

文章编号: 1000-0615(2003)01-0025-07

# 象山港养殖区与非养殖区 大型底栖生物生态比较研究

高爱根, 杨俊毅, 陈全震, 王自磐, 张健, 董永庭, 宁修仁  
(国家海洋局第二海洋研究所, 国家海洋局海底科学重点实验室, 浙江 杭州 310012)

**摘要:** 2000 年在象山港 3 个养殖区(海带、牡蛎、鱼类)和非养殖区水域进行了四季调查,对养殖区和非养殖区大型底栖生物的生态学进行比较研究。调查鉴定出 71 种大型底栖生物,其中养殖区 45 种、非养殖区 61 种,两区共有种为 35 种。牡蛎养殖区外侧、鱼类网箱养殖区周围平均生物量和密度分别高达  $433.53 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$  和  $155 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$ 、 $91.92 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$  和  $114.96 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$ ; 海带养殖区仅为  $1.55 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$  和  $27.5 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$ , 也明显低于非养殖区  $5.24 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$  和  $53.04 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$ ; 鱼类网箱养殖区中心未见生物分布。本文同时对底栖生物与养殖生物、沉积物及水文环境因子的相关性作了研究探讨。

**关键词:** 底栖生物; 生态学; 养殖区; 非养殖区; 象山港

中图分类号: Q178.57 文献标识码: A

## Comparative studies on macrobenthos between cultured and non-cultured areas in Xiangshan Bay

GAO Ai-gen, YANG Jun-yi, CHEN Quan-zhen, WANG Zi-pan,  
ZHANG Jian, DONG Yong-ting, NING Xiu-ren

(Key Laboratory of Submarine Geosciences, State Oceanic Administration,  
Second Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Hangzhou 310012, China)

**Abstract:** Seasonal investigations were carried out for 3 cultured areas (of algae, oyster and fish) and non-cultured area in Xiangshan Bay. 71 species from study areas were identified. 45 species of them were collected in cultured areas, 61 species in non-cultured area, 35 species from both cultured and non-cultured areas. The biomass and density in oyster and fish cultured areas were  $433.53 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$  and  $155 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$ ,  $91.92 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$  and  $115 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$  respectively. It was higher than that in algae cultured area and non-cultured areas. The biomass and density in algae cultured area were  $1.55 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$  and  $27.5 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$ , which was lower than that in non-cultured area ( $5.24 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$  and  $53.04 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$ ). No macro-benthic species was found in the center of fish cultured area. The relativity of the benthos with sediment, reared biology and hydrographic factors is discussed.

**Key words:** benthos; ecology; cultured areas; non-cultured areas; Xiangshan Bay

近年来,在我国沿海海洋水产养殖业长足发展<sup>[1]</sup>的同时,养殖面积的迅速扩大和养殖密度的不断加大,给养殖环境带来了巨大的负面效应。底质环境的恶化,直接影响底栖生物的生存空间,由底层释放出来的大量有利于亲硫细菌生长的有害物质如  $\text{H}_2\text{S}$  气体等,既毒害了鱼类等养殖生物,又阻碍了海水养殖业的可持续发展<sup>[2,3]</sup>。为寻求解决海水养殖业所面临的问题,我们对象山港水域养殖生态与主要鱼

收稿日期: 2002-02-08

资助项目: 宁波市科学技术委员会资助项目(9920129)

作者简介: 高爱根(1955-),男,浙江平湖人,高级工程师,从事海洋生态学研究。Tel: 0571-88076924-2475

类养殖容量进行了为期1年的调查研究。本文报导的是鱼类、牡蛎和海带养殖区与非养殖区的大型底栖生物生态研究结果。以往对象山港的研究大多为环境方面的内容,有关生态的报导多以潮间带及水体生物为主,而对底栖生物研究则较为缺乏<sup>[4,5]</sup>,国内关于海水养殖区大型底栖生物研究尚未见报道,故进行此项研究具有积极意义,为象山港养殖环境容量综合评价提供必需的底栖生物生态资料。

