

南海区虾拖网方目与菱目混合网囊渔获性能初步研究

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: 虾拖网是南海区常见的作业方式, 由于其网囊网目选择性差, 虾拖网作业常产生大量的副渔获物。为了优化虾拖网网囊结构, 提高其选择性, 2015年8月在南海北部渔场用方形网目与菱形网目混合网囊进行试验。结果表明: 虾拖网的渔获种类有34种; 渔获种类中, 康氏小公鱼(*Anchoviella commersoni*)、黑尾吻鳗(*Rhynchoconger ectenurus*)、中线天竺鲷(*Apogon kiensis*)和杂食豆齿鳗(*Pisoodonophis boro*)的尾数逃逸率均超过80%; 周氏新对虾(*Metapenaeus joyneri*)和刀额新对虾(*Metapenaeus affinis*)的尾数逃逸率最低, 仅为6.18%和2.07%; 周氏新对虾和刀额新对虾的50%选择体长(L_{50})分别为50.79 mm和53.858 mm; 脊突猛虾姑(*Harpiosquilla raphidea*)的 L_{50} 为62.51 mm; 丽叶鲹(*Caranx kalla*)、中华青鳞鱼(*Harengula nymphaea*)、中线天竺鲷(*Apogon kiensis*)、赤鼻棱鳀(*Thrissa kammalensis*)和黄斑蓝子鱼(*Siganus oramin*)的 L_{50} 分别为53.77、78.87、47.17、60.92和60.55 mm; 混合网囊对鱼类副渔获的释放率较高, 但对幼虾的释放率较低。建议今后放大网囊菱目段的网目尺寸进行相应的试验, 提高混合网囊对目标种类的 L_{50} 值, 使其在释放鱼类副渔获物的同时释放幼虾, 达到渔业资源的合理利用。

关键词: 虾拖网; 方形网目; 菱形网目; 网囊; 渔获性能

中图分类号: S972.13 文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2017)01-0057-08

DOI: 10.11759/hykh.20160107001

随着近海渔场优质鱼类资源的衰退, 以虾类为主的甲壳类资源的开发利用逐渐受到人们的重视^[1]。与鱼类相比, 虾类资源生命周期短, 能承受较大的捕捞压力^[2]。南海区捕捞虾类的主要渔具为单船桁杆拖网^[3], 数量多、分布广, 仅广东省沿海就有近600艘虾拖网渔船^[4]。但是, 由于在近海渔场作业, 加上网囊选择性差, 虾拖网的副渔获问题也极为严重^[4-7]。

要解决虾拖网的副渔获问题, 首先要提高其网囊对渔获的选择性。传统虾拖网网囊由菱形网目(以下简称菱目)网衣制作而成, 网目尺寸小, 网线粗(有些还用双线编制)。在渔船拖曳和水阻力作用下, 虾拖网菱目网囊网目几乎全部闭合, 导致渔获无法逃逸, 产生了大量的副渔获物。经国内外大量的研究证实^[8-9], 方形网目(以下简称方目)在纵向受力的情况下仍然能保持有效的张开, 方目网囊的选择性较好。有研究认为方目网囊对于释放圆体形的渔获效果较好, 菱目网囊更能释放平扁体形的渔获^[10]。杨吝等^[8, 10]认为, 南海底拖网最佳网囊为方目与菱目结合的混合网囊。但是, 方目与菱目混合网囊在南海虾拖网中的渔获效果如何? 目前, 尚无相关的研究报道。为了探讨南海虾拖网的最佳网囊结构配置、为解决虾拖网

严重的副渔获问题提供参考, 本研究对混合网囊进行初步试验, 并对其渔获性能进行分析和研究。

1 材料与方法

1.1 试验渔场、渔船与渔具

试验于2015年8月4~11日在南海北部近海渔场进行, 经纬范围: 21°33'~21°48'N, 112°07'~112°20'E, 水深为8~15 m, 底质为泥沙。

试验渔船为“粤阳东渔12081”, 玻璃钢质, 船长21 m, 型宽4.1 m, 吨位42 t, 功率98 kW。船上装配有FT-8700、GPS128、单边带等仪器。该船共拖曳12顶网, 其中, 试验网具为渔船右舷向外第一顶(图1)。

渔船所用的虾拖网主尺度为10.50 m×7.15 m(2.2 m), 为手工编制, 网口网目尺寸28 mm, 网囊网

收稿日期: 2016-01-07; 修回日期: 2016-03-11

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201203018)

[Foundation: The Special Fund for Agro-scientific Research in the Public Interest, No. 201203018]

