

东海中南部外海虾类群落结构特征分析

陈小庆¹ 俞存根¹ 虞聪达¹ 章飞军¹ 宁平^{1,2}

(1. 浙江海洋学院渔业学院, 舟山 316004; 2. 国家海洋局第二海洋研究所, 杭州 310012)

摘要:依据 2006 年 5 月(春)、9 月(夏)、11 月(秋)和 2007 年 2 月(冬)在东海中南部外海(26°00'N—28°30'N, 126°00'E 以西)海域虾类资源调查资料,分析了虾类的种类组成、优势度、多样性等群落结构特征。共采获虾类 32 种,隶属于 11 科 22 属,优势种有长角赤虾(*Metapenaeopsis longirostris*)、戴氏赤虾(*Metapenaeopsis dalei*)、高脊管鞭虾(*Solenocera alticarinata*)、东海红虾(*Plesionika izumiae*)、九齿扇虾(*Ibacus novemdentatus*)、假长缝拟对虾(*Parapenaeus fissuroides*)、凹管鞭虾(*Solenocera koelbeli*)、大管鞭虾(*Solenocera crassicomis*)、哈氏仿对虾(*Parapenaeopsis hardwickii*)和中华管鞭虾(*Solenocera crassicomis*),其中长角赤虾、戴氏赤虾、东海红虾、假长缝拟对虾和哈氏仿对虾是主要优势种,常见种是须赤虾(*Metapenaeopsis barbata*)、日本囊对虾(*Penaeus japonicus*)、脊单肢虾(*Sicyonia cristata*)、葛氏长臂虾(*Palaemon gravieri*)、日本鼓虾(*Alpheus japonicus*)、全刺拟长额虾(*Parapandalus spinipes*)和齿额红虾(*Plesionika dentirostris*)。东海中南部外海大部分虾类属于高温高盐生态群落,虾类丰度空间分布呈现 120m 等深线以西的站位高,120m 等深线以东站位低的特征,但是秋季和冬季的生物丰度普遍减小,冬季整个海域的虾类丰度基本达到全年的最低值。不同季节中,秋季种类最多(22 种),其次是冬季(20 种),春、夏季较少(分别为 17 种、18 种);Margalef 指数(*D*)和 Shannon-Wiener 多样性指数(*H'*)以夏秋季较高,冬春季较低,整个海区四个季节的均匀性指数(*J*)较为稳定。从空间分布来看,4 个季节中东海中南部外海 120m 等深线以西站位多样性指数高于 120m 等深线以东的站位;运用聚类和非线性多维标序对群落结构的相似性进行分析,结合水深等环境因子,表明东海中南部外海虾类可分为两个群聚类型,即较深海域群聚和外缘群聚。

关键词:虾类;群落结构;优势种;多样性;东海中南部外海

中图分类号: Q145 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2009)04-0664-10

东海中南部外海地处东海中南部大陆架外缘,外侧有黑潮暖流流过,加之水深较深,海底地形多变,形成复杂的渔场水文环境,虾类资源丰富。到目前为止,对东海游泳虾类研究主要集中在分类学及区系研究^[1-6],少数学者对近海虾类的资源量进行过研究^[7,8]。随着分子技术的发展,越来越多的学者对虾类的细胞结构进行了研究^[9,10],而对东海中南部外海虾类群落结构特征的研究较少。本文根据 2006 年 5 月(春)、9 月(夏)、11 月(秋)和 2007 年 2 月(冬)在东海中南部外海开展虾类资源调查所获的虾类资料,结合以前报道的东海虾类资源研究结果,分析了东海中南部外海虾类组成的群落结构特征,以期对东海中南部外海虾类资源的可持续利用提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 数据来源 数据来源于 2006 年 5 月(春)、9 月(夏)、11 月(秋)和 2007 年 2 月(冬)“浙苍渔 0481”在东海中南部外海 26°00'N—28°30'N, 126°00'E 以西的 60—200m 水深海域所获得的虾类调查资料。每隔纬度 30',经度 1°设一采样站位,共设 18 个站位(图 1),其中 12 号站位采样失败,所以不做分析。采样网具为单拖网,规格为 800 目×85mm,每一调查站点拖曳 1—3.5 h,拖速为 3 nmile/h。每站次随机取样约 3.0—5.0 kg,装入样品袋。渔获物中的每一种虾类鉴定到种,并对每一种类进行称重和尾数计算。将每个季节中每个站位的渔获量统一标准化为每小时的渔获资源数量(渔获率: kg/h)。

