

# 基于刺网和地笼渔获物的人工鱼礁区资源丰度比较研究\*

方光杰<sup>1</sup>, 孙利元<sup>2</sup>, 唐衍力<sup>1\*\*</sup>, 杨文昭<sup>1</sup>, 王佳琦<sup>1</sup>

(1. 中国海洋大学水产学院, 山东 青岛 266003; 2. 山东省水生生物资源养护管理中心, 山东 烟台 264003)

**摘要:** 2013—2015年在山东小石岛和俚岛人工鱼礁区用刺网和地笼进行了6次渔业资源调查, 并利用丰度和丰富度2个指标比较分析了2种网具的渔获物组成。研究表明, 2个鱼礁区共捕获65种生物, 其中, 地笼和刺网分别捕获52种和48种, 2种网具捕获的生物种类相似性均较高, 索伦森指数S分别为0.66和0.58; 相似性分析检验(ANOSIM)和t检验结果均表明, 地笼捕获的生物种类与生物数量均高于刺网, 但无显著差异; 基于距离的置换多元方差分析(PER-MANOVA)得到鱼礁区生物资源丰度与地理位置以及年份显著相关, 而与网具类型和季节无显著关系; 累积种类数量图表明地笼相较刺网可以捕获更多生物种类; 大泷六线鱼(*Hexagrammos otakii*)和许氏平鲉(*Sebastes schlegeli*)的体长分布曲线表明, 地笼捕获样品的体长范围大于刺网, 但刺网捕获样品的规格显著大于地笼。综合分析认为, 地笼和刺网2种调查网具的混合采样, 可弥补单一调查网具的不足, 以更加全面了解人工鱼礁区的生物群落结构。

**关键词:** 人工鱼礁; 渔业资源; 刺网; 地笼; 丰度; 丰富度

中图法分类号: S932.2

文献标志码: A

文章编号: 1672-5174(2018)07 II-023-11

DOI: 10.16441/j.cnki.hdxb.20170349

引用格式: 方光杰, 孙利元, 唐衍力, 等. 基于刺网和地笼渔获物的人工鱼礁区资源丰度比较研究[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2018, 48(增I): 23-33.

FANG Guang-Jie, SUN Li-Yuan, TANG Yan-Li, et al. A comparative study on fishery resource of artificial reefs based on gillnet and cage catches[J]. Periodical of Ocean University of China, 2018, 48(Sup.I): 23-33.

人工鱼礁为海洋生物提供了适宜的栖息地, 是许多经济鱼类的索饵、繁殖场所<sup>[1]</sup>。随着近岸海域投放建设人工鱼礁, 监测评估人工鱼礁区生态效果等研究工作日益重要<sup>[2]</sup>。由于人工鱼礁区的底质环境复杂, 拖网调查难以有效开展, 国内外研究者仍采用刺网和地笼进行调查<sup>[3-5]</sup>。

刺网具有结构简单, 操作方便, 与海底接触面积小等优点, 能有效地在鱼礁区进行采样。地笼是适用于海底地形起伏较大海域的调查网具<sup>[6]</sup>。汪振华<sup>[7]</sup>等采用多网目组合式三重刺网对三横山人工鱼礁区的鱼类和大型无脊椎动物进行了调查并分析其生态效果。刘鸿雁<sup>[8]</sup>等利用地笼的采样结果分析了青岛崂山湾人工鱼礁区底层生物群落的结构特征和多样性。Santos<sup>[9]</sup>等在巴西北部海域人工鱼礁区, 利用刺网采样分析不同鱼类的行为随着与鱼礁距离的增加而发生的变化。

丰度和丰富度在人工鱼礁的调查研究中被广泛地使用, 其既可以体现人工鱼礁区生物资源的多样性, 又具有获取数据相对简易的优点<sup>[10]</sup>, 是评估人工鱼礁投

放效果的重要指标<sup>[11]</sup>。然而, 不同的采样方法会使丰度和丰富度的调查结果不同<sup>[12]</sup>。为了保证采样数据的可信度, 国内学者通常只采用单一网具, 因此研究比较各种网具的优点与局限性十分重要。本研究采用刺网和地笼平行采样的方法, 对小石岛和俚岛鱼礁区进行渔业资源调查, 分析渔业资源丰度和丰富度, 评价2种网具的优劣性, 为后续的调查研究提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 调查海域

调查海域为山东威海小石岛人工鱼礁区和俚岛人工鱼礁区(见图1)。小石岛鱼礁区水深5~15 m, 海底平坦, 以泥沙底质为主, 面积为97.04 hm<sup>2</sup>, 礁区共投放石块礁13.05万空方、构件礁7.09万空方、船礁0.86万空方。俚岛鱼礁区水深6~12 m, 海底平坦, 底质为硬质底, 面积为96.22 hm<sup>2</sup>, 俚岛鱼礁区投放石块礁13.05万空方、构件礁6.6万空方、船礁9艘等。礁区内, 石块礁的堆积高度为2 m左右, 构件礁为2~3 m。

\* 基金项目: 山东省海洋与渔业厅“山东省资源增殖型人工鱼礁建设效果评价”、“山东半岛近岸海域生态模拟试验”和“人工鱼礁区渔业资源调查”项目资助

Supported by the Project of “Evaluation of Construction of Artificial Fish Reef in Shandong”, “Ecological Simulation of Coastal Waters in Shandong Peninsula” and “Investigation of Fishery Resources in Artificial Reefs”.

