

· 广东海岛资源综合调查 ·



广东省海岛资源综合调查大队
广东省海岸带和海涂资源综合调查领导小组办公室

广东海岛 调查研究 文集 (I)

主 编：余勉余

副主编：马应良 林幸青

徐国旋 范信平

李志忠

前 言

1988年3月,国家科委、国家计委、国家海洋局、农业部、总参谋部以(88)国科发办字133号文,下达了开展全国海岛资源综合调查和开发试验的任务。据此,广东省人民政府粤府办(1989)43号文,部署了广东省海岛资源综合调查工作。实施广东省海岛调查任务的调查大队,由国家海洋局南海分局、广州地理研究所、中国水产科学研究院南海水产研究所、中国科学院华南植物研究所、广东省土壤研究所、广东省气象局、广东省地质矿产局、中国科学院南海海洋研究所、广东省地图出版社等单位的专业人员组成,下设:气候、海洋水文、海洋化学、海洋环境质量、海洋生物、地质、地貌与第四纪地质、土地利用、土壤、植被林业、社会经济、遥感、制图等专业组及综合组。1989年8月,在广东省汕头市海域拉开全省海岛调查外业工作的序幕,至1991年11月全省海岛调查外业工作基本结束。在内业分析完成后,调查大队按国家下达任务的要求,提交综合报告及专业报告等各项成果。

《广东海岛调查研究文集》的出版,目的是为调查大队广大专业人员提供学术交流园地,鼓励专业人员对各专业调查结果作进一步的分析研究,鼓励反映不同观点的对自然条件及资源评价、开发建议等的学术讨论。希望通过出版《广东海岛调查研究文集》,有助于深化海岛调查成果,有助于制定海岛开发及管理决策,增强社会效益。

《广东海岛调查研究文集》分I、II辑出版。第I辑编入红海湾、大亚湾、珠江口海岛的研究论文,第II辑编入西海岛的研究论文。

编 者

1992年9月

目 录

大亚湾营养盐的平衡状态及其与环境要素的关系	李绪录 (1)
夏季珠江口海区中贫氧现象的初步分析	李绪录 吴英霞 (10)
红海湾至大亚湾基岩海岛土壤分布特点剖析	陈研华 (17)
保护海岛土壤资源	梁永炎 (27)
珠江口岛屿古文化点的地理环境	钟晋樑 (34)
珠江口东西岛群区域的沉积差异	王文介 (48)
热带猪笼草群落在珠江口海区海岛的分布	陈树培 曹洪麟 (51)
珠江口海区岛屿植物区系的热带特征	陈炳辉 陈树培 (54)
珠江口海区海岛植被的基本特点及其开发利用问题	陈树培 邓义 陈炳辉 曹洪麟 (61)
珠江口海岛森林的保护与恢复	曹洪麟 陈树培 (71)
关于加强环境保护, 搞好大亚湾海岛林业、植被建设的建议	邓义 陈树培 (79)
珠江口海区西部海岛滩涂发展大米草的设想	陈树培 曹洪麟 (83)
珠江口海岛周围海域头足类研究	郭金富 (86)
芒屿岛及周围海域的经济贝类及其开发研究	李茂照 余勉余 (95)
珠江口海岛岩相潮间带海藻生态的初步研究	吴进锋 蒋福康 (100)
大亚湾海萝生态及资源的初步研究	蒋福康 吴进锋 (106)
大亚湾海藻的研究	

广东海岛调查研究文集 (I)

.....	蒋福康 吴进锋 (110)
红海湾—碣石湾浮游动物的数量分布和群落结构	
.....	章淑珍 (119)
珠江口—碣石湾海区中华小沙丁鱼 <i>Sardinella nymphea</i> (Richardson)	
和斑鲹 <i>Clupanodon punctatus</i> (Schlegel) 鱼卵仔稚鱼的生态分布	
.....	林昭进 (129)
论大亚湾的水产增养殖开发	
.....	余勉余 李茂照 郭金富 (137)
惠东县考洲洋水产养殖资源及开发决策	
.....	余勉余 李茂照 马应良等 (150)
论珠海岛屿的旅游产业开发	
.....	范信平 (161)
珠江口海岛资源与经济开发	
.....	黄远略 (168)
珠江口海岛旅游资源及开发研究	
.....	陈升忠 黄远略 (176)
珠海西区海岛旅游资源及开发研究	
.....	梁健雄 (182)
横琴岛自然条件与开发设想	
.....	王儒胜 (188)
摸清海岛, 开发海岛和保护海岛	
.....	马应良 (193)
当前海岛开发若干问题	
.....	陈天杏 徐国旋 陈东胜 (197)
大亚湾畔的石材资源	
.....	陈培权 (201)
小星山岛发现含偏硅酸饮用天然矿泉水	
.....	潘歧祥 (204)

