

黄河径流对入海口及临近海域水环境的影响变化趋势研究

马国红¹, 高超², 王俊鹏¹, 客涵¹, 董贯仓¹, 杜兴华^{1*}

¹山东省淡水渔业研究院, 山东省淡水水产遗传育种重点实验室, 山东 济南

²山东省青岛平度市尹府水库管理中心, 山东 青岛

Email: *jnmagh@163.com

收稿日期: 2021年3月3日; 录用日期: 2021年3月11日; 发布日期: 2021年3月30日

摘要

分别于5月和8月份在黄河入海口及临近海域14个监测点调查采样, 并对调查结果进行分析, 同时采用ArcGIS软件对河口及邻近海域水质情况进行空间分布趋势研究。结果表明: 黄河径流对黄河入海口及邻近海域水环境污染造成了一定的影响; 黄河入海口及邻近海域主要受到无机氮、重金属Cu、石油类、DIP的污染; 黄河入海口及邻近海域5月份水质污染比8月份严重(Cu除外); 分布趋势特征是入海口污染最重, 慢慢向邻近海域辐射、递减; 南部半封闭海域尤其近海区域污染较其它海域严重。加强黄河水环境的保护, 控制黄河水源的污染可以有效地改善黄河口及邻近海域的水质污染状况。

关键词

黄河入海口, 临近海域, 含量, 趋势

Study on the Variation Trend of the Influence of Yellow River Runoff on the Water Environment in the Estuary and Adjacent Sea Areas

Guohong Ma¹, Chao Gao², Junpeng Wang¹, Han Ke¹, Guancang Dong¹, Xinghua Du^{1*}

¹Shandong Provincial Key Laboratory of Freshwater Genetics and Breeding, Freshwater Fishery Research Institute of Shandong Province, Jinan Shandong

²Yinfu Reservoir Management Center, Qingdao Pingdu City, Shandong Province, Qingdao Shandong

*通讯作者。

文章引用: 马国红, 高超, 王俊鹏, 客涵, 董贯仓, 杜兴华. 黄河径流对入海口及临近海域水环境的影响变化趋势研究[J]. 水产研究, 2021, 8(1): 17-33. DOI: 10.12677/ojfr.2021.81003

Abstract

In May and August, samples were collected at 14 monitoring points in the estuary and adjacent sea areas of the Yellow River, and the survey results were analyzed. Meanwhile, ArcGIS software was used to study the spatial distribution trend of water quality in the estuary and adjacent sea areas. The results show that the runoff of the Yellow River has a certain influence on the water environment pollution of the estuary and adjacent sea areas of the Yellow River. The estuary of the Yellow River and the adjacent sea areas are mainly polluted by inorganic nitrogen, heavy metal copper, petroleum and active phosphate. The water pollution of the estuary and adjacent sea areas of the Yellow River in May was more serious than that of August (except copper). The distribution trend is that the pollution in the estuary is the heaviest and gradually radiates and decreases to the adjacent sea area. The southern semi-closed sea, especially the coastal area, is more polluted than other sea areas. Strengthening the protection of the water environment of the Yellow River and controlling the pollution of the water source of the Yellow River can effectively improve the water quality pollution of the mouth of the Yellow River and the adjacent sea areas.

Keywords

Yellow River Estuaries, Adjacent Sea Area, Content, Trend

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

黄河入海口位于渤海湾与莱州湾之间, 该海域是黄河水和海水不断交汇的地带, 是典型的地表水从淡水过渡到海水的过渡性环境, 物质流量大, 水质物理和化学变化复杂, 同时据水文资料记载, 黄河入海口多年平均径流量 420 亿立方米, 多年平均输沙量 12 亿吨, 在形成了几百万亩的生机盎然的黄河三角洲湿地的同时, 也为黄河口水域带来了丰富的营养盐。黄河口水域具有典型的生物多样性和丰富的经济渔业资源, 其渔业地位十分重要和敏感, 具有比较明显的特殊性和丰富的生物资源, 成为渤海湾经济生物重要的资源和生态功能区。渤海是半封闭的内海, 平均深度为 18 m, 有黄河、海河及辽河等河流注入, 渤海地处温带, 具有明显的季节变化, 海水和淡水的混合与温度的季节变化是影响黄河入海口水域水体富营养化状况主要原因, 目前, 关于黄河口水域富营养化调查与营养盐分布特征的研究有很多[1] [2] [3] [4], 很多学者也曾做过径流对海口区域水环境的影响变化研究[5]-[11], 张欣泉[12]等曾于 2003 年 8 月 25~26 日调查过黄河口及邻近海域溶解态无机磷、有机磷、总磷的分布趋势研究, 但具体关于黄河径流量对入海口及邻近海域多种水质因子变化趋势的讨论却很少, 我们根据黄河入海多年月平均径流量[8] [9] 结合实际情况选取了 5 月(枯水期)和 8 月(丰水期)两个月份对黄河入海口及临近海域水质情况进行了综合调查, 并对结果进行了初步分析, 旨在通过调查黄河径流汇入对入海口及临近海域水质状况的改变及影响, 为黄河入海口生物多样性发展及资源恢复提供有力的理论支撑。

2. 采样调查与分析方法

2.1. 采样调查站位与取样

受气候、汛期、调水调沙等因素影响, 5、6 月份是黄河枯水期, 水质较清澈, 8、9 月份是黄河丰水期, 水体浊度较大, 为全面调查黄河径流对邻近海域水质因子的影响趋势, 分别于 5 月 11~15 日和 8 月 12~14 日对黄河入海口及邻近水域(东经 $119^{\circ}4.815^{\prime}$ ~ $119^{\circ}38.140^{\prime}$, 北纬 $37^{\circ}25.140^{\prime}$ ~ $37^{\circ}59.152^{\prime}$)共 14 个站位(见表 1、图 1)进行了调查取样, 调查水域面积约为 1000 余平方公里。水样采集工具为卡盖式采水器, 根据采样点海域深度(所调查海域深度为 5~16 m), 一般采集 1、2、4 m, 1、4、8 m 或 2、4、8 m 处水样各 1 L 混合, 现场测试温度后, 加入相应的固定剂保存, 已备后用。

2.2. 监测项目与分析方法

采集的样品经处理后带回实验室进行营养盐分析测定, 样品的采集按中华人民共和国国家标准《海洋调查规范》[13]规定的方法进行, 主要水质监测项目: DO、pH、COD、石油类、无机氮(铵态氮、亚硝酸态氮、硝酸态氮总称, DIN)、氨氮($\text{NH}_4\text{-N}$)、总氮(TN)、活性磷酸盐(DIP)、总磷(TP)、铜(Cu)、盐度。各项指标的分析测定均按《海洋监测规范》[14]的规定进行。

Table 1. Longitude and latitude of the survey stations at the mouth of the Yellow River and adjacent waters

