

# 渤海湾天津段水体质量评价及污染源分类

王丕波<sup>1</sup>, 王海荣<sup>1</sup>, 闫晶<sup>1</sup>, 武力<sup>2</sup>, 殷学博<sup>3</sup>

(1. 国家海洋局 北海分局, 山东 青岛 266033; 2 浙江省工程勘察院, 浙江 宁波 315012; 3 中国科学院 海洋研究所, 海洋地质与环境重点实验室, 山东 青岛 266071)

**摘要:** 对采自渤海湾地区的水体样品进行了多项污染指标测试。结果表明, 研究区水体呈弱碱性, 主要污染物质为无机氮、锌、铅和汞。除无机氮外, 其他指标基本符合二类水质标准。而无机氮浓度符合三类水质标准。研究区水质受到多种因素影响, 陆地河流输入是影响研究区水质的主要因素, 而养殖活动、石油开采、工业和民用污水排放等对研究区水质具有重要影响。本研究为渤海环境治理措施的制定和实施提供了进一步参考依据, 并建议应有针对性地对这些既有或者潜在的影响渤海湾水质的因素进行分别控制和治理。

**关键词:** 渤海湾; 污染; 污染源

中图分类号: P 736.2 文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2012)09-0114-08

渤海是中国最大的内海, 由辽东半岛与山东半岛围绕而成, 平均水深只有 18 m<sup>[1]</sup>。中国北部众多的河流均在渤海入海(如黄河, 蓟运河, 海河等), 带来了丰富的营养物质, 使得渤海成为中国重要的渔业和海水养殖基地。环渤海区域也具有丰富的油气资源, 大港油田、胜利油田均依渤海而建。改革开放以来, 人口自内陆城市和农村向大连、秦皇岛、天津、烟台、东营等地大规模迁徙, 使得渤海沿岸经济快速增长<sup>[2]</sup>。环渤海地区已成为我国北方经济活动的重心之一<sup>[3]</sup>。同时, 渤海湾的水污染现象也日趋严重, 生态环境急剧恶化, 赤潮频频发生, 鱼类资源渐趋枯竭<sup>[4]</sup>。渤海已成为我国污染最为严重的海域之一<sup>[5]</sup>。2001 年, 国务院批准实施了专门针对渤海环境的《渤海碧海行动计划》, 要求控制近海岸海域污染, 恢复渤海的生态环境。2009 年 1 月, 国家发展和改革委员会牵头编制的《渤海环境保护总体规划(2008~2020 年)》获国务院正式批准实施。渤海环境问题受到了国家和社会各界人士以及众多科学家的广泛关注<sup>[2, 4-9]</sup>。

前人曾通过水体<sup>[10-11]</sup>, 沉积物<sup>[12-13]</sup>, 生物生态<sup>[14-15]</sup>等不同途径来探讨渤海环境问题。一方面独特的地理位置, 使得渤海时时刻刻都受到人类活动的巨大影响。环境面貌瞬息万变。另一方面前人的研究多以环境评价方式探讨渤海的污染程度和治理方案, 少有关于污染源的分类讨论。而对污染源进行分类讨论有利于对渤海环境进行有针对性的治理。

本研究以污染较严重的渤海西岸附近(渤海湾天津段)水域的水体样品为研究对象。通过本研究, 一方面期望得到该区域水体污染的最新数据, 评价近年来对渤海环境治理的效果, 另一方面将对该区域污染源进行较深入的分类探讨, 为渤海环境治理措施的制定和实施提供进一步参考依据。

## 1 研究区概况

研究区位于 117.7°~118.1°E, 38.5°~38.8°N, 距塘沽约 47 km, 范围约 468 km<sup>2</sup>。总体上, 其地形向 NEE 倾斜, 西南部坡降较大, 其他部分平缓, 水深 2~11 m, 平均 6.5 m。等深线大致与海岸线走势平行。由于近岸入海河流和潮汐影响, 水动力较强, 水体居留时间较短<sup>[16]</sup>。区内布设有大港油田 6 个采油平台(图 1), 是渤海污染严重的海域之一。

收稿日期: 2011-07-20; 修回日期: 2012-05-01

基金项目: 中国科学院海洋地质与环境重点实验室开放基金项目(MGE-2009KG02); 国家海洋局北海分局《QK18-1 油田中高点综合整治项目环境影响评价》项目

