

DOI: 10.19663/j.issn2095-9869.20190918002

http://www.yykxjz.cn/

郭彪, 陈卫, 高燕, 张博伦, 王硕, 王宇, 张雪, 曾祥茜. 天津大神堂海域不同时间序列礁体附着生物群落特征变化. 渔业科学进展, 2020, 41(6): 12–18

Guo B, Chen W, Gao Y, Zhang BL, Wang S, Wang Y, Zhang X, Zeng XX. Community characteristics of attaching organisms on the artificial reefs built in different years in Dashentang, Tianjin. Progress in Fishery Sciences, 2020, 41(6): 12–18

# 天津大神堂海域不同时间序列 礁体附着生物群落特征变化\*

郭 彪<sup>①</sup> 陈 卫 高 燕 张博伦  
王 硕 王 宇 张 雪 曾祥茜

(天津渤海水产研究所渔业资源与生态环境室 天津市海洋牧场技术工程中心 天津 300457)

**摘要** 本研究于 2018 年 9 月通过打捞鱼礁的方式调查了 2010、2012、2014、2016 和 2018 年投放礁区礁体附着生物情况。结果显示, 虽然不同年份投礁区礁体附着生物的种类和数量有所差异, 但长牡蛎(*Crassostrea gigas*)均占绝对优势。2018 年投礁区由于礁体投放时间较短, 尚未形成稳定的附着生物群落, 其礁体附着生物的种类数、附着生物数量和重量、生物多样性指数和物种均匀度指数均显著低于其他年份。2010 年投礁区域礁体附着生物种类和数量均显著高于其他年份, 但在附着生物重量上无显著差异。研究表明, 人工鱼礁附着生物优势种种类组成受到其所处海域地理位置的影响很大, 时间序列对人工鱼礁附着生物的影响在投放前期较为明显, 当生物量达到一定数值后, 其影响明显减弱, 但其生物生态环境仍在缓慢改善, 生物多样性逐步增加。

**关键词** 人工鱼礁; 时间序列; 附着生物; 群落特征

**中图分类号** S953.1 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2020)06-0012-07

天津市大神堂海域国家级海洋牧场示范区位于渤海湾西部, 紧邻天津大神堂牡蛎礁国家级海洋特别保护区。随着环渤海经济的快速发展, 天津海岸带大规模的围填海工程建设、海洋捕捞业和矿产开采程度增强, 天然牡蛎礁海域海洋生态系统受到的压力逐年增加。为保护牡蛎礁区的生物资源和生态环境, 天津市在大神堂海域开展了一系列海洋生态修复行动, 包括人工鱼礁建设。2009 年天津市开始在该海域试验性投放钢筋混凝土礁体, 截止到 2018 年年底, 已投放钢筋混凝土礁体 29308 块, 共计 10.87 万空方, 建成礁区面积约 8.465 km<sup>2</sup>。

人工鱼礁投放后, 礁体表面通常会着生生物, 海

洋附着生物群落的种类组成、附着数量及附着生物量变化受到海域水温、水深、盐度、海流、气候特征等环境因子及投放时间、礁体材料等因素的影响(Kress *et al*, 2002; 张伟等, 2008; 公丕海等, 2014; 李娇等, 2016)。同一海域投放的鱼礁礁体, 由于海域的环境因子条件基本上是一致的, 其附着生物主要受到礁体材料和投放时间的影响。关于不同礁体材料之间的附着生物差别, 学者们更多地采取在海区挂板的方式进行对比实验(王震等, 2019; 李真真等, 2017; Oyamada *et al*, 2008), 或采用附着生物潜水原位采样(张伟等, 2015)。关于礁体投放时间的影响, 日本学者通过潜水、水下录像或将单个鱼礁捞上来的方法观测人工鱼

\* 国内渔业捕捞和养殖业油价补贴项目(2016 年)和天津市渔业发展服务中心青年科技创新项目(J2018-13 青)共同资助 [This work was supported by Projects of Government Subsidy for Oil Price to Fishing and Aquaculture (2016), and Projects of Youth Science and Technology Innovation of Tianjin Fishery Development Service Center (J2018-13Qing)].

