

# 2015 年天津市海洋生态红线区海洋环境质量综合评价

徐冠球<sup>1,2</sup>, 张秋丰<sup>1,2</sup>, 屠建波<sup>1,2</sup>, 孙欢<sup>1,2,3</sup>, 何荣<sup>1,2</sup>, 刘洋<sup>1,2</sup>

(1. 国家海洋局天津海洋环境监测中心站 天津 300457; 2. 天津市海洋环境监测预报中心 天津 300457;

3. 上海海洋大学 上海 201306)

**摘要:** 文章于 2015 年夏季对天津市海洋生态红线区的主要海域进行了水质和沉积物环境状况调查。天津市海洋生态红线区海域海水主要受到了无机氮和活性磷酸盐的污染, 部分站位化学需氧量、油类和铅等监测因子也超出了第二类海水水质标准的要求。总体上看, 红线区海域海水处于中度富营养化状态, 富营养化程度的高值区出现在生态红线区北部近岸海域。表层沉积物质量良好, 均符合第一类海水沉积物质量标准, 红线区海域表层沉积物重金属的潜在生态风险等级处于轻微等级。

**关键词:** 海洋生态红线区; 环境质量评价; 富营养化; 重金属; 潜在生态风险

中图分类号: X55; P7

文献标志码: A

文章编号: 1005-9857(2018)01-0120-06

## Comprehensive Assessment of Marine Environment Quality in Marine Ecological Redline Areas of Tianjin City in 2015

XU Guanqiu<sup>1,2</sup>, ZHANG Qiufeng<sup>1,2</sup>, TU Jianbo<sup>1,2</sup>, SUN Huan<sup>1,2,3</sup>, HE Rong<sup>1,2</sup>, LIU Yang<sup>1,2</sup>

(1. Tianjin Marine Environment Monitoring Central Station, Tianjin 300457, China; 2. Tianjin Marine Environment Monitoring and Forecast Center, Tianjin 300457, China; 3. Ocean University of Shanghai, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** The environment conditions of the water quality and sediment quality were surveyed in marine ecological redline areas of Tianjin city in summer, 2015. The seawater of marine ecological redline areas of Tianjin was mainly polluted by inorganic nitrogen and reactive phosphate. The concentrations of chemical oxygen demand, oil and Pb etc. also exceeded Category II of Water Quality Standards in some stations. Altogether, the seawater of marine ecological redline areas was in moderate eutrophication conditions and the high value zone of eutrophication was distributed in the north off-shore sea areas. The sediment quality all met Category I of Sediment Standards. The results showed that marine ecological redline areas of Tianjin city had slight potential ecological risk.

**Key words:** Marine Ecological Redline Areas, Environment quality assessment, Eutrophication, Heavy metal, Potential ecological risk

收稿日期: 2017-03-24; 修订日期: 2017-11-28

基金项目: 天津市科技兴海项目(KJXH2014-13 和 KJXH2014-22); 国家海洋局海洋生态环境科学与工程重点实验室开放基金项目(MESE-2012-07)和 2010 年中央分成海域使用金支出项目(环保类)等项目资助。

作者简介: 徐冠球, 助理工程师, 硕士, 研究方向为海洋监测与评价

海洋生态红线区是指为维护生态健康与生态安全,以重要生态功能区、生态敏感区和生态脆弱区为保护重点而划定的实施严格管控、强制性保护的区域<sup>[1-2]</sup>。天津市海洋生态红线区划定于 2014 年,位于渤海湾内,受到沿岸大量工业废水和生活污水排放的影响<sup>[3]</sup>,天津市海洋生态红线区面临巨大的环境压力。

本研究通过对天津海洋生态红线区的调查,初步了解了天津市海洋生态红线区的海洋环境质量状况,为维护海洋生态健康与生态安全、落实海洋生态红线制度提供科学管理依据。

### 1 调查海域及样品采集

天津市划定的海洋生态红线区包括 200 km<sup>2</sup> 余的海域和近 20 km 的自然岸线,本次调查选取了天津市海洋生态红线区的主要海域,即天津大神堂牡蛎礁国家级海洋特别保护区海域、汉沽重要渔业海域和大港滨海湿地海域进行调查研究。

