滦河口－北戴河海域水环境质量状况评价

李微微，王众，杨雯，张勇

（国家海洋局秦皇岛海洋环境监测中心站　秦皇岛　066002）

摘要：为加强对重点海域水环境质量的掌握以及保护海洋生态环境，文章基于24个站位的监测结果，综合单因子污染指数法、富营养指数法和有机污染评价指数法的评价方法，评价2015－2019年滦河口－北戴河海域水环境质量状况。研究结果表明：研究区域整体水质较好；无机氮、活性磷酸盐和化学需氧量存在不同程度的超标现象，但大部分站位符合第一类海水水质标准；2015年和2018年位于河口的站位处于富营养状态，其他年份和站位均处于贫营养状态；除近岸和河口的个别站位外，海水未受到有机污染，水质处于较好或良好状态，且有继续向好发展的趋势。

关键词：海水水质；海水污染；富营养化；有机污染；海洋环境

中图分类号：P76　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1005－9857(2022)04－0039－04

The Water Environmental Quality in Luanhe Estuary－Beidaihe Sea Area

LI Weiwei，WANG Zhong，YANG Wen，ZHANG Yong

（Qinhuangdao Marine Environment Monitoring Center，SOA，Qinhuangdao 066002，China）

Abstract：In order to strengthen the mastery of the water environment quality of key sea areas and protect the marine ecological environment，based on the monitoring results of 24 stations，this paper evaluated the water environment quality of Luanhe estuary－Beidaihe sea area from 2015 to 2019 by integrating the evaluation methods of single factor pollution index method，eutrophication index method and organic pollution evaluation index method. The results showed that the overall water quality in the study area was good. Inorganic nitrogen，active phosphate and chemical oxygen demand exceed the standard in varying degrees，but most stations met the class Ⅰ seawater quality standard. In 2015 and 2018，individual stations at the estuary were in eutrophic state，and other years and stations were in oligotrophic state. Except for individual stations near the shore and estuary，the seawater was not organically polluted，the water quality was in about good or good condition，and there was a trend of continuous development.

Keywords：Seawater quality，Seawater pollution，Eutrophication，Organic pollution，Marine environment

收稿日期：2021-07-08；**修订日期**：2022-04-04

作者简介：李微微，助理工程师，硕士研究生，研究方向为海洋环境监测

0 引言

滦河口－北戴河海域是典型的河口生态系统，位于渤海西北部。随着近年来沿海地区的快速发展，大量含有氮和磷的工农业和城镇废水排入海洋，河口港湾近岸海洋生态环境承受巨大压力。我国非常重视海洋生态环境保护，众多学者广泛关注海洋生态环境问题并开展一系列调查研究[1－3]。本研究评价 2015—2019 年滦河口－北戴河海域水环境质量，为渤海湾的海洋减灾防灾、海洋资源保护和海洋生态修复等提供科学依据。

1 数据与方法

1.1 数据来源

布设 24 个监测站位，于 2015—2019 年每年 8 月分别监测滦河口－北戴河海域表层海水水质(图 1)。

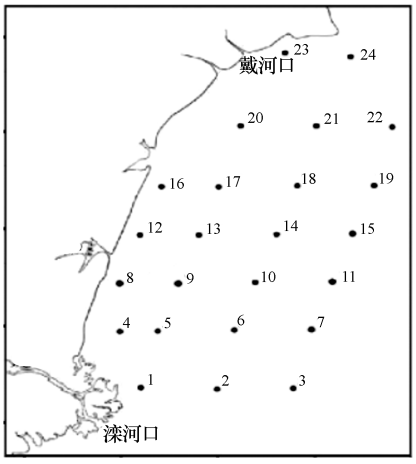

图 1 监测站位

监测样品按《海洋监测规范》(GB 17378—2007)进行采集、处理、保存、运输和分析。使用有机玻璃采水器在各站位采集表层水样(水面下 0.5 m)，监测要素包括溶解氧(DO)、化学需氧量(COD)、活性磷酸盐(DIP)和无机氮(DIN，包括硝酸氮、亚硝酸氮和铵氮)，测定方法主要包括碘量法、碱性高锰酸钾法、磷钼蓝分光光度法、锌-镉还原法、萘乙二胺分光光度法和次溴酸盐氧化法[4]。

