

# 兴化湾污损生物群落结构及其时空格局

吴加文<sup>1</sup>, 李众<sup>2</sup>, 林和山<sup>2</sup>, 刘坤<sup>2</sup>, 黄雅琴<sup>2</sup>,  
林俊辉<sup>2</sup>, 何雪宝<sup>2</sup>, 牟剑锋<sup>2</sup>, 张舒怡<sup>2</sup>, 马丽<sup>2</sup>, 王建军<sup>2</sup>

(1. 长江三峡集团福建能源投资有限公司, 福建 福州 350003;

2. 自然资源部第三海洋研究所海洋生物与生态实验室, 福建 厦门 361005)

**摘要:**于2017年6月至2018年5月在兴化湾口东北面进行污损生物周年挂板试验,全年共记录污损生物12门94种,群落组成以近岸暖水种为主,主要表现为典型的亚热带内湾型群落。网纹藤壶(*Amphibalanus reticulatus*)是最主要的优势种和代表种,其平均附着密度和湿重分别可达23 394 ind./m<sup>2</sup>和8 494.4 g/m<sup>2</sup>。其它优势种还有刚毛藻(*Cladophora* sp.)、叉节藻(*Amphiroa* sp.)、中胚花筒螅(*Ectopleura crocea*)、双列笔螅(*Pennaria disticha*)、细毛背鳞虫(*Lepidonotus tenuisetosus*)、翡翠贻贝(*Perna viridis*)、福建牡蛎(*Magallana angulata*)、三角藤壶(*Balanus trigonus*)、加尔板钩虾(*Stenothoe gallensis*)、长鳃麦杆虫(*Caprella equilibra*)、角突麦杆虫(*Caprella scaura*)、大室别藻苔虫(*Biflustra grandicella*)、史氏菊海鞘(*Botryllus schlosseri*)等。夏季为污损生物的附着旺季,其附着厚度、覆盖面积、附着密度和湿重分别为30.5 mm、100%、25 175 ind./m<sup>2</sup>、8 783.6 g/m<sup>2</sup>,其次分别为秋季、春季和冬季,下半年的附着强度明显高于上半年,附着强度的垂直分布差异并不明显,主要区别在于表层有部分藻类附着,而底层几乎没有藻类分布。

**关键词:**海洋生物学;污损生物;群落结构;兴化湾;福清

DOI: 10.3969/J. ISSN. 2095-4972. 2019. 04. 013

中图分类号:P735

文献标识码:A

文章编号:2095-4972(2019)04-0578-07

海洋污损生物对海洋经济开发的影响早已引起人们的广泛关注,随着人类加快开发利用海洋资源的脚步,近岸海域各类人工设施的生物污损问题也必然引起人们的重视。近年来,许多研究对船舶<sup>[1]</sup>、浮标<sup>[2]</sup>、油气钻井平台<sup>[3-4]</sup>、养殖网箱<sup>[5-6]</sup>和其他人工设施<sup>[7]</sup>的生物污损问题进行了多方位和深入的分析,主要涉及物种组成、附着机理、防除技术、污损生态效应及外来物种等方面<sup>[8-12]</sup>。

兴化湾位于福建省沿海中段,在莆田市和福清市境内,海湾略呈长方形,由西北向东南展布。兴化湾是个淤积型的基岩海湾,湾顶有木兰溪等河流注入,湾口朝向东南,出南日群岛经兴化水道和南日水道与台湾海峡相通。兴化湾的年平均气温约为20.2℃,年平均降水量约为1 300 mm。近年来,该海湾的海洋经济开发日渐规模,港口、码头、大型海洋风电场等海洋工程建设如火如荼。因此,本研究

利用模拟挂板试验,及时了解兴化湾污损生物的群落结构及其季节更替,掌握亚热带海湾污损生物的附着特征,可为海洋工程设计、施工以及污损生物防除提供基础数据和科学依据。

## 1 材料与方法

于2017年6月至2018年5月在兴化湾口东北面(福清牛头尾,25.3583°N,119.4816°E,图1)进行污损生物周年挂板试验,水深约为9 m,采用160 mm×160 mm×20 mm(厚度)的混凝土试板,试板分左右两面,分A、B两个平行组挂放。季板、半年板和周年板的收放周期分别按按每季、每半年和一周年进行。每组试板均分成表层和底层两层挂放,试板面与海面垂直,表层试板上沿与水面齐平,底层试板置于水深5 m。全年共回收试板28块,回收率100%。标本处理及室内分析和资料整理均按《海

