

分隔网片对桁拖网鱼类渔获的分隔效率研究¹

张健^{1,2}, 孙满昌¹, 叶旭昌^{1,2}, 彭永章³, 钱卫国^{1,2}

1. 上海水产大学海洋学院, 上海 (200090)

2. 上海市高校大洋生物资源开发和利用重点实验室, 上海 (200090)

3. 江苏省启东市海洋与渔业局, 江苏启东 (226200)

E-mail: mcsun@shfu.edu.cn

摘 要: 为实现桁拖网渔具的渔获分离, 在吕四渔场进行了 2 个航次的网片分隔试验。试验中, 在不同网囊中安装网目尺寸分别为 60mm、75mm 和 90mm 的菱形网目网片, 将网囊分为上下 2 层 (下层称为鱼囊、上层称为虾囊) 以实现渔获分离。试验结果显示, 随着分隔网片网目尺寸的增大, 鱼囊中鱼类 (短吻舌鲷 (*Cynoglossus abbreviatus*))、小黄鱼 (*Pseudosciaena polyactis*) 和棘头梅童鱼 (*Collichthys lucida*) 渔获重量占鱼类总渔获重量比例逐渐下降; 利用分隔装置效率分析模型对不同鱼类的渔获体长分布数据进行拟合, 结果表明: (1) 同一种类接触不同网目尺寸分隔网片的概率没有显著的差异; (2) 短吻舌鲷和小黄鱼 (包括棘头梅童鱼) 接触分隔网片的概率曲线有着明显的区别, 表明上述 2 种鱼类在网囊中的行为差异很大; (3) 随着分隔网片网目尺寸的增大, 分隔网片对鱼类个体的尺寸选择性也逐渐增大, 导致了分隔效率降低; (4) 多囊桁拖网各网囊的鱼类渔获重量不存在显著性差异, 各网囊的作业强度相等; (5) 分隔网片与相同网目尺寸的网囊网目选择性具有明显的差异, 并对产生这一差异的原因进行了探讨。

关键词: 桁拖网; 分隔网片; 分隔效率; 短吻舌鲷、小黄鱼、棘头梅童鱼

0. 前言

桁拖网渔业渔获对象复杂, 且网囊网目过小, 渔获中经济鱼类幼鱼较多^[1, 2]; 前期研究表明, 仅通过改变网目结构和网目尺寸难以实现渔具对捕捞对象的选择性捕捞^[3]; 开展分隔式桁拖网研究, 实现不同种类的渔获分离, 对于改善渔具作业性能、提高目标种类渔获质量^[4, 5]以及选择性捕捞均有重要的意义。

分隔网片是实现拖网渔获分离的主要装置之一。如 20 世纪 60、70 年代挪威在长额虾 (*Pandalus borealis*) 拖网渔业中使用垂直分隔网片和 HH 型分隔网片实现鱼类兼捕释放^[6, 7]; 20 世纪 80 年代, 英国在海螯虾 (*Nephrops norvegicus*) 拖网渔业中, 利用水平分隔网片有效实现了渔获分离^[7, 8], 在这一研究基础上, Engås *et al.* 在挪威的捕鱼拖网中也设计开发了水平分隔网片实现不同鳕鱼的分离^[9], 而 Compas 和 Fonseca 在虾拖网渔业中, 利用倾斜和水平相结合的分隔网片实现了虾类和鱼类的分离^[5]。

在桁拖网网囊中安装倾斜分隔网片可实现鱼类和虾类的渔获分离^[10, 11], 但早期研究缺乏必要的定量分析。为深入分析分隔式桁拖网渔具的分隔效率, 笔者于 2005 和 2006 年在吕四渔场开展了不同网目尺寸分隔网片的海上生产试验。本文利用分隔装置性能评价模型, 分析此次海上试验中分隔网片对主要鱼类的分隔效率及分隔网片的分隔原理, 为进一步改进分隔网片结构和安装等提供依据。

¹ 本课题得到国家科技支撑计划 (2006BAD09A05); 教育部高等学校博士学科点专项科研基金 (20050264004); 上海市重点学科建设项目 (T1101) 的资助。

1. 材料与方法

1.1 作业时间、海域、试验渔船及渔具

海上生产试验共进行了 2 个航次（每个航次 5 个有效网次，共计 10 个网次）。第 1 航次试验时间为 2005 年 10 月 29 日至 11 月 5 日，作业渔场位置为 32°15'N~32°39'N、121°38'E~122°30'E；试验渔船为“苏常渔 02121”号，该船全长 33.0m，型宽 6.4m，排水量 130t，主机功率 205kW；试验网具如图 1 所示，配备桁杆长度为 32.0m，网具拉直长度为 16.0m，装配 8 个网囊。第 2 航次试验时间为 2006 年 9 月 1 日至 9 月 7 日，作业渔场位置为 32°42'N~33°02'N、122°12'E~122°31'E；试验渔船为启东市渔船“苏启渔 1207”号，该船全长 23.5m，型宽 4.5m，排水量为 52t、主机功率 120kW；试验网具如图 2 所示，配备桁杆长度为 22.0m，网具拉直长度为 15.9m，装配 6 个网囊。网次作业时间在 3.25-4.50h 之间；拖速 2.1-2.9kn；渔场底质为泥沙质。

