厦门海域蟹类资源的变化

朱建新
(厦门市海洋与渔业研究所,福建 厦门 361008)

摘要:本研究依据 2006—2007 年与 2016—2017 年各个季节在厦门海域采样获得的蟹类样品数据,对比分析了其种类组成、资源密度及其多样性指数。结果表明:厦门海域蟹类的种类组成有较大变化,种类更替率为 55.32%,伴随着在两次调查中扇蟹科、方蟹科和关公蟹科等物种的新出现及梭子蟹科和长脚蟹科物种的消失,同时蟹类丰度(d)有所减少;均匀度(J)、种类多样性指数(H')和资源密度变化较小;蟹类的群落结构变得更单一,容易遭到破坏;研究期间拟穴青蟹(*Scylla paramamosain*)资源出现一定程度的恢复,蟹类资源的平均个体质量有所增加,其中秋季蟹类个数密度增长较为明显。本研究建议在保证严格禁渔等管理的同时,加强对其海洋栖息地的管理和恢复。

关键词:海洋生物学;蟹类;资源变动;群落结构;生物多样性;厦门海域
DOI: 10.3969/J.ISSN.2095-4972.20220512001
中图分类号:P735 **文献标识码**:A **文章编号**:2095-4972(2023)03-0392-10

福建海域的蟹类种类繁多,以热带种和亚热带种为主,其中大中型经济蟹类占优势,梭子蟹科则占绝对优势;可食用种类有 20 多种,但是具有商业利用价值的并不多。蟹类具有生命周期短、群落结构简单、生长迅速、性成熟早、资源补充快、产卵期长和繁殖能力强等特点,同时也具有年际波动大,既易遭到破坏,也易得到恢复等特点[1]。幼蟹作为许多鱼类的饵料,是海洋食物网中的重要环节,其资源变动会对整个海洋生态系统的平衡有一定影响。因此,研究蟹类群落变动规律,对了解海洋生态系统的稳定性有重要意义[2-3]。

厦门海域的蟹类中有三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)、红星梭子蟹(*Portunus sanguinolentus*)、锈斑蟳(*Charybdis feriatus*)和日本蟳(*Charybdis japonica*)等群体数量大、经济价值高的物种[4]。考虑到近年福建沿海水域的生态环境已有一些变化,加之人类渔业活动的影响,对厦门沿海水域蟹类资源再次进行调查研究显得十分必要。

前人对厦门海域蟹类资源进行了研究[4-9],九龙江口附近海域由于环境污染、生境破坏、捕捞压力过大等因素导致生物多样性指数偏低,许多一年生甲壳类动物几乎没有剩余群体,其资源易受当年过度捕捞的影响[6]。厦门海域中的经济蟹类出现了明显的更替现象,夏季生物资源量较高,由于捕捞强度管理不合理,对传统的经济物种,例如三疣梭子蟹资源产生了严重的破坏,已无法形成渔场和渔汛;对于双斑蟳(*Charybdis bimaculata*)等资源丰富、个体小的蟹类,尚未进行良好开发和利用[7]。厦门及福建中南部其他近海海域蟹类多属于中小型种类,高强度捕捞加剧了对蟹类资源的破坏[8]。厦门西部海域的游泳动物与历史资料相比,种类和资源量明显下降[9]。

本研究根据 2006—2007 年与 2016—2017 年各个季节在厦门海域开展底拖网作业所捕获的蟹类动物调查数据,对该海域蟹类资源的种类组成、数量分布、优势种、生物多样性和经济种等指标的变化进行了对比分析,研究结果可为该海域蟹类资源的可持续利用、生物资源的保护和渔业管理提供参考。

1 材料与方法

1.1 采样方法

2006 年 8 月(夏季)、2007 年 1 月(冬季)、2007 年 4 月(春季)和 2007 年 10 月(秋季)在厦门海域设置了 7 个站位,进行了 4 个航次的调查,其采样站位如图 1 所示。调查渔船采用单船底拖网船,渔具

收稿日期:2022-05-26
资助项目:福建省自然科学基金(2015J01618);厦门市海洋与渔业局(南方海洋中心)项目(13GQT001NF14)
作者简介:朱建新(1969—),男,工程师;E-mail: 952825101@qq.com

为有翼单囊拖网,网具总长度和上纲长度分别为41.0 m和26.8 m,囊网网目尺寸为20 mm。拖网作业持续时间为0.5~1.0 h,拖速为2~3 n mile/h。2016年5月(春季)、8月(夏季)、11月(秋季)和2017年2月(冬季)在厦门海域设置了6个站位(图1)。调查船为单船桁杆型底拖网船。底拖网网衣长度为24 m,网口高度为2.5 m,囊网网目尺寸为20 mm,桁杆(扫海)宽度为27 m,拖速为2~3 n mile/h。在每个季节进行渔获物采集。每个航次和站位都记录了放网时间、起网时间、放网速度和起网速度等数据资料,并测定了各站位的水深、表层水温和盐度等环境水文数据。

