

胶州湾东部海水中氮的含量和分布*

赵夕旦¹ 祝陈坚¹ 举 鹏² 史致丽¹

(¹ 青岛海洋大学 266003)

(² 青岛市化工原料总公司 266011)

提要 根据 1990 年 11 月到 1991 年 8 月胶州湾东部 4 个航次的调查资料, 讨论了各种氮的含量变化及分布情况: 溶解无机氮含量范围为 $1.12 \sim 34.8 \mu\text{m ol/dm}^3$, 年平均为 $11.1 \mu\text{m ol/dm}^3$ 。秋季硝酸氮为溶解无机氮的主要形式, 占 68%, 平均为 $11.2 \mu\text{m ol/dm}^3$ 。其他 3 个季节氨氮含量最高。冬、夏两季溶解态有机氮含量分别占总氮的 69% 和 66%, 是主要形态。其分布大致呈自东北向西南递减变化。

关键词 胶州湾东部, 氮, 形态, 分布

* 1980~1981 年刁焕祥等调查过胶州湾中各种氮的含量, 其中 $\text{NO}_2\text{-N}$ 含量范围为 $0.04 \sim 0.50 \mu\text{m ol/dm}^3$, $\text{NO}_3\text{-N}$ 为 $0.28 \sim 4.28 \mu\text{m ol/dm}^3$, $\text{NH}_4\text{-N}$ 为 $2.14 \sim 5.00 \mu\text{m ol/dm}^3$, DIN 为 $2.50 \sim 9.78 \mu\text{m ol/dm}^3$ 。本文根据 1990 年 11 月~1991 年 8 月胶州湾 4 个航次的调查资料, 分析并探讨了各种形态氮的含量变化及时空分布规律。

1 调查方法

1.1 采样站位及时间

* 国家自然科学基金资助项目 49476286 号。
收稿日期: 1996-11-08

调查范围为胶州湾 120°15'E 以东,共 10 个站,如图 1。1990 年 11 月、1991 年 2 月、5 月、8 月进行了 4 个航次调查。

1.2 采样及测定方法

表层水样用塑料桶采集,浮游植物样用浮游植物 III 型网采集。水样经 0.45 μm 滤膜过滤后,分别测定各种溶解态氮和颗粒态氮。其分析方法按《Methods of 表 1 胶州湾东岸各种形态氮的含量(μmol/dm³)

Tab. 1 The concentrations of N in Eastern Jiaozhou Bay (μmol/dm³)

时间(年.月)	NO ₂ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	DON	DIN	PN	TN
1990.11	0.11~5.46	5.36~25.2	0.78~7.68	0.15~11.1	6.76~34.8	1.00~79.9	15.0~91.6
	1.62	11.2	3.52	3.77	16.3	18.7	38.8
1991.2	0.29~0.86	1.10~10.0	1.96~9.22	38.5~113	4.69~17.7	3.46~56.4	41.5~137
	0.51	4.56	6.08	74.4	11.2	25.1	107
1991.5	0.14~1.72	0.56~8.33	1.47~15.8	0.95~60.4	2.21~24.4	0.54~95.8	18.0~157
	0.50	3.54	7.50	23.2	11.5	33.8	68.6
1991.8	0~1.29	0.06~4.34	1.06~13.1	44.3~100	1.12~16.2	0.54~170	50.1~286
	0.29	1.22	4.53	63.8	6.04	26.5	96.4
年平均	0.71	4.97	5.46	65.4	11.1	26.4	75.6

