

基于局部附网法的南极磷虾拖网网身大网目选择性

王忠秋, 许柳雄, 唐浩, 周成, 王学昉

Selectivity of Antarctic krill trawl body with large mesh using local-attached fine mesh net method

WANG Zhongqiu, XU Liuxiong, TANG Hao, ZHOU Cheng, WANG Xuefang

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12024/jsou.20200402995>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

网目缩结对盘锦海域桁杆虾拖网网囊的选择性影响

Selectivity influence of change in mesh hanging ratio on cod-end of beam shrimp trawl in coastal area of Panjin, Liaoning Province
大连海洋大学学报. 2018, 33(1): 95 <https://doi.org/10.16535/j.cnki.dlhxb.2018.01.015>

黄海双船变水层拖网网囊的网目选择性研究

Selectivity of Cod-end Mesh of Pair-Trawlers in the Yellow Sea
水产科学. 2017, 36(4): 436 <https://doi.org/10.16378/j.cnki.1003-1111.2017.04.006>

盘锦海域桁杆虾拖网网囊网目选择性研究

Study on cod-end mesh selectivity of beam shrimp trawl in Panjin sea area
渔业现代化. 2015, 42(1): 57 <https://doi.org/10.3969/j.issn.1007-9580.2015.01.013>

黄茅海河口张网网囊网目对凤鲚的选择性研究

Study on the selectivity of codend mesh of stow net for *Coilia mystus* in Huangmaohai Estuary
上海海洋大学学报. 2018, 27(2): 274 <https://doi.org/10.12024/jsou.20170902145>

帆张网网囊网目尺寸对小黄鱼的选择性

Selectivity of different mesh size codends of canvas stow net for *Larimichthys polyactis*
水产学报. 2019, 43(6): 1539 <https://doi.org/10.11964/jfc.20171011008>

秋季莱州湾弓子网网囊网目尺寸选择性研究

Selectivity of Codend Mesh of Beam Trawl in Laizhou Bay in Autumn
渔业科学进展. 2020, 41(6): 19 <https://doi.org/10.19663/j.issn2095-9869.20190801001>

文章编号: 1674-5566(2021)04-0735-08

DOI:10.12024/jsou.20200402995

基于局部附网法的南极磷虾拖网网身大网目选择性

王忠秋¹, 许柳雄^{1,2,3,4,5}, 唐浩^{1,2,3,4,5}, 周成¹, 王学昉¹

(1. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306; 2. 农业农村部大洋渔业开发重点实验室, 上海 201306; 3. 国家远洋渔业工程技术研究中心, 上海 201306; 4. 大洋渔业资源可持续开发教育部重点实验室, 上海 201306; 5. 农业农村部大洋渔业资源环境科学观测实验站, 上海 201306)

摘要: 了解南极磷虾(*Euphausia superba*)拖网网身大网目的选择性, 对于提升应用渔业数据进行磷虾资源评估的准确性具有实际意义。为此, 在 FAO 48.1 亚区执行项目调查期间, 利用小网目(2a = 5 mm)附网绑缚在“龙腾”轮所用拖网的第一段网身(400 mm 网目, 无内衬网)后端和第二段网身(200 mm 网目, 内衬网 16 mm)前端, 收集穿过网目的磷虾。根据附网内取样磷虾的体长分布, 结合网囊内取样磷虾的体长分布等数据, 选用 Logistic 曲线方程, 分析磷虾拖网大网目的选择性。结果表明:“龙腾”轮拖网的磷虾逃逸主要发生在第一段网身大网目处, 装配内衬网(2a = 16 mm)的第二段网身近乎无逃逸发生; 磷虾接触网身第一段大网目的概率(P_c)范围为 5.85% ~ 69.52%, 平均为 23.17% ± 14.80%。昼夜间接触概率相似, 统计学上无显著性差异。50% 选择体长(L_{50})为 25.05 ~ 47.74 (32.68 ± 4.92) mm; L_{50} 在白天(30.06 ± 2.23) mm 显著低于夜间(35.81 ± 5.48) mm。选择范围(SR)为 2.07 ~ 19.08 (7.65 ± 4.02) mm; SR 在白天(7.11 ± 4.41) mm 略低于夜间(8.30 ± 3.53) mm, 但是在统计学上无显著性差异。本研究结果弥补了拖网整体选择性中网身部位选择性研究的空白, 并考虑了昼夜间磷虾选择性的差异, 可为科学评估磷虾资源量和开发生态友好型磷虾拖网提供科学依据。

关键词: 单船中层拖网; 局部附网法; 大网目选择性; 南极磷虾; 选择体长

中图分类号: S 972.13 **文献标志码:** A

南极磷虾(*Euphausia superba*)简称磷虾, 是南大洋生态系统的关键种, 广泛分布于南极水域, 资源储量丰富^[14], 也是南大洋拖网渔业的主要捕捞对象, 2017—2018 渔季的捕捞量为 3.12 × 10⁵ t^[5]。2019—2020 渔季, 南极海洋生物资源养护委员会(CCAMLR)的 5 名成员已通报 14 艘磷虾拟作业拖网渔船(包括 2 艘新建渔船)^[6]。目前, 南极磷虾拖网捕捞方式主要采用传统的变水层网板拖网和水下连续泵吸拖网^[7-9]。鉴于磷虾的个体较小(最大个体体长约为 60 mm), 磷虾拖网网身通常采用渐变的锥形和小网目结构, 其网囊网目尺寸一般小于 20 mm^[10-11]。同时, 为了减少磷虾逃逸, 磷虾拖网的网身一般不同程度地装配小网目内衬网。各国南极磷虾拖网内衬网的

