

文章编号: 1674 - 5566(2015)03 - 0441 - 08

大西洋延绳钓渔获物常见种类的生态风险评估

许友伟¹, 戴小杰², 陈作志¹

(1. 中国水产科学研究院南海水产研究所 农业部南海渔业资源开发利用重点实验室, 广东 广州 510300; 2. 上海海洋大学 海洋科学学院, 上海 201306)

摘要: 生态风险评估是迈向生态系统水平渔业管理的关键环节。基于生产力-敏感性指数 (productivity and susceptibility analysis, PSA) 对大西洋金枪鱼延绳钓渔获物中的 12 个种群进行了生态风险分析。结果显示, 生产力得分为 1.20 ~ 2.05, 以鲣鱼 (*Katsuwonus pelamis*) 最高; 敏感性得分为 1.42 ~ 1.92, 以大眼金枪鱼 (*Thunnus obesus*) 得分最高; 脆弱性得分为 1.16 ~ 1.85, 以长鳍真鲨 (*Carcharhinus longimauns*) 得分最高。生态风险评估表明, 在热带大西洋延绳钓渔业中, 鲨鱼 [大青鲨 (*Prionace glauca*)、大眼长尾鲨 (*Alopias superciliosus*)、尖吻鲭鲨 (*Isurus oxyrinchus*)、长鳍鲭鲨 (*Isurus paucus*)、长鳍真鲨 (*Thunnus alalunga*) 和锤头双髻鲨 (*Sphyrna zygaena*)] 处于中等风险状态, 而目标鱼种——大眼金枪鱼处于低风险状态。此外, 目标鱼种和其他鱼种的生产力得分、敏感性得分和脆弱性得分之间不存在显著性差异 ($P > 0.05$)。

研究亮点: 随着全球渔业的高速发展, 对渔业管理提出了更高的要求, 基于生态系统水平制定管理策略已经成为了趋势。本文借助生态风险评估方法, 对于缺少渔业统计数据的大洋性鱼类进行半量化的分析, 评估渔业对其影响程度, 并由此为进一步制定管理措施提供科学依据。

关键词: 延绳钓渔业; 生态风险评估; 生产力敏感性分析; 大西洋

中图分类号: S 931.3

文献标志码: A

在渔业资源管理中, 管理者最常遇见的挑战是如何科学评估被管理种群的资源状态。目前, 利用不同层次的数学模型是开展渔业资源评估的常用手段。然而, 对于数据贫乏的种群, 如何开展资源评估是目前渔业管理的难题^[1]。过去的渔业管理中, 常常采用“捕捞控制规则”对数据贫乏种群, 尤其是兼捕种群进行评估和管理。但缺乏对资源状况的了解, 此方法在预防性管理上的局限性凸显^[2-3]。目前, 更多的渔业管理者和科学家意识到渔业发展中实施生态系统原则管理渔业的重要性, 而生态风险评估是基于生态系统渔业管理的关键环节^[4]。

21 世纪初由澳大利亚学者提出生态风险评估理论, 这个理论可分为定性评价、半量化评价和量化评价 3 个阶段^[5]。之前科学家们主要评

估渔业行为对兼捕物种和目标物种的影响^[6], 比如灭绝风险^[7]和生态系统的生存能力^[8], 但需要准确的参数支持, 未能得到广泛应用。生产力敏感性分析 (productivity and susceptibility analysis, PSA) 是通过评估资源生产力和针对某一特定渔业的敏感性估算出资源的风险等级的方法, 已经在多个近海渔业中得到了应用, 并经过多次修正, 是种群过度捕捞风险分析的主要方法^[9-13]。过去, 我国对于延绳钓渔业的研究主要集中在生物学研究、渔获物种类组成和数量分布等, 但是商业性渔业对于资源种群的生态风险评估几近空白, 仅见朱江锋等对太平洋鲨鱼种群开展了风险评估^[14]。本研究是基于 PSA 方法对大西洋延绳钓 12 种渔获物的生态风险进行脆弱性评估, 为大洋延绳钓渔业资源管理提供基础资料。

收稿日期: 2014-12-02 修回日期: 2015-02-28

基金项目: 农业部重大财政项目 (NFZX2013); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项基金 (2014TS17); 农业部三大洋金枪鱼渔业科学观察员项目 (2008-2011)