### 1 养殖区和非养殖区环境特征

象山港地处浙江中部舟山群岛西侧,位于 121°25' ~ 122°30' N、29°25' ~ 29°47' E,为东北西南向的狭长型半封闭海湾。水域面积约 427 km<sup>2</sup>,岸线长 150 km,湾口宽 20 km,湾内一般为 5~ 10 km。最大水深 55m,平均约 10~ 20m,有 37 条河川溪流遍布沿岸各处。受长江和杭州湾的影响,湾口水体含沙量略高,中部以内水色清澈<sup>[5]</sup>。底层温度、盐度变化幅度分别为 10~ 28℃和 21~ 26。非养殖区范围涉及象山港各水域;养殖区域主要分布在象山港的湾顶及湾中,其中牡蛎养殖区位于湾顶部的铁港内,鱼类养殖区处于湾顶铁港口外侧的栖风网箱养鱼区(约占象山港网箱数量 2/3),海带养殖区则处于湾的中部。3 个养殖区的底质类型分别为贝壳砂、黑色软泥和粉沙质泥。处于湾顶的牡蛎和鱼类养殖区的水交换能力相对不足,经数值模拟全换水 1 个周期约需 80d。象山港为浙江省的主要网箱养殖基地,网箱养鱼始于 1987 年,目前全区网箱数量约 5 万只。

### 2 材料与方法

外业采样时间分别为 2000 年 4 月(春)、7 月(夏)、10 月(秋)和 12 月(冬)4 个季节,本次调查重点为鱼类网箱养殖区。布设站位分别为:鱼类网箱养殖区 6 个站,网箱周边 5 个(p17~ p20 站和 c1 连续站)、网箱中央 1 个(N 对照站);牡蛎养殖区和海带养殖区外侧各设 1 个(p15 站和 p16 站);非养殖区共设 15 个(p1~ p14 站和 c2 连续站)(图 1)。大型底栖生物采样使用 0.05m<sup>2</sup>HNM 型采泥器,泥样经 0.5mm 套筛冲洗,检出样品装入瓶内,用 5% 甲醛溶液固定,带回实验室称重(湿重)分析鉴定。沉积物现场低温保存带回实验室分析。采样和室内分析均按海洋监测规范进行<sup>[6,7]</sup>。

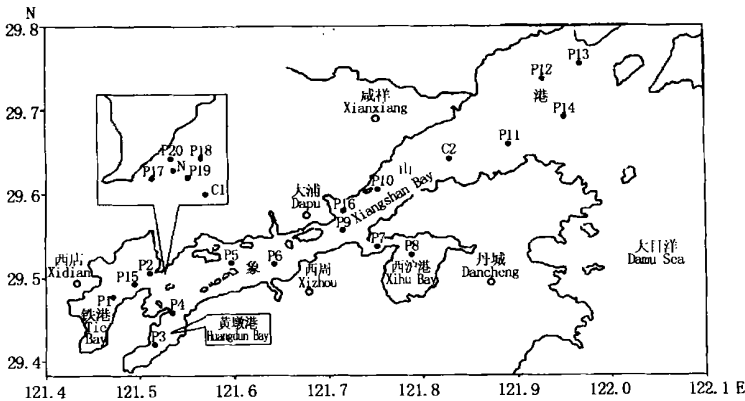


图 1 象山港底栖生物调查站位图  
Fig. 1 Sampling stations in Xiangshan Bay

### 3 结果

#### 3.1 种类组成与分布

##### 3.1.1 种类组成

象山港养殖区与非养殖区大型底栖生物已鉴定出 71 种,其中多毛类 31 种、软体动物 19 种、甲壳动物 12 种、棘皮动物 6 种和其他动物 3 种(表 1)。前 3 类动物可占总种数的 87%,构成了象山港大型底栖

生物的主要类群。

结合象山港大型底栖生物的种类数量和出现率,种类组成中的主要种有异足沙蚕、长吻沙蚕、多鳃齿吻沙蚕、不倒翁虫、纵肋织纹螺、凸镜蛤、小刀蛭、扇贝、滩栖阳遂足、薄倍棘蛇尾、棘刺锚海参、沙鸡头和海地瓜等,其他习见种尚有后指虫、毛齿吻沙蚕、巢沙蚕、竹节虫、菲律宾蛤仔和缢蛭等。

