

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2016.15326

南麂列岛海洋自然保护区的虾类种类组成和数量分布

夏陆军¹, 陈万东², 郑基¹, 蔡厚才², 伍尔魏², 毕耜瑶¹, 谢旭¹, 俞存根¹

1. 浙江海洋学院 水产学院, 浙江 舟山 316024;

2. 南麂列岛国家海洋自然保护区管理局, 浙江 平阳 325401

摘要: 根据2013年11月、2014年2月、5月、9月在南麂列岛海洋自然保护区开展渔业资源调查所获得的虾类调查资料, 将生物量作为虾类资源分布的数量指标, 对南麂列岛海洋自然保护区的虾类种类组成、数量分布、优势种变化, 及其与环境因子的关系等进行了研究。结果如下: (1)调查海域共鉴定出虾类25种, 隶属于9科17属。虾类生物量各季节由高到低依次为夏季(32358.0 g)、秋季(13033.0 g)、冬季(3938.6 g)、春季(3635.6 g); (2)虾类数量分布季节变化明显, 且岛礁区偏外的开阔海域虾类生物量比较高; (3)不同季节优势种更替较显著, 春季优势种为日本鼓虾、鲜明鼓虾和细巧仿对虾, 夏季优势种为哈氏仿对虾和中华管鞭虾, 秋季优势种为中华管鞭虾、细巧仿对虾和哈氏仿对虾, 冬季的优势种为细巧仿对虾、脊尾白虾、鲜明鼓虾和日本鼓虾; (4)水深对虾类生物量分布影响明显, 各季节虾类生物量与环境因子相关性关系变化较大。结论认为, 南麂列岛调查海域的虾类种类以季节性的广温广盐性种类为主; 主要优势种生物量夏秋两季明显高于冬春两季, 可能是因为大量虾类冬春季离开该海域去其他海域越冬繁殖, 而到了夏秋季则回到该海域产卵、育肥和栖息; 在夏、秋、冬季沿岸区虾类生物量高于岩礁区, 可能因为虾类一般生活于有利于索饵、成长的泥沙底质沿岸区; 优势种更替显著与主要优势种生长周期与虾类个体大小特征有关; 南麂列岛海域虾类生物量与环境因子关系复杂与该海域多变的温度盐度、复杂区系特点有关; 虾类生物量分布随水深变化分布明显, 这主要是由于调查海域主要优势种虾类活动范围与水深有关。

关键词: 虾类; 种类组成; 优势种; 数量分布; 南麂列岛

中图分类号: S932

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2016)03-0648-13

虾类营养价值高, 优质美味, 一直深受消费者青睐, 尤其在当前主要经济鱼类资源衰退的情况下, 虾类已成为海洋捕捞经济新的增长点。同时, 虾类作为海洋生态系统中不可或缺的一部分, 其种类数量变化会影响整个生态系统的动态平衡, 而近年来, 由于虾类资源生命周期短, 对其开采与捕捞过度, 已影响虾类资源稳定性, 这会导致整个食物链乃至整个海洋生态系统平衡的破坏。所以对虾类资源进行有效的评估, 研究掌握虾类种类组成及群落结构特征, 使虾类满足人们的需求又可持续发展具有十分重要的意义。

东海是我国重要的虾类资源产区, 目前对东海虾类资源数量分布及群落结构的已有大量研究报告, 刘瑞玉^[1-2]对东海虾类区系及动物地理特征进行过报道, 宋海棠^[3]进一步对东海虾类的生态群落与区系特征进行分析, 俞存根等^[4]和陈小庆等^[5-6]对东海进行种类组成、优势种、多样性以及群落结构进行较为全面的分析, 何贤保等^[7]对我国舟山渔场附近海域虾类群落结构特征进行报道, 张洪亮等^[8]对浙江南部沿岸产卵场群落结构进行过研究, 齐海明等^[9-11]对浙江椒江口海域春季虾类资源分布、群落结构以及与环境因子间关

收稿日期: 2015-08-19; 修订日期: 2015-09-20.

基金项目: 国家自然科学基金项目(31270527); 南麂列岛国家海洋自然保护区管理局委托项目(NJKJ-2013-003).

作者简介: 夏陆军(1991-), 男, 硕士研究生, 研究方向为渔业资源. E-mail: 670496735@qq.com

通信作者: 俞存根(1960-), 教授. E-mail: cgyu@zjou.edu.cn

系进行过研究, 卢占晖等^[12]整体对东海大陆架虾类资源量做了评估。国外目前对虾类生态学的研究也比较多, 比如, Lobry 等^[13]研究了法国 Gironde 河口虾类种类组成的时空变化; Munga 等^[14]分析了 Malindi-Ungwana 湾对虾的种类组成、群落结构等。

南麂列岛海洋自然保护区位于太平洋西海岸中部的中国东海大陆架上, 其远离大陆。该海域是众多海流的交汇地, 混合水团(南海暖流和黄海冷水团)在不同季节对南麂列岛产生相应程度的影响, 台湾暖流和江浙沿岸流对其交互影响, 造就了南麂列岛特殊的生态环境^[15], 使之成为众多渔业资源繁殖、索饵、生长的良好栖息场所, 国内众多学者、专家也将目光置于此, 比如, 周年兴等^[16]、张鑫等^[17]、姜云^[18]对南麂生态方面进行了研究, 高爱根等^[19]、何贤保等^[20]、晁文春等^[21]、

汤雁滨等^[22]、孙建璋等^[23]对于南麂列岛资源分布方面的研究, 但对于南麂列岛虾类的种类组成和数量分布的报道尚不多见。本研究根据 2013—2014 年在南麂列岛海洋自然保护区开展的渔业资源调查中所获得的虾类资源资料为基础, 结合了以往在该海域调查数据, 分析比较了虾类的种类组成、数量分布以及优势种变化趋势等, 其目的是初步了解南麂列岛海域虾类资源的现状和分布特点, 以期为该保护区提供虾类资源的基础材料。

1 材料与方法

1.1 数据来源

文中所用数据取自 2013 年 11 月(秋)、2014 年 2 月(冬)、5 月(春)和 9 月(夏)在南麂列岛海洋自然保护区海域进行渔业资源定点拖网调查所获得的虾类资料, 调查共设置 20 个站位(图 1)。

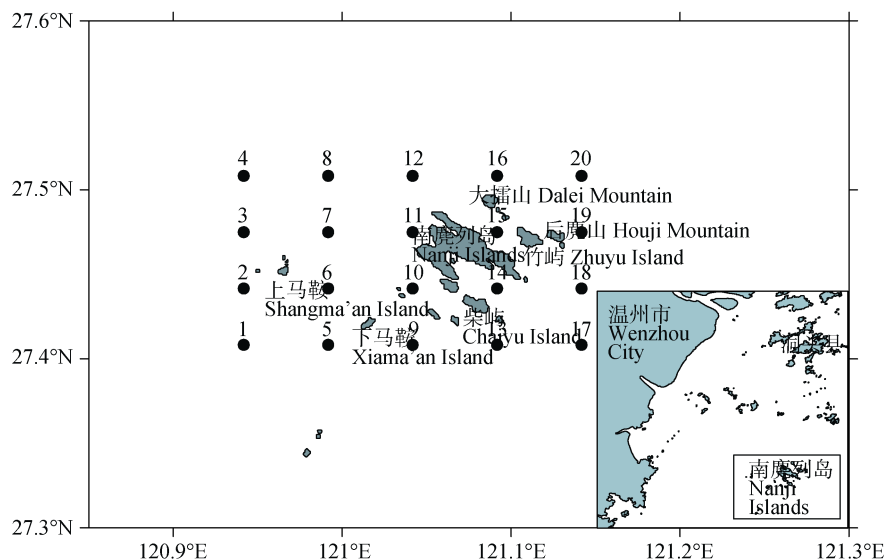


图 1 调查站位分布示意图

Fig. 1 Sampling stations of the study

渔业资源调查方法按照《海洋渔业资源调查规范》(SC/9403-2012)进行。调查船租用船号为浙苍渔 0942 号的拖网渔船, 渔船主机功率为 202 kW, 网具规格为 750 目×80 mm。调查时每站拖曳约 1 h, 拖速约为 3.5 kn。每站拖网所获的渔获物全部取样装入样品袋, 将样品袋号码记入渔捞记录中, 放在船舱里低温冰鲜保存, 样品鉴定分析在实验

