



## 中西太平洋鲣围网渔业入渔指标体系构建与应用

蒋明峰<sup>1</sup>, 陈新军<sup>1,2,3,4\*</sup>, 吕泽华<sup>1,2,3,4</sup>, 汪金涛<sup>1,2,3,4</sup>, 雷林<sup>1,2,3,4</sup>,  
许子安<sup>1</sup>, 林泓羽<sup>1</sup>, 贺海平<sup>5</sup>, 贾海滨<sup>5</sup>

(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教育部重点实验室, 上海 201306;

3. 上海海洋大学, 国家远洋渔业工程技术研究中心, 上海 201306;

4. 上海海洋大学, 农业农村部大洋渔业开发重点实验室, 上海 201306;

5. 大洋世家(浙江)股份公司, 浙江 舟山 310009)

**摘要:** 中西太平洋鲣围网渔业是典型的过洋性渔业, 资源、经济、社会等多方面因素会影响远洋渔业企业对入渔国的选择。以密克罗尼西亚联邦、巴布亚新几内亚、马绍尔群岛、瑙鲁、基里巴斯等 5 个中西太平洋入渔国为对象, 在以往资源分布、入渔风险评价研究的基础上, 利用层次分析法构建中西太平洋鲣围网渔业入渔指标体系。体系以远洋渔业企业入渔利益最大化为目标, 包含资源状况、经济成本、入渔风险 3 个一级指标及 8 个二级指标。根据中西太平洋渔业委员会统计数据及远洋渔业企业调研资料, 以 2017—2021 年入渔各沿海国的入渔效益为例对本研究所构建的指标体系进行验证, 验证前对数据进行标准化, 以消除量纲差异对结果的影响。结果显示, 瑙鲁是入渔评分最高的国家, 历年分值均在 65 分以上, 且评分波动较小; 其次为基里巴斯、密克罗尼西亚和巴布亚新几内亚, 3 者评分略低于瑙鲁, 且稳定性相对较差。马绍尔群岛入渔评分最低, 历年均在 65 分以下。各一级指标权重由高到低依次为资源状况 (0.479)、经济成本 (0.372)、入渔风险 (0.149); 各二级指标权重由高到低依次为资源丰度 (0.265)、作业天单价 (0.171)、寻鱼时间 (0.151)、适宜栖息地面积比 (0.148)、社会稳定性 (0.078)、国家外交关系 (0.071)、高经济价值种类占比 (0.066)、转场时间 (0.050)。研究结果为我国远洋渔业企业进行入渔决策提供了参考。

**关键词:** 鲣; 入渔; 指标体系; 中西太平洋

**中图分类号:** S 932.4

**文献标志码:** A

鲣 (*Katsuwonus pelamis*) 广泛分布于全球的热带及亚热带海域, 是世界最重要的经济鱼类之一<sup>[1]</sup>, 中西太平洋海域是全球最大、最具经济价值的鲣围网渔场。2018 年, 全球鲣产量达 290 万 t, 其中 130 万 t 由中西太平洋鲣围网渔业贡献<sup>[2]</sup>。按捕捞策略划分, 中西太平洋鲣渔业可分为针对

自由鱼群(浮水群)的捕捞作业和利用流木、人工集鱼装置等, 针对随附鱼群的捕捞作业。2 种捕捞策略下, 鲣均为主要渔获物, 自由鱼群中鲣占总渔获量比重超过 70%, 其次为黄鳍金枪鱼 (*Thunnus albacores*), 占比约 20%, 大眼金枪鱼 (*T. obesus*) 占比仅为约 5%; 随附鱼群中鲣比重超过

收稿日期: 2022-09-20 修回日期: 2022-11-21

资助项目: 国家重点研发计划 (2019YFD0901404); 国家自然科学基金 (NSFC41876141); 上海市科技创新行动计划 (19DZ1207502)

第一作者: 蒋明峰(照片), 从事渔业资源学研究, E-mail: jmf822221@163.com

通信作者: 陈新军, 从事渔业资源学研究, E-mail: xjchen@shou.edu.cn



60%, 其次为黄鳍金枪鱼, 占比 20%~30%, 大眼金枪鱼占比约 10%<sup>[3]</sup>。我国大陆围网船队起步较晚, 2000 年, 我国 2 艘小型围网船首次在中西太平洋进行金枪鱼围网作业, 而后我国船队规模逐年扩大, 目前已是该海域重要的捕捞力量之一。

中西太平洋鲣围网渔业属过洋性渔业, 其作业地点多位于各沿海国专属经济区内, 受区域渔业管理组织及沿海国政策影响较大。2007 年起, 密克罗尼西亚、马绍尔群岛、瑙鲁、所罗门群岛、图瓦卢、巴布亚新几内亚、基里巴斯、帕劳等 8 个“瑙鲁协议 (Nauru Agreement)”成员国开始实施“按日计费入渔模式 (Vessel Day Scheme, VDS)”, 导致作业天单价大幅上涨, 各远洋渔业国围网船队的作业时间被严重挤压<sup>[4]</sup>。此外, 中西太平洋渔业委员会 (Western and Central Pacific Fisheries Commission, WCPFC) 自 2008 年起实施了针对随附鱼群的人工集鱼装置禁渔期管理措施, 禁渔时间由最初的 2 个月延长至现在的 3 个月, 在此期间, 禁止对随附鱼群进行捕捞, 以达到养护黄鳍金枪鱼和大眼金枪鱼资源的目的<sup>[5]</sup>。在越发严格的管理措施下, 科学规划生产作业海域、降低作业成本、规避风险以提高经济效益已成为各远洋渔业企业的当务之急。为此, 本研究综合资源、经济、社会多方面因素, 建立适用于中西太平洋鲣围网渔业的入渔层次结构模型, 对我国围网船队各主要入渔国海域的入渔效果进行评价, 旨在为管理策略的制定和企业入渔决策提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区域与数据来源

