

印度洋长鳍金枪鱼资源评估

朱江峰 戴小杰* 官文江

(大洋渔业资源可持续开发省部共建教育部重点实验室

国家远洋渔业工程技术研究中心 农业部大洋渔业资源环境科学观测实验站 上海海洋大学海洋科学学院, 201306)

摘 要 本研究运用年龄结构资源评估模型 ASAP, 利用最新的渔业数据和生物学研究成果, 对印度洋长鳍金枪鱼资源进行了评估。结果显示, 主要资源变量捕捞死亡系数 (F)、产卵亲体生物量 (SSB) 和生物学参考点受亲体-补充量关系的陡度参数 (h) 的影响很大。假设陡度参数 $h=0.7, 0.8, 0.9$ 时, 最大持续产量 (MSY) 分别为 25 268 t、27 414 t、51 924 t, 当前 (2010 年初) F 与 F_{MSY} 之比分别为 2.85、2.32、1.11, 当前渔获量与 MSY 之比分别为 1.65、1.52、0.80。1984 年以来, F 总体处于上升趋势, SSB 处于下降趋势。基本模型条件下 ($h=0.8$), 当前资源状况为“趋向于过度捕捞”(Overfishing), 且已接近于“过度捕捞”(Overfished)。若 $h=0.7, h=0.9$, 当前资源状况分别为“捕捞过度”、“趋向于过度捕捞”。

关键词 长鳍金枪鱼; 资源评估; 管理; 印度洋

中图分类号 S963.7 **文献标志码** A **文章编号** 1000-7075(2014)01-0001-08

Stock assessment of albacore *Thunnus alalunga* in the Indian Ocean

ZHU Jiang-feng DAI Xiao-jie* GUAN Wen-jiang

(Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education;
National Distant-Water Fisheries Engineering Research Center;
Scientific Observing and Experimental Station of Oceanic Fishery Resources, Ministry of Agriculture;
College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, 201306)

ABSTRACT Albacore *Thunnus alalunga* is one of the main tuna species in the Indian Ocean (IO). The stock status of IO albacore was uncertain due to the lack of reliable data. We assessed the albacore based on the most recent available fishery data and biological information using an age-structured assessment program (ASAP). The estimated fishing mortality (F), spawning stock biomass (SSB) and biological reference points were sensitive to the assumed steepness (h) in stock-recruitment relationship. At the assumption of $h=0.7, 0.8$ (base-case) and 0.9, the maximum sustainable yield (MSY) was 25 268 t, 27 414 t and 51 924 t; the ratio of current (year 2010) F to F_{MSY} was 2.85, 2.32 and 1.11; and the ratio of current catch to MSY was 1.65, 1.52 and 0.80, respectively. The F value has been increasing and SSB value has been decreasing since 1984. At the base-case ($h=0.8$), the current stock status was “over-

上海市教委科研创新项目(12YZ134)和农业部金枪鱼科学观察员项目共同资助

* 通讯作者。E-mail: xjdai@shou.edu.cn, Tel: (021)61900325

收稿日期: 2013-01-03; 接受日期: 2013-03-18

作者简介: 朱江峰(1978-), 男, 博士, 副教授, 主要从事渔业资源评估、生物学和生态学研究。E-mail: jfzhu@shou.edu.cn

fishing” and approaching to “overfished”. At the sensitivity analyses of $h = 0.7$ and 0.9 , the current stock status was “overfished” and “overfishing”, respectively.

KEY WORDS *Thunnus alalunga*; Stock assessment; Management; Indian Ocean

长鳍金枪鱼 *Thunnus alalunga* 分布于三大洋中的 $50^{\circ} \text{N} \sim 40^{\circ} \text{S}$ 之间的海域, 主要分布于温带水域, 赤道附近水域的丰度较低 (Collette *et al.* 1983)。印度洋长鳍金枪鱼开发于二十世纪 50 年代, 目前是金枪鱼渔业的主要经济鱼种之一, 是冰鲜延绳钓渔业的主捕鱼种, 是超低温延绳钓、围网和其他小型渔业的兼捕鱼种, 主要捕捞国家和地区有日本、韩国和我国台湾地区。长鳍金枪鱼的历史最高产量为 2008 年的 4.8 万 t, 2010 年产量约为 4.2 万 t。

由于缺少完备的渔业数据和准确的生物学信息, 印度洋长鳍金枪鱼资源一直缺少可靠的评估 (IOTC-WPTMT03 2011)。因此, 印度洋金枪鱼委员会 (Indian Ocean Tuna Commission, IOTC) 将长鳍金枪鱼资源评估列为重要的年度科学任务 (IOTC-WPTMT03 2011)。长鳍金枪鱼历来不是我国大陆金枪鱼渔业的主要捕捞对象, 但由于大眼金枪鱼、黄鳍金枪鱼等主要经济鱼种资源在短期内不会大幅改善, 今后, 长鳍金枪鱼可能成为潜在的资源进行开发。因此, 及时掌握和了解其资源状况与变化规律, 对我国今后发展长鳍金枪鱼渔业具有重要参考价值。