CONTENTS

Nutrients Equilibrium and Their Relationship with the Environmental Elements in Daya Bay	Li Xulu (1)
Preliminary Analysis on the Poor Oxygen Phenomenon in the Pearl River Estuary in Summer	Li Xulu, Wu Yingxia (10)
Soil Analytical Characteristics on Base Rock Islands in Honghai Bay to Daya Bay	Chen Yanhua (17)
Protect the Soil Resources of Island	Liang Yongen (27)
The Geographical Environment of the Islands with Historic Culture Monuments in the Pearl River Estuary	Zhong Jinliang (34)
Sediment Variance between the Areas of the Easten and Westen Archipelagos in the Pearl River Estuary	Wang Wenjie (48)
Distribution of the Tropical <i>Nepenthes mirabilis</i> Community on the Islands in the Pearl River Estuary	Chen Shupe, Cao Honglin (51)
The Tropical Characteristics of the Flora of the Islands in the Pearl River Estuary	Chen Binghui, Chen Shupe (54)
A Problem of the Basic Characteristics of Vegetation on the Inlands in the Pearl River Estuary and Its Exploitation and Utilization	Chen Shupe, Deng Yi, Chen Binghui, Cao Honglin (61)
The Forest Protection and Recovery on the Islands in the Pearl River Estuary	Cao Honglin, Chen Shupe (71)
A Suggestion to Strengthen Environmental Protection and to Build up Forest and Vegetation Better on Islands in Daya Bay	Deng Yi, Chen Shupe (79)
A Plan of Development <i>Spartina alterniflora</i> on the Westen Islands	

- Bank in the Pearl River Estuary
..... Chen Shupai, Cao Honglin (83)
- A Study on Cephalopod in Waters Surrounding Islands in the Pearl River Estuary
..... Guo Jinfu (86)
- On Economical Mollusks in Waters Surrounding Mangyu Island and Its Exploitation
..... Li Maozhao, Yu Mianyu (95)
- A Preliminary Study on Seaweed Ecology in Petrofciies Tidal Zone of the Islands in the Pearl River Estuary
..... Wu Jinfeng, Jiang Fukang (100)
- A Preliminary Study on Gloiopeltis Ecology and Resources in Daya Bay
..... Jiang Fukang, Wu Jinfeng (106)
- A Study on Seaweed in Daya Bay
..... Jiang Fukang, Wu Jinfeng (110)
- Quantity Distribution and Community Structrue of Zooplankton in Honghai Bay—Jieshi Bay
..... Zhang Shuzhen (119)
- The Ecology Distribution of the *Sardinella nymphaes* (Richardson) and *Clupanodon punctatus* (Schlegel) Eggs and Larvae in the Waters of the Pearl River Estuary—Jieshi Bay
..... Lin Zhaojin (129)
- On Exploitation of Fisheries Multiplication and Cultivation in Daya Bay
..... Yu Mianyu, Li Maozhao, Guo Jinfu (137)
- The Aquaculture Resources in Kaozhouyang of Huidong County and Their Exploitation Plan
..... Yu Mianyu, Li Maozhao, Ma Yingliang et al. (150)
- On Exploitation of Island Tourism of the City of Zhuhai
..... Fan Xinping (161)
- Resources and Economic Exploitation of Islands in the Pearl River Estuary
..... Huang Yuanlüe (168)
- On Island Tourist Resources and Their Exploitation in the Pearl River Estuary
..... Chen Shengzhong, Huang Yuanlüe (176)
- On Tourist Resources and Their Exploitation of the Islands in the

Westen Area of Zhuhai

- Liang Jianxiong (182)
- Conditions and Envisagement of Exploitation of Hengqindao Island
- Wang Rusheng (188)
- Investigate, Exploit and Protect Islands
- Ma Yingliang (193)
- Several Current Problems on Exploitation of Islands
- Chen Tianxing, Xu Guoxuan, Chen Dongsheng (197)
- The Stone Resources on the Bank of Daya Bay
- Chen Peiquan (201)
- The Natural Mineral Drinking Water Contening Metasilicic Acid
(H_2SiO_3) Was Found on the Xiaoxingshan Island
- Pan Qixiang (204)

大亚湾营养盐的平衡状态 及其与环境要素的关系

李绪录

(国家海洋局南海分局, 广州, 510300)

