

2017 年夏季莱州湾及其邻近海区 水质分析与评价

李 斌¹, 衣秋蔚¹, 邓 雪^{2,3}

(1. 烟台市环境监测中心站, 山东 烟台 264000;

2. 中国海洋大学 化学化工学院, 山东 青岛 266100;

3. 海洋化学理论与工程技术教育部重点实验室, 山东 青岛 266100)

摘 要:依据 2017-08 对莱州湾及其邻近海区 46 个站位的水环境质量监测, 分析了该海域水温、盐度、pH、溶解氧、化学需氧量、石油类、硝酸盐、亚硝酸盐、氨氮、活性磷酸盐等理化参数的分布特征, 评价了该海域的水环境质量。结果表明: 研究海区水环境质量状况一般, 主要水质类别为一、二类海水, 水质超标率为 23.9%, 超标参数为石油类、DIN 和 COD; 石油类超标站位集中在研究海区西北部, 超标站位质量浓度为 $0.063 \sim 0.381 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 平均值为 $0.135 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 超标率为 17.39%; DIN 和 COD 呈现由西南部湾顶向东北方向递减趋势; DIN 超标站位集中在研究海区西岸, 超标站位质量浓度为 $0.461 \sim 0.784 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 平均值为 $0.625 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 超标率为 8.70%; COD 超标站位出现在小清河入海口附近, 质量浓度为 $4.24 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 超标率为 2.17%。

关键词:莱州湾及其邻近海区; 溶解无机氮; 石油类; 水质分析

中图分类号: P734.2; X824

文献标识码: A

文章编号: 1002-3682(2018)04-0044-09

doi: 10.3969/j.issn.1002-3682.2018.04.006

渤海三面环陆, 位于辽宁、河北、山东、天津三省一市之间, 是嵌入中国北部大陆的半封闭浅海^[1]。海域面积 $77\,284 \text{ km}^2$, 大陆海岸线长 $2\,668 \text{ km}$, 平均水深 18 m ^[2], 海底地势从 3 个海湾向中央海盆及渤海海峡倾斜, 地势平坦^[3]。莱州湾及其邻近海区位于渤海南部、山东半岛北侧, 有黄河、小清河两条主要河流携带大量营养物质注入, 成为渔业生物的主要产卵场^[4]。近 30 a 来, 因海水养殖排污增大、入海陆源排放量的迅猛增加^[5]等, 莱州湾及其邻近海区污染严重^[6], 海洋生态系统明显恶化^[7], 进而对该海区生态环境产生了不利影响。

近年来, 对于莱州湾的研究, 以营养盐^[8-10]、沉积物^[11-14]等方面研究较多, 水环境质量监测方面较少, 以采用 ≤ 0.4 经纬度网格为间隔布设站位开展的观测与研究更是未见报道。基于 2017-08 在莱州湾及其邻近海区进行的水环境质量监测, 本研究将分析该海域水温、盐度、pH、溶解氧(dissolved oxygen, DO)、化学需氧量(chemical oxygen demand, COD)、石油类、硝酸盐、亚硝酸盐、氨氮、活性磷酸盐等理化参数分布特征, 评价其水环境质量, 旨在了解该海区的环境质量状况, 为环境保护决策提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 采样站位与时间

对莱州湾及其邻近海区以 $0.2 \sim 0.4$ 经纬度网格为间隔, 临岸适当加密的方法布设 46 个站位, 站位分布

收稿日期: 2018-04-02

作者简介: 李 斌(1980-), 男, 工程师, 硕士, 主要从事环境监测与评价方面研究. E-mail: libeen@163.com

(王 燕 编辑)

