

## 基于优势分析法的西印度洋捕捞国和地区渔获量差异初步分析

鲁泉, 李楠, 方舟, 张忠

## Preliminary analysis of catch differences among fishing countries and regions in the Western Indian Ocean based on dominance analysis

LU Quan, LI Nan, FANG Zhou, ZHANG Zhong

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12024/jsou.20210903560>

### 您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

#### 不同捕捞方式下印度洋北部鳶乌贼渔场时空分布差异

Spatial and temporal distribution of fishing ground of *Sthenoteuthis oualaniensis* in northern Indian Ocean with different fishing methods  
上海海洋大学学报. 2021, 30(6): 1079 <https://doi.org/10.12024/jsou.20210103264>

#### 运用生物量动态模型评估印度洋长鳍金枪鱼资源

Stock assessment of albacore (*Thunnus alalunga*) in the Indian Ocean using biomass dynamics model  
上海海洋大学学报. 2018, 27(2): 259 <https://doi.org/10.12024/jsou.20170301973>

#### 基于海表面温度SST的剩余产量模型评估太平洋褶柔鱼秋生群资源

Stock assessment for autumn cohort of *Todarodes pacificus* based on surplus yield model with sea surface temperature  
上海海洋大学学报. 2019, 28(6): 933 <https://doi.org/10.12024/jsou.20190202526>

#### 主要经济大洋性鱿鱼资源渔场生产性调查与渔业概况

Productive survey and fishery for major pelagic economic squid in the world  
上海海洋大学学报. 2019, 28(3): 344 <https://doi.org/10.12024/jsou.20181202467>

#### 基于不同气候条件的中西太平洋鲣鱼渔场预报

Fishing ground forecasting on *Katsuwonus pelamis* based on different climatic conditions in western and central Pacific Ocean  
上海海洋大学学报. 2019, 28(1): 145 <https://doi.org/10.12024/jsou.20170802118>

文章编号: 1674-5566(2022)03-0821-10

DOI: 10.12024/jsou.20210903560

## 基于优势分析法的西印度洋捕捞国和地区渔获量差异初步分析

鲁 泉<sup>1,2</sup>, 李 楠<sup>1</sup>, 方 舟<sup>1,3,4,5,6</sup>, 张 忠<sup>1,3,4,5,6</sup>

(1. 上海海洋大学 海洋科学学院, 上海 201306; 2. 农业农村部渔业渔政管理局, 北京 100125; 3. 大洋渔业资源可持续开发教育部重点实验室, 上海 201306; 4. 国家远洋渔业工程技术研究中心, 上海 201306; 5. 农业农村部大洋渔业开发重点实验室, 上海 201306; 6. 农业农村部大洋渔业资源环境科学观测实验站, 上海 201306)

**摘 要:** 西印度洋是海洋捕捞作业的重要海域, 分析捕捞方渔获种类组成和渔获量是评价渔业资源利用状态的基础, 也是确保其资源可持续开发和科学管理的重要支撑。根据 FAO 提供的 1950—2019 年西印度洋海域渔获量统计数据, 采用优势分析法(dominance analysis)分析了 70 年间主要捕捞方的渔获种类组成和渔获量, 比较不同时间序列下主要捕捞方和捕捞种类对渔获量的贡献率。研究表明, 西印度洋海域渔获量整体呈上升趋势, 根据突变点检测及渔获量增长趋势可划分为 1950—1982 年、1983—2005 年和 2006—2019 年 3 个阶段。各阶段累计渔获量前十的渔获种类、捕捞方不存在显著性差异, 长头小沙丁鱼(*Sardinella longiceps*) 累计渔获量最高, 鲣(*Katsuwonus pelamis*)、黄鳍金枪鱼(*Thunnus albacores*) 等种类渔获量对总渔获量的贡献度较高; 印度、巴基斯坦和伊朗等是沿海国和地区各阶段渔获量最高的捕捞方, 西班牙、法国、日本和中国台湾省等是非沿海国和地区渔获量最高的捕捞方, 对各阶段印度洋西部海域总渔获量的贡献度基本都超过 10%。研究认为, 基于印度洋西部海域渔业资源开发现状及其潜力, 各主要捕捞国家和地区应该降低捕捞努力量, 养护已过度开发的经济种类, 增加对资源量丰富的短生命周期种类的开发力度, 确保印度洋西部海域渔业资源可持续利用。

**关键词:** 西印度洋; 捕捞国家和地区; 渔获量; 远洋渔业; 优势分析

**中图分类号:** S 937.3      **文献标志码:** A

印度洋海底地形复杂多样, 海域内受季风暖流和赤道洋流的影响明显, 在洋流驱动下为东、西印度洋海域输送丰富的营养盐, 这使该海域成为众多海洋生物的栖息场所, 形成了拥有丰富渔业种类和资源的海域<sup>[1-3]</sup>。根据联合国粮农组织(The Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO) 将印度洋海域作业区域划分为 51、57 和 58 渔区<sup>[3]</sup>。已有研究<sup>[2,4]</sup> 表明, 印度洋海域的渔业资源仍具有开发潜力, 其中印度洋鳶乌贼(*Sthenoteuthis oualaniensis*) 和鲈鱼(*Scomber japonicus*) 等中上层种类是我国远洋渔业重要的捕捞对象。掌握渔获物组成和各捕捞方产量的变化是确保渔业资源可持续开发和科学管理的重要内容, 可为西印度洋渔业资源可持续利用提供基础。

优势分析法(dominance analysis) 是将全模型所衍生出的所有子模型进行全面比较分析后, 再对各自变量的相对重要性进行分析, 判定的相对重要性不会夸大或忽视任一自变量对因变量的重要性<sup>[5-7]</sup>。因此, 该方法可客观地通过分析渔获种类和捕捞方的产量贡献率, 反映各渔获种类和捕捞方在渔获量中的重要性, 从而反映出各国和地区对渔业资源的利用程度及其对渔获量的贡献度。近年来, 西印度洋海域(FAO 51 渔区) 因其丰富的渔业资源条件, 已成为众多捕捞方的作业渔场, 随着各捕捞方捕捞努力量的投入, 其渔获总产量逐年增加<sup>[3,8]</sup>。已有学者对西印度洋海域的渔获量进行预测<sup>[2]</sup>, 但对西印度洋海域各捕捞方渔获量的贡献率缺乏研究。因此, 本研究根据 1950—2019 年西印度洋海域的渔获数据, 采

收稿日期: 2021-09-14

修回日期: 2021-12-17

基金项目: 国家重点研发计划(2019YFD0901401); 农业农村部全球渔业资源调查监测专项(2021 年度)

