

钦州湾茅尾海周年环境因子及浮游植物群落特征*

Annual Change of Environmental Factors and Phytoplankton Community Characteristics in Maowei Sea of Qinzhou Bay

庄军莲,姜发军,许铭本,张荣灿,王一兵,柯珂,雷富,何碧娟**

ZHUANG Jun-lian,JIANG Fa-jun,XU Ming-ben,ZHANG Rong-can,WANG Yi-bing,KE Ke,LEI Fu,HE Bi-juan

(广西科学院,广西南宁 530007)

(Guangxi Academy of Sciences,Nanning,Guangxi,530007,China)

摘要:2010年1月、3月、6月及9月,共设14个调查站位对钦州湾茅尾海海域的环境因子及浮游植物的种类组成、优势种类、数量分布和群落多样性进行调查分析。结果茅尾海海区营养盐中 $PO_4^{3-}-P$ 值为 $0.01\sim 0.07\text{ mg/dm}^3$,DIN值为 $0.16\sim 0.78\text{ mg/dm}^3$, $PO_4^{3-}-P$ 值和DIN值均有超4类海水水质标准现象。浮游植物共鉴定出82属,262种,优势种类16种,年平均丰度为 $6.29\times 10^4\text{ cells/L}$,生物多样性指数的年平均值为3.87。2010年茅尾海浮游植物种类和数量都比较丰富,种类的季节变化呈现由冬至秋减少的趋势,数量的季节变化比较明显,春季最低,平均密度仅为 $3.28\times 10^4\text{ cells/L}$,夏季最高,平均密度为 $9.25\times 10^4\text{ cells/L}$ 。

关键词:茅尾海 环境因子 浮游植物 种类 数量 多样性

中图法分类号:Q178.531 文献标识码:A 文章编号:1005-9164(2012)03-0263-05

Abstract: Environmental factors, phytoplankton species composition, dominant species, amount of distribution and community structure were investigated in January, March, June and September of 2010 in Maowei Sea of Qinzhou Bay. The results showed that, in the survey area, the concentration of $PO_4^{3-}-P$ was $0.01\sim 0.07\text{ mg/dm}^3$, DIN was $0.16\sim 0.78\text{ mg/dm}^3$, and both values of $PO_4^{3-}-P$ and DIN had scaled over Type IV water quality standards at some stations. 262 species belonged to 82 genera of phytoplankton were identified, and there were 16 kinds of dominant species among them. The phytoplankton abundance average was $6.29\times 10^4\text{ cells/L}$, and the annual average index of biodiversity was 3.87. The species number of phytoplankton had a decreasing trend from winter to autumn. There was an obvious seasonal change in the cell abundance, being the lowest ($3.28\times 10^4\text{ cells/L}$) in spring (March) and highest ($9.25\times 10^4\text{ cells/L}$) in summer (June).

Key words: the Maowei Sea, environmental factors, phytoplankton, species, abundance, biodiversity

茅尾海为半封闭性海湾,位于广西钦州湾的顶部,是以钦江、茅岭江为主要入湾径流的共同河口海

滨区,属于钦州湾内湾,总面积约 135 km^2 。茅尾海海洋资源丰富,水深较浅,滩涂约占海湾总面积的80%,水产养殖资源最为突出,特别适宜近江牡蛎(大蚝)生长,成为钦州市海洋渔业生产基地,是中国南方最大的近江牡蛎(大蚝)采苗和养殖基地,被誉为中国的“大蚝之乡”。随着区域经济的发展,近年来整个茅尾海海区的富营养状况有严重趋势,据报道从2006年以后,海区处在轻度和中度富营养,个别水期达到了重富营养的程度^[1]。这必然会对海区内海洋生态环境及养殖业带来不利影响。目前对该海区生态环境的调查研究有过一些报道^[1~3],其中该海区浮游植

收稿日期:2011-08-29

修回日期:2012-02-15

作者简介:庄军莲(1972-),女,副研究员,主要从事海洋环境与生态研究。

* 广西自然科学基金北部湾重大专项项目(2010GXNSFE013001, 2011GXNSFE018002);广西科学院基本科研业务费项目(09YJ17HY02)资助。

