

◆海洋科学◆

涠洲岛海域营养盐变化特征与评价^{*}黄晓煦¹, 徐轶肖², 张腾², 雷富^{1**}, 梁千千¹, 陈丽雯¹, 戴圣生^{3**}

(1. 广西科学院北部湾海洋研究中心, 广西近海海洋环境科学重点实验室, 广西海洋天然产物与组合生物合成化学重点实验室, 广西南宁 530007; 2. 南宁师范大学, 北部湾环境演变与资源利用教育部重点实验室, 广西地表过程与智能模拟重点实验室, 广西南宁 530001; 3. 广西科学院, 广西南宁 530007)

摘要:本研究拟分析涠洲岛海域水体的营养盐成分、比例、浓度以及时空变化, 掌握该海域的营养状况与变化趋势, 并对海域生态进行健康评价。实验采集海域水体样品并测定其硝酸盐、亚硝酸盐、铵盐、磷酸盐、硅酸盐含量及化学需氧量等, 采用单项标准指数法与富营养化指数法进行分析评价。调查结果显示: 溶解无机氮浓度为 14–250 $\mu\text{g/L}$, 平均为 96 $\mu\text{g/L}$; 活性磷酸盐浓度为 2.8–38 $\mu\text{g/L}$, 平均为 15 $\mu\text{g/L}$; 活性硅酸盐浓度变化不大, 为 125–280 $\mu\text{g/L}$, 平均为 193 $\mu\text{g/L}$ 。活性磷酸盐与溶解无机氮季节浓度变化较大, 时间上, 活性磷酸盐在秋季达到变化高峰, 溶解无机氮在夏季达到变化高峰; 空间上, 各营养盐整体呈现由西南向东北递增的趋势, 位于涠洲岛东面的海域营养因子浓度较高。根据富营养化指数法得出年际海水富营养化指数为 0.016–0.26, 均值为 0.090, 属贫营养海水。其中春季富营养化指数最高, 为 0.26; 冬季富营养化指数最低, 为 0.016。因此, 涠洲岛近岸海域水环境质量现状整体为良好。

关键词: 涠洲岛 营养盐 时空变化 健康评价 水质状况

中图分类号: P76 文献标识码: A 文章编号: 1005-9164(2021)02-0130-06

DOI: 10.13656/j.cnki.gxkx.20210610.001

0 引言

涠洲岛位于广西北部湾的中部, 是北部湾中最大的岛屿。涠洲岛地处亚热带海洋性季风气候区, 有着多样的火山熔岩、奇特的海蚀海积地貌, 其附近海域

存在色彩斑斓的活珊瑚, 珊瑚的总覆盖率为 17.5%–19.5%^[1]。涠洲岛海域海洋物种丰富, 近几年来每年都有不少的布氏鲸在涠洲岛和斜阳岛附近海域活动、捕食, 是我国难得有大型鲸类频繁活动的近海海域。涠洲岛作为 4A 级旅游风景区, 游客众

^{*} 国家自然科学基金(41976155), 广西自然科学基金(2020GXNSFDA297001), 北部湾环境演变与资源利用教育部重点实验室和广西地表过程与智能模拟重点实验室开放基金(GTEU-KLOP-K1803)和广西近海海洋环境科学重点实验室自主研究课题(18A0303)资助。

【作者简介】

黄晓煦(1998–), 女, 研究实习生, 主要从事海洋环境调查和评价, E-mail: 1486343796@qq.com。

【**通信作者】

雷富(1975–), 男, 副研究员, 主要从事海洋环境研究和监测工作, E-mail: smallfoxlf@sohu.com; 戴圣生(1968–), 男, 工程师, 主要从事项目策划、管理和科技开发, E-mail: 370127358@qq.com。

【引用本文】

黄晓煦, 徐轶肖, 张腾, 等. 涠洲岛海域营养盐变化特征与评价[J]. 广西科学, 2021, 28(2): 130-135.