作者简介: 鲁 泉(1980—), 男, 博士研究生, 研究方向为渔业政策与管理。E-mail: 13910819647@163.com

通信作者: 方 舟, E-mail: zfang@shou.edu.cn

用优势分析法对西印度洋海域的主要渔获种类和捕捞方的渔获量进行分析,比较不同时间序列下各主要种类和捕捞方对渔获量的贡献度,为该海域渔业资源的可持续开发和科学管理提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 数据来源

根据 FAO 对印度洋海域渔区的划分,选取西印度洋海域的渔获量数据进行分析。渔获量数据来源于 FAO (<http://www.fao.org/fishery/statistics/global-capture-production/query/en>) 网站,时间为 1950—2019 年。渔获量数据主要包括水生植物(藻类等)、甲壳类、软体动物、中上层鱼类、底层鱼类、洄游性鱼类和其他海洋哺乳动物等,其中主要分析的重要经济种类或类群分别为鲨鱼类(Carcharhinidae)、十足类(Natantian decapods)、鲱科鱼类(Clupeidae)、长头小沙丁鱼(*Sardinella longiceps*)、鲈形目鱼类(Percomorphs)、鲹(*Katsuwonus pelamis*)、羽鳃鲷(*Rastrelliger kanagurta*)、黄鳍金枪鱼(*Thunnus albacores*)、青甘金枪鱼(*Thunnus tonggol*)、海鲷(*Arius thalassinus*)、犬牙石首鱼(*Cynoscion regalis*)、龙头鱼(*Harpadon nehereus*)、斑节对虾(*Penaeus monodon*)、带鱼(*Trichiurus lepturus*)<sup>[4]</sup>。FAO 报告中有明确产量数据的物种在其所属的分类(目、科和属)中不进行统计分析,而针对无明确产量数据的物种,则划归到所属大类中进行统计。

捕捞方包括沿海捕捞国和地区以及公海捕捞国和地区,其中沿海国和地区为印度、巴基斯坦、阿曼、阿拉伯联合酋长国、也门、伊朗、坦桑尼亚、马尔代夫、沙特阿拉伯、莫桑比克、马达加斯加岛和塞舌尔<sup>[4]</sup>。非沿海国和地区为日本、苏联、韩国、中国台湾省、西班牙、意大利、法属南部领土、德国、法国、保加利亚、乌克兰、俄罗斯联邦、中国大陆、葡萄牙、泰国、库克群岛<sup>[4]</sup>。

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 渔获量发展阶段的划分

突变性检验是分析长时间序列下某一列发展趋势及变异性的方法,一般认为系列在某点(年份)开始突然或急剧地由某种状态变化到另外一种状态<sup>[9]</sup>。因此,本研究采用突变检验法对西印度洋海域 1950—2019 年渔获量进行突变分析,以便根据渔获量增长趋势划分不同的发

展阶段。各阶段渔获量数值和主要种类渔获量数值符合正态分布(kolmogorov-smirnov test,  $P > 0.05$ )。采用方差分析法(ANOVA),比较渔获量、主要渔获种类在发展阶段间的差异。

#### 1.2.2 不同渔获种类和捕捞方对渔获量的贡献度分析

采用优势分析法分析各时间序列中渔获种类和捕捞方在不同时间序列中对渔获量的贡献率。该方法可将各个预测指标(自变量,即各种种类和不同捕捞方的渔获量)以及不同指标组合对因变量(总渔获量)进行回归分析,分析各预测因子及组合的决定系数,并根据各预测因子的相对重要性对模型方差进行分解,以贡献百分比表示,从而消除模型的依赖性<sup>[6]</sup>,计算公式<sup>[6-7]</sup>:

$$D_{x_i}^{(k)} = \sum (P_{yx_i x_h}^2 - P_{yx_h}^2) / \left( \frac{P-1}{K} \right) \quad (1)$$

$$D_{x_i} = \sum_{k=0}^{p-1} D_{x_i}^{(k)} / p \quad (2)$$

$$P_{yx_1 \dots x_p}^2 = \sum_{j=1}^p D_{x_j} \quad (3)$$

式中: $D_{x_i}^{(k)}$ 表示 $x_i$ 添加到有 $k$ 个( $k=0,1,\dots,p-1$ )变量组成的 $\left(\frac{P-1}{K}\right)$ 个子模型中贡献的平均增量; $x_h$ 为 $k$ 个变量的任何子集,通过平均所有 $p$ 个子模型的 $D_{x_i}^{(k)}$ 得到 $D_{x_i}$ ;  $D_{x_i}$ 之和等于总模型的 $P_{yx_1 \dots x_p}^2$ 。

统计分析运用 SPSS Statistics 25 软件完成,优势分析用 DPS 完成,突变检测运用 R 语言中“segmented”包完成。

## 2 结果

### 2.1 渔获量分析及其阶段划分

由图 1 可知,西印度洋海域年渔获量呈逐年上升趋势,根据突变点检测及渔获量变化,将其划分为 3 个阶段:1950—1982 年、1983—2005 年和 2006—2019 年(图 1)。1950—1982 年,年渔获量从  $0.56 \times 10^6$  t 增长到  $2.59 \times 10^6$  t,增长速度缓慢;1983—2005 年,年渔获量从  $2.04 \times 10^6$  t 增长到  $4.47 \times 10^6$  t,增长速度逐渐加快;2006—2019 年,年渔获量从  $4.16 \times 10^6$  t 增长到  $5.55 \times 10^6$  t,增长速度较快。方差分析结果表明,3 个阶段间年渔获量存在显著性差异( $P < 0.01$ ,  $F = 5.882$ ;  $P < 0.01$ ,  $F = 4.431$ ;  $P < 0.01$ ,  $F = 0.060$ )。

