

南海区桁杆虾拖网 40 mm 方目分离网片选择性的初步研究

杨炳忠, 杨 吝, 谭永光, 晏 磊, 张 鹏, 李 杰

(中国水产科学研究院南海水产研究所, 农业部南海渔业资源开发利用重点实验室, 广东 广州 510300)

摘要: 为了研究桁杆虾拖网 40 mm 方目分离网片对渔获物的分隔效果和选择性, 作者采用“套网法”于 2015 年 8 月在南海北部近海渔场进行了试验。计算分离网片对主要渔获物的尾数分隔率和质量分隔率, 使用 Logistic 曲线作为选择性模型, 运用极大似然估算法估算选择性参数。结果表明: 虾拖网的目标种类为刀额新对虾(*Metapenaeus ensis*)和周氏新对虾(*Metapenaeus joyneri*), 优势副渔获为丽叶鲷(*Caranx (Atule)kalla*); 刀额新对虾和周氏新对虾的尾数分隔率和质量分隔率均大于 90%; 尾数分隔率和质量分隔率均大于 80% 的种类有: 杂食豆齿鳗(*Pisoodonophis boro*)、黄斑蓝子鱼(*Siganus oramin*)、高体若鲷(*Carangoides equula*)和卵鳎(*Solea ovata* Richardson); 丽叶鲷和脊突猛虾姑(*Harpisquilla raphidea*)的尾数分隔率和质量分隔率均大于 60%; 周氏新对虾、脊突猛虾姑、丽叶鲷和黄斑蓝子鱼对分离网片的接触率分别为 0.51、0.69、0.41 和 0.39, 其 50% 选择体长(L_{50})分别为 57.96±2.07、69.62±2.13、68.19±0.49 和 73.12 mm±1.26 mm。研究结果可为提高南海桁杆虾拖网的选择性积累数据, 为缓解其对渔业资源补充群体的不良影响提供参考。

关键词: 虾拖网; 分离网片; 分隔率; 选择性

中图分类号: S972.13

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2018)02-0064-07

DOI: 10.11759/hyxx20170524004

桁杆虾拖网(以下简称虾拖网)属于单船桁杆拖网, 广泛分布于南海三省(区), 其捕捞对象是虾类、蟹类和小杂鱼^[1]。据估计, 2013 年广东省沿海的虾拖网渔船数量约为 600 艘^[2]。与刺网、张网等被动性渔具相比, 虾拖网对虾类资源的捕捞效率最高。但是, 由于虾拖网网囊网目尺寸小, 选择性差, 且主要在多种渔业资源混栖的近海渔场作业, 不可避免地产生了大量的副渔获, 受到社会各界的高度关注^[3]。在热带、亚热带水域作业的虾拖网, 副渔获物与虾类的质量比可高达 20 : 1^[4]。南海区虾拖网渔业也存在严重的副渔获问题, 据相关的研究报道, 南海虾拖网副渔获种类多达 30 余种, 副渔获与虾类的质量比最高为 19 : 1^[2, 5-9]。

目前, 国内外已有大量研究致力于提高虾拖网的选择性, 减少其副渔获物^[10-14]。分离网片是提高虾拖网选择性、减少副渔获物的一项重要技术手段。分离网片是安装于拖网网囊头附近的椭圆形网片, 顶部设有逃逸口, 根据渔获体形大小和行为差异对其进行分离^[10]。迄今, 东海区虾拖网已进行过一系列分离网片的试验^[12-16]。南海区仅蝴蝶拖网(单船有袖单囊拖网)进行过分离网片的试验^[17], 单船桁杆拖网分离网片的试验尚无相关报道。由于每一种虾拖网渔业其本身的特点会影响分离网片的选择效果, 因

此, 在开发和使用分离网片之前, 必须通过试验对其实际分离效果和选择性进行评价^[18]。作者以 2015 年南海区虾拖网分离网片的试验数据为基础, 重点分析分离网片对主要渔获物的分隔率和选择性, 为缓解虾拖网严重的副渔获物问题提供参考, 也为渔业资源的合理利用提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 试验渔场、渔船与渔具

试验时间为 2015 年 8 月 4—11 日, 渔场为南海北部近海海域(21°33'~21°48'N, 112°07'~112°20'E), 水深为 8~15 m, 泥沙底质。

试验渔船为“粤阳东渔 12081”, 是一艘传统的虾拖网渔船, 玻璃钢材质, 船长 21 m、型宽 4.1 m、吨位 42 t、主机功率 98 kW。船上装配的仪器有:

收稿日期: 2017-05-24; 修回日期: 2017-10-17

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201203018); 农业部财政项目(20161102、20171102)

