

# 渔山岛岩石相潮间带大型底栖动物物种多样性

焦海峰<sup>1,2</sup> 彭小明<sup>3</sup> 尤仲杰<sup>1,2\*</sup> 施慧雄<sup>2</sup> 楼志军<sup>4</sup> 刘红丹<sup>5</sup>

1 (宁波大学海洋学院, 浙江宁波 315211)

2 (宁波市海洋与渔业研究院, 浙江宁波 315012)

3 (奉化市海洋与渔业局, 浙江宁波 315500)

4 (象山县海洋与渔业局, 浙江宁波 315700)

5 (宁波海洋开发研究院, 浙江宁波 315040)

**摘要:** 为系统研究渔山岛潮间带大型底栖动物群落结构与生物多样性, 作者于2009年3月至2010年1月在该岛潮间带布设5条断面进行了4个季节的取样, 调查大型底栖动物种类组成、生物量和丰度, 并分析了多样性状况。结果显示: 共鉴定出大型底栖动物100种; Shannon-Wiener多样性指数( $H'$ )、Pielou均匀度指数( $J$ )、Margalef物种丰富度指数( $R$ )和Simpson多样性指数( $D$ )的周年平均值分别为 $3.328 \pm 0.109$ 、 $0.725 \pm 0.021$ 、 $4.350 \pm 0.216$ 和 $0.823 \pm 0.016$ 。One-Way ANOVA分析结果表明, 多样性指数( $H'$ )和物种丰富度指数( $R$ )在断面间表现出显著( $H'$ :  $F_{4,15}=3.192$ ,  $P<0.05$ )与极显著差异( $R$ :  $F_{4,15}=5.623$ ,  $P<0.01$ ), 均匀度( $J$ )和多样性指数( $D$ )的季节性差异达到显著水平( $J$ :  $F_{3,16}=6.575$ ,  $P<0.01$ ;  $D$ :  $F_{3,16}=3.359$ ,  $P<0.05$ )。渔山岛潮间带大型底栖动物的群落结构分化明显, 季节性的节律变化显著。ABC曲线分析表明: 虽然仅夏季大型底栖动物群落受到了轻微的扰动, 但潮间带生物群落已处于受潜在干扰的边缘。

**关键词:** 渔山岛, 海洋特别保护区, 底栖动物, 多样性

## Species diversity of macrobenthos in the rocky intertidal zone of Yushan Island

Haifeng Jiao<sup>1,2</sup>, Xiaoming Peng<sup>3</sup>, Zhongjie You<sup>1,2\*</sup>, Huixiong Shi<sup>2</sup>, Zhijun Lou<sup>4</sup>, Hongdan Liu<sup>5</sup>

1 School of Marine Science, Ningbo University, Ningbo, Zhejiang 315211

2 Ningbo Academy of Oceanology and Fishery, Ningbo, Zhejiang 315012

3 Fenghua Bureau of Oceanology and Fishery, Ningbo, Zhejiang 315500

4 Xiangshan Bureau of Oceanology and Fishery, Ningbo, Zhejiang 315700

5 Ningbo Institute of Marine Development and Research, Ningbo, Zhejiang 315040

**Abstract:** In order to understand the diversity and structure of macrobenthic communities in the intertidal zone of Yushan Island, we surveyed the diversity of macrobenthos at five sampling stations between March 2009 and January 2010. A total of 100 species of intertidal macrobenthos was identified. We quantified species diversity based on investigations of species composition, biomass and abundance. The results showed that: the average Shannon-Wiener diversity index ( $H'$ ), Pielou index ( $J$ ), Margalef's richness index ( $R$ ) and Simpson's diversity index ( $D$ ) in different sections and seasons were  $3.328 \pm 0.109$ ,  $0.725 \pm 0.021$ ,  $4.350 \pm 0.216$  and  $0.823 \pm 0.016$ , respectively. Shannon-Wiener ( $H'$ ) and Margalef's richness indices ( $R$ ) varied among sampling stations ( $H'$ :  $F_{4,15}=3.192$ ,  $P<0.05$ ;  $R$ :  $F_{4,15}=5.623$ ,  $P<0.01$ ), meanwhile Pielou ( $J$ ) and Simpson's indices ( $D$ ) demonstrated significant seasonal variation ( $J$ :  $F_{3,16}=6.575$ ,  $P<0.01$ ;  $D$ :  $F_{3,16}=3.359$ ,  $P<0.05$ ). Using an ABC (abundance biomass comparison) curve, we analyzed the structure of the intertidal community in Yushan Island and found that overall disturbance was not apparent except in summer.