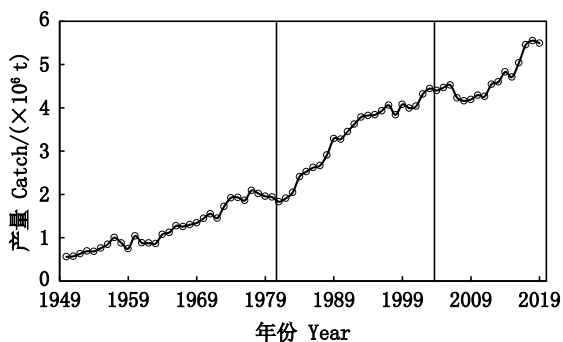


图1 1950—2019年西印度洋年渔获量分布图

Fig.1 Annual catch in the West Indian Ocean from 1950 to 2019

1950—2019年总渔获产量统计表明(图2):总渔获产量超过 $4 \times 10^6$  t的渔获种类主要有长头小沙丁鱼、鲣、黄鳍金枪鱼、犬牙石首鱼、十足类、龙头鱼、羽鳃鲈、鲈形目鱼类、带鱼、海鲷。其中,长头小沙丁鱼的累计渔获量最高,达到 $17.69 \times 10^6$  t,约占总渔获量的10.86%;鲣、黄鳍金枪鱼的累计渔获量分别为 $10.34 \times 10^6$  t和 $10.17 \times 10^6$  t,分别占总渔获量的6.35%和6.24%;犬牙石首鱼、十足类、龙头鱼和羽鳃鲈的累计渔获量分别 $9.47 \times 10^6$  t、 $9.32 \times 10^6$  t、 $7.86 \times 10^6$  t、 $7.09 \times 10^6$  t,分别占总渔获量的5.81%、5.72%、4.82%和4.35%;鲈形目鱼类、带鱼和海鲷的总渔获量分别为 $5.42 \times$

$10^6$  t、 $4.14 \times 10^6$  t、 $4.12 \times 10^6$  t,分别占总渔获量的3.33%、2.54%和2.53%。

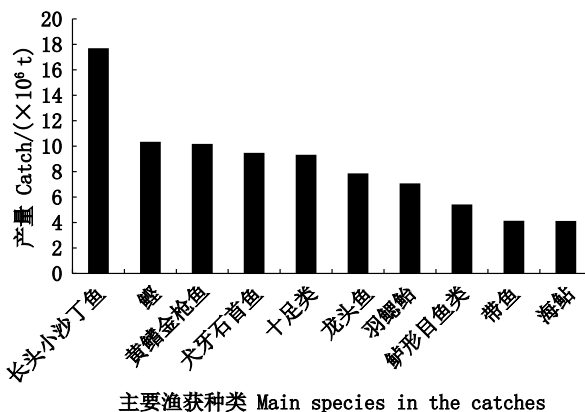


图2 1950—2019年西印度洋主要经济渔获物总产量

Fig.2 Total catch of main economic species in the West Indian Ocean from 1950 to 2019

### 2.2 不同阶段主要渔获种类及其贡献度分析

由图3可知,1950—2019年各阶段前十渔获物总产量占印度洋西部海域总产量比重稳定在40%~70%,其中1950—1982年所占比重最大,1983—2005年和2006—2019年平均比重也维持在45%左右。因此,前十渔获物的产量可用来代表各阶段印度洋西部海域渔获量状况。

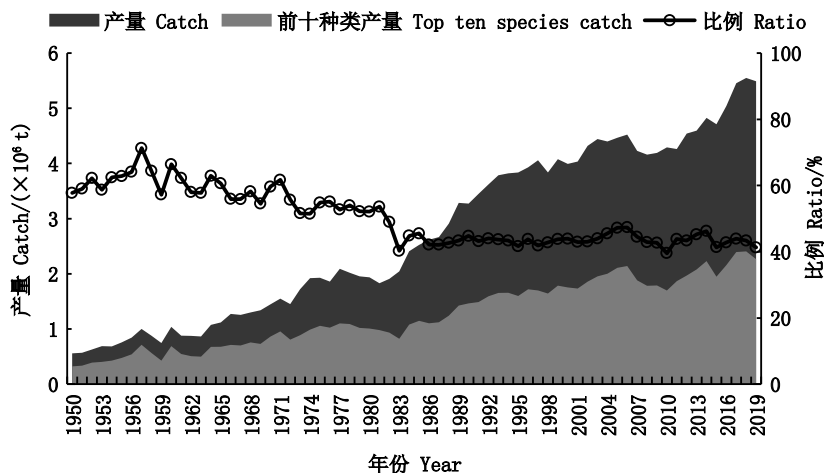


图3 1950—2019年西印度洋主要经济渔获物产量(前十)

Fig.3 Catch of main economic species (top ten) in the West Indian Ocean from 1950 to 2019

1950—1982年,累计渔获量前十的种类分别为长头小沙丁鱼、十足类、鲈形目鱼类、龙头鱼、

羽鳃鲈、犬牙石首鱼、海鲷、鲱科鱼类、鲨类和黄鳍金枪鱼,其中以长头小沙丁鱼、十足类、鲈形目

鱼类和龙头鱼为主。1983—2005年,累计渔获量前十的种类分别为长头小沙丁鱼、犬牙石首鱼、鳀、黄鳍金枪鱼、十足类、龙头鱼、羽鳃鲈、斑节对虾、鲱科鱼类和鲈形目鱼类,其中以长头小沙丁鱼、犬牙石首鱼、鳀和黄鳍金枪鱼为主。2006—2019年,累计渔获量前十的种类分别为长头小沙丁鱼、鳀、黄鳍金枪鱼、犬牙石首鱼、羽鳃鲈、龙头鱼、十足类、带鱼、斑节对虾和青甘金枪鱼,其中以长头小沙丁鱼、鳀、黄鳍金枪鱼和犬牙石首鱼为主。方差分析表明,各阶段累计渔获量前十的种类不存在显著性差异( $P>0.05$ )。

优势分析表明(表1),各阶段前十种类的渔获量对其阶段总渔获量的贡献度存在差异。1950—1982年贡献度从大到小依次为海鲈、鲈形

目鱼类、鳀、犬牙石首鱼、鲨类、十足类、长头小沙丁鱼、龙头鱼、黄鳍金枪鱼、带鱼、鲱科鱼类和羽鳃鲈,其中海鲈、鲈形目鱼类、犬牙石首鱼、鲨类和鳀的贡献度均大于10%;1983—2005年贡献率从大到小依次为鳀、黄鳍金枪鱼、犬牙石首鱼、斑节对虾、海鲈、带鱼、十足类、龙头鱼、长头小沙丁鱼、羽鳃鲈、鲱科鱼类和鲈形目鱼类,其中鳀、黄鳍金枪鱼、犬牙石首鱼和斑节对虾的贡献度均大于10%;2006—2019年贡献度从大到小依次为带鱼、黄鳍金枪鱼、羽鳃鲈、十足类、长头小沙丁鱼、鲱科鱼类、犬牙石首鱼、鳀、龙头鱼、斑节对虾、海鲈和青甘金枪鱼,其中黄鳍金枪鱼和带鱼的贡献度均大于10%。羽鳃鲈、带鱼和鲱科鱼类在3个阶段中的贡献度逐渐增加,而海鲈的贡献度逐渐减少(表1)。

表1 各阶段主要渔获种类对总渔获量的贡献度  
Tab.1 Contribution rate of main catch species for total catch in each stage

