

海南岛三亚珊瑚礁区大型底栖动物群落特征

董 栋, 李新正, 王洪法, 张宝琳, 寇 琦, 甘志彬, 许 鹏

(中国科学院 海洋研究所, 山东 青岛 266071)

摘要: 为了解海南省三亚市 3 个典型珊瑚礁区的底栖生物群落现状, 并依此反映该区域珊瑚礁生态系统的健康现状和受扰动程度, 作者于 2011 年 11 月 22 日~23 日在海南岛三亚西岛、鹿回头和亚龙湾 3 个珊瑚礁自然保护区内采用潜水方法采集底栖动物, 并对分析群落的物种组成、优势类群、丰度、生物量、Shannon-Wiener 指数、物种丰富度指数和物种均匀度指数以及生物量/丰度比较曲线特征等进行研究。结果共获得三亚珊瑚礁大型底栖动物 166 种, 优势类群为甲壳动物, 优势种为珊瑚铠甲虾 (*Galathea coralliophilus*)。调查区底栖动物平均栖息丰度为 566.29 个/m², 平均生物量为 82.146 g/m²; Shannon-Wiener 指数、物种丰富度指数和均匀度指数的平均值分别为 3.0581、7.9116 和 0.8494。其中亚龙湾的上述 3 项指数均高于其他两个采样地点。生物量/丰度比较曲线表明亚龙湾的底栖群落最稳定, 受扰动程度最小。

关键词: 三亚; 珊瑚礁; 底栖生物; 群落; 生物多样性

中图分类号: Q178.53 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2015)03-0083-09
doi: 10.11.759/hyxx20131209001

珊瑚礁生态系统是全球生物多样性最高的生态系统之一, 其内栖息的复杂多样的底栖生物群落也使其成为海洋生物学和生态学研究热点。同时, 珊瑚礁生态系统也是海洋中最脆弱、最易受到干扰的生态系统, 目前它正不断受到来自各方面压力的干扰, 其中全球气候变暖导致的海洋酸化现象对珊瑚礁的威胁日益加剧, 而人类活动, 如排放陆源污染物、海洋工程建设和捕捞采集活动等, 也是危害珊瑚礁生态系统的最直接的元凶。人为因素的干扰极大地影响了造礁珊瑚的生长与繁殖, 甚至导致珊瑚的大面积死亡, 直接造成珊瑚礁生态系统的退化, 这也意味着该区域生态服务功能的减弱和高价值生物多样性资源的丧失。近年来在各方重视下, 中国珊瑚礁生态系统的现状调查和保育研究已取得一些成果, 如梁文等^[1]探讨了北部湾涠洲岛 20 年来的珊瑚礁群落多样性的演变特征; 施祺等^[2-3]调查了人类活动对三亚市鹿回头珊瑚礁区珊瑚礁的影响; 刘金祥^[4]、廖宝林等^[5]调查了广东徐闻珊瑚礁的研究现状和保护开发。

珊瑚礁内栖息的底栖生物是珊瑚礁生态系统的重要组成部分, 在维护、调节生态系统的健康中扮演着重要角色^[6-7]。珊瑚礁底栖生物的多样性高低与珊瑚礁生态系统的健康程度呈正相关, 许多学者都将礁区生物多样性调查做为监控珊瑚礁生态系统变化

的主要手段^[8-9]。近年来, 除去以分类学为目的的珊瑚礁生物调查, 中国珊瑚礁区的底栖生物群落特征的调查和研究也陆续开展, 如李新正等^[10]调查和分析了南沙群岛渚碧礁底栖群落特征; 卢伙胜等^[11]、王丽荣等^[12]对徐闻珊瑚礁自然保护区的底栖生态环境进行了调查。随着中国珊瑚礁保育工作的深入开展, 礁区底栖生物群落调查和生态学分析必将作为一种珊瑚礁生态系统健康监控手段得到更多发展。

三亚近海是中国重要的珊瑚礁生态区, 由于社会经济的发展以及涉海人类活动的增加, 三亚珊瑚礁的退化状况非常严重。本研究通过调查三亚 3 个典型珊瑚礁区的底栖生物群落, 并根据其群落特征和多样性特点, 反映目前三亚珊瑚礁生态系统现状, 分析比较不同珊瑚礁区域的受扰动程度, 并以此做为一种有效的监控手段和指示方法对今后的三亚近海珊瑚礁修复提供科学依据。

收稿日期: 2013-12-09; 修回日期: 2014-08-01

基金项目: 海洋公益性行业科研专项(201105012); 国家自然科学基金资助项目(41206143); 中国科学院海洋研究所“一三五”专项资助项目(201210060104)

作者简介: 董栋(1982-), 男, 山东曲阜人, 助理研究员, 博士, 从事海洋生物系统分类学和底栖生态学研究, 电话: 0532-82898905, E-mail: dongd@qdio.ac.cn; 李新正, 通信作者, E-mail: lixzh@qdio.ac.cn

