南麂列岛国家级海洋自然保护区鱼类群落结构特征研究

关冬玲[1]，郑基[1,2]，宋伟华[1]，张帅[1]，王历迅[1]，党璐瑶[1]

（1. 浙江海洋大学水产学院　舟山　316022；2. 浙江省海洋渔业装备技术研究重点实验室　舟山　316022）

摘要：文章基于 2023—2024 年春季和秋季对南麂列岛国家级海洋自然保护区开展的渔业资源定点底拖网调查数据，分析该海域鱼类的种类组成、优势种、生物多样性等群落结构特征。结果表明：（1）2023—2024 年春季和秋季在调查海域共鉴定出 49 种鱼类，隶属于 14 目 28 科 40 属，其中，春季种类数为 35 种，秋季种类数也为 35 种，以鲈形目（Perciformes）为最多，鲱形目（Clupeiformes）次之；（2）春季优势种有黄鲫（*Setipinna tenuifilis*）、拉氏狼牙虾虎鱼（*Odontamblyopus lacepedii*）、棘头梅童鱼（*Collichthys lucidus*），秋季优势种只有一种，即龙头鱼（*Harpadon nehereus*）；（3）Shannon-Wiener 多样性指数（*H′*）、Pielou 均匀度指数（*J′*）、Margalef 丰富度指数（*D*）的平均值春季分别为 2.33、0.75 和 2.18，秋季分别为 1.69、0.57 和 1.76；（4）根据非度量多维标度排序（NMDS）和等级聚类（CLUSTER）分析，可将春季在 40％的相似水平上分为 3 个群落，秋季在 30％的相似水平上分为 3 个群落，且春季群落相似性高于秋季；（5）丰度 / 生物量（ABC 曲线）表明，秋季鱼类种群受干扰程度高于春季。研究发现，南麂列岛国家级海洋自然保护区的鱼类以暖温性和暖水性种类为主；优势种季节更替明显；生物多样性存在季节性和区域性差异，即春季多样性优于秋季，且具有随着水深增加生物多样性指数逐渐升高的趋势。

关键词：鱼类；生物多样性；群落结构；南麂列岛国家海洋自然保护区

中图分类号：S932.4；P7　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**1005-9857（2026）03-0097-11

Study on the Characteristics of Fish Community Structure of the Nanji Islands National Marine Nature Reserve

GUAN Dongling[1]，ZHENG Ji[1,2]，SONG Weihua[1]，ZHANG Shuai[1]，WANG Lixun[1]，DANG Luyao[1]

（1. Zhejiang Ocean University，Zhoushan 316022，China；
2. Key Laboratory of Marine Fisheries Equipment Technology Research，Zhoushan 316022，China）

Abstract: This study analyzed the community structure, including species composition, dominant species, and biodiversity, in the Nanji Islands National Marine Nature Reserve, using data from fixed-point bottom trawl surveys conducted in

收稿日期：2025-08-14；**修订日期：**2026-02-20

基金项目：南麂列岛国家海洋自然保护区东侧海域春秋季渔业资源调查项目（21038003118）；浙江省海洋装备技术研究重点实验室开放基金.

作者简介：关冬玲，硕士研究生，研究方向为渔业资源

通信作者：郑基，副教授，硕士，研究方向为渔业资源

2023–2024. The results showed that:(1) A total of 49 fish species belonging to 14 orders, 28 families, and 40 genera were identified in the surveyed area during spring and autumn. Among these, 35 species were recorded in spring and 35 in autumn with the order Perciformes accounting for the highest number of species followed by Clupeiformes. (2) The dominant species in spring were *Setipinna tenuifilis*, *Odontamblyopus lacepedii*, and *Collichthys lucidus,while Harpadon nehereus* was the only dominant species in autumn. (3) The average values of the Shannon-Wiener index (*H'*), PieLou index (*J'*) and Margalef index (*D*) were 2.33, 0.75 and 2.18 respectively in spring, and 1.69, 0.57 and 1.76 respectively in autumn. (4) Non-metric Multidimensional Scaling (NMDS) and hierarchical clustering (CLUSTER) analysis revealed that spring fish communities could be classified into three groups at a 40% similarity level, while autumn communities could be divided into three groups at a 30% similarity level, with higher within-season similarity observed in spring. (5) The abundance/biomass comparison (ABC) curves indicated a higher degree of disturbance in the fish community during autumn compared to spring. The study showed that the fish species in the Nanji Islands National Marine Nature Reserve are dominated by warm-temperate and warm-water species; the seasonal replacement of dominant species is obvious; and there are seasonal and regional differences in biodiversity specifically, biodiversity is higher in spring than in autumn, with a tendency for biodiversity indices to increase as water depth increases.

Keywords: Fish; Biodiversity; Community structure; Nanji Island National Marine Nature Reserve

0 引言

南麂列岛国家级海洋自然保护区地处浙江省平阳县东南部的东海大陆架上，区域总面积约201.06 km^2，岛域面积为11.13 km^2，海域面积189.93 km^2，海域面积约为岛域面积的17倍。该海域的水文状况主要受台湾暖流与浙闽沿岸流两大海流的交替影响，不同季节水系消长明显，形成独特的水动力格局。优越的地理位置与稳定的生态条件共同塑造了一个典型的海洋生态系统，海水富含营养盐，浮游生物与底栖饵料生物种类繁多，为多种海洋生物的繁殖、索饵、生长和越冬提供了理想的环境。此处不仅以“贝藻王国”著称，还蕴藏着丰富的鱼类和虾类等游泳生物资源，是东海重要的生物多样性核心区之一[1-2]。

