

# 渔山列岛夏季潮间带大型底栖生物群落结构研究

金文育<sup>1</sup>, 彭欣<sup>1,2</sup>, 王宁<sup>1</sup>, 刘俊峰<sup>1</sup>

(1. 浙江省海洋水产养殖研究所, 浙江 温州 325005; 2. 云南大学, 云南 昆明 650000)

**摘要:** 于2014年8月, 在浙江宁波渔山列岛布设4个岩礁断面开展潮间带大型底栖生物调查, 分析其种类组成、丰度、生物量、优势种、生物多样性和群落结构特征等。该调查共采集到潮间带大型底栖生物98种, 包括大型底栖动物70种和大型底栖藻类28种; 其中优势种有9种, 分别为小结节滨螺 [*Echinolittorina radiata* (Souleyet)], 条纹隔贻贝 [*Septifer virgatus* (Wiegmann)], 厚壳贻贝 [*Mytilus coruscus* (Gould)], 带偏顶蛤 [*Modiolus comptus* (Sowerby)], 栗色拉沙蛤 [*Lasaea nipponica* (Keen)], 日本笠藤壶 [*Tetraclita japonica* (Pilsbry)], 刺巨藤壶 [*Megagbalanus volcano* (Pilsbry)], 以及珊瑚藻 [*Corallina officinalis* (Linnaeus)] 和小石花菜 [*Gelidium divaricatum* (Martens)]。潮间带大型底栖生物平均生物量为 8 515.50 g/m<sup>2</sup>, 平均丰度为 6 841.63 个/m<sup>2</sup>; 各断面 Shannon-wiener 指数(*H'*)、Pielou 均匀度指数(*J*)和 Margalef 丰富度指数(*d*)平均值分别为 1.89±0.14、0.38±0.01 和 3.66±0.52。ABC 曲线分析表明, 4 个断面受到一定扰动。与历史资料相比, 该区域物种数减少明显, 生物量和丰度有所增加, 优势种被个体较小的日本笠藤壶、条纹隔贻贝等物种所演替。上述结果可为渔山列岛潮间带开发保护管理及其生物资源的可持续利用提供重要参考。

**关键词:** 渔山列岛; 岩相潮间带; 大型底栖生物; 群落结构; 生物多样性

中图分类号: Q178 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2017)03-0017-09

DOI: 10.11759/hyxx20160121002

潮间带属于陆海交错地带, 是生物圈中最敏感的生态系统之一, 同时又是人类活动和干扰最为严重的区域<sup>[1-2]</sup>。相比于其他生态系统, 潮间带受到较大的物理和化学因素的交替影响, 有着较高的生物多样性以及复杂的群落结构, 一直受到潮间带生态学研究者的重视<sup>[3]</sup>。而大型底栖生物是潮间带生态系统的重要组成部分, 并具有移动性差、生活周期长的特点, 其群落结构变化能够很好地表征潮间带环境状况和变化<sup>[4]</sup>。因此研究潮间带大型底栖动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。

迄今, 国内众多研究者对潮间带大型底栖生物群落结构的种类组成、生物多样性、时空分布以及环境变化的响应等做了大量的研究<sup>[5-10]</sup>, 但对潮间带大型底栖生物群落结构变化研究相对较少<sup>[11-14]</sup>, 特别是评估当前我国沿海正在建设的一批海洋特别保护区的保护效果, 鲜见报道<sup>[15-16]</sup>。因此, 作者选择2008年建立的渔山列岛国家级海洋生态特别保护区为研究区域, 结合20世纪80年代的研究结果<sup>[17-19]</sup>以及2009年保护区设立初期<sup>[20-22]</sup>的调查数据, 评估渔山列岛潮间带大型底栖生物的群落结构变化, 以期为该区域潮间带资源保护和合理开发利用提供基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 区域概况

渔山列岛位于东海西岸、浙江中部海域, 28°51.4'~28°56.4'N, 122°13.5'~122°17.5'E。由13岛41礁组成, 有人居住岛1个即北渔山岛, 约400人, 其他均为无人居住岛。岛礁总面积2 km<sup>2</sup>, 岸线约20.845 km。列岛属于鱼山渔场, 受台湾暖流和浙江沿岸流的影响较大, 气候温和, 具亚热带季风气候特点, 水质肥沃, 营养丰富, 是各种鱼、虾、蟹、贝、藻等栖息、繁殖、生长的优良场所<sup>[23]</sup>。渔山列岛海洋生态特别保护区分为资源保护区和开发利用区两个功能区块。伏虎礁领海基点、北渔山、南渔山贝藻类资源和无居民海岛划为资源保护区, 以保护为主, 进行季节性保

收稿日期: 2016-07-17; 修回日期: 2017-02-22

基金项目: 2013年度海岛保护专项资金(财建[2013]695号)

[Foundation: 2013 annual special fund for the protection of the Sea Island, No.2013-695]

作者简介: 金文育(1992-), 男, 浙江温岭人, 大学本科, 研究方向为海洋生态, 电话: 0577-89990228, E-mail: jinwneyu@outlook.com; 彭欣, 通信作者, 副研究员, 电话: 0577-89990228 E-mail: pengxin\_1128@163.com