年份 Year	贡献度 Contributions/%													
	长头小沙丁鱼 <i>Sardinella longiceps</i>	鳀 <i>Katsuwonus pelamis</i>	黄鳍金枪鱼 <i>Thunnus albacores</i>	犬牙石首鱼 <i>Cynoscion regalis</i>	羽鳃鲈 <i>Rastrelliger kanagurta</i>	龙头鱼 <i>Harpadon nehereus</i>	十足类 Decapods	带鱼 <i>Trichiurus lepturus</i>	鲱科鱼类 Clupeidae	海鲈 <i>Arius thalassinus</i>	鲈形目鱼类 Perciformes	鲨类 Carcharhinidae	斑节对虾 <i>Penaeus monodon</i>	青甘金枪鱼 <i>Thunnus tonggol</i>
1950—1982	8.63	10.06	6.48	10.03	4.41	7.48	9.84	6.25	4.73	11.16	10.92	10.02	-	-
1983—2005	6.43	12.99	12.03	10.79	5.32	6.86	6.88	8.03	5.24	9.72	5.19	-	10.53	-
2006—2019	9.19	8.48	10.96	8.72	9.65	7.13	9.39	11.05	8.99	5.47	-	-	5.62	5.35

注:“-”表示此阶段未进行贡献度分析。  
Notes:“-” indicates that no contribution analysis is performed at this stage.

2.3 不同阶段主要沿海国家和地区及其贡献度分析

由图4可知,1950—2019年各阶段前十沿海国家和地区的总渔获量占印度洋西部海域总渔获量的80%~95%,1950—1982年前十沿海国和地

区所占比重最大,1983—2005年和2006—2019年所占比重较第一阶段低,但也在80%以上。因此,前十沿海国家和地区的渔获量可代表各阶段沿海国家和地区在印度洋西部海域的捕捞生产情况。

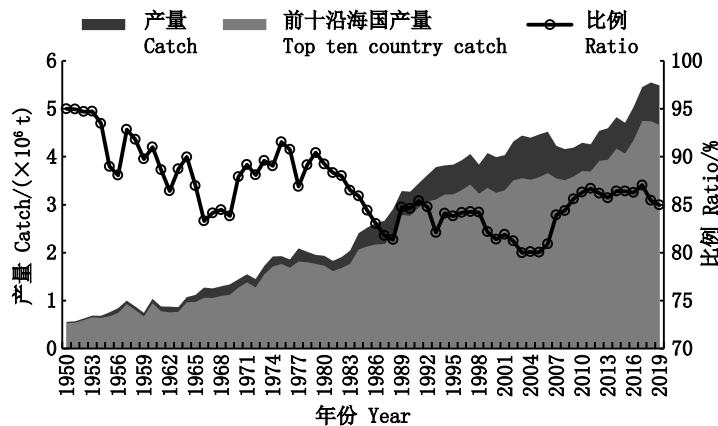


图4 1950—2019年西印度洋主要沿海国家和地区产量(前十)

Fig.4 Mai rcoastal states and regions of top ten catch in the West Indian Ocean from 1950 to 2019

3 个发展阶段中渔获量前十的沿海国和地区的排序有所差异。1950—1982 年,累计渔获量前十的沿海国和地区分别为印度、巴基斯坦、阿曼、阿拉伯联合酋长国、也门、伊朗、坦桑尼亚、马尔代夫、沙特阿拉伯和莫桑比克,其中以印度、巴基斯坦、阿曼和阿拉伯联合酋长国为主。1983—2005 年,累计渔获量前十的沿海国和地区分别为印度、巴基斯坦、伊朗、阿曼、也门、马尔代夫、阿拉伯联合酋长国、马达加斯加岛、坦桑尼亚和沙特阿拉伯,其中以印度、巴基斯坦、伊朗和阿曼为主。2006—2019 年,累计渔获量前十的沿海国和地区分别为印度、伊朗、巴基斯坦、阿曼、也门、莫桑比克、马尔代夫、马达加斯加岛、塞舌尔和阿拉伯联合酋长国,其中以印度、伊朗、巴基斯坦和阿曼为主。方差分析表明,各阶段累计渔获量前十的沿海国和地区不存在显著性差异( $P>0.05$ )。

优势分析表明(表 2),各阶段前十沿海国和

地区的产量对其阶段总渔获量贡献度的影响存在差异。1950—1982 年贡献度从大到小依次为印度、巴基斯坦、阿拉伯联合酋长国、塞舌尔、马达加斯加岛、莫桑比克、坦桑尼亚、马尔代夫、阿曼、沙特阿拉伯、也门和伊朗。1983—2005 年贡献度从大到小依次为印度、巴基斯坦、伊朗、阿曼、马尔代夫、也门、沙特阿拉伯、阿拉伯联合酋长国、塞舌尔、坦桑尼亚、马达加斯加岛和莫桑比克,其中印度、巴基斯坦、伊朗和阿曼的贡献度均大于 10%。2006—2019 年贡献度从大到小依次为印度、伊朗、巴基斯坦、阿曼、也门、坦桑尼亚、莫桑比克、阿拉伯联合酋长国、马达加斯加岛、马尔代夫、塞舌尔和沙特阿拉伯,其中印度、伊朗、巴基斯坦和阿曼的贡献度均大于 10%。印度、巴基斯坦、阿曼、也门和伊朗在 3 个阶段中的贡献度逐渐增加,而塞舌尔和阿拉伯联合酋长国的贡献度逐渐减少。

表 2 各阶段前十沿海国和地区对总渔获量的贡献度

Tab.2 Contribution rate of the top ten coastal states and regions for total catch at each stage

年份 Year	贡献度 Contributions/%											
	印度 India	巴基斯坦 Pakistan	阿拉伯联合酋长国 United Arab Emirates	塞舌尔 Seychelles	马达加斯加岛 Madagascar	莫桑比克 Mozambique	坦桑尼亚 Tanzania	马尔代夫 Maldives	阿曼 Oman	沙特阿拉伯 Saudi Arabia	也门 Yemen	伊朗 Iran
1950—1982	9.93	9.02	8.93	8.83	8.37	8.25	8.17	8.13	8.02	7.88	7.38	-
1983—2005	11.55	11.10	7.90	7.33	5.40	-	5.92	8.56	10.14	8.20	8.26	10.81
2006—2019	13.44	11.67	5.91	5.52	5.72	6.10	8.52	5.71	10.61	-	9.62	12.15

注:“-”表示此阶段未进行贡献度分析。

Notes: “-” indicates that no contribution analysis is performed at this stage.

