

· 调查与评价 ·

# 江苏近岸海域富营养化现状评价与成因分析

姜晟<sup>1</sup>, 李俊龙<sup>2</sup>, 李旭文<sup>1</sup>, 张咏<sup>1</sup>, 牛志春<sup>1</sup>, 金焰<sup>1</sup>

(1. 江苏省环境监测中心, 江苏 南京 210036; 2. 中国环境监测总站, 北京 100012)

**摘要:**应用综合污染指数法和富营养化指数法评价了2010年度江苏近岸海域水质状况。结果表明,50%的海水水质测点已显现出不同程度的富营养化迹象;影响江苏近岸海域的首要污染物为无机氮和活性磷酸盐,二者污染分担率之和近50%;现阶段造成江苏近岸海域水体富营养化的主要因素来源于入海河流和直排海污染源的氮磷输入,与“十五”末相比,全省主要入海河流TN排放量增长约284%,TP排放量增长约451%。

**关键词:**近岸海域;富营养化;江苏

中图分类号:X55;X824 文献标识码:B 文章编号:1006-2009(2012)04-0026-04

## The Eutrophication Evaluation and Cause Analysis in Jiangsu Coastal Sea Area

JIANG Sheng<sup>1</sup>, LI Jun-long<sup>2</sup>, LI Xu-wen<sup>1</sup>, ZHANG Yong<sup>1</sup>, NIU Zhi-chun<sup>1</sup>, JIN Yan<sup>1</sup>

(1. Jiangsu Environmental Monitoring Center, Nanjing, Jiangsu 210036, China;

2. China National Environmental Monitoring Center, Beijing 100012, China)

**Abstract:** The research was carried for present environmental situation investigation in Jiangsu coastal area by using methods of Comprehensive Pollution Index and Eutrophication Index. The results showed that different levels of eutrophication were found on 50% monitoring sites. Inorganic nitrogen and activated phosphate were the main pollutants in sea waters of Jiangsu and contributed nearly 50% pollution. At present eutrophication was caused by land river contained nitrogen and phosphorus substances. The TN discharge increased to 284%, TP 451% from large rivers into the sea in Jiangsu province, which pollutants had grown remarkably than that had done at end of “the tenth five years planning”.

**Key words:** Coastal sea area; Eutrophication; Jiangsu

近几年来,江苏近岸海域环境质量状况总体保持稳定,但在陆源氮磷污染物长期输入累积的影响下,黄海近岸海域生态环境质量存在下滑风险<sup>[1]</sup>,海水富营养化问题日渐凸显<sup>[2]</sup>,局部海域赤潮、绿潮屡有发生,危害程度日益加大<sup>[3]</sup>。现对江苏近岸海域富营养化的现状、成因及趋势进行分析、评价<sup>[4]</sup>。

### 1 研究区概况

江苏沿海地区位于苏北沿海平原,黄海之滨,北起赣榆县绣针河口,南抵启东县长江口北岸,西至串场河、通榆公路以东一线,东至海滨滩涂,包括连云港、盐城、南通3市,海岸线长954 km,领海面积 $3.2 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,国土面积 $3.25 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,约占全

省国土面积的31.6%。自然条件相对复杂,发育有广阔、典型的淤泥质潮滩,同时分布着独特的辐射沙洲地形。气候属于亚热带季风区,受热带气旋和温带气旋双重影响,光照条件南部更好,水热条件北部更优。近海风速较大,风向存在明显的季节差异,冬季盛行东北风,夏季以东南风为主,且由陆向海风速呈增大趋势。

江苏沿海共有连云港、盐城、南通3个地级市,根据中国环境监测总站和全国近岸海域环境监测网的要求,每年对辖区内近岸海域环境质量、入海

收稿日期:2011-09-11;修订日期:2012-04-20

基金项目:2011年中国环境监测总站转型发展科研支撑项目

作者简介:姜晟(1983—),男,江苏南京人,助理,硕士,主要从事海洋环境监测与环境遥感监测。

河流河口水质及直排海污染源状况进行监督监测,截至 2010 年共布设近岸海域水质测点 24 个,分别为 JS001 ~ JS020, JS022 ~ JS023, KS025 ~ JS026; 入海河流水质监测断面 31 个,监控直排海污染源排污口 22 家,其中,连云港境内布设海水水质测点 14 个,盐城、南通 2 市各 5 个,见图 1。

