

蓝点马鲛大网目流刺网的选择性研究

尤宗博^{1,2}, 李显森^{1*}, 赵宪勇¹, 王新良¹, 孙 珊¹, 孙中之¹, 朱建成¹

(1. 中国水产科学院黄海水产研究所, 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. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306)

摘要: 为系统研究蓝点马鲛流刺网的网目选择性, 2013 年 4—5 月进行了 110、115、120 和 125 mm 4 种网目尺寸的渔获对比实验, 采用选择性模型曲线法和鱼体型态系数法对网目选择性进行研究。结果表明, 实验渔具具有很好的选择性, 渔获优势种为蓝点马鲛和许氏平鲈, *IRI* 值分别为 18 626.8 和 2 740.1; 选择性拟合效果以 Gamma 模型最好; 鱼体型态系数法得出的目脚长度与叉长和体质量关系式分别为 $\alpha = 0.0927l$ 、 $\alpha = 4.59W^{1/3}$; 模型法和鱼体型态系数法推算的主捕 3~4 龄蓝点马鲛最佳网目尺寸分别为 120.4 和 121.5 mm; 目脚长度与最大横剖面的关系式为 $\alpha = 0.224S - 5.37$, 以此得出的最佳网目尺寸为 121.5 mm。以蓝点马鲛渔获群体的叉长和体质量历史数据, 计算了捕捞各龄群体所对应的最适网目尺寸, 供渔业生产参考。

关键词: 蓝点马鲛; 流刺网; 选择性; 网目; 极大似然法

中图分类号: S 972.1

文献标志码: A

蓝点马鲛 (*Scomberomorus niphonius*) 广泛分布于我国的东海、黄海和渤海, 是目前黄渤海唯一现存的渔获量超过 10×10^4 t 的大型中上层经济鱼类资源^[1-2]。黄渤海区的蓝点马鲛渔业以拖网和刺网为主, 其中流刺网作业时间集中在春汛^[3-4]。

蓝点马鲛流刺网是一种以蓝点马鲛为主要捕捞对象的漂流单片刺网, 20 世纪 90 年代以前的网目尺寸为 90 mm, 主捕 2 龄产卵群体^[5]; 90 年代以后, 随着疏目浮拖网的出现, 蓝点马鲛的捕捞量增加, 导致资源量下降^[1,6-8], 网目尺寸逐渐分化成以 76 和 120 mm 为主的 2 种网目规格, 分别主捕 1 龄产卵群体和 3~4 龄产卵群体, 其中 76 mm 网目规格与最小网目尺寸标准 (SC121-83) 产生较大偏离^[9]。由于蓝点马鲛流刺网网目尺寸变小, 会致使渔获中的幼鱼比例增加^[10]。因此, 有必要针对蓝点马鲛流刺网渔业现状, 开展系统的网目选择性能研究, 以确定捕捞各龄群体所适用的最佳网目尺寸, 提高捕捞效率; 同时, 也为蓝点马鲛流刺网渔业的适应性管理提供决策依

据, 促进蓝点马鲛渔业资源的可持续利用。

本研究根据 2013 年春汛期间大网目蓝点马鲛流刺网渔获选择性实验的样品测定数据, 对其网目选择性进行初步研究, 提出主捕各龄群体的最佳网目尺寸, 为建立资源养护型渔具渔法管理规范提供参考。

1 材料与方 法

1.1 实验时间与海域

实验的时间为 2013 年 4 月 10 日—5 月 15 日, 作业范围 (阴影部分) 为黄海中南部 (图 1)。

1.2 实验船

实验船为“鲁昌渔 64068”, 主机功率 380 kW, 船舶全长 28 m, 型宽 5.6 m, 吃水 2.1 m。配备有 GPS、北斗导航仪、对讲机和避碰仪等导航、通讯设备。

1.3 实验网具

实验网由网目尺寸为 120 mm 生产网和网目尺寸为 110、115 和 125 mm 3 种对比网组成。生

收稿日期: 2013-10-21

修回日期: 2013-12-02

资助项目: 公益性行业 (农业) 科研专项 (201203018); “泰山学者”建设工程专项 (鲁政办发 2008-67 号)

通信作者: 李显森, E-mail: lixs@ysfri.ac.cn

产网的主尺度为 $33\text{ m} \times 16\text{ m}$,网衣材料为 PA(尼龙),直径为 0.48 mm ,网衣长 500 目,高 160 目,单死结编织,纵目使用,水平缩结系数 0.55。对比网除主尺度的差异外,网衣材料和渔具装配均与生产网保持一致。对比网主尺度分别为 $30\text{ m} \times 15\text{ m}$ 、 $31.6\text{ m} \times 15\text{ m}$ 和 $34\text{ m} \times 16.7\text{ m}$ (图 2)。

