

## 七星列岛海域春秋季节游泳动物群落特征

张春草<sup>1</sup>, 水玉跃<sup>2</sup>, 覃胡林<sup>1</sup>, 冀萌萌<sup>1</sup>,  
胡成业<sup>1</sup>, 李良<sup>1</sup>, 水柏年<sup>1\*</sup>

(1. 浙江海洋大学水产学院, 浙江舟山 316000;

2. 舟山市海洋渔业局, 浙江舟山 316000)

**摘要:** 基于2014年秋季和2015年春季七星列岛海域的底拖网渔获物进行分析, 研究七星列岛海域游泳动物的种类组成、优势种、多样性、生态位和群落结构特征, 得出游泳动物共80种, 隶属于3纲14目42科62属, 其中鱼类52种, 虾类13种, 蟹类10种, 头足类5种。秋季优势种有6种, 春季有4种, 共有种为三疣梭子蟹。两季物种多样性指数( $H'$ )、( $D$ )、( $J'$ )均为中等水平。生态位数值较大的物种秋季有六指马鲛(10.51)、哈氏仿对虾(9.47)、海鳗(8.84)等, 春季有火枪乌贼(8.93)、口虾蛄(8.51)、带鱼(7.94)等。聚类分析显示, 两季物种站位均可分为3组, 与NMDS分析结果一致。ABC曲线分析得出, W值秋季为0.052、春季为-0.059, 均接近0。该海域游泳动物群落组成以鱼类为主, 虾类次之, 头足类最少, 优势种变化明显; 哈氏仿对虾、海鳗、口虾蛄等低价值游泳动物资源生态位数值高, 占据主要竞争地位; 由于组内站位间物种组成和海域环境有一定程度的相似性, 两季物种站位间分组不受季节影响。ABC曲线分析显示该海域处于中度干扰状态。

**关键词:** 游泳动物群落; 物种多样性; ABC曲线; 七星列岛海域

中图分类号: Q 145; S 932.4

文献标志码: A

七星列岛海域地处东海中南部, 属亚热带, 地理位置独特, 南北分别濒临闽东渔场和温台渔场, 2013年经批准设立了省级海洋特别保护区, 需要对该海域进行海洋生物资源调查。游泳动物群落是拟建海洋特别保护区重要的生物类群, 其结构及多样性研究是开展海洋生态系统修复与管理及保护的重要基础。有关游泳动物等方面的研究, 在国内其他海域曾有过一系列报道, 如朱鑫华等<sup>[1]</sup>研究了黄、渤海游泳动物群落多样性及相关因素, 李圣法等<sup>[2]</sup>研究了东海中南部鱼类群聚空间结构特征, 林龙山等<sup>[3]</sup>研究了台湾海峡夏秋季游泳动物资源分布及群落结构, 姜亚洲等<sup>[4]</sup>研究了象山港游泳动物群落结构及多样性, 俞存根等<sup>[5]</sup>研究了浙江南部外海鱼类种类组成和数量分布。而针对七星列岛, 孙建

璋等<sup>[6]</sup>研究了该海域的贝类、藻类, 胡成业等<sup>[7]</sup>研究了该海域主要鱼类功能群及生态位, 但针对该海域游泳动物群落结构、多样性尚缺乏研究及报道。本研究基于2014年11月和2015年5月在七星列岛海域进行底拖网游泳动物资源调查的资料, 初步分析该海域游泳动物种类组成、生物多样性、生态位、群落结构和ABC曲线等特征, 为海洋管理部门制定游泳动物相关资源保护制度及方案提供科学依据, 也为后续对该海域游泳动物群落变化及生态状况的研究提供基础数据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 调查区域及站位布设

2014年11月(秋季)和2015年5月(春季)在七星

收稿日期: 2016-05-03 修回日期: 2016-09-05

资助项目: 国家科技支撑计划子课题(2007BAD43B03); 浙江省重中之重学科“海洋科学学科”; 浙江省软科学研究计划(2015C25018)

通信作者: 水柏年, E-mail: shuibonian@163.com

列岛及附近海域(27°01'12"~27°06'36"N, 120°46'12"~120°52'48"E)进行2个航次调查, 共设置12个调查站位(图1), 站位围绕七星列岛平行布设。

