

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2015.140453

青岛斋堂岛海域春季双桩竖杆张网网囊网目的选择性

李超, 张秀梅, 陈平, 张沛东

中国海洋大学 水产学院, 山东 青岛 266003

摘要: 2014 年春季, 采用平行作业法, 以 $2a=16\text{ mm}$ (a 为目脚长度) 的菱形目网囊为对照网(CN), 选取 30 mm 菱形目网囊和 20 mm、30 mm、40 mm 的方形目网囊(分别以 30D、20S、30S 和 40S 表示)作为实验网囊, 对青岛斋堂岛附近海域的双桩竖杆张网进行了不同网目形状的网囊和不同网目尺寸方形目网囊的选择性比较试验。以多元统计分析方法进行种间选择性分析, 以 Logistic 曲线作为选择性模型、采用极大似然估算法进行种内选择性分析。结果显示, 与对照网相比, 所有实验网囊均能有效释放玉筋鱼(*Ammodytes personatus*)、舒氏海龙(*Syngnathus schlegeli*)等低值渔获以及经济鱼类的幼体。比较不同网目形状网囊的渔获数据发现, 方形目网囊较菱形目网囊具有更好的选择性, 其中 30S 网囊对玉筋鱼和舒氏海龙的释放率(以尾数计)分别比 30D 网囊高 4.61% 和 16.80%, 对六丝钝尾虾虎鱼(*Amblychaeturichthys hexanema*)和日本枪乌贼(*Loigo japonica*)的 50% 选择体长(胴长) L_{50} 分别比 30D 网囊大 38.47% 和 61.29%。比较不同网目尺寸方形目网囊的渔获数据发现, 当实验网为 20S 和 30S 时, 六丝钝尾虾虎鱼的 L_{50} 分别为 6.58 cm 和 7.20 cm, 选择范围(SR)分别为 3.02 cm 和 0.87 cm; 当实验网为 20S、30S 和 40S 时, 日本枪乌贼的 L_{50} 分别为 2.88 cm、4.03 cm 和 10.49 cm, SR 分别为 0.74 cm、0.52 cm 和 2.67 cm; 不同尺寸的方形目网囊对这 2 种渔获物的 L_{50} 随着网目尺寸的增大而增大。根据实验海区各种渔获物的经济价值、低值鱼类和幼鱼的释放比例以及分拣渔获物的劳动力投入等综合分析认为, 30 mm 方形目网囊在保护渔业资源的同时对渔业生产不会造成显著影响, 建议予以推广。

关键词: 双桩竖杆张网; 方形目网囊; 菱形目网囊; 黄海; 斋堂岛

中图分类号: S931

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2015)04-0799-13

张网作业因具有投资少、捕捞效率高、经济效益可观等优点而成为中国沿海各省市一种重要的捕捞作业方式^[1-4]。根据 2003–2012 年《中国渔业统计年鉴》数据^[5], 全国张网渔业产量由 2003 年的 210.9 万 t 降为 2012 年的 163.7 万 t, 在此 10 年间张网渔业产量占海洋捕捞总产量的 14.21%, 虽低于拖网和刺网产量, 但仍居第三位。纵观张网渔业产量逐年下降的原因, 并非因张网捕捞强度降低, 主要是由于近海渔业资源持续衰退所致。孙中之等^[6]调查黄渤海区张网渔业发现, 黄渤海区张网渔具数量依然庞大, 且呈现“资源量减

少—增加捕捞强度—加剧资源量枯竭”的恶性循环。此外许多学者研究发现, 张网渔具的囊网网目尺寸较小, 选择性能较差, 导致渔获物组成繁杂, 对经济种类幼鱼、幼体损害严重, 是引起近海渔业资源衰退的重要因素之一^[6-11]。因此, 进行张网渔具选择性研究, 是海洋渔业可持续发展的需要。目前, 国外关于张网选择性研究较少, 仅在澳大利亚 Clarence 河进行过相关研究^[12]。在国内, 程家骅等^[13]、Sun 等^[14]和张健等^[15-16]通过设置不同网囊网目尺寸和不同网目形状分析了江苏近海张网网囊网目的选择性; 唐衍力等^[17]、晏磊等^[18]

收稿日期: 2014-11-17; 修订日期: 2014-12-13.

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201003068); 海洋公益性行业科研专项(201305043).

作者简介: 李超(1990–), 男, 硕士研究生, 从事渔业资源增殖学研究. E-mail: slc.bbvl@163.com

通信作者: 张秀梅, 教授. E-mail: gaozhang@ouc.edu.cn

也分别对青岛近海和南海北部海域不同网目大小的张网菱形目(简称菱目,下同)网囊的选择性进行了研究,为张网网囊网目选择性研究积累了一定经验,但总体研究尚不够深入。方形目(简称方目,下同)网片是指网具在使用时各个网目呈正方形的网片,与缩结系数为 0.707 的菱目网片有别^[19]。由于方目网片能在水流中保持良好的扩张性能,从而有利于释放经济鱼类的幼小个体^[20-21],因此 20 世纪 70 年代以后,方目网片开始广泛运用于拖网渔具的选择性研究^[22-26],但在张网选择性研究中,仅见澳大利亚 Clarence 河开展的菱目和方目网囊的选择性差异比较研究^[12]以及上海海洋大学在吕泗渔场的方目网囊实验^[14-16],而其他关于张网方目网囊的选择性研究尚未见报道。

本实验以青岛近海双桩竖杆张网为研究对象,采用平行作业法(Parallel Haul Method)对不同网囊网目形状(菱形网目和方形网目)和不同网目尺寸的方目网囊(20 mm, 30 mm 和 40 mm)进行了选择性分析,旨在探讨不同形状和不同规格的网囊网目对张网渔具选择性的影响,为近海渔业管理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 实验海区和时间

实验海区位于山东省青岛市斋堂岛附近海域,作业位置为 35°34'43.77"N-35°34'49.82"N, 119°54'06.10"E-119°54'44.12"E 海区(图 1)。作业海域潮流为正规半日潮,水深 20~25 m,底质为泥沙质。实验时间为 2014 年 4 月 11 日至 2014 年 4 月 30 日。

1.2 实验渔船和实验网具

实验渔船为木质渔船,主机功率为 16.2 kW,船长 8.0 m,型宽 3.0 m,型深 0.9 m,渔船总吨位 4 t,净吨位为 1 t。使用网具为当地常用的双桩竖杆张网(渔具分类代号: 04-shg-zh),俗称坛子网,网具主尺度为 52.00 m×35.24 m,网线材料为聚乙烯(PE),网衣展开图如图 2 所示。

实验设计了网目尺寸($2a$, a 为目脚长度)为 30 mm 的菱目网囊(30D)以及 20 mm、30 mm 和 40 mm 3 种规格的方目网囊(分别以 20S、30S 和 40S 表示),以传统网具($2a=16$ mm 的菱目网囊)作为对照网(Control Net, CN),开展海上捕捞实验。方目网片由菱目网片改制而成,剪裁方法参考钟为国等^[19]。为保证方目网囊在作业过程中成型良好,在方目网