**Key words:** Yushan Island, special marine reserve, macrobenthos, diversity

潮间带是陆地生态系统和海洋生态系统的交错地带,它因复杂多变的生态因子和大容量的物流、能流成为生物多样性高、区系成分复杂和群落类型多样的生态系统,同时也是人类活动和干扰最为严重的区域之一(沈国英和施并章,2008)。底栖动物是潮间带生态系统中的重要组成部分,近年来,国内外对潮间带大型底栖动物生态学的研究主要集中于群落结构特征(周时强等,2001;李新正等,2006,2007)与季节动态演变(鲍毅新等,2006)、底栖动物功能群与营养等级(李欢欢等,2007)、群落优势种与生态位(葛宝明等,2005)和潮间带生物次级生产力(Asmus,1987;Martin,1994)等方面,这为潮间带大型底栖动物群落结构生态学的研究积累了科学资料,但对岩石相潮间带中底栖生物多样性的研究报道较少,对潮间带底栖生物资源保护与利用的研究也缺乏(安传光等,2008;黄雅琴等,2010)。

渔山岛属典型的开敞性海岛,底质以岩礁相为主,偶尔杂有小片砾石沙滩(尤仲杰,1986)。该岛远离大陆,受外海高温高盐水系—台湾暖流和东北季风的交替影响,各温度类型的种类不同程度地渗入本区(洪君超等,1984)。随着当地渔民对可食经济种类的过度捕捞,部分原生态岛礁生物资源遭到破坏,资源衰退严重(洪君超等,1984;尤仲杰,1986)。鉴于渔山岛独特的地理位置和丰富的海洋生物资源,国家海洋局于2008年正式批复设立国家级海洋生态特别保护区,以便科学开发海洋资源,维护海洋权益。本文根据渔山岛岩礁相潮间带5个断面4个季节的调查资料,分析了保护区设立后底栖动物的多样性,探索渔山岛生物多样性和生态系统功能的关系,以期渔山岛海洋生物资源的保护与合理利用提供基础资料,并为保护区的科学管理提供决策依据。

## 1 调查区域概况

渔山岛地处浙江省沿海中部,28°51.4′–28°56.4′ N, 122°13.5′–122°17.5′ E之间,属亚热带季风湿润气候,它远离大陆、无工业污染、海洋环境质量相对较好。列岛由13岛41礁组成,呈东北—西南向排列,东侧的伏虎礁是我国领海基线的起点岛之一,地理位置十分重要。渔山岛周围水深约30米,潮汐类型为正规半日潮,最大潮差5.5 m,年均气温16.2℃,雨量充沛,年平均降水量为1,287 mm。

## 2 材料与方法

### 2.1 样品的采集、处理和分析

于2009年3月至2010年1月在渔山岛潮间带布设A、B、C、D、E共5条断面,A断面为岩礁相,B断面和D断面为砾石相,C断面和E断面为块石相(图1),每条断面的高、中、低潮区各设置3–5个采样点。每个采样点用25 cm × 25 cm定量框确定取样位置,利用小铁铲或者凿子将取样框内的所有生物刮取净,置于标本瓶中用7%的中性福尔马林溶液固定,带回实验室进行分类鉴定、计数和称重。同时,在采样点附近进行定性采集与生态观察。样品的取样、保存、分离和处理按国家标准《海洋调查规范》(GB/T12763.6-2007)进行。

### 2.2 数据处理

采用Shannon-Wiener多样性指数( $H'$ )、Pielou均匀度指数( $J$ )、物种丰富度指数( $R$ )和Simpson多样性指数( $D$ )对潮间带底栖动物群落的多样性进行分析(顾晓英等,2010)。

Shannon-Wiener指数:

$$H' = -\sum_{i=1}^S \left( \frac{N_i}{N} \cdot \log_2 \frac{N_i}{N} \right) \quad (1)$$

Pielou均匀度指数:

$$J = H' / \log_2 S \quad (2)$$

Margalef物种丰富度指数:

$$R = (S - 1) / \ln N \quad (3)$$

Simpson多样性指数:

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S \left( \frac{N_i}{N} \right)^2 \quad (4)$$

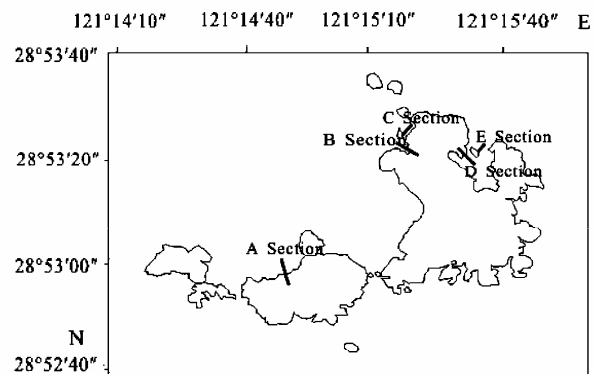


图1 渔山岛岩石相潮间带大型底栖动物采样断面  
Fig. 1 Sketch map of sampling sections of macrobenthos in the intertidal zone of Yushan Island

式中 $N_i$ 为第 $i$ 种的个体数,  $S$ 为采集样品中的种类总数,  $N$ 为所有种类的总个体数。采用Primer 5.0软件(Warwick,1986)进行上述指数的计算。

