

浙江沿岸水域软体动物群落结构分析

卢占晖 周永东 朱文斌 徐开达

ANALYSIS OF MOLLUSCS COMMUNITY STRUCTURE IN THE ZHEJIANG COAST

LU Zhan-Hui, ZHOU Yong-Dong, ZHU Wen-Bin, XU Kai-Da

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.7541/2023.2022.0203>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

浙江沿岸海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>

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>

浙江沿岸产卵场春、夏季鱼类资源密度和群落多样性研究

STUDY ON FISH RESOURCES AND COMMUNITY DIVERSITY DURING SPRING AND SUMMER IN THE COASTAL SPAWNING GROUND OF ZHEJIANG PROVINCE, CHINA

水生生物学报. 2018, 42(5): 984–995 <https://doi.org/10.7541/2018.121>

武汉东湖夏冬两季浮游动物物种多样性及群落结构研究

SPECIES DIVERSITY AND COMMUNITY STRUCTURE OF ZOOPLANKTON IN SUMMER AND WINTER IN THE EAST LAKE, WUHAN

水生生物学报. 2020, 44(4): 877–894 <https://doi.org/10.7541/2020.105>

长江干流宜昌-安庆段大型底栖动物群落结构及环境分析

COMMUNITY STRUCTURE AND ENVIRONMENTAL ANALYSIS OF MACROZOOBENTHOS IN YICHANG-ANQING REACHES OF THE YANGTZE MAINSTEM

水生生物学报. 2019, 43(3): 634–642 <https://doi.org/10.7541/2019.076>

渭河流域浮游动物群落结构及其水质评价

ZOOPLANKTON COMMUNITY STRUCTURE AND THE WATER QUALITY IN THE WEI RIVER BASIN

水生生物学报. 2019, 43(6): 1333–1345 <https://doi.org/10.7541/2019.157>



关注微信公众号，获得更多资讯信息

doi: 10.7541/2023.2022.0203

浙江沿岸水域软体动物群落结构分析

卢占晖 周永东 朱文斌 徐开达

(浙江省海洋水产研究所浙江省海洋渔业资源可持续利用技术研究重点实验室;
农业农村部重点渔场渔业资源科学观测实验站, 舟山 316004)

摘要: 根据2019年全年4个航次浙江沿岸海域单船底拖网调查资料, 分析了4个季节浙江沿岸海域软体动物的种类组成、优势种及资源密度分布, 采用生态多样性指数、物种相似性指数(J_s)、群落季节更替指数(AI)和迁移指数(MI)、丰度/生物量比较曲线(ABC曲线)分析了群落物种多样性、动态变化及其稳定性。结果表明: 浙江沿岸海域全年共捕获软体动物62种, 隶属于3纲, 10目, 32科。腹足纲(螺类)出现种类30种, 占软体动物总种类数的48.39%; 头足纲(头足类)出现种类19种, 占软体动物总种类数的32.63%; 双壳纲(贝类)出现种类13种, 占软体动物总种类数的20.98%。软体动物群落优势种为长蛸(*Octopus variabilis*)、剑尖枪乌贼(*Loligo edulis*)、棒锥螺(*Turritella bacillum*)、多钩钩腕乌贼(*Abralia multihamatai*)和双喙耳乌贼(*Sepiolo birostrata*), 优势种的季节变化差异较大。浙江沿岸海域软体动物年平均资源密度为204.94 kg/km², 其中夏季平均资源密度为全年最高, 冬季最低, 资源密度空间分布特征总体上呈现由北向南逐渐增高的趋势。多样性指数(H')、丰富度指数(D)及均匀度指数(J')三种群落多样性指数均不高, 软体动物群落多样性水平处于较低水平; 物种相似性指数(J_s)、群落季节更替指数(AI)和迁移指数(MI)分析, 春冬季软体动物群落较夏秋季稳定; 根据ABC曲线评估干扰对软体动物群落的影响可得: 全年4个季节浙江沿岸软体动物群落均处于中等干扰状态。

关键词: 群落结构; 资源密度; 生物多样性; 群落稳定性; 浙江沿岸; 软体动物

中图分类号: S932.8 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2023)03-0424-12



软体动物是海洋生态系统重要组成部分之一^[1], 在整个生态系统的能量流动和物质循环中均起着十分重要的作用。软体动物的群落组成与结构变化对自然环境和人类干扰极为敏感, 某些种类是监测海洋生态环境变化的良好指示生物^[2]。目前, 关于中国近海海域软体动物种类组成、分布特征、资源密度及生态特征等方面的研究, 主要集中在浙江沿岸岛礁区的潮间带海域^[3-6]和胶州湾、南黄海、福建沿海及北部湾沿海^[7-10]等黄海和南海海域, 而对于浙江乃至东海沿岸海域方面的专门研究尚未见报道。

浙江沿岸水域受台湾暖流、黄海冷水团、苏北沿岸水及长江冲淡水等水系与海流的共同影响, 且沿岸岛屿众多, 使各水系和海流充分交流。该海域饵料生物丰富, 营养盐类浓度高, 是包含软体动

物在内的多种海洋生物的索饵育幼和产卵场^[11]。本研究以浙江沿岸水域为研究对象, 基于2019年全年4个航次浙江沿岸水域资源定点调查所得数据资料, 研究分析了软体动物群落的种类及优势种组成、群落多样性、资源密度分布特征和外因子对整体群落组成与结构的扰动等内容, 系统阐述了浙江沿岸软体动物群落结构特征及其季节变化。通过此研究, 能够提升对浙江沿岸水域乃至整个东海大陆架软体动物最新资源与群落变化的认识水平, 同时能够丰富和完善浙江沿岸乃至整个东海海域软体动物生物多样性的基础资料。

1 材料与方法

1.1 数据来源

本研究数据源自2019年1月(冬季)、4月(春

收稿日期: 2022-05-09; 修订日期: 2022-07-01

基金项目: 国家重点研发计划(2020YFD0900804和2019YFD0901204)资助 [Supported by the National Key Research and Development Program (2020YFD0900804 and 2019YFD0901204)]

作者简介: 卢占晖(1983—), 男, 硕士, 高级工程师; 主要从事渔业资源生态学研究。E-mail: lzh4286@126.com

通信作者: 朱文斌(1982—), 男, 高级工程师; 主要从事渔业资源管理与评估研究。E-mail: foolse@126.com

季)、7月(夏季)和11月(秋季)进行的“浙江渔场渔业资源动态监测调查”课题。调查站位的分布见图1, 共计87个站位。为便于进行空间特征分布的描述, 将目标海域分为北部(29°30'N以北, 1—38号)、中部(28°30'—29°30'N, 39—62号)和南部(28°30'N以南, 63—87号)三个区域。调查船为群众单拖网渔船, 主机功率202 kW, 总长38 m, 船舶总吨位150 t。调查网具网口拉直周长50 m, 网身拉紧长度48 m, 网囊最小网目尺寸25 mm, 上纲长30 m, 下纲长38 m。各站位在平均拖速3 kn条件下拖曳1h。所捕获样品随机采样1箱(20 kg), 若不足1箱则全部取样。在实验室分析过程中, 以《中国海洋生物名录》^[12]为主要参考依据, 将各渔获种类最大限度地鉴定到最小分类单元, 并测定各个种类的尾数与生物量。依照《海洋调查规范(GB/T 12763.6—2007)》^[13]开展以上海上调查与实验室分析工作。

1.2 分析方法

优势种 研究海域软体动物群落优势种和

常见种根据相对重要性指数(IRI)的大小确定^[14], 公式为:

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

式中, $F\%$ 为不同种类出现站位数与总站数的百分比; $W\%$ 为不同种类生物量占总生物量的百分比; $N\%$ 为不同种类的尾数占总尾数的百分比。根据不同软体动物IRI值的大小, 确定某一类在群落内的重要性。本研究将IRI在500—1000的软体动物定义为常见种, IRI > 1000的软体动物种类定义为优势种^[15]。

资源密度 本研究采用资源密度面积法^[16]对目标水域软体动物资源密度进行计算。其公式为:

$$d_i = Y_i / (1 - E) S_i$$

$$S_i = 1.852 \cdot V \cdot T_i \cdot L$$

式中, d_i 为*i*站位的资源密度(kg/km²), Y_i 为*i*站位的渔获生物量(kg); S_i 为调查网具在*i*站位的扫海面积(km²); E 为逃逸率[依据采样网具(单拖网)的结构],

