

# 渔业多鱼种综合开捕网目尺寸和捕捞努力量 管理目标确定方法探讨\*

刘勇 程家骅

(农业部海洋与河口渔业重点开放实验室 中国水产科学研究院东海水产研究所 上海 200090)

**摘要** 本研究基于B-H模型创建了一种多鱼种管理方法,即把针对单鱼种的“开捕年龄”和“捕捞死亡系数”管理目标替换成面对多鱼种的“开捕网目尺寸”和“捕捞努力量”管理目标,从而实现多鱼种管理。利用文献参数,对东海两种主要经济鱼种带鱼和小黄鱼的综合管理进行了尝试和探讨。结果显示,带鱼和小黄鱼由于体型和个体大小差距较大,最适产量重叠范围较小,两个鱼种不适宜综合管理;可以针对不同渔场、不同专捕渔船进行单独管理。该模型具直观、易判、及时等优点;同时存在短期有效、要求体形相近等缺点。若要推广该模型,需要积累足够的基础数据以获取必要的模型参数;另外还需要探讨捕捞努力量标准化方法,进一步提高模型准确性。

**关键词** 多鱼种管理; B-H模型; 网目尺寸; 捕捞努力量

**中图分类号** Q178.53 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2015)06-0001-07

B-H动态综合模型基于较易得到的种群基础生物学特征,结合少量的捕捞参数来推导开捕年龄与捕捞死亡系数这两个重要的渔业管理参数(费鸿年等, 1990; 詹秉义, 1995)。该模型因参数容易获取、得到的管理参数可操作性强,因此得到广泛的推广和应用(陈丕茂, 2004; 刘勇等, 2006a、b)。

B-H模型是单鱼种模型,仅能对单一鱼种的管理提供建议。而现实的情况中很少有种群在海洋或河流中单独存在,一般都是几个鱼种彼此混合、一定空间共存。这样根据模型获得的单个鱼种管理参数,如捕捞网目大小(对应开捕年龄),对目标鱼种的管理没有问题,但对于与它共存的其他鱼种就可能不适合。网目大了就会丢掉可捕资源、浪费宝贵资源,小了就会过度捕捞、甚至可能导致资源衰退,因此单鱼种的管理方法在实际应用中不太合适。国外有研究提出多鱼种的管理模型(Andersen *et al.*, 1977; Pauly, 1982; Sissenwine *et al.*, 1991; Magnusson, 1995; Hollowed *et al.*, 2000),我国也已经开始关注该问题(李辉权, 1990;

仝龄, 1994; 丘建文等, 1995; 陈丕茂, 2003; 陈超群, 2005)。众多模型中主要有两类模型得到较多认可:一类是在经典资源评估模型基础上添加鱼种之间的捕食和竞争等生物间关系建立的模型,此类模型需要补充重要且不易准确估算的物种间关系定量参数,因此其推广受到一定限制(Rice *et al.*, 1991; 仝龄, 1994; Magnusson, 1995);另一类完全是基于生态系统的方式,把一定范围相对封闭的水域看作一个相对稳定的生态系统,再把该系统分成几个主要功能组、关键鱼种和目标鱼种,然后通过生物量关系、物质平衡关系等假设推断出物种间相互关系、建立生态模型,进而通过该模型模拟不同管理措施的后果,为多鱼种的综合管理提供可行性建议(Christensen *et al.*, 1992、2004; Pauly *et al.*, 2000)。此类生态模型的最后结论通常仅能提供类似资源总量控制的管理建议,不能提供如B-H模型这样具体的、渔业管理上操作性较强的管理参数。B-H模型通常提供的管理参数有两个,一是开捕年龄,二是捕捞死亡系数;这两个管理参数均是针

\* 农业部专项“东海区海洋捕捞基础信息动态采集分析”(2011-2013)、农业部专项“中日暂定水域渔业资源调查”(2011-2013)、农业公益性行业科研专项“东海渔业资源评价和增殖养护技术研究与示范”和中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(中国水产科学研究院东海水产研究所)资助项目(2009M01)共同资助。刘勇, E-mail: liuy@ecsf.ac.cn

收稿日期: 2014-09-18, 收修改稿日期: 2014-12-04

对某个具体鱼种，对于其他鱼种是没有意义的。若这两个参数能延伸到鱼种间通用的参数，则可以利用通用参数同时对多个鱼种资源变化特征进行比较与研究，从而可以提供多鱼种的管理参数和依据。本研究基于上述思路创建了一种基于 B-H 模型的多鱼种管理方法，既能避免单鱼种模型的缺陷，也能提供比较明确的管理目标，以期为多鱼种的管理提供一种新的方法。

