

# 宁波大榭开发区北岸潮间带春季大型底栖动物群落格局

赵永强 曾江宁 陈全震\* 高爱根 廖一波 寿鹿

(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 杭州 300012)

**摘要:** 为了解宁波大榭岛潮间带春季大型底栖动物群落结构与数量分布, 探讨自然环境因子和人类活动对潮间带大型底栖动物种类组成及数量分布的影响, 于 2006 年 4 月对大榭岛北岸岩礁相和泥沙相两种不同底质的潮间带大型底栖动物进行采样分析。研究表明: (1) 岩礁相断面和泥沙相断面共发现大型底栖动物 39 种, 其中贝类 20 种, 多毛类 8 种, 甲壳类 8 种; (2) 岩礁相断面 19 种, 主要以贝类生物为主, 达 16 种, 甲壳类只有 2 种; 泥沙相断面 20 种, 贝类、多毛类和甲壳类分布较为均匀, 分别为 4 种、6 种和 8 种; (3) 岩礁相断面和泥沙相断面平均栖息密度分别为  $583.33 \text{ ind/m}^2$  和  $32 \text{ ind/m}^2$ , 平均生物量分别为  $638.56 \text{ g/m}^2$  和  $7.83 \text{ g/m}^2$ , 岩礁相断面栖息密度和生物量均远高于泥沙相断面; (4) 岩礁相断面大型底栖动物群落垂直变化较泥沙相断面显著。

**关键词:** 海岛开发; 潮间带; 春季; 大型底栖动物; 群落格局

**中图分类号:** Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263(2009)02-78-06

## Macrozoobenthos Community Pattern in the Intertidal Zone alongside Daxie Development Region in Spring

HAO Yong-Qiang ZENG Jiang-Ning CHEN Quan-Zhen\* GAO Ai-Gen

LIAO Yi-Bo SHOU Lu

(*Laboratory of Marine Ecosystem and Biogeochemistry, Second Institute of Oceanography*

*State Oceanic Administration, Hangzhou 310012, China*)

**Abstract:** In order to understand the distribution characteristics of macrozoobenthos in a intertidal zone, Daxie Island, and to reveal the influence of natural environment and human activities on macrozoobenthos community, field investigation of macrozoobenthos was carried out including a rock intertidal section (C1) and a tide flat section (C2) in Daxie Island, Apr., 2006. Main result showed that: (1) a total of 19 macrozoobenthos species were obtained in the section C1, most of which belonged to mollusks (16 species); a total of 20 macrozoobenthos species were obtained in the section C2, 4 species of which belonged to mollusks, 6 species belonged to Polychaeta, and 8 species belonged to Arthropoda; (2) the density and biomass in section C1 were  $583.33 \text{ ind/m}^2$  and  $638.56 \text{ g/m}^2$  respectively which are apparently higher than those in section C2 ( $32 \text{ ind/m}^2$  and  $7.83 \text{ g/m}^2$  respectively); (3) there were a stronger vertical variations of macrozoobenthos community in section C1 than in section C2.

**基金项目** 国家 908 专项 (No. 908-02-04-029, 08-ZC-04), 海洋公益专项重点项目 (No. 200705015), 浙江省 908 专项“浙江省海岸带调查”(No. ZJ908-01-02);

\*通讯作者, E-mail: chenqz6509@126.com;

**第一作者介绍** 赵永强, 男, 硕士研究生; 研究方向: 海洋生物学; E-mail: zhaoyq5257@126.com。

**收稿日期:** 2008-10-31, **修回日期:** 2009-01-05

**Key words:** Island development; Intertidal zone; Spring; Macrozoobenthos; Community pattern

大型底栖动物生活环境相对固定,其群落结构和数量分布会随环境因子变化而发生改变<sup>[1-4]</sup>。在人类活动较为频繁的海岸,围垦、滨海工厂、码头建设以及生产活动排污等因素会对海岸环境造成较大影响,进而导致潮间带底栖生物群落结构发生较大变化。因此,潮间带底栖生物对海岸环境监测及沿岸工程环境评价具有重要的意义。

