

## ◆海洋生态环境◆

## 铁山港湾近 8 年溶解氧状况与变化趋势\*

钟炜萍\*\*, 黄雄良

(广西壮族自治区海洋环境监测中心站, 广西北海 536000)

**摘要:**溶解氧(Dissolved Oxygen, DO)是判断水质优劣的重要指标之一,为弄清 2013-2020 年广西铁山港湾溶解氧的变化特点,对该港湾近 8 年自动监测结果的年均值、日均值、季节均值等进行统计分析。结果表明:铁山港内湾、外湾溶解氧浓度年均值均呈波动下降趋势,内湾溶解氧降幅较外湾明显,内湾低于第二类水质标准的天数由 8 d 增加至 93 d。2013-2020 年夏季内湾溶解氧季节均值均未达到第一类海水水质标准,2020 年秋季内湾溶解氧季节均值均为 8 年来最低值。内湾溶解氧受季节影响较大,呈现冬季>春季>秋季>夏季的特点,溶解氧偏低的时段为夏、秋季,主要受水温、地表径流营养盐的输入和人工海水养殖的影响。

**关键词:**铁山港湾 溶解氧 自动监测 变化趋势 海水监测

中图分类号:X55,X834 文献标识码:A 文章编号:1002-7378(2021)01-0022-07

DOI:10.13657/j.cnki.gxkxyxb.20210429.005

## 0 引言

铁山港湾位于广西北海市东部,毗邻北部湾,三面为陆地,整个海湾狭长,呈喇叭状,湾口向南。沿岸乡镇主要为兴港镇、闸口镇、公馆镇、白沙镇、山口镇以及沙田镇,湾内有铁山港港口,为广西最重要的港区之一。同时,铁山港湾内有红树林、海草床等重要的海洋生态系统,广西合浦儒艮国家级自然保护区即在该海湾外域。

近年来,铁山港湾周边地区工业、养殖渔业迅速发展,2018年,铁山港规模以上工业总产值1 040.82亿元,同比增长14.68%。在自治区三年滚动计划

(2018-2020)中,铁山港有建设项目19个,总投资1 000多亿元。另外,该海湾渔业养殖种类丰富,经济养殖种类以金鲳鱼、南美白对虾、珍珠贝、鲷鱼、美国红鱼、石斑鱼、斑节对虾、牡蛎、贻贝、扇贝、蛤等水产品为主<sup>[1]</sup>。2013年至2018年,北海市海水养殖产量由 $4.904 \times 10^5$  t增长到了 $6.487 \times 10^5$  t<sup>[2,3]</sup>,铁山港湾作为北海市重要的渔业资源养殖区,近年海水养殖产量仍在逐年增加。但是,由于该海湾从湾口到湾顶水体交换能力逐渐减弱,而水体停留时间逐渐递增<sup>[4]</sup>,海域内海洋生态环境承受了巨大压力。

溶解氧(Dissolved Oxygen, DO)指的是溶解在水中的分子态氧,溶解氧可能会因为藻类的生长而过

\* 广西科技计划项目(桂科 AB20297018,桂科 AD19110140,桂科 AB20297037 和桂科 AB18126075)资助。

## 【作者简介】

钟炜萍(1987-),女,工程师,主要从事海洋自动监测、环境遥感研究,E-mail:569791151@qq.com。

## 【\*\*通信作者】

## 【引用本文】

钟炜萍,黄雄良.铁山港湾近 8 年溶解氧状况与变化趋势[J].广西科学院学报,2021,37(1):22-28.

ZHONG W P, HUANG X L. Status and Trend of Dissolved Oxygen in Tieshangang Bay in Recent 8 Years [J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2021, 37(1): 22-28.

