

DOI: 10.19663/j.issn2095-9869.20190801001

<http://www.yykxjz.cn/>

许庆昌, 李显森, 孙珊, 樊钢洲. 秋季莱州湾弓子网网囊网目尺寸选择性研究. 渔业科学进展, 2020, 41(6): 19–27

Xu QC, Li XS, Sun S, Fan GZ. Selectivity of codend mesh of beam trawl in Laizhou Bay in autumn. Progress in Fishery Sciences, 2020, 41(6): 19–27

秋季莱州湾弓子网网囊网目尺寸选择性研究^{*}

许庆昌 李显森^① 孙珊 樊钢洲

(中国水产科学研究院黄海水产研究所 农业农村部海洋渔业可持续发展重点实验室
农业农村部极地渔业开发重点实验室 青岛 266071)

摘要 单船框架拖网(俗称弓子网)是渤海海区常见的作业渔具,对底栖渔业生物选择性差,作业过程中产生大量副渔获物。为改善网囊网目的选择性,2017年9月在莱州湾海域采用“套网法”对网囊网目尺寸分别为15、25、35、45和55 mm的5种网囊进行了选择性实验。结果显示,弓子网对渔获物种类的选择能力较差,具有捕获栖息于作业海域绝大多数底栖种类的能力。随网囊网目尺寸的增加,渔获物质量、尾数逃逸率和产值损失率逐渐增大,短吻红舌鳎(*Cynoglossus joyneri*)、口虾蛄(*Oratosquilla oratoria*)、鹰爪虾(*Trachypenaeus curvirostris*)和日本鼓虾(*Alpheus japonicas*)的选择性参数($L_{0.5}$ 、SR)呈线性增加。口虾蛄和鹰爪虾的50%选择体长($L_{0.5}$)与网目尺寸(m)的线性回归方程分别为 $L_{0.5}=1.472m+12.63(R^2=0.934)$ 和 $L_{0.5}=1.394m+0.724(R^2=0.920)$ 。在目前的渔业资源状况下,为保护口虾蛄和鹰爪虾等经济渔获物资源,兼顾生产效益和幼鱼资源保护,建议将弓子网最小网目尺寸放大至45 mm。

关键词 弓子网; 莱州湾; 逃逸率; 选择性; 网囊网目尺寸

中图分类号 S972.13 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2020)06-0019-09

弓子网属于单船框架拖网(00·kj·T; GB/T 5147-2003),作业于沿岸水域,是渤海沿岸地区具有代表性的框架型拖网渔具(李显森等, 2017)。弓子网渔具规格小、操作简单、成本低,广泛应用于小型群众渔业(李凡等, 2013),主要捕捞虾蟹类、贝类、海螺类以及活动较差的底层鱼类(孙中之等, 2011),由于其网囊网目尺寸较小(23~26 mm),选择性较差,其渔获物组成中幼鱼比例高,高龄鱼较少,兼捕问题严重,对近海底栖渔业生物资源造成较严重的影响(张海鹏等, 2018; 张旭等, 2009、2010)。为加强捕捞渔具管理,保护近海渔业资源,农业农村部先后颁布了《农业部关于实施海洋捕捞准用渔具和过渡渔具最小网目尺寸制度的通告》(农业部通告[2013] 1号)和《农业部

关于禁止使用双船单片多囊拖网等十三种渔具的通告》(农业部通告[2013] 2号),将单船框架拖网列为海洋捕捞过渡渔具,并以虾类为目标鱼种将其过渡期内最小网目尺寸暂定为25 mm。

改善网具对捕捞对象尺寸的选择性、实现渔业资源的选择性捕捞是减轻渔业兼捕和丢弃问题、保护渔业资源的主要手段之一(Armstrong *et al*, 1990; MacLennan, 1992)。近年来,国内外学者针对张网(张健等, 2017; 黄六一等, 2016、2018)、桁杆拖网(邢彬彬等, 2015; 杨炳忠等, 2018、2019)等网具选择性进行了大量的研究,且相关研究表明,方形网目网囊可有效改善网具选择性(Madsen, 2007; Catchpole *et al*, 2008)。而关于弓子网的文献报道多集中于渔具

^{*} 农业农村部财政专项(2018)资助 [This work was supported by Financial Special Fund of Ministry of Agriculture and Rural Affairs (2018)]. 许庆昌, E-mail: xuqc@ysfri.ac.cn

^① 通讯作者: 李显森, 研究员, E-mail: lixs@ysfri.ac.cn

收稿日期: 2019-08-01, 收修改稿日期: 2019-10-31

渔法分析(孙中之等, 2011)、捕捞现状调查(张海鹏等, 2018)以及渔获物组成及其季节变化(张旭等, 2009、2010)等方面的研究, 针对弓子网网囊网目尺寸选择性研究鲜见报道。

本研究采用套网法(孙满昌, 2004)研究弓子网网目选择性, 依据莱州湾海区作业环境和资源状况, 于秋季开展网具选择性实验。参照《农业部关于实施海洋捕捞准用渔具和过渡渔具最小网目尺寸制度的通告》(农业部通告[2013] 1 号)弓子网最小网目尺寸为 25 mm 的规定, 实验网囊网目尺寸分别设置为 15、25、35、45 和 55 mm。通过渔获物组成、逃逸率、渔获性能及主要渔获物选择性分析, 更好的掌握弓子网网目选择性, 为莱州湾弓子网渔具管理及渔业资源保护提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 实验渔船与网具

实验渔船为“鲁莱州渔 66225”, 渔船主机功率为 300 kW, 船舶全长为 31.0 m, 型宽为 5.2 m。船身两侧各伸出 1 个 10.0 m 的支杆, 每个支杆拖曳 4 顶弓子网渔具, 其作业示意图见图 1。

