

# 蓝点鲷鱼的最佳经济效果

叶昌臣

朱德山

(辽宁省海洋水产研究所)

(黄海水产研究所)

## 提 要

蓝点鲷 (*Scomberomorus Niphonius* Cuvier & Valennes) 是我国渔业的重要捕捞对象之一。本文用生物经济模式(基于 Schaefer 模式和 Fox 模式)讨论了蓝点鲷鱼的经济效益、能源消耗和就业等问题。对其最大经济效益( $U_{max}$ )、最适能源消耗( $O_{opt}$ )和最适经济捕捞努力量( $f_{opt}$ )等数值作了估算,列于表2。如果以最大经济效益为这个渔业的管理目标,将捕捞努力量控制在最适经济捕捞努力量水平( $f_{opt}$  约为 2900),就能获得最大经济效益( $U_{max}=19.65$ 百万元)。把这个结果与最大持续产量的结果相比,渔业的经济效益将增加 15.5%,能源消耗减少 26.8%,但产量将下降 7.2%,约 2000 吨。如果以增加就业为这个渔业的管理目标,捕捞努力量可控制在 5400 左右,和最大经济效益的结果相比,捕捞力量可多安排 76.8%,但是渔业经济效益下降 35.2%,能源消耗将增加 78.9%。

蓝点鲷渔业是黄、东、渤海的主要渔业之一,年产量约为 2—3 万吨。1980 年 Zhu De-Shan(朱德山)曾用 Schaefer 模型和 Fox 模式估计过这种鱼类的最大持续产量(MSY)和相应的捕捞努力量<sup>[1]</sup>。稍后,又用 Beverton-Holt 模式讨论了这种渔业的管理问题<sup>[2]</sup>。刘焯馨也讨论过这个渔业的管理问题<sup>[3]</sup>。本文将讨论黄、东、渤海蓝点鲷鱼类的最大经济效益等问题。

## 资 料 和 模 式

### 1. 资料

我们用文献<sup>[1]</sup>的统计资料,列表1。资料不连续,缺 1966年,1969年和 1971年三年资料。鲷鱼渔业的主要捕捞工具是流网,捕捞努力量以每 100 片网为一个单位。表1中,1978年的单位捕捞努力量渔获量或者捕捞努力量的数值略有差错,其误差约为 2%。我们未改动。但模式中的参数,在这次重新计算时,其值与原报告值有些差异。

### 2. 模式

我们以剩余产量模式为基础,添加经济因素构成生物经济模式,来讨论蓝点鲷鱼类的经济效益。Jensen<sup>[4]</sup>曾描述过 Schaefer 生物经济模式。本文除用 Schaefer 模式外,还用

(1) 朱德山、韦晟, 1982。渤黄海东海蓝点鲷渔业生物学及其管理(手稿)。

(2) 刘焯馨, 1983。蓝点鲷渔业(手稿)。

表 1 蓝点鲀渔业的捕捞努力量和单位捕捞努力量渔获量资料

年 份	渔 获 量(吨)	捕 捞 努 力 量*	单 位 捕 捞 努 力 量 渔 获 量
1964	17989	1550	11.6
1965	26554	1483	17.9
1967	18046	1611	11.2
1968	25820	1956	13.2
1970	26604	3244	8.2
1972	32822	3529	9.3
1973	36510	3289	11.1
1974	29183	3393	8.6
1975	33537	3049	11.0
1976	28206	3280	8.6
1977	38223	3572	10.7
1978	34530	4263	8.3

\* 捕捞努力量是以 100 片网为单位(下同)。

Fox 生物经济模式。

(1) Schaefer 生物经济模式

$$\frac{dp}{pdt} = r \left( \frac{k-p}{k} \right) - f(x) \quad (a)$$

式中  $p$  为种群生物量,  $r$  为内禀自然增长率或生物潜能,  $k$  是环境条件允许的种群最大数量,  $f(x)$  表示种群数量受捕捞影响的损失率, 并假定与捕捞努力量( $f$ )成正比。当种群处于平衡状态时, 于是有:

$$Y_e = qkf - \frac{q^2 k}{r} f^2$$

式中  $Y_e$  为平衡渔获量,  $q$  为捕捞系数 (catchability coefficient)。令  $qk = a$ ,  $\frac{q^2 k}{r} = b$ 。则有:

$$Y_e = af - bf^2 \quad (1)$$

或  $Y_e/f = a - bf$

可得  $f_{MSY} = \frac{a}{2b} \quad (2)$

和  $MSY = \frac{a^2}{4b} \quad (3)$

式中  $Y_e/f$  为单位捕捞努力量渔获量,  $MSY$  为最大持续产量,  $f_{MSY}$  为相应于最大持续产量时的捕捞努力量, 称最适捕捞努力量。按式 (1) 拟合表 1 资料, 计算得  $a = 16.9581$ ,  $b = 2.1567 \times 10^{-8}$  和  $MSY = 33,335$  吨,  $f_{MSY} = 3931$ 。  $r = 0.743$ , 统计检验, 相关显著。

