

巴基斯坦海洋渔业资源可捕量评估与开发现状

张魁¹, 耿平^{1,2}, 史登福^{1,2}, 许友伟¹, SHER KHAN Panhwar³, 陈作志¹

(1. 中国水产科学研究院南海水产研究所, 农业农村部海外渔业开发重点实验室, 广东广州 510300; 2. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306; 3. 卡拉奇大学海洋生物卓越中心, 巴基斯坦卡拉奇 75270)

摘要: 基于巴基斯坦 1950—2015 年海洋渔业统计产量数据, 利用 Catch-MSY 模型对巴基斯坦海洋渔业总可捕量以及 24 个重要经济类群的最大可持续产量 (maximum sustainable yield, MSY) 和可捕量进行了评估。结果显示, 内禀增长率 (r) 先验分布对 MSY 的评估结果影响不大, 巴基斯坦海洋渔业 MSY 为 40.53×10^4 t, 总可捕量为 36.47×10^4 t。2015 年海洋渔业产量为 36.10×10^4 t, 目前未处于过度捕捞状态。24 个重要经济类群的评估结果显示, 有 8 个类群 (军曹鱼、鲟类、石斑鱼类、鲷类、麒麟、宝刀鱼、马鲛和白带鱼) 2015 年产量超过 MSY, 处于过度捕捞状态。当前巴基斯坦海洋渔业资源已处于充分开发状态, 多数经济类群已处于过度捕捞状态或者崩溃后的恢复状态, 开发潜力较小, 建议开发阿拉伯海鳶乌贼 (*Sthenoteuthis oualaniensis*) 等大洋性渔业资源。

关键词: 巴基斯坦; 渔业资源; 可捕量; Catch-MSY 模型

中图分类号: S 937.3

文献标志码: A

开放科学 (资源服务) 标识码 (OSID):



Assessment of allowable catches and exploitation state of marine fishery resources in Pakistani coastal waters

ZHANG Kui¹, GENG Ping^{1,2}, SHI Dengfu^{1,2}, XU Youwei¹, SHER KHAN Panhwar³, CHEN Zuozhi¹

(1. Key Laboratory of Open-Sea Fishery Development, Ministry of Agriculture and Rural Affairs; South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China; 2. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 3. Center of Excellence in Marine Biology, University of Karachi, Karachi 75270, Pakistan)

Abstract: According to the catch statistics data during 1950–2015, we applied a Catch-MSY model to estimate the allowable catches and maximum sustainable yields (MSYs) for 24 commercial fish groups and total allowable catch (TAC) in Pakistani coastal waters. Results show that MSY and TAC in Pakistani coastal waters were 40.53×10^4 t and 36.47×10^4 t, respectively. The total catches in 2015 were less than MSY, suggesting that the fisheries are not overfished. The MSY results show that eight fish groups (cobia, Barracudas, Groupers, Butterfishes, common dolphinfish, dorab wolf-herring, crevalle jack and largehead hairtail) have been overfished at present since the catches in 2015 exceeded MSY. At present, the marine fishery resources in Pakistani coastal waters are fully exploited. Most commercial fish groups are overfished or recovering after collapse and their development potential is relatively small. It is recommended to exploit oceanic fishery resources such as *Sthenoteuthis oualaniensis* in Arabian Sea in future fisheries development.

Key words: Pakistan; fishery resources; allowable catch; Catch-MSY model

收稿日期: 2019-03-20; 修回日期: 2019-04-10

资助项目: 国家自然科学基金项目 (31602157); 中国水产科学研究院基本科研业务费专项资金 (2018GH03); 2018 年广东省促进经济发展专项资金 (海洋经济发展用途) 项目 (GDME-2018E004)

作者简介: 张魁 (1987—), 男, 博士, 助理研究员, 从事渔业资源评估研究。E-mail: nedvedkui@163.com

通信作者: 陈作志 (1978—), 男, 博士, 研究员, 从事渔业资源和海洋生态研究。E-mail: zzchen2000@163.com

巴基斯坦海域位于阿拉伯海北部,与伊朗和印度所属海域相邻,拥有 1 100 km 的海岸线以及 $24 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的专属经济区^[1]。海洋渔业在国民经济中起着重要作用,体现在提供动物蛋白、解决就业和出口创汇等方面。海洋渔业产量自 20 世纪 60 年代到 20 世纪末为高速增长阶段,产量从 1961 年的 $5.38 \times 10^4 \text{ t}$ 增加到 1999 年的 $47.47 \times 10^4 \text{ t}$, 1993 年产量最高,为 $49.91 \times 10^4 \text{ t}$, 近 10 余年产量维持在 $34.80 \times 10^4 \text{ t}$ 左右(图 1)。2016 年,巴基斯坦海洋渔业产量为 $37.63 \times 10^4 \text{ t}$, 占捕捞水产品的 73.3% 和全部水产品的 56.2%, 渔业产品出口额为 3.52 亿美元, 占商品出口贸易总额的 1.7%^[2]。巴基斯坦的海洋渔业资源捕捞技术比较落后,其海洋渔业主管部门积极推动了多种渔业发展模式,包括开放专属经济区与他国渔船合作开发海洋渔业资源^[3-4], 为我国远洋渔业发展和“一带一路”倡议的实施带来机遇^[5]。

