

文章编号: 1004 - 7271(2008)04 - 0457 - 07

桁拖网不同网目结构网囊 对主要鱼类的选择性研究

张 健, 孙满昌, 钱卫国

(上海市高校大洋生物资源开发和利用重点实验室, 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 200090)

摘 要:为评价东海近海桁拖网渔具对主要鱼类的尺寸选择性, 使用对比作业法, 在吕四渔场开展了4个航次的、不同网目结构网囊(菱形、方形及横向使用的菱形网目)的选择性试验。在选择性分析中, 将几何相似原理运用于选择性曲线模型(Richards曲线), 使用假设检验理论对选择性曲线模型进行简化。对不同主要鱼类渔获数据的拟合结果显示, 模型具有良好的拟合性, 但存在航次间差异; 模型简化结果显示, 选择性曲线可以简化为Logistic曲线。选择性分析结果显示, 对于短吻舌鲷, 横向使用的菱形网目网囊 L_{50} (50%选择体长)最大, 而SR(选择范围)最小, 菱形网目网囊 L_{50} 最小, 而SR最大; 对于棘头梅童鱼和小黄鱼, 菱形网目网囊的 L_{50} 最小, SR最大, 横向使用的菱形网目网囊 L_{50} 最大, 而方形网目网囊SR最小; 除不同结构的网目扩张程度不同以外, 鱼体体型结构的特殊性以及网囊结构也可能是导致选择性差异的主要原因。

关键词:尺寸选择性; 多囊桁拖网; 方形网目; 菱形网目; 横向使用; 鱼类

中图分类号: S 917 文献标识码: A

Research on size selectivity of codends with different mesh configuration for fishes in beam trawl fishery

ZHANG Jian, SUN Man-chang, QIAN Wei-guo

(The Key Laboratory of Shanghai Education Commission for Oceanic Fisheries Resources Exploitation,
College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 200090, China)

Abstract: In order to assess the size selectivity for fishes of beam trawl fishing in offshore of the East China Sea, experiments of codends with different mesh configuration, including diamond mesh, square mesh and turned through 90° diamond mesh (T90) in 4 sea trials have been carried out and catch data were collected by comparative fishing method. In analysis of size selection, the selectivity curves (Richards curve, which could be simplified to Logistic curve by hypothesis test) were considered geometrically similar. The results of model fit and simplification demonstrated that selectivity models fit well to the pooled catch data of fishes but between-trials variation was found, and Richards selectivity curves of codends with different configuration could be simplified to Logistic curves. As for *Cynoglossus abbreviatus*, comparisons of selectivity parameters (L_{50} s, 50% retention lengths and SRs, Selection Ranges) among codends with different mesh construction

收稿日期: 2007-11-05

基金项目: 教育部高等学校博士学科点专项科研基金(20050264004); 国家科技支撑计划(2006BAD09A05); 上海市重点学科建设项目(T1101).

作者简介: 张 健(1979-), 男, 上海市人, 讲师, 在职博士, 专业方向为渔具选择性. E-mail: j-zhang@shou.edu.cn

通讯作者: 孙满昌, Tel: 021-65711814, E-mail: mcsun@shou.edu.cn

showed that L_{50} s and SRs of T90 codends were maximum and minimal respectively while those of diamond mesh codends were converse with T90 codends. As for *Pseudosciaena polyactis* and *Collichthys lucida*, L_{50} s and SRs of diamond mesh codends were in the same manner but the SRs of square mesh codends were minimal. Besides the mesh openness, the special construction of fish body and codends were considered as the possible reasons for the difference in size selectivity of codends with different mesh configuration.

