

中国毛虾生活史研究进展

陈立婧, 杨帆, 仲霞铭, 宋大德, 李国东, 康中杰, 熊瑛

Review of the life history of *Acetes chinensis*

CHEN Lijing, YANG Fan, ZHONG Xiaming, SONG Dade, LI Guodong, KANG Zhongjie, XIONG Ying

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12024/jsou.20220103692>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

[基于海表温度和光合有效辐射的西北太平洋柔鱼冬春生群体栖息地热点预测](#)

Predicting the habitat hot spots of winter–spring cohort of *Ommastrephes bartramii* in the northwest Pacific Ocean based on the sea surface temperature and photosynthetically active radiation

上海海洋大学学报. 2019, 28(3): 456 <https://doi.org/10.12024/jsou.20181102442>

[主要经济大洋性鱿鱼资源渔场生产性调查与渔业概况](#)

Productive survey and fishery for major pelagic economic squid in the world

上海海洋大学学报. 2019, 28(3): 344 <https://doi.org/10.12024/jsou.20181202467>

[中国水产品的可持续供给](#)

Sustainable supply of aquatic food in China

上海海洋大学学报. 2022, 31(5): 1304 <https://doi.org/10.12024/jsou.20220703927>

[渔业资源学研究发展现状及趋势](#)

Review of development and trend in fisheries resource science

上海海洋大学学报. 2022, 31(5): 1168 <https://doi.org/10.12024/jsou.20220503856>

[西北太平洋柔鱼洄游重心年际变化及预测](#)

Interannual variation and forecasting of *Ommastrephes bartramii* migration gravity in the northwest Pacific Ocean

上海海洋大学学报. 2018, 27(4): 573 <https://doi.org/10.12024/jsou.20171102171>

文章编号: 1674-5566(2022)05-1032-09

DOI:10.12024/jsou.20220103692

中国毛虾生活史研究进展

陈立婧¹, 杨帆^{1,2}, 仲霞铭², 宋大德^{2,3}, 李国东^{2,3}, 康中杰^{2,3}, 熊瑛²

(1. 上海海洋大学 水产与生命学院, 上海 201306; 2. 江苏省海洋水产研究所, 江苏 南通 226007; 3. 上海海洋大学 海洋科学学院, 上海 201306)

摘要: 中国毛虾广泛分布于西北太平洋近海, 尤以渤海、黄海和东海近海资源量最为丰富, 是中日韩等国主要虾类资源捕捞对象。而且, 其作为近海海洋食物网中的初级消费者和经济鱼类的主要饵料, 在海洋生态系统中起到关键枢纽作用。回顾了毛虾的生长、繁殖、摄食以及洄游的相关研究, 全面归纳总结了毛虾的生物学特性以及相关研究的发展趋势和最新研究进展。以我国毛虾捕捞限额试点为契机, 结合其种群爆发导致滨海核电站停堆事件, 从其作为经济生物和致灾生物的双面性进行分析探讨, 提出了目前研究所存在的问题和需要努力的方向。另外, 通过已有研究结果的分析总结, 绘制了中国毛虾的世代交替图, 旨在为我国海洋生物资源的可持续利用和生态安全提供科技支撑。

关键词: 中国毛虾; 繁殖; 摄食; 洄游; 捕捞限额

中图分类号: Q 958.1 **文献标志码:** A

中国毛虾 (*Acetes chinensis*), 俗称虾皮, 动物分类学上隶属于节肢动物门 (Arthropoda) 软甲纲 (Malacostraca) 十足目 (Decapoda) 樱虾科 (Sergestidae) 毛虾属 (*Acetes*)^[1-2]。中国毛虾广泛分布于西北太平洋近海海域^[3], 尤以渤海、黄海和东海近海资源最为丰富, 历来是中、日、韩等国主要利用的虾类目标种^[4-8], 我国主要采用橈张网、挂子网、船张网等进行捕捞^[1,9]。我国毛虾捕捞量历经缓速增长期 (1958—1990 年, 从 12×10^4 t 增至 21×10^4 t)、快速上升期 (2006 年达到历史最高记录 72×10^4 t)、慢速下降期 (近年保持在 $35 \times 10^4 \sim 45 \times 10^4$ t^[10]) (图 1)。中国毛虾在毛虾资源量中占绝对优势^[11-13], 且渤海所产毛虾均为中国毛虾^[14-15]。从 20 世纪 50 年代开始, 研究者主要针对我国渤海中国毛虾开展了相关生活史的调查和研究, 历经半个世纪取得了许多研究成果, 包括其生长繁殖、摄食习性以及渤海中国毛虾的种群结构和产卵场、越冬场。然而, 21 世纪以来中国毛虾相关生物学的研究大量减少, 其

