

南沙群岛海域春、秋季浮游介形类生态学特征

郭伟龙^{1,2,3}, 王亮根^{2,3}, 杜飞雁^{2,3*}, 姜仕军¹

(1. 暨南大学生态学系, 广东 广州 510630;

2. 广东省渔业生态环境重点开放实验室, 农业部南海渔业资源环境科学观测实验站, 广东 广州 510300;

3. 中国水产科学研究院南海水产研究所, 广东 广州 510300)

摘要: 为了解南沙群岛海域春、秋季浮游介形类生态学特征, 根据 2013 年春季(3 月中旬至 4 月初)及秋季(9 月)在南沙群岛开展的两个航次生态环境综合调查资料, 对该海域浮游介形类生态学特征进行分析研究。结果显示:(1)南沙群岛海域浮游介形类物种组成较为丰富, 记录 45 种隶属于 2 科、4 亚科、19 属。其中, 春季有 21 种, 秋季 38 种, 两季均出现的共有种有 14 个;(2)春、秋两季浮游介形类优势种差异明显, 春季优势种组成较为单一, 数量低, 主要生态类群为外海暖水类群和广温暖水类群, 秋季优势种组成较为复杂, 数量多, 主要为外海暖水类群。春季优势种由后圆真浮萤、葱萤、尖头毛浮萤组成, 秋季由纳米海萤、双叉真浮萤、刺喙葱萤、短形小浮萤、粗大后浮萤组成。研究表明:(1)春秋两季浮游介形类密度差异显著, 密度分布不均, 局部区域密度较高, 与该海域局部环流密切相关;(2)浮游介形类两季平均丰富度、多样性指数和均匀度分别为 0.59、1.37 和 0.55, 秋季高于春季;(3)春季及秋季均分为岛礁群落和外海群落, 群落分布随洋流改变呈季节性变化;(4)受季风影响的大环流及局部环流是浮游介形类种类组成、数量分布及多样性呈明显季节差异的主要因素。

关键词: 浮游介形类; 物种组成; 丰度分布; 多样性; 洋流; 南沙群岛

中图分类号: Q 178.1; S 917.4

文献标志码: A

南沙群岛海域地处热带, 地理、地貌、气候和生态环境独特, 水文环境复杂^[1]。该海域岛屿众多, 紧邻大陆坡和深海盆地, 季风盛行, 环流形势复杂多变^[2]。浮游介形类是海洋浮游动物重要组成之一, 在南沙群岛海域是种类仅次于桡足类的第二大类群^[3-5], 常作为海洋生态环境研究重要的指示物种^[6-7], 其生态学研究有助于了解渔业资源利用的持续性, 可为生态环境的有效保护和生态系统的安全稳定发展提供基础资料。以往已对南海中部、北部浮游介形类均有大尺度的生态调查研究^[8-10], 南沙群岛海域浮游介形类的研究较少^[11], 仅在南沙群岛海区上层浮游动物种类组成与数量时空变化的研究中有所涉及, 而关于浮游介形类的研究目前尚未见。

实验根据 2013 年 3—4 月和 9 月在南沙群岛

海域(109°30'~117°30'E, 4°30'~11°30'N)进行的 2 个航次调查资料, 分析了浮游介形类的种类组成、丰度及多样性, 在比较分析岛礁区和岛礁外海区的浮游介形类群落结构特征的基础上, 对浮游介形类分布与该海区洋流的关系进行初步探讨, 为深入了解和掌握该海域生物群落结构和生态系统结构提供基础资料。

1 材料与方 法

1.1 调查设置及取样方法

2013 年 3—4 月和 9 月对南沙群岛海域(109°30'~117°30'E, 4°30'~11°30'N)设置的 27 个站位进行 2 个航次生态环境的综合调查。其中, 春季完成 25 个站位(不含 S4 和 S17 站), 秋季 24 个站位(不含 S13、S26 和 S27 站), 站位地

收稿日期:2014-12-24 修回日期:2015-03-18

资助项目:国家自然科学基金(41406188);国家科技支撑计划(2013BAD13B06);中央级科研院所基本科研业务费专项(中国水产科学研究院南海水产研究所)(2012TS02);农业部财政重大专项(NFZX2013)

通信作者:杜飞雁, E-mail: feiyanegg@163.com

理位置见图 1 和表 1。使用中型浮游生物网(网长 280 cm,网口内径 50 cm,网口面积 0.2 m²)采样,每站自 200 m 至表层垂直拖曳 1 网。样品的

