

基于饵料及敌害生物的莱州湾中国对虾 (*Fenneropenaeus chinensis*)与三疣梭子蟹 (*Portunus trituberculatus*)增殖基础分析*

吴 强¹ 金显仕^{1,3} 栾青杉¹ 陈 卫² 左 涛¹
陈瑞盛¹ 王 俊^{1①}

(1. 农业部海洋渔业可持续利用重点实验室 山东省渔业资源与生态环境重点实验室 中国水产科学研究院
黄海水产研究所 青岛 266071; 2. 天津渤海水产研究所 天津 300457; 3. 青岛海洋科学与技术国家实验室
海洋渔业科学与食物产出过程功能实验室 青岛 266071)

摘要 根据 2011 年及 2013 年 6 个航次的调查, 结合历史资料, 统计分析了中国对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)、三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)及二者敌害生物单位捕捞努力量渔获量(Catch per unit fishing effort, CPUE)的长期变化, 研究了目前二者的饵料生物密度以及饵料生物与敌害生物的数量分布。结果显示, 目前中国对虾、三疣梭子蟹以及二者敌害生物的 CPUE 均呈历史低位水平。放流期间, 莱州湾浮游植物饵料等级为 V 级(很丰富), 底栖动物饵料等级为 IV 级(丰富); 中国对虾的饵料生物密度分别以莱州湾东北部(5 月)和中东部(6 月)最高, 敌害生物密度分别以中西部(5 月)和东南部(6 月)最高; 三疣梭子蟹的饵料生物密度均以莱州湾西南部和东北部最高, 敌害生物密度分别以中西部(5 月)和西北部(6 月)最高。

关键词 中国对虾; 三疣梭子蟹; CPUE; 敌害; 饵料; 莱州湾

中图分类号 S932.5 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2016)02-0001-09

莱州湾位于渤海南部, 拥有大约 6955 km² 的水域面积和 319 km 的海岸线(陈大刚等, 2000)。由于黄河、小清河和潍河等众多河流在这里入海, 对渔业生物而言, 莱州湾水域具备多样的栖息场所和丰富的食物资源(金显仕等, 2000; Luo *et al.*, 2013), 是黄渤海渔业生物的主要产卵场和索饵场, 莱州湾因此被誉为渤海的“母亲湾”(邓景耀等, 2000)。目前, 因过度捕捞、环境污染等人类活动的影响, 全球范围内多处近海水域的渔业生物群落结构都发生了巨大变化(Rice *et al.*, 1996; Rijnsdorp *et al.*, 1996; Gislason *et al.*, 1998), 包括黄海(Jin *et al.*, 1996; Xu *et al.*, 2005)和渤海

(Jin, 2004)。作为渤海的三大海湾之一, 莱州湾鱼类资源已经严重衰退, 资源密度、种类组成及个体大小均呈下降趋势, 高值、大个体底层种类的优势地位被低值、小个体种类所代替(田家怡等, 1991; Iversen *et al.*, 1993, 2001)。在鱼类资源衰退的背景下, 甲壳类在莱州湾渔业生态系统中的地位逐渐凸显, 尤其中国对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)及三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*), 因其经济价值高、繁育技术成熟等特点, 已经成为莱州湾甚至整个中国北方海域最重要的两个增殖种类。目前, 这两个种类的增殖放流依然存在诸多问题, 如放流数量缺乏科学依据、放流个体规格不明

* 公益性行业(农业)科研专项经费(201303050)、国家重点基础研究发展计划(2015CB453303)和山东省泰山学者工程专项(2008-67)共同资助。吴 强, E-mail: wuqiang@ysfri.ac.cn

① 通讯作者: 王 俊, 研究员, E-mail: wangjun@ysfri.ac.cn

收稿日期: 2015-03-12, 收修改稿日期: 2015-06-08

确等,其原因在于对增殖种类的资源变动缺乏了解,对其饵料及敌害生物的数量变化和分布等方面缺乏研究。本研究拟在阐明莱州湾中国对虾和三疣梭子蟹的资源变动,同时分析其敌害及饵料生物资源密度的长期变化,以及饵料与敌害生物的数量分布状况,旨在为更加科学、合理地增殖放流中国对虾和三疣梭子蟹提供理论支撑。

目前,莱州湾水域增殖放流的中国对虾为体长 10–20 mm 的仔虾,放流时间为 5 月中下旬至 6 月上中旬。唐启升等(1997)曾对莱州湾鱼类胃含物进行分析,发现中国对虾被鱼类捕食的现象绝大部分发生在 7 月中旬之前(体长为 70 mm 以下)。捕食仔虾、幼虾的种类包括鲈鱼(*Lateolabrax japonicus*)幼鱼、绵鳚(*Zoarces clongatus*)、黄姑鱼(*Nibea albiflora*)幼鱼、白姑鱼(*Argyrosomus argentatus*)幼鱼、真鲷(*Pagrosomus major*)、石鲈(*Kareius bicoloratus*)、六线鱼(*Hexagrammos* spp)、孔鳐(*Raja porosa*)及鰕虎鱼类(*Gobiidae*)。此外也有关于许氏平鲈(*Sebastes schlegeli*)捕食对虾的报道。根据以上研究,结合目前的调查结果,中国对虾敌害生物的种类确定为鲈鱼、绵鳚、白姑鱼幼鱼、真鲷、石鲈、六线鱼、孔鳐、鰕虎鱼类及许氏平鲈。目前,莱州湾水域放流的三疣梭子蟹主要为甲宽为 20–30 mm 的幼蟹,放流时间为 5 月中下旬至 6 月上中旬。唐启升等(1990)曾在山东近海发现,海鳗(*Muraenesox cinereus*)捕食三疣梭子蟹,同时在鲈鱼(*Scomber japonicus*)、鳕鱼(*Gadus macrocephalus*)、白姑鱼和黄姑鱼等种类的胃含物内发现未鉴定至种的幼蟹。日本学者发现,鳚(*Callionymus* spp.)、石鲈以及全长大于 47 mm 鰕虎鱼也捕食幼蟹。根据以上研究,结合目前的调查结果,三疣梭子蟹的敌害生物种类确定为海鳗、鲈鱼、白姑鱼、鳚、石鲈以及鰕虎鱼。春季(5 月)是包括中国对虾及三疣梭子蟹在内的众多渔业种类的繁殖季节。因此,本研究主要以 1982 年以来春季(5 月)的调查数据,分析莱州湾中国对虾及三疣梭子蟹敌害生物资源密度的长期变化;夏季(8 月)中国对虾及三疣梭子蟹个体已较大,被捕食的风险较小,但因 8 月处于禁渔期间,调查时受生产船只的影响程度较小,因此,本研究同样统计分析夏季(8 月)敌害生物资源密度的长期变化,以供参考。