[Foundation: The Special Fund for Agro-scientific Research in the Public Interest, No. 201203018; Financial Project of Ministry of Agriculture, No.20161102, 20171102]

作者简介: 杨炳忠(1984-), 男, 广西桂平人, 硕士, 助理研究员, 从事渔具渔法及选择性研究, 电话: 020-89023307, E-mail: ybzaaa@163.com

FT-8700、GPS128、单边带等仪器。

试验虾拖网的主尺度为 10.50 m×7.15 m(2.2 m), 网口网目尺寸 28 mm, 网囊网目尺寸 18 mm, 网囊圆周 80 目(图 1)。虾拖网装配 2 条桁杆, 上桁杆为 2.2 m 的竹竿, 下桁杆为 2.2m 的铁杆(质量为 7 kg); 2 条下叉纲各装置 1 个铁质重锤(质量为 20 kg)(图 1)。

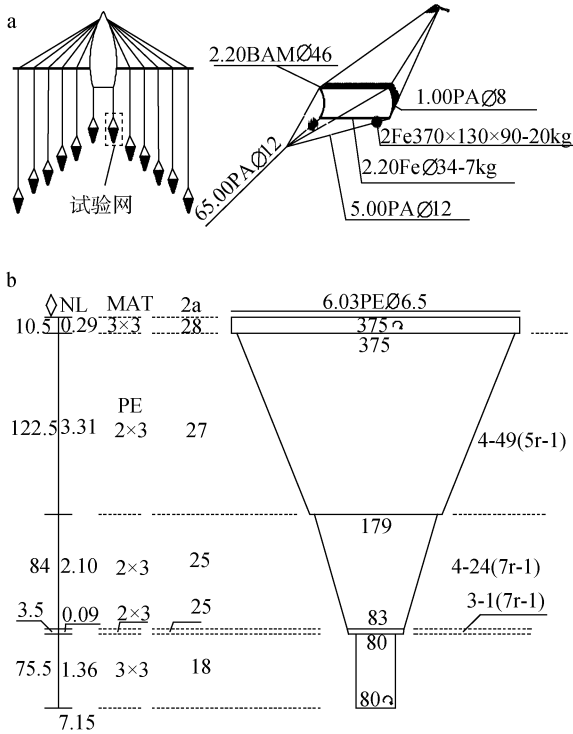


图 1 虾拖网作业示意图(a)和网衣展开图(b)

Fig. 1 Schematic diagram (a) and specification (b) of shrimp beam trawl

分离网片由菱目网片沿着单脚剪裁, 经转向和定型为方形网目后缝于不锈钢圈上构成。网衣材料为聚乙烯(PE), 线粗 5×3, 网目尺寸 40 mm, 圆周 52 目, 横向 17 目, 纵向 19 目。不锈钢圈直径 390 mm, 厚度为 8 mm(图 2)。

分离网片安装于网身后段, 背面离网囊 18 目, 腹面离网囊 28 目, 安装倾斜角度约 45°, 在分离网片与虾拖网网身背面重合处设置 1 个三角形逃逸口(图 2)。三角形逃逸口的规格: 两边 11 目, 缩结长度 150 mm; 中间垂直距离 200 mm; 钢圈部分弧长 205 mm, 10 目方目(20 目菱目)。

试验采用“套网法”进行, 套网的位置前于三角形逃逸口, 用于收集从三角形逃逸口逃逸的渔获。同时, 尽量避免套网的存在影响渔获物的有效逃逸。套网的网目尺寸为 15 mm, 内径为 13.29 mm±0.39 mm,

线粗为 2×3, 纵向目数 155.5 目, 圆周目数 251 目。

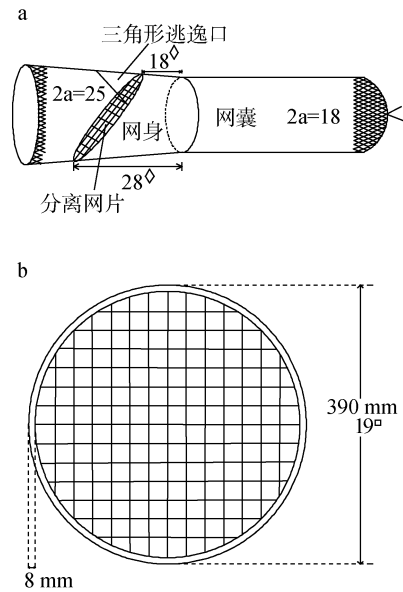


图 2 分离网片的安装示意图(a)和规格(b)