### 1 材料与方 法

#### 1.1 动态综合模型的变换与推导

鱼种的开捕年龄对应开捕尺寸，落实开捕尺寸的管理措施是限制渔具的网目大小，以此代替鱼种的开捕年龄。类似地，可以用捕捞努力量代替捕捞死亡系数。通过上述替换，可以把针对单一鱼种的 B-H 模型扩展成可以容纳多个鱼种在同一坐标系统进行比较研究的模型，本研究称之为“综合管理 B-H 模型”。出现的字母符号说明见表 1。

从首次捕捞年龄  $t_c$  开始到最大年龄  $t_{\lambda}=\infty$  止，其一生中提供的渔获量用积分方程表示：

$$Y_w = \int_{t_c}^{\infty} F \cdot N_t \cdot W_t \cdot dt \tag{1}$$

式中，  $N_t = R \cdot e^{-M(t-t_r)} \cdot e^{-(F+M)(t-t_c)}$  (2)

$$W_t = W_{\infty}[1 - e^{-K(t-t_0)}]^b \tag{3}$$

捕捞努力量与捕捞死亡系数之间的关系：

$$f = F / q, \text{ 推导可得: } F = q \cdot f \tag{4}$$

根据 von Bertalanffy 体长生长方程：

$$l_t = l_{\infty}[1 - e^{-K(t-t_0)}]$$

推导可得

$$t = t_0 - \ln(1 - l_t / l_{\infty}) / K \tag{5}$$

拖网的 50%选择体长( $L_{0.5}$ )与拖网网囊的网目大小( $m$ )之间成正相关关系(詹秉义, 1995), 此关系称为选择系数  $Sf$  (Selection factor), 可以用下述公式表达：

$$L_{0.5} = Sf \cdot m + a \tag{6}$$

把选择体长符号  $L_{0.5}$  替换成  $l_t$ , 网目大小  $m$  替换成  $m_t$ , 公式(6)变成：

$$l_t = Sf \cdot m_t + a \tag{7}$$

把公式(7)代入公式(5)得到：

$$t = t_0 - \ln\left(1 - \frac{a}{l_{\infty}} - \frac{Sf}{l_{\infty}} \cdot m_t\right) / K \tag{8}$$

把公式(4)、(8)代入公式(2)、(3)得到：

$$N_t = R \cdot e^{-M(t-t_r)} \cdot e^{-(q \cdot f + M)\left[t_0 - t - \ln\left(1 - \frac{a}{l_{\infty}} - \frac{Sf}{l_{\infty}} \cdot m_t\right) / K\right]} \tag{9}$$

$$W_t = W_{\infty}\left[1 - e^{-\ln\left(1 - \frac{a}{l_{\infty}} - \frac{Sf}{l_{\infty}} \cdot m_t\right) / K}\right]^b \tag{10}$$

然后把公式(4)、(8)、(9)、(10)代入公式(1)中得 到：

表 1 符号说明

Tab.1 Explanation of symbols

符号 Symbol	解释 Explanation*	符号 Symbol	解释 Explanation*
$Y_w$	渔获重量 Yield in weight	$t_r$	补充年龄 Recruitment age
$F$	捕捞死亡系数 Fishing mortality coefficient	$t_{\infty}$	最大年龄 Maximum age
$M$	自然死亡系数 Natural mortality coefficient	$K$	生长参数 Growth parameter( $-\infty - \infty$ )
$N_t$	$t$ 龄个体数量 Individual number at age $t$	$b$	体长与体重关系的幂指数 Power index of length and weight
$W_t$	$t$ 龄体重 Weight at age $t$	$f$	捕捞努力量 Fishing effort
$W_{\infty}$	最大体重 Maximum weight	$q$	可捕系数 Catchability coefficient
$l_t$	$t$ 龄体长 Length at age $t$	$L_{0.5}$	50%选择体长 50% retention lengths
$l_{\infty}$	最大体长 Maximum length	$Sf$	选择系数 Selection factor
$R$	补充量 Recruitment	$m$	网囊网目大小 Mesh size of cod-end
$t$	$t$ 年龄 Age $t$	$m_t$	50%选择体长为 $t$ 龄体长时对应的网囊网目大小 Mesh size for 50% retention lengths of age $t$
$t_0$	出生年龄 Birth age	$a$	网目尺寸与平均选择体长关系常数项( $-\infty - \infty$ ) Constant term in the equation of mesh size and length
$t_c$	首次捕捞年龄 Age at fishing( $t_r - t_{\infty}$ )		

