

浙南近海头足类种类组成及生态位分析

陈伟峰 叶深 余 范青松 秦松 彭欣 陈少波

ANALYSIS ON SPECIES COMPOSITION AND ECOLOGICAL NICHE OF CEPHALOPOD IN THE COASTAL AREA OF SOUTH ZHEJIANG

CHEN Wei-Feng, YE Shen, YU Yue, FAN Qing-Song, QIN Song, PENG Xin, CHEN Shao-Bo

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.7541/2021.2018.262>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

[长湖浮游植物优势种季节演替及生态位分析](#)

SEASONAL SUCCESSION AND ECOLOGICAL NICHE ANALYSIS OF THE DOMINANT SPECIES OF PHYTOPLANKTON IN CHANGHU LAKE

水生生物学报. 2020, 44(3): 612–621 <https://doi.org/10.7541/2020.075>

[浙江近海春、夏季蟹类群落结构及其与环境因子的关系](#)

COMMUNITY STRUCTURE OF CRABS AND ITS RELATIONSHIP WITH ENVIRONMENTAL FACTORS IN ZHEJIANG COAST AREA IN SPRING AND SUMMER

水生生物学报. 2019, 43(3): 612–622 <https://doi.org/10.7541/2019.074>

[浙江近海属鱼类形态描述及中国属鱼类分子系统发育分析](#)

MORPHOLOGICAL DESCRIPTION OF *SILLAGO* SPECIES IN THE COASTAL WATERS OF ZHEJIANG AND PHYLOGENETIC ANALYSIS OF *SILLAGO* SPECIES IN CHINA

水生生物学报. 2018, 42(1): 99–105 <https://doi.org/10.7541/2018.013>

[基于线粒体CO I 基因序列的东南沿海可口革囊星虫遗传多样性分析](#)

THE GENETIC DIVERSITY OF *PHASCOLOSOMA ESCULENTA* IN THE COASTAL ZONE OF SOUTH-EASTERN CHINA BASED ON SEQUENCE ANALYSIS OF MITOCHONDRIAL CO I GENE

水生生物学报. 2017, 41(6): 1257–1264 <https://doi.org/10.7541/2017.156>

[浙江沿海岸域春季螺类群落结构特征及其与环境因子的关系](#)

COMMUNITY STRUCTURE OF SNAILS AND ITS RELATIONSHIP WITH ENVIRONMENTAL FACTORS ALONG ZHEJIANG COAST IN SPRING

水生生物学报. 2018, 42(3): 606–615 <https://doi.org/10.7541/2018.076>

[大别山区黑沟绿太阳鱼种群的形态特征研究](#)

MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE GREEN SUNFISH (*LEPOMIS CYANELLUS*) IN HEIGOU CREEK, TA-PIEH MOUNTAINS

水生生物学报. 2017, 41(1): 194–200 <https://doi.org/10.7541/2017.24>



关注微信公众号，获得更多资讯信息

doi: 10.7541/2021.2018.262

浙南近海头足类种类组成及生态位分析

陈伟峰¹ 叶深¹ 余玥² 范青松¹ 秦松¹ 彭欣¹ 陈少波^{1,2}

(1. 浙江省海洋水产养殖研究所, 温州 325005; 2. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306)

摘要: 在浙南海域布设42个调查站位, 于2015年11月、2016年2月、5月和8月进行了4个航次的系统调查。针对获得的头足类样品, 运用相对重要性指数、生态位宽度和生态位重叠等生态指标, 结合非度量多维标度法(nMDS)和典范对应分析(CCA)对生态位重叠和分化进行分析。结果表明: 调查海域有头足类14种, 优势种为剑尖枪乌贼、多钩钩腕乌贼、曼氏无针乌贼和火枪乌贼; 生态位变化范围为0.09—7.01, 多钩钩腕乌贼、剑尖枪乌贼、柏氏四盘耳乌贼和火枪乌贼为广生态位种, 四盘耳乌贼、曼氏无针乌贼和田乡枪乌贼为中生态位种, 其余为窄生态位种; 生态位重叠值范围为0.00—0.70, 种间变化较大; 影响头足类分布的最主要因素是悬浮物, 其次为叶绿素和盐度, 温度和溶氧影响相对较小, 这些环境因素综合解释了此区域头足类群落结构83%的总变异。

关键词: 浙南近海; 头足类; 生态位; 相对重要性指数; 典范对应分析

中图分类号: S932.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2021)02-0428-08



生态位理论由Grinnell^[1]在研究加州鹌初次应用, 其后经过多位专家学者深入应用研究, 生态位理论及其定义得到不断深化和发展^[2-4], 其理论已被广泛应用于海洋生态系统的种间关系、群落结构、物种多样性及种群进化研究^[5, 6], 对保护海洋生态具有重要意义。

头足类(Cephalopod)为重要的海洋经济动物资源, 具有生命周期短和生长迅速的特点; 同时与齿鲸、金枪鱼、沙丁鱼和磷虾等经济海洋动物之间有密切的营养联系, 使头足类在海洋食物网中占有重要位置^[7]。我国的头足类资源丰富, 其中浙南近海地处多种海流、水团的交汇区, 其水质肥沃、饵料生物丰富, 又由于该区域岛礁众多, 为头足类的繁殖提供了必要的环境, 在其繁殖阶段起到了重要的作用。为了解浙南头足类资源变化和其在区域生态的功能, 已有学者对该区域的头足类群落结构进行了相关研究^[4-10], 但未见头足类生态位的报道。而通过对头足类生态位的研究, 有助于厘清浙南海域生态变化和演替的规律。为此, 本研究根据2015—2016年在浙南近海域开展4个航次的游泳动

