

舟山沿岸渔场甲壳类群落结构特征研究

刘惠¹, 郭朋军², 俞存根¹, 邓小艳¹, 张平¹, 许永久¹, 颜文超¹, 谢旭¹

(1. 浙江海洋大学, 浙江 舟山 316022; 2. 舟山市海洋与渔业局, 浙江 舟山 316000)

摘要: 根据 2015 年 11 月和 2016 年 5 月在舟山沿岸渔场开展渔业资源调查所获得的甲壳类资料, 应用相对重要性指数、生物多样性指数、多元统计分析等方法, 对甲壳类的种类组成、优势种、生物多样性、相似性群落结构特征及其与环境之间的关系等进行了研究。结果表明, 该项调查在舟山沿岸渔场共捕获并鉴定出甲壳类 42 种, 其中, 蟹类 20 种, 隶属于 11 科 5 属; 虾类 21 种, 隶属于 8 科 15 属; 虾蛄类 1 种, 隶属于 1 科 1 属。秋季的甲壳类物种数高于春季, 且秋季优势种有三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)、安氏白虾(*Exopalaemon annandalei*)以及口虾蛄(*Oratosquilla oratoria*), 而春季则没有明显的优势种出现。生物多样性指数也表现为秋季明显高于春季, 且随水深而变化的趋势明显。根据聚类(CLUSTER)分析与非度量多维标度排序(MDS)分析, 可将甲壳类划分为 4 个群落, 利用相似性(SIMPER)分析显示群落间相异程度高于相似程度, 且秋季的群落相似性高于春季。

关键词: 甲壳类; 生物多样性; 群落结构特征; 舟山沿岸渔场

中图分类号: S932.4 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2020)02-0090-09
DOI: 10.11759/hyxx20191122002

舟山渔场是我国著名的近海渔场之一, 渔业资源丰富, 种类繁多, 其中甲壳类生物资源也十分丰富, 特别是 20 世纪 80 年代以来, 随着沿岸近海底层鱼类资源的衰退, 作为鱼类饵料的虾蟹类等甲壳类生物资源得以大量繁衍, 捕捞产量持续增加, 成为舟山渔场乃至东海的重要渔业生物资源及捕捞对象, 同时, 甲壳类作为海洋生态系统能量流动和物质循环过程中起承前启后作用的关键物种, 直接左右海洋生态系统的许多重要生态过程。因此, 分析甲壳类的生物多样性及群落结构变化等, 不仅有利于人们了解海洋生物群落结构及其动态变化的生态学问题, 也有利于促进渔业资源的可持续利用和渔业生产的健康发展。

以往国外学者对甲壳类的研究报道较多, Cuesta^[1]等对西班牙南部 Guadalquivir Estuary 的甲壳类群落结构季节和年际变化进行了研究报道, 探索了优势种密度与水文环境的相关性。近十几年来, 国际上对甲壳类群落与环境之间的关系研究已取得重大进展, Almeida^[2]基于不同空间尺度的研究认为, 群落结构和生物多样性具有复杂且密切的联系; Pinel-Alloul^[3]等认为, 太阳辐射是解释加拿大湖泊中生态环境和甲壳类群落结构的物种丰富度的最佳预测因子。目前, 国内学者对甲壳类群落进行的研究主要集中在黄渤海水域^[4-5], 南海水域^[6], 南麂列岛海域^[7-8], 单

就虾蟹类来说, 俞存根^[9-13]等对东海水域虾蟹类群落结构、资源量以及区系特征做了大量的研究; 刘瑞玉^[14]曾对黄、东海虾类地理学做了研究, 但是, 对于甲壳类群落结构的研究较少。目前国内对舟山沿岸渔场甲壳类群落结构的研究尚未见报道。本文根据对舟山沿岸渔场春秋两季进行的底拖网调查资料, 对该海域甲壳类的群落结构及其生物多样性进行了研究分析, 以期加深对该海域生态系统中渔业生物群落结构的认识, 了解甲壳类群落结构差异, 为舟山沿岸渔场甲壳类资源的开发管理提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 数据来源

本文所用的数据来自于 2015 年 11 月(秋季)和

收稿日期: 2019-11-22; 修回日期: 2019-11-22

基金项目: 国家自然科学基金(31270527); 舟山市海洋与渔业局委托项目-海洋工程项目建设对舟山沿岸渔场渔业生态损害的补偿等级划分(2015-2017)

[Foundation: Project of National Natural Science Foundation of China, No. 31270527; Bureau of Marine and Fishery of Zhoushan Entrusted Project-compensation grade division of fishery ecological damage in Zhoushan coastal fisheries by the construction of marine engineering project (2015-2017)]

作者简介: 刘惠(1992-), 女, 山东枣庄人, 从事渔业资源与渔业生态学。俞存根, 通信作者, 教授, E-mail: cgyu@zjou.edu.cn

2016年5月(春季)租用浙普渔32207号渔船(主机功率为330kW,船上配备有卫导、探渔仪、对讲机等导航、定位仪及其他助渔机械设备)在舟山沿岸渔场开展渔业资源底拖网调查所获得的甲壳类资料。调查范围为29°20′~31°00′N,121°40′~123°00′E,在该调查区域共设置80个站位,具体调查站位如图1所示。调查网具规格为800目×80mm,囊网网目尺寸为20mm。在每一个调查站点拖曳约1h,拖速约为3.5kn。每一个站位拖网所获的渔获物全部取样装入样品袋,编号、记录后,冰鲜保存,带回实验室分析、鉴定。同时,在每一个站位,用CTD(温盐深仪)同步测量水温、盐度等水文环境因子。海上调查采样及实验室分析方法按照《海洋渔业资源调查规范》(SC/9403-2012)^[15]等有关规范、标准进行。称重采用精确度为0.01g的电子天平。