HUANG X X, XU Y X, ZHANG T, et al. Characteristics and Evaluation of Nutrient Salt Variation in the Sea Area of the Weizhou Island [J]. Guangxi Sciences, 2021, 28(2): 130-135.

多,但当地居民和游客的生活生产废水排放给附近海域的环境保护带来一定压力,且排放的废水以营养盐成分居多。营养盐是浮游植物生长和繁殖的必要元素,其成分与含量是浮游植物群落变化和赤潮暴发的物质基础。因此,监测调查涠洲岛海域的营养盐变化对掌握海域水环境营养状况与趋势具有重要意义。已有研究对涠洲岛营养盐含量变化与赤潮发生机理进行分析^[2-6]。其中,韩丽君等^[6]分析涠洲岛近10年邻近海域海水中营养盐的组成和变化特征,认为无机氮和活性磷酸盐浓度的季节变化特征均为冬季>秋季>夏季,硅酸盐各季节浓度差别不大,无机氮年际变化幅度比较大,整体上呈现上升趋势。邱绍芳等^[5]分析认为赤潮发生的原因很可能与地理环境有关:北海陆岸的大量有机污染物质被输送至岛内,而南湾港内的水交换条件较差,被污染的海水逐渐富营养化,为赤潮生物提供了适宜的生长环境。赤潮期水域的溶解氧、化学需氧量、浊度、无机氮、叶绿素 a 浓度等

明显高于非赤潮期。李小敏等^[3]研究2004年涠洲岛附近海域发生的一次小规模红海束毛藻赤潮,结果表明此次赤潮发生与海水富营养化无关,而是一次非富营养化引发的赤潮,可能与海洋水文特征的不规则变化有关。可见,引发赤潮的机理和水体营养的变化既复杂又多样化,值得从不同的角度探究。本研究基于2018-2019年在涠洲岛海域的采样调查数据,分析涠洲岛海域营养盐成分比例、浓度与时空变化趋势,研究海域的营养状况与趋势,并对海域生态进行健康评价。

