

北部湾白龙半岛邻近海域污损生物生态研究

李恒翔^{1,2}, 严岩¹, 何伟宏³, 邹晓理³

(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 10039; 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)

摘要: 2006年3月至2007年2月在北部湾白龙半岛邻近海域进行周年污损生物挂板试验, 并调查该海域码头和养殖网箱的污损生物状况。调查结果表明: 该海域污损生物群落呈现明显的亚热带港湾污损生物生态特点。调查记录污损生物共82种, 其中优势种为网纹藤壶 *Balanus reticulatus*、有孔右旋虫 *Dexiospira foraminosus*、左旋虫 *Spirorbis papillatus*、多室草苔虫 *Bugula neritina*、大室膜孔苔虫 *Membranipora grandicella*、美丽琥珀苔虫 *Electra tenella*、缘齿牡蛎 *Dendostrea crenulifera*、冠瘤海鞘 *Styela canopus* 和翡翠贻贝 *Perna viridis*。生物全年附着, 2006年5—10月为附着高峰期。北部湾白龙半岛邻近海域的月板、季板和年板平均附着生物量分别为200.54、2 550.37和15 121.67 g·m⁻², 均比大亚湾和湛江港的低, 而比清澜港和北部湾涠州岛的高。码头附着生物呈明显的垂直分带现象: 高潮带为滨螺区, 中潮带为牡蛎—笠藤壶分布带, 低潮带主要为藻类。在调查的基础上, 还针对海洋工程、海水养殖和河口生态环境保护给出不同的防污建议。

关键词: 北部湾; 白龙半岛; 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: 1009-5470(2010)03-0108-06

An ecological study on fouling in the waters off the Bailong Peninsula in the Beibu Gulf

LI Heng-xiang^{1,2}, YAN Yan¹, HE Wei-hong³, ZOU Xiao-li³

(1. Key Laboratory of Marine Bio-resources Utilization, South China Sea Institute of Oceanology, CAS, Guangzhou 510301, China; 2. Graduate University of CAS, Beijing 100039, China; 3. Marine Environmental Engineering Center, South China Sea Institute of Oceanology, CAS, Guangzhou 510301, China)

Abstract: An annual panel test on fouling organisms was carried out in the waters off the Bailong Peninsula in the Beibu Gulf from March 2006 to February 2007. The fouling organisms from the wharf and the cultured cages during the same time were also investigated. The biofouling in this area reflected distinct characteristics of subtropical harbors. A total of 82 fouling organism species were recorded, among which *Balanus reticulatus*, *Dexiospira foraminosus*, *Spirorbis papillatus*, *Bugula neritina*, *Membranipora grandicella*, *Styela canopus*, *Electra tenella*, *Perna viridis* and *Dendostrea crenulifera* were dominant species. Bioattachment occurred throughout the year, but the main period of settlement extended from May to October of 2006. The mean biomass of fouling organisms on the monthly, seasonal, and annual test panels were 200.54, 2 550.37 and 15 121.67 g·m⁻², respectively, in the waters off the Bailong Peninsula, which were lower than those in the waters of the Daya Bay and Zhanjiang Harbor, but higher than those in the waters of the Qinglan Harbor and off the Weizhou Island. The attachments of fouling were greatly different in each tidal zone of the Bailong Wharf, with the dominant species *Littorina scabra* and *Nodilittorina radiata* on high tidal zone, *Ostrea glomerata*, *Saccostrea echinata*, *Saccostrea cucullata* and *Tetrelita squamosa* on middle tidal zone, and algae on low tidal zone. Different suggestions on biocontrol are given in the present study for protecting the artificial structures, mariculture, and estuarine ecology in the Bailong waters.

Key words: Beibu Gulf; Bailong Peninsula; fouling organisms; ecology; biocontrol

收稿日期: 2009-10-30; 修订日期: 2010-01-16。蔡卓平编辑

基金项目: 国家自然科学基金(30671612); 国家青年自然科学基金(40806057)

作者简介: 李恒翔(1980—), 男, 广西贵港市人, 博士研究生, 主要从事蔓足类生物学研究。E-mail: hxli@scsio.ac.cn

通信作者: 严岩。E-mail: yany@scsio.ac.cn

我国在 20 世纪 80 年代和 90 年代曾开展过大量关于南海海区污损生物生态的调查研究^[1-5], 但近十多年来相关的研究报道较少。随着我国沿海地区经济高速发展, 海岸带开发和利用日益加快, 与之密切相关的海洋环境也越来越受到关注。众多研究^[1, 6-11]表明海洋污损生物群落对沿海海岸工程、仪器设备以及海湾养殖设施等产生严重影响。因此, 在进军海岸带的同时应高度重视污损生物危害性, 弄清海区污损生物生态特点及其对海洋环境变化的响应, 为附着生物防污和海洋工程设计提供科学的参数和理论依据, 减少污损生物的损害程度和经济的重复投入, 从而促进经济和社会的发展。

