

文章编号: 1674-5566(2015)01-0102-06

印度洋大眼金枪鱼生长和死亡参数的估算

刘涛¹, 戴小杰^{1,2,3,4}, 高春霞^{1,2,4}

(1. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306; 2. 上海海洋大学大洋渔业资源可持续开发省部共建教育部重点实验室, 上海 201306; 3. 上海海洋大学农业部大洋渔业资源环境科学观测实验站, 上海 201306; 4. 远洋渔业协同创新中心, 上海 201306)

摘要: 鱼类生长和死亡参数是渔业资源评估的重要基础资料。基于2011年大眼金枪鱼渔获长度组成数据(围网和延绳钓渔业), 利用FISAT II软件的体长频度分析技术(ELEFAN)对生长参数进行估算: 渐近叉长为270.9 cm, 生长曲线的平均曲率为0.08, 理论生长起点年龄为-1.194 a; 采用长度变换渔获曲线法估算出其总死亡系数为0.61, 捕捞死亡系数为0.21, 当前开发率为0.34; 相对单位补充量渔获量分析显示, 大眼金枪鱼资源当前开发强度适中, 处于适度开发状态。研究结果对印度洋大眼金枪鱼的资源评估和管理具有一定的参考价值。

研究亮点: 本文利用渔获长度频率数据, 估算印度洋大眼金枪鱼生长和死亡参数, 并分析基于单位补充量渔获量模型的资源状态, 在国内尚属首次。本文为印度洋大眼金枪鱼资源研究提供了新的生物学参数, 也为资源的合理利用和管理提供科学参考。

关键词: 大眼金枪鱼; 印度洋; 生长参数; 死亡参数

中图分类号: S 932.4

文献标志码: A

大眼金枪鱼(*Thunnus obesus*)是高度洄游性鱼类, 广泛分布于大西洋、印度洋和太平洋的热带和温带水域^[1]。在印度洋区域, 大眼金枪鱼主要分布在南赤道海流及其以北海域、非洲东岸和马达加斯加群岛, 常见于印度-澳大利亚群岛海域^[2]。相关研究资料显示, 大眼金枪鱼在印度洋海域是单一的随机交配种群^[3]。印度洋大眼金枪鱼渔业的主要作业方式为延绳钓和围网。根据印度洋金枪鱼委员会(Indian Ocean Tuna Commission, IOTC)的评估, 2011年该鱼种的年渔获量为87 420 t, 最大可持续产量为 $8.7 \times 10^4 \sim 1.8 \times 10^5$ t^[4]。IOTC热带金枪鱼工作组在2010年资源评估中指出, 大眼金枪鱼是印度洋3种主要物种(大眼金枪鱼、黄鳍金枪鱼和鲣鱼)中最易遭受过度捕捞的物种^[5]。

渔业资源的评估和管理需要可靠的种群生活史信息, 如年龄、生长和死亡等相关参数^[6]。鱼类的死亡参数是影响资源群体数量变动研究

的重要资料, 是渔业资源进行有效评估的重要基础^[7]。印度洋大眼金枪鱼年龄和生长方面, 研究者多依据耳石^[8-10]、鳍条^[9,11]和椎骨^[12]等硬骨组织进行年龄鉴定, 但这些研究依赖的样本量、样品区域分布和代表性有限。除了硬质样本外, 基于渔获长度频率的生物学参数估算方法, 如能获得具有代表性的渔获长度组成数据, 也能对生长、死亡等重要参数进行准确的估算, 如ZHU等^[13]曾使用长度频度分析法对中东太平洋大眼金枪鱼生长和死亡进行估算。本研究基于2011年大眼金枪鱼渔获长度频率资料, 利用联合国粮农组织和国际水产生物资源管理中心联合开发的电子体长频率分析(electronic length frequency analysis, ELEFAN)技术估算印度洋大眼金枪鱼的生长参数, 并运用长度变换渔获曲线法估算总死亡系数, 进而通过建立单位补充量渔获量模型来评估其资源利用状况, 为印度洋大眼金枪鱼的管理提供科学参考。

