

# 黄海双船变水层疏目拖网网囊网目尺寸选择性研究\*

许庆昌<sup>1</sup>, 李显森<sup>1 \*\*</sup>, 孙 珊<sup>1</sup>, 张孝先<sup>2</sup>

(1. 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, 山东省渔业资源与生态

环境重点实验室, 山东 青岛 266071; 2. 山东好运通网具科技股份有限公司, 山东 荣成 264300)

**摘要:** 为支撑《全国海洋捕捞准用渔具目录》的实施与管理, 本文利用套网法在黄海区海州湾海域开展了黄海双船变水层疏目拖网网囊选择性研究。在分析渔获的基础上, 运用相对重要性指数(IRI)、Logistic 模型等分析方法, 获得了双船变水层疏目拖网渔获物种类组成、优势种和主要渔获物竹荚鱼(*Trachurus japonicus*)、小黄鱼(*Larimichthys polyactis*)和带鱼(*Trichiurus lepturus*)的选择性曲线。研究显示, 随着网囊网目尺寸的增加, 渔获物质量和逃逸率均逐渐增加; 竹荚鱼、小黄鱼和带鱼的 50% 选择体长( $L_{50}$ )逐渐增大, 且  $L_{50}$  与网囊网目尺寸呈线性关系; 双船变水层疏目拖网网囊最小网目尺寸按照底拖网 54 mm 网目尺寸标准执行偏小。根据试验结果, 结合小黄鱼、竹荚鱼和带鱼最小可捕规格, 变水层疏目拖网网囊最佳网目尺寸分别为 65, 78, 78, 82 和 67, 36 mm。在目前渔业资源状况下, 为保护小黄鱼等中小型经济鱼类, 建议将双船变水层疏目拖网网囊最小网目尺寸(网目内径)设定为 66 mm。研究结果可为我国近海捕捞渔具管理以及渔业资源的可持续发展提供理论支撑。

**关键词:** 海州湾; 双船变水层疏目拖网; 渔获物; 选择性; 套网法; 网囊网目尺寸

中图法分类号: S972.13

文献标志码: A

文章编号: 1672-5174(2020)05-053-08

DOI: 10.16441/j.cnki.hdxb.20180296

引用格式: 许庆昌, 李显森, 孙珊, 等. 黄海双船变水层疏目拖网网囊网目尺寸选择性研究[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2020, 50(5): 53-60.

XU Qing-Chang, LI Xian-Sen, SUN Shan, et al. Studies on the cod-end mesh selectivity of pelagicpair trawls in Yellow Sea [J]. Periodical of Ocean University of China, 2020, 50(5): 53-60.

拖网是现代海洋捕捞业的主要作业方式之一, 具有机动灵活、适应性强、生产效率高的特点, 目前我国拖网产量接近海洋总捕捞量的 50%<sup>[1]</sup>。近年来, 拖网渔具开始向大网目、大型化方向发展, 而拖网网囊网目尺寸却有不断变小的趋势<sup>[2]</sup>, 导致拖网选择性较差, 渔获物中幼鱼、幼虾占有较大比重, 兼捕问题严重, 对我国近海渔业资源可持续利用造成不利的影响<sup>[3]</sup>。

改善网具对捕捞对象尺寸的选择性、实现渔业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<sup>[4-6]</sup>。拖网网目, 特别是网囊网目尺寸的大小, 是决定被捕鱼类个体大小的主要因素之一<sup>[5,7]</sup>, 拖网网囊选择性研究是保护渔业资源、实现渔业科学管理的重要基础, 为此, 世界各国拖网渔业均把网囊网目尺寸作为渔业管理中的一项重要措施<sup>[8]</sup>。我国颁布了《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)<sup>[9]</sup>, 将双船变水层疏目拖网(双船有翼单囊拖网)列

为海洋捕捞过渡渔具, 并参照底拖网将其网囊最小网目尺寸暂定为 54 mm。近年来, 国内学者针对拖网选择性方面的研究主要集中于底拖网<sup>[10-12]</sup>, 且研究证实方形网目网囊不会因为网囊受力而网目闭合, 方形网目网囊可有效改善网具的选择性<sup>[13-16]</sup>, 但对于双船变水层拖网选择性研究的相关报道较少。双船变水层拖网渔业作为黄海、东海海区重要的渔业产业之一<sup>[17-18]</sup>, 有必要开展该型网具网囊网目尺寸选择性研究, 为其最小网目尺寸的制定提供依据。

选择性研究方法主要有套网法和对比作业法(包括双囊网法、平行作业法、联体作业法以及交替作业法)<sup>[19-20]</sup>, 本文选取套网法研究双船变水层疏目拖网选择性。通过多个网次的海上生产试验, 根据网囊和套网渔获组成情况分析不同网目尺寸网囊的选择效果, 以期提高该类网具的选择性, 为今后制定黄海双船变水层疏目拖网最小网目尺寸标准提供参考。

## 1 材料与方法

\* 基金项目: 农业农村部渔业渔政管理项目(12530016)资助

Supported by the Ministry of Agriculture and Rural Affairs Program for Fisher Administration (12530016)

