

DOI: 10.16378/j.cnki.1003-1111.2017.04.006

黄海双船变水层拖网网囊的网目选择性研究

尤宗博¹, 赵宪勇^{1,2}, 李显森¹, 孙 珊¹, 朱建成¹, 逢志伟¹, 樊钢舟¹

(1. 中国水产科学研究院 黄海水产研究所, 农业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. 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋渔业科学与食物产出过程功能实验室, 山东 青岛 266237)

摘要: 为研究黄海双船变水层拖网网囊的网目选择性, 2015年10月在黄海南部进行了网囊网目为40、54、60 mm和70 mm的套网拖网试验, 采用Logistic选择模型和体周估算法对网囊网目选择性进行研究。结果表明, 黄海双船变水层拖网渔获主要为蓝点马鲛、银鲳、带鱼、小黄鱼和鳀鱼; 随着网囊网目尺寸的增大, 逃逸率明显增加; 极大似然法估算的模型参数, 用AIC值检验拟合良好; 估算出以变水层拖网捕捞达到可捕标准的部分经济鱼类相应的网囊网目尺寸, 分别为小黄鱼71.0 mm、银鲳103.6 mm、带鱼92.3 mm、蓝圆鲹63.8 mm。在黄海目前的渔业资源现状下, 为保护小黄鱼、带鱼和鲐鲹等中小型经济鱼类的渔业资源, 建议将双船变水层拖网的最小网囊网目尺寸定为60 mm。

关键词: 小黄鱼; 逃逸率; 最小网目; 变水层拖网; 极大似然法

中图分类号: S972.13

文献标识码: A

文章编号: 1003-1111(2017)04-0436-07

20世纪90年代随着拖网渔具的大型化和网目尺寸的小型化, 近海渔业资源和生态环境的破坏日益严重^[1], 渔获物中幼鱼的比例越来越大^[2], 主要经济鱼种的平均体长越来越小。为保护和合理利用渔业资源, 《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)规定东、黄海有翼单囊拖网的最小网囊网目尺寸按国家标准(GB 11779—2005)定为54 mm。为实施我国近海的渔业资源养护行动, 除了实行禁渔期和禁渔区的限制外, 更重要的是应该对拖网采取新的管理保护措施, 掌握作业渔具对渔获种类的选择性对于制订最小网目尺寸是至关重要的^[3-5]。拖网网囊选择性研究是保护渔业资源、实现渔业科学管理和合理开发的重要基础, 改善拖网渔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问题、保护渔业资源的主要手段之一^[6-7], 对渔业资源的恢复具有非常重要的意义。

制订有翼单囊拖网的最小网目尺寸标准(GB 11779—2005)时, 主要以小黄鱼(*Pseudosciaena polyactis*)和带鱼(*Trichiurus haumela*)为目标鱼种的底拖网试验为依据, 但随着我国海洋渔业的发

展, 双船变水层拖网(俗称浮拖网或漂网)已成为东海、黄海拖网作业的主要渔具, 其网口高度明显大于传统的底拖网, 捕捞对象包括蓝点马鲛(*Scomberomorus niphonius*)、银鲳(*Pampus argenteus*)、鲐鲹类、鳀鱼(*Engraulis japonicus*)等中上层鱼类和小黄鱼、带鱼等底层鱼类, 在蓝点马鲛、银鲳等资源衰退的情形下, 浮拖网针对其他中小型个体渔业种群的捕捞而将网囊尺寸变得越来越小, 给小黄鱼、带鱼和鲐鲹类等渔业种群幼鱼造成巨大损害。因此, 有必要开展双船变水层拖网网囊网目选择性研究, 为制订双船变水层拖网的最小网目尺寸提供依据。

本试验根据黄海渔场的作业环境、网具结构、捕捞对象的行为特征和资源状况, 利用套网法, 以网囊网目54 mm为基础, 拓展了40、60、70 mm的网目选择性试验取样, 开展小黄鱼等主要经济鱼类的选择性研究, 为制定黄海双船变水层拖网最小网目尺寸标准提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验时间和海域

试验时间为2015年10月11日—2015年10

收稿日期: 2016-04-21; 修回日期: 2016-11-01。

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201203018); 农业部财政专项(2130110)。

作者简介: 尤宗博(1987—), 男, 硕士研究生; 研究方向: 渔具渔法的选择性。E-mail: youzongbo2008@163.com。通讯作者: 李显森(1961—), 男, 研究员; 研究方向: 海洋渔业资源。E-mail: lixs@ysfri.ac.cn。