### 3.1.2 种类分布

象山港3个养殖区调查表明,随养殖区域及养殖品种的不同,大型底栖生物种类分布差异较大。鱼类网箱养殖区周围种类最丰富(39种),其中网箱外则的C1站达18种;其它站都在8~14种,主要分布种有:异足沙蚕、多鳃齿吻沙蚕、不倒翁虫、日本镖毛鳞虫、纵肋织纹螺、凸镜蛤、小刀蛭、滩栖阳遂足、薄倍棘蛇尾、棘刺锚海参和海地瓜等;网箱养殖中央未见底栖生物分布。相比之下,海带和牡蛎养殖区的大型底栖生物种类分布较少,分别为8种和7种,前者以不倒翁虫、狭细蛇潜虫等种类分布为主,后者主要分布种为沙鸡头和扇贝。有10种大型底栖生物仅出现于养殖区,养殖区与非养殖区共有种为35种。

非养殖区大型底栖生物为61种,位于湾顶部的铁港和黄墩港以及中部的西沪港以棘皮动物分布占较高比率;其它区域以多毛类和软体动物占居明显优势,两者分别占非养殖区大型底栖生物的46%和28%。湾顶部的大多数站位在6~10种,其它区域种类分布较少,尤其位于航道和轮渡处的p7、p9和c2站种类稀少,仅在1~3种,个别站位在有的季节甚至没采集到生物样品。由此看出,象山港非养殖区的大型底栖生物种类分布不均匀,区域性分布较为明显,湾口向湾里延伸种类分布明显增多。

表1 象山港养殖区与非养殖区大型底栖生物种类

Tab.1 Species of macrobenthos in Xiangshan Bay

种名 species	非养殖区 non-cultured area	海带区 algae cultured area	牡蛎区 oyster cultured area	鱼类网箱区 fish cultured area
一、多毛类动物				
01 双管阔沙蚕	<i>Platynereis bicanaliculata</i> (Baird)	+		
02 多毛自裂虫	<i>Autolyus setoensis</i> Imajima	+		
03 棒格裂虫	<i>Brania elata</i> (Claparede)	+		
04 狭细蛇潜虫*	<i>Opniodromun angustifrons</i> (Grube)		+	
05 长吻沙蚕	<i>Glycera chironi</i> Izuka	+	+	+
06 头吻沙蚕	<i>Glycera capitata</i> Oersted	+		
07 日本角吻沙蚕	<i>Goniada japonica</i> Izuka	+		
08 毛齿吻沙蚕	<i>Nephtys ciliata</i> (Muller)	+		
09 多鳃齿吻沙蚕	<i>Nephtys polybranchia</i> Southern	+		+
10 双鳃内卷沙蚕	<i>Aglaophams dibranchis</i> (Grub)	+		+
11 鳞沙蚕	<i>Aphrodita</i> sp.	+		+
12 日本镖毛鳞虫	<i>Laetmonia japonica</i> McIntosh	+	+	
13 有齿软背鳞虫*	<i>Lepidonotus hetotypus</i> (Grube)	+		+
14 强刺鳞虫	<i>Sthenolepis japonica</i> (McIntosh)	+		+
15 新三齿巢沙蚕	<i>Dipatra neotridens</i> Hartman	+		
16 巢沙蚕	<i>Dipatra neapolitana</i> Delle Chiaje	+		+
17 岩虫	<i>Marphysa sanguinea</i> (Montagu)	+		+
18 异足沙蚕	<i>Lumbrineris heteropoda</i> (Marenzeller)	+		+
19 长叶索沙蚕	<i>Lumbrineris longifolia</i> (Imajima et Higuchi)	+		
20 索沙蚕	<i>Lumbrinis</i> sp.	+		
21 奇异稚齿虫	<i>Paraprionospio pinnata</i> (Ehlers)	+		+
22 后指虫	<i>Laonice cirrata</i> (Sars)	+	+	+
23 须鳃虫	<i>Cirriformia tentaculata</i> (Montagu)	+		
24 多丝独毛虫	<i>Tharyx multijilis</i> Moore	+		
25 不倒翁虫	<i>Sternaspis scudata</i> (Fabricius)	+	+	+
26 背引虫	<i>Notomastus latericeus</i> Sars	+		
27 丝异须虫	<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparede)	+		
28 小头虫	<i>Capitella capitata</i> (Fabricius)	+	+	+
29 缩头竹节虫*	<i>Maldane sarsi</i> Malmgren	+	+	
30 竹节虫	<i>Clymenella</i> sp.	+		
31 西方拟蛭虫	<i>Amæana occidentalis</i> (Hartm)	+		
二、软体动物				
01 纵肋织纹螺	<i>Nassarius variferus</i> (A. Adams)	+		+
02 红带织纹螺	<i>N. succinctus</i> (A. Adams)	+		
03 西格织纹螺	<i>N. siquijorensis</i> (A. Adams)	+		+
04 双带光螺	<i>Eulima bifascialis</i> (A. Adams)	+		
05 马丽亚光螺	<i>Eulima maria</i> (A. Adams)	+	+	+