大榭岛位于宁波市东部,20世纪90年代初成立宁波大榭开发区,经过十多年开发建设,目前已建成3000吨级至25万吨级多种码头泊位25座,另有多座码头正在规划中。同时,大榭岛沿岸还建有石化工业、火电等各类企业,以及生活区、度假区等。随着大榭岛的不断开发,海岸带被利用的程度和范围越来越大,对潮间带生物的影响越来越强,有关海岸开发和环境保护问题已引起广泛关注。近年来鲜见有关大榭岛潮间带大型底栖动物的报道,鉴于此,在大榭岛选择岩礁和泥沙滩两种不同生境进行潮间带生物调查,对两种生境中潮间带大型底栖动物群落结构及数量分布进行了分析比较,可为大榭岛的开发、海岸环境资源的可持续利用,以及海洋环境保护、管理提供基础数据和科学依据。

## 1 材料与方法

**1.1 大榭岛自然环境特征** 大榭岛距宁波市东40.6 km,全岛南北宽6.5 km,东西长6.8 km,陆域面积28.374 km<sup>2</sup>,岸线总长26.14 km,其中大部分为人工海岸,潮间带地貌主要为潮滩,岛内年平均降水量为1352 mm(原始文献:3837 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>)<sup>[5]</sup>。大榭岛北侧为金塘水道,水道内海域潮汐类型为不规则半日潮,平均潮差1.8 m。强流区位于水道西北部,弱流区位于西南部和穿山口附近,实测最大流速为3.7 m/s<sup>[6]</sup>。

**1.2 断面布设与采样** 在大榭岛北岸,分别在岩礁相和泥沙相底质各布设一条潮间带采样断面(图1),断面C1为岩礁底质,断面C2为泥沙

相底质,前者位于一围垦堤坝旁,附近有大量石块填入,后者位于岛北端一小岙内。于2006年4月12~13日(当地大潮期间)进行潮间带生物采样。样品采集参照《海洋监测规范》第7部分:近海污染生态调查和生物监测(GB17378.7-1998)<sup>[7]</sup>。每条断面在高潮区、中潮区和低潮区各布设1站。岩断面相每站位进行20 cm × 20 cm 取样,取2个样方;泥沙相断面进行25 cm × 25 cm × 30 cm 取样,取4个样方;进行定量样品采集,同时在各断面广泛采集定性标本,然后用5%甲醛溶液固定,带回实验室进行标本种类鉴定、计数和称重。

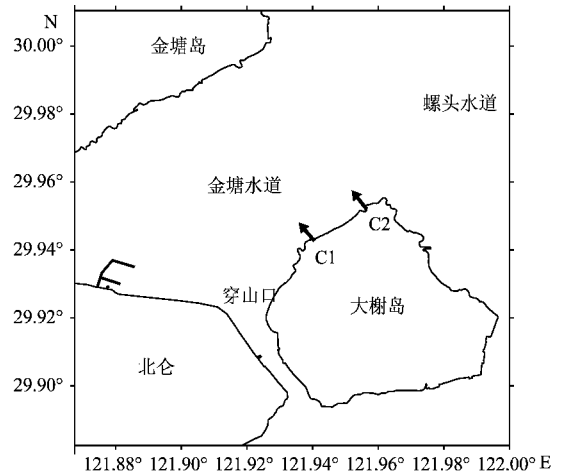


图1 研究区域与采样断面

Fig. 1 Study area and sampling section

C1. 岩礁相采样断面; C2. 泥沙相采样断面。

C1. The sampling section in cay;

C2. The sampling section in tide flat.

