

文章编号:1000-0615(2012)04-0608-07

DOI:10.3724/SP.J.1231.2012.27684

洞头列岛潮间带大型底栖生物的时空分布及其多样性

仇建标, 彭欣*, 谢起浪, 陈少波, 黄晓林, 仲伟, 余海滨, 冀德伟
(浙江省近岸水域生物资源开发与保护重点实验室, 浙江省海洋水产养殖研究所, 浙江温州 325005)

摘要: 为了解洞头列岛潮间带大型底栖生物的时空分布特征及其多样性, 分别于2006年秋季(10月)和2007年春季(4月)对洞头列岛4个断面开展了春秋航次调查。共鉴定出大型底栖生物72种, 包括软体动物44种, 甲壳动物13种, 藻类11种, 多毛类2种, 棘皮动物1种, 其它动物1种。从季节来看, 虽秋季航次的物种数(66种)稍高于春季(63种), 但平均生物量和丰度却都是春季航次(分别为 $1\ 129.23\ \text{g/m}^2$ 、 $707\ \text{ind/m}^2$)明显高于秋季航次(分别为 $576.98\ \text{g/m}^2$ 、 $461\ \text{ind/m}^2$)。各断面主要优势种为疣荔枝螺、日本笠藤壶和粒屋顶螺等, 它们占总生物量和丰度的60%以上。从多样性指数来看, 洞头列岛物种多样性指数平均为 1.73 ± 0.47 , 变化范围为0.83~2.10, 物种丰富度指数平均为 2.26 ± 0.33 , 变化范围为1.99~2.95, 均匀度指数平均为 0.62 ± 0.19 , 变化范围为0.29~0.85, 辛普森优势度指数平均为 0.70 ± 0.18 , 变化范围为0.36~0.87。综合以上结果发现, 洞头列岛各断面潮间带大型底栖生物群落结构不稳定, 且物种多样性较差, 有向次生型群落结构演化的趋势, 主要原因是过度采捕、生境破碎等人为干扰过于严重导致的。

关键词: 大型底栖生物; 生物量; 丰度; 优势种; 生物多样性; 洞头列岛

中图分类号: S 932.4

文献标志码: A

洞头列岛地处浙江省东南海域温州湾口和乐清湾的汇集处, 西接瓯江口、东濒东海, 具有较好的生物多样化条件和丰富的物种资源。但随着渔业、旅游业、工业发展以及对资源的肆意利用等, 给洞头海洋资源和环境带来了威胁, 直接影响到洞头列岛潮间带大型底栖生物的群落结构变化。特别是半岛工程的建成, 在促进海洋经济发展的同时, 也给陆海交接的潮间带大型底栖生物带来新的威胁。此外, 大型底栖生物对环境变化敏感^[1], 种类组成和数量的变动能够很好地表征环境状况和变化^[2]。因此, 研究洞头列岛潮间带大型底栖生物的群落结构变化及其对人类活动的响应具有重要的意义。

潮间带处于陆-海交错区^[3], 其大型底栖生物

的群落结构不仅受潮间带自然生态因子(基质类型、温度、光照和盐度等)的影响, 还与人类活动密切相关^[4-5]。因此, 潮间带生态学的研究一直倍受国内外学者关注。目前, 有关洞头列岛潮间带大型底栖生物调查已有一些报道^[6-10], 多集中于岩相潮间带底栖贝类的生态和区系研究, 近期吕永林等^[11]对大竹屿开展了较详细的群落结构调查, 但只针对一个岛, 并不能代表洞头列岛潮间带大型底栖生物群落结构变化。作者于2006年10月(秋季)和2007年4月(春季)开展了两个航次洞头列岛潮间带大型底栖生物调查, 以掌握洞头列岛潮间带大型底栖生物物种组成、数量分布特征及其变化趋势等, 分析潮间带生态系统生物多样性和目前存在的问题, 为制定洞头列岛开发利用总体规划以及

收稿日期: 2011-08-15 修回日期: 2012-01-04

资助项目: 浙江省908专项(ZJ908-01-03-03); 浙江省科技厅项目(2010F20008); 浙江省海洋与渔业局项目(浙海渔计[2010]205); 温州市科技局项目(S20090045)