见图 1。2017-08-05—19,乘中国科学院烟台海岸带研究所“创新一号”,采集水深<10 m 表层样品,进行水环境质量分析。

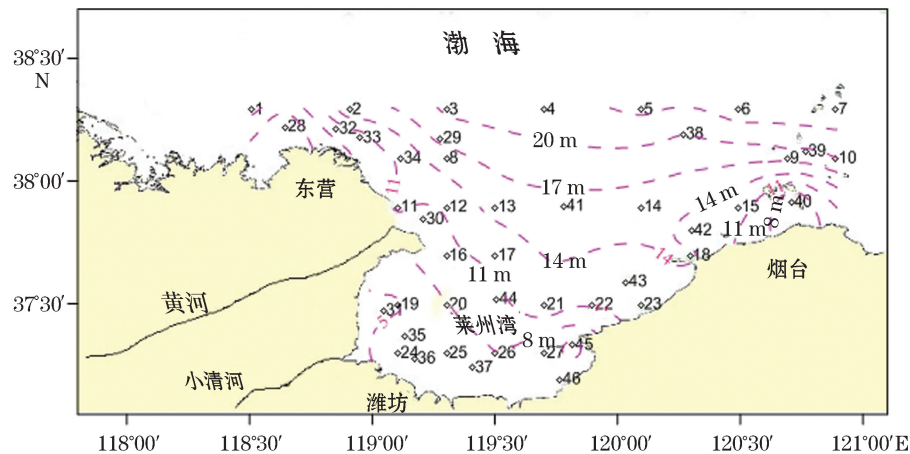


图 1 调查海域站位及水深图
Fig.1 Sampling stations and bathymetric chart of the study area

1.2 监测参数与分析方法

监测参数为水温、盐度、pH、溶解氧、化学需氧量、石油类、硝酸盐、亚硝酸盐、氨氮、活性磷酸盐。样品分析及处理方法见表 1。

表 1 监测参数与分析方法
Table 1 Monitored items and analysis methods

监测参数	分析方法	方法依据	现场处理及保存
水温/℃	表层水温表法	GB 17378.4—2007 ^[15] 79-80	现场测定
盐度	盐度计法	GB 17378.4—2007 ^[15] 92-95	现场测定
pH	玻璃电极法	GB 17378.4—2007 ^[15] 83-91	现场测定
溶解氧/(mg·L ⁻¹)	电化学法	GB 17378.4—2007 ^[15] 99	现场测定
化学需氧量/(mg·L ⁻¹)	碱性高锰酸钾法	GB 17378.4—2007 ^[15] 101	-20℃冷冻
石油类/(mg·L ⁻¹)	紫外分光光度法	GB 17378.4—2007 ^[15] 42-45	加硫酸 pH<2,现场萃取后冷藏
硝酸盐/(mg·L ⁻¹)	连续流动-水杨酸分光光度法	HJ 442—2008 ^[16]	0.45 μm 滤膜过滤,-20℃冷冻
亚硝酸盐/(mg·L ⁻¹)	萘乙二胺分光光度法	GB 17378.4—2007 ^[15] 113	0.45 μm 滤膜过滤,-20℃冷冻
氨氮/(mg·L ⁻¹)	连续流动-水杨酸分光光度法	HY/T 147.1—2013 ^[17]	0.45 μm 滤膜过滤,-20℃冷冻
活性磷酸盐/(mg·L ⁻¹)	磷钼蓝分光光度法	GB 17378.4—2007 ^[15] 117	0.45 μm 滤膜过滤,-20℃冷冻

1.3 水环境质量评价

1.3.1 评价项目、方法、标准

选取具有评价标准的 pH、溶解氧(DO)、化学需氧量(COD)、石油类、溶解无机氮(dissolved inorganic nitrogen, DIN,硝酸盐、亚硝酸盐、氨氮之和)、活性磷酸盐六项参数进行水环境质量评价^[18]。海水水质评价采用单因子污染指数评价法确定水质类别,计算样品超标率按照国务院《水污染防治行动计划》^[19],统一采

用《海水水质标准》^[20]中二类海水水质标准评价。

1.3.2 海水水质类别的确定

以某一类别的站位数与站位总数的百分比比值表示海水类别比例。

在描述某一监测站位海水水质状况时,按照“一类海水表征水质优、二类海水表征水质良好、三类海水表征水质一般、四类海水表征水质差、劣四类海水表征水质极差”的方法表征海水水质级别。

在描述某一区域整体水质状况时,按照“水质优、水质良好、水质一般、水质差、水质极差”的方法表征海水水质状况分级^[18],见表 2。

表 2 海水水质状况分级^[18]
Table 2 Classification of sea water quality^[18]

确定依据	水质状况级别
一类≥60%且一类、二类≥90%	优
一类、二类≥80%	良好
一类、二类≥60%且劣四类≤30%;或一类、二类<60%且一类至三类≥90%	一般
一类、二类<60%且劣四类≤30%;或 30%<劣四类≤40%;或一类、二类<60%且一类至四类≥90%	差
劣四类>40%	极差

注:表中百分比为海水类别比例

当某一水质类别的站位数所占比例≥50%时,该区域海水以某一水质类别为主要水质类别;当 2 个最大比例水质类别的站位数所占比例≥70%时,该区域海水以 2 个水质类别为主要水质类别。