物调查所获得的头足类资料, 运用生态位的理论方法, 分析其生态位宽度和生态位重叠, 及与各环节因子的相关性, 有助于认识浙南近海头足类对环境资源的利用状况及其相互关系, 同时对制定海洋资源管理和保护政策和措施等均具有一定指导意义。

1 材料与方法

1.1 数据来源

文本所用数据来自2015年11月(秋季)、2016年2月(冬季)、5月(春季)和8月(夏季)进行的“浙南海域渔业资源本底调查”项目。共调查站位40个, 站位布设如图1所示。调查船为“浙洞渔10109”号底拖网渔船, 船长47 m, 总吨位300 t, 主机功率为396 kW。调查网具网口规格为80目×2000 mm, 囊网网目尺寸20 mm。各站位以2—3 knots的速度拖曳1h左右。调查所获的样品(含头足类)随机取样40 kg, 对其中头足类样品鉴定至最小分类单元, 并记录每种的生物量和尾数。

温度、盐度、水深、溶解氧和悬浮物利用多功能温盐深仪(Cstaway-CTD)和水质分析仪WTW

收稿日期: 2018-11-01; 修订日期: 2019-12-17

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFC1406304); 温州市科技计划(N20190009)资助 [Supported by National Key Research and Development Project (2018YFC1406304); Science and Technology Program of Wenzhou, China (N20190009)]

作者简介: 陈伟峰(1993—), 男, 硕士; 主要从事渔业生态学研究。E-mail: WMUchenwf@yeah.net

通信作者: 彭欣(1979—), 男, 副研究员; 主要从事海洋生态学研究。E-mail: pengxin_1128@163.com

(Multi-3430)及悬浮物测定仪(LD-1000)现场测得, 叶绿素 a 测定采用荧光法^[11], 其主要分析过程为: 将截留有浮游植物的滤膜用90%丙酮溶液在低温避光条件下萃取24h, 然后用10-AU型唐纳荧光计测定萃取液酸化前后荧光值, 再根据经典计算公式计算叶绿素 a 浓度^[11]。

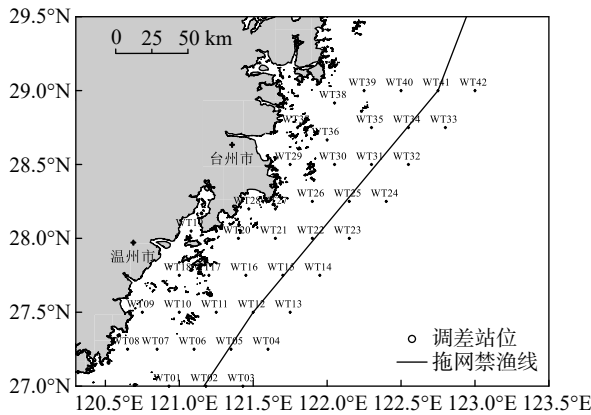


图1 渔业资源调查站位
Fig. 1 The sampling stations

1.2 分析方法

群落优势种与常见种采用Pinkas相对重要性指数(Index of Relative Importance, IRI)^[12]来确定, 其计算公式为:

$$IRI = (W_i + P_i) F$$

式中, W_i 为某种渔获物的重量占总渔获重量的百分数(%), P_i 为某种渔获物的尾数占总渔获尾数的百分数(%), F 为某种渔获物在各航次拖网总次数中出现的频率, 即出现次数与总拖网次数之百分比(%). 本文将相对重要性指数(IRI)大于500的定为优势种, 100—500的定为常见种^[13]。

生态位宽度^[14]、生态位重叠^[15]计算公式:

$$B_i = - \sum_{j=1}^S (P_{ij} \ln P_{ij})$$

$$O_{ik} = \sum_{j=1}^S (P_{ij} P_{kj}) / \sqrt{\sum_{j=1}^S P_{ij}^2 \sum_{j=1}^S P_{kj}^2}$$

式中, B_i 表示种 i 生态位宽度, P_{ij} 和 P_{kj} 分别代表第 j 个站位种 i 和种 k 个体数的比例, S 为调查站位总数; O_{ik} 代表种 i 与种 k 的生态位重叠值(0—1), 其值越大表示两物种对环境资源的利用越相似。生态位宽度按照大于4.00、2.00—4.00和小于2.00划分为广生态位种、中生态位种和窄生态位种^[16]。生态位生态位重叠指数按照大于0.60、0.30—0.60和小于0.30划分为重叠度较高、重叠度较低和重叠度低3个重叠度等级^[17]。

应用Primer Premier6.0对生态位宽度进行聚类分析, 根据丰度数据进行非度量多维标度(Nonmetric multidimensional scaling, nMDS)分析, 通过压力系数(Stress)值表征相似性等级与标序图中相应的距离等级不一致程度, 其中压力系数小于0.05代表吻合极好, 0.5—0.1代表吻合较好, 0.1—0.2为代表吻合度一般, 大于0.2代表吻合较差^[18]。

典范对应分析(Canonical Correspondence Analysis, CCA)是一种非线性多元直接梯度分析方法, 其特点是可以结合多个环境因子一起分析, 包含的信息量大, 结果直观明显, 从而更好地反应群落与环境的关系^[19]。对浙南近海头足类群落与水深、温度、盐度、溶解氧、悬浮颗粒物和叶绿素 a 等11个环境变量进行CCA排序, 通过蒙特卡洛置换检验从中筛选出对群落有显著影响的环境变量, 并作出头足类群落空间分布于环境因子关系的二维排序图。