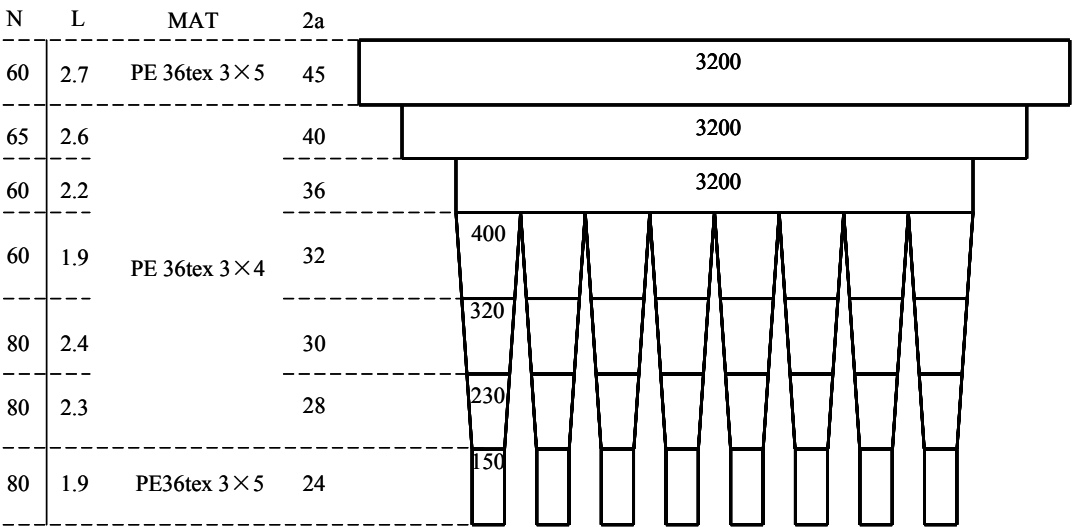


图 1 第 1 航次试验网图

Fig1 Net drawing of the beam trawl used in the 1st sea trial

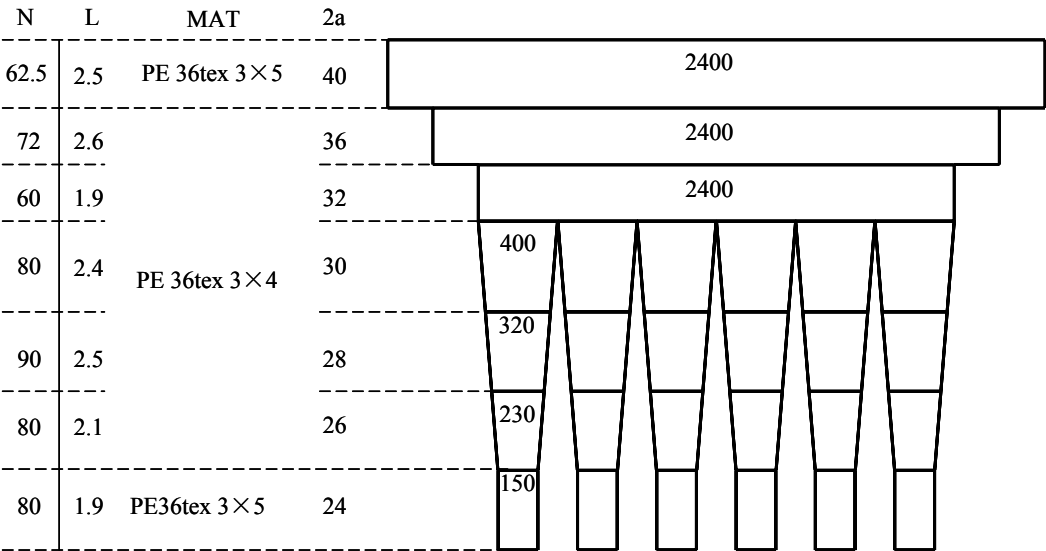


图 2 第 2 航次试验网图

Fig2 Net drawing of the beam trawl used in the 2nd sea trial

1.2 分隔网片的设计和安装

选用3种网目尺寸（菱形网目 60mm、75mm 和 90mm，网线材料为 PE3×5）梯形网衣作为分隔网片（网片规格如表 1 所示）。经剪裁加固后，梯形分隔网片的宽边缝合于网身第 2 和第 3 网片连接处的背网上，背网网衣的横向缩结系数取 0.25，分隔网片的横向缩结系数取 0.50。分隔网片窄边的两端固定在网身和网囊缝合处，并以高度比 3: 2 将网身后缘为上下 2 个部分，分隔网片窄边连接矩形小网目网片（材料 PE36tex3×4，网目尺寸 15mm）。分隔网片的侧边则均匀地绕缝于网身两侧网衣上。在实践中发现，由于分隔网片缩结系数较背网网衣大，因此在一定的水流作用下，背网向上鼓起，形成一个较大的空间，而分隔网片和小网目矩形网片将网身的一部分和网囊分为上下 2 层（上层为虾囊、下层为鱼囊）。分隔网片的安装及作业原理如图 3 所示。为节省试验成本、降低试验系统误差，在单一网次中进行不同网目尺寸分隔网片的试验，不同分隔网片安装位置如表 1 所示。试验网囊材料与原网囊一致，网目尺寸为 24.62mm（标准偏差为 0.52）。为尊重渔民的意见，在网囊的腹网上安装加固网衣以防网衣破裂、并在虾囊和鱼囊的前端安装漏斗网（俗称“倒须”），阻止进入网囊的个体逃出网囊。