饱和,当水体受有机、无机还原性物质污染时,溶解氧则会降低<sup>[5]</sup>。溶解氧是判断水质状况的重要指标之一,并且水体中溶解氧的含量对水产养殖业来说也非常重要,水中的溶解氧含量低会导致好氧生物缺氧,抵抗力降低,从而导致食欲下降,甚至窒息而死亡。与此同时,有害厌氧菌的大量繁殖使有害气体得以分解,更为严重时会造成好氧生物的大量死亡,引起水质恶化<sup>[6]</sup>。王以斌等<sup>[7]</sup>研究指出,铁山港湾在近30年间主要环境因子变化总体上呈增加趋势,溶解氧因季节性富营养化有着较大变化。铁山港湾为渔业养殖发展迅速的海域之一,对该港湾溶解氧等监测项目的研究十分必要。

以往大部分针对研究区域的采样监测均以人工采集瞬时样品的方式来进行研究分析,监测数据偏少,且时间序列较短,而海水自动监测浮标则弥补了人工采集样品这方面的短板。这种监测手段无需大量人力物力就能自动、长期、实时收集海洋环境监测数据<sup>[8]</sup>,本研究使用广西壮族自治区海洋环境监测中心站在广西近岸海域投放的自动监测浮标得到的海量监测数据,来探讨铁山港湾2013至2020年8年间溶解氧等监测项目的变化趋势及特征,旨在为针对该海湾合理的可持续开发以及生态环境保护等工作提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区域与数据获取

铁山港湾地处北部湾东北部顶端,与广东省英罗港相邻,位于 $109^{\circ}26'00''\text{E} - 109^{\circ}45'00''\text{E}$ , $21^{\circ}28'35''\text{N} - 21^{\circ}45'00''\text{N}$ ,海湾似手指状,湾口朝南呈喇叭状<sup>[9]</sup>。本研究使用的2013-2020年溶解氧历

表1 YSI 6600V2多参数水质分析仪主要技术参数及分析方法

Table 1 Main technical parameters and analysis method of YSI 6600V2 multi-parameter water quality analyzer

参数 Item	分析方法 Analysis method	测量范围 Measurement range	分辨率 Resolution
水温 Water temperature	热敏电阻法 Thermistor method	-5-50℃	0.01℃
电导率 Conductivity	四电极电流法 Four electrode current method	0-210 mS/cm	0.000 1-0.0 100 mS/cm
盐度 Salinity	由电导率和水温计算得出 Calculated by conductivity and water temperature	0-70‰	0.01‰
溶解氧 DO	光学法 Optical method	0-50 mg/L	0.01 mg/L

### 1.2 数据分析方法

为了使海量数据更具有代表性,本研究使用年均

年实测数据来自广西近岸海域水质自动监测网络布设在铁山港湾的2个自动监测站位(Z1、Z2,图1),Z1、Z2分别代表铁山港内湾和外湾。其中,Z1( $109^{\circ}34.49'\text{E}, 21^{\circ}37.74'\text{N}$ )所在区域为合浦县白沙镇海水养殖区,该站位位于大量筏式牡蛎养殖海域中,距最近的养殖排大约20 m;Z2( $109^{\circ}33.25'\text{E}, 21^{\circ}26.84'\text{N}$ )所在区域为铁山港混合排污区海域,该站位北面约2 km为铁山港西岸码头。自动监测站位采集海水表层水样进行分析,监测仪器为YSI 6600V2多参数水质分析仪,可每0.5 h出具一次溶解氧等参数的监测结果,具体监测方法见表1。