长度和装配位置因作业习惯和船长的喜好而不同, 有的占网身长度的三分之二以上。

由于磷虾拖网内衬网长度和装配的位置不同, 磷虾拖网间存在选择性差异。忽略磷虾拖网的选择性将导致基于渔业数据的磷虾资源量和丰度分布评估出现误差^[12]。根据磷虾游泳能力弱等特点^[13], KRAG 等^[14]推测, 进入网口的磷虾在随着水流飘移的过程中会随机接触网衣, 使得拖网各部分的网目都存在选择性。挪威学者采用选择性笼(selection cage: 在多个框架装置前覆盖网衣)^[11, 15]、套网法^[16]、平行作业法^[14]等方法研究了磷虾拖网单一网目尺寸(2a = 15.4 mm)的选择性。CZUBEK 等^[17]采用小网目局部附网法研究了网身和网囊的选择性, 研究发现磷虾白天

收稿日期: 2020-04-10 修回日期: 2020-08-02

基金项目: 国家自然科学基金(31902426, 41806110); 上海市科学技术委员会青年科技英才扬帆计划(19YF1419800); 农业农村部南极生物资源开发利用专项(D-8021-19-0173)

作者简介: 王忠秋(1992—), 男, 博士研究生, 研究方向为渔具选择。E-mail: gavin0815@foxmail.com

通信作者: 唐浩, E-mail: htang@shou.edu.cn

对网衣具有强烈反应,网身前部大网目($2a = 90$ mm)处的附网收集到的磷虾比例明显少于夜间,即磷虾拖网在白天的捕捞效率高于夜间。然而,由于缺乏捕捞过程中的磷虾行为知识,磷虾拖网网身前部大网目的选择性和由磷虾昼夜行为引起的选择性差异程度尚不清楚。了解磷虾拖网网身未缚扎内衬网的大网目网衣的选择性及其昼夜差异,对于应用渔业数据进行磷虾资源评估的准确性具有实际意义。

为此,作者在中国水产有限公司“龙腾”轮所使用的南极磷虾拖网第一段网身末端和第二段网身前部绑缚小网目附网。同时对附网和网囊内的磷虾进行取样,分别测量附网、网囊内取样磷虾的总质量、尾数和体长等信息。利用 Logistic 曲线方程分析磷虾拖网网身大网目的选择性及其昼夜间差异。研究结果有助于提高基于渔业数据的磷虾资源量和丰度分布评估的精度,也为

今后开发生态友好型磷虾拖网提供指导和科学依据。

1 材料与方法

1.1 实验渔船与网具

实验渔船为中国水产有限公司“龙腾”轮,主机功率 $2\ 650 \times 2$ kW,总吨位 7 847 t。该船使用挪威设计的“krill trawl 300 m (300 m \times 132.8 m)”四片式磷虾拖网(表 1)。拖网网口拉直周长为 300 m,总长为 132.8 m,其中,网袖长为 20 m,网身为 88.8 m,网囊长为 24 m。网袖网目尺寸为 400 mm;网身共计 11 段,第 1 段网目尺寸为 400 mm,第 2~7 段网目尺寸为 200 mm,第 8~11 段网目尺寸为 144 mm;网囊网目尺寸为 144 mm;内衬网装配始于第 2 段网身,其中,网身部分的内衬网网目尺寸均为 16 mm,网囊部分的内衬网网目尺寸为 11 mm。

表 1 “龙腾”轮南极磷虾拖网有关参数

Tab. 1 Information of Antarctic krill trawl net used by Trawler “LONG TENG”

船名 Vessel name	网具主尺度 Trawl net dimensions	网目尺寸 Mesh size/mm				
		网袖 Trawl wing	网身 Trawl body			网囊 Codend
			1	2~7	8~11	
龙腾 LONG TENG	300 m \times 132.8 m	400	400	200(16)	144(16)	144(11)

注:括号内为内衬网尺寸。

Notes: In brackets is the mesh size of inner netting.

