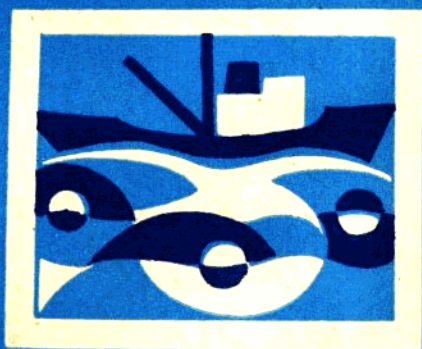


上海市水产学会

1980年学术年会论文报告选编



前 言

上海市水产学会于1981年1月在上海市科学会堂召开了1980年学术年会，会上共收到水产各专业方面的论文、试验研究报告和技术总结资料79篇，与会同志贯彻了百花齐放、百家争鸣的方针，广泛地交流了经验和科技工作的心得体会，会上还开展了论文的评选活动，学会成立了论文评选委员会，由各专业学组的组长组成，并请上海水产学院骆肇尧教授任主任，经各专业学组及论文评选委员会二级评选，对其中16篇论文报告发了奖状和奖品。与会同志建议将这16篇论文报告印刷成册，提供参考，后经常务理事会讨论决定，采纳了这一建议。同时，我们还选择了“网片剪裁计算的探讨”和“水力挖塘成套设备的研究”二篇研究报告，一起选编在内，以供有关同志交流、探讨。因此本选编共有18篇文章，其中海洋渔业专业方面的有8篇，加工和综合利用专业方面的有4篇，养殖专业方面的有4篇，船机专业方面的有2篇。

这次选编的论文报告，承有关同志协助，谨此表示感谢。

由于我们的水平和能力所限，可能存在不少问题，希望读者批评指正。

上海市水产学会

1982年2月

上海市水产学会

1980年学术年会论文报告选编

目 录

前 言

自食性鱼类种群动态的分析模式·····	顾惠庭(1)
东海群带鱼资源的最大持续渔获量(MSY)估算·····	许永明 浦仲生(9)
判别分析在渔情预报中的应用·····	刘树勋 韩士鑫 魏永康 高崇义 徐 荣(15)
钱塘江和近海鲳鱼的群体组成·····	陈马康 童合一(23)
海水单细胞藻类的培养与保种·····	张道南(31)
对拖二片式拖网阻力近似公式·····	顾惠庭(41)
东、黄海区底拖网囊网网目选择性研究——I·····	王明彦 李志成(44)
网片剪裁计算的探讨·····	章 皓 李伟成 黄哲民(55)
浓缩鱼蛋白的研制与应用·····	肖光翠 杨文青(68)
低温干燥技术的研究·····	路光明 张振益 张国寿 马柯华(75)
鱼油的食用价值·····	卢菊英(86)
万吨高位冰库冷分配设备的设计及运行·····	王志坚(93)
鱼类营养和我国几种主要养殖对象的营养指标·····	杨国华(98)
网箱养草鱼高产试验·····	张列士等(110)
硬颗粒饲料加工成套设备的研究·····	丁永良等(118)
水力挖塘成套设备的研究·····	丁永良等(137)
关于渔船结构设计的若干考虑·····	朱耀年(154)
玻璃钢在渔业机械中的应用·····	沈兆巽(160)
附：上海市水产学会一九八〇年学术年会论文报告和技术总结资料总目录	

自食性鱼类种群动态的分析模式

顾 惠 庭

(上海市海洋渔业公司)

前 言

补充量、种群的个体生长量、个体的自然死亡和捕捞死亡等因素是决定任何一个捕捞种群资源量平衡的主要因素。如果在一定时间内死亡量等于增长量,则捕捞种群的数量能保持稳定。分析模式就是根据上述四个因素对捕捞种群数量的影响而导出的模式。利用分析模式得出的资源量、捕捞强度和可能渔获量之间的关系,可以计算出在一定条件下渔获量随其中某一条件变化而变化的情况,从而进行对捕捞种群资源状况的分析判断,达到通过合理利用鱼类资源来提高渔获量的目的。

关于一般的鱼类种群动态分析模式,Beverton和Holt(1957)利用VonBertalanffy生长公式推导出的分析模式,目前还是作为一种通用模式相当广泛地用于分析研究渔业资源。在Beverton和Holt模式计算方面,Wilimovsky和Wickelund(1963),Beverton和Holt(1966),Gulland(1969),Royce(1972),Everhart(1975)等均曾提出过各种简化方法。费鸿年(1977)曾对比了这几种简化方法的效果,并提出对短寿命的鱼类在简化计算时要慎重。事实上由于计算技术的发展,Beverton—Holt模式的繁琐计算目前已不成问题。最近叶昌臣(1978)提出利用鱼类生长的实测资料 and 用累加办法导出的一个简易数学模式。在模式的性能方面与Beverton—Holt模式完全相同,但简单方便。

在推导分析模式的过程中,为了简化,常常是以一定的假设为基础。Beverton-Holt模式和简易数学模式都假设捕捞种群的历年补充量稳定,自然死亡系数不变,各世代的生长情况不变,而且一个世代一生中提供的数量相当于任何一年的各年龄组的总数量。但是由于这些假设条件与某些鱼类种群的实际情况往往不能相符,因此对这些鱼类种群,上述模式计算的结果与实际观察的结果就会产生较大的出入。例如“自食性鱼类”是一种捕食同种幼鱼的鱼类。这种鱼类的幼鱼在补充时期大量被同种鱼作为饵料而捕食。对于这种鱼类的自然死亡系数作为常数处理就很不妥当。鱼类的自然死亡一般是由于捕食者引起或是较多因素综合作用的结果。在一定时间内,鱼类死亡的概率是与很多偶然的自然原因有关,因此可以允许在时间上和空间上将这概率看成为定数。将自然死亡系数作常数处理有利于简化捕捞种群的数学模式。但是对自食性鱼类,由于上述原因,就不宜把自然死亡系数作为常数处理。自食性鱼类一般在长到一定年龄后才开始捕食同种幼鱼,所以这种鱼类在补充时期的自然死亡是和本种群的一定年龄以上鱼的数量有关。在设计自食性鱼类种群动态的分析模式时,必须考虑这一特殊因素。为了简化模式,现将这种

