

厦门海域蟹类的群落结构特征

申世常 陈融斌 黄良敏* 王家樵 李军

集美大学水产学院 厦门 361021

摘要: 根据 2016 年 5 月 (春)、8 月 (夏)、11 月 (秋) 和 2017 年 2 月 (冬) 在厦门海域 (24°21'~24°39'N, 117°54'~118°30'E) 的蟹类资源调查资料, 研究分析了该海域蟹类的种类组成、优势种、多样性和生物量分布变化的特点。结果表明, 该海域有蟹类 32 种, 隶属 12 科 18 属。种数以春季最高, 秋季最低。调查海域四季中出现的优势种有 7 种: 变态蟳 (*Charybdis variegata*)、东方蟳 (*C. orientalis*)、红星梭子蟹 (*Portunus sanguinolentus*)、矛形梭子蟹 (*P. hastatoides*)、强壮菱蟹 (*Parthenope validus*)、日本蟳 (*C. japonica*) 和远海梭子蟹 (*Portunus pelagicus*), 其中日本蟳是四季共有的优势种。多样性指数 (H') 以春季最高, 秋季最低。生物量呈现出时空分布差异, 秋季最高, 春季最低; 九龙江口 (位于厦门海域西部) 的蟹类生物量明显低于厦门岛其他海域, 水深大于 10 m 水域的生物量小于水深小于等于 10 m 水域的生物量, 这与九龙江径流、水深、水温等环境因素密切相关。与 30 年前相比, 厦门海域蟹类的种数减少了约 45%, 优势种发生明显变化。

关键词: 厦门海域; 蟹类; 种类组成; 优势种; 多样性; 生物量

中图分类号: Q958 **文献标志码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2018) 06-868-10

The Structure Characteristics of Crab Community in Xiamen Coastal Waters

SHEN Shi-Chang CHEN Rong-Bin HUANG Liang-Min* WANG Jia-Qiao LI Jun

Fisheries College of Jimei University, Xiamen 361021, China

Abstract: The assessment of crab resources in Xiamen coastal waters can provide basic information for the sustainable utilization and management of crab resources in Xiamen coastal waters. Based on sampling data from bottom trawl surveys in the coastal waters along the Xiamen (24°21' - 24°39'N, 117°54' - 118°30'E) collected by shrimp trawls during May (spring), August (summer), November (autumn) in 2016 and February in 2017 (winter) (Fig. 1), species composition, composition of dominant species, species diversity and biomass distribution of crab in Xiamen sea area were studied. There were 32 species of crab, belonging to 12 families and 18 genera (Table 1), being identified in the survey area. The highest species diversity occurred in

基金项目 福建省自然科学基金项目 (No. 2015J01618), 福建省海洋渔业资源与生态环境重点实验室开放基金项目 (No. 201504030006), 南方海洋中心项目 (No. 13GQT001NF14);

* 通讯作者, E-mail: lmhuang@jmu.edu.cn;

第一作者介绍 申世常, 男, 硕士研究生; 研究方向: 渔业资源生态; E-mail: 1679507941@qq.com.

收稿日期: 2018-03-19, 修回日期: 2018-06-15 DOI: 10.13859/j.cjz.201806005

spring and lowest in autumn (Table 2). Of them 7 species are dominant, named *Charybdis variegata*, *C. orientalis*, *Portunus sanguinolentus*, *P. hastatoides*, *Parthenope validus*, *C. japonica* and *Portunus pelagicus*. However, temporal- spatial distribution of dominant species were obviously different, there were three in spring, four in summer, four in autumn and two in winter. Among them, *C. japonica* was dominant species in four seasons of the year (Table 3). The species richness index (D) was 1.46 - 4.09, the Shannon-Wiener index (H') was 1.35 - 2.25, and the species evenness index (J') was 0.59 - 0.73. The diversity index was the highest in spring and the lowest in autumn (Table 4). The average biomass was 101.56 kg/km² in autumn and 24.61 kg/km² in spring, which was the highest and lowest season in a year (Fig. 2), Jiulong River Estuary exhibited lowest crab biomass when compared to other sampling sites (Fig. 3). Again, the biomass also varied with water depth. The biomass of water depth above 10 m was smaller than that of water depth under or equal to 10 m (Fig. 4). Except winter, it was concluded that biomass of crab varied with the seasons, stations and water depth, which were closely related to Jiulong River runoff, water depth, water temperature and other environmental factors. Compared with 30 years ago, the number of crab species in Xiamen decreased by 45% and the dominant species have changed obviously (Fig. 5).