收稿日期: 2019-03-09; 修訂日期: 2019-06-11

作者简介: 许庆昌(1990-), 男, 博士。E-mail: xuqc@ysfri.ac.cn

\*\* 通讯作者: E-mail: lixs@ysfri.ac.cn

### 1.1 时间与海域

试验时间为2016年9月1~16日,为期16 d。作业海域位于黄海南部海州湾渔场(34°04'N~35°16'N、

119°36'E~122°05'E附近),水深17~30 m,作业范围如图1阴影部分所示。

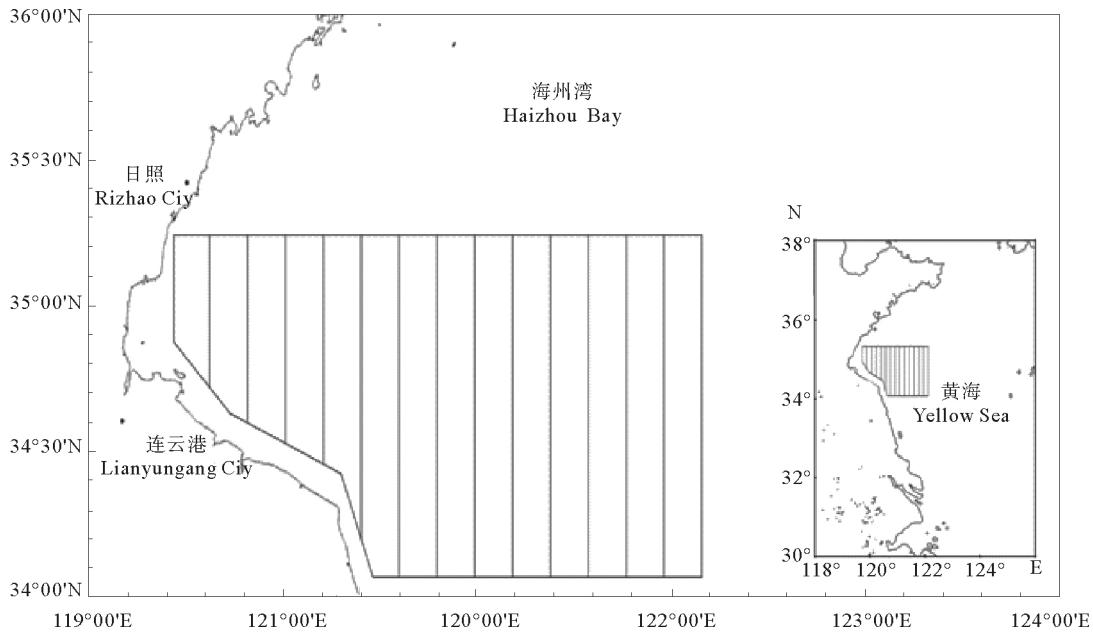


图1 作业海区

Fig.1 Operation sea area during the selective experiment

### 1.2 试验渔船与网具

试验渔船为钢质双拖渔船“鲁岚渔61383/鲁岚渔61384”,单船主机功率为353 kW,船舶全长36 m,型宽5.6 m,型深2.1 m。船上配有GPS、避碰仪、探鱼仪、对讲机等设备。

试验网具为生产用网具,网具主尺度为520 m×172.3 m(141 m),网口最大网目尺寸为10.0 m(见图2)。除网囊外,试验网的配置均与生产网具保持一致。本试验采用4种网目尺寸的试验网囊,且在网囊外安装套网,套网内径比网囊大20%,长度比网囊长15%(见图3)。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)<sup>[9]</sup>,本文以网目尺寸为54 mm网囊的网囊为基础,将试验网囊网目尺寸(网目内径)分别设计为40,54,60和70 mm,而套网网目尺寸为20 mm,其实际网目尺寸如表1所示,由于网片生产加工误差且误差较大,因此,本文按照实测网目尺寸进行数据处理分析。

### 1.3 试验方法

试验方法采用套网法,每种网囊分别拖曳10次,每次拖曳时间为3~5 h,拖速为4 kn左右。起网后,将网囊和套网内所有渔获分开装箱统计,记录网囊内外渔获的产量,并分别对网囊、套网内渔获进行随机取样,每种鱼类随机测量50尾,不足50尾的全部测量,取

样依据《海洋调查规范》(GB/T 12763.6-2007)第6部分《海洋生物调查》进行<sup>[21]</sup>,并对渔获物进行种类鉴定及测量,统计不同种类渔获物尾数、体长及体重数据。试验过程中,每种网目尺寸总网次数均为10次,其有效网次数如表1所示。

#### 1.4 分析方法

1.4.1 相对重要性指数(Index of relative importance) 相对重要性指数IRI常被用来研究群落优势种的成分,其公式如下:

$$IRI = (N + W)F \quad (1)$$

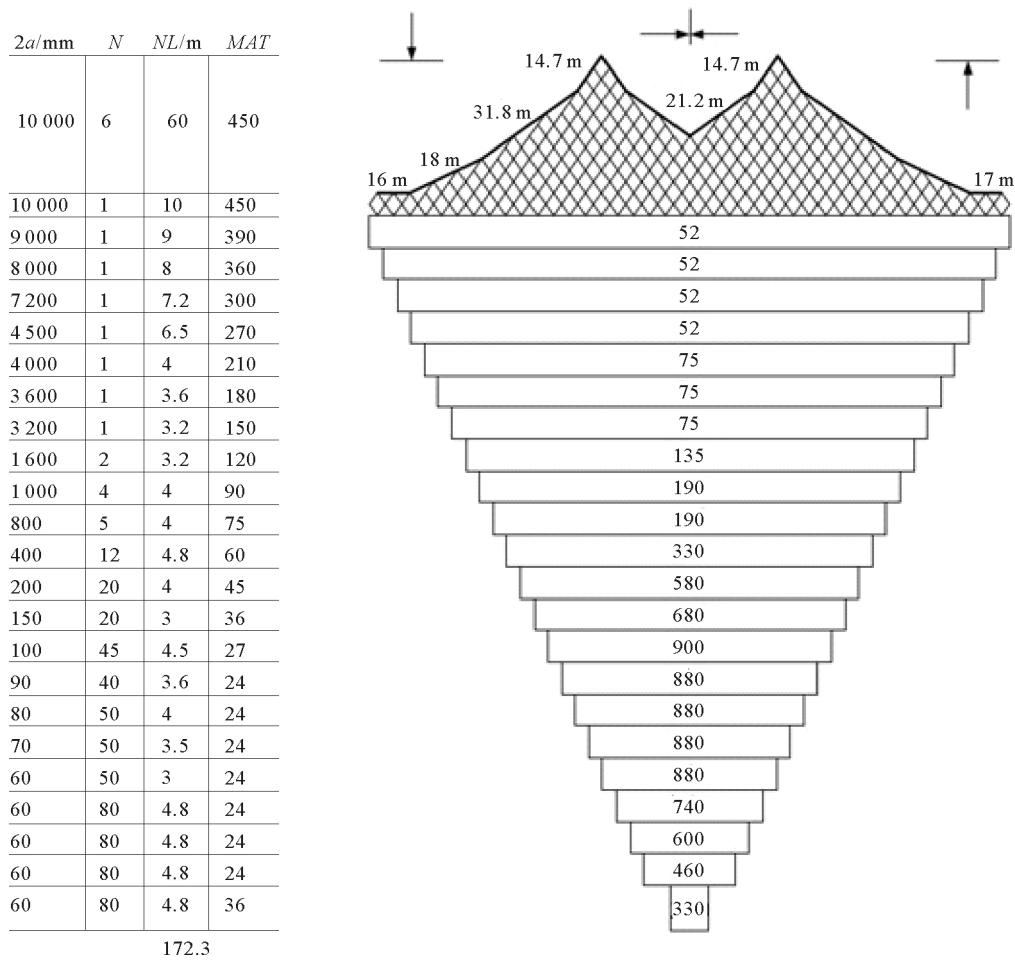
式中:N为某一种类的个体数占总个体数的百分率(%);W为某一种类的生物量占总生物量的百分率(%);F某一种类在捕捞采样试验中出现的频率(%).其中,IRI>1000为优势种。

1.4.2 逃逸率 通过对各网目尺寸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:

$$E_N = \frac{N_c}{N_c + N_n} \times 100\% ; \quad (2)$$

$$E_W = \frac{W_c}{W_c + W_n} \times 100\% . \quad (3)$$

式中: $E_N$ 、 $E_W$ 分别为渔获物尾数和质量逃逸率; $N_c$ 为套网渔获尾数(ind); $N_n$ 为网囊渔获尾数(ind); $W_c$ 为套网渔获质量(kg); $W_n$ 为网囊渔获质量(kg)。



( $2a$  表示网目大小,  $N$  表示网衣纵向网目数,  $NL$  表示纵向拉直长度,  $MAT$  表示材料。)

( $2a$ -mesh size,  $N$ -vertical mesh number of net,  $NL$ -straightened length of vertical mesh,  $MAT$ -materials.)

图 2 试验网网衣展开图

Fig.2 The netting drawing of experimental trawl



图 3 网囊和套网示意图

Fig.3 Sketch of cod-end and cover net

1.4.3 选择性分析 假设不同网目尺寸网囊的选择性曲线几何相似, 使用正态累计分布函数来表示拖网渔具网目尺寸的选择性, 以最常用的 Logistic 选择性曲线来表达, 其函数式如下:

$$S_l = \frac{\exp(a+bl)}{1+\exp(a+bl)} \quad (4)$$

式中:  $S_l$  表示网目对体长组  $l$  的选择率;  $l$  表示体长组的特征体长;  $a$ 、 $b$  表示选择性参数, 且  $a < 0$ ,  $b > 0$ 。采

表 1 不同网囊试验网次

Table 1 Testing hauls of different cod-ends

网囊网目尺寸 Mesh size of cod-end		套网尺寸 Mesh size of cover net		试验网次 Test haul	有效网次 Effective haul
设计值	实测值	设计值	实测值		
Designed value/mm	Measured value/mm	Designed value/mm	Measured value/mm		
40	$32.4 \pm 0.5$	15	$22.3 \pm 0.5$	10	9
54	$47.5 \pm 0.5$	15	$22.3 \pm 0.5$	10	7
60	$51.6 \pm 0.5$	15	$22.3 \pm 0.5$	10	8
70	$61.4 \pm 0.5$	15	$22.3 \pm 0.5$	10	6

用极大似然法估算模型参数值,并利用 AIC 准则评估模型拟合优度,AIC 值越小,则认为拟合度较好。

根据式(4)可以推算出各选择性指标的参数表达式:

$$L_{0.25} = -\frac{\ln 3 + a}{b}, L_{0.5} = -\frac{a}{b}, L_{0.75} = \frac{\ln 3 - a}{b}; \quad (5)$$

$$SR = L_{0.75} - L_{0.25} = \frac{2\ln 3}{b}; SF = \frac{L_{0.5}}{m}. \quad (6)$$