通讯作者: 彭欣, E-mail: pengxin_1128@163.com

对生物资源综合管理和环境保护、实现洞头列岛资源保护和经济发展的协调统一等提供基础数据和科学依据。

1 材料与方法

根据洞头列岛岛群分布特点, 分别在北面选定小门岛(XM)和鹿西岛(LX), 在中群选定霓屿岛(NY), 在南群选定洞头本岛(DT)共 4 条岩礁断面(图 1), 每条断面布设三站(即高潮、中潮、低潮), 于 2006 年 10 月(秋季)和 2007 年 4 月(春季)分两个航次对潮间带大型底栖生物进行定性和定量样品采集, 定量样品采样框为 25 cm×25 cm, 每站随机采集 4~6 个样方, 并广泛采集定性样品以补充定量样品的不足。用体积分数为 5% 的甲醛溶液将样品现场固定, 带回实验室供分析鉴定。室内样品的称重、计算和资料分析整理均按《海洋生物生态调查技术规程》^[12]的方法进行。

调查站位图采用 Surfer8.0 软件绘制, 优势度(Y)计算参考文献[13]的方法, 包含了大型底栖生物的个体数、生物量和出现频率这 3 个重要信息, 能充分反映它们在群落中所处的地位^[14], 公式为

$$Y = (B_i/B + A_i/A) F_i/F$$

式中, B_i 为种 i 的生物量, B 为总生物量; A_i 为种 i 的个体数, A 为总个体数; F_i 为种 i 出现的站位数, F 为总站位数。

生物多样性指数分析分别由公式计算得到:

$$多样性指数: H' = -\sum_{i=1}^s (P_i) \ln(P_i)$$

$$均匀度指数: J' = \frac{H'}{\ln S}$$

$$物种丰富度指数: D = \frac{S-1}{\ln N}$$

$$辛普森优势度指数: \lambda' = 1 - \frac{\sum N_i(N_i - 1)}{N(N-1)}$$

表 1 洞头列岛春秋航次类群物种数

Tab.1 Species number of different groups of macrobenthos in autumn and spring in Dongtou Archipelago

断面 section	藻类 algae		多毛类 polychetes		软体动物 mollusc		甲壳动物 crustacean		棘皮动物 echinoderm		其它动物 the others		合计 total	
	春 S	秋 A	春 S	秋 A	春 S	秋 A	春 S	秋 A	春 S	秋 A	春 S	秋 A	春 S	秋 A
小门岛 XM	0	0	1	0	20	16	2	6	0	0	0	0	23	22
鹿西岛 LX	8	9	0	0	24	20	6	7	1	0	0	0	39	36
霓屿岛 NY	0	3	0	0	16	27	4	9	0	0	0	0	20	38
洞头本岛 DT	6	4	1	1	19	15	9	4	0	0	0	1	35	25
总物种数 total	10	10	2	1	40	40	10	14	1	0	0	1	63	66

注: S 表示春季, A 表示秋季。

Notes: S means spring, A means autumn.

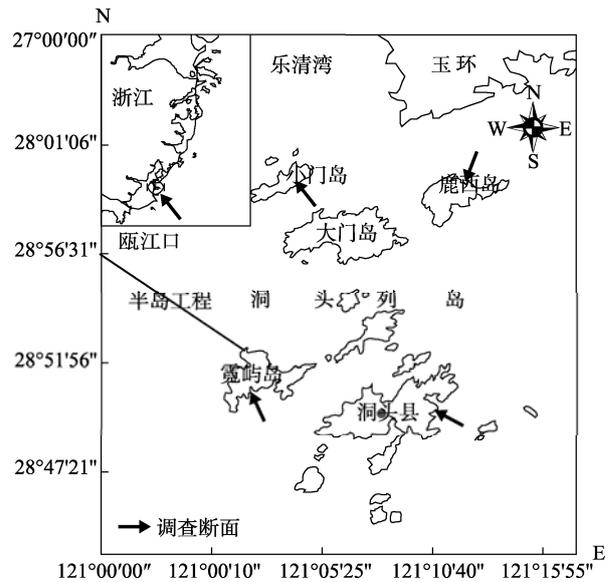


图 1 洞头列岛采样断面示意图

Fig. 1 Sampling sections of intertidal macrobenthos in Dongtou Archipelago

式中, S 为总种数; P_i 为种 i 的栖息密度占总栖息密度的比例; N_i 为种 i 的栖息密度总数, N 为所有种的栖息密度总数。

2 结果

2.1 大型底栖生物种类组成与分布

综合洞头列岛两个航次定性和定量分析所得数据, 共鉴定出潮间带大型底栖生物 72 种(表 1), 包括软体动物 44 种, 甲壳动物 13 种, 藻类 11 种, 多毛类 2 种, 棘皮动物 1 种, 其它动物 1 种。其中, 春季航次物种数(63 种)略少于秋季航次(66 种), 主要是甲壳动物种类在秋季航次明显高于春季航次, 而其它物种数变化不大。在各断面中, 鹿西岛大型底栖生物种类数分布最多, 春季达到 39 种, 而霓屿岛春季分布最少, 仅 20 种。另外, 小门岛和鹿西岛种类数季节变化不显著, 而霓屿岛和洞头本

