

# 胶州湾营养盐的现状和变化\*

沈志良

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

提要 报道了 1991 年 5 月至 1994 年 2 月 12 个航次胶州湾  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{PO}_4\text{-P}$  和  $\text{SiO}_3\text{-Si}$  的时空分布基本特征。60 年代至 90 年代的变化表明, 胶州湾营养盐的浓度和分布已发生显著变化, 尤其从 60 年代至 80 年代。30 年来, 胶州湾中东部水域  $\text{PO}_4\text{-P}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$  和  $\text{NH}_4\text{-N}$  浓度分别增加了 2.2, 7.3 和 7.1 倍;  $\text{TON}$  浓度也增加了 3.5 倍;  $\text{TIN}/\text{PO}_4\text{-P}$  从 10 增加至 24.2;  $\text{TIN}$  占  $\text{TN}$  的比例从 3.7% 增加到 6.3%; 但是  $\text{NH}_4\text{-H}/\text{TIN}$  未变, 保持在 78~79% 水平。 $\text{NH}_4\text{-N}$  是浮游植物的主要氮源。浮游植物生长已从主要受氮限制变成主要受磷限制。

关键词 胶州湾, 营养盐分布, 30a 变化, 环境保护

\* 本文主要讨论 90 年代胶州湾营养盐分布的现状, 30a 来的变化及胶州湾水化学环境的保护。

---

\* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 2521 号。  
本工作得到中国科学院重大项目资助。KY85-08-01。  
收稿日期: 1995 年 7 月 11 日

## 1 调查和方法

### 1.1 调查

从1991年5月至1994年2月中国科学院胶州湾生态系统研究站对胶州湾及临近水域进行了连续3a 12个航次的季度月多学科调查。调查用“金星二号”轮进行,共设10个大面观察站,其中湾内9个站(包括湾口1个),湾外1个站,水样按标准层次采集。站位见图1。

### 1.2 采样和分析方法

水样用不锈钢颠倒采水器采集,加0.3%氯仿保存于聚乙烯瓶内,于-25℃冰箱内速冻,回实验室解冻后取上层清液测定。硝酸盐( $\text{NO}_3\text{-N}$ )用镉铜还原法,亚硝酸盐( $\text{NO}_2\text{-N}$ )用重氮偶氮法,铵氮( $\text{NH}_4\text{-N}$ )用次溴酸钠氧化法,磷酸盐( $\text{PO}_4\text{-P}$ )用磷钼兰法,硅酸盐( $\text{SiO}_3\text{-Si}$ )用硅钼兰法测定。全部要素均利用美国Technicon AA-II型自动分析仪进行比色分析。

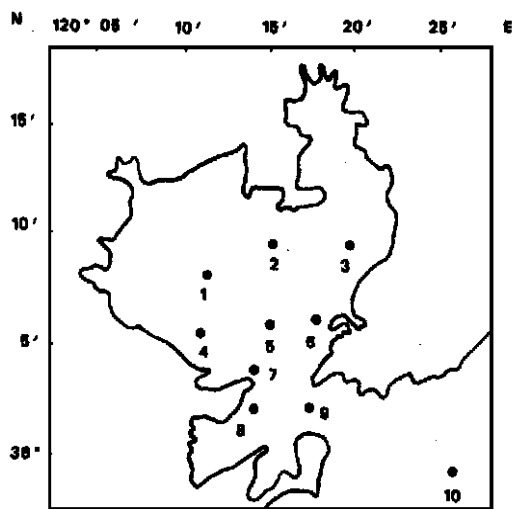


图1 站位  
Fig. 1 Stations

## 2 胶州湾营养盐分布现状

调查表明,表层水中 $\text{NO}_3\text{-N}$ 和 $\text{NO}_2\text{-N}$ 浓

度均是北部和东北部高,由北向南递减,湾外浓度最低; $\text{NO}_3\text{-N}$ 底层分布除湾外10号站稍高外,其余类似于表层, $\text{NO}_2\text{-N}$ 浓度则湾四周近岸高于湾中央水域。 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 和 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 浓度表、底层分布均为东北部和东部高,自东北向西南降低,湾外低于湾内。 $\text{TIN}/\text{PO}_4\text{-P}$ ,表层最低值在东北部和湾外,西北和西南部高;底层最低值在东北部。胶州湾营养盐的上述分布模式主要受控于陆源物质排入的影响。