月28日,作业海域水深17~46 m,在113~116海区、122~124海区、129~131海区、139海区与140海区轮回作业,范围见图1阴影部分。

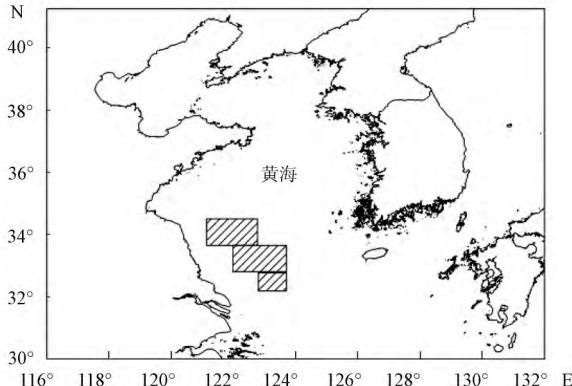


图1 试验海域

1.2 试验船

试验船为钢质双拖渔船“鲁岚渔60383/鲁岚渔60384”,主机功率353 kW,全长36 m,型宽6 m,型深2.4 m。船上配有全球定位系统、避碰仪、探鱼仪、对讲机等设备。

1.3 试验网具

试验网具为生产用网具,网具规格为530 m×180 m。试验网囊为40、54、60 mm和70 mm的4种网目规格,套网的网目尺寸为15 mm。网囊规格参数见表1。除网囊外,试验网的其他配置均与渔业生产网保持一致。

表1 套网和网囊规格及材料

网袋	网目尺寸/mm	网目数量/目	网线规格
套网	15	960×1407	PE36tex3×3
网囊1	40	304.5×440	PE36tex6×3
网囊2	54	250.5×360	PE36tex6×3
网囊3	60	225×330	PE36tex6×3
网囊4	70	190.5×280	PE36tex6×3

1.4 试验方法

采用套网法进行选择性试验,每种规格网囊取样10网次。每网拖曳3~5 h,拖速4.5 kn,双船轮流起网,网囊和套网所有渔获分开发装箱和统计,现场对渔获物进行分类鉴定、计数和称量质量,随机抽取主要经济鱼种样品50~100尾,测量其体长、体质量与最大体周等生物学数据。

1.5 选择性研究方法

1.5.1 选择性模型

假设不同网目尺寸网囊的选择性曲线几何相似^[8],使用正态累积分布函数来表示拖网渔具网目的选择性,通常拖网选择性曲线呈S形,以最常用

的Logistic曲线来表达^[9-10],函数式如下:

$$S(L) = \frac{\exp(a+bL)}{1+\exp(a+bL)} \quad (1)$$

式中,a、b为选择参数,L代表渔获体长。

采用极大似然估计法估算模型参数,通过公式(1),可以推算出如下关系式:

$$L_{0.5} = -\frac{a}{b} \quad (2)$$

$$SR = L_{0.75} - L_{0.25} = 2 \frac{\ln 3}{b} \quad (3)$$

式中,SR为选择体长范围,L_{0.75}、L_{0.5}、L_{0.25}分别代表选择率为75%、50%、25%时对应的体长。

1.5.2 模型参数的估算

试验中假设每尾鱼的活动行为相互独立,则网囊中体长为L_i的渔获尾数联合分布概率符合二项分布,即:

$$N_{ni} = Bio[N_i, S(L_i)] \quad (4)$$

其联合分布概率为:

$$f = C_{N_i}^{N_{ni}} S^{N_{ni}} (1-S)^{N_i-N_{ni}} \quad (5)$$

式中,N_{ni}为试验网囊中体长为L_i渔获尾数,N_i为套网中体长为L_i渔获尾数,N_i为进入网中体长为L_i的渔获总尾数,S_i为网囊的选择率。

当不同种特征值的鱼进入网具后,由于其每尾鱼活动相互独立,则组成的体长组是非连续的,其对数似然函数为:

$$\ln(L) = \sum [\ln(C_{N_i}^{N_{ni}}) + N_{ni} \times \ln(S) + N_i \times \ln(1-S)] \quad (6)$$

采用极大似然法对公式(6)进行参数估算,当ln(L)为最大时,为参数估算值。

1.5.3 拟合优度检验

采用AIC^[11-12]理论来评价拟合优度,当极大似然法估算的参数达到最大时,达到最大的对数似然函数为最大对数优度,值为:

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

式中,MLL表示最大对数似然函数值,M表示模型参数的个数;在一定的范围区间内,模型的AIC值越小,就认为模型的优良性更好。

1.5.4 最佳网目尺寸的确定

基于不同鱼种的形态特征,网具对不同鱼种的选择性也存在很大差异,鱼体体长和体周线性相关^[13],有如下关系式:

$$G = a + bL \quad (8)$$

式中,G表示鱼体最大周长,a、b为常数。

试验中鱼体不可能与网目内周完全接触,引用一个形态系数(f)来表示鱼类通过网目的难易程度^[14],不同体形鱼类的形态系数见表2。

表 2 不同体形鱼类的形态系数

鱼的体形	极其扁平	扁平	纺锤形	圆形
形态系数	0.8	0.78	0.75	0.73

注:引自文献[14]。

网目选择率(50%选择体长)与网目内径成线性关系,关系式如下:

$$L_{0.5} = \frac{(2f \times L_1 - a) \times i}{b} \quad (9)$$

式中, L_1 表示网目尺寸, i 表示逃逸难度系数, a 、 b 为常数。

由于鱼体自身的柔軟性等形态和行为的不同, 鱼体逃逸率也不同, 通常情况下鱼体逃逸出网囊的难易系数可以通过同一种鱼类或者体形和习性相似的 $L_{0.5}$ 值代入公式(9)求得, 上式可以推算出不同形态鱼种最小捕捞尺寸所适用的网目大小, 亦可得到规定的网目尺寸下不同形态鱼种的对应的选择体长。

1.6 最小可捕标准

本研究参照 2004 年颁布的《渤海生物资源养护规定》的可捕标准, 蓝点马鲛叉长为 380 mm, 银鲳叉长为 150 mm, 小黄鱼体长为 150 mm, 带鱼肛长为 250 mm; 引用浙江省质量技术监督局发布的《重要海洋渔业资源可捕规格及幼鱼比例》(DB33/T 949—2014)省级地方标准, 蓝圆鲹(*Decapterus maruadsi*)叉长为 150 mm, 竹筍鱼(*Trachurus japonicus*)叉长为 155 mm, 鮰鱼(*Pneumatophorus japonicus*)叉长为 220 mm。

maruadsi)叉长为 150 mm, 竹筍鱼(*Trachurus japonicus*)叉长为 155 mm, 鮰鱼(*Pneumatophorus japonicus*)叉长为 220 mm。

2 结 果

2.1 渔获物组成

试验共获 32 种鱼类, 平均网产量 1275 kg/网。渔获量最高为鳀鱼, 经济价值较高的主要渔获种类为蓝点马鲛、银鲳、带鱼和小黄鱼等。试验过程所有网次获得的主要种类渔获结构组成与逃逸率见表 3 和表 4。

渔获比例中, 鯷鱼占主要部分, 为总渔获量的 49.6%, 蓝点马鲛、银鲳和带鱼合计占 7.7%, 但其经济价值较高, 是渔业收入的主要组成部分(表 3)。不同网目网囊和套网的渔获数量变化表明, 蓝点马鲛和银鲳等个体较大的鱼种基本无法从网囊中逃逸; 鯷鱼个体较小, 个别出现堵塞情况外全部逃出, 4 种试验网具不适合研究鳀鱼资源, 需要另行试验分析; 小黄鱼、蓝圆鲹、鳀鱼和黄鲫(*Setipinna taty*)等个体较小鱼种的逃逸非常明显, 且网囊网目越大, 逃逸数量越多, 逃逸率越大。当网囊网目为 70 mm 时, 蓝圆鲹逃逸率达到 92.1%, 黄鲫为 72.7% (表 4)。

表 3 渔获结构组成

鱼种	蓝点马鲛	银鲳	带鱼	小黄鱼	蓝圆鲹	黄鲫	鳀鱼	其他
渔获量/kg	3057	827	303	496	1344	7940	24 045	10 429
占总渔获百分比/%	6.3	1.7	0.6	1.0	2.8	16.4	49.6	21.5