处理、保存、计数等均按《海洋调查规范》(GB 12763.6-2007)进行。

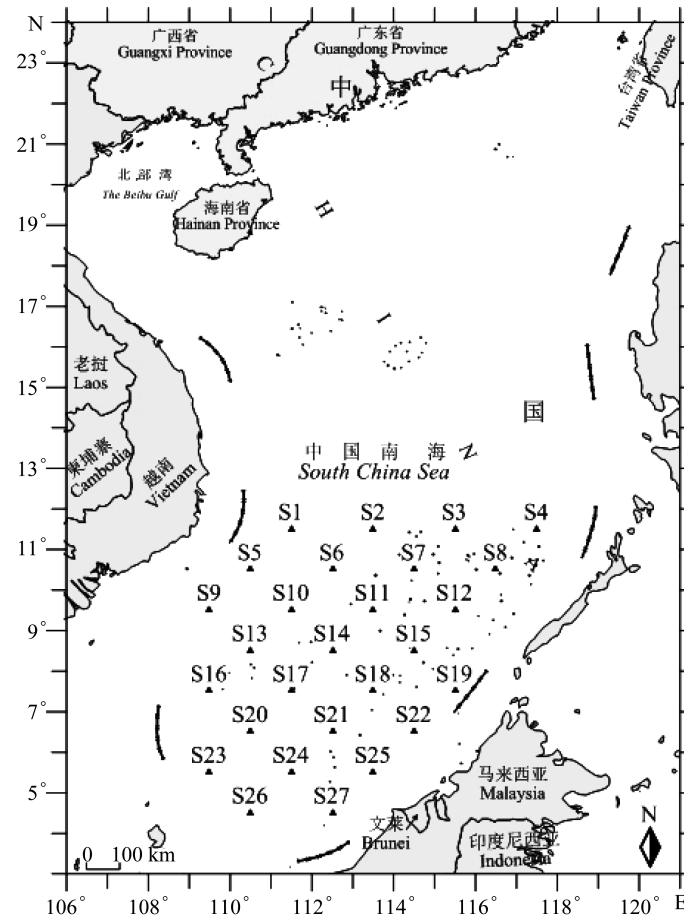


图 1 调查站位设置示意图

Fig. 1 Sketch map of sampling stations

表 1 调查站位地理坐标

Tab. 1 Geographical position of the sampling stations

| 站位 station | 纬度 latitude | 经度 longitude | 站位 station | 纬度 latitude | 经度 longitude | 站位 station | 纬度 latitude | 经度 longitude |
|---------------|----------------|-----------------|---------------|----------------|-----------------|---------------|----------------|-----------------|
| S1 | 11°30' | 111°30' | S10 | 9°30' | 111°30' | S19 | 7°30' | 115°30' |
| S2 | 11°30' | 113°30' | S11 | 9°30' | 113°30' | S20 | 6°30' | 110°30' |
| S3 | 11°30' | 115°30' | S12 | 9°30' | 115°30' | S21 | 6°30' | 112°30' |
| S4 | 11°30' | 117°30' | S13 | 8°30' | 110°30' | S22 | 6°30' | 114°30' |
| S5 | 10°30' | 110°30' | S14 | 8°30' | 112°30' | S23 | 5°30' | 109°30' |
| S6 | 10°30' | 112°30' | S15 | 8°30' | 114°30' | S24 | 5°30' | 111°30' |
| S7 | 10°30' | 114°30' | S16 | 7°30' | 109°30' | S25 | 5°30' | 113°30' |
| S8 | 10°30' | 116°30' | S17 | 7°30' | 111°30' | S26 | 4°30' | 110°30' |
| S9 | 9°30' | 109°30' | S18 | 7°30' | 113°30' | S27 | 4°30' | 112°30' |

1.2 数据统计及分析

采用优势度计算浮游动物优势种^[11],其计算

式为 $Y = n_i / N \times f_i$; 式中, n_i 为第 i 种的个体数量; N 为某站总浮游动物个体数; f_i 为某种生物的输出

现频率。

采用 Margalef 种类丰富度指数 D 、Shannon-Wiener 指数 H' 、Pielou 均匀度 J 和多样性阈值 (D_v) 来研究浮游动物多样性^[12]。

Margalef 种类丰富度指数 D 计算式:

$$D = (S - 1) / \ln N$$

Shannon-Wiener 指数计算式:

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i, P_i = N_i / N$$

均匀度指数 (evenness index) 计算式:

$$J = H' / \log_2 S$$

多样性阈值 (diversity threshold value) 计算式:

$$D_v = H' \times J$$

式中, S 为样品中的种类总数, P_i 为第 i 种的个体数 (n_i) 与总个体数 (N) 的比值 (n_i/N)。

浮游动物群落结构的多变量分析采用非参数多变量群落结构分析方法。为减少机会种对群落结构的干扰, 首先根据丰度四次方根转换计算的 Bray-Curtis 相似性矩阵, 应用组间平均聚类分析 (group average cluster analysis) 和非度量多维标度排序 NMDS (non-metric multi-dimensional scaling) 来研究群落结构^[13-14]。数据分析利用 R 平台上的 VEGAN 软件包完成。文中所用图件根据中华人民共和国地图使用 Surfer 12 软件绘制。

2 结果

2.1 种类组成及生态类型

春、夏两季采集的样品中, 共鉴定介形类 45 种隶属于 2 科、4 亚科、19 属。其中, 春季 21 种, 秋季 38 种, 两季共有种 14 个, 占总种数的 31.1%。浮萤亚科出现种类最多, 共 15 属、36 种, 占总种类数量的 80%。浮萤亚科是南沙群岛海域浮游介形类的主要种类, 是该海域有别于其

他海域的特征之一^[7,10,15-16]。

南沙群岛海域春、秋两季浮游介形类种类组成与南海中部海域浮游介形类的组成相似^[16], 主要以外海暖水类群为主, 同时混杂少量其他类群。根据海洋浮游介形类的生态特征及时空分布特点^[7-8,10,15-16], 南沙群岛海域的浮游介形类可划分为以下 4 个生态类群:

外海暖水类群 是本海区最主要的类群, 其种类众多, 主要代表种有猬刺拟浮萤 (*Paraconchoecia echinata*)、肥胖吸海萤 (*Halocypris brevirostris*)、葱萤 (*Porroecia porrecta*)、长拟浮萤 (*Paraconchoecia oblonga*)、短形小浮萤 (*Microconchoecia curta*) 和尖头毛浮萤 (*Conchoecetta acuminata*) 等。

