

文章编号:1005-8737(2000)01-0035-06

绿鳍马面鲀年龄生长与合理利用

陈丕茂¹, 詹秉义²

(1. 中国水产科学研究院南海水产研究所, 广东 广州 510300; 2. 上海水产大学, 上海 200090)

摘要:对东海区的绿鳍马面鲀样本鱼进行生物学测定, 测出各龄鱼的年轮轮径及椎体半径, 逆算出各龄鱼的理论平均全长, 求出生长参数, 探讨生长规律。再依据 B-H 模型计算、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尾数、单位补充量平均资源重量、渔获物平均年龄和单位补充量渔获量的情况。结果表明, 该资源已过度捕捞, 应采取降低捕捞强度和将开捕年龄控制为 3 龄等措施进行合理利用和保护。

关键词:绿鳍马面鲀; 年龄; 生长; 资源状况; 合理利用

中图分类号:Q959.489

文献标识码:A

绿鳍马面鲀 (*Thamnaconus septentrionalis* Günther), 属鲀形目, 鲀科, 革鲀属。80 年代后期该鱼种曾成为东海区拖网渔业中仅次于带鱼的主要捕捞对象, 90 年代以来该鱼种的捕捞产量逐步下降。本文探讨绿鳍马面鲀的生物学和年龄生长规律, 结合用 B-H 数学模型为该鱼种提出保护利用措施。

1 材料与方法

1.1 采样

于东海区拖网渔轮的渔获物中随机抽取样本鱼:1991 年 3 月初至 4 月底取样 234 尾, 1992 年 4 月初至 4 月底取样 65 尾, 共 299 尾。

1.2 椎体

绿鳍马面鲀鳞片已退化, 耳石小且不规则, 腰骨、中筛骨及尾扇骨等中心点的轮纹不清, 不易观察, 而脊椎骨相对于上述几种材料具有中心清晰, 测距方便, 椎体的前后凹面有明显的宽带和窄带交替排列等优点, 是较为理想的年轮鉴定材料。本文作者认为以第 3 节椎骨作为观察材料较理想, 这是因为 1、2 节椎体轮纹排列紧密, 不易分清, 4、5 节及以

后各节椎体凹面过深, 测距时易产生误差。确定年轮时本文作者也把其它各节椎体及尾扇骨作为参考材料。

每尾标本鱼按生物学测定常规进行测定记录。制作椎体标本: 将去肉脊椎骨放在 100℃ 开水中煮 5 min 后取出, 剔弃附在脊椎骨上的脂肪和杂质, 放入 3% KOH 溶液浸泡 48 h, 以便彻底清理附着物, 水洗后烘干, 装入标本袋, 登记种名、全长、体长、体重、性别、性腺成熟度, 保存待测。

年轮的观察和轮距的测量是用配目微尺的双筒

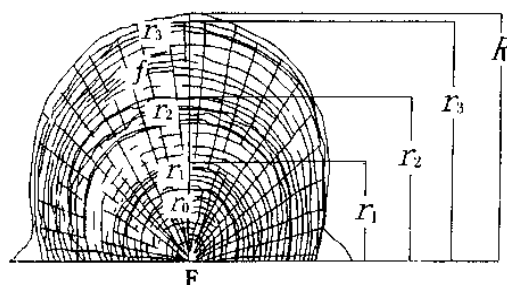


图 1 绿鳍马面鲀椎体年轮分类及测量示意图

Fig.1 Diagram of classification and measurement of vertebra growth ring of *T. septentrionalis*

(f - 副轮 Auxiliary ring; r₀ - 幼轮 Young ring; r₁ - 第 1 轮, 双带型 First ring, two belts; r₂ - 第 2 轮, 多带型 Second ring, many belts; r₃ - 第 3 轮, 单带型 Third ring, one belt)