1.2 时间与地点

实验时间为 2019 年 3 月 28 日—4 月 5 日和 5 月 18 日—5 月 19 日,作业海域为南大西洋西侧的 FAO 48 区的 48.1 亚区的南极半岛与南舍得兰群岛之间海域,各网次取样点如图 1 所示。

1.3 附网的设计与取样

小网目附网的开口框架为 $0.2\text{ m} \times 0.2\text{ m}$,框架后装配长度为 1.3 m,网目尺寸为 $2a = 5$ mm 的锥形网,尾部配有收缩带,方便取样(图 2)。根据“龙腾”轮磷虾拖网特征,在其网身背网安装 2 顶小网目附网,附网 1 位置位于第一段网身($2a = 400$ mm),附网 2 位于第二段网身($2a = 200$ mm,内衬网 $2a = 16$ mm),离上中纲最近的距离分别约为 10 m 和 12 m(图 3)。每次起网后,同时对

附网和网囊内的磷虾进行取样。记录附网和网囊内磷虾渔获总质量,然后随机选取 200 尾磷虾测量体长及体质量(附网内磷虾数量不足 200 尾的,则全部取样)。鉴于磷虾拖网的选择性(捕捞率)存在昼夜差异^[17, 19],因此白天与夜间各完成 15 网次以上实验。

1.4 选择性分析

磷虾拖网网身大网目的选择性是指拖网作业过程中,所有可能接触网身大网目的磷虾的选择性。该过程中,部分磷虾可能多次接触网身大网目,如图 4 所示。

磷虾的体长按照 5 mm 进行分组统计。根据附网内磷虾体长的分布频率(f_{si})、附网开口面积(S)和网身第 1 段椎体面积(S_1)估算穿过大网目

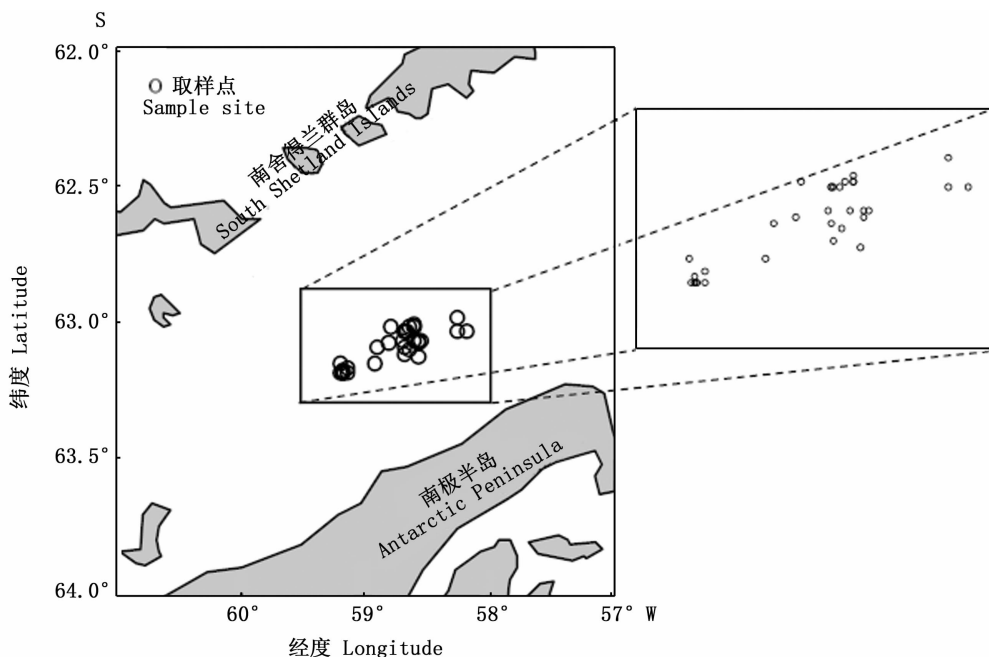


图 1 南极磷虾拖网大网目选择性试验取样点
Fig.1 Sample site of selectivity test on large mesh of krill trawl

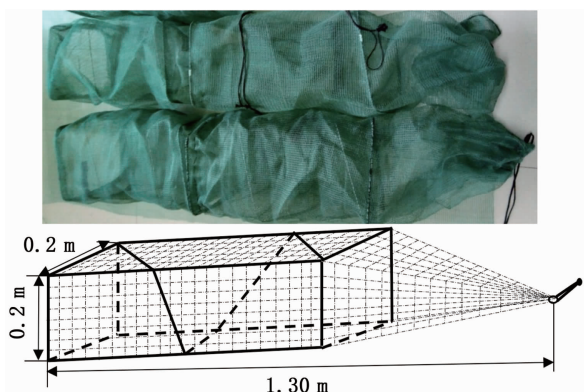


图 2 附网实物(上)与示意图(下)
Fig.2 Real object (up) and schematic diagram (bottom) of the local-attached net

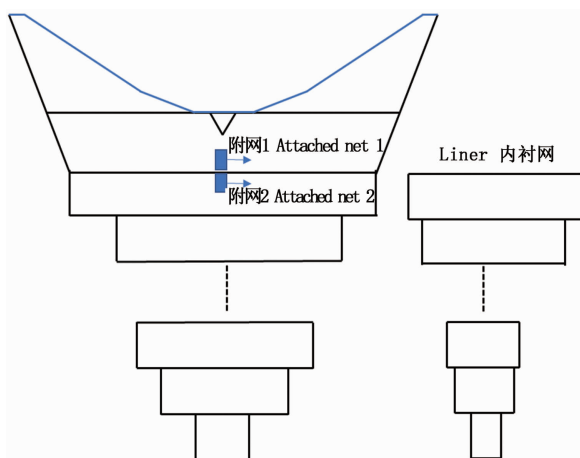


图 3 附网安装位置示意图
Fig.3 Schematic diagram of the installation position of the local-attached net