近年来, 国内关于印度洋长鳍金枪鱼资源状况的研究未见报道。本研究运用年龄结构资源评估模型 (Age-structured assessment program, ASAP) (NOAA Fisheries Toolbox 2008) 对印度洋长鳍金枪鱼资源进行评估, 并在假设的捕捞强度下, 对资源走势作中长期预测。年龄结构模型是当今渔业资源评估使用的主要模型, ASAP 是目前美国对其东部近海渔业资源进行评估所用的主要模型之一, 并且已在太平洋沙丁鱼、缅甸湾鲑鱼、佛罗里达龙虾等资源的评估中广泛运用 (NOAA Fisheries Toolbox 2008)。

1 材料与方法

1.1 渔业数据

印度洋长鳍金枪鱼主要为延绳钓渔业捕获, 近年的延绳钓产量占总产量的 95% 以上 (IOTC-WPTMT03 2011)。资源评估需要划分渔业类型, 划分应以选择性和可捕性不随时间变化 (或变化很小) 为依据。年龄结构模型所需的基本渔业数据是渔获量年龄结构数据 (Catch-at-age, CAA), 其来自 IOTC 秘书处, 时间为 1984~2010 年, 共 14 个年龄组 ($0 \sim 13^{+}$ year)。本研究将 IOTC 划分的 5 种渔业 (即日本延绳钓渔业、我国台湾地区延绳钓渔业和流刺网渔业、围网渔业、其他小型渔业) 合并为两个渔业, 即延绳钓渔业 (Longline, LL) 和其他渔业 (Other), 因为从产量来看, 延绳钓是主导渔业。简化渔业构成的目的是减少模型参数估算的数量, 提高稳定性。除 CAA 数据外, 年渔获量也是基本渔业数据, 同样合并为两个渔业。年龄结构模型拟合还需丰度指数资料, 本研究采用标准化的延绳钓渔业 CPUE (ind/1 000 hooks), 数据来自 IOTC 秘书处。

1.2 生物学参数与假设

印度洋长鳍金枪鱼的种群结构尚未清晰。根据目前研究的结果, 全球至少存在 6 个遗传上有差异的长鳍金枪鱼种群, 分别分布于南、北太平洋, 南、北大西洋, 印度洋和地中海 (Takagi *et al.* 2001; Arrizabalaga *et al.* 2004; Viñas *et al.* 2004; Wu *et al.* 2009; Davies *et al.* 2011)。印度洋和南大西洋种群在遗传上比较接近 (Arrizabalaga *et al.* 2004)。本研究假设印度洋长鳍金枪鱼为单一种群。

生长模型采用 von Bertalanffy 生长方程 (Lee *et al.* 1992), 叉长 (cm)、体重 (kg) 与年龄 (year) 的关系为: $L = 163.71[1 - e^{-0.1019(t+2.0668)}]$, $W = 81.70[1 - e^{-0.1019(t+2.0668)}]^{2.8758}$, 且生长无性别间差异。印度洋长鳍金枪鱼繁殖生物学的研究还基本处于空白, 尽管目前的资料表明其产卵季节为冬季和春季, 即有半年时间的产卵活动 (IOTC 2009)。考虑到与南大西洋种群的相似性 (Arrizabalaga *et al.* 2004), 本研究参考南大西洋长鳍金枪鱼的资源评估, 即假设 50% 成熟年龄为 5 年, 5 年以下均未成熟, 6 年及以上均成熟 (Anonymous

2008)。据以往研究,印度洋长鳍金枪鱼自然死亡系数 M 为 0.221/年 (Lee *et al.* 1992),故本研究假设 $M=0.221$ /年,且不考虑性别、年龄和时间上的变化。

1.3 资源评估

1.3.1 评估模型

本研究采用 ASAP 模型评估长鳍金枪鱼资源,ASAP 为基于统计误差分布的渔获量年龄结构模型 (Statistical age-structured catch-at-age analysis) (NOAA Fisheries Toolbox 2008)。ASAP 是在假设的亲体-补充量关系的情况下,向前推算各年份的资源量、渔获量、捕捞死亡系数等变量。

