

山东近岸 3 处人工鱼礁区 VPUE 的分析研究*

唐衍力, 程文志, 孙鹏**, 盛化香, 万荣

(中国海洋大学水产学院, 山东 青岛 266003)

摘要: 基于 2012—2013 年对威海小石岛、威海俚岛、日照前三岛鱼礁区的渔获物调查结果, 采用各物种的 VPUE (The value per unit effort), 确定了 3 处人工鱼礁区和对照区的主要经济物种并对其进行对比分析, 检验了 3 处人工鱼礁区是否可以提高当地渔业收益; 采用非度量多维标度分析方法 (MDS) 分析了 3 处鱼礁区和对照区的 VPUE 结构并进行了差异性分析。研究表明, 在 3 处鱼礁区之间以及鱼礁区和对照区之间的主要经济物种的种类和价值贡献率都具有明显的差异; 3 处鱼礁区的 VPUE 结构在鱼礁区之间具有明显的差异 ($R = 0.414, P = 0.003$), 在季节之间不具有明显的差异 ($R = -0.052, P = 0.637 > 0.05$); 3 处人工鱼礁区都能提高当地渔业收益; 3 处鱼礁区的 VPUE 相对于对照区平均增加了 160.8%, 俚岛、前三岛和小石岛人工鱼礁区的 VPUE 分别增加了 312.7%、98.3% 和 71.3%。

关键词: 人工鱼礁; VPUE; 经济分析; 非度量多维标度分析; 山东近岸

中图分类号: S953.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-5174(2017)03-043-08

DOI: 10.16441/j.cnki.hdxh.20160125

引用格式: 唐衍力, 程文志, 孙鹏, 等. 山东近岸 3 处人工鱼礁区 VPUE 的分析研究[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2017, 47(3): 43-50.

TANG Yan-Li, CHENG Wen-Zhi, SUN Peng, et al. Analysis of value per unit effort of three artificial reefs of Shandong Coast[J]. Periodical of Ocean University of China, 2017, 47(3): 43-50.

人工鱼礁是修复渔业生态环境、改善海洋生物栖息地、养护近海渔业资源的有效措施之一^[1-4]。人工鱼礁投放后, 会引起周围海域的物理环境和生物环境的变化。人工鱼礁产生的饵料效应、流场效应、庇护场效应会在不同程度上有利于鱼群的聚集, 增加礁区渔业资源量^[5]。因此, 人工鱼礁建设有利于提高渔民的捕捞作业效率和捕捞产值, 进而对当地渔业生产带来积极的经济影响^[6]。

Buchanan^[7] 针对人工鱼礁对附近区域造成的经济影响进行了研究, 随后在美国和其他国家都对人工鱼礁产生的经济影响, 进行了更深入的研究^[8-11]。利用实地观测、采访、调查等收集数据进行分析, 是对人工鱼礁经济影响评价的传统研究方法, 但此种方法具有很大的主观性^[12]。Whitmarsh^[6] 对葡萄牙南部人工鱼礁进行经济影响分析时, 首次应用了 VPUE (Value per unit effort) 指标对人工鱼礁区的渔获物进行了价值分析, 使用实验调查数据客观地证明了人工鱼礁具有提高当地渔业收入的能力, 并且认为 VPUE 可以作为衡量人工鱼礁经济影响的指标。VPUE 是一种根据 CPUE 和渔获物价值计算得来的用于分析渔获物产值的指标, 主要应用于渔民捕捞策略研究以及海洋生物

经济模型建立等方面^[13-16]。

随着我国人工鱼礁建设日益增多, 国内学者对于人工鱼礁的研究主要集中于水动力数值模拟^[17-18]、生物资源评估^[19-20]、生态效果健康评价^[21-22] 等方面, 而关于人工鱼礁对于当地产生的经济影响未见报道。本文以 2012—2013 年对威海小石岛、威海俚岛和日照前三岛鱼礁区的渔获物调查数据为依据, 利用 VPUE 指标对 3 处礁区产生的经济影响进行分析评价, 以期在今后其他人工鱼礁的经济影响评价提供实践依据。

1 材料和方法

1.1 调查地点

3 处调查的人工鱼礁区分别为日照前三岛鱼礁区 (ARQ)、威海小石岛鱼礁区 (ARX)、威海俚岛鱼礁区 (ARL), 调查地点位置见图 1。前三岛鱼礁区水深 18~24 m, 地质平坦, 由沙砾和细沙组成, 部分区域以细沙、岩礁为主; 该人工鱼礁始建于 2005 年, 礁区面积达 200 hm², 礁体主要为混凝土构件礁和沉船礁, 礁体体积约为 77 万空 m³。小石岛鱼礁区水深 5~15 m, 无陆源污染, 海底平坦, 以泥沙底质为主, 海流适中; 小石岛礁区面积为 97.04 hm², 礁体主要为混凝土构件礁和

* 基金项目: 海洋公益性专项(201305030); 公益性行业(农业)科技专项(201203018)资助

Supported by Marine Public Welfare Industry(201305030); the Special Public Welfare Industry(Agriculture Research(201203018))