** 通讯作者:何碧娟(1964-),女,副研究员,主要从事海洋生物生态研究。

物的生态特征未见报道。因此,我们于 2010 年有代表性的季节月对茅尾海海域的浮游植物群落的种类组成、丰度分布及季节变化进行了全年调查分析,以掌握该海区的环境因子及浮游植物群落特征,为海湾海洋环境监控提供背景资料,更好地进行海域资源开发利用和海洋生态环境保护。

1 材料与方法

1.1 样品采集与分析

根据该海湾的环境特点,共布设 14 个调查站位(图 1)。分别在 2010 年有代表性的季节月 1 月 4 日(冬)、3 月 31 日(春)、6 月 24 日(夏)及 9 月 14 日(秋),于大潮期间采集各站表层海水 1 次。浮游植物采样取海水 2.5 L,立即加 6~8ml 饱和碘液固定,回到实验室后进行反复静置、浓缩,最后浓缩至 20~50 ml。分析时每站取浓缩样品 0.25ml 注入 0.25 ml 的浮游植物计数框内,在日本尼康 ECLIPSE 50i 光学显微镜下根据细胞外形、细胞内容物等结构特征,对照文献[4~16]及其分类检索表进行种类鉴定和计数。每个站位水样计数 2 个分样,取平均值确定各站位浮游植物的种类组成和密度。计数时为了使误差减少到 10%,每次所计浮游植物细胞数均达到 400 个以上[17]。各调查站位同步调查水深、温度(T)、盐度(S)、透明度、化学需氧量(COD)、溶解氧(DO)、pH 值、叶绿素 a、活性磷酸盐($PO_4^{3-}-P$)、无机氮(DIN)、活性硅酸盐($SiO_3^{2-}-Si$)等环境参数,样品的采集、保存、分析均按文献[18]中的规范程序进行。

1.2 数据分析方法

环境因子采用单因子标准指数法进行评价,标准指数的计算公式[19]为: $S_{i,j} = c_{i,j}/c_{si}$,式中 $S_{i,j}$ 是单项评价因子 i 在 j 站位的标准指数, $c_{i,j}$ 是单项评价因子 i 在 j 站位的实测值, c_{si} 是单项评价因子 i 的评价标准值。评价时采用《海水水质标准》(GB3097-1997)中的第 4 类标准进行评价。

浮游植物评价采用优势度、生物多样性指数,结合均匀度、丰富度指数等群落统计学特征进行。优势度(D)、生物多样性指数(H')、均匀度(J)、丰富度指数(d)分别按以下公式计算:

$$D = P_i \times f_i$$

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i$$

$$J = H'/H'_{\max}$$

$$d = (S-1)/\log_2 N$$

式中: P_i 为第 i 种的个体数(n_i)与总个体数(N)的比值(n_i/N 或 w_i/W)。 f_i 为该种在各站位

出现的频率,当某一物种 $D \geq 0.02$ 时,可视为优势种类。 H'_{\max} 为 $\log_2 S$,表示多样性指数的最大值, S 为样品中总种类数。

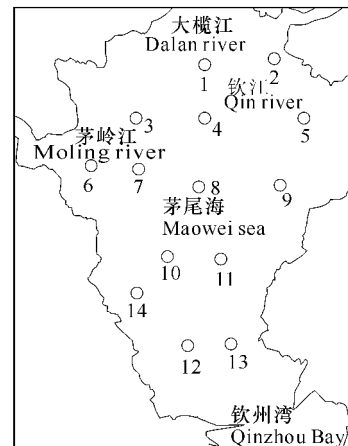


图 1 调查站位

Fig. 1 The map of sampling stations

1~14; 调查站位。 1~14; Sampling stations.

