

胶州湾水质自动站周边水质及运行效果分析

张晓红, 崔文连, 王艳玲, 周相宙, 梁祖星

(青岛市环境监测中心站, 山东 青岛 266003)

摘要: 据 2016 年胶州湾水质自动监测的数据结果, 分析了水质变化趋势, 并统计和评价其水质超标情况。结果表明: 2016-04—11 水质自动站海域溶解氧质量浓度和 pH 的日均值均达到二类海水水质标准, 达标率为 100%; 活性磷酸盐年均值为 0.023 mg/L, 无机氮年均值为 0.154 mg/L, 以硝酸盐为主(64.9%); 无机氮和活性磷酸盐超标率均为 16.7%, 而且集中在降雨量较大的 8 月、9 月, 营养盐指标超标基本与海泊河的淡水输入有关; 叶绿素 a 质量浓度与溶解氧、pH 和浊度呈显著正相关, 浮游植物光合作用对该海域表层海水的水质参数影响较大; 自动站监测和人工监测的营养盐在年际变化上呈现较一致的趋势, 说明运用水质自动站监测该海域的营养盐变化趋势较为准确。

关键词: 胶州湾; 自动监测; 无机氮; 活性磷酸盐

中图分类号: X830

文献标识码: A

文章编号: 1002-3682(2019)01-0077-08

doi: 10.3969/j.issn.1002-3682.2019.01.007

引用格式: ZHANG X H, CUI W L, WANG Y L, et al. Analysis of water quality at and running effect of the automatic monitoring station in the Jiaozhou Bay[J]. Coastal Engineering, 2019, 38(1): 77-84. 张晓红, 崔文连, 王艳玲, 等. 胶州湾水质自动站周边水质及运行效果分析[J]. 海岸工程, 2019, 38(1): 77-84.

随着人类活动规模和范围的扩大, 越来越多的近岸海域和海湾受到了不同程度的污染, 目前每年 2~4 次的近岸海域监测频次不能及时、真实地反映水质变化状况, 无法满足环境管理要求, 因此, 在近岸重点海域布设自动监测系统, 全天获取各种现场资料, 真实观测近岸海域水质变化全过程, 已成为环境监测的一个发展趋势^[1]。

胶州湾是位于山东半岛南部的半封闭型海湾, 随着周边工业的发展, 胶州湾也成为了青岛市沿岸陆源污染物排放的主要承载水体。胶州湾的生态环境变化备受学者们关注: 孙晓霞等^[2], 沈志良^[3], 贾守伟等^[4], 董兆选等^[5]对该区域的营养盐质量浓度、结构、限制作用等长期变化规律进行了研究; 李艳等^[6], 宋秀贤和俞志明^[7]对该区域的浮游植物群落结构及营养盐对其作用等方面也做了比较深入的研究, 但所用数据属短时监测(2 期/a~3 期/a), 不能及时、客观地反映该海域水质连续变化状况。胶州湾水质自动站于 2013-05 在胶州湾东岸海泊河口西南侧海域布放(120°17'27"E, 36°06'50"N)。该水质自动站的布设, 实现了对胶州湾该海域水质的实时监控, 获得了大量的监测数据, 为分析水质变化规律提供了数据支持。本研究对水质自动站 2016 年水质参数与营养盐数据进行相关性分析, 并对 2013—2016 年的自动站数据与人工监测数据进行比对分析, 讨论了自动站的运行效果, 以期为胶州湾环境管理服务。

