•研究报告•

海南岛西海岸红树林软体动物多样性

马 维¹ 王 瑁^{1*} 王文卿¹ 刘 毅² 罗柳青¹ 唐朝艺¹

1 (厦门大学环境与生态学院, 福建厦门 361102)

2 (莆田绿萌滨海湿地研究中心, 福建莆田 351100)

摘要: 为了掌握海南岛西海岸红树林软体动物多样性状况, 本文于2015–2016年对海南岛西海岸6个主要红树林分布区软体动物的种类组成、物种多样性和群落结构的时空变化进行了研究。共采集到软体动物57科201种, 主要优势种有珠带拟蟹守螺(*Cerithidea cingulata*)、排拟沼螺(*Assiminea latericea*)、圆胖樱蛤(*Pinguitellina cycladiformis*)和斜肋齿蜷(*Sermyla riqueti*)等。年平均密度与平均生物量分别为324.13 ind./m²和142.88 g/m², 物种数、密度和生物量均高于北部湾沿岸的其他红树林。海南岛西海岸各红树林软体动物的密度和生物量均未呈现明显的季节变化, 软体动物密度存在空间上的显著差异。聚类分析结果显示, 在盐度、土壤结构和红树林群落存在差异的不同红树林, 软体动物种类组成相似度低。多因子AZTI海洋生物指数(M-AMBI)结果表明海南岛西海岸红树林软体动物群落未受明显扰动, 生态环境质量介于一般和优良之间, 但仍受到人类活动与外来植物入侵威胁, 因其在候鸟迁徙中的重要作用, 亟需加强管理与保护。

关键词: 红树林; 软体动物; 海南岛西海岸; 生物多样性; 北部湾

Biodiversity of mangrove mollusks in the west coast of Hainan Island, China

Wei Ma¹, Mao Wang^{1*}, Wenqing Wang¹, Yi Liu², Liuqing Luo¹, Chaoyi Tang¹

1 College of the Environment & Ecology, Xiamen University, Xiamen, Fujian 361102

2 Putian Green Sprout Coastal Wetlands Research Center, Putian, Fujian 351100

Abstract: We aimed to understand the mollusk community in the mangrove wetlands of the west coast of Hainan Island. To do so, we explored the temporal and spatial variation in species composition, diversity and community structure of mollusks in six mangrove wetlands from 2015 to 2016. We identified a total of 201 mollusk species belonging to 57 families. The dominant species included *Cerithidea cingulata*, *Assiminea latericea*, *Pinguitellina cycladiformis*, and *Sermyla riqueti*. The average density and biomass of mollusks were 324.13 ind./m² and 142.88 g/m², respectively. Observed density, biomass and species richness at west coast of Hainan Island were higher than values recorded in other mangrove wetlands located in the coast of Beibu Gulf. While species richness, density or biomass of mollusks did not vary seasonally, mollusk densities varied spatially in our study. Cluster analysis showed that mangrove wetlands differing in salinity, soil texture and mangrove communities had very dissimilar mollusk communities. The multivariate-AZTI marine biotic index (M-AMBI) value suggested that the mollusk communities of mangrove wetlands located in the west coast of Hainan Island were undisturbed. Although the benthic community was reasonably healthy, they were nevertheless negatively impacted by human activities and invasion of exotic plants. Given that mollusks are important for various bird species that migrate to Hainan Island, we recommend measures such as pollution control and *in situ* conservation to help preserve the biodiversity of mangrove mollusks in the west coast of Hainan Island.

Key words: mangrove; mollusk; west coast of Hainan Island; biodiversity; Beibu Gulf

红树林是生长在热带与亚热带海湾、河口潮间带滩涂上特有的木本植物群落,处于陆地与海洋的过渡区域(林鹏, 1997)。它通过输出大量凋落物和植物群落自身的屏蔽作用,为鸟类和底栖动物提供稳定的繁殖发育场所,有重要的生态与经济价值(Barbier et al, 2011)。软体动物作为红树林生态系统重要的组成部分,通过摄食沉积物和植物组织促进养分循环(Kristensen et al, 2008),并作为食物网的一环,成为包括鸟类在内的脊椎动物捕食者主要的食物来源(Zou et al, 2008),是红树林生态系统中物质循环和能量流动重要的消费者与转移者。包括软体动物在内的底栖生物对环境变化十分敏感(王瑁等, 2013),是海洋沉积环境生物监测中灵敏的指示生物(蔡立哲, 2015),可以反映红树林的环境特点并指示生态环境质量。

海南岛西海岸位于北部湾东侧,与广西和广东雷州半岛环抱北部湾。东方市的四必湾、儋州市的儋州湾、临高县的新盈湾和马袅湾、澄迈县的花场湾等地分布有942.69 ha的红树林,约占海南岛4,736.05 ha红树林面积的20% (但新球等, 2016)。与东海岸相比,海南岛西海岸红树林的植物种类组成较简单,但其生态功能不容忽视,根据海南观鸟会的记录,新盈湾和四必湾红树林湿地是勺嘴鹬(*Calidris pygmaea*)和黑脸琵鹭(*Platalea minor*)等多种濒危候鸟重要的补给站和越冬地(Yu et al, 2018)。目前对海南岛西海岸红树林的基本情况了解甚少,红树林的保护、管理和开发缺乏最基本的科学依据(王文卿和王瑁, 2007)。北部湾沿岸广西和广东雷州半岛红树林软体动物生物多样性已经有了较详细的资料(赖廷和与何斌源, 1998; 韩维栋等, 2003; 唐以杰和余世孝, 2007),而对海南岛西海岸红树林软体动物的研究较少,仅是在部分地点进行了零星的调查(张光星等, 2016)。2017年国务院批复同意建设北部湾城市群,目标是统筹自然岸线利用与海陆生态资源环境保护,确立起蓝色海湾生态格局。海南岛西海岸作为北部湾重要的组成部分,对红树林生物多样性及其生态本底的调研,将为我国北部湾城市群开发战略提供科学依据。

本文选取海南岛西海岸6个主要的红树林分布区:东方市四必湾、儋州市儋州湾、儋州市峨蔓镇盐丁、临高县新盈湾、临高县马袅湾和澄迈县花场湾为调查对象,这6个地点的红树林面积占海南岛

西海岸红树林总面积的90%以上。选取代表性断面,采用样方法结合定性调查,比较不同地点旱、雨季间软体动物群落结构差异,讨论红树林软体动物时空分布与红树植物群落组成以及环境因子的关系,并与北部湾其他区域进行对比,从软体动物角度整体评估环北部湾区域海岸带生态现状。

1 材料与方法

1.1 研究区域与取样方法

2015年8月(雨季)和2016年1月(旱季),对海南岛西海岸6个主要红树林分布区的软体动物多样性进行调查(图1)。各调查地点主要红树林群落、土壤粒径及间隙水盐度见表1。根据植物群落类型、大型地貌和人为干扰情况,分别在四必湾(S1、S2)与花场湾(S15、S16)各设置2条断面,儋州湾(S3、S4、S5)、盐丁(S6、S7、S8)、新盈湾(S9、S10、S11)和马袅湾(S12、S13、S14)各设置3条断面,共16条断面。在每个断面设置红树林林内和林外光滩2个采样站点,每个站点用25 cm × 25 cm的定量框随机取5个样方(样方间距10 m以上),收集表面的软体动物,挖至30 cm深,使用1 mm孔径的筛网分选出泥样中的软体动物。在每个断面的林内站点,设置3个3 m × 3 m的样方,收集所有的树栖软体动物。与此同时,对调查区域树上、底表及底内生活的所有软体动物进行定性调查。所收集软体动物样品的处

图1 海南岛西海岸调查地点分布图

Fig. 1 Survey area in the west coast of Hainan Island

表1 海南岛西海岸红树林群落及环境特征
Table 1 Mangrove communities and environmental factors of research sites in the west coast of Hainan Island