① 通讯作者: 郭 彪, 高级工程师, E-mail: oucguobiao@163.com

收稿日期: 2019-09-18, 收修改稿日期: 2019-10-31

礁投放后礁体附着生物的变化情况(1963~1983 年)(林小涛, 2001), 国内关于礁体投放时间对附着生物的影响还没有定性、定量的系统性研究。

天津海域水质透明度低, 潜水定点取样和 underwater 录像工作存在较大的困难。故本研究采用将单个鱼礁重新打捞上来的方式, 观测 2010~2018 年投放的人工鱼礁礁体附着生物状况, 以期从时间序列上探讨天津大神堂海域礁体附着生物的群落特征变化, 为天津大神堂海域人工鱼礁的建设和管理提供基础数据。

## 1 材料与方法

### 1.1 采样站位设置

根据 2010、2012、2014、2016 和 2018 年投礁区

坐标范围和 2017 年年底完成的礁区礁体空间分布位置侧扫结果, 在 2010、2012、2014、2016 和 2018 年投放礁区各选一个点进行鱼礁的打捞。鱼礁打捞位置示意图和具体坐标见图 1 和表 1。本次选取的礁体礁型为大窗型鱼礁, 其具体结构和尺寸见图 2。

表 1 吊礁位置具体坐标  
Tab.1 Specific coordinates of reefs salvaged

投礁年份 Year of reef built	经度 Longitude	纬度 Latitude
2010	117°59'273" E	39°7'228" N
2012	117°58'264" E	39°7'160" N
2014	117°58'127" E	39°6'251" N
2016	117°58'909" E	39°6'125" N
2018	117°58'723" E	39°6'410" N

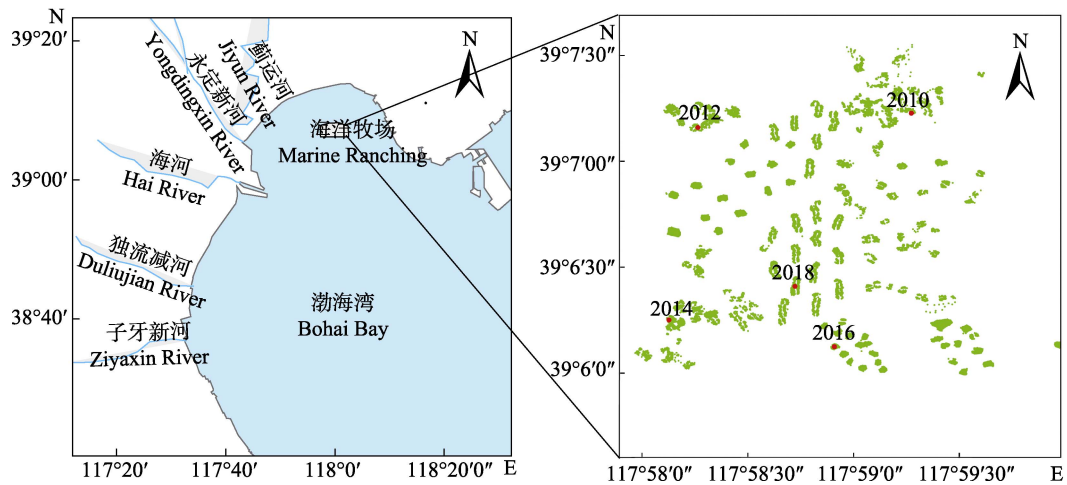


图 1 鱼礁打捞位置示意

Fig.1 The stations of reefs salvaged

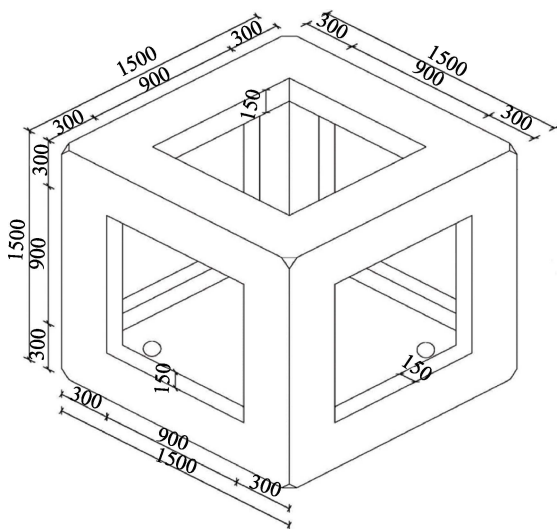


图 2 大窗箱型鱼礁

Fig.2 Artificial reefs of big windows(mm)