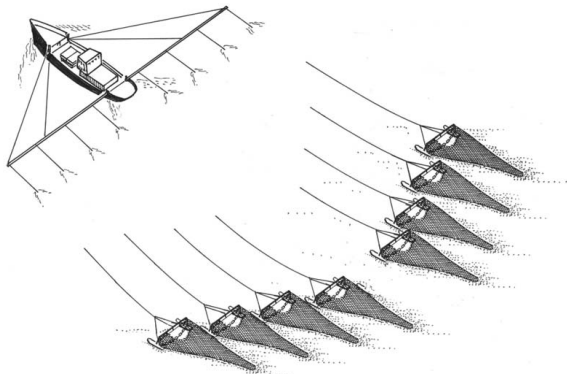


图 1 弓子网作业示意(李显森等, 2017)
Fig.1 Schematic diagram of beam trawl

实验网具为弓子网(单船框架拖网; 00·kj·T; GB/T 5147-2003)生产用网具, 网具主尺度为 12.33 m×6.06 m(2.20 m), 网口网目尺寸为 67 mm, 网囊最小网目尺寸为 25 mm; 框架宽 2.20 m, 高 0.45 m, 左、右翘板宽各 100 mm, 长为 0.45 m; 弓子横梁、左右弓子材料为钢管, 左、右翘板材料为钢板(图 2)。实验网除网囊外, 其他配置均与生产网保持一致。根据《农业部关于实施海洋捕捞准用渔具和过渡渔具最小网目尺寸制度的通告》(农业部通告[2013] 1 号), 以网目尺寸为 25 mm 的网囊为基础, 将实验网囊网目内径分别设计为 15、25、35、45 和 55 mm (GB/T 6964-2010), 套网网目内径设计为 10 mm, 由于网具生产加工误差, 其实际网目尺寸如表 1 所示。

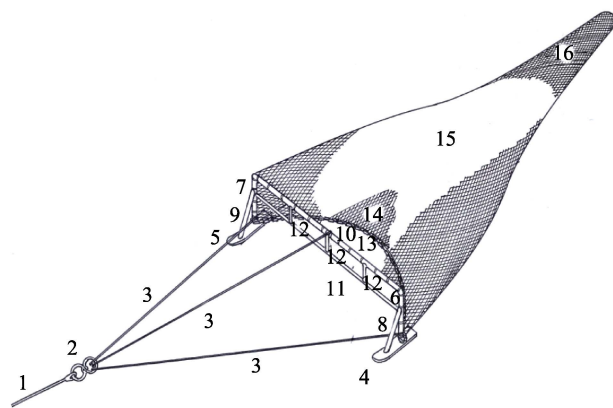


图 2 单船框架拖网(弓子网)结构示意图
Fig.2 Schematic diagram of the structure of single beam trawl

- 1: 拽纲; 2: 转环; 3: 叉子纲; 4: 左翘板; 5: 右翘板;
6: 左立柱; 7 右立柱; 8: 左支撑柱; 9: 右支撑柱;
10: 上梁; 11: 加强梁; 12: 加强支撑; 13: 下纲
配重铁链; 14: 腹网; 15: 背网; 16: 网囊
1: Warp; 2: Swivel; 3: Cross rope; 4: Left wane;
5: Right wane; 6: Left column; 7: Right column;
8: Left shore; 9: Right shore; 10: Top bar;
11: Stiffening beam; 12: Support beam; 13: Foot line;
14: Net abdomen; 15: Upper blade; 16: Cod end

表 1 不同网囊实测网目内径及有效网次
Tab.1 Measured mesh size and effective hauls of different cod ends

网囊网目尺寸 Codend mesh size (mm)		套网尺寸 Cover net mesh size (mm)		实验网次 Experiment haul	有效网次 Effective haul
设计值 Design value	实测值 Measure value	设计值 Design value	实测值 Measure value		
15	15.8±0.7	10	11.8±0.6	10	6
25	25.0±0.8	10	11.8±0.6	10	10
35	33.0±0.8	10	11.8±0.6	10	8
45	45.1±0.8	10	11.8±0.6	10	8
55	55.7±1.0	10	11.8±0.6	10	8

1.2 实验海域与时间

选择性实验于2017年9月2~16日开展,为期15 d。实验渔船在渤海莱州湾海域(37°20'~35°56'N、119°17'~119°42'E附近)进行拖网作业,作业海域潮流为半日潮,作业水深为12~17 m,作业海区底质为泥底(图3)。

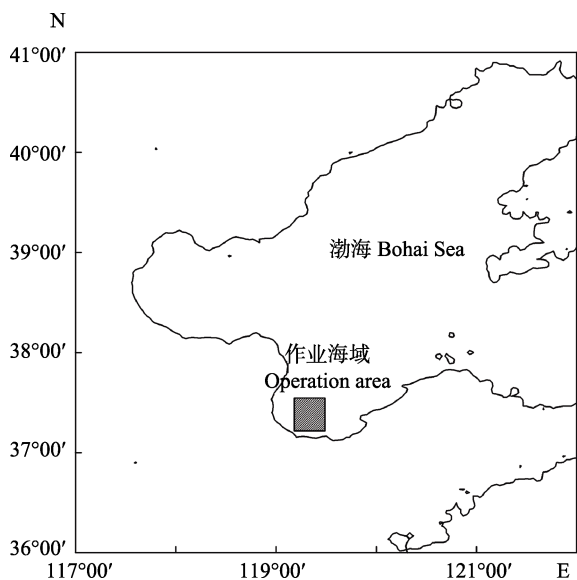


图3 选择性实验作业海域

Fig.3 Operation sea area during the selective experiment

1.3 实验方法

实验采用套网法,每种规格网囊分别进行10网次实验,每网次拖曳2~3 h,拖速为3~4节。起网后,将网囊及其对应套网的渔获物分开单独放置,称重后取样,记录主要渔获物卸港价格,并对渔获物进行分类鉴定,统计不同渔获物的数量和质量。分别测量渔获物体长、体重等数据,个体数量不足50尾的种类全部测量,超过50尾的种类测量50尾。