Key words: Xiamen coastal waters; Crab; Species composition; Dominant species; Diversity; Biomass

海洋蟹类是重要的捕捞对象,许多中下层的蟹类是底层鱼类的天然饵料,在渔业中有重要的开发前景和经济价值(方少华 1991)。厦门海域地理位置特殊,位于福建省东南部、台湾海峡西部,属于亚热带海域,为典型河口海湾,湾内水深湾阔、遮挡风浪好,物种丰富(黄宗国 2006)。由于九龙江从西部注入,海域盐度分布差异大,具有内湾、河口、岛屿等多种地理生态环境。蔡尔西(1990)曾对厦门海域的蟹类种类组成和分布做过研究,鲁琳(1996)也曾对厦门海域潮间带的蟹类做过一些研究,但近些年由于过度捕捞、水域污染(张珞平等 1999,陈国斌 2012)以及填海造陆(叶清 2004,傅素勤 2013)等人类活动的影响,厦门海域蟹类资源正在逐渐减少,表现为优势种减少、渔捞产量下降和生物多样性降低。本文采用底拖网调查方法来对厦门海域蟹类的种类组成、时空分布、优势种、多样性以及生物量分布等群落结构特征进行了研究,为该海域的蟹类资源研究和可持续利用管理提供基础资料。

1 材料与方 法

1.1 材料来源与调查方法

数据采集时间为 2016 年 5 月(春季)、8 月(夏季)、11 月(秋季)和 2017 年 2 月(冬季)。调查范围在 24°21' ~ 24°39'N, 117°54' ~ 118°30'E, 共设置 6 个调查站位(图 1)。此次调查租用的是福建省龙海市“闽龙渔 62678 渔船”,该船为单船桁杆型底拖网船,功率 330 kW。底拖网是 2.5 m 网口高度,24 m 网衣长度,20 mm 囊网网目,桁杆(扫海)宽度为 27 m,拖速为 2~3 n mile/h(n mile 为海里,1 n mile = 1 852 m)。调查方法按照《海洋渔业资源调查规范(SC/T 9403-2012)》(中华人民共和国农业部 2012)进行。全年共进行 4 个航次的调查,调查水深约为 2~20 m。每个航次和每个站位都记录了起网时间、放网时间等渔捞资料,并测定了表层水温、盐度和水深等水文环境数据。

1.2 采样与样品处理

起网后将所有渔获物中的蟹类与其他渔获物分开,单独装袋,并记录。所得蟹类样品全部带回实验室冷冻保存。在实验室内将蟹类样品解冻,冲洗干净后分站位进行种类的鉴定、计数和称重。

1.3 数据分析

1.3.1 生物量分析 底拖网每网的扫海面积用

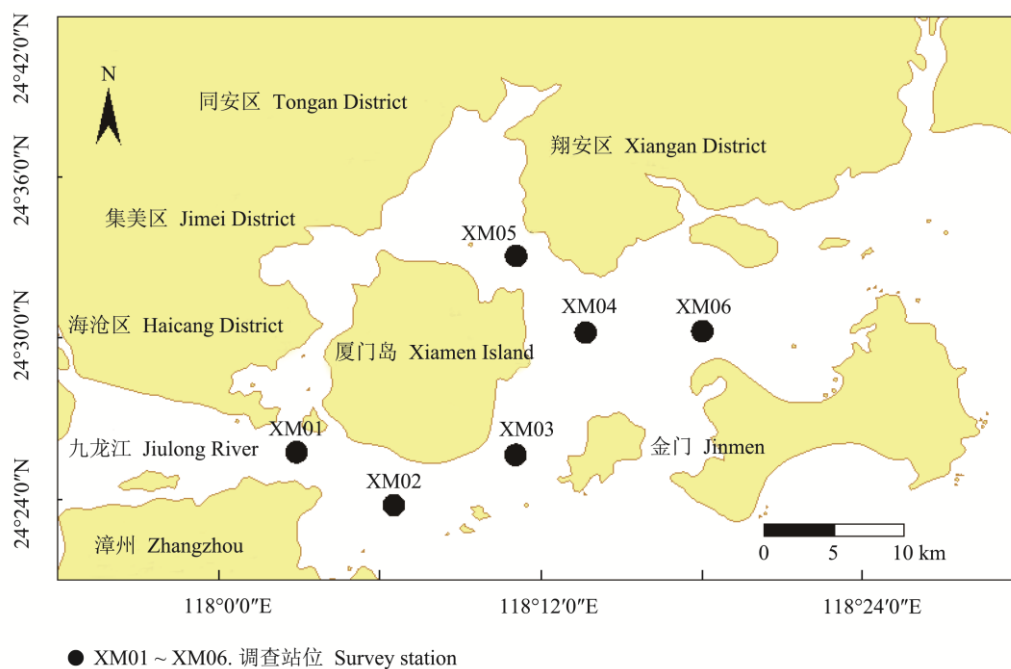


图1 厦门海域调查站位图

Fig. 1 Sampling stations in Xiamen coastal waters

以下公式进行计算（中华人民共和国农业部 2012）： $a = DB/10^6$ ， $D = vt$ ，其中， a 为每网的扫海面积（单位： km^2 ）， D 为每网拖曳长度（单位： m ）， v 为拖曳速度（单位： m/s ）， t 为持续拖曳时间（单位： s ）， B 拖网扫海通道的宽度（单位： m ），即为桁杆的宽度，本次调查中桁杆宽度为 27 m。