鱼类的自然死亡分为二部分，一部分是作为常数处理的正常自然死亡系数，另一部分是与捕食它的鱼类种群数量有关的变数。本文根据上述在自然死亡方面的修正假定，推导了自食性鱼类种群动态的分析模式*。

模 式 的 推 导

设某一自食性鱼类在年龄 t_0 时进入渔场成为补充部分，数量为 R 尾。在年龄 t_0 时成为捕捞对象，数量为 R' 尾。在成为捕捞对象前，有一部分是被本鱼种的 n 龄以上高龄鱼作为饵料吃掉，作为饵料被吃掉的幼鱼平均体重为 $\bar{W}$ ，该鱼类的正常自然死亡系数为 M ，捕捞死亡系数为 F ，则该鱼类某一代第一年的渔获量为，

$$Y_{t_0} = W_{t_0} \cdot R' (1 - e^{-Z}) \cdot \frac{F}{Z}$$

该世代第二年年年初的资源尾数等于第一年年末的资源尾数为 $R'e^{-(F+M)}$ 。则该鱼类某一代第二年的渔获量为

$$Y_{t_0+1} = W_{t_0+1} \cdot R' e^{-(F+M)} \cdot (1 - e^{-Z}) \cdot \frac{F}{Z}$$

同理，到该鱼类最高年龄 t_λ 那一年的该世代渔获量为

$$Y_{t_\lambda} = W_{t_\lambda} \cdot R' e^{-(F+M)(t_\lambda - t_0)} \cdot (1 - e^{-Z}) \cdot \frac{F}{Z}$$

该世代一生中的总渔获量应等于世代从 $t_0 \rightarrow t_\lambda$ 年龄间各年渔获量的总和。即

$$Y = R' \sum_{t=t_0}^{t_\lambda} W_t \cdot e^{-(F+M)(t-t_0)} \cdot (1 - e^{-Z}) \cdot \frac{F}{Z} \dots\dots\dots (1)$$

在一般鱼类的补充期间只有正常自然死亡，即 M 为常数。则

$$R' = R \cdot e^{-M(t_0 - t_0)}, \text{ 即 } R = \frac{R'}{e^{-M(t_0 - t_0)}}$$

代入式(1)得

$$Y = R \cdot e^{-M(t_0 - t_0)} \sum_{t=t_0}^{t_\lambda} W_t \cdot e^{-(F+M)(t-t_0)} \cdot (1 - e^{-Z}) \cdot \frac{F}{Z}$$

移 项

$$\frac{Y}{R} = e^{-M(t_0 - t_0)} \sum_{t=t_0}^{t_\lambda} W_t \cdot e^{-(F+M)(t-t_0)} \cdot (1 - e^{-Z}) \cdot \frac{F}{Z} \dots\dots\dots (2)$$

式(2)为一般鱼类的单位补充量产量方程。

而自食性鱼类的补充期间除了正常自然死亡外，还有一部分补充群体是被本鱼种 t_0

*在本文完成以后，费鸿年教授介绍给我 Anderson 和 Ursin 1977 年的新著。他们把用于多鱼种种模式的自然死亡 M 分为 $M = M_1 + M_2 + M_3 \dots$ ，提出应把自然死亡分离为几个变量来补充分析模式的不足。这些设想与本文有部分相似之点，但本文的自食性鱼类模式分离出在特种情况下的捕食性自然死亡变量更为具体。

龄以上鱼所捕食，这一捕食死亡部分是与该鱼种 t_n 龄以上的资源残存量有关。如果残存量愈大，补充群体被捕食死亡部分就愈多。 t_n 龄以上的资源残存量有以下三种情况：

(一) $t_n = t'_p$ 当 t_n 龄以上鱼受正常自然死亡和捕捞死亡二者影响。残存量等于 $t'_p \rightarrow t_n$ 年龄的残存量总和，即等于

$$R' = \sum_{t=t'_p+1}^{t_n} W_t \cdot e^{-(F+M)(t-t'_p)}$$

(二) $t_n > t'_p$ 当 t_n 龄以上鱼受正常自然死亡和捕捞死亡二者影响(图1)。残存量等于 $t'_p \rightarrow t_n$ 年龄的残存量总和减去 $t'_p \rightarrow t_n$ 年龄期间的残存量。即等于

$$R' = \sum_{t=t'_p+1}^{t_n} W_t \cdot e^{-(F+M)(t-t'_p)} - R' \sum_{t=t'_p+1}^{t_n} W_t \cdot e^{-(F+M)(t-t'_p)}$$

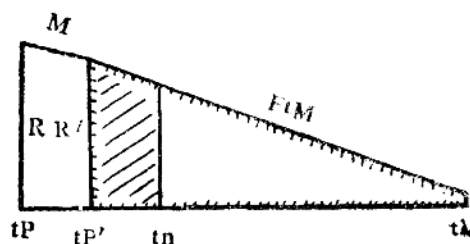


图1 $t_n > t'_p$ 时资源特征值模式图

(三) $t_n < t'_p$ 当 t_n 龄以上鱼在 t'_p 龄以前仅受正常自然死亡影响(图2)。残存量等于 $t'_p \rightarrow t_n$ 年龄的残存量总和加上 $t_n \rightarrow t'_p$ 年龄期间的残存量。即等于

$$R' = \sum_{t=t'_p+1}^{t_n} W_t \cdot e^{-(F+M)(t-t'_p)} + \frac{R'}{e^{-M(t'_p-t_n)}} \sum_{t=t_n+1}^{t'_p} W_t \cdot e^{-M(t-t_n)}$$