1 材料与方 法

1.1 采样地点和取样时间

采样地点分别位于西岛、亚龙湾(西排)和鹿回头 3 个珊瑚礁自然保护区内,其中西岛和亚龙湾各设 2 个取样点,鹿回头设 3 个取样点。根据各取样点所在位置,事先采用轻潜水(SCUBA)方法实地考察,选择无沉积物覆盖、无大型藻类着生,并且珊瑚礁石较密集的区域进行取样。西岛采集时间为 2011 年 11 月 23 日,两个取样点经纬度分别为 18°14'18.78"N、109°21'49.44"E 和 18°14'19.74"N、109°22'33.06"E;亚龙湾采集时间为 2011 年 11 月 22 日,两个取样点分别为 18°15'28.02"N、109°43'7.02"E 和 18°12'48.6"N、109°37'46.08"E;鹿回头采集时间为 2011 年 11 月 23 日,3 个取样点经纬度分别为 18°12'45.84"N、109°28'31.68"E, 18°12'44.28"N、109°28'28.26"E 和 18°12'41.4"N、109°28'37.2"E。

1.2 样品采集和处理

采用轻潜水(即水肺潜水, SCUBA Diving)定量采集方法,在各取样点潜水至海底(3 m 以浅),选取具有代表性的、无沉积物覆盖的多孔珊瑚礁石区域,用面积 0.25 m² 取样框套压海底表层,样框内做为样方,拣取样方内表面的大型动物,再将样方内珊瑚礁石挖出(厚约 20 cm, 总体质量约 2~4 kg)。将采集到的珊瑚礁石样品带回岸上敲碎,挑拣出空隙内着生的所有肉眼可见的底栖生物,拍摄活体照片后用 95%酒精固定,带回实验室进行分类鉴定。样方内特大个体的动物(如海星、海参等)只做为定性样品,不做定量分析。作者对所采集的群体动物(如珊瑚、海绵等)未做定量分析研究。

1.3 数据分析

1.3.1 群落结构

将采集到的底栖生物带回实验室进行分类鉴定,统计整个调查区及每个采样地点的物种个数,分析其种属组成。按海洋底栖生物主要五大类群(环节动物多毛类、甲壳动物、软体动物、棘皮动物、其他类群)进行归类,比较各采样地点之间群落结构组成上的差异。

1.3.2 丰度、生物量和优势种分析

对每一采样地点的生物样品进行个体计数,并用电子天平(精度: 0.001g)称质量(湿质量),计算各地点的丰度和生物量。每个采样地点的优势种依据

以下公式进行分析:

$$Y=(n_i/N)\times f_i$$

式中 N 为采样地点内所有物种的总个体数目, n_i 为第 i 种的个体数; f_i 为该种在各取样点中出现的频率; 当物种优势度 $Y>0.02$ 时, 该种即为优势种。

1.3.3 生物多样性分析

利用 PRIMER v6^[13] 计算每一采样地点的 Shannon-Wiener 指数、物种丰富度指数和物种均匀度指数。

1.3.4 群落受干扰情况

利用 PRIMER 软件绘制各采样地点的丰度/生物量比较曲线(ABC 曲线), 根据生物量和丰度的 K-优势度曲线的波动, 分析各采样地点底栖动物群落受到污染和扰动情况。

2 结果

2.1 物种组成

2011 年 11 月份调查共采集到底栖动物 166 种: 多毛类 18 种, 占 10.84%; 软体动物 40 种, 占 24.10%; 甲壳动物 88 种, 占 53.01%; 棘皮动物 11 种, 占 6.63%; 其他类群(鱼、星虫、腔肠动物等)9 种, 占 5.42%(图 1, 种名录见表 1)。

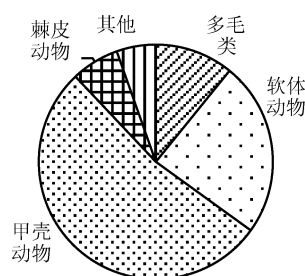


图 1 2011 年 11 月份三亚珊瑚礁调查区底栖生物的物种类群组成

Fig.1 Species composition of macrobenthos in coral reefs of Sanya in November 2011

3 个采样地点中, 西岛的底栖生物 85 种, 亚龙湾 79 种, 鹿回头 58 种, 在各采样地点的物种组成上, 甲壳动物都占有优势地位(图 2, 表 2)。

2.2 生物丰度

三亚珊瑚礁区底栖生物平均丰度为 566.29 个/m²: 甲壳动物 411.43 个/m², 占 72.65%; 软体动物 70.86 个/m², 占 12.51%; 多毛类 44.57 个/m², 占 7.87%; 棘皮动物 25.14 个/m², 占 4.44%; 其他类群 14.29 个/m², 占 2.52%(图 3)。3 个采样地点的底栖生物丰度也不

表 1 2011 年 11 月三亚珊瑚礁调查大型底栖生物种名录

Tab.1 Checklist of macrobenthic species in coral reefs by survey in Sanya of Nov. 2011