科研投入主要集中在食品加工^[16-17]、药用价值^[18]等方面。

中国毛虾为小型浮游虾类, 是众多经济鱼类的主要饵料^[19-22], 在海洋生态系统食物链中起着承上启下的重要作用, 其数量波动将直接影响下端的浮游植物和上端的捕食者^[23], 甚至可能造成爆发式的生态影响。随着我国主要经济鱼类资源的衰退, 生命周期短、繁殖力强、生长迅速且经济价值高的毛虾在近海渔业中逐渐占据了重要地位。我国自 2020 年起将毛虾列入海洋伏季休渔专项捕捞对象^[24], 相应实施限额捕捞制度, 设置捕捞区域及总许可捕捞量。同年, 江苏省连云港市首次试点海州湾毛虾限额捕捞, 6 月 15 日—7 月 15 日实现相关产业联动效益约 3 亿元^[25]; 基于此, 2021 年毛虾限额捕捞试点推广至辽宁、山东两省^[26], 毛虾资源的利用在限额捕捞制度推动下呈现规模化。反观, 近几年我国滨海核电站频繁发生冷源取水堵塞事件, 中国毛虾是威胁核电站冷源安全的主要生物之一, 如阳江核电

收稿日期: 2022-01-18 修回日期: 2022-02-18

基金项目: 农业农村部渔业资源监测专项 (125C0505); 江苏省级农业生态保护与资源利用—渔业生态与资源监测项目 (2021-SJ-110-02); 江苏省农业综合执法专项 (2020-SJ-018)

作者简介: 陈立婧 (1971—), 女, 教授, 研究方向为浮游生物生态学。E-mail: ljchen@shou.edu.cn

通信作者: 熊瑛, E-mail: yxiongshfu@126.com

站^[27]、大亚湾核电站^[28]等均因毛虾群爆发导致停堆,国家核安全局明确要求开展冷源系统防控海洋生物检查以防范此类事件发生。中国毛虾无论是作为经济资源的开发还是作为致灾生物

