

南麂列岛岩相潮间带多毛类生态初步研究

汤雁滨¹, 高爱根¹, 廖一波^{1,2}, 寿鹿^{1,3}, 曾江宁¹, 陈全震¹

(1. 国家海洋局 海洋生态系统与生物地球化学重点实验室 国家海洋局第二海洋研究所, 浙江 杭州 310012; 2. 宁波大学 海洋学院, 浙江 宁波 315211; 3. 南京师范大学 生命科学学院, 江苏 南京 210046)

摘要: 为了解南麂列岛国家海洋自然保护区岩礁相潮间带多毛类的生态现状和功能, 于 2012 年 5 月(春季)、8 月(夏季)、11 月(秋季)和 2013 年 2 月(冬季)在保护区内进行了 4 次底栖生物调查, 对采集的多毛类样品进行鉴定, 并依此计算丰度、生物量和相关生物多样性指数。四季共采集到多毛类 85 种, 春季多毛类平均丰度和平均生物量分别为 492 个/m² 和 39.50 g/m², 夏季为 895 个/m² 和 20.95 g/m², 秋季为 639 个/m² 和 16.51 g/m², 冬季为 511 个/m² 和 9.04 g/m²。各断面的物种多样性指数为 2.950~4.864, 均匀度指数为 0.922~0.990, 种类丰富度指数为 2.486~7.087。最后通过分析发现, 潮汐、季节变化和人类活动等因素不同程度地影响了多毛类在岩相潮间带的空间分布及群落特征。

关键词: 南麂岛; 多毛类; 群落特征; 环境因素

中图分类号: Q958.8 文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2014)02-0053-10

doi: 10.11759/hyxx20130603003

南麂列岛国家海洋自然保护区位于浙江东南沿海, 隶属于温州市平阳县, 始建于 1992 年, 是我国最早成立的海洋自然保护区之一; 1998 年该保护区成为当时我国唯一纳入联合国教科文组织世界生物圈保护网络的海洋类型自然保护区; 2000 年又被联合国开发计划署列为全球环境基金“中国南部海域生物多样性保护示范区”。南麂列岛位于台湾暖流与浙闽沿岸流交汇处, 气候温暖、物种丰富, 其潮间带生物资源更是一座海洋生物的宝库, 其贝藻资源在建区初期就被圈定为保护对象^[1-4], 而在潮间带生境中与贝藻类共同生活的多毛类则被忽视。多毛类隶属于环节动物门, 其种类极其丰富且多为海生, 仅在我国海区记载的就有 1 千多种^[5-6], 是潮间带生态系统的重要组成部分, 在维持海洋生态系统平衡中发挥着重要作用^[7-8]。多毛类浮游幼体时期短, 迁移能力较弱, 多在底质上营底栖爬行或穴居生活, 可作为良好的环境指示生物^[9-12]。国外对多毛类的生态学功能已有较深入研究^[13-15], 而国内此类研究起步较晚且近年来有发展减缓的趋势^[8]。之前曾有过多次对南麂列岛的底栖生物调查^[1-2, 4], 但由于调查侧重点不同, 对多毛类并未给予过多关注, 使得调查结果对南麂岛多毛类实际状况的表征意义有限。因此对南麂列岛多毛类的种类数量分布进行系统研究, 对于保护区内生物多样性的保护和修复具有重要意义。鉴此, 作者于 2012 年 5 月、

8 月、11 月和 2013 年 2 月在保护区内布设 4 条断面, 对其中多毛类的生态现状进行了调查, 对其生态功能开展了初步研究, 有望进一步丰富南麂列岛岛礁生态系统保护学的研究范畴, 为南麂列岛的环境保护、管理提供基础信息和科学依据。

1 材料与方法

1.1 南麂列岛环境概况

南麂列岛位于浙江省温州市东南海域, 总面积 201.06 km²。区内有面积大于 500 m² 的岛屿 52 个, 南麂主岛面积为 7.64 km², 西距大陆最近点约 30 n mile。列岛长期受海浪和潮汐的侵蚀和冲击, 基岩裸露, 且多呈陡崖峭壁。列岛岸线曲折, 岬角丛生, 海湾众多。主岛位于列岛中央, 呈东南—西北走向, 全长 5.3 km, 东西最宽处 3.3 km, 最窄处仅 150 m; 最高点海拔 229 m, 岸线长 24.8 km, 有大沙岙、火焜岙和马祖岙、国姓岙 4 个海湾, 分为于东南和西北两个方向。大礁山岛位于主岛西北约 2 km, 面积

收稿日期: 2013-09-02; 修回日期: 2013-12-07

基金项目: 海洋公益性行业科研专项(201405007, 201305009), 国家海洋局第二海洋研究所基本科研业务费专项(JG0920, JT0806)

作者简介: 汤雁滨(1989-), 男, 浙江平湖人, 硕士研究生, 研究方向为海洋生态学, 电话: 0571-81963229, E-mail: hdytyb@163.com; 曾江宁, 通信作者, 研究员, 电话: 0571-81963227, E-mail: jiangningz@126.com

0.37 km², 最高点海拔 83.8 m, 岛呈西北—东南走向。马祖岙位于主岛最窄西北处, 岙内是南麂主要养殖区, 陆上有育苗场, 西侧为一民用码头。大沙岙沙滩位于主岛最窄处东南, 长约 600 m, 宽约为 200 m, 滩面由贝壳碎屑细砂构成, 是南麂列岛最具代表的沙滩。