2 结果与分析

2.1 调查海域的环境因子

调查期间茅尾海海区的环境因子中,水温 16.2~31.2 °C;盐度 1.528~28.161,总体表现为湾内向湾外递增趋势,近河口处盐度明显偏低; $SiO_3^{2-}-Si$ 为 0.34~72.95 mg/dm³,不同季节区别很大,冬季(1月)尤其高,海区平均值达 55.99 mg/dm³,春季时为 0.68 mg/dm³,夏季时为 2.16 mg/dm³,秋季时为 2.54 mg/dm³; DIN 为 0.16~0.78 mg/dm³; $PO_4^{3-}-P$ 为 0.01~0.07 mg/dm³(表 1)。 $PO_4^{3-}-P$ 值和 DIN 值出现超过 4 类海水水质标准现象。 $PO_4^{3-}-P$ 值中冬季 14 号站为 0.05 mg/dm³,春季 3 号站为 0.06 mg/dm³,6 号站为 0.07 mg/dm³,夏季 1 号站为 0.06 mg/dm³,均超过 4 类海水水质标准。夏季 3、4、7、8、9、6 号站 DIN 值分别为 0.68 mg/dm³、0.65 mg/dm³、0.63 mg/dm³、0.58 mg/dm³、0.60 mg/dm³、0.65 mg/dm³,秋季除 9 号站外,其余站位 DIN 值均大于 0.40 mg/dm³,均超过 4 类海水水质标准。

2.2 浮游植物的种类组成和分布

共鉴定出浮游植物 82 属,262 种(含变种、变型),其中硅藻门 52 属,213 种,占总种数的 81.3%;甲藻门 13 属,24 种,占总种数的 9.2%;绿藻门 10 属,16 种,占总种数的 6.1%;蓝藻门 3 属,4 种,金藻门 2 种,黄藻门 1 种,裸藻门 1 种。硅藻以舟形藻属(*Navicula*)为优势类群,占硅藻总种数的 13.2%,甲藻则以原甲藻属(*Prorocentrum*)为优势类群,占甲藻总种数的 25.0%。

表 1 调查海域环境因子

Table 1 Environmental factors of the investigation area

季节 Season		T(°C)	S	SiO ₃ ⁻ -Si (mg/dm ³)	DIN (mg/dm ³)	PO ₄ ⁻ -P (mg/dm ³)
冬季 Winter	范围 Range	16.2~16.8	21.336~25.651	38.83~72.95	0.16~0.38	0.02~0.05
	平均值 Average	16.6	23.602	55.99	0.27	0.03
春季 Spring	范围 Range	20.0~21.2	21.657~28.161	0.34~0.91	0.18~0.32	0.02~0.07
	平均值 Average	20.9	24.407	0.68	0.27	0.03
夏季 Summer	范围 Range	30.4~31.2	3.277~18.769	0.42~3.68	0.29~0.68	0.02~0.06
	平均值 Average	30.7	10.095	2.16	0.49	0.03
秋季 Autumn	范围 Range	29.0~30.0	1.528~18.912	0.97~3.88	0.30~0.78	0.01~0.05
	平均值 Average	29.6	9.314	2.54	0.52	0.04

调查海域 4 个季节共出现浮游植物优势种 16 种,其中冬季(1月)最少,6种,即:微小环藻(*Cyclotella caspia*)、中肋骨条藻(*Skeletonema costatum*)、赤潮异弯藻(*Heterosigma akashiwo*)、柔弱伪菱形藻(*Pseudo-nitzschia delicatissima*)、条纹小环藻(*Cyclotella striata*)、多枝舟形藻(*Navicula ramosissima*);夏季(6月)最多,为8种,均为硅藻,即:咖啡形双眉藻(*Amphora coffeaeformis*)、窄隙角毛藻(*Chaetoceros affinis*)、中肋骨条藻、柱状小环藻(*Cyclotella stylorum*)、双角管藻(*Cerataulina bicornis*)、微小环藻、链状裸甲藻(*Gymnodinium catenatum*)、红海束毛藻(*Trichodesmium erythraeum*);春季除了出现咖啡形双眉藻、条纹小环藻、微小环藻、多枝舟形藻外,出现了柔软舟形藻(*Navicula mollis*)、小形舟形藻(*Navicula parva*)、细弱海链藻(*Thalassiosira subtilis*);秋季出现窄隙角毛藻、小形舟形藻、柱状小环藻、条纹小环藻、微小环藻、红海束毛藻外,还出现了新月菱形藻(*Nitzschia closterium*)。

调查期间,全年各站浮游植物种数范围为 68~105 种,其中位于茅尾海 3 号站位的浮游植物种数最多,为 105 种,其次为 6 号站,为 102 种。5 号站的浮游植物种数最少,为 68 种,浮游植物种数的平面分布规律性不明显。就季节而言,冬季(1月)种数最多为 146 种,其中春季(3月)种数为 135 种,夏季(6月)种数为 129 种,秋季(9月)种数最少为 107 种。浮游植物种数的季节变化呈现由冬至秋减少的趋势。