无论中国对虾还是三疣梭子蟹,莱州湾水域放流时间均在每年的 5 月中下旬至 6 月中上旬。邓景耀等(1990)研究认为,此时中国对虾仔虾主要以舟形硅藻(*Navicula* spp.)和圆筛硅藻(*Coscinodiscus* spp.)为主的浮游植物为食,并且随着个体的增长,浮游动物及底栖动物的出现频率增加,至 8 月时中国对虾已生长发

育至成体阶段,此时主要以底栖甲壳类、贝类和多毛类为食。姜卫民等(1998)研究认为,放流期间的三疣梭子蟹幼体及成体均以底栖贝类和小型甲壳类为食。

1 材料与方法

1.1 单位捕捞努力量渔获量(CPUE)

单位捕捞努力量渔获量(Catch per unit fishing effort, CPUE)指一个捕捞努力量单位所获得的渔获尾数或重量,通常用渔获量除以相应的捕捞努力量得到。本研究中,CPUE 单位为 kg/h,即指每网拖曳 1 h 的渔获量。目前及历史的 CPUE 数据(包括游泳动物、中国对虾、三疣梭子蟹以及二者的敌害生物)均来自中国水产科学研究院黄海水产研究所科研人员于莱州湾水域长期进行的专用底拖网调查,所有调查采用的底拖网参数完全相同。网具规格:网口高度为 6 m,网口宽度为 22.6 m,网口周长为 109.62 m,网目为 63 mm,囊网网目为 20 mm。拖速为 3.0 kn。调查水域为莱州湾(37°–38°30' N; 118°45'–120°30' E),调查站位见图 1。

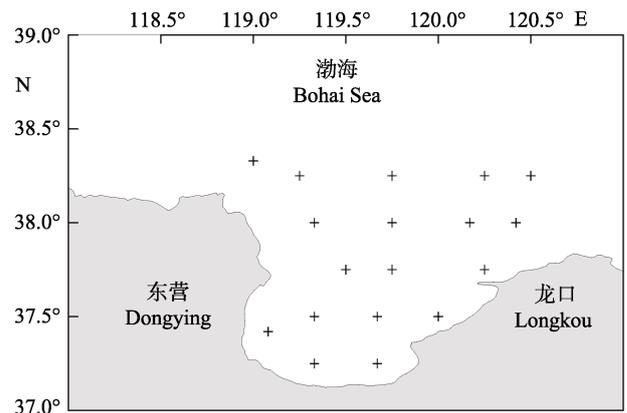


图 1 黄河口和莱州湾调查站位

Fig.1 Survey stations in the Yellow River estuary and the Laizhou Bay

1.2 饵料生物评价

浮游植物来自 2011 年 5、6 月共两个航次的调查,大型底栖动物数据来自 2013 年 5、6、8、10 月共 4 个航次的调查。所有调查采样均按照《海洋调查规范》(中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局和中国国家标准化委员会,2007)。调查站位见图 1。饵料生物水平分级评价参考唐启升(2006)(表 1),将饵料生物水平分为 5 个等级,即 I 级(低)、II 级(较低)、III 级(较丰富)、IV 级(丰富)和 V 级(很丰富)。

1.3 生境质量分级评价

浮游植物和浮游动物的数据来自于 2011 年 5–10 月

共 6 个航次的调查, 大型底栖生物数据来自 2013 年 5、6、8、10 月 4 个航次的调查。根据个体数, 利用 Shannon-Wiener 多样性指数(H')等级对莱州湾生境质

量进行分级评价, 计算方法及评价标准(中华人民共和国国家环境监测中心. 近海环境监测指南, 2009)(表 2)。

表 1 饵料生物水平评价标准

Tab.1 The evaluation criterion of food organism rank

评价等级 Evaluation rank	I	II	III	IV	V
浮游植物密度 Density of phytoplankton (10^4 ind/ m^3)	<20	20-50	50-75	75-100	>100
底栖动物生物量(采泥) Biomass of macrobenthic animals (g/m^2)	<5	5-10	10-25	25-50	>50
分级描述 Rank description	低 Very poor	较低 Poor	较丰富 Common	丰富 Good	很丰富 Very good

表 2 生境质量等级评价

Tab.2 The evaluation of habitat quality

香浓-维纳指数 Shannon-Wiener Index (H')	$H' \geq 3.0$	$2.0 \leq H' < 3.0$	$1.0 \leq H' < 2.0$	$H' < 1.0$
生境质量等级 Rank of habitat quality	优良 Good	一般 Common	差 Poor	极差 Very poor

