

闽南-台湾浅滩渔场多鳞鳢生长、死亡参数及种群动态

卢振彬¹ 陈 晓² 杜建国²

(¹ 福建省水产研究所, 厦门 361012)

(² 厦门大学海洋学系、生物资源开发与保护福建省重点实验室, 361005)

摘要 以 2001~2003 年在闽南-台湾浅滩渔场底拖网渔获物采集的多鳞鳢样品, 进行渔获群体结构和生长与死亡的研究, 并从生态学参数的变化探讨种群动态。结果表明, 多鳞鳢渔获群体叉长范围 65~237 mm, 优势组 131~150 mm, 平均 134.5 mm, 体重范围 5~110 g, 优势组 11~30 g, 平均 26.1 g。年龄范围 0~3 龄, 优势组 1 龄, 平均 0.91 龄。生长参数 L 为 260.89 mm、 W 为 153.81 g、 k 为 0.6614、 t_0 为 -0.6158、 t_r 为 0.8474 龄。Z 为 2.7728、 M 为 1.3004、 F 为 1.4724, 开发比率为 0.5310。与 1992~1993 年比较, 种群趋向个体小型化、低龄化, 开发程度由未充分向过度开发变化。1994 年以来该渔场不断加大捕捞的投入和产出, 连续 13 年超过了估算的渔业资源最大可持续渔获量和最大可持续捕捞力量。大量捕杀幼鱼, 致使包括多鳞鳢在内的多数底层、近底层鱼类过度开发。因此必须强化对渔业和渔业资源的管理力度, 严格控制渔业的投入和产出量及开捕规格。在当前渔获量和捕捞力量超过最大可持续渔获量和最大可持续捕捞力量的情况下, 应采取“负增长”的策略, 渔业资源方能得以有效恢复, 才能持久为人们所利用和实现海洋捕捞业的可持续发展。

关键词 种群结构 生长与死亡 开捕规格 多鳞鳢 台湾海峡南部

中图分类号 S931.1; S922.9⁺4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2008)05-0047-07

The population dynamics and parameter of growth and mortality of *Sillago sihama* in the Minnan-Taiwan fishing grounds

LU Zhen-bin¹ CHEN Xiao² DU Jian-guo²

(¹ Fisheries Research Institute of Fujian, Xiamen 361005)

(² Department of Oceanography, Key Laboratory for Exploitation and Conservation of Biological Resources of Fujian Province, Xiamen University, 361005)

ABSTRACT The population structure, characters of growth and mortality of *Sillago sihama* collected by bottom trawl in the southern Taiwan Strait during 2001~2003 were studied, and *S. sihama* population dynamics discussed using ecological parameters. The results showed that the fork length of *S. sihama* population ranged from 65 to 237mm, 131~150 mm being predominant, and the mean value was 134.5 mm. The body weight ranged from 5 to 110g, 11~30g being predominant, and the mean value was 26.1g. The age ranged from 0 to 3 years, 1 year being predominant, and the mean value was 0.91 year. The parameters of growth were as follows: L

福建省海洋与渔业局(闽海渔科 2001-06)和海洋生物多样性项目(2004)共同资助

收稿日期:2007-07-28;接受日期:2007-10-07

作者简介:卢振彬(1943-),男,研究员,主要从事海洋渔业资源和生态学研究。E-mail:lzb1942@yahoo.com.cn, Tel:(0592)6010213

= 260.89 mm, $W = 153.81$ g, $k = 0.6614$, $t_0 = -0.6158$, $t_r = 0.8474$; the coefficient of total mortality was 2.7728, the coefficient of natural mortality was 1.3004 and the coefficient of fishing mortality was 1.4724, the exploitation rate was 0.5310. Compared with data of 1992 ~ 1993, the population have been miniaturized in size, low-aged, and excessively exploited. The input-output of fishing in this fishing ground was enhanced continuously, the actual annual yield has exceeded their maximum sustainable yield and maximum sustainable fishing efforts for the last 13 years since 1994, and the juvenile fishes were captured heavily, resulted in over-exploitation of both benthic and near bottom fishes including *S. sihama*. Therefore, it is suggested that protection and management of the fish resources should be intensified, and effective measures should be taken to control the input-output of fishing and the capture size. In the current situation that fishing output and fishing efforts exceed the surplus output of fishery resources, the "negative increase" strategy must be taken to restore the fishery resources and then achieve sustainable development and sustainable use of fish stocks.

