

辽河口水域溶解氧与营养盐关系

王继龙¹ 海热提¹ 郑丙辉² 齐凤霞¹ 雷 坤² 秦延文² 万 峻²

(1. 北京化工大学环境工程学院 北京 100029 ;
2. 中国环境科学研究院 北京 100012)

摘要 根据 2003 年 9 月的调查资料 ,对辽河口水体中的溶解氧与营养盐的空间分布及其关系进行统计分析。结果表明 :该河口溶解氧和营养盐含量主要受沿岸排污的影响 ,空间分布有一定规律 ;NO₃-N 与 AOU(表观耗氧量) ,PO₄-P 与 AOU ,NO₃-N 与 PO₄-P 之间呈显著或高度显著相关关系。

关键词 辽河口 溶解氧 营养盐 统计分析

中图分类号 :X21 文献标识码 :A 文章编号 :1004-693X(2004)04-0005-03

海水中氮、磷等营养盐是浮游植物生存的物质基础。浮游植物的繁殖生长消耗水体中的营养盐 ;而浮游生物的消亡、有机质的分解使其获得再生。在这个生物地球化学循环过程中 ,水体中的氧也发生了变化 ,它与营养元素有非常密切的关系。溶解氧含量是衡量初级生产力高低的一个重要标志^[1] ,它可以直接反映水体污染的程度和评判海水的新鲜程度。因此研究营养盐与溶解氧之间的相互关系可为水产、环保和水化学研究提供依据。辽河口的营养盐动态及与溶解氧之间的关系鲜有报道 ,本文根据 2003 年 9 月的调查资料 ,对辽河口水域营养盐与溶解氧之间的关系作统计分析。

1 调查与方法

1.1 站位布设

辽河上游河水中污染物入海后与海水混合浓度逐渐降低 ,浓度降低的快慢程度在辽河水流方向上表现最为明显 ,故在辽河入海口的延长线上布设站位 ,站位设置如图 1 所示。在各站位采集表层和底层水样 ,水样经 0.45 μm 孔径的滤膜过滤后在实验室 12 h 内测完。营养盐及溶解氧含量按 GB 12763.2—91《海洋调查规范规定》方法测定。

1.2 表观耗氧量

表观耗氧量(AOU)由 Pytkowicz^[2]提出 ,并定义为 :

$$C_{AOU} = C'_{O_2} - C_{O_2} \tag{1}$$

式中 :C_{O₂}为海水中溶解氧含量的实测值 ;C'_{O₂}为水体在 101 kPa 时、现场特定的温度、盐度条件下溶解氧的

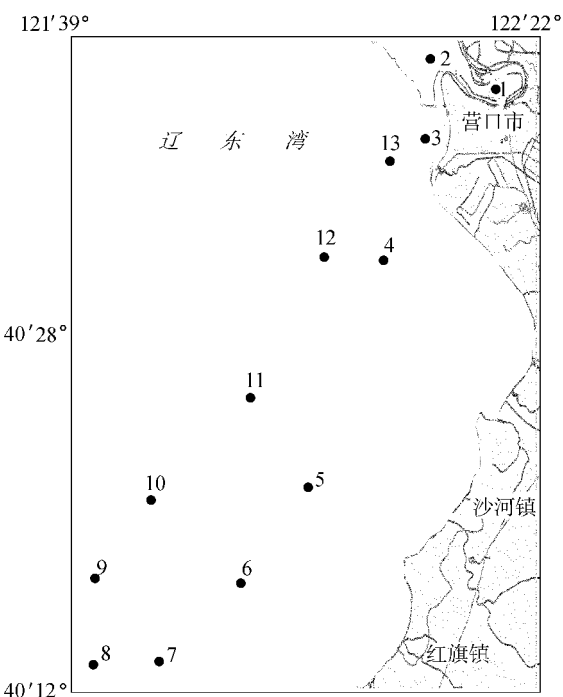
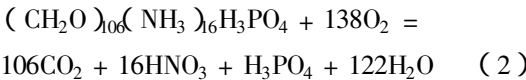