收稿日期: 2017-10-08; 修订日期: 2018-03-25

作者简介: 方光杰(1992-), 男, 硕士生, 主要从事人工鱼礁与海洋牧场研究。E-mail: guangjiefang@yeah.net

\*\* 通讯作者: E-mail: tangyanli@ouc.edu.cn

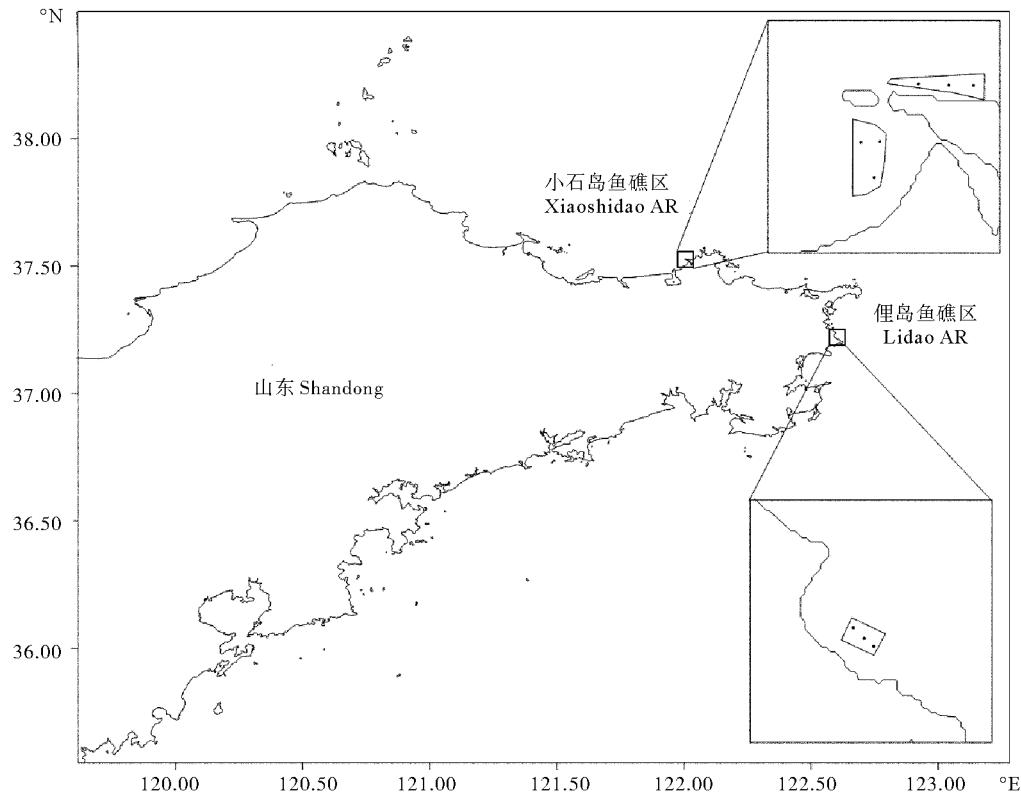


图1 小石岛鱼礁区和俚岛鱼礁区地理位置

Fig. 1 Location of artificial reefs

## 1.2 调查方法

调查时间为2013年5月(春季)、8月(夏季)、2014年4月(春季)、7月(夏季)、12月(冬季)、2015年4月(春季)。2个礁区分别进行了6次渔业资源调查,调查网具为三重刺网和地笼。三重刺网全长28 m,高3 m,其外(内)网目尺寸分别为10和4.2 cm,缩结系数分别为0.56、0.44,各站点每次调查放置1张。地笼网目尺寸为2 cm,每节尺寸为37 cm×22 cm,24节为1串,5串地笼为1组,各站点每次调查放置1组。调查方式采用定点采样,刺网和地笼均放置在鱼礁区内,在同一站点同时放置24 h。渔获物带回实验室进行种类鉴定、计数与称量。

## 1.3 数据处理

对2种采样方法获得的种类数与尾数进行标准化,丰度定义为每天每网的渔获量(尾数/(net·d)),丰富度定义为每天每网的渔获种类数(种类数/(net·d))。渔获物的价格及其受欢迎程度通过市场调查和采访渔民的捕捞倾向获得,参照Bacheler的划分方法<sup>[13]</sup>,本文将渔获物分为经济鱼类(A型)、非经济鱼类(B型)、大型经济无脊椎动物(C型)和大型非经济无脊椎动物(D型)

四大类。利用累积种类数量图分析2种网具捕获生物种类的差异。采用索伦森指数S分析2种网具捕获的生物种类相似性<sup>[14]</sup>, $S=2a/(2a+b+c)$ ,式中,a为2种网具均捕获的物种数量,b为刺网未捕获的物种数量,c为地笼未捕获的物种数量。利用单因素相似性分析(ANOSIM)和t检验分析2种网具渔获物的丰度和丰富度的差异。应用基于距离的置换多元方差分析(PER-MANOVA)对生物组成结构与网具的相关性进行分析<sup>[15]</sup>,其中地理位置通过站位的经纬度量化。利用t检验分析刺网和地笼捕获的大泷六线鱼和许氏平鲉的体长的差异。以上分析由R 3.3.2软件完成,显著性水平 $\alpha=0.05$ ,地图绘制由Surfer 11软件完成。

## 2 结果与分析

### 2.1 种类组成与生物多样性

2个鱼礁区在6次调查中共捕获65种生物(见表1),其中,鱼类38种,隶属于24科;甲壳类17种,隶属于12科;棘皮类6种,隶属于5科;软体类4种,隶属于4科。三重刺网共捕获48种生物(74%),地笼共捕获52种生物(80%)。

表 1 人工鱼礁区生物组成  
Table 1 Composition of species in artificial reefs

物种 Species	科 Family	小石岛鱼礁区		俚岛鱼礁区		类型 Type	
		Xiaoshidao		Lidao			
		刺网 Gillnet	地笼 Cage	刺网 Gillnet	地笼 Cage		
斑鱥 <i>Konosirus punctatus</i>	鲱科 Clupeidae			*		B	
斑头六线鱼 <i>Hexagrammos agrammus</i>	六线鱼科 Hexagrammidae	*	*	*	*	B	
斑尾刺鰕虎鱼 <i>Acanthogobius ommaturus</i>	鰕虎鱼科 Gobiidae		*	*		B	
赤鼻棱鳀 <i>Thrissa kammalensis</i>	鳀科 Engraulidae	*		*	*	B	
大口裸头鰕虎鱼 <i>Chaenogobius gulosus</i>	鰕虎鱼科 Gobiidae				*	B	
大泷六线鱼 <i>Hexagrammos otakii</i>	六线鱼科 Hexagrammidae	*	*	*	*	A	
钝吻黄盖鲽 <i>Pseudopleuronectes yokohamae</i>	鲽科 Pleuronectidae				*	A	
方氏云鳚 <i>Enedrius fangi</i>	锦鳚科 Pholidae	*	*	*	*	B	
高眼鲽 <i>Cleisthenes herzensteini</i>	鲽科 Pleuronectidae	*	*	*	*	A	
桂皮斑鲆 <i>Pseudorhombus cinnamomeus</i>	牙鲆科 Paralichthyidae	*		*		A	
褐菖鲉 <i>Sebastes marmoratus</i>	鲉科 Scorpaenidae			*	*	B	
黑光鲽 <i>Liopsetta obscurus</i>	鲽科 Pleuronectidae		*			A	
黑棘鲷 <i>Acanthopagrus schlegelii</i>	鲷科 Sparidae	*	*	*		A	
花鮨 <i>Lateolabrax maculatus</i>	鮨科 Serranidae	*		*		A	
黄鮟鱇 <i>Lophius litulon</i>	鮟鱇科 Lophiidae	*		*		A	
焦氏舌鳎 <i>Cynoglossus joyneri</i> Günther	舌鳎科 Tonguefish			*	*	A	
锦鳚 <i>Pholis nebulosus</i>	锦鳚科 Pholidae	*		*	*	B	
铠平鲉 <i>Sebastes hubbsi</i>	鲉科 Scorpaenidae	*	*	*	*	B	
六线鲷 <i>Ernogrammus hexagrammus</i>	线鲷科 Stichaeidae		*			B	
矛尾复鰕虎鱼 <i>Chaeturichthys stigmatias</i>	鰕虎鱼科 Gobiidae	*	*			B	
日本下鱗鱼 <i>Hyporhamphus sajori</i>	鱗科 Hemiramphidae			*		B	
石鲽 <i>Kareius bicoloratus</i>	鲽科 Pleuronectidae	*	*	*	*	A	
绵鳚 <i>Zoarces elongatus</i>	绵鳚科 Pholidae		*		*	B	
鯷 <i>Liza haematocheila</i>	鯷科 Mugilidae			*		A	
鲐 <i>Scomber japonicus</i>	鲭科 Scombridae	*		*		A	
大头鳕 <i>Gadus macrocephalus</i>	鳕科 Gadidae	*	*			A	
鳀 <i>Engraulis japonicus</i>	鳀科 Engraulidae	*		*		B	
纹缟鰕虎鱼 <i>Tridentiger trigonocephalus</i>	鰕虎鱼科 Gobiidae	*			*	B	
五眼斑鲆 <i>Pseudorhombus pentophthalmus</i>	牙鲆科 Paralichthyidae			*		A	
星康吉鳗 <i>Conger myriaster</i>	康吉鳗科 Congridae				*	A	
许氏平鲉 <i>Sebastes schlegeli</i>	鲉科 Scorpaenidae	*	*	*	*	A	
玉筋鱼 <i>Ammodytes personatus</i>	玉筋鱼科 Ammodytidae	*			*	B	
圆斑星鲽 <i>Verasper variegatus</i>	鲽科 Pleuronectidae	*	*		*	A	
长蛇鲻 <i>Saurida elongata</i>	狗母鱼科 Synodontidae			*		B	

