

文章编号: 1674-5566(2024)03-0755-13

DOI: 10.12024/jsou.20231104353

## 福建近岸海域鱼类群落结构及资源现状

吴同晋<sup>1,2</sup>, 沈长春<sup>2</sup>, 钟俊生<sup>1</sup>, 蔡建堤<sup>2</sup>, 余伟<sup>1,2</sup>, 马超<sup>2</sup>, 徐春燕<sup>2</sup>, 庄之栋<sup>2</sup>, 谢少卿<sup>2</sup>, 刘勇<sup>2</sup>

(1. 上海海洋大学 环境DNA技术与水生态健康评估工程中心, 上海 201306; 2. 福建省水产研究所 海洋渔业资源保护与利用研究中心, 福建 厦门 361013)

**摘要:** 为探明福建近岸海域鱼类群落, 本研究于2022年5月(春季)、11月(秋季)和2023年2月(冬季)、7月(夏季)在福建近岸海域开展了4个季度的底拖网采样调查, 分析了该海域鱼类的种类组成、区系特征、优势种、多样性以及群落受干扰程度等, 并阐述了鱼类群落的群聚结构。本研究共采集鱼类200种, 隶属于22目80科149属。适温类型以暖水性为主(占比75.00%), 区系类型以底层鱼类为主(占比47.50%)。鱼类平均质量密度为687.16 kg/km<sup>2</sup>, 夏季最高, 冬季最低; 平均丰度为42 909.10 ind./km<sup>2</sup>, 秋季最高, 冬季最低。各季度优势种共计14种, 其中日本带鱼为全年优势种。秋季鱼类Margalef丰富度指数(*D*)最高而Shannon-Wiener多样性指数(*H'*)最低, Pielou均匀度指数(*J'*)全年变化幅度不大, 峰值出现在冬季。聚类分析显示, 福建近岸海域鱼类群落可明显分为北部近岸和南部近岸2种类型鱼类群落, 且群落种类组成在各季节不同区域间均存在显著差异。数量生物量曲线显示, 鱼类群落在春季受到中等程度的干扰, 在夏季、秋季和冬季均受到严重干扰。

**关键词:** 近岸海域; 群落结构; 鱼类资源; 福建

**中图分类号:** S 932.4 **文献标志码:** A

福建近岸海域地处亚热带, 自然环境优越且海域气候温和<sup>[1]</sup>, 海域面积达13.6万km<sup>2</sup>, 海岸线长3 752 km, 居全国第二位<sup>[2]</sup>。该海域常年受到浙闽近岸流、台湾暖流及黑潮分支的影响, 营养盐丰富, 是我国重要的渔业生产海域之一, 也是许多鱼类重要的索饵场和产卵场, 海洋资源丰富<sup>[3]</sup>。近年来, 随着福建近岸海域渔业资源的过度利用、临海工业的大力发展以及气候变化等因素, 渔业资源不断衰退, 平均营养级和群落多样性水平不断下降, 渔业资源可持续利用状况受到严峻挑战。福建近岸海域由于其独特的地理位置和海洋环境特征一直广受关注, 对其生态系统的研究也时有报道。国内学者从海域富营养化<sup>[4]</sup>和生态环境变化响应<sup>[5]</sup>等多方面进行探讨, 在鱼类群落方面也开展了优势种群群聚特性<sup>[6]</sup>和时空生态位特征<sup>[7]</sup>等方面的研究, 但这些研究多聚焦

于河口、海湾或渔场等有限的特定水域, 未能对福建近岸海域进行系统的整合和分析。

本研究基于2022—2023年福建近岸海域开展的4个季度底拖网渔业资源调查, 分析了该海域鱼类群落的种类组成、资源分布、优势种及物种多样性的季节变化等群落结构特征, 以期为福建近岸海域渔业资源的可持续利用与保护提供科学依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 站位设置与采样方法

2022年5月(春季)和11月(秋季)、2023年2月(冬季)和7月(夏季), 以福建机轮拖网禁渔区线向陆一侧的近岸海域(23°15'N~27°00'N, 117°10'E~121°00'E)为研究区域, 按10'×15'站位间隔均匀设置60个采样站位(图1), 利用单船单囊

收稿日期: 2023-11-22 修回日期: 2024-02-05

基金项目: 农业农村部中央渔业发展“近岸渔业资源综合科学调查专项”

作者简介: 吴同晋(1998—), 男, 硕士研究生, 研究方向为水生生物学。E-mail: wtj9797@163.com

通信作者: 刘勇, E-mail: liuyong748@aliyun.com

版权所有 ©《上海海洋大学学报》编辑部(CC BY-NC-ND 4.0)

Copyright © Editorial Office of Journal of Shanghai Ocean University (CC BY-NC-ND 4.0)

<http://www.shhydx.com>

有翼拖网(网袖长 60 m、网囊长 40 m、网口周长 100 m、囊网网目 30 mm、扫海宽度 16 m)进行调查。临放网前和起网前准确测定船位,放网时间以停止曳纲投放、纲着底开始受力时为准;起网时间以起网机开始卷收曳纲的时间为准。每个

采样站位拖网 1 h,不足或多于的站位都标准化到 1 h,拖速为 3.5 kn 左右,现场计测渔获量并随机取样。具体操作流程依据 GB/T 12763.6—2007《海洋调查规范第 6 部分:海洋生物调查》<sup>[8]</sup>相关要求。

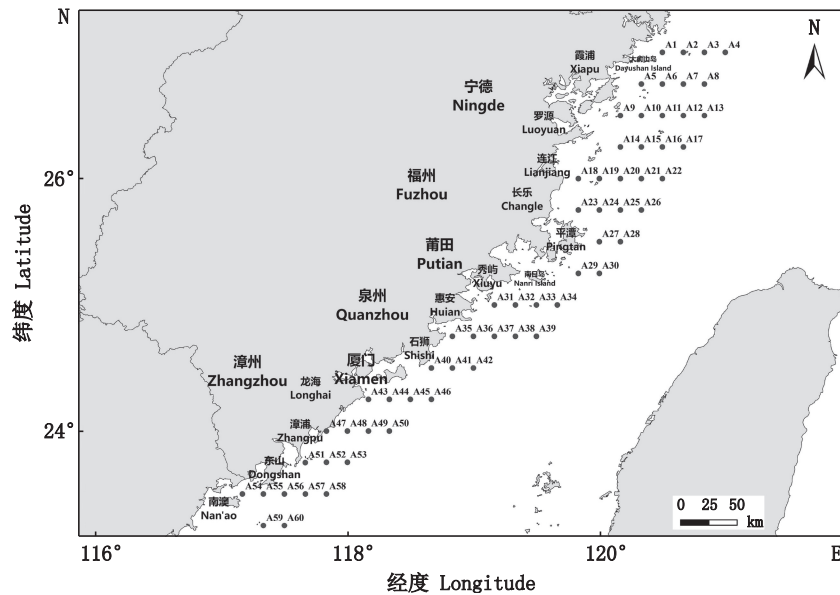


图 1 采样站位图

Fig. 1 Sampling stations

## 1.2 样品鉴定与分析

样品冰鲜带回实验室后进行鉴定分析,对每种鱼进行体长和体质量的测量以及尾数计数,体长采用直尺测量(精确至 1 mm),体质量采用电子天平测量(精确至 0.1 g)。在进行数据统计分析前,将所有原始渔获物数据以时间为单位进行标准化处理,转换为生物量(g/h)和丰度(ind./h)。