式中: $L_{0.25}$ 、 $L_{0.5}$ 、 $L_{0.75}$  分别表示选择率为 25%、50% 和 75% 时对应的体长;SR 为选择范围;SF 为选择性因素。

## 2 结果

### 2.1 渔获物组成

本次试验渔获种类共 51 种,其中鱼类种类最多,为 41 种,隶属于 10 目 27 科 40 属;虾蟹类 7 种,隶属于

1 目 5 科 7 属;头足类 3 种,隶属于 3 目 3 科 3 属。渔获中经济型(有经济价值如食用鱼、加工等)种类 21 种,非经济型种类 30 种。试验期间,双船拖网平均网次产量为 730.52 kg/网(去除海蜇重量)。试验渔获物主要种类结构组成及其相对重要性指数如表 2 所示,主要渔获对象分别为蓝点马鲛(*Scomberomorus niphonius*)、带鱼(*Trichiurus lepturus*)、银鲳(*Pampus argenteus*)、竹荚鱼(*Trachurus japonicus*)、小黄鱼(*Larimichthys polyactis*)等,分别占总渔获量的 31.99%、28.92%、17.49%、4.99% 和 4.19%。不同网目网囊渔获物优势种略有不同,蓝点马鲛、带鱼、银鲳在各网囊渔获中均为优势种,而小黄鱼、黄鲫(*Setipinna tenuifilis*)仅在 32.4 mm 网囊内为优势种,鲐鱼(*Pneumatophorus japonicus*)仅在 51.6 mm 网囊内为优势种。

表 2 渔获物结构组成及相对重要性指数

Table 2 Structure of the catch and the index of relative importance

渔获种类 Species	出现频率 Frequency	渔获量 Total catch/kg	质量占比 Weight percentage/%	相对重要性指数 IRI			
				32.4 mm	47.5 mm	51.6 mm	61.4 mm
蓝点马鲛 <i>Scomberomorus niphonius</i>	30	233.67	31.99	2 568	2 388	3 935	12 655
带鱼 <i>Trichiurus lepturus</i>	27	211.27	28.92	8 145	5 342	3 761	1 417
银鲳 <i>Pampus argenteus</i>	28	127.75	17.49	1 967	6 197	5 205	1 093
竹荚鱼 <i>Trachurus japonicus</i>	19	36.46	4.99	362	1 531	2 950	1 257
小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	26	30.59	4.19	1 911	378	8	4
三疣梭子蟹 <i>Portunus trituberculatus</i>	21	20.29	2.78	578	513	578	103
鲐鱼 <i>Pneumatophorus japonicus</i>	12	18.34	2.51	3	133	1 743	7
黄鲫 <i>Setipinna tenuifilis</i>	6	13.08	1.79	1 161	—	—	—
其他 Else	—	39.07	5.35	—	—	—	—

不同网囊内渔获物逃逸情况如表 3 所示,由于 32.4 mm 网囊作业时捕获大量的黄鲫,而黄鲫个体较小,逃逸状况明显优于其他鱼类,影响对 32.4 mm 网目尺寸渔获逃逸率的评估。而对于其他三种网目网囊,其渔获物质量逃逸率均随网目尺寸的增加而逐渐增

大,尾数逃逸率也有逐渐增加的趋势;同时渔获物质量逃逸率最大为 10.13%,而此时尾数逃逸率为 70% 以上,因此可以看出,放大网目尺寸后,对一些小型鱼类及渔获物幼鱼具有良好的释放效果。

表 3 不同网囊渔获量及逃逸情况

Table 3 Catch and escape situation of different cod-ends

网囊网目尺寸 Mesh size of the cod-end/mm	平均网次产量 Average catch per haul/kg	套网平均产量 Average catch in cover net/kg	质量逃逸率 Weight escape ratio/%	尾数逃逸率 Number escape ratio/%
32.4	802.77	105.09	13.09	66.64
47.5	802.60	62.58	7.80	68.19
51.6	746.02	69.06	9.26	67.94
61.4	570.70	57.80	10.13	70.73

## 2.2 选择性参数

本次试验主要渔获物为蓝点马鲛、带鱼、银鲳、竹荚鱼和小黄鱼,由于套网内蓝点马鲛和银鲳的非常少,无法进行统计分析,因此本文仅对带鱼、竹荚鱼和小黄鱼进行分析,其体长(肛长、叉长)的选择性参数如表 4 所示。随网目尺寸的增加,竹荚鱼、带鱼和小黄鱼的 50% 选择体长  $L_{0.5}$  均逐渐增大,且其选择范围 SR 也呈

现逐渐增大的趋势。网囊网目尺寸为 32.4、51.6 和 61.4 mm 时,竹荚鱼的  $L_{0.5}$  分别为 85.48、108.02 和 127.63 mm;网囊网目尺寸为 51.6 和 61.4 mm 时,带鱼的  $L_{0.5}$  分别为 153.94 和 187.63 mm;网囊网目尺寸为 32.4、47.5 和 51.6 mm 时,小黄鱼的  $L_{0.5}$  分别为 95.54、105.81 和 140.64 mm。