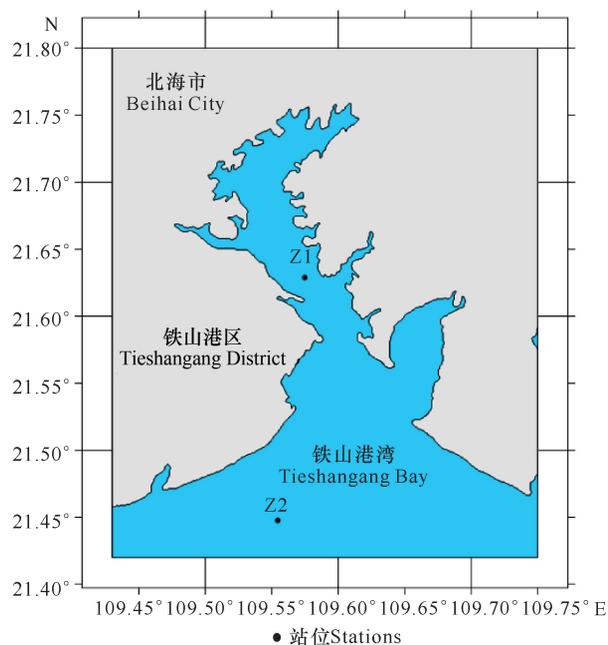


图1 研究区域与自动监测站位示意

Fig. 1 Location of research area and automatic monitoring stations

值、日均值、季节均值等来分析研究区域在特定时间内的水质变化特征。季节划分为春季(3-5月)、夏

季(6-8月)、秋季(9-11月)、冬季(12月-次年2月)。本研究主要使用《海水水质标准》<sup>[10]</sup>中溶解氧的判定标准来对研究区域水质进行评价:

第一类水质:溶解氧 $>6$  mg/L,适用于海洋渔业水域、海上自然保护区和珍稀濒危海洋生物保护区;

第二类水质:溶解氧 $>5$  mg/L,适用于水产养殖区、海水浴场、人体直接接触海水的海上运动或娱乐区,以及与人类食用直接有关的工业用水区;

第三类水质:溶解氧 $>4$  mg/L,适用于一般工业用水区、滨海风景旅游区;

第四类水质:溶解氧 $>3$  mg/L,适用于海洋港口水域、海洋开发作业区。

相关性分析主要使用 SPSS 22 软件中 Pearson 相关性分析和双侧显著性检验,监测数据统计及绘图主要使用 Excel、SigmaPlot 10.0、Origin 2019 等软件。

## 2 结果与分析

### 2.1 铁山港湾海水基础环境变化特征

#### 2.1.1 水温

2013-2020年铁山港内湾(Z1)历年表层水温年均值高于外湾(Z2),但是没有显著差异,说明水温主要受气温影响,与太阳辐射有关<sup>[11]</sup>。内湾(Z1)海水水温年均值为25.0-26.7℃,外湾(Z2)为23.8-26.8℃。内、外湾水温变化均呈波动上升趋势,外湾水温升高幅度较内湾明显(图2)。

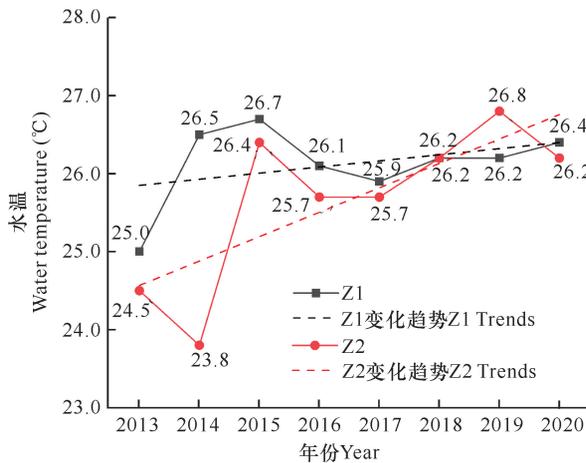


图2 2013-2020年铁山港内、外湾水温年均值变化

Fig. 2 Annual average changes of water temperature in the inner and outer bays of Tieshangang Bay from 2013 to 2020

#### 2.1.2 盐度

2013-2020年铁山港内湾(Z1)历年盐度年均值低于外湾(Z2),内湾(Z1)盐度年均值为22.7-28.5‰,外湾(Z2)为27.4-30.8‰。内、外湾盐度变化均呈波动上升趋势,且内、外湾趋势变化较为一致(图3)。



图3 2013-2020年铁山港内、外湾盐度年均值变化

Fig. 3 Annual average salinity changes in the inner and outer bays of Tieshangang Bay from 2013 to 2020

#### 2.1.3 溶解氧

2013-2020年铁山港湾内、外湾溶解氧浓度年均值呈下降趋势。内湾下降幅度较大,由6.51 mg/L降至5.84 mg/L,2019年溶解氧浓度年均值为8年来最低,水质类别由第一类海水水质降为第二类海水水质。外湾Z2溶解氧年均值由7.14 mg/L降至6.71 mg/L,下降幅度与Z1相比较小,水质类别为第一类海水水质(图4)。