天津大神堂牡蛎礁国家级海洋特别保护区分布着迄今发现的我国北方纬度最高的现代活牡蛎礁,具有重要生态服务功能和特殊保护价值<sup>[4]</sup>。

天津汉沽重要渔业海域是扇贝、红螺等贝类的主要栖息场所,资源量丰富<sup>[5]</sup>。

天津大港滨海湿地海域是天津典型的湿地生态系统,是重要经济动物贝类增殖地以及海涂湿地与浅海生态生物多样性基因库<sup>[6]</sup>。天津大神堂牡蛎礁国家级海洋特别保护区海域与天津汉沽重要渔业海域位置相邻,均位于天津汉沽近岸,在本研究中进行统一评价,下文中统称为天津北部海洋生态红线区海域。

为了解天津市海洋生态红线区环境质量状况,于 2015 年 8 月对被划为天津市海洋生态红线区的主要海域部分进行了海洋环境监测,共设置监测站位 12 个,其中,大神堂牡蛎礁国家级海洋特别保护区设置监测站位 6 个(站位 1 到站位 6),天津汉沽重要渔业海域设置监测站位 2 个(站位 7 与站位 8),天津大港滨海湿地海域 4 个(站位 9 到站位 12),具体见图 1。所有站位均采集海水样品和表层沉积物样品,样品的采集和分析均按《海洋监测规范》<sup>[7]</sup>和《海洋调查规范》<sup>[8]</sup>进行。

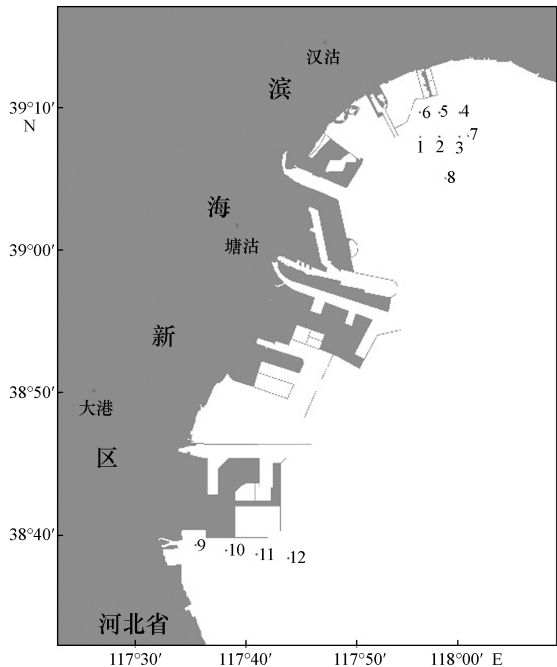


图 1 天津市海洋生态红线区监测站位

### 2 评价方法

海水评价采用《海洋环境质量评价技术指南》<sup>①</sup>中的单因子污染指数法和《海水质量状况评价技术规程》(试行)<sup>②</sup>中的营养指数法进行评价,海水的评价标准值采用《海水水质标准》<sup>[9]</sup>中的第二类海水水质标准,具体见表 1。当污染指数小于 0.5 时,海域环境未受到该因子沾污;当污染指数在 0.5~1.0 时,海域环境受到了该因子沾污;当污染指数大于 1.0 时,则海域环境受到了该因子污染。

另外,海水评价还采用《海水质量状况评价技术规程》(试行)中的营养指数法,对调查海域富营养化程度进行评价。

沉积物的评价标准值采用《海洋沉积物质量标准》<sup>[10]</sup>中的第一类沉积物质量标准,参与评价的各项因子的评价标准见表 1 和表 2。

沉积物中重金属还采用瑞典科学家 Hakanson<sup>[11]</sup>提出的沉积物中重金属的潜在生态风险指数法来进行评价,该方法不仅反映重金属的毒性水平和生物对重金属污染的敏感程度,也揭示了

