



## 舟山群岛外海域春秋季节鱼类群落结构及生物多样性

于南京, 俞存根\*, 许永久, 郑基, 刘坤, 张佩怡

(浙江海洋大学水产学院, 浙江舟山 316022)

**摘要:** 为了解舟山群岛外海域鱼类资源状况, 于2018年4月(春季)和10月(秋季)在舟山群岛外海域进行的渔业资源调查, 用得到的数据分析了鱼类种类组成、优势种、群落结构及生物多样性。结果显示: ①舟山群岛外海域鱼类有106种, 隶属于12目47科80属; ②本次调查鱼类种类数春季为63种, 秋季为85种, 总体与历史调查结果相比春季明显减少, 而秋季却略有增加; ③2个季节的鱼类优势种更替明显, 春季优势种为黄鲛鳕、日本红娘鱼和细条天竺鲷, 秋季优势种为细条天竺鲷和日本发光鲷; ④鱼类生物多样性指数值为秋季大于春季, 春、秋季均匀度指数( $J$ )对比多样性指数( $H$ )和丰富度指数( $D$ )都较小, 且春、秋季生物多样性指数值基本都是随着水深的增加而增加, 均以80 m以上水深区间较高; ⑤通过聚类分析与非度量多维标度排序分析可得, 春季在35%的相似水平上分为3个群落, 秋季在45%相似水平上分为2个群落, 秋季物种相似度比春季高, 春季在生物量和丰度水平上均比秋季低。研究表明, 舟山群岛外海域的春季鱼类群落结构可能处于未受干扰状态, 秋季鱼类群落结构可能处于严重干扰状态。

**关键词:** 鱼类; 种类组成; 相对重要性指数; 群落结构; 生物多样性; 舟山群岛外海域  
**中图分类号:** S 932.5  
**文献标志码:** A

舟山渔场是我国重要的渔场之一, 受台湾暖流及江浙沿岸流的交互影响, 形成了独特的环境类型, 是多种经济渔业生物的产卵场和索饵场<sup>[1]</sup>。舟山群岛外海域所处位置特殊, 位于舟山岛礁区与东海陆架区交汇海域, 水深相对近岸海域较深, 渔业资源丰富, 历史上是海洋渔业资源的重要分布区, 主产大黄鱼(*Larimichthys crocea*)、小黄鱼(*L. polyactis*)、带鱼(*Trichiurus haumela*)、曼氏无针乌贼(*Sepiella japonica*)等<sup>[2]</sup>。由于多年来捕捞强度的加大以及海洋环境的日益恶化, 经济价值高、个体大的鱼类逐渐被小型低值鱼类所取代, 鱼类群落结构发生显著变化<sup>[3-4]</sup>。

目前, 针对东海区和舟山渔场沿岸海域鱼类及其群落结构的相关研究有很多<sup>[5-7]</sup>, 而对舟山群岛外海域鱼类资源的调查研究还不多见。本实验主要根据2018年4月(春季)和10月(秋季)在舟山群岛外海域进行的拖网调查得到的鱼类数据以及水文环境数据, 分析了该海域鱼类种类组成、生物多样性、群落结构等, 并且收集该海域以往调查资料与本次调查结果进行对比分析, 以了解舟山群岛外海域鱼类资源种类组成、空间分布、生物多样性、群落结构特征等, 为该海域鱼类资源相关政策的制定以及可持续利用提供科学依据。

收稿日期: 2020-06-04 修回日期: 2020-09-23

资助项目: 国家自然科学基金(31270527)

第一作者: 于南京(照片), 从事渔业资源研究, E-mail: 1350035628@qq.com

通信作者: 俞存根, E-mail: cgyu@zjou.edu.cn



## 1 材料与方法

### 1.1 采样方法

2018年4月(春季)和10月(秋季)浙江海洋大学的“浙渔科2”科考船在舟山29°10'N~30°45'N、122°47'E~124°21'E范围内进行渔业资源定点底拖网调查, 综合考虑舟山群岛外海域的水深、水温、底质类型等因素, 共设置14个站位, 水深为28~87 m(图1, 图中黑点为各站位)。底拖网网具规格为1020目×80 mm。每个站位拖曳时间约为1 h, 拖速约为3 kn。渔业资源的调查方法按照《海洋渔业资源调查规范》(SC/9403—2012)<sup>[8]</sup>进行。每站渔获物全部取样装入样品袋, 并进行编号、记录后保存, 带回实验室进行分析处理, 并对主要渔获种类进行生物学测定。

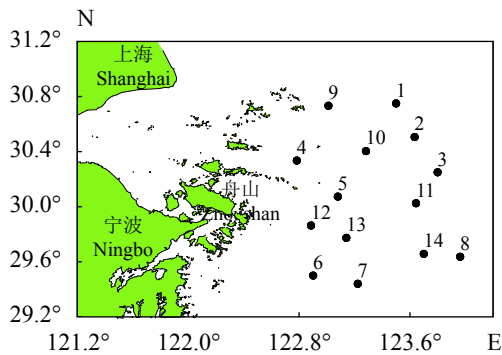


图1 渔业资源调查站位图

Fig. 1 Survey stations of fishery resources

### 1.2 数据处理方法

鱼类种类优势度用相对重要性指数(IRI)<sup>[9]</sup>表示:

$$IRI = [(n_i/N + w_i/W) \cdot f_i/m] \times 10^4$$

式中,  $n_i$ 、 $w_i$ 分别为第*i*种生物的尾数和生物量(g);  $N$ 为调查所获总尾数、 $W$ 为总生物量;  $f_i$ 为第*i*种生物在*m*次取样中出现的次数。 $m$ 为总站位数。将IRI值大于1000者为优势种, 100~1000者为常见种<sup>[10]</sup>。