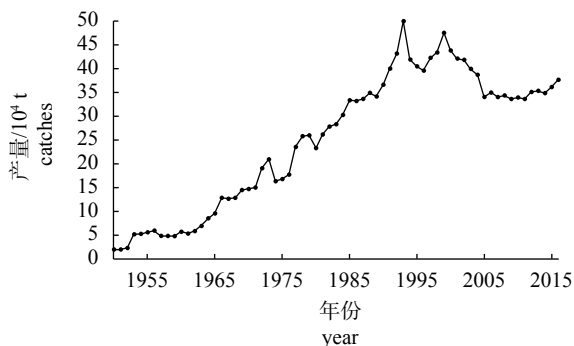


图1 1950—2016年巴基斯坦海洋渔业统计产量

Fig.1 Statistic data of marine fisheries catches in Pakistani waters from 1950 to 2016

目前,巴基斯坦海洋渔业资源中仅有少数种类存在资源评估^[1-2, 6-8], 大部分经济种类缺乏最大可持续产量(maximum sustainable yield, MSY)和可捕量等的评估,难以进行有效管理。另外,巴基斯坦缺乏渔业调查数据,已有 MSY 评估研究多基于剩余产量模型^[6, 9-10], 单位捕捞努力量渔获量(catch per unit effort, CPUE)数据未经过标准化处理,评估结果存在一定的不确定性^[11]。对于渔业数据缺乏,国际上通常采用基于产量统计数据的评估模型,如 depletion-corrected average catch (DCAC)^[12]、depletion-based stock reduction analysis (DB-SRA)^[13] 等,但是以上方法多针对长寿命鱼类^[14], 对于巴基斯坦近海多数经济鱼类不适用。本研究采用一种基

于统计产量数据和种群参数先验信息的 Catch-MSY 模型^[15]对巴基斯坦海洋渔业总可捕量及 24 个重要经济类群的可捕量和 MSY 进行评估,以期 为巴基斯坦海洋渔业管理和我国在阿拉伯海的远洋渔业提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 数据来源

用于模型分析的 1950—2015 年巴基斯坦海洋渔业产量数据由卡拉奇大学(University of Karachi) 巴方专家 Sher Khan Panhwar 等提供,经过联合国粮农组织(FAO)统计数据库(<http://www.fao.org/statistics/databases/en/>)校准。评估的 24 个重要经济类群分别为鳀类(Anchovies,英文名称均按照 FAO 数据库中类群名称,下同)、鲭类(Barracudas)、乌鲳(*Formio niger*)、鲳类(Butterfishes)、鲹类(Carangids)、军曹鱼(*Rachycentron canadum*)、麒麟(*Coryphaena hippurus*)、石首鱼类(Croakers)、宝刀鱼(*Chirocentrus dorab*)、石斑鱼类(Groupers)、石鲈类(Grunts)、长头小沙丁鱼(*Sardinella longiceps*)、马鲛(*Caranx hippos*)、白带鱼(*Trichiurus lepturus*)、银纹笛鲷(*Lutjanus argentimaculatus*)、鲷类(Mulletts)、康氏马鲛(*Scomberomorus commerson*)、海鳗(*Muraenesox cinereus*)、鲷类(Porgies)、鳐类(Rays)、海鲷(*Arius thalassinus*)、金线鱼类(Threadfin breams)、舌鳎类(Tonguefishes)和大甲鲛(*Megalaspis cordyla*)。

1.2 评估模型

评估模型采用一种简化的产量模型 Catch-MSY 模型,评估过程不需要 CPUE 数据,而以资源量水平和内禀增长率(r)的先验分布代替^[15], 产量数据和模型参数均可按照类群得到,符合巴基斯坦渔业资源特征以及数据现状。Catch-MSY 模型为:

$$B_t = \lambda_0 k \exp(v_t) \quad (1)$$

$$B_{t+1} = [B_t + rB_t(1 - B_t/k) - C_t] \exp(v_t) \quad (2)$$

其中 B_t 为 t 年的资源量, k 为环境容量, C_t 为 t 年的渔获量;假定过程误差符合对数正态分布,因此 v_t 为均值为 0, 方差为 σ^2 的标准正态分布; λ_0 为起始资源量水平 B_1/k 。

采用如下伯努利分布作为似然函数:

$$L(\Theta|C_t) = \begin{cases} 1 & \lambda_{01} \leq B_{n+1}/k \leq \lambda_{02} \\ 0 & \lambda_{01} > B_{n+1}/k > \lambda_{02} \end{cases} \quad (3)$$

其中 Θ 为模型中的参数向量, $[\lambda_{01}, \lambda_{02}]$ 为最终年份资源量水平的先验分布区间。这样的似然函数可以保证 r - k 参数组合可以得到种群状态的有效解^[5]。

研究采用重要性重抽样 (SIR)^[16] 方法计算参数的后验分布, 每次计算的迭代次数 50 000 次。利用得到的 r - k 联合后验分布计算 MSY, $MSY=0.25rk$, 采用 MSY 的 90% 作为可捕量的设置标准^[15]。