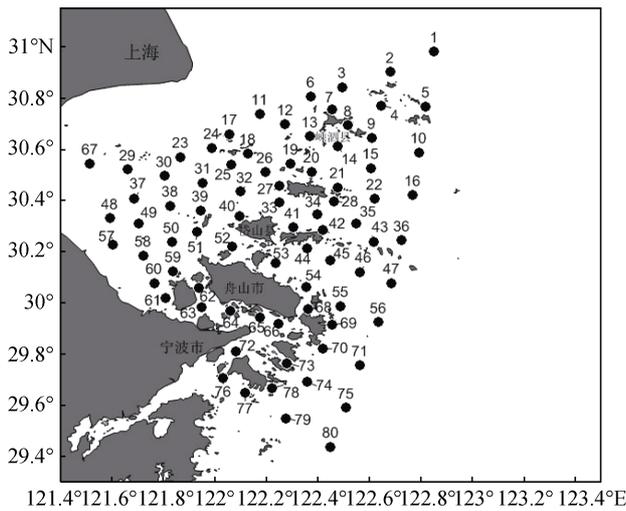


图1 调查站位图

Fig. 1 Survey stations of fishery resources

1.2 数据处理及分析方法

数据统计分析在Microsoft Excel上进行,站位图和物种数的平面分布图均采用Surfer 8.0软件进行绘制,采用PRIMER5.0软件进行多样性分析、标序分析、聚类分析和相似性百分比分析。

(1) 优势种的计算公式

优势种的确定采用相对重要性指数(IRI)计算,公式^[16]如下:

$$IRI = \left[\left(\frac{n_i}{N} + \frac{w_i}{W} \right) \cdot \frac{f_i}{m} \right] \cdot 10^5, \quad (1)$$

式中: n_i 、 w_i 分别为第*i*种甲壳类生物的个体数和生物量; N 、 W 分别为调查所获得的甲壳类总个体数和

总生物量; f_i 为第*i*种甲壳类生物在*m*次取样中出现的频率; m 为取样次数。本文将相对重要性指数(IRI)大于1000者定为优势种,在100~1000间者定为常见种^[11]。

(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、Pielou均匀度指数(J')、Margalef种类丰富度指数(D)等3个公式^[17-19]计算,其计算公式如下:

$$H' = -\sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i, \quad (2)$$

$$J' = H' / \log_2 S, \quad (3)$$

$$D = (S-1) / \log_2 N, \quad (4)$$

式中: S 为甲壳类生物的总种数; P_i 为第*i*种甲壳类生物的个体数或生物量占甲壳类生物总个体数或总生物量的比例; N 为甲壳类生物的总尾数。

(3) 群落结构相似性分析

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。先对舟山沿岸渔场调查海域的甲壳类生物量进行4次方转化,以使优势种在群落中的作用平稳,平衡稀有物种的效应。计算Bray-Curtis相似性系数矩阵,采用非参数多维标序技术NMDS作二维标序与等级聚类CLUSTER研究甲壳类生物群落结构的季节变化。利用胁迫系数stress来衡量MDS二维点阵图结果的优劣,当stress值在0.1~0.2之间,表示该图形具有一定的解释意义;在0.05~0.1之间时,表示排序结果可信;小于0.05时表示具有很强的代表性^[20]。利用相似性百分比(SIMPER)分析群落间的相异和相似程度。

2 结果

2.1 种类组成及优势种

根据2015年11月、2016年5月在舟山沿岸渔场的底拖网调查所获得的渔获物样品,共鉴定出甲壳类生物种类42种,其中虾类21种,隶属于8科15属;蟹类20种,隶属11科15属;虾蛄类1种,隶属1科1属。其中,春季出现的种类较少,共有24种(虾类13种,蟹类11种,虾蛄类1种);秋季出现的种类较多,共有37种(虾类20种,蟹类16种,虾蛄类1种)。在虾类种类组成中,以对虾科种类为最多,共有6属7种,其次是长臂虾科种类,共有2属5种;蟹类则以梭子蟹科种类为主,共有4属8种。

舟山沿岸渔场调查海域春、秋季的甲壳类相对

重要性指数(IRI)如表 1 所示。从表 1 中可以看出, 调查海域春秋季节虾类的相对重要指数差异较大, 春季, 甲壳类数量分布较均匀, 未见有明显的优势种出现, 常见种分别有安氏白虾、中国毛虾、细螯虾(*Leptochela gracilis*)、三疣梭子蟹、绒毛细足蟹和口虾蛄 6 种。秋季, 优势种为安氏白虾、三疣梭子蟹、口虾蛄,