2 结果

2.1 资源密度的长期变化

2.1.1 游泳动物 众所周知, 中国近海渔业资源的衰退是目前实施增殖放流的主要原因。针对 1982 年以来莱州湾水域春(5 月)、夏(8 月)两季游泳动物(包括鱼类、甲壳类及头足类) CPUE 的长期变化的研究结果显示(图 2), 2013 年春季(5 月), 莱州湾游泳动物 CPUE 仅为 0.36 kg/h, 分别为 1982 年同期的 0.22%、1993 年的 0.93%、1998 年的 7.70%、2004 年的 15.01%、2010 年的 26.86%。2013 年夏季(8 月), 莱州湾游泳动物 CPUE 仅为 2.52 kg/h, 分别为 1982 年同期的 2.18%、1992 年的 3.83%、1998 年的 48.09%、2010 年的 3.37%。总体来看, 无论春季还是夏季, 莱州湾水域游泳动物 CPUE 整体均呈大幅下降趋势, 仅 2010 年夏季(8 月) CPUE 曾大幅回升; 从群落结构看, 鱼类在莱州湾游泳动物资源组成中占主导地位, 春季鱼类

的优势地位较夏季更加明显。

2.1.2 中国对虾及其敌害 针对 1982 年以来莱州湾春、夏两季的中国对虾及其敌害生物的 CPUE 长期变化的研究结果显示(图 3), 在春季(5 月), 中国对虾仅 1982 年 CPUE 为 0.24 kg/h, 所占生物量为 0.15%, 1993 年及以后均未捕获中国对虾(图 3A); 中国对虾敌害 CPUE 也呈大幅下降趋势, 从 1982 年的 26.55 kg/h 下降至 1993 年的 1.02 kg/h, 此后维持在较低水平, 2013 年仅为 0.01 kg/h(图 3B)。在夏季(8 月), 中国对虾 CPUE 整体呈先上升再下降的趋势, 由 1982 年 0.42 kg/h 上升至 1992 年的 1.24 kg/h, 1998 年则降为 0 (未捕获), 2010 年 8 月回升至 0.82 kg/h, 2013 年则再次下降至 0.07 kg/h(图 3C); 中国对虾敌害 CPUE 也呈大幅下降趋势, 从 1982 年的 13.06 kg/h 下降至 1992 年的 1.51 kg/h, 1998 年仅为 0.13 kg/h, 2010 年回升至 1.70 kg/h, 2013 年则下降至 0.36 kg/h(图 3D)。