收稿日期:2019-11-09

基金项目:海洋公益性行业科研专项资助项目(201505027-5);中国长江三峡集团公司科研资助项目(CTGFB/0014-2016)

作者简介:吴加文(1963—),男;E-mail: wu\_jiawen@ctg.com.cn

通讯作者:王建军(1960—),研究员;E-mail: wangjianjun220@tio.org.cn

洋调查规范》<sup>[13]</sup>要求进行。

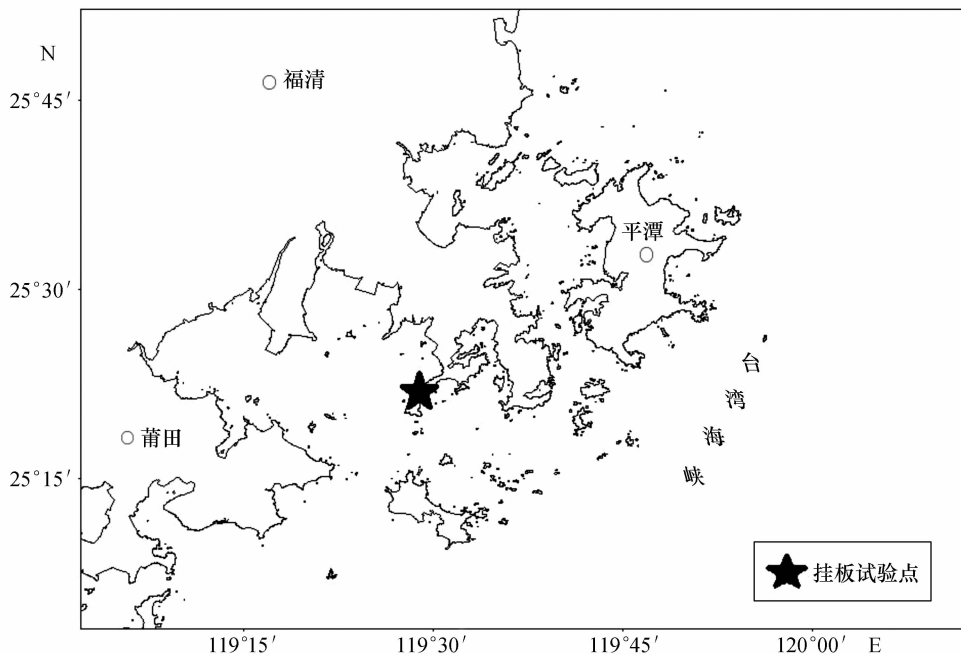


图1 兴化湾污损生物挂板试验点

Fig.1 Location of biofouling investigation in Xinghua Bay

采用相对重要性指数 (IRI) 进行群落优势种分析,公式如下:

$$IRI = (W + N) \cdot F \times 10^4 \quad (1)$$

式(1)中:  $W$  为某一种类的湿重占总湿重的百分比,  $N$  为某一种类的丰度占总丰度的百分比,  $F$  为该种类的出现频率。

采用 Primer 6.0 进行群落结构和 Bray-Curtis 相似性分析,图表绘制使用 ArcGIS 10.3。

## 2 结果与讨论

### 2.1 种类组成及优势种

经过 1a 的挂板试验,共回收水泥试板 28 块,其中季板 16 块,半年板 8 块,周年板 4 块。共记录大型污损生物 12 门 94 种,其中节肢动物 32 种、环节动物 27 种、软体动物 12 种,三者构成该海域污损生物的主要优势类群;另外还有藻类 8 种、刺胞动物 6

种、扁形动物 1 种、纽形动物 1 种、苔藓动物 2 种、棘皮动物 3 种和脊索动物 2 种。

综合出现频率、附着密度和湿重,网纹藤壶 (*Amphibalanus reticulatus*) 在该海域污损生物群落中处于绝对优势地位,其 IRI 值可高达 10 305;其它优势种还有藻类刚毛藻 (*Cladophora* sp.)、叉节藻 (*Amphiroa* sp.)、刺胞动物中胚花筒螭 (*Ectopleura crocea*)、双列笔螭 (*Pennaria disticha*)、环节动物细毛背鳞虫 (*Lepidonotus tenuisetosus*)、软体动物门翡翠贻贝 (*Perna viridis*)、福建牡蛎 (*Magallana angulata*)、节肢动物三角藤壶 (*Balanus trigonus*)、加尔板钩虾 (*Stenothoe gallensis*)、长鳃麦秆虫 (*Caprella equilibra*)、角突麦秆虫 (*Caprella scaura*)、苔藓动物大室别藻苔虫 (*Biflustra grandicella*)、脊索动物史氏菊海鞘 (*Botryllus schlosseri*) 等(表 1)。