作者简介: 许友伟 (1986—), 男, 研究实习员, 研究方向为渔业资源评估。E-mail: xuyouwei1986110@163.com

通信作者: 陈作志, E-mail: zzchen2000@163.com

1 材料与方 法

本文通过鱼种的生产力参数和对渔业生产的敏感性参数估算鱼种的整体脆弱性。生产力参数主要是根据鱼种的生物学参数划分等级,分为高、中、低 3 个等级,对应的得分是 3、2、1,再根据加权平均得到总的生产力得分。敏感性参数主要通过管理和可捕性两个方面的参数获得,每个参数划分高、中、低 3 个等级,每个等级相应得分为 3、2、1,根据加权平均获得总的敏感性得分^[11]。通过总的生产力得分和敏感性得分,估算物种的脆弱性得分。如果某一物种有一个较低的生产力得分和较高的敏感性得分,说明该物种有很高的脆弱性,也就是说明该物种很可能发生过度捕捞;相对应的,如果一个物种有较高的生产力得分和较低的敏感性得分,则说明该物种对于作业方式的脆弱性较低,在此作业方式上发生过度捕捞的可能性不大。

1.1 生产力参数

生产力参数主要包括内禀增长率、最大年龄、最大体长、Von Bertalanffy 生长系数、自然死亡率、繁殖力、繁殖策略、补充模式、性成熟年龄、营养级等(表 1),各参数具体含义参见 PATRICK 等^[11]。每个参数都有 3 个等级,每个等级对应不同的得分,高等 3 分,中等 2 分,低等 1 分。

内禀增长率(r)是指种群生长的固有生长系数,也就是在没有捕捞情况下的生长系数。 r 大

于 0.5 时,此参数得分为 3; r 大于 0.16 且小于 0.5 时,得分为 2; r 小于 0.16 时,得分为 1。最大年龄(t_{max})根据时间划分,最大年龄小于 10 年,为高级,3 分;最大年龄大于 30 年,为低级,1 分;之间为 2 分。最大体长(L_{max})与生产力密切相关,鱼体较大的鱼种的生产力相对较低,所以,最大体长的得分与生产力得分成反比。Von Bertalanffy 生长系数(k)表示鱼种达到最大体长的速率,生活史长、生产力低的种群的 k 值也相应较低, k 值与生产力成正比。自然死亡率(M)对种群生产力有直接的影响作用,高自然死亡率的物种需要很高的种群生产力才能获得稳定的种群水平,相对应的,自然死亡率越高,对应的种群生产力越高。繁殖力与产卵个体的大小和年龄有关系,繁殖力低代表低的生产力,但是高的繁殖力不代表高的生产力,在本风险评估方法中,低繁殖力的值是非常有用的。繁殖策略能指示死亡率的大小,策略的大小可以用来估计处于生命第一阶段的后代死亡率。补充模式这个参数是用来粗略区分分散的补充方式和相对稳定的补充方式。成熟年龄(t_{mat})与最大年龄正相关,相对于生活史短的物种,那些生活史长、生产力低的物种的成熟年龄都比较高。鱼种的营养级在一个大的鱼类集群中的地位跟生产力息息相关,营养级高的种群比营养级低的种群具有更高的生产力,营养级可以通过其食性进行估算。

表 1 决定过度捕捞资源脆弱性的生产力参数和排名

Tab. 1 Productivity attributes and rankings used to determine the vulnerability of a stock to being overfished

生产力参数 productivity attributes	范围 range		
	高(3) high	中(2) moderate	低(1) low
内禀增长率 r	大于 0.5	0.16 ~ 0.5	小于 0.16
最大年龄 maximum age	小于 10 年	10 ~ 30 年	大于 30 年
最大体长 maximum size	小于 60 cm	60 ~ 150 cm	大于 150 cm
von Bertalanffy 生长系数 von Bertalanffy growth coefficient (k)	大于 0.25	0.15 ~ 0.25	大于 0.25
自然死亡率 estimated natural mortality	大于 0.40	0.20 ~ 0.40	小于 0.20
繁殖力 measured fecundity	大于 $10e4$	$10e2$ ~ $10e3$	小于 $10e2$
繁殖策略 breeding strategy	0	1 ~ 3	大于等于 4
补充模式 recruitment pattern	大于 75% 年龄组 能提供补充量	10% 到 75% 之间年龄组 能提供补充量	小于 10% 年龄组 能提供补充量
成熟年龄 age at maturity	小于 2 年	2 ~ 4 年	大于 4 年
营养级 mean trophic level	小于 2.5	2.5 ~ 3.5	大于 3.5