表 1. 黄河入海口及邻近水域调查站位经、纬度

监测点	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]	7 [#]
经纬度	$119^{\circ}4.815^{\prime}$ $37^{\circ}25.140^{\prime}$	$119^{\circ}19.748^{\prime}$ $37^{\circ}26.495^{\prime}$	$119^{\circ}35.290^{\prime}$ $37^{\circ}35.330^{\prime}$	$119^{\circ}21.900^{\prime}$ $37^{\circ}39.140^{\prime}$	$119^{\circ}29.350^{\prime}$ $37^{\circ}41.400^{\prime}$	$119^{\circ}38.140^{\prime}$ $37^{\circ}42.120^{\prime}$	$119^{\circ}15.823^{\prime}$ $37^{\circ}51.112^{\prime}$
监测点	8 [#]	9 [#]	10 [#]	11 [#]	12 [#]	13 [#]	14 [#]
经纬度	$119^{\circ}22.423^{\prime}$ $37^{\circ}52.765^{\prime}$	$119^{\circ}26.605^{\prime}$ $37^{\circ}53.505^{\prime}$	$119^{\circ}5.986^{\prime}$ $37^{\circ}57.645^{\prime}$	$119^{\circ}8.130^{\prime}$ $37^{\circ}58.380^{\prime}$	$119^{\circ}13.915^{\prime}$ $37^{\circ}59.152^{\prime}$	$119^{\circ}9.725^{\prime}$ $37^{\circ}30.555^{\prime}$	$119^{\circ}11^{\prime}$ $37^{\circ}51^{\prime}$

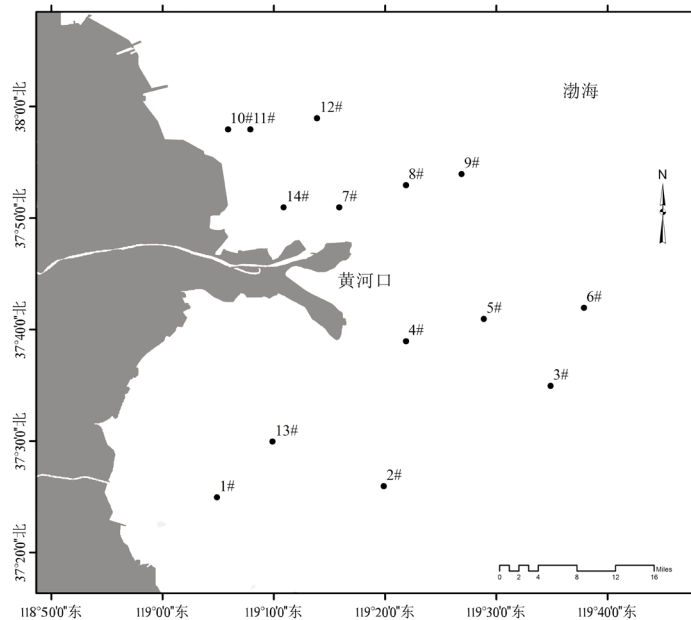


Figure 1. Location map of the survey station at the Yellow River Estuary and adjacent sea areas

图 1. 黄河口及临近邻近海域调查站位图

2.3. 数据分析

所有实验数据均用 Excle2010 进行计算, 运用 ArcGIS 软件对调查点水质数据进行趋势分布绘制分析 (图 1~21), 判断黄河入海口及邻近海域水环境受黄河径流影响后的空间分布格局, 运用趋势分析对黄河口及邻近海域水质数据进行统计汇总, 研究分析所调查海域水质在空间上的分布变化趋势[15]。

3. 结果与讨论

Table 2. Water quality in the Yellow River Estuary and adjacent sea areas

表 2. 黄河口及邻近海域各调查点水质情况

监测点	月份	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]	7 [#]	8 [#]	9 [#]	10 [#]	11 [#]	12 [#]	13 [#]	14 [#]	平均
DO mg/L	5	11.6	7.5	6.8	11.2	7.7	7.6	8.4	9.2	8.6	9.6	9.2	9.4	8.0	12.7	9.11
	8	6.93	6.86	6.90	6.69	6.51	7.02	6.30	6.47	7.34	7.01	6.23	6.35	6.54	6.84	6.71
pH	5	7.3	7.4	7.9	7.5	7.0	7.0	7.3	7.1	7.3	7.2	7.1	7.1	7.1	7.1	7.24
	8	8.17	8.18	8.15	8.17	8.16	8.00	8.03	8.00	8.14	8.05	7.96	8.02	8.11	8.07	8.09
COD mg/L	5	2.11	2.92	1.60	3.02	1.49	1.47	1.59	1.21	1.33	1.34	1.31	1.28	2.18	1.14	1.71
	8	1.52	1.83	1.37	1.35	2.17	1.30	1.35	1.34	1.48	1.49	0.99	1.35	1.84	1.53	1.49
石油类 mg/L	5	0.182	0.002	0.002	0.132	0.151	0.132	0.002	0.002	0.12	0.002	0.002	0.002	0.122	0.002	0.06
	8	0.101	0.024	0.002	0.018	0.035	0.108	0.077	0.067	0.043	0.116	0.04	0.012	0.025	0.063	0.05
Cu mg/L	5	0.023	0.023	0.006	<0.003	<0.003	<0.003	0.018	0.020	0.006	0.007	0.018	0.013	0.004	0.061	
	8	0.073	0.084	0.119	0.142	0.209	0.115	0.168	0.164	0.062	0.101	0.108	0.062	0.075	0.054	0.11
TN mg/L	5	1.74	0.269	0.273	0.399	0.242	0.520	0.552	0.448	0.451	0.542	0.217	0.240	0.423	1.267	0.54
	8	0.157	0.853	0.43	0.37	0.229	0.141	0.237	0.207	0.211	0.438	0.622	0.173	0.307	0.34	0.34
TP mg/L	5	0.052	0.022	0.022	0.024	0.022	0.03	0.011	0.022	0.018	0.019	0.02	0.027	0.018	0.04	0.02
	8	0.037	0.02	0.026	0.014	0.059	0.031	0.018	0.038	0.058	0.021	0.022	0.032	0.027	0.01	0.03
DIN mg/L	5	0.412	0.251	0.178	0.428	0.265	0.214	0.412	0.185	0.476	0.273	0.171	0.265	0.339	0.843	0.34
	8	0.252	0.488	0.264	0.248	0.171	0.043	0.216	0.175	0.071	0.223	0.217	0.145	0.214	0.306	0.22
DIP mg/L	5	0.043	0.003	0.003	0.001	0.007	0.001	0.006	0.011	0.010	0.009	0.011	0.019	0.013	0.034	0.01
	8	0.002	0.006	0.008	0.009	0.009	0.008	0.004	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.00
盐度 ‰	5	28.3	27.9	29.1	29	28.6	30.2	33.5	33.8	27.8	34.5	34.3	29.4	29.6	26.3	30.16
	8	29.1	29.7	30.12	29.9	30.5	30.9	30.5	30.7	31	30.3	30.9	29.9	30.5	28.1	30.15

3.1. DO

溶解在海水中的氧是海洋生命活动不可缺少的物质。它的含量在海洋中的分布, 既受化学过程和生物过程的影响, 还受物理过程的影响。海水中的溶解氧有两个主要来源: 大气和植物的光合作用。由表 2 可以看出, 5 月份 DO 最高值出现在 14[#]点, 为 12.76.8 mg/L, 1[#]和 4[#]点 DO 也比较高, 最低点出现在 3[#]点为 6.8 mg/L, 依据《海水水质标准》属 I 类海水水质[16]。由图 4 可以看出, 5 月份, DO 的分布趋势是黄河口附近含量最高, 此处形成漩涡状分布, 向东沿垂直黄河口方向呈现辐射性分布, 距离入海口越远, DO 含量越低, 但入海口南北方向呈线性分布趋势, 差别不大。这明显与此处淡水水体加入有直接关系。