为有效推进南麂列岛国家级海洋自然保护区的建设和管理，此前已开展多次科学考察，累计出版科考文集1部、论文选集2部、专著4部，发表学术论文200余篇，但其内容主要侧重潮间带生物、底栖生物，尤其是贝类和藻类。而关于保护区的浅海渔业生物资源，仅在2013—2014年开展了春季、夏季、秋季和冬季4个季节定点底拖网调查，相关文献资料也较少。查阅以往文献得知，何贤保等[3-4]系统调查了南麂列岛海洋自然保护区岛礁区鱼类的种类组成、数量分布及群落结构特征；张文俊等[5]研究了南麂列岛海洋自然保护区东侧海域鱼类群落的结构特征；谢旭等[6]探讨了南麂列岛浅海区鱼类种类组成与环境因子的响应关系；李新[7]分析了南麂列岛海域鱼类群落的结构及生物多样性特征。另外，夏陆军等[8]报道了南麂列岛海洋自然保护区的虾类种类组成及数量分布；孙蓓蓓等[9]研究了南麂列岛东侧海域春季和秋季虾蟹类生物的多样性特征。然而，针对南麂列岛国家级海洋自然保护区内鱼类群落的结构特征研究，至今未见报道。鉴于此，本文基于2023—2024年春季和秋季在南麂列岛海洋自然保护区开展渔业资源定点底拖网调查所获得的鱼类数据，分析该海域鱼类种类组成、优势种、生物多样性等群落结构特征，以期为科学管理南麂列岛海洋自然保护区、合理保护和利用保护区的鱼类资源提供数据基础与支撑。

1 材料与方法

1.1 采样方法

本研究数据来源于南麂列岛国家级海洋自然保护区渔业资源定点底拖网调查，调查时间为2023年11月（秋季）和2024年4月（春季），调查范围

为 27°22′30″N—27°32′30″N、120°53′30″E—121°11′30″E，共设置 20 个调查站位（图 1）。调查船租用“浙平渔休 66503”底拖网渔船，主机功率为 57 kW，网具规格为 45 m × 42 m，囊网网目尺寸为 54 mm。每一站位约拖曳 1 h，拖速约为 3 kn。调查船上配备有北斗星通（BDA-MF-10）定位系统、船舶自动识别系统（AIS）（FT-8700B）以及各种助渔助航设备。将每个站位拖取的渔获物全部取样装入样品袋，并记录样品袋号后，以冰鲜方式保存，样品分析鉴定在实验室内进行，称重采用电子天平，精度为 0.01 g。

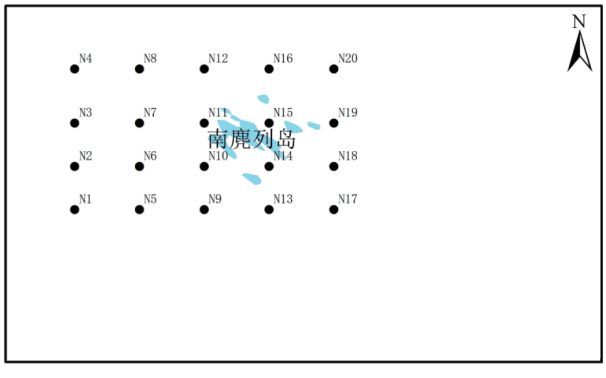


图 1　渔业资源调查站位点

Fig.1　Survey stations of fishery resources

1.2　数据处理方法

1.2.1　优势种

鱼类优势种判定采用相对重要性指数（IRI）[10] 进行计算，其公式为：

$$IRI=[(n_i/N+w_i/W)f_i/m]\times10^4 \quad (1)$$

式中：n_i、w_i 分别为第 i 种鱼类的个体数量与生物量；N、W 分别为本次调查中采集到的所有鱼类的总个体数量和总生物量；f_i 为第 i 种鱼类在 m 次取样中出现的频率；m 为取样次数。本文将 IRI ＞ 1 000 者定为优势种，IRI 值为 100 ～ 1 000 者定为常见种[11]。

1.2.2　生物多样性

生物多样性主要采用 Shannon-Wiener 多样性指数（H'）、Pielou 均匀度指数（J'）和 Margalef 丰富度指数（D）3 个指数[12-14]，其计算公式如下：

$$H'=-\sum_{i=1}^{S}P_i\log_2P_i \quad (2)$$

$$J'=H'/\log_2S \quad (3)$$

$$D=(S-1)/\log_2N \quad (4)$$

式中：S 为鱼类生物总种数；N 为鱼类生物的总个体数；P_i 为第 i 种鱼类生物占总个体数或总生物量的比例[15]。

1.2.3　群落结构相似性分析

为比较春季和秋季采样站位的鱼类群落结构差异，本文采用聚类分析对其相似性进行比较。首先，对各调查站位的鱼类生物量数据作四次方根转换，减轻稀有种所造成的偏差，降低优势种在整体中的权重。在相似性计算中，采用（Bray-Currtis）相似性系数，分别用聚类（CLUSTER）和非度量多维标度（NMDS）对鱼类群落结构特征进行分析。通过胁迫系数（stress）来评估 NMDS 排序结果的可靠性，当 stress 值介于［0.1, 0.2］时，排序结果具有一定解释意义；介于［0.05, 0.1）时，排序结果可信度较高；数值小于 0.05 时，则具有高度代表性[16]。此外，本文还采用相似性百分比（SIMPER）方法，对不同群落间的相似性与差异程度做进一步分析。

1.2.4　ABC 曲线

在 ABC 曲线中，通过比较生物量优势度曲线与丰度优势度曲线在同一坐标系中的相对位置来判断鱼类群落所承受的环境干扰强度。当生物量曲线整体高于丰度曲线时，表明群落处于相对稳定的状态，物种以体型较大、性成熟期晚且生长速度缓慢的类型为主；若两条曲线出现交叉，则表明鱼类群落受到中等程度的干扰；而当生物量曲线整体低于丰度曲线时，则表明鱼类群落受到严重干扰，群落以个体较小、生长速度快的物种为主[17]。

$$W=\sum_{i=1}^{S}\frac{B_i-A_i}{50(S-1)} \quad (5)$$

式中：S 为鱼类的种类数；B_i 和 A_i 分别为物种序号对应的生物量和个体数的累积百分比。根据 W 指数的正负判断群落干扰程度：当生物量曲线位于丰度曲线上方时，W 值为正，表明群落未受显著干扰；反之，W 值为负，说明群落受干扰严重；当两条曲

线趋于重合或相交时，W 值接近于 0，说明群落处于中度干扰水平。

2 结果

2.1 鱼类种类组成

根据 2023—2024 年春季和秋季对南鹿列岛国家级海洋自然保护区（以下简称“调查海域”）两次渔业资源定点底拖网调查所获样品，共鉴定出鱼类 49 种（表 1），隶属 14 目 28 科 40 属。其中，春季 35 种，隶属 8 目 19 科 30 属，秋季也是 35 种，隶属 11 目 19 科 28 属。通过观察目级分类阶元得知，以鲈形目的种类为最多，共有 11 科 19 属 22 种，占鱼类总种数的 44.90%，其次为鲱形目，共有 3 科 3 属 7 种，占鱼类总种数的 14.29%。

