

DOI: 10.19663/j.issn2095-9869.20190430003

http://www.yykxjz.cn/

胡嘉豪, 俞存根, 刘惠. 舟山群岛以东沿岸海域虾类资源状况及其多样性分析. 渔业科学进展, 2020, 41(5): 22-29  
Hu JH, Yu CG, Liu H. Current status and diversity analysis of the shrimp resources in coastal waters east of the Zhoushan Islands. Progress in Fishery Sciences, 2020, 41(5): 22-29

# 舟山群岛以东沿岸海域 虾类资源状况及其多样性分析\*

胡嘉豪 俞存根<sup>①</sup> 刘惠

(浙江海洋大学水产学院 舟山 316022)

**摘要** 依据2018年4月和11月在舟山群岛以东沿岸海域开展的渔业资源调查所获得的虾类资料,应用相对重要性指数公式、生物多样性指数、ABC曲线等方法,对虾类的种类组成、物种多样性、优势种、种类的空间分布、丰度/生物量等进行研究。经鉴定,本次调查共捕获虾类32种,隶属于10科21属。春季(4月)出现的虾类共有22种,隶属于9科16属;秋季(11月)共有29种虾类,隶属于9科20属,出现种类较多。两季共出现虾类19种。秋季虾类的种类数高于春季,秋季有哈氏仿对虾(*Parapenaeopsis hardwickii*)和中华管鞭虾(*Solenocera crassicornis*)2种优势种,春季无优势种出现。秋季生物多样性指数与丰富度指数的平均值高于春季,而均匀度指数则相反,秋季小于春季。ABC曲线的W值春季小于0,秋季大于0,表明春季群落结构受到较大程度的干扰,秋季群落结构受到干扰的程度较小。春、秋季ABC曲线末端均有重叠,表明舟山群岛以东沿岸海域虾类群落遭到一定程度的破坏。

**关键词** 虾类;生物多样性;优势种;ABC曲线

**中图分类号** S932.5+1 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2020)05-0003-08

舟山渔场位于长江、钱塘江等大陆径流的入海交汇区,地理位置优越,其沿岸线曲折,岛屿密布。受各种大陆径流形成的沿岸水、台湾暖流所带来的外海高盐水和黄海冷水团季节性分布的影响(俞存根等,2011)。舟山渔场水文环境适宜,渔业资源极其丰盛,海洋渔业生物种类繁多,饵料生物充足,是虾类繁衍、索饵、发育的良好栖息场所。

国外学者对于虾类的研究报导较多,Almeida等(2012)研究了巴西东南海岸一种虾 *Nematopalaemon schmitti* 在不同海湾的生态分布特征。Asvin等(2014)分析了虾类幼体阶段群聚的季节组成、水平和垂直分布规律。Abushaal等(2014)分析了在海岸带营底栖生

活虾类的丰度和其生物多样性。Takada等(2015)研究了砂质沙滩冲浪带中环境因子对3种虾 *Haustorioides japonicus*、*Excirrolana chiltoni* 和 *Archaeomysis kokuboi* 资源丰度分布的影响。

在我国,张洪亮等(2013)分析了浙江南部沿海春季产卵虾类的群落结构特征,林群等(2018)研究了渤海生态系统的营养关系、结构及功能参数,评估了中国明对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)在渤海的生态容量变化。左涛等(2015)研究了南极大磷虾(*Euphausia superba*)的数量、体长分布和发育期组成等种群结构特点。李显森等(2015)分析了南极磷虾资源的时空分布及其渔场形成机制。陈丹等(2013)研究了南极半岛

\* 国家自然科学基金(31270527)资助 [This work was supported by National Natural Science Foundation of China (31270527)]. 胡嘉豪, E-mail: 1843223995@qq.com

① 通讯作者:俞存根,教授, E-mail: cgyu@zjou.edu.cn

收稿日期:2019-04-30, 收修改稿日期:2019-07-12

邻近海域的长臂樱磷虾(*Thysanoessa macrura*)数量密度、体长分布及发育期组成。阙江龙等(2014)探讨了台湾海峡附近海域的虾类数量和优势种分布特征。何贤保等(2013)、夏陆军等(2016)、徐捷等(2014)着重研究了东海的虾类群落结构及其特征。

1980 年以来,我国近海渔业资源不断减少,虾类在我国渔业资源中所占有的经济地位越来越重。2015 年全国海洋捕捞虾类的产量为  $1.58 \times 10^6$  t, 占 2015 年全国海洋捕捞渔业资源产量的 12.05% (2015 年中国渔业统计年鉴, 2016)。在海洋生物食物链中,许多捕食者以虾类为食,故海洋食物链的稳定性会受虾类资源的影响,甚至整个海洋生态系统的稳定性也会受到影响。因此,分析虾类的群落结构是如何变化的、虾类的生物多样性等,不仅有利于了解海洋生物群落结构及其动态变化的生态学问题,也有利于促进渔业生产的健康发展,实现渔业资源的可持续利用。