收稿日期: 2008-10-25;修订日期: 2009-04-11

基金项目: 国家自然科学基金项目(30770373);浙江省自然科学基金项目(M303321);浙江省科技厅项目(2005C33055)资助

作者简介: 陈小庆(1984—),女,浙江武义人;在读硕士研究生;主要从事渔业资源与海洋生态学的研究。E-mail: wuchenxiaqing@163.com

通讯作者: 俞存根, E-mail: cgyu@zjou.edu.cn

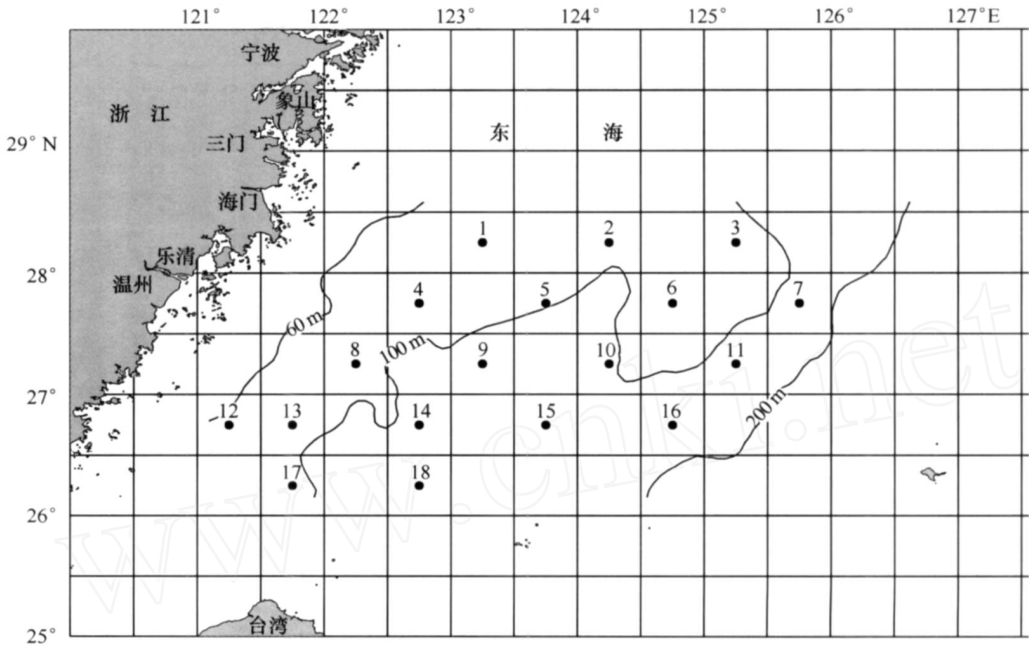


图 1 调查站位和等深线分布
Fig. 1 Distribution of the sampling stations and isobaths

1.2 计算方法

1.2.1 相对重要性指数计算 相对重要性指数 (Index of relative importance, IRI)^[11] $IRI = (n_i / N + w_i / W) \cdot f_i / m \cdot 10^5$, 式中, n_i 、 w_i 分别为第 i 种虾类的个体数和生物量 (kg), N 、 W 分别为虾类总个体数和总生物量 (kg), f_i 为第 i 种虾在 m 次取样中出现的频率, m 为取样次数。

1.2.2 生物多样性分析 多样性计算方法如下: (1) Margalef 的种类丰富度指数^[12]: $D = (S - 1) / \log N$, 式中, S 为虾类总种数, N 为所有虾类总个体数。 (2) Shannon-Wiener 多样性指数^[13]: $H' = - \sum P_i \log P_i$, 式中, H 为虾类种类多样性, $P_i = n_i / N$, 式中, n_i 是第 i 种虾类占总个体数的比例, N 为所有虾类总个体数。 (3) Pielou 均匀度指数^[14]: $J' = H' / \log S$, 式中, J 为虾类种类均匀度, S 为虾类总种数。

1.2.3 群落结构相似性分析 本文采用等级聚类 (非加权的组平均, 即 UPGMA) 和非线性多维标序 (Non-Metric Multidimensional scaling, 简称 NMDS) 的方法分析东海中南部外海虾类群落群聚特征^[15]。由这两种方法的自然互补, 并相互验证两种方法分析结果的正确性^[16]。检验 NMDS 分析结果的好坏用胁强系数 (Stress) 来衡量, 通常认为 $Stress < 0.2$ 时, 可用 NMDS 的二维点图表示, 其图形有一定的

解释意义; $stress < 0.1$ 时, 可以认为是一个好的排序; $stress < 0.05$ 时, 具有很好的代表性^[17]。

聚类、标序分析及多样性分析均由 PRIMER5.0 软件包 (Plymouth Marine Laboratory, UK) 完成^[18,19]。丰度和生物量数据通过二次方根标准化, 在计算 Bray-Curtis 相似性系数的基础上, 用非参数多维标序技术 (NMDS) 作二维标序^[15]。聚类分析也在上述数据分析基础上进行。

2 结果

2.1 种类组成及优势种

调查海域共捕获虾类 32 种, 隶属于 11 科 22 属。为了确定各种虾类在群落中的重要性, 将相对重要性指数 (IRI) 大于 1000 者定为优势种, 在 100—1000 之间者定为常见种 (表 1)^[20]。

调查海域的虾类一年四季均为优势种的有戴氏赤虾、长角赤虾和东海红虾。三个季节为优势种的有高脊管鞭虾和假长缝拟对虾 2 种。二个季节为优势种的有凹管鞭虾和九齿扇虾。一个季节为优势种的有中华管鞭虾、大管鞭虾和哈氏仿对虾。

春季, 虾类优势种为长角赤虾、戴氏赤虾、哈氏仿对虾、高脊管鞭虾和东海红虾, 它们的生物量占虾类总生物量的 89.15%, 个体数占虾类总个数的 92.14%。其中, 长角赤虾的 IRI 值为 74301, 是全年虾类优势种中的次高值, 该种生物量占虾类总生物

表 1 东海中南部外海虾类优势种和常见种优势度的季节变化

Tab. 1 Seasonal variation of dominance for dominant and common species of shrimp in the offshore waters of the Mid-Southern East China Sea

种名 Species name	优势度 Index of relative importance (IRI)			
	春 Spring	夏 Summer	秋 Autumn	冬 Winter
高脊管鞭虾 <i>Solenocera alticarinata</i>	4188	1946	1286	281
中华管鞭虾 <i>Solenocera crassicomis</i>	902	5090	102	465
凹管鞭虾 <i>Solenocera koelbeli</i>	—	78	1407	2329
大管鞭虾 <i>Solenocera crassicomis</i>	—	34	2901	8
须赤虾 <i>Metapenaeopsis barbata</i>	—	951	210	60
戴氏赤虾 <i>Metapenaeopsis dalei</i>	13969	43129	8292	2405
长角赤虾 <i>Metapenaeopsis longirostris</i>	74301	11581	70715	114487
哈氏仿对虾 <i>Parapenaeopsis hardwickii</i>	13654	629	14	—
假长缝拟对虾 <i>Parapenaeus fissuroides</i>	—	9157	12406	17268
日本囊对虾 <i>Penaeus japonicus</i>	140	—	236	57
脊单肢虾 <i>Sicyonia cristata</i>	73	25	39	202
葛氏长臂虾 <i>Palaemon gravieri</i>	—	—	—	300
日本鼓虾 <i>Alpheus japonicus</i>	6	32	5	171
全刺拟长额虾 <i>Parapandalus spinipes</i>	399	67	64	12
齿额红虾 <i>Plesionika dentirostris</i>	209	—	—	—
东海红虾 <i>Plesionika izumiiae</i>	2017	18483	14459	1351
九齿扇虾 <i>Ibacus novae dentatus</i>	853	2422	2176	38