生物多样性主要采用Shannon-Wiener多样性指数( $H'$ )、Pielou均匀度指数( $J'$ )、Margalef种类丰富度指数( $D$ )等计算<sup>[11-13]</sup>, 计算公式:

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i$$

$$J' = H' / \log_2 S$$

$$D = (S - 1) / \log_2 N$$

式中,  $S$ 为鱼类动物的总种数;  $P_i$ 为第*i*种鱼类动物的个体数或生物量占鱼类动物总个体数或总生物量的比例;  $N$ 为鱼类动物的总尾数<sup>[14]</sup>。

采用聚类分析法分析调查海域不同站位两个季度群落结构的相似度。计算Bray-Curtis相似性系数矩阵, 采用非参数多维标序技术(non-metric multidimensional scaling, nMDS)作二维标序与等级聚类CLUSTER研究鱼类生物群落结构的季节变化。用胁迫系数(Stress)衡量nMDS二维点阵分布图效果, 通常认为Stress<0.05时, 具有很好的代表性; 0.05≤Stress<0.1时, 结果基本可信; 0.1≤Stress<0.2时, 具有一定解释意义<sup>[15]</sup>。

在同一坐标系当中对数量优势度曲线和生物量优势度曲线进行比较, 而后用所得数据结果对群落处于不同干扰状况时的情况进行分析, 如果丰度优势度曲线高于生物量曲线, 则群落是处于严重干扰状态, 反之, 则处于未受干扰状态; 若两曲线处于相交状态, 则群落处在中等干扰状态; 计量用*W*表示:

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

式中,  $S$ 为出现的物种数,  $B_i$ 、 $A_i$ 分别为曲线中种类序号对应的生物量和丰度的累计百分比, 当生物量优势度曲线在丰度优势度曲线之上时,  $W$ 为正, 反之为负<sup>[16-17]</sup>。

## 2 结果

### 2.1 种类组成及优势种

根据春、秋2个季度调查采集样品、共鉴定出鱼类106种, 隶属于12目47科80属, 其中春季63种, 隶属于12目34科49属, 秋季85种, 隶属于12目45科72属。通过观察目级分类阶元, 鲈形目(Perciformes)种类最多, 共20科35属45种, 占鱼类总种数的42.45%, 其次为鲹形目(Pleuronectiformes), 共5科9属20种, 占鱼类总种数的18.87%。舟山群岛外海域春、秋季的鱼类优势种IRI见表1。春季优势种为黄鲛鲷(*Lophius litulon*)、日本红娘鱼(*Lepidotrigla japonica*)和细条天竺鲷(*Apogon lineatus*), 黄鲛鲷尾数占鱼类总尾数的1.30%, 黄鲛鲷质量占鱼类总质量的25.05%, 说明黄鲛鲷主要以大个体组成为主, 日本红娘鱼尾数占鱼类总尾数的17.42%, 日本红娘鱼质量占鱼类总质量的1.32%, 细条天

竺鲷尾数占鱼类总尾数的 16.97%，细条天竺鲷质量占鱼类总质量的 4.20%。秋季优势种为细条天竺鲷和日本发光鲷 (*Acropom japonicum*)，细条天竺鲷尾数占鱼类总尾数的 61.16%，细条天竺鲷质量占鱼类总质量的 29.42%，日本发光鲷尾数占鱼类总尾数的 13.11%，日本发光鲷质量占鱼类总质量的 11.20%。

## 2.2 鱼类生物多样性

**鱼类生物多样性的季节变化** 春季舟山渔场外海域鱼类群落丰富度指数 ( $D$ ) 的标准差为 0.65，平均值为 2.09；Shannon-Wiener 多样性指数 ( $H'$ ) 的标准差为 1.01，平均值为 2.32；均匀度指数 ( $J$ ) 的标准差为 0.22，平均值为 0.55。秋季鱼类群落的丰富度指数 ( $D$ ) 的标准差为 0.61，平均值为 2.48；Shannon-Wiener 多样性指数 ( $H'$ ) 的

表 1 舟山群岛外海域主要鱼类相对重要性指数 (IRI) 的季节变化

Tab. 1 Seasonal variation of main fish species index of relative importance in the offshore waters of Zhoushan Islands

物种 species	春季 spring	秋季 autumn
黄鮫鰾 <i>Lophius litulon</i>	1 344.0	0.0
细条天竺鲷 <i>Apogon lineatus</i>	1 079.7	6 007.1
日本红娘鱼 <i>Lepidotrigla japonica</i>	1 051.6	3.2
日本发光鲷 <i>Acropom japonicum</i>	0.8	1 115.8

标准差为 0.43，平均值为 2.48；均匀度指数 ( $J$ ) 的标准差为 0.09，平均值为 0.31。总的来看， $D$ 、 $H'$ 、 $J$  均是秋季大于春季 (表 2)。

表 2 舟山群岛外海域鱼类多样性指数的季节变化

Tab. 2 Seasonal variations of fish's diversity index in the offshore waters of Zhoushan Islands

季节 season	丰富度指数 Margalef richness index			多样性指数 Shannon-Wiener diversity index			均匀度指数 Pielou's evenness index		
	mean±SD	最高值 maximum	最低值 minimum	mean±SD	最高值 maximum	最低值 minimum	mean±SD	最高值 maximum	最低值 minimum
	春季 spring	2.09±0.65	3.19	0.98	2.32±1.01	3.56	0.35	0.55±0.22	0.78
秋季 autumn	2.48±0.61	4.31	1.51	2.97±0.43	3.59	2.21	0.64±0.09	0.76	0.45