其中, 安氏白虾占总渔获重量的 20%、总尾数的 47%; 三疣梭子蟹, 占总渔获重量的 40%、总尾数的 4%; 口虾蛄占总渔获重量的 10%、占总尾数的 3%。常见种则有中国毛虾(*Acetes chinensis*)、葛氏长臂虾(*Palaemon gravieri*)、绒毛细足蟹(*Raphidopus ciliatus*)和双斑蟳(*Charybdis bimaculata*)4 种。

表 1 舟山沿岸渔场甲壳类优势种及常见种的季节变化

Tab. 1 Seasonal variations in the dominant crustacean species and common species in the Zhoushan coastal fishery

种名	春季				秋季			
	<i>N</i>	<i>W</i>	出现率 <i>F</i> %	IRI	<i>N</i>	<i>W</i>	出现率 <i>F</i> %	IRI
细螯虾	0.18	0.15	65.00	337.5	0.00	0.00	21.25	4.4
安氏白虾	0.38	0.28	73.75	762.7	0.47	0.20	76.25	1240.8
中国毛虾	0.30	0.15	83.75	571.5	0.14	0.03	83.75	309.1
葛氏长臂虾	0.03	0.03	68.75	71.1	0.04	0.04	83.75	184.2
三疣梭子蟹	0.01	0.24	77.50	956.4	0.04	0.40	95.00	1044.5
绒毛细足蟹	0.04	0.03	70.00	688.9	0.17	0.02	61.25	589.1
双斑蟳	0.00	0.00	2.50	0.1	0.04	0.08	48.75	183.9
口虾蛄	0.00	0.02	32.50	812.5	0.03	0.10	73.75	1875.0

注: “*N*” 是该种占总尾数的百分比, “*W*” 是该种占总质量的百分比

2.2 种类数的空间分布

舟山沿岸渔场甲壳类种类数空间分布。春季, 甲壳类主要在舟山群岛的岛礁区和沿岸区分布较密集, 种类数较多的区域主要分布在嵎山洋西部、黄大洋岛礁区。秋季, 种类数较多的区域主要分布在嵎山洋西部、黄泽洋东部、黄大洋岛礁区以及普陀洋沿岸区。总体来看, 舟山沿岸渔场调查海域春秋季节的甲壳类种类数空间分布较稳定, 沿岸海域和岛礁区种类数空间差异不大, 但春秋季节种类数分布密集区存在一定差异, 且秋季种类数明显高于春季。

2.3 生物多样性

2.3.1 生物多样性指数

舟山沿岸渔场调查海域春秋季节的甲壳类生物多样性指数如表 2 所示。从表中可以看出, 春季甲壳类生物多样性指数(*H'*)的平均值为 0.98, 最大值为 1.84, 出现在 21 号站位, 最小值为 0, 出现在 15、80 站位; 均匀度指数(*J'*)平均值为 0.56, 最大值为 1, 出现在 16 号站位, 最小值为 0.11, 出现在 70 站位; 丰富度指数(*D'*)的平均值为 1.18, 最大值为 2.07, 出现在 10 号站位, 最小值为 0, 出现在 15、80 站位。

表 2 舟山沿岸渔场调查海域春秋季节甲壳类的生物多样性指数

Tab. 2 Biodiversity indices of crustaceans in the two seasons in the Zhoushan coastal fishery

季节	<i>D</i>			<i>H'</i>			<i>J'</i>		
	$\bar{X} \pm SD$	Max	Min	$\bar{X} \pm SD$	Max	Min	$\bar{X} \pm SD$	Max	Min
春季	1.18±0.45	2.07	0	0.98±0.46	1.84	0	0.56±0.20	1	0.11
秋季	1.56±0.63	3.00	0.31	1.32±0.59	2.29	0.04	0.59±0.23	0.90	0.03

秋季, 甲壳类的生物多样性指数(*H'*)的平均值为 1.32, 最大值为 2.29, 出现在 63 号站位, 最小值为 0.04, 出现在 44 站位; 均匀度指数(*J'*)平均值为 0.59, 最大值为 0.90, 出现在 6 号站位, 最小值为 0.03, 出现在 44 站位; 丰富度指数(*D'*)的平均值为 1.56, 最大值为 3.00, 出现在 20 号站位, 最小值为 0.31, 出现在

44 号站位。

2.3.2 水深与甲壳类生物多样性指数的关系

本次调查的 80 个站位中, 获取水深数据的只有 75 个站位。在这 75 个站位中, 水深小于 10 m 的有 33 个站位, 水深分布在 15~30 m 之间的有 33 个站位, 水深分布在 30~90 m 之间的有 9 个站位。不同水深

区域的甲壳类生物多样性指数如表 3 所示。从表 3 中可以看出, 舟山沿岸渔场调查海域甲壳类的生物多样性指数在不同水深区域存在差异, 春季丰富度指数(*D*)随水深增加呈现递增趋势, 在 30~90 m 水深

区出现最大值, 小于 15 m 水深区出现最小值; 秋季丰富度指数(*D*)随水深增加呈现先增后减的趋势, 在 15~30 m 水深区出现最大值。均匀度指数(*J'*)与生物多样性指数(*H'*)与丰富度指数呈现相同的变化趋势。

表 3 不同水深甲壳类生物多样性指数的季节变化

Tab. 3 Seasonal variations in the biological diversity index of crustaceans at different water depths