Key words: size selectivity; multi-codends beam trawl; square mesh; diamond mesh; turned through 90° mesh; fishes

20世纪80年代开始,桁拖网渔业在东海近海发展迅猛,捕捞努力量持续上升^[1];由于桁拖网网囊网目较小,渔获中幼体比例较大,对近海渔业资源的养护造成了严重的负面影响。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^[2]。网目结构是影响渔具尺寸选择性的重要因素,例如方形网目已经在拖网渔业中得到了广泛的运用^[3-4];近年来,有研究显示横向使用的菱形网目网囊较传统网囊具有更好的选择性^[5-6]。而且不同网目结构网囊对鱼体尺寸的选择性信息对于开展种类选择性研究也是至关重要的。

孙满昌等在浙江嵊泗、江苏吕四等地开展了桁拖网选择性的研究^[7-8],但研究对象局限于虾类和传统菱形网目网囊。有鉴于此,笔者于2005年年底开始在吕四渔场开展不同网目结构网囊的选择性试验,旨在进一步了解和掌握桁拖网渔具的尺寸选择性,为深入开展渔具渔获性能优化研究提供基础。本文的研究对象仅限于渔获数量较多的鱼类。

1 材料与方法

1.1 作业时间、海域、试验渔船及渔具

海上生产试验共分4个航次:第1航次作业时间为2005.10.29-2005.11.05,作业位置为32°15'~39'N、121°30'~38'E;第2航次作业时间为2006.3.17-2006.03.22,作业位置为32°02'~17'N、122°32'~55'E;第3航次作业时间为2006.09.01-2006.09.07,作业位置为32°42'~33°02'N、122°12'~31'E各航次;第4航次作业时间为2006.12.23-2006.12.28,作业位置为32°32'~52'N、122°32'~56'E各航次。作业渔场水深18~34 m,流速1.3~2.4 kn,渔船拖速2.1~2.9 kn。

第1、2航次的试验渔船为“苏常渔02121”号,该船排水量130 t,主机功率205 kW,使用该船平时作业桁拖网为试验网具,该网具网口拉紧周长为256 m,网具拉紧长度为15.5 m,配备钢质桁杆,长度为32.0 m,网具装配8个网囊;试验第3、4航次试验渔船为启东市渔船“苏启渔1207”号,该船排水量为52t、主机功率120 kW,同样使用该船作业桁拖网作为试验网具,该网具网口拉紧周长为172.8 m,网具拉紧长度为15.4 m,网具配备钢质桁杆,长度为22.0 m,网具装配6个网囊。网次作业时间在3.25~4.50 h之间,平均约为4 h。

1.2 选择性试验

根据多囊桁拖网渔具结构,采用对比试验法进行网目尺寸选择性试验,即在不同网囊位置安装不同网目尺寸的网囊进行作业,通过比较不同网囊的渔获组成分析其对渔获种类的尺寸选择性,试验中采用20mm菱形网目网囊作为对照网囊。

不同航次开展的选择性试验项目如表1所示。表2列出了不同网目结构网囊规格。试验网囊网衣均为机织网片,网线材料为PE3×5;与平常作业一样,在囊头网前部安装网目长度为25 mm(网线材料为PE)的滤网(俗称“倒须”),防止进入网囊的渔获倒退到网身部,并在网囊的网腹上安装加强网衣防止网囊网衣的破裂。

表 1 各航次试验项目及选择性分析对象

Tab. 1 Items of selection experiments and species for selectivity study

试验项目	试验航次			
	1	2	3	4
网目形状	作业网次数			
	30	35	40	
菱形	√	√	√	5
方形	√	√	√	5
菱形横向使用	√		√	5
				6
	选择性分析对象			
短吻舌鳎	<i>Cynoglossus abbreviatus</i>		√	√
小黄鱼	<i>Pseudosciaena polyactis</i>		√	√
棘头梅童鱼	<i>Collichthys lucida</i>		√	√