续表 1

物种 Species	科 Family	小石岛鱼礁区 Xiaoshidao		俚岛鱼礁区 Lidao		类型 Type
		刺网 Gillnet	地笼 Cage	刺网 Gillnet	地笼 Cage	
中领棱鳀 <i>Thrissa mystax</i>	鳀科 Engraulidae			*		B
钟馗鮨虎鱼 <i>Tridentiger barbatus</i>	鮨虎鱼科 Gobiidae	*	*			B
鲻 <i>Mugil cephalus</i>	鲻科 Mugilidae			*		A
斑节对虾 <i>Penaeus monodon</i>	对虾科 Penaeidae			*		C
大寄居蟹 <i>Pagurus ochotensis</i>	寄居蟹科 Paguridae		*		*	D
豆形拳蟹 <i>Philyra pisum</i>	玉蟹科 Leucosiidae		*			D
脊腹褐虾 <i>Crangon affinis</i>	褐虾科 Crangonidae		*		*	D
锯额瓷蟹 <i>Porcellana serratifrons</i>	瓷蟹科 Porcellanidae		*			D
枯瘦突眼蟹 <i>Oregonia gracilis</i>	蜘蛛蟹科 Majidae	*	*	*	*	D
隆背黄道蟹 <i>Cancer gibbosulus</i>	菱蟹科 Parthenopidae		*			D
强壮菱蟹 <i>Parthenope validus</i>	菱蟹科 Parthenopidae			*		D
日本鼓虾 <i>Alpheus japonicus</i>	鼓虾科 Alpheidae	*	*		*	D
日本诺关公蟹 <i>Nobilium japonicum</i>	关公蟹科 Dorippidae	*	*	*	*	D
日本蟳 <i>Charybdis japonica</i>	梭子蟹科 Portunidae	*	*	*	*	C
肉球近方蟹 <i>Hemigrapsys sanguineus</i>	方蟹科 Grapsidae	*	*			D
三疣梭子蟹 <i>Portunus trituberculatus</i>	梭子蟹科 Portunidae	*	*	*		C
双斑蟳 <i>Charybdis bimaculata</i>	梭子蟹科 Portunidae		*			D
鲜明鼓虾 <i>Alpheus heterocarpus</i>	鼓虾科 Alpheidae	*	*		*	D
鹰爪虾 <i>Trachypenaeus curvirostris</i>	对虾科 Penaeidae		*			C
口虾蛄 <i>Oratosquilla oratoria</i>	虾蛄科 Squillidae	*	*		*	C
脉红螺 <i>Rapana venosa</i>	骨螺科 Muricidae		*		*	C
锈凹螺 <i>Chlorostoma rustica</i>	马蹄螺科 Trochidae			*		D
长蛸 <i>Octopus variabilis</i>	蛸科 Octopodidae	*	*		*	C
刺参 <i>Apostichopus japonicus</i>	刺参科 Stichopodidae			*	*	C
多棘海盘车 <i>Asterias amurensis</i>	海盘车科 Asteriidae	*	*	*	*	D
光棘球海胆 <i>Strongylocentrotus nudus</i>	球海胆科 Strongylocentrotidae	*				D
海刺猬 <i>Glyptocidaris crenularis</i>	疣海胆科 Phymosomatidae	*	*	*	*	C
海燕 <i>Asterina pectinifera</i>	海燕科 Asterinidae	*	*	*	*	D
马粪海胆 <i>Hemicentrotus pulcherrimus</i>	球海胆科 Strongylocentrotidae	*		*	*	D
柄海鞘 <i>Styela clava</i>	柄海鞘科 Styelidae		*			D
蓝无壳侧鳃海牛 <i>Pleurobranchaea novaezealandiae</i>	侧鳃科 Pleurobranchidae		*			D

注: \* 表示调查网具捕获过该种生物。Note: \* denotes it appears in catches.

2 种网具在 2 个礁区捕获的生物种类具有较高的相似性, 索伦森指数 S 分别为 0.66 和 0.58(见表 2)。

地笼渔获物的丰度和丰富度均高于刺网, 但无显著差异( $t = -0.69$ ,  $p = 0.49$ ;  $t = -1.29$ ,  $p = 0.21$ )。

ANOSIM 分析结果表明, 2 种网具的渔获物在小石岛鱼礁区的丰度和丰富度差异不显著 ( $R = 0.093, p = 0.053$ ), 但  $p$  值非常接近 0.05, 差异性高于俚岛鱼礁区 ( $R = 0.043, p = 0.17$ )。基于距离的置换多元方差分析

(PER-MANOVA) 表明, 2 个鱼礁区的渔业资源丰度存在显著差异 ( $p < 0.001$ ), 但与网具类型无显著关系(见表 3)。

表 2 2 种网具捕获的不同类型生物的组成

Table 2 Summary information of the numbers of species for two nets

类型 Type	小石岛鱼礁区 Xiaoshidao				俚岛鱼礁区 Lidao			
	刺网 Gillnet		地笼 Cage		刺网 Gillnet		地笼 Cage	
	种数 Number	占比 Ratio/%	种数 Number	占比 Ratio/%	种数 Number	占比 Ratio/%	种数 Number	占比 Ratio/%
A	11	31	8	21	12	39	8	23
B	10	29	8	21	9	29	10	29
C	5	14	7	18	4	13	6	17
D	9	26	15	40	6	19	11	31
物种总数(网具)								
Tot spp. (net)	35		38		31		35	
索伦森指数 S								
Sorensens		0.66				0.58		

表 3 丰度数据基于距离的置换多元方差分析结果

Table 3 Results of PER-MANOVA on abundance data

因子 Factor	df	F	p
网具 Net	1	1.14	0.30
季节 Month	2	1.22	0.28
年份 Year	2	3.16	0.04*
地理位置 Location	1	14.58	<0.001***
网具×年份 Net×Year	2	0.90	0.41
网具×地理位置 Net×Location	1	0.65	0.52
残差 Residual	427		
总和 Sum	436		

注: df 表示自由度; F 表示统计量; p 表示显著性检验; \*\*\* 为  $p < 0.001$ , \* 为  $p < 0.05$ 。

Note: df represents degree of freedom; F represents statistic; p represents test of significance; \*\*\* represents  $p < 0.001$ , \* represents  $p < 0.05$ .