季节	0~15 m			15~30 m			30~90 m		
	<i>D</i>	<i>J'</i>	<i>H'</i>	<i>D</i>	<i>J'</i>	<i>H'</i>	<i>D</i>	<i>J'</i>	<i>H'</i>
春季	1.16±0.42	0.51±0.20	0.95±0.46	1.42±0.44	0.60±0.20	1.20±0.35	1.54±0.40	0.88±0.09	1.25±0.46
秋季	1.16±0.62	0.45±0.20	0.93±0.50	1.85±0.57	0.63±0.22	1.50±0.56	1.16±0.60	0.54±0.25	1.08±0.63

2.4 群落结构特征

2.4.1 聚类、排序分析

根据对舟山沿岸渔场调查海域春秋季生物量进行聚类分析 CLUSTER 和 MDS 排序结果, 呈现相聚距离越近群落结构相似度越高的现象, MDS 分析结果可与等级聚类分析结果互为参照, 从而使得出的结论更具生态学价值^[21]。根据 MDS 分析得到的胁迫系数: 春季为 0.19, 秋季为 0.14, 都处于 0.1~0.2 之间, 说明点阵图结果是可以接受的, 如图 2 所示。

从图 2 中可以看出, 春季在 30%相似水平上, 可划分 4 个组群, 分别为 I 组群(4、80), II 组群(10、76、77 号站位), III 组群(1、2、5、15、16、38、71 号站位), 其余站位均属于第 IV 组群。

秋季在 50%相似水平上, 可划分 4 个组群, 分别为 I 组群(44 号站位), II 组群(13-17、21-23、29-35、39-41、46、50-53、57-60、64-70、74-77、80 号站位), III 组群(6、12、45、48、49 号站位), IV 组群(1-5、7-11、18-20、24-28、36-38、42、43、47、54-56、61-63、71-73、78、79 号站位)。

2.4.2 群落相似性分析

舟山沿岸渔场调查海域甲壳类群落内平均相似性贡献率之和占 90%以上的特征种分布如表 4 所示。春季, 群落 I 和群落 III 的组内相似性在 50%以上, 群落 II 和群落 IV 的组内相似性在 30%以上, 该季度主要的特征种为中国毛虾、三疣梭子蟹与安氏白虾等; 秋季, 群落 II 的组内相似性在 40%以上, 群落 III 和群落 IV 的组内相似性在 30%以上, 该季度主要的特征种为安氏白虾、三疣梭子蟹等, 秋季的群落 I 低于两个站位因此不存在组间相似。

舟山沿岸渔场调查海域甲壳类群落间平均相异性贡献率如表 5 所示。春季, 除群落 II 与群落 IV 的平均相异性在 70%以上, 其余群落间的相异性均在

90%以上的水平之上; 秋季, 群落 I - II、I - III、I - IV 的相异性在 90%以上, 群落 II - III 与 III - IV 的相异性在 70%以上, 群落 II - IV 的相异性在 80%以上, 可以看出秋季的群落间相异性低于春季。

2.5 调查海域的水文状况

舟山沿岸渔场处于亚热带季风气候区, 地处长江、钱塘江冲淡水入海口。水温主要受气温、大陆径流、台湾暖流等交互影响^[22], 根据本次调查所得的水文数据显示, 春季, 底层水温分布范围为 15.83~17.56℃, 平均水温为 16.93℃, 底层盐度分布范围为 19.18~32.39, 平均盐度为 24.81; 秋季, 底层水温分布范围为 17.91~20.08℃, 平均水温为 19.55℃, 底层盐度分布范围为 15.96~34.81, 平均盐度为 24.48。由于地处河口区, 平均水深小于 30 m, 因此, 调查海域的表层与底层水温温差较小, 而盐度分布与长江、钱塘江的径流有直接关系。

3 讨论

3.1 水文环境对甲壳类优势种的影响

秋季的三疣梭子蟹、安氏白虾、口虾蛄为优势种。从生态习性上看, 三疣梭子蟹和口虾蛄为广温广盐性种, 在嵊泗附近海域分布尤为密集, 不过种群范围较小, 这可能是由于秋季偏北风, 台湾暖流被削弱, 江浙沿岸水势减弱, 外围高盐水逼近, 造成该海域水文环境相对不稳定。安氏白虾为广温低盐性小型游泳虾类^[23], 根据本次调查中的 CTD 资料, 共获取到 52 个站位的盐度数据, 其中有 24 个站位点盐度值低于平均盐度, 这些站位的安氏白虾占秋季安氏白虾总重的 72.26%, 原因可能是受黄海冷水团与沿岸流混合, 随着气温降低, 冷却下沉而形成低温低盐水体控制^[24]。本次调查与十年前俞存根^[22]对舟