表 1 兴化湾污损生物的主要优势种

Tab.1 Dominant species of biofouling in Xinghua Bay

中文名	平均密度/(ind. · m <sup>-2</sup> )	平均湿重/(g · m <sup>-2</sup> )	出现频率	IRI
网纹藤壶	4 625	1 481.3	0.71	10 305
福建牡蛎	132	32.5	0.54	191
角突麦秆虫	779	1.0	0.18	182
三角藤壶	216	32.2	0.32	149

续表 1

中文名	平均密度/(ind. · m <sup>-2</sup> )	平均湿重/(g · m <sup>-2</sup> )	出现频率	IRI
翡翠贻贝	154	45.6	0.30	139
长鳃麦杆虫	274	0.7	0.36	129
加尔板钩虾	338	0.2	0.29	126
中胚花筒螭	-	18.0	0.45	59
细毛背鳞虫	104	3.0	0.32	49
双列笔螭	-	21.9	0.34	48
大室别藻苔虫	-	13.8	0.41	43
史氏菊海鞘	-	23.4	0.20	29
刚毛藻	-	24.8	0.18	27
叉节藻	-	13.4	0.18	16

## 2.2 表层附着量

表层污损生物的附着厚度、覆盖面积、附着密度、附着湿重及其百分组成数据详见表 2。

2.2.1 附着厚度 季板中,春季和夏季的附着厚度为最高,分别为 53 ± 25 mm 和 44 ± 56 mm,秋季最低,平均为 8 ± 1 mm;上半年的附着厚度(44 ± 20 mm)高于下半年(17 ± 4 mm);周年板的平均附着厚度为 27 ± 8 mm。

2.2.2 覆盖面积 季板中,仅夏季的覆盖面积达到 100%,冬季的平均覆盖面积为最低(27% ± 9%);下半年的覆盖面积(98% ± 2%)高于上半年(67% ± 23%);周年板的覆盖面积达 100%。

2.2.3 附着密度 季板中,夏季的平均附着密度明显地高于其他季节,可达 25 975 ± 3 287 ind./m<sup>2</sup>,春、秋、冬季间的差异不大;下半年的附着密度(5 825 ± 533 ind./m<sup>2</sup>)高于上半年(500 ± 178 ind./m<sup>2</sup>);周年板的附着密度高达 5 300 ± 2 726 ind./m<sup>2</sup>。

2.2.4 附着湿重 季板中,夏季的附着湿重明显高于其他季节,可达 8 825.0 ± 868.3 g/m<sup>2</sup>,冬季的附着湿重最低,为 36.3 ± 18.8 g/m<sup>2</sup>;下半年的附着湿重(2 284.0 ± 36.2 g/m<sup>2</sup>)明显高于上半年(129.0 ± 27.5 g/m<sup>2</sup>);周年板的附着湿重为 785.2 ± 516.0 g/m<sup>2</sup>;藻类、节肢动物和刺胞动物为最主要的湿重贡献类群。

表 2 兴化湾表层污损生物的数量组成

Tab. 2 Composition and distribution of biofouling abundance on the top test plates in Xinghua Bay

板别	附着厚度/覆盖面积		密度/ (ind. · m <sup>-2</sup> )	湿重/ (g · m <sup>-2</sup> )	湿重占比/%									
	mm	占比/%			藻类	刺胞	环节	软体	节肢	苔藓	扁形	纽形	棘皮	海鞘
春(3-5月)	53 ± 25	91 ± 10	1 250 ± 308	300.9 ± 221.3	95.8	1.0	0.6	0.2	1.7	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0
夏(6-8月)	44 ± 56	100 ± 0	25 975 ± 3 287	8 825.0 ± 868.3	0.7	0.2	0.0	1.2	96.8	0.0	0.2	0.0	0.0	0.8
秋(9-11月)	8 ± 1	95 ± 4	1 113 ± 263	264.0 ± 131.6	32.1	56.2	0.1	3.9	7.1	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0
冬(12-2月)	26 ± 8	27 ± 9	1 450 ± 505	36.3 ± 18.8	0.7	69.9	10.0	0.0	18.6	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0
上半年(12-5月)	44 ± 20	67 ± 23	500 ± 178	129.0 ± 27.5	57.8	9.0	2.6	1.2	2.5	26.9	0.0	0.0	0.0	0.0
下半年(6-11月)	17 ± 4	98 ± 2	5 825 ± 533	22 84.0 ± 36.2	2.1	2.6	0.1	9.1	86.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
周年(6-5月)	27 ± 8	100 ± 0	5 300 ± 2 726	785.2 ± 516.0	19.1	2.6	3.1	25.8	33.7	11.2	0.1	0.1	0.1	4.1