**鱼类生物多样性的空间分布** 舟山渔场外海域春、秋季多样性指数平面分布 (图 2)，图中右侧等值线分别表示丰富度指数  $D$ 、多样性指数  $H'$ 、均匀度指数  $J$  的值。春季，丰富度指数  $D$  的变化幅度较小，为 0.98~3.19，最低值出现在 1 号站位，最高值出现在 7 号站位；多样性指数  $H'$  为 0.56~3.56，最低值出现在 1 号站位，最高值出现在 8 号站位；均匀度指数  $J$  为 0.10~0.78，最低值出现在 1 号站位，最高值出现在 8 号站位；秋季，丰富度指数  $D$  为 1.51~3.59，最低值出现在 4 号站位，最高值出现在 1 号站位；多样性指数  $H'$  为 2.21~3.56，最低值出现在 1 号站位，最高值出现在 14 号站位；均匀度指数  $J$  为 0.45~0.76，最低值出现在 14 号站位，最高值出现在 6 号站位；

春季，丰富度指数  $D$  值基本呈现调查海域南部较高，中街山列岛附近海域较低；多样性指数  $H'$  在调查海域东南部较高，较低的站位主要位于调查海域西部； $J$  以调查海域东部较高，调查海域西南部较低。秋季，丰富度指数  $D$  以调查海域东部以及东北部较高，嵊泗列岛和中街

山列岛附近海域西部较低；多样性指数  $H'$  分布与春季差别很大，以调查海域东北部较高，调查海域东南部较低；均匀度指数  $J$  以调查海域东北部较高，调查海域西北部和东南部较低。总体来看，春、秋季  $D$ 、 $H'$ 、 $J$  值平面分布均以调查海域西部、靠近岛屿附近海域较低，以调查海域东北部和南部远离岛屿的开阔海域较高。

**水深对鱼类生物多样性的影响** 物种多样性指数在不同水深环境下有明显变化，丰富度指数和多样性指数秋季均高于春季，而均匀度指数在  $\geq 80$  m 水深范围内春季高于秋季。春、秋季  $H'$  和  $J$  均为水深越深多样性指数越高，并且在大于 80 m 水深范围最高； $D$  在春季随着水深越深先降低后增加，在 50~80 m 水深范围内最低，在秋季则随着水深越深而增加，在小于 50 m 水深范围内最低 (表 3)。

## 2.3 群落聚类、排序结果分析

通过对舟山群岛外海域春、秋季鱼类生物量进行聚类分析和 nMDS 标序分析，结果表明群

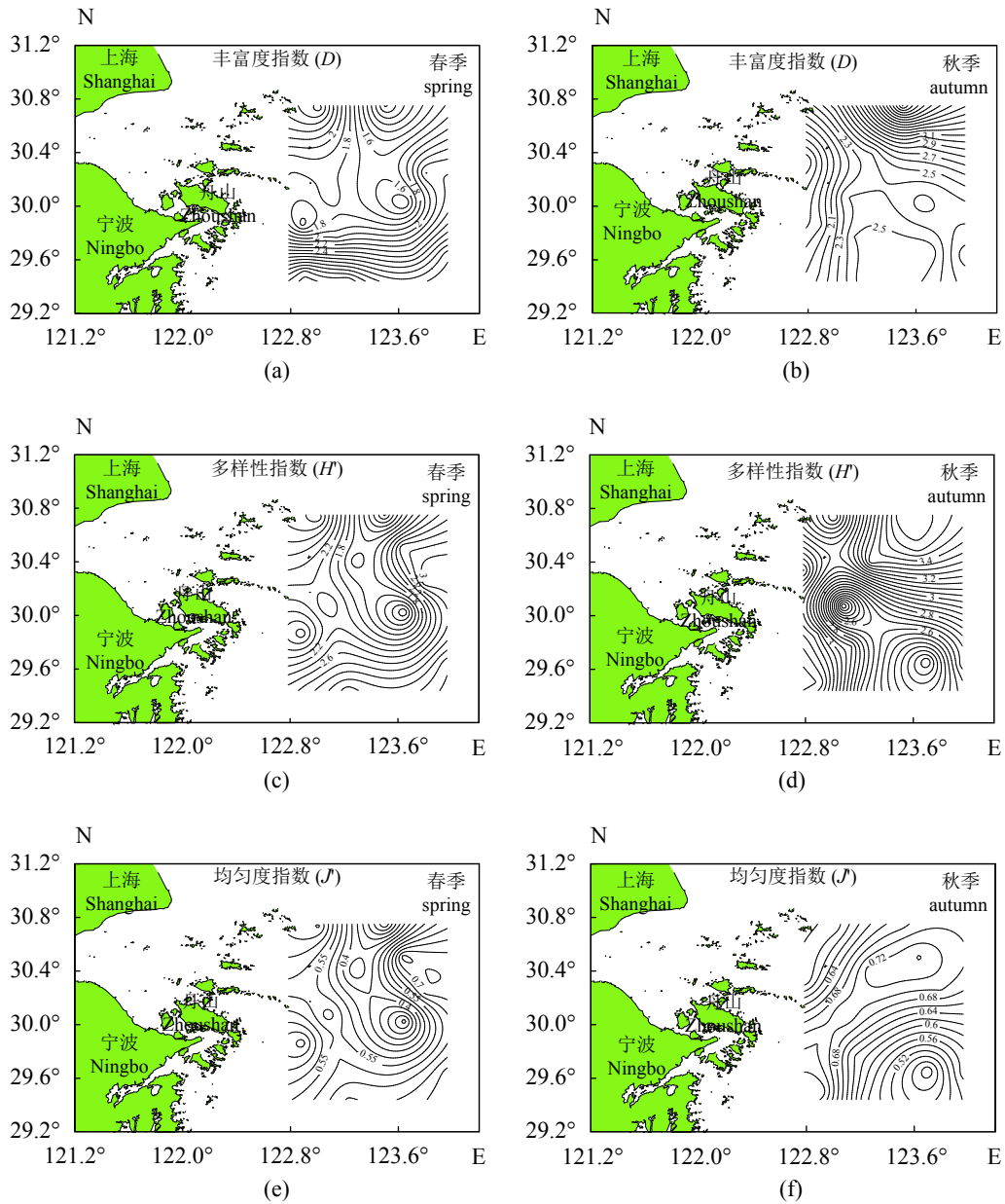


图 2 舟山群岛外海域物种多样性平面分布

Fig. 2 Plane distribution of species diversity in the offshore waters of Zhoushan Islands

