

黎 慧, 万夕和, 王李宝, 等. 条子泥围垦海域氮磷分布及富营养化评价[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(8): 370–373.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.08.120

条子泥围垦海域氮磷分布及富营养化评价

黎 慧, 万夕和, 王李宝, 沈 辉, 凌 云

(江苏省海洋水产研究所, 江苏南通 226061)

摘要:条子泥围垦工程对增加江苏耕地面积和促进经济发展具有重要意义, 同时会对附近海域水质环境造成一定影响, 2011 年 11 月对条子泥海域 29 个调查站位的大潮、小潮的涨潮、落潮 4 次采样样品进行海水理化因子的检测, 分析讨论条子泥近岸海域营养盐含量的时空变化、富营养化水平和营养级类型。结果显示: 条子泥无机氮含量较高, 50% 以上站位超过二类海水水质标准, 而无机磷的含量较低, 氮磷比显示无机磷可能成为海域浮游植物生长的限制因子, 海域营养级评价结果显示条子泥海域处于磷限制潜在性营养状态。

关键词:条子泥; 无机氮; 无机磷; 富营养化; 状态指数; 划分原则; 海洋环境; 污染防治

中图分类号: X834 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)08-0370-04

江苏省海岸线长约 954 km, 沿海地区蕴育了大量滩涂, 是我国沿海滩涂资源最丰富的省份之一^[1], 其沿海的辐射沙脊群形成独特的滩槽——沙洲系统, 水沙动力环境极复杂。辐射沙脊群中最靠近陆岸的大型沙洲——条子泥, 位于海陆交互地带, 动力过程复杂, 地貌变化活跃, 生态环境独特^[2-4]。2010 年条子泥围垦工程为东台百万亩滩涂围垦首期启动项目, 该项目位于江苏省东台市弶东垦区和梁南垦区以东的条子泥核心区滩涂, 围垦范围北至西洋, 东至东大港, 南至条鱼港, 西界为东台沿海中南部垦区外堤线; 围垦总面积 2.229 万 hm^2 , 主要用于水产养殖^[5]。

条子泥围垦工程对于增加江苏耕地面积和促进经济发展具有重要意义, 但水产养殖会增加水体及底质中的氮、磷含量, 改变原有的水化学平衡, 从而对水环境产生影响; 另外, 在水动力的作用下, 这种影响还可能扩大到邻近水域生态系统, 使生态系统失衡^[6]。近年来, 关于条子泥附近海域的水文动力及地质地貌等方面都有相关研究报道, 但氮、磷分布特点及富营养化状况少有资料。本研究的目的是在对条子泥海域海水环境因子调查的基础上, 分析海水中氮磷营养盐的空间分布情况, 对富营养化程度进行评价。本研究结果对条子泥海域资源的合理开发具有指导意义, 为其海洋环境的污染防治提供科学依据。

1 调查与方法

1.1 站位设置及调查时间

本研究根据条子泥海域的地理位置及海洋环境资料^[2,5]设置了 29 个调查站位, 调查时间为 2011 年 11 月, 其具体站位分布情况见图 1。

收稿日期: 2014-08-20

基金项目: 国家科技支撑计划(编号: 2012BAC07B03); 国家海洋局海洋生态环境科学与工程重点实验室 2013 年度开放基金(MESE-2012-03)。

作者简介: 黎 慧(1985—), 女, 山东泰安人, 工程师, 主要从事海洋环境与生态研究。E-mail: xh0922@163.com。

1.2 样品采集

本研究共进行大潮、小潮的涨潮、落潮 4 次采样。由于条子泥海域水深普遍较浅, 在采样中仅采集表层水样, 现场所采集的水样带回实验室后, 先经 0.45 μm 混合纤维素膜过滤, 再置于聚乙烯瓶中冷冻保存并进行水质分析。

1.3 样品分析方法

所取水样中硝态氮、亚硝态氮、氨态氮及磷酸盐经 LACHAT 8500 流动注射分析仪进行测定; 化学耗氧量(COD)的测定采用碱性高锰酸钾法; 总溶解无机氮(DIN)含量为硝态氮、亚硝态氮及氨态氮含量之和。