广温暖水类群 在洋流交汇处容易形成高密度区, 典型种有后圆真浮萤 (*Euconchoecia maimai*)。

近岸暖水类群 随表层洋流进入本海区, 代表种为针刺真浮萤 (*Euconchoecia aculeata*)。

低温高盐类群 出现于温度较低、水深较深区域, 代表种有切曲萤 (*Gaussicia incisa*) 和兜甲萤 (*Loricoecia loricata*) 等。

2.2 优势种

优势种是群落中数量较大, 对群落起到控制作用的种类, 能够反映群落特征^[12]。根据尹健强等^[11]提出的以优势度 $Y \geq 0.015$ 为划分标准, 南沙群岛海域春季浮游介形类优势种组成较为简单, 仅由后圆真浮萤、葱萤和尖头毛浮萤等 3 种组成, 且第一优势种后圆真浮萤的优势度达 0.12, 远高于其他种。

秋季优势种组成相对较为复杂, 单种的优势度不高。优势种由纳米海萤、双叉真浮萤、刺喙葱萤、短形小浮萤和粗大后浮萤等 5 种组成 (表 2)。

表 2 南沙群岛海域浮游介形类优势种组成

Tab. 2 Composition of the dominant planktonic ostracods in Nansha Islands in spring and autumn

| 春季 spring | | 秋季 autumn | |
|-------------------------------------|---------|--------------------------------------|---------|
| 优势种 species | 优势度 Y | 优势种 species | 优势度 Y |
| 后圆真浮萤 <i>Euconchoecia maimai</i> | 0.12 | 纳米海萤 <i>Cypridina nami</i> | 0.06 |
| 葱萤 <i>Porroecia porrecta</i> | 0.04 | 双叉真浮萤 <i>Euconchoecia bifurata</i> | 0.06 |
| 尖头毛浮萤 <i>Conchoecetta acuminata</i> | 0.02 | 短形小浮萤 <i>Microconchoecia curta</i> | 0.06 |
| | | 粗大后浮萤 <i>Metaconchoecia macromma</i> | 0.06 |
| | | 刺喙葱萤 <i>Porroecia spirostris</i> | 0.02 |

可见,春、秋两季的优势种组成有显著变化,表明南沙群岛海域生态环境存在较大的季节性差异。

根据春、秋两季全部优势种的分布情况,可以看出,南沙群岛海域浮游介形类优势种分布有明显的区域差异(图2),优势种主要分布于环绕南沙群岛的东部、南部和西部海域,少量分布于距离岛礁较远的西部外海海域。

春季优势种分布区域较广,环绕南沙群岛的西部和东南部海域分布,少量分布于西部外海;而秋季则主要分布于海域东南部,少量分布于岛礁区东北部以及西部外海。从总体趋势看,优势种主要分布于环绕南沙群岛的东部、南部、西部海域,少量分布于距离岛礁较远的西部外海海域,低纬度的东南部和西南部海域为优势种春、秋两季的共同分布区。

2.3 多样性特征

南沙群岛海域浮游介形类种类丰富度一般,春、秋两季平均丰富度为0.59,秋季浮游介形类的丰富度(0.91)远高于春季(0.26)。两季多样性指数均值为1.35,春季(1.28)低于秋季(1.42)。

春季多样性指数 H' 较高的区域为海区东南部,秋季多样性指数 H' 较高的区域为海区西部和东南部。均匀度均值为0.82,秋季(0.88)高于春季(0.75)(表3)。

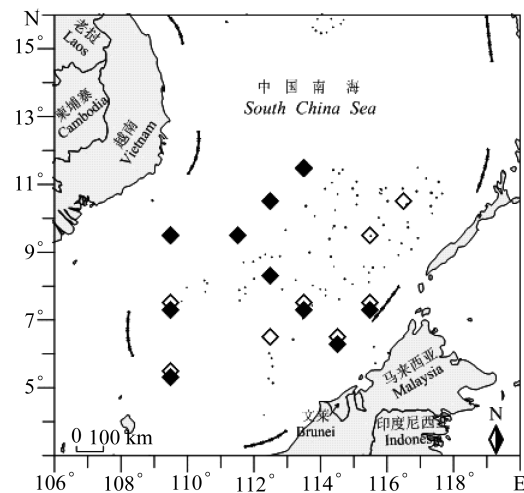


图2 南沙群岛海域浮游介形类优势种分布

◆春季站位;◇秋季站位

Fig.2 Distribution pattern of the dominant planktonic ostracods in Nansha Islands

◆ Spring stations; ◇ Autumn stations

表3 南沙群岛海域浮游介形类丰富度、多样性指数、均匀度和多样性阈值

Tab.3 Richness, indices, threshold of diversity and evenness of planktonic ostracods in Nansha Islands

| 季节 season | 丰富度(D) richness index | 多样性指数(H') diversity index | 均匀度(J) evenness index | 多样性阈值(D_v) threshold value |
|--------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| 春季 spring | 0.26 | 1.28 | 0.51 | 0.75 |
| 秋季 autumn | 0.91 | 1.42 | 0.58 | 0.88 |
| 均值 average | 0.59 | 1.35 | 0.56 | 0.82 |

根据陈清潮等^[17]提出的热带海区生物多样性阈值标准(<0.6差,0.6~1.5一般,1.6~2.5较好,>2.5丰富),对南沙群岛海域浮游介形类多样性水平进行评价。南沙群岛岛礁海域春季和秋季多样性水平一般,多样性丰富的区域较小。春、秋两季多样性变化趋势总体相似,均呈西北部 and 东南部高、西南和东北部低的趋势(图3)。