收稿日期:1999-01-18

作者简介:陈丕茂(1969-),男,广东茂名市人,中国水产科学研究院南海水产研究所助理,从事渔业资源研究。

解剖镜在入射光线下放大 10×2.5 倍来进行测量, 轮距是以椎体中心至轮圈暗带外缘为统一标准, 测量并计算。所观察到的轮圈数为该样本年龄。计算年龄组成时, 把同一轮归为一组, 如 I 轮组 ($1^-, 1, 1^+$), II 轮组 ($2^-, 2, 2^+$), 其它依此类推 (图 1)。

1.3 计算

(1) 用电脑描点求椎体半径、全长关系及全长、体重关系^[1,2]。

(2) 使用 Leas 正比例公式^[3] 逆算各龄鱼的全长。

(3) 用逆算全长值使用 Wallboard 法^[1,2] 计算生长参数 L_∞ 、 K 、 t_0 。

(4) 生长规律用 Von Bertalanffy 方程^[1,2] 描述。

(5) 用 B-H 模型^[2] 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平均资源重量、单位补充量渔获尾数、渔获物平均年龄和单位补充量渔获量。

2 结果与讨论

2.1 实测数据

表 1 中, 全部绿鳍马面鲀 299 尾样本中 3 龄鱼共 129 尾占 43%, 占优势。但单对 1992 年所取样本而言, 在多次实地取样时发现渔获物大多数为 1 龄鱼。

表 1 实测数据
Table 1 Measured data

项目 Item	年龄/a Age							
	1	2	3	4	5	6	7	8
尾数/ind Numbers	55	33	129	53	12	8	5	4
平均全长/mm Average total length	155.40	197.15	217.91	237.98	265.75	281.63	293.60	305.00
平均体长/mm Average body length	129.17	165.99	184.30	202.00	226.50	240.50	251.06	261.11
平均体重/g Average body weight	35.98	84.21	118.74	157.51	233.25	263.50	288.40	339.75
平均年轮轮径/mm Average growth ring length	1.76	2.21	2.54	2.82	3.40	3.62	3.90	4.05
S*	0.109 1	0.212 2	0.169 6	0.235 9	0.227 1	0.239 2	0.101 2	0.110 9
平均椎体半径/mm Average vertebra radius	1.82	2.28	2.59	2.88	3.44	3.67	3.95	4.09

* S 为各龄实测年轮轮径平均值的标准差。Standard deviation of average growth ring length of each age.

2.2 生长状况

2.2.1 椎体半径与全长、体长的关系 将 299 尾样本的全长、椎体半径测定数据用电脑描点、曲线拟合, 可得出椎体半径与全长呈直线相关关系 (图 2)。其中: 雌体 $L = 68.364 2 + 57.125 5R$, $r = 0.903 1$, $N = 190$;

雄体 $L = 38.294 7 + 67.885 7R$, $r = 0.955 2$, $N = 109$;

雌雄总和 $L = 53.8476 + 62.228 6R$, $r = 0.932 1$, $N = 299$ 。

同法可得出体长与全长成直线相关关系: $L_{\text{全}} = 8.948 2 + 1.133 8L_{\text{体}}$, $r = 0.993 2$, 进而推知体长也与椎体半径成直线相关关系。

2.2.2 全长与体重关系 同上方法可得出全长与体重成指数函数关系 (图 3):

$W = 1.221 2 \times 10^{-6} L^{3.411 4}$, $r = 0.988 8$ 。可见, $b = 3.411 4$, 接近于 3, 故绿鳍马面鲀属于匀速生长的鱼类。

2.2.3 各龄鱼的逆算全长值 将表 1 的数据用

Lea, E 正比例公式^[3] 求得逆算全长值 (表 2)。

2.2.4 生长规律 绿鳍马面鲀的生长规律可用 Von Bertalanffy 生长方程来描述, 使用表 2 中的逆算全长数据用 Walford 生长变换法^[1,2] 进行回归求得:

$L = 349.663 8 (mm)$, $W_\infty = 581.101 2 (g)$, $K = 0.202 2$, $t_0 = -1.733 8$