表 4 渔获尾数与逃逸率

网囊网目尺寸/mm	指标	蓝点马鲛	银鲳	小黄鱼	带鱼	蓝圆鲹	黄鲫	鳀鱼
40	网囊/尾	1091	2415	6427	150	8659	148 463	264 500
	套网/尾	0	0	34	0	4979	3392	522 250
	逃逸率/%	0.0	0.0	0.5	0.0	36.5	2.2	66.4
54	网囊/尾	630	1247	2741	409	1577	90 600	36 250
	套网/尾	0	0	164	0	8572	41 741	1 332 500
	逃逸率/%	0.0	0.0	5.7	0.0	84.5	31.5	97.4
60	网囊/尾	849	1924	5832	107	6010	26 536	151 500
	套网/尾	0	80	4080	9	34 638	63 902	2 198 750
	逃逸率/%	0.0	4.0	41.2	7.8	85.2	70.7	93.6
70	网囊/尾	2525	1541	5649	164	12 009	16 290	71 250
	套网/尾	0	0	3246	122	139 738	43 420	1 555 750
	逃逸率/%	0.0	0.0	36.5	42.7	92.1	72.7	95.6

2.2 选择性参数

采用极大似然法[公式(6)]估算模型参数 a 、 b , 将参数分别代入公式(1)(2)(3)推算 $L_{0.5}$ 与 SR 值,

利用公式(7)的 AIC 值对拟合度检验, 选取各种体形的代表性鱼种(小黄鱼、蓝圆鲹、带鱼和银鲳)展开选择性研究, 在不同网囊网目下各参数见表 5。

表5 不同网目网囊的选择性参数

鱼种	网囊网目尺寸/mm	a	b	$L_{0.5}$	$L_{0.25} \sim L_{0.75}$	SR	AIC
小黄鱼	40	-6.36	0.070	90.8	75.1~106.5	31.4	68.04
	54	-5.00	0.045	110.0	85.8~134.1	48.3	79.71
	60	-5.17	0.043	121.6	95.8~147.4	51.7	210.94
	70	-5.91	0.046	128.1	104.3~151.9	47.6	118.67
蓝圆鲹	40	-5.74	0.080	72.1	58.3~85.9	27.6	51.46
	54	-5.84	0.050	116.2	94.4~138.1	43.7	112.49
	60	-5.77	0.046	126.0	102.0~150.0	48.0	105.53
	70	-4.18	0.024	175.1	129.0~221.2	92.1	98.29
带鱼	60	-5.44	0.037	147.8	117.9~177.6	59.7	34.49
	70	-6.24	0.033	189.2	155.9~222.5	66.6	72.01
银鲳	60	-9.18	0.10	89.9	79.2~100.7	21.5	22.64

由于在网囊网目为 40 mm 与 54 mm 套网中未见到带鱼,所以根据另外两种网目做统计分析,银鲳只在网囊网目为 60 mm 的套网出现逃逸。表中可以看出随着网囊网目尺寸的增加 $L_{0.5}$ 值也逐渐增加。小黄鱼 SR 值在 40 mm 时最小为 31.4; 蓝圆鲹在网囊为 70 mm 时选择区间 SR 值最大为 92.1, 其他 3 种选择区间相近并有随着网目尺寸增加而逐渐增大的趋势。AIC 值相对较小^[15], 网囊网目为 60 mm 时带鱼和银鲳的 AIC 值分别为 34.49 和 22.64, 最大 AIC 值为网囊网目 60 mm 的小黄鱼为 210.94, 证明模型拟合较合理, 不同网囊网目对小黄鱼、蓝圆鲹、带鱼和银鲳的选择性曲线见图 2~图 5。

