

# 广东碣石湾污损生物生态研究

林传旭<sup>1,2</sup>, 邹晓理<sup>3</sup>, 王华接<sup>4</sup>, 严岩<sup>1</sup>

(1. 中国科学院南海海洋研究所 海洋生物资源可持续利用重点实验室, 广东 广州 510301; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039;  
3. 中国科学院南海海洋研究所 海洋环境工程中心, 广东 广州 510301; 4. 广东省海洋与渔业环境监测中心, 广东 广州 510222)

**摘要:** 2008年5月至2009年4月, 对广东碣石湾海域进行周年污损生物挂板试验, 本次调查共记录该海域污损生物86种, 多属于亚热带沿岸的广布种, 其中优势种为网纹纹藤壶 (*Amphibalanus reticulatus*)、翡翠股贻贝 (*Perna viridis*)、太平洋侧花海葵 (*Anthopleura pacifica*)、水云 (*Ectocarpus* sp.) 等。该海域全年均有污损生物附着, 月板平均生物量为 1198.93 g/m<sup>2</sup>, 5—9月生物附着量较高, 最高为7月; 季板平均生物量为 2265.44 g/m<sup>2</sup>, 生物群落的种类组成和生物量变化明显, 夏、秋季主要种类为无柄蔓足类, 冬、春季主要为藻类和水媳, 以夏季板生物量最高; 翡翠股贻贝 (*Perna viridis*) 为下半年板(5—10月)和年板附着生物的绝对优势种, 生物量所占比例分别达 95.11% 和 92.43%。Shannon-Wiener 多样性指数和 Pielou 均匀度指数均以春季最高, 冬季次之, 秋季最低; 而 Margalef 丰富度指数则以春季最高, 夏季最低。多元统计分析表明, 碣石湾海域污损生物群落可划分为 3 个组群, 即第 I 组群包括冬季和春季, 第 II 组群包括秋季, 第 III 组群包括夏季、上半年、下半年和全年, 揭示出污损生物附着季节、演替时间长短等是影响群落种类组成的重要因素。并根据试验结果, 给出该海域污损生物的防除建议。

**关键词:** 碣石湾; 污损生物; 生态学; 生物防除

中图分类号: P735.12

文献标识码: A

文章编号: 1001-6932(2011)03-0287-07

## An ecological study on the fouling community in Jieshi Bay, Guangdong

LIN Chuan-xu<sup>1,2</sup>, ZOU Xiao-li<sup>3</sup>, WANG Huajie<sup>4</sup>, YAN Yan<sup>1</sup>

(1. South China Sea Institute of Oceanology, CAS, Key Laboratory of Marine Bio-resources Utilization, Guangzhou 510301, China;

2. Graduate University of CAS, Beijing 100039, China;

3. South China Sea Institute of Oceanology, CAS, Marine Environmental Engineering Center, Guangzhou 510301, China;

4. Guangdong Ocean and Fishery Environment Monitoring Center, Guangzhou 510222, China)

**Abstract:** From May 2008 to April 2009, an annual panel test on fouling organisms was carried out in Jieshi Bay, Guangdong. During the experiment period, a total number of 86 species of fouling organisms were recorded. Most of the species were widely distributed on the sub-tropical coast. The dominant species were *Amphibalanus reticulatus*, *Perna viridis*, *Anthopleura pacifica*, *Ectocarpus*. Biofouling occurred all the year round, but the main period of settlement extended from May to September. The monthly average biomass of fouling organisms was 1198.93 g/m<sup>2</sup> and the highest amount appeared in June. The seasonal average biomass was 2265.44 g/m<sup>2</sup> and the highest season is summer. The species composition and biomass exhibited a distinct shift of season. The main species were Balanus in summer and autumn, and Alage and Coelenterate in spring and winter. *Perna viridis* was the mainly dominant species on the semiannual(May to October) and annual test panels, accounting for 95.11% and 92.43% of the total biomass respectively. Shannon-Wiener diversity index and Pielou's evenness index were at the highest level in spring, middle level in winter, and the lowest level in autumn. The highest and the lowest Margalef richness indices were recorded separately in spring and summer. The analysis of multivariate methods showed that three groups were identified for fouling community in Jieshi Bay. Group I included winter and spring, group II autumn, and group III summer, semiannual and annual test panels. The analysis revealed that submersion season and succession period played an important factor in species composition of the community. Different suggestions on biocontrol are given according to the results.