收稿日期: 2014-03-26 修回日期: 2014-11-06

基金项目: 上海市教育委员会科研创新项目(12YZ134); 农业部三大洋金枪鱼观察员项目(08-54)

作者简介: 刘涛(1986—), 男, 硕士研究生, 研究方向为渔业资源评估与管理。E-mail: liutao2935@126.com

通信作者: 戴小杰, E-mail: xjdai@shou.edu.cn

1 材料与方方法

1.1 材料

2011 年印度洋大眼金枪鱼长度(叉长)组成数据来自于 IOTC,包括围网和延绳钓按季度的长度频率数据和渔获量长度组成数据,长度频率数据的间隔为 2 cm^[14]。本文对长度频率数据按月以 2 cm 的间距进行整理,形成长度频率时间序列,作为 ELEFAN 分析的输入数据。

1.2 估算方法

1.2.1 生长参数估算

以往的研究表明,大眼金枪鱼的最佳生长模型为 von Bertalanffy 生长模型 (VBGF)^[15]。根据大眼金枪鱼长度频率时间序列,利用 FiSAT II (Version 1.2.2) 模式中的 ELEFAN 方法^[16-17]来估算渐近叉长和生长系数(k)这两个 VBGF 参数,求取 SCORE (SCORE 可作为拟合优度的一个估计量,其值分布在 0 与 1 之间),减小或增大 L_{∞} 和 k 的初选值,直到 SCORE 达到最大值,选择 SCORE 达到最优(即最大且其相应的生长参数在生物学上能被接受)的参数组为生长参数的估算结果^[18]。VBGF 生长方程为

$$L_t = L_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}] \quad (1)$$

式中: L_t 为大眼金枪鱼在 t 龄时的叉长; L_{∞} 为渐近叉长; t_0 为理论生长起点年龄,即长度(L_t)为零时的年龄; k 为生长曲线的平均曲率。

t_0 用 PAULY^[19]的经验公式来计算:

$$\ln(-t_0) = -0.3922 - 0.2752 \ln L_{\infty} - 1.038k \quad (2)$$

1.2.2 死亡参数估算

总死亡系数 Z 利用 FiSAT II 软件的“长度变换渔获曲线法”(length-converted catch curve) 模块估算^[20-22],回归数据点的选取以“未全面补充年龄段和长度接近渐近长度的年龄段不能用来回归”为原则^[7]。其回归方程为:

$$\ln(N_t/\Delta t) = a + b \times t \quad (3)$$

式中: N_t 为 t 龄对应长度组的渔获尾数; t 为其相应长度组下限生长到上限所需的时间; Δt 为对应体长组中值的年龄, $Z = -b$,即总死亡系数的估算值。

根据以往研究^[23],自然死亡系数 M 取值为 0.4 yr^{-1} ,捕捞死亡系数(F)为总死亡系数(Z)与自然死亡系数(M)之差,即:

$$F = Z - M \quad (4)$$

开发率(E)计算为:

$$E = F/N \quad (5)$$

1.2.3 单位补充量渔获量分析

根据前文得出的生长和死亡参数,建立单位补充量渔获量模型(Y_w/R)。为此,印度洋大眼金枪鱼体长-体重关系采用 IOTC^[24]的结果,即:

$$W = 2.70 \times 10^{-5} F_L^{2.951} \quad (6)$$

式中: F_L 表示叉长,生长的条件因子为 2.70×10^{-5} ,生长的幂指数系数为 2.951,其中生长的幂指数系数 $2.951 \approx 3$,故 Y_w/R 直接运用下面模型^[25]:

$$Y_w/R = F W_{\infty} e^{-M(t_c-t_r)} \sum_{n=0}^3 \frac{Q_n e^{-nK(t_c-t_0)}}{F + M + nK} [1 - e^{-(F+M+nK)(t_{\lambda}-t_c)}] \quad (7)$$