表 2 试验网囊和对照网囊规格

Tab. 2 The specification of the experimental and test codends

网目结构	网囊位置 *		网目内径 (mm)			网囊规格 (◇) **	
	1,2 航次	3,4 航次	名义值	实测均值	标准差	横向	纵向
菱形	2	2	对照网囊	20.21	0.63	180	96
	4	3	30	29.85	0.85	120	64
	5	4	35	34.94	0.75	102	54
	7	5	40	39.84	0.88	90	48
方形	2	2	对照网囊	20.07	0.51	90	190
	4	3	30	29.42	0.33	60	124
	5	4	35	35.10	0.40	50	106
菱形横向使用	7	5	40	40.09	0.68	45	94
	2	2	对照网囊	20.22	0.24	140	115
	4	3	30	29.97	0.57	82	64
	6	5	40	39.69	0.44	70	58

注: * 表示网囊位置指网囊的安装位置,例如 4 表示该网囊安装于网具自艏至艉方向的第 4 网囊

** 表示方形网目网囊规格的单位为节

起网后,对各试验网囊渔获分类,并按 1/4 比例进行取样,测量鱼类体长,按 1 cm 间隔分组统计。

1.3 选择性分析方法

1.3.1 选择性曲线模型

多囊桁拖网渔具,因各网囊、网目结构相似,且作业方式完全相同,因此认为相同网目结构网囊的选择性曲线几何相似,在此基础上网囊的选择性曲线^[9]可表示为:

$$S_{ij} = \left[\frac{\exp(a + b \cdot \frac{l_j - l_0}{m_i})}{1 + \exp(a + b \cdot \frac{l_j - l_0}{m_i})} \right]^{\frac{1}{\delta}} \quad (1)$$

式中: $\theta = (a, b, \delta, l_0)^T$ 为模型参数; l_j 为第 j 组渔获体长; m_i 为第 i 网囊的网目尺寸。50% 选择体长 (L_{50}) 和选择范围 $SR(SR)$ 分别为:

$$L_{50i} = \frac{-m_i}{b} [\ln(2^\delta - 1) + a] + l_0 \quad (2)$$

$$SR_i = L_{75i} - L_{25i} = \frac{m_i}{b} [\delta \ln 3 + \ln(4^\delta - 1) - \ln(4^\delta - 3^\delta)] \quad (3)$$

1.3.2 参数估计方法

使用极大似然估计法估算模型参数^[9],即通过最大化对数似然函数 $\ln L$ 估算模型参数,

$$\ln L = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (c_{ij} \cdot \ln \frac{\varphi_{ij}}{\sum_{i=1}^I \varphi_{ij}}) = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (c_{ij} \cdot \ln \frac{P_i S_{ij} Q_{ij}}{\sum_{i=1}^I P_i S_{ij} Q_{ij}}) \quad (4)$$

式中: c_{ij} 为第 i 网囊捕获的第 j 体长组的渔获数量; P_i 为第 i 网囊的渔获能力,且 $\sum_{i=1}^I P_i = 1$,多囊结构使同时作业的各网囊捕捞努力和渔获能力相同,假设 $P_i = 1/I$; Q_{ij} 表示对第 i 网囊捕获的第 j 体长组渔获的取样比例,根据取样方法, $Q_{ij} = 1/4$; I, J 分别表示网囊总数及体长组总数。

利用 MS EXCEL 软件附带的“规划求解”功能实现对数似然函数的最大化^[4]。在极大似然估计法进行模型参数估算时,利用 Fisher 信息矩阵估算各模型参数的方差^[10];并利用 delta 方法估算选择性参数 L_{50} 和 SR 的方差^[11]。

1.3.3 模型拟合优劣性判断及模型简化

若选择性模型正确,那么模型拟合偏差统计量 D^2 应服从自由度为 $(I-1) \times J' - k$ 的 χ^2 分布^[12],以此判断模型拟合优劣性,其中 k 为模型参数个数

$$D^2 = 2 \times \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (c_{ij} \cdot \ln \frac{c_{ij}}{c_{ij}}) \quad (5)$$

使用假设检验理论对选择性曲线模型进行简化^[9, 12],包括

H_{0A} : $\delta = 1$,即单个网囊选择性曲线简化为 Logistic 曲线;