**Keywords:** Jieshi Bay; fouling organisms; ecology; biocontrol

收稿日期: 2010-10-29; 修订日期: 2011-03-28

基金项目: 广东省人工鱼礁建设专项 (2005002)。

作者简介: 林传旭 (1985—), 男, 辽宁鞍山市人; 硕士研究生; 从事海洋污损生物方面的研究; 电子邮箱: lianxu2008@126.com。

通讯作者: 严岩, 研究员。电子邮箱: yany@scsio.ac.cn。

海洋污损生物是指生长在海中一切人工设施表面,并产生有害影响的动物、植物和微生物,给人类的海洋航运、海水养殖和海洋工程等生产活动带来巨大经济损失,如增加船舶和水体的摩擦力,导致运输成本的增加;加速海上金属设施的腐蚀,导致仪表及转动机件失灵;改变海洋结构物外表面的水动力环境,显著增大波浪引起的动力外载荷效应;危害养殖生物的生长<sup>[1,2]</sup>等危害。

广东沿海的海洋污损生物生态研究,在汕头港<sup>[3,4]</sup>、大亚湾<sup>[5]</sup>、大鹏湾<sup>[6]</sup>、珠江口<sup>[7,8]</sup>、香港附近海域<sup>[9]</sup>、广东电白<sup>[10]</sup>和湛江港<sup>[11,12]</sup>等海域已有开展,但对碣石湾海域尚未见报道。本文拟对碣石湾海域污损生物的种类组成、数量分布、群落结构及其演替规律进行为期 1 周年的挂板实验,该实验结果不仅为我国沿海污损生物的防除提供科学依据,同时

为大型海洋工程设计提供参数。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

挂板试验的站位设在广东碣石湾田尾角的邻近海域(图 1)。试板全部采用厚度为 3 mm 的棕色环氧酚醛树脂层压板(PVC 板),分为月板(80×140 mm<sup>2</sup>)、季板(80×145 mm<sup>2</sup>)、半年板(80×150 mm<sup>2</sup>)和年板(80×150 mm<sup>2</sup>) 4 种类型。挂板试验开始之前,PVC 板的表面需用砂纸打磨,减少试板质地对污损生物附着产生影响<sup>[13]</sup>。PVC 板通过不锈钢螺杆平行固定在不锈钢架子(100×50×50 cm<sup>3</sup>)上,两板之间由塑料管相隔 20 cm,通过浮球和柳链固定在试验海域。

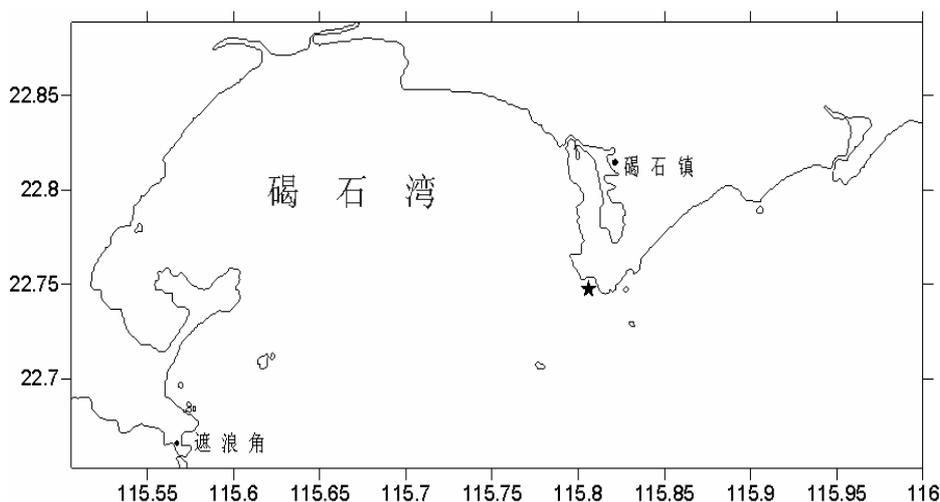


图 1 碣石湾邻近海域污损生物调查站位  
(“★”为污损生物挂板调查点)

Fig. 1 Sampling site of the fouling organisms in Jieshi Bay

### 1.2 方法

1.2.1 实验设计 碣石湾挂板试验的材料、换板过程、样本收集、调查方法、样品处理以及室内分析等均按照《海洋调查规范》<sup>[14]</sup>进行。挂板试验分为表层和底层,分别距水面 0.5 m 和 3.5 m,每组试板由月板、季板、半年板和年板各 2 块组成。