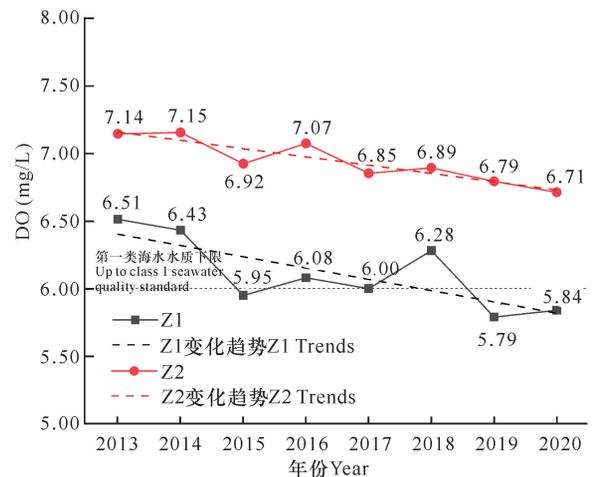


图4 2013-2020年铁山港内、外湾溶解氧年均值变化

Fig. 4 Annual average changes of dissolved oxygen concentration in the inner and outer bays of Tieshangang Bay from 2013 to 2020

## 2.2 铁山港湾溶解氧浓度变化特征

通过2013–2020年铁山港湾基础环境特征年均价值的统计分析结果,选定溶解氧下降幅度相对较大的站点Z1,对铁山港湾的溶解氧浓度变化特征进行分析。

### 2.2.1 日均值

2013–2020年铁山港内湾(Z1)溶解氧在整体上低于外湾(Z2),且在历年大部分时段内湾、外湾溶解氧日均值变化趋势都能保持基本一致。内湾(Z1)DO日均值 $>6$  mg/L(符合第一类海水水质)的天数由2013年的253 d波动减少至2020年的180 d,DO日均值 $\leq 5$  mg/L(第三类海水水质或以下)的天数由8 d逐年波动增长为93 d(图5)。