山渔场渔业资源调查相比, 细点圆趾蟹不再是第一大经济蟹类, 葛氏长臂虾、中华管鞭虾、鹰爪虾等优

势种资源也不再占有绝对优势, 这充分证实舟山渔业资源近些年来遭到了一定程度的破坏。

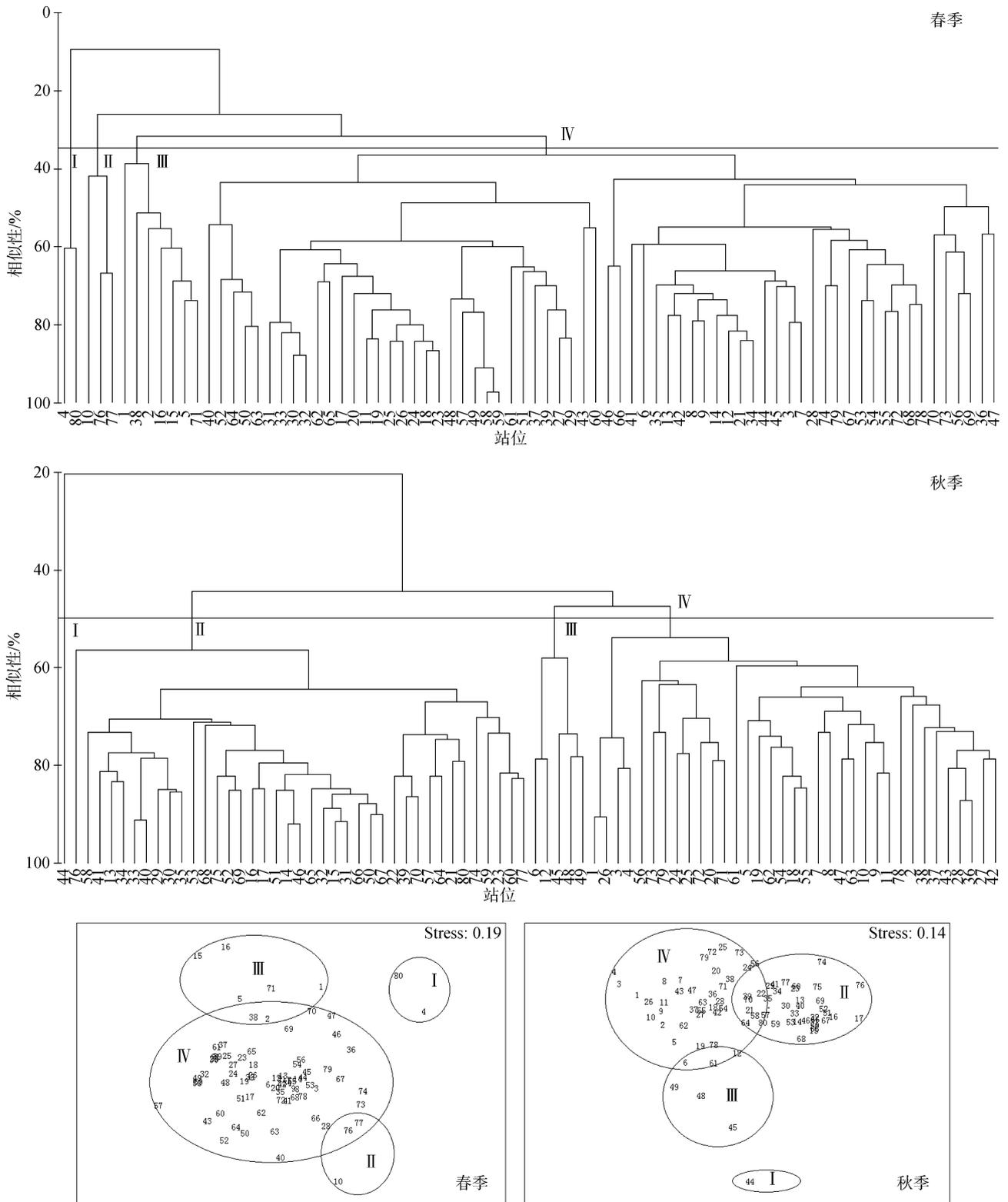


图 2 春秋季不同站点甲壳类群落的 Bray-Curtis 聚类图和非参数多变量标序分析

Fig. 2 Seasonal variations in Bray-Curtis cluster and NMDS analysis of crustaceans at each sampling station

表 4 舟山沿岸渔场调查海域甲壳类群落内平均相似性贡献率之和占 90% 以上的特征种

Tab. 4 Characteristic species of different crustacean populations contributing over 90% to the average similarity in the Zhoushan coastal fishery

种名	春季								秋季					
	I		II		III		IV		II		III		IV	
	AS=50.75%		AS=33.20%		AS=51.29%		AS=30.42%		AS=48.40%		AS=39.80%		AS=35.09%	
	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C
三疣梭子蟹	-	-	-	-	49.02	95.56	7.2	23.68	8.7	17.98	22.35	56.16	17.86	50.89
中国毛虾	50.75	100	50.75	100	-	-	5.43	17.84	2.48	5.13	-	-	-	-
安氏白虾	-	-	-	-	-	-	10.61	34.89	32.76	67.69	-	-	-	-
细螯虾	-	-	-	-	-	-	2.69	8.84	-	-	-	-	-	-
葛氏长臂虾	-	-	-	-	-	-	1.8	5.9	-	-	-	-	-	-
双斑蟳	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.74	14.41	3.59	10.24
口虾蛄	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.45	8.68	4.6	13.1
日本蟳	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.84	7.15	3.46	9.87
中华管鞭虾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.04	2.62	2.48	7.07
绒毛细足蟹	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.38	3.46	-	-

注: AS-Av.Sim 表示种群的平均相似性; A-Av.Diss 表示平均差异性(%); C-Conitrit 表示贡献率(%)