\*未包含范围的参数，其理论上的范围均为 0-∞

\*Parameters without range are theoretically from 0 to infinite

$$\begin{aligned}
 Y_W &= R \cdot q \cdot f \cdot W_\infty \cdot e^{-M(t_c - t_r)} \cdot e^{-(q \cdot f + M)} \\
 &\cdot \int_{m_{t_0}}^{m_{t_\infty}} e^{-\left[t_0 - t_c - \ln\left(1 - \frac{a}{l_\infty} - \frac{Sf}{l_\infty} \cdot m_t\right) / K\right]} \cdot \left[1 - e^{-\ln\left(1 - \frac{a}{l_\infty} - \frac{Sf}{l_\infty} \cdot m_t\right)}\right]^b \\
 &\cdot d\left[t_0 - \ln\left(1 - \frac{a}{l_\infty} - \frac{Sf}{l_\infty} \cdot m_t\right) / K\right] \\
 &= R \cdot q \cdot f \cdot Sf \cdot W_\infty \cdot e^{-M(t_c - t_r)} \cdot e^{-(q \cdot f + M)} \\
 &\cdot \int_{m_{t_0}}^{m_{t_\infty}} \frac{e^{-\left[t_0 - t_c - \ln\left(1 - \frac{a}{l_\infty} - \frac{Sf}{l_\infty} \cdot m_t\right) / K\right]} \cdot \left[1 - e^{-\ln\left(1 - \frac{a}{l_\infty} - \frac{Sf}{l_\infty} \cdot m_t\right)}\right]^b}{(l_\infty - a - Sf \cdot m_t) \cdot K} \cdot dm_t
 \end{aligned} \tag{11}$$

可得单位补充渔获量的积分方程:

$$\begin{aligned}
 \frac{Y_W}{R} &= \frac{q \cdot f \cdot Sf \cdot W_\infty}{K} \cdot e^{-M(t_c - t_r)} \cdot e^{-(q \cdot f + M)} \\
 &\cdot \int_{m_{t_0}}^{m_{t_\infty}} \frac{e^{-\left[t_0 - t_c - \ln\left(1 - \frac{a}{l_\infty} - \frac{Sf}{l_\infty} \cdot m_t\right) / K\right]} \cdot \left[1 - e^{-\ln\left(1 - \frac{a}{l_\infty} - \frac{Sf}{l_\infty} \cdot m_t\right)}\right]^b}{l_\infty - a - Sf \cdot m_t} \\
 &\cdot dm_t
 \end{aligned} \tag{12}$$

根据上式, 可采用数字积分的计算方法对其进行运算。

上述是计算公式的推导过程, 在实际演算过程中, 本研究采用一种相对简单的替换方法。依据“网目大小代替鱼种的开捕年龄”和“捕捞努力量代替捕捞死亡系数”思路, 实现以“捕捞努力量”为横坐标、“网目大小”为纵坐标的“综合管理 B-H 模型”。具体做法是, 按照常规 B-H 模型的做法描绘出等渔获量曲

线图, 然后对坐标进行转换。横坐标转换, 是根据公式  $f = F / q$ , 把原横坐标捕捞死亡系数转换成捕捞努力量; 纵坐标转换, 是根据公式(8)推导得到:

$$m_t = \frac{l_\infty [1 - e^{K(t-t_0)}] - a}{Sf} \tag{13}$$

再根据上式, 把原纵坐标开捕年龄转换成网目大小。

### 1.2 材料来源

研究对象的相关生长参数及死亡系数大部分都是引用自相关文献(凌建忠等, 2008; 张国政等, 2010)。带鱼、小黄鱼相关参数分别来自文献(凌建忠等, 2008; 张国政等, 2010), 参数特征可归属于同一时期阶段; 分析样品分别来自东海和黄海南部。黄海南部和东海北部水域是多种水团综合作用区域, 是带鱼和小黄鱼的共栖水域, 是多种鱼类的产卵场和索饵场(郑元甲等, 2003)。本研究所引用参数满足本研究的前提假设, 即研究对象为同期共栖的鱼种。另外, 由于影响捕捞能力的因素很多, 捕捞能力量化是一个复杂的过程(顾惠庭等, 1987; 周应祺等, 2000); 考虑该过程不是本研究的研究重点, 另外, 渔业管理实践中对捕捞能力的控制指标主要有渔船数和主机总功率(周应祺等, 2000), 所以本研究选择用渔船数代替捕捞努力量来进行模型的演算。具体的主要参数及文献来源见表 2。

表 2 模型使用参数及来源  
Tab.2 Parameters and their references used in the model

模型 Model	参数 Parameters	鱼种 Species	
		带鱼 Hairtail	小黄鱼 Small yellow croaker
B-H 模型 B-H model	$l_\infty$ (mm)	507.8	270
	$W_\infty$ (g)	1892	285.7541
	$b$	2.8802	2.814
	$t_0$	-0.599	-0.47
	$t_r$	0.25	0.3
	$t_c$	0.5	0.3
	$t_\infty$	7	23
	$M$	0.44	0.77
	$K$	0.313	0.45
	$F$	2.8	1.63
参数来源 Reference	(凌建忠等, 2008)	(张国政等, 2010)	
网目选择模型 Selection of cod-end mesh size	$Sf$	2.5199	2.4568
	$a$	20.91	-18.306
	参数来源 Reference	(黄洪亮等, 2005)	(黄洪亮等, 2005)
捕捞努力量与捕捞死亡系数关系模型 Equation of fishing effort and fishing mortality	$f$	13839	13839
参数来源 Reference	*	*	

