DOI: 10.12131/20220308

文章编号：2095－0780－（2023）05－0032－07

外伶仃海洋牧场附近海域渔业资源季节动态变化分析

冯　雪[1,2,3]，戴小杰[1]，范江涛[2]，陈丕茂[2,3]

1. 上海海洋大学 海洋科学学院，上海 201306
2. 中国水产科学研究院南海水产研究所，广东 广州 510300
3. 农业农村部南海渔业资源环境科学观测实验站/农业农村部海洋牧场重点实验室，广东 广州 510300

摘要：珠江口外伶仃海域是重要的传统渔场和渔业资源洄游通道，近年来在人类活动和气候变化的双重压力下生境发生了巨大变化。为深入了解渔业资源的季节变动规律，根据珠江口外伶仃海洋牧场附近海域2020和2021年的调查数据，采用空间分析方法，探究了不同渔获种类的季节动态变化和特征分布，并对渔场重心进行分析归纳。结果表明，总体资源密度春季高于秋季，呈斑点状分布，春季渔场重心分布集中于南部海域，秋季渔场重心向西北方向移动；鱼类资源密度分布与总资源密度相似，春季鱼类资源重心位于西南方向，秋季向西北方向移动；蟹类春季资源密度整体分布均匀，秋季资源密度有所提高，高密度海域有所增加，呈片状分布，资源重心由西部向东北方向移动；虾类春季资源密度低于秋季，资源重心向东北方向移动；虾蛄类整体资源密度较低，资源重心春季位于西部海域，秋季向东北方向移动；头足类春季资源密度高于秋季，均呈片状分布，资源重心从东向西移动。

关键词：渔业资源；季节变动；渔场重心；空间分析方法；外伶仃海域

中图分类号：S 931.4　　**文献标志码：**A　　**开放科学（资源服务）标识码（OSID）：**

Seasonal variation of fishery resources in Wailingding marine ranching and adjacent waters

FENG Xue[1,2,3], DAI Xiaojie[1], FAN Jiangtao[2], CHEN Pimao[2,3]

1. *College of Marine Sciences*, *Shanghai Ocean University*, *Shanghai* 201306, *China*
2. *South China Sea Fisheries Research Institute*, *Chinese Academy of Fishery Sciences*, *Guangzhou* 510300, *China*
3. *Scientific Observing and Experimental Station of South China Sea Fishery Resources and Environments*, *Ministry of Agriculture and Rural Affairs/Key Laboratory of Marine Ranching*, *Ministry of Agriculture and Rural Affairs*, *Guangzhou* 510300, *China*

Abstract: Wailingding waters of the Pearl River Estuary have always been an important traditional fishing ground and migration channel for fishery resources. In recent years, great changes have taken place in habitats under the dual pressure of human activities and climate change. In order to deeply understand the seasonal variation of fishery resources, based on the survey data of the marine ranching in Wailingding waters in 2020 and 2021, we applied the spatial analysis method to explore the seasonal dynamics and characteristics distribution of different catch species, and summarized the fishing ground center of gravity. The results show that the total resource density in spring was higher than that in autumn, distributing in a patchy pattern. In spring, the center of gravity of the fishing ground were concentrated in the southern waters, but moved northwestward in autumn. The density distribution of fish resources was similar to that of total resources. In spring, the center of gravity of fish resources was located in the southwest direction, but moved northwestward in autumn. The resource density of crabs in spring was relatively

收稿日期：2022-12-02；**修回日期：**2023-05-15

基金项目：广东省重点领域研发计划项目 (2020B1111030002)；中国水产科学研究院基本科研业务费专项资金 (2023TD06)

作者简介：冯　雪 (1987—)，女，助理研究员，博士研究生，研究方向为海洋牧场及生态修复。E-mail: fengxue@scsfri.ac.cn

通信作者：陈丕茂 (1969—)，男，研究员，研究方向为海洋牧场及渔业资源保护与利用。E-mail: chenpm@scsfri.ac.cn

uniform and increased in autumn, and high-density sea areas increased, distributing in a flaky pattern, and the center of gravity of resources moved from west to northeast. The resource density of shrimps in spring was lower than that in autumn, and the center of gravity of resources moved northeastward. The resource density of mantis shrimps was low and the center of gravity of resources was located in the western sea area in spring, but moved northeastward in autumn. The resource density of cephalopoda in spring was higher than that in autumn, distributing in a flaky pattern, and the center of gravity of resources moved from east to west.