为降低套网“覆盖效应”,设计套网内径及拉直长度均比网囊大20%,并在套网内侧安装2个直径为12 mm的铁质圆环用于实现套网的周向扩张,降低套网对网具选择性的影响,圆环的直径为0.8 m,两圆环间距为2.0 m。

1.4 数据处理

1.4.1 逃逸率 通过对各实验网囊渔获物逃逸率计算,分析其对主要经济鱼种的释放效果,渔获物逃逸率计算公式为:

$$E_N = \frac{N_c}{N_c + N_n} \times 100\% \quad (1)$$

$$E_W = \frac{W_c}{W_c + W_n} \times 100\% \quad (2)$$

$$E_V = \frac{V_c}{V_c + V_n} \times 100\% \quad (3)$$

式中, E_N 、 E_W 、 E_V 分别为渔获物尾数、质量逃逸率和产值损失率; N_c 和 N_n 分别为套网和网囊内渔获物尾数(ind.); W_c 和 W_n 分别为套网和网囊内渔获物质量(kg); V_c 和 V_n 分别为套网和网囊内渔获物经济价值。

1.4.2 CPUE 的计算 本研究以实验网囊内单位时间渔获量表征其捕捞性能,其计算公式为:

$$CPUE = \frac{\sum_{i=1}^j C_i}{\sum_{i=1}^j E_i} \quad (4)$$

式中, j 为总实验网次数, i 为第 i 网次; C_i 为第 i 网次渔获量(kg); E_i 为第 i 网次作业时间; CPUE(Catch per unit effort)(kg/h)为实验网囊单位时间渔获量。然后,根据以下公式计算获得各实验网囊单位时间渔获价值 VPUE(Value per unit effort)(Whitmarsh et al, 2008; 唐衍力等, 2017),用以表征各网囊渔获物经济效益:

$$VPUE = \sum_{k=1}^n CPUE_k \times P_k \quad (5)$$

式中, n 为总渔获种类数, k 为第 k 种渔获物, $CPUE_k$ 为第 k 种渔获物的 CPUE, P_k 为第 k 种渔获物的价格。

1.4.3 Logistic 选择性模型 本研究选取 Logistic 选择性模型分析实验网对渔获物的选择性,其选择性曲线函数式如下:

$$S_l = \frac{\exp(a + bl)}{1 + \exp(a + bl)} \quad (6)$$

式中, S_l 为网目对体长组 l 的选择率; l 为体长组的特征体长; a 、 b 为选择性参数。根据公式(6)可推算出各选择性指标的参数表达式:

$$L_{0.5} = -\frac{a}{b}; SR = \frac{2 \ln 3}{b}; SF = \frac{L_{0.5}}{m} \quad (7)$$

式中, $L_{0.5}$ 表示选择率为50%时对应的体长,即50%选择体长; SR 为选择范围; SF 为选择性因素; m 为网目尺寸。

2 结果与分析

2.1 主要渔获物组成

实验期间共进行50网次弓子网选择性实验,其中,有效网次为40次(表1),共捕获渔获物1942.03 kg,

有效网次渔获物1594.56 kg。对实验渔获物进行分类鉴定发现,共捕渔获物59种,其中,鱼类26种、虾类10种、蟹类7种、头足类3种、贝类11种、其他2种,分别占总渔获质量的41.72%、33.29%、15.52%、7.10%、2.00%和0.37%,占总渔获尾数的33.07%、52.79%、2.90%、2.71%、8.48%和0.04%(图4)。

实验主要渔获种类及其尾数、质量和经济价值百分比见表2。秋季弓子网主要渔获物为短吻红舌鲷(*Cynoglossus joyneri*)、鲮(*Platycephalus indicus*)、六丝钝尾虾虎鱼(*Amblychaeturichthys hexanema*)、三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)、日本蛸(*Charybdis japonica*)、短蛸(*Octopus ochellatus*)、鹰爪虾(*Trachypenaeus curvirostris*)、口虾蛄(*Oratosquilla oratoria*)和日本鼓虾(*Alpheus japonicus*)。主要经济渔获物为鲮、三疣梭子蟹、日本蛸、短蛸、鹰爪虾和口虾蛄,分别占渔获总质量的19.76%、4.84%、7.82%、

6.37%、8.34%和22.23%,占渔获总尾数的2.09%、0.37%、0.94%、1.29%、21.71%和12.35%,占渔获总价值的11.20%、5.49%、16.25%、4.81%、12.60%和42.00%;其他渔获物质量、尾数和经济价值百分比分别为30.64%、61.25%和7.65%。