8 月份是黄河丰水期, 黄河水大量注入, 由表 2 可见, 河口及附近海域 DO 含量明显低于 5 月份, 含量最高的点出现在 9[#], DO 含量为 7.34 mg/L, 与 5 月份相差很大; 最低的点是 11[#], DO 含量为 6.23 mg/L,

与 5 月份相差不大, 这可能与丰水期黄河径流量大, 裹挟的泥沙含量高有关系。同时各个调查点含量多在 6~7 mg/L 之间, 相差不大, 其含量分布比较均匀, 无法形成明显的分布趋势(如图 3), 其水质皆属于 I 类海水水质。

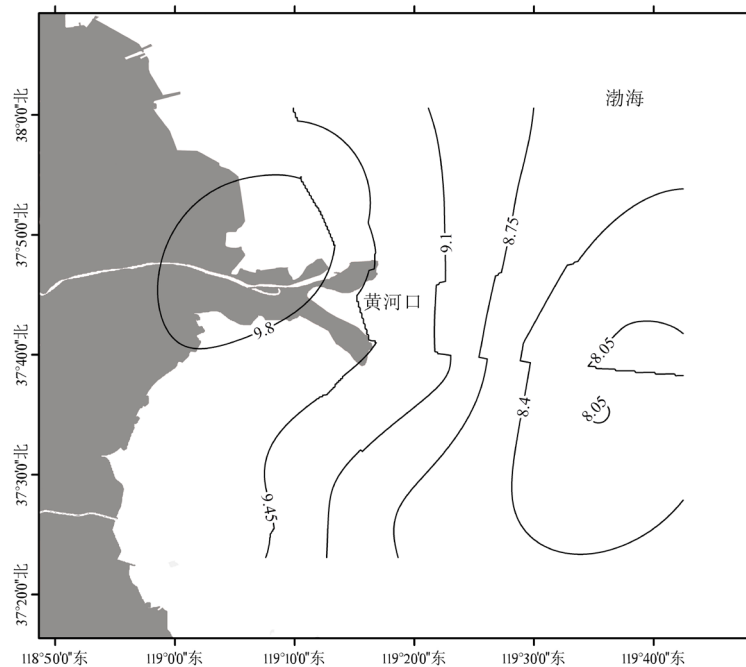


Figure 2. DO distribution trend in May

图 2. DO 5 月分布趋势图

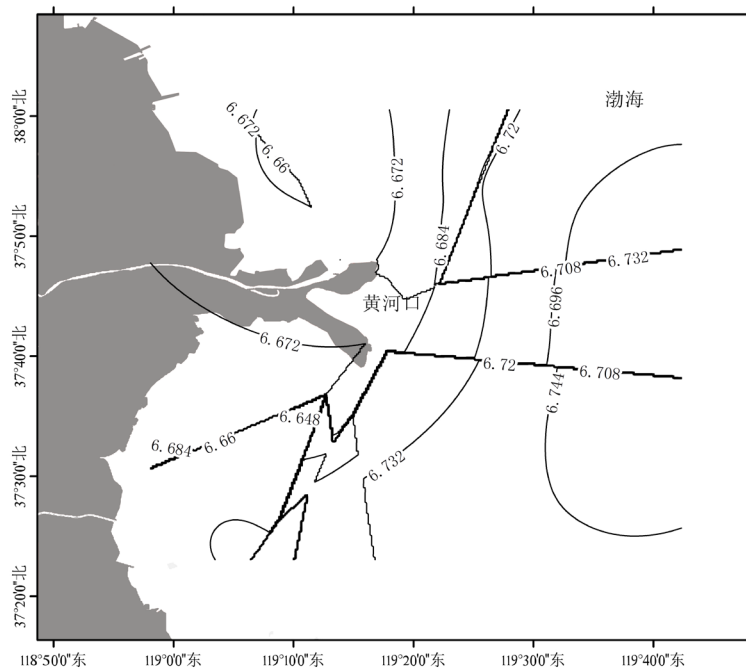


Figure 3. DO distribution trend in August

图 3. DO 8 月分布趋势图

之间(见表 2), 属 I 类海水水质, 各调查点之间差距很小, 变化趋势也与水流注入方向相一致, 然后在外围较远处形成大大小小的漩涡分布。

海水的 pH 受温度、DO、二氧化碳(CO₂)、压力、盐度等的影响, 一般在 7.5~8.2 的范围内变化。夏季, 由于温度升高和强烈的光合作用, 上层海水中 CO₂ 含量和氢离子浓度下降, 碱性增强, pH 值上升, 冬季时则相反, 这是海水中弱酸的电离常数随温度升高而增大的结果; pH 值与 DO 含量呈正相关; 海水静压增大, 海水的 pH 值降低, 这是由于碳酸的离解度随深度而增大, 即氢离子的活度系数及活度均增加; 海水盐度的增加, 离子强度增大, 海水中碳酸的电离度降低, 海水的 pH 值增加[17]。本次调查中, 随温度升高, 8 月份 pH 值高于 5 月份; 随着盐度的增加, pH 分布趋势呈由近岸到远海逐步增加的空间分布。pH 的分布主要受制于 CO₂ 含量的平衡, 因此, 调查海域的浮游生物分布、光照, 样品采回检测改变了海水的压力等等都会微弱影响到 pH, 则对黄河入海口的 pH 分布趋势也形成一定的影响。

3.3. COD 分布趋势

由表 2 可以看出, 5 月份, 最高 COD 含量出现在 4# 点附近, 为 3.02 mg/L, 此处水质 COD 含量在 3 mg/L 以上, 已达 III 类海水水质标准; 最低点出现在 14# 点临近, 为 1.14 mg/L, 可以看出河口及临近海域以 COD 含量来看, 多数海域在 5 月份由于黄河水是枯水期, 新鲜水含量注入较少, 河口多数水域属 II 类海水水质标准。分布趋势图可以看出, 在河口南部半环形水域 COD 含量较高, 由南向北梯度式递减, 这可能因为在半环形海域环境相对封闭, 海水交换率低有关。

8 月份 COD 含量最高点出现在 5# 调查点, 为 2.17 mg/L; 含量最低点是 11#, 含量为 0.99 mg/L。所调查海域只有 5# 点临近水质为 II 类海水水质, 其余各点均为 I 类海水水质。由分布趋势图可以看出, 黄河口正对区域 COD 含量最高, 并形成漩涡状分布, 含量向邻近海域递减式分布, 半环形水域 COD 含量高于入海口北部水域。

由 5、8 月份的 COD 含量趋势分布可以看出, 黄河径流携带了大量 COD 入海, 虽然 8 月份随着降水量增加, COD 含量有所降低, 但其对海水的影响还是很明显。同时半环形海域由于水体交换性能较差, 受淡水注入的影响比其他海域明显更大, COD 是造成此区域富营养化现象的主要影响因子[10]。