1.2 评价方法

1.2.1 海水水质标准

根据海洋功能区划及其保护类型，《海水水质标准》(GB 3097—1997)[5]将海水水质分为 4 类(表 1)。

表 1 海水水质标准 mg/L

项目	第一类	第二类	第三类	第四类
无机氮(以 N 计)	≤0.20	≤0.30	≤0.40	≤0.50
活性磷酸盐(以 P 计)	≤0.015	≤0.030	≤0.030	≤0.045
化学需氧量(COD)	≤2	≤3	≤4	≤5
溶解氧(DO)	>6	>5	>4	>3

1.2.2 单因子污染指数法

单因子污染指数的计算公式为：

$$P_i = C_i / C_{i0}$$

式中：C_i 和 C_{i0} 分别表示污染因子 i 的实测浓度值和评价标准值。

根据监测要素的污染指数判断海水水质的污染程度，污染程度随实测浓度值的增大而加重。

1.2.3 富营养指数法

目前应用较广泛的富营养指数法[6－8]是海水富营养化的评价方法之一，富营养指数的计算公式为：

$$EI = C_{COD} \times C_{DIN} \times C_{DIP} \times 10^6 / 4\ 500$$

式中：C_{COD}、C_{DIN}和 C_{DIP}分别表示相应要素的实测浓度值。

当 EI＜1 时，表明海水处于贫营养状态；当 EI≥1时，表明海水处于富营养状态。EI 越高表明海水富营养化程度越重。

1.2.4 有机污染评价指数法

有机污染评价指数[9－10]的计算公式为：

$$A = \frac{C_{COD}}{C_{COD0}} + \frac{C_{DIN}}{C_{DIN0}} + \frac{C_{DIP}}{C_{DIP0}} - \frac{C_{DO}}{C_{DO0}}$$

式中：C_{COD0}、C_{DIN0}、C_{DIP0}和C_{DO0}分别表示相应要素的评价标准值，按第一类海水水质标准依次为 2 mg/L、0.20 mg/L、0.015 mg/L 和 6 mg/L。

海水有机污染评价等级如表 2 所示。

表 2 海水有机污染评价等级

评价指数	等级
$A<0$	良好
$0\leqslant A<1$	较好
$1\leqslant A<2$	受到污染
$2\leqslant A<3$	轻度污染
$3\leqslant A<4$	中度污染
$A\geqslant 4$	严重污染

2　结果与分析

2.1　污染评价

根据各监测要素的实测浓度值，采用第一类海水水质标准评价海水污染程度（表 3）。

表 3　2015—2019 年滦河口－北戴河海域的海水污染

年份	项目	DO	COD	DIP	DIN
2015	实测浓度/(mg·L^{-1})	6.0～9.9	1.2～1.6	0.004 4～0.020 5	0.104～0.228
	平均值/(mg·L^{-1})	7.7	1.4	0.007 6	0.143
	超标站位数量/个	0	0	1	2
	超标率/%	0	0	4.2	8.3
2016	实测浓度/(mg·L^{-1})	6.8～10.0	1.1～1.6	0.000 3～0.007 0	0.019～0.404
	平均值(mg·L^{-1})	8.4	1.3	0.002 2	0.151
	超标站位数量/个	0	0	0	3
	超标率%	0	0	0	12.5
2017	实测浓度/(mg·L^{-1})	7.2～9.7	0.8～3.5	0.000 7～0.016 1	0.013～0.177
	平均值/(mg·L^{-1})	8.2	1.3	0.004 4	0.061
	超标站位数量/个	0	3	1	0
	超标率%	0	12.5	4.2	0
2018	实测浓度/(mg·L^{-1})	6.7～12.2	0.8～3.0	0.002 5～0.036 2	0.015～0.191
	平均值/(mg·L^{-1})	9.2	1.3	0.007 7	0.072
	超标站位数量/个	0	1	2	0
	超标率%	0	4.2	8.3	0
2019	实测浓度/(mg·L^{-1})	6.3～10.8	1.1～1.9	0.001 3～0.011 4	0.050～0.207
	平均值/(mg·L^{-1})	7.9	1.5	0.003 6	0.120
	超标站位数量/个	0	0	0	1
	超标率%	0	0	0	4.2