1 材料与方法

1.1 调查站位与时间

在广西涠洲岛海域(图1)布设8个站位进行4个季度的采样调查,时间分别为2018年9月、2018年12月、2019年3月、2019年6月,频率为每3个月一次。

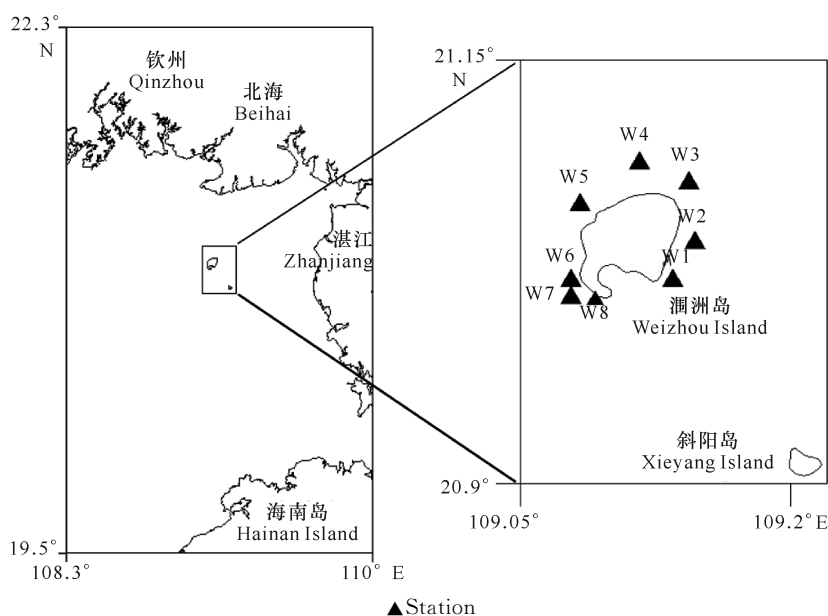


图1 采样站位图

Fig. 1 The location of sampling stations

1.2 调查项目

调查项目主要包括温度、盐度、pH值、溶解氧(DO)、化学需氧量(COD)以及硝酸盐($\text{NO}_3^- - \text{N}$)、亚硝酸盐($\text{NO}_2^- - \text{N}$)、铵盐($\text{NH}_4^+ - \text{N}$)、活性磷酸盐($\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$)、活性硅酸盐($\text{SiO}_3^{2-} - \text{Si}$)。采用有机玻璃采水器采集表层海水样品,部分样品按要求过 $0.45 \mu\text{m}$ 滤膜。温度、盐度、pH值、DO分别采用测温器、盐度计、pH计、碘量法进行现场测定。COD测定采用碱性高锰酸钾法。 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 测定采用镉柱还

原法,其重复性相对标准偏差为1.1%,采用 $35 \mu\text{g/L}$ 硝酸盐-氮系列溶液分析标准物质(GBW08634)测定其回收率为96%。 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 测定采用重氮-偶氮法,当其浓度为 $14 \mu\text{g/L}$ 时,相对误差为 $\pm 3.0\%$,相对标准偏差为 $\pm 2.0\%$,采用 $7 \mu\text{g/L}$ 亚硝酸盐-氮系列溶液分析标准物质(GBW08638)测定其回收率为98%。 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 测定采用次溴酸盐氧化法,其相对标准偏差为1%,相对误差为0.4%,采用 $28 \mu\text{g/L}$ 氨-氮系列溶液分析标准物质(GBW08631)测定其

回收率为 95%。PO₄³⁻-P 测定采用抗坏血酸还原磷钼蓝法, 当其浓度为 62 μg/L 时, 相对误差为 ±3.5%, 相对标准偏差为 ±3.0%, 采用 44.8 μg/L 磷酸盐溶液标准物质(GBW08623)测定其回收率为 98%。SiO₃²⁻-Si 测定采用硅钼蓝法, 当其浓度为 130 μg/L 时, 相对误差为 4%; 而其浓度为 1 300 μg/L 时, 相对误差为 4%, 采用 62 μg/L 硅酸盐-硅系列溶液分析标准物质(GBW08463)测定其回收率为 98%。根据 NO₃⁻-N 检出限 0.7 × 10⁻⁶ μg/L, NO₂⁻-N 检出限 0.5 × 10⁻⁶ μg/L, NH₄⁺-N 检出限 0.4 × 10⁶ μg/L, PO₄³⁻-P 检出限 0.2 × 10⁻⁶ μg/L, COD 检出限 150 μg/L 展开分析。样品的采集、贮存、运输及分析方法均按《海洋监测规范》^[7] 进行。

1.3 评价方法

1.3.1 水质评价

采用《海水水质标准》^[8] 作为评价标准, 单项水质评价采用单项标准指数法, 其公式为

$$A_i = \frac{C_i}{C_{si}}, \quad (1)$$

其中, A_i 为 i 种因子的标准指数, C_i 为该因子的实测浓度, C_{si} 为该因子的评价标准。当 $A_i \geq 1$ 时, 表明该项评价因子超标。海水水质标准规定, 第一类海水水质 pH 值为 7.8 - 8.5, 各参数浓度为 DO > 6 000 μg/L, COD ≤ 2 000 μg/L, PO₄³⁻-P ≤ 15 μg/L, 溶解性无机氮(DIN) ≤ 200 μg/L; 第二类水质 PO₄³⁻-P ≤ 15 μg/L, DIN ≤ 200 - 300 μg/L, 其他参数同第一类海水水质标准; 第三类水质 PO₄³⁻-P ≤ 15 - 30 μg/L, 其他参数同第二类海水水质标准; 第四类水质 PO₄³⁻-P ≤ 30 - 45 μg/L, 其他参数同第二类海水水质标准。