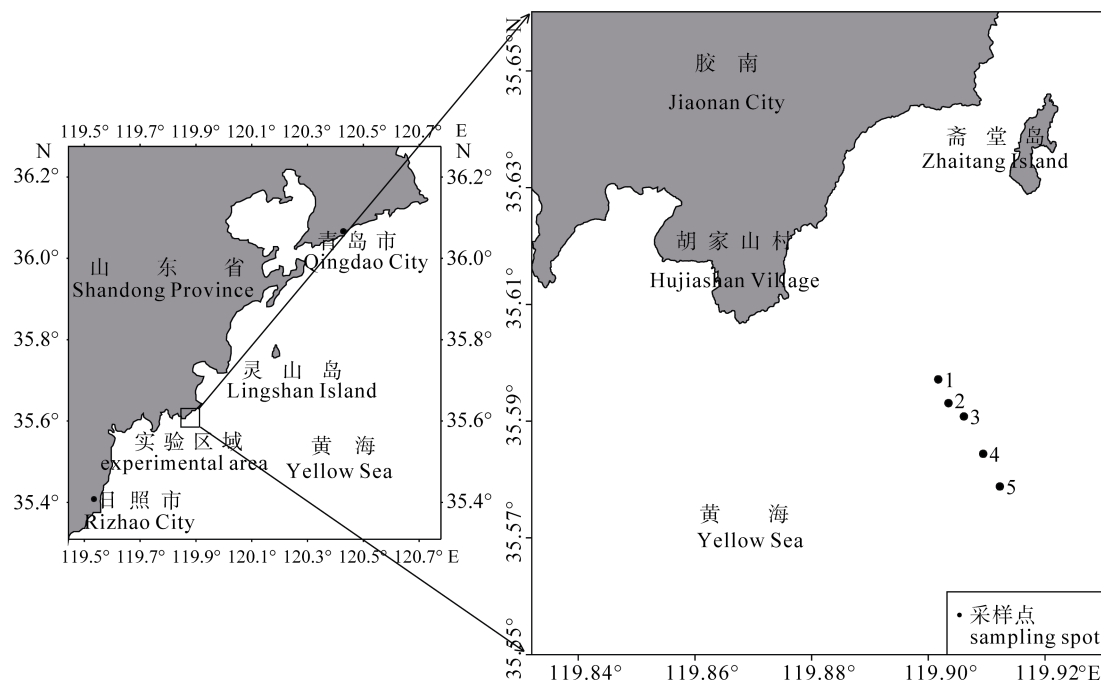


图 1 实验海域及网具设置站位图

Fig. 1 Map showing locations of sampling stations

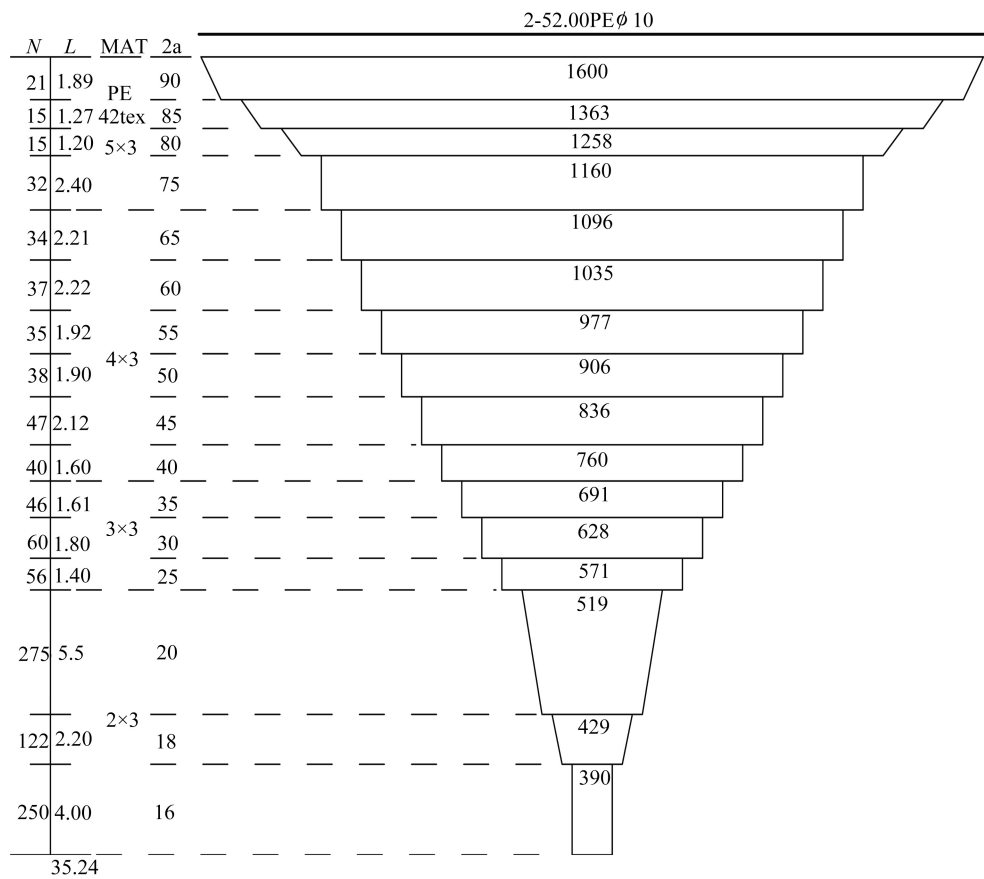


图 2 实验网图

N 表示网目数; *L* 表示长度(m); MAT 表示网线材料; PE 表示聚乙烯; ϕ 表示直径(mm); tex 为纤度单位, 表示 1 000 m 纤维的重量(g).

Fig. 2 Drawing of the experimental net

N means the number of mesh; *L* means the length of meshes (m); MAT means the material of net twine; PE is short for Poly Ethylene; ϕ means diameter (mm); tex stands for the unit of fibre number, which means the weight of 1 000 m's fiber (g).

囊末端安装 1 个直径为 0.65 m 起扩张作用的刚性铁环(图 3)。各站点点与实验网具的对应关系、实验网囊的具体参数见表 1。

1.3 实验方法

采用平行作业法开展张网网囊网目选择性实验, 每个实验网进行 16 个有效网次的捕捞实验, 每次作业网具浸置时间(soaking time)20~44 h 不等。对渔获物进行分类鉴定和测量, 记录渔获体质量、体长和尾数, 以获得各实验网和对照网的渔获物体长分布及不同种类渔获的尾数和总重。

1.4 数据处理

1.4.1 多元统计分析法 运用多元统计分析方法研究不同实验网的种间选择性(intra-selection)差异。根据相对生物量(kg/h)平方根转换计算的 Bray-Curtis 相似性系数矩阵, 运用多维标度法

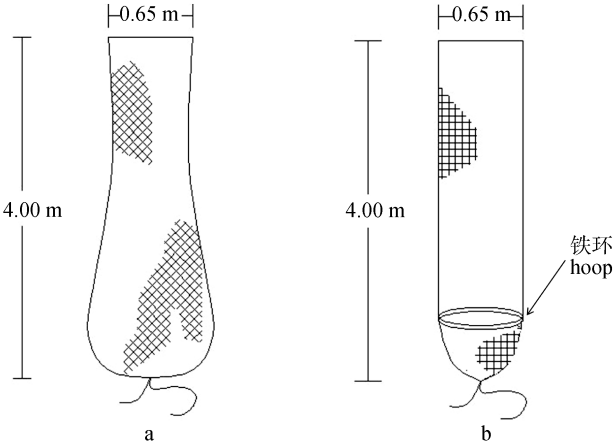


图 3 菱目网囊(a)和方目网囊(b)结构示意图

Fig. 3 Schematic diagram of diamond mesh codend (a) and square mesh codend (b)