渔业资源调查站位图采用Suffer11软件制作。本文头足类种类名录主要参照《中国动物志(头足纲)》^[7]。

2 结果

2.1 种类组成及生态位

本次调查共发现头足类14种, 隶属于3目5科7属(表1)。其中, 秋季最多发现12种, 夏季最少为7种, 冬季和春季分别为11种和10种。剑尖枪乌贼、多钩钩腕乌贼、曼氏无针乌贼和火枪乌贼为调查海域的优势种, 柏氏四盘耳乌贼、四盘耳乌贼、田乡枪乌贼和真蛸为常见种, 其余为少见种。生态位宽度变化范围0.01—7.01。

对其生态位宽度进行Bray-Curtis聚类分析显示(图2), 14种头足类可分为3组, 组I为窄生态位种的真蛸、金乌贼、双喙耳乌贼、短蛸、长蛸、软蛸和神户枪乌贼, 其生态位范围为0.01—1.20; 组II为中等生态位的四盘耳乌贼、曼氏无针乌贼和田乡枪乌贼, 生态位分布范围为2.54—3.81; 组III为广生态位种的剑尖枪乌贼、柏氏四盘耳乌贼、火枪乌贼和多钩钩腕乌贼, 生态位分布范围为4.02—7.01。

2.2 生态位重叠

各种类的生态位重叠值分析结果表明(表2), 该海域各头足类的生态位重叠值介于0.00—0.70, 多钩钩腕乌贼和剑尖枪乌贼有着最高的生态位重叠值, 为0.70, 此外多钩钩腕乌贼与柏氏四盘耳乌贼和四盘耳乌贼也有着较高的重叠值, 分别为0.64和0.61。重叠值较高的还有火枪乌贼与田乡枪乌贼(0.62)、剑尖枪乌贼与柏氏四盘耳乌贼和四盘耳乌

表 1 浙南近海头足类组成及生态位

Tab. 1 The cephalopod species composition and niche in the coastal area of south Zhejiang

序号 Code	种名 Species	季节 Season	平均胴长 Carcass length (mm)	生态位 宽度 Niche width	相对重要 性指数 IRI
枪形目 Teuthoidea					
武装乌贼科 Enoploteuthidae					
钩腕乌贼属 <i>Abrealia</i>					
1	多钩钩腕乌贼 <i>Abrealia ultihamata</i>	△ ○ □ ◇	32.41	7.01	2073.35
枪乌贼科 Loliginidae					
枪乌贼属 <i>Loligo</i>					
2	火枪乌贼 <i>Loligo beka</i>	△ ○ □	47.1	4.02	863.13
3	剑光枪乌贼 <i>Loligo edulis</i>	△ ○ □ ◇	95.37	6.76	4511.11
4	神户枪乌贼 <i>Loligo kobiensis</i>	□	45.75	0.92	0.84
5	田乡枪乌贼 <i>Loligo tagoi</i>	△ ○ □	45.56	2.54	141.52
乌贼目 Sepioidea					
乌贼科 Sepiidae					
乌贼属 <i>Sepia</i>					
6	金乌贼 <i>Sepia esculenta</i>	□	68.58	0.18	5.01
无针乌贼属 <i>Sepiella</i>					
7	曼氏无针乌贼 <i>Sepiella inermis</i>	△ ○ □ ◇	58.76	3.81	925.17
耳乌贼科 Sepiolidae					
耳乌贼属 <i>Sepiola</i>					
8	双喙耳乌贼 <i>Sepiola birostrata</i>	△ ○	13.14	0.09	1.55
四盘耳乌贼属 <i>Euprymna</i>					
9	柏氏四盘耳乌贼 <i>Euprymna berryi</i>	△ ○ □ ◇	22.18	4.84	249.01
10	四盘耳乌贼 <i>Euprymna morsei</i>	△ ○ □ ◇	25.78	3.59	182.99
八腕目 Octopoda					
蛸科 Octopodidae					
蛸属 <i>Octopus</i>					
11	短蛸 <i>Octopus ocellatus</i>	△	51.93	0.36	3.49
12	卵蛸 <i>Octopus ovulum</i>	△	40.82	0.01	0.4
13	长蛸 <i>Octopus variabilis</i>	△ ○ □ ◇	96.19	0.71	26.87
14	真蛸 <i>Octopus vulgaris</i>	△ ○ □ ◇	59.29	1.2	125.99

注: △秋季; ○冬季; □春季; ◇夏季

Note: △Autumn; ○Winter; □Spring; ◇Summer

贼(0.60和0.62)、神户枪乌贼与金乌贼(0.62)、长蛸与真蛸(0.60), 其余种类重叠值均小于0.60。

生态位在重叠值非度量多维度分析(nMDS)结果显示: 压力系数Stress=0.06<0.1(图 3), 吻合度较

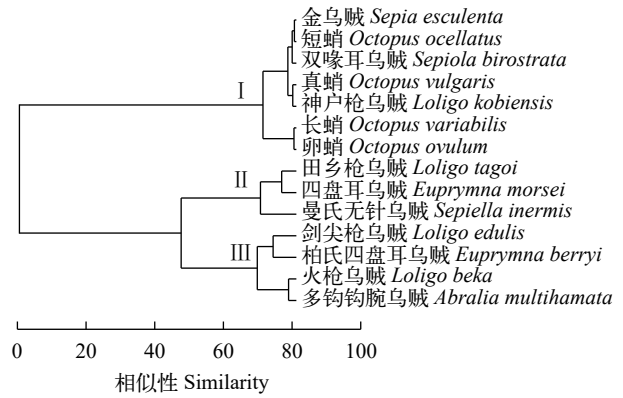


图 2 浙南近海头足类生态位宽度聚类分析

Fig. 2 Clustering analysis of niche breadth of cephalopod in the coastal area of south Zhejiang