H_{0B} : $l_0 = 0$,即选择性曲线是相对体长 l/m 的函数;

若选择性模型既可以简化为 H_{0A} ,同时可以简化为 H_{0B} ,则继续简化,即 H_{0AB} : $\delta = 1, l_0 = 0$ 。

简化模型与完整模型残差之差应服从模型自由度之差的 χ^2 分布,通过这一原理进行判别模型简化合理性^[10, 12]。

1.3.4 航次性差异考虑

选择性分析采用联合各航次渔获数据的方法,即将各航次得到的渔获取样数据累加,进行选择性的分析;选择性试验分为 4 个航次,使用过渡离散的重复估计 (REP , *Replication estimation of overdispersion*) 的方法来考虑航次间差异^[12-13],其中

$$REP = \frac{Q}{d} \quad (6)$$

式中: Q 表示模型拟合的皮尔逊卡方统计量, d 表示自由度,

$$Q = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \frac{(c_{ijk} - \hat{c}_{ijk})^2}{\hat{c}_{ijk} \cdot (1 - \hat{\varphi}_{ik})} \quad (7)$$

式中: c_{ijk}, \hat{c}_{ijk} 分别表示第 k 航次渔获取样数量和期望取样渔获数量; K 表示试验航次数; $d = (I-1) \cdot (K-1) \cdot J'$, J' 表示单一体长组总渔获 ($\sum_{i=1}^I c_{ij}$) 大于网次数量的渔获体长组数。若选择性分析不存在航次间差异,则 Q 应服从自由度为 d 的 χ^2 分布,若假设被拒绝,则表示存在航次间差异,模型参数及选择性参数的标准差应乘以 \sqrt{REP} 。

2 结果与分析

2.1 渔获数据

桁拖网渔具渔获组成复杂,不同试验航次的主要渔获种类各不相同。不同试验航次选择性分析对象如表 1 所示。在实际选择性分析过程中,笔者将小黄鱼和棘头梅童鱼作为同一种类进行分析,依据是这些种类的体型和行为习性相近且渔获数据的累加可增加渔获数量、拓宽体长范围,减小选择性分析偏