的防控都必须以其基础生物学研究作为依据。因此,本文梳理了迄今为止中国毛虾生物学的研究,旨在为我国海洋生物资源的可持续利用和生态安全提供科技支撑。

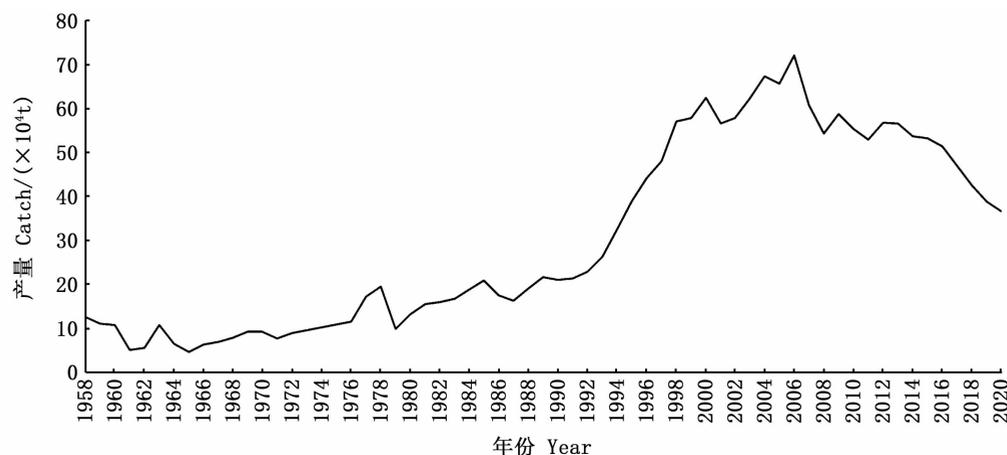


图 1 1958—2020 年中国沿岸毛虾捕捞量

Fig. 1 The coastal catch of hairy shrimp in China during 1958 – 2020

1 繁殖与发育

1.1 生长发育

中国毛虾生长发育属于变态发育,经过多次脱壳完成突变性生长,处在不同时期的幼体形态特征差异较大^[29]。毛虾的幼体发育期数相比于真虾类幼体期数变化相对稳定^[30]。刘蝉馨等^[31]取材辽东湾毛虾,通过模拟养殖,发现其共经历 4 个发育阶段,分别为无节幼体 4 期、蚤状幼体 3 期、糠虾幼体 2 期和仔虾 4 期,从孵化到仔虾要经历 13 次蜕壳。其在无节幼体期前便破膜而出,这点和对虾类出膜时间相似^[32],但和长臂虾类在蚤状幼体才出膜存在差异^[33]。其在每次蜕皮前后较脆弱,对环境变化较为敏感,易受到敌害侵扰,致使毛虾幼体成活率偏低^[31]。

中国毛虾和多数水生生物一样,生长发育速度和温度密切相关,在高于适温范围时,其代谢强度加大,能量无法积累或已积累的能量被消耗;低于适温范围时,其代谢活动降低,也会导致其生长速率减慢^[34-35]。张震东等^[36]对渤海海域中国毛虾研究发现,其生殖期的适温在 20 ~ 26 °C,群体集中分布在 22 ~ 24 °C。梅永炼^[37]研究认为盐度也是影响其生长速率的环境因素之一,当海水表面盐度低时,促进近岸水域浮游生物生

长,从而为中国毛虾提供好的生存环境,加速其生长;若其在适温和饵料充足的情况下,两个月便可达到性成熟。中国毛虾成体的适宜盐度为 15 ~ 32,幼虾适盐能力较弱,喜居在盐度 20 以上的海区^[38]。

1.2 繁殖力

繁殖力通常表示为繁殖季节内生物的产卵量,是估计生物资源补充量的一个重要指标,产卵量和产卵次数是虾类繁殖力的主要体现^[39]。

综合近年我国南、北海域中国毛虾生物学性状研究发现,其最小性成熟体长为 18 mm^[40-41]。其为雌雄异体,两性生殖,交配后在水中产卵,受精卵属于半沉性卵,呈现圆球形,卵膜无色透明,直径 0.34 ~ 0.42 mm,卵体淡暗黄色,直径 0.19 ~ 0.21 mm,卵周隙较宽^[31,42]。张孟海^[4]研究认为渤海湾、莱州湾的中国毛虾个体排卵量为 1 013 ~ 9 863 粒,平均个体排卵量为 4 222 粒;日本毛虾作为中国毛虾的近缘种,其产卵量仅为 500 ~ 4 000 粒,远低于中国毛虾的排卵量^[43-44]。中国毛虾较高的产卵量和一年两次的产卵模式有利于其资源补充,这可能也是中国毛虾在我国沿海资源量长久未衰的主要原因之一。其产卵量同时也受到多种因素的影响:内在因素主要有体长、体质量等体征性状;外界环境因素包括温度、盐

度、光照强度等,尤其是光照对其排卵影响较大。陈倅^[42]研究表明中国毛虾在夜晚才排卵,高峰期处于午夜至凌晨,光照对毛虾产卵具有明显的抑制作用;同时还发现,若毛虾未能在夜晚顺利产卵,待天亮后卵巢将变为紫色,不能再继续正常排卵。有关毛虾产卵及其影响因素研究较少,目前仅对渤海毛虾有所研究,有必要深入开展我国海域内中国毛虾繁殖力的探究。

1.3 世代交替

中国毛虾的寿命不足1年,一生繁殖2次,第一次繁殖在7—9月,第二次繁殖在次年5—7月。吴敬南等^[45]根据辽东湾毛虾的繁殖峰期,结合其群体组长的消长特点表明毛虾每年世代数为两个;陈倅^[42]对辽东湾毛虾生殖器官进行组织学、组织化学的研究,验证其产卵后存活的雌虾留有生殖痕迹,其产卵后卵泡细胞长久存在,堆积于卵巢边缘,遗留的卵泡细胞(胞质)的化学特征发