护。人工鱼礁增殖放流区、生态养殖区、海岛生态旅游区等划为开发利用区，以开发为主，利用保护

区现有的环境条件，对旅游资源、养殖环境等进行适度开发利用。

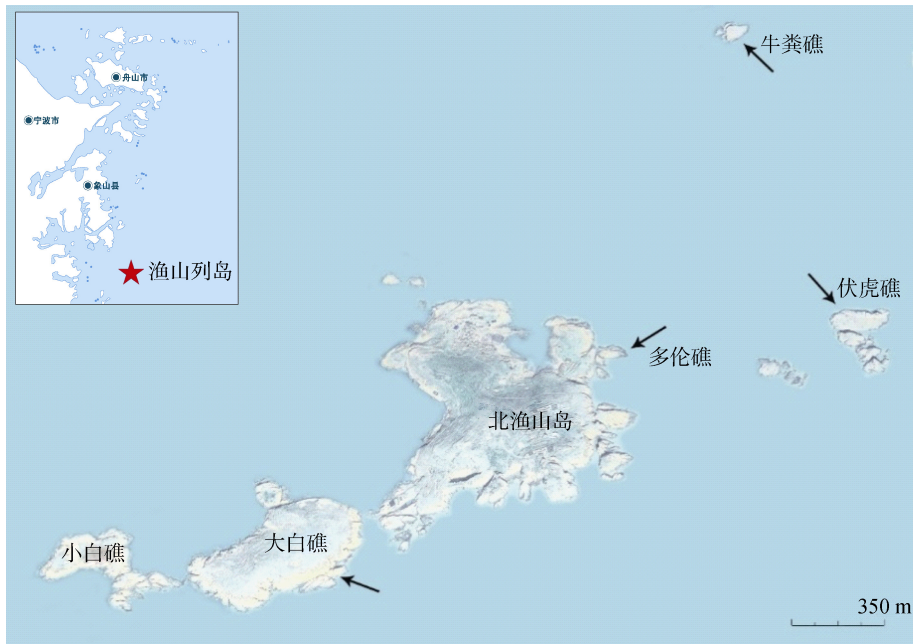


图 1 渔山列岛潮间带大型底栖生物调查断面

Fig. 1 The sampling sections of macrobenthos in the intertidal zone of the Yushan Islands

## 1.2 取样方法

在保护区保护的重要海岛中于 2014 年 8 月下旬大潮汛期间，选择典型的伏虎礁(Fuhu island)，牛粪礁(Niufen island)，大白礁(Dabai island)和多伦礁(Duolun island)4 个岩礁断面开展潮间带大型底栖生物进行调查采样。调查方法按照《海洋调查规范》<sup>[24]</sup>执行，将每个断面划分为高、中、低 3 个潮区，每个潮区用 10 cm×10 cm 的取样框随机取 6~8 个样方，采集样方内所有的大型底栖生物；同时在采样点附近进行定性采集和生态观察。将样品装入样品袋中做好标记，低温保存，带回实验室，进行分类鉴定，计数和称重。

## 1.3 数据处理

依据采样面积，将 Excell 记录表中各种数据换算为单位面积的丰度(个/m<sup>2</sup>)和生物量(g/m<sup>2</sup>)。

多样性指数和优势度的计算方法分别采用以下公式<sup>[21, 25]</sup>：

$$\text{Shannon 多样性指数 } H' = - \sum_{i=1}^s (P_i) \log_2(P_i)$$

$$\text{Margalef 物种丰富度指数 } d = \frac{S-1}{\ln N}$$

$$\text{Pielou 物种均匀度指数 } J = \frac{H'}{\log_2 S}$$

$$\text{物种的优势度 } Y = \frac{n_i}{N} \times f_i$$

式中， $S$  为总种数， $P_i$  为第  $i$  种的个体数占样品中总个数的比例； $N$  为所有种类的个体数， $n_i$  为第  $i$  种的个体数(其中藻类以生物量计算)， $f_i$  为该种在各断面出现的频率。

大型底栖生物 ABC 曲线用 Primer 5.0 软件包绘制。

## 2 结果

### 2.1 种类组成

经鉴定渔山列岛 4 个岩礁断面大型底栖生物共有 98 种。其中软体动物(32 种)最多，占总种类数的 32.65%，其次是大型底栖藻类 28 种，占总种类数的 28.57%，然后是甲壳动物 21 种，占总种类数的 21.42%，多毛类动物和其他动物一致，均为 7 种，占总种类数的 7.14%，最少的是棘皮动物门，只有 3 种，占总种类数的 3.06%。

各断面潮间带大型底栖生物种类组成中，大白礁最多，为 63 种，伏虎礁 54 种，多伦礁 48 种，牛粪

礁最少, 仅为 40 种。从各类生物组成来看, 以软体动物(34%~38%)、藻类(22%~35%)和甲壳动物(20%~26%)为主, 但具体比例各断面有所不同, 伏虎礁和多伦礁藻类种数和软体动物相差不大, 而牛粪礁和大白礁软体动物较多, 远大于藻类种数。甲壳动物比例各个断面都差不多。另外大白礁存在棘皮动物, 这是其余 3 个断面没有的。

从整体看, 渔山列岛大型底栖动物区系组成<sup>[26]</sup>以广布种和亚热带种为主, 占底栖动物种类的 85.93%, 如疣荔枝螺(*Thais clavigera*), 红条毛肤石鳖(*Acanthochiton rubro*), 嫁蛾(*Cellana toreuma*), 中

华近方蟹(*Hemigrapsus sinensis*), 异足索沙蚕(*Lumbriconereis heleropoda*)等为常见的广布种, 太平洋侧花海葵(*Anthopleura pacifica*), 棘刺牡蛎(*Ostrea echinata*), 紫海胆(*Anthocardis crassispina*), 条纹隔贻贝(*Septifer virgatus*)和日本笠藤壶(*Tetraclita japonica*)等为亚热带种。而大型底栖藻类以暖温带和亚热带占绝对的优势, 如暖温带种的扁节荚藻(*Lomentaria pinnata*)和鼠尾藻(*Sargassum thunbergii*)以及亚热带种的小石花菜和珊瑚藻(*Corallina officinalis*), 这 4 种藻类便占了总生物量的 75.62%, 未出现热带种和冷温带种。

表 1 渔山列岛潮间带大型底栖生物物种分布

Tab.1 Distribution of macrobenthos species in the intertidal zone of the Yushan Islands

位置	多毛类	软体动物	甲壳动物	棘皮动物	其他动物	藻类	合计
伏虎礁	4	19	11	0	1	19	54
大白礁	5	24	14	3	3	14	63
牛粪礁	4	15	9	0	3	9	40
多伦礁	3	17	12	0	2	14	48
总计	7	32	21	3	7	28	98