丰度数据经四次方根转化及标准化后, 在Bray-Curtis相似性测量的基础上, 组合使用等级聚类(Cluster)(累计法)来分析群落结构的相似性, 采用多维排序尺度方法(MDS)进行群落结构分析; 并采用丰度/生物量比较法(abundance biomass comparison, ABC)(Warwick, 1986)分析生物群落受污染或其他因素扰动的情況。

运用Excel进行数据整理与初步分析, 采用SPSS 16.0进行方差分析, 文中的平均值以Mean  $\pm$  SE表示。

### 3 结果

#### 3.1 种类组成与数量分布

本次调查共鉴定出大型底栖动物100种, 其中软体动物51种, 甲壳类22种, 多毛类13种, 腔肠动物4种, 其他10种(附录I)。区系成分为我国沿海广温广布种与分布在东海和南海潮间带的亚热带种。

大型底栖动物丰度和生物量的季节性变化明显, 均为春季>夏季>冬季>秋季(表1)。以软体动物的丰度最高, 春季最高1,882.67 ind./m<sup>2</sup>, 秋季最低551.47 ind./m<sup>2</sup>, 其次为甲壳类, 然后依次为多毛类、腔肠动物和其他种类; 生物量与丰度的分布规律基本一致, 但腔肠动物生物量明显大于多毛类, 主要是由于多毛类个体较轻所致。

断面间的底栖生物分布也不均匀, 其中断面A为岩礁基质, 中潮区有盖度较广的日本笠藤壶(*Tetraclita japonica*)和鳞笠藤壶(*T. squamosa*), 两者

的丰度分别为1,008 ind./m<sup>2</sup>和736 ind./m<sup>2</sup>, 生物量分别为4,997.97 g/m<sup>2</sup>和3,972.94 g/m<sup>2</sup>, 低潮区则密布有大小不等的条纹隔贻贝(*Septifer virgatus*), 它的最大丰度和生物量可达5,952 ind./m<sup>2</sup>和16,517.9 g/m<sup>2</sup>, 从而造成A断面丰度和生物量远高于其他断面。

#### 3.2 物种多样性

底栖生物Shannon-Wiener多样性指数( $H'$ )、Pielou均匀度指数( $J$ )、Margalef物种丰富度指数( $R$ )和Simpson多样性指数( $D$ )的平均值分别为3.328  $\pm$  0.109、0.725  $\pm$  0.021、4.350  $\pm$  0.216和0.823  $\pm$  0.016。

One-Way ANOVA分析表明, 物种数的季节性差异和断面间差异均达到显著水平(季节性 $F_{3,16} = 3.847, P < 0.05$ ; 断面间 $F_{4,15} = 3.288, P < 0.05$ ) (表2); 断面间多样性指数( $H'$ )和物种丰富度指数( $R$ )分别表现出显著( $H': F_{4,15} = 3.192, P < 0.05$ )与极显著差异( $R: F_{4,15} = 5.623, P < 0.01$ ), 其他指数均未达到显著程度( $J: F_{4,15} = 0.865, P = 0.507$ ;  $D: F_{4,15} = 1.544, P = 0.240$ )。Shannon-Wiener指数( $H'$ )断面间的大小顺序为B>C>E>D>A。物种丰富度指数( $R$ )和Simpson指数( $D$ )的断面间差异与 $H'$ 一致, 而均匀度指数( $J$ )的大小顺序略有不同, 依次为C>B>E>D>A。

多样性指数( $H'$ )、均匀度( $J$ )和Simpson指数( $D$ )的季节性变化趋势均为: 秋季最高, 夏、春季次之, 冬季最低。单因子方差分析结果表明,  $J$ 和 $D$ 季节间的差异均达到显著水平( $J: F_{3,16} = 6.575, P < 0.01$ ;  $D: F_{3,16} = 3.359, P < 0.05$ ),  $D$ 秋季最高而多样性指数( $H'$ )和丰富度指数( $R$ )未达到显著程度。

#### 3.3 聚类分析

根据群落的Bray-Curtis相似性系数对4个季节5个断面的采样站进行分布聚类分析, 构建群落等级

表1 渔山岛岩石相潮间带大型底栖动物的丰度(ind./m<sup>2</sup>)和生物量(g/m<sup>2</sup>)的季节变化  
Table 1 Seasonal change of abundance (ind./m<sup>2</sup>) and biomass (g/m<sup>2</sup>) of macrobenthos of Yushan Island

	腔肠动物 Coelenterata		多毛类 Annelida		软体动物 Mollusca		甲壳动物 Arthropoda		其他 Others	
	丰度 Abundance	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	生物量 Biomass
春季 Spring	22.40	30.12	86.40	16.32	1,882.67	4,734.27	270.93	524.54	60.80	1.81
夏季 Summer	20.27	30.08	37.33	3.39	941.87	2,131.32	305.07	714.00	11.73	43.50
秋季 Autumn	21.33	16.79	16.00	0.41	551.47	1,415.05	163.20	276.51	4.27	3.84
冬季 Winter	16.00	33.93	41.60	3.32	1,006.93	2,240.19	215.47	346.87	2.13	0.03