岛季节变化显著。除了霓屿岛断面种类数秋季 38 种大于春季 20 种外, 其它断面均春季大于秋季。

2.2 大型底栖生物水平分布特征

洞头列岛潮间带大型底栖生物平均生物量为 853.11 g/m², 其中 4 条断面春季平均生物量为 1 129.23 g/m², 秋季为 576.98 g/m², 春季是秋季的近 2 倍。生物量组成中两个航次都是软体动物最高, 其次是甲壳动物, 再次是藻类, 其它各类群的生物量相对较低。大型底栖生物生物量总体分布不均匀, 其中 4 条断面在春季航次生物量最高的是洞头本岛, 达到 2 220.92 g/m², 生物量最低的是小门岛, 为 89.20 g/m²; 秋季航次与春季航次一致, 洞头本岛的生物量最高, 达到 1 058.87 g/m², 最低的也是小门岛, 为 43.71 g/m²(表 2)。

大型底栖生物 4 条断面平均丰度为 584 ind/m², 丰度分布与生物量分布基本一致。其中春季平均丰度为 707 ind/m², 秋季为 461 ind/m²(表 2)。从表 2 可知, 春季各断面丰度均高于秋季, 春季和秋季最大丰度位于鹿西岛, 分别为 1 259 ind/m²和 1 045 ind/m²。丰度两季节最小均为小门岛断面。

2.3 大型底栖生物垂直分布特征

洞头列岛潮间带大型底栖生物垂直分布差异显著, 从表 2 可以看出, 平均生物量的垂直分布: 春秋季航次均为中潮区(1 624.54 g/m²和 1 165.14 g/m²)>低潮区(1 308.52 g/m²和 517.27 g/m²)>高潮区(454.64 g/m²和 48.52 g/m²); 平均丰度与生物量的分布趋势相似, 春秋季航次均为中潮区(981

ind/m²和 754 ind/m²)>低潮区(720 ind/m²和 375 ind/m²)>高潮区(422 ind/m²和 255 ind/m²)。

2.4 大型底栖生物优势种分布特征

从洞头列岛不同断面来看, 群落结构的优势种变化不尽相同, 优势度(Y≥0.04)的种类春秋季小门岛断面分别为 7 种和 8 种、鹿西岛为 4 种和 2 种、霓屿岛为 5 种和 5 种以及洞头本岛 4 种和 5 种(见表 3)。疣荔枝螺[*Thais clacigera* Kuster]在各断面中均成为优势种, 日本笠藤壶[*Tetraclita japonica* Pilsbry]和粒屋顶螺 [*Tectarius granularis* (Gray)]在 ≥50%的断面为优势种, 而且日本笠藤壶优势度(Y≥0.29)非常明显。其他物种只在部分断面成为优势种, 而其他断面为常见种或偶见种; 另外各断面优势种季节变化不明显。

2.5 各断面大型底栖多样性指数

表 4 显示了洞头列岛各断面大型底栖生物不同季节的多样性指数, 不同断面之间差异较明显。洞头列岛物种多样性指数平均为 1.73±0.47, 变化范围为 0.83~2.10, 物种丰富度指数平均为 2.26±0.33, 变化范围为 1.99~2.95, 均匀度指数平均为 0.62±0.19, 变化范围为 0.29~0.85, 辛普森优势度指数平均为 0.70±0.18, 变化范围为 0.36~0.87。小门岛和霓屿岛断面各多样性指数均要高于鹿西岛和洞头本岛, 小门岛和洞头本岛物种多样性指数、均匀度指数和辛普森优势度指数春季小于秋季, 物种丰富度指数春季大于秋季; 而鹿西岛和霓屿岛各多样性指数春季均大于秋季。

表 2 洞头列岛各断面数量分布特征

Tab. 2 Quantitative distribution of macrobenthos between the sections in Dongtou Archipelago