## 2.3 底层附着量

底层污损生物的附着厚度、覆盖面积、附着密度、附着湿重及其百分组成数据详见表 3。

2.3.1 附着厚度 季板中,春、夏、秋、冬季的平均附着厚度差异不大,介于 10 ~ 20 mm 之间;下半年

(22 ± 3 mm)的附着厚度略高于上半年(12 ± 3 mm);周年板的平均附着厚度高达 32 ± 4 mm。

2.3.2 覆盖面积 季板中,夏、秋两季的覆盖面积达 100%,冬季的覆盖面积最低,为 23% ± 6%;下半年的覆盖面积(100% ± 0%)高于上半年(86% ±

6%);周年板的覆盖面积达 100%。

2.3.3 附着密度 季板中,夏季的附着密度为最高,可达  $24\,375 \pm 4\,626$  ind./m<sup>2</sup>,其次是秋季,其附着密度为  $10\,050 \pm 4\,390$  ind./m<sup>2</sup>,冬季为最低,仅有  $138 \pm 48$  ind./m<sup>2</sup>;下半年的附着密度( $5\,450 \pm 2\,308$  ind./m<sup>2</sup>)高于上半年( $2\,225 \pm 563$  ind./m<sup>2</sup>);周年板的附着密度为  $21\,413 \pm 3\,621$  ind./m<sup>2</sup>。

表 3 兴化湾底层污损生物的数量组成

Tab. 3 Composition and distribution of biofouling abundance on the bottom test plates in Xinghua Bay

板别	附着厚度/覆盖面积		密度/ (ind. · m <sup>-2</sup> )	湿重/ (g · m <sup>-2</sup> )	湿重占比/%									
	mm	占比/%			藻类	刺胞	环节	软体	节肢	苔藓	扁形	纽形	棘皮	海鞘
春(3-5月)	11 ± 3	85 ± 17	2 200 ± 1 403	143.4 ± 122.2	0.3	81.2	7.5	3.9	4.0	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0
夏(6-8月)	17 ± 4	100 ± 0	24 375 ± 4 626	8 742.1 ± 992.2	0.0	0.4	0.2	1.3	96.7	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4
秋(9-11月)	10 ± 2	100 ± 0	10 050 ± 4 390	196.4 ± 24.3	1.8	16.7	0.0	4.5	57.0	19.9	0.0	0.0	0.1	0.0
冬(12-2月)	20 ± 17	23 ± 6	138 ± 48	25.8 ± 12.3	19.4	71.4	7.8	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
上半年(12-5月)	12 ± 3	86 ± 6	2 225 ± 563	72.1 ± 26.7	0.0	36.9	1.2	6.6	31.7	23.4	0.2	0.0	0.0	0.0
下半年(6-11月)	22 ± 3	100 ± 0	5 450 ± 2 308	1 849.3 ± 769.5	0.0	1.6	0.6	19.3	77.9	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0
周年(6-5月)	32 ± 4	100 ± 0	21 413 ± 3 621	1 064.3 ± 446.6	0.0	20.4	2.3	17.2	41.5	1.5	0.1	0.0	0.0	17.0

## 2.4 群落的季节变化

兴化湾污损生物群落主要种的附着季节详见图 2。依据 Bray-curtis Similarity 聚类分析(图 3),可将该海域污损生物划分为以下 5 种群落类型:群落 I:刚毛藻-中胚花筒螅-施氏玻璃钩虾-大室别藻苔虫群落;群落 II:江蓠-中胚花筒螅-长鳃麦杆虫群落;群落 III:双列笔螅-盘管虫-细毛背鳞虫-福建牡蛎-三角藤壶-大室别藻苔虫群落;群落 IV:爱氏海葵-福建牡蛎-翡翠贻贝-网纹纹藤壶-史氏菊海鞘-红贺海鞘群落;群落 V:花石莼-中胚花筒螅-侧花海葵-福建牡蛎-网纹藤壶-大室别藻苔虫群落。