2.3 浮游植物的数量分布

调查海区以茅岭江出口以北的 3 号站浮游植物数量最高,年平均密度 8.46×10^4 cells/L, 钦江出口附近的 5 号站数量最低,年平均密度仅为 3.46×10^4 cells/L(表 2)。从表 2 可以看出,不同季节调查海区浮游植物数量具有较显著差异,冬季(1月)浮游植物密度为 $(2.78 \sim 11.39) \times 10^4$ cells/L,平均密度 5.97

$\times 10^4$ cells/L,数量最高出现在 2 号站,最低出现于 4 号站;春季(3月)浮游植物密度为 $(1.19 \sim 7.48) \times 10^4$ cells/L,平均密度 3.28×10^4 cells/L,整个海湾的浮游植物数量分布比较均匀,丰度最高出现在顶部的 1 号站,最低出现在 12 号站。夏季(6月)整个海湾的浮游植物数量在 4 个季节月的调查中最高,密度为 $(3.42 \sim 15.94) \times 10^4$ cells/L,平均密度 9.25×10^4 cells/L,数量最高出现在 13 号站,最低出现在 10 号站;秋季(9月)密度为 $(1.49 \sim 18.96) \times 10^4$ cells/L,平均密度 6.65×10^4 cells/L,数量最高出现在 12 号站,最低出现在 5 号站。

表 2 浮游植物数量变化

Table 2 Horizontal distribution of numbers of phytoplankton

站位 Station	浮游植物数量($\times 10^4$ cells/L) Number of phytoplankton				
	冬季 Winter	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	平均值 Average
1	3.15	7.48	7.10	6.27	6.00
2	11.39	2.94	3.85	6.81	6.25
3	7.20	5.29	10.85	10.52	8.46
4	2.78	2.52	14.61	10.03	7.49
5	4.69	2.71	4.96	1.49	3.46
6	5.14	3.44	8.50	7.50	6.15
7	6.33	3.20	7.62	3.72	5.22
8	7.22	5.37	15.23	3.99	7.95
9	7.17	3.00	12.11	3.61	6.47
10	3.50	2.85	3.42	8.12	4.47
11	10.91	2.00	11.32	3.13	6.84
12	3.34	1.19	8.20	18.96	7.92
13	6.46	2.71	15.94	4.76	7.47
14	4.28	1.23	5.83	4.14	3.87
平均值 Average	5.97	3.28	9.25	6.65	6.29

2.4 浮游植物的生物指数

就季节而言,调查海区浮游植物多样性指数季节月的平均值为 $3.15 \sim 4.27$,春季 > 秋季 > 冬季 > 夏季,均匀度指数为 $0.68 \sim 0.87$,春季 > 秋季 > 夏季 > 冬季,丰富度指数为 $1.87 \sim 2.77$,冬季 > 夏季 > 春季 > 冬季。调查期间,各季节茅尾海海域的生物多样性比均较高,说明海区全年浮游植物物种较丰富。就站位而言,各站位浮游植物多样性指数(H')值为 $1.96 \sim 4.97$,最低为夏季的 1 号站,最高为夏季的 3 号站;

各站位 4 个季节月的多样性指数值为 3.15 ~ 4.26, 其中最低为 1 号站, 最高为 3 号站及 13 号站; 均匀度指数 (J) 年平均值为 0.65~0.80, 最低为 1 站, 最高为 6 号及 8 号站; 丰富度指数 (d) 年平均值为 1.62 ~ 2.72, 最低为 5 号站, 最高为 13 站。详见表 3。