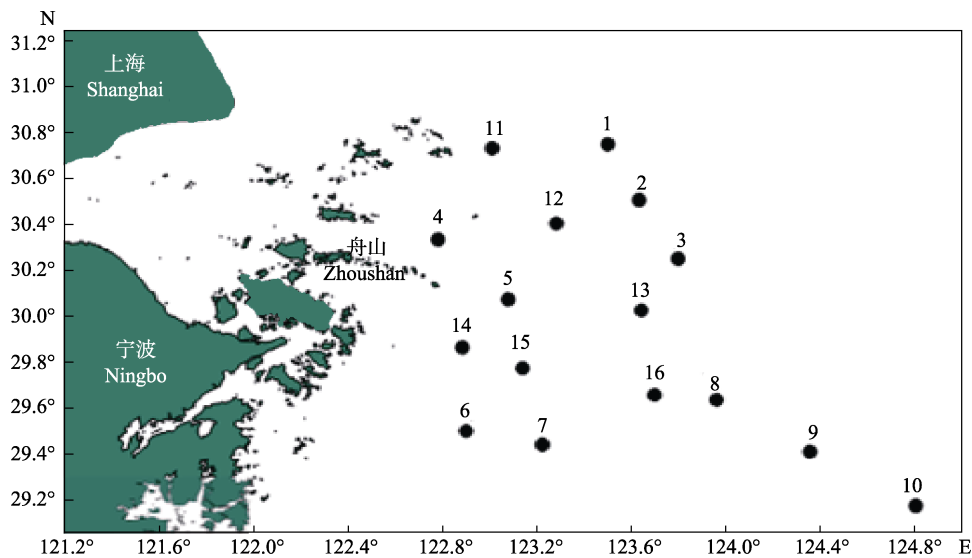


图 1 渔业资源调查站位

Fig.1 Survey stations of fishery resources

## 1.2 数据处理及分析方法

本研究采用 Surfer 11 软件绘制站位图及物种数的平面分布图,采用 Excel 统计分析数据,最后采用 Primer 5.0 软件进行多样性分析和相似性分析。

**1.2.1 优势种的计算公式** 采用相对重要性指数计算优势种,计算公式(Pinkas *et al.*, 1971):

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

式中,IRI 即为相对重要性指数;  $n_i$ 、 $w_i$  分别为第  $i$  种虾类生物的个体数和生物量;  $N$ 、 $W$  分别为调查获得的虾类总个体数和总生物量;  $f_i$  为第  $i$  种虾类生物在  $m$  次取样中出现的频率;  $m$  为取样次数。本

## 1 材料与方法

### 1.1 数据来源

本研究所用数据来自 2018 年 4 月(春季)和 11 月(秋季)租用浙江海洋大学浙渔科 2 号科考船(科考船主机功率为 1007 kW,船上配备卫导、探渔仪、对讲机等导航、定位仪及其他助渔机械设施)在舟山群岛以东沿岸海域开展渔业资源底拖网调查所获得的虾类资料。调查范围为  $29^{\circ}10' \sim 30^{\circ}43'N$ 、 $122^{\circ}53' \sim 124^{\circ}48'E$ ,共设置 16 个站位,具体调查站位如图 1 所示。春、秋季网具规格为 1020 目  $\times$  80 mm。本次调查每站拖曳时间约为 1 h,渔船拖速约为 3.5 kn。每站拖网所得的渔获物全部取样装入样品袋,之后进行编号、记录,冰鲜保存,带回实验室之后进行种类、数量等的分析、生物学鉴定,利用精确度为 0.01 g 电子天平称重。同时,在每一个站位,使用 CTD (温盐深仪)同步测量水温及盐度等水文环境因子。

研究将  $IRI > 1000$  者定为优势种,100~1000 之间者定为常见种(俞存根等, 2005)。

由于 2018 年春、秋季实际调查过程中各站位的拖网时间有差异,拖速也不同,数据均以拖速 3.5 kn、时间 1 h 为基准标准化处理调查数据。

**1.2.2 生物多样性指数计算公式** 生物多样性主要采用 Shannon-Weaver( $H'$ )指数(Shannon *et al.*, 1949)、Pielou 均匀度指数( $J'$ )(Pielou, 1975)、Margalef 种类丰富度指数( $D$ )(Margalef, 1958)计算:

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

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

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

式中,  $S$  为虾类生物的总种数;  $P_i$  为第  $i$  种虾类生物的个体数或生物量占虾类生物总个体数或总生物量的比例;  $N$  为虾类生物的总尾数。

**1.2.3 丰度/生物量曲线(ABC 曲线)** ABC 曲线是在同一坐标系中比较生物量优势度曲线和丰度优势度曲线, 通过 2 条曲线的分布情况分析群落处于不同干扰状况下的特征(孙儒泳等, 2002), 统计量用  $W$  表示(Clarke *et al.*, 2001), 公式如下:

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

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。

## 2 结果

### 2.1 种类组成及优势种

**2.1.1 种类组成** 舟山群岛以东沿岸海域 2018 年春季、秋季共鉴定出虾类 32 种, 隶属于 10 科 21 属。其中, 春季有 22 种, 隶属于 9 科 16 属; 秋季出现种

类较多, 共有 29 种, 隶属于 9 科 20 属。2 个季节共有种类 19 种。

**2.1.2 优势种** 舟山群岛以东沿岸海域 2018 年春季、秋季的虾类 IRI 如表 1 所示。从表 1 可以看出, 春季生物量最高的为须赤虾(*Metapenaeopsis barbata*), 秋季为哈氏仿对虾(*Parapenaeopsis hardwickii*)。调查海域春、秋季虾类的 IRI 差异较大, 春季虾类无优势种出现, 常见种有葛氏长臂虾(*Palaemon gravieri*)、戴氏赤虾(*Metapenaeopsis dalei*)、须赤虾和中华管鞭虾(*Solenocera crassicornis*)等 4 种。秋季优势种为中华管鞭虾和哈氏仿对虾, 且秋季哈氏仿对虾站位出现频率为 100%。进一步分析发现, 哈氏仿对虾占总渔获重量的 30.00%, 总尾数的 30.20%。中华管鞭虾占总渔获重量的 11.30%, 总尾数的 8.10%。常见种类则有鹰爪虾(*Trachysalambria curvirostris*)、戴氏赤虾、须赤虾、东海红虾(*Plesionika izumiae*)、刀额仿对虾(*Parapenaeopsis cultrirostris* Alcock)和细巧仿对虾(*Alpheus japonicus*)等 9 种虾类。

### 2.2 生物多样性指数

舟山群岛以东沿岸海域虾类 2018 年春季、秋季的生物多样性指数见表 2, 春季生物多样性指数( $H'$ )在

表 1 舟山群岛以东沿岸海域虾类优势种及常见种的季节变化  
Tab.1 The seasonal variation of dominant species and common species of shrimps in coastal waters east of Zhoushan Islands

种类 Species	春季 Spring				秋季 Autumn			
	总生物量 $W$ (%)	总个体数 $N$ (%)	频率 $F$	相对重要性 指数 IRI	总生物量 $W$ (%)	总个体数 $N$ (%)	频率 $F$	相对重要性 指数 IRI
扁足异对虾 <i>Atypopenaeus stenodactylus</i>	0.05	0.02	18.75	0.90	0.01	0.02	6.25	0.10
安氏白虾 <i>Exopalaemon annandalei</i>	0.00	0.01	6.25	0.00	0.46	0.88	43.75	36.80
敖氏红虾 <i>Plesionika ortmanni</i>	0.00	0.00	12.50	0.00	0.10	0.11	31.25	4.30
大管鞭虾 <i>Solenocera melantho</i>	0.43	0.06	31.25	9.70	—	—	—	—
戴氏赤虾 <i>Metapenaeopsis dalei</i>	5.42	10.36	93.75	924.70	0.60	2.46	75.00	143.40
东海红虾 <i>Plesionika izumiae</i>	0.72	1.86	25.00	40.30	1.72	3.66	50.00	168.00
葛氏长臂虾 <i>Palaemon gravieri</i>	2.42	2.01	93.75	259.20	1.63	2.65	50.00	134.00
哈氏仿对虾 <i>Parapenaeopsis hardwickii</i>	0.41	0.12	31.25	10.20	28.46	30.27	100.00	3670.70
红条鞭腕虾 <i>Lysmata vittata</i>	0.00	0.01	6.25	0.10	0.00	0.01	6.25	0.10
滑脊等腕虾 <i>Procletes levicarina</i>	0.08	0.07	25.00	2.40	0.04	0.07	37.50	2.60
假长缝拟对虾 <i>Parapenaeus fissuroidesfissuroides</i>	1.45	0.74	31.25	42.90	—	—	—	—
拉式爱情虾 <i>Aegaeon rathbuni</i>	0.06	0.18	18.75	2.80	0.00	0.00	6.25	0.00
日本鼓虾 <i>Alpheus japonicus</i>	0.09	0.23	62.50	12.50	1.60	5.03	81.25	336.80
细螯虾 <i>Leptochela gracilis</i>	0.00	0.04	12.50	0.40	—	—	—	—
细巧仿对虾 <i>Parapenaeopsis tenella</i>	0.09	0.11	12.50	1.60	2.07	6.35	100.00	525.90
鲜明鼓虾 <i>Alpheus distinguendus</i>	0.22	0.22	81.25	22.30	1.37	2.38	81.25	190.20
日本异指虾 <i>Processa japonica</i>	0.05	0.02	12.50	0.50	0.25	0.50	37.50	17.60