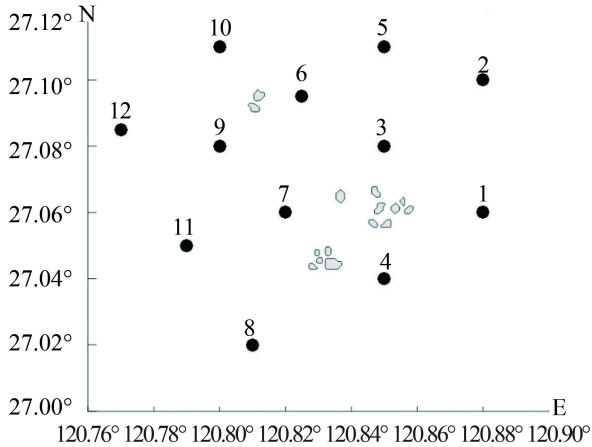


图1 七星列岛海域底拖网调查站位

Fig. 1 Distribution of trawl survey sites in Qixing Islands offshore area

## 1.2 样品采集和分类鉴定

租用浙苍渔05228有翼单囊底拖网渔船, 功率330 kW, 网口宽度15 m, 网口高度3 m, 囊网网目20 mm。依据《海洋调查规范》<sup>[8]</sup>(GB/T 12763-2007)、《海洋水产资源调查手册》(1981)<sup>[9]</sup>等规范, 结合调查范围内水域地质和环境情况, 每站位拖网时间约30 min, 平均拖速为3 kn。所捕渔获物冷冻封装后带回实验室, 进行尾数计数、重量测定和相关分析。游泳动物种类鉴定以《中国海洋生物名录》<sup>[10]</sup>和《浙江动物志》<sup>[11]</sup>等为依据。

## 1.3 数据分析

**物种多样性** 采用Shannon-Wiener种类多样性指数( $H'$ )<sup>[12]</sup>、Pielou种类均匀度指数( $J'$ )<sup>[13]</sup>和Margalef种类丰富度指数( $D$ )<sup>[14]</sup>研究各调查站位渔获物物种多样性。由于不同种类甚至同种类个体间差异很大, 采纳Wilhm<sup>[15]</sup>提出用生物量表示的多样性更接近种类间能量分布的建议, 因此研究中根据生物量(Primer中使用物种的重量)计算群落物种多样性。

Shannon-Wiener多样性指数:

$$H' = \sum_i^s P_i \ln P_i \quad (1)$$

Pielou均匀度指数:

$$J' = H' / \ln S \quad (2)$$

Margalef丰富度指数:

$$D = (S - 1) \ln N \quad (3)$$

式(1)、(2)与(3)中,  $S$ 为样品中的总种数;  $P_i$ 为第*i*种的个体丰度( $n_i$ )与总丰度( $N$ )的比值( $n_i/N$ )。  $N$ 为群落中所有物种的总丰度。

**优势种** 优势种评价采用Pinkas<sup>[16]</sup>的相对重要性指数 $IRI(\%)$ ,

$$IRI = (N + W) \times F \quad (4)$$

式(4)中,  $N$ 为某种类的尾数占总渔获物尾数的百分比;  $W$ 为某种类的质量占总渔获物质量百分比;  $F$ 为某种类在调查中被捕获的站位数与总调查站位数之比。相对重要性指数采用王雪辉等<sup>[17]</sup>的划分标准:  $IRI > 1000$ 为优势种;  $1000 > IRI > 100$ 为重要种;  $100 > IRI > 10$ 为常见种;  $10 > IRI > 1$ 为一般种;  $IRI < 1$ 为稀有种。

**生态位分析** Levins(1968)指数<sup>[18]</sup>:

$$B(L)_i = 1 / \sum_{j=1}^r P_{ij}^2 \quad (5)$$

Pianka(1973)重叠指数:

$$O_{ik} = \frac{\sum_{j=1}^r P_{ij} P_{kj}}{\sqrt{\sum_{j=1}^r P_{ij}^2} \sqrt{\sum_{j=1}^r P_{kj}^2}} \quad (6)$$

式(5)、(6)中 $B(L)_i$ 为种*i*的生态位宽度;  $P_{ij}$ 为种*i*在*j*站位的个体数占该种所有个体数的比值,  $r$ 为资源状态数,  $O_{ik}$ 代表种*i*的资源利用曲线与种*k*的资源利用曲线的重叠指数。

**群落组成格局分析** 采用组平均聚类分析(group average clustering)和非度量多维标度(non-metric multi-dimensional scaling, NMDS)排序分析各调查季节、站位的鱼类组成的异质性<sup>[19]</sup>。NMDS分析结果的优劣用胁强系数(stress)来衡量, 通常认为当 $stress < 0.2$ 时, 可用NMDS的二维点图表示, 当 $stress < 0.1$ 时, 可以认为是一个好的排序; 当 $stress < 0.05$ 时, 具有很好的代表性<sup>[20]</sup>。应用相似性分析(ANOSIM)检验不同格局间差异的显著性。

**ABC曲线** ABC曲线由2条曲线构成, 分别为生物量优势度曲线和数量优势度曲线, 其相对位置可以用来解析所研究群落受到的外界干扰状况。对未受干扰的(稳定的)群落, 生物量优势度曲线将在数量优势度曲线之上, 二者与坐标轴所围面积的差值(以W值表示, 下同)为正值; 在中度干扰状态, 2条曲线将出现相交, W

值在0附近；如果数量优势度曲线在生物量优势度曲线之上，W值为负，表明群落处于严重干扰(不稳定)的状态<sup>[21]</sup>。构建ABC曲线所用基础数据为不同季节不同站位各游泳动物的尾数和重量。

## 2 结果

### 2.1 种类组成

两个季度12个调查站位采集的样品共鉴定出游泳动物种类3纲14目42科62属80种，其中鱼类为9目30科44属52种，占总种数的65%；虾类为2目6科10属13种，占16.25%；蟹类为1目3科4属10种，占12.5%；头足类1纲3目3科4属5种，占6.25%。鱼类是该水域游泳动物群落中最主要的优势群体，其次为甲壳类和头足类。从分类学上看，鱼类中鲈形目(Perciformes)的种类数最多，有17科28属31种，占鱼类总数的59.62%，占游泳动物总数的38.75%(表1)。