室内进行, 并对主要渔获种类进行生物学测定, 称重使用电子天平, 精确度为 0.1 g。同时, 利用 CTD 仪, 与渔业资源调查同步测定每个站位的底层温度、底层盐度、深度以及叶绿素 a。

1.2 数据处理及分析方法

虾类优势种的计算采用相对重要性指数, 计算公式如下:

$$IRI = [(n_i / N + w_i / W) \cdot f_i / m] \cdot 10^5$$

式中, n_i 、 w_i 分别为第 i 种虾类的个体数和生物量; N 、 W 分别为调查所获得的虾类总个体数和总生物量; f_i 为第 i 种虾类在 m 次取样中出现的频率; m 为取样次数。将相对重要性指数 (IRI) 大于 1000 者定为优势种, 在 100~1000 者定为常见种^[24]。

物种更替率 (R) 计算公式:

$$R = (1 - \frac{c}{a+b-c}) \times 100\%$$

式中, a 、 b 分别为相邻月份的物种数, c 为相邻月份共同的物种数^[25]。

本研究的鱼类种类名录主要参照《中国海洋生物名录》^[26]。为了分析说明方便, 根据渔场位置、水深等环境条件, 将调查海域分为两大区域加以分析, 即: 1~8 号站位为沿岸区, 9~20 号站位为岛礁区。

2 结果与分析

2.1 种类与组成

2.1.1 种类 本次调查共鉴定出虾类 25 种, 隶属于 9 科 17 属。其中, 春季有 16 种, 隶属于 8 科 12 属; 夏季有 13 种, 隶属于 6 科 9 属; 秋季有 15 种, 隶属于 6 科 10 属; 冬季有 15 种, 隶属于 7 科 12 属。本次调查所获的虾类中, 群体数量较大、经济价值较高的渔业捕捞对象种类有哈氏仿对虾 (*Parapenaeopsis hardwickii*)、中华管鞭虾 (*Hippolytina ensirostris*)、周氏新对虾 (*Metapenaeus joyneri*)、脊尾白虾 (*Exopalaemon carinicauda*) 和细巧仿对虾 (*Parapenaeopsis tenella*) 等。经济价值不高, 但群体数量较大的种类有鲜明鼓虾 (*Alpheus distinguendus*) 和日本鼓虾 (*Alpheus japonicus*) 等 (表 1)。

2.1.2 组成 南麂列岛海洋自然保护区渔获物组成以 2013—2014 年春、夏、秋、冬季 4 个航次大面定点拖网调查资料为基础。根据调查资料, 20 个站位的四季虾类总生物量为 52965.5 g, 占总生物量的 1.31%。从 4 个季度的平均每小时虾类生物量来看, 以哈氏仿对虾、中华管鞭虾、周氏新对

虾、细巧仿对虾、脊尾白虾为较高, 分别占虾类生物量的 36.61%、26.05%、10.92%、8.92%、5.74%; 其次是鲜明鼓虾、葛氏长臂虾 (*Palaemon gravieri*)、中国明对虾 (*Fenneropenaeus chinensis*)、日本鼓虾, 分别占虾类总生物量的 3.78%、2.54%、1.79%、1.64%。上述 16 种虾占虾类总生物量高达 97.99%, 而其他种类的生物量较少 (表 1)。

从表 1 还可以看出, 调查海域不同季节的虾类生物量组成相差较大。春季以细巧仿对虾、鲜明鼓虾、日本鼓虾数量最多, 共占虾类生物量组成的 66.86%; 其次是周氏新对虾, 占 8.53%。夏季以哈氏仿对虾、中华管鞭虾、周氏新对虾数量最多, 共占虾类生物量组成的 88.25%, 其中以哈氏仿对虾占绝对优势, 占 51.52%; 其次是细巧仿对虾, 占 6.52%。秋季以中华管鞭虾、哈氏仿对虾、脊尾白虾数量最多, 共占虾类生物量组成的 77.47%, 其中以中华管鞭虾占绝对优势, 占 46.28%; 其次是周氏新对虾, 占 9.87%。冬季脊尾白虾、鲜明鼓虾、细巧仿对虾、葛氏长臂虾数量最多, 共占虾类生物量组成的 91.07%; 其次是日本鼓虾, 占 6.05%。

2.2 数量分布

2.2.1 季节变化 南麂列岛海洋自然保护区虾类生物量及渔获率季节变化明显, 4 个季度的虾类总生物量为 52965.5 g, 渔获率为 662.1 g/h。其中以夏季最高 (32358.0 g、1617.9 g/h), 秋季次之 (13033.0 g、651.7 g/h), 冬季居第三 (3938.6 g、196.9 g/h), 春季最少 (3635.6 g、181.8 g/h)。

2.2.2 时空分布 南麂列岛海洋自然保护区不同季节虾类重量渔获率时空分布如图 2 所示。为了便于分析说明, 根据虾类重量渔获率, 将调查海域虾类渔获率低于 1000 g/h 的站位称为低密集区, 在 1000~2000 g/h 的站位称为中密集区, 高于 2000 g/h 称为高密集区, 分为这 3 种类型加以分析。

春季调查海域的虾类生物量为 3635.6 g, 仅占周年虾类总生物量的 6.86%, 各站位的渔获率分布范围为 5.7~1014.2 g/h, 高低相差 177.9 倍, 平均为 181.8 g/h, 春季调查海域虾类渔获率普遍较低, 仅 20 号站位的渔获率属中密集区, 其余各

表 1 南麂列岛海洋自然保护区不同季节虾类生物量组成
 Tab.1 The seasonal variation of biomass composition for shrimp species in the Nanji Islands marine conservation area