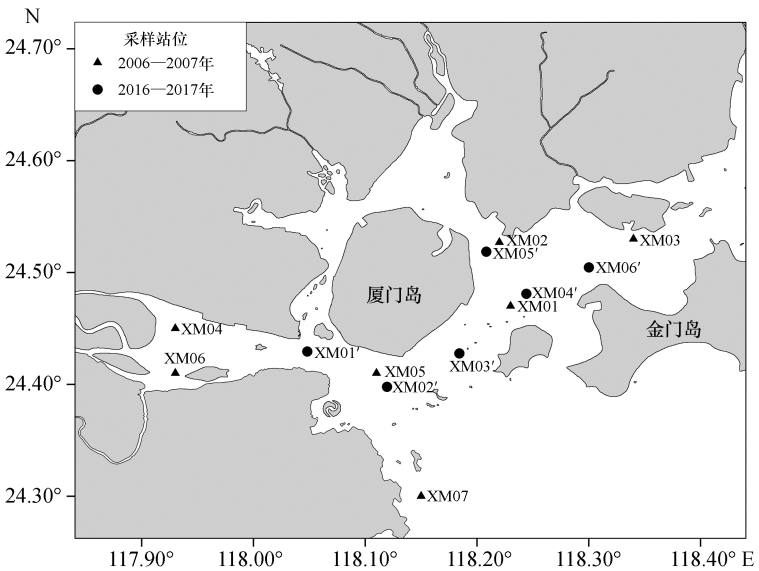


图1　厦门海域底拖网采样站位

Fig.1　Bottom trawl sampling stations in Xiamen sea areas

分析方法参考《海洋渔业资源调查规范》[10]。蟹类种类名称及分类以《中国海洋生物名录》[11]为依据,并参考SeaLifeBase数据库(http://www.sealifebase.org)等确定。

1.2　数据处理

1.2.1　数据标准化

根据各站位实际拖网时间对调查数据进行标准化处理,将其换算为单位面积的标准化处理。使用Microsoft Excel 2016和PRIMER 5软件进行数据处理。

1.2.2　数据计算

优势种的计算采用Pinkas等的相对重要性指数(Index of Relative Importance, IRI)[12],计算公式如下:

$$IRI = [(n_i/N + w_i/W) \times f_i/m] \times 10^4 \quad (1)$$

式(1)中:n_i、w_i分别为第i种蟹类的个体数(个)和生物量(kg),N、W分别为蟹类总个体数(个)和总生物量(kg),f_i为第i种蟹在m次取样中出现的频率。

种类的季节更替变化运用种类更替率进行分析[13],计算公式如下:

$$A = \frac{C}{C + B} \times 100\% \quad (2)$$

式(2)中:A为更替率(%),即与前一季节进行比较的更替情况;C为相临两个季节间减少及增加的物种数(种);B为相临两个季节间相同的物种数(种)。

多样性指数主要采用如下公式[14]进行计算:

$$d = (S - 1)/\log_2 N \quad (3)$$

$$H' = -\sum_{i=1}^{S} P_i \log_2 P_i \quad (4)$$

$$J = H'/H_{\max} \quad (5)$$

式(3)至(5)中:d为丰度,H'为蟹类种类多样性指数,J为蟹类种类均匀度,S为蟹类种类总数,P_i为第i种蟹的个体数(n_i)与蟹类总个体数(N)的比值(n_i/N),$H_{\max}$为$\log_2 S$。

蟹类主要营底栖生活,其资源密度的估算可以采用扫海面积法[15]。在拖网统计结果基础上,计算各站位质量密度和个数密度,其计算公式如下:

$$\rho_i = C_i/a_i \cdot q \quad (6)$$

式(6)中:ρ_i为第i站蟹类资源密度(质量密度:kg/km^2,个数密度:ind/km^2);C_i为第i站每小时拖网渔获物中蟹类数量(质量:kg/h,个数:ind/h);a_i为第i站网具每小时扫海面积(km^2/h),扫海面积

等于网口水平扩张宽度(km)与拖曳距离(km)的乘积,拖曳距离为拖网速度(km/h)和实际拖网时间(h)的乘积; q 为网具捕获率(可捕系数 = 1−逃逸率),本文逃逸率取 0.3[16-17]。

将 $IRI \geq 1\ 000$ 的定为优势种,$100 \leq IRI < 1\ 000$ 定为重要种,$10 \leq IRI < 100$ 定义为一般种,$IRI < 10$ 定义为罕见种[18]。

2 结果

2.1 种类组成及更替率

2006—2007 年 4 个季节调查共捕获了蟹类 27.563 kg,数量为 2 835 只。鉴定出蟹类 35 种,隶属于 10 科 16 属(表 1)。在科水平出现种类最多的是梭子蟹科共有 20 种,占捕获总种类数的 57.14%;在属水平出现最多的是蟳属(*Charybdis*)共有 12 种,占捕获总种类数的 34.29%,经济物种有 8 种,分别是拟穴青蟹(*Scylla paramamosain*)、三疣梭子蟹、红星梭子蟹、日本蟳、锈斑蟳、远海梭子蟹(*Portunus pelagicus*)、善泳蟳(*Charybdis natator*)和武士蟳(*Charybdis miles*)。4 个季节均出现的种类有矛形梭子蟹(*Portunus hastatoides*)、日本蟳、隆线强蟹(*Eucrate crenata*)、强壮武装菱蟹(*Enoplolambrus validus*)、疾进蟳(*Charybdis vadorum*)和字纹弓蟹(*Varuna litterata*)。

2016—2017 年 4 个季节调查共捕获蟹类 51.989 kg,数量为 1 097 只。鉴定出蟹类 33 种,隶属于 12 科 19 属(表 1)。在科单元出现种类最多的是梭子蟹科共 12 种,占捕获蟹类总种类的 36.36%;在属单元出现最多的是蟳属共 6 种,占捕获蟹类总种类的 18.18%(表 1),经济物种有 6 种,分别是拟穴青蟹、三疣梭子蟹、红星梭子蟹、日本蟳、锈斑蟳和远海梭子蟹。4 个季节均出现的有日本蟳、变态蟳(*Charybdis variegata*)、隆脊强蟹(*Eucrate costata*)、隆线强蟹、锈斑蟳、日本平家蟹(*Heikea japonica*)、东方蟳(*Charybdis orientalis*)、远海梭子蟹、贪精武蟹(*Parapanope euagora*)、逍遥馒头蟹(*Calappa philargius*)、中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)、狭额绒螯蟹(*Eriocheir leptognathus*)和中国拟关公蟹(*Paradorippe cathayana*)。

