

渤海湾沉积物中氮、磷的空间分布特征研究^{*}

赵志梅¹, 张 雷², 郑丙辉², 郭康权³, 秦延文², 王 义²

(1 西北农林科技大学 生命科学学院, 陕西 杨凌 712100; 2 中国环境科学研究院 河流与海岸带环境研究室, 北京 100012;

3 西北农林科技大学 机械与电子工程学院, 陕西 杨凌 712100)

[摘 要] 对 2003-07 在渤海湾采集的柱状沉积物中氮、磷的分布进行研究。结果表明, 渤海湾柱状沉积物中氮、磷空间分布特征是近岸高, 远岸低; 近岸 P 含量达 0.410 mg/g, 远岸含量为 0.233 mg/g。其中磷主要以无机磷形式存在, 无机磷约占总磷的 50% 以上; 渤海湾沉积物中氮含量较高, 平均达 5.96 mg/g。

[关键词] 渤海湾; 沉积物; 氮、磷分布

[中图分类号] TV 141⁺. 2

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2005)04-0107-05

渤海湾近年来赤潮频频发生, 这与渤海湾地区发展经济向海洋大量排污有关, 海洋沉积物作为海洋环境中氮和磷的源与汇, 在海洋生物地球化学循环中起着非常重要的作用, 其可以保持上覆水体中营养盐的稳定, 在富营养化区域, 沉积物实际上充当了氮和磷的接受体^[1~3]。沉积物 P 的主要来源包括河流输送、大气沉降、沉积物释放等, 其中沉积物营养盐的再生对于研究水体中营养盐的收支和动力学过程有非常重要的作用^[4]; 沉积物中氮的来源主要包括陆源输入、浮游植物死亡、细胞物质、动物尸体及排泄物等^[5]。因此, 研究近海沉积物中氮、磷形态及含量具有重要的环境意义。本研究以 2003-07 渤

海湾大规模海洋调查数据为依据, 着重研究了渤海湾天津段柱状沉积物中总氮、不同形态磷含量的水平、垂向分布规律以及其环境意义, 以期识别出导致渤海湾底质中生境退化的控制性要素, 同时也可为其其他类型海岸带生境修复提供借鉴。

1 材料与方法

1.1 试验材料

2003-07-15~ 07-19, 选定渤海湾 118°20' 以西区域, 进行了渤海湾生境的取样和现场调查工作。用柱状采样器采集了 8 个大面站(图 1)的柱状沉积物样品。

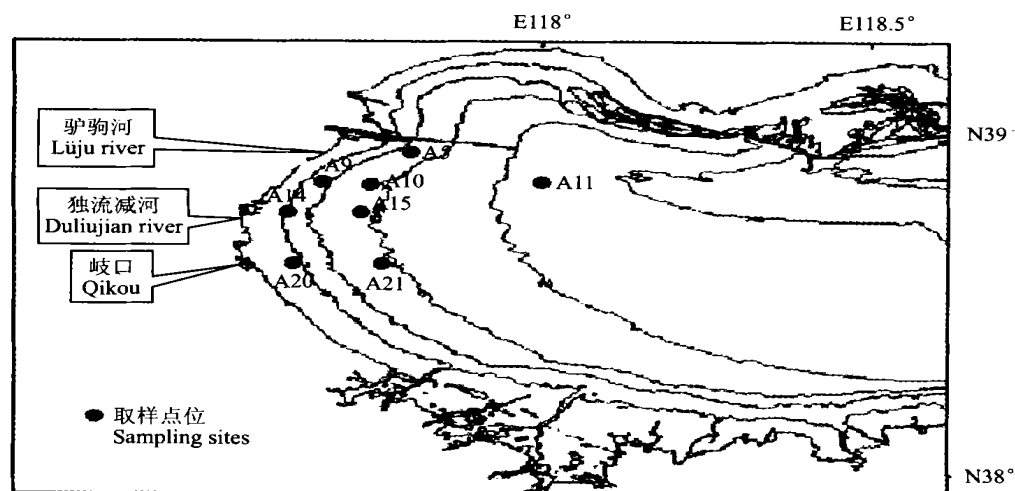


图 1 渤海湾采样站位图

Fig. 1 Schematic map of sampling stations in Bohai Bay

[收稿日期] 2004-07-06

[基金项目] 国家“863”计划项目“渤海湾生境退化的诊断技术研究”(2002AA 648010)