续表

06 丽核螺	<i>Mitridia bella</i> (Reeve)	+		
07 经氏蛞蝓	<i>Philine Kinglipini</i> Tchang	+		+
08 胡桃蛤	<i>Nucula</i> sp.	+		+
09 毛蚶	<i>Scapharca subrenata</i> (Lischke)	+		+
10 凸镜蛤	<i>Dosinia gibba</i> (A. Adams)	+	+	+
11 渤海鸭嘴蛤	<i>Laternula marilina</i> (Reeve)	+		+
12 彩虹明樱蛤	<i>Moerella iridescens</i> (Benson)	+		+
13 栉孔扇贝*	<i>Chlamys farreri</i> (Jones et presten)			+
14 德氏栉孔扇贝*	<i>C. teihardi</i> (Grabau king)			+
15 褶牡蛎	<i>Ostrea plicatula</i> Gmelin	+		
16 薄云母蛤	<i>Yoldia simili</i> Kuroda et Habe	+		+
17 菲律宾蛤仔	<i>Ruditapes philippinarum</i> (Adams et Reeve)	+		+
18 小刀蛭	<i>Cutidius attenuatus</i> Dunker	+		+
19 缢蛭	<i>Sinonovacula constricta</i> (Lamanck)	+		+
三、甲壳动物				
01 锯齿长臂虾	<i>Ralaemon serifer</i> (Stimpson)	+		
02 细螯虾	<i>Leptochda gracilis</i> Stimpson	+		+
03 裸盲蟹	<i>Typhlocariius mudus</i> Stimpson	+		
04 淡水泥蟹	<i>Ilyoplax tansuensis</i> Sakai	+		+
05 小相手蟹*	<i>Nanosesama minutum</i> (de Man)			+
06 日本关公蟹	<i>Darippe japonica</i> von Siebl	+		
07 钝齿短桨蟹	<i>Thalassia arenata</i> (Latreille)	+		
08 变态鲚	<i>Charybdis variegata</i> (Fabricius)	+		
09 内球近方蟹*	<i>Hemigrapsus sanguineus</i> (de Haan)			+
10 微小圆柱水蚤	<i>Cirolana minuta</i> Hansen	+		+
11 窄益鳃水虱	<i>Idotea stenops</i> (Benedict)	+		+
12 日本圆柱水蚤	<i>Cirolana japonensis</i> (Richardson)	+		
四、棘皮动物				
01 薄倍棘蛇尾	<i>Amphiplus praetans</i> Koehler	+		+
02 滩栖阳遂足	<i>Amphiura vadicola</i> Matsumoto	+		+
03 阳遂足	<i>Amphiplus</i> sp.	+		+
04 棘刺锚海参	<i>Protankyra bidentata</i> (Woodward et Barrett)	+		+
05 沙鸡头*	<i>Phyllophorus ardinates</i> Chang			+
06 海地瓜	<i>Aphelodactyla hyalooides</i> Slüter	+		
五、其它类				
01 沙海葵*	<i>Sagartia modesta</i>			+
02 海笔螭*	<i>Virgulana</i> sp.			+
03 斑尾复虾虎鱼	<i>Synechogobius Dmmatunus</i>	+		+