白龙半岛位于广西沿海西部(图 1), 位于我国大陆最西南端, 是由大陆延伸入北部湾的半岛; 三面环海, 西望越南, 地理位置十分重要。邻近海域有中越边界北仑河口国家级海洋自然保护区以及广西深水网箱养殖和珍珠贝养殖区等, 此外, 位于半岛顶端的白龙码头还是目前中越两国海上货物运输的主要集散地^[12]。

目前关于北部湾污损生物生态的研究甚少, 且已有的报道均集中在北部湾近海^[13-17]。白龙半岛邻近海域污损生物的相关调查研究工作更未见报道, 因此对该海域污损生物群落生态进行调查, 阐明其群落生态特征, 这不仅能弥补中越两国边界海洋污损生物研究的空白, 还可以为我国海防设施及大型海岸工程建设、河口自然生态环境保护和海水经济动物养殖的污损生物防除提供科学的理论依据。

1 材料与方法

1.1 调查站位和时间

挂板试验调查点设在白龙半岛白龙尾离岸 2 公里的海区(图 1), 该处平均水深为 8.5m, 平均潮差为 5m; 码头附着生物调查选择在白龙尾的白龙码头; 养殖区污损生物调查选择在珍珠场贝类和网箱养殖区。

挂板试验调查时间为 2006 年 3 月 2 日至 2007 年 2 月 2 日, 月板换板在每月 2 号进行, 其中 3—5 月、6—8 月、9—11 月和 12 月至翌年 2 月分别为春、夏、秋、冬四个季度挂板调查, 3—8 月和 9 月至翌年 2 月分别为上半年和下半年挂板调查。

挂板试验的材料、规格、调查方法和样品处理均参照《海洋调查规范》进行^[18]。

1.2 挂板材料与规格

挂板全部采用厚度为 3mm 的棕色环氧酚醛层压板, 分月板(80mm × 140mm)、季板(80mm × 145mm)、半年板(80mm × 150mm)和年板(80mm ×

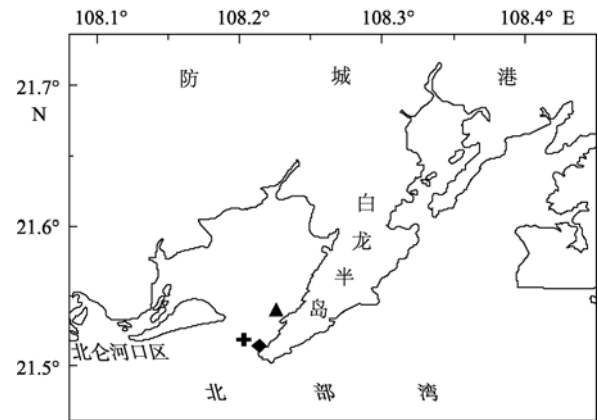


图 1 白龙半岛邻近海域污损生物调查站位

+ 为污损挂板调查点; △ 为白龙码头; □ 为网箱养殖和贝类养殖区

Fig. 1 Sampling sites of the fouling organisms in the waters off the Bailong Peninsula

150mm)4 种类别。挂板分为表、底层各 1 组, 每组挂板由月板、季板、半年板和年板各 2 块组成。每组挂板由不锈钢螺杆平行固定在不锈钢钢架(100cm × 50cm × 50cm)上, 2 板之间由塑料管相隔 20cm。

1.3 调查方法和样品收集

将装好挂板的不锈钢钢架使用尼龙绳悬挂在调查点的人工浮筏上, 其中表层挂板距水面 0.5m, 底层挂板距水面 3m, 以确保底层挂板在大潮低潮时不触底。挂板换取后分别放入样品袋里, 以 5% 的甲醛固定液固定, 带回实验室后立刻进行拍照、观察、鉴定和统计。换板的同时并对调查点的水温、盐度、水深、透明度进行现场测量和记录。

于 2006 年 12 月在白龙半岛的白龙码头进行垂直定量取样, 以小潮平均高潮线和平均低潮线之间区域为中潮区, 往上至大潮高潮线为高潮区, 往下至大潮低潮线为低潮区。使用 25cm × 25cm 的取样框在各潮区进行垂直取样, 拍照和记录群落结构特征, 并测量最大厚度和覆盖面积, 样品刮取后置于样品袋里, 以 5% 的甲醛液固定。