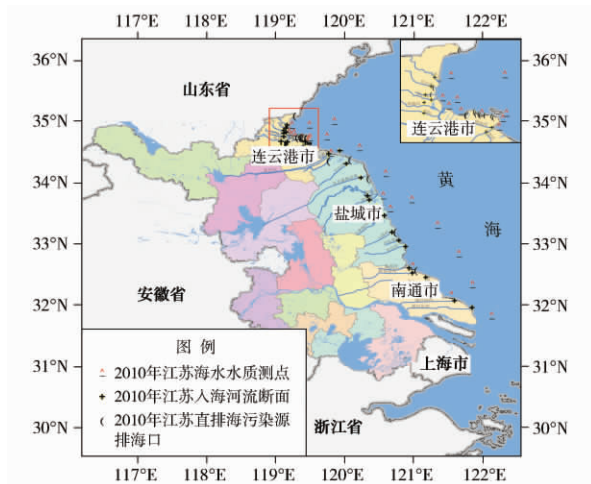


图 1 江苏近岸海域环境监测点位

Fig.1 Environmental monitoring sites in Jiangsu coastal area

## 2 现状评价

### 2.1 综合污染指数评价

根据文献 [5] 及水环境质量评价规范,采用综合污染指数法对江苏近岸海域主要污染物和污染程度进行分析评价。

$$P_i = \frac{C_i}{C_0} \quad (1)$$

$$\bar{P} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \quad (2)$$

其中: DO 污染指数  $P_i = \begin{cases} 0 & C_i \geq 8 \\ 2 - C_i/4 & 4 < C_i < 8 \\ 5 - C_i & C_i \leq 4 \end{cases} \quad (3)$

式中:  $C_i$ ——第  $i$  项污染物的实测值,  $\text{mg/g}$ ;  
 $C_0$ ——第  $i$  项污染物的标准值,  $\text{mg/g}$ ;  
 $P_i$ ——第  $i$  项污染物的污染指数;  
 $n$ ——参与评价的污染物项数;  
 $\bar{P}$ ——综合污染指数(均值型)。

通过污染分担率来确定主要污染物及所占比例。

$$K_i = \frac{P_i}{P} \quad (4)$$

式中:  $P$ ——综合污染指数;  
 $P_i$ ——第  $i$  项污染物的污染分指数;  
 $K_i$ ——第  $i$  项污染物的污染分担率。

水质污染程度划分依据见表 1,在采用同一种类别标准进行同类水域水质评价时,可用此标准计算综合污染指数(均值型),划分水体污染程度相对等级。

表 1 水质污染程度分级标准

Table 1 The level standard of water pollution

污染指数( $\bar{P}$ )	污染级别	分级参考依据
<0.2	清洁	多数项目未检出,个别项目检出在标准以内
0.2 ~ 0.4	尚清洁	平均值均在标准内,个别项目接近标准
0.4 ~ 0.7	轻污染	个别项目平均值超过标准
0.7 ~ 1.0	中污染	2 个项目平均值超过标准
1.0 ~ 2.0	重污染	相当一部分项目平均值超过标准
>2.0	严重污染	相当一部分项目平均值超过标准数倍甚至几十倍

根据《海水水质标准》(GB 3097-1997),选择 DO、COD、无机氮、活性磷酸盐、Hg、Cd、Pb、Cu、Zn 和石油类 10 项主要指标参与评价。2010 年度江苏近岸海域海水综合污染指数评价结果见表 2。

表 2 2010 年度江苏近岸海域海水综合污染指数评价结果<sup>①</sup>

Table 2 The evaluation result with the Comprehensive Pollution Index in Jiangsu coastal area at the year of 2010<sup>①</sup>

监测项目	DO	COD	无机氮	活性磷酸盐	Hg	Cd	Pb	Cu	Zn	石油类
全省均值 $C_i / (\text{mg} \cdot \text{g}^{-1})$	8.03	1.29	0.245	0.020	0.016 25	0.262	1.092	0.826	22.674	0.018
标准值 $C_0 / (\text{mg} \cdot \text{g}^{-1})$		3.00	0.300	0.030	0.200 00	5.000	5.000	10.000	50.000	0.050

续表

监测项目	DO	COD	无机氮	活性磷酸盐	Hg	Cd	Pb	Cu	Zn	石油类
污染指数 $P_i$	0.00	0.43	0.817	0.682	0.081 25	0.052	0.218	0.083	0.453	0.361
污染分担率 $K_i/\%$	0	14	26	21	3	2	7	3	14	11