**1.3 数据处理** 选取 Bray-curtis 相异系数<sup>[8]</sup>对动物群落结构与差异进行分析:

$$S_{ij} = 100 \frac{\sum_{i=1}^p |x_{ij} - x_{ik}|}{\sum_{i=1}^p |x_{ij} + x_{ik}|}$$

式中,  $S_{jk}$  表示群落 Bray-curtis 相异系数,  $x_{ij}$  是第  $j$  个生境的第  $i$  物种的栖息密度;  $x_{ik}$  是第  $k$  个生境的第  $i$  物种的栖息密度;  $p$  是物种总数。当两群落物种组成和数量分布完全相同时, 计算

结果为 0,完全不同时为 100。

采用 SigmaPlot 10.0 软件绘制柱形图。

## 2 结果与分析

### 2.1 种类分布 岩礁相和泥沙相两条潮间带

断面的定量及定性样品共鉴定出大型底栖动物 39 种,其中贝类 20 种 (51.28%),多毛类 8 种 (21.51%),甲壳类 8 种 (21.51%),其他类 3 种 (5.7%)。各断面大型底栖动物的水平和垂直分布特征如表 1 所示,可以看出,岩礁相断面发

表 1 大型底栖动物种类分布特征

Table 1 Distribution characteristics of macrozoobenthos species

生境类型		潮带 Tidal level				
Habitat types	类群 Group	种名 Species	高潮带 High intertidal zone	中潮带 Middle intertidal zone	低潮带 Low intertidal zone	
岩礁 Cay	贝类 Mollusca	矮拟帽贝 <i>Patelloida pygmaea</i>		+		
		齿纹蜒螺 <i>Nerita yoldi</i>		+		
		渔舟蜒螺 <i>N. albicilla</i>	+			
		粗糙滨螺 <i>Littorina scabra</i>	+	+		
		短滨螺 <i>L. brevicula</i>		+		
		单齿螺 <i>Monodonta labio</i>		+		
		棘刺牡蛎 <i>Ostrea echinata</i>		+		
		僧帽牡蛎 <i>O. cucullata</i>		+		
		甲虫螺 <i>Cantharus cecillei</i>		+		
		嫁蛾 <i>Cellana toreuma</i>		+		
		近江牡蛎 <i>Crassostrea rivularis</i>	+			
		粒结节滨螺 <i>Nodilittorina exigua</i>			+	
		青蚶 <i>Barbatia virescens</i>		+		
		日本菊花螺 <i>Siphonaria japonica</i>		+		
		史氏背尖贝 <i>Notoacmea schrencki</i>		+	+	
		疣荔枝螺 <i>Thais clavigera</i>		+		
		甲壳类 Arthropoda	海蟑螂 <i>Ligia exotica</i>	+		
	日本笠藤壶 <i>Tetraclita japonica</i>			+		
	尖海龙 <i>Syngnathus acus</i>				+	
	合计 Total			4	14	3
泥沙滩 Tide flat	多毛类 Polychaeta	不倒翁虫 <i>Stemaspis scutata</i>		+	+	
		长吻沙蚕 <i>Glycera chirori</i>		+		
		拟突齿沙蚕 <i>Paraleonnates uschkovi</i>		+		
		日本角吻沙蚕 <i>Goniada japonica</i>		+		
		西方似蛭虫 <i>Amaeana occidentalis</i>		+	+	
		小头虫 <i>Capitella capitata</i>		+		
		异足索沙蚕 <i>Lumbrineris heteropoda</i>		+		
		智利巢沙蚕 <i>Diopatra chilensis</i>		+	+	
		贝类 Mollusca	豆形胡桃蛤 <i>Nucula faba</i>			+
			红带织纹螺 <i>Nassarius succinctus</i>		+	
			纵肋织纹螺 <i>N. variciferus</i>		+	
			珠带拟蟹守螺 <i>Cerithidea cingulata</i>		+	
		甲壳类 Arthropoda	艾氏活额寄居蟹 <i>Diogenes edwardsii</i>		+	
	短脊鼓虾 <i>Alpheus brevicristatus</i>			+		
	日本大眼蟹 <i>Macrophthalmus japonicus</i>			+		
	日本鲟 <i>Charybdis japonica</i>			+		
	下齿细螯寄居蟹 <i>Clibanarius infraspinus</i>			+		
	鲜明鼓虾 <i>Alpheus distinguendus</i>				+	
	其他类 Others	纵沟纽虫 <i>Lienus fuscoviridis</i>		+	+	
		弹涂鱼 <i>Periophthalmus cantonensis</i>			+	
合计 Total			0	17	7	