选取我国围网船队作业频次较高的密克罗尼西亚、马绍尔群岛、瑙鲁、巴布亚新几内亚、基里巴斯 5 个沿海国专属经济区作为研究对象。生产数据来源于 WCPFC (<https://www.wcpfc.int>), 涵盖作业时间、作业地点、投网次数、作业天数 (包括捕捞天数和寻鱼时间), 时间范围为 2017—2021 年, 空间分辨率为 1°×1°; 各沿海国与我国外交关系来源于中华人民共和国外交部网站 (<https://www.mfa.gov.cn/>); 各沿海国人均 GDP 来源于世界银行网站 (<https://data.worldbank.org.cn/>), 海表温度 (sea surface temperature, SST) 数据来源于哥白尼海洋服务网站 (<https://resources.marine.copernicus.eu/>), 时间分辨率为月, 空间分辨率为 1°×1°。

<https://www.china-fishery.cn>

### 1.2 研究方法

**指标体系的建立** 层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP) 是美国运筹学家 Saaty<sup>[6]</sup> 于 20 世纪 70 年代所创的一种多准则决策方法, 该方法将与决策有关的因素分解成目标、准则、方案等层次, 按各因素之间的相互关联和隶属关系进行组合, 并以此为基础, 通过两两比较的方法确定各因素之间的相对重要性。本研究综合以往入渔研究<sup>[7-8]</sup>, 以入渔利益最大化为决策目标, 设立资源状况、经济成本、入渔风险 3 个一级指标, 资源状况指标下设资源丰度、适宜栖息地面积比、高经济价值种类比重 3 个二级指标; 经济成本指标下设作业天单价、寻鱼时间、转场时间 3 个二级指标; 入渔风险指标下设国家外交关系、社会稳定性 2 个二级指标, 层次结构模型如表 1 所示。

表 1 中西太平洋鲣围网渔业入渔指标体系

Tab. 1 Indicator system for host state selection in *K. pelamis* purse seine fishery in the West and Central Pacific Ocean

决策层 decision level	一级指标 first level indicator	二级指标 second level indicator
入渔利益最大化 maximization of fisheries profit	资源状况 resource situation	资源丰度 resource abundance
		高经济价值种类占比 percent of species with high commercial value
	适宜栖息地面积比 percent of suitable habitat	
经济成本 economic costs	入渔风险 fisheries risk	寻鱼时间 time for searching
		转场时间 time for transferring
		作业天单价 vessel day access fee
		社会稳定性 social stability
		国家外交关系 foreign relations of the state

**评价指标的选取及计算** 资源状况是影响中西太平洋鲣围网渔业入渔决策的重要因素之一<sup>[8]</sup>。在以往对中西太平洋鲣的研究中, 单位捕捞努力量渔获量 (catch per unit effort, CPUE) 被广泛用于代表鲣的资源丰度<sup>[9-10]</sup>。然而, CPUE 仅包含作业海域的渔获量及捕捞努力量, 无法描述未进行生产作业海域的资源丰度。因此, 本研究进一步选取适宜栖息地面积比指标作为 CPUE 的补充, 同时选取高经济价值物种比重指标代指渔获

物种组成的变化, 旨在从资源丰度、环境影响、渔获组成 3 方面对中西太平洋围网渔业捕捞对象的资源状况进行更全面、准确的评价。

由于中西太平洋围网渔业捕捞自由鱼群及随附鱼群的作业方式和作业效率存在差异, 本研究定义作业天数为捕捞努力量, 分别计算 2017—2021 年各国专属经济区及附近海域的 CPUE, 作为资源丰度指标值。计算公式:

$$CPUE_{ij} = \frac{c_{ij}}{n_{ij}} \quad (1)$$

式中,  $CPUE_{ij}$  为  $i$  国专属经济区海域在  $j$  年的 CPUE;  $c_{ij}$  为  $i$  国专属经济区海域在  $j$  年的总渔获量;  $n_{ij}$  为  $i$  国专属经济区海域在  $j$  年的总作业天数。

适宜栖息地的选择参考 Yen 等<sup>[11]</sup>建立的基于 SST 的栖息地适宜性指数模型, 定义  $1^\circ \times 1^\circ$  为 1 个渔区,  $SI \geq 0.6$  的海域为鳁适宜栖息地, 以适宜栖息地面积与各国专属经济区总面积的比值作为适宜栖息地面积比指标值, 栖息地适宜性指数计算公式:

$$SI_m = e^{(-2.6) \times (SST_m - 29.7)^2} \quad (2)$$

式中,  $SI_m$  为渔区  $m$  的栖息地适宜性指数,  $SST_m$  为渔区  $m$  的月平均 SST。

由于围网渔获物中大眼金枪鱼及黄鳍金枪鱼的价格高于鳁, 从收益角度看, 它们作为高经济价值种类, 占总渔获物的比重也应作为指标进行考虑。因此, 以大眼金枪鱼和黄鳍金枪鱼渔获量与金枪鱼围网总渔获量的比值作为指标值代入研究。