生显著变化,是划分世代的主要标志。至此,对中国毛虾世代划分有了足够的支撑和清晰的思路。施仁德^[46]对浙南近海的中国毛虾体长分布变化规律进行归纳,证实浙南水域中国毛虾为一年两世代,补充了东海水域中国毛虾的世代交替空白。

根据毛虾群体周年体长组成变化及性腺成熟过程,推断出毛虾一年有两个繁殖期,并孕育出两个世代,首先是初夏世代毛虾(也称为“越冬虾”)在5—7月进行产卵,此时产下的毛虾称为第一世代毛虾,第一世代毛虾2个月左右便达到性成熟,并在7—9月产下第二世代毛虾;之后随着气温降低,第一世代毛虾产卵后存活成体和第二世代毛虾共同越冬,成为来年的初夏世代毛虾(越冬虾)^[36,46-48]。结合对渤海、东海毛虾世代交替的研究资料,将中国毛虾的世代交替及分布情况以图2表示。

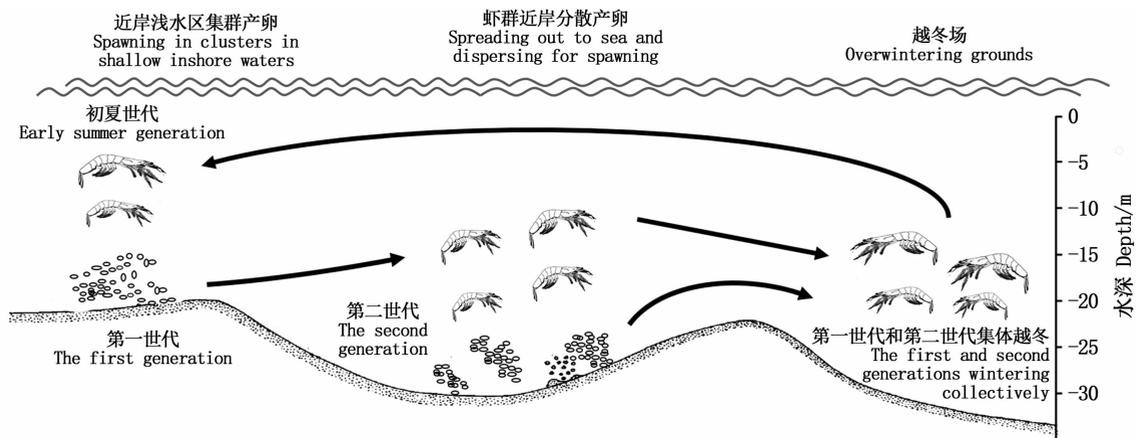


图2 中国毛虾的世代交替

Fig. 2 Generation alternation of *Acetes chinensis*

2 摄食生态

中国毛虾为偏植物性的杂食性虾类,食物组成包含浮游植物、浮游动物(桡足类、双壳类幼体)和有机碎屑三大类,对食物的选择性较显著,主要摄食浮游植物,以硅藻为主。如在春夏两季,渤海近海海域的圆筛藻是中国毛虾的重要饵料^[49-50]。在不同的季节其摄食强度不同,夏季摄食强度最弱,春冬季摄食强度居中,秋季的摄食强度最大^[51-53]。中国毛虾在生长的不同阶段摄食种类也略有差异,无节幼体阶段不进食,在蚤