\*捕捞努力量是依据《2013 中国渔业统计年鉴》统计的东海区三省一市(包括江苏省、福建省、浙江省和上海市)拖网的总船数为 13839 只

\*The value of fishing effort referred from the total number of trawling boats of 3 provinces and 1 city (including Jiangsu, Fujian, Zhejiang and Shanghai) along the coast of the East China Sea, the data from the book “Annuals of Chinese Fishery Statistics of 2013” is 13839

### 1.3 数据处理方法

数据处理与分析采用R统计软件(R Development Core Team, 2008),模型的运算及其图形的绘制均采用R软件编程实现。

## 2 结果与分析

### 2.1 B-H 模型分析结果

图1与图2是根据文献参数(凌建忠等, 2008; 张国政等, 2010)建立模型而获得的不同开捕年龄与捕捞死亡系数对应的渔获量等值线图。图1、图2中加粗黑点是捕捞现状点, 对应当前捕捞死亡系数和开捕年龄。根据该等值线图, 可找到两条捕捞死亡系数与开捕年龄的最佳组合曲线, 一条是在限定捕捞死亡系数下的最佳开捕年龄曲线(称为最佳 $t_c$ 点连线), 另一条是在限定开捕年龄下的最佳捕捞死亡系数曲线(称为最佳 $F$ 点连线)。两条曲线是最大持续产量线, 也称最适渔获量曲线, 两条曲线之间的区域被称为最适产量区(费鸿年等, 1990; 詹秉义, 1995)。根据该等值线图, 可以进行捕捞现状分析, 为渔业资源管理提供建议。由图1、图2可见, 代表捕捞现状的黑点均落在最适产量区之外, 可见目前两个鱼种捕捞状况都不是处于可持续生产状态; 现状点均处于最佳 $t_c$ 点连线下区域, 说明目前开捕年龄均偏小, 若在目前捕捞强度下(即捕捞死亡系数不变), 开捕年龄能提高到图1、图2中所示两条水平线之间, 可持续捕捞产量能提高三成(图2, 小黄鱼)到一倍多(图1, 带鱼)(凌建忠等, 2008; 张国政等, 2010)。