经济成本是制约中西太平洋围网渔业发展的重要因素。自 VMS 实施以来, 逐年提高的作业单价给企业造成了巨大的经济压力。在此背景下, 在保证产量的前提下减少寻鱼时间及转场时间不仅能降低燃油成本, 更有助于围网船队充分利用有限的作业天数, 节约入渔费用。寻鱼时间指标值计算公式:

$$T_{ij} = \frac{f_{ij}}{d_{ij}} \quad (3)$$

式中,  $T_{ij}$  为  $i$  国专属经济区海域在  $j$  年的寻鱼时间指标值;  $f_{ij}$  为  $i$  国专属经济区海域在  $j$  年的捕捞自由鱼群投网次数,  $d_{ij}$  为  $i$  国专属经济区海域在  $j$  年的作业天数 (捕捞天数与寻鱼天数之和)。

以各沿海国专属经济区内年度渔场重心距同年中西太平洋海域鳁渔场总重心的距离指代转场时间<sup>[12]</sup>, 渔场重心计算公式<sup>[13]</sup>:

$$GLO_{ij} = \frac{\sum_{s=1}^n lon_{nij} \times C_{nij}}{\sum_{s=1}^n C_{nij}} \quad (4)$$

$$GLA_{ij} = \frac{\sum_{s=1}^n lat_{nij} \times C_{nij}}{\sum_{s=1}^n C_{nij}} \quad (5)$$

式中,  $GLO_{ij}$  为  $i$  国专属经济区海域在  $j$  年的渔场重心经度坐标;  $GLA_{ij}$  为  $i$  国专属经济区海域在  $j$  年的渔场重心纬度坐标;  $lon_{nij}$  为  $i$  国专属经济区海域中作业点位  $n$  在  $j$  年的经度;  $lat_{nij}$  为  $i$  国专属经济区海域中作业点位  $n$  在  $j$  年的纬度;  $c_{nij}$  为  $i$  国专属经济区海域中作业点位  $n$  在  $j$  年的渔获量。

中西太平洋鳁围网渔业作为典型的过洋性渔业, 有着高投入、高风险的特点<sup>[7]</sup>。截至目前, 我国远洋渔业企业已在密克罗尼西亚、基里巴斯等入渔国设立多家子公司及远洋渔业基地, 因此, 入渔国与我国的外交关系及其社会稳定性显得尤为重要。近期, 农业农村部印发了《关于促进“十四五”远洋渔业高质量发展的意见》, 提出了推进远洋渔业全产业链集聚发展的要求, 支持企业建设境外远洋渔业基地, 打造辐射面广、带动性强的区域性远洋渔业产业集群, 同时积极开发南太等新型合作区, 推进政府间渔业合作。由于过洋性渔业对国家战略及外交策略的高度依赖性, 在与我国外交等级较高的国家入渔相对有保障, 且有利于跨国投资的长期、可持续发展<sup>[14]</sup>。社会稳定性则是一个国家政治、经济建设的基础, 社会稳定的国家更容易形成安全、稳定的投资环境, 更有利于远洋渔业企业开展合作, 反之, 社会不稳定的国家易出现社会阶层固化、两极分化等问题, 进而影响投资环境的安全性<sup>[15]</sup>。基于以上分析, 本研究选取国家外交关系、社会稳定性 2 个二级指标指代入渔风险, 将入渔国和我国的外交伙伴等级量化, 作为国家外交关系指标值、以各沿海国人均 GDP 作为社会稳定性指标值。

**指标值的归一化** 本研究中各指标的量纲和量纲单位不同, 需在评价前对指标值进行归一化以消除量纲影响。各指标赋值标准见表 2。

**指标权重的确定** 以调查问卷形式收集专家意见, 根据各专家对指标的判定意见, 构建层次分析法判断矩阵、计算权重并进行一致性检验, 最终获得各评价指标权重值。

**评分计算方法** 根据各指标权重和归一化后的指标值, 对各年各沿海国专属经济区进行评

表 2 指标赋值标准

Tab. 2 Assignment criteria of indicators

指标 indicator	指标类型 type of indicator	赋值公式 assignment formula
资源丰度 resources abundance	效益型指标 efficient indicator	$C_0 = \frac{x_0}{\text{MAX}(x_0)}$
适宜栖息地面积比 percent of suitable habitat	效益型指标 efficient indicator	
高经济价值种类比重 percent of species with high commercial value	效益型指标 efficient indicator	
社会稳定性 social stability	效益型指标 efficient indicator	
作业天单价 vessel day access fee	成本型指标 costly indicator	$C_0 = \frac{\text{MIN}(x_0)}{x_0}$
寻鱼时间 time for searching	成本型指标 costly indicator	
转场时间 time for transferring	成本型指标 costly indicator	
国家外交关系 foreign relations of the state	定量指标 determinative index	(0,0.5,1) <sup>[6]</sup>

注:  $C_0$  为归一化后的指标值,  $x_0$  为原始指标值。

Notes:  $C_0$  refers to the normalized indicator scores,  $x_0$  refers to the original indicator scores.