表 4 不同网囊主要渔获物体长选择性指标

Table 4 Selectivity parameters on the main catches in different cod-ends

种类 Species	网目尺寸 Mesh size/mm	选择性参数 Selective parameters			
		a	b	$L_{0.5}/\text{mm}$	SR/mm
竹荚鱼 <i>Trachurus japonicus</i>	32.4	-10.230	0.120	85.48	18.36
	51.6	-5.991	0.055	108.02	39.62
	61.4	-7.536	0.059	127.63	37.22
带鱼 <i>Trichiurus lepturus</i>	51.6	-19.759	0.128	153.94	17.12
	61.4	-11.446	0.061	187.63	36.02
	32.4	-15.952	0.173	92.22	12.70
小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	47.5	-13.997	0.132	105.81	16.61
	51.6	-18.095	0.136	133.28	16.18
	32.4	-20.942	0.216	97.07	10.18
三种鱼类 Three kinds of fishes	47.5	-13.997	0.132	105.81	16.61
	51.6	-10.631	0.097	109.75	22.68
	61.4	-8.110	0.056	143.97	39.01

不同网目尺寸网囊对竹荚鱼、带鱼和小黄鱼的 Logistic 选择性曲线分别如图 4~6 所示。选择性指标的尖锐度往往由曲线的倾斜程度体现,选择范围(SR)较大时,曲线较为平坦,即选择性不明显,反之则称选择性尖锐<sup>[8]</sup>。由图 4 可知,网囊网目尺寸为 51.6 和 61.4 mm 时,竹荚鱼的选择性曲线较为平坦,表明其对竹荚鱼

的选择性不明显;而网囊网目尺寸为 32.4 和 47.5 mm 时,小黄鱼选择性曲线之间右移距离较窄(见图 6),表明 32.4 和 47.5 mm 网囊对小黄鱼选择性差异较小;各网目尺寸网囊对小黄鱼、带鱼(见图 5)的选择性曲线均较陡,即其对小黄鱼和带鱼的选择性尖锐。

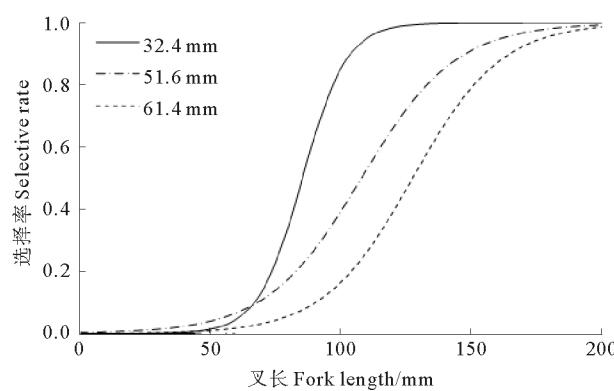


图 4 不同网目网囊对竹荚鱼的选择性曲线

Fig.4 Selectivity curves of *Trachurus japonicus* for cod-ends in different mesh sizes

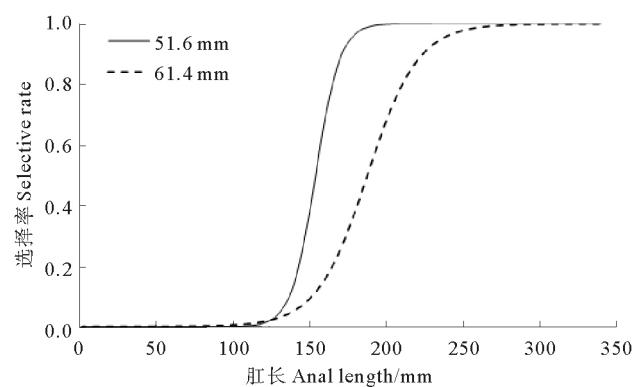


图 5 不同网目网囊对带鱼的选择性曲线

Fig.5 Selectivity curves of *Trichiurus lepturus* for cod-ends in different mesh sizes

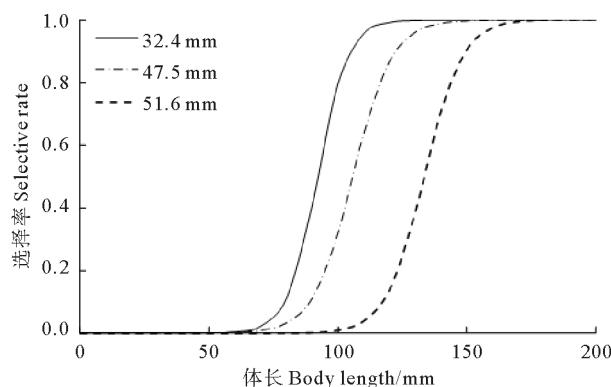


图6 不同网目网囊对小黄鱼的选择性曲线  
Fig.6 Selectivity curves of *Larimichthys polyactis* for cod-ends in different mesh sizes

将三种鱼类所有数据综合分析,可得出不同网目网囊对主要渔获物选择性关系曲线,如图7所示。结果显示,当网囊网目尺寸分别为32.4、47.5、51.6和61.4 mm时,渔获物 $L_{0.5}$ 分别为97.07、105.81、109.75和143.97 mm。网囊网目为47.5和51.6 mm时,其对鱼类选择性差异较小;网囊网目为61.4 mm时对鱼类选择性不明显。