现 19 种,泥沙相断面发现 20 种,两条断面的大多数物种分布在中潮带,而在泥沙相断面高潮带本次调查未发现大型底栖动物分布;此外,岩礁相断面主要以贝类生物为主,达 16 种,甲壳类只有 2 种;泥沙相断面贝类、多毛类和甲壳类分布较为均匀,分别为 4 种、6 种和 8 种。

## 2.2 数量组成与分布

### 2.2.1 栖息密度

岩礁相和泥沙相断面大型底栖动物栖息密度组成及分布分别如图 2 和图 3 所示。可以看出,在岩礁相断面栖息密度最高的类群为贝类,平均密度可达  $583.33 \text{ ind/m}^2$ ,其次为甲壳类 ( $16.67 \text{ ind/m}^2$ )。在垂直分布上,高潮带最高 ( $1025 \text{ ind/m}^2$ ),其次为中潮带 ( $750 \text{ ind/m}^2$ ),低潮带最低 ( $25 \text{ ind/m}^2$ ),主要原因为高潮区有高密度的滨螺科 (*Littorinidae*) 物种存在,密度约为  $1000 \text{ ind/m}^2$ ,此外还有较低密度的海蟑螂分布,整条断面的平均值为  $600 \text{ ind/m}^2$ 。在泥沙相断面,高潮带未采到大型底栖动物,栖息密度平均值最大的类群为多毛类 ( $13.33 \text{ ind/m}^2$ ),其次为贝类 ( $8.33 \text{ ind/m}^2$ )、甲壳类 ( $7.33 \text{ ind/m}^2$ ),其他类最低 ( $3 \text{ ind/m}^2$ )。总体来说各类群的栖息密度相差不大,在垂直分布上,低潮区略高于中潮区,分别为  $52 \text{ ind/m}^2$  和  $44 \text{ ind/m}^2$ ,整条断面的平均值为  $32 \text{ ind/m}^2$ 。从水平分布来看,岩礁相断面低潮区的栖息密度低于泥沙相断面,但总体平均值远高于泥沙相断面,前者是