## 2.2 生物量和丰度的水平分布

渔山列岛潮间带大型底栖动物平均丰度为 6 841.63 个/m<sup>2</sup>, 其中软体动物占优势, 为 5 186.86 个/m<sup>2</sup>, 占总平均量 75.8%; 其次是甲壳动物, 为 1 552.10 个/m<sup>2</sup>, 占总平均量 22.7%; 多毛类动物为 87.60 个/m<sup>2</sup>, 占总平均量 1.3%; 其他动物平均量为 15.08 个/m<sup>2</sup>, 占总平均量的 0.2%。

大型底栖生物平均生物量为 8 515.50 g/m<sup>2</sup>, 其中软体动物占优势, 为 5 005.58 g/m<sup>2</sup>, 占总平均量 58.8%; 其次是甲壳动物, 为 2 926.71 g/m<sup>2</sup>, 占总平均量 34.4%; 大型底栖藻类平均生物量为 532.94 g/m<sup>2</sup>, 占总平均量 6.3%, 多毛类动物最少, 为 19.87 g/m<sup>2</sup>,

占总平均量 0.2%; 其他动物平均生物量为 30.40 g/m<sup>2</sup>, 占总平均量的 0.4%。

各个断面之间(图 2), 伏虎礁和牛粪礁相差不大, 丰度最高, 分别为 7 591.67 个/m<sup>2</sup>和 7 639.15 个/m<sup>2</sup>, 其次是多伦礁(6 477.78 个/m<sup>2</sup>), 最低的是大白礁(5 657.94 个/m<sup>2</sup>); 生物量最高的是多伦礁(12 022.90 g/m<sup>2</sup>), 其次是牛粪礁(9 902.70 g/m<sup>2</sup>), 再次是大白礁(6 577.76 g/m<sup>2</sup>), 生物量最低是伏虎礁(5 558.64 g/m<sup>2</sup>)。

## 2.3 生物量和丰度的垂直分布

渔山列岛潮间带大型底栖生物群落数量组成的垂直分布主要与潮汐有关, 由于受到潮汐的影响, 不同潮区的数量组成存在明显的差异(图 3), 除了多

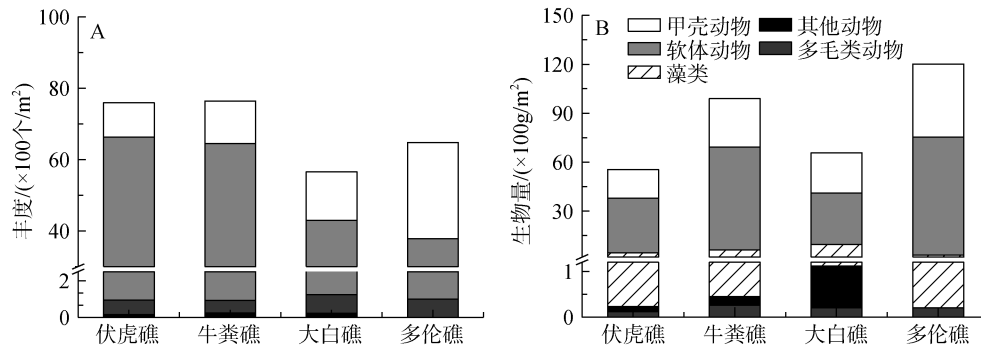


图 2 各断面大型底栖生物丰度(A)和生物量(B)水平分布

Fig. 2 Horizontal distribution of macrobenthic abundance (A) and biomass (B) in the four sections

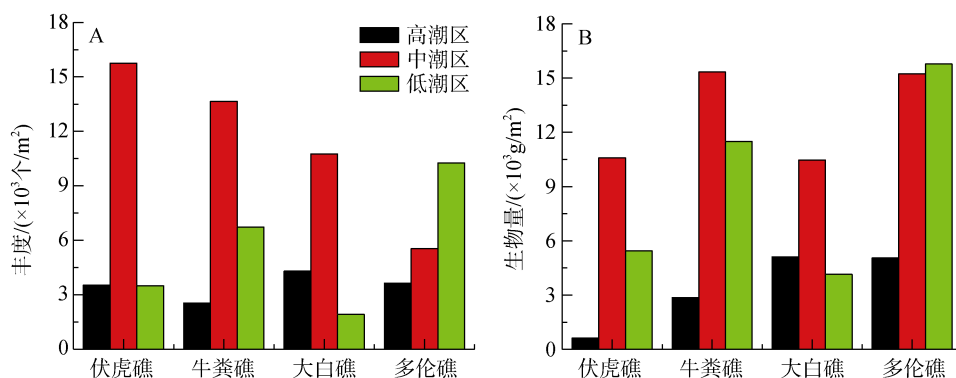


图3 各断面大型底栖生物垂直分布  
Fig.3 Vertical distribution of macrobenthic density

伦礁外, 其他各断面生物量和丰度均为中潮区 (12 908.61g/ $m^2$ , 11 422.62 个/ $m^2$ )>低潮区(9 220.53g/ $m^2$ , 5 603.01 个/ $m^2$ )>高潮区(3 417.36g/ $m^2$ , 3 499.27 个/ $m^2$ )。高潮区主要有: 小结节滨螺, 条纹隔贻贝, 东方小藤壶(*Chthamalus challenger*); 中潮区主要有条纹隔贻贝, 栗色拉沙蛤, 日本笠藤壶; 低潮区主要分布大型藻类(珊瑚藻[*Corallina officinalis* (Linnaeus)]和小石花菜[*Gelidium divaricatum* (Martens)])以及条纹隔贻贝, 带偏顶蛤(*Modiolus comptus*), 厚壳贻贝。

## 2.4 优势种

按大型底栖生物优势度  $Y \geq 0.02$  划分, 渔山列岛共有 9 种优势种, 其中软体动物 5 种, 甲壳动物 2 种, 大型海藻 2 种。从不同断面来看, 群落结构的优势种变化不尽相同, 伏虎礁 4 种, 牛粪礁 8 种, 大白礁 4 种, 多伦礁 5 种(表 2)。其中条纹隔贻贝和栗色拉沙蛤在各个断面均成为优势种。厚壳贻贝和日本笠藤壶除了伏虎礁外, 在其余 3 个断面为优势种。其他优势种只见于个别断面。