① 《海洋环境质量评价技术指南》为国家海洋局报批稿。  
② 《海水质量状况评价技术规程》(试行)为国家海洋局生态环境保护司 2015 年发布。

重金属对人体和水生生态系统的危害<sup>[12]</sup>。潜在生态风险指数 RI 的计算方法如下：

| 表 1 海水水质评价标准 |       | μg/L |
|--------------|-------|------|
| 项目           | 标准值   |      |
| 化学需氧量        | 3 000 |      |
| 溶解氧          | 5 000 |      |
| 无机氮          | 300   |      |
| 活性磷酸盐        | 30    |      |
| 油类           | 50    |      |
| 铜            | 10    |      |
| 铅            | 5     |      |
| 锌            | 50    |      |
| 镉            | 5     |      |
| 总铬           | 100   |      |
| 汞            | 0.2   |      |
| 砷            | 30    |      |

| 表 2 海洋沉积物评价标准        |       |
|----------------------|-------|
| 项目                   | 标准值   |
| 有机碳 10 <sup>-2</sup> | 2.0   |
| 硫化物 10 <sup>-6</sup> | 300.0 |
| 石油类 10 <sup>-6</sup> | 500.0 |
| 铜 10 <sup>-6</sup>   | 35.0  |
| 铅 10 <sup>-6</sup>   | 60.0  |
| 锌 10 <sup>-6</sup>   | 150.0 |
| 镉 10 <sup>-6</sup>   | 0.50  |
| 铬 10 <sup>-6</sup>   | 80.0  |
| 汞 10 <sup>-6</sup>   | 0.20  |
| 砷 10 <sup>-6</sup>   | 20.0  |

$$C_f^i = C_i / C_n^i$$
$$E_r^i = T_r^i \times C_f^i$$
$$RI = \sum_{i=1}^n E_r^i$$

| 表 4 天津市海洋生态红线区水质环境状况        |                |      |       |      |            |      |      |      |
|-----------------------------|----------------|------|-------|------|------------|------|------|------|
| 项目                          | 天津市北部海洋生态红线区海域 |      |       |      | 天津大港滨海湿地海域 |      |      |      |
|                             | 监测因子           | 监测因子 | 污染指数  | 污染程度 | 监测因子       | 监测因子 | 污染指数 | 污染程度 |
|                             | 变化范围           | 均值   | 均值    |      | 变化范围       | 均值   | 均值   |      |
| pH                          | 7.80~8.02      | 7.97 | 0.520 | 受到沾污 | 8.05~8.13  | 8.08 | 0.20 | 未受沾污 |
| 化学需氧量/(mg·L <sup>-1</sup> ) | 1.82~5.70      | 2.59 | 0.860 | 受到沾污 | 2.02~3.50  | 2.48 | 0.83 | 受到沾污 |
| 溶解氧/(mg·L <sup>-1</sup> )   | 4.09~9.44      | 6.04 | 1.130 | 受到污染 | 6.16~8.82  | 7.16 | 0.41 | 未受沾污 |

式中: $C_f^i$ 为重金属的富集系数, $C_i$ 为沉积物中第*i*种重金属的实测含量; $C_n^i$ 为计算所需的参比值。由于背景值选定无统一标准,参考天津近岸背景值研究现状<sup>[13-14]</sup>,选定天津近岸沉积物中铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷的背景参考值分别为 25.63 mg/kg、16.55 mg/kg、74.61 mg/kg、0.112 mg/kg、60.0 mg/kg、0.05 mg/kg、15.0 mg/kg。 $T_r^i$ 为重金属的毒性系数,它反映了重金属的毒性水平和对重金属污染的敏感程度,Cu、Pb、Zn、Cd、Cr、Hg、As 的取值分别为 5、5、1、30、2、40、10<sup>[15-16]</sup>, $E_r^i$ 为重金属*i*的潜在生态风险系数;RI 为*n*种重金属的潜在生态风险指数。