由于所用的样本不是全年的, 年轮的形成时期和产卵期的确定未能完善。朴炳夏^[4] 与钱世勤等^[5] 均证实, 绿鳍马面鲀年轮系 1 年形成 1 次, 时间为 12 月至翌年 3 月或 5、6 月。作者对 3、4 月份的样本计算的边缘生长率 K' 值都很小, 结合上述两种情况, 确定轮纹形成期为 12 月份至翌年 3 月份。又据郑元甲等^[6] 报道: 绿鳍马面鲀的产卵期为 3 月底至 5 月下旬; 朴炳夏^[4] 认为其产卵盛期为 5~6 月份; 本文作者观察到所用 3、4 月份的样本性腺成熟度大多为 III~IV 期; 综合上述情况, 确定绿鳍马面鲀产卵盛期为 5 月份。

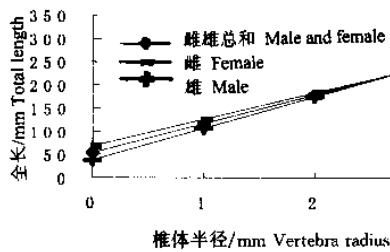


图2 绿鳍马面鲈椎体半径与全长关系

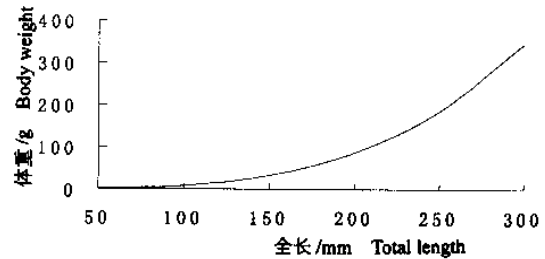
Fig.2 Relationship between vertebra radius and total length of *T. septentrionalis*

图3 绿鳍马面鲈全长与体重关系

Fig.3 Relationship between total length and body weight of *T. septentrionalis*

表2 绿鳍马面鲈各龄逆算全长值

Table 2 Back-operated total length of *T. septentrionalis* at each age

年龄/a Age	1	2	3	4	5	6	7	8
逆算全长值/mm Total length back-operated	150.19	191.43	213.79	233.59	261.89	277.79	289.44	302.02

因为产卵盛期在5月份,年轮形成时期为12月份至翌年3月份,所以孵化后形成1轮的时间为7~10个月,取平均为8个月,形成2轮为1年8个月,形成3轮为2年8个月,高龄的依此类推,可见到周岁时尚差4个月即0.3333年,所以上面所求出的生长参数 t_0 应修正。修正后的绿鳍马面鲈生长参数见表3。

表3 绿鳍马面鲈生长参数

Table 3 Growth parameters of *T. septentrionalis*

L_{∞} /mm	W_{∞} /g	K	t_0/a
349.6638	581.1012	0.2022	-2.0671

从而得出全长生长方程:

$$L_t = 349.6638[1 - e^{-0.2022(t+2.0671)}];$$

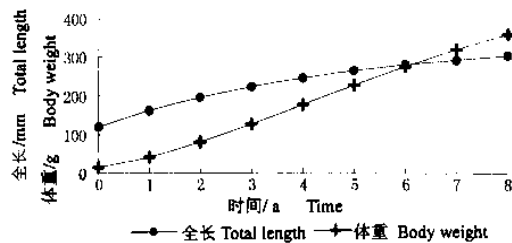


图4 绿鳍马面鲈全长、体重生长曲线

Fig.4 Growth curve of total length and body weight of *T. septentrionalis*

体重生长方程:

$$W_t = 581.1012[1 - e^{-0.2022(t+2.0671)}]^{3.4114}$$

由前面生长状况可知,绿鳍马面鲈的产卵和年轮形成都是在每年的相同时期内进行,因而其从产卵到形成1轮,再形成2轮,1991年的2龄鱼和1992年的2龄鱼的情况相同,所以在年龄归组中归为同一组时没有差别,其它各龄可依此类推;从而可断定这种年龄分组中的世代交叉现象对本文建立的生长方程不会产生影响。

