

文章编号: 1004-7271(2004)04-0328-07

# 桁杆张网渔具菱形和方形网目网囊的选择性研究

张 健<sup>1</sup>, 孙满昌<sup>1</sup>, 彭永章<sup>2</sup>, 钱卫国<sup>1</sup>

(1. 上海水产大学海洋学院, 上海 200090;  
2. 江苏省启东市海洋与渔业局, 江苏 启东 226200)

**摘 要** :使用套网法作为选择性试验方法, Logistic 曲线作为选择性曲线模型, 并运用极大似然估计法进行曲线参数估算, 对桁杆张网渔具不同网目尺寸(25mm、30mm、35mm、40mm 以及 45mm 网目大小)、不同网目形状(菱形网目和方形网目)的网囊选择性进行分析。结果显示:各菱形网目网囊对黄鲫和银鲳的 50% 选择体长(或叉长)比相应方形网目的大(分别为 3.79% 和 31.25%), 而对小黄鱼的 50% 选择体长比相应方形网目小(7.92%);各菱形网目对黄鲫、小黄鱼和银鲳的选择范围都比相应方形网目大(分别为 20.76%、5.36% 以及 45.99%)。这与传统认为方形网目选择性优于菱形网目的观点存在差异。通过讨论, 认为黄鲫和银鲳体形较扁, 游泳能力较弱是造成这些差异的主要原因。因此, 在进行网囊结构改革时, 不能盲目遵循方形网目优于菱形网目的传统观点。

**关键词** :桁杆张网, 网目选择性, 菱形网目, 方形网目, 黄鲫, 小黄鱼, 银鲳

中图分类号: S912.12 文献标识码: A

## Study of the mesh selectivity of diamond and square mesh codend of two-stick swingnet

ZHANG Jian<sup>1</sup>, SUN Man-chang<sup>1</sup>, PENG Yong-zhang<sup>2</sup>, QIAN Wei-guo<sup>1</sup>

(1. Ocean College, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China;  
2. Ocean and Fishery Bureau of Qidong City, Jiangsu Province, Qidong 226200, China)

**Abstract** :The selectivity of square and diamond mesh codends with different mesh sizes (25mm, 30mm, 35mm, 40mm and 45mm) of two-stick swingnet was analyzed through covernet method selective experiments, in which Logistic curve was regarded as the selection curve and the maximum likelihood method as estimation method of the parameters of selectivity model. The result demonstrated that the 50% retention body length (or fork length) for *Setipinna taty* and *Pampus argenteus* of all diamond mesh codends were larger than those of all square mesh codends (3.79% and 32.15%, respectively), while that for *Pseudosciana polyactis* was smaller than that of square mesh codends (7.92%). Additionally, the selection ranges for the three species mentioned above of diamond mesh codends were larger than those of square mesh codends (20.76%, 5.36% and 45.99%, respectively). There exists some difference between the experimental result and the traditional opinion. In the discussion, we consider that the relatively flat body shape and the low swimming ability of *Setipinna taty* and *Pampus argenteus* mainly

收稿日期: 2004-05-20

资助项目: 上海市教委捕捞学重点学科建设项目(科 02-115)

作者简介: 张 健(1979-), 男, 上海市人, 在读博士, 专业方向为渔具选择性。E-mail: j-zhang@stmail.shfu.edu.cn

通讯作者: 孙满昌(1943-), 男, 浙江嵊泗人, 教授, 博士生导师, 主要从事渔具学、渔具选择性、渔业工程等方面的研究。E-mail:

contribute to the difference. As a result, the traditional viewpoint that square mesh is superior to diamond mesh should not be adhered blindly to when we want to reform the construction of codend.