Keywords: Fishery resources; Seasonal variation; Gravity of fishing ground; Spatial analysis method; Wailingding waters

珠江口外伶仃海域是南方海区重要的传统渔场和洄游通道，近年来在人类活动和气候变化的双重影响下，其渔业种群结构和资源量发生了巨大变化，渔获物呈低龄化和小型化趋势[1]。为有效保护渔业资源，实现资源的增殖和可持续利用，中国进行了海洋牧场建设，通过投放人工鱼礁，为海洋生物提供良好的庇护场所和丰富的饵料，在生物趋利避害的本能驱使下，鱼类、甲壳类等海洋生物逐步趋向于在海洋牧场范围内进行产卵、索饵等，进而影响渔业资源的空间分布[2-4]。

在渔业资源研究中，原始数据点很难做到完全规律均匀分布，为了解一定区域内渔业资源的分布状态，在研究中把不规则的数据点划归为规则分布的网格样点，采用空间插值的方法将点数据插值为面数据进行研究[5]。渔场空间分析自 20 世纪 60 年代起用于分析渔场空间地理数据，运用区域化的变量理论描述自然现象的空间连续性，进而分析渔业资源的多样性和空间分布特点[6-7]。空间格局和群落分布是渔场的重要属性，也是研究种群结构和种间关系的重要方式，采用空间分析研究渔场本身的空间位置和方向，区别不同空间格局的差异，能够有效规避采样区域大小对分析结果的影响，充分利用地理变量的各种信息，提供最优的插值模型和插值精度。近年来，空间分析广泛应用于土壤[8]、气象[9-10]、水资源[11] 等方面的研究，还能与遥感技术紧密结合[12]，但是该方法结合渔业资源调查数据对渔场的空间分析却少见报道[13]。现有的外伶仃附近海域渔业资源相关研究仅见礁区建设效果评估等[14]，针对外伶仃附近海域渔场的资源分析尚未见报道。因此，本研究基于外伶仃洋海域海洋牧场调查数据，采用空间分析方法，探究了外伶仃洋渔业资源的空间分布特征和季节变化规律，以期了解渔业资源各类群的时空分布特点和内在机理，为资源量评估和渔业资源的可持续利用提供理论支持。

1　材料与方法

1.1　渔业资源数据

渔场数据来自 2020 年 4 和 9 月及 2021 年 4 和 9 月共 4 个航次的外伶仃国家级海洋牧场示范区渔业资源调查，具体调查区域见图 1。珠海外伶仃海洋牧场及附近海域的调查范围为 114°3'3.6''E—114°7'8.4''E、22°5'9.6''N—22°7'8.4''N 海域。租用拖网渔船粤东莞渔 92008 进行调查，网具为底拖网，网上纲 26 m，下纲 31 m，网囊目 30 mm，每个航次设置调查站位 12 个，每站拖网 15 min。每网次采样均分别记录和测定放网和起网时间、船位 (经纬度)、平均拖速 (节) 和水深等参数。采样和分析均按 GB/T 12763.6—2007《海洋调查规范　海洋生物调查》中规定的方法进行现场鉴定、计数、称质量及生物学测量，体长精确到 mm，质量精确到 0.1 g。采用扫海面积法计算资源密度，计算公式为[15]：

$$S = \frac{d}{a \times (1 - E)}$$

式中：S 为资源密度 ($kg \cdot km^{-2}$)；d 为渔获率 ($kg \cdot h^{-1}$)；a 为调查船每小时的扫海面积 (km^2，扫海宽度取浮纲长度的 2/3)；E 为逃逸率 (取 0.5)。

采用 ArcGIS 10.0 软件绘制地图，数据来源于全国地理信息资源目录服务系统 (https://www.webmap.cn/，1∶25 万全国基础地理数据库，2017 公众版)。

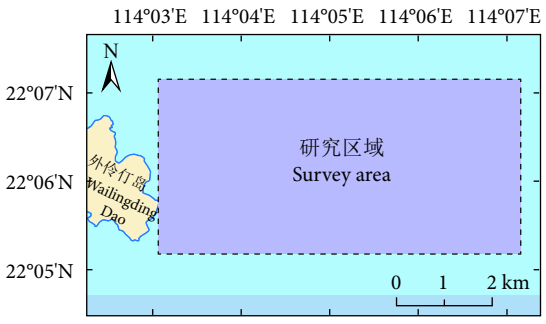

图1　研究区域示意图

Fig. 1　Diagram of survey area

1.2 渔场插值分析

为全面反映渔场分布情况，从渔场本身揭示渔业资源时空分布特点，采用反距离权重法对归一化后的渔场资源密度数据进行插值分析。反距离权重法采用预测点周围的实测点数值进行计算，与距离预测点较远的实测点相比，距离预测点位置最近的实测点数值对预测值的影响更大。反距离权重法假定每个实测点都有一种局部影响，而这种影响会随着距离的增大而减小[16]。