量的 55.95%。常见种依次为中华管鞭虾、九齿扇虾、全刺拟长额虾、齿额红虾和日本囊对虾等 5 种。它们的生物量占虾类总生物量 9.42%，个体数占虾类总个体数的 1.73%。

夏季，优势种增加为 7 种，依次为戴氏赤虾、东海红虾、长角赤虾、假长缝拟对虾、中华管鞭虾、九齿扇虾和高脊管鞭虾，它们的生物量占虾类总生物量的 91.82%，个体数占虾类总个数的 95.05%。常见种依次为须赤虾和哈氏仿对虾，它们的生物量占虾类总生物量的 5.62%，个体数占虾类总个数的 2.73%。夏季戴氏赤虾、东海红虾的 IRI 值有了明显的上升，分别为 43129 和 18483，而长角赤虾的 IRI 值有所下降，为 11581，生物量只占虾类总生物量的 10.26%。

秋季，优势种数量增加到 8 种，依次为长角赤虾、东海红虾、假长缝拟对虾、戴氏赤虾、大管鞭虾、九齿扇虾、凹管鞭虾和高脊管鞭虾，它们的生物量占虾类总生物量的 95.31%，个体数占虾类总个体数的 97.56%。常见种类依次为日本囊对虾、须赤虾和中华管鞭虾 3 种。它们的生物量占虾类总生物量的 2.52%，个体数占虾类总个体数的 7.84%。该季节大管鞭虾、凹管鞭虾的 IRI 值明显上升，变成优势

种，同时，长角赤虾的 IRI 值上升为 70715。秋季优势种的种数增加，优势种间 IRI 值差异增大。

冬季，优势种依次为长角赤虾、假长缝拟对虾、戴氏赤虾、凹管鞭虾、东海红虾等 5 种，它们的生物量占虾类总生物量的 88.76%，个体数占虾类总个体数的 94.93%。常见种依次为中华管鞭虾、葛氏长臂虾、高脊管鞭虾、脊单肢虾、日本鼓虾等 5 种。它们的生物量占虾类总生物量的 7.34%，个体数占虾类总个体数的 4.06%。长角赤虾为最主要的优势种，IRI 值为 114487，比其他优势种显著偏大。冬季虾类种类组成的特征是单一优势种的优势性明显，长角赤虾占整个虾类生物量的 59.89%。

由此得出东海中南部外海虾类优势种是戴氏赤虾、长角赤虾、东海红虾、高脊管鞭虾、假长缝拟对虾、凹管鞭虾、九齿扇虾、中华管鞭虾、大管鞭虾和哈氏仿对虾。其中，长角赤虾、戴氏赤虾、东海红虾、假长缝拟对虾和哈氏仿对虾的优势度大于 10000，是东海中南部外海的主要优势种。此外，常见种是须赤虾、日本囊对虾、脊单肢虾、葛氏长臂虾、日本鼓虾、全刺拟长额虾和齿额红虾。

2.2 多样性指数

各季节的多样性指数变化范围、平均值及总指数

(表 2)。由表可见,各季节的丰富度指数 (D)以秋季最大,冬季次之,春季最小;多样性指数 (H')以夏季最大,冬季最小;均匀度指数 (J')也以夏季最大,冬季最小。各调查站位间各项多样性指数的波动幅度以春季最小,丰富度指数 (D)和多样性指数 (H')以秋季最大,而均匀度指数 (J')则以夏季最大。

表 2 东海中南部外海虾类多样性指数
Tab. 2 The diversity index of shrimp in the offshore waters of the Mid-Southern East China Sea

指数 Index	项目 Items	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter
D	范围 Range	0—0.97	0—0.97	0—1.13	0—1.13
	$\bar{X} \pm SD$	0.43 $\pm$ 0.32	0.39 $\pm$ 0.32	0.54 $\pm$ 0.29	0.54 $\pm$ 0.29
	总指数				
	The Total Index	1.44	1.49	1.94	1.86
H'	范围 Range	0—2.38	0—2.37	0—2.54	0—2.48
	$\bar{X} \pm SD$	1.17 $\pm$ 0.91	0.95 $\pm$ 0.82	0.93 $\pm$ 0.79	0.99 $\pm$ 0.77
	总指数				
	The Total Index	1.74	2.30	1.95	1.34
J'	范围 Range	0.06—0.94	0—0.10	0.08—0.91	0.08—0.91
	$\bar{X} \pm SD$	0.59 $\pm$ 0.31	0.56 $\pm$ 0.22	0.43 $\pm$ 0.25	0.43 $\pm$ 0.25
	总指数				
	The Total Index	0.43	0.55	0.44	0.31

2.3 聚类、排序结果

东海中南部外海虾类组成进行 CLUSTER 聚类和 NMDS 标序分析结果 (图 2、图 3)。其中,春季 NMDS 排序的胁强系数 (Stress) 在 0.1—0.2 之间, NMDS 排序的二维点阵图结果是可以接受的,而夏季、秋季和冬季的 $Stress \leq 0.1$ 时,则 NMDS 排序具有很好的代表性。这表明东海中南部外海各站位群落结构具有较高的相似性,但随着季节的变化,生物群落结构也发生一些细微的变化。