胶州湾内(除3站)4个季节营养盐平均浓度和氮、磷比列于表1。营养盐表、底层浓度相差很小,主要由于水浅、水体混合较好,即使在夏季,一般也无跃层出现。 $\text{NH}_4\text{-N}$ 是胶州湾无机氮的主要存在形态,表、底层分别占总无机氮的79%和78%, $\text{NO}_3\text{-N}$ 仅占16%。浮游植物优先吸收 $\text{NH}_4\text{-N}$ , $\text{NH}_4\text{-N}$ 与浮游植物形成直接循环。湾内 $\text{TIN}$ 和 $\text{PO}_4\text{-P}$ 原子比远高于大洋水中的正常比16,而 $\text{NO}_3\text{-N}$ 和 $\text{PO}_4\text{-P}$ 的原子比表、底层平均仅为4.6,主要是 $\text{NH}_4\text{-N}$ 浓度高而又难于硝化所致。高比值的 $\text{TIN}/\text{PO}_4\text{-P}$ 可能表明浮游植物的初级生产基本上受磷的行为所制约。胶州湾 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 浓度很低,常出现检出线以下的情况,显然这对硅藻繁殖生长有限制作用。

胶州湾内营养盐和叶绿素a( $\text{Chla}$ )季节变化见图2。胶州湾营养盐的季节变化并无明显的规律性,每年都有所不同,这与胶州湾面积小,人类活动影响强烈有关。影响其季节变化的因素主要有陆源物质输送的季节变化、降水和水产养殖的季节性影响以及浮游植物繁殖生长和有机物氧化分解等。 $\text{Chla}$ 的季节变化也有类似情况,如1991年度 $\text{Chla}$ 最高值出现在夏季8月,而1992年度则以冬季2月最高。

## 3 30a来胶州湾营养盐的变化

根据1962~1963年(中国科学院海洋研究所水化学研究组,1982),1983~1986年和1991~1993年的调查资料,可以看出胶州湾营养盐已经发生了较大变化。为便于比较,在时

间上取有代表性的季度月资料,在地理位置上取胶州湾中、东部水域位置相似的站位。60年代4个航次、80年代16个航次和90年代12个航次  $PO_4\text{-P}$ ,  $NO_3\text{-N}$ ,  $NH_4\text{-N}$  和总有机氮 (TON) 的表层平均浓度列于表 2。表 2 表明,80 年代比较 60 年代,营养盐有大幅度的增加,从 80 年代至 90 年代变化较小。从 60 年代至 90 年代,  $PO_4\text{-P}$  浓度增加了 2.2 倍,  $NO_3\text{-N}$  和  $NH_4\text{-N}$  分别增加了 7.3 和 7.1 倍, TON 浓度增加了 3.5 倍。  $TIN/PO_4\text{-P}$ , 60 年代约为 10, 80 年代为 20.2, 至 90 年代已达 24.2, 这表明浮游植物生长已从主要受氮限制

变成主要受磷限制。  $TIN$  占  $TN$  的比例已从 60 年代 3.7% 增加到 90 年代的 6.3%, 但是  $NH_4\text{-N}/TIN$  未变。60 年代, 80 年代和 90 年代分别为 79%, 78% 和 79%, 表明  $NH_4\text{-N}$  始终是胶州湾浮游植物的主要氮源,  $NH_4\text{-N}$ - $NO_2\text{-N}$ - $NO_3\text{-N}$  三态无机 N 之间的热力学状态几乎保持同一水平上。胶州湾  $NO_3\text{-N}$  并不很丰富, 在 60 年代初春、夏季节,  $NO_3\text{-N}$  浓度常常检测不出来; 80 年代中期如 1985 年 7 月, 个别站位  $NO_3\text{-N}$  浓度在检出线以下; 90 年代的调查中, 还未出现上述情况。