每个站位的蟹类渔获量可统一换算为单位面积生物量，换算公式为： $p = c/(a \cdot q)$ ，其中 p 为每个站点的生物量（单位 kg ）， c 为每个站点拖网实际渔获重量（单位 kg ）， a 为网具实际扫海面积（单位 km^2 ）， q 为可捕系数（本文蟹类取 0.7）（中华人民共和国农业部 2012）。

1.3.2 多样性分析 采用 Shannon-Wiener 多样性指数 (H') (Wilhm 1968)、Margalef 丰富度指数 (D) (Margalef 1958)、Pielou 均匀度指数 (J') (Pielou 1975) 来研究厦门海域内的生物多样性，以上统计分析过程都采用 PRIMER 5.0 软件完成。Shannon-Wiener 多样性指数 $H' = -\sum P_i \ln P_i$ ，Margalef 丰富度指数 $D = (S - 1)/\ln N$ ，Pielou 均匀度指数 $J' = H'/H'_{\max} =$

$H'/\ln S$ ，式中， S 是蟹类种数， $P_i = n_i/N$ 是第 i 种蟹类的个体数 (n_i) 占蟹类总个体数 (N) 的比例， N 为蟹类总个体数。

1.3.3 优势种分析 蟹类优势种分析采用 Pinkas (1971) 的相对重要性指数 (R)，计算公式为 $R = (N + W) \cdot F \cdot 100\%$ ，式中， N 为某一种蟹类个体数占蟹类总个体数的百分比， W 为某一种蟹类个体重量占蟹类总重量的百分比， F 为某一种蟹类在每个站位出现的频率。本文把 R 值大于 10 的蟹种定为优势种。

2 结果与分析

2.1 种类组成

4 个航次底拖网调查共采集到蟹类 32 种，隶属于 12 科 18 属，其中种类最多的是梭子蟹科，有 12 种，占总种数的 38%；其次为扇蟹科和关公蟹科，分别有 4 种，各占总种数的 13%；蜘蛛蟹科和长脚蟹科分别有 3 种和 2 种，其余的均只有 1 种，占总种数的 3%（表 1）。

厦门海域蟹类的种数存在季节差异（表 2），春季种数最多，有 22 种；夏季次之，有

续表 2

种类 Species	季节 Season				站位 Station					
	春 Spring	夏 Summer	秋 Autumn	冬 Winter	XM01	XM02	XM03	XM04	XM05	XM06
日本蟳 <i>Charybdis japonica</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
东方蟳 <i>C. orientalis</i>	+	+	+		+	+	+	+	+	+
锈斑蟳 <i>C. feriatas</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
变态蟳 <i>C. variegata</i>	+	+	+	+		+	+	+	+	+
直额蟳 <i>C. truncata</i>				+						+
双斑蟳 <i>C. bimaculata</i>	+			+					+	+
贪精武蟹 <i>Parapanope euagora</i>	+	+			+	+				
双刺静蟹 <i>Galene bispinosa</i>	+									+
披发异毛蟹 <i>Heteropilumnus ciliatus</i>				+						+
健全异毛蟹 <i>H. subinteger</i>	+								+	
隆线强蟹 <i>Eucrater crenata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+		+
隆脊强蟹 <i>E. costata</i>	+	+		+		+	+			
隆线拟闭口蟹 <i>Paracleistostoma cristatum</i>				+	+					
狭颚绒螯蟹 <i>Eriochier leptognathus</i>	+					+	+			
绒毛细足蟹 <i>Raphidopus ciliatus</i>		+		+	+					+
总种数 Total species	22	18	10	15	14	13	15	12	15	18

表 3 厦门海域蟹类优势种相对重要性指数 *R* 值的季节变化

Table 3 Seasonal variation of index of relative importance values of dominant species of crab in Xiamen coastal waters