春季、夏季、秋季和冬季虾类群落结构群聚类型的分布区域相互交错,没有一个清晰的界线,并且四个季节各群聚之间相似性较高,各季节各群聚类型中的主要优势种相对稳定,种类组成差异不明显,因此很难划分群聚类型。但是,根据各调查站位的虾类组成可将调查站位分为 A、B 两个组群,分别包含了 13 个站位和 4 个站位,经过 ANOSM 相似性分析可得 $R = 0.68 (R > 0.5)$,表明两个群聚存在显著性差异。A 组群站位主要分布于 120m 等深线以西,优势种为长角赤虾、哈氏仿对虾和戴氏赤虾等; B 组群站位主要分布于 120m 等深线以东,优势种为长角赤虾。

3 讨 论

3.1 虾类丰度的时空分布特征

春季和夏季东海中南部外海虾类丰度普遍较

高,由图 4 可见,东海中南部外海虾类丰度空间分布呈现 120m 等深线以西的站位高,120m 等深线以东站位低的特征。120m 等深线以西站位主要渔获物为长角赤虾、戴氏赤虾和哈氏仿对虾,而 120m 等深线以东站位主要渔获物为长角赤虾、九齿扇虾和其他不常见的高温高盐种。

秋季和冬季东海中南部外海虾类丰度的分布趋势与春季和夏季一致,但是丰度普遍减小,冬季整个海域的虾类丰度基本达到全年的最低值。秋季和冬季虾类丰度空间分布比春季和夏季均匀,其中 120m 等深线以东站位的丰度最低,主要渔获物为不常见的高温高盐种 (如全刺拟长额虾、马氏蝉虾等)。其他站位渔获物为长角赤虾、假长缝拟对虾、东海红虾和凹管鞭虾等虾类。

3.2 虾类种类及优势种的季节变化

虾类的生态群落结构与海洋环境的关系十分密切^[19]。不同季节间,秋季种类数最多,为 22 种,其次是冬季,为 20 种,春、夏季较少,分别为 17 种、18 种。季节间种类数的变化为从春季到秋季呈现上升趋势,从秋季到冬季呈下降趋势。这是因为在春季沿岸水系分布范围扩大,混合水带广阔,海洋环境不稳定,在此环境下生存的虾类相对少一些。随着季节变化,台湾暖流北上势力增强,高盐水势力增强,高温高盐种类增多。冬季,随着水温下降,虾类种类减少。

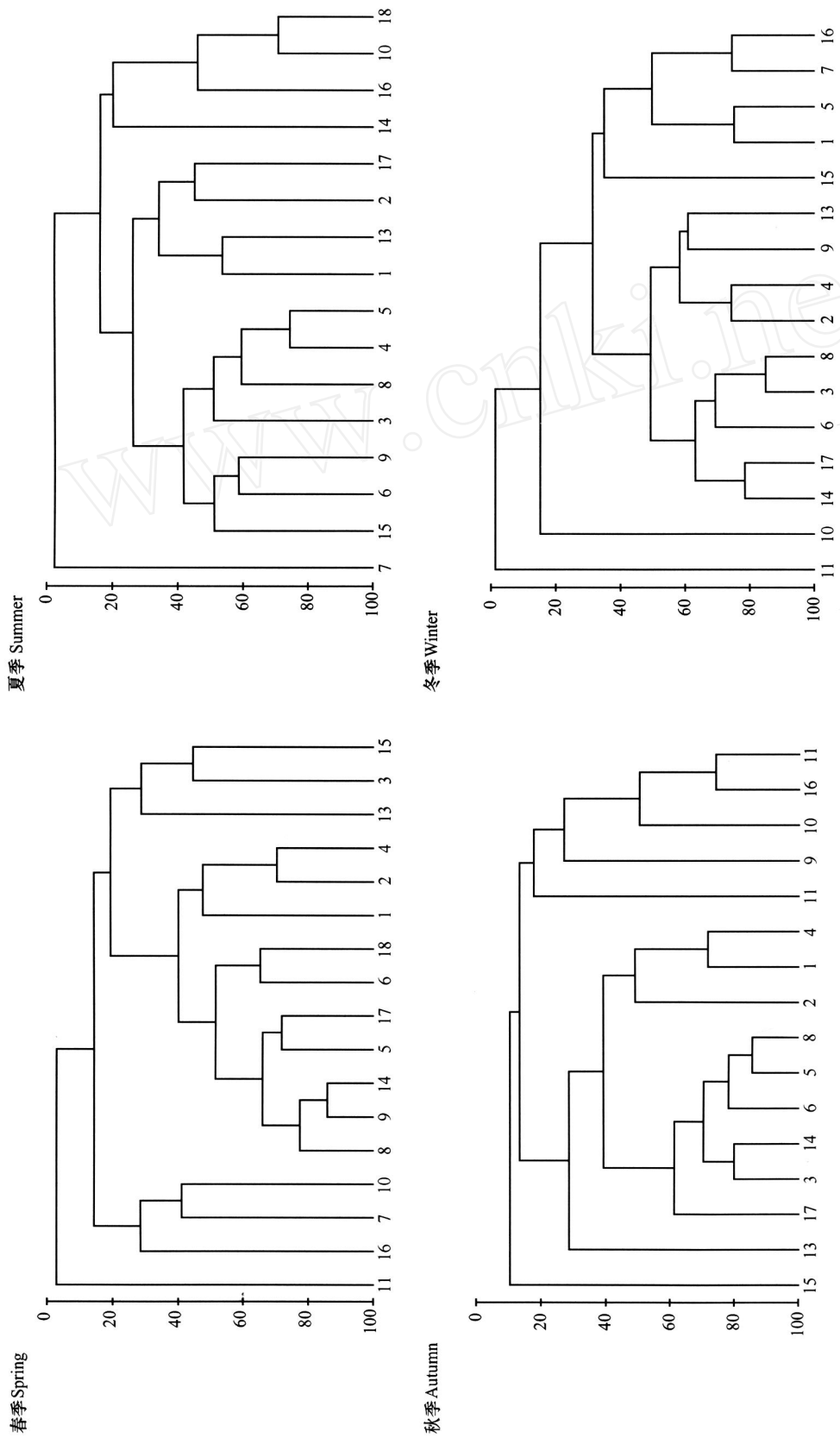


图2 东海中南部外海虾类群落 CLUSTER 聚类结果
Fig. 2 The results of CLUSTER in the offshore waters of the Mid-Southern East China Sea