根据生态风险系数可将沉积物中重金属的污染状况划分为 5 个等级,而依据潜在生态风险指数可将污染状况划分为 4 个等级,具体见表 3。

| 表 3 重金属潜在生态危害程度及分级     |                     |      |
|------------------------|---------------------|------|
| 系数范围                   |                     | 污染等级 |
| $E_r^i$                | RI                  |      |
| $E_r^i < 40$           | RI < 150            | 轻微   |
| $40 \leq E_r^i < 80$   | $150 \leq RI < 300$ | 中等   |
| $80 \leq E_r^i < 160$  | $300 \leq RI < 600$ | 强    |
| $160 \leq E_r^i < 320$ | RI ≥ 600            | 很强   |
| $E_r^i \geq 320$       | —                   | 极强   |

### 3 结果与讨论

#### 3.1 水质环境评价

2015 年夏季天津市海洋生态红线区水质监测各项项目的变化范围及平均值见表 4。结果表明,天津市北部海洋生态红线区海域活性磷酸盐浓度高于天津大港滨海湿地海域,无机氮、铅、锌以及总铬浓度低于天津大港滨海湿地海域,其余监测项目两处海域基本一致。

续表

| 项目                          | 天津市北部海洋生态红线区海域  |         |       |      | 天津大港滨海湿地海域       |          |      |      |
|-----------------------------|-----------------|---------|-------|------|------------------|----------|------|------|
|                             | 监测因子            | 监测因子    | 污染指数  | 污染程度 | 监测因子             | 监测因子     | 污染指数 | 污染程度 |
|                             | 变化范围            | 均值      | 均值    |      | 变化范围             | 均值       | 均值   |      |
| 活性磷酸盐/(mg·L <sup>-1</sup> ) | 0.006 1~0.053 3 | 0.031 1 | 1.040 | 受到污染 | 0.006 10~0.011 5 | 0.008 13 | 0.27 | 未受沾污 |
| 无机氮/(mg·L <sup>-1</sup> )   | 0.284~0.474     | 0.354   | 1.180 | 受到污染 | 0.668~0.945      | 0.843    | 2.81 | 受到污染 |
| 油类/(mg·L <sup>-1</sup> )    | 0.019 7~0.054 6 | 0.031 1 | 0.620 | 受到沾污 | 0.024 9~0.031 7  | 0.028 1  | 0.56 | 受到沾污 |
| 铜/(μg·L <sup>-1</sup> )     | 1.24~4.88       | 2.08    | 0.210 | 未受沾污 | 2.96~5.75        | 4.39     | 0.44 | 未受沾污 |
| 铅/(μg·L <sup>-1</sup> )     | 0.017 5~1.45    | 0.390   | 0.080 | 未受沾污 | 0.549~5.27       | 2.87     | 0.57 | 受到沾污 |
| 锌/(μg·L <sup>-1</sup> )     | 1.70~22.2       | 6.06    | 0.120 | 未受沾污 | 4.92~26.8        | 14.2     | 0.29 | 未受沾污 |
| 镉/(μg·L <sup>-1</sup> )     | 0.058 1~0.118   | 0.093 3 | 0.020 | 未受沾污 | 0.093 7~0.174    | 0.143    | 0.03 | 未受沾污 |
| 总铬/(μg·L <sup>-1</sup> )    | 0.126~1.43      | 0.376   | 0.004 | 未受沾污 | 0.688~4.38       | 2.32     | 0.02 | 未受沾污 |
| 汞/(μg·L <sup>-1</sup> )     | 0.019 3~0.032 7 | 0.026 1 | 0.130 | 未受沾污 | 0.025 2~0.035 6  | 0.029 9  | 0.15 | 未受沾污 |
| 砷/(μg·L <sup>-1</sup> )     | 1.73~3.05       | 2.24    | 0.070 | 未受沾污 | 1.83~2.36        | 2.06     | 0.07 | 未受沾污 |

3.1.1 单因子评价结果

采用单因子污染指数法对海洋生态红线区水质监测结果进行评价,各项监测因子评价结果见表 4。监测结果表明,天津市海洋生态红线区北部海域污染指数超过 1.0 的监测因子有 5 项,依次为无机氮、活性磷酸盐、溶解氧、油类和化学需氧量。天津生态红线区南部海域,即天津大港滨海湿地海域污染指数超过 1.0 的监测因子有无机氮和铅,无机氮污染指数平均值达到 2.81,污染程度较重;铅污染指数平均值为 0.57,但在两个站位出现了超标,超标指数分别为 1.05 和 1.01,污染情况并不严重。