好。多钩钩腕乌贼、剑尖枪乌贼、柏氏四盘耳乌贼和四盘耳乌贼的分布较为相似, 此外相似性较高的还有火枪乌贼与田乡枪乌贼、神户枪乌贼与金乌贼、长蛸与真蛸。曼氏无针乌贼、双喙耳乌贼、短蛸和软蛸相似性均较低, 与生态位重叠分析结果基本一致。

2.3 生态位分化

浙南近海各个站位环境因子参数平均值见表 3。数据分析表明个站位的平均水深为35.60 m, 水温、盐度(表、底)夏季最高, 溶解氧(表、底)冬季最高, 叶绿素a(表、底)春季最高, 悬浮物浓度(表、底)秋季最高。

调查海域头足类与各环境因子之间的CCA分析结果见表 4。蒙特卡洛检验结果表明: 轴1和其余轴均呈现显著差异($P=0.02<0.05$), 证明该排序结果是可信的。水深(D)、表层水温(S-T)、底层水温(B-T)、表层盐度(S-S)、底层盐度(B-S)、表层溶氧(S-D)、底层溶氧(B-D)、表层叶绿素a(S-C)、底层叶绿素a(B-C)、表层悬浮物(S-SS)和底层悬浮物(B-SS)共解释了83.0%的总变异。轴1和轴2的特征值分别为0.421和0.246, 分别解释了36.8%和21.4%。轴1和轴2的种类-环境关系系数分别为0.968和0.926, 表明这10个环境因子与头足类的分布存在显著相关性。

结合环境因子与排序轴相关性的大小(表 4), 绘制排序图(图 4)。与轴1关系最密切的依次为表层叶绿素a、底层盐度、底层温度、表层温度和表层盐度和表层叶绿素a, 沿轴1从左往右表底盐、温度逐渐降低, 表底叶绿素a逐渐升高; 与轴2关系最密切的依次为底层悬浮物、表层溶解氧、底层溶解氧、底层悬浮物和水深, 沿轴2自下而上表底悬浮物和溶解氧均逐渐降低。

剑尖枪乌贼、神户枪乌贼、双喙耳乌贼和长

表 2 浙南近海头足类生态位重叠值
Tab. 2 Ecological niche overlap of cephalopod in the coastal area of south Zhejiang

编号Number	Q_{ik}													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	1.00													
2	0.59	1.00												
3	0.70	0.58	1.00											
4	0.08	0.12	0.08	1.00										
5	0.50	0.62	0.51	0.15	1.00									
6	0.11	0.17	0.11	0.62	0.21	1.00								
7	0.52	0.43	0.56	0.12	0.50	0.16	1.00							
8	0.30	0.42	0.30	0.00	0.50	0.00	0.41	1.00						
9	0.64	0.57	0.60	0.10	0.50	0.14	0.57	0.36	1.00					
10	0.61	0.53	0.62	0.11	0.51	0.16	0.52	0.32	0.52	1.00				
11	0.15	0.22	0.15	0.00	0.23	0.00	0.21	0.38	0.19	0.21	1.00			
12	0.02	0.03	0.02	0.00	0.04	0.00	0.03	0.08	0.03	0.03	0.16	1.00		
13	0.35	0.31	0.36	0.23	0.37	0.25	0.47	0.36	0.43	0.46	0.29	0.25	1.00	
14	0.40	0.28	0.41	0.13	0.33	0.13	0.51	0.38	0.40	0.52	0.23	0.13	0.60	1.00

注: 加粗数字表示重叠值大于等于0.60。物种序号参考表 1

Note: Values in bold are greater than or equal to 0.60. The species number in accord with Tab. 1

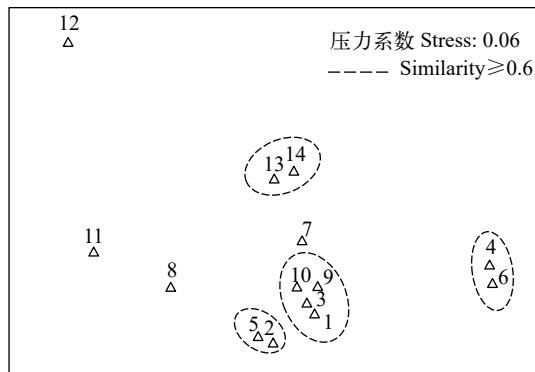


图 3 浙南近海头足类生态位重叠nMDS图

Fig. 3 nMDS plots of niche overlap of cephalopod in the coastal area of south Zhejiang

物种序号参考表 1

The species number in accord with Tab. 1

蛸位于排序表的左侧, 其与环境因子中的叶绿素 *a* 和溶解氧的相关性较高, 田乡枪乌贼和金乌贼的位于排序图的上方, 其与水温的相关性较高, 其余种类靠近排序图的中心, 与环境因子相关性相对较低。

3 讨论

3.1 生态位与相对重要性指数(*IRI*)比较

本次调查共发现头足类14种, 种类数与舟山近海海域^[1]相近。调查海域受台湾暖流和浙闽沿岸流的影响, 海洋生态环境较其他海域变化多样, 东海近海泥沙汇集, 春夏季泥沙沿黑潮主轴的方向分布, 秋冬季泥沙随浙闽沿岸流向东海区的东南方向运