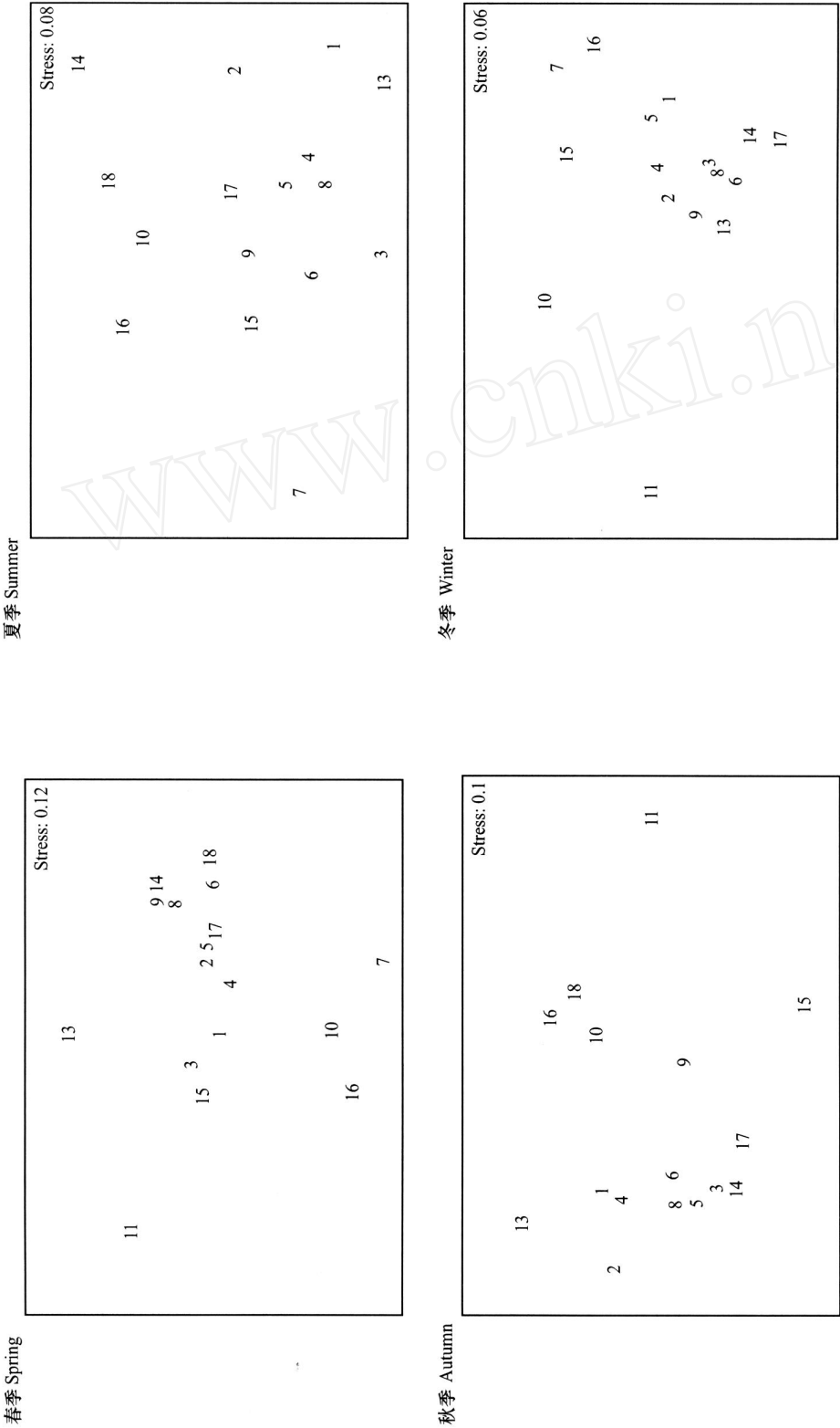


图3 东海中南部外海虾类群落 NMDS 标序结果
Fig. 3 The results of NMDS in the offshore waters of the Mid-Southern East China Sea