1.2 敏感性参数

敏感性参数包括可捕性参数和管理参数,可捕性参数提供的数据是表示在特定的渔业中某一物种被捕捞情况,包括生境偏好、行为反应和形态特征,这些都能通过渔业生产上的渔具对物种的敏感性产生影响;管理参数是表示渔业管理的状况,如果在渔业上制定管理措施并对渔业进行限制性捕捞可以预防过度捕捞的发生。敏感性参数包括管理策略、水平分布重叠率、地理集中度、垂直分布重叠率、捕捞死亡率与自然死亡率比、产卵生物量、季节性洄游、集群和其他行为、影响捕捞的形态学、放生后的生存率、渔业价值和渔业对栖息地的破坏(表2),各参数具体含义参见 PATRICK 等^[11]。每个参数都有3个等级,每个等级对应得分,高等3分,中等2分,低等1分。

管理策略可分为渔业目标鱼种和兼捕物种不同对待,目标鱼种的敏感性等级与是否限制捕捞和明确责任制有关,非目标鱼种的敏感性等级与是否被密切关注有关。水平分布重叠率是指鱼种在空间分布上与渔业的重叠率。地理集中度确定鱼种是否集中在一个小范围区域。垂直

分布重叠率是指鱼种在垂直分布上与渔业生产的钓获范围之间的重叠率。捕捞死亡率与自然死亡率比是指鱼种的捕捞死亡率 F 和自然死亡率之间的比值 F/M 。产卵生物量是指鱼种内处于繁殖期的雌性的生物量,与捕捞死亡率相关。季节性洄游主要研究鱼种的季节性洄游对渔业生产的影响。集群和其他行为这个参数包括单个个体和整个群体对渔业生产的对应策略,单个个体可以通过集群和躲避网具等行为减小被捕获的可能;群体可通过改变资源分布的区域,降低被捕获的几率。影响捕捞的形态学是因为不同鱼种的形态学(鱼体体态和鱼体结构等)不同,被捕获的几率存在一定的差异。放生后的生存率指鱼类被渔具捕获后,放生或者逃逸后的生存能力,这跟渔具以及鱼种本身的生存能力有关。渔业价值根据鱼种本身具有商业价值不同,决定鱼种受处的风险状态也不同。商业价值较高的鱼种很可能由于过度捕捞和开发,资源状况恶化。渔业对栖息地的破坏主要跟渔业生产的方式有关,破坏鱼类资源的栖息地会增加鱼种的风险度。

表2 决定过度捕捞资源脆弱性的敏感性参数和排名

Tab. 2 Susceptibility attributes and rankings used to determine the vulnerability of a stock to being overfished

敏感性参数 susceptibility attributes	范围 range		
	低(1) low	中(2) moderate	高(3) high
管理策略 management strategy	目标鱼种限制性捕捞、责任明确;非目标鱼种密切关注	目标鱼种限制性捕捞、责任明确	目标鱼种没有限制性捕捞、责任不明确;非目标鱼种没有被密切关注
水平分布重叠率 areal overlap	小于 25%	介于 25% 与 50% 之间	大于 50%
地理集中度 geographic concentration	大于 50%	介于 25% 与 50% 之间	小于 25%
垂直分布重叠率 vertical overlap	小于 25%	介于 25% 与 50% 之间	大于 50%
捕捞死亡率与自然死亡率比 fishing rate relative to M	小于 0.5	0.5 ~ 1.0	大于 1.0
产卵生物量 biomass of spawners (SSB) or other proxies	大于总生物量的 40%	介于之间总生物量的 25% 到 40%	小于总生物量的 25%
季节性洄游 seasonal migrations	季节性洄游降低跟渔业生产的重叠率	季节性洄游不影响跟渔业生产的重叠率	季节性洄游增加跟渔业生产的重叠率
集群和其他行为 schooling/aggregation and other behavioral responses	降低渔具的捕捞能力	对渔具的捕捞能力没有明显的影响	增加渔具的捕捞能力
影响捕捞的形态学 behavioral responses decrease the catchability of the gear	渔具对其具有较低的选择性	渔具对其具有中等的选择性	渔具对其具有较高的选择性
放生后的生存率 survival after capture and release	大于 67%	介于 33% 与 67% 之间	小于 33%
渔业价值 desirability/value of the fishery	低	中	高
渔业对栖息地的破坏 fishery impact to EFH or habitat in general for non-targets	没有或者很少的临时的不利影响	有轻微影响	影响较高