分别于 2006 年 3 月、6 月、9 月和 2007 年 2 月对养殖区网箱和网笼网片以及缆绳的附着生物进行定性采样, 记录不同季节附着生物群落生态特征。

2 结果

2.1 挂板的污损生物

2.1.1 种类组成

挂板试验的污损生物初步鉴定出 52 种(表 1)。其中海藻 3 种, 海绵动物 2 种, 腔肠动物 3 种, 扁形动物 1 种, 多毛类 15 种, 苔藓虫 13 种, 软体动物 5 种, 甲壳动物 8 种, 海鞘类 2 种。群落优势种为

表 1 白龙半岛邻近海域污损生物种类目录

Tab. 1 List of fouling organisms in the waters off the Bailong Peninsula

种 名	挂板	码头	养殖区	种 名	挂板	码头	养殖区
藻类 Algae				香港网筛苔虫 <i>Cosciniopsis hongkongensis</i>			+
管浒苔 <i>Enteromorpha tubulosa</i>		+	+	王冠碟孔苔虫 <i>Lichenopora imperialis</i>	+		
网地藻 <i>Dictyota</i> sp.		+		相似管孔苔虫 <i>Tubulipora similis</i>	+		
水云 <i>Ectocarpus</i> sp.	+	+		厦门华藻苔虫 <i>Sinoflustra amoyensis</i>	+	+	+
扁浒苔 <i>Enteromorpha compressa</i>		+		膜孔苔虫 <i>Membranipora</i> sp.	+		
小石花菜 <i>Gelidium divaricatum</i>		+		软体动物 Mollusca			
多管藻 <i>Polysiphonia</i> sp.	+		+	翡翠贻贝 <i>Perna viridis</i>	+		+
鞘丝藻 <i>Lyngbya</i> sp.		+	+	棘刺牡蛎 <i>Saccostrea echinata</i>		+	+
刚毛藻 <i>Cladophora</i> sp.	+	+		团聚牡蛎 <i>Ostrea glomerata</i>	+	+	+
花石莼 <i>Ulva lactuca</i>		+		缘齿牡蛎 <i>Dendostrea crenulifera</i>		+	
海绵动物 Porifera				僧帽牡蛎 <i>Saccostrea cucullata</i>		+	
粘附山海绵 <i>Mycale adhaerens</i>	+		+	马氏珠母贝 <i>Pinctada martensii</i>		+	+
软海绵 <i>Halichondria</i> sp.	+	+	+	黑莽麦蛤 <i>Xenostrobus atratus</i>	+	+	+
腔肠动物 Coelenterata				变化短齿蛤 <i>Brachidontes variabilis</i>	+	+	+
太平洋侧花海葵 <i>Anthopleura pacifica</i>		+	+	青蚶 <i>Barbatia virescens</i>		+	
美螳 <i>Clytia</i> sp.	+	+		小肌蛤 <i>Musculus nanus</i>		+	+
蕈枝螳 <i>Obelia</i> sp.	+		+	布纹蚶 <i>Barbatia decussata</i>		+	
海根笔螳 <i>Halocordyle disticha</i>	+		+	条纹隔胎贝 <i>Septifer virgatus</i>	+	+	+
扁形动物 Platyhelminthes				疣荔枝螺 <i>Thais clavigera</i>		+	
柄涡虫 <i>Stylochus</i> sp.	+	+	+	日本花棘石鳖 <i>Liolophura japonica</i>		+	
环节动物 Annelida				珠母核果螺 <i>Drupa margariticola</i>		+	
多齿沙蚕 <i>Nereis multignatha</i>	+	+	+	粗糙滨螺 <i>Littorina scabra</i>		+	
左旋虫 <i>Spirorbis papillatus</i>	+	+	+	粒结节滨螺 <i>Nodilittorina radiata</i>		+	
有孔右旋虫 <i>Dexiosprira foraminosus</i>	+	+	+	中间拟滨螺 <i>Littorinopsis intermedia</i>		+	
盘管虫 <i>Hydroides</i> sp.	+	+	+	甲壳动物 Crustacea			
华美盘管虫 <i>Hydroides elegans</i>	+		+	光背团水虱 <i>Sphaeroma retroavis</i>		+	
多齿围沙蚕 <i>Perinereis nuntia</i>	+	+	+	小相手蟹 <i>Nanosesarma minutum</i>	+	+	+
红角沙蚕 <i>Ceratonereis erythraeensis</i>	+		+	光辉圆扇蟹 <i>Sphaerozium nitidus</i>	+	+	+
岩虫 <i>Marphysa sanguinea</i>	+		+	团水虱 <i>Sphaeroma</i> sp.	+	+	+
龙介虫 <i>Serpula vermicularis</i>		+	+	螺赢蜚 <i>Corophium</i> sp.	+		+
稚齿虫 <i>Prionospio</i> sp.	+		+	钩虾 <i>Gammarus</i> sp.	+	+	+
裂虫 <i>Syllis</i> sp.	+	+		藻钩虾 <i>Ampithoe</i> sp.	+		+
细毛背鳞虫 <i>Lepidonotus tenuisetosus</i>	+	+		网纹藤壶 <i>Balanus reticulatus</i>	+	+	+
才女虫 <i>Polydora</i> sp.	+	+	+	糊斑藤壶 <i>Balanus cirratus</i>		+	
吻沙蚕 <i>Glycera</i> sp.	+		+	多毛鸟嘴 <i>Ibla cumingi</i>		+	
豆维虫 <i>Dorvillea</i> sp.	+			纹藤壶 <i>Balanus amphitrite</i>	+	+	+
独齿围沙蚕 <i>Perinereis cultrifera</i>	+	+	+	龟足 <i>Capitulum mitella</i>		+	
苔藓动物 Bryozoa				鳞笠藤壶 <i>Tetraclita squamosa</i>		+	+
多室草苔虫 <i>Bugula neritina</i>	+	+	+	棘皮动物 Echinodermata			
独角裂孔苔虫 <i>Schizoporella unicornis</i>	+	+	+	蛇尾 <i>Amphiura</i> sp.		+	+
美丽琥珀苔虫 <i>Electra tenella</i>	+		+	海鞘类 Ascidiacea			
大室膜孔苔虫 <i>Membranipora grandicella</i>	+		+	冠瘤海鞘 <i>Styela canopus</i>	+	+	+
艳丽琥珀苔虫 <i>Electra bellula</i>	+	+	+	皱瘤海鞘 <i>Styela plicata</i>		+	+
孟加拉琥珀苔虫 <i>Electra bengaliensis</i>	+		+	乳突皮海鞘 <i>Molgula manhattensis</i>	+	+	+
阔口隐槽苔虫 <i>Cryptosula pallasiana</i>	+			星虫动物 Sipuncula			
裂孔苔虫 <i>Schizoporella</i> sp.	+	+		裸体方格星虫 <i>Sipunculus nudus</i>		+	+
白裂孔苔虫 <i>Schizoporella nivea</i>	+		+				