1.3 参数先验分布设置

模型中参数内禀增长率和资源量水平的先验分布均采用均匀分布形式^[14-15]。其中内禀增长率的先验分布根据 Fishbase 数据库的鱼类恢复力分级法^[14,17] 确定。资源量水平的先验分布则根据评估对象的开发状态以及产量与数据中最大产量的比值确定^[14-15]。如 1954 年巴基斯坦渔业开发皆为小型木船, 石首鱼类捕捞努力和产量都很低, 因此初始年份 1954 年资源量水平设置为 0.5~0.9, 石首鱼类的产量在 2002 年达到顶峰后有所下滑, 最终年份 2015 年资源量水平设置为 0.3~0.7。

由于巴基斯坦渔业种类繁多, 难以确定其海域渔业资源综合内禀增长率的先验分布, 本研究参考中国南海区综合种群内禀增长率评估结果^[14], 设置了 4 种不同的先验分布 (0.6~1.5; 0.4~1.5; 0.6~1.7; 0.4~1.7), 以评估不同内禀增长率先验分布区间对 MSY 评估结果的影响。研究中评估类群的产量数据序列以及参数先验分布设置见表 1。建模和数据分析都在 R 语言 3.3.1 中完成。

2 结果

2.1 巴基斯坦海域渔业资源总可捕量

当内禀增长率先验分布服从均匀分布 [0.6, 1.5] 情况下的模型评估结果见图 2。结果显示, 巴基斯坦海洋渔业在 1992—2002 年间产量超过 MSY, 处于过度捕捞状态, 近年来产量有所下降, 但是仍在 MSY 附近 (图 2-a)。内禀增长率 (r) 环境容量 (k) 具有明显的负相关关系 (图 2-b), $\ln(r)$ 和 $\ln(k)$ 则具有明显的线性关系 (图 2-c)。MSY 的后验概率密度分布要比参数 r 和 k 的相对范围窄, 即变异系数 CV 要低 (图 2-d~f)。

4 种不同内禀增长率先验分布评估的巴基斯坦海洋渔业 MSY 分别为 40.88×10^4 t、 40.30×10^4 t、 40.13×10^4 t 和 40.80×10^4 t (表 2), 相差不大, 取平

均值 40.53×10^4 t; 海洋渔业总可捕量为 36.47×10^4 t。2015 年巴基斯坦海洋渔业产量为 36.10×10^4 t, 目前未处于过度捕捞状态。

2.2 重要经济种类群可捕量

巴基斯坦 24 个重要经济类群的评估结果显示, 所有类群的内禀增长率介于 0.11~0.85, 营养级较高的鱼类如鳕类、银纹笛鲷、海鳗和石斑鱼类内禀增长率较低, 在 0.2 以内 (表 3)。有 8 个类群 (军曹鱼、鲟类、石斑鱼类、鲳类、鲱鳅、宝刀鱼、马鲛和白带鱼) 2015 年产量超过 MSY, 处于过度捕捞状态, 其中军曹鱼、鲟类、石斑鱼类和鲱鳅产量超过 MSY 20% 以上, 过度捕捞状态严重 (图 3)。其他 16 个类群 2015 年产量小于 MSY, 未处于过度捕捞状态, 其中金线鱼类、鳀类、鳕类和鲈类 2015 年产量低于 MSY 的 40% 以上。24 个类群中可捕量超过 10^4 t 的类群有鳀类、石首鱼类、石斑鱼类、长头小沙丁鱼、白带鱼、鳕类和海鲂 (表 3)。

3 讨论

渔业的量化管理是保证渔业可持续发展的重要举措^[18-20], 然而全球仅有不足 1% 的渔业种类进行过资源评估^[21], 大多数渔业资源由于缺乏调查数据, 难以用传统的方法评估 MSY 和可捕量^[22]。基于产量的评估模型可以利用统计产量数据和渔业种群的生活史特征参数等对 MSY 进行评估, 不再需要调查数据, 其中比较常用的几种如 DCAC、DB-SRA 和 only reliable catch stocks (ORCS) 等^[23], 但是这些方法对评估对象的种群生活史参数等有所限制^[14]。巴基斯坦产量多以类群进行统计, 并且许多种类的自然死亡系数大于 0.2^[1,6,9], 无法利用以上方法进行评估。本研究采用的 Catch-MSY 模型对渔业种群生物学特征没有选择性, 模型所需的统计产量数据允许按类群给出, 更适合用于当前巴基斯坦海域的资源评估。

内禀增长率先验分布的设置是模型评估过程中不确定性的重要来源, 本研究采用 Fishbase 数据库对每个类群的内禀增长率进行分级, 主要依靠 von Bertalanffy 生长方程^[24] 中的生长参数、性成熟年龄、最大年龄以及繁殖力等参数确定^[17]。但是巴基斯坦海洋渔业资源综合种群内禀增长率缺乏相关研究, 因此本研究以与巴基斯坦海域相近纬度的南海