通过 P 指数和 S 指数计算脆弱性得分 (Vulnerability, V), V 指数表示此类物种的过度捕捞风险等级:

$$V = \sqrt{(P - X_0)^2 + (S - Y_0)^2} \quad (1)$$

式中: P、S 为生产力和敏感性得分值, X_0 、 Y_0 为原点坐标, 可自行设定, V 值相对于原点位置不会随原点坐标的变化而变化。脆弱性得分值与该物种受渔业影响程度成正比。

本文的生产力参数为 10 种, 大部分生产力参数是参考 MUSICK^[7] 的定量灭绝风险评估和 STOBUTZKI^[15] 的生产力敏感性分析中的参数数量和参数类型, 但是各参数的分类标准是根据美国对渔业物种的生活史特征的观测获得的, 部分参数是通过大西洋金枪鱼养护委员会的年度资源评估报告中获得的, 比如 k 值和 L_{max} 值。本文所提及的敏感性参数有 12 种 (7 种可捕性参数和 5 种管理性参数), 但是由于某些参数无法简单获

得, 如季节性迁移对渔业的影响, 这主要取决于渔业的作业时间, 而延绳钓渔业的作业是全年进行的, 所以本文涉及的敏感性参数除 5 种兼捕鲨鱼外都使用了 11 种敏感性参数, 该参数的确定主要参考了 HOBDA^[5] 在研究生态风险评估对渔业的影响提出了敏感性参数。

针对目标鱼种和非目标鱼种的生产力得分、敏感性得分和脆弱性得分之间是否存在显著性差异本文采用 Kruskal-Wallis 检验。

1.3 研究对象

本文主要研究的是热带大西洋延绳钓的渔获物, 选取其中常见种类 12 种进行风险评估 (表 3), 其中包括 6 种鲨鱼 (大青鲨、垂头双髻鲨、尖吻鲭鲨、长鳍鲭鲨、长鳍真鲨和大眼长尾鲨)、4 种金枪鱼类 (大眼金枪鱼、黄鳍金枪鱼、长期金枪鱼和鲣鱼) 以及 2 种旗鱼类 (鲣鱼和大西洋蓝枪鱼)。

表 3 风险评估 12 种渔获物名录

Tab. 3 The list of 12 species captured for risk assessment

编号 No.	鱼种 species	科学名 science name	英文名 English name	代码 code
1	大青鲨	<i>Prionace glauca</i>	Blue shark	BSH
2	大眼长尾鲨	<i>Alopias superciliosus</i>	Bigeye thresher shark	BTH
3	长鳍鲭鲨	<i>Isurus paucus</i>	Longfin mako shark	LMA
4	尖吻鲭鲨	<i>Isurus oxyrinchus</i>	Shortfin mako shark	SMA
5	长鳍真鲨	<i>Thunnus alalunga</i>	Oceanic whitetip shark	OCS
6	锤头双髻鲨	<i>Sphyrna zygaena</i>	smooth hammerhead	SPL
7	黄鳍金枪鱼	<i>Thunnus albacares</i>	Yellowfin tuna	YFT
8	长鳍金枪鱼	<i>Thunnus alalunga</i>	Abalcore	ALB
9	大眼金枪鱼	<i>Thunnus obesus</i>	Bigeye tuna	BET
10	鲣鱼	<i>Katsuwonus pelamis</i>	Skipjack tuna	SKJ
11	大西洋蓝枪鱼	<i>Makaira nigricans</i>	Atlantic blue marlin	BUM
12	剑鱼	<i>Xiphias gladius</i>	Swordfish	SWO

2 结果

2.1 生产力和敏感性得分

延绳钓 12 种渔获经过计算得出每一种渔获的生产力得分、敏感性得分和脆弱性得分 (表 4)。生产力得分上金枪鱼类平均得分最高, 达到 1.69; 其次是旗鱼类, 平均生产力得分为 1.525, 得分最低的是鲨鱼类, 平均得分只有 1.25。6 种鲨鱼中大青鲨的生产力得分最高, 大眼长尾鲨、尖吻鲭鲨、长鳍鲭鲨和锤头双髻鲨的生产力得分都是 1.25, 长鳍真鲨的生产力得分最低。4 种金枪鱼类的生产力得分中最高的是鲣鱼, 大眼金枪