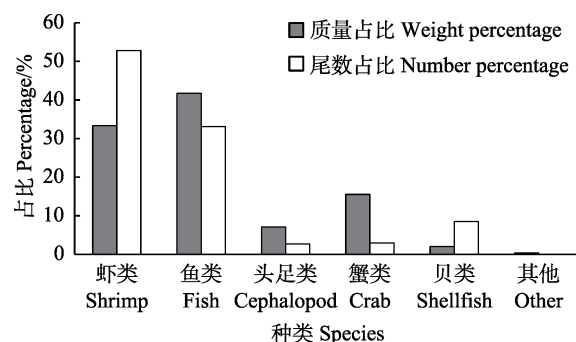


图4 渔获物质量及尾数占比

Fig.4 Percentage of the catch in weight and number

表2 秋季弓子网主要渔获物种类组成

Tab.2 Composition of the main catch species of beam trawl in autumn

种类 Species	W%	N%	V%	种类 Species	W%	N%	V%
短吻红舌鲷 <i>C. joyneri</i>	6.48	3.96	2.20	日本蛸 <i>C. japonica</i>	7.82	0.94	16.25
鲮 <i>P. indicus</i>	19.76	2.09	11.20	隆线强蟹 <i>E. crenata</i>	2.76	1.41	0.21
矛尾虾虎鱼 <i>C. stigmatias</i>	1.21	0.35	0.09	短蛸 <i>O. ochellatus</i>	6.37	1.29	4.81
六丝钝尾虾虎鱼 <i>A. hexanema</i>	10.95	21.89	0.83	日本枪乌贼 <i>L. japonica</i>	0.70	1.41	0.26
皮式叫姑鱼 <i>J. belangerii</i>	0.86	0.30	0.29	鹰爪虾 <i>T. curvirostris</i>	8.34	21.71	12.60
中华栉孔虾虎鱼 <i>C. chinensis</i>	0.60	1.65	0.05	口虾蛄 <i>O. oratoria</i>	22.23	12.35	42.00
黄鲫 <i>S. tenuifilis</i>	0.56	0.54	0.08	日本鼓虾 <i>A. japonicus</i>	2.38	17.31	0.54
赤鼻棱鳀 <i>T. kammalensis</i>	0.36	1.72	0.03	鲜明鼓虾 <i>A. distinguendus</i>	0.18	0.34	0.04
青鳞鱼 <i>H. zunasi</i>	0.17	0.34	0.07	葛氏长臂虾 <i>P. gravieri</i>	0.11	1.01	0.03
银鲳 <i>P. argenteus</i>	0.17	0.34	0.06	织纹螺 <i>Nassariidae</i>	1.43	7.63	1.08
三疣梭子蟹 <i>P. trituberculatus</i>	4.84	0.37	5.49	其他 Else	1.73	1.36	1.79

注: W%、N%和 V%分别表示实验网囊不同种类渔获物质量、尾数和经济价值占其总量的百分比。下同

Note: W%, N% and V% represent the percentage of catch in weight, number and value, respectively. The same as below

2.2 主要渔获物及逃逸率

各实验网囊主要渔获物种类及其逃逸率见表3。由表3中可知,不同网目尺寸实验网囊内渔获物组成差异较大。渔获物中口虾蛄和鲮的质量占比在各实验网囊中均超过15%,口虾蛄、六丝钝尾虾虎鱼、日本鼓虾和鹰爪虾的尾数占比在各实验网囊中均接近甚至超过10%。随网目尺寸的增加,各类渔获物的质量和尾数逃逸率均呈逐渐增加的趋势。当网目尺寸增大到55 mm时,短吻红舌鲷、六丝钝尾虾虎鱼、日本鼓虾、日本枪乌贼(*Loligo japonica*)和鹰爪虾等渔获物的质量和尾数逃逸率均超过65%。然而,主要渔获物中日本蛸和三疣梭子蟹的逃逸率偏低,即使网目尺寸达55 mm,其质量逃逸率依然低于10%。

2.3 渔获性能

根据实验数据分析网囊网目尺寸对弓子网渔获性能的影响,结果如表4所示。弓子网渔获效率及渔获价值均较高,生产渔船单网CPUE约为16.20 kg/h,产值达421.01元/h。随着网囊网目尺寸的增加,弓子网CPUE以及VPUE均逐渐降低,而其质量、尾数逃逸率和产值损失率均逐渐增加。当网目尺寸达到45 mm时,弓子网可释放40%以上的小型鱼、虾类,而其质量逃逸率仅为20%,产值损失率低于18%;随网囊网目尺寸进一步增大至55 mm时,其渔获物逃逸率迅速增大,质量、尾数逃逸率和产值损失率分别达到48.21%、75.91%和44.43%。

表 3 实验网囊主要渔获物及其逃逸率
Tab.3 Main catch and its escape ratio in experimental cod ends (%)

渔获种类 Fish species	15 mm 网囊 Cod end				25 mm 网囊 Cod end				35 mm 网囊 Cod end				45 mm 网囊 Cod end				55 mm 网囊 Cod end			
	W%	N%	E _W	E _N	W%	N%	E _W	E _N	W%	N%	E _W	E _N	W%	N%	E _W	E _N	W%	N%	E _W	E _N
短蛸 <i>O. ochellatus</i>	7.45	2.16	0.72	1.40	4.48	1.18	19.39	23.18	5.81	1.34	24.97	29.54	5.79	1.30	32.94	37.17	4.89	1.18	56.26	66.36
短吻红舌鲷 <i>C. joyneri</i>	8.92	7.72	0.16	0.53	6.54	4.58	16.19	24.46	5.43	3.46	30.02	35.37	4.49	3.21	25.86	28.17	2.68	2.82	67.03	69.53
皮式叫姑鱼 <i>J. belangerii</i>	0.77	0.29	0.10	1.75	1.28	0.41	1.71	17.39	0.96	0.38	1.54	19.64	0.93	0.34	14.52	43.70	0.54	0.24	42.28	62.00
口虾蛄 <i>O. oratoria</i>	17.46	13.54	0.07	0.64	18.51	11.72	4.68	13.78	23.05	14.82	6.71	17.81	29.24	18.78	20.97	27.31	17.33	14.62	46.56	56.78
隆线强蟹 <i>E. crenata</i>	1.43	0.68	0.04	1.11	1.87	0.96	0.56	5.28	2.46	0.91	4.93	29.00	5.65	3.35	13.10	27.52	6.31	4.41	24.08	42.15
六丝钝尾虾虎鱼 <i>A. hexanema</i>	9.81	21.28	2.01	5.36	8.92	20.49	21.64	35.21	11.30	24.52	31.96	43.99	9.63	19.53	35.60	46.34	5.92	17.91	73.09	79.49
日本鼓虾 <i>A. japonicus</i>	1.01	8.34	12.77	17.64	1.25	11.90	42.60	48.16	1.92	15.82	42.67	45.34	1.91	15.78	50.90	54.78	1.11	12.21	85.17	87.89
日本枪乌贼 <i>L. japonica</i>	0.53	1.27	1.83	2.55	0.69	0.99	13.01	33.78	0.40	0.70	21.85	40.29	0.60	1.52	39.06	45.89	0.34	1.48	83.68	84.29
日本鲟 <i>C. japonica</i>	9.82	1.42	—	—	9.32	1.39	0.67	10.67	6.40	0.68	1.03	17.86	9.52	1.16	2.88	25.66	8.48	1.91	7.56	23.71
三疣梭子蟹 <i>P. trituberculatus</i>	5.68	0.33	—	—	6.71	0.58	0.11	1.14	5.70	0.70	0.89	5.17	3.96	0.48	4.88	27.41	4.13	0.32	9.52	39.02
鹰爪虾 <i>T. curvirostris</i>	6.64	23.38	0.46	1.20	8.86	30.80	10.56	20.86	9.26	25.18	14.46	26.72	7.91	19.47	20.63	28.90	7.54	24.25	65.61	73.28
鲷 <i>P. indicus</i>	25.26	3.55	—	—	25.70	3.50	0.14	2.15	21.05	2.33	0.86	10.99	15.32	2.12	8.12	12.26	33.46	4.85	30.03	38.13
贝类 Shellfish	1.50	11.93	9.02	10.67	0.69	5.12	72.02	71.13	1.09	4.21	57.30	44.72	1.05	7.70	51.39	53.49	1.07	7.39	80.03	72.86
其他 Other	3.73	4.14	2.86	11.96	5.19	6.37	19.42	43.92	5.18	4.95	20.65	47.00	4.00	5.25	28.84	50.85	6.20	6.40	47.04	81.12