物种鉴定主要参考《福建鱼类志(上、下卷)》<sup>[9-10]</sup>、《中国海洋及河口鱼类系统检索》<sup>[11]</sup>、《中国海洋鱼类》<sup>[12]</sup>等进行形态学分类鉴定;学名参考《中国海洋及河口鱼类系统检索》;鱼类区系特征参考《东海大陆架生物资源与环境》<sup>[3]</sup>和《福建省渔业资源》<sup>[13]</sup>。

## 1.3 数据分析

采用扫海面积法估算鱼类资源密度。计算公式如下<sup>[14]</sup>:

$$D = C/aq \quad (1)$$

式中:  $D$  为鱼类资源密度,  $\text{kg}/\text{km}^2$  或  $\text{ind.}/\text{km}^2$ ;  $C$  为平均每小时拖网渔获量,  $\text{kg}/\text{h}$  或  $\text{ind.}/\text{h}$ ;  $a$  为每小时的扫海面积,  $\text{km}^2/\text{h}$ ;  $q$  为网具捕捞率,本研究取 0.5。

采用相对重要性指数(Index of relative importance, IRI)判断鱼类的优势种,其计算公式如下<sup>[15]</sup>:

$$I_{\text{IRI}} = (N+W) \times F \times 10^4 \quad (2)$$

式中:  $I_{\text{IRI}}$  为相对重要性指数;  $N$  为某一种类的尾数占总尾数的百分比;  $W$  为某一种类的质量占总质量的百分比;  $F$  为某一种类出现的站数占采样总站数的百分比。本文以 IRI 值大于 500 的鱼类种类为优势种, IRI 值在 (100, 500] 的为常见种, IRI 值在 (10, 100] 的为一般种, IRI 值在 [1, 10] 的为少见种, IRI 值小于 1 的为稀有种。

采用 Shannon-Winner 多样性指数 ( $H'$ )、Margalef 种类丰富度指数 ( $D$ )、Pielou 均匀度指数 ( $J'$ ) 分别计算尾数多样性<sup>[16-18]</sup>。

Shannon-Wiener 多样性指数为

$$H' = -\sum_{i=1}^S (P_i \ln P_i) \quad (3)$$

Pielou 均匀度指数为

$$J' = \frac{H'}{\ln S} \quad (4)$$

Margalef 种类丰富度指数为

$$D = \frac{(S - 1)}{\ln N} \quad (5)$$

式中: $P_i$ 为*i*种类的体质量占渔获物总质量的比例; $S$ 为种类数; $N$ 为渔获物总尾数。

数量生物量比较曲线 (Abundance biomass comparison curve, 简称 ABC 曲线)<sup>[19]</sup>将数量优势度曲线和生物量优势度曲线放在同一坐标系中,以两条曲线的分布情况来分析群落的受干扰情况:若生物量优势度曲线分布于数量优势度曲线之上,则群落结构相对稳定,未受到明显干扰;若两条曲线相交,说明群落受到外界干扰因素的干扰,处于相对不稳定的状态;若数量优势度曲线在生物量优势度曲线之上,则表明群落受到严重干扰。用  $W$  值表示两种优势度曲线的相对关系统计量,其取值范围为-1~1,当其值为1时,表明群落未受干扰;当值为0时,表明群落受到中度干扰;而当值为-1时,则说明群落受到严重干扰<sup>[20]</sup>。其计算公式为

$$W = \frac{\sum_{i=1}^S (B_i - A_i)}{50(S - 1)} \quad (6)$$

式中: $B_i$ 和 $A_i$ 分别为 ABC 曲线中种类序号对应的生物量和数量占比,%; $S$ 为总种类数。

在运用 PRIMER 6.0 软件进行鱼类群落结构分析之前,首先对原始数据进行预处理,剔除站位出现频率低于 10% 的物种以减少稀有物种效应。同时为了平衡优势种与非优势种在群落中的作用,将鱼类丰度数据进行平方根转换预处理。然后构建 Bray-Curtis 相似矩阵进行等级聚类分析 (CLUSTER),分析 4 个季度的鱼类群落结构相似性。应用单因子相似性分析 (ANOSIM) 来检验不同站位组的群落结构差异的显著性。采用 SIMPER 分析不同群组之间的相异性和同群组内相似性的物种贡献率。

运用 Excel 2016、ArcMap 10.8.1、Ocean data view 5.6.5 等进行生物统计及绘图。

## 2 结果与分析

### 2.1 种类组成

本研究共采集鉴定鱼类 200 种,隶属于 22 目 80 科 149 属,其中鲈形目 (Perciformes) 占比最大,包括 34 科 74 属 101 种,占鱼类物种总数的

50.50%,其次是鲱形目 (Clupeiformes)、鲉形目 (Tetraodontiformes) 和 鲈形目 (Scorpaeniformes), 分别占比 10.00%、6.50% 和 6.50% (表 1)。物种数季度间差异明显,春季采集鱼类 111 种、夏季 122 种、秋季 129 种、冬季 97 种。4 个季度共有种 44 种,如二长棘犁齿鲷 (*Evynnis cardinalis*)、六丝钝尾虾虎鱼 (*Amblychaeturichthys hexanema*) 和日本带鱼 (*Trichiurus japonicus*) 等,占总物种数的 22.00%; 只在一个季度出现的鱼类有 73 种,如只在春季出现的中华单角鲀 (*Monacanthus chinensis*) 和只在秋季出现的仙鲈鲷 (*Sirembo imberbis*) 等; 出现 2 个季度的鱼类有 42 种,如乌鲷 (*Parastromateus niger*) 和花斑蛇鲻 (*Saurida undosquamis*) 等; 出现 3 个季度的有 41 种,如刺鲷 (*Psenopsis anomala*) 和丝背细鳞鲀 (*Stephanolepis cirrhifer*) 等 (图 2)。

表 1 鱼类分类阶元组成  
Tab. 1 Taxonomic level composition of fish

纲 Class	目 Order	数量 Quantity		
		科 Family	属 Genus	种 Species
软骨鱼纲 Chondrichthyes	须鲨目 Orectolobiformes	1	1	1
	真鲨目 Carcharhiniformes	2	3	3
	电鳐目 Torpediniformes	1	1	1
	鳐目 Rajiformes	2	2	2
	鲼目 Myliobatiformes	3	3	4
辐鳍鱼纲	鳗鲡目 Anguilliformes	5	9	11
Actinopterygii	鲱形目 Clupeiformes	3	10	20
	鼠鲭目 Gonorhynchiformes	1	1	1
	鲶形目 Siluriformes	2	2	2
	仙女鱼目 Aulopiformes	1	2	4
	灯笼鱼目 Myctophiformes	1	1	1
	鳉形目 Gadiformes	1	1	1
	鲈形目 Ophidiiformes	1	1	1
	鮫鱈目 Lophiiformes	2	2	3
	鲻形目 Mugiliformes	1	2	3
	银汉鱼目 Atheriniformes	1	1	1
	颌针鱼目 Beloniformes	1	1	1
	刺鱼目 Gasterosteiformes	2	2	2
	鲉形目 Scorpaeniformes	6	13	13
	鲈形目 Perciformes	34	74	101
	鲽形目 Pleuronectiformes	5	7	11
鲉形目 Tetraodontiformes	4	10	13	