作者简介: 王丕波(1979-), 男, 山东即墨人, 硕士, 工程师, 现从事海洋环境调查与评价工作, E-mail: wpbapple@163.com; 殷学博(1977-), 通信作者, 硕士, 助理研究员, 主要从事元素分析技术与方法的研究, E-mail: xbyin@qdio.ac.cn

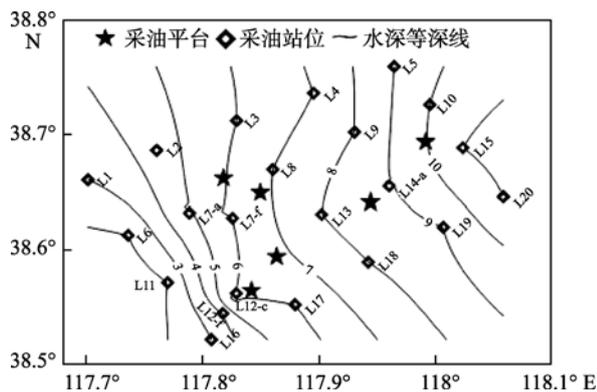


图 1 研究区位置图与等深线图

Fig. 1 The site and bathymetric chart of the study area

## 2 样品和方法

研究样品来自 2010 年 9 月国家海洋局北海分局《QK18-1 油田中高点综合调整项目环境影响评价》项目。本研究所使用数据为该项目对研究区的表层水体的测试数据。一般水质评价需要采集表层、中层和底层水体数据进行综合评价，但由于研究区水深小，水动力大，所以中层和底层水体与表层水体性质接近，且中层和底层水体容易受底质沉积物影响，所以本研究只使用表层水体数据。具体采样站位如图 1 所示。测试项目和测试方法见表 1。

表 1 水质监测项目和分析方法

Tab. 1 Water quality monitoring items and analytical methods

监测项目	分析方法	检出限
pH	玻璃复合电极法	0.01
水温	表层水温表法	0.2°C
盐度	盐度计法	0.01
DO	快速脉冲 - 极谱法	0.01 mg/L
COD	碱性高锰酸钾法	0.15 mg/L
硝酸盐	锌镉还原法	0.7 µg/L
亚硝酸盐	盐酸萘乙二胺分光光度法	0.3 µg/L
石油类	紫外分光光度法	3.5 µg/L
活性磷酸盐	磷钼蓝分光光度法	0.2 µg/L
硫化物(以 S 计)	亚甲基蓝分光光度法	3.3 µg/L
砷	原子荧光法	0.5 µg/L
铜	无火焰原子吸收分光光度法	0.2 µg/L
铅	无火焰原子吸收分光光度法	0.03 µg/L
锌	火焰原子吸收分光光度法	3.1 µg/L
镉	无火焰原子吸收分光光度法	0.01 µg/L
汞	原子荧光法	0.007 µg/L
总铬	无火焰原子吸收分光光度法	0.3 µg/L

## 3 结果

水质分析结果如表 2 所示。研究区水温为 20.2~21.6°C，平均 20.8°C，变化不大。盐度为 29.0~31.3，平均 30.4，低于平均海水盐度(~35)，说明河流淡水的注入对该海域盐度有显著的稀释作用。化学需氧量 COD 变化在 0.630~1.61 mg/L，平均 1.16 mg/L，较大的变化范围表明研究区有机污染物空间分布差异较大。此外，变化较大的指标还有石油类 24.7~59.1 µg/L，磷酸盐 7.60~10.6 µg/L，无机氮 290~343 µg/L，硫化物 0.360~0.950 µg/L 和重金属元素。溶解氧 DO 在 8.11~8.78 mg/L。接近其在相应水

温下的饱和质量浓度(~ 8.90 mg/L)，DO 与温度之间负线性相关性明显( $r=0.90$ )。pH 变化在 8.25~8.38，变化不大，水体呈碱性，表明由于 DO 质量浓度较为充足，至少在表层水体中基本不存在有机质的厌氧分解。