差和不确定性。不同网目结构网囊捕获的鱼类渔获体长分布如图 1 所示。

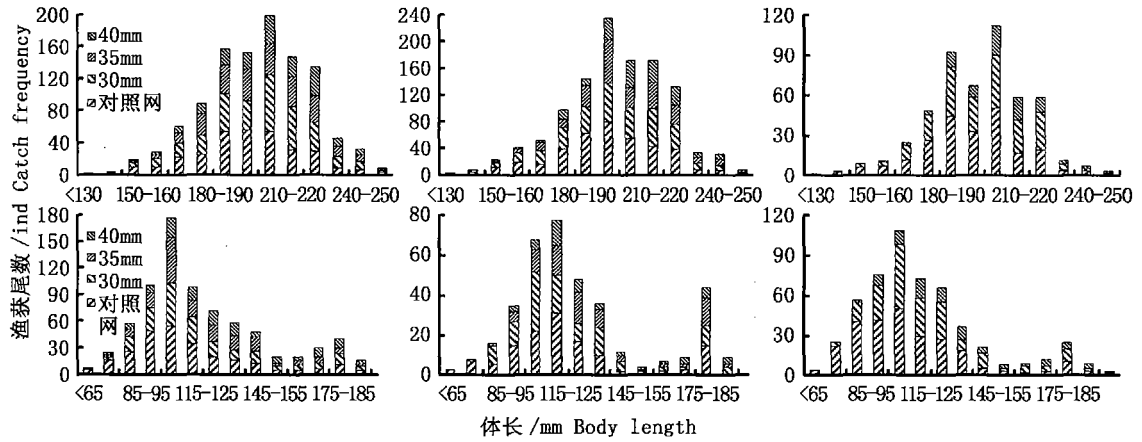


图 1 不同网目结构网囊的渔获分布

Fig. 1 Size frequency of fishes catch

从上到下依次为短吻舌鳎、棘头梅童鱼和小黄鱼;从左到右依次为菱形、方形及横向使用的菱形网目网囊。

2.2 模型拟合及分析

2.2.1 选择性模型拟合及选择性模型简化

使用短吻舌鳎、棘头梅童鱼和小黄鱼的渔获数据进行选择性模型拟合,结果表明,模型均有较好的拟合性($P > 0.05$);对选择性模型(即公式 1)进行模型简化,结果显示,选择性模型同时接受 $H_{0A}(\delta = 1)$ 和 $H_{0B}(l_0 = 0)$ 假设($P > 0.05$)。在 H_{0AB} 假设条件下,不同种类的选择性曲线拟合结果如表 3 所示。

表 3 不同网目结构网囊的模型拟合、简化及模型参数

Tab. 3 Goodness of model fit and simplification and estimates (with standard errors) of model parameters

		短吻舌鳎			小黄鱼和棘头梅童鱼		
		菱形网目	方形网目	横向网目	菱形网目	方形网目	横向网目
模型参数	$a(S.E.)$	-7.20(2.08)	-8.26(2.37)	-9.60(1.85)	-6.95(1.96)	-10.31(2.31)	-9.19(2.48)
	$b(S.E.)$	1.53(0.44)	1.67(0.50)	1.82(0.38)	2.61(0.79)	3.67(0.90)	3.17(0.95)
	$\delta(S.E.)$	1	1	1	1	1	1
	$l_0(S.E.)$	0	0	0	0	0	0
模型拟合	残差	36.991	37.205	12.649	27.862	39.508	20.679
	自由度	31	31	20	37	34	18
	P 值	0.212	0.205	0.892	0.861	0.237	0.296
	残差	2.547	0.960	0.667	0.184	4.786	0.266
模型简化	自由度	2	2	2	2	2	2
	P 值	0.280	0.619	0.716	0.912	0.091	0.876
	Q	80.27	94.68	-	105.02	-	63.31
	d	31	31	-	37	-	18
航次间差异	\sqrt{REP}	1.61	1.75	-	1.68	-	1.88
	P 值	<0.000 1	0.000 1	-	<0.000 1	-	<0.000 1

航次间差异分析结果显示,各网目结构网囊的选择性模型拟合存在航次间差异($P < 0.000 1$),因此模型参数及选择性参数估计值的标准差都乘以 \sqrt{REP} 。

2.3 不同网目结构网囊的选择性参数比较

根据选择性模型拟合及简化结果,不同网目结构、不同网目尺寸的网囊对不同渔获种类的选择性参数 L_{50} 和 SR 如表 4 所示。

表 4 不同网目结构网囊对虾类的选择性参数

Tab. 4 Selectivity parameters (with standard errors) of codends with different mesh size and mesh configuration

渔获种类	网目结构	选择性参数	网目尺寸 (mm)		
			30	35	40
短吻舌鳎	菱形	L_{50} (S. E.)	140.56(6.14)	164.52(7.19)	187.58(8.19)
		SR (S. E.)	42.89(12.30)	50.20(14.40)	57.23(16.41)
	方形	L_{50} (S. E.)	147.51(5.41)	172.65(6.34)	196.85(7.22)
		SR (S. E.)	39.25(11.74)	45.93(13.74)	52.37(15.67)
	菱形横向使用	L_{50} (S. E.)	157.32(4.22)	-	209.94(5.63)
		SR (S. E.)	36.00(7.45)	-	48.04(9.94)
小黄鱼和 棘头梅童鱼	菱形	L_{50} (S. E.)	79.49(4.16)	93.04(4.87)	106.09(5.56)
		SR (S. E.)	25.13(7.65)	29.41(8.95)	33.53(10.21)
	方形	L_{50} (S. E.)	83.97(2.99)	98.27(3.50)	112.05(3.99)
		SR (S. E.)	17.89(4.41)	20.93(5.16)	23.87(5.88)
	菱形横向使用	L_{50} (S. E.)	86.49(4.56)	-	115.42(6.09)
		SR (S. E.)	20.67(6.20)	-	27.58(8.28)