总体看来, 自 1982 年以来中国对虾及其敌害的

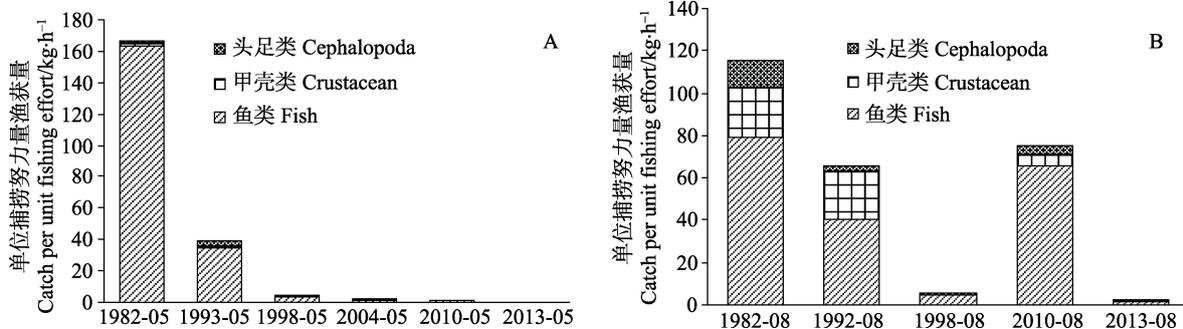


图 2 游泳动物 CPUE 的长期变化

Fig.2 The long-term variation of CPUE of nekton

A: 5 月, B: 8 月

A: May, B: August

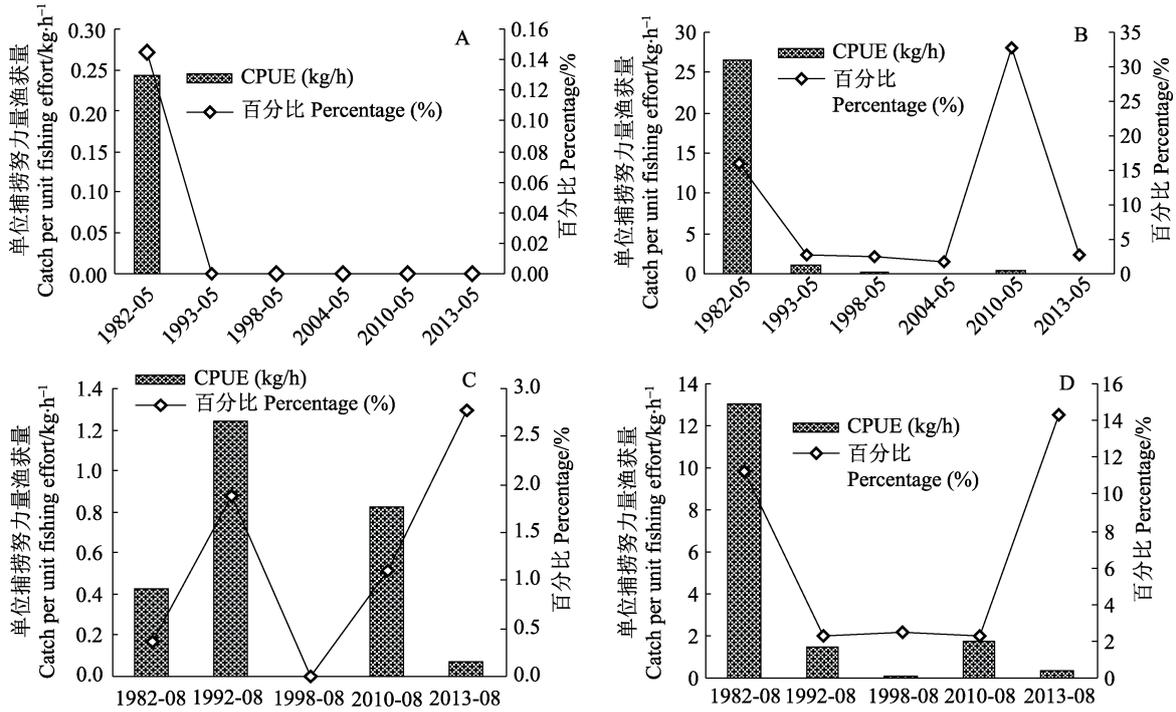


图 3 中国对虾及其敌害 CPUE 的长期变化

Fig.3 The long-term variations of CPUE of *F.chinensis* and its predators

A: 中国对虾(5月), B: 敌害(5月), C: 中国对虾(8月), D: 敌害(8月)

A: *F.chinensis* (May), B: Predators (May), C: *P.chinensis* (August), D: Predators (August)

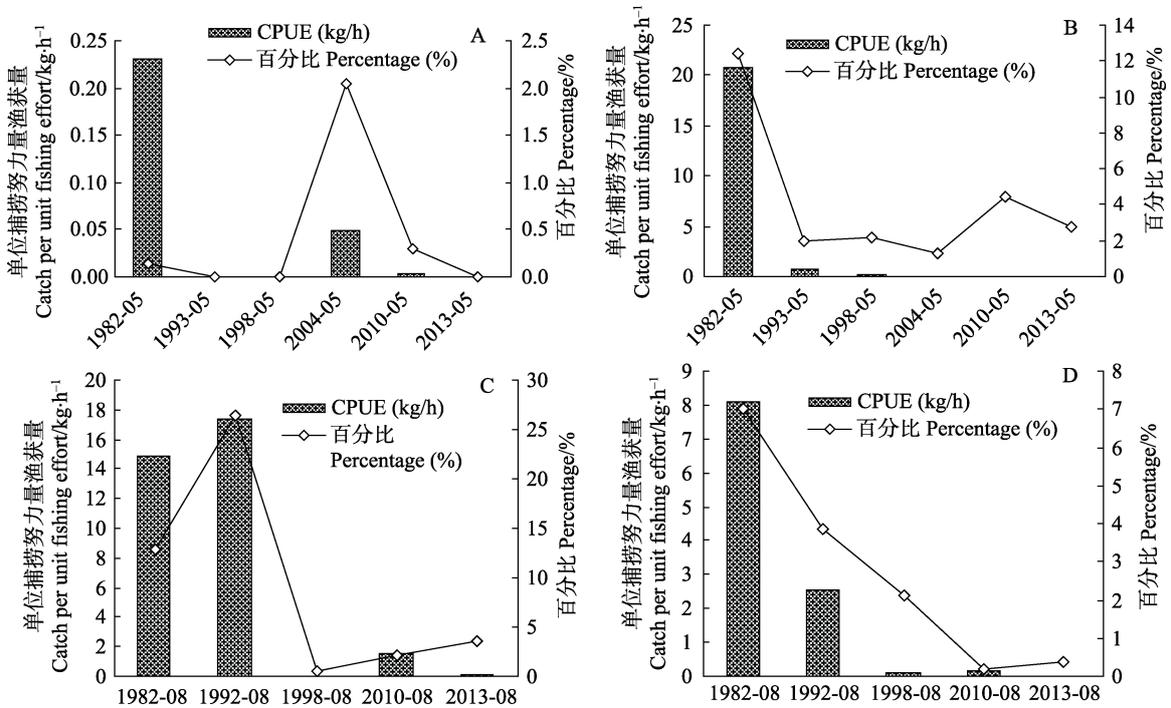


图 4 三疣梭子蟹及其敌害 CPUE 的长期变化

Fig.4 The long-term variations of CPUE of *P. trituberculatus* and its predators

A: 三疣梭子蟹(5月), B: 敌害(5月), C: 三疣梭子蟹(8月), D: 敌害(8月)

A: *P.trituberculatus* (May), B: Predators (May), C: *P.trituberculatus* (August), D: Predators (August)

CPUE 均呈大幅下降趋势, 敌害生物 CPUE 的大幅下降有利于中国对虾放流个体成活率的提高。

2.1.3 三疣梭子蟹及其敌害 针对 1982 年以来莱州湾春、夏两季的三疣梭子蟹及其敌害生物的 CPUE 长期变化的研究结果显示(图 4), 春季(5 月), 三疣梭子蟹 CPUE 整体呈大幅下降趋势, 由 1982 年的 0.23 kg/h 下降至 1993 年、1998 年的 0 (未捕获), 2004 年恢复至 0.05 kg/h, 2010 年再次下降至 0.004 kg/h, 2013 年为 0 (未捕获)(图 4A); 三疣梭子蟹敌害 CPUE 也呈大幅下降趋势, 从 1982 年 20.72 kg/h 下降至 1993 年 0.77 kg/h, 1998 年为 0.10 kg/h, 2004 年为 0.03 kg/h, 2010 年为 0.06 kg/h, 2013 年仅为 0.01 kg/h (图 4B)。夏季(8 月), 三疣梭子蟹 CPUE 整体呈大幅下降趋势, 由 1982 年的 14.83 kg/h 上升至 1992 年的 17.37 kg/h, 1998 年下降为 0.03 kg/h, 2010 年回升至 1.59 kg/h, 2013 年下降为 0.09 kg/h (图 4C); 三疣梭子蟹敌害 CPUE 也呈大幅下降趋势, 从 1982 年的 8.12 kg/h 下降至 1992 年的 2.54 kg/h, 1998 年仅为 0.11 kg/h, 2010 年回升至 0.15 kg/h, 2013 年