摘 要: 本文依据夏、冬季两个航次9个站的海洋学综合调查资料, 分析和讨论了大亚湾海区中各种无机营养盐相互之间的动力平衡状态和它们各自与环境要素之间的关系。结果表明: 调查海区中活性硅酸盐十分丰富, 相对于其他营养盐的含量均处于明显的过量状态, 所以该湾中那些主要以无机硅为营养成分的藻类浮游植物可能具有竞争生长的优势; 而无机氮的含量很低, 在三种营养盐中是最贫缺的, 可能是浮游植物繁殖生长的限制因子。另外, 各种营养盐与物理要素之间的线性关系比与生化要素之间的更加密切, 这表明该湾中各种营养盐含量的分布变化主要取决于物理过程的作用。

关键词: 大亚湾, 营养盐平衡

引 言

海洋环境中营养盐的分布与浮游生物的活动密切相关。浮游生物既可消耗海水中的营养盐也可使营养盐再生。而海水中各种营养盐的含量和它们之间的平衡状态则会控制浮游生物的生长和活动, 影响海区的生产力和浮游生物群体结构。在营养盐贫缺时, 浮游生物量会大大降低, 因为周围环境的营养盐浓度不足以维持它们的竞争生长。Margalef^[1]曾表明在硅酸盐贫缺而其他营养盐过量的海水中浮游植物的群体会受到硅酸盐的有用性的强烈影响, 而呈现出独特的种类组成和生长速率; 一般来说, 这种群体结构与生长在硅酸盐和其他营养盐接近平衡的海区中的经典浮游植物系列结构是不同的。在营养盐大量过剩的情况下, 有时会使某些浮游生物的优势种类过度繁华, 甚至会导致赤潮的发生, 使海洋环境遭到严重的污染。所以, 海洋中营养盐的动力平衡状态一直受到海洋学家们的关注。许多研究者在这方面已进行了大量的研究工作^[2, 3], 并取得了一定的成果。本文主要依据国家海洋局的“海监74”和“海监71”号海洋监测调查船于1990年7月19~29日(代表夏季)和1991年1月18~25日(代表冬季)在大亚湾进行的两个航次9个测站的海洋学综合调查资料, 探讨调查区域中各种营养盐与环境要素之间的相关关系, 并分析它们之间的平衡状态。图1表示调查站位。

1. 方 法

1.1 观测

海水样品用 1 000ml 铜质颠倒采水器采集并在船上实验室进行现场分析。每个大面测站分别取表层和底层(离海底2m)水样,但在水深大于 8m 时增取 5m 层的水样。周日连续测站一般是每隔 2h 或 4h 取一次水样。温度用颠倒温度表测定;盐度用电导式盐度计测定;溶解氧由 Winkler 碘量滴定法测定; pH 值用数字显示 pH 计测定;

四项营养盐均用 HWC3-2 型船用分光光度计测定,其中活性磷酸盐以磷钼蓝法显色、活性硅酸盐以硅钼黄法显色、硝酸盐和亚硝酸盐都以重氮-偶氮法显色(测定硝酸盐时先用锌镉还原法处理水样)。

1.2 数据处理和拟合

为了避免一些可能是严重的实验偶然误差给分析结果带来不合理的影响,作者在 NEC 微型计算机中建立了一个“滤波器”,对实测数组进行检测处理。该滤波器能够滤掉被认为是“严重”偶然误差的数据。在一般情况下,被滤掉的数点控制在总数点的 5% 左右。然后,依据这样处理后的数据,应用最小二乘法,进行各种营养盐相互之间的线性关系的拟合,并求出它们各自与环境要素之间的线性相关系数。另外,本文中把硝酸盐与亚硝酸盐的含量粗略地称为总无机氮含量 (ΣN)。

2. 结果与讨论

2.1 各种营养盐与环境要素之间的关系

调查结果表明,大亚湾的水化学环境是比较优良的。海水中氧的含量、氧饱和度和 pH 值的变化范围分别为 4.66~8.63mg/L、66~110% 和 8.07~8.27; 没有出现缺氧现象(不过,文献[1]曾表明在夏季至仲秋,大亚湾中、下层海水出现间歇性的贫氧现象,观测到的最小氧含量为 1.63mg/L),也完全符合国家规定的一类海水的水质标准^[2]。大