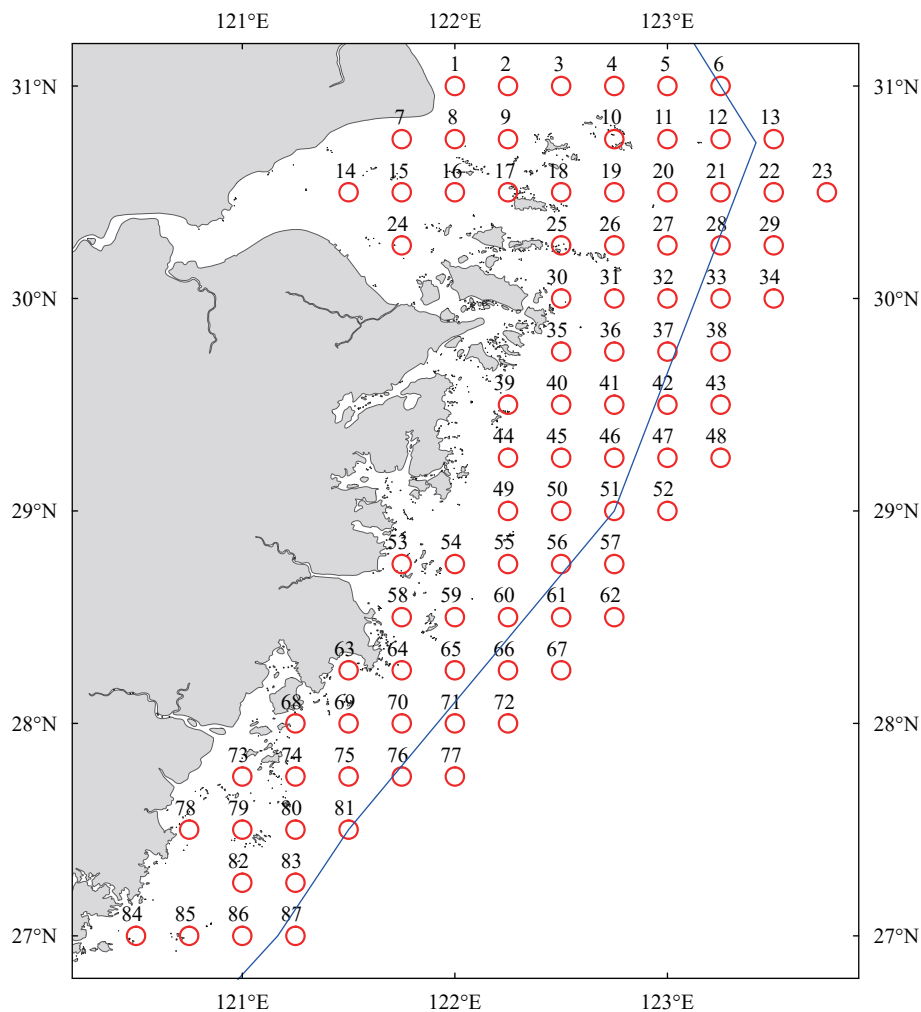


图1 浙江沿海岸域调查站位分布图

Fig. 1 Location of sampling stations in the Zhejiang coast area

渔具渔法特征、软体动物生活习性与栖息水层,综合相关研究报告逃逸率 E 的取值依据^[16-18],本研究选取的逃逸率为0.2—0.5(其中,螺类和贝类的逃逸率均为0.2,头足类的逃逸率为0.5); T_i 是拖曳时间(1h), V 是拖曳时的平均拖速(3kn), L 为拖网时的有效网口宽度(8×10^{-3} km)。

多样性指数 本研究中软体动物群落的多样性指数根据以下计算公式进行确定^[16,19],种类丰富度指数 D :

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

香农威纳(Shannon-Wiener)多样性指数 H' :

$$H' = - \sum P_i \ln P_i$$

种类均匀度指数 J' :

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

式中, N 代表某一站位软体动物总个数, S 代表某一站位软体动物总种类数, P_i 代表某一站位第 i 种种类的个体数占软体动物总个体数的百分比。

物种相似性指数 采用Jaccard群落相似性系数(J_s)^[20]衡量不同季节间软体动物物种间的相似性,其计算公式为:

$$J_s = \frac{c}{a+b-c}$$

式中, a 为第1季节软体动物群落中出现的物种数, b 为第2季节软体动物群落中出现的物种数, c 为2个季节共有的物种数。

群落季节更替指数和迁移指数 采用群落季节更替指数和迁移指数研究目标海域软体动物群落季节变动趋势^[21]。其公式为:

$$AI = \frac{C+B}{A-R}, MI = \frac{C-B}{A-R}$$

式中, R 代表整年调查水域均出现的软体动物定居种类数量, C 代表本季节新迁入的种类数量, B 代表本季节即将迁出的种类数量, A 则代表各个季节之间实际出现的种类数量。

根据公式, MI 表示整个系统之外两种成分(迁出种类和迁入种类)在软体动物群落中的比例,在 $B>C$ 的情况下,该指数为负值,代表迁入种少于迁出种,在 $B=C$ 的情况下,该指数为0,表明群落处于相对平衡的状态; AI 可以表征种类交替导致群落稳定性下降的节律,该指数越小表示稳定性越大,反之亦然^[21,22]。

群落ABC曲线 为衡量目标水域软体动物群落受扰动的程度,本研究采用了ABC曲线中丰度

和生物量的K-优势度曲线。若群落处于稳定或者未受干扰状态,则生物量曲线位于丰度曲线之上;若群落处于不稳定或者严重受干扰状态,则丰度曲线位于生物量曲线之上;若群落处于中等干扰状态,则二条曲线相交。 W 值作为ABC曲线的统计量,其计算公式为:

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

式中, B_i 和 A_i 为ABC曲线中种类序号对应的生物量和丰度的累积百分比, S 为出现物种数^[16,23]。

在上述数据处理过程中,多样性指数、ABC曲线及 W 统计量的计算均采用PRIMER6.0进行处理;站位分布图、种类与资源密度空间分布图采用surfer8.0软件进行作图。

2 结果

2.1 种类组成与分布

本次全年4个季节的调查中共采集软体动物种类62种,隶属于3纲,10目,32科。其中,腹足纲(螺类)出现种类最多,达30种,占软体动物总种类数的48.39%;头足纲(头足类)出现种类19种,占软体动物总种类数的32.63%;双壳纲(贝类)出现种类13种,占软体动物总种类数的20.98%。新腹足目出现种类最多,有17种,占软体动物总种类数的27.42%,其次为中腹足目、枪形目和帘蛤目,种类数分别为15种(24.19%)、12种(19.35%)和6种(9.68%),其余八腕目(4种)、乌贼目(3种)、蛞目(2种)、异腹足目(1种)、珍珠贝目(1种)和贻贝目(1种)出现的种类均不超过5种(表1)。

从种类组成的季节分布看,春季:该调查航次出现的软体动物种类为47种,隶属于3纲,8目,25科,为全年4个季节中出现种类数最多的季节。该航次调查的87个站位中,出现软体动物的调查站位为78个,出现频率为89.66%,各站位间出现的软体动物种类数最多的站位位于北部调查区域的5号站位,为12种。春季软体动物种类数的分布呈现由北至南逐渐减少的趋势,空间分布特征较为明显(表1和图2)。

夏季:该调查航次出现的软体动物种类为40种,隶属于3纲,7目,24科,为全年4个季节中出现种类数最少的季节。该航次调查的87个站位中,出现软体动物的调查站位为75个,出现频率为86.21%,各站位间出现的软体动物种类数最多的站位位于中部调查区域的43号站位,为8种。夏季软体动物种类数的分布特征与春季相反,呈现由北至南逐渐增加的趋势,且外侧调查站位出现种类数明

表 1 浙江沿岸海域软体动物群落种类组成及其出现频率

Tab. 1 The species component and frequency occurrence of molluscs community in the Zhejiang coast area