天津市海洋生态红线区海域最主要的污染因子为无机氮,无机氮的浓度分布见图 2 和图 3。

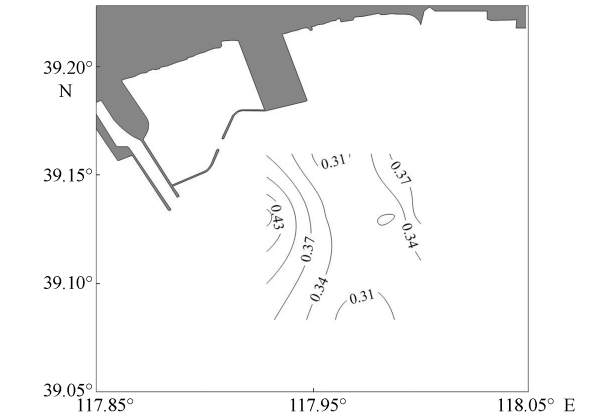


图 2 生态红线区北部海域  
无机氮浓度分布(单位:mg/L)



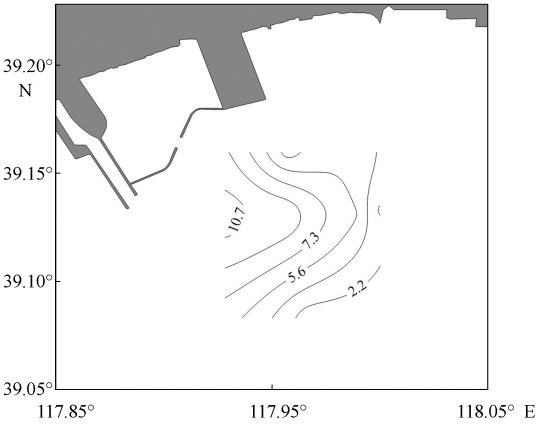


图 4 生态红线区北部海域富营养化指数

天津市北部海洋生态红线区海域总体处于中度富营养化状态,富营养化程度近岸高于外海。天津大港滨海湿地海域富营养指数最大值出现在 11 站位,处于中度富营养化状态,最小值出现在 12 号站位,处于轻度富营养化状态。总体来看,天津大港滨海湿地海域同样处于中度富营养化状态,但富营养化程度低于北部红线区海域。

3.2 表层沉积物环境评价

2015 年夏季天津市海洋生态红线区表层沉积物监测各项目的变化范围及平均值见表 5。结果表明,天津市海洋生态红线区北部海域硫化物含量高于天津大港滨海湿地海域,有机碳含量低于天津大港滨海湿地海域,其余监测项目两处海域基本一致。

3.2.1 单因子评价结果

采用单因子污染指数法对海洋生态红线区表层沉积物监测结果进行评价,各项监测因子评价结果见表 5。结果表明,天津市海洋生态红线区表层沉积物质量良好,没有受到污染。监测项目中,铜和铬的污染指数在北部海洋生态红线区海域与大港滨海湿地海域的均值均超过了 0.5,即存在一定程度的沾污。这可能是环境本底值超标所致<sup>[17-18]</sup>,尽管目前状况并不严重,但也应注意外源污染对海域环境造成的危害。