(MDS)和相似性百分比分析方法(SIMPER)研究各实验网的渔获组成, 用以分析造成不同网具间渔

表 1 实验站位水深和各网囊网目规格
Tab. 1 Depth of sampling stations and dimensions of codends

站点编号 number of sampling stations	水深/m water depth	网囊的网目尺寸及形状 mesh size and shape of codend	纵向目数×横向目数 longitudinal mesh amount × transversal mesh amount
1 [#]	22.8	30 mm 菱目 diamond mesh (30D)	133×195
2 [#]	23.0	20 mm 方目 square mesh (20S)	200×100
3 [#]	22.5	16 mm 菱目 diamond mesh (CN)	250×390
4 [#]	22.3	30 mm 方目 square mesh (30S)	133×67
5 [#]	23.6	40 mm 方目 square mesh (40S)	100×50

获组成差异的分歧种及各分歧种对平均相异性的贡献度^[12, 25]。

1.4.2 种内选择性(inter-selection) 进行种内选择性分析时, 选择 Logistic 模型作为选择性模型, 其选择性曲线表达式为:

$$S(l) = \frac{\exp(a + bl)}{1 + \exp(a + bl)}$$

式中, l 为体长组的特征体长(mm); $S(l)$ 为网具对体长组 l 的选择率; a, b 为选择性参数。

主要选择性指标为:

$$L_{50} = -\frac{a}{b}; \text{SR} = \frac{2 \ln 3}{b}$$

式中, L_{50} 表示选择率为 50%时对应的体长(mm); SR 为选择范围(mm)。

使用 SELECT 模型作为选择性分析模型^[27], 以极大似然法对等分模型(Equal Split Model)和估算分隔模型(Estimated Split Model)进行分析, 对数似然函数为:

$$l(\theta) = \ln(L) = \sum [N_{li} \times \ln(\text{SL}) + N_{si} \times \ln(1 - \text{SL})]$$

其中, N_{li} 、 N_{si} 分别表示实验网和对照网的渔获尾数, L 为 N_{li} 尾渔获被实验网捕获的联合分布概率的似然函数, SL 为一尾鱼被实验网捕获的条件概率。

以赤池信息指数(Akaike's Information Criterion, AIC)作为选择性模型优劣性比较的依据^[28], AIC 值为:

$$\text{AIC} = -2\text{MLL} + 2M$$

其中: MLL 为最大对数尤度; M 表示待估参数个数。

在合理范围内, 模型的 AIC 值较小则被认为较优良。模型参数估计的标准差通过费歇(Fisher)信息矩阵计算得到^[27]。

2 结果与分析

2.1 渔获种类分析

实验期间共捕获 42 066 尾(只)渔获物, 总重 154.3 kg, 以每种渔获不同规格的上岸价格计算得到 5 张网具共 80 个有效网次渔获物的总经济价值仅为 5 140.1 元。对实验渔获进行分类鉴定发现, 共捕获鱼类 36 种, 隶属于 11 目 24 科 34 属。其中, 鲈形目 10 种, 鲉形目 6 种, 鲾形目 5 种, 鲱形目 5 种, 鲳形目 3 种, 海龙目 2 种, 鲑形目 1 种, 鳗鲡目 1 种, 颌针鱼目 1 种, 鲛鰵目 1 种, 鳊形目 1 种。节肢动物 9 种, 其中十足目 8 种, 口足目 1 种。软体动物 3 种, 其中十腕目 2 种, 八腕目 1 种。环节动物 1 种。

表 2 列出了各网主要渔获种类及测定结果, 由该表可知, 对照网(CN)中主要渔获为玉筋鱼和舒氏海龙, 尾数占总渔获量的 86.4%; 30D 网中主要为玉筋鱼、舒氏海龙、六丝钝尾虾虎鱼和大泷六线鱼, 尾数占总渔获量的 78.0%; 20S 网中主要为六丝钝尾虾虎鱼、大泷六线鱼和赤鼻棱鲷, 尾数占总渔获量的 71.3%; 30S 网中主要为六丝钝尾虾虎鱼、大泷六线鱼、赤鼻棱鲷和短鳍鲷, 尾数占总渔获量的 55.4%; 40S 网中主要为短蛸、三疣梭子蟹和沙氏下鱈鱼, 尾数占总渔获量的 60.4%。

对比各实验网渔获组成与对照网渔获组成可以发现, 在主要渔获物中, 各实验网对玉筋鱼和舒氏海龙的释放率(以尾数计)最高, 30D、20S、30S 和 40S 对玉筋鱼的释放率分别为 95.30%、99.87%、99.91%和 100%; 对舒氏海龙的释放率分别为 83.03%、99.95%、99.84%和 100%(表 3)。

表 2 各网主要渔获物种类组成
Tab. 2 Main species composition of catches for each experimental net

种类 species	对照网囊(CN) control net			30 mm 菱目网囊(30D)			20 mm 方目网囊(20S)			30 mm 方目网囊(30S)			40 mm 方目网囊(40S)		
	N	N%	W/g	N	N%	W/g	N	N%	W/g	N	N%	W/g	N	N%	W/g
玉筋鱼 <i>A. personatus</i>	20258	62.0	18487	31.1	W%		27	1.3	207.6	0.7	1.9	28.4	0.1	0	0.0
舒氏海龙 <i>S. schlegeli</i>	7963	24.4	7002.3	11.8	1351	21.7	4	0.2	5.1	0.0	13	15	0.1	0	0.0
六丝钝尾虾虎鱼 <i>A. hexanema</i>	1415	4.3	4886	8.2	911	14.6	680	31.6	3821.1	13.4	246	1583.1	7.2	0	0.0
大泷六线鱼 <i>H. otakii</i>	1219	3.7	3282.5	5.5	1648	26.4	584	27.2	1699.3	6.0	104	243.4	1.1	1	155.9
赤鼻棱鳀 <i>T. kammalensis</i>	676	2.1	5242.9	8.8	395	6.3	250	11.6	1702.9	6.0	92	837	3.8	0	0.0
日本枪乌贼 <i>L. japonica</i>	368	1.1	2420.2	4.1	386	6.2	164	7.6	1524.3	5.4	66	793.1	3.6	15	248.8
双喙耳乌贼 <i>S. birostrata</i>	146	0.4	196.7	0.3	146	2.3	22	1.0	36.4	0.1	5	36.5	0.2	0	0.0
短鳍鲷 <i>C. kitaharae</i>	128	0.4	749.7	1.3	57	0.9	59	2.7	391.6	1.4	101	723.5	3.2	0	0.0
中国毛虾 <i>A. chinensis</i>	113	0.3	57.5	0.1	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0	0.0	0	0.0
沙氏下鱈鱼 <i>H. sajiro</i>	70	0.2	4245.6	7.1	75	1.2	33	1.5	1716.4	6.0	80	4633.5	21.0	16	1252
短蛸 <i>O. ocellatus</i>	46	0.1	2767.1	4.6	47	0.8	32	1.5	2030.5	7.1	82	4113.9	18.6	24	1774
鲜明鼓虾 <i>A. distinguendus</i>	45	0.1	100.1	0.2	36	0.6	72	3.4	163	0.6	0	0	0.0	0	0.0
日本鳀 <i>E. japonicus</i>	39	0.1	424.9	0.7	69	1.1	24	1.1	279.4	1.0	8	115.3	0.5	0	0.0
青鳞小沙丁鱼 <i>S. zunasi</i>	25	0.1	223.5	0.4	41	0.7	24	1.1	173.1	0.6	83	742	3.4	0	0.0
日本鲷 <i>C. japonica</i>	19	0.1	101.7	0.2	22	0.4	34	1.6	148.4	0.5	26	107.3	0.5	7	55
黄鲫 <i>S. tenuifilis</i>	18	0.1	139.8	0.2	20	0.3	7	0.3	59.1	0.2	0	0	0.0	0	0.0
三疣梭子蟹 <i>P. trituberculatus</i>	15	0.0	2772.7	4.7	17	0.3	19	0.9	3577	12.6	26	5560.3	25.1	18	3573

注: N、N%、W、W%分别表示各实验网中不同种类渔获尾数、渔获重量及其占总渔获尾数和重量的百分比。
Note: N, N%, W, and W% represent number of individuals, catch weight (g) and their percentage, respectively.