KEY WORDS Population structure Growth and mortality Capture standard
Sillago sihama Southern Taiwan Strait

多鳞鱚 *Sillago sihama* 属沿海暖水性底层小型鱼类, 栖息于水深 20 ~ 60 m, 底质为沙泥、沙砾的海域, 闽南-台湾浅滩底质较适宜其栖息, 资源丰富, 成底拖网渔船的重要捕捞对象和定置网的兼捕对象。据 2000 ~ 2001 年台湾海峡南部闽南、台湾浅滩渔场单拖和定置网周年渔获物调查, 多鳞鱚分别占其总渔获量的 3.68% 和 0.05%。据此推算该渔场 2000 ~ 2004 年多鳞鱚渔获量约 $(1.57 \sim 1.72) \times 10^4$ t, 平均 1.66×10^4 t。

有关多鳞鱚生物学和生态学的研究, 仅见有多鳞鱚早期发育的形态报道(万景瑞 1996)。本文以 2001 ~ 2003 年对台湾海峡南部的闽南、台湾浅滩渔场的多鳞鱚渔获群体结构, 包括个体长度、体重和年龄测定的资料, 采用鱼类生物统计量的计算模式, 研究其生长参数、死亡参数、开发比率, 确定最佳捕捞规格和最小可捕标准, 并探讨种群的变动趋势, 为提高渔业管理科学水平提供有价值的参考。

1 材料与方 法

1.1 群体结构测定

2001 ~ 2003 年从闽南-台湾浅滩渔场(117°00' ~ 119°30' E, 22°00' ~ 24°00' N) 单拖渔船渔获物中随机取多鳞鱚样品 599 尾, 进行叉长、体重的测量, 并每批取 20 ~ 30 尾, 共计 393 尾进行年龄鉴定。鉴定年龄的材料采用胸鳍基后侧的鳞片, 每尾取 5 ~ 10 片, 先在水中浸泡 10 min, 洗净表面污物, 然后取 3 片置于载玻片上, 在 6 × 10 倍并配有目微尺的双筒解剖镜下鉴定年龄和测量轮径与鳞径。轮径和鳞径在同一直线上测量。鳞径系从鳞片中心至肩区外缘的距离, 轮径系鳞片中心至年轮外缘的距离。

1.2 种群生态学参数计算方法

1.2.1 生长参数

采用 von Batafanffy 生长方程(詹秉义 1995), 计算渐近体长 L 、渐近体重 W 、生长速率 k 、理论体长为零时的年龄 t_0 、体重生长拐点 t_r 。

1.2.2 残存率 S

依据渔获年龄组成与结构, 采用以下两种方法求取残存率。(1) 采用 Heincke (1913) 残存率 $S = (N_1 + N_2 + \dots + N_i) / (N_0 + N_1 + \dots + N_{i-1})$; 式中, S 为残存率; (2) 采用 Robson 等 (1961) 的残存率合并计算式 $S = T / I$

$N + (T - 1)J$ 。式中, $T = N_1 + 2N_2 + 3N_3 + \dots + iN_i$, $N = N_0 + N_1 + N_2 + \dots + N_i$ 。以上两种计算式的 N_0 为起始标码的年龄尾数, N_1 为第 2 标码的年龄尾数, 以下依序类推。