表 3 浙南近海环境因子参数

Tab. 3 Environmental parameters in the coastal area of south Zhejiang

环境因子Factor	秋Autumn	冬Winter	春Spring	夏Summer
水深Depth (m)	35.60±5.5	—	—	—
水温(表) Water temperature (surface) (°C)	18.47±2.08	11.84±1.42	20.79±0.84	29.55±0.94
水温(底) Water temperature (bottom) (°C)	18.87±1.98	13.42±2.83	20.24±0.62	21.51±3.12
盐度(表) Salinity (surface) (‰)	29.83±3.23	29.02±1.81	29.20±1.27	32.73±1.89
盐度(底) Salinity (bottom) (‰)	31.40±2.73	31.89±2.21	32.33±3.07	34.66±0.19
溶解氧(表) Dissolved oxygen (surface) (mg/L)	8.45±0.41	9.50±0.62	8.01±0.22	6.67±0.60
溶解氧(底) Dissolved oxygen (bottom) (mg/L)	8.35±0.42	8.56±0.75	5.91±0.36	5.03±0.91
叶绿素 <i>a</i> (表) Chlorophyll <i>a</i> (surface) (µg/L)	0.64±0.12	0.26±0.11	5.17±3.01	0.34±0.20
叶绿素 <i>a</i> (底) Chlorophyll <i>a</i> (bottom) (µg/L)	0.59±0.30	0.14±0.13	3.20±1.19	0.15±0.07
悬浮物浓度(表) Suspended solids (surface) (mg/L)	91.29±32.50	45.51±49.43	11.33±4.98	17.78±3.68
悬浮物浓度(底) Suspended solids (bottom) (mg/L)	79.50±43.28	78.26±22.95	42.95±12.64	29.73±9.79

输^[20], 这也导致了近海悬浮物浓度始终高于外海, 而头足类对生境的选择更倾向于海水澄清的水域^[21], 因此, 近海头足类的种类数远少于外海^[8]。头足类

表4 浙南近海头足类CCA分析结果

Tab. 4 Result of CCA for cephalopod in the coastal area of south Zhejiang

轴 Axis	特征值 Eigenvalues	种类-环境相 关系Species- environment correlations	累积百分比 Cumulative percentage (%)		总特征值 Sum of all eigenvalues	总典范特征值 Sum of all canonical eigenvalues	轴1的P值 P-value of first canonical axis	所有轴P值 P-value of all canonical axis
			种类 Species data	种类-环境相 关系Species- environment relation				
1	0.421	0.968	36.80	39.00	1.146	1.080	0.02	0.02
2	0.246	0.926	58.20	61.80				
3	0.169	0.891	72.90	77.40				
4	0.115	0.855	83.00	88.10				

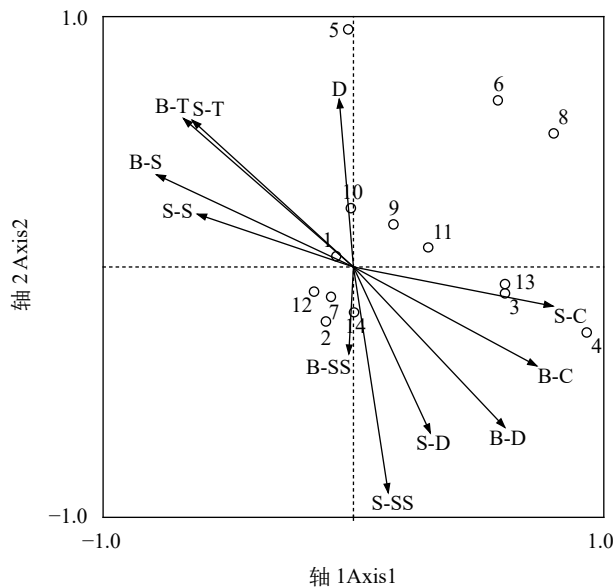


图4 浙南近海头足类典范分析对应排序图

Fig. 4 CCA ordination diagrams based on canonical correspondence analyses of cephalopod

物种序号参考表1; D. 水深; S-T. 表层温度; B-T. 底层温度; S-S. 表层盐度; B-S. 底层盐度; S-D. 表层溶解氧; B-D. 底层溶解氧; S-C. 表层叶绿素a; B-C. 底层叶绿素a; S-SS. 表层悬浮物; B-SS. 底层悬浮物

The species number in accord with Tab. 1; D. depth; S-T. surface temperature; B-T. bottom temperature, S-S. surface salinity; B-S. bottom salinity; S-D. surface dissolved oxygen; B-D. bottom dissolved oxygen; S-C. surface chlorophyll a; B-C. bottom chlorophyll a; S-SS. surface suspended solids; B-SS. bottom suspended solids

生态位宽度最高的为多钩钩腕乌贼(7.01), 其IRI值(2073.35)却小于生态位宽度值较小的剑尖枪乌贼(4511.11), 这主要是剑尖枪乌贼作为西太平洋暖水种^[22, 23], 其分布受季节影响较大, 春夏季随着暖流势力增强, 群体向西北游动, 集中于东海南部^[24], 本次调查在夏季捕获大量的剑尖枪乌贼, 这与以往调查结果相符^[25], 卵蛸的主要生活区在南海浅海底层, 在东海南部有少数分布^[26], 本次调查也仅在秋季少量捕获, 其IRI(0.40)值和生态位宽度(0.01)均最小。

3.2 生态位宽度分析

一个物种的空间生态位宽度值大小代表了该物种在生境中利用资源的能力, 该物种的分布范围和生物量则反映了这种能力^[13, 27], 本研究发现, 生态位聚类分析将研究海域头足类的数量分布分为3种类型(图2)。其中, 窄生态位种表现出分布范围小, 数量分布不均匀, 资源利用能力差; 中生态位种分布范围相对较广, 数量分布均匀度较低, 资源利用能力一般; 广生态位种分布广, 数量分布均匀, 资源利用能力强。从生境选择性^[16]来看, 窄生态位种对生境的选择性高, 对环境敏感, 中生态位种对生境的选择性稍低, 而广生态位种对生境的选择性低, 其适应环境能力最强。曼氏无针乌贼为东海四大渔产之一^[26], 占海洋捕捞产量的9.3%, 然而由于不合理利用, 致使该资源于20世纪80年代初急剧衰退, 并显现逐步绝迹的迹象^[28]。本次调查结果显示, 曼氏无针乌贼的IRI为925.17在调查海域内占优势, 这说明近年来曼氏无针乌贼增殖放流效果显著^[29, 30], 同时曼氏无针乌贼也是唯一的属于中生态位的优势种, 这说明其在数量上占优势, 但在分布上均匀度较低, 其原因可能还是过高的捕捞强度。