1.4 实验方法

白天放网,每次将 4 种规格网衣各 30 片按网目尺寸顺序连成一列,加入渔船的生产网列中(图 3),船、网随波漂流 10 h 左右,晚上起网。现场采集实验网的所有渔获物,分别记录每种规格网衣的渔获种类及其数量和重量,并对蓝点马鲛样品进行生物学测定,内容包括叉长、体质量、鳃盖后缘周长、最大剖面周长和刺挂处周长等。

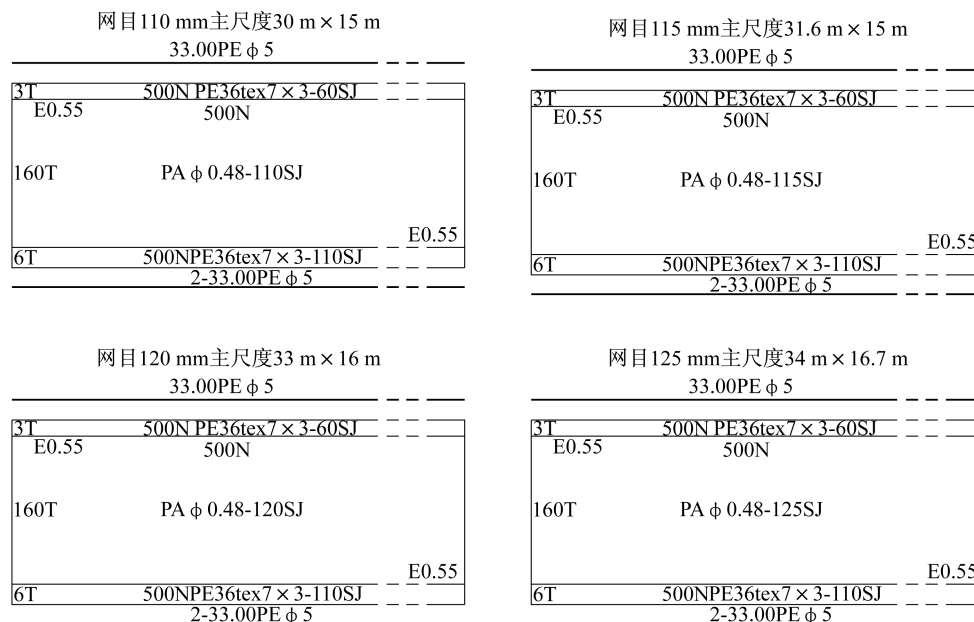


图 2 实验网网衣展开图

Fig. 2 Unfolded drawings of test gillnet

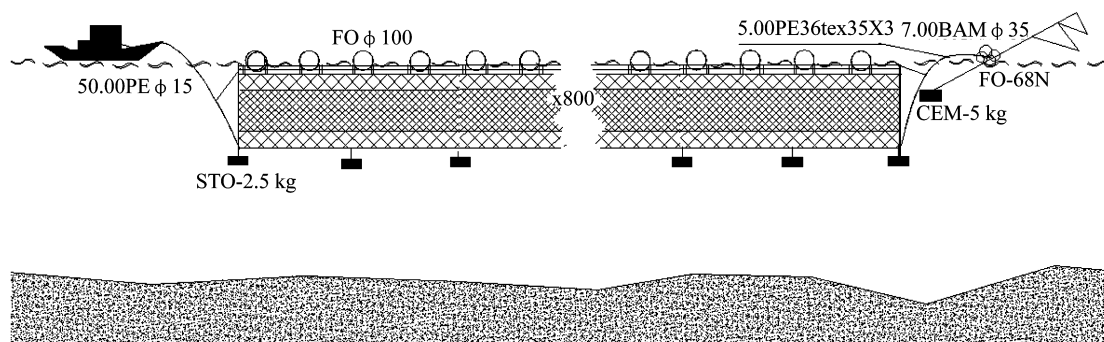


图 3 作业示意图

Fig. 3 Schematic diagram of fishing

1.5 选择性研究方法

渔获优势种 运用相对重要性指数 IRI ^[11-12] 来计算渔获种类的优势度,评价实验渔具对物种的选择性,以 IRI 值大于 1 000 定为优势种^[13]。表达式为

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

式中, N 为某个种类的尾数在渔获总尾数中所占的百分比; W 为某个种类重量在渔获总重量中所占的百分比; F 为某个种类在网衣中出现的频率。

模型参数估算及选择 本实验忽略不同网目尺寸造成的捕捞能力的差异,并且假定各种网衣的渔获相互无干扰,每片网衣的捕捞努力量相同。网目尺寸与渔获量的关系为

$$C_{lm} = qN_l S_{lm} + \xi \quad (2)$$

式中, C_{lm} 表示网目尺寸为 m 的网衣捕获叉长组为 l 的蓝点马鲛尾数; q 为可捕系数,即捕捞数量占接触渔具数量的比率; N_l 为接触渔具的叉长组为 l 的蓝点马鲛数量; S_{lm} 为网具选择率; ξ 表示随机误差,包括由于鱼类分布、集群以及对渔具的行为差异、渔具性能差异和取样差异等因素所造成的影响。