分。评分公式:

$$S = \sum_{t=1}^n C_t \times W_t \times 100 \quad (6)$$

式中,  $S$  为最终评分;  $C_t$  为指标  $t$  归一化后的值;  $W_t$  为指标  $t$  的权重值。

## 2 结果

### 2.1 评价指标权重值

调查问卷以网络形式发放, 受访者为各远洋渔业企业的金枪鱼围网部门管理人员及金枪鱼围网船船长, 将回收后的问卷导入 Yaahp 软件, 利用算术平均法得到权重 (表 3)。一级指标按权重值由高到低排序为: 资源状况 (0.479)、经济成本 (0.372)、入渔风险 (0.149); 资源状况下二级指标中, 权重值由高到低排序为: 资源丰度 (0.265)、适宜栖息地面积比 (0.148)、高经济价值种类占比 (0.066); 经济成本下二级指标中, 权重值由高到低排序为: 作业天单价 (0.171)、寻鱼时间 (0.151)、转场时间 (0.050); 入渔风险下二级指标中, 权重值由高到低排序为社会稳定性 (0.078)、国家外交关系 (0.071)。

### 2.2 指标评价结果

资源状况评价结果 资源状况指标评价结果表明, 2017—2021 年, 资源丰度较高的两个国

表 3 评价指标权重值

Tab. 3 Weight of indicators

决策层 decision level	一级指标 first-level indicator	二级指标 second-level indicator	指标权重 weight of indicator
入渔利益最大化 maximization of fisheries profit	资源状况 (0.479) resource situation	资源丰度 resource abundance	0.265
		高经济价值种类占比 percent of species with high commercial value	0.066
		适宜栖息地面积比 percent of suitable habitat	0.148
	经济成本 (0.372) economic costs	寻鱼时间 time for searching	0.151
		转场时间 time for transferring	0.050
		作业天单价 vessel day access fee	0.171
入渔风险 (0.149) fisheries risk	社会稳定性 social stability	0.078	
	国家外交关系 foreign relations of the state	0.071	

家为基里巴斯和马绍尔群岛, 而巴布亚新几内亚和密克罗尼西亚资源丰度相对较低; 高经济价值种类比重指标评价结果表明, 巴布亚新几内亚高经济价值种类比重常年处于高位, 仅 2021 年略低于马绍尔群岛; 适宜栖息地面积指标年间变化较大的为瑙鲁, 2017 年及 2021 年, 适宜栖息地面积比重最高的为瑙鲁, 2018 年及 2019 年, 适宜栖息地面积比重最高的国家为密克罗尼西亚, 2020 年则为基里巴斯, 马绍尔群岛适宜栖息地面积比重常年较低。综合 3 个资源状况评价指标而言, 近 5 年来瑙鲁与基里巴斯平均分均在 70 分以上; 巴布亚新几内亚资源状况评分最低, 历年评分均在 70 分以下; 密克罗尼西亚及马绍尔群岛则处于中间位置 (表 4)。

经济成本评价结果 经济成本评价结果表明, 巴布亚新几内亚附近海域寻鱼时间总体较短, 仅 2018 年略次于瑙鲁, 而其余 4 国寻鱼时间均有较大波动。在转场时间方面, 各入渔国产量重心与海域总重心均较远, 仅 2019 年瑙鲁海域产量重心靠近总重心。作业天单价方面, 瑙鲁作业天单价于近几年保持稳定, 常年最低, 其次为基里巴斯和巴布亚新几内亚, 而密克罗尼西亚和马绍尔群岛作业天单价相对较高。综合 3 个经济成本指标而言, 近 5 年瑙鲁及巴布亚新几内亚评分均在 70 分以上, 而马绍尔群岛评分最低, 历年均在 75 分以下, 密克罗尼西亚和基里巴斯则处于适中位置 (表 5)。

表 4 资源状况指标值

Tab. 4 Indicator scores of the resource situation

指标 indicator	年份 year	密克罗尼西亚 the Federated States of Micronesia	马绍尔群岛 Marshall Islands	基里巴斯 Kiribati	瑙鲁 Nauru	巴布亚新几内亚 Papua New Guinea
资源丰度 resource abundance	2017	0.56	0.72	0.62	0.59	0.42
	2018	0.68	0.80	1.00	0.69	0.50
	2019	0.56	0.75	0.91	0.77	0.57
	2020	0.68	0.94	0.87	0.85	0.50
	2021	0.65	0.76	0.80	0.77	0.50
高经济价值种类比重 percent of species with high commercial value	2017	0.63	0.67	0.83	0.76	1.00
	2018	0.54	0.49	0.48	0.42	0.80
	2019	0.61	0.51	0.31	0.46	0.72
	2020	0.65	0.64	0.53	0.57	0.87
	2021	0.76	0.84	0.57	0.69	0.82
适宜栖息地面积比 percent of suitable habitat	2017	0.73	0.61	0.69	0.87	0.79
	2018	1.00	0.61	0.70	0.80	0.94
	2019	0.88	0.58	0.62	0.72	0.85
	2020	0.56	0.61	0.80	0.72	0.43
	2021	0.80	0.44	0.32	0.93	0.76
综合资源状况 comprehensive resource situation	2017	62.28	67.55	67.17	69.71	61.10
	2018	75.65	69.89	83.53	68.73	67.51
	2019	66.30	66.15	73.80	71.11	67.45
	2020	63.79	79.41	79.78	77.16	52.71
	2021	70.85	67.27	62.19	80.77	62.21