3 讨论

调查海域浮游植物中不论是种类或是数量都以硅藻为绝对优势类群, 其种类数占总种类的百分比为 81.2%, 其数量占总数量的百分比达 78.2%, 可以看出, 钦州茅尾海浮游植物群落是完全以硅藻为主导型的群落, 在 262 种浮游植物中甲藻为 24 种, 其数量的年平均值占浮游植物总细胞数的 8.4%。在硅藻中, 以微小环藻、窄隙角毛藻、中肋骨条藻、新月菱形藻为优势种, 4 种硅藻总数量占浮游植物 4 个季节月总细胞数的比例达 27.0%。调查期间, 茅尾海海域各调查站位间浮游植物种类数没有明显的规律性, 但是种数以冬季为最多, 季节变化出现由冬至秋减少的趋势。浮游植物的数量分布全年 4 个季节月比较均匀, 各调查站位年平均密度为 $(3.46 \sim 8.46) \times 10^4$ cells/L, 不同季节的分布具有比较显著性的差异, 其中夏季最高, 平均密度为 9.25×10^4 cells/L, 春季最低, 而且浮游植物数量分布比较均匀, 平均密度为 3.28×10^4 cells/L。不同季节多样性指数为 3.66~4.27, 春季最大, 夏季最小, 平均值为 3.87。

2007 年我们对相邻的防城港湾进行了周年浮游植物调查^[20,21], 调查结果与此次茅尾海的调查有相似之处, 均是以硅藻为主导的群落, 浮游植物多样性指数均以春季最大, 夏季最小, 浮游植物细胞丰度与防城港湾的基本为同一数量级(夏季除外), 而且两次调查中均以夏季浮游植物细胞丰度为最高。茅尾海

表 3 浮游植物的生物指数

Table 3 Ecology index at each station in different seasonal month

站 位 Station	冬季 Winter			春季 Spring			夏季 Summer			秋季 Autumn			平均值 Average		
	H'	J	d	H'	J	d	H'	J	d	H'	J	d	H'	J	d
1	3.58	0.67	2.61	4.09	0.71	3.21	1.96	0.47	1.05	2.98	0.73	1.00	3.15	0.65	1.97
2	3.49	0.63	2.76	4.59	0.86	2.63	4.01	0.80	2.04	3.53	0.79	1.31	3.90	0.77	2.18
3	3.30	0.58	3.10	4.20	0.82	2.10	4.97	0.85	3.35	4.56	0.88	2.16	4.26	0.78	2.68
4	3.95	0.79	2.10	4.54	0.88	2.39	3.67	0.68	2.39	4.10	0.74	2.71	4.06	0.77	2.40
5	3.74	0.71	2.45	4.38	0.90	1.90	2.88	0.62	1.54	2.87	0.91	0.58	3.47	0.78	1.62
6	3.92	0.68	3.45	4.67	0.88	2.59	4.17	0.81	2.14	4.27	0.78	2.72	4.26	0.79	2.72
7	3.67	0.69	2.38	4.57	0.87	2.47	4.15	0.74	2.90	4.43	0.89	2.04	4.21	0.80	2.45
8	3.48	0.63	2.73	4.43	0.90	1.85	4.03	0.72	2.73	3.54	0.75	1.68	3.87	0.75	2.25
9	3.87	0.69	2.91	4.64	0.92	2.15	3.97	0.73	2.49	4.35	0.84	2.31	4.21	0.80	2.47
10	4.02	0.75	2.58	4.01	0.81	2.03	3.29	0.70	1.66	4.63	0.91	2.02	3.99	0.79	2.07
11	2.99	0.53	2.99	4.25	0.89	1.82	3.86	0.71	2.56	4.19	0.84	2.01	3.82	0.74	2.34
12	3.53	0.63	3.00	3.65	0.89	1.18	4.57	0.84	2.63	2.09	0.45	1.43	3.46	0.70	2.06
13	4.28	0.77	3.00	3.82	0.90	1.22	3.53	0.68	2.03	4.03	0.80	2.06	3.91	0.79	2.08
14	4.16	0.77	2.73	3.90	0.88	1.55	2.14	0.45	1.64	4.21	0.84	2.09	3.60	0.73	2.00
平均值 Average	3.71	0.68	2.77	4.27	0.87	2.08	3.66	0.70	2.22	3.84	0.80	1.87	3.87	0.76	2.23