表1 评估对象产量数据序列及参数先验分布设置

Tab.1 Catch data series and prior distribution for fish groups in stock assessment

| 类群 fish group | 数据序列 data series | 先验分布 prior distribution | | |
|---------------------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | | 内禀增长率 r | 起始年份资源量水平 first year B_1/k | 最终年份资源量水平 final year B_n/k |
| 鳀类 Anchovies | 1988—2015 | [0.6, 1.5] | [0.5, 0.9] | [0.01, 0.4] |
| 鲆类 Barracudas | 1978—2015 | [0.05, 0.5] | [0.5, 0.9] | [0.3, 0.7] |
| 乌鲳 <i>Formio niger</i> | 1962—2015 | [0.2, 1] | [0.5, 0.9] | [0.01, 0.4] |
| 鲳类 Butterfishes | 1985—2015 | [0.2, 1] | [0.5, 0.9] | [0.3, 0.7] |
| 鲈类 Carangids | 1962—2015 | [0.2, 1] | [0.5, 0.9] | [0.01, 0.4] |
| 军曹鱼 <i>Rachycentron canadum</i> | 1962—2015 | [0.05, 0.5] | [0.5, 0.9] | [0.3, 0.7] |
| 麒麟 <i>Coryphaena hippurus</i> | 1983—2015 | [0.6, 1.5] | [0.5, 0.9] | [0.3, 0.7] |
| 石首鱼类 Croakers | 1954—2015 | [0.2, 1] | [0.5, 0.9] | [0.3, 0.7] |
| 宝刀鱼 <i>Chirocentrus dorab</i> | 1971—2015 | [0.2, 1] | [0.5, 0.9] | [0.01, 0.4] |
| 石斑鱼类 Groupers | 1962—2015 | [0.05, 0.5] | [0.5, 0.9] | [0.3, 0.7] |
| 石鲈类 Grunts | 1962—2015 | [0.2, 1] | [0.5, 0.9] | [0.01, 0.4] |
| 长头小沙丁鱼 <i>Sardinella longiceps</i> | 1950—2015 | [0.2, 1] | [0.5, 0.9] | [0.01, 0.4] |
| 马鲛 <i>Caranx hippos</i> | 1981—2015 | [0.2, 1] | [0.5, 0.9] | [0.01, 0.4] |
| 白带鱼 <i>Trichiurus lepturus</i> | 1980—2015 | [0.05, 0.5] | [0.5, 0.9] | [0.01, 0.4] |
| 银纹笛鲷 <i>Lutjanus argentimaculatus</i> | 1962—2015 | [0.05, 0.5] | [0.5, 0.9] | [0.01, 0.4] |
| 鲷类 Mulletts | 1970—2015 | [0.2, 1] | [0.5, 0.9] | [0.01, 0.4] |
| 康氏马鲛 <i>Scomberomorus commerson</i> | 1950—2015 | [0.2, 1] | [0.5, 0.9] | [0.3, 0.7] |
| 海鳗 <i>Muraenesox cinereus</i> | 1978—2015 | [0.05, 0.5] | [0.5, 0.9] | [0.01, 0.4] |
| 鲷类 Porgies | 1970—2015 | [0.2, 1] | [0.5, 0.9] | [0.01, 0.4] |
| 鳐类 Rays | 1962—2015 | [0.05, 0.5] | [0.5, 0.9] | [0.01, 0.4] |
| 海鲷 <i>Arius thalassinus</i> | 1950—2015 | [0.05, 0.5] | [0.5, 0.9] | [0.01, 0.4] |
| 金线鱼类 Threadfin breams | 1985—2015 | [0.2, 1] | [0.5, 0.9] | [0.01, 0.4] |
| 舌鲷类 Tonguefishes | 1950—2015 | [0.2, 1] | [0.5, 0.9] | [0.01, 0.4] |
| 大甲鲈 <i>Megalaspis cordyla</i> | 1987—2015 | [0.2, 1] | [0.5, 0.9] | [0.3, 0.7] |

注: [] 均匀分布区间

Note: Square brackets represent uniform distributions.

近海评估结果为依据^[14], 设置了 4 种不同的内禀增长率先验分布评估其不确定性。结果显示, 4 种不同的内禀增长率先验分布评估的 MSY 分别为 40.88×10^4 t、 40.30×10^4 t、 40.13×10^4 t 和 40.80×10^4 t, 变动幅度在 2% 以内, 说明内禀增长率的先验分布对 MSY 的评估结果影响不大, 这一结果与南海的评估结果一致^[14]。因此, 利用 Catch-MSY 模型进行评估时, 评估结果更受制于统计产量数据的精确

度, 本研究采用的统计产量数据来自巴基斯坦官方统计并在 FAO 数据库中逐条验证。

模型评估的巴基斯坦海洋渔业 MSY 为 40.53×10^4 t, 总可捕量为 36.47×10^4 t, 而 2015 年巴基斯坦海洋渔业产量为 36.10×10^4 t, 虽然当前的捕捞产量未超过 MSY, 但是已经达到总可捕量, 需要进行适当的管理, 控制捕捞产量。24 个重要经济类群的评估结果显示, 8 个类群处于过度捕捞状态,