[作者简介] 赵志梅(1975-), 女, 陕西宝鸡人, 硕士, 主要从事环境工程研究。E-mail: zhaozm481@163.com

试样采集后,立即带回中国环境科学研究院河口与海岸实验室。在室内将样品按 5 cm 间距分层,取 10~55 cm 沉积物自然风干,用瓷钵研磨,过 200 目尼龙筛,装入已洗净的磨口玻璃瓶内备用。

1.2 试验方法

1.2.1 沉积物中总氮(TN)的测定 取 0.050 g 左右的沉积物,加 10 mL 碱性过硫酸钾,用无氨水定容至 25 mL,盖紧瓶盖,于压热器中压煮 30 min,待压力回为零时,取出比色管,待自然冷却后,采用过硫酸钾氧化—紫外分光光度法测定,以无氨水作对比,在波长 220 和 275 nm 下分别测定吸光度。

1.2.2 沉积物中总磷(TP)、无机磷(IP)的测定 沉积物中总磷(TP)的测定采用磷钼蓝法。取 0.10 g 左右的沉积物,加水定容至 25 mL,然后加入 1.5 mL $K_2S_2O_8$,于压热器中压煮 30 min。待压力回为零时,取出比色管,待自然冷却后离心,取上层清液,采用磷钼蓝法测定。沉积物中无机磷(IP)的测定参照 A spila 等^[6]的方法,1 mol/L 盐酸提取 16 h,离心,取上层清液,用磷钼蓝法测定;有机磷(OP)为 TP 与 IP 之差。

2 结果与讨论

2.1 沉积物中 TN 的分布

2.1.1 TN 的水平分布 渤海湾沉积物中 TN 含

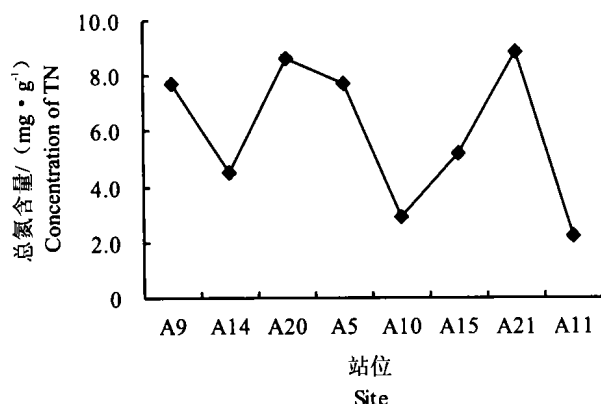


图 2 渤海湾沉积物中 TN 的水平分布
Fig. 2 The spatial distribution of total nitrogen in sediments of Bohai Bay

从图 3 可以看出,在 A 11 点,从 10~20 cm,沉积物中 TN 迅速增大,20~30 cm 变化趋势较缓,但从 30 cm 后又迅速减小,40 cm 后又逐渐增大。A 20 点,从 10~35 cm 基本上都处于增大趋势,从 35 cm 后开始减小,在 35~40 cm 时几乎没变。氮的来源既有陆源输入,也有生物化学过程转化^[5]。除物质来源外,其分布还与沉积速率、矿化作用进程、沉积物的

量为 2.22~8.60 mg/g,平均值为 5.96 mg/g。

从图 2 可知,沉积物中 TN 在各站位间浮动较大,其中最高值点位于 A 21 站位,最低值点位于 A 11 站位。沉积物中氮的来源主要包括陆源输入、浮游植物死亡、细胞物质、动物尸体及排泄物等^[5]。渤海湾沉积物中 TN 含量较高的站位主要集中在 A 9, A 5, A 20, A 21 4 点。其中, A 9 点靠近天津驴驹河,位于天津南北排污河的下方,离岸较近,因此受陆地排污的影响,使得该站位 TN 含量较高; A 5 点位于天津大沽口海域,紧邻天津南北排污河附近,受陆源污染较为严重;而 A 20, A 21 点位于歧口海域附近,受水产养殖等人为影响,沉积物中 TN 含量较高。A 14 点位于独流减河附近,虽然离岸较近,但由于该河流长期封闸,只是偶尔作为汛期的防备,因此 A 14 点 TN 含量较低; A 11 站位是离岸最远的站位,受陆源污染的影响较小,因此 TN 含量最低。综上所述,沉积物中 TN 的空间分布趋势是近岸高,远岸低,说明通过陆源输入到渤海湾的营养盐氮主要沉积在近岸海域,向远处迁移扩散较小。