的浮游植物种类数为 262 种, 优势种为 16 种, 与防城港湾浮游植物群落中的种类数及优势种数量相差较大, 茅尾海区的调查中浮游植物的种类数远大于防城港湾的调查结果, 造成此差异的原因之一可能是因为茅尾海的浮游植物调查中我们采集的海水为 2.5L, 调查站位为 14 个, 多于防城港湾调查时的 1.0L 水样和 9 个站位。茅尾海浮游植物的生物多样性指数大于防城港湾的调查结果, 茅尾海除春季优势种全为硅藻外, 其余季节优势种中, 冬季出现了黄藻门的赤潮异弯藻, 夏季出现了甲藻门的链状裸甲藻以及蓝藻门的红海束毛藻, 秋季出现了蓝藻门的红海束毛藻, 而且茅尾海调查中硅藻优势种中出现较多的底栖硅藻, 比如小环藻、双眉藻和舟形藻等, 而且茅尾海浮游植物优势种随季节变化较大, 而防城港湾的调查中全年以中肋骨条藻为优势种。

本次茅尾海的周年调查中浮游植物个体数量虽未出现异常, 但是海区 $PO_4^{3-}-P$ 值调查中, 冬季 14 号站为 0.05 mg/dm^3 , 春季 3 号站为 0.06 mg/dm^3 , 6 号站为 0.07 mg/dm^3 , 夏季 1 号站为 0.06 mg/dm^3 , 均超过 4 类海水水质标准; DIN 值调查中, 夏季 3、4、7、8、9、6 号站 DIN 值分别为 0.68 mg/dm^3 、 0.65 mg/dm^3 、 0.63 mg/dm^3 、 0.58 mg/dm^3 、 0.60 mg/dm^3 、 0.65 mg/dm^3 , 秋季除 9 号站外, 其余站位 DIN 值均大于 0.40 mg/dm^3 , 均超过 4 类海水水质标准; $SiO_3^{2-}-Si$ 值调查中, 冬季时的 $SiO_3^{2-}-Si$ 站位平均值为 55.99 mg/dm^3 , 春季时为 0.68 mg/dm^3 , 夏季时为 2.16 mg/dm^3 , 秋季时为 2.54 mg/dm^3 , 说明海区的营养盐状况较为异常。相比之下, 2008 年我们在茅尾海的调查中, 茅岭江出口处有一个站位 $PO_4^{3-}-P$ 值为 0.071 mg/dm^3 , 超过 4 类海水水质标准, 其余

站位 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 及 DIN 值均未超 3 类海水水质标准; $\text{SiO}_3^{2-}\text{-Si}$ 最大值为 0.36 mg/dm^3 , 但调查中发现浮游植物中肋骨条藻的数量为 $1.16 \times 10^6 \sim 4.63 \times 10^7$ cells/L, 在一些站位已经达到赤潮发生时的浓度值^[22]。

茅尾海常年有钦江和茅岭江注入, 滩涂广阔, 一般水深在 5m 以内, 海区环境因子受降水影响较大。钦州湾全年降水量多集中在 4~10 月份, 约占全年雨量的 90%, 而夏半年的雨量高峰期又相对集中在 6~8 月, 这 3 个月的雨量约占全年雨量的 57%^[2]。茅尾海环境受降雨影响较大, 在夏季(6 月)及秋季(9 月)的调查均为雨期, 由于大雨的冲刷带来径流污染, 这可能是夏季和秋季调查中营养盐污染严重的原因之一。茅尾海目前的开发行为主要为海水养殖, 采样时在茅尾海西面的茅岭江出口处有采砂船进行采砂活动。冬季(1 月)时为枯水期, 由于采砂等原因, 其底质硅酸盐被搅动至表层海水, 而且不容易被带到湾外稀释, 这可能是监测期间其硅酸盐值高的原因。茅尾海磷酸盐及无机氮冬季及春季出现超 4 类水质标准的现象则可能是由于茅岭江带来的径流污染(因污染严重站位均较靠近茅岭江出口)造成。茅尾海自然环境条件有其特殊性, 其海湾的形状特点与防城港西湾较为类似, 均为半封闭海湾, 湾口处狭窄, 湾内有较开阔的海域, 当湾外的潮汐由涨潮转为落潮时, 湾内还处于涨潮阶段, 会使湾内涨潮历时大于湾外, 湾内的水交换条件比较差, 水交换弱的海域水体较为稳定, 有利于浮游植物的聚集^[23]。虽然此次对茅尾海区周年调查中浮游植物数量未出现异常, 但是在 2007 年 6 月的防城港西湾^[20,21] 及 2008 年 3 月的茅尾海, 我们均监测到中肋骨条藻增殖的异常现象, 2011 年 4 月我们也监测到茅岭江出口附近的菱软几内亚藻接近赤潮发生时的密度^[24]。可见, 茅尾海、防城港西湾这类半封闭海湾, 因其具有的特殊自然环境条件, 一方面海湾内由径流及养殖等带来的营养盐较丰富, 另一方面海水交换较弱, 在丰富的营养状况下, 湾内某些浮游植物种一旦遇到合适的水文气象等生长繁殖条件, 将会大量增殖聚集, 而且难以消散。随着北部湾开放开发的推进, 钦州湾海区及周边区域开发力度不断加大, 海湾内富营养化还会加重。茅尾海作为重要的养殖基地, 尤其要重视对湾内营养盐及浮游植物种群的连续监测, 以及茅岭江和钦江两大入海河流污水排放的监控, 以确保其海水养殖功能的持续。