纲Class	目Order	科Family	种Species	出现季节Season				
				春 Spring	夏 Summer	秋 Autumn	冬 Winter	
腹足纲 Gastropoda	新腹足目 Neogastropoda	蛾螺科Buccinidae	褐管蛾螺 <i>Siphonalia spadicea</i>	+	+	+	+	
			泥东风螺 <i>Babylonia lutosa</i>		+			
		骨螺科Muricidae	红螺 <i>Rapana bezoar</i>	+				
			脉红螺 <i>Rapana venosa</i>	+	+	+	+	
			浅缝骨螺 <i>Murex trapa</i>	+	+	+	+	
		衲螺科Cancellariidae	金刚衲螺 <i>Cancellaria spengleriana</i>	+	+	+	+	
		笋螺科Terebridae	珍笋螺 <i>Terebra pretiosa</i>				+	
		塔螺科Pyramidellidae	爪哇拟塔螺 <i>Turricula javana</i>	+	+		+	
			白龙骨乐飞螺 <i>Lophiotomo leucotropis</i>	+		+		
			假奈拟塔螺 <i>Turricula nelliaespurius</i>	+	+		+	
			涪裁判螺 <i>Inquisitor recurvirostrata</i>	+	+	+	+	
		细带螺科 Fascioliariidae	长尾纺锤螺 <i>Fusinus longicaudus</i>	+	+	+	+	
			织纹螺科Nassariidae	纵肋织纹螺 <i>Nassarius variciferus</i>	+	+	+	
		细肋织纹螺 <i>Nassarius castus</i>		+		+	+	
		红带织纹螺 <i>Nassarius succinctus</i>			+	+		
		方格织纹螺 <i>Nassarius conoidalis</i>		+				
	中腹足目 Mesogastropoda	鹑螺科Doliidae	斑鹑螺 <i>Tonna dolium</i>	+		+	+	
			带鹑螺 <i>Tonna olearium</i>	+	+	+	+	
			沟鹑螺 <i>Tonna sulcosa</i>	+	+	+		
			中国鹑螺 <i>Tonna chinensis</i>	+				
		冠螺科Cassidae	双沟鬘螺 <i>Phalium bisulcatum</i>	+	+	+	+	
		盔螺科Galeodidae	管角螺 <i>Hemifusus tuba</i>	+	+	+	+	
			角螺 <i>Hemifusus colosseue</i>				+	
		琵琶螺科Ficidae	长琵琶螺 <i>Ficus gracilis</i>		+			
		梭螺科Ovulidae	钝梭螺 <i>Volva volva</i>			+		
		蛙螺科Bursidae	习见蛙螺 <i>Bursa rana</i>	+	+	+	+	
	涡螺科Volutidae	电光螺 <i>Fulgoraria rupestrisrupestris</i>	+	+	+	+		
	衣笠螺科 Xenophoridae	光衣笠螺 <i>Xenophora exuta</i>	+	+	+	+		
		玉螺科Naticidae	扁玉螺 <i>Nevetita didyma</i>	+	+	+	+	
			爪哇实螺 <i>Sinum javanicum</i>	+		+	+	
	双壳纲Bivalvia	异腹足目 Heterogastropoda	锥螺科Turritellidae	棒锥螺 <i>Turritella bacillum</i>	+	+	+	+
				光螺科Eulimidae	马氏光螺 <i>Melanella martinii</i>	+		
帘蛤目Veneroida			樱蛤科Tellinidae	彩虹明樱蛤 <i>Moerella iridescens</i>		+		+
		美女白樱蛤 <i>Macoma candida</i>		+	+	+	+	
		刀蛭科Pharidae		小刀蛭 <i>Cultellus attenuatus</i>	+	+		+
		帘蛤科Veneridae	条纹卵蛤 <i>Costellipitar chordatum</i>	+				
		刀蛭科Cultellidae	小荚蛭 <i>Siliqua milimai</i>			+	+	
		截蛭科Solecurtidae	缢蛭 <i>Sinonovacula constricta</i>				+	
		蚌目Arcoida	蚌科Arcidae	毛蚌 <i>Scapharca kagoshimensis</i>	+	+	+	+
				泥蚌 <i>Tegillarca granosa</i>	+	+	+	+
		珍珠贝目Pterioida	牡蛎科Ostreidae	近江牡蛎 <i>Ostrea rivularis</i>			+	
贻贝目Mytiloidea		贻贝科Mytilidae	紫贻贝 <i>Mytilus edulis</i>			+		

续表 1

纲Class	目Order	科Family	种Species	出现季节Season				
				春 Spring	夏 Summer	秋 Autumn	冬 Winter	
头足纲 Cephalopoda	八腕目Octopoda	蛸科Octopodidae	短蛸 <i>Octopus ocellatus</i>	+	+	+	+	
			卵蛸 <i>Octopus ovulum</i>	+				
			条纹蛸 <i>Octopus striolatus</i>	+		+		
			长蛸 <i>Octopus variabilis</i>	+	+	+	+	
	乌贼目Sepioidea	乌贼科Sepiidae	金乌贼 <i>Sepia esculenta</i>	+	+	+	+	
			曼氏无针乌贼 <i>Sepiella maindroni</i>	+		+	+	
			针乌贼 <i>Sepia andreana</i>		+			
	枪形目 Teuthoidea	耳乌贼科 Sepiolidae	双喙耳乌贼 <i>Sepiolo birostrata</i>	+	+	+	+	
			四盘耳乌贼 <i>Euprymna morsei</i>	+	+	+	+	
		枪乌贼科 Loliginidae	杜氏枪乌贼 <i>Loligo duvaucelii</i>	+	+	+	+	
			火枪乌贼 <i>Loligo beka</i>	+	+	+	+	
			剑尖枪乌贼 <i>Loligo edulis</i>	+	+	+	+	
			日本枪乌贼 <i>Loligo japonica</i>	+		+	+	
			神户枪乌贼 <i>Loligo kobeensis</i>	+	+	+	+	
			尤氏枪乌贼 <i>Loligo uyii</i>		+		+	
			长枪乌贼 <i>Loligo bleekeri</i>			+		
			太平洋褶柔鱼 <i>Todarodes pacificus</i>	+			+	
		柔鱼科 Ommastrephidae	手乌贼科 Chiroteuthidae	手乌贼 <i>Chiroteuthis veranyi</i>		+		
			武装乌贼科 Histiotteuthis	多钩钩腕乌贼 <i>Abralia multihamata</i> <i>Sasaki</i>	+	+	+	+

注: + 表示在该季节出现
Note: + means occurrence

显高于内侧调查站位, 空间分布特征较为明显(表 1 和图 2)。

秋季: 该调查航次出现的软体动物种类为 42 种, 隶属于 3 纲, 9 目, 25 科。该航次调查的 87 个站位中, 出现软体动物的调查站位为 67 个, 出现频率为 77.01%, 各站位间出现的软体动物种类数最多的站位位于北部调查区域的 21 号站位以及南部区域的 67 号站位, 均为 11 种。秋季调查海域软体动物种类分布的空间分布特征不明显, 即各站位间出现种类数的变化幅度较小, 仅在个别站位采集到种类数较多的软体动物(表 1 和图 2)。

冬季: 该调查航次出现的软体动物种类为 43 种, 隶属于 3 纲, 7 目, 25 科。该航次调查的 87 个站位中, 出现软体动物的调查站位为 81 个, 出现频率为 93.10%, 各站位间出现的软体动物种类数最多的站位位于北部调查区域的 5 号站位和中部区域的 48 号站位, 均为 13 种。冬季不同站位出现软体动物种类数的高值区主要集中在调查海域的北部外侧区域, 即冬季调查海域软体动物种类数的空间分布呈现北部高, 中南部低的趋势(表 1 和图 2)。

2.2 优势种与常见种

采用相对重要性指数来确定不同种类在群落

中的重要性。根据“材料与方法”中的规定(表 2): 春季软体动物群落的优势种为长蛸 1 种, 该种类采集到的尾数占软体动物总尾数的 3.51%, 生物量占软体动物总生物量的 28.22%, 春季软体动物群落常见种为褐管蛾螺、棒锥螺、双喙耳乌贼和习见蛙螺 4 种; 夏季软体动物群落的优势种为剑尖枪乌贼、棒锥螺和多钩钩腕乌贼 3 种, 以上 3 种种类采集到的尾数占软体动物总尾数的 74.21%, 生物量占软体动物总生物量的 56.58%, 常见种为长蛸 1 种; 秋季软体动物群落的优势种为多钩钩腕乌贼 1 种, 该种类采集到的尾数占软体动物总尾数的 33.89%, 生物量占软体动物总生物量的 11.39%, 秋季软体动物群落常见种为棒锥螺和习见蛙螺 2 种; 冬季软体动物群落的优势种为双喙耳乌贼、长蛸和棒锥螺 3 种, 以上 3 种种类尾数占软体动物总尾数的 62.06%, 生物量占软体动物总生物量的 53.37%, 冬季软体动物群落无常见种。

