

灌河和射阳河水质状况分析及 主要污染物入海量估算

马洪瑞^{1,2} 陈聚法^{2*} 崔毅² 赵俊² 马绍赛² 杨凤¹

(¹大连海洋大学生命科学与技术学院, 116023)

(²农业部海洋渔业资源可持续利用重点开放实验室, 山东省渔业资源与生态环境重点实验室,
中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

摘要 依据 2004~2008 年灌河和射阳河水质和径流量监测资料, 采用内梅罗(Nemerow)指数法对两条河流水质状况进行了评价。通过对水质和径流量资料的统计分析, 估算了灌河和射阳河主要污染物的年入海量, 并据此分析了污染物入海对海域水环境的影响以及与近年黄海西南部浒苔 *Enteromorpha prolifera* 暴发的关系。结果显示, (1)2004~2008 年灌河水质状况良好, 但水质污染指数呈逐年升高趋势; 2005 和 2007 年射阳河水质为轻污染, 其余年份水质为清洁。(2)不同年份灌河和射阳河年入海径流量差异较大, 其变化范围: 灌河在 $15.72 \times 10^8 \sim 41.93 \times 10^8 \text{ m}^3$, 射阳河在 $28.74 \times 10^8 \sim 59.96 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。(3)2004~2008 年灌河和射阳河主要污染物(COD_{Mn}、BOD₅、氨氮和挥发酚)年入海量均值分别为 18 794.87 t 和 43 919.24 t, 其中 COD_{Mn} 和 BOD₅ 的入海量起主导作用, 占主要污染物年入海量的 89% 以上。(4)灌河和射阳河污染物入海对海域水环境产生了明显影响, 并与近年黄海西南部浒苔暴发存在一定关联。

关键词 灌河 射阳河 径流量 污染物入海量

中图分类号 X522 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2010)03-0092-08

Analysis of water quality and assessment of major pollutants input to the sea from the Guan River and Sheyang River

MA Hong-rui^{1,2} CHEN Ju-fa^{2*} CUI Yi²
ZHAO Jun² MA Shao-sai² YANG Feng¹

(¹College of Life Sciences and Biotechnology, Dalian Ocean University, 116023)

(²Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fisheries Resource, Ministry of Agriculture,
Shandong Provincial Key Laboratory of Fishery Resources and Ecological Environment, Yellow Sea Fisheries Research Institute,
Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

ABSTRACT According to the monitoring data of water quality and runoff volume of the Guan River and Sheyang River from 2004 to 2008, water quality assessment was done using Nemerow pollution index method and the volume of major pollutants entered the sea was as-

青岛市科技计划项目(08-1-7-6-hy)和国家科技支撑计划项目(2008BAC49B04)共同资助

* 通讯作者。E-mail: chenjf@ysfri.ac.cn, Tel: (0532)85836341

收稿日期: 2009-12-03; 接受日期: 2010-01-12

作者简介: 马洪瑞(1984-), 女, 硕士研究生, 主要从事海洋渔业生态环境研究。E-mail: mahongruik@163.com, Tel: (0532)85836341

essed. Based on the research results, the influence of the pollutants on the coastal marine environment was studied, and the relationship between the change of pollutant volume and the outbreak *Enteromorpha prolifera* in the central and southern Yellow Sea was also analyzed. The results showed that the water quality of Guan River was good from 2004 to 2008, but the pollution index showed an upgrade tendency. The water in Sheyang River was slightly polluted in 2005 and 2007, while the water quality was good in 2004, 2006 and 2008. The runoff volume of the Guan River and Sheyang River varied obviously from 2004 to 2008, which were $15.72 \times 10^8 \text{ m}^3$ to $41.93 \times 10^8 \text{ m}^3$ and $28.74 \times 10^8 \text{ m}^3$ to $59.96 \times 10^8 \text{ m}^3$, respectively. The mean annual total volume of main pollutants(COD_{Mn} , BOD_5 , $\text{NH}_4\text{-N}$ and phenol) entered the sea from the Guan River and Sheyang River were 18,794.87 t and 43 919.24 t, respectively. The volume of COD_{Mn} and BOD_5 accounted for over 89% from 2004 to 2008 and both were the leading factors. The pollutants entered the sea from the Guan River and the Sheyang River had effected the coastal marine environment obviously, and had been related to the breaking out of *Enteromorpha prolifera* in the central and southern Yellow Sea in recent years.

