

东海北部和黄海南部鲈鱼生长特性及合理利用

刘 勇, 严利平, 程家骅

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

摘要:采用 2002 年 11 月~2003 年 8 月在东海北部和黄海南部区域(30°~34°N, 126°E 以西范围)所获取的鲈鱼(*Scomber japonicus*)样品, 通过观察鲈鱼耳石生长轮和基础生物学测定, 研究了鲈鱼的年龄和生长; 再依据不完全 β 函数渔获量方程, 计算、分析在不同开捕年龄和不同捕捞强度下的单位补充量渔获量(Y_w/R)的变化情况。结果表明, 采用 Wallrod 方法拟合的鲈鱼生长方程, 其生长参数 K 、 L_∞ 、 t_0 分别为 0.320、451.4 和 -1.203。比较不同时期鲈鱼的生长情况显示, 20 世纪 60、80 年代和 21 世纪初期鲈鱼的生长较接近, 而 20 世纪 70 年代的鲈鱼生长情况与其他 3 个时期的鲈鱼生长相差较大。比较不同海域鲈鱼的生长情况显示, 随着纬度的增加, 鲈鱼的个体有增大的趋势, 经分析很可能与海水温度有关。根据历史资料推算出鲈鱼的最大年龄(t_k)为 9 龄; 根据最近的采样, 推算出鲈鱼的开捕年龄和补充年龄都为 0.4 年, 鲈鱼的自然死亡率为 0.355, 捕捞死亡率为 2.27。利用上述参数, 动态综合模型模拟的结果显示, 该资源过度捕捞已很严重。若保持当前捕捞强度, 则必须把开捕年龄限制在 2.9 龄; 若能同时改变捕捞强度和开捕年龄, 则可以把当前的开捕年龄限制在 2.0 龄, 捕捞死亡率降到 1.3, 这样鲈鱼资源才能够得到保护与合理利用。[中国水产科学, 2006, 13(5): 814~822]

关键词:鲈鱼; 生长特性; 资源状况; 合理利用; 东海北部; 黄海南部

中图分类号:S931.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-8737-(2006)05-0814-09

鲈鱼(*Scomber japonicus*)为暖水性中上层鱼类, 广泛分布于西北太平洋沿岸水域, 每年在生殖和越冬季节进行远距离洄游, 是灯光围网的重要捕捞对象之一^[1]。东海区鲈鱼资源自 20 世纪 70 年代初期被规模化开发以来, 产量一直处于持续波动上升之势, 由 20 世纪 80 年代初期的 4×10^4 t~ 5×10^4 t, 迅速增加至 20 世纪 90 年代末期的 19×10^4 t 左右, 从而成为东海区海洋渔业中具有重要地位的经济渔获之一^[2]。

由于鲈鱼在渔业生产中的重要地位, 对鲈鱼的研究已经在许多方面展开。如宋海棠和丁天明^[3]曾对鲈鱼的分布特征做了研究, 陈卫忠等^[4-5]对东海鲈鱼类的资源量进行了评估, 孙耀等^[6-7]对鲈鱼的生态能量学参数进行了测定等。另外对鲈鱼的生物学方面也有较为广泛的研究, 对中国三大海域的鲈鱼都有涉及。徐恭昭^[1]等研究了黄海北部(烟台

外海)的鲈鱼, 张进上^[8]研究了南海北部的鲈鱼, 对东海区范围的鲈鱼研究则有更多。东海区的鲈鱼分属于 2 个不同的群系, 即闽南、粤东近海地方群系和东海群系, 其中以东海群系资源数量较大^[1], 相应的对闽南、粤东近海地方群系的鲈鱼研究目前较少, 仅有颜尤明^[9]等做过研究。而对东海群系的鲈鱼研究则较多, 如陈卫忠等^[10]对东海鲈鱼的耳石的日龄进行了观察; 程家骅^[11]等利用 ELEFAN 方法分析了鲈鱼生物学特征的长时间序列的动态变化特征; 邹晓荣^[12]等对东海南部渔场的鲈鱼进行了初步研究, 以上都未对鲈鱼的年龄结构进行研究。颜尤明^[9]等和汪伟洋^[13]等在对闽中、闽东渔场的鲈鱼研究中有年龄结构方面的研究。前者从理论上对鲈鱼的年龄结构进行了分析, 后者通过鳞片的鉴定分析了鲈鱼的年龄结构。而对同属东海群系的东海北部和黄海南部水域的鲈鱼年龄结构方面的研究还鲜有

收稿日期: 2005-10-25; 修订日期: 2006-03-06。

基金项目: 国家 126 专项后续研究项目(农渔科函[2002]116 号)。

作者简介: 刘 勇(1977-), 男, 实习研究员, 从事海洋渔业资源与生态学研究。E-mail: liuyong7707@yahoo.com.cn

通讯作者: 程家骅。E-mail: ziyuan@sh163.net

1) 徐恭昭, 张孝威, 刘效舜, 等. 烟台外海鲈鱼生殖鱼群的分析. 中国科学院海洋研究所(油印本), 1959.

2) 钱世勤, 胡雅竹. 鲈鱼年龄和生长的研究. 东海水产研究所(油印本), 1987.