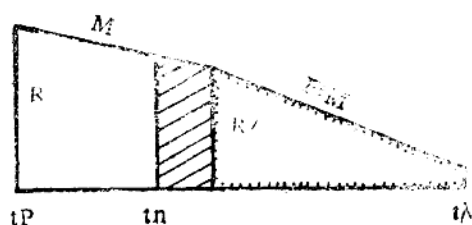


图2 $t_n < t'_p$ 时资源特征值模式图

根据池田(1957)报导，Maisky对亚速海食鱼性鱼类的调查结果，食鱼性鱼类一年中的摄饵量相当于本身体重的七倍。如果自食性鱼类的饵料中本鱼种幼鱼占饵料量的比重为 k 时，则自食性鱼类一年间被 t_n 龄以上鱼吃掉部分尾数为 $t_n \rightarrow t_n$ 年龄残存量的 $7 \times \frac{K}{W}$ 倍。所以自食性鱼类补充量应为正常自然死亡时的补充量加上这被吃掉的部分尾数。即在 $t_n = t'_p$ 时为

$$R = \frac{R'}{e^{-M(t'_{\rho}-t_{\rho})}} + \frac{7k}{W} \cdot R' \sum_{t=t'_{\rho}+1}^{t_{\lambda}} W_t \cdot e^{-(F+M)(t-t'_{\rho})}$$

$$R' = \frac{R}{\frac{1}{e^{-M(t'_{\rho}-t_{\rho})}} + \frac{7k}{W} \sum_{t=t'_{\rho}+1}^{t_{\lambda}} W_t \cdot e^{-(F+M)(t-t'_{\rho})}}$$

代入式(1), 则得

$$\frac{Y}{R} = \frac{\sum_{t=t_{\rho}}^{t_{\lambda}} W_t \cdot e^{-(F+M)(t-t'_{\rho})} \cdot (1-e^{-Z}) \cdot \frac{F}{Z}}{\frac{1}{e^{-M(t'_{\rho}-t_{\rho})}} + \frac{7k}{W} \sum_{t=t'_{\rho}+1}^{t_{\lambda}} W_t \cdot e^{-(F+M)(t-t'_{\rho})}} \dots\dots\dots(3)$$

式(3)为自食性鱼在 $t_a = t'_{\rho}$ 时的单位补充产量方程。

同理可得在 $t_a > t'_{\rho}$ 时的单位补充产量方程为

$$\frac{Y}{R} = \frac{\sum_{t=t'_{\rho}}^{t_{\lambda}} W_t \cdot e^{-(F+M)(t-t'_{\rho})} \cdot (1-e^{-Z}) \cdot \frac{F}{Z}}{e^{-M(t'_{\rho}-t_{\rho})} + \frac{7k}{W} \left[\sum_{t=t_{\rho}}^{t_{\lambda}} W_t \cdot e^{-(F+M)(t-t'_{\rho})} - \sum_{t=t'_{\rho}+1}^{t_{\lambda}} W_t \cdot e^{-(F+M)(t-t'_{\rho})} \right]} \dots\dots\dots(4)$$

在 $t_a < t'_{\rho}$ 时的单位补充产量方程为

$$\frac{Y}{R} = \frac{\sum_{t=t_{\rho}}^{t_{\lambda}} W_t \cdot e^{-(F+M)(t-t'_{\rho})} \cdot (1-e^{-Z}) \cdot \frac{F}{Z}}{\frac{1}{e^{-M(t'_{\rho}-t_{\rho})}} + \frac{7k}{W} \left[\sum_{t=t'_{\rho}+1}^{t_{\lambda}} W_t \cdot e^{-(F+M)(t-t'_{\rho})} + \frac{1}{e^{-M(t'_{\rho}-t_a)}} \sum_{t=t_a+1}^{t'_{\rho}} W_t \cdot e^{-M(t-t_a)} \right]} \dots\dots\dots(5)$$

如果产量是以尾数(C)计, 则(3)、(4)、(5)三式可改为

$$\frac{C}{R} = \frac{\sum_{t=t'_{\rho}}^{t_{\lambda}} e^{-(F+M)(t-t'_{\rho})} \cdot (1-e^{-Z}) \cdot \frac{F}{Z}}{e^{-M(t'_{\rho}-t_{\rho})} + \frac{7k}{W} \sum_{t=t'_{\rho}+1}^{t_{\lambda}} W_t \cdot e^{-(F+M)(t-t'_{\rho})}} \dots\dots\dots(6)$$

$$\frac{C}{R} = \frac{\sum_{t=t_{\rho}}^{t_{\lambda}} e^{-(F+M)(t-t'_{\rho})} \cdot (1-e^{-Z}) \cdot \frac{F}{Z}}{\frac{1}{e^{-M(t'_{\rho}-t_{\rho})}} + \frac{7k}{W} \left[\sum_{t=t'_{\rho}+1}^{t_{\lambda}} W_t \cdot e^{-(F+M)(t-t'_{\rho})} - \sum_{t=t'_{\rho}+1}^{t_a} W_t \cdot e^{-(F+M)(t-t'_{\rho})} \right]} \dots\dots\dots(7)$$

$$\frac{C}{R} = \frac{\sum_{t=t_{\rho}}^{t_{\lambda}} e^{-(F+M)(t-t'_{\rho})} \cdot (1-e^{-Z}) \cdot \frac{F}{Z}}{\frac{1}{e^{-M(t'_{\rho}-t_{\rho})}} + \frac{7k}{W} \left[\sum_{t=t'_{\rho}+1}^{t_{\lambda}} W_t \cdot e^{-(F+M)(t-t'_{\rho})} + \frac{1}{e^{-M(t'_{\rho}-t_a)}} \sum_{t=t_a+1}^{t'_{\rho}} W_t \cdot e^{-M(t-t_a)} \right]} \dots\dots\dots(8)$$