**Key words** two-stick swingnet; mesh selectivity; diamond mesh; square mesh; *Setipinna taty*; *Pampus argenteus*; *Pseudosciana polyactis*

随着渔业资源的衰退,渔具选择性的重要性越来越受到关注。一些学者认为网目选择性只取决于网目的形状和鱼体的体形<sup>[1-3]</sup>。对于过滤性渔具,一般认为网目适当张开有利于鱼类的逃逸。但是传统的菱形网目在一定的水流下,网目不易张开,随着渔获的增多,网目愈加闭合,影响了鱼类逃逸的行为,造成网目选择性能的低下。在这一方面,方形网目有着先天的优越性:方形网目的目脚与流向往往成平行或垂直,网目受力后容易张开。很多学者通过拖网试验,发现方形网目选择性曲线的 50% 选择体长较菱形网目为大,且选择范围比菱形网目的小、选择尖锐度较大,因此方形网目作为一种能有效减少幼鱼兼捕的技术手段,已被广泛运用于拖网网囊<sup>[4-7]</sup>。但是在一些研究中发现,菱形网目对一些鱼类的 50% 选择体长较方形网目大<sup>[8]</sup>,方形网目在网囊中的运用有待进一步研究。本研究通过比较桁杆张网渔具不同网目形状(方形、菱形)网囊对主要渔获的选择特性,对上述疑问进行进一步的探讨。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验时间、渔场

试验于 2003 年 5 月 13 日至 7 月 20 日在江苏省启东吕四渔场进行,作业位置为 32°08' ~ 32°10' N, 122°15' ~ 122°17' E 附近海域(作业位置如图 1 中阴影所示位置),作业水深为 20 ~ 25m,底质为泥沙质,渔场潮流为正规半日潮,流速一般为 0.8 ~ 1.0m/s。

### 1.2 试验渔船和渔具

本试验使用的渔船是当地木质渔船苏启渔 2301,该渔船总吨 70t,全长 25m,型宽 5m,主机功率 165kW。

使用的网具是吕四渔场内春夏汛常用的桁杆张网,俗称单根方。该渔具是一种单桩张网,作业时以单桩固定海底,网口借上、下口杆维持水平扩张,依靠口杆的浮力、沉力使其垂直张开。试验网具的网衣为手工编织网片,桁杆长度为 23m,网口装配高度为 16.5m,网衣拉紧长度 90m,试验网具网图如图 2 所示。

### 1.3 试验方法

使用套网法作为选择性研究试验方法,即在套网的外面安装一小网目的袋状网,用以捕获从网囊网目中逃逸的所有鱼类,以此了解进入网具网囊的鱼类体长组成情况。

在试验区域中,选取位置相对集中的 5 顶网具作为试验网,分别安装不同网目大小的菱形网目网囊(分别称为 D1、D2、D3、D4 和 D5 网囊)进行渔获试验,各网具分别进行 5 个有效网次的试验,随后,将菱形网目网囊分别换成不同网目大小的方形网目网囊(分别称为 S1、S2、S3、S4 和 S5 网囊)进行渔获试验,同样各网具分别进行了 5 个有效网次的试验。每一网次作业时间约为 24h。起网后,对每一网次的渔获进行取样,并对取样渔获进行分类统计,测量其体长(或叉长),按间隔 1cm 分组。对渔获数量较多的渔获种类进行选择性的分析。