的各体长组磷虾尾数(N_{ei})为

$$N_{ei} = \frac{f_{ai} \times S}{S_1} \quad (1)$$

根据网囊内取样的 200 尾磷虾体质量(m_{ci})、体长分布频率(f_{ci})和捕捞量(m_c)估算网囊内各组磷虾的尾数(N_{ci})为

$$N_{ci} = \frac{f_{ai} \times m_c}{m_{ci}} \quad (2)$$

将磷虾接触“龙腾”轮拖网网身大网目的概率设为 P_c ,在磷虾拖网作业过程中,接触网身大网目各组磷虾的尾数(N_i)为

$$N_i = (N_{ci} + N_{ei}) \times P_c \quad (3)$$

根据穿过大网目的各组磷虾尾数(N_{ei})和网囊内各组磷虾的尾数(N_{ci})估算网身大网目的选择性。已有的研究^[11, 14]表明, Logistic 曲线方程可以足够灵活地描述捕捞小型虾类拖网的选择性。选择性曲线 $r(l)$ 的解析方程为

$$r(l) = \frac{\text{Exp}(a + bl)}{1 + \text{Exp}(a + bl)} =$$

$$\frac{N_{ci}}{(N_{ci} + N_{ei} \times P_c)} = \frac{f_{ai} \times S \times m_{ci}}{(f_{ci} \times S_1 \times m_c + f_{ai} \times S \times m_{ci}) \times P_c} \quad (4)$$

主要选择性指标为

$$L_{50} = -\frac{b}{a}; S_R = \frac{2 \ln 3}{b} \quad (5)$$

式中: L_{50} 为 50% 选择体长, mm; S_R 为选择范围, mm; a 、 b 为选择性参数; P_c 为接触概率, %; l 为磷虾体长, mm; N_{ei} 为第 i 体长组的逃逸尾数, ind;

N_{ci} 为第 i 体长组网囊渔获尾数/ind; f_{ai} 为附网内第 i 体长组频率; S 为附网开口面积, m^2 ; S_1 为网身第 1 段椎体面积, m^2 ; m_{ci} 为网囊内 200 尾磷虾样本总质量, kg; f_{ci} 为网囊内第 i 体长组频率; m_c 为捕捞量, kg。

式(4)中, a 、 b 和接触概率 P_c 为未知参数, 采用最小二乘法对 a 、 b 和 P_c 进行估算, 并使用 Microsoft-Excel 的“规划求解”功能实现参数 a 、 b 和 P_c 的求解。

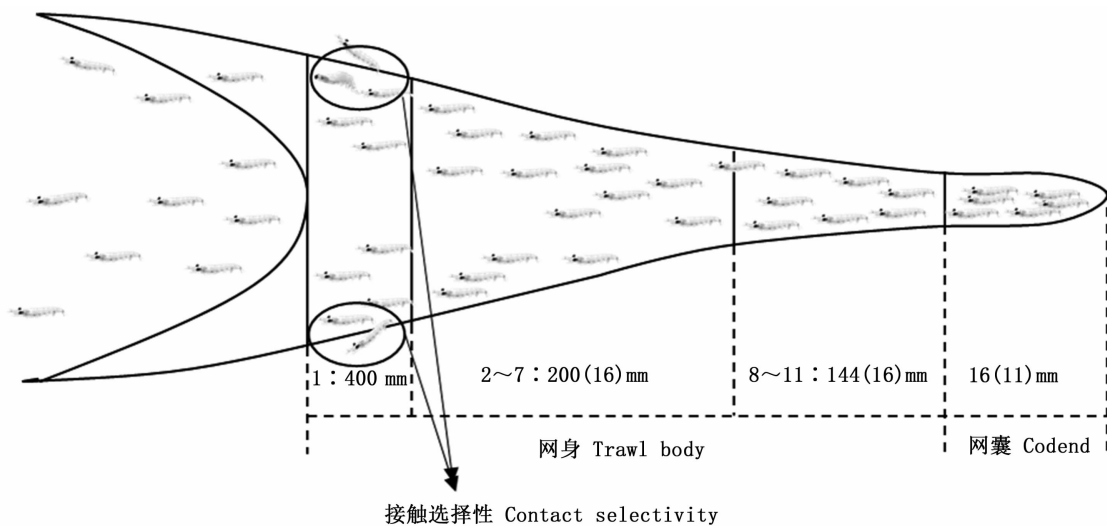


图 4 拖网网身大网目选择性示意图

Fig. 4 Schematic diagram of selectivity on large mesh of trawl body

2 结果

试验期间共计取样 34 网次(白天 19 网次, 夜间 15 网次)。其中: 有 1 网次附网 1 和附网 2 均未收集到磷虾样本; 附网 1 收集到 33 网次磷虾样本; 而附网 2 仅收集到极少的磷虾样本。因此, 文中进行数据分析时, 假设装配内衬网的网身和网囊部分无选择性(即无磷虾能够通过内衬网网目), 实际用于分析的有效数据为附网 1 收集的 33 网次样本数据。

