



## 浙江省沿岸春秋头足类群落结构变化分析

陈峰<sup>1,2,3</sup>, 瞿俊跃<sup>1</sup>, 方舟<sup>1,4,5,6,7\*</sup>, 张洪亮<sup>2,3</sup>, 周永东<sup>2,3</sup>, 梁君<sup>2,3</sup>

(1. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306;

2. 浙江省海洋水产研究所, 浙江舟山 316021;

3. 上海海洋大学, 农业农村部重点渔场渔业资源科学观测站, 浙江舟山 316100;

4. 上海海洋大学, 大洋渔业资源可持续开发教育部重点实验室, 上海 201306;

5. 上海海洋大学, 国家远洋渔业工程技术研究中心, 上海 201306;

6. 上海海洋大学, 农业农村部大洋渔业开发重点实验室, 上海 201306;

7. 上海海洋大学, 农业农村部大洋渔业资源环境科学观测实验站, 上海 201306)

**摘要:** 根据 2014—2016 年在春秋季节 (4 月、5 月、11 月) 浙江沿岸进行拖网调查, 选取其中的头足类渔获, 通过统计分析方法, 分析了春秋季节浙江沿岸在近年的种类组成和优势种, 以及优势种的时空分布变化, 并利用生态学方法对头足类群落结构变化进行了研究。结果显示, 3 年调查共鉴定头足类 22 种, 隶属于 3 目 7 科 10 属, 优势种主要为多钩钩腕乌贼、火枪乌贼、杜氏枪乌贼、剑尖枪乌贼、双喙耳乌贼、长蛸。浙江沿岸头足类群落分布呈现出时空差异, 在春季 (4—5 月) 北部站点以长蛸为主, 其渔获率明显高于春季以剑尖枪乌贼为主的南部站点, 秋季主要为多钩钩腕乌贼和火枪乌贼为主, 2016 年的渔获率明显低于前两年; 聚类分析将不同年月和地区站点划分为两大群组, 不同群落结构间存在显著差异, 长蛸对群落区分度贡献最大, 同时对群落空间结构起着决定性作用, 而种群的洄游可能是影响浙江沿岸头足类群落结构季节性变化的主要因素。

**关键词:** 头足类; 种类组成; 群落结构; 时空分布; 浙江沿岸

**中图分类号:** S 931

**文献标志码:** A

作为重要的短生命周期海洋生物, 头足类被认为是一类具有极大开发潜力的渔业资源, 在我国近海渔业资源不断衰退的情况下, 头足类资源则越来越丰富, 人们对头足类的关注度也不断提高<sup>[1-2]</sup>。浙江沿岸属于东海海域, 因其营养盐丰富, 适宜各种海洋生物栖息, 是我国重要的渔场之一, 在我国海洋捕捞产量占有重要的比重, 头足类资源量也非常丰富<sup>[3]</sup>。根据董正之<sup>[4]</sup>报道, 我国沿岸多数为浅海性 (neritic) 种类, 东海海域头足类包含 8 科 29 种, 其中常见种“青浜无针乌贼”(后改名为日本无针乌贼 *Sepi-*

*ella japonica*, 常称为曼氏无针乌贼 *Sepiella maindroni*) 占有绝对优势。由于头足类在东海海域渔业资源占有重要地位, 国内已有许多学者进行了报道, 区域范围也包含了浅海区和深海区在内的整个浙江沿岸海域<sup>[5-9]</sup>。

长期以来, 我国近海的捕捞强度并未进行有效控制, 也直接导致了渔业资源的过度捕捞和栖息环境的破坏。正是由于以上原因, 浙江沿岸的头足类群落结构组成也经历了多次变化: 20 世纪 80 年代开始到新世纪之初 (2005 年前), 原本以曼氏无针乌贼为主转变为以太平洋褶柔

收稿日期: 2019-02-19 修回日期: 2019-06-25

资助项目: 国家自然科学基金青年科学基金 (31702346), 浙江省科院所专项 (2016F30018, 2017C32031); 农业农村部海外渔业开发重点实验室开放课题 (LOF 2018-02)

通信作者: 方舟, E-mail: zfang@shou.edu.cn

鱼 (*Todarodes pacificus*) 和剑尖枪乌贼 (*Uroteuthis edulis*) 为主的群落结构<sup>[10]</sup>, 而从 2006—2009 年左右的调查发现, 主要以长蛸 (*Octopus minor*) 和短蛸 (*Amphioctopus fangsiao*) 为主的蛸类开始逐渐成为浙江沿岸头足类群落的主要种类<sup>[9]</sup>。由于头足类在食物链中具有承上启下的, 研究头足类群落结构的变化, 对海洋生态系统的变化具有重要的作用<sup>[8-9]</sup>, 因此, 开展头足类种类和群落结构的连续调查, 既是研究头足类数量分布和种群演替规律的基础, 也是保护和修复东海海域头足类栖息地的参考资料。随着近些年海洋环境的显著变化, 东海海域头足类群落是否发生了变化也值得我们关注。本研究基于 2014—2016 年春秋两季浙江沿岸拖网调查数据, 分析其头足类种类和群落结构的季节性变化, 为更好地可持续利用头足类和相关渔业资源管理政策提供理论依据。

## 1 材料与与方法

### 1.1 调查区域及站点

2014—2016 年 4—5 月 (春季) 和 11 月 (秋季) 在整个浙江省沿岸海域共进行的 9 个航次调查。调查范围为 37°0′~38°30′N、118°45′~120°30′E, 调查站点为定点海域调查, 基本以每隔 0.5°为一个站点, 尽可能覆盖到整个浙江沿岸海域, 最终共设站点 93 个 (图 1)。根据浙江省沿岸的水文和生态分布情况<sup>[11-12]</sup>, 以 29.5°N 为界限, 划分为南部站点和北部站点。其中 2014 年站点共 93 个, 北部站点 44 个, 南部站点 49 个; 2015 年站点共 83 个, 北部站点 42 个, 南部站点 41 个; 2016 年站点共 89 个, 北部站点 39 个, 南部站点 50 个。

### 1.2 调查船渔具及作业参数

北部站点调查船为“浙普渔 43019 号”, 船长 30 m, 型宽 6 m, 总吨位 96 t, 主机功率 184 kW; 南部站点调查船为“浙普渔 43055”, 船长 28.5 m, 宽度 6.3 m, 总吨位 122 t, 主机功率 220 kW。调查渔具针对调查海域水深、底质状况定制的单船底层有翼单囊拖网, 两船网具均一致, 网具主尺度 58 m×28 m, 上纲长 40 m、下纲长 45 m、网目尺寸 25 mm。作业期间平均渔船拖速为 3.0 kn/h, 站位拖曳时间设定 1 h, 调查时间均在白天。拖曳时视水深、流速等具体情况适时调