在调查海域的软体动物群落中, 无全年四个季节或者三个季节均出现的优势种。长蛸为春季和冬季两个季节的共有优势种, 多钩钩腕乌贼为夏季和秋季两个季节的共有优势种, 棒锥螺为夏季和冬季两个季节的共有优势种。而剑尖枪乌贼(夏季)和

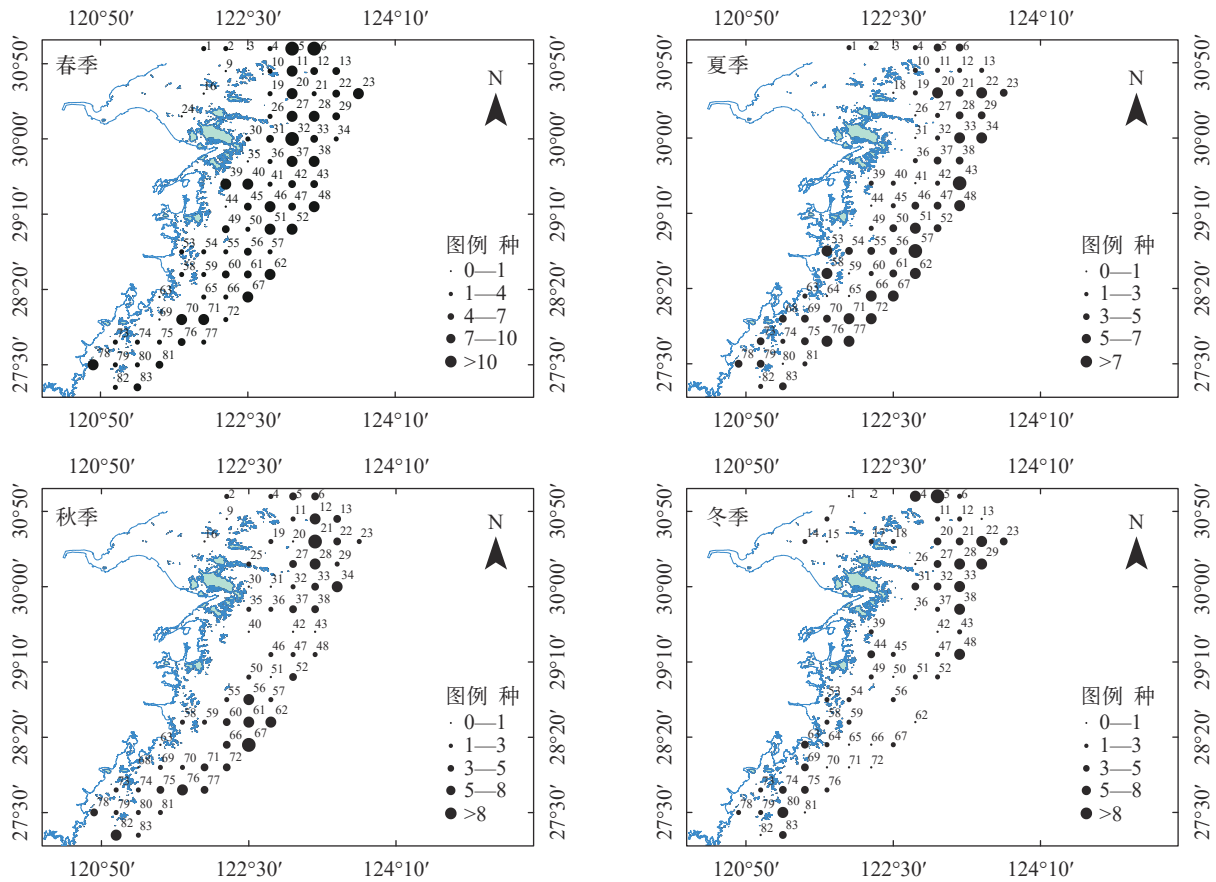


图2 浙江沿岸海域软体动物种类空间分布

Fig. 2 The space distribution of molluscs species in the Zhejiang coast area

表2 浙江沿岸海域软体动物群落优势种与常见种组成

Tab. 2 The dominant and common species component of molluscs community in the Zhejiang coast area

季节Season	种类Species	F%	N%	W%	IRI
春Spring	长蛸	49.43	3.51	28.22	1568.46
	褐管蛾螺	24.14	21.21	13.28	832.58
	棒锥螺	21.84	16.84	16.65	731.53
	双喙耳乌贼	27.59	22.99	1.45	674.22
	习见蛙螺	41.38	3.57	10.49	581.76
夏Summer	剑尖枪乌贼	39.08	6.01	22.50	1113.95
	棒锥螺	18.39	35.33	24.70	1103.92
	多钩钩腕乌贼	25.29	32.87	9.39	1068.70
	长蛸	35.63	1.38	17.74	681.35
秋Autumn	多钩钩腕乌贼	32.18	33.89	11.39	1457.38
	棒锥螺	12.64	28.99	27.46	713.72
	习见蛙螺	32.18	7.08	15.08	713.19
冬Winter	双喙耳乌贼	65.52	36.02	5.89	2745.44
	长蛸	43.68	2.06	22.77	1084.53
	棒锥螺	21.84	23.98	24.72	1063.62

注: W 表示占总生物量的百分比; N 表示占总尾数的百分比; F 表示出现频率; IRI表示相对重要性指数

Note: W means percentage in total biomass; N means percentage in total individuals; F means occurrence frequency; IRI means the index of relative importance

双喙耳乌贼(冬季)仅作为一个季节的优势种出现。总体来看: 调查海域全年软体动物群落的优势种与常见种的种类数共有7种, 且全年软体动物群落中无优势度值(IRI) > 3000的绝对优势种, 优势种的季节变化差异较大。

2.3 资源密度

全年4个航次调查中共采集软体动物102072 ind., 生物量1154.68 kg, 平均个体生物量11.31 g, 4个航次调查总站位数为348个, 其中出现软体动物的站位数有301个, 出现频率86.49%。4个季节软体动物平均资源密度的大小依次为夏季>秋季>春季>冬季(图3)。

春季: 软体动物平均资源密度为132.11 kg/km², 最大值出现在南部海域70号站位, 为623.81 kg/km², 最小值出现在北部海域的16号站位, 为0.06 kg/km²; 根据不同站位之间资源密度的空间分布(图4), 目标水域软体动物资源密度的高值区主要集中在调查海域的中南部区域, 即29°00'N以南海域, 且外侧调查站位的资源密度明显高于内侧调查站位, 空间分布特征较为明显。

夏季: 软体动物平均资源密度为415.09 kg/km²,

为全年最高值,其最大值出现在中部海域的56号站位,为3062.28 kg/km²,最小值出现在北部海域的26号站位,为0.90 kg/km²;根据不同站位间资源密度的空间分布状况(图4),整个调查海域软体动物资源密度的高值区主要集中在调查海域的南部区域,即28°30'N以南海域,空间分布特征较为明显。

秋季:软体动物平均资源密度为168.06 kg/km²,为全年次高值,其最大值出现在北部海域的21号站位,为1783.53 kg/km²,最小值出现在南部海域的

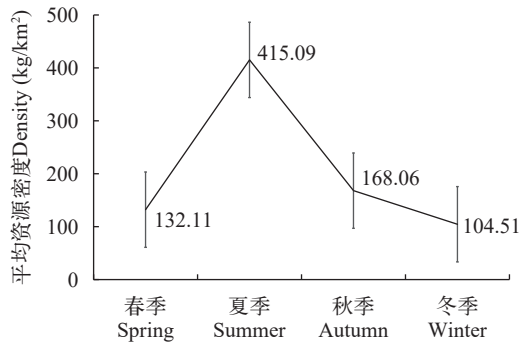


图3 浙江沿岸水域软体动物资源密度的季节分布

Fig. 3 The resource density seasonal distribution of molluscs in the Zhejiang coast area