### 1.2 鱼礁打捞时间及打捞方法

2018 年 9 月 19~20 日进行鱼礁打捞。在鱼礁打捞前, 租用渔船和雇佣潜水员进行鱼礁定位工作。潜水员根据设置的点位潜到水下, 探寻鱼礁的位置, 并在探寻到的鱼礁上系一个浮球作为标记, 每个点位探寻 3 块鱼礁作为重复。每块鱼礁的坐标位置与设置点位置不能超过 25 m, 以确保每块打捞的鱼礁均为目标投礁年份的鱼礁。

鱼礁打捞时, 将具有大型起吊设备的工程船行驶到标记鱼礁附近, 潜水员将吊礁所用的钢缆绳穿过鱼礁, 吊机吊起鱼礁到船甲板上, 采样人员采样后, 将鱼礁吊起并尽量投放到海中原坐标位置。

### 1.3 附着生物的采集和处理

在每块鱼礁外表面和内表面各取样 1 个, 合并为

1个混合样品,作为礁体附着生物定量样品,每个样品采样面积为 $25\text{ cm}\times 25\text{ cm}$ 。同时,尽可能收集礁体上不同位置附着的各类型生物,作为礁体附着生物定性样品。取得的样品使用聚乙烯瓶装,加入5%的福尔马林溶液固定,带回实验室分析鉴定。

#### 1.4 数据分析

附着生物量计算公式:

$$P_W = W / S$$

式中, $P_W$ 为附着生物量( $\text{g}/\text{m}^2$ ), $W$ 为附着生物样品重量( $\text{g}$ ), $S$ 为取样面积( $\text{m}^2$ )。

附着生物数量计算公式:

$$P_N = N / S$$

式中, $P_N$ 为附着生物数量( $\text{ind.}/\text{m}^2$ ), $N$ 为附着生物样品数量( $\text{ind.}$ ), $S$ 为取样面积( $\text{m}^2$ )。

采用 Margalef 种类丰富度指数, Shannon-Wiener 多样性指数, Pielou 均匀度指数, Pinkas 相对重要性指数等参数对获得的数据进行解析,并采用 SPSS19.0 软件进行统计处理。各个调查区域的指数平均值采用单因子方差(One-way ANOVA)检验,显著性水平为 0.05。各指数公式如下:

Margalef 种类丰富度指数( $D$ )公式:

$$D = (S - 1) / \ln N$$

Shannon-Wiener 多样性指数( $H'$ )公式:

$$H' = - \sum_{i=1}^S \frac{N_i}{N} \ln \frac{N_i}{N}$$

Pielou 均匀度指数( $J$ )公式:

$$J = H' / H_{\text{Max}} = H' / \ln S$$

Pinkas 相对重要性指数(IRI)公式:

$$\text{IRI} = \left( \frac{N_i}{N} \times 100 + \frac{W_i}{W} \times 100 \right) \times F \times 100$$

式中, $S$ 为种类数, $N$ 为尾数, $W$ 为生物量, $N_i$ 和 $W_i$ 为 $i$ 种的尾数和生物量, $F$ 为出现频率。

## 2 结果

### 2.1 附着生物种类组成

本次调查中,5个年份投礁区域的15块人工鱼礁共鉴定礁体附着生物7大类37种。其中,节肢动物13种、环节动物4种、软体动物13种、扁形动物1种、棘皮动物2种、星虫动物1种、脊索动物3种。从表2可以看出,不同年份投礁区生物种类数有所差异,2010年投礁区最高,鉴定出生物27种;2016年投礁区最低,鉴定出生物14种。

### 2.2 附着生物数量和生物量

从图3可以看出,2010年投礁区礁体附着生物数量显著高于其他年投礁区( $P < 0.05$ );2018年投礁区礁体附着生物数量显著低于其他年投礁区( $P < 0.05$ );2012、2014和2016年投礁区礁体附着生物数量无显著差异( $P > 0.05$ )。从图4可以看出,2018年投礁区礁体附着生物量显著低于其他年投礁区( $P < 0.05$ ),其他年投礁区礁体附着生物量无显著差异( $P > 0.05$ )。