式中: Y_w/R 为单位补充量渔获量; W_{∞} 为渐近体重,其值可由式(1)和式(2)得出; t_c 为开捕年龄; t_r 为补充年龄, t_c 和 t_r 取值参考陈丕茂等^[26]和朱江峰等^[27]; Q_n 取值参考文献[7]; t_{λ} 为渐近年龄,根据 IOTC 报告^[4] t_{λ} 为 15 龄;其余参数同上文。采用 Excel 2007 和 FiSAT II 软件完成数据的统计分析,采用 Golden Software Surfer 软件绘制 Y_w/R 等值线。

2 结果

2.1 生长参数

在 FiSAT II 软件中,ELEFAN 方法拟合出最大的 SCORE 值为 0.153,对应的 VBGF 参数 $L_{\infty} = 270.9 \text{ cm}$, $k = 0.08$,据式(2)计算出 $t_0 = -1.194 \text{ a}$ 。大眼金枪鱼叉长频数序列及运用 ELEFAN 拟合的生长曲线见图 1。1-12 月渔获的样本中 100 cm 以下的小个体样本居多,而 100 cm 以上的个体样本较少;1、6、7、8 和 12 月渔获样本较少,叉长频数峰较少;1 月出现补充群体,叉长频数峰逐月增加(图 1)。

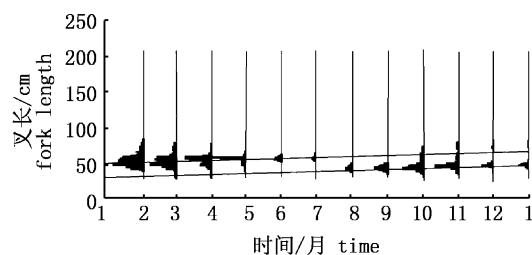


图 1 大眼金枪鱼叉长频数序列及运用 ELEFAN 拟合的生长曲线

Fig. 1 Fork-length frequency of *Thunnus obesus* and the VBGF growth curve estimated by ELEFAN

2.2 死亡参数

2.2.1 总死亡系数

应用 FiSAT II 模式的“length-converted catch curve”模块估算总死亡系数,选取 100 个点进行线性回归(图 2),拟合的回归方程: $\ln(N_t/\Delta t) = 14.95 + (-0.612t)$ ($r^2 = 0.9593$),95% 的置信区间为 $-0.637 \sim -0.587$,故当前总捕捞状态下,大眼金枪鱼总死亡系数 Z 约为 0.61。

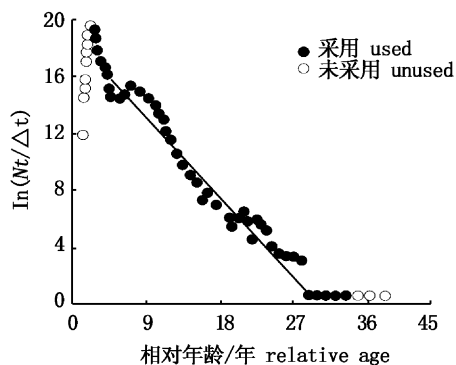


图 2 根据长度变换渔获曲线估算总死亡系数
Fig. 2 Estimation of total mortality by length-converted catch curve

2.2.2 捕捞死亡系数与开发率

根据式(4)和(5)估算大眼金枪鱼的瞬时捕捞死亡系数 F 为 0.21,开发率 E 为 0.34。

2.3 单位补充量渔获量模型

利用印度洋大眼金枪鱼在变化 F 和 t_c 情况下的 Y_w/R ,绘制出 Y_w/R 等值线,并在保持当前 F 不变的情况下,估算出最大的 Y_w/R 对应的年龄,即为当前渔业点下的最适开捕年龄(图 3)。图 3 中任何一个点都表示在 F 和 t_c 不同组合下的 Y_w/R 。图中 P 为当前 F 和 t_c 的现行渔业点; O 为最适利用状态点; $A'A$ 和 $B'B$ 两条线是最大持续产量线,也称最适渔获量曲线,其中 $A'A$ 线是在不变的情况下,变化 F 所得到的最大渔获量点连成的线,即最佳 F 点连线; $B'B$ 是 F 一定时,变化 t_c 得到的最大渔获量点连线,即最佳 t_c 点连线, $A'A$ 和 $B'B$ 之间的区域为最适产量区。从图 3 可以看出,印度洋大眼金枪鱼在现行渔业点下 ($F = 0.21, t_c = 0.27$ a),单位补充量渔获量为 2.27 kg/ind 且现行渔业点处于最适产量区域内,说明当前渔业对大眼金枪鱼资源利用是合理的。