调查地点 Research sites	主要红树林群落 Main mangrove community	土壤质地 Soil texture	间隙水盐度 Salinity of interstitial water (‰)
东方市四必湾 Sibi Bay, Dongfang City	白骨壤群落 <i>Avicennia marina</i> community	粉砂质壤土 Silty loam	31.0
儋州市儋州湾 Danzhou Bay, Danzhou City	红海榄群落 <i>Rhizophora stylosa</i> community	砂质壤土 Sandy loam	21.0
	白骨壤群落 <i>Avicennia marina</i> community		
儋州市盐丁 Yanding, Danzhou City	红海榄群落 <i>Rhizophora stylosa</i> community	粉砂质粘壤土 Silty clay loam	27.4
临高县新盈湾 Xinying Bay, Lingao County	红海榄群落 <i>Rhizophora stylosa</i> community	砂质壤土 Sandy loam	25.5
	白骨壤群落 <i>Avicennia marina</i> community		
临高县马袅湾 Maniao Bay, Lingao County	桐花树群落 <i>Aegiceras corniculatum</i> community	壤土 Loam	13.2
澄迈县花场湾 Huachang Bay, Chengmai County	红海榄群落 <i>Rhizophora stylosa</i> community	砂质壤土 Sandy loam	15.7
	桐花树群落 <i>Aegiceras corniculatum</i> community		
	白骨壤群落 <i>Avicennia marina</i> community		

理、鉴定、计数和称量均按《海洋调查规范 第6部分: 海洋生物调查指南》(GB/T 12763.6-2007)进行。

1.2 数据处理与分析

软体动物优势度与多样性指数采用如下指标进行计算:

优势度指数(徐兆礼和陈亚瞿, 1989):

$$Y = P_i \times f_i \tag{1}$$

Margalef物种丰富度指数(Margalef, 1968):

$$d = (S - 1) / \log_2 N \tag{2}$$

Shannon-Wiener多样性指数(Shannon & Weaver, 1949):

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i \tag{3}$$

Pielou均匀度指数(Pielou, 1975):

$$J = H' / \log_2 S \tag{4}$$

式中, P_i 是物种*i*的个体数与总个体数的比值; f_i 为物种*i*在各站位出现的频率; S 为样方内的总物种数; N 为样方内所有物种的总个体数。当 $Y \geq 0.02$ 时, 该种确定为优势种(徐兆礼和陈亚瞿, 1989)。

使用SPSS 18.0进行双因素方差分析, 比较软体动物密度、生物量、多样性指数、AZTI海洋生物指数(AMBI)以及多因子AZTI海洋生物指数(M-AMBI)在不同地点和季节间的差异。软体动物群落种类组成分析基于物种密度, 使用PRIMER 5.0将密度数据经四次方根转换、标准化处理后计算断面间的Bray-Curtis相似性系数, 并以组平均法进行等级聚类。

使用AMBI 5.0计算AMBI和M-AMBI值, 软体动物的生态分组(ecological group, EG)根据软件自带的分组表进行, 分组表中未包含的物种则划入表中存在的上级分类单元, 其中, 对扰动敏感的物种分入EG I, 对扰动不敏感的物种分入EG II, 对扰动有耐受力的物种分入EG III, EG IV为第二机会种, EG V为第一机会种。生态质量分级标准参考蔡立哲等(2011)分为高等(high)、优良(good)、一般(moderate)、较差(poor)、恶劣(bad), 其中M-AMBI值分别为 > 0.82、0.62–0.82、0.41–0.62、0.20–0.40、< 0.20; AMBI值分别为 < 1.2、1.2–3.3、3.3–5.0、5.0–6.0、Azoic(无生命), 对应的扰动等级分别为无扰动、轻度扰动、中度干扰、重度扰动和极端扰动(Pinto et al, 2009)。

2 结果

2.1 物种组成与优势种

在海南岛西海岸红树林共采集到软体动物2纲13目57科201种(附录1), 其中双壳纲7目30科114种, 占总种类数的56.7%, 腹足纲6目27科87种, 占43.3%。帘蛤科的种类最多, 共30种, 其次是耳螺科, 共13种。绝大部分软体动物为典型的海水型种类和河口型种类, 此外还有少量的陆生型种类和淡水型种类。陆生型种类有扁蜗牛(*Bradybaena similaris*)、褐云玛瑙螺(*Achatina fulica*)和部分耳螺科种类, 淡水型种类有大瓶螺(*Pomacea canaliculata*)、斜肋齿蜷(*Sermyla riqueti*)、瘤拟黑螺(*Melanoides tuberculata*)

和河蚬(*Corbicula fluminea*)等。褐云玛瑙螺和大瓶螺被列入中国外来入侵物种第一批名单, 萨氏仿贻贝(*Mytilopsis sallei*)也是已经确认的入侵种。

6个调查地点中, 四必湾的种类数最多(131种), 马袅湾、盐丁和花场湾的较少, 分别为46、58和61种, 儋州湾有98种, 新盈湾有85种。雨季记录13目51科183种, 多于旱季的13目55科137种, 不同地点旱、雨季软体动物种类数见图2。

海南岛西海岸红树林软体动物的优势种在不同地点间存在明显差异(表2)。总体来看优势种以蜆螺科、拟沼螺科、蚬科、汇螺科和黑螺科的种类居多, 四必湾和儋州湾的林外光滩分布有较多的珠带

图2 海南岛西海岸红树林软体动物的物种数

Fig. 2 Species number of mangrove mollusk in the west coast of Hainan Island

表2 海南岛西海岸红树林软体动物优势种指数值(优势种为加粗斜体数字对应的种类)

Table 2 Values of dominance index of mangrove mollusks in the west coast of Hainan Island. Dominant species were marked with bold italic.

种类 Species	四必湾 Sibi Bay		儋州湾 Danzhou Bay		盐丁 Yanding		新盈湾 Xinying Bay		马袅湾 Maniao Bay		花场湾 Huachang Bay	
	雨季 Rainy season	旱季 Dry season	雨季 Rainy season	旱季 Dry season	雨季 Rainy season	旱季 Dry season	雨季 Rainy season	旱季 Dry season	雨季 Rainy season	旱季 Dry season	雨季 Rainy season	旱季 Dry season
团聚牡蛎 <i>Saccostrea glomerata</i>	0.006	0.000	—	0.002	0.114	0.002	0.005	0.003	—	—	0.000	0.001
斯氏印澳蛤 <i>Indoaustriella scarlatoi</i>	—	—	0.005	0.007	—	—	—	—	—	—	0.040	0.032
台湾朽叶蛤 <i>Coecella formaosae</i>	—	—	—	—	—	0.063	—	—	—	—	—	—
圆胖樱蛤 <i>Pinguitellina cycladiformis</i>	—	—	—	—	—	0.003	0.842	0.714	—	—	—	0.000
拟箱美丽蛤 <i>Merisca capsoides</i>	—	—	—	—	0.050	0.003	0.061	0.001	—	—	—	—
花蚬 <i>Cyrenodonax formosana</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	0.347	0.056	0.003	—
红树蚬 <i>Geloina coxans</i>	—	—	—	0.048	—	—	0.001	0.001	0.001	0.007	0.050	0.020
豆彩螺 <i>Clithon faba</i>	—	—	—	—	—	0.333	—	—	—	0.006	0.001	—
奥莱彩螺 <i>Clithon oualaniensis</i>	0.045	0.012	0.010	—	—	0.003	—	—	0.009	—	—	—
斜肋齿蟴 <i>Sermyla riqueti</i>	—	—	0.111	0.001	—	—	—	—	0.267	0.713	0.455	0.349
短拟沼螺 <i>Assimineae brevicula</i>	0.058	0.014	0.065	—	—	—	—	0.014	0.000	0.002	0.003	0.011
绯拟沼螺 <i>Assimineae latericea</i>	—	0.005	0.161	0.070	—	—	0.001	0.167	0.000	0.052	0.001	0.009
古氏滩栖螺 <i>Batillaria cumingii</i>	—	—	—	0.024	—	—	—	—	—	—	—	—
珠带拟蟹守螺 <i>Cerithidea cingulata</i>	0.480	0.320	0.066	0.215	—	0.005	0.003	—	—	—	0.277	0.113
尖锥拟蟹守螺 <i>Cerithidea largillierii</i>	0.025	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
小翼拟蟹守螺 <i>Cerithidea microptera</i>	0.003	0.098	0.017	—	—	0.008	—	—	—	—	—	—
桑切氏两栖螺 <i>Salinator sanchezi</i>	0.027	0.030	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

— 未出现 Not present.