落结构相似度随着相聚的距离降低而升高。聚类分析结果可与 nMDS 标序分析结果互为参照, 使得出的结论更具生态学价值<sup>[18]</sup> (图 3 和图 4)。nMDS 标序分析得到春、秋季的胁迫系数分别为 0.16 和 0.1, 均为 0.1~0.2, 说明该图具有一定的解释意义(图 4)。春季, 该海域鱼类在 35% 的相似水平上可分为 3 个站位群, 分别为 I 组群(1、11 号站位), II 组群(2、3、4、5、6、7、8、9、10、13、14 号站位)和 III 组群(12 号站位)。秋季, 该海域鱼类在 45% 的相似水平上, 划分为 2 个站位群, 分别为 I 组群(4、5、6、7、9、10、12、

13 号站位)、II 组群(1、2、3、8、11、14 号站位)(图 3)。聚类分析和 nMDS 标序分析都显示了舟山群岛外海域鱼类群落结构的区系平面分布差异和春、秋季变化趋势。

### 2.4 ABC 曲线分析

春、秋季 W 统计值分别为 0.03、-0.057, 春季的生物量曲线先是一直位于丰度曲线上方, 说明该海域春季鱼类主要以生长慢、个体相对大的鱼类为主, 如黄鲛鰈(占春季鱼类总重量的 25%, 总尾数的 1.3%), 群落处于稳定状态, 而



表 3 不同水深鱼类多样性指数的变化及站点分布

**Tab. 3 Change of fish diversity index at different water depth and survey stations**

指数 index	春季 spring			秋季 autumn		
	<50 m	50~80 m	>80 m	<50 m	50~80 m	>80 m
<i>D</i>	2.09	2.07	2.21	2.46	2.48	2.52
<i>H'</i>	2.20	2.28	3.17	2.57	3.08	3.17
<i>J'</i>	0.52	0.54	0.73	0.54	0.67	0.70
站点 station	9、11、14	1、2、 5、6、 7、8、 9、 10、 12、13	3	9、11、14	1、2、 5、6、 7、8、 9、 10、 12、13	3

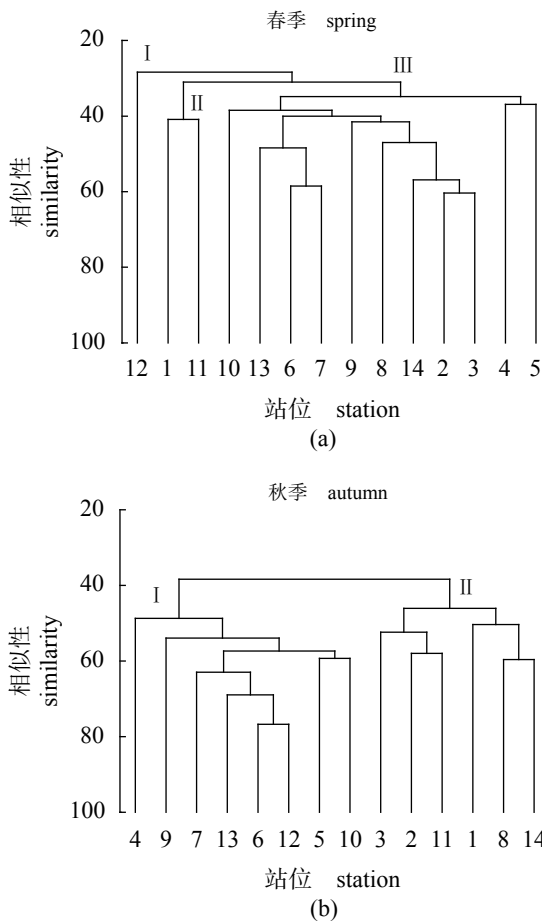
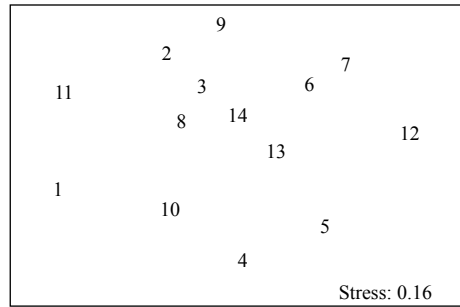
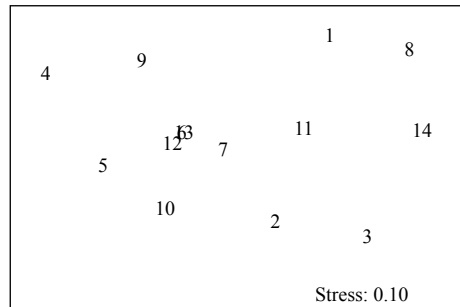


图 3 春秋季不同站位鱼类群落的 Bray-Curtis 聚类图  
Fig. 3 Seasonal variation of Bray-Curtis cluster of fish species

秋季的生物量曲线先是一直位于丰度曲线的下方，然后都是逐渐接近至末端重合，此时，个体较大的鱼类的优势度被削弱，小型鱼类如细条天竺鲷(占秋季鱼类总重量的 29%，总尾数的



春季 spring  
(a)



秋季 autumn  
(b)