断面 section	季节 season	高潮区 high tide		中潮区 middle tide		低潮区 low tide		平均值 mean	
		生物量 biomass	丰度 abundance	生物量 biomass	丰度 abundance	生物量 biomass	丰度 abundance	生物量 biomass	丰度 abundance
小门岛 XM	春 S	37.57	205	98.61	128	158.43	125	98.20	153
	秋 A	15.34	120	56.16	83	59.65	53	43.71	85
鹿西岛 LX	春 S	208.35	605	2 590.48	1512	2 669.44	1 659	1 822.76	1 259
	秋 A	86.27	460	1 993.98	1660	843.1	1 016	974.45	1 045
霓屿岛 NY	春 S	231.55	269	592.56	368	301.04	159	375.05	265
	秋 A	37.23	205.33	567.09	395	88.32	117	230.88	239
洞头本岛 DT	春 S	1 341.09	610	3 216.51	1916	2 105.17	938	2 220.92	1 154
	秋 A	55.24	236	2 043.36	876	1 078.00	312	1 058.87	474
平均值 average	春 S	454.64	422	1 624.54	981	1 308.52	720	1 129.23	707
	秋 A	48.52	255	1 165.14	754	517.27	375	576.98	461
总平均值 mean		251.58	339	1 394.84	867	912.89	547	853.11	584

注: 生物量单位(g/m²), 丰度单位(ind/m²); S 表示春季, A 表示秋季。

Notes: Unit of biomass is g/m², Unit of abundance is ind/m²; S means spring, A means autumn.

表 3 洞头列岛潮间带大型底栖主要优势种及其优势度

Tab. 3 The main dominant species and its dominance of macrobenthos in Dongtou Archipelago

物种及拉丁名 species and Latin name	小门岛 XM		鹿西岛 LX		霓屿岛 NY		洞头本岛 DT	
	春 S	秋 A	春 S	秋 A	春 S	秋 A	春 S	秋 A
疣荔枝螺 <i>Thais clacigera</i> Kuster	0.406	0.045	0.048	0.027	0.292	0.319	0.112	0.049
日本笠藤壶 <i>Tetraclita japonica</i> Pilsbry			1.542	1.104	0.982	0.294	1.276	0.690
齿纹蜒螺 <i>Nerita (Ritena) yoldii</i> Recluz	0.204	0.445			0.089	0.088		
青蚶 <i>Barbatia virescens</i> (Reeve)	0.174	0.284	0.046	0.003	0.203	0.155	0.020	
条纹隔贻贝 <i>Septifer virgatus</i> (Wiegmann)			0.014	0.003	0.003	0.007	0.129	0.153
隔贻贝 <i>Septifer bilocularis</i> (Linnaeus)			0.052	0.004			0.225	0.067
嫁(贻) <i>Cellana toreuma</i> (Reeve)	0.016	0.010	0.008	0.001	0.015		0.034	
粒屋顶螺 <i>Tectarius granularis</i> (Gray)	0.005	0.047	0.034	0.056	0.036	0.163	0.004	0.034
龟足 <i>Capitulum mitella</i> (Linnaeus)	0.004	0.080	0.004	0.013	0.010	0.009	0.011	0.035
短滨螺 <i>Littorina brevicula</i> (Philippi)	0.111	0.113	0.009					
矮拟帽贝 <i>Patelloida pygmaea</i> (Dunker)			0.001	0.001	0.049			0.010
黄口荔枝螺 <i>Thais luteostoma</i> (Holten)			0.006	0.002	0.029	0.029	0.001	0.001
背肋拟帽贝 <i>Patelloida dorsuosa</i> (Gould)		0.004		0.001	0.002		0.012	
四齿大额蟹 <i>Metopograpsus quadridentatus</i> Stimpson	0.069				0.003	0.004	0.001	
鼠尾藻 <i>Sargassum thunbergii</i> (Mert.et Roth) O.Kutz.				0.004			0.033	0.034
日本花棘石鳖 <i>Liolophura japonica</i> (Lischke)			0.016	0.004			0.026	0.018
棘刺牡蛎 <i>Ostrea (Lopha) echinata</i> Quoy et Gaimard	0.088				0.003			
中间拟滨螺 <i>Littorinopsis intermedia</i> (Philippi)	0.037	0.049						
蛎敌荔枝螺 <i>Thais gradata</i> Jonas	0.030							
平凡屋顶螺 <i>Tectarius rills</i> (Menke)	0.016							0.011
粒神螺 <i>Apollon olivator rubustus</i> (Fulton)	0.008							
纵肋织纹螺 <i>Nassarius variciferus</i> (A.Adams)	0.005							
龟甲(贻) <i>Cellana testudinaria</i> (Linnaeus)	0.004				0.005			
丽核螺 <i>Mitrella bella</i> (Reeve)	0.003							
条蜒螺 <i>Nerita (Ritena) striata</i> Burrow		0.009						
褶牡蛎 <i>Alectryonella plicatula</i> (Gmelin)		0.086			0.029			
单齿螺 <i>Monodonta labio</i> (Linnaeus)		0.014				0.003		
渔舟蜒螺 <i>Nerita albicilla</i> (Linnaeus)					0.002			
细肋蕾螺 <i>Gemmula deshayesii</i> (Doumet)						0.004		
珠母核果螺 <i>Drupa margaritcola</i> (Borderip)						0.003		0.003
节织纹螺 <i>Nassarius hepatus</i> (Pulteney)						0.002		
贪精武蟹 <i>Parapanope euagora</i> De Man						0.002		
环吻沙蚕 <i>Glycera armigera</i> (Moore)							0.003	
星状帽贝 <i>Patella stellaeformis</i> Reeve							0.002	0.005
扁节莢藻 <i>Lomentaria pinnata</i> Segava							0.001	
红条毛肤石鳖 <i>Acanthochiton rubrolineatus</i> (Lischke)							0.001	0.001
铁钉菜 <i>Ishige okamurai</i> Yendo							0.001	
白刺珊瑚藤壶 <i>Creusia spinulosa euspinulosa</i> Broch								0.021
史氏背尖贝 <i>Notoacmea schrencki</i> (Lischke)			0.003					
中间硬毛藻 <i>Chaetomorpha media</i> (Ag.) Kutz.			0.002					
粗珊瑚藻 <i>Calliarthron yessoense</i> (Yendo) Manza			0.001	0.003				
锈凹螺 <i>Chlorostoma rusticum</i> (Gmelin)			0.001	0.002				
刺珊瑚藤壶 <i>Megabalanus volcano</i> (Pilsbry)				0.008				
石花菜 <i>Gelidium amansii</i> Lamx.				0.004				
无柄珊瑚藻 <i>Corallina sessilis</i> Yendo				0.003				
无节萱藻 <i>Scytosiphon dotyi</i> Wynne				0.002				