泊松分布作为一种离散型随机变量概率分布,可以精确地描述过度离散^[14],且其方差与均值相等^[15-16]。由于受蓝点马鲛集群行为特征的影响, ξ 的误差结构除具有随机性外,还可能过度离散。因此,假设蓝点马鲛集群行为导致的误差结构服从泊松分布, ξ 表示为

$$\xi \in \text{Poisson}(\lambda = aN_l S_{lm}) = \frac{\lambda^{C_{lm}}}{C_{lm}!} e^{-\lambda} \quad (3)$$

渔获总概率对数似然函数为

$$\ln L = \sum_l \sum_m [C_{lm} \ln \lambda - \ln C_{lm}! - \lambda] \quad (4)$$

根据极大似然值原理,用规划求解估算选择性模型参数,当式(4)的值为最大时的参数值即为模型参数。

刺网渔获的选择性曲线呈钟形,通常采用 Gamma、Nomal、正态分布、Lognomal 等模型来拟合,表达式如下:

$$\text{Gamma: } S_{lm} = \left[\frac{l}{(\alpha - 1) \cdot \beta \cdot m} \right]^{\alpha-1} \exp\left(\alpha - 1 - \frac{l}{\beta \cdot m}\right) \quad (5)$$

$$\text{Nomal: } S_{lm} = \exp \cdot \left[-\frac{(l - K_1 m)^2}{2 \cdot K_2 \cdot m^2} \right] \quad (6)$$

$$\text{正态分布: } S_{lm} = \exp \cdot \left[-\frac{(l - K \cdot m)^2}{2 \cdot \sigma^2} \right] \quad (7)$$

$$\text{Lognomal: } S_{lm} = \exp \cdot \left[-\frac{(Lnl/m - \mu)^2}{2 \cdot \sigma^2} \right] \quad (8)$$

式中, α 表示形状参数、 β 表示尺度参数、 σ^2 表示方差、 K_1 、 K_2 、 K 代表模型待估参数。

拟合优度检验 采用似然比卡方检验^[17],对模型的拟合优度进行检验^[18]确定最佳模型,其检验统计量为

$$G = 2 \sum_l \sum_m C_{lm} \ln \left(\frac{C_{lm}}{N_l S_{lm}} \right) \quad (9)$$

式中, G 表示检验样本分布偏离理论分布的严重程度。用 df 表示自由度, G/df 表示检验样本分布与理论分布的相似程度。 G/df 的理论期望值为 1,越接近 1,表明模型拟合的越好。

最佳网目尺寸的选择方法 采用模型法、型态系数法和鱼体横剖面周长法分别对实验网具的最佳网目尺寸进行估算。

模型法,以模型参数代入公式(5)~(8),建立选择性模型。利用渔获平均叉长计算最佳网目尺寸。

型态系数法,根据巴拉诺夫提出的网目目脚长度与鱼体体长和体质量的关系^[19]确定鱼体形态系数和重量系数:

$$\alpha = K_1 l \quad (10)$$

$$\alpha = K_2 \sqrt[3]{W} \quad (11)$$

式中, α 表示网目的目脚长度($\alpha = m/2$),用实测值表示, l 表示鱼体长度, K_1 是鱼体形态系数, W 表示鱼体质量, K_2 表示鱼体质量系数。根据实验网具捕获的蓝点马鲛样品,以叉长平均值计算出 K_1 值,以体质量平均值计算出 K_2 值。再以 K_1 值和 K_2 值作为系数,建立网目尺寸与鱼体叉长和体质量的一般关系式,计算不同叉长或体质量渔获群体相对应的最佳网目尺寸。

鱼体横剖面周长法,以渔获群体的最大横剖面周长和叉长进行回归分析,建立线性关系。结合型态系数法的关系式(10),推导出网目尺寸与鱼体最大剖面周长的关系式,计算不同横剖面周长渔获群体相对应的最佳网目尺寸。

网目与年龄的关系 根据蓝点马鲛年龄与生长研究的历史数据^[2,5,20],通过线性回归建立年

龄与叉长和体质量的关系,结合型态系数法关系式(10)和(11),推导出网目尺寸与渔获群体年龄的关系。

2 结果

2.1 渔获组成

本次实验共捕获蓝点马鲛 359 尾,兼捕其他鱼类 57 尾,以网目尺寸为 120 mm 的网衣渔获数量最多(表 1)。

渔获种类除蓝点马鲛外,还有许氏平鲈 (*Sebastes fuscescens*)、带鱼 (*Trichiurus haumela*)、银鲳 (*Pampus argenteus*) 和灰鲳 (*Pampus cinereus*) 等十种兼捕鱼类。优势种为蓝点马鲛和许氏平鲈,IRI 值分别为 18 626.8 和 2 740.1,其他种类均小于 500(表 2)。蓝点马鲛在渔获结构中的优势度明显,为目标鱼种,许氏平鲈为主要兼捕鱼种,其他种类为次要兼捕鱼种,实验渔具对鱼种的渔获选择性强。