春季,大部分水域多样性水平较差,多样性丰富的区域较小。东南部多样性水平最高,西北部和西南部次之。秋季,大部分水域多样性高于一般水平,较春季东南部海域多样性水平明显提高,东南部多样性最高,多样性较高的区域明显扩大。

2.4 栖息密度

南沙群岛海域浮游介形类密度季节变化明显,秋季高于春季。春季密度变化范围为0.03~

8.25个/ m^3 ,平均密度为1.4个/ m^3 ;秋季密度变化范围为0.05~18.92个/ m^3 ,平均密度为4.11个/ m^3 。可见浮游介形类总体密度较低,平面分布不均匀,外海区密度高于岛礁区,个别站位密度较高。

春季,南沙群岛海域西部、西北隅及东南隅形成3个浮游介形类高密度区,尤其以西部最高,而中部海域密度较低,总体呈东南部和西北部海域密度高中部海域密度低的趋势(图4)。春季后圆真浮萤数量较大,占总数量的31.1%,尤其以S32站后圆真浮萤数量最大,密度达7.25个/ m^3 。此外,齿形拟浮萤(密度0.77个/ m^3 ,占18.4%)、葱萤(密度0.71个/ m^3 ,占14.8%)次之。后圆真浮萤的数量变化基本上左右了春季整个群落的数量变化。

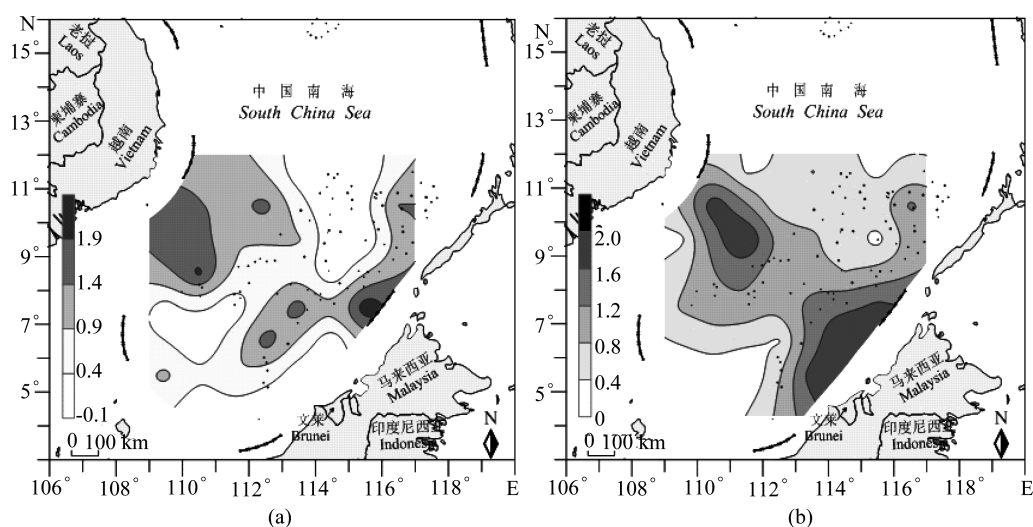


图3 南沙群岛海域浮游介形类多样性阈值平面分布

(a) 春季; (b) 秋季

Fig. 3 Spatial variation of the diversity threshold value of planktonic ostracods in Nansha Islands

(a) Spring; (b) Autumn

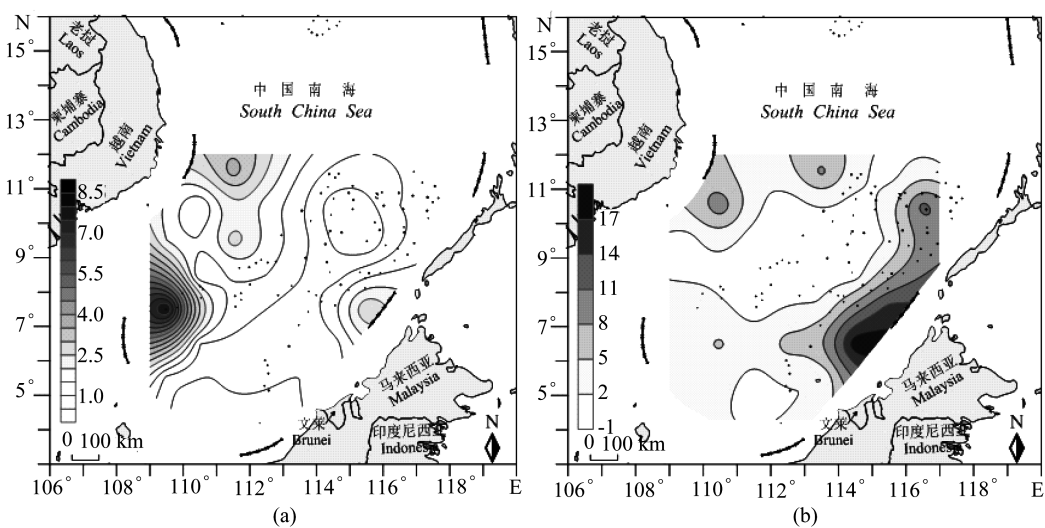


图4 南沙群岛海域浮游介形类栖息密度平面分布(个/m³)

(a) 春季; (b) 秋季

Fig. 4 Spatial variation of the density of planktonic ostracods in Nansha Islands