2.1 平面分布

2.1.1 DIN 溶解无机氮中秋季以 NO₃-N 含量为最高,占 68.5%,是全年最高值,可能来源于有机物的矿化分解。而其余三个季节 NH₄-N 含量最高,是胶州湾中 DIN 的主要形式(表 1)。

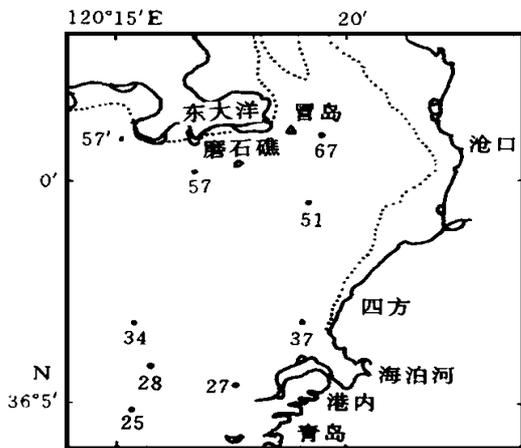


图 1 站位分布

Fig. 1 Location of sampling site

夏季 NO₃-N 分布同图 2,海泊河口为高值区,并向西递减;而另外三个季节分布类似于图 3,以冒岛、东大洋附近为最高,呈东北向西南递减变化,其湾中部在 4 个季节都为低值区。NO₂-N 的分布冬、夏季如

Seawater Analysis》(Grasshoff, 1983)。

2 结果与讨论

自 1990 年 11 月~1991 年 8 月对胶州湾东岸各种形态氮进行了 4 个航次的调查,其含量范围及平均值见表 1。

图 2;秋、春季如图 3。NH₄-N 的分布如图 2。与 NO₃-N、NO₂-N 稍有不同,高值区在大港附近,同时北岸磨石礁附近也较高。

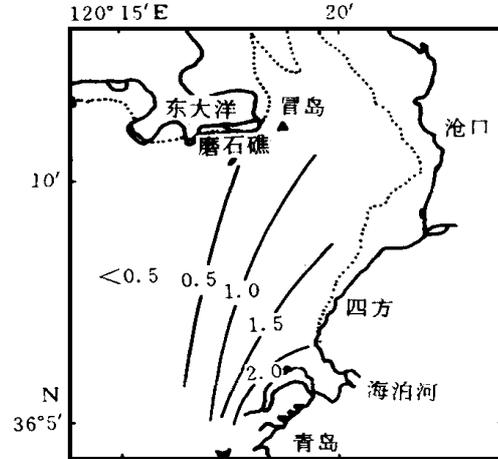


图 2 胶州湾表层海水 NO₃-N 的平面分布(1991 年 8 月)

Fig. 2 The horizontal distribution of NO₃-N in Aug. 1991

秋、夏两季可能由于降水、浮游植物利用、有机物分解等因素相互作用,使 NO₃-N 变化较为复杂。冬、春两季浮游植物大量繁殖,NO₃-N,却都受到物理混合所控制(与盐度成弱负相关),这与春季 DIP 的行为相似^[2]。

NO₂-N 冬、夏两季受物理混合过程所控制。春季

与 pH 弱负相关,表明生物代谢作用对 $\text{NO}_2\text{-N}$ 分布有所影响。夏季 $\text{NO}_2\text{-N}$ 与 $\text{NH}_4\text{-N}$ 有正相关表明: $\text{NO}_2\text{-N}$ 可能与 $\text{NH}_4\text{-N}$ 氧化有关。春、冬两季 $\text{NH}_4\text{-N}$ 受物理混合过程所控制。Smethie, W. M. Jr. 等(1987)认为,春季浮游生物大量繁殖,浮游动物排泄 $\text{NH}_4\text{-N}$,使 $\text{NH}_4\text{-N}$ 平均含量在该季节达到全年最高值,春季 $\text{NH}_4\text{-N}$ 尚与 AOU 正相关,与 pH 负相关,表明它还受到生物代谢作用的影响。

2.1.2 DON DON 平面分布在秋季与图 3 类似,高值区在冒岛附近,呈北岸高,向南递减趋势。冬季则相反,马碯礁附近的区域最南端为高值区,北岸反为低值区。春季分布较复杂,海泊河口为最低值,湾中部 34 号站却为最高值。

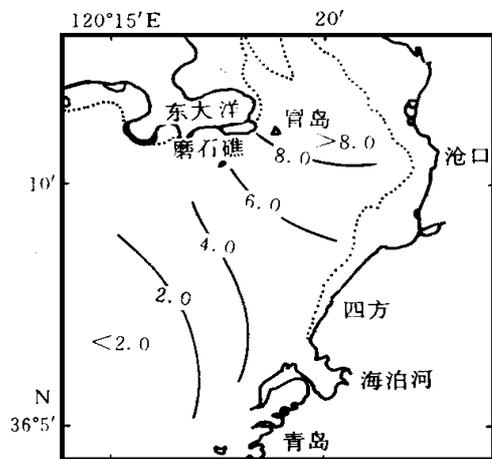


图 3 胶州湾表层海水 $\text{NO}_3\text{-N}$ 的平面分布(1991 年 5 月)
Fig. 3 The horizontal distribution of $\text{NO}_3\text{-N}$ in May, 1991