收稿日期: 2016-04-13; 修订日期: 2016-08-06

作者简介: 唐衍力(1965-), 男, 教授, 主要从事人工鱼礁与海洋牧场、选择性渔具渔法方面研究。E-mail: tangyanli@ouc.edu.cn

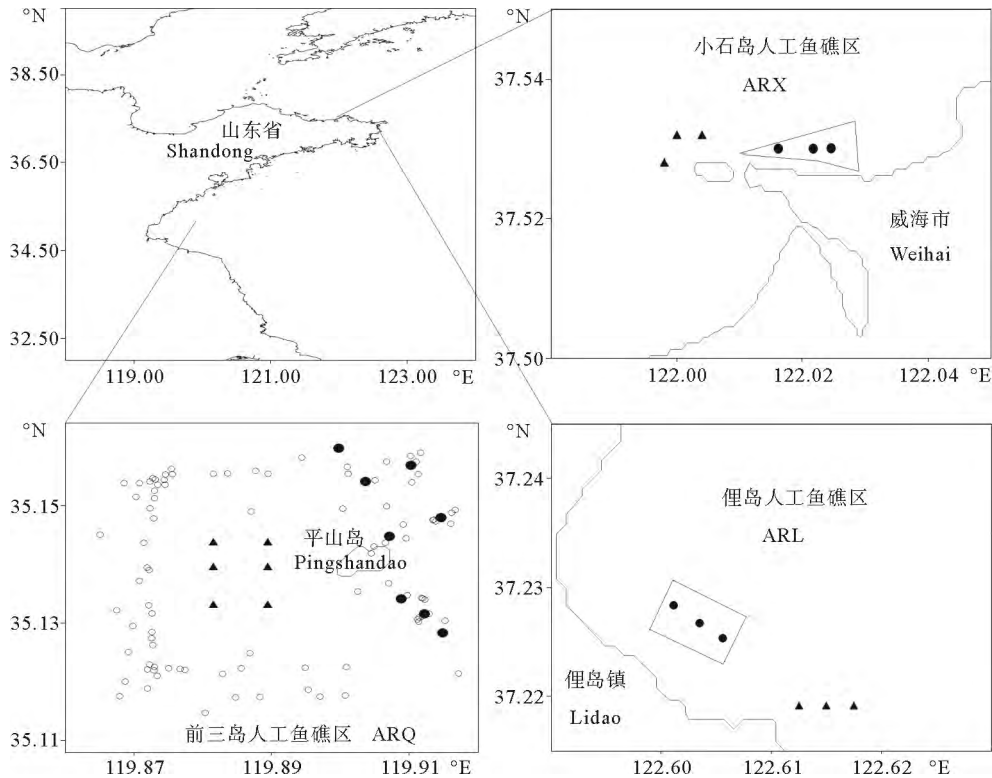
** 通讯作者: E-mail: sunpeng@ouc.edu.cn

石块礁,礁体体积约为 40 万空 m^3 。俚岛鱼礁区水深 6~12 m,地质平坦,底质为硬质底,海流适中。该礁区面积 96.22 hm^2 ;礁体主要为混凝土构件礁和石块礁,礁体体积约为 30 万空 m^3 。

1.2 调查时间和站位

2012 年 9 月—2013 年 8 月,分春、夏、秋、冬 4 个季

度分别对 3 处鱼礁区及其相应的对照区(未投放人工鱼礁区域)进行了渔获物调查。小石岛鱼礁区和俚岛鱼礁区均设置调查站位 6 个,对照区分别设置调查站位 3 个;前三岛鱼礁区设置调查站位 8 个,在对照区设置调查站位 6 个(见图 1)。其中对照区设置在与鱼礁区环境因素相似且距离鱼礁区边缘 800 m 以上的海域^[23]。



(“●”表示鱼礁区采样点;“▲”表示对照区采样点;“。”前三岛人工鱼礁投放点。“●”stand for the sampling sites in artificial reef areas; “▲”stand for the sampling sites in control areas; “。” represents the Artificial reef release point in Artificial reefs of Qiansandao)

图 1 人工鱼礁区位置与调查站位

Fig. 1 Sketch map of the survey station and artificial reef areas

1.3 调查网具和渔获物处理

调查网具为三重刺网,网全长 28 m,高 3 m。其外网和内网的网目尺寸分别为 10、4.2 cm,缩结系数分别为 0.56 和 0.44;每个站点每次放置 1 张网。为防止礁体刮到刺网,在刺网底部增加 0.5 m 长的绳索,末端捆绑石块,放置时通过调整浮子,使绳索保持直立,使刺网底纲距离海底 0.5 m。网具在调查海域内放置 24 h 后,收集全部渔获物并且带回实验室进行种类鉴定,测量体长、体重。其中各种渔获物的价格由市场调查得知^[6]。

1.4 数据处理

计算出每一种渔获物的单位努力捕捞量(CPUE),规定每一种渔获物的单位捕捞努力量渔获量为刺网在 24 h 捕获的此种渔获物的重量。然后根据以下公式计算出 VPUE^[6]。

$$V_i = C_i \times P_i; \quad (1)$$

$$V = \sum_{i=1}^S V_i. \quad (2)$$

式中: S 表示每网渔获物的总种类数; C_i 表示每种渔获物的单位捕捞努力量,单位是 $kg/(网 \cdot d)$; P_i 表示相对应渔获物种类的价格,单位是元/kg; V_i 表示每种渔获物的 VPUE,其单位是元/(网·d)。表示的是总的渔获物的 VPUE, V_1, V_2, \dots, V_3 组成了总的渔获物 VPUE 的结构。

综合分析 3 处人工鱼礁区的 4 个季节调查的每种渔获物的 VPUE 数据,分别计算出每种渔获物全年总的 VPUE,根据全年所有的渔获物种类的 VPUE,计算出每种渔获物的价值累积贡献度,根据物种的价值累积贡献度的大小确定该地点的主要经济物种。对各个鱼礁区和对照区的 VPUE 进行成对 t 检验。分别计算每次调查的鱼礁区和对照区 VPUE 之间的差值,对差值按照不同季节和不同地点分别进行单因素方差分析(ANOVA)。成对 t 检验和单因素方差分析都采用 SPSS19.0 软件完成。

表 1 3 处人工鱼礁区的每种渔获物的 VPUE 累积贡献度结果
Table 1 the cumulative percentage of VPUE
for each species in the threereef area