## 2.5 讨论

在所鉴定的 12 门 94 种污损生物中,节肢动物、环节动物和软体动物为最主要的优势类群,由于主要受南日岛外海水系的控制,该海域的污损生物群落组成以近岸暖水种为主。网纹藤壶为该近岸海域最主要的优势种,其主要的附着季节为夏季和秋季。其他的优势种还有刚毛藻、叉节藻、中胚花筒螅、双列笔螅、翡翠贻贝、福建牡蛎、三角藤壶、大室别藻苔虫、史氏菊海鞘等。就不同水层而言,表层的总种数略高于底层,藻类主要分布于表层;就不同季节而言,春、夏的总种数明显高于秋、冬。

四季比较,夏季的附着强度明显高于其余三季,附着厚度、覆盖面积、附着密度和湿重分别为 30.5

2.3.4 附着湿重 季板中,夏季的附着湿重明显高于其他季节,可达  $8\,742.1 \pm 992.2$  g/m<sup>2</sup>,其余季节差异不大;下半年的附着湿重( $1\,849.3 \pm 769.5$  g/m<sup>2</sup>)明显高于上半年( $72.1 \pm 26.7$  g/m<sup>2</sup>);周年板的附着湿重为  $1\,064.3 \pm 446.6$  g/m<sup>2</sup>;节肢动物、刺胞动物和苔藓动物为最主要的湿重贡献类群。

mm、100%、25 175 ind./m<sup>2</sup>、8 783.6 g/m<sup>2</sup>,其次是秋季和春季,冬季的附着强度最低。下半年的附着强度明显高于上半年,周年板的平均附着厚度可达 30 mm。附着强度的垂直分布差异并不明显,主要区别在于表层有部分藻类附着,而底层几乎没有藻类分布。

与东海主要港湾污损生物的夏季底层板附着湿重比较,该海域夏季底层板的附着湿重可达  $8\,742.1$  g/m<sup>2</sup>,附着强度在中国港湾污损生物中属于 2 级<sup>[14]</sup>,低于沙埕港、宁德近岸附近海域、东山湾、泉州湾,但高于厦门港和洋山港。这可能与不同调查海域所处地理位置和环境特点密切相关,沙埕港海域潮差大,潮流流速大,港内水深且水质良好,故生物附着量大。兴化湾与宁德近岸附近海域、泉州湾、东山湾相比,海流交换和水体环境变化不大,所以附着生物量相对较少。洋山港受长江冲淡水影响大,水中泥沙含量大而盐度小,所以附着生物量相对较少。

可将该海域污损生物划分为以下 5 种群落类型:刚毛藻-中胚花筒螅-施氏玻璃钩虾-大室别藻苔虫群落,该群落分布于水体表层,适宜凉爽的春季,附着密度和湿重均不大,以刚毛藻为主;江蓠-中胚花筒螅-长鳃麦杆虫群落,该群落适宜寒冷的冬季,附着密度和湿重均不大,以中胚花筒螅为主;双列笔