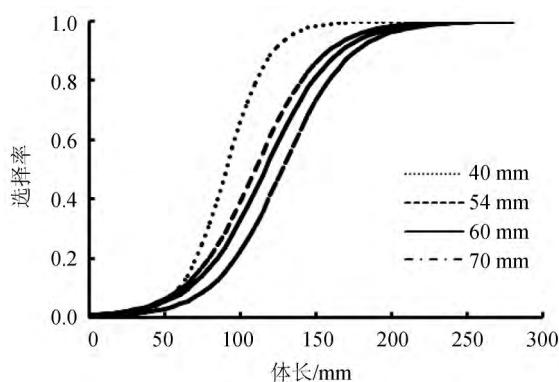


图2 不同网囊网目下对小黄鱼的选择性曲线

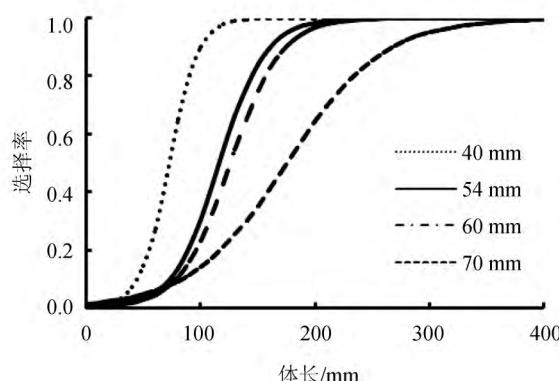


图3 不同网囊网目下对蓝圆鲹的选择性曲线

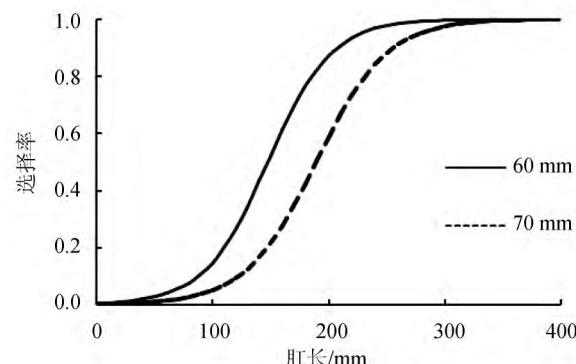


图4 不同网囊网目下对带鱼的选择性曲线

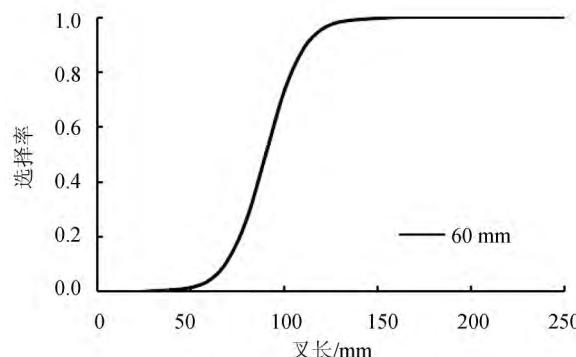


图5 不同网囊网目下对银鲳的选择性曲线

2.3 最佳网目尺寸

通过对试验样品生物学测量数据的回归, 主要渔获种类最大体周与体长的关系式见表 6, 线性关系见图 6~图 9。

蓝圆鲹属于纺锤形, 小黄鱼属于标准体形, 带鱼是极其扁平体形, 银鲳属于扁平体形, 将体形系数(f)代入公式(9), 结合体周与体长的线性关系, 根据试验计算所得 $L_{0.5}$ 值, 得出不同鱼种的逃逸难度系数, 得到线性关系式(表 6)。

将小黄鱼等目标鱼种的可捕标准体长代入表 6 相应的选择率函数公式中, 得到相应的最小网囊网目尺寸, 小黄鱼为 71.0 mm, 蓝圆鲹为 70.2 mm, 带鱼肛长为 92.3 mm, 银鲳为 103.6 mm。