产卵亲体生物量 (Spawning stock biomass, SSB) 由资源量 ($N_{t,a}$)、繁殖力 ($\phi_{t,a}$) 和产卵前的总死亡系数 ($Z_{t,a}$) 比例 (p_{SSB}) 进行计算:

$$SSB_t = \sum_a N_{t,a} \phi_{t,a} e^{-p_{SSB} Z_{t,a}} \quad (1)$$

式中, t 为年份, a 为年龄 (下同)。由于 ASAP 的模型设计以第一个年龄组为 1 龄,因此,本研究的 $a=1$ 实际为 0 龄鱼。亲体-补充量的关系,假设符合 B-H 模型,根据 t 年的 SSB 计算 $t+1$ 年的补充量:

$$\hat{R}_{t+2} = \frac{\alpha SSB_t}{\beta + SSSB_t} \quad (2)$$

B-H 模型经变形后,转换为以下形式:

$$\alpha = \frac{4h(SSB_0/SPR_0)}{5h-1}, \beta = \frac{SSB_0(1-h)}{5h-2} \quad (3)$$

式中, SSB_0 为资源未开发时的 SSB, SPR_0 为未开发时的单位补充量的产卵亲体生物量, h 为陡度参数。补充量 (0 龄鱼资源量) 由下式计算:

$$N_{t,1} = R_t e^{\log[Dev(R_t)]} \quad (4)$$

式中, $Dev(R_t)$ 为补充量误差。

长鳍金枪鱼两个渔业的选择性采用双逻辑斯谛曲线 (4 个参数分别为 $\alpha_1, \beta_1, \alpha_2, \beta_2$):

$$Sel_a = \left(\frac{1}{1 + e^{-(a-\alpha_1)/\beta_1}} \right) \left(\frac{1}{1 + e^{-(a-\alpha_2)/\beta_2}} \right) \quad (5)$$

各龄的捕捞死亡系数为完全补充的年捕捞死亡系数 ($Fmult$) 与各龄选择性的乘积。 $Fmult$ 参数由两部分构成,即初始年 ($t=1$) 的 $Fmult$ 和相对于初始年 $Fmult$ 的变化量 ($t \geq 2$):

$$Fmult_{ifleet,1} = e^{\log(Fmult_{ifleet,1})}, t=1$$

$$Fmult_{ifleet,t} = Fmult_{ifleet,1} e^{\log(Dev(Fmult_{ifleet,t}))}, t \geq 2 \quad (6)$$

初始年 $a \geq 2$ 的资源量由初始值 $Nini_{1,a}$ 和相对于初始值的变化量 $Dev(N_{1,a})$ 估算:

$$N_{1,a} = Nini_{1,a} e^{\log(DevN_{1,a})} \quad (7)$$

据此,由 $a \geq 2$ 各龄的资源量可以计算不完全 SSB,该 SSB 代入 B-H 模型 (式 2),估算初始年的补充量的期望值,结合补充量误差 (式 4) 模拟初始年的补充量,从而可以计算初始年的完全 SSB (式 1)。初始年之后的各年份 ($t \geq 2$),同样可以根据 B-H 模型计算补充量期望值,然后结合补充量误差模拟得到补充量, $a \geq 2$ 各年龄组的资源量由下式计算 (A 为最高龄组,为附加年龄组):

$$N_{t,a} = N_{t-1,a-1} e^{-Z_{t-1,a-1}}, 2 \leq a < A$$

$$N_{t,A} = N_{t-1,A-1} e^{-Z_{t-1,A-1}} + N_{t-2,A} e^{-Z_{t-1,A}}, a = A \quad (8)$$

渔获量预测值根据 Baranov 方程计算:

$$C_{ifleet,t,a} = N_{ifleet,t,a} (1 - e^{-Z_{t,a}}) / Z_{t,a} \quad (9)$$

从而相应的渔获量年龄结构也可以计算,以重量表示的渔获量可结合个体重量进行计算。

丰度指数对应的“渔业”的可捕系数估算方法与估算 $Fmult$ 类似,即由初始年的 $q_{ind,1}$ 和一系列相对于初始年的误差量 $Dev(q_{ind,t})$ 估算得到:

$$q_{ind,t} = r^{\log(q_{ind,1}) + \log[Dev(q_{ind,t})]} \quad (10)$$

为了估算丰度指数,瞬时资源量需要转换成平均资源量:

$$\bar{N}_{ind,t,a} = N_{t,a} \frac{1 - e^{-Z_{t,a}}}{Z_{t,a}} \quad (11)$$

丰度指数估算值可由平均资源量、选择性和可捕系数计算得到:

$$Ipred_{ind,t} = q_{ind,t} \sum_{a=ind_start}^{ind_end} \bar{N}_{ind,t,a} Sel_{ind,t,a} \quad (12)$$

从而,丰度指数的渔获年龄组成(Proportion-at-age)也可以计算。

1.3.2 参数估计

ASAP 参数估算的目标函数由拟合数据的似然函数构成。似然函数的误差分布有两种:多项式分布和对数正态分布,前者用于 CAA 误差,后者用于渔获量误差、丰度指数误差、亲体-补充量关系误差。多项式分布似然函数的主要影响因子是年龄组成有效样本量(Effective sample size, ESS),对数正态分布似然函数的主要影响因子是误差分布的标准差(或 CV),二者需要预设,并根据模型拟合情况逐步调整。多项式分布的似然函数为:

$$-\ln(L) = -\ln(ESS!) + \sum \ln(C_i!) - ESS \sum p_i \ln(pred p_i) \quad (13)$$