\* 仅发现于养殖区

\* These species were only found in the cultured areas

## 3.2 数量组成与分布

### 3.2.1 数量组成

象山港大型底栖生物量组成中,牡蛎养殖区的平均生物量位居首位,其次为鱼类网箱养殖区,非养殖区和海带养殖区分别居第3、4位。不同区的大型底栖生物密度与生物量见表2。

表2 象山港养殖区与非养殖区底栖生物量和密度

Tab.2 Biomass and density of cultured area and non cultured area in Xiangshan Bay

	鱼类养殖区 fish cultured area	牡蛎养殖区 oyster cultured area	海带养殖区 algae cultured area	非养殖区 non-cultured area
生物量( $g \cdot m^{-2}$ ) biomass	91.92	433.53	1.55	25.24
密度( $ind \cdot m^{-2}$ ) density	115	155	27	53

### 3.2.2 数量分布

养殖区的生物量分布表明,高生物量主要位于湾顶铁港内的牡蛎养殖区,构成高生物量的主要种类为沙鸡头和扇贝,其中前者可占该区生物量的80%。另一个高生物量区分布在鱼类网箱养殖区周围,大多数站可达 $100 g \cdot m^{-2}$ 以上,其中棘皮动物可占各站生物量的50%~70%。低生物量区位于中部海

带养殖区,与以上两个养殖区比较生物量显著回落,仅在 $0.1\sim 5\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 。非养殖区大型底栖生物生物量分布不均匀,位于湾口及航道两侧站位的生物量仅在 $5\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 以内;高生物量分布在铁港和黄墩港,每站平均高达 $50\sim 100\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ ;非养殖区中有50%站生物量在 $10\sim 15\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 。由此表明,象山港各区的生物量分布差异明显,并呈现由湾顶向湾口延伸生物量呈明显减少的分布趋势。

密度分布与生物量分布趋势相似,养殖区的平均密度以牡蛎养殖区居首位,其次为鱼类养殖区,海带养殖区最低,后者平均密度低于前2个养殖区4~5倍。非养殖区平均密度高于海带养殖区1倍,有35%站位的平均密度可达 $50\text{ind}\cdot\text{m}^{-2}$ 以上,其中湾顶部的站位达 $80\sim 122\text{ind}\cdot\text{m}^{-2}$ ;而湾口及湾中的密度分布相对较低,大多仅在 $20\sim 50\text{ind}\cdot\text{m}^{-2}$ 。

### 3.2.3 数量季节分布

象山港大型底栖生物季节分布变化见表3,表中可见,养殖区生物量季节分布以牡蛎和网箱养殖区最为明显,前者冬季达全年最高峰;后者春季明显低于其它3季;相比之下,海带养殖区与非养殖区4季分布变化不明显。密度分布中牡蛎养殖区秋季低于其它3季;鱼类养殖区与生物量分布一致,即春季低于其它3季;海带养殖区秋、冬大于春、夏。非养殖区夏季密度大于其它3季。

表3 各区域底栖生物季节分布比较

Tab.3 The comparison of benthic biomass of several cultured areas and non-cultured area in varied seasons

季节 season	海带养殖区 algae cultured area		牡蛎养殖区 oyster cultured area		鱼类网箱养殖区 fish cultured area		非养殖区 non-cultured area	
	$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$	$\text{ind}\cdot\text{m}^{-2}$	$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$	$\text{ind}\cdot\text{m}^{-2}$	$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$	$\text{ind}\cdot\text{m}^{-2}$	$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$	$\text{ind}\cdot\text{m}^{-2}$
春 spring	0.10	10	221.50	160	37.08	85	17.32	45
夏 summer	1.11	10	426.50	170	120.25	130	24.03	106
秋 autumn	0.30	40	345.30	100	124.02	128	35.95	35
冬 winter	4.70	48	740.82	190	86.34	117	23.66	26

## 3.3 生物量与有机质和硫化物分布变化

图2、3为养殖区和非养殖区大型底栖生物生物量与有机质、硫化物分布。图中显示,鱼类养殖区周围有机质和硫化物含量均高于其它各区,尤其硫化物的含量更为明显,生物量显示牡蛎养殖区最高,鱼类养殖区位居第二。鱼类网箱养殖区有机物和硫化物与生物量4季变化见图4、5,图中可见,有机质和硫化物夏季明显低于其它3季,但该季节的生物量分布显示出与最高的秋季较接近。