Fig. 2 Schematic diagram (a) and specification (b) of separator panel

渔船作业时拖速 2.0~2.4 kn, 一共拖 12 顶网, 为了方便操作, 将分离网片安装于渔船右舷第一顶网处(图 1)。试验期间, 渔船为夜间作业, 一般 18: 30 开始放网, 2~3 h 后起网, 然后继续放网, 每晚作业 3~4 网次, 试验共完成了 13 网次作业。

1.2 数据的采集方法

试验期间, 科研人员跟随船出海, 记录作业时间、位置、水深等数据。起网后, 分别倒出套网和网囊中的渔获物, 进行分类和生物学测量。如渔获较多, 则抽样进行生物学测量, 随机取样的比例一般为总渔获的 50%或 25%。测量的参数包括: 体长、体质量等。渔获分类、取样和测量全部在海上进行。长度测量精度为 0.1 mm, 质量测量精度为 0.1 g。

1.3 数据的分析方法

统计分离网片对主要渔获种类的尾数分隔率和质量分隔率, 计算公式分别如下:

$$\text{尾数分隔率} = \frac{\text{套网渔获数量}}{\text{套网渔获数量} + \text{网囊渔获数量}} \quad (1)$$

$$\text{质量分隔率} = \frac{\text{套网渔获质量}}{\text{套网渔获质量} + \text{网囊渔获质量}} \quad (2)$$

假设某个种类的总渔获数量为 N , 进入网囊的渔获数量为 N_n , 进入套网的渔获数量为 N_c , 则总渔获 N 可分为 3 部分: 接触分离网片后进入套网的渔

获, 用 S_pN 表示; 不接触分离网片直接进入套网的渔获可用 $(1-p)N$ 表示; 接触分离网片后进入网囊的渔获数量可表示为 $N_c=(1-S_i)pN$ 。那么渔获物进入网囊的概率可表示为:

$$C_i = \frac{N_n}{N} = \frac{[1-S_i]pN}{N} = [1-S_i]p \quad (3)$$

式中, p 表示渔获接触分离网片的概率, S_i 表示分离网片对渔获的选择率。

对于选择率 S_i , 采用逻辑斯蒂曲线方程作为选择性模型, 表达式为:

$$S_i = \frac{\exp(a+bl_i)}{1+\exp(a+bl_i)} \quad (4)$$

式中, l_i 为渔获物的体长, a 、 b 为选择性参数。使用极大似然法估算渔获种类的选择性参数 a 、 b 和 p , 其反对数似然函数为:

$$l(\theta) = \ln(L) = \sum_i \{N_{ni} \cdot \ln[C_i] + N_{ci} \cdot \ln[1-C_i]\} \quad (5)$$

式中, N_{ni} 为进入网囊的 i 体长组的尾数; N_{ci} 为进入套网的 i 体长组的尾数。似然函数的最大化通过 MS-Excel 2003 软件的“规划求解”功能完成^[19-20]。

使用 50% 选择体长 (L_{50})、选择范围 (Selection range, SR) 和赤池信息指数 (AIC, Akaike' information

criterion) 评价分离网片对主要渔获种类的选择性, 相关计算公式如下:

$$L_{50} = -a/b \quad (6)$$

$$SR = 21n3/b \quad (7)$$

$$AIC = -2MLL + 2M \quad (8)$$

式中, MLL (Maximum log-likelihood) 为模型的最大对数尤度, M 为待估参数的个数^[19-21]。

选择性参数 a 、 b 和 L_{50} 、 SR 的标准差利用费歇信息矩阵 (Fisher Information Matrix) 进行估算^[20]。

2 结果

2.1 渔获概况

试验的渔获种类共 42 种。其中, 套网和试验网囊均捕获的种类有 24 种, 包括虾类 2 种、副渔获 22 种。另外, 仅出现于套网中的渔获 16 种, 仅出现于网囊的渔获 2 种。表 1 列出了套网和网囊 24 种共同渔获的数量和质量, 其中, 套网渔获物共 3 539 尾、质量为 26 535 g, 网囊渔获共 877 尾、质量为 4 052 g。虾类渔获的优势种类为刀额新对虾 (*Metapenaeus ensis*) 和周氏新对虾 (*Metapenaeus joyneri*); 副渔获种类中, 以丽叶鲷 (*Caranx (Atule) kalla*) 和脊突猛虾姑 (*Harpisquilla raphidea*) 的数量最多 (表 1)。