DIN、DIP 和 COD 均存在不同程度的超标现象，其中 2015 年、2016 年和 2019 年的 DIN 超标率分别为 8.3%、12.5%和 4.2%，2015 年、2017 年和 2018 年的 DIP 超标率分别为 4.2%、4.2%和 8.3%，2017 年和 2018 年的 COD 超标率分别为 12.5%和 4.2%；大部分站位的单因子污染指数均低于 1.0 即实测浓度值小于评价标准值，符合第一类海水水质标准，表明 2015—2019 年滦河口－北戴河海域水质整体良好。

2.2　富营养化评价

采用富营养指数法计算各站位的富营养指数（表 4）。

表 4　2015—2019 年滦河口－北戴河海域的海水富营养指数

年份	EI	
	范围	平均值
2015	0.156～1.002	0.341
2016	0.000～0.731	0.084
2017	0.008～0.714	0.101
2018	0.017～1.220	0.189
2019	0.023～0.534	0.139

2015 年站位 1 的 DIN 浓度偏高，导致海水富营养指数为 1.002，即处于富营养状态。2018 年站位 1 的 COD 浓度偏高，导致海水富营养指数为 1.220，即处于富营养状态。由于站位 1 紧邻滦河口，受河

流入海和周边环境的影响，海水富营养指数偏高。除站位 1 外，2015—2019 年滦河口－北戴河海域的海水富营养指数均小于 1 且平均值较低，即处于贫营养状态。

2.3 有机污染评价

采用有机污染评价指数法计算各站位的有机污染评价指数（表 5）。

表 5 2015—2019 年滦河口－北戴河海域的海水有机污染评价指数

年份	A	
	范围	平均值
2015	－0.065～1.450	0.614
2016	－0.628～1.650	0.114
2017	－0.650～1.560	－0.108
2018	－1.090～1.970	0.000 04
2019	－0.562～0.992	0.242

除近岸和河口的个别站位外，2015—2019 年滦河口－北戴河海域整体水质处于较好或良好状态，且有继续向好发展的趋势。其中，2015 年的站位 2、站位 3、站位 4 和站位 16，2016 年的站位 16，2017 年的站位 12 以及 2018 年的站位 1、站位 8、站位 16 和站位 17 的有机污染评价指数为 $1 \leqslant A < 2$，表明海水受到污染；这些站位大多处于近岸和河口，受人类活动和周边环境影响较大。2015—2018 年其他站位的有机污染评价指数均小于 1，表明水质处于较好或良好状态。2019 年所有站位的有机污染评价指数均小于 1，表明整体水质较好或良好。

3 结语

本研究基于 24 个站位的监测结果，综合单因子污染指数法、富营养指数法和有机污染评价指数法的评价方法，评价 2015—2019 年滦河口－北戴河海域水质状况，结果表明研究区域整体水质较好。其中，DIN、DIP 和 COD 存在不同程度的超标现象，但大部分站位符合第一类海水水质标准；2015 年和 2018 年位于河口的站位处于富营养状态，其他年份和站位均处于贫营养状态；除近岸和河口的个别站位外，海水未受到有机污染，水质处于较好或良好状态，且有继续向好发展的趋势。

参考文献

[1] 沈国英，施并章.海洋生态学[M].北京：科学出版社，2002.

[2] 彭士涛，覃雪波，周然，等.渤海湾港口生态风险评估[J].生态学报，2014(1)：224－230.

[3] 杨世民，董树刚，窦明武，等.渤海湾海域生态环境的研究Ⅱ：水体富营养化的评价与分析[J].海洋环境科学，2007，26(6)：541－545.

[4] 国家海洋局.海洋监测规范 第 4 部分：海水分析(GB 17378.4－2007)[S].北京：中国标准出版社，2007.

[5] 国家环境保护局，国家海洋局.海水水质标准(GB 3097－1997)[S].北京：环境科学出版社，1997.

[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)：41－55.

[7] 阚文静，张秋丰，胡延忠，等.渤海湾水体富营养化与有机污染状况初步评价[J].海洋通报，2010，29(2)：172－175.

[8] 刘龙，谢润超，李广庆.海域富营养化评价方法分析[J].科技视界，2020，36(21)：158－159.

[9] 姜太良.莱州湾西南部水环境的状况与评价[J].海洋通报，1991，10(2)：19－21.

[10] 蒋岳文.大连湾海水营养盐的含量及有机污染状况分析[J].海洋通报，1991，10(1)：100－103.