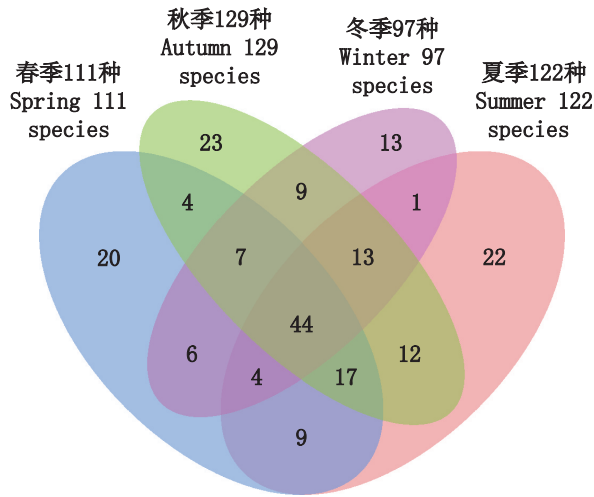


图2 鱼类季度物种数 VENN 图  
Fig. 2 Fish quarterly species VENN chart

在鱼类适温性方面,可分为暖水性种、暖温性种、冷温性种和冷水性种。本次调查中鱼类种类组成均为暖水性和暖温性,未发现冷温性和冷水性鱼种。暖水性鱼类有 150 种,占 75.00%,其中包括黄鲫 (*Setipinna tenuifilis*)、龙头鱼

(*Harpadon nehereus*) 和蓝圆鲹 (*Decapterus maruadsi*) 等;暖温性鱼类有 50 种,占 25.00%,包括中国团扇鲷 (*Platyrrhina sinensis*)、六丝钝尾虾虎鱼、日本带鱼和刺鲳等。4 个季度所采集的鱼类均是暖水性占比较大,暖温性占比较小,其中暖水性鱼类种类数占比最高为夏季,其他季节依次为春季>秋季>冬季。

在栖息水层方面,依据《福建省渔业资源》<sup>[13]</sup>和 FishBase (<https://www.fishbase.org>) 中鱼类栖息地生态类型划分,将研究海域鱼类分为 4 种,其中中上层鱼类有 43 种,占比 21.50%,如七丝鲚 (*Coilia grayii*) 等;近底层鱼类有 52 种,占比 26.00%,如六班刺鲃 (*Diodon holocanthus*) 等;底层鱼类有 95 种,占比 47.50%,如何氏甕鲷 (*Raja hollandi*) 等;岩礁鱼类 10 种,占比 5.00%,如半线天竺鲷 (*Apogon semilineatus*) 等。4 个季度所采集的鱼类均是底层鱼类占比较大,中上层和近底层鱼类占比较小,其中底层鱼类占比最大的为冬季,其他季节依次是夏季>秋季>春季(表 2)。

表 2 各季节鱼类生态习性组成  
Tab. 2 Composition of fish ecological habits by season

季节 Season	暖水性 Warm-water	暖温性 Warm-temperate	中上层 Pelagic	近底层 Near-demersal	底层 Demersal	岩礁 Reef
春季 Spring	83	28	23	29	50	9
夏季 Summer	91	31	22	34	59	7
秋季 Autumn	92	37	26	38	60	5
冬季 Winter	64	33	20	23	51	3

## 2.2 资源密度分布

### 2.2.1 质量密度分布

调查海域鱼类 4 个季度平均质量密度为 687.16 kg/km<sup>2</sup>,其中夏季平均质量密度最高,为 1 231.61 kg/km<sup>2</sup>;冬季最低,仅有 230.34 kg/km<sup>2</sup>;秋季和春季分别为 573.54 和 731.14 kg/km<sup>2</sup>。

鱼类春季质量密度为 44.38~2 796.30 kg/km<sup>2</sup>,由质量密度平面等值线图可以看出,福州平潭周边海域、漳州漳浦县外部海域以及漳州东山县外部海域呈现出 3 个高密度区域。夏季质量密度为 98.30~8 281.34 kg/km<sup>2</sup>,高密度区域在漳浦县附近海域出现且由近海向外密度逐渐升高。秋季质量密度为 46.32~3 329.00 kg/km<sup>2</sup>,高密度区域在平潭外部海域出现。冬季质量密度为

2.67~1 516.84 kg/km<sup>2</sup>,平潭北部、莆田秀屿区南部临近海域延伸至泉州惠安县以及漳浦县临近海域呈现出 3 个高密度区域(图 3)。

### 2.2.2 丰度分布

调查海域鱼类 4 个季度平均丰度为 42 909.10 ind./km<sup>2</sup>,其中秋季平均丰度最高,为 67 547.65 ind./km<sup>2</sup>,其次是夏季 54 657.97 ind./km<sup>2</sup>、春季 35 637.15 ind./km<sup>2</sup>。冬季最低,为 13 793.64 ind./km<sup>2</sup>。

鱼类春季丰度为 2 082.69~133 906.29 ind./km<sup>2</sup>,由丰度密度平面等值线图可以看出,宁德霞浦县外部海域、平潭周边海域以及石狮市北部海域呈现出 3 个高密度区域;夏季丰度为 2 832.69~253 779.70 ind./km<sup>2</sup>,高密度区域出



现在东山县附近海域、福州以南延伸至莆田的外部海域以及莆田南日镇以南延伸至惠安县的外部海域;秋季丰度为 2 603.10~408 053.07 ind./km<sup>2</sup>,高密度区域出现在福州罗源县外部海域和霞浦大嵛山岛临近区域。冬季丰度为 154.27~

120 576.70 ind./km<sup>2</sup>,高密度区域出现在漳浦县临近海域(图4)。秋、冬2个季节分别呈现出“北高南低”、“北低南高”的趋势,造成此现象的原因是秋季北部霞浦海域有大量七星底灯鱼被捕获以及冬季在南部漳浦海域捕获了大量的鳓和黄鲫。

