河南农业科学,2016,45(7):127-131
Journal of Henan Agricultural Sciences
doi:10.15933/j.cnki.1004-3268.2016.07.026

小黄鱼单层流刺网网目选择性研究

王德虎[1,2],黄洪亮[2*],李灵智[2],屈泰春[2],齐广瑞[2],宋学锋[1,2]
(1.上海海洋大学 海洋科学学院,上海 201306; 2.中国水产科学研究院 东海水产研究所/农业部东海与远洋渔业资源开发利用重点实验室,上海 200090)

摘要:为研究小黄鱼单层流刺网的选择性,以期提出小黄鱼单层流刺网的最小网目,利用2014年10月22日—11月25日在南黄海启东地区获得的小黄鱼单层流刺网捕捞小黄鱼渔获数据,运用多峰选择性曲线模型对小黄鱼刺网的选择性进行估算。根据小黄鱼刺网的选择性曲线,得出35、40、45、50、55 mm 5种网目通过刺挂和缠绕2种捕获方式的最适捕捞体长分别为67 mm和139 mm、77 mm和159 mm、87 mm和179 mm、97 mm和199 mm、107 mm和219 mm。用泊松分布检验多峰模型的拟合度,对模型进行误差分析,采用似然比卡方进行拟和优度检验。结果显示,卡方值与自由度的比值为1.39,接近于1,表明模型拟合较好。理论上,55 mm刺网中的幼鱼比例为22%,明显低于其他网目刺网中幼鱼的比例。55 mm刺网有效增加了小黄鱼幼鱼的释放量,有利于保护小黄鱼渔业资源,建议将小黄鱼单层流刺网最小网目设为55 mm。

关键词:单层刺网;小黄鱼;选择性;最小网目
中图分类号:S972　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:1004-3268(2016)07-0127-05

Single Gillnet Mesh Selectivity for *Pseudosciaena polyactis*

WANG Dehu[1,2],HUANG Hongliang[2*],LI Lingzhi[2],QU Taichun[2],QI Guangrui[2],SONG Xuefeng[1,2]
(1. Institute of Marine Science,Shanghai Ocean University,Shanghai 201306,China; 2. East China Sea Fisheries Research Institute,Chinese Academy of Fishery Science/Key Laboratory of East China Sea and Offshore Fishing Resource Development and Utilization,Department of Agriculture,Shanghai 200090,China)

Abstract: In order to determine the minimum mesh size of the *Pseudosciaena polyactis* gillnet, the selectivity of the single gillnet was studied. Bimodal curve model was used to analyze the length distribution data collected by the single gillnet in the coastal water of Southern Yellow Sea in Qidong region from October 22 to November 25 in 2014. The reasonable catching length of 35,40,45,50,55 mm mesh size through gilled and wedged was 67 mm and 139 mm,77 mm and 159 mm,87 mm and 179 mm, 97 mm and 199 mm, 107 mm and 219 mm according to the selectivity curve of the gillnet for *Pseudosciaena polyactis*. Here the Poisson equation and the likelihood ratio chi-square were used to check the error and the goodness of the fit. The results showed that the ratio of the chi-square value to the degrees of freedom was 1.39, close to 1, indicating that the model fit better. Based on the result of the experiment, the juvenile fish percentage of 55 mm mesh size gillnet was 22%, which did better to the release of the juvenile fish. Taking into account the needs of production, here the minimum mesh size was made 55 mm. The minimum mesh size was more conducive to *Pseudosciaena polyactis* fishery resources conservation and rational use.