季节 Season	种类 Species	数量比例 (%) Quantity ratio	重量比例 (%) Weight ratio	频率比例 (%) Frequency ratio	相对重要性指数 <i>R</i> Index of relative importance
春 Spring	变态蟳 <i>Charybdis variegata</i>	35.50	9.86	83.33	37.80
	日本蟳 <i>C. japonica</i>	13.02	28.66	83.33	34.37
	东方蟳 <i>C. orientalis</i>	10.65	16.17	66.67	17.88
夏 Summer	日本蟳 <i>C. japonica</i>	31.27	31.70	100.00	62.98
	矛形梭子蟹 <i>Portunus hastatoides</i>	23.37	3.34	66.67	17.81
	东方蟳 <i>C. orientalis</i>	11.34	8.39	83.33	16.44
	红星梭子蟹 <i>P. sanguinolentus</i>	16.15	30.83	33.33	15.66
秋 Autumn	日本蟳 <i>C. japonica</i>	44.61	61.86	100.00	106.47
	东方蟳 <i>C. orientalis</i>	30.91	16.88	100.00	47.80
	矛形梭子蟹 <i>P. hastatoides</i>	15.77	2.69	83.33	15.38
	远海梭子蟹 <i>P. Pelagicus</i>	3.32	11.10	100.00	14.42
冬 Winter	日本蟳 <i>C. japonica</i>	48.13	58.35	100.00	106.47
	强壮菱蟹 <i>Parthenope validus</i>	15.63	9.82	50.00	12.72

蟹类总渔获只数的 59.17%；夏季蟹类优势种依次为东方螯、红星梭子蟹、矛形梭子蟹、日本蟳 4 种，占蟹类总渔获重量的 74.26%，占蟹类总渔获只数的 82.13%；秋季蟹类优势种依次为东方螯、矛形梭子蟹、日本蟳、远海梭子蟹 4 种，占蟹类总渔获重量的 92.53%，占蟹类总渔获只数的 94.61%；冬季蟹类优势种依次为强壮菱蟹、日本蟳 2 种，占蟹类总渔获重量的 68.17%，占蟹类总渔获只数的 63.76%。

日本蟳为全年最主要的优势种，占全年蟹类总渔获重量的 45.14%，占全年蟹类总渔获只数的 34.26%。

2.3 多样性指数

厦门海域 4 个季度蟹类多样性指数 H' 均值为 1.83，最大值为春季 (2.25)，最小值为秋季 (1.35)；均匀度 J' 均值为 0.66，最大值为春季 (0.73)，最小值为秋季 (0.59)；丰富度 D' 均值为 2.83，最大值为春季 (4.09)，最小值为秋季 (1.46)。总体来看，厦门海域蟹类多样性小，多样性从春季到秋季呈下降趋势，秋季达到最低值，冬季略有上升。

2.4 生物量的时空分布

厦门海域平均生物量在秋季达到峰值，秋季到春季呈下降趋势，夏季有所回升 (图 2)。

从季节分布 (图 3) 来看，春冬两季厦门海域蟹类生物量分布最低，区域性分布均匀。秋季，厦门海域蟹类生物量分布最高，区域性分布不均匀。夏季厦门海域蟹类生物量分布较春季有所增加，区域性分布不均匀。

从水平分布 (图 3) 来看，厦门海域蟹类生物量分布存在明显差异，生物量分布由大到小依次为 XM03、XM04、XM06、XM05、XM01、XM02。XM02 站生物量分布在冬季最高，XM04 站生物量分布在夏季最高，其他站位的蟹类生物量分布在秋季达到最高。

从垂直 (水深) 分布来看 (图 4)，春、夏、秋 3 个季节水深小于等于 10 m 水域的蟹类生物量均高于水深大于 10 m 水域的蟹类生物量；冬季水深小于等于 10 m 水域的蟹类生物量低于水深大于 10 m 水域的蟹类生物量。

2.5 蟹类的长期变化

蔡尔西 (1990) 基于 1980 年 8 月至 1981 年 10 月厦门港湾海洋环境综合调查数据对厦门海域蟹类进行研究，当时调查采用的是网口宽 1.5 m 的三角拖网，采集鉴定到种的蟹类有 58 种，隶属 12 科 40 属。与其对比发现，厦门海域的蟹类种数较 30 年前减少了约 45% (图 5)，其中聪明关公蟹 (*Dorippe astuta*)、中华