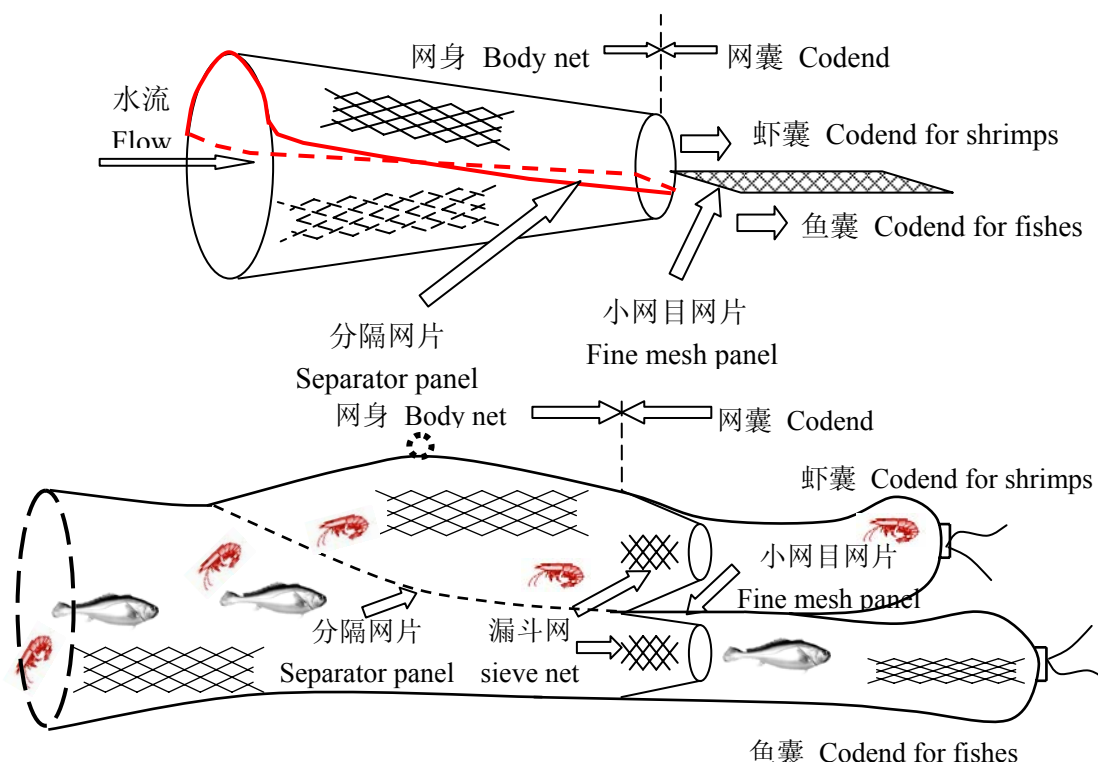


图 3 分隔网片作业原理及装配方法
Fig 3 Separating principle and rigging of separator panel

表 1 分隔网片规格
Tab 1 Specification of the separator panel

航次 Trial	分隔网片所在 网囊 Codens for panels	网目尺寸/mm Mesh size			网片规格/◇ Dimension of panel		
		名义值 Nominal	实测均值 Actual	标准差 S.D.	横向 1 Crosswise1	横向 2 Crosswise2	纵向 Lengthways
1	2	60	62.34	1.20	64	21	122
	4	75	76.81	1.51	51	17	98
	6	90	93.42	0.99	43	14	82
2	2	60	62.34	1.20	60	18	131
	3	75	76.81	1.51	48	15	105
	5	90	93.42	0.99	40	12	88

试验中,起网后首先对鱼囊和虾囊的渔获分别进行分类,并对主要渔获种类进行称重。然后以 1/2 的取样比例对主要鱼类进行随机取样,测量取样渔获的个体体长,按 1cm 的间隔分组。

1.3 分隔效率分析方法

张健和孙满昌根据分隔网片的作业原理,结合 SELECT 模型,认为从鱼囊中取样的渔获个体数量 c_{1i} 应服从二项分布^[12]

$$c_{1i} \sim \text{Bio}(c_i, \phi_i) \quad (1)$$

其中: c_i —被鱼囊和虾囊取样渔获总和, $c_i = c_{1i} + c_{2i}$, c_{2i} 为从虾囊中取样的渔获个体数量; ϕ_i —试验条件下分隔网片的分隔效率,且

$$\phi_i = \frac{c_{1i}}{c_{1i} + c_{2i}} = \frac{q_{1i} \cdot (p_i \cdot S_i + 1 - p_i) \cdot R_{1i}}{q_{1i} \cdot (p_i \cdot S_i + 1 - p_i) \cdot R_{1i} + q_{2i} \cdot p_i \cdot (1 - S_i) \cdot R_{2i}} \quad (2)$$

其中: q_{1i}, q_{2i} —鱼囊和虾囊对体长为 l_i 的渔获个体取样比例; R_{1i}, R_{2i} —鱼囊和虾囊对体长为 l_i 的渔获个体的尺寸选择性; 分隔网片对体长为 l_i 的个体的选择性 S_i 为

$$S_i = \frac{\exp(a + b \cdot l_i)}{1 + \exp(a + b \cdot l_i)} \quad (3)$$

体长为 l_i 的个体接触分隔网片的概率 p_i 为

$$p_i = \frac{\exp(\alpha + \beta \cdot l_i)}{1 + \exp(\alpha + \beta \cdot l_i)} \quad (4)$$

其中: $\theta = (a, b, \alpha, \beta)^T$ 为模型参数。使用选择性参数和接触概率参数 $(L_{50S}, SR_S, L_{50p}, SR_p)^T = f(\theta)$ 表征分隔网片的选择性曲线和个体的接触概率曲线。