作者简介: 杨炳忠(1984-), 男, 广西桂平人, 硕士, 助理研究员, 从事渔具选择性研究, 电话: 020-89023307, E-mail: ybzaaa@163.com; 杨吝, 通信作者, E-mail: scsfish@21cn.com

目尺寸 18 mm, 网囊圆周 80 目(图 2)。每顶网具装配两个 20 kg 铁质重锤。

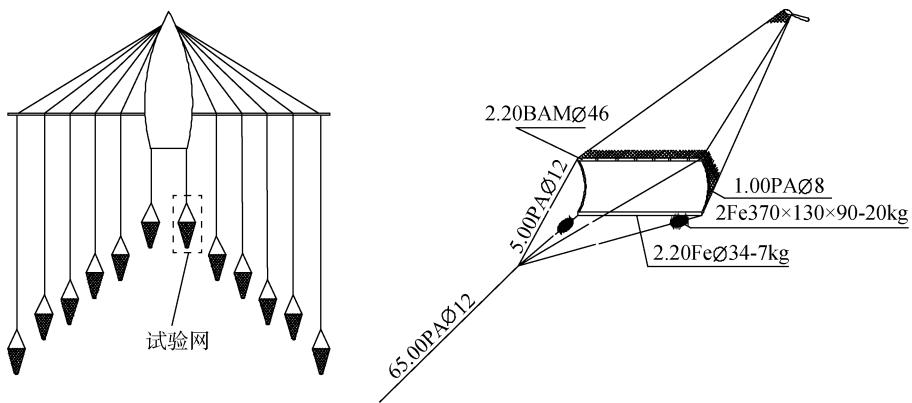


图 1 虾拖网作业示意图

Fig. 1 The shrimp beam trawl used during fishing trials

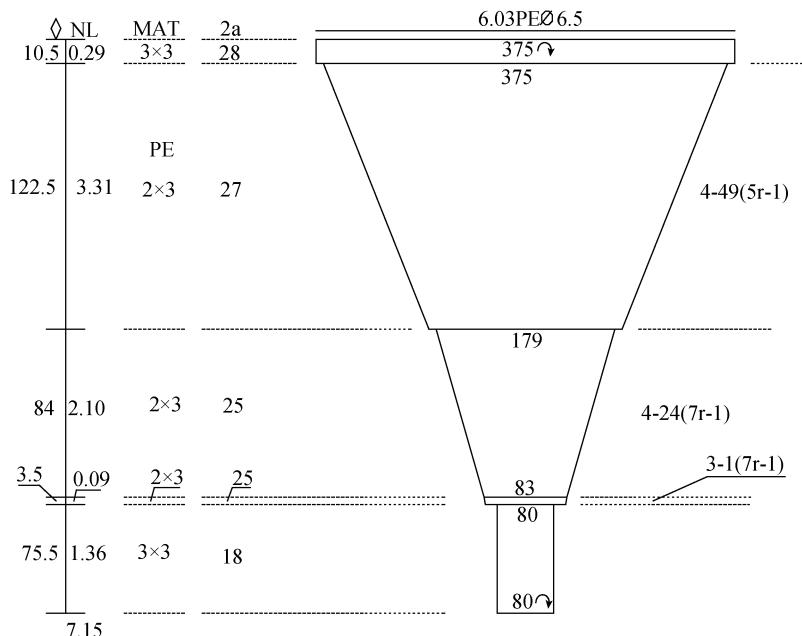


图 2 虾拖网网衣展开图

Fig. 2 Specification of net structure of the shrimp beam trawl

试验网是将渔船所用的虾拖网网囊改造为混合结构的网囊, 网囊前段为方目网衣, 后段为菱目网衣。其中, 方目段网目尺寸(2a)35 mm, 线粗 3×3, 纵向网目数 40 目, 圆周网目数 29 目; 菱目段网目尺寸(2a)18 mm, 线粗 3×3, 纵向网目数 40 目, 圆周网目数 80 目(图 3)。试验采用“套网法”进行。套网的网目尺寸为 15 mm, 线粗 2×3, 内径为 13.29 mm±0.39 mm, 纵向目数 155.5 目, 圆周目数 250 目。

渔船一般早上 7:00 开始放网, 拖速 2.3~2.4 kn, 拖曳 2 h 后起网, 然后接着放网, 每天作业 3~4 网。共进行了 9 网次捕捞试验。

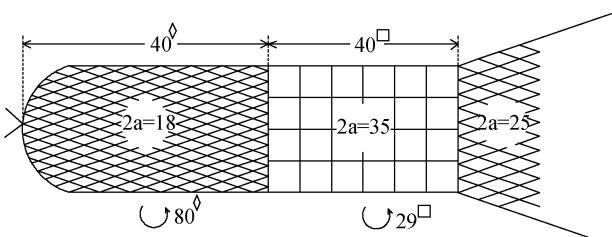


图 3 方目与菱目混合网囊结构示意

Fig. 3 Schematic presentation of the structure of the combined cod-end

1.2 数据的采集方法

科研人员随船出海, 记录作业时间、作业位置、

水深等参数。起网后，分别倒出套网和试验网囊中的渔获物，并对其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。测量的参数包括：体长、头宽、体质量等。渔获取样、分类和测量全部在海上进行。