拟蟹守螺(*Cerithidea cingulata*), 林内则主要是拟沼螺科的短拟沼螺(*Assiminea brevicula*)和绯拟沼螺(*A. latericea*); 新盈湾采集到大量的圆胖樱蛤(*Pinguicula cycladiformis*), 成群地分布在林外光滩; 斜肋齿蜷是马袅湾和花场湾的第一优势种, 马袅湾还分布有大量的花蚬(*Cyrenodonax formosana*), 是雨季的第一优势种; 盐丁由于在雨季采集到的个体数较少, 导致旱、雨季调查的优势种组成存在较大差异, 除盐丁外其他地点优势种组成季节差异不明显(表2)。

2.2 密度和生物量

海南岛西海岸红树林软体动物的年平均密度和平均生物量分别为324.13 ind./m²和142.88 g/m²。双因素方差分析结果显示, 软体动物年平均密度在不同地点间存在极显著差异($P < 0.001$), 马袅湾的年平均密度显著高于儋州湾、新盈湾和盐丁。软体动物年平均生物量在不同地点之间差异不显著($P =$

0.111)。从季节上看, 软体动物年平均密度($P = 0.780$)和生物量($P = 0.960$)旱、雨季间均不存在显著性差异, 同一地点软体动物的密度和生物量在旱、雨季间波动变化不大(图3)。地点与季节间不存在明显的交互作用(表3)。

2.3 种类多样性

海南岛西海岸红树林软体动物多样性指数见图4, 地点的丰富度指数(d)变化范围为0.578–2.706, 均匀度指数(J)的变化范围为0.261–0.639, 多样性指数(H')的变化范围为1.013–3.038。地点间比较可看出, 儋州湾物种丰富度指数(d)与多样性指数(H')最高, 均匀度指数(J)也处在较高水平, 其软体动物种类多样性指数最高, 四必湾和花场湾次之, 新盈湾和马袅湾软体动物种类多样性较低, 盐丁雨季的软体动物种类多样性最低。

基于站位多样性指数进行双因素方差分析, 物

图3 海南岛西海岸红树林软体动物的密度和生物量
Fig. 3 Density and biomass of mangrove mollusk in the west coast of Hainan Island

表3 海南岛西海岸红树林软体动物群落参数的双因素方差校验分析结果
Table 3 Results of two-way ANOVA on mangrove mollusk community parameters in the west coast of Hainan Island

参数 Parameters	地点 Site		季节 Season		地点 × 季节 Site × Season	
	F	P	F	P	F	P
平均密度 Average density	5.085	0.000***	0.079	0.780	0.743	0.595
平均生物量 Average biomass	1.898	0.111	0.003	0.960	0.442	0.817
Margalef丰富度指数 Margalef species richness index (<i>d</i>)	2.068	0.087	1.923	0.172	0.417	0.835
Shannon-Wiener多样性指数 Shannon-Wiener diversity index (<i>H'</i>)	5.878	0.000***	8.001	0.007**	3.276	0.012*
Pielou均匀度指数 Pielou evenness index (<i>J</i>)	2.065	0.087	11.175	0.002**	3.148	0.016*
AZTI海洋生物指数 AZTI marine biotic index (AMBI)	2.844	0.024*	0.859	0.358	3.996	0.004*
多因子AZTI海洋生物指数 Multivariate-AZTI marine biotic index (M-AMBI)	10.962	0.000***	7.369	0.009**	5.251	0.000***

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$.

图4 海南岛西海岸红树林软体动物群落多样性指数
Fig. 4 Diversity indices for mangrove mollusk communities in the west coast of Hainan Island

种丰富度指数(d)在地点与季节间差异均不显著。多样性指数(H')在四必湾、花场湾和儋州湾显著大于马袅湾、新盈湾和盐丁,旱季显著大于雨季。均匀

度指数(J)盐丁显著高于其他地点,四必湾均匀度也较高,旱季显著大于雨季。

2.4 聚类分析

聚类结果表明(图5),海南岛西海岸不同红树林软体动物相似度较低。在相似性系数61–65间作等级线I,可看出相同地点的样品以较高的相似水平分为旱、雨季两群,划分结果表明群组与季节和地点密切相关;在相似性系数47–50间作等级线II,不同断面的样品分地点划归成群,地点间差异大于季节差异;在相似性系数8–10间作等级线III,盐丁断面样品单独成群,受土壤粒径小的影响,软体动物种类少,与其他地点相似性较低。

2.5 AZTI海洋生物指数(AMBI)和多因子AZTI海洋生物指数(M-AMBI)

定量调查采集到的77种软体动物中,只有10种(12.99%)可以直接登录到AMBI列表中,经过重新分组,把分组表中未包含的物种划入存在的上级分类单元,共56种(72.73%)被分入了相应的生态组别,未能分组的物种主要包括红树林特有种,以及一些中国的地方种。从未分组物种占总体密度的比例来看,除马袅湾的雨季(70.1%)外,其余地点均小于20% (0–19%),可以使用AMBI和M-AMBI指数进行分析。

AMBI评价结果显示(表4),盐丁与儋州湾AMBI值较高,说明这两个地点所受扰动较其他地点更大。AMBI值在季节间差异不显著。

M-AMBI生态环境状况评价结果显示(表4),盐丁的软体动物生态环境质量显著低于其他地点,新盈湾和马袅湾的软体动物生态环境质量也较低,旱季显著高于雨季。

图5 海南岛西海岸红树林软体动物的群落聚类图(S1–S16: 断面; R: 雨季; D: 旱季)
Fig. 5 Cluster dendrogram for mangrove mollusk communities in the west coast of Hainan Island. S1–S16, Transects; R, Rainy season; D, Dry season.

表4 海南岛西海岸红树林软体动物的AZTI海洋生物指数(AMBI)和多因子AZTI海洋生物指数(M-AMBI)
Table 4 Results of AMBI and M-AMBI for each sites in the west coast of Hainan Island

站位 Sites	生态分组I EG I (%)	生态分组II EG II (%)	生态分组III EG III (%)	生态分组IV EG IV (%)	生态分组V EG V (%)	未分配率 Not assigned (%)	Mean AMBI	扰动等级 Disturbance classification	M-AMBI	状态 Status
雨季 Rainy season										
四必湾 Sibi Bay	83.0	16.7	0.0	0.3	0.0	6.8	0.296	无干扰 Undisturbed	0.708	优良 Good
儋州湾 Danzhou Bay	57.8	42.0	0.0	0.2	0.0	2.3	0.719	无干扰 Undisturbed	0.697	优良 Good
盐丁 Yanding	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.500	中度干扰 Moderately disturbed	0.134	恶劣 Bad
新盈湾 Xinying Bay	98.5	0.8	0.7	0.0	0.0	0.5	0.045	无干扰 Undisturbed	0.532	一般 Moderate
马袅湾 Maniao Bay	97.4	0.8	0.0	1.8	0.0	70.1	0.136	无干扰 Undisturbed	0.514	一般 Moderate
花场湾 Huachang Bay	97.0	2.0	0.0	1.0	0.0	7.3	0.092	无干扰 Undisturbed	0.639	优良 Good
旱季 Dry season										
四必湾 Sibi Bay	86.4	13.6	0.0	0.0	0.0	15.7	0.348	无干扰 Undisturbed	0.679	优良 Good
儋州湾 Danzhou Bay	69.3	29.0	0.0	1.7	0.0	18.8	0.899	无干扰 Undisturbed	0.616	一般 Moderate
盐丁 Yanding	90.4	9.6	0.0	0.0	0.0	19.0	0.223	无干扰 Undisturbed	0.557	一般 Moderate
新盈湾 Xinying Bay	76.9	22.6	0.5	0.0	0.0	0.8	0.528	无干扰 Undisturbed	0.550	一般 Moderate
马袅湾 Maniao Bay	85.9	9.7	0.0	4.3	0.0	13.8	0.507	无干扰 Undisturbed	0.601	一般 Moderate
花场湾 Huachang Bay	90.2	7.0	0.0	2.8	0.0	4.3	0.501	无干扰 Undisturbed	0.775	优良 Good