表 1 分离网片试验渔获统计
Tab. 1 Major species of shrimp beam trawl

序号	种类	套网渔获		网囊渔获		尾数	质量
		总数/尾	总质量/g	总数/尾	总质量/g		
1	刀额新对虾 (<i>Metapenaeus ensis</i>)	1 143	8 102	66	245	94.54	97.06
2	周氏新对虾 (<i>Metapenaeus joyneri</i>)	448	2 523	34	134	92.95	94.96
3	杂食豆齿鳃 (<i>Pisoodonophis boro</i>)	25	462	3	99	89.29	82.35
4	黄斑蓝子鱼 (<i>Siganus oramin</i>)	173	2 306	25	262	87.37	89.80
5	高体若鲷 (<i>Carangoides equula</i>)	6	52	1	7	85.71	88.14
6	卵鲷 (<i>Solea ovata</i> Richardson)	4	21	1	3	80.00	87.50
7	丽叶鲷 (<i>Caranx (Atule) kalla</i>)	1 139	8 086	401	1 349	73.96	85.70
8	矛尾鰕虎鱼 (<i>Chaeturichthys stigmatias</i>)	11	39	3	10	78.57	79.59
9	中华青鳞鱼 (<i>Harengula nymphaea</i>)	73	682	20	139	78.49	83.07
10	鱯 (<i>Therapon tharaps</i>)	37	195	11	43	77.08	81.93
11	六指马鲛 (<i>Polynemus sextarius</i>)	49	666	18	129	73.13	83.77
12	脊突猛虾姑 (<i>Harpisquilla raphidea</i>)	88	417	38	193	69.84	68.36
13	深水金线鱼 (<i>Nemipterus bathybius</i>)	57	252	25	154	69.51	62.07
14	白姑鱼 (<i>Argyrosomus argentatus</i>)	11	92	5	35	68.75	72.44
15	硬头骨鲷 (<i>Osteomugil strongylocephalus</i>)	8	141	4	80	66.67	63.80
16	赤鼻棱鳀 (<i>Thrissa kammalensis</i>)	2	5	1	3	66.67	62.50
17	娥眉条鳀 (<i>Zebrias quagga</i>)	2	8	1	6	66.67	57.14
18	中颌棱鳀 (<i>Thrissa mystax</i>)	2	6	1	5	66.67	54.55
19	黑尾吻鳀 (<i>Rhynchoconger ectenurus</i>)	29	91	21	115	58.00	44.17

续表

序号	种类	套网渔获		网囊渔获		尾数	质量
		总数/尾	总质量/g	总数/尾	总质量/g	分隔率/%	分隔率/%
20	康氏小公鱼(<i>Anchoviella commersoni</i>)	42	215	31	99	57.53	68.47
21	中线天竺鲷(<i>Apogon kiensis</i>)	183	2 056	159	840	53.51	70.99
22	鲷(<i>Ilisha elongata</i>)	1	6	1	4	50.00	60.00
23	红狼牙鰕虎鱼(<i>Odontamblyopus rubicundus</i>)	3	65	3	67	50.00	49.24
24	海鲇(<i>Arius thalassinus</i>)	3	47	4	31	42.86	60.26
总计		3 539	26 535	877	4 052		

2.2 渔获物分隔率

24 种共同渔获总尾数分隔率为 80.14%，总质量分隔率为 86.75%。刀额新对虾和周氏新对虾的尾数分隔率和质量分隔率均大于 90%。尾数分隔率和质量分隔率均大于 80%的种类有：杂食豆齿鳗(*Pisodonophis boro*)、黄斑蓝子鱼(*Siganus oramin*)、高体若鲷(*Carangoides equula*)和卵鲷(*Solea ovata Richardson*)；丽叶鲷和脊突猛虾姑尾数分隔率和质量分隔率均大于 60%(表 1)。

2.3 优势种的选择分析

试验中，虾拖网的渔获种类较多，但种类间渔获数量差异较大。作者仅对渔获数较多且经济价值较高的 5 种渔获物进行选择分析，分别为刀额新对虾、周氏新对虾、脊突猛虾姑、丽叶鲷和黄斑蓝子鱼。上述 5 种渔获的体长分布见图 3，选择性参数见表 2。其中，刀额新对虾的体长数据在选择性模型中不收敛，无法取得有效解，其选择性参数无法估算。

表 2 主要渔获种类选择性参数

Tab. 2 Selective parameters of major species

参数	种类				
	刀额新对虾	周氏新对虾	脊突猛虾姑	丽叶鲷	黄斑蓝子鱼
<i>a</i>	-	-6.37±0.96	-6.96±1.65	-6.82±0.46	-10.09±1.40
<i>b</i>	-	0.11±0.01	0.10±0.02	0.10±0.01	0.14±0.02
<i>p</i>	-	0.51	0.69	0.41	0.39
<i>L</i> ₅₀	-	57.96±2.07	69.62±2.13	68.19±0.49	73.12±1.26
<i>SR</i>	-	20.00±2.36	21.97±4.89	21.97±1.58	15.93±2.04
<i>MLL</i>	-	-9.08	-9.39	-19.30	-7.52
<i>AIC</i>	-	24.16	24.79	44.61	21.03