鱼和长鳍金枪鱼得分最低, 黄鳍金枪鱼的生产力得分为 1.85, 处于中间得分水平。2 种旗鱼类生产力得分分别为大西洋蓝枪鱼 1.6, 剑鱼 1.45, 相差不大。

金枪鱼类的平均敏感性得分最高, 为 1.792 3; 旗鱼类为 1.545; 鲨鱼类最低, 为 1.5。金枪鱼类大眼金枪鱼的敏感性得分最高, 达到 1.92, 最低的是鲣鱼, 黄鳍金枪鱼和长鳍金枪鱼的敏感性得分分别是 1.75 和 1.83。鲨鱼类敏感性得分比较接近, 大青鲨、长鳍鲭鲨和尖吻鲭鲨的敏感性得分为 1.58, 大眼长尾鲨、长鳍真鲨和垂头双髻鲨为 1.42。

总的脆弱性得分上鲨鱼类的平均得分最高,总脆弱性得分为 1.437 5;旗鱼类平均总脆弱性得分为 1.822,较金枪鱼类和旗鱼高;金枪鱼类的平均

总脆弱性得分为 1.58。

表 4 12 种渔获物的生产力得分、敏感性得分和脆弱性得分

Tab.4 Productivity scores, susceptibility scores and vulnerability scores of 12 species captured

编号 No.	鱼种代码 code	生产力得分 productivity scores	敏感性得分 susceptibility scores	脆弱性得分 vulnerability scores
1	BSH	1.3	1.58	1.8
2	BTH	1.25	1.42	1.8
3	LMA	1.25	1.58	1.84
4	SMA	1.25	1.58	1.84
5	OCS	1.2	1.42	1.85
6	SPL	1.25	1.42	1.8
7	YFT	1.85	1.75	1.37
8	ALB	1.65	1.83	1.59
9	BET	1.65	1.92	1.63
10	SKJ	2.05	1.67	1.16
11	BUM	1.6	1.67	1.55
12	SWO	1.45	1.42	1.61

2.2 渔获物的风险评估

通过软件画出延绳钓 12 种渔获物所处风险状态图(图 1),如图所示,越是靠近坐标原点的种类风险等级越低,即生产力指数越高且敏感性指数越低的种类,过度捕捞风险越低;越是远离坐标原点的种类风险越高,即生产力指数越低且敏感性指数越高的种类,过度捕捞风险越高。可以看出,鲨鱼类中大青鲨和大眼长尾鲨介于低等风险和中等之间,长鳍鲭鲨、尖吻鲭鲨、长鳍真鲨和锤头双髻鲨处于中等风险状态。金枪鱼类大眼金枪鱼、黄鳍金枪鱼(*Thunnus albacares*)、长鳍金枪鱼和鲣鱼以及旗鱼类大西洋蓝枪鱼(*Makaira nigricans*)和剑鱼(*Xiphias gladius*)处于低风险状态。因长鳍鲭鲨和尖吻鲭鲨、大眼长尾鲨和锤头双髻鲨得分一样,故在图中只显示一个编号。

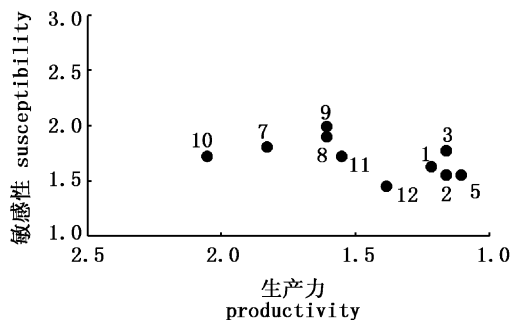


图 1 12 种渔获物生态风险得分(注意原点坐标)

Fig.1 Ecological risk score of 12 species captured (Pay attention to the coordinate origin)

2.3 目标鱼种和非目标鱼种的比较

大眼金枪鱼是延绳钓的目标鱼种,其他鱼种都是兼捕物种即非目标鱼种。用 Kruskal-Wallis 检验目标鱼种大眼金枪鱼和其他鱼种的生产力得分、敏感性得分和脆弱性得分之间是否存在显著性差异,结果表明两者之间均不存在显著性差异($P > 0.05$)。