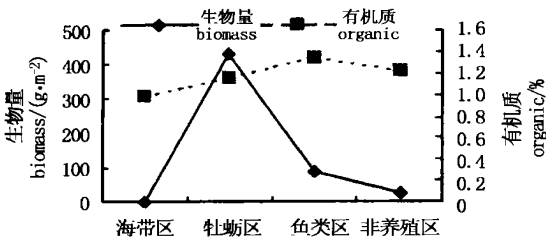


图2 各区生物量与有机质变化

Fig. 2 The change of biomass and organic in different areas

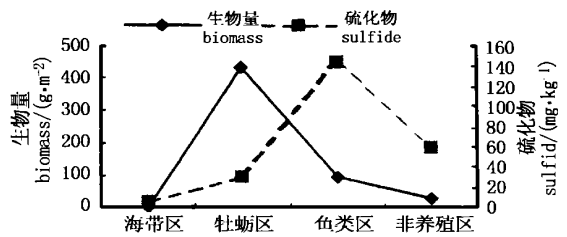


图3 各区生物量与硫化物变化

Fig. 3 The change of biomass and sulfide in different areas

## 3.4 群落结构特征

象山港底栖生物群落结构特征与水域环境和水产养殖种类的关系密切。本水域底栖生物群落结构大体可分为3个群落,即沙鸡头-扇贝群落、蛇尾-织纹螺-沙蚕群落和多毛类-织纹螺群落。前两者分布在相关的养殖区内,分别为底质以贝壳沙为主的牡蛎养殖区和底质沉积物中硫化物及有机质含量较高的鱼类养殖区。

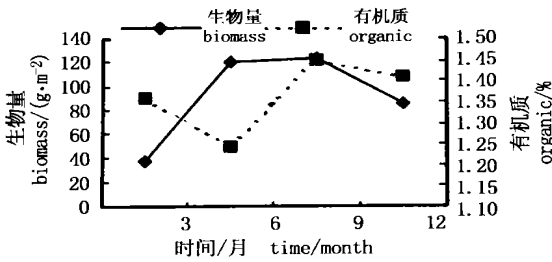


图4 鱼类网箱区生物量和有机质四季变化

Fig. 4 The change of biomass and organic in fish culture area

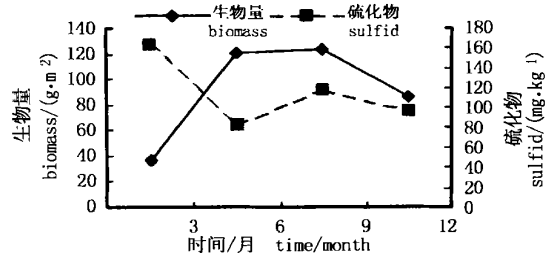


图5 鱼类网箱区生物量和硫化物四季变化

Fig. 5 The change of biomass and sulfide in fish culture area

## 4 讨论

### 4.1 养殖区与非养殖区底栖生物生态学差异

象山港养殖区与非养殖区大型底栖生物生态研究表明, 鱼类和牡蛎养殖区均呈现出高生物量和高密度分布特征, 有些种类个体也明显大于其它区域, 但两者群落组成差异较大, 前者生物种类和数量多于后者。海带养殖区与非养殖区的群落结构较为相似, 生物量和密度都低于鱼类养殖区, 从而表明, 植物与动物养殖区的底栖生物生态分布差异较大, 植物类养殖区生态分布特征较接近于自然, 群落结构较简单; 而有大量残饵及养殖生物代谢产物的动物类养殖区, 底栖生物数量相对丰富, 群落结构也较为复杂。此外, 调查还表明了象山港的棘皮动物在大型底栖生物生物量分布中占很高比率, 该类动物在一些河口软底质区内能获得大量发展, 并成为群落优势种的报道一致<sup>[8]</sup>, 但就该类群的分布而言, 生物量区域性分布相差甚大, 由此可认为, 在同一河口海湾内该类生物呈斑状分布的特点较为显著。