1.3 数据分析方法

统计各个渔获种类的尾数逃逸率和质量逃逸率，计算公式如下：

$$\text{尾数逃逸率} = \frac{\text{套网渔获数量}}{\text{套网渔获数量} + \text{网囊渔获数量}} \quad (1)$$

$$\text{质量逃逸率} = \frac{\text{套网渔获质量}}{\text{套网渔获质量} + \text{网囊渔获质量}} \quad (2)$$

采用逻辑斯蒂曲线方程作为选择性模型，其表达式为

$$r(l_i) = \frac{\exp(a + bl_i)}{1 + \exp(a + bl_i)} \quad (3)$$

式中， l_i 为渔获物的体长， $r(l_i)$ 为对应体长的选择率， a 、 b 为选择性参数。使用极大似然法估算选择性参数 a 、 b ，其对数似然函数为：

$$l(\theta) = \ln(L) = \sum_i \{N_{ni} \cdot \ln[r(l_i)] + N_{ci} \cdot \ln[1 - r(l_i)]\} \quad (4)$$

式中， N_{ni} 为网囊中 i 体长组的尾数； N_{ci} 为套网中 i 体长组的尾数。似然函数的最大化通过 MS-Excel 软件的“规划求解”功能完成^[11-13]。

使用 50% 选择体长(L_{50})、选择范围(selection range, S.R.)和赤池信息指数 AIC 值(Akaike's information criterion, AIC)评价混合网囊对主要渔获种类的选择性，相关计算公式如下：

$$L_{50} = -a/b \quad (5)$$

$$S.R. = 2 \ln 3/b \quad (6)$$

$$AIC = -2MLL + 2M \quad (7)$$

表 1 方目和菱目混合网囊渔获统计

Tab. 1 Catch number, weight, and escape rate of the combined cod-end to main species

| 种类渔获 | 网囊 | | 套网 | | 尾数逃逸率/% | 质量逃逸率/% |
|--|------|-------|------|-------|---------|---------|
| | 总数/尾 | 总质量/g | 总数/尾 | 总质量/g | | |
| 1 康氏小公鱼(<i>Anchoviella commersoni</i>) | 3 | 8 | 91 | 141 | 96.81 | 94.63 |
| 2 黑尾吻鳗(<i>Rhynchoconger ectenurus</i>) | 1 | 10 | 13 | 74 | 92.86 | 88.10 |
| 3 中线天竺鲷(<i>Apogon kinesis</i>) | 11 | 30 | 80 | 86 | 87.91 | 74.14 |
| 4 杂食豆齿鳗(<i>Pisodonophis boro</i>) | 1 | 16 | 5 | 41 | 83.33 | 71.93 |
| 5 赤鼻棱鳀(<i>Thrissa kammalensis</i>) | 24 | 142 | 35 | 83 | 59.32 | 36.89 |
| 6 乳香鱼(<i>Lactarius lactarius</i>) | 10 | 42 | 14 | 42 | 58.33 | 50.00 |
| 7 黄斑蝠(<i>Leiognathus bindus</i>) | 3 | 7 | 4 | 17 | 57.14 | 70.83 |
| 8 深水金线鱼(<i>Nemipterus bathybius</i>) | 33 | 115 | 44 | 170 | 57.14 | 59.65 |
| 9 中颌棱鳀(<i>Thrissa mystax</i>) | 2 | 10 | 2 | 16 | 50.00 | 61.54 |

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^[12-13]。

2 结果

2.1 渔获概况

试验中共捕获渔获种类 34 种，表 1 列出了主要的 24 种渔获。网囊总渔获 3 245 尾、25.615 kg；套网渔获 697 尾、2.919 kg。

渔获种类中，康氏小公、黑尾吻鳗、中线天竺鲷和杂食豆齿鳗等尾数逃逸率均超过 80%；尾数逃逸率 50% 以上(含 50%) 有赤鼻棱鳀、乳香鱼、黄斑蝠、深水金线鱼、中颌棱鳀、中华青鳞鱼和多鳞鱈；周氏新对虾和刀额新对虾的尾数逃逸率最低，仅为 6.18% 和 2.07%；质量逃逸率大于 50% 的种类有：康氏小公鱼、黑尾吻鳗、中线天竺鲷、杂食豆齿鳗、黄斑蝠、中颌棱鳀、深水金线鱼和乳香鱼；周氏新对虾和刀额新对虾的质量逃逸率最低，分别为 4.01% 和 1.35%。