注: 本表格仅列出来优势度大于 $Y \geq 0.001$; S 表示春季, A 表示秋季。

Notes: This table only lists the dominance greater than Y quartile 0.001; S means spring, A means autumn.

表 4 洞头列岛各断面大型底栖生物多样性指数

Tab. 4 Biodiversity index of macrobenthos between the sections in Dongtou Archipelago

断面 section	物种多样性指数 species biodiversity		物种丰富度指数 Margalef's species richness		均匀度指数 Pielou's evenness		辛普森优势度指数 Simpson's dominance	
	春 S	秋 A	春 S	秋 A	春 S	秋 A	春 S	秋 A
	小门岛 XM	2.09	2.17	2.50	2.17	0.76	0.85	0.83
鹿西岛 LX	1.34	0.83	2.06	1.99	0.47	0.29	0.52	0.36
霓屿岛 NY	2.10	1.91	2.39	2.00	0.74	0.72	0.84	0.82
洞头本岛 DT	1.53	1.90	2.95	2.05	0.47	0.68	0.62	0.77

注: S 表示春季, A 表示秋季。

Notes: S means spring, A means autumn.

3 讨论

3.1 大型底栖生物分布与生境关系

潮间带大型底栖生物生长在特殊地带, 它们的生活空间既受潮汐、波浪作用的限制, 又受到阳光、气温和盐度^[15-16]等因素的影响, 另外断面的开敞度也会影响大型底栖生物的分布^[17-19], 越靠近外海的断面, 它们地处开阔海域, 风浪扰动较强, 高盐种和喜浪种类, 如藤壶、贻贝和大型藻类等成为群落物种组成和群落结构的显著特征, 其生物量和丰度一般都大于屏蔽性断面^[18], 在本次调查中面朝外海的洞头本岛平均生物量和丰度(1 639.90 g/m², 814 ind/m²)就明显大于两岛之间受屏蔽影响的小门岛(70.96 g/m², 119 ind/m²), 而且高盐种及喜浪种如日本笠藤壶、条纹隔贻贝和条鼠尾藻在生物量和丰度的贡献中占绝对优势。

此外, 在同一断面中由于潮间带不同区域受海水淹没的时间不同, 生物的带状分布明显^[20-22], 这与王一农等^[23]研究结果一致, 高潮带以滨螺类占优势, 中潮带以贻贝—螺—藻占优势, 低潮带以藻—牡蛎等占优势。以洞头本岛岩礁断面为例, 高潮带主要分布可以忍受强光照射以及每日二次涨退潮的干湿变化的物种为主, 如粒屋顶螺、龟足等生物为优势种, 在高潮区下部开始出现日本笠藤壶; 而中潮区以日本笠藤壶、疣荔枝螺、青蚶、条纹隔贻贝等为优势种, 并在中下潮区开始出现藻类零星分布, 如无柄珊瑚藻(*Corallina sessilis* Yendo)、粗珊瑚藻 *Calliarthron yessoense* (Yendo) Manza]等; 低潮区以鼠尾藻 [*Sargassum siliquastrum* (Mert.) O. Kuntze]、日本笠藤壶等为主, 这些现象决定了潮间带大型底栖生物生物量和丰度的分布特征^[20]。如洞头列岛潮间带大型底栖生物平均生物量和丰度的垂直分布均为中潮区(1 394.84 g/m² 和 867 ind/m²)>低潮区(912.89 g/m² 和 547 ind/m²)>高潮区(251.58 g/m²