1.4 数据分析与统计

采用 Surfer 8.0 软件对营养盐空间分布作等值线图。采用 SPSS 18.0 软件中单因子方差分析和多重比较分析水质指标在不同潮水之间的差异, 以 0.05、0.01 作为差异显著、极显著水平。

2 结果与分析

2.1 条子泥围垦海域无机氮的空间分布特征

条子泥围垦海域的无机氮含量较高, 其中大潮涨潮含量为 0.09~0.63 mg/L, 其中 62% 的站位达到二类海水标准; 大潮落潮含量为 0.03~3.63 mg/L, 其中 48% 的站位达到二类海水标准; 小潮涨潮含量为 0.04~3.80 mg/L, 其中 41% 的站位达到二类海水标准; 小潮落潮含量为 0.01~2.18 mg/L, 其中 52% 的站位达到二类海水标准, 其平面分布如图 2 所示。

由图 2-A 可知, 调查期间大潮涨潮时, 水体中无机氮高含量分布区主要集中在站位 23 号站附近。23 号站位靠近川水港闸, 工程废水和内河流水可能是导致该站位无机氮含量偏高的主要原因。调查海域大潮落潮时, 无机氮含量整体分布与大潮涨潮相近, 高纬度站位的无机氮含量高于低纬度地区的站位。

由图 2-C 可知, 调查期间小潮涨潮时, 水体中无机氮高含量分布区主要集中在 16 号站位附近, 靠近方塘河闸。工程废水和内河流水可能是导致该站位无机氮浓度偏高的原因。调查海域水体无机氮含量整体分布规律是距离海岸线较近站

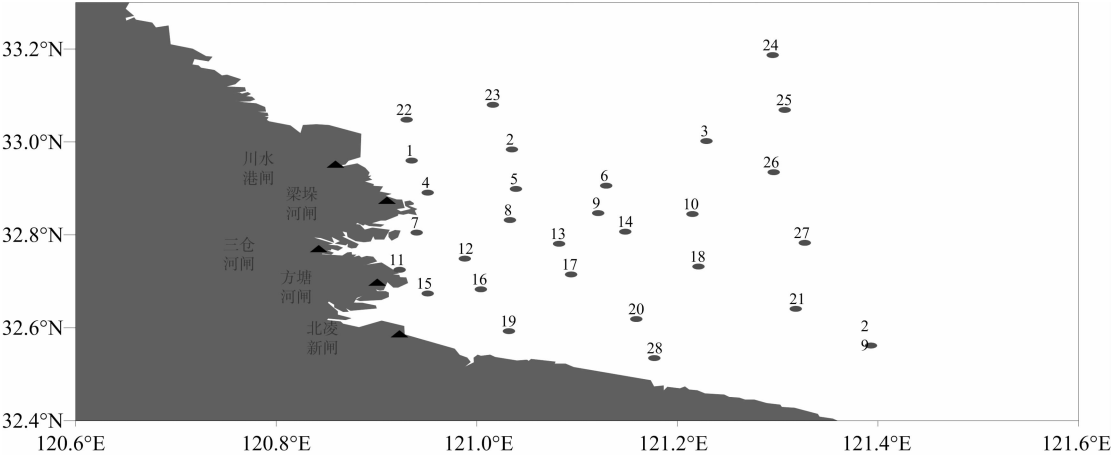
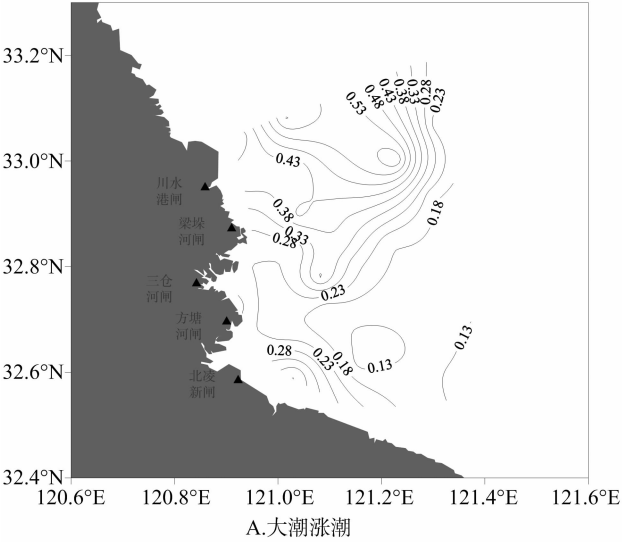