DO日均值 $\leq 5$  mg/L(第三类海水水质或以下)的时段由2013年的7–8月,逐步扩大至2020年的5–10月(图6)。

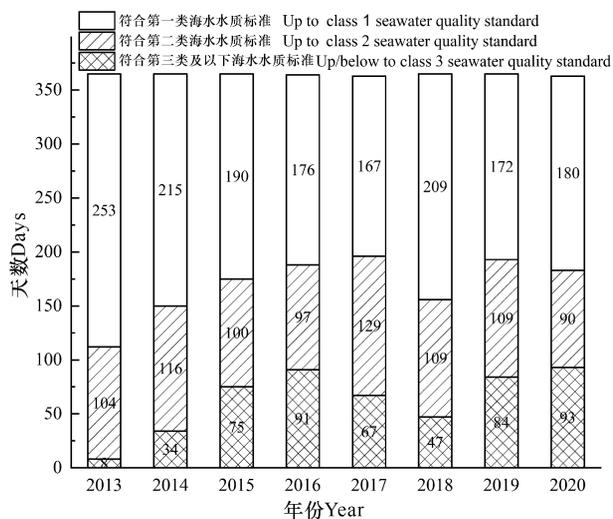
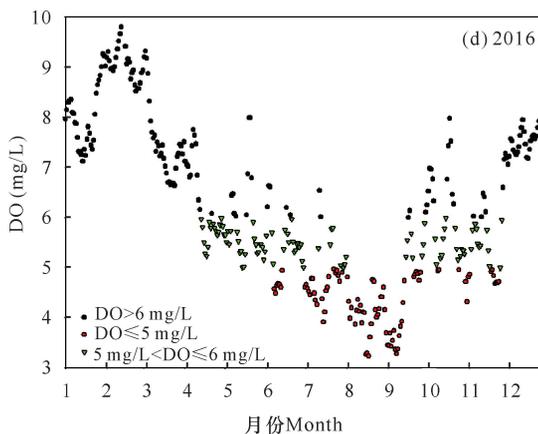
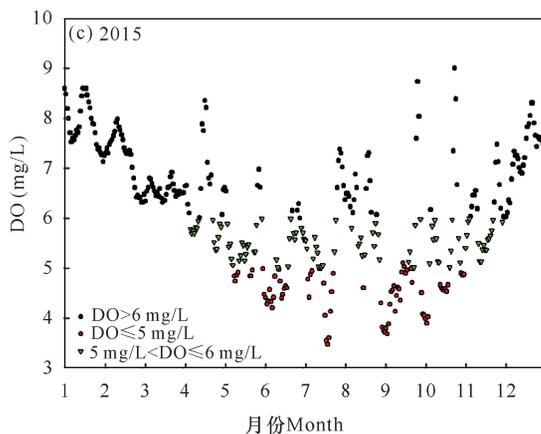
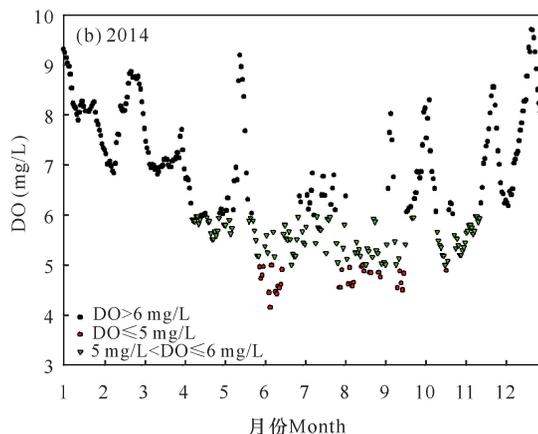
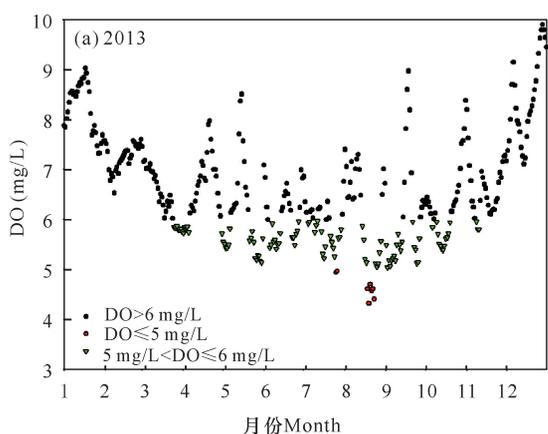


图5 铁山港湾内湾(Z1)2013–2020年溶解氧浓度日均值天数变化

Fig. 5 Diurnal variation of dissolved oxygen concentration in Tieshangang Bay (Z1) from 2013 to 2020