地笼渔获物的丰度(见图 2)和丰富度(见图 3)高于刺网, Wilcoxon 秩和检验表明地笼和刺网渔获物的丰度和丰富度在小石岛鱼礁区 ( $p = 0.699, p = 0.293$ ) 和俚岛鱼礁区 ( $p = 0.309, p = 0.418$ ) 均无显著差异。

根据生物大类分析, 共捕获 20 种 D 型生物种类 (31%), 19 种 B 型生物 (29%), 17 种 A 型生物 (26%) 和 9 种 C 型生物 (14%)。在 2 个鱼礁区, 刺网捕获的 A 型生物和 B 型生物的种类数高于地笼, C 型生物和 D

型生物的种类数低于地笼(见表 1)。

小石岛鱼礁区, 刺网捕获的 A 型生物和 B 型生物的丰富度高于地笼, 但 A 型生物的丰度显著低于地笼, 而 B 型生物的丰度略高于地笼。刺网捕获的 C 型生物和 D 型生物的丰度和丰富度均低于地笼(见图 4)。俚岛鱼礁区, 刺网捕获的 A 型生物的丰度显著低于地笼, 而丰富度高于地笼; 刺网捕获的 B 型生物的丰度高于地笼, 丰富度与地笼相同。刺网捕获的 C 型生物和 D 型生物的丰度和丰富度都低于地笼(见图 5)。

小石岛鱼礁区, 刺网的累积种类数低于地笼, 且刺网捕获更多生物种类的趋势慢于地笼。俚岛鱼礁区, 地笼的累积种类数高于刺网, 但地笼捕获更多生物种类的趋势慢于刺网(见图 6)。

2 个鱼礁区, 刺网累积捕获的 A 型生物的种类数高于地笼, 且刺网相较地笼能捕获更多生物种类(见图 7(a))。小石岛鱼礁区, 刺网捕获的 B 型生物的种类数高于地笼, 且 2 种网具捕获更多种类的趋势均在增加。俚岛鱼礁区, 地笼捕获的 B 型生物多于刺网, 且捕获更多种类的趋势快于刺网(见图 7(b))。地笼在 2 个鱼礁区捕获的 C 型生物显著多于刺网, 2 种网具均有捕获更多种类的潜力(见图 7(c))。小石岛鱼礁区, 地笼捕获的 D 型生物种类数多于刺网, 且 2 种网具捕获的生物种类数差距逐渐增大。俚岛鱼礁区, 地笼捕获的 D 型生物种类多于刺网(见图 7(d))。