Key words: single gillnet; *Pseudosciaena polyactis*; selectivity; the minimum mesh

收稿日期:2015-12-02
基金项目:公益性行业(农业)科研专项(201203018)
作者简介:王德虎(1988-),男,山东泰安人,在读硕士研究生,研究方向:渔具的选择性。E-mail:omgwdh@163.com
*__通讯作者__:黄洪亮(1964-),男,上海人,研究员,本科,主要从事海洋渔业与渔业工程的研究。E-mail:ecshhl@163.com

小黄鱼为暖水性鱼类,隶属于鲈形目、鲈亚目、石首鱼科、黄鱼属,为硬骨鱼类[1],广泛分布于我国的渤海、黄海、东海海域,以及朝鲜半岛的西部等亚热带水域[2],栖息水层为近底层,是经济价值较高的经济鱼种。小黄鱼是中国、日本和韩国的主要捕捞对象,目前以我国的利用渔获量较高[3]。由于人们前几十年高强度的捕捞和其他人类活动(海洋工程、海洋污染等)对鱼类生活、产卵场的影响,导致小黄鱼出现性成熟提前、低龄化严重的现象,资源正逐步衰退。因此,控制捕捞强度、规范渔业管理是目前近海渔业发展的重要任务。现在国内对于小黄鱼资源的研究,主要集中于应用数据模型对小黄鱼进行生物资源量的评估[4-8],小黄鱼时空分布特征及小黄鱼形态、资源动态等[9-15],随着大功率船舶和网具作业数量的增加,对小黄鱼现有资源量构成了严重威胁。单层刺网是一种具有高度选择性的网具[16-17],为捕捞小黄鱼(*Pseudosciaena polyactis*)的主要网具[18-19]。为促进小黄鱼资源的持续健康利用,应从进行捕捞生产的网具着手,合理控制小黄鱼刺网的网目尺寸,以期为小黄鱼资源的长久可持续利用和渔业法规的完善提供依据。

1 材料和方法

1.1 供试渔船与网具

供试渔船为苏如渔 02309,主机功率 184 kW, 总吨位 80 t,船舶全长 32 m,船型宽 6 m。试验网具为小黄鱼单层刺网,网具材料为聚乙烯单丝,线径为 0.2 mm;单片刺网缩结长度为 20 m,单片网衣长 30 m,网高 6 m。供试网具分别由 35、40、45、50、55 mm 的 5 种网目组成。

1.2 试验时间与海域

数据采集时间为 2014 年 10 月 22 日—11 月 25 日,试验海域为南黄海,作业范围为 32°02′~33°16′N、123°25′~123°54′E(图 1)。

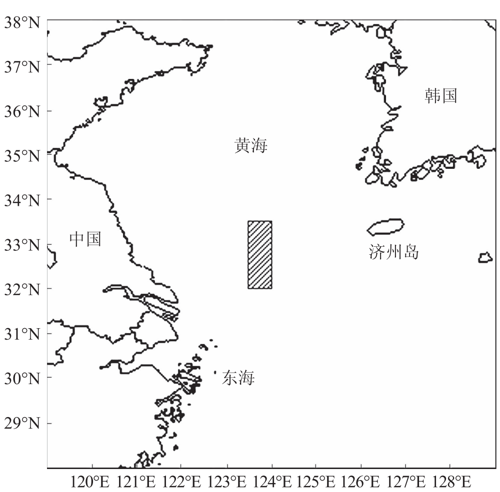


图 1 试验海域(矩形海区为进行试验的区域)

1.3 试验方法

作业时网具浸泡 2~5 h。每种试验网具数量为 10 片,根据网目尺寸的不同,将网具分开;然后将网具按网目从小到大依次连起来,相同网目的网具装配完成 10 片后,连接下一网目的 10 片网衣,直到连到 55 mm 网衣,然后用网具进行小黄鱼选择性试验。

现场采集试验网具的所有渔获物,分别记录每种规格网衣的渔获种类及数量、质量。对小黄鱼样品进行生物学测定,包括小黄鱼的体长、体质量、刺挂处周长等,并记录小黄鱼的渔获方式。根据采集的小黄鱼体长数据,以 10 mm 为间隔对各个网目尺寸的刺网体长数据进行分组统计,统计体长分布频率。对各个网目尺寸的小黄鱼刺网中的幼鱼数量进行统计。根据文献[15]的方法,将 1 龄鱼以下规定为幼鱼,其对应体长为 170 mm,本研究中将 165 mm 体长以下的小黄鱼定义为幼鱼。绘制各刺网中小黄鱼的幼鱼数量与网目尺寸之间的关系图,并对小黄鱼幼鱼占网具渔获中小黄鱼捕捞总量的百分率进行统计。