表 1 调查海域鱼类种类名录及生态类型

Table 1 A list of fish species and their ecological types in the survey area

鱼类种名	春季	秋季	适温性
孔鳐 *Raja porosa*		√	C-T
赤虹 *Hemitrygon akajei*		√	W-T
光虹 *Dasyatis laevigatus*		√	W-T
海鳗 *Muraenesox cinereus*		√	W-W
鰶 *Ilisha elongata*	√	√	W-W
凤鲚 *Coilia mystus*	√	√	W-T
刀鲚 *Coilia nasus*	√	√	W-T
黄鲫 *Setipinna tenuifilis*	√	√	W-W
中颌棱鳀 *Thryssa mystax*	√	√	W-W
赤鼻棱鳀 *Thryssa kammalensis*	√	√	W-W
斑鰶 *Konosirus punctatus*	√		W-W
中华海鲇 *Arius sinensis*		√	W-W
龙头鱼 *Harpadon nehereus*	√	√	W-W
七星底灯鱼 *Benthosema pterotum*		√	W-W
黄鲛鳚 *Lophius litulon*	√		W-T
鲻 *Mugil cephalus*	√		W-W
尖海龙 *Syngnathus acus*	√		W-T
粗吻海龙 *Trachyrhamphus serratus*	√		W-W
褐菖鲉 *Sebastiscus marmoratus*	√		W-T
虹鲉 *Erisphex pottii*	√		W-W
绿鳍鱼 *Chelidonichthys kumu*	√	√	W-W

续表 1

鱼类种名	春季	秋季	适温性
四指马鲅 *Eleutheronema rhadinum*		√	W-W
六指马鲅 *Polydactylus sextarius*		√	W-W
赤点石斑鱼 *Epinephelus akaara*	√		W-T
白姑鱼 *Pennahia argentata*	√	√	W-W
尖头黄鳍牙鲷 *Chrysochir aureus*	√	√	W-T
棘头梅童鱼 *Collichthys lucidus*	√	√	W-T
屈氏叫姑鱼 *Johnius trewavasae*	√		W-T
鲩 *Michthys miuy*	√	√	W-T
黄姑鱼 *Nibea albiflora*	√	√	W-T
大黄鱼 *Larimichthys crocea*	√	√	W-W
小黄鱼 *Larimichthys polyactis*	√	√	W-T
鹿斑鲾 *Leiognathus ruconius*	√		W-W
短棘鲾 *Leiognathus equulus*	√		W-W
黑棘鲷 *Acanthopagrus schlegelii*	√		W-T
横带髭鲷 *Hapalogenys mucronatus*		√	W-T
朴蝴蝶鱼 *Chaetodon modesta*		√	W-W
带鱼 *Trichiurus japonicus*	√	√	W-T
鲔 *Pneumatophorus japonicus*	√	√	W-W
银鲳 *Pampus argenteus*	√	√	W-W
拉氏狼牙虾虎鱼 *Odontamblyopus lacepedii*	√	√	W-T
拟矛尾虾虎鱼 *Parachaeturichthys polynema*	√	√	W-T
中华栉孔虾虎鱼 *Ctenotrypauchen chinensis*	√		W-T
宽体舌鳎 *Cynoglossus robustus*	√	√	W-T
大鳞舌鳎 *Cynoglossus macrolepidotus*		√	W-W
半滑舌鳎 *Cynoglossus semilaevis*		√	W-T
短吻三线舌鳎 *Cynoglossus abbreviatus*	√		W-T
棕斑兔头鲀 *Lagocephalus spadiceus*		√	W-T
黄鳍东方鲀 *Takifugu xanthopterus*		√	W-W

注：本表以田明诚等[18]、陈永俊[19]和隋昊志等[20]对鱼类适温类型的研究作为主要分类依据。其中，W-T 表示暖温性鱼类（warm temperate species）；W-W 表示暖水性鱼类（warm water species）；C-T 表示冷温性鱼类（cold temperate species）。

2.2 生态类群分类

根据不同鱼类生长与繁殖的适温性，将调查海域所获得的鱼类划分为 3 种不同的适温类型[21]。

（1）暖水性鱼类：24 种，占总鱼类种数的 48.98%，主要有海鳗（*Muraenesox cinereus*）、鳓（*Ilisha elongata*）、中颌棱鳀（*Thryssa mystax*）、赤鼻棱鳀（*Thryssa kammalensis*）、斑鰶（*Konosirus punctatus*）、龙头鱼（*Harpadon nehereus*）和大黄鱼（*Larimichthys crocea*）等。

（2）暖温性鱼类：24 种，占总鱼类种数的 48.98%，主要有赤魟（*Hemitrygon akajei*）、光魟（*Dasyatis laevigatus*）、凤鲚（*Coilia mystus*）、刀鲚（*Coilia nasus*）、黄鲛鳚（*Lophius litulon*）、褐菖鲉（*Sebastiscus marmoratus*）和棘头梅童鱼（*Collichthys lucidus*）等。

（3）冷温性鱼类：仅孔鳐（*Raja porosa*）1 种，占比 2.04%。

2.3　优势种

调查海域春季和秋季优势种的相对重要性指数（IRI）如表 2 所示。从表 2 中可以看出，春季鱼类优势种有 3 种：黄鲫（*Setipinna tenuifilis*）、拉氏狼牙虾虎鱼（*Odontamblyopus lacepedii*）和棘头梅童鱼（*Collichthys lucidus*）。其中，黄鲫尾数占鱼类总尾数的 25.22%，其质量占鱼类总质量的 31.33%；拉氏狼牙虾虎鱼尾数占鱼类总尾数的 20.43%，其质量占鱼类总质量的 5.99%；棘头梅童鱼尾数占鱼类总尾数的 8.17%，其质量占鱼类总质量的 17.62%，说明棘头梅童鱼以大个体组成为主。秋季优势种有 1 种，为龙头鱼（*Harpadon nehereus*）。龙头鱼尾数占鱼类总尾数的 67.48%，其质量占鱼类总质量的 20.53%，说明龙头鱼以中小个体组成为主。