1.3.2 富营养化评价

富营养化指数(E)法^[9]以目标海域海水中的化学需氧量(COD)、溶解性无机氮(DIN)与溶解性无机磷(PO₄³⁻-P)含量(浓度单位为 mg/L)来评价海域的营养化程度, 计算公式如下:

$$E = \frac{(\text{COD} \times \text{DIN} \times \text{PO}_4^{3-} - \text{P})}{4500} \times 10^6, \quad (2)$$

其中, E 为富营养化指数, E 值越高, 富营养化程度越严重。根据《海水水质标准》, 调查海域海水水质可划分为贫营养化($E < 1.0$)、轻度富营养化($1.0 \leq E < 2.0$)、中度富营养化($2.0 \leq E < 5.0$)、重富营养化($5.0 \leq E < 15$)和严重富营养化($E \geq 15$) 5 个程度。

1.3.3 相关性分析

利用 IBM SPSS STATISTICS 23.0 软件包中 Correlate 分析(Pearson)变量的关联性, 在 N 个变量下, $0.01 < P < 0.05$ 则显著相关, $P < 0.01$ 则极显著相关。

2 结果与分析

2.1 溶解无机氮成分和比例

溶解无机氮(DIN)形态包括硝酸盐(NO₃⁻-N)、亚硝酸盐(NO₂⁻-N)、铵盐(NH₄⁺-N), 其中 NO₃⁻-N 调查结果为未检出至 173 μg/L, 平均值为 54 μg/L, 占比为 57%; NO₂⁻-N 调查结果为未检出至 47 μg/L, 平均值为 14 μg/L, 占比为 14%; NH₄⁺-N 调查结果为 11 - 89 μg/L, 平均值为 28 μg/L, 占比为 29%。NO₂⁻-N 作为 NO₃⁻-N 还原和 NH₄⁺-N 氧化的过渡形式, 其含量较低。NO₃⁻-N 含量最高, 为 DIN 的主要成分。在 NO₃⁻-N、DIN 相关性分析中相关系数为 0.93 ($P < 0.01, N = 31$), 表明 NO₃⁻-N、DIN 两者高度相关。因此, 涠洲岛海域 DIN 污染程度主要受 NO₃⁻-N 影响, NO₃⁻-N 是 DIN 的关键控制点, 这结论与前人研究一致^[10, 11]。

2.2 营养盐浓度变化

涠洲岛邻近海域水温均较高, 为 18 - 31℃, 海水温度季节性变化明显; 而盐度、pH 值季节变化不大, 其值分别为 31 - 32、8.2 - 8.01; DO 与 COD 在夏季浓度较高, DO 含量为 6 560 - 8 136 μg/L, 平均为 7 431 μg/L; COD 含量为 220 - 870 μg/L, 平均为 452 μg/L; 均属于第一类海水水质标准, COD 以第一类海水水质标准进行评价分析, 单项标准指数 A_i 为 0.11 - 0.44。

如表 1 所示(W1 站位冬季样品遗失), 调查期间 PO₄³⁻-P 为 2.8 - 38 μg/L, 其变化幅度较大, 时空分布存在差异。依据《海水水质标准》^[8] 评价, 在年际监测总次数中有 65% 的 PO₄³⁻-P 浓度测站属于第一类海水水质标准, 29% 的 PO₄³⁻-P 浓度测站属于第二、三类海水水质标准, 5% 的 PO₄³⁻-P 浓度测站属于第四类海水水质标准。以第一类海水水质标准进行评价, 结果显示 35% 测站 PO₄³⁻-P 单项水质评价指数 > 1, 单项标准指数 A_i 为 0.19 - 2.5。该海域 DIN 为 14 - 250 μg/L, 其中除两个测站的 DIN 浓度属于第二类海水水质标准外, 其余 94% 属于第一类海水水质标准。以第一类海水水质标准进行评价, 单