### 2.3 附着生物优势种

本研究采用相对重要性指数(IRI)作为判断优势种的标准,为更清晰地表示优势种的情况,规定 $\text{IRI} > 1000$ 为优势种(表3)。长牡蛎(*Crassostrea gigas*)在各年投礁区中均为优势种,其中,2012、2014和2018年投礁区中长牡蛎是唯一的优势种。疣荔枝螺(*Thais clavigera*)和锯额豆瓷蟹(*Pisidia serratifrons*)、脉红螺(*Rapana venosa*)和鞭腕虾(*Hippolysmata vittata*)分别为2010年和2016年投礁区中除长牡蛎外的优势种,但其IRI与长牡蛎相比,数值较低且相差10倍以上。

### 2.4 不同年份礁体生物种群特征指数

从表4可以看出,生物多样性指数最高值出现在2010年投礁区礁体,显著高于其他年( $P < 0.05$ );最低值出现在2018年投礁区礁体,显著低于其他年( $P < 0.05$ );2012、2014和2016年投礁区礁体附着生物的生物多样性指数无显著差异( $P > 0.05$ )。

2010年投礁区礁体生物的物种均匀度指数最高,显著高于2012年和2018年( $P < 0.05$ ),但与2014年和2016年相比无显著差异( $P > 0.05$ )。2018年投礁区礁体生物的物种均匀度指数最低,显著低于其他投礁区( $P < 0.05$ )。

2010年投礁区礁体生物的物种丰富度指数最高,显著高于其他投礁区( $P < 0.05$ )。2016年投礁区礁体生物的物种丰富度指数最低,显著低于其他投礁区( $P < 0.05$ )。2018年礁区礁体生物的物种丰富度指数显著低于2012年和2014年( $P < 0.05$ )。

## 3 讨论

人工鱼礁会产生饵料效应、流场效应、庇护场效应、环境变化效应、阴影效应和音响效应等多种效应,这些效应在不同程度上有利于鱼群的聚集,导致礁区周围海域生物量的增加(章守宇等,2006,周艳波等,2010,郭彪等,2015)。其中,饵料效应主要表现在附着生物、底栖生物和浮游生物的种类、丰度和生物量

表 2 礁体附着生物种类  
Tab.2 Species of attaching organisms on the artificial reefs

种类 Species	2010 年	2012 年	2014 年	2016 年	2018 年
节肢动物 Arthropoda					
鞭腕虾 <i>H. vittata</i>	√	√	√	√	√
大螯蛄虾 <i>Upogebia major</i>		√			
葛氏长臂虾 <i>Palaemon gravieri</i>	√			√	√
日本鼓虾 <i>Alpheus japonicus</i>	√				
刺螯鼓虾 <i>Alpheus hoplocheles</i>	√	√	√	√	√
锯额豆瓷蟹 <i>P. serratifrons</i>	√		√	√	√
蓝氏三强蟹 <i>Tritodynamia rathbunae</i>		√			
隆线强蟹 <i>Eucrate crenata</i>				√	
日本蛄 <i>Charybdis japonica</i>	√			√	√
绒毛近方蟹 <i>Hemigrapsus penicillatus</i>	√			√	√
特大权蟹 <i>Macromedaeus distinguendus</i>	√	√	√	√	√
寄居蟹 <i>Paguridae</i> sp.	√				
白脊管藤壶 <i>Fistulobalanus albicostatus</i>		√			
环节动物 Annelida					
梳鳃虫 <i>Terebellides stroemii</i>	√	√	√		√
岩虫 <i>Marphysa sanguinea</i>	√	√	√	√	√
有齿背鳞虫 <i>Lepidonotus dentatus</i>	√		√		√
双齿围沙蚕 <i>Nereis succinea</i>	√				
软体动物 Mollusca					
圆蛤 <i>Cycladicama</i> sp.	√		√		√
毛蚶 <i>Anadara kagoshimensis</i>		√	√		√
布氏蚶 <i>Arca boucardi</i>	√	√	√		√
长牡蛎 <i>C. gigas</i>	√	√	√	√	√
密鳞牡蛎 <i>Ostrea denselamellosa</i>			√		
甲虫螺 <i>Cantharus cecillei</i>	√		√		√
丽小笔螺 <i>Mitrella bella</i>	√	√	√	√	√
脉红螺 <i>R. venosa</i>	√	√	√	√	√
疣荔枝螺 <i>T. clavigera</i>	√	√			√
虾夷盘扇贝 <i>Patinopecten yessoensis</i>			√		
菲律宾蛤仔 <i>Ruditapes philippinarum</i>	√				
薄片镜蛤 <i>Dosinia corrugata</i>	√				
纹斑棱蛤 <i>Trapezium liratum</i>			√		
扁形动物 Platyhelminthes					
涡虫 <i>Turbellaria</i> sp.	√				
棘皮动物 Echinodermata					
近辐蛇尾 <i>Ophiactis affinis</i>					√
马粪海胆 <i>Hemicentrotus pulcherrimus</i>		√	√		
星虫动物 Sipuncula					
革囊星虫 <i>Phascolosoma</i> sp.	√		√		√
脊索动物 Chordata					
孔鰕虎鱼 <i>Ctenotrypauchen</i> sp.	√				√
纹缟鰕虎鱼 <i>Tridentiger trigonocephalus</i>	√	√	√	√	√
髯缟鰕虎鱼 <i>Tridentiger barbatus</i>	√	√	√	√	√