3 讨论

3.1 海南岛西海岸红树林软体动物种类分布

海南岛西海岸红树林共采集到软体动物2纲13目57科201种, 种类数比张光星等(2016)调查的结果有明显增加。优势种以蛭螺科、拟沼螺科、蚬科、汇螺科和黑螺科的种类居多, 有些种类为不同红树林的共有优势种, 如奥莱彩螺(*Clithon oualanien-sis*)、珠带拟蟹守螺和短拟沼螺等。海南岛西海岸红树林软体动物优势种在不同地点有明显不同。马袅湾和花场湾因为有河流的淡水输入, 使花蚬和斜肋齿蜷这类能适应较低盐度的淡水型软体动物成为第一优势种。樱蛤科的圆胖樱蛤在新盈湾的光滩占绝对优势, 与张光星等(2016)对新盈彩桥红树林的调查一致。新盈湾红树林内人类的贝类采捕活动频繁, 青蛤(*Cyclina sinensis*)、文蛤(*Meretrix meretrix*)和菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippinarum*)等经济贝类是渔民主要的采捕对象, 而圆胖樱蛤经济价值不高,

少有采捕。另一方面, 圆胖樱蛤生长周期短、个体小、繁殖快, 长而灵巧的入水管能在沉积物的表面摄取并吸入有机碎屑, 适应有机碎屑沉积较多的红树林湿地, 能迅速占据因人类采捕造成的生态位空缺, 成为第一优势种。

3.2 海南岛西海岸红树林软体动物群落结构特征

海南岛西海岸红树林软体动物的密度和生物量在旱、雨季间的差异均不显著, 聚类分析的结果也表明相同地点不同季节的软体动物群落种类组成变化不大。陈光程等(2013)认为, 软体动物群落分布存在的季节变化主要与环境因子的季节差异以及软体动物自身的生活史有关。软体动物中很多种类在发育完成时, 活动能力较弱, 只能栖息在固定场所或活动范围有限(刘录三和李新正, 2003)。另一方面, 软体动物主要的繁殖期在温暖的春季(张玺和齐钟彦, 1961)。杨廷宝和沈寿彭(1992)研究发现, 深圳红树林珠带拟蟹守螺的繁殖高峰在5-9月, 9月之后到12月间死亡率很低, 种群数量变化不大。本

次调查在8月和次年1月进行,错开了软体动物主要的繁殖期,这可能是本研究旱、雨季间软体动物群落种类组成变化不大的原因。而不同地点环境因子的不同使海南岛西海岸不同红树林软体动物群落结构存在明显差异。

红树林软体动物的群落结构受到海水盐度的直接影响(Ashton et al, 2003)。张雅芝等(1999)研究发现福建省红树林大型底栖动物的多样性与盐度呈正相关关系。因为不同软体动物对盐度的适应范围不同,狭盐性软体动物无法分布到盐度波动较大的水域,而海洋软体动物以狭盐性变渗透种类为主,因此盐度的降低和变动,通常会伴随着软体动物种类数目的减少(蔡英亚等, 1995)。马袅湾和花场湾淡水流入带来的低盐度使软体动物种类数和多样性较低,主要的优势种为能够适应较低盐度的淡水型软体动物,群落结构与高盐度红树林差异明显。

底质粒径也是影响红树林软体动物群落结构的重要环境因子(韩淑梅等, 2010)。盐丁红树林的红树植物以红海榄(*Rhizophora stylosa*)为主,底质粒径较小,主要为粉砂质粘壤土,软体动物种数少且密度和生物量最低, M-AMBI结果也显示,盐丁的软体动物生态环境质量显著低于其他地点。唐以杰等(2015)认为,红树林底质粒径小会限制土壤的透气性,严重制约红树林内软体动物的生存,降低物种多样性。海南岛西海岸不同红树林底质粒径的差异性,造成了软体动物群落结构的差异性。

3.3 海南岛西海岸红树林软体动物的价值与保护

软体动物作为大型底栖动物的主要类群,是鸕

类、鸕鹚类和鸭类等水鸟主要的食物来源之一(林清贤, 2003)。海南岛西海岸红树林承载着很高的软体动物多样性,其种类、密度和生物量远高于北部湾大陆沿岸红树林(表5)。一方面,海南岛西海岸红树林湿地是勺嘴鹬和黑脸琵鹭等濒危候鸟重要的补给站和越冬地。根据海南观鸟会的记录,自2011年以来,在东方和新盈等地红树林多次发现勺嘴鹬的身影;2017年黑脸琵鹭全球同步普查报告中,海南岛是黑脸琵鹭最南端的主要越冬地,全岛记录到的67只黑脸琵鹭全部分布在西海岸,并且有65只是在红树林湿地被发现(Yu et al, 2018)。另一方面,迁徙鸟类在北部湾其他的越冬地正逐渐丧失。广西沿海红树林湿地也是黑脸琵鹭的越冬地之一,在1995年到2002年间每年可以记录到十只左右的黑脸琵鹭。但近几年因为人类滨海活动的增加,黑脸琵鹭在广西的记录明显减少,2013年至今总共仅记录到3只(孙仁杰, 2017; Yu et al, 2018)。因此,海南岛西海岸作为北部湾的重要组成部分,对迁徙鸟类的重要性愈发突出。

M-AMBI指数表明西海岸红树林软体动物群落目前所受扰动等级较低,生态环境质量介于一般和优良之间。虽然大规模直接破坏红树林的事件已经很少发生,但一些威胁如:鱼塘排污(儋州湾、新盈湾、马袅湾、花场湾)、海鸭养殖(儋州湾、新盈湾)、过度捕捞(新盈湾)、垃圾污染(儋州湾)和鱼藤危害(马袅湾)等值得关注。2015年,我们在儋州湾光滩发现了入侵物种互花米草(*Spartina alterniflora*)。互花米草已经对福建、广东、广西等地的红树林造成严

表5 北部湾不同红树林软体动物种类、密度和生物量的比较

Table 5 Comparison of mangrove mollusk diversity, density and biomass in Beibu Gulf

调查地点 Research sites	种数 Species number	密度 Density (ind./m ²)	生物量 Biomass (g/m ²)	数据来源 Source of data
广西沿海 Guangxi Coast	117	—	—	Lai & He, 1998
广西北仑河口 Beilun Estuary, Guangxi	49	—	—	He et al, 2012
广西防城港 Fangcheng Harbor, Guangxi	125	234	126	Liu, 2013
广西茅尾海 Maowei Sea, Guangxi	27	—	—	Zhuang et al, 2009
广西山口 Shankou, Guangxi	81	—	—	Fan et al, 2005
广东廉江高桥 Gaoqiao, Lianjiang, Guangdong	158	115	46	Liu, 2013
广东雷州半岛 Leizhou Peninsula, Guangdong	110	—	—	Han et al, 2004
海南东寨港 Dongzhai Harbor, Hainan	149	373	192	章慧, 2016 ^①
海南岛西海岸 West coast of Hainan	201	312	149	本文 This study

— 缺乏数据 Lack of data

①章慧 (2016) 海南东寨港红树林生境异质性对软体动物多样性的影响. 硕士学位论文, 厦门大学, 厦门.

重威胁(左平等, 2009)。此外, 四必湾和新盈湾引种的拉关木(*Laguncularia racemosa*)存在快速扩散的现象, 需要引起关注。海南岛西海岸较低的红树植物种类多样性支撑着较高的软体动物多样性, 对于红树林修复时引进外来种造林的必要性有待商榷。