图 4 春秋季不同站位鱼类群落非参数多变量标序分析

Fig. 4 Seasonal variation of nMDS analysis of fish species

61%) 或鱼类幼体占优势(图 5)。秋季累计生物量曲线起点高于春季，表明该海域秋季鱼类的优势度高于春季。

### 3 讨论

#### 3.1 鱼类群落种类组成

本次调查共鉴定出鱼类 106 种，春季 63 种，秋季 85 种。这个结果与李圣法等<sup>[19]</sup>在 2005 年研究东海中部海域鱼类组成颇为相似。本次调查鱼类种类数总体与俞存根等<sup>[20]</sup>调查结果相比春季明显减少，而秋季却略有增加，可能是因为之前使用的是桁杆拖虾网，而本次调查使用的是底拖网，网具的不同可能会引起主要捕捞对象的不同，也有可能是因为调查站位的布设不同等。

#### 3.2 鱼类优势种及分布分析

春季优势种为黄鲛鲷、细条天竺鲷和日本红娘鱼，秋季优势种为细条天竺鲷和日本发光鲷，春、秋季优势种更替率为 66.67%。2006、

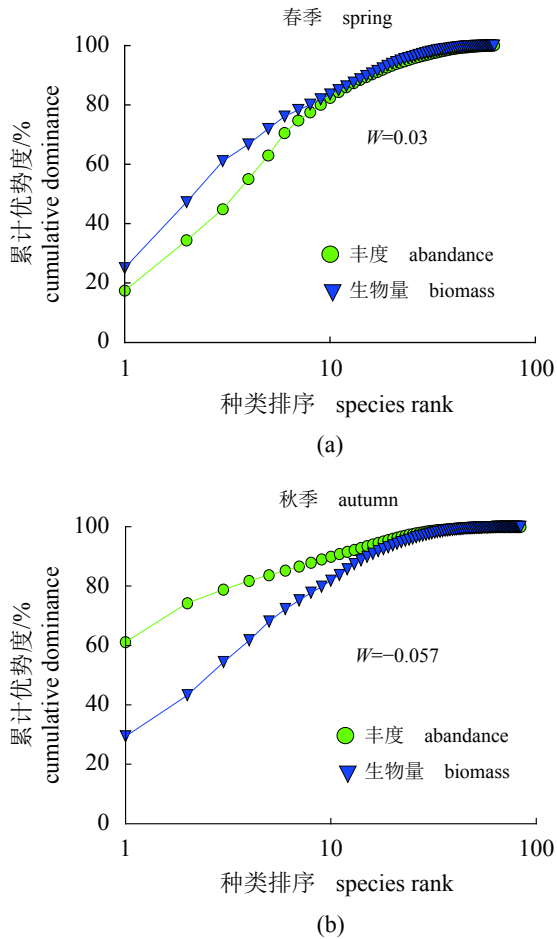


图 5 舟山群岛外海域鱼类丰度/生物量曲线 (ABC 曲线)

Fig. 5 Abundance-biomass comparison curves (ABC curves) of fish in the offshore waters of Zhoushan Islands

2007年俞存根等<sup>[20]</sup>在该海域调查优势种为黑鲷 (*Lophiomus setigerus*)、星康吉鳗 (*Conger myriaster*)、皮氏叫姑鱼 (*Johnius belengerii*)、绿鳍鱼 (*Chelidonichthys kumu*)、小黄鱼、龙头鱼 (*Harpodon nehereus*)、海鳗 (*Muraenesox cinereus*)、日本红娘鱼、细条天竺鲷等,由此可见,多数体型小、价值低的种群已经取代了体型较大经济价值较高的鱼类,这种趋势与其他学者的研究结果较一致<sup>[21-22]</sup>,可能是因为海洋环境污染和过度捕捞所造成的鱼类优势种群演替。细条天竺鲷在春、秋季都是优势度最高的鱼类,可能是因为细条天竺鲷为底栖性小型鱼类,主要栖息于泥沙质海底<sup>[23]</sup>,而本次调查采用底拖网调查,并且该渔场属于泥沙质海底,适合其繁殖栖息,因此渔获量高。春季另一优势种黄鲛鳕,同样为底栖性鱼类,在东黄海主要鱼虾类食物网中营养等

级最高,并且4月为黄鲛鳕产卵盛期<sup>[24]</sup>,该海域底质为泥沙层适合其栖息,又是优良产卵场,因此用底拖网能捕获相当高的渔获量的黄鲛鳕。日本发光鲷是近海较深海区暖温性鱼类,浮游动物,为近底层鱼类<sup>[25]</sup>,该调查海域秋季水温和水深皆适宜其栖息,且该海域属于近海较深海区,因此日本发光鲷在秋季渔获量较高。

### 3.3 鱼类生物多样性及其与水深的关系

生物多样性指数是描述鱼类群落结构特征的重要指标之一。通过对舟山群岛外海域春、秋季鱼类生物多样性指数值对比可得,春季鱼类生物多样性各项指数均低于秋季(图2),这可能是因为多数鱼类在春季进行繁殖,此时亲鱼和仔稚鱼主要栖息于饵料丰富、适宜产卵栖息的近岸海域<sup>[26]</sup>,因此舟山群岛春季外部较深海域生物多样性较低;秋季随着台湾暖流强度减弱,导致舟山群岛近岸海域水温下降,从而使一些鱼类(如暖水性鱼类)向外海深水区进行洄游,并且此次调查处于10月,9月中旬该海域伏季休渔刚结束,捕捞生产等因素影响较小,因此秋季该海域鱼类生物多样性较高。与邓小艳等<sup>[5]</sup>在舟山沿岸海域调查结果相比,舟山群岛外海域鱼类生物多样性指数基本都大于舟山沿岸海域鱼类生物多样性指数,这可能是因为鱼类多样性的变化特征与种类数变化特征密切相关,在同一水域,当种类数增加时, $D$ 和 $H'$ 值也会随之增加<sup>[27]</sup>。春、秋季 $D$ 、 $H'$ 、 $J'$ 值平面分布均以调查海域西部、靠近岛屿附近海域较低,以调查海域东北部和南部远离岛屿的开阔海域较高,可能是因为近岸海域的港口、跨海大桥等海洋建设项目较多,海洋环境恶化,使鱼类栖息地受到破坏<sup>[28]</sup>,加上较高强度的捕捞,人为因素影响较大,致使调查海域西部鱼类种类数减少,生物多样性较低。不同水深鱼类生物多样性变化显著(表3),并且该海域春、秋季鱼类生物多样性指数值基本都是随着水深的增加而增加,这可能是因为外海深水区海洋环境复杂有海沟地形等<sup>[29]</sup>,受人为干扰因素较小,因此50~80 m、大于80 m水深生物多样性较高。但是,由于水深大于80 m和小于50 m的站位分别只有1和3个,并且与鱼类季节性活动等因素也有关系,因此,水深对外海域鱼类生物多样性影响的具体原因需要进一步探讨。