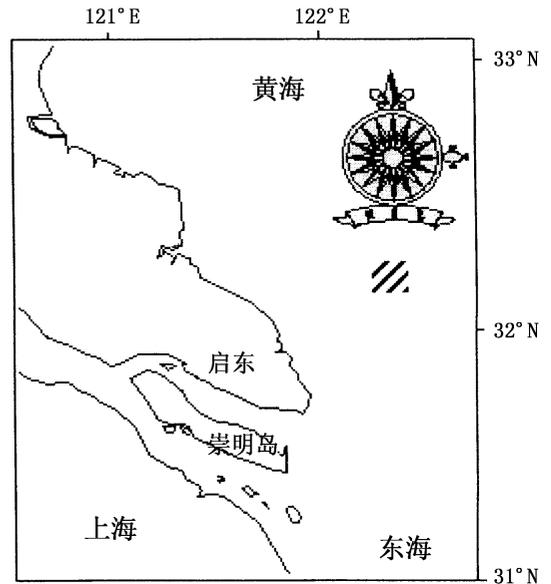


图 1 试验的作业渔场位置

Fig.1 The location of the experimental fishing ground

网囊和套网具体规格及其网目大小如表 1 所示。网囊、套网网线规格为 PE-42tex × 3 × 3。

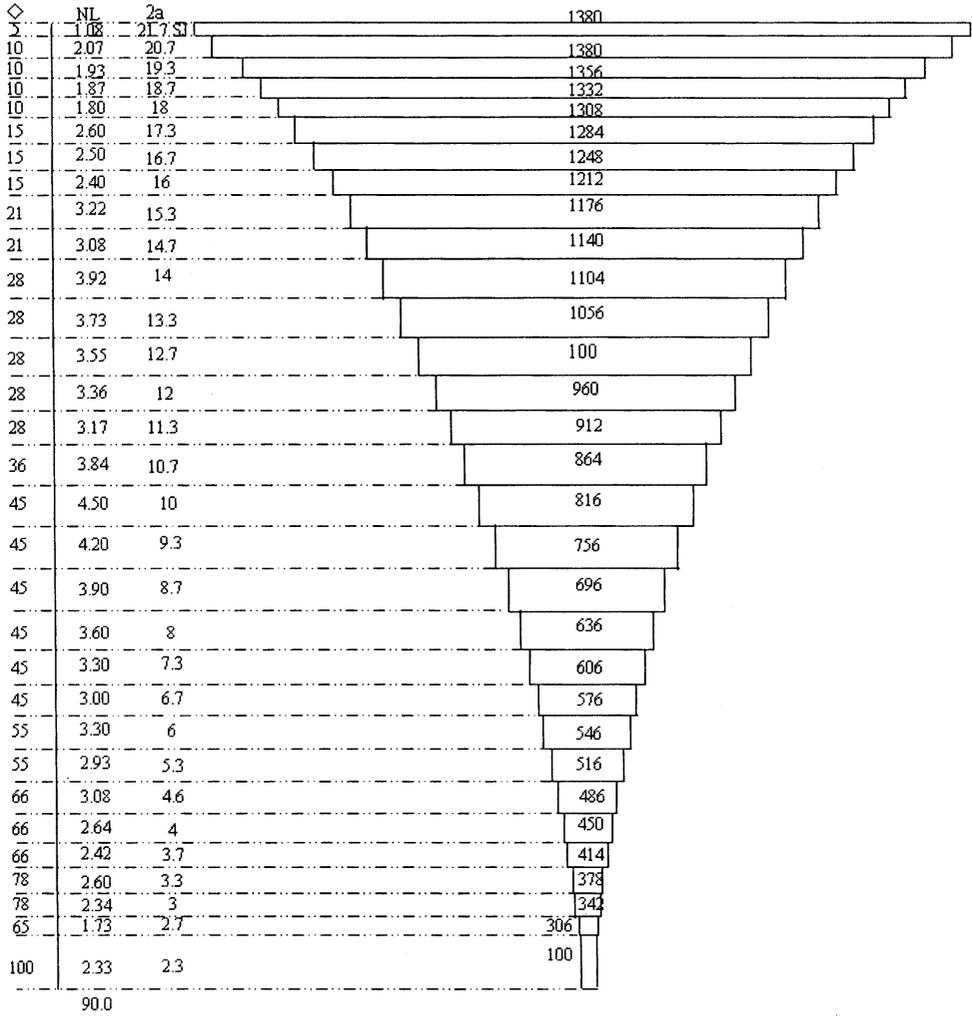


图 2 试验网具网图

Fig.2 The panel spread diagram of experimental fishing gear

表 1 不同网囊及其网目规格

Tab.1 The specifications of the different codends and their meshes

网囊	网囊网目大小 (mm)			网囊规格	
	名义值	平均值	标准偏差	横向目数	纵向目数
D1	25	25.68	0.86	240	85
D2	30	30.71	0.83	200	70
D3	35	35.03	0.76	170	60
D4	40	40.85	0.61	150	50
D5	45	44.09	0.51	130	45
S1	25	25.68	0.86	350	145
S2	30	30.71	0.83	125	150
S3	35	35.03	0.76	110	130
S4	40	40.85	0.61	95	110
S5	45	44.09	0.51	85	100
套网	20	19.06	0.73	350	145