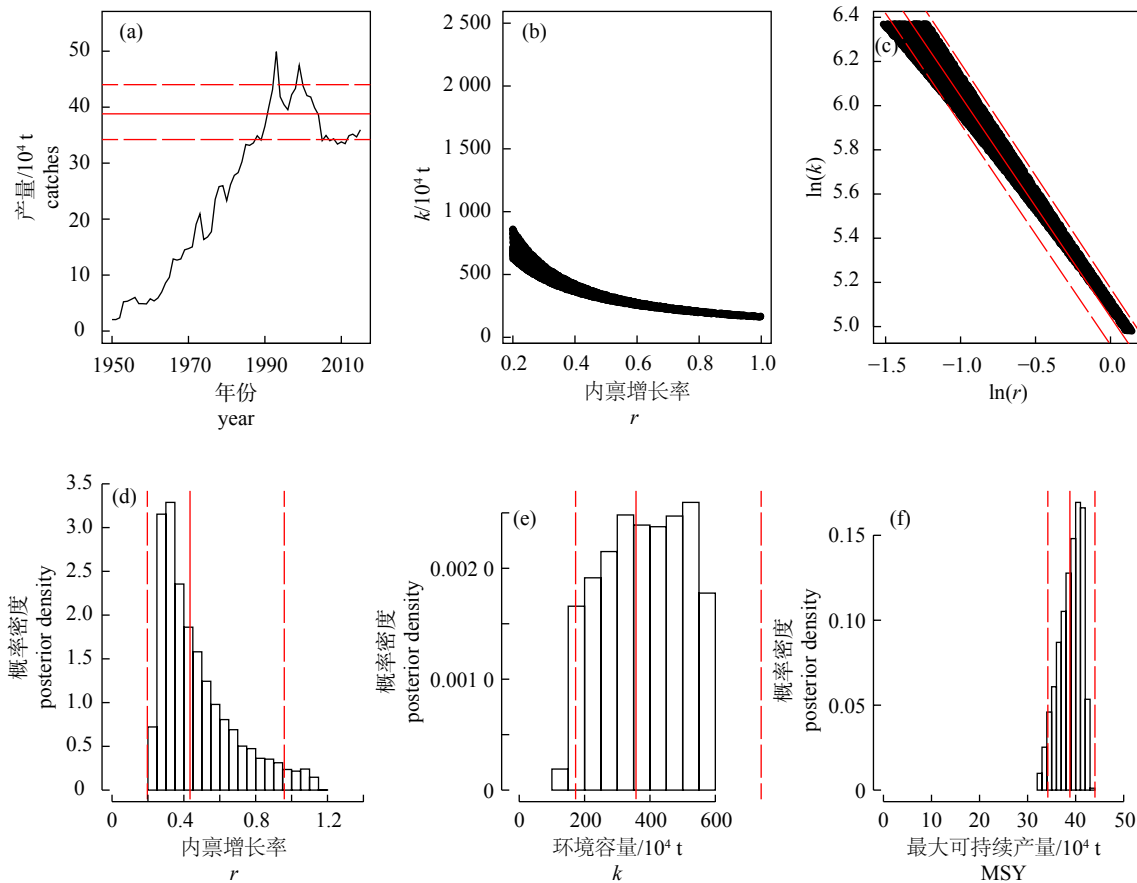


图2 内禀增长率参数先验分布为 [0.6, 1.5] 情况下巴基斯坦海洋渔业资源最大可持续产量评估结果

a. 1950—2015 年统计产量与 MSY 评估结果 (实线为几何平均数, 虚线为正负 2 倍标准差, 下同; b. 参数 $r-k$ 的先验均匀分布, 黑色点为后验组合; c. 为 $\ln(r)$ 和 $\ln(k)$ 的线性关系以及 MSY 的几何平均数 (实线); d~f. 为参数 r 、 k 以及 MSY 的后验概率密度

Fig.2 Model outputs for fisheries in Pakistani waters with r of [0.6, 1.5]

a. catch history from 1950 to 2015 with MSY estimation (solid line) \pm 2SD (dash line); b. prior uniform distribution of $r-k$, and the black dots are posterior combinations; c. the relationship between $\ln(r)$ and $\ln(k)$ with geometric mean MSY (solid line) \pm 2SD (dash line); d~f. posterior densities of r , k and MSY

表2 4种不同内禀增长率先验分布评估的巴基斯坦海洋渔业最大可持续产量和可捕量评估结果

Tab.2 Estimated MSY and allowable catch under four prior levels of intrinsic rate of increase for marine fisheries in Pakistani waters

| 内禀增长率先验分布 prior of intrinsic rate of increase | 评估结果 assessment result | | |
|--|------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| | 内禀增长率 r | 最大可持续产量/ 10^4 t MSY | 可捕量/ 10^4 t allowable catch |
| [0.6, 1.5] | 0.976 (CV=0.31) | 40.88 (CV=0.023) | 36.79 |
| [0.4, 1.5] | 0.637 (CV=0.37) | 40.30 (CV=0.027) | 36.27 |
| [0.4, 1.7] | 0.654 (CV=0.39) | 40.13 (CV=0.026) | 36.11 |
| [0.6, 1.7] | 0.905 (CV=0.28) | 40.80 (CV=0.022) | 36.72 |

注: CV. 变异系数

Note: CV. coefficient of variation

但是 16 个未处于过度捕捞状态的类群中, 康氏马鲛、鲷类和大甲鲈 2015 年的产量超过了可捕量, 需要进行管理控制产量。另外, 金线鱼类、鳀类、鲹类和鲈类等 4 个类群虽然 2015 年产量低于 MSY 的 40% 以上, 但是从产量时间序列来看 (图 4),

这 4 个类群捕捞产量均在过去一段时期内超过 MSY, 过度捕捞后资源崩溃导致目前的产量处于低位。因此, 这 4 个类群虽然产量低于 MSY, 但是资源仍未恢复, 需要实行禁捕等措施, 待资源恢复。该模型对与巴基斯坦海域相近纬度的南海近海