3 讨论

3.1 生长参数

当生长参数 k 满足 $e^{-k} < 1$ 时,表明用 VBGF 生长方程能够较好地拟合鱼类的生长,即所求 k 值准确;鱼的最大长度一般为渐近值的 90% ~ 95%^[28]。本研究中求得大眼金枪鱼的生长速率 $k = 0.08, L_\infty = 270.9$ cm,其实际最大叉长 L_{max} 为 258 cm,则 $e^{-k} = 0.923 < 1, L_{max}/L_\infty = 95.2%$,基本符合这一条件。

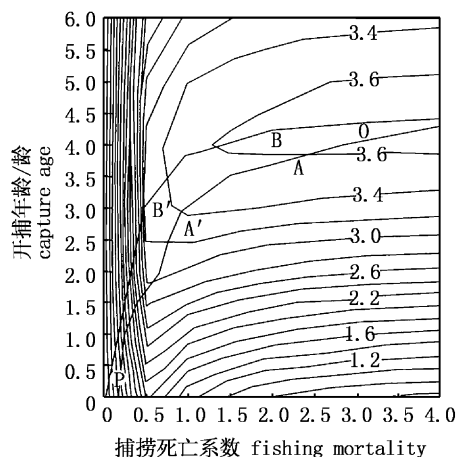


图 3 单位补充量渔获量的等值曲线
Fig. 3 Isopleth diagram of yield-per-recruit (kg/ind)

国内外许多学者对印度洋海域大眼金枪鱼年龄和生长进行了研究(表 1),周成等^[11]估算的南印度洋大眼金枪鱼的 k 值较大,这可能是与其使用的鉴定材料有关,伴随着鱼体的生长,鳍条上的轮纹会出现重叠,因此在鉴定时不免会出现 1-2 龄的误差,进而造成生长参数的误估,且其研究缺乏低龄鱼和高龄鱼的数据,因此其估算的生长参数参考价值较低;STEQUERT 等^[8]和 JESSICA 等^[10]得到的 L_∞ 较小,与本研究相差较大,究其原因,可能是其研究中多为大眼金枪鱼的低龄鱼;TANKEVICH^[12]是对整个印度洋海域进行研究,采样范围较广,所取样本的年龄层分布均匀,研究结果和本研究基本一致。由此可见,不同年龄层样本是否为均匀分布、年龄鉴定材料和方法是否合理对估算生长参数具有重要影响。

表 1 大眼金枪鱼 von Bertalanffy 生长方程参数值
Tab. 1 Growth parameters of *Thunnusobesus* for von Bertalanffy growth function

材料 materials	叉长范围/cm fork length range	海域 sea area	L_{∞} /cm	k/yr^{-1}	t_0/a	参考文献 references
鳍条 fin rays	58 ~ 182	印度洋南部	250.5	1.05	-1.850	周成等 ^[11]
耳石 otolith	30 ~ 165	印度洋西部	169.0	0.321	-0.336	STEUQUERT ^[8]
耳石和背鳍 otolith and dorsal fin	30 ~ 165	印度洋西部	303.9	0.14	-0.458	STEUQUERT ^[9]
尾椎骨和鳞片 caudal vertebra and scale	42 ~ 200	印度洋海域	269.5	0.094	-1.340	TANKEVICH ^[12]
耳石 otolith	64 ~ 176	印度洋东部	178.41	0.176	-2.500	JESSICA ^[10]
叉长频率 fork length frequency	28 ~ 258	印度洋海域	270.9	0.08	-1.194	本研究