环节动物门 多毛纲 Polychaeta	刺近岩虾	<i>Periclimenella spinifera</i>
矽沙蚕科 Eunicidae	长臂虾一种	<i>Palaemon</i> sp.
珠须矽沙蚕	铠甲虾科 Galatheidae	
襟松虫	珊瑚铠甲虾	<i>Galathea coralliphilus</i>
矽沙蚕一种	静蟹科 Galenidae	
仙虫科 Amphinomidae	普通暴蟹	<i>Halimede tyche</i>
扁犹帝虫	卧蜘蛛蟹科 Epialtidae	
多鳞虫科 Polynoidae	双角互敬蟹	<i>Hyastenus diacanthus</i>
网纹哈鳞虫	单角蟹	<i>Menaethius monoceros</i>
哈鳞虫一种	蜘蛛蟹科 Majidae	
粗糙双指鳞虫	拳折额蟹	<i>Micippa philyra</i>
蛭龙介科 Terebellidae	蜘蛛蟹一种	<i>Maja</i> sp.
扁蛭虫	相手蟹科 Sesarmidae	
索沙蚕科 Lumbrineridae	印尼小相手蟹	<i>Nanosesarma batavicum</i>
索沙蚕一种	相手蟹一种	<i>Nanosesarma</i> sp.
帚毛虫科 Sabellariidae	双齿近相手蟹	<i>Perisesarma bidens</i>
居岛似帚毛虫	梯形蟹科 Trapeziidae	
沙蚕科 Nereididae	网纹梯形蟹	<i>Trapezia areolata</i>
沙蚕一种	拟梯形蟹科 Tetraliidae	
裸沙蚕一种	光洁拟梯形蟹	<i>Tetralia glaberrima</i>
扇毛虫科 Flabelligeridae	异指仿拟梯形蟹	<i>Tetraloides heteroclactyla</i>
有楯海扇虫	梭子蟹科 Portonidae	
纓鳃虫科 Sabellidae	奥奥短桨蟹	<i>Thalamita auauensis</i>
纓鳃虫	野生短桨蟹	<i>Thalamita</i> cf. <i>admete</i>
锡鳞虫科 Sigalionidae	毛刺短桨蟹	<i>Thalamita pilumnoides</i>
强鳞虫一种	藻虾科 Hippolytidae	
毛鳃虫科 Trichobranchidae	安波托虾	<i>Thor amboinensis</i>
梳鳃虫	蝼蛄虾科 Upogebiidae	
棘皮动物门 Echinodermata	达尔文蝼蛄虾	<i>Upogebia darwinii</i>
阳遂足科 Amphiuroidae	螺赢蜚科 Corophiidae	
三齿蛇尾一种	拟钩虾一种	<i>Gammaropsis</i> sp.
六腕阳遂足	螺赢蜚一种	<i>Corophium</i> sp.
刺蛇尾科 Ophiotrichidae	马尔他钩虾科 Melitidae	
毛大刺蛇尾	细身钩虾一种	<i>Maera</i> sp.
细大刺蛇尾	亚峰细小钩虾	<i>Mallacoota subcarinata</i>
平板刺蛇尾	指虾蛄科 Gonodactylidae	
辐蛇尾科 Ophiactidae	尔氏小指虾蛄	<i>Gonodactylellus erdmanni</i>
辐蛇尾	齐氏指虾蛄	<i>Gonodactylus childi</i>
辐蛇尾一种	软体动物门 Mollusca	
栉蛇尾科 Ophiocomidae	蚶科 Arcidae	
栉蛇尾一种	蚶一种	<i>Arca</i> sp.
蜒蛇尾科 Ophionereididae	舟形须蚶	<i>Barbatia cometa</i>
蜒蛇尾一种	须蚶一种	<i>Barbatia</i> sp.
花蜒蛇尾	细饰蚶科 Noetiidae	
栉羽枝科 Comasteridae	网纹拟蚶	<i>Arcopsis minabensis</i> Habe