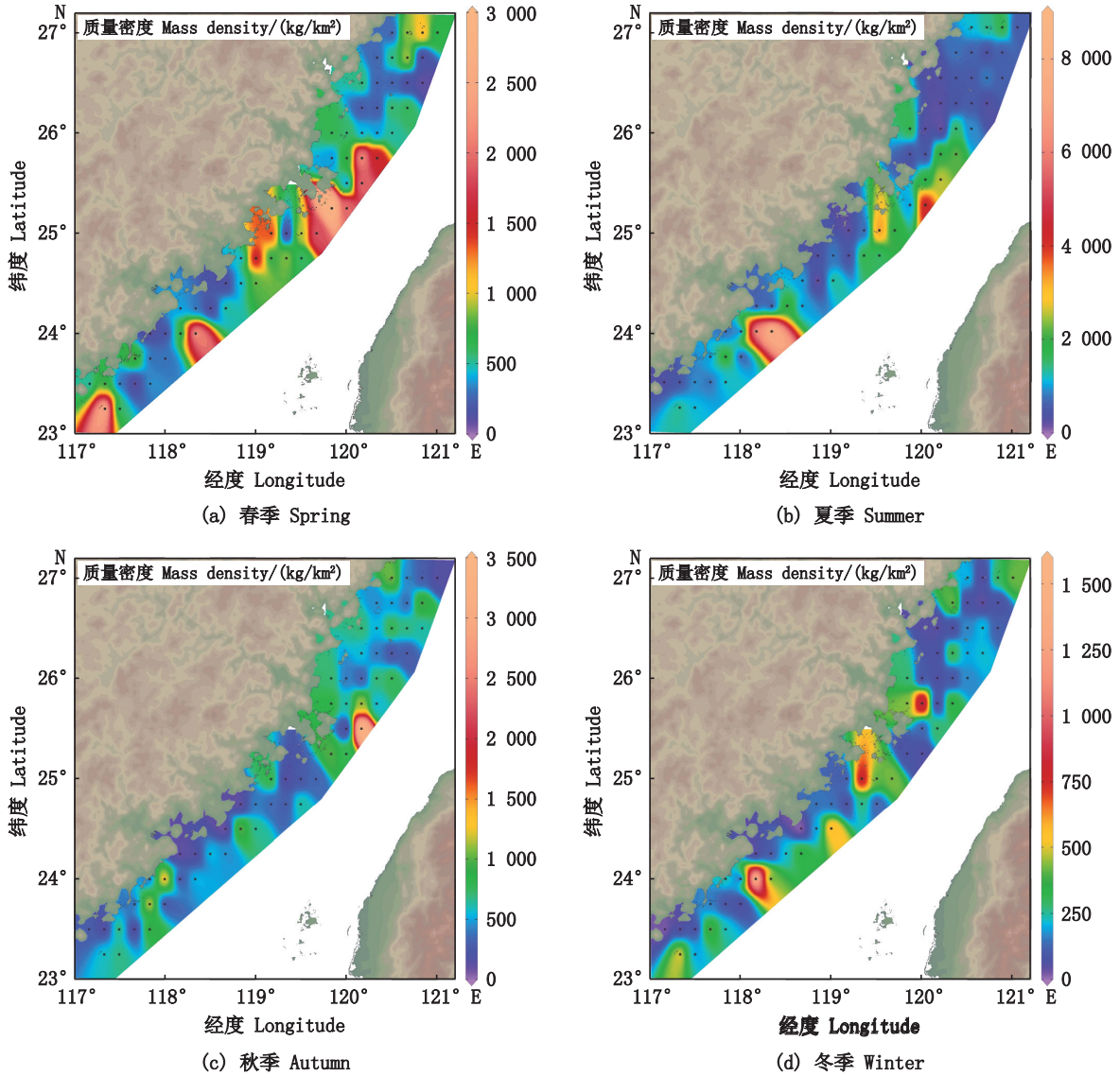


图3 鱼类质量密度分布

Fig. 3 Distribution of fish mass density

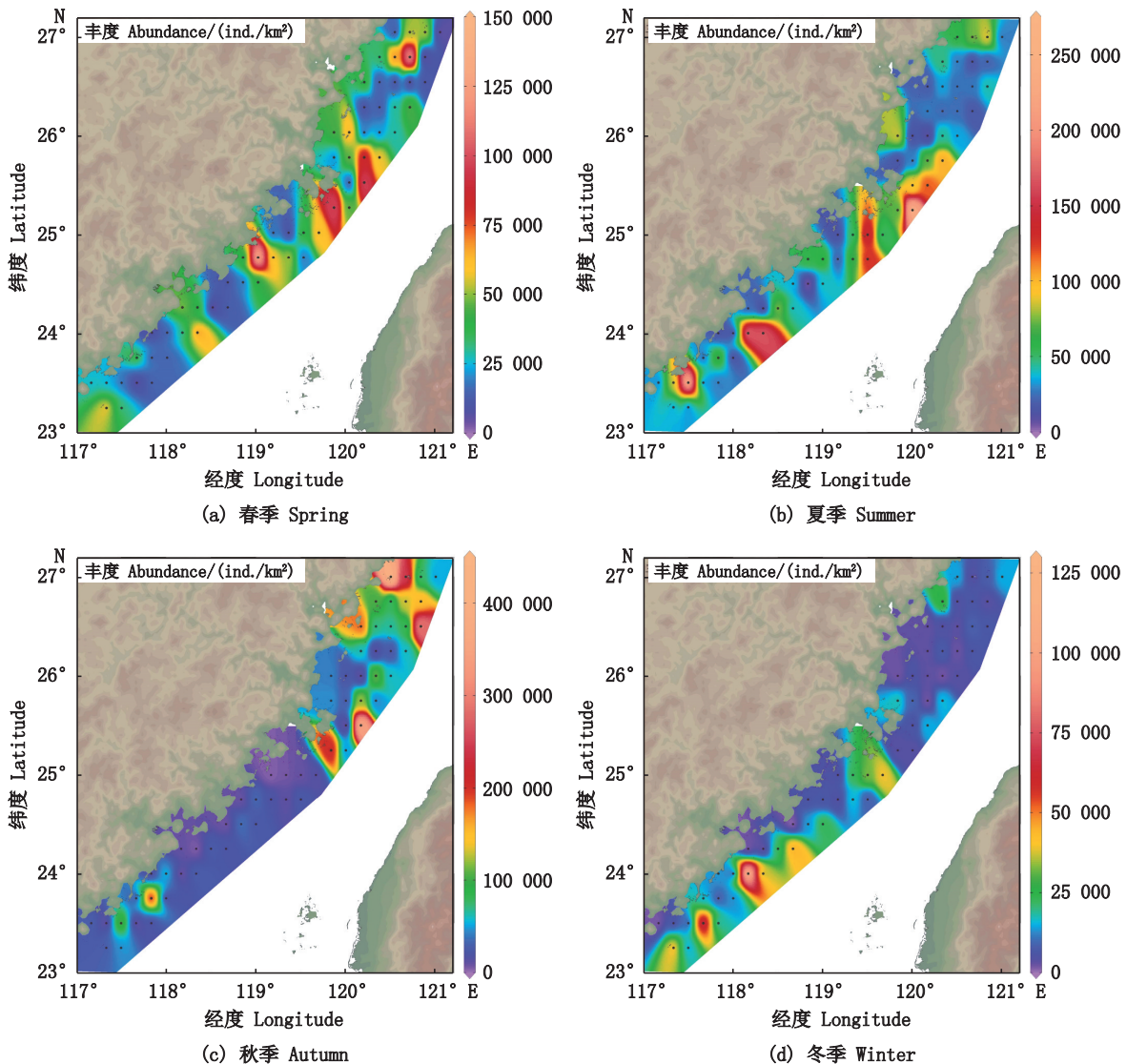


图4 鱼类丰度分布

Fig. 4 Distribution of fish abundance

### 2.3 优势种季节变化

4个航次共出现优势种14种,其中春季5种、夏季7种、秋季6种、冬季7种(表3),其中只有日本带鱼在4个季度均为优势种。为显示出优势种高资源密度的分布区域,将本研究设置的60个站位归为闽东渔场近岸(1~17站位)、闽中渔场近岸(18~39站位)和闽南渔场近岸(40~60站位)。在数量百分比上,春季日本带鱼(21.42%)占比最高,在闽中渔场的相对渔获量要大于闽南和闽东渔场;夏季银姑鱼(20.09%)占比最高,在闽中和闽东渔场渔获量较大;秋季七星底灯鱼(38.77%)占比最高,高值区域在霞浦县周边海域;冬季黄鲫(21.85%)占比最高,在闽南渔场渔获量较大。在质量百分比上,春季同样是日本带鱼(28.55%)

占比最高、夏季黄鲫(11.66%)占比最高、秋季龙头鱼(26.50%)占比最高,以上3种均在闽中渔场有着较高的生物量。冬季鳎(18.37%)占比最高,在闽南渔场有着较高的生物量。在站位出现频次上,春季日本带鱼和黄鲫均达到了100%,刺鲳为98.33%。夏季银姑鱼(90%)最高,秋、冬两季均为龙头鱼(100%)最高。

### 2.4 多样性季节差异

鱼类的群落多样性有着较为明显的季节变动, Margalef 种类丰富度指数( $D$ )为2.67~3.42, Shannon-Winner 多样性指数( $H'$ )为1.63~1.82, Pielou 均匀度指数( $J'$ )为0.52~0.66。秋季鱼类 $D$ 值最高,而 $H'$ 值却最低, $J'$ 值整体变化幅度不大,峰值出现在冬季(表4)。