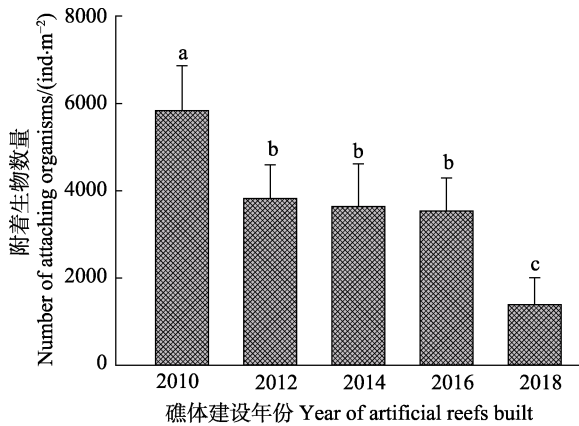


图3 不同建设年份礁体附着生物数量

Fig.3 Number of attaching organisms on the artificial reefs built in different years

不同字母表示不同年份投礁区礁体附着生物数量存在显著差异( $P<0.05$ ), 下同

Different letters indicate significant differences among numbers of attaching organisms on the artificial reefs built in different years ( $P<0.05$ ), the same as below

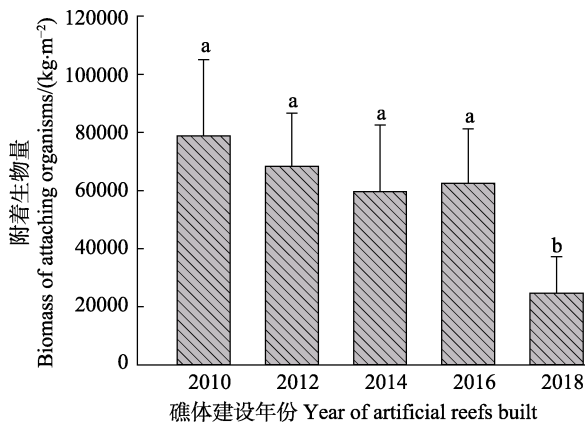


图4 不同建设年份礁体附着生物量

Fig.4 Biomass of attaching organisms on the artificial reefs built in different years

的增加(刘同渝, 2003; 张虎等, 2008; 戴媛媛等, 2018), 而附着生物是饵料效应最主要的因素(刘同渝, 2003)。因此, 附着生物种类的组成、数量变化直接影响人工鱼礁的生态效应(张伟等, 2008)。人工鱼礁附着生物的种类, 尤其是优势种组成受到其所处空间地理位置的影响很大。在山东青岛石雀滩海域, 普通硅酸盐水泥挂板附着生物绝对优势种在7月, 为麦秆虫(*Caprella* sp.), 而在9、11月和次年1月均为褶牡蛎(*Ostrea plicatula*) (王震等, 2019); 在大亚湾海域, 三角藤壶(*Balanus trigonus*) 在4个季节混凝土礁体附着生物中, 始终占据绝对优势地位(张伟等, 2015)。本研究中, 虽然不同年份投礁区礁体附着生物的种类和数量有所差异, 但长牡蛎均占绝对优势。这可能与天津大神堂海域的生物组成特征有关。本研究中, 人工鱼礁区与天津大神堂牡蛎礁国家级海洋特别保护区毗邻, 该区域长牡蛎资源丰富, 是长牡蛎成为绝对优势种的主要因素。