栉羽枝科一种	Comasteridae	宝贝科 Cypraeidae	
节肢动物门 甲壳动物亚门 Crustacea		断带呆足贝	<i>Blasicrura (Blasicrura) interrupta</i>
扇蟹科 Xanthidae		灰呆足贝	<i>Blasicrura (Derstolida) hirundo</i>
凹足银杏蟹	<i>Actaea cavipes</i>	焦掌贝一种	<i>Palmadusta</i> sp.
绒毛仿银杏蟹	<i>Actaeodes tomentosa</i>	贻贝科 Mytilidae	
正直爱洁蟹	<i>Atergatis integerrimus</i>	短壳肠蛤	<i>Botula silicula</i>
西沙绿蟹	<i>Chlorodiella</i> cf. <i>xishaensis</i>	安的列斯石蛭	<i>Lithophaga (Lithophaga) antillarum</i>
金星绿蟹	<i>Chlorodiella cytherea</i>	杯石蛭	<i>Lithophaga (Stumpiella) calyculata</i>
光滑绿蟹	<i>Chlorodiella laevis</i>	石蛭一种 1	<i>Lithophaga</i> sp1.
黑指绿蟹	<i>Chlorodiella nigra</i>	石蛭一种 2	<i>Lithophaga</i> sp2.
光辉圆瘤蟹	<i>Cyclodius nitidus</i>	石蛭一种 3	<i>Lithophaga</i> sp3.
装饰拟豆瓷蟹	<i>Enosteoides ornatus</i>	石蛭一种 4	<i>Lithophaga</i> sp4.
似雕滑面蟹	<i>Etisus anaglyptus</i>	蟹守螺科 Cerithiidae	
琥珀滑面蟹	<i>Etisus electra</i>	枸椽蟹守螺	<i>Cerithium citrinum</i>
火红皱蟹	<i>Leptodius excratus</i>	小楯桑葚螺	<i>Clypeomorus humilis</i>
黑斑皱蟹	<i>Leptodius nigromaculatus</i>	楯桑葚螺一种	<i>Clypeomorus</i> sp.
美丽花瓣蟹	<i>Liomera bella</i>	猿头蛤科 Chamidae	
小笠原花瓣蟹	<i>Liomera</i> cf. <i>boninensis</i>	猿头蛤一种	<i>Chama</i> sp.
皱纹花瓣蟹	<i>Liomera rugata</i>	核螺科 Columbelloidea	
加氏拟银杏蟹	<i>Paractaea garretti</i>	斑鸠牙螺	<i>Columbella turturina</i>
华美拟扇蟹	<i>Paraxanthias elegans</i>	珊瑚螺科 Coralliophilidae	
显赫拟扇蟹	<i>Paraxanthias notatus</i>	紫栖珊瑚螺	<i>Coralliophila neritoidea</i>
厚指拟扇蟹	<i>Paraxanthias pachydactylus</i>	骨螺科 Muricidae	
毛壳蟹	<i>Pilodius</i> cf. <i>maotieni</i>	核果螺一种	<i>Drupa</i> sp.
黄色毛壳蟹	<i>Pilodius flavus</i>	珠母爱尔兰螺	<i>Ergalatax margaritica</i>
颗粒毛壳蟹	<i>Pilodius granulatus</i>	蛾螺科 Buccinidae	
黑毛毛壳蟹	<i>Pilodius nigrocrinitus</i>	美丽唇齿螺	<i>Engina pulchra</i>
保莫蒂毛壳蟹	<i>Pilodius paumotensis</i>	开腹蛤科 Gastrochaenidae	
柔毛毛壳蟹	<i>Pilodius pubescens</i>	楔形腹蛤	<i>Gastrochaena cuneiformis</i>
刺毛壳蟹	<i>Pilodius pugil</i>	杯形开腹蛤	<i>Gastrochaena cymbium</i>
粗糙毛壳蟹	<i>Pilodius scabriculus</i>	开腹蛤一种 1	<i>Gastrochaena</i> sp1.
毛刺蟹科 Pilumnidae		开腹蛤一种 2	<i>Gastrochaena</i> sp2.
秀丽杨梅蟹	<i>Actumnus elegans</i>	鲍科 Haliotidae	
马氏毛粒蟹	<i>Pilumnopeus makiana</i>	羊鲍	<i>Haliotis ovina</i>
异齿毛刺蟹	<i>Pilumnus heterodon</i>	帘蛤科 Veneridae	
长角毛刺蟹	<i>Pilumnus longicornis</i>	翘鳞蛤一种	<i>Irus</i> sp.
毛刺蟹一种	<i>Pilumnus</i> sp.	皱纹蛤一种	<i>Periglypta</i> sp.
三刺毛刺蟹	<i>Pilumnus trispinosus</i>	钳蛤科 Isognomonidae	
蝙蝠毛刺蟹	<i>Pilumnus vespertilio</i>	钳蛤一种	<i>Isognomon</i> sp.
瓷蟹科 Porcellanidae		滨螺科 Littorinidae	
苏禄异瓷蟹	<i>Aliaporcellana suluensis</i>	滨螺一种	<i>Littorina</i> sp.
装饰拟豆瓷蟹	<i>Enosteoides ornatus</i>	马蹄螺科 Trochidae	
雕刻厚螯瓷蟹	<i>Pachycheles sculptus</i>	粒花冠小月螺	<i>Lunella coronata granulata</i>
鳞鸭岩瓷蟹	<i>Petrolisthes boscii</i>	节蝶螺	<i>Turbo bruneus</i>
披毛岩瓷蟹	<i>Petrolisthes polychaetus</i>	珍珠贝科 Pteriidae	