表2 渔山岛岩石相潮间带大型底栖动物群落多样性指数  
Table 2 Biodiversity indices of macrobenthos of Yushan Island

季节 Season	断面 Sections	物种数 Species number	Shannon-Wiener多样性指数 Shannon-Wiener diversity index ( $H'$ )	Pielou均匀度指数 Pielou evenness index ( $J$ )	Margalef物种丰富度指数 Margalef species richness ( $R$ )	优势度指数 Simpson dominance index ( $D$ )
春季 Spring (SPR)	A	24	2.621	0.572	3.462	0.754
	B	36	3.564	0.689	6.017	0.843
	C	34	3.570	0.702	5.730	0.845
	D	28	3.142	0.654	4.594	0.792
	E	31	3.626	0.732	5.007	0.861
夏季 Summer (SUM)	A	19	2.434	0.573	2.853	0.705
	B	30	3.942	0.803	5.299	0.887
	C	26	3.824	0.814	4.914	0.892
	D	23	3.449	0.762	4.458	0.862
	E	26	3.370	0.717	5.016	0.818
秋季 Autumn (AUT)	A	20	3.541	0.819	3.969	0.876
	B	27	3.619	0.761	4.960	0.862
	C	25	3.991	0.860	4.695	0.908
	D	19	3.848	0.906	3.734	0.903
	E	15	3.220	0.824	2.978	0.849
冬季 Winter (WIN)	A	16	2.528	0.632	2.646	0.725
	B	31	3.687	0.744	5.380	0.876
	C	22	3.020	0.677	3.871	0.790
	D	21	2.653	0.604	3.881	0.677
	E	21	2.912	0.663	3.628	0.733
均值 Average (Mean $\pm$ SE)			3.328 $\pm$ 0.109	0.725 $\pm$ 0.021	4.350 $\pm$ 0.216	0.823 $\pm$ 0.016

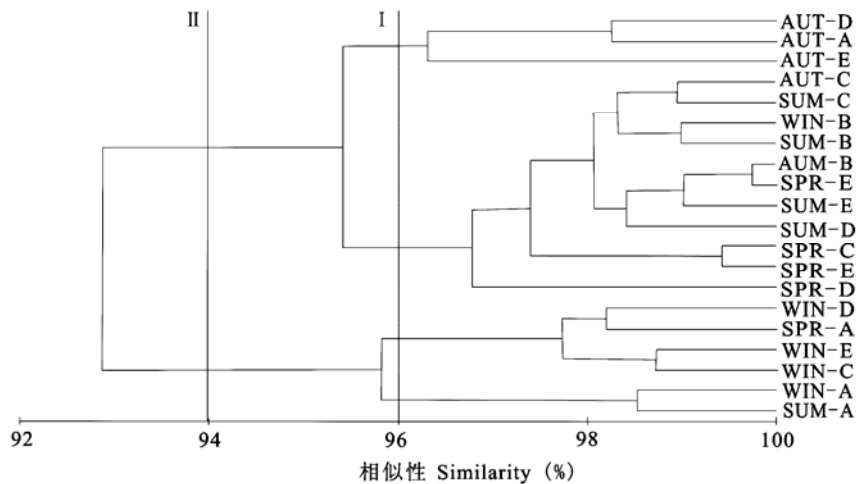


图2 渔山岛岩石相潮间带大型底栖生物群落树状聚类图 (代码含义同表2)

Fig. 2 The hierarchical cluster dendrogram of macrobenthos communities of Yushan Island (Codes are the same meaning as in Table 2)

聚类图(图2)。

由图2可以看出, 在水平等级I(BCI=96)处, 大型底栖动物明显分为4组: 第1组为AUT-D, AUT-A和AUT-E, 仅包括秋季的3个断面; 第2组为SUM-A

和WIN-A, 为夏季和冬季的2个断面; 第3组为WIN-D, SPR-A, WIN-E和WIN-C, 主要为冬季的站点; 第4组为剩余的11个节点。若在水平等级II(BCI=94)处, 可以将20个调查节点分为3组, 上述

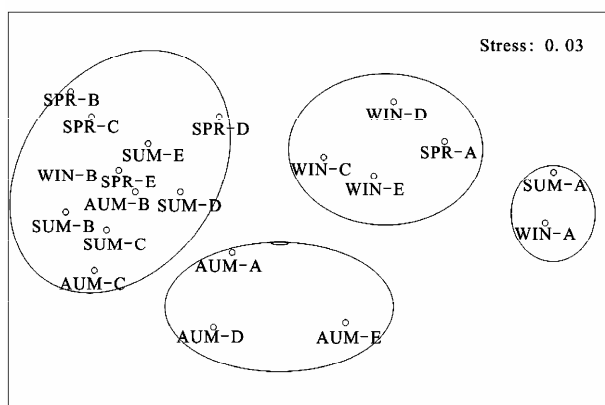


图3 渔山岛岩石相潮间带大型底栖动物群落的MDS排序。代码含义同表2。

Fig. 3 MDS analysis of macrobenthos community in 20 sampling station of Yushan Island. Codes are the same meaning as in Table 2.