(a) Spring; (b) Autumn

秋季,南沙群岛海域浮游介形类平均密度高于春季,整个东部海域较大范围数量较高,且在东南隅形成最高密度区,同时在西北及西南隅也形成小范围高密度区,而中部海域密度较低。总体密度呈东部和西北部沿海向外海逐渐递减的趋势。海域东南隅高密度区的形成,主要是由纳米海萤、双叉真浮萤、短形小浮萤、粗大后浮萤和针刺真浮萤在此聚集所致,这5种数量之和占总数量的64.6%。

2.5 群落格局

根据各站位浮游介形类组成进行聚类分析和

NMDS 分析表明,春季可划分出2个区域,S3、S12、S20、S22 和 S27 站位处于同一个区域,这些站位的介形类组合以群落 I 为特征,其余站位划分为另一个区域,组合以群落 II 为特征;秋季可划分为2个区域,S2、S5、S7、S8、S12、S16、S18、S19、S22 和 S25 站位处于同一个区域,这些站位的介形类组合以群落 I 为特征,其余站位划分为另一个区域,组合以群落 II 为特征。One-way ANOSIM 检验表明,各群落间的差异显著(春季: $R=0.103, P=0.172$;秋季: $R=0.103, P=0.074$)。

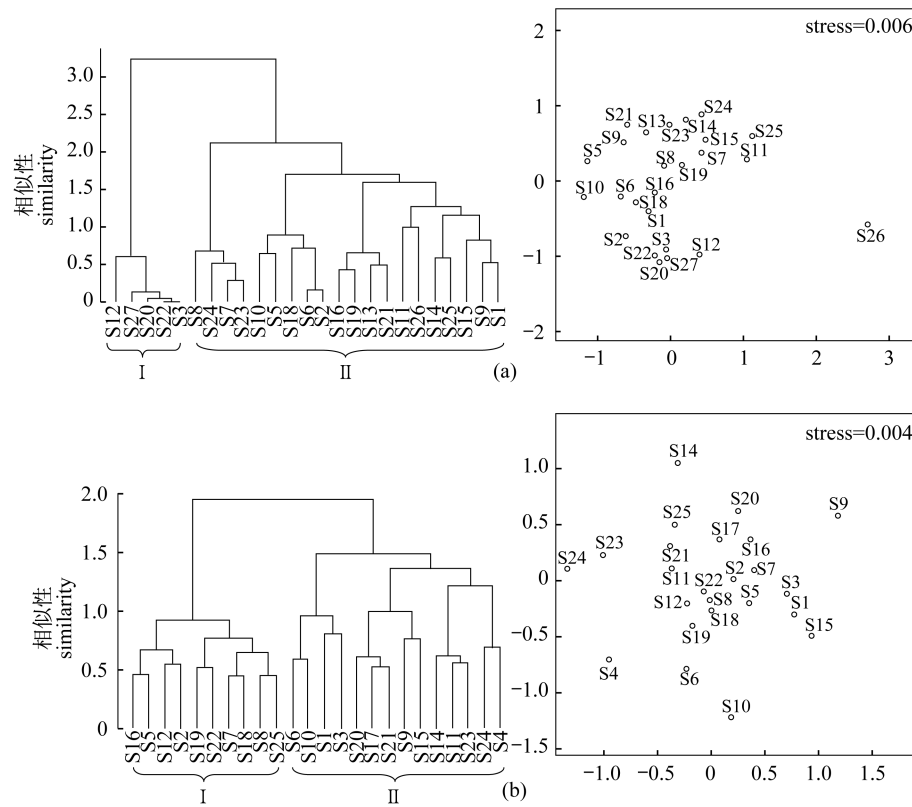


图 5 南沙群岛海域浮游介形类聚类分析和序列分析图

(a) 春季; (b) 秋季

Fig. 5 Cluster and NMDS ordination of planktonic ostracods in Nansha Islands

(a) Spring; (b) Autumn

从群落的空间分布情况来看,春、秋季均可分为两个群落,即区域较小的岛礁区群落 I 和区域

较大的外海区群落 II,两季的两个群落呈现群落 II 紧密包围群落 I 的分布趋势(图 6)。站点 S6、

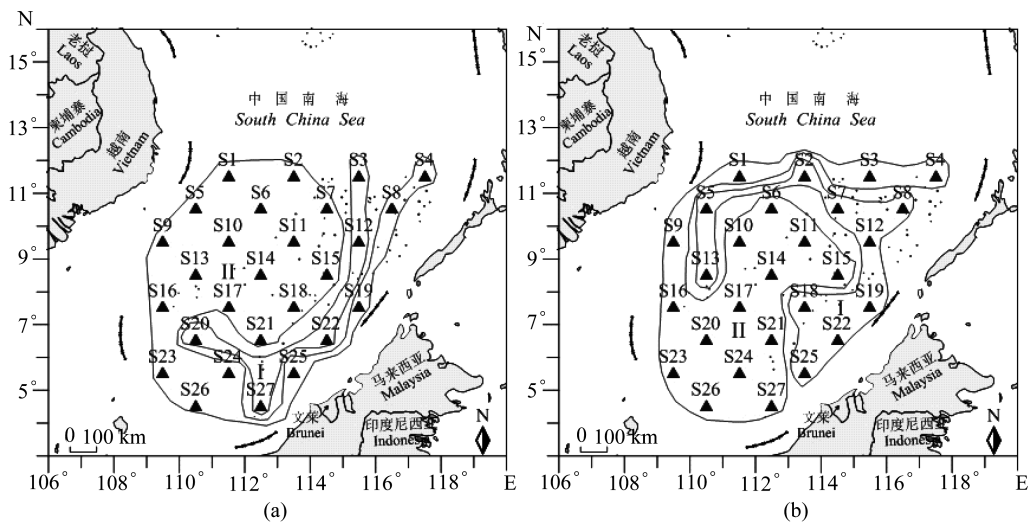


图 6 南沙群岛海域浮游介形类群落空间分布示意图

(a) 春季; (b) 秋季

Fig. 6 Spatial distribution of planktonic ostracods in Nansha Islands

(a) Spring; (b) Autumn

S10、S11、S13、S14、S15、S17 和 S21 站覆盖的中部海域形成稳定群落, 站位 S12 和 S22 站形成岛礁区稳定群落。浮游介形类群落平面分布季节变化较大, 春秋两季稳定群落不变, 其他群落随洋流季节变化随之改变。