1.2.3 总死亡系数 Z

根据残存率与总死亡系数关系式 $S = e^{-Z}$ 和应用 Beverton-Hoat 的 $Z = 1/(\bar{t} - t)$ 求取总死亡系数 (费鸿年 1984)。式中, S 为残存率, Z 为总死亡系数, \bar{t} 为渔获平均年龄, t 为渔获最小年龄。

1.2.4 自然死亡系数 M

采用 Pauly (1980) 推导的复回归方程 $\ln M = -0.0066 - 0.279 \ln L + 0.6543 \ln k + 0.4634 \ln T$ 求取。式中, M 为自然死亡系数, L 为渐近长度, 单位为 cm, k 为体重生长速率, T 为渔场平均水温, 单位为 $^{\circ}\text{C}$ 。

1.2.5 捕捞死亡系数

根据 $Z = F + M$ 的关系式, 分离出捕捞死亡系数 F 。

1.2.6 开发比率 E

$E = F/Z$ 。式中, E 为开发比率, F 为捕捞死亡系数, Z 为总死亡系数。

1.2.7 临界年龄 (最佳开捕年龄)

采用袁蔚文 (1989) 临界年龄 $T = [kt_0 - \ln M + \ln(3k + M)]/k$ 模式计算。式中, T 为临界年龄, k 为体质量生长速率, M 为自然死亡系数。将 T 分别代入 von Batafanffy 长度和体重生长方程, 求取临界长度和临界体重 (即最佳捕捞长度和最佳捕捞体重)。

1.2.8 最小可捕体重

采用 Allen (1953) 推导的最小可捕体重 $W_R = E \times \bar{W}$ 模式计算。式中, W_R 为最小可捕体重, E 为开发比率, \bar{W} 为渔获平均体重。

1.2.9 最小可捕长度

采用张其永等 (1988) 推导的最小可捕个体长度 $L_R = \bar{L}(E)^{1/b}$ 模式计算。式中, L_R 为最小可捕长度, \bar{L} 为渔获平均长度, E 为开发比率, b 为长度与体质量关系的幂指数。

2 结 果

2.1 群体结构

渔获群体叉长和体重的分布范围、优势组、平均值及年龄组成与结构如表 1。因年龄鉴定的样品数仅是叉长和体重测定样品数的 65.64%, 因此年龄组成与结构以各年龄组的叉长分布频率对测定叉长的全部样品进行换算而得。以求得年龄组成和结构的真实性和代表性。

表 1 多鳞鱈群体结构
Table 1 The population structure of *Sillago sihama*

叉长(mm) Fork length			体重(g) Body weight			年龄 Age				
范围 Range	优势组 Dominant group	平均 Mean	范围 Range	优势组 Dominant group	平均 Mean	0	1	2	3	平均 Mean
65~237	131~150	134.5	5~110	11~30	26.1	166	406	25	2	0.91

2.2 生长参数

2.2.1 叉长与鳞径关系

由 393 尾样品的叉长与鳞径 (半径) 作相关分析, 发现其之间呈线性关系, 关系式为: $L = 21.13 + 5.3312R$ ($r = 0.9733$, $F = 8.756 > F_{300, 0.01} = 6.72$)。式中, L 为叉长, R 为鳞径。

2.2.2 逆算叉长和实测叉长

采用 Lee 正比例修正计算式: $L_n = (r_n/R)(L-a) + a$ 逆算逐尾各年轮的叉长。其平均逆算叉长如表 2。可见逆算平均叉长与实测叉长接近。

2.2.3 体重与叉长关系

体重与叉长呈幂指数关系, 关系式为 $W = 6.7085 \times 10^{-5} L^{2.6321}$ ($F = 4358.2 > F_{500,0.01} = 6.69$)。