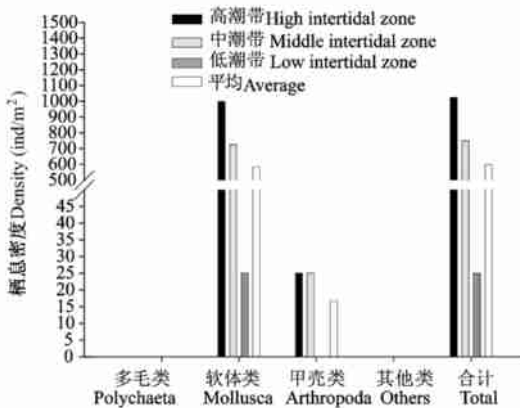


图 2 岩礁相断面栖息密度组成与分布

Fig. 2 Composition and distribution characteristic of density in cay

后者的近 20 倍。

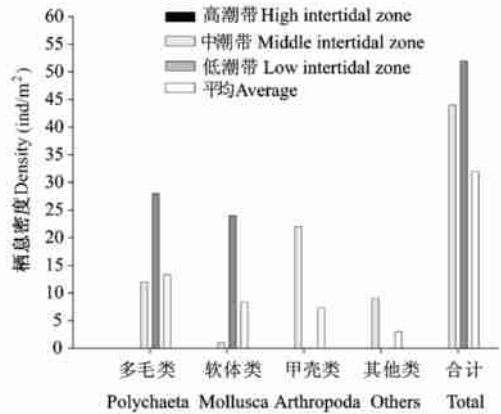


图 3 泥沙相断面栖息密度组成与分布

Fig. 3 Composition and distribution characteristic of density in tide flat

### 2.2.2 生物量

岩礁相和泥沙相断面大型底栖动物生物量组成及分布如图 4 和图 5 所示。可以看出,在岩礁相断面平均生物量为  $638.56 \text{ g/m}^2$ ,生物量最高的仍为贝类 ( $635.53 \text{ g/m}^2$ )。在垂直分布上,与栖息密度分布不同的是生物量最大值出现在中潮区 ( $1787.26 \text{ g/m}^2$ ),远高于高潮区 ( $90.33 \text{ g/m}^2$ ) 和低潮区 ( $38.08 \text{ g/m}^2$ )。主要原因是高潮区分布的滨螺科物种由于个体重量较小,栖息密度虽高,但生物量却较低,而中潮区分布的牡蛎科 (*Ostreidae*) 物种由于个体重量很高,导致中潮区生物量整体平均值较高。在泥沙相断面,生物量组成及分布与栖息密度有类似的特征,平均生物量为  $7.83 \text{ g/m}^2$ ,生物量平均值最大的类群为多毛类 ( $2.85 \text{ g/m}^2$ ),其次为贝类 ( $2.57 \text{ g/m}^2$ )、甲壳类 ( $1.17 \text{ g/m}^2$ ),其他类最低 ( $0.24 \text{ g/m}^2$ )。在垂直分布上,低潮区生物量高于中潮区,分别为  $18.25 \text{ g/m}^2$  和  $5.25 \text{ g/m}^2$ 。从水平分布上来看,岩礁相断面各潮区的栖息密度均高于泥沙相断面,总体平均值前者是后者的 80 多倍。

### 2.3 群落结构比较

采用 Bray-curtis 相异系数将两种生境潮间带断面中各潮带大型底栖动物群落结构差异进行分析,结果见表 2。可以看出,在岩礁相断面,高潮带和低潮带由于没有发现相同的物种,故两潮带间群落结构完全不同,

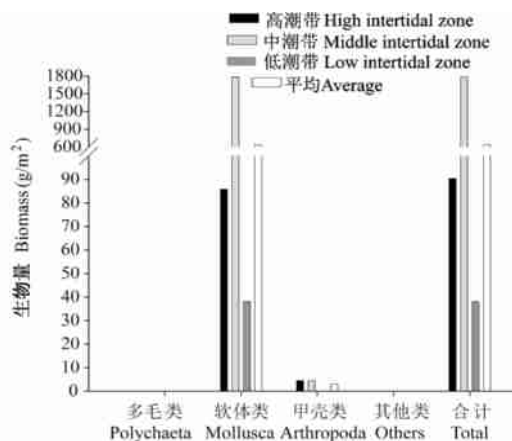


图 4 岩礁相断面生物量组成与分布

Fig. 4 Composition and distribution characteristic of biomass in cay

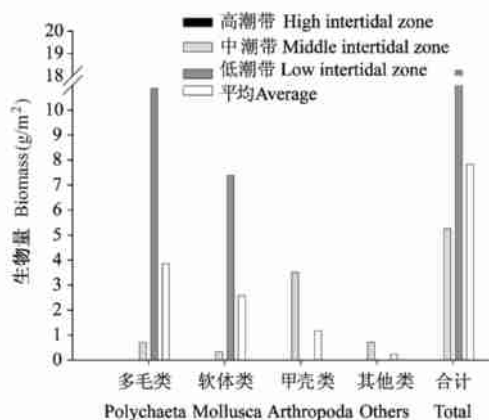


图 5 泥沙相断面生物量组成与分布

Fig. 5 Composition and distribution characteristic of biomass in tide flat

Bray-curtis 相异系数为 100。而中潮带与高潮带和低潮带 Bray-curtis 相异系数均接近 90, 群落差异也比较大, 共有种很少。在泥沙相断面, 由于高潮带未采集到大型底栖动物, 因此其与中潮带和低潮带均完全不同, 而中潮带与低潮带 Bray-curtis 相异系数为 66.67, 表明该两者之间