注1: 网目大小在湿态下测得网目内径;

2: 菱形网目网囊的横向、纵向目数单位是目, 方形网目网囊的横向、纵向目数单位是节(2节 = 1目)。

## 1.4 选择性估算方法

### 1.4.1 网囊网目的选择性曲线模型

使用 Logistic 模型作为研究网具的选择性模型<sup>[9-11]</sup>。其选择性曲线表达式为：

$$r(l_i) = \frac{\exp(a + b \cdot l_i)}{1 + \exp(a + b \cdot l_i)} \quad (1)$$

其中： $l_i$ —— $i$  体长组渔获的特征体长；  
 $r(l_i)$ ——网目对体长  $l_i$  渔获的选择率；  
 $a$ 、 $b$ ——选择性参数。

主要选择性指标为：

$$L_{50} = -\frac{a}{b}; SR = L_{75} - L_{25} = \frac{2 \ln 3}{b}; SF = \frac{L_{50}}{m}$$

其中： $L_{25}$ 、 $L_{50}$ 、 $L_{75}$ ——分别表示选择率为 25%、50%、75% 时对应的体长；  
 $SR$ ——选择性范围；  
 $SF$ ——选择性因素；  
 $m$ ——网目大小。

### 1.4.2 选择性曲线参数估计方法

使用极大似然估计法估算套网法试验下各网囊选择性曲线参数  $a$ 、 $b$ ，其对数似然函数为<sup>[9-10, 12-14]</sup>：

$$K(\theta) = \ln(L) = \sum_i \{ Nni \cdot \ln[r(l_i)] + Nci \cdot \ln[1 - r(l_i)] \} \quad (2)$$

其中： $Nni$ —— $i$  体长组鱼被网囊捕获的尾数；  
 $Nci$ —— $i$  体长组鱼逃出网囊被套网捕获的尾数。

参数估计的方差可以根据费歇信息矩阵的逆阵求得<sup>[14-18]</sup>。极大似然法在二项分布的情况下的费歇信息矩阵  $K(\hat{\theta})$  的各要素  $I_{fg}(\hat{\theta})$  为：

$$I_{fg}(\hat{\theta}) = \sum_i N_i \left[ \frac{\partial r(l_i)}{\partial \theta_f} \right] \left[ \frac{\partial r(l_i)}{\partial \theta_g} \right] \frac{1}{r(l_i)(1 - r(l_i))} \quad (3)$$

其中： $\theta = (a, b)^T$ 。

似然函数的最大化通过 MS-Excel 软件的‘规划求解’功能完成<sup>[19]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 菱形网目对主要渔获种类的选择性

表 2、表 3 以及表 4 分别列出了不同大小菱形网目网囊对黄鲫、小黄鱼以及银鲳的选择性参数及主要选择性指标。

表 2 各菱形网目网囊对黄鲫的选择性参数及主要选择性指标

Tab.2 The selective parameters and indexes for *Setipinna taty* of each diamond mesh codend

网囊	$a$		$b$		$L_{50}$		$SR$		$SF$
	估算值	标准差	估算值	标准差	估算值	标准差	估算值	标准差	
D1	-5.658	0.790	0.979	0.103	5.777	0.228	2.24	0.056	2.250
D2	-5.250	0.532	0.690	0.061	7.605	0.159	3.18	0.079	2.477
D3	-5.139	0.483	0.522	0.050	9.848	0.168	4.21	0.161	2.811
D4	-4.625	0.434	0.403	0.041	11.472	0.229	5.45	0.307	2.808
D5	-6.256	0.444	0.539	0.041	11.603	0.165	4.08	0.098	2.632