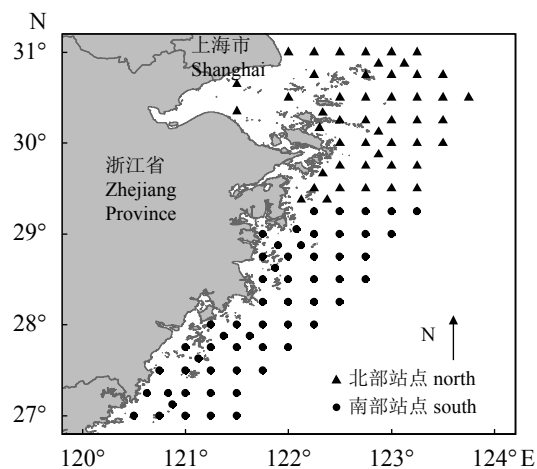


图 1 浙江沿岸海域调查站点图

Fig. 1 Sampling stations of survey along coast of Zhejiang Province

整浮沉力、拖速、曳纲长度等参数, 以确保网具性能发挥。

### 1.3 数据分析

每网调查的渔获物进行分类系统整理, 选取头足类并分类, 然后统计渔获重量和尾数。同时进行优势种、相对资源密度和群落相似性的计算, 分析方法如下:

相对重要性指数 (the index of relative importance, IRI)<sup>[13]</sup>

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

式中,  $N$  为某种类的尾数百分比 (个体百分比 %);  $W$  为某种类的质量百分比 (生物量百分比 %);  $F$  为某种类被捕获的站位数与总调查站位数之比 (出现站位百分比 %)。IRI 常用于分析某区域群落中各种类的优势度。相对重要性指数 (IRI) 参考文献 [10] 的方法: IRI 大于 1 000 的种类为优势种, 100 < IRI < 1 000 时定为重要种, 10 < IRI < 100 时定为常见种, IRI < 10 时定为偶见种。

**渔获率及其差异分析** 根据记录的各种类的渔获量、拖速和拖曳时间等, 对调查数据进行标准化处理, 以拖速 3 kn, 拖曳时间 1 h 为标准, 计算出单位时间内的渔获率  $Y(g/h)$ , 同时根据调查获取的个体数, 计算单位时间内的数量密度 (个/h)<sup>[14-15]</sup>。利用方差分析 (analysis of variance, ANOVA), 对不同年月的渔获率和数量密度进行差异性分析。

**优势种的时空分布** 根据计算后的相对重要性指数 (IRI), 选取优势种 (即 IRI > 1 000),

以单位时间渔获率为指标(将对应的渔获率  $Y+1$  取对数),进行作图,对不同年份和季节优势种所占比例和分布进行分析。

**群落相似性** 由于调查站点较多,且不同海域的海洋环境不同,因为将不同月份的采样点以  $29.5^{\circ}\text{N}$  为界,分为南北两个海区<sup>[11-12]</sup>,利用 Bray-Curtis 相似性指数计算不同季节和海区的头足类群落结构的相似性<sup>[10]</sup>,然后进行聚类分析(cluster analysis)和非度量多维尺度分析(non-metric multidimensional scaling, NMDS)。同时利用 ANOSIM 相似性分析(one-way analysis of similarities)对不同季节群落结构进行差异显著性分析, SIMPRE (species contributions to similarity)分析不同种类对群落结构差异的贡献大小。Bray-Curtis 相似性指数的计算公式如下<sup>[16]</sup>:

$$B = 100 \times \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^S |x_{ij} - x_{im}|}{\sum_{i=1}^S |x_{ij} + x_{im}|} \right]$$

式中,  $B$  为群落间的相似性指数,  $S$  为种类数目,  $X_{ij}$  和  $X_{im}$  分别为第  $i$  种类在  $j$  月和  $m$  月相对资源密度,由于优势种优势度较大,因此将数据经过了四次方根转换。MDS 分析用胁迫系数(stress)来衡量二维点图的优劣,当  $0.1 < \text{stress} < 0.2$  时,具有一定的解释意义;当  $0.05 < \text{stress} < 0.1$  时,排序效果基本可信;当  $\text{stress} < 0.05$  时,二维点图对群落结构排序具有很好的代表性。

上述分析均采用 R 3.4 进行分析,其中相对重要性指数和群落相似性指数等均采用“vegan”加载包进行分析<sup>[17]</sup>。

## 2 结果

### 2.1 不同年月种类组成及差异

2014—2016 年春秋 3 个月采集的头足类分类统计结果认为,本调查共采集头足类 3 目 7 科 10 属 22 种,其中,乌贼目(Sepioidea),为 2 科 4 属 9 种,占有出现种类数的 40.9%;其次为枪形目(Teuthoidea)种类最多,为 3 科 4 属 8 种,占有出现种类数量的 36.4%;最少为八腕目(Octopoda),为 2 科 2 属 5 种,占有出现种类数的 22.7%。从物种分布的年份和月份来看(图 1),枪形目无论在渔获率和数量密度,均在 2015 年的 11 月为最多,其次为 2014 年 11 月,其他年月均不足  $50\,000.0\text{ g/h}$  和  $5\,000.0$  个/h;乌贼目的渔获率月间差异较大,不同年份的最高

渔获率月均不一致,其中 2015 的 3 个月均明显高于其他年份,2016 年最低,其数量密度的变化与渔获率变化相似;八腕目的渔获率在 2014 年最高,2016 年最低,其数量密度分布于渔获率相似,值得注意的是,2015 年的 11 月的渔获率仅为  $12\,992.4\text{ g/h}$ ,而数量密度达到了  $625.3$  个/h,两者存在不一致性(图 2)。

利用单因素方差分析(One-Way ANOVA)分析渔获率和渔获数量的年间和月间变化。从月间变化来看,同一月份各年的渔获率和数量密度均存在显著性差异( $P < 0.01$ )(表 1)。两两比较结果来看,除了 5 月的渔获率外,其他各项指标在 2014 年和 2015 年均不存在差异( $P > 0.05$ ),2014 年与 2016 年之间仅在 11 月的数量密度不存在差异( $P > 0.05$ ),2015 年和 2016 年则仅在 5 月和 11 月的数量密度未表现出差异( $P > 0.05$ )。

从年间变化来看,各月的渔获率和数量密度仅在 2016 年未表现出差异( $P > 0.05$ ),其他两年均存在显著性差异( $P < 0.01$ )(表 2)。两两比较结果来看,4 月与 5 月间渔获率与数量密度均不存在差异( $P > 0.05$ ),4 月和 11 月与 5 月和 11 月差异情况相同,除了 2016 年 11 月的渔获率和数量密度外,其余年份的指标均存在显著差异( $P < 0.01$ )。