地点 Location	物种 Species	贡献比 ^① /%	累积贡献 比 ^② /%
小石岛 ARX	马粪海胆 ^③	22.55	22.55
	蓝点马鲛 ^④	15.35	37.90
	许氏平鲈 ^⑤	11.57	49.47
	黑鲷 ^⑥	8.61	58.08
	星鲈 ^⑦	8.13	66.21
	日本鳎 ^⑧	6.07	72.28
	花鲈 ^⑨	3.83	76.11
	大泷六线鱼 ^⑩	3.68	79.79
	口虾蛄 ^⑪	3.54	83.33
	长蛇鲻 ^⑫	2.95	86.28
	斑鲹 ^⑬	1.74	88.03
	斑头鱼 ^⑭	1.50	89.53
	锦鲷 ^⑮	1.35	90.88
俚岛 ARL	许氏平鲈 ^⑯	64.03	64.03
	斑头鱼 ^⑰	10.50	74.53
	大泷六线鱼 ^⑱	4.60	79.13
	马粪海胆 ^⑲	3.60	82.73
	高眼鲷 ^⑳	3.18	85.92
	仿刺参 ^㉑	2.48	88.40
前三岛 ARQ	黑鲷 ^㉒	2.21	90.60
	大泷六线鱼 ^㉓	47.87	47.87
	日本鳎 ^㉔	26.08	73.96
	白姑鱼 ^㉕	4.38	78.34
	绿鳍马面鲀 ^㉖	3.85	82.19
	铠平鲈 ^㉗	2.87	85.06
	金乌贼 ^㉘	2.67	87.73
桂皮斑鲆 ^㉙	2.44	90.18	

注: VPUE 贡献度大于 10% 的物种为主要经济物种。

Note: The specie which percentage of VPUE contributed to more than 10% of total VPUE was the primarily commercial specie.

① Contribution percentage; ② Cumulative percentage; ③ *Hemicentrotus pulcherrimus*; ④ *Scomberomorus niphonius*; ⑤ *Sebastods schlegelii*; ⑥ *Sparus macrocephalus*; ⑦ *Verasper variegatus*; ⑧ *Charybdis japonica*; ⑨ *Lateolabrax maculatus*; ⑩ *Hexagrammos otaki*; ⑪ *Squilla orarotia*; ⑫ *Saurida elongata*; ⑬ *Konosirus punctatus*; ⑭ *Agrammus agrammus*; ⑮ *Pholis gunnellus*; ⑯ *Sebastods schlegelii*; ⑰ *Agrammus agrammus*; ⑱ *Hexagrammos otakii*; ⑲ *Hemicentrotus pulcherrimus*; ⑳ *Cleisthenes herzensteini*; ㉑ *Apostichopus japonicus*; ㉒ *Sparus macrocephalus*; ㉓ *Hexagrammos otakii*; ㉔ *Charybdis japonica*; ㉕ *Argyrosomus argentatus*; ㉖ *Thamnaconus modestus*; ㉗ *Sebastes hubbsi*; ㉘ *Sepia esculenta*; ㉙ *Pseudorhombus cinnamomeus*

将 3 处人工鱼礁区的 4 个季节调查的每种渔获物 VPUE, 转化为 Bray Curtis 相似性矩阵, 平方根转化后用非计量多维标度分析方法^[24] (MDS) 分析人工鱼礁区之间以及鱼礁区和对照区渔获物 VPUE 的结构差异, 并利用单向相似性分析成对检验 (ANOSIM Pairwise Tests) 和单向相似性分析检验 (ANOSIM) 分析鱼礁区和对照区之间的渔获物 VPUE 结构的差异以及鱼礁区之间渔获物 VPUE 结构的差异。利用 MDS 分析呈现的气泡图得出主要经济物种在不同鱼礁区的 VPUE 分布情况。以上分析通过 PRIMER 6.0^[25] 软件完成。

2 结果

2.1 3 处人工鱼礁区的主要经济物种

威海小石岛鱼礁区、威海俚岛鱼礁区、日照前三岛鱼礁区 3 处鱼礁区共调查到渔获物 54 种, 其中, 鱼类 34 种、虾蟹类 13 种、头足类 3 种、棘皮类 4 种; 而在相应对照区共调查到渔获物 40 种, 其中, 鱼类 24 种、虾蟹类 10 种、头足类 3 种、棘皮类 3 种。小石岛鱼礁区、俚岛鱼礁区、前三岛鱼礁区分别调查到渔获物 23 种、23 种、34 种, 在其对照区分别调查到 20 种、20 种、17 种。由此可以得出 3 处鱼礁区的渔获种类数都明显地多于对照区。由表 1 得知, 上述 3 个鱼礁区中, 其中渔获物 VPUE 累积贡献度达到 90% 以上的渔获物种类分别为 13 种、7 种、7 种。由表 2 可以看出, 3 处对照区中, VPUE 累积贡献度达到 90% 以上的渔获物种类分别为 8 种、9 种、3 种, 3 处鱼礁区和对照区都出现的 VPUE 累积贡献度达到 90% 以上渔获物只有大泷六线鱼 (*Hexagrammos otakii*)。