### 2.2 单鱼种获得的结果

开捕年龄替换成网目尺寸、捕捞死亡系数替换成

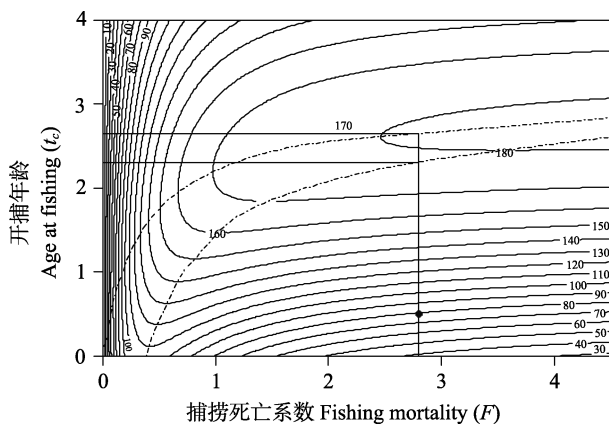


图1 带鱼  $t_c$ - $F$  等渔获量曲线

Fig.1 Curve of equal catch of  $t_c$ - $F$  for hairtail

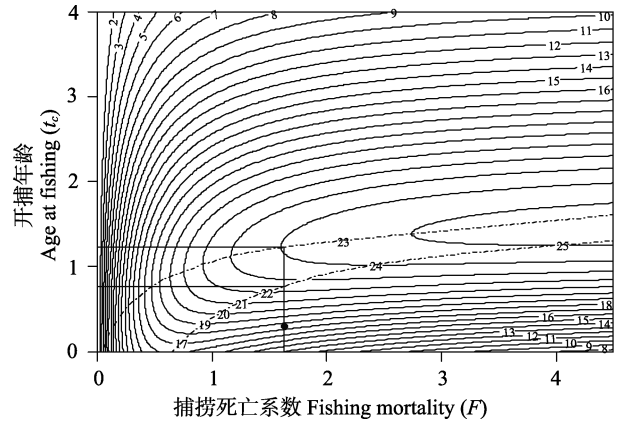


图2 小黄鱼  $t_c$ - $F$  等渔获量曲线

Fig.2 Curve of equal catch of  $t_c$ - $F$  for small yellow croaker

捕捞努力量, 这样获得网目尺寸与捕捞努力量关系下的单位补充量渔获量等值线图(图3、图4)。变换坐标前后的等值线趋势基本一致, 主要发生变化的地方是坐标数值, 分别由数值范围较小的年龄与捕捞死亡系数变成范围较大的网目尺寸和捕捞努力量。年龄、网目尺寸之间并不是直线对应关系(公式8、13), 观察可见等值曲线纵向稀疏程度有差异(图3与图1比较, 图4与图2比较), 年龄与体长之间的非线性关系是导致该差异产生的原因。鱼的生长一般在幼体时生长较快, 随年龄增长生长速度会越来越慢; 对比前后等值曲线稀疏程度, 可以看到一个明显变化趋势, 即在网目尺寸较小(对应低龄生长速度快)的下半部分等值线稀疏程度明显增大, 而上半部分则相反。而等值曲线图在横向上则没有上述特征, 主要原因是捕捞努力量与捕捞死亡系数呈线性关系。

从图3、图4中可以看到带鱼和小黄鱼捕捞现状(图中加粗黑点)对应的捕捞努力量相同, 均为13839, 这是由于本研究假设捕捞努力量均来自拖网渔船所致。带鱼和小黄鱼捕捞现状对应的开捕网目尺寸分别是50 mm和40 mm(图3、图4); 而根据同为拖网作业捕捞的假设, 二者开捕网目尺寸本应相同, 结果虽然比较接近, 但存在差异。该差异的来源比较复杂, 可能主要来自模型的不一致性和不确定性。开捕年龄( $t_c$ , 图1、图2)转换为开捕网目尺寸( $m_t$ , 图3、图4)需要依据两个函数, 即生长函数(见公式5)和选择性函数(见公式6)。其中生长函数描述体长与年龄之间的关系, 虽是一一对应关系, 但带鱼和小黄鱼所采用体长数据不尽相同。前者是肛长, 后者是体长。肛长、体长与年龄的对应关系误差系数不相同, 从而会导致生长函数推导误差的差别。另外, 选择性函数描述囊网网目尺寸与50%选择体长( $L_{0.5}$ )之间的关系, 需要两

个步骤推导出来: 首先在不同囊网网目尺寸条件下做数次拖网实验, 获得不同网目的选择曲线, 即描述囊网网目对不同体长个体的选择率; 然后根据选择曲线确定 50% 选择体长( $L_{0.5}$ ), 即选择率为 50% 的对应体长。根据上述获得的 50% 选择体长和对应网目数据才可以推导选择性函数。在确认 50% 选择体长( $L_{0.5}$ )过程中, 难免一些影响结果的主观因素, 比如分析体长与网目选择率的关系时, 需要把体长数据分成多个体长组, 取中间值代表该组的体长, 然后分别计算各体长组的网目选择率(詹秉义, 1995; 黄洪亮等, 2005)。前述肛长与体长的区别, 同样也会影响选择性函数的一致性。上述不确定性和不一致性均可以传递到体长与网目尺寸的关系, 都有可能是导致图 3 和图 4 中开捕网目尺寸差别的原因。

考虑上述不一致性和不确定性因素, 网目尺寸 10 mm 的差别, 与其最大年龄 3 a 或 4 a 对应的网目尺寸(>100 mm, 图 3、图 4)相比, 差异程度是可以接受的, 可以近似地认为二者是一致的。从另一方面看来, 这个现状点所对应的捕捞努力量与网目尺寸基