## 4 讨论

### 4.1 污染指标空间分布

#### 4.1.1 COD 和 DO

化学需氧量 COD 反映了水体受还原性物质污染的程度，是水体受污染程度和生态环境好坏的重要指标之一<sup>[17]</sup>，其值越大表明污染越严重。COD

表 2 水质监测结果

Tab. 2 Pollutants concentrations of samples

站点	温度(℃)	盐度	COD	DO	pH	无机氮	磷酸盐	石油类	铜	铅	锌	镉	总铬	总汞	砷	硫化物
L1	20.4	31.0	1.14	8.74	8.34	338	7.60	48.6	2.45	2.65	34.1	3.09	4.27	0.100	1.14	0.952
L2	20.5	31.3	1.06	8.64	8.34	303	8.37	31.2	2.98	1.74	38.3	2.51	3.24	0.096	1.09	0.652
L3	20.4	31.2	0.82	8.64	8.35	332	9.11	31.5	4.62	1.56	33.2	2.14	3.22	0.063	1.03	0.543
L4	21.0	30.7	0.63	8.52	8.37	343	8.37	29.4	2.17	1.74	41.8	1.89	1.84	0.096	0.57	0.815
L5	20.9	30.6	1.10	8.56	8.38	305	9.11	37.1	3.44	1.03	41.2	0.090	2.99	0.095	0.63	0.552
L6	20.5	31.1	1.06	8.72	8.31	305	8.37	38.0	2.95	3.41	40.0	1.91	2.36	0.096	0.67	—
L7-a	20.2	31.0	1.10	8.78	8.33	291	8.37	42.7	2.48	2.34	39.9	1.68	1.63	0.095	0.83	0.623
L7-f	20.2	31.0	0.98	8.78	8.33	329	9.11	41.2	2.69	1.74	34.6	1.86	1.67	0.088	0.73	0.846
L8	21.0	30.5	1.45	8.60	8.34	342	7.60	43.0	2.94	2.75	32.1	2.47	1.93	0.081	0.86	0.854
L9	21.1	30.8	1.45	8.32	8.32	305	8.37	48.6	2.17	1.63	33.2	2.04	2.19	0.097	0.76	0.650
L10	21.1	30.9	1.18	8.39	8.35	316	8.37	59.1	2.22	2.31	31.4	2.73	2.94	0.077	0.86	0.742
L11	21.0	29.9	1.37	8.34	8.35	298	10.6	36.2	2.95	1.58	42.8	2.47	3.51	0.105	0.86	0.358
L12-c	20.7	29.8	1.10	8.50	8.28	333	9.11	24.7	2.72	1.41	38.3	1.39	4.03	0.053	1.20	0.541
L12-f	20.6	29.0	1.18	8.61	8.30	302	7.60	25.3	3.09	0.35	30.2	1.59	2.03	0.111	1.55	0.754
L13	21.0	29.9	1.18	8.43	8.25	340	8.37	48.8	2.95	1.07	42.8	1.93	3.93	0.108	0.90	0.653
L14-a	21.6	30.3	1.41	8.11	8.38	290	9.11	49.1	4.91	1.24	47.9	0.090	3.37	0.058	0.99	0.850
L15	21.6	30.3	1.02	8.12	8.36	292	7.60	40.9	3.69	2.51	44.0	0.74	2.03	0.088	0.76	0.621
L16	20.7	30.0	1.33	8.35	8.34	337	9.89	27.4	3.28	1.74	42.8	2.48	3.26	0.103	0.86	0.564
L17	20.7	30.0	0.82	8.35	8.34	329	9.89	39.4	2.77	2.04	40.6	2.20	4.00	0.088	1.02	0.568
L18	21.0	29.9	1.61	8.34	8.35	296	9.11	37.1	3.00	1.79	42.8	1.82	3.51	0.072	0.86	0.641
L19	21.3	29.8	0.98	8.29	8.33	335	9.11	34.1	4.15	3.29	41.1	0.670	2.10	0.054	0.97	0.552
L20	21.3	29.7	1.53	8.22	8.37	337	8.37	47.4	6.66	3.66	48.3	0.320	1.67	0.045	1.15	0.743

注：— 为未检出，COD 和 DO 单位为 mg/L，其他测试指标单位为 μg/L

变化范围在 0.630 ~ 1.61 mg/L。COD 与溶解氧 DO 之间存在负相关关系( $r=-0.37$ ), 而与石油类之间具有正相关关系, 且与其他测试指标相比, 两者之间的相关系数最大( $r=0.34$ ), 其空间分布模式大致表现出距离采油平台距离越小, 指标越高的特征(图 2)。说明石油类是该海区最主要的耗氧污染物质。