种名 species	春季 spring			夏季 summer			秋季 autumn			冬季 winter			合计 total		
	生物量/g biomass	比例/% proportion	生物量/g biomass	比例/% proportion	生物量/g biomass	比例/% proportion	生物量/g biomass	比例/% proportion	生物量/g biomass	比例/% proportion	生物量/g biomass	比例/% proportion	生物量/g biomass	比例/% proportion	生物量/g biomass
安氏白虾 <i>Exopalaemon amandaei</i>	0	0	99.3	0.31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	99.3	0.19
鞭腕虾 <i>Hippolyasmata vittata</i>	0.7	0.02	0	0	24.3	0.19	28.3	0.72	53.4	0.1					
扁足异对虾 <i>Atyopenaeus stenodactylus</i>	1.7	0.05	0	0	0	0	0.8	0.02	2.5	0					
戴氏赤虾 <i>Metapenaeopsis dale</i>	229.8	6.32	0	0	0	0	29.4	0.75	259.2	0.49					
刀额新对虾 <i>Metapenaeus ensis</i>	9.8	0.27	20.9	0.06	54.3	0.42	0	0	85	0.16					
曲根鞭腕虾 <i>Hippolyte kuekenthali</i>	0	0	0	0	0	0	13.3	0.34	13.3	0.03					
东海红虾 <i>Plesionika izumiae</i>	11.1	0.31	0	0	0	0	0	0	11.1	0.02					
葛氏长臂虾 <i>Palaemon gravieri</i>	243.9	6.71	243.2	0.75	417.6	3.2	440.1	11.17	1344.8	2.54					
哈氏仿对虾 <i>Parapenaeopsis hardwickii</i>	231.8	6.38	16671	51.52	2490	19.11	0	0	19392	36.61					
脊额鞭腕虾 <i>Hippolyasmata ensirostris</i>	6.6	0.18	103.8	0.32	99.3	0.76	0	0	209.7	0.4					
脊腹褐虾 <i>Crangon affinis</i>	0	0	0	0	0	0	3.9	0.1	3.9	0.01					
脊尾白虾 <i>Exopalaemon carinicauda</i>	0	0	60.7	0.19	1575.1	12.09	1403.9	35.64	3039.7	5.74					
巨指长臂虾 <i>Palaemon macrodactylus</i>	0	0	0	0	10.8	0.08	0	0	10.8	0.02					
日本鼓虾 <i>Alpheus japonicus</i>	587.6	16.16	19.9	0.06	21.6	0.17	238.2	6.05	867.3	1.64					
细螯虾 <i>Leptocheila gracilis</i>	0.1	0	0	0	10.7	0.08	9.7	0.25	20.5	0.04					
细巧仿对虾 <i>Parapenaeopsis tenella</i>	952.2	26.19	2109.2	6.52	850.5	6.53	810.7	20.58	4722.6	8.92					
细指长臂虾 <i>Palaemon tenuidactylus</i>	0	0	0	0	0	0	0.7	0.02	0.7	0					
鲜明鼓虾 <i>Alpheus distinguendus</i>	890.8	24.5	144.5	0.45	33.8	0.26	932.5	23.67	2001.6	3.78					
鹰爪虾 <i>Trachypenaeus curvirostris</i>	0	0	0	0	125.5	0.96	8.1	0.21	133.6	0.25					
脊额鞭腕虾 <i>Hippolyasmata ensirostris</i>	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0					
中国毛虾 <i>Acetes chinensis</i>	102.2	2.81	49.2	0.15	0	0	9.9	0.25	161.3	0.3					
中国明对虾 <i>Fenneropenaeus chinensis</i>	0	0	950	2.94	0	0	0	0	950	1.79					
中华安乐虾 <i>Euatulus sinensis</i>	0	0	0	0	1.8	0.01	0	0	1.8	0					
中华管鞭虾 <i>Solenocera crassicornis</i>	57.2	1.57	7707.6	23.82	6031.4	46.28	0	0	13796	26.05					
周氏新对虾 <i>Metapenaeus jayneri</i>	310	8.53	4179.2	12.92	1286	9.87	9.2	0.23	5784.5	10.92					

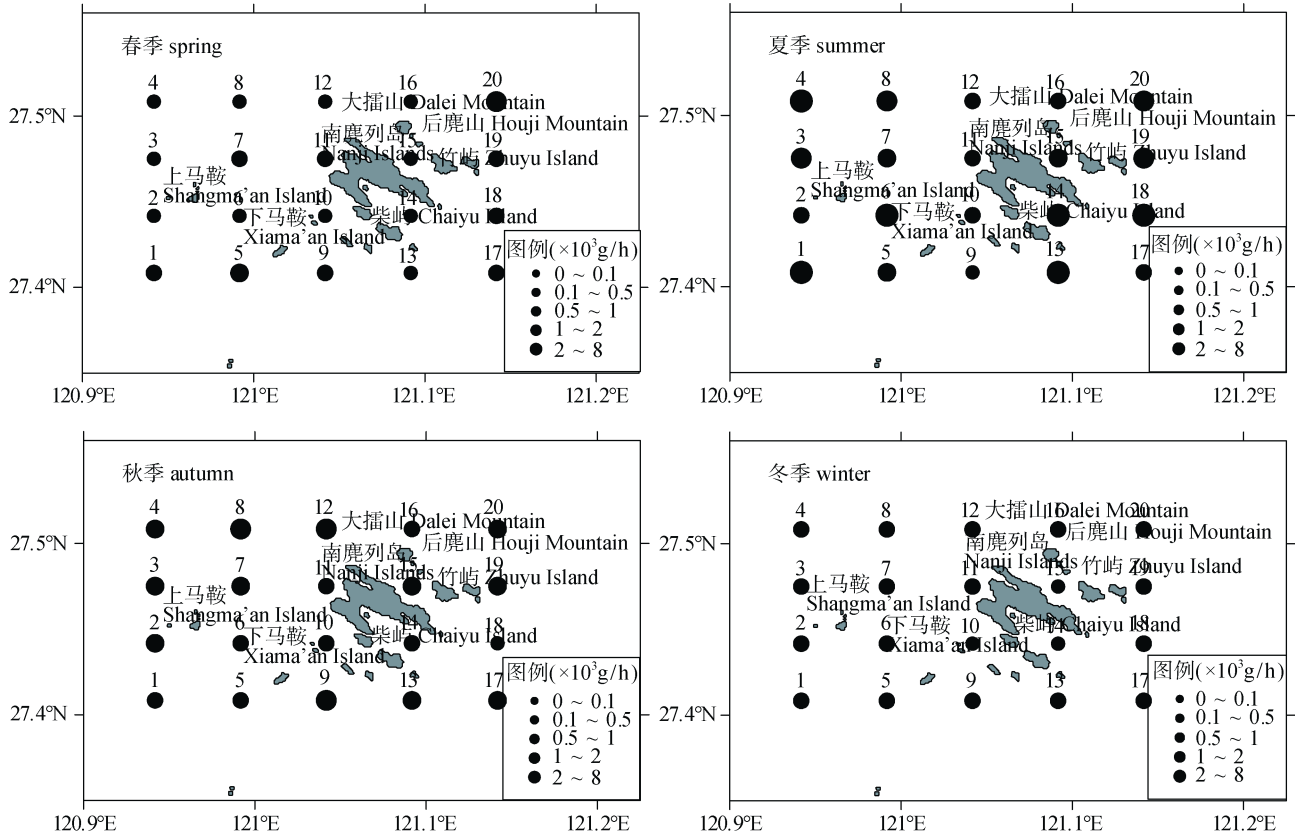


图 2 南麂列岛海洋保护区不同季节虾类渔获率(1000 g/h)分布

Fig. 2 The seasonal variation of average CPUE (catch per unit effort) (1000 g/h) Nanji Islands marine conservation area