表 3 各实验网对玉筋鱼和舒氏海龙的释放率(以尾数计)
Fig. 3 The releasing ratios of *A. personatus* and *S. schlegeli* for each experimental net (based on individual numbers)

种类 species	30D	20S	30S	40S
玉筋鱼 <i>A. personatus</i>	95.30	99.87	99.91	100
舒氏海龙 <i>S. schlegeli</i>	83.03	99.95	99.84	100

2.2 种间选择性

2.2.1 相似性百分比分析(SIMPER) 相似性百分比分析结果显示, 对照网(CN)与各实验网(30D、20S、30S 和 40S)的平均相异性分别为 30.9%、48.8%、61.1%和 79.6%。对比分析平均相异性贡献度超过 4%的渔获种类及其贡献百分比发现, 玉筋鱼、舒氏海龙和赤鼻棱鲉是对各组间平均相异性贡献度较高的分歧种(表 4)。

对不同网目形状(菱目和方目)、不同网目尺寸(20 mm、30 mm 和 40 mm)方目网囊的渔获组成进

行相似性百分比分析, 结果发现, 30D 和 30S 的平均相异性为 42.6%, 对组间平均相异性贡献较高的分歧种包括黄鲛鰈、大泷六线鱼和玉筋鱼等; 20S 与 30S 间的平均相异性为 47.5%, 对组间平均相异性贡献较高的分歧种包括黄鲛鰈和六丝钝尾虾虎鱼等; 20S 与 40S 间的平均相异性为 55.4%, 对组间平均相异性贡献较高的分歧种包括黄鲛鰈、六丝钝尾虾虎鱼和许氏平鲉等; 30S 与 40S 间的平均相异性为 51.3%, 对组间平均相异性贡献较高的分歧种包括许氏平鲉、沙氏下鱚鱼和短蛸等。各组间的分歧种及其对组间平均相异性的贡献大于 4%的渔获种类见表 5。

2.2.2 多维标度法(MDS)分析 分析结果显示, 在压力(stress)值为 0.03、拟合指数(RSQ)为 0.99 的情况下, 5 种网具的渔获组成可以分为 3 组: CN 对照组、30D & 20S 组以及 30S & 40S 组(图 4)。

表 4 对照网与各实验网组间的分歧种及对组间平均相异性的贡献(>4%)
Tab. 4 Discriminating species and their percentage contributions to the average between-group dissimilarity (>4%)

种类 species	CN & 30D	CN & 20S	CN & 30S	CN & 40S
玉筋鱼 <i>A. personatus</i>	54.98	42.56	37.07	32.55
舒氏海龙 <i>S. schlegeli</i>	19.95	16.29	13.03	12.33
赤鼻棱鲉 <i>T. kammalensis</i>	8.48	8.24	8.85	9.23
黄鲛鰈 <i>L. litulon</i>		8.15	8.30	7.41
沙氏下鱚鱼 <i>H. sajori</i>		5.89		5.27
六丝钝尾虾虎鱼 <i>A. hexanema</i>			6.63	8.60
大泷六线鱼 <i>H. otakii</i>			6.10	5.50
三疣梭子蟹 <i>P. trituberculatus</i>			5.60	
许氏平鲉 <i>S. schlegelii</i>				6.35

表 5 各实验网组间的分歧种及对组间平均相异性的贡献(>4%)
Tab. 5 Discriminating species and their percentage contributions to the average between-group dissimilarity (>4%)

种类 species	30D & 30S	20S & 30S	20S & 40S	30S & 40S
黄鲛鰈 <i>L. litulon</i>	16.65	31.82	34.51	
大泷六线鱼 <i>H. otakii</i>	14.11	6.07	6.91	
玉筋鱼 <i>A. personatus</i>	9.59			
六丝钝尾虾虎鱼 <i>A. hexanema</i>	8.75	9.33	17.11	9.10
三疣梭子蟹 <i>P. trituberculatus</i>	8.37	8.27		11.43
赤鼻棱鲉 <i>T. kammalensis</i>	7.86		7.62	4.81
日本枪乌贼 <i>L. japonica</i>	6.91		5.71	
短蛸 <i>O. ocellatus</i>	5.86	8.69		13.46
舒氏海龙 <i>S. schlegeli</i>	4.67			
沙氏下鱚鱼 <i>H. sajori</i>		12.16		19.45
许氏平鲉 <i>S. schlegelii</i>			12.61	20.36

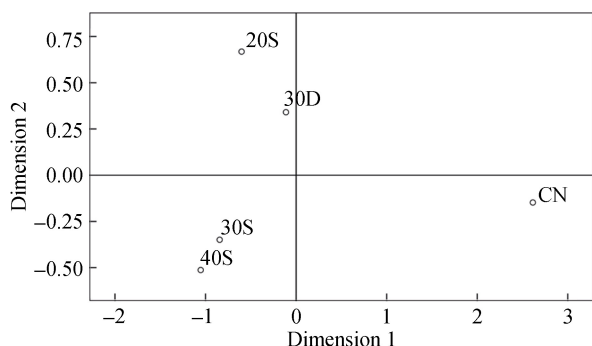


图 4 不同实验网渔获组成 MDS 分析

Fig. 4 MDS results of catch composition of different experimental nets

2.3 种内选择性

2.3.1 六丝钝尾虾虎鱼和日本枪乌贼的体长分布
对照网中主要捕捞对象为玉筋鱼和舒氏海龙, 六丝钝尾虾虎鱼、赤鼻棱鲷、大龙六线鱼和日本枪乌贼的渔获量也较大。网囊网目改良后, 玉筋鱼、舒氏海龙和大龙六线鱼(对照网中所捕获的 1 219 尾大龙六线鱼体长范围为 1.5~6.4 cm, 全部为幼鱼)绝大部分从实验网中逃逸。由于选择性分析需要足够的样本数量, 故本实验着重对六丝钝尾虾虎鱼和日本枪乌贼进行网目选择性分析。

由于单一网次渔获量较少, 无法完成选择性曲线的拟合, 因此采用联合网次法(Combined-haul Method)开展网目选择性分析^[12-17]。由于 40 mm 方目网囊网目过大, 导致 40S 组未捕获到六丝钝尾虾虎鱼; 其余各网(CN、30D、20S 和 30S)中六丝钝尾虾虎鱼的优势体长组分别为 4.5~5.4 cm、4.5~5.4 cm、6.5~7.4 cm 和 9.5~10.4 cm。CN、30D、20S、30S 和 40S 网中日本枪乌贼的优势胴长组分别为 2.0~2.4 cm、2~2.4 cm、2.5~2.9 cm、5.5~5.9 cm 和 5.5~5.9 cm(图 5, 图 6)。方目网囊捕获的六丝钝尾虾虎鱼和日本枪乌贼的优势体长(胴长)较相同尺寸的菱目网囊更大; 比较不同尺寸的方目网囊发现, 随着网目尺寸的扩大, 这 2 种渔获物的优势体长(胴长)也随之增加。

2.3.2 六丝钝尾虾虎鱼和日本枪乌贼的选择性参数及主要选择性指标 运用极大似然法, 以等分模型(Equal Split Model)和估算分隔模型(Estimated Split Model)对六丝钝尾虾虎鱼和日本枪乌贼的渔