### 3.4 鱼类的群落结构特征分析

舟山群岛外海域春、秋季鱼类群落结构变化明显,春、秋季的聚类分析和标序分析可得,该海域 nMDS 二维标序图具有一定的解释意义。春季,在 35% 的相似性水平上,分为 3 个群组,秋季,在 45% 的相似性水平上分为 2 个群组,总体来看,春、秋季分组并无明显规律,这可能与调查海域复杂的地质地貌、水团以及海流具有一定的相关性<sup>[30]</sup>。与邓小艳等<sup>[5]</sup>在舟山沿岸海域的调查结果相比,春、秋季鱼类群落组成有明显变化,这可能是因为水深、水温、地形地貌等不同造成的。春、秋季温差较大(春季 16.97 °C (14.00~18.44 °C), 秋季 22.89 °C (21.89~23.27 °C)), 鱼类群落组成在深度梯度变化不大的水域的对温度存在很大程度的依赖性<sup>[31-32]</sup>, 水温的变化引起该海域鱼类优势种和优势度的变动以及洄游性鱼类洄游引起鱼类群体聚集强度的改变可能是影响舟山群岛外海域鱼类群落稳定和变化的主要原因之一。该海域群落间相似程度比相异程度低,并且秋季鱼类群落的相似性高于春季,说明舟山群岛外海域秋季鱼类物种相似度比春季高、春季在生物量和种类水平上均比秋季低。

ABC 曲线在底栖生物群落研究中较为常见,通常稳定的群落,生物量曲线始终位于丰度曲线之上,当两条曲线重叠或者相交,说明群落受到干扰,其稳定性下降<sup>[18]</sup>。

春季鱼类生物量曲线位于丰度曲线上方,说明舟山群岛外海域鱼类群落中生长慢、性成熟晚个体较大的种类多,群落处于稳定状态,这可能因为春季该海域不同站位温差较小,环境相对稳定造成的,也可能是因为鱼类群落结构特征受优势度大的鱼类(如黄鲛鲷)群落特征影响而处于稳定状态。秋季生物量优势度曲线一直处于丰度优势度曲线下方,这说明鱼类个体普遍较小,主要以小型鱼类为主,生物量占明显优势的一些大个体几乎不存在,多年生以及体量大的鱼类很少<sup>[33-34]</sup>,舟山群岛外海域鱼类群落受到严重的干扰,可能是因为 9 月中旬该海域休渔期结束,捕捞生产、休闲渔业等活动使该海域受人为因素影响较大<sup>[28]</sup>,使其稳定性降低。秋季存在大量补充群体的加入,对鱼类生物个体大小存在一定的影响,因此通过 ABC 曲线断定群落的稳定状态,有待于进一步讨论。

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

### 参考文献 (References):

- [1] 王焱, 卢占晖, 张亚洲, 等. 春季舟山渔场鱼类种类组成研究[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2012, 31(2): 129-132.  
Wang Y, Lu Z H, Zhang Y Z, *et al.* The species composition of fish communities in spring in the Zhoushan Fishing Ground[J]. *Journal of Zhejiang Ocean University (Natural Science)*, 2012, 31(2): 129-132.
- [2] 刘坤, 俞存根, 郑基, 等. 舟山群岛东侧海域春秋主要鱼类空间生态位及其分化[J]. 中国水产科学, 2020, 27(1): 1-17.  
Liu K, Yu C G, Zheng J, *et al.* The spatial niche and differentiation of major fish species in the waters east of Zhoushan Islands in spring and autumn[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2020, 27(1): 1-17.
- [3] 许永久, 俞存根, 张平, 等. 杭州湾-舟山近海春季游踪动物群落结构及与环境因子的关系[J]. 水产学报, 2019, 43(3): 605-617.  
Xu Y J, Yu C G, Zhang P, *et al.* Spring nekton community structure and its relationship with environmental variables in Hangzhou Bay-Zhoushan inshore waters[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2019, 43(3): 605-617.
- [4] Yong X, Lin M, Yue S, *et al.* Spatial variation of demersal fish diversity and distribution in the East China Sea: Impact of the bottom branches of the Kuroshio Current[J]. *Journal of Sea Research*, 2019, 144: 22-32.
- [5] 邓小艳, 俞存根, 水玉跃, 等. 舟山近岸海域春秋鱼类种类组成及其数量时空分布[J]. 生态科学, 2018, 37(1): 10-19.  
Deng X Y, Yu C G, Shui Y Y, *et al.* Spatial and temporal variation in fish species composition and abundance in Zhoushan coastal waters during spring and autumn[J]. *Ecological Science*, 2018, 37(1): 10-19.
- [6] Zhang F, Wang X H, Xu J Y, *et al.* Food-web transfer of microplastics between wild caught fish and crustaceans in East China Sea[J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2019, 146: 173-182.
- [7] Huang L M, Wang J Q, Li J, *et al.* Length-weight relationships of 15 fish species in the Amoy Bay, East China Sea[J]. *Journal of Applied Ichthyology*, 2018, 34(6): 1381-1383.
- [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  
中国水产学会主办 sponsored by China Society of Fisheries