1.2 断面布设与采样

在南麂列岛的马祖岙、大槽山、大山脚、黄鱼屯各布设一条断面, 依次记为 S1、S2、S3、S4。除 S2 外, 其余 3 条断面均位于南麂主岛, 具体断面分布见图 1。于 2012 年 5 月(春季)、8 月(夏季)、11 月(秋季)和 2013 年 2 月(冬季)当地大潮汛期期间进行采样。每条断面设置 7 个站位, 高潮区 2 个, 中潮区 3 个, 低潮区 2 个(受潮汐影响, 部分站位低 II 未采集)。每站各采 4 个定量样和 1 个定性样。采用 10 cm×10 cm 样框, 采集样框内所有多毛类。定性样在所选区域内广泛采集。所有样品装袋后用 5% 甲醛固定保存后带回, 在实验室中吸干表面水分后进行鉴定, 同时对样品进行计数、称质量, 所有标本力求鉴定到种。整个样品采集过程参照《海洋调查规范第 6 部分》(GB/T12763)进行。

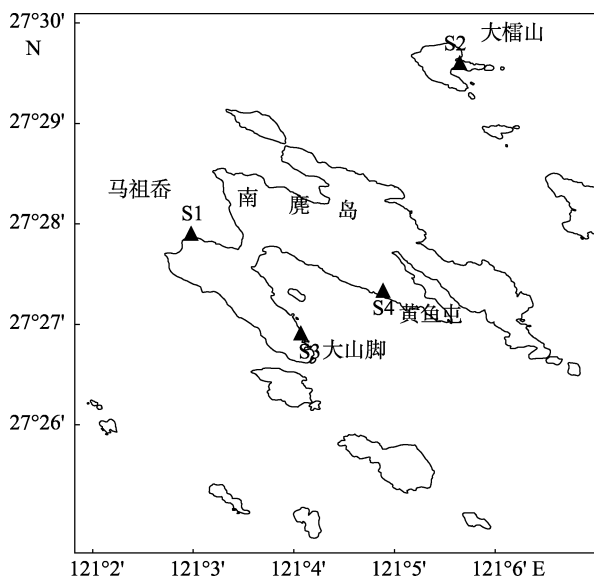


图 1 研究区域与采样断面

Fig. 1 Study area and sampling section

1.3 数据分析

样品的鉴定方法如下: 对采集的样品用 SteREO Discovery.V8 蔡司体视显微镜观察其总体形态, 然后在高放大倍数下重点观察头部、疣足等部位的特征, 对部分难鉴定种类进行解剖, 取其刚毛制成临

时装片在徕卡 DM2500 显微镜下进行观察, 综合观察结果对多毛类种类进行鉴定^[5-6, 16-17]。

为减小种间差异对分析结果的影响, 将物种的栖息密度进行四次方根转化后计算。由于高潮区几乎无多毛类分布, 以下计算除特殊说明外, 均只包括中、低潮区的数据。

1.3.1 优势种

$$Y = (n_i/N)f_i \quad (1)$$

式中, N 为各断面中所有多毛类栖息密度的四次方根; n_i 为物种 i 栖息密度的四次方根; f_i 为物种 i 在各断面的出现频率。 Y 大于 0.02 时为优势种。

1.3.2 Shannon-Wiener 多样性指数^[18]:

$$H' = -\sum_{i=1}^s (p_i)(\log_2 p_i) \quad (2)$$

1.3.3 Pielou 均匀度指数^[18]:

$$J = \frac{H'}{\log_2 S} \quad (3)$$

1.3.4 Marglef 丰度指数^[18]:

$$d = \frac{S-1}{\log_2 N} \quad (4)$$

2 结果

2.1 组成与分布

2.1.1 物种组成

4 次调查共鉴定出多毛类 85 种(表 1), 隶属 24 个科。以沙蚕科种类最多, 为 17 种, 有 12 个科只出现 1 种。春季采集到多毛类 51 种, 夏季 47 种, 秋季 40 种, 冬季 19 种。

四季优势种如表 2 所示。优势度 Y 大于 0.02 的种类共计 19 种, 隶属于 8 科。龙介虫科占 6 种, 所占比例最高。异须沙蚕为仅有的一种四季优势种, 即每一季度调查中优势度均高于 0.02。

2.1.2 空间分布特征

各断面多毛类丰度及生物量见表 3。高潮区多毛类丰度与生物量均处于较低水平, 这是由于高潮区长期暴露在空气中, 藻类稀疏, 缺少适合多毛类生存的环境所致。故在接下来的计算中均只包括中低潮区数据。去除高潮区的数据后, S1 四季丰度最高为秋季(1167 个/m²), 最低为春季(651 个/m²); S2 四季丰度最高为夏季(982 个/m²), 最低为冬季(388 个/m²); S3 四季丰度最高为夏季(1171 个/m²), 最低为春季(384 个/m²); S4 四季丰度最高为夏季(725 个/m²), 最低为春季(319 个/m²)。