2.1 附网和网囊内磷虾组成

附网 1 内磷虾的体长范围为 19.5 ~ 51.8 mm, 平均体长为 (31.28 ± 1.98) mm, 白天平均体长为 (30.29 ± 1.22) mm, 夜间平均体长为 (32.47 ± 2.10) mm; 网囊内磷虾的体长范围为 23.5 ~ 53.5 mm, 平均体长为 (35.74 ± 2.98) mm, 白天平均体长为 (35.74 ± 2.68) mm; 夜间平

均体长为 (35.74 ± 3.41) mm。单因素方差分析表明, 网囊内磷虾的平均体长昼夜间无显著差异 ($P > 0.05$); 附网 1 内磷虾的平均体长昼夜间具有显著差异 ($P < 0.05$); 附网 1 和网囊内磷虾的平均体长具有显著差异 ($P < 0.05$)。

按照 5 mm 组距对磷虾体长进行分组, 以组中值作为特征体长, 共计分为 7 组。特征体长分别记为 22.5 (< 25)、27.5 ($25 \sim < 30$)、32.5 ($30 \sim < 35$)、37.5 ($35 \sim < 40$)、42.5 ($40 \sim < 45$)、47.5 ($45 \sim < 50$)、52.5 (≥ 50) mm。由图 5 各组磷虾的体长频率分布可以看出: 总体上, 附网内磷虾的优势体长范围为 25 ~ 35 mm; 网囊内磷虾的优势体长范围为 25 ~ 40 mm。其中, 30 mm 以下磷虾, 附网内的频率明显高于网囊内的频率; 体长范围 30 ~ 35 mm 磷虾, 附网内的频率与网囊内的频率相似; 体长 35 mm 以上磷虾, 附网内的频率明显小于网囊内的频率。附网内的磷虾,

27.5 mm 组的频率在白天(D)明显高于夜间(N),而 30 mm 以上个体的频率均小于夜间;网囊内的磷虾,昼夜间各体长组的频率分布基本相似。

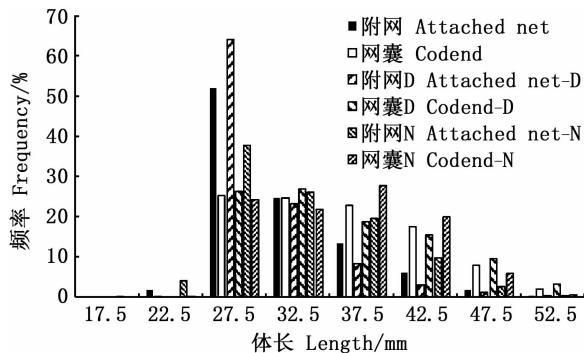


图5 附网1与网囊内磷虾体长频率分布
Fig.5 Length frequency of the krill in codend and attached net 1

2.2 选择性分析

第一段网身大网目的选择性有效分析共计 33 网次(白天 18 网次,夜间 15 网次)。磷虾接触

大网目的接触概率 P_c 和选择性指标 L_{50} 、 S_R 如表 2 所示。磷虾接触“龙腾”轮拖网网身大网目的概率(P_c)范围为 5.85% ~ 69.52%,平均 P_c 为 23.17% ± 14.80%,其中,白天平均为 23.32% ± 12.42%,夜间平均为 23.00% ± 17.71%,昼夜间无显著差异($P > 0.05$)。选择性指标 L_{50} 范围为 25.05 ~ 47.74 mm,平均为(32.68 ± 4.92) mm,其中,白天平均为(30.06 ± 2.23) mm,夜间平均为(35.81 ± 5.48) mm,昼夜间具有显著差异($P < 0.05$); S_R 范围为 2.07 ~ 19.08 mm,平均为(7.65 ± 4.02) mm,其中,白天平均为(7.11 ± 4.41) mm,夜间平均为(8.30 ± 3.53) mm,昼夜间无显著差异($P > 0.05$)。磷虾体长对应的选择性曲线及其 95% 的置信区间如图 6 所示,该曲线夜间较白天偏右,并且夜间较白天平坦。这表明夜间相同体长对应的选择率低,尤其是体长 30 mm 以上的个体在夜间的选择率明显低于白天,即夜间会有更多大个体的磷虾穿过网目逃逸。

表 2 南极磷虾拖网大网目选择性指标

Tab.2 The contact selectivity parameter of large mesh of Antarctic Krill Trawl

组 Group	观测网次数 Number of observations/网	最小值 Minimum	最大值 Maximum	平均值 Average	方差 Variance
P_c	33	5.85%	69.52%	23.17%	2.19
$P_c(D)$	18	10.15%	50.77%	23.32%	1.54
$P_c(N)$	15	5.85%	69.52%	23.00%	3.14
L_{50}	33	25.05/mm	47.74/mm	32.68/mm	4.92
$L_{50}(D)$	18	25.05/mm	35.81/mm	30.06/mm	4.98
$L_{50}(N)$	15	29.18/mm	47.74/mm	35.81/mm	30.03
S_R	33	2.07/mm	19.08/mm	7.65/mm	4.02
$S_R(D)$	18	2.07/mm	19.08/mm	7.11/mm	19.47
$S_R(N)$	15	3.80/mm	15.53/mm	8.30/mm	12.44

注:D.白天;N.夜间。

Notes: D. Day; N. Night.