3.3 生态位重叠分析

本研究发现, 浙南近海头足类之间的生态位重叠指数差异较大, 最高的0.70, 最小的为0.00, 主要原因是调查海域生境多样化且各种类对资源的利用能力差异有关。一般认为, 生态位宽度小的种群对资源的利用能力有限, 因而与其他物种产生竞争的概率也较小, 导致其与其他种群的重叠值也较小; 而生态位宽度较宽的种群对资源的利用能力较强且分布范围广, 因此与其他种群的重叠值也较大^[31]。多钩钩腕乌贼与剑尖枪乌贼的具有最高的生态位宽度值, 两者重叠值同样最高(0.70), 这表明两者在研究海域中分布较广且在对生境的选择上具有相似性, 种间竞争压力相对较高, 此外两者还与柏氏四盘耳乌贼和四盘耳乌贼的重叠值较高。广生态位的火枪乌贼与中等生态位的田乡枪乌贼均栖息

于沿岸海域, 春季集群向内湾进行生殖洄游^[7], 相似的生态习性使得两者重叠值较高(0.62)。神户枪乌贼与金乌贼均属于窄生态位种, 而两者的重叠值同样为0.62, 出现这种现象的原因可能是因为一些生态位宽度值较小的种群对环境的要求近似或互补而表现出较高的生态重叠度^[32], 两者均为浅海性种类, 在春季从外侧向浅水海区作生殖洄游, 产卵场均为底质较硬的岛屿周围^[26], 且本次调查中两者仅在春季有少量捕获, 同样验证了此前推断。同理也解释了长蛸与真蛸, 两者主要栖息于温带偏南海域, 均营底栖生活, 前者更是以泥沙底质挖穴栖居, 以蟹类、贝类、多毛类等底栖生物为食^[21], 相近的生活习性也导致了两者较高的生态位重叠。非度量多维标度(NMDS)分析结果显示, 卵蛸分布与其余种类相似性最低, 这主要与前文介绍的卵蛸生活习性有关。

3.4 头足类群落与环境因子的关系

空间生态位的研究主要针对种群丰度在海域内分布情况, 在一定程度上反映的是种群之间在某个生态因子联系的相似性^[16]。本研究采用CCA分析海洋环境因子与头足类之间的关系, 对生态位宽度以及重叠程度计测得到的某些不能合理分析的结果做出补充解释^[32]。如作为优势种曼氏无针乌贼, 其生态位宽度为3.81, 但与其他种类重叠值却较低, 其分布的海区具有高温、高盐、低叶绿素 a 和低悬浮物等特点^[7], 对生境的选择性不同造成分布的差异, 进而降低了与其他种类的重叠值。剑尖枪乌贼、神户枪乌贼、金乌贼、双喙耳乌贼和长蛸为与排序图的右侧, 其分布主要受到了叶绿素的影响, 这与头足类的摄食习性有关, 虾类等浮游动物以藻类等有机物质为食^[33], 而虾类又是头足类重要的捕食对象^[34-36]。田乡枪乌贼位于排序轴的正上方, 其种群分布趋向于水深较深的高温高盐区域。多钩钩腕乌贼、火枪乌贼和真蛸位于排序图的中心附近区域, 对环境的变化无明显偏好, 分布范围趋于稳定。

本研究结果表明, 在CCA排序中的环境因子中, 水温、盐度、DO、叶绿素 a 、悬浮物和叶绿素共解释了该区域头足类群落组成83.0%的总变异, 剩余17.0%的总变异可能是由营养盐、悬浮物、pH、沉积物粒径、浮游动植物丰度等生物和非生物环境因子所引起的, 还需要进一步调查和分析。

参考文献:

- [1] Grinnell. The niche-relationships of the California thrasher [J]. *The Auk*, 1917, **34**(4): 427-433.
- [2] Hutchinson G E. Concluding Remarks: Population Studies and Animal Ecology and Demography [M]. Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology. New York: The Biological Laboratory, 1957: 415-427.
- [3] May R. Theoretical Ecology: Principles and Applications [M]. Oxford: Blackwell Scientific, 1976: 186.
- [4] Elton C S. Animal Ecology [M]. London: Sedgwick and Jackson, 1927: 232-233.
- [5] Xu X Q, Zeng J N, Chen Q Z, *et al.* Spatial niches of dominant zooplankton species in Sanmen Bay, Zhejiang Province of East China [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2013, **24**(3): 818-824. [徐晓群, 曾江宁, 陈全震, 等. 浙江三门湾浮游动物优势种空间生态位 [J]. 应用生态学报, 2013, **24**(3): 818-824.]
- [6] Peng S Y, Li X Z, Wang H F, *et al.* Niche analysis of dominant species of macrozoobenthic community in the southern Yellow Sea in spring [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2015, **35**(6): 1917-1928. [彭松耀, 李新正, 王洪法, 等. 南黄海春季大型底栖动物优势种生态 [J]. 生态学报, 2015, **35**(6): 1917-1928.]
- [7] Dong Z Z. Fauna Sinica (Mollusca Cephalopoda) [M]. Beijing: Science Press, 1988: 1-113. [董正之. 中国动物志(头足纲) [M]. 北京: 科学出版社, 1988: 1-113.]
- [8] Qin T, Yu C G, Chen Q Z, *et al.* Species composition and quantitative distribution study on cephalopod in the Zhoushan fishing ground and adjacent waters [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2011, **42**(1): 124-130. [覃涛, 俞存根, 陈全震, 等. 舟山渔场及邻近海域头足类(cephalopod)种类组成和数量分布 [J]. 海洋与湖沼, 2011, **42**(1): 124-130.]
- [9] Yu C G, Yu C D, Ning P, *et al.* Species composition and quantitative distribution of cephalopod in the offshore waters of southern Zhejiang Province [J]. *Marine Fisheries*, 2009, **31**(1): 27-33. [俞存根, 虞聪达, 宁平, 等. 浙江南部外海头足类种类组成和数量分布 [J]. 海洋渔业, 2009, **31**(1): 27-33.]
- [10] Xia L J, Yu C G, Cai H C, *et al.* Community structure and diversity of shrimp in Nanji Islands marine conservation area [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 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 [J]. 海洋学报, 2016, **38**(2): 73-83.]
- [11] General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of China. Specifications for Oceanographic Survey-Part 6: Marine Biological Survey [S]. Beijing: Standards Press of China, 2007: 1-168. [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. 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, 2007: 1-168.]
- [12] Pinkas L, Oliphant M S, Iverson I L K. Food habits of albacore, blue fin tuna, and bonito in California waters [J]. *Fish Bulletin*, 1971(152): 1-105.