表 1 南麂岩礁相潮间带多毛类物种名录

Tab.1 Checklist of polychaetes of intertidal rocky zone on Nanji Islands

南麂多毛类物种	春季	夏季	秋季	冬季
纓鳃虫科 Sabellidae				
鳍纓虫 <i>Branchiomma</i> sp.	+	-	-	-
锯鳃鳍纓虫 <i>Branchiomma serratibranchis</i> (Grube)	+	+	-	-
龙介虫科 Serpulidae				
原管虫 <i>Protula tubularia</i> (Montagu)	+	-	-	-
盘管虫 <i>Hydroides</i> sp.	+	-	+	-
华美盘管虫 <i>Hydroides elegans</i> (Haswell)	+	+	-	-
内刺盘管虫 <i>Hydroides ezoensis</i> Okuda	+	+	+	+
龙介虫 <i>Serpula</i> sp.	+	+	+	-
龙介虫 <i>Serpula vermicularis</i> Linnaeus	+	+	-	-
旋鳃虫 <i>Spirobranchus</i> sp.	+	+	-	-
马旋鳃虫 <i>Spirobranchus maldivensis</i> Pixell	+	+	+	+
三特旋鳃虫 <i>Spirobranchus tricomis</i> (Mörch)	+	+	+	+
丝鳃虫科 Cirratulidae				
须鳃虫 <i>Cirriformia tentaculata</i> (Montagu)	+	-	-	-
丝鳃虫 <i>Cirratulus cirratus</i> (Müller)	-	-	+	+
钙珊虫 <i>Dodecaceria concharum</i> Oersted	+	+	+	+
富氏钙珊虫 <i>Dodecaceria fewkesi</i> Berkeley et Berkeley	+	-	-	-
双栉虫科 Ampharetidae				
米列虫 <i>Melinna cristata</i> (Sars)	+	-	-	-
蛭龙介科 Terebellidae				
扁蛭虫 <i>Loimia medusa</i> (Savigny)	+	+	+	-
乳蛭虫 <i>Thelepus</i> sp.	+	-	-	-
毛鳃虫科 Trichobranchidae				
梳鳃虫 <i>Terebellides stroemii</i> Sars	-	+	-	-
海稚虫科 Spionidae				
膜质伪才女虫 <i>Pseudopolydora kempii</i> (Southern)	-	+	-	-
后稚虫 <i>Laonice cirrata</i> (Sars)	-	-	+	-
鳞沙蚕科 Aphroditidae				
鳞沙蚕 <i>Aphrodita</i> sp.	+	-	-	-
多鳞虫科 Polynoidae				
海鳞虫 <i>Halosydna</i> sp.	-	+	-	-
短毛海鳞虫 <i>Halosydna brevisetosa</i> Kinberg	-	+	+	+
梳毛穗鳞虫 <i>Halosydropsis pilosa</i> (Horst)	-	+	-	-
背鳞虫 <i>Lepidonotus</i> sp.	+	-	-	-
软背鳞虫 <i>Lepidonotus helotypus</i> (Grube)	+	+	+	-
方背鳞虫 <i>Lepidonotus squamatus</i> (Linnaeus)	+	+	+	+
非拟海鳞虫 <i>Nonparahalosydna pleiolepis</i> (Marenzeller)	-	+	-	-
覆瓦哈鳞虫 <i>Harmothoë imbricata</i> (Linnaeus)	+	+	+	-
蜂窝格鳞虫 <i>Gattyana deludens</i> Fauvel	+	-	-	-
锡鳞虫科 Sigalionidae				
埃刺梳鳞虫 <i>Ehlersileanira incisa</i> (Grube)	-	-	+	-
日本强鳞虫 <i>Sthenolepis japonica</i> (McIntosh)	+	-	-	-
无指蚕科 Iospilidae				

续表

南麂多毛类物种	春季	夏季	秋季	冬季
丁齿蚕 <i>Phalacrophorus pictus</i> Greeff	-	+	-	-
盘首蚕科 Lopadorphynchidae				
游蚕 <i>Pelagobia longicirrata</i> Greeff	+	-	-	-
叶须虫科 Phyllodocidae				
锦绣神须虫 <i>Eteone (Myta) ornata</i> (Grube)	+	-	-	-
巧言虫 <i>Eulalia bilineata</i> (Johnston)	+	+	+	+
羽须虫 <i>Pterocirrus macroceros</i> (Grube)	-	+	-	-
仙须虫 <i>Nereiphylla</i> sp.	-	+	-	-
栗色仙须虫 <i>Nereiphylla castanea</i> (Marenzeller)	+	+	+	+
背叶虫 <i>Notophyllum</i> sp.	+	-	-	-
华彩背叶虫 <i>Notophyllum splendens</i> (Schmarda)	+	-	-	-
浮蚕科 Tomopteridae				
浮蚕 <i>Tomopteris</i> sp.	+	-	-	-
沙蚕科 Nereididae				
异足中华沙蚕 <i>Sinoneris heteropoda</i> Wu et Sun	-	+	-	-
软疣沙蚕 <i>Tylonereis bogoyawlenskyi</i> Fauvel	+	-	-	-
红角沙蚕 <i>Ceratonereis erythraeensis</i> Fauvel	-	-	-	+
羊角沙蚕 <i>Ceratonereis hircinicola</i> (Eisig)	-	-	+	-
梳齿沙蚕 <i>Nereis denhamensis</i> Augener	-	+	-	-
宽叶沙蚕 <i>Nereis grubei</i> (Kinberg)	+	-	-	-
异须沙蚕 <i>Nereis heterocirrata</i> Treadwell	+	+	+	+
真齿沙蚕 <i>Nereis neoneanthes</i> Hartman	+	+	+	-
环带沙蚕 <i>Nereis zonata zonata</i> Malmgren	-	+	-	-
旗须沙蚕 <i>Nereis verxillosa</i> Grube	-	-	+	+
双齿围沙蚕 <i>Perinereis aibuhitensis</i> Grube	+	+	+	-
独齿围沙蚕 <i>Perinereis cultrifera</i> Grube	+	-	+	-
多齿围沙蚕 <i>Perinereis nuntia</i> (Savigny)	+	-	+	-
弯齿围沙蚕 <i>Perinereis camiguinoides</i> Augener	-	-	+	-
双管阔沙蚕 <i>Platynereis bicanaliculata</i> (Baird)	-	+	-	-
杜氏阔沙蚕 <i>Platynereis dumerilii</i> (Audouin et Milne Edwards)	-	+	+	-
杂色伪沙蚕 <i>Pseudonereis variegata</i> (Grube)	+	-	-	-
海女虫科 Hesionidae				
小健足虫 <i>Micropodarke dubia</i> (Hessle)	-	-	+	-
暗蛇潜虫 <i>Ophiodromus cf. obscura</i> (Verrill)	-	+	-	-
裂虫科 Syllidae				
濑户自裂虫 <i>Autolytus setpensis</i> Imajima	-	-	+	-
厚多链虫 <i>Myrianida cf. pachycerus</i> (Augener)	-	-	+	-
裸裂虫 <i>Pionosyllis</i> sp.	+	-	-	-
猬球裂虫 <i>Sphaerosyllis</i> sp.	-	+	-	-
模裂虫 <i>Typosyllis</i> sp.	+	+	+	-
扁模裂虫 <i>Typosyllis fasciata</i> Malmgren	+	+	+	+
似环模裂虫 <i>Typosyllis armillaris</i> (Müller)	+	+	+	+
透明模裂虫 <i>Typosyllis hyaliyna</i> (Grube)	+	+	-	-
千岛模裂虫 <i>Typosyllis adamantens kurilensis</i> Chlebovitsch	-	-	+	+
花索沙蚕科 Arabellidae				