63号站位,为2.00 kg/km²;根据不同站位之间资源密度的空间分布(图4),目标水域软体动物资源密度空间分布呈现中间低,南北高的趋势,空间分布特征较为明显。

冬季:软体动物平均资源密度为104.51 kg/km²,为全年最低值,其最大值出现在北部海域的5号站位,为882.94 kg/km²,最小值出现在北部海域的15号站位,为0.05 kg/km²;根据不同站位间资源密度的空间分布状况(图4),整个调查海域软体动物资源密度的呈现中间低,南北高的空间分布特征。

2.4 群落多样性

根据计算结果,各季节的丰富度指数(D)以冬季最大,其余3个季节变化幅度较小;物种多样性指数(H')以秋季最小,冬季最大;均匀度指数(J)则是春季最小,冬季最大。采用单因子方差分析可得:目标海域软体动物群落多样性指数全年四个季节的差异均呈不显著(P>0.05)状态(表3)。

2.5 群落季节更替及季节性相似性

不同季节研究海域全年四个季节均出现的种类数(R)、移入种类数(C)、移出种类数(B)、各季节出现的种类数(A)、迁移指数(MI)及更替指数

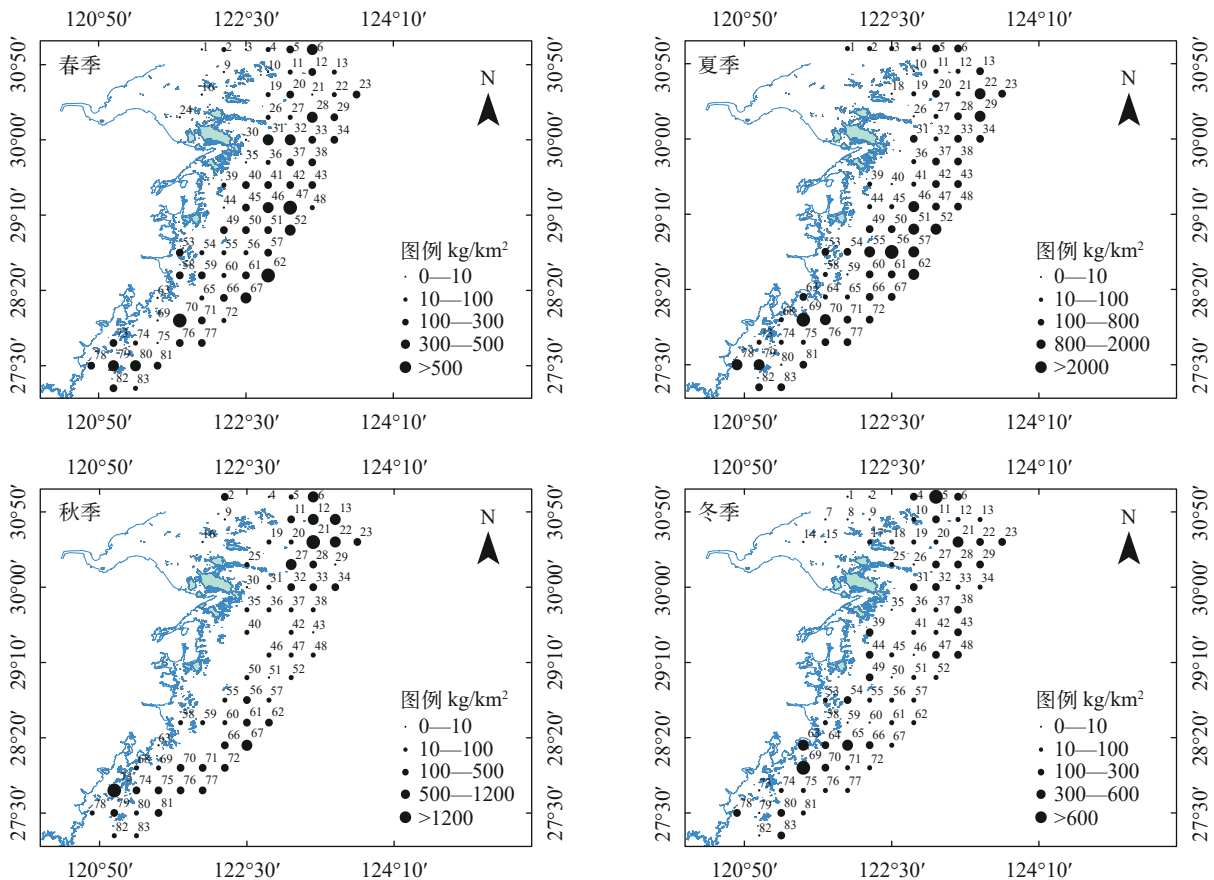


图4 不同季节间浙江沿岸海域软体动物资源密度的空间分布

Fig. 4 The resource density seasonal spatial distribution of molluscs in the Zhejiang coast area

(AI)见表 4。根据不同季节更替指数的数值大小, 春冬 2 个季节的群落结构相对较为稳定, 秋季的稳定性最差; 根据不同季节迁移指数的数值大小, 春、秋及冬三个季节软体动物种类迁入数量大于迁出数量, 仅夏季软体动物群落种类数迁出量超过迁入量, 春季迁移指数(MI)最接近 0, 说明春季软体动物群落最为接近动态平衡, 这与更替指数(AI)变化趋势相一致。

浙江沿岸海域相邻季节 Jaccard 相似性指数变化为 57.69%—76.47%, 表明研究海域不同季节软体动物物种相似性变化较大。其中, 春、冬季相似性指数最高, 而夏、秋两季相似性指数最低(表 5)。

2.6 ABC 曲线

4 个季节的 ABC 曲线的趋势如图 5 所示。所有 4 个季节软体动物群落的生物量优势度曲线与丰度的优势度曲线均相交。4 个季节 W 值变化范围为 -0.064 — -0.025 。4 个季节的 W 统计值均为负值。根据 Warwick 和 Clarke 的理论, 4 个季节软体动物群落均处于中等干扰(或不稳定)的状态, 但春季软体动物群落受到的外界干扰相对最低。

3 讨论

3.1 调查网具的选择

调查网具的选择往往会在一定程度上影响包括软体动物在内的海洋生物群落的种类组成、多样性及资源密度等, 单一的采样网具很难捕获到研

究海域的所有软体动物。以往对于软体动物群落结构的研究^[20], 采用的调查网具主要为 2 种, 其一为箱式采泥器, 采样面积一般约为 0.05 — 0.1 m^2 ^[8, 24, 25], 另一种采样网具则为三角拖网(阿氏拖网), 网口宽度一般约 1.0 — 1.5 m ^[9, 10]。前一种网具优点在于对于浅底层的埋栖软体动物的采集效果较好, 其缺点在于覆盖的点位区域小, 难以捕获个体较大的软体动物, 且对于某些游泳能力较强的软体动物(主要为头足类)的捕获率几乎为 0; 后一种采样网具虽说在采样的机动性能上大为增强, 对游泳能力强的目标生物的捕获能力有所增强, 却又不能兼顾浅底层的埋栖软体动物。本次调查所采用的为单船底拖网, 其网口宽度达到 8.0 m , 采样时平均拖速 3 kn , 无论从采样站点的覆盖面积和水层、对于游泳能力强、个体质量大物种的捕获能力均较上述 2 种常见采样工具大幅提高, 唯一的缺点仍在于对于某些小个体的埋栖生物采样能力较弱, 但仍可更为准确地反映调查区域软体动物种类组成、多样性及资源密度的时空分布特征。

3.2 种类组成及优势种

本次全年 4 个季节的调查中共采集软体动物 62 种, 隶属于 3 纲, 10 目, 32 科。与浙江沿岸(27 种)、舟山庙子湖岛(29 种)等同海域岛礁区^[3, 6]的历史调查资料相比较, 本次调查所捕获的种类数均高于历史数据, 且基本涵盖了浙江近海海域软体动物的主要种类。主要是由于本次调查的范围更为广泛, 捕

表 3 浙江沿岸水域软体动物群落多样性指数的季节变化(均值±标准差)

Tab. 3 Seasonal changes of molluscs community diversity indices in the Zhejiang coast area (mean±SD)