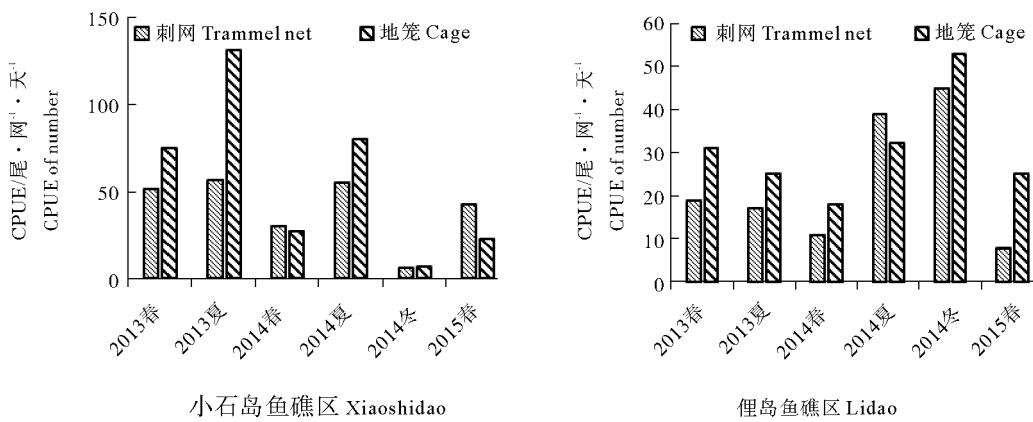


图 2 人工鱼礁区丰度  
Fig. 2 Abundance of the artificial reefs

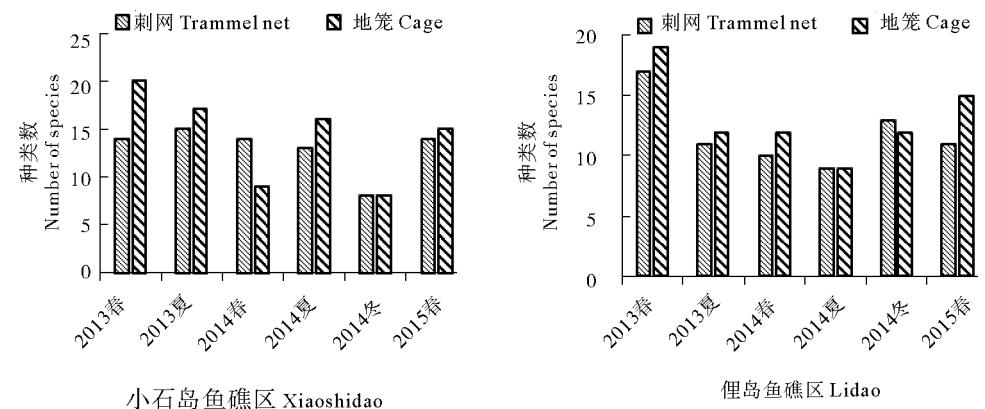


图 3 人工鱼礁区丰富度  
Fig. 3 Richness of the artificial reefs

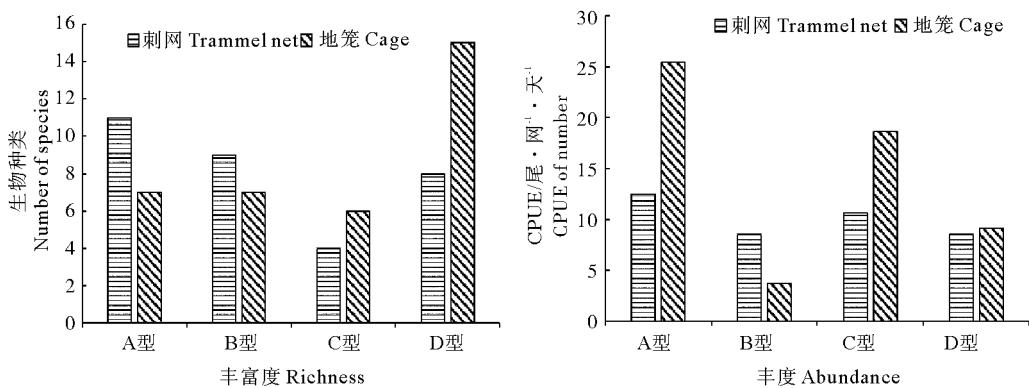


图 4 小石岛鱼礁区丰富度和丰度  
Fig. 4 Richness and abundance of the XiaoShidao artificial reef

## 2.2 刺网与地笼的物种选择性

主坐标分析(PCoA)表明:刺网与地笼具有物种选择性。小石岛鱼礁区,地笼捕获更多许氏平鲉、日本蟳和海刺猬;刺网易捕获大泷六线鱼、高眼鲽和鲜明鼓虾(见图 8(a))。俚岛鱼礁区,地笼捕获更多大泷六线鱼、日本蟳和多棘海盘车;刺网易捕获方氏云鳚和许氏平鲉(见图 8(b))。

## 2.3 大泷六线鱼与许氏平鲉的体长特征

俚岛鱼礁区,地笼捕获的大泷六线鱼与许氏平鲉的平均体长为 110.77 和 114.07 mm,刺网为 145.30 和 144.98 mm。小石岛鱼礁区地笼捕获的大泷六线鱼与许氏平鲉的平均体长分别为 94.97 和 130.36 mm,刺网为 135.12 和 151.57 mm。综合 2 个鱼礁区,刺网和地笼捕获的大泷六线鱼的平均体长分别为 144.20

和 103.25 mm, 体长差异显著 ( $p < 0.001$ ), 许氏平鲉的平均体长分别为 147.13 和 121.93 mm, 体长差异显著 ( $p < 0.001$ )。由体长频率分布曲线可得, 刺网捕获的大泷六线鱼的体长分布规律与地笼基本一致, 但刺网

捕获的大规格个体的频率高于地笼(见图 9(a))。刺网捕获的许氏平鲉的体长分布相对集中, 地笼捕获的许氏平鲉的体长分布较分散(见图 9(b))。

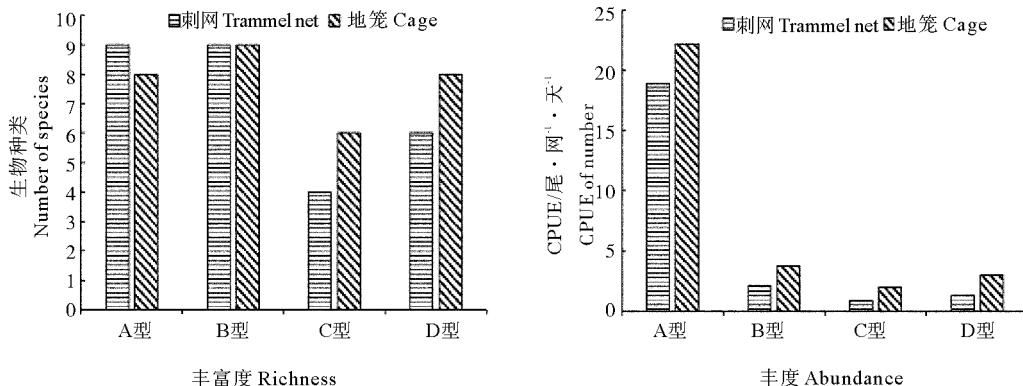


图 5 倍岛鱼礁区丰富度和丰度

Fig. 5 Richness and abundance of the Lidao artificial reef

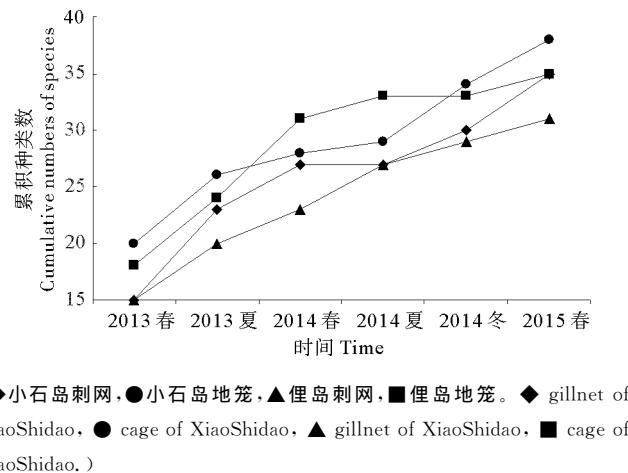
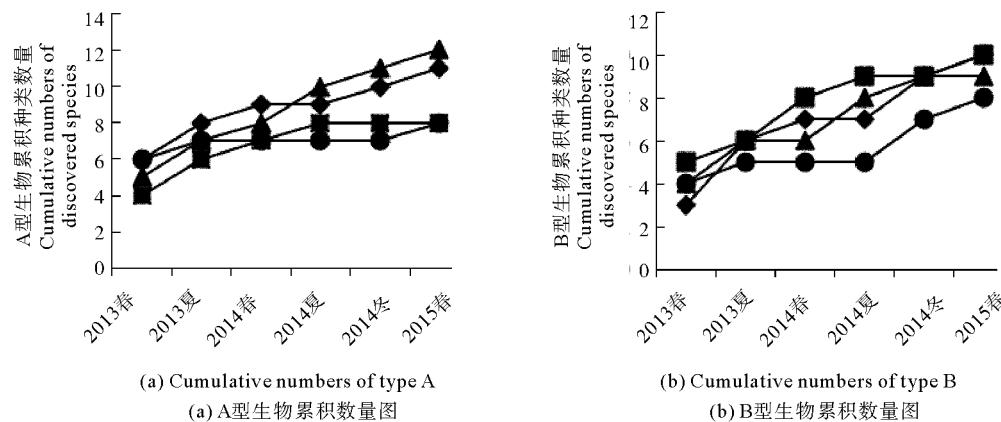