2 结果与讨论

2.1 理化性质

2.1.1 水 温

海水温度是反映海水热状况的一个物理量。海水温度存在周期性变化和不规则的变化,它主要取决于海洋热收支状况及其时间变化^[21]。

研究海区水温分布(图 2a)显示:研究海区水温范围为 21.2~31.0℃,平均值为 27.4℃;莱州湾内水温高于 28℃,整个海区水温呈自西南向东北递减趋势。

2.1.2 盐 度

海水盐度是海洋水文学的最基本要素之一,它决定水质的理化性质^[22],表层海水盐度受蒸发、降水、结冰、融冰和陆地径流的影响,分布不均匀;近岸海水的盐度主要与陆地河流向海洋输入淡水(入海径流)有关,所以,盐度的变化范围较大。

由图 2b 可知:研究海区盐度变化范围为 26.7~31.5,平均值为 30.5。高盐度区域分布在莱州湾东北部;低盐度区域分布在莱州湾西部,尤其在黄河口和小清河口附近,盐度变化较为明显。整个海域盐度分布趋势呈现自西南向东北方向递增的趋势,低盐度区域的形成主要与黄河、小清河常年注入淡水密切相关。

2.1.3 pH

海水 pH 值是测量海水酸碱度的一种标志。一般情况下,海水呈弱碱性,有利于海洋生物利用 CaCO₃组成介壳。天然海水 pH 稳定在 7.90~8.40^[23]。

研究海区 pH 变化范围为 7.93~8.26。黄河口、小清河口和莱州湾南端的 pH 偏低,而东北方向 pH 偏

高(图 2c)。

2.1.4 溶解氧

溶解氧(DO)是海洋生命活动不可缺少的物质,为海洋生物提供了生存的环境。近岸海域中 DO 含量除受河流径流、降雨、水温 and 盐度的影响外,还取决于海洋水动力交换能力^[24]。

研究海区 DO(图 2d)质量浓度为 $5.1\sim 9.6\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。莱州湾内 DO 较湾外低,形成的主要原因可能为有机物的降解耗氧^[25]或者水体的层化作用。

2.1.5 化学需氧量

化学需氧量(COD)是衡量水中有机物质含量多少的指标,COD 越大,说明海水受有机物污染越严重^[26]。

研究海区 COD 质量浓度(图 2e)变化范围为 $0.58\sim 4.24\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,平均值为 $1.30\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。COD 值呈现由西南向东北方向递减的趋势,小清河入海口海区等值线异常紧密,呈现高值区域,这是由于 35 号站位 COD 突然增高到 $4.24\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的缘故,这与小清河入海口常年为 V 类水体、COD 超标密切相关。

2.1.6 石油类

石油类是一类成分复杂的混合物,含有多种难以被微生物降解的致癌物质^[27]。海洋是石油类污染物的最终汇聚地,随着开采、加工、使用石油类化合物总量的增加,通过各种途径进入海洋的石油类化合物总量日益增加,所以,海洋石油污染已成为近岸海域的主要污染物之一^[28]。石油类的长期暴露影响海洋动物的摄食、生长和繁殖,并导致不可逆的组织损伤^[29]。其中致癌性的多环芳烃化合物如 3,4-苯并 a 芘等,可富集在动物的脂肪内,通过食物链传递影响水产品的质量,进而对人类健康构成直接威胁^[30]。

研究海区石油类质量浓度(图 2f)变化范围为 $0.004\sim 0.381\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,平均值为 $0.039\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。特别在西北部石油类的质量浓度显著增高,等值线分布紧密。陆源排污尤其河流排污是海洋中石油类最直接和最主要的来源^[31],同时周围海上石油钻井平台分布密集也对石油类质量浓度有重要影响。

2.1.7 溶解无机氮

海水中的溶解无机氮(DIN)是硝酸盐、亚硝酸盐和氨氮的总和,是海洋生物繁殖、生长所必需的营养物质,与海洋初级生产力有着密切关系^[32],自然环境下,海水中的溶解无机氮含量远远达不到引起海洋生物受危害的程度^[33],然而,陆源排污量逐年增加,导致近岸海域 DIN 质量浓度逐渐增高,进而导致近岸海域生态环境恶化,所以,DIN 成为近岸海域主要污染物。

研究海区 DIN 质量浓度(图 2g)变化范围为 $0.044\sim 0.784\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,平均值为 $0.201\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。研究海区西部 DIN 等值线异常紧密,说明高质量浓度的 DIN 集中于西部海域,以小清河河口尤为明显,这主要与该区域河流径流输入以及受莱州湾环流影响有关^[34]。

2.1.8 活性磷酸盐

海水中的活性磷酸盐可被海洋植物、藻类和细菌所吸收用以生长繁殖,被认为是一种限制性营养盐。近岸海域由活性磷酸盐质量浓度偏高带来的富营养化是我国沿海海域突出的环境问题之一^[35]。