表 2 渔山列岛大型底栖生物主要优势种及其优势度

Tab. 2 Dominant species and their dominance on macrobenthos in the Yushan Islands

优势种	伏虎礁	牛粪礁	大白礁	多伦礁
栗色拉沙蛤 <i>Lasaea nipponica</i>	0.52	0.23	0.14	0.06
条纹隔贻贝 <i>Septifer virgatus</i>	0.41	0.30	0.48	0.36
厚壳贻贝 <i>Mytilus coruscus</i>	-	0.19	0.05	0.04
日本笠藤壶 <i>Tetraclita japonica</i>	-	0.03	0.20	0.08
刺巨藤壶 <i>Megagbalanus volcano</i>	-	0.08	-	0.17
小结节滨螺 <i>Echinolittorina radiata</i>	-	0.03	-	-
带偏顶蛤 <i>Modiolus comptus</i>	-	0.04	-	-
珊瑚藻 <i>Corallina officinalis</i>	0.03	0.05	-	-
小石花菜 <i>Gelidium divaricatum</i>	0.02	-	-	-

注: 优势度大于或等于 0.02 的物种; -优势度低于 0.02 的物种

## 2.5 生物多样性指数

由表 3 可知, 4 个断面的 Shannon-Wiener 指数 ( $H'$ )、Pielou 均匀度指数 ( $J$ ) 和 Margalef 丰富度指数 ( $d$ ) 平均值分别为  $1.89 \pm 0.14$ 、 $0.38 \pm 0.01$  和  $3.66 \pm 0.52$ , 变化范围分别为  $1.69 \sim 2.03$ 、 $0.32 \sim 0.39$  和  $3.24 \sim 4.33$ , 其中多样性指数和均匀度指数都较低。各个断面  $H'$  值多伦礁>牛粪礁>伏虎礁>大白礁,  $J$  值牛粪礁>伏虎礁>大白礁>多伦礁,  $d$  值多伦礁>牛粪礁>伏虎礁>大

白礁。

## 2.6 ABC 曲线

ABC 曲线通常能反映大型底栖动物群落的稳定性, 一般认为正常稳定的群落, 其生物量曲线始终位于丰度曲线的上方, 丰度比生物量具有更高的多样性, 一旦两条曲线相互交叉或重叠, 说明群落受到扰动, 群落稳定性下降<sup>[27-28]</sup>。根据渔山列岛 4 条断面大型底栖动物的栖息密度和生物量数据, ABC 曲

表3 渔山列岛大型底栖生物群落生物多样性指数  
Tab.3 The indices of  $H'$ ,  $d$ ,  $J$  on macrobenthic communities in the Yushan Islands

断面	多样性指数 $H'$	种丰富度指数 $d$	均匀度指数 $J$
伏虎礁	1.79	3.25	0.37
牛粪礁	1.98	3.80	0.39
大白礁	1.75	3.24	0.36
多伦礁	2.03	4.33	0.38
平均	1.89±0.14	3.66±0.52	0.38±0.01

线显示伏虎礁和牛粪礁两断面的大型底栖动物生物量曲线一直高于栖息密度曲线,但是两者之间的起点非常接近,而大白礁和多伦礁生物量曲线和丰度曲线在起点重叠,表明渔山列岛大型底栖生物群落结构不稳定,受到一定程度的干扰(图4)。

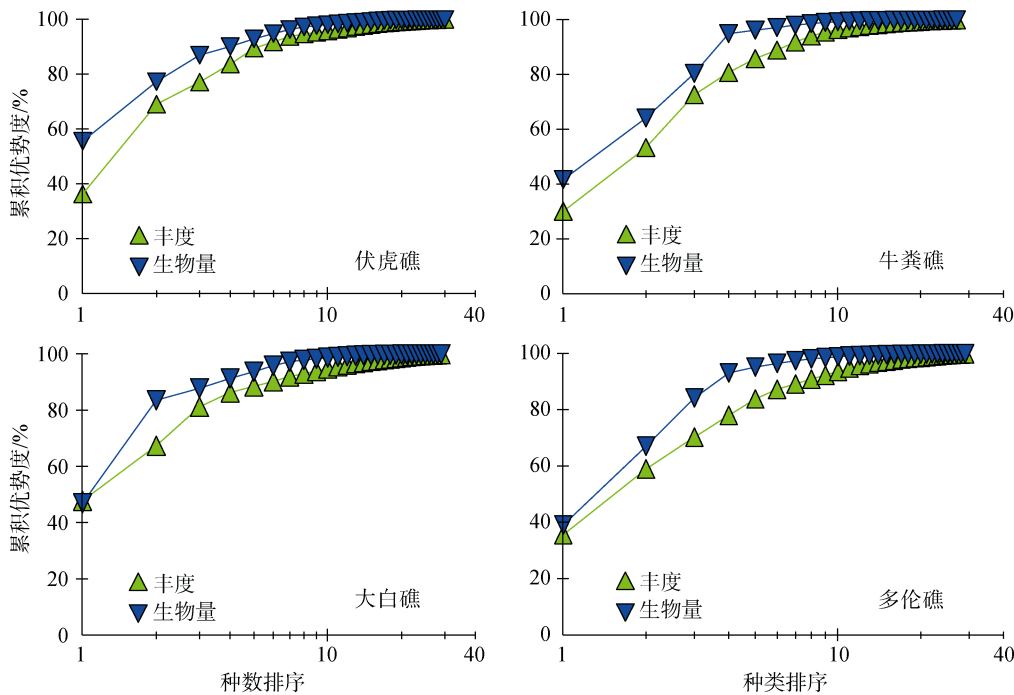


图4 各断面大型底栖生物 ABC 曲线(▲丰度 ▼生物量)  
Fig.4 ABC plots of macrobenthos in the four sections(▲ abundance ▼ biomass)