1 监测仪器与方法

1.1 主要仪器设备

胶州湾水质自动站的位置及外观图见图 1, 水质自动站浮标体由密封仓系统、监测系统、航标系统、数据

收稿日期: 2018-11-07

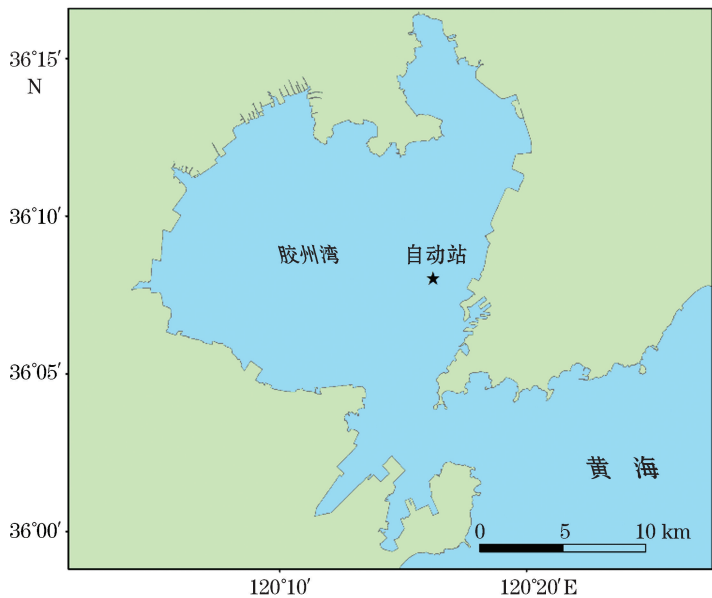
作者简介: 张晓红(1986-), 女, 助理工程师, 硕士, 主要从事海洋生态监测方面研究. E-mail: zxh0828a@1263.com

(王佳实 编辑)

采集系统、通信系统、固定锚链系统、太阳能供电系统和室内监控接收系统组成,具有自动采样、分析、记录、数据储存和无线传输等功能,可在室内随时接收监测站点的水质变化,系统内置备用电源,可确保监测的连续进行。其中,监测系统由美国 YSI 公司生产,水质多参数型号为 YSI 6600v2;气象型号为 RM-YOUNG;营养盐型号为 NPA-PRO。

1.2 监测项目及方法

胶州湾水质自动站主要监测表层(1.5 m)水质状况,进行该海域的水质评价分析,监测参数包括:水温、pH、电导率、盐度、总溶解固体(总 TDS)、溶解氧(DO)、叶绿素 a 质量浓度、浊度八项水质参数和硝酸盐氮(UV 还原+Griess 反应法)、亚硝酸盐氮(Griess 反应法)、氨氮(荧光邻苯二甲醛法)、活性磷酸盐(磷钼蓝分光光度法)四项营养盐参数(分析方法),监测参数采集频率分别为 0.5 h/次和 4 h/次。为避免低温对探头的不利影响,监测时间为每年的 4 月至 11 月。数据通过移动卫星通信 GPRS 传输到监控中心。监测期间定期(<15 d/次)对仪器进行维护、校准及比对,以保证数据质量。自动站运行系统的质量控制严格执行《近岸海域水质自动监测技术规范》^[8](HJ 731—2014)的相关要求。



(a)自动站点位



(b)自动站外观图

图 1 胶州湾水质自动站点位及外观

Fig.1 Location and photograph of the water quality automatic monitoring station in the Jiaozhou Bay

1.3 水质评价方法

pH、DO、无机氮(DIN)、活性磷酸盐(DIP)评价均执行《海水水质标准》^[9](GB 3097—1997)中的二类海水水质标准。

2 结果与分析

2.1 水质常规参数与营养盐的月际变化

由图 2 可知,2016-04—11 水温的月平均范围为 12.42~26.83 ℃,均值为 19.68 ℃;电导率的月平均范围

为 35.93~49.13 ms/cm,均值为 42.12 ms/cm;水温、电导率月均值呈现先升高后降低,变化特点符合季节规律;盐度的月平均范围为 27.86~32.44,平均值为 30.48,盐度月际变化基本呈下降的趋势;叶绿素 a 质量浓度月平均范围为 1.56~5.25 mg/L,平均值为 3.1 mg/L;DO 质量浓度的月平均范围为 6.85~9.53 mg/L,平均值为 8.32 mg/L,基本呈现先降低后增高的趋势;pH、总 TDS 的月平均值变化不大;浊度的月变化明显,春季较低,夏秋季节较高,平均值为 9.88 NTU。