和 339 ind/m²), 这与现有的研究结果一致^[24-25]。

3.2 大型底栖生物的季节变化特征

以时间作为研究尺度, 潮间带大型底栖生物群落结构的季节间存在一定的变化。从本次调查结果来看, 小门岛(春季 23 种, 秋季 22 种)和鹿西岛(春季 39 种, 秋季 36 种)获得的物种数各季节相对稳定, 其余两条断面物种数变化较大, 洞头本岛物种数春季(35 种)大于秋季(25 种), 而霓屿岛则是春季(20 种)明显小于秋季(38 种), 物种季节变化显著, 这与寿鹿等^[26]研究结果一致。但是从生物量和丰度来看, 各断面均是春季明显大于秋季, 季节差异显著, 这表明季节对洞头列岛潮间带大型底栖生物的生物量和丰度影响较大, 主要受大型底栖动植物的繁殖、动物的垂直移动、大型底栖海藻的变化等有关^[27], 春季为繁殖区, 个体较小的生物多(特别是日本笠藤壶、条纹隔贻贝等), 生长也较快, 再加上春季大型藻类生长, 平均生物量较高(68.30 g/m²), 随着夏季高温和夏秋干旱致使大量海藻衰败, 藻类平均生物量降低(37.93 g/m²)。受这些因素的综合影响, 春季生物量和丰度均高于秋季, 这与吕永林等研究结果一致^[11]。

3.3 与历史资料及邻近海岛的比较

潮间带作为陆海交互作用的系统单元, 其稳定性并不高, 易受人类活动的影响^[28], 过度采捕是造成潮间带大型底栖生物群落生态结构变化的首要原因。温州作为浙江沿海的经济强市, 居民平均消费水平较高, 对海产品尤为青睐, 需求的无限增长带来的利益驱动使得对潮间带大型底栖生物的采捕强度不断加大, 不仅对具有经济价值的种类, 对非经济种类和环境也造成极大破坏, 致使某些种类数量的锐减甚至消失, 而那些非采捕种, 哪怕是优势种, 其数量就会上升, 特别是一些迁移能力强、繁殖速度快、生活周期短、分布广泛的种

则取代采捕种的位置而成为优势种, 使群落结构向次生型演替^[24]。与历史资料^[3]比较分析发现, 以前占优势的粒结节滨螺(*Nodilittorina trochoides* Gray)、日本菊花螺(*Siphonaria sirius* Pilsbry)、短石蛭(*Lithophaga curta* Lischke)、条纹隔贻贝等被粒屋顶螺、中间拟滨螺、疣荔枝螺和日本笠藤壶所取代, 条纹隔贻贝也只在部分断面成为优势种。以洞头本岛为例, 日本笠藤壶生物量和丰度分别占该断面总生物量和丰度的68.85%和58.76%。本次调查的物种数(72种)与张永普等^[10]综合1986年—1996年的调查结果(396种, 其中经济物种70余种)相比明显降低, 物种更趋单一。此外, 平均生物量(853.11 g/m²)和丰度(584 ind/m²)与吕永林等^[11]研究结果(2 851.63 g/m²和1 637 ind/m²)相比明显偏低, 这主要是因为本次调查覆盖洞头列岛不同的典型区域, 调查断面均比较靠近人类活动区, 因此大型底栖生物数量较低; 吕永林等^[11]研究的大竹屿是洞头海洋与渔业局的增殖放流区, 在此开展了贝类增殖放流活动并对该区域实施一定保护, 大型底栖生物群落结构相对较稳定, 生物量和丰度高。