参考文献

- Ashton EC, Macintosh DJ, Hogarth PJ (2003) A baseline study of the diversity and community ecology of crab and molluscan macrofauna in the Sematan mangrove forest, Sarawak, Malaysia. *Journal of Tropical Ecology*, 19, 127–142.
- Barbier EB, Hacker SD, Kennedy C, Koch EW, Stier AC, Siliman BR (2011) The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Monographs*, 81, 169–193.
- Cai LZ, Chen XQ, Wu C, Peng X, Cao J, Fu SJ (2011) Temporal and spatial variation of macrofaunal communities in Shenzhen Bay intertidal zone between 1995 and 2010. *Biodiversity Science*, 19, 702–709. (in Chinese with English abstract) [蔡立哲, 陈昕群, 吴辰, 彭欣, 曹婧, 傅素晶 (2011) 深圳湾潮间带1995–2010年大型底栖动物群落的时空变化. *生物多样性*, 19, 702–709.]
- Cai LZ (2015) *Zoobenthic Ecology in Shenzhen Bay*. Xiamen University Press, Xiamen. (in Chinese) [蔡立哲 (2015) 深圳湾底栖动物生态学. 厦门大学出版社, 厦门.]
- Cai YY, Zhang Y, Wei RF (1995) *Introduction to Malacology*. Shanghai Scientific and Technical Publishers, Shanghai. (in Chinese) [蔡英亚, 张英, 魏若飞 (1995) 贝类学概论. 上海科学技术出版社, 上海.]
- Chen GC, Yu D, Ye Y, Chen B (2013) Impacts of mangrove vegetation on macro-benthic faunal communities. *Acta Ecologica Sinica*, 33, 327–336. (in Chinese with English abstract) [陈光程, 余丹, 叶勇, 陈彬 (2013) 红树林植被对大型底栖动物群落的影响. *生态学报*, 33, 327–336.]
- Dan XQ, Liao BW, Wu ZB, Wu HJ, Bao DM, Dan WY, Liu SH (2016) Resources, conservation status and main threats of mangrove wetlands in China. *Ecology and Environmental Sciences*, 25, 1237–1243. (in Chinese with English abstract) [但新球, 廖宝文, 吴照柏, 吴后建, 鲍达明, 但维宇, 刘世好 (2016) 中国红树林湿地资源、保护现状和主要威胁. *生态环境学报*, 25, 1237–1243.]
- Fan HQ, Chen GH, He BY (2005) *Coastal Wetland and Management of Shankou Mangroves*. China Ocean Press, Beijing. (in Chinese) [范航清, 陈光华, 何斌源 (2005) 山口红树林滨海湿地与管理. 海洋出版社, 北京.]
- Han SM, He P, Huang B, Zhong CR, Wang XJ, Guo H (2010) Comparative study on the diversity of macrobenthos in typical mangrove regions of Dongzhai Harbor, Hainan Island. *Journal of Northwest Forestry University*, 25(1), 123–126. (in Chinese with English abstract) [韩淑梅, 何平, 黄勃, 钟才荣, 王先静, 郭恒 (2010) 东寨港典型红树林区底栖动物多样性特征指数比较研究. *西北林学院学报*, 25(1), 123–126.]
- Han WD, Cai YY, Liu JK, Lao Z, Li ZM, Luo YM (2003) Molluscs of mangrove areas in Leizhou Peninsula, China. *Journal of Zhanjiang Ocean University*, 23(1), 1–7. (in Chinese with English abstract) [韩维栋, 蔡英亚, 刘劲科, 劳赞, 栗志民, 罗远谋 (2003) 雷州半岛红树林海区的软体动物. *湛江海洋大学学报*, 23(1), 1–7.]
- Han WD, Liu JK, Cai YY, Wu XD, Teunisson E, Cai JX (2004) Biodiversity and biomass of molluscs in mangrove areas of Leizhou Peninsula. *Forestry Science and Technology*, 29(1), 17–21. (in Chinese with English abstract) [韩维栋, 刘劲科, 蔡英亚, 吴晓东, Edwin Teunisson, 蔡俊欣 (2004) 雷州半岛红树林区软体动物多样性与生物量研究. *林业科技*, 29(1), 17–21.]
- He XY, Su B, Xu TB, Nong LC, Ye CF, Li XY (2012) Macrobenthic biodiversity in mangrove wetland at the estuary of Beilun River in Guangxi. *Wetland Science and Management*, 8(2), 44–48. (in Chinese with English abstract) [何祥英, 苏搏, 许廷波, 农立成, 叶朝放, 李啸宇 (2012) 广西北仑河口红树林湿地大型底栖动物多样性的初步研究. *湿地科学与管理*, 8(2), 44–48.]
- Kristensen E, Bouillon S, Dittmar T, Marchand C (2008) Organic carbon dynamics in mangrove ecosystems: A review. *Aquatic Botany*, 89, 201–219.
- Lai TH, He BY (1998) Studies on the macrobenthos species diversity for Guangxi mangrove areas. *Guangxi Sciences*, 5, 166–172. (in Chinese with English abstract) [赖廷和, 何斌源 (1998) 广西红树林区大型底栖动物种类多样性研究. *广西科学*, 5, 166–172.]
- Lin P (1997) *Mangrove Ecosystem in China*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [林鹏 (1997) 中国红树林生态系. 科学出版社, 北京.]
- Lin QX (2003) *Bird in Southern Fujian Mangrove Areas and Its Correlation with Macrobenthic*. PhD dissertation, Xiamen University, Xiamen. (in Chinese with English abstract) [林清贤 (2003) 闽南沿海红树林区鸟类及其与大型底栖动物相关关系研究. 博士学位论文, 厦门大学, 厦门.]
- Liu LS, Li XZ (2003) Distribution of macrobenthos in spring and autumn in the southern Yellow Sea. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 34, 26–32. (in Chinese with English abstract) [刘录三, 李新正 (2003) 南黄海春秋大型底栖动物分布现状. *海洋与湖沼*, 34, 26–32.]
- Liu Y (2013) *Ecological Studies on Mangrove Molluscs based on Typical Mangrove Communities*. PhD dissertation, Xiamen University, Xiamen. (in Chinese with English abstract) [刘毅 (2013) 基于典型红树植物群落的红树林软体动物生态研究. 博士学位论文, 厦门大学, 厦门.]
- Margalef R (1968) *Perspectives in Ecological Theory*. University of Chicago Press, Chicago.
- Pielou EC (1975) *Ecology Diversity*. John Wiley and Sons, New York.
- Pinto R, Patrício J, Baeta A, Fath BD, Neto JM, Marques JC

- (2009) Review and evaluation of estuarine biotic indices to assess benthic condition. *Ecological Indicators*, 9, 1–25.
- Shannon CE, Weaver W (1949) *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana.
- Sun RJ (2017) “Black-faced dancer”: Black-faced spoonbills. *Forestry of Guangxi*, (3), 18–19. (in Chinese) [孙仁杰 (2017) “黑面舞者”黑脸琵鹭. *广西林业*, (3), 18–19.]
- Tang YJ, Yu SX (2007) Spatial zonation of macrofauna in the Zhanjiang Mangrove Nature Reserve, Guangdong. *Acta Ecologica Sinica*, 27, 1703–1714. (in Chinese with English abstract) [唐以杰, 余世孝 (2007) 广东湛江红树林保护区大型底栖动物群落的空间分带. *生态学报*, 27, 1703–1714.]
- Tang YJ, Chen K, Liu JL (2015) The structure of the mollusca community and niche analysis in Zhanjiang Mangrove Nature Reserves. *Journal of Guangdong University of Education*, 35(3), 65–70. (in Chinese with English abstract) [唐以杰, 陈康, 刘金苓 (2015) 湛江红树林保护区软体动物群落结构与生态位分析. *广东第二师范学院学报*, 35(3), 65–70.]
- Wang M, Liu Y, Ding YP, Zhong CR, Li HL, Wang WQ (2013) *Mangrove Molluscs of Dongzhaigang, Hainan*. Xiamen University Press, Xiamen. (in Chinese) [王瑁, 刘毅, 丁奔朋, 钟才荣, 李华亮, 王文卿 (2013) 海南东寨港红树林软体动物. 厦门大学出版社, 厦门.]
- Wang WQ, Wang M (2007) *The Mangroves of China*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [王文卿, 王瑁 (2007) 中国红树林. 科学出版社, 北京.]
- Xu ZL, Chen YQ (1989) Aggregated intensity of dominant species of zooplankton in autumn in the East China Sea and Yellow Sea. *Journal of Ecology*, 8(4), 13–15. (in Chinese with English abstract) [徐兆礼, 陈亚瞿 (1989) 东黄海秋季浮游动物优势种聚集强度与鲈鲶渔场的关系. *生态学杂志*, 8(4), 13–15.]
- Yang TB, Shen SP (1992) Studies of the population ecology of *Cerithidea cingulata* (Gmelin) in the mangrove area of Futian, Shenzhen. Supplement to the *Journal of Sun Yatsen University*, (3), 85–92. (in Chinese with English abstract) [杨廷宝, 沈寿彭 (1992) 深圳红树林区珠带拟蟹守螺的种群生态研究. *中山大学学报论丛*, (3), 85–92.]
- Yu YT, Tse IWL, Fong HHN (2018) International Black-faced Spoonbill Census 2017. Black-faced Spoonbill Research Group, The Hong Kong Bird Watching Society, Hong Kong.
- Zhang GX, Lan JX, Wu R, Wang DR (2016) Preliminary study on macrozoobenthos diversity in mangrove area of Hainan Province. *Chinese Journal of Tropical Agriculture*, 36(11), 37–42. (in Chinese with English abstract) [张光星, 兰建新, 吴瑞, 王道儒 (2016) 海南省红树林区大型底栖动物多样性的初步研究. *热带农业科学*, 36(11), 37–42.]
- Zhang X, Qi ZY (1961) *Essentials of Malacology*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [张玺, 齐钟彦 (1961) 贝类学纲要. 科学出版社, 北京.]
- Zhang YZ, Chen CZ, Wang YY, Chen PJ, Yang RQ (1999) The ecology of benthos in Fujian mangrove swamps. *Acta Ecologica Sinica*, 19, 896–901. (in Chinese with English abstract) [张雅芝, 陈灿忠, 王渊源, 陈品健, 杨瑞琼 (1999) 福建红树林区底栖生物生态研究. *生态学报*, 19, 896–901.]
- Zhuang JL, He BJ, Xu MB (2009) Ecological features of the intertidal benthos in the Qinzhou Maowei Gulf of Guangxi. *Guangxi Sciences*, 16, 96–100. (in Chinese with English abstract) [庄军莲, 何碧娟, 许铭本 (2009) 广西钦州茅尾海潮间带生物生态特征. *广西科学*, 16, 96–100.]
- Zou FS, Zhang HH, Dahmer T, Yang QF, Cai JX, Zhang W, Liang CY (2008) The effects of benthos and wetland area on shorebird abundance and species richness in coastal mangrove wetlands of Leizhou Peninsula, China. *Forest Ecology and Management*, 255, 3813–3818.
- Zuo P, Liu CA, Zhao SH, Wang CH, Liang YB (2009) Distribution of *Spartina* plantations along the China's coast. *Acta Oceanologica Sinica*, 31(5), 101–111. (in Chinese with English abstract) [左平, 刘长安, 赵书河, 王春红, 梁玉波 (2009) 米草属植物在中国海岸带的分布现状. *海洋学报*, 31(5), 101–111.]