图1 条子泥围垦海域调查站位分布图示



2.3 氮、磷营养盐在不同潮水之间的差异分析

为了比较 4 次不同潮水之间氮、磷含量的差异,采用 SPSS 18.0 对硝态氮、亚硝态氮、氨态氮及磷酸盐含量进行统计分析,结果见表 1。其中,不同潮水间的氨态氮含量的 F 值为 8.455,所对应的 P 值=0.000,具有极显著的统计学意义,说明不同潮水间的氨态氮含量差异极显著。不同潮水间的亚硝态氮、硝态氮、活性磷酸盐含量的 F 值分别为 2.408、0.635、8.455、0.684,所对应的 P 值分别为 0.071、0.594、0.563,均大于 0.05,不具有统计学意义,说明不同潮水的亚硝态氮、硝态氮、无机氮、活性磷酸盐含量差异不显著。

2.4 条子泥围垦海域富营养化评价

近海富营养化主要是由于营养盐类及耗氧有机物的输入量及输出量动态平衡失调而引起的。随着有机物质和营养盐的不断输入,其含量超过生态系统的自净能力时,就会出现富营养化。一般认为,造成海域富营养化的主要物质为氮和磷。当营养状态指数(E)>1 时,海水处于富营养化状态。本研究选用 E 进行评价,计算公式如下^[7]:

$$E = \frac{COD \times DIP \times DIN \times 10^6}{4\,500}$$

其中:化学需氧量(COD)、无机氮(DIN)及无机磷(DIP)的含量单位都是 mg/L。当 $E \geq 1$ 时,水体处于富营养状态,且 E 值越高,富营养化程度越严重。

表 1 不同潮水间氮、磷的统计分析结果

指标	分组	站位数 (个)	平均值 (mg/L)	标准差 (mg/L)
亚硝态氮含量	大潮涨潮	29	0.002 4	0.002 2
	大潮落潮	29	0.005 4	0.009 5
	小潮涨潮	27	0.011 6	0.023 4
	小潮落潮	27	0.004 7	0.008 6
硝态氮含量	大潮涨潮	29	0.257 3	0.138 4
	大潮落潮	29	0.392 8	0.630 1
	小潮涨潮	27	0.438 9	0.694 1
	小潮落潮	27	0.383 7	0.441 0
氨态氮含量	大潮涨潮	29	0.024 9	0.010 2
	大潮落潮	29	0.025 3	0.012 7
	小潮涨潮	27	0.043 7	0.016 3
	小潮落潮	27	0.038 3	0.026 1
磷酸盐含量	大潮涨潮	29	0.001 5	0.005 5
	大潮落潮	29	0.002 4	0.010 5
	小潮涨潮	27	0.000 4	0.000 0
	小潮落潮	27	0.000 4	0.000 0

由于条子泥海域无机磷含量整体较低,因此该海域富营养化指数 E 也普遍较低。在大潮涨潮、落潮和小潮涨潮、落潮 4 次采样中,都分别有 1 个站位的 E 超过 1,其余站点均小于 1,这些站点主要分布在方塘河闸及北凌新闻附近(图 3)。