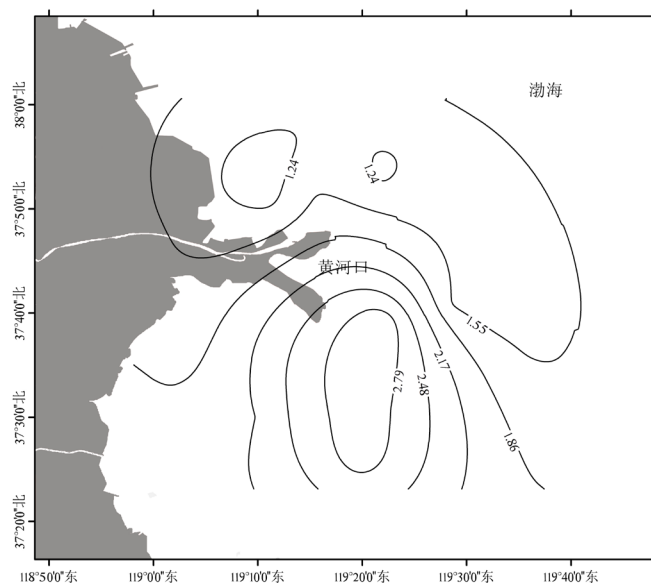


Figure 6. Distribution trend of COD in May

图 6. COD 5 月份分布趋势图

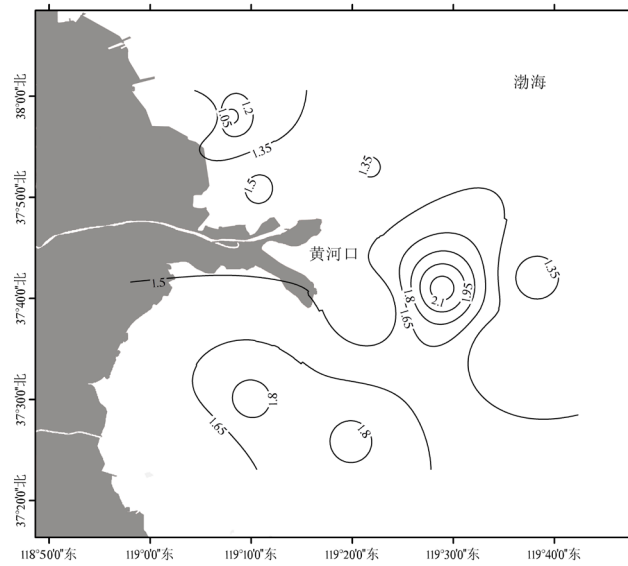


Figure 7. Distribution trend of COD in August
图 7. COD 8 月份分布趋势图

3.4. 石油类

由表 2 可以看出, 5 月份, 石油类分布最高的海域位于 1# 点附近, 为 0.182 mg/L, 其次为 5#、4#、6# 点临近分布较高, 13#、9# 临近含量也较高, 均在 0.1 mg/L 以上; 而其它调查点含量均为 0.002 mg/L。由 5 月份趋势图看出, 河口正对海域和半环形海域靠近陆地边缘石油类含量比较高, 说明黄河径流入海与此海域石油类污染有直接关系。由于风向与潮涌的关系, 石油类污染物向岸边聚集, 同时, 1# 调查点石油类含量较高与其附近分布的工厂、养殖场等可能也有一定关系。石油类污染主要发生在河口、港湾及近海水域, 是水体污染的重要类型之一, 海洋石油污染的生态危害和社会危害都很严重, 而其防治方法却成本巨大且收效甚微[18]。

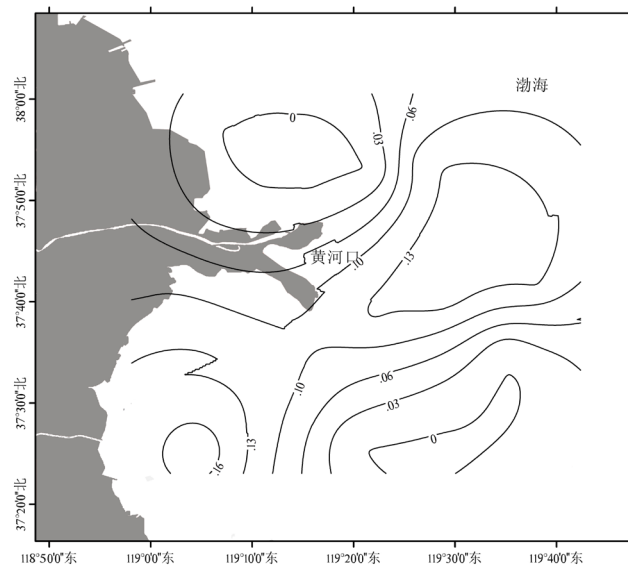


Figure 8. Distribution trend of petroleum in May
图 8. 石油类 5 月分布趋势图

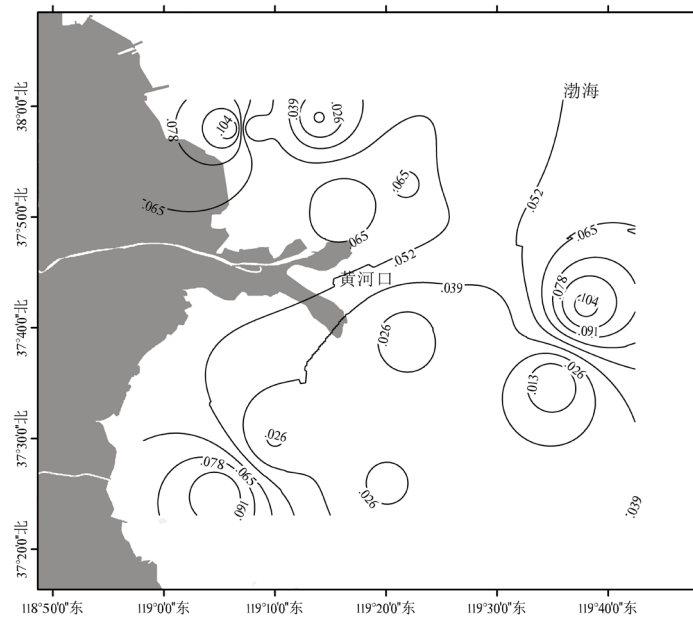


Figure 9. Distribution trend of petroleum in August
图 9. 石油类 8 月分布趋势图

8 月份随着黄河水的大量注入、混合，石油类含量分布有了明显的变化(见表 2)，各点位含量较 5 月份相比差距明显缩小。10# 临近含量最高，为 0.116 mg/L，其次是 6# 和 1#，均在 0.1 mg/L 以上。由趋势图可以看出，8 月份石油类分布形成了多处漩涡，各点的含量差距不大，这可能与采样时黄河径流流量大，而海面风向也不明显所致。