(责任编辑: 李新正 责任编辑: 闫文杰)

附录 Supplementary Material

附录1 海南岛西海岸红树林软体动物种类名录

Appendix 1 Species list of mangrove mollusk in the west coast of Hainan Island

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2018104-1.pdf>

马维, 王瑁, 王文卿, 刘毅, 罗柳青, 唐朝艺. 海南岛西海岸红树林软体动物多样性. 生物多样性, 2018, 26 (7): 707–716.
<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2018104>

附录1 海南岛西海岸红树林软体动物种类名录

Appendix 1 Species list of mangrove mollusk in the west coast of Hainan Island

		中文名	学名	四必湾	儋州湾	盐丁	新盈湾	马袅湾	花场湾
		Chinese name	Scientific name	Sibi Bay	Danzhou Bay	Yanding	Xinying Bay	Maniao Bay	Huachang Bay
双壳纲	Bivalvia								
蛸目	Arcoida								
蛸科	Arcidae	古蛸	<i>Anadara antiquata</i>			+			+
		联球蛸	<i>Anadara consociata</i>		+		+		
		鹅绒粗饰蛸	<i>Anadara uropigimelana</i>				+		+
		青蛸	<i>Barbatia obliquata</i>	+			+		
		角毛蛸	<i>Scapharca cornea</i>	+	+		+		
		毛蛸	<i>Scapharca kagoshimensis</i>	+	+		+		
		赛氏毛蛸	<i>Scapharca satowi</i>				+		
		托氏毛蛸	<i>Scapharca troscheli</i>				+		
		泥蛸	<i>Tegillarca granosa</i>	+	+				+
		结蛸	<i>Tegillarca nodifera</i>	+	+				
贻贝目	Mytiloida								
贻贝科	Mytilidae	变化短齿蛤	<i>Brachidontes variabilis</i>		+	+	+	+	
		曲线索贻贝	<i>Hormomya mutabilis</i>				+		
		寻氏肌蛤	<i>Musculus senhousia</i>	+					+
		翡翠贻贝	<i>Perna viridis</i>	+	+	+	+	+	+
		黑芥麦蛤	<i>Xenostrobus atratus</i>						+
江珧科	Pinnidae	栉江珧	<i>Atrina pectinata</i>	+					
珍珠贝目	Pterioidea								
珍珠贝科	Pteriidae	长耳珠母贝	<i>Pinctada chemnitzii</i>	+	+				
钳蛤科	Isognomonidae	扁平钳蛤	<i>Isognomon ephippium</i>			+	+		+

马维, 王瑁, 王文卿, 刘毅, 罗柳青, 唐朝艺. 海南岛西海岸红树林软体动物多样性. 生物多样性, 2018, 26 (7): 707–716.

<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2018104>

		中文名	学名	四必湾	儋州湾	盐丁	新盈湾	马袅湾	花场湾
		Chinese name	Scientific name	Sibi Bay	Danzhou Bay	Yanding	Xinying Bay	Maniao Bay	Huachang Bay
		豆荚钳蛤	<i>Isognomon legumen</i>	+					
扇贝科	Pectinidae	华贵类栉孔扇贝	<i>Mimachlamys nobilis</i>				+		
不等蛤科	Anomiidae	中国不等蛤	<i>Anomia chinensis</i>	+					
		难解不等蛤	<i>Enigmonia aenigmatica</i>	+	+		+	+	+
海月科	Placunidae	鞍海月	<i>Placuna ephippium</i>				+		
		海月	<i>Placuna placenta</i>	+		+	+		+
牡蛎目	Osteroida								
缘曲牡蛎科	Gryphaeidae	舌骨牡蛎	<i>Hytissa hyotis</i>				+		
		覆瓦牡蛎	<i>Parahytissa imbricata</i>	+	+	+			
牡蛎科	Ostreidae	近江牡蛎	<i>Crassostrea ariakensis</i>		+				
		鹅掌牡蛎	<i>Planostrea pestigris</i>	+					
		僧帽牡蛎	<i>Saccostrea cucullata</i>			+			
		棘刺牡蛎	<i>Saccostrea echinata</i>			+	+		
		团聚牡蛎	<i>Saccostrea glomerata</i>	+	+	+	+	+	+
		咬齿牡蛎	<i>Saccostrea mordax</i>			+			
帘蛤目	Veneroida								
满月蛤科	Lucinidae	无齿蛤	<i>Anodontia edentula</i>	+					
		强肋厚大蛤	<i>Codakia golikovi</i>	+					
		印澳蛤	<i>Indoaustriella plicifera</i>		+		+		+
		斯氏印澳蛤	<i>Indoaustriella scarlatoi</i>		+		+	+	+
鸟蛤科	Cardiidae	黄边糙鸟蛤	<i>Trachycardium flavum</i>	+			+		
		暗斑糙鸟蛤	<i>Trachycardium nigropunctatum</i>				+		
		单色糙鸟蛤	<i>Trachycardium unicolor</i>	+					
蛤蜊科	Mactridae	西施舌	<i>Coelomactra antiquata</i>	+					

马维, 王瑁, 王文卿, 刘毅, 罗柳青, 唐朝艺. 海南岛西海岸红树林软体动物多样性. 生物多样性, 2018, 26 (7): 707–716.
<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2018104>

		中文名	学名	四必湾	儋州湾	盐丁	新盈湾	马袅湾	花场湾
		Chinese name	Scientific name	Sibi Bay	Danzhou Bay	Yanding	Xinying Bay	Maniao Bay	Huachang Bay
		克氏腔蛤蜊	<i>Coelomactra cumingi</i>	+					
		四角蛤蜊	<i>Mactra veneriformis</i>	+		+			
		透明立蛤	<i>Meropesta pellicula</i>				+		
中带蛤科	Mesodesmatidae	台湾朽叶蛤	<i>Coecella formaosae</i>		+	+			+
		朽叶蛤	<i>Coecella horsfieldi</i>	+					
樱蛤科	Tellinidae	灯白樱蛤	<i>Macoma lucerna</i>	+	+				
		华贵白樱蛤	<i>Macoma nobilis</i>		+			+	
		拟箱美丽蛤	<i>Merisca capsoides</i>	+	+	+	+		
		凸壳明樱蛤	<i>Moerella corbuloides</i>					+	
		刀明樱蛤	<i>Moerella culter</i>	+	+	+			
		亮樱蛤	<i>Nitidotellina dunkeri</i>				+		
		幼形亮樱蛤	<i>Nitidotellina juvenilis</i>		+				
		圆胖樱蛤	<i>Pinguitellina cycladiformis</i>			+	+	+	
双带蛤科	Semelidae	齿纹双带蛤	<i>Semele crenulata</i>				+		
斧蛤科	Donacidae	楔形斧蛤	<i>Donax cuneatus</i>	+					
		豆斧蛤	<i>Donax faba</i>	+					
紫云蛤科	Psammobiidae	对生塑蛤	<i>Asaphis violascens</i>				+		
		尖紫蛤	<i>Sanguinolaria acuta</i>		+				
		疑紫蛤	<i>Sanguinolaria ambigua</i>	+					
		中国紫蛤	<i>Sanguinolaria chinensis</i>	+	+		+		
		长紫蛤	<i>Sanguinolaria elongata</i>	+	+		+		
		胖紫蛤	<i>Sanguinolaria inflata</i>		+				
		绿紫蛤	<i>Sanguinolaria virescens</i>					+	
截蛸科	Solecurtidae	斯氏仿缢蛸	<i>Azorinus scheepmakeri</i>		+		+		+