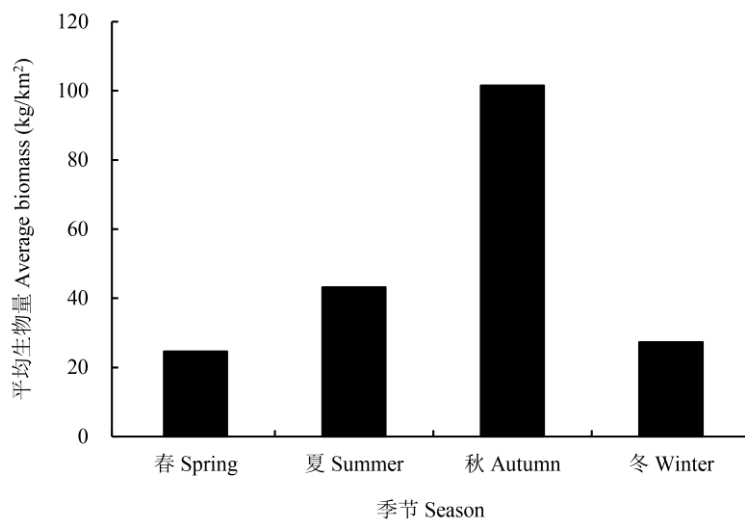
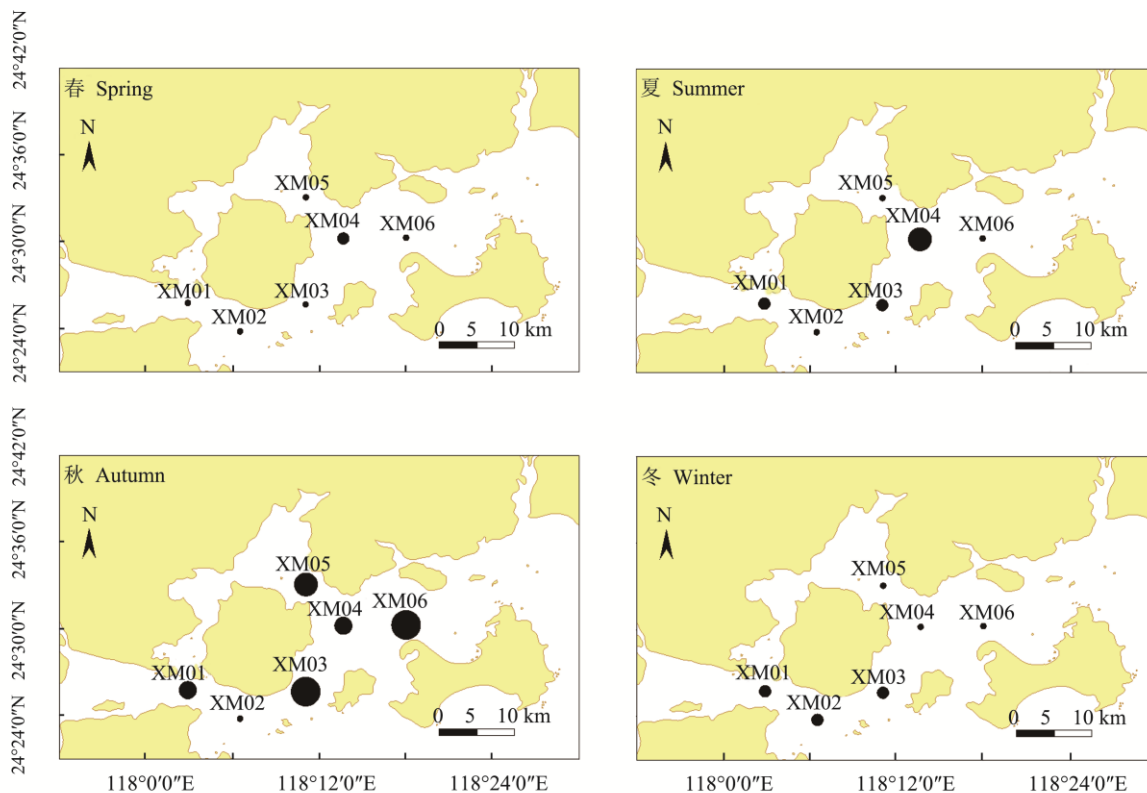