注: E_W 和 E_N 分别表示实验网囊不同渔获质量和尾数的逃逸率

Note: E_W and E_N represent the escape rate of catch in weight and number, respectively

表4 不同网囊弓子网渔获性能比较

Tab.4 Catch efficiency of beam trawls in different cod ends

网目尺寸 Mesh size (mm)	网囊渔获量 Catch in cod-end (kg)	单位时间渔获量 CPUE (kg/h)	网囊尾数 Number of fish (ind.)	单位时间 渔获价值 VPUE (CNY/h)	质量逃逸率 E_W (%)	尾数逃逸率 E_N (%)	产值损失率 E_V (%)
15	265.33	19.53	39202	495.23	0.70	5.17	0.30
25	377.86	16.20	60017	421.01	10.34	34.48	6.99
35	268.36	13.88	47200	357.90	14.80	36.03	9.31
45	254.31	12.93	38871	367.85	20.41	41.34	17.58
55	140.57	7.21	15517	177.02	48.21	75.91	44.43

2.4 渔具选择性分析

根据弓子网主要渔获物逃逸情况,对主要渔获物中短吻红舌鲷、口虾蛄、鹰爪虾和日本鼓虾进行选择分析,其主要选择性参数如表5,选择性曲线如图5。随网囊网目尺寸的增加,短吻红舌鲷、口虾蛄、鹰爪虾和日本鼓虾的 $L_{0.5}$ 均逐渐增大,且其选择范围(SR值)呈逐渐增大的趋势。网囊网目尺寸为15~45 mm时,SR值较小,此时,选择性曲线较陡,选择性尖锐;而网囊网目尺寸为55 mm时,弓子网对上述主要渔获物的选择范围均较大,即此时选择性曲线较为平坦,选择性不强。

将网囊网目尺寸与其对应的短吻红舌鲷、口虾蛄、鹰爪虾和日本鼓虾的 $L_{0.5}$ 进行线性回归,获得网囊网目尺寸与 $L_{0.5}$ 的关系式,结果见表6。参照《渤海生物资源养护规定》口虾蛄最小可捕体长为110 mm;黄海海区渔业资源调查显示,鹰爪虾雌性第1次性成熟体长为56 mm,作为最小可捕体长(农业部水产局,1990)。经计算,针对口虾蛄,弓子网网囊最适网目尺寸为 $m=66.1$ mm,此时,弓子网对体长为110 mm口虾蛄的选择率为50%;针对鹰爪虾网囊最适网目尺寸为 $m=39.6$ mm,此时,弓子网对体长为56 mm鹰爪虾的选择率为50%。

表5 各实验网对主要渔获物的选择性参数和指标

Tab.5 Selective parameters of the main catch species for the experimental cod ends

种类 Species	网目尺寸 Mesh size (mm)	选择性参数 Selective parameters				
		a	b	$L_{0.5}$ (cm)	SR (cm)	SF
短吻红舌鲷 <i>C. joyneri</i>	15	-5.36	0.74	7.21	2.96	4.80
	25	-4.96	0.60	8.22	3.64	3.29
	35	-3.71	0.44	8.46	5.01	1.88
	45	-3.78	0.38	9.98	5.79	2.85
	55	-3.69	0.24	15.22	9.05	2.77
口虾蛄 <i>O. oratoria</i>	15	-4.50	1.45	3.11	1.52	2.07
	25	-4.78	0.85	5.64	2.59	2.26
	35	-4.44	0.68	6.52	3.22	1.86
	45	-3.99	0.57	7.04	3.87	1.56
	55	-2.69	0.28	9.77	7.98	1.78
鹰爪虾 <i>T. curvirostris</i>	15	-4.52	1.84	2.46	1.19	1.64
	25	-4.93	1.30	3.79	1.69	1.52
	35	-4.98	1.13	4.41	1.95	1.26
	45	-3.00	0.54	5.57	4.08	1.24
	55	-3.27	0.38	8.54	5.73	1.55
日本鼓虾 <i>A. japonicus</i>	15	-4.14	1.88	2.20	1.17	1.47
	25	-3.13	1.53	2.39	1.44	0.68
	35	-3.66	1.18	2.66	1.87	1.06
	45	-3.01	0.75	3.99	2.91	0.89
	55	-3.46	0.47	7.32	4.65	1.33

注: a 和 b 为选择性参数; $L_{0.5}$ 为 50%选择体长; SR 和 SF 分别为选择范围和选择系数

Note: a , b represent selective parameters; $L_{0.5}$ represents 50% selected length; SR, SF represent select range and selective coefficient