表 2　调查海域主要鱼类相对重要性指数（IRI）的季节变化

Table 2　The seasonal variation of the relative importance index（IRI）of fish in the survey area

种类	IRI	
	春季	秋季
黄鲫	2 545.0	115.1
拉氏狼牙虾虎鱼	1 188.5	21.3
龙头鱼	368.6	4 400.7
小黄鱼	138.8	136.5
棘头梅童鱼	1 067.3	429.8
黄鲛鳚	703.2	—
拟矛尾虾虎鱼	341.3	13.3
尖头黄鳍牙鲬	3.9	326.1
鲵	9.9	125.5
海鳗	—	291.2

2.4　生物多样性

调查海域春季和秋季的鱼类生物多样性指数如表 3 所示。春季，鱼类 Shannon-Wiener 多样性指数（H'）的平均值为 2.33 ± 0.41，其中，以 N02 站位最高，H' 为 3.29，以 N11 站位最低，H' 为 1.57。秋季，鱼类 Shannon-Wiener 多样性指数（H'）的平均值为 1.69 ± 0.69，其中，以 N13 站位最高，H' 为 3.05，以 N06 站位最低，H' 为 0.76。

春季，鱼类 Pielou 均匀度指数（J'）的平均值为 0.75 ± 0.11，其中，以 N16 站位最高，J' 为 0.97，以 N11 站位最低，J' 为 0.52。秋季，鱼类 Pielou 均匀度指数（J'）的平均值为 0.57 ± 0.21，其中，以 N13 站位最高，J' 为 0.85，以 N20 站位最低，J' 为 0.21。

表 3　调查海域春季和秋季鱼类生物多样性指数

Table 3　The biodiversity index of fish in spring and autumn in the survey area

季节	*D*			*H'*			*J'*		
	$\overline{X}$ ± SD	Max	Min	$\overline{X}$ ± SD	Max	Min	$\overline{X}$ ± SD	Max	Min
春季	2.18 ± 0.54	3.35	1.43	2.33 ± 0.41	3.29	1.57	0.75 ± 0.11	0.97	0.52
秋季	1.76 ± 0.69	3.12	0.80	1.69 ± 0.69	3.05	0.76	0.57 ± 0.21	0.85	0.21

春季，鱼类 Margalef 丰富度指数（D）的平均值为 2.18 ± 0.54，其中，以 N02 站位最高，D 为 3.35，以 N06 站位最低，D 为 1.43。秋季，鱼类 Margalef 丰富度指数（D）的平均值为 1.76 ± 0.69，其中，以 N13 站位最高，D 为 3.12，以 N06 站位最低，D 为 0.80。

2.5 群落聚类、排序结果分析

调查海域春季和秋季鱼类群落结构、NMDS 排序如图 2 所示。春季，以 40％的相似度进行划分，20 个群落可以分为 3 个组群，分别为Ⅰ组群（N11）、Ⅱ组群 (N16) 和Ⅲ组群 (N01、N02、N03、N04、N05、N06、N07、N08、N09、N10、N12、N13、N14、N15、N17、N18、N19、N20)。秋季，以 30％的相似度进行划分，20 个群落可以分为 3 个组群，分别为Ⅰ组群（N17）、Ⅱ组群（N15）和Ⅲ组群（N01、N02、N03、N04、N05、N06、N07、N08、N09、N10、N11、N12、N13、N14、N16、N18、N19、N20），春季的群落结构相似度整体高于秋季。调查海域春季和秋季的 NMDS 排序的应力系数（stress）分别为 0.17 和 0.18，均介于 0.1 ～ 0.2，说明 NMDS 二维点阵图具有一定的解释意义，且春季和秋季数据开展的聚类分析和 NMDS 排序结果均揭示了调查海域鱼类群落结构在季节维度上的变化规律，以及相应空间区系分布方面存在的差别（图 3）。