项标准指数 A_i 为 0.077 - 1.26。SiO₃²⁻ - Si 浓度变

化较稳定,其值为 120 - 280 μg/L,浓度在年际监测

表 1 各站位不同季节 PO₄³⁻ - P、DIN 与 SiO₃²⁻ - Si 含量

Table 1 PO₄³⁻ - P, DIN and SiO₃²⁻ - Si contents in different seasons at each station

站 位 Stations	PO ₄ ³⁻ - P (μg/L)					DIN (μg/L)					SiO ₃ ²⁻ - Si (μg/L)				
	秋季 Autumn	冬季 Winter	春季 Spring	夏季 Summer	均值 Mean	秋季 Autumn	冬季 Winter	春季 Spring	夏季 Summer	均值 Mean	秋季 Autumn	冬季 Winter	春季 Spring	夏季 Summer	均值 Mean
W1	28	/	17	4.1	16	39	/	72	140	84	207	/	178	190	192
W2	26	2.8	24	6.8	15	48	75	150	190	116	160	262	174	200	199
W3	38	8.6	14	6.5	17	20	130	84	120	89	190	276	155	193	204
W4	28	11	13	5.6	14	23	120	85	120	87	174	280	187	154	199
W5	28	12	12	2.8	14	14	110	75	140	85	141	256	203	178	194
W6	28	8.1	13	3.4	13	27	73	77	250	107	136	204	193	170	176
W7	28	8.1	14	4.3	14	15	130	81	230	114	125	253	165	235	194
W8	30	7.6	16	3.4	14	24	93	71	160	87	143	265	178	176	190
均值 Mean	29	8.3	15	4.6		26	104	87	169		159	257	179	187	

2.3 营养盐时空变化

在年际采样监测中,涠洲岛周围海域营养盐均有不同程度的变化(表 1)。在时间上,PO₄³⁻ - P 浓度在秋季变化较大,平均值为 29 μg/L;夏季变化较小,平均值为 4.6 μg/L,季节浓度呈现出秋季>春季>冬季>夏季的变化趋势;秋季浓度和四季浓度相关系数为 0.82 ($P < 0.05$, $N = 8$),表明秋季浓度显著影响年际浓度。而 DIN 浓度较大值出现在夏季,平均值为 169 μg/L;秋季浓度较小,平均值为 26 μg/L,季节浓度呈现出夏季>冬季>春季>秋季的变化趋势;夏季浓度和四季浓度相关系数为 0.73 ($P < 0.05$, $N = 8$),表明夏季浓度显著影响年际浓度。SiO₃²⁻ - Si 在年际监测中浓度相对平稳,在冬季浓度较高,平均值为 257 μg/L;秋季浓度较小,平均值为 159 μg/L,季节浓度呈现出冬季>夏季>春季>秋季的变化趋势;冬季浓度和四季浓度相关系数为 0.97 ($P < 0.01$, $N = 8$),表明冬季浓度极显著影响年际浓度。在空间上,由于受东面珠江口和粤西海岸的氮磷营养物质,以及北海市排污、排废的影响,营养盐浓度普遍由西南向东北递增,涠洲岛东面海域营养因子浓度较高,其中 PO₄³⁻ - P 在东面监测站位 W3 出现浓度最高值,为 38 μg/L, W3 站位和各站位浓度的相关系数为 0.98 ($P < 0.05$, $N = 4$), W3 站位浓度在各站中显著突出。DIN 在 W6 站位全年浓度最高,为 250 μg/L,与各站位浓度的相关系数为 0.95 ($P < 0.05$, $N = 4$), W6 站位浓度在各站中显著突出。以 4 个季度的年际变化来看, W2 站位的 DIN 浓度最高,平均浓度