有一部分相同种出现。上述分析结果也显示, 在泥沙相断面中低潮带的物种差异性小于岩礁相断面, 同时表现出不论在岩礁相断面还是泥沙相断面大型底栖动物垂直分布存在明显的差异, 以及物种沿涨、落潮方向具有更替性的特征。

表 2 两种生境大型底栖动物群落的垂直差异

Table 2 Vertical variations of macrozoobenthos communities in the two sampling sections

	岩礁相 Cay			泥沙相 Tide flat		
	高潮带 High intertidal zone	中潮带 Middle intertidal zone	低潮带 Low intertidal zone	高潮带 High intertidal zone	中潮带 Middle intertidal zone	低潮带 Low intertidal zone
高潮带 High intertidal zone						
中潮带 Middle intertidal zone	88.89			100		
低潮带 Low intertidal zone	100	88.24		100	66.67	

表中数据表示 Bray-curtis 相异系数。The data in table denote Bray-curtis dissimilarity.

### 3 讨论

3.1 自然环境对生物分布的影响 自然环境对大型底栖动物的影响主要表现在底质、纬度和栖息地水文等几方面。生境底质可影响潮间带生物种类组成和数量分布, 本次调查中, 岩礁相断面主要以贝类物种为主, 这些物种一部分能完全固定于岩礁上, 如牡蛎和藤壶等物种, 还有一部分能够吸附于岩礁以抵抗海水的冲刷。物种生活习性的不同决定了其栖息密度及生物

量与其他底质断面存在差异。在泥沙相断面, 大型底栖动物种类构成与岩礁断面有明显的区别, 如多毛类、甲壳类种数显著增加, 贝类物种数减少, 同时栖息密度及生物量较岩礁断面有显著降低。寿鹿等<sup>[9]</sup>对浙江衢山岛潮间带不同底质大型底栖动物分布的研究也得出类似的结论。纬度对生物分布的影响在陆地、淡水和海洋等环境中均有表现, 低纬度地区通常具有较高的生物多样性、栖息密度和生物量, 潮间带底栖动物具有同样的现象。与位于低纬度地区的

广东上川岛<sup>[10]</sup>和碓洲岛<sup>[11]</sup>潮间带软体动物的调查数据相比,本次调查中岩礁相断面的软体动物在种数、栖息密度及生物量上均低于位于更低纬度的上川岛和碓洲岛断面。此外,大榭岛位于长江口、杭州湾和甬江口以南,受浙江沿岸流的影响,各河流携带的泥沙会随海流南下,岛北岸水域泥沙含量较高,水体较为混浊,导致底栖动物多样性较低。此外,潮差、研究断面的朝向、台风等自然灾害也可能对生物分布造成影响<sup>[12]</sup>。