表3 巴基斯坦24个重要经济类群评估结果

Tab.3 Assessment results of 24 important commercial fish groups in Pakistani waters

| 类群 fish group | 内禀增长率 r | 最大可持续产量/ 10^4 t MSY | 可捕量/ 10^4 t allowable catch | 2015年产量/ 10^4 t catch in 2015 |
|---------------------------------------|--------------|--------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| 鳀类 Anchovies | 0.73 | 14.37 (0.09) | 12.93 | 6.45 |
| 鲆类 Barracudas | 0.26 | 4.46 (0.12) | 4.01 | 6.69 |
| 乌鲷 <i>Formio niger</i> | 0.26 | 2.91 (0.13) | 2.62 | 2.29 |
| 鲳类 Butterfishes | 0.54 | 4.37 (0.08) | 3.93 | 4.93 |
| 鲈类 Carangids | 0.28 | 10.09 (0.06) | 9.08 | 2.61 |
| 军曹鱼 <i>Rachycentron canadum</i> | 0.22 | 2.31 (0.03) | 2.08 | 3.89 |
| 鲆类 <i>Coryphaena hippurus</i> | 0.85 | 3.58 (0.07) | 3.22 | 4.61 |
| 石首鱼类 Croakers | 0.41 | 18.77 (0.11) | 16.89 | 16.16 |
| 宝刀鱼 <i>Chirocentrus dorab</i> | 0.26 | 2.68 (0.13) | 2.41 | 2.78 |
| 石斑鱼类 Groupers | 0.20 | 11.46 (0.17) | 10.31 | 15.98 |
| 石鲈类 Grunts | 0.30 | 4.84 (0.09) | 4.36 | 4.01 |
| 长头小沙丁鱼 <i>Sardinella longiceps</i> | 0.38 | 35.98 (0.13) | 32.38 | 27.78 |
| 马鲛 <i>Caranx hippos</i> | 0.32 | 6.70 (0.05) | 6.03 | 7.32 |
| 白带鱼 <i>Trichiurus lepturus</i> | 0.26 | 12.46 (0.06) | 11.21 | 12.66 |
| 银纹笛鲷 <i>Lutjanus argentimaculatus</i> | 0.13 | 1.56 (0.03) | 1.40 | 1.26 |
| 鲷类 Mulletts | 0.29 | 9.82 (0.09) | 8.84 | 9.53 |
| 康氏马鲛 <i>Scomberomorus commerson</i> | 0.52 | 9.89 (0.18) | 8.90 | 9.79 |
| 海鳗 <i>Muraenesox cinereus</i> | 0.14 | 3.16 (0.21) | 2.84 | 2.76 |
| 鲷类 Porgies | 0.29 | 2.90 (0.14) | 2.61 | 1.96 |
| 鳐类 Rays | 0.11 | 13.92 (0.03) | 12.53 | 4.72 |
| 海鲷 <i>Arius thalassinus</i> | 0.33 | 21.57 (0.22) | 19.41 | 19.29 |
| 金线鱼类 Threadfin breams | 0.35 | 5.06 (0.08) | 4.55 | 2.89 |
| 舌鲷类 Tonguefishes | 0.30 | 1.42 (0.09) | 1.28 | 1.12 |
| 大甲鲛 <i>Megalaspis cordyla</i> | 0.47 | 3.75 (0.10) | 3.38 | 3.63 |

注：括号内为变异系数 CV 值

Note: Value in brackets are coefficient of variations.

海域渔业资源进行了评估，得到了总可捕量和 11 个重要类群可捕量的评估结果^[14]。结果显示，南海近海石斑鱼类等低内禀增长率、高营养级鱼类的过度捕捞比较严重，而巴基斯坦中较低内禀增长率的石斑鱼类、军曹鱼和鲆类等也有类似结果。低内禀增长率的渔业种群对应着其低繁殖力和低恢复力，一旦种群崩溃便很难恢复^[25]。

评估结果显示，当前巴基斯坦海洋渔业资源已处于充分开发状态，多数经济类群已处于过度捕捞状态或者崩溃后的恢复状态，开发潜力较小。与我

国南海深海区类似，阿拉伯海现有丰富的渔业资源，如鳶乌贼、金枪鱼和鲣等^[26-27]，尤其是鳶乌贼最具开发潜力^[28]。我国多次对阿拉伯海鳶乌贼资源进行了探捕^[28]，南海区也已形成了以灯光罩网渔船为主的捕捞作业船队^[29]；因此，以阿拉伯海的鳶乌贼渔业作为切入点，充分利用中巴全天候战略合作伙伴关系加强合作，与巴基斯坦共同开发印度洋公海渔业资源，对“一带一路”倡议的推动，中国和巴基斯坦渔业的可持续发展，以及中巴双方渔业领域科学家的交流与合作均有重要意义。