续表 1

种类 Species	春季 Spring				秋季 Autumn			
	总生物量	总个体数	频率	相对重要性	总生物量	总个体数	频率	相对重要性
	<i>W</i> (%)	<i>N</i> (%)	<i>F</i>	指数 IRI	<i>W</i> (%)	<i>N</i> (%)	<i>F</i>	指数 IRI
须赤虾 <i>Metapenaeopsis barbata</i>	16.18	11.00	37.50	637.10	8.00	2.85	50.00	339.20
鹰爪虾 <i>Trachysalambria curvirostris</i>	0.82	0.14	50.00	30.20	5.59	2.01	68.75	326.70
长角赤虾 <i>Metapenaeopsis provocatoria longirostris</i>	0.03	0.01	18.75	0.50	0.02	0.01	6.25	0.10
中华管鞭虾 <i>Solenocera crassicornis</i>	1.53	1.16	75.00	126.40	11.30	8.06	93.75	1134.60
周氏新对虾 <i>Metapenaeus joyneri</i>	0.05	0.01	12.50	0.50	0.45	0.12	18.75	6.70
中国明对虾 <i>Fenneropenaeus chinensis</i>	—	—	—	—	0.03	0.00	6.25	0.10
中国毛虾 <i>Acetes chinensis Hansen</i>	—	—	—	—	0.00	0.01	18.75	0.20
长额拟鞭腕虾 <i>Exhippolysmata ensirostris</i>	—	—	—	—	0.02	0.01	6.25	0.10
刀额仿对虾 <i>Parapenaeopsis cultrirostris</i>	—	—	—	—	4.99	2.92	87.50	432.80
高脊管鞭虾 <i>Solenocera alticarinata</i>	—	—	—	—	0.22	0.02	12.50	1.90
高脊赤虾 <i>Metapenaeopsis lamellate</i>	—	—	—	—	0.00	0.00	6.25	0.00
钩腹船形虾 <i>Tozeuma armatum</i>	—	—	—	—	0.01	0.08	31.25	1.60
矛形拟对虾 <i>Parapenaeus lanceolatus</i>	—	—	—	—	0.66	1.06	18.75	20.10
泥污疣褐虾 <i>Pontocaris pennate</i>	—	—	—	—	0.02	0.03	6.25	0.20
日本囊对虾 <i>Marsupenaeus japonicus</i>	—	—	—	—	0.24	0.01	18.75	3.00

表 2 舟山群岛以东沿岸海域虾类生物多样性指数  
Tab.2 Biological diversity index of shrimp in coastal waters east of Zhoushan Islands

站位 Station	春季 Spring			秋季 Autumn		
	丰富度	均匀度	生物多	丰富度	均匀度	生物多
	指数 <i>D</i>	指数 <i>J'</i>	样性指 数 <i>H'</i>	指数 <i>D</i>	指数 <i>J'</i>	样性指 数 <i>H'</i>
1	0.81	0.81	1.62	1.60	0.33	1.28
2	1.32	0.89	2.49	1.18	0.28	0.99
3	0.99	0.76	1.97	0.86	0.65	1.95
4	1.20	0.69	2.08	1.21	0.64	2.14
5	0.91	0.78	1.82	1.08	0.77	2.44
6	1.89	0.70	2.59	1.23	0.55	1.83
7	1.80	0.57	2.17	1.69	0.67	2.62
8	0.82	0.62	1.61	0.75	0.30	0.85
9	0.54	0.38	0.99	1.85	0.59	2.42
10	0.77	0.41	1.24	1.74	0.69	2.71
11	1.08	0.31	1.00	1.34	0.70	2.43
12	0.78	0.76	1.96	1.16	0.65	2.17
13	0.85	0.57	1.31	1.42	0.55	2.03
14	1.02	0.65	1.67	1.49	0.39	1.44
15	1.38	0.76	2.40	0.93	0.80	2.54
16	1.57	0.64	2.23	1.28	0.60	2.08

0.99~2.59 之间, 平均为 1.82, 最高为 6 号站位, 最低为 9 号站位; 均匀度指数(*J'*)分布在 0.31~0.89 之间, 平均为 0.64, 最高为 2 号站位, 最低为 11 号站位;

丰富度指数(*D*)分布在 0.54~1.89 之间, 平均为 1.11, 最高为 6 号站位, 最低为 9 号站位。秋季生物多样性指数(*H'*)分布在 0.85~2.71 之间, 平均为 1.99, 最高为 10 号站位, 最低为 9 号站位; 均匀度指数(*J'*)分布在 0.28~0.80 之间, 平均为 0.57, 最高为 15 号站位, 最低为 2 号站位; 丰富度指数(*D*)分布在 0.75~1.85 之间, 平均为 1.30, 最高为 9 号站位, 最低为 8 号站位。

秋季 *H'* 平均值(1.99)大于春季(1.82)。秋季 *D* 平均值(1.30)大于春季(1.11)。秋季 *J'* 平均值(0.57)小于春季(0.64)。

### 2.3 ABC 曲线特征

舟山群岛以东沿岸海域 2018 年春、秋季 ABC 曲线对比见图 2。2 条曲线在末端逐渐靠近, 并发生重合, *W* 统计值春季为负值, 秋季为正值。

春、秋季虾类丰度/生物量趋势相反: 春季虾类的生物量曲线在丰度曲线之下, *W* 为 -0.005 (<0); 秋季相反, 生物量曲线在丰度曲线之上, *W* 为 0.034 (>0), 表明春季群落结构受到较大程度的干扰, 秋季群落结构受到干扰的程度较小, 说明春季在调查海域的虾类群落组成中个体相对较小, 生物量占据明显优势的大个体较少, 而秋季虾类组成中主要以大个体优势种为主, 丰度占优势的小个体较少。春季的生物量曲线相对于秋季而言起点较高, 但上升较慢, 秋季生物量曲线起点较低, 但上升较快。春、秋季的丰度和生物量