用绿鳍马面鲈生长方程和生长速度、生长加速度方程求得不同年龄时的全长、体重值以及全长、体重的生长速度、生长加速度的数据,作出曲线(图4, 5),显示各龄鱼全长、体重在一周年内的变化。

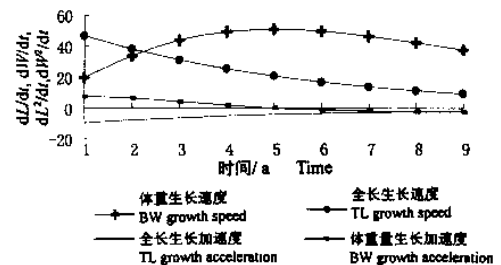


图5 绿鳍马面鲈全长、体重生长速度、加速度曲线

Fig.5 Growth rate and accelerative growth rate curves in total length and body weight of *T. septentrionalis*

表 4 用生长方程求得的绿鳍马面鲈各龄全长、体长值

Table 4 Total length and body length of *T. septentrionalis* at each age based on growth equation

年龄/a Age	1	2	2.5	3	4	5	6	7	8
全长/mm Total length	161.60	196.02	210.80	224.15	247.13	265.90	281.23	293.76	304.00
体长'/mm Body length	134.64	165.00	178.03	189.81	210.07	226.63	240.15	251.20	260.23

* 结合全长体长关系式求得。Body length data are count with relational equation of total length and body length.

用建立在周岁的基础上的生长方程求得的全长值(表 4)比年轮形成时的全长值(表 2)大,计算结果与推测相符合。

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重量的快慢程度。了解鱼类各个生活阶段的生长速度以后,就可以选择其快速生长以后转入缓慢生长的时期加以利用。

图 4 中,最初 3、4 年该鱼的全长生长曲线较陡,表明单位时间生长增量较大、生长迅速,5 年以后生长曲线平缓、全长增长缓慢;体重在 2 年以下曲线平缓,生长较慢,3 年以后增长迅速;计算得出:全长年增量最大值在 1~2 年之间,为 34.42 mm/年;体重年增量最大值在 4~5 年之间,为 50.46 g/年。

图 5 中,全长生长速度曲线、加速度曲线在 4 年以前的一段较陡,4 年以后较平缓,表明 4 年以前全长生长速度、加速度虽然由最大值迅速降低,但其值较高,生长迅速,4 年以后全长在较低速度水平下生长;而体重生长速度曲线、加速度曲线明显以 4 年左右为生长拐点,表明体重生长分 2 个阶段:1~4 年体重生长速度是逐渐增大,3~4 年体重的生长速度最大,5 年以后逐渐降低;体重生长速度的变化值为 0 时的年龄为拐点年龄,令 $d^2 W_t/dt = 0$ 时求得 $t_{拐} = 4.0018$ 年。由此可断定将该鱼种开捕年龄定为 3~4 年比较适宜。

2.3 B-H 模型^[2]计算结果

绿鳍马面鲈的自然死亡系数 $M = 0.257^{[7]}$, 捕捞死亡系数^[2] $F = 1.319 [F = Z - M = (L_{\infty} - L_{\bar{p}})K / (L_{\bar{p}} - L') - M = 1.319]$ 。Z 为总死亡系数, $L_{\bar{p}}$ 为全部样本实测全长平均值 165.6 mm, L' 为全部样本中最小个体的全长值 142 mm]。

样本中最小个体全长 142 mm, 体重 27 g, 用生长方程算得对应年龄分别为 0.509 8 年和 0.514 9 年,说明 0.5 年左右的绿鳍马面鲈已作为补充个体被捕捞。据此确定其补充年龄 t_c 为 0.5 年。