季节 Season	物种丰富度指数 Species richness index (D)		物种多样性指数 Shannon-Wiener index (H')		均匀度指数 Evenness index (J')	
	平均 Average	范围 Range	平均 Average	范围 Range	平均 Average	范围 Range
春 Spring	0.58±0.33	0.12—1.38	0.88±0.50	0.03—1.75	0.56±0.24	0.04—0.99
夏 Summer	0.63±0.28	0.18—1.22	0.86±0.41	0.07—1.73	0.63±0.27	0.04—0.96
秋 Autumn	0.60±0.31	0.13—1.52	0.73±0.41	0.01—1.72	0.58±0.27	0.02—0.98
冬 Winter	0.94±0.47	0.21—2.35	1.02±0.46	0.17—2.27	0.67±0.24	0.09—0.99
全年 Year	0.70±0.39	0.12—2.35	0.88±0.46	0.01—2.27	0.61±0.26	0.02—0.99

表 4 浙江沿岸水域软体动物群落季节更替指数和迁移指数

Tab. 4 Alternation and migration indexes of molluscs community in the Zhejiang coast area of each season

参数 parameter	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter
A	47	40	42	43
C	10	7	12	8
B	9	10	9	6
R	27	27	27	27
AI	95.00	130.77	140.00	87.50
MI	2.63	-10.00	9.09	5.41

表 5 浙江沿岸水域不同季节软体动物群落相似性指数

Tab. 5 The Jaccard similarity indexes of molluscs community among various seasons in the Zhejiang coast area

季节 Season	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter
春季 Spring		33	36	39
夏季 Summer	61.11%		30	33
秋季 Autumn	67.92%	57.69%		33
冬季 Winter	76.47%	66.00%	63.46%	

注: 对角线上方为共有种类数, 下方为 Jaccard 相似性指数
Note: The numbers above the diagonal are the common species, the Jaccard similarity index are below the diagonal

获外海种类的可能性更大。与邻近海域比较,本调查出现的种类数高于黄河三角洲水域种类数(45种)^[25]、胶州湾海域种类数(51种)^[7]和南黄海海域种类数(36种)^[8],但显著低于北部湾海域种类数(125种)^[10]和福建沿岸海域种类数(97种)^[9],这也从某种程度上说明温带、亚热带和热带3个不同海域的软体动物种类数呈逐渐增加的态势^[26]。从种类数的空间分布特征来看,目标水域种类数空间分布呈现南多北少的特征。究其原因,主要是受到水温升高及黑潮暖流的影响^[27],使得南部区域出现了诸如火枪乌贼、沟鹑螺等更为典型的暖水种,这与此前的研究结果一致^[28]。全年出现的优势种有5种,且群落中无终年优势种,均为在一个或者两个季节出现,且优势度数值均不高。这表明浙江沿岸水域软体动物优势种季节间的变化较大,群落的性质和功能在一年的不同季节受到不同种类的控制。

3.3 资源分布特征

根据调查结果:浙江沿岸海域软体动物年平均资源密度为204.94 kg/km²,略低于相同海域底栖软体动物的年平均资源密度(236.00 kg/km²)^[29]。浙江沿岸海域软体动物资源密度存在明显的季节变化。其中,夏季最高,秋季次之,冬季最低。究其原因,其一是由于影响软体动物资源密度高低的种类——棒锥螺、剑尖枪乌贼和多钩钩腕乌贼(3种种类对全年4个航次软体动物的平均资源密度贡献率之和均超过70%),而以上3种种类均属于暖水性种类,其资源密度的高低与海水温度尤其是底层温

度呈显著的正相关,即水温越高,资源密度越高,海水温度高低的分布也恰好为夏季最高,冬季最低;其二是因为夏季航次恰好处于“伏季休渔”期间,调查海域捕捞活动的影响为全年最小,其资源养护效果最为明显,平均资源密度则相对最高,而随着休渔期结束后秋冬汛的来临,捕捞强度加大,则资源密度逐渐降低。其资源密度夏高冬低的季节变化在东海头足类^[18]和浙江沿海虾类^[30]等的研究结果中同样得以印证。

3.4 扰动对群落的季节性影响

采用ABC曲线、季节间相似性指数、季节迁移指数MI及更替指数AI三种方法研究群落外部因素与自身变动对其产生的稳定性影响及动态变化规律。在目标水域,夏秋两季的更替指数AI相对较高,同时这两个季节软体动物的出现种类也相对较少,群落处于相对不稳定状态。冬季和春季与夏秋两季相比,其AI指数明显变小,且指数变化幅度较小,表明冬春两个季节群落的自身变化较小^[21]。这一点在季节间相似性指数的变化中同样得以印证(春冬两个季节相似性指数最高)。更替指数AI与迁移指数MI的变化趋势基本相同,迁移指数MI同样在春冬两个季节更为接近为0,同样证明这两个季节处于群落处于相对平衡状态。究其原因,可能是由于春冬两个季节,以软体动物为主要食物来源的高营养级鱼类(海鳗、带鱼和黄鲛鲷等)^[31-33]主要集中在外海做越冬洄游或者在近海海域进行产卵,对沿岸海域软体动物的摄食压力较小,减少了整个

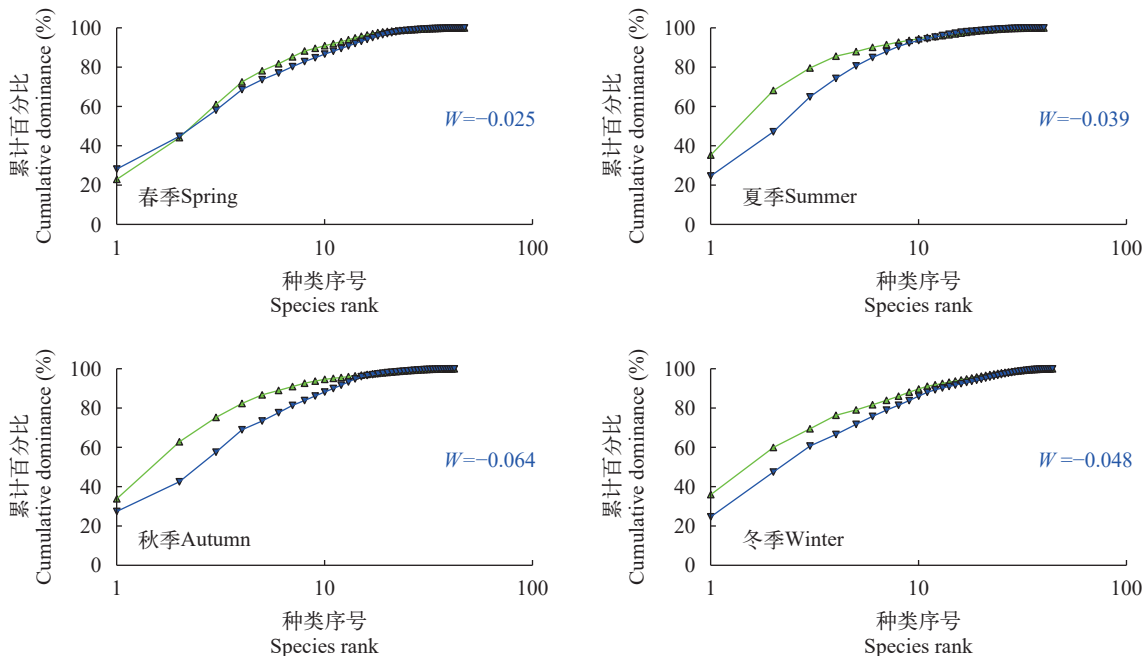


图5 浙江沿岸海域软体动物群落的ABC曲线以及W统计值(▽. 生物量; △. 丰度)

Fig. 5 ABC curves and W value of molluscs community in the Zhejiang coast area (▽. Biomass; △. Abundance)