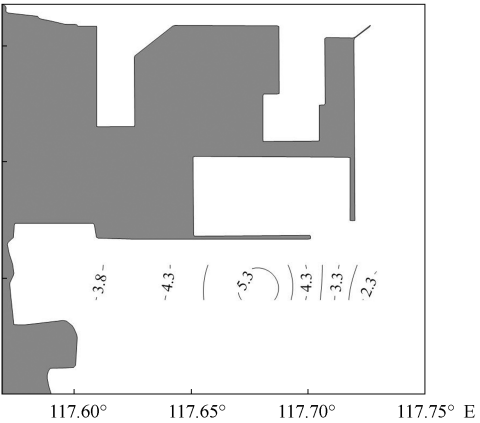


图 5 生态红线区南部海域富营养化指数

出现在 8 站位,达到轻度富营养化状态。总体来看,

表 5 天津市海洋生态红线区表层沉积物环境状况

| 项目             | 天津市北部海洋生态红线区海域  |         |      |      |  | 天津大港滨海湿地海域      |         |      |      |
|----------------|-----------------|---------|------|------|--|-----------------|---------|------|------|
|                | 监测因子            | 监测因子    | 污染指数 | 污染程度 |  | 监测因子            | 监测因子    | 污染指数 | 污染程度 |
|                | 变化范围            | 均值      | 均值   |      |  | 变化范围            | 均值      | 均值   |      |
| 有机碳/ $10^{-2}$ | 0.102~0.401     | 0.256   | 0.13 | 未受沾污 |  | 0.357~0.562     | 0.471   | 0.24 | 未受沾污 |
| 硫化物/ $10^{-6}$ | 11.7~155        | 57.1    | 0.19 | 未受沾污 |  | 123~160         | 139     | 0.46 | 未受沾污 |
| 石油类/ $10^{-6}$ | 44.9~338        | 116     | 0.23 | 未受沾污 |  | 66.2~201        | 115     | 0.23 | 未受沾污 |
| 铜/ $10^{-6}$   | 18.1~28.0       | 23.5    | 0.67 | 受到沾污 |  | 27.8~30.6       | 29.1    | 0.83 | 受到沾污 |
| 铅/ $10^{-6}$   | 18.5~27.7       | 21.3    | 0.36 | 未受沾污 |  | 21.6~23.5       | 22.6    | 0.38 | 未受沾污 |
| 锌/ $10^{-6}$   | 57.5~85.4       | 69.1    | 0.46 | 未受沾污 |  | 52.7~64.9       | 57.9    | 0.39 | 未受沾污 |
| 镉/ $10^{-6}$   | 0.103~0.143     | 0.125   | 0.25 | 未受沾污 |  | 0.119~0.135     | 0.129   | 0.26 | 未受沾污 |
| 铬/ $10^{-6}$   | 39.5~77.0       | 63.1    | 0.79 | 受到沾污 |  | 61.0~71.4       | 66.6    | 0.83 | 受到沾污 |
| 汞/ $10^{-6}$   | 0.020 4~0.025 0 | 0.022 5 | 0.11 | 未受沾污 |  | 0.022 5~0.025 0 | 0.023 7 | 0.12 | 未受沾污 |
| 砷/ $10^{-6}$   | 3.61~5.34       | 4.58    | 0.23 | 未受沾污 |  | 4.01~5.05       | 4.54    | 0.23 | 未受沾污 |

3.2.2 重金属潜在生态风险评价

将天津海洋生态红线区海域表层沉积物中重

金属铜、铅、锌、镉、铬、汞和砷的含量应用潜在生态风险法对各处的污染程度及潜在生态风险进行分



析,沉积物中重金属的潜在生态风险系数  $E_r^i$  及重金属潜在生态风险指数 RI 值见表 6。

表 6 表层沉积物潜在生态风险系数和潜在生态风险指数

| 项目 | 范围          | 平均值   |
|----|-------------|-------|
| Cu | 3.53~5.97   | 4.95  |
| Pb | 5.59~8.37   | 6.56  |
| Zn | 0.71~1.14   | 0.88  |
| Cd | 27.59~38.30 | 33.84 |
| Cr | 1.32~2.57   | 2.14  |
| Hg | 16.32~20.00 | 18.29 |
| As | 2.41~3.56   | 3.05  |
| RI | 60.38~74.82 | 69.70 |