表 1 胶州湾营养盐浓度 ( $\mu\text{mol/L}$ )

Tab. 1 The average concentrations of nutrients in Jiaozhou Bay

季节	层次	$NO_3\text{-N}$	$NO_2\text{-N}$	$NH_4\text{-N}$	$PO_4\text{-P}$	$SiO_3\text{-Si}$	$TIN/PO_4\text{-P}$
春	表	$1.9 \pm 1.2$	$0.39 \pm 0.19$	$8.2 \pm 4.5$	$0.39 \pm 0.23$	$0.60 \pm 1.0$	26.9
	底	$1.3 \pm 0.83$	$0.32 \pm 0.14$	$7.1 \pm 3.8$	$0.35 \pm 0.19$	$0.62 \pm 1.6$	24.9
夏	表	$1.3 \pm 0.67$	$0.69 \pm 0.54$	$7.5 \pm 3.7$	$0.36 \pm 0.23$	$3.9 \pm 2.7$	26.4
	底	$1.3 \pm 0.82$	$0.72 \pm 0.63$	$5.8 \pm 3.1$	$0.33 \pm 0.12$	$3.6 \pm 2.2$	23.7
秋	表	$1.5 \pm 1.6$	$0.53 \pm 0.23$	$5.9 \pm 2.1$	$0.33 \pm 0.17$	$0.92 \pm 0.99$	24.0
	底	$2.1 \pm 1.7$	$0.58 \pm 0.25$	$6.9 \pm 3.2$	$0.35 \pm 0.19$	$1.2 \pm 1.2$	27.4
冬	表	$1.5 \pm 0.91$	$0.39 \pm 0.26$	$9.7 \pm 3.9$	$0.30 \pm 0.12$	$0.25 \pm 0.76$	38.6
	底	$1.3 \pm 0.77$	$0.40 \pm 0.29$	$8.9 \pm 4.1$	$0.33 \pm 0.14$	$0.13 \pm 0.38$	32.1
平均	表	1.6	0.50	7.8	0.35	1.4	29.0
	底	1.5	0.51	7.2	0.34	1.4	27.0

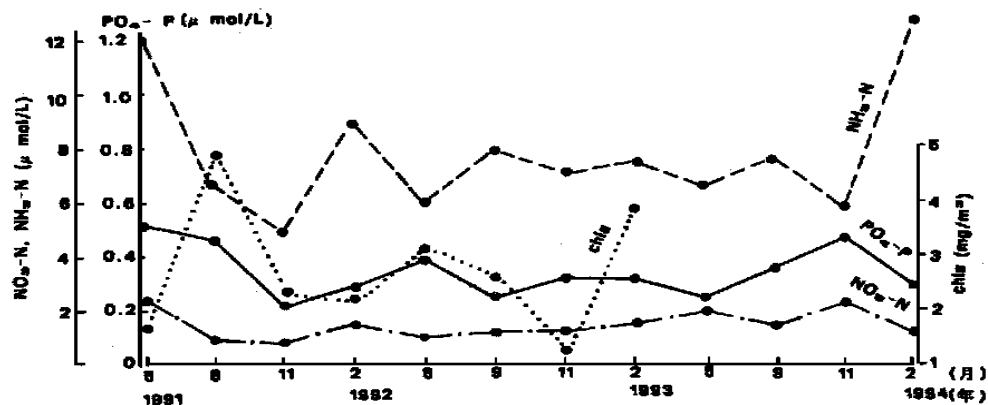


图 2 营养盐和 Chla 的季节变化

Fig. 2 The Seasonal variations of nutrients and Chla

表 2 营养盐含量的变化( $\mu\text{m ol/L}$ )