续表

流苏岩瓷蟹	<i>Petrolisthes fimbriatus</i>	珠母贝一种	<i>Pinctada</i> sp.
哈氏岩瓷蟹	<i>Petrolisthes haswelli</i>	锉石蟹科 Ischnochitonidae	
拉氏岩瓷蟹	<i>Petrolisthes lamarckii</i>	石蟹一种	
三叶岩瓷蟹	<i>Petrolisthes trilobatus</i>	壳舌螯科 Philinidae	
异形豆瓷蟹	<i>Pisidia dispar</i>	壳舌螯科一种	
鼓虾科 Alpheidae		侧鳃科 Pleurobranchidae	
牛首鼓虾	<i>Alpheus bucephalus</i>	侧鳃科一种	
柱脊鼓虾	<i>Alpheus collumianus</i>	脊索动物门尾索动物亚门 Urochordata	
珊瑚鼓虾	<i>Alpheus lottini</i>	海鞘纲 Ascidiacea 一种	
锤指鼓虾	<i>Alpheus malleodigitus</i>	星虫动物门 Sipuncula	
粗掌鼓虾	<i>Alpheus obesomanus</i>	盾管星虫科 Aspidosiphonidae	
太平鼓虾	<i>Alpheus pacificus</i>	盾管星虫一种 1	<i>Aspidosiphon</i> sp1.
细角鼓虾	<i>Alpheus parvirostris</i>	盾管星虫一种 2	<i>Aspidosiphon</i> sp2.
鼓虾一种	<i>Alpheus</i> sp.	星虫动物门 Sipuncula 一种	
角鼓虾一种	<i>Athanas</i> sp.	蠕虫动物门 Echiura	
合鼓虾一种	<i>Synalpheus</i> sp.	蠕虫科 Echiuridae	
瘤掌合鼓虾	<i>Synalpheus tumiolomanus</i>	管口蠕一种	<i>Ochetostoma</i> sp.
活额寄居蟹科 Diogenidae		扁形动物门 Platyhelminthes	
精致硬壳寄居蟹	<i>Calcinus gaimardii</i>	涡虫纲 Turbellaria 一种	
寄居蟹科 Paguridae		脊索动物门鱼形总纲 Pisces	
寄居蟹一种	<i>Pagurus</i> sp.	鲷科 Blenniidae	
长臂虾科 Palaemonidae		跳岩鲷	<i>Petrosciartes kallosoma</i>
大凯氏岩虾	<i>Cuapetes grandis</i>	塘鳢科 Eleotridae	
扁隐虾	<i>Ischnopontonia lophos</i>	塘鳢科一种	
圆掌拟长臂虾	<i>Palaemonella rotumana</i>		

注: 除星虫动物门、扁形动物门、尾索动物亚门外, 其余未鉴定到科的物种未列入

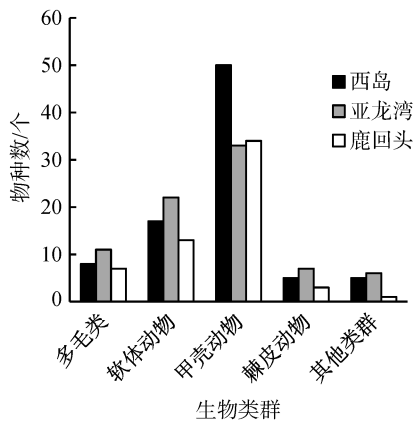


图 2 2011 年 11 月份调查区 3 个采样地点中各生物类群的物种数比较

Fig. 2 The comparison of macrobenthic species composition of three sampling stations by survey in Sanya in Nov. 2011

相同, 西岛平均丰度最高, 为 976.00 个/m², 其次为鹿回头 408.00 个/m², 最低为亚龙湾 394.00 个/m²(图 4)。

表 2 2011 年 11 月份调查区 3 个采样地点的物种数目、生物丰度和生物量

Tab.2 The total species number, average densities and biomasses of macrobenthos collected from three sampling stations of Sanya in Nov. 2011

项目	采样点		
	西岛	鹿回头	亚龙湾
总种数(种)	85	58	79
多毛动物(种)	8	7	11
甲壳动物(种)	50	34	33
软体动物(种)	17	13	22
棘皮动物(种)	5	3	7
其他类群(种)	5	1	6
总丰度(个/m ²)	976.00	408.00	394.00
总生物量(g/m ²)	116.090	38.565	113.572

2.3 生物量

三亚珊瑚礁区底栖生物平均生物量为 82.146 g/m²: 软体动物 41.685 g/m², 占 50.74%; 甲壳动物 28.058 g/m²,

占 34.16%; 其他类群 5.457 g/m², 占 6.64%; 多毛类 3.911 g/m², 占 4.76%; 棘皮动物 3.035 g/m², 占 3.69%(图 5)。3 个采样地点底栖生物生物量各不相同, 西岛平均生物量最高, 为 116.090 g/m², 其次是亚龙湾为 113.572 g/m², 最低是鹿回头为 38.565 g/m²(图 6)。

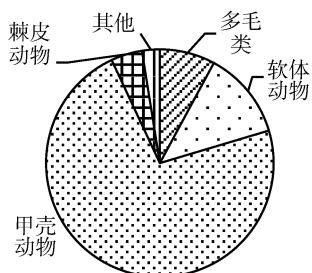


图 3 2011 年 11 月份调查区底栖生物的丰度组成

Fig. 3 Proportions of different macrobenthic groups in densities in coral reefs of Sanya in Nov. 2011