图 1 采样站位

饱和含量。海水中实测的溶解氧含量与特定温度、盐度下计算的氧饱和含量之间的任何差异 ,都被认为是由于光合作用或有机物质的氧化造成的 ,因此表观耗氧量将与伴随这些过程所发生的营养盐变化有关 ,这些关系导出海洋中光合作用与氧化作用的化学计算模式如下(Riley et al ,1975) :



就是说 ,每生成一个磷原子和一个氮原子需要消耗的氧原子分别为 276 个和 17.2 个。

本文引用的 C'_{O_2} 值引自 1974 年联合国教科文组织出版的国际海洋学常用表。

营养盐单位为 $\mu\text{mol/L}$ 。表观耗氧量 C_{AOU} 由现场测定的数据按公式 (1) 计算得出, 单位为 mmol/L 。

2 结果与讨论

2.1 DO 和营养盐分布特征

由调查数据可知, 表层和底层溶解氧的含量随站位的不同而变化, 1、2、3 个站位的溶解氧值较其余 10 个站位值偏低, 两个层的值均小于 0.19 mmol/L , 其余 10 个站位均在 0.19 mmol/L 以上, 而且这 3 个站位两个层次的含量排序明显为表层小于底层, 其他站位含量变化不大。这可能是由于这 3 个站位所在河段在陆地内部营口市内, 两岸排放的大量污水对溶解氧降低贡献较大, 见图 1。

$\text{NO}_3\text{-N}$ 与 $\text{PO}_4\text{-P}$ 的含量分别用 C_N , C_P 表示, 也具有非常相似的分布规律, 1、2 号站位的 C_N , C_P 高出其他站位很多, 另外 3 和 13 号站位的含量也稍高于其他 9 个站位, 这也是由于这 4 个站位靠近辽河的出海口, 城市排放的污水将大量的有机物质带入辽河内, 与海水的混合作用使得有机物质的含量逐渐降低。

2.2 C_N 与 C_{AOU} 的关系

对 13 个站位的 C_N 与 C_{AOU} 进行回归分析, 存在如下关系 (图 2):

表层: $C_N = 65.93 C_{\text{AOU}} - 12.928$
 $r = 0.912, n = 13$ (3)

底层: $C_N = 73.44 C_{\text{AOU}} - 14.311$
 $r = 0.857, n = 13$ (4)

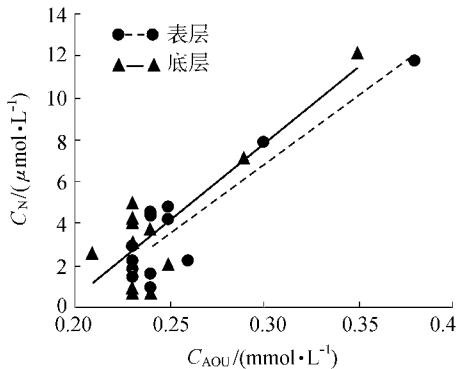


图 2 表层和底层 C_N 与 C_{AOU} 的相关关系

从图 2 以及式 (3) (4) 可知, 直线斜率分别为 65.93 和 73.44, 即 $\Delta C_N / \Delta C_{\text{AOU}}$ 比率为 1:15.2 和 1:13.6, 小于 Redfield^[3] 的理论比值 (1:8.6), 接近阿拉伯海^[4] 的比率 (1:15.5), 更小于珠江口^[5] 的比率 (丰水期 1:5.91, 枯水期 1:1.78)。9 月份是辽河丰水期, 降雨量较大, 大陆径流带来了大量的有机物。

本调查区靠近入海口的几个点 9 月份的 COD_{Mn} 质量浓度高达 5 mg/L 以上。影响 DO 和 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量变化的因素较多, 以上只是使辽河口 $\Delta C_N / \Delta C_{\text{AOU}}$ 比值低于阿拉伯海和珠江口的原因之一。