反距离权重插值法的一般公式为[17]：

$$\hat{Z}(s_0)=\sum_{i=1}^{N}\lambda_i Z(s_i) \tag{1}$$

式中：$\hat{Z}(s_0)$为 s_0 处的预测值；N 为预测计算过程中要使用的预测点周围样点的数量；λ_i 为预测过程中使用的各样点权重，该值随着样点与预测点之间距离的增加而减少；$Z(s_i)$ 为在 s_i 处获得的测量值。

确定权重的计算公式为：

$$\lambda_i=d_{i0}^{-p}/\sum_{i=1}^{N}d_{i0}^{-p},\quad \sum_{i=1}^{N}\lambda_i=1 \tag{2}$$

式中：P 为指数值，用于控制权重值的降低，一般取均方根预测误差的最小值；d_{i0} 为预测点 s_0 与各已知样点 s_i 之间的距离。

1.3 渔场重心分析

探究渔场重心的变动规律及趋势，通过计算不同季节、不同渔获种类渔场重心，并依据渔场重心的移动方向和移动范围进一步研究其渔场重心季节变化规律及趋势[18]。渔场重心的计算公式为：

$$X=\sum_{i=1}^{k}(X_i\times S_i)/\sum_{i=1}^{k}S_i \tag{3}$$

$$Y=\sum_{i=1}^{k}(Y_i\times S_i)/\sum_{i=1}^{k}S_i \tag{4}$$

式中：X 和 Y 分别为渔场重心的经度和纬度；k 为调查站点个数；X_i、Y_i 和 S_i 分别为第 i 个站点的经度、纬度和归一化后的资源密度。

2 结果

2.1 渔业资源空间分布特征

采用反距离权重法对渔场进行插值分析，从整体看两个季节调查海域资源分布较为集中，呈斑点和片状分布，高资源密度区域集中于研究区域西部和南部海域。以不同季节来看，春季资源密度水平整体偏低，虾类、鱼类和蟹类集中分布于研究区域的南部偏西海域，头足类资源分布水平明显高于其他种类，在研究区域的北部和东南部海域均有较多分布 (图 2)。

与春季相比，秋季研究区域资源密度水平有所提升，总资源密度高值区海域面积有所增加，集中于研究区域的西部海域 (图 3)。虾类的资源密度高值区集中于研究区域的西部和东部，中部出现明显的资源密度低值区。虾蛄类、蟹类和头足类呈斑点状分布，虾蛄类集中分布于研究区域的东部海域；蟹类存在两个资源密度高值区，分别位于研究区域的中部偏北和中部偏南海域；头足类则集中分布于研究区域的西部海域。

2.2 渔业资源季节分布特征

将不同类群资源密度归一化以进一步分析不同季节和类群的资源密度分布，结果如图 4 所示。总资源密度的春季下四分位数值为 0.091 9，上四分位数值为 0.174 8，鱼类的春季下四分位数值为 0.052 4，上四分位数值为 0.149 6；与春季相比，秋季两者的资源密度水平均有所增加，总资源密度的秋季下四分位数值为 0.078 8，上四分位数值为 0.658 5，鱼类的秋季下四分位数值为 0.063 1，上四分位数值为 0.596 5。蟹类春季的资源密度整体分布较为均匀，下四分位数值为 0.013 5，上四分位数值为 0.411 2；与春季相比，秋季的资源密度有所下降，下四分位数值为 0，上四分位数值为 0.067 8。虾蛄类资源整体分布较少，春季下四分位数值为 0，上四分位数值为 0.098 9；秋季资源密度水平存在明显下降，上、下四分位数值均为 0。虾类春季的资源密度下四分位数值为 0.014 6，上四分位数值为 0.172 1；秋季资源密度水平有所上升，下四分位数值为 0.137 8，上四分位数值为 0.634 8。头足类春季的资源密度下四分位数值为 0.256 9，上四分位数值为 0.388 4；秋季有所下降，下四分位数值为 0.078 4，上四分位数值为 0.291 7。