1.4 选择性研究方法

刺网的渔获方式包括刺挂、契入、缠绕等,当网具以不同的渔获方式捕捞目标时,多峰概率分布的选择性曲线可以很好地估算网具的选择性,其被认为是每一种单独的渔获方式选择曲线的叠加[20-22]。当网衣对目标种类的渔获方式有 2 种时,其选择性公式如下:

$$S(R_{ij}) = \frac{1}{\delta}\left\{\exp\left[-\frac{(R_{ij}-R_{01})^2}{2\sigma_1{}^2}\right]+\omega\left[-\frac{(R_{ij}-R_{02})^2}{2\sigma_2{}^2}\right]\right\} \quad (1)$$

式中,δ 表示为了使选择性曲线具有最大值等于 1 而设置的比例系数,R_{01}、R_{02} 表示 2 种不同的渔获方式选择性曲线众数所对应的相对体长,σ_1、σ_2 表示 2 种不同的渔获方式选择性曲线众数所对应的曲线宽度,ω 为常数。

泊松分布作为一种离散型随机概率分布,可以精确描述过度离散,且其方差与均值相等。由于受小黄鱼的集群行为的影响,选择性的误差结构除具有随机性外,还可能出现过度离散,假设小黄鱼的集群行为导致的误差结构服从泊松分布,那么观察值的误差[23]为:

$$Possion(\lambda = aN_jS_{ij}) = \frac{\lambda^{C_{ij}}}{C_{ij}}e^{-\lambda} \quad (2)$$

式中,C_{ij} 表示网目尺寸为 i 的刺网捕获的体长为 j 的小黄鱼的数量,S_{ij} 表示网目尺寸为 i 的刺网对于体长为 j 的小黄鱼的选择率,a 表示捕捞系数。

渔获总概率对数似然函数[24]为:

$$\log S_{ij} = \sum_i \sum_j [C_{ij}\lambda - \log C_{ij} - \exp(\lambda)] \quad (3)$$

根据极大似然值原理，用 Excel 规划求解估算选择性模型参数，当式(3)的值为最大时的参数值即为最适估计值，其曲线为最适模型曲线。评定模型拟合优度，即进行拟合优度检验。

$$G = \sum_{i} \sum_{j} 2C_{ij}\ln\left(\frac{C_{ij}}{N_j S_{ij}}\right) \tag{4}$$

式中，G 表示检验样本分布偏离理论分布的程度，用 df 表示自由度，G/df 表示样本分布与理论分布的相似程度，G/df 的理论期望值越接近于 1，说明模型的拟合度越好。在本试验中有的网次的小黄鱼取样数量不足 5，不满足卡方检验的必然条件，为避免对检验结果造成较大影响，采用似然比卡方进行拟和优度检验[25]。