2.3 C_P 与 C_{AOU} 的关系

根据数据计算, C_P 与 C_{AOU} 存在如下相关关系 (图 3)。

表层: $C_P = 4.45 C_{\text{AOU}} - 0.742$
 $r = 0.817, n = 13$ (5)

底层: $C_P = 4.71 C_{\text{AOU}} - 0.849$
 $r = 0.723, n = 13$ (6)

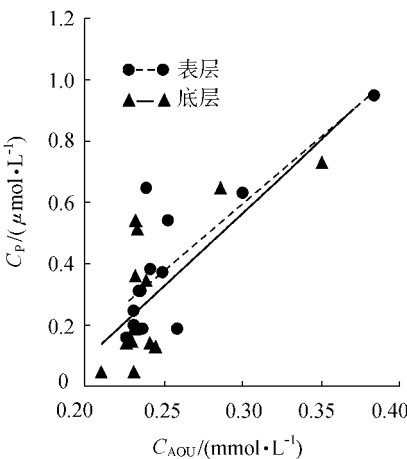


图 3 表层和底层 C_P 与 C_{AOU} 的相关关系

图 3 中, 表层和底层回归直线的斜率分别为 4.45 和 4.71, 即 $\Delta C_P / \Delta C_{\text{AOU}}$ (原子比) 比率分别为 1:450 和 1:424。Redfield^[3] 的理论比值为 1:276, 阿拉伯海和夏季渤海^[6] 的比率分别为 1:238 和 1:472。表层和底层所得比率值相差不大, 是海水混合作用的结果。比率与其他海域比率偏差较大, 表明由于浮游动物数量较大, 以及一些异养动物的呼吸作用, 有可能消耗部分氧, 使含磷有机物分解较快, 另外, 浮游植物繁殖生产过程中必须同化无机营养盐, 释放出有机磷, 浮游动物摄取浮游植物, 其排泄物也是有机磷的主要来源, 这些物质在沉降过程中, 细菌的活动可使这些有机磷分解、矿化, 而消耗大量氧。特别是夏季水温较高, 生物活动活跃, 死亡的有机残骸分解较快, 消耗大量氧。温度对海洋真光层沉降过程中磷的再生影响是显而易见的, Riley^[1] 曾建立如下关系式: $RR = 0.51\theta + 1.78$ (RR 为总磷释放率, θ 为温度), 说明其影响主要通过影响 DO 含量而实现的。温度提高, 微生物活动增强, 耗氧增大, 使 $\text{PO}_4\text{-P}$ 得以释放。由上述诸多原因的影响, 使 $\Delta C_P / \Delta C_{\text{AOU}}$ 的测定值与理论值偏离较大。

2.4 C_N 与 C_P 的关系

对 2003 年 9 月各站表层和底层 C_N 和 C_P 进行

回归计算的结果表明 ,两者显著相关 ,回归方程如下 :

表层： $C_N = 11.863 C_P - 0.7602$
 $r = 0.920, n = 13$ (7)

底层： $C_N = 11.51 C_P + 0.1984$
 $r = 0.859, n = 13$ (8)

图 4 说明了表层和底层 C_N 和 C_P 之间的关系。辽河口与其他海区 C_N 和 C_P 相关性比较列于表 1。由表 1 可见 $\Delta C_N/\Delta C_P$ 比值与文献^[4]报道阿拉伯海的 14.3:1 和文献^[7]报道的印度洋西北部海区的 16:1 项比较 本次调查偏低。海洋浮游生物体和大洋中的 $\Delta C_N/\Delta C_P$ 比值一般恒定在 16:1 ,偏离过高或过低的话 ,其中含量相对低的元素将形成浮游植物生长的控制因素。