状幼体阶段开始摄食并出现食性转变现象,前期摄食单细胞藻类,后期摄食臂尾轮虫和卤虫的无节幼体,成虾则主要摄食硅藻和有机碎屑等^[54-56]。

中国毛虾在我国近海分布广泛,是我国近海多种经济鱼类的主要饵料。中国渤海的银鲱(*Pampus argenteus*)、小黄鱼(*Larimichthys polyactis*),大辽河口的红狼牙虾虎鱼(*Odontamblyopus rubicundus*)均全年以中国毛虾为主要食物^[21-22]。黄海海州湾中赤鼻棱鳀(*Thryssa kammalensis*)、中颌棱鳀(*Thryssa*

mystax)、刀鲚 (*Coilia nasus*) 和 黄 鲫 (*Setipinna taty*) 食 物 的 30% ~ 100% 依 赖 于 中 国 毛 虾^[23]。东 海 北 部 近 海 的 棘 头 梅 童 鱼 (*Collichthys lucidus*) 和 龙 头 鱼 (*Harpadon nehereus*) 在 夏 秋 季 以 中 国 毛 虾 为 主 要 饵 料^[19-20]; 鳙 (*Ilisha elongata*) 在 秋 季 以 中 国 毛 虾 为 主 要 饵 料^[57]; 马 鞍 列 岛 海 域 的 小 黄 鱼 四 季 皆 主 要 以 中 国 毛 虾 为 食。南 海 北 部 湾 海 域 的 蓝 圆 鲂 (*Decapterus maruadsi*) 和 竹 筴 鱼 (*Trachurus japonicus*) 主 要 饵 料 种 类 四 季 均 是 中 国 毛 虾, 其 水 域 的 带 鱼 (*Trichiurus lepturus*) 在 冬 季 将 中 国 毛 虾 作 为 自 身 的 优 势 饵 料^[58-59]。据 报 道, 中 国 近 海 赤 潮 种 夜 光 虫 (*Noctiluca scintillans*), 不 仅 会 与 毛 虾 竞 争 饵 料, 甚 至 会 吞 噬 大 量 毛 虾 卵 及 其 幼 体, 对 毛 虾 群 体 产 生 极 大 的 危 害^[37]。

3 洄游模式

3.1 季节性洄游

中国毛虾游泳能力弱,进行短距离的产卵和越冬洄游,随潮流推移而游动于沿岸、河口和岛屿一带,喜栖居在有大量淡水排出的浅海环境和有强大潮流的泥底浅水区^[1]。

目前,有关中国毛虾洄游的研究主要通过渔业调查和声学评估等方法来实施。其中,渤海沿岸毛虾洄游及种群划分研究最多,结论也较为清晰。按照渤海中国毛虾的越冬场位置将其划分为辽东湾地方群和渤海西部地方群,虽是同物种,但两种群分布及产卵均是独立的。其中辽东湾中国毛虾在目前发现的毛虾属中分布最为偏北^[36,45]。每年1—2月,辽东湾群在北纬39°~40°,水深25~30m海域越冬;渤海西部群在北纬38°00'~39°00',东经119°00'~119°30',水深13~24m海域越冬。每年初春(3月)从外海集群游至沿岸,在河口水域开始产卵,6月为越年虾群产卵盛期,7月虾群向深水移动,扩散分布产卵,8月是剩余越年虾和第一世代产卵高峰期,11月虾群集群向越冬区转移。渤海西部群的产卵场分布在渤海湾和莱州湾两个海湾(图3)。截至目前,关于黄海中国毛虾研究结果鲜有报道,其群体组成及季节移动规律尚属空白。有关东海海域的相关研究,施仁德^[46]认为浙南近海毛虾群体每年3月底从60m水深以外的越冬场开始向岸移动,4—5月主群分布在水深30m左右的海区达到生产旺汛,夏季继续在近岸浅水区生殖,

秋季虾群开始向外海扩散,分布在40m等深线以浅的海区,直到冬季1月开始集群进入越冬场。东海中国毛虾群体比渤海群体向岸洄游时间晚1个月左右,其主要原因是水温差异所致。曾现英等^[60]研究也表明温度是渤海湾、莱州湾毛虾移动主要影响因素,在温度适宜时盐度才会有影响。

相较于我国其他海域,有关南海的毛虾洄游研究较少,主要局限于分析其分布及聚集原因。曾雷等^[28]报道,在水平空间上,中国毛虾生物量密度由大亚湾湾内至湾口断面逐渐增大。安丽娜等^[54]结合环境因子和毛虾种群动态关联性分析认为,毛虾不存在温度聚集效应,可能是所在海域较高的浮游生物引发其聚集,该结果与渤海毛虾集群移动受温度影响的结果有所差异。