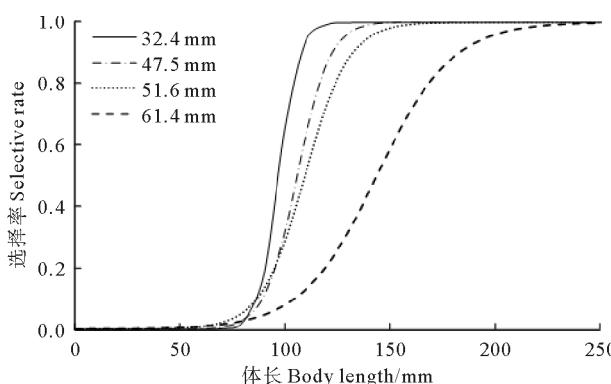


图7 不同网目网囊对三种鱼类混合数据的选择性曲线  
Fig.7 Selectivity curves of the three fishes for cod-ends in different mesh sizes

### 2.3 最佳网目尺寸

小黄鱼和竹荚鱼50%选择体长与网囊网目尺寸( $m$ )关系如图8所示,其 $L_{0.5}$ 与网囊网目尺寸均呈线性关系。对于小黄鱼, $L_{0.5} = 1.8027m + 31.417$ , $R^2 = 0.7597$ ;对于竹荚鱼, $L_{0.5} = 1.4151m + 38.458$ , $R^2 = 0.9792$ 。参照《农业部关于实施带鱼等15种重要经济鱼类最小可捕标准及幼鱼比例管理规定的通告》(农业部通告[2018]3号),小黄鱼最小可捕体长为150 mm,竹荚鱼最小可捕叉长为150 mm,根据上述关系式可得出,针对小黄鱼的最佳网目尺寸为65.78 mm;针对竹荚鱼的最佳网目尺寸为78.82 mm。

由于根据带鱼的 $L_{0.5}$ 数据无法拟合出其肛长随网囊网目尺寸的关系,因此采用最大体周法估算其最

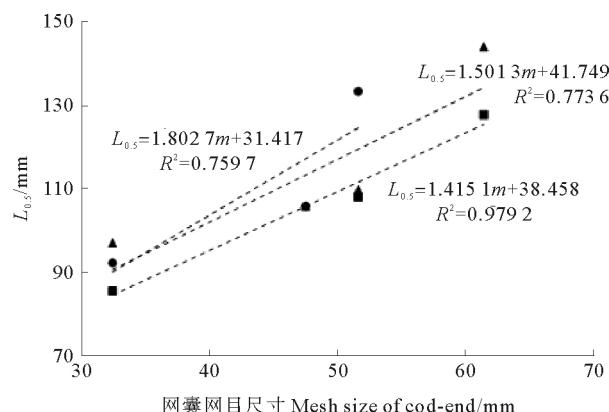


图8 50%选择体长 $L_{0.5}$ 与网囊网目尺寸关系图  
Fig.8 Relationship between  $L_{0.5}$  and mesh size of the cod-ends

佳网目尺寸,参考尤宗博等<sup>[22]</sup>资源调查数据,带鱼体周与体长的关系为 $G = 0.43L + 14.68$ ( $R^2 = 0.65$ ),因此可估算出带鱼 $L_{0.5}$ 随网囊网目尺寸的变化关系式为 $L_{0.5} = 3.609m - 33.115$ 。根据带鱼最小可捕规格为肛长210 mm,因此针对带鱼最佳网目尺寸为67.36 mm。

根据三种鱼类混合数据,可得出该类型拖网对鱼类的整体选择性曲线为 $L_{0.5} = 1.5013m + 41.749$ , $R^2 = 0.7736$ ,即网目尺寸分别为32.4、47.5、51.6和61.4 mm时,其对应的50%选择体长分别为90.39、113.06、119.22和133.93 mm。

### 3 讨论

套网法假设可全部捕获从网囊逃逸的鱼类,是张网、拖网等网具选择性常用研究方法<sup>[23]</sup>,然而套网会对网囊产生覆盖效应,阻碍进入网囊内鱼类的逃逸行为,影响所预测 $L_{0.5}$ 的精确度。为尽量降低覆盖效应的影响,本文所用套网内径比网囊大20%,长度比网囊长15%。通过多个网次试验发现,海州湾双船变水层拖网秋季主要渔获中蓝点马鲛优势叉长为325~365 mm,可捕率为28.10%;银鲳优势叉长为125~155 mm,可捕率为29.07%;竹荚鱼优势叉长为85~125 mm,可捕率为15.78%;带鱼优势肛长为185~215 mm,可捕率低于5%;小黄鱼优势体长为105~135 mm,可捕率为24.01%。这些优势渔获物多数未达到可捕标准,幼鱼比例较高,为更好的保护渔业资源,减少幼鱼兼捕,需改善此类网具的选择性。

试验结果表明,随网囊网目尺寸的增加,主要渔获物质量、尾数逃逸率均逐渐增加,放大网囊网目尺寸可有效提高小型鱼类及主要渔获物幼鱼的逃逸率,利于保护近海渔业资源。根据50%选择体长与网囊网目尺寸拟合关系式(见图7),当网囊网目尺寸为54 mm时,小黄鱼、竹荚鱼和带鱼的 $L_{0.5}$ 分别为128.76、114.87和161.77 mm,均未达到可捕规格,因此,双船变水层拖网最小网目不能按照底拖网最小网目尺寸(54 mm)制