2.3 渔业资源不同类群渔场重心分布

珠江口物种渔场重心分布可以划分为两个区域，鱼类、虾类、头足类、蟹类均集中分布在研究区域西部，而虾蛄类主要分布在研究区域的东部 (图 5)。

春季鱼类渔场重心位于研究区域的西南方向 (114.065°E、22.100°N)，与总体渔场重心较为接近。相较于春季，秋季鱼类渔场重心向西北方向移动，

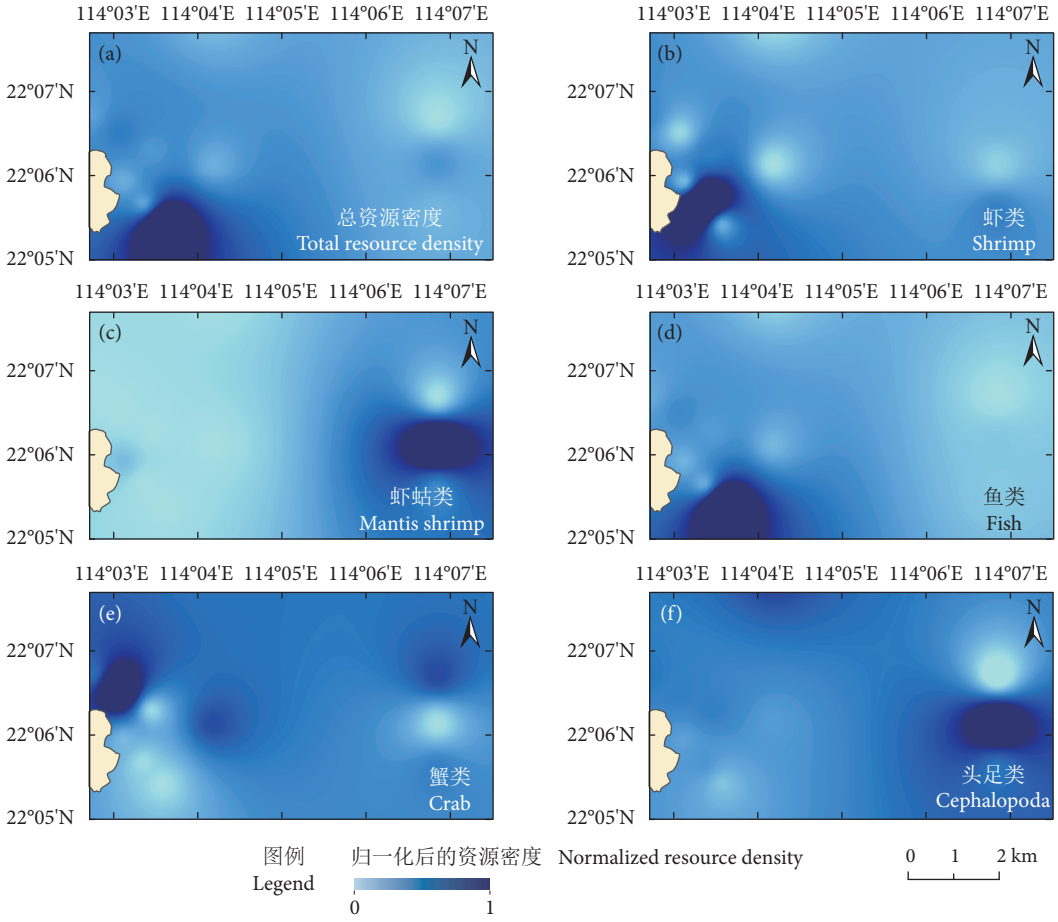

图2　春季渔业资源各类群分布

Fig. 2　Distribution of various groups of fishery resources in spring

且与整体渔场重心基本重合。蟹类、虾类、虾蛄类在春季的渔场重心分别位于 (114.071°E、22.109°N)、(114.064°E、22.098°N)、(114.110°E、22.100°N)。3 个物种在秋季的渔场重心与春季相比，均向东北方向移动。相对于其他物种，头足类秋季渔场重心向西偏北方向移动，且春季和秋季间的渔场重心距离最大 (1.434 km)。

3　讨论

珠江口附近海域是世界上最繁忙的海域之一，受航道、陆源排放、过度捕捞等人为活动影响巨大，对珠江河口水生生物、生物栖息地质量以及河口生态系统功能等带来挑战。与珠江口类似的长江口海域也面临相似问题，李建生和程家骅[19] 对 20 世纪 90 年代长江口渔业资源的研究发现，部分优势种渔获比例大幅波动，小个体低质鱼类比例和种类数增加，不断增大的捕捞量和环境变化使得整体资源结构趋于明显小型化。本研究对珠江口外伶仃海域渔业资源的季节变动规律和不同渔业资源类群的分布特点的分析，可为掌握珠江口渔业资源现状与实现资源可持续利用提供科学支撑。