1.2.2 群落结构分析 采用描述生物群落结构的三个参数——种类多样性( $H'$ )、种类均匀度( $J$ )和种类丰富度指数( $SR$ ),对污损生物群落结构进行分析,计算公式是:

$$\text{多样性指数: } H' = -\sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i$$

(Shannon-Wiener, 1949); 均匀度:  $J = H' / \log_2 S$  (Pielou, 1969); Margalef(1958) 丰富度指数:

$$SR = \frac{S-1}{\ln N}$$

式中:  $S$  为种类数;  $N$  为总生物数量;  $P_i$  为第  $i$  种个体数占总个体数的比例。

1.2.3 数据处理 统计软件采用 PRIMER 5。根据物种相对生物量( $g/m^2$ )平方根转换计算 Bray-Curtis

相似性系数矩阵<sup>[15]</sup>, 采用软件包中等级聚类分析 (CLUSER) 和非度量多维标度分析 (MDS) 分析污损生物群落结构。

## 2 结 果

### 2.1 种类组成

挂板试验共进行了 1 周年, 污损生物经初步鉴定共得出 86 种, 其中藻类 10 种, 腔肠动物 8 种, 苔藓动物 6 种, 扁形动物 2 种, 纽形动物 1 种, 环节动物 16 种, 软体动物 13 种, 节肢动物 24 种, 棘皮动物 2 种, 海鞘动物 4 种。优势种为翡翠股贻贝 (*Perna viridis*)、网纹纹藤壶 (*Amphibalanus reticulatus*)、太平洋侧花海葵 (*Anthopleura pacifica*)、水云 (*Ectocarpus* sp.) 等; 常见种为海根笔螽 (*Halocordyle disticha*)、大室膜孔苔虫 (*Membranipora grandicella*)、曲膝藪枝螽 (*Obelia gracilis*)、螺赢蜚 (*Corophium* sp.)、隔胎贝 (*Septifer bilocularis*)、中胚花筒螽 (*Tubularia mesembryanthemum*)、柄涡虫 (*Stylochus ijimai*)、华美盘管虫 (*Hydrioides elegans*)、日本沙蚕 (*Nereis japonica*)、变化短齿蛤 (*Brachidontes variabilis*)、小相手蟹 (*Nanosarma minutum*) 等。

### 2.2 污损生物的附着期

试验海域全年均有污损生物附着 (图 2)。藻类附着季节性明显, 在春季和冬季出现, 主要种类是褐藻类的水云 (*Ectocarpus* sp.) 和绿藻类的管浒苔 (*Enteromorpha prolifera*)、石莼 (*Ulva lactuca*) 等; 水螅几乎每月均有附着, 主要种类有海根笔螽、藪枝螽等, 优势种海根笔螽主要出现在 3—5 月份和 8—10 月份, 在底层上半年板生物群落中占优势, 长度达到 20 cm; 太平洋侧花海葵在夏、秋、冬季板上均有附着, 但以夏季为最多; 网纹纹藤壶一年四季均有大量繁殖 (除 1 月), 其附着高峰出现在夏季和秋季, 是月板和季板中数量和生物量最大的类群; 甲壳类的螺赢蜚、细足钩虾、长鳃栉、腔齿海底水虱、小相手蟹等在污损生物群落中出现的频率较高, 但个体小、数量不多, 生物量不高。

### 2.3 污损生物的附着量

月板平均附着生物量为 1 198.93 g/m<sup>2</sup>, 变化幅度为 44.13~5 964.21 g/m<sup>2</sup> (图 3、表 1)。污损生物的月变化表现出单峰型走势 (图 3), 即 7 月份为月