李传燕等(1990)对山东烟台港附着生物进行为期1年的调查发现, 实验挂板从6月开始形成附着生物群落, 经历夏季和冬季群落的生长和演替, 在1年后附着生物种类和数量已接近峰值。本研究中, 2018年投礁区的礁体实际投放时长约为120 d (2018年5月礁体投放), 由于其尚未形成稳定的附着生物群落, 故附着生物数量、重量、生物多样性指数和物种均匀度指数均显著低于其他年份。而2012、2014和2016年投礁区礁体附着生物的数量和重量相比无显著差异, 这说明礁体附着生物在其数量和重量, 尤其是附着生物重量达到一定数值后, 其受到时间序列的影响减弱。林小涛(2001)研究表明, 鱼礁投入海中2年, 藤壶和巨蜗等附着生物增多; 4年后, 由于这几类生物的大量生长繁殖, 导致鱼礁表面凹凸不平, 浮泥淤积, 属于

表3 各年份礁区礁体生物优势种

Tab. 3 Dominant species of attaching organisms on the artificial reefs built in different years

区域 Areas	种类 Species	相对重要性指数 IRI
2010年投礁区礁体 Artificial reefs built in 2010	长牡蛎 <i>C. gigas</i>	13473.89
	疣荔枝螺 <i>T. clavigera</i>	1135.42
	锯额豆瓷蟹 <i>P. serratifrons</i>	1326.24
2012年投礁区礁体 Artificial reefs built in 2012	长牡蛎 <i>C. gigas</i>	16001.30
2014年投礁区礁体 Artificial reefs built in 2014	长牡蛎 <i>C. gigas</i>	15845.07
2016年投礁区礁体 Artificial reefs built in 2016	长牡蛎 <i>C. gigas</i>	15838.89
	脉红螺 <i>R. venosa</i>	1078.59
	鞭腕虾 <i>H. vittata</i>	1373.56

表 4 各年份礁区礁体生物种群特征指数(平均值±标准差)

Tab. 4 Index value of community diversity of attaching organisms on the artificial reefs built in different years (Mean±SD)

区域 Areas	生物多样性指数 $H'$ Shannon-Wiener diversity index	物种均匀度指数 $J$ Pielou evenness index	物种丰富度指数 $D$ Margalef index
2010 年投礁区礁体 Artificial reefs built in 2010	1.962±0.035 <sup>a</sup>	0.644±0.012 <sup>a</sup>	2.307±0.008 <sup>a</sup>
2012 年投礁区礁体 Artificial reefs built in 2012	1.321±0.181 <sup>b</sup>	0.476±0.065 <sup>b</sup>	1.827±0.042 <sup>b</sup>
2014 年投礁区礁体 Artificial reefs built in 2014	1.509±0.118 <sup>b</sup>	0.544±0.043 <sup>ab</sup>	1.830±0.025 <sup>b</sup>
2016 年投礁区礁体 Artificial reefs built in 2014	1.237±0.099 <sup>b</sup>	0.563±0.045 <sup>ab</sup>	0.980±0.015 <sup>c</sup>
2018 年投礁区礁体 Artificial reefs built in 2014	0.711±0.220 <sup>c</sup>	0.324±0.100 <sup>c</sup>	1.115±0.062 <sup>d</sup>

注: 同一列数值上标的不同字母表示经单因素方差分析有显著性差异( $P<0.05$ )

Note: Different letters in the same column indicate significant differences among community diversity values of attaching organisms on the artificial reefs built in different years ( $P<0.05$ )

游在目的环形动物也多起来,这与本研究的结果相类似。2010 年投礁区域礁体附着生物种类和数量均显著高于其他年,但在附着生物重量上无显著差异,增加的生物主要是一些小型的饵料生物。这些研究表明,附着数量和重量达到一定数值后,其受到时间序列的影响减弱,但其生物生态环境仍在缓慢改善,生物多样性逐步增加。