马维, 王瑁, 王文卿, 刘毅, 罗柳青, 唐朝艺. 海南岛西海岸红树林软体动物多样性. 生物多样性, 2018, 26 (7): 707–716.
<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2018104>

		中文名	学名	四必湾	儋州湾	盐丁	新盈湾	马袅湾	花场湾
		Chinese name	Scientific name	Sibi Bay	Danzhou Bay	Yanding	Xinying Bay	Maniao Bay	Huachang Bay
竹蛏科	Solenidae	总角截蛏	<i>Solecurtus divaricatus</i>				+		
		长竹蛏	<i>Solen strictus</i>	+					
刀蛏科	Cultellidae	尖齿灯塔蛏	<i>Pharella acutidens</i>		+		+	+	+
饰贝科	Dreissenidae	萨氏仿贻贝	<i>Mytilopsis sallei</i>				+	+	
稜蛤科	Trapeziidae	斑纹稜蛤	<i>Trapezium liratum</i>		+		+	+	+
		亚光稜蛤	<i>Trapezium sublaevigatum</i>		+				
蜆科	Corbiculidae	河蜆	<i>Corbicula fluminea</i>	+	+	+		+	
		凹线仙女蜆	<i>Cyrenobatissa subsulcata</i>			+	+		
		花蜆	<i>Cyrenodonax formosana</i>		+	+	+		
		红树蜆	<i>Geloina coaxans</i>		+		+	+	+
帘蛤科	Veneridae	鳞杓拿蛤	<i>Anomalodiscus squamosus</i>	+	+	+	+		+
		面具美女蛤	<i>Circe personata</i>	+			+		
		美女蛤	<i>Circe scripta</i>	+	+		+		+
		华丽美女蛤	<i>Circe tumefacta</i>	+	+				
		伊萨伯雪蛤	<i>Clausinella isabellina</i>	+	+		+		+
		头巾雪蛤	<i>Clausinella tiara</i>	+					
		突畸心蛤	<i>Cryptonema producta</i>	+	+		+		
		青蛤	<i>Cyclina sinensis</i>	+	+	+	+		
		巧环楔形蛤	<i>Cyclosunetta concinna</i>	+					
		高镜蛤	<i>Dosinia altior</i>		+				
		刺镜蛤	<i>Dosinia aspera</i>		+				
		铗镜蛤	<i>Dosinia fibula</i>	+					
		日本镜蛤	<i>Dosinia japonica</i>	+	+				
		加夫蛤	<i>Gafrarium pectinatum</i>	+	+	+	+		+

马维, 王瑁, 王文卿, 刘毅, 罗柳青, 唐朝艺. 海南岛西海岸红树林软体动物多样性. 生物多样性, 2018, 26 (7): 707–716.
<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2018104>

		中文名	学名	四必湾	儋州湾	盐丁	新盈湾	马袅湾	花场湾
		Chinese name	Scientific name	Sibi Bay	Danzhou Bay	Yanding	Xinying Bay	Maniao Bay	Huachang Bay
		凸加夫蛤	<i>Gafrarium tumidum</i>	+			+		+
		等边浅蛤	<i>Gomphina aequilatera</i>	+					
		锥纹光壳蛤	<i>Lioconcha fastigiana</i>	+					
		裂纹格特蛤	<i>Marcia hiantina</i>	+	+		+		+
		日本格特蛤	<i>Marcia japonica</i>	+			+		
		丽文蛤	<i>Meretrix lusoria</i>	+	+		+	+	
		琴文蛤	<i>Meretrix lyrata</i>	+	+		+		
		文蛤	<i>Meretrix meretrix</i>	+	+		+	+	
		小文蛤	<i>Meretrix planisulcata</i>	+	+				
		锯齿巴非蛤	<i>Paphia gallus</i>				+		
		波纹巴非蛤	<i>Paphia undulata</i>	+	+				
		细纹卵蛤	<i>Pitar striatum</i>	+					
		柱状卵蛤	<i>Pitar sulfureum</i>				+		
		菲律宾蛤仔	<i>Ruditapes philippinarum</i>	+	+	+	+		
		杂色蛤仔	<i>Ruditapes variegata</i>	+					
		短圆缀锦蛤	<i>Tapes deshayesii</i>	+					
绿螂科	Glauconomidae	绿螂	<i>Glauconome chinensis</i>	+	+		+	+	+
		皱纹绿螂	<i>Glauconome corrugata</i>	+	+		+	+	
		薄壳绿螂	<i>Glauconome primeana</i>	+					
海螂目	Myoida								
蓝蛤科	Corbulidae	射带河蓝蛤	<i>Potamocorbula fasciata</i>		+				
		光滑蓝蛤	<i>Potamocorbula laevis</i>					+	
海笋科	Pholadidae	马特海笋	<i>Martesia striata</i>	+					
船蛆科	Teredinidae	裂铠船蛆	<i>Teredo manni</i>	+	+				

马维, 王瑁, 王文卿, 刘毅, 罗柳青, 唐朝艺. 海南岛西海岸红树林软体动物多样性. 生物多样性, 2018, 26 (7): 707–716.
<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2018104>

		中文名	学名	四必湾	儋州湾	盐丁	新盈湾	马袅湾	花场湾
		Chinese name	Scientific name	Sibi Bay	Danzhou Bay	Yanding	Xinying Bay	Maniao Bay	Huachang Bay
笋螂目	Pholadomyoida								
鸭嘴蛤科	Laternulidae	鸭嘴蛤	<i>Laternula anatina</i>		+		+	+	+
		剖刀鸭嘴蛤	<i>Laternula boschasina</i>		+				
		截形鸭嘴蛤	<i>Laternula truncata</i>		+			+	+
腹足纲	Gastropoda								
原始腹足目	Archaeogastropoda								
笠贝科	Acmaeidae	矮拟帽贝	<i>Patelloida pygmaea</i>		+				
马蹄螺科	Trochidae	粗糙真蹄螺	<i>Euchelus scaber</i>	+	+				
		塔形扭柱螺	<i>Tectus pyramis</i>			+			
		托氏蝾螺	<i>Umbonium thomasi</i>	+					
		蝾螺	<i>Umbonium vestiarium</i>	+					
蝾螺科	Turbinidae	粒花冠小月螺	<i>Lunella coronata granulata</i>	+	+				
蜒螺科	Neritidae	豆彩螺	<i>Clithon faba</i>	+		+	+	+	+
		奥莱彩螺	<i>Clithon oualaniensis</i>	+	+	+		+	+
		渔舟蜒螺	<i>Nerita albicilla</i>	+		+			
		变色蜒螺	<i>Nerita chamaeleon</i>			+			
		线纹蜒螺	<i>Nerita lineata</i>	+			+		
		圆蜒螺	<i>Nerita squamulata</i>	+		+			
		齿纹蜒螺	<i>Nerita yoldi</i>	+		+			
		平行线游螺	<i>Neritina paralella</i>					+	+
		紫游螺	<i>Neritina violacea</i>	+			+	+	+
中腹足目	Mesogastropoda								
瓶螺科	Ampullariidae	大瓶螺	<i>Pomacea canaliculata</i>	+	+	+			+
滨螺科	Littorinidae	斑肋滨螺	<i>Littoraria ardouiniana</i>	+	+	+	+		+

马维, 王瑁, 王文卿, 刘毅, 罗柳青, 唐朝艺. 海南岛西海岸红树林软体动物多样性. 生物多样性, 2018, 26 (7): 707–716.