参数估计使用极大似然估计法,并利用 Fisher 信息矩阵及 delta 法估算参数的方差^[13]; 使用模型拟合的残差服从 χ^2 分布判断模型拟合优劣性^[14, 15]。

考虑到航此间的差异,在对联合航次所获得的渔获数据进行模型拟合时,利用过渡离散的重叠估计 (Replication estimation of overdispersion, REP) 方法来考虑阶段间差异对参数估

计的影响^[14, 16]。

2. 结果与分析

2.1 主要鱼类渔获的体长分布

不同作业航次的鱼类渔获种类存在差异：在第 1 航次试验中，鱼类渔获主要以短吻舌鳎（*Cynoglossus abbreviatus*）为主；在第 2 阶段中，除短吻舌鳎以外，小黄鱼（*Pseudosciaena polyactis*）和棘头梅童鱼（*Collichthys lucida*）的渔获数量也较多；而其它鱼类（包括灰鲈 *Pampus cinereus*、带鱼 *Trichiurus haumela* 等）渔获较少，取样后的渔获数量不足以完成模型分析；因此本文仅分析分隔网片对小黄鱼、棘头梅童鱼和短吻舌鳎的分隔效率。在进行数据分析时，将小黄鱼和棘头梅童鱼作为同种鱼类进行分析，因为这 2 种鱼类体型和行为习性相似，而且渔获数据的累加可以增加渔获数量、拓宽体长范围，降低模型拟合的不确定性、减小模型参数估计值的标准差。

安装不同网目尺寸分隔网片的鱼囊和虾囊中鱼类重量及鱼囊渔获所占比重（=鱼囊鱼类重量/鱼类渔获总重）如表 2 所示；虾囊和鱼囊中的短吻舌鳎、小黄鱼和棘头梅童鱼的渔获体长分布如图 4 和图 5 所示（短吻舌鳎体长分布为 10 个网次渔获累加，小黄鱼和棘头梅童鱼体长分布为第 2 阶段 5 个网次渔获累加）。

表 2 鱼囊和虾囊中虾类渔获重量及鱼囊渔获比重
Tab 2 Catch weights of different codends and catch ratio of codends for fishes

网目尺寸 /mm Mesh size	航次 Trial	短吻舌鳎 <i>Cynoglossus abbreviatus</i>			小黄鱼和棘头梅童鱼 <i>Pseudosciaena polyactis</i> and <i>Collichthys lucida</i>		
		鱼囊/kg	虾囊/kg	虾囊比重	鱼囊/kg	虾囊/kg	虾囊比重
		Fish codend	Shrimp codend	Proportion of shrimp codend	Fish codend	Shrimp codend	Proportion of shrimp codend
60	1	3.26 (0.47)	0.24 (0.06)	0.93 (0.01)	1.67 (0.23)	0.28 (0.04)	0.85 (0.03)
	2	3.98 (0.70)	0.42 (0.05)	0.90 (0.01)	2.17 (0.22)	0.50 (0.08)	0.81 (0.01)
75	1	2.69 (0.65)	0.38 (0.07)	0.88 (0.01)	1.48 (0.28)	0.49 (0.08)	0.75 (0.05)
	2	4.68 (1.04)	0.69 (0.16)	0.87 (0.03)	2.26 (0.48)	0.75 (0.12)	0.75 (0.05)
90	1	2.33 (0.27)	0.49 (0.07)	0.83 (0.02)	1.19 (0.22)	0.73 (0.16)	0.62 (0.03)
	2	3.93 (0.45)	0.90 (0.21)	0.81 (0.06)	1.84 (0.16)	0.99 (0.24)	0.65 (0.07)

2.2 分隔网片的分隔效率

根据网具装配的实际情况，鱼囊和虾囊使用了相同网目的网囊，因此鱼囊和虾囊对鱼类个体应具有相同的尺寸选择性（即 $R_{1i} = R_{2i}$ ）；根据渔获的取样方法（不同网囊、不同大小个体的取样比例一致）， $q_{1i} = q_{2i}$ ，因此分隔网片的分隔效率 ϕ_i （公式 2）可简化为 $\phi_i = p_i \cdot S_i + 1 - p_i$ 。结合选择性曲线和接触概率曲线方程，使用模型（公式 1）对短吻舌鳎、小黄鱼和棘头梅童鱼的渔获体长分布进行拟合；模型拟合情况、模型参数的极大似然估计值、选择性参数、接触概率参数估计值及其标准差如表 3 所示。

从表 3 可以看出，模型对渔获体长分布数据拟合较好（ $p > 0.05$ ），对于短吻舌鳎，航

次间存在差异，模型参数、选择性参数及接触概率参数估计值的标准差均乘以 \sqrt{REP} 。

不同网目尺寸分隔网片对短吻舌鳎、小黄鱼和棘头梅童鱼的选择曲线 S_i 、个体接触分隔网片的概率曲线 p_i 及分隔网片的分隔效率曲线 ϕ_i （这里使用了 $1-\phi_i$ 表示）如图 6 和图 7 所示。