研究海区活性磷酸盐质量浓度(图 2h)变化范围为 $0.001\sim 0.007\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,平均值为 $0.003\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。由图 2h 可知,活性磷酸盐呈现斑状分布特征,没有明显分布趋势,呈不规则分布。研究海区活性磷酸盐总体质量浓度不高,达到第一类海水水质标准。

2.2 环境质量评价

将监测参数数据对照《海水水质标准》^[20],确定海水水质类别,46 个站位水质类别为:一类 15 个站位,二类 20 个站位,三类 6 个站位,四类 2 个站位,劣四类 3 个站位。水质类别图见图 3。

研究海区 46 个站位中一、二类海水站位 35 个,占 76.1%,三类及以上海水站位 11 个,超标率为 23.9%。

由图 3 可知,超标站位主要集中在研究区域西侧的东营、潍坊近岸海域,主要污染物为石油类、DIN 和 COD。水质超标站位见表 3。

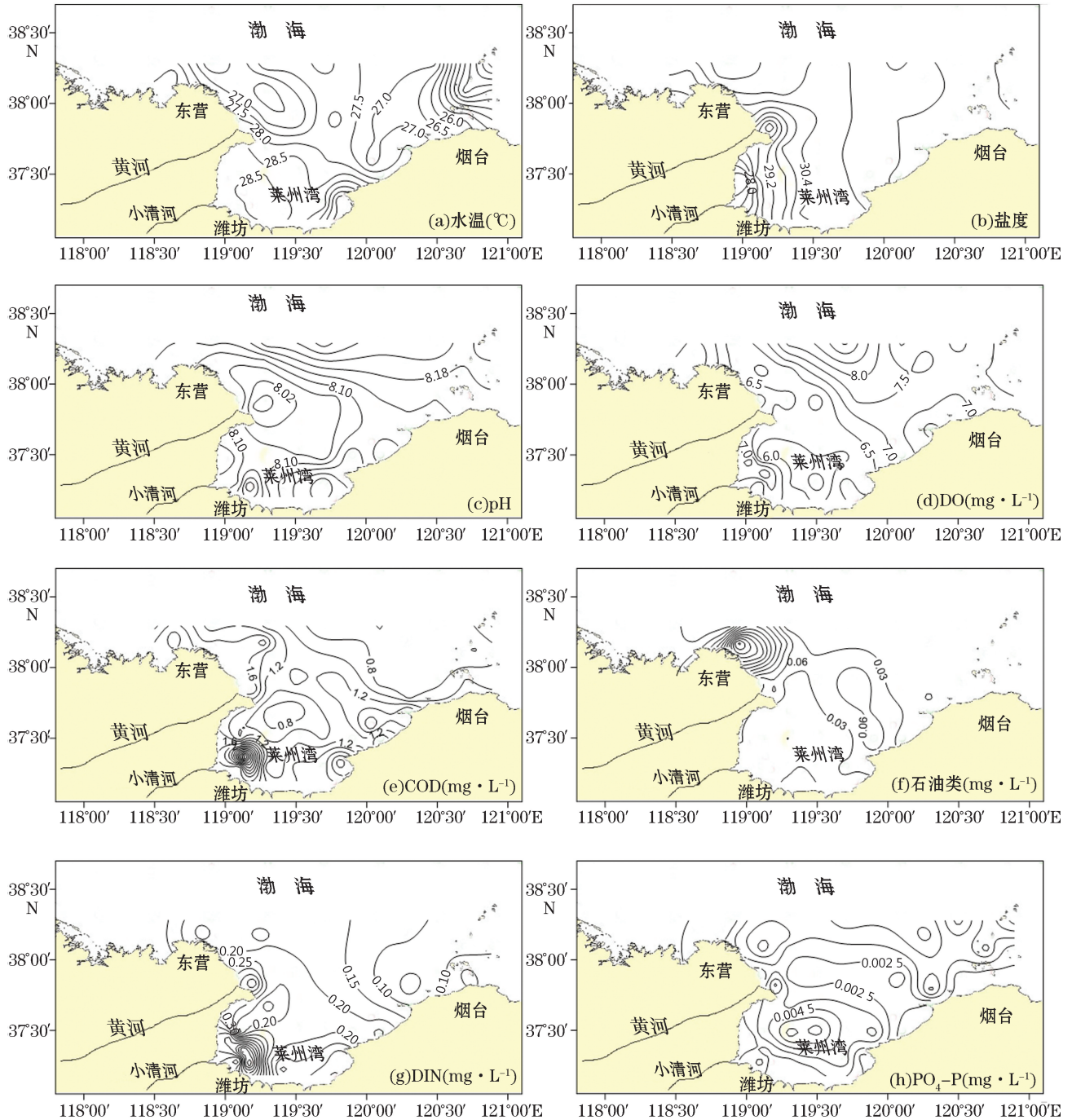


图 2 研究海区监测参数平面分布图

Fig.2 The concentration distributions of the parameters monitored in the study area