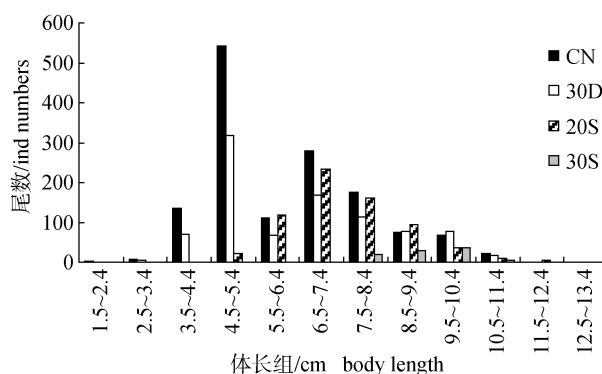


图 5 各网六丝钝尾虾虎鱼体长分布

Fig. 5 Distribution of body length of *A. hexanema* for each stow net catch

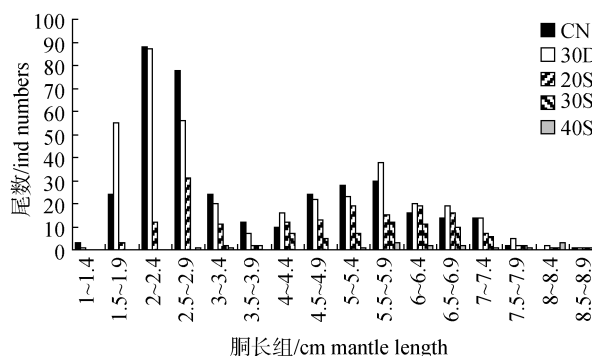


图 6 各网日本枪乌贼胴长分布

Fig. 6 Distribution of mantle length of *L. japonica* for each stow net catch

获数据进行拟合。对比不同模型的 AIC 值发现, 除 20S 组捕获的六丝钝尾虾虎鱼和 40S 组捕获的日本枪乌贼外, 估算分隔模型对其余各网拟合效果更好(AIC 值更小), 因此本文以估算分隔模型作为 SELECT 模型估算平行作业法网具选择性的解析方法。不同实验网囊对六丝钝尾虾虎鱼和日本枪乌贼的选择性分析结果分别如表 6、表 7 所示, 选择性曲线分别如图 7、图 8 所示。

30D、20S、30S 实验网具对六丝钝尾虾虎鱼的 50%选择体长 L_{50} 分别为 4.43 cm、6.58 cm 和 7.20 cm, 选择性范围 SR 分别为 1.03 cm、3.02 cm 和 0.87 cm(表 6)。30D、20S、30S、40S 实验网具对日本枪乌贼的 50%选择胴长 L_{50} 分别为 1.56 cm、2.88 cm、4.03 cm 和 10.49 cm, 选择性范围 SR 分别为 0.10 cm、0.74 cm、0.52 cm 和 2.67 cm(表 7)。从图 7、图 8 和表 6、表 7 可以看出, 不同网目形状的实验网囊相比, 30S 具有更大的 L_{50} ; 不同尺寸方目网囊进行比较, L_{50} 随网囊网目尺寸增大而增大。

表 6 各实验网对六丝钝尾虾虎鱼的选择性参数及主要选择性指标
Tab. 6 Selectivity parameters and indexes for *A. hexanema* of each experimental net

参数 parameter	30D		20S		30S	
	等分模型	估算分隔模型	等分模型	估算分隔模型	等分模型	估算分隔模型
	Equal Split Model	Estimated Split Model	Equal Split Model	Estimated Split Model	Equal Split Model	Estimated Split Model
<i>a</i>	−0.97(0.48)	−9.44(0.27)	−4.93(0.53)	−4.79(0.02)	−15.23(1.44)	−18.12(0.31)
<i>b</i>	0.25(0.08)	2.12(0.08)	0.81(0.10)	0.73(0.02)	1.97(0.20)	2.52(0.05)
<i>p</i>	0.5	0.44(0.00)	0.5	0.55(0.00)	0.5	0.36(0.00)
<i>np</i>	2	3	2	3	2	3
<i>l</i> ₅₀	3.83(2.34)	4.43(0.24)	6.09(1.03)	6.58(0.21)	7.75(1.52)	7.20(0.20)
SR	8.67(0.24)	1.03(0.00)	2.71(0.03)	3.02(0.00)	1.12(0.02)	0.87(0.00)
AIC	67.13	63.49	345.97	346.47	90.24	67.28

表 7 各实验网对日本枪乌贼的选择性参数及主要选择性指标
Tab. 7 Selectivity parameters and indexes for *L. japonica* of each experimental net

参数 parameter	30D		20S		30S		40S	
	等分模型	估算分隔模型	等分模型	估算分隔模型	等分模型	估算分隔模型	等分模型	估算分隔模型
	Equal Split Model	Estimated Split Model	Equal Split Model	Estimated Split Model	Equal Split Model	Estimated Split Model	Equal Split Model	Estimated Split Model
<i>a</i>	−1.97 (2.21)	−36.07 (22.36)	−3.90 (0.77)	−8.59 (0.48)	−6.01 (0.76)	−17.15 (2.83)	−7.78 (1.37)	−8.63 (0.69)
<i>b</i>	1.24 (0.95)	23.09 (14.94)	1.00 (0.26)	2.98 (0.22)	0.98 (0.16)	4.25 (0.82)	0.88 (0.22)	0.82 (0.05)
<i>p</i>	0.5	0.52 (0.00)	0.5	0.41 (0.01)	0.5	0.31 (0.03)	0.5	0.76 (0.01)
<i>np</i>	2	3	2	3	2	3	2	3
<i>l</i> ₅₀	1.59 (3.53)	1.56 (2.65)	3.90 (1.39)	2.88 (0.29)	6.12 (1.37)	4.03 (2.24)	8.80 (3.39)	10.49 (0.87)
SR	1.77 (1.28)	0.10 (0.92)	2.20 (0.15)	0.74 (0.01)	2.24 (0.06)	0.52 (0.08)	2.49 (0.14)	2.67 (0.01)
AIC	97.59	82.28	83.08	80.04	61.45	54.25	38.23	40.16

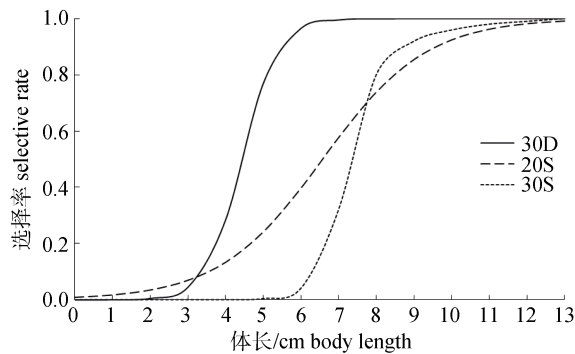


图 7 不同实验网对六丝钝尾虾虎鱼的选择性曲线
Fig. 7 Selectivity curves of different experimental net of *A. hexanema*

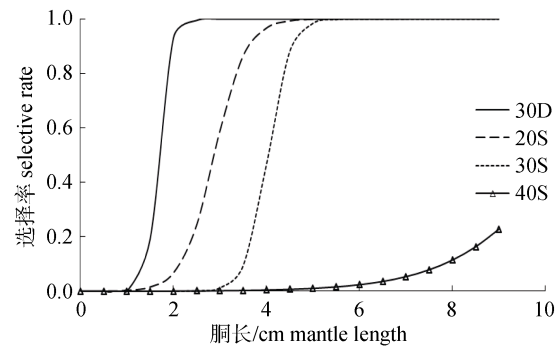


图 8 不同实验网对日本枪乌贼的选择性曲线
Fig. 8 Selectivity curves of different experimental net of *L. japonica*