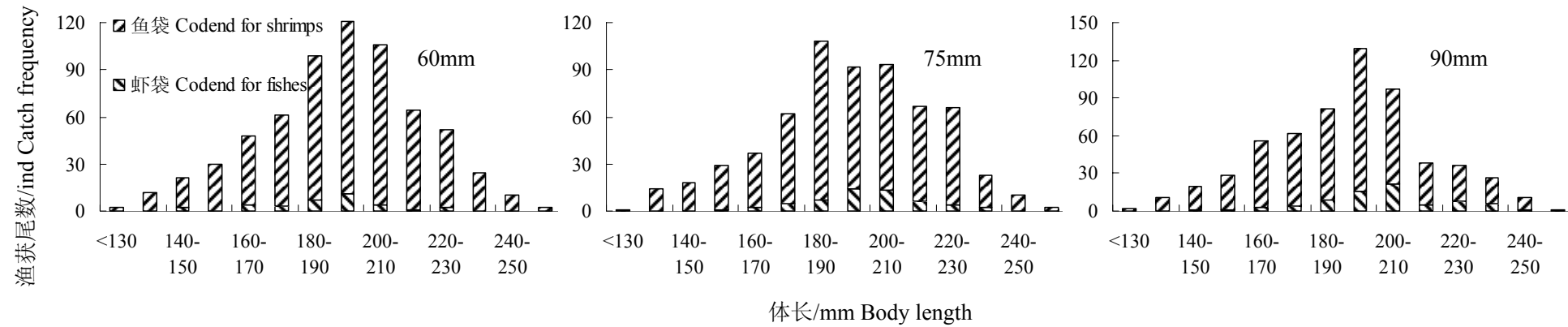


图 4 鱼囊和虾囊捕获的短吻舌鳎渔获体长分布
Fig 4 Size frequency of *Cynoglossus abbreviatus* caught by different codends

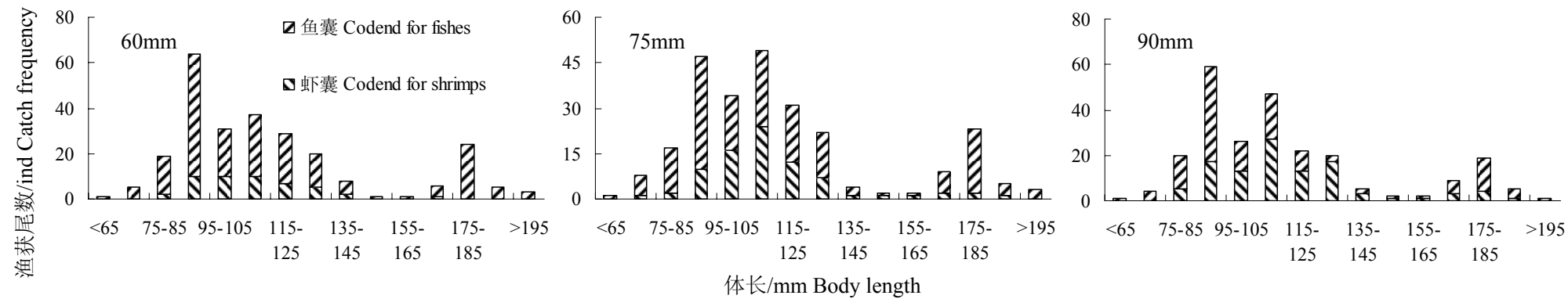


图 5 鱼囊和虾囊捕获的小黄鱼和棘头梅童鱼渔获体长分布
Fig 5 Size frequency of *Pseudosciaena polyactis* and *Collichthys lucida* caught by different codends

表 3 模型拟合及模型参数、选择性参数、接触概率参数估计值

Tab 3 Result of model fit and estimates of model parameters, selectivity parameters and encounter probability

渔获种类 Species		短吻舌鲷 <i>Cynoglossus abbreviatus</i>			小黄鱼和棘头梅童鱼 <i>Pseudosciaena polyactis</i> and <i>Collichthys lucida</i>		
网目尺寸/mm Mesh size		60	75	90	60	75	90
模型参数 Model estimates	\hat{a}	-10.06 (18.68)	-17.07 (15.66)	-19.10 (31.87)	-4.49 (3.57)	-3.13 (1.20)	-14.76 (14.01)
	\hat{b}	0.06 (0.08)	0.08 (0.07)	0.08 (0.13)	0.04 (0.02)	0.03 (0.01)	0.08 (0.08)
	$\hat{\alpha}$	-12.48 (10.31)	-12.47 (7.76)	-9.07 (4.78)	-10.36 (6.70)	-11.57 (3.86)	-4.62 (1.32)
	$\hat{\beta}$	0.06 (0.08)	0.06 (0.05)	0.04 (0.03)	0.10 (0.08)	0.12 (0.04)	0.04 (0.01)
选择性参数 Selectivity parameters	L_{50S}	163.76 (91.03)	202.08 (31.48)	231.74 (27.05)	101.59 (25.70)	112.28 (10.86)	160.44 (7.08)
	SR_S	35.75 (46.70)	26.02 (20.04)	26.66 (41.90)	49.73 (27.64)	78.91 (24.57)	34.65 (13.20)
接触概率参数 Contact probability parameters	L_{50p}	194.28 (85.36)	220.06 (44.87)	241.77 (46.48)	99.44 (14.62)	93.12 (4.02)	103.01 (3.76)
	SR_p	34.22 (42.42)	38.77 (31.85)	58.57 (41.84)	21.10 (16.51)	17.68 (6.25)	35.80 (9.39)
模型拟合 Model fit	模型残差 Residuals	5.791	3.918	4.295	2.950	5.316	3.873
	自由度 $d.f.$	7	7	8	8	5	4
	p	0.564	0.789	0.830	0.937	0.379	0.424
航次间差异 Between-trials variance	\sqrt{REP}	1.289	1.213	1.523	-	-	-
	p 值	0.0047	0.0343	<0.0001	-	-	-