网纹藤壶 *Balanus reticulatus*、有孔右旋虫 *Dexiosprira foraminosus*、左旋虫 *Spirorbis papillatus*、多室草苔虫 *Bugula neritina*、大室膜孔苔虫 *Membranipora grandicella*、美丽琥珀苔虫 *Electra tenella*、缘齿牡蛎 *Dendostrea crenulifera*、冠瘤海鞘 *Styela canopus* 和翡翠贻贝 *Perna viridis*。

2.1.2 附着季节

图 2 显示白龙半岛邻近海域主要生物种类附着

季节与海区月平均水温和盐度的关系。污损生物全年附着, 但有明显的季节变化, 其中 5—10 月的高温期为附着盛期。主要群落优势种中, 网纹藤壶每月均有附着, 冬季(12 月—翌年 3 月)时因水温低附着量少, 春季时大量繁殖, 7 月到达附着高峰, 附着密度高达 $64\ 152\ \text{个}\cdot\text{m}^{-3}$, 覆盖面积率为 53.7%, 网纹藤壶是挂板污损生物群落中绝对优势种; 有孔右旋虫全年附着, 在底层挂板附着高峰期为 5 月, 附着

密度为 $16\ 919\ \text{个}\cdot\text{m}^{-3}$, 而在表层挂板出现于 7 月, 附着密度高达 $36\ 651\ \text{个}\cdot\text{m}^{-3}$; 左旋虫个体小而附着量大, 最大附着密度可达 $23\ 134\ \text{个}\cdot\text{m}^{-3}$, 除 1 月和 12 月外各月均有出现, 附着盛期与有孔右旋虫同为 5—7 月。苔藓虫以片状被覆型生长种类为主, 附着盛期为 8—10 月, 而属树枝状直立生长型的多室草苔虫仅出现在冬季挂板; 苔藓虫在月板上是仅次于网纹藤壶的优势种。大个体种类的翡翠贻贝和冠瘤海鞘出现在上半年板和年板上, 但在下半年板未见附着。