总之,时间序列对人工鱼礁附着生物的影响在投放前期较为明显,当生物量达到一定数值后,其影响明显减弱,但其生物生态环境仍在缓慢改善,生物多样性逐步增加。人工鱼礁附着生物优势种类组成对其所处海域地理位置的影响很大,因此,在人工鱼礁建设过程中,礁区选址和礁型设计必须要充分了解选址海区的生物现状,以便更好地实现其养护生物资源的建设目的。

## 参 考 文 献

Dai YY, Hou CQ, Yang S, *et al.* Community structure of zooplankton in artificial reef area of Tianjin seashore and its relationship with environment factor. *Transactions of Oceanology and Limnology*, 2018(5):163–170 [戴媛媛, 侯纯强, 杨森, 等. 天津海域人工鱼礁区浮游动物群落结构及其与环境因子的相关性研究. 海洋湖沼通报, 2018(5): 163–170]

Gong PH, Li J, Guan CT, *et al.* Estimation and experiment of carbon sequestration by oysters attached to the enhancement artificial reefs in Laizhou Bay, Shandong, China. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2014, 25(10): 3032–3038 [公丕海, 李娇, 关长涛, 等. 莱州湾增殖礁附着牡蛎的固碳量试验与估算. 应用生态学报, 2014, 25(10): 3032–3038]

Guo B, Yu Y, Zhang BL, *et al.* Changes of nekton community

characteristics in artificial reef area, Dashentang, Tianjin. *Marine Fisheries*, 2015, 37(5): 409–418 [郭彪, 于莹, 张博伦, 等. 天津大神堂海域人工鱼礁区游泳动物群落特征变化. 海洋渔业, 2015, 37(5): 409–418]

Kress N, Tom M, Spanier E. The use of coal fly ash in concrete for marine artificial reefs in the southeastern Mediterranean: Compressive strength, sessile biota, and chemical composition. *ICES Journal of Marine Science*, 2002, 59(s1): 231–237

Li CY, Huang ZG, Wang JJ, *et al.* Ecological study of attached organisms in Yantai harbor. *Acta Oceanologica Sinica*, 1990, 12(1): 107–114 [李传燕, 黄宗国, 王建军, 等. 烟台港附着生物生态研究. 海洋学报, 1990, 12(1): 107–114]

Li J, Gong PH, Guan CT, *et al.* Carbon sequestration of additives of artificial reefs and its effect on carbon fixation of *Ostrea plicatula* gmelin. *Progress in Fishery Sciences*, 2016, 37(6): 100–104 [李娇, 公丕海, 关长涛, 等. 人工鱼礁材料添加物碳封存能力及其对褶牡蛎(*Ostrea plicatula*)固碳量的影响. 渔业科学进展, 2016, 37(6): 100–104]

Li ZZ, Gong PH, Guan CT, *et al.* Study on the organisms attachment of artificial reefs constructed with five different cements. *Progress in Fishery Sciences*, 2017, 38(5): 57–63 [李真真, 公丕海, 关长涛, 等. 不同水泥类型混凝土人工鱼礁的生物附着效果. 渔业科学进展, 2017, 38(5): 57–63]

Lin XT. Biology of artificial reefs. *Fisheries Science and Technology*, 2001, 93(3): 42–44 [林小涛. 人工鱼礁的生物学机能. 水产科技, 2001, 93(3): 42–44]

Liu TY. Bait effect of artificial reef (I). *Fisheries Science & Technology*, 2003, 106(4): 37–38 [刘同渝. 人工鱼礁的饵料效应(一). 水产科技, 2003, 106(4): 37–38]

Oyamada K, Tsukidate M, Watanabe K, *et al.* A field test of porous carbonated blocks used as artificial reef in seaweed beds of *Ecklonia cava*. *Journal of Applied Phycology*, 2008, 20(5): 413–418

Wang Z, Gong PH, Guan CT, *et al.* Effect of different artificial reefs on the community structure of organisms in Shique Beach of Qingdao. *Progress in Fishery Sciences*, 2019,