优势种组成，秋季有6种，依次为海鳗(*Muraenesox cinereus*)、龙头鱼(*Harpodon nehereus*)、六指马鲛(*Polynemus sextarius*)等；春季有4种，依次为日本鳀(*Engraulis japonicus*)、蓝

圆鲹(*Decapterus maruadsi*)等(表3)。从适温性分析，以六指马鲛、赤鼻棱鳀(*Thrissa kammalensis*)等暖水种和龙头鱼、日本鳀等暖温种为主。

### 2.2 生物多样性

两季Shannon-Wiener生物多样性指数 $H'$ 变化范围秋季为2.112~3.947，均值为3.101，其中数值大于3的站位有6个，占50%；春季为2.170~3.546，均值为2.869，其中数值大于3的站位有5个，约占42%，Pielou均匀度指数 $J'$ 变化范围秋季为0.461~0.829，均值为0.673；春季为0.502~0.795，均值为0.650，Margalef丰富度指数 $D$ 变化范围秋季为1.970~3.784，均值为2.657；春季为1.691~3.507，均值为2.358。总体来看，秋季的3种多样性指数均稍大于春季，两季多样性指数数值处于中等水平，均匀度指数各站位差别较小，丰富度指数数值较低(表2)。

### 2.3 主要种及生态位分析

本研究中的主要种为 $IRI > 100$ 的物种，包括优势种和重要种，两个季节的优势种差异明显，秋季6种，占秋季总种数的9.84%，依次为海鳗、

表1 七星列岛邻近海域渔获物种组成及其所占比例

Tab. 1 Species composition and percentage in Qixing Islands offshore areas

纲 class	目 order	科 family	属 genus		种 species		
			数量 no.	比例/% ratio	数量 no.	比例/% ratio	
硬骨鱼纲 Osteichthyes	鲈形目 Perciformes	17	40.48	28	45.16	31	38.75
	鲱形目 Clupeiformes	2	4.76	5	8.06	6	7.50
	仙女鱼目 Aulopiformes	2	4.76	2	3.23	2	2.50
	鲳形目 Tetraodontiformes	1	2.38	1	1.61	3	3.75
	鲉形目 Scorpaeniformes	1	2.38	1	1.61	1	1.25
	鲷形目 Mugiliformes	2	4.76	2	3.23	2	2.50
	鳗鲡目 Anguilliformes	2	4.76	3	4.84	3	3.75
	鲽形目 Pleuronectiformes	1	2.38	1	1.61	3	3.75
	海鲢目 Elopiformes	1	2.38	1	1.61	1	1.25
软甲纲 Malacostraca	十足目 Decapoda	9	21.43	13	20.97	22	27.50
	口足目 Stomatopoda	1	2.38	1	1.61	1	1.25
头足纲 Cephalopoda	枪形目 Teuthoidea	1	2.38	2	3.23	3	3.75
	乌贼目 Sepioidea	1	2.38	1	1.61	1	1.25
	八腕目 Octopoda	1	2.38	1	1.61	1	1.25
合计 total		42	100	62	100	80	100

表 2 七星列岛海域游泳动物多样性指数

Tab. 2 Diversity index of nekton in Qixing Islands offshore area

站位 station	秋季 autumn			春季 spring		
	丰富度指数 richness index $D$	均匀度指数 evenness index $J'$	Shannon-Wiener多样性指数 diversity index $H'$	丰富度指数 richness index $D$	均匀度指数 evenness index $J'$	Shannon-Wiener多样性指数 diversity index $H'$
1	2.589	0.701	3.216	2.350	0.502	2.170
2	2.849	0.607	2.886	2.083	0.624	2.696
3	1.970	0.516	2.194	2.146	0.553	2.427
4	2.641	0.709	3.293	1.691	0.693	2.638
5	3.022	0.630	2.994	1.746	0.625	2.554
6	2.356	0.616	2.746	2.071	0.747	3.230
7	2.449	0.461	2.112	2.483	0.795	3.546
8	3.784	0.769	3.947	2.545	0.787	3.510
9	2.555	0.829	3.697	2.224	0.600	2.674
10	2.487	0.776	3.410	3.507	0.638	3.219
11	3.159	0.767	3.798	2.503	0.669	3.025
12	2.024	0.700	2.920	2.945	0.569	2.735
均值 mean	2.657	0.673	3.101	2.358	0.650	2.869

龙头鱼、六指马鲛、三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)、赤鼻梭鲈、口虾蛄(*Oratosquilla oratoria*); 春季4种, 占春季总种数的7.70%, 依次为日本鳀、蓝圆鲹、三疣梭子蟹、带鱼(*Trichiurus lepturus*)。其中仅三疣梭子蟹在秋、春两季出现。龙头鱼、口虾蛄在秋季为优势种, 而在春季则为重要种, 优势程度下降。重要种秋季有14种, 依次为尖头黄鳍牙(*Chrysochir aureus*)、中华管鞭虾(*Solenocera crassicornis*)、周氏新对虾(*Metapenaeus joyneri*)、叫姑鱼(*Johnius grypotus*)等; 春季有10种, 依次为口虾蛄、龙头鱼、火枪乌贼(*Loligo beka*)、中国毛虾(*Acetes chinensis*)等。两季共有重要种为3种: 龙头鱼、口虾蛄、棘头梅童鱼(*Collichthys lucidus*), 主要物种季节变化大(表3)。