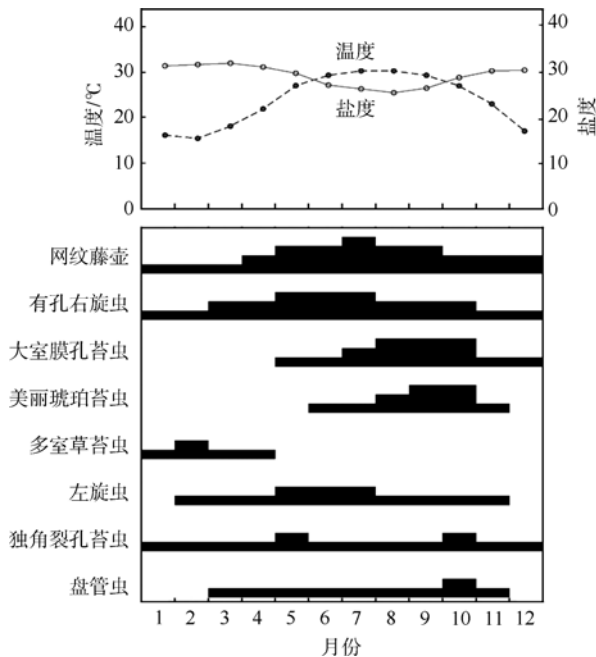


图 2 白龙半岛邻近海域主要污损生物的附着期及其与温盐度的关系

Fig. 2 Relationship between attachment stage of main biofouling and temperature and salinity in the waters off the Bailong Peninsula

夏季表层季板优势种为网纹藤壶, 附着密度是 $15\ 647\ \text{个}\cdot\text{m}^{-3}$, 覆盖面积率为 51.7%, 而底层则为缘齿牡蛎, 附着密度为 $4\ 655\ \text{个}\cdot\text{m}^{-3}$, 覆盖面积率为 43.6%; 冬季表层季板多室草苔虫占绝对优势, 覆盖面积率达 77.4%, 而底层季板多室草苔虫数量不多, 相反美丽琥珀苔虫成为优势种, 覆盖面积率占 40.1%; 春季网纹藤壶的附着布满整块季板, 附着密度高达 $27\ 025\ \text{个}\cdot\text{m}^{-3}$; 秋季季板上网纹藤壶大量死亡, 苔藓虫(覆盖面积率为 80.1%)和左旋虫(附着密度为 $6\ 983\ \text{个}\cdot\text{m}^{-3}$)占优势。

2.1.3 数量及其组成

1) 月板的污损生物

月板平均厚度为 2.36mm, 平均覆盖面积率为 59.1%, 虽然表、底层月板平均覆盖面积较为相近,

但两者生物量却相差悬殊, 底层月板全年累计附着生物量约为表层月板的 1 倍多, 前者为 $3\ 314.28\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$, 后者为 $1\ 498.66\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$; 底层挂板月平均附着生物量为 $276.19\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$, 变幅为 $2.70\text{—}1\ 247.33\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$, 最低值出现在 3 月, 最高值在 9 月, 而表层挂板月平均附着生物量为 $124.89\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$, 变幅为 $0.45\text{—}689.31\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$, 最低值和最高值与表层分别出现在 3 月和 9 月。在种类附着百分比组成中, 藤壶类最高, 占 66.98%, 管栖多毛类次之, 为 11.34%, 苔藓虫占 7.44%, 端足类占 3.50%, 水螅、双壳类和海鞘等种类共占 3.53%。

2) 季板的污损生物

表层季板平均厚度、覆盖面积率和附着生物量分别为 13.65mm、96.5%和 $2\ 659.23\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$, 而底层季板为 9.83mm、89.5%和 $2\ 441.51\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$, 表底层挂板差异不太明显, 尽管在不同季节表底层挂板群落优势种有所不同。表底层季板平均生物量均以夏季最大, 春季次之, 秋季再次, 冬季最小。

3) 半年板和年板的污损生物

半年板和年板几乎全为污损生物所覆盖, 覆盖面积率几乎达 100%, 表底层挂板附着生物量差别不大。上半年板主要以翡翠贻贝和冠瘤海鞘为主, 平均厚度和湿重分别高达 24.90mm 和 $9\ 924.58\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$, 均远大于下半年板。下半年板未见翡翠贻贝和冠瘤海鞘附着, 代之以螺旋虫和苔藓虫生物, 因此厚度和湿重显著下降, 群落附着生物量仅有 $2\ 384.84\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 。年板污损生物种类繁多, 达 34 种, 生物呈重叠附着, 优势种显著, 为冠瘤海鞘和翡翠贻贝, 厚度和生物量分别为 26.15mm 和 $15\ 121.67\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$, 生物量组成中冠瘤海鞘占 38.47%, 翡翠贻贝占 32.83%, 网纹藤壶占 15.93%, 苔藓虫类占 3.07%, 端足类占 2.56%, 海绵占 0.89%, 其他种类占 6.25%。