现在按式 (1) 推导生物经济模式和有关的表达式。令  $V$  表示渔业的总收入,  $V'$  表示渔获物的单价, 即每吨渔获物的一次售价。有

$$V = V'Y_e = V'(af - bf^2) \quad (4)$$

设渔业的总成本为  $J$ , 并假定渔业总成本与捕捞努力量成比例, 则

$$J = J'f \quad (5)$$

式中  $J'$  为每个捕捞努力量的消耗, 即单位成本。则渔业总的利润  $U$  为

$$U = V - J = V'(af - bf^2) - J'f \quad (6)$$

用式(6)讨论渔业经济效益不大方便, 要根据式(6)求最适经济捕捞努力量( $f_{eop}$ ), 最大经济产量(MEY)和渔业最大利润( $U_{max}$ )。对式(6)求导, 并令这个导数等于零, 解之可得最适经济捕捞努力量。

$$\frac{dU}{df} = \frac{d[V'(af - bf^2) - J'f]}{df} = 0$$

则有:

$$f_{eop} = \frac{a}{2b} - \frac{J'}{2bV'} \quad (7)$$

式中  $\frac{a}{2b} = f_{MSY}$  (式 2), 而  $\frac{J'}{2bV'} > 0$ , 有  $f_{eop} < f_{MSY}$ 。将式(7)代入式(1), 有:

$$MEY = \frac{a^2}{4b} - \frac{J'^2}{4bV'^2} \quad (8)$$

式中  $\frac{a^2}{4b} = MSY$ , 因  $\frac{J'^2}{4bV'^2} > 0$ , 有  $MEY < MSY$ 。求渔业最大利润  $U_{max}$ 。根据 MEY, 或  $f_{eop}$  均可得  $U_{max}$ 。其表达式为:

$$U_{max} = \frac{(V'a - J')^2}{4bV'} \quad (9)$$

## (2) Fox 生物经济模式

Fox 取  $(L_n k - L_n p)$  代替式(a)中的  $\frac{k-p}{k}$  [3]。当渔业处于平衡状态时, 有:

$$Y_e = fu_k e^{-b'f} \quad (10)$$

式中  $U_k$  是与式(a)中  $k$  有关的一个参数,  $b' = \frac{q}{r}$ , 其他符号和  $q, r$  的意义同上。

朱德山 [4] 用式(10)拟合表 1 资料时, 取反对数估计  $U_k$  值。我们取下式估计  $U_k$  值:

$$U_k = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_e/f)_i e^{-b'f_i}}{\sum_{i=1}^n e^{-2b'f_i}}$$

用表 1 资料估计式(10)的两个参数值为  $b' = 1.8506 \times 10^{-4}$ ,  $U_k = 18.0293$ ,  $r = 0.767$ 。统计检验, 相关显著。并由式(10)可得  $f_{MSY} = \frac{1}{b'} = 5404$  (吨),  $MSY = \frac{U_k}{b'} e^{-1} = 35840$  (吨)。

用上述相同方法推导 Fox 生物经济模式和  $f_{eop}$ , MEY 以及  $U_{max}$  的表达式。据式(10), 则有:

$$V = V' Y_e = V' f u_k e^{-b'f} \quad (11)$$

$$J = J' f \quad (12)$$

$$U = V - J = V' f u_k e^{-b'f} - J' f \quad (13)$$

对式(11)求导, 并令  $\frac{dU}{df} = 0$ , 有:

$$f_{eop} = \frac{1}{b'} - \frac{J' e^{b'f}}{b' V' u_k} \quad (14)$$

设  $f$  初值,用叠代法解式(14),可得  $f_{opt}$ 。将  $f_{opt}$  分别代入式(10)和式(13),可得最佳经济产量 MEY 和渔业最大利润  $U_{max}$ 。