定,还需要进一步放大该类网具网囊网目尺寸。

陈仁杰<sup>[3]</sup>和尤宗博<sup>[22]</sup>等相关研究根据小黄鱼等中小型鱼类选择性曲线分别建议该型网具的最小网目尺寸为 56 和 60 mm。为更好反映该类网具的选择性,本文将所研究的三种渔获物的混合数据进行选择性分析,并获得渔获物  $L_{0.5}$  与网囊网目尺寸关系的经验公式(见图 8):  $L_{0.5} = 1.5013m + 41.749$ ,结果显示网目尺寸分别为 32.4、47.5、51.6 和 61.4 mm 时,渔获物的 50% 选择体长分别为 90.39、113.06、119.22 和 133.93 mm。在目前渔业资源状况下,为保护近海中小型经济鱼类,本文建议将双船变水层拖网网囊最小网目尺寸(网目内径)设定为 66 mm,此时,小黄鱼的  $L_{0.5}$  达到可捕规格,而整体渔获物的  $L_{0.5}$  超过 140 mm,可以有效的释放小型鱼类及经济鱼类幼鱼,利于保护近海渔业资源。

为更好的保护海洋渔业资源,提高双船变水层疏目拖网的选择性,本文建议进一步放大该类网具网囊网目尺寸。然而放大网目尺寸仅是改善网具选择性的一种措施,近年来有些报道认为使用分段网囊<sup>[24]</sup>,即网囊前后部使用不同形状网目可能更有利于提高网具选择性<sup>[25]</sup>,因此,今后还需要进一步研究网囊网目形状(菱形网目、方形网目)或网囊结构对该类网具选择性的影响,以期进一步改善网具选择性,保护我国近海渔业资源。

## 4 结论

本文利用套网法研究黄海双船变水层疏目拖网的选择性,通过开展海上试验及渔获物分析,得出以下结论:

- (1) 双船变水层疏目拖网秋季渔期主要优势种( $IRI > 1000$ )为蓝点马鲛、带鱼、银鲳、竹荚鱼、鲐鱼和黄鲫。
- (2) 针对小黄鱼、竹荚鱼和带鱼,网囊最佳网目尺寸分别为 65.78、78.82 和 67.36 mm。
- (3) 双船变水层疏目拖网最小网目尺寸按照 54 mm 网目尺寸准执行偏小,需进一步放大网目尺寸,结合当前资源状况及本文研究结果,建议将双船变水层拖网网囊最小网目尺寸设定为 66 mm。

## 参考文献:

- [1] 农业部渔政管理局. 中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2016.
- [2] Huang H L, Wang M Y, Xu B S, et al. Study on selectivity of mesh size of cod-end of trawl in the East China Sea region[J]. Journal of Fisheries of China, 2005, 29(2): 232-237.
- [3] 陈仁杰, 李显森, 樊钢洲, 等. 黄海双船有翼单囊拖网网囊最小网目尺寸研究[J]. 大连海洋大学学报, 2018, 33(2): 258-264.
- [4] Chen R J, Li X S, Fan G Z, et al. Minimal cod-end mesh of a pair trawl in the yellow sea[J]. Journal of Dalian Ocean University, 2018, 29(2): 258-264.
- [5] Maclellan D N. Fishing gear selectivity[J]. Fisheries Research, 1992, 13(3): 201-203.
- [6] 黄六一, 陈燕, 高慧良, 等. 坛子网方形网目逃逸窗选择性研究[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2018, 48(9): 15-23.
- [7] Huang L Y, Chen Y, Gao H L, et al. Study on selectivity of square mesh escape window of Tanzi net[J]. Periodical of Ocean University of China, 2018, 48(9): 15-23.
- [8] Millar R B, Walsh S J. Analysis of trawl selectivity studies with an application to trouser trawls[J]. Fish Research, 1992, 13(3): 205-221.
- [9] 孙满昌. 渔具渔法选择性[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004.
- [10] Sun M C. Selectivity of Fishing Gears and Methods[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2004.
- [11] 中华人民共和国农业部. 农业部关于实施海洋捕捞准用渔具最小网目尺寸制度的通告[EB/OL]. (2013-11-29)[2018-08-30]. [http://jiuban.moa.gov.cn/zwllm/tzgg/tz/201312/t20131205\\_3699050.htm](http://jiuban.moa.gov.cn/zwllm/tzgg/tz/201312/t20131205_3699050.htm).
- [12] Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Bulletin of the ministry of agriculture for implementing the minimum mesh size of marine fishing gears[EB/OL]. (2013-11-29)[2018-08-30]. [http://jiuban.moa.gov.cn/zwllm/tzgg/tz/201312/t20131205\\_3699050.htm](http://jiuban.moa.gov.cn/zwllm/tzgg/tz/201312/t20131205_3699050.htm).
- [13] 宋学锋, 陈雪忠, 黄洪亮, 等. 东海区底拖网对小黄鱼的选择性研究[J]. 上海海洋大学学报, 2015, 24(3): 449-456.
- [14] Song X F, Chen X Z, Huang H L, et al. Selectivity of *Parimichthys polyactis* of bottom trawl in the East China Sea[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2015, 24(3): 449-456.
- [15] 宋学锋, 陈雪忠, 李灵智, 等. 东海区方形目与菱形目拖网网囊对小黄鱼的选择性研究[J]. 海洋渔业, 2017, 39(1): 100-109.
- [16] Song X F, Chen X Z, Li L Z, et al. Selectivity of diamond and square mesh codends in the bottom-trawl fishery for *Parimichthys polyactis* in the East China Sea[J]. Marine Fisheries, 2017, 39(1): 100-109.
- [17] 周景宇, 张国胜, 许传才, 等. 黄海北部单船有翼单囊底拖网结构优化研究[J]. 大连海洋大学学报, 2017, 32(2): 231-236.
- [18] Zhou J Y, Zhang G S, Xu C C, et al. Structure optimization of bottom trawls in the northern Yellow Sea[J]. Journal of Dalian Ocean University, 2017, 32(2): 231-236.
- [19] 张健, 孙满昌. 欧洲地区选择性虾拖网渔具的研究进展[J]. 大连海洋大学学报, 2008, 23(1): 55-62.
- [20] Zhang Jian, Sun Manchang. Progress in research on selective shrimp trawls in Europe[J]. Journal of Dalian Fishery University, 2008, 23(1): 55-62.
- [21] Broadhurst M K, Broadhurst M K. Modifications to reduce by-catch in prawn trawls: A review and framework for development [J]. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 2000, 10(1): 27-60.
- [22] Catchpole T L, Revill A S. Gear technology in Nephrops trawl fisheries[J]. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 2008, 18(1): 17-31.