对比 3 种不同网目结构网囊对短吻舌鳎的选择性参数发现,横向使用的菱形网目网囊的 L_{50} 最大,而 SR 最小,而传统菱形网目 L_{50} 最小,而 SR 最大。类似的,对于小黄鱼和棘头梅童鱼,菱形网目网囊的 L_{50} 最小, SR 最大,横向使用的菱形网目网囊的 L_{50} 最大,但 SR 最小的却是方形网目网囊。

3 讨论

3.1 不同网目结构的网囊所显示的对鱼类选择性差异和原因

影响网目的选择性的主要因素有三个:网目的扩张程度(缩结系数)、网目形状和网目张力。相比菱形网目,方形网目结构因其纬线不受力,因此扩张较大,使得进入网囊的渔获对象更容易穿越网目逃逸,表现在选择性方面就是方形网目网囊具有较大 L_{50} 的和较小的 SR ^[4,14-15]。但也有学者认为,通过增大网目扩张来改善网囊对渔获种类选择性还取决于渔获个体的逃逸机制及网囊和渔获个体体型之间的匹配^[16-17];对于小黄鱼和棘头梅童鱼,鱼体体型与方形网目更为符合,从此次分析结果来看,方形网目网囊的具有较好的选择性是可以解释的,这与桁杆张网的选择性分析结果是一致^[17]。方形网目网囊并不适合于释放扁平体型鱼类^[18],但是对于短吻舌鳎,此次试验的分析结果表明方形网目网囊的 L_{50} 更大(SR 更小),笔者认为主要原因在于舌鳎游泳能力较强,特别是进入网囊以后穿越网目的游泳能力很强,其扁平的体型在穿越网目时可以发生变形、弯曲,因此鱼体体型与网目形状之间的匹配程度并不是决定选择性的主要因素。根据试验过程中的观察发现,无论在何种结构网目网囊中,刺入在网囊网目中的短吻舌鳎大量存在。

从试验结果来看,横向使用的菱形网目网囊较传统菱形网目网囊 L_{50} 更大,而 SR 更小。一般来说,传统的网衣制作工艺使得结节对网衣横向扩张具有一定的抵抗力,转向 90° 使用后网衣在横向更容易扩张,有利于渔获个体的逃逸^[19],试验结果也基本证实了这一点。但是值得注意的是,在菱形网目网片横向使用时,为保证网囊在作业过程中主尺度与菱形网目一致,横向使用菱形网目网囊的拉紧周长被减少 15%~20%;国外的研究表明,减少网囊周长可改善网囊的选择性^[19-20];因此,对于横向使用网目对捕虾拖网网囊选择性的影响,需要进一步试验来证实。

3.2 不同鱼类的选择性分析结果比较

程家骅等分析了帆式张网渔具对小黄鱼的尺寸选择性^[21],张健等使用套网法试验方法开展了菱形网目和方形网目对小黄鱼的选择性研究^[17],黄洪亮等通过套网法分析了传统网囊对小黄鱼的尺寸选择性^[22];与上述研究对小黄鱼(包括棘头梅童鱼)的选择性分析结果比较后发现,此次试验得到的菱形网目网囊的 L_{50} 较大。这可能是因为在上述几个研究中,采用了套网法作为选择性试验方法,而此次试验

采用对比试验法。相比对比作业法,网囊外安装套网会产生“覆盖效应”等,阻碍进入网囊个体的逃逸行为,使得 L_{50} 减小,而 SR 反而增大^[23-24];另一方面,从网具结构来看,桁拖网渔具使用了多囊的结构,虽然使用多囊结构的初衷是减少单个网囊的渔获重量^[25](避免虾类等渔获相互挤压而失去经济价值),但是对于选择性试验来说,这样的结构使得网囊的规格被放大,进入网囊的渔获个体接触网衣(及扩张的网目)的概率也有所上升,最终使得单个网囊的选择性得到了改善。