入渔风险评价结果 在国家外交关系层面, 我国与密克罗尼西亚、基里巴斯及巴布亚新几内亚均为合作伙伴关系, 指标值均为 0.5, 而与马绍尔群岛及瑙鲁尚未建交, 指标值为 0。在社会稳定性方面, 瑙鲁人均 GDP 最高, 常年均居于首位, 其余 4 国人均 GDP 相比瑙鲁均有较大差距, 指标值较低。综合 2 个人渔风险指标而言, 瑙鲁入渔风险最小, 历年评分均在 40 分以上, 马绍尔群岛入渔风险最大, 评分仅为 15~20, 密克罗尼西亚、基里巴斯及巴布亚新几内亚风险适中, 评分为 30~40 (表 6)。

入渔综合评价结果 入渔综合评价结果表明 (表 7), 2017—2021 年最适入渔国均为瑙鲁, 历年综合评分均在 65 分以上, 且评分波动较小。其次为基里巴斯、密克罗尼西亚和巴布亚新几内亚, 三者评分略低于瑙鲁, 且稳定性较差。马绍尔群岛入渔评分最低, 历年均在 65 分以下。

### 3 讨论

本研究以入渔利益最大化为核心, 综合资源、

经济、风险三方面影响因素, 以中西太平洋海域鳀围网渔业为例选取评价指标, 构建中西太平洋鳀围网渔业入渔评价指标体系。资源状况是入渔评价的核心指标, 其优劣直接决定了渔获量和渔获组成结构。鳀是中西太平洋最高产的金枪鱼类, 但其价值却相对低于作为次要捕捞对象的黄鳍金枪鱼和大眼金枪鱼。根据美国国家海洋和大气管理局 (NOAA) 商业渔业捕捞数据库 (<https://www.fisheries.noaa.gov/>) 统计, 2021 年美国黄鳍金枪鱼和大眼金枪鱼平均上岸价格分别为 2.53 美元/磅和 3.44 美元/磅, 而鳀价格仅为 1.83 美元/磅, 黄鳍金枪鱼和大眼金枪鱼比重的增加更有助于企业利润的提高, 且该指标的引入能一定程度上消除兼捕对 CPUE 的影响<sup>[16]</sup>。栖息地模型被广泛应用于模拟渔业生物对环境的适应性, 栖息地适宜性指数较高的海域可指代该生物的潜在栖息地<sup>[17-18]</sup>。鳀是生活在海洋上层的热带金枪鱼类, 其迁徙行为与西太平洋暖池 29 °C 等温线的分布存在一致性<sup>[19]</sup>, 拉尼娜时期, 暖池面积缩小, 29 °C 等温线西移, 鳀鱼群有向西部的巴布亚新几内亚、密克

表 5 经济成本指标值

Tab. 5 Indicator scores of the economic costs

指标 indicator	年份 year	密克罗尼西亚 the Federated States of Micronesia	马绍尔群岛 Marshall Islands	基里巴斯 Kiribati	瑙鲁 Nauru	巴布亚新几内亚 Papua New Guinea
寻鱼时间 time for searching	2017	0.68	0.39	0.78	0.69	0.85
	2018	0.87	0.73	0.39	0.91	0.85
	2019	0.91	0.79	0.98	0.72	1.00
	2020	0.55	0.45	0.58	0.63	0.86
	2021	0.66	0.66	0.57	0.66	0.76
转场时间 time for transferring	2017	0.10	0.11	0.07	0.17	0.08
	2018	0.12	0.13	0.07	0.18	0.08
	2019	0.07	0.20	0.09	1.00	0.06
	2020	0.13	0.13	0.07	0.22	0.07
	2021	0.13	0.12	0.08	0.30	0.07
作业天单价 daily operation fee	2017	0.90	0.95	0.95	1.00	0.90
	2018	0.87	0.86	0.95	1.00	0.90
	2019	0.87	0.86	0.95	1.00	0.90
	2020	0.87	0.86	0.95	1.00	0.90
	2021	0.87	0.86	0.95	1.00	0.90
综合经济成本 comprehensive economic costs	2017	70.46	61.02	75.96	76.13	76.97
	2018	77.22	71.10	60.33	85.26	76.86
	2019	78.12	74.26	84.45	88.54	82.85
	2020	64.06	59.69	68.22	74.77	77.45
	2021	68.83	68.25	67.70	76.81	73.41

表 6 入渔风险指标值

Tab. 6 Indicator scores of the fisheries risk

指标 indicator	年份 year	密克罗尼西亚 the Federated States of Micronesia	马绍尔群岛 Marshall Islands	基里巴斯 Kiribati	瑙鲁 Nauru	巴布亚新几内亚 Papua New Guinea
国家外交关系 diplomatic relationship	2017	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50
	2018	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50
	2019	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50
	2020	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50
	2021	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50
社会稳定性 social stability	2017	0.27	0.30	0.13	0.84	0.22
	2018	0.29	0.31	0.14	0.95	0.23
	2019	0.30	0.33	0.12	0.90	0.23
	2020	0.29	0.34	0.12	0.86	0.23
	2021	0.28	0.34	0.15	1.00	0.24
综合入渔风险 comprehensive fisheries risk	2017	37.92	15.63	30.94	44.01	35.40
	2018	39.11	16.14	31.13	49.43	35.85
	2019	39.35	17.34	30.36	46.94	35.93
	2020	39.00	17.58	30.37	45.03	35.66
	2021	38.72	17.75	31.54	52.15	36.34