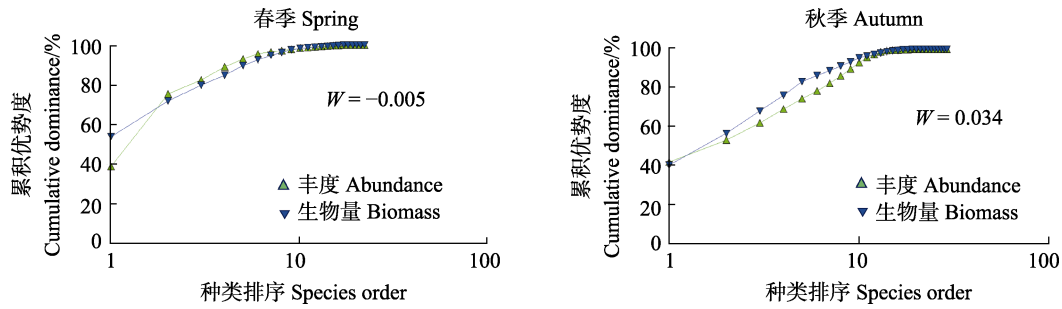


图 2 2018 年舟山群岛以东沿岸海域虾类的 ABC 曲线

Fig.2 The ABC curves of shrimp species in coastal waters east of Zhoushan Islands in 2018

2 条曲线在末端交汇, 表明调查海域受到一定程度的破坏。

### 3 讨论

#### 3.1 虾类种类组成及优势种

本次调查结果显示, 在春、秋季调查渔获中虾类种类共有 32 种, 春、秋季共同出现的虾类共有 19 种, 占虾类总数的 59.38%; 较小种类出现在特定的季节, 如假长缝拟对虾(*Parapenaeus fissuroides*)和细螯虾(*Leptochela gracilis*)等只出现在春季, 刀额仿对虾和高脊管鞭虾(*Solenocera alticarinata*)等只出现在秋季, 可见分布在舟山群岛以东沿岸海域的虾类以地方性种类为主, 季节性种类相对较少。从生态类型来看, 分布于舟山群岛以东沿岸海域的虾类多为广温广盐性, 这可能是与舟山渔场的水文条件独特有关, 其地处钱塘江口外、长江口南侧, 春、秋季盐度变化巨大, 海水温度高低温相差明显(俞存根, 2011)。且须赤虾、假长缝拟对虾为舟山附近海域常见种, 但在本次调查中, 只在部分站位出现, 可能是因为多年来, 拖虾渔船数量增多、马力增大, 须赤虾和假长缝拟对虾承受着强大的捕捞压力, 群落资源受到破坏, 并且本次调查范围与方式也有所不同导致(宋海棠等, 2002)。而根据宋海棠等(2003)的调查表明, 浙江近海共有虾类 64 种, 与本次调查结果相差较大, 可能与 2 次调查范围、调查工具不同有关。

对比本调查结果(表 1)与何贤保等(2013)对舟山渔场虾类的调查结果发现, 春季虾类种类数略有变化, 均无优势种, 但较高经济价值的虾类如戴氏赤虾、中华管鞭虾和细巧仿对虾等都有出现。秋季虾类种类数同样有所变化, 优势种为哈氏仿对虾和中华管鞭虾, 秋季具有较高经济价值的虾类有葛氏长臂虾、中华管鞭虾和哈氏仿对虾等。这些经济虾类资源量年际变化与张平等(2017)的调查结果相比, 春、秋季捕捞资源量均有所增加, 其原因可能是, 2 次调查站位、

调查范围、拖网网目尺寸均不同, 近年来禁渔期的实施有所成效。对比发现, 春、秋季虾类优势种更替率为 100%。究其原因, 哈氏仿对虾在春季进入沿岸水区产卵, 秋季为哈氏仿对虾成虾期, 经过夏季浅海区的索饵生长后, 哈氏仿对虾迅速生长, 并向调查海域移动。中华管鞭虾的生态习性与哈氏仿对虾类似, 常与其混栖(俞存根, 2011)。

此前诸多对舟山海域虾类的调查中, 俞存根等(2009)调查发现, 捕获量较多的虾类有戴氏赤虾、假长缝拟对虾、须赤虾和葛氏长臂虾等。与俞存根(2011)对舟山渔场渔业资源的调查结果相比, 此前鹰爪虾、葛氏长臂虾和中华管鞭虾等优势种的资源量在本次调查中不再占有绝对优势。在张平等(2017)的调查中, 此前捕获量较多的有安氏白虾(*Exopalaemon annandalei*)、中国毛虾(*Acetes chinensis Hansen*)和细螯虾等, 在本次调查中只在少数几个站位中出现, 变化巨大。在一定程度上说明, 舟山海域的渔业资源近年来遭到一定程度的破坏, 虾类群落结构出现明显的更替。