渔获物平均体重可由 $\frac{Y}{C}$ 求得。自食性鱼类种群动态的分析模式即由式(3)、(4)、(5)、(6)、(7)、(8)等组成。

应 用 实 例

东海的带鱼是典型的自食性鱼类。三栖、最首等人(1955)曾指出带鱼在体长超过32厘米时,就以吃鱼类为主。而且还有吃同种的现象、主要吃 I 龄以内的幼鱼。王复振(1964)分析了1960年3月到1961年2月周年收集的带鱼饵料后指出,带鱼吃小带鱼很多,而且终年继续不断的吃,6月份吃得最多,4月份吃得最少。根据王复振的资料求得带鱼自食带鱼占饵料生物量比重为11%,即 $k = 0.11$ 。由于吃的主要是不到 I 龄的幼鱼,现假定平均体重 $\bar{W} = 50$ 克。带鱼年龄的生长参数根据三栖(1964)发表的东海群带鱼的各轮体长,即 $L_1 = 171.9$ 毫米, $L_2 = 269.3$ 毫米, $L_3 = 327.2$ 毫米, $L_4 = 369.5$ 毫米, $L_5 = 406.2$ 毫米。按 $W = 0.00018L^{2.5456}$ 的体长——体重关系式,换算体重。并以假定6月1日发生,明年2月1日形成一轮为条件(即不存在理论轮),求得东海群带鱼的生长方程为

$$W = 1092.7[1 - e^{-0.4165(t+0.68)}]^3$$

即带鱼生长参数为 $k = 0.4156$ 、 $t_0 = -0.68$ 、 $W_{\infty} = 1092.7$ 克。并按带鱼的正常自然死亡系数 $M = 0.36$, $t_p = 0.25$, $t_n = 1$, $t_\lambda = 8$, 用上述模式计算的结果如表1。用表1数据绘制的等产量曲线图如图3。

表 1 东海群带鱼用自食性鱼类模式计算结果

$\frac{Y}{R} \backslash t'p$	0.5	1	2	3	4	5	7
F							
0.0	0	0	0	0	0	0	0
0.1	5.5	5.5	4.8	3.6	2.8	1.9	0.8
0.5	24.6	24.6	18.8	13.6	9.5	6.5	2.6
1.0	42.7	44.1	28.9	19.3	13.1	8.8	3.9
1.5	53.9	60.0	34.5	22.3	14.7	9.9	4.5
2.0	59.2	72.0	37.9	23.9	15.6	10.6	4.8
2.5	61.0	80.9	40.1	25.8	16.2	10.9	4.9
5.0	58.2	98.1	44.2	27.0	17.7	11.7	5.3

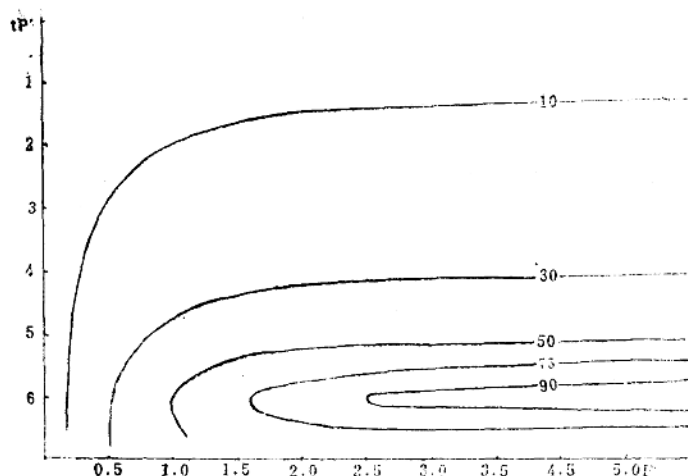


图3 自食性鱼类模式等产量曲线图

用同样的参数,按 Beverton-Holt 模式计算的结果如表2。用表2数据绘制的等产量曲线图如图4。

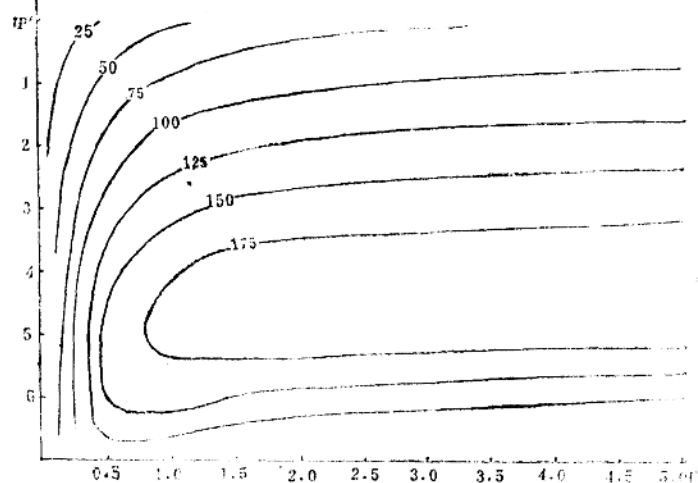


图4 Beverton-Holt模式等产量曲线图

表2 东海群带鱼用Beverton-Holt模式计算结果

ρ	0.5	1	2	3	4	5	7
Y/R							
0.0	0	0	0	0	0	0	0
0.1	74.7	74.8	66.9	53.9	39.7	26.6	7.0
0.5	138.8	155.7	163.0	145.8	117.2	86.4	29.1
1.0	126.3	155.9	183.4	174.5	146.9	111.5	47.3
1.5	112.1	148.3	187.0	183.7	157.8	124.0	58.8
2.0	101.7	141.5	187.3	187.9	163.2	130.5	66.2
2.5	94.9	136.6	186.8	190.2	166.5	133.7	70.9
5.0	77.9	123.4	183.9	191.1	172.8	140.4	79.6