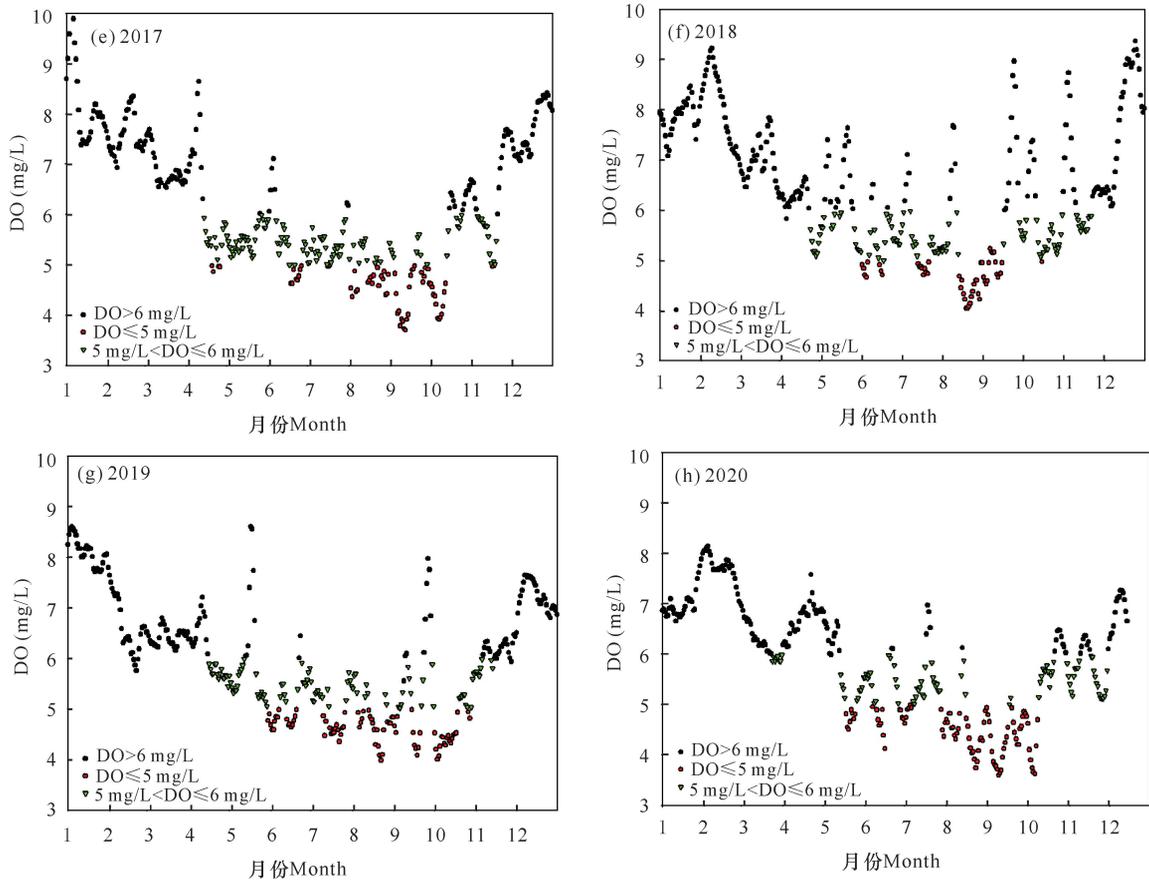


图 6 2013-2020 年 Z1 溶解氧日均值变化趋势

Fig. 6 Variation trend of daily average dissolved oxygen at Z1 from 2013 to 2020

### 2.2.2 季节均值

2013-2020 年铁山港内湾春季溶解氧均值为 6.12-6.52 mg/L, 夏季为 4.77-5.94 mg/L, 秋季为 5.17-6.31 mg/L, 冬季为 7.31-8.21 mg/L。从总体上看, 2013-2020 年铁山港湾内湾 (Z1) 溶解氧受季节影响较大, 呈现冬季 > 春季 > 秋季 > 夏季的变化特点。其中, 铁山港内湾冬季、春季溶解氧季节均值均可达到第一类海水水质标准, 但夏季溶解氧季节均值均未达到第一类海水水质标准 ( $DO > 6 \text{ mg/L}$ ), 夏季季节均值呈逐年波动下降的趋势。另外, 2016 年夏季溶解氧季节均值为第三类海水水质 ( $DO > 4 \text{ mg/L}$ ), 且 2019, 2020 年夏季溶解氧季节均值连续两年接近第三类海水水质标准; 秋季溶解氧季节均值也呈逐年波动下降的趋势, 2015 年开始, 除 2018 年勉强达到第一类海水水质标准以外, 均下降为第二类海水水质标准, 2020 年秋季溶解氧季节均值为 8 年来最低值 (图 7)。

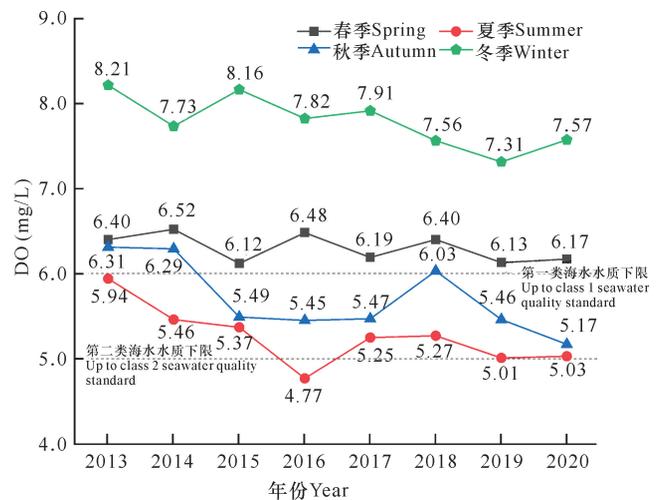


图 7 2013-2020 年 Z1 溶解氧浓度季节均值变化

Fig. 7 Seasonal average changes of dissolved oxygen concentration of Tieshangang Bay (Z1) from 2013 to 2020