第1组和第4组的组级保持不变, 第2组和第3组单独聚类后聚为一组。由此可见, 渔山岛潮间带大型底栖动物的群落结构分化差异明显。

### 3.4 MDS排序

MDS排序结果(图3)与群落分布聚类分析结果一致, 20个群落节点可划为4群, 进一步验证了聚类分析的结果。

### 3.5 ABC曲线

Warwick(1986)首先提出用丰度/生物量比较曲线(ABC曲线)法来监测海洋环境污染对大型底栖动物群落的扰动, 系列研究均显示ABC曲线可灵敏地反应出各种物理性、生物性以及污染扰动引起的大型底栖动物群落变化。

渔山岛潮间带群落结构分析表明: 夏季丰度生物量复合K-优势度曲线在前端有轻微交叉和重叠, 说明大型底栖动物群落在夏季受到了轻微的扰动; 春季、秋季和冬季生物量优势度曲线始终位于丰度上方, 群落结构稳定(图4)。4个季节生物群落的生物量累计百分优势度均在20-50%之间, 而丰度累计百分优势度在10-30%之间, 两者较接近, 而全年生物量和丰度累计优势度均低于20%。由图4可看出除夏季潮间带大型底栖动物群落受到扰动外, 其余季节渔山岛潮间带底栖动物群落结构相对稳定, 但生物量累计优势度百分比和丰度累计优势度百分比距离较近, 从而显示生物群落已处于受潜在干扰的边缘。

## 4 讨论

### 4.1 大型底栖动物群落特征与分布

种类组成是群落最基本的特征, 它决定群落的性质, 可以反映生物群落与环境的相互关系(李宝泉等, 2005; 李新正等, 2006)。而决定大型底栖动物分布和丰度的重要因子是底质的特征(Sanders, 1956)。研究表明, 泥沙等混合型沉积环境的生物种类与泥或砂等匀质的环境中种类存在差异, 而岩石底质则适合营固着生活的种类分布(Gray *et al.*, 1974; 李宝泉等, 2005; 李新正等, 2007)。岩礁上固着的动物常集群分布, 并形成岩礁海岸特有的生物分布带, 即在小范围的空间内聚集了大量的底栖动物, 致使单位面积内生物量和丰度达到相当高的水平, 这与张永普等(2001)的研究结果相一致。

另外, 潮汐类型也是决定海洋动植物区系种属成分特点和潮间带种属水平分布的重要条件(古丽亚诺娃等, 1958), 邵晓阳等(2001)认为浙江海岛潮间带不同潮区的生物量分布是中潮区>低潮区>高潮区, 彭欣等(2009)调查南麂列岛潮间带不同潮区底栖动物也为中潮区最高, 高潮区最低, 本研究调查发现与上述研究结果有所差异, 渔山岛潮间带底栖生物丰度和生物量均为低潮区>中潮区>高潮区。形成此分布格局的原因是: 渔山岛远离大陆海岸, 受外海水影响, 潮间带被波浪强烈冲刷, 群落优势种以抗浪能力强的物种为主, 如日本笠藤壶、鳞笠藤壶和条纹隔贻贝等都是喜栖息于浪大流急的岩礁上且个体大的种类, 故造成它们栖息的中、低潮区丰度和生物量明显较高。

### 4.2 潮间带底栖动物多样性分析

本研究发现, 底栖动物群落的Shannon-Wiener指数( $H'$ )、Pielou均匀度指数( $J$ )、Margalef物种丰富度指数( $R$ )均高于南麂岛岩相潮间带的多样性水平(彭欣等, 2009), 也高于嵎泗列岛岩相潮间带的底栖动物多样性水平(杨万喜和陈永寿, 1998; 廖一波等, 2007), 未呈现杨万喜和陈永寿(1998)报道的多样性水平近岸高、外海低的分布特征。究其原因, 首先多样性指数( $H'$ )作为生物群落特征测度的一个指标, 对解释群落中物种多样性差别的原因目前尚没有一致性的看法(沈国英和施并章, 2008); 其次渔山岛潮间带底栖生物群落结构(物种种类与数量)与邻