站位的渔获率均属低密集水平, 沿岸区平均虾类渔获率为 143.3 g/h, 岛礁区虾类渔获率为 207.4 g/h。夏季调查海域的虾类生物量为 32358.0 g, 占周年虾类比重最大, 达总生物量的 61.09%, 各站位的渔获率分布范围为 42.4~6975.0 g/h, 高低相差 164.5 倍, 平均为 1617.9 g/h, 夏季调查海域虾类渔获率明显升高, 其中沿岸区虾类渔获率较高, 37.5%站位的渔获率均属高密集水平, 平均为 2446.9 g/h, 岛礁区有 25.0%站位的平均每小时生物量均属高密集水平, 平均为 1065.2 g/h。秋季调查海域的虾类生物量为 13033.0 g, 占周年虾类总生物量的 24.61%, 各站位的渔获率分布范围为 66.6~1867.3 g/h, 高低相差 28.0 倍, 平均为 651.7 g/h, 秋季调查海域虾类渔获率显著降低, 各站位的渔获率均属中低密集水平, 沿岸区虾类渔获率, 平均为 687.8 g/h, 岛礁区虾类渔获率, 平均为 627.5 g/h。冬季调查海域的虾类生物量为 3938.6 g, 占周年虾类总生物量的 7.44%, 各站位的渔获率分布范

围为 0.00~451.1 g/h, 平均为 196.9 g/h, 冬季调查海域虾类渔获率降低, 沿岸区虾类渔获率较低, 平均为 219.0 g/h, 岛礁区虾类渔获率, 平均为 182.3 g/h。

2.3 优势种及其数量时空分布

根据四个季度月的调查结果, 不同虾类的优势度计算结果如表 2 所示。从表中可以看出, 不同季节优势种差别较大, 春季的优势种类由高到低依次为: 细巧仿对虾、日本鼓虾、鲜明鼓虾; 夏季的优势种由高到低依次为哈氏仿对虾、中华管鞭虾; 秋季的优势种由高到低依次为中华管鞭虾、细巧仿对虾、哈氏仿对虾; 冬季的优势种则由高到低依次为细巧仿对虾、脊尾白虾、鲜明鼓虾、日本鼓虾。其中, 经济价值较高, 群体数量也较大的经济种类主要有细巧仿对虾、哈氏仿对虾、中华管鞭虾和脊尾白虾等 4 种, 群体数量较大, 但经济价值较低的非经济种主要有日本鼓虾、鲜明鼓虾等 2 种。

表 2 南麂列岛海洋保护区虾类优势种和常见种相对重要性指数季节变化

Tab. 2 The seasonal variation on the IRI of shrimp dominant and common species in the Nanji Islands marine conservation area

种名 species	季节 season			
	春季 spring	夏季 summer	秋季 autumn	冬季 winter
安氏白虾 <i>Exopalaemon annandalei</i>		3.3		
鞭腕虾 <i>Hippolysmata vittata</i> Stimpson	0.1		14.8	50.2
扁足异对虾 <i>Atypopenaeus stenodactylus</i>	0.3			0.2
戴氏赤虾 <i>Metapenaeopsis dale</i>	302.3			13.4
刀额新对虾 <i>Metapenaeus ensis</i>	0.9	0.4	5.4	
曲根鞭腕虾 <i>Hippolyte kuekenthali</i>				6.8
东海红虾 <i>Plesionika izumiae</i>	17.7			
葛氏长臂虾 <i>Palaemon gravieri</i>	215.0	46.5	416.6	874.6
哈氏仿对虾 <i>Parapenaeopsis hardwickii</i>	147.5	3846.1	1446.6	
脊额鞭腕虾 <i>Hippolysmata ensirostris</i>	2.2	4.1	22.2	
脊腹褐虾 <i>Crangon affinis</i>				0.4
脊尾白虾 <i>Exopalaemon carincauda</i>		1.5	956.0	1810.9
巨指长臂虾 <i>Palaemon macrodactylus</i>			0.9	
日本鼓虾 <i>Alpheus japonicus</i>	2142.4	1.9	31.2	1043.3
细螯虾 <i>Leptochela gracilis</i>	0.1		9.8	15.5
细巧仿对虾 <i>Parapenaeopsis tenella</i>	2712.5	804.0	1485.8	2906.2
细指长臂虾 <i>Palaemon tenuidactylus</i>				0.2
鲜明鼓虾 <i>Alpheus distinguendus</i>	1630.7	29.7	15.8	1676.8
鹰爪虾 <i>Trachypenaeus curvirostris</i>			9.2	1.8
脊额鞭腕虾 <i>Hippolysmata ensirostris</i>	0.1			
中国毛虾 <i>Acetes chinensis</i>	475.2	3.5		59.0
中国明对虾 <i>Fenneropenaeus chinensis</i>		8.2		
中华安乐虾 <i>Eualus sinensis</i>			0.1	
中华管鞭虾 <i>Solenocera crassicornis</i>	12.0	1810.9	4395.1	
周氏新对虾 <i>Metapenaeus joyneri</i>	179.1	574.6	614.8	0.7

从表 2 可得出, 春、夏季优势种共有种类数为 0, 夏、秋季优势种共有种类数为 2 种, 秋、冬季优势种共有种类数为 1 种, 春、冬季优势种共有种类数为 3 种。由此可得季节间优势种更替率 r 值分别为: 春-夏季节间优势种更替率为 100%, 夏-秋季节间优势种更替率为 33.3%, 秋-冬季节间优势种更替率为 83.3%, 冬-春季节间优势种更替率为 25.5%。

2.3.1 哈氏仿对虾 哈氏仿对虾是调查海域虾类生物量最高的种类, 占虾类总生物量的 36.61%, 出现在春夏秋季, 冬季未出现, 渔获率夏季(16670.5 g/h) > 秋季(2490.0 g/h) > 春季(231.8 g/h) > 冬季(0.0 g/h)。夏季最高渔获率出现在 6 号站位, 为 4228.4 g/h, 2、7、12、13 号站位未出现哈氏仿

对虾, 渔获率为 0.0 g/h; 秋季最高渔获率出现在 8 号站位, 为 236.0 g/h, 18 号站位未出现哈氏仿对虾, 渔获率为 0.0 g/h; 春季哈氏仿对虾仅于 1、7、9、11、18、19、20 号站位捕获, 最高渔获率出现在 9 号站位, 为 89.4 g/h。

2.3.2 中华管鞭虾 中华管鞭虾是调查海域虾类生物量第二的种类, 占虾类总生物量的 26.05%, 出现在春夏秋季, 冬季未出现, 渔获率由高到低依次为夏季(7707.6 g/h)、秋季(6031.4 g/h)、春季(57.2 g/h)、冬季(0.0 g/h)。夏季最高渔获率出现在 4 号站位, 为 3702.0 g/h, 1、5、9、15、19 号站位未出现哈氏仿对虾, 渔获率为 0.0 g/h; 秋季所有站位均出现中华管鞭虾, 最高渔获率出现在 8 号站位, 为 1134.0 g/h, 最低渔获率出现在 18 号站位,

为 39.6 g/h; 春季中华管鞭虾仅于 9、18 号站位捕获, 最高渔获率出现在 18 号站位, 为 38.8 g/h。

2.3.3 细巧仿对虾 细巧仿对虾是调查海域虾类生物量第四的种类, 占虾类总生物量的 8.92%, 所有季节均出现, 渔获率由高到低依次为夏季(2109.2 g/h)、春季(952.2 g/h)、秋季(850.5 g/h)、冬季(810.7 g/h)。夏季最高渔获率出现在 19 号站位, 为 373.7 g/h, 7、8、10、16、20 号站位未出现细巧仿对虾, 渔获率为 0.0 g/h; 春季最高渔获率出现在 20 号站位, 为 232.6 g/h, 4 号站位未出现细巧仿对虾, 渔获率为 0.0 g/h; 秋季细巧仿对虾所有站位均捕获, 最高渔获率出现在 12 号站位为 108.0 g/h, 最低渔获率出现在 13 号站位为 2.6 g/h。