$$MEY = f_{opt} U_k e^{-b'f_{opt}} \tag{15}$$

$$U_{max} = (V' U_k e^{-b'f_{opt}} - J') f_{opt} \tag{16}$$

### 结果和讨论

上述两个模式,有六个待定参数,  $a, b, U_k, b'$  和经济参数。鲛鱼渔业的  $a = 16.9581$ ,  $b = 2.1567 \times 10^{-2}$ ,  $b' = 1.8506 \times 10^{-4}$ ,  $U_k = 18.0293$ 。  $V'$  是渔获物的售价,按实际情况,  $V'$  约为 1100 元/吨。按平均估算,  $J' = 5000$ 。计算结果为, Schaefer 模式的  $f_{opt} = 2878$ , MEY = 30942 吨,  $U_{max} = 19.65$  百万元。 Fox 模式为  $f_{opt} = 3021$ , MEY = 31140 吨,  $U_{max} = 19.15$  百万元。

图 1 是按 Schaefer 模式绘制的鲛鱼渔业的收入曲线(式 4)和成本曲线(式 5)。图 3 是 Fox 型的收入曲线和成本曲线。收入曲线是一条抛物线。它表示渔业的收入随捕捞努力量的变化情况,开始时,渔业的收入随捕捞努力量的增加而迅速增加,达最大值 ( $U_{max}$ )后,随捕捞努力量的增加而下降。图中收入曲线和成本曲线相交处,称生物经济平衡点,在该处渔业收入和支出相等,即  $V = J, U = 0$ , 此时的捕捞努力量称经济无效捕捞努力量,用  $f_{u=0}$  表示。这个  $f_{u=0}$  的表达式可以按它的定义推导出来。按  $f_{u=0}$  定义,有  $0 = U = V'Ye - J'f$ , 在 Schaefer 模式,可得

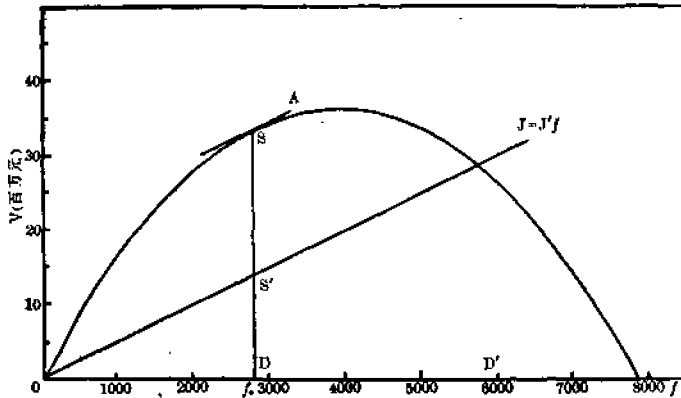


图 1 鲛鱼渔业的收入曲线和成本线。Schaefer 型。

$$f_{u=0} = 2 f_{opt} = \frac{a}{b} - \frac{J'}{bV'} = 5755$$

在 Fox 模式中,可得

$$f_{u=0} = -\frac{1}{b} L_n \frac{J'}{V' U_k} = 7745。$$

可以在图 1 上用作图的方法求出蓝点鲛渔业的  $f_{opt}, U_{max}$  和  $f_{u=0}$ 。作平行于成本线  $J'f$ , 并与收入曲线相切的  $A$  线,切点为  $S$ , 由  $S$  作垂线与  $J'f$  线相交于  $S'$ , 并与横轴相交于  $D$ 。  $DS$  相当于渔业收入,  $S'D$  相当于渔业成本,  $SS'$  为渔业利润。可以证明,用这

种方法作出的线段  $SS'$  的距离最大, 故  $SS' = U_{max}$ , 与此相应的横轴上的点  $D$  即为  $f_{eop}$ 。田生物经济平衡点的横坐标值(点  $D'$ ), 即为  $f_{u=0}$ 。用这种方法估计蓝点鲛鱼的最大利润约 19.5 百万元, 最适经济捕捞努力量约 2800, 经济无效捕捞努力量约为 5700。用这个方法也能在图 3 的 Fox 式的收入曲线上找出蓝点鲛鱼的最大利润等数值。