①  $C_i$  和  $C_0$  中 Hg、Cu、Pb、Cd、Zn 单位为  $\mu\text{g/L}$ 。

由表 1、表 2 可见, 2010 年度江苏近岸海域综合污染指数(均值型)为 0.318, 污染级别为尚清洁, 各项参评水质指标年均值均在标准内, 但个别项目已接近标准值。影响江苏近岸海域的首要污染物为无机氮和活性磷酸盐, 二者污染分担率分别为 26% 和 21%, 累计近 50%。

## 2.2 富营养化指数评价

确定了氮、磷为现阶段影响江苏近岸海域海水水质的主要污染指标, 采用文献 [6] 提出的富营养化指数法评价其富营养化程度。

富营养化指数 ( $E$ ) =  $(C_{\text{COD}} \times C_{\text{DIN}} \times C_{\text{IP}}) \times 10^6 / 4\ 500$

式中:  $E$ ——富营养化指数;

$C_{\text{COD}}$ ——耗氧有机物;

$C_{\text{DIN}}$ ——无机氮;

$C_{\text{IP}}$ ——无机磷。

以富营养化指数  $E$  为评价指标, 若  $E \geq 1$ , 则表明水体富营养化;  $E$  值越高, 水体富营养化程度越严重, 见表 3。

表 3 2010 年度江苏近岸海域海水富营养化指数评价结果  
Table 3 The evaluation result with the Eutrophication Index in Jiangsu coastal area at the year of 2010

测点编号	$E$	测点编号	$E$	测点编号	$E$
JS001	0.285	JS009	0.761	JS016	0.575
JS002	0.352	JS010	0.548	JS017	1.488
JS003	1.866	JS011	0.704	JS018	0.810
JS004	4.022	JS012	0.291	JS019	0.560
JS005	2.284	JS013	2.021	JS020	2.491
JS006	4.081	JS026	0.863	JS022	0.913
JS007	0.216	JS014	2.844	JS023	2.350
JS008	2.224	JS015	2.467	JS025	1.378

由表 3 可见, 2010 年度江苏近岸海域富营养化指数均值为 1.516, 表明水体已经存在一定程度的富营养化现象, 24 个海水水质测点中有 12 个富营养化指数  $E \geq 1$ , 占到测点总数的 50%。其中, 连云港市富营养化测点比例约为 43%, 盐城、南通 2

市则均为 60%。在空间分布上也呈现出一定的区域分异性, 近岸测点富营养化程度普遍较高, 远海测点则相对较低, 入海河口附近富营养化程度较高, 而其他地区相对较低。

## 3 成因与趋势分析

长期以来, 近岸海域作为陆源污染的主要受体, 承载了巨大的环境压力, 并且伴随国民经济的不断发展还存在进一步加剧的可能<sup>[7]</sup>。而陆源输入尤其是入海河流和直排海污染源的直接输入一直是影响江苏近岸海域海水水质和富营养化程度的主要因素。

“十一五”以来, 江苏主要入海河流氮磷污染物排放量总体均呈上升势头。2009 年受国际金融危机影响, 部分企业关停并转, 污染物入海量略有回落。但 2010 年伴随经济发展的迅速复苏和沿海开发战略的逐步落实, 又呈现较为明显的上升态势。历年监测数据表明, “十五”末全省主要入海河流 TN 排放量约为 2.01 万 t, 至“十一五”末已增至 7.69 万 t, 同比增长约 284%; 同期 TP 排放量由 0.11 万 t 增至 0.62 万 t, 增幅达 451%, 见图 2(a)(b)。

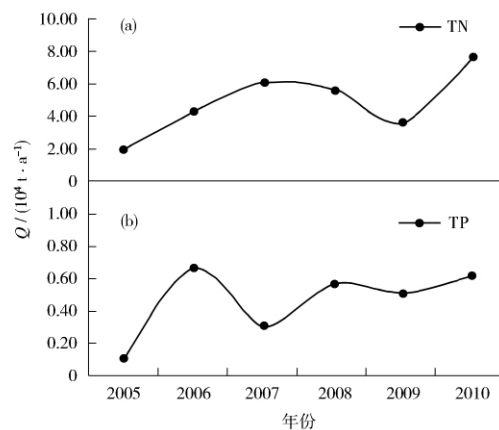


图 2 2005 年—2010 年江苏主要入海河流 TN、TP 排放量变化趋势

Fig. 2 The TN and TP discharge tendency of main entering-sea rivers in Jiangsu province from the year 2005 to 2010