2.2 选择性分析

对周氏新对虾等 8 种渔获种类进行了选择性分析，相应的选择性参数见表 2。周氏新对虾和刀额新对虾的 50% 选择体长(L_{50}) 分别为 50.79 mm 和 53.85 mm；脊突猛虾姑的 L_{50} 为 62.51 mm；丽叶鲹、中华青鳞鱼、中线天竺鲷、赤鼻棱鳀和黄斑蓝子鱼的 L_{50} 分别为 53.77、78.87、47.17、60.92 和 60.55 mm(表 2)。周氏新对虾和刀额新对虾的 L_{50} 均小于最小可捕规格(Minimal landing size, MLS)；其他种类由于尚无相应的最小可捕规格参考，无法评价其 L_{50} 值的大小。各主要渔获种类的体长分布和选择性曲线见图 4~图 11。

续表

| 种类渔获 | 网囊 | | 套网 | | 尾数逃逸 | 质量逃逸 |
|---|------|-------|------|-------|-------|-------|
| | 总数/尾 | 总质量/g | 总数/尾 | 总质量/g | 率/% | 率/% |
| 10 中华青鳞鱼(<i>Harengula nymphaea</i>) | 31 | 350 | 31 | 206 | 50.00 | 37.05 |
| 11 多鳞鱠(<i>Sillago sihama</i>) | 1 | 30 | 1 | 9 | 50.00 | 23.08 |
| 12 鳗鮀(<i>Plotosus anguillaris</i>) | 140 | 881 | 125 | 751 | 47.17 | 46.02 |
| 13 白姑鱼(<i>Argyrosomus argentatus</i>) | 7 | 81 | 6 | 24 | 46.15 | 22.86 |
| 14 短吻鲾(<i>Leiognathus brevirostris</i>) | 9 | 78 | 7 | 19 | 43.75 | 19.59 |
| 15 红狼牙鰕虎鱼(<i>Odontamblyopus rubicundus</i>) | 6 | 90 | 4 | 53 | 40.00 | 37.06 |
| 16 鲣(<i>Therapon tharaps</i>) | 21 | 185 | 14 | 103 | 40.00 | 35.76 |
| 17 六指马鲅(<i>Polydromus sextarius</i>) | 62 | 1560 | 32 | 250 | 34.04 | 13.81 |
| 18 金色小沙丁鱼(<i>Sardinella aurita</i>) | 4 | 187 | 1 | 20 | 20.00 | 9.66 |
| 19 脊突猛虾姑(<i>Harpisquilla raphidea</i>) | 208 | 2578 | 46 | 173 | 18.11 | 6.29 |
| 20 鲻(<i>Ilisha elongate</i>) | 14 | 101 | 3 | 16 | 17.65 | 13.68 |
| 21 丽叶鲹(<i>Caranx kalla</i>) | 172 | 1478 | 25 | 128 | 12.69 | 7.97 |
| 22 黄斑蓝子鱼(<i>Siganus oramin</i>) | 180 | 2530 | 13 | 122 | 6.74 | 4.60 |
| 23 周氏新对虾(<i>Metapenaeus joyneri</i>) | 942 | 5000 | 62 | 209 | 6.18 | 4.01 |
| 24 刀额新对虾(<i>Metapenaeus affinis</i>) | 1327 | 9368 | 28 | 128 | 2.07 | 1.35 |
| 25 其他种类 | 33 | 738 | 11 | 38 | - | - |
| 总计 | 3245 | 25615 | 697 | 2919 | - | - |

表 2 主要渔获种类选择性参数

Tab. 2 Selectivity parameters of combined cod-end to main species

| 种类 | 参数 | | | | | | |
|-------|--------|------|-----------------|-----|-------|--------|-------|
| | a | b | L ₅₀ | MLS | S.R. | MLL | AIC |
| 周氏新对虾 | -6.42 | 0.13 | 50.79 | 68 | 17.39 | -18.42 | 40.83 |
| 刀额新对虾 | -9.07 | 0.17 | 53.85 | 80 | 13.05 | -31.62 | 67.24 |
| 脊突猛虾姑 | -5.55 | 0.09 | 62.51 | - | 24.73 | -14.55 | 33.09 |
| 丽叶鲹 | -5.74 | 0.11 | 53.77 | - | 20.58 | -8.28 | 20.57 |
| 中华青鳞鱼 | -5.95 | 0.08 | 78.87 | - | 29.12 | -6.38 | 16.76 |
| 中线天竺鲷 | -11.32 | 0.24 | 47.17 | - | 9.16 | -3.39 | 10.79 |
| 赤鼻棱鳀 | -7.22 | 0.12 | 60.92 | - | 18.55 | -11.92 | 27.84 |
| 黄斑蓝子鱼 | -12.22 | 0.20 | 60.55 | - | 10.89 | -30.03 | 64.06 |