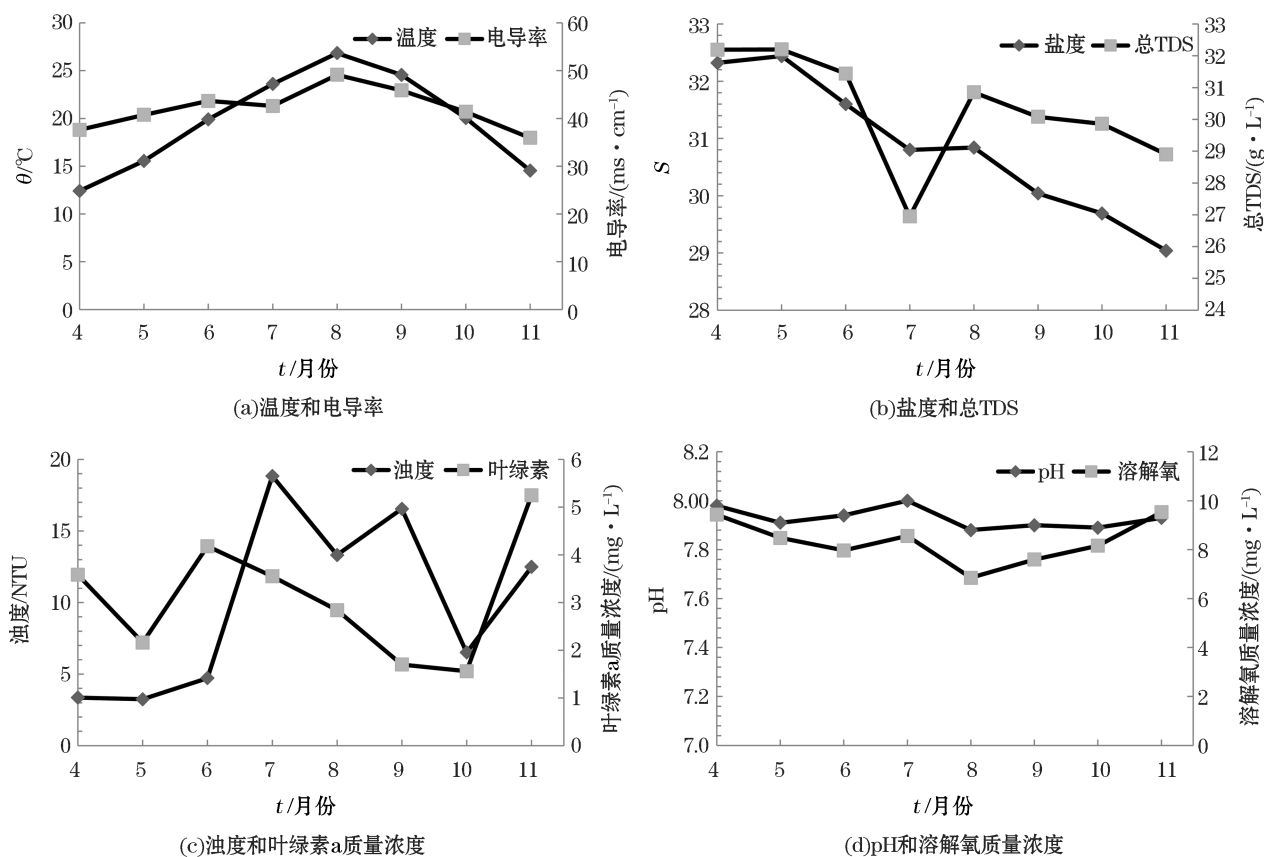


图 2 2016-04—11 水质常规参数的月际变化

Fig.2 Monthly variations of conventional water quality parameters from April to November in 2016

2016-04—11 DIP 质量浓度月均值呈先升高后降低的趋势,月平均范围为 0.008~0.034 mg/L,平均值为 0.023 mg/L(图 3);DIN 质量浓度月均值基本呈升高的趋势,DIN 质量浓度的月平均范围为 0.048~0.289 mg/L,平均值为 0.154 mg/L;DIN 质量浓度与硝酸盐质量浓度趋势相同,硝酸盐的质量浓度月平均范围为 0.022~0.206 mg/L,平均值为 0.101 mg/L。