### 2.2 不同年月的物种相对重要性及优势种类组成

通过计算后,选取各年月的优势种( $\text{IRI} > 1\,000$ ),分析不同年月的优势种组成。结果发现,4 月中,2014 年的长蛸(*O. minor*)相对重要性指数最高,为 3 838.7,同年的双喙耳乌贼(*S. birostrata*)为 3 280.5,2016 年的长蛸(2 824.1)和多钩钩腕乌贼(*A. multihamata*)(2 798.8)重要性指数也相对较高(表 3),而 2015 年的优势种均未超过 1 500;5 月中,2014 年的长蛸同样最高,为 4 385.1,其次为 2015 年和 2016 年的多钩钩腕乌贼,分别为 2 808.9 和 2 281.0,2016 年的长蛸为 2 056.9,剩余优势种均低于 2 000;11 月中,优势种仅有 3 种,其中 2014 年的多钩钩腕乌贼相对重要性指数为 5 206.0,其次为剑尖枪乌贼(*U. edulis*),为 4 829.8,2015 和 2016 年的多钩钩腕乌贼相对重要性指数相对较高,分别为 2 934.0 和 3 712.8,剩余的优势种均不足 1 500。

### 2.3 不同年月优势种的时空分布

通过不同年月的优势种时空分布分析发现,总体趋势来看,春季(4 月和 5 月)浙江沿海各站

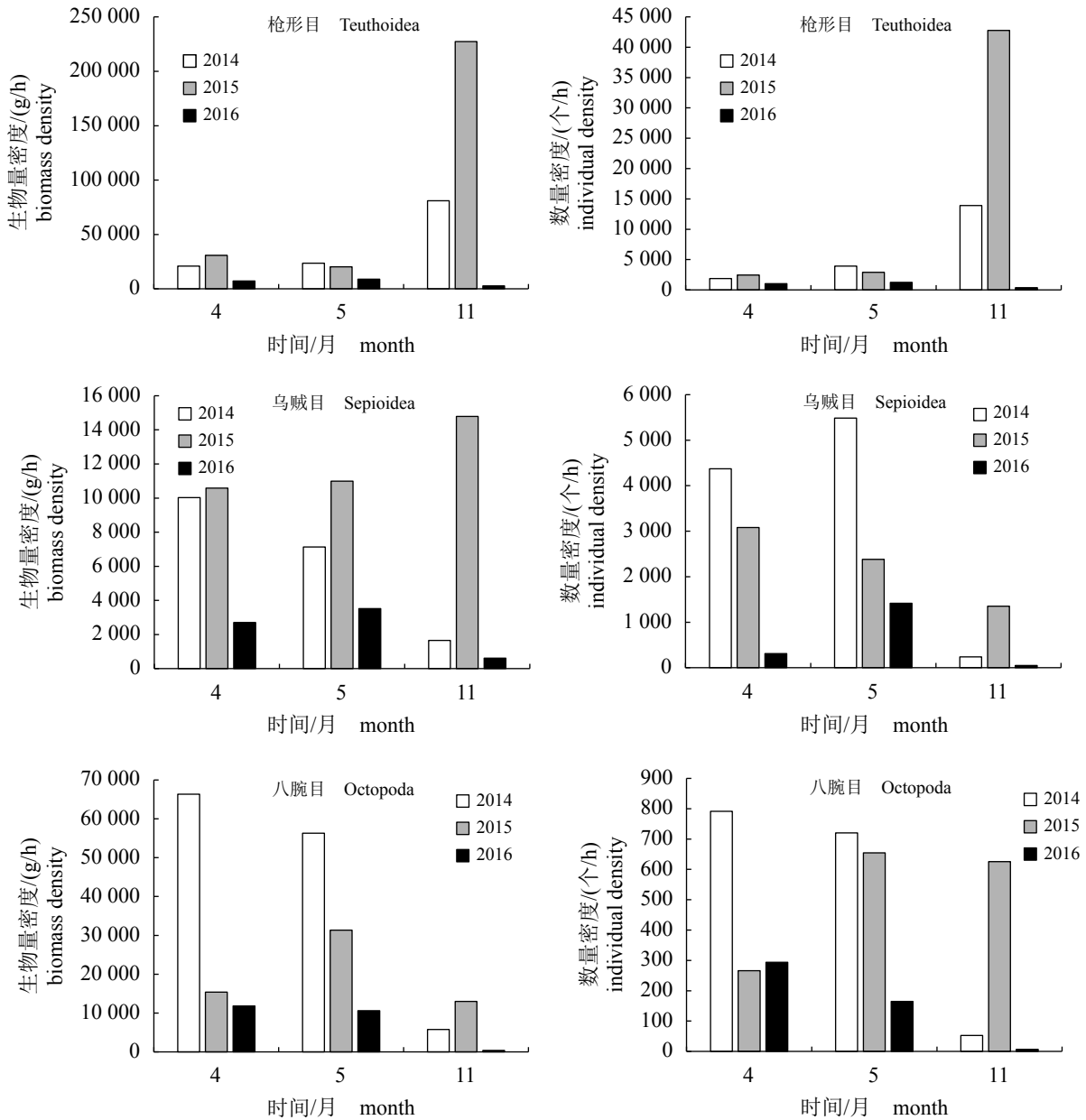


图 2 不同目头足类资源的年月份间分布差异

Fig. 2 Annual and monthly distribution variation of cephalopods in different orders

点均有长蛸分布，且在 2014 和 2015 年的渔获率较高 [ $\ln(Y+1) > 5$ ]；秋季 (11 月) 优势种主要为剑尖枪乌贼。从年份来看，2014 年整体渔获率较高，主要分布于离岸站点，包括舟山北部的站点，即 30.5°N 以北站点，也有着较高的密度，在南部的台州沿岸海域站点，即 28.5°N 附近站点，也有着较高的密度，同时在南麂列岛外海 (121°E, 27°~27.5°N) 也有一定的密度，北部站点主要以长蛸为主，而南部站点以剑尖枪乌贼和长蛸为主 (图 3-a)；2015 年整体渔获率略低于 2014 年，同样也在舟山群岛外海 (122.5°E 以东)