#### 3.2 生物多样性分析

从调查海域虾类生物多样性的春、秋季季节变化情况来看(表 2), 多样性指数( $H'$ )的意义有两个方面, 分别是虾类各种间个体分布的均匀性与虾类的种类数, 即各种之间的虾类个体数分配越均匀,  $H'$ 值就越大(李德伟等, 2014)。本次调查中秋季  $H'$  平均值(1.99)大于春季(1.82), 说明调查海域秋季各种虾类之间的个体数量分布比春季更均匀。春、秋季调查海域的丰富度指数( $D$ )同样有所差别, 秋季  $D$  平均值(1.30)大于春季(1.11), 且可以看出春、秋季各站位种类数相差较大, 秋季大部分站位丰度和生物量比春季高, 说明调查海域虾类的 Margalef 种类  $D$  值的空间分布在季节上有所变化。而春、秋季的均匀性指数( $J'$ )只有轻微差别, 与  $H'$ 、 $D$  不同的是, 春季的  $J'$  平均值(0.64)大于秋季(0.57), 但相差不超过 0.1, 即虾类在不同季节分布的均匀度和区域分化程度区别不大(刘灿然等,

1998), 本研究结果显示, 调查海域的虾类群落较稳定, 整个虾类群落格局变动较小, 说明群落结构均匀度的变化与环境条件的影响较小(苗璐等, 2017)。

### 3.3 ABC 曲线分析

根据舟山群岛以东沿岸海域 2018 年春季 ABC 曲线(图 2)的结果来看, 春季群落结构受到的干扰较大, 而秋季群落结构受到的干扰较小。当  $W$  值接近于 1 时, 表明该群落生物量的优势度逐渐由较单一的物种所统治, 但各物种的丰富度呈相同趋势(苗露等, 2017)。ABC 曲线的应用具有一些局限性, 在底栖生物群落的研究中较为常见(曲方圆等, 2009)。本次调查, 春、秋季生物量曲线与丰度曲线末端均发生交错重叠的现象, 表明调查海域的群落受到了一定程度的破坏, 需要引起重视。根据方雯雯等(2016)对舟山渔场环境的调查, 破坏原因可能是舟山渔场近岸海域与长江、钱塘江、甬江等大陆径流相贯通, 其沿途夹带着大量污染物质进入舟山渔场海域。沿岸城市的混合排污口和工业企业的直接排污口排放的有毒有害物质直接流向调查海域。排放的营养盐导致海水富营养化而形成赤潮, 加剧了水体恶化。

沿用底栖生物研究中的解释(蔡丽萍等, 2018), 春季生物量曲线位于丰度曲线之上, 存在部分重合, 因此, 调查海域的环境受到的扰动程度较大, 使整个虾类群落处于动态变化中, 使较大个体的优势种受到削弱, 丰度和生物量优势度不均等程度减弱, 这种变化也说明了当前群落趋于小型化, 群落处于一种低水平的稳定状态(沈新强等, 2013)。秋季生物量曲线位于丰度曲线上方, 存在部分重合, 调查海域中虾类群落受到扰动程度较小。

## 4 结论

本次调查所获 32 种虾类, 主要以广温、广盐性虾类为主, 春、秋季共同出现的虾类有 19 种, 59.38% 的虾类是洄游性虾类; 优势种有哈氏仿对虾和中华管鞭虾 2 种。秋季的  $H'$  和  $D$  高于春季,  $J'$  小于春季。春季虾类群落受到的破坏程度大于秋季。

## 参 考 文 献

- Abushaala NM, Shaibi T, Howaage HM. The abundance and diversity of benthic crustaceans along the coastal zone of Western Libya. *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment*, 2014, 20(1): 33–45
- Almeida AC, Fransozo A, Teixeira GM, *et al.* Ecological distribution of the shrimp *Nematopalaemon schmitti* (Crustacea: Decapoda: Caridea) in three bays on the south-eastern coast of Brazil. *African Journal of Marine Science*, 2012, 34(1): 93–102
- Asvin P, Torres, Santos AD, *et al.* Decapod crustacean larval communities in the Balearic Sea (Western Mediterranean): Seasonal composition, horizontal and vertical distribution patterns. *Journal of Marine Systems*, 2014, 138: 112–126
- Cai LP, Jin JL, Wu YZ. Research and investigation of benthic in Zhoushan nearby sea during the summer of 2016. *Ocean Development and Management*, 2018, 35(9): 82–87 [蔡丽萍, 金敬林, 吴盈子. 2016 年夏季舟山近岸海域底栖生物调查与研究. *海洋开发与管理*, 2018, 35(9): 82–87]
- Chen D, Zuo T, Zhao XY, *et al.* Distribution and development of *Thysanoessa macrura* in waters adjacent to the Antarctic Peninsula. *Progress in Fishery Sciences*, 2013, 34(3): 29–37 [陈丹, 左涛, 赵宪勇, 等. 南极半岛邻近海域长臂樱磷虾的数量分布与生长发育. *渔业科学进展*, 2013, 34(3): 29–37]
- Clarke KR, Warwick RM. Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation: 2nd ed. Plymouth: Primer-E, 2001
- Fang WW, Lü JM. Research on restoring and revitalizing Zhoushan fishing ground. *Rural Economy and Science and Technology*, 2016, 27(9): 95–96, 266 [方雯雯, 吕金缪. 关于修复振兴舟山渔场的问题研究. *农村经济与科技*, 2016, 27(9): 95–96, 266]
- Fisheries and Fisheries Administration Bureau, Ministry of Agriculture. China Fisheries Statistical Yearbook in 2015. Beijing: China Agricultural Publishing House, 2016, 47–49 [农业部渔业渔政管理局. 2015 年中国渔业统计年鉴. 北京: 中国农业出版社, 2016, 47–49]
- He XB, Yu CG, Qin T, *et al.* The analysis of the community characteristics of shrimps in Zhoushan fishing ground and its adjacent waters. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2013, 37(3): 553–559 [何贤保, 俞存根, 覃涛, 等. 舟山渔场及附近海域虾类群落结构特征分析. *水生生物学报*, 2013, 37(3): 553–559]
- Li DW, Zhou QS, Yu CG, *et al.* Shrimp community structure research in the Guanshan Sea in Zhoushan fishing ground. *Journal of Zhejiang Ocean University (Natural Science)*, 2014(1): 19–25 [李德伟, 周青松, 俞存根, 等. 舟山渔场官山附近海域春秋两季虾类群落结构特征的研究. *浙江海洋学院学报(自然科学版)*, 2014(1): 19–25]
- Li XS, Zhang JC, Zhao XY, *et al.* Spatiotemporal distribution of *Euphausia superba* in CCAMLR area 48 during 2012/2013 fishing season. *Progress in Fishery Sciences*, 2015, 36(4): 1–9 [李显森, 张吉昌, 赵宪勇, 等. 2012/2013 渔季 CAMLR 48 区南极磷虾(*Euphausia superba*)资源时空分布. *渔业科学进展*, 2015, 36(4): 1–9]
- Lin Q, Shan XJ, Wang J, *et al.* Changes in Chinese shrimp (*Fenneropenaeus chinensis*) carrying capacity of the Bohai Sea. *Progress in Fishery Sciences*, 2018, 39(4): 19–29 [林群,