3.2 死亡参数

本研究中,印度洋大眼金枪鱼的捕捞死亡系数为 0.21,这个与 NISHIDA^[29] 2013 年的研究结果一致,比 NISHIDA 等^[30] 在 2004 年研究的 0.29 略有下降,这应该与 IOTC 近年执行的禁渔期和减少集渔型围网作业(即降低了围网渔业的捕捞强度)有关。

3.3 资源利用状态与合理利用

本研究中,开发率 $E = 0.34$ 。按照 GULLAND^[31] 提出的关于一般鱼类最适利用率为 0.5 来判断,印度洋大眼金枪鱼没有达到过度捕捞状态,单位补充量渔获量分析也得出了同样的结果,这与 IOTC^[32] 和 NISHIDA^[29] 所得出的结果是一致的。

若保持当前 t_c 不变,改变 F 对 Y_w/R 的影响不大(Y_w/R 最大为 2.3 kg/ind 时, F 为 0.26, Y_w/R 比目前增加 1.3%)。但若保持 F 不变,改变 t_c ,对 Y_w/R 的影响较大(Y_w/R 最大 2.68 kg/ind 时, t_c 为 2.36 a, Y_w/R 比目前增加 14.5%),随着 t_c 增加, Y_w/R 增加的速率较快。若 F 增加到 3.3, t_c 增加到 4.2 a, Y_w/R 可达到 3.67 kg/ind,为最适利用状态。可以看出,若要增加产量,增加 t_c 比增加捕捞强度会获得更好的效果,所以一味地增大捕捞强度不一定获得更高的产量。而适当的增加 t_c 和 F 不仅增加产量,而且还有利于大眼金枪鱼资源的保护和可持续利用。

虽然单位补充量渔获量分析表明印度洋大眼金枪鱼目前资源利用状态合理,但 t_c 仍较小(0.27a),不到 1 龄的幼鱼即被捕获。印度洋大眼金枪鱼的补充群体主要由集渔型围网船队所捕获(平均体重 5 kg、年龄 2 a)^[4];同时,对于渔业管理,控制开捕叉长即限制网目尺寸比控制捕

捞死亡水平更容易^[33]。适当增加围网网目尺寸、限制围网捕捞强度、严格执行禁渔区制度以及在幼鱼大量出现的季节实行休渔,也能在一定程度上达到推迟开捕年龄、使资源利用趋于更合理的目的。IOTC 报告指出,大眼金枪鱼 50% 性成熟年龄约为 3 a^[4],若将 t_c 增加到 3 a, F 增加到 0.75, Y_w/R 可增加到 3.43 kg/ind,比目前增加 51.5%,从资源增殖角度考虑,可使性成熟个体至少有一次生殖机会,更有利于大眼金枪鱼资源的利用。

参考文献:

- [1] 曹晓怡,周为峰,樊伟,等. 大眼金枪鱼渔场与环境关系的研究进展[J]. 海洋渔业,2008,3(2):176-182.
CAO X Y, ZHOU W F, FAN W, et al. Advance on research in the relationship between fishing ground of bigeye tuna and environmental parameters [J]. Marine Fisheries, 2008, 3(2):176-182.
- [2] 苗振清,黄锡昌. 远洋金枪鱼渔业[M]. 上海:上海科学技术出版社,2003:24-28.
MIAO Z Q, HUANG X C. Pelagic tuna fishery [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 2003:24-28.
- [3] CHIANG H C, HSU C C, WU G C C, et al. Population structure of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the Indian Ocean inferred from mitochondrial DNA [J]. Fisheries Research, 2008, 90(1/3):305-312.
- [4] IOTC. Report of the Fifteenth Session of the IOTC Scientific Committee[R]. IOTC-2012-SC15-R, 2012:81-91.
- [5] KOLODY D. Exploration of Indian Ocean Bigeye Tuna Stock Assessment Sensitivities 1952-2008 using Stock Synthesis [R]. IOTC-2010-WPTT-04,2010:1.
- [6] AHMED K K U, AMIN S M N, HALDAR G C, et al. Population dynamics and stock assessment of catlacatla (*Hamilton*) in the kaptai reservoir, bangladesh[J]. Asian Fisheries Society, 2003, 16:121-131.