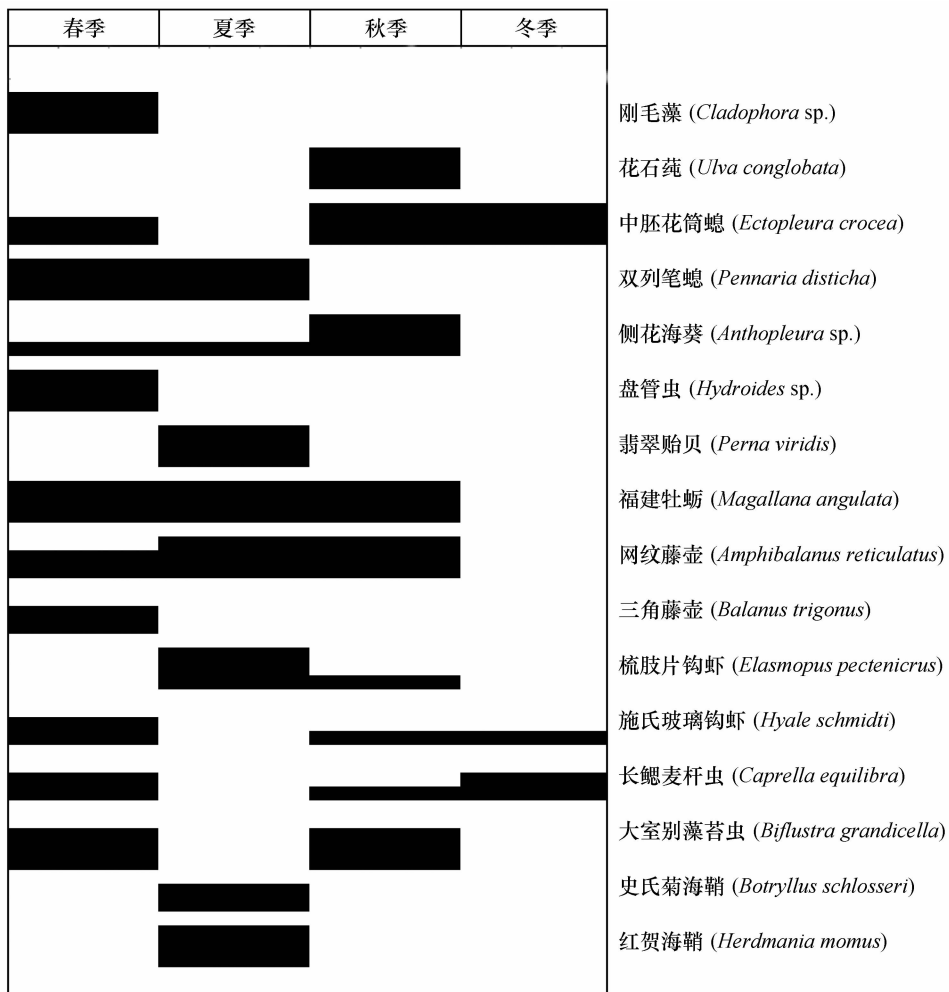


图 2 兴化湾污损生物群落主要种的附着季节

Fig. 2 Settlement stages of the dominant fouling species in Xinghua Bay

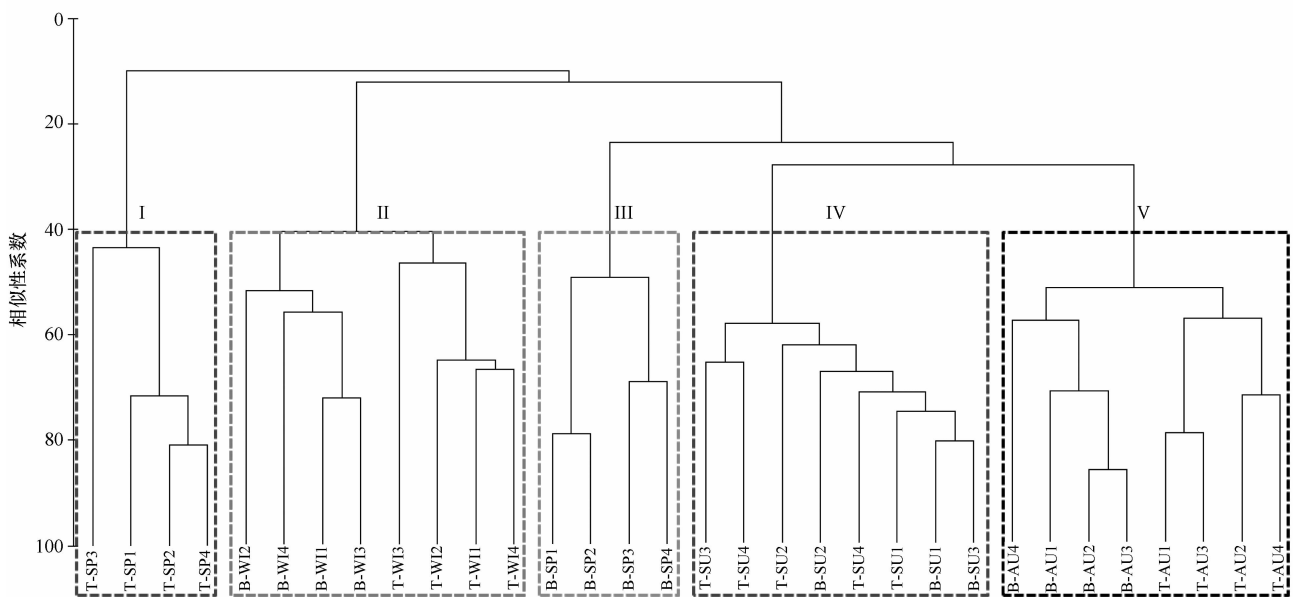


图 3 兴化湾污损生物群落 Bray-Curtis 相似性聚类

Fig. 3 Bray-Curtis similarity of the fouling communities in Xinghua Bay

螭-盘管虫-细毛背鳞虫-福建牡蛎-三角藤壶-大室别藻苔虫群落,该群落分布于水体底层,适宜凉爽的春季,附着密度和湿重均不大,以双列笔螭为主;爱氏海葵-福建牡蛎-翡翠贻贝-网纹纹藤壶-史氏菊海鞘-红贺海鞘群落,该群落适宜炎热的气候条件,种类组成丰富,附着密度和湿重均较大,以固着生活的种类为主,其中网纹藤壶占绝对优势,其平均附着密度和湿重分别可达 23 394 ind./m<sup>2</sup>和 8 494.4 g/m<sup>2</sup>;花石莼-中胚花筒螭-侧花海葵-福建牡蛎-网纹藤壶-大室别藻苔虫群落,该群落适宜凉爽的秋季,以中胚花筒螭和网纹藤壶为主。