2.2 码头污损生物

白龙半岛邻近海域潮汐属于规则全日潮, 最大潮差为 5.05m。白龙码头共采集到生物种类 59 种, 其中藻类 7 种, 腔肠动物 3 种, 苔藓动物 5 种, 环节动物 10 种, 软体动物 17 种, 甲壳动物 11 种, 其他动物 6 种。附着生物表现出较为明显的分带现象, 大致分为以下 3 个带。

1) 滨螺带: 高潮区主要以粗糙滨螺 *Littorina scabra*、粒结节滨螺 *Nodilittorina radiata* 为主, 还出现少量中间拟滨螺 *Littorinopsis intermedia* 和团聚牡蛎 *Ostrea glomerata*, 平均生物量为 $121.74\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 。

2) 牡蛎—鳞笠藤壶带: 位于中潮区, 牡蛎类

(团聚牡蛎、棘刺牡蛎 *Saccostrea echinata*、僧帽牡蛎 *S. cucullata*)和鳞笠藤壶 *Tetraclita squamosa* 为优势种,几乎布满整个中潮区,个体较大且彼此重叠附着,最大厚度可 16mm。该区生物种类繁多,不仅栖居着营固着、附着或穴居生活的生物,而且还栖息着腹足类、游走多毛类、端足类、十足类、蛇尾和星虫等许多活动性种类,平均生物量高达 $8\,422.56\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 。

3) 藻类带:低潮区主要附着浒苔、石莼和石花菜,同时还有管栖多毛类、隔贻贝、方格星虫、小相手蟹和游走多毛类,以及少量海鞘,平均生物量 $1\,403.25\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 。

3 讨论

白龙半岛邻近海域属于亚热带海区,年平均水温为 23.54°C ,盐度为 29.10‰ ^[12],调查发现该海域污损生物种类多属热带-亚热带暖水种和高盐广布种,无河口低盐种和温水种,主要种类有网纹藤壶、有孔右旋虫、大室膜孔苔虫、翡翠贻贝、冠瘤海鞘、缘齿牡蛎和多室草苔虫。其中网纹藤壶是南海海区污损生物群落中绝对优势种^[4-5]。翡翠贻贝和冠瘤海鞘种类分布只限于长江口以南沿岸海域,且属于海湾和港口的主要防污对象^[1,4-5,19]。多室草苔虫和有孔右旋虫是我国海区的高盐广布种^[1,19],在北方的旅顺^[20]、烟台^[21]港口,南方的大亚湾^[22-23]、香港^[24]等高盐海域已成为优势种。白龙半岛邻近海域污损生物优势种及其种类组成较类似于南海沿岸海湾的大亚湾^[25]、湛江港^[26]、八所港^[27]、北海港^[13]以及北部湾的涠洲岛^[14],但有别于有大型河流注入的汕头港^[28]和清澜港^[29],也不同于高温高盐的琅琊湾^[30]和榆林港^[31],更有异于位于近海浮标和石油平台上污损生物^[15-16,32-33],未出现茗荷、鹅茗荷、钟巨藤壶、刺巨藤壶和高峰星藤壶等外海种类。许多学者^[1,2,4-5,15,19]认为:污损生物群落在不同的海区呈现出不同的种类组成,主要与海区环境条件和生物种类特征有关。白龙半岛邻近海域污损生物种类属于较为典型的亚热带沿岸海湾污损生物类群。

与南海主要港湾污损生物的附着情况比较,白龙半岛邻近海域污损生物挂板月板、季板和年板平均生物量均低于大亚湾^[25]和湛江港^[26],而高于清澜港^[29]和北部湾涠洲岛^[14]。这可能与不同调查海区所处地理位置和环境特点密切相关,湛江港和大亚湾属于半封闭海湾,海流交换和水体环境变化不如直接面向开阔海域的白龙半岛,白龙半岛海区环境更有利于污损生物幼虫的密集、生长和附着,所以白

龙半岛邻近海域污损生物生物量相对较大;清澜港虽然也是半封闭海湾,但受文昌河径流的影响,所以附着生物相对较少;处于近海的涠洲岛虽然污损生物优势种与白龙半岛海区相似,但挂板上网纹藤壶和管栖多毛类平均密度和湿重均小于白龙半岛海区的调查结果。白龙半岛邻近海域污损生物挂板年板平均附着生物量低于远离北部湾大陆的近海浮标和平台等^[15-16]非挂板类附着生物生物量,类似情况在海南岛及雷州半岛的近岸和外海浮标上得到证实^[29,32]。