#### 2.4 不同阶段主要非沿海国家和地区及其贡献度分析

从图 5 可知,1950—2019 年,各阶段前十非沿海国和地区的总渔获量占印度洋西部海域总渔获量比重的 12% 以下。其中,1983—2005 年前十非沿海国和地区所占的渔获量比重为最大,平均为 10% 左右,1950—1982 年和 2006—2019 年平均所占比重相对较低(仅维持在 5%)。各阶段前十非沿海国和地区总渔获量在非沿海国和地区的总渔获量中比重维持在 90% 以上,因此,前十非沿海国和地区的渔获量可代表非沿海国和地区在印度洋西部海域的捕捞生产情况。

分析认为,3 个阶段中排名在前十的非沿海国和地区是有所变化的。1950—1982 年,累计渔获

量前十的非沿海国和地区分别为日本、苏联、韩国、中国台湾省、西班牙、意大利、法属南部领土、德国、法国和保加利亚,其中以日本、苏联、韩国和中国台湾省为主。1983—2005 年,累计渔获量前十的非沿海国和地区分别为西班牙、中国台湾省、法国、韩国、日本、苏联、意大利、乌克兰、俄罗斯联邦和中国大陆,其中以法国、中国台湾省、韩国和日本为主,法国的渔获量所占比重增加较快。2006—2019 年,累计渔获量前十的非沿海国和地区分别为西班牙、法国、中国台湾省、韩国、日本、中国大陆、泰国、意大利、葡萄牙和库克群岛,其中以西班牙、法国、中国台湾省和韩国为主,西班牙渔获量所占比重增加较快。方差分析表明,各阶段累计渔获量前十的非沿海国和地区不存在显著性差异( $P>0.05$ )。

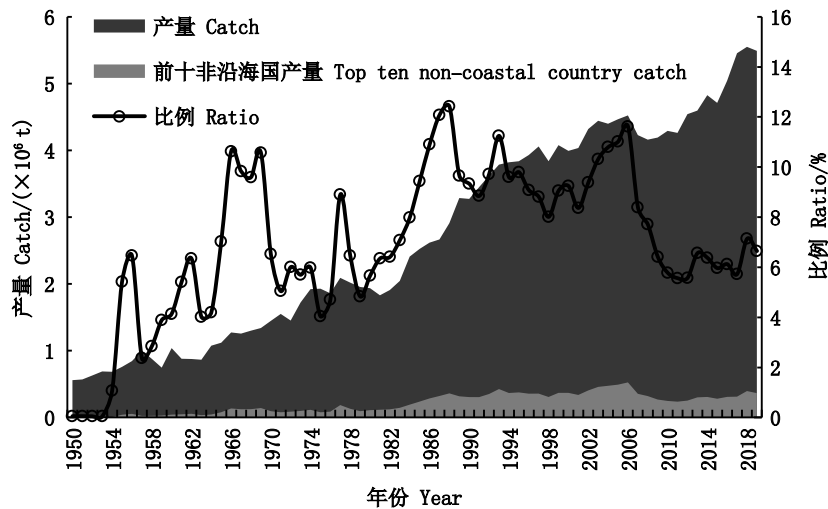


图5 1950—2019年西印度洋渔获量前十的主要非沿海国和地区渔获量分布(前十)

Fig.5 Catch of main non-coastal states and regions (top ten) in the West Indian Ocean from 1950 to 2019

优势分析表明(表3),各阶段前十非沿海国和地区的渔获量对其阶段总渔获量贡献度的影响存在差异。1950—1982年贡献度从大到小依次为日本、苏联、韩国、中国台湾省、西班牙、意大利、法属南部领土、德国、法国和保加利亚,其中日本、苏联、韩国、中国台湾省、西班牙、意大利和法属南部领土的贡献度均大于10%,日本的贡献度达到15.41%。1983—2005年贡献度从大到小

依次为西班牙、中国台湾省、法国、韩国、日本、苏联、意大利、乌克兰、中国大陆和俄罗斯联邦,其中西班牙、中国台湾省、法国和韩国的贡献度均大于10%,西班牙的贡献度达到18.01%。2006—2019年贡献度从大到小依次为西班牙、中国台湾省、法国、韩国、中国大陆、日本、库克群岛、意大利、泰国和葡萄牙,其中西班牙、法国、中国台湾省和韩国的贡献度均大于10%,西班牙的贡献度达到16.8%。

表3 各阶段前十非沿海国和地区对总渔获量的贡献度

Tab.3 Contribution rate of the top ten non-coastal states and regions for total catch at each stage

年份 Year	贡献度 Contributions/ %															
	日本 Japan	苏联 Union of Soviet Socialist Republics	韩国 Korea	中国 大陆 China mainland	西班牙 Spain	意大利 Italy	法属南 部领土 French Southern Terr	德国 Germany	法国 France	保加 利亚 Bulgaria	乌克兰 Ukraine	俄罗斯 联邦 Russian Federation	中国 台湾省 Taiwan Province of China	泰国 Thailand	葡萄牙 Portugal	库克 群岛 Cook Islands
1950—1982	15.41	12.96	12.31	-	10.51	10.12	7.48	7.00	6.66	5.89	-	-	11.66	-	-	-
1983—2005	8.43	8.28	12.91	5.57	18.01	6.43	-	-	13.64	-	5.95	5.52	15.25	-	-	-
2006—2019	8.45	-	10.01	9.84	16.80	7.57	-	-	12.55	-	-	-	12.79	7.42	6.97	7.61

注:“-”表示此阶段未进行贡献度分析。

Notes:“-” indicates that no contribution analysis is performed at this stage.

### 3 讨论

#### 3.1 渔获量分析

西印度洋海域海底地貌复杂,拥有众多海湾和盆地,海域内受到季风、海流和洋流影响明显,并且大陆架沿线相对平缓,这些天然的屏障和栖息环境为海洋生物提供适宜的栖息地,从而形成

渔业资源丰富的好渔场<sup>[3]</sup>。1950—2019年西印度洋海域渔获量从 $0.56 \times 10^6$  t增加到 $5.55 \times 10^6$  t,其中以长头小沙丁鱼渔获量为最高,占总渔获量的比重达到10.86%。西印度洋海域的沿海国和地区多为自给性渔业,由于早期对渔业资源的需求有限和大型渔业生产技术的落后,使得渔获率相对较低,渔获量增加缓慢<sup>[3]</sup>。从20