2.3.4 脊尾白虾 脊尾白虾是调查海域虾类生物量第五的种类, 占虾类总生物量的 5.74%, 夏秋冬季出现, 春季未出现, 渔获率由高到低依次为秋季(1575.2 g/h)、冬季(1403.9 g/h)、夏季(60.7 g/h)、

春季(0 g/h)。秋季最高渔获率出现在 8 号站位, 为 257.3 g/h, 13 号站位未出现细巧仿对虾, 渔获率为 0.0 g/h; 冬季最高渔获率出现在 4 号站位, 为 376.4 g/h, 7、10、15、17 号站位未出现脊尾白虾, 渔获率为 0.0 g/h; 夏季脊尾白虾仅于 5、9 号站位捕获, 最高渔获率出现在 18 号站位, 为 58.4 g/h。

2.4 虾类数量分布与环境因子的关系

根据 2013—2014 年采用 CTD 仪调查数据, 南麂列岛海洋自然保护区的水深、底层水温、底层盐度分布如下:

水深: 南麂列岛调查海域水深分布范围为 11.9~36.4 m, 平均水深 23.6 m, 水深大致呈自西向东逐渐的趋势。从图 2 可以看出, 虾类生物量呈现随水深不同而变化的趋势。由表 3 中可以看出, 夏季在不同水深的生物量都高于其他季节, 各个季节都以水深 20~30 m 处的生物量为最高, 其次是水深为 10~20 m 的海域, 生物量最低水深为 30~40 m 海域。

表 3 南麂列岛海洋自然保护区不同水深虾类渔获率的变化

Tab. 3 Different water depth of the shrimp's average CPUE (catch per unit effort) in the Nanji Islands marine conservation area $g \cdot h^{-1}$

水深/m water depth	春季 spring	夏季 summer	秋季 autumn	冬季 winter
10-20	62.0	1937.6	644.1	259.3
20-30	253.2	1669.3	684.7	198.1
30-40	17.3	484.8	455.9	33.7

底层水温: 南麂列岛调查海域四季底层水温分布范围为 9.17~27.38℃, 最低值出现在冬季, 最高值出现在夏季, 春季调查海域平均底层水温为 17.49℃(17.23~17.93℃), 夏季调查海域平均底层水温为 26.76℃(25.95~27.38℃), 秋季调查海域平均底层水温为 20.81℃(20.25~21.69℃), 冬季调查海域平均底层水温为 9.61℃(9.17~10.02℃)。南麂列岛调查海域底层水温从西到东依次增加, 底层水温变化与水深深度相关, 水深越深底层水温越高。

底层盐度: 南麂列岛调查海域底层盐度分布范围为 26.16~33.77, 最低值出现在冬季, 最高值出现在春季, 春季调查海域平均底层盐度为 31.37(30.39~33.77), 夏季调查海域平均底层盐度

为 30.11(27.09~33.19), 秋季调查海域平均底层盐度为 29.40(28.17~31.67), 冬季调查海域平均底层盐度为 29.73(26.16~31.54)。底层盐度与底层温度相同, 也是从西到东依次增加, 底层盐度也随水深增加而逐渐增高。

将不同季节同步调查所得的虾类生物量与环境因子(水深、底层水温、底层盐度)进行相关性分析, 结果表明, 春季虾类生物量与底层温度、底层盐度、深度等环境因子呈正相关性, 而夏、秋季的虾类生物量与温、盐、深等环境因子呈负相关性, 冬季的虾类生物量与温、盐、深等环境因子相关性不明显。虾类生物量与底层盐度的相关性较好(春季 $R=0.491$, 夏季 $R=-0.216$, 秋季 $R=-0.161$, 冬季 $R=0.117$), 与其他环境因子相关性较差(表 4)。

表 4 南麂列岛海洋自然保护区不同季节环境因子与虾类生物量之间相关系数(Pearson)
Tab. 4 Correlation coefficients (Pearson) for environmental factor between biomass for shrimp in the Nanji Islands marine conservation area

环境因子 environmental factor	春季 spring	夏季 summer	秋季 autumn	冬季 winter
水深 depth	0.129	-0.228	-0.062	-0.214
底层水温 bottom temperature	0.231	-0.303	-0.168	0.165
底层盐度 bottom salinity	0.491	-0.228	-0.161	0.117

3 讨论

3.1 虾类种类组成

南麂列岛调查海域受台湾暖流和江浙沿岸流长期影响,物种种类繁多,资源丰富,素有“贝藻王国”之称,同时,根据本次调查结果得知,虾类资源也很丰富,根据本次调查,共鉴定出虾类有 25 种,其中一年四季均有出现的有 5 种,占虾类总种数的 14.29%,而绝大部分种只在某些季节出现,如中国明对虾和安氏白虾仅在夏季出现,细指长臂虾、鞭腕虾和脊腹褐虾仅在冬季发现等,从而可以看出,分布在南麂列岛调查海域的虾类以季节性种类为主,地方种类不多。从生态类型来看,调查海域的 25 种虾大都为广温广盐性种类,这可能与南麂列岛调查海域地理与水文环境复杂有关。

根据仇林根调查结果^[27],20 世纪 90 年代初调查表明南麂列岛及附近海域鉴定出的虾类共有 79 种,与本次调查结果与之相差甚远,可能与调查范围、工具不同所致。仇林根于 1992 年调查的经济虾类中优势种为中国毛虾、高脊管鞭虾、中华管鞭虾、长缝拟对虾、哈氏仿对虾、须赤虾、戴氏赤虾、周氏新对虾、脊尾白虾、日本对虾、细螯虾等,与本次调查相比较,哈氏仿对虾、脊尾白虾和中华管鞭虾依旧是经济种中优势种,而中国毛虾、高脊管鞭虾、长缝拟对虾、须赤虾、戴氏赤虾、周氏新对虾、日本对虾、细螯虾等不再是优势种,尤其是高脊管鞭虾、长缝拟对虾、须赤虾、日本对虾等在本次调查中没有捕获,此外,在本次调查中出现的优势种细巧仿对虾,在仇林根调查中不是优势种。这可能与虾类生态类型和南麂列岛海洋自然保护区多变的海洋生态环境有关,哈氏仿对虾、中华管鞭虾、细巧仿对虾等是广温

广盐性类群,对温度、盐度适应范围较大,在两次调查中都为优势种,而高脊管鞭虾、长缝拟对虾、须赤虾等,高温高盐性类群,对温度、盐度适应范围比较小,不适应环境复杂多变的南麂列岛海域。

与晁文春等^[21]于 2011 年调查鉴定 19 种相比较种类丰富,种类差异明显,这可能与调查方法不同有关,晁文春等 2011 年仅仅布置 10 个站位于春季和夏季岛礁区调查,而本次调查共布置 20 个站位,站位数量达两倍且于四个季度岛礁区和沿岸区调查,由于晁文春等调查优势种为甲壳类共同优势种,不具有可比性,故不作讨论。