群落受到外界干扰的程度, 从而使得群落处于相对稳定状态。同时, 此趋势表明在水温较高, 外部环境因子变化幅度较大的季节, 由系统之外迁出的种类较多, 迁入的种类相对较少, 而温度低, 环境相对稳定的季节则与此相反^[21]。ABC曲线已经被广泛应用于监测干扰对包括软体动物在内的海洋底栖无脊椎动物群落的影响^[34-36]。综合分析群落ABC曲线、*W*统计值及划分标准, 目标水域软体动物生物量与丰度优势度曲线优势难以区分, 数量上占据优势的种类均为平均个体质量较小的种类, 而生物量占优势的较大个体数量下降较多甚至消失, 群落整年全部处于中等干扰(不稳定)的状态^[21, 37]。根据软体动物平均生物体质量, 诸如脉红螺、长蛸及太平洋褶柔鱼等大型种类(平均生物体质量>50 g)的生物量仅占总生物量的8.04%, 而平均体重在10 g以下的小型种类(棒锥螺和双喙耳乌贼等)的个体数则占软体动物总个体数量的82.02%, 此项数据充分支撑了群落处于不稳定(中等干扰)的推断。其主因是海底底质的稳定性是影响软体动物生长、繁殖与分布的基础条件之一, 不同形式的底质不稳定状态及沉积环境的变化都可能对包括软体动物在内的大型底栖生物产生不利影响^[10, 16, 38]。更为主要的是: 对软体动物栖息生境破坏较为严重的拖网作业(单、双拖与桁杆拖虾)生产仍十分活跃, 这些均对软体动物群落的生境构成了较为严重的影响。需要指出的是: 包括软体动物在内的海洋生物群落, 其群落结构与资源分布特征必然受到多种内外部因素的综合影响。但是, 由于本次调查尚存在一定程度的缺陷与不足, 某些非生物及生物因子(如饵料生物丰度、水深、水温、营养盐浓度和沉积物类型^[10]等)对软体动物的资源与种类分布特征、与群落结构的关系等未能开展, 待后续进一步研究。

参考文献:

- [1] Harris M, Weisler M. Prehistoric human impacts to marine mollusks and intertidal ecosystems in the Pacific Islands [J]. *The Journal of Island and Coastal Archaeology*, 2018, **13**(2): 235-255.
- [2] Wang J B, Li X Z, Wang H F, et al. Macrobenthic ecology in the intertidal zones of Changdao Islands in Shandong Province [J]. *Marine Sciences*, 2018, **42**(10): 41-52. [王金宝, 李新正, 王洪法, 等. 山东长岛潮间带大型底栖动物生态特征研究 [J]. *海洋科学*, 2018, **42**(10): 41-52.]
- [3] Cai L T, Chen C, Wang Y N, et al. Community characteristics of mollusc in intertidal zone of the miaozihu island [J]. *Journal of Ningbo University* (Natural Science & Engineering Edition), 2014, **27**(4): 7-11. [蔡林婷, 陈晨, 王一农, 等. 庙子湖岛潮间带软体动物的群落特征 [J]. 宁波大学学报(理工版), 2014, **27**(4): 7-11.]
- [4] Bi S Y, Cai H C, Chen W D, et al. The quantity changes and succession of mollusk species composition in rocky intertidal zones of Nanji Island [J]. *Fishery Modernization*, 2016, **43**(3): 65-73. [毕昶瑶, 蔡厚才, 陈万东, 等. 南麂岛岩礁潮间带软体动物种类数量变化及其演替 [J]. *渔业现代化*, 2016, **43**(3): 65-73.]
- [5] Yu H, Que W W, Lu J M, et al. Species composition and fauna of Mollusca in seven star Islands [J]. *Journal of Wenzhou University* (Natural Sciences), 2016, **37**(4): 33-39. [余海, 阙伟伟, 陆京明, 等. 七星列岛软体动物种类组成与区系 [J]. *温州大学学报(自然科学版)*, 2016, **37**(4): 33-39.]
- [6] Hu C Y, Xu H, Zou L, et al. Community structure of molluscs in the rock intertidal zone of Zhejiang coast [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2015, **39**(8): 1144-1154. [胡成业, 徐衡, 邹莉, 等. 浙江沿岸岛礁区潮间带软体动物群落结构研究 [J]. *水产学报*, 2015, **39**(8): 1144-1154.]
- [7] Li B Q, Li X Z, Yu H Y, et al. Macrobenthic Mollusca fauna and its relations to environmental factors in Jiaozhou Bay [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2005, **36**(3): 193-198. [李宝泉, 李新正, 于海燕, 等. 胶州湾底栖软体动物与环境因子的关系 [J]. *海洋与湖沼*, 2005, **36**(3): 193-198.]
- [8] Zhang P C, Xu Y, Li X Z, et al. Mollusc community of south Yellow Sea in summer [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2016, **47**(4): 774-786. [张鹏弛, 徐勇, 李新正, 等. 南黄海夏季软体动物群落结构特征 [J]. *海洋与湖沼*, 2016, **47**(4): 774-786.]
- [9] Huang Y Q, Li R G, Jiang J X. Biodiversity and distribution of mollusc around the waters of Islands, Fujian Province [J]. *Marine Sciences*, 2009, **33**(10): 77-83. [黄雅琴, 李荣冠, 江锦祥. 福建海岛水域软体动物多样性与分布 [J]. *海洋科学*, 2009, **33**(10): 77-83.]
- [10] Ye J Q, Cai L Z, Huang R J, et al. Species composition of trawling mollusk in Beibu Gulf and its environmental effect [J]. *Marine Science Bulletin*, 2010, **29**(6): 617-622. [叶洁琼, 蔡立哲, 黄睿婧, 等. 北部湾底拖网软体动物的种类组成及其环境影响 [J]. *海洋通报*, 2010, **29**(6): 617-622.]
- [11] He X B, Yu C G, Qin T, et al. The analysis of the community characteristics of shrimps in Zhoushan fishing ground and its adjacent waters [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2013, **37**(3): 553-559. [何贤保, 俞存根, 覃涛, 等. 舟山渔场及附近海域虾类群落结构特征分析 [J]. *水生生物学报*, 2013, **37**(3): 553-559.]
- [12] Liu R Y. Checklist of Marine Biota of China Seas [M]. Beijing: Science Press, 2008: 654-983. [刘瑞玉. 中国海洋生物名录 [M]. 北京: 科学出版社, 2008: 654-983.]
- [13] General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic

- of China. GB/T 12763.6-2007, Specifications for Oceanographic Survey-part 6: Marine Biological Survey [S]. Beijing: Standards Press of China, 2008: 56-62. [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: 56-62.]
- [14] Pinkas L. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters [J]. *Calif Dept Fish and Game Fish Bull*, 1971: 1-105.
- [15] Yuan W, Wang J, Zuo T, *et al.* Characteristics of community structure and the dynamic changes of macrobenthos in the Laizhou Bay [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2020, **42**(6): 52-61. [袁伟, 王俊, 左涛, 等. 莱州湾大型底栖动物群落结构及其动态变化特征 [J]. 海洋学报, 2020, **42**(6): 52-61.]
- [16] Lu Z H, Zhu W B, Xu K D, *et al.* Community structure of snails and its relationship with environmental factors along Zhejiang coast area in spring [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2018, **42**(3): 606-615. [卢占晖, 朱文斌, 徐开达, 等. 浙江沿岸海域春季螺类群落结构特征及其与环境因子的关系 [J]. 水生生物学报, 2018, **42**(3): 606-615.]
- [17] Aglen A, Føyn L, Godø O, *et al.* Surveys of the marine fish resources of Peninsular Malaysia, June-July 1980 [J]. *Institute of Marine Research, Bergen*, 1981(9): 1-69.
- [18] Ling J Z, Yan L P, Li J S. Application of resources density area method to estimate Cephalopod stock of the East China Sea [J]. *Marine Fisheries*, 2008, **30**(1): 56-61. [凌建忠, 严利平, 李建生. 应用资源密度面积法估算东海区头足类资源量 [J]. 海洋渔业, 2008, **30**(1): 56-61.]
- [19] Margalef R. Information theory in ecology [J]. *General Systematics Advancing Frontiers Plant Sciences*, 1957(3): 37-71.
- [20] Wang M, Zhu F Y, Liu S P, *et al.* Seasonal variations of fish community structure of Lake Hanfeng in Three Gorges Reservoir region [J]. *Journal of Lake Sciences*, 2017, **29**(2): 439-447. [王敏, 朱峰跃, 刘绍平, 等. 三峡库区汉丰湖鱼类群落结构的季节变化 [J]. 湖泊科学, 2017, **29**(2): 439-447.]
- [21] Lu Z H, Xu H X, Xue L J, *et al.* A study on seasonal changes of the shrimp communities in the middle East China Sea [J]. *Journal of Zhejiang Ocean University (Natural Science)*, 2015, **34**(6): 497-504. [卢占晖, 徐汉祥, 薛利建, 等. 东海中部虾类群落结构的季节变化研究 [J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2015, **34**(6): 497-504.]
- [22] Zhu X H, Wu H Z, Xu F S, *et al.* Study on diversity and related factors of nekton community in the coastal waters of Yellow Sea and Bohai Sea [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 1994, **16**(3): 102-112. [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.]
- [23] Clarke K R, Warwick R M. Change in Marine Communities: an Approach to Statistical Analysis and Interpretation 2nd edition [M]. Plymouth: PRIMER-E, 2001: 1-171.
- [24] Ding J H, Zhou L Z, Deng D G, *et al.* Community structure of benthic Mollusca and its relationship with environmental factors in the mainstream of Huaihe River [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2013, **37**(2): 367-375. [丁建华, 周立志, 邓道贵, 等. 淮河干流软体动物群落结构及其与环境因子的关系 [J]. 水生生物学报, 2013, **37**(2): 367-375.]
- [25] Li X, Shi H J, Wang H Y, *et al.* Diversity and distribution of intertidal molluscs in the Yellow River Delta, China [J]. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2020, **36**(8): 1055-1063. [李玄, 史会剑, 王海艳, 等. 黄河三角洲潮间带软体动物多样性与分布格局 [J]. 生态与农村环境学报, 2020, **36**(8): 1055-1063.]
- [26] Lu K E, Zhang H L, Zhu W B, *et al.* Community structure of crabs and its relationship with environmental factors in Zhejiang coast area in spring and summer [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2019, **43**(3): 612-622. [卢衍尔, 张洪亮, 朱文斌, 等. 浙江近海春、夏季蟹类群落结构及其与环境因子的关系 [J]. 水生生物学报, 2019, **43**(3): 612-622.]
- [27] Guo B H, Lin K, Song W X. Some problems of seawater flow in the southern East China Sea in summer [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 1985, **7**(2): 143-153. [郭炳火, 林葵, 宋万先. 夏季东海南部海水流动的若干问题 [J]. 海洋学报, 1985, **7**(2): 143-153.]
- [28] Cai R X, Huang W H, Liu Y Y, *et al.* Fauna of Zhejiang Mollusks [M]. Hangzhou: Zhejiang Science & Technology Press. 2001: 38-49. [蔡如星, 黄惟灏, 刘月英, 等. 浙江动物志 软体动物 [M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 2001: 38-49.]
- [29] Hu H Y, Tang J L, Li Q L, *et al.* Studies on benthic ecology in Zhejiang coastal waters [J]. *Journal of Marine Sciences*, 2006, **24**(3): 76-89. [胡颢琰, 唐静亮, 李秋里, 等. 浙江省近岸海域底栖生物生态研究 [J]. 海洋学研究, 2006, **24**(3): 76-89.]
- [30] Chen W F, Peng X, Ye S, *et al.* Community structure and diversity of shrimp species in the coastal area of south Zhejiang [J]. *Marine Sciences*, 2018, **42**(3): 37-45. [陈伟峰, 彭欣, 叶深, 等. 浙南近海虾类群落结构及其多样性分析 [J]. 海洋科学, 2018, **42**(3): 37-45.]
- [31] Zhang Y Z, Zhu W B, Li P F. Seasonal and growth variation of feeding habit of Conger Eel (*Muraenesox cinereus*) in East China Sea [J]. *Journal of Zhejiang Ocean University (Natural Science)*, 2010, **29**(2): 237-245. [张亚洲, 朱文斌, 李鹏飞. 东海海鳗摄食习性的季节变化及随生长的变化 [J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2010, **29**(2): 237-245.]
- [32] Lin L S, Zhang H Y, Li H Y, *et al.* Study on seasonal variation of feeding habit of Hairtail (*Trichiurus japonicus*) in the East China Sea [J]. *Periodical of Ocean University of China*, 2006, **36**(6): 932-936. [林龙山, 张寒野, 李惠玉, 等. 东海带鱼食性的季节变化 [J]. 中国海洋

- 大学学报, 2006, **36**(6): 932-936.]
- [33] He Z T, Zhang Y Z, Xu K D, *et al.* Feeding habits and ontogenetic variation of *Lophius litulon* in East China Sea and Yellow Sea [J]. *Progress in Fishery Sciences*, 2012, **33**(2): 9-18. [贺舟挺, 张亚洲, 徐开达, 等. 东、黄海黄鮟鱇的摄食习性及其随发育的变化 [J]. *渔业科学进展*, 2012, **33**(2): 9-18.]
- [34] Hu G K, Qin L L, Li Y Y, *et al.* Disturbance status of intertidal macrobenthos in Tianjin based on ABC curves [J]. *Journal of Tianjin University of Science & Technology*, 2019, **34**(5): 57-62. [胡桂坤, 秦璐璐, 李郁郁, 等. 基于ABC曲线的天津潮间带生物群落受扰动的分析 [J]. *天津科技大学学报*, 2019, **34**(5): 57-62.]
- [35] Li S W, Ren Z H, Wang T T. Ecological characteristics of macrobenthos at the Yellow River estuary in summer [J]. *Progress in Fishery Sciences*, 2017, **38**(6): 9-17. [李少文, 任中华, 王田田. 黄河口海域夏季大型底栖动物的生态学特征 [J]. *渔业科学进展*, 2017, **38**(6): 9-17.]
- [36] Jin W Y, Peng X, Wang N N, *et al.* Study on the macrobenthic community structure in the intertidal zone of the Yushan Islands in summer [J]. *Marine Sciences*, 2017, **41**(3): 17-25. [金文育, 彭欣, 王宁宁, 等. 渔山列岛夏季潮间带大型底栖生物群落结构研究 [J]. *海洋科学*, 2017, **41**(3): 17-25.]
- [37] Warwick R M. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities [J]. *Marine Biology*, 1986, **92**(4): 557-562.
- [38] Li Y F, Du F Y, Gu Y G, *et al.* Relationship between macrobenthic fauna community and environmental factors in Southeast Leizhou Peninsula of the South China Sea [J]. *South China Fisheries Science*, 2016, **12**(6): 33-41. [李亚芳, 杜飞雁, 谷阳光, 等. 雷州半岛东南部海域春季大型底栖动物群落特征及其与环境因素的关系 [J]. *南方水产科学*, 2016, **12**(6): 33-41.]

ANALYSIS OF MOLLUSCS COMMUNITY STRUCTURE IN THE ZHEJIANG COAST

LU Zhan-Hui, ZHOU Yong-Dong, ZHU Wen-Bin and XU Kai-Da

(Key Laboratory of Sustainable Utilization of Technology Research for Fishery Resource of Zhejiang Province, Scientific Observing and Experimental Station of Fishery Resources for Key Fishing Grounds, Ministry of Agriculture, Marine Fishery Institute of Zhejiang Province, Zhoushan 316004, China)

Abstract: Based on survey data collected in 4 seasons of 2019 by single bottom trawling of Zhejiang surrounding waters, the paper analysed species composition, dominant species and the distribution of resources density of molluscs. Ecosystem diversity index, Species similarity index (J_s), Alternate index (AI), Migration index (MI) and abundance/biomass comparison curve (ABC curve) were adopted to analyse species diversity of community and its dynamic changes. The results showed that 62 molluscs species were captured belonging to 3 classes 10 orders, and 32 families, and the dominant species were *Octopus variabilis*, *Loligo edulis*, *Turritella bacillum*, *Abralia multihamatai*, and *Sepiolo birostrata* all the year. The seasonal variation of dominant species was quite different. The annual average resource density was 204.94 kg/km², The resource density in summer was the highest value in the whole year, and Winter was the lowest. The average resource density was increasing gradually from north to south roughly. The annual average values of species abundance index (D), species diversity index (H') and species evenness index (J') were 0.70, 0.88 and 0.61 respectively. Three indices values indicated that molluscs community diversity was on a low level. The values of Species similarity index (J_s), Alternate index (AI) and Migration index (MI) indicated that the community stability was higher in spring and winter than in summer and autumn. According to the ABC curve, molluscs community all the year were moderately disturbed respectively.

Key words: Community structure; Resource density; Biological diversity; Community stability; Zhejiang Coast; Molluscs