溶解氧 DO 是衡量水体自净能力的一个指标, 变化范围在 8.11 ~ 8.78 mg/L, 空间上, 其质量浓度近岸高、远岸低(图 2), 但质量浓度梯度与水深等深线和海岸线并不平行, 而其梯度方向大致指向近岸河口方向, 表明陆地河流是该区 DO 的主要来源。DO 与 COD 质量浓度比值变化在 5.20~13.5, 平均为 7.70, 表明研究区水体具有一定的自净能力。

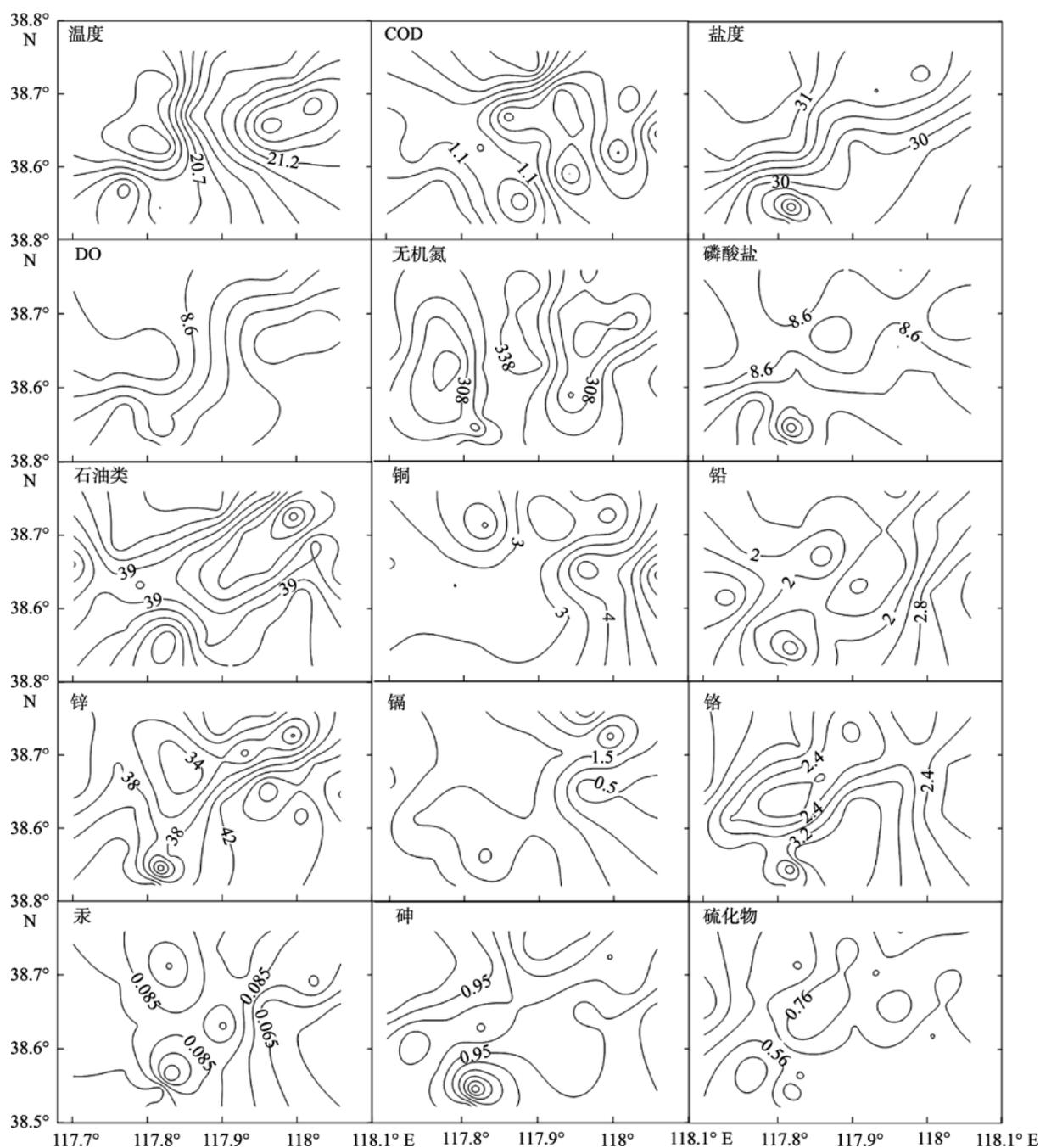


图 2 污染指标空间分布图

Fig. 2 Spatial distribution patterns of the contamination indices

#### 4.1.2 硫化物、无机氮和磷酸盐

硫是养殖水域环境中的重要生原物质, 其存在形式、含量和分布与养殖生物的活动和环境因素密切相关。水体中硫化物含量的高低与有机物负荷量成正相关, 与生物量呈负相关, 并对耗氧速率产生影响<sup>[18]</sup>。其空间分布模式与 COD, DO, 石油类的空间分布模式不一致(图 2), 与三者间也无显著正线性关系, 排除了石油开采和河流带入的可能, 表明研究区硫化物为海流自其他海域带入。