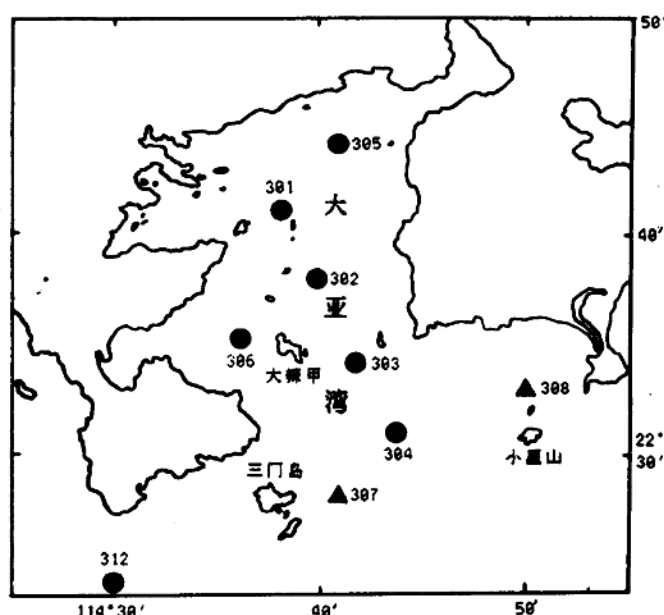


图1 海洋学综合调查站位

表1 活性磷酸盐与其他环境要素之间的线性相关系数

季 节 与 层 次		测样个数	S	T	O ₂	pH
夏 季	表 层	31	0.68	-0.27	-0.20	-0.39
	5m 层	30	0.56	-0.54	0.11	-0.30
	底 层	31	0.27	-0.03	0.06	-0.18
	所有层次	93	0.39	-0.19	-0.16	-0.36
冬 季	表 层	31	-0.12	-0.25	-0.30	-0.00
	5m 层	31	-0.10	-0.63	-0.15	-0.12
	底 层	31	-0.23	-0.41	-0.17	-0.20
	所有层次	94	-0.18	-0.39	-0.22	-0.05

表2 活性硅酸盐与其他环境要素之间的线性相关系数

季 节 与 层 次		测样个数	S	T	O ₂	pH
夏 季	表 层	31	0.28	0.02	-0.35	-0.31
	5m 层	30	0.24	-0.42	-0.37	-0.16
	底 层	31	0.43	-0.21	-0.26	-0.58
	所有层次	93	0.34	-0.35	-0.44	-0.40
冬 季	表 层	31	0.76	0.14	-0.07	0.37
	5m 层	31	0.68	0.16	-0.24	0.21
	底 层	31	0.72	0.38	-0.22	0.23
	所有层次	94	0.63	0.19	-0.09	0.14

表3 硝酸盐与其他环境要素之间的线性相关系数

季 节 与 层 次		测样个数	S	T	O ₂	pH
夏 季	表 层	31	0.70	-0.73	-0.56	-0.57
	5m 层	30	0.63	-0.75	-0.17	-0.55
	底 层	31	0.39	-0.36	0.02	-0.25
	所有层次	93	0.39	-0.32	-0.09	-0.41
冬 季	表 层	31	-0.51	0.06	-0.09	-0.16
	5m 层	31	-0.62	-0.64	-0.18	0.03
	底 层	31	-0.72	-0.60	0.18	-0.14
	所有层次	94	-0.55	-0.52	-0.02	0.06

表4 亚硝酸盐与其他环境要素之间的线性相关系数

季 节 与 层 次		测样个数	S	T	O ₂	pH
夏 季	表 层	31	-0.66	0.10	0.45	0.46
	5m 层	30	0.08	-0.25	-0.22	0.11
	底 层	31	0.39	-0.56	-0.31	-0.45
	所有层次	93	0.35	-0.45	-0.27	-0.21
冬 季	表 层	31	-0.58	-0.15	-0.22	-0.17
	5m 层	31	-0.74	-0.68	0.03	-0.07
	底 层	31	-0.69	-0.79	0.14	-0.05
	所有层次	94	-0.55	-0.63	-0.16	-0.07

亚湾海水中的活性硅酸盐十分丰富, 含量范围为 $7.2 \sim 34.7 \mu\text{mol/L}$, 足以支配各类硅藻的正常竞争繁殖生长; 活性磷酸盐的含量也较高, 为 $0.10 \sim 2.32 \mu\text{mol/L}$, 一般能满足各种浮游植物的正常生长; 而无机氮的含量则较低, 特别是在湾内, 大部分区域的 ΣN 含量 $<1.5 \mu\text{mol/L}$, 可能是浮游植物生长的限制因子。下面主要分析各种营养盐与环境要素之间的关系。表1~4分别列出活性磷酸盐、活性硅酸盐、硝酸盐和亚硝酸盐与温度、盐度、溶解氧和pH值之间的线性相关系数。