表3 鱼类优势种季节分布  
Tab. 3 Seasonal distribution of dominant fish species

种名 Species	季节 Season			
	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter
刺鲷 <i>Psenopsis anomala</i>	3 583.1			
日本竹筴鱼 <i>Trachurus japonicus</i>		1 063.8		
蓝圆鲹 <i>Decapterus maruadsi</i>		911.9		
七星底灯鱼 <i>Benthoosema pterotum</i>			1 635.5	
叫姑鱼 <i>Johnius grypotus</i>			568.7	
鳓 <i>Ilisha elongata</i>				2 156.6
赤鼻棱鳀 <i>Thryssa kammalensis</i>				1 170.6
孔虾虎鱼 <i>Trypauchen vagina</i>				513.9
二长棘犁齿鲷 <i>Evynnis cardinalis</i>	1 499.1	1 159.4		
龙头鱼 <i>Harpadon nehereus</i>	978.0		4 293.2	2 601.2
大头银姑鱼 <i>Argyrosomus macrocephalus</i>		865.5	3 056.9	
黄鲫 <i>Setipinna tenuifilis</i>	3 583.1	1 719.0		2 176.7
银姑鱼 <i>Argyrosomus argentatus</i>		2 808.0	1 703.4	600.5
日本带鱼 <i>Trichiurus japonicus</i>	4 997.3	1 095.1	651.3	1 132.7

各季节  $H'$  值的平面分布同样存在明显差异, 春季较高的区域出现在闽南渔场漳浦县至东山县延伸至南澳县临近海域, 低值区域在闽东渔场霞浦县临近海域。夏季的高值区域出现在漳州龙海区至漳浦县临近海域, 低值出现在石狮市南部海域。秋季高值区域出现在长乐区至惠安县近海区域, 低值出现在大嵛山岛延伸至外海区域。冬季高值区域出现在福州连江县至长乐区附近海域及石狮市临近海域。

41.46% 的相似性水平上均可分为 2 个群落组: 南部近岸群落组和北部近岸群落组。4 个季度南北两个群落组的界限并不相同。春季 (ANOSIM:  $R=0.803$ ,  $P<0.01$ ) 两群落组之间的界限在  $25^{\circ}10'N$  左右, 夏季 (ANOSIM:  $R=0.761$ ,  $P<0.01$ ) 的界限在  $24^{\circ}35'N$  左右, 秋季 (ANOSIM:  $R=0.652$ ,  $P<0.01$ ) 两群落组之间的界限在  $26^{\circ}20'N$  左右, 冬季 (ANOSIM:  $R=0.604$ ,  $P<0.01$ ) 两群落组之间的界限在  $25^{\circ}50'N$  左右 (图 6)。

### 3 讨论

#### 3.1 种类组成与数量分布

在鱼类物种数量变化方面, 根据 1988 年《福建省渔业资源》<sup>[13]</sup> 资料显示, 台湾海峡闽东、闽中、闽南-台湾浅滩 3 个渔场已知海洋鱼类共 752 种。《福建海区渔业资源可持续利用》<sup>[2]</sup> 综合 2000—2016 年渔业资源监测调查结果统计出福建海区鱼类共有 460 种。与以往历史数据相比, 本研究所采集到的鱼类物种数较少。分析原因一方面是由于海洋污染、海洋工程建设和捕捞强度增大等因素的影响, 鱼类多样性水平衰退; 另一方面是由于本研究仅在定点站位采用底层拖网的研究方法, 有学者认为定点采样的效果要弱于简单随机采样和分层采样<sup>[21]</sup>, 很多鱼类都有着昼夜垂直移动的习性<sup>[22]</sup>, 且底层拖网的方法较为单一, 故此此次所捕获的物种不足以完全涵盖实际

表4 各季节鱼类多样性数值  
Tab. 4 Value of fish diversity by season

季节 Season	多样性数值 Diversity value		
	$D$	$J'$	$H'$
春季 Spring	2.69	0.61	1.76
夏季 Summer	2.73	0.62	1.82
秋季 Autumn	3.42	0.52	1.63
冬季 Winter	2.67	0.66	1.76

#### 2.5 群落受干扰情况

福建近岸海域鱼类群落数量-生物量比较曲线如图 5 所示。春季生物量优势度曲线起点高于丰度优势度曲线而后与之交叉,  $W$  为 0.002, 群落受到较低程度的干扰。夏季、秋季和冬季的丰度优势度曲线皆高于生物量优势度曲线,  $W$  均为负值, 群落受到较为严重的干扰。

#### 2.6 聚类分析

福建近岸海域鱼类群落 4 个季度在 31.42%~

的物种数;再者就是本次调查仅限于机轮拖网禁渔区线向内陆一侧的近岸海域,一些外海种难以捕获。在各季节物种数差异方面,4个季节中秋季鱼类种类数最多,其次是夏季、春季和冬季,这与戴泉水等<sup>[1]</sup>2000—2001年在台湾海峡及其邻近海域的调查结果一致。鱼类种类的组成与许多因素都密切相关,包括海流、深度、底质地形和温度、盐度、pH等水环境理化性质等非生物因素,以及鱼类的捕食与竞争和人为选择性捕捞等生物因素<sup>[23-24]</sup>。在区系特征方面,福建近岸海域位于亚热带季风气候区,其鱼类的适温性

组成也具有明显的亚热带特征<sup>[25]</sup>。研究海域北部受闽浙沿岸流影响,表层水温年差较大、水温较低,南部受黑潮支稍的影响,表层水温年差较小、水温较高。鱼类适温性组成表现出暖水性鱼类占比夏季最高、冬季最低和近岸海域自北向南增高两个特点。本研究所获的鱼类的主要空间生态类群为近底层和底层鱼类,中上层和岩礁鱼类占比相对较少。可能是由于本研究所采用的网具为底层拖网,更易采集到栖息在偏底层的鱼类,而中上层和岩礁鱼类则相对更难捕获到。