生境破碎是生物多样性下降的另一重要原因^[29]。洞头作为温州港的重要组分, 大批大规模工业项目如港口、石化企业等在施工及运行过程均给潮间带和浅海生境带来巨大的影响, 再加上水交换变差, 使得淤泥堆积加速, 很大程度上改变了潮间带大型底栖生物的生境, 并且水交换速率的降低也会加重水污染的程度, 致使生物多样性降低, 生物量和丰度减少^[30], 群落稳定性变差^[31-32], 大型底栖动物种类单一化程度越来越高。按照Shannon-Winner 指数分级评价标准, 小门岛春秋和霓屿岛春季物种多样性指数大于2小于3, 属于轻度干扰或污染; 霓屿岛秋季和洞头本岛春秋物种多样性指数大于1小于2, 属于中度干扰或污染; 鹿西岛秋季物种多样性指数小于1, 属重度干扰或污染, 春季大于1小于2属中度干扰或污染。与同类型的海岛相比, 平均生物量和丰度洞头列岛(853.11 g/m²和584 ind/m²)明显低于北麂列岛(2 509.14 g/m²和890 ind/m²)和南麂列岛^[24](8 318.78 g/m²和3 354 ind/m²), 主要原因为北麂和南麂海岸工程较少, 受到的人为扰动较少, 大型底栖生物群落结构相对稳定, 特别是南麂列岛, 该处为国家级海洋自然保护区, 其潮间带大型底栖生物受到保

护, 在核心区和缓冲区人为扰动基本没有, 致使生物量和丰度相较其他两地要高。

参考文献:

- [1] Thorin S, Radureau A, Feunteun E, et al. Preliminary results on a high east-west gradient in the macrozoobenthic community structure of the macrotidal Mont Saint-Michel bay[J]. Continental Shelf Research, 2001, 21(18-19): 2167-2183.
- [2] 赵永强, 曾江宁, 高爱根, 等. 椒江口滩涂大型底栖动物群落格局与多样性[J]. 生物多样性, 2009, 17(3): 103-112.
- [3] 庄树宏, 陈礼学, 孙力. 南长山岛岩岸潮间带底栖藻类群落结构的季节变化格局[J]. 海洋科学进展, 2003, 21(2): 194-202.
- [4] 刘剑华, 张耀红. 沐官岛潮间带底栖海藻春秋季节的群落构成、生物量、分布及其变化的初步研究[J]. 海洋湖沼通报, 1995, (1): 80-86.
- [5] 彭欣, 谢起浪, 陈少波, 等. 乐清湾潮间带大型底栖动物群落分布格局及其对人类活动的响应[J]. 生态学报, 2011, 31(4): 954-963.
- [6] 王一农, 张永普, 於宏, 等. 浙江洞头列岛的软体动物及生态特点[J]. 宁波大学学报: 理工版, 1999, 12(3): 39-48.
- [7] 张永普, 应雪萍, 黄象栋, 等. 浙南岛屿岩相潮间带石鳖的种类组成与数量分布[J]. 动物学杂志, 2001, 36(3): 5-9.
- [8] 张永普, 郑洁, 王一农. 浙南岛屿岩相潮间带贻贝类的生态特点[J]. 海洋湖沼通报, 2000, (3): 24-28.
- [9] 张永普, 单乐州. 洞头列岛双壳类软体动物区系的初步研究[J]. 温州师范学院学报: 自然科学版, 1992, (12): 89-96.
- [10] 张永普, 应雪萍, 郑汉森. 洞头列岛潮间带底栖无脊椎动物的调查研究[J]. 温州师范学院学报: 自然科学版, 1997, (6): 76-78.
- [11] 吕永林, 张永普, 李凯, 等. 浙江省洞头大竹屿岛潮间带大型底栖生物多样性[J]. 生态学杂志, 2011, 30(4): 707-716.
- [12] 国家海洋局 908 专项办公室. 我国近海海洋综合调查与评价, 海洋生物生态调查技术规程[S]. 北京: 海洋出版社, 2006.
- [13] 安传光, 赵云龙, 林凌. 崇明岛潮间带夏季大型底栖动物多样性[J]. 生态学报, 2008, 28(2): 577-586.
- [14] 程济生. 黄海无脊椎动物资源结构及多样性[J]. 中国水产科学, 2005, 12(1): 68-75.
- [15] Kaiser M J, Broad G, Hall S J. Disturbance of intertidal soft-sediment benthic communities by cockle hand raking [J]. Journal of Sea Research, 2001, 45: 119-130.
- [16] Armonies W, Reise K. Empty habitat in coastal sediments for populations of macrozoobenthos [J]. Helgol- and Marine Research, 2003, 56: 279-287.
- [17] 张永普, 应雪萍, 吴海龙, 等. 北麂列岛岩相潮间带