和嵎泗列岛海域 (123°E 以东) 的密度较大，而南部密度则相对较低，主要集中于 121°~122°E, 28.5°N, 种类组成也更为多样，北部站点以长蛸和剑尖枪乌贼为主，南部站点以剑尖枪乌贼和多钩钩腕乌贼为主 (图 3-b)；2016 年整体的渔获率为 3 年最低，主要分布于北部的舟山群岛外海 (122.5°E 以东) 和南部的台州列岛外海 (122°E 以东) 一带海域，而北部站点种类仍以长蛸为主，南部站点的种类以火枪乌贼、多钩钩腕乌贼和少量长蛸为主 (图 3-c)。3 年之间存在的一定的差异。

表 1 不同月间渔获率和数量密度的方差分析

Tab. 1 Analysis of variance for catch rate and individual density in different months

月份 month	参数 parameter	单因素方差分析 ANOVA				两两比较 pairwise comparison		
		自由度 df	F值 F value	显著性 Sig.	2014—2015	2014—2016	2015—2016	
4	渔获率 biomass density	2	17.6	<0.01	>0.05	<0.01	<0.01	
	数量密度 individual density	2	7.8	<0.01	>0.05	<0.01	<0.01	
5	渔获率 biomass density	2	22.7	<0.01	<0.05	<0.01	<0.01	
	数量密度 individual density	2	7.3	<0.01	>0.05	<0.01	>0.05	
11	渔获率 biomass density	2	5.4	<0.01	>0.05	<0.05	<0.01	
	数量密度 individual density	2	1.2	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	

表 2 不同年间渔获率和数量密度的方差分析

Tab. 2 Analysis of variance for catch rate and individual density in different years

年份 year	参数 parameter	单因素方差分析 ANOVA				两两比较 pairwise comparison		
		自由度 df	F值 F value	显著性 Sig.	4—5	4—11	5—11	
2014	渔获率 biomass density	2	18.4	<0.01	>0.05	<0.01	<0.01	
	数量密度 individual density	2	20.7	<0.01	>0.05	<0.01	<0.01	
2015	渔获率 biomass density	2	35.0	<0.01	>0.05	<0.01	<0.01	
	数量密度 individual density	2	7.7	<0.01	>0.05	<0.01	<0.01	
2016	渔获率 biomass density	2	0.12	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	
	数量密度 individual density	2	1.0	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	

## 2.4 群落结构相似性

根据划分的南北站点, 分析不同年月沿岸头足类群落的结构相似性, 由于 2016 年 11 月南部站点偏少(仅 4 个站点), 因此不将其考虑在内。通过聚类分析可以发现, 9 个月份在 50% 相似性水平上被区分为 2 个大群组。群组 I 包括所有年份 4 月和 5 月的北部站点, 群组 II 则为剩余的站点, 其中 11 月的站点较为集中, 4 月的南部站点也较为集中(图 4)。NMDS 胁迫系数(stress)为 0.06, 说明二维点图对群落结构排序是可信的(图 4)。

ANOSIM 分析显示, 不同月份的群落结构呈现出显著性差异( $P < 0.05$ )。SIMPER 分析将组内相似性和组间相异性贡献率达到 7% 以上的种类进行讨论, 结果发现除了曼氏无针乌贼外, 4 月和 5 月的典型种均一致, 包括长蛸、双喙耳乌贼、火枪乌贼、杜氏枪乌贼、多钩钩腕乌贼和剑尖枪乌贼, 4 月和 5 月贡献率范围分别为 7.84%~20.09% 和 7.16%~20.57%, 累计组内相似性贡献率分别为 83.92% 和 72.60%; 11 月的典型种为长

蛸、火枪乌贼、杜氏枪乌贼、多钩钩腕乌贼剑尖枪乌贼和四盘耳乌贼, 贡献率范围在 7.20%~25.33%, 累计组内相似性贡献率为 69.77%。3 个月的主要组间分歧种均为长蛸、双喙耳乌贼、火枪乌贼、杜氏枪乌贼、多钩钩腕乌贼和剑尖枪乌贼, 其中春季(4 月和 5 月)的分歧种贡献率相对较为平均, 累计贡献率为 61.79%; 而春季(4 月和 5 月)和秋季(11 月)的主要分歧种集中在长蛸、双喙耳乌贼、多钩钩腕乌贼和剑尖枪乌贼中, 累计贡献率为 67.13%~71.02%(表 4)。

## 3 讨论

### 3.1 种类组成的年间变化

根据董正之<sup>[4]</sup>对我国沿海头足类组成进行划分, 认为主要可以划分为 3 个区域, 其中黄渤海海域, 即舟山群岛—长江口以北海域为 I 区; 东海海域, 即长江口只福建平潭海坛岛为 II 区; 南海北部, 即台湾海峡至北部湾为 III 区。本研究海域正处于 II 区, 董正之<sup>[4]</sup>认为该区域头足类约有 29 种, 而加上大陆坡和大陆架种类共有

表 3 不同年月各种类的相对重要性指数

Tab. 3 Annual and monthly variation of index of relative importance (IRI) for different species

种类 species	时间 time								
	2014			2015			2016		
	4	5	11	4	5	11	4	5	11
多钩钩腕乌贼 <i>Abralia multihamata</i> *	398.7	1 201.8	5 206.0	922.9	2 808.9	2 934.1	2 798.8	2 281.0	3 712.8
太平洋褶柔鱼 <i>Todarodes pacificus</i>	7.4	6.4	0.0	122.0	24.6	0.0	0.0	0.0	0.0
火枪乌贼 <i>Loliolus beka</i> *	429.0	138.5	426.6	1 094.1	124.9	67.4	263.0	23.7	741.2
日本枪乌贼 <i>Loliolus japonica</i>	3.2	88.9	26.5	0.0	0.0	29.1	0.0	239.4	0.0
中国枪乌贼 <i>Uroteuthis chinensis</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.9
尤氏枪乌贼 <i>Loliolus uyii</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
杜氏枪乌贼 <i>Uroteuthis duvauceli</i> *	535.9	89.2	1 174.6	28.1	17.7	1 065.0	114.1	1 470.9	1 057.4
剑尖枪乌贼 <i>Uroteuthis edulis</i> *	137.8	140.0	1 247.6	542.6	337.6	4 829.8	147.6	16.2	0.0
金乌贼 <i>Sepia esculenta</i>	6.4	0.8	2.3	0.0	0.0	0.2	2.7	4.2	35.8
神户乌贼 <i>Sepia kobeensis</i>	0.0	3.7	0.0	0.0	465.1	9.8	28.7	3.3	36.4
虎斑乌贼 <i>Sepia pharaonis</i>	0.0	0.0	0.0	8.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0
针乌贼 <i>Sepia aculeata</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
曼氏无针乌贼 <i>Sepiella maindroni</i>	13.5	0.5	4.7	233.2	110.0	7.2	0.0	258.3	0.0
双喙耳乌贼 <i>Sepiola birostrata</i> *	3 280.5	802.2	7.5	1 354.9	522.9	0.1	414.2	1 779.0	92.3
耳乌贼 <i>Sepiola rondeleti</i>	0.0	143.4	0.0	3.9	88.8	37.3	409.3	0.0	16.1
四盘耳乌贼 <i>Euprymna morsei</i>	53.7	4.9	5.9	291.9	50.5	165.8	21.0	0.0	0.0
柏氏四盘耳乌贼 <i>Euprymna berryi</i>	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
印太水孔蛸 <i>Tremoctopus gracilis</i>	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
短蛸 <i>Amphioctopus fangsiao</i>	50.9	37.5	0.8	43.9	293.5	61.8	64.0	65.7	37.2
卵蛸 <i>Amphioctopus ovulum</i>	8.4	0.2	0.0	4.0	0.0	0.0	24.5	59.3	65.8
条纹蛸 <i>Amphioctopus marginatus</i>	22.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0
长蛸 <i>Octopus minor</i> *	3 838.7	4 385.1	146.8	1 292.0	1 855.3	49.3	2 824.1	2 056.9	192.0