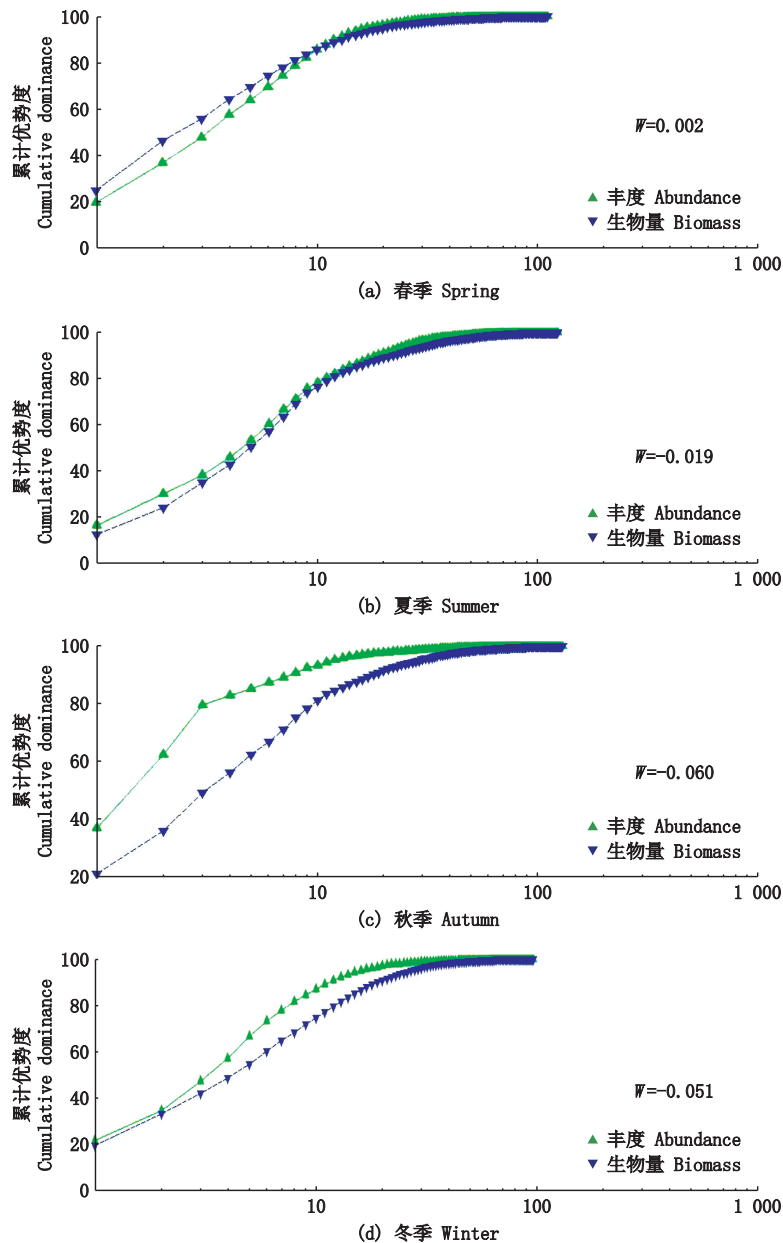


图5 各季度鱼类ABC曲线

Fig. 5 ABC curve of fish in each quarter



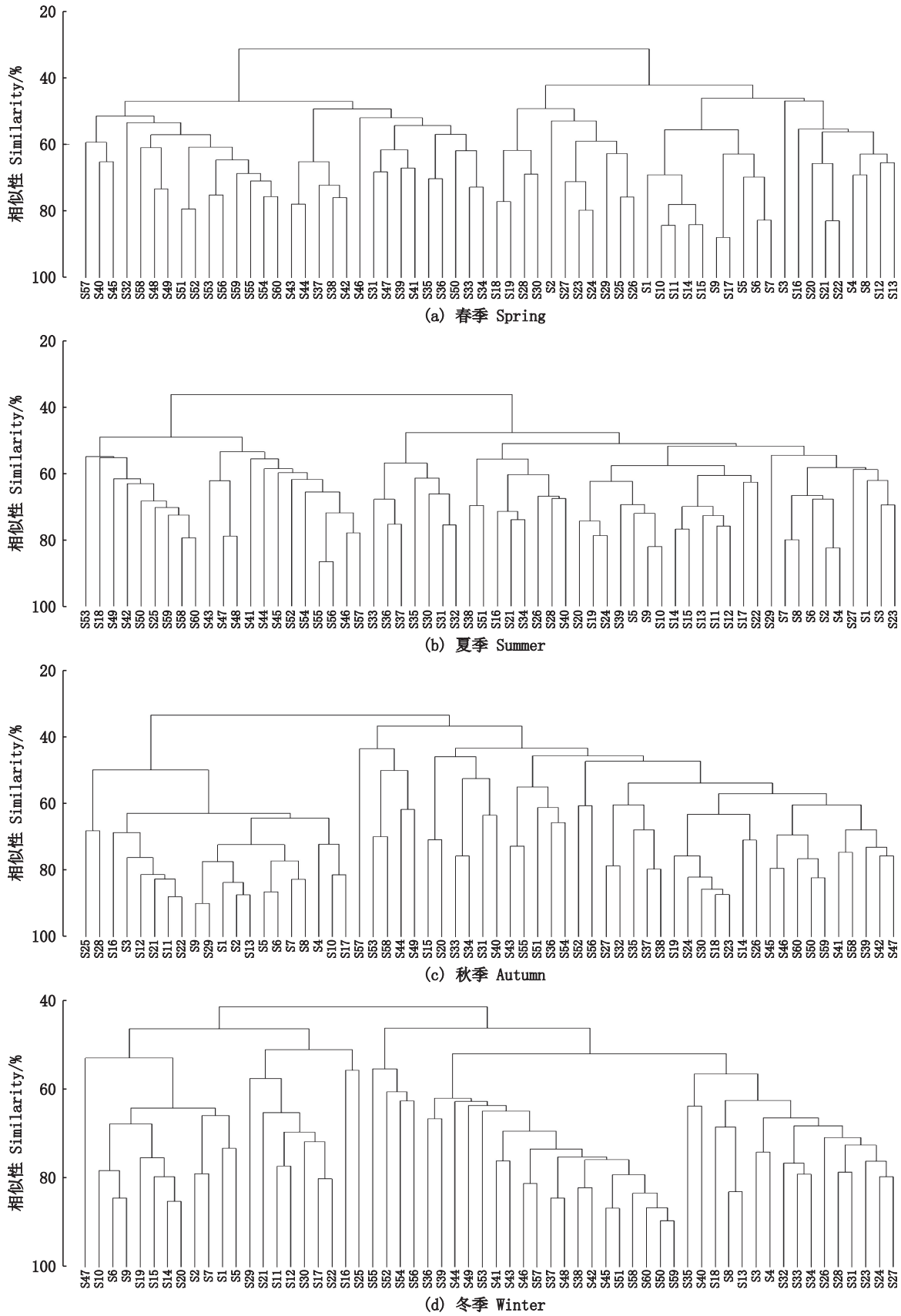


图6 各季度鱼类聚类分析图  
 Fig. 6 Fish cluster analysis chart in each quarter

对比戴天元<sup>[26]</sup>2000—2001年对福建海区鱼类资源密度的调查结果(质量密度878.83 kg/km<sup>2</sup>、丰度51 340.00 ind./km<sup>2</sup>),本研究在质量密度上下下降了21.81%,在丰度上下下降了16.42%。相较于宋普庆等<sup>[27]</sup>2006—2007年的调查结果,小时渔获质量和小时渔获尾数分别增长了21.53%和56.73%,

小时渔获尾数的增长明显高于小时渔获质量的增长。对比林龙山等<sup>[28]</sup>2008—2014年的调查结果,质量密度没有较大差异,丰度上有所下降。结合以上历史数据分析,2022—2023年福建近岸海域鱼类平均体质量与2000—2007年间相比下降明显,与2008—2014年间相比较为稳定。

表5 历年基于调查数据的福建海域鱼类资源密度  
Tab. 5 Fish resource density in Fujian sea based on survey data over the years

年份 Year	调查海域 Survey area	网具类型 Mesh type	站位点数量 Number of stations	质量密度 Mass density	丰度 Abundance	参考文献 References
2000—2001	117°10'E~123°00'E 22°00'N~27°10'N	单拖网	30	878.83 kg/km <sup>2</sup>	51 340.00 ind./km <sup>2</sup>	[26]
2006—2007	台湾海峡6个断面	单拖网、底拖网	17	16.34 kg/h	1 314.00 ind./h	[27]
2008—2014	台湾海峡西部海湾及近海	定置网	-	680.11 kg/km <sup>2</sup>	46 859.46 ind./km <sup>2</sup>	[28]
2022—2023	117°10'E~121°00'E 23°15'N~27°00'N	单拖网	60	687.16 kg/km <sup>2</sup>	42 909.10 ind./km <sup>2</sup>	本研究

注:以上调查季节均为春、夏、秋、冬4个季节。

Notes: Survey seasons were spring, summer, autumn and winter.