3 讨论

3.1 平行作业法

套网法和平行作业法是网具选择性实验中最常用的两种方法。套网法可以直接观察到从选择性装置中逃逸的个体数量，所得数据能够直接用于选择率的计算，具有数值化计算方便、费用低

等优点，但套网法也存在“覆盖效应”等缺点，会使选择性研究结果产生一定的偏差；平行作业法可以避免“覆盖效应”的影响，但不能保证不同实验网具间具有相同的可捕资源量^[29]。Madsen 等^[30]研究了安装风筝套网(Kite Cover Net)对拖网渔具选择性的影响，发现由于套网的安装，使得进入网具的渔获数量减少了21%，选择性研究中，安

装风筝套网网囊的 L_{50} 比未安装的网具小2.4%, 选择性范围SR比后者小15.8%, 但差异均不显著; 孙满昌等^[31]对比研究了套网法和对比作业法对张网网囊网目选择性的影响, 发现对比作业法估算的 L_{50} 比使用套网法所得的大7.8%, 选择性范围比套网法的估算值小24.5%, 选择性因素比套网法估算值大7.4%, 差异也不显著。本实验选用了平行作业法, 进行捕捞作业时尽量保证作业位置相近、网具浸置时间(Soaking Time)相同, 可以近似认为各实验网具之间的资源量相同; 并且通过在一个月连续进行16次有效网次的重复实验来减少随机误差。

3.2 多元统计分析法

张网渔具作为一种被动性过滤渔具, 其作业原理与拖网、围网等不同, 是利用水流迫使渔获物进入网具内, 并且网具选择性较小, 这就导致了张网渔具的渔获物接近自然分布, 渔获物组成复杂。因此, 对张网渔具选择性进行研究, 不仅需要考虑种内选择性(inter-selection)差异, 还需要考虑种间选择性(intra-selection)的不同。而之前的张网选择性研究大多数着眼于种内选择性分析, 针对种间选择性的研究较少。

多维标度法和相似性百分比分析方法是研究群落结构的常规方法, 可以用于分析群落结构和造成组内群落结构相似的典型种和造成不同组之间群落结构差异的分歧种^[32-33]。张网渔获组成繁杂, 如果将不同网具捕获的渔获视为不同的生物群落, 那么也可以用这两种方法定量分析不同网具所捕获的渔获组成的差异。Macbeth 等^[12]运用多维标度法研究了安装套网对实验网囊中渔获组成的影响, Guijarro 等^[25]运用相似性百分比分析方法研究了40 mm菱目网囊和40 mm方目网囊拖网渔获组成的相异性。本实验MDS分析结果显示, stress 值为0.03 (小于0.1)、RSQ 值为0.99 (大于0.6), 说明该方法对不同实验网囊的渔获组成拟合效果良好^[34], 可以作为张网渔具种间选择性的分析方法。本文首次运用该方法进行了张网渔具种间选择性分析, 或许可以为今后的研究提供一些有益的借鉴。

MDS 分析结果发现, 30D & 20S 组、30S & 40S 组分别具有相似的渔获组成, 对照网(CN)自成一组, 说明其渔获组成与各实验网渔获组成差异显著; SIMPER 分析发现, 对各实验网具与对照网具平均相异性贡献度最大的物种为玉筋鱼(均超过了30%)和舒氏海龙(均超过10%)。综合这两方面的分析可以发现, 所有实验网对玉筋鱼和舒氏海龙均具有良好的释放效果。

3.3 等分模型和估算分隔模型

张网渔具由于在结构特点和作业方式上与拖网具有很多相似之处, 因此常将张网网囊网目的选择性 with 拖网渔具的网囊网目选择性并在一起进行讨论^[29]; 张健等^[35]使用套网法分析了几种过滤性渔具选择性模型(Logistic、LogLog、CLogLog、Richard 和 Probit 模型)对张网渔具选择性实验数据的拟合效果, 发现这几种模型之间不存在显著性差异, 但由于 Logistic 模型的 AIC 值较小且是传统上运用最为广泛的选择性模型, 因此认为可用 Logistic 模型作为张网渔具的选择性模型。孙满昌等^[31]在使用平行作业法分析5种不同网囊网目规格的张网选择性差异时发现, 等分模型对其中4种实验网具的 AIC 值更小, 因此选用等分模型作为 SELECT 模型估算平行作业法网具选择性的解析方法, 这与本研究的结果存在一定差异。分析认为, 由于在作业过程中并不能保证不同实验网之间捕捞努力量以及鱼类资源分布量完全一致, 其相对作业强度就会存在差异。因此相比于等分模型而言, 估算分隔模型或许更符合实际的作业情况, 但该推论尚需要更多的实验来进行验证。

3.4 方目网囊和菱目网囊的选择性差异

大量研究证实, 使用方目网囊代替菱目网囊可以有效改善拖网渔具的尺寸选择性^[22-26]。相比菱目网囊而言, 方形网目不会因为网囊受力而闭合, 给进入网囊的个体更多的逃逸机会。通常, 相同网目尺寸的方目网囊的50%选择体长 L_{50} 比菱目网囊大, 而选择范围 SR 比菱目网囊小^[36-38]。本实验中, 较30 mm菱目网囊而言, 30 mm方目网囊对六丝钝尾虾虎鱼具有更大的 L_{50} 、更小的 SR; 对日本枪乌贼来说, 30S 虽然具有更大的 L_{50} ,

但其 SR 也更大。

在本实验海区中,春季渔获量最大的为低经济价值的舒氏海龙和玉筋鱼,其体型为圆筒形或近圆筒形,对不同网目形状的实验网渔获物组成分析发现,30S 实验网对其具有更好的选择性(30S 网囊对玉筋鱼和舒氏海龙的释放率分别比 30D 网囊高 4.61%和 16.80%);这与张健等^[15]对桁杆张网菱形和方形网目网囊的选择性研究结果一致。且 30D 和 30S 实验网对主要经济物种(三疣梭子蟹和短蛸)的捕获情况(个体数量及总重)均无显著性差异,因此,在本海区中,30 mm 方目网囊较 30 mm 菱形网囊不仅可以释放大量低经济价值的鱼类和经济鱼类的幼体,而且对高经济价值种类的捕获不会产生显著影响。

3.5 不同网目尺寸方目网囊的选择性差异

在实验期间,除 40S 实验网由于网目过大造成大量渔获逃逸外,其余各方目网囊的经济收益较菱形网而言并无显著性差异,这与 Guijarro 等^[25]对方目网和菱形网拖网网囊的选择性研究结果一致。对六丝钝尾虾虎鱼和日本枪乌贼的选择性进行分析发现,各方目网囊 50%选择体长(胴长) L_{50} 随着网目尺寸的增大而增大。目前对于六丝钝尾虾虎鱼和日本枪乌贼均没有最小可捕体长和最小上岸规格的规定,且没有关于这两个物种繁殖生物学方面的相关研究,因此,本实验以具有不同市场价格的六丝钝尾虾虎鱼和日本枪乌贼所对应的体长和胴长来确定最适网目尺寸。