注：“-”表示模型不收敛；*a*、*b* 和 *p* 为待估参数；*L*₅₀ 为 50%选择体长；*SR* 为选择范围；*MLL* 为最大对数尤度；*AIC* 为赤池信息指数

周氏新对虾、脊突猛虾姑、丽叶鲷和黄斑蓝子鱼对分离网片的接触率分别为 0.51、0.69、0.41 和 0.39，50% 选择体长分别为 57.96±2.07、69.62±2.13、68.19±0.49 和 73.12 mm±1.26 mm，选择范围分别为 20.00±2.36、21.97±4.89、21.97±1.58 和 15.93 mm±2.04 mm。当周氏新对虾的体长为 35 mm 左右时，网囊和套网的选择性均约为 0.5，当体长>90 mm 时，网囊的选择性为 0，套网的选择性为 1.0；当脊突猛虾姑的体长为 60 mm 左右时，网囊和套网的选择性均约为 0.5，当体长>105 mm 时，网囊的选择性为 0，套网的选择性为 1.0；当丽叶鲷的体长为 35 mm 左右时，网囊选择性约为 0.4、套网的选择性约为 0.6，当体长>95 mm 时，网囊的选择性为 0，套网的选择

性为 1.0；当丽叶鲷的体长为 55 mm 左右时，网囊选择性约为 0.4、套网的选择性约为 0.6，当体长>100 mm 时，网囊的选择性为 0，套网的选择性为 1.0(图 3)。

3 讨论

从试验中可以看出南海虾拖网的渔获种类非常多，除了目标种类虾外还有很多副渔获物。套网渔获中，副渔获的数量和质量均占总渔获的 50%以上；网囊渔获中，副渔获的质量和数量均占总渔获的 80%以上。该结果表明了南海虾拖网存在严重的副渔获问题，与一些前期的研究结果一致^[5-9]。但是，本试验中虾拖网的副渔获以鱼类为主。