近年来,受环境和人为因素的影响,渔山列岛潮间带大型底栖生物发生了很大的变化。以软体动物为例,1982年共鉴定出软体动物106种<sup>[16]</sup>,2009年3月共鉴定出45种<sup>[21]</sup>,而本次调查仅鉴定出32种;从数量变化来看,保护区建立初期软体动物生物量和丰度分别为1713.66g/m<sup>2</sup>和756.13个/m<sup>2</sup><sup>[35]</sup>,而本次调查为5005.58g/m<sup>2</sup>和5186.86个/m<sup>2</sup>,明显高于建立保护区初期。此外,大型海藻也一样,1987年11月物种和生物量分别为51种和240.6g/m<sup>2</sup><sup>[18]</sup>,2011年

### 3 讨论

#### 3.1 大型底栖生物数量变化特征

种类组成是群落最基本的特征,它决定群落的性质,可反映生物群落与环境的相互关系<sup>[2, 29]</sup>。潮间带大型底栖生物不仅受到潮汐、波浪作用的限制,又受到阳光、气温和盐度等的影响,物种分布变化较大<sup>[30-32]</sup>,而且生物存在明显的分带现象<sup>[33-34]</sup>。渔山列岛远离大陆海岸,开敞度高,受外海水影响较大,潮间带受波浪强烈冲刷,群落优势种以抗浪能力强的物种为主,如日本笠藤壶、栗色拉沙蛤和条纹隔贻贝等都是喜栖息于浪大的岩礁上且个体小、聚群的种类。

为19种和4750g/m<sup>2</sup>,本次调查为28种和532.94g/m<sup>2</sup>。由此可见,物种数存在明显降低,而生物量和丰度则有增加的趋势。与其他相邻海岛相同底质的潮间带底栖动物平均丰度和生物量进行比较(表4),平均生物量和丰度东极岛(13496g/m<sup>2</sup>和30845个/m<sup>2</sup>)>渔山列岛(本次调查7982.56g/m<sup>2</sup>和6841.63个/m<sup>2</sup>)>洞头岛(1814.85g/m<sup>2</sup>和864个/m<sup>2</sup>),造成这种现象,这与各海岛受人干扰和大环境(如气候变化)等因素的影响有关。



表 4 不同海岛大型底栖动物丰度和生物量的比较

Tab.4 Contradistinction of macrobenthic abundance and biomass in different islands

调查地点	调查时间	断面数	物种数	平均丰度(个/m <sup>2</sup> )	平均生物量(g/m <sup>2</sup> )	调查者
渔山列岛	2014.08	4	71	6 841.63	7 982.56	本次调查
东极岛	2009.07	3	94	30 845	13 496	朱四喜等 <sup>[36]</sup>
洞头岛	2011.07-08	7	102	864	1 814.85	彭茂潇等 <sup>[37]</sup>

从 20 世纪 90 年代至本世纪初, 由于海产品逐渐受到人们的青睐, 采捕方式也从以前的捡拾螺类转变为铲拾附着贝类和甲壳类为主, 后者对潮间带生境也造成了极大的破坏, 再加上采捕规模和频率不断加大, 致使经济物种数量的锐减甚至消失, 而那些繁殖速度快、生活周期短、分布广泛的种(如日本笠藤壶(*T. japonica*)、条纹隔贻贝(*S. virgatus*)等), 则取代采捕种的位置而成为优势种, 使群落结构次生化和单一化, 这从物种和优势种减少得到了印证。另外从几个岛的分布和干扰情况也可以看出来, 东极岛和渔山列岛均远离大陆, 受人为干扰相对较少, 且渔山列岛为国家级海洋生态特别保护区, 因此, 其生物量和丰度均明显高于离岸近的洞头岛。

### 3.2 群落结构稳定性及其演替

浙江沿岸夏季的水文状况复杂, 北部邻接长江入海口, 南部有高温、次高盐的台湾暖流, 同时盛行西南风, 多种因子交互影响<sup>[38]</sup>。渔山列岛位于中部偏北, 其气候特点属于亚热带季风气候, 夏季主要受台湾暖流的影响, 所以该区潮间带底栖动物主要由广温广布种和亚热带种组成, 大型底栖藻类相对动物对温度耐受要差一些, 主要是暖温带和亚热带种。夏季温度较高, 大型底栖藻类已发生溃烂, 致使本次调查未发现施慧雄等<sup>[20]</sup>春季调查的冷温带种。

生物群落的演替与优势种在时间尺度上的变化有密切的关系<sup>[39]</sup>。优势种通常控制群落中的能量流和物质循环<sup>[40]</sup>, 并且通过数量上的优势以及种间关系(竞争、捕食和他感作用)以扩大对生境资源量的利用, 主导大型底栖动物的分布格局。渔山列岛近 30 年来潮间带大型底栖生物群落结构发生明显的变化。以软体动物为例, 2009 年主要优势种为日本笠藤壶、角偏顶蛤(*M. comptus*)、厚壳贻贝、条纹隔贻贝、覆瓦小蛇螺(*Serpulorbis imbricatus*)等 23 种, 而 2014 年主要优势种为栗色拉沙蛤、条纹隔贻贝、厚壳贻贝、日本笠藤壶等 7 种; 大型海藻 1987 年 11 月由浒苔(*Enteromorpha* sp.)、蛎菜(*Ulva conglobata*)、石莼(*Ulva lactuca*)、网地藻(*Dictyota dichotoma*)、铁钉菜