公开报道^[2]。东海北部和黄海南部受多种不同性质水团复合作用,基础饵料丰富,是东海群系鲈鱼的主要索饵场^[1];索饵群是东海群系鲈鱼的主力军,是其重要的代表群。本研究对东海北部和黄海南部的鲈鱼通过耳石鉴定其年龄、分析其生长特性,在此基础上对鲈鱼的利用现状进行分析,并作合理利用的探讨,为资源评估和渔业管理提供可靠的基础材料。

1 材料与方法

1.1 生长参数的计算

鲈鱼样品取自东海北部和黄海南部区域(30°~34°N,126°E以西范围),作业方式为双拖网,总共获样品 777 尾,具体采样日期及尾数见表 1。

表 1 采样时间及采样尾数

Tab.1 Sampling time and number of specimen

日期 Period	2002-11 (Nov.)	2002-12 (Dec.)	2003-5 (May)	2003-11 (July)	2003-8 (Aug.)
样品数 Ind	97	300	100	140	140

用鲈鱼的耳石作为年龄观测鉴定的材料,使用 10 倍的体视显微镜(型号:Olympus SZ11)在透射光下观察其年轮数和测量年轮径与耳石径。

各年龄的逆算叉长(L_i)用下式求得^[14]: $\frac{L_i}{R} = \frac{L}{R}$, 式中, L_i 为对应于第 i 年龄或年轮的逆算叉长,单位为 mm; L 为实测叉长,单位为 mm; r_i 为第 i 年轮径,即计测耳石中心点至第 i 年轮的直线距离,轮纹径的表示以不透明带外缘为准,单位为 mm; R 为耳石径,即计测耳石中心点至外缘的直线距离,单位为 mm。耳石年轮计测的模式图见图 1。

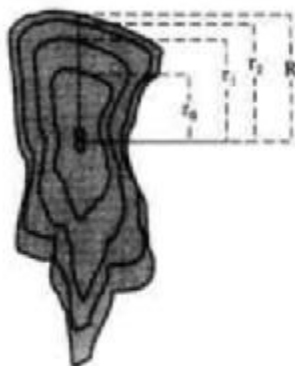


图 1 鲈鱼耳石计测模式图

Fig.1 Pattern of measuring *Scomber japonicus*'s otolith

体质量和叉长的关系用幂函数拟合,并且引用协方差分析(ANOVA)来检验性别间的差异。

使用逆算的周龄叉长用高一龄叉长对低一龄叉长的线性回归法(Walford 生长变换法)^[15]来拟合 Von Bertalanffy 生长方程(VBGF),从而得到必要的参数。

1.2 死亡参数的估算

1.2.1 总死亡系数 估算总死亡系数的方法有许多^[15],本研究采用两种方法来估算,求其平均值。

方法一:根据 2002 年 12 月份所采 300 尾鲈鱼的体长组成资料,描绘出其线性渔获曲线,从全面补充体长为起始值,估算出鲈鱼的总死亡系数 Z ^[16-17]。线性转换体长渔获量曲线方程为:

$$\ln \frac{C(L_1, L_2)}{\Delta t(L_1, L_2)} = a - Z \left(\frac{t(L_1) + t(L_2)}{2} \right) \quad (1)$$

式中, $C(L_1, L_2)$ 为体长区间 $[L_1, L_2]$ 的渔获尾数, $\Delta t(L_1, L_2)$ 为体长区间 $[L_1, L_2]$ 的年龄间隔, $t(L_1)$ 、 $t(L_2)$ 分别为体长 L_1 、 L_2 对应的年龄, a 为常数项, Z 为总死亡系数。在已知体长频数资料和其生长参数 K 和 L_∞ 时,就可利用(1)式使用线性回归的方法估算出总死亡系数。

方法二:在已知 K 和 L_∞ 的前提下,采用 Beverton 和 Holt 的方法^[18],根据渔获物的体长组成资料,利用其平均体长和最小捕捞体长等的数值估算捕捞群体的总死亡系数。其估算 Z 的数学公式为:

$$Z = K \frac{L_\infty - \bar{L}}{\bar{L} - L_c} \quad (2)$$

式中, K 和 L_∞ 为鲈鱼的生长参数; $\bar{L}$ 为鲈鱼的平均体长, L_c 为鲈鱼的开捕体长。

1.2.2 自然死亡系数 自然死亡系数是根据 Pauly^[17,19]的经验公式估算的:

$$\ln(M) = -0.0152 - 0.279 \ln(L_\infty) + 0.6543 \ln(K) + 0.463 \ln(T) \quad (3)$$

L_∞ 、 K 由前述方法获知, T 是鲈鱼 2000~2003 年连续 4 年所分布的 253 站次表层水温平均所得。

1.3 动态综合模型的选择

生长规律用 Von Bertalanffy 方程^[15]描述。

由于本研究的鲈鱼体质量与体长关系与 3 次方的幂函数关系相差较大,所以应用 B-H 模型^[15]不合适,故采用了不完全 β 函数渔获量方程^[15],即 Jones 法,分析了在不同开捕年龄和不同捕捞强度下

的单位补充量渔获量的变化情况。从鱼类最大年龄(t_L)到 ∞ 年龄当然是没有渔获量的,因此不完全 β 函数单位补充量渔获量方程可以修正如下¹⁾:

$$Y_w/R = W_\infty e^{M(t-t_0)} \cdot g(1-C)^{-g} \cdot \int_{y_0}^{1-r} Y^{(m+g-1)} \cdot (1-Y)^b \cdot dY \quad (4)$$