表 1 实验网具的渔获统计

Tab.1 Catch statistics of test gillnet

网目大小/mm mesh size	投网数量/片 number of lifts of single nets	蓝点马鲛数量/尾 number of <i>Scomberomorus niphonius</i>	蓝点马鲛质量/g weight of <i>Scomberomorus niphonius</i>	兼捕种类数量/尾 number of bycatch	兼捕种类质量/g weight of bycatch
110	690	73	102 990	13	6 925
115	690	97	177 480	14	7 450
120	690	117	257 910	18	14 900
125	690	72	257 600	12	4 150

表 2 种类组成和 IRI 值

Tab.2 Species composition and IRI

目 order	科 family	种 species	IRI
鲈形目 Perciformes	鲭科 Scombridae	蓝点马鲛 <i>Scomberomorus niphonius</i>	18 626.8
		鲈鱼 <i>Scomber japonicus</i>	93.2
	鲳科 Stromateidae	灰鲳 <i>Pampus cinereus</i>	231.5
		银鲳 <i>Pampus argenteus</i>	196.3
	带鱼科 Trichiuridae	带鱼 <i>Trichiurus haumela</i>	352.9
	石首鱼科 Sciaenidae	小黄鱼 <i>Pseudosciaena polyactis</i>	385.3
鲈亚目 Percoidei	鲈亚科 Oligorinae	花鲈 <i>Lateolabrax japonicus</i>	462.1
鲈形目 Tetraodontiform	革鲈科 Aluteridae	马面鲈 <i>Navodon modestus</i>	89.6
鲈形目 Scorpaeniformes	鲈科 rock fishes	许氏平鲈 <i>Sebastes fuscescens</i>	2 740.1
	鲈科 Platycephalidae	鲈鱼 <i>Platycephalus indicus</i>	105.4

2.2 蓝点马鲛叉长组成

蓝点马鲛渔获叉长范围为 420 ~ 950 mm,平均叉长为 655.7 mm,体质量范围为 500 ~ 6 200 g,平均体质量为 2 217.2 g。叉长组成出现 2 个波峰,优势叉长在 540 ~ 620 mm 和 780 ~ 840 mm 之间(图 4),分别占总数量的 48.9% 和 21.1%,但不同网目尺寸网衣的渔获优势叉长存在差异,110 mm 网目的优势叉长范围为 531 ~ 590 mm,占 59.7%;115 mm 网目为 571 ~ 650 mm,占 52.5%;120 mm 网目出现 2 个波峰,为 531 ~ 610 mm 和 771 ~ 850 mm,分别占 54.3% 和 22.6%;125 mm 网目为 771 ~ 850 mm,占 59.1%。

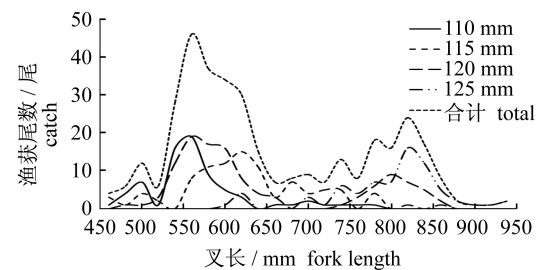


图 4 蓝点马鲛各叉长组的渔获数量

Fig.4 The catch number of *S. niphonius* of fork length groups

2.3 蓝点马鲛生物学参数

随着网目尺寸的增加,蓝点马鲛渔获群体的

生物学参数(叉长、体质量、鳃盖后缘周长、刺挂处周长和最大横剖面周长)随之增加(表3),特别是叉长、体质量与网目尺寸的关系更为明显。

表3 4种网目尺寸网具的蓝点马鲛渔获群体的体型参数
Tab.3 Biology parameters of *S. niphonius* in four mesh size gillnets

网目尺寸/mm mesh size	叉长/mm fork length		体质量/g weight		平均鱼体剖面周长/mm perimeter of body section		
	范围 range	平均值 mean	范围 range	平均值 mean	鳃盖后缘 operculum trailing edge	最大处 maximum	刺挂处 wedged position
110	470~790	572.3±7.4	750~3 500	1 410.8±66.8	211.1±2.5	258.1±3.1	244.5±3.1
115	420~860	628.7±8.8	700~5 000	1 829.7±78.5	231.4±2.8	278.7±3.2	252.9±2.3
120	490~860	646.1±9.9	800~5 000	2 204.4±111.1	235.0±3.3	294.3±4.4	255.8±2.3
125	590~950	703.8±9.1	1 500~6 200	3 577.8±110.2	277.1±3.2	355.6±5.2	292.3±3.1

2.4 模型参数及拟合优度检验

4种模型的估算参数列于表4, G/df 值都在7左右。尽管Gamma模型相对其他3种模型的 G/df 值最小,但模型拟合效果尚无法通过 G/df 值下定论,要通过与实际数据对比加以确定。