2.2.4 生长方程

多鳞鱈的体重与叉长关系式的幂指数 b 接近 3, 以各龄的逆算叉长, 采用 von Batafanffy 生长方程求得生长参数渐近体长 L 为 260.89 mm, 渐近体重 W 为 153.81 g, 生长速率 k 为 0.6614, t_0 (理论体长为零时的年龄) 为 -0.6158, 体重生长拐点 t_r 为 0.8474。故体重和体长生长方程为:

$$L_t = 260.89 [1 - e^{-0.6614(t+0.6158)}]$$

$$W_t = 153.81 [1 - e^{-0.6614(t+0.6158)}]^2.6321$$

依据生长方程计算的理论叉长和理论体重均接近于逆算叉长和逆算体重(表 3)。

2.2.5 生长变化特征

求叉长、体重的一阶导数和体重的二阶导数, 分别得到叉长、体重的生长速度方程和体重生长加速度方程。

$$dL/dt = kL e^{-k(t-t_0)}$$

$$dW/dt = kW e^{-k(t-t_0)} [1 - e^{-k(t-t_0)}]^{b-1}$$

$$d^2L/dt^2 = -k^2L e^{-k(t-t_0)}$$

$$d^2W/dt^2 = k^2bW e^{-k(t-t_0)} [1 - e^{-k(t-t_0)}]^{b-2} [be^{-k(t-t_0)} - 1]$$

图 1~图 2 分别是多鳞鱈叉长、体重的生长速度曲线和生长加速度曲线。可见, 叉长生长速度曲线是一条随年龄增加而减小, 直至趋近于零的曲线。体重生长速度曲线系一条抛物线, 先随着年龄增加而递增, 当 $t = 0.8474$ 龄(拐点, 体重为 $43.72g = 0.284W$) 时, 速度最大。当 $t > 0.8474$ 龄, 则转入随年龄的增加而递减。拐点年龄的叉长 161.78 mm, 与大量初届性成熟叉长组 161~170 mm 接近, 表明多鳞鱈性成熟后体重增长缓慢。

体重生长加速度在拐点前 ($t < 0.8474$) 为正值, 处于体重生长速度的递增阶段, 但递增的速度却在逐渐减小(即加速度递减)。直至 $t = 0.8474$ 时, 体重生长速度最大, 递增阶段到此结束, 加速度等于零。当 $t > 0.8474$, 体重生长加速度为负值, 生长速度进入递减阶段。当 $t = 2.5$ 时, 负加速度达到最大值, 此时生长的反作用因素的强度最大, 体重增长开始明显下降, 并进入生长的衰滞阶段(即异化作用率等同于同化作用率, 增长率趋近于零)。因此, 可以认为多鳞鱈生命旺盛期仅持续 2.5 年。

2.3 死亡特征

2.3.1 残存率

依表 1 的年龄组成与结构, 采用 Heincke 残存率 $S = (N_1 + N_2 + \dots + N_i) / (N_0 + N_1 + \dots + N_{i-1})$ 及 Robson

表 2 多鳞鱈逆算叉长与实测叉长

Table 2 The back-calculated and actual fork length of *Sillago sihama*

项目 Item	年龄组 Age group		
	1	2	3
平均逆算叉长(mm) Average back-calculated fork length	171.2	214.6	237.0
平均实测叉长(mm) Average actual fork length	169.8	215.1	236.3

表 3 多鳞鱈理论计算叉长与逆算叉长

Table 3 The theoretically-calculated and back-calculated fork length and body weight of *Sillago sihama*

项目 Item	年龄组 Age group		
	1	2	3
理论计算叉长(mm) Theoretically-calculated fork length	171.29	214.64	237.02
逆算叉长(mm) Back-calculated fork length	171.2	214.6	237.0
理论计算体重(g) Theoretically-calculated body weight	50.82	92.03	119.48
逆算体重(g) Back-calculated body weight	50.74	89.98	110

和 Chapman 的残存率合并计算式 $S = T / (N + T - 1)$ 计算种群残存率分别为 0.062 6 和 0.062 9, 平均 0.062 8。