2.1.2 TN 的垂向分布 试验结果表明,渤海湾沉积物中 TN 含量总体上随深度的增加而增大,但各点变化过程不同。在此选取代表性的湾内 A 11 站位,湾外 A 20 站位作以分析。

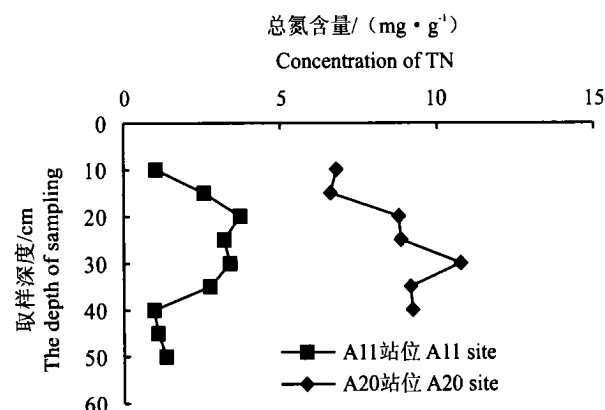


图 3 渤海湾沉积物中 TN 的垂向分布
Fig. 3 The vertical distribution of total nitrogen in sediments of Bohai Bay

氧化还原环境、沉积粒度等因素有关^[5]。沉积物—海水界面氮的循环主要包括氨化(矿化)、硝化、反硝化等一系列的生物地球化学反应^[5]。A 11 点离岸最远,受陆源输入影响较小,这一点由 TN 的水平分布结果可知。之所以 A 11 点在开始出现增大趋势,可能原因有:一是该区域氮矿化成岩作用非常活跃,沉积速率较大;二是 10~20 cm 离表层较近,硝化作用比

较大,造成氮大量释放。在 30~ 40 cm,可能由于环境的变化,氮的反硝化作用较大,反硝化使得NO₃在缺氧条件下还原成气体N(N₂和N₂O)而流失,因此出现迅速减小的趋势。A 20 位于歧口海域附近,受附近水产养殖的影响,氮在开始 10~ 35 cm 呈现增大趋势,而在 35 cm 后出现减小趋势,可能与该区域沉积速率、矿化作用进程、沉积物的氧化还原环境、沉积粒度等因素有关。

因此,渤海湾沉积物中氮的垂向分布总体呈增大趋势,但变化过程较为复杂,不同站位原因不同。

2 2 沉积物中 P 的分布

磷是生物生长的必需元素之一,但水体中磷含

量过高,可造成藻类的过度繁殖,直至数量上达到富营养化的程度^[7]。刘成等^[8]研究认为,进入环境水体的磷 90% 与人类活动有关。沉积物与海水界面有着密切关系,二者之间存在着物质的不断循环、转移、储存等一系列复杂过程,因此,研究沉积物中的磷具有重要意义。

2 2 1 P 形态 沉积物中的 P 以无机磷(IP)和有机磷(OP)两种形式存在。对 OP 来说,其来源有两部分,即陆源排放和海洋浮游生物^[9],海洋浮游生物主要由死亡的海洋浮游生物组成^[10~ 13]。渤海湾沉积物中 P 的形态分布如表 1 所示。

表 1 渤海湾柱状沉积物中磷的形态分布

Table 1 The conformation distribuion of phoshorus in sediments of Bohai Bay

P 形态 Conformation	P 含量/(mg · g ⁻¹) Concentration	平均值/(mg · g ⁻¹) A verage	最高值点 M ax in um	最低值点 M in in um
TP	0.233~ 0.410	0.336	A 9	A 11
OP	0.036~ 0.203	0.132	A 9	A 14
IP	0.187~ 0.216	0.204	A 20	A 11
IP/TP	49.54~ 84.77	61.75	A 14	A 5
OP/TP	15.23~ 50.46	37.25	A 5	A 14