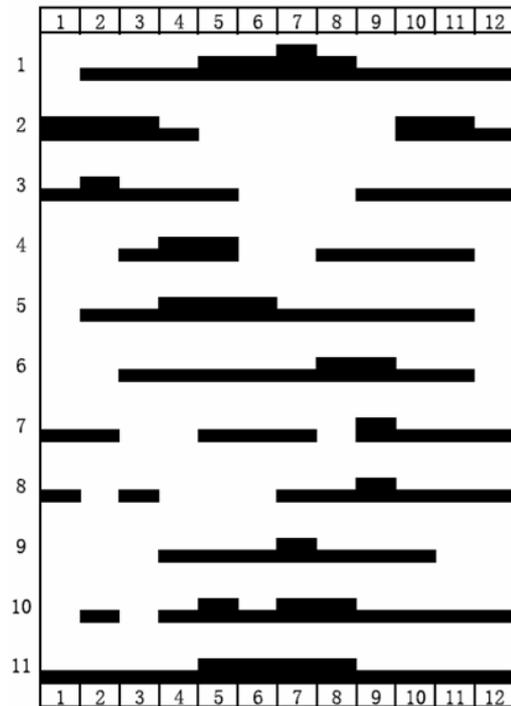


图 2 碣石湾海域主要污损生物的附着期

Fig. 2 Attaching seasons of major fouling organisms in Jieshi Bay

1. 网纹纹藤壶 *Amphibalanus reticulatus*; 2. 水云 *Ectocarpus* sp.; 3. 管浒苔 *Enteromorpha tubulosa*; 4. 海根笔螽 *Halocordyle disticha*; 5. 藪枝螽 *Obelia gracilis*; 6. 太平洋侧花海葵 *Anthopleura pacifica*; 7. 大室膜孔苔虫 *Membranipora grandicella*; 8. 日本沙蚕 *Nereis japonica*; 9. 华美盘管虫 *Hydrioides elegans*; 10. 细足钩虾 *Stenothoe* sp.; 11. 螺赢蜚 *Corophium* sp.

板生物量的最高峰, 附着生物量依次向两边递减。月板的附着生物量与藤壶的附着关系密切, 7 月藤壶的附着生物量占该月总生物量的 98.19%, 6 月和 8 月也分别占该月总生物量的 97.84% 和 98.00% (表 1)。11—次年 2 月, 尽管月板总生物量不大, 但藻类大量附着, 成为了这 4 个月的优势种。

季板平均附着生物量为 2 265.44 g/m<sup>2</sup>, 夏季和秋季季板的附着生物量明显多于春季和冬季, 季板生物量从大到小顺序为: 夏季 > 秋季 > 春季 > 冬季 (图 4)。春季主要污损生物是藤壶和苔藓虫, 其次是藻类; 藤壶和软体动物为夏季的主要污损生物; 秋季的主要污损生物为藤壶, 成为该季节的绝对优势种, 占该季节总生物量的 97.01% (表 1); 冬季的污损生物以软体动物为主, 其次为藻类。

上半年板和下半年板的平均附着生物量分别为 3 109.38 g/m<sup>2</sup> 和 9 549.09 g/m<sup>2</sup>, 下半年板明显大于上半年板; 年板的平均湿重生物量达 18 537.11 g/m<sup>2</sup> (图 5), 主要为个体较大的翡翠股贻贝。