KEY WORDS Guan River Sheyang River Runoff volume
Total riverine input of pollutants to the sea

2004~2007 年间,海州湾共发生了 8 次赤潮,并且发生的始发时间呈提早趋势,同时具有持续时间延长,范围扩大的趋势。其中 2005 年 9 月发生的赤潮为海州湾赤潮监控区设立以来规模最大的一次,面积超过 1 000 km^2 ,并且赤潮灾害影响到沿岸增殖区,造成的养殖直接经济损失超过了 500 万元。调查显示,江苏省近岸污染区域主要集中在灌河口至长江口北支近岸海域,而且陆源污染物已是导致近岸海域环境和生态损害并最终导致海水富营养化的主要原因(钱 燕等 2008)。研究表明,陆源污染物主要是通过江河径流进入近岸海域(刘亚林等 2006)。因此,监测重要入海河流的水质和估算主要污染物入海量对有效控制近岸海域污染、保护生态环境具有重要的意义。

2007~2009 连续 3 年黄海中西部暴发浒苔 *Enteromorpha prolifera* 绿潮灾害,浒苔大量抵岸后对海水养殖业产生了严重影响,造成了巨大经济损失。为了解浒苔暴发的成因,分析陆源污染物入海与浒苔暴发的关系是一项重要的研究内容。灌河和射阳河是流经江苏省境内的两条主要河流,也是黄海西岸两条重要的入海河流,其水质状况对流域水生态以及近岸海域环境有着重要的影响。黎 刚等(1999)对江苏省沿海地区 28 条入海河口进行了水量和水质监测,调查结果显示,灌河和射阳河等 5 条河流的营养盐和石油超标较严重。田惠娟等(2006)调查发现,1997~2005 年间,连云港近海海域水质呈逐年恶化趋势。窦长娥等(2007)对灌河口附近海域水质状况进行了调查,结果显示,氮、磷等营养盐含量超标。可见,这些调查主要集中在河口附近或近岸水域,但尚未见对灌河和射阳河水质状况分析及主要污染物入海量估算的报道。因此,本文对灌河和射阳河的水质进行分析,同时对主要污染物的入海量进行估算,可为分析浒苔暴发的成因提供技术支撑。

1 材料与方 法

1.1 水质和径流量资料

灌河和射阳河水质资料为 2004~2008 年逐月监测资料,监测指标包括 pH 值、溶解氧(DO)、化学需氧量(COD_{Mn})、生化需氧量(BOD_5)、氨氮、总磷、氟化物和挥发性酚。径流量资料为 2004~2008 年灌河和射阳河逐月径流量。水质资料来自江苏省连云港水环境监测中心,径流量资料来自江苏省连云港水文水资源勘测局。上述两家单位均获得《国家计量认证合格单位证书》,从而保证了资料的准确性和有效性。

灌河和射阳河流经江苏省境内,东入黄海(图 1),水质和径流量监测点分别位于灌河入海口附近的燕尾港和射阳河入海口附近的射阳河闸。

1.2 水质评价标准与方法

1.2.1 水质评价标准

由于灌河和射阳河水域环境功能主要为鱼虾类越冬场、洄游通道、水产养殖区等渔业水域,因此选择《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)(表 1)中的第Ⅲ类标准计算各项污染指标的分指数和综合污染指数,据此对灌河和射阳河水质状况进行评价。