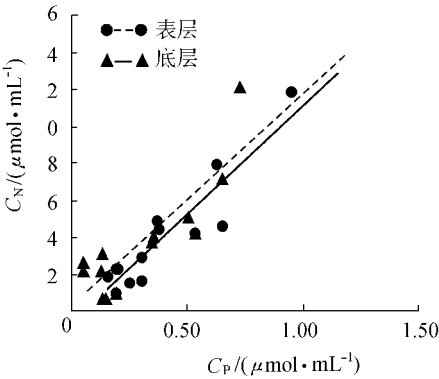


图 4 表层和底层 C_N 与 C_P 的相关关系

表 1 辽河口与其他海区 C_N 和 C_P 相关性比较

地域		r	n	$\Delta C_N/\Delta C_P$
辽河口	表层	0.920	13	11.9
	底层	0.859	13	11.5
	平均			11.7
珠江 ^[5]		0.849		51.3
印度洋西北部 ^[7]		0.730		16.0
阿拉伯海 ^[4]		0.840		14.3

综上所述 ,辽河口水域 N ,P 营养元素中 ,N 是该水域初级生产力的主要控制因素 $\Delta C_N/\Delta C_P$ 比值偏低并不能说明氮的含量低 ,而是因为磷的含量相对比较高 ,是渤海湾磷含量^[6]的 2 倍以上 ,说明辽河口水域含磷有机物的排放量非常严重。

3 结 论

a. 大陆径流给辽河口水域提供了丰富的有机物质 ,这些物质在向外海迁移的过程中不断被氧化分解而再生出 N ,P 等营养元素^[8~10] ,营养元素的分布规律为靠近入海口处的含量较高 ,DO 较低。

b. 这个调查水域每再生 1 mol N 或 P 表层平均要消耗 15.2 或 224.7 mol O₂ ;底层平均要消耗 13.6

或 108.3 mol O₂。
c. 辽河口水域 $\Delta C_N/\Delta C_P$ 的比值 ,表层高 ,底层低 ,但是均低于阿拉伯海和印度洋西北部海区。比较而言 ,氮是该河口水域初级生产力的主要控制因素。

参考文献 :

[1] Riley J P ,Skirrow G. 化学海洋学(第二卷) [M]. 崔清晨译. 北京 :海洋出版社 ,1985. 267 ~ 320.
[2] Pytkowicz R M. On apparent oxygen utilization and the pre-formed phosphate in the oceans[J]. Limnol. Oceanog. 1971 ,16 : 39 ~ 42.
[3] Redfield A C ,Ketchum B H ,Richards F A. The influence of organism on the composition seawater[J]. The Sea ,1963(2) :26 ~ 77.
[4] De Sousa S N ,Singhal S Y S. Chemical oceanography of the Arabian Sea : part VI-Relationship between nutrients & dissolved oxygen in the Central Basin[J]. Indian J Mar Sci ,1986 , 15(3) :153 ~ 161.
[5] 彭云辉 ,陈玲娣 ,陈浩如. 珠江口水域溶解氧与营养盐的关系[J]. 热带海洋 ,1994 ,13(1) :96 ~ 100.
[6] 崔毅 ,杨琴芳 ,宋云利. 夏季渤海无机磷酸盐和溶解氧分布及其相互关系[J]. 海洋环境科学 ,1994 ,13(4) :31 ~ 35.
[7] Sen G ,Rajagopal M D ,Qasim S Z. Relationship between dissolved oxygen & nutrients in the North-Western Indian Ocean [J]. Indian J Mar Sci ,1976 ,15(2) :201 ~ 211.
[8] 田恬 ,魏皓 ,苏健 ,等. 黄海氮磷营养盐的循环和收支研究[J]. 海洋科学进展 ,2003 ,21(1) :1 ~ 11.
[9] 葛明 ,王修林 ,阎菊 ,等. 胶州湾营养盐环境容量计算[J]. 海洋科学 ,2003 ,27(3) :36 ~ 43.
[10] 石晓勇 ,王修林 ,韩秀荣 ,等. 长江口邻近海域营养盐分布特征及其控制过程的初步研究[J]. 应用生态学报 ,2003 ,14(7) :1086 ~ 1092.

(收稿日期 2003-12-30 编辑 :高渭文)