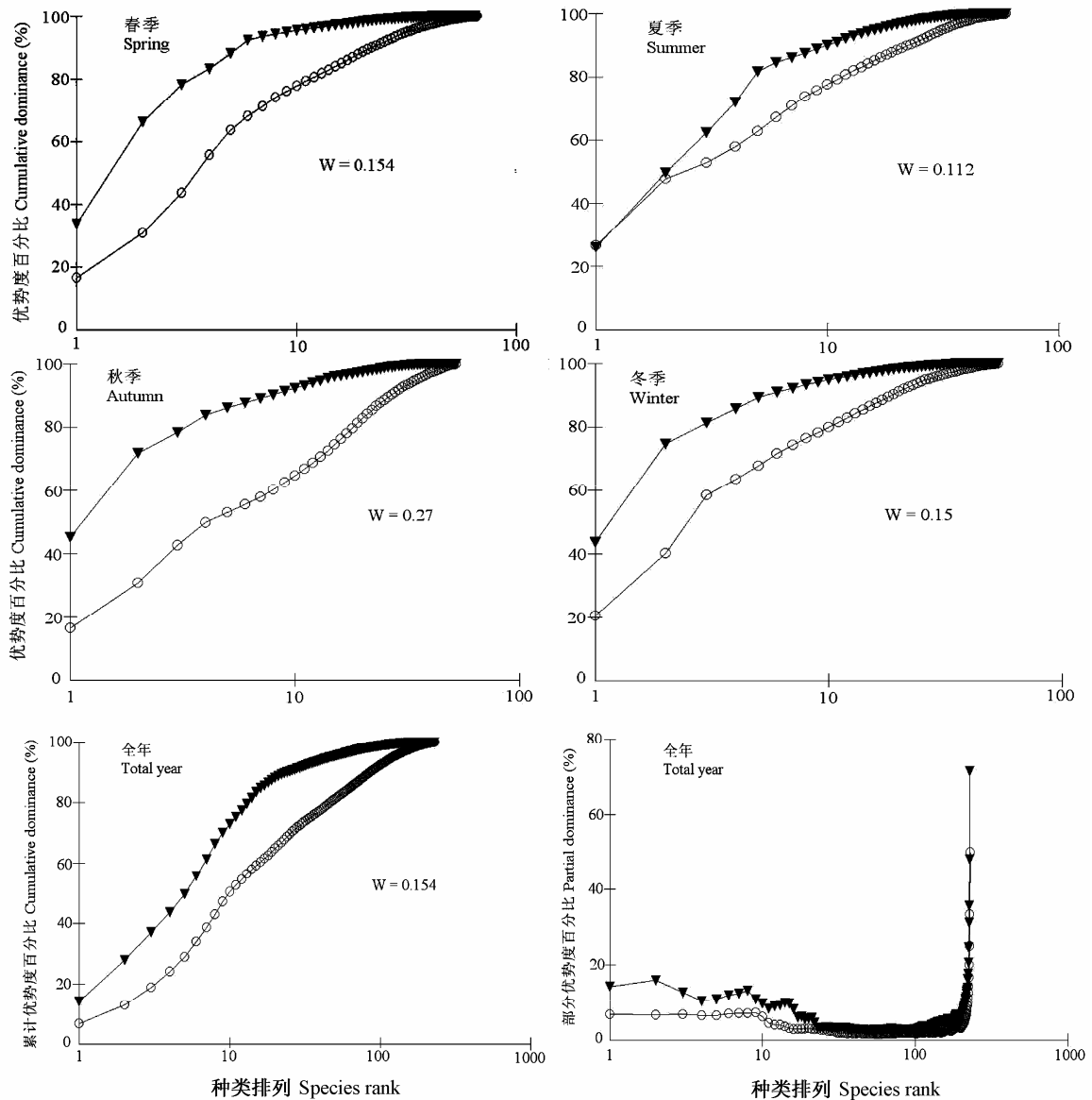


图4 渔山岛岩石相潮间带大型底栖动物丰度生物量复合优势度(ABC)和部分优势度曲线(▼丰度, ○生物量)  
Fig. 4 Curves of abundance biomass comparison (ABC) and partial dominance of intertidal macrobenthos of Yushan Island (▼Abundance, ○ Biomass)

近的其他海岛之间存在着较大的差异。因此研究不同区域内生物群落特征, 不仅要考虑其多样性数据, 还需综合分析区域环境的稳定程度、群落演替时间长短以及空间异质性等因素。

#### 4.3 资源保护与利用的建议

与历史资料对比, 我们发现潮间带软体动物的种类数明显减少, 其中以双壳纲、腹足类和后鳃类等物种的数量减少较为明显。洪君超等(1984)曾记

录渔山岛潮间带软体动物106种, 而本次调查仅发现51种, 这与本文仅调查岩石相潮间带类型有关。近几年渔民们摈弃了传统自给自足的采捕模式, 大量采捕后销售给餐馆及其他饮食行业, 采捕方式也较以前更具破坏性, 采捕规模和频率不断加大, 由于资源的滥捕滥采, 经济价值较高的种类如厚壳贻贝、疣荔枝螺(*Thais clavigera*)、黄口荔枝螺、瘤荔枝螺(*T. bronni*)、角蝶螺(*Turbo cornutus*)和龟足