世纪 80 年代起,随着捕捞技术的进步、生产效率的提高以及更多捕捞方加入,例如西班牙、法国等,使得渔获种类增多,渔获量稳步上升<sup>[3]</sup>。近年来,由于全球气候的变化以及部分渔获种类存在过度捕捞的现象,使得渔获量的增加放缓<sup>[10-12]</sup>。1950—2019 年的累计渔获量统计发现,长头小沙丁鱼的渔获量达到  $17.69 \times 10^6$  t,这可能与个体生活史特征以及较为灵敏的海洋环境变动响应机制有关<sup>[13]</sup>,同时金枪鱼管理配额制度的建立使得较高营养级种类的渔获量维持在一定水平<sup>[14]</sup>。

### 3.2 渔获种类分析

根据 3 个阶段主要种类渔获量的分析,前十种类的总渔获量能够代表各阶段渔获量的变化。3 个阶段中,前四个种类总渔获量的占比均大于 60%,并且长头小沙丁鱼的渔获量最高。PAULY 等<sup>[15-18]</sup>研究发现,1950—2000 年间,全球海域渔获量平均营养级朝着低级营养级趋势发展,这可能会影响全球海洋生态系统的结构和功能。本研究表明,1950—1982 年前四种渔获物的营养级水平相对较低,而 1983—2005 年和 2006—2019 年营养级水平相对较高。1950—1982 年,西印度洋海域渔获量相对较低,渔获种类中多以小型中上层鱼类为主;1983—2005 年,随着开发技术和生产设备的进步以及生产效率的提高,使鳀和黄鳍金枪鱼等高营养级渔获量逐渐增加<sup>[8]</sup>;2006—2019 年,随着沿海国的渔业政策的实施,渔获种类的组成和结构相对稳定,渔获量较为均衡<sup>[19-24]</sup>。

优势分析表明,各阶段渔获种类对总渔获量的贡献度存在差异。较高营养级渔获种类的产量对各阶段总渔获量的贡献度较高,而低营养级渔获种类的贡献度未与其渔获量存在显著的正相关关系,这可能与整体渔获量的平均营养级有关<sup>[25]</sup>。此外,近年来全球气候事件频发,沙丁鱼和鲱鱼等较低营养级种类对海洋环境变化的响应机制也存在差异,这可能影响较低营养级种类的贡献度<sup>[13,26]</sup>。

### 3.3 捕捞国家和地区分析

根据 3 个阶段印度洋主要沿海国和地区产量的分析,前十沿海国和地区的总渔获量能够代表各阶段沿海国和地区的渔获量变化。3 个阶段中,印度、巴基斯坦、伊朗等前四沿海国和地区总

渔获量的占比均大于 80%,且以印度的渔获量为最高。目前,印度是世界第二大渔业生产国,其中海洋渔业几乎全部来源于捕捞业,凭借优越的地理位置以及丰富的海洋资源,其产值在国民经济发展中占有重要比重<sup>[3,20]</sup>。近年来,印度引进并改进捕捞装置,积极对其管辖海域的重要经济渔业资源进行开发利用,探索和开发新的渔场,研究渔场分布与海洋环境关系,不断提高资源效率使其海洋捕捞产量稳步增加<sup>[20]</sup>。巴基斯坦也是主要的捕捞国家之一,其渔业主要以海洋捕捞业为主,作业渔场主要分为东部渔场和西部渔场,其中东部海区大陆架平坦,泥沙底质,渔场内饵料丰富,海况良好,而西部海域作业环境较复杂<sup>[3,21-22]</sup>。巴基斯坦早期的海洋捕捞业由于缺乏先进的捕捞技术和助渔设备,使得其渔获量缓慢增加。20 世纪 80 年代后随着渔业装备与技术的发展以及巴基斯坦政府重视渔业发展,根据渔业资源和捕捞现状制定了相应的监督管理措施,渔获量稳步增加<sup>[20-21]</sup>。伊朗作业海域主要在波斯湾和里海,海域内受季风影响明显,使得海域内饵料充足,资源丰富,是其重要的作业渔场<sup>[3,27]</sup>。近年来,伊朗政府对渔业发展的高度重视使其渔获量得到稳步增加<sup>[23-24]</sup>。在 3 个阶段中,渔获量较高的沿海国和地区均处于亚洲地区,莫桑比克和马达加斯加岛等非洲国家的渔获量仍相对较低。

在印度洋西部的非沿海国和地区的渔获量中,各阶段渔获量前四的非沿海国和地区均为发达国家和地区,日本、法国和西班牙分别为 3 个阶段渔获量最高的非沿海国。日本远洋渔船数量、装备和技术均处于世界前列,并且对远洋渔业资源基础性的研究较为全面,渔业管理规范程度高<sup>[28-29]</sup>,这些均促进了其远洋渔业的发展,在第一阶段其渔获量为最高,贡献度为最大。近年来,日本在西印度洋海域的渔获量也维持在一定水平<sup>[30-31]</sup>,目前其在印度洋作业海域主要集中在马达加斯加外海的海山渔场、赤道渔场<sup>[30-31]</sup>。西班牙和法国均是欧盟重要国家,欧盟在渔业科技领域具有较强优势,捕捞生产技术先进,单船生产效率高<sup>[32]</sup>,主要以捕捞鲷科、鲳科和鳕鱼为主,是印度洋西部海域传统的捕捞大国,在第二阶段和第三阶段其渔获量均处在前列,贡献度也处在前列。



优势分析表明,在各沿海国和地区中,印度的渔获量对各阶段总渔获量的贡献度最高,这与其优越的地理位置以及政府对渔业支持和管理密切相关<sup>[3,20]</sup>。随着巴基斯坦和伊朗等沿海国和地区渔业技术的进步以及政府的扶持,这些沿海国和地区的渔获量和贡献度也逐渐增加。在各非沿海国和地区中,欧盟的渔获量对各阶段总渔获量的贡献度均相对较高,这与其资源探捕技术发达和渔业资源研究深厚密切相关<sup>[32]</sup>。此外,日本和韩国的渔业装备和探捕手段也处在世界前列,对印度洋西部渔获量的贡献度也较大(表3),使得其在印度洋西部海域的渔获量占有一定比重<sup>[30]</sup>。而中国大陆远洋渔业始于1985年,其在印度洋西部的渔获量及其贡献度不是处在前列,不是印度洋西部海域重要的远洋捕捞国家,根据统计分析(表3),中国大陆1983—2005年对总渔获量的贡献度仅为5.57%,处在第九位,远低于西班牙的18.01%、法国的13.64%和中国台湾省的15.25%;2006—2019年其贡献度增加到9.84%,也低于西班牙的16.8%、法国的12.55%和中国台湾省的12.79%。