由表1中可见, 在夏季活性磷酸盐含量与盐度之间存在着明显的正相关, 而与pH值之间略呈负相关, 但与温度和溶解氧之间的相关系数的绝对值都较小, 基本上不存在着线性相关。这表明夏季强的光合作用所消耗的 $\text{PO}_4\text{-P}$, 除了细菌分解有机物而使无机磷再生外, 还通过水交换 (湾内的水与外海的水交换) 而得到较大的补充。另外, 夏季 $\text{PO}_4\text{-P}$ 的再生速率也大, 所以海水中的 $\text{PO}_4\text{-P}$ 平均含量高达 $1.57 \mu\text{mol/L}$ 。在冬季活性磷酸盐含量除了与温度之间有较明显的负相关外, 与其他环境要素之间基本上没有线性相关, 而且海水中 $\text{PO}_4\text{-P}$ 的含量也较低, 平均为 $0.29 \mu\text{mol/L}$ 。由此可见, 冬季大亚湾中 $\text{PO}_4\text{-P}$ 含量的分布主要取决于水体的来源 (即水体交换)。

从表2我们可以看到, 在夏季活性硅酸盐与盐度之间呈较好的正相关, 而与温度、溶解氧和pH值之间存在着明显的负相关。这可能表明夏季大亚湾中生长着大量的硅藻, 因为硅藻的生长要消耗无机硅, 同时也吸收海水中的 CO_2 而使pH值升高, 而且由此进行的光合作用会使海水中的溶解氧增加。另外, 由于光合作用被消耗的 $\text{SiO}_2\text{-Si}$, 一方面通过细菌分解硅藻碎屑而使无机硅再生, 另一方面也通过水交换而得到补充。在冬季活性硅酸盐含量除了与盐度之间存在着显著的正相关外, 与其他环境要素之间基本上没有线性相关; 而且海水中 $\text{SiO}_2\text{-Si}$ 的含量相当高, 平均 $20.2 \mu\text{mol/L}$ 。这说明尽管冬季的海水温度较低 (为 $17 \sim 18^\circ\text{C}$), 但由夏季遗留下来的硅藻碎屑仍以较快的速率被氧化分解, 即活性硅酸盐在冬季仍有较大的再生速率。冬季较大的波浪对浮游性硅藻的损害性大, 而且较低的水温也不利于硅藻的生长, 可能是大亚湾中冬季 $\text{SiO}_2\text{-Si}$ 的含量比夏季高的原因。

从表3中可以看到, 在夏季硝酸盐含量与盐度之间有显著的正相关, 而与温度和 pH 值之间则存在着明显的负相关, 但与溶解氧之间除了表层有较好的负相关外基本上没有相关性。由此可见, 夏季硝酸盐与环境之间的相关性与活性硅酸盐的类似, 只是硝酸盐与物理要素之间的相关性比活性硅酸盐的强, 而与生化要素之间的相关性比活性硅酸盐的弱。这可能是硅藻的繁殖生长对活性硅酸盐的依赖性比对硝酸盐的依赖性强得多的原因。同时也表明光合作用所消耗的硝酸盐在很大程度上是通过水交换而得到补充。在冬季硝酸盐含量与盐度和温度之间均呈明显的负相关, 而与溶解氧和 pH 值之间基本上不存在着线性相关。这也说明大亚湾中冬季硝酸盐含量的分布主要取决于水体交换。

影响海水中硝酸盐含量分布的因素非常复杂。Wada 和 Hattori^[6] 认为在海洋环境中有三种生物能生成和消耗亚硝酸盐。异养反硝化细菌既能把硝酸盐还原为亚硝酸盐, 也能把亚硝酸盐进而还原为铵。硝化细菌则能把铵氧化为亚硝酸盐, 也能进而把亚硝酸盐氧化为硝酸盐。浮游植物能够把硝酸盐还原为亚硝酸盐, 进而把亚硝酸盐还原为铵, 最后把铵同化; 另一方面它们也能直接从周围环境中吸收亚硝酸盐, 或向海水中释放出细胞内多余的亚硝酸盐。由表4中可见, 亚硝酸盐含量与盐度之间在夏季略呈正相关而在冬季呈明显的负相关, 而与温度之间在夏、冬两季都呈较好的负相关, 但与溶解氧和 pH 值之间的线性相关系数的绝对值在两个季节均较小, 基本上没有相关性。而且不管是在夏季还是在冬季, 也不管是在表层还是在底层, 从湾顶至大辣甲岛之间的海域, 亚硝酸盐的含量都很低 ($< 0.10 \mu\text{mol/L}$), 有些样品甚至未检出。这表明大亚湾中亚硝酸盐含量的分布主要取决于物理过程的输送。另外, 内湾中亚硝酸盐含量接近零值, 可能说明亚硝酸盐一旦生成就被浮游植物所消耗。