3.5. Cu

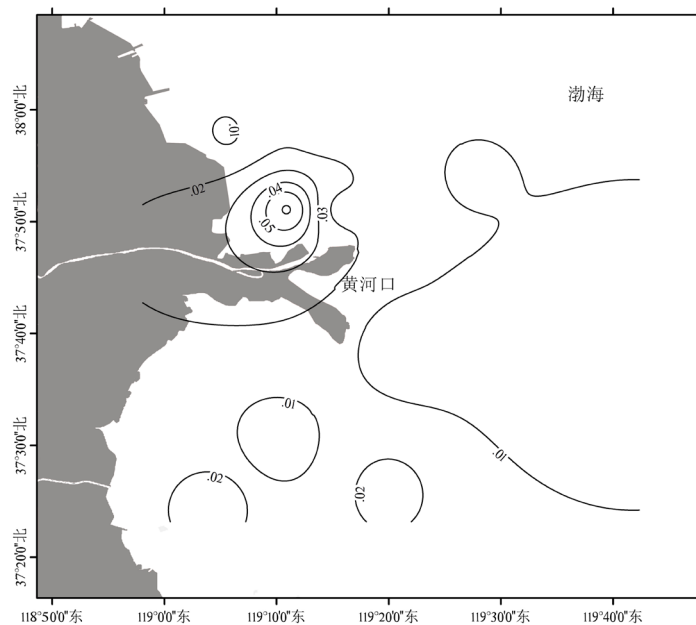


Figure 10. Distribution trend of copper in May
图 10. Cu 5 月分布趋势图

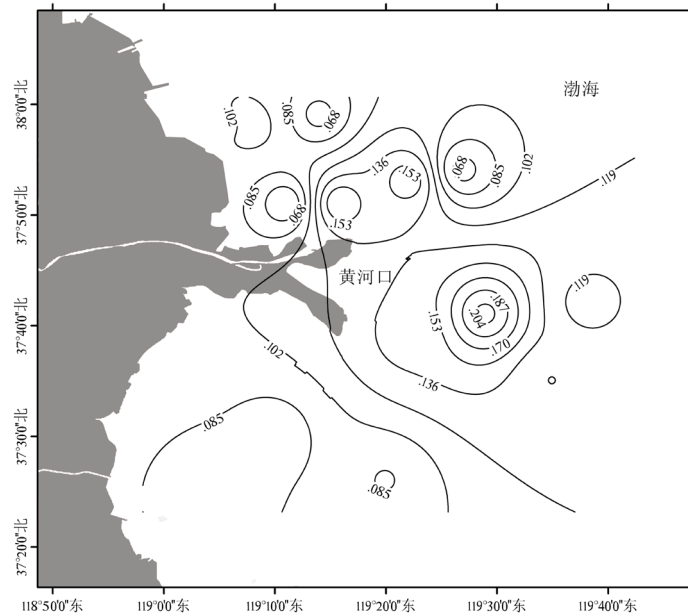


Figure 11. Distribution trend of copper in August

图 11. Cu 8 月分布趋势图

Cu 污染是指 Cu 及其化合物在环境中所造成的污染。在冶炼、金属加工、机器制造、有机合成及其他工业的废水中都含有 Cu，其中以金属加工、电镀工厂所排废水含 Cu 量最高，每升废水含 Cu 几十至几百毫克。Cu 是生物生长的必需微量元素，但过量的 Cu 却会对生物造成极大的危害[19] [20]。

5 月份，14#调查点附近 Cu 含量最高，为 0.061 mg/L，其次是 1#、2#，均为 0.023 mg/L；4#、5#、6# 点含量很低，皆小于 0.003 mg/L (见表 2)，水质在 II、III 类海水水质之间。由趋势图分布可以看出，黄河口附近 Cu 含量较高，并形成漩涡梯状分布，其它调查范围内距河口稍远海域 Cu 含量在 0.01~0.02 mg/L 之间，明显低于河口海域。这可能因为枯水期黄河水注入量小，冲击力小，Cu 及其化合物多在河口沉积有关。

8 月份各调查点 Cu 含量皆有上升，由表 2 可见，5#点 Cu 含量高达 0.209 mg/L，含量最低的调查点是 14#点，Cu 含量也达到了 0.054 mg/L，调查范围内海域水质在 8 月份皆已经超过了 IV 类海水水质标准，水质严重 Cu 污染；由趋势图可见，Cu 污染呈多处漩涡状分布，黄河口正对海域污染严重，其它区域稍低一些。这可能与丰水期大量水流冲击，导致沉积物翻涌有关。

3.6. TN 分布趋势

氮是海洋浮游植物生长繁殖必需的营养元素之一，与海洋初级生产力及环境质量有着密切的关系[4]，近岸海域氮营养盐主要来源于陆源地表径流的输入和海洋生物体的分解[21]。通过本次调查可以看出，5 月份 TN 分布最高的点在 1#附近，1#为 1.74 mg/L，其次是 14#和 7#点，分别为 1.267 mg/L 和 0.552 mg/L，最低的是 11#、12#点，分别为 0.217 mg/L、0.240 mg/L，平均为 0.54 mg/L。从站位分布看，1#点为近岸海域，14#、7#点为黄河入海口区域；11#、12#点为本次调查中距离入海口最远区域。由趋势图也可以看出，TN 分别在入海口和半环形海域形成漩涡状分布，空间分布呈现出入海口和近岸海域由近及远的分布特征。这充分说明入海口海域受黄河径流影响巨大，而近海沿海皆是养殖场和河蟹育苗场，其剩饵残渣和粪便的排放也加大了 TN 的污染。