- [16] Madsen N. Selectivity of fishing gears used in the Baltic Sea cod fishery[J]. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 2007, 17(4): 517-544.
- [17] 李显森, 许传才, 孙中之, 等. 黄渤海区渔具渔法[M]. 北京: 海洋出版社, 2017.
- Li X S, Xu C C, Sun Z Z, et al. Fishing Gears and Fishing Methods in the Yellow Sea and Bohai Sea[M]. Beijing: China Ocean Press, 2017.
- [18] 孙中之, 许传才, 周军, 等. 黄渤海区拖网渔业现状与分析[J]. 渔业现代化, 2013, 40(1): 50-56.
- Sun Z Z, Xu C C, Zhou J, et al. Current situation and analysis on trawl fishery in the Yellow Sea and Bohai Sea area[J]. *Fishery Modernization*, 2013, 40(1): 50-56.
- [19] Perez-Camas J, Skalski J R. A parametric multinomial model for size selection in alternate-haul experiments [J]. *Fisheries Research*, 1996, 27(1-3): 113-129.
- [20] Wileman D A. Manual of methods of measuring the selectivity of towed fishing gears[J]. *Ices Cooperative Research Report*, 1996, 215: 38-99.
- [21] 国家标准化委员会. 海洋调查规范第 6 部分: 海洋生物调查: GB/T 12763.6—2007[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- Standardization Administration of China. Specifications for Ocean-
- agraphic Survey-6: Marine Biological Survey: GB/T 12763.6—2007[S]. Beijing: Standard Press of China, 2007.
- [22] 尤宗博, 赵宪勇, 李显森, 等. 黄海双船变水层拖网网囊的网目选择性研究[J]. *水产科学*, 2017, 36(4): 436-442.
- You Z B, Zhao X Y, Li X S, et al. Selectivity of cod-end mesh of pair-trawlers in Yellow Sea[J]. *Fisheries Science*, 2017, 36(4): 436-442.
- [23] 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.
- 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.
- [24] 张健, 孙满昌, 彭永康, 等. 衅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.
- 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.
- [25] 杨吝, 张旭丰, 谭永光, 等. 南海区拖网网囊最小网目尺寸选择性研究[J]. *中国水产科学*, 2003, 10(4): 325-332.
- Yang L, Zhang X F, Tan Y G, et al. Selectivity study on minimum mesh size of bottom trawl codend in South China Sea[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2003, 10(4): 325-332.

## Studies on the Cod-End Mesh Selectivity of Pelagicpair Trawls in Yellow Sea

XU Qing-Chang<sup>1</sup>, LI Xian-Sen<sup>1</sup>, SUN Shan<sup>1</sup>, ZHANG Xiao-Xian<sup>2</sup>

(1. The Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fishery Resources, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shandong Provincial Key Laboratory for Fishery Resources and Eco-environment, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Science, Qingdao 266071, China; 2. Shandong Haoyuntong Nets Technology Co., Ltd, Rongcheng 264300, China)

**Abstract:** In order to support the implementation and management of Natural Marine Fishing Gear Catalog, we carried out the production test for several voyages in Haizhou Bay to study the cod-end mesh selectivity of pair trawls. The methods of index of relative importance (IRI) and Logistic model were used to analyze the catches. The specific composition of the catch, the dominant species and the selectivity curves of the main species (*Trachurus japonicus*, *Larimichthys polyactis* and *Trichiurus lepturus*) were obtained. Results showed that the escape rate of the catch increased with the increase in mesh size. The  $L_{0.5}$  of *T. japonicus*, *L. polyactis* and *T. lepturus* increased with the increase of mesh size, and the  $L_{0.5}$  was linear to the mesh size. The minimum mesh size (MMS) of 54 mm, which was made to the bottom trawling, was a little small for the pelagic trawl of pair vessels and need to be enlarged. Based on the minimum catch length of *T. japonicus*, *L. polyactis* and *T. lepturus*, we concluded that the optimum mesh size of the cod-end was 65.78, 78.82 and 67.36 mm, respectively. In order to protect the stock population of small size fishes, it was suggested that the minimum mesh size of the cod-end need to be 66 mm. The results provided a scientific basis for the sustainable development of fishery resources and fishery management in inshore fishing.

**Key words:** Haizhou Bay; mid-water pair trawlers with large-size mesh; catch; selectivity; cover net method; cod-end mesh size

责任编辑 朱宝象