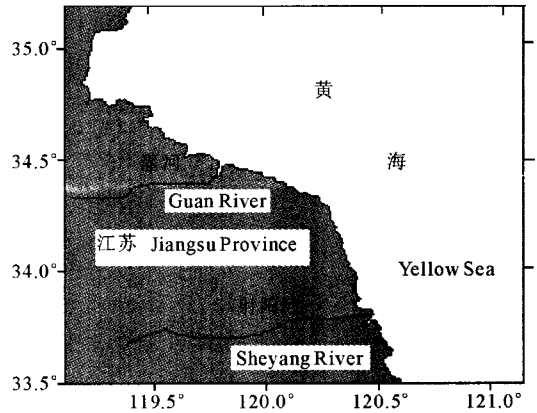


图 1 灌河和射阳河地理位置

Fig. 1 Location of the Guan River and Sheyang River

表 1 地表水环境质量标准基本项目标准限值(单位:mg/L, pH 无量纲)

Table 1 Standard limit on basic factors in Environment Quality Standards for Surface Water

项目 Item	类别 Class				
	I	II	III	IV	V
pH	6~9	6~9	6~9	6~9	6~9
溶解氧 DO	≥ 7.5	6	5	3	2
氨氮 NH ₄ -N	≤ 0.15	0.50	1.0	1.5	2.0
化学需氧量 COD _{Mn}	≤ 2	4	6	10	15
生化需氧量 BOD ₅	≤ 3	3	4	6	10
氟化物 Fluoride	≤ 0.005	0.05	0.2	0.2	0.2
总磷 TP	≤ 0.02	0.1	0.2	0.3	0.4
挥发酚 Phenol	≤ 0.002	0.002	0.005	0.01	0.1

1.2.2 水质评价方法

首先采用单因子评价法,以选定年均值分别与水质标准中各项指标进行对比,对超标项目计算出超标倍数,然后采用内梅罗(Nemerow)指数法对水质污染情况进行综合评价(雷衍之 2004)。

内梅罗(Nemerow)指数法计算公式如下:

$$P = \sqrt{\frac{P_{\max}^2 + \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i\right)^2}{2}} \quad P_i = \frac{C_i}{C_{oi}}$$

式中, P_i 为污染分指数, C_i 为某项污染指标实测值, C_{oi} 为某项污染指标评价标准值, P_{\max} 为水质参数中最大的污染分指数值。其中, pH 污染分指数计算公式为:

$$P_{pH} = \frac{7.0 - pH_i}{7.0 - pH_{s, \min}} \quad (pH_i \leq 7) \quad P_{pH} = \frac{pH_i - 7.0}{pH_{s, \max} - 7.0} \quad (pH_i \geq 7)$$

式中, $pH_{s, \min}$ 、 $pH_{s, \max}$ 分别为评价标准中规定的 pH 的下限和上限。溶解氧分指数计算公式为:

$P_i = 0$ (溶解氧 ≥ 8 mg/L), $P_i = 1 - (C_i - C_{oi}) / C_{oi}$ (溶解氧 4~8 mg/L), $P_i = 1 + (C_{oi} - C_i)$ (溶解氧 ≤ 4 mg/L)。

灌河和射阳河水质评价标准参照《内梅罗水质指数污染等级划分标准》(表 2)。

表2 内梅罗水质指数污染等级划分

Table 2 Degree of water pollution reflected by Nemerow pollution index

水质等级 Pollution degree	I 清洁 Clean	II 轻污染 Slightly polluted	III 污染 Polluted	IV 重污染 Seriously polluted	V 严重污染 Severely polluted
<i>P</i>	<1	1~2	2~3	3~5	>5

1.3 污染物入海量估算

径流量分季和年统计,季度径流量为每个季度各月径流量之和,年度径流量为12个月径流量之和。污染物入海量按公式: $Q = q \times c$ 计算。式中, q 表示某一时期(月、季或年)的径流量, c 表示某一污染物相应时期的浓度(马绍赛等 2004)。由于水质和径流量监测点位于灌河和射阳河入海口附近,因此估算污染物入海量时,假设污染物浓度入海前不再发生变化。