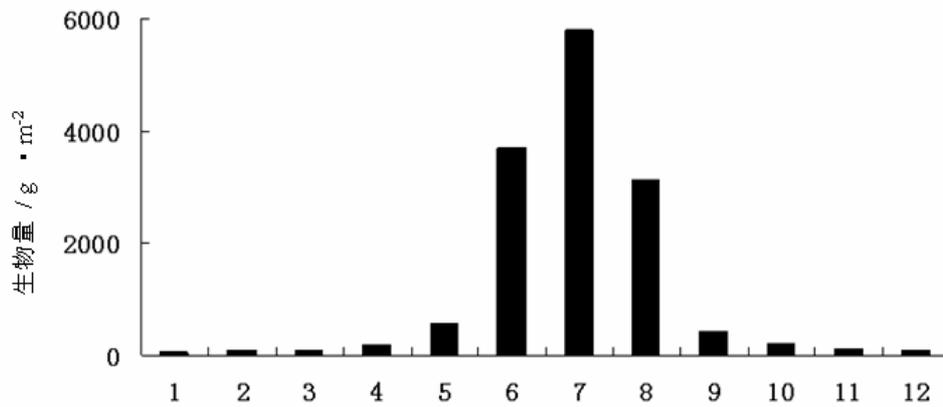


图 3 碣石湾海域污损生物生物量的月变化

Fig. 3 Monthly biomass variation of fouling organisms in Jieshi Bay

表 1 碣石湾邻近海域的污损生物数量及组成

Tab. 1 Number and composition of fouling organisms in Jieshi Bay

时间	物种数	厚度	覆盖面积	生物量	湿重生物量百分组成							
					藻类	腔肠动物	苔藓虫	多毛类	软体动物	藤壶	其他甲壳类	海鞘类
1	8	0.23	50.82	56.73	51.16	<0.10	6.79		40.72		1.33	
2	10	0.69	83.99	83.91	81.34	<0.10	1.18			4.92	2.47	9.99
3	13	0.33	85.77	77.28	28.82	<0.10		1.54		49.89	2.94	16.71
4	20	0.58	78.19	192.86	7.18	<0.10		2.35		75.55	3.54	11.28
5	19	3.68	93.73	555.56		0.77		0.93	9.62	88.14	0.54	
6	18	6.96	86.54	3684.83		<0.10		<0.10	0.18	97.84	2.34	
7	17	8.5	100	5789.21		<0.10		<0.10	0.83	98.19	0.78	
8	15	3.95	95.49	3120.09		<0.10		<0.10	1.19	98.00	0.61	
9	15	1.33	94.07	407.63		<0.10	6.97	38.56	50.47	2.68	0.32	
10	13	0.61	71.28	203.75	42.13	<0.10		6.14	2.38	49.17	<0.10	
11	12	0.73	84.82	122.84	79.49	<0.10		8.56		11.60	0.15	
12	11	0.46	45.19	92.46	57.30			0.73		5.08	<0.10	
春季	24	0.98	89.18	1083.62	15.11	0.14	27.74	2.26	4.38	39.91	3.34	7.12
夏季	19	7.52	100	4433.04		0.94		0.31	42.91	55.15	0.59	<0.10
秋季	22	6.13	92.22	2872.77			0.43	<0.10	2.26	97.01	<0.10	
冬季	21	1.18	100	672.34	16.99	<0.10	6.91	<0.10	67.32	8.57	<0.10	

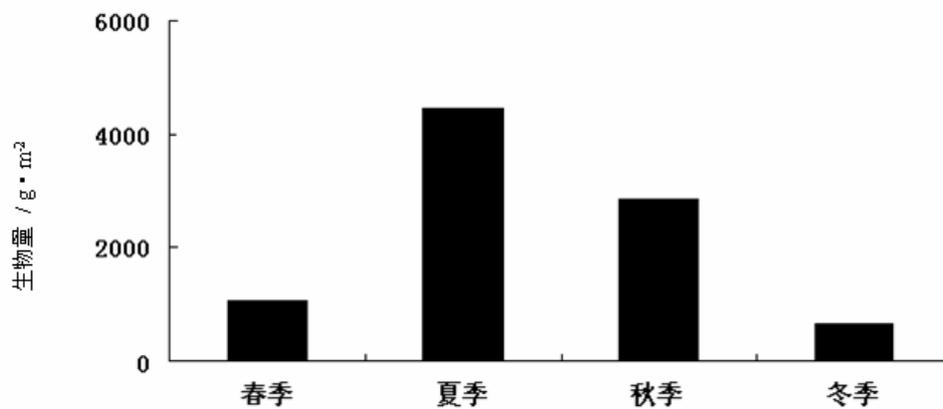
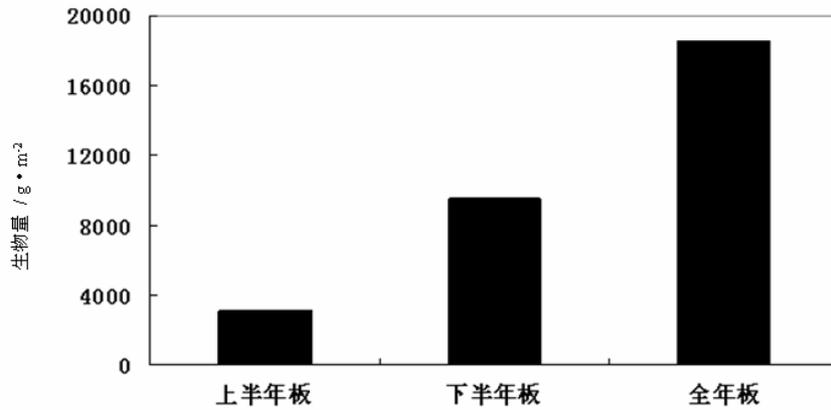