- 单秀娟, 王俊, 等. 渤海中国对虾生态容量变化研究. 渔业科学进展, 2018, 39(4): 19–29]
- Liu CR, Ma KP, Lü YH, *et al.* Measurement of biotic community diversity VI: The statistical aspects of diversity measures. Chinese Biodiversity, 1998, 6(3): 229–239 [刘灿然, 马克平, 吕延华, 等. 生物群落多样性的测度方法VI: 与多样性测度有关的统计问题. 生物多样性, 1998, 6(3): 229–239]
- Margalef R. Information theory in ecology. General Systematics, 1958(3): 36–71
- Miao L, Yu CG, Zhou QS, *et al.* Fish community structure research in the sea area near Putuo Mountain of Zhoushan Fishery. Fisheries Science and Technology Information, 2017, 44(3): 131–137 [苗露, 俞存根, 周青松, 等. 舟山渔场普陀山附近海域鱼类群落结构特征研究. 水产科技情报, 2017, 44(3): 131–137]
- Pielou EC. Ecological diversity. New York: Wiley, 1975
- Pinkas L, Oliphant MS, Iverson K. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. Fishery Bulletin, 1971
- Qu FY, Yu ZS, Sui JX, *et al.* The limitations of abundance biomass comparison method. Marine Science, 2009, 33(6): 118–121 [曲方圆, 于子山, 隋吉星, 等. 丰度生物量比较法应用局限性. 海洋科学, 2009, 33(6): 118–121]
- Que JL, Xu ZL, Chen JJ. Shrimp density and dominant species in onshore waters of the Central Taiwan Strait. Journal of Fishery Sciences of China, 2014, 21(6): 1211–1219 [阙江龙, 徐兆礼, 陈佳杰. 台湾海峡中部近海虾类数量和优势种分布特征. 中国水产科学, 2014, 21(6): 1211–1219]
- Shannon CE, Weaver W. The mathematical theory of communication. Urbana IL: University of Illinois Press, 1949
- Shen XQ, Shi YR, Chao M, *et al.* Analysis of taxonomic diversity of fish community in Yangtze River estuary. Progress in Fishery Sciences, 2013, 34(4): 1–7 [沈新强, 史赟荣, 晁敏, 等. 长江口鱼类群落分类学多样性变动的分析. 渔业科学进展, 2013, 34(4): 1–7]
- Song HT, Yao GZ, Yu CG, *et al.* Shrimp species composition and quantity distribution in the East China Sea. Acta Oceanica Sinica, 2003, 25(s1): 171–179 [宋海棠, 姚光展, 俞存根, 等. 东海虾类的种类组成和数量分布. 海洋学报, 2003, 25(s1): 171–179]
- Song HT, Yao GZ, Yu CG, *et al.* The quantitative distribution and biological characteristics of *Parapenaeus fissuroides* in East China Sea. Marine Fisheries Research, 2002, 23(4): 8–12 [宋海棠, 姚光展, 俞存根, 等. 东海假长缝拟对虾的数量分布和生物学特性. 海洋水产研究, 2002, 23(4): 8–12]
- Sun RY, Li QF, Niu CJ, *et al.* Basic ecology. Beijing Higher Education Press, 2002 [孙儒泳, 李庆芬, 牛翠娟, 等. 基础生态学. 北京: 高等教育出版社, 2002]
- Takada Y, Kajihara N, Mochizuki S, *et al.* Effects of environmental factors on the density of three species of peracarid crustaceans in micro-tidal sandy shores in Japan. Ecological Research. 2015, 30(1): 101–109
- Xia LJ, Yu CG, Cai HC, *et al.* Community structure and diversity of shrimp in Nanji Islands marine conservation area. Acta Oceanica Sinica (Chinese Version), 2016, 38(2): 73–83 [夏陆军, 俞存根, 蔡厚才, 等. 南麂列岛海洋自然保护区虾类群落结构及其多样性. 海洋学报(中文版), 2016, 38(2): 73–83]
- Xu J, Chen JJ, Xu ZL. Shrimp community structure in the Lüsü fishing ground during spring and summer. Journal of Fisheries of China, 2014, 38(8): 1097–1105 [徐捷, 陈佳杰, 徐兆礼. 吕泗渔场沿岸海域春夏季虾类群落特征. 水产学报, 2014, 38(8): 1097–1105]
- Yu CG, Chen XQ, Song HT, *et al.* Analysis on community structure and diversity of shrimps in the East China Sea in spring. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(7): 3593–3604 [俞存根, 陈小庆, 宋海棠, 等. 春季东海海域虾类群落结构及其多样性. 生态学报, 2009, 29(7): 3593–3604]
- Yu CG, Song HT, Yao GZ, *et al.* Crab community structure in the East China Sea. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2005, 36(3): 213–220 [俞存根, 宋海棠, 姚光展, 等. 东海蟹类群落结构特征的研究. 海洋与湖沼, 2005, 36(3): 213–220]
- Yu CG. Fishery ecology of Zhoushan fishing ground. Beijing: Science Publishing House, 2011, 1–238 [俞存根. 舟山渔场渔业生态学. 北京: 科学出版社, 2011, 1–238]
- Yu CH, Chen XQ, Hu HY, *et al.* Species composition and community structure characteristics of zooplankton in the Zhoushan fishing ground and its adjacent area. Acta Hydrobiologica Sinica, 2011, 35(1): 183–193 [俞存根, 陈小庆, 胡颖琰, 等. 舟山渔场及邻近海域浮游动物种类组成及群落结构特征. 水生生物学报, 2011, 35(1): 183–193]
- Zhang HL, Wang ZM, Zhu ZJ, *et al.* Analysis on the community characteristics of shrimps in the coastal spawning ground of south Zhejiang during spring. Acta Hydrobiologica Sinica, 2013, 37(4): 712–721 [张洪亮, 王忠明, 朱增军, 等. 浙江南部沿岸产卵场春季虾类群落结构特征分析. 水生生物学报, 2013, 37(4): 712–721]
- Zhang P, Yu CG, Shui YY, *et al.* Species composition and quantitative distribution of shrimp and its changing tendency in Zhoushan coastal waters. Journal of Shanghai Ocean University, 2017, 26(4): 580–587 [张平, 俞存根, 水玉跃, 等. 舟山近岸海域虾类种类组成与数量分布及其变动趋势. 上海海洋大学学报, 2017, 26(4): 580–587]
- Zuo T, Chen D, Zhao XY, *et al.* The abundance, distribution, and stage-specific compositions of *Euphausia superba* in the water around the Antarctic Peninsula. Progress in Fishery Sciences, 2015, 36(2): 1–10 [左涛, 陈丹, 赵宪勇, 等. 南极半岛邻近海域南极大磷虾(*Euphausia superba* Dana)的数量组成和分布. 渔业科学进展, 2015, 36(2): 1–10]