- [7] 詹秉义. 渔业资源评估[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995:75-127.
ZHAN B Y. Fisheries stock assessment [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1995:75-127.
- [8] STEQUERT B, CONAND F. Age and growth of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the western Indian Ocean[J]. *Cybiurn*, 2004, 28(2): 163-170.
- [9] STEQUERT B, CONAND F. Preliminary studies of age and growth of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the western Indian Ocean[R]. IOTC Proceedings, 2000, 3: 249-255.
- [10] JESSICA H, FARLEY A D, NAOMI P, et al. Age, growth and preliminary estimates of maturity of bigeye tuna, *Thunnus obesus*, in the Australian region[J]. *Marine and Freshwater Research*, 2006, 57(7):713-724.
- [11] 周成, 朱国平, 陈锦淘, 等. 印度洋南部大眼金枪鱼年龄鉴定及其与生长的关系[J]. *中国水产科学*, 2012, 19(3): 536-544.
ZHOU C, ZHU G P, CHEN J T, et al. Relation between age and growth of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the southern Indian Ocean [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2012, 19(3):536-544.
- [12] TANKEVICH P. Age and growth of the bigeye tuna, *Thunnus obesus* (*Scombridae*) in the Indian Ocean [J]. *Journal of Ichthyology*, 1982, 22(4): 26-31.
- [13] ZHU G P, ZHOU Y Q, XU L X, et al. Growth and mortality of bigeye tuna *Thunnus obesus* (*Scombridae*) in the eastern and central tropical Pacific Ocean [J]. *Environmental Biology of Fishes*, 2009, 85(2): 127-137.
- [14] LANGLEY A, HERRERA M, SHARMA R. Stock assessment of bigeye tuna in the Indian Ocean for 2012[R]. IOTC-2013-WPPT15-30, 2013: 1-2.
- [15] 李攀. 印度洋大眼金枪鱼年龄与生长的研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2010:39.
LI P. Age and growth of the bigeye tuna, *Thunnus obesus*, in the India Ocean[D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2010:39.
- [16] GAYANILO F C, SORIANO M L, PAULY D. A draft guide to the compleatELEFAN[M]. ICLARM Software 2, 1988: 65.
- [17] GAYANILO F C, SORIANO M L, PAULY D. FAO-ICLARM Stock Assessment Tools II (FiSAT II). Revised version. User's guide. [M]. FAO Computerized Information Series (Fisheries). No. 8, FAO, Rome, 2005: 168.
- [18] 陈宝国, 邱永松. 南海北部陆架区蓝圆鲹的生长、死亡及合理利用研究[J]. *台湾海峡*, 2003, 22(4):457-464.
CHEN B G, QIU Y S. Study on growth, mortality and reasonable utilization of *Decapterus maruadsi* in northern continental shelf waters of South China Sea[J]. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait*, 2003, 22(4):457-464.
- [19] PAULY D. The use of a pseudo catch curve for the estimation of mortality rates in *Leiognathus splendens* (Pisces: Leiognathidae) in Western Indonesian Waters [R]. Meeresforschung/Reports on Marine Research, 1980, 28(1): 56-60.
- [20] PAULY D. Length-converted catch curve, A powerful tool for fisheries research in the tropics (Part I) [J]. ICLARM Fishbyte, 1983, 1(2): 9-13.
- [21] PAULY D. Length-converted catch curve, A powerful tool for fisheries research in the tropics (Part II) [J]. ICLARM Fishbyte, 1984, 2(1): 9-17.
- [22] PAULY D. Length-converted catch curve, A powerful tool for fisheries research in the tropics: III. Conclusion [J]. ICLARM Fishbyte, 1984, 2(3): 9-10.
- [23] SHONO H, SATOH K, OKAMOTO H, et al. Updated stock assessment for bigeye tuna in the Indian Ocean up to 2008 using Stock Synthesis III (SS3)[R]. IOTC-2009-WPPT-20, 2009: 3.
- [24] IOTC. Biological data on tuna and tuna-like species gathered at the IOTC Secretariat: Status Report[R]. IOTC-2005-WPPT-05, 2005: 18.
- [25] BEVERTON R J H, HOLT S J. On the dynamics of exploited fish populations[M]. London: CHAPMAN & HALL, 1993: 10-53.
- [26] 陈丕茂, 詹秉义. 绿鳍马面鲀年龄生长与合理利用[J]. *中国水产科学*, 2000, 7(1):35-40.
CHEN P M, ZHAN B Y. Age and growth of *Thamnaconus septentrionalis* and rational exploitation [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2000, 7(1):35-40.
- [27] 朱江峰, 邱永松. 南海北部带鱼生长死亡与参数动态综合模式[J]. *海洋学报*, 2005, 27(6):93-99.
ZHU J F, QIU Y S. Growth and mortality of hairtails and their dynamic pool models in the northern South China Sea [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2005, 27(6):93-99.
- [28] 费鸿年, 张诗全. 水产资源学[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1990:10, 259.
FEI H N, ZHANG S Q. Aquatic resource science [M]. Beijing: China Science and Technology Press, 1990:10, 259.
- [29] NISHIDA T. Stock assessment of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the Indian Ocean by age-structured production model (ASPM)[R]. IOTC-2013-WPPT15-31 Rev 1, 2013:1-12.
- [30] NISHIDA T, SHONO H. Updated stock assessment of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) resource in the Indian Ocean by the age structured production model (ASPM) analyses (1960-2004) [R]. IOTC-WPPT-2006-22, 2006:1-30.
- [31] GULLANG J A. Fish stock assessment: A manual of basic methods[M]. New York: FAO/Wiley Press, 1971: 1-223.
- [32] IOTC. Report of the thirteenth session of the IOTC working party on tropical tunas [R]. IOTC-2011-WPPT13-[R], 2011: 89-90.
- [33] 王雪辉, 邱永松, 杜飞雁. 珠江口水域鳙鱼生长和死亡参