研究海区主要水质类别为一、二类海水,水质状况分级为一般,水质超标率为 23.9%,超标项目为石油类、DIN 和 COD。石油类超标站位集中在研究海区西北部,超标站位质量浓度为 0.063~0.381 mg · L⁻¹,平均值为 0.135 mg · L⁻¹,超标率为 17.39%;DIN 超标站位集中在研究海区西岸,超标站位质量浓度为

0.461~0.784 mg·L⁻¹,平均值为 0.625 mg·L⁻¹,超标率为 8.70%;COD 超标站位 1 处,在小清河入海口附近,质量浓度为 4.24 mg·L⁻¹,超标率为 2.17%。DIN 和 COD 质量浓度较赵玉庭等^[36]报道的值稍偏高,站位超标率却偏低,但总体水质类别基本一致。

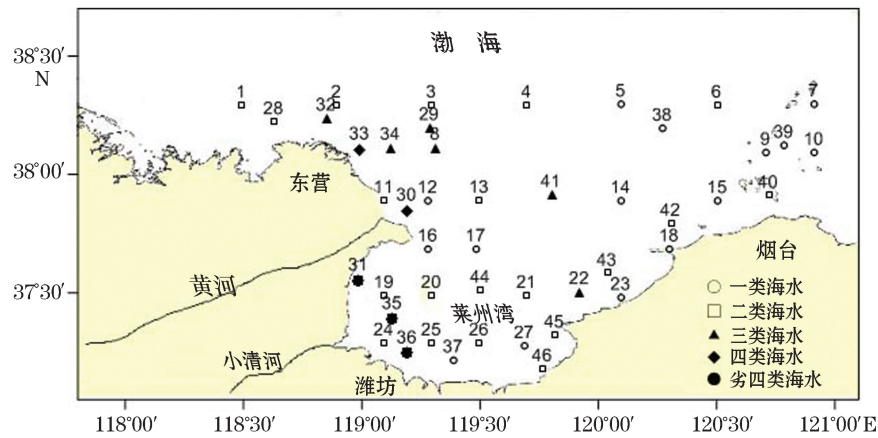


图 3 水质类别分布
Fig.3 The distributions of the water quality categories

表 3 水质超标站位统计表
Table 3 Statistics of the stations at which water quality is over standard

水质类别	站位及超标项目
三类海水	8 石油类,22 石油类,29 石油类,32 石油类,34 石油类,41 石油类
四类海水	30DIN 和 石油类,31DIN,33 石油类
劣四类海水	35DIN 和 COD,36DIN

3 结 论

基于 2018-08 对莱州湾及其邻近海区 46 个站位水温、盐度、pH、溶解氧、化学需氧量、石油类、硝酸盐、亚硝酸盐、氨氮、活性磷酸盐的监测数据分析和水环境质量评价。结果表明:

1)从监测参数质量浓度水平分布方面分析,石油类高值区集中于研究海区西北部,DIN 和 COD 总体呈现由西南向东北方向递减趋势,盐度和 DO 总体却呈现由西南向东北方向递增趋势,而活性磷酸盐呈现斑状分布特征,没有明显分布趋势。

2)研究海区水环境质量评价结果为水质状况一般,主要水质类别为一、二类海水,主要污染物为石油类、DIN 和 COD,水质超标率为 23.9%。研究海区西岸 DIN 质量浓度较高,尤其在小清河、黄河入海口附近有一定区域高值区,呈扇形向外扩散;研究海区西北部石油类质量浓度较高,分布密集,但其他区域分布平缓。

参考文献(References):

[1] FENG S Z, ZHANG J, WEI H, et al. Introduction to Bohai Sea environmental dynamics[M]. Beijing: Science Press, 2007. 冯士筌, 张经, 魏浩, 等. 渤海环境动力学导论[M]. 北京: 科学出版社, 2007.