2.2 各种营养盐之间的平衡状态

图2和图3分别表示夏季和冬季大亚湾中各种营养盐相互之间的实测数据点集和回归线。从这些图中可以看到, 虽然各种营养盐相互之间的点集都比较离散, 但它们彼此之间都存在着较为密切的关系。由线性相关系数来看, 除了活性硅酸盐在冬季与其他营养盐之间呈负相关外, 各种营养盐之间都呈正相关关系。下面简单分析它们之间的平衡状态。

不管是夏季还是冬季, 活性硅酸盐与其他任何营养盐之间的回归线 (Y轴代表 $\text{SiO}_4\text{-Si}$ 含量) 的截距都是正值。也就是说, 两个航次的观测资料都表明大亚湾中活性硅酸盐相对于其他营养盐的含量都处于过量状态。在夏季 $\text{SiO}_4\text{-Si}$ 相对于 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 和 $\text{NO}_2\text{-N}$ 的截距分别为 10.12 、 9.18 和 $10.78 \mu\text{mol/L}$, 而在冬季分别为 19.72 、 21.83 和 $19.87 \mu\text{mol/L}$ 。由此可见, $\text{SiO}_4\text{-Si}$ 在夏、冬季各自的各个截距都比较相近。另一方面, $\text{SiO}_4\text{-Si}$ 与其他各种营养盐之间的回归线斜率在夏季也比较相近, 但在冬季却有较大的差别, 而且都是负值。这可能表明, 在夏季活性硅酸盐和其他营养盐具有相似的被消耗和再生机理; 但在冬季它们的这些机理是有明显差别的。海水中各种营养盐含量的季节变化的不同趋势 (冬季的 $\text{SiO}_4\text{-Si}$ 含量比夏季高, ΣN 含量则比夏季略低, 而 $\text{PO}_4\text{-P}$ 含量则仅约为夏季的 $1/5$) 也进一步证明这一点。