(*Ishige okamurai*)、羊栖菜(*Hizikia fusiforme*)、鼠尾藻、瓦氏马尾藻(*Sargassum vachellianum*)、坛紫菜(*Porphyra haitanensis*)、叉节藻(*Amphiroa ephedraea*)、珊瑚藻、繁枝蜈蚣藻(*Grateloupiara mosissima*)等 51 种组成<sup>[18]</sup>, 至 2011 年 10 月仅有匍匐石花菜(*Geranium pusillum*)、无柄珊瑚藻(*Corallina sessilis*)、叉珊瑚藻(*Jania decussato-dichotoma*)、铁钉菜等 19 种, 至 2014 年 8 月调查结果主要为珊瑚藻、小石花菜、拟鸡毛菜(*Pterocladia capillacea*)、铁钉菜、中间硬毛藻(*Chaetomorpha media*)等 28 种, 该区域潮间带大型底栖生物物种减少, 群落结构更趋单一。按照 Shannon-Wiener 指数分级评价标准, 该区域平均多样性指数为 1.89, 大于 1 小于 2, 属于中度干扰或污染, 而且均匀度指数较低仅为 0.38, 分别与 2009 年的结果(Shannon-Wiener 物种多样性指数为 2.052, Pielou 均匀度指数为 0.590)<sup>[21]</sup>相比要低, 说明近年来保护力度不够, 群落结构仍处在干扰中, 这干扰主要是人为因素的影响。

另外引用 Warwick 在 1986 年用丰度/生物量比较曲线(ABC 曲线)法监测环境污染对大型底栖动物群落的扰动的方法<sup>[41]</sup>, 该法可以很好反映出各种物理学、生物性以及污染扰动引起的大型底栖动物群落的变化, 被很多学者采用。根据田胜艳等<sup>[27]</sup>的结果, 受到中等程度扰动时, 较大个体的优势种被削弱, 数量和生物量优势度的不均等程度减弱, 所以丰度和生物量曲线接近重合或出现部分交叉。本次调查的 4 条断面, 生物量曲线和丰度曲线接近或重叠, 进一步说明渔山列岛潮间带受到一定程度的干扰, 群落结构的稳定下降, 与前面多样性评价结果一致。

## 4 结论

(1) 渔山列岛物种数有减少的趋势, 但是生物量和丰度有增加, 主要是小个体的物种占该区域的主要优势种, 表明群落结构趋于小型化、单一化。

(2) 物种多样性和丰富度与保护区建立初期均明显降低, 而且通过 ABC 曲线也进一步印证了该群

落结构受到中度扰动, 群落稳定性差。

(3) 综合上述结果, 渔山列岛保护区建立后, 潮间带生态系统保护效果并不明显, 应进一步加强管理和加大保护力度, 在重点保护区控制破坏性的采捕行为, 使保护区真正成为种质资源的休养繁衍区, 为周边海岛提供苗种, 达到生物资源的永续利用。

致谢: 感谢温州大学张永普教授帮助鉴定样品。

#### 参考文献:

- [1] 张青田, 胡桂坤. 塘沽潮间带大型底栖动物调查及群落结构分析[J]. 浙江海洋学院学报, 2005, 24(1): 17-21.  
Zhang Qingtian, Hu Guikun. Investigation and analysis of community structure of Macrobenthos in intertidal zone of Tanggu [J]. Journal of Zhejiang Ocean University, 2005, 24(1): 17-21.
- [2] 李新正, 李宝泉, 王洪法, 等. 胶州湾潮间带大型底栖动物的群落生态[J]. 动物学报, 2006, 52(3): 612-616.  
Li Xinzheng, Li Baoquan, Wang Hongfa, et al. Community ecology of Macrobenthos in intertidal zone of Jiaozhou Bay [J]. Journal of Zoology, 2006, 52 (3): 612-616.
- [3] Cong J G. The common invertebrate community and its diversity in the beach of intertidal zones Yantai[J]. Acta Ecologica Sinica, 1998, 18(1): 56-62.
- [4] 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.  
Zhao Yongqiang, Zeng Jiangning, Gao Aigen, et al. Jiaojiang estuary. Loves root, benthic animal community structure and biodiversity[J]. Biodiversity, 2009, 17(3): 103-112.
- [5] 谢志发. 长江河口互花米草盐沼与大型底栖动物群落之间生态学关系研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2007.  
Xie Zhifa. Study on the ecological relationship between *Spartina alterniflora* salt marsh and Macrobenthos in the Changjiang Estuary [D]. Shanghai: East China Normal University, 2007.
- [6] 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.  
Zhou Shiqiang, Guo Feng, Wu Lisheng, et al. Study on the ecology of benthic community in intertidal zone of Fujian sea [J]. Journal of Oceanography, 2001, 23 (5): 104-109.
- [7] 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.  
Bao Yixin, Ge Baoming, Zheng Xiang, et al. Distribution and seasonal variation of Macrobenthos Community in Wenzhou Bay, China [J]. Journal of natural science, 2006, 52 (1): 45-52.
- [8] 李新正, 李宝泉, 王洪法, 等. 南沙群岛渚碧礁大型底栖动物群落特征[J]. 动物学报, 2007, 53(1): 83-94.  
Li Xinzheng, Li Baoquan, Wang Hongfa, et al. Characteristics of Macrobenthos Community in Spratly Islands, China, [J]. Journal of natural science, 2007, (1): 83-94.
- [9] 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.  
Peng Xin, Xie Qilang, Chen Shaobo, et al. Nanjiislands distribution of intertidal benthos and its response to human activities [J]. Oceanologia and Limnologia Sinica, 2009, 40 (5): 584-589.
- [10] 仇建标, 彭欣, 谢起浪, 等. 洞头列岛潮间带大型底栖生物的时空分布及其多样性[J]. 水产学报, 2012, 36(4): 608-614.  
Chou Jianbiao, Peng Xin, Xie Qilang, et al. the intertidal zone of Dongtou islands of macrobenthic diversity and spatial distribution of [J]. Journal of Fisheries of China, 2012, 36 (4): 608-614.
- [11] Dörjes J, Michaelis H, Rhode B. Long-term studies of macrozoobenthos in intertidal and shallow subtidal habitats near the island of Norderney (East Frisian coast, Germany). Hydrobiologia, 1986, 142: 217-232.
- [12] Chainho P, Silva G, Lane M F, et al. Long-term trends in intertidal and subtidal benthic communities in response to water quality improvement measures[J]. Estuaries and Coasts, 2010, 33(6): 1314-1326.
- [13] Irvine G V, Shelly A. Sampling design for long-term regional trends in marine rocky intertidal communities[J]. Environmental Monitoring & Assessment, 2013, 185(8): 6963-6987.
- [14] Xu G, He C, Xu H, et al. Application of taxonomic distinctness indices of littoral macroinvertebrate communities for assessing long-term variation in ecological quality status of intertidal ecosystems, northern China[J]. Environmental Science & Pollution Research, 2012, 19(9): 3859-3867.
- [15] 王在峰, 刘晴, 徐敏, 等. 海门市蛎岬山牡蛎礁海洋特别保护区生态系统健康评价[J]. 生态与农村环境学报, 2011, 27(2): 21-27.  
Wang Zaifeng, Liu Qing, Xu Min, et al. Haimen Liyashan oyster reef marine special reserve ecosystem health assessment [J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2011, 27 (2): 21-27.
- [16] 洪君超, 尤仲杰, 王依望, 等. 渔山列岛潮间带软体动物区系的初步分析[J]. 浙江水产学院学报, 1984, 3(1): 21-28.  
Hong Junchao, You Zhongjie, Wang Yiwang, et al. Preliminary analysis of Yushan Island intertidal zone