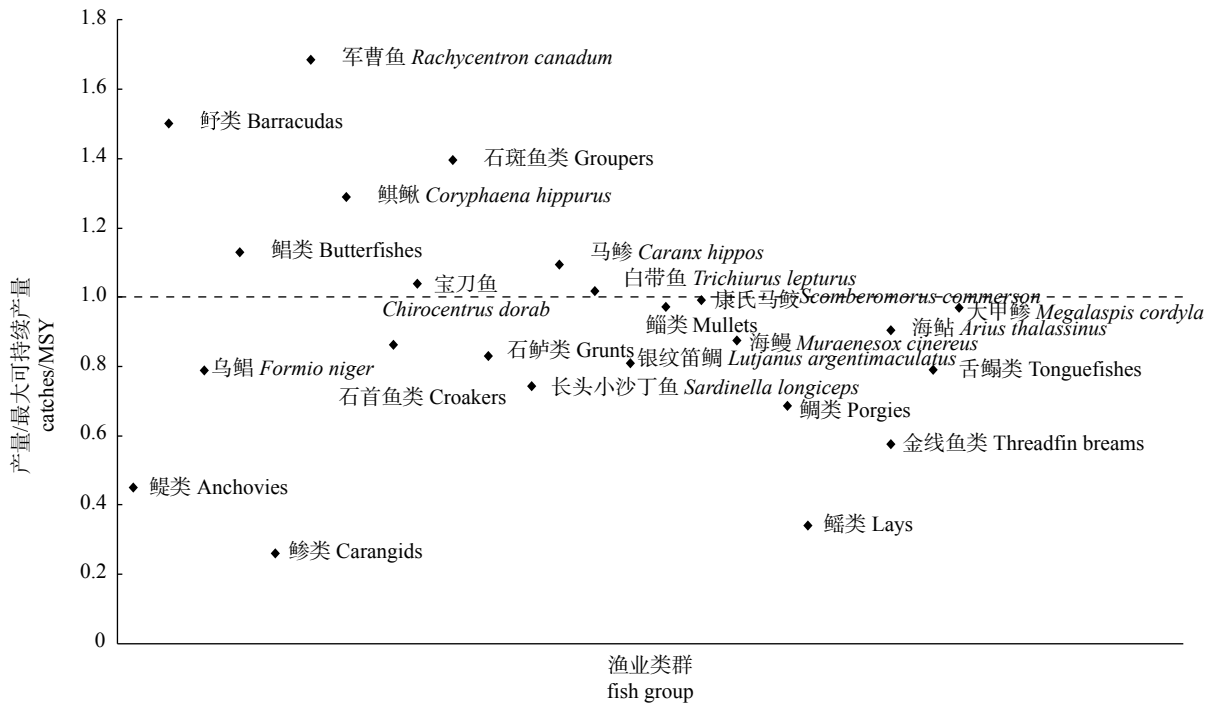


图3 巴基斯坦24个海洋渔业类群2015年产量与最大可持续产量的比值
虚线代表比值为 1

Fig.3 Ratios of catch in 2015 to MSY for 24 important commercial fish groups in Pakistani waters
Dash line represent that the ratio is equal to 1.

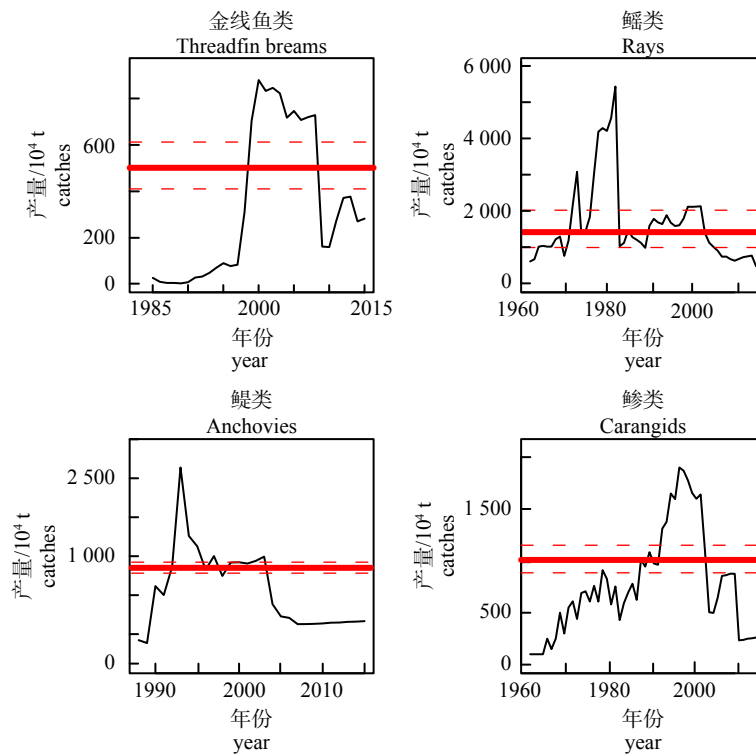


图4 巴基斯坦金线鱼类、鳐类、鲱类和鲹类等4个海洋渔业类群的统计产量与最大可持续产量评估值
实线为平均值, 虚线为 95% 置信区间

Fig.4 Statistical catches and estimated MSYs of threadfin breams, rays, anchovies and carangids fisheries in Pakistani waters
Solid lines are average values and dash lines are 95% confidence intervals.