表 5 舟山沿岸渔场调查海域甲壳类群落间平均相异性贡献率

Tab. 5 Contribution rate of the average dissimilarity among crustacean populations in the Zhoushan coastal fishery

群落	I - II	I - III	I - IV	II - III	II - IV	III - IV
春季	99.65	99.45	96.62	97.10	73.41	91.13
秋季	91.51	93.86	94.64	76.65	81.08	72.31

3.2 甲壳类种类数变化及平面分布特征

从春秋两季的甲壳生物种类数的季节变化来看,舟山沿岸渔场调查海域秋季(37 种)出现的种类大于春季(24 种),两个季节均有出现的共有种类有 19 种。本次调查同十年前俞存根^[22]舟山海域调查的 30 个站位甲壳生物种类数据资料秋季(54 种)春季(54 种)相比下降明显,这可能与整个东海海域多年来承受的高压捕捞强度和海洋环境污染存在直接联系^[25]。从甲壳类种类数平面分布来看,目前国外很多学者将甲壳类作为一类进行研究^[26-29],但对比舟山沿岸渔场调查海域的种类数季节变化及空间分布情况可以发现,虾类蟹类还是存在较大差异,细分来看,春季平均每个站位出现虾类种数为 4 种,蟹类为 2 种;秋季平均每个站位出现虾类种数为 5 种,蟹类为 3 种,虾蛄类两季各 1 种。虾类秋季岛礁周围偏少,外围海域种类数较多,春季相反。这与岛礁附近的岩相海岸有关,在秋季虾类一般会向外围海域进行索饵育肥,春季则在岛礁区附近的浅海底质栖息,这与虾的潜

沙习性有关^[21]。舟山沿岸渔场蟹类从区系上看属于亚热带和热带的暖水性区系,其中绝大多数为印度-西太平洋区的暖水种^[12];从生态类型上看,多属于广温广盐性和高温广盐性蟹类,主要分布在大陆架浅水区,分布较为均匀,没有明显的密集地带。

3.3 甲壳类的生物多样性及其与水深的关系

比较春秋两季舟山沿岸渔场调查海域的生物多样性指数可知,甲壳类生物多样性指数(H')、均匀度指数(J')、丰富度指数(D)春季均低于秋季。本次调查的两个季度的数据与晁文春^[7]在南麂列岛海域甲壳类生物多样性指数秋季高于春季的结论上相一致,同时,与其对比,可以发现舟山沿岸渔场的丰富度指数(D)春季(1.18)、秋季(1.56)均高于南麂列岛春季(0.86)、秋季(1.47),但是舟山沿岸渔场调查海域的生物多样性指数(H')春季(0.98)、秋季(1.32)均低于南麂列岛春季(1.82)、秋季(2.17),均匀度指数(J')在误差范围内水平一致。这可能是由于南麂列岛海域自然保护区对于物种保护成效显著,而舟山沿岸渔场作为典型的天然渔场,水质肥沃,饵料丰富对于甲壳类生物的栖息更具优势。

对不同水深甲壳类的生物多样性指数进行差异比较可知,春季,生物多样性指数随水深增加而增加,且没有出现优势种,这可能是由于 3—5 月为春雨期,期间降水量占全年的 29%~34%^[30],由于降水量较大,受海水的盐度的影响表层高于底层,所以

底层盐度较为稳定,对物种的影响较小,其中三疣梭子蟹占总捕获量的76%,其生态特征是,4—7月为繁殖期,栖息于10~50 m水深的沙质海底;虾类的常见种细螯虾常与中国毛虾混栖,同样适宜生活于泥沙底质,因此生物多样性随水深的增加而增加。秋季,随着水深增加呈现先增后减的趋势,这可能是由于受水深和流速的影响,深水区多有海沟地形,流速偏大,导致种类偏少^[31]。但本次站位调查中发现水深在30~90 m范围内只存在9个站位,水深对于生物多样性的影响程度具体原因尚有待于进一步调查与研究。

3.4 甲壳类的群落结构特征分析

舟山沿岸渔场调查海域春秋两季甲壳类群落结构变化明显,根据聚类分析,春秋两季都划分了4个不同群落,NMDS二维标序图也具备一定的解释意义。秋季均匀度指数 J' 最高,多样性指数 H' 和均匀度指数 D 偏小,春季都较低,这体现了甲壳类生物群落结构秋季较为稳定,春季稳定性较差。根据甲壳类的群落相似性来看,群落间相异程度远高于相似程度,且秋季的群落的相似性高于春季,这说明秋季生物量、种类数的水平均高于春季。从群落间分歧种的相异性指数来看,春秋两季三疣梭子蟹、安氏白虾两个物种对于群落相异的贡献率最大。群落结构相异性与群落划分有直接相关性,秋季群落II-III、III-IV,春季群落II-IV组间相异水平在70%的水平之上,其余群落基本在90%的水平之上,总体来看,观察站位分布并无明显规律,这与该海域内部复杂的地质地貌、水团、海流存在一定相关性^[32]。

参考文献:

- [1] Cuesta J A, González-Ortegón E, Rodríguez A, et al. The decapod crustacean community of the Guadalquivir Estuary (SW Spain): seasonal and inter-year changes in community structure[M]. *Issues of Decapod Crustacean Biology*. Springer Netherlands, 2006: 85-95.
- [2] Almeida M, Frutos I, Tecchio S, et al. Biodiversity patterns of crustacean suprabenthic assemblages along an oligotrophic gradient in the bathyal Mediterranean Sea[J]. *Deep Sea Research Part I Oceanographic Research Papers*, 2017, 121.
- [3] Pinel-Alloul B, André A, Legendre P, et al. Large-scale geographic patterns of diversity and community structure of pelagic crustacean zooplankton in Canadian lakes[J]. *Global Ecology & Biogeography*, 2013, 22(7): 784-795.
- [4] 吴强, 王俊, 李忠义, 等. 黄渤海春季甲壳类群落结构的时空变化[J]. *水产学报*, 2012, 36(11): 1685-1693. Wu Qiang, Wang Jun, Li Zhongyi, et al. Spatial variation of crustacean community structure in Yellow Sea and Bohai Sea in spring[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2012, 36(11): 1685-1693.
- [5] 吴强, 李忠义, 戴芳群, 等. 黄渤海甲壳类的分类多样性[J]. *生物多样性*, 2016, 24(11): 1306-1314. Wu Qiang, Li Zhongyi, Dai Fangqun, et al. Taxonomic diversity of crustaceans in Yellow Sea and Bohai Sea[J]. *Biodiversity Science*, 2016, 24(11): 1306-1314.
- [6] 黄梓荣, 陈作志, 钟智辉, 等. 南海北部陆架区甲壳类的种类组成和资源密度分布[J]. *上海海洋大学学报*, 2009, 18(1): 59-65. Huang Zirong, Chen Zuozhi, Zhong Zhihui, et al. Species composition and resource density of crustaceans in the continental shelf of northern South China Sea[J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2009, 18(1): 59-65.
- [7] 晁文春. 南麂列岛附近海域甲壳类群落结构与生物多样性分析[D]. 浙江海洋学院, 2013. Chao Wenchun. Community structure and species diversity of crustaceans in the waters of Nanji Islands[D]. Zhejiang Ocean University, 2013.
- [8] 晁文春, 何贤保, 苗振清, 等. 春夏季南麂列岛海域甲壳类种类组成及分布特征[J]. *浙江海洋学院学报(自然科学版)*, 2013, 32(3): 214-221. Chao Wenchun, He Xianbao, Miao Zhenqing, et al. The Species Composition and Diversity of Crustaceans in the Waters of Nanji Islands[J]. *Journal of Zhejiang Ocean University(Natural Science)*, 2013, 32(3): 214-221.
- [9] 俞存根, 宋海棠, 姚光展. 东海大陆架海域蟹类资源量的评估[J]. *水产学报*, 2004, 28(1): 41-46. Yu Cungen, Song Haitang, Yao Guangzhan. Assessment of the crab stock biomass in the Continental shelf waters of the East China Sea[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2004, 28(1): 41-46.
- [10] 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[J]. *生态学报*, 2009, 29(7): 3593-3604. Yu Cungen, Chen Xiaoqing, Song Haitang, et al. Analysis on community structure and diversity of shrimps in the East China sea in spring[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(7): 3593-3604.
- [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, (3): 213-220. Yu Cungen, Song Haitang, Yao Guangzhan. Crab community structure in the East China Sea[J]. *Oceanologia et limnologia sinica*, 2005, (3): 213-220.
- [12] 俞存根, 宋海棠, 姚光展. 东海蟹类的区系特征和经济蟹类资源分布[J]. *浙江海洋学院学报(自然科学版)*, 2003, (2): 108-113, 117.