从种类组成数量来看 2016—2017 年只比 2006—2007 年减少了 5.71%,有 21 种为近 10 a 前后共同出现的种,种类更替率为 55.32%。

表 1 厦门海域 2006—2007 年和 2016—2017 年的蟹类种类组成

Tab. 1 Species composition of crabs in Xiamen sea areas of 2006-2007 and 2016-2017

序号	科名	属名	种名	2006—2007 年				2016—2017 年			
				春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
1	弓蟹科	弓蟹属(*Varuna*)	字纹弓蟹(*Varuna litterata*)	√	√	√	√				
2	瓷蟹科	细足属(*Raphidopus*)	绒毛细足蟹(*Raphidopus ciliatus*)						√	√	√
3	方蟹科	绒螯蟹属(*Eriocheir*)	中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)					√	√	√	√
4			狭颚绒螯蟹(*Eriocheir leptognathus*)					√	√	√	√
5	关公蟹科	仿关公蟹属(*Dorippoides*)	伪装仿关公蟹(*Dorippoides facchino*)		√						√
6		平家蟹属(*Heikea*)	日本平家蟹(*Heikea japonica*)	√	√	√		√	√	√	√
7		拟关公蟹属(*Paradorippe*)	颗粒拟关公蟹(*Paradorippe granulata*)						√	√	√
8			中国拟关公蟹(*Paradorippe cathayana*)					√	√	√	√
9	菱蟹科	菱蟹属(*Enoplolambrus*)	强壮武装菱蟹(*Enoplolambrus validus*)	√	√	√	√	√	√		√
10	虎头蟹科	虎头蟹属(*Orithyia*)	中华虎头蟹(*Orithyia sinica*)		√	√	√				
11	馒头蟹科	馒头蟹属(*Calappa*)	逍遥馒头蟹(*Calappa philargius*)					√	√	√	√
12	绵蟹科	绵蟹属(*Dromia*)	真绵蟹(*Dromia dehaani*)	√				√	√		√
13		平壳蟹属(*Conchoecetes*)	干练平壳蟹(*Conchoecetes artificiosus*)		√						
14	沙蟹科	拟闭口蟹属(*Paracleistostoma*)	隆线拟闭口蟹(*Paracleistostoma cristatum*)								√
15	扇蟹科	静蟹属(*Galene*)	双刺静蟹(*Galene bispinosa*)		√			√	√		√
16		异毛蟹属(*Heteropilumnus*)	披发异毛蟹(*Heteropilumnus ciliatus*)								√
17			健全异毛蟹(*Heteropilumnus subinteger*)					√	√		√
18		精武蟹属(*Parapanope*)	贪精武蟹(*Parapanope euagora*)					√	√	√	√

续表

序号	科名	属名	种名	2006—2007 年				2016—2017 年			
				春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
19	梭子蟹科	短桨蟹属(*Thalamita*)	双额短桨蟹(*Thalamita sima*)				√				
20		青蟹属(*Scylla*)	拟穴青蟹(*Scylla paramamosain*)		√		√			√	√
21		梭子蟹属(*Portunus*)	纤手梭子蟹(*Portunus gracilimanus*)		√	√	√		√	√	√
22			银光梭子蟹(*Portunus argentatus*)		√						
23			矛形梭子蟹(*Portunus hastatoides*)	√	√	√	√		√	√	√
24			红星梭子蟹(*Portunus sanguinolentus*)		√	√	√		√	√	√
25			远海梭子蟹(*Portunus pelagicus*)		√	√	√	√	√	√	√
26			三疣梭子蟹(*Protunus trituberculatus*)	√	√	√			√	√	√
27		蟳属(*Charybdis*)	直额蟳(*Charybdis truncata*)		√	√					√
28			变态蟳(*Charybdis variegata*)	√	√		√	√	√	√	√
29			东方蟳(*Charybdis orientalis*)		√			√	√	√	√
30			日本蟳(*Charybdis japonica*)	√	√	√	√	√	√	√	√
31			锈斑蟳(*Charybdis eriatus*)		√	√	√	√	√	√	√
32			双斑蟳(*Charybdis bimaculata*)	√			√	√	√		√
33			钝齿蟳(*Charybdis acuta*)		√						
34			疾进蟳(*Charybdis vadorum*)	√	√	√	√				
35			近亲蟳(*Charybdis affinis*)		√	√	√				
36			锐齿蟳(*Charybdis acuta*)	√	√	√					
37			善泳蟳(*Charybdis natator*)	√		√					
38			武士蟳(*Charybdis miles*)			√					
39	玉蟹科	栗壳蟹属(*Arcania*)	七刺栗壳蟹(*Arcania heptacantha*)				√				
40		五角蟹属(*Nursia*)	小五角蟹(*Nursia minor*)					√	√		√
41	长脚蟹科	强蟹属(*Eucrate*)	隆脊强蟹(*Eucrate costata*)		√			√	√	√	√
42			隆线强蟹(*Eucrate crenata*)	√	√	√	√	√	√	√	√
43			阿氏强蟹(*Eucrate alcocki*)		√						√
44			太阳强蟹(*Eucrate solaris*)		√	√	√				
45		六足蟹属(*Hexapux*)	弯六足蟹(*Hexapux anfractus*)			√					
46	蜘蛛蟹科	绒球蟹属(*Doclea*)	羊毛绒球蟹(*Doclea ovis*)		√	√					
47		互敬蟹属(*Hyastenus*)	双角互敬蟹(*Hyastenus diacanthus*)					√	√		√
48		矶蟹属(*Pugettia*)	四齿矶蟹(*Pugettia quadridens*)					√	√		√