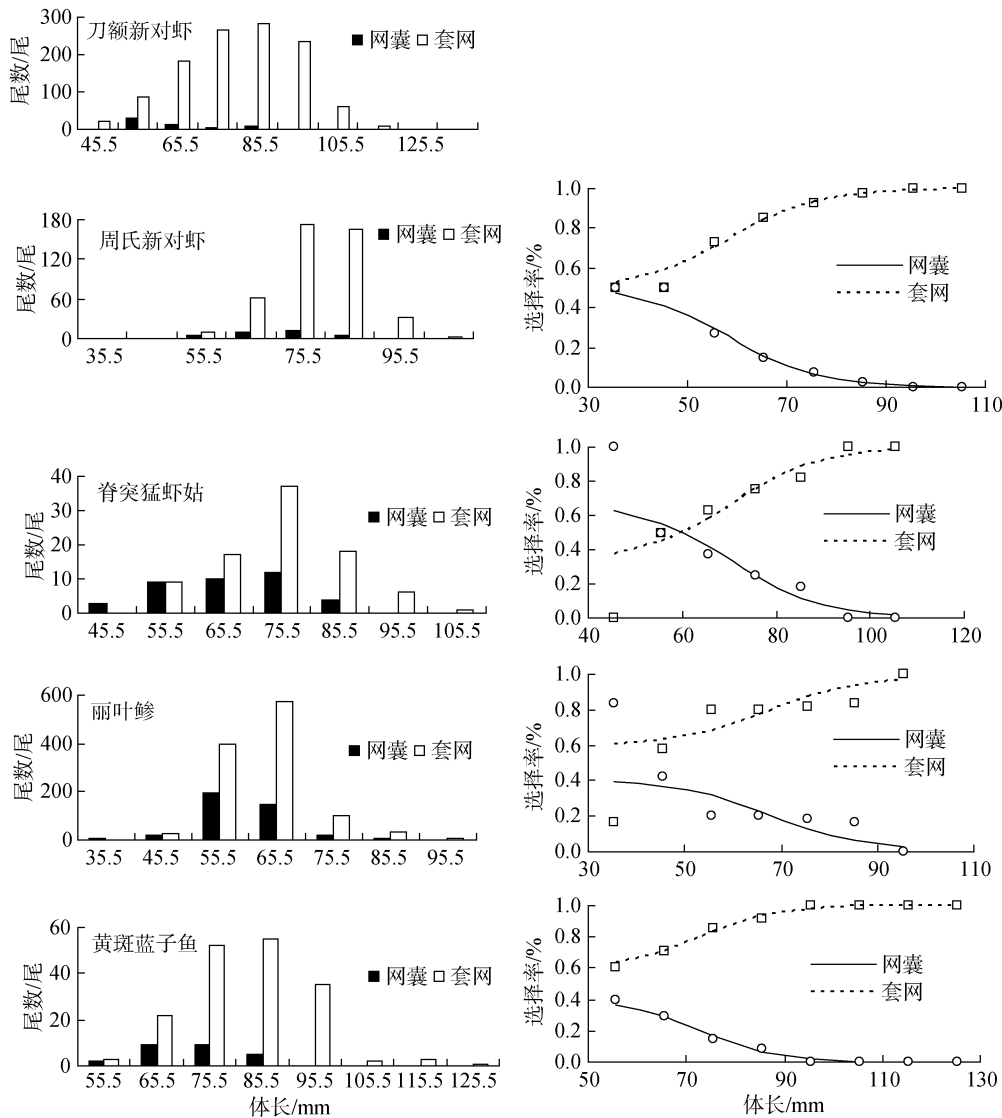


图3 主要经济种类体长分布和选择性曲线

Fig. 3 Length distribution and selection curves of major species

周氏新对虾和脊突猛虾姑对分离网片的接触率大于丽叶鲷和黄斑蓝子鱼。分离网片对渔获物的分隔率与接触率与其游泳能力和体型有一定的关系, 虾类的游泳能力较弱, 主动躲避分离网片的能力较差^[12, 18]。因此, 虾类对分离网片的接触率比鱼类的大。鱼类渔获中扁平或卵圆形的种类分隔率比较高, 如黄斑蓝子鱼和丽叶鲷; 体型纤细或长条形的种类分隔率较低, 如康氏小公鱼和中线天竺鲷。该结果说明了长条形的渔获更易于穿越方目分离网片。罗炎标等^[17]分析了大鹏湾虾拖网渔获分离试验的效果, 表明 130 mm 的分离网片对渔获的平均质量分隔率为 62.26%。本试验 40 mm 方目分离网片对渔获的质量分隔率为 86.75%, 大于罗炎标^[17]的试验结果, 主

要原因在于: 本试验分离网片的网目尺寸远小于 130 mm; 试验所用渔具和分离网片的结构有较大差异; 试验时间、渔场和捕捞对象也存在一定的差异。

迄今, 国内虾拖网分离网片的试验主要集中于种间分离, 试验设计是通过安装分离网片和漏斗网将网囊一分为二, 实现虾与鱼类的有效分离^[12-14, 17]。本研究的目的在于提高虾拖网的种内尺寸选择性, 即从整体上提高虾拖网对所有渔获的尺寸选择性, 降低渔获物的幼鱼(幼体)比例。所以, 本试验的分离网片设计与上述研究有一些差异。

本试验采用“套网法”将整个试验网囊围着, 用于收集从三角形逃逸口中逃逸的渔获。该设计可能会对试验结果产生一定程度的影响。因为从理论上,

任何网囊(无论网目尺寸多小)都具有选择性。即理论上,本试验中套网的渔获有可能是先进入网囊,然后从网囊逃逸到套网中。但是,作者于2014年对该虾拖网进行网囊网目选择性试验时,发现除少数个体极小的种类(如杂食豆齿鳗的幼体)能从网目尺寸为18 mm的菱目网囊中逃逸外,一般渔获种类几乎无法从该网囊中逃逸。所以,为了方便渔船作业时的起、放网操作的方便,本试验直接用套网将三角形逃逸口和整个网囊套住。因此,本研究将18 mm菱目网囊的选择性对试验的影响忽略不计。但是,从科学试验的角度上建议今后仅将套网缝合于三角形逃逸口处,以消除网囊选择性对试验结果的影响。

本试验首次尝试将分离网片应用于南海桁杆虾拖网中,其结果表明分离网片在虾类与副渔获物的尺寸分离方面有一定的效果。目标种类刀额新对虾和周氏新对虾的尾数分隔率和质量分隔率均大于90%,进入网囊的都是小个体的虾类和鱼类。结果对提高虾拖网的选择性具有一定的指导作用。今后,可参考东海区桁杆虾拖网分离网片试验的经验^[12-14],将单网囊改为双网囊结构,上面的网囊用于收集从分离网片分隔出的大个体渔获,下面的网囊可考虑改为幼鱼释放口,用于释放虾类和副渔获物的幼鱼。当然,从本研究的选择性参数看,几种主要种类的50%选择体长值还相对较小。为了提高选择性,需要进一步放大分离网片的网目尺寸。另外,三角形逃逸口可考虑使用大网尺寸的方目网衣代替。因为三角形逃逸口的存在可能会改变网囊内水流的状态,从而影响渔获物的逃逸行为。