3.2 数量时空分布特征

从虾类数量的区域分布变化来看,春季仅 20 号站位虾类生物量达 1000 g 以上;夏季数量普遍较高,有一半的站位数量达 1000 g 以上;秋季数量普遍超过 500 g,数量较为丰富;冬季虾类所有站位生物量比较均匀,普遍较低,均低于 500 g。由此可见,本次调查海域虾类生物量较高的区域一般位于岛礁区偏外的开阔海域,这可能是因为大量虾类冬春季离开该海域去其他海域越冬繁殖,而到了夏秋季则回到该海域产卵、育肥和栖息。

从虾类生物量季节变化上来看,虾类生物量由高到低依次为夏季(32358.0 g)、秋季(13033.0 g)、冬季(3938.6 g)、春季(3635.6 g),季节变化明显,春冬季调查海域虾类生物量显著低于夏秋季。春季虾类生物量最低,但渔获种类最多,可能是由于细巧仿对虾等优势种都是幼体,总体生物量较低;夏季虾类生物量最高,这可能与该海域周年不断变化的海洋环境有关,南麂列岛海域终年盛行上升流,在西南季风作用下,上升流有所加强^[15],把富含营养物质的底层水不断向上传输,加上夏季水温升高,吸引大量虾类到该海域繁殖、索饵,

使其生物量最高;秋季气温降低,水温下降,西南季节减弱,生物量有所降低;冬季受低温低盐的东海北部海水影响,加上许多虾类进行越冬,离开该海域,使得生物量进一步减少。沿岸区和岛礁区生物量季节变化几乎与总生物量变化趋势类似,四季中仅春季沿岸区的虾类生物量低于岩礁区,可能是由于该季节正处于虾类的繁殖期,岛礁区水深较浅等环境因子更适合产卵,而在其他季节,虾类逐渐长大,大量虾类纷纷到沿岸区较广阔海域进行索饵等,此外,虾类一般生活与泥沙底质的沿岸区,而南麂列岛岛礁附近主要是岩相海岸,而沿岸区主要是砂质沉积物^[28],所以在夏、秋、冬季沿岸区虾类生物量高于岩礁区。

3.3 主要经济优势种分析

南麂列岛海洋自然保护区优势种更替比较显著,尤其以春季与夏季之间、秋季与冬季之间,优势种变化巨大;虽然夏季与秋季之间、冬季与春季之间优势种的更替率的值相对较小,但优势种的的实际变化也很大。春、夏季没有共同优势种,这可能是由于春季优势种日本鼓虾、鲜明鼓虾、细巧仿对虾等正处于繁殖期^[29],生物量较小,夏季生物量最高,优势种为哈氏仿对虾和中华管鞭虾,夏季正处于两种虾类成长期,且哈氏仿对虾和中华管鞭虾个体比日本鼓虾、鲜明鼓虾、细巧仿对虾大,所以优势种被哈氏仿对虾和中华管鞭虾所替代;夏、秋季共有优势种为哈氏仿对虾和中华管鞭虾,这两种虾夏、秋季已逐渐长大,所以两季优势种间更替率较小;秋、冬季共有优势种为细巧仿对虾,冬季为细巧仿对虾成长期,而哈氏仿对虾和中华管鞭虾成长期高峰期已过,开始出现其幼虾,所以冬季生物量也较小,优势种被细巧仿对虾取代;春、冬季共有优势为日本鼓虾、鲜明鼓虾、细巧仿对虾,冬季细巧仿对虾正处于成长期、春季处于繁殖期,日本鼓虾、鲜明鼓虾个体大小四季变化不大,当春、冬季大多数虾类处于繁殖期和越冬时,日本鼓虾、鲜明鼓虾变为优势种,所以两季优势种间更替率较小。

调查结果表明,哈氏仿对虾和中华管鞭虾生物量季节变化趋势类似,从生态类型上来看都属

于广分布性的经济种,在我国分布区域可达黄海、东海和南海,对温度、盐度适应范围较大,春季是两种虾类的繁殖期,个体较小,生物量较低,随着个体逐渐长大,经济效益也越来越高,到了夏秋季,生物量比较高,冬季向东部水深较深海域越冬,这可能是冬季未捕获的原因。细巧仿对虾与哈氏仿对虾、中华管鞭虾分布在同一海域,同属广温广盐性经济种类,在东海近海 20~60 m 水深混和海域都有分布,春夏季进入沿岸浅海产卵,秋冬季分布在较深海域索饵成长,所以秋冬季南麂列岛海域浅海沿岸捕获较少。脊尾白虾属于广温低盐性经济种,分布于黄海、东海、南海沿岸水域^[29],脊尾白虾繁殖期较长,为 3 月、4 月至 10 月,夏季正处于幼体,生物量较小,到秋冬季节幼体长大,生物量较大,脊尾白虾春季低温时有钻洞的习性,这可能是春季未捕获的原因。

3.4 环境因子对虾类生物量的影响

有研究表明,水深、温度和盐度等非生物环境因子是游泳动物生长、发育、分布主要限制因素,而水深是影响游泳动物群落结构变化的最主要环境因素^[30-32]。但本次调查总体看来,水深、温度和盐度等环境因子与南麂列岛海域虾类生物量相关性关系并不显著。这可能与南麂列岛海洋自然保护区多变的温度盐度、复杂区系特点有关,调查海域的 25 种虾大都为广温广盐性种类,从而导致虾类生物量与环境因子没有显著相关关系。

虾类生物量分布随水深变化分布明显,这主要是由于调查海域主要优势种活动范围与水深有关,比如,细巧仿对虾在东海近海主要分布于 10~60 m 水深,春季在外侧较深的海域进入较浅海域产卵,夏秋季在 30 m 水深的沿岸海域索饵成长,冬季相向东进入较深海域越冬,所以在夏秋季生物量较高,春冬季生物量较少,同时,细巧仿对虾是春、秋、冬季共同优势种,所以在生物量随水深季节变化上也是一致的。

致谢:倪孝品、曾贵侯等同志参加海上样品采集和室内种类鉴定,叶深、李德伟、李新、郭小雨等同志参加室内种类鉴定和数据处理,谨致谢忱。

参考文献:

- [1] Liu R Y. Notes on the economic macrurous crustacean fauna of the Yellow Sea and the East China Sea[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1959, 2(1): 35-42. [刘瑞玉. 黄海及东海经济虾类区系的特点[J]. *海洋与湖沼*, 1959, 2(1): 35-42.]
- [2] Liu R Y. Study on zoogeography of shrimps in the Yellow Sea and the East China Sea[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1963, 5(3): 230-244. [刘瑞玉. 黄、东海虾类动物地理学研究[J]. *海洋与湖沼*, 1963, 5(3): 230-244.]
- [3] 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[J]. *海洋科学集刊*, 2002, 44: 124-133.]
- [4] Yu C G, Chen X Q, Song H T, et al. Analysis on community structure and diversity of shrimps in the East China Sea in spring[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(7): 3594-3604. [俞存根, 陈小庆, 宋海棠, 等. 春季东海海域虾类群落结构及其多样性[J]. *生态学报*, 2009, 29(7): 3594-3604.]
- [5] Chen X Q, Yu C G, Song H T, et al. Structural characteristics and spatial distribution of the shrimp population in the mid-north East China Sea[J]. *Journal of Marine Sciences*, 2010, 28(4): 50-58. [陈小庆, 俞存根, 宋海棠, 等. 东海中北部海域虾类群聚结构特征及空间分布[J]. *海洋学研究*, 2010, 28(4): 50-58.]
- [6] Chen X Q, Yu C G, Yu C D, et al. Spatial distribution of shrimp assemblages in offshore waters of the mid-southern East China Sea[J]. *Journal of Zhejiang Ocean University*, 2010, 29(4): 318-323. [陈小庆, 俞存根, 虞聪达, 等. 东海中南部外海虾类组成特征分析[J]. *浙江海洋学院学报*, 2010, 29(4): 318-323.]
- [7] 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.]
- [8] Zhang H L, Wang Z M, Zhu Z J, et al. Analysis on the community characteristics of shrimps in coastal spawning ground of south Zhejiang during spring[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2013, 37(4): 712-721. [张洪亮, 王忠明, 祝增军, 等. 浙江南部沿岸产卵场春季虾类群落结构特征分析[J]. *水生生物学报*, 2013, 37(4): 712-721.]
- [9] Qi H M, Xu Z L. Shrimp resource distribution and its relationships with environment in the Jiaojiang Estuary of East China in spring and autumn[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2013, 32(8): 2062-2069. [齐海明, 徐兆礼. 椒江口海域春秋季节虾类资源分布与环境的关系[J]. *生态学杂志*, 2013, 32(8): 2062-2069.]
- [10] Qi H M, Sun Y, Xu Z L, et al. Shrimp community structure and its influential factors in the Jiaojiang River estuary during spring and autumn[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2013, 24(12): 3546-3552. [齐海明, 孙岳, 徐兆礼, 等. 椒江口海域春秋季节虾类群落结构及其影响因素[J]. *应用生态学报*, 2013, 24(12): 3546-3552.]
- [11] Qi H M. The structure and resource distribution of the community structure and the relationship between the environmental factors and the environment factors in the Jiaojiang Estuary[D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2014: 1-54. [齐海明. 椒江口海域甲壳动物群落结构和资源分布及其与环境因子的关系[D]. 上海: 上海海洋大学, 2014: 1-54.]
- [12] Lu Z H, Xue L J, Zhang L, et al. Assessment of shrimp stock biomass in continental shelf waters of the east China Sea[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2013, 37(5): 855-862. [卢占晖, 薛利建, 张龙, 等. 东海大陆架虾类资源量评估[J]. *水生生物学报*, 2013, 37(5): 855-862.]
- [13] Lobry J, Lepage M, Rochard E. From seasonal patterns to a reference situation in an estuarine environment: Example of the small fish and shrimp fauna of the Gironde estuary[J]. *Estu Coast Shelf Sci*, 2006, 70: 239-250.
- [14] Munga C N, Mwangi S, Ong'anda H. Species composition, distribution patterns and population structure of penaeid shrimps in Malindi-Ungwana Bay, Kenya, based on experimental bottom trawl surveys[J]. *Fish Res*, 2013, 147: 93-102.
- [15] Xu J P, Yang S Y. The hydrological and climatic characteristics in the Nanji islands and adjacent waters[C]//Selected Papers in Nanji Islands National Marine Conservation Area. Beijing: China Ocean Press, 1992: 1-9. [许建平, 杨士英. 南麂列岛及其附近海域的水文和气候特征[C]//南麂列岛国家级海洋自然保护区论文选(一). 北京: 海洋出版社, 1992: 1-9.]
- [16] Zhou N X, Lin Z S, Huang Z F, et al. Tourist Ecological footprint and eco-efficiency on Nanji archipelago[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2008, 28(4): 571-577. [周年兴, 林振山, 黄震方, 等. 南麂列岛旅游生态足迹与生态效用研究[J]. *地理科学*, 2008, 28(4): 571-577.]
- [17] Zhang X, Zhang S W. Analyzed of ecological compensation mechanism of Nanji Islands national marine nature reserve[J]. *Management*, 2009, (18): 228-230. [张鑫, 张绍文. 南麂列岛国家级海洋自然保护区生态补偿机制分析[J]. *管理观察*, 2009, (18): 228-230.]
- [18] Jiang Y. The research of Nanji Islands tourism development[D]. Hangzhou: Zhejiang Agriculture and Forestry University, 2013: 1-41. [姜云. 南麂列岛海洋生态旅游发展研

- 究[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2013: 1-41.]
- [19] Gao A G, Zeng J N. New records of shellfish of Nanji islands national marine nature reserve[J]. *Donghai Marine Science*, 2004, 22(3): 68.[高爱根, 曾江宁. 南麂列岛国家级海洋自然保护区贝类新记录种[J]. *东海海洋*, 2004, 22(3): 68.]
- [20] He X B, Zhang F J, Lin L, et al. Species composition and quantitative distribution of fishes in island-reef water of Nanji islands[J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2013, 44(2): 453-460.[何贤保, 章飞军, 林立, 等. 南麂列岛岛礁区域鱼类种类组成和数量分布[J]. *海洋与湖沼*, 2013, 44(2): 453-460.]
- [21] Chao W C, He X B, Miao Z Q, et al. The species composition and diversity of crustaceans in the waters of Nanji Islands[J]. *Journal of Zhejiang Ocean University*, 2013, 32(3): 214-221.[晁文春, 何贤保, 苗振清, 等. 春夏季南麂列岛海域甲壳类种类组成及分布特征[J]. *浙江海洋学院学报*, 2013, 32(3): 214-221.]
- [22] Tang Y B, Liao Y B, Shou L, et al. Influence of coralline algae on biodiversity of macrobenthic community in intertidal zone of Nanji Islands[J]. *Biodiversity Science*, 2014, 22(5): 640-648.[汤雁滨, 廖一波, 寿鹿, 等. 珊瑚藻类对南麂列岛潮间带底栖生物群落多样性的影响[J]. *生物多样性*, 2014, 22(5): 640-648.]
- [23] Sun J Z, Hang J X. The benthic algae in the Nanji islands [C]//Selected Papers in Nanji Islands National Marine Conservation Area. Beijing: China Ocean Press, 1992: 20-29. [孙建璋, 杭金欣. 南麂列岛的底栖海藻[C]//南麂列岛国家级海洋自然保护区论文选(一). 北京: 海洋出版社, 1992: 20-29.]
- [24] Yu C G, Song H T, Yao G Z. Crab community structure in the East China Sea[J]. *Biodiversity Science*, 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[J]. *海洋与湖沼*, 2005, 36(3): 213-220.]
- [25] Zhao Z M, Zhou X Y. An Introduction to the Ecology[M]. Chongqing: Chongqing Bureau of Science and Technical Documentation Press, 1994: 93-199.[赵志模, 周新远. 生态学引论[M]. 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社, 1994: 93-199.]
- [26] Liu R Y. Checklist of Marine Biota China Seas[M]. Beijing: Science Press, 2008: 1-1267.[刘瑞玉. 中国海洋生物名录[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 1-1267.]
- [27] Qiu L G. Marine fish and crustaceans in the Nanji islands [C] // Selected Papers in Nanji Islands National Marine Conservation Area. Beijing: China Ocean Press, 1992: 77-97.[仇林根. 南麂海区的海洋鱼类及主要甲壳类[C]//南麂列岛国家级海洋自然保护区论文选(一). 北京: 海洋出版社, 1992: 77-97.]
- [28] Li J B. Regional Geology of the East China Sea[M]. Beijing: China Ocean Press, 2008: 164-165.[李家彪. 东海区域地质[M]. 北京: 海洋出版社, 2008: 164-165.]
- [29] Yu C G, Song H T, Xue L J, et al. The Economical Crabs and Shrimps in East China Sea[M]. Beijing: China Ocean Press, 2006: 19-39.[俞存根, 宋海棠, 薛利建, 等. 东海经济虾蟹类[M]. 北京: 海洋出版社, 2006: 19-39.]
- [30] Odum E P, Barrett C W. Fundamentals of Ecology[M]. Beijing: People's Education Press, 1981: 320-346.[奥德姆, 巴雷特. 生态学基础[M]. 北京: 人民教育出版社, 1981: 320-346.]
- [31] Qiu Y S. The regional changes of fish community on the northern continental shelf of South China Sea[J]. *Journal of Fisheries of China*, 1988, 12(4): 303-311.[邱永松. 南海北部大陆架鱼类群落的区域性变化[J]. *水产学报*, 1988, 12(4): 303-311.]
- [32] Colvocoresses J A, Musick J A. Species associations and community composition of middle Atlantic Bight continental shelf demersal fishes[J]. *Fish Bull*, 1984, 82(2): 295-313.]