式中, $\ln(L)$ 为似然函数取对数, C_i 为 i 龄的渔获量, p_i 为 i 龄的渔获量比例。对数正态分布的似然函数为(共 3 个):

$$-\ln(L) = 0.5 \ln(2\pi) + \sum \ln(obs_i) + \ln(\sigma) + 0.5 \sum \frac{[\ln(obs_i) - \ln(pred_i)]^2}{\sigma^2} \quad (14)$$

式中, obs_i 和 $pred_i$ 为第 i 个数据的观测值和模型估算值,为误差分布的标准差。长鳍金枪鱼 ASAP 模型的目标函数为以上 4 个似然函数之和:

$$\text{objective function} = \lambda_j \sum [-\ln(L)]_j \quad (15)$$

式中, λ_j 为第 j 个似然函数的权重系数($j = 1 \sim 4$)。由于没有证据表明哪个似然函数对目标函数的贡献相对较大,本研究设为 1。需要估算的参数有补充量及其误差、丰度指数对应“渔业”的可捕系数(不随时间变化)、两种渔业的选择性参数和有效样本量、初始种群结构和资源量、初始年份的完全补充 F 及其他各年份的误差(相对于初始年)。无需估算的已知或假设参数有生长参数、成熟度、自然死亡系数、丰度指数误差(设 $CV = 0.05$)。

由于生物学参数、模型结构等方面的不确定性,资源评估必须确立基本模型,同时进行相对于基本模型的敏感性分析,并比较结果的差异。自然死亡系数和陡度参数是年龄结构模型最主要的不确定性来源。由于长鳍金枪鱼自然死亡系数已有比较可靠的研究(Lee *et al.* 1992),本研究敏感性分析仅考虑 h 。参照以往的研究(ICCATT 2011),本研究设定基本模型的 $h = 0.8$,敏感性分析时, h 分别取 0.7 和 0.9。

1.3.3 渔业管理生物学参考点

ASAP 基于当前的渔具选择性、生物学参数、捕捞死亡系数计算渔业管理生物学参考点,本研究选择的参考点有(下标“curr”指“当前”,即 2010 年)、 F_{MSY} (最大持续产量相应的捕捞死亡系数)、 F_{curr}/F_{MSY} (当前捕捞死亡系数与 F_{MSY} 的比值)、 MSY (最大持续产量)、 C_{curr}/MSY (当前渔获量与 MSY 的比值)、 SSB_{MSY} (MSY 相应的 SSB)、 SSB_{curr}/SSB_{MSY} (当前 SSB 与 SSB_{MSY} 的比值)和 SSB_{curr}/SSB_0 (当前 SSB 与未开发时 SSB 的比值)。

1.3.4 预测

为了考察开发强度的变化对资源未来趋势的影响,本研究假设生物学、渔具选择性等参数不变的情况下,分别采用 F_{curr} 、 $70\%F_{curr}$ 、 $50\%F_{curr}$ 3 种开发策略,将资源向前预测到 2050 年,比较主要资源变量 SSB 的变化。

2 结果

2.1 模型拟合诊断

丰度指数估算值与观测值的残差见图 1,渔获量估算值与观测值的残差见图 2。残差未见有明显的变动趋势,表明评估模型对丰度指数和渔获量的拟合可靠。两种渔业的渔获年龄组成有效样本量输入值也比较合理,虽然个别年份的估算值偏大(图 3)。延绳钓渔业的有效样本量高于其他渔业。限于篇幅,本研究仅给出基本模

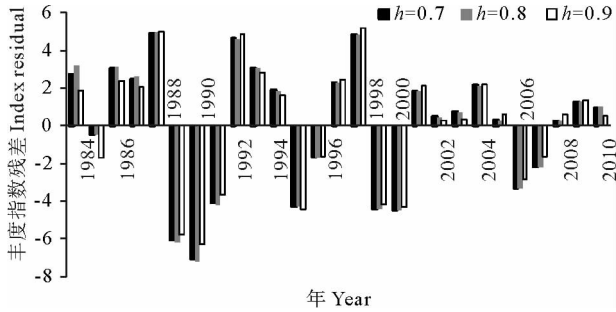


图 1 印度洋长鳍金枪鱼丰度指数残差变化

Fig. 1 Residual between observed and estimated abundance index of albacore in the Indian Ocean

型($h = 0.8$) 的诊断图,其他模型($h = 0.7, 0.9$) 的结果类似。

2.2 捕捞死亡系数与产卵亲体生物量

捕捞死亡系数估算值受假设参数 h 的影响很大(图 4)。在 $h = 0.7$ 和 0.8 的情况下,捕捞死亡系数估算值很接近; $h = 0.9$ 时,捕捞死亡系数的估算值明显较低。但是无论在何种假设下,1984 年以来,捕捞死亡系数一直处于上升趋势,尤其是 2007 ~ 2010 年,其上升趋势明显加快。