[2] SUI Q, XIA B, XIE H B, et al. Study on temporal and spatial variation of nutrients and evaluation on eutrophication in the seawater of the Bohai Sea in winter and spring of 2014[J]. Progress in Fishery Sciences, 2016, 37(2): 10-15. 隋琪, 夏斌, 谢寒冰, 等. 2014 年春季

- 和冬季渤海海水营养盐时空变化特征及富营养化评价[J]. 渔业科学进展, 2016, 37(2): 10-15.
- [3] Research Division of Marine Geology, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences. Bohai Sea geology[M]. Beijing: Science Press, 1985: 232. 中国科学院海洋研究所 海洋地质研究室. 渤海地质[M]. 北京: 科学出版社, 1985: 232.
- [4] MI T Z, YU Z G, YAO Q Z, et al. Study on dissolved nutrients in southern Laizhou Bay in spring[J]. Marine Environmental Science, 2001, 20(3): 14-18. 米铁柱, 于志刚, 姚庆祯, 等. 春季莱州湾南部溶解态营养盐研究[J]. 海洋环境科学, 2001, 20(3): 14-18.
- [5] GAO H W, WU D X, BAI J, et al. Distribution characteristics of ecological environment in Laizhou Bay in summer of 2000[J]. Periodical of Ocean University of Qingdao, 2003, 33(2): 185-191. 高会旺, 吴德星, 白洁, 等. 2000 年夏季莱州湾生态环境要素的分布特征[J]. 青岛海洋大学学报(自然科学版), 2003, 33(2): 185-191.
- [6] YU B H, CHEN Y. Marine pollution and red tide in the Bohai Sea[J]. Ocean Information, 2000(4): 25-26. 于宝华, 陈英. 渤海海洋污染与赤潮[J]. 海洋信息, 2000(4): 25-26.
- [7] HAO Y J, WANG Z L, ZHU M Y, et al. Investigation and evaluation of nutrients and phytoplankton diversity in Laizhou Bay[J]. Advances in Marine Science, 2005, 23(2): 197-204. 郝彦菊, 王宗灵, 朱明远, 等. 莱州湾营养盐与浮游植物多样性调查与评价研究[J]. 海洋科学进展, 2005, 23(2): 197-204.
- [8] WU N, LIU S M, ZHANG G L. Impacts of water-sediment regulation and rainstorm events on nutrient transports in the lower Huanghe River[J]. Haiyang Xuebao, 2017, 39(6): 114-128. 吴念, 刘素美, 张桂玲. 黄河下游调水调沙与暴雨事件对营养盐输出通量的影响[J]. 海洋学报, 2017, 39(6): 114-128.
- [9] ZHAN C, YU J B, WANG Q, et al. Spatial and temporal dynamics of sandycoastal geomorphology in the east of Laizhou Bay over recent 60 years[J]. Haiyang Xuebao, 2017, 39(9): 90-100. 占超, 于君宝, 王庆, 等. 近 60 年莱州湾东部砂质海岸地貌的时空动态[J]. 海洋学报, 2017, 39(9): 90-100.
- [10] ZHANG H B, YANG L N, WANG L S, et al. Distribution and source analyses of particulate organic carbon in the Yellow Sea and Bohai Sea during summer, 2013[J]. Haiyang Xuebao, 2016, 38(8): 24-35. 张海波, 杨鲁宁, 王丽莎, 等. 2013 年夏季黄、渤海颗粒有机碳的分布和来源[J]. 海洋学报, 2016, 38(8): 24-35.
- [11] GAO H L, ZOU L, WANG K, et al. Compositional distribution and transformation of terrestrial lipid organic matter in the sediments of the Yellow Sea and Bohai Sea[J]. Haiyang Xuebao, 2017, 39(2): 53-61. 高寒凌, 邹立, 王凯, 等. 黄、渤海沉积物中陆源脂类有机质的组成分布与转化特征[J]. 海洋学报, 2017, 39(2): 53-61.
- [12] WANG B C, ZHENG S L, ZHANG H X, et al. Analysis on the diversity of archaeal bacteria in sediments in different areas of Bohai Sea [J]. Marine Science, 2017, 41(5): 8-17. 王炳臣, 郑世玲, 张洪霞, 等. 渤海不同区域沉积物古菌的多样性分析[J]. 海洋科学, 2017, 41(5): 8-17.
- [13] DAI Z F, XUE Y, ZHANG H B, et al. Biogenic silicon in surface sediments of the Bohai Sea[J]. Marine Science, 2017, 41(5): 42-50. 代振飞, 薛勇, 张海波, 等. 渤海表层沉积物中的生物硅[J]. 海洋科学, 2017, 41(5): 42-50.
- [14] LIU M, FAN D J, ZHENG S W, et al. Tracking lead origins in the central Bohai Sea based on stable lead isotope composition[J]. Haiyang Xuebao, 2016, 38(2): 36-47. 刘明, 范德江, 郑世雯, 等. 渤海中部沉积物铅来源的同位素示踪[J]. 海洋学报, 2016, 38(2): 36-47.
- [15] National Ocean Standardization Technical Committee. The specification for marine monitoring: part 4 seawater analysis; GB 17378.4—2007[S]. Beijing: Standards Press of China, 2008: 79-80. 全国海洋标准化技术委员会. 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, 2008: 79-80, 92-95, 83-91, 99, 101, 42-45, 113, 117.
- [16] Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China. Specification for offshore environmental monitoring: part 10 part routine monitoring of special subjects; HJ 442—2008[S]. Beijing: China Environmental Science Press, 2009: 44-48. 中华人民共和国环境保护部. 近岸海域环境监测规范: 第 10 部分 专题监测: HJ 442—2008[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2009: 44-48.
- [17] National Ocean Standardization Technical Committee. Code of practice for marine monitoring technology: part 1 seawater; HY/T 147.1—2013[S]. Beijing: Standards Press of China, 2013: 15-18. 全国海洋标准化技术委员会. 海洋监测技术规程: 第 1 部分 海水: HY/T 147.1—2013[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013: 15-18.
- [18] Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China. Specification for offshore environmental monitoring: part 9 routine monitoring of environmental quality; HJ 442—2008[S]. Beijing: China Environmental Science Press, 2009: 16-18. 中华人民共和国环境保护部. 近岸海域环境监测规范: 第 9 部分 环境质量例行监测: HJ 442—2008[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2009: 16-18.
- [19] The State Council. Notice of the State Council on the issuance of action plan for water pollution control(the announcement of State Council No.17 document in 2015)[EB/OL].[2018-04-02].http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-04/16/content_9613.htm. 国务院. 国务院关于印发水污染防治行动计划的通知(国发[2015]17 号)[EB/OL].[2018-04-02]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-04/16/content_9613.htm.