- 范第 6 部分: 海洋生物调查 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008: 1-157.
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of China. GB/T 12763.6-2007 Specifications for oceanographic survey—Part 6: Marine biological survey[S]. Beijing: Standards Press of China, 2008: 1-157 (in Chinese).
- [9] 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.
- [10] 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 C G, Song H T, Yao G Z. Crab community structure in the east China Sea[J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2005, 36(3): 213-220.
- [11] Pielou E C. Ecological Diversity[M]. New York: John Wiley and Sons, 1975.
- [12] Margalef R. Information theory in ecology[J]. General Systems, 1958, 3: 36-71.
- [13] Ludwig J A, Reynolds J F. Statistical Ecology[M]. New York: John Wiley & Sons, 1988.
- [14] 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 J J, Liu Y, Li X F, *et al.* Distribution and community structure of trawling marine organisms in Jiushan Islands marine ecological nature reserve and adjacency[J]. *Oceanologia et Limnologia*, 2020, 51(1): 176-185.
- [15] 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.
- [16] Warwick R M. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities[J]. *Marine Biology Progress Series*, 1986, 92(4): 557-562.
- [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): 134-144.
- Li S F. 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): 134-144.
- [18] 孙蓓蓓, 俞存根, 刘惠, 等. 南麂列岛东侧海域春秋季节蟹类生物多样性[J]. *生物多样性*, 2019, 27(7): 787-795.
- Sun B B, Yu C G, Liu H, *et al.* Spring and autumn shrimp and crab biodiversity in the east Nanji Islands[J]. *Biodiversity Science*, 2019, 27(7): 787-795.
- [19] 李圣法, 程家骅, 李长松, 等. 东海中部鱼类群落多样性的季节变化[J]. 海洋渔业, 2005, 27(2): 113-119.
- Li S F, Cheng J H, Li C S, *et al.* Seasonal Changes on fish community diversity in the middle part of the East China Sea[J]. *Marine Fisheries*, 2005, 27(2): 113-119.
- [20] 俞存根, 陈全震, 陈小庆, 等. 舟山渔场及邻近海域鱼类种类组成和数量分布[J]. 海洋与湖沼, 2010, 41(3): 410-417.
- Yu C G, Chen Q Z, Chen X Q, *et al.* Species composition and quantitative distribution of fish in the Zhoushan Fishing Ground and its adjacent waters[J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2010, 41(3): 410-417.
- [21] 徐宾铎, 金显仕, 梁振林, 等. 秋季黄海底层鱼类群落结构的变化[J]. 中国水产科学, 2003, 10(2): 148-154.
- Xu B D, Jin X S, Liang Z L, *et al.* Changes of demersal fish community structure in the Yellow Sea during the autumn[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2003, 10(2): 148-154.
- [22] 卢占晖, 苗振清, 林楠. 浙江中部近海及其邻近海域春秋季节鱼类群落结构及其多样性[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2009, 28(1): 51-56.
- Lu Z H, Miao Z Q, Lin N. The structure and diversity fish communities in spring in the middle sea area of Zhejiang Province and adjacent region[J]. *Journal of Zhejiang Ocean University (Natural Science)*, 2009, 28(1): 51-56.
- [23] 金海卫, 薛利建, 朱增军, 等. 东海和南海南部细条天竺鲷的摄食习性[J]. 海洋渔业, 2012, 34(4): 361-370.
- Jin H W, Xue L J, Zhu Z J, *et al.* Feeding habits of *Apo-gon lineatus* in the East China Sea and southern Yellow Sea[J]. *Marine Fisheries*, 2012, 34(4): 361-370.
- [24] 林龙山, 郑元甲. 东海区黄鮟鱂资源状况的初步探讨[J]. 海洋渔业, 2004, 26(3): 179-183.
- Lin L S, Zheng Y J. Preliminary research on stock of *Lophius litulon* in the East China Sea region[J]. *Marine Fisheries*, 2004, 26(3): 179-183.
- [25] 杨璐, 曹文清, 林元烧, 等. 夏季北部湾九种经济鱼类的食性类型及营养生态位初步研究[J]. 热带海洋学报,