注:"√"表示在采样中出现。

从表 2 可以看出,2006—2007 年各个季节间种类更替率均明显高于 2016—2017 年。2006—2007 年夏、秋种类更替率最低,春、夏最高;2016—2017 夏、秋种类更替率最高,而春、夏最低。

2.2　群落优势种

从表 3 可知,群落的 7 个主要优势种中,年平均个数密度除了东方蟳外,其余 6 种在 2016—2017 年均比 2006—2007 年显著降低,纤手梭子蟹(*Portunus gracilimanus*)尤甚。2006—2007 年日本蟳为春、秋、冬 3 季的优势种,锈斑蟳和矛形梭子蟹分别为夏、冬

表 2　2006—2007 年与 2016—2017 年各季节间的种类更替率

Tab. 2　Species turnover rates in seasons of 2006-2007 and 2016-2017

调查时间	更替率/%		
	春、夏	夏、秋	秋、冬
2006—2007 年	66	42	50
2016—2017 年	22	32	29

和秋、冬的优势种。双斑蟳(*Charybdis bimaculata*)、纤手梭子蟹、远海梭子蟹、近亲蟳(*Charybdis affinis*)分别为春、夏、秋、冬单季的优势种。其中经济种有远海梭子蟹、日本蟳、锈斑蟳,其他均为小型饵料型蟹类(表 4)。

2016—2017 年日本蟳为 4 季的优势种,东方蟳为春、夏、秋 3 季的优势种,矛形梭子蟹为夏、秋两季的优势种,变态蟳、红星梭子蟹、远海梭子蟹、强壮武装菱蟹分别为春、夏、秋、冬单季的优势种(表 4)。其中经济种有日本蟳、红星梭子蟹、远海梭子蟹和拟穴青蟹等,其中拟穴青蟹为秋季的重要种,其他均为小型饵料型蟹类。

表 3 厦门海域主要优势种个数密度变化情况分析

Tab. 3 Individual density change of dominant crab species in Xiamen sea areas

主要优势种	个数密度/(ind · km^{-2})									
	春		夏		秋		冬		年平均	
	2006—2007 年	2016—2017 年	2006—2007 年	2016—2017 年	2006—2007 年	2016—2017 年	2006—2007 年	2016—2017 年	2006—2007 年	2016—2017 年
日本蟳(*Charybdis japonica*)	161.59	44.42	171.62	215.94	81.75	395.01	1 531.81	160.57	486.69	203.98
远海梭子蟹(*Portunus pelagicus*)	77.43	4.04	7.15	7.64	—	29.4	120.33	—	51.23	10.27
锈斑蟳(*Charybdis eriatus*)	228.91	4.04	39.33	7.64	17.03	23.88	61.79	4.17	86.77	9.93
东方蟳(*Charybdis orientalis*)	13.47	36.34	—	63.06	—	273.75	—	—	3.37	93.29
双斑蟳(*Charybdis bimaculata*)	363.57	28.27	486.26	—	286.12	—	6.50	4.17	285.61	8.11
矛形梭子蟹(*Portunus hastatoides*)	313.07	10.10	307.49	131.86	61.31	139.63	445.56	18.77	281.86	75.09
纤手梭子蟹(*Portunus gracilimanus*)	3 952.10	—	17.88	28.66	—	—	78.05	—	1 012.01	7.17

注:"—"表示该物种未在该年份出现。

表 4 各个季节优势种、经济种、生态重要种的相对重要性指数

Tab. 4 Index of relative importance (*IRI*) of dominant species, economic species, and ecologically important species in each season

种类	*IRI*							
	2006—2007 年				2016—2017 年			
	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
日本蟳(*Charybdis japonica*)	1 701.5*	553.5	11 964.1*	3 056.4*	3 261.0*	6 568.8*	10 909.9*	11 566.9*
锈斑蟳(*Charybdis eriatus*)	—	1 172.8*	371	1 469.7*	69.5	314.8	608.2	131.1
矛形梭子蟹(*Portunus hastatoides*)	139.4	288.1	1 190.7*	2 335.9*	—	2 182.0*	1 512.8*	211.1
远海梭子蟹(*Portunus pelagicus*)	—	718.5	1 599.0*	43.5	588.7	432.5	1 445.9*	—
近亲蟳(*Charybdis affinis*)	—	539.3	469.3	3 702.8*	—	—	—	—
双斑蟳(*Charybdis bimaculata*)	1 071.8*	—	—	46.1	332.4	—	—	12.9
纤手梭子蟹(*Portunus gracilimanus*)	—	8 045.9*	25.5	52.2	—	287.6	—	—
东方蟳(*Charybdis orientalis*)	—	—	—	—	1 685.3*	1 625.7*	4 595.4*	—
变态蟳(*Charybdis variegata*)	26.5	30.7	—	24.3	4 030.0*	56.6	4.3	402.0
红星梭子蟹(*Portunus sanguinolentus*)	—	8.9	2.1	20.9	—	1 447.8*	—	—
强壮武装菱蟹(*Enoplolambrus validus*)	—	—	—	—	681.5	20.1	—	1 104.5*
直额蟳(*Charybdis truncata*)	—	72.6	13.2	—	—	—	—	8.7

续表

种类	*IRI*							
	2006—2007 年				2016—2017 年			
	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
拟穴青蟹(*Scylla paramamosain*)	—	13.9	—	10.4	—	—	10.8	847.9
三疣梭子蟹(*Protunus trituberculatus*)	42.3	30.9	303.6	—	—	205.5	215.1	—
武士蟳(*Charybdis miles*)	—	—	10.3	—	—	—	—	—
善泳蟳(*Charybdis natator*)	535.9	—	405.1	—	—	—	—	—