则下降至 0.01 kg/h (图 4D)。

总体来看, 自 1982 年以来三疣梭子蟹及其敌害的 CPUE 均呈大幅下降趋势, 敌害生物 CPUE 的大幅下降有利于三疣梭子蟹放流个体成活率的提高。

2.2 饵料生物水平

莱州湾水域饵料生物水平等级评价结果见表 3。从表 3 可以看出, 放流时期, 中国对虾仔虾以浮游植物为食。根据 2011 年 5、6 月两个航次调查, 莱州湾水域的浮游植物密度为 158.92×10^4 ind/m³, 饵料等级为 V 级(很丰富); 其中, 5 月为 V 级(很丰富)、6 月为较丰富(III 级)。无论放流时期的幼体还是后期的成体, 三疣梭子蟹均以底栖动物为食, 中国对虾成体也以底栖生物为食。根据 2013 年 5、6、8、10 月 4 个航次调查, 莱州湾水域底栖动物生物量为 52.29 g/m², 饵料等级为 V 级(很丰富); 其中, 放流期间(5-6 月)底栖动物生物量为 27.33 g/m², 饵料等级为 IV 级(丰富)。

表 3 饵料生物密度及等级评价

Tab.3 The density and ranking of food organisms

浮游植物 Phytoplankton			大型底栖动物 Macrobenthic animals		
时间 Time	密度 Density (10 ⁴ ind/m ³)	饵料等级 Food rank	时间 Time	生物量 Biomass (g/m ²)	饵料等级 Food rank
2011-05	264.70	V	2013-05	24.95	III
2011-06	53.13	III	2013-06	29.70	IV
平均值 Mean	158.92	V	2013-08	93.14	V
			2013-10	62.56	V
			平均值 Mean	52.59	V

2.3 生境质量评价

根据个体数密度数据, 利用 Shannon-Wiener 多样性指数(H')等级对生境质量进行分级评价, 莱州湾水域生境质量等级评价结果见表 4。从表 4 可以看出, 浮游植物: 根据 2011 年 5-10 月 6 个航次的平均值, 莱州湾水域生境质量等级为“差”, 其中放流期间(5-6 月)的质量等级为“差”; 浮游动物: 根据 2011 年 5-10 月 6 个航次的平均值, 莱州湾水域生境质量等级为“一般”, 其中放流期间(5-6 月)的质量等级为“一般”; 底栖动物: 根据 2013 年 5、6、8、10 月 4 个航次的平均值, 莱州湾水域生境质量等级为“一般”, 其中放流期间(5-6 月)的质量等级为“一般”。

2.4 饵料及敌害生物的数量分布

2.4.1 中国对虾 对中国对虾增殖放流期间饵料及敌害生物密度分布的研究结果显示(图 5), 5 月, 中国对虾饵料生物密度分布极不均匀, 莱州湾东北部密度

表 4 香农-威纳指数及生境质量等级

Tab.4 The Shannon-Wiener index (H') and the quality of habitats

时间 Time	浮游植物 Phytoplankton	浮游动物 Zooplankton	大型底栖动物 Macrobenthic animals
2011-05	1.23±0.76 ^③	2.20±0.53 ^②	
2011-06	1.28±0.89 ^③	2.29±0.67 ^②	
2011-07	1.62±0.71 ^③	2.25±0.31 ^②	
2011-08	1.99±0.77 ^③	2.30±0.71 ^②	
2011-09	2.63±0.78 ^②	2.57±0.39 ^②	
2011-10	2.40±0.67 ^②	2.17±0.52 ^②	
2013-05			2.72±0.67 ^②
2013-06			2.67±0.69 ^②
2013-08			2.33±0.85 ^②
2013-10			2.22±1.13 ^②
平均值 Mean	1.86 ^③	2.30 ^②	2.49 ^②

注: ①表示优良, ②表示一般, ③表示差, ④表示极差

Note: ①denoted good, ②denoted common, ③denoted poor, ④denoted very poor

最高, 其他水域密度则相对较低(图 5A); 6 月, 中国对虾饵料生物密度以莱州湾中部、东北部密度最高, 其他水域则相对较低(图 5A)。5 月, 中国对虾敌害生物的密度以莱州湾中西部(小清河口外海)最高, 其次是东南部(龙口近岸)密度较高, 其他水域的密度相对

较低(图 5B); 6 月, 中国对虾敌害的密度以莱州湾东南部(三山岛近岸)最高, 其次是中西部(小清河口外海)密度较高, 其他水域的密度则相对较低(图 5B)。