续表

南麂多毛类物种	春季	夏季	秋季	冬季
花索沙蚕 <i>Arabella iricolor</i> (Montagu)	+	+	+	+
豆维虫科 Dorvilleidae				
日本叉毛豆维虫 <i>Schistomeringos japonica</i> (Annenkova)	-	-	+	-
索沙蚕科 Lumbrineridae				
圆头索沙蚕 <i>Lumbrineris inflata</i> (Moore)	+	+	+	-
矾沙蚕科 Eunicidae				
矾沙蚕 <i>Eunice aphroditois</i> (Palla)	-	+	-	-
滑指矾沙蚕 <i>Eunice indica</i> Kinerg	+	-	-	-
非洲矾沙蚕 <i>Eunice afra</i> Peters	-	-	+	-
领襟松虫 <i>Lysidice collaris</i> Grube	-	+	-	-
襟松虫 <i>Lysidice ninetta</i> Audouin et M-Edwards	+	+	+	+
岩虫 <i>Marphysa sanguinea</i> (Montagu)	-	+	+	-
微蚕 <i>Nematonereis unicornis</i> (Grube)	+	+	-	-
漂蚕 <i>Palola siciliensis</i> Grube	+	+	+	+
竹节虫科 Maldanidae				
花节虫 <i>Petaloproctus terricolus</i> Quatrefages	-	+	-	-
海蛹科 Opheliidae				
多眼虫 <i>Polyopthalmus pictus</i> (Dujardin)	-	-	+	+
锥头虫科 Orbiniidae				
尖锥虫 <i>Scoloplos (Scoloplos) armiger</i> (Müller)	+	-	-	-

注: "+"表示该种有出现, "-"表示该种未出现

表 2 2012 年南麂岛岩相潮间带多毛类优势种

Tab. 2 Dominant species of polychaetes of intertidal rocky zone on Nanji Islands in 2012

南麂多毛类物种	优势度			
	春季	夏季	秋季	冬季
钙珊瑚 <i>Dodecaceria concharum</i> Oersted				0.021
真齿沙蚕 <i>Nereis neoneanthes</i>	0.024			
异须沙蚕 <i>Nereis heterocirrata</i>	0.306	0.057	0.093	0.205
软背鳞虫 <i>Lepidonotus helotypus</i>	0.035			
短毛海鳞虫 <i>Halosydna brevisetosa</i> Kinberg			0.024	0.029
栗色仙须虫 <i>Nereiphylla castanea</i> (Marenzeller)			0.044	
巧言虫 <i>Eulalia bilineata</i> (Johnston)			0.032	0.064
花索沙蚕 <i>Arabella iricolor</i>	0.040			0.024
漂蚕 <i>Palola siciliensis</i>	0.021			
模裂虫 <i>Typosyllis</i> sp.	0.040	0.047	0.058	
似环模裂虫 <i>Typosyllis armillaris</i>		0.031	0.110	0.059
扁模裂虫 <i>Typosyllis fasciata</i>	0.023	0.070		
千岛模裂虫 <i>Typosyllis adamantens kurilensis</i> Chlebovitsch			0.031	0.091
马旋鳃虫 <i>Spirobranchus maldivensis</i> Pixell		0.074	0.311	0.381
三犄旋鳃虫 <i>Spirobranchus tricomis</i>		0.065		
盘管虫 <i>Hydroides</i> sp.	0.03976			
内刺盘管虫 <i>Hydroides ezoensis</i> Okuda				0.02600
龙介虫 <i>Serpula</i> sp.	0.10392	0.02562		
龙介虫 <i>Serpula vermicularis</i>		0.02489		

表 3 南麂岛岩相潮间带春、夏、秋、冬季多毛类丰度、生物量

Tab. 3 Abundance and biomass of polychaetes of intertidal rocky zone in spring, summer, autumn and winter