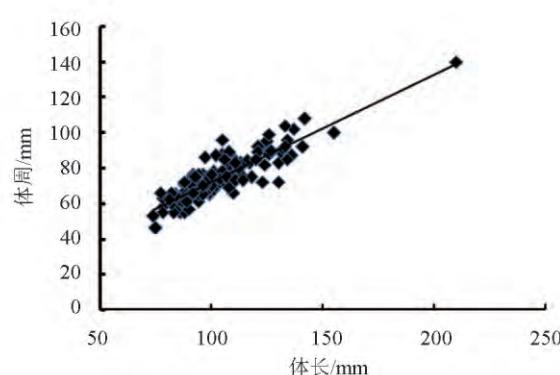


图6 小黄鱼体长与体周的关系

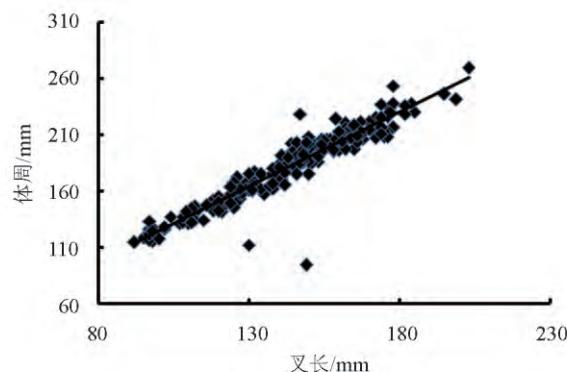


图9 银鲳叉长与体周的关系

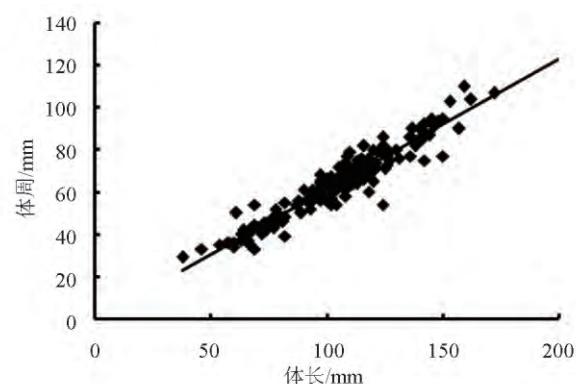


图7 蓝圆鲹体长与体周的关系

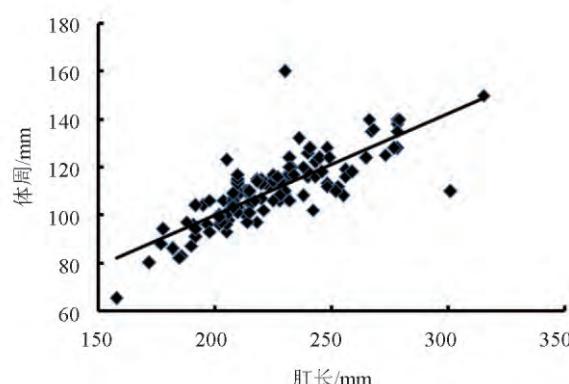


图8 带鱼肛长与体周的关系

通常情况下,鱼类逃出网囊的难易系数可以通过同一鱼类或者体形生活习性等类似的已知 $L_{0.5}$ 值代入公式(9),由于蓝圆鲹属于标准纺锤体形,蓝点马鲛、鲐鱼等均属于纺锤形,这样就可以引用蓝圆鲹的逃逸难度系数,结合蓝点马鲛、鲐鱼和竹筍鱼的体周与体长的关系而得出其在可捕标准体长下所对应的最小网囊网目尺寸。

3 讨论

3.1 试验误差分析

采用套网法进行网目选择性试验,套网网目一般很小,以避免从网囊逃逸出来的渔获再次发生逃逸。本次试验采用的套网网目为 15 mm,网目尺寸小,秋季试验时海区的鳀鱼资源较多,当拖网采样时遇到密集鳀鱼群,拖曳时间过长可能会发生因渔获量过大(试验中最高网产量 4414 kg)而造成套网依附着网囊的现象,形成一种“覆盖效应”,从而影响到网囊网目对中小型鱼类或幼鱼的选择性,阻碍已进入网囊个体的逃逸行为,使所得 $L_{0.5}$ 值偏小,而 SR 反而会增大^[16-17],以此计算出来的网目尺寸可能会偏大。因此,在计算时应针对渔获量不同鱼种加以修正,但修正方法有待研究。在今后的试验中,

表6 不同鱼种在可捕标准体长下适用的最小网囊网目尺寸

鱼种	体周与体长关系	$L_{0.5}$ 与网目的关系	可捕标准体长/mm	网囊网目尺寸/mm
小黄鱼	$G=0.61L+11.74 (r^2=0.76)$	$L_{0.5}=(1.5m-11.74)\times 1.58$	150	71.0
银鲳	$G=1.32L-8.16 (r^2=0.89)$	$L_{0.5}=(1.56m+8.16)\times 0.88$	150	103.6
带鱼	$G=0.43L+14.68 (r^2=0.65)$	$L_{0.5}=(1.6m-14.68)\times 1.88$	250	92.3
蓝圆鲹	$G=0.62L-0.58 (r^2=0.92)$	$L_{0.5}=(1.5m+0.58)\times 1.56$	150	63.8
蓝点马鲛	$G=0.33L+52.06 (r^2=0.74)$	$L_{0.5}=(1.5m-52.06)\times 2.67$	380	129.8
鲐鱼	$G=0.65L-10.16 (r^2=0.74)$	$L_{0.5}=(1.5m+10.16)\times 1.35$	220	101.6
竹筍鱼	$G=0.51L+25.67 (r^2=0.87)$	$L_{0.5}=(1.5m-25.67)\times 1.72$	155	77.0