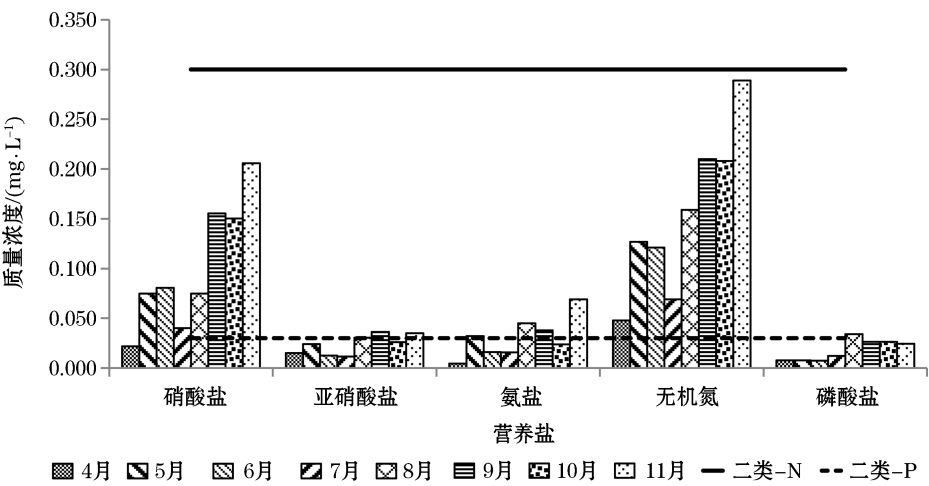


图 3 2016-04—11 水质营养盐的月际变化

Fig.3 Monthly variations of water nutrients from April to November in 2016

2.2 水质常规参数及营养盐的相关性分析

由表 1 可知,胶州湾水质自动站海域 DO 质量浓度与水温呈显著负相关,且相关系数较高,表明海水表层水温变化是造成水中氧溶解度变化的主要原因;叶绿素 a 与 DO 质量浓度呈显著正相关,说明浮游植物光合作用对该海域海水表层 DO 质量浓度水平影响较大;叶绿素 a 质量浓度与 pH 呈显著正相关,原因可能是浮游植物光合作用过程中,消耗水中 CO₂ 之后 pH 升高;叶绿素 a 质量浓度与浊度呈显著正相关,说明浮游植物的生长是影响水浊度的重要因素。

表 1 水质常规参数及营养盐的相关性分析 (n=210)

Table 1 Correlation Analysis between the conventional water quality parameters and the nutrients (n=210)

监测因子	温 度	电导率	总溶解固体	盐 度	pH	浊 度	叶绿素 a	DO	DIN	DIP
温度	1.000									
电导率	0.768 **	1.000								
总溶解固体	0.304 **	0.822 **	1.000							
盐度	0.288 **	0.818 **	0.999 **	1.000						
pH	0.362 **	0.542 **	0.694 **	0.665 **	1.000					
浊度	0.169 *	0.075	−0.018	−0.026	0.057	1.000				
叶绿素 a	0.158 *	0.070	−0.017	−0.025	0.060	0.999 **	1.000			
DO	−0.225 **	−0.070	0.293 **	0.268 **	0.711 **	−0.075	−0.065	1.000		
DIN	−0.068	−0.047	−0.015	−0.012	−0.025	−0.144 *	−0.145 *	0.087	1.000	
DIP	0.063	0.029	−0.008	−0.011	0.029	−0.042	−0.038	0.082	0.373 **	1.000

注: ** 代表在 0.01 水平(双侧)上显著相关; * 代表在 0.05 水平(双侧)上显著相关

2.3 水质超标因子及原因分析

评价海域水质质量执行《海水水质标准》^[9](GB 3097—1997)中的二类海水水质标准:DO 质量浓度和 pH 日均值均达到二类海水水质标准,达标率为 100%;DIP 有 38 d 日均值超出二类标准,超标天数占比 16.7%,主要集中在 2016-08,09,10;DIN 有 29 d 日均值超出二类水质标准,超标天数占比 16.7%,超标日期集中在 2016-08,09,11(表 2)。

表 2 各指标超标情况统计
Table 2 Statistics of the exceeding standard of the indexes

项 目	二类标准	超标天数占比
pH 日均值	7.8~8.5	—
DO 质量浓度日均值	>5.0 mg · L ⁻¹	—
DIN 质量浓度日均值	≤0.30 mg · L ⁻¹	16.7%
DIP 质量浓度日均值	≤0.03 mg · L ⁻¹	16.7%

注:“—”代表此处无数据

2.4 与人工数据的比对分析

分析 2016 年自动水站 DIN 监测数据,结果显示硝酸盐质量浓度均值占到了 DIN 质量浓度均值的 64.9%,亚硝酸盐质量浓度均值占 15.3%,氨盐质量浓度均值占 19.8%,可见在 DIN 组成上主要以硝酸盐为主。2016 年人工点位监测数据显示,硝酸盐质量浓度均值占到了 DIN 质量浓度均值的 69.5%,也是以硝酸盐为主,与自动站监测结果一致。