根据渔获上岸价格的调查数据,小个体的六丝钝尾虾虎鱼(体长小于 7.5 cm)和日本枪乌贼(胴长小于 3.5 cm)仅以 0.4 元/kg 出售;而体长大于 7.5 cm 的六丝钝尾虾虎鱼价格为 4 元/kg,胴长大于 3.5 cm 的日本枪乌贼价格为 30 元/kg。因此,以体长 7.5 cm 和胴长 3.5 cm 作为六丝钝尾虾虎鱼和日本枪乌贼的最小可捕体长(胴长),既可以释放小个体渔获,有利于其资源保护,也不会对渔业生产造成严重影响。30 mm 方目网囊对六丝钝尾虾虎鱼的 L_{50} 为 7.20 cm,略小于 7.5 cm;对日本枪乌贼的 L_{50} 为 4.03 cm,略大于 3.5 cm。因此,如果将 L_{50} 作为开捕体长,30 mm 方目网囊对六丝钝

尾虾虎鱼和日本枪乌贼的选择性能优于 20 mm、40 mm 方目网囊。

综上所述,本研究中所有实验网具均能有效释放舒氏海龙、玉筋鱼以及经济鱼类幼体等低值渔获;30 mm 方目网囊较菱形网囊对玉筋鱼、舒氏海龙的释放效果更好,且对六丝钝尾虾虎鱼和日本枪乌贼的选择性也更好;除 40S 实验网具的总渔获经济价值较低外,其他 3 种实验网具均与传统对照网具基本一致。综合分析不同网具渔获物组成、规格和经济价值等,认为 30 mm 方目网囊不仅可以大量释放经济价值较低、占渔获物总数量超过 80%的舒氏海龙、玉筋鱼以及其他经济种类的幼体,还可以大幅减少渔民分拣渔获的时间,降低捕捞作业强度,且不会对高经济价值种类的捕获产生显著影响,建议予以推广应用。

参考文献:

- [1] Sun Z Z, Zhou J, Zhao Z L, et al. The fishing structure of the Yellow Sea and Bohai Sea[J]. Marine Sciences, 2012, 36(6): 44–53. [孙中之, 周军, 赵振良, 等. 黄渤海区捕捞结构的研究[J]. 海洋科学, 2012, 36(6): 44–53.]
- [2] Zhang Z L. The fishery investigation and analysis of stow net in Eastern Fujian sea waters[J]. Marine Fisheries, 2005, 27(1): 15–20. [张壮丽. 闽东海区张网渔业调查与分析[J]. 海洋渔业, 2005, 27(1): 15–20.]
- [3] Zhang Q S, Ma Y J. An analysis on the distribution, damage and effect of the non net-setting season on young hairtails in the net-setting regions of Zhejiang coastal sea[J]. Marine Sciences, 1987(6): 43–47. [张庆生, 马永钧. 浙江沿海张网作业区幼带鱼分布、损害及休渔效果的分析[J]. 海洋科学, 1987(6): 43–47.]
- [4] Oi J J, Gao Q L. Investigation and study of the production of the stake net on Qingdao coastline[J]. Transaction of Oceanology and Limnology, 2001(1): 56–59. [齐建军, 高清廉. 青岛地区坛张网生产情况的调查研究[J]. 海洋湖沼通报, 2001(1): 56–59.]
- [5] China fishery statistical yearbook[M]. Beijing, China Agriculture Press, 2003–2012. [中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003–2012.]
- [6] Sun Z Z, Zhou J, Wang J, et al. Stow net fishery in the Yellow Sea and Bohai Sea area[J]. Progress in Fishery Sciences, 2012, 33(3): 94–101. [孙中之, 周军, 王俊, 等. 黄渤海区张网渔业[J]. 渔业科学进展, 2012, 33(3): 94–101.]
- [7] Tang Y L, Qi G R, Wang X, et al. Catch Composition of the

- Set-Net Along the Coastal Water and Resource Utilization Analysis of Haizhou Bay[J]. Periodical of Ocean University of China, 2014, 44(7): 29–38. [唐衍力, 齐广瑞, 王欣, 等. 海州湾近岸张网渔获物种类组成和资源利用现状分析[J]. 中国海洋大学学报: 自然科学版, 2014, 44(7): 29–38.]
- [8] Liu Z L, Tang J H, Lin L S, et al. Analysis on the species composition of catches together with the injured status of commercial juvenile fishes caught by stow net with double stake along the coastal waters of Jiangsu Province[J]. Marine Fisheries, 2009, 31(1): 16–26. [刘尊雷, 汤建华, 林龙山, 等. 江苏沿岸定置张网主要渔获组成以及对经济鱼类幼体的损害分析[J]. 海洋渔业, 2009, 31(1): 16–26.]
- [9] Wang W Y, Zhang Z L, Ye S Z. Investigation Report on Impacts of Bag Net Operation to Adolescent Commercial Fish Species in Fujian Province[J]. Fisheries Science & Technology Information, 1997, 24(3): 121–125. [汪伟洋, 张壮丽, 叶孙忠. 福建张网作业损害经济鱼调查报告[J]. 水产科技情报, 1997, 24(3): 121–125.]
- [10] Ye Z J, Wang W L, Xu B D, et al. Study on Oceanographic Characteristics and Catch Performance of Setnets of LVSi Fishing Ground[J]. Periodical of Ocean University of China, 2010, 40(12): 27–31. [叶振江, 王巍令, 徐宾铎, 等. 吕泗渔场海洋学特征与定置网渔获性能的研究[J]. 中国海洋大学学报: 自然科学版, 2010, 40(12): 27–31.]
- [11] Zeng X Q, Piao C H, Jiang W, et al. Biodiversity investigation in Jiaozhou Bay and neighbouring waters[J]. Periodical of Ocean University of China, 2004, 34(6): 977–982. [曾晓起, 朴成华, 姜伟, 等. 胶州湾及其邻近水域渔业生物多样性的调查研究[J]. 中国海洋大学学报: 自然科学版, 2004, 34(6): 977–982.]
- [12] Macbeth W G, Broadhurst M K, Millar R B. Improving selectivity in an Australian penaeid stow-net fishery[J]. Bull Mar Sci, 2005, 76(3): 647–660.
- [13] Cheng J H, Chen X Z, Huang H L, et al. Study on selectivity of diamond mesh codends of stow nets[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2001, 7(4): 64–68. [程家骅, 陈雪忠, 黄洪亮, 等. 帆式张网网囊网目选择性能研究[J]. 中国水产科学, 2001, 7(4): 64–68.]
- [14] Sun M C, Zhang J, Xu L X. Size selectivity of diamond and square mesh codends for hairfin anchovy *Setipinna taty* in Chinese stow net fisheries[J]. Fish Sci, 2006, 72(3): 530–539.
- [15] Zhang J, Sun M C, Peng Y Z, et al. Study of the mesh selectivity of diamond and square mesh codend of two-stick swing net[J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 2004, 13(4): 328–334. [张健, 孙满昌, 彭永章, 等. 桁杆张网渔具菱形和方形网目网囊的选择性研究[J]. 上海水产大学学报, 2004, 13(4): 328–334.]
- [16] Zhang J, Zhang P, Shi J G, et al. Size selectivity of diamond and square mesh codends in single-stake stow net fisheries[J]. Marine Fisheries, 2011, 33(2): 213–220. [张健, 张鹏, 石建高, 等. 单桩张网菱形、方形网目网囊选择性研究[J]. 海洋渔业, 2011, 33(2): 213–220.]
- [17] Tang Y L, Zhao T Y, Yang B Z, et al. Selectivity of codend mesh of double stake stow net in Qingdao offshore, Yellow Sea[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2010, 17(6): 1327–1333. [唐衍力, 赵同阳, 杨炳忠, 等. 黄海区青岛近海双桩张网网囊网目选择性研究[J]. 中国水产科学, 2010, 17(6): 1327–1333.]
- [18] Yan L, Yang L, Zhang X F, et al. Cod-end mesh selectivity of stick stow net in north part of the South China sea[J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2014(8): 171–176. [晏磊, 杨吝, 张旭丰, 等. 南海北部竖杆张网网囊网目选择性研究[J]. 广东农业科学, 2014(8): 171–176.]
- [19] Zhong W G, Guo D D, Zhang Y Q, et al. The characteristics and application of square mesh[J]. Freshwater Fisheries, 1992(3): 8–12. [钟为国, 郭大德, 张荫乔, 等. 方形网网片的特征及应用探讨[J]. 淡水渔业, 1992(3): 8–12.]
- [20] Robertson J H B, Stewart P A M. A comparison of size selection of haddock and whiting by square and diamond mesh codends[J]. J Cons: ICES J Mar Sci, 1988, 44(2): 148–161.
- [21] Yang L. Preliminary Study on Characteristics of Different Trawl Cod-end Designs[J]. Journal of Zhanjiang Ocean University, 1998, 18(2): 25–29. [杨吝. 不同结构网囊特性的初步研究[J]. 湛江海洋大学学报, 1998, 18(2): 25–29.]
- [22] Isaksen B, Valdemarsen J W. Selectivity experiments with square mesh codends in bottom trawl[C]. International Council for the Exploration of the Sea, 1986.
- [23] Petrakis G, Stergiou K I. Size selectivity of diamond and square mesh codends for four commercial Mediterranean fish species[J]. ICES J Mar Sci, 1997, 54(1): 13–23.
- [24] Stergiou K I, Petrakis G, Politou C Y. Size selectivity of diamond and square mesh cod-ends for *Nephrops norvegicus* in the Aegean Sea[J]. Fish Res, 1997, 29(3): 203–209.
- [25] Guijarro B, Massutí E. Selectivity of diamond- and square-mesh codends in the deepwater crustacean trawl fishery off the Balearic Islands (western Mediterranean)[J]. ICES J Mar Sci, 2006, 63(1): 52–67.
- [26] Yang L, Tan Y G, Zhang X F. Selectivity of square and diamond mesh cod-ends of bottom trawl nets in South China Sea[J]. Journal of Zhanjiang Ocean University, 2002, 22(3): 19–25. [杨吝, 谭永光, 张旭丰. 南海底拖网方、菱网网囊选择性研究[J]. 湛江海洋大学学报, 2002, 22(3): 19–25.]
- [27] Liang Z L, Ge C Z, Liu Y G. Study on the gear selectivity