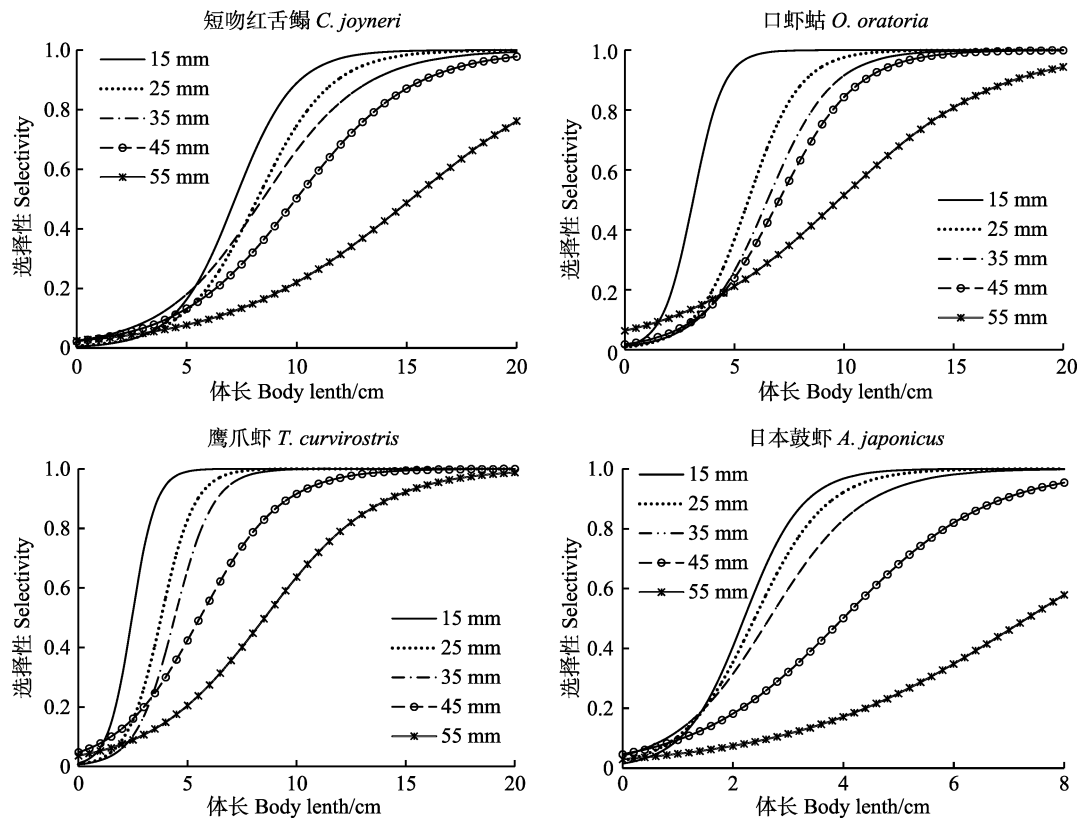


图 5 弓子网对主要渔获物的选择性曲线
Fig.5 Selective curves of the main species for beam trawl

表 6 50%选择体长($L_{0.5}$)与网囊网目尺寸(m)关系
Tab.6 Relationship between 50% selective body length ($L_{0.5}$) and cod end mesh size (m)

种类 Species	$L_{0.5}$ 与 m 关系 Relationship between $L_{0.5}$ and m	可捕尺寸 Allowable size (mm)	最适网目尺寸 Optimum mesh size (mm)
短吻红舌鲷 <i>C. joyneri</i>	$L_{0.5}=1.777m+35.92$ ($R^2=0.782$)	—	—
口虾蛄 <i>O. oratoria</i>	$L_{0.5}=1.472m+12.63$ ($R^2=0.934$)	110	66.1
鹰爪虾 <i>T. curvirostris</i>	$L_{0.5}=1.394m+0.724$ ($R^2=0.920$)	56	39.6
日本鼓虾 <i>A. japonicus</i>	$L_{0.5}=1.184m-4.305$ ($R^2=0.768$)	—	—

3 讨论

3.1 作业性能及产值分析

弓子网属于主动型过滤渔具(孙满昌, 2004), 渔船多为主机功率300马力以上的大型船只, 作业时拖曳6~10顶网具(张海鹏等, 2018), 在拖曳过程中, 迫使渔具经过水域中的鱼、虾、蟹、头足类、贝类等捕捞对象进入网内, 达到捕捞目的(黄锡昌, 1990)。弓子网捕捞效率较高, 张旭等(2010)研究显示, 弓子网单位功率渔获量为1.73 kg/kW, 高于拖网捕捞效率(0.78 kg/kW)。本研究显示, 网囊网目尺寸为25 mm的生产渔船单船CPUE达130 kg/h, 由于其主要渔获物中口虾蛄和日本鲷等经济价值较高, 分别占总产值的34.7%和18.5%, 实验渔船单船作业产值达3368元/h。

综上所述, 弓子网捕捞效率高, 生产效益好。

3.2 渔具选择性分析

弓子网渔获效率高, 渔获种类多, 调查共获得59种渔获物, 多为底层鱼、虾、蟹、贝和软体动物等, 其对捕捞对象种间选择性差。弓子网生产网($m=25$ mm)渔获物中幼鱼比例较高, 口虾蛄和鹰爪虾幼体比例分别为81.58%和56.83%, 而鲷鱼基本全为幼鱼, 且主要经济渔获物中口虾蛄、鲷和日本鲷等逃逸率非常低, 说明25 mm网目尺寸弓子网对莱州湾底层幼鱼资源造成较大的压力。Logistic选择性曲线结果显示, 网目尺寸为45 mm时, 鹰爪虾的 $L_{0.5}$ 为55.7 mm, 达到相关资料所述的初次性成熟体长标准(农业部水产局, 1990), 如以鹰爪虾等小型虾类为目标种类,