2.4.2 三疣梭子蟹 对三疣梭子蟹增殖放流期间饵料及敌害生物密度分布的研究结果显示(图 6),

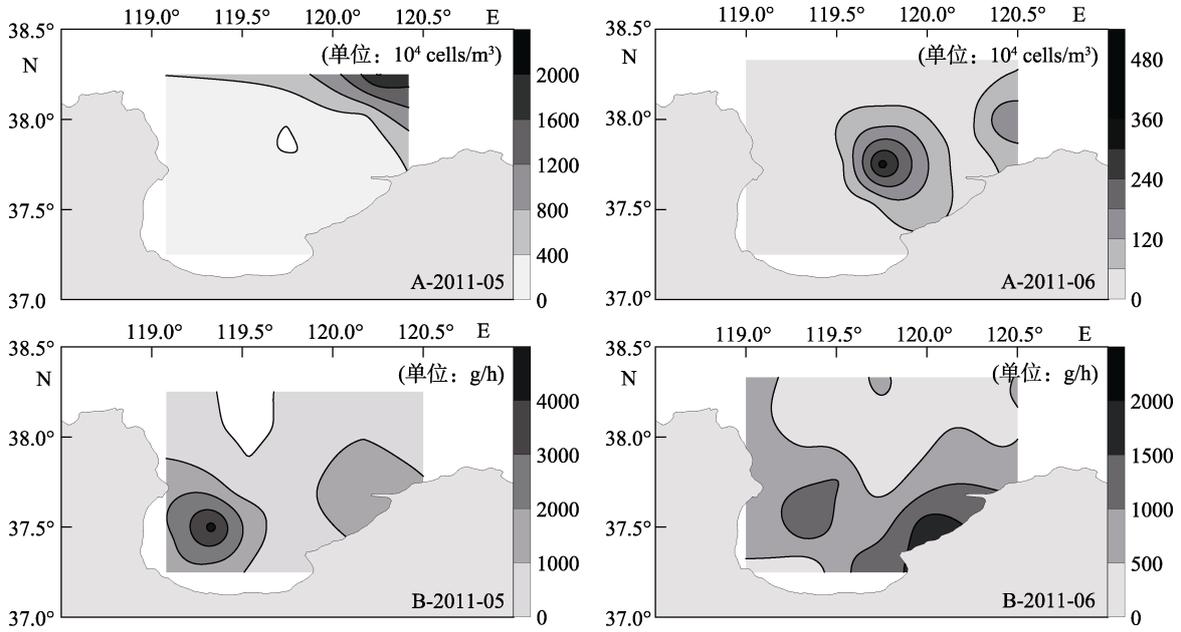


图 5 放流期间中国对虾饵料及敌害生物的密度分布

Fig.5 The distribution of the density of food organisms and predators for *F. chinensis* in the releasing period

A: 饵料生物, B: 敌害生物
A: food organisms, B: predators

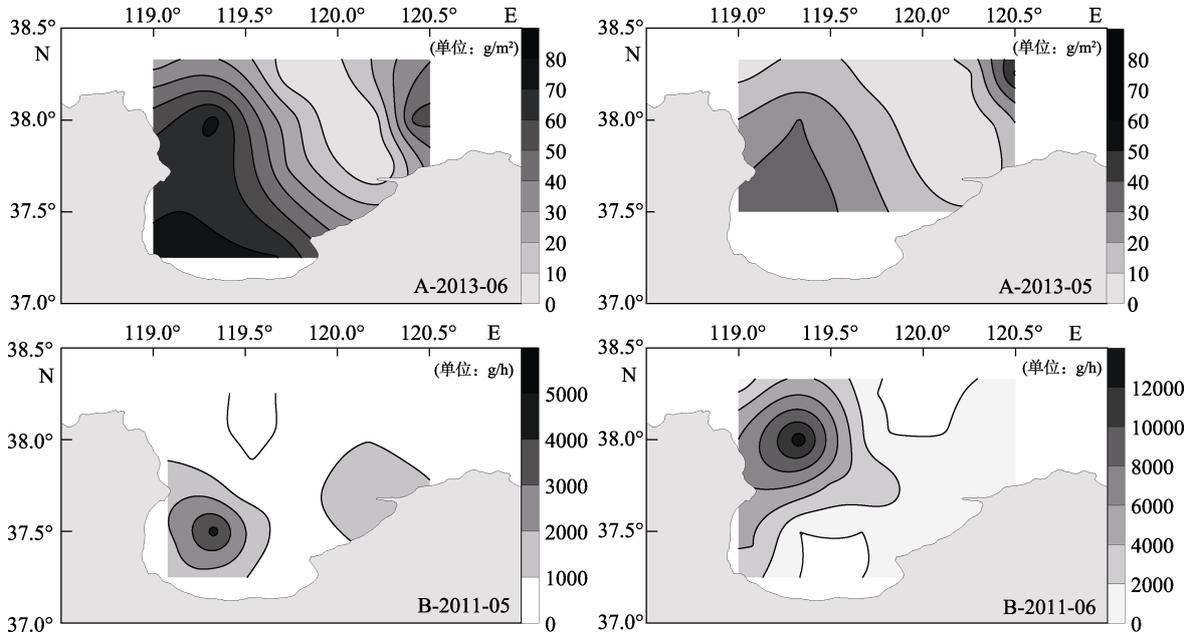


图 6 放流期间三疣梭子蟹饵料及敌害生物密度分布

Fig.6 The distribution of the density of food organisms and predators for *P. trituberculatus* in the releasing period

A: 饵料生物, B: 敌害生物
A: food organisms, B: predators

5 月, 三疣梭子蟹饵料生物密度以莱州湾东北部及中西部密度最高, 其他水域密度相对较低(图 6A); 6 月, 三疣梭子蟹饵料生物密度以西部(小清河口及黄河口近岸)及东部(蓬莱外海)最高, 其他水域密度则相对较低(图 6A)。5 月, 三疣梭子蟹敌害的密度以莱州湾中西部(小清河口外海)最高, 其次是东南部(龙口近岸)密度较高, 其他水域的密度相对较低(图 6B); 6 月, 三疣梭子蟹敌害的密度以莱州湾西北部(黄河口外海)最高, 其他水域的密度则相对较低(图 6B)。

3 讨论

3.1 资源密度变化的影响

研究表明, 自 1982 年以来无论游泳动物还是中国对虾、三疣梭子蟹以及二者敌害的 CPUE, 整体均呈大幅下降趋势(图 2-图 6), 并且鱼类在莱州湾游泳动物资源组成中占主导地位(图 2)。目前莱州湾的鱼类群落包括浮游动物食性、底栖动物食性等 5 种食性类型。其中, 底栖动物食性鱼类是莱州湾的重要食性类型, 底栖动物饵料在莱州湾生态系统的食性关系中起着关键作用(张波等, 2013)。包括鱼类在内的游泳动物资源密度大幅下降, 莱州湾水域渔业资源食物供给的压力也会相应减小, 即作为饵料生物的底栖动物以及浮游植物、浮游动物的消耗量也相应减小。饵料生物数量的提升可以为增殖放流的中国对虾及三疣梭子蟹提供丰富的食物来源, 有利于个体成活率的提高。