从表 1 可以看出,渤海湾沉积物中 TP 含量为 0.233~ 0.410 mg/g,其中 IP 含量达 0.187~ 0.216 mg/g,IP 占 TP 的近 50% 以上,由此可知渤海湾沉积物中磷主要以无机磷的形态存在。渤海湾沉积物中 TP 的最高值点为 A 9,最低值点为 A 11; IP 的最高值点为 A 20,最低值点为 A 11; OP 的最高值点为 A 9,最低值点为 A 14。A 9 点靠近天津驴驹河,位于天津南北排污河的下方,离岸较近,因此受陆地排污,特别是有机磷含量较高的工业废水和生活污水的影响,使得该站位 TP 和 OP 的含量最高。而 A 11

点远离海岸,受陆源污染排放影响小,所以 TP 和 IP 的含量最低。OP/TP 最高值点 A 5 位于天津大沽口海域,紧邻天津南北排污河附近,受陆源污染输入的影响,因此 OP 占 TP 的比率最高。以上各站位 P 形态的分布变化充分说明了渤海湾沉积物中 P 近岸高,远岸低,近岸受 OP 污染较为严重,污染物中的磷排入渤海湾后,向远处迁移扩散较小。

2 2 2 TP 和 OP 的水平分布 渤海湾沉积物中 TP 和 OP 水平分布见图 4。

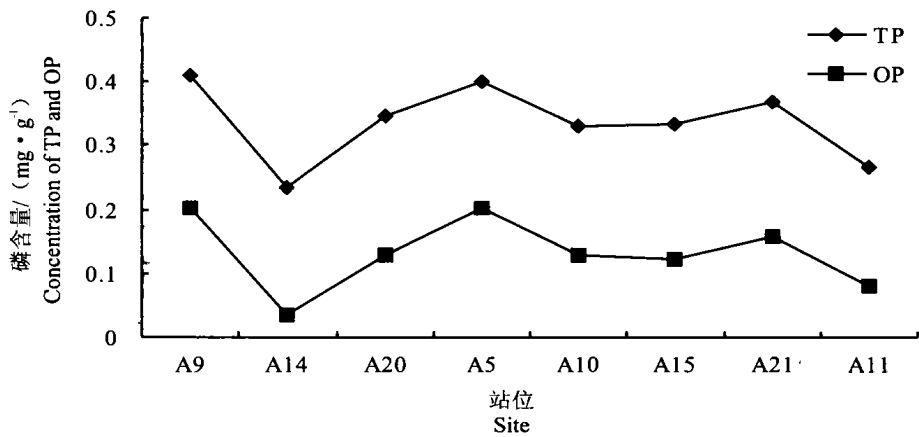


图 4 渤海湾沉积物中 TP 和 OP 的水平分布

Fig 4 The spatial distribution of total phosphorus and organic phosphorus in sediments of Bohai Bay

由图 4 可知, 渤海湾沉积物中 TP, OP 水平变化趋势相似(除 A 14 点外), 各站位间变化相对较平缓。TP, OP 含量较大值点为 A 9, A 5, A 20, A 21, 较小值点为 A 14 和 A 11。出现这一分布的点 A 9, A 5, A 11 原因如 2.2.1 所述。A 20, A 21 位于歧口海域附近, 受附近沧浪渠排污和海洋养殖的人为影响, TP, OP 含量较高。A 14 位于独流减河附近, 虽然离岸较近, 但由于该河经常年关闸, 所以该点受陆源污染影响较小, TP 含量较低, OP 含量最低。总之, 渤海湾沉积物中 TP, OP 的分布特征为近岸高, 远岸低, 受陆源污染影响较大, P 进入海洋中向远处扩散小。

2.2.3 TP, OP 的垂向分布 渤海湾沉积物中 TP 总体上随深度增加而逐渐减小, 其垂向分布状况见图 5。有研究表明^[4], 最大浓度的磷出现在表层沉积物中, 随深度增加迅速降低, 而在混合沉积层中, 其浓度降低的速度减缓。Hammond 等^[14]对北亚得里亚海沉积物的分析发现, 柱状沉积物中磷随深度增加而减小, 并认为随时间变化不断沉降的沉积物成分、早期成岩作用、沉积作用和生物扰动作用 4 个因素对这种模式起着重大作用。但每个因素对各种形态磷的影响作用各不相同, 每种形态磷的分布基本由其中的一个或两个因素控制。本次试验所取的沉积柱 A 10 站位为 60 cm, A 15 站位为 40 cm, A 10, A 15 点位于湾内, 对其沉积速率、早期成岩作用、沉