式中 $C = L_C/L_\infty$, $g = F/K$, $m = M/K$, $y_0 = e^{-K(t_L-t_0)}$ 。上述方程式右边最后一项积分式为不完全 β 函数,本研究采用抛物线近似求解法通过计算机编程来求其积分值。

1.4 数据处理方法

数据分析采用 Statistic 统计软件,模型的运算及其图形的绘制采用 Matlab 软件编程实现。

2 结果

2.1 叉长与体质量的关系

在 777 尾鲈鱼样品中,能够鉴别性别的为 300 尾。协方差分析(ANOVA)显示雄性和雌性间不存在显著性差异($P=0.2043>0.05$),所以,叉长和体质量的相关关系没有按雄性和雌性分别表达,而是把 777 尾鲈鱼放在一起分析,两者的关系如图 2 所示。表达式为: $W = 6.550 \times 10^{-7} L^{3.521}$ ($r = 0.9947$, $n = 777$)。

2.2 生长规律

在 777 尾样品中,观测了 1 个年轮以上的鲈鱼 525 尾,根据计测的各年轮径、耳石径和计算得到的

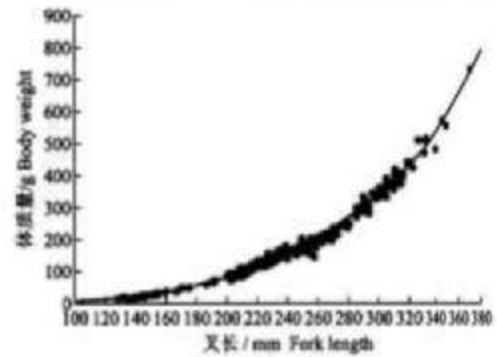


图2 鲈鱼叉长和体质量的关系

Fig.2 Relation between fork length and body weight of *Scorpaenopsis japonicus*

各年龄(1~3龄)的逆算叉长如表2所示。所采样鲈鱼只有1至3龄,仅根据此有限数据来研究其生长难以反映鲈鱼整个生命周期的生长规律,而目前又无法获得高龄鱼的生长资料,因此采用20世纪80年代所取高龄鱼的叉长观察值及逆算值加以补充(表2,4~5龄)。根据表2所列年龄组及对应逆算叉长数据,采用 Walford 生长变换法可以拟合出鲈鱼的生长方程,生长参数分别为 $K = 0.320$, $L_\infty = 451.4$, $t_0 = -1.203$,从而得出鲈鱼的叉长生长方程:

$$L_t = 451.4(1 - e^{-0.320(t+1.203)});$$

根据前述叉长与体质量关系方程可推算出其体质量生长方程:

$$W_t = 1455(1 - e^{-0.320(t+1.203)})^{3.521}$$

表2 鲈鱼各年龄组的年轮径、耳石径和观察、逆算、计算叉长

Tab.2 Parameters of Japanese mackerel different age groups

年龄组 Age group	n	r ₁	r ₂	r ₃	R	观察叉长 Observed FL _i	逆算叉长 Deduced FL _i
1	399	16.76 ± 1.51			17.51 ± 1.52	240.61 ± 25.51	230.08 ± 22.87
2	108	16.18 ± 1.35	19.16 ± 1.52		20.00 ± 1.62	305.06 ± 13.71	292.27 ± 13.64
3	18	15.15 ± 1.21	19.09 ± 1.72	21.20 ± 1.90	21.70 ± 1.88	342.67 ± 16.55	334.63 ± 14.58
4*						363	362
5*						391.7	390.7

注: * 钱世勤等的《鲈鱼年龄和生长的研究》,东海水产研究所(油印本),1987。

Note: * Cited from A STUDY ON SCORPAENOPSIS JAPONICUS'S AGE AND GROWTH written by Qian Shi-qin.

鱼类的生长速度反映了鱼类在整个生命过程中所增加的长度或体质量的快慢程度。了解鱼类各个生活阶段的体质量生长速度以后,一般来说可以选择其快速生长以后转入缓慢生长的时期加以利用。由图3可以看出,其拐点年龄为 $t_{\text{拐}} = 2.73$ a,拐点体

质量为 $W_{\text{拐}} = 448.6$ g,拐点生长速度为 200.5 g/a,由此在对该渔业资源合理利用,进行科学管理时可以考虑将该鱼种开捕年龄定为2.7年左右,开捕体质量定为450 g左右。