表 7 入渔综合评价结果

Tab. 7 Comprehensive the evaluation results

年份 year	密克罗尼西亚 the Federated States of Micronesia	马绍尔群岛 Marshall Islands	基里巴斯 Kiribati	瑙鲁 Nauru	巴布亚新几内亚 Papua New Guinea
2017	61.75	57.45	65.11	68.33	63.23
2018	70.86	62.41	67.16	72.08	66.33
2019	66.75	61.96	71.37	74.07	68.55
2020	60.26	62.93	68.19	71.55	59.44
2021	65.37	60.32	59.74	75.10	62.58

罗尼西亚海域集中的趋势, 厄尔尼诺时期则相反, 鳀鱼群随暖池的扩张而向东部的基里巴斯海域扩散, 而正常气候条件下, 中部的瑙鲁、马绍尔群岛等国有着较高的资源丰度, 因此基于 SST 的栖息地适宜性指数可有效指代海洋环境对鳀分布的影响。

日益提高的经济成本是限制远洋渔业企业发展的因素之一, 其中, 作业天单价是最重要的影响因素。以巴布亚新几内亚为例, 自 VDS 实施以来, 单船作业天单价已从 2008 年的 1 143 美元飙升至目前的 10 500 美元<sup>[4]</sup>, 涨幅近 10 倍, 极大加重了远洋渔业企业的经济负担, 因此, 合理购买各入渔国作业天数对企业节约成本, 提高收益有重要价值。寻鱼时间和转场时间也是影响企业收益的重要因素, 在寻鱼时间和转场时间较短的海域作业不仅能提高捕捞效率、节约燃油成本, 还有助于避免作业天数在寻鱼过程中的浪费, 进而节约入渔费用。

入渔风险是影响过洋性渔业可持续发展的重要因素<sup>[20]</sup>, 健康、稳定的投资环境对企业开展高质量的跨国合作至关重要。目前的渔业管理研究中, 尚未对入渔风险进行明确的定义。以往对西非过洋性渔业的风险评估包含了社会稳定性、外交关系、法律政策环境、资源状况、入渔费用、主权信用风险作业海域安全性等方面<sup>[7]</sup>, 其中社会稳定性和国家外交关系是过洋性渔业入渔的主要风险指标。社会稳定性直接反映国家的治理能力, 社会稳定的国家有着更加优异的投资环境, 有利于我国远洋渔业企业进行跨国合作; 而国家外交关系表征了两国之间合作交流的密切程度, 入渔外交关系较亲密的国家能帮助我国企业在渔业谈判中争取更多的作业天数和较低的入渔费用, 更有助于远洋渔业基地的建设, 进而影响入渔的长期收益。我国中西太平洋鳀围网渔业的入渔国均为瑙鲁协议成员国, 其渔业资源的分配、利用

在同一制度框架下进行, 同时其资源养护策略由 WCPFC 统一制定, 因此这些国家有关鳀等金枪鱼渔业的法律政策环境基本一致, 不需加以横向对比; 此外, 我国鳀围网渔获物的渔获贸易多在曼谷及国内市场进行, 较少涉及到与入渔国之间的贸易, 因此其主权信用风险也不需过多考虑。就作业海域安全性而言, 西非各国犯罪事件多发, 其主要作业海域几内亚湾是世界海盗事件最严重的海域之一<sup>[21]</sup>。相反, 中西太平洋各沿海国社会相对稳定, 根据国际海事局《海盗和持械抢劫船只报告》, 2017 年至今, 巴布亚新几内亚以东的中西太平洋海域未报告海盗抢劫事件, 捕捞作业安全性较高。相比而言, 中心渔场难以确定、燃油费用成本较高等资源、经济问题是影响中西太平洋鳀围网渔业入渔收益的主要因素。为此, 本研究单独考虑资源状况及经济成本两方面因素, 而入渔风险项仅包含社会稳定性、国家外交关系两个指标, 因此其占比相对资源状况和经济成本更小。

根据我国远洋渔业上市企业公开资料, 鱼价下跌、单船产量下降、捕捞成本上升是中西太平洋鳀围网船队所面临的主要不利因素, 而国家政策倾向及入渔国政策变动则是潜在的风险因素。以往集中于资源层面的鳀围网渔业研究难以全方位、多尺度为企业入渔提供决策依据。仅考虑资源因素评价入渔效果会造成一定偏差。资源状况评价结果表明, 瑙鲁为 2017 年及 2021 年的最适入渔国, 基里巴斯为 2018 年和 2019 年的最适入渔国, 基里巴斯和马绍尔群岛为 2020 年最适入渔国。但若综合经济成本和入渔风险因素考虑, 瑙鲁在其海洋环境条件稳定的基础上, 凭借较低的作业天单价、转场时间和入渔风险, 一跃成为 5 年间最佳的入渔国。而马绍尔群岛则因经济成本及入渔风险较高, 需慎重入渔。此外, 21 世纪以来, 厄尔尼诺-南方涛动 (ENSO) 等全球性异常气

候事件越发频繁<sup>[22-23]</sup>, 这对位于中西太平洋西部的密克罗尼西亚、巴布亚新几内亚及东部的基里巴斯影响较大, ENSO 冷暖相位交替的不可预见性会极大影响以上三国鳀等金枪鱼类资源丰度的时空分布, 加大寻鱼难度, 进而导致了燃油成本和作业天数的浪费, 影响入渔收益。