注: a、b 为待估参数。

3 讨论

根据试验结果, 南海虾拖网渔获种类和数量极

多, 除了虾类外还产生大量的副渔获物。该结果再次印证了南海虾作业存在严重的副渔获问题, 与一些相关研究结果一致^[5-7, 14-15]。南海虾拖网的副渔获问

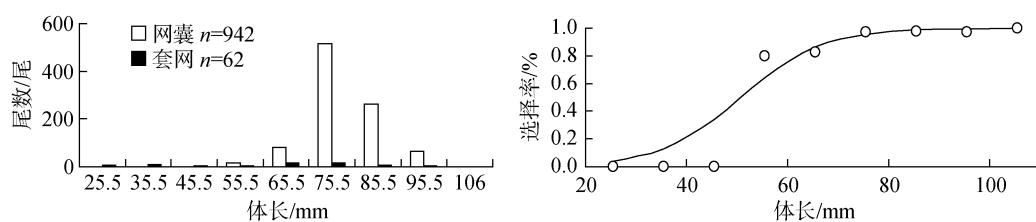


图 4 周氏新对虾体长分布和选择性曲线

Fig. 4 The length distribution and selectivity curve of combined cod-end to *Metapenaeus joyneri*

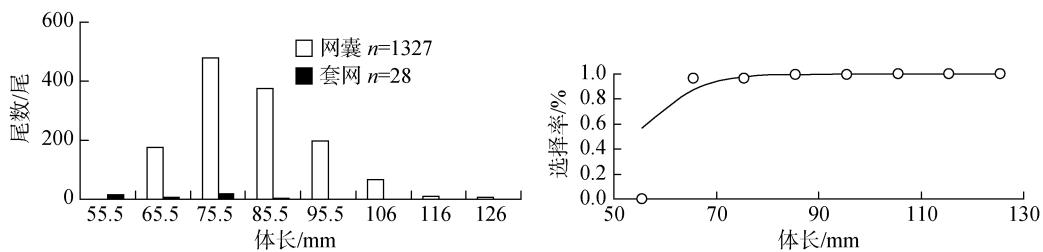


图 5 刀额新对虾体长分布和选择性曲线

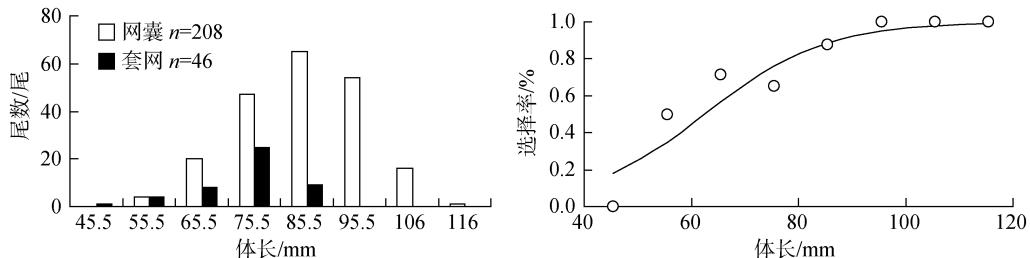
Fig. 5 The length distribution and selectivity curve of combined cod-end to *Metapenaeus affinis*

图 6 脊突猛虾姑体长分布和选择性曲线

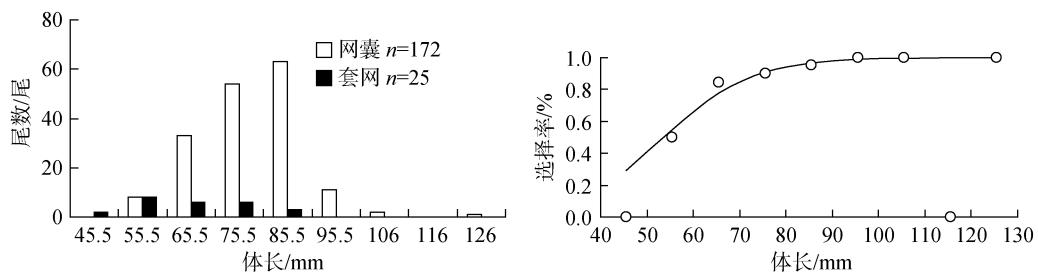
Fig. 6 The length distribution and selectivity curve of combined cod-end to *Harpiosquilla raphidea*