珠江径流量位居中国第二，年平均径流量为 3 360 亿立方米[20]，水体的主要来源包括河流输入、盐水入侵和潮汐流[21-23]。珠江口是南海北部大型亚热带河口系统，渔业资源空间变化趋势与该海域特有的潮汐、流场等生态系统特点有关。在珠江口咸淡水混合和季风的影响下，本研究中总资源密度的高值区主要集中在靠近岛礁的研究区域西部和南部海域，除虾蛄类外其他各类生物也均有相似的分布特征。位于舟山渔场的马鞍列岛与位于珠江口渔场的外伶仃岛环境相似，均具有岛礁生境以及临近的外海开阔海域生境。马鞍列岛海域在黑潮、台湾暖流及长江冲淡水的综合作用下，其游泳生物群落组成和分布受季节性洄游和自然条件影响。韩旭东等[24] 对马鞍列岛及其东部海域的研究发现，鱼类受长江口自然环境条件影响主要分布在岛礁周边，离岸距离越远生物量越低。此外珠江口海域季风配

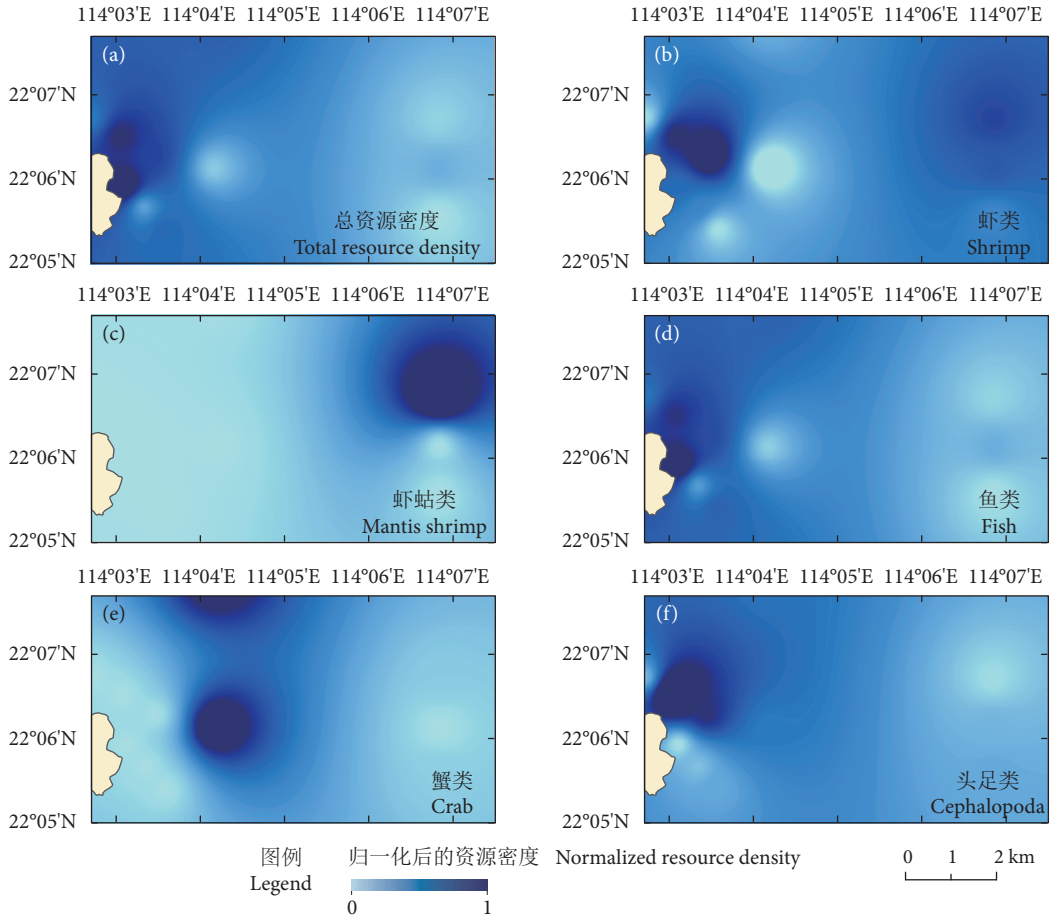

图3 秋季渔业资源各类群分布