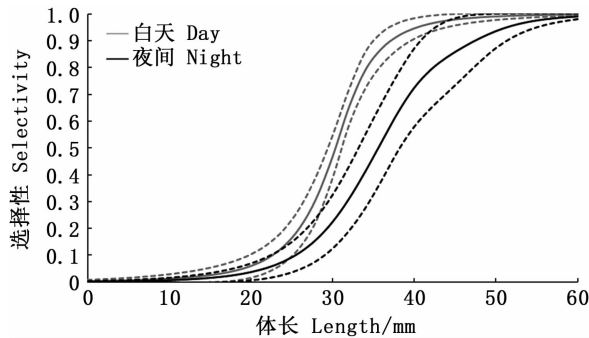
3 讨论

3.1 选择性试验方法

磷虾拖网的选择性试验方法有选择性笼^[11, 15]、套网法^[16]、平行作业法^[14]和局部附网法^[18-19]等。其中:(1)选择性笼能够直观地反映各网目尺寸的选择性特征,并用于确定最小网目尺寸。然而,商业拖网作业过程中,磷虾并不是垂直于拖网的网衣。选择性笼获得的网目尺寸选择性与实际作业中的选择性存在差异。(2)

套网法一般用来研究拖网网囊的选择性。然而,磷虾的个体小、游泳能力弱,能够通过拖网网身部分的网目。套网法忽略了磷虾拖网网身的选择性。(3)平行作业法可以反映整顶拖网的选择性。但是,磷虾商业拖网的网具规格大,平行作业法的试验成本高。(4)局部附网法易于安装于拖网的各段网身和网囊,比较各段网身和网囊的选择性贡献程度。此外,局部附网法对商业渔船的生产作业影响小,便于开展商业拖网的选择性研究。但是,拖网作业过程中的操作和环境

等因素会影响基于局部附网法的选择性结果,增加附网的数量、合理布局和增加试验重复次数等方式可以降低随机因素引起的选择性误差。但是,附网无法安装于拖网腹部,并且拖网收绞时产生的网衣堆叠,安装于拖网两侧的附网难以寻找,增加了取样时间。实际作业时,附网仅适合安装于拖网的背部,使得选择性的分析结果不能完全反映实际情况。



实线为平均选择性曲线,虚线为95%置信区间。

The solid line is the average selectivity curve, and the dotted line is 95% confidence interval.

图6 南极磷虾拖网大网目选择性曲线
Fig. 6 Contact selectivity curve of large mesh on Antarctic Krill Trawl

3.2 附网与网囊内磷虾体长分布

ZIMAREV 等^[19]研究认为磷虾可以自由的通过拖网大网目($2a = 400 \sim 1\ 200$ mm)。附网1安装于网身大网目($2a = 400$ mm)处,在不考虑安装内衬网的网身和网囊的磷虾逃逸的情况下,附网1收集的磷虾体长分布应与网囊内磷虾分布基本相似。然而,由图5可知,附网1与网囊内的磷虾体长频率分布存在明显差异,附网1内小个体磷虾(< 30 mm)的频率明显高于网囊,附网1内30~35 mm磷虾的频率与网囊内相似,附网1内大个体磷虾(≥ 35 mm)的频率明显小于网囊。产生这一结果的原因可能是:(1)拖网作业过程中,磷虾能够感知并主动躲避网衣。大个体磷虾的视觉感知范围优于小个体,能够更早地发现网衣并及时执行躲避行为;在磷虾躲避网衣时,大个体磷虾的游泳速度优于小个体,具有更好的机动性,能快速游离网衣。这使得大个体的逃逸率低于小个体,附网内收集到大量的小个体磷虾。(2)数据分析时未考虑装配内衬网的网身和网囊处的磷虾逃逸。附网2位于拖网网身第二段,

该位置处的磷虾密度低,而随着网身的收缩,磷虾密度不断增高,拖网后部小个体磷虾的逃逸数量可能增多,从而网囊内的磷虾体长可能明显大于附网内磷虾体长。但是,根据绑缚“龙腾”轮使用的拖网网身末端的水下相机记录的视频资料,拖曳过程中内衬网飘动,磷虾与内衬网网衣的接触较多。但是,仅有极少数的磷虾刺挂于内衬网网目并随内衬网飘浮直至逃逸。