图 7 丽叶鲹体长分布和选择性曲线

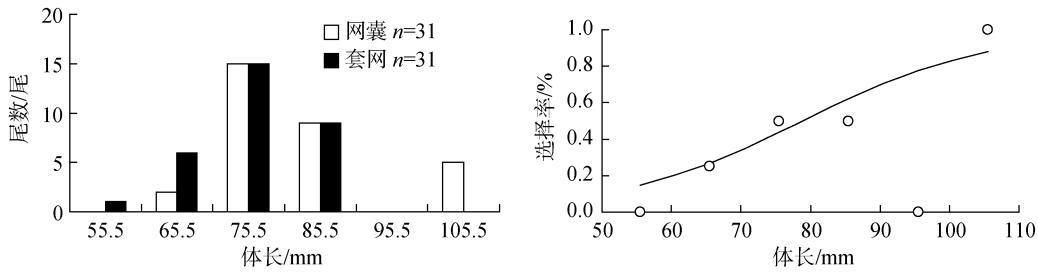
Fig. 7 The length distribution and selectivity curve of combined cod-end to *Caranx (Atule)kalla*

图 8 中华青鳞鱼体长分布和选择性曲线

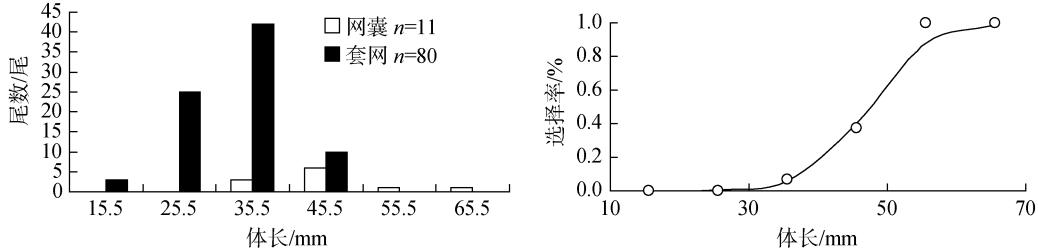
Fig. 8 The length distribution and selectivity curve of combined cod-end to *Harengula nymphaea*

图 9 中线天竺鲷体长分布和选择性曲线

Fig. 9 The length distribution and selectivity curve of combined cod-end to *Apogon kinesis*

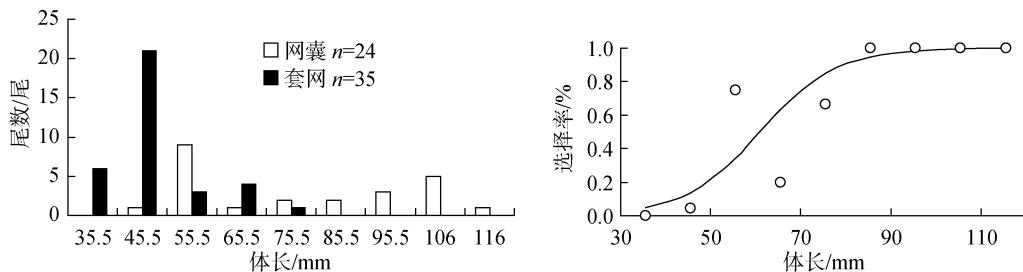


图 10 赤鼻棱鳀体长分布和选择性曲线

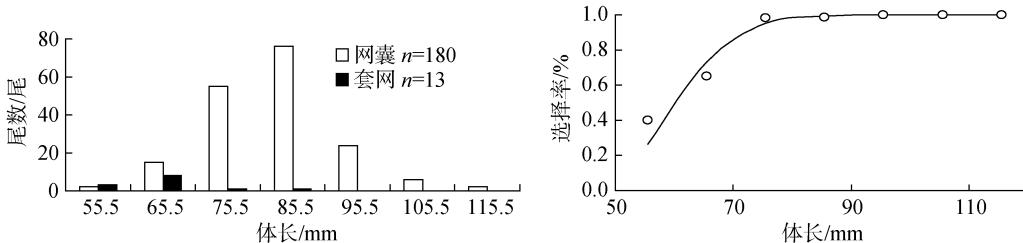
Fig. 10 The length distribution and selectivity curve of combined cod-end to *Thrissa kammalensis*

图 11 黄斑蓝子鱼体长分布和选择性曲线

Fig. 11 The length distribution and selectivity curve of combined cod-end to *Metapenaeus affinis*