### 2.2.3 相关性分析

2013-2020年铁山港内湾溶解氧与水温、盐度的相关性分析结果如表2所示,溶解氧与水温呈显著负相关,相关系数为 $-0.795$  ( $P < 0.01$ ),与盐度呈显著正相关,相关系数为 $0.385$  ( $P < 0.01$ )。

表2 铁山港(Z1)各环境要素相关性( $n = 2\ 907$ )

Table 2 Correlations of environmental factors in Tieshangang Bay(Z1) ( $n = 2\ 907$ )

环境要素 Environmental factors	水温 Water temperature	盐度 Salinity
盐度 Salinity	$-0.532^{**}$	
溶解氧 DO	$-0.795^{**}$	$0.385^{**}$

注: \*\*表示在 $P = 0.01$ 的水平上显著相关

Note: \*\* indicates significant correlation at  $P = 0.01$  level

## 3 讨论

溶解氧是重要的水质监测指标,其含量直接影响海洋生物的生存和生长,以及海水中化学物质的存在形态<sup>[12]</sup>。铁山港湾为北海海水养殖的重要产区之一,2013-2020年铁山港湾内、外湾溶解氧浓度均呈波动下降趋势,内湾下降幅度尤为明显,溶解氧较低的时段主要集中在夏秋季,部分时段甚至达不到第三类海水水质标准( $DO > 4$  mg/L)。根据相关性分析结果,铁山港内湾溶解氧的降低受水温升高的影响,此外,根据2019年度广西海洋生态环境质量报告书,铁山港湾内湾已为中度富营养状态,水体富营养化程度严重会使浮游生物,特别是某些特征性藻类等浮游生物异常繁殖,有机物的分解消耗水中大量的溶解氧,导致溶解氧降低<sup>[13]</sup>。蓝文陆等<sup>[14]</sup>研究认为,铁山港湾的径流输入对营养盐的分布和季节变化有着重要影响。同时,海水养殖的影响不容小觑,近年来无论是近岸海水池塘养殖还是网箱、筏式养殖,其面积都迅速扩张,养殖布局的不合理和养殖方式的落后也可能影响附近水环境质量<sup>[15]</sup>。

Nezlin等<sup>[16]</sup>的研究将溶解氧日均值 $< 3$  mg/L的区域定义为低氧区,铁山港湾内湾2015,2016,2020年溶解氧日均值最低值已经接近3 mg/L,溶解氧含量如果持续下降则会导致低氧区的出现。综合考虑溶解氧在水质与海水养殖上发挥的重要作用,以及铁山港内湾溶解氧的变化特征,还需要对铁山港内湾夏秋季水质变化特点进行深入研究,来补充自动监测项目不够全面的短板。同时,建议禁止未经处理的工业废水、养殖废水、生活污水等直排入湾,且应对海

水养殖密度、养殖结构等进行合理布局和优化。

## 4 结论

2013-2020年,铁山港湾海水基础环境变化特征为内、外湾水温变化均呈波动上升趋势,外湾水温升高幅度较内湾明显;内、外湾盐度变化均呈波动上升趋势,且内、外湾趋势变化较为一致;内、外湾溶解氧浓度年均值呈下降趋势,内湾下降幅度较明显。铁山港内湾(Z1)溶解氧浓度变化特征分析结果表明:DO日均值 $> 6$  mg/L(符合第一类海水水质)的天数呈波动减少趋势,DO日均值 $< 5$  mg/L(第三类海水水质或以下)的天数逐年波动增加,且时段逐步扩大。内湾溶解氧受季节影响较大,呈现冬季 $>$ 春季 $>$ 秋季 $>$ 夏季的特点,溶解氧偏低的时段为夏秋季,2013-2020年夏季内湾溶解氧季节均值均未达到第一类海水水质标准,2020年秋季内湾溶解氧季节均值均为8年来最低。溶解氧与水温呈显著负相关关系,与盐度呈显著正相关关系。