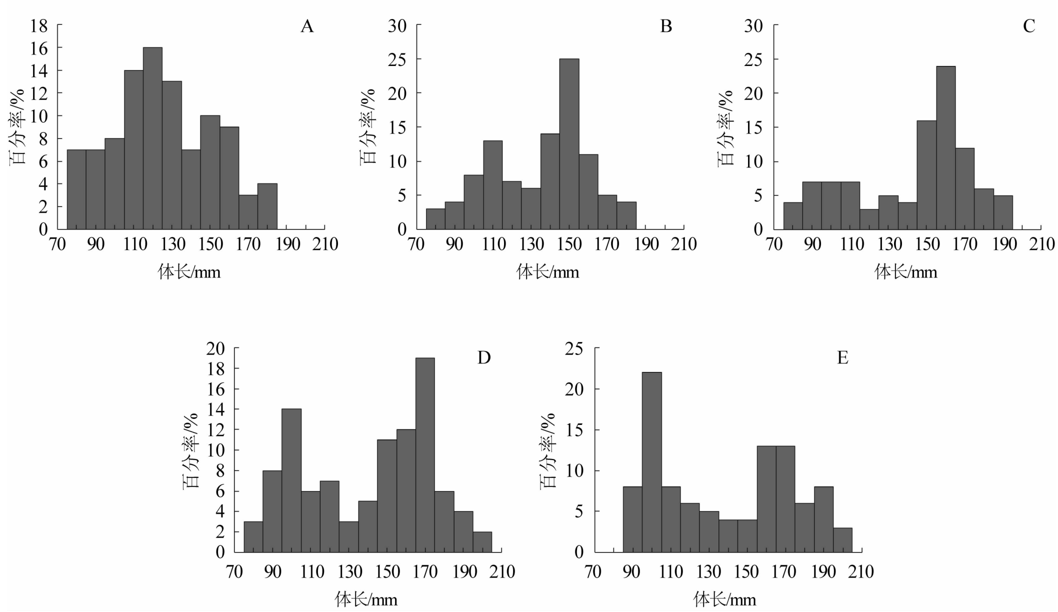
2　结果与分析

2.1　渔获种类组成

试验网具共捕获渔获物 33 种，其中鱼类 27 种、虾类 3 种、蟹类 2 种、头足类 1 种。鱼类总尾数为 2 035尾，占渔获尾数的 99.27%，虾类、蟹类、头足类仅占 0.73%。鱼类中小黄鱼是绝对优势种，尾数占鱼类总尾数的 44.23%，占渔获总质量的 33.71%。

2.2　小黄鱼体长分布情况

由图 2 可以看出，总体上各个网目尺寸的刺网捕获的小黄鱼体长分布均呈现 2 段波峰的分布，其中，35 mm 刺网中小黄鱼体长在 80 ~ 180 mm，以体长 140 mm 为左右分界；40 mm 网目的单层刺网小黄鱼体长在 80 ~ 180 mm，以 130 mm 为左右分界；45 mm 小黄鱼单层刺网捕获的小黄鱼体长分布在 90 ~ 190 mm，体长分布以 140 mm 为左右分界线；50 mm 网目尺寸刺网中体长分布范围在 80 ~ 200 mm，以 130 mm 体长为左右分界线；55 mm 网目尺寸刺网中的体长分布在 90 ~ 200 mm，以 140 mm 体长为左右峰值的分界线。



A ~ E 分别为刺网网目 35、40、45、50、55 mm

图 2　小黄鱼体长分布频率

2.3　小黄鱼刺网中幼鱼情况

从图 3 可以看出，随着网目尺寸的不断增大，捕获小黄鱼幼鱼的数量在逐渐减小，其中从 40 mm 到 45 mm 刺网中捕获的小黄鱼幼鱼数量急剧下降，45 mm到 55 mm 网目尺寸的刺网捕获小黄鱼幼鱼的数量相近。

从图 4 可以看出，当小黄鱼刺网网目尺寸是 35 mm时，幼鱼比例较高；网目尺寸是 45 mm 时，捕获的小黄鱼幼鱼比例最低；网目尺寸是 50 mm 时，幼鱼比例有所增加；网目尺寸是 55 mm 时，幼鱼所占比例与 40 mm 时幼鱼比例相同。