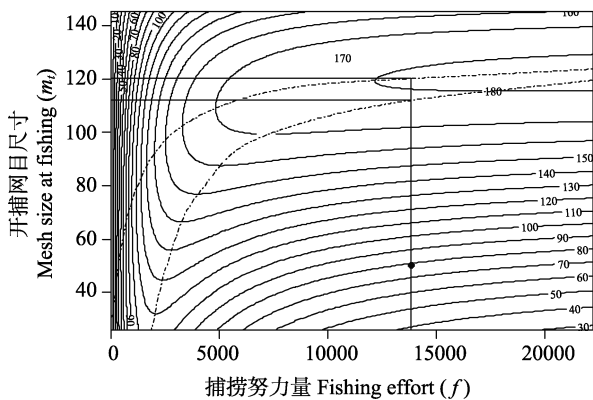


图 3 带鱼  $m_i-f$  等渔获量曲线

Fig.3 Curve of equal catch of  $m_i-f$  for hairtail

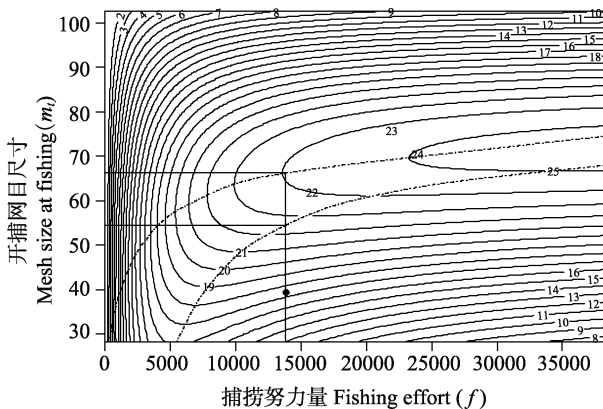


图 4 小黄鱼  $m_i-f$  等渔获量曲线

Fig.4 Curve of equal catch of  $m_i-f$  for small yellow croaker

本达到一致。可以反过来证明, 本研究采用模型的相关参数基本可信, 因为本研究所采用的方法综合了许多函数(体长、体重生长函数、50%选择体长与囊网网目关系函数), 涉及不同学科方向(渔业资源评估、渔业网具选择性), 还能达到上述准确性, 可见相关模型参数还是比较可信的。

### 2.3 多鱼种组合结果

把图 3 和图 4“最适产量区域”合并在一张图中(图 5), 可以把先前独立的两个管理目标区域放在同一个坐标系中进行综合分析, 可以避免顾此失彼, 可以综合考虑各种捕捞措施对目标鱼种的影响。图 5 所示, 小黄鱼“最适产量区域”基本均处于带鱼下方, 仅有在捕捞努力量较小的情况下有部分区域重叠, 这个结果反应出二者个体大小上的区别。观察图 3 与图 4, 二者“最适产量区域”在捕捞努力量较小的时候, 最适开捕网目尺寸均有一个较为敏感区域; 而图 5 中, 比较发现带鱼的这一敏感区域发生的捕捞努力量范围相比小黄鱼更小; 这就是说捕捞努力量较低的情况下, 要使带鱼捕捞达到较为理想状态, 需要更为严格的控制开捕网目尺寸。小黄鱼的最适开捕网目尺寸控制范围, 70 mm 左右是其上限, 而带鱼的控制上限是 120 mm 左右, 若超出上述范围则不能把捕捞产量控制在“最适产量区域”范围内。

在目前捕捞努力量条件下, 小黄鱼的最适开捕网目尺寸为 54.53–66.25 mm, 带鱼的为 112.04–120.19 mm, 二者的最适开捕网目尺寸范围差别很大。也就是说在目前高强度捕捞压力下, 要能同时合理捕捞带鱼和小黄鱼的目标不会达到; 除非把捕捞努力量削减到几乎没有, 才有可能通过调节网目尺寸使二者同时达到最佳捕捞状态(图 5 最适产量重叠区域), 这种情况没有现实指导意义, 因为捕捞压力不可能出现这么大幅度的下降。另外从外形来看, 带鱼和小黄鱼属于两种差别较大的体型, 一个是带形, 另一个是纺锤形, 而且平均个体大小差别较大, 网目选择差别明显(见表 1 网目选择模型参数)。综上所述, 带鱼和小黄鱼不宜进行综合捕捞管理, 可以分别制定管理目标管理特定捕捞渔船以达到合理捕捞利用目的。

选择小黄鱼和带鱼作为代表鱼种来尝试本研究所提出的多鱼种管理方法, 主要原因是这两个鱼种是东海的主要经济鱼类, 相关参数相对比较完整, 如 B-H 模型参数、网具选择性参数, 符合本研究基本参数的要求。前文也有阐述, 二者体型差异较为明显, 不适宜进行综合管理。若有体型相近的鱼种使用本方法, 可能更容易找到共同的最适产量重叠区, 从而能提出比较好的综合管理办法。