(*Capitulum mitella*)的数量已经大为减少(本研究调查发现厚壳贻贝目前仅生长于潮下带5–10 m的难以用常规工具采捕到的带状岛礁上),而非采捕种的数量就会上升,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,使次生型群落结构深化(彭欣等, 2009)。本文通过ABC曲线研究表明,渔山岛潮间带生物群落目前较稳定,但群落的生物量累计百分优势度均在20–50%之间,而丰度累计百分优势度在10–30%之间,两者较接近,生物群落已经处于受潜在干扰的边缘,生物资源保护的压力增大。

渔山岛被列为国家级海洋生态特别保护区后,在资源增殖保护的基础上也需要通过科学规划实现对资源的可持续利用,如何协调资源开发与生态保护的矛盾,保证资源的永续利用是当前亟待解决的关键问题。李振基等(2006)曾建议在保护区间物种组成差异较大时,选择物种分布重叠的区域进行保护,可更好地包含物种分布在空间上的连续性,而加拿大的Yukon地区根据哺乳动物beta多样性的空间信息,仅在每个生态区内选择一个区域,就可以保护所有的哺乳动物(Wiersma & Urban, 2005)。因此,利用多样性指数法来实现物种的科学保护对缓解渔山岛海洋生物资源保护与利用的矛盾具有借鉴意义和推广作用。

## 参考文献

- An CG (安传光), Zhao YL (赵云龙), Lin L (林凌), Li JY (李嘉尧), Cui LL (崔丽丽), Ma CY (马春艳) (2008) The biodiversity of macrobenthos of intertidal zone on Chongming Island in Summer. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **28**, 577–586. (in Chinese with English abstract)
- Asmus H (1987) Secondary production of an intertidal mussel bed community related to its storage and turnover components. *Marine Ecology: Progress Series*, **39**, 251–266.
- Bao YX (鲍毅新), Ge BM (葛宝明), Zheng X (郑祥), Cheng HY (程宏毅) (2006) Spatial distribution and seasonal variation of the macrobenthic community on tidal flats of Tianhe, Wenzhou Bay. *Acta Zoologica Sinica* (动物学报), **52**, 45–52. (in Chinese with English abstract)
- Ge BM (葛宝明), Bao YX (鲍毅新), Zheng X (郑祥), Cheng HY (程宏毅) (2005) The structure of macrobenthic community and niche analysis at a tidal flat of Lingkun Island. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **25**, 3037–3043. (in Chinese with English abstract)
- Gray JS, Ugland KI, Lamshead J (2004) On species accumulation and species–area curves. *Global Ecology and Biogeography*, **13**, 567–568.
- Gu XY (顾晓英), Tao L (陶磊), You ZJ (尤仲杰), Jiao HF (焦海峰), Shi HX (施慧雄), Lou D (楼丹) (2010) The macrobenthic community of the Xiangshan Bay. *Oceanologia et Limnologia Sinica* (海洋与湖沼), **41**, 208–213. (in Chinese with English abstract)
- Gurjanova PV (古丽亚诺娃), Liu JY (刘瑞玉), Scarlato OA (斯卡拉脱), Usehakov PV (乌沙科夫), Wu BL (吴宝龄), Tsi CY (齐钟彦) (1958) A short report on the intertidal zone of the Shantung Peninsula (Yellow Sea). *Bulletin of Institute of Marine Biology, Academia Sinica* (中国科学院海洋研究所丛刊), **1**, 1–21. (in Chinese with English abstract)
- Hong JC (洪君超), You ZJ (尤仲杰), Wang YW (王依望), Wang YS (王友松) (1984) A preliminary analysis on the mollusca fauna of Yushan Islands tideland, East China Sea. *Journal of Zhejiang College of Fisheries* (浙江水产学院学报), **3**, 21–28. (in Chinese with English abstract)
- Huang YQ (黄雅琴), Li RG (李荣冠), Wang JJ (王建军), Zheng CX (郑成兴), Zheng FW (郑凤武), Lin JH (林俊辉), Jiang JX (江锦祥), Li SZ (李淑珠) (2010) Intertidal benthos diversity in the Meizhou Bay, Fujian Province. *Biodiversity Science* (生物多样性), **18**, 156–161. (in Chinese with English abstract)
- Li BQ (李宝泉), Li XZ (李新正), Yu HY (于海燕), Wang HF (王洪法), Wang JB (王金宝), Xu FS (徐凤山), Zhang BL (张宝琳) (2005) Macrobenthic mollusca fauna and its relations to environmental factors in Jiaozhou Bay. *Oceanologia et Limnologia Sinica* (海洋与湖沼), **36**, 193–198. (in Chinese with English abstract)
- Li HH (李欢欢), Bao YX (鲍毅新), Hu ZY (胡知渊), Ge BM (葛宝明) (2007) Seasonal dynamics of macrobenthic functional groups and trophic levels in the construction zone of Hangzhou Bay, China. *Acta Zoologica Sinica* (动物学报), **53**, 1011–1023. (in Chinese with English abstract)
- Li XZ (李新正), Li BQ (李宝泉), Wang HF (王洪法), Wang JB (王金宝), Zhang BL (张宝琳) (2006) Macrobenthic community of intertidal zone of Jiaozhou Bay. *Acta Zoologica Sinica* (动物学报), **52**, 612–618. (in Chinese with English abstract)
- Li XZ (李新正), Li BQ (李宝泉), Wang HF (王洪法), Wang SQ (王少青), Wang JB (王金宝), Zhang BL (张宝琳) (2007) Macrobenthic community characters of Zhubi Reef, Nansha Islands, South China Sea. *Acta Zoologica Sinica* (动物学报), **53**, 83–94. (in Chinese with English abstract)
- Li ZJ (李振基), Lin P (林鹏), Ye W (叶文), Chen LZ (陈鹭真), Qiu L (裘丽), Chen SB (陈圣宾), Liu CD (刘初钿), He JY (何建源), Dai DS (戴德升), Li L (李林) (2006) Biodiversity in Wuyi Mountains. *Progress in Natural Science* (自然科学进展), **16**, 959–964. (in Chinese with English abstract)
- Liao YB (廖一波), Zeng JN (曾江宁), Chen QZ (陈全震), Gao