样本中鉴定到最高年龄为 8 年,但该年龄未必是群体的最高年龄 t_{λ} , 据此判断 t_{λ} 有更高值。本文任意选定 t_{λ} 为 10 龄及 ∞ , 据此计算各年龄的 Y_w/R

R 值后,对这些数值进行比较。

因为全部样本鱼中 3 年鱼占优势,具代表性,就以 $t_c = 3$ 作为确定 t_{λ} 的开捕年龄,由 t_{λ} 为 10 年及 t_{λ} 为 ∞ 所估算的单位补充量渔获量的曲线(图 6)可以看到: t_{λ} 为 10 年和 ∞ 时的 Y_w/R 在 F 值为 0.5 以上时基本一致,而在 0.5 以下时也没有多大差异;在 F 值为 1.319 时 t_{λ} 为 10 年以上的 Y_w/R 完全不受 t_{λ} 的影响,因此将 t_{λ} 定为 10 年。

设捕捞期间捕捞死亡系数 F、自然死亡系数 M 均为常数,依据前面所求得参数,利用 B-H 模型算出变化 F 和 t_c 条件下的单位补充量渔获尾数 Y_N/R 、单位补充量平均资源重量 P_w/R 、渔获物平均年龄 T_y 和单位补充量渔获量 Y_w/R 等的值,作出了 t_c 一定时随 F 变化的 Y_N/R 、 P_w/R 、 T_y 、 Y_w/R 曲线和同时变化 F、 t_c 的等渔获量曲线(见图 7~11)。

2.3.1 单位补充量渔获尾数 Y_N/R 、单位补充量平均资源重量 P_w/R 图 7 中, Y_N/R 随 F 增大而增大,但在 $F > 0.8$ 以后,这种增大的幅度很小。图 8 所示, P_w/R 都随 F 的增大而减小,在 $F < 0.6$ 以前,这种变化很剧烈。从渔业观点出发,应考虑增加产量而不是追求尾数,渔获产量是渔获尾数和个体平均体重的乘积,绿鳍马面鲈被充分利用以后,盲目增大 F,渔获尾数增加很少,却造成鱼体小型化,从而产量不会随渔获尾数增加而成正比增加,会因鱼体小型化而下降。

2.3.2 渔获物平均年龄 T_y 全长和体重是年龄的函数。图 9 中, T_y 随开捕年龄 t_c 的升高而增大,随 F 值的增大而下降,即随 t_c 的升高或 F 的减少,渔获物个体全长和体重增大,随 F 的增大或 t_c 的降低,渔获物趋向低龄化、小型化。

2.3.4 单位补充量渔获量 Y_w/R 随捕捞死亡系数 F、开捕年龄 t_c 变化情况 图 10 中,保持捕捞死亡系数 F 一定的情况下, F 在 0.1~0.3 范围内, t_c 为 1、2 年的曲线 Y_w/R 最大值水平较低; F 在 0.4~0.8 范围内, t_c 为 1、2 年的曲线有此情况下最高的 Y_w/R ; t_c 为 3~8 年的曲线有相当高的 Y_w/R ; $F > 0.8$, t_c 为 1、2 年的曲线 Y_w/R 随 F 增大而下降,

而 t_c 为 3~8 年的曲线始终保持相当高的 Y_w/R 而没有下降趋势,但此时无论 F 值有多高, Y_w/R 不会再大幅增高。因而若能保持 F 在 0.4~0.8, 则 t_c 为 2 龄以下时可以在不影响该资源的情况下长期获得较高的单位补充量渔获量;若 $F > 0.8$, t_c 为 2 龄以下时,单位补充量渔获量随 F 增大而下降,即此情况下资源开始衰竭;若在 $F > 0.8$ 的情况下希望获得最佳单位补充量渔获量,则 t_c 应超过 2 年以上。图 10 中, t_c 为 3 年的曲线在 $F > 0.8$ 以后始终在其它各条曲线上方,即 Y_w/R 始终比其它各条曲线的大,因而在现行 $F = 1.319$ 的情况下 3 年是最合理的