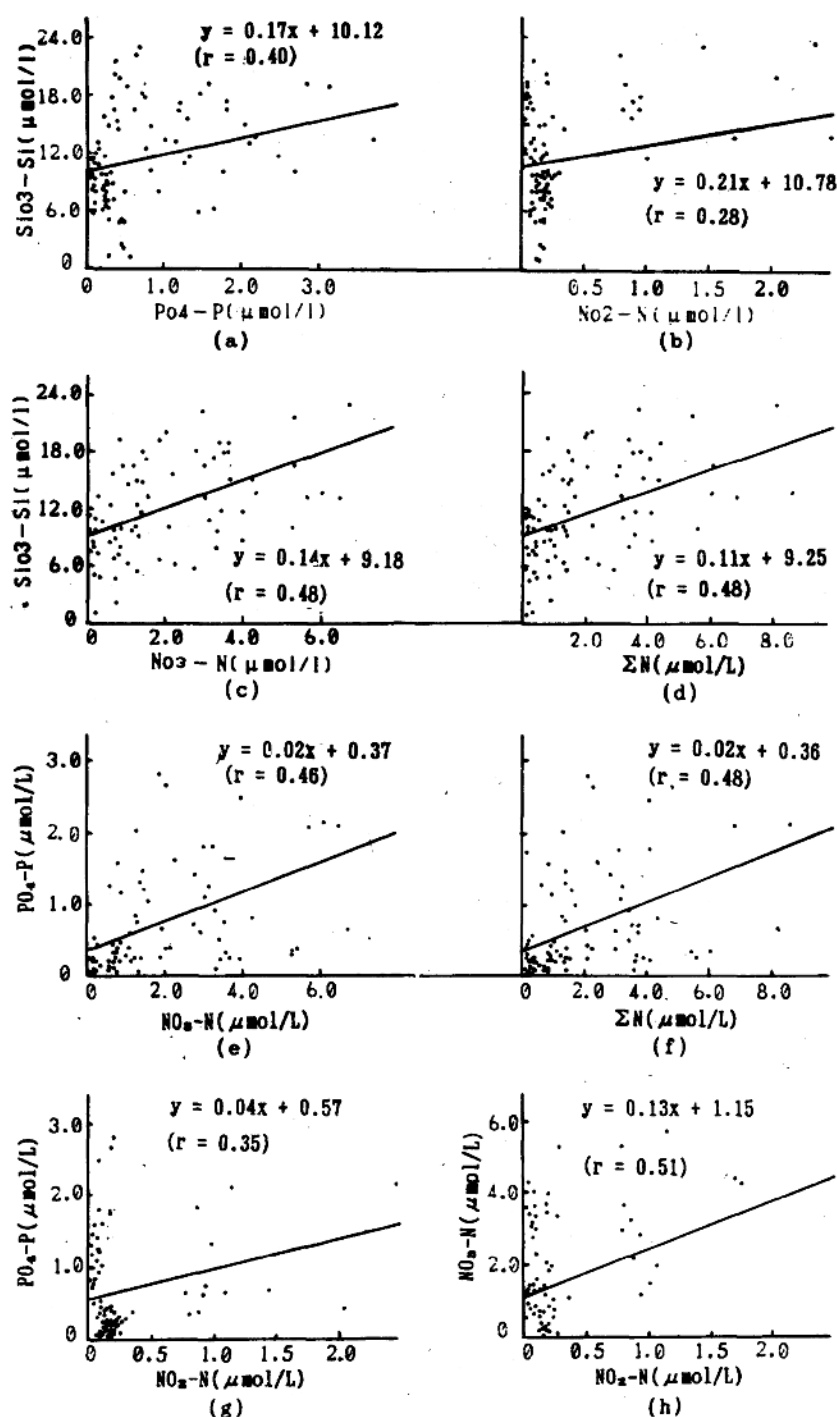


图2 夏季大亚湾中各种营养盐相互之间的回归线和实测数据点集

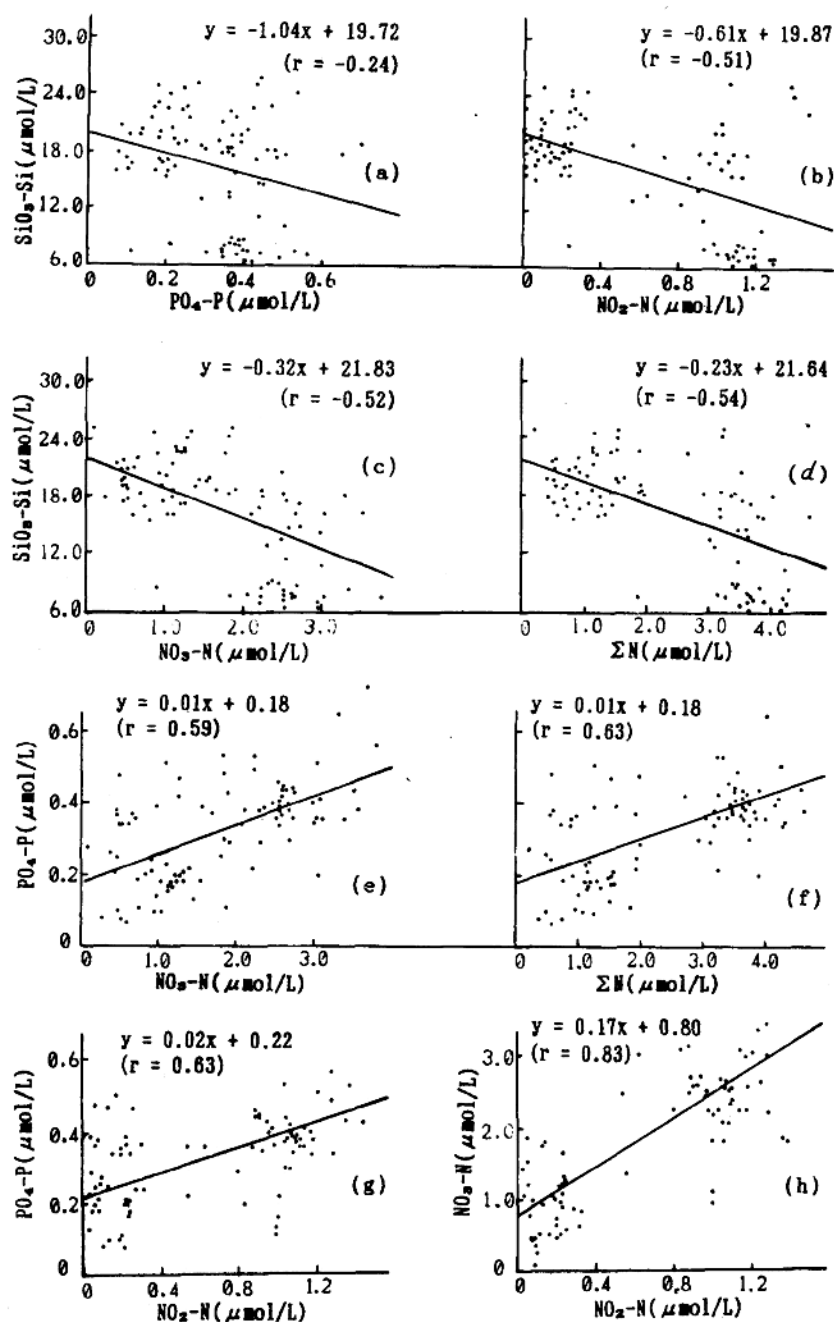


图3 冬季大亚湾中各种营养盐相互之间的回归线和实测数据点集

除了活性硅酸盐之外,活性磷酸盐与其他营养盐之间的回归线(Y轴代表 PO_4-P 含量)的截距也都是正值。从平衡的角度来看,大亚湾海水中的 PO_4-P 含量相对于 SiO_2-Si 含量是贫缺的,而相对于总无机氮含量是过量的,也即在三种无机营养盐中,无机氮是最贫缺的,可能是浮游植物生长繁殖的限制因子。文献[4]中曾表明,大亚湾属贫营养向中营养过渡的海湾;无机磷的含量属中营养等级;而无机氮的含量则属贫营养等级。文献[3]中也曾表明,与其他许多近海海区相比,大亚湾沉积物间隙水中铵氮的和 PO_4-P 的浓度是比较低的。造成该海湾中无机磷和无机氮含量低的原因主要是其地理条件。大亚湾深入内陆,湾口较小,周边没有大的河流,只有沿岸山地少量地表径流注入,缺乏陆源补充。这也是湾内无机磷和无机氮含量比湾口低的原因。

从图2和图3中可以看到,硝酸盐和亚硝酸盐之间的线性关系是最密切的,夏、冬季的相关系数分别为0.51($n=93$)和0.83($n=94$)。这主要是因为相同光强度下的海洋环境中亚硝酸盐的生成速率与硝酸盐含量成正比^[6]。另外,我们可以看到,硝酸盐含量(Y轴)与亚硝酸盐含量(X轴)之间的回归线截距在夏、冬季都为正值(分别为1.15和0.80 $\mu\text{mol/L}$),这可能表明亚硝酸盐比硝酸盐易被浮游植物吸收。

3. 结 论

3.1 大亚湾海水中各种营养盐与物理要素(温度和盐度)之间的线性关系比与生化要素(溶解氧和pH)之间的更为密切,这说明该湾中各种营养盐含量的分布变化主要取决于物理过程的作用,其次才是生化过程的影响,这也说明该湾可能具有较短的水更换周期。

3.2 大亚湾海水中的活性硅酸盐十分丰富,相对于其他营养盐的含量都处于明显的过量状态。所以那些较少依赖无机磷和无机氮的藻类浮游植物可能具有竞争生长的优势。而无机氮的含量很低,在三种营养盐中是最贫缺的,可能是浮游植物繁殖生长的限制因子。

参 考 文 献