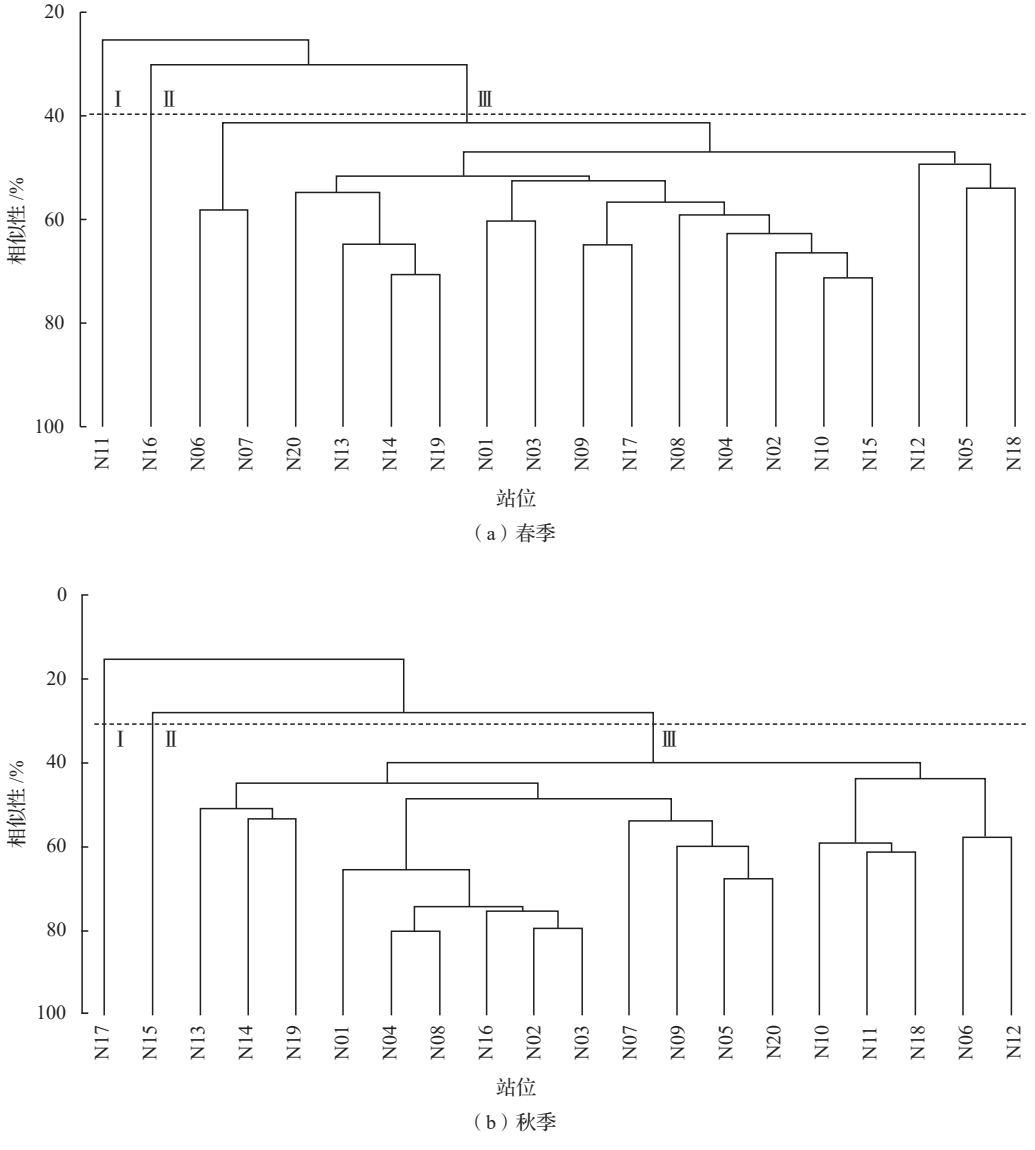
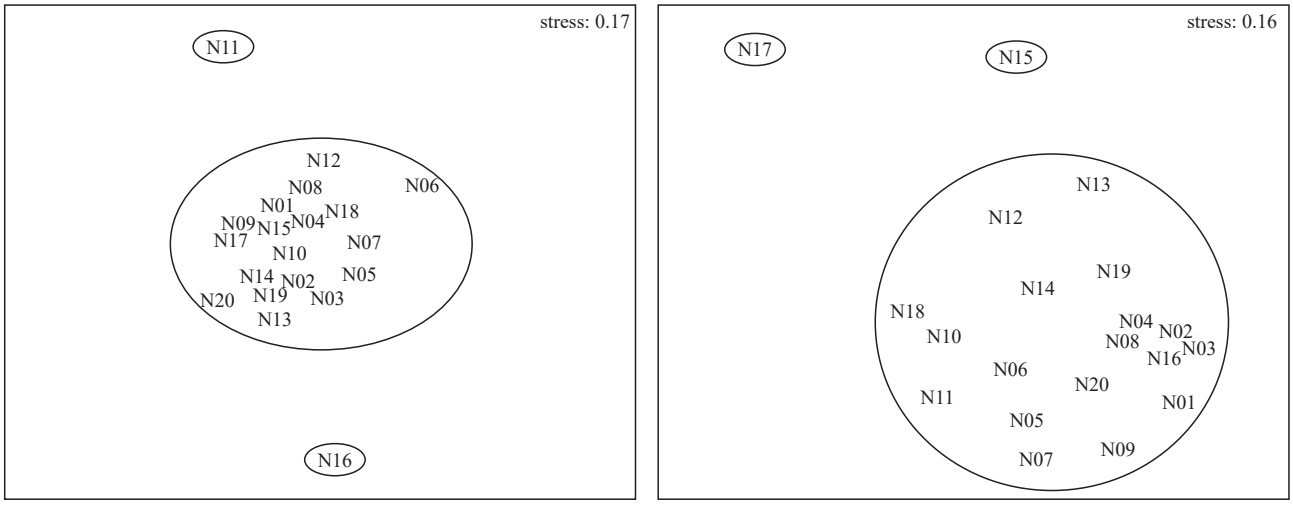


图 2 调查海域春季和秋季不同站位鱼类群落的 Bray-Curtis 聚类

Fig.2 Bray-Curtis cluster analysis of fish communities at different stations in the survey area during spring and autumn



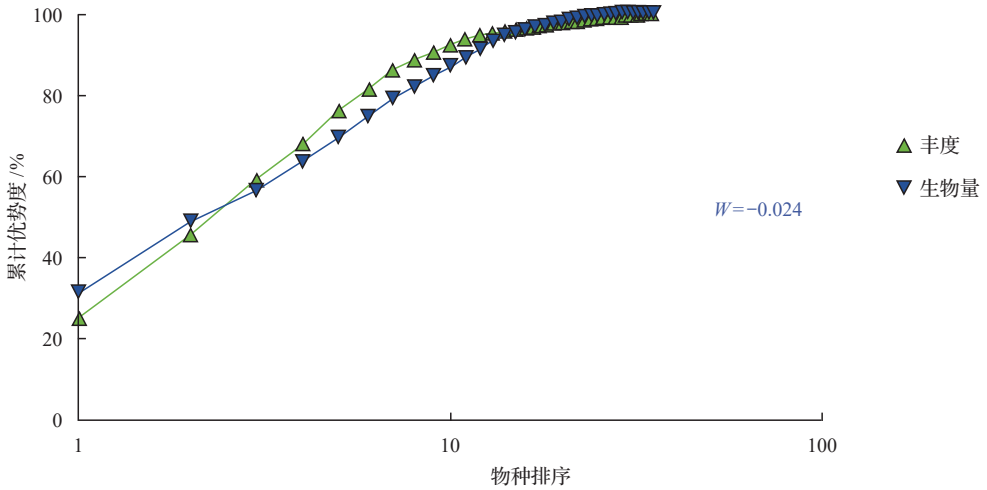
（a）春季　　（b）秋季

图 3　调查海域春季和秋季不同站位鱼类群落非度量多维标度 NMDS 排序

Fig.3　Non-metric multidimensional scaling（NMDS）ordination of fish communities at different stations in the survey area during spring and autumn