DON 除秋季外是 DTN 的主要形式,也是 TN 的主要形式。冬、夏两季,分别占 TN 的 69%, 66%。

2.1.3 PN 表层海水 PN 的平面分布在春、秋两季同图 2 相似。冬季,东北岸冒岛附近最高,湾中部次之;在夏季,海泊河口含量最高,冒岛次之。

PN 春、秋两季含量较高,与 DTN 相差不多,分别占 TN 的 46% 和 49%。冬、夏两季则分别降为 23% 和 28%。

2.1.4 TN TN 的平面分布基本上呈自东向西递减趋势,类似于图 2。在冬、夏两季,东北岸亦是高值区。冬、夏两季与盐度成很好的相关($n=10, r>0.80$),受物理混合过程所控制,可能存在地表繁径流等外源输入。春、秋两季仅有弱相关关系。

2.2 时间变化

同以前的调查资料相比^[1],发现本次调查的无机

氮各形式比往年含量范围增大,与其他海区比较,含量较高。

表 2 各航次平均浮游植物量

Tab. 2 The average amounts of phytoplankton in four cruises

时间(年.月)	1990.11	1991.2	1991.5	1991.8
细胞数量	6.5	12	30	4.1
($\times 10^6 \text{ cells} \cdot \text{m}^{-3}$)				

各种形态氮含量(表 1)与浮游植物量(表 2)消长

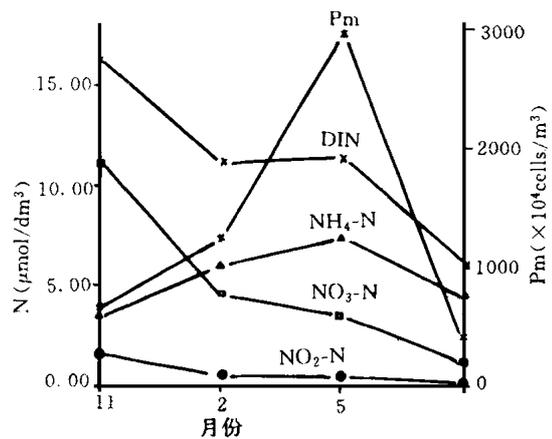


图 4 胶州湾各种形态无机氮和浮游植物量的时间变化
Fig. 4 The seasonal variation of Nitrogen and phytoplankton in Jiaozhou Bay

关系见图 4。

由图 4 可知, $\text{NO}_2\text{-N}$ 和 $\text{NO}_3\text{-N}$ 同 DIP 一样,秋季为最高值,尔后逐渐下降,自冬季起维持较低值,在浮游植物大量繁殖的春季,其值并未大量下降。可能存在于外源输入,在夏季降到最低值。

$\text{NH}_4\text{-N}$, PN 与其他营养盐有所不同,表现出与浮游植物量变化相同的趋势。春季 $\text{NH}_4\text{-N}$, PN 达到最高值,该季节生物代谢作用不可忽略。

TN 和 DON 趋势相同,冬、夏两个高峰值, TN 受 DON 所控制。可能由于浮游生物排泄有机氮或污水排放所导致的。

2.3 胶州湾海水营养状况分析

对近岸海域营养状况的评价及功能区的划分,不同作者提出标准有所不同。本文以邹景忠等(1983)所标定 COD $1.0 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, 无机氮 $0.1 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, 无机磷 $0.45 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, 作为防止赤潮发生的富营养化临界值,并根据营养状态指数式:

$$E = \frac{\text{化学耗氧量(COD)} \times \text{无机氮} \times \text{无机磷}}{4 \ 500} \times 10^6$$

