the distribution and sedimentation of polychlorinated biphenyls (PCBs) in seawater [J]. Hydrobiologia, 1998, 377 (3): 45-56.
- [3] SKEI J, LARSSON P, ROSENBERG R, et al. Eutrophication and contaminants in aquatic ecosystem [J]. Ambio, 2000, 29 (4): 184-193.
- [4] GUNNARSSON F, BJORK M, GILEK M, et al. Effect of eutrophication on contaminant cycling in marine benthic system [J]. Ambio, 2000, 29 (4): 252-259.
- [5] 黄小平, 黄良民. 珠江口水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.
- [6] 徐继荣, 王友绍, 殷建平, 等. 珠江口入海河段 DIN 形态转化与硝化和反硝化作用 [J]. 环境科学学报, 2005, 25 (5): 686-692.
- [7] 彭云辉, 王肇鼎. 珠江河口富营养化水平评价 [J]. 海洋环境科学, 1991, 10 (3): 7-12.
- [8] 丘耀文. 珠江口水体的三氮特征 [J]. 热带海洋, 1992, 11 (4): 84-88.
- [9] 温伟英. 华南地区热带水体无机氮组合差异研究 [J]. 热带海洋, 1991, 10 (4): 44-48.
- [10] 国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法 [S]. 4版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [11] 国家环境保护总局. 地面水环境质量标准, 非离子氨换算方法 [J]. 中国环境监测, 1995, 11 (4): 10.
- [12] 资讯-水文平台 [J]. 中国水利, 2004, 12 (23): 86-88.
- [13] 国家环境保护总局, 国家海洋局. 中华人民共和国国家标准-海水水质标准 (GB3097-1997) [S]. 1998.
- [14] 徐君亮. 澳门的海滩资源优势及其开发利用-澳门发展路向研究之三 [J]. 热带地理, 1999, 19 (4): 331-336.
- [15] 国家环境保护总局, 国家质量监督检验检疫总局. 中华人民共和国地表水环境质量标准 (GB3838-2002.) [S]. 2002.
- [16] 国家环境保护总局. 中华人民共和国国家标准-渔业水质标准 (GB11607-89) [S]. 1990.
- [17] 冈市友利. 浅海的污染与赤潮的发生, 内湾的发生机制 [R]. [S.L]: 日本水产资源保护协会, 1972: 58-76.

《南海区海洋渔具渔法》征订启事

由中国水产科学研究院南海水产研究所杨吝等主编的《南海区海洋渔具渔法》, 已由广东科技出版社正式出版。

全书分2编, 第一编分8章, 介绍了8大类88种代表性渔具的结构特点、装配方法、渔场、渔期、渔法、经济效益等, 并附上渔具结构图、网衣展开图、装配图、作业示意图; 第二编分4章, 概述了南海水域的自然环境和渔业资源概况, 指出渔具的发展及存在的问题, 对现有渔具渔法作出了科学评价, 并提出一些渔具改革措施和管理建议。

该书较全面地反映了20世纪90年代以来南海区海洋渔具渔法的面貌和技术水平, 可供水产科研人员、水产院校师生、水产行政管理干部、水产职工和广大渔民作为参考。该书为16开精装本, 256页, 定价86.00元。欲购买者, 请与中国水产科学研究院南海水产研究所杨吝联系。地址: 广州市新港西路231号南海水产研究所渔业工程研究室, 邮编: 510300; 联系电话: 020-84195174; 13316219611; 电子邮箱: scsfish@21cn.com