1) 詹秉义,电子计算机在渔业资源评估计算中的应用,上海水产学院海洋渔业资源教研室(油印本),1983。

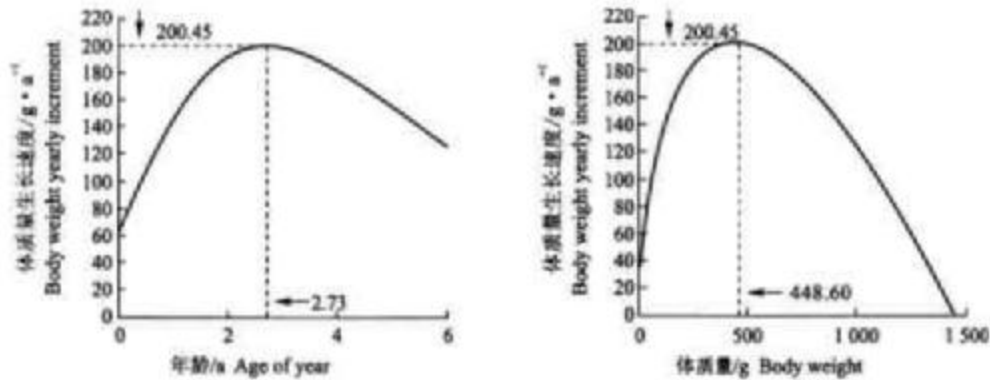


图3 鲈鱼体质量生长速度曲线

Fig.3 Growth velocity curve of Japanese mackerel's body weight

2.3 不完全 β 函数模型^[15]的参数估算

2.3.1 最大年龄 t_x 、开捕年龄 t_c 和补充年龄 t_r

历史采样中鉴定到的最大个体叉长为435 mm,年龄约为9龄¹⁾,现取最大年龄 t_x 为9年。

因为全部样本鱼中占优势的最小平均叉长组为180 mm,转换成年龄即为0.3873年,就以 $t_c=0.4$ 年作为鲈鱼的开捕年龄。由于目前的捕捞强度大,网目过小,刚刚补充到渔场的幼鱼就有可能被捕获上来,开捕年龄与补充年龄趋于一致,因此本研究认定当前鲈鱼的现行开捕年龄 $t_c=t_r=0.4$ 年。

2.3.2 自然死亡系数 M 由上述可知鲈鱼生长参数 L_∞ 、 K ,再根据鲈鱼2000~2003年连续4年所分布的253站次表层水温求得其平均值为21.98℃,引用经验公式(3)可求得鲈鱼的自然死亡系数 M 为0.355。

2.3.3 总死亡系数 Z 和捕捞死亡系数 F

方法一:根据鲈鱼的体长频数资料,以及前文所求出的生长参数 K 和 L_∞ 值,利用上述体长渔获量曲线方程进行线性回归,估算出鲈鱼的总死亡系数 Z 值为2.57。

方法二:根据采样鲈鱼的叉长资料可以算出鲈鱼的平均叉长为209 mm,前文已知鲈鱼的开捕叉长为180 mm,生长参数 K 和 L_∞ 值也已知,因此可以根据公式(2)算出鲈鱼的总死亡系数 Z 值为2.67。

上述两种方法求得的死亡系数 Z 比较接近,证实了其可靠性。把上述两者的平均值作为鲈鱼的最

后总死亡系数,即 $Z=2.62$ 。从而可以求出捕捞死亡系数^[20] $F=Z-M=2.27$ 。

3 讨论

3.1 年轮的形成

某些鱼类^[21-22]出生后第一年的年轮形成时间并不一定与其产卵时期相对应,有的在产卵之前,有的在产卵之后。有的鱼类第一年轮形成时间不足1年,也有的超出了1年,即有的鱼类第一年轮形成时间与足龄存在一个差值。用逆算体长拟合生长方程时所对应的各龄体长并非周龄体长,通常必须进行修正。由于鲈鱼所用的样本不是全年的,年轮的形成时间和产卵时间的确定未能完善。根据1年内鲈鱼耳石边缘出现年轮的个体频率统计(图4²⁾),可以看到其频率分布出现1个明显的波峰,从而可以推断鲈鱼的年轮系1年形成1次,形成波峰期为3~6月份。又据丁仁福等^[1]报道,鲈鱼的产卵期在4、5月间出现1个产卵高峰;作者观察到所用5月份的样本性腺成熟度大多为V~VI期;综合上述情况,确定鲈鱼产卵盛期为4~5月份。因为产卵盛期在4~5月份,年轮形成时期为3~6月份,所以孵化后形成年轮的时间约为12个月。因此本研究中鲈鱼的年龄与足龄基本相吻合,不需修正就可以根据鲈鱼的各年龄的逆算体长直接推算出生长方程。

1) 1999~2003年东海渔业资源监测调查的鲈鱼渔业生物学测定资料。

2) 钱世勤,胡雅竹. 鲈鱼年龄和生长的研究. 东海水产研究所(油印本),1987。

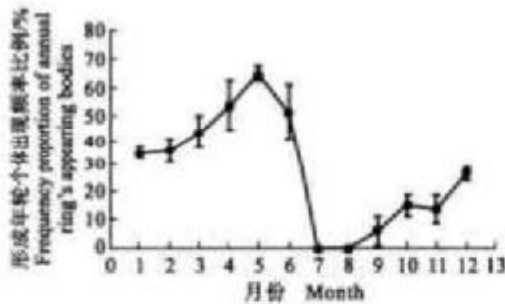


图4 各个月份中鲈鱼年轮形成个体出现频率
($n=1290$)

Fig.4 Japanese mackerel's frequency of annual ring's appearing bodies in different months($n=1290$)