在小石岛鱼礁区的主要经济物种为马粪海胆 (*Hemicentrotus pulcherrimus*)、蓝点马鲛 (*Scomberomorus niphonius*) 和许氏平鲈 (*Sebastods schlegelii*) (见表 1, 图 2), 其价值贡献率分别为 22.55%、15.35%、11.57%。在小石岛对照区的主要经济物种共 3 种, 分别为斑鲹 (*Konosirus punctatus*)、许氏平鲈和大泷六线鱼其价值贡献度分别为 32.48%、20.26%、12.51% (见表 2)。在俚岛鱼礁区的主要经济物种为许氏平鲈和斑头鱼 (*Agrammus agrammus*) (见表 1, 图 2), 其价值贡献率分别为 64.03%、10.5%。俚岛对照区主要经济物种只有许氏平鲈, 其价值贡献度为 63.22% (见表 2)。前三岛鱼礁区和对照区的主要经济物种都为大泷六线鱼和日本鳎 (*Charybdis japonica*) (见表 1, 表 2, 图 2), 但是他们在鱼礁区和对照区其所占的价值贡献率具有显著的不同, 在鱼礁区大泷六线鱼和日本鳎其价值贡献度分别为 47.87%、26.08%, 而在对照区价值贡献率则分别为 38.45%、45.28%。由表 1 和 2 可以得出, 3 处鱼礁区和对照区的主要经济物

种类和数量具有显著的不同,在鱼礁区和对照区中相同经济物种其所占的价值贡献率也发生了显著的变化。

表2 3处对照区的渔获物的VPUE累积贡献度结果
Table 2 The cumulative percentage of VPUE for each species in the three control area

地点 Location	物种 Species	贡献比 ^① /%	累积贡献比 ^② /%
小石岛 ARX	斑鯨 ^③	32.48	32.48
	许氏平鲉 ^④	20.26	52.74
	大泷六线鱼 ^⑤	12.51	65.25
	口虾蛄 ^⑥	7.33	72.58
	马粪海胆 ^⑦	6.37	78.95
	多棘海盘车 ^⑧	6.28	85.23
	黑鲷 ^⑨	3.91	89.15
	海燕 ^⑩	3.87	93.01
俚岛 ARL	许氏平鲉 ^⑪	63.22	63.22
	仿刺参 ^⑫	7.34	70.56
	桂皮斑鲆 ^⑬	4.77	75.33
	口虾蛄 ^⑭	3.20	78.52
	高眼鲷 ^⑮	3.16	81.69
	花鲈 ^⑯	3.10	84.79
	大泷六线鱼 ^⑰	2.57	87.36
前三岛 ARQ	日本鲷 ^⑱	45.28	45.28
	大泷六线鱼 ^⑲	38.45	83.73
	铠平鲉 ^⑳	6.87	90.60

注:VPUE贡献度大于10%的物种为主要经济物种。

Note: The specie which percentage of VPUE contributed to more than 10% of total VPUE was the primarily commercial specie.

①Contribution percentage;②Cumulative percentage;③*Konosirus punctatus*;④*Sebastods schlegelii*;⑤*Hexagrammos otakii*;⑥*Squilla orarotia*;⑦*Hemicentrotus pulcherrimus*;⑧*Asterias amurensis*;⑨*Sparus macrocephalus*;⑩*Asterina pectini fera*;⑪*Sebastods schlegelii*;⑫*Apostichopus japonicus*;⑬*Pseudorhombus cinnamomeus*;⑭*Squilla orarotia*;⑮*Cleisthenes herzensteini*;⑯*Lateolabrax japonicus*;⑰*Hexagrammos otakii*;⑱*Scomber japonicus*;⑲*Asterias amurensis*;⑲*Charybdis japonica*;⑲*Hexagrammos otakii*;⑲*Sebastes hubbsi*

2.2.3 处人工鱼礁区的VPUE结构

单向相似性分析结果表明,小石岛鱼礁区和对照区的VPUE结构不具有明显的差异(见表3, $P=0.6 >$

0.05);而俚岛和前三岛鱼礁区和对照区的VPUE结构具有明显的差异($P < 0.05$)。3处鱼礁区的VPUE结构在礁区之间具有明显的差异($R=0.414, P=0.003$),而在季节间则不具有明显的差异($R=-0.052, P=0.637 > 0.05$)。由表4单向相似性分析成对检验可以看出,前三岛鱼礁区和俚岛鱼礁区的VPUE结构具有明显的差异($P < 0.05$)。小石岛和前三岛、小石岛和俚岛鱼礁区之间的VPUE结构则都不具有明显的差异($P > 0.05$)。如图3所示,图中4个相同标记的点分别代表每一个人工鱼礁区春、夏、秋、冬4个季节的经济渔获物的VPUE结构,4个点之间的差异越大,相互之间的距离也就越大,故图中阴影的面积在一定程度上可以表示为相同人工鱼礁区4个季节VPUE结构的差异。故可以看出3处人工鱼礁区VPUE结构受季节变化的影响程度具有差异性,按照受季节变化影响程度从小到大的顺序依次为:俚岛鱼礁区、前三岛鱼礁区、小石岛鱼礁区。