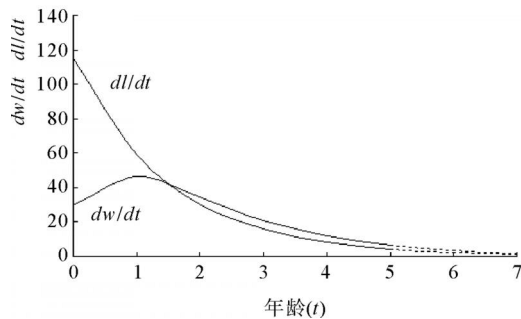


图1 多鳞鱻叉长和体重的生长速度曲线

Fig.1 The growth rate of fork length and body weight of *Sillago sihama*

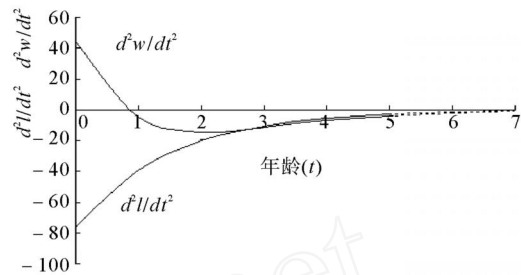


图2 多鳞鱻叉长和体重的生长加速度曲线

Fig.2 The acceleration curve of fork length and body weight of *Sillago sihama*

2.3.2 总死亡系数 Z

根据残存率与总死亡系数的关系式 $S = e^{-Z}$, 计算总死亡系数为 2.767 8; 应用 Bevorton-Hoat 的 $Z = 1/(\bar{t} - i)$ 计算, 平均渔获年龄 0.91 龄, 最小渔获叉长 65 mm, 约为 0.55 龄, 结果总死亡系数为 2.777 8。二者平均为 2.772 8。

2.3.3 自然死亡系数

依据采用 Pauly 推导的复回归方程计算自然死亡系数为 1.300 4。

2.3.4 捕捞死亡系数

从 $Z = F + M$ 中, 分离出捕捞死亡系数为 1.472 4。

2.3.5 开发比率

$$F/Z = 1.472 4 / 2.772 8 = 0.531 0$$

2.4 最佳捕捞规格

2.4.1 最佳捕捞叉长

计算结果临界年龄为 0.785 1, 代入长度生长方程, 得临界叉长(最佳捕捞叉长)为 157.60 mm。

2.4.2 最佳捕捞体重

临界年龄代入体重生长方程, 得临界体重(最佳捕捞体重)为 40.81 g。

2.5 最小可捕标准

2.5.1 最小可捕叉长

计算结果最小可捕叉长为 106.25 mm。

2.5.2 最小可捕体重

计算结果最小可捕体重为 14.03 g。

3 讨论

3.1 种群动态

2001~2003 年渔获群体结构与 1992~1993 年 比较, 后者因没有年龄结构资料, 现以 2001~2003 年各龄

组的叉长分布频率将 1992~1993 年的叉长组成换算为年龄组成(表 4)。可见,虽然 2001~2003 年的渔获最大叉长较 1992~1993 年大,然而,其平均叉长、平均体重和平均年龄均较 1992~1993 年的小。表明出现个体小型化、低龄化的变化趋势。

表 4 多鳞鱈渔获群体结构的变化

Table 4 The change of population structure of *Sillago sihama*

年份 Years	叉长组成(mm) Fork length composition			体重组成(g) Body weight composition			年龄组成 Age composition				
	范围	优势组	平均	范围	优势组	平均	0	1	2	3	平均
	Range	Dominant group	Mean	Range	Dominant group	Mean					Mean
1992~1993	85~202	131~150	144.1	5.8~82	21~30	30.1	173	518	36	1	0.93
2001~2003	65~237	131~150	134.5	5~110	11~30	26.1	166	406	25	2	0.91