3.2 叉长与体质量的相关关系及其生长状况

长度特征、体质量特征是鱼类的重要生物学特征,在资源评估时常采用体长和体质量进行换算,因此鱼类体长-体质量($L-W$)关系成为鱼类生物学研究中经常涉及的主要内容之一。目前应用较多的是将鱼类的体长-体质量关系描述为 $W=aL^b$,其中 a 和 b 的值由统计分析给出。Von Bertalanffy 通过假设鱼类体质量与体长的立方成正比,提出了著名的 Von Bertalanffy 生长方程,Beverton 和 Holt 在此基础上建立了经典的动态综合模型,即 B-H 模型。本研究的鲈鱼体质量与体长关系的结果是: $W=6.55 \times 10^{-7} L^{3.52098}$,与三次方的幂函数关系相差较大,所以只能选用其他方法来加以研究。参数 b 还有其特定的生物学意义:参数 b 表示鱼的体质量增加系数与体长增长系数之比^[23], b 值可以用来判断鱼类是否处于等速生长,它表示了鱼类生长发育的不均匀性^[24],这种不均匀性是由于体质量(或体积)和体长不均匀增长带来的。表3所列4个时间段体长与体质量关系的参数。从表3可以看到20世纪70、80年代的 b 值相对低一些,低于或接近于匀速生长的3;另外2个时期的都超出了3,尤其近期的偏离得更多;从时间序列上来看, b 值以匀速生长的3为轴心成波浪式的起伏变化。这种变化可能主要由于它们在不同的年份,营养条件和生活阶段的不同所致^[15]。

表3 不同时期鲈鱼体长与体质量相关关系参数¹⁾

Tab.3 Parameters of the relation between the length and the weight of Japanese mackerel in different time¹⁾

时间 Period	参数 Parameters			
	a	b	r	n
20世纪60年代	4.00×10^{-6}	3.2306	0.9107	3047
20世纪70年代	1.00×10^{-3}	3.0025	0.9350	459
20世纪80年代	2.00×10^{-3}	2.9485	0.9849	800
21世纪初	6.55×10^{-7}	3.5210	0.9947	777

图5是根据表3中的 a 、 b 参数描绘出来的不同时期体长与体质量的相关曲线。经比较可以看出,20世纪60、80年代鲈鱼在各个体长阶段所对应的体质量都比21世纪初的要高,即其肥硕程度要大些,说明前者的鲈鱼生长状况要好于21世纪初的;而20世纪70年代的鲈鱼生长则相反,各个体长阶段的体质量都要低于21世纪初的。总的看来,20世纪60、80年代和21世纪初鲈鱼的生长较接近,而20世纪70年代的与另外3个时期的生长相差较大,即同一体长所对应的体质量要轻些,个体要偏瘦些。鲈鱼在不同季节所取样品的观测结果是有差异的(如是否在产卵季节,是否在育肥季节),若各年份所取样品的季节大致相同,那么不同年代的肥瘦差异则和各时期所处的水域饵料基础、饵料保障、资源量的丰度以及水文环境条件等因素有关。据历史气

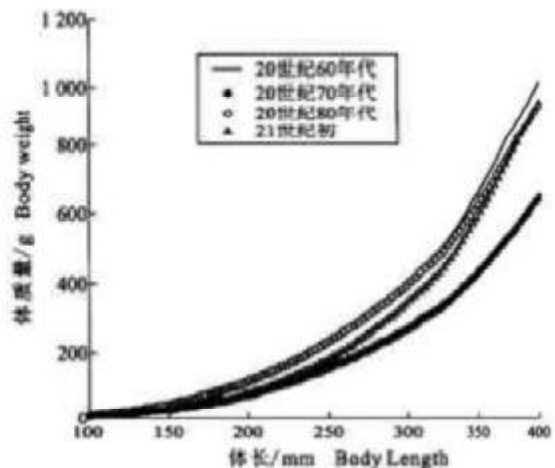


图5 不同时期鲈鱼体长和体质量相关曲线

Fig.5 Curves of the relation between length and body weight of Japanese mackerel in different time

1) 1960-1961年,1973-1975年和1982-1986年东海渔业资源监测调查的鲈鱼渔业生物学测定资料。

象资料记载^[25], 1972 年的全球天气异常, 当年出现了强烈的厄尔尼诺现象, 给许多沿海国家的经济, 特别是渔业生产带来严重损失。20 世纪 70 年代鲈鱼的生长不良也可能是这一灾害性气候影响的直接后果。

3.3 生长方程拟合用 3 个年龄组和 5 个年龄组的差异问题

因本实验所采鲈鱼样品中只有 1~3 龄鱼, 为了使拟合出来的生长方程代表性更全面, 在补充了 20 世纪 80 年代 4~5 龄的鲈鱼资料后, 拟合出了鲈鱼的生长方程。若只采用本实验 1~3 龄的数据, 同样也可以拟合出生长方程, 具体参数见表 4。比较两者的差别可以看到, 由于 5 个年龄组所采用的范围更广些, 渐近体长 L_{∞} 相比 3 个年龄组的更大些, 3 个年龄组的 L_{∞} 偏小。因为 3 个年龄组的样品大都是生长速度较快的低龄个体, 而 5 个年龄组所包括的体长范围更长一些, 因而导致了 3 个年龄组模拟出来的 K 值较大。目前的捕捞强度太大, 使大龄的鲈鱼资源量急剧下降, 导致采样过程很难捕获大龄鱼, 但并不代表实际海域中就不存在大于 3 龄的鲈鱼。通过上述比较可以看出, 5 个年龄组拟合出来的生长方程相比 3 个年龄组的能更准确的描述鲈鱼的长期实际生长过程。