图 2 厦门海域蟹类的四季平均生物量

Fig. 2 Average biomass of crab in Xiamen coastal waters in four seasons



XM01 ~ XM06. 调查站位 Survey station

生物量 Biomass (kg/km²): ● 0 ~ 33; ● 33 ~ 66; ● 66 ~ 99; ● 99 ~ 132; ● 132 ~ 165

图 3 厦门海域蟹类生物量的空间分布

Fig. 3 Spatial distribution of crab biomass in Xiamen coastal waters

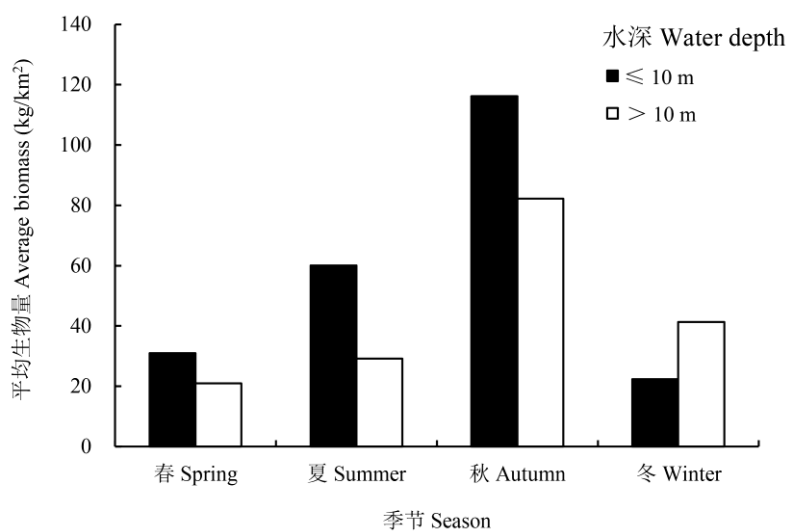


图 4 厦门海域蟹类生物量的垂直分布

Fig. 4 Vertical distribution of crab biomass in Xiamen coastal waters

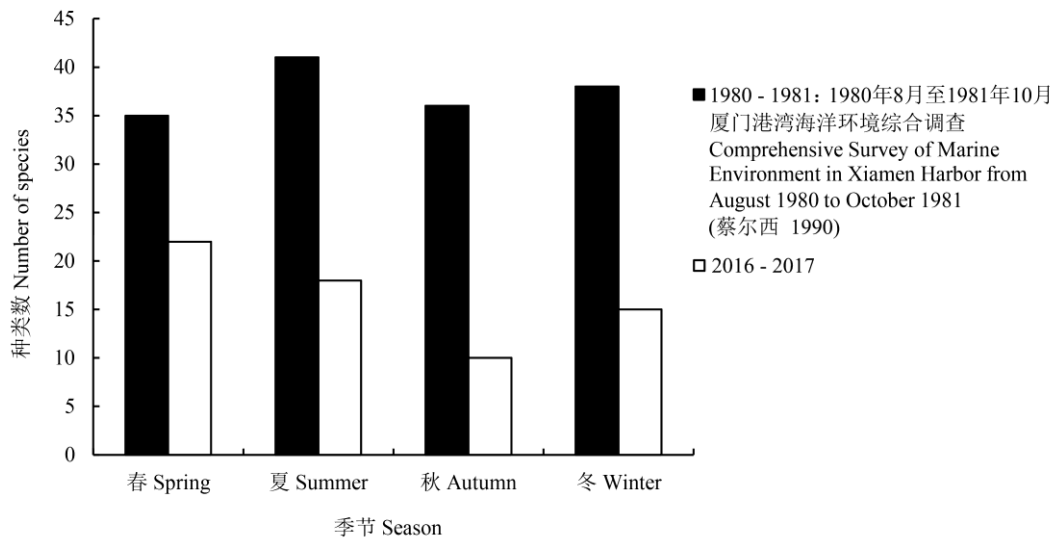


图 5 厦门海域 30 年前后蟹类种数对比图

Fig. 5 Comparison of the number of crab species in Xiamen coastal waters 30 years ago

虎头蟹 (*Orithyia sinica*)、短小五角蟹 (*Nursia abbreviata*)、斜方五角蟹 (*N. rhomboidalis*)、七刺栗壳蟹 (*Arcania heptacantha*)、遁形长臂蟹 (*Myra fugax*)、斜方玉蟹 (*Leucosia rhomboidalis*)、头盖玉蟹 (*L. craniolaris*)、杂粒拳蟹 (*Philyra heterograna*)、隆线拳蟹 (*P. carinata*)、篋额尖额蟹 (*Rhynchoplax messor*)、有疣英雄蟹 (*Achaeus tuberculatus*)、细脚绒球蟹 (*Doclea gracillipes*)、银光梭子蟹 (*Portunus argentatus*)、双额短桨蟹 (*Thalamita sima*)、鳞斑蟹 (*Demania scaberrima*)、菜花银杏蟹 (*Actaea savignyi*)、东方拟银杏蟹 (*Paractaea orientalis*)、光辉圆扇蟹 (*Sphaerozium nitidus*)、疏毛杨梅蟹 (*Actumnus setifer*)、铰刀杨梅蟹 (*A. forcigerus*)、弯六足蟹 (*Hexapus amfractus*)、福建余氏蟹 (*Serfukiensis*)、裸盲蟹 (*Typhlocarcinus nudus*)、毛盲蟹 (*T. villosus*)、刺足掘沙蟹 (*Scalopidia spinosipes*)、隐匿豆蟹 (*Pinnotheres pholadis*)、海南三强蟹 (*Tritodynamia hainanensis*)、豆形短眼蟹 (*Xenopthalmus pinnotheroides*)、模糊新短眼蟹 (*Neoxonopthalmus obscurus*)、莱氏异额蟹 (*Anomalifrons lightana*)、拉氏大眼