题主要由两方面引起：(1)虾拖网渔船作业于多种渔业资源混栖的近海渔场；(2)虾拖网网囊的选择性差。

从尾数逃逸率和质量逃逸率看，试验所用混合网囊在释放鱼类副渔获方面效果较好。如康氏小公鱼和黑尾吻鳗的逃逸率(包括尾数和质量)都接近90%；鳗鲇的逃逸率(包括质量和尾数)也接近50%，该种类不但经济价值低，且其硬棘含有毒素，对渔民的人身安全存在一定的隐患。在所有渔获种类中，周氏新对虾和刀额新对虾的质量逃逸率和数量逃逸率均为最低，且均小于10%，说明该混合网囊在一定程度上能够保证虾类的产量。

试验中发现渔获的逃逸率与体形有一定的关系。体形纤细的和长条形的种类逃逸数量比较多，如康氏小公鱼、黑尾吻鳗、中线天竺鲷和杂食豆齿鳗。体形平扁形(卵圆形)的种类逃逸数量相对较少，如鳓、丽叶鲹和黄斑蓝子鱼。张健等^[16]分析了广东大鹏湾虾拖网网囊网目的选择性，根据其研究结果，当网目尺寸为35 mm时，周氏新对虾和刀额新对虾的 L_{50} 分别为71.35 mm和79.95 mm。本研究中，周氏新对虾和刀额新对虾的 L_{50} 分别为50.79和53.85 mm，均小于张健等^[16]的数值。主要原因为：(1)本试验的网囊为混合网囊，且菱目段网目尺寸仅为18 mm，因此虾类(特别是小个体虾)的逃逸数量会减少，导致其 L_{50} 减小；(2)两次试验所用网具有较大区别，张健等^[16]所用的虾拖网为蝴蝶网，属于单船有袖单囊拖网，

本试验所用的虾拖网为单船桁杆拖网。根据陈丕茂^[17]的研究，南海北部周氏新对虾和刀额新对虾的最小性成熟体长分别为68 mm和80 mm。本试验中，上述2种虾类的 L_{50} 均小于其最小性成熟体长，说明该混合网囊在释放幼虾方面效果还不够理想。对于其他的渔获种类，由于缺乏最小性成熟体长的相关数据，难以对其幼鱼的释放效果进行评估。

迄今，国内外对拖网、张网的网囊网目(包括方目和菱目)选择性进行了大量的研究，普遍认为方目网囊在受力状态下能保持一定的张开，选择性较好^[10, 18-20]。也有研究认为，方目网囊对于圆体型的鱼类的释放率优于菱目网囊，但对于扁体型的鱼类则恰好相反^[10]。本试验用方目与菱目混合网囊进行初步的捕捞试验，结果表明：混合网囊对鱼类副渔获的释放率较高，而对虾类的释放率却很低。该结果可为今后南海区虾拖网的网囊结构优化提供参考。建议今后采用不同网目尺寸的混合网囊进行相应的试验，比较其选择性能，探讨出最佳的混合网囊配置，以解决虾拖网严重的副渔获问题，达到渔业资源的合理利用。另外，国内外已有大量的研究致力于方目网囊和T-90网囊(转向网目网囊)的渔获性能和选择性。这些研究结果表明，方目网囊和T-90网囊在保持网目的张开、释放幼鱼、减少副渔获和提高产量方面有较大的优势^[8, 21-22]。方目网囊和T-90网囊在南海虾拖网上是否适用，还需要进一步试验和验证。建议今后将混合