3.3 磷虾拖网大网目选择性

为研究磷虾拖网大网目的选择性,作者采用logistic^[14]曲线模型分析了拖网大网目的选择性。由于磷虾拖网网具规格大,进入拖网的磷虾并不能全部接触网衣。因此,分析选择性时引入参数接触概率(P_c), P_c 是指拖网过程中磷虾接触大网目网衣的概率。由于拖网呈渐变的锥形结构,作业过程中部分磷虾会多次与网衣接触,估算的参数 P_c 包含了多次接触概率。结果分析表明:磷虾接触网身第一段大网目的平均概率为 $23.17\% \pm 14.80\%$,并且昼夜间无显著差异($P > 0.05$)。 L_{50} 为 (32.68 ± 4.92) mm,夜间的 L_{50} 为 (35.81 ± 5.48) mm,显著($P < 0.05$)高于白天的 (30.06 ± 2.23) mm; S_R 为 (7.65 ± 4.02) mm,夜间的 S_R 为 (8.30 ± 3.53) mm略高于白天的 (7.11 ± 4.41) mm,但是统计学上无显著差异($P > 0.05$)。

拖网大网目的选择性差异与磷虾群体的组成直接相关。试验期间,作业海域集中,昼夜间磷虾群体的体长分布相似。但是,白天磷虾群相对集中,虾群密度大;晚上磷虾群比较分散,虾群密度低。因此,白天磷虾群中接触大网目的磷虾数量比夜间更多。由于小个体磷虾的感知和游泳能力比大个体差,白天有更多的小个体磷虾逃逸,而且白天磷虾对接触网衣具有相当强烈的反应,能够发现网衣并进行躲避^[17],而在夜间,磷虾未能及时感知网衣并进行躲避,更多的大个体磷虾穿过大网目网逃逸。在磷虾集群结构、资源密度、磷虾个体的感知和游泳能力等因素的综合影响下,夜间的 L_{50} 显著高于白天。

4 结论

小网目局部附网法适用于研究磷虾拖网等捕捞虾类或其他游泳能力弱的种类的网具的选择性。附网1和附网2的对比发现,“龙腾”轮所

使用的磷虾拖网的选择性主要在于第一段网身大网目部分。数据分析表明:磷虾与网身第一段大网目的接触概率无昼夜间差异;大网目选择性指标 L_{50} 在夜间显著大于白天,夜间的 S_R 略大于白天。 L_{50} 昼夜间的差异与磷虾群体的结构、资源密度、磷虾个体间的感知和游泳能力等因素相关。研究结果在一定程度上反映了磷虾拖网大网目的选择性。但是,局部附网覆盖范围小,研究结果存在一定随机误差;数据分析时,忽略了装配内衬网网身后部可能存在较多的逃逸。今后需要改进设计方案,增大附网的设计面积、合理分布附网的位置、增加试验重复次数等方式可以降低随机因素的影响。

在实际生产中,不同渔船使用的拖网装配的内衬网网目尺寸存在差异,磷虾拖网选择性的研究重点则是充分掌握拖网的选择性特征,附网法适用于确定各段网身和网囊的内衬网网目尺寸,研究结果可作为其他试验方法的补充,也可为南极磷虾拖网设计及资源养护管理提供指导和科学依据。

参考文献:

- [1] 吴伟平, 谢营樑. 南极磷虾及磷虾渔业[J]. 渔业信息与战略, 2010, 25(1): 10-13.
WU W P, XIE Y L. Antarctic Krill and Krill fishery[J]. Modern Fisheries Information, 2010, 25(1): 10-13.
- [2] 许柳雄, 王腾, 朱国平, 等. 南极磷虾生物量估算方法[J]. 水产学报, 2018, 42(5): 808-816.
XU L X, WANG T, ZHU G P, et al. Methods for biomass estimation of Antarctic krill (*Euphausia superba*): a review [J]. Journal of Fisheries of China, 2018, 42(5): 808-816.
- [3] SIEGEL V. Distribution and population dynamics of *Euphausia superba*: summary of recent findings [J]. Polar Biology, 2005, 29(1): 1-22.
- [4] SIEGEL V, LOEB V, GRÖGER J. Krill (*Euphausia superba*) density, proportional and absolute recruitment and biomass in the Elephant Island region (Antarctic Peninsula) during the period 1977 to 1997 [J]. Polar Biology, 1998, 19(6): 393-398.
- [5] CCAMLR. Krill fisheries [EB/OL]. [2019-11-03]. <https://www.ccamlr.org/en/fisheries/krill>.
- [6] CCAMLR, SECRETARIAT. Report of the working group on ecosystem monitoring and management [R]. Concarneau, France, 2019.
- [7] 徐国栋, 陈雪忠, 黄洪亮, 等. 南极磷虾捕捞技术探讨 [J]. 湖南农业科学, 2011(19): 122-124, 128.
XU G D, CHEN X Z, HUANG H L, et al. The fishing technology for *Euphausia superba* [J]. Hunan Agricultural Sciences, 2011(19): 122-124, 128.
- [8] 陈雪忠, 徐兆礼, 黄洪亮. 南极磷虾资源利用现状与中国的开发策略分析 [J]. 中国水产科学, 2009, 16(3): 451-458.
CHEN X Z, XU Z L, HUANG H L. Development strategy on Antarctic krill resource utilization in China [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2009, 16(3): 451-458.
- [9] KRAFFT B A, KRAG L A. Assessment of mortality of Antarctic krill (*Euphausia superba*) escaping from a trawl [J]. Fisheries Research, 2015, 170: 102-105.
- [10] EVERSON I, NEYELOV A, PERMITIN Y B. By catch of fish in the krill fishery [R]. WG-KRILL-91/25, 1991.
- [11] KRAG L A, KRAFFT B A, ENGÅS A, et al. Collecting size-selectivity data for Antarctic krill (*Euphausia superba*) with a trawl independent towing rig [J]. PLoS One, 2018, 13(8): e0202027.
- [12] KASATKINA S M. Midwater trawl catchability as an aspect of a quantitative assessment of krill biomass conducted using a trawl census survey [R]. WG-KRILL-90/22, 1990.
- [13] MARR J W S. The natural history and geography of the Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana) [J]. Discovery Report, 1962, 32: 33-464.
- [14] KRAG L A, HERRMANN B, IVERSEN S A, et al. Size selection of Antarctic krill (*Euphausia superba*) in trawls [J]. PLoS One, 2014, 9(8): e102168.
- [15] KRAFFT B, SKARET G, KRAG L A, et al. Studies of Antarctic krill, krill predators and trawl gear at South Orkney Islands [R]. Marine Research Report, No. 8-2013, 2013.
- [16] HERRMANN B, KRAG L A, KRAFFT B A. Size selection of Antarctic krill (*Euphausia superba*) in a commercial codend and trawl body [J]. Fisheries Research, 2018, 207: 49-54.
- [17] CZUBEK H. Studies on performance capacity and selectivity of trawls used for Antarctic krill fisheries [J]. Polish Polar Research, 1981, 2(1/2): 131-142.
- [18] EVERSON I, BONE D G. Effectiveness of the RMT8 system for sampling krill (*Euphausia superba*) swarms [J]. Polar Biology, 1986, 6(2): 83-90.
- [19] ZIMAREV Y V, KASATKINA S M, FROLOV Y P. Midwater trawl catchability in relation to krill and possible ways of assessing gross catch [R]. WG-KRILL-90/22, 1990.