### 4.2 养殖生物与底栖生物季节分布

象山港养殖区底栖生物生物量季节分布与养殖生物关系较为密切。在鱼类快速生长的5-11月, 投饵量比其它月份有明显增大, 据 Kapsar 等<sup>[9]</sup>对网箱养殖饵料的研究, 饵料中有 3/4 总氮和总磷排入水域, 其中 65% 总氮和 10% 总磷沉于海底, 也有报道认为<sup>[10-12]</sup> 20%~30% 未食饵料中的大部分将沉降至底部, 这为底栖生物生长提供了良好的发展空间, 但过多物质的沉积会直接影响底栖生物生存环境, 同时又会影响养殖生物生长。每年雨季到来时, 上游河床冲刷过程中会使网箱养殖区的底表层沉积物得到一定稀疏; 此外, 为减轻底层多余残渣及鱼类排泄物随水温增高而被还原分解产生出大量硫化氢等有害物质所造成的危害, 入夏后相应减少了日投饵量, 但残饵和鱼类代谢产物仍足以维持底栖生物生长需求; 故出现了网箱养殖区夏季硫化物和有机质含量低底栖生物生物量高的分布特征。另外, 本次调查表明, 象山港水域的有机营养物极为丰富, 尤其在湾顶部, 富营养化促使浮游植物快速生长, 为牡蛎养殖创造了良好条件, 大量代谢产物和有机碎屑的沉降为生活在底层的吞噬食性和滤食性底栖生物提供较佳的生长空间, 因而牡蛎养殖区底栖生物 4 季生物量和密度均显示出很高的分布特征。

### 4.3 网箱养殖区环境因子与底栖生物的关系

象山港底质环境与以往的研究比较已发生明显变化<sup>[5]</sup>, 尤其鱼类网箱养殖区的变化更为显著, 有机质和硫化物等均高于海带、牡蛎养殖区和非养殖区, 其中硫化物高出其它区 1 倍以上, 这与有关鱼类养殖区的报道相吻合<sup>[2,9,12]</sup>。调查发现鱼类网箱养殖区周围分布着大量的织纹螺、蛇尾、不倒翁虫等底栖生物, 其中织纹螺分布量尤为丰富, 该种生物由于喜食其它动物尸体, 在底层环境中起着“清道夫”的作用<sup>[13]</sup>。在污染程度较重的海底环境中, 一些底栖生物在长期的环境演变过程中能够获得生存适应, 并

形成对环境的较强耐污能力。对照区一网箱养殖中央的沉积物已成黑色无氧稀泥,并散发出浓烈异味,沉积层厚度已达 40~60cm,未发现大型底栖生物分布,这表明网箱养殖中心的沉积率远已超出了环境自净能力,底栖生物从低氧至无氧底质的转化过程中会改变原有群落结构,底质环境的激剧恶化将破坏底栖生物的群落结构,最终会促使底栖生物改迁异处栖息。这符合刘家寿等<sup>[14]</sup>的多年网箱养殖会改变底层的运输、沉积方式和溶氧状态,导致底质化学特性和底栖生物群落结构的改变的报道。

#### 4.4 海流与网箱养殖区底栖生物和养殖生物的关系

海水鱼类的网箱养殖一般都选在抗风浪较佳和水交换能力强的海湾或浅海,网箱养殖中产生的残饵和代谢产物要靠水交换才得以扩散。栖风鱼类网箱养殖区位于象山港湾顶部,水交换能力相对较弱,海流对外侧网箱的作用相对较为明显,部分表层沉积物受水动力作用而得到扩散,在底质环境尚能适应某些底栖生物生长范围,并有充足食物供给的情况下分布着较丰富的底栖生物。而在网箱养殖中心区域,众多的网箱数量以及网箱上附着生物的生长都明显减弱了海流作用,水交换能力的下降,沉积物中的有害物质得不到正常搬运和扩散,年复一年的养殖加剧了底质环境的恶化,同时底层大量有害物质的释放对鱼类生长构成了危险,由此表明,海流与网箱养殖区的底栖生物和养殖生物的关系极为密切。

养殖区的底栖生物能为养殖生物清除大量底层“垃圾”,故底栖生物的分布特征可直接反映出养殖区的底质环境状况,由于底栖生物生长需一个相对稳定的底质环境范围,超过其范围底栖生物将无法生存,因而对养殖环境引起其底栖生物群落结构和数量变化尚需作进一步研究探讨。