季节	潮区	丰度(个/m ²)					生物量(g/m ²)				
		S1	S2	S3	S4	平均	S1	S2	S3	S4	平均
春	高	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中	288	975	392	500	539	23.26	115.30	58.39	52.88	62.46
	低	1013	250	375	138	444	30.40	18.83	10.63	6.26	16.53
夏	高	13	0	88	0	25	2.90	0.00	18.18	0.00	5.27
	中	100	175	667	1300	561	2.46	4.45	11.03	22.60	10.14
	低	1300	1788	1675	150	1228	19.45	55.51	50.30	1.73	31.75
秋	高	13	0	88	0	25	2.90	0.00	18.18	0.00	5.27
	中	100	175	667	1300	561	2.46	4.45	11.03	22.60	10.14
	低	1300	1788	1675	150	1228	19.45	55.51	50.30	1.73	31.75
冬	高	13	38	38	50	35	0.24	1.03	2.11	2.76	1.54
	中	583	225	500	800	527	25.67	12.27	5.50	5.60	12.26
	低	725	550	350	350	494	9.68	7.40	3.08	3.08	5.81

S1 四季生物量最高为春季(26.83 g/m²), 最低为夏季(10.96 g/m²); S2 四季生物量最高为春季(67.07 g/m²), 最低为冬季(9.84 g/m²); S3 四季生物量最高为春季(34.51 g/m²), 最低为冬季(4.25 g/m²); S4 四季生物量最高为春季(29.57 g/m²), 最低为冬季(4.34 g/m²)。

2.2 生物多样性指数

四季各断面的 Shannon-Wiener 多样性指数 H' 、Pielou 均匀度指数 J 及 Marglef 丰度指数 d 的计算结果见图 2。均匀度指数的变化范围很小(0.922~0.990), 各断面之间、季节之间几乎无区别。多样性指数与丰度指数的变化趋势类似。冬季各断面这两项指数均属较低水平, 其余季节各断面变化趋势不同。

3 讨论

3.1 岩礁相多毛类的生境

岩礁相潮间带的多毛类生境和软相底质中的多毛类不同, 常栖息在岩礁的其他物种中, 其主要生境有三种: 大型藻类底部、贝类壳体或个体间隙、藤壶间隙。从现场观测的情况看, 春夏季南麂岛藻类的种类数及丰度都较高, 为多毛类提供优良的生存条件, 到了秋冬季, 藻类衰退, 剩余的優勢藻种以较矮小的珊瑚藻为主, 而裸露区域则被藤壶、贻贝占据。值得注意的是, 浙江海域水体中泥沙含量较高^[19-20], 南麂列岛虽远离大陆, 但仍会接受沿岸流运输的大量泥沙, 此外, 南麂岛藻类丰富, 对沉积物固定有一定帮助, 使得南麂岛的岩礁具有一定深度沉积物层。

故本次调查中采集到梳鬃虫、滑指矾沙蚕等多见于软相底质的多毛类。

3.2 总体现状

南麂岛潮间带多毛类资源丰富。2009 年 4 月对浙江南部近岸海域大型底栖生物的调查表明, 浙南多毛类的丰度与生物量分别为 268 个/m² 与 2.13 g/m²^[21], 而本次调查中南麂岛各断面的这两项数据即使在冬季也仍高于该水平。与厦门港^[22]同为岩相潮间带的调查结果相比, 南麂岛多毛类的种类数、丰度、生物量都更高。与其他多数类似调查结果^[23-25]相比, 南麂岛的多毛类种类更丰富, 数量更多。南麂岛除丰富的贝藻资源之外, 同样有着数量庞大的多毛类群体。

南麂岛的多毛类群落表现出明显的季节性变化, 冬季的生物量、多样性指数与丰度指数均处于较低水平, 与其余三次调查有明显差异。之所以出现这种情况, 除简单的季节变化影响外, 与每年 3 月至 10 月控制南麂海域的台湾暖流^[26]的作用分不开。在这支暖流影响期间, 南麂列岛海区水温较高, 夏季采样期间的平均水温达到了 27.9℃, 春季也有 20.9℃。在春夏季采集到的样品中襟松虫、杂色伪沙蚕、扁蛭虫等暖水种占一定比例, 这也证实了台湾暖流对南麂岛潮间带多毛类的影响。而当这支暖流的影响消失后, 以马旋塞虫为代表的冷水种在南麂岛也能达到不小的优势度, 体现出南麂列岛潮间带多毛类群落多元化的特点。