2 结果

2.1 灌河和射阳河水质评价

采用内梅罗指数法对灌河和射阳河水质污染状况进行评价,评价结果显示,2004~2008年灌河水质等级均为I,水质为清洁,没有超标因子,但水质污染指数呈逐年升高趋势。2005和2007年射阳河水质等级为II,水质为轻污染,主要污染物为氨氮和挥发酚;2004、2006和2008年水质等级为I,水质为清洁。2004~2008年射阳河水质污染指数在0.77~1.13,平均值为0.91;而灌河在0.61~0.70,平均值为0.66(表3)。由此可见,射阳河水质污染程度较灌河严重。

表3 灌河和射阳河水质污染现状评价

Table 3 The water pollution degree of the Guan river and Sheyang River

河流 River	项目 Item	年份 Year				
		2004	2005	2006	2007	2008
灌河 Guan River	超标因子 Factors above limit	—	—	—	—	—
	超标倍数 Folds above limit	—	—	—	—	—
	水质指数 Pollution index	0.61	0.65	0.67	0.70	0.68
	水质等级 Pollution degree	I	I	I	I	I
射阳河 Sheyang River	超标因子 Factors above limit	—	NH ₄ -N, Phenol	—	NH ₄ -N	—
	超标倍数 Folds above limit	—	0.19, 0.40	—	0.27	—
	水质指数 Pollution index	0.86	1.13	0.77	1.00	0.77
	水质等级 Pollution degree	I	II	I	II	I

2.2 灌河和射阳河年入海径流量及其变化

灌河和射阳河年入海径流量年际变化曲线呈波浪式起伏(图2),灌河入海径流量以2005年最高,达 $41.93 \times 10^8 \text{ m}^3$;2006年最低,径流量为 $15.72 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。射阳河年入海径流量以2004年最低,为 $28.74 \times 10^8 \text{ m}^3$;2005年达到最高,为 $59.96 \times 10^8 \text{ m}^3$;2006~2008年基本维持在 $50 \times 10^8 \text{ m}^3$ 左右,变化幅度较小。统计结果表明,灌河平均年入海径流量显著小于射阳河,仅占射阳河的53.68%。

2.3 灌河主要污染物入海量及其变化

COD_{Mn}通常是最重要的水体有机污染指标,灌河 COD_{Mn} 平均年入海量为 12 833.34 t,最高年份达 20 486.90 t,在污染物中占首位;BOD₅ 平均年入海量为 4 716.38 t,最高年份达 5 969.70 t,在污染物中占第 2 位;氨氮平均年入海量为 1 242.62 t,最高年份达 2 880.00 t,在污染物中占第 3 位;挥发酚平均年入海量为 2.81 t,在污染物中所占比重甚微。灌河主要污染物平均年入海量为 18 795.14 t,最高年份达到 27 315.38 t。其中 COD_{Mn} 和 BOD₅ 的入海量起主导作用,占总量的 93.98%。从年际变化看,灌河主要污染物年入海量年际差异明显,其中 2005 年最高,2007 年次之,2006 年最低(表 4)。

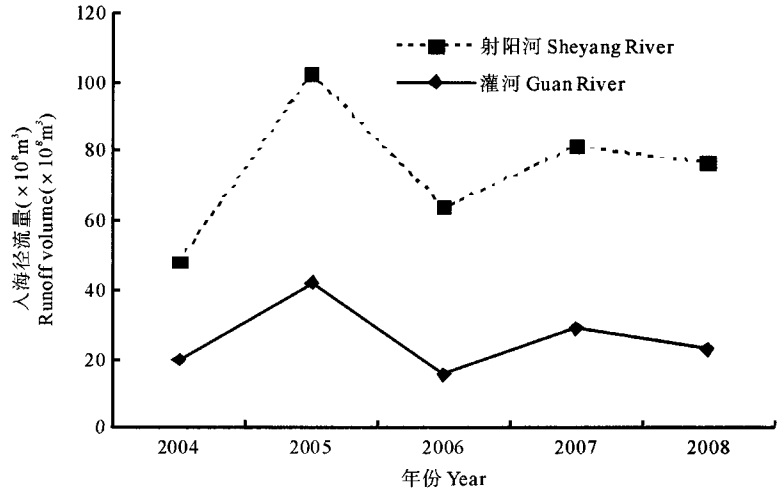


图 2 灌河和射阳河入海径流量的年际变化
Fig. 2 Annual variation on runoff volume of the Guan River and Sheyang River