产卵亲体生物量的时间变化见图 5。在假设 $h = 0.7, 0.8, 0.9$ 时,SSB 的变化趋势基本相同。基本模型下,SSB 在 1984 ~ 1988 年呈增加趋势,然后减少,至 1993 年后略有回升,但接下来至 2010 年,总体呈下降趋势,2010 年的 SSB 处在 MSY 相应的水平。若 $h = 0.7$,2010 年的 SSB 已经低于 MSY 相应的水平;若 $h = 0.9$,SSB 仍然大大高于 MSY 相应的水平。

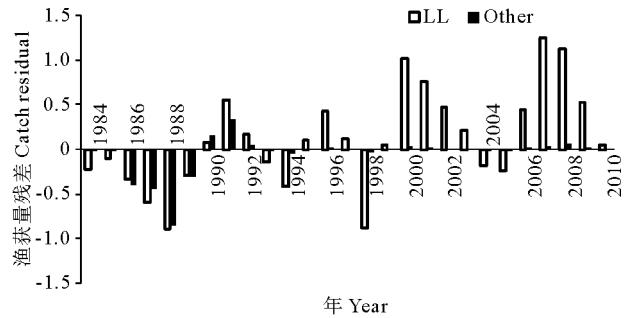
2.3 参考点与资源状态

在不同 h 的假设条件下,渔业管理生物学参考点及相关参数的估算值见表 1。可以看出,MSY 及相关的参考点,受 h 的影响很大。基本模型下,当前(2010 年) F 是 F_{MSY} (0.14) 的 2.32 倍,当前渔获量为 MSY (27 414 t) 的 1.52 倍,当前 SSB 为 SSB_{MSY} 的 1.07 倍,由此可以判定,2010 年初的资源状况为“趋向于过度捕捞”(Overfishing),且已接近于“过度捕捞”(Overfished)。

敏感性分析中,若 $h = 0.7$,当前 F 高于 F_{MSY} ,且当前 SSB 低于 SSB_{MSY} ,因此,2010 年初的资源状况判定为“捕捞过度”;若 $h = 0.9$,当前 F 略高于 F_{MSY} ,且当前 SSB 远高于 SSB_{MSY} ,因此,2010 年初的资源状况为“趋向于过度捕捞”。

2.4 资源未来变动

长鳍金枪鱼未来 SSB 的预测变化见图 6。 $h = 0.8$ 时,若 F_{curr} 保持在当前水平,即在选择性和可捕率不变的情况下,相当于捕捞努力量保持在当前水平,2011 ~ 2013 年 SSB 呈下降趋势,而后上升到 2015 年,之后较长时间都一直处于下降趋势,至 2045 年后,基本处于平稳,但此时的 SSB 仅为 40 000 t,不到 SSB_{MSY} 的一半;若 F_{curr} 降低 30%,2030 年后的平衡 SSB 可以达到 80 000 t,仅略低于 SSB_{MSY} ;若 F_{curr} 降低 50%,未来的长期平衡 SSB



LL 为“延绳钓”, Other 为“其他渔业”,下同

LL: longline fishery; other: other fisheries, same as below

图 2 印度洋长鳍金枪鱼年渔获量残差变化($h = 0.8$)

Fig. 2 Residual between observed and estimated catch ($h = 0.8$) of albacore in the Indian Ocean

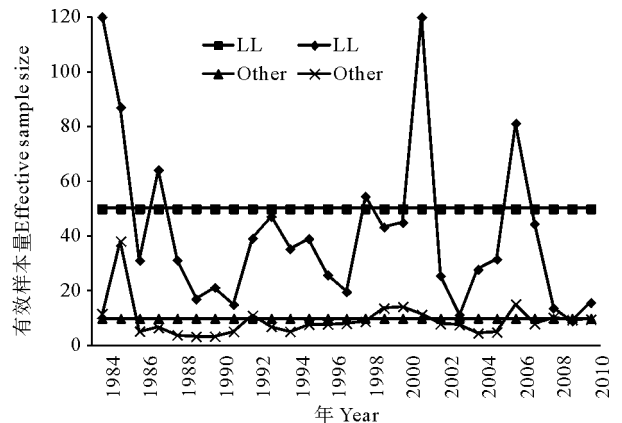
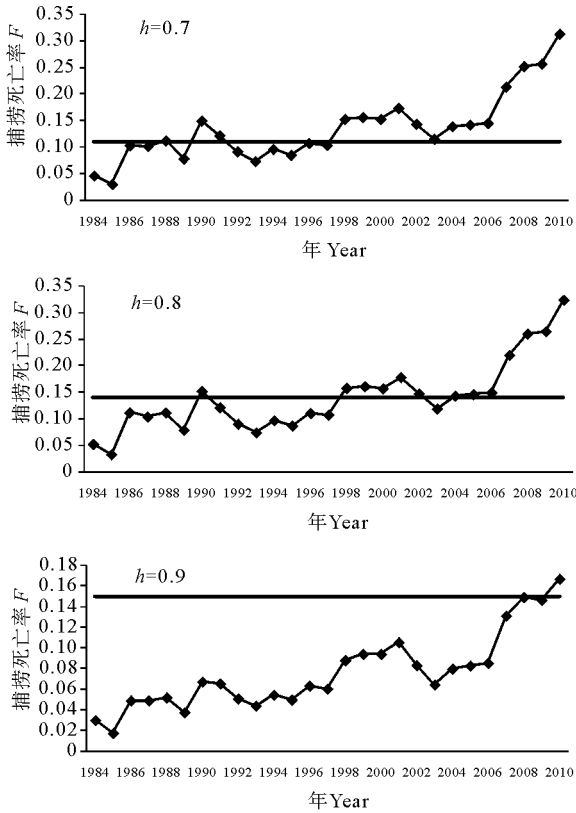