### 3.4 渔业资源可持续利用对策建议

FAO评估表明,2017年印度洋西部海域中,约有66.7%的种群处在生物学可持续水平,33.3%的种群处于生物学不可持续水平,其中对虾资源呈现明显过度捕捞迹象<sup>[4]</sup>。鲁泉等<sup>[2,33]</sup>利用灰色系统对2021—2025年印度洋渔获量进行了预测,未来渔获增加量约为80万t左右,其增长潜力空间有限,渔业资源总体接近充分开发的状态。为确保印度洋西部海域渔业资源的可持续开发和利用,建议:(1)各沿海国和地区加强近海渔业资源的科学管理,严格控制捕捞努力量,有序适度发展底层渔业和中上层渔业;(2)非沿海国家和地区的重要捕捞方,如西班牙、法国和中国台湾省等,应该降低捕捞努力量,科学养护已经过度捕捞的经济种类,如对虾等;(3)适度增加开发短生命周期种类的力度,例如鳶乌贼等。据资料介绍,在印度洋西北海域每年金枪鱼消耗鳶乌贼生物量在1000万t左右,亚丁湾海底沉淀物中,鳶乌贼角质颚的数量较大,每平方米超过1000个,在中心区每平方米的角质颚高达13000个,这些现象都说明印度洋西北部海域鳶乌贼资源量巨大<sup>[1]</sup>。我国鱿钓船于2003—2005

年对该海域的鳶乌贼资源进行探捕调查,平均日产量达10t,最高日产量超过30t<sup>[34]</sup>,因此可适度规模开发该种类。

### 参考文献:

- [1] 陈新军. 远洋渔业概论: 资源与渔场[M]. 北京: 科学出版社, 2018.  
CHEN X J. Distant-water fishery [M]. Beijing: Science Press, 2018.
- [2] 鲁泉, 方舟, 李楠, 等. 以灰色系统理论模型为基础构建印度洋洋捕捞渔获量预测模型[J/OL]. 水产学报, 2021 [2021-08-17]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1283.S.20210617.1608.004.html>.  
LU Q, FANG Z, LI N, et al. Prediction model of fisheries catch based on GM (1, N) in the Indian Ocean [J/OL]. Journal of Fisheries of China, 2021 [2021-08-17]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1283.S.20210617.1608.004.html>.
- [3] 葛慧. 印度洋沿岸典型国家渔业管理政策法规及过洋性渔业合作分析[D]. 舟山: 浙江海洋大学, 2018.  
GE H. The research on fishery management in coastal areas in India and the analysis of the pelagic cooperation [D]. Zhoushan: Zhejiang Ocean University, 2018.
- [4] Food and Agriculture Organization of the United Nations. Fishery and aquaculture statistics [M]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2020.
- [5] AZEN R, BUDESCU D V. The dominance analysis approach for comparing predictors in multiple regression [J]. Psychological Methods, 2003, 8(2): 129-148.
- [6] 唐启义, 唐睿. DPS数据处理系统: 第二卷: 现代统计及数据挖掘[M]. 5版. 北京: 科学出版社, 2020.  
TANG Q Y, TANG R. DPS data processing system: volume II: contemporary statistics and data mining [M]. 5th ed. Beijing: Science Press, 2020.
- [7] 代鲁燕, 沈其君. 优势分析方法及其应用[C]//2011年中国卫生统计学年会会议论文集. 西安: 中华预防医学会, 2011: 4.  
DAI L Y, SHEN Q J. Dominance analysis method and application [C]//Proceedings of 2011 China Annual Conference on Health Statistics. Xi'an: Chinese Preventive Medicine Association, 2011: 4.
- [8] 刘秋狄. 西印度洋金枪鱼延绳钓作业渔场与渔具性能的研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2006.  
LIU Q D. Fishing ground of tuna longline and fishing efficiency in the Western Indian Ocean [D]. Qingdao: Ocean University of China, 2006.
- [9] 崔萌, 高蕾. 1960年—2015年库伦旗气温变化特征及突变分析[J]. 农业技术与装备, 2020, 371(11): 142-143.  
CUI M, GAO Q. Analysis of temperature change characteristics and abrupt changes in Kulun Banner from 1960 to 2015 [J]. Agricultural Technology & Equipment,