4种模型最大选择率对应的蓝点马鲛众数叉长列于表5,从表中可以看出,Gamma模型的计算值与实际测算值最接近。

综合表4和表5的比较,Gamma模型拟合效果最好。

表4 选择性模型参数的估算值
Tab.4 The estimation of parameters by selectivity models

模型 model	参数 parameter	G	df	G/df
Gamma	$\alpha = 89.87, \beta = 0.06$	200.79	27	7.43
Nomal	$K = 5.60, \sigma = 0.36$	201.16	27	7.45
正态分布 normal distribution	$K = 5.50, \sigma^2 = 47.20$	203.76	27	7.54
Lognomal	$\mu = 1.69, \sigma^2 = 0.01$	205.69	27	7.61

表5 选择性模型估算的渔获众数叉长
Tab.5 The estimation of crowd fork length by selectivity models

模型 model	110 mm	115 mm	120 mm	125 mm
实测 measured	593.4	625.8	647.4	679.7
Gamma	599.3	626.5	653.7	681.0
Nomal	615.7	643.7	671.7	699.7
正态分布 normal distribution	550.1	632.6	660.2	687.6
Lognomal	596.1	623.2	650.3	677.4

2.5 最佳网目的选择

Gamma模型法 根据表4的模型参数,代入公式5得出选择率 S_{lm} 的表达式为

$$S_{lm} = \left[\frac{l}{5.45 m} \right]^{88.87} \exp \left(88.87 - \frac{l}{0.0613 m} \right) \quad (12)$$

蓝点马鲛的Gamma选择性曲线如图5所示。当选择率 S_{lm} 为1时,以蓝点马鲛渔获叉长平均值代入公式(12),得出最佳网目尺寸为120.4 mm。

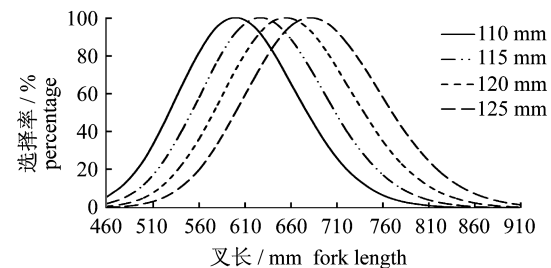


图5 蓝点马鲛流刺网选择性Gamma曲线
Fig.5 Gamma distribution curve of *Scomberomorus niphonius* gillnets

型态系数法 蓝点马鲛渔获样品的 K_1 值和 K_2 值见表6,以 K_1 平均值0.0927和 K_2 平均值4.59作为型态系数,建立网目目脚长度与鱼体叉长和体质量的关系式为

$$\alpha = 0.0927 l \quad (13)$$

$$\alpha = 4.59 \sqrt[3]{W} \quad (14)$$

以平均叉长和平均体质量作为最适渔获叉长和最适渔获体质量代入公式(13)和(14),得到最佳网目尺寸分别为121.5 mm和119.7 mm。

鱼体横剖面周长法 以蓝点马鲛渔获样品的最大横剖面周长和叉长进行回归分析(图6)建立的关系式为

$$S = 0.41 l + 23.97 (n = 359, R^2 = 0.85) \quad (15)$$

式中, S 表示鱼体最大剖面周长, l 表示叉长。将

公式(13)代入公式(15),得出网目目脚长度与鱼体最大剖面周长的关系式为

$$\alpha = 0.224S - 5.37 \quad (16)$$

以蓝点马鲛最大剖面周长平均值(295.0 mm)作为最适捕捞的剖面周长代入公式(16),得出最佳网目尺寸为121.5 mm。

表6 蓝点马鲛的形态系数 K_1 和 K_2
Tab.6 Body shape coefficient K_1 and K_2 of *S. niphonius*

网目尺寸/mm mesh size	网目单脚长度/mm measured bar length	平均叉长/mm average fork length	平均体质量/g average body weight	K_1	K_2
110	55	572.3 ± 7.4	1 410.8 ± 66.8	0.096	4.90
115	58	628.7 ± 8.8	1 829.7 ± 78.5	0.092	4.74
120	60	646.1 ± 9.9	2 204.4 ± 111.1	0.093	4.61
125	63	703.8 ± 9.1	3 577.8 ± 110.2	0.090	4.12

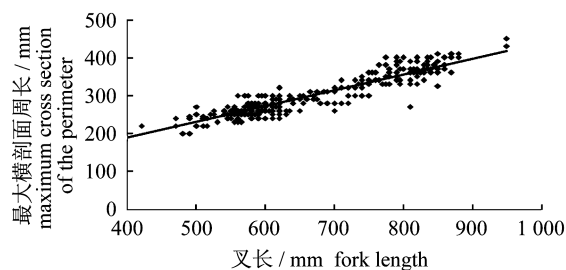


图6 蓝点马鲛最大横剖面周长与叉长的关系

Fig.6 The relationship between maximum cross section of the perimeter and fork length in *S. niphonius*