蟹 [*Macrophthalmus (Venitus) latreillei*]、六齿猴面蟹 (*Camptandrium sexdentatum*) 共 33 种在此次调查中并未发现。秋季蟹类种数减少的最多, 30 多年前厦门海域蟹类的季节分布比较均匀, 而现在蟹类的季节分布波动比较大。

优势种也发生了明显的变化, 30 多年前厦门海域蟹类的主要优势种是弯六足蟹 (*Hexapus amfractus*) 和模糊新短眼蟹 (*Neoxonopthalmus obscurus*) (蔡尔西 1990), 而在此次调查当中尚未发现这两种蟹。

3 讨论

3.1 厦门海域蟹类种类的时空分布特征

本次调查厦门海域共采集到蟹类 32 种, 该海域的蟹类多为沿岸性物种, 一般不进行远距离洄游, 但会因季节变化作垂直定向移动。

春季的种数最多, 多数蟹类为产卵群体, 蟹类群体从外侧深水海域进入沿岸浅水海域产卵, 且大部分蟹类为广温广盐种, 这与浙江台州市椒江口 (齐海明等 2014) 的蟹类季节变化相同; 另一方面, 福建厦门地区的九龙江口径流量较小, 所带来的营养物质较少, 处于九龙江口的 XM01 站的蟹类种数最少。

夏季的蟹类种数较春季有所减少,随着台湾暖流的增强,水温普遍升高,蟹类移向深水水域,导致蟹类的种数减少,这一点与东海中南部外海(陈小庆等 2009)的蟹类群落结构相似。较春季,夏季九龙江径流增加,携带大量的有机物质,生物饵料丰富,此时处于九龙江口的蟹类种数最多。

秋季的蟹类种数较夏季大幅度较少,在全年 4 个季节中最少,可能是天敌鱼类的增加给蟹类带来了捕食压力;另一方面,随着水温的下降,大部分蟹类进入更深水域索饵。

冬季的蟹类种数较秋季有所增加,此时,台湾暖流与南下的闽浙沿岸流交汇,带来了大量的有机物质,为蟹类提供了丰富的饵料。

3.2 蟹类优势种组成分析

蟹类优势种的季节更替明显,其原因可能是厦门海域终年受台湾暖流、闽浙沿岸流所控制,同时受九龙江径流的影响,水文环境不稳定。4 个航次调查共采集到蟹类优势种 7 种,分别是变态螞、东方螞、红星梭子蟹、矛形梭子蟹、强壮菱蟹、日本螞和远海梭子蟹。

日本螞是厦门海域全年最主要的优势种,其一般生活于低潮线、有水草或泥沙的水底或潜伏于石块下,为沿岸浅水型蟹类,厦门海域水深较浅,底质多为软泥、细沙(左书华等 2011),适合日本螞的生长,同时,日本螞有二次产卵的生殖特性(许星鸿等 2010),因而能在海域中大量生长、繁殖、集群,有待于进一步开发;变态螞生活环境为海水,一般栖息于水深 20 m 内的泥以及沙质海底,九龙江口是咸淡水混合处,故春季在九龙江口并未发现变态螞;东方螞主要栖息于水深 10 ~ 30 m 深的沙、卵石底或生有水生植物的岩礁底,春季九龙江径流量小,外海海水入侵,同时九龙江口水深较浅,主要分布在九龙江口;红星梭子蟹生活环境为海水,此次调查多见于水深小于 10 m 的泥沙质海底,属于高温广盐性种,温度适应范围相对较窄,对温度变化敏感(廖永岩等 2010),故此次调查只在夏季发现红星梭子

蟹。

3.3 蟹类多样性特征

根据群落生物多样性的分析,厦门海域 4 个季节蟹类的 D 、 H' 和 J' 3 种多样性指数的平均值变化不是很大,且整体偏低,这说明该水域多样性水平较低,群落处于不稳定状态。 D 、 H' 和 J' 3 种多样性指数从春季到秋季呈下降趋势,秋季达到最低值,冬季略有上升,同蟹类种数的变化趋势相同,可能与蟹类的垂直定向移动、九龙江径流变化以及温度变化有关。 J' 在 4 个季节(0.59 ~ 0.73)相差不大,而 J' 与环境因子(水深、水温和盐度)的相关性也不明显,这充分说明了环境条件的改变没有影响群落的均匀度(薛利建等 2011)。

3.4 厦门海域蟹类生物量的分布特征

季节分布特征:尽管春季的蟹类种数最多,但生物量却是最低,秋季的蟹类种数最低,但生物量最高。这是因为春季蟹类多处于幼体时期,补充群体较多,个体平均体重较小;秋季表层水温较高,营养物质较丰富,是蟹类的繁殖季节,主要以成熟个体为主,剩余群体较多,个体平均体重大。另一方面,当地政策规定每年的 5 ~ 8 月厦门海域进入休渔期,蟹类资源得以恢复;冬季由于水温较低,大部分蟹类移向水深较深海域,所以蟹类生物量较秋季大幅度减少。