2.6　ABC 曲线特征

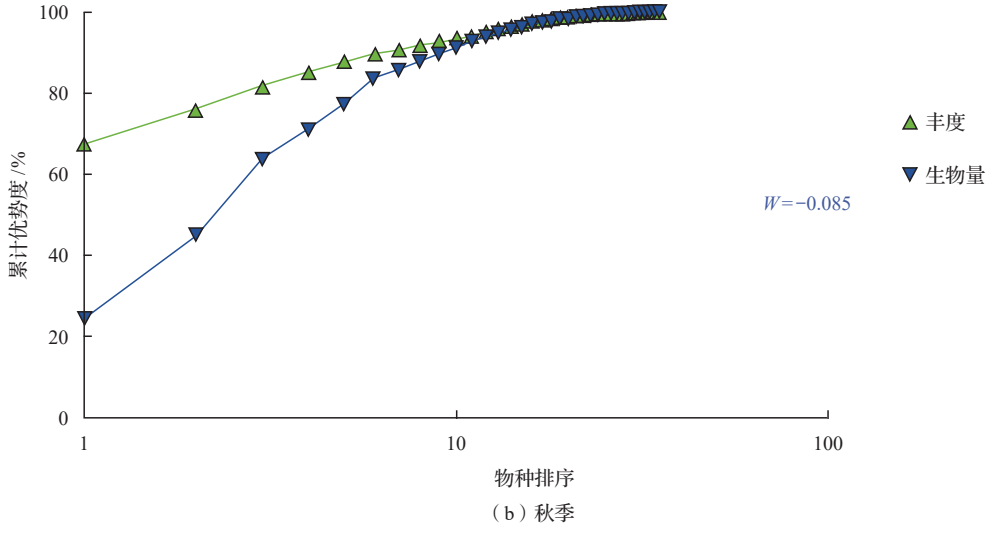
调查海域春季和秋季鱼类群落 ABC 曲线如图 4 所示，春季和秋季的 W 指数分别为 −0.024 和 −0.085，均为负值。春季曲线表现为交替变化的特征：初始阶段生物量曲线高于丰度曲线，随后丰度曲线占据上方，至末段两者趋于重合。这一变化过程反映了春季鱼类群落结构由相对稳定状态，逐渐过渡到严重受干扰，最终到中度干扰的动态过程。秋季丰度曲线自起点起持续高于生物量曲线，直至末段才出现重叠趋势，说明秋季鱼类群落整体处于受干扰较强的状态，并在后期逐渐过渡到中度干扰。



（a）春季

图 4　调查海域春季和秋季鱼类的 ABC 曲线

Fig.4　ABC curves of fish communities in spring and autumn



（b）秋季

图 4　调查海域春季和秋季鱼类的 ABC 曲线（续图）

Fig.4　ABC curves of fish communities in spring and autumn

3　讨论

3.1　种类组成分析

春季和秋季在调查海域内共鉴定出鱼类 49 种，其中，春季 35 种，秋季 35 种，鱼类种类组成中以鲈形目和鲱形目为主，分别占鱼类总种数的 44.90％和 14.29％。从鱼类适温类型来看，调查海域的鱼类多以暖水性和暖温性种类为主，均占鱼类总种数的 48.98％，而冷水性种类只有孔鳐 1 种，产生这种现象的原因，可能与调查海域的水文环境受台湾暖流影响较大有关，同时，由于距离岸区较远，冬季受陆地低温影响相对于河口岸区较弱。

与何贤保等[3-4]和谢旭等[6]的研究结果相比，鱼类的种类数以及种类组成各不相同，究其原因，一方面可能由调查区域和范围不同所致；另一方面可能是受鱼类的游动性和海水的流动性影响，在某一特定海域分布的鱼类是持续变化的，导致不同时间即使在同一地点开展鱼类调查，所获得的结果也会产生较大的偏差，甚至在同一地点刚捕上一网，在原地再次下网捕捞，捕获上来的鱼类种类组成也会出现很大的差别。也就是说，海洋中鱼类的游动和海水的流动都会影响不同年份调查的鱼类种类组成，尤其是一些少有和稀有种类。此外，也可能是由于每次调查所用的拖网网具有所差别，还有可能是全球气候持续变暖导致了调查海域鱼类种类组成的动态变化。具体原因尚有待今后进一步深入探讨与研究。

3.2　优势种变化分析

根据本次调查结果，春季和秋季两季的鱼类种类数均为 35 种，但是，种类组成表现为明显的季节更替，尤其是优势种的组成季节更替明显。从表 2 中可以看出，本次调查中春季优势种为黄鲫、拉氏狼牙虾虎鱼、棘头梅童鱼，三者合计丰度占鱼类总丰度的 53.82％，渔获量占鱼类总渔获量的 54.94％；秋季则仅有一种（龙头鱼）优势种，龙头鱼的丰度占鱼类总丰度的 67.48％，龙头鱼渔获量占鱼类总渔获量的 20.53％。可见，秋季鱼类优势种的组成与春季相比较为单一，对整个鱼类丰度主成分贡献的主要是龙头鱼。而根据谢旭等[6]在南麂列岛浅海区的海域调查显示，春季优势种为六丝钝尾虾虎鱼（*Amblychaeturichthys hexanema*）和棘绿鳍鱼（*Chelidonichthys spinosus*）两种，秋季优势种为龙头鱼、棘头梅童鱼和六丝钝尾虾虎鱼 3 种。尽管部分优势种发生了更替，但该海域渔业资源的优势类群仍以龙头鱼和棘头梅童鱼等为主，鱼类群落主体结构仍保持相对稳定。

3.3　生物多样性季节与区域差异分析

生物多样性指数是生物群落中物种数和各物种

个体数构成群落结构特征的一种表示方法，是衡量渔业生物群落结构稳定性的重要指标[22]。当群落中生物种类数量增加时，群落的复杂程度会随之提升，其多样性指数也会增大[23]。从表 3 中可以看出，在该调查海域中，Shannon-Wiener 多样性指数（H'）、Pielou 均匀度指数（J'）、Margalef 丰富度指数（D）平均值均为春季高于秋季。其原因可能是春季随着海水水温升高，鱼类性腺发育成熟，不同鱼类纷纷前来该海域进行繁殖产卵，导致春季的鱼类生物多样性明显增加[5]，具体原因有待进一步研究。

通过比较不同区域的鱼类生物多样性指数可以发现，无论是春季还是秋季，其生物多样性指数较高的站位主要分布在远离岛礁区的海域，如 N02 站位、N13 站位和 N16 站位，而生物多样性指数较低的站位主要分布在靠近岛礁区的海域，如 N06 站位和 N11 站位，表现出随着水深的增加生物多样性指数逐渐升高的趋势。