图 3 资源评估有效样本量输入值(水平线)和估算量

Fig. 3 Input (horizontal lines) and estimated ESS with stock assessment model for each fleet

将高于 SSB_{MSY} 。需要注意的是,过多降低捕捞努力量,只是提高了 SSB ,并不一定提高渔获量。在 $h = 0.7$ 和 0.9 的情况下,虽然 SSB 绝对量不同,但变化趋势类似。



The horizontal line represents the level corresponding to MSY
水平线为对应于 MSY 的量

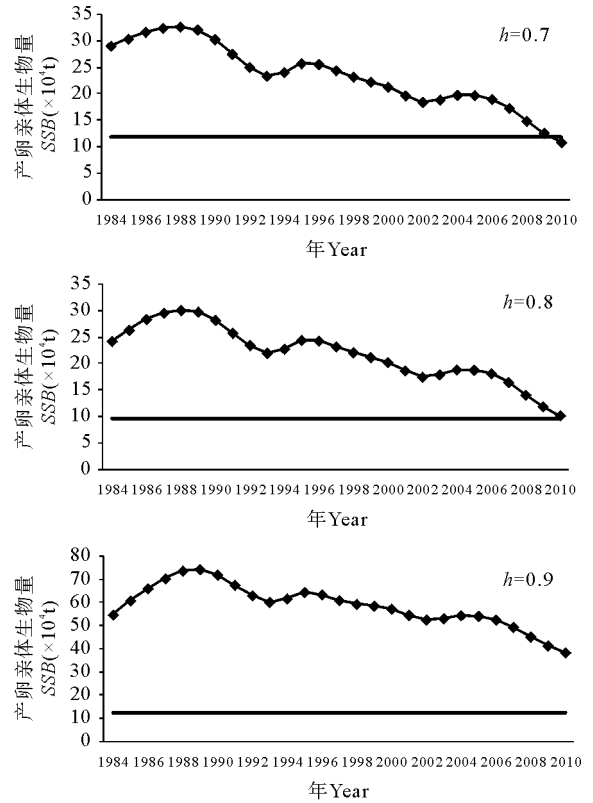
图 4 印度洋长鳍金枪鱼捕捞死亡系数 (F , 也称瞬时捕捞死亡率) 估算值

Fig. 4 Estimated fishing mortality of albacore

3 讨论

当前的评估表明,印度洋长鳍金枪鱼资源状况不容乐观。即使是最不保守的假设 ($h = 0.9$),资源也已接近于捕捞过度。资源状态评价也可采用产卵亲体生物量的比率 (SBR) 来判断,即当前 SSB 与原始状态 (SSB_0) 的比率。 SBR 接近于 0,表明资源衰退非常严重 (Watters *et al.* 2001); SBR 接近于 1,表明资源的 SSB 可能没有明显减少; SBR 高于 1,表明资源剩余产量可能处于增长期。长鳍金枪鱼在 3 种假设下的 SBR 分别为 $0.25 (h = 0.7)$ 、 $0.25 (h = 0.8)$ 和 $0.55 (h = 0.9)$,资源处于衰退状态,与基于 MSY 的参考点判断一致。

从预测趋势来看(图 6),要使资源恢复至 MSY 相应的 SSB 水平,在最保守的假设下 ($h = 0.7$),当前捕捞强度需降低约 50%;在比较保守的假设下 ($h = 0.8$),当前捕捞强度需降低约 30%;在最不保守的假设下 ($h = 0.9$),