水平分布特征:厦门海域处于内湾,受九龙江径流和外洋影响,蟹类资源分布不均匀。河口区(如 XM01 站)水体交换频繁,九龙江径流带来了大量的有机物质,饵料生物丰富,但蟹类生物量却很低,原因可能是九龙江口独特的自然条件为鱼类的生长提供了有利因素,天敌的增多直接造成蟹类的生物量偏低;而厦门海域其他区域(如南部水域、东部水域)受外海海水的影响大,环境条件相对比较稳定,有利于蟹类繁殖生长,所以蟹类生物量较高。

垂直(水深)分布特征:厦门海域的蟹类生物量主要分布在水深小于等于 10 m 的水域,可能是大部分蟹类属于浅水种。而冬季蟹类的

垂直分布与春夏秋不同, 可能是因为冬季的表层水温较低, 而大部分蟹类属于暖水种, 从而进入更深的水域索饵, 导致水深超过 10 m 水域的生物量大于水深小于等于 10 m 水域的生物量。

3.5 蟹类资源的保护策略

与 30 年前 (蔡尔西 1990) 相比, 厦门海域蟹类的种数减少了约 45%, 除了采样误差外, 也表明最近这些年由于过度捕捞、填海造陆以及海洋环境污染等原因, 厦门海域蟹类资源正逐渐减少。因此, 应该切实采取有力措施对蟹类资源进行保护: 控制捕捞力度; 禁止在非养殖水域进行水产养殖, 并加强禁渔期、禁渔区、伏季休渔等保护措施的执行力度 (黄良敏等 2010); 加强对海洋环境的保护力度。

参 考 文 献

- Margalef R. 1958. Information theory in ecology. *General Systematics*, 3: 36–71.
- Pielou E C. 1975. *Ecological Diversity*. New York: Wiley.
- Pinkas L, Oliphant M S, Iverson I L K. 1971. Food habits of albacore, Bluefin tuna and bonito in Californian waters. *Fish Bulletin*, 152: 5–10.
- Wilhm J L. 1968. Use of biomass units in Shannon's formula. *Ecology*, 49(1): 153–156.
- 蔡尔西. 1990. 厦门港湾蟹类的分布. *台湾海峡*, 9(2): 166–171.
- 陈国斌. 2012. 厦门海域赤潮现状与对策. *中国水产*, (10): 27–29.
- 陈小庆, 俞存根, 虞聪达, 等. 2009. 东海中南部外海蟹类群落结构特征. *应用生态学报*, 20(10): 215–222.
- 方少华. 1991. 台湾海峡中、北部的蟹类. *台湾海峡*, 10(4): 351–355.
- 傅素勤. 2013. 厦门高集海堤开口工程对周边海域水环境影响的研究及思考. 青岛: 中国海洋大学硕士学位论文, 65–66.
- 黄良敏, 谢仰杰, 张雅芝, 等. 2010. 厦门海域渔业资源现存量析. *集美大学学报: 自然科学版*, 15(2): 81–87.
- 黄宗国. 2006. 厦门湾物种多样性. 北京: 海洋出版社, 5–8.
- 廖永岩, 许振煜, 吴邦臣. 2010. 盐度和温度对红星梭子蟹存活和摄饵的影响. *生态学报*, 30(13): 3396–3405.
- 鲁琳. 1996. 厦门地区潮间带蟹类的种类组成与分布. *台湾海峡*, 15(2): 163–169.
- 齐海明, 王晨, 徐兆礼, 等. 2014. 椒江口海域春秋蟹类资源分布与环境的关系. *应用与环境生物学报*, 20(3): 537–543.
- 许星鸿, 阎斌伦, 郑家声, 等. 2010. 日本蟳的性腺发育和生殖周期. *海洋湖沼通报*, (2): 29–36.
- 薛利建, 卢占晖. 2011. 东海中部海域蟹类群落结构及其多样性研究. *南方水产科学*, 7(6): 66–71.
- 叶清. 2004. 厦门未来海岸在哪里. *厦门科技*, (5): 59–60.
- 张璐平, 洪华生, 陈宗团, 等. 1999. 农药使用对厦门海域的初步环境风险评价. *厦门大学学报: 自然科学版*, 38(1): 96–102.
- 中华人民共和国农业部. 2012. 海洋渔业资源调查规范 (SC/T 9403-2012). 北京.
- 左书华, 韩志远, 赵洪波, 等. 2011. 九龙江口—厦门湾表层沉积物粒度分布特征及其动力响应. *水利水运工程学报*, (4): 74–79.