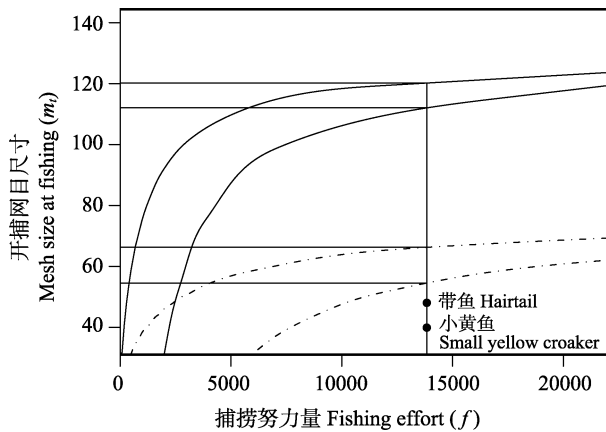


图5 带鱼和小黄鱼最佳捕捞管理线

Fig.5 The best fishing management areas of hairtail and small yellow croaker

### 3 讨论

与其他多渔业资源评估模型的分析,本研究采用的方法存在以下优点:不需要收集鱼种之间的捕食关系参数,仅需与B-H模型相差不多的参数;可以同时进行单鱼种和多鱼种的综合管理;直观、可视化的分析过程,易判断、易操作;可即时提供有效的管理措施,而其他多鱼种管理模型则需要整个渔业生态系统达到一个相对平衡的状态下才能达到管理目标的一个长期过程,二者之间可以取长补短、各取所需。但是此模型未考虑生态系统长期发展的变化趋势,即没有考虑鱼种之间的关系,可以解决当前短期的管理问题,但缺乏维护生态系统平衡的一个长期考虑;对外形结构相近种类的综合管理比较有效,而对外形结构差异较大种类则有一定局限性,由于网目选择的差异性较大,导致属于可持续管理目标的最适产量区域重叠度较低,从而难以找到共同的管理目标。

本研究主要依据两个模型,一个是渔业资源综合动态模型(B-H模型),另一个是渔业网具选择模型。前者数据来自一定时期、一定范围内所获得的目标资源的生物学参数,该数据来源并未区分渔船作业类型,虽然主要数据是来自拖网作业(黄洪亮等,2005;凌建忠等,2008;张国政等,2010),但还可能包括除拖网外的其他作业。后者数据主要依据的是双拖作业渔船数据(黄洪亮等,2005)。上述两个模型所依据数据的渔船作业类型不一致,但考虑主要都是来自拖网作业,因此本研究采用拖网渔船数量来量化捕捞努力量。不同渔船作业类型,很可能给本研究的方法带来不确定性,理想的情况是要保持两个模型的一致性,但不同的作业类型究竟会给本方法带来多大的影响还需进一步的研究和探讨。

本研究讨论的多鱼种管理模型需要把捕捞死亡系数转换成统一的捕捞努力量,文中捕捞努力量是简单的用东海区拖网渔船数量来代替,这种方法可能会影响模型的准确性。本研究用作捕捞努力量的拖网渔船实际包括多种作业类型渔船,除双拖作业渔船,还包括单拖、拖虾等渔船;几种作业渔船对捕捞对象所导致的死亡系数是有明显差别的,如双拖作业的捕捞效率可能比单拖的两倍还要高;不同大小渔船的捕捞能力也有差别,因此仅靠船数不能全面准确的反应拖网渔船的捕捞努力量。另外,除拖网渔船,其他类型渔船同样也可以捕捞到同样的渔获物,若考虑总的捕捞努力量,这些作业的捕捞努力量同样也需要计算在内。如何把不同大小、不同作业类型的渔船对某渔获物的捕捞努力量进行标准化,是未来本模型实际应用将要面临和需要解决的问题。

该多鱼种管理模型方法简单、目标明确、便于实施。而模型所需基础参数比较多,比如鱼种的生长模型参数、死亡系数,网目选择模型参数,捕捞努力量与捕捞死亡系数关系参数。若要扩大该模型的使用范围,即增加鱼种的数量,上述参数都需要补充。要实现将来多鱼种的综合管理,还需大量工作做好基础数据的储备,包括各鱼种的基础生物学特征和相关模型的重要参数。

我国近海渔场基本上是多鱼种混栖渔场,实行多鱼种的综合管理措施很有必要。东海拖网捕捞的主要经济鱼类有带鱼、小黄鱼、蓝点马鲛、银鲳、鲈鱼等,这些鱼种的体型差异较大,所以不适宜采用本研究的多鱼种管理方法。在这种情况下,可以考虑将这些鱼种进行叠加分析,即选择一套合适的管理指标,综合考虑各鱼种的资源状况、渔业权重和养护目标等因素,通过适当的方法找到一个合理的平衡点,从而提出最小网目尺寸、渔船数量和捕捞产量等管理目标。再将目标逐步细化分配到各个渔场,对现行管理措施提出整改建议,最后实现多鱼种的综合管理目标。

**致谢:** 感谢詹秉义老师给本研究提供的热情指导和帮助。感谢匿名审稿人给予本文的宝贵意见和修改建议。

### 参 考 文 献

- 丘建文, 吴宝铃. 黄海渔业: 从单种和多种资源管理走向生态系统水平的管理. 自然资源学报, 1995, 10(3): 259-266
- 全龄. 多鱼种资源数量评估方法介绍. 现代渔业信息, 1994, 9(8): 5-9
- 刘勇, 程家骅, 李圣法. 东海区黄鲫资源的利用现状及合理利用探讨. 中国水产科学, 2006a, 13(3): 485-491
- 刘勇, 严利平, 程家骅. 东海北部和海南南部鲈鱼生长特性及合理利用. 中国水产科学, 2006b, 13(5): 814-822