2.6 网目尺寸与蓝点马鲛年龄的关系

以蓝点马鲛年龄与生长研究的历史数据计算

的各龄群体叉长和体质量均值(表7),通过回归分析建立的年龄与叉长和体质量的关系式为

$$l = 60.486t + 398.69 \quad (17)$$

$$W = 441.62t + 206.44 \quad (18)$$

结合上述的型态系数 K_1 和 K_2 值,推导出网目尺寸与年龄的关系式分别为

$$2\alpha = 10.89t + 71.76 \quad (19)$$

$$2\alpha = 9.18 \sqrt[3]{441.62t + 206.44} \quad (20)$$

通过关系式(19)和(20),计算出捕捞不同年龄的蓝点马鲛群体所对应的网目尺寸(表7)。

表7 捕捞不同年龄的蓝点马鲛所对应的网目尺寸
Tab.7 Mesh sizes for different ages of *S. niphonius*

年龄/a age	平均叉长/mm average fork length	平均体质量/g average body weight	网目尺寸/mm mesh size		
			按 Gamma 模型	按系数 K_1	按系数 K_2
1	420.7	542.3	77.2	77.9	79.4
2	540.0	1 172.7	99.1	100.1	94.5
3	601.7	1 567.7	110.4	111.5	105.8
4	655.0	2 002.0	120.2	121.4	115.1
5	719.0	2 444.0	131.9	133.3	123.2
6	726.0	2 748.0	133.2	134.6	130.2

3 讨论

3.1 模型的合理性探讨

渔具选择性通常用选择性模型曲线来反映^[21],近几年得到国内外的广泛关注^[22]。用极大似然法估算模型参数可以得到准确的结果^[23]。似然比卡方检验的检验值 G/df 为多大时能说明模型符合实际,目前并无绝对标准,因此,拟合优度不能作为决定模型取舍的唯一标准^[24-25],模型

在实际估算中的合理解释才是最重要的。本研究采用多网次渔获数据进行累积,通过模型估算与实际值做对比来分析,认为 Gamma 模型曲线与渔获选择性曲线最吻合。由于刺网渔具的选择率被认为是鱼的接触概率与接触后被留存的概率乘积^[26],随着蓝点马鲛个体的增大,接触网的概率增加,使得选择性曲线倾斜,符合不对称 Gamma 钟型曲线特征,说明 Gamma 模型拟合良好,是符合实际的。

3.2 选择性研究方法的比较

模型曲线是描述渔具选择性的直观方法,拟合数据代表性强,方法灵活,近年来被国内外广泛使用。但是网次之间的渔获差异和测量误差可能会引起模型参数估算偏差;而且选择性模型使用的极大似然法估算参数的前提是假设其误差结构服从泊松分布,具有一定的局限性。

型态系数法简便直观,便于表达刺入或契入式刺网的渔获大小与网目尺寸的关系,一直沿用至今。当渔获样品数量较大时,可以得出一个准确的表达式。然而,渔获样品的采集费工费时,工作量大,并且渔获样品的结构也不能完全代表种群的自然结构,以此确定的网目最佳尺寸可能会有一定的误差。

鱼体横剖面周长法是对型态系数法的延伸,最大剖面周长与体长具有确定的线性关系,只要测量渔获群体最大横剖面周长值,就能得出相对应的网目大小。对于刺入式的蓝点马鲛流刺网而言,利用刺挂处周长确定网目尺寸应是最准确的,但是,蓝点马鲛的刺挂部位主要在鳃盖后缘到第一背鳍(最大剖面周长)之间,刺挂部位不稳定,难以确定刺挂处周长与体长的关系,无法直接对型态系数法进行延伸。

3.3 资源利用与渔具改进

黄、渤海蓝点马鲛的群体结构一直处于较大的变动之中^[1],作业方式和渔具网目大小的变动已成为影响蓝点马鲛渔业的重要因素。为实现我国近海渔业资源的养护目标,应控制蓝点马鲛 1 龄产卵群体的捕捞数量,适当捕捞高龄产卵群体,以改善蓝点马鲛种群结构。本次大网目流刺网的实验,渔获优势叉长范围分别为 540~620 mm 和 780~840 mm(图 3),主要为 2、3 龄和 6、7 龄个体,按照公式(19)和(20)的计算结果,应将流刺网网目尺寸从现行的 120 mm 调整为 104 和 146 mm,可以得到更好的捕捞效率。

参考文献:

- [1] Qiu S Y. Dynamics of Japanese Spanish mackerel, *Scomberomorus niphonius* (Cuvier et Valenciennes) stocks in the Yellow Sea and Bohai Sea[J]. Modern Fisheries Information, 1995, 10(3): 16 - 19. [邱盛尧. 黄渤海蓝点马鲛 *Scomberomorus niphonius* (Cuvier et Valenciennes) 资源数量变动的研究. 现代渔业信息, 1995, 10(3): 16 - 19.]
- [2] Sun B X. The current situation and conservation of *Scomberomorus niphonius* in Yellow Sea and Bohai Bay [D]. Beijing: Graduate School of Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2009. [孙本晓. 黄渤海蓝点马鲛资源现状及其保护. 北京: 中国农业科学院研究生院, 2009.]
- [3] Liu R. The monthly and interannual variability in distribution of fishing grounds of the Spanish Mackerel. *Scomberomorus niphonius* (Cuvier et Valenciennes) in Bohai Sea, Yellow Sea and East China Sea [D]. Qingdao: Ocean University of China, 2009. [刘蕊. 渤、黄、东海蓝点马鲛渔场分布的逐月与年间变化. 青岛: 中国海洋大学水产学院, 2009.]
- [4] Bi S W, Yang X F. Investigation on the spring flood of yellow, Bohai Spanish mackerel net fisheries period [J]. Acta Oceanologica Sinica; Acta Oceanologica Sinica, 1986, 8(5): 657 - 662. [毕庶万, 杨雪舫. 春汛黄、渤海鲛鱼流网渔场渔期调查研究. 海洋学报: 中文版, 1986, 8(5): 657 - 662.]
- [5] Zhu D S, Wei S. Fishery biology and fisheries management of Japanese Spanish mackerel, *Scomberomorus niphonius* (Cuvier et Valenciennes) stocks in the Yellow Sea, East China Sea and Bohai Sea [J]. Marine Fisheries Research, 1983(5): 41 - 62. [朱德山, 韦晟. 渤、黄、东海蓝点马鲛 *Scomberomorus niphonius* (Cuvier et Valenciennes) 渔业生物学及其渔业管理. 海洋水产研究, 1983(5): 41 - 62.]
- [6] Wang Q Z. Preliminary study on the rational use of Spanish mackerel resource [J]. Marine Fisheries, 1982(2): 51 - 55. [王岐佐. 鲛鱼资源合理利用的初步探讨. 海洋渔业, 1982(2): 51 - 55.]
- [7] Wei S. Present situation of resources and reasonable utilization of *Scomberomorus niphonius* in the Yellow Sea and Bohai Sea [J]. Marine Fisheries Research, 1982(28) 11 - 19. [韦晟. 渤、黄海蓝点马鲛资源现状和合理利用. 海洋水产研究, 1982(28) 11 - 19.]
- [8] Qiu S Y, Ye J Z, Wang S X, et al. Analysis and prospect of Spanish mackerel resource status in the Yellow Sea and the Bohai Sea [J]. Marine Fisheries, 1997, 19(3): 126 - 128. [邱盛尧, 叶懋中, 王世信等. 黄渤海鲛鱼资源现状及前景分析. 海洋渔业, 1997, 19(3): 126 - 128.]
- [9] Yu X J. The implementation of the standard minimum mesh size of the protection and rational utilization of fishery resources [J]. China Fisheries, 2003(7): 74 - 77. [于秀娟. 实施最小网目尺寸标