## Current Status and Diversity Analysis of the Shrimp Resources in Coastal Waters East of the Zhoushan Islands

HU Jiahao, YU Cungen<sup>①</sup>, LIU Hui

(College of Fisheries, Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316022)

**Abstract** In order to assess the current diversity and status of shrimp resources in the coastal waters east of the Zhoushan Islands, data was collected and shrimp fishery resources were investigated from April and November 2018. We used the relative importance index, biodiversity index, and ABC stock curve to identify prawn class based on species composition, biodiversity, dominant species, the spatial distribution of species, and abundance/biomass. The results showed that a total of 32 shrimp species distributed across one order, ten families, and 21 genera, were captured and identified in coastal waters east of the Zhoushan Islands. In the spring, 22 shrimp species were observed, which belonged to nine families and 16 genera. Twenty-nine shrimp species were observed in the fall season, belonging to nine families and 20 genera. There were 19 shrimp species in common between the spring and fall. The number of shrimp species in fall was higher than that of spring, and the dominant species in fall included *Parapenaeopsis hardwickii*, and *Solenocera crassicornis*; however, no dominant species was found in spring. The mean value of the biodiversity index and richness index in fall were higher than those in spring, while the evenness index was lower in fall than in spring. The  $W$  value of the ABC curve was negative in the spring and positive in the fall. This indicates that the community structure in the spring was greatly disturbed, while that in the fall was less disturbed. In spring and fall, the end of the ABC curve overlapped, showing that the shrimp communities in the coastal waters east of the Zhoushan Islands were certainly polluted to some extent.

**Key words** Shrimp; Biodiversity; Dominant species; ABC curve

---

① Corresponding author: YU Cungen, E-mail: cgyu@zjou.edu.cn