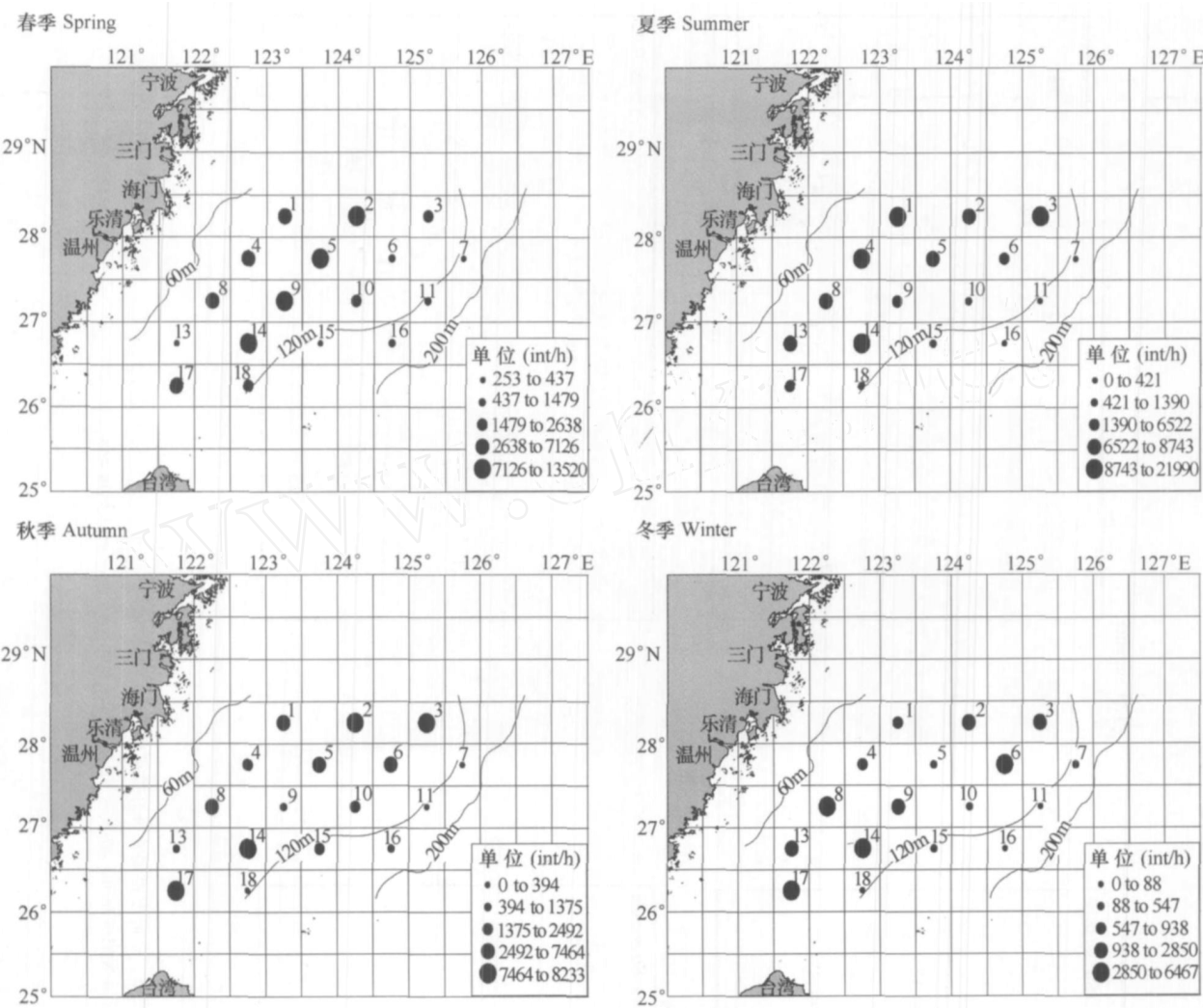


图 4 东海中南部外海虾类丰度和等深线的平面分布

Fig. 4 The horizontal distribution of shrimp abundance and isobaths in the offshore waters of the Mid-Southern East China Sea

在一个生物群落中存在着很多种生物,并不是所有生物在决定整个群落的性质和功能时都具有同样的重要性,只有比较少的几个种类或类群通过它们的数量变化和其他活动来发挥它们的主要影响和控制作用,这些能通过它们在营养层次或其他功能层次中的地位大量控制能流并强烈影响其他物种或类群的物种就是生态优势种^[21,22]。全年 4 个季节中,东海中南部外海以长角赤虾、戴氏赤虾为绝对优势种,这两种虾类在该渔场的生物量占总生物量的 39.39%和 13.89%。长角赤虾的优势度在夏季明显减小,这是因为夏季随台湾暖流北上,部分长角赤虾进入舟山渔场;戴氏赤虾的优势度在秋冬季节迅速减小,这可能与戴氏赤虾的繁殖期有关,戴氏赤虾繁殖期在 5—8 月,高峰期 6—7 月,8 月份以后出现当年幼虾,幼虾则分布于盐度较低的近岸海域^[23]。

3.3 虾类群落多样性的季节变化

通过东海中南部外海虾类季节间多样性变化分析表明(表 2),四个季节丰富度指数 (D)、Shannon-Wiener 多样性指数 (H) 和 Piebu 均匀度指数 (J) 的范围和平均值相差不大,但是总指数以夏秋季较高,春冬季较低。这是因为东海中南部外海 60m 等深线以东虽然常年都在东海高盐水控制下,但受春季沿岸水系的影响,环境因子变动剧烈,因此虾类群落多样性指数较低。而冬季底层水温在 14—16^[24],温度较低,多样性指数下降。

从空间分布来看,4 个季节中东海中南部外海 120m 等深线以西站位多样性指数高于 120m 等深线以东的站位,分布在 120m 等深线以西的站位受高盐水控制,该海域盐度 > 34,周年水温变化幅度为 15—24,分布在该海域的虾类为高温、高盐属性^[24]。而在此同时,60m 等深线附近(南北麂以东

外侧海域)部分海域为混合水区,底层水温为 20—25,底层盐度小于 34,出现高温高盐和广温广盐混栖现象。在 120m 等深线东侧的海域,由于其温、盐度的特殊性质,出现一些栖息在深海的虾类^[25],它们数量不大,种类不多,因此 120m 等深线以本站位的多样性相对较小。

3.4 虾类群落结构分析

从调查海域各季节虾类丰度的空间分布特征来看,每个季节虾类的群聚不同,群聚类型的空间分布不明显。各群聚类型的分布区域相互交错,界线难以清晰划分,因此很难定义一个永久的群聚地理区^[26]。