积作用和生物扰动作用都没有进行专门的研究, 但采样点从深层沉积物到表层沉积物中 TP 浓度的增加很好地说明了磷污染的状况, TP 随深度的变化过程很复杂, 还有待进一步研究。

渤海湾沉积物中 OP 总体上随深度增加而减小(图 6)。沉积物中 OP 的来源有两部分, 即陆源排放和海洋浮游生物^[9]。Jensen 等^[15]把 OP 分成难降解有机磷和可降解性有机磷, 其中难降解有机磷主要来源为陆源排放物质, 其含量在沉积柱中基本保持不变; 而可降解性有机磷主要由死亡的海洋浮游生物组成, 在早期成岩过程中随有机质的分解而释放, 甚至向结合态磷转化^[10-13], 有机磷的降解是影响沉积物中磷的一个重要过程。Krom 等^[16]研究表明, 在沉积物表层的氧化—还原界面上浮游生物的遗体沉积后, 因被微生物利用, 几乎大部分的有机磷被分解, 其含量随深度的增加而迅速降低。由以上分析可知, 渤海湾沉积物中 OP 在表层迅速降低, 说明该处有机物主要是由海洋浮游生物组成的。

比较图 5、图 6 对应站位 TP, OP 变化趋势可知, TP 垂向分布变化趋势与 OP 垂向分布变化趋势相似, 同时相关分析表明, TP 与 OP 具有很好的相关性(相关系数达 0.989), 说明该区域 OP 控制着 TP 的变化, 这种变化规律与前人研究结果基本一致^[9]。

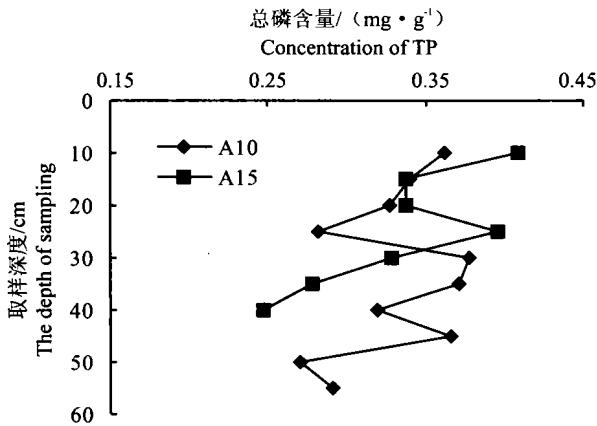


图 5 渤海湾沉积物中 TP 的垂向分布

Fig 5 The vertical distribution of total phosphorous in sediments of Bohai Bay

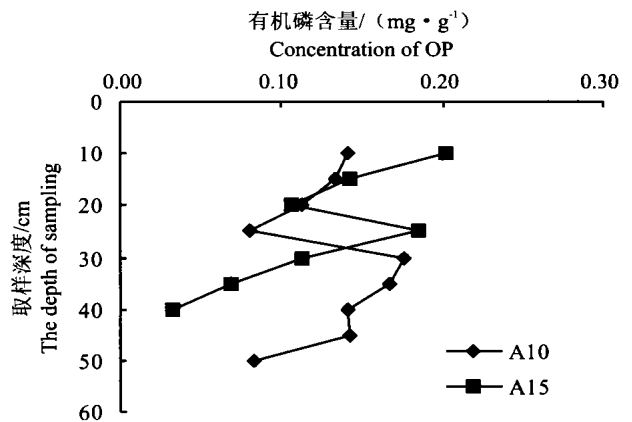


图 6 渤海湾沉积物中 OP 的垂向分布

Fig 6 The vertical distribution of organic phosphorous in sediments of Bohai Bay

3 结 论

渤海湾沉积物中氮和磷的主要来源是陆源输入, 其中 TN, TP 的水平分布与 TP, OP 的极大相关

性充分说明了此结论。另外研究表明, 渤海湾沉积物中 TP 主要以 IP 形式存在。总体上 TP 随深度的增加而减小, TN 随深度的增加而增大。

[参考文献]