注: \*代表优势种

Notes: \*represents dominant species

64 中, 种类资源相对较丰富<sup>[14]</sup>。而随着时间的推移, 由于环境变化和捕捞方式的改变, 所捕获的种类也在发生着变化。自 20 世纪 90 年代中期至 2008—2009 年左右, 各地学者针对东海近海海域头足类群落进行了多次调查(表 5), 种类数量由于作业网具和时间的差异, 略有波动, 但没有发生太大的变化。本研究中共鉴定出头足类种类 22 种, 北部海域主要以温带种类长蛸为主, 南部海域主要以亚热带暖水性种类剑尖枪乌贼和多钩钩腕乌贼为主, 从种类总体的丰富度而言, 本次研究与十几年前的研究结果类

似, 种类组成没有发生太大的变化。

### 3.2 优势种的变化

不同季节的优势种变化较为明显。本研究中, 春季(4 月和 5 月)的优势种主要为多钩钩腕乌贼、双喙耳乌贼和长蛸, 秋季(11 月)的优势种主要为多钩钩腕乌贼、杜氏枪乌贼和剑尖枪乌贼。多钩钩腕乌贼体型较小, 作为一种重要的地方种<sup>[4]</sup>, 在同海域历年的调查中均占有一定的比例, 但本次调查所占的比例远高于其他时期的调查结果(表 5), 一方面可能主要是由于调

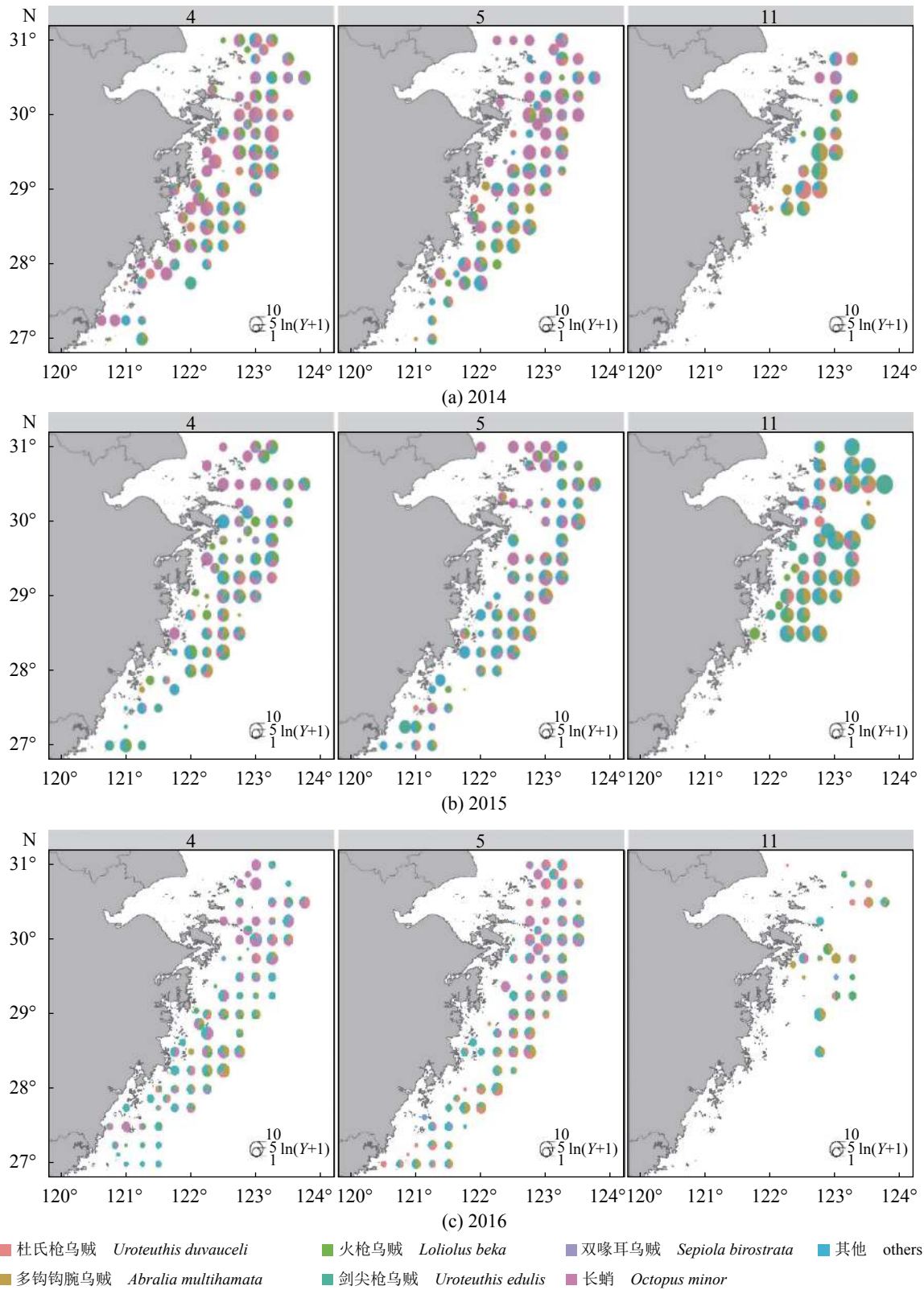


图3 不同年月浙江沿岸头足类优势种分布

Fig. 3 Dominant species of cephalopods in different years and months along coast of Zhejiang Province