数估算[J]. 热带海洋学报, 2004, 23(4): 42-48.
WANG X H, QIU Y S, DU F Y. Estimation of growth and mortality parameters of chinese herring (*Ilishaelongate*) in

Zhujiang River estuary [J]. Journal of Tropical Oceanography, 2004, 23(4): 42-48.

Estimation of growth and mortality parameters of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the Indian Ocean

LIU Tao¹, DAI Xiaojie^{1,2,3,4}, GAO Chunxia^{1,2,4}

(1. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Key Laboratory of Oceanic Fisheries Resources Exploitation of Shanghai Education Commission, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 3. Scientific Observing and Experimental Station of Oceanic Fishery Resources, Ministry of Agriculture, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 4. Collaborative Innovation Center for Distant-water Fisheries, Shanghai 201306, China)

Abstract: Biological parameters such as growth and mortality are vital for stock assessment and management. Using length composition data of BET in the Indian Ocean in 2011 (combination of longline and purse seine fisheries), the growth and mortality parameters were estimated by using ELEFAN technique with FiSATII software. The von Bertalanffy growth parameters were estimated at $L_{\infty} = 270.9$ cm (fork length), $k = 0.08$, and $t_0 = -1.194$ a. The total mortality rate estimated by length converted catch curve method was 0.61. The fishing mortality rate and the exploitation rate was 0.21 and 0.34, respectively. The analysis of yield-per-recruit suggested that the bigeye tuna stock was not under high fishing pressure in the Indian Ocean. This study provides the estimates of growth and mortality rate for bigeye tuna, which can be used as biological parameters for further evaluations of stock status in the Indian Ocean.

Key words: *Thunnus obesus*; Indian Ocean; growth parameter; mortality parameter