- [13] Li X S, Yu Z H, Sun S, *et al.* Ecological niche breadth and niche overlap of dominant species of fish assemblage in Yangtze River estuary and its adjacent waters [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2013, **24**(8): 2353-2359. [李显森, 于振海, 孙珊, 等. 长江口及其毗邻海域鱼类群落优势种的生态位宽度与重叠 [J]. 应用生态学报, 2013, **24**(8): 2353-2359.]
- [14] Magurran A E. Ecological Diversity and Its Measurement [M]. New Jersey: Princeton University Press, 1988: 61-80.
- [15] Pianka E R. The structure of lizard communities [J]. *Annual Review of Ecology & Systematics*, 1973, **4**(41): 53-74.
- [16] Lu Z H, Zhou Y D, Zhu W B, *et al.* Spatial niches analysis of dominant shrimp species in the coastal area of Zhejiang Province [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2018, **40**(2): 77-86. [卢占晖, 周永东, 朱文斌, 等. 浙江沿海岸域虾类优势种空间生态位分析 [J]. 海洋学报, 2018, **40**(2): 77-86.]
- [17] Wathne J A, Haug T, Lydersen C. Prey preference and niche overlap of ringed seals *Phoca hispida* and harp seals *P. groenlandica* in the Barents Sea [J]. *Marine Ecology Progress*, 2000(194): 233-239.
- [18] Clarke K R, Warwick R M. Changes in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation [M]. Plymouth: Plymouth Marine Laboratory, 1994: 1-172.
- [19] Birks H J B, Pégler S M, Austin H A. An annotated bibliography of canonical correspondence analysis and related constrained ordination methods 1986-1993 [J]. *Abstracta Botanica*, 1996(20): 17-36.
- [20] Liu X. Seasonal variation on research of suspended sediments in the East China Sea based on remote sensing [D]. Qingdao: Ocean University of China, 2014: 1-69. [刘雪. 基于遥感的中国东部海域悬浮泥沙季节变化研究 [D]. 青岛, 中国海洋大学, 2014: 1-69.]
- [21] Chen X J, Wang Y G, Qian G W. Important Economic Resources and Fisheries of Cephalopod in Coast of China [M]. Beijing: Science Press, 2013: 1-160. [陈新军, 王尧耕, 钱国卫. 中国近海重要经济头足类资源与渔业 [M]. 北京: 科学出版社, 2012: 1-160.]
- [22] Jia X P, Li Y Z, Li C H, *et al.* Environment and Fishery Resources in the Exclusive Economic Zone and the Continental Shelf of South China Sea [M]. Beijing: Science Press, 2004: 1-674. [贾晓平, 李永振, 李纯厚, 等. 南海专属经济区和大陆架渔业生态环境和渔业资源 [M]. 北京: 科学出版社, 2004: 1-674.]
- [23] Ding T M, Song H T. Biological characteristics of *Loligo edulis* hoyle in the East China Sea [J]. *Journal of Zhejiang Ocean University*, 2000, **19**(4): 371-374. [丁天明, 宋海棠. 东海剑尖枪乌贼生物学特征 [J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2000, **19**(4): 371-374.]
- [24] Song H T, Ding T M, Xu K D. The quantity distribution and growth characteristics of *Loligo edulis* in the East China Sea [J]. *Journal of Zhejiang Ocean University*, 2008, **27**(2): 115-118. [宋海棠, 丁天明, 徐开达. 东海剑尖枪乌贼数量分布和生长特性研究 [J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2008, **27**(2): 115-118.]
- [25] Li S F, Yan L P, Li H Y, *et al.* Spatial distribution of cephalopod assemblages in the region of the East China Sea [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2006, **13**(6): 936-944. [李圣法, 严利平, 李惠玉, 等. 东海区头足类群聚空间分布特征的初步研究 [J]. 中国水产科学, 2006, **13**(6): 936-944.]
- [26] Song H T, Ding T M, Xu K D, *et al.* Cephalopod Resources in the East China Sea [M]. Beijing: China Ocean Press, 2009: 1-120. [宋海棠, 丁天明, 徐开达, 等. 东海经济头足类资源 [M]. 北京: 海洋出版社, 2009: 1-120.]
- [27] Zhang J T. Quantitative Ecology [M]. Beijing: Science Press, 2011: 205-220. [张金屯. 数量生态学 [M]. 北京: 科学出版社, 2011: 205-220.]
- [28] Yan L P, Li J S, Ling J Z, *et al.* Analysis on recent status of the fishery resources in the East China Sea [J]. *Journal of Zhejiang Ocean University* (Natural Science Edition), 2005, **24**(4): 303-307. [严利平, 李建生, 凌建忠, 等. 东海区海洋渔业资源近况浅析 [J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2005, **24**(4): 303-307.]
- [29] Li J J, Guo B Y, Wu C W. A review of the resource evolvement and the way of restoration of *Sepiella maindroni* in coastal waters of Zhejiang Province [J]. *Journal of Zhejiang Ocean University* (Natural Science Edition), 2011, **30**(5): 381-385. [李继姬, 郭宝英, 吴常文. 浙江海域曼氏无针乌贼资源演变及修复路径探讨 [J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2011, **30**(5): 381-385.]
- [30] Xu K D, Zhou Y D, Wang Y, *et al.* Effect and assessment of enhancement release of *Sepiella maindroni* in the northern coastal water of Zhejiang [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2018, **25**(3): 654-662. [徐开达, 周永东, 王洋, 等. 浙北近海曼氏无针乌贼增殖放流效果评估 [J]. 中国水产科学, 2018, **25**(3): 654-662.]
- [31] Ding L L, Yang H, Dai X J, *et al.* Niche analysis of dominant species of fishery resources in Zhejiang Oufei reclamation area [J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2016, **25**(1): 116-123. [丁丽丽, 杨红, 戴小杰, 等. 浙江瓯飞围填海区渔业资源优势种生态为分析 [J]. 上海海洋大学学报, 2016, **25**(1): 116-123.]
- [32] Zheng T, Lin Y S, Cao W Q, *et al.* Ecosystem structure and function in northern Beibu Gulf: zooplankton spatial niche and its differentiation [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2014, **34**(13): 3635-3649. [郑挺, 林元烧, 曹文清, 等. 北部湾北部生态系统结构与功能——浮游动物空间生态位及其分化 [J]. 生态学报, 2014, **34**(13): 3635-3649.]
- [33] Li H Y, Jin Y, Li S F. Feeding habits of *Solenocera melanthero* in the northern East China Sea [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2016, **27**(3): 937-945. [李慧玉, 金艳, 李圣法. 东海北部大管鞭虾的食性 [J]. 应用生