图 6 人工鱼礁区累积种类数量图

Fig. 6 Cumulative numbers of species in artificial reefs

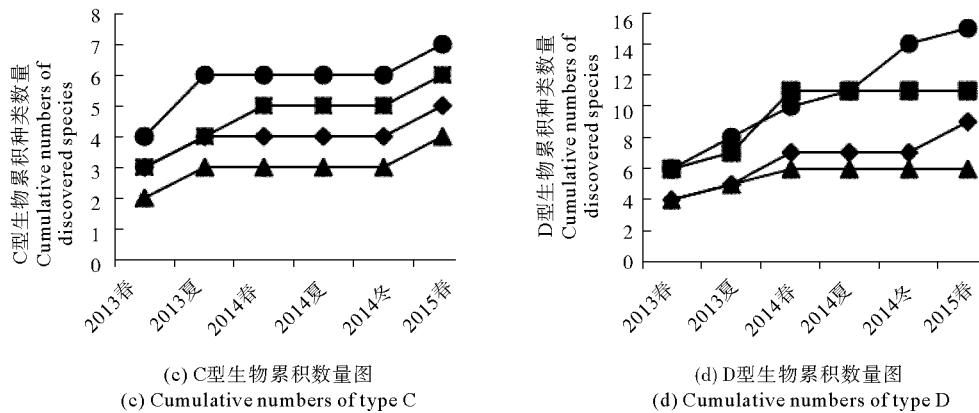


### 3 讨论

#### 3.1 渔获物组成

由于拖网在人工鱼礁区的调查效果不好, 被动网具、水下摄像以及水下声学等调查手段通常被综合使用以弥补各种方法的不足<sup>[16]</sup>。国外学者对不同的调查手段进行了比较研究, 如 Szedlmayer 等<sup>[17]</sup>利用手钓和 V 型笼具分析人工鱼礁结构对红鳍笛鲷分布的影响。Boswell 等<sup>[18]</sup>比较了水下摄像和潜水员水下普查对鱼类丰度评估的效果。

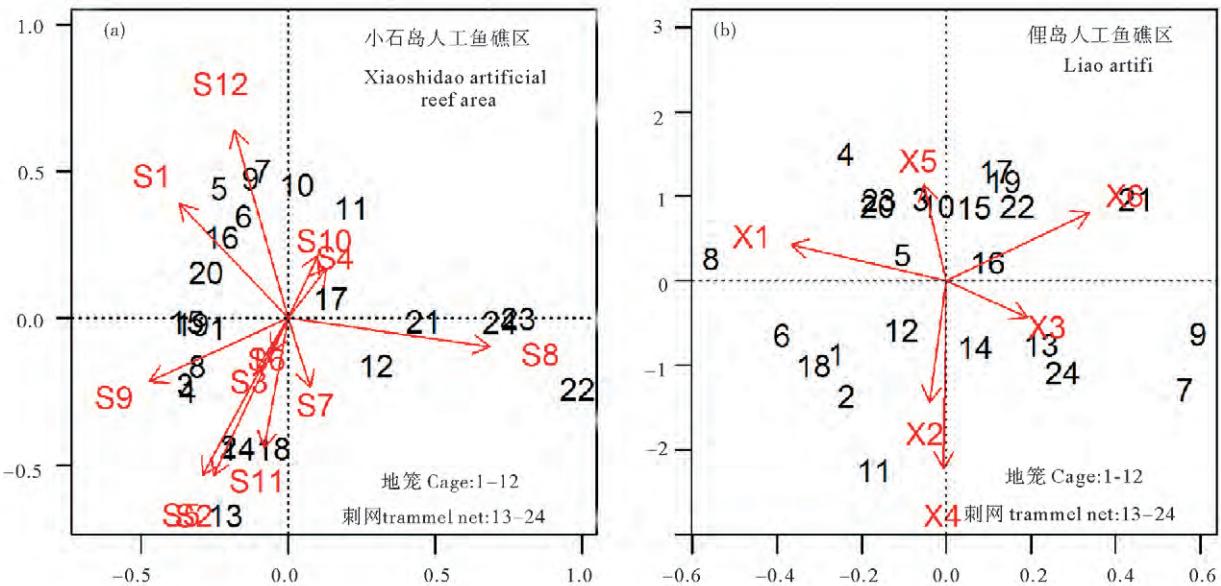
累积种类数量图可以较好地展现网具捕获生物种类数的变化趋势<sup>[19]</sup>。综合 2 个鱼礁区的结果, 地笼能捕获更多的生物种类。刺网相较地笼能捕获更多 A 型



(◆小石岛刺网,●小石岛地笼,▲僧岛刺网,■僧岛地笼。◆ gillnet of XiaoShidao, ● cage of XiaoShidao, ▲ gillnet of Xisha Island, ■ cage of Xisha Island.)

图 7 人工鱼礁区各类型生物累积数量图

Fig. 7 Cumulative numbers of four types of species in artificial reefs



(S1: 大泷六线鱼, S2: 多棘海盘车, S3: 方氏云鳚, S4: 高眼鲽, S5: 海刺猬, S6: 锐平鲉, S7: 口虾蛄, S8: 枯瘦突眼蟹, S9: 日本蟳, S10: 石鲽, S11: 鲜明鼓虾, S12: 许氏平鲉; X1: 大泷六线鱼, X2: 多棘海盘车, X3: 方氏云鳚, X4: 锐平鲉, X5: 日本蠁, X6: 许氏平鲉。S1: *Hexagrammos otakii*, S2: *Asterias amurensis*, S3: *Enedrius fangi*, S4: *Cleisthenes herzensteini*, S5: *Glyptocidaris crenularis*, S6: *Sebastes hubbsi*, S7: *Oratosquilla oratoria*, S8: *Oregonia gracilis*, S9: *Charybdis japonica*, S10: *Kareius bicoloratus*, S11: *Alpheus heterocarpus*, S12: *Sebastes schlegeli*. X1: *Hexagrammos otakii*, X2: *Asterias amurensis*, X3: *Enedrius fangi*, X4: *Sebastes hubbsi*, X5: *Charybdis japonica*, X6: *Sebastes schlegeli*.)

图 8 鱼礁区主要种与网具的主坐标分析

Fig. 8 Graphic representation of PCoA analysis examining the effect of the net at artificial reefs

生物种类,可能是刺网能在更大的水层作业,而地笼只能作用于水域底层,且 A 型生物的游泳能力较强,分布于更大的水层,因此刺网捕获的 A 型生物种类更多。地笼在 2 个鱼礁区捕获的 C 型生物均多于刺网,可能是由于 C 型生物多为大型底栖生物,游泳能力较弱,且此类生物的生活史大多在水域底层,因此更易被地笼捕获。

### 3.2 物种选择性

从 2 种网具捕获的生物组成分析,刺网和地笼均具有物种选择性。鱼类的行为机制以及网具的作业机理共同影响着网具最终的调查结果<sup>[20]</sup>。许氏平鲉常栖息于岩石缝、礁石堆以及洞穴中,于隐蔽物周围营半定居生活,这种生活习性致使地笼可以更有效地进行捕

获。郭浩宇的实验证明与地笼类似的扇贝笼对许氏平鲉的诱集效果良好<sup>[21]</sup>。PCoA 的分析结果显示, 日本蟳在 2 个鱼礁区均易被地笼捕获, 这与日本蟳常栖息