- [20] The State Oceanic Administration. Sea water quality standard; GB 3097—1997[S]. Beijing: Standards Press of China, 2007: 15-19. 国家海洋局. 海水水质标准: GB 3097—1997[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007: 15-19.
- [21] WANG D X, ZHOU F X, LI Y P. Annual cycle of surface temperature and heat budget in South China Sea[J]. Haiyang Xuebao, 1997, 19(3): 33-44. 王东晓, 周发琇, 李永平. 南海表层水温和海面热收支的年循环特征[J]. 海洋学报, 1997, 19(3): 33-44.
- [22] XIA B, ZHANG X L, CUI Y, et al. Evaluation of physical and chemical environments and nutritional status of Laizhou Bay and its near-by waters in summer[J]. Progress in Fishery Sciences, 2009, 30(3): 103-111. 夏斌, 张晓理, 崔毅, 等. 夏季莱州湾及附近水域理化环境及营养现状评价[J]. 渔业科学进展, 2009, 30(3): 103-111.
- [23] ZHAN Y Y, HUANG X Y, DUAN L Z, et al. Review on the impacts of ocean acidification on nearshore marine life[J]. Periodical of Dalin University, 2013, 34(3): 79-84. 湛垚垚, 黄显雅, 段立柱, 等. 海洋酸化对近岸海洋生物的影响[J]. 大连大学学报, 2013, 34(3): 79-84.
- [24] CHEN C H. The problem of limiting value of dissolved oxygen and water quality in Haikou Bay[J]. Haiyang Xuebao, 2006, 28(2): 146-150. 陈春华. 海口湾的溶解氧及海水水质指标限制值问题[J]. 海洋学报, 2006, 28(2): 146-150.
- [25] LUO J H. The analysis of the primary cause of low dissolved oxygen of partial water body in the Guangzhou reach of the Pearl River[J]. Research of Environmental Sciences, 2002, 15(2): 8-11. 罗家海. 珠江广州河段局部水体溶解氧低的主要原因分析[J]. 环境科学研究, 2002, 15(2): 8-11.
- [26] KAWABE M, KAWABE M. Factors determining chemical oxygendemand in Tokyo Bay[J]. Journal of Oceanography, 1997, 53(5): 443-453.
- [27] YANG G X, WAN J M, MAI Z Q, et al. Analysis of fish petroleum hydrocarbon pollution[J]. Environment and Development, 1995, 10: 25-26. 杨广杏, 万军明, 麦志勤, 等. 鱼类石油烃污染剖析[J]. 环境与开发, 1995, 10: 25-26.
- [28] MA J Z, YUAN Q, JIANG M, et al. Distribution and evaluation of oil pollution in the Changjiang Estuary and its adjacent waters[J]. Marine Fishery, 2007, 29(3): 251-256. 马继臻, 袁骥, 蒋玫, 等. 长江口及其邻近水域油污分布特征及其评价[J]. 海洋渔业, 2007, 29(3): 251-256.
- [29] PETERSON C H, RICE S D, SHORT J W, et al. Long-term ecosystem response to the Exxon Valdez oil spill[J]. Science, 2003, 302(5653): 2082-2086.
- [30] ZHANG W H, WANG J T, TAN L J. Seawater and animal petroleum hydrocarbon contamination in the south Shandong Peninsula[J]. Marine Environmental Science, 2010, 29(3): 378-381. 张文浩, 王江涛, 谭丽菊. 山东半岛南部近海海水及动物石油烃污染状况[J]. 海洋环境科学, 2010, 29(3): 378-381.
- [31] LIU L, WANG J Y, HU Y Y, et al. Contamination by petroleum hydrocarbon in coastal waters of Bohai Bay[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2014, 45(1): 88-92. 刘亮, 王菊英, 胡莹莹, 等. 渤海近岸海域石油类污染变化趋势[J]. 海洋与湖沼, 2014, 45(1): 88-92.
- [32] KETCHUM B H, VACCARO R F, CORWIN N. The annual cycle of P and N in new England coastal waters[J]. Journal of Marine Research, 1958, 17: 282-301.
- [33] ZHAO Y T, SU B, LI H J, et al. Evaluation of physicochemical environment and water quality in the Laizhou Bay in spring of 2013[J]. Progress in Fishery Sciences, 2016, 37(4): 74-79. 赵玉庭, 苏博, 李佳蕙, 等. 2013 年春季莱州湾海域理化环境及水质状况分析[J]. 渔业科学进展, 2016, 37(4): 74-79.
- [34] CHI W Q, LIU Y L, LIU J Q, et al. Numerical simulation of water exchange in the Laizhou Bay under the influence of wind with different direction[J]. Advances in Marine Science, 2018, 36(3): 384-392. 迟万青, 刘艳玲, 刘建强, 等. 不同风向作用下莱州湾水交换规律数模研究[J]. 海洋科学进展, 2018, 36(3): 384-392.
- [35] HUANG X P, HUANG L M. Temporal and spatial variation characteristics of inorganic nitrogen and active phosphorus in Zhujiang Estuary[J]. Journal of oceanography in Taiwan Strait, 2002, 21(4): 416-421. 黄小平, 黄良民. 珠江口海域无机氮和活性磷酸盐含量的时空变化特征[J]. 台湾海峡, 2002, 21(4): 416-421.
- [36] ZHAO Y T, SU B, LI H J, et al. Evaluation of physicochemical environment and water quality in the Laizhou Bay in spring of 2013[J]. Progress in Fishery Sciences, 2016, 37(4): 74-79. 赵玉庭, 苏博, 李佳蕙, 等. 2013 年春季莱州湾海域理化环境及水质状况分析[J]. 渔业科学进展, 2016, 37(4): 74-79.