Selectivity of Antarctic krill trawl body with large mesh using local-attached fine mesh net method

WANG Zhongqiu¹, XU Liuxiong^{1,2,3,4,5}, TANG Hao^{1,2,3,4,5}, ZHOU Cheng¹, WANG Xuefang¹

(1. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Key Laboratory of Oceanic Fisheries Exploration, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shanghai 201306, China; 3. National Engineering Research Center for Oceanic Fisheries, Shanghai 201306, China; 4. Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai 201306, China; 5. Scientific Observing and Experimental Station of Oceanic Fishery Resources, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shanghai 201306, China)

Abstract: Antarctic krill (*Euphausia superba*) is a key species in the Southern Ocean ecosystem, and the main target specie of the Southern Ocean trawl fishery. The size of Antarctic krill is small, the body of a krill trawl is usually lined with a small mesh netting to prevent krill from escaping. The length and assembly position of the liner netting vary from country to country, depending on operation habits and captain's preferences, and some make up more than two-thirds of the body net length. The catch data are often used in the assessment of krill resources, so it is of practical significance to understand the selectivity and influencing factors of large mesh body net of Antarctic krill trawl net for the accuracy of krill resource assessment using fishery data. To this end, the authors attached a 0.2 m × 0.2 m small mesh net to the first section (2a = 400 mm, without liner netting) and the second section (2a = 200 mm, lined with 16mm mesh size liner netting) of body net of the krill trawl used by krill factory trawler "LONG TENG" of the China National Fishery Corporation Ltd, to collect the krill that passed through the large mesh during conducting the survey at the northern waters (FAO statistical area 48.1) of the Antarctic Peninsula. We employed the logistic curve equation to study the selectivity index 50% selection body length (L_{50}) and selection range (SR) based on the body length composition of krill from the above attached fine-mesh net and codend. The results showed that the selectivity of the trawl used by "LONG TENG" trawler mainly occurs-red at the first section of the trawl body with large mesh, but there was almost none-selectivity in the second section of the trawl body due to the inner netting with small mesh size. The probability (P_c) of Antarctic krill contacting the first section of the trawl body ranged 5.85% ~ 69.52%, the average was 23.17% ± 14.80%, and there was no significant difference between daytime and night ($P > 0.05$). The L_{50} range was 25.05 ~ 47.74 mm, the average was (32.68 ± 4.92) mm, but L_{50} was (30.06 ± 2.23) mm at daytime, significantly ($P < 0.05$) lower than was (35.81 ± 5.48) mm at night. The SR range was 2.07 ~ 19.08 mm, the average was (7.65 ± 4.02) mm, and the SR was (7.11 ± 4.41) mm at daytime, slightly lower than (8.30 ± 3.53) mm at night. This study focused on the selectivity of net body parts, and considered the difference in krill selectivity between day and night, which could provide scientific basis for scientific evaluation of krill resources and development of ecologically friendly krill trawl.

Key words: single-boat midwater trawl; local-attached net method; lager mesh selectivity; Antarctic krill; selection body length