开捕年龄。

由于 1992 年的 $F = 1.319$, 而该年渔获中 1 龄左右的鱼占多数,说明该鱼 1 年已是开捕年龄,由上面的分析可知对绿鳍马面鲀的利用已过度。

2.3.4 等渔获量曲线 图 11 中,线 AA' 和线 BB' 是通过不同的捕捞死亡系数 F 和不同的开捕年龄 t_c 所对应的最高渔获量点绘出来的,两线内的范围是不同的 F 、 t_c 所对应的最佳单位补充量渔获量 Y_w/R 。由图 11 可见, F 值为 1.319 时要获得最高水平的 Y_w/R , 绿鳍马面鲀的开捕年龄应为 3 年左右;若 F 值能降为 0.8, 最佳开捕年龄则为 2.5 年左右。

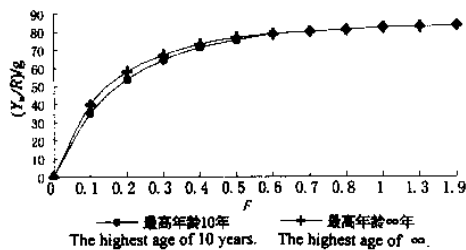


图 6 开捕年龄为 3 龄时单位补充量渔获量随捕捞强度变化曲线

Fig. 6 Catch per recruit varying with fishing mortality coefficient at the first capture age of 3 years

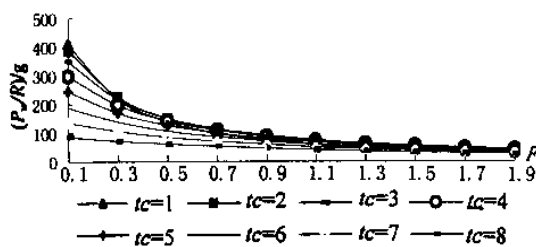


图 8 单位补充量平均资源重量随捕捞强度变化曲线

Fig. 8 Average stock weight per recruit varying with fishing mortality coefficient

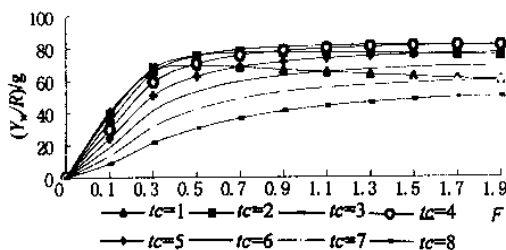


图 10 单位补充量渔获量随捕捞强度变化曲线

Fig. 10 Catch per recruit varying with fishing mortality coefficient

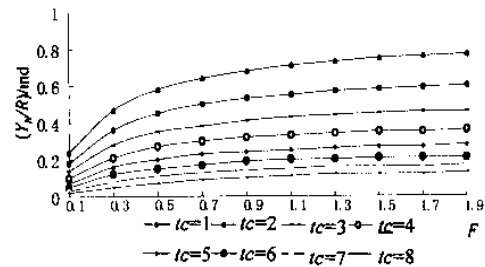


图 7 单位补充量渔获尾数随捕捞强度变化曲线

Fig. 7 Catch numbers per recruit varying with fishing mortality coefficient

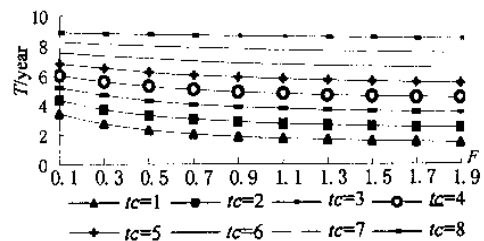


图 9 渔获物平均年龄随捕捞强度变化曲线

Fig. 9 Average age of catch varying with fishing mortality coefficient

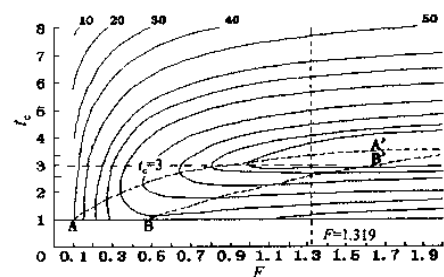


图 11 改变开捕年龄和捕捞强度的等渔获量曲线

Fig. 11 The curve of equal catch at different first capture age and with different fishing mortality coefficient