3 讨论

3.1 生产力参数和敏感性参数的数据

本文通过分析 12 种渔获物的生产力参数和敏感性参数获得延绳钓渔获物的生产力得分、敏感性得分和脆弱性得分,从而对渔获物在延绳钓渔业下的风险进行科学的评估。生产力参数对应生物学参数,而这点可能会随着分类标准的变化产生相应的差异;敏感性参数是种群与渔业相互关系的表现,因为没统一的标准,导致这一参数的确定存在较大的主观性,如影响捕捞的形态学,本研究中延绳钓渔业的目标鱼种是大眼金枪鱼,但是在捕捞过程中会产生较大数量的兼捕行为^[16],渔具对鱼种的选择性就存在理论与实际的差别,笔者是亲自随船调查记录以及参考其他金枪鱼延绳钓科学观察员记录的数据,分析延绳钓渔业对不同渔获物的钓获率,来推测渔具对渔获物的选择性。

3.2 延绳钓渔获物的风险状况

本文的研究结果显示鲨鱼类的敏感性得分

最低,说明延绳钓渔业对其影响是最低的,但是由于鲨鱼类的生产力得分也是最低的,导致脆弱性总得分最高,说明敏感性与脆弱性没有显著的相关性,脆弱性是受生产力和敏感性共同作用的结果。金枪鱼类的情况刚好与鲨鱼类相反,虽然金枪鱼类的敏感性得分是最高的,但是其具有较高的生产力得分,整体脆弱性得分最低。脆弱性得分大于等于 1.8 即为处于风险状态^[17],在热带大西洋延绳钓渔业中,6 种鲨鱼(大青鲨、大眼长尾鲨、尖吻鲭鲨、长鳍鲭鲨、长鳍真鲨和锤头双髻鲨)处于中等风险状态,所以需要加强对鲨鱼类的保护力度,锤头双髻鲨、大眼长尾鲨、尖吻鲭鲨和长鳍鲭鲨已经被列为国际自然保护联盟(IUCN)重点保护物种,禁止对鲨鱼类的捕捞和鱼翅交易能有效管理鲨鱼类的资源状况,同时降低渔业生产对鲨鱼类的影响能有效防止过度捕捞的发生;4 种金枪鱼(大眼金枪鱼、黄鳍金枪鱼、长鳍金枪鱼和鲣鱼)和 2 种旗鱼(剑鱼和大西洋蓝枪鱼)处于低等风险状态,说明这些物种资源状况良好,延绳钓渔业对其的破坏性不大,资源没有处于过度捕捞状态。大西洋金枪鱼养护委员会(ICCAT)最新的资源评估报告中提及大眼金枪鱼、黄鳍金枪鱼和鲣鱼处于中等开发状态,长鳍金枪鱼处于完全开发状态^[18-21],与本研究基本吻合。但是金枪鱼对延绳钓渔业的敏感性相对较高,说明延绳钓渔业对金枪鱼类产生了一定的影响,需要继续保持现有的管理力度或者加大管理力度,达到金枪鱼延绳钓渔业的可持续性发展。

3.3 目标鱼种和非目标鱼种的比较

本文通过对目标鱼种大眼金枪鱼和非目标鱼种的比较发现,生产力得分、敏感性得分和总脆弱性得分两者之间均没有显著性差异,这对以后的管理策略的制定有很好的借鉴意义,说明两者之间不存在显著性差异,在制定管理和保护策略的时候无需单独就某一鱼种进行独立管理,这样就不会出现因为对某一鱼种的特别管理政策对其他鱼种产生不良的影响。在大西洋延绳钓的管理中,鉴于大眼金枪鱼与其他物种之间不存在脆弱性显著性差异,所以在制定管理策略时,需要同时考虑目标鱼种和非目标鱼种,因为两者之间的风险脆弱性在管理上的意义是等同的^[22-24]。