利用 2013—2016 年人工监测数据与自动水站的数据进行对比分析(图 4),结果表明:1)人工监测获得的 DIN 质量浓度数据呈现高于自动站的监测值趋势,主要源于分析方法的差别;2)自动站的 DIP 质量浓度监测值高于人工监测值;3)人工监测和自动监测获得的 DIN 和 DIP 质量浓度数据在年际变化上呈现较一致的趋势。

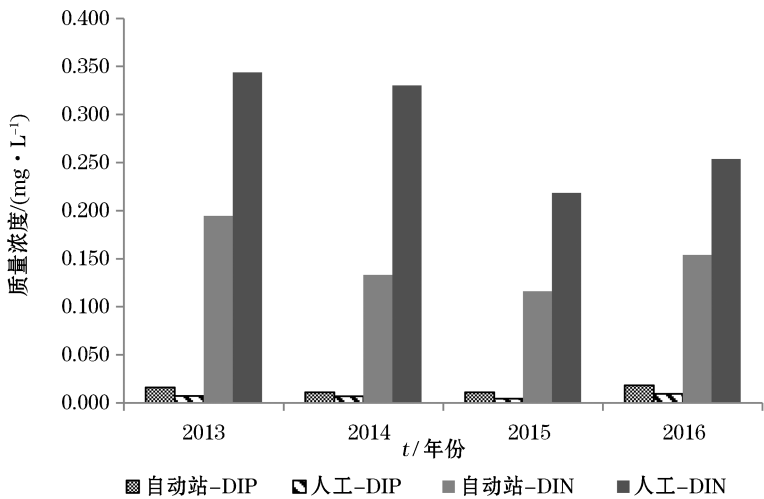


图 4 2013—2016 年自动站和人工监测的无机氮和活性磷酸盐质量浓度的变化
Fig.4 Variations of DIN and DIP obtained by the automatic monitoring station and by manual monitoring from 2013 to 2016

3 讨 论

3.1 主要水质参数及水质超标原因分析

海水叶绿素 a 质量浓度是衡量海洋浮游植物生物量大小的指标,是评价海洋水质的重要参数之一^[10]。自动站监测显示,该海域叶绿素 a 质量浓度年均值为 3.10 mg/L,与潘胜军等^[11]胶州湾内叶绿素 a 质量浓度年均值 4.90 mg/m³ 的研究结果相比较低,可能与本研究区域仅为水质自动站海域,而潘胜军等^[11]前人研究范围为整个胶州湾内有关。本研究相关性分析表明,叶绿素 a 与 DO 的质量浓度、pH 值和浊度呈显著正相关,说明浮游植物光合作用对该海域表层海水的水质参数影响较大。

海水中 DIN 包括 NH₄-N、NO₂-N 和 NO₃-N 三种形态,在海洋生物饵料循环中起着非常重要的作用。NO₂-N 作为 NH₄-N 和 NO₃-N 之间的过渡形态,属热力学不稳定态,含量通常很低,很难直接影响海水中 DIN 的质量浓度,主导水体中主导 DIN 质量浓度的主要是 NH₄-N 或 NO₃-N,并因海域的不同环境条件而异^[12]。孙晓霞等^[2]对 1981—2010 年胶州湾 DIN 质量浓度(mg/L)组成比例变化进行了研究,结果表明,在 2001 年之前,氨氮为 DIN 的主要组成部分,从 2001 年开始,氨氮所占比例开始下降,硝酸盐所占比例上升。本研究的 DIN 质量浓度(mg/L)主要以硝酸盐氮(64.9%)为主,和孙晓霞等^[2]研究的趋势相符。

水质自动站海域主要的陆源污染来自于海泊河口的淡水输入。海泊河是青岛市五大排水系统之一,位于市区的中部,发源于浮山西北麓的洪山坡,向西北流经市区,在环胶州湾高速公路海泊河大桥处流入胶州湾。海泊河流域汇水面积 27 km²,流域内主要支流有仲家洼河、小村庄河、四方河、昌乐河等。海泊河沿线排入大量工业废水以及生活污水,目前海泊河全年节流截污,河水进入海泊河污水处理厂处理后再排入海。主要由于海泊河附近区域潮汐和水动力比较强,由废水带入的营养盐等很快被稀释,水质自动站周边海域基本保持在优良水质。2016-04—11 DIN 和 DIP 超标天数均为 16.7%,而且集中于降雨量较大的 2016-08—09 间,营养盐指标超标基本与海泊河的淡水输入有关。