表 3 各菱形网目网囊对小黄鱼的选择性参数及主要选择性指标

Tab.3 The selective parameters and indexes for *Pseudosciana polyactis* of each diamond mesh codend

网囊	<i>a</i>		<i>b</i>		$L_{50}$		<i>SR</i>		<i>SF</i>
	估算值	标准差	估算值	标准差	估算值	标准差	估算值	标准差	
D1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D2	-5.440	3.086	0.635	0.328	8.573	0.486	3.462	3.205	2.792
D3	-2.772	1.672	0.314	0.160	8.827	1.621	6.996	12.754	2.520
D4	-2.548	1.376	0.266	0.129	9.562	1.520	8.245	16.034	2.341
D5	-3.043	1.243	0.273	0.110	11.131	1.359	8.039	10.463	2.525

表 4 各菱形网目网囊对银鲳的选择性参数及主要选择性指标

Tab.4 The selective parameters and indexes for *Pampus argenteus* of each diamond mesh codend

网囊	<i>a</i>		<i>b</i>		$L_{50}$		<i>SR</i>		<i>SF</i>
	估算值	标准差	估算值	标准差	估算值	标准差	估算值	标准差	
D1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D2	-4.161	1.714	1.004	0.526	4.145	0.395	2.189	1.315	1.350
D3	-4.189	1.122	0.854	0.272	4.908	0.264	2.574	0.675	1.401
D4	-3.829	0.953	0.760	0.218	5.038	0.246	2.892	0.689	1.233
D5	-4.595	0.911	0.775	0.170	5.932	0.216	2.836	0.388	1.345

## 2.2 方形网目对主要渔获种类的选择性

表 5、表 6 和表 7 分别列出了不同大小方形网目网囊对黄鲫、小黄鱼和银鲳的选择性参数及主要选择性指标。

表 5 各方形网目网囊对黄鲫的选择性参数及主要选择性指标

Tab.5 The selective parameters and indexes for *Setipinna taty* of each square mesh codend

网囊	<i>a</i>		<i>b</i>		$L_{50}$		<i>SR</i>		<i>SF</i>
	估算值	标准差	估算值	标准差	估算值	标准差	估算值	标准差	
S1	-5.194	0.919	0.925	0.119	5.618	0.092	2.377	0.094	2.188
S2	-5.457	0.944	0.760	0.109	7.184	0.068	2.893	0.172	2.340
S3	-5.622	0.565	0.622	0.061	9.035	0.014	3.531	0.119	2.579
S4	-5.518	0.561	0.501	0.057	11.003	0.048	4.381	0.252	2.693
S5	-10.049	0.755	0.840	0.068	11.960	0.017	2.615	0.045	2.713

表 6 各方形网目网囊对小黄鱼的选择性参数及主要选择性指标

Tab.6 The selective parameters and indexes for *Pseudosciaena polyactis* of each square mesh codend

网囊	<i>a</i>		<i>b</i>		$L_{50}$		<i>SR</i>		<i>SF</i>
	估算值	标准差	估算值	标准差	估算值	标准差	估算值	标准差	
S1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S2	-3.958	1.977	0.448	0.206	8.838	0.672	4.906	5.106	2.878
S3	-4.392	1.706	0.427	0.158	10.295	0.555	5.151	3.635	2.939
S4	-2.711	1.356	0.247	0.119	10.967	1.396	8.888	18.213	2.685
S5	-3.781	1.472	0.334	0.128	11.313	0.797	6.574	6.342	2.566

## 2.3 菱形、方形网目对主要渔获种类的选择性比较

### 2.3.1 菱形、方形网目网囊对黄鲫的选择性比较

对比菱形、方形网目网囊对黄鲫的主要选择性指标(表 2 和表 5)发现,除了 45mm 的菱形网目网囊 50% 选择体长比 45mm 的方形网目 50% 选择体长略小以外,其余的菱形网目网囊的  $L_{50}$  都比方形网目的大,平均为 3.79%,不同形状网目网囊之间差异显著( $p$  值为 0.041)除了 25mm 的菱形网目选择范围比