3.4 在渔业管理中的应用

渔业资源是海洋生态系统的重要组成部分,是渔业发展的物质基础。面对当前捕捞强度居高不下,渔业资源严重衰退的严峻形势,探究基于生态系统的管理对于解决我国近海渔业问题已经势在必行^[25]。PSA 作为一种有效的评估商业性渔业对种群资源的影响程度方法,在管理策略制定上已经得到了充分的验证,2012 年第一次在印度洋鲨鱼管理上得到应用^[26]。近些年,学者将 PSA 方法应用在评估延绳钓渔业对误捕海鸟和海洋性哺乳动物等保护性动物的风险影响上,取得了相应的成果^[27-28]。通过半量化评估渔业对于兼捕物种的风险等级,为管理者制定相应的管理策略提供科学支持,从而达到渔业发展和资源保护的有利共存途径。PSA 理论作为基于生态系统的渔业管理的一种尝试方法,虽然在实践中取得了相应的成果,但是仍存在较大不确定性,还需要在未来的研究中不断发展和完善。

参考文献:

- [1] MORA C, MYERS R A, COLL M, et al. Management effectiveness of the world's marine fisheries[J]. *PLoS Biology*, 2009, 7(6): e1000131.
- [2] RESTREPO V R, POWERS J E. Precautionary control rules in US fisheries management: specification and performance [R]. *ICES Journal of Marine Science*, 1999, 56(6): 846 - 852.
- [3] KATSUKAWA T. Numerical investigation of the optimal control rule for decision-making in fisheries management[J]. *Fisheries Science*, 2004, 70(1): 123 - 131.
- [4] FLETCHER W J, CHESSON J, SAINSBURY K J, et al. A flexible and practical framework for reporting on ecologically sustainable development for wild capture fisheries [J]. *Fisheries Research*, 2005, 71(2): 175 - 183.
- [5] HOBDA Y A J, SMITH A, WEBB H, et al. Ecological risk assessment for the effects of fishing: methodology [R]. Report R04/1072 for the Australian Fisheries Management Authority Canberra, 2007: 174.
- [6] FRANCIS R I C C. Use of risk analysis to assess fishery management strategies: a case study using orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) on the Chatham Rise, New Zealand [J]. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1992, 49(5): 922 - 930.
- [7] MUSICK J A. Criteria to define extinction risk in marine fishes: The American Fisheries Society Initiative [J]. *Fisheries*, 1999, 24(12): 6 - 14.
- [8] ASTLES K L, HOLLOWAY M G, STEFFE A, et al. An ecological method for qualitative risk assessment and its use