秋季主要游泳动物生态位宽度数值变化范围为2.45~10.51, 其中生态位宽度最大数值的种为六指马鲛(10.51), 其后依次为哈氏仿对虾(9.47)、海鳗(8.84)、龙头鱼(8.71)、叫姑鱼(8.53)、杜氏枪乌贼(*L. duvauceli*)(8.22), 三疣梭子蟹(7.99)等; 春季主要游泳动物生态位宽度数值变化范围为1.02~8.93, 其中数值最大的为火枪乌贼(8.93), 其后依次为口虾蛄(8.51)、带鱼(7.94)、

黄鲫(*Setipinna taty*)(6.75)、蓝圆鲹(5.20)、日本鳀(4.67)等。

生态位重叠值较大的物种秋季有三疣梭子蟹和叫姑鱼(0.922)、龙头鱼和六指马鲛(0.902)、口虾蛄和红狼牙虾虎鱼(*Odontamblyopus rubicundus*)(0.892); 春季有三疣梭子蟹和龙头鱼(0.966)、日本鳀和蓝圆鲹(0.933)。

## 2.4 游泳动物季节群聚特征

物种多样性指标是描述群落组成的一种综合性指标, 无法显示两季站位间的物种群落分组, 因此用聚类分析对季节物种群落分组研究。对两季游泳动物群落进行聚类分析和NMDS排序得出, 两季皆可分为3组, 其中秋季1号和4号站位在66%的相似性水平上为一组, 10、11、12号站位在60%相似性水平上为一组, 剩余站位在58%相似性水平上为一组, ANOSIM检验结果表明三组两两之间 $P$ 值均大于0, 无显著性差异; 春季10、11、12号站位在64%相似性水平为一组, 6号站位在50%相似性水平为一组, 剩余站位在60%相似性水平为一组, ANOSIM检验结果表明三组两两之间 $P$ 值均大于0, 也无显著性差异(图2-a)。NMDS排序的协强系数为0.08, 小于0.1,

表3 七星列岛海域两季主要种相对重要性指数排序

Tab. 3 The IRI of major species of two seasons in Qixing Islands offshore area

编号 no.	种名 species	秋季IRI autumn	春季IRI spring	秋季 $B(L)_i$ autumn	春季 $B(L)_i$ spring
A1	海鳗 <i>Muraenesox cinereus</i>	3155.05	83.56	8.84	4.17
A2/S6	龙头鱼 <i>Harpodon nehereus</i>	2477.06	883.68	8.71	3.90
A3	六指马鲛 <i>Polynemus sextarius</i>	2461.77		10.51	
A4/S3	三疣梭子蟹 <i>Portunus trituberculatus</i>	1779.89	1525.69	7.99	3.59
A5	赤鼻棱鳀 <i>Thrissa kammalensis</i>	1161.67	0.11	2.45	1.00
A6/S5	口虾蛄 <i>Oratosquilla oratoria</i>	1127.86	961.76	7.57	8.51
A7	尖头黄鳍牙 <i>Chrysochir aureus</i>	886.76	20.95	7.00	3.77
A8	中华管鞭虾 <i>Solenocera crassicornis</i>	637.27		6.76	
A9	周氏新对虾 <i>Metapenaeus joyneri</i>	550.44	10.82	2.79	3.75
A10	叫姑鱼 <i>Johnius grypotus</i>	419.23		8.53	
A11	大黄鱼 <i>Larimichthys crocea</i>	336.46		5.39	
A12	黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>	271.92	0.68	4.84	1.00
A13/S13	棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>	247.15	284.40	3.90	2.96
A14	红狼牙虾虎鱼 <i>Odontamblyopus rubicundus</i>	241.03	0.16	4.65	1.00
A15	哈氏仿对虾 <i>Parapenaeopsis hardwickii</i>	214.45	6.01	9.47	3.52
A16	杜氏枪乌贼 <i>Loligo duvauceli</i>	210.14		8.22	
A17	黄鳍鲷 <i>Sparus latus</i>	206.81		5.40	
A18	细巧仿对虾 <i>Parapenaeopsis tenella</i>	169.26	67.40	5.93	4.34
A19	四线天竺鲷 <i>Apogon quadrifasciatus</i>	102.24		3.34	
A20	宽体舌鲷 <i>Cynoglossus robustus</i>	101.55		5.07	
S1	日本鳀 <i>Engraulis japonicus</i>		4708.54		4.67
S2	蓝圆鲹 <i>Decapterus maruadsi</i>		2227.33		5.20
S4	带鱼 <i>Trichiurus lepturus</i>	3.54	1414.18	3.00	7.94
S7	火枪乌贼 <i>Loligo beka</i>		856.98		8.93
S8	中国毛虾 <i>Acetes chinensis</i>	0.61	832.34	1.00	1.02
S9	刺鲳 <i>Psenopsis anomala</i>	1.21	427.45	1.00	4.61
S10	银鲳 <i>Pampus argenteus</i>		393.30		2.53
S12	日本鲭 <i>Scomber japonicus</i>		381.02		4.31
S14	黄鲫 <i>Setipinna taty</i>	26.81	212.41	2.06	6.75
S15	双斑螯 <i>Charybdis bimaculata</i>		161.80		2.93