Fig. 3 Distribution of various groups of fishery resources in autumn

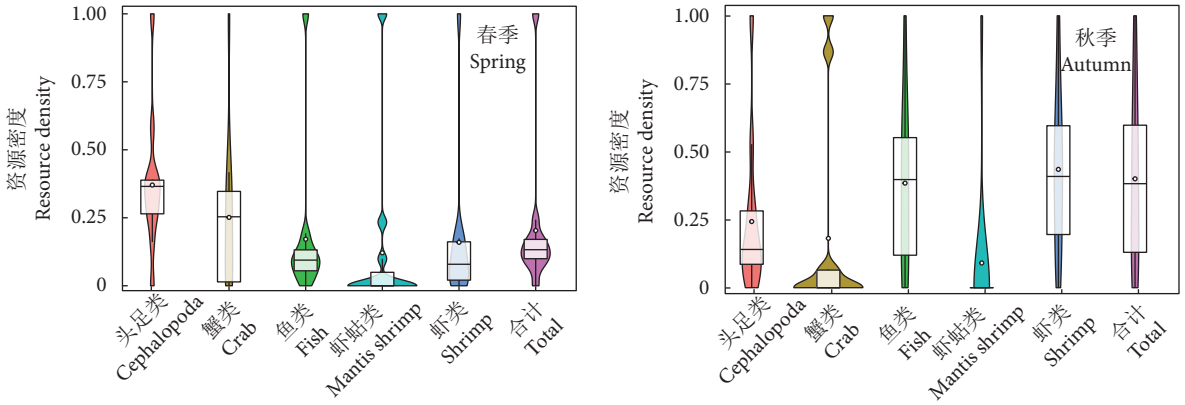

图4 春、秋季不同类群分布特征

Fig. 4 Distribution characteristics of different groups in spring and autumn

合岛礁及人工鱼礁对地形地貌的改变，直接影响浮游植物的垂直分布及近岸海域营养物质和饵料的补充，其中人工鱼礁的投放使得垂直混合效应更加明显。当人工鱼礁投放入海底后，礁石前会形成较强的局部上升流，这种上升流将底层丰富的营养物质输送到上层水体，海洋初级生产力提高，吸引海洋生物聚集[14]。同时由于人工鱼礁对洋流的阻挡作用，礁体周围会形成一个流速缓慢的区域，海洋生物更喜欢聚集和栖息在速度和湍流相对较低的区域以减少游泳的能量消耗，该区域也被认为对吸引海洋生物有积极影响[25-26]。本研究中高资源密度区域既是岛礁近岸海域，也是外伶仃海洋牧场建设投礁