- 40(4): 163–171 [王震, 公丕海, 关长涛,等. 青岛石雀滩海域人工鱼礁材料对附着生物群落结构的影响. 渔业科学进展, 2019, 40(4): 163–171]
- Zhang H, Liu PT, Tang JH, *et al.* Investigation on the macrobenthos of artificial reefs area in the Haizhou gulf. *Marine Fisheries*, 2008, 30(2): 97–104 [张虎, 刘培延, 汤建华, 等. 海州湾人工鱼礁大型底栖生物调查, 海洋渔业, 2008, 30(2): 97–104]
- Zhang SY, Zhang HJ, Jiao JP, *et al.* Change of ecological environment of artificial reef waters in Haizhou Bay. *Journal of Fisheries of China*, 2006, 30(4): 475–480 [章守宇, 张焕君, 焦俊鹏, 等. 海州湾人工鱼礁海域生态环境的变化. 水产学报, 2006, 30(4): 475–480]
- Zhang W, Li CH, Jia XP, *et al.* A review on influential factors of fouling organisms on artificial reef. *South China Fisheries Science*, 2008, 4(1): 64–68 [张伟, 李纯厚, 贾晓平, 等. 人工鱼礁附着生物影响因素研究进展. 南方水产, 2008, 4(1): 64–68]
- Zhang W, Li CH, Jia XP, *et al.* Seasonal variation of biofouling communities on concrete and steel reefs in Daya Bay. *South China Fisheries Science*, 2015, 11(1): 9–17 [张伟, 李纯厚, 贾晓平, 等. 大亚湾混凝土鱼礁和铁质鱼礁附着生物群落结构的季节变化. 南方水产, 2015, 11(1): 9–17]
- Zhou YB, Cai WG, Chen HG, *et al.* The mechanism and research progress on fish attraction technique for artificial reefs. *Marine Fisheries*, 2010, 32(2): 225–230 [周艳波, 蔡文贵, 陈海刚, 等. 人工鱼礁生态诱集技术的机理及研究进展. 海洋渔业, 2010, 32(2): 225–230]

(编辑 陈 严)

## Community Characteristics of Attaching Organisms on the Artificial Reefs Built in Different Years in Dashentang, Tianjin

GUO Biao<sup>①</sup>, CHEN Wei, GAO Yan, ZHANG Bolun,  
WANG Shuo, WANG Yu, ZHANG Xue, ZENG Xiangxi

(Department of Fisheries Resources and Ecologic Environment, Tianjin Bohai Sea Fisheries Research Institute,  
Center for Marine Ranching Engineering Science Research of Tianjin, Tianjin 300457)

**Abstract** To collect reference material for the construction and management of artificial reefs in Dashentang, community characteristics of attaching organisms on the artificial reefs built in different years were evaluated. Three artificial reefs were lifted in September 2018 from reef areas built in 2010, 2012, 2014, 2016, and 2018. The attaching organisms were collected for analysis. The species and number of attaching organisms were different for artificial reefs built in different years. Nonetheless, *Crassostrea gigas* was a dominant species of attaching organism on all artificial reefs, and in some years it was the only dominant species. These results might be related to the biological environment in the area of sea where the artificial reefs were built. The artificial reef area in our study was adjacent to a natural oyster reef area in Tianjin where the resources for *C. gigas* were very rich. This was likely the main factor resulting in *C. gigas* being the absolute dominant species. Because of the short intervals between the time of the survey and when reefs were built, the biological community of attaching organisms had not yet fully formed. Thus, species number, organism number, biomass, Shannon-Wiener diversity index, and Pielou's evenness index for attaching organisms on reefs built in 2018 were significantly lower than those in earlier years. The species number and organism number of the attaching organisms on reefs built in 2010 were significantly higher than those in other years, but no significant difference in biomass was observed between the parameters for attaching organisms on reefs built in 2010, 2012, 2014, and 2016. The results suggested that species of attached organisms on artificial reefs are greatly affected by the environment in which the reefs were built. The effect of time on the attached organisms was more obvious in the early stages after the reefs were built. When the biomass of attached organisms reached a certain value, the effect was significantly reduced. However, its biological environment continued to slowly improve and its biodiversity gradually increased.

**Key words** Artificial reefs; Time series of reefs built; Attaching organisms; Community characteristics

① Corresponding author: GUO Biao, E-mail: oucguobiao@163.com