采用 Heincke 残存率 $S = (N_1 + N_2 + \dots + N_i) / (N_0 + N_1 + \dots + N_{i-1})$ 及 Robson 和 Chapman 的残存率合并计算式 $S = T / (N + T - 1)$ 计算 2001~2003 年种群残存率分别为 0.062 6 和 0.062 9, 平均 0.062 8。相同方法计算 1992~1993 年的残存率分别为 0.064 2 和 0.066 8, 平均 0.065 5。

采用 $S = e^{-Z}$ 和应用 Bevertton-Hoat 的 $Z = 1 / (\bar{t} - i)$, 求取 2001~2003 年种群总死亡系数分别为 2.767 8 和 2.777 8, 平均为 2.772 8。相同方法计算 1992~1993 年总死亡系数分别为 2.725 7 和 2.325 6, 平均 2.525 7。若以自然死亡系数不变, 则 2001~2003 年的捕捞死亡系数为 1.472 4 和开发比率为 0.531 0, 要比 1992~1993 年捕捞死亡系数 1.225 3 和开发比率 0.485 1 高。由此可见, 1992~1993 年多鳞鱈种群资源还未达到充分利用, 而 2001~2003 年则呈过度捕捞, 资源已经出现衰退。因此, 应加强对多鳞鱈渔业资源的管理。

3.2 渔业和渔业资源管理对策

针对多鳞鱈资源衰退的实际情势, 须加强管理和保护。虽然该渔场 1999 年以后实施了伏季休渔管理, 然而, 包括多鳞鱈在内的多数底层和近底层鱼类资源的恢复效果甚微, 有的种群还在继续恶化。故须严格实施 TAC 制度, 进一步削减渔业的投入和产出量, 即削减捕捞力量和渔获量, 实现捕捞业的“负增长”, 同时还应制定开捕规格。

据采用剩余产量模式估算闽南-台湾浅滩渔场拖网渔业最大可持续渔获量为 26.94×10^4 t。拖网渔业最大可持续捕捞力量为 2 180 艘福建标准单拖渔船(杜建国等 2008)。然而, 自 1994 年以来包括福建、广东、台湾投入该渔场的拖网渔船已连续 13 年超过估算的最大可持续捕捞力量, 达 2 249~3 500 艘福建标准单拖渔船。历史上 1995 年最多, 达 3 500 艘, 虽然此后逐年有所较少, 但还有 2 249 艘以上, 仍然超过估算的最大可持续捕捞力量 2 180 艘标准福建单拖渔船。实际年渔获量也连续 13 年超过了最大可持续渔获量。历史上 1995 年渔获量达到 34.99×10^4 t, 至 2000 年还在 30×10^4 t 以上, 2001 年以后虽然在 30×10^4 t 以下, 但仍有 $27.37 \sim 27.99 \times 10^4$ t, 还是超过了估算最大可持续渔获量。因此还须在 2003 年的 2 249 艘和 27.37×10^4 t 的基础上削减捕捞力量 69 艘福建标准单拖渔船和 0.43×10^4 t 的渔获量。也就是说要采取“负增长”策略, 待到实际渔获量和捕捞力量下降到估算的拖网渔业最大可持续开发量和最大可持续捕捞力量的水平后, 再实施“零增长”制度。

以上估算的是该渔场拖网的最大可持续渔获量和最大可持续捕捞力量, 至于多鳞鱈的最大可持续产量, 可按多鳞鱈在拖网渔获物中的比例进行估算。据近年的调查多鳞鱈占拖网渔获量的 3.68%, 以此计算其最大可持续渔获量为 $3.68\% \times 26.94 \times 10^4$ t = 0.99×10^4 t 左右。然而, 近几年多鳞鱈的渔获量在 1.40×10^4 t ~ 1.66×10^4 t, 超过了其最大可持续渔获量, 呈现过度捕捞, 与以上计算的种群开发比率超过 0.5 的结论一致。