参考文献:

[1] 蓝文陆, 彭小燕. 茅尾海富营养化程度及其对浮游植物
广西科学 2012 年 8 月 第 19 卷第 3 期

- 生物量的影响[J]. 广西科学院学报, 2011, 27(2): 109-112, 116.
- [2] 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: 256.
- [3] 庄军莲, 何碧娟, 许铭本. 广西钦州茅尾海潮间带生物生态特征[J]. 广西科学, 2009, 16(1): 96-100.
- [4] 郑重. 海洋浮游生物学[M]. 北京: 海洋出版社, 1984.
- [5] 山东省水产学校. 海洋浮游生物学[M]. 北京: 农业出版社, 1993.
- [6] B. 福迪. 藻类学[M]. 罗迪安, 译. 上海: 上海科学技术出版社, 1981.
- [7] 钱树本, 刘东艳, 孙军. 海藻学[M]. 青岛: 中国海洋大学出版社, 2005.
- [8] 金德祥, 陈金环, 黄凯歌. 中国海洋浮游硅藻类[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1965: 63-64.
- [9] 郭玉洁, 钱树本. 中国海藻志第五卷硅藻门第一册中心纲[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 217-219.
- [10] 林永水, 周近明, 何建宗. 赤潮生物[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 44-45.
- [11] 金德祥, 程兆第, 林均民, 等. 中国海洋底栖硅藻类: 上卷[M]. 北京: 海洋出版社, 1982.
- [12] 金德祥, 程兆第, 刘师成, 等. 中国海洋底栖硅藻类: 下卷[M]. 北京: 海洋出版社, 1992.
- [13] 郭皓. 中国近海赤潮生物图谱[M]. 北京: 海洋出版社, 2004.
- [14] 杨世成, 董树刚. 中国海域常见浮游硅藻图谱[M]. 青岛: 中国海洋大学出版社, 2006.
- [15] 林永水. 中国海藻志第六卷第一册甲藻纲角藻科[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [16] Carmelo R Jamas. Identifying marine phytoplankton [M]. New York: Academic Press, 1997.
- [17] 孙军, 刘东艳, 钱树本. 一种海洋浮游植物定量研究分析方法——Utermohl 方法的介绍及其改进[J]. 黄渤海海洋, 2002, 20(2): 105-112.
- [18] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB12763. 7-2007 海洋调查规范[S].
- [19] 国家环境保护局. HJ/T2. 3-1993 环境影响评价技术导则地面水环境[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 1995.
- [20] 庄军莲, 许铭本, 张荣灿, 等. 广西防城港湾浮游植物数量周年变化特征[J]. 广西科学, 2010, 17(4): 387-390, 395.
- [21] 庄军莲, 许铭本, 张荣灿, 等. 广西防城港湾周年浮游植物生态特征[J]. 应用生态学报, 2011, 22(5): 1309-1315.
- [22] 安达六郎. 赤潮生物与赤潮生态[J]. 水产土木, 1973, 91: 31-36.
- [23] 徐家声. 水动力状况与赤潮生物的聚集和扩散[J]. 海洋环境科学, 1994, 13(3): 19-22.
- [24] 庄军莲, 姜发军, 柯珂, 等. 钦州湾一次海水异常监测与分析[J]. 广西科学, 2011, 18(3): 321-324.

(责任编辑: 陈小玲 邓大玉)