比较一下用这种模式计算的结果,可以明显看出用自食性鱼类模式得出最高产量时的 t'_p 大大比用Beverton—Holt模式得出的 t'_p 小。前者在 $t'_p = 1$ 附近,而后者在 $t'_p = 3$ 附近。首捕年龄 t'_p 是资源管理上的重要参数。就东海群带鱼来说即使在资源开发利用不足而接近原始种群的五十年代,也没有出现过渔获物普遍大于3龄(体重为526.7克)的现象。因此, $t_p = 3$ 作为出现最高产量时的参数,显然不妥。历史上带鱼最丰产的1974年,当时捕获的带鱼也绝大部分是I龄(机轮产卵群体I龄占91.6%,群众冬汛I龄占88.7%)。因此用自食性鱼类模式计算的结果,显然比较符合现实情况。再以同一首捕年龄,各种捕捞死亡系数对产量的影响来比较,在 $t'_p = 0.5$ 时,用自食性鱼类模式得出的最高产量出现在 $F = 2.5$ 附近。而用Beverton—Holt模式是出现在 $F = 0.5$ 附近。二者相差也很悬殊。事实上在最丰产的1974年,按年龄组成计算的总死亡系数在机轮产卵群体为2.47,捕捞死亡系数 $F = 2.11$ 。在群众冬汛,总死亡系数为2.64,捕捞死亡系数 $F = 2.28$ 。都与自食性鱼类模式计算的结果比较吻合。目前带鱼的捕捞死亡系数 F 已超过2,今以 $F = 2$ 为参数(接近最丰产的1974年)计算了首捕年龄与产量关系如图5。从图5可以看出最高产量出现时的首捕年龄 $t'_p = 0.9$,即相当于体重122.5克。比现在试行的带鱼可捕标准125克(2.5两)略偏小一些。如果将可捕标准放大到150克(3两),产量要下降4.7%。将可捕标准缩小到100克(2两),产量亦要下降1.6%。因此,现行标准125克(2.5两),在 $F = 2$ 的情况下是合适的。

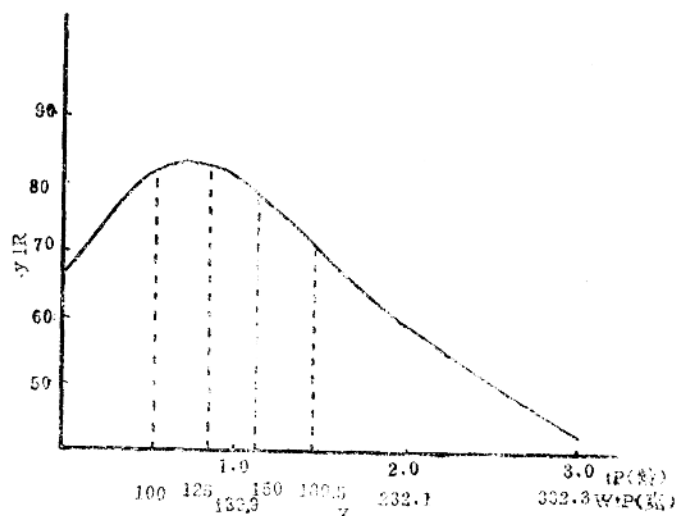


图5 $F = 2.0$ 时 Y_R 与 t'_p 关系图

结 语

从上述东海群带鱼按自食性鱼类种群动态的分析模式和Beverton—Holt模式计算结果来看,Beverton—Holt模式显然不适用于自食性鱼类,这主要是因为Beverton—Holt模式只考虑了生长、死亡二个因素。而自食性鱼类种群动态模式则在补充部分加上了自食部分的变量因素。因此比较能更好地反映自食性鱼类的客观情况。但是上述的自食性

鱼类种群动态的分析模式，也只是增加了自食部分的变量因素，如果 t_0 龄以上剩余群体的数量太小，亦必然会给补充量带来不利的影响。为了进一步完善鱼类资源的动态模式，有必要再将这一变动因素给予考虑。当然这有待于今后进一步的探索。

参 考 文 献

- [1] 三栖宽、最首光三、榎本义正、小島喜久雄, 1955. 东海、黄海における底魚の食性について. 东海、黄海における底魚資源の研究(2):96—106. 西海区水产研究所.
- [2] 三栖宽, 1964. 东シナ海、黄海産タチウオの漁業生物学的研究. 西海区水产研究所報告, 32:1—57.
- [3] 池田郁夫, 1957. 食性の問題. 东海、黄海における底魚資源の研究(4):70—79. 西海区水产研究所.
- [4] Anderson, K. P. and E. Ursin, 1977. The partitioning of natural mortality in a multispecies model of fishing and predation, in Fisheries mathematics, ed. by J. H. Steele, 87-97. Acad press, London.
- [5] Beverton, R. J. H., and S. J. Holt. 1957. On the dynamics of exploited fish population. U. K. Min. Agric. Fish., Fish. Invest. (Ser. 2) 19:533.
- [6] Beverton, R. J. H. and S. J. Holt, 1966. Manual of methods for fish stock assessment, Part 2, Tables of yield function. FAO Fish. Tech. Pap. 38 (Rev.1).
- [7] Everhart, W. H. A, W. Eipper, W. D. Youngs, 1975. Principles of fisheries sciences, 351. Acad. Press.
- [8] Gulland, J. A., 1969. Manual of methods for fish stock assessment. Part 1. Fish population analysis. FAO Man. in Fish. Sci. 4. 154.
- [9] Royce, W.F., 1972. Introduction to the fishery sciences, 351. Acad. Press.
- [10] Wilimorsky, N.J., and F.C. Wicklund, 1963. Tables of the incomplete beta function for the calculation of fish population yield, 291. Univ. British Columbia.