2.4 结语

从前述生物学和 B-H 模型分析结果可知东海区对绿鳍马面鲀资源已经过度利用。为避免该资源低龄化、小型化, 获得最佳单位补充量渔获量, 合理利用和保护这一重要的渔业资源, 建议:

(1) 通过规定网目尺寸将绿鳍马面鲀的开捕年龄推迟为 3 年(表 4; 对应全长 224.15 mm 和体长 189.81 mm), 要求渔民在捕捞生产时留大放小, 禁捕未成熟幼鱼, 同时要加强渔政管理力度, 教育渔民增强资源的养护意识。

(2) 不能再加强捕捞强度, 通过发放捕捞许可证限制渔船、网具的投入, 控制、减小捕捞强度。若 F 值能降为 0.8, 最佳开捕年龄可降为 2.5 年(表 4; 对应全长 210.80 mm 和体长 178.03 mm)。

(3) 根据绿鳍马面鲀的洄游规律, 每年从对马渔场南下的鱼群绝大多数要进入钓鱼岛北部产卵场产卵^[6]。建议每年 3~5 月在对马渔场至钓鱼岛之间的产卵群体洄游路线采取休渔措施, 在绿鳍马面鲀

产卵盛期的 5 月份, 在其主要产卵场实行禁捕, 保证有足够的产卵亲鱼量。

参考文献:

- [1] 费鸿年, 张诗全. 水产资源学[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1990: 245-313, 398-437.
- [2] 詹秉义. 渔业资源评估[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 18-46, 124-130.
- [3] 福建水产学校. 渔业资源与渔场[M]. 北京: 农业出版社, 1981: 47-69.
- [4] 朴炳夏. 南朝鲜近海绿鳍马面鲀资源生物学的研究[R]. 水产振兴研究报告 34 号[C], 1985: 1-64.
- [5] 钱世勤, 胡雅竹. 绿鳍马面鲀年龄和生长的初步研究[A]. 见东海绿鳍马面鲀论文集[C]. 上海: 学林出版社, 1987: 49-56.
- [6] 郑元甲, 甘金宝, 朱善央. 东海绿鳍马面鲀产卵场调查和产卵习性的研究[A]. 见东海绿鳍马面鲀论文集[C]. 上海: 学林出版社, 1987: 63-80.
- [7] 詹秉义, 楼冬春, 钟俊生. 绿鳍马面鲀资源评估与合理利用[J]. 水产学报, 1986(4): 409-417.
- [8] 曹渠江. IBM AT 计算机上的 Von Bertalanffy 鱼类生长方程的计算机程序设计[J]. 水产学报, 1988(1): 70-80.

Age and growth of *Thamnaconus septentrionalis* and rational exploitation

CHEN Pei-mao¹, ZHAN Bing-yi²

(1. South China Sea Fisheries Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China;

2. Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China)

Abstract: Based on the biology data measured in the *Thamnaconus septentrionalis* samples from East China Sea and the growth ring and centrum radius measured at each age, the theoretical average total length back-operated at each age and the growth parameters, were calculated and, then, the growth regular pattern was discussed. B-H model is adopted to analyze catch numbers per recruit, average stock weight per recruit, average age of catch and catch amount per recruit. The results show that the stock of *T. septentrionalis* has been overfished. To protect and exploit rationally this resource, the fishing mortality coefficient must be reduced and the first capture age should be put off till 3 years of age.

Key words: *Thamnaconus septentrionalis*; age; growth; resources status; rational exploitation