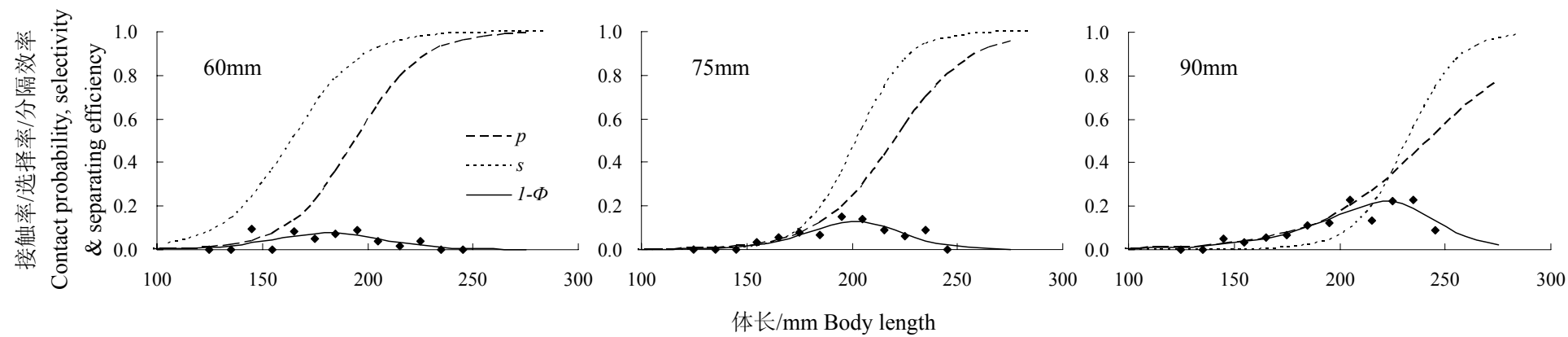


图 6 不同分隔网片对短吻舌鳎的选择曲线、接触概率曲线及分隔效率曲线
Tab 6 Selectivity curves, encounter probability curves and separating efficiency curves for *Cynoglossus abbreviatus*

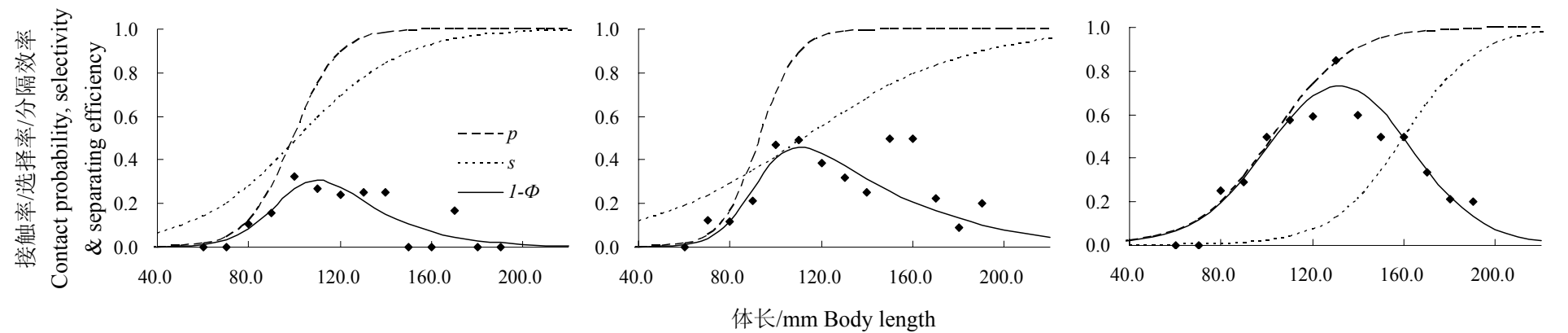


图 7 不同分隔网片对小黄鱼和棘头梅童鱼的选择曲线、接触概率曲线及分隔效率曲线
Tab 7 Selectivity curves, encounter probability curves and separating efficiency curves for *Pseudosciaena polyactis* and *Collichthys lucida*

3. 讨论

3.1 分隔效率模型的选择

模型中使用 Logistic 曲线模拟个体接触分隔网片的概率曲线和分隔网片对个体的尺寸选择性曲线, 虽然获得了较好的拟合结果, 但对于短吻舌鳎, 参数估计值的标准差较大, 表明参数具有一定的不确定性。造成不确定性的原因可能是分隔网片分隔效率模型选择不合理。为了评判分隔效率模型选择的合理性, 笔者利用 AIC 理论对本文所采用的模型和接触概率模型^[15, 17] (将个体接触分隔网片的概率假设为常数, 而使用 Richards 曲线表示分隔网片对鱼类的尺寸选择性) 进行了优劣性比较, 极大似然估计法条件下, 2 种模型的 AIC 值如表 4 所示; 从表 4 可以看出, 对于短吻舌鳎, 本文所采用模型要明显优于接触概率模型。因此笔者认为, 造成参数估计值具有不确定性的原因主要是因分隔网片对不同尺寸个体的分隔效率差异不大, 曲线相对平缓引起的; 当分隔效率随个体尺寸变化较大时 (例如小黄鱼和棘头梅童鱼), 模型参数标准差较小。

表 4 不同分隔效率模型对短吻舌鳎拟合的 AIC 值
Tab 4 AIC of models in different hypothesis of size selectivity of codends