- in the management of fisheries in New South Wales, Australia [J]. *Fisheries Research* 2006, 82(1/3): 290–303.
- [9] MILTON D A. Assessing the susceptibility to fishing of populations of rare trawl bycatch: sea snakes caught by Australia's Northern Prawn Fishery [J]. *Biological Conservation*, 2001, 101(3): 281–290.
- [10] GRIFFITHS S P, BREWER D T, HESLES D S, et al. Validating ecological risk assessments for fisheries: assessing the impacts of turtle excluder devices on elasmobranch bycatch populations in an Australian trawl fishery [J]. *Marine & Freshwater Research*, 2006, 57(4): 395–401.
- [11] PATRICK W S, SPENCER P, LINK J, et al. Using productivity and susceptibility indices to assess the vulnerability of United States fish stocks to overfishing [J]. *Fishery Bulletin*, 2010, 108(3): 305–322.
- [12] STOBUTZKI I C, MILLER M J, JONES P, et al. Bycatch diversity and variation in a tropical Australian penaeid fishery: the implications for monitoring [J]. *Fisheries Research*, 2001, 53(3): 283–301.
- [13] HOBDAV A J, SMITH A, STOBUTZKI I. Ecological risk assessment for Australian Commonwealth fisheries, final report [R]. Report R01/0934 to the Australian Fisheries Management Authority, Canberra, Australia, 2004: 72.
- [14] 朱江峰, 戴小杰, 陈彦. 运用生产力-易捕率指数对 10 种热带太平洋鲨鱼种群的研究 [J]. *南方水产科学*, 2013, 9(6): 8–13.
- ZHU J F, DAI X J, CHEN Y. Productivity-susceptibility analysis of 10 shark populations in tropical Pacific Ocean [J]. *South China fisheries Science*, 2013, 9(6): 8–13.
- [15] STOBUTZKI I, MILLER M, BREWER D. Sustainability of fishery bycatch: a process for assessing highly diverse and numerous bycatch [J]. *Environmental Conservation*, 2001, 28(2): 167–181.
- [16] 戴小杰, 许柳雄, 宋利明, 等. 东太平洋金枪鱼延绳钓兼捕鲨鱼种类及其渔获量分析 [J]. *上海水产大学学报*, 2006, 15(4): 509–512.
- DAI X J, XU L X, SONG L M, et al. Analysis on shark species and catch by tuna longline fishery in the Eastern Pacific Ocean [J]. *Journal of Shanghai Fisheries University*, 2006, 15(4): 509–512.
- [17] PATRICK W S, SPENCER P, LINK J, et al. Using productivity and susceptibility indices to assess the vulnerability of United States fish stocks to overfishing [J]. *Fishery Bulletin*, 108(3): 305–322.
- [18] PALLARE P. Report of the 2010 ICCAT bigeye tuna stock assessment session [R]. Spain: ICCAT, 2010.
- [19] PALLARE P. Report of the 2011 ICCAT yellowfin tuna stock assessment session [R]. Spain: ICCAT, 2011.
- [20] PALLARE P. Report of the 2008 ICCAT yellowfin and Skipjack stock assessment meeting [R]. Spain: ICCAT, 2008.
- [21] PALLARE P. Report of the 2013 ICCAT north and south Atlantic albacore stock assessment session [R]. Spain: ICCAT, 2013.
- [22] ALVERSON D, FREEBERG M, MURAWSKI S, et al. A global assessment of fisheries by catch and discards [R]. *FAO Fish. Tech. Pap*, 1994, 339.
- [23] HALL M A. On bycatches. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 1996, 6(3): 319–352.
- [24] DONNAN D. Effects of fishing on non-target species and habitats: biological, conservation and socio-economic issues [M]// KAISER M J, DE GROOT S J. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. London: Blackwell Science, 2000: 399.
- [25] 褚晓琳. 基于生态系统的东海渔业管理研究 [J]. *资源科学*, 2010, 32(4): 606–611.
- ZHU X L. Ecosystem-based management of fishery resources in the East China Sea [J]. *Resources Science*, 2010, 32(4): 606–611.
- [26] MURUA H, COELHO R, SANTOS M N, et al. Preliminary Ecological Risk Assessment (ERA) for shark species caught in fisheries managed by the Indian Ocean Tuna Commission (IOTC) [C]// Eighth Session of the IOTC Working Party on Ecosystems and By catch, Cape Town, South Africa. IOTC, 2012: 1–16.
- [27] WAUGH S M, FILIPPI D P, KIRBY D S, et al. Ecological Risk Assessment for seabird interactions in Western and Central Pacific longline fisheries [J]. *Marine Policy*, 2012, 36(4): 933–946.
- [28] BROWN S L, REID D, ROGAN E. A risk-based approach to rapidly screen vulnerability of cetaceans to impacts from fisheries bycatch [J]. *Biological Conservation*, 2013, 168: 78–87.

Population ecological risk assessment of the common species of catches of the longline fishery in Atlantic Ocean

XU Youwei¹, DAI Xiaojie², CHEN Zuozhi¹

(1. Key Laboratory of South China Sea Fishery Resources Exploitation & Utilization, Ministry of Agriculture, South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, Guangdong, China; 2. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: Ecological risk assessment (ERA) is a key part of ecosystem level fisheries management. Based on productivity and sensitivity analysis (PSA) method, ecological risk assessment of 12 species caught in tuna longline fishery was conducted. The result showed that the productivity score ranged from 1.2 to 2.05, with Skipjack (*Katsuwonus pelamis*) having the highest score; sensitivity score ranged from 1.42 to 1.92, bigeye tuna (*Thunnus obesus*) having the highest score; vulnerability score ranged from 1.16 to 1.85, longfin mako shark (*Carcharhinus longimauns*) having the highest score. Ecological risk assessment indicated that Sharks (blue shark (*Prionace glauca*), bigeye thresher shark (*Alopias superciliosus*), shortfin mako shark (*Isurus oxyrinchus*), longfin mako shark (*Isurus paucus*), Oceanic whitetip shark (*Thunnus alalunga*), smooth hammerhead (*Sphyrna zygaena*) were in moderate risk status, while the target species-bigeye tuna was in a low-risk status in the tropical Atlantic longline fishery. In addition, There was no significant difference ($P > 0.05$) between target species and other fish species on productivity, susceptibility and vulnerability scores.

Key words: longline fishery; ecological risk assessment; productivity and sensitivity analysis; Atlantic Ocean