8 月份 TN 分布最高点是 2#、11#点，分别为 0.853 mg/L、0.622 mg/L，最低点在 6#、1#点，分别为

平均为 0.02 mg/L。由趋势图可以看出, TP 与 TN 5 月份分布特征类似, 入海口与半封闭海域含量高于其它海域, 并形成多处漩涡。

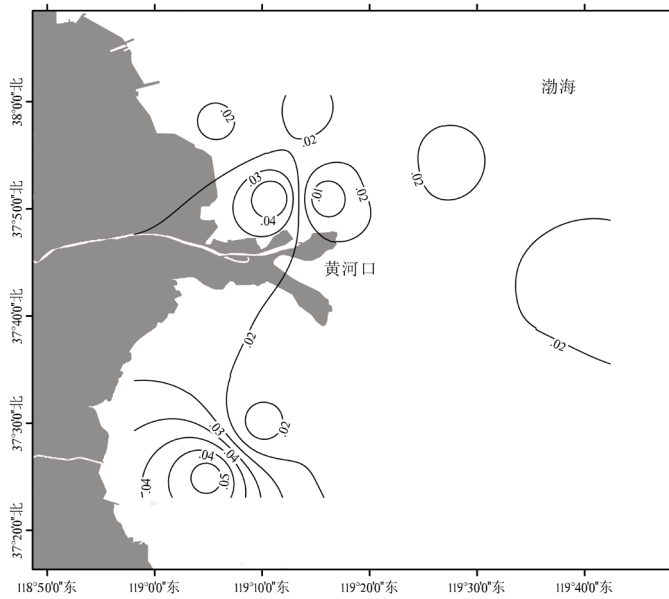


Figure 14. Distribution trend of TP in May
图 14. TP 5 月分布趋势图

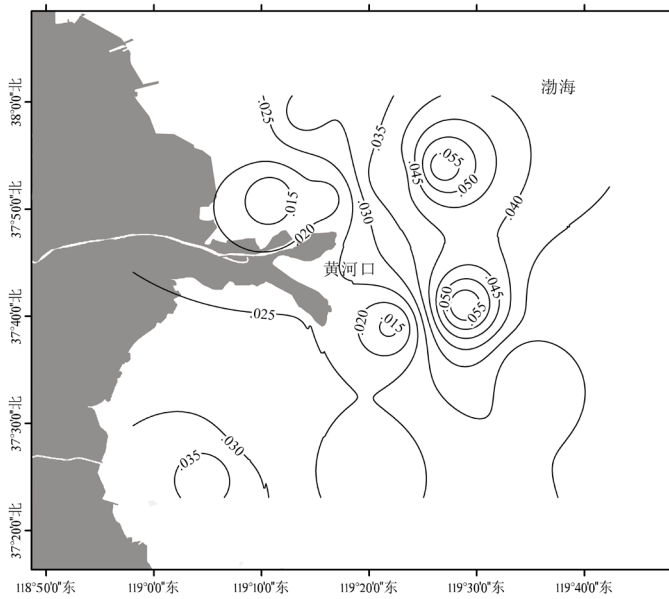


Figure 15. Distribution trend of TP in August
图 15. TP 8 月分布趋势图

8 月份分布最高的点是 5[#]点, 为 0.059 mg/L, 最低的点是 14[#]点, 为 0.1 mg/L, 平均为 0.03 mg/L, 稍高于 5 月份。由趋势图可以看出, TP 分布多处呈梯度的漩涡分布, 其中入海口海域 TP 含量反而稍低于正对入海口方向的偏东部和南部半封闭海域, 这可能是因为采样期间恰逢雨水期, 黄河径流入海的冲击有关系。

孟伟[22]等研究认为：黄河径流输入的氮主要受到流域内人口、氮肥施用量的影响，与工业废水排放量没有相关性；而 TP 含量与这几种均无相关性，反而与黄河水体中的悬浮物显著相关。很多研究[7] [23]认为，黄河入海口氮污染是造成此海域富营养化的主要影响因子。本次调查也充分说明了这一点，5 月份 TN 平均含量是 8 月份的 27 倍，TP 平均含量 5 月份是 8 月份的 11.3 倍，说明氮是入海口海域主要的污染源之一。

3.8. DIN

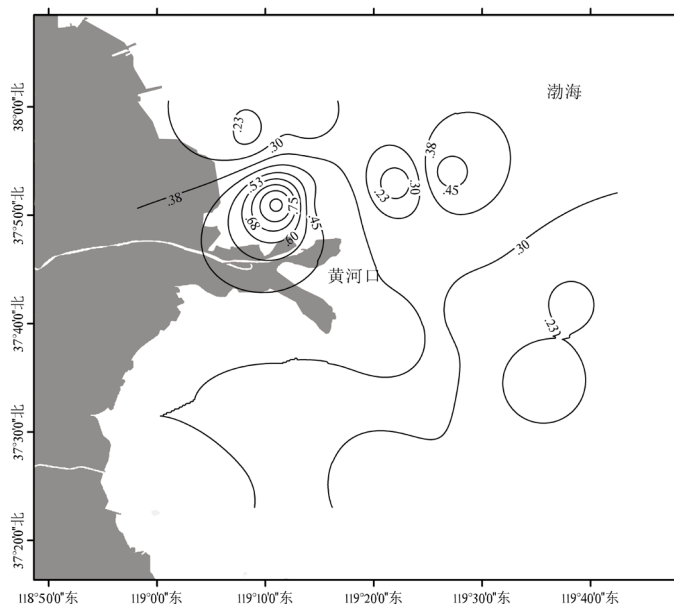


Figure 16. Distribution trend of DIN in May

图 16. DIN 5 月分布趋势图

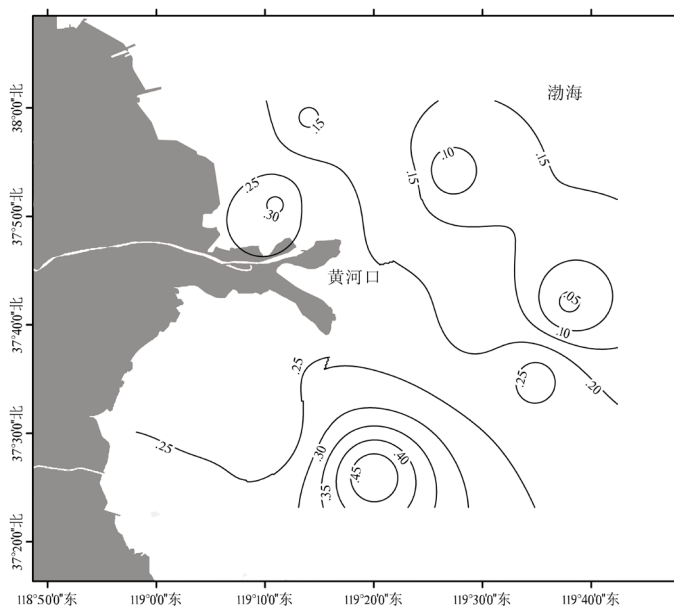


Figure 17. Distribution trend of DIN in August

图 17. DIN 8 月分布趋势图

从本次调查结果可以看出, 5 月份 DIN 分布以 14# 点最高, 为 0.843 mg/L, 以 11# 点最低为 0.171 mg/L (见表 2)。由趋势图看出, DIN 在河口处呈阶梯状漩涡分布, 且入海口处含量最高, 其次是入海口正对方向。说明在 5 月份, 黄河径流带来了大量的 DIN 污染。8 月份 DIN 最高点是 2# 点, 为 0.488 mg/L, 最低点是 6# 点, 为 0.043 mg/L。空间分布以南部半封闭海域 DIN 含量稍高于其它海域, 并呈递减式梯状分布, 入海口区域含量反而稍低, 这可能与 8 月份雨水丰沛, 水体交换量大有关。

DIN 是指植物、土壤和肥料中未与碳结合的含氮物质的总称。主要包括氨氮、硝态氮和亚硝态氮等。近几年的研究[24]表明: 渤海 DIN 含量增加了, DIP 含量降低了。由平均数(表 2)比较看出, 黄河入海口及邻近海域 5 月份 N/P 为 34, 8 月份 N/P 约为 24, N/P 明显大于 16 (Redfield 数), 因此, 入海口海域表现为 P 限制, N 源为主要污染源。

3.9. DIP

磷酸盐是海洋中主要营养盐类, 是浮游植物繁殖生长的必需营养物质, 在海洋生物产量和能量转换过程中具有重要作用[25]。与氮源相似, 来源主要是陆源径流输入和海洋生物体氧化所致[21]。DIP 5 月份含量较高的站点是 1#、14#、12# 点, 分别为 0.043 mg/L (IV 类)、0.034 mg/L (IV 类)、0.019 mg/L (II 类), 其余站点皆小于 0.015 mg/L (I 类), 空间分布趋势与 TN、TP 分布类似, 入海口和半环形封闭海域含量较高, 呈梯形递减漩涡状分布, 其它海域有漩涡镶嵌形分布, 含量较低。