分隔效率模型 Models for separating efficiency	分隔网片 Separator panels		
	60mm	75mm	90mm
S_i 、 p_i : Logistic 曲线	268.15	361.83	441.99
S_i : Richards 曲线; p_i : 常数	297.22	373.45	443.15

3.2 不同鱼类的行为习性

从表 3 可以看出, 无论是短吻舌鳎还是小黄鱼和棘头梅童鱼, 其接触不同网目尺寸的概率曲线 (L_{50p} 和 SR_p) 不存在显著差异 (t 检验, $p>0.05$); 这表明模型将个体的接触概率独立于网片尺寸选择性这一做法是可取的。

对比不同鱼类的分隔效率 (表 2、图 6 和图 7) 发现, 分隔网片对短吻舌鳎的分隔效果要明显优于小黄鱼和棘头梅童鱼, 主要原因可能是这 2 种鱼类在网具中的行为反应不同。对于大多数鱼类, 个体进入网具以后具有一定的定向能力和游泳能力, 但是不同种类仍具有不同的行为特性。从表 3 可以看出, 对于小黄鱼和棘头梅童鱼, 其接触分隔网片曲线较为陡峭 (SR_p 较小), 而 50% 接触概率体长 (L_{50p}) 也较小, 表明大多数个体接触到分隔网片, 这说明小黄鱼等鱼类在进入网具以后, 具有一个向上游动的行为或在网具中能保持与底部网衣 (或海底) 一定距离的行为习性; 而对于短吻舌鳎, 其接触概率曲线相对平缓, 50% 接触概率体长 (L_{50p}) 较大, 相比小黄鱼等鱼类, 其接触分隔网片的概率相对较小, 说明短吻舌鳎在网具中具有相对“贴底”的习性。虽然试验的目的是鱼类和虾类渔获分离, 但上述结果表明, 合理的分隔网片可以实现不同鱼类的渔获分隔, 例如在欧洲鱼类拖网中使用的分隔网片^[9]。

3.3 分隔网片与网囊尺寸选择性比较

根据前期研究结果^[3], 60mm、75mm 和 90mm 的菱形网目网囊对短吻舌鳎和棘头梅童鱼的选择性参数 (非试验所得, 而是利用前期研究结论推算得到) 如表 5 所示, 对比表 3

的模型拟合结果发现,分隔网片对不同鱼类的尺寸选择性明显小于相同网目尺寸菱形网目网囊的选择性。笔者认为,引起 2 者选择性差异的原因包括:(1) 从分隔网片的结构和装配来看,网具的垂直高度很低,使得分隔网片的安装倾角较小,因此可能会在分隔网片表面形成一层流速较大的“水墙”(特别是分隔网片网目尺寸较小的情况下)而对鱼类个体的行为产生视觉或者触觉刺激,进而阻止个体穿越分隔网片,对于网囊,鱼类的逃逸一般发生在网囊“灯泡型”取鱼部的前端^[18, 19],这一区域横向缩结系数较大,渔获聚居使得水流通常在这一区域穿越网目,因此个体随水流逃出网囊相对容易;(2) 分隔网片分隔效率模型 ϕ 中,网片的选择过程是独立于个体接触行为的,但有别于网囊的选择过程:一方面,分隔网片的选择过程是个体主动的,个体接触网片后其是否穿越网片仍取决于个体,但网囊的选择过程是个体被动的,Wardle 认为,个体进入网囊后,因渔获密度增大使得个体发生随即的被动逃逸行为(无方向的接触网目,企图穿越网目逃出网囊);另一方面,另外,个体接触分隔网片的概率明显小于个体接触网囊的概率,因为个体被分隔网片“选择”下来后就进入鱼囊,而个体被网囊网衣“选择”留存以后,还有机会接触网衣再次作出穿越网目的逃逸行为。

表 5 相同网目尺寸(60mm、75mm 和 90mm)的菱形网目网囊对鱼类的选择性参数

Tab 5 Selectivity parameters estimated of traditional codends with 60mm, 70mm and 95mm

渔获种类 Species	网目尺寸/mm Mesh size					
	60mm		75mm		90mm	
	L_{50}	SR	L_{50}	SR	L_{50}	SR
短吻舌鳎 <i>Cynoglossus abbreviatus</i>	164.38	51.88	202.01	63.92	245.20	77.74
小黄鱼和棘头梅童鱼 <i>Pseudosciaena polyactis</i> and <i>Collichthys lucida</i>	356.18	109.22	462.63	134.58	584.83	163.68

3.4 不同网囊相对作业强度

Millar 在建立 SELECT 模型时,将“接触联合网具的一尾个体接触某一特定网具的条件概率”定义为相对作业强度^[12](Relative fishing intensity);而在很多刺网选择性研究中,通常将其称为渔获效率^[20]。很多研究表明,不同渔具的作业强度可从其渔获数量上体现^[21]。