注:表中“*”表示该指数达到优势种标准,“—”表示该物种未在该季节出现。

2.3　资源密度季节变化

2006—2007 年夏季的个数密度明显高于其他季节,全年呈现出春季最低夏季最高,夏季到冬季依次减小的趋势(表 5);而 2016—2017 年呈现的是从春季到秋季依次增加之后到冬季减小到全年最低(表 6)。2006—2007 年的质量密度秋季最高,2016—2017 年的质量密度和个数密度的全年变化趋势基本一样,只是冬季质量密度数值减小到了春季数值和夏季数值之间。2006—2007 年只有夏季的个数密度和质量密度高于 2016—2017 年。

表 5　2006—2007 年各季节质量密度和个数密度

Tab. 5　Mass density and individual density of crabs in seasons of 2006-2007

站位	春季		夏季		秋季		冬季	
	质量密度/($kg \cdot km^{-2}$)	个数密度/($ind \cdot km^{-2}$)	质量密度/($kg \cdot km^{-2}$)	个数密度/($ind \cdot km^{-2}$)	质量密度/($kg \cdot km^{-2}$)	个数密度/($ind \cdot km^{-2}$)	质量密度/($kg \cdot km^{-2}$)	个数密度/($ind \cdot km^{-2}$)
XM01	11.10	1 126.27	19.75	3 553.99	37.62	1 682.66	0.90	138.16
XM02	2.54	450.51	0.74	115.13	53.57	3 166.06	25.53	671.59
XM03	12.90	1 391.15	7.60	402.95	52.53	2 647.98	3.35	350.39
XM04	15.92	2 763.11	30.99	1 941.84	162.61	5 688.75	5.36	230.26
XM05	4.59	219.29	98.85	6 159.42	97.57	3 453.88	7.17	506.57
XM06	—	—	8.31	431.74	116.12	4 660.00	61.61	3 403.83
XM07	2.77	38.38	206.91	23 680.02	45.37	1 169.28	29.94	1 888.12
平均	7.12	855.53	53.31	5183.58	80.77	3 209.80	19.12	1 026.99

注:表中“—”表示该站位未有蟹类出现。

表 6　2016—2017 年各季节质量密度和个数密度

Tab. 6　Mass density and individual density of crabs in seasons of 2016-2017

站位	春季		夏季		秋季		冬季	
	质量密度/($kg \cdot km^{-2}$)	个数密度/($ind \cdot km^{-2}$)	质量密度/($kg \cdot km^{-2}$)	个数密度/($ind \cdot km^{-2}$)	质量密度/($kg \cdot km^{-2}$)	个数密度/($ind \cdot km^{-2}$)	质量密度/($kg \cdot km^{-2}$)	个数密度/($ind \cdot km^{-2}$)
XM01′	13.68	304.74	50.70	3 655.17	76.43	1 964.94	33.19	1 389.85
XM02′	26.57	1 504.44	13.46	799.94	24.34	949.14	67.19	1 458.85
XM03′	20.29	905.59	55.10	3 116.63	146.53	6 896.00	47.75	2 087.75
XM04′	39.05	2 732.70	119.33	4 471.69	96.73	3 734.53	6.63	649.57
XM05′	13.11	920.82	27.82	827.86	125.67	2 728.09	32.40	1 686.40
XM06′	26.91	2 790.47	26.37	1 971.75	154.15	4 084.78	8.32	983.77
平均	23.27	1 526.46	48.80	2 473.84	103.98	3 392.91	32.58	1 376.03

2.4 多样性指数

从表 7 可以看出,2006—2007 年调查海域 d 呈现出一定的季节变化,春季为全年最低(2.761 9),春季到夏季增长,夏季为全年最高(3.608 2),夏季到秋季(3.015 0)略有下降,秋季到冬季(2.953 9)下降幅度较小,基本持平。J 也呈现一定的季节性变化,春季为全年最高(0.768 7),之后大幅度下降,夏季下降到全年最低点(0.463 3),秋季(0.623 9)到冬季(0.688 5)继续上升。H' 春季为全年最高(2.177 8),夏季下降到全年最低(1.543 6),秋季(1.922 3)到冬季(1.952 6)一直上升。

2016—2017 年的调查海域 d 呈现季节变化,春季(3.181 7)最高,春季到夏季(2.379 3)略有下降,夏季到秋季继续下降,秋季达到了最低点(1.191 1),秋季到冬季(2.157 8)略有上升。J 同样呈现季节变化,全年的变化规律为春季(0.706 1)最高,春季到夏季(0.678 7)略有下降,夏季到秋季继续下降,秋季达到了最低点(0.582 2),秋季到冬季(0.605 3)略有上升。H' 全年的变化规律为春季(2.182 5)最高,春季到夏季(1.961 7)略有下降,夏季到秋季继续下降,秋季达到了最低点(1.340 5),秋季到冬季(1.639 2)略有上升。

表 7 2006—2007 年与 2016—2017 年各季节蟹类多样性指数

Tab. 7 Diversity index of crabs in seasons of 2006-2007 and 2016-2017

年份	季节	d	J	H'
2006—2007	春季	2.761 9	0.768 7	2.177 8
	夏季	3.608 2	0.463 3	1.543 6
	秋季	3.015 0	0.623 9	1.922 3
	冬季	2.953 9	0.688 5	1.952 6
2016—2017	春季	3.181 7	0.706 1	2.182 5
	夏季	2.379 3	0.678 7	1.961 7
	秋季	1.191 1	0.582 2	1.340 5
	冬季	2.157 8	0.605 3	1.639 2