固着生活类型是该海域污损生物群落的主体<sup>[15]</sup>,其利用石灰质外壳或特殊的器官固着于基质上,在季板、半年板和年板 3 种类型的挂板中都占有很高的比例,如藻类、水螭、盘管虫、牡蛎、无柄蔓足类<sup>[14]</sup>和苔藓虫等,其中网纹藤壶在夏秋两季的生物量占比中起主导地位;附着生活类型的代表主要有海葵、贻贝等,它们以足丝或基盘附着于基质上,可做短距离运动,此类生物也可成为污损生物群落的主体,其中翡翠贻贝在下半年底层板的生物量占比中起重要地位。活动性生活类型一般个体不大,质量较轻,不会成为污损群落的主体,在污损群落中仅起陪衬作用,它们的出现以及数量的多寡受前二类生物所左右,但其种类丰富,有时附着数量巨大,如麦杆虫和钩虾等,其中长鳃麦杆虫在冬季的表层板附着数量很大。

污损生物群落个体间因附着空间和食物竞争而存在着相互依存或互相制约的关系,又依照对环境因子的适应性而存在着一定的时空分布规律。温度是决定污损生物地理分布的最主要环境因素,污损生物种类的温度属性是不同气候带污损生物群落组

成差异的本质体现。网纹藤壶是广泛分布于热带、亚热带近岸海域的暖水种,是本研究海域污损生物群落中最主要的优势种和代表种,该物种广泛分布于东海和南海的近岸海域,其在中国近岸海域的地理分布北界为长江口,而越往南其附着期越长,在南海近岸全年均可附着<sup>[16]</sup>,该物种也是日本南部、泰国湾、印度和墨西哥湾沿岸的主要污损种类。另外,春季的挂板中,也有三角藤壶的附着,该物种是世界性广分布的暖水种,适宜高盐水域,本次挂板位置位于湾口,本湾虽有荻芦溪、木兰溪等淡水溪流,但径流量不大,所以本湾的海水盐度较高,平均盐度约为 33.0。

### 3 结论

该研究海域位于台湾海峡西北部近岸,主要受外海水系控制,其污损生物群落组成以近岸暖水种为主,主要表现为典型的亚热带内湾型群落,也有少量的高盐种分布。全年共记录污损生物 12 门 94 种,网纹藤壶是最主要的优势种和代表种。全年共 5 种群落类型:群落 I:刚毛藻-中胚花筒螭-施氏玻璃钩虾-大室别藻苔虫群落;群落 II:江蓠-中胚花筒螭-长鳃麦杆虫群落;群落 III:双列笔螭-盘管虫-细毛背鳞虫-福建牡蛎-三角藤壶-大室别藻苔虫群落;群落 IV:爱氏海葵-福建牡蛎-翡翠贻贝-网纹纹藤壶-史氏菊海鞘-红贺海鞘群落;群落 V:花石莼-中胚花筒螭-侧花海葵-福建牡蛎-网纹藤壶-大室别藻苔虫群落。夏季为污损生物的附着旺季,其次分别为秋季、春季和冬季,下半年的附着强度明显高于上半年,附着强度的垂直分布差异并不明显,主要区别在于表层有部分藻类附着,而底层几乎没有藻类分布。