因为 4~5 龄的资料是 20 世纪 80 年代的, 它的补充会不会影响鲈鱼资源现状的准确反应, 这一问题可以从图 6 中得到解答。图 6 中所示分别为 5 个年龄组和 3 个年龄组所拟合出来的生长曲线, 可以看到在本研究鲈鱼资源状况主要涉及的 0~3 龄区间内, 2 条生长曲线是完全吻合的, 可见 5 龄组拟合的生长方程也完全可以准确的描述鲈鱼低龄的生长现状。

表 4 不同年龄组数模拟出的生长参数

Tab.4 Growth parameters calculated by different age groups

年龄组数 Number of age group	K	L_{∞}	t_0
5	0.320	451.35	-1.203
3	0.384	425.12	-1.030

3.4 不同海域鲈鱼生长的比较

已有的研究表明, 东海区的鲈鱼分属于 2 个不同的群系, 即东海群系和闽南、粤东近海地方群系。

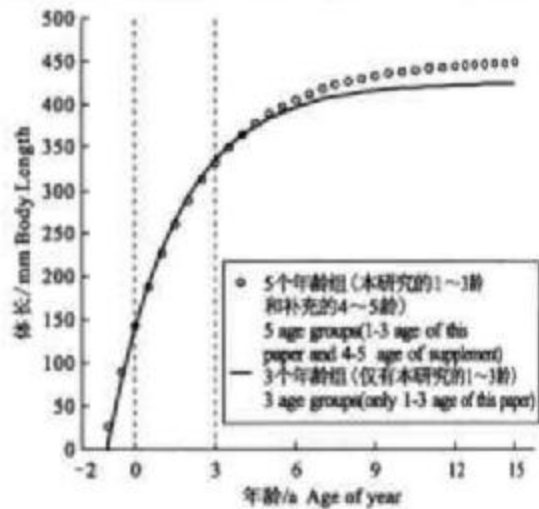


图 6 不同年龄组拟合的鲈鱼生长曲线

Fig.6 Growth curves of *Pneumatophorus japonicus* by different age groups

其中以东海群系资源数量较大^[1], 本研究所采的鲈鱼样品即属于东海群系。在全国的各个海区如在黄渤海、东海和南海已经对鲈鱼的生长进行过研究, 现从这些研究中, 由北至南选择了黄渤海^[1]、东海(本研究)、闽南、粤东近海^[9]和南海北部^[8] 4 个群系, 对其生长情况进行比较。本实验实际上只获得 3 龄以下的鲈鱼样品, 引用的闽南、粤东近海和南海北部 2 个群系的实际采样的年龄都只达到 5 龄, 而黄渤海群系的采样年龄达到 10 龄, 因而比较不同水域鱼的生长情况时应该分析其实际采样年龄段的生长情况才能更为可信。如图 7 所示, 在 4 个群系共有的 1~3 年龄段中, 由南至北, 对应年龄的体长依次变长, 可见相同年龄的个体, 鲈鱼北部海域的个体比南部的要大, 这一结果与王为祥^[26]比较的结果一致。再比较除东海的其他 3 个群系在 3~5 年龄段内的生长情况, 比较的结果与上述一致。导致这一现象的主要原因可能是由于不同海域的平均海水温度所致, 由北至南, 海水温度是逐渐升高的。温度是影响鱼类活动和生长的重要环境因子, 在适温范围内, 鱼类的代谢强度一般都与温度成正相关。在饵料充足的条件下, 随着温度的增加, 摄取食物所获能量大大超出机体的代谢耗能, 这样就能促进其生长^[27]; 但是在自然界里, 多数情况下不能保证有充足的饵料, 因此随着温度的升高机体的代谢耗能随

1) 徐基明, 张孝威, 刘敬舜, 等. 烟台外海鲈鱼生殖鱼群的分析. 中国科学院海洋研究所(油印本), 1959.

之增加,而摄取食物所获能量受到限制,不能达到其代谢耗能,所以其生长就会受到影响,个体生长受到的影响就会因为温度的升高而增大。

3.5 资源的合理利用

设开发期间各龄捕捞死亡系数 F 、自然死亡系数 M 均为常数,依据第2部分结果中所得参数,利用不完全 β 函数渔获量方程算出变化 F 和 t_c 条件下的单位补充量渔获量 Y_w/R 的值,图8所示为不同捕捞强度和开捕年龄条件下单位补充量渔获量

Y_w/R 的等值曲线。 AA' 和 BB' 2 条虚线是等渔获量曲线中的最大持续产量线,也称最适渔获量曲线, AA' 和 BB' 之间的区域称最适产量区^[15]。如图8所示的现行渔业状况点 $P(F=2.265, t_c=0.4)$ 的 Y_w/R 仅为 90 g/尾左右,对资源的利用已经处于捕捞过度区域。结合程家骅^[11] 等人的研究结果可以判断,目前对鲈鱼的利用正处于生长型捕捞过度的危险状况;若不及时采取措施,鲈鱼资源将会遭到进一步的破坏,鲈鱼渔业也将难以持续。