- software animal fauna [J]. Zhejiang Fisheries College Journal, 1984, 3 (1): 21-28.
- [17] 尤仲杰. 鱼山列岛潮间带软体动物生态的研究[J]. 海洋科学, 1986, 10(3): 36-41.  
You Zhongjie. Yushan islands intertidal soft animal ecology research [J]. Marine Sciences, 1986, 10 (3): 36-41.
- [18] 阮积惠. 渔山列岛潮间带底栖海藻生态的初步研究[J]. 东海海洋, 1994, 12(4): 48-57.  
Ruan Jihui. A preliminary study on the ecology of benthic algae in the intertidal zone of the Yushan islands [J]. East China Sea, 1994, 12 (4): 48-57.
- [19] 王腾飞, 蒋霞敏, 王稼瑞, 等. 渔山列岛潮间带大型海藻的分布特征[J]. 海洋环境科学, 2013, 32(6): 836-840.  
Wang Tengfei, Jiang Xiamin, Wang Jiarui, et al. Distribution characteristics of macroalgae in intertidal zone of Yushan islands [J]. Marine Environmental Science, 2013, 32 (6): 836-840.
- [20] 施慧雄, 焦海峰, 骆其君, 等. 渔山列岛潮间带生物生态学初步研究[J]. 宁波大学学报(理工版), 2010, 23(4): 20-25.  
Shi Huixiong, Jiao Haifeng, Luo Qijun, et al. A preliminary study on the biological ecology of intertidal zone in Yushan islands [J]. Journal of Ningbo University (Science and Technology), 2010, 23 (4): 20-25.
- [21] 焦海峰, 施慧雄, 刘红丹, 等. 渔山列岛潮间带大型底栖动物的群落结构[J]. 水生态学杂志, 2011, 32(3): 48-52.  
Jiao Haifeng, Shi Huixiong, Liu Hongdan, et al. Community structure of Macrobenthos in intertidal zone of Yushan islands [J]. Journal of water ecology, 2011, 32(3): 48-52.
- [22] 焦海峰, 彭小明, 尤仲杰, 等. 渔山岛岩石相潮间带大型底栖动物物种多样性[J]. 生物多样性, 2011, 19(5): 511-518.  
Jiao Haifeng, Peng Xiaoming, You Zhongjie, et al. Species diversity of Macrobenthos in intertidal zone of Rocky Mountains [J]. Biodiversity, 2011, (5): 511-518.
- [23] 楼志军. 渔山列岛海洋资源保护与开发利用设想[J]. 海洋开发与管理, 2008, 2: 65-68.  
Liu Zhijun. Conservation and exploitation of marine resources in Yushan islands[J]. Ocean Development and Management, 2008, 2: 65-68.
- [24] 国家技术监督局. 海洋调查规范~海洋生物调查[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.  
State Bureau of technical supervision. Marine survey specification. Marine biological survey [S]. Beijing: China Standard Press, 2007.
- [25] 唐贵明. 青岛岩相潮间带大型底栖生物生物多样性调查研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2008.  
Tang Guiming. Study on the biodiversity of Macrobenthos in the intertidal zone of Qingdao [D]. Qingdao: Ocean University of China, 2008.
- [26] 黄宗国. 中国海洋生物种类与分布(增订版)[M]. 北京, 海洋出版社, 2008.  
Huang Zongguo. The species and distribution of marine organisms Chinese (Revised Edition)[M]. Beijing: Ocean Press, 2008.
- [27] 田胜艳, 于子山, 刘晓收, 等. 丰度/生物量比较曲线法监测大型底栖动物受扰动扰动的研究[J]. 海洋通报, 2006, 25(1): 92-96 .  
Tian Shengyan, Yu Zishan, Liu Xiaoshou, et al. Study on the abundance / comparison curve method monitoring of benthic animal biomass by disturbance[J]. Marine Science Bulletin, 2006, 25 (1): 92-96.
- [28] 宋翔, 朱四喜, 杨红丽, 等. 浙江岱山岛潮间带大型底栖动物的群落结构[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2009, 28(2): 214-218.  
Song Xiang, Zhu Sixi, Yang Hongli, et al. Community structure of Macrobenthos in intertidal zone of Zhejiang island[J]. Journal of Zhejiang Ocean University (Natural Science Edition), 2009, 28 (2): 214-218.
- [29] 李宝泉, 李新正, 于海燕, 等. 胶州湾底栖软体动物与环境因子的关系[J]. 海洋与湖沼, 2005, 36(3): 193-198.  
Li Baoquan, Li Xinzheng, In Haiyan, et al. Oceanologia, bay benthic animal software and environmental factors in Jiaozhou[J]. Oceanologia and Limnologia Sinica, 2005, 36 (3): 193-198.
- [30] 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.  
Zheng Chengxing, Li Rongguan, Jiangjinxiang, et al. Study on benthic ecology in the intertidal zone of Quanzhou Bay -I diversity and distribution of species [J]. Biodiversity, 2004, 12 (6): 594- 610.
- [31] 杨俊毅, 高爱根, 陈全震, 等. 拟建宁海电厂附近潮间带底栖生物群落生态 [J]. 东海海洋, 2004, 22(3): 48-55.  
Yang Junyi, Gao Aigen, Chen Quanzhen, et al. High loves root, benthic community ecology near the Ninghai power plant in the intertidal zone[J]. East China Sea, 2004, 22 (3): 48-55.
- [32] 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.  
Gao Aigen, Yang Junyi, Zeng Jiangning, et al. The distribution characteristics of the intertidal zone near the outfall of Yuhuan[J]. East China Sea, 2004, 22 (4): 24-30.
- [33] 陆继红, 殷浩文, 周忠良. 潮间带生物多样性与生境的相关性调查[J]. 上海环境科学, 1992, 11(1): 41-44.  
Lu Jihong, Yin Haowen, Zhou Zhongliang, et al. Investigation on the relationship between biodiversity and habitat in intertidal zone [J]. Shanghai Environmental Science, 1992, 11 (1): 41-44.