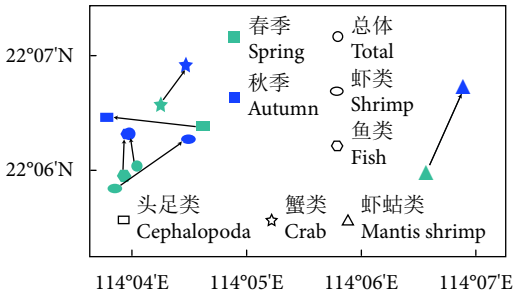

图5　渔业资源各类群渔场重心变动

Fig. 5　Changes in center of gravity of various groups of fishery resources

区域，自然岛礁及人工投放的鱼礁同时为鱼类等海洋生物提供了适宜的产卵、栖息场所，从而使渔业资源在该区域具有更高的资源量。

珠江口存在明显的枯水期 (10 月—次年 3 月) 和丰水期 (4—9 月)，不同时期径流量的变化导致珠江口海域理化环境更替，从而影响渔业资源的结构与分布，形成季节性差异。通过对不同季节归一化后的资源密度分析，外伶仃岛附近海域渔业资源具有明显的季节变化特征。从物种性状对季节环境的偏好来看，春夏季更适合海洋洄游物种和成熟期较短的种类栖息，寒冷季节更适合成熟期较长的种类、底栖动物、双齿游泳模式的物种分布[27]。李永振等[28] 针对珠江口部分经济鱼类产卵时间的分析发现，除银鲳 (*Pampus argenteus*) 外大部分产卵的经济种鱼类只有一个产卵期，主要集中在春夏等温暖季节，产卵的持续时间一般为 3 至 9 个月不等。本研究表明珠江口海域春季蟹类、虾蛄类、虾类等甲壳类资源密度较高，这与胥延钊[29] 对渤海渔业群落季节变化的研究结果类似。大多数乌贼和蛸类集中在春季繁殖，秋季头足类资源密度随季节变化较春季下降明显，这可能与头足类的繁殖季节和索饵洄游习性密切相关[30]。本研究中鱼类与甲壳类的资源密度呈反相关，当鱼类密度增加时，甲壳类密度降低。南海区虾类等小型甲壳动物在 7—10 月为主要育肥期，研究区域中秋季虾类密度升高可能与主要虾类的生活史周期有关。由于甲壳类是鱼类的主要饵料生物[31]，从食物网角度对不同种类间彼此消长关系进行分析，当人为捕捞因素使得鱼类密度降低后，蟹类等甲壳类生物得到恢复生长的喘息空间，资源密度有所提高[32]。从整体来看，鱼类在总类群中占比最大，鱼类资源密度的变动与总资源密度相似，在秋季有大幅度提高。本研究中秋季渔业资源种类与密度高于春季，我国南海区海洋伏季休渔时间为 5 月初至 8 月中旬，经过 3 个多月的伏季休渔后，渔业资源得到了一定的恢复与补充，经过秋季与冬季的捕捞作业，春季资源密度下降。

诸多研究表明海洋环境因子的变化对游泳生物资源分布、变化、迁徙和渔场位置等有显著影响[33-34]。本研究发现秋季渔业资源总类群渔场重心相对于春季调查时，在经度上西移 4.8''，在纬度上北移 16.9''，以不同类群分析渔场重心的变化，大多数种类的渔场重心从春季到秋季有由南向北迁移的趋势，推测可能与水温和盐度的季节性变化有关。范江涛等[35] 和方兴楠等[36] 分别针对南沙鸢乌贼 (*Sthenoteuthis oualaniensis*) 及东太平洋茎柔鱼 (*Dosidicus gigas*) 等头足类渔场分布的研究也体现了资源量随温盐等因素季节性波动的趋势。

参考文献:

[1] 黄洪亮, 冯超, 李灵智, 等. 当代海洋捕捞的发展现状和展望 [J]. 中国水产科学, 2022, 29(6): 938-949.

[2] LI J J, LI J, GONG P H, et al. Effects of the artificial reef and flow field environment on the habitat selection behavior of *Sebastes schlegelii* juveniles[J]. Appl Anim Behav Sci, 2021, 245: 105492.

[3] 陈丕茂, 舒黎明, 袁华荣, 等. 国内外海洋牧场发展历程与定义分类概述 [J]. 水产学报, 2019, 43(9): 1851-1869.

[4] 谢笑艳, 陈丕茂, 佟飞, 等. 珠海外伶仃岛海域海洋牧场选址探讨 [J]. 南方水产科学, 2022, 18(5): 18-29.

[5] 冯永玖, 方学燕, 陈新军, 等. 基于 GIS 的西北太平洋柔鱼资源空间插值及不确定性分析 [J]. 资源科学, 2015, 37(11): 2299-2308.

[6] 范江涛, 张俊, 冯雪, 等. 基于地统计学的南沙海域鸢乌贼渔场分析 [J]. 生态学杂志, 2017, 36(2): 442-446.

[7] 唐政, 单秀娟, 关丽莎, 等. 基于不同空间插值法的黄海和东海北部游泳动物多样性空间分布研究 [J]. 渔业科学进展, 2020, 41(6): 1-11.

[8] 史文娇, 岳天祥, 石晓丽, 等. 土壤连续属性空间插值方法及其精度的研究进展 [J]. 自然资源学报, 2012, 27(1): 163-175.

[9] 彭彬, 周艳莲, 高苹, 等. 气温插值中不同空间插值方法的适用性分析: 以江苏省为例 [J]. 地球信息科学学报, 2011, 13(4): 539-548.

[10] 石朋, 芮孝芳. 降雨空间插值方法的比较与改进 [J]. 河海大学学报 (自然科学版), 2005(4): 361-365.

[11] 贾悦, 崔宁博, 魏新平, 等. 基于反距离权重法的长江流域参考作物蒸散量算法适用性评价 [J]. 农业工程学报, 2016, 32(6): 130-138.

[12] 朱求安, 张万昌, 余钧辉. 基于 GIS 的空间插值方法研究 [J]. 江西师范大学学报 (自然科学版), 2004, 28(2): 183-188.

[13] 陈吕凤, 朱国平. 基于地理加权模型的南设得兰群岛北部南极

磷虾渔场空间分布影响分析 [J]. 应用生态学报, 2018, 29(3): 938-944.