表 4 灌河主要污染物入海量(t)

Table 4 The main pollutants volume (t) entered the sea from the Guan River

年份 Year	COD _{Mn}	BOD ₅	氨氮 NH ₄ -N	总磷 TP	氟化物 Fluoride	挥发酚 Phenol	合计 Total
2004	8 968.80	3 210.00	712.41	—	—	1.76	12 892.97
2005	20 486.90	5 969.70	857.23	—	—	1.55	27 315.38
2006	7 578.30	3 420.30	386.91	—	—	2.06	11 387.57
2007	14 604.60	5 779.50	2 880.00	618.38	1 851.03	7.31	23 271.41
2008	12 528.10	5 202.40	1 376.53	396.62	1 712.23	1.35	19 108.38

注:合计不包括总磷、氟化物 Note:TP and fluoride are not included in the total

2.4 射阳河主要污染物入海量及其变化

射阳河 COD_{Mn} 平均年入海量为 27 354.28 t,最高年份达 34 803.80 t,与灌河相同,在污染物中占首位;BOD₅ 平均年入海量为 12 111.66 t,最高年份达 14 273.90 t,在污染物中占第 2 位;氨氮平均年入海量为 4 437.63 t,最高年份达 7 074.23 t,在污染物中占第 3 位;挥发酚平均年入海量为 15.66 t,是灌河的 5.58 倍,但在污染物中所占比重仍然很低。射阳河平均年污染物入海总量为 43 919.24 t,最高年份达到 53 117.79 t,其中 COD_{Mn} 和 BOD₅ 的入海量仍起主导作用,约占年平均总量的 89.86%。从年际变化看,射阳河污染物年入海量以 2005 年最高,2004 年最低,2006~2008 年较为稳定(表 5)。

表 5 射阳河主要污染物入海量(t)

Table 5 The main pollutants volume (t) entered the sea from the Sheyang River

年份 Year	COD _{Mn}	BOD ₅	氨氮 NH ₄ -N	总磷 TP	氟化物 Fluoride	挥发酚 Phenol	合计 Total
2004	15 757.20	8 403.90	2 009.43	—	—	12.40	26 182.93
2005	34 803.80	12 682.70	5 599.88	—	—	31.41	53 117.79
2006	26 858.00	14 273.90	3 568.70	—	—	14.81	44 715.41
2007	29 773.80	11 065.70	7 074.23	725.31	2 429.98	13.71	47 927.44
2008	29 578.60	14 132.10	3 935.93	940.10	3 795.90	5.98	47 652.61

注:合计不包括总磷、氟化物 Note:TP and fluoride are not included in the total

2.5 主要污染物入海量与径流量的关系

射阳河与灌河比较,射阳河平均年污染物入海量是灌河的 2.34 倍,入海径流量是灌河的 1.88 倍。由此可见,射阳河主要污染物平均浓度要高于灌河。统计分析表明,2004~2008 年灌河和射阳河污染物入海量与径流量呈正相关关系。径流量高的年份污染物的入海量大,径流量低的年份污染物的入海量小(表 6)。灌河污染物入海量与径流量的关系式为: $y=0.0014x-1.1646$, $R^2=0.8952$;射阳河二者关系式为: $y=0.0011x-1.5468$, $R^2=0.9921$ 。其中, y 代表污染物入海量(t), x 代表径流量($\times 10^8 \text{ m}^3$)。

表 6 径流量($\times 10^8 \text{ m}^3$)与污染物入海量(t)

Table 6 The runoff volume ($\times 10^8 \text{ m}^3$) and pollutants volume (t) entered the sea

河流 River	项目 Item	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年
灌河 Guan River	径流量 Runoff volume	19.52	41.93	15.72	28.72	22.90
	污染物入海量 Pollutants volume	12 892.97	27 315.38	11 387.57	23 271.41	19 108.38
射阳河 Sheyang River	径流量 Runoff volume	28.74	59.96	47.74	52.57	53.25
	污染物入海量 Pollutants volume	26 182.93	53 117.79	44 715.41	47 927.44	47 652.61