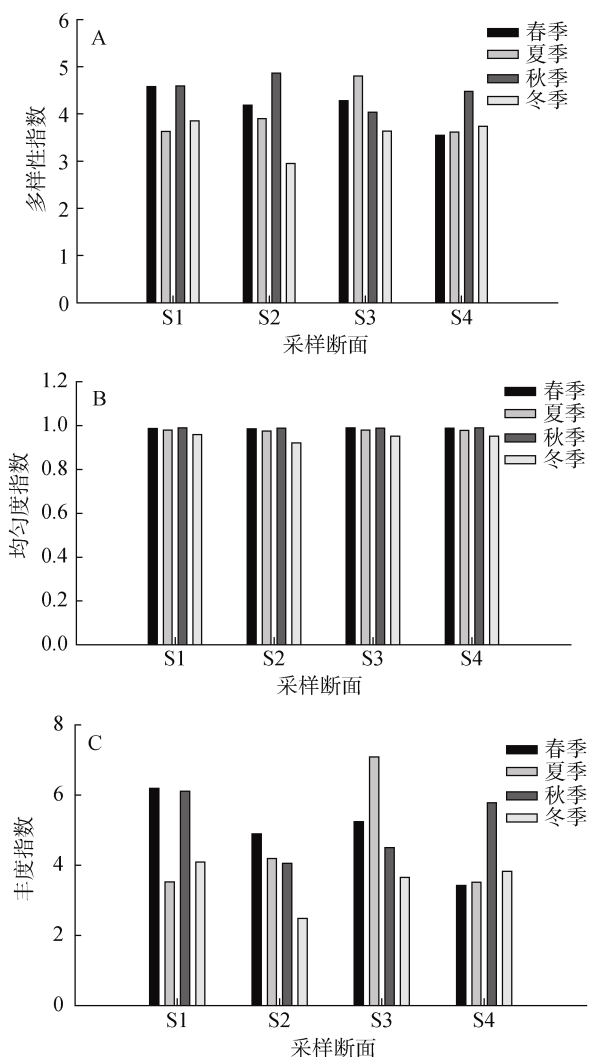


图2 各断面 Shannon-Wiener 多样性指数(A)、Pielou 均匀度指数(B)、Marglef 丰度指数(C)
 Fig. 2 Shannon-Wiener index (A), Pielou index (B) and Marglef index (C) in each sampling section

3.3 环境对于多毛类的影响

3.3.1 人类活动的影响

本次调查的 19 种优势种中龙介虫科占 6 种, 为所有种类中最高。而龙介虫为主要的海洋污损生物之一^[27-30], 能通过附着在船只、网箱等表面上进行传播。第 5 次人口普查数据显示, 南麂岛上常驻人口 2413 人, 来自大陆驻岛季节性生产的渔民和暂住人口有 7000 多人, 故在南麂岛附近海域常有渔船活动, 龙介虫科多毛类可借此迁移。

S1 站点位于马祖岙左岙, 其周边海域是南麂岛主要的海水养殖区域, 分布有大量网箱、浮排, 同时马祖岙内有一民用码头, 平时常有渔船往来。这就导致了 S1 成为了本次调查的 4 条断面中受人为活动影

响最大的一条。夏季 S1 的丰度指数与多样性指数均处于较低水平, 与冬季接近。8 月为南麂岛旅游旺季, 岛上日接待游客可达上千人次。马祖岙附近人类活动增加, 可能影响到了多毛类的分布。尽管受到人类影响, 南麂岛多毛类的这两项指数依然要高于海州湾、湄洲湾等地^[24, 31]。

3.3.2 潮汐对多毛类的影响

潮汐影响了不同潮区多毛类的种类数量分布。高潮区到低潮区暴露在空气中的时间存在差异, 导致生活在其中的多毛类表现出不同特征。高潮区暴露于空气中的时间最长, 生存条件最为恶劣, 几乎无多毛类存在, 只有一些石缝低洼处, 退潮时能够囤积海水, 适于藻类生长, 在这些区域中有多毛类的存在^[22]。中潮区的多毛类多体型健壮, 有较强的迁移和耐受能力, 如花索沙蚕、多齿围沙蚕等。而迁移能力较弱的管栖多毛类则多分布于低潮区。例如华美盘管虫、马旋鳃虫等种类多在中潮区下层和低潮区采到。一些适应能力和迁移能力都较强, 数量又较多的种类则在不同的潮区均可采到, 典型的为异须沙蚕, 在南麂岛的高中低三个潮区均有分布, 同时数量较多, 为南麂岛的多毛类优势种之一。

3.3.3 季节变化对多毛类的影响

表 1~表 3 显示出多毛类在季节上的变化特征。采样期间春季南麂岛附近海域的表层海水平均温度为 20.9℃, 夏季为 27.9℃, 秋季为 13.4℃, 冬季为 9.8℃。四季之间有明显差距, 是影响多毛类季节变化的重要因素。春夏季节水温较高, 且氮、磷营养盐含量高于秋冬季^[32], 季节性旺发的浮游动植物为多毛类幼虫提供了丰富的饵料^[33-34]。多毛类在这两季的丰度和生物量都处于较高水平。秋季, 水温开始下降, 具有迁移能力的多毛类迁入较温暖的潮下带, 潮间带多毛类数量下降。到了冬季, 潮间带多毛类的丰度与生物量都达到四季的最低点, 而马旋鳃虫这类管栖多毛类由于不具有迁移能力, 继续留在潮间带, 成为秋冬季的优势种, 从表 2 中可以看到, 马旋鳃虫的优势度从夏季至冬季不断升高, 并在冬季的优势度高达 0.381, 为所有多毛类中最高。图 2 显示冬季的丰度指数和多样性指数均处于较低水平, 这也反映了该季多毛类数量较少, 种类单一的状况。

不同季节藻类的生长状况对多毛类也有影响。春季为南麂岛大型藻类的生长旺季, 而夏季开始衰退, 到了冬季紫菜等藻类开始生长, 但与春季相比生物量仍有较大差距。丰富的藻类可为体型较大的

多毛类提供良好的栖身之所,而夏秋冬这三个季节不具备这种条件,多数大体型多毛类无法继续在潮间带生活。这就解释了表 3 中春季的调查采集的多毛类相较其他几个季节丰度没有明显优势,但生物量要远超其他几季的现象。

裂虫科的许多种类对环境变化较为敏感^[10, 35]。调查显示裂虫科几个种随水温变化表现出不同的变化趋势:冷水种的千岛模裂虫在春夏季不是优势种,而到了秋冬季成为优势种且优势度随水温降低而升高;广温种的似环模裂虫在本次调查中未表现出与水温变化的明显关系。