25mm 的方形网目选择范围小以外,其余 4 种菱形网目的选择范围都比相应的 4 种方形网目的选择范围 SR 大,平均为 20.76%,不同形状网目网囊之间差异显著( $\alpha = 0.05$ , 配对均值比较  $t$  检验,  $p$  值为 0.041)。

表 7 各方形网目网囊对银鲈的选择性参数及主要选择性指标

Tab.7 The selective parameters and indexes for *Pampus argenteus* of each square mesh codend

网囊	$a$		$b$		$L_{50}$		SR		SF
	估算值	标准差	估算值	标准差	估算值	标准差	估算值	标准差	
S1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S2	-6.433	2.400	2.031	0.771	3.168	0.031	1.082	0.169	1.032
S3	-3.125	1.206	0.859	0.344	3.638	0.135	2.558	1.050	1.039
S4	-4.327	1.570	1.125	0.431	3.848	0.071	1.954	0.560	0.942
S5	-4.763	1.238	1.031	0.291	4.622	0.113	2.132	0.362	1.048

### 2.3.2 菱形、方形网目网囊对小黄鱼的选择性比较

对比菱形、方形网目网囊对小黄鱼的主要选择性指标(表 3 和表 6)发现,菱形网目网囊的 50% 选择体长都比方形网目的小,平均为 7.92%,但是不同形状的网目网囊之间差异不显著( $p$  值为 0.099)4 种菱形网目的选择范围 SR 都比方形网目网囊的选择范围大 5.36%,但差异并不显著( $p$  值为 0.728)。

### 2.3.3 菱形、方形网目网囊对银鲈的选择性比较

对比菱形、方形网目网囊对银鲈的主要选择性指标(表 4 和表 7)发现,菱形网目网囊 50% 选择体长都比方形网目的大,平均为 31.25%,不同形状网目网囊之间差异显著( $p$  值为 0.001)4 种菱形网目的选择范围 SR 都比方形网目的选择范围大,平均为 45.99%,但差异并不显著( $p$  值为 0.063)。

## 3 讨论

许多学者认为,对于大多数底层鱼类,给定网目大小的方形网目网囊的 50% 选择体长比菱形网目大,选择范围比菱形网目小<sup>[20-24]</sup>。然而,从试验结果发现,这一结论只能运用于小黄鱼的渔获数据之上,而对于黄鲫和银鲈,菱形网目网囊的 50% 选择体长比方形网目网囊的大,当然,菱形网目网囊对三种鱼类选择范围都比方形网目大。

藤石昭生从鱼体和网目形状出发,对网目的选择性进行了分析<sup>[25-27]</sup>。他认为,网目的选择范围随着  $\epsilon$  ( $\epsilon$  为假设鱼体横截面为椭圆的离心率,体形越是狭窄的鱼类,其  $\epsilon$  值越大,并逐渐趋向于 1) 和  $2\theta$  ( $\theta$  为网目张开的钝角)的增大而增大,即当鱼体体形保持不变时,当网目逐渐闭合( $\theta$  逐渐增加)时,网目的选择范围逐渐增大。因此,对于特定的渔获种类,方形网目的选择范围比菱形网目的小,选择性更为陡峭。

梁振林等<sup>[28]</sup>在前人的研究基础上,认为可以使用鱼体截面形状与网目形状的适合度来表示不同体形鱼类穿越网目的难易程度(不同的网目对不同种类的鱼类选择性)。当鱼体体形与网目形状一致时,50% 选择体周(这里可以通过体长与体周的线性关系表示成选择体长)达到最大。因此,对于体形较扁的鱼类来说,适当的菱形网目 50% 选择体长更大。对于黄鲫和银鲈来说,这两种鱼类的体形较扁,因此,菱形网目的 50% 选择体长比方形网目大,而对于小黄鱼来说,其体形相对较圆,因此,方形网目的 50% 选择体长比菱形网目大。