注：A. 秋季，S. 春季，下同。1~20. 物种序号

Notes: A. autumn, S. spring, the same below. 1-20. the sequence of the species

可知该图的排序能清楚的反映群落间相似性程度，和聚类分析结果较一致。

两季调查站位合在一起进行聚类分析，即

在50%的相似性水平上，秋季12个站位归为一组；相应的，春季12个站位归为一组，相似性水平较低，群落结构明显不同(图2-b)。ANOSIM检

验也表明两季游泳动物群落结构达到显著差异水平,  $r=0.924$ ,  $P<0.01$ 。

### 2.5 ABC曲线

秋季的生物量优势度曲线在数量优势度曲

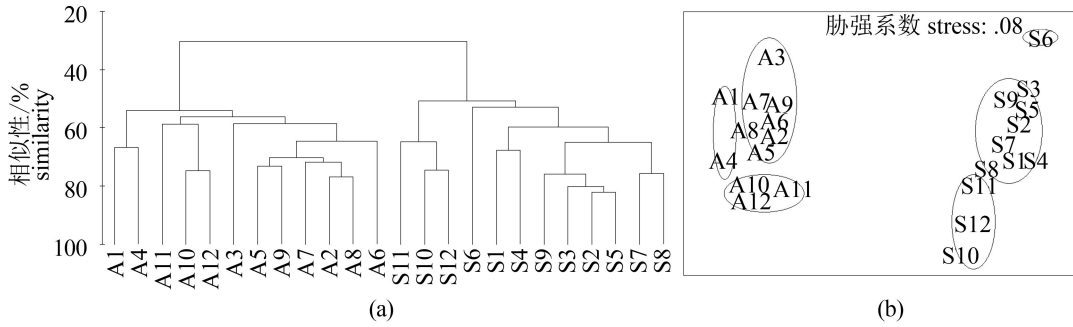


图 2 两季七星列岛海域游泳动物群落结构的聚类分析(a)和非参数多变量排序(b)

图中数字1~12代表站位号

Fig. 2 Cluster (a) and MDS ordination (b) of nekton community of two seasons in Qixing Islands offshore area

The numbers in the figure represent the stations

线之上, 无交叉, 生物量优势度曲线起点较丰度高; 而春季的则相反, 起点有交叉, 数量优势度曲线在生物量优势度曲线之上。秋季和春季的W统计值分别为0.052、-0.059, 均接近于0 (图3)。

索饵、越冬洄游。海鳗为浙江沿海鱼种, 作越冬洄游; 春季物种组成可能为鱼类生殖洄游所致, 日本鳀、带鱼在浙南海域(包括调查海域)作生殖洄游; 蓝圆鲀则为中国台湾北部海域越冬鱼群, 此时分批进入浙江近岸海域作生殖洄游。

## 3 讨论

### 3.1 种类组成

游泳动物组成以鱼类为主, 甲壳类次之, 头足类最少。秋季主要以六指马鲛、赤鼻棱鳀、海鳗等暖水种和龙头鱼等暖温种为主, 春季主要以暖温种日本鳀和暖水种带鱼、蓝圆鲀为主; 秋季物种如六指马鲛、龙头鱼等在此大量聚集育肥, 由于浙闽沿岸流水系带来了丰富的饵料、营养盐, 环境适宜, 导致以上鱼类在此

优势种组成, 秋季有6种, 依次为海鳗、龙头鱼、六指马鲛、三疣梭子蟹、赤鼻棱鳀、口虾蛄, 春季有4种, 依次为日本鳀、蓝圆鲀、三疣梭子蟹、带鱼。两季共有优势种仅为三疣梭子蟹1种, 分析与三疣梭子蟹增殖放流及其生长速率快, 繁殖能力强有关。优势种季节变化明显, 六指马鲛为秋季优势种, 蓝圆鲀、带鱼为春季优势种, 这与鱼类的季节性洄游有关。基于栖息水深, 以底层、近底层近海洄游鱼类为主, 中上层鱼类次之, 另有趋礁性鱼类, 如棘头梅童鱼、六指马鲛、四线天竺鲷(*Apogon quad-*