### 参考文献:

- [1] 杨宗澄,白秀琴,姜欢,等. 船体表面海洋污损生物附着规律分析[J]. 船舶工程, 2016(2): 29-33.
- [2] 曹文浩,严涛,谢恩义,等. 雷州半岛东南海域污损浮标的大型藻类[J]. 生态环境学报, 2017, 26(4): 658-662.
- [3] SAMMARCO P W, ATCHISON A D, BOLAND G S. Expansion of coral communities within the northern Gulf of Mexico via offshore oil and gas platforms[J]. Marine Ecology Progress Series, 2004, 280: 129-143.
- [4] 周斌,冯春辉,刘伟,等. 渤海石油平台污损生物生态研究[J]. 渔业科学进展, 2016, 37(3): 9-13.
- [5] GREENE J K, GRIZZLE R E. Successional development of fouling communities on open ocean aquaculture fish cages in the western Gulf of Maine, USA[J]. Aquaculture, 2007, 262: 289-301.
- [6] 王建军,黄宗国,李传燕,等. 厦门港网箱养殖场污损生物的研究[J]. 海洋学报, 1996, 18(5): 93-102.
- [7] QVARFORDT S, KAUTSKY H, MALM T. Development of fouling communities on vertical structures in the Baltic Sea[J]. Estuarine Coastal and Shelf Science, 2006, 67: 618-628.
- [8] 林和山,王建军,郑成兴,等. 东山湾污损生物生态研究[J]. 海洋学报, 2012, 34(6): 160-169.
- [9] 林和山,王建军,郑成兴,等. 泉州湾污损生物生态研究[J]. 海洋学报, 2014, 36(4): 100-109.
- [10] 邱茂福,蓝虹,郑崇荣,等. 湄洲湾秀屿港污损生物生态研究[J]. 海洋环境科学, 2017, 36(6): 871-876.

- [11] 王涛, 严涛, 曹文浩, 等. 中国沿海污损性双壳类特点分析[J]. 广东海洋大学学报, 2015, 35(1): 104-108.
- [12] 严涛, 严文侠. 海南岛东部海域污损生物研究[J]. 海洋与湖沼, 1998, 29(4): 22-27.
- [13] 国家海洋局. 海洋调查规范 第6部分: 海洋生物调查: GB/T 12763.6—2007[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [14] 严涛, 黎祖福, 胡煜峰, 等. 中国沿海无柄蔓足类研究进展[J]. 生态学报, 2012, 32(16): 5 230-5 241.
- [15] 黄宗国, 蔡如星. 海洋污损生物及其防涂(上册)[M]. 北京: 海洋出版社, 1984.
- [16] 国家海洋局第三海洋研究所. 大亚湾海洋生态文集 II [M]. 北京: 海洋出版社, 1990: 478-488.

## Community structure and its spatio-temporal patterns of marine fouling organisms in Xinghua Bay, China

WU Jia-wen<sup>1</sup>, LI Zhong<sup>2</sup>, LIN He-shan<sup>2</sup>, LIU Kun<sup>2</sup>, HUANG Ya-qin<sup>2</sup>,  
LIN Jun-hui<sup>2</sup>, HE Xue-bao<sup>2</sup>, MOU Jian-feng<sup>2</sup>, ZHANG Shu-yi<sup>2</sup>, MA Li<sup>2</sup>, WANG Jian-jun<sup>2</sup>

(1. Yangtze River Three Gorges Group Fujian Energy Investment Co., Ltd., Fuzhou 350003, China; 2. Laboratory of Marine Biology and Ecology, Third Institute of Oceanography, MNR, Xiamen 361005, China)

**Abstract:** The investigation of marine fouling assemblages on concrete test panels in the northeast of Xinghua Bay was conducted from June 2017 to May 2018. A total of 94 species of fouling organisms belonging to 12 phyla were identified. The fouling organisms were mainly composed of coastal and warm water affinities and reflected distinct characteristics of subtropical embayments. The dominant species were *Amphibalanus reticulatus*, its average density and biomass were 23 394 ind./m<sup>2</sup> and 8 494.4 g/m<sup>2</sup>, respectively. Other major species included *Cladophora* sp., *Amphiroa* sp., *Ectopleura crocea*, *Pennaria disticha*, *Lepidonotus tenuisetosus*, *Perna viridis*, *Magallana angulata*, *Balanus trigonus*, *Stenothoe gallensis*, *Caprella equilibra*, *Caprella scaura*, *Biflustra grandicella*, *Botryllus schlosseri*, etc. The adhesive strength of the fouling organisms was highest in summer. The thickness, area, density and biomass colonized of the fouling were 30.5 mm, 100%, 25 175 ind./m<sup>2</sup> and 8 783.6 g/m<sup>2</sup>, respectively. Followed by autumn, spring and winter, respectively. The adhesion strength in the second half of the year was significantly higher than that in the first half of the year. The vertical distribution of adhesion strength was not obvious. The main difference was that some algae adhered to the surface layer, while there was almost no algae distribution on the bottom layer.

**Key words:** marine biology; marine fouling; community structure; Xinghua Bay; Fuqing

DOI: 10.3969/J. ISSN. 2095-4972. 2019. 04. 013

(责任编辑:肖 静)