根据等级聚类和非线性多维标序 (NMDS)方法对东海中南部外海海域春季虾类资源调查资料分析的结果,以及虾类组群与水深之间的关系,该海域的虾类组成格局可分为两种主要群聚类型,并依照它们分布海域的位置,分别定义为较深海群聚 (A 组群)、外缘群聚 (B 组群)。较深海群聚的虾类主要分布在东海中南部外海 120m 等深线以西海域,呈高温、高盐属性;外缘群聚主要分布在东海中南部外海 120m 等深线以东海域。在 60—120m 水深海域,常年都在东海高盐水控制下,底层盐度为 34—34.6,底层水温夏季为 18—24,冬季为 14—16,温度、盐度值变化不大,水文环境比较恒定,是高温高盐虾类良好的栖息场所。而外缘群聚的差异也是由于其温、盐度的特殊性质造成的,外缘群聚虽然呈现高温、高盐的属性,但是它具有大陆架外缘群落的特征,是向深海群落的过渡群落^[25]。

参考文献:

- [1] Dong Y M, Yu Y Y, Hu Y Y. A report on shrimps of Zhejiang coastal- [J]. *Chinese Journal of Zoology*, 1959, 3: 389—394 [董聿茂, 虞研原, 胡萸英. 浙江沿海游泳虾类报告. 动物学杂志, 1959, 3: 389—394]
- [2] Dong Y M, Hu Y Y. A report on shrimps of Zhejiang coastal- [J]. *Chinese Journal of Zoology*, 1980, 2: 20—24 [董聿茂, 胡萸英. 浙江沿海游泳虾类报告. 动物学杂志, 1980, 2: 20—24]
- [3] Dong Y M, Hu Y Y, Wang B Y. A report on shrimps of Zhejiang coastal- [J]. *Chinese Journal of Zoology*, 1986, 5: 4—6 [董聿茂, 胡萸英, 汪宝永. 浙江沿海游泳虾类报告. 动物学杂志, 1986, 5: 4—6]
- [4] Liu R Y. Notes on the economic macrurous crustacean fauna of the Yellow Sea and the East China Sea [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1959, 2(1): 35—42 [刘瑞玉. 黄海及东海虾类区系的特点. 海洋与湖沼, 1959, 2(1): 35—42]
- [5] Wang Y H. Notes on the shrimp and lobster fauna of the Zhoushan archipelago waters [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1987, 18(1): 48—54 [王彝豪. 舟山沿海经济虾类及其区系特点. 海洋与湖沼, 1987, 18(1): 48—54]
- [6] Song H T, Yao G Z, Yu C G, et al. The quantitative distribution and biological characteristics of *Parapenaeus fissuroides* in the East China Sea [J]. *Marine Fisheries Research*, 2002, 23(4): 8—12 [宋海棠, 姚光展, 俞存根, 等. 东海假长缝拟对虾的数量分布和生物学特性. 海洋水产研究, 2002, 23(4): 8—12]
- [7] Yu C G, Song H T, Ding Y P, et al. A Primary Estimation on Shrimp Resource of Zhejiang Coastal Area [J]. *Journal of Zhejiang Fishery College*, 1994, 13(3): 149—155 [俞存根, 宋海棠, 丁跃平, 等. 浙江近海虾类资源量的初步评估. 浙江水产学院学报, 1994, 13(3): 149—155]
- [8] Song H T, Yao G Z, Yu C G, et al. Composition and distribution of shrimp species in the East China Sea [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2003, 1(suppl): 8—12 [宋海棠, 姚光展, 俞存根, 等. 东海虾类的种类组成和数量分布. 海洋学报, 2003, 1(增刊): 8—12]
- [9] Zhang T S, Yang X J, Zou Z J, et al. Studies on the tetraploidy induction in the giant freshwater prawn, *Macrobrachium Rosenbergl* [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2005, 29(5): 538—543 [张天澍, 杨晓菁, 邹中菊, 等. 罗氏沼虾四倍体诱导的研究. 水生生物学报, 2005, 29(5): 538—543]
- [10] Zhu D F, Wang G Z, Li S J. UL trastructure of OO genesis in *Thenus orientalis* [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2006, 30(4): 439—445 [朱冬发, 王桂忠, 李少菁. 东方扁虾卵子发生的超微结构. 水生生物学报, 2006, 30(4): 439—445]
- [11] Pinkas L, Oliphant M S, Iversen K. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters [M]. *Fishery Bulletin* 1971, 152
- [12] Margalef D R. Information theory in ecology [J]. *Gen. System*, 1958, 3: 36—71
- [13] Shannon E C, Weaver W. The mathematical Theory of communication [M]. University of Illinois Press, Urbana 1948, 125
- [14] Pielou E C. Mathematical Ecology. John Wiley [M]. New York 1977, 385
- [15] Field J G, Clarke K R, Warwick R M. A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns [J]. *Marine Ecology Progress Series*, 1982, 8: 37—52
- [16] Brazner J C, Beals E W. Patterns in fish assemblages from coastal wetland and beach habitats in Green Bay, Lake Michigan: A multivariate analysis of abiotic and biotic forcing factors [J]. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1997, 54: 1743—1761
- [17] Khalaf M A, Kochzius M. Change 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
- [18] Clarke K R. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structures [J]. *Australian Journal of Ecology*, 1993, 18: 117—143