无机氮是指未与碳结合的含氮物质的总称。主要由铵态氮、硝态氮和亚硝态氮三种构成。氮和磷都是植物生长所需的主要营养元素。氮和磷的浓度直接影响水体中藻类的生长。由于工农业的发展, 这二者也成为了我国近岸海域海水的主要污染物质。样品中无机氮质量浓度变化在 290~343 μg/L, 其空间分布特征表现出东部和西部质量浓度低, 而中部无采油平台布设的地方质量浓度高的特征(图 2)。磷酸盐变化范围为 7.60~10.6 μg/L, 研究区西南部浓度最高, 无机氮与磷酸盐浓度之间无显著相关性, 其空间分布模式也不一致, 表明二者来源不同。

#### 4.1.3 Cu, Pb, Zn, Cd, Hg, As, Cr

对所测试的 7 种重金属物质进行相关分析。相关系数矩阵见表 3。表 3 显示这些元素之间缺乏显著正相关性, 而元素之间的相关关系更多表现为不相关或者显著负相关, 其空间分布模式也显著不同(图 2)。说明这些元素具有不同来源。

表 3 重金属元素浓度间相关系数

Tab. 3 Correlation coefficients among heavy metals

	总汞	总铬	锌	铜	砷	铅
镉	0.49	0.30	-0.57	-0.64	0.03	-0.02
铅	-0.38	-0.33	0.18	0.28	-0.19	
砷	-0.18	0.25	-0.23	0.28		
铜	-0.64	-0.15	0.52			
锌	-0.26	0.09				
总铬	0.05					

注: 样本数  $n = 22$

## 4.2 环境影响评价

评价方法采用标准指数法<sup>[19]</sup>。具体如下:

一般污染物用:

$$P_i = C_i / C_0$$

式中:  $P_i$ — $i$  种污染物的污染指数;  $C_i$ — $i$  种污染物的实测质量浓度 (mg/L);  $C_0$ — $i$  种污染物质量浓度

的评价标准 (mg/L)。

pH 用:

$$P_i = (7.0 - \text{pH}_i) / (7.0 - \text{pH}_x), \quad \text{当 } \text{pH}_i < 7.0$$

$$P_i = (\text{pH}_i - 7.0) / (\text{pH}_s - 7.0), \quad \text{当 } \text{pH}_i > 7.0$$

式中,  $P_i$ —pH 的污染指数;  $\text{pH}_i$ —pH 的实测浓度值;  $\text{pH}_x$ —水质标准中 pH 值下限;  $\text{pH}_s$ —水质标准中 pH 值上限;

DO 用:

$$\text{当 } j_{\text{DO}} \geq S_{\text{DO}} \text{ 时, } I_{\text{DO}} = (f_{\text{DO}} - j_{\text{DO}}) / (f_{\text{DO}} - S_{\text{DO}})$$

$$\text{当 } j_{\text{DO}} < S_{\text{DO}} \text{ 时 } I_{\text{DO}} = 10 - 9j_{\text{DO}} / S_{\text{DO}}$$

式中,  $I$  为 DO 的标准指数;  $f_{\text{DO}}$  为某水温、气压条件下的饱和溶解氧质量浓度 (mg/L), 计算公式常采用:  $f_{\text{DO}} = 468 / (31.6 + T)$ ,  $T$  为水温 (°C);  $j_{\text{DO}}$  为溶解氧实测值 (mg/L);  $S_{\text{DO}}$  为溶解氧的评价标准限值 (mg/L)。

按《海水水质标准》中的一、二、三类标准分别进行评价, 结果如图 3 所示, 所有站位的无机氮和锌都超出一类水质标准, 超标倍数分别为 1.45~1.71 和 1.51~2.41。铅和总汞有 21 个站位超出一类水质标准, 最大超标倍数分别为 3.66 和 2.22。镉有 16 个站位超出一类水质标准, 最大超标倍数为 3.09, 石油类和铜分别有 1 个站位超出一类水质标准, 超标倍数分别为 1.18 和 1.33。其他测试指标均符合一类水质标准。无机氮有 17 个站位超出二类水质标准, 最大超标倍数为 1.14。石油类有一个站位超出二类水质标准, 超标倍数为 1.18。所有站位水质都符合三类水质标准。