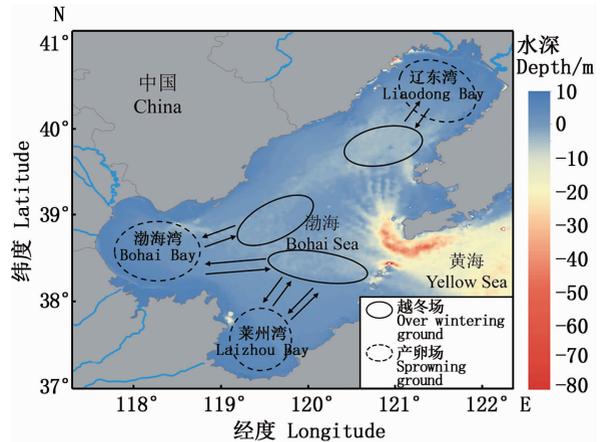


图3 渤海中国毛虾越冬场和产卵场
Fig. 3 Overwintering and spawning grounds of *Acetes chinensis* in the Bohai Sea

3.2 昼夜垂直移动

中国毛虾有昼夜垂直移动的习性。早在20世纪60年代,周信儒等^[61]通过收集渔民经验,总结其垂直移动原因有两点:一是中国毛虾有背光的习性,二是由于所摄食的浮游生物昼夜垂直移动,从而引起中国毛虾因索饵产生移动。施仁德^[46]发现,中国毛虾白天多栖息于近底层,夜里栖息于表层,黎明前表层特别集中,中午前后底层特别密集;而且其垂直移动行为晴天比阴天明显,透明度高的深水区比透明度低的浅水区明显,因与光照强度有关,其结果和周信儒等^[61]所提到的中国毛虾有背光性相吻合。曾雷等^[28]通过声呐研究发现,中国毛虾白天主要栖息于中下层或近底层水域,和上述研究结论一致。

4 展望

2020 年伏季休渔期,我国首次将毛虾纳入限额捕捞,并且以江苏为试点;2021 年扩展到辽宁、山东。针对单一品种的渔业资源生物学调查、监测数据是设定捕捞限额的重要依据,同时必须掌握限额品种的捕捞生产监测数据^[62]。对于中国毛虾暴发而成为核电站冷源安全的致灾生物^[63],受制于前期该海域中国毛虾基础研究的缺乏,目前只能以治标的方法采用打捞来切断其迁移。可见,有关毛虾生活史研究无论是在对其资源的可持续利用上,还是对其进行防控治理上都显得尤为重要,因此,针对毛虾这一单种的生活史研究应加强并且规范。

我国历史上海洋渔业资源调查基本上以综合性调查为主,并且调查工作时断时续,针对特定种类的连续性调查更是较为缺乏。因此,为今后我国捕捞限额制度的顺利推行,应注重渔业资源调查和监测的全面性、连续性和针对性,并且要提高监测结果在渔业资源评估、捕捞限额设定等方面的有效应用。针对毛虾暴发的防治方面,今后应充分联合渔业资源调查监测,协同探究其暴发的原因以及时空尺度上的分布特征与迁移规律,在研究方法上采取生物学、生态学、声学、海洋动力学、海洋气象学等多学科融合进行攻关,才能为我国核电站冷源安全的防控和预警提供理论支撑。

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: 133-137.
SONG H T, YU C G, XUE L J. Fishery biology of economical crab and shrimp in the East China Sea [M]. Beijing: Ocean Press, 2012: 133-137.
- [2] 邓招超. 中国东部近海脊腹褐虾和中国毛虾的遗传多样性研究 [D]. 杭州: 浙江海洋大学, 2019.
DENG Z C. Genetic diversity of *Crangon affinis* and *Acetes chinensis* from marginal seas in the East of China [D]. Hangzhou: Zhejiang Ocean University, 2019.
- [3] WORMS. World register of marine species [EB/OL]. (2010-09-09) [2022-1-01]. <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=377409#distributions>.
- [4] 张孟海. 渤海湾、莱州湾毛虾的生殖特性 [J]. 海洋湖沼通报, 1992, 14(2): 58-67.
ZHANG M H. Reproductive characteristics of *Acetes chinensis* in Bohai Bay and Laizhou Bay [J]. Transactions of