- [1] 陈红涛. 渤海莱洲湾沉积物-海水界面磷酸盐的交换通量[J]. 环境化学, 2003, 22(3): 110-114
- [2] 刘素美, 黄. 渤海沉积物—水界面营养盐的交换及其质量平衡[D]. 山东青岛: 青岛海洋大学, 2000
- [3] 戚晓红, 刘素美, 张经, 等. 东海赤潮高发区沉积物中营养盐再生速率的研究[J]. 应用生态学报, 2003, 14(7): 1112-1116
- [4] Zable M, Dahme A, Schulz H D. Regional distribution of diffusive phosphate and silicate fluxes through the sediment-water interface: The Eastern South Atlantic[J]. Deep-Sea Research J, 1998, 45: 277-300
- [5] 马红波. 渤海沉积物中氮的赋存形态及其在循环中的作用[D]. 北京: 中国科学院海洋研究所, 2001
- [6] Asplund K, Lagergren H, Chau A S Y. A semi-automatic method for the determination of inorganic, organic and total phosphate in sediments[J]. Analyst, 1976, 101: 187-197
- [7] Wang Z Y, Wu Y S, Wang G Q. Eutrophication and red tides as consequences of economic development[J]. International Journal of Sediment Research, 2001, 16(4): 508-518
- [8] 刘成, 王兆印, 何耘, 等. 环渤海湾诸河口底质现状的调查研究[J]. 环境科学学报, 2003, 23(1): 58-63
- [9] 周怀阳, 郑丽波, 王怀照, 等. 花鸟山外海域几种形态磷在柱状沉积物中的分布及环境意义[J]. 东海海洋, 2000, 18(4): 9-15
- [10] 陈中原, 周长振, 杨文达, 等. 长江口外现代水下地貌和沉积[J]. 东海海洋, 1986, 14(2): 28-37
- [11] Filippelli G M, Delaney M L. Phosphorus geochemistry of equatorial pacific sediment[J]. Geochem Cosmochim Acta, 1996, 60(9): 1971-1980
- [12] Sundby B, Gobeil C, Silveberg N. The phosphorus cycle in coastal marine sediments[J]. Limnology and Oceanography, 1992, 37(6): 1129-1145
- [13] Rittenberg K C, Berner R A. Authigenic apatite formation and burial in sediments from non-upwelling continental margin environments[J]. Geochem Cosmochim Acta, 1993, 57(5): 997-1007
- [14] Hammond D E, Giordani P, Berelson W M, et al. Diagenesis of carbon and nutrients and benthic exchange in sediments of the Northern Adriatic Sea[J]. Marine Chemistry, 1999, 66: 53-79
- [15] Jensen H S, Mortensen P B, Andersen F, et al. Phosphorus cycling in a coastal marine sediment, Aarhus Bay, Denmark[J]. Limnology and Oceanography, 1995, 40(5): 908-917
- [16] Krom M D, Berner R A. Adsorption of phosphate in anoxic marine sediments[J]. Limnology and Oceanography, 1980, 25(5): 787-806

Spatial distribution of phosphorus and nitrogen in core sediments of Bohai bay

ZHAO Zhi-mei¹, ZHANG Lei², ZHENG Bing-hui², GUO Kang-quan³, QIN Yan-wen², WANG Yi²

(1 College of Life Sciences, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 River and Coastal Environmental Research Center, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China;

3 College of Mechanical and Electrical Engineering, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Core sediment samples, collected in July 2003 in the Bohai Bay, were analyzed in this article. The results show that the concentration of nitrogen and phosphorus near seacoast in core sediment of Bohai Bay are higher than those far seacoast. The concentration of near seacoast is 0.410 mg/g, while that of far seacoast is 0.267 mg/g. Inorganic phosphorus (IP) is the main component in the sediment of Bohai Bay, which accounts for about 50% in total phosphorus. At the same time, the concentration of nitrogen in core sediment of Bohai Bay is high, the average content 5.96 mg/g.

Key words: Bohai bay; sediment; distribution of nitrogen (N) and phosphorus (P)