表3 对人工鱼礁和对照区之间的VPUE结构单向相似性分析成对检验

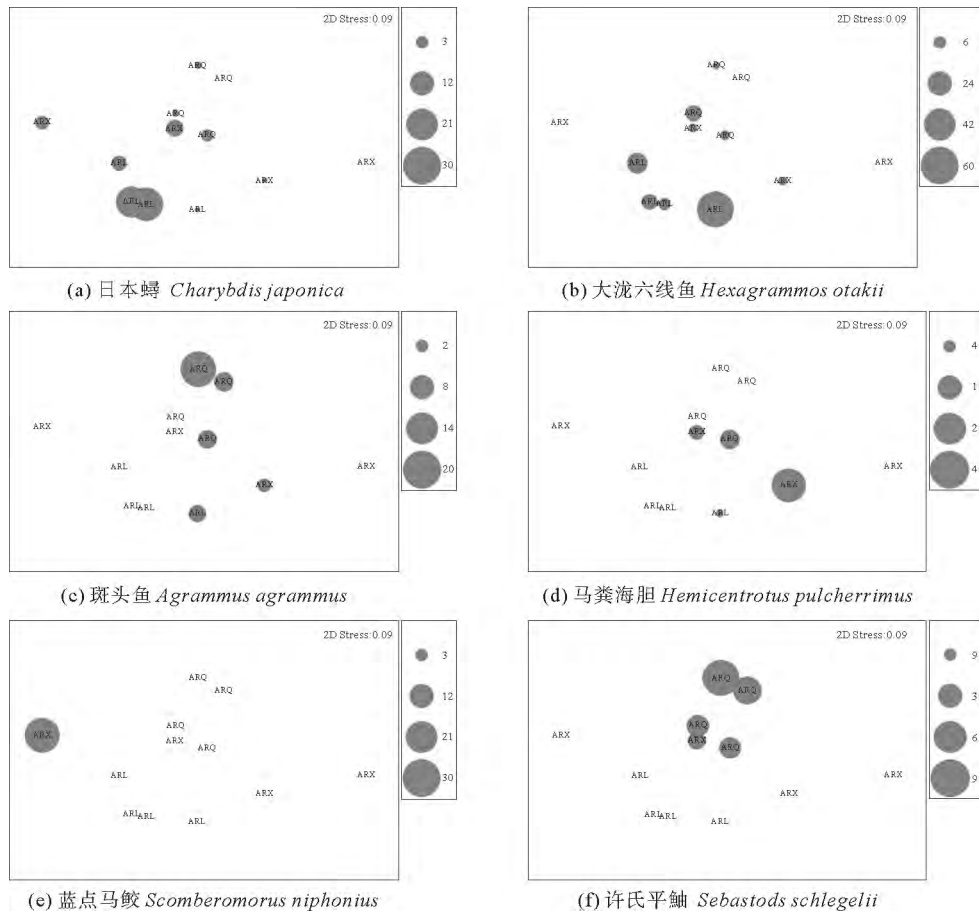
Table 3 The ANOSIM Pairwise Test to the composition of VPUE between reef area and control area

地点 Location	统计样本 Samples statistic	显著性水平 Significance level
小石岛鱼礁区 ARX	-0.083	0.600
鱼礁区 & 对照区 Reef area & Control area		
俚岛鱼礁区 ARL	0.484	0.029
前三岛鱼礁区 ARQ	0.646	0.029

表4 对人工鱼礁区之间的VPUE结构单向相似性分析成对检验

Table 4 The ANOSIM Pairwise Test to the composition of VPUE between two locations

鱼礁区 Reef area	统计样本 Samples statistic	显著性水平 Significance level
小石岛鱼礁区 ARX & 前三岛鱼礁区 ARQ	0.188	0.114
小石岛鱼礁区 ARX & 俚岛鱼礁区 ARL	0.313	0.086
前三岛鱼礁区 ARQ & 俚岛鱼礁区 ARL	0.802	0.029



(图中的数字表示相应物种的 VPUE (元 · net⁻¹ · d⁻¹)。Figures in the diagram represent the corresponding species VPUE (Yuan · net⁻¹ · d⁻¹.)

图 2 主要经济物种的 VPUE 气泡分布图

Fig. 2 The bubble plots of the VPUE about the primarily commercial species

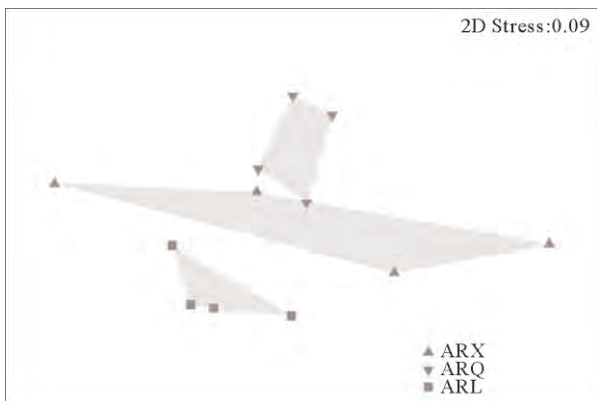


图 3 3 处人工鱼礁区的 VPUE 结构受季节的影响程度大小

Fig. 3 The degree of effect by season on the composition of VPUE in three sites

2.3 3 处人工鱼礁区提高渔业收益的效果

经过配对样本 t 检验分析表明, 3 处鱼礁区和对照区的 VPUE 具有显著性差异 (P < 0.05)。由图 4 得知,

3 处鱼礁区的 VPUE 都明显高于对照区的 VPUE, 故 3 处鱼礁区都能提高渔业收益。经过单因素方差分析表明鱼礁区 VPUE 相对于对照区的增加值在不同的地方会有明显的差异 (P < 0.05, 而在不同的季节差异不显著 (P > 0.05))。即 3 处鱼礁区在提高渔业收益的效果在礁区间具有明显的差异性, 在季节上差异性不明显。而由图 5 可以看出, 前三岛鱼礁区秋冬两季增加的 VPUE 较多, 俚岛鱼礁区春、秋和冬季增加的 VPUE 较多, 小石岛鱼礁区春秋两季增加的 VPUE 较多, 由全年的结果来看, 鱼礁区相对于对照区 VPUE 增加值 4 个季节累积结果按照从高到底的顺序为: 俚岛鱼礁区、前三岛鱼礁区、小石岛鱼礁区。其中鱼礁区相对于对照区 VPUE 增加的倍数, 3 处鱼礁区平均增加了 160.8%, 俚岛鱼礁区 VPUE 增加了 312.7%, 前三岛鱼礁区和小石岛鱼礁区 VPUE 分别增加了 98.3% 和 71.3%, 故可知 3 个鱼礁区在提高渔业收益效果按从大到小的顺序依次为: 俚岛鱼礁区、前三岛鱼礁区、小石岛鱼礁区。