- 2016, 35(2): 66-75.
- Yang L, Cao W Q, Lin Y S, *et al.* Preliminary study on feeding habits and trophic niche of nine economic fish species in Beibu Gulf in summer[J]. *Journal of Tropical Oceanography*, 2016, 35(2): 66-75.
- [26] 刘修泽, 李玉龙, 王文波, 等. 辽东湾北部海域鱼类群落结构及多样性[J]. *水产学报*, 2015, 39(8): 1155-1165.
- Liu X Z, Li Y L, Wang W B, *et al.* The Fish community structure and diversity in the north of Liaodong Bay[J]. *Journal of Fisheries*, 2015, 39(8): 1155-1165.
- [27] 赵蒙蒙, 徐兆礼. 三门湾海域冬夏季口足目和十足目虾类的种类组成、时空分布及多样性分析[J]. *动物学杂志*, 2011, 46(3): 11-18.
- Zhao M M, Xu Z L. Species composition, temporal and spatial distributions and diversity of mmer and winter in Sanmen Bay[J]. *Chinese Journal of Zoology*, 2011, 46(3): 11-18.
- [28] 刘惠, 郭朋军, 俞存根, 等. 舟山沿岸渔场甲壳类群落结构特征研究[J]. *海洋科学*, 2020, 44(2): 90-98.
- Liu H, Guo P J, Yu C G, *et al.* Community structure of crustaceans in the Zhoushan coastal fishery[J]. *Marine Sciences*, 2020, 44(2): 90-98.
- [29] 谢旭, 俞存根, 郑基, 等. 琼州海峡蟹类群落结构特征研究[J]. *渔业现代化*, 2017, 44(2): 72-78.
- Xie X, Yu C G, Zheng J, *et al.* Research on structural characteristics of crab communities in Qiongzhou strait[J]. *Fishery Modernization*, 2017, 44(2): 72-78.
- [30] 许建平, 杨士英. 南麂列岛及其附近海域的水文和气候特征 [C]//浙江省海洋管理局. 南麂列岛国家级海洋自然保护区论文选 (一). 北京: 海洋出版社, 1992: 1-9.
- Xu J P, Yang S Y. Hydrological and climatic features in the Nanji islands[C]//Zhejiang oceanic administration. selected papers in Nanji Islands national marine conservation area. Beijing: China Ocean Press, 1992: 1-9 (in Chinese).
- [31] 单秀娟, 孙鹏飞, 金显仕, 等. 黄海典型断面渔业资源结构的季节变化[J]. *水产学报*, 2013, 37(3): 425-435.
- Shan X J, Sun P F, Jin X S, *et al.* Seasonal variations of fishery resource structure in the sections of the southern Yellow Sea[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2013, 37(3): 425-435.
- [32] 程济生, 俞连福. 黄、东海冬季底层鱼类群落结构及多样性变化[J]. *水产学报*, 2004, 28(1): 29-34.
- Cheng J S, Yu L F. The change of structure and diversity of demersal fish communities in the Yellow Sea and East China Sea in winter[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2004, 28(1): 29-34.
- [33] 杨锋. 舟山沿岸渔业现状调查与管理对策研究 [D]. 杭州: 浙江海洋大学, 2017.
- Yang F. Current situation and management countermeasures of coastal fishery in Zhoushan city[D]. Hangzhou: Zhejiang Ocean University, 2017.
- [34] 苏天骄, 黄明伟, 杨锋, 等. 嵊泗沿岸渔业现状调查分析[J]. *水产科技情报*, 2018, 45(1): 56-60.
- Su T J, Huang M W, Yang F, *et al.* Investigation and analysis of the current status of Shengsi coastal fisheries[J]. *Fisheries Science & Technology Information*, 2018, 45(1): 56-60.

## Fish community structure and biodiversity in the offshore waters of Zhoushan Islands in spring and autumn

YU Nanjing, YU Cungen\*, XU Yongjiu, ZHENG Ji, LIU Kun, ZHANG Peiyi

(Marine Fishery College, Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316022, China)

**Abstract:** In order to understand the species composition, spatial distribution, biodiversity, and community structure characteristics of fish resources in the waters off the Zhoushan Islands, a trawl survey was conducted in the waters off the Zhoushan Islands in April (spring) and October (autumn) 2018. Studies have shown that: (1) there are 106 species of fish in the waters off Zhoushan Islands, belonging to 12 orders, 47 families and 80 genera, including 63 species in spring, belonging to 12 orders, 34 families and 49 genera, and 85 species in autumn, belonging to 12 orders, 45 families. (2) the number of fish species in this survey is 63 in spring and 85 in autumn. Compared with the historical survey results, the total number of fish species significantly reduced in spring, but slightly increased in autumn. This may be due to the previous use of beam drag shrimp nets, and bottom trawl nets were used in this investigation. The difference in nets may cause differences in the main fishing targets, or it may be due to the different layout of survey stations; (3) the dominant fish species in the two seasons changed. Obviously, the dominant species in spring are *Lophius litulon*, *Lepidotrigla japonica* and *Apogon lineatus*, while in autumn the dominant species are *L. litulon* and *A. japonicum*; (4) The value of fish biodiversity index is greater in autumn than that in spring, and the evenness index ( $J'$ ) of spring and autumn is relatively small compared to diversity index ( $H'$ ) and richness index ( $D$ ), and the value of biodiversity index in spring and autumn basically increases with the increase of water depth, and the water depth interval is higher than 80 m. In spring and autumn, the horizontal distribution of  $D$ ,  $H'$ , and  $J'$  values is lower in the western part of the survey sea area and lower in the sea area near the island. The open sea area far from the islands in the south is greater. However, since there are only 1 and 3 stations with a water depth greater than 80 m and less than 50 m, and it is also related to factors such as seasonal fish activities, and the water depth in the outer waters. The degree of impact on biodiversity and the specific reasons need to be further explored; (5) through cluster analysis and non-metric multi-dimensional scaling analysis, it can be obtained that 3 communities are divided into 3 communities at a similarity level of 35% in spring and 45% similarity in autumn. It is divided into two communities at 45% level. The species similarity in autumn is higher than that in spring, and the biomass and species level in spring are lower than those in autumn. The composition of fish communities in waters where the depth gradient does not change greatly depends on temperature. The changes in water temperature caused changes in the dominant species and dominance of fish in the sea, and the migration of migratory fishes caused changes in the concentration of fish populations, which may be one of the main reasons affecting the stability and changes of fish communities in the waters off Zhoushan Islands. (6) the ABC curve shows that the spring fish community structure outside the Zhoushan Islands is undisturbed, which may be caused by the small temperature difference between different stations in the sea area in spring and the relatively stable environment. The biomass dominance curve in autumn has always been below the abundance dominance curve, which indicates that fish individuals are generally small, mainly small fishes, and some large individuals with obvious biomass dominance are almost non-existent. They are perennial and large in size. There are very few fishes, and the fish communities off the Zhoushan Islands are seriously disturbed. There is a large number of supplementary groups in autumn, which has a certain impact on the size of fish communities. Therefore, the ABC curve to determine the stable state of the community needs further discussion.

**Key words:** fish; species composition; relative importance index; community structure; biodiversity; the waters off Zhoushan Islands

**Corresponding author:** YU Cungen. E-mail: cgyu@zjou.edu.cn

**Funding project:** National Natural Science Foundation of China (31270527)