3.2 与人工数据比对分析

无机氮(DIN)方面,人工监测数据基本呈现高于自动站的趋势,主要源于分析方法的差别。人工监测按照文献《海洋监测规范:第 4 部分 海水分析》^[13](GB 17378.4—1998),使用常规方法硝酸盐氮(镉柱还原法)、亚硝酸盐氮(萘乙二胺分光光度法)、氨氮(靛酚蓝分光光度法)而自动站的方法已在上文介绍。活性磷酸盐(DIP)方面,自动站的磷酸盐监测值虽然高于人工监测值,但二者基本属于较低的水平。自动站监测和人工监测的营养盐在年际变化上呈现较一致的趋势,说明运用水质自动站监测该海域的营养盐变化趋势较为准确。

以往的人工监测多以每年 1~4 次为主,尽管有些研究型监测时间跨度较长,但也以单次短时的研究结果代表一个季节或年度,对于真实反映海域的环境变化特征具有一定的主观和局限性。同时水质自动站能实现恶劣环境下、无人值守的全天候、全天时长期连续定点观测,对于海区水环境特征的连续变化过程,比单次监测具有较大的优势。

4 结 语

本文在对 2016 年自动水站的多参数和营养盐数据进行月和季节变化趋势分析的基础上,对其变化规律的驱动因子及其超标原因进行了分析,同时将 2013—2016 年自动站水质数据与该海域人工监测进行比对分析,得出结论:

2016-04—11 水质自动站海域溶解氧质量浓度和 pH 的日均值均达到二类海水水质标准,达标率为

100%;DIP 质量浓度年均值为 0.023 mg/L,DIN 质量浓度年均值为 0.154 mg/L,以硝酸盐为主(64.9%),DIN 和 DIP 超标天数均为 16.7%,而且集中于降雨量较大的 2016-08—09,营养盐指标超标基本与海泊河的淡水输入有关;叶绿素 a 与溶解氧、pH 和浊度呈显著正相关,浮游植物光合作用对该海域表层海水的水质参数影响较大。自动站监测和人工监测的营养盐在年际变化上呈现较一致的趋势,说明运用水质自动站监测该海域的营养盐变化趋势较为准确。

参考文献(References):