1979 年颁布的《福建省水产资源繁殖保护实施细则暂行规定》(下称《实施细则》), 确定了重点保护种类和最小可捕标准。该暂行规定经过近 27 年的实施, 对资源管理起着一定的作用。然而, 当时仅确定大黄鱼、小黄鱼、带鱼、蓝圆鲹、金色小沙丁鱼、脂眼鲱、鲷鱼、二长棘鲷、真鲷、黑鲷、红笛鲷、鲆、鲽、鳎、石斑鱼、狗母鱼、金线

鱼、鲳鱼、鲞、白姑鱼、黄姑鱼、鲑鱼、马鲛、海鳗、对虾、毛虾、鹰爪虾、青蟹、梭子蟹、乌贼和枪乌贼等 30 多种(类)重点保护种类。经过 28 年之后的现今,福建海区的渔业资源的组成和结构也有较大变化,以往的次要种类成了现今的主要捕捞对象。许多以往属于重要经济鱼类资源呈现严重衰退,过去的规定已经不能满足对现有资源的管理。从实际出发,应将资源已经发生明显衰退的种类增补为重点保护对象。根据多鳞鱈生态学参数发生了如此的变化和过度开发的事实,建议将该种鱼类确定为重点保护对象。

表 5 多鳞鱈最佳捕捞规格和最小可捕标准

Table 5 Optimum fishing size and the limit of capture size of *Sillago sihama*

最佳捕捞叉长(mm) Optimum fishing fork length	最佳捕捞体重(g) Optimum fishing body weight	最小开捕叉长(mm) Minimum capture fork length	最小开捕体重(g) Minimum capture body weight
157.6	40.81	106.25	14.03

《实施细则》也仅制定大黄鱼、带鱼、蓝圆鲹、金色小沙丁鱼、脂眼鲱和二长棘鲷 6 种鱼类的最小可捕体重,但没有规定最小可捕长度。也未制定多鳞鱈的最小可捕标准(表 5)。当前多鳞鱈渔获群体中叉长小于最小可捕叉长的比例占 19.32%,必须制定多鳞鱈的最小可捕标准。同时,还须依据这样的开捕叉长,进一步研究拖网的最小网目。有了最小可捕长度和拖网的最小网目,渔政管理部门就可以以此开展“网检”和“鱼检”,提高管理效率。只有真正从渔业的投入、产出和开捕规格及最小网目的严格控制入手,方能达到有效管理,渔业资源才能得到实质性的恢复。

参 考 文 献

- 万景瑞. 1996. 多鳞鱈早期发育形态. 海洋水产研究, 17(1): 35~41
- 杜建国, 卢振彬, 陈明茹. 2008. 台湾海峡南部二长棘鲷种群生态学参数的变化. 台湾海峡, 27(2): 193~198
- 费鸿年, 袁蔚文译, 里克, W. E(加拿大)著. 1984. 鱼类种群生物统计量的计算和解析. 北京: 科学出版社, 20~51
- 袁蔚文. 1989. 南海北部主要经济鱼类的生长方程和临界年龄. 见: 南海水产研究文集(1). 广州: 广东科技出版社, 646~656
- 张其永, 徐旭才. 1988. 闽南-台湾浅滩渔场多齿蛇鲻种群年龄和生长. 台湾海峡, 7(3): 256~263
- 詹秉义. 1995. 渔业资源评估. 北京: 农业出版社, 18~119
- Allen, K.R. 1953. A method for computing the optimum size-limit for a fishery. Nature, 172~210
- Heincke, F. 1913. Investigations on the plaice, General report I. Plaice fishery and protective regulations Part I. Rapp. P. V. Reun. Cons. Int. Explor. Mer. 17A: 1~153
- Pauly, D. 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 Fish stocks. J. Con. 39: 175~192
- Robson, D. S., and Chpmna, D. G. 1961. Catch curves and mortality rates. Trans. Am. Fish. Soc. 90: 181~189