于浅海碎石块下或石隙间的生活习性相关<sup>[22]</sup>。海刺猬具有明显的遮蔽行为<sup>[23]</sup>, 以此躲避敌害和避光, 该种行为也可解释小石岛鱼礁区海刺猬被地笼捕获的现象。

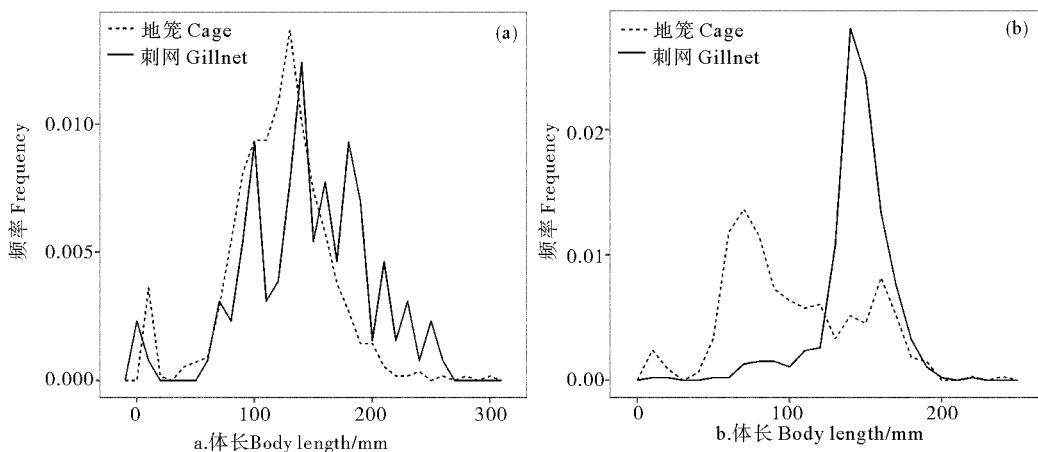


图 9 大泷六线鱼(a)和许氏平鲉(b)的体长频率分布图

Fig. 9 Body length frequency distributions of *H. otakii* (a) and *S. schlegeli* (b)

刺网未捕获的生物种类中, 主要为 D 型生物和星康吉鳗。星康吉鳗属于近岸底层鱼类, 喜栖息于岩石洞穴缝隙处, 而地笼的结构与洞穴类似, 因此更容易捕获星康吉鳗。地笼未捕获的生物均为 A 型和 B 型生物, 包括鯷、鲻等。鯷、鲻等鱼类主要栖息于中上层水域, 且鯷和鲻性活泼, 常跃出水面<sup>[24]</sup>, 因此未被地笼捕获。

### 3.3 鱼类体长分布

刺网和地笼捕获的大泷六线鱼具有相似的体长频率分布曲线, 形状类似“钟形”, 但刺网捕获的大泷六线鱼的体长规格大于地笼。2 种网具捕获的许氏平鲉, 在体长分布上存在较大差异, 地笼捕获的许氏平鲉的体长分布范围相对较大, 体长较小, 刺网捕获的许氏平鲉的体长范围相对集中, 体长较大。地笼的入口大小影响捕捞对象的个体大小和数量<sup>[6]</sup>, 地笼捕获的大泷六线鱼和许氏平鲉的规格均小于刺网, 可能与地笼的入口大小有关。但地笼捕获的样品的体长分布范围更广。从渔业资源管理的角度分析, 刺网捕获的许氏平鲉的规格较大, 且体长分布较集中, 有利于合理利用许氏平鲉资源。

## 4 结语

本研究表明, 用地笼和刺网对人工鱼礁区进行渔业调查具有可行性, 总体上地笼相较刺网能捕获更多的生物种类及尾数, 但两种网具的差异并不显著。从生物大类分析, 刺网相较地笼可以捕获更多的 A 型和 B 型生物, 而地笼则能捕获更多的 C 型和 D 型生物。从生物种类分析, 地笼相较刺网更适用于调查日本蟳

和许氏平鲉。从鱼类体长分析, 地笼渔获物的体长分布范围更广, 刺网渔获物的平均体长更大。综上所述, 结合多种网具可以更加全面地分析人工鱼礁区渔业资源的组成结构并避免单一网具的局限性。

由于实验条件的限制, 本次实验未能使用水下摄像、水声学等研究手段, 研究结果的准确性可能会受到一定的影响, 需要进一步长期、深入的调查研究。

## 参考文献:

- [1] Seaman W. Artificial Reef Evaluation: With Application to Natural Marine Habitats [M]. Florida: CRC Press, 2000.
- [2] Claudet J, Pelletier J, Dominique. Marine protected areas and artificial reefs: A review of the interactions between management and scientific studies [J]. Nuclear Instruments & Methods in Physics Research, 2004, 17: 129-138.
- [3] 徐浩, 曾晓起, 顾炎斌, 等. 人工鱼礁对山东莱州朱旺港海区游泳动物的群落结构及季节变化的影响 [J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2012, 42(5): 47-54.
- [4] Xu H, Zeng X Q, Gu Y B, et al. The Effect of Artificial Reefs on the Community Structure and Seasonal Variation of Nektons in Zhuwang Harbor, Laizhou, Shandong [J]. Periodical of Ocean University of China, 2012, 42(5): 47-54.
- [5] 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.
- [6] 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 Resource [J]. Periodical of Ocean University of China, 2015, 45(8): 38-45.
- [7] 陈勇, 郑小贤, 朱敬博, 等. 人工鱼礁区鱼类和大型无脊椎动物的调查方法 [J]. 水产科学, 2008, 27(6): 316-319.