参考文献:

- [1] KALHOR M A, LIU Q, VALINASSAB T, et al. Population dynamics of greater lizardfish, *Saurida tumbil* from Pakistani waters[J]. Pak J Zool, 2015, 47(4): 921-931.
- [2] FAO. Fishery and Aquaculture Country Profiles. Pakistan (2009). Country Profile Fact Sheets.[EB/OL]. (2017-12-01).<http://www.fao.org/fishery/facp/PAK/en>.
- [3] PSOMADAKIS P N, OSMANY H B, MOAZZAM M. Field identification guide to the living marine resources of Pakistan[R]. Rome: FAO, 2015.
- [4] FANNING L P, KHAN M W, KIDWAI S, et al. Surveys of the offshore fisheries resources of Pakistan-2010[R]. Rome: FAO Fisheries and Aquaculture Circular, 2011: 1065.
- [5] 陈峰, 蒋日进, 朱文斌, 等. 巴基斯坦海洋渔业现状与合作开发对策分析[J]. 海洋开发与管理, 2016, 33(12): 13-18.
- [6] KALHOR M A. Population dynamics of nemipteridae and synodontidae fish families from Pakistani waters[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2014: 17-43.
- [7] KALHOR M A, LIU Q, WARYANI B, et al. Growth and mortality of brushtooth lizardfish, *Saurida undosquamis*, from Pakistani waters[J]. Pak J Zool, 2014, 46(1): 139-151.
- [8] MEMON K H, LIU Q, KALHOR M A, et al. Maximum sustainable yield estimates of barramundi *Lates calcarifer* fishery from Pakistani waters[J]. Indian J Geo-Mar Sci, 2015, 44(6): 825-832.
- [9] KALHOR M A, LIU Q, MEMON K H, et al. Maximum sustainable yield of greater lizardfish *Saurida tumbil* fishery in Pakistan using the CEDA and ASPIC packages[J]. Acta Oceanol Sin, 2015, 34(2): 68-73.
- [10] PANHWAR S K, LIU Q, AMIR S A, et al. Performance comparison between logistic and generalized surplus-production models applied to the *Sillago sihama* fishery in Pakistan[J]. J Ocean U China, 2012, 11(3): 401-407.
- [11] 张魁, 刘群, 廖宝超, 等. 渔业数据失真对两种非平衡剩余产量模型评估结果的影响比较[J]. 水产学报, 2018, 42(9): 1378-1389.
- [12] MACCALL A D. Depletion-corrected average catch: a simple formula for estimating sustainable yields in data-poor situations[J]. ICES J Mar Sci, 2009, 66(9): 2267-2271.
- [13] DICK E J, MACCALL A D. Depletion-based stock reduction analysis: a catch-based method for determining sustainable yields for data-poor fish stocks[J]. Fish Res, 2011, 110(2): 331-341.
- [14] 张魁, 廖宝超, 许友伟, 等. 基于渔业统计数据的南海区渔业资源可捕量评估[J]. 海洋学报, 2017, 39(8): 25-33.
- [15] MARTELL S, FROESE R. A simple method for estimating msy from catch and resilience[J]. Fish Fish, 2013, 14(4): 504-514.
- [16] HADDON M. Modelling and quantitative methods in fisheries (Second Edition) [M]. London: Chapman and Hall, 2001: 76-98.
- [17] FROESE R, PAULY D. Estimation of life history key facts. In: FishBase 2000: concepts, design and data sources. (eds Froese R and Pauly D) [R]. Philippines: ICLARM, 2000.
- [18] 慕永通. 渔业管理: 以基于权利的管理为中心 [M]. 青岛: 中国海洋大学出版社, 2006: 1-25.
- [19] 易传剑, 周梅芳, 俞存根. 政府规制理论在我国近海渔业管理中应用的探讨[J]. 水产学报, 2012, 36(5): 787-793.
- [20] 郭文路, 黄硕琳. 总可捕量制度不同实施方式的比较分析[J]. 海洋湖沼通报, 2001(4): 61-69.
- [21] RICARD D, MINTO C, JENSEN O P, et al. Examining the knowledge base and status of commercially exploited marine species with the RAM Legacy Stock Assessment Database[J]. Fish Fish, 2012, 13(4): 380-398.
- [22] CARRUTHERS T R, PUNT A E, WALTERS C J, et al. Evaluating methods for setting catch limits in data-limited fisheries[J]. Fish Res, 2014, 153(5): 48-68.
- [23] BERKSON J, THORSON J T. The determination of data-poor catch limits in the United States: is there a better way?[J]. ICES J Mar Sci, 2015, 72(1): 237-242.
- [24] 詹秉义. 渔业资源评估 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 25-31.
- [25] ALLISON G. The influence of species diversity and stress intensity on community resistance and resilience[J]. Ecol Monogr, 2004, 74(1): 117-134.
- [26] 韩保平. 巴基斯坦海洋渔业概况 [J]. 海洋渔业, 1999(2): 90-91.
- [27] 李善勋. 巴基斯坦的海洋渔业 [J]. 中国水产, 1983(9): 28-29.
- [28] 陈新军, 钱卫国, 田思泉. 阿拉伯海北部公海海域鸕鹚资源密度及其分布 [J]. 海洋科学进展, 2006, 24(3): 360-364.
- [29] 张鹏, 张俊, 李渊, 等. 秋季南海中南部海域的一次灯光罩网探捕调查 [J]. 南方水产科学, 2016, 12(2): 67-74.