中保持平稳。

达到 116 μg/L,相关系数为 0.86 ($P > 0.05$, $N = 4$); SiO₃²⁻ - Si 浓度在空间上分布较均衡,在 W3 站位出现单个季节最高浓度为 280 μg/L,与各站位浓度的相关系数为 0.85 ($P > 0.05$, $N = 4$)。而在年际变化均值中 W4 呈现出较高的浓度,为 204 μg/L,与各站位浓度的相关系数为 0.83 ($P > 0.05$, $N = 4$)。

2.4 富营养化评价

海域的富营养化指数为 0.016 - 0.26 (图 2),春、夏季浓度变化趋势明显,春季在年际变化中富营养化指数整体处于全年最高,并在 W2 站位达到最高值 0.26。该站位处于涠洲岛的东面海域,富营养化指数为 0.016 - 0.26,随着营养盐浓度的变化而有所波动,该站位在春、夏、秋等季节的富营养化指数相对其他站位来说较高。除 W2 站位外,各站位的富营养化程度相对较低且相对稳定。涠洲岛整体海域富营养化指数均小于 1,表明该海域营养状况为贫营养。

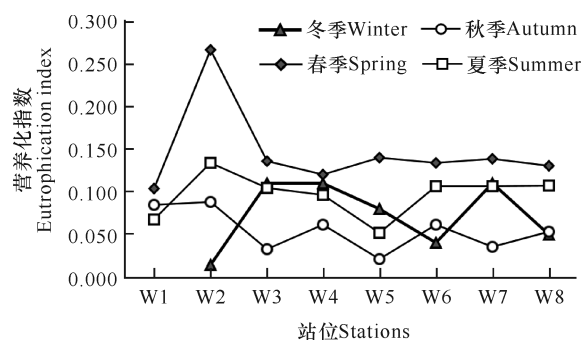


图 2 各站位富营养化指数的年际变化

Fig. 2 Interannual variation of eutrophication index at each station

3 讨论

时间上(表1), 调查期间 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 浓度在秋季达到峰值, DIN 浓度在夏季达到峰值, 这与韦蔓新等^[12]、邢素坤等^[13]的研究一致。涠洲岛春、夏季节温度为 19–31℃, 夏季海水平均温度为 30℃, 出现浓度最高值的原因可能与气温变化、浮游植物消耗 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 能力以及细菌的再生有关。张少峰等^[14]的研究表明涠洲岛赤潮基本都发生在 4–7 月, 即雨季来临之前。这时气温、海水温度增加, 海平面气压、相对湿度下降, 风速减弱容易诱发赤潮, 说明海洋水文气象要素条件是赤潮发生的重要启动因子, 但过高的水温会对珊瑚以及生物体生长造成不良影响^[15]。 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 季节浓度变化趋势为秋季>春季>冬季>夏季, 而 DIN 则呈现出夏季>冬季>春季>秋季的变化趋势(表1), 这是由于气温条件适宜, 水体中营养盐发生变化, 出现夏、秋季营养盐含量达到高峰的现象。随着季节温度与光照的变化, 气温条件适宜且海水运动状态相对稳定, 促进了浮游植物生长以及细菌等消费者的再生, 消耗表层海水中的营养因子, 从而使生态环境中输入与消耗得以保持平衡。 $\text{SiO}_3^{2-} - \text{Si}$ 在年际监测中浓度较平稳(表1), 在冬季浓度相对较高, 其含量、分布与生物活动、水体运动和海洋底质等因素密切相关^[6]。