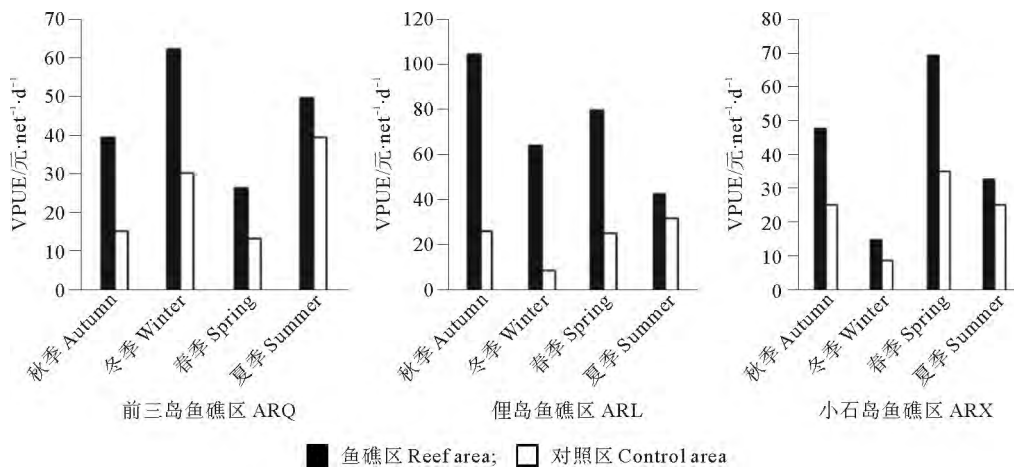


图 4 3 处人工鱼礁区在不同季节人工鱼礁区和对照区的 VPUE 结果
 Fig. 4 The VPUE of artificial reefs and control sites for different seasons in three sites

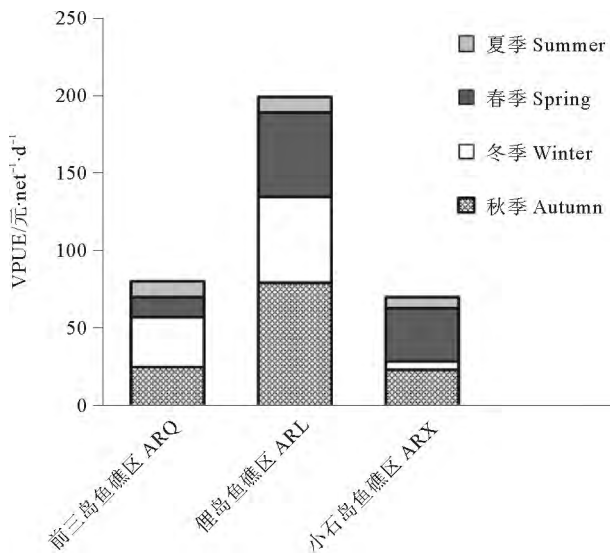


图 5 人工鱼礁区相对于对照区 VPUE 增加值 4 个季节累积结果
 Fig. 5 the seasonal cumulative results of increased VPUE between reef area and control area

3 讨论

本文调查结果表明,小石岛、俚岛、前三岛鱼礁区的渔获种类数都明显地多于对照区,表明投放人工鱼礁对渔业生物资源的诱集和恢复具有积极影响,使附近海域鱼类种群丰富和多元化。这也与日照前三岛鱼礁区、浙江三横山鱼礁区、威海俚岛鱼礁区的资源调查结果一致^[19-20,22]。在礁区调查到的 54 种渔获物中,主要经济物种为大泷六线鱼、日本鳎、斑头鱼、马粪海胆、蓝点马鲛和许氏平鲉。除了蓝点马鲛为中上层远洄游性物种外^[26],其他 5 种都是近底层非洄游性物种^[27]。由于蓝点马鲛只出现在小石岛鱼礁区,可能是渤海中的蓝点马鲛种群洄游经过该鱼礁区,被鱼礁区

环境吸引而滞留于此。大泷六线鱼、斑头鱼和许氏平鲉都是岩礁性鱼类,而日本鳎和马粪海胆也都是主要生活在浅海海底的岩礁、砾石中^[28]。这说明人工鱼礁的投放已经改变了海域生物栖息环境,造成了适宜在岩礁类环境生存的物种的大量增殖。3 处鱼礁区和对照区的主要经济物种、价值贡献比以及 VPUE 结构都具有显著的差异,原因也可能是由于人工鱼礁的投放导致了海域生物栖息地环境发生了改变,致使上述诸多指标在鱼礁区和对照区具有显著的差异。

小石岛、俚岛、前三岛鱼礁区 3 处鱼礁区的主要经济物种以及其价值贡献率在礁区间具有明显的差异,这可能是 3 处鱼礁区地理位置的不同、投放人工鱼礁海域原有的本地种的差异以及礁区面积不同造成的。由于 3 处鱼礁区分布在山东省的不同位置,且离岸距离也具有明显的不同,故水文条件以及气候条件具有一定的差异。而人工鱼礁具有明显的聚鱼作用并且主要聚集的是本地种,由于水文条件以及气候条件的差异,3 处鱼礁区适合其生长的当地物种类型也会有显著的不同,这样便致使 3 处鱼礁区的主要经济物种以及其价值贡献率在地点上具有明显的差异。另外,前三岛鱼礁区面积达 200 hm²,而小石岛鱼礁区和俚岛鱼礁区的面积则分别为 97.04 和 96.22 hm²,且 3 处鱼礁区礁体空方体积分别为 77、40、30 万空 m³,3 处鱼礁区面积和礁体空方体积具有明显的差异,这同样可能是 3 处人工鱼礁主要经济物种以及其价值贡献率具有明显不同的原因。

人工鱼礁的渔获物的 VPUE 结构可以在某种程度上反映出渔获物主要经济物种和非经济物种 VPUE 所占的比例。VPUE 结构发生变化,则说明主要经济物种 VPUE 占总 VPUE 的比例发生了变化。由文中可以得出,地点是影响 VPUE 结构主要因素之一,可能是