3.2 关于饵料生物

放流时期的中国对虾仔虾主要摄食浮游植物, 生长发育至成体后则以底栖动物为食。三疣梭子蟹幼体和成体则均以底栖动物为食。从春、夏、秋三季的平均值看, 2011 年莱州湾浮游植物的密度为 $129 \times 10^4 \text{ ind/m}^3$, 饵料水平等级为“很丰富”, 但较 1982 年、2003 年

和 1992 年均呈下降状态, 仅高于 1998 年的水平(表 4); F 检验表明, 2011 年与 1982 年差异性极显著 ($P < 0.01$), 而与其他年份的差异性均不显著 ($P > 0.05$)。莱州湾大型底栖动物的密度水平: 1985-1987 年的平均值为 1610 ind/m^2 , 1997-1999 年为 1851 ind/m^2 , 2006 年下降至 698 ind/m^2 , 2013 年的密度仅为 335 ind/m^2 , 整体呈下降趋势(表 5)。

有报道称环境污染引起了莱州湾产卵场的破坏, 导致鱼卵、仔稚鱼数量锐减(崔毅等, 2003; 张雪等, 2012), 莱州湾浮游植物、底栖动物密度的下降很可能与近十几年来的环境污染加剧有关。此外, 值得一提的是无论中国对虾还是三疣梭子蟹, 放流入海之前均是在人工池塘中繁育、生长, 且多数利用混合饲料喂养, 这虽然有利于为苗种提供充足的食物来源, 然而自然海区的饵料生物无论在种类还是丰富度上都可能与人工喂养状态下存在较大的差别。因此, 放流苗种入海后不仅需要迅速适应自然海区的环境, 还需要迅速完成食物的转变, 在此过程中, 可能会导致大批苗种的死亡。

3.3 关于敌害生物

通过 1982 年 4 月-1983 年 5 月的逐月取样分析对渤海 54 种主要鱼类的食物关系进行了研究, 没有发现这些鱼类对中国对虾有明显的危害, 仅在个别鲈鱼胃含物中发现三疣梭子蟹(邓景耀等, 1986)。2011 年 5 月-2012 年 4 月期间(冬季 12 月、翌年 1、2 月除外)于莱州湾水域逐月对采集的 20 种鱼类 4854 个胃含物进行了分析, 结果未发现对中国对虾和三疣梭子蟹的捕食现象(张波等, 2013)。然而唐启升等(1997)认为, 产生这一结果的原因可能是由于“调查海区不包括水深小于 5 m 的内湾、河口附近的浅水区和定置网密布的海区”。对莱州湾近岸、河口水域敌害生物及其对增殖种类的危害进行的研究表明, 在取样的 8 种主要捕

表 5 莱州湾饵料生物密度的长期变化

Tab.5 The long-term variation of the food organism density in the Laizhou Bay

浮游植物 Phytoplankton (10^4 ind/m^3)					大型底栖动物 Macrobenthic animals (ind/m^2)		
5 月 May	8 月 August	10 月 October	平均值 Mean	文献 Reference	调查时间(年-月) Survey time (Year-month)	平均值 Mean	文献 Reference
1102	8320	389	3720	1982 (王俊, 2000)	1985-06, 1986-08, 1987-10	1610	1985-1987 (张志南等, 1990; Zhou et al, 2007)
33	350	119	167	1992 (王俊, 2000)	1997-06, 1998-09, 1999-04	1851	1997-1999 (Zhou et al, 2007)
95	4	63	54	1998 (王俊, 2000)	2006-10	698	2006 (周红等, 2010)
6	2863		1435	2003 (李广楼等, 2006)	2013-05, 2013-06, 2013-010	335	本研究
265	28	93	129	本研究			

食鱼类中有 6 种胃含物发现幼对虾, 即 6-7 月间鲈鱼幼鱼、黄姑鱼幼鱼、绵鲯、矛尾鰕虎鱼、刺鰕虎鱼和矛尾刺鰕虎鱼等种类捕食幼对虾; 同时, 在这 8 种主要捕食鱼类胃含物中, 均未发现三疣梭子蟹(唐启升等, 1997)。由以上研究可知, 中国对虾主要在近岸受到敌害生物的危害, 转移至水深 5 m 以下水域后则基本不再受敌害生物的影响; 三疣梭子蟹无论在近岸还是水深 5 m 以下水域, 受敌害生物的危害均不严重。

4 结 论

综上所述, 目前莱州湾中国对虾及三疣梭子蟹的资源密度处于历史低位水平。目前的敌害生物资源密度相对较低, 放流期间饵料生物等级较高, 有利于放流个体成活率的提高。根据趋利避害的原则, 中国对虾的最适放流区域为莱州湾东北部, 三疣梭子蟹的最适放流区域为莱州湾西南部。