<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2018104>

		中文名	学名	四必湾	儋州湾	盐丁	新盈湾	马袅湾	花场湾
		Chinese name	Scientific name	Sibi Bay	Danzhou Bay	Yanding	Xinying Bay	Maniao Bay	Huachang Bay
		中间拟滨螺	<i>Littoraria intermedia</i>	+	+				
		黑口滨螺	<i>Littoraria melanostoma</i>	+	+	+	+	+	+
		浅黄滨螺	<i>Littoraria pallescens</i>	+	+	+			+
		粗糙滨螺	<i>Littoraria scabra</i>	+	+	+	+	+	+
		波纹滨螺	<i>Littoraria undulata</i>	+	+	+			
		蛋挞滨螺	<i>Mainwaringia dantaae</i>					+	+
黑螺科	Melanidae	瘤拟黑螺	<i>Melanoides tuberculata</i>			+		+	+
		斜肋齿蜷	<i>Sermyla riquetii</i>	+	+		+	+	+
拟沼螺科	Assimineidae	短拟沼螺	<i>Assiminea brevicula</i>	+	+	+	+	+	+
		绯拟沼螺	<i>Assiminea latericea</i>	+	+	+	+	+	+
		林氏拟沼螺	<i>Taiwanassiminea hayasii</i>					+	+
锥螺科	Turritellidae	棒锥螺	<i>Turritella bacillum</i>	+		+			
		锥螺	<i>Turritella terebra</i>	+					
蛇螺科	Vermetidae	覆瓦小蛇螺	<i>Serpulorbis imbricatus</i>	+			+	+	
滩栖螺科	Batillariidae	疣滩栖螺	<i>Batillaria broni</i>	+					
		古氏滩栖螺	<i>Batillaria cumingii</i>	+	+	+	+		
		多形滩栖螺	<i>Batillaria multiformis</i>	+	+	+	+	+	+
		纵带滩栖螺	<i>Batillaria zonalis</i>	+	+	+	+		
蟹守螺科	Cerithiidae	特氏蟹守螺	<i>Cerithium traillii</i>	+			+		
		石楯桑葚螺	<i>Clypeomorus coralia</i>			+			
		双带楯桑葚螺	<i>Clypeomorus humilis</i>	+	+	+			
汇螺科	Potamididae	珠带拟蟹守螺	<i>Cerithidea cingulata</i>	+	+	+	+	+	+
		查加拟蟹守螺	<i>Cerithidea djadjariensis</i>	+	+				
		尖锥拟蟹守螺	<i>Cerithidea largillierti</i>	+	+	+			

马维, 王瑁, 王文卿, 刘毅, 罗柳青, 唐朝艺. 海南岛西海岸红树林软体动物多样性. 生物多样性, 2018, 26 (7): 707–716.

<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2018104>

		中文名	学名	四必湾	儋州湾	盐丁	新盈湾	马袅湾	花场湾
		Chinese name	Scientific name	Sibi Bay	Danzhou Bay	Yanding	Xinying Bay	Maniao Bay	Huachang Bay
玉螺科	Naticidae	小翼拟蟹守螺	<i>Cerithidea microptera</i>	+	+	+	+		
		彩拟蟹守螺	<i>Cerithidea ornata</i>	+	+	+	+	+	+
		红树拟蟹守螺	<i>Cerithidea rhizophorarum</i>	+	+	+	+		
		泥笋光螺	<i>Terebralia palustris</i>			+		+	
		沟纹笋光螺	<i>Terebralia sulcata</i>	+		+	+	+	+
		乳玉螺	<i>Mammilla mammata</i>				+		
		格纹玉螺	<i>Natica gualtieriana</i>	+	+				
		齐氏玉螺	<i>Natica qizhongyani</i>	+			+		
		斑玉螺	<i>Natica tigrina</i>	+	+				
狭口螺科	Stenothyridae	田边狭口螺	<i>Stenothyra edogawensis</i>					+	+
			<i>tanabensis</i>						
		光滑狭口螺	<i>Stenothyra glabra</i>			+	+	+	+
河口螺科	Iravadiidae	河口螺未定种 1	<i>Ceratia</i> sp.1	+				+	+
		河口螺未定种 2	<i>Ceratia</i> sp.2					+	
新腹足目	Neogastropoda								
骨螺科	Muricidae	珠母爱尔螺	<i>Ergalatax margariticola</i>	+					
		浅缝骨螺	<i>Murex trapa</i>	+	+				
		蛎敌荔枝螺	<i>Thais gradata</i>	+	+				+
		可变荔枝螺	<i>Thais mutabilis</i>	+	+				
织纹螺科	Nassariidae	雕刻织纹螺	<i>Nassarius castus</i>		+				
		秀丽织纹螺	<i>Nassarius festivus</i>	+	+				
		秀长织纹螺	<i>Nassarius foveolatus</i>		+				
		节织纹螺	<i>Nassarius nodifer</i>	+	+		+		
		胆形织纹螺	<i>Nassarius pullus</i>	+	+		+		+

马维, 王瑁, 王文卿, 刘毅, 罗柳青, 唐朝艺. 海南岛西海岸红树林软体动物多样性. 生物多样性, 2018, 26 (7): 707–716.
<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2018104>

		中文名	学名	四必湾	儋州湾	盐丁	新盈湾	马袅湾	花场湾
		Chinese name	Scientific name	Sibi Bay	Danzhou Bay	Yanding	Xinying Bay	Maniao Bay	Huachang Bay
		西格织纹螺	<i>Nassarius siquijorensis</i>	+	+		+		
		红带织纹螺	<i>Nassarius succinctus</i>	+					
头楯目	Cephalaspidea								
捻螺科	Acteonidae	纵沟蛹螺	<i>Pupa sulcata</i>			+			
阿地螺科	Atyidae	泥螺	<i>Bullacta exarata</i>	+	+				+
囊螺科	Retusidae	婆罗囊螺	<i>Retusa borneensis</i>	+	+				
三叉螺科	Trielidae	库页球舌螺	<i>Eocylichna koyasensis</i>	+	+			+	+
基眼目	Basommatophora								
两栖螺科	Amphibolidae	桑切氏两栖螺	<i>Salinator sanchezi</i>	+	+				
耳螺科	Ellobiidae	双鸟金耳螺	<i>Auriculastra duplicata</i>	+					
		萨克塔金耳螺	<i>Auriculastra saccata</i>	+					+
		细长金耳螺	<i>Auriculastra subula</i>						+
		伶鼬冠耳螺	<i>Cassidula mustelina</i>	+		+			
		核冠耳螺	<i>Cassidula nucleus</i>	+	+	+			
		索冠耳螺	<i>Cassidula sowerbyana</i>	+					+
		犹太耳螺	<i>Ellobium aurisjudae</i>	+		+			
		中国耳螺	<i>Ellobium chinense</i>	+			+		+
		奥克肋耳螺	<i>Laemodonta octanfracta</i>		+			+	+
		美东尖耳螺	<i>Melampus bidentatus</i>	+					+
		暗尖耳螺	<i>Melampus parvulus</i>	+		+			
		赛氏女教士螺	<i>Pythia cecillei</i>				+		
		三角女教士螺	<i>Pythia trigona</i>					+	+
柄眼目	Stylommatophora								
巴蜗牛科	Bradybaenidae	扁蜗牛	<i>Bradybaena similaris</i>	+		+			

马维, 王瑁, 王文卿, 刘毅, 罗柳青, 唐朝艺. 海南岛西海岸红树林软体动物多样性. 生物多样性, 2018, 26 (7): 707–716.
<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2018104>

		中文名	学名	四必湾	儋州湾	盐丁	新盈湾	马袅湾	花场湾
		Chinese name	Scientific name	Sibi Bay	Danzhou Bay	Yanding	Xinying Bay	Maniao Bay	Huachang Bay
玛瑙螺科	Achatinidae	褐云玛瑙螺	<i>Achatina fulica</i>	+					+
石磺科	Onchidiidae	瘤背石磺	<i>Onchidium struma</i>	+	+		+		+
		平疣桑椹石磺	<i>Platevindex mortoni</i>		+				