### 3.2 优势种及多样性

鱼类优势种主要以鲷鲈类和石首鱼科等小型鱼类为主。与以往历史数据相比,日本带鱼仍为主要优势种并广泛分布在福建近岸海域<sup>[1,27-29]</sup>,其资源密度没有出现明显的下降。造成这一现象的原因一是日本带鱼群体对于高强度的捕捞压力做出了适应性改变,如性成熟体长变小、初次性成熟年龄提早,逐渐由K-选择性向r-选择性转变<sup>[30]</sup>。二是其饵料生物如七星底灯鱼在日本带鱼秋季摄食强度较大时资源量充足<sup>[31]</sup>。七星底灯鱼作为秋季的优势种在本次秋季采样中被大量捕获,在以往的研究<sup>[27,29]</sup>中,也曾多次作为优势种出现。七星底灯鱼是高度群聚种类,在地理分布上表现出明显的空间异质性,该种在霞浦海域集中分布,除此外在其他区域的生物量都处于较低水平。

多样性指数是种类的丰富程度和各个种类生物量分配均匀程度的共同体现,秋季的鱼类丰富度指数(D)最高、均匀度指数(J')最低,多样性指数(H')同样最低,这也说明鱼类群落多样性的稳定性受到了一定程度的干扰<sup>[18]</sup>。各季度鱼类群落的物种多样性指数的分布与种类数和资源密度分布类似,说明鱼类群落的高生物量区域并非由单一优势种类所贡献。春、夏季福建南部近

岸多样性指数较高,秋、冬季则是中部近岸多样性指数较高,北部近岸的多样性指数一直处于较低水平,须进一步加强渔业资源养护。

### 3.3 群落受干扰程度及等级聚类分析

WARWICK<sup>[19]</sup>最早提出运用ABC曲线来评估海洋底栖无脊椎动物群落的受污染情况,后应用到了海洋游泳动物等的受干扰程度研究中。BLANCHARD等<sup>[32]</sup>认为鱼类群落ABC曲线的特征反映了群落中大、小个体种类的相对数量变化,当群落中小个体种类占比较多时,ABC曲线中数量优势度曲线将处于生物量优势度曲线的上方,即认为群落受到了干扰。根据本研究得到的4个季度ABC曲线的结果可知,鱼类群落在春夏秋冬4个季度都处在不同程度的受干扰状态,说明群落中以生长较快、个体较小的r选择种类为主,这也与高生物量种类的组成结果以及优势种的组成结果相符。造成这种状态一般认为是由捕捞作业、海洋污染等外在因素和群落中各种类的补充和生长、繁殖群体的迁移等内在因素的影响而导致的。原本鱼类群落中,以个体较大的种类为主,随着捕捞作业以及海洋污染等干扰因素的不断影响,个体较大的种类的生物量下降,鱼类群落的主要种类逐渐转变为个体较小、生长较快的鱼类,群落结构发生改变。

张其永等<sup>[25]</sup>指出,台湾海峡北部与东海鱼类的群聚系数(0.523)高于海峡南部(0.425)。海峡南部的东南外缘具有比较明显的热带性,因此海峡南部与南海北部群聚性较高(0.519)。根据本研究的聚类分析结果,福建近岸海域北部和南部呈现2个不同的群落组,北部群落偏向东海特征,暖温性鱼类占比较大;南部偏向南海特征,暖水性鱼类占比较大。除此以外,近岸河口的环境也与鱼类群落分布有着较强的相关性。通常在近岸河口生活又可进入咸淡水的鱼类如斑鲞,仅在春季漳江口附近海域捕获;黄吻棱鲷仅在冬季九龙江口附近海域捕获。九龙江口和闽江口附近海域河口性鱼类和溯河洄游性鱼类占比相对较大,如在闽江口捕获了数量较多的孔虾虎鱼、六丝钝尾虾虎鱼、绒纹副单角鲀以及黑尾舌鳎等。

#### 参考文献:

- [1] 戴泉水,卢振彬,戴天元,等. 台湾海峡及其邻近海域游泳生物种类组成和资源现状[J]. 水产学报, 2005, 29(2): 205-210.  
DAI Q S, LU Z B, DAI T Y, et al. Species composition of necton and resources state of Taiwan Strait and its adjacent waters[J]. Journal of Fisheries of China, 2005, 29(2): 205-210.
- [2] 沈长春,蔡建堤,戴天元,等. 福建海区渔业资源可持续利用[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 2017.  
SHEN C C, CAI J D, DAI T Y, et al. Sustainable use of fishery resources in Fujian sea area[M]. Xiamen: Xiamen University Press, 2017.
- [3] 郑元甲,陈雪忠,程家骅,等. 东海大陆架生物资源与环境[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2003.  
ZHENG Y J, CHEN X Z, CHENG J H, et al. Biological resources and environment of the East China Sea continental shelf[M]. Shanghai: Shanghai Scientific & Technical Publishers, 2003.
- [4] 刘丽华. 厦门近岸海域营养盐时空变化特征分析及其富营养化评价[J]. 应用海洋学学报, 2023, 42(1): 75-84.  
LIU L H. Temporal and spatial nutrient variations in inshore waters of Xiamen and eutrophication assessment[J]. Journal of Applied Oceanography, 2023, 42(1): 75-84.
- [5] 武慧慧,孙志高,王晓颖,等. 福建省围填海进程及其对近岸海域生态环境的影响[J]. 湿地科学, 2022, 20(3): 366-374.  
WU H H, SUN Z G, WANG X Y, et al. Land-reclamation process and its effects on ecological environment of coastal waters in Fujian Province[J]. Wetland Science, 2022, 20(3): 366-374.
- [6] 李袁源,宋普庆,付树森,等. 闽南渔场主要游泳动物时空生态位特征及其影响因素[J]. 水生生物学报, 2023, 47(4): 684-692.  
LI Y Y, SONG P Q, FU S S, et al. Spatio-temporal niche characteristics and influencing factors of major nekton species in Minnan fishing ground[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2023, 47(4): 684-692.
- [7] 蔡建堤,徐春燕,马超,等. 闽南渔场游泳动物优势种群群聚集特性[J]. 生态学报, 2021, 41(12): 4818-4826.  
CAI J D, XU C Y, MA C, et al. Population aggregation characteristics of the main dominant species of nekton in Minnan Fishing Ground[J]. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(12): 4818-4826.
- [8] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 12763. 6—2007 海洋调查规范第6部分: 海洋生物调查[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.  
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. GB/T 12763. 6-2007 Specifications for oceanographic survey—Part 6: Marine biological survey[S]. Beijing: China Standard Press, 2008.
- [9] 《福建鱼类志》编写组. 福建鱼类志(上卷)[M]. 福州: 福建科学技术出版社, 1984.  
ZHU Y D. The fishes of Fujian Province (Part I)[M]. Fuzhou: Fujian Science and Technology Press, 1984.
- [10] 《福建鱼类志》编写组. 福建鱼类志(下卷)[M]. 福州: 福建科学技术出版社, 1985.  
ZHU Y D. The fishes of Fujian Province (Part II)[M]. Fuzhou: Fujian Science and Technology Press, 1985.
- [11] 伍汉霖,钟俊生. 中国海洋及河口鱼类系统检索[M]. 北京: 中国农业出版社, 2021.  
WU H L, ZHONG J S. Key to marine and estuarial fishes of China[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2021.
- [12] 陈大刚,张美昭. 中国海洋鱼类[M]. 青岛: 中国海洋大学出版社, 2016.  
CHEN D G, ZHANG M Z. Marine fishes of China[M]. Qingdao: China Ocean University Press, 2016.
- [13] 福建省渔业区划办公室. 福建省渔业资源[M]. 福州: 福建科学技术出版社, 1988.  
Fishery Division of the Office in Fujian Province. Fishery resources in Fujian Province[M]. Fuzhou: Fujian Science and Technology Press, 1988.
- [14] 黄海水产研究所. 海洋水产资源调查手册[M]. 2版. 上海: 上海科学技术出版社, 1981.  
Yellow Sea Fisheries Research Institute. Handbook of marine fisheries survey[M]. 2nd ed. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press Society, 1981.