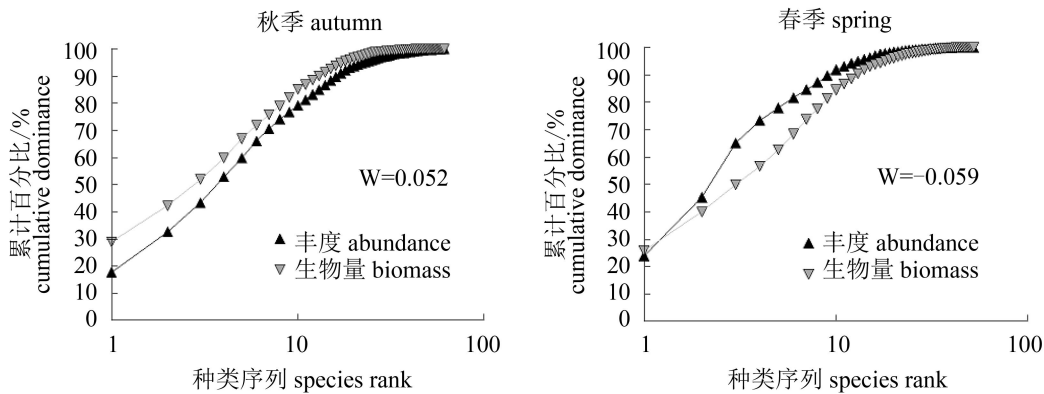


图 3 七星列岛海域两季游泳动物的ABC曲线以及W统计值

Fig. 3 ABC curves and W value of nekton of two seasons in Qixing Islands offshore area

*rifasciatus*)、柄斑石斑鱼(*Epinephelus quoyanus*)等,可能与该海域有天然岛屿有关。

生态位宽度值也在一定程度上反映物种的聚集程度,两季生态位宽度值大的物种不同,生态位宽度值较大的物种,秋季有六指马鲛(407尾)、海鳗(73尾)、龙头鱼(484尾,最多)等,以上物种尾数较多,12个站位均有分布且站位间分布较均匀,秋季在该海域聚集;春季有火枪乌贼(556尾)、口虾蛄(457尾)、带鱼(995尾)、蓝圆鲹(2402尾)、日本鳀(2590尾,最多)等,以上物种在春季聚集程度高,站位间分布较均匀,这和优势种研究结果相一致。

### 3.2 游泳动物物种多样性及群落结构

两季游泳动物多样性处于中等水平,Shannon-Wiener种类多样性指数( $H'$ )、Margalrf种类丰富度指数( $D$ )和Pielou种类均匀度指数( $J'$ )均值及其变化范围均为秋季稍高于春季,这和两季调查物种数量、物种间个体分配均匀性有关,秋季物种数(61种)高于春季(52种),秋季物种个体分配较春季均匀,春季各站位物种数量差异明显,如中国毛虾仅在4个站位有分布,6号站位尾数为2870尾,其余3个站位为10尾左右。经显著性分析得出,两季物种多样性指数 $H'$ 、 $D$ 、 $J'$ 之间的 $F$ 值依次为1.232、2.142、0.313, $P$ 值依次为0.28、0.16、0.58(均 $>0.1$ ),表明作为描述群落结构特征的综合性指标之一的物种多样性指数无显著性差异。游泳动物物种群落秋、春两季皆可分为3组,10、11、12号站位两季均为一组,站位间分组不受季节影响,这是组内站位间物种组成和海域环境存在一定程度的相似性所致,如秋季有11种游泳动物(棘头梅童鱼、龙头鱼等)都出现在以上3个站位,春季有17种游泳动物(棘头梅童鱼、带鱼、银鲳等)都出现在以上3个站位;季节内分组,组与组之间达不到显著性差异水平,表明物种在3组之间的分布具有一定的相似性,物种组间分布较均匀,如秋季棘头梅童鱼、龙头鱼、红狼牙虾虎鱼等在3个组中出现,春季蓝圆鲹、带鱼等也在3个组中出现。

两季群落结构区别明显,一方面与物种在该调查海域是否出现有关,两季鱼类总计52种,共有种15种;蟹类10种,共有种3种;头足类5种,共有种1种;虾类13种,共有种11种。游泳动物群落组成差异与季节性洄游有关,鱼类季

节性洄游种如六指马鲛、蓝点马鲛(*Scomberomorus nipponius*)等仅在秋季出现,而蓝圆鲹、日本鳀、日本鲭仅在春季出现,使得该区域内的鱼类分布呈现季节洄游性更替特征;阿氏强蟹(*Eucrater alcocki*)、天津厚蟹(*Helice tridens tientsinensis*)、斑纹螯(*Charybdis feriata*)等在秋季出现,与越冬洄游有关;头足类多为短距离洄游种,共有种较少,仅日本无针乌贼(*Sepiella japonica*)一种,可能是偶然捕获;虾类组成两季变化不大,多为本地种或短距离洄游种。另一方面由于物种的优势程度(资源密度百分比)存在显著季节差异,此差异除了与物种的补充和死亡机制有关外,还可能和禁渔期有关,如龙头鱼在春季为重要种,而在秋季是优势种,其幼体到了秋季已长大;赤鼻棱鳀在春季为稀有种,秋季却为优势种,其幼体到了秋季也已长大;海鳗在春季为常见种,其幼体生长迅速,到了秋季也已长大,在秋季为重要优势种;细巧仿对虾(*Parapenaeopsis tenella*)在春季为一般种,在秋季为重要种。综上,以上物种经过几个月繁殖和生长,物种尾数和生物量都有明显增加,导致了两个季节群落结构的差异。