45 mm 网囊网目尺寸可满足要求。而针对弓子网主要经济渔获物口虾蛄,网目尺寸为 55 mm 时,其 $L_{0.5}$ 为 97.7 mm,参照口虾蛄 110 mm 可捕标准,55 mm 网囊网目尺寸捕捞口虾蛄依然偏小,根据选择性实验结果拟合曲线,捕捞口虾蛄最适网目尺寸为 66 mm。

3.3 渔具管理

目前,弓子网生产网网目尺寸为23~26 mm(张海鹏等,2018),网目尺寸偏小、选择性较差,因此,迫切需要改善该类网具选择性,提高幼鱼释放效果,保护近海渔业资源。根据《农业农村部关于实施海洋捕捞准用渔具和过渡渔具最小网目尺寸》的公告,弓子网在渤海属于过渡渔具,参照虾拖网将其最小网目尺寸暂定为25 mm。然而,本研究结果显示,25 mm网目尺寸弓子网选择性较差,仅对日本鼓虾和六丝钝尾虾虎鱼具有较好的释放效果,其他主要渔获物鲷、口虾蛄、日本蛸和鹰爪虾等逃逸率非常低,均低于10%。依据实验结果,如果将 $L_{0.5}$ 作为开捕体长,45 mm网囊网目尺寸可满足释放大部分渔获物幼鱼(虾)的要求,其逃逸率均超过30%,然而鲷和口虾蛄等渔获物依然未达到可捕标准,其逃逸率为20%~30%。根据本文选择性研究结果,综合考虑渔获物质量、尾数逃逸率以及产值损失率,兼顾生产效益和渔业资源保护,建议将渤海区弓子网网目尺寸放大至45 mm,此时,渔获物质量、尾数逃逸率和产值损失率分别为20.41%、41.34%和17.58%。同时,鹰爪虾和日本鼓虾等渔获物均达到可捕尺寸。

参照《渤海生物资源养护规定》,渤海禁止使用底拖网、浮拖网及变水层拖网作业,但网口网衣拉直周长小于 30 m 的桁杆、框架型拖网类渔具除外。本研究结果显示,弓子网渔获物为底层鱼、虾、蟹和贝类等,参考杨尧尧等(2016)对莱州湾底拖网调查,弓子网主要渔获物(除贝类外)与底拖网渔获物相似,在捕获口虾蛄和鹰爪虾的同时,捕获大量短吻红舌鲷、鲷、短蛸、日本蛸、六丝钝尾虾虎鱼等,这与农业农村部相关公告中(农业部通告[2013] 1 号)弓子网目标渔获为虾类相悖。此外,弓子网在作业过程中利用铁链替代沉子,拖曳过程中会破坏海底甚至在海底犁出深沟,严重破坏海底生境(孙中之等,2011; 张海鹏等,2018)。从保护海底生态环境及底栖渔业生物资源角度出发,建议渤海区弓子网参照底拖网管理,禁止使用弓子网作业。

综上所述,本研究针对弓子网渔具过渡期后的管理,形成如下建议:(1)从渔民经济效益出发,建议将弓子网过渡期后转为准用渔具,但网囊最小网目尺寸

应放大至 45 mm;(2)从保护近海渔业资源角度出发,建议将弓子网参照底拖网管理,弓子网过渡期后执行 54 mm 最小网目尺寸标准,渤海区禁止弓子网作业。

参 考 文 献

- Armstrong DW, Ferro RST, MacLennan DN, *et al.* Gear selectivity and the conservation of fish. *Journal of Fish Biology*, 1990, 37(sA): 261–262
- Catchpole TL, Revill AS. Gear technology in *Nephrops* trawl fisheries. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 2008, 18(1): 17–31
- Department of Fisheries, Ministry of Agriculture. Fishery resources investigation and regionalization in Bohai Sea and Yellow Sea. Beijing: China Ocean Press, 1990, 121–123 [农业部水产局. 黄渤海区渔业资源调查与区划. 北京: 海洋出版社, 1990, 121–123]
- Huang LY, Chen Y, Gao HL, *et al.* Study on selectivity of square mesh escape window of Tanzi net. *Periodical of Ocean University of China*, 2018, 48(9): 15–23 [黄六一, 陈燕, 高慧良, 等. 坛子网方形网目逃逸窗选择性研究. 中国海洋大学学报, 2018, 48(9): 15–23]
- Huang LY, Gao HL, Tang YL, *et al.* A study on the selectivity of codend mesh size of Tanzi net in Haizhou Bay. *Periodical of Ocean University of China*, 2016, 46(11): 143–150 [黄六一, 高慧良, 唐衍力, 等. 海州湾坛子网网囊网目尺寸选择性研究. 中国海洋大学学报, 2016, 46(11): 143–150]
- Huang XC. Marine fishing manual. Beijing: China Agriculture Press, 1990 [黄锡昌. 海洋捕捞手册. 北京: 中国农业出版社, 1990]
- Li F, Lü ZB, Wei ZH, *et al.* Seasonal changes in the community structure of the demersal fishery in Laizhou Bay. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2013, 20(1): 137–147 [李凡, 吕振波, 魏振华, 等. 2010 年莱州湾底层渔业生物群落结构及季节变化. 中国水产科学, 2013, 20(1): 137–147]
- Li XS, Xu CC, Sun ZZ, *et al.* Fishing gears and methods in the Yellow Sea and Bohai Sea. Beijing: China Ocean Press, 2017, 184–205 [李显森, 许传才, 孙中之, 等. 黄渤海区渔具渔法. 北京: 海洋出版社, 2017, 184–205]
- MacLennan DN. Fishing gear selectivity. *Fisheries Research*, 1992, 13(3): 201–204
- Madsen N. Selectivity of fishing gears used in the Baltic Sea cod fishery. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 2007, 17(4): 517–544
- Sun MC. Selectivity of fishing gear and fishing method. Beijing: China Agriculture Press, 2004, 53–70 [孙满昌. 渔具渔法选择性. 北京: 中国农业出版社, 2004, 53–70]
- Sun ZZ, Zhou J, Xu YP, *et al.* Analysis on fishing gear and fishing method of bow beam trawl. *Journal of Modern Fisheries Information*, 2011, 26(7): 10–12 [孙中之, 周军, 许玉甫, 等. 弓子网渔具渔法的分析研究. 现代渔业信息, 2011, 26(7): 10–12]
- Tang YL, Cheng WZ, Sun P, *et al.* Analysis of value per unite effort of three artificial reefs of Shandong coast. *Periodical of Ocean University of China*, 2017, 47(3): 43–50 [唐衍力, 程文志, 孙鹏, 等. 山东近岸 3 处人工鱼礁区 VPUE 的分析研究. 中国海洋大学学报, 2017, 47(3): 43–50]
- Whitmarsh D, Santos MN, Ramos J, *et al.* Marine habitat