### 参考文献

- [1] 铁山港地方志编纂委员会. 铁山港年鉴 2019 [M]. 南宁: 广西人民出版社, 2019.
- [2] 北海市地方志编纂委员会. 北海年鉴 2014 [M]. 北京: 线装书局, 2014.
- [3] 北海市地方志编纂委员会. 北海年鉴 2019 [M]. 北京: 线装书局, 2019.
- [4] 裴木凤, 胡嘉镗, 高劲松, 等. 广西铁山港水体交换能力对填海和季风的响应研究[J]. 海洋湖沼通报, 2019(6): 34-40.
- [5] 国家环境保护总局. 《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法[M]. 4版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [6] 张红斌. 养殖鱼塘水质动态检测与分析[J]. 渔业致富指南, 2019(22): 62-68.
- [7] 王以斌, 张爱军, 赵晓龙, 等. 广西铁山港海域环境现状分析评价及变化研究[J]. 环境科学与技术, 2015, 38(S2): 357-364.
- [8] 钟炜萍, 姚焕玫, 陈华权, 等. 基于自动监测和 Sentinel-2 影像的钦州湾溶解氧反演模型研究[J]. 广西科学院学报, 2020, 36(4): 392-398.
- [9] 中国海湾志编纂委员会. 中国海湾志 第十二分册(广西海湾)[M]. 北京: 海洋出版社, 1993.
- [10] 国家海洋局第三研究所. 海水水质标准: GB 3097-1997 [S]. 北京: 中国环境科学出版社, 1997.
- [11] 黄子眉, 李小维. 广西沿海海水表层温度分析[J]. 广西

- 科学, 2008, 15(4): 456-460.
- [12] 付龙文, 杜志强, 高歌, 等. 海洋牧场多水层溶解氧在线监测系统的构建及应用[J]. 海洋环境科学, 2020, 39(6): 909-917.
- [13] 环境保护部. 近岸海域环境监测规范: HJ 442 - 2008 [S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2008.
- [14] 蓝文陆, 李天深, 韩丽君, 等. 广西铁山港附近海域营养盐分布及其季节变化[J]. 海洋科学, 2014, 38(7): 63-69.
- [15] 姚炜民, 陈雷. 乐清湾海水养殖区环境质量状况及分析[J]. 海洋通报, 2007, 26(4): 116-120.
- [16] NEZLIN N P, KAMER K, HYDE J, et al. Dissolved oxygen dynamics in a eutrophic estuary, Upper Newport Bay, California [J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2009, 82(1): 139-151.

## Status and Trend of Dissolved Oxygen in Tieshangang Bay in Recent 8 Years

ZHONG Weiping, HUANG Xiongliang

(Marine Environmental Monitoring Center of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Beihai, Guangxi, 536000, China)

**Abstract:** Dissolved oxygen (DO) is one of the important indicators for judging the quality of water. In order to clarify the characteristics of changes in dissolved oxygen in Tieshangang Bay of Guangxi from 2013 to 2020, this study conducted a statistical analysis on the annual average, daily average, and seasonal average of the automatic monitoring results of the bay in the past 8 years. The analysis results concluded that the annual average value of dissolved oxygen concentration in the inner and outer bays of Tieshangang Bay showed a fluctuating downward trend. The dissolved oxygen in the inner bay had a more significant decline than that in the outer bay, and the number of days in the inner bay was below the second-class water quality standard had increased from 8 d to 93 d. In the summer of 2013 - 2020, the average seasonal value of dissolved oxygen in the inner bay did not meet the first-class seawater quality standard, and the average seasonal value of dissolved oxygen in the inner bay during the autumn of 2020 was the lowest in eight years. The dissolved oxygen in the inner bay was greatly affected by the seasons, showing the characteristics of winter > spring > autumn > summer. The period of low dissolved oxygen was summer and autumn, which was mainly affected by water temperature, nutrient input of surface runoff and artificial mariculture.

**Key words:** Tieshangang Bay, dissolved oxygen, automatic monitoring, variation trend, seawater monitoring

责任编辑: 陆 雁



微信公众号投稿更便捷

联系电话: 0771-2503923

邮箱: gxxkxyxb@gxas.cn

投稿系统网址: <http://gxxkx.ijournal.cn/gxxkxyxb/ch>