### 3.3 游泳动物所受干扰程度评价

Warwick等<sup>[22]</sup>认为,ABC曲线不同特征主要是由于底栖群落中组成种类生物量和数量相对比例变化引起的。Blanchard等<sup>[23]</sup>则认为鱼类群落中ABC曲线特征反映了群落中大型种类和小型种类相对数量的变化以及个体大小组成的变化。秋季 $W$ 值为0.052,春季 $W$ 值为-0.059,春季的丰度曲线在生物量曲线之上,表明春季物种体型更小。春季为多种游泳动物产卵、育幼期,因此体型较小。两季 $W$ 值为0.052和-0.059,均接近于0,基于ABC曲线分析并根据Warwick等<sup>[22]</sup>的划分标准,七星列岛海域游泳动物群落处于中度干扰状态。分析认为该研究海域处于浙闽交界处,捕捞、污染等人为因素干扰使该海域生态环境遭受破坏,导致游泳动物群落受到干扰。

Shannon-Wiener生物多样性指数( $H'$ )可表明该海域物种多样性水平,间接反映该海域受到的干扰程度, $H'$ 指数变化范围秋季为2.112~3.947,均值为3.101,其中数值大于3的站位有6个,占50%;春季为2.170~3.546,均值为2.869,其中数值大于3的站位有5个,约占42%,

两季均值均在3附近, 两季生物多样性程度均为中等水平, 这与该海域游泳动物资源受到过度破坏有关。

生态位重叠值在一定程度上反映该海域物种的竞争优势及物种资源利用情况。生态位重叠较大的物种, 秋季有三疣梭子蟹和叫姑鱼(0.922)、龙头鱼和六指马鲛(0.902)、口虾蛄和红狼牙虾虎鱼(0.892); 春季有三疣梭子蟹和龙头鱼(0.966)、日本鳀和蓝圆鲹(0.933)。龙头鱼、三疣梭子蟹、口虾蛄等低价值的游泳动物资源占据竞争优势地位, 这种情况和该海域生态环境受到干扰有关, 也和ABC曲线研究结果相一致。

另外, 调查发现该海域有大量龙头鱼、蓝圆鲹、日本鳀、六指马鲛、三疣梭子蟹的幼体存在, 因此该海域可能为多种游泳动物的产卵场、育幼场。鉴于此, 设立七星列岛海洋特别保护区有重大意义, 不仅有助于七星列岛海域多种游泳动物种类的种群稳定, 亦有利于维持该海域生态系统的平衡。

#### 参考文献:

- [1] 朱鑫华, 吴鹤洲, 徐凤山, 等. 黄渤海沿岸水域游泳动物群落多样性及其相关因素的研究[J]. 海洋学报, 1994, 16(3): 102-112.  
Zhu X H, Wu H Z, Xu F S, *et al.* Community diversity and its related factors of swimming animals in the coastal waters of Yellow Sea and Bohai Sea[J]. Marine Journal, 1994, 16(3): 102-112(in Chinese).
- [2] 李圣法, 程家骅, 严利平. 东海中南部鱼类群聚结构的空间特征[J]. 海洋学报, 2005, 27(3): 110-118.  
Li S F, Cheng J Y, Yan L P. The spatial pattern of the fish assemblage structure in the mid-southern East China Sea[J]. Acta Oceanologica Sinica, 2005, 27(3): 110-118(in Chinese).
- [3] 林龙山, 郑元甲, 马春艳. 台湾海峡夏秋季游泳动物资源分布及群落结构[J]. 应用生态学报, 2005, 16(10): 1948-1951.  
Lin L S, Zheng Y J, Ma C Y. Distribution of nekton stock density and its community structure in Taiwan Strait in Summer and Autumn[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2005, 16(10): 1948-1951(in Chinese).
- [4] 姜亚洲, 林楠, 袁兴伟, 等. 象山港游泳动物群落结构及多样性[J]. 生态学杂志, 2013, 32(4): 920-926.  
Jiang Y Z, Lin N, Yuan X W, *et al.* Community structure and species diversity of nektons in Xiangshan Bay of East China[J]. Chinese Journal of Ecology, 2013, 32(4): 920-926(in Chinese).
- [5] 俞存根, 虞聪达, 章飞军, 等. 浙江南部外海鱼类种类组成和数量分布[J]. 海洋与湖沼, 2009, 40(3): 353-360.  
Yu C G, Yu C D, Zhang F J, *et al.* Fish species and quantity off southern Zhejiang, East China Sea[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2009, 40(3): 353-360(in Chinese).
- [6] 孙建璋, 朱植丰. 七星岛底栖海藻的初步调查[J]. 浙江水产学院学报, 1995, 14(4): 275-283.  
Sun J Z, Zhu Z F. The preliminary investigation of benthic seaweeds in the Seven-Star Island[J]. Journal of Zhejiang College of Fisheries, 1995, 14(4): 275-283(in Chinese).
- [7] 胡成业, 水玉跃, 田阔, 等. 浙江七星列岛海洋特别保护区主要鱼类功能群划分及生态位分析[J]. 生物多样性, 2016, 24(2): 175-184.  
Hu C Y, Shui Y Y, Tian K, *et al.* Functional group classification and niche identification of major fish species in the Qixing Islands Marine Reserve, Zhejiang Province[J]. Biodiversity Science, 2016, 24(2): 175-184(in Chinese).
- [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.  
State Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine, People's Republic of China, China National Standardization Management Committee. GB/T 12763.6-2007 Specifications for oceanographic survey-Part 6: Marine biological survey[S]. Beijing: China Standard Press, 2008 (in Chinese).
- [9] 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 resources investigation[M]. 2nd ed. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Publishers, 1981(in Chinese).
- [10] 刘瑞玉. 中国海洋生物名录[M]. 北京: 科学出版社, 2008.  
Liu R Y. Checklist of marine biota of China Sea[M]. Beijing: Science Press, 2008 (in Chinese).
- [11] 董聿茂. 浙江动物志[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社,