参考文献:

- [1] 杨吝, 卢伙胜, 吴壮, 等. 南海区海洋渔具渔法[M]. 广州: 广东科技出版社, 2002: 148-153.
Yang Lin, Lu Huosheng, Wu Zhuang, et al. Fishing gears and fishing methods in South China Sea[M]. Guangzhou: Guangdong Technology Press, 2002: 148-153.
- [2] Yang B Z, Yang L, Zhang P, et al. Fish by-catch of shrimp beam trawl in the northern South China Sea[J]. Journal of Applied Ichthyology, 2015, 31(4): 714-717.
- [3] Kelleher K. Discards in the world's marine fisheries. An update[R]. Rome: FAO, 2005: 131.
- [4] Eayrs S. A guide to bycatch reduction in tropical shrimp trawl fisheries[R]. Rome: FAO, 2007: 110.
- [5] 杨吝, 张旭丰, 张鹏, 等. 珠江口虾拖网的副渔获组成[J]. 南方水产, 2005, 1(1): 27-34.
Yang Lin, Zhang Xufeng, Zhang Peng, et al. Composition of by-catch of shrimping beam trawl in the Pearl River Estuary, China[J]. South China Fisheries Science, 2005, 1(1): 27-34.
- [6] 杨吝, 张旭丰, 谭永光, 等. 珠江口浅水域小型虾拖网渔获组成分析[J]. 南方水产, 2008, 4(6): 70-77.
Yang Lin, Zhang Xufeng, Tan Yongguang, et al. Analysis of the catch composition of small shrimp-beam-trawl net in shallow waters of Pearl River Estuary, China[J]. South China Fisheries Science, 2008, 4(6): 70-77.
- [7] 张旭丰, 张鹏, 谭永光, 等. 碓洲岛周围水域虾拖网虾渔获组成[J]. 海洋渔业, 2008, 30(3): 207-212.
Zhang Xufeng, Zhang Peng, Tan Yongguang, et al. Composition of shrimp catches caught shrimp by beam trawl in the waters around Naozhou Island of Guangdong Province[J]. Marine Fishery, 2008, 30(3): 207-212.
- [8] 张旭丰, 张鹏, 谭永光, 等. 广东碓洲岛周围水域虾拖网副渔获组成分析[J]. 大连水产学院学报, 2009, 24(2): 130-135.
Zhang Xufeng, Zhang Peng, Tan Yongguang, et al. Composition of by-catch in shrimp beam trawls in waters surrounding Naozhou Island in Guangdong province[J]. Journal of Dalian Fisheries University, 2009, 24(2): 130-135.
- [9] 杨炳忠, 杨吝, 谭永光, 等. 湛江近海虾拖网副渔获组成分析与评价[J]. 海洋科学, 2014, 38(1): 65-70.
Yang Bingzhong, Yang Lin, Tan Yongguang, et al. Analysis and assessment of by-catch composition of shrimp beam trawl in coastal sea of Zhanjiang[J]. Marine Sciences, 2014, 38(1): 65-70.
- [10] 杨吝. 世界海洋渔业副渔获和丢弃问题及对策[M]. 广州: 广东科技出版社, 2014: 1-403.
Yang Lin. Problems and strategies of by-catch and discards in marine fisheries of the world[M]. Guangzhou: Guangdong Technology Press, 2014: 1-403.
- [11] He P G. Behavior of marine fishes: capture processes and conservation challenges [M]. Oxford: Wiley-Blackwell, 2010: 1-375.
- [12] 张健, 孙满昌, 彭永章, 等. 桁拖网渔具分隔网片对虾类的分隔效率[J]. 中国水产科学, 2008, 15(5): 845-852.
Zhang Jian, Sun Manchang, Peng Yongzhang, et al. Separating efficiency of separator panels rigged in beam trawls for shrimps[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2008, 15(5): 845-852.
- [13] 张健, 孙满昌, 叶旭昌, 等. 分隔网片对桁拖网鱼类渔获的分隔效率[J]. 大连水产学院学报, 2008, 23(5): 340-347.
Zhang Jian, Sun Manchang, Ye Xuchang, et al. Separating efficiency of separator panels rigged in beam trawls for fishes[J]. Journal of Dalian Fisheries University, 2008, 23(5): 340-347.
- [14] 张健, 白伦. 桁拖网渔具分隔网片对蟹类的分隔效