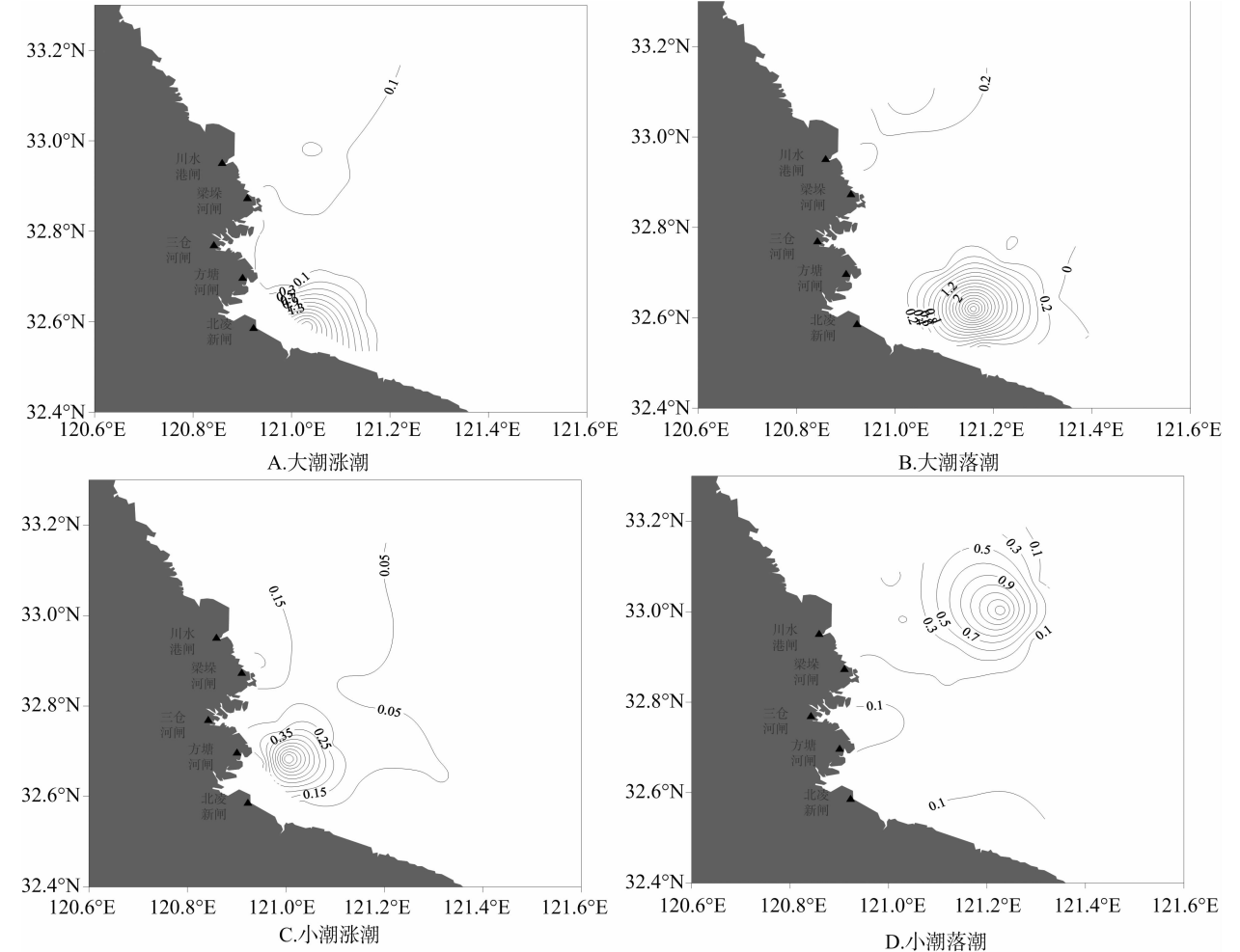


图3 不同潮水间的富营养化指数分布情况

尽管本次调查中绝大多数站位并没有处于富营养化状态,但根据调查结果可知,条子泥海域的无机氮含量相对较高,即其中的氮含量相对过剩,具有一种潜在性。因此,为了更加准确地评价条子泥海域的富营养化状态,采用郭卫东等提出的基于氮磷比的一种新的富营养化分级标准及相应的评

价模式^[8]进一步评价营养级类型,其营养级划分原则见表 2。当氮磷比大于 30 时,划为磷限制海区;当氮磷比小于 8 时,划为氮限制海区。根据营养级划分原则,可见条子泥海域的氮磷比大于 30,即条子泥海域属于磷限制海域。

表 2 潜在性富营养化评价模式营养级的划分原则

级别	营养级	无机氮含量 (mg/L)	无机磷含量 (mg/L)	氮磷比
I	贫营养	<0.2	<0.03	8~30
II	中度营养	0.2~0.3	0.03~0.045	8~30
III	富营养	>0.3	>0.045	8~30
IVP	磷限制中度营养	0.2~0.3		>30
VP	磷中等限制潜在性富营养	>0.3		30~60
VIP	磷限制潜在性富营养	>0.3		>60
IVN	氮限制中度营养		0.03~0.045	<8
VN	氮中等限制潜在性富营养		>0.045	4~8
VIN	氮限制潜在性富营养		>0.045	<4