- [1] LI T S, LIU F, ZHUANG M Z, et al. The site layout of the automatic monitoring system in coastal areas[J]. *Environmental Monitoring in China*, 2014, 30(2): 182-185. 李天深, 刘方, 庄马展, 等. 近岸海域水质自动监测系统站位的布设[J]. *中国环境监测*, 2014, 30(2): 182-185.
- [2] SUN X X, SUN S, ZHAO Z X, et al. Long-term changes in nutrient concentration and structure in the Jiaozhou Bay[J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2011, 42(5): 662-669. 孙晓霞, 孙松, 赵增霞, 等. 胶州湾营养盐浓度与结构的长期变化[J]. *海洋与湖沼*, 2011, 42(5): 662-669.
- [3] SHEN Z L. Long-term changes in nutrient structure and its influences on ecology and environment in Jiaozhou Bay[J]. *Oceanologia et limnologia Sinica*, 2002, 33(3): 322-331. 沈志良. 胶州湾营养盐结构的长期变化及其对生态环境的影响[J]. *海洋与湖沼*, 2002, 33(3): 322-331.
- [4] JIA S W, SHI J, GAO H W. Numerical study on the regional and long-term variation of nutrient limitation in Jiaozhou Bay[J]. *Periodical of Ocean University of China (Natural Science)*, 2015, 45(5): 1-10. 贾守伟, 史洁, 高会旺. 胶州湾营养盐限制作用空间差异和长期变化的数值研究[J]. *中国海洋大学学报(自然科学版)*, 2015, 45(5): 1-10.
- [5] DONG Z X, LOU A G, CUI W L. Analysis of nutrient distributions and potential eutrophication in seawater of the Jiaozhou Bay[J]. *Transactions of Oceanology and Limnology*, 2010(3): 149-157. 董兆选, 娄安刚, 崔文连. 胶州湾海水营养盐的分布及潜在性富营养化研究[J]. *海洋湖沼通报*, 2010(3): 149-157.
- [6] LI Y, LI R X, WANG Z L. A preliminary study on phytoplankton community structure and its changes in the Jiaozhou Bay[J]. *Advances in Marine Science*, 2005, 23(3): 328-334. 李艳, 李瑞香, 王宗灵, 等. 胶州湾浮游植物群落结构及其变化的初步研究[J]. *海洋科学进展*, 2005, 23(3): 328-334.
- [7] SONG X X, YU Z M. Nutrient effect on phytoplankton in typical mariculture waters in summer in the northeast of the Jiaozhou Bay[J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2007, 38(5): 446-452. 宋秀贤, 俞志明. 胶州湾东北部养殖海域夏季营养盐分布特征及其对浮游植物生长的影响[J]. *海洋与湖沼*, 2007, 38(5): 446-452.
- [8] Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China. Specification for automated water quality monitoring in coastal area: HJ 731—2014[S]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2014. 中华人民共和国生态环境部. 近岸海域水质自动监测技术规范: HJ 731—2014[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2014.
- [9] Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China. Sea water quality standard: GB 3097—1997[S]. Beijing: China Building Industry Press, 1997. 中华人民共和国环境保护部. 海水水质标准: GB 3097—1997[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997.
- [10] XIA B, LV R H, SUN P X. Spatial-temporal distributions and size compositions of chlorophyll-a in the typical areas of the Yellow Sea and East China Sea in the autumn of 2000[J]. *Journal of Oceanography of Huanghai & Bohai Seas*, 2001, 19(4): 37-42. 夏滨, 吕瑞华, 孙丕喜. 2000 年秋季黄、东海典型海区叶绿素 a 的时空分布及其粒径组成特征[J]. *黄渤海海洋*, 2001, 19(4): 37-42.
- [11] PAN S J, SHEN Z L. Chlorophyll-a concentration and phytoplankton size-fractionated composition in Jiaozhou Bay[J]. *Yingyong Shengtai Xuebao*, 2009, 20(10): 2468-2474. 潘胜军, 沈志良. 胶州湾叶绿素 a 浓度及浮游植物的粒径组成[J]. *应用生态学报*, 2009, 20(10): 2468-2474.
- [12] ZHENG X H. Changes in nitrogen and phosphate and eutrophication character in Minjiang Estuary[J]. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait*, 2010, 29(1): 42-46. 郑小宏. 闽江口海域氮磷营养盐含量的变化及富营养化特征[J]. *应用海洋学学报*, 2010, 29(1): 42-46.
- [13] National Marine Standardization Technical Committee. The specification for marine monitoring: part4 Seawater analysis: GB 17378.4—2007[S]. Beijing: Standards Press of China, 2008. 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.

Analysis of Water Quality at and Running Effect of the Automatic Monitoring Station in the Jiaozhou Bay

ZHANG Xiao-hong, CUI Wen-lian, WANG Yan-ling, ZHOU Xiang-zhou, LIANG Zu-xing
(Qingdao Environmental Monitoring Center, Qingdao 266003, China)

Abstract: Based on the data acquired at the water quality automatic monitoring station in the Jiaozhou Bay in 2016, the variation trend and the standard-exceeding status of the water quality are analyzed and evaluated. The results show that during the period from April to November in 2016 the daily means of pH and dissolved oxygen all reached to the class II seawater quality standard, with the rate of reaching standard being 100%. The annual mean of DIP and DIN was 0.023 mg/L and 0.154 mg/L, respectively, of which DIN was dominated by $\text{NO}_3\text{-N}$ (making up to 64.9%). The standard-exceeding days of DIN and DIP were both 16.7% and were mainly concentrated between August and September, when the rainfall was relatively heavy. The exceeding standard of the nutrient salt indexes was basically related to the input of fresh water from the Haibohe River. Chlorophyll a showed a significant positive correlation with dissolved oxygen, pH and turbidity, indicating that phytoplankton photosynthesis had a significant impact on the water quality parameters of the surface seawater in the study area. The nutrients obtained by the automatic monitoring station had a consistent trend in interannual variations with those obtained by manual monitoring, indicating that the variation trend of the nutrients monitored by using the water quality automatic monitoring station could be credible.

Key words: Jiaozhou Bay; automatic monitoring; DIN; DIP

Received: November 7, 2018