3.4　群落聚类、排序结果分析

根据春季和秋季调查海域鱼类群落的 Bray-Curtis 相似性聚类分析和 NMDS 排序来看，NMDS 排序具有一定的解释力，可反映季节间群落结构的空间分布差异。在空间分布上，春季Ⅰ组和Ⅱ组的调查站位主要分布在南麂列岛岛礁周边，该区域水深变化较小、梯度平缓；Ⅲ组站位则多位于离岛较远、靠近外海的深水区，水深梯度明显。相较之下，秋季Ⅰ组站位主要位于调查海域的边缘区域，而Ⅱ组站位以岛礁周边为主[5]。这种季节间群落空间分布格局的差异，可能与水深变化有关。相关研究表明，在影响鱼类群落结构的多种环境因子中，水深是影响游泳动物群落结构变化的最主要环境因素[8]，其变化往往伴随水温和盐度等参数的梯度差异，会间接塑造群落组成与空间格局。此外，该季节性分布差异也反映了鱼类对不同水文条件的生境偏好及迁移行为，对理解群落生态动态具有重要意义[5]。

3.5　ABC 曲线分析

根据鱼类 ABC 曲线可知，春季和秋季的 W 指数均为负值，表明该海域的鱼类群落结构生物量分布较为均匀，未出现单一优势种垄断现象，群落组成以体型较小、生物量较低的鱼类物种为主，也表明春季和秋季群落均受到不同程度的干扰。春季鱼类群落结构由相对稳定状态逐渐过渡到严重受干扰，最终到中度干扰的动态过程，其原因可能是调查海域在海洋工程建设和人类活动的共同作用下，其稳定性遭到削弱[24]。当受到外界非自然干扰时，海域内的物种群落往往难以维持稳定，进而引发演替现象。秋季鱼类群落结构由严重受干扰逐渐过渡到中度干扰的状态，这说明秋季鱼类个体更小，生物量相较于丰度并不占优势，这可能是因为秋季是传统捕捞旺季，大型经济鱼类（如鲷科、石首鱼科）因高经济价值更易被过度捕捞，导致群落小型化。也可能是因为大型鱼类常具洄游习性，秋季可能向深水或南方海域迁移，造成定居性小型鱼类（如鰕虎鱼、小沙丁鱼）留存比例上升[25]。

4　鱼类资源保护建议

通过对调查海域春季和秋季鱼类资源的研究，本文分析了该海域的鱼类种类组成、优势种、生物多样性及群落结构等方面的特征。研究表明，该海域鱼类种类多样，春季和秋季的鱼类群落表现出明显的季节性变化，春季生物多样性较高，秋季鱼类群落则表现出较强的受干扰特征。优势种在不同季节之间发生更替，且区域性差异明显，随水深增加呈上升趋势。此外，研究结果还揭示了该海域的鱼类群落结构正面临人类活动及环境变化等外界干扰的挑战。为更好地保护调查海域的鱼类资源，提出建议如下。

4.1　进一步加强保护区的管理，减少人为干扰

春季和秋季鱼类群落受干扰程度较高，尤其在秋季，过度捕捞和外部干扰可能导致鱼类资源退化。建议进一步加强调查海域的管理，限制渔业捕捞、养殖以及旅游等活动，以减少对该海域鱼类群落结构的干扰和渔业资源的破坏，促进生物多样性保护。

4.2　继续加强资源监测与数据积累

过去 30 余年，调查海域通过健全管理体系、持续开展科研调查与生态监测，并结合公众教育与社区共管等措施，在维护海洋生物多样性和渔业资源方面取得了较为显著的成效。基于现有基础，未

来亟须进一步加强系统化和长期化的渔业资源监测工作，持续积累鱼类种群数量、物种组成及生物多样性等关键生态数据，为鱼类资源动态管理、保护措施优化及修复方案的制定提供更加精准和可靠的科学依据。

4.3 实施科学化的增殖放流与生态修复措施

在科学评估调查海域渔业资源生态承载力的基础上，有针对性地开展重要经济鱼类和关键生态类群的增殖放流工作。通过合理选择放流物种，优化放流规格与数量配置，可在一定程度上补充自然种群数量，促进鱼类群落结构的恢复与稳定。同时，应同步开展增殖放流效果的长期跟踪监测与评估，重点关注放流个体的存活、生长及其对群落结构和生物多样性格局的影响，从而提升资源恢复成效，促进区域鱼类生物多样性的维持与提升。

4.4 继续加大社会宣传及公众教育力度

应通过持续开展海洋生态保护宣传与科普教育活动，对渔民加强可持续渔业管理理念与相关技术的培训，提升相关利益主体对海洋生态保护的认知水平与参与意愿。同时，在严格落实生态保护要求的前提下，引导发展以生态保护为核心的生态旅游模式，实现调查海域生态保护目标与区域旅游经济的协同发展，从而增强社会公众对海洋资源保护区管理的认同度和支持度。

参考文献（References）：

[1] 蔡厚才. 南麂列岛国家级海洋自然保护区简志[M]. 北京：海洋出版社，2021：13-14.
CAI Houcai. Brief notes on Nanji Islands national marine nature reserve[M]. Beijing: Ocean Press, 2021: 13-14.

[2] 孙建璋，王友松，余海. 南麂列岛海滨生物实习指导[M]. 北京：海洋出版社，2000：1-235.
SUN Jianzhang, WANG Yousong, YU Hai. Practice guidance of Nanji Islands seashore biology[M]. Beijing: Ocean Press, 2000: 1-235.

[3] 何贤保，章飞军，林利，等. 南麂列岛岛礁区域鱼类种类组成和数量分布[J]. 海洋与湖沼，2013，44(2)：453-460.
HE Xianbao, ZHANG Feijun, LIN Li, et al. Species composition and quantitative distribution of fishes in island-reef water of Nanji islands[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2013, 44(2): 453-460.

[4] 何贤保. 南麂列岛海洋自然保护区岛礁区鱼类群落结构特征研究[D]. 舟山：浙江海洋学院，2013.
HE Xianbao. Community structure characteristics of coral reef area fishes in Nanji Islands marine nature reserve[D]. Zhoushan: Zhejiang Ocean University, 2013.

[5] 张文俊，俞存根，菅康康，等. 南麂列岛海洋自然保护区东侧海域鱼类群落结构特征研究[J]. 浙江海洋大学学报（自然科学版），2019，38(6)：487-494.
ZHANG Wenjun, YU Cungen, JIAN Kangkang, et al. Study on the characteristics of fish community structure in the east of Nanji Islands marine nature reserve[J]. Journal of Zhejiang Ocean University (Natural Science), 2019, 38(6): 487-494.