- Yu Cungen, Song Haitang, Yao Guangzhan. Geographical Distribution and Faunal Analysis of Crab Resources in the East China Sea[J]. Journal of Zhejiang Ocean University (Natural Science), 2003, (2): 108-113, 117.
- [13] 俞存根, 宋海棠, 姚光展, 等. 东海大陆架海域经济蟹类种类组成和数量分布[J]. 海洋与湖沼, 2006, 37(1): 53-60.
- Yu Cungen, Song Haitang, Yao Guangzhan, et al. Composition and distribution of economic crab species in the East China Sea[J]. Oceanologia et limnologia sinica, 2006, 37(1): 53-60.
- [14] 刘瑞玉. 黄、东海虾类动物地理学研究[J]. 海洋与湖沼, 1963, 5(3): 230-241.
- Liu Ruiyu. Geography of shrimp animals in the Huanghai and East China Sea[J]. Oceanologia et limnologia sinica, 1963, 5(3): 230-241.
- [15] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 海洋调查规范 第6部分 海洋生物调查[S]. General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China Part 6 Marine life survey[S].
- [16] Pinkas L, Oliphant M S, Iverson K. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters[J]. Fishery Bulletin, 1971.
- [17] Margalef R. Information theory in ecology[J]. General systematics, 1958(3): 36-71.
- [18] Ludwig J A, Reynolds J F. Statistical Ecology[M]. New York: John Wiley&Sons, 1988.
- [19] Pielou E C. Ecological Diversity[M]. New York: Wiley, 1975.
- [20] Khalaf M A, Kochzius M. Change in trophic community structure of macrobenthic fauna in subtidal areas of the Yangtze River Estuary in spring[J]. Zoological Research, 2007, 28(1): 47-52.
- [21] 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[J]. 海洋学报, 2016, 38(2): 73-83.
- Xia Lujun, Yu Cungen, Cai Houcai, et al. Community structure and diversity of shrimps in Nanji Islands marine conservation area[J]. Haiyang Xuebao, 2016, 38(2): 73-83.
- [22] 俞存根. 舟山渔场渔业生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2011: 1-238.
- Yu Cungen. ZhouShan Fishing Ground Fishery Ecology[M]. Beijing: Science Press, 2011: 1-238.
- [23] 吴常文, 王伟洪. 杭州湾海域安氏白虾生物学与生态分布的研究[J]. 浙江水产学院学报, 1993, (1): 21-31.
- Wu Changwen, Wang Weihong. On the biology and ecology distribution of shrimp, palaemon (exopal aemon) annandalei, at Hangzhou Bay[J]. Journal of Zhejiang Ocean University (Natural Science), 1993, (1): 21-31.
- [24] 侯伟芬, 俞成根, 陈小庆. 舟山渔场的水温分布特征分析[J]. 宁波大学学报(理工版), 2013, 26(3): 31-34.
- Hou Weifen, Yu Cungen, Chen Xiaoqing. Temperature Distribution in Zhoushan Fishing Ground[J]. Journal of NingBo University (NSEE), 2013, 26 (3): 31-34.
- [25] 薛利建, 卢占晖. 东海中部海域蟹类群落结构及其多样性研究[J]. 南方水产科学, 2011, 7(6): 66-71.
- Xue Lijian, Lu Zhanhui. Community structure and species diversity of crab in middle East China Sea[J]. South China Fisheries Science, 2011, 7(6): 66-71.
- [26] Bnhl-Jensen L, Fossá J H. Hyperbenthic crustacean fauna of the gullmarfjord area (western Sweden): Species richness, seasonal variation and long-term changes[J]. Marine Biology, 1991, 109: 245-258.
- [27] Munoz I, García-Isarch E, Sobrino I, et al. Distribution, abundance and assemblages of decapod crustaceans in waters off Guinea-Bissau (north-west Africa) [J]. Journal of the Marine Biological Association of the United-Kingdom, 2012, 92: 475-494.
- [28] Cuesta J A, Gonzalez-ortegón E, Rodríguez A, et al. The decapod crustacean community of the Guadalquivir estuary (SW Spain): Seasonal and inter-year changes in community structure[J]. Hydrobiologia, 2006, 557: 85-95.
- [29] Uryupova E F, Shadrin N V. Crustaceans in the splash and upper sublittoral zones of the Opukskii Nature Reserve (Crimea, Black Sea)[J]. Moscow University Biological Sciences Bulletin, 2009, 64: 44-48.
- [30] 夏陆军, 周青松, 俞存根, 等. 乐清湾口海域春秋季甲壳动物的群落结构特征研究[J]. 海洋科学, 2016, 40(10): 33-42.
- Xia Lujun, Zhou Qingsong, Yu Cungen, et al. The study of community structure of crustaceans in Yueqing Bay during spring and autumn[J]. Marine Sciences, 2016, 40(10): 33-42.
- [31] 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 Xu, Yu Cungen, Zheng Ji, et al. Research on structural characteristics of crab communities in Qiongzhou Strait[J]. Fishery modernization, 2017, 44(2): 72-78.
- [32] 孙建璋, 杭金欣. 南麂列岛国家级海洋自然保护区论文选[C]. 北京: 海洋出版社, 1992: 1-9.
- Sun Jianzhang, Hang Jinxin. Selected papers of Nanji Islands National Marine Nature Reserve[C]. Beijing: Ocean Press, 1992: 1-9.

Community structure of crustaceans in the Zhoushan coastal fishery

LIU Hui¹, GUO Peng-jun², YU Cun-gen¹, DENG Xiao-yan¹, ZHANG Ping¹,
XU Yong-jiu¹, YAN Wen-chao¹, XIE Xu¹

(1. Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316022, China; 2. Bureau of Marine and Fishery of Zhoushan, Zhoushan 316000, China)

Received: Nov. 22, 2019

Key words: crustacean; community structure; biodiversity; Zhoushan coastal fishery

Abstract: We used the relative importance index, biodiversity index, and multivariate statistical analysis to study the species composition, dominance, biological diversity, community structure similarity characteristics, and their relationships with the environment using the data on crustaceans that were obtained from the fishery resources survey conducted in the Zhoushan coastal fishery in November 2015 and May 2016. A total of 42 crustacean species were identified. Among them were 20 species of crab belonging to 11 families of 5 genera, 21 species of shrimp belonging to 8 families of 15 genera, and 1 species of mantis shrimp belonging to 1 genus. The number of crustaceans in autumn was higher than that in spring, and the dominant species in autumn were *Portunus trituberculatus*, *Exopalaemon annandalei*, and *Oratosquilla oratoria*, but there was no obvious dominant species in spring. In addition, the biodiversity index was significantly higher in autumn than in spring, and it was more obvious when the depth of the water increased. According to cluster analysis and non-matrix multidimensional scaling analysis, the crustaceans can be categorized into four groups. Similarity analysis showed that the degree of dissimilarity was higher than the degree of similarity, and the community similarity in autumn was higher than that in spring.

(本文编辑: 杨 悦)