图 4 碣石湾海域污损生物生物量的季节变化

Fig. 4 Seasonal biomass variation of fouling organisms in Jieshi Bay



注：上半年（11-翌年4月）、下半年（5-10月）、全年（11-翌年10月）

图 5 碣石湾海域污损生物生物量的周年变化

Fig. 5 Annual biomass variation of fouling organisms in Jieshi Bay

### 2.4 群落结构

4 个季度污损生物的种群多样性指数 (H') 和均匀度指数 (J) 的表现一致, 即春季最高, 冬季次之, 秋季最小; 而种群丰富度指数 (SR) 则表现为春季最高, 冬季次之, 夏季最小。这种情况的出现与优势种的种类和生物量有重要关系。在春季, 藻类大量繁殖, 藤壶类的个体相对较小, 各种污损生物生物量处于相对均衡的状态, 使该季节污损生物群落多样性程度高, 且种群丰富度也较高, 种类分布较为均匀; 而在秋季, 绝对优势种藤壶的生物量占总生物量达 97.01%, 致使种群多样性指数下降明显, 种类分布不均匀, 丰富度也较小。

表 2 碣石湾海域的污损生物种群多样性指数的季节变化

Tab. 2 Seasonal variation of diversity index of fouling organisms in Jieshi Bay

指数值	春季	夏季	秋季	冬季
H'	2.224	1.004	0.216	1.393
J	0.700	0.341	0.070	0.458
SR	3.291	2.144	2.637	3.072

### 2.5 群落结构的聚类分析和 MDS 分析:

图 6 和图 7 分别对不同季节和演替时间污损生物群落的聚类分析和 MDS 分析结果, 分析的污损生物群落包括春夏秋冬 4 个季节, 以及上半年、下半年和全年。如图 6 所示, 以 50% 的相似性来划分, 可以将污损生物群落分为 3 个组群, 第 I 组群包括

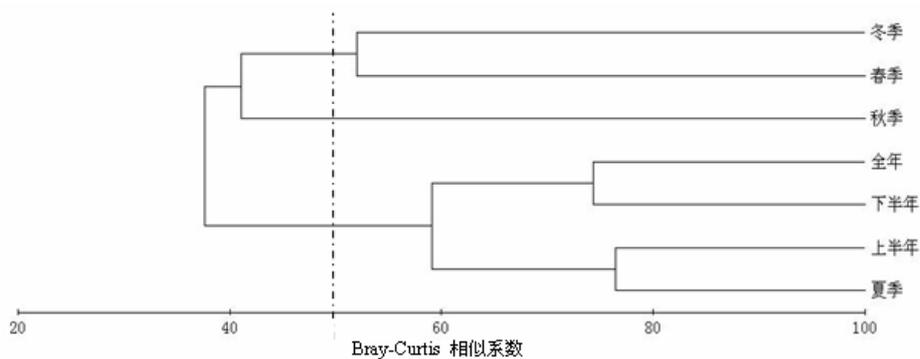


图 6 碣石湾海域污损生物群落聚类分析结果

Fig. 6 Results of CLUSTER analysis of fouling communities in Jieshi Bay

冬季和春季; 第 II 组群包括秋季; 第 III 组群包括夏季、上半年、下半年和全年。

第 I 组群内相似性为 52.07%, 群落特点为藻类大量繁殖, 覆盖整个群落, 藻类中生长着小型的

藤壶和牡蛎等生物。第 II 组群只包括污损生物的秋季群落, 藤壶类生物大量附着成为该组群的最显著特点。第 III 组群又可以分为 2 个组群, 即全年和下半年、上半年和夏季, 前者组群内相似性为 74.29%,

相似特点为个体较大的翡翠股贻贝占生物量的绝对优势；后者组群内相似性达 76.47%，优势种藤壶和牡蛎相对均衡的生长成为两个群落的共同特点。

群落结构的 MDS 分析中，参数 Stress 值为

0.03，小于 0.1，则认为所得的 MDS 图形可以正确解释样本间的相似关系<sup>[16]</sup>。MDS 排序结果与聚类分析结果基本一致，并相互印证其分析结果的正确性。