- [1] 王伟强,卢美鸾. 大亚湾海水贫氧现象的探讨. 大亚湾海洋生态文集(II). 北京: 海洋出版社, 1990, 104~112
- [2] 陈先芬. 模糊聚类分析在海洋环境质量评价中的应用. 海洋调查, 1987, (1), 10~15
- [3] 顾德宇. 大亚湾沉积物比间隙水中磷酸根和铵氮的分布与扩散. 大亚湾海洋生态文集(I), 北京: 海洋出版社, 1989, 19~24
- [4] 暨卫东, 黄尚高. 大亚湾水质营养状况. 大亚湾海洋生态文集(I). 北京: 海洋出版社, 1989, 29~35
- [5] Calvert, S. E. Silica balance in the ocean and diagenesis. *Nature*, 1968, 219, 919~920

-
- [6] French, D. P., M. J. Furnas & T. J. Smayda, Diel changes in nitrite concentration in the chlorophyll maximum in the Gulf of Mexico. *Deepsea Research*, 1983, 30 (7A), 707~722
 - [7] Margalef, R. The food web in the pelagic environment. *Helgolander Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen*, 1967, 15, 548~559
 - [8] Wada, E. & A. Hattori. Nitrite metabolism in the euphotic layer of the central North Pacific Ocean. *Limnology and Oceanography*, 1971, 16, 766~772
 - [9] Zentara, S. -J. & D. Kamykowski. Geographic variations in the relationship between silicic acid and nitrate in the South Pacific Ocean, *Deepsea Research*, 1981, 28 (5A), 455~465