天津市北部海洋生态红线区海域和南部海域表层沉积物中重金属含量基本一致,7 种元素的潜在生态风险危害由大到小依次为镉、汞、铅、铜、砷、铬、锌,从潜在生态风险系数( $E_r^i$ )和风险指数(RI)来看,两处海域重金属污染的潜在生态风险都属于轻微等级,海洋沉积物环境并未受到重金属污染的影响。这与张淑娜等<sup>[13]</sup>、江洪友等<sup>[17]</sup>对天津近岸海域沉积物重金属的潜在生态风险的评价结果相一致。

4 结论

通过 2015 年夏季对天津市海洋生态红线区的水质和沉积物环境状况进行的调查,得出了以下结论。

- (1)天津市海洋生态红线区海域海水水质主要受到了无机氮和活性磷酸盐的污染,从调查海域的位置来看,天津市北部红线区海域污染因子种类较多,天津市南部海洋生态红线区海域无机氮的污染程度较重。
- (2)天津市海洋生态红线区海域处于中度富营养化状态,这可能是由于沿岸经济的快速发展及大量海洋工程的兴建,陆源污染物输入不断增加所致,富营养化程度的高值区出现在天津市北部生态红线区近岸海域。
- (3)表层沉积物各监测因子均符合《海洋沉积物质量标准》<sup>[10]</sup>的第一类质量标准要求,沉积物质量良好,未受到污染。

(4)表层沉积物重金属对天津海洋生态红线区海域生态风险构成的风险程度由高到低依次为镉、汞、铅、铜、砷、铬、锌,调查海域重金属潜在生态风险等级处于轻微等级。

参考文献

[1] 路文海,向先全,刘捷,等.加强海洋生态红线区与功能区制度建设[J].宏观经济管理,2015(7):22—24.

[2] 黄伟,曾江宁,陈全震,等.海洋生态红线区划:以海南省为例[J].生态学报,2016,36(1):268—271.

[3] LIU C,WANG Z Y,HE Y.Water pollution in the river mouths around Bohai Bay[J].International Journal of Sediment Research,2003,18(4):326—332.

[4] 房恩军,马维林,刘茂利,等.天津市大神堂贝类保护区贝类资源本底调查报告[J].天津水产,2004(1):20—24.

[5] 郭占峰.汉沽大神堂外海贝类资源增殖探讨[J].天津水产,2003(1):10—13.

[6] 李文艳.天津滨海湿地生态系统退化指标体系的构建与评价研究[D].济南:山东师范大学,2011:6—10.

[7] 国家质量监督检验检疫总局.海洋监测规范:GB 17378.5—2007[M].北京:中国标准出版社,2007.

[8] 国家质量监督检验检疫总局.海洋调查规范:GB/T 12763—2007[M].北京:中国标准出版社,2007.

[9] 国家海洋局.海水水质标准:GB 3097—1997[M].北京:中国标准出版社,1997.

[10] 国家海洋局.海洋沉积物质量标准:GB18668—2002[M].北京:中国标准出版社,2002.

[11] HAKANSON L.An ecological risk index for aquatic pollution control, a sediment tological approach[J].Water Research,1980,14:975—1001.

[12] 廖勇,黄厚见,李磊,等.江苏如东贝类增殖区重金属的含量分布特征及潜在生态风险评价[J].中国环境监测,2012,28(6):4—9.

[13] 张淑娜,唐景春.天津海域沉积物重金属潜在生态风险危害评价[J].海洋通报,2008,27(2):85—90.

[14] 王秋莲,刘春光,关玉春,等.天津近岸海域表层沉积物中重金属的生态风险评价[J].南开大学学报,2010,43(4):61—66.

[15] 安立会,郑丙辉,张雷,等.渤海湾河口沉积物重金属污染及潜在生态风险评价[J].中国环境科学,2010,30(5):666—670.

[16] 罗先香,张蕊,杨建强,等.莱州湾表层沉积物重金属分布特征及污染评价[J].生态环境学报,2010,19(2):262—269.

[17] 江洪友,刘宪斌,张秋丰,等..天津近岸海域沉积物重金属及砷分布与生态风险分析[J].海洋科学,2013,37(9):82—89.

[18] 张志峰,韩庚辰,王菊英,等.中国近岸海洋环境质量评价与污染机制研究[M].北京:海洋出版社,2013.