在不同的地点,海流、水温、水深以及岩礁类型都具有差异,礁区的生物物种数量和种类都不相同,造成了单个物种 VPUE 以及其在总 VPUE 比例也会不同。其次,季节对于 VPUE 的结构影响程度也具有差异性,鱼礁区的纬度越高,其 VPUE 结构受季节的影响程度越大。这可能是随着纬度的增加,鱼礁区的气候季节间差异会越明显,其水文季节性差异也就越明显,水文季节差异越明显便会导致鱼礁区不同物种的 VPUE 及其占总 VPUE 的比例发生的变化越明显,进而对 VPUE 结构的影响也就越大。另外,本文在分析 3 处鱼礁区之间 VPUE 结构的差异时,并没有考虑到 3 处鱼礁区礁区规模和礁体空方体积具有差异,礁区规模和礁体空方体积是否能够影响到礁区 VPUE 结构,这需要以后更进一步的深入研究和分析。

研究表明,小石岛、俚岛、前三岛鱼礁区 3 处鱼礁区都能有效提高当地的渔业收益。Whitmarsh^[6]对葡萄牙南部人工鱼礁的分析以及 Kasim^[29]对印度南部人工鱼礁进行的经济影响分析研究结果也证明了这一点:人工鱼礁可以改变生物栖息地的环境,使与鱼礁区环境相适应的经济鱼种大量聚集和增殖,从而提高渔民的捕捞作业效率和捕捞产值。另一方面,Islam^[28]对于马来西亚人工鱼礁的经济影响分析表明,由于过度捕捞以及对人工鱼礁区管理失当,人工鱼礁区和对照海域相比并不能明显地提高渔民的收入。想要人工鱼礁持续地对当地渔业收益产生良好的影响,就要对人工鱼礁区进行合理有效的管理。而 3 处鱼礁区主要经济物种的种类和产值、VPUE 结构、VPUE 结构受季节影响的程度都具有差异,故其管理应因地制宜。俚岛鱼礁区和前三岛鱼礁区提高渔业收入效果较好、渔获产值总量较高且受季节影响较小,又这两个鱼礁区的主要经济鱼种大龙六线鱼、许氏平鲷以及斑头鱼都是岩礁性鱼类^[29],宜适手钓,故可以优先发展游钓业。而小石岛鱼礁区提高渔业收入效果很好以及主要经济物种较多,但是渔获产值总量较低且受季节影响较大,故此鱼礁区不宜发展传统捕捞业,由于离威海市区较近,可以优先发展旅游业和潜水业。

参考文献:

- [1] Baine M. Artificial reefs: a review of their design, application, management and performance[J]. *Ocean & Coastal Management-Coast*, 2001, 44(3): 241-259.
- [2] Svane I B, Petersen J K. On the problems of epibioses, fouling and artificial reefs, a review[J]. *Marine Ecology*, 2001, 22(3): 169-188.
- [3] Santos M N, Monteiro C C. The Olhao artificial reef system (south Portugal): fish assemblages and fishing yield[J]. *Fisheries Research*, 1997, 30(1): 33-41.
- [4] Thanner S E, McIntosh T L, Blair S M. Development of benthic and fish assemblages on artificial reef materials compared to adjacent natural reef assemblages in Miami-Dade County, Florida[J]. *Bulletin of Marine Science*, 2006, 78(1): 57-70.
- [5] 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[J]. *海洋渔业*, 2010, 32(2): 225-229.
Zhong Y B, Cai W G, Chen H G, et al. The mechanism and research progress on fish attraction technique for artificial reefs[J]. *Marine Fisheries*, 2010, 32(2): 225-229.
- [6] Whitmarsh D, Santos M N, Ramos J, et al. Marine habitat modification through artificial reefs off the Algarve (southern Portugal): Aneconomic analysis of the fisheries and the prospects for management[J]. *Ocean & Coastal Management*, 2008, 51(6): 463-468.
- [7] Buchanan C C. Effects of an artificial habitat on the marine sport fishery and economy of Murrells Inlet, South Carolina[J]. *Mar. Fish. Rev.*, 1973, 35(9): 15-22.
- [8] Milon J W. Economic evaluation of artificial habitat for fisheries: progress and challenges[J]. *Bulletin of Marine Science*, 1989, 44(2): 831-843.
- [9] Deuell R L, Lillesand T M. An aerial photographic procedure for estimating recreational boating use on inland lakes[J]. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1982, 48(11): 1713-1717.
- [10] Spurgeon J. The socio-economic costs and benefits of coastal habitat rehabilitation and creation[J]. *Marine Pollution Bulletin*, 1999, 37(8): 373-382.
- [11] Sutton S G, Bushnell S L. Socio-economic aspects of artificial reefs: Considerations for the Great Barrier Reef Marine Park[J]. *Ocean & Coastal Management*, 2007, 50(10): 829-846.
- [12] Willia S J. Artificial Reef Evaluation with Application to Natural Marine Habitats[M]. New York: CRC Press, 2000.
- [13] Marchal P, Poos J J, Quirijns F. Linkage between fishers' foraging, market and fish stocks density: Examples from some North Sea fisheries[J]. *Fisheries Research*, 2007, 83(1): 33-43.
- [14] van Oostenbrugge H J A E, Powell J P, Smit J P G, et al. Linking catchability and fisher behaviour under effort management[J]. *Aquatic Living Resources*, 2008, 21(3): 265-273.
- [15] Maynou F, Recasens L, Lombarte A. Fishing tactics dynamics of a Mediterranean small-scale coastal fishery[J]. *Aquatic Living Resources*, 2011, 24(2): 149-159.
- [16] Wang J, Barkan J, Fisler S, et al. Developing ultraviolet illumination of gillnets as a method to reduce sea turtle bycatch[J]. *Biology Letters*, 2013, 9(5): 20130383.
- [17] 李珺,章守宇.米字型人工鱼礁流场数值模拟与水槽实验的比较[J]. *水产学报*, 2010, 34(10): 1587-1594.
Li J, Zhang S Y. The comparison between numerical simulation and water channel experiment on an Mi-Zi artificialreef[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2010, 34(10): 1587-1594.
- [18] 唐衍力.人工鱼礁水动力的实验研究与流场的数值模拟[D].青岛:中国海洋大学,2013.
Tang Y L. Hydrodynamics Experiment of Artificial Reefs and Numerical Simulation of Flow Field[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2013.
- [19] 董天威,黄六一,唐衍力,等.日照前三岛人工鱼礁对渔业资源影响的初步评价[J]. *中国海洋大学学报(自然科学版)*, 2015, 45