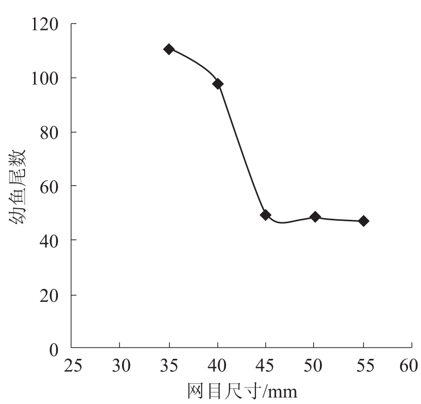


图 3　不同网目尺寸刺网中的幼鱼数量

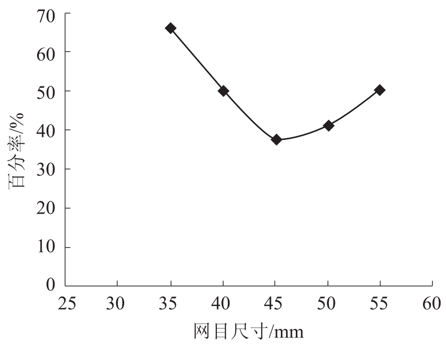


图 4 不同网目尺寸刺网中的幼鱼比例

2.4 小黄鱼选择性曲线

根据极大似然值原理，规划求解估算选择性模型参数，当式(3)值为最大时的参数值即为最适估计值，其曲线为最适模型曲线。经估算获得双峰模型如下式所示。

$$S(R_{ij}) = \exp\left[-\frac{(R_{ij}-3.976)^2}{2\times0.598}-\frac{0.174\,(R_{ij}-1.879)^2}{2\times0.072}\right]$$

在 40、45、50 mm 网目尺寸刺网中，体长约为 80 mm的小黄鱼个体观测数不足 5 个，不满足卡方检验必要条件，采用似然比卡方进行拟和优度检验获得卡方值为 71.18，自由度为 56，差异不显著，卡方值与自由度的比值为 1.39，接近于 1，表明模型拟合较好。根据双峰模型做出的试验刺网选择性曲线如图 5 所示。

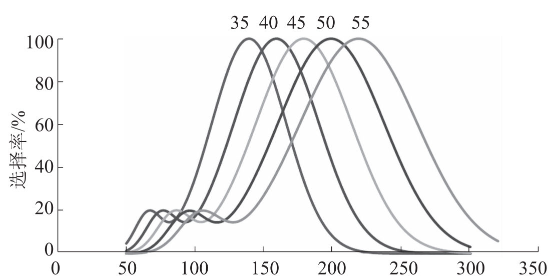


图 5 小黄鱼单层流刺网网目选择性曲线

经计算，35、40、45、50、55 mm 5 种网目，刺挂、缠绕 2 种捕捞方式对应的最适捕捞小黄鱼体长分别为：67 mm 和 139 mm、77 mm 和 159 mm、87 mm 和 179 mm、97 mm 和 199 mm、107 mm 和 219 mm。根据同种鱼体长偏离某刺网最适捕获鱼体长 20% 时，个体被捕获的概率较小，获得 5 种网目尺寸、2 种捕捞方式最适捕获小黄鱼体长范围：53.6 ~ 80.4 mm 和 111.0 ~ 176.0 mm、61.6 ~ 92.4 mm 和 127 ~ 191 mm、69.6 ~ 104.0 mm 和 143 ~ 215 mm、77.6 ~ 116.0 mm 和 159 ~ 239 mm、85.6 ~ 128.0 mm 和 173 ~ 263 mm。

2.5 小黄鱼刺网的网目尺寸确定

小黄鱼资源量充足的情况下，假设 5 种网目尺寸试验网具有相同的捕捞能力，即相同捕捞努力基础上，捕获的小黄鱼个体数量相同。根据试验数据，35 mm 试验网渔获中幼鱼比例为 66%，而 55 mm 试验网捕获的幼鱼个体数量仅为 35 mm 的 34.5%，将该值设为 55 mm 试验网和 35 mm 试验网对于小黄鱼幼鱼捕捞能力比值，即 55 mm 试验网对小黄鱼幼鱼捕捞能力仅为 35 mm 的 34.5%，则可以推算，在资源量充足的条件下，55 mm 试验网渔获中，捕获小黄鱼幼鱼个体比例应该为 66% ×34.5% = 22%，理论上 55 mm 单层流刺网捕获的小黄鱼幼鱼比例为 22%。可见，对于小黄鱼单层流刺网，随着网目尺寸增大，对于幼鱼捕获能力呈递减趋势，其中 45 mm 网目的单层流刺网渔获中小黄鱼幼鱼比例为 37%，理论推算 55 mm 试验网渔获中体长小于 165 mm 的小黄鱼个体比例为 22%；基于渔业规定中幼鱼比例不能高于 25% 的原则，并兼顾生产需要，建议小黄鱼单层流刺网最小网目尺寸设为 55 mm。