- 底栖生物群落的组成特征[J]. 海洋湖沼通报, 2000, (4): 26-33.
- [18] 李荣冠, 江锦祥, 鲁琳, 等. 大亚湾潮间带底栖生物种类组成与分布[J]. 海洋与湖沼, 1993, 24(5): 527-535.
- [19] 周时强, 郭丰, 吴荔生, 等. 福建海岛潮间带底栖生物群落生态的研究[J]. 海洋学报, 2001, 23(5): 104-109.
- [20] 安鑫龙, 李豫红, 闫莹. 中国潮间带生物研究新进展[J]. 河北渔业, 2004, (6): 17-18.
- [21] 高爱根, 杨俊毅, 曾江宁, 等. 玉环坎门排污口邻近岩相潮间带生物分布特征[J]. 东海海洋, 2004, 22(4): 24-30.
- [22] 鲍毅新, 葛宝明, 郑祥, 等. 温州湾天河滩涂大型底栖动物群落分布与季节变化[J]. 动物学报, 2006, 52(1): 45-52.
- [23] 王一农, 张永普, 王旭华. 浙江洞头岛潮间带软体动物的生态调查[J]. 浙江水产学院学报, 1994, 13(3): 179-182.
- [24] 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.
- [25] 郑成兴, 李荣冠, 江锦祥, 等. 泉州湾岩相潮间带底栖生物生态研究 I. 物种多样性与分布特征[J]. 生物多样性, 2004, 12(6): 594-610.
- [26] 寿鹿, 廖一波, 徐晓群, 等. 福清核电站邻近潮间带大型底栖生物数量分布与群落结构[J]. 海洋学研究, 2009, 27(2): 42-50.
- [27] 杨万喜, 陈永寿. 嵎泗列岛潮间带群落生态学研究 I. 岩相潮间带底栖生物群落组成及季节变化[J]. 应用生态学报, 1996, 7(3): 305-309.
- [28] 施华宏. 滨海采捕对岸带生物资源的影响及管理对策[J]. 海洋开发与管理, 2001, (2): 32-34.
- [29] 赵永强, 曾江宁, 陈全震, 等. 宁波大榭开发区北岸潮间带春季大型底栖动物群落格局[J]. 动物学杂志, 2009, 44(2): 78-83.
- [30] 王宝强, 薛俊增, 庄骅, 等. 洋山港潮间带大型底栖动物群落结构及多样性[J]. 生态学报, 2011, 31(20): 5865-5874.
- [31] 陆培东, 徐敏. 金塘水道南岸码头建设对岸滩动态的影响[J]. 水利水运工程学报, 2002, (4): 24-27.
- [32] 罗民波, 陆健健, 沈新强, 等. 大型海洋工程对洋山岛周围海域大型底栖动物生态分布的影响[J]. 农业环境科学学报, 2007, 26(1): 97-102.

The spatial-temporal distribution and its biodiversity of intertidal macro benthos in Dongtou Archipelago

QIU Jian-biao, PENG Xin*, XIE Qi-lang, CHEN Shao-bo, HUANG Xiao-lin, ZHONG Wei, YU Hai-bin, JI De-wei
(Zhejiang Key Laboratory of Exploitation and Preservation of Coastal Bio-resource, Zhejiang Mariculture Research Institute, Wenzhou 325005, China)

Abstract: In this paper, 4 sections in Dongtou Archipelago were chosen to investigate the spatial-temporal distribution and the biodiversity of intertidal macrobenthos in autumn (Oct.) 2006 and spring (Apr.) 2007, respectively. The total number of macrobenthos in four sampling sites was 72, which included 44 species of mollusc, 13 species of crustacean, 11 species of macro algae, 2 species of polychetes, 1 species of echinoderm, and 1 species of the other group. Compared with the data in autumn and in spring, the number of species in the former (66 species) was slightly higher than that in latter (63 species), whereas the average biomass and abundance in the former (576.98 g/m², 461 ind/m²) were obviously lower than that in latter (1 129.23 g/m², 707 ind/m²). For all of the sections, *Thais clavigera* Kuster, *Tetraclita japonica* Pilsbry, *Tectarius granularis* Gray, were the dominant species and accounted for over 60% of the whole biomass and abundance. For the average index of biodiversity, the species biodiversity index was $1.73 \pm 0.47(0.83-2.10)$, the index of Margalef's species richness was $2.26 \pm 0.33(1.99-2.95)$, the Pielou's evenness was $0.62 \pm 0.19(0.29-0.85)$, and the index of Simpson's dominance was $0.70 \pm 0.18(0.36-0.87)$. The whole result indicated human activities were the main factor to lead to the extremely unstable community in the intertidal macrobenthos with the lower biodiversity in Dongtou Archipelago. And there was a trend of evolving into the secondary type community structure.

Key words: macrobenthos; biomass; abundance; dominant species; biodiversity; Dongtou Archipelago

Corresponding author: PENG Xin. E-mail: pengxin_1128@163.com