2.5 调查站位的水温和盐度季节变化

从表 8 可知,研究海域各站位的水深较浅,在 9.0~21.5 m 之间,平均仅为 14.1 m;表层水温变化较大,冬季最低,夏季最高,其波动范围介于15.0~30.4 ℃之间;盐度变化范围在 16.6~31.1 之间,其中春季盐度最低,平均值为 22.8。

表 8 2006—2007 年各调查站位水温和盐度季节变化

Tab. 8 Seasonal changes of seawater temperature and salinity at stations in 2006-2007

站位	水深/m	水温/℃				盐度			
		春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
XM01	15.1	20.0	28.6	25.0	15.2	28.2	30.7	29.7	29.3
XM02	11.1	20.9	28.6	24.6	15.2	23.2	30.7	28.2	28.0
XM03	14.7	20.6	29.8	24.4	15.6	27.0	31.1	30.8	28.1
XM04	9.0	20.6	28.8	25.2	16.2	16.6	26.9	23.2	23.1
XM05	15.8	20.8	28.3	25.4	15.6	21.9	29.3	27.2	22.9
XM06	11.3	21.9	30.4	25.6	15.0	17.0	20.8	24.6	25.4
XM07	21.5	19.4	28.0	25.3	15.3	25.4	30.6	31.1	26.7
平均值±S	14.1±4.1	20.6±0.8	28.9±0.9	25.1±0.4	15.4±0.4	22.8±4.6	28.6±3.7	27.8±3.0	26.2±2.5

3 讨论

3.1 厦门海域蟹类种类组成及优势种变化

厦门海域大部分蟹类属于广温广盐性蟹类。2006—2007 年和 2016—2017 年两次调查所捕获的蟹类中出现物种最多的科均是梭子蟹科,这是因为梭子蟹科的物种主要分布在沿岸的浅海区域,而调查设置的站点也在沿岸的浅海区域。在两次调查期间日本蟳从 3 季的优势种变为 4 季的优势种,说明日本蟳在群落中的优势地位上升,经济利用的价值提高;变态蟳在调查期间由一般种变为了优势种,说明其生态价值明显增加;纤手梭子蟹从 2006—2007

年的优势种变为 2016—2017 年的重要种,表明纤手梭子蟹在群落中的重要性有所下降。

从经济种的角度分析,拟穴青蟹从 2006—2007 年的夏冬季出现变为 2016—2017 年的秋冬季出现,并且从一般种变为重要种说明拟穴青蟹在群落中的重要性有所增加,表明研究海域的拟穴青蟹资源出现一定程度的恢复,这可能与两次调查期间拟穴青蟹的增殖放流有关。拟穴青蟹适合生活在近岸或河口附近,或栖息于温暖而盐度较低的浅海;成熟的雌蟹常由河口或半咸水水域到近海产卵,孵化出的幼蟹常随潮流进入河口觅食成长。

三疣梭子蟹的相对重要性指数在 2016—2017 年夏秋季基本不变,说明三疣梭子蟹在群落中的地位趋于稳定。红星梭子蟹从 2006—2007 年的一般种变成 2016—2017 年夏季的优势种,说明红星梭子蟹的经济作用有所提高。武士蟳属于高温广盐性蟹类,在 2006—2007 年的调查中只出现于秋季,并且属于一般种,在本海域其经济地位不高。

2016—2017 年各个季节间种类更替率均明显低于 2006—2007 年(表 2),且季节间变化规律波动较小,说明优势种的迁入、迁出率有所下降,洄游程度降低。

3.2　厦门海域蟹类群落多样性变化分析

种类多样性指数常被用于评价水体受到人为影响的程度[19]。参考《水生生物监测手册》[20]对 H' 的分级标准($H'=0$,受人类影响严重;$0<H'<1$,受到重度影响;$1\leqslant H'\leqslant 3$,受到中度影响;$H'>3$,基本没影响)可以看出,研究海域各个季节均受到人为中度影响。

已有研究发现群落 H' 的大小受 d 与 J 的双重影响[21]。J 与 d 值越高,H' 就越高,对比各个季节 3 项指数,本研究与此结论基本一致。2016—2017 年秋季和冬季的 H' 与 2006—2007 年相比呈现出减少的变化特征,而春季和夏季呈现出增长的变化特征,说明近 10 a 间厦门海域蟹类的生物多样性高低发生了季节转变。2016—2017 年的 4 个季节 d 只有春季高于 2006—2007 年,其他季节明显低于之前,主要是 2016—2017 年夏、秋、冬 3 季的蟹类的个别种类数量明显增多导致的,说明厦门海域蟹类资源物种丰度在研究期间呈现衰退的趋势。2016—2017 年的 4 个季节 J 只有夏季高于 2006—2007 年,这主要是因为 2006—2007 年的夏季生物 H' 过低造成的。说明研究期间厦门海域蟹类资源量分布不均情况有所加重。

3.3　厦门海域蟹类资源的空间与季节变化

厦门海域蟹类资源呈季节性变化,蟹类资源在夏、秋、冬 3 季较高,春季蟹类资源量相较于其他 3 季有所下降,表明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,在此环境下生存的蟹类相对较少[22];夏季随着台湾暖流北上,水温、盐度升高,水体的营养变得丰富,饵料增加,海洋环境稳定,蟹类资源有所增加[23-24]。经过繁殖期,秋季蟹类群体数量有了一定的增长,这是秋季个数密度增加的原因之一[20],另一个原因是 10 月以后,随着北方海区水温逐渐下降,蟹类自北向南进行越冬洄游,所以在厦门海域形成了蟹类的渔汛[25]。