3 讨论

3.1 选择性模型参数合理性探讨

由于单网次小黄鱼刺网作业时，捕获的小黄鱼数量较少，为增加小黄鱼样本数量，本研究采用多网次累加作为选择性估算数据，未把网次间的差异性考虑进去，可能会造成一定的偏差。统计模型通常使用残差分析法来分析其合理性[26]，极大似然法估算选择性模型的前提是假设模型误差结构服从泊松分布，本研究中假设具有一定的局限性。本试验通过分析南黄海 35 mm、40 mm、45 mm、50 mm、55 mm 刺网小黄鱼渔获对应的体长与网具选择性曲线之间的关系，来探讨网目尺寸的合理性，虽然只有当刺网的选择范围远小于捕捞对象的体长分布范围时，渔获物的体长分布才近似于选择曲线，但二者无疑有着某种程度的联系。

3.2 小黄鱼单层流刺网最小网目尺寸的可行性分析

根据本次试验，针对目前的小黄鱼资源状况，5 种网目试验网，35 mm 试验网捕获的幼鱼数量最大，55 mm 捕获的幼鱼数量仅为 35 mm 的 34.5%。因此，将小黄鱼流刺网最小网目尺寸设为 55 mm。林龙山等[27]在 2006 年把小黄鱼的可捕体长定为 170 mm，与本试验中得出的 55 mm 最适开捕体长范围 173 ~ 263 mm 相一致。最小网目设定为 55 mm，短期内可能对渔业生产造成一定影响，但是幼鱼释放率大大增加，低龄鱼形成庞大的补充群体，在补充群体成长至 2 龄或 3 龄时，其捕捞产量也会相应增加。

2013 年农业部发布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,规定小黄鱼单层流刺网最小网目尺寸为 50 mm。根据此次试验所得的小黄鱼选择性曲线,将小黄鱼单层流刺网最小网目尺寸设为 55 mm,这与 2013 年通告中规定最小网目尺寸并不存在冲突,55 mm 刺网网目比 50 mm刺网网目稍大,刺网网目的增大有利于小黄鱼幼鱼的释放。根据理论推算,其渔获中幼鱼尾数比例小于 25% ,有效增加了幼鱼释放率,有利于小黄鱼渔业资源的养护和合理利用。

由于小黄鱼资源的分布对于试验刺网的影响,使得单网次捕获到的小黄鱼数量较少,季节和网次间的差异可能引起选择性的偏差[2],可在小黄鱼资源较为丰富的伏季休渔开渔后的一段时期内开展试验。另外,本研究基于小黄鱼单层刺网,生产实践中也有用小黄鱼 3 重刺网和双重刺网的情况,针对双重刺网和 3 重刺网的网目标准是今后需要进一步研究的方向。

参考文献:

[1] 朱元鼎. 中国石首鱼类分类系统的研究和新属新种的叙述[M]. 上海:上海科技出版社,1963:70-71.

[2] 袁兴伟,严利平,刘尊雷,等. 基于底拖网调查的东海区小黄鱼资源密度不同估算方法差异比较[J]. 南方水产科学,2014,10(6):20-26.

[3] 刘勇,程家骅. 小黄鱼体长 - 体重关系幂指数与产卵群体空间分布相关性研究[J]. 海洋学报(中文版),2014,36(6):124-130.