- (8): 38-45.
- Dong T W, Huang L Y, Tang Y L, et al. Preliminary evaluation of artificial reef around Rizhao Qiansan island on the enhancement of fishery resources [J]. Periodical of Ocean University of China, 2015, 45(8): 38-45.
- [20] 汪振华, 章守宇, 王凯, 等. 三横山人工鱼礁区鱼类和大型无脊椎动物诱集效果初探[J]. 水产学报, 2010, 34(5): 751-759.
- Wang Z H, Zhang S Y, Wang K, et al. A preliminary study on fish and macroinvertebrate enhancement in artificial reef area around Sanheng Isle, Shengsi, China [J]. Journal of Fisheries of China, 2010, 34(5): 751-759.
- [21] 孙利元. 山东省人工鱼礁建设效果评价[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2010.
- Sun L Y. Evaluation of Artificial Reef Construction in Shandong Province [D]. Qingdao: Ocean University of China, 2010.
- [22] 吴忠鑫, 张秀梅, 张磊, 等. 基于 Ecopath 模型的荣成俚岛人工鱼礁区生态系统结构和功能评价[J]. 应用生态学报, 2012, 23(10): 2878-2886.
- Wu Z X, Zhang X M, Zhang L, et al. Structure and function of Lidao artificial reef ecosystem in Rongcheng of Shandong Province, East China: An evaluation based on Ecopath model [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2012, 23(10): 2878-2886.
- [23] 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[J]. 水产学报, 2006, 30(4): 475-480.
- Zhang S Y, Zhang H J, Jiao J P, et al. Change of ecological environment of artificial reef waters in Haizhou Bay [J]. Journal of Fisheries of China, 2006, 30(4): 475-480.
- [24] Cox T F, Ferry G. Discriminant analysis using non-metric multidimensional scaling [J]. Pattern Recognition, 1993, 26(1): 145-153.
- [25] Anderson M, Gorley R N, Clarke R K. Permanova+ for Primer: Guide to Software and Statistical Methods [M]. UK: Plymouth, 2008.
- [26] 邱盛尧, 叶懋中. 黄渤海蓝点马鲛当年幼鱼的生长特性[J]. 水产学报, 1993, 17(1): 14-23.
- Qiu S Y, Ye M Z. The characteristics of growth for Spanish mackerel under yearling in the Yellow Sea and Bohai Sea [J]. Journal of Fisheries of China, 1993, 17(1): 14-23.
- [27] 孟庆闻, 缪学祖, 俞泰济, 等. 鱼类学 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1989.
- Meng Q W, Miu X Z, Yu T J, et al. Ichthyology [M]. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Publishers, 1989.
- [28] Islam G M N, Noh K M, Sidique S F, et al. Economic impact of artificial reefs: A case study of small scale fishers in Terengganu, Peninsular Malaysia [J]. Fisheries Research, 2014, 151(3): 122-129.
- [29] Kasim H M, Rao G S, Rajagopalan M, et al. Economic performance of artificial reefs deployed along Tamil Nadu coast, South India [J]. Indian Journal of Fisheries, 2013, 60(1): 1-8.

Analysis of Value Per Unit Effort of Three Artificial Reefs of Shandong Coast

TANG Yan-Li, CHENG Wen-Zhi, SUN Peng, SHENG Hua-Xiang, WAN Rong
(College of Fisheries, Ocean University of China, Qingdao 266003, China)

Abstract: The fixed gill net survey was carried out in three artificial reefs and corresponded control areas respectively off Shandong Coast from Sept., 2012 to Aug., 2013. Based on the survey, the value per unit effort (VPUE) was used as an indicator for an economic analysis of the catch from the artificial reefs to test the potential to increase fishing incomes and provide relevant suggestions to develop and manage three artificial reefs. The study identified the commercial species by the VPUE of each species from catches, and analyzed the different species abundance and richness between sites. Nonmetric multidimensional scaling (MDS) was used to analyze the difference of composition of VPUE from variety of sites. Difference was shown in commercial species abundance and richness between reefs and control area. Differences were shown in commercial species abundance and richness between locations. Location was the significant factor that influenced the composition of VPUE ($R=0.414, P=0.003$), instead of season ($R=-0.052, P=0.637 > 0.05$). The results demonstrated the potential (regionally different) of increasing fishing income at all sites. In the three artificial reefs, compared with the control, the average VPUE of artificial reefs increased by 160.8%, among them, the average VPUE of the artificial reefs in Lidao (ARL) increased the most (by 312.7%). The Artificial reefs in Qiansandao (ARQ) and the artificial reefs in the Xiaoshidao (ARX) increased by 98.3% and 71.3%, respectively.

Key words: artificial reef; value per unit effort; economic analysis; nonmetric multidimensional scaling; Shandong offshore

责任编辑 朱宝象