查网具不同所致, 前述2次调查均采用桁杆拖虾网, 主要捕捞的是底栖种类<sup>[8-9]</sup>, 而本次调查采

用单拖网, 能够较多捕获中上层物种, 相比而言, 单拖网能够捕获各个水层的海洋生物, 在

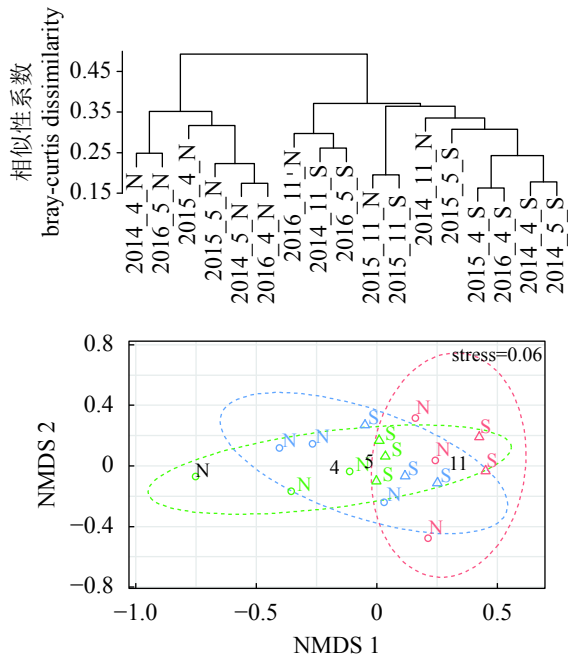


图 4 浙江沿岸头足类群落结构时空变化聚类分析和多维标度排序

Fig. 4 Cluster analysis dendrogram and NMDS plot of spatial-temporal changes of cephalopod community structure along coast of Zhejiang Province

渔业资源调查所获取的结果也更有说服力。另一方面，大型枪乌贼数量的相对减少也直接导致了小型枪乌贼竞争者的确实，也间接使得这类小型枪乌贼有足够的生态空间可以大量繁殖和生长。

长蛸在本次调查中占据了极为重要的比例，

且主要分布于浙江北部海域，这个与以往调查的结果类似<sup>[8-9]</sup>(表 5)。蛸类在 2000 年后的调查中，已经被多次发现为浙江沿岸的头足类主要优势种(表 5)，该类物种主要为底栖性，与传统常捕获的枪乌贼类在生活史上有着较大差别。该类物种在近年来的大量出现也对浙江沿岸头足类原有的结构造成了一定的影响，也会直接影响头足类群落结构的变化。

杜氏枪乌贼和剑尖枪乌贼与宋海棠等<sup>[18]</sup>调查的优势度差异不大，它们主要分布在浙江北部外海及南部沿岸海域，在春夏季和秋季均有着较大规模的集群，是重要的经济种类<sup>[18]</sup>。值得注意的是，在以往调查中发现的优势物种短蛸(*A. fangsiao*)和神户乌贼(*S. kobeensis*)<sup>[8-9]</sup>，在本研究中均不是优势物种。同一大类的物种往往会有相似的生活习性，包括栖息环境和摄食偏好，因此它们也就处于相似生态位中，这样就会对同大类不同的物种产生直接的竞争关系(如长蛸与短蛸，金乌贼与神户乌贼)，这样也会对不同物种的生物量有着一定的调控作用，而同大类中的不同物种的资源量也会有着此消彼长的变化规律(如表 5 中不同年份调查结果所示)。

从多年的优势种变化来看，捕捞强度和管理政策的变化也是影响因素之一。20 世纪 90 年代，东海的捕捞强度开始有所控制，禁渔也开始实施，但由于捕捞技术不断提升，且非禁渔期间船只数量的增多和马力不断增大，捕捞

表 4 浙江沿岸头足类群落不同月份组内典型种和组间分歧种及其贡献百分比

Tab. 4 Typical (canonical) species within groups/divergent species between groups and their contribution percentage for cephalopod community in different months along the coast of Zhejiang Province

种类 species	组内典型种 Typical species within groups			组间分歧种 divergent species between groups		
	4月 April	5月 May	11月 November	4—5 Apr.-May	4—11 Apr.-Nov	5—11 May-Nov.
长蛸 <i>Octopus minor</i>	20.09	20.57	7.20	11.01	15.64	17.70
双喙耳乌贼 <i>Sepiola birostrata</i>	14.50	12.66		10.33	14.03	12.44
火枪乌贼 <i>Loliolus beka</i>	14.35	7.33	8.32	10.44	8.21	3.99
杜氏枪乌贼 <i>Uroteuthis duvauceli</i>	9.21	11.19	10.65	11.51	6.24	8.82
多钩钩腕乌贼 <i>Abralia multihamata</i>	9.05	13.69	25.33	11.40	14.8	11.11
剑尖枪乌贼 <i>Uroteuthis edulis</i>	8.88	7.16	18.27	7.10	12.1	14.07
曼氏无针乌贼 <i>Sepiella maindroni</i>	7.84					
四盘耳乌贼 <i>Euprymna morsei</i>			9.37			
合计 total	83.92	72.60	69.77	61.79	71.02	68.13



表 5 历年基于调查数据的东海海域头足类群落的变化

Tab. 5 Change of cephalopod community for East China Sea over the years based on the survey data

年份 year	调查海域 survey area	调查季节 survey season	网具种类 gear type	作业水深/m depth	种类数 number	优势种及来源文献 dominant species & references
1994—1996	25.5°~33.5°N 128°E以西	全年各月	单拖网	未知	33	剑尖枪乌贼、太平洋褶柔鱼 <sup>[10]</sup>
2000	27°~34°N 127°E以西	全年四季	底拖网	5~150	28	剑尖枪乌贼、太平洋褶柔鱼、金乌贼 <sup>[5]</sup>
2003—2006	29.5°~32°N 122.5°~125°E	全年四季	单拖网	40~70	未知	剑尖枪乌贼、太平洋褶柔鱼、金乌贼、长蛸、短蛸 <sup>[7]</sup>
2006—2007	26°~28.5°N 126°E以西	四季	单拖网	60~200	36	剑尖枪乌贼、杜氏枪乌贼、中国枪乌贼 <sup>[6]</sup>
2006—2007	29.5°N-32°N 127°E以西	四季	桁杆拖网	5~100	25	长蛸、短蛸 <sup>[8]</sup>
2008—2009	26°~28°N 126°E以西	四季	桁杆拖网	未知	22	神户乌贼、双喙耳乌贼、短蛸、杜氏枪乌贼 <sup>[9]</sup>
2014—2016	27°~31°N, 123.5°E以西	春秋季	单拖网	5~70	22	多钩钩腕乌贼、火枪乌贼、杜氏枪乌贼、剑尖枪乌贼、双喙耳乌贼、长蛸(本研究)