Species composition and quantitative distribution of shrimp in the Nanji Islands marine conservation area

XIA Lujun¹, CHEN Wandong², ZHENG Ji¹, CAI Houcai², WU Erwei², BI Siyao¹, XIE Xu¹, YU Cungen¹

1. Marine Fishery College Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316024, China;

2. Nanji Islands National Marine Nature Reserve Administration, Pingyang 325401, China

Abstract: The Nanji Islands marine conservation area is one of the first five national marine nature reserves established in China with the approval of the State Council. Because it has a reputation for marine life, and especially for its abundance and variety of shellfish and algae, it is called the “kingdom of shellfish and algae”. It is an excellent place for the spawning, feeding, and growth of fish and shrimp, but few scholars or experts have studied the species composition and quantitative distribution of shrimp in the Nanji Islands marine conservation area. We collected shrimp data based on comprehensive fishery resource surveys in November, 2013, and in February, May, and September, 2014, in the Nanji Islands marine conservation area. We studied the species compositions, quantitative distributions, trends in dominant species, and their relationships to environmental factors affecting shrimp in the Nanji Islands marine conservation area, according to survey data for the four seasons, and used catch rates as a quantitative index of the shrimp resource distribution. (1) A total of 25 species were identified, from 74 genera in 49 families, and the seasonal shrimp biomass was (in decreasing order) summer (32358.0 g)>autumn (13033.0 g)>winter (3938.6 g)>spring (3635.6 g). (2) The seasonal change in the distribution of the shrimp population is clear, and the shrimp biomass in reef areas outside the open ocean was considerably higher. (3) The seasonal variation in the dominant species, or the seasonal succession phenomenon, was very obvious, and the dominant species were *Alpheus japonicus*, *A. distinguendus*, and *Parapenaeopsis hardwickii* in spring; *P. hardwickii* and *Hippolytina ensirostris* in summer; *H. ensirostris*, *P. tenella*, and *P. hardwickii* in autumn; and *P. tenella*, *Exopalaemon carinicauda*, *A. distinguendus*, and *A. japonicus* in winter. (4) The depth of the water clearly affected the vertical distribution of the shrimp biomass and the correlation relationship has greatly changes between the shrimp biomass and environmental factors in different seasons. According to our research, the shrimp species mainly belonged to seasonal, eurythermic, and euryhaline groups. The biomass of the dominant shrimp species was clearly higher in the summer and autumn than in the spring and winter, perhaps because many shrimp leave the area for other waters to breed in spring and winter, but return to the sea to spawn, fatten, and grow in summer and autumn. The shrimp biomass in the coastal area exceeded that in the reef and gravel areas in summer, autumn, and winter, perhaps because the shrimp live their general lives in the bottom silt of coastal areas, which benefit to bait and grow up. The replacement of dominant species was significant, and was related to the growth cycles and different size characteristics of the main dominant species. The shrimp biomass has complex relation with environmental factors because the characteristics of the Nanji Islands marine conservation area are complex, with changeable salinity and temperature and diverse fauna. The distribution of the shrimp biomass clearly changed with depth, which was mainly attributable to the range of activities of the dominant species, which are related to the depth of the water in the survey area.

Key words: Shrimp; species composition; dominant species; quantitative distribution; Nanji Islands

Corresponding author: YU Cungen. E-mail: cgyu@zjou.edu.cn

附录 1 Appendix 1

种名 species	春季 spring	夏季 summer	秋季 autumn	冬季 winter
对虾科 Penaeidae				
仿对虾属 <i>Parapenaeopsis</i>				
细巧仿对虾 <i>Parapenaeopsis tenella</i>	+	+	+	+
哈氏仿对虾 <i>Parapenaeopsis hardwickii</i>	+	+	+	
新对虾属 <i>Metapenaeus</i>				
周氏新对虾 <i>Metapenaeus joyneri</i>	+	+	+	+
刀额新对虾 <i>Metapenaeus ensis</i>	+	+	+	
明对虾属 <i>Fenneropenaeus</i>				
中国明对虾 <i>Fenneropenaeus chinensis</i>		+		
赤虾属 <i>Metapenaeopsis</i>				
戴氏赤虾 <i>Metapenaeopsis dale</i>	+			+
鹰爪虾属 <i>Trachypenaeus</i>				
鹰爪虾 <i>Trachypenaeus curvirostris</i>			+	+
异对虾属 <i>Atypopenaeus</i>				
扁足异对虾 <i>Atypopenaeus stenodactylus</i>	+			+
长臂虾科 Palaemonidae				
白虾属 <i>Exopalaemon</i>				
安氏白虾 <i>Exopalaemon annandalei</i>		+		
脊尾白虾 <i>Exopalaemon carinicauda</i>		+	+	+
长臂虾属 <i>Palaemon</i>				
葛氏长臂虾 <i>Palaemon gravieri</i>	+	+	+	+
巨指长臂虾 <i>Palaemon macrodactylus</i>			+	
细指长臂虾 <i>Palaemon tenuidactylus</i>				+
藻虾科 Hippolytidae				
鞭腕虾属 <i>Hippolysmata</i>				
脊额鞭腕虾 <i>Hippolysmata ensirostris</i>	+	+	+	
鞭腕虾 <i>Hippolysmata vittata</i>	+		+	+
曲根鞭腕虾 <i>Hippolyte kuekenthali</i>				+
宽额虾属 <i>Latreutes</i>				
疣背宽额虾 <i>Latreutes planirostris</i>	+			
安乐虾属 <i>Eualus</i>				
中华安乐虾 <i>Eualus sinensis</i>			+	
鼓虾科 Alpheus				
鼓虾属 <i>Alpheus</i>				
鲜明鼓虾 <i>Alpheus distinguendus</i>	+	+	+	+
日本鼓虾 <i>Alpheus japonicus</i>	+	+	+	+
樱虾科 Sergestidae				
毛虾属 <i>Acetes</i>				
中国毛虾 <i>Acetes chinensis</i>	+	+		+
长额虾科 Pandalidae				
红虾属 <i>Plesionika</i>				
东海红虾 <i>Plesionika izumiae</i>	+			
玻璃虾科 Pasiphaeidae				
细螯虾属 <i>Leptochele</i>				
细螯虾 <i>Leptochele gracilis</i>	+		+	+
褐虾科 Crangonidae				
褐虾属 <i>Crangon</i>				
脊腹褐虾 <i>Crangon affinis</i>				+
管鞭虾科 Solenoceridae				
管鞭虾属 <i>Solenocera</i>				
中华管鞭虾 <i>Solenocera crassicornis</i>	+	+	+	