8 月份 DIP 分布含量最高点是 4#、5#, 为 0.009 mg/L, 其次是 3#、6# 为 0.008 mg/L, 其它点位 DIP 含量都较低(见表 2), 8 月份水质较好, 皆属于 I 类海水水质。由趋势图可以看出, DIP 分布趋势与黄河水径流方向相似, 河口中心点位含量最高, 呈漩涡状分布, 然后乘扇形向远处蔓延, 由近及远呈梯状递减分布, 在半封闭海域有漩涡分布。

通过 DIP 调查可以看出, 黄河入海口磷酸盐分布主要受陆源径流和近岸水源影响比较大, 入海口及近岸海域空间分布由近及远递减趋势明显。8 月份 DIP 浓度低于 5 月份, 这与 8 月份雨水充沛, DIP 被稀释有关。由调查结果可以看出, 黄河口及邻近海域 DIP 污染相对较轻, 这可能黄河流域土壤肥料施放、水土流失、废水排放及浮游植物的生长有关。

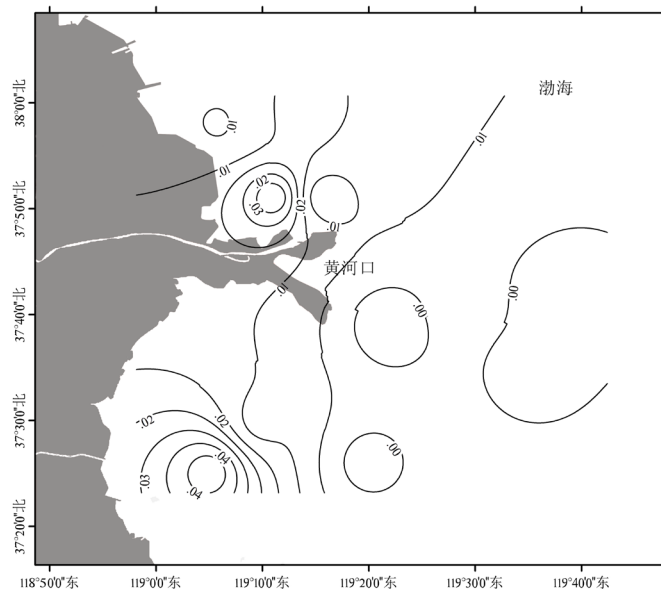


Figure 18. Distribution trend of DIP in May

图 18. DIP 5 月分布趋势图

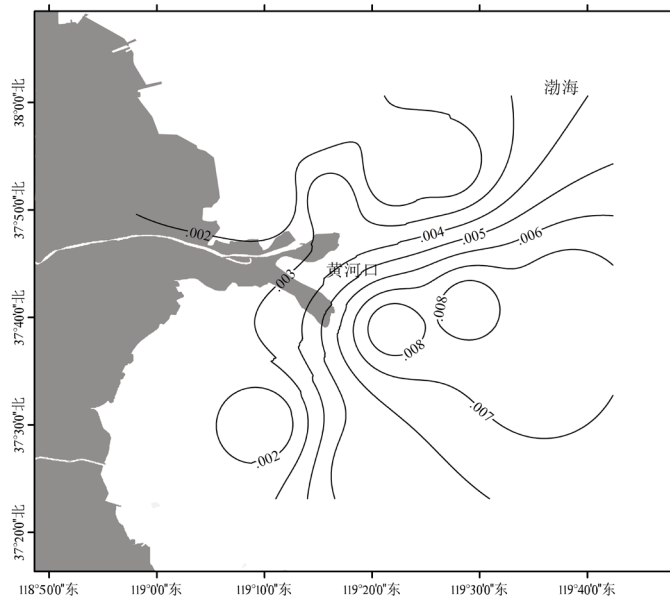


Figure 19. Distribution trend of DIP in August

图 19. DIP 8 月分布趋势图

3.10. 盐度

海水盐度因海域所处纬度位置不同而有所差异，主要受纬度、河流、海域轮廓、洋流等方面的影响。渤海是一个近封闭的内海，外界影响小；纬度高，气温较低，蒸发量少；同时因为有辽河、海河、黄河注入，导致其海水盐度常年在 30‰左右。根据采样调查发现，5 月份盐度含量如表 2 所示，最高点是 10[#]点，为 34.5‰，最低点是 14[#]点，为 26.3‰，由趋势图可以看出，河口与河口北部海域盐度较高，各处漩涡状分布比较明显。这可能与枯水期注水较少、径流带来的营养盐污染及洋流方向等有关。

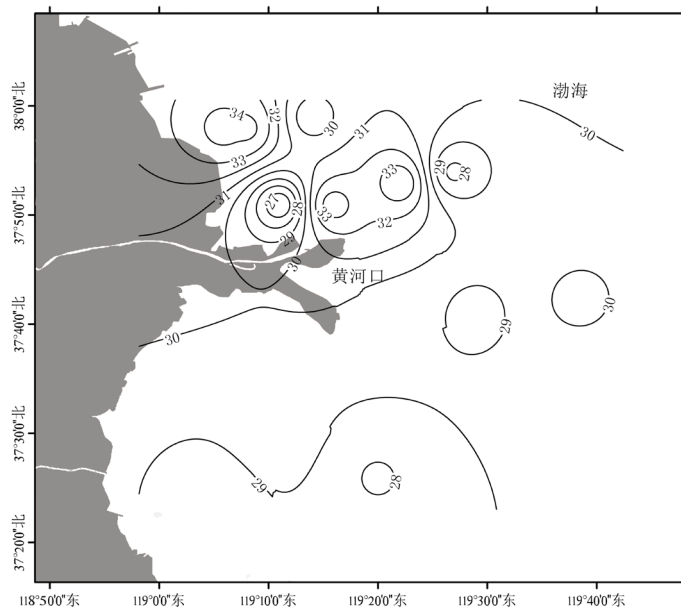


Figure 20. Distribution trend of salinity in May

图 20. 盐度 5 月分布趋势图

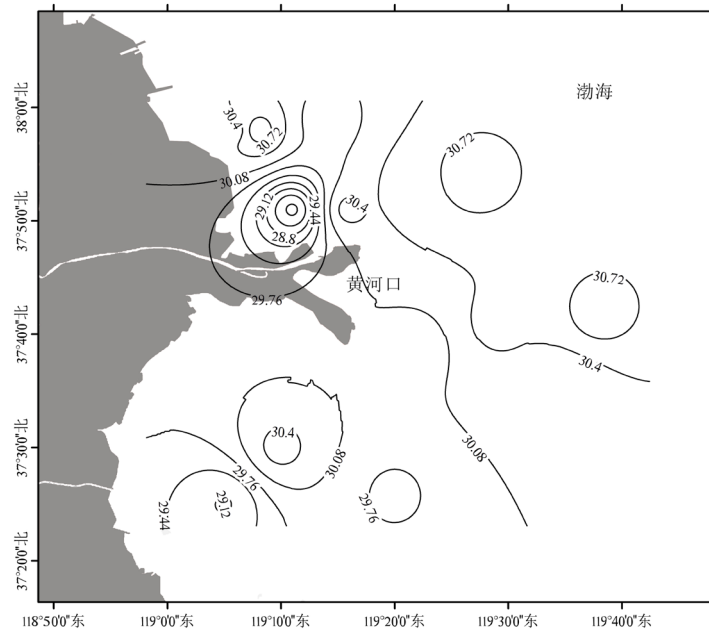


Figure 21. Distribution trend of salinity in August
图 21. 盐度 8 月分布趋势图

8 月份盐度最高的点是 9# 点, 为 31.0‰, 最低的点是 14# 点, 为 28.1‰。由趋势图可以看出, 由于此时期注水较多, 河口处盐度比其它海域稍低, 同时半封闭区近海处盐度也稍低, 这除了因黄河径流流量增大, 可能还与 8 月份降水比较丰沛, 近海海域淡水流入增多有关。