水平线为相应于 MSY 的量

The horizontal line represents the level corresponding to MSY

图 5 印度洋长鳍金枪鱼产卵亲体生物量估算值

Fig. 5 Estimated spawning stock biomass (SSB) for albacore

表 1 基本模型 ($h = 0.8$) 和敏感性分析 ($h = 0.7, 0.9$) 下的参考点及相关参数

Table 1 Management-related quantities from base-case ($h = 0.8$) and sensitivity analyses ($h = 0.7, 0.9$)

	$h = 0.7$	$h = 0.8$	$h = 0.9$
F_{curr}	0.313 5	0.324 7	0.167 1
C_{curr}	41 778	41 778	41 778
SSB_{curr}	108 415	101 728	383 598
SSB_0	427 129	401 948	697 856
F_{MSY}	0.11	0.14	0.15
F_{curr}/F_{MSY}	2.85	2.32	1.11
MSY	25 268	27 414	51 924
C_{curr}/MSY	1.65	1.52	0.80
SSB_{MSY}	118 363	95 288	122 232
SSB_{curr}/SSB_{MSY}	0.92	1.07	3.14

注:下标“curr”表示当前状态(2010年),渔获量和生物量单位:吨
Note:“curr” indicate “current” (year 2010), unit of catch and biomass: t

虽然当前捕捞强度也已略高于 MSY 相应的水平(图 4),但此捕捞强度如能长期保持,未来 SSB 仍能维持在很高的水平(图 6)。这是因为,当前 SSB 远高于 MSY 相应的水平(图 5),资源有足够的恢复能力。需要特别指出的是, $h = 0.9$ 时的种群,其补充量强度受 SSB 的影响已经很小(若 $h = 1$,则补充量完全不受 SSB 控制),此时,海洋环境变化是补充量强度的主要驱动力,而未来环境变化是不确定的。

本研究为了提高参数估算的稳定性,将捕捞印度洋长鳍金枪鱼的渔业合并为两个渔业,这是一种近似方法。IOTC 秘书处,将长鳍金枪鱼的渔业统计分为 5 种渔业。实际上,从捕捞作业方式和选择性区分,长鳍金枪鱼渔业类型可以分为 5 种以上,但是,渔业的细分,需要统计资料来支持。印度洋金枪鱼渔业涉及许多发展中国家,其渔业统计非常薄弱,难以满足渔业细分之需求(IOTC-WPTMT03 2011)。另外,本次评估未从渔业开始初期进行评估,原因是渔业发展初期的渔获统计误差较大。同样,评估的当前年份为 2010 年,而非 2011 年,是由于统计工作的滞后,2011 年的渔获资料的统计还不够准确(IOTC-WPTMT03 2011)。

在预测中,本研究只选用 F 作为开发管理的变量。采用 F 作为预测的前提条件是,资源的生物学参数、各种捕捞方式对资源的选择性在预测期内保持不变,这是一种假设。在种群和渔业状况未来变动不明确的情况下,这是一种常用的近似方法(Aires-da-silva *et al.* 2010)。除 F 之外,渔获量也是常用的开发管理变量。本研究不采用渔获量为基准进行预测,主要是考虑到当前渔获量统计可能存在较大的误差,从而“误导”资源变动趋势。