沿海各市所属的工业、生活和市政综合类直排海污染源也是造成江苏近岸海域氮磷污染和富营养化问题的潜在因素之一。根据对全省日排放量  $>100 \text{ m}^3$  直排海污染源的调查与监测结果,各类排污单元排口数由“十五”末的 11 个增至“十一五”末的 22 个,2010 年度 TN 年排放量由 181.64 t 增至 295.81 t; TP 年排放量由 8.36 t 增至 25.0 t。见图 3(a)(b)。

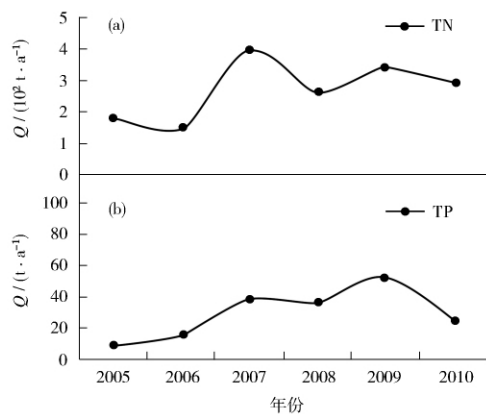


图3 2005年—2010年江苏主要直排海污染源 TN、TP 排放量变化趋势

Fig. 3 The TN and TP discharge tendency of main entering-sea pollution sources in Jiangsu province from the year 2005 to 2010

从陆源污染构成来看,入海河流所携带的氮磷污染物总量占 99% 以上,直排海污染源的贡献率和影响范围相对有限,但随着江苏国民经济的持续发展和沿海开发战略的逐步落实,各地直排海污染源的数量在“十二五”期间可能出现较大幅度增长,污染物入海总量和份额也存在进一步上升的趋势。在入海河流和直排海污染源污染物逐年排放的压力影响下,江苏近岸海域的环境承载力与自净力将面临考验,生态风险不容忽视。

近 2 年的监测结果表明,受水体富营养化及其他因素影响,黄海海域 5 月—7 月曾多次发生浒苔

聚集和暴发<sup>[8-9]</sup>,分布范围大致在盐城以北、连云港以东、青岛日照以南海域,范围从几十到几百平方公里,已引起了政府部门和社会各界的广泛关注。

#### 4 结论

(1) 至“十一五”末,江苏近岸海域污染级别为尚清洁,各项参评水质指标年均值均在标准内,但个别项目已接近标准值;影响江苏近岸海域的首要污染物为无机氮和活性磷酸盐,二者污染分担率之和将近 50%。

(2) 2010 年度江苏近岸海域富营养化指数均值为 1.516,50% 的海水水质测点已显现出不同程度的富营养化迹象。

(3) 现阶段造成江苏近岸海域水体富营养化的主要因素来源于入海河流和直排海污染源的氮磷输入,与“十五”末相比,全省主要入海河流 TN 排放量增长约 284%; TP 排放量增长约 451%。

#### [参考文献]

- [1] 黄卫,沈红军,张涛. 江苏省“十一五”环境质量状况及成因分析[J]. 环境监测管理与技术,2011,23(6):40-47.
- [2] 崔文连,刘静,谭培功,等. 青岛市前海一线海域水质评价与水质改善措施研究[J]. 中国环境监测,2008,24(3):88-91.
- [3] 张建辉,夏新,刘雪芹,等. 赤潮研究的现状与展望[J]. 中国环境监测,2002,18(2):20-25.
- [4] 王斌,张震. 天津近岸海域水污染评价[J]. 环境监测管理与技术,2011,23(2):28-31.
- [5] 国家海洋局. 海洋监测规范[M]. 北京:海洋出版社,1991.
- [6] 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.
- [7] 丁程成,张咏. 江苏近岸海域水环境质量状况及主要污染因子研究[J]. 环境科技,2009,22(1):52-54.
- [8] 夏斌,马绍赛,崔毅,等. 黄海绿潮(浒苔)暴发区温盐、溶解氧和营养盐的分布特征及其与绿潮发生的关系[J]. 渔业科学进展,2009,30(5):94-101.
- [9] 李德萍,杨育强,董海鹰,等. 2008 年青岛海域浒苔大爆发天气特征及成因分析[J]. 中国海洋大学学报,2009,39(6):1165-1170.

#### · 启示 ·

#### 敬告读者·作者

本刊自 2013 年起定价变更为 12.00 元/期,双月刊,全年 6 期,定价为 72.00 元。全国各地邮局均可订阅。热忱欢迎新、老订户订阅。