东海群带鱼资源的最大持续 渔获量(MSY)估算*

许永明 浦仲生

(国家水产总局东海水产研究所)

一、前 言

东海带鱼资源为渔业提供相当数量的商品鱼,尤其在目前是东海区最重要的经济鱼种。因此,研究和估计带鱼资源能提供渔获量的再生产能力是有必要的。估计带鱼的最大持续渔获量是研究再生产能力的方法之一。

本文是应用 Schaefer^[1] 在1957年发表的估算方法。该方法使用在不平衡状况下的渔获量和资源量指数(CPUE)资料估算资源的最大持续产量。

东海区分布的带鱼据林新濯先生的划分属东海粤东群系,故将夏秋汛和冬汛捕捞的带鱼作为同一种群。

带鱼为两种渔业开发的目标种群,捕捞船网类型多样,因而作了必要的努力量标准化处理。

二、资料和方法

本文收集的渔获量和单位努力量渔获量统计资料共计10年,起讫1968~1977年。日本、朝鲜在东海的渔获量未收集。

国营渔轮以250HP混合式作为标准,标准化程序见下表1。第7项即为250HP对船日渔获量(CPUE)。

表1 东海区国营渔轮CPUE标准化程序

1	2	3	4	5	6	7
A	B	C	D	$E=D/A$	$F=B \times E$	$G=F/C$
底拖网	250HP	250HP	带 鱼	带鱼占拖	250HP	标准对船
年产量	年产量	年作业天	产 量	网产量百分比	带鱼产量	日渔获量 (CPUE)

* 本文的数据收集、处理和计算有刘曦禄、史慧英(上海计算技术研究所)、王翔福、浦仲生、凌兰英、许永明等同志,对各渔业公司提供的统计资料,在此表示热忱的感谢。

依表1程序计算的各单位的 CPUE 用加权法平均, 作为东海区渔轮的标 准 CPUE (见表2)。

国营渔轮和集体渔业机船的捕捞努力量换算采用CPUE效能比, 以集体渔业机船的CPUE为标准予以计算(见表3)。

Schaefer模型中方程参数按下步骤求解:

$$1/K_2 \sum_{i=1}^N \frac{\Delta \bar{u}_i}{\bar{u}_i} = NaM - a \sum_{i=1}^N \bar{u}_i - \sum_{i=1}^N f_i \quad (1)$$

设N=10年(68—77), 分成前后各5年则(1)式为

$$1/K_2 \sum_{68}^{72} \frac{\Delta \bar{u}_i}{\bar{u}_i} = 5aM - a \sum_{68}^{72} \bar{u}_i - \sum_{68}^{72} f_i \quad (1A)$$

$$1/K_2 \sum_{73}^{77} \frac{\Delta \bar{u}_i}{\bar{u}_i} = 5aM - a \sum_{73}^{77} \bar{u}_i - \sum_{73}^{77} f_i \quad (1B)$$

联立(1A)和(1B)两式, 假设左边项为0解a,M初值。

表 2 东海区渔轮标准对船日加权平均值 (吨/对船日)

年	分公司	上	海	宁	波	舟	山	江	苏	旅	大	青	岛	烟	台
	CPUE加 权平均值	CPUE	权重 %	CPUE	权重 %	CPUE	权重 %	CPUE	权重 %	CPUE	权重 %	CPUE	权重 %	CPUE	权重 %
1968	3,072	3,336	56.4	2,370	4.7	3.20	8.8			3,288	7.6	2,740	14.3	1,902	8.2
69	3,225	3,476	67.8	2,820	7.1					2,856	9.8	2,260	7.7	2,814	7.6
70	2,983	3,164	60.2	2,978	6.0	3,320	3.5	2,280	5.5	2,952	9.9	2,820	8.4	1,984	6.5
71	3,627	3,518	56.9	3,436	5.5	3,620	10.0			4,248	9.5	4,010	8.5	3,408	9.6
72	3,164	3,366	63.2	2,908	8.3	3,360	13.9			2,268	6.6	2,480	4.6	1,904	3.4
73	4,214	4,126	51.9	3,510	6.9	4,400	12.3			5,118	12.1	5,160	7.4	3,062	9.4
74	3,731	4,068	45.4	2,694	7.0	4,520	12.4			2,539	15.5	5,020	7.1	3,042	12.7
75	2,714	2,896	40.2	2,946	5.9	3,580	13.0	2,660	7.2	1,480	11.5	3,160	10.1	2,214	12.1
76	2,301	2,524	38.1	2,512	7.2	2,820	10.8	2,440	8.3	1,412	12.4	1,940	9.2	2,306	14.0
77	2,201	2,638	45.1	2,482	9.9	2,280	10.8			1,030	10.8	2,220	14.1	1,020	9.3