图 2 是按式(6)绘制的 Schaefer 式蓝点鲛鱼业的利润曲线。图 3 中的  $C$  线是这个渔业的 Fox 式的利润曲线。它表示渔业的利润随捕捞努力量的变化情况。其特征是在初始阶段, 渔业利润随捕捞努力量的增加而迅速增加, 当捕捞努力量增加到最佳经济捕捞努力量 ( $f_{eop}$ ) 时, 渔业利润达最大值。就蓝点鲛鱼业说来, Schaefer 式的  $U_{max} = 19.65$ , Fox 式的  $U_{max} = 19.15$  百万元。Schaefer 式的  $U_{max}$  位于曲线中部, Fox 式的  $U_{max}$  位于曲线左侧, 曲线两侧不对称。过最大值后, 渔业利润随捕捞努力量的增加而下降, 当捕捞努力量增加到经济无效捕捞努力量 ( $f_{u=0}$ ) 时, 渔业利润等于零。即在图 1 中的生物经济平衡点时的捕捞努力量。

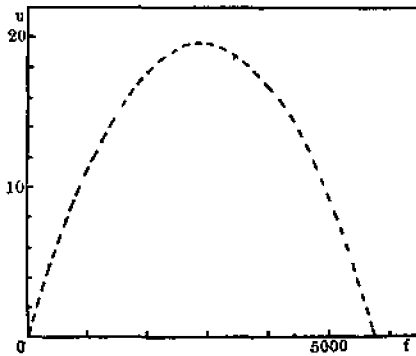


图 2 鲛鱼渔业的利润曲线。Schaefer 式。

$$f_{eop} = 2878; U_{max} = 19.65 \text{ 百万元}$$

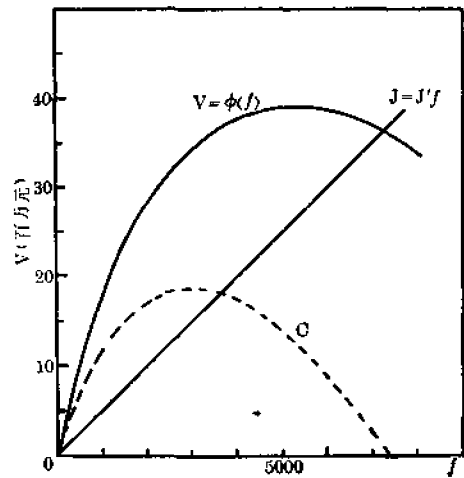


图 3 鲛鱼渔业的收入曲线( $V = \phi(f)$ )成本成 ( $J = J'f$ ) 和利润曲线成 ( $C$ )

$$f_{eop} = 3021; U_{max} = 19.15 \text{ 百万元}$$

能源消耗也是一个重要问题。我们用最适能耗 ( $O_{opt}$ ) 表示渔业对能源利用的优劣。现在假定, 渔业的能耗与捕捞努力量成比例, 令  $O$  表示能耗, 引入比例系数  $H$ , 它表示单位捕捞努力量的耗油量。按平均计, 蓝点鲛鱼业的  $H = 1.5$  个单位。有

$$O = Hf$$

当捕捞努力量处于某个最适条件时, 此时的能耗称最适能耗, 用  $O_{opt}$  表示, 于是有

$$O_{opt} \begin{cases} = Hf_{eop} \\ = Hf_{MSY} \end{cases} \quad (17)$$

式(17)表示了最适能耗的两种内容。一种是根据  $f_{eop}$  计算, 它表示了与最大经济效益相应的最适能耗; 另一种是根据  $f_{MSY}$  计算, 它表示了与最大持续产量相应的最适能耗。因  $f_{MSY} > f_{eop}$ , 所以, 最大持续产量的最适能耗比最大经济效益的最适能耗大。在以下的讨