[4] 刘尊雷,袁兴伟,严利平,等. 应用混合模型和分位数回归分析东黄海小黄鱼肥满度空间异质性[J]. 应用生态学报,2013,24(9):2631-2642.

[5] 刘尊雷,严利平,袁兴伟,等. 基于多源数据的东海小黄鱼资源评估与管理[J]. 中国水产科学,2013,20(5):1039-1049.

[6] 袁兴伟,刘尊雷,杨胜龙,等. 基于对数正态分布理论上的小黄鱼三种资源密度估算方法比较[J]. 海洋渔业,2012,34(1):15-22.

[7] 刘尊雷,袁兴伟,严利平,等. 东海北部小黄鱼异方差生长模型[J]. 中国水产科学,2012,19(3):453-461.

[8] 刘勇,程家骅,陆健健. 利用 Bootstrap 统计方法探讨体长 - 体重关系中的幂指数对小黄鱼产卵期的指示作用[J]. 渔业科学进展,2011,32(2):1-6.

[9] 黎雨轩,汤建华,徐献明,等. 三门湾和吕四近岸小黄鱼仔稚鱼耳石微结构特征比较[J]. 海洋渔业,2013,35(4):423-431.

[10] 刘尊雷,谢汉阳,严利平,等. 黄海南部和东海小黄鱼资源动态的比较[J]. 大连海洋大学学报,2013,28(6):627-632.

[11] 周永东,徐汉祥,潘国良,等. 东海区鲳鱼、小黄鱼资源量及其持续渔获量的估算[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版),2013,32(1):1-5.

[12] 韩真,肖永双,高天翔. 中国近海 9 个小黄鱼群体的形态学比较研究[J]. 南方水产科学,2012,8(3):25-33.

[13] 仲霞铭,张虎,汤建华,等. 江苏近岸海域小黄鱼时空分布特征[J]. 水产学报,2011,35(2):238-246.

[14] 李忠炉,金显仕,单秀娟,等. 小黄鱼体长 - 体质量关系和肥满度的年际变化[J]. 中国水产科学,2011,18(3):602-610.

[15] 林龙山,姜亚洲,刘尊雷,等. 黄海南部和东海小黄鱼资源分布差异性研究[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版),2010,40(3):1-6.

[16] Hamley J M. Review of gillnet selectivity[J]. J Fish Res Bd Can,1975,32:1943-1969.

[17] 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.

[18] 严利平,刘尊雷,张辉,等. 小黄鱼生物学特征与资源数量的演变[J]. 海洋渔业,2014,36(6):481-488.

[19] 程家骅,林龙山,凌建忠,等. 东海区小黄鱼伏季休渔效果及其资源合理利用探讨[J]. 中国水产科学,2004,11(6):554-560.

[20] Maclennan D N. Fishing gear selectivity: An overview[J]. Fisheries Research,1992,13(3):201-204.

[21] Hovgard H,Lassen H. Manual on estimation of selectivity for gillnet and longline gears in abundance surveys[R]. Rome:FAO Fisheries Technical Paper,2000,397:84.

[22] Millar R B,Fryer R J. Estimating size-selection curves of trawls,traps,gillnets and hooks[J]. Rev Fish Biol Fish,1999,9:89-116.

[23] Fujimori Y,Tokal T. Estimatl on of gillnet selectivity curve by maximum likelihood method[J]. Fish Sci,2001,67:644-654.

[24] Havgard H. A two-step approach to estimating selectivity and fishing power of research gill nets used in Greenland waters[J]. Can J Fish Aquat Sci,1996,53:1007-1013.

[25] 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.

[26] Millar R B,Holst R. Estimation of gillnet and hook selectivity using log-linear models[J]. Ices J Mar Sci,1997,54(3):471-477.

[27] 林龙山,程家骅,凌建忠,等. 东海主要经济鱼类开捕规格的初步研究[J]. 中国水产科学,2006,13(2):250-256.