[6] 谢旭，俞存根，蔡厚才，等. 南麂列岛浅海区鱼种组成、分布与环境因子的关系[J]. 广东海洋大学学报，2017，37(4)：46-54.
XIE Xu, YU Cungen, CAI Houcai, et al. The composition and distribution of fish assemblage in the shallow waters around NANJI islands and its relationship with environmental factors[J]. Journal of Guangdong Ocean University, 2017, 37(4): 46-54.

[7] 李新. 南麂列岛海域鱼类群落结构及生物多样性研究[D]. 舟山：浙江海洋学院，2015.
LI Xin. Community structure and diversity of fish in the sea area of Nanji Islands[D]. Zhoushan: Zhejiang Ocean University, 2015.

[8] 夏陆军，陈万东，郑基，等. 南麂列岛海洋自然保护区的虾类种类组成和数量分布[J]. 中国水产科学，2016，23(3)：648-660.
XIA Lujun, CHEN Wandong, ZHENG Ji, et al. Species composition and quantitative distribution of shrimp in the Nanji Islands marine conservation area[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2016, 23(3): 648-660.

[9] 孙蓓蓓，俞存根，刘惠，等. 南麂列岛东侧海域春秋季虾蟹类生物多样性[J]. 生物多样性，2019，27(7)：787-795.
SUN Beibei, YU Cungen, LIU Hui, et al. Spring and autumn shrimp and crab biodiversity in the east Nanji Islands[J]. Biodiversity Science, 2019, 27(7): 787-795.

[10] PINKAS L, OLIPHANT M S, IVERSON I L K. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters[J]. Fishery Bulletin, 1971, 152(1): 1-105.

[11] 俞存根，宋海棠，姚光展．东海蟹类群落结构特征的研究[J]．海洋与湖沼，2005，36(3)：213-220.
YU Cungen，SONG Haitang，YAO Guangzhan．Crab community structure in the East China Sea[J]．Oceanologia et Limnologia Sinica，2005，36(3)：213-220.

[12] PIELOU E C．Ecological Diversity[M]．New York：John Wiley and Sons，1975.

[13] MARGALEF R．Information theory in ecology[J]．General Systems，1958，3：36-71.

[14] LUDWIG J A，REYNOLDS J F．Statistical ecology[M]．New York：John Wiley & Sons，1988.

[15] 李进京，刘颖，李祥付，等．韭山列岛海洋生态自然保护区及其附近海域底拖网生物资源的分布及群落结构分析[J]．海洋与湖沼，2020，51(1)：176-185.
LI Jinjing，LIU Ying，LI Xiangfu，et al．Distribution and community structure of trawling marine organisms in Jiushan islands marine ecological nature reserve and adjacency[J]．Oceanologia et Limnologia Sinica，2020，51(1)：176-185.

[16] KHALAF M A，KOCHZIUS M．Changes in trophic community structure of shore fishes at an industrial site in the Gulf of Aqaba，Red Sea[J]．Marine Ecology Progress Series，2002，239：287-299.

[17] 李圣法．以数量生物量比较曲线评价东海鱼类群落的状况[J]．中国水产科学，2008，15(1)：136-144.
LI Shengfa．Status of fish community in East China Sea using the method of abundance-biomass comparison (ABC) curve[J]．Journal of Fishery Sciences of China，2008，15(1)：136-144.

[18] 田明诚，孙宝龄，杨纪明．渤海鱼类区系分析[J]．海洋科学集刊，1993(34)：157-167.
TIAN Mingcheng，SUN Baoling，YANG Jiming．Analysis of the fish fauna in the Bohai Sea[J]．Studia Marina Sinica，1993(34)：157-167.

[19] 陈永俊．台湾海峡鱼类物种多样性及生态区系的研究[D]．厦门：国家海洋局第三海洋研究所，2014.
CHEN Yongjun．Studies of fish species diversity and ecological fauna in Taiwan Strait[D]．Xiamen：Third Institute of Oceanography (TIO) of the Ministry of Natural Resources，2014.

[20] 隋昊志，薛莹，任一平，等．海州湾鱼类生态类群的研究[J]．中国海洋大学学报（自然科学版），2017，47(12)：59-71.
SUI Haozhi，XUE Ying，REN Yiping，et al．Studies on the ecological groups of fish communities in Haizhou Bay，China[J]．Periodical of Ocean University of China，2017，47(12)：59-71.

[21] 俞存根，蔡厚才，刘录三，等．南麂列岛海洋自然保护区浅海生态环境与渔业资源[M]．北京：科学出版社，2018：10.
YU Cungen，CAI Houcai，LIU Lusan，et al．Nanji islands marine nature reserve shallow sea ecological environment and fishery resources[M]．Beijing：Science Press，2018：10.

[22] WALSH M R，MUNCH S B，CHIBA S，et al．Maladaptive changes in multiple traits caused by fishing：impediments to population recovery[J]．Ecology Letters，2006，9(2)：142-148.

[23] 谢旭，俞存根，蔡厚才，等．南麂列岛海域蟹类群落结构及其与环境因子的关系[J]．海洋学报，2017，39(10)：65-77.
XIE Xu，YU Cungen，CAI Houcai，et al．The crab community structure and its relationship with environment factors in the Nanji Islands ground shallow sea area waters[J]．Haiyang Xuebao，2017，39(10)：65-77.

[24] 于南京，俞存根，许永久，等．舟山群岛外海域春秋季鱼类群落结构及生物多样性[J]．水产学报，2021，45(8)：1374-1383.
YU Nanjing，YU Cungen，XU Yongjiu，et al．Fish community structure and biodiversity in the offshore waters of Zhoushan Islands in spring and autumn[J]．Journal of Fisheries of China，2021，45(8)：1374-1383.

[25] 戴冬旭．南麂列岛东侧海域渔业生物群落结构及其生态位与种间联结性研究[D]．舟山：浙江海洋大学，2020.
DAI Dongxu．Study on the structure of marine fishery community and its niche and interspecific association in the east of Nanji Islands[D]．Zhoushan：Zhejiang Ocean University，2020.