3 结语和讨论

3.1 灌河和射阳河水质状况

灌河 2004~2008 年水质等级均为 I,水体清洁,但水质污染指数呈逐年升高趋势。射阳河 2005 和 2007 年水质等级为 II,水体遭受轻度污染,主要污染物为氨氮和挥发酚;2004、2006 和 2008 年水质等级为 I,水体清洁。2004~2008 年射阳河水质污染指数均值为 0.91,灌河为 0.66,表明射阳河水质污染程度较灌河严重。

3.2 灌河和射阳河入海径流量

2004~2008 年灌河年入海径流量变化在 $15.72 \times 10^8 \sim 41.93 \times 10^8 \text{ m}^3$,以 2005 年最高,2006 年最低;射阳河年入海径流量变化在 $28.74 \times 10^8 \sim 59.96 \times 10^8 \text{ m}^3$,以 2005 年最高,2004 年最低。统计结果表明,灌河平均年入海径流量显著小于射阳河,仅占射阳河的 53.68%。

3.3 灌河和射阳河主要污染物入海量以及与径流量的关系

2004~2008 年灌河主要污染物年入海量变化在 11 387.57~27 315.38 t,平均值为 18 795.14 t,以 2005 年最高,2007 年次之,2006 年最低。在主要污染物中,COD_{Mn} 和 BOD₅ 的入海量起主导作用,占总量的 93.98%。

2004~2008 年射阳河主要污染物年入海量变化在 26 182.93~53 117.79 t,平均值为 43 919.24 t,以 2005 年最高,2007 年次之,2004 年最低。与灌河相同,COD_{Mn} 和 BOD₅ 的入海量起主导作用,占总量的 89.86%。

统计分析表明,2004~2008 年灌河和射阳河主要污染物入海量与径流量呈显著正相关关系。

3.4 河流污染物入海对近岸海域生态环境的影响分析

大量陆源污染物通过河流入海是海洋环境污染的重要来源之一,虽然河流输入的营养盐为海洋生物的繁殖、生长提供了重要的物质基础,有利于海洋生物的生长和繁殖(丁贤荣等 2003),但若对陆源污染物入海不加以控制,可能引起近岸水域富营养化,发生赤潮(崔毅等 2005;夏斌等 2009),最终可能导致生态系统破坏,严重影响近岸海域生态环境质量,其中对渔业资源危害最大,尤其对海洋生物早期生命阶段有致命的影响(曲克明等 2003)。2004 至 2008 年间,虽然灌河水体处于清洁状态,但水质污染指数基本呈逐年升高的趋

势,说明水质存在恶化的可能性。调查结果显示,灌河主要污染物入海对连云港海岸带环境产生了较大影响(周立等 2006),因此,对灌河水体污染物含量的控制仍不容忽视。2005和2007年,射阳河为轻度污染,其他年份水质虽为清洁,但水质指数均接近1.00,而且年污染物入海量除2004年较低外,其他年份均超过了40 000 t,由此可见射阳河污染程度较灌河要严重。2008年黄海中南部浒苔分布区环境调查结果表明,射阳河和灌河入海口邻近海域营养盐和COD的含量明显高于周围海域(夏斌等 2009),这与两条河流的径流携带污染物入海显著相关。因此,为了保护流域和近岸海域生态环境,应对射阳河和灌河有侧重地进行整治,从而达到减少陆源污染物入海量的目的。

3.5 陆源污染物入海与浒苔暴发的关系分析

除长江外,灌河和射阳河是黄海中南部两条代表性入海河流,其污染物入海量及其变化在一定程度上反映了该海域陆源污染物的入海状况。下面根据灌河和射阳河主要污染物入海量估算结果以及文献资料(江苏省海洋与渔业局 2005~2009),结合近年黄海中南部浒苔暴发情况分析陆源污染物入海与浒苔暴发的关系。