## 4.3 污染源分析

为了进一步对污染源进行分类评述, 将测试指标纳入 R 型因子分析, 提取特征值大于 1 的前五个因子, 并将所得因子载荷进行方差极大旋转以方便解释。前五个因子共解释数据方差变化的 77.7%, 结果见表 4。

因子 1 解释了数据方差变化的 24.1%, 镉、总汞和 DO 在该因子上具有较大正载荷, 而铜、锌在该因子上具有较大负载荷。DO、镉和总汞浓度的空间分布模式都具有近岸高, 远岸低的特征。吴光红等<sup>[20]</sup>曾对天津主要水体表层沉积物中的重金属元素污染特征进行过研究, 结果表明其 Cd 的污染程度最大(表 5), 表明其主要来源是陆地河流。所以该因子可解释为陆地河流输入对研究区水质的影响。一方面河流带入镉和总汞等污染物质, 另一方面, 河流淡水的输入又对研究区铜、锌等污染物质具有稀释作用, 造成这些指标在该因子上的相互消长关系。因子

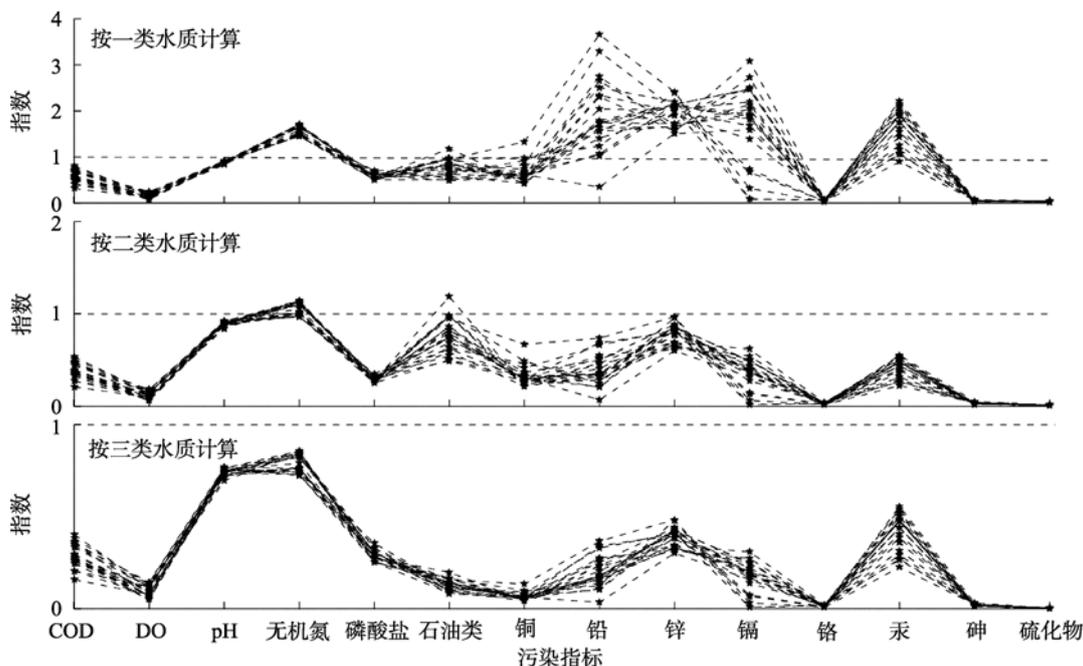


图3 污染指数图

Fig. 3 Contamination indices

表4 因子分析结果

Tab. 4 Result of the factor analysis

指标	因子分析结果				
	因子 1	因子 2	因子 3	因子 4	因子 5
COD	-0.19	0.01	0.75	-0.22	0.21
DO	0.61	-0.33	-0.44	0.09	0.13
镉	0.86	0.10	0.10	0.27	0.10
磷酸盐	-0.11	0.88	-0.10	0.00	-0.13
硫化物	0.15	-0.75	0.24	0.23	0.09
铅	-0.34	-0.23	0.25	0.68	-0.23
砷	-0.08	-0.10	-0.04	-0.01	0.94
石油类	0.04	-0.28	0.79	0.17	-0.27
铜	-0.87	-0.02	0.08	0.16	0.24
无机氮	0.14	0.00	-0.23	0.85	0.09
锌	-0.67	0.41	0.16	-0.05	-0.27
总铬	0.30	0.68	0.24	0.09	0.40
总汞	0.71	0.00	-0.07	-0.43	-0.19
解释方差(%)	24.10	17.10	13.00	12.40	11.10
累计方差(%)	24.10	41.20	54.20	66.50	77.70