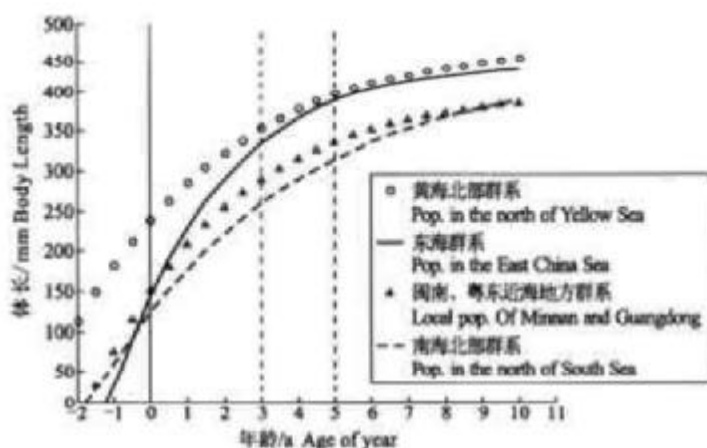


图7 不同海域鲈鱼的生长曲线

Fig.7 Growth curves of *pneumatophorus japonicus* from different sea area

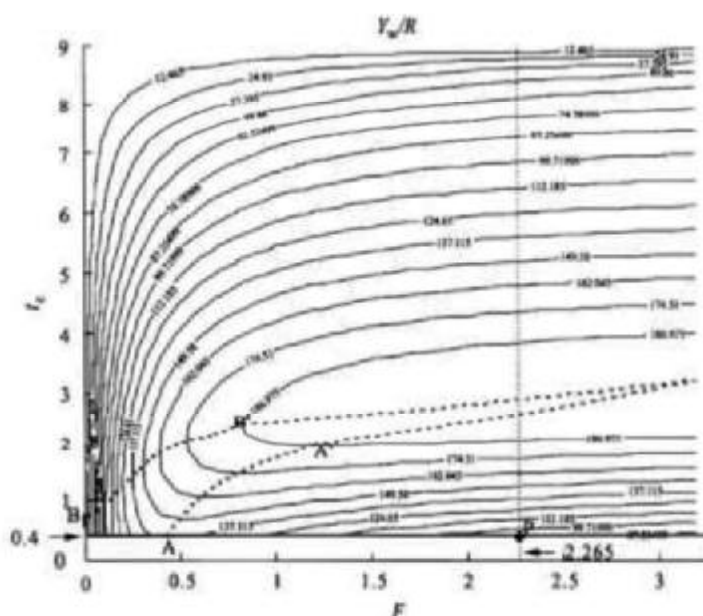


图8 改变开捕年龄和捕捞强度的单位补充量渔获量等值曲线

Fig.8 The curve of Y_w/R at different first capture age and with different fishing mortality coefficient

渔业管理的目标就是通过调节开捕年龄(t_c)和捕捞强度(F)这2个因子,使渔业状况点处于等渔获量曲线的最适产量区。若当前开捕年龄不变,降低捕捞强度,可望提高产量,经计算需将 F 降到0.44才能使渔业状况点落到最适产量区。此时 Y_m/R 达到最佳可持续产量140 g/尾左右,提高幅度相当有限,只能提高50%左右;在当前捕捞现状的基础上,若再进一步增强捕捞强度,渔获量不能增加,相反还会下降。可见盲目的投入捕捞努力量,并不一定就能增加产量,相反还可能导致产量下降,因此控制适当的捕捞努力量投入,对提高渔业生产效率尤为重要。若维持当前的捕捞强度,提高开捕年龄,则能使平衡渔获量增加较大的幅度,经计算若把开捕年龄提高到2.9龄左右,和前面2.2中所述的拐点年龄相近,即能使渔业状况点落到最适产量区,可达到最佳可持续产量200 g/尾左右,使渔获产量提高120%左右。比较上述两种方法的调节效果可以看出,提高开捕年龄比降低捕捞强度的效果更加显著。

上述两种方法都是大幅度的调节某一个控制因子,比如开捕年龄由0.4龄调节到2.9龄、或把捕捞强度从2.265降到0.44。这两种方法在实际中一般都难以实现,较为实用的方法就是综合调节这2个因子,能使渔业状况点落到最适产量区。由图8可以看到,如果降低对鲈鱼的捕捞努力量,使其捕捞死亡系数 F 降至1.3,同时调整鲈鱼的开捕年龄,将囊网网目尺寸放大使 t_c 增加到2.0龄,渔业状况点同样可以落到最适产量区,此时鲈鱼的单位补充量年渔获量可望提高100%以上。在渔业管理中,可以根据渔业实际情况,灵活的调整开捕年龄(t_c)和捕捞强度(F),使渔业状况点尽量接近、或者落在最适产量区,达到合理利用渔业资源的目标。

参考文献:

- [1] 丁仁福,俞连福,颜光明. 鲈鱼,东海区渔业资源调查和区划[M]. 上海:华东师范大学出版社,1987. 392-401.
- [2] 郑元甲,陈雪忠,程家骅,等. 东海大陆架生物资源与环境[M]. 上海:上海科技出版社,2003.
- [3] 宋海荣,丁天明. 浙江渔场鲈鱼蓝圆鲈不同群体的组成及分布[J]. 浙江水产学院学报,1995,14(1):28-40.
- [4] 陈卫忠,胡芬. 用实际种群分析法评估东海鲈鱼现存资源量[J]. 水产学报,1998,22(4):334-339.
- [5] 陈卫忠,李长松. 用剩余产量模型专家系统(CLIMPROD)评估东海鲈鱼最大持续产量[J]. 水产学报,1997,21(4):404-408.
- [6] 孙耀,于森,刘勇,等. 现场胃含物法测定鲈的摄食与生态转换效率[J]. 水产学报,2003,27(3):245-250.
- [7] 孙耀,张波. 鲈鱼能量收支及其饵料种类的影响[J]. 海洋水产研究,1999,20(2):96-100.
- [8] 张进上. 南海北部的鲈鱼[J]. 海洋渔业,1980,4(1):1-4.
- [9] 颜光明. 福建近海鲈鱼的生物学[J]. 海洋渔业,1997,19(2):69-73.
- [10] 陈卫忠,李长松. 鲈鱼幼鱼耳石日轮的初步观察与研究[J]. 水产学报,1996,20(2):139-143.
- [11] 程家骅,林龙山. 东海区鲈鱼生物学特征及其渔业现状的分析研究[J]. 海洋渔业,2004,26(2):73-78.
- [12] 邹晓荣,许梅雄. 东海南部鲈鱼生物学特性的初步研究[J]. 海洋渔业,2001,23(3):117-121.
- [13] 汪伟洋,卢振彬,颜光明,等. 闽中、闽东渔场春汛鲈鱼的生物学特性[J]. 海洋渔业,1983,5(2):51-54.
- [14] 陈大刚. 渔业资源生物学[M]. 北京:中国农业出版社,1997. 40-48.
- [15] 詹秉义. 渔业资源评估[M]. 北京:中国农业出版社,1993. 31-34.
- [16] Pauly D. Length-converted catch curves: a powerful tool for fisheries research in the tropics (Part II) [J]. ICLARM Fishbyte, 1984,2(1):17-19.
- [17] Pauly D. Length-converted catch curves and the seasonal growth of fishes [J]. ICLARM Fishbyte, 1990,8(3):33-38.
- [18] Beverton R J H, Holt S J. A review of methods for estimating mortality rates in exploited fish populations, with special reference to sources of bias in catch sampling [J]. Rap P-VR un. CIEM, 1956,140:67-83.
- [19] Pauly D. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks [J]. J Cons CIEM, 1980,39(3):175-192.
- [20] 农业部水产局及农业部黄海区渔业指挥部. 黄海海区渔业资源调查与区划[M]. 北京:海洋出版社,1990. 153.
- [21] 詹秉义. 绿鳍马面鲈资源评估与合理利用[J]. 水产学报,1986,10(4):409-418.
- [22] 陈丕茂,詹秉义. 绿鳍马面鲈年龄生长与合理利用[J]. 中国水产科学,2000,7(1):35-40.
- [23] 华元瑜,胡传林. 鱼种重量与长度相关公式($W=bL^a$)的生物学意义及其应用[A]. 鱼类学论文集[C]. 北京:科学出版社,1981(第1集). 125-131.
- [24] Ricker W E. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations [J]. Bull Fish Res Bd Can, 1975,191:1-382.
- [25] 许夫子. 解不开的疑团:厄尔尼诺 [J]. 海洋世界,1997,240(7):20-21.
- [26] 王为祥. 鲈鱼,海洋渔业生物学[M]. 北京:农业出版社,1991. 413-452.
- [27] 殷名称. 鱼类生态学[M]. 北京:中国农业出版社,1995. 38-45.

Growth characteristics and rational exploitation of *Scomber japonicus* in the north of the East China Sea and the south of the Yellow Sea

LIU Yong, YAN Li-ping, CHENG Jia-hua

(Key and Open Laboratory of Marine and Estuarine Fisheries Certificated by the Ministry of Agriculture, East China Sea Fisheries Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China)

Abstract: Based on the samples from bottom trawl surveys from November 2002 to August 2003 in the north of the East China Sea and the south of the Yellow Sea, *Scomber japonicus*'s age and growth were studied by observing *Scomber japonicus*'s otolith and measuring their biological characters. The catch equation including incomplete β function is adopted to analyze catch weight per recruit (Y_w/R) at different first capture age and with different fishing mortality coefficient. The results show that: by Walford's method, the parameters of *Scomber japonicus*'s growth equation are, K , L_∞ , t_0 are 0.320, 451.4, -1.203 respectively. By comparing *Scomber japonicus*'s growth status of different periods, the growths of 1960', 1980' and 2000' are similar, but that of 1970' is obviously different. By comparing the growth status of different areas, it is a trend that *Scomber japonicus*'s body length increases with the latitude increase probably for the water temperature's decrease. Based on historical data, the maximum age of *Scomber japonicus*, 9 years old, is got. Based on the recent data, it is got that both the first capture age and the recruiting age are 0.4 year old, the natural mortality rate is 0.355, and the fishing mortality coefficient is 2.27. On above parameters, the utilization situation is simulated by dynamic synthetic model, and the result show that the stock of *Scomber japonicus* has been severely overfished. To protect and exploit rationally this resource, if the current fishing intensity is kept on, the first capture age should be put off till 2.9 years of age; and if the first capture age is kept on, the current fishing intensity should be reduced to 0.44; in another way the first capture age should be put off till 2.0 years of age and the fishing mortality coefficient must be reduced to 1.3 simultaneously. [Journal of Fishery Sciences of China, 2006, 13(5): 814-822]

Key words: *Scomber japonicus*; growth characters; resources status; rational exploitation; North of East China Sea; South of Yellow Sea

Corresponding author: CHENG Jia-hua. E-mail: ziyuan@sh163.net