3.4 多毛类的环境指示作用

多毛类对于环境的指示作用,国外已有相关的研究^[36-37],但多聚焦在软相底质(沙滩、泥滩),而对于岩礁类硬相底质的研究刚刚起步^[10]。南麂列岛潮间带以岩礁为主,多有藻类覆盖,为多毛类的生长提供了适宜的条件,其中也不乏一些适合作为环境指示物种的多毛类。环境指示生物应具备以下特点:(1)在调查区域广泛分布且数量较高;(2)对于环境变化敏感,在周遭环境受到扰动后会出现较大的数量变化;(3)迁移能力弱,可代表调查区域的生物群落;(4)易于采集,容易在实验室中培养;(5)在生态系统中占有重要地位^[38]。国外一些研究认为裂虫科可作为海洋环境的良好指示物种^[10],而国内尚缺少此方面研究。南麂岛由于其独有的自然环境优势,可作为开展此类研究的野外试验场,本次调查可为将来的研究提供参考。

3.5 多毛类生态功能初步分析

多毛类是潮间带生态系统物质交换和能量流动的重要环节,其本身是某些甲壳类、贝类和鱼类的饵料^[7-8]。因此多毛类的数量状况可直接影响以其为食物种的分布。南麂岛丰富的藻类资源为多毛类提供了生存的条件,而大量多毛类又可作为贝类的天然饵料,可以说贝藻这两大南麂岛上最重要的生物类群都与多毛类有着紧密的联系。

底栖多毛类可通过生物扰动(包括潜穴、爬行、觅食、和避敌等)及对营养盐的吸收、转化、降解和排泄等生理活动影响着营养盐在沉积物-水-气三相界面之间的迁移、转化^[39-40]。以龙介虫科为例,岩礁相的底质较为坚硬且孔隙较少,而此类多毛类在其表面营造栖管,增加了表面积,使氧气更充分进入底质中,改变了氧化环境,进而影响到营养盐的

变化。

致谢:南麂列岛国家海洋自然保护区管理局陈万东、林利、倪孝品、伍尔魏、曾贵侯等在采样过程中给予协助,胡月妹老师帮助鉴定样品,在此一并致谢。

参考文献:

- [1] 高爱根,曾江宁,陈全震,等.南麂列岛海洋自然保护区潮间带贝类资源时空分布[J].海洋学报,2007,29(2):105-111.
- [2] 高爱根,董永庭,王慧珍,等.南麂列岛邻近海域贝类生态分布的初步研究[J].东海海洋,1998,16(2):49-54.
- [3] Sun J Z, Ning X R, Le F F, et al. Long term changes of biodiversity of benthic macroalgae in the intertidal zone of Naji Islands [J]. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(2): 106-112.
- [4] 彭欣,谢起浪,陈少波,等.南麂列岛潮间带底栖生物时空分布及其对人类活动的响应[J].海洋与湖沼,2009,40(5):584-589.
- [5] 刘瑞玉.中国海洋生物名录[M].北京:科学出版社,2008:405-452.
- [6] 杨德渐,孙瑞平.中国近海环节多毛动物[M].北京:农业出版社,1998.
- [7] 纪莹璐,拓宁,刘志强,等.我国沿海多毛类研究的现状[J].水产科学,2012,31(5):306-310.
- [8] 周进,李新正.中国海多毛纲动物研究现状及展望[J].海洋科学,2011,35(6):82-89.
- [9] Belan T A. Marine environmental quality assessment using polychaete taxocene characteristic in Vancouver Harbor [J]. Marine Environmental Research, 2003, 57(1-2): 89-101.
- [10] Giangrande A, Licciano M, Musco L. Polychaetes as environmental indicators revisited [J]. Marine Pollution Bulletin, 2005, 50(11): 1153-1162.
- [11] Van Hoey G, Degraer S, Vincx M. Macrobenthic community structure of soft-bottom sediments at the Belgian Continental Shelf [J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2004, 59(4): 599-613.
- [12] Labruno C, Grémare A, Amouroux J M, et al. Assessment of soft-bottom polychaete assemblages in the Gulf of Lion (NW Mediterranean) based on a mesoscale survey [J]. Estuarine, Coastal and Shelf