- 准保护和合理利用渔业资源. 中国水产, 2003(7): 74 - 77.]
- [10] Ling D B, Lin D F, Yan Y X. Preliminary test of Bohai Spanish mackerel net mesh size in the Yellow Sea and the Bohai Sea [J]. Marine Fisheries Research, 1982(4): 67 - 78. [凌德宝, 林德芳, 阎永祥. 黄、渤海鲈鱼流网网目尺寸的初步试验. 海洋水产研究, 1982(4): 67 - 78.]
- [11] Pinkas L, Oliphant M S, Iverson I L K. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters [M]. California; Department of Fish and Game, 1971: 1 - 105.
- [12] Yang B Z, Yang L, Tan Y G, et al. Preliminary analysis of gillnet catch composition of *Scomberomorus* in northern South China Sea [J]. South China Fisheries Science, 2013(1): 16 - 21. [杨炳忠, 杨齐, 谭永光, 等. 南海北部马鲛流刺网渔获组成初步分析. 南方水产科学, 2013, 1(9): 16 - 21.]
- [13] Cheng J S. Structure and diversity of invertebrate resources in the Yellow Sea [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2005, 12(1): 68 - 75. [程济生. 黄海无脊椎动物资源结构及多样性. 中国水产科学, 2005, 12(1): 68 - 75.]
- [14] Ming D X. Biometric Affiliated Experimental Design [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2001. [明道绪. 生物统计附属实验设计. 北京: 中国农业出版社, 2001.]
- [15] Xu L X. Theory and design of fishing gear [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2004: 80 - 92. [许柳雄. 渔具理论与设计学. 北京: 中国农业出版社, 2004: 80 - 92.]
- [16] McCullagh P, Nelder J A. Generalized linear models, Second Edition (Chapman & Hall/CRC Monographs on Statistics & Applied Probability) [M]. London: Chapman and Hall, 1989.
- [17] Zhang W T. Tutorial of SPSS11 statistics analysis based on papers [M]. Beijing: Beijing Hope Electronic Press, 2002. [张文彤. SPSS11 统计分析教程基础篇. 北京: 北京希望电子出版社, 2002.]
- [18] Zhang P, Yang L. Study on selectivity of different mesh size gillnet for *Nemipterus virgatus* in South China Sea [J]. South China Fisheries Science, 2005, 1(2): 61 - 66. [张鹏, 杨齐. 刺网网目尺寸对南海区金线鱼选择性研究. 南方水产, 2005, 1(2): 61 - 66.]
- [19] Huang X C. Fishing Technology [M]. Chongqing: Chongqing Publishing House, 2001. [黄锡昌. 捕捞学. 重庆: 重庆出版社, 2001.]
- [20] Liu C X, Zhang X, Yang K W. Studies on the growth of spanish mackerel, *Scomberomorus niphonius* in the Huanghai sea and Bohai sea [J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 1982, 13(2): 170 - 178. [刘蝉馨, 张旭, 杨开文. 黄海和渤海蓝点马鲛生长的研究. 海洋与湖沼, 1982, 13(2): 170 - 178.]
- [21] Wileman D A, Ferro R S T, Fonteyne R, et al. Manual of methods of measuring the selectivity of towed fishing gears [R]. ICES Cooperative Research Report, 1996.
- [22] Liang Z L, Ge C Y, Liu Y G. Review of study on the gear selectivity abroad [J]. Journal of Ocean University of Qingdao: Natural Science, 2001, 31(6): 835 - 841. [梁振林, 葛长宇, 刘英光. 国外渔具选择性研究进展. 青岛海洋大学学报: 自然科学版, 2001, 31(6): 835 - 841.]
- [23] Zhang J, Sun M C, Qian W G, et al. Discussion on the selectivity model of stow net [J]. Marine Fisheries, 2004, 26(1): 1 - 8. [张健, 孙满昌, 钱卫国等. 张网渔具选择性模型的探讨. 海洋渔业, 2004, 26(1): 1 - 8.]
- [24] Liu L H, Luo W Q. The goodness of fit test efficiency comparison [J]. Journal of Yangtze University: Natural Science, 2013, 10(4): 14 - 16, 20. [刘莲花, 罗文强. 拟合优度检验功效比较. 长江大学学报自然科学版: 理工卷, 2013, 10(4): 14 - 16, 20.]
- [25] Zhou H L, Chen Y B, Xu H J, et al. Deriving storm intensity formula based on the relationship between the gev parameters and durations [J]. Journal of Sichuan University: Engineering Science Edition, 2012, 44(S1): 37 - 41. [周浩瀚, 陈洋波, 徐会军, 等. 基于 GEV 分布模型参数与历时关系的暴雨强度公式推求. 四川大学学报: 工程科学版, 2012, 44(S1): 37 - 41.]
- [26] Li L Z, Huang H L, Wang L, et al. The mesh size selectivity research of silvery pomfret gillnet in Yellow and East China Sea [J]. Marine Fisheries, 2010, 32(1): 89 - 94. [李灵智, 黄洪亮, 王磊, 等. 东黄海区银鲳流刺网网目尺寸选择性研究. 海洋渔业, 2010, 32(1): 89 - 94.]

The selectivity research of big mesh gillnet for *Scomberomorus niphonius*

YOU Zongbo^{1,2}, LI Xiansen^{1*}, ZHAO Xianyong¹, WANG Xinliang¹,
SUN Shan¹, SUN Zhongzhi¹, ZHU Jiancheng¹

(1. Ministry of Agriculture Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fisheries Resource/Shandong Province Key Laboratory for Fishery Resources and Eco-environment, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China;
2. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: In order to study the selectivity of *Scomberomorus niphonius* gillnet mesh systematically, four different meshes of 110, 115, 120 and 125 mm were tested during fishing operation from April to May 2013. Selectivity model curves and body shape coefficients were used to analyze the mesh selectivity. Results showed that ①The gillnet tested had good selectivity, the dominant species were *Scomberomorus niphonius* and *Sebastes fuscescens* with *IRI* values of 18 626.8 and 2 740.1, respectively. ②Gamma model obtained the best goodness-of-fit with the selectivity model curves among the common models tested. ③The formulae describing the relationship between mesh size (α) and fork length (l) or body weight (W) were $\alpha = 0.0927l$ and $\alpha = 4.59W^{1/3}$, respectively. ④The formula describing the relationship between mesh size and maximum perimeter of body section (S) was $\alpha = 0.224S - 5.37$. ⑤The optimum meshes for catching 3-4 ages of *S. niphonius* were estimated to be 120.4 and 121.5 mm respectively by Gamma selective curve and the aforementioned formulae. The optimum meshes for different ages of *S. niphonius* were also calculated based on the historical fishing data.

Key words: *Scomberomorus niphonius*; gillnet; selectivity; mesh size; maximum likelihood method

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