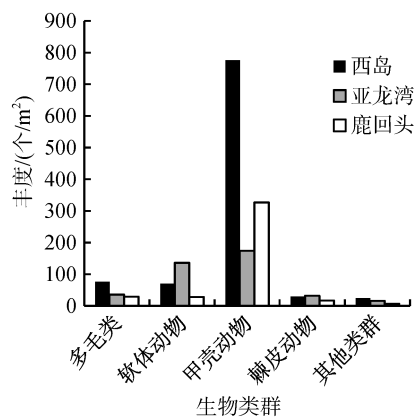


图 4 2011 年 11 月份调查区 3 个采样地点中各生物类群的丰度(个/m²)

Fig.4 Comparison of different macrobenthic groups in Densities of three sampling stations of Sanya in Nov. 2011(ind/m²)

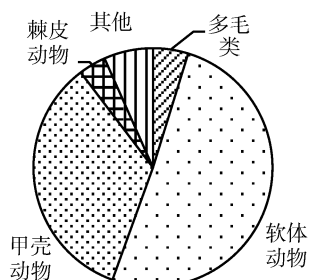


图 5 2011 年 11 月份调查区底栖生物的生物量组成

Fig.5 Proportions of different macrobenthic groups in biomasses in coral reefs of Sanya in Nov. 2011

2.4 优势种

三亚珊瑚礁总调查区底栖生物群落的优势种为

珊瑚铠甲虾、光滑绿蟹、黑指绿蟹、太平鼓虾、异形豆瓷蟹和石蛭一种。西岛、亚龙湾和鹿回头各采样地点的优势种及其优势度见表 3。其中, 在 3 个地点都出现的优势种有太平鼓虾和珊瑚铠甲虾。此外, 光滑绿蟹、三刺毛刺蟹和异形豆瓷蟹在 3 个地点中的两个成为优势种。

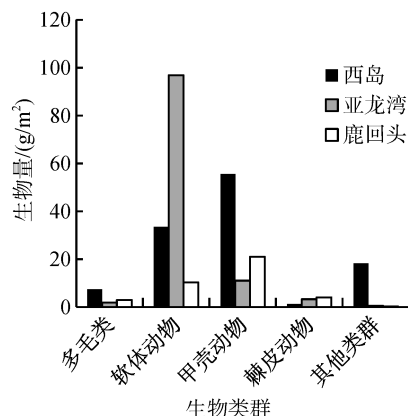


图 6 2011 年 11 月份调查区 3 个采样地点中各生物类群的生物量(g/m²)

Fig.6 Comparison of different macrobenthic groups in biomasses of three sampling stations of Sanya in Nov. 2011(g/m²)

表 3 2011 年 11 月份总调查区及各采样地点底栖生物优势种及其优势度

Tab.3 Dominant species and dominance indexes of maro-benthios in coral reefs of the total area and each sampling station in Sanva of Nov. 2011

底栖生物	优势度			
	总调查区	西岛	鹿回头	亚龙湾
须蚶				0.0254
楯桑葺螺				0.0533
石蛭	0.0251			0.0711
太平鼓虾	0.0396	0.0287	0.0654	0.0279
光滑绿蟹	0.0483	0.1066		0.0660
黑指绿蟹	0.0415		0.1209	
珊瑚铠甲虾	0.1038	0.2131	0.0261	0.0203
雕刻厚螯瓷蟹		0.0205		
黑毛毛壳蟹			0.1242	
刺毛壳蟹				0.0254
粗糙毛壳蟹				0.0406
三刺毛刺蟹		0.0389	0.0349	
异形豆瓷蟹	0.0360	0.0266	0.0741	
瘤掌合鼓虾		0.0574		
辐蛇尾			0.0218	
细大刺蛇尾				0.0355
珠须矾沙蚕		0.0205		
粗糙双指鳞虫			0.0261	
襟松虫		0.0348		

2.5 物种多样性指数

亚龙湾的底栖生物多样性指数(Shannon-Wiener 指数), 丰富度指数和均匀度指数均高于其他两个采样地点, 鹿回头底栖生物除均匀度指数高于西岛外, 多样性指数和丰富度指数在 3 个地点中均处于最低(表 4)。

表 4 2011 年 11 月份调查区及各采样地点生物多样性指标
Tab.4 Species richness, pielow evenness and Shannon-Wiener of the macrobenthic communities of total area and each sampling station of Sanya in Nov. 2011

调查站次	丰富度指数	均匀度指数	多样性指数
西岛	9.7725	0.8132	3.2525
鹿回头	5.3740	0.8209	2.6323
亚龙湾	9.8570	0.9286	3.5025
总调查区	7.9116	0.8494	3.0581

2.6 丰度/生物量比较曲线(ABC 曲线)

根据 3 个采样地点的 ABC 曲线(图 7)可以看出, 亚龙湾的生物量优势度曲线远高于丰度优势度曲线, W 值最高达 0.372, 表明受外界扰动的程度很低。鹿回头生物量优势度曲线也高于丰度优势度曲线, 但相隔较近, W 值为 0.094, 说明生态群落受到扰动的程度也比较低, 但高于亚龙湾。西岛 W 值最低, 为 0.083, 由于生物量优势度曲线的起始几个点明显较低(即优势不明显), 且位于丰度优势度曲线下方, 说明受到一定程度的扰动。