- modification through artificial reefs off the Algarve (Southern Portugal): An economic analysis of the fisheries and the prospects for management. *Ocean and Coastal Management*, 2008, 51(6): 463–468
- Xing BB, Qi YK, Ma DY, *et al.* Study on cod-end mesh selectivity of beam shrimp trawl in Panjin sea area. *Fishery Modernization*, 2015, 42(1): 57–60, 15 [邢彬彬, 齐雨琨, 马丁一, 等. 盘锦海域桁杆虾拖网网囊网目选择性研究. *渔业现代化*, 2015, 42(1): 57–60, 15]
- Yang BZ, Yang L, Tan YG, *et al.* Size selectivity of codend mesh size of shrimp beam trawl for *Metapenaeus* in South China Sea. *South China Fisheries Science*, 2019, 15(2): 1–11 [杨炳忠, 杨吝, 谭永光, 等. 南海区虾拖网网囊对刀额新对虾的选择性研究. *南方水产科学*, 2019, 15(2): 1–11]
- Yang BZ, Yang L, Tan YG, *et al.* Size selectivity of combined square mesh and diamond mesh codends of shrimp beam trawl in South China Sea. *South China Fisheries Science*, 2018, 14(1): 105–113 [杨炳忠, 杨吝, 谭永光, 等. 南海区桁杆虾拖网方目与菱目混合网囊网目选择性研究. *南方水产科学*, 2018, 14(1): 105–113]
- Yang YY, Li ZY, Wu Q, *et al.* Interannual variations in community structure and species diversity of fishery resources in the Laizhou Bay. *Progress in Fishery Sciences*, 2016, 37(1): 22–29 [杨尧尧, 李忠义, 吴强, 等. 莱州湾渔业资源群落结构和多样性的年际变化. *渔业科学进展*, 2016, 37(1): 22–29]
- Zhang HP, Li YQ, Xu YF, *et al.* Survey of fishing situation of beam trawls in Hebei Province. *Hebei Fisheries*, 2018(4): 29–32 [张海鹏, 李怡群, 许玉甫, 等. 河北省框架拖网和桁杆拖网捕捞现状调查. *河北渔业*, 2018(4): 29–32]
- Zhang J, Jiang R, Fang YH, *et al.* Study on the fish size selectivity of codends of canvas stow net in the East China Sea. *Marine Fisheries*, 2017, 39(3): 340–350 [张健, 蒋瑞, 方远浩, 等. 东海张纲张网网囊网目选择性研究. *海洋渔业*, 2017, 39(3): 340–350]
- Zhang X, Zhang XM, Gao TX. Comparative analysis on catch composition with two fishing gears at Yellow River estuary in spring. *South China Fisheries Science*, 2010, 6(1): 59–67 [张旭, 张秀梅, 高天翔. 春季黄河口海域2种网渔具渔获物组成的比较分析. *南方水产*, 2010, 6(1): 59–67]
- Zhang X, Zhang XM, Gao TX, *et al.* Composition of catches by beam trawl and its seasonal variations in Yellow River estuary. *Progress in Fishery Science*, 2009, 30(6): 118–124 [张旭, 张秀梅, 高天翔, 等. 黄河口海域弓子网渔获组成及其季节变化. *渔业科学进展*, 2009, 30(6): 118–124]

(编辑 马瑾艳)

Selectivity of Codend Mesh of Beam Trawl in Laizhou Bay in Autumn

XU Qingchang, LI Xiansen^①, SUN Shan, FAN Gangzhou

(Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences;

Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture and Rural Affairs;

Key Laboratory of Development of Polar Fisheries, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Qingdao 266071)

Abstract The beam trawl is a common fishing gear in the Bohai Sea area and is associated with significant by-catch rates because of its poor selectivity. To improve the selectivity of codend mesh, the authors conducted selective experiments on the codend mesh of beam trawls in the Laizhou Bay during September 2017. A cover net method was used and five kinds of codends (mesh sizes of 15, 25, 35, 45, and 55 mm) were studied. Results show that beam trawls had a poor selectivity for catch species, capturing most of the benefic species in the operating area. Escape rates of the catch in weight, number, and value increased with codend mesh size. The 50% selectivity body length ($L_{0.5}$) and selection range of *Cynoglossus joyneri*, *Oratosquilla oratoria*, *Trachypenaeus curvirostris*, and *Alpheus japonicas* linearly with mesh size. The $L_{0.5}$ of *O. oratoria* and *T. curvirostris* appeared to exhibit a linear relationship with codend mesh size (m). Linear regression equations of $L_{0.5}=1.472m+12.63$ ($R^2=0.934$) and $L_{0.5}=1.394m+0.724$ ($R^2=0.920$), were derived for the respective species. To protect economically valuable species such as *O. oratoria*, *T. curvirostris*, the authors suggest enlarging the minimum mesh size for beam trawls to 45 mm, which would maintain production efficiency and protect juvenile fish resources.

Key words Beam trawl; Laizhou Bay; Escape ratio; Selectivity; Codend mesh size

① Corresponding author: LI Xiansen, E-mail: lixs@ysfri.ac.cn