Analysis and Evaluation of Water Quality in the Laizhou Bay and Its Adjacent Areas in Summer, 2017

LI Bin¹, YI Qiu-wei¹, DENG Xue^{2,3}

(1. *Yantai Environmental Monitoring Centre, Yantai 264000, China;*

2. *College of Chemistry and Chemical Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266100, China;*

3. *Key Laboratory of Marine Chemistry Theory and Technology, Ministry of Education, Qingdao 266100, China*)

Abstract: Based on the monitoring of water quality at 46 stations in the Laizhou Bay and its adjacent areas in August 2017, distribution characteristics of the physicochemical parameters such as water temperature, salinity, pH, dissolved oxygen, chemical oxygen demand, petroleum, nitrate, nitrite, ammonia nitrogen and active phosphate are analyzed and the water quality is evaluated. The results show that the water quality in the study areas is general and the major water quality categories are Category I and Category II. The water quality exceeding standard rate is 23.9% and the items over standard are mainly DIN, COD and petroleum. The stations at which petroleum is over standard are mainly located in the northwestern part of the study area. The concentration of petroleum at the over standard stations is $0.063 \sim 0.381 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, with the average being $0.135 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ and the over standard rate being 17.39%. DIN and COD show a decreasing trend from the bay top in the southwest toward the northeast in the study area. The stations where DIN is over standard are chiefly located in the western coastal area of the study area. The DIN concentration at the over standard stations is $0.461 \sim 0.784 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, with the average being $0.625 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ and the over standard rate being 8.70%. The stations where COD is over standard occur mainly in the area around the mouth of the Xiaoqinghe River. The COD concentration at the over standard stations is $4.24 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, with the over standard rate being 2.17%.

Key words: the Laizhou Bay and its adjacent areas; inorganic nitrogen; petroleum; water quality analysis

Received: April 2, 2018