春季, 位于南沙群岛海域的群落 I 被外海海域的主体群落——群落 II 包围, 群落 II 延伸至南沙群岛东面至东北隅; 秋季, 岛礁区群落 I 被外海群落 II 呈顺时针包围, 群落 II 延伸至海域整个西部和北部至东北隅。

3 讨论

3.1 生态类群季节更替与水团变化的关系

南沙群岛海域是连接热带西太平洋和印度洋的边缘海, 该海域浮游介形类主要以种类丰富的外海暖水种为主。影响浮游介形类的主要因素为南海表层水团、南海次表层水团^[18]、以及春季东北季风、秋季西南季风^[19]。此外, 南沙群岛常年受季风主导的环流影响, 同时由于春秋正值季风转换期, 风向较为多变, 分别形成较大尺度环流及局部环流, 洋流的季节变化影响南沙群岛海域浮游介形类生态类群的组成。

春季, 南海主要受东北季风控制, 受季风主导的表层洋流沿着广东沿海至中南半岛一路南下, 到达南沙群岛海域, 形成一个绕南沙群岛岛礁的逆时针大环流, 以及三个尺度不一的局部环流, 即中西部的南沙气旋环流、北南沙气旋环流和东南南沙反气旋环流^[20], 不同生态类群的浮游介形类随大环流分布至各个海域, 于局部环流处形成密度不等的聚集区。南沙西部沿岸流从南海中北部及沿岸带来了广温暖水类群(后圆真浮萤等)及近岸暖水类群(针刺真浮萤等), 与外海暖水类群共同组成了该海域春季浮游介形类群落。4月东北季风变弱, 西南季风变强, 西南季风推动印度洋洋流进入南海南部, 行径至南沙群岛海域西南隅时, 南沙西部沿岸流由于受到该洋流的阻挡^[2], 在此形成以广温暖水类群为主的最高密度区。后圆真浮萤在数量上是春季的绝对优势种, 但广温暖水类群种类少, 仅在南沙群岛局部海域有分布。因此, 春季仍然以外海暖水类群为主(占种类总数71.4%)。

秋季, 西南季风推动顺时针大环流将大量印度洋及太平洋外海暖水种带入南沙群岛海域, 南

沙西部沿岸流势力削弱, 因此外海暖水类群为秋季主要优势类群, 其种类较多、数量大。秋季南沙海槽反气旋环流、南沙东部沿岸流与巴拉巴克海峡进入的外海洋流汇聚^[20], 于南沙群岛东南部形成较大尺度局部环流, 局部环流的涡流作用^[21-22]使得上下层营养盐搅动, 浮游植物大量繁殖, 从而提高外海暖水类群的数量。此外, 秋季西南季风变弱, 东北季风逐渐变强, 东北季风推动南海中北部表层洋流开始南下, 携带少量广温暖水类群及沿岸暖水类群进入南沙, 随大环流分布至南沙群岛东部及南部海域。

3.2 群落分布的季节变化与环流的关系

春、秋两季是南沙群岛海域东北季风及西南季风的转换期, 洋流环流方向有较大改变^[1], 岛礁区和外海区群落随洋流运动而被环岛礁外围推移。近岸至岛礁外围之间的深海洋流区作用较强, 中部海域洋流作用较弱, 而局部环流的流向对群落分布影响不大。浮游介形类春、秋季均可分为小区域的岛礁区群落 I 和大范围的外海区群落 II, 这 2 个群落的空间分布并不是彼此独立, 而是呈现群落 II 紧密包围群落 I。群落空间位置的改变主要体现在岛礁外缘海域, 中部海域群落较为稳定, 表明环流对中部海域表层流影响不大。群落空间分布的季节性环岛礁推移, 也体现出不同流向的环流的影响。

春季, 外海区群落 II 在海域中部、西部和北部分布较广, 岛礁区群落 I 集中于南沙群岛岛礁区的小范围区域内。在东北季风的影响, 海域西部浮游介形类随表层逆时针环流绕整个南沙群岛, 从海域西部推移至岛礁东部近岸海域, 并将岛礁区群落 I 包围。

秋季, 岛礁区群落 I 范围扩大, 向海域东部延伸, 外海区群落 II 向海域南部延伸。西南季风推动南沙群岛海域表层海流呈顺时针环流, 东部岛礁区群落 I 与西部外海区群落 II 的浮游介形类在顺时针环流的推动作用下, 随环流推移至海区西部及北部海域。

样品鉴定得到了中国科学院南海海洋研究所陈清潮研究员、厦门大学黄加祺教授和许振祖教授、国家海洋局第三海洋研究所陈瑞祥研究员和林茂研究员的帮助, “南锋”全体人员和课题组邱永松研究员、黄洪辉研究员、陈作志、刘华雪、钟智

辉、宁加佳和李旭光等在样品和数据采集过程中提供帮助,特致谢忱!