白龙半岛邻近海域污损生物种类较多,平均生物量高,附着季节长,且全年附着,主要类群为甲壳动物、苔藓虫、软体动物和管栖多毛类,具有较为明显的南海沿岸污损生物生态特点^[4-5]。在这些污损生物种类中,不同生物类别的生活方式和附着机理有所差别^[34],其中网纹藤壶是靠蔓足捕捉和过滤水中浮游生物为食,长期营固着生活,幼虫对附着基选择性不大,可以附着于桩柱、管道、浮标、船底、养殖设施以及红树林树干上;苔藓虫和管栖多毛类多具钙质外壳,身体前部具捕食作用的触手冠,喜固着于小型浮游生物和有机碎屑丰富的地方,是养殖设施和贝类生物上的主要污损生物;贻贝和海鞘由于个体较大,摄食量相应也大,需要不断滤食海水中的浮游生物和有机碎屑,常出现于饵料丰富、生物种类繁多的污损生物稳定群落中,通过幼虫的足丝或吸盘进行附着;牡蛎和鳞笠藤壶的幼虫则喜欢选择表面粗糙的硬性基底,用石灰质外壳牢固地固着,不易脱落,在潮间带的码头、岩石、红树林以及潮下带的桩柱、浮标上等均有分布。因此,根据本次污损生物调查结果以及不同生物类别的附着机理,给出以下污损生物防除建议:白龙海域污损生物防除应全年进行,其中对于常年浸入海水中的海洋结构物、仪器设备、养殖网箱和网笼,污损生物防除以藤壶类、管栖多毛类、双壳类(牡蛎和贻贝)和海鞘类为主;码头等潮间带设施主要防除牡蛎和笠藤壶等大型污损生物;河口区的红树林主要注意防除藤壶和牡蛎为代表的污损动物。

4 结论

1) 白龙半岛邻近海域污损生物种类比较丰富,共记录 82 个物种,其中海藻 3 种,海绵动物 2 种,腔肠动物 4 种,扁形动物 1 种,环节动物 16 种,苔藓虫 14 种,软体动物 18 种,甲壳动物 13 种,海鞘 3 种,棘皮动物 1 种,星虫动物 1 种。这些种类多属热带-亚热带暖水种和高盐广布种,无河口低盐种和

温水种。

2) 优势种类突出, 主要有网纹藤壶 *Balanus reticulatus*、有孔右旋虫 *Dexiospira foraminosus*、左旋虫 *Spirorbis papillatus*、多室草苔虫 *Bugula neritina*、大室膜孔苔虫 *Membranipora grandicella*、美丽琥珀苔虫 *Electra tenella*、缘齿牡蛎 *Dendostrea crenulifera*、冠瘤海鞘 *Styela canopus* 和翡翠贻贝 *Perna viridis*, 其中网纹藤壶为污损生物群落的绝对优势种。主要优势种类附着季节长, 几乎全年附着, 生物附着主要受海

域水温所影响, 附着高峰期在 5—10 月。

3) 白龙半岛邻近海域污损生物生物量高于清澜港和北部湾涠州岛, 而低于大亚湾和湛江港, 也低于远离北部湾大陆的近海浮标和平台等非挂板类附着生物生物量。

4) 码头附着生物垂直分带明显, 高潮区为滨螺带, 种类少, 生物量低; 中潮区为牡蛎—鳞笠藤壶带, 物种丰富, 生物量最高; 低潮带主要是一些藻类, 生物量不高。