整体强度依然处在较高的水平;随着渔船的严格管控以及更为严厉的禁渔期实施,近些年的头足类种类和优势种大体保持稳定,同时增殖放流的稳步进行,也使得曼氏无针乌贼等几乎已绝迹的种类重新出现<sup>[19]</sup>。总体而言,浙江近岸头足类群落在近些年保持相对稳定的状态,生物多样性逐渐恢复。

### 3.3 不同时空生物量的变化

根据渔获率的年月变化来看,春季(4月和5月)的渔获率明显高于秋季(11月),且在春季北部海域生物量明显高于南部海域(图3)。月间的差异主要与海洋环境有着直接的关系,相比较于秋季的11月,5月的海域的环境在水温等方面更适宜头足类生长。南北部站点在各项海洋环境上均有一定的差别。北部站点水深均较深(40~60 m),非常适宜底栖型头足类的生存(如本研究中的长蛸),同时该区域主要位于舟山海域,是我国重要的渔场之一,该海域受到长江口淡水冲刷的影响,各种不同类型水团(如上升流<sup>[12]</sup>)和水系在此混合,给头足类带来了丰富的营养盐,各种类的生物量均处在较高的水平;相较而言,南部站点的水深也相对较浅(10~40 m),因此该海域比较适宜表层生活的头足类栖息(如枪乌贼类),同时水团分布较为单一,受到淡水冲击的影响较小,因此营养盐的丰富程度相对弱于北部海域,这也直接影响了其生物量的数量。从年间变化来看,无论南北站点,2016年的渔获率明显低于前两年(图3)。作为短生命周期的物种,头足类的资源量与海洋环境存在着密切的

关系,海洋环境的变化也会对头足类的补充量造成直接的影响,进而影响翌年的头足类资源量<sup>[20]</sup>。2015年为罕见的厄尔尼诺年,海温经历了较大的变化<sup>[20]</sup>,直接影响到当年卵的孵化和幼体存活<sup>[21]</sup>,因此在第二年的2016年,同一海域内的头足类生物量也随之明显下降,因而造成了年间差异。不同年份生物量的变化规律以及对各种类的影响程度需要深入研究。

### 3.4 群落结构的相似性

根据本研究的结果来看,浙江沿岸的头足类主要可分为定居种和洄游种<sup>[2]</sup>。定居种主要栖息在某固定海域,终生迁徙距离不大,如本研究中的底栖种长蛸、短蛸和中上层种多钩钩腕乌贼、双喙耳乌贼;洄游种有着明显的季节性洄游,会在不同的季节产生不同的渔汛,包括本研究中的剑尖枪乌贼和杜氏枪乌贼。根据聚类分析结果,可以认为浙江沿岸可以分为春季北部站点、春季南部站点和秋季站点(图4)。南北站点的差异,主要是由于不同海域环境水文因素不同所决定的,浙北海域靠近河口地区,同时水深较深,有着较强的上升流<sup>[12]</sup>,非常适宜长蛸等底栖型头足类生长,而浙南海域受到淡水的影响较少,同时水深较浅,较适合剑尖枪乌贼等表层栖息物种生存<sup>[11]</sup>,这也直接造成了南北地理上的群落组成差异;同时由于温度的变化,洄游性物种会有明显的季节性洄游特征,剑尖枪乌贼等会在秋季向近岸洄游,随后逐渐向外海活动<sup>[18]</sup>,因此春、秋季的群落组成也会产生差异。NMDS分析发现,4月和5月的群落结

构极为相似,与11月虽有重叠,但仍有较大的差异(图3),SIMPER分析结果也进一步验证了结果(表4)。因此在本研究中,定居型种类对群落结构的季节变动有着决定性作用,而洄游性种类对群落结构的季节变动有重要的影响,这与吴强等<sup>[2]</sup>研究相似。

本研究通过3年的调查对浙江沿岸春秋的头足类的群落结构组成进行了分析,总体而言,与往年相比,浙江沿岸的头足类种类变化不大,优势种更为集中在底栖型蛸类和洄游性种类间,同时群落结构相似度也发生了一定的变化。从早期的优势种日本无针乌贼,到20世纪90年代的剑尖枪乌贼,再到本研究中的长蛸,东海区浙江沿岸的头足类结构组成经历了一些变化,人为过度捕捞是直接导致结构变化的原因,近些年海洋环境的变化也逐渐影响着各种头足类的栖息环境,因此在今后的研究中,应该更加注重结合两者直接的关系,为更好地研究影响浙江沿岸头足类的群落组成的主要原因,为相关渔业政策的制定提供科学指导。

#### 参考文献 (References):

- [1] 吴强, 王俊, 李忠义, 等. 黄海中南部头足类的群落结构与生物多样性[J]. *海洋科学*, 2015, 39(8): 16-23.  
Wu Q, Wang J, Li Z Y, *et al.* The community structure and biodiversity of Cephalopoda in central and southern Yellow Sea[J]. *Marine Sciences*, 2015, 39(8): 16-23(in Chinese).
- [2] 吴强, 陈瑞盛, 左涛, 等. 莱州湾头足类的群落结构及其与环境因子的关系[J]. *水产学报*, 2018, 42(5): 684-693.  
Wu Q, Chen R S, Zuo T, *et al.* Community structure of Cephalopods and its relationships with environmental factors in Laizhou Bay, Bohai Sea[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2018, 42(5): 684-693(in Chinese).
- [3] 宋海棠, 丁天明, 徐开达. 东海经济头足类资源 [M]. 北京: 海洋出版社, 2009: 1-13.  
Song H T, Ding T M, Xu K D. Commercial Cephalopod Resources in East China Sea[M]. Beijing: Ocean Press, 2009: 1-13 (in Chinese).
- [4] 董正之. 中国近海头足类的地理分布[J]. *海洋与湖沼*, 1978, 9(1): 108-116.  
Dong Z Z. On the geographical distribution of the cephalopods in the Chinese waters[J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1978, 9(1): 108-116(in Chinese).
- [5] 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.  
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(in Chinese).
- [6] 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.  
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(in Chinese).
- [7] 徐开达, 朱文斌, 李鹏飞, 等. 东海北部浅海渔场头足类的数量分布[J]. *浙江海洋学院学报(自然科学版)*, 2008, 27(1): 27-31.  
Xu K D, Zhu W B, Li P F, *et al.* Quantitative distribution of cephalopod in the shallow sea fishing ground of the Northern East China Sea[J]. *Journal of Zhejiang Ocean University (Natural Science)*, 2008, 27(1): 27-31(in Chinese).
- [8] 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.  
Qin T, Yu C G, Chen Z Q, *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(in Chinese).
- [9] 朱文斌, 薛利建, 卢占晖, 等. 东南南部海域头足类群落结构特征及其与环境关系[J]. *海洋与湖沼*, 2014, 45(2): 436-442.  
Zhu W B, Xue L J, Lu Z H, *et al.* Cephalopod community structure and its relationship with environmental factors in the Southern East China Sea[J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2014, 45(2): 436-442(in Chinese).
- [10] 宋海棠, 丁天明, 余匡军, 等. 东海北部头足类的种类组成和数量分布[J]. *浙江海洋学院学报(自然科学版)*, 1999, 18(2): 99-106.  
Song H T, Ding T M, Yu K J, *et al.* Species composition & quantitative distribution of cephalopod in the North of East China Sea[J]. *Journal of Zhejiang Ocean University (Natural Science)*, 1999, 18(2): 99-106(in Chinese).