表5 海河干流表层沉积物中重金属元素的富集系数<sup>[21]</sup>

Tab. 5 Relative enrichment factors of heavy metals in surface sediment of the Haihe River<sup>[21]</sup>

富集系数						
Mn	Cu	Ni	Cr	Zn	Cd	Pb
1.44	2.25	2.18	0.79	2.54	12.68	0.70

1 是对研究区水质影响最为显著的因子。

因子 2 解释了数据方差变化的 17.1%。其上正载荷较大的有磷酸盐、总铬, 载荷较大的为硫化物。DO 也在该因子上具有显著载荷。大量研究表明, 植物生长对环境铬含量具有显著影响<sup>[21-24]</sup>。研究区硫化物应该主要来自渔业养殖等所产生的生物排泄物, 结合硫化物, DO 与磷酸盐、总铬在该因子上的消长关系, 该因子可解释为生物活动和海水养殖活动对环境的影响。

因子 3 解释了数据变动的 13.0%。正载荷较大的为 COD, 石油类, 载荷较大的为 DO。该因子表示油田开采活动对环境的影响。石油类污染物是造成该区域 COD 变化的主要因素。

因子 4 解释了数据变动的 12.4%。正载荷较高的为铅、无机氮, 载荷较高的为总汞。因子 5 解释了数据变动的 11.1%。正载荷较高的为砷、总铬。渤海湾布设有多处排污口, 工业废水的排入对海域环境的影响非常严重<sup>[2]</sup>, 这两个因子代表了不同化工工业活动和民用污水排放的重金属污染物对研究区水质的影响。

因子分析表明, 影响研究区水质的因素多而杂。陆地河流输入对该区水质条件的影响处于支配地位。其他 4 个因子所解释的数据方差变化差别不大。说明这些因素都是控制研究区水质条件的主要因素, 而其他未纳入分析的次要因子(特征值小于 1)总共解释数据方差变动小于 22.3%, 也对研究区水质产生一定影响。

## 5 结论

研究区水质呈弱碱性, 无机氮、锌、铅、总汞污染较为严重, 超过一类水质标准, 特别是无机氮, 多数站位的无机氮浓度超过二类水质标准, 除此之外, 其他指标都基本符合二类水质标准。而所有测试指标都符合三类水质标准。

陆地河流是影响研究区水质的主要因素, 而生物活动和人类养殖活动、石油开采、工业和民用污水排放等对研究区水质具有重要影响。为了治理渤海湾水体污染问题, 应加强限制渤海湾入海河流中的镉、汞排量, 控制渤海地区海水养殖场所硫化物和磷酸盐等污染物的扩散。加强石油开采区域环境监测工作, 防止石油类污染现象的发生。对民用和工业污水中重金属元素的浓度严格把关, 禁止其不经处理直接排放。

参考文献:

- [1] Lin Chuanlan, Su Jilan, Xu Bingrong, et al. Long-term variations of temperature and salinity of the Bohai Sea and their influence on its ecosystem [J]. Progress In Oceanography, 2001, 49(1-4):7-19.
- [2] Ma M, Feng Z, Guan C, et al. DDT, PAH and PCB in sediments from the intertidal zone of the Bohai Sea and the Yellow Sea [J]. Marine Pollution Bulletin, 2001, 42(2): 132-136.
- [3] 王琪, 纪朝彬. 渤海环境综合治理的制度安排[J]. 中国海洋大学学报(社会科学版), 2009, 2: 1-3.
- [4] 刘成, 王兆印. 环渤海湾诸河口潜在生态风险评价[J]. 环境科学研究, 2002, 5: 33-37.
- [5] 李丹. 渤海海水排污权交易制度设计与实施研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2010.
- [6] 王泽良, 陶建华, 季民, 等. 渤海湾中化学需氧量 (COD) 扩散、降解过程研究[J]. 海洋通报, 2004, 23: 27-31.
- [7] 滕祖文. 渤海环境保护的问题与对策[J]. 海洋开发与管理, 2005, 22: 23-29.
- [8] 元宝艳, 杨本杰. 浅谈渤海环境污染现状, 原因分析及防治措施[J]. 山东环境, 2000, 3: 44-45.
- [9] 李毅. 渤海环境治理途径探索[J]. 海洋开发与管理, 2006, 23: 108-111.
- [10] 秦昌波, 郑丙辉, 秦延文, 等. 渤海湾天津段海岸带水环境质量灰色关联度评价[J]. 环境科学研究, 2006, 6: 94-99.
- [11] 张毅, 唐晓冬. 渤海湾砷的生物富集及其在底泥中的积累[J]. 海洋环境科学, 1990, 9: 24-29.
- [12] 李淑媛, 刘国贤. 渤海沉积物中重金属分布及环境背景值[J]. 中国环境科学, 1994, 14: 370-376.
- [13] 林秀梅, 刘文新, 陈江麟, 等. 渤海表层沉积物中多环芳烃的分布与生态风险评价[J]. 环境科学学报, 2005, 25: 70-75.
- [14] 杨小玲, 杨瑞强, 江桂斌, 等. 牡蛎作为生物指示物监测渤海近岸水体中的丁基锡污染物[J]. 环境化学, 2006, 25: 88-91.
- [15] 程济生. 黄渤海近岸水域生态环境与生物群落[M]. 青岛: 中国海洋大学出版社, 2004: 1-98.
- [16] Jiang T. Preliminary estimation of the half period of sea water exchange in the Bohai Sea[J]. Marine Science Bulletin, 1977, 3(4): 31.
- [17] 张峥, 周丹卉, 谢轶. 辽河化学需氧量变化特征及影响因素研究[J]. 环境科学与管理, 2011, 36:36-39.
- [18] 耿英慧. 对虾养殖过程中硫化物的控制[J]. 海洋与

- 渔业: 水产前沿, 2009, 11: 33-35.
- [19] 孙江城, 刘春立, 赵兴文. 常用环境质量综合指数法的评述和适用性比较[J]. 中国公共卫生, 1996, 7: 318-322.
- [20] 吴光红, 苏睿先, 李万庆, 等. 天津主要水体表层沉积物中重金属污染特征[J]. 中国矿业大学学报, 2008, 37: 259-264
- [21] 高步先, 张乃生. 铬的生物学功能及其在动物体内的代谢[J]. 动物医学进展, 2002, 23: 49-51.
- [22] Drlgen N. Effects of pN and crelator EDTA on Cr toxicity and accumulation in LEMNA minor[J]. Chemosphere, 1998, 37: 771-778.
- [23] 陈英旭, 朱祖祥. 土壤中铬的有效性与污染生态效应[J]. 生态学报, 1995, 15: 79-84.
- [24] 王威, 刘东华. 铬污染地区环境对植物生长的影响[J]. 农业环境保护, 2002, 21: 257-259.

## Water quality evaluation and classification of pollutant sources of Tianjin coastal zone in the Bohai Bay

WANG Pi-bo<sup>1</sup>, WANG Hai-rong<sup>1</sup>, YAN Jing<sup>1</sup>, WU Li<sup>2</sup>, YIN Xue-bo<sup>3</sup>

(1. North China Sea Branch of the State Oceanic Administration, Qingdao 266033, China; 2. Engineering investigation institute of Zhejiang Province, Ningbo 315012, China; 3. Key Laboratory of Marine Geology and Environment, Institute of Oceanology, the Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China)

**Received:** Jul.,20,2011

**Key words:** the Bohai Sea Gulf; contamination; contamination sources

**Abstract:** The Bohai Sea is one of the most seriously contaminated sea areas of China. A number of contamination indices of water samples collected from the Bohai Sea Gulf have been measured and studied here. The study area has weak alkalic water with major pollutants of inorganic nitrogen, zinc, lead and mercury. The tested indices are lower than the second-grade water quality criteria except the inorganic nitrogen, which is only lower than the third-grade water quality criterion. Fluvial input is the predominant factor affecting the water quality in the study area, while sea-farming, oil exploitation, industrial and civil waste water discharge also affect much. In the article, we have provided further information for the Bohai Sea environment recovering and suggested that it is necessary to target controlling and treating the existing and potential risky factors.

(本文编辑: 刘珊珊)