4. 小结

调查结果表明: ① 沿岸海域营养盐来源通常为大量河道径流及陆源排污汇入[26], 各污染因子的分布趋势与黄河径流密切相关; ② 黄河入海口及邻近海域主要受到无机氮、重金属 Cu、石油类、DIP 的污染; ③ 分布趋势特征呈现为黄河入海口及邻近海域污染最重, 周围海域梯度递减的分布格局; ④ 各监测点水质污染程度一般为 5 月份高于 8 月份(Cu 除外); ⑤ 南部半封闭型海域水质污染比较严重, 与此海域水体交换能力差, 以及近海广泛分布的养殖场和河蟹育苗厂等有关, 与刘潇等的研究结论相同[27]。

因此, 加强黄河水环境的保护, 控制黄河水源的污染可以有效地改善黄河入海口及其邻近海域的水质污染状况。只有有效地控制污染源, 使水体中营养盐含量低于优势藻类繁衍的临界浓度, 才能维持生态环境的良性循环[28]。

基金项目

山东省重点研发计划(2019GSF109111), 山东省现代农业产业技术体系鱼类创新团队环境调控岗位(SDAIT-07)。

参考文献

- [1] 师吉化, 曹振杰, 董贯仓, 张金路, 冷春梅, 刘飞. 黄河口水域水质时空分布特征及环境质量评价[J]. 长江大学学报, 2013(10): 43-47.
- [2] 廖巍. 黄河口水质污染现状及评价指标体系的构建[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 中国海洋大学, 2013.
- [3] 肖纯超. 黄河入海水质状况年内变化及河口羽流面积变化趋势研究[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 中国海洋大学,

- 2012.
- [4] 党二莎, 唐俊逸, 周连宁, 叶超, 鲍晨光. 珠江口近岸海域水质状况评价及富营养化分析[J]. 大连海洋大学学报, 2019, 34(4): 580-587.
- [5] 王娜, 刘国山, 李文雯, 吴宁, 孟一耕, 谷德贤. 大沽排污河入海口及其邻近海域水污染状况分析[J]. 海河水利, 2017(5): 16-19.
- [6] 陈淑珠, 顾郁翘, 刘敏光, 张敏秀, 杨淑海, 李静. 黄河口及其邻近海域营养盐分布特征[J]. 青岛海洋大学学报, 1991, 21(1): 34-42.
- [7] 杨南南. 2012-2013 年胶州湾溶解有机氮的陆源输入、时空分布和生物可利用性研究[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 中国海洋大学, 2014.
- [8] 潘彬. 黄河入海水沙对三角洲前沿湿地的影响研究[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东师范大学, 2017.
- [9] 孙涛, 沈小梅, 刘方方, 马乐宽, 徐静, 庞爱萍. 黄河口径流变化对生态系统净生产力的影响研究[J]. 环境科学学报, 2011, 31(6): 1311-1319.
- [10] 张继民, 刘霜, 张琦, 刘一霆. 黄河口附近海域营养盐特征及富营养化程度评价[J]. 海洋通报, 2008, 27(5): 65-72.
- [11] 魏姗姗. 福建省主要江河入海口水质状况及其变化趋势研究[J]. 环境科学与管理, 2014, 39(10): 37-42.
- [12] 张欣泉, 邓春梅, 魏伟, 陈洪涛, 米铁柱, 于志刚. 黄河口及邻近海域溶解态无机磷、有机磷、总磷的分布研究[J]. 环境科学学报, 2007, 27(4): 660-666.
- [13] 国家技术监督局. 海洋调查规范[M]. 北京: 中国标准出版社, 1992: 17-22.
- [14] 张春明, 许昆灿, 陈维岳, 陈邦龙, 战秀文, 徐恒振. GB17378.4-1998 海洋监测规范(第 4 部分: 海水分析) [S]. 北京: 国家质量技术监督局, 1998.
- [15] 苏漳文. 基于地理信息系统的大兴安岭林火发生驱动因子及预测模型的研究[D]: [博士学位论文]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2020.
- [16] 黄自强, 张克, 许昆灿, 隋永年, 孙淑媛, 陆贤昆, 等. GB 3097-1997 海水水质标准[S]. 北京: 国家环境保护局, 1997.
- [17] 陈敏. 化学海洋学[M]. 北京: 海洋出版社, 2009.
- [18] 方曦, 杨文. 海洋石油污染研究现状及防治[J]. 环境科学与管理, 2007, 32(9): 78-80.
- [19] 潘科, 朱艾嘉, 徐志斌, 王文雄. 中国近海和河口环境铜污染的状况[J]. 生态毒理学报, 2014, 9(4): 618-631.
- [20] 高军侠, 陶贺, 党宏斌, 姜灵彦, 陈宁, 刘蕾. 睡莲、梭鱼草对铜污染水体的修复效果研究[J]. 大连海洋大学学报, 2019, 44(1): 96-102.
- [21] 孙丕喜, 王宗灵, 战闰, 夏滨, 王湘芹. 胶州湾海水中无机氮的分布与富营养化研究[J]. 海洋科学进展, 2005, 23(4): 466-471.
- [22] 孟伟, 于涛, 郑丙辉, 邓义祥, 富国. 黄河流域氮磷营养盐动态特征及主要影响因素[J]. 环境科学学报, 2007, 27(12): 2046-2051.
- [23] 孙栋, 段登选, 刘红彩, 张金路, 王志忠, 陈金萍, 等. 黄河口水域渔业生态水环境调查与研究[J]. 海洋科学进展, 2010, 28(2): 229-236.
- [24] 崔毅, 宋云利. 渤海海域营养现状研究[J]. 海洋水产研究, 1996, 17(1): 57-62.
- [25] 赵亮, 魏皓, 冯士箴. 渤海氮磷营养盐的循环和收支[J]. 环境科学, 2002, 23(1): 78-81.
- [26] 姜欢欢. 渤海湾近岸海域海水增养殖区富营养化评价[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 中国海洋大学, 2012.
- [27] 刘潇, 薛莹, 纪毓鹏, 徐宾铎, 任一平. 基于主成分分析法的黄河口及其邻近水域水质评价[J]. 中国环境科学, 2015, 35(10): 3187-3192.
- [28] 柯爱英, 黄振华, 蔡景波, 曾国权, 吴越, 陈坚, 等. 苍南沿浦湾浅海养殖区水质质量评价[J]. 应用海洋学报, 2017, 36(3): 365-371.