参考文献:

- [1] Fang W D. Seasonal structure and variation of the circulation in the southern South China Sea [D]. Qingdao: Institute of Oceanography; Chinese Academy of Sciences, 2000: 1 - 25. [方文东. 南海南部海洋环流的结构与季节变化. 青岛: 中国科学院海洋研究所, 2000: 1 - 25.]
- [2] Yang H J, Liu Q Y. A summary on ocean circulation study of the south china sea [J]. Advance in Earth Sciences, 1998, 13 (4): 47 - 51. [杨海军, 刘秦玉. 南海海洋环流研究综述. 地球科学进展, 1998, 13 (4): 47 - 51.]
- [3] Yin J Q, Chen Q C. Planktonic Ostracoda in Nansha archipelago (1984 - 1988) [C]. Zooplankton in Nansha archipelago and adjacent waters research study (2nd). Beijing: Ocean Press, 1991: 64 - 134. [尹健强, 陈清潮. 南沙群岛海区的浮游介形类 (1984 - 1988). 南沙群岛及其邻近省区浮游生物研究论文集 (二). 北京: 海洋出版社, 1991: 64 - 134.]
- [4] Zhang S Z, Pei H P. Research of zooplankton in southwestern continental shelf waters of fisheries in Nansha Islands [G]. Research monograph of bottom trawl fishery resources in southwestern continental shelf in Nansha Islands. Beijing: Ocean Press, 1996: 58 - 79. [章淑珍, 裴穗平. 南沙群岛西南部陆架海区渔场浮游动物研究. 南沙群岛西南部陆架省区底拖网渔业资源调查研究专著. 北京: 海洋出版社, 1996: 58 - 79.]
- [5] Du F Y, Wang X H, Gu Y G, *et al.* Vertical distribution of zooplankton in the continental slope southwest of Nansha Islands, South China Sea [J]. Acta Oceanologica Sinica, 2014, 36 (6): 94 - 103. [杜飞雁, 王雪辉, 谷阳光, 等. 南沙群岛西南大陆斜坡海域浮游动物的垂直分布. 海洋学报 (中文版), 2014, 36 (6): 94 - 103.]
- [6] Zhao H Q, Jia X P, Li C H, *et al.* Review on ecology of planktonic Ostracoda in China Seas [J]. South Chinese Fisheries Science, 2005, 1 (6): 66 - 71. [赵汉取, 贾晓平, 李纯厚, 等. 中国海洋浮游介形类研究进展. 南方水产, 2005, 1 (6): 66 - 71.]
- [7] Zhao H Q, Li C H, Du F Y, *et al.* Species composition, abundance distribution and diversity of planktonic Ostracoda in the Beibu Gulf [J]. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27 (1): 25 - 33. [赵汉取, 李纯厚, 杜飞雁, 等. 北部湾海域浮游介形类物种组成、丰度分布及多样性. 生态学报, 2007, 27 (1): 25 - 33.]
- [8] Chen R X, Lin J H. Diversities of species and ecological groups of planktonic Ostracoda [J]. Chinese Biodiversity, 1997, 5 (4): 18 - 23. [陈瑞祥, 林景宏. 中国海及其邻近海域浮游介形类大尺度生态研究 III. 浮游介形类的物种与生态类群多样性. 生物多样性, 1997, 5 (4): 18 - 23.]
- [9] Chen R X, Lin J H. Large-scale ecological study on planktonic ostracoda in China seas and adjacent waters II. Correlation between planktonic ostracoda and water systems [J]. Acta Oceanologica Sinica, 1998, 20 (2): 96 - 101. [陈瑞祥, 林景宏. 中国近海浮游介形类大尺度生态研究 II. 浮游介形类与水系的相关研究. 海洋学报 (中文版), 1998, 20 (2): 96 - 101.]
- [10] Chen R X, Lin J H, Huang Y R. Correlation of planktonic Ostracoda and River in northern South China Sea continental shelf waters [J]. Acta Oceanologica Sinica, 1996, 18 (6): 93 - 98. [陈瑞祥, 林景宏, 黄亚如. 南海北部大陆架水域浮游介形类与水系的相关性研究. 海洋学报 (中文版), 1996, 18 (6): 93 - 98.]
- [11] Yin J Q, Chen Q C, Zhan G X, *et al.* Zooplankton species composition and quantity of temporal and spatial variatio in Nansha Islands sea upper area [J]. Chinese Science Bulletin, 2006, 51 (Suppl II): 129 - 138. [尹健强, 陈清潮, 张谷贤, 等. 南沙群岛海面上层浮游动物种类组成与数量的时空变化. 科学通报, 2006, 51 (增刊 II): 129 - 138.]
- [12] Zhao Z M, Zhou X Y. Introduction of Ecology [M]. Chongqing: Science and Technology Literature Publishing House, Chongqing Branch, 1984. [赵志模, 周新远. 生态学引论. 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社, 1984.]
- [13] Han J, Zhang Z N, Yu Z S. Macrobenthic community structure in the southern and central Bohai Sea, China [J]. Acta Ecologica Sinica, 2004 (3): 531 - 537. [韩洁, 张志南, 于子山. 渤海中、南部大型底栖动物的群落结构. 生态学报, 2004 (3): 531 - 537.]
- [14] Yuan W, Zhan Z N, Yu Z S, *et al.* A Study of macrofauna in the northwest of Jiaozhou Bay [J]. Periodical of Ocean University of China: Natural Sciences, 2006, 36 (Suppl.): 91 - 97. [袁伟, 张志南, 于子山, 等. 胶州湾西北部海域大型底栖动物群落研究. 中国海洋大学学报: 自然科学版, 2006,