- Science, 2007, 71 (1-2): 133-147.
- [13] Jaubet M L, Garaffo G V, Sánchez M A, et al. Reef-forming polychaetes outcompetes ecosystem engineering mussels [J]. Marine Pollution Bulletin, 2013, 71(1-2): 216-221.
- [14] Ryer C H, Spencer M L, Iseri P, et al. Polychaete worm tubes modify juvenile northern rock sole *Lepidopsetta polyxystra* depth distribution in Kodiak nurseries [J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2013, 446: 311-319.
- [15] Sizmur T, Canário J, Gerwing T G, et al. Mercury and methylmercury bioaccumulation by polychaete worms is governed by both feeding ecology and mercury bioavailability in coastal mudflats [J]. Environmental Pollution, 2013, 176: 18-25.
- [16] 吴宝玲, 吴启泉, 丘建文, 等. 中国动物志: 环节动物门多毛纲 I 叶须虫目[M]. 北京: 科学出版社, 1997.
- [17] 孙瑞平, 杨德渐. 中国动物志: 环节动物门多毛纲 II 沙蚕目[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [18] 马克平, 刘玉明. 生物群落多样性的测度方法 I 多样性的测度方法(下)[J]. 生物多样性, 1994, 2(4): 231-239.
- [19] 王凯, 卢昕晖, 施心慧. 东海浑浊海域悬沙浓度的三维数值模拟及与观测的比较[J]. 海洋与湖沼, 2011, 42 (6): 884-890.
- [20] 李旭升, 赵洪波, 左书华, 等. 浙江苍南海域水文泥沙环境及冲淤演变分析[J]. 水道港口, 2008, 29 (5): 318-322.
- [21] 贾海波, 胡颢琰, 唐静亮, 等. 浙江南部近岸海域大型底栖生物的生态[J]. 台湾海峡, 2011, 30 (4): 577-582.
- [22] 郑凤武, 吴启泉, 鲁琳. 厦门港岩相潮间带多毛类的生态[J]. 台湾海峡, 1997, 16 (1): 85-89.
- [23] 陈海燕, 周红, 张志南, 等. 青岛岩礁海藻附植动物的区系组成和季节动态[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2011, 41 (2): 85-90, 96.
- [24] 高爱根, 杨俊毅, 曾江宁, 等. 海州湾潮间带大型底栖动物的分布特征[J]. 海洋学研究, 2009, 27 (1): 22-29.
- [25] 王金宝, 李新正, 王洪法, 等. 胶州湾多毛类环节动物数量分布与环境因子的关系[J]. 应用与环境生物学报, 2006, 12 (6): 798-803.
- [26] 管秉贤. 黑潮——一支世界著名的大洋强流[J]. 海洋科学, 1978, 2: 1-6.
- [27] 孙瑞平, 杨德渐. 中国近海盘管虫属(多毛纲: 龙介虫科)的研究 I [J]. 海洋科学集刊, 2000, 42: 116-135.
- [28] 孙瑞平, 杨德渐. 中国近海龙介虫科(多毛纲: 纓鳃虫目)的研究 II [J]. 海洋科学集刊, 2001, 43: 184-208.
- [29] 孙瑞平, 杨德渐. 中国近海龙介虫科和螺旋虫科(多毛纲: 纓鳃虫目)的研究 III [J]. 海洋科学集刊, 2001, 43: 209-227.
- [30] 王宝强, 薛俊增, 庄骅, 等. 洋山港海域大型污损生物生态特点[J]. 海洋学报, 2012, 34 (3): 155-162.
- [31] 方少华, 张跃平, 骆巧琦, 等. 湄洲湾多毛类物种多样性及生态特点[J]. 台湾海峡, 2011, 30 (3): 419-429.
- [32] 李扬, 吕颂辉, 江天久, 等. 浙江南麂列岛海域氮、磷营养盐季节动态及其环境影响因子分析[J]. 海洋通报, 2009, 28 (4): 74-80.
- [33] 纪焕红, 叶属峰, 刘星, 等. 南麂列岛海洋自然保护区浮游动物的物种组成及其多样性[J]. 生物多样性, 2006, 14 (3): 206-215.
- [34] 陈舜, 李扬, 李欢, 等. 南麂列岛海域浮游植物的群落结构研究[J]. 海洋环境科学, 2009, 28 (2): 170-175.
- [35] Musco L, Cavallo A, Giangrande A. I sillidi (Annelida Polychaete) dellitoralebrindisino: possibilità di un loroimpiego come indicatori di qualitàdell'ambiente [J]. Thalassia Salentina, 27: 161-174.
- [36] Surugiu V, Revkov N, Todorova V, et al. Spatial patterns of biodiversity in the Black Sea: An assessment using benthic polychaetes [J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2012, 88 (2): 165-174.
- [37] Dean H K. The use of polychaetes (Annelida) as indicator species of marine pollution: a review [J]. Rev Biol Trop, 56 (4): 11-38.
- [38] 徐士霞, 王跃招, 李旭东. 两栖动物在环境污染生物监测中的应用前景[J]. 应用与环境生物学报, 2004, 10 (6): 816-820.
- [39] 刘敏, 侯立军, 许世远. 底栖穴居动物对潮滩沉积物中营养盐早期成盐作用的影响[J]. 上海环境科学, 2003, 22 (3): 180-196.
- [40] 余婕, 刘敏, 侯立军, 等. 底栖穴居动物对潮滩 N 迁移转化的影响[J]. 海洋环境科学, 2004, 23 (2): 1-4.

Preliminary study on ecology of polychaetes at intertidal rocky zone on Nanji Islands

TANG Yan-bin¹, GAO Ai-gen¹, LIAO Yi-bo^{1, 2}, SHOU Lu^{1, 3}, ZENG Jiang-ning¹, CHEN Quan-zhen¹

(1. Laboratory of Marine Ecosystem and Biogeochemistry, The Second Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Hangzhou 310012, China; 2. School of Marine Sciences, Ningbo University, Ningbo 315211, China; 3. School of Life sciences, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China)

Received: Sep., 2, 2013

Key words: Nanji Islands; polychaetes; community character; environmental factor

Abstract: A study of the spatio (4 transects: S1, S2, S3, S4) and seasonal (May, August, November in 2012 and February in 2013 which stood for spring, summer, autumn and winter) distribution of polychaetes was conducted on rocky intertidal zone of Nanji Archipelago Marine Nature Reserve. The species of polychaete samples were identified and the abundances and biomasses and other ecology indexes were calculated respectively. A total of 85 species were found. The average abundance and biomass were 492 ind/m² and 39.50 g/m², 895 ind/m² and 20.95 g/m², 639 ind/m² and 16.51 g/m², 511 ind/m² and 9.04 g/m² from spring to winter. The Shannon-Wiener index varied 2.950~4.864; the Pielou's evenness was 0.922~0.990; and the Margalef's species richness was 2.486~7.087. These parameters showed that the tide, seasonal changing and human activity had significant impacts on spatial distribution and community character of polychaetes in rocky intertidal zone in different ways.

(本文编辑: 梁德海)