论中,我们还用能源利用系数表示渔业利用能源的效果。本文中用能源利用系数仅指每一个单位能耗获得的利润。

现将本文的主要结果和文献[1]的结果,概括成两种管理目标应控制的最佳条件和效果,列成表2。为叙述方便,均以 Schaefer 式为例说明。据表2资料,如果着眼于渔业的经济效益,以最大利润为蓝点鲮鱼的管理目标,应把捕捞努力量控制在理论上计算的2900标准捕捞努力量。可以获得的最大利润,约19.65百万元,能耗为4317单位,能源利用系数为每单位能耗4550元。把这个目标的结果与最大持续产量为管理目标相比,产量下降约7.2%(2000吨左右),渔业利润增加15.5%,能耗减少26.8%,能源利用系数提高57.7%。比较的结果表明,以最大经济效益为管理目标的好处是很明显的。如果着眼于产量,以最大持续产量为管理目标,把捕捞努力量控制在4000个左右,比最大经济效益为管理目标多产2000吨鲮鱼,可以多安排1000个捕捞努力量,但其代价是渔业利润下降13.4%,能耗增加36.6%。在不严重影响蓝点鲮鱼资源的条件下,如果想以多安排一些渔船来增加就业作为管理目标,可以把捕捞努力量控制在 Fox 式的  $f_{MSY}$ , 约5400个捕捞努力量。把这个结果与最大经济效益的结果相比,渔业利润下降35.2%,能耗增加78.9%。

表2 鲮鱼渔业两种管理目标的控制条件和效果比较

管理目标	模 型	捕捞努力量	产量(吨)	经济效益(百万元)	能源消耗
最大持续产量 (MSY)	Schaefer 式	3981 <sup>(1)</sup>	33,335 <sup>(1)</sup>	17.01	5896
	Fox式	5404 <sup>(1)</sup>	35,840 <sup>(3)</sup>	12.40	8106
最大经济效益 ( $U_{max}$ )	Schaefer 式	2878 <sup>(2)</sup>	30,942	19.65 <sup>(4)</sup>	4317 <sup>(5)</sup>
	Fox式	3021 <sup>(2)</sup>	31,140	19.15 <sup>(4)</sup>	4531 <sup>(5)</sup>

注: <sup>(1)</sup>最佳捕捞量( $f_{MSY}$ ); <sup>(2)</sup>最佳经济捕捞量( $f_{EOP}$ ); <sup>(3)</sup>最大持续产量(MSY); <sup>(4)</sup>最佳经济效益( $U_{max}$ ); <sup>(5)</sup>最佳能耗。

渔业管理目标指的是控制多种因素从渔业资源获得某种预期的社会利益<sup>[2]</sup>。管理人员(或者决策者)的责任在于确定要从渔业资源得到何种社会利益。本文只是提出了一些可供选择的范围和相应的证据,其中包括应控制的最佳条件、效果等资料,供决策参考。目前这种渔业捕捞的是大量低龄鱼(1龄鱼),成鱼有减少的倾向。如果对此不加控制,蓝点鲮资源有衰败的潜在危险。

### 参 考 文 献

- [1] Zhu De-Shan, 1980. A Brief Introduction to the Fisheries of China. *FAO Fisheries Circular*, NO. 726.
- [2] Interim Report of the Workshop on the Scientific Basis for the Management of Pensacola Shrimp. Key West, Florida. 1981. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFC-98
- [3] William, W. & Fox, Jr., 1970. An Exponential Surplus-Yield Model for Optimizing Exploited Fish Population. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 1: 80-88.
- [4] Jensen, A. L., 1976. Assessment of the United States Lake Whitefish (*Coregonus Clupeaformis*) Fisheries of the Lake Superior, Lake Michigan, and Lake Huron, *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 33: 747-759.

## THE BEST ECONOMIC RESULT FOR THE FISHERIES OF THE SPANISH MACKEREL

Ye Changoheng

(*Marine Fisheries Research Institute of Liaoning Province*)

Zhu Deshan

(*Marine Fisheries Research of Yellow Sea*)

### Abstract

The fishery of the spanish mackerel (*Scomberomorus niphonius* Guvier & Valen-nes) is one of important fisheries in the areas of the Yellow Sea and Pohai Sea. We have adopted the the bioeconomic model which is based on both Scheafer model and Fox model, to discuss the problem of profit, energy consumption and employment of the fishery. The values of the maximum revenue ( $U_{max}$ ), optimum economic effort ( $f_{oop}$ ) and optimum energy consumption ( $O_{opt}$ ) were estimated. These values are presented in table 2. If the best economic result is the management objective of the fishery we can get the maximum revenue ( $U_{max} = 19.65$  millions) and the optimum energy consumption when the level of the effort is ( $f_{oop} = 2900$ ). Comparing to the result obtained from the management objective of maximum sustained yield, the revenue would increase 15.5% and the energy consumption would be decreased 26.8%. But the yield would reduce 7.2% about 2000 tons. If the employment is the management objective of the fisheries, the effort might be controlled to 5400. Comparing to the result of the best economic result, the employment would be increased 76.8%, but the reveue would reduce 35.2% and the energy consumption would be increased 78.9%.