2016—2017 年的各个季节蟹类平均个体质量均比 2006—2007 年高(图 2),说明研究期间蟹类资源的平均个体质量增加,厦门海域的自然环境对于蟹类自然选择的作用在增大,使适应环境条件的蟹类在群落中更具有优势。因为幼蟹生长发育过程中需要经历多次蜕皮的过程,在蜕皮过程中蟹类的壳质较软,极易成为某些大型鱼类的捕食对象。近几年厦门海域底层鱼类受污染和过度捕捞的影响,资源急剧减少[26],由于天敌减少,幼蟹的成活率可能有所提高,也使得蟹类的生物量可能提高,一定程度上促进了蟹类的生长繁殖[27]。

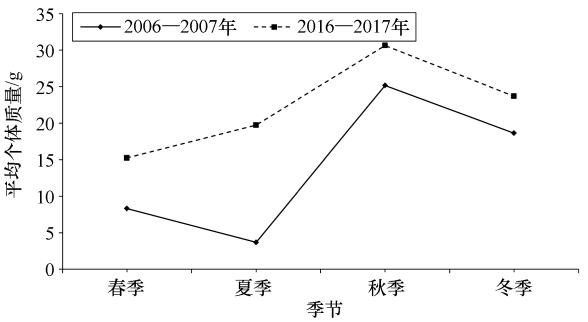


图 2　厦门海域各季节蟹类平均个体质量变化趋势图

Fig.2　Average weight of individual crabs in different seasons in Xiamen sea areas

4　结论

本研究通过 2006—2007 年与 2016—2017 年各个季节对厦门海域布站采样调查蟹类资源的变动情况,对比分析了种类组成、资源密度和多样性指数等,发现厦门海域蟹类种群的丰度有所减少,蟹类个数密度和质量密度变化较小,平均个体质量有所增加,群落结构变得更单一,群落稳定性下降。建议在保证严格禁渔的同时,加强对其海洋栖息地的管理和恢复。

参考文献：

[1] 宋海棠, 俞存根, 薛利建. 东海经济虾蟹类渔业生物学[M]. 北京：海洋出版社, 2012.
SONG H T, YU C G, XUE L J. East China Sea economy shrimp and crab fishery biology[M]. Beijing: China Ocean Press, 2012.

[2] 谢旭, 俞存根, 郑基, 等. 琼州海峡蟹类群落结构特征研究[J]. 渔业现代化, 2017, 44(2)：72-78.
XIE X, YU C G, ZHENG J, et al. Research on structural characteristics of crab communities inQiongzhou Strait[J]. Fishery Modernization, 2017, 44(2): 72-78.

[3] 牛威震, 韩磊, 俞存根, 等. 舟山群岛东侧海域蟹类群落结构及其与环境因子的关系[J]. 海洋学报, 2022, 44(2)：29-38.
NIU W Z, HAN L, YU C G, et al. Crab community structure and its relationship with environmental factors in the eastern sea area of Zhoushan Islands[J]. Haiyang Xuebao, 2022, 44(2): 29-38.

[4] 申世常, 陈融斌, 黄良敏,等. 厦门海域蟹类的群落结构特征[J]. 动物学杂志, 2018, 53(6)：868-877.
SHEN S C, CHEN R B, HUANG L M, et al. The structure characteristics of crab community in Xiamen coastalwaters[J]. Chinese Journal of Zoology, 2018, 53(6): 868-877.

[5] 申世常. 厦门海域甲壳类资源的研究[D]. 厦门：集美大学, 2018.
SHEN S C. Study on crustacean resources in Xiamen coastal waters[D]. Xiamen: Jimei University, 2018.

[6] 刘勇, 沈长春, 马超, 等. 九龙江口春秋季鱼类种类组成及数量分布特征[J]. 福建水产, 2014, 36(3)：191-197.
LIU Y, SHEN C C, MA C, et al. Species composition and quantitative distribution of fishes in spring and autumn in Jiulongjiang Estuary[J]. Journal of Fujian Fisheries, 2014, 36(3): 191-197.

[7] 刘秋狄, 陈政强, 黄良敏, 等. 福建沿岸海域蟹类种类组成和数量分布[J]. 集美大学学报(自然科学版), 2011, 16(1)：20-26.
LIU Q Q, CHEN Z Q, HUANG L M, et al. Species composition and spaticial distribution of crabs in Fujian costal waters[J]. Journal of Jimei University (Natural Science), 2011, 16(1): 20-26.

[8] 沈长春, 马超, 刘勇, 等. 福建中南部近海四种主要作业蟹类种类组成及其分布特点[J]. 福建水产, 2014. 36(1)：47-54.
SHEN C C, MA C, LIU Y, et al. Crab species composition and distribution characteristics of four fisheries in middle and southern part of Fujian coastal waters[J]. Journal of Fujian Fisheries, 2014, 36(1): 47-54.

[9] 游天福, 陈秀云, 林江兴, 等. 厦门西部海域春季游泳动物资源的调查研究[J]. 渔业研究, 2016, 38(5)：386-393.
YOU T F, CHEN X Y, LIN J X, et al. Investigation on nekton resources of spring in the west sea areas of Xiamen[J]. Journal of Fisheries Research, 2016, 38(5): 386-393.

[10] 农业部渔业局. 海洋渔业资源调查规范：SC/T 9403—2012[S]. 北京：中国农业出版社, 2013.
Fisheries Bureau of Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Technical specification for marine fishery resources survey: SC/T 9403-2012[S]. Beijing: China Agriculture Press, 2013.

[11] 刘瑞玉. 中国海洋生物名录[M]. 北京：科学出版社, 2008.
LIU R Y. Checklist of marine biota of China seas[M]. Beijing: Science Press, 2008.

[12] PINKAS L, OLIPHAMT M S, IVERSON I L K. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters[J]. California Department of Fish and Game Fish Bulletin, 1971, 152: 1-105.