- [11] 刘效舜. 中国海洋渔业区划 [M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1990: 10-32.  
Liu X S. China Marine Fishery Division[M]. Hangzhou: Zhejiang Science and Technology Press, 1990: 10-32 (in Chinese).
- [12] 吕新刚, 乔方利, 夏长水, 等. 长江口外及浙江沿岸夏季上升流的潮生机制[J]. *中国科学 D 辑: 地球科学*, 2007, 50(3): 462-473.  
Lü X G, Qiao F L, Xia C S, *et al.* Tidally induced upwelling off Yangtze River estuary and in Zhejiang coastal waters in summer[J]. *Science in China Series D: Earth Sciences*, 2007, 50(3): 462-473.
- [13] Pinkas L, Oliphant M S, Iverson I L K. Food habits of albacore, Bluefin tuna, and bonito in California waters[R]. Fish Bulletin 152. State of California the Resources Agency Department of Fish and Game, Sacramento, California, US 1971: 1-105.
- [14] 张云雷, 薛莹, 于华明, 等. 海州湾春季皮氏叫姑鱼栖息地适宜性研究[J]. *海洋学报*, 2018, 40(6): 83-91.  
Zhang Y L, Xue Y, Yu H M, *et al.* Study on the habitat suitability of *Johnius belangerii* during spring in the Haizhou Bay, China[J]. *Haiyang Xuebao*, 2018, 40(6): 83-91(in Chinese).
- [15] 栾静, 张崇良, 徐宾铎, 等. 海州湾双斑螯栖息分布特征与环境因子的关系[J]. *水产学报*, 2018, 42(6): 891-901.  
Luan J, Zhang C L, Xu B D, *et al.* Relationship between catch distribution of Portunid crab (*Charybdis bimaculata*) and environmental factors based on three species distribution models in Haizhou Bay[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2018, 42(6): 891-901(in Chinese).
- [16] Bray J R, Curtis J T. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin[J]. *Ecological Monographs*, 1957, 27(4): 325-349.
- [17] Dixon P. VEGAN, a package of R functions for community ecology[J]. *Journal of Vegetation Science*, 2003, 14(6): 927-930.
- [18] 宋海棠, 丁天明, 徐开达, 等. 东海剑尖枪乌贼的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.  
Song H T, Ding T M, Xu K D, *et al.* The quantity distribution and growth characteristics of *Loligo edulis* in the East China Sea[J]. *Journal of Zhejiang Ocean University (Natural Science)*, 2008, 27(2): 115-118(in Chinese).
- [19] 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.  
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(in Chinese).
- [20] 曹杰, 陈新军, 刘必林, 等. 鱿鱼类资源量变化与海洋环境关系的研究进展[J]. *上海海洋大学学报*, 2010, 19(2): 232-239.  
Cao J, Chen X J, Liu B L, *et al.* Review on the relationship between stock recruitment of squid and oceanographic environment[J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2010, 19(2): 232-239(in Chinese).
- [21] Santoso A, Mcphaden M J, Cai W J. The defining characteristics of ENSO extremes and the strong 2015/2016 El Niño[J]. *Reviews of Geophysics*, 2017, 55(4): 1079-1129.

## Variation of community structure of Cephalopods in spring and autumn along the coast of Zhejiang Province

CHEN Feng<sup>1,2,3</sup>, QU Junyue<sup>1</sup>, FANG Zhou<sup>1,4,5,6,7\*</sup>, ZHANG Hongliang<sup>2,3</sup>,  
ZHOU Yongdong<sup>2,3</sup>, LIANG Jun<sup>2,3</sup>

(1. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

2. Marine Fisheries Research Institute of Zhejiang Province, Zhoushan 316021, China;

3. Scientific Observing and Experimental Station of Fishery Resources for Key Fishing Grounds, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shanghai Ocean University, Zhoushan 316021, China;

4. Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

5. National Engineering Research Center for Oceanic Fisheries, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

6. Key Laboratory of Oceanic Fisheries Exploration, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

7. Scientific Observing and Experimental Station of Oceanic Fishery Resources, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** Coast of Zhejiang Province is one of the important fishery production areas in China. As an important part of the marine ecosystem, Cephalopods also play a very important role in the coastal fisheries of Zhejiang Province. Based on the trawl survey data along the coast of East China Sea in spring and autumn during 2014-2016, all the Cephalopods species were selected, and we analyzed the species and dominant species composition using statistical methods, studied the spatial-temporal distribution of the dominant species, and also investigated the dynamics of community structure using the ecological methods. The results showed that a total of 22 species were captured and identified in the three-year survey, which belonged to 3 orders, 7 families and 10 genera, dominant species were *Abralia multiamata*, *Loliolus beka*, *Uroteuthis duvauceli*, *Uroteuthis edulis*, *Sepiola birostrata* and *Octopus minor*. Spatial and temporal variations of cephalopod community were presented. *Octopus minor* dominated in the north station in spring, and its biomass density was higher at the south station, and *Uroteuthis edulis*, *Abralia multiamata* and *Loliolus beka* were the dominant species in autumn, and the biomass density in 2016 is much lower than two years before. Cluster analysis separated two groups based on different years, months and stations, and significant difference existed among community structures. *Octopus minor* made the largest contribution to the communities, and also made a decisive effect on the spatial community structure, migration may be the main factor for the seasonal dynamic of community structures.

**Key words:** Cephalopod; species composition; community structure; spatial-temporal distribution; coast of Zhejiang

**Corresponding author:** FANG Zhou. E-mail: zfang@shou.edu.cn

**Funding projects:** National Science Fund for Young Scholars (31702346); Special Project of Zhejiang Scientific Research Institute (2016F30018, 2017C32031); Fund of Key Laboratory of Open-Sea Fishery Development, Ministry of Agriculture and Rural Affairs (LOF 2018-02)