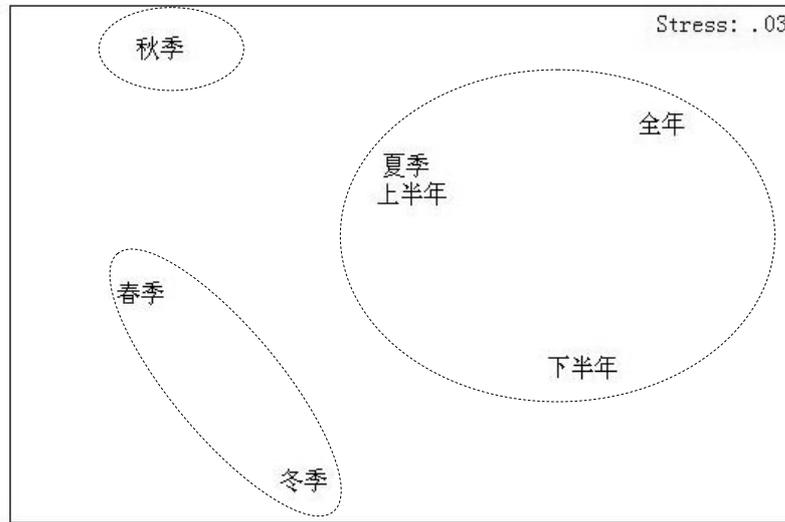


图 7 碣石湾海域污损生物群落 MDS 分析结果

Fig. 7 Results of MDS analysis of fouling communities in Jieshi Bay

### 3 讨论

碣石湾是粤东较大的海湾之一，属于南亚热带海洋性季风气候，年平均气温 21.8℃，潮汐属于不规则日潮<sup>[17]</sup>。本次污损生物挂板试验结果表明：该海域全年均有生物附着，主要种类为网纹纹藤壶、翡翠股贻贝，其次为太平洋侧花海葵、水云、水螅等污损生物，多为亚热带沿岸广布种，与大鹏湾<sup>[6]</sup>具有相似的种群区系特征。

网纹纹藤壶几乎在全年均有附着，是月板和季板中生物量最大的类群，其数量变化很大程度上决定污损生物群落的时空变化，5—8 月为藤壶附着的高峰期，在试板上的厚度、覆盖面积、附着生物量均起决定性作用。水云等藻类主要附着在春季和冬季，2 月附着量达到最大，占该月总生物量的 81.34%，夏季和秋季因水温升高而生长繁殖受到抑制，试板上没有出现。翡翠股贻贝生命周期较长，月板中，翡翠股贻贝的密度和生物量较小，但随着试板浸海时间的增加，翡翠股贻贝的数量和个体大小呈现增加的趋势，在下半年板和全年板中生物量所占比例分别达 95.11% 和 92.43%，翡翠股贻贝可能为碣石湾生物群落演替中顶级群落的重要组成种类。

碣石湾与广东其他海域污损生物比较发现，5 个海区污损生物既有所不同，又存在许多相似之处（表 3）。生物量方面，碣石湾月板平均生物量为 1198.93 g/m<sup>2</sup>，比汕头港<sup>[4]</sup>低，但高于大鹏湾<sup>[6]</sup>、大亚湾<sup>[5]</sup>和湛江港<sup>[11]</sup>；季板生物量均比其他海域低，平均生物量为 2265.44 g/m<sup>2</sup>；年板则仅比大亚湾<sup>[5]</sup>海域高。种类组成方面，网纹纹藤壶和翡翠股贻贝均为 5 个海区主要的污损生物，同样也是广东沿海污损生物群落中的绝对优势种和主要防除对象<sup>[18-21]</sup>；碣石湾其他优势种，如太平洋侧花海葵、水云、海根笔螅等，与其他海区有较大差异，体现出不同海区污损生物种类的差异性和特异性。

群落结构的聚类分析和 MDS 分析结果表明，冬季板和春季板基本上聚为一类，而与秋季板和夏季板生物群落相似性较差，没有明显的聚为一类，反映出碣石湾污损生物群落季节变化明显。全年板与下半年板生物群落相似性较高，为 74.29%，这与绝对优势种翡翠股贻贝的大量附着密切相关。由此可见，海区的环境性质、污损生物附着季节和演替时间长短、优势种附着情况等均是影响群落种类组成的重要因素，而其中彼此间的相关性、变化规律和影响程度，则有待更为深入的研究和探讨。

碣石湾污损生物种类较多，平均生物量大，附

着季节长,且全年附着,群落季节变化非常明显。根据碣石湾污损生物调查结果以及不同生物的附着机理,该海区污损生物防除应全年进行,冬季和春季主要防除对象为海藻和水媳,夏季和秋季主