氮为植物细胞生长所需的重要营养盐之一,浒苔等大型海藻能利用的氮素形态为氨态氮(NH_4^+-N)、硝酸态氮(NO_3^--N)及亚硝酸态氮(NO_2^--N)等可溶性无机氮。大型海藻体内氮含量多在0.5%~6.5% DW之间(DeBoer 1981),不同种类间差异较大,研究发现浒苔藻体的氮含量为1.59% DW(Fujita 1985)。磷在生物体内是构成核酸、蛋白质、膜、副酵素等细胞内重要结构的元素,许多生理代谢途径的初产物含有磷,最重要的是扮演能量的传递者(Lobban *et al.* 1994)。藻类可以利用的是无机磷形态,缺磷会造成海藻生长代谢受阻。研究发现,在充足的营养盐栽培条件下浒苔藻体的磷含量可达0.75% DW(Bjornsater *et al.* 1990)。由此可见,氨氮和活性磷酸盐等无机营养盐均是浒苔生长繁殖所需的主要营养物质,浒苔对无机氮的吸收量要大于对磷的吸收量,氮、磷营养盐入海量的多寡直接影响海域浒苔的生物量。

对2004~2008灌河和射阳河营养盐和有机污染物入海量进行统计,发现两条河流主要污染物年入海量,2007~2008年均值明显高于2004~2006年均值。其中灌河 COD_{Mn} 、 BOD_5 、氨氮、挥发酚等4项污染物年入海量,2007~2008年均值为21 190.63 t,2004~2006年均值为17 198.64 t;射阳河 COD_{Mn} 、 BOD_5 、氨氮、活性磷酸盐、挥发酚等5项污染物年入海量,2007~2008年均值为48 297.03 t,2004~2006年均值为41 715.38 t。除射阳河挥发酚外,其余各单项污染物的年入海量也具有相同的变化趋势(表7、表8)。

表7 灌河主要污染物年入海量均值

Table 7 Annual average volume of major pollutants entered the sea from the Guan River

年份 Year	年入海量均值 Average(t)				
	COD_{Mn}	BOD_5	氨氮 NH_4^+-N	挥发酚 Phenol	总量 Total
2004~2006	12 344.67	4 200.00	652.18	1.79	17 198.64
2007~2008	13 566.35	5 490.95	2 128.27	4.33	21 189.90

表8 射阳河主要污染物入海量均值

Table 8 Annual average volume of major pollutants entered the sea from the Sheyang River

年份 Year	年入海量均值 Average(t)					
	COD_{Mn}	BOD_5	氨氮 NH_4^+-N	活性磷酸盐 PO_4^--P	挥发酚 Phenol	总量 Total
2004~2006	25 806.33	11 786.83	3 726.00	376.67	19.54	41 715.38
2007~2008	29 676.20	12 598.90	5 505.08	507.00	9.85	48 297.03

在上述污染指标中,氨氮和活性磷酸盐对浒苔生长繁殖影响最大。从灌河和射阳河氨氮和活性磷酸盐年入海量的变化看,灌河2007~2008年氨氮年入海量均值为2 128.27 t,显著高于2004~2006年的652.18 t。

同样,射阳河2007~2008年氨氮和活性磷酸盐年入海量均值分别为5 505.08 t和507.00 t,也明显高于2004~2006年的3 726.00 t和376.67 t。

另外,对不同年份5~8月灌河和射阳河氨氮、活性磷酸盐入海量进行统计发现:灌河和射阳河合计,2007和2008年5~8月氨氮入海量分别为5 807.01 t和2 615.90 t,明显高于2004~2006年同期的718.84~2 447.41 t。同样,射阳河2007和2008年5~8月活性磷酸盐入海量分别为257.43 t和195.11 t,也明显高于2004~2006年同期的85.61~139.94 t。

与浒苔的暴发年份和暴发期对照,发现2007~2008连续两年5~8月黄海东南部暴发浒苔灾害(乔方利等2008),而2004~2006年未出现浒苔暴发现象。这说明,2007~2008年黄海东南部氮、磷营养盐和其他陆源污染物入海量的增加,为浒苔生长繁殖提供了有利的环境条件,为浒苔暴发的重要影响因素之一。