参考文献:

- [1] 季星辉,孙满昌,许柳雄,等. 虾蟹两用桁拖网的设计和试验[J]. 福建水产, 1985 (2): 7-13.
- [2] MacLennan D N. Fishing Gear Selectivity[J]. Fisheries Research, 1992, 13 (3): 201-203.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] Herrmann B, Priour D, Krag L A. Simulation-Based Study of the Combined Effect on Cod-end Size Selection of Turning Meshes by 90° and Reducing the Number of Meshes in the Circumference for Round Fish[J]. Fisheries Research, 2007, 84 (2): 222-232.
- [6] Moderhak W. Determination of Selectivity of Cod Codends Made of Netting Turned 90°[J]. Bulletin of the Sea Fisheries Institute, 1997, 140: 1-24.
- [7] 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): 186-192.
- [8] 孙满昌,张 健,樊 伟. 吕四渔场桁拖网最小网目尺寸的研究[J]. 海洋渔业, 2002, 24 (3): 120-124.
- [9] 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.
- [10] Zuur G, Fryer R J, Ferro R S T, et al. Modelling the size selectivities of a trawl codend and an associated square mesh panel[J]. ICES Journal of Marine Science, 2001, 58(3): 657-671.
- [11] Millar R B, Walsh S J. Analysis of trawl selectivity studies with an application to trouser trawls[J]. Fisheries Research, 1992, 13(3): 205-220.
- [12] Millar R B, Fryer R J. Estimating the Size-Selection Curves of Towed Gears, Traps, Nets and Hooks[J]. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 1999, 9 (1): 89-116.
- [13] Millar R B, Broadhurst M K, Macbeth W G. Modelling between-Haul Variability in the Size Selectivity of Trawls[J]. Fisheries Research, 2004, 67 (2): 171-181.
- [14] Robertson J H B. The Effects of Trawl Codend Design on Selection Characteristics[C]// Campbell C M. World Symposium on Fishig Gear and Fishing Vessel Design. St. Johns, Newfoundland; The Newfoundland and Labrador Institute of Fisheries an Marine Technology, 1988: 48-51.
- [15] Walsh S J, Millar R B, Cooper C G, et al. Codend Selection in American Plaice: Diamond Versus Square Mesh[J]. Fisheries Research, 1992, 13 (3): 235-254.
- [16] Liang Z, Horikawa H, Tokimura M, et al. Effect of Cross-Sectional Shape of Fish Body on Mesh Selectivity of Trawl Codend[J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 1999, 65 (3): 441-447.
- [17] 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.
- [18] Sun M C, Zhang J, Xu L X. Size Selectivity of Diamond and Square Mesh Codends for Hairfin Anchovy *Setipinna Taty* in Chinese Stow Net Fisheries[J]. Fisheries Science, 2006, 72 (3): 530-539.
- [19] Herrmann B. Effect of Catch Size and Shape on the Selectivity of Diamond Mesh Cod-ends: I. Model Development[J]. Fisheries Research, 2005, 71 (1): 1-13.
- [20] Reeves S A, Armstrong D W, Fryer R J, et al. The Effects of Mesh Size, Cod-end Extension Length and Cod-end Diameter on the Selectivity of Scottish Trawls and Seines[J]. ICES Journal of Marine Science, 1992, 49 (3): 279-288.
- [21] 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, 2001, 7 (4): 64-68.
- [22] 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.
- [23] Madsen N, Holst R. Assessment of the Cover Effect in Trawl Codend Selectivity Experiments[J]. Fisheries Research, 2002, 56 (3): 289-301.
- [24] 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.
- [25] 季星辉,孙满昌. 江浙沿海桁拖网作业性能的初步研究[J]. 水产学报, 1984, 8 (2): 85-98.