- [19] Clarke K R, Warwick R. Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation [M]. Plymouth, UK: Natural Environmental Research Council 1994, 144
- [20] Yu C G, Song H T, Yao G Z. Crab community structure in The East China Sea [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2005, 36(3): 213—220 [俞存根, 宋海棠, 姚光展. 东海蟹类群落结构特征的研究. 海洋与湖沼, 2005, 36(3): 213—220]
- [21] Zheng S Z, Wu Q H, Wang H B, *et al*. General Ecology [M]. Shanghai: Fudan University Press 1994, 148—175 [郑师章, 吴千红, 王海波, 等. 普通生态学. 上海: 复旦大学出版社. 1994, 148—175]
- [22] Shen G Y, Shi B Z. Marine Ecology [M]. Beijing: Science Press 2002, 153—183 [沈国英, 施并章. 海洋生态学. 北京: 科学出版社. 2002, 153—183]
- [23] Song H T, Yu C G, Xue L J, *et al*. Economic Shrimp and Crab Species in The East China Sea [M]. Beijing: Ocean Press 2006, 50 [宋海棠, 俞存根, 薛利建, 等. 东海经济虾蟹类. 北京: 海洋出版社. 2006, 50]
- [24] Song H T. The ecological colony and fauna characteristics of East China Sea shrimp [J]. *Studia Marina Sinica*, 2002, 44: 124—133 [宋海棠. 东海虾类的生态群落与区系特征. 海洋科学集刊, 2002, 44: 124—133]
- [25] Song H T, Yu C G, Ding Y P, *et al*. Shrimp resources in the offshore waters of central and southern Zhejiang Province [J]. *Donghai Marine Science*, 1992, 10(3): 53—60 [宋海棠, 俞存根, 丁耀平, 等. 东海中南部外侧海区的虾类资源. 东海海洋, 1992, 10(3): 53—60]
- [26] Quetglas A, Carbonell A, Sanchez P. Demersal Continental Shelf and Upper Slope Cephalopod Assemble from the Balearic Sea (North-Western Mediterranean) Biological Aspects of Some Deep-Sea Special [J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2000, 50: 739—749

COMMUNITY CHARACTERISTICS OF SHRIMPS IN THE OFFSHORE WATERS OF THE MID-SOUTHERN EAST CHINA SEA

CHEN Xiao-Qing¹, YU Cun-Gen¹, YU Cong-Da¹, ZHANG Fei-Jun¹ and NING Ping^{1,2}

(1. Fishery College of Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316004;

2. Second Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Hangzhou 310012)

Abstract: Based on the data of the shrimp resources sampled by single trawler as investigation boat in 18 stations in the offshore waters of the Mid-Southern East China Sea (26°00'N—28°30'N, 121°00'E—126°00'E) in May, August, November, 2006 and February, 2007, total catch from each trawler was counted and identified to species in taxonomy, and the spatial variation of the shrimp species composition, index of relative importance (IRI), the diversity and similar characteristics of the community structure were analyzed. 32 species of shrimp were caught in this survey, which belonged to 22 families under 11 genera. Comparison of the amounts of various species in different seasons: there are 22 species in the autumn which are the most; 20 species in winter, 17 and 18 species in the spring and the summer respectively. According to the standard of index of relative importance (IRI) (the species with IRI above 1000 were regarded as the dominant species in this paper), there were 10 dominant species: *Metapenaeopsis longirostris*, *Metapenaeopsis dalei*, *Solenocera alticarinata*, *Plesionika izumiae*, *Ibacus novemdentatus*, *Parapenaeus fissuroides*, *Solenocera koelbeli*, *Solenocera crassicomis*, *Parapenaeopsis hardwickii* and *Solenocera crassicomis*, and 5 of them were major dominant species which were *Metapenaeopsis longirostris*, *Metapenaeopsis dalei*, *Plesionika izumiae*, *Parapenaeus fissuroides* and *Parapenaeopsis hardwickii*. Defined the ones with IRI values ranging from 100 to 1000 as common species, we got 7: *Metapenaeopsis barbata*, *Penaeus japonicus*, *Plesionika dentirostris*, *Palaemon gravieri*, *Alpheus japonicus*, *Parapandalus spinipes* and *Sicyonia cristata*. The abundance of the dominant species was varied with seasons. For example, 5 were in May: *Metapenaeopsis longirostris*, *Metapenaeopsis dalei*, *Parapenaeopsis hardwickii*, *Solenocera alticarinata* and *Plesionika izumiae*, 89.15% of the total catch and 92.14% of the total individuals. In August, there were 7 dominant species: *Metapenaeopsis dalei*, *Plesionika izumiae*, *Metapenaeopsis longirostris*, *Parapenaeus fissuroides*, *Solenocera crassicomis*, *Ibacus novemdentatus* and *Solenocera alticarinata*, 91.82% of the total catch and 95.05% of the total individuals. In November, the number of dominant species increased to 8: *Metapenaeopsis longirostris*, *Plesionika izumiae*, *Parapenaeus fissuroides*, *Metapenaeopsis dalei*, *Solenocera crassicomis*, *Ibacus novemdentatus*, *Solenocera koelbeli* and *Solenocera alticarinata*, occupying 95.31% and 97.56% of the total catch individuals, respectively. In February, the number reduced to 5: *Metapenaeopsis longirostris*,

Parapenaeus fissuroides, *Metapenaeopsis dalei*, *Solenocera koelbeli* and *Plesionika izumiae*, 88.76% and 94.93% respectively. Based on their adaptability to habitats, all recorded species of shrimps were categorized into the hyperthermal and hysaline community in the Mid-Southern East China Sea. The stations with high abundance were mainly located in the west of the 120m isobaths, and gradually lower toward the autumn to winter, while it reached the lowest in winter. Margalef index (D) and Shannon-Wiener index (H') were higher in summer and autumn than those in winter and spring, Pielou's evenness index (J') in the offshore waters of the Mid-Southern East China Sea was stable through every season. The result indicated that the diversity index west of the 120m isobaths was higher than in the east. By hierarchical cluster analysis and non-metric multidimensional scaling (NMDS) assisted analyzing, the types of shrimp assemblage determined by influential factor such as aquatic system, water mass and salinity etc. in the East China Sea in spring were also discussed in the article, two main assemblages were identified in the offshore waters of the Mid-Southern East China Sea, which were deeper coastal shrimp assemblage and outer shelf sea shrimp assemblage.

Key words: Shrimps; Community structure; Dominant species; Diversity; The offshore waters; The Mid-Southern East China Sea