$E > 1$, 即为富营养化, 计算结果见表 3。

由表 3 可知, 湾中部(28, 25, 34)及 57' 水质较好, 富营养化指数小于 1, 而沿东岸, 特别是 37 号站即海泊河口区域全年超标, 系超营养区。秋季由于系营养盐再生季节, 因此超标率达 56%, 北岸磨石礁及冒岛附近也属富营养区, 富营养化区域自东北向湾中心扩

展, 表明胶州湾东岸及东北部大量的生活污水和生产废水排入湾中, 已导致局部严重的富营养化。胶州湾在条件适宜下, 存在发生赤潮的威胁。实际上 1990 年 6 月间发生过一次中噬虫赤潮^[1]。因此, 若东岸各种污水及生产废水继续排放下去, 而不作深度处理, 胶州湾可能再次发生赤潮。

表 3 胶州湾各季不同站位的营养指数

Tab. 3 The nutrition index in Jiaozhou Bay in four seasons

时间 (年.月)	站号 E ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$)									港内
	37	51	67	57	57'	34	28	25	27	
1990.11	47.2	6.81	4.82	3.74	0.14	0.38	0.92	0.36	1.75	/
1991.2	3.41	0.78	0.26	0.06	0.05	0.08	0.09	0.18	1.42	4.31
1991.5	5.39	3.86	3.09	0.35	0.10	0.22	0.02	0.03	2.25	1.42
1991.8	19.9	1.70	0.11	0.06	0.02	0.03	0.12	0.11	0.25	1.28

对营养指数 E 与盐度作相关分析发现: 秋、冬两季相关的较差, 而春、夏两季则与盐度有较好的负相关($n=10, r>0.94$), 表明在春、夏两季营养状态指数与地表逦流有关。

2. 各种形态氮的平面分布多以东部海泊河口及东北部冒岛附近为最高值, 并自东北向西南递减变化。营养状况分析表明, 东岸及东北岸皆属富营养区, 有发生赤潮的威胁。

3 结论

1. $\text{NO}_3\text{-N}$ 在秋季为溶解态无机氮的主要形式, 占 68%, 其余季节则以 $\text{NH}_4\text{-N}$ 居多, 年平均占无机氮的 49%。DON 在冬、夏两季为总氮的主要形式, 分别占 69%, 66%。

主要参考文献

- 1 孙耀等. 海洋环境科学, 1993, 12: 25~31
- 2 赵夕旦等. 海洋科学, 1997, 6: 23

THE FORMS AND DISTRIBUTIONS OF NITROGEN OF SEAWATER IN EASTERN JIAOZHOU BAY

ZHAO Xi-dan¹, ZHU Chen-jian¹, JU Peng², SHI Zhi-li¹

(¹Ocean University of Qingdao 266003)

(²Chemical Industries Material General Company of Qingdao 266011)

Received: Nov. 8, 1996

Key Words: The Eastern Jiaozhou Bay, Nitrogen, Forms, Distribution

Abstract

The present work investigates the concentrations and distributions of Nitrogen in the eastern Jiaozhou Bay based on the data of four cruises from Nov. 1990 to Aug. 1991. The concentration of dissolved inorganic nitrogen (DIN) ranges from $1.12 \mu\text{mol}/\text{dm}^3$ to $34.8 \mu\text{mol}/\text{dm}^3$, the annual average is $11.1 \mu\text{mol}/\text{dm}^3$. Nitration is the main forms of DIN, about 68%, in autumn and 68 percent of DIN, average is $11.2 \mu\text{mol}/\text{dm}^3$. The concentra-

tion of $\text{NH}_4\text{-N}$ is highest. The concentration of dissolved nitrogen is higher, especially in winter and spring, 77 percent and 72 percent of total nitrogen, the annual average is $42.3 \mu\text{mol}/\text{dm}^3$. The concentration of dissolved organic nitrogen is 69 % and 66 % in the two seasons. The distributions of different nitrogen show higher along the seashore. The higher value zone is spotted in eastern and northeast of Jiaozhou Bay.