[13] 曾慧慧, 徐宾铎, 薛莹, 等. 胶州湾浅水区鱼类种类组成及其季节变化[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2012, 42(1/2)：67-74.
ZENG H H, XU B D, XUE Y, et al. Study on fish species composition and seasonal variation in the shallow waters of Jiaozhou Bay[J]. Periodical of Ocean University of China, 2012, 42(1/2): 67-74.

[14] MARGALEF R. Information theory in ecology[J]. General System, 1958, 42(3): 36-71.

[15] WILHM J L. Use of biomass units in Shannon's formula[J]. Ecology, 1968, 49(1): 153-156.

[16] 杨吝, 张旭丰, 谭永光, 等. 南海区拖网网囊最小网目尺寸选择性研究[J]. 中国水产科学, 2003, 10(4)：325-333.
YANG L, ZHANG X F, TAN Y G, et al. Selectivity study on minimum mesh size of bottom trawlcodend in South China Sea[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2003,10(4): 325-333.

[17] 郑元甲, 陈雪忠, 程家骅. 东海大陆架生物资源与环境[M]. 上海：上海科学技术出版社, 2003：323.
ZEHNG Y J, CHEN X Z, CHENG J H. Biological resources and environment of the East China Sea Continental shelf [M]. Shanghai : Shanghai Scientific & Technical Publishers, 2003: 323.

[18] 吴强, 王俊, 金显仕, 等. 中国北部海域主要无脊椎动物群落结构及多样性[J]. 中国水产科学, 2011, 18(5)：1 152-1 160.
WU Q, WANG J, JIN X S, et al. Community structure and diversity of invertebrates in northern region of China Sea[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2011,18(5): 1 152-1 160.

[19] 朱增军, 张洪亮, 虞宝存, 等. 夏秋季浙江岱衢洋虾蟹类群落多样性分析[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2012, 31(3)：206-210.
ZHU Z J, ZHANG H L, YU B C, et al. Analysis on crabs and shrimps community diversity in Daiquyang of Zhejiang Province during summer and autumn[J]. Journal of Zhejiang Ocean University (Natural Science), 2012, 31(3): 206-210.

[20] 国家环保局. 水生生物监测手册[M]. 南京：东南大学出版社, 1993.
National Environmental Protection Administration. Aquatic biological monitoring manual[M]. Nanjing: Southeast University Press, 1993.

[21] 杨刚, 李凡, 王秀霞, 等. 山东半岛南部近岸海域蟹类群落结构特征[J]. 中国水产科学, 2017, 24(4)：862-874.
YANG G, LI F, WANG X X, et al. Community structure of crabs in the coastal waters along the southern Shangdong Peninsula[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2017, 24 (4): 862-874.

[22] 薛利建, 卢占晖. 东海中部海域蟹类群落结构及其多样性研究[J]. 南方水产科学, 2011, 7(6)：66-71.

XUE L J, LU Z H. Community structure and species diversity of crab in middle East China Sea[J]. South China Fisheries Science, 2011, 7(6): 66-71.

[23] 陈小庆, 俞存根, 虞聪达, 等. 东海中南部外海蟹类群落结构特征[J]. 应用生态学报, 2009, 20(10): 2 527-2 534.
CHEN X Q, YU C G, YU C D, et al. Structural characteristics of crab communities in offshore waters of mid-southern East China[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2009, 20(10): 2 527-2 534.

[24] 齐海明, 孙岳, 徐兆礼, 等. 椒江口海域春秋季虾类群落结构及其影响因素[J]. 应用生态学报, 2013, 24(12): 3 546-3 552.
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): 3 546-3 552.

[25] 俞存根, 宋海棠, 姚光展, 等. 东海大陆架海域经济蟹类种类组成和数量分布[J]. 海洋与湖沼, 2006(1): 53-60.
YU C G, SONG H T, YAO G Z, et al. Composition and distribution of economic crab species in the East China Sea[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2006(1): 53-60.

[26] 顾洪静. 福建九龙江口水域鱼类群落及其资源的研究[D]. 厦门: 集美大学, 2014.
GU H J. Study on fish community and resources in Jiulong River Estuary, Fujian[D]. Xiamen: Jimei University, 2014.

[27] 丛旭日, 李凡, 吕振波, 等. 莱州湾蟹类的群落结构特征[J]. 海洋渔业, 2015, 37(5): 419-426.
CONG X R, LI F, LV Z B, et al. Community structure of crab in Laizhou Bay[J]. Marine Fisheries, 2015, 37(5): 419-426.

Study on the changes of crab stocks in Xiamen sea areas

ZHU Jianxin

(Marine and Fisheries Institute of Xiamen, Xiamen 361008, China)

Abstract: In this study, species composition, stocks density and diversity index were compared and analyzed based on crab samples collected from Xiamen sea areas in seasons from 2006 to 2007 and 2016 to 2017. Results showed that, species composition of crabs in Xiamen sea areas had significantly changes, with a species replacement as high as 55.32%. Along with the presence of some species such as Xanthidae, Grapsidae and Dorippidae, and the absence of some species in Portunidaeand and Goneplacidae, the crab abundance decreased. However, the changes of evenness, diversity index and density were insignificant. The community structure of crabs became simplified. The average weight of individual crabs had increased during the study period, and there was a certain degree of *Scylla paramamosain* stock recovery during surveys, particularly with a significant increase of crab density in autumn. This study recommends strengthening the management and restoration of marine habitat with measurement such as fishing bans.

Key words: marine biology; crab; stock fluctuation; community structure; biodiversity; Xiamen sea areas

DOI: 10.3969/J.ISSN.2095-4972.20220512001

(责任编辑:方建勇)