- [15] PINKAS L, OLIPHANT M S, IVERSON I L K. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters [M]//Fish Bulletin. The Resources Agency. Long Beach: California Department of Fish and Games, 1971.
- [16] MARGALEF D R. Information theory in ecology [J]. Society for General Systems Research, 1958: 36-71.
- [17] PIELOU E C. The measurement of diversity in different types of biological collections [J]. Journal of Theoretical Biology, 1966, 13: 131-144.
- [18] SHANNON C E, WEAVER W. The mathematical theory of communication [M]. Urbana: University of Illinois Press, 1963: 1-65.
- [19] WARWICK R M. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities [J]. Marine Biology, 1986, 92(4): 557-562.
- [20] ROBERT CLARKE K. Comparisons of dominance curves [J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 1990, 138(1/2): 143-157.
- [21] 赵静, 章守宇, 林军, 等. 不同采样设计评估鱼类群落效果比较[J]. 应用生态学报, 2014, 25(4): 1181-1187. ZHAO J, ZHANG S Y, LIN J, et al. A comparative study of different sampling designs in fish community estimation [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2014, 25(4): 1181-1187.
- [22] 关丽莎, 单秀娟, 金显仕, 等. 昼夜垂直移动对黄海中南部小黄鱼可捕系数的影响[J]. 海洋学报, 2018, 40(2): 53-60. GUAN L S, SHAN X J, JIN X S, et al. The effects of diel vertical movements on the catchability of small Yellow croaker in the middle and south Yellow Sea [J]. Acta Oceanologica Sinica, 2018, 40(2): 53-60.
- [23] CAPONE T A, KUSHLAN J A. Fish community structure in dry-season stream pools [J]. Ecology, 1991, 72(3): 983-992.
- [24] HARRIS JH. The use of fish in ecological assessments [J]. Australian Journal of Ecology, 1995, 20(1): 65-80.
- [25] 张其永, 张雅芝, 刘家富. 台湾海峡北部及其附近海区鱼类区系研究[J]. 海洋与湖沼, 1986, 17(2): 144-151. ZHANG Q Y, ZHANG Y Z, LIU J F. On the fish fauna of the northern Taiwan Strait and adjacent seas [J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 1986, 17(2): 144-151.
- [26] 戴天元. 福建海区渔业资源生态容量和海洋捕捞业管理研究[M]. 北京: 科学出版社, 2004. DAI T Y. Study on the Ecological capacity of fishery resources and capture fishery management in Fujian Marine region [M]. Beijing: Science Press, 2004.
- [27] 宋普庆, 张静, 林龙山, 等. 台湾海峡游泳动物种类组成及其多样性[J]. 生物多样性, 2012, 20(1): 32-40. SONG P Q, ZHANG J, LIN L S, et al. Nekton species composition and biodiversity in Taiwan Strait [J]. Biodiversity Science, 2012, 20(1): 32-40.
- [28] 林龙山, 张静, 戴天元, 等. 台湾海峡西部海域游泳动物多样性[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 2016. LIN L S, ZHANG J, DAI T Y, et al. Diversity of nekton in the western waters of Taiwan Strait [M]. Xiamen: Xiamen University Press, 2016.
- [29] 刘尊雷, 杨林林, 严利平, 等. 夏季台湾海峡北部及邻近海域鱼类群落结构及环境解释[J]. 中国水产科学, 2016, 23(6): 1399-1416. LIU Z L, YANG L L, YAN L P, et al. Fish assemblages and environmental interpretation in the northern Taiwan Strait and its adjacent waters in summer [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2016, 23(6): 1399-1416.
- [30] 宓崇道. 东海带鱼资源状况、群体结构及繁殖特性变化的研究[J]. 中国水产科学, 1997, 4(1): 7-14. MI C D. A study on resources, stock structure and variation of reproductive habit of hairtail, *Trichiurus haumela* in East China Sea [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 1997, 4(1): 7-14.
- [31] 林龙山, 张寒野, 李惠玉, 等. 东海带鱼食性的季节变化[J]. 中国海洋大学学报, 2006, 36(6): 932-936. LIN L S, ZHANG H Y, LI H Y, et al. Study on seasonal variation of feeding habit of hairtail (*Trichiurus japonicus*) in the East China Sea [J]. Periodical of Ocean University of China, 2006, 36(6): 932-936.
- [32] BLANCHARD F, LELOC H F, HILY C, et al. Fishing effects on diversity, size and community structure of the benthic invertebrate and fish megafauna on the Bay of Biscay coast of France [J]. Marine Ecology Progress Series, 2004, 280: 249-260.



## Fish community structure and resource status in coastal waters of Fujian

WU Tongjin<sup>1,2</sup>, SHEN Changchun<sup>2</sup>, ZHONG Junsheng<sup>1</sup>, CAI Jiandi<sup>2</sup>, YU Wei<sup>1,2</sup>, MA Chao<sup>2</sup>, XU Chunyan<sup>2</sup>, ZHUANG Zhidong<sup>2</sup>, XIE Shaoqing<sup>2</sup>, LIU Yong<sup>2</sup>

(1. Engineering Research Center of Environment DNA and Ecological Water Health Assessment, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Marine Fishery Resources Protection and Utilization Research Center, Fujian Fisheries Research Institute, Xiamen 361013, Fujian, China)

**Abstract:** In order to ascertain the fish community in the coastal waters of Fujian, this study carried out four surveys in the coastal waters of Fujian in May (spring) and November (autumn) in 2022, February (winter) and July (summer) in 2023. Quarterly bottom trawl sampling surveys analyzed the species composition, floristic characteristics, dominant species, diversity, and degree of community disturbance of fish in the sea area, and elaborated on the group structure of fish communities. A total of 200 species of fish were collected in this study, belonging to 22 orders, 80 families, and 149 genera. The suitable temperature type is mainly warm water (accounting for 75%), and the fauna type is mainly bottom fish (accounting for 47.50%). The average mass density of fish is 687.16 kg/km<sup>2</sup>, which is highest in summer and lowest in winter; the average abundance is 42 909.10 ind./km<sup>2</sup>, which is highest in autumn and lowest in winter. There are 14 dominant species in each quarter, among which *Trichiurus japonicus* is the dominant species throughout the year. The Margalef index ( $D$ ) of fish is the highest in autumn, while the Shannon-Wiener index ( $H'$ ) is the lowest. The Pielou index ( $J'$ ) does not change much throughout the year, and the peak value appears in winter. Cluster analysis showed that the fish community in the coastal waters of Fujian can be clearly divided into two types of fish communities: northern coastal and southern coastal fish communities, and there are significant differences in community species composition among different regions in each season. Quantitative biomass curves showed that fish communities are moderately disturbed in spring and severely disturbed in summer, autumn, and winter.

**Key words:** coastal waters; community structure; fish stocks; Fujian