- 态学报, 2016, 27(3): 937-945.]
- [34] Guo X, Fan G Z, Jia G S. A preliminary study of the feeding habit of *Sepiella maindroni* de rochebrune [J]. *Journal of Zhejiang Ocean University*, 1986, 5(2): 171-175. [郭新, 范广钻, 郝国生. 浙江近海曼氏无针乌贼实行的初步研究 [J]. 浙江水产学院学报, 1986, 5(2): 171-175.]
- [35] Dai J S, Song L Z. A preliminary analysis of feeding habit of *Sepiella maindroni* de rochebrune during spawning seasons on da chen fishing ground [J]. *Journal of Zhejiang Ocean University*, 1986, 5(2): 185-187. [戴健寿, 宋丽珍. 大陈渔场曼氏无针乌贼生殖期食性初步研究 [J]. 浙江水产学院学报, 1986, 5(2): 185-187.]
- [36] Huang M Z. Study on feeding habits and nutrient level of four cephalopod species from Taiwan Strait and its adjacent areas [J]. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait*, 2004, 23(3): 331-340. [黄美珍. 台湾海峡及邻近海域4种头足类的食性和营养级研究 [J]. 台湾海峡, 2004, 23(3): 331-340.]

ANALYSIS ON SPECIES COMPOSITION AND ECOLOGICAL NICHE OF CEPHALOPOD IN THE COASTAL AREA OF SOUTH ZHEJIANG

CHEN Wei-Feng¹, YE Shen¹, YU Yue², FAN Qing-Song¹, QIN Song¹, PENG Xin¹ and CHEN Shao-Bo^{1,2}

(1. *Zhejiang Mariculture Research Institute, Wenzhou 325005, China*; 2. *College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China*)

Abstract: Cephalopods are marine economic animal resources with a short life cycle and rapid growth rates. However, there is still a blank in the research on its niche. In order to better find out the ecological changes and the rules of community succession in south coast of Zhejiang. We analyzed the utilization of habitat resources of cephalopods in the south of Zhejiang Province as well as their relationship, niche breadth and overlap of different species. This will have certain guiding significance for the formulation of marine resource management and protection policies and measures. A total of 43 survey stations were set in this area. The systematic surveys of 4 investigations were conducted in November 2015, February, May and August 2016. We analyzed the niche overlap and differentiation of gained cephalopod samples, using the index of relative importance, niche breadth, niche overlap and other ecological indicators coupled with nonmetric multidimensional scaling (nMDS) and canonical correspondence analysis (CCA). This research on the cephalopod niche will help to understand the utilization of habitat resources and the relationship among the cephalopods in this area. The results demonstrated that 14 species of cephalopod were captured in the surveyed area and dominant species were *Loligo edulis*, *Abralia ulthamata*, *Sepiella inermis* and *Loligo beka*, the niche of which ranged from 0.09 to 7.01. *Loligo edulis*, *Abralia ulthamata*, *Euprymna berryi* and *Loligo beka* were wide niche species; *Euprymna morsei*, *Sepiella inermis* and *Loligo tagoi* were medium niche species; the rest were narrow niche species. The niche overlap ranged between 0.00–0.70, varied greatly in inter-species. The main factor that affect cephalopod distribution was suspended matter, and then chlorophyll and salinity. Temperature and dissolved oxygen had relatively small effects on cephalopod distribution. These environmental factors comprehensively explained 83% variation of cephalopod population structure in this area.

Key words: South coastal Zhejiang; Cephalopod; Ecological niche; Index of relative importance; Canonical correspondence analysis