要的防除对象为藤壶和贻贝。考虑到无柄蔓足类(藤壶)和双壳类(贻贝)等硬性污损生物的危害程度远远大于其他种类,故应是防除的重点对象。

表 3 碣石湾与其他海区污损生物的比较

Tab. 3 Comparison of fouling organisms between Jieshi Bay and other sea areas

海 区	月板平均生物量 (g/m <sup>2</sup> )	季板平均生物量 (g/m <sup>2</sup> )	年板平均生物量 (g/m <sup>2</sup> )	主要 种 类
大鹏湾 <sup>[6]</sup>	277.37	4497.18	/	网纹纹藤壶、多室草苔虫、翡翠股贻贝、变化短齿蛤等
大亚湾 <sup>[5]</sup>	293.1	2900	15800	皱瘤海鞘、网纹纹藤壶、华美盘管虫、拟疣裂隆胞苔虫、僧帽牡蛎等
汕头港 <sup>[4]</sup>	1334.2	3219.4	2875.75	泥藤壶、网纹纹藤壶、僧帽牡蛎、翡翠股贻贝、太平洋侧花海葵、双枝藪枝媳、双节媳等
湛江港 <sup>[11]</sup>	697.6	5076.1	22347.1	浒苔、网纹纹藤壶、异形琥珀苔虫、多室草苔虫等
碣石湾	1198.93	2265.44	18537.11	网纹纹藤壶、翡翠股贻贝、太平洋侧花海葵、水云、海根笔媳等

### 参考文献:

- [1] 黄桂芳, 郑国富, 魏观渊, 等. 福建围头海域深水网箱养殖区污损生物 [J]. 海洋学报(中文版), 2007(1): 98-104.
- [2] 曹善茂, 张丛尧, 张国范, 等. 海洋贝类养殖网笼污损生物类群的研究 [J]. 大连水产学院学报. 1998(4): 15-21.
- [3] 郑成兴, 黄宗国, 李传燕, 等. 汕头港码头、浮标污损生物 [J]. 海洋学报(中文版), 1996(1): 115-124.
- [4] 李传燕, 黄宗国, 郑成兴, 等. 汕头港污损生物生态研究 [J]. 台湾海峡, 1996(1): 19-24.
- [5] 郑成兴, 黄宗国, 李传燕, 等. 大亚湾珍珠养殖场的污损生物 [J]. 应用生态学报, 1991(2): 146-152.
- [6] 张汉华, 梁超愉, 吴进锋, 等. 大鹏湾深水网箱养殖区的污损生物研究 [J]. 中国水产科学, 2003(5): 414-418.
- [7] 严涛, 严文侠, 王华接, 等. 珠江口以东近海水域污损生物的组成与分布 [J]. 台湾海峡, 1999(3): 325-331.
- [8] 严涛, 严文侠, 董钰, 等. 珠江口东南近海海区污损生物研究 [J]. 海洋学报(中文版), 2003(6): 117-125.
- [9] 黄玉山, 黄宗国, 刘培生, 等. 香港维多利亚港码头的附着生物群落 [J]. 海洋学报(中文版), 1999(2): 86-92.
- [10] 林盛, 黄宗国, 李传燕, 等. 广东电白浮标污损生物生态研究 [J]. 海洋学报(中文版), 1989(1): 70-78.
- [11] 严岩, 严文侠, 董钰. 湛江港污损生物挂板试验 [J]. 热带海洋, 1995(3): 81-85.
- [12] 严岩, 董钰, 严文侠. 湛江港浮标污损生物生态研究 [J]. 热带海洋, 1994(2): 68-74.
- [13] Ahmed M E, Aisha A B. Marine fouling in suez canal, Egypt [J]. Egyptian journal of aquatic research, 2004, 30(A): 189-206.
- [14] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 海洋调查规范(第6部分: 海洋生物调查) [M]. 北京: 中国标准出版社, 2007: 52-56.
- [15] 张志南, 周红. 大型多元统计软件PRIMER的方法原理及其在底栖群落生态学中的应用 [J]. 青岛海洋大学学报, 2003, 33(1): 58-64.
- [16] Field J G, Clarke K R, Warwick R M. A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns [J]. Marine Ecology Progress Series, 1982: 37-52.
- [17] 中国海湾志编纂委员会. 中国海湾志(第九分册). 广东省东部海湾 [M]. 北京: 海洋出版社, 1993: 113-166.
- [18] 严涛, 刘姗姗, 曹文浩. 中国沿海水产设施污损生物特点及防除途径 [J]. 海洋通报, 2008(1): 102-110.
- [19] 刘姗姗, 严涛. 海洋污损生物防除的现状与展望 [J]. 海洋学研究, 2006(4): 53-60.
- [20] 李静, 严涛, 曹文浩, 等. 近海污损生物生态研究进展 [J]. 海洋通报, 2010(1): 113-119.
- [21] 方芳, 严涛. 南海污损生物研究的现状及展望 [J]. 热带海洋学报, 2004, 23(1): 76-85.