- 36(增刊):91-97.]
- [15] Chen R X, Lin J H. Ecology of the planktonic Ostracoda in the west of Taiwan Strait [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 1989, 11(5): 638-644. [陈瑞祥, 林景宏. 台湾海峡西部沿岸浮游介形类的生态特征. *海洋学报(中文版)*, 1989, 11(5): 638-644.]
- [16] Chen R X, Lin J H. Ecology of the planktonic Ostracoda in the middle of the South China [J]. *Sea. Acta Oceanologica Sinica*, 1993, 15(6): 91-98. [陈瑞祥, 林景宏. 南海中部海域浮游介形类的生态研究. *海洋学报(中文版)*, 1993, 15(6): 91-98.]
- [17] Chen Q C, Huang L M, Yin J Q, *et al.* Diversity of zooplankton in Nansha archipelago [G]. Diversity of halobios in Nansha archipelago and adjacent waters. Beijing: Ocean Press, 1994: 42-50. [陈清潮, 黄良民, 尹健强, 等. 南沙群岛海区浮游动物多样性研究. 中国科学院南沙综合科学考察队编. 北京: 海洋出版社, 1994: 42-50.]
- [18] Liu Z H, Xu J P, Li L, *et al.* Water mass and its distribution in the South China Sea in summer and winter in 1998 [C]. *Chinese Oceanographic Collection*, 2001: 221-228. [刘增宏, 许建平, 李磊, 等. 1998年夏冬季的南海水团及其分布. *中国海洋学文集*, 2001: 221-228]
- [19] Huang Q Z, Fang W D, Chen R Y. A discussion on relations between southwest monsoon variation and sea surface circulation structure and evolution in nansha islands sea area [J]. *Journal of Tropical Oceanography*, 2001, 20(1): 18-26. [黄企洲, 方文东, 陈荣裕. 南沙群岛海区西南季风变化与表层流结构和演变关系的探讨. *热带海洋学报*, 2001, 20(1): 18-26.]
- [20] Fang W D, Guo Z X, Huang Y T. Observational studies in southern South China Sea circulation [J]. *Chinese Science Bulletin*, 1997, 42(21): 2264-2271. [方文东, 郭忠信, 黄羽庭. 南海南部海区的环流观测研究. *科学通报*, 1997, 42(21): 2264-2271.]
- [21] Mackas D L, Tsurumi M, Galbraith M D, *et al.* Zooplankton distribution and dynamics in a North Pacific Eddy of coastal origin: II. Mechanisms of eddy colonization by and retention of offshore species [J]. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 2005, 52(7): 1011-1035.
- [22] Riandey V, Champalbert G, Carlotti F, *et al.* Zooplankton distribution related to the hydrodynamic features in the Algerian Basin (western Mediterranean Sea) in summer 1997 [J]. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 2005, 52(11): 2029-2048.

Ecological characteristics of planktonic ostracods in the Nansha Islands waters in spring and autumn

GUO Weilong^{1,2,3}, WANG Lianggen^{2,3}, DU Feiyan^{2,3*}, JIANG Shijun¹

(1. Department of Ecology, Jinan University, Guangzhou 510630, China;

2. Key Laboratory of Fishery Ecology Environment, Scientific Observing and Experiment Station of South China Sea Fishery Resources and Environment Exploitation & Utilization, Ministry of Agriculture, Guangzhou 510300, China;

3. South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China)

Abstract: This study aims to analyze and compare the community structure of planktonic ostracods assemblages between Nansha reef area and open water area, and the distribution pattern influenced by ocean current movement was discussed. During April and September in 2013, 27 sampling stations were set up in Nansha Islands Waters, and planktonic ostracods were collected at depths from 200 m to the surface using medium plankton net. Samples were treated and counted according to the standard methods. The results are the following findings: (1) A total, of 45 planktonic ostracods species were identified, belonging to 19 genera, 4 subfamilies, and 2 families. Twenty-one species only occurred in spring and 38 species only in autumn, and 14 species occurred in both seasons. (2) The dominant species were different between two seasons; *Euconchoecia maimai*, *Porroecia porrecta*, and *Conchoecetta acuminata* dominated in spring, while *Cypridina nami*, *Euconchoecia bifurata*, *Porroecia spinirostris*, *Microconchoecia curta*, *Metaconchoecia macromma* dominated in autumn. All dominant species are either eurythermal-euryhaline or warm-hyperhaline. Studies show that, (1) There are remarkable differences in the density of planktonic ostracods between two seasons. In spring, density ranged from 0.03 to 8.25 ind/m³, averaging 1.4 ind/m³; in autumn, density ranged from 0.05 to 18.92 ind/m³ with an average of 4.11 ind/m³. High density occurred in certain limited areas due to ocean circulation. In spring, three high density areas were located in the west, northwest and southeast corners of Nansha Islands waters, respectively. In autumn high density area occupied the vast east part. (2) Species richness, diversity and evenness were 0.59, 1.37 and 0.55, respectively, with much higher values in spring than in autumn. (3) Planktonic ostracods can be divided into two communities in both seasons characterizing reefs and open waters, and seasonal variation in community distribution was impacted strongly by ocean current change. (4) The tropical cyclonic and anticyclonic circulation driven by monsoon can be regarded as the dominant factor to influence the structure of planktonic ostracods community.

Key words: planktonic ostracods; species composition; abundance distribution; biodiversity; circulation; Nansha Islands

Corresponding author: DU Feiyan. E-mail: feiyanegg@163.com