Tab. 2 The variations of nutrients contents

年份	PO <sub>4</sub> -P	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	TON
1962~1963	0.14	0.18	1.1	36.4
1983~1986	0.47	1.7	7.4	/
1991~1993	0.45	1.5	8.9	162 <sup>1)</sup>

1) 为 3 个航次的平均值

胶州湾水域营养盐大量增加是人类活动影响的直接结果。30 多年来, 青岛市工农业生产迅速发展, 人口剧增, 人民生活水平大大提高, 东海岸工业废水和生活污水排放量日益增加, 海泊河、李村河、板桥坊河、娄山河和湾头河等实际上已成为青岛市区工业污水排放沟。1980 年, 青岛市区工业废水排放量已经达到  $7\ 019.7 \times 10^4 \text{ t/a}$ , 生活污水  $1\ 438 \times 10^4 \text{ t/a}$ , 其中海泊河每天有  $140\ 000 \text{ m}^3$  污水流入胶州湾, 占全市污水的 40%, 工业废水的 2/3 以上。工业和生活污水中, 部分为无机营养盐类, 部分为有机生源物质, 后者入海后主要分解为二氧化

碳和氮、磷化合物。农用化肥使用量急剧增加, 1980 年郊区化肥使用量为氮肥 39 000t, 折合纯 N 约为 7 800t, 磷肥 16 000t, 折合纯 P 约为 3 200t, 施用强度为 14.1kg/亩。农药使用量为有机氯 1 800t, 有机磷 15 800t, 施用强度为 0.77kg/亩。化肥一般为速效肥, 易溶于水, 部分通过地表和地下径流流失进入胶州湾。近 20 多年来, 海水养殖业迅速崛起, 除海带、紫菜等外, 对虾和扇贝等养殖遍于胶州湾滩涂和沿海水域, 这也是胶州湾海水中营养盐增加的重要原因。

#### 参考文献

- [1] 中国科学院海洋研究所水化学研究组, 1982. 海洋湖沼通报 3: 8~17.
- [2] 中国科学院海洋研究所水化学研究组, 1982. 海洋湖沼通报 4: 37~46.

## THE PRESENT AND VARIATIONS OF NUTRIENTS IN JIAOZHOU BAY

Shen Zhiliang

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

Received: July, 11, 1995

Key Words: Jiaozhou Bay, Nutrients distributions, Variations in 30 years Environment protection

### Abstract

The space-time distributions of NO<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P and SiO<sub>3</sub>-Si in Jiaozhou Bay from May 1991 to February 1994 (12 times investigations) are discussed in this paper. The horizontal distributions of nutrients showed high concentrations of them in northern, north-eastern and eastern waters and low concentrations in southern and south-western. The concentrations of nutrients were much higher inside bay than outside bay. The seasonal variations of nutrients similar to Chl a showed some different laws every year. High atomic ratio between total inorganic N and PO<sub>4</sub>-P (seasonal average, 28) and low between NO<sub>3</sub>-N and PO<sub>4</sub>-P (seasonal average, 4.6) showed that phytoplankton growth mainly was limited by PO<sub>4</sub>-P and NH<sub>4</sub>-N was

the main form of inorganic N in the seawater.

From the 1960s to the 1990s, the distributions of nutrients in Jiaozhou Bay have had greater variations particularly from the 1960s to the 1980s. In 30 years, their concentrations in eastern and the middle waters have increased 2.2 times for  $\text{PO}_4\text{-P}$ , 7.3 times for  $\text{NO}_3\text{-N}$ , 7.1 times for  $\text{NH}_4\text{-N}$  and 3.5 times for total organic N. The atomic ratio between total inorganic N and  $\text{PO}_4\text{-P}$  and the ratio between total inorganic N and total N increased from 10 to 24.2 and from 3.7% to 6.3% respectively. But the ratio between  $\text{NH}_4\text{-N}$  and total inorganic N keeps the level of 78-79%. A great deal of increase of nutrients in Jiaozhou Bay is the direct result of human influence.