(作者声明本文无实际或潜在的利益冲突)

### 参考文献 (References):

- [1] Lehodey P, Senina I, Calmettes B, *et al.* Modelling the impact of climate change on Pacific skipjack tuna population and fisheries[J]. *Climatic Change*, 2013, 119(1): 95-109.
- [2] McKinney R, Gibbon J, Wozniak E, *et al.* Netting billions 2020: a global tuna valuation[R]. Philadelphia: IUU Fishing, 2020.
- [3] Fonteneau A, Pallares P, Pianet R. A worldwide review of purse seine fisheries on FADs[J]. *Pêche Thonière et Dispositifs de Concentration de Poissons, Caribbean-Martinique*, 15-19 Oct 1999, 2000.
- [4] 王晓晴, 吴锦仁. 瑙鲁协议成员国VDS入渔模式及其对中西太平洋金枪鱼围网渔业的影响[J]. *渔业信息与战略*, 2014, 29(4): 293-299.  
Wang X Q, Wu J R. VDS fishing access model of parties of Nauru Agreement and its influence on purse seine fishery in the Western and Central Pacific[J]. *Fishery Information & Strategy*, 2014, 29(4): 293-299 (in Chinese).
- [5] Yeeting A D, Bush S R, Ram-Bidesi V, *et al.* Implications of new economic policy instruments for tuna management in the Western and Central Pacific[J]. *Marine Policy*, 2016, 63: 45-52.
- [6] Saaty T L. The analytic hierarchy process[M]. New York, USA: McGraw-Hill, 1980.
- [7] 陈晨, 赵丽玲, 陈新军. 西非过洋性渔业入渔风险评价实证分析[J]. *海洋湖沼通报*, 2022, 44(1): 142-151.  
Chen C, Zhao L L, Chen X J. An empirical analysis of risk assessment of China's distant-water fisheries in west African[J]. *Transactions of Oceanology and Limnology*, 2022, 44(1): 142-151 (in Chinese).
- [8] 陈洋洋, 陈新军, 郭立新, 等. 基于捕捞努力量的中西太平洋鳀围网渔业入渔预测分析[J]. *海洋学报*, 2017, 39(10): 32-45.  
Chen Y Y, Chen X J, Guo L X, *et al.* Preliminary analysis of predict model of fishing effort spatial distribution for skipjack tuna catches by purse seine in the west-central Pacific Ocean[J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2017, 39(10): 32-45 (in Chinese).
- [9] 方舟, 陈洋洋, 陈新军, 等. 中西太平洋鳀渔场时空分布研究[J]. *海洋渔业*, 2019, 41(2): 149-159.  
Fang Z, Chen Y Y, Chen X J, *et al.* Spatial and temporal distribution analysis of high catch fishing ground for *Katsuwonus pelamis* in the Western and Central Pacific[J]. *Marine Fisheries*, 2019, 41(2): 149-159 (in Chinese).
- [10] Andrade H A, Garcia C A E. Skipjack tuna fishery in relation to sea surface temperature off the southern Brazilian coast[J]. *Fisheries Oceanography*, 1999, 8(4): 245-254.
- [11] Yen K W, Wang G, Lu H J. Evaluating habitat suitability and relative abundance of skipjack (*Katsuwonus pelamis*) in the Western and Central Pacific during various El Niño events[J]. *Ocean & Coastal Management*, 2017, 139: 153-160.
- [12] Holland D S, Sutinen J G. An empirical model of fleet dynamics in New England trawl fisheries[J]. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1999, 56(2): 253-264.
- [13] 李鹏, 许柳雄, 周成, 等. 中西太平洋金枪鱼围网自由鱼群渔场重心变动及其与南方涛动指数的关系[J]. *南方水产科学*, 2020, 16(2): 70-76.  
Li P, Xu L X, Zhou C, *et al.* Variation of fishing ground gravity of tuna free-swimming school caught by purse seiner in Western and Central Pacific Ocean and its relationship with Southern Oscillation Index[J]. *South China Fisheries Science*, 2020, 16(2): 70-76 (in Chinese).
- [14] 陈晨, 赵丽玲, 陈新军. 印度洋过洋性渔业入渔风险评价研究[J]. *中国渔业经济*, 2020, 38(6): 63-74.  
Chen C, Zhao L L, Chen X J. Risk assessment of distant-water fisheries in the coastal countries of Indian Ocean[J]. *Chinese Fisheries Economics*, 2020, 38(6): 63-74 (in Chinese).
- [15] 钟宗炬, 张海波. 重大决策社会稳定风险评估的类型划分与案例分析[J]. *南京社会科学*, 2021, 409(11): 66-75, 101.  
Zhong Z J, Zhang H B. The typological analysis of social stability risk assessment[J]. *Nanjing Journal of China Water Science Society* sponsored by China Society of Fisheries