3 讨论

三亚珊瑚礁区大型底栖生物物种组成中, 甲壳生物为绝对的优势类群, 其种数占总种数的 53%。这与甲壳生物的栖息习性密切相关。珊瑚礁质硬多孔, 非常适合活动能力强、营洞穴生活的甲壳动物作为庇护所和繁殖场所。软体动物和多毛类动物多数为固着生活或泥沙钻洞生活, 因此在珊瑚礁环境中种类并不多。从调查区的优势种中也可以看出来, 总调查区 6 个优势种中 5 个为甲壳生物, 其中的珊瑚铠甲虾占明显的优势地位。同样, 生物丰度的构成中, 甲壳生物也占绝对优势, 占总丰度的 72.65%。而生物量中软体生物占优势地位, 这是由于软体动物虽然数量不多, 但个体较大。

本次调查采集到礁区底栖动物 166 种, 平均栖息丰度为 566.29 个/m², 平均生物量为 82.146 g/m²。卢伙胜等^[11]研究了广东徐闻珊瑚礁自然保护区 8 月

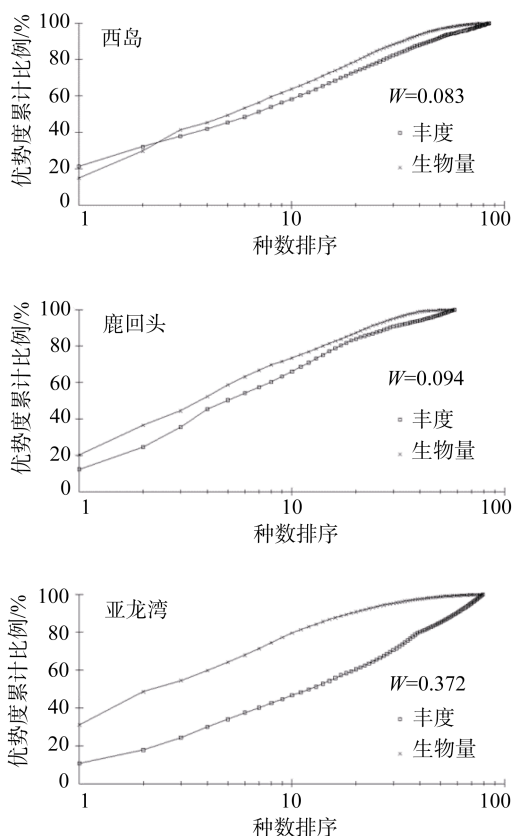


图 7 2011 年 11 月份三亚珊瑚礁区 3 个采样地点大型底栖生物丰度/生物量比较曲线

Fig.7 Abundance-biomass comparison curves of macrobenthic community in coral reefs of three sampling station of Sanya in Nov. 2011

份的底栖无脊椎动物群落, 采集到 115 种礁栖生物。李新正等^[10]研究了南沙群岛渚碧礁的珊瑚礁底栖生态群落, 在 5 月份的采集中 5 个取样点发现了大型底栖动物总种数 314 种, 平均栖息密度为 357.94 个/m², 平均生物量为 64.85 g/m²。王丽荣等^[12]调查了夏季(6 月、9 月)徐闻的珊瑚礁底栖生物群落, 从 10 个站位采集到底栖生物 101 种, 平均丰度和生物量为 692.37 个/m², 1043.37 g/m²。以上调查和本次调查结果也显示各区域群落物种构成差别也挺大, 至少优势种构成变化较大。由于调查季节不同、采样方式和采样强度的不同也会造成物种数目、密度和生物量的差别。

珊瑚礁区底栖生物在珊瑚礁生态系统健康评价体系体系中扮演重要的角色。珊瑚礁区底栖生物通过参与各项生态过程而形成各种特定的功能群, 共同完成重要的生态功能, 其生物多样性对维持和促进生态功能的发挥有重要作用^[6-7]。一些礁栖生物还被选为环境评价和污染监测的指示种。礁内底栖生物的功能类群构成比例也可以作为一个指标来反映珊瑚

礁生态系统的健康程度。在多次调查的基础上,作者发现活珊瑚礁石中滤食性或碎屑食性甲壳动物出现频率很高,而死珊瑚礁石中多毛类生物和软体生物比例更高。这可能是因为死珊瑚礁石中,沉积物比较多,更适合营泥沙环境生活的多毛类和软体动物以及一些运动能力强的捕食性甲壳动物繁衍;另一方面,死珊瑚礁石一般岁月较长,礁体内部积累的石蛭类软体动物数量非常多。相比之下,活珊瑚由于其不断生长以及自身净化的原因,沉积物很少或没有,空隙发育较好,内部的微环境比较洁净,适合滤食性及有机碎屑食性的甲壳动物生存,例如一些瓷蟹和梯形蟹等都是常见的与活珊瑚共生物种。不同地区的珊瑚礁以及不同种类的活珊瑚礁内底栖生物物种构成不同,其具有指示作用的功能类群组成可能会有差别。