当然,这里还忽略了一个重要因素,即鱼类的游泳能力。体形呈纺锤型的鱼类一般游泳能力较强,而体型较扁的鱼类游泳能力通常有限。从鱼类行为学上来说,当游泳能力较强的鱼遭遇网片并试图穿越网目时,网目可能会变成近似六角形<sup>[29]</sup>。对于这些鱼类,由于方形网目的两个目脚相对受力较小,因此释放此类游泳能力较强的鱼类具有较好的效果。而对于游泳能力较弱的鱼类,这种情况发生的可能性就比较低,相比方形网目,菱形网目有时更能释放这些鱼类。这样,菱形网目的 50% 选择体长大于方形网目就显得不足为奇了。国外的科研人员在对比鲆、鲽等底层鱼类进行方形网目选择性的研究中同样

发现了菱形网目网囊的 50% 选择体长大于方形网目网囊<sup>[8]</sup>。

近 20 年来,我国沿海渔业资源严重衰退,控制捕捞努力量、开展渔具改革的呼声日益高涨。一些渔业工作者提出了使用方形网目网囊取代菱形网目网囊的观点。但是,从本研究的结论可以看出,完全使用方形网目网片作为网囊材料并不一定能改善网囊对主要渔获种类的选择性。在进行网囊网目的改革时,不应盲目遵循方形网目优于菱形网目的观点。笔者认为使用分段网囊的形式,即设计网囊前后部使用不同形状网目可能更为合理,但是,方形网目的大小、网片的安装位置等因素还需进一步的深入研究。