空间上(表1), 营养盐浓度总体趋势由西南向东北递增, 这是由于涠洲岛附近海域中东南面营养因子浓度较高, 其中 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 在 W3 站位浓度较高, DIN 在 W2 站位浓度较高, 而受台风、潮汐以及异常气候等因素影响, 都有可能发生营养物质转移与置换。W4 站位邻近北海市, 其营养因子浓度高, 这可能与北海市排污、排废影响有关。陈继艺等^[10]研究表明陆源输入是影响 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 分布的一个重要因子, 这与本研究中涠洲岛海域东南面营养盐浓度高的原因不谋而合。侍茂崇等^[16]、覃仙玲等^[17]研究发现, 珠江口和粤西海岸的氮磷营养物质通过琼州海峡向西进入北部湾, 增加涠洲岛东南面营养盐浓度, 并影响涠洲岛的营养盐分布与含量。 $\text{SiO}_3^{2-} - \text{Si}$ 是涠洲岛海域最丰富的营养盐, 其在空间上分布较均衡(表1), 可能与该水域海底以珊瑚岩为主的地质结构有关^[12]。硅属于保守性营养元素, 受人为活动的影响较小, 主要来源于地质岩石风化与侵蚀, 所以季节变化较稳定, 分布较均衡。

整体上涠洲岛海域水环境质量现状良好, 北部湾

湾内饵料丰富, 有着健全的食物链, 而近年来大型布氏鲸频繁出现在涠洲岛海域也反映出其良好的水质状态, 水域环境健康给海洋生物创造了良好的生存环境。

4 结论

根据 2018–2019 年在涠洲岛海域的采样调查, 得到以下结论:

(1) 运用单项标准指数法以第一类海水水质标准进行评价分析, 表明 65% 测站 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 与 94% 测站 DIN 单项水质评价指数 < 1, 符合国家一类海水水质标准。涠洲岛海域水质富营养化指数均 < 1, 即该海域营养状况为贫营养。涠洲岛海域水环境质量现状整体为良好。

(2) 在时间上, $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 浓度季节变化为秋季>春季>冬季>夏季, DIN 浓度季节变化为夏季>冬季>春季>秋季。而 $\text{SiO}_3^{2-} - \text{Si}$ 在年际监测中浓度相对平稳, 呈现出冬季>夏季>春季>秋季的变化趋势。在空间上, 各营养盐总体趋势呈现西南向东北递增, 且涠洲岛海域东南面营养因子浓度较高。

(3) 海水中的营养盐极易受生物活动和水文状况的影响, 输入与消耗也会改变营养盐分布状况。因此, 展开持续的海域环境调查监测可为赤潮的发生提供参考信息。

参考文献

- [1] 何安尤, 王大鹏, 程胜龙, 等. 广西北部湾珍稀动物现状调查与研究[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(34): 13258–13261.
- [2] 史海燕, 刘国强. 广西北海涠洲岛珊瑚礁海域生态环境现状与评价[J]. 科技创新与应用, 2012(11): 11–12.
- [3] 李小敏, 张敬怀, 刘国强. 涠洲岛附近海域一次红海束毛藻赤潮生消过程分析[J]. 广西科学, 2009, 16(2): 188–192.
- [4] 刘国强, 史海燕, 魏春雷, 等. 广西涠洲岛海域浮游植物和赤潮生物种类组成的初步研究[J]. 海洋通报, 2008, 27(3): 43–48.
- [5] 邱绍芳, 赖廷和, 庄军莲. 涠洲岛南湾港海域发生铜绿微囊藻赤潮实例分析[J]. 广西科学, 2005, 12(4): 330–333.
- [6] 韩丽君, 郑新庆, 蓝文陆, 等. 近 10 年涠洲岛周边海域表层海水营养盐含量变化特征[J]. 应用海洋学学报, 2015, 34(1): 65–72.
- [7] 马永安, 徐恒振, 于涛, 等. 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.
- [8] 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, 2004.