致谢:感谢印度洋金枪鱼委员会秘书处提供本研究所需要的渔业数据。

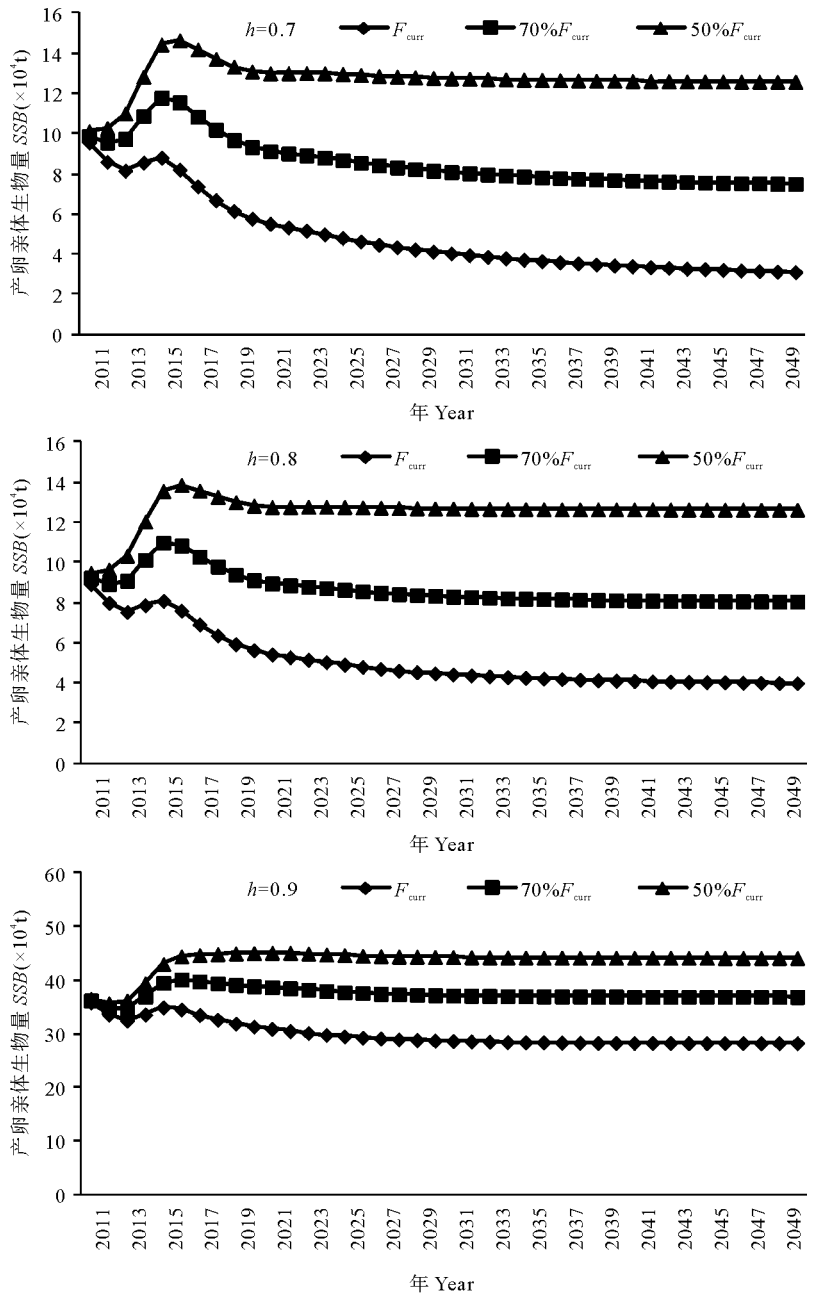


图 6 印度洋长鳍金枪鱼 SSB 在不同 F 值 ($F = F_{curr}$, $70\% F_{curr}$, $50\% F_{curr}$) 情况下的变化轨迹

Fig. 6 SSB trajectory of albacore exploited at $F = F_{curr}$, $70\% F_{curr}$ and $50\% F_{curr}$, respectively

参 考 文 献

- Comm, Stock Assessment Report 10; 116-228
- Anonymous. 2008. Report of the Ad Hoc meeting to Prepare Multifan-CL inputs for the 2008 Albacore assessment. Col Vol Sci Pap ICCAT 62: 597-696
- Arrizabalaga H, Costas E, Juste J and 3 others. 2004. Population structure of albacore *Thunnus alalunga* inferred from blood groups and tag-recapture analyses. Mar Ecol Prog Ser 282: 245-252
- Collette B, Nauen C. 1983. Scombrids of the world. An annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos and related species known to date: Scombrids of the world. FAO Fisheries Synopsis 2(15):137
- Davies CA, Gosling EM, Was A and 2 others. 2011. Microsatellite analysis of albacore tuna (*Thunnus alalunga*): population genetic structure in the North-East Atlantic Ocean and Mediterranean Sea. Mar Biol 158(12): 2727-2740
- ICCAT. 2011. Report of the 2011 ICCAT South Atlantic and Mediterranean Albacore Stock Assessment Sessions
- IOTC. 2009. Report of the Twelfth Session of the Scientific Committee. Victoria, Seychelles, 30 November-4 December, 2009, IOTC-2009-SC-R. 190
- IOTC-WPTMT03. 2011. Report of the Third Session of the IOTC Working Party on Temperate Tunas. Busan, Republic of Korea, 20-22 September, IOTC-2011-WPTmT03-R; 34
- Lee YC, Liu HC. 1992. Age determination, by vertebra reading, in Indian albacore, *Thunnus alalunga* (Bonnatere). J Fish Soc Taiwan 19(2): 89-102
- NOAA Fisheries Toolbox. 2008. Technical Documentation for ASAP Version 2.0
- Takagi M, Okamura T, Chow S and 1 other. 2001. Preliminary study of albacore (*Thunnus alalunga*) stock differentiation inferred from microsatellite DNA analysis. Fish Bull 99(4): 697-701
- Viñas J, Alvarado Bremer JR, Pla C. 2004. Inter-oceanic genetic differentiation among albacore (*Thunnus alalunga*) populations. Mar Biol 145(2): 225-232
- Watters GM, Maunder MN. 2001. Status of bigeye tuna in the eastern Pacific Ocean. Inter-Am Trop Tuna Comm, Stock Assessment Report 1: 109-210
- Wu GCC, Chiang HC, Chen KS and 2 others. 2009. Population structure of albacore (*Thunnus alalunga*) in the Northwestern Pacific Ocean inferred from mitochondrial DNA. Fish Res 95(1): 125-131