参 考 文 献

- 中华人民共和国国家环境监测中心. 近海环境监测指南 (HJ442-2008). 北京: 环境科学出版社, 2009
- 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局和中国国家标准化管理委员会. 海洋调查规范. 北京: 海洋出版社, 2007
- 王俊. 莱州湾浮游植物种群动态研究. 海洋水产研究, 2000, 21(3): 33-38
- 邓景耀, 叶昌臣, 刘永昌. 渤海的对虾及其资源管理. 北京: 海洋出版社, 1990
- 邓景耀, 孟田湘, 任胜民. 渤海鱼类食物关系的初步研究. 海洋水产研究, 1986, 6(4): 356-364
- 邓景耀, 金显仕. 莱州湾及黄河口水域渔业生物多样性及其保护研究. 动物学研究, 2000, 21(1): 76-82
- 田家怡, 张洪凯, 周桂芬, 等. 小清河有机化合物污染及对渤海莱州湾近海水质影响的研究. 海洋环境科学, 1991, 10(4): 45-51
- 李广楼, 陈碧鹃, 崔毅, 等. 莱州湾浮游植物的生态特征. 中国水产科学, 2006, 13(2): 292-299
- 陈大刚, 沈谓铨, 刘群, 等. 莱州湾及黄河口水域地理学特征与鱼类多样性. 中国水产科学, 2000, 7(3): 46-52
- 张志南, 图立红, 于子山. 黄河口及其邻近海域大型底栖动物的初步研究(二)生物与沉积环境的关系. 青岛海洋大学学报(自然科学版), 1990, 20(2): 45-52
- 张波, 吴强, 金显仕. 莱州湾鱼类群落的营养结构及其变化. 渔业科学进展, 2013, 34(2): 1-9
- 张雪, 张龙军, 候中里, 等. 1980-2008 年莱州湾主要污染物的时空变化. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2012, 42(11): 91-98
- 周红, 华尔, 张志南. 秋季莱州湾及邻近海域大型底栖动物群落结构的研究. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2010, 40(8): 80-87
- 金显仕, 邓景耀. 莱州湾渔业资源群落结构和生物多样性的变化. 生物多样性, 2000, 8(1): 65-72
- 姜卫民, 孟田湘, 陈瑞盛, 等. 渤海日本鰕和三疣梭子蟹食性的研究. 海洋水产研究, 1998, 19(1): 53-59
- 唐启升. 中国专属经济区海洋生物资源及栖息环境. 北京: 科学出版社, 2006, 364-407
- 唐启升, 韦晟, 姜卫民. 渤海莱州湾渔业资源增殖的敌害生物及其对增殖种类的危害. 应用生态学报, 1997, 8(2): 199-206
- 唐启升, 叶懋中. 山东近海渔业资源开发与保护. 北京: 农业出版社, 1990
- 崔毅, 马绍赛, 李云平, 等. 莱州湾污染及其对渔业资源的影响. 海洋水产研究, 2003, 24(1): 35-41
- Gislason H, Rice J. Modelling the response of size and diversity spectra of fish assemblages to changes in exploitation. ICES J Mar Sci, 1998, 55(3): 362-370
- Iversen SA, Johannessen A, Jin X S, *et al.* Development of stock size, fishery and biological aspects of anchovy based on R/V "Bei Dou" 1984-1999 surveys. Mar Fish Res, 2001, 22(4): 33-39
- Iversen SA, Zhu D, Johannessen A, *et al.* Stock size, distribution and biology of anchovy in the Yellow Sea and East China Sea. Fish Res, 1993, 16(2): 147-163
- Jin XS. Long-term changes in fish community structure in the Bohai Sea, China. Estuar Coast Shelf Sci, 2004, 59(1): 163-171
- Jin XS, Tang QS. Changes in fish species diversity and dominant species composition in the Yellow Sea. Fish Res, 1996, 26(3-4): 337-352
- Luo XX, Zhang SS, Yang JQ, *et al.* Macrobenthic community in the Xiaoqing River Estuary in Laizhou Bay. Ocean U China, 2013, 12(3): 366-372
- Rice J, Gislason H. Patterns of change in the size spectra of numbers and diversity of the North Sea fish assemblage, as reflected in surveys and models. ICES J Mar Sci, 1996, 53(6): 1214-1225
- Rijnsdorp AD, Leeuwen PIV, Daan N, *et al.* Changes in abundance of demersal fish species in the North Sea between 1906-1909 and 1990-1995. ICES J Mar Sci, 1996, 53(6): 1054-1062
- Xu BD, Jin XS. Variations in fish community structure during winter in the southern Yellow Sea over the period 1985-2002. Fish Res, 2005, 71(1): 79-91
- Zhou H, Zhang ZN, Liu XS, *et al.* Changes in the shelf macrobenthic community over large temporal and spatial scales in the Bohai Sea, China. J Mar Syst, 2007, 67: 312-321

(编辑 马瑾艳)

Analysis on the Reproduction of *Fenneropenaeus chinensis* and *Portunus trituberculatus* Based on Their Food Sources and Predators in the Laizhou Bay of China

WU Qiang¹, JIN Xianshi^{1,3}, LUAN Qingshan¹, CHEN Wei², ZUO Tao¹,
CHEN Ruisheng¹, WANG Jun¹^①

(1. Key Laboratory for Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture, Shandong Provincial Key Laboratory of Fishery Resources and Eco-Environment, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071; 2. Bohai Sea Fisheries Research Institute of Tianjin, Tianjin 300457; 3. Laboratory for Marine Fisheries Science and Food Production Processes, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao, 266071)

Abstract In this study we analyzed the long-term variation of CPUE (catch per unit fishing effort) of *Fenneropenaeus chinensis*, *Portunus trituberculatus* and their predators in the Laizhou Bay of China. We also investigated the density and distribution of their food organisms and predators. Data were collected from 6 surveys in 2011 and 2013 and from previous records. We found that the present CPUE of *F. chinensis*, *P. trituberculatus* and their predators all largely decreased. During the releasing period, the food rankings of phytoplankton and macrobenthic animals were V (very rich) and IV (rich) respectively. The density of food organisms for *F. chinensis* was the highest in the Northeast of the Laizhou Bay in May and in the Middle East in June. The density of predators of *F. chinensis* was the highest in the Middle West in May and in the Southeast in June. In May and June the density of food organisms for *P. trituberculatus* was the highest in the Southwest and Northeast. The density of predators of *P. trituberculatus* was the highest in the Middle West in May and in the Northwest in June.

Key words *Fenneropenaeus chinensis*; *Portunus trituberculatus*; CPUE; Predators; Food organism; Laizhou Bay

① Corresponding author: Wang Jun, E-mail: wangjun@ysfri.ac.cn