- [34] 卢建平, 蔡如星, 胡建云, 等. 宁波海岛潮间带生态学研究-II数量组成与分布[J]. 东海海洋, 1996, 14(4): 57-66.  
Lu Jianping, Cai Ruxing, Hu Jianyun, et al. Study on the ecology of intertidal zone in Ningbo island. Part II: composition and distribution[J]. East China Sea, 1996, 14(4): 57-66.
- [35] 焦海峰, 施慧雄, 尤仲杰, 等. 浙江渔山列岛岩礁潮间带大型底栖动物次级生产力[J]. 应用生态学报, 2011, 22(8): 2173-2178.  
Jiao Haifeng, Shi Huixiong, You Zhongjie. Especially, the benthic animal secondary productivity Zhejiang Yushan islands rocky intertidal zone[J]. Journal of Applied Ecology, 2011, 22 (8): 2173-2178.
- [36] 朱四喜, 郑盼男. 浙江东极岛夏季岩礁潮间带大型底栖动物的群落格局[J]. 安徽农业科学, 2010, 26: 14470-14473.  
Zhu Sixi, Zheng Pannan. Zhejiang Dongji Island summer rocky intertidal community pattern with benthic animal [J]. Anhui Agricultural Sciences, 2010, 26: 14470-14473.
- [37] 彭茂潇, 钱培力, 张永普, 等. 洞头无居民海岛岩相潮间带夏季大型底栖动物群落格局[J]. 生态学杂志, 2013, 32(9): 2469-2479.  
Peng Maoxiao, Qian Peili, Zhang Yongpu, et al. Community structure of macrozoobenthos in rocky intertidal zone of uninhabited islands in dongtou county, zhejiang province of east China in summer[J]. Chinese Journal of Ecology, 2013, 32(9): 2469-2479.
- [38] 付俊平. 浙江海岛岩礁区大型底栖生物生态学研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2010.  
Fu Junping. Zhejiang island reef area large benthic ecology research [D]. Qingdao: Ocean University of China, 2010.
- [39] Santos S L, Bloom S A. Evaluation of succession in an estuarine macrobenthic soft-bottom community near Tampa, Florida [J]. Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie, 1983, 68(5): 617-632.
- [40] Roy S P. A review on the quantitative ecology of aquatic insects [C]//Sinha M P, Mehrotra P N. Recent Advances in Ecobiological Research Vol . S B Nangia, New Delhi, 1998, 312.
- [41] Warwick R M. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities[J]. Marine Biology, 1986, 92: 557-562.

## Study on the macrobenthic community structure in the intertidal zone of the Yushan Islands in summer

JIN Wen-yu<sup>1</sup>, PENG Xin<sup>1, 2</sup>, WANG Ning<sup>1</sup>, LIU Jun-feng<sup>1</sup>

(1. Zhejiang Mariculture Research Institute, Wenzhou 325005, China; 2. Yunnan University, Kunming 650000, China)

Received: Jul. 17, 2016

**Key words:** Yushan Islands; rocky intertidal zone; macrobenthos; community structure; biodiversity

**Abstract:** Based on the samples of macrobenthos collected from four sections of the rocky intertidal zone of the Yushan Islands, the composition, distribution, diversity, and community structure of the species were studied in August 2014. A total of 98 species (70 macrozoobenthos and 28 macroalgae) were identified from the total sample size studied, of which the following 9 species were dominant: *Echinolittorina radiata* (Souleyet), *Septifer virgatus* (Wiegmann), *Mytilus coruscus* (Gould), *Modiolus comptus* (Sowerby), *Lasaea nipponica* (Keen), *Tetraclita japonica* (Pilsbry), *Megabalanus volcano* (Pilsbry), *Corallina officinalis* (Linnaeus), and *Gelidium divaricatum* (Martens). The average biomass and abundance in all the sections were found to be 8515.50 g·m<sup>-2</sup> and 6841.63 ind·m<sup>-2</sup>, respectively. Other calculated parameters were as follows: Shannon-Wiener index ( $H'$ ) = 1.89 ± 0.14, Margalef index ( $d$ ) = 3.66 ± 0.52, and Pielou index ( $J$ ) = 0.38 ± 0.01. The Abundance Biomass Curve showed that the community structure of macrobenthos was evenly disturbed in the four sections. Compared with the findings of past studies, the number of species reduced significantly while the biomass and abundance increased, and dominant species were gradually succeeded by other small-size species such as *T. japonica* and *S. virgatus*. This investigation provides important references for the management and sustainable use of intertidal biological resources in the Yushan Islands.

(本文编辑: 梁德海)