表 3 东海区集体渔业机船与国营渔轮效能比及努力量换算

年	渔获量(千吨)		对船日数(千日)		CPUE(吨)		效能化	标准努力量换算		东海区 机船标准化 努力量(千日)
	集 体	国 营	集 体	国 营	集 体	国 营	集体:国营	集 体	国 营	
1968	176.5	53.4	74.4	17.39	2.37	3.07	1:1.295	74.4	22.53	96.9
69	262.0	64.5	76.6	19.97	3.42	3.23	1:0.942	76.6	18.85	95.2
70	194.0	75.2	117.5	25.23	1.65	2.98	1:1.806	117.5	45.57	163.2
71	260.0	91.7	185.7	25.26	1.40	3.63	1:2.593	185.7	65.50	251.2
72	368.5	82.1	178.0	25.98	2.07	3.16	1:1.526	178.0	39.66	217.6
73	404.0	134.0	175.5	31.83	2.30	4.21	1:1.830	175.5	58.3	233.9
74	391.0	111.8	173.1	29.97	2.26	3.73	1:1.650	173.1	49.46	222.5
75	336.0	96.5	218.2	35.61	1.54	2.71	1:1.760	218.2	62.67	280.8
76	247.5	89.1	169.2	38.74	1.46	2.30	1:1.575	169.2	60.01	230.5
77	261.5	85.9	180.2	39.05	1.45	2.20	1:1.517	180.2	59.25	239.6

表 4 Schaefer模型计算工作表

年	1	2	3	4	5
(i)	带 鱼 总 产 量 (千吨)	机 对 船 日 渔 获 量 (CPUE) $\bar{u}$ (吨)	标准捕捞 努 力 量 f (千日)	资源量指数 变 化 值 $\Delta \bar{u} *$	指数变化度 $\Delta \bar{u} / \bar{u}$
1967		5.73			
68	229.9	2.37	97.0	-1.150	-0.485
69	326.5	3.43	95.2	-0.360	-0.105
70	269.2	1.65	163.2	-1.015	-0.615
71	351.7	1.40	251.2	+0.210	+0.150
72	450.6	2.07	217.6	+0.450	+0.217
73	538.0	2.30	233.9	+0.095	+0.041
74	502.8	2.26	222.5	-0.380	-0.168
75	432.5	1.54	280.8	-0.400	-0.260
76	336.6	1.46	230.5	-0.045	-0.031
77	347.4	1.45	239.6	-0.195	-0.135
77 72 $\sum$ 68 77 $\sum$ 73		1.07			
		10.92	824.2	-1.865	-0.838
		9.01	1207.3	-0.925	-0.553

$$*\Delta \bar{u} = \frac{\bar{u}_{i+1} - \bar{u}_{i-1}}{2}$$

$$\sum_{68}^{77} \left| \frac{\Delta \bar{u}}{\bar{u}} \right| = 2.207$$

依 a, M 初值代入下式

$$\frac{1}{K_2} \sum_{i=1}^N \left| \frac{\Delta \bar{u}_i}{\bar{u}_i} \right| = \sum_{i=1}^N \left[a(M - \bar{u}_i) - f_i \right] - \sum_{i=1}^N \left[a(M - \bar{u}_i) - f_i \right] \dots\dots\dots (2)$$

$\Delta \bar{u}_i > 0$ $\Delta \bar{u}_i < 0$

求出 $1/K_2$ 初值。

采用迭代法求取 a, M, $1/K_2$ 的最佳近似值。据表 4 数据计算结果如下：

参 数 迭 代 近 似 值

a	M	$1/K_2$
200.58	3.00	-44.41
193.95	3.07	-58.17
191.90	3.09	-61.51
191.39	3.10	-64.06

Schaefer 模型估算种群资源最大平衡持续渔获量(MSY)方程为：

$$y_E = \frac{1}{a}(aM - f)f \dots\dots\dots (3)$$

以及捕捞努力量(f)与CPUE相关方程为：

$$f = a(M - \bar{u}) \dots\dots\dots (4)$$

代入已知参数可写成：

$$y_E = \frac{1}{191.4}(593.3 - f)f$$

$$f = 191.4(3.10 - \bar{u})$$

本文主要以上述两方程对资源作出评估。

三、结果分析和讨论

Schaefer 模型的基本原理指出，种群每年的增长量如果相等地被渔业所捕获，则种群的生物量是不会发生变化的，平均地说任何一年的种群大小和年龄结构与下一年有同样的大小和年龄结构。实际上每年的渔获量不可能恰巧地利用种群资源的增长量，常常会出现利用不足或利用过度，所以渔业和种群增长往往处在不平衡状态。如果渔获量长期超过种群增长量，超过的数量必定由资源本身来弥补，结果会影响种群资源再生产的数量基础，这是不言而喻的。虽然，Schaefer 模型的另一基本概念认为是种群数量减少，由于反馈机制的作用会使增长率上升，可使种群资源恢复到原来的水平。然而各种鱼的恢复能力不尽相同，自然年龄组成较短的鱼类可能恢复能力高些，带鱼似乎有这一特性。当然恢复能力不是无限的，如果再生产能力(或资源数量基础)已受到破坏，则任何鱼类资源都会迟早出现衰竭。基于上述的基本理论，分析比较每年在不平衡状态下渔获量和每年平衡持续产量理论值，无疑对资源的利用程度可作判断。从表5看出，1972年，1973年和

1974年的渔获量连续三年偏离了理论上估算的年持续平衡渔获量。1975年的渔获量和持续平衡渔获量达到平衡状态。可以初步认为, 虽因有三年渔获量超过平衡持续产量, 但带鱼的再生能力没有破坏, 1975年还能保持459千吨的平衡持续产量的水平。这一现象说明带鱼的恢复能力似乎较好, 种群更新很快。所以, 在经受相当大的捕捞努力量压力下没有使渔获量很大偏离平衡状态。这种特征是和带鱼生物学有极大的关系。带鱼种群现在的年龄结构和开发初期已有相当的变化, 表现为龄组显著地缩短。近十几年来渔获物龄组组成基本上以1~3龄为主, 资源的生物量基本上由补充群支配, 由于成熟个体产卵和补充间的时效不长, 世代更新快, 所以高压的努力量改变其年龄结构产生的后果没有象平均寿命长的鱼类(如大黄鱼)那样, 出现衰竭。