参考文献

- [1] 黄宗国, 蔡如星. 海洋污损生物及其防除:上册[M]. 北京: 海洋出版社, 1984: 61–155.
- [2] 严涛, 严文侠. 中国近海海区污损生物研究现状及展望[C]. 海洋科学集刊(第 44 集), 北京: 科学出版社, 2002: 89–94.
- [3] 张明明, 赵文, 于世超. 我国海洋污损生物的研究概况[J]. 水产科学, 2008, 27(10): 545–549.
- [4] 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.
- [5] 刘勐伶, 严涛. 南海污损生物生态研究进展[J]. 海洋通报, 2006, 25(2): 84–91.
- [6] Woods Hole Oceanographic Institution. Marine fouling and its prevention[M]. United States Naval Institute, Annapolis, Maryland, 1952: 3–20.
- [7] HEIDEMAN J C, GEORG R Y. Biological and Engineering parameters for macrofouling growth on platforms offshore Louisiana[R]. Oceans Conference Record, IEEE, 1981(1): 550–557.
- [8] TSENG W Y, YUEN K H. Studies on fouling organisms on mariculture nets and cages in Hong Kong[J]. Proceedings of Aquatic Environment in Pacific Region, 1978: 151–159.
- [9] ABARZUA S, JAKUBOWSKI S. Biological investigation for the prevention of biofouling: Biological and biochemical principles for the prevention of biofouling[J]. Marine Ecology Progress Series, 1995(123): 301–312.
- [10] EDVVEAN R G, TERRY L A, PIEKEN G B. Marine fouling and its effects on offshore structures in the North Sea[J]. International Biodeterioration, 1985, 21(4): 277–284.
- [11] 任清光, 范宝德, 孟宪民, 等. 污着生物对莱州湾海湾扇贝养殖的危害及防除研究[J]. 海洋科学, 2000, 24(6): 11–13.
- [12] 中国海湾志编纂委员会. 中国海湾志: 第十二分册 广西海湾[M]. 北京: 海洋出版社, 1993: 217–310.
- [13] WANG J J, HUANG Z G, LIN S, et al. An ecological study of fouling organisms in Beihai Harbour, Beibu Bay, China[A]. The Marine Biology of the South China Sea[C]. Hong Kong: Hong Kong University Press, 1993: 167–180.
- [14] 黄宗国, 王建军, 林盛, 等. 北部湾污损生物生态研究[J]. 海洋学报, 1992, 14(4): 94–140.
- [15] 严涛, 严文侠, 董钰, 等. 北部湾北海区污着生物研究[J]. 热带海洋, 1998, 17(2): 38–44.
- [16] 严涛, 严文侠, 董钰, 等. 北部湾近海结构物污损生物研究[J]. 海洋学报, 2000, 22(4): 137–146.
- [17] 庆宁, 林岳光. 广西防城东湾红树林污损动物的种类组成与数量分布特征[J]. 热带海洋学报, 2004, 23(1): 64–68.
- [18] 国家技术监督局. GB12763.6—1991 海洋调查规范: 海洋生物调查[M]. 北京: 中国标准出版社, 1991: 30–31.
- [19] 黄修明, 尹建德, 刘建军, 等. 中国污损生物区域性差异的研究[J]. 海洋科学, 1993, 17(2): 29–31.
- [20] 李传燕, 黄宗国, 张良兴, 等. 旅顺港附着生物生态的研究[J]. 生态学报, 1982, 2(1): 59–65.
- [21] 李传燕, 黄宗国, 王建军, 等. 烟台港附着生物生态研究[J]. 海洋学报, 1990, 12(1): 107–114.
- [22] 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(2): 146–152.
- [23] 严颂凯, 黄宗国. 大亚湾码头桩柱的污损生物群落[J]. 海洋学报, 1992, 14(3): 115–120.
- [24] 黄玉山, 黄宗国, 刘陪生, 等. 香港维多利亚码头的附着生物群落[J]. 海洋学报, 1999, 21(2): 86–92.
- [25] 李传燕, 黄宗国, 郑成兴, 等. 大亚湾人工鱼礁附着生物的初步研究[J]. 应用生态学报, 1991, 2(1): 63–69.
- [26] 严岩, 严文侠, 董钰. 湛江港污损生物挂板实验[J]. 热带海洋, 1995, 14(3): 81–85.
- [27] 严岩, 严文侠, 董钰, 等. 海南八所港污损生物群落研究[C]. 热带海洋研究: 第 5 集. 北京: 科学出版社, 1997: 38–43.
- [28] 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, 1996, 18(1): 116–124.
- [29] 黄宗国, 蔡尔西, 蔡如星, 等. 清澜港的附着生物[J]. 海洋学报, 1982, 4(2): 215–222.
- [30] 郑成兴, 黄宗国, 张良兴, 等. 琅琊湾附着生物和钻孔生物的初步研究[J]. 海洋学报, 1984, 6(1): 81–89.
- [31] 黄宗国, 蔡如星. 榆林港的附着生物及其与厦门港的比较[J]. 厦门大学学报, 1962, 9(3): 176–188.
- [32] 黄宗国, 蔡如星, 江锦祥, 等. 琼州海峡及雷州半岛沿岸浮标的污损生物[J]. 海洋与湖沼, 1982, 13(2): 259–266.
- [33] 严涛, 严文侠, 梁冠和, 等. 海南岛西部莺歌海水域生物污着的研究[J]. 热带海洋, 1997, 16(4): 41–48.
- [34] 黄宗国. 海洋污损生物及其防除: 下册[M]. 北京: 海洋出版社, 2008: 1–88.