[14] 冯雪, 范江涛, 孙晓, 等. 珠海外伶仃人工鱼礁对鱼类资源养护效果初步评估 [J]. 南方农业学报, 2021, 52(12): 3228-3236.

[15] 黄梓荣. 南海北部陆架区头足类的种类组成和资源密度分布 [J]. 南方水产, 2008, 4(5): 1-7.

[16] 郑兰香, 杨程, 黄凌霄, 等. 基于反距离权重插值法的抽水型水库水质空间分布分析 [J]. 宁夏工程技术, 2018, 17(3): 270-273.

[17] 汤国安, 杨昕. ArcGIS 地理信息系统空间分析实验教程 [M]. 北京: 科学出版社, 2012: 442-443.

[18] 汪金涛, 陈新军. 中西太平洋鲣鱼渔场的重心变化及其预测模型建立 [J]. 中国海洋大学学报 (自然科学版), 2013, 43(8): 44-48.

[19] 李建生, 程家骅. 长江口水域主要渔业生物资源状况的分析 [J]. 南方水产, 2005, 1(2): 21-25.

[20] CAI W J, DAI M H, WANG Y C, et al. The biogeochemistry of inorganic carbon and nutrients in the Pearl River estuary and the adjacent Northern South China Sea[J]. Cont Shelf Res, 2004, 24(12): 1301-1319.

[21] TAO W, NIU L X, LIU F, et al. Influence of river-tide dynamics on phytoplankton variability and their ecological implications in two Chinese tropical estuaries[J]. Ecol Indic, 2020, 115: 106458.

[22] HUANG L M, JIAN W J, SONG X Y, et al. Species diversity and distribution for phytoplankton of the Pearl River estuary during rainy and dry seasons[J]. Mar Pollut Bull, 2004, 49(7/8): 588-596.

[23] LU Y F, DING Z B, LI W, et al. The effect of seawater environmental factors on the corals of Wailingding Island in the Pearl River Estuary[J]. Cont Shelf Res, 2020, 197: 104087.

[24] 韩旭东, 章守宇, 汪振华, 等. 马鞍列岛及其东部海域鱼类群落格局与环境因子之间的关系 [J]. 水产学报, 2019, 43(6): 1483-1497.

[25] SMITH J A, CORNWELL W K, LOWRY M B, et al. Modelling the distribution of fish around an artificial reef[J]. Mar Freshw Res, 2017, 68(10): 1955-1964.

[26] KIM D H, WOO J H, YOON H S, et al. Efficiency, tranquility and stability indices to evaluate performance in the artificial reef wake region[J]. Ocean Eng, 2016, 122: 253-261.

[27] 李圣法, 程家骅, 严利平. 东海大陆架鱼类群落的空间结构 [J]. 生态学报, 2007, 27(11): 4377-4386.

[28] 李永振, 陈国宝, 孙典荣. 珠江口鱼类组成分析 [J]. 水产学报, 2000, 24(4): 312-317.

[29] 胥延钊. 渤海渔业生物群落结构特征研究 [D]. 上海: 上海海洋大学, 2021: 21-25.

[30] 王新元, 李建龙, 章翔, 等. 三亚蜈支洲岛热带海洋牧场渔业资源现状及季节变动 [J]. 海洋与湖沼, 2021, 52(6): 1557-1566.

[31] 唐广隆. 万山群岛海域渔业资源群落特征及黄鳍棘鲷食性特征 [D]. 舟山: 浙江海洋大学, 2022: 44-47.

[32] 吴强, 王俊, 李忠义, 等. 黄渤海春季甲壳类群落结构的空间变化 [J]. 水产学报, 2012, 36(11): 1685-1693.

[33] THAYER J A, BERTRAM D F, HATCH S A, et al. Forage fish of the Pacific rim as revealed by diet of a piscivorous seabird: synchrony and relationships with sea surface temperature[J]. Can J Fish Aquat Sci, 2008, 65(8): 1610-1622.

[34] 李斌, 陈国宝, 郭禹, 等. 南海中部海域渔业资源时空分布和资源量的水声学评估 [J]. 南方水产科学, 2016, 12(4): 28-37.

[35] 范江涛, 张俊, 冯雪, 等. 南沙海域鸢乌贼渔场与海洋环境因子的关系 [J]. 上海海洋大学学报, 2019, 28(3): 419-426.

[36] 方星楠, 余为, 陈新军. 东太平洋赤道海域茎柔鱼渔场的时空分布 [J]. 水产科学, 2022, 41(3): 475-483.