- Chen Y, Zheng X X, Zhu J B, et al. Assessing method of fish and macroinvertebrate in artificial reef areas [J]. *Fisheries Science*, 2008, 27(6): 316-319.
- [6] 孙满昌. *海洋渔业技术学*[M]. 北京:中国农业出版社, 2005.
- Sun M C. *Marine Fishery Technology*[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2005.
- [7] 汪振华, 章守宇, 王凯. 三横山鱼礁生境鱼类和大型无脊椎动物群落特征[J]. *生态学报*, 2010, 30(8): 2026-2035.
- Wang Z H, Zhang S Y, Wang K. Fish and macroinvertebrates community structure in artificial habitat around Sanheng Isle, Shengsi, China[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(8): 2026-2035.
- [8] 刘鸿雁, 杨超杰, 张沛东, 等. 青岛崂山湾人工鱼礁区底层游泳动物群落结构特征[J]. *生物多样性*, 2016, 24(8): 896-906.
- Liu H Y, Yang J C, Zhang P D, et al. Demersal nekton community structure of artificial reef zones in Laoshan Bay, Qingdao[J]. *Biodiversity Science*, 2016, 24(8): 896-906.
- [9] Santos L N D, Brotto D S, Zalmon I R. Fish responses to increasing distance from artificial reefs on the Southeastern Brazilian Coast [J]. *Journal of Experimental Marine Biology & Ecology*, 2010, 386(2010): 54-60.
- [10] Mallet D, Pelletier D. Underwater video techniques for observing coastal marine biodiversity: A review of sixty years of publications (1952—2012)[J]. *Fisheries Research*, 2014, 154: 44-62.
- [11] Bacheler N M, Schobernd C M, Schobernd Z H, et al. Comparison of trap and underwater video gears for indexing reef fish presence and abundance in the southeast United States[J]. *Fisheries Research*, 2013, 143: 81-88.
- [12] 徐胜南, 汪振华, 梁金玲, 等. 不同网具在人工鱼礁水平方向上诱集效果的比较[J]. *水产学报*, 2016, 40(5): 820-831.
- Xu S N, Wang Z H, Liang J L, et al. Use of different sampling tools for comparison of fish-aggregating effects along horizontal transect at two artificial reef sites in Shengsi[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2016, 40(5): 820-831.
- [13] Bacheler N M, Smart T I. Multi-decadal decline in reef fish abundance and species richness in the southeast USA assessed by standardized trap catches[J]. *Marine Biology*, 2016, 163(2): 1-17.
- [14] Lowry M, Folpp H, Gregson M, et al. Comparison of baited remote underwater video (BRUV) and underwater visual census (UVC) for assessment of artificial reefs in estuaries[J]. *Journal of Experimental Marine Biology & Ecology*, 2012(Supp.): 243-253.
- [15] Cooke S J, Schreer J F. Determination of fish community composition in the untempered regions of a thermal effluent canal—the efficacy of a fixed underwater videography system[J]. *Environmental Monitoring & Assessment*, 2002, 73(2): 109-129.
- [16] Harms J H, Wallace J R, Stewart I J. Analysis of fishery-independent hook and line-based data for use in the stock assessment of bocaccio rockfish (*Sebastodes paucispinis*) [J]. *Fisheries Research*, 2010, 106(3): 298-309.
- [17] Szedlmayer J H S T. Depth and artificial reef type effects on size and distribution of red snapper in the northern gulf of mexico[J]. *North American Journal of Fisheries Management*, 2015, 35(1): 86-96.
- [18] Boswell K M, Wells R J D, Cowan J H, et al. Biomass density and size distributions of fishes associated with a large-scale artificial reef complex in the Gulf of Mexico[J]. *Bulletin of Marine Science*, 2010, 86(4): 879-889.
- [19] Scott M E, Smith J A, Lowry M B, et al. The influence of an offshore artificial reef on the abundance of fish in the surrounding pelagic environment[J]. *Marine & Freshwater Research*, 2015, 66(5): 429-437.
- [20] Lowry M, Folpp H, Gregson M. Evaluation of an underwater solid state memory video system with application to fish abundance and diversity studies in southeast Australia[J]. *Fisheries Research*, 2011, 110(1): 10-17.
- [21] 郭浩宇, 张秀梅, 高天翔. 人工隐蔽物及投喂频率对许氏平鲉幼鱼生长和行为的影响[J]. *中国水产科学*, 2015, 22(2): 319-331.
- Guo H Y, Zhang X M, Gao T X. Effects of artificial shelters and feeding frequency on growth and behavior of juvenile *Sebastes schlegelii*[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2015, 22(2): 319-331.
- [22] Zhang P, Li C, Li W T, et al. Effect of an escape vent in accordian-shaped traps on the catch and size of Asian paddle crabs *Charybdis japonica* in an artificial reef area[J]. *Chinese Journal of Oceanology & Limnology*, 2016, 34(6): 1-9.
- [23] 赵冲, 罗世滨, 周海森, 等. 温度对海刺猬(*Glyptocidaris crenularis*)和中间球海胆(*Strongylocentrotus intermedius*)遮蔽行为的影响[J]. *海洋与湖沼*, 2014, 45(3): 522-528.
- Zhao C, Luo H B, Zhou H S, et al. Effect of Temperature on Covering Behavior of the Sea Urchins *Glyptocidaris crenularis* and *Strongylocentrotus intermedius*[J]. *Chinese Journal of Oceanology & Limnology*, 2014, 45(3): 522-528.
- [24] 陈大刚. 黄渤海渔业生态学[M]. 北京: 海洋出版社, 1991.
- Chen D G. *Fishery Ecology of the Bohai Sea and the Yellow Sea* [M]. Beijing: Ocean Press, 1991.

## A Comparative Study on Fishery Resource of Artificial Reefs Based on Gillnet and Cage Catches

FANG Guang-Jie<sup>1</sup>, SUN Li-Yuan<sup>2</sup>, TANG Yan-Li<sup>1</sup>, YANG Wen-Zhao<sup>1</sup>, WANG Jia-Qi<sup>1</sup>

(1. College of Fisheries, Ocean University of China, Qingdao 266003, China;

2. Shandong Hydrobiological Resources Conservation and Management Center, Yantai 264003, China)

**Abstract:** Artificial reefs constructed in Shandong Province serve as management tools and researching platforms. Richness and abundance of artificial reefs including Xiaoshidao and Lidao artificial reefs were surveyed with gillnet and cage from 2013 to 2015. A total of six parallel experiments were carried out in both artificial reefs. The results showed that a total of 65 species were observed, which included 38 species of fishes (58.5%), 17 of crustaceans (26.2%), 6 of echinoderms (9.2%) and 4 of mollusks (6.2%). With gillnet 48 species (73.8%) were caught while with cage 52 species (80%) were caught. Similarity analysis and *t*-test revealed that two nets were similar each other. The species caught with two nets were highly similar; Sorenson index was 0.66 and 0.58 for two artificial reefs, respectively. Permutational multivariate analysis of variance based on distance indicated that the abundance was relevant with years and locations, but not with months and nets. In two artificial reefs, gillnet caught more type A and type B species than cage; however, cage caught more type C and type D species which were mainly cephalopods and crustaceans. As for abundance, cage caught more species of four types than gillnet. According to the cumulative numbers of species caught from artificial reefs, it was found that cage caught more species than gillnet. Principal coordinate analysis showed that the biological composition of two nets was different significantly and each had its own bias. The relationships between some main species were high. Overall, cage was a better method than gillnet for examining the richness and abundance of artificial reefs, thus more applicable to studying invertebrates; however gillnet was more suitable than cage for studying fish. According to the body length frequency distribution of *H. otakii* and *S. schlegeli*, the sample of cage was more representative than gillnet; however, gillnet was more suitable than cage for catching large individuals. Given the limitations of two nets and the behavior difference between fishes, it was recommended that monitoring plans for artificial reefs should adopt a multi-method approach involving catching with gillnet and cage.

**Key words:** artificial reef; fishery resource; gillnet; cage; abundance; richness

责任编辑 朱宝象