3个采样地点中,西岛的物种数目、生物丰度和生物量都高于其他两个采样地点。但丰富度指数、均匀度指数和多样性指数都小于亚龙湾各指数。原因是西岛出现了优势度非常明显的两种生物珊瑚铠甲虾和光滑绿蟹,优势度分别达到0.2和0.1。而亚龙湾物种的丰度分布、空间分布更均匀一些。鹿回头生物丰富度指数、均匀度指数和多样性指数都小于其他两个采样地点。虽然由于采样范围和强度的局限性,样品不能完全代表采样地点的所有物种总数,但分析结果可以反映珊瑚礁生态群落受到环境影响的程度。鹿回头紧靠三亚河出海口,附近有三亚港,近期还兴建了沃尔沃环球帆船赛码头,受陆源污染物和人类生产活动的影响最大;西岛直面三亚河冲淡水,与河口的海面直线距离为14 km,多少也受到一些影响。亚龙湾虽然也靠近陆地,但附近没有大的河口,对岸底质为粗沙,陆上主要为海滨休闲区,没有密集的生活区,受到陆源污染物影响最少,因此,亚龙湾的生物多样性各指标要优于其他两个采样地点。与本研究同时进行的水化学分析也证实了亚龙湾的水质(包括营养盐、悬浮物等指标)要优于三亚湾。通过丰度/生物量比较曲线可以看出,亚龙湾的ABC曲线W值为0.372,显著高于西岛的0.083和鹿回头的0.094,表明亚龙湾珊瑚礁生态环境受到的人为扰动非常小。综合比较来看,如果在三亚近岸选择珊瑚礁修复的实验区,亚龙湾海区应当

是比较理想的选择地点。

参考文献:

- [1] 梁文,黎广钊,张春华,等. 20年来涠洲岛珊瑚礁物种多样性演变特征研究[J]. 海洋科学, 2010, 34(12): 78-87.
- [2] 施祺,赵美霞,张乔民,等. 海南三亚鹿回头造礁石珊瑚生长变化与人类活动的影响[J]. 生态学报, 2007, 27(8): 3316-3323.
- [3] 施祺,赵美霞,黄玲英,等. 三亚鹿回头岸礁区人类活动及其对珊瑚礁的影响[J]. 热带地理, 2010, 30(5): 486-490.
- [4] 刘金祥. 徐闻珊瑚礁的现状与保护性开发[J]. 湛江师范学院学报, 2006, 27(3): 60-61.
- [5] 廖宝林,刘丽,刘楚吾. 徐闻珊瑚礁的研究现状与前景展望[J]. 广东海洋大学学报, 2011, 31(4): 91-96.
- [6] Moberg F, Folke C. Ecological goods and services of coral reef ecosystems[J]. Ecological Economics, 1999, 29: 215-233.
- [7] 赵美霞,余克服,张乔民. 珊瑚礁区的生物多样性及其生态功能[J]. 生态学报, 2006, 26(1): 186-194.
- [8] Vazquez D E. Diversity and distribution of crustaceans and echinoderms and their relation with sedimentation levels in coral reefs[J]. Revista de Biología Tropical, 2003, 51(1): 183-194.
- [9] Langmead C S. Coral reef community dynamics and disturbance: a simulation model[J]. Ecological Modeling, 2004, 175: 271-290.
- [10] 李新正,李宝泉,王洪法,等. 南沙群岛清碧礁大型底栖动物群落特征[J]. 动物学报, 2007, 53(1): 83-94.
- [11] 卢伙胜,何秀玲,宣立强,等. 徐闻珊瑚礁礁栖无脊椎动物分布[J]. 湛江海洋大学学报, 2004, 24(6): 24-27.
- [12] 王丽荣,陈锐球,赵焕庭. 徐闻珊瑚礁自然保护区礁栖生物初步研究[J]. 海洋科学, 2008, 32(2): 56-62.
- [13] Anderson M J, Gorley R N, Clarke K R. PERMANOVA+ for PRIMER: Guide to statistical methods[M]. UK, Plymouth: PRIMER-E. 2008: 214.

Macrobenthic community characters of coral reef at Sanya, Hainan

DONG Dong, LI Xin-zheng, WANG Hong-fa, ZHANG Bao-lin, KOU Qi, GAN Zhi-bin, XU Peng

(Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China)

Received: Dec., 9, 2013

Key words: Sanya; coral reefs; macrobenthos; community; biodiversity

Abstract: The macrobenthic community in the coral reef zone of three stations, Xidao Reserve, Luhuitou Reserve and Yalong Bay Reserve (Sanya, Hainan Island) were investigated in November 2011 to understand the community characters and potential anthropogenic impacts on this community. Up to 166 macrobenthic species were identified in this coral reef zone, of which the most dominant group was the Crustacean. The principal dominant species was *Galathea coralliophilus*. The average density and biomass were 566.29 ind/m² and 82.146 g/m² respectively. The values of the three biodiversity indices (Shannon-Wiener (H'), Species Richness (D) and Pielou evenness (J)) in Yalong Bay were higher than those of other two sampling stations. Abundance-biomass comparison curves showed that the community of Yalong Bay is the most stable one.

(本文编辑: 谭雪静)