- 2020, 371(11): 142-143.
- [10] BRANCH T A, JENSEN O P, RICARD D, et al. Contrasting global trends in marine fishery status obtained from catches and from stock assessments[J]. Conservation Biology, 2011, 25(4): 777-786.
- [11] HUTCHINGS J A, MINTO C, RICARD D, et al. Trends in the abundance of marine fishes [J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 2010, 67(8): 1205-1210.
- [12] Fisheries and Aquaculture Department. The state of world fisheries and aquaculture[R]. Rome: FAO, 2020: 1-80.
- [13] HAMZA F, AUJU M, VALSALA V, et al. A bioenergetics model for seasonal growth of Indian oil sardine (*Sardinella longiceps*) in the Indian west coast[J]. Ecological Modelling, 2021, 456: 109661.
- [14] 朱国平, 周应祺, 许柳雄. 印度洋金枪鱼渔业平均营养级的长期变动[J]. 大连水产学院学报, 2009, 23(6): 484-488.
- ZHU G P, ZHOU Y Q, XU L X. Long-term changes in the mean trophic level of tuna fishery in the Indian Ocean[J]. Journal of Dalian Fisheries University, 2009, 23(6): 484-488.
- [15] PAULY D, CHRISTENSEN V, DALSGAARD J, et al. Fishing down marine food webs [J]. Science, 1998, 279(5352): 860-863.
- [16] PAULY D, PALOMARES M L. Fishing down marine food web: it is far more pervasive than we thought[J]. Bulletin of Marine Science, 2005, 76(2): 197-211.
- [17] PAULY D, WATSON R. Background and interpretation of the 'Marine Trophic Index' as a measure of biodiversity [J]. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 2005, 360(1454): 415-423.
- [18] PAULY D, CHRISTENSEN V, GUÉNETTE S, et al. Towards sustainability in world fisheries [J]. Nature, 2002, 418(6898): 689-695.
- [19] SETHI S A, BRANCH T A, WATSON R. Global fishery development patterns are driven by profit but not trophic level [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2010, 107(27): 12163-12167.
- [20] 李明爽, 吕永辉. 印度渔业现状及未来发展方向[J]. 中国水产, 2015(6): 40-43.
- LI M S, LYU Y H. Current situation and future development direction of Fishery in India[J]. China Fisheries, 2015(6): 40-43.
- [21] 张魁, 耿平, 史登福, 等. 巴基斯坦海洋渔业资源可捕量评估与开发现状[J]. 南方水产科学, 2019, 15(5): 1-8.
- ZHANG K, GENG P, SHI D F, et al. Assessment of allowable catches and exploitation state of marine fishery resources in Pakistani coastal waters [J]. South China Fisheries Science, 2019, 15(5): 1-8.
- [22] 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.
- CHEN F, JIANG R J, ZHU W B, et al. The status of Pakistan marine fishery and the cooperating exploitation countermeasures with China [J]. Ocean Development and Management, 2016, 33(12): 13-18.
- [23] 葛慧, 周永东, 陈峰, 等. 中国和伊朗双边渔业合作前景研究[J]. 中国渔业经济, 2017, 35(5): 4-11.
- GE H, ZHOU Y D, CHEN F, et al. Research on fishery cooperation between Iran and China [J]. Chinese Fisheries Economics, 2017, 35(5): 4-11.
- [24] 李励年, 谢营梁. 伊朗渔业发展概况[J]. 现代渔业信息, 2005, 20(10): 19-20, 26.
- LI L N, XIE Y L. Outline of fisheries development in Iran [J]. Modern Fisheries Information, 2005, 20(10): 19-20, 26.
- [25] 丁琪, 陈新军, 李纲, 等. 渔获物平均营养级在渔业可持续性评价中的应用研究进展[J]. 海洋渔业, 2016, 38(1): 88-97.
- DING Q, CHEN X J, LI G, et al. Research progress in application of mean trophic level of catch in assessing fishery sustainability [J]. Marine Fisheries, 2016, 38(1): 88-97.
- [26] TIEDEMANN M, NASH R D M, STENEVIK E K, et al. Environmental influences on Norwegian spring-spawning herring (*Clupea harengus* L.) larvae reveal recent constraints in recruitment success [J]. ICES Journal of Marine Science, 2021, 78(2): 640-652.
- [27] ESMAEILI A, SHAHSAVARI Z. Water allocation for agriculture in southwestern Iran using a programming model [J]. Applied Water Science, 2015, 5(3): 305-310.
- [28] 张建华. 日本和韩国海洋捕捞渔船发展概况 [J]. 船舶工程, 2014, 36(5): 1-5, 9.
- ZHANG J H. Development of marine fishing vessels in Japan and republic of Korea [J]. Ship Engineering, 2014, 36(5): 1-5, 9.
- [29] 张溢卓, 马林, 张安国. 日本海洋捕捞业产出管理分析 [J]. 中国渔业经济, 2020, 38(6): 84-92.
- ZHANG Y Z, MA L, ZHANG A G. Analysis on output management of Japan's marine fishing industry [J]. Chinese Fisheries Economics, 2020, 38(6): 84-92.
- [30] 熊敏思, 樊伟, 唐峰华, 等. 《南印度洋渔业管理协议》概况及中国远洋渔业的应对策略 [J]. 渔业信息与战略, 2016, 31(4): 299-305.
- XIONG M S, FAN W, TANG F H, et al. Overview of South Indian Ocean Fisheries Agreement and the countermeasures of pelagic fishery in China [J]. Fishery Information & Strategy, 2016, 31(4): 299-305.
- [31] 徐博, 张衡, 张瑛瑛, 等. 《南印度洋渔业协定》管理措施的新进展及我国的应对策略 [J]. 中国农业科技导报, 2020, 22(4): 10-23.
- XU B, ZHANG H, ZHANG Y Y, et al. New progress in management measures of the South Indian ocean fisheries agreement and China's response strategies [J]. Journal of Agricultural Science and Technology, 2020, 22(4): 10-23.
- [32] 王佳迪, 于瑞, 静莹, 等. 基于文献计量学的中国-欧盟渔

- 业科技合作现状与趋势分析[J]. 广东海洋大学学报, 2014, 34(5): 32-37.
- WANG J D, YU R, JING Y, et al. Analysis of current situation and trend of Sino-EU fisheries S&T cooperation based on bibliometrics [J]. Journal of Guangdong Ocean University, 2014, 34(5): 32-37.
- [33] 鲁泉, 陈新军. 改革开放40年来中国渔业产业发展及十四五产量预测[J]. 上海海洋大学学报, 2021, 30(2): 339-347.
- LU Q, CHEN X J. Development of Chinese fishery industry in 40 years of reform and opening up and production forecast in the 14th five-year plan [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2021, 30(2): 339-347.
- [34] 陈新军, 钱卫国, 刘必林, 等. 主要经济大洋性鱿鱼资源渔场生产性调查与渔业概况[J]. 上海海洋大学学报, 2019, 28(3): 344-356.
- CHEN X J, QIAN W G, LIU B L, et al. Productive survey and fishery for major pelagic economic squid in the world[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2019, 28(3): 344-356.

## Preliminary analysis of catch differences among fishing countries and regions in the Western Indian Ocean based on dominance analysis

LU Quan<sup>1,2</sup>, LI Nan<sup>1</sup>, FANG Zhou<sup>1,3,4,5,6</sup>, ZHANG Zhong<sup>1,3,4,5,6</sup>

(1. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Fisheries Bureau, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100125, China; 3. Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai 201306, China; 4. National Engineering Research Center for Oceanic Fisheries, Shanghai 201306, China; 5. Key Laboratory of Oceanic Fisheries Exploration, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shanghai 201306, China; 6. Scientific Observing and Experimental Station of Oceanic Fishery Resources, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** The West Indian Ocean is an important area of marine fishing, and the analysis of the species composition and catch of fishing countries and regions provides the basis for evaluating the utilization status of fishery resources, and also an important support for ensuring the sustainable development and scientific management of fishery resources. Based on the catch data of the Western Indian Ocean from 1950 to 2019 provided by FAO, the species and catch composition of the main fishing parties in the past 70 years were analyzed by using dominance analysis, and the contribution rates of main fishing parties and species to total catch were compared under different time series. The results showed that the total catch in the Western Indian Ocean was on the rise, which could be divided into three periods: 1950–1982, 1983–2005 and 2006–2019. The results showed that there was no significant difference among the first 10 species and fishing parties in the cumulative catch of each stage. The cumulative catch of *Sardinella longiceps* was the highest, and the contribution rate of skipjack and Yellowfin tuna to total catch was relatively high. India, Pakistan and Iran had the highest amount of catch in all stages in the coastal states and regions, while Spain, France, Japan and Taiwan Province were the non-coastal countries and regions with the highest catch, which contributed to more than 10% to the total catch in the Western Indian Ocean at each stage. The research suggests that based on the current status and potential of fishery resources exploitation in the Western Indian Ocean, the major fishing countries and regions should reduce their fishing effort and conserve the over-exploited economic species, and increase the exploitation of short life cycle species with rich resources, in order to ensure the sustainable use of fishery resources in the Western Indian Ocean.

**Key words:** Western Indian Ocean; fishing nations and areas; catch; distant-water fisheries; dominance analysis