- AG (高爱根), Shou L (寿鹿), Xu XQ (徐晓群) (2007) Macrobenthos community patterns in the intertidal zone of the Shengsi Archipelago in spring and autumn. *Acta Zoologica Sinica* (动物学报), **53**, 1000–1010. (in Chinese with English abstract)
- Martin S (1994) Macrobenthic secondary production in the intertidal zone of the Ria Formosa—a Lagoon in southern Portugal. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **38**, 530–558.
- Peng X (彭欣), Xie QL (谢起浪), Chen SB (陈少波), Huang XL (黄晓林), Qiu JB (仇建标), Zhong W (仲伟), Chen WD (陈万东) (2009) Distribution of intertidal benthos and the human impact in Nanji Islands, China. *Oceanologia et Limnologia Sinica* (海洋与湖沼), **45**, 584–589. (in Chinese with English abstract)
- Pimm SL, Gittleman JL (1992) Biological diversity: where is it? *Science*, **255**, 940.
- Pressey RL, Humphries CJ, Margules CR, Vane-Wright RI, Williams PH (1993) Beyond opportunism: key principles for systematic reserve selection. *Trends in Ecology and Evolution*, **8**, 124–128.
- Sanders HL (1956) Oceanography of Long Island Sound. *Bulletin of the Bingham Oceanographic Collection*, **15**, 345–414.
- Sarkar S (2006) Ecological diversity and biodiversity as concepts for conservation planning: comments on Ricotta. *Acta Biotheoretica*, **54**, 133–140.
- Shao XY (邵晓阳), You ZJ (尤仲杰), Cai RX (蔡如星), Lu JP (卢建平) (2001) Studies on ecology of intertidal zone around islands of Zhejiang Province. II. Quantifies and distributions. *Journal of Zhejiang Ocean University* (浙江海洋学院学报), **20**, 279–286. (in Chinese with English abstract)
- Shen GY (沈国英), Shi BZ (施并章) (2008) *Marine Ecology* (海洋生态学). Science Press, Beijing. (in Chinese)
- Warwick RM (1986) A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Marine Biology*, **92**, 557–562.
- Warwick RM, Pearson TH, Ruswahyuni M (1987) Detection of pollution effects on marine macrobenthos: further evaluation of the species abundance/biomass method. *Marine Biology*, **95**, 193–200.
- Wiersma YE, Urban DL (2005) Beta diversity and nature reserve system design in the Yukon, Canada. *Conservation Biology*, **19**, 1262–1272.
- Yang WX (杨万喜), Chen YS (陈永寿) (1998) Community ecology of intertidal zone of Shengsi Archipelago. II. Community structure of benthic invertebrates in rocky intertidal zone. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), **9**, 75–78. (in Chinese with English abstract)
- You ZJ (尤仲杰) (1986) Ecological studies on the intertidal zone of the Yushan Islands, Zhejiang. *Marine Sciences* (海洋科学), **10**, 36–41. (in Chinese with English abstract)
- Zhang YP (张永普), Ying XP (应雪萍), Gao SY (高素阳), Wang YN (王一农) (2001) Study on community structure of invertebrates in rocky intertidal zone of Beiji Islands. *Donghai Marine Science* (东海海洋), **19**, 21–27. (in Chinese with English abstract)
- Zhou SQ (周时强), Guo F (郭丰), Wu LS (吴荔生), Li RG (李荣冠) (2001) The study on the ecology of the benthic community in intertidal zone, Fujian Islands. *Acta Oceanologica Sinica* (海洋学报), **23**, 104–109. (in Chinese with English abstract)

(责任编辑: 李新正 责任编辑: 闫文杰)

#### 附录I 渔山岛岩石相潮间带大型底栖动物名录

Appendix I The macrobenthos in the rocky intertidal zone of Yushan Island

(<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/w2011-021-1.pdf>)