其次, 我们讨论东海群带鱼在平衡状态下的最大持续产量的水平。按 $MSY = \frac{aM^2}{4}$ 计算结果为459.8千吨, 达到最大持续产量所需的捕捞努力量 f 为 296.7 千日 ($f = \frac{aM}{2}$) (见图1)。按照Schaefer的理论, 如果年渔获量控制在最大持续产量水平附近, 则渔获量和种

表 5 年渔获量和年平衡产量比较

$a = 191.4$ $M = 3.10$

年	带 鱼 总 产 量 千 吨	CPUE 吨 千 日	实际努力量 千 日	平衡努力量 理 论 值 $f = yE/\bar{U}$	年平衡产量 理 论 值 $yE = \frac{1}{a}(aM - f)f$
1968	229.9	2.37	97	106.1	251.5
69	326.5	3.43	95.2	72.2	247.8
70	269.2	1.65	163.2	222.3	366.8
71	351.7	1.40	251.2	320.7	449.0
72	450.6	2.07	217.6	206.4	427.2
73	538.0	2.30	233.9	191.0	439.3
74	502.8	2.26	222.5	190.8	431.1
75	432.5	1.54	280.8	297.7	458.5
76	336.6	1.46	230.5	299.3	436.9
77	347.4	1.45	239.6	305.4	442.8

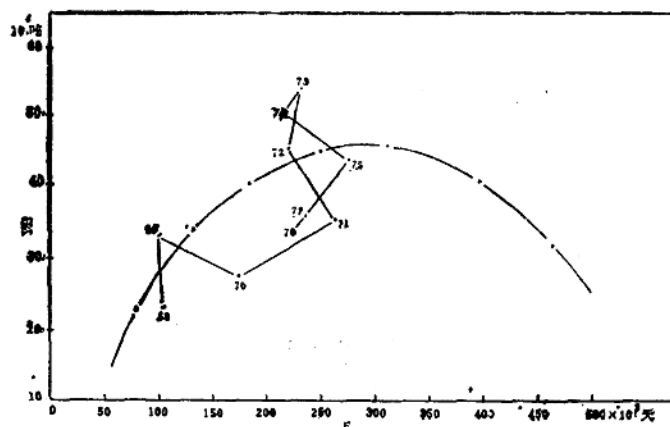


图 2 平衡渔获量线(虚线)和1968—77年实际渔获量线(实线)

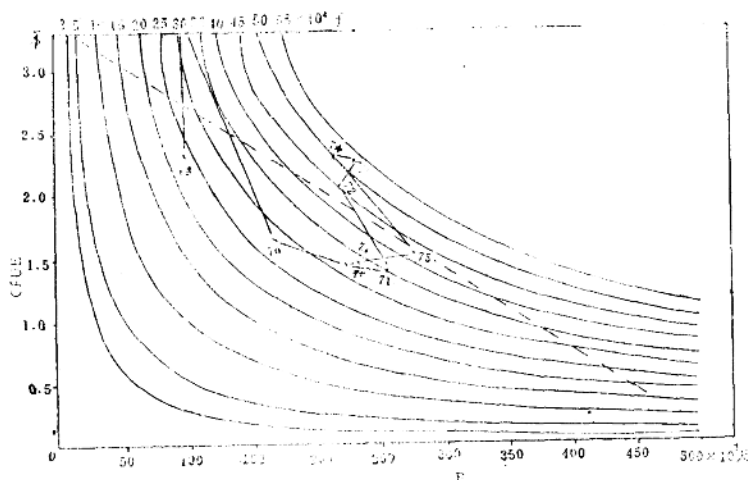


图2 捕捞努力量和资源密度指数在平衡状态下的相关线(虚线)
以及1968—77年实际资源密度指数线(实线)

群增长量处在平衡状态,也是说种群资源不会受到破坏而可以持续地被利用。照此而论,带鱼在1975年达到平衡之后,1976和1977年的渔获量又处在平衡产量以下,可以认为带鱼资源没有受到很大的破坏,自后若干年的渔获量可能出现波动,但不是资源衰竭造成的,如果利用适度的话。

在另一方面分析,从捕捞努力量与资源密度指数相关方程所描述的平衡直线(见图2)可以看到的结果表明,随着1972~74年的CPUE超过平衡状态线,以后几年的CPUE就下降。同样,1969—70—71年出现类似的情况。在一年或连续几年的CPUE(或渔获量)超过平衡状态,资源是否能恢复到最大的持续产量水平,是取决于鱼类自我的更新能力。如前分析,带鱼种群有较快的更新能力。

平衡状态线一般地说明了已开发资源的指数(CPUE)随捕捞努力量增大而下降的相关关系,东海群带鱼资源指数有这种趋势。因此,如果扩大捕捞努力量获取高渔,不如提高CPUE,减少努力量达到高渔来得有利。目前带鱼资源的利用状况正是如此。虽然增加捕捞努力量能增加一些产量,但CPUE处在低水平,必须化更大的努力量才能达到在这低水平下的持续产量,这似乎是不经济的。

最后必须说明,有些报导指出 Schaefer模型估算的MSY往往偏高,这是值得注意的,我们以Schaefer模型估算的MSY对带鱼资源作出的评估是否过于乐观,留待以后实践的验证再予修正。

参 考 文 献

- [1] 相川广秋,昭和40,水产资源学总论,产业图书株式会社。
- [2] Schaefer, M. B. 1957. A Study of the dynamics of the fishery for yellowfin tuna in the Eastern Tropical Pacific Ocean. Bull. Inter—Amer. Trop. Tuna Comm. 2:248-267.