- 陈超群. 多鱼种 Schaefer 模式及图解. 福建水产, 1984(1): 24-33
- 陈丕茂. 南海北部主要捕捞种类最适开捕规格研究. 水产学报, 2004, 28(4): 393-400
- 陈丕茂. 南沙群岛西南部陆架 17 种鱼类最佳开捕规格和多鱼种拖网最佳网目尺寸. 中国水产科学, 2003, 10(1): 41-45
- 李辉权. 珠江河口多鱼种渔业最佳网目尺寸的估计. 水产科学, 1990, 9(3): 4-7
- 张国政, 李显森, 金显仕, 等. 黄海南部小黄鱼生长、死亡和最适开捕体长. 中国水产科学, 2010, 17(4): 839-846
- 郑元甲, 陈雪忠, 程家骅, 等. 东海大陆架生物资源与环境. 2003. 上海: 上海科学技术出版社, 450-487
- 周应祺, 陈新军, 张相国. 有关捕捞力量量化统计方法的探讨. 上海水产大学学报, 2000, 9(2): 119-124
- 费鸿年, 张诗全. 水产资源学. 北京: 中国科学技术出版社, 1990, 397-437
- 顾惠庭, 尤红宝. 东、黄海拖网渔业捕捞努力量修正方法的探讨. 海洋科学, 1987(4): 43-46
- 凌建忠, 李圣法, 严利平, 等. 基于 Beverton-Holt 模型的东海带鱼资源利用与管理. 应用生态学报, 2008, 19(1): 178-182
- 黄洪亮, 王明彦, 徐宝生, 等. 东海区拖网网囊网目选择性研究. 水产学报, 2005, 29(2): 232-237
- 詹秉义. 渔业资源评估. 北京: 中国农业出版社, 1995, 18-25
- Andersen KP, Ursin E. A multispecies extension to the Beverton and Holt theory of fishing, with accounts of phosphorus circulation and primary production. Medd Danm Fisk Havunders, 1977, 7: 319-435
- Christensen V, Pauly D. ECOPATH II—a software for balancing steady-state ecosystem models and calculating network characteristics. Ecol model, 1992, 61(3): 169-185
- Christensen V, Walters CJ. Ecopath with Ecosim: methods, capabilities and limitations. Ecol model, 2004, 172(2): 109-139
- Hollowed AB, Bax N, Beamish R, *et al.* Are multispecies models an improvement on single-species models for measuring fishing impacts on marine ecosystems? ICES J Marine Science: Jour du Con, 2000, 57(3): 707-719
- Magnusson KG. An overview of the multispecies VPA—theory and applications. Revi in Fish Biol Fish, 1995, 5(2): 195-212
- Pauly D. ICLARM-CSIRO Workshop on the Theory and Management of Tropical Multispecies Fish Stocks: Cronulla, Australia, 12-23 January 1981. Mar Poli, 1982, 6(1): 72-74
- Pauly D, Christensen V, Walters C. Ecopath, Ecosim, and Eco-space as tools for evaluating ecosystem impact of fisheries. ICES J Mar Sci: Jour du Con, 2000, 57(3): 697-706
- R Development Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. 2008. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. <http://www.R-project.org>
- Rice JC, Daan N, Pope JG, *et al.* The stability of estimates of suitability in MSVPA over four years of data from predator stomachs. ICES Marine Science Symposia, 1991, 193: 34-45
- Sissenwine MP, Daan N. An overview of multi-species models relevant to management of living resources. ICES Marine Science Symposia, 1991, 6-11

(编辑 江润林)

## A Multi-Species Management Model Combining Fishery Catchable Mesh Size and Fishing Effort

LIU Yong<sup>①</sup>, CHENG Jiahua

(Key Laboratory of East China Sea & Oceanic Fishery Resources Exploitation and Utilization, Ministry of Agriculture, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090)

**Abstract** B-H model, a single-species management model, is not suitable for multi-species coexistence situation due to several limitations. In this paper, a multi-species management approach is created based on B-H model by replacing "catchable age" and "fishing mortality" of single species management model with "catchable mesh size" and "fishing effort" of multi-species management model to achieve multi-species management objective. The multi-species management approach was used to test with the two typical species of the East China Sea, hairtail and small yellow croaker based on literatures. The big differences in body shape and body size between hairtail and small yellow croaker and the small optimum yield overlapping area demonstrated that these two species are not suitable for the integrated management, which should be managed separately by different fishing areas or different fishing vessels. This model has merits like intuitive, easy-judging and timely but with limitations of short-term effectiveness and similar shape requirements. To promote the application of this multi-species management approach, it needs to further accumulate various basic data for the relevant elementary parameters, standardize fishing efforts and explore ways to improve the model accuracy.

**Key words** Multi-species management; B-H model; Mesh size; Fishing effort

① Corresponding author: LIU Yong, E-mail: liuy@ecsf.ac.cn