- 果[J]. 海洋渔业, 2013, 35 (2): 217-223.
Zhang Jian, Bai Lun. Efficiency of separator panels in beam trawls for crabs[J]. Marine Fisheries, 2013, 35(2): 217-223.
- [15] 孙满昌, 姚来富. 桁拖网作业中鱼虾分隔的初步试验研究[J]. 海洋渔业, 1998, 20(3): 111-115.
Sun Manchang, Yao Laifu. Preliminary experimental studies on the separation of shrimp from fish in beam trawling[J]. Marine Fisheries, 1998, 20(3): 111-115.
- [16] 樊伟, 孙满昌. 桁拖网作业中鱼虾分隔效果的试验研究[J]. 海洋渔业, 2000, 22 (3): 106-109.
Fan Wei, Sun Manchang. Experimental studies on the separation of shrimp from fish in beam trawling[J]. Marine Fisheries, 2000, 22(3): 106-109.
- [17] 罗炎标, 张健, 孙满昌. 大鹏湾捕虾拖网渔获分隔试验的效果分析[J]. 南方水产, 2007, 3(1): 14-19.
Luo Yanbiao, Zhang Jian, Sun Manchang. Preliminary study on separator shrimp trawl in Dapeng Gulf[J]. South China Fisheries Science, 2007, 3(1): 14-19.
- [18] Broadhurst M K. Modifications to reduce bycatch in prawn trawls: A review and framework for development[J]. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 2000, 10(1): 27-60.
- [19] 東海正. MS-Excel のソルバーによる曳網の網目選択性 Logistic 式パラメータの最尤推定[J]. 水産海洋研究, 1997, 61(3): 288-298.
Tokai T. Maximum likelihood parameter estimates of a mesh selectivity logistic model through SOLVER on MS-Excel[J]. Bull Jpn Fish Oceanogra, 1997, 61(3): 288-298.
- [20] 孙满昌. 渔具渔法选择性[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004: 53-108.
Sun Manchang. Selectivity of fishing gears and methods[M]. Beijing: Agriculture Press of China, 2004: 53-108.
- [21] 東海正, 三橋廷央. 比較操業実験から選択性曲線を求める SELECT モデルについて[J]. 水産海洋研究, 1998, 62(3): 235-247.
Tokai T, Mitsuhashi T. Select model for estimating selectivity curve from comparative fishing experiments[J]. Bull Jpn Fish Oceanogr, 1998, 62(3): 235-247.

Preliminary study of selectivity of separator panel with 40 mm square mesh of shrimp beam trawl in the South China Sea

YANG Bing-zhong, YANG Lin, TAN Yong-guang, Yan Lei, ZHANG Peng, LI Jie

(Key Lab. of South China Sea Fishery Resources Exploitation & Utilization, Ministry of Agriculture, South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China)

Received: May 24, 2017

Key words: shrimp beam trawl; separator panel; separating rate; selectivity

Abstract: We conducted fishing experiments using the covered codend method in August 2015 to assess the separating effect and the selectivity of separator panel with 40-mm square mesh for the major species in the northern South China Sea. The separating rates, both in number and in weight, of the major species were calculated. The logistic model was chosen to express the size selection, and the maximum likelihood method was used to estimate the parameters. The results indicated that the target species of the shrimp beam trawl were *Metapenaeus ensis* and *M. joyneri*, and the major by-catch species was *Caranx (Atule) kalla*. The separating rates of both *M. ensis* and *M. joyneri* were larger than 90%. The separating rates, both in number and in weight, were larger than 80% for four by-catch species, *Pisoodonophis boro*, *Siganus oramin*, *Carangoides equula*, and *Solea ovata Richardson*. For *Caranx (Atule) kalla* and *Harpisquilla raphidea*, the separating rates were larger than 60%. The contact probabilities were 0.51, 0.69, 0.41, and 0.39, and the 50% selection lengths (L_{50}) were 57.96 ± 2.07 , 69.62 ± 2.13 , 68.19 ± 0.49 , and $73.12 \text{ mm} \pm 1.26 \text{ mm}$ for *M. joyneri*, *H. raphidea*, *Caranx (Atule)kalla*, and *S. oramin*, respectively. Our results may be useful for improving the size selectivity and addressing the negative impact of the shrimp beam trawl of the northern South China Sea on the recruitment of fishery resources.

(本文编辑: 谭雪静)