- abroad[J]. Journal of Ocean University of Qingdao, 2001, 31(6): 835–841. [梁振林, 葛长宇, 刘英光. 国外渔具选择性研究进展[J]. 青岛海洋大学学报: 自然科学版, 2001, 31(6): 835–841.]
- [28] Millar R B. Estimating the size-selectivity of fishing gear by conditioning on the total catch[J]. J Am Stat Associ, 1992, 87(420): 962–968.
- [29] Sun M C. Fishing gear and fishing method selectivity[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2004. [孙满昌. 渔具渔法选择性[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004.]
- [30] Madsen N, Holst R. Assessment of the cover effect in trawl codend selectivity experiments[J]. Fish Res, 2002, 56(3): 289–301.
- [31] Sun M C, Zhang J, Qian W G. Influence of cover net method on stow net selectivity[J]. Journal of Fisheries of China, 2004, 28(6): 709–715. [孙满昌, 张健, 钱卫国. 套网法对张网渔具选择性的影响[J]. 水产学报, 2004, 28(6): 709–715.]
- [32] Ren Y P, Xu B D, Ye Z J, et al. Preliminary Study on Community Structure of Fishery Resources During Spring and Autumn in the Coastal Waters of Qingdao[J]. Periodical of Ocean University of China, 2005, 35(5): 792–798. [任一平, 徐宾铎, 叶振江, 等. 青岛近海春、秋季渔业资源群落结构特征的初步研究[J]. 中国海洋大学学报: 自然科学版, 2005, 35(5): 792–798.]
- [33] Mei C, Xu B, Xue Y, et al. Fish community structure and species diversity during autumn and winter in the central waters of Jiaozhou Bay[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2010, 17(1): 110–118. [梅春, 徐宾铎, 薛莹, 等. 胶州湾中部海域秋、冬季鱼类群落结构及其多样性研究[J]. 中国水产科学, 2010, 17(1): 110–118.]
- [34] Lin Z Y. Multivariate analysis: SPSS operation and application[M]. Beijing: Peking University Press, 2007: 456–466. [林震岩. 多变量分析: SPSS 的操作与应用[M]. 北京: 北京大学出版社, 2007: 456–466.]
- [35] Zhang J, Sun M C, Qian W G, et al. Discussion on the selectivity model of stow net[J]. Marine Fisheries, 2004, 26(1): 1–8. [张健, 孙满昌, 钱卫国, 等. 张网渔具选择性模型的探讨[J]. 海洋渔业, 2004, 26(1): 1–8.]
- [36] Casey J, Nicholson M D, Warnes S. Selectivity of square mesh codends of pelagic trawls for Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*)[J]. Fish Res, 1992, 13(3): 267–279.
- [37] Suuronen P, Millar R B. Size selectivity of diamond and square mesh codends in pelagic herring trawls: only small herring will notice the difference[J]. Can J Fish Aqu Sci, 1992, 49(10): 2104–2117.
- [38] Sala A, Lucchetti A, Piccinetti C, et al. Size selection by diamond- and square-mesh codends in multi-species Mediterranean demersal trawl fisheries[J]. Fish Res, 2008, 93(1): 8–21.

Selectivity of codend mesh sizes in stow nets during spring on the coast of Zhaitang Island, Qingdao

LI Chao, ZHANG Xiumei, CHEN Ping, ZHANG Peidong

Fisheries College, Ocean University of China, Qingdao 266003, China

Abstract: The selectivities of 30 mm diamond mesh codend (30D) and square mesh codends with mesh sizes of 20 mm (20S), 30 mm (30S), and 40 mm (40S) were studied using the parallel haul method and a logistic curve on the coast of Zhaitang Island, Qingdao, in spring 2014. Diamond codend of 16 mm (2a) was used as the control net. Multivariate statistics and the maximum likelihood method indicated that all experimental codends were effective in releasing *Ammodytes personatus*, *Syngnathus schlegeli*, and larvae of some economic fish species relative to the control net. Square mesh codends showed better selectivity than diamond mesh codends. The release ratios of individuals of *A. personatus* and *S. schlegeli* for 30S were 4.61% and 16.80% higher than those for 30D, and the 50% retention body length (L_{50}) of *Amblychaeturichthys hexanema* and *Loligo japonica* for 30S were 38.47% and 61.29% higher than those of 30D, respectively. Comparison with catch data using square mesh codends showed that the L_{50} of *A. hexanema* was 6.58 cm and 7.20 cm, and the selection range (SR) was 3.02 cm and 0.87 cm for the 20S and 30S, respectively; the L_{50} of *L. japonica* was 2.88 cm, 4.03 cm and 10.49 cm, and the SR was 0.74 cm, 0.52 cm and 2.67 cm for the 20S, 30S and 40S, respectively. Thus, the L_{50} of *A. hexanema* and *L. japonica* increased with larger square codend mesh size. A comprehensive analysis of the effects of different mesh types on the economic value of the catch, the release ratio of low economic value captures, and labor input of sorting catches all suggest that the use of 30 mm square mesh codend does not reduce fishery production; rather, it may protect the fishery by reducing unwanted bycatch and therefore should be implemented in the region.

Key words: stow net; square mesh codend; diamond mesh codend; Yellow Sea; Zhaitang Island

Corresponding author: ZHANG Xiumei. E-mail: gaozhang@ouc.edu.cn