网囊、方目网囊和 T-90 网囊的渔获性能和选择性进行比较和分析，探讨出南海虾拖网的最佳网囊结构配置，为促进虾拖网渔业的可持续发展提供科学依据。

致谢：感谢“粤阳东渔 12081”船长林掌帮和全体船员在试验中给予的大力帮助！

参考文献：

- [1] 宋海棠, 俞存根, 薛利建. 东海经济虾蟹类渔业生物学[M]. 北京: 海洋出版社, 2012: 1-9.
Song Haitang, Yu Cungen, Xue Lijian. Fishery biology of economical crab and shrimp in the East China Sea [M]. Beijin: Ocean Press, 2012: 1-9.
- [2] 刘瑞玉, 钟振如. 南海对虾类[M]. 北京: 农业出版社, 1988: 1-8.
Liu Ruiyu, Zhong Zhenru. Penaeoid shrimps of the South China Sea[M]. Beijing: Agricultural Press, 1988: 1-8.
- [3] 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 the South China Sea [M]. Guangzhou: Guangdong Technology Press, 2002: 148-153.
- [4] Yang B Z, Yang L, Zhang P, et al. Fish by-catch of shrimp beam trawl in northern South China Sea [J]. Journal of Applied Ichthyology, 2015, 31(4): 714-717.
- [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 shrimp 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分分析[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] 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.
- [8] 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.
- [9] 张健, 孙满昌. 桕拖网不同网目结构的网囊对虾类的选择性[J]. 中国水产科学, 2008, 15 (4): 667-676.
Zhang Jian, Sun Manchang. Size selectivity of codends with different mesh configuration for shrimps in Chinese beam trawl fishery [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2008, 15 (4): 667-676.
- [10] 杨吝, 张旭丰, 张鹏, 等. 南海区海洋渔具改革技术措施探讨[J]. 现代渔业信息, 2003, 18(10): 9-11.
Yang Lin, Zhang Xufeng, Zhang Peng, et al. A study on reformation technology of marine fishing gears in South China Sea [J]. Modern Fisheries Information, 2003, 18(10): 9-11.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 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 fishing methods[M]. Beijing: Agicultural Press of China, 2004: 53-108.
- [14] 张旭丰, 张鹏, 谭永光, 等. 广东硇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.
- [15] 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.
- [16] 张健, 孙满昌, 罗炎标. 广东大鹏湾虾拖网网囊网目选择性研究[J]. 海洋渔业, 2007, 29(2): 166-173.
Zhang Jian, Sun Manchang, Luo Yanbiao. Size selectivity of shrimp trawl in Gulf of Dapeng of Guangdong Provinc [J]. Marine Fishereis, 2007, 29(2): 166-173.
- [17] 陈丕茂. 南海北部主要捕捞种类最适开捕规格研究[J]. 水产学报, 2004, 28 (4) : 393-400.
Chen Pimao. Optimum first capture standards of major

- capture species of the northern South China Sea[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 28(4): 393-400.
- [18] 张健, 孙满昌, 钱卫国. 柄拖网不同网目结构网囊对主要鱼类的选择性研究[J]. 上海水产大学学报, 2008, 17(4): 457-463.
Zhang Jian, Sun Manchang, Qian Weiguo. Research on size selectivity of codends with different mesh configuration for fishes in beam trawl fishery [J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 2008, 17(4): 457-463.
- [19] 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.
Zhang Jian, Zhang Peng, Shi Jiagao, et al. Size selectivity of diamond and square mesh codends in single-pile set net [J]. Oceanic Fisheries, 2011, 33(2): 213-220.
- gle-stake stownet fisheries[J]. Marine Fisheries, 2011, 33(2): 213-220.
- [20] He P G. Behavior of marine fishes: capture processes and conservation challenges[J]. Wiley-Blackwell, Oxford, 2010, 1-375.
- [21] Catchpole T L, Revill A S. Gear technology in *Nephrops* trawl fisheries[J]. Rev Fish Fisheries, 2008, 18(1): 17-31.
- [22] Digre H, Hansen U J, Erikson U. Effect of trawling with traditional and 'T90' trawl codends on fish size and on different quality parameters of cod *Gadus morhua* and haddock *Melanogrammus aeglefinus*[J]. Fish Sci, 2010, 76(4): 549-559.

Preliminary study of catching performance of a combined diamond- and square-mesh cod-end of a shrimp beam trawl in the northern South China Sea

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

(Key Laboratory 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: Jan. 7, 2016

Key words: Shrimp beam trawl; square-mesh; diamond-mesh; cod-end; catching performance

Abstract: Shrimp beam trawl has been an important component of fisheries in the northern South China Sea. Because of its poor selective cod-end, a lot of bycatch is often collected. To improve the fishing selectivity of the shrimp beam trawl, fishing experiments using a combined diamond- and square-mesh cod-end were conducted in August 2015. The results indicated that 34 species, including fish and shrimp, were caught. Among these species, the escape rates of four species *Anchoviella commersoni*, *Rhynchoconger ectenurus*, *Apogon kiensis* and *Pisodonophis boro* were more than 80%. For target species, *Metapenaeus joyneri* and *Metapenaeus affinis*, escape rates of only 6.18% and 2.07%, respectively, were observed. The 50% retention lengths (L_{50}) were 50.79, 53.858 and 62.51 mm for *Metapenaeus joyneri*, *Metapenaeus affinis*, and *Harpiosquilla raphidea*, respectively. L_{50} were 53.77, 78.87, 47.17, 60.92 and 60.55 mm for *Caranx kalla*, *Harengula nymphaea*, *Apogon kiensis*, *Thrissa kammalensis* and *Siganus oramin*, respectively. Although the combined cod-end had a good effect in releasing the fish bycatch, it failed to release the small shrimp that was unmatured. Therefore, to sustainably use the fishery resources, a larger mesh size in the diamond section of the combined cod-end was suggested to improve the L_{50} value of target species and release small shrimp.

(本文编辑: 谭雪静)