- Social Sciences*, 2021, 409(11): 66-75,101 (in Chinese).
- [16] Zhou W F, Hu H J, Fan W, *et al.* Impact of abnormal climatic events on the CPUE of yellowfin tuna fishing in the central and Western Pacific[J]. *Sustainability*, 2022, 14(3): 1217.
- [17] 官文江, 高峰, 雷林, 等. 多种数据源下栖息地模型及预测结果的比较[J]. *中国水产科学*, 2015, 22(1): 149-157.
- Guan W J, Gao F, Lei L, *et al.* Comparisons of the habitat suitability index models developed by multi-source data and forecasting[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2015, 22(1): 149-157 (in Chinese).
- [18] 冯志萍, 余为, 陈新军, 等. 基于不同权重栖息地模型的秘鲁外海茎柔鱼渔场分析[J]. *上海海洋大学学报*, 2020, 29(6): 878-888.
- Feng Z P, Yu W, Chen X J, *et al.* Analysis of fishing ground of jumbo flying squid *Dosidicus gigas* in the southeast Pacific Ocean off Peru based on weighting-based habitat suitability index model[J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2020, 29(6): 878-888 (in Chinese).
- [19] Lehodey P, Senina I, Murtugudde R. A spatial ecosystem and populations dynamics model (SEAPODYM)– Modeling of tuna and tuna-like populations[J]. *Progress in Oceanography*, 2008, 78(4): 304-318.
- [20] 陈晨, 赵丽玲, 陈新军. 过洋性渔业入渔风险评价指标体系构建[J]. *上海海洋大学学报*, 2020, 29(3): 401-410.
- Chen C, Zhao L L, Chen X J. Indicator system construction of distant water fisheries risk assessment[J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2020, 29(3): 401-410 (in Chinese).
- [21] 李晶, 刘钊杭, 朱乐群. 基于贝叶斯网络的海盗劫持风险评估[J]. *安全与环境学报*, 2021, 21(6): 2702-2708.
- Li J, Liu Y H, Zhu L Q. Risk assessment of pirate hijacking based on Bayesian network[J]. *Journal of Safety and Environment*, 2021, 21(6): 2702-2708 (in Chinese).
- [22] Bell J D, Senina I, Adams T, *et al.* Pathways to sustaining tuna-dependent Pacific Island economies during climate change[J]. *Nature Sustainability*, 2021, 4(10): 900-910.
- [23] 樊伟, 程炎宏, 沈新强. 全球环境变化与人类活动对渔业资源的影响[J]. *中国水产科学*, 2001, 8(4): 91-94.
- Fan W, Chen Y H, Shen X Q. Effects of global environment change and human activity on fishery resources[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2001, 8(4): 91-94 (in Chinese).

## Construction and application of indicator system for host state selection in skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) purse seine fishery in the West and Central Pacific Ocean

JIANG Mingfeng<sup>1</sup>, CHEN Xinjun<sup>1,2,3,4\*</sup>, LÜ Zehua<sup>1,2,3,4</sup>, WANG Jintao<sup>1,2,3,4</sup>, LEI Lin<sup>1,2,3,4</sup>, XU Zian<sup>1</sup>,  
LIN Hongyu<sup>1</sup>, HE Haiping<sup>5</sup>, JIA Haibin<sup>5</sup>

(1. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

2. Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

3. National Engineering Research Center for Oceanic Fisheries, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

4. Key Laboratory of Oceanic Fisheries Exploration, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

5. Zhejiang Ocean Family Co., Ltd., Zhoushan 310009, China)

**Abstract:** The skipjack tuna purse seine fishery in the West and Central Pacific Ocean is a typical kind of distant water fishery. The selection of host states decided by pelagic fisheries companies is influenced by various aspects such as resources factors, economic factors and social factors. To enhance economic performance of pelagic fisheries companies, taking the 5 host states of Micronesia, Papua New Guinea, Marshall Islands, Nauru and Kiribati as subjects, and based on previous studies about resources distribution and fisheries risks, an indicator system for host state selection in skipjack tuna purse seine fishery was built under Analytic Hierarchy Process (AHP). Aiming at maximizing the profit, the system consisted of 3 first-level indicators which were resources situation, economic costs and fishery risk as well as 8 second-level indicators. Based on statistical data from Western and Central Pacific Fisheries Commission (WCPFC) and survey data from pelagic fisheries companies from 2017 to 2020, taking the entry-fishing effectiveness of 5 entry-fishing countries as an example to verify the indicator system. Results showed that Nauru was the most suitable entry-fishing country with stable scores over 65 among 5 years, while Marshall Islands was the worst with scores lower than 65. By the way, the scores of Micronesia, Papua New Guinea and Kiribati were unstable and slightly lower than that of Nauru. Among the two-level indicators, resource situation played a vital role and the economic costs was in the next place, while fisheries risks had the most minimal impact. The weights of first-level indicators in descending order were resource situation (0.479), economic costs (0.372), fishery risks (0.149). The weights of second-level indicators in descending order were resource abundance (0.265), vessel day access fee (0.171), time for searching (0.151), percent of suitable habitat (0.148), social stability (0.078), foreign relations of the state (0.071), percent of species with high commercial value (0.066) and time for transferring (0.050). Our study systematically summarized the current status of Chinese *Katsuwonus pelamis* purse seine fishery and provided references for pelagic fisheries companies.

**Key words:** *Katsuwonus pelamis*; entry-fishing; indicator system; West and Central Pacific Ocean

**Corresponding author:** CHEN Xinjun. E-mail: [xjchen@shou.edu.cn](mailto:xjchen@shou.edu.cn)

**Funding projects:** National Key R & D Program of China (2019YFD0901404); National Natural Science Foundation of China (NSFC41876141); "Shanghai Science and Technology Innovation Plan" Program (19DZ1207502)