- [9] 中国环境监测总站,浙江省舟山海洋生态环境监测站,天津市生态环境监测中心,等. 近岸海域环境监测技术规范:第三部分 近岸海域水质监测:HJ 442.3-2020[S]. 北京:中国环境科学出版社,2020.
- [10] 陈继艺,陈旭阳,张春华,等. 涠洲岛珊瑚礁海洋公园海域营养盐含量变化及富营养化研究[J]. 海洋湖沼通报,2018(6):166-174.
- [11] 赖俊翔,许铭本,姜发军,等. 北仑河口近岸海域生态健康分析与评价[J]. 广西科学,2014,21(1):77-83.
- [12] 韦蔓新,赖廷和,何本茂. 涠洲岛水域生物理化环境特征及其相互关系[J]. 海洋科学,2003,27(2):67-71.
- [13] 邢素坤,李萍,何志江,等. 涠洲岛赤潮监控区营养盐变化及其结构特征[J]. 广西科学,2019,26(3):308-314.
- [14] 张少峰,李武全,林明裕,等. 涠洲岛海域赤潮发生与海洋水文气象关系初步研究[J]. 广西科学,2009,16(2):200-202.
- [15] 张婷,胡敏航,张文静,等. 涠洲岛珊瑚礁近千年的发育过程及其对气候变化的响应[J]. 热带海洋学报,2020,39(4):70-79.
- [16] 侍茂崇,陈波. 涠洲岛东南部海域高浓度氮和磷的来源分析[J]. 广西科学,2015,22(3):237-244.
- [17] 覃仙玲,陈波. 广西沿海赤潮多发区高浓度氮磷营养元素来源探讨[J]. 广西科学院学报,2018,34(3):222-227.

Characteristics and Evaluation of Nutrient Salt Variation in the Sea Area of the Weizhou Island

HUANG Xiaoxu¹, XU Yixiao², ZHANG Teng², LEI Fu¹, LIANG Qianqian¹, CHEN Liwen¹, DAI Shengsheng³

(1. Guangxi Key Laboratory of Marine Environmental Science, Guangxi Key Laboratory of Marine Natural Products and Combinatorial Biosynthesis Chemistry, Beibu Gulf Marine Research Center, Guangxi Academy of Sciences, Nanning, Guangxi, 530007, China; 2. Key Laboratory of Environment Change and Resources Use in Beibu Gulf, Guangxi Key Laboratory of Earth Surface Processes and Intelligent Simulation, Guangxi Teachers Education University, Nanning, Guangxi, 530001, China; 3. Guangxi Academy of Sciences, Nanning, Guangxi, 530007, China)

Abstract: The composition, proportion, concentration and temporal and spatial variations of nutrient salt in the waters of Weizhou Island are analyzed to master the nutritional status and trend of the sea area, and to evaluate the health of the sea area ecology. Water samples from experimental sea area were collected and the contents of nitrate, nitrite, ammonium salt, phosphate, silicate, phosphate, silicate, and chemical oxygen demand were measured. Single standard index method and eutrophication index method were used for analysis and evaluation. The results showed that the concentration of dissolved inorganic nitrogen was 14–250 $\mu\text{g/L}$, with an average concentration of 96 $\mu\text{g/L}$. The concentration of active phosphate was 2.8–38 $\mu\text{g/L}$, with an average of concentration 15 $\mu\text{g/L}$. The concentration of active silicate varied little in the range of 125–280 $\mu\text{g/L}$, with an average concentration of 193 $\mu\text{g/L}$. The seasonal concentration of active phosphate and dissolved inorganic nitrogen varied greatly. In terms of time, active phosphate reached the peak in autumn, and dissolved inorganic nitrogen reached the peak in summer. In terms of space, the nutrients showed an increasing trend from southwest to northeast, and the concentration of nutrients in the sea area east of Weizhou Island was higher. According to the eutrophication index method, the inter-annual eutrophication index of seawater was 0.016–0.26, with an average value of 0.090, indicating that it belonged to oligotrophic seawater. The eutrophication index in spring was the highest, which was 0.26. The eutrophication index in winter was the lowest, which was 0.016. Therefore, the current situation of water environment quality in Weizhou Island coastal waters is generally good.

Key words: Weizhou Island, nutrients, temporal and spatial variation, health evaluation, water quality status

责任编辑:米慧芝