3 结论

本研究结果显示,条子泥近岸海域的无机氮含量都处于较高水平,大部分超过了富营养化标准的上限(DIN 为 0.3 mg/L),最高值达到了富营养化标准上限的 12.7 倍,说明 DIN 是条子泥近岸海域的主要环境污染物之一。磷含量相对较低,可能是由于浮游植物经过夏季生长和繁殖的旺盛时期,消耗掉大量营养盐。近几十年来,化肥使用中氮肥过量,而磷肥与钾肥不足,地表径流把未被利用的过量氮肥汇入河水,导致氮盐从河流径流得到较多的补充;而磷酸盐从河流径流中的补充有限,从而出现氮磷比较高。这种情况在辽东湾、莱州湾和渤海湾等海区也比较常见^[9-11]。

浮游植物对氮和磷的吸收是按照 16:1 的恒定比例进行的^[12]。因此,当海水中的氮磷比不符合这一比例时,会使某个要素(氮或磷)成为浮游植物生长的限制因子,而另外的一个要素(磷或氮)则相对过剩。过剩的营养盐会提高海区的营养化水平,且不能被浮游植物所利用,因此被看作具有一种潜在性。当水体在得到适量的磷(对磷限制水体而言)或氮(对氮限制水体而言)的补充时,使氮磷比接近 Redfield 值(16:1),其对富营养化的贡献才能真正体现出来,这种现象被称为潜在性富营养化^[8]。条子泥围垦海域恰恰是处于磷限制潜在性富营养化的状态。如果得到磷的补充,会大大加强富营养化水平。条子泥海域现有的滩涂植物如互花米草、芦苇、碱蓬等对氮、磷营养盐具有显著的截留效果,但在围垦后将失去作用^[13]。此外,条子泥围垦后,水产养殖会给海水中带进新的氮、磷污染。因此,在后续的围垦养殖过程中要注意营养盐的排放,特别是无机磷的排放,才能有效控制条子泥海域富营养化,避免对海洋生态系统的破坏。

参考文献:

[1]任美镔,许廷官,朱季文,等. 江苏省海岸带和海涂资源综合调查

(报告)[M]. 北京:海洋出版社,1986:112-120.
[2]张忍顺,陈才俊,曹琼英,等. 江苏岸外沙洲及条子泥并陆前景研究[M]. 北京:海洋出版社,1992.
[3]诸裕良,严以新,薛鸿超. 南黄海辐射沙洲形成发育水动力机制研究——Ⅰ. 潮流运动平面特征[J]. 中国科学:地球科学,1998,28(5):403-410.
[4]宋志尧,严以新,薛鸿超,等. 南黄海辐射沙洲形成发育水动力机制研究——Ⅱ. 潮流运动立面特征[J]. 中国科学:地球科学,1998,28(5):411-417.
[5]王 静,徐 敏,张益民. 滩涂围垦养殖的生态损益分析——以江苏条子泥滩涂围垦养殖为例南京师大学报:自然科学版,2012,35(2):113-119.
[6]陈应华,杨宇峰,焦念志. 海水养殖对浮游生物群落和水环境的影响[J]. 海洋科学,2001,25(10):20-22.
[7]邹景忠,董丽萍,秦保平. 渤海湾富营养化和赤潮问题的初步探讨[J]. 海洋环境科学,1983,2(2):41-54.
[8]郭卫东,章小明,杨逸萍,等. 中国近岸海域潜在性富营养化程度的评价[J]. 台湾海峡,1998,17(1):64-70.
[9]曲丽梅,姚 德,丛丕福. 辽东湾氮磷营养盐变化特征及潜在性富营养评价[J]. 环境科学,2006,27(2):263-267.
[10]万修全,吴德星,鲍献文,等. 2000 年夏季莱州湾主要观测要素的分布特征[J]. 中国海洋大学学报:自然科学版,2004,34(1):7-12.
[11]Wang X L, Cui Z G, Guo Q, et al. Distribution of nutrients and eutrophication assessment in the Bohai Sea of China[J]. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 2009, 27(1):177-183.
[12]Redfield A C. The biological control of chemical factors in the environment[J]. Science Progress, 1960, 11(46):150-170.
[13]欧维新,杨桂山,高建华. 盐城滩涂湿地对 N、P 营养物质的截留效应研究[J]. 湿地科学,2006,4(3):179-186.