#### 参考文献:

- [1] Yang J M. On the fourth mariculture wave in China[J]. Mar Sci, 2001, 25(1): 47- 50. [杨纪明. 关于我国第 4 次海水养殖浪潮的初思[J]. 海洋科学, 2001, 25(1): 47- 50.]
- [2] He Y Q, Zheng Q H, Wen W Y, et al. A study on seawater environment affected by cage mariculture in Daya Bay[J]. Tropic Oceanology, 1996, 15(2): 22- 27. [何悦强, 郑庆华, 温伟英, 等. 大亚湾海水网箱养殖与海洋环境相互影响研究[J]. 热带海洋, 1996, 15(2): 22- 27.]
- [3] Zhang Y Z, Su Y Q. On the sustainable development of marine fish culturing in net-cage in China[J]. Mar Sci, 2001, 25( 7): 52- 56. [张雅芝, 苏永全. 论我国海水鱼类网箱养殖的持续发展[J]. 海洋科学, 2001, 25( 7): 52- 56.]
- [4] Shao X Y, Cai R X, Wang H M, et al. Studies on intertidal zone ecology of the benthic fauna in Xiangshan Harbor and Sanmen Bay[J]. Donghai Marine Science, 1996, 14(4): 42- 47. [邵晓明, 蔡如星, 王海明, 等. 象山港三门湾潮间带生态学研究[J]. 东海海洋, 1996, 14(4): 42- 47.]
- [5] The Committee of Investigation of Symposium for Coastal and Intertidal Resources in Zhejiang Province. The report of coastal and intertidal resources of Zhejiang Province[R]. Beijing: Ocean Press, 1985. [浙江省海岸带和海涂资源综合调查报告编写委员会. 浙江省海岸带和海涂资源综合调查报告[R]. 北京: 海洋出版社, 1985.]
- [6] GB- 17378. 7- 1998 The specification for marine monitoring, part 7: ecological survey of offshore pollution and biological monitoring[S]. [GB- 17378. 7- 1998, 海洋监测规范(第 7 部分: 近海生态调查和生态监测)[S].]
- [7] GB- 17378. 5- 1998 The specification for marine monitoring, part 5: sediment analysis[S]. [GB- 17378. 5- 1998 海洋监测规范(第 5 部分: 沉积物分析)[S].]
- [8] Liu R Y, Cui Y H. Marine Organism in China Coasts[M]. Beijing: Ocean Press, 1996. [刘瑞玉, 崔玉珩. 中国海岸带生物[M]. 北京: 海洋出版社, 1996.]
- [9] Kapsar H F, Hall G H, Holl A J. Effects of sea cage salmon farming on sediment nitrification and dissimilatory nitrate reduction[J]. Aquac, 1988, 70: 333- 344.
- [10] Penczak T, Galicka W, Molinski M. The enrichment of a mesotrophic lake by carbon, phosphorus and nitrogen from the cage aquaculture of rainbow trout *Salmo gairdneri*[J]. J Appl Ecol, 1982, 19: 371- 393.
- [11] Braaten B, Aure J, Ervk A, et al. Pollution problem on Norwegian fish farms[J]. Aquaculture Ireland, 1983, 14: 6- 7.
- [12] Gowen R J, Bradbury N B. The ecological impact of salmonid farming in coastal waters: a review[J]. Oceanography and Marine Biology Annual Review, 1987, 25: 563- 567.
- [13] Qi Z Y, Ma X T, Wang Z R, et al. Mollusca of Huanghai and Bohai Seas[M]. Beijing: Agriculture Press, 1989. [齐钟彦, 马绣同, 王祯瑞, 等. 黄渤海的软体动物[M]. 北京: 农业出版社, 1989.]
- [14] Liu J S, Cui Y B, Liu J K. Advances in studies on the effect of cage culture on the environment[J]. Acta Hydrobiol Sin, 1997, 21(2): 174- 184. [刘家寿, 崔奕波, 刘建康. 网箱养鱼对环境的影响的研究进展[J]. 水生生物学报, 1997, 21(2): 174- 184.]