对于试验网具,鱼囊和虾囊的取鱼部前部安装了“倒须”阻止进入取鱼部个体返回到网囊前部,故可以认为所有进入网具的个体都进入了网囊;加之网囊结构和规格都相同,因此笔者认为不同网囊获得的渔获数据(鱼囊+网囊)可用于比较网囊相对作业强度。根据此次 2 个航次(10 个网次)的鱼类渔获重量(如表 2)比较发现,对于同一种类,单一网次不同网囊的渔获重量没有显著差异($p >> 0.05$),因此,不同网囊具有相同作业强度的假设是可以被接受的,这一结果有助于今后使用比较作业法进行桁拖网渔具选择性研究。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 孙满昌, 张健, 樊伟. 吕四渔场虾桁拖网最小网目尺寸的研究[J]. 海洋渔业, 2002, 24(3): 120-124.
- [3] 张健, 孙满昌. 桁拖网不同网目结构网囊对主要鱼类的尺寸选择性研究[J]. 上海水产大学学报, 2008, 收录.
- [4] Brewer D, Rawlinson N, Eayrs S, *et al.* An assessment of Bycatch Reduction Devices in a tropical Australian prawn trawl fishery[J]. Fisheries research, 1998, 36(2): 195-215.
- [5] Campos A, Fonseca P. The use of separator panels and square mesh windows for by-catch reduction in the crustacean trawl fishery off the Algarve (South Portugal)[J]. Fisheries Research, 2004, 69(2): 147-156.
- [6] Karlsen L, Larsen R. Progress in the selective shrimp trawl development in Norway. In: Campbell CM, editor. World Symposium on Fishing Gear and Fishing Vessels; 1989; St. Johns, Canada: Marine Institute; 1989. p. 30-38.
- [7] 张健, 孙满昌. 欧洲地区选择性虾拖网渔具研究进展[J]. 大连水产学院学报, 2008, 23(1): 55-62.
- [8] Main J, Sangster G I. Trawling experiments with a two-level net to minimise the undersized gaboid by-catch in a Nephrops fishery[J]. Fisheries Research, 1985, 3: 131-145.
- [9] Engås A, Jørgensen T, West C W. A species-selective trawl for demersal gadoid fisheries[J]. ICES Journal of Marine Science, 1998, 55(5): 835-845.
- [10] 孙满昌, 姚来富. 桁拖网作业中鱼虾分隔的初步试验研究[J]. 海洋渔业, 1998, 20(3): 111-115.
- [11] 樊伟, 孙满昌. 桁拖网作业中鱼虾分隔效果的试验研究[J]. 海洋渔业, 2000, 22(3): 106-109.
- [12] Millar R B. Estimation the size-selectivity of fishing gear by conditioning on the total catch[J]. Journal of the American Statistical Association, 1992, 87: 962-968.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] Tokai T, Omoto S, Sato R, *et al.* A method of determining selectivity curve of separator grid[J]. Fisheries Research, 1996, 27(1-3): 51-60.
- [18] Fonteyne R, M'Rabet R. Selectivity experiments on sole with diamond and square mesh codends in the Belgian coastal beam trawl fishery[J]. Fish Res, 1992, 13: 221-233.
- [19] Roberston J H B. The effect of trawl condend design on selection characteristics. In: Campbell CM, editor. World Symposium on Fishing Gear and Fishing Vessels; 1989; St. Johns, Canada: Marine Institute; 1989. p. 48-51.
- [20] 张健, 孙满昌. 刺网渔具选择性研究进展[J]. 中国水产科学, 2006, 13(6): 1040-1048.
- [21] Xu X, Millar R B. Estimation of trap selectivity for male snow crab (*Chionoecetes opilio*) using the SELECT modeling approach with unequal sampling effort[J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1993, 50(11): 2485-2490.

Research on separating efficiency of separator panels rigged in beam trawls for fishes

ZHANG Jian^{1,2}, SUN Manchang¹, YE Xuchang^{1,2}, PENG Yong-zhang³, QIAN Weiguo^{1,2}

1. College of Marine Science & Technology, Shanghai Fisheries University, Shanghai (200090)

2. The Key Laboratory of Shanghai Education Commission for Oceanic Fisheries Resources Exploitation, Shanghai (200090)

3. Ocean and Fishery Bureau of Qidong City, Jiangsu Province, Qidong (226200)

Abstract

In order to separate fishes from shrimps catch caught by beam trawl with several codends fishing in offshore of the East China Sea, experiments in 2 sea trials, in which separator panels were used as separating devices, have been carried out in Lvsu Fishing Ground. Inclined separator panels with different mesh size (nominal mesh size 60mm, 75mm and 90mm, respectively) divided the codends into 2 levels (upper section named after codends for shrimps and lower section named after codends for fishes). The results showed that the proportions of fishes (little yellow croaker *Pseudosciaena polyactis*, spinyhead croaker *Collichthys lucida* and shortnose tongue-sole *Cynoglossus abbreviatus*) catch weights of codends for fishes decreased with the increase of mesh sizes of separator panels. A model for separating efficiency assessment was been fitted to the size frequency of fishes mentioned above, which demonstrated that: (1)Probability curves of contacting different separator panels were not significantly different for any fish specie; (2) Probability curves of contacting the same separator panels were different significantly between fishes, which means the responding behaviors of *Cynoglossus abbreviatus* and *Pseudosciaena polyactis* (*Collichthys lucida* included) in trawl are different; (3)With the increase of mesh sizes size selectivity for fishes was increased, which resulted in the decrease of separating efficiency of separator panels; (4) The relative fishing powers (or fishing efficiency) of different codends rigged in different position were not considered different according to catch weights of different fish species; (5)The significant difference between size selectivity of codends and separator panels was been found and the reason for the difference was been discussed.

Keywords: beam trawl; separator panels, separating efficiency; *Cynoglossus abbreviatus*; *Pseudosciaena polyactis*, *Collichthys lucida*

作者简介: 张健 (1979-), 男, 讲师, 研究方向为渔具选择性。