作业试验得到了苏启渔 2301 号船长及全体船员的大力支持,渔获分类、测量工作得到了上海水产大学海洋学院田思泉、吴静、杨松等研究生的鼎力帮助,在此一并致谢。

## 参考文献:

- [ 1 ] Hamley J M. Review of gillnet selectivity[ J ]. J Fish Res Board Can , 1975 , 32 : 1943 - 1969 .
- [ 2 ] 东海正. 底曳網の網目選擇性曲線の決定法とその資源管理への應用[ J ]. 日本水産學會誌 , 1998 , 64 : 597 - 600 .
- [ 3 ] Tokai T , Kitahara T. Methods of determining the mesh selectivity curves of trawlne[ J ]. Nippon Suisan Gakkaishi , 1989 , 55 : 643 - 649 .
- [ 4 ] Robertson J H , Stewart P A . A comparison of size selection of haddock and whiting by square and diamond mesh codends[ J ]. J Cons Int Expl Mer , 1988 , 44 : 148 - 161 .
- [ 5 ] Halliday R G , Cooper C G . Evaluation of separator grates for reduction of bycatch in the silver hake ( *Merluccius bilinearis* ) otter trawl fishery off Nova Scotia , Canada[ J ]. Fish Res , 1999 , 40 : 237 - 249 .
- [ 6 ] Halliday R G , Cooper C G . Size selection of silver hake ( *Merluccius bilinearis* ) by otter trawl with square and diamond mesh codend of 55 - 60 mm mesh size[ J ]. Fish Res , 2000 , 49 : 77 - 84 .
- [ 7 ] Broadhurst M K . Modifications to reduce bycatch in prawn trawls : A review and framework for development[ J ]. Rev Fish Biol Fish , 2000 , 10 : 27 - 60 .
- [ 8 ] Cooper C , Hickey W . Selectivity experiments with square mesh codends of 130 , 140 and 150mm[ A ] , Proceedings of the World Symposium on Fishing Gear and Fishing Vessels[ C ]. Marine Institute , St. Johns , Canada , 1989 , 52 - 59 .
- [ 9 ] 张健 孙满昌 钱卫国 等. 张网渔具选择性模型的探讨[ J ]. 海洋渔业 , 2004 , 26 ( 1 ) : 1 - 8 .
- [ 10 ] 孙满昌 张健 钱卫国 等. 张网渔具选择性研究中网次间差异的探讨[ J ]. 集美大学学报自然科学版 , 2003 , 8 : 322 - 328 .
- [ 11 ] 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 , 24 ( 4 ) : 64 - 68 .
- [ 12 ] Fryer R . A Model of the Between- haul Variation in Selectivity[ J ]. ICES J Mar Sci , 1991 ( 48 ) : 281 - 290 .
- [ 13 ] Millar R B . Estimation the size-selectivity of fishing gear by condition to trouser trawls[ J ]. J. Amer. Stat. Assoc , 1992 , 87 : 962 - 968 .
- [ 14 ] Wileman D A , Ferro R S , Fonteyne R , et al . Manual of Methods of Measuring the Selectivity of Towed Fishing Gears[ R ]. ICES Cooperative Research Report No 215 , 1996 .
- [ 15 ] Millar R B , Fryer R J . Estimating size-selection curves of trawls , traps , gillnets and hook[ J ]. Rev Fish Biol Fish , 1999 , 9 : 89 - 116 .
- [ 16 ] Millar R B , Walsh S J . Analysis of trawl selectivity studies with an application to trouser trawl[ J ]. Fish Res , 1992 , 13 : 205 - 220 .
- [ 17 ] 西内修一. ケガニかごの漁獲選擇性に関する研究[ J ]. 北水試研報 , 2003 , 64 ( 1 ) : 1 - 103 .
- [ 18 ] 梁振林 葛长宇 刘英光. 国外渔具选择性研究进展[ J ]. 青岛海洋大学学报 , 2001 , 31 : 835 - 841 .
- [ 19 ] Tokai T . Maximum likelihood parameter estimates of a mesh selectivity logistic model through SOLVER on MS-Excel[ J ]. Bull Jpn Fish Oceanogr , 1997 , 61 ( 3 ) : 288 - 298 .
- [ 20 ] Suuronen P , Millar R B . Size selectivity of diamond and square mesh codends in pelagic herring trawls : only small herring will notice the difference [ J ]. Can J Fish Aquat Sci , 1992 , 49 : 2104 - 2117 .
- [ 21 ] 杨咨 谭永光 张旭丰. 南海底拖网方、菱形目网囊选择性研究[ J ]. 湛江海洋大学学报 , 2002 , 22 ( 3 ) : 19 - 25 .
- [ 22 ] Walsh S J , Millar R B , Cooper C G , et al . Codend selection in American place : diamond versus square mesh[ J ]. Fish Res , 1992 , 13 : 235 - 254 .
- [ 23 ] Robertson J H . The effect of trawl codend design on selection characteristics[ A ] , Proceedings of the World Symposium on Fishing Gear and Fishing Vessels[ C ]. Marine Institute , St. Johns , Canada , 1989 , 48 - 51 .
- [ 24 ] Graham N , Kynoch R J . Square mesh panels in demersal trawls : some data on haddock selectivity in relation to mesh size and position[ J ]. Fish Res , 2001 , 49 : 207 - 218 .
- [ 25 ] 藤石昭生. 網目選擇性に関する理論的研究 I - 曳網類の理論選擇性曲線について[ J ]. 下關水産大學校研究報告 , 1973 , 22 ( 1 ) : 1 - 28 .
- [ 26 ] 藤石昭生. 網目選擇性に関する理論的研究 II - 曳網類の理論選擇性曲線の推定法[ J ]. 下關水産大學校研究報告 , 1974 , 22 ( 3 ) : 177 - 198 .
- [ 27 ] 藤石昭生. 網目選擇性に関する理論的研究 IV - 魚體の肥満度 ( K ) 體魚體斷面形狀の偏平度 (  $\epsilon$  ) の換算および影響[ J ]. 下關水産大學校研究報告 , 1975 , 24 ( 1 ) : 23 - 35 .
- [ 28 ] 梁振林 堀川博史 時村宗春 等. 底曳網の網目選擇性に及ぼす魚體橫斷面形狀の影響[ J ]. 日本水産學會誌 , 1999 , 65 : 441 - 447 .
- [ 29 ] 何大仁 蔡厚才. 鱼类行为学[ M ]. 福建 : 厦门大学出版社 , 1998 . 320 - 326 .