**3.2 人类活动对生物分布的影响** 生物多样性下降是目前国内外普遍存在的环境问题,生境破碎是生物多样性下降的首要原因之一。大榭开发区大批大规模工业项目如港口、石化企业、发电厂等在施工及运行过程都给潮间带和浅海生境带来巨大的影响,如原始岸线已经被平直、陡峭的水泥堤坝所取代,潮间带生物生境变窄,生境多样性降低,进而使生物多样性降低,群落稳定性变差。此外,各工业项目产生的废水、废渣将不可避免地给海岛海岸环境带来威胁,潮间大型底栖动物种类单一化程度越来越高,底栖动物群落结构发生变化,稳定性降低。其他类似的研究说明,海洋工程往往会对海岛潮间带及其周围海域的大型底栖动物产生明显的影响。陆培东等<sup>[13]</sup>报道金塘水道南岸码头建设尽管没有改变海岸泥沙来源和水体含沙量,但减弱了大榭岛西侧浅滩水域落潮流的动力作用,提供了有利于悬沙淤积的环境,致使浅滩加速淤长,进而可能导致生物群落发生改变;罗民波等<sup>[14]</sup>通过对洋山岛周围海域大型底栖动物生态分布的调查发现,大型海洋工程可导致底栖动物生物量显著下降,多样性降低,群落稳定性降低;曾江宁等<sup>[15]</sup>报道大榭岛邻近水域的生态现状,研究表明宁波大榭岛附近水域的主要超标因子为:DIN、PO<sub>4</sub>-P、Pb和Cu,水质已达富营养化状态,发生赤潮的可能较大。此外,开发区建成以后,区内工业项目密度高,若

出污染事故或违章排放将对沿岸环境造成严重的影响。

## 参 考 文 献

- [ 1 ] Lui T H, Lee S Y, Sadovy Y. Macrobenthos of a tidal impoundment at the Maipo marshes nature reserve, Hong Kong. *Hydrobiologia*, 2002, **468**: 193 ~ 212.
- [ 2 ] 王建国, 黄恢柏, 杨明旭等. 庐山地区底栖大型无脊椎动物耐污值与水质生物学评价. *应用与环境生物学报*, 2003, **9**(3): 279 ~ 284.
- [ 3 ] 晁敏, 沈新强, 陈亚瞿. 长江口疏浚土掩埋对两种贝类存活的影响. *应用与环境生物学报*, 2007, **13**(5): 674 ~ 67.
- [ 4 ] Yamochi S. Succession of macrobenthic fauna and nitrogen budget at two artificial tidal flats in Osaka Bay Japan. *Marine Pollution Bulletin*, 2008, **57**: 137 ~ 141.
- [ 5 ] 周航, 国守华, 冯志高. 浙江海岛志. 北京: 高等教育出版社, 1998.
- [ 6 ] 王康培, 陈耕心. 金塘水道的流场特征. *海洋通报*, 1989, **8**(4): 10 ~ 19.
- [ 7 ] 国家质量技术监督局. 海洋监测规范(第7部分: 近海污染生态调查和生物监测). 北京: 中国标准出版社, 1998.
- [ 8 ] 张金屯. 数量生态学. 北京: 科学出版社, 2004.
- [ 9 ] 寿鹿, 高爱根, 曾江宁等. 底质环境对浙江衢山岛潮间带大型底栖动物分布的影响. *动物学杂志*, 2007, **42**(3): 79 ~ 83.
- [ 10 ] 唐以杰, 林炜, 崔雪文等. 广东上川岛潮间带软体动物的分布. *动物学杂志*, 2004, **39**(3): 60 ~ 67.
- [ 11 ] 林炜, 钟海莹, 唐以杰. 碓洲岛潮间带不同生境底栖软体动物物种多样性研究. *热带海洋学报*, 2002, **21**(3): 14 ~ 22.
- [ 12 ] Lubchenco J, Menge B A. Community development and persistence in a low rocky intertidal zone. *Ecological Monographs*, 1978, **48**: 67 ~ 94.
- [ 13 ] 陆培东, 徐敏. 金塘水道南岸码头建设对岸滩动态的影响. *水利水运工程学报*, 2002, **4**: 24 ~ 27.
- [ 14 ] 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. *农业环境科学学报*, 2007, **26**(1): 97 ~ 102.
- [ 15 ] 曾江宁, 陈全震, 高爱根等. 宁波大榭岛邻近水域生态现状. *海洋环境科学*, 2005, **24**(4): 34 ~ 36.