参 考 文 献

- 丁贤荣,张 鹰. 2003. 江苏海域水环境要素分析——江苏海域环境质量分析之二. 海洋科学,27(2):8~13
- 马绍赛,幸福言,崔 毅,乔向英. 2004. 黄河和小清河主要污染物入海量的估算. 海洋水产研究,25(5):47~51
- 江苏省海洋与渔业局. 2005. 2004年江苏省海洋环境质量公报. 南京:江苏省海洋与渔业局,7
- 江苏省海洋与渔业局. 2006. 2005年江苏省海洋环境质量公报. 南京:江苏省海洋与渔业局,11
- 江苏省海洋与渔业局. 2007. 2006年江苏省海洋环境质量公报. 南京:江苏省海洋与渔业局,12
- 江苏省海洋与渔业局. 2008. 2007年江苏省海洋环境质量公报. 南京:江苏省海洋与渔业局,10
- 江苏省海洋与渔业局. 2009. 2008年江苏省海洋环境质量公报. 南京:江苏省海洋与渔业局,7
- 田慧娟,葛修军,吕海滨. 2006. 连云港近海海域水质状况调查与评价. 环境科学与管理,31(9):164~167
- 乔方利,马德毅,朱明远,李瑞香,臧家业,于洪军. 2008. 2008年黄海浒苔暴发的基本状况与科学应对措施. 海洋科学进展,26(3):409~410
- 刘亚林,刘洁生,俞志明,韩笑天,白 洁,王 璐,邹景忠. 2006. 陆源输入营养盐对赤潮形成的影响. 海洋科学,30(6):66~72
- 曲克明,陈民山,马绍赛,幸福言. 2003. 3种工业废水对牙鲆胚胎的毒性效应. 中国水产科学,10(2):155~159
- 周 立,陆小兰,江黔勇,王 晶. 2006. 连云港海岸带生态环境遥感分析与评价. 淮海工学院学报(自然科学版),15(4):63~67
- 国家环境保护总局. 2002.《地表水环境质量标准》(GB3838-2002). 北京:中国标准出版社,4
- 夏 斌,马绍赛,崔 毅,陈碧鹃,陈聚法,宋云利,毛玉洋,蒋增杰. 2009. 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. 渔业科学进展,30(5):94~101
- 夏 斌,张晓理,崔 毅,陈碧鹃,陈聚法,过 锋,张 艳,黄翠玲. 2009. 夏季莱州湾及附近水域理化环境及营养现状评价. 渔业科学进展,30(3):103~111
- 钱 燕,张 鹰,刘吉堂. 2008. 海州湾海域赤潮灾害与成因探讨. 海洋湖沼通报,3:191~196
- 崔 毅,陈碧鹃,陈聚法. 2005. 黄渤海海水养殖自身污染的评估. 应用生态学报,16(1):180~185
- 雷衍之. 2004. 养殖水环境化学. 北京:中国农业出版社,350~352
- 窦长娥,刘吉堂,路吉坤,吕海滨,田慧娟. 2007. 灌河口附近海域水质状况调查研究. 环境科学与管理,32(10):29~32
- 黎 刚,郝英群. 2002. 江苏省近岸海域环境质量状况及污染防治. 环境导报,1:25~26
- Bjornstater, B. R., and Wheeler, P. A. 1990. Effect of nitrogen and phosphorus supply on growth and tissue composition of *Ulva fenestrata* and *Enteromorpha intestinalis* (Ulvales Chlorophyta). J. Phycol. 26:603~611
- DeBoer, J. A. 1981. The Biology of Seaweeds. Berkeley:University of California Press,94~101
- Fujita, R. M. 1985. The role of nitrogen status in regulating transient ammonium uptake and nitrogen storage by macroalgae. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 92:283~301
- Lobban, C. S., and Harrison, P. J. 1994. Seaweed Ecology and Physiology. London:Cambridge University Press,101~106