可适当放大套网的网目尺寸,以释放部分鳀鱼渔获,并根据渔获量情况调整拖曳时间,尽量减少因渔获物拥堵造成的逃逸影响。

3.2 黄渤海双船变水层拖网最小网目尺寸

国内外对于渔业生产中最小网目尺寸的研究已经有很多报道^[10,18-20]。黄洪亮等^[21]依据底拖网试验认为,小黄鱼按性成熟平均体长135.7 mm作为可捕标准体长,所适用的最小网目尺寸为62.7 mm,带鱼性成熟肛长193.0 mm所对应的最小网囊网目尺寸为68.3 mm。相同性成熟条件下,本研究得到小黄鱼适用的最小网目尺寸为65.0 mm,带鱼为73.3 mm。本研究得出的最小网目尺寸略大于黄洪亮等^[21]的结果,造成这种结果的差异可能与下列因素有关:(1)取样时间和地点不同,小黄鱼和带鱼属于洄游性鱼类,广泛分布于我国的东海、黄海,而黄海与东海却分属不同的种群^[22],渔获体长组分布不同,这就会带来取样分析的误差;(2)试验渔具不同,底拖网与浮拖网的作业环境和渔获组成不同,这样就造成渔获的逃逸行为不同;(3)种群结构小黄鱼低龄化,渔获样品个体偏小,基本为当年补充群体,而带鱼渔获样品个体偏大(平均肛长225 mm),以此拟合出的选择性曲线会有误差。

3.3 变水层拖网管理建议

由于黄海水域开阔、海底平坦,适合主动型拖网作业,长期以来,拖网是黄海的主要作业方式,捕捞产量一直处于各种作业方式的首位^[23]。目前拖网网具趋向大型化,网口越来越大,网囊网目越来越小,多数渔船使用的有翼单囊拖网网囊网目只有8~12 mm^[24],这与国家规定的有翼单囊拖网最小网目尺寸54 mm的标准相差甚远。由于黄海双船变水层拖网是伴随着鳀鱼渔业发展起来的,网目尺寸小,对小黄鱼等经济鱼类幼鱼损害大,在将主捕鳀鱼的拖网列为地方特许作业后,变水层拖网应以蓝点马鲛、银鲳、鲐鱼和蓝圆鲹等中上层鱼类为目标鱼种,但黄海渔场水深较浅,多鱼种混栖,变水层拖网不可避免的会兼捕如小黄鱼和带鱼等底层鱼类,如果为了保护蓝点马鲛和银鲳等大个体经济鱼种,需将变水层拖网网囊网目尺寸放大至103 mm以上,但会导致其他渔获逃逸率过高,对渔业生产的经济效益影响过大;网囊网目由54 mm增至60 mm时小黄鱼和黄鲫(*Setipinna taty*)逃逸率增加明显,小黄鱼由5.7%增至41.2%(表4),其中部分为性成熟个体(表5);黄鲫由31.5%增至70.7%;此时带鱼出现逃逸现象;网囊网目达到70 mm时带鱼才出现较大逃逸率。若针对小黄鱼、带鱼、竹筍鱼、蓝

圆鲹和黄鲫等中小型经济鱼类作为资源养护的目标,将变水层拖网最小网囊网目尺寸规定为60 mm,幼鱼的逃逸率释放效果会比54 mm增加明显,对渔业资源的保护作用将是不可估量的。

参考文献:

- [1] 唐衍力,黄六一,赵芬芳.关于拖网选择性影响因子的分析研究[J].海洋湖沼通报,2003(3):89-94.
- [2] 张秋华,程家骅,徐汉祥,等.东海区渔业资源及其可持续利用[M].上海:复旦大学出版社,2007:170-183.
- [3] MacLennan D N. Fishing Gear Selectivity[J]. Fisheries Research,1992,13(3):201-203.
- [4] 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.
- [5] 孙满昌,张健,许柳雄,等.渔具渔法选择性[M].北京:中国农业出版社,2004.
- [6] Armstrong D W, Ferro R S T, MacLennan D N, et al. Gear selectivity and the conservation of fish[J]. Journal of Fish Biology, 1990, 37(sA):261-262.
- [7] MacLennan D N. Fishing gear selectivity: an overview [J]. Fisheries Research, 1992, 13(3):201-203.
- [8] 张健,孙满昌.几何相似原理在过滤性渔具网目选择性研究中的应用[J].中国水产科学,2005,12(3):314-320.
- [9] 孙满昌,王玉明.捕虾桁拖网网囊网目的选择性研究[J].水产学报,1999,23(2):186-189.
- [10] 程家骅,陈雪忠,黄洪亮,等.帆式张网网囊网目选择性能研究[J].中国水产科学,2000,7(4):64-68.
- [11] 梁振林,葛长字,刘英光.国外渔具选择性研究进展[J].青岛海洋大学学报:自然科学版,2001, 31(6): 835-841.
- [12] Omoto S, Tokai T, Tanda M, et al. Comparison of selectivity curve between square-mesh and diamond-mesh cod-ends by AIC[J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 1998, 64(3):447-452.
- [13] 詹秉义.渔业资源评估[M].北京:中国农业出版社,1995.
- [14] 王明彦,李忠诚,郁岳峰,等.东、黄海底拖网网囊网目的研究[G]//中国水产学会.中国水产捕捞学术研讨会论文集,苏州:苏州大学出版社,1997:143-155.
- [15] 张健.多囊桁拖网选择性研究中对照网囊网目尺寸的选择[J].水产学报,2010,34(1):160-167.
- [16] Madsen N, Holst R. Assessment of the cover effect in trawl cod-end selectivity experiments[J]. Fisheries Research, 2002, 56(3):289-301.
- [17] 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.

- [18] Liang Z, Horikawa H, Tokimura M, et al. Effect of cross-sectional shape of fish body on mesh selectivity of trawl cod-end[J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 1999, 65(3):441-447.
- [19] 张健,孙满昌,彭永章,等.桁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.
- [20] 林龙山,郑元甲,程家骅,等.东海区底拖网渔业主要经济鱼类渔业生物学的初步研究[J].海洋科学,2006,30(2):21-25.
- [21] 黄洪亮,王明彦,徐宝生,等.东海区拖网网囊网目选择性研究[J].水产学报,2005,29(2):232-237.
- [22] 赵传綱,刘效舜,曾炳光,等.中国海洋渔业资源[M].杭州:浙江科学技术出版社,1990:25-27.
- [23] 孙中之,周军,王俊,等.黄渤海区拖网渔具综合定性调查及特点分析[J].渔业科学进展,2011,32(5):126-134.
- [24] 孙中之,周军,赵振良,等.黄渤海区捕捞结构的研究[J].海洋科学,2012,36(6):44-53.

Selectivity of Cod-end Mesh of Pair-Trawlers in the Yellow Sea

YOU Zongbo¹, ZHAO Xianyong^{1,2}, LI Xiansen¹, SUN Shan¹,
ZHU Jiancheng¹, PANG Zhiwei¹, FAN Gangzhou¹

(1. Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fishery Resources, Ministry of Agriculture, Shandong Provincial Key Laboratory for Fishery Resources and Eco-environment, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China;

2. Function Laboratory for Marine Fisheries Science and Food Production Processes, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266237, China)

Abstract: In order to study the selectivity of mesh size of cod-end of double ships' pelagic trawl in the Yellow Sea, four cod-end meshes of 40 mm, 54 mm, 60 mm and 70 mm were tested in October 2015. The selectivity of the cod-end mesh of trawl was studied using Logistic selection model and body circumference estimation method. Results showed that the catches of pelagic trawl were mainly composed of *Scomberomorus niphonius*, *Pampus argenteus*, *Trichiurus haumela*, *Pseudosciaena polyactis* and *Engraulis japonicus*; the escape rate was increased significantly with the increase of cod-end mesh size; AIC was relatively small, and Logistic model obtained the goodness-of-fit with the maximum likelihood method; the minimum mesh sizes of cod-end allowed for some important commercial fishes in the Yellow Sea were estimated based on their catchable sizes, which were 71.0 mm for *P. polyactis*, 103.6 mm for *P. argenteus*, 92.3 mm for *T. haumela* and 63.8 mm for *Decapterus maruadsi*. It is advised that the minimum mesh size of cod-end of double ships' pelagic trawl be 60 mm in order to protect the stock population of small and medium size fishes, such as *P. polyactis*, *T. haumela* and *D. maruadsi*, under the present situation of fishery resources in the Yellow Sea.

Key words: *Pseudosciaena polyactis*; escape rate; minimum mesh size; maximum likelihood method