1990.  
Dong Y M. Fauna of Zhejiang[M]. Hangzhou: Zhejiang Science and Technology Press, 1990(in Chinese).
- [12] Ulanowicz R E. Information theory in ecology[J]. Computers & Chemistry, 2001, 25(4): 393-399.
- [13] Shannon C E, Weaver W. The Mathematical Theory of Communication[M]. Urbana: University of Illinois Press, 1947.
- [14] Pielou E C. Mathematical Ecology[M]. New York: Wiley, 1977.
- [15] Wilhm J L. Use of biomass units in Shannon's formula[J]. Ecology, 1968, 49(1): 153-156.
- [16] Pinkas E R. Ecology of the agamid lizard *Amphibolurus isolepis* in western Australia[J]. Copeia, 1971, 1971(3): 527-536.
- [17] 王雪辉, 杜飞雁, 邱永松, 等. 1980-2007年大亚湾鱼类物种多样性、区系特征和数量变化[J]. 应用生态学报, 2010, 21(9): 2403-2410.  
Wang X H, Du F Y, Qiu Y S, *et al.* Variations of fish species diversity, faunal assemblage, and abundances in Daya Bay in 1980-2007[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2010, 21(9): 2403-2410(in Chinese).
- [18] 覃林. 统计生态学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2009: 84-87.
- Qin L. Statistical ecology[M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2009: 84-87(in Chinese).
- [19] Field J G, Clarke K R, Warwick R M. A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns[J]. Marine Ecology Progress Series, 1982, 8(2): 37-52.
- [20] 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.
- [21] Warwick R M. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities[J]. Marine Biology, 1986, 92(4): 557-562.
- [22] Warwick R M, Clarke K R. Relearning the ABC: taxonomic changes and abundance/biomass relationships in disturbed benthic communities[J]. Marine Biology, 1994, 118(4): 739-744.
- [23] 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.

## Community characteristics of swimming animal in the waters of Qixing Islands in spring and autumn

ZHANG Chuncao<sup>1</sup>, SHUI Yuyue<sup>2</sup>, QIN Hulin<sup>1</sup>, JI Mengmeng<sup>1</sup>,  
HU Chengye<sup>1</sup>, LI Liang<sup>1</sup>, SHUI Bonian<sup>1\*</sup>

(1. Fisheries College, Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316000, China;

2. Zhoushan Marine Fisheries Bureau, Zhoushan 316000, China)

**Abstract:** The aim of this paper is to study swimming animal composition, dominant species, diversity, niche and community structure in Qixing Islands offshore area, according to taxonomy of ocean swimming animal, *IRI* formula, Primer, Excel, niche, ABC curve for swimming animal identification and data processing and analysis. The results showed that there are 80 swimming animal species belonging to 3 classes and 14 orders living in the investigated area, including 52 fishes, 13 shrimps, 10 crabs and 5 cephalopods, by the bottom trawl catches in autumn of 2014 and spring of 2015. There were 6 dominant species in autumn, and in spring the dominant species were 4. One common species is *Portunus trituberculatus*. In the two quarters, the species diversity index  $H'$ ,  $D$ ,  $J'$  was at the middle level. The species of larger niche in the autumn was *Polynemus sextarius* (10.51), *Parapenaeopsis harbwickii* (9.47), *Muraenesox cinereus* (8.84) etc and in the spring was *Loligobeka* (8.93), *Oratosquilla oratoria* (8.51), *Trichiurus lepturus* (7.94) etc. Cluster analysis showed the species among 12 stations of two seasons can be divided into three groups. The result was consistent with the NMDS analysis. The ABC curve analysis showed that the  $W$  value was 0.052 in the autumn and  $-0.059$  in the spring which were close to zero. The swimming animal community composition was based on fish, followed by shrimp and cephalopods at last. *P. harbwickii*, *M. cinereus* and *O. oratoria* etc., the low value nekton has the high niche and occupied a major competitive position. In the two quarters, the grouping of the species among 12 stations was not affected by the season, because the composition of species and marine environment had a certain degree of similarity in the group of stations. ABC curve analysis showed that the offshore area was in a state of intermediate interference.

**Key words:** swimming animal community; species diversity; ABC curve; Qixing Islands

**Corresponding author:** SHUI Bonian. E-mail: shuibonian@163.com

**Funding projects:** National Science and Technology Support Program (2007BAD43B03); Subject in Zhejiang Province; Project of Soft Science Research Project of Zhejiang Province (2015C25018)