- Oceanology and Limnology, 1992, 14(2): 58-67.
- [5] OH C W, JEONG I J. Fisheries biology of shrimps in the south western waters of Korea-I. Species composition of catches and spawning season of *Acetes* sp. for the Korean shrimp fishery [J]. Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 2002, 35(3): 223-230.
- [6] KIM S, KIM J, CHOI H G, et al. Complete mitochondrial genome of the northern mauxia shrimp *Acetes chinensis* (Decapoda, Dendrobranchiata, Sergestoidae) [J]. Mitochondrial DNA, 2012, 23(1): 28-30.
- [7] KANG J H, NOH E S, PARK J Y, et al. Rapid origin determination of the northern mauxia shrimp (*Acetes chinensis*) based on allele specific polymerase chain reaction of partial mitochondrial 16S rRNA gene [J]. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 2015, 28(4): 568-572.
- [8] HUANG H, LI Z P, CHEN M L. *De novo* assembly and characterization of the transcriptome of the northern mauxia shrimp *Acetes chinensis* [J]. Marine Genomics, 2019, 47: 100672.
- [9] 刘瑞玉. 黄海和渤海的毛蝦(甲壳纲,十足目,櫻蝦科) [J]. 动物学报, 1956, 8(1): 29-40.
LIU R Y. Notes on two species of *Acetes* of the family sergestidae (Crustacea Decapoda) from the coasts of north China [J]. Acta Zoologica Sinica, 1956, 8(1): 29-40.
- [10] 农业农村部渔业渔政管理局, 全国水产技术推广总站, 中国水产学会. 1958~2020 年中国渔业统计年鉴 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1958-2020.
Fisheries and Fishery Administration Ministry of Agriculture and Rural Affairs, National General Fisheries Technology Extension Station, Chinese Aquatic Society. 1958~2020 China fishery statistical yearbook [M]. Beijing: China Agricultural Press, 1958-2020.
- [11] 阙江龙, 柯昶, 徐兆礼, 等. 苏北浅滩沙脊潮沟地形和潮流对虾类分布的影响 [J]. 生态学杂志, 2013, 32(3): 661-667.
QUE J L, KE C, XU Z L, et al. Effects of topography and tidal current of sand ridge and tidal creek system in North Jiangsu shoal of East China on the distribution of shrimps [J]. Chinese Journal of Ecology, 2013, 32(3): 661-667.
- [12] 张平, 俞存根, 水玉跃, 等. 舟山近岸海域虾类种类组成与数量分布及其变动趋势 [J]. 上海海洋大学学报, 2017, 26(4): 580-587.
ZHANG P, YU C G, SHUI Y Y, et al. Species composition and quantitative distribution of shrimp and its changing tendency in Zhoushan coastal waters [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2017, 26(4): 580-587.
- [13] 任庆强. 长江口无脊椎动物群落特征变化及其与环境因子的关系 [D]. 上海: 上海海洋大学, 2019.
REN Q Q. Characteristics of invertebrate community in the Yangtze estuary and its relationship with environmental factors [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2019.

- [14] 张孟海. 黄河口附近海区毛虾渔情预报方法的研究[J]. 海洋湖沼通报, 1986(4): 68-76.
ZHANG M H. Studies on the methods of forecasting fishing conditions for *Acetes chinensis* near the yellow river mouth[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 1986(4): 68-76.
- [15] 冯志青, 孙介华, 杨贵本, 等. 渤海西部海区毛虾资源现状及合理利用的探讨[J]. 海洋湖沼通报, 1982(4): 62-68.
FENG Z Q, SUN J H, YANG G B, et al. A discussion of *Acetes chinensis* resources in the western of Bohai sea and their rational use[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 1982(4): 62-68.
- [16] 李馥君, 翁佩芳, 朱亚珠, 等. 中国毛虾(*Acetes chinensis*) 虾皮复合保鲜剂筛选及保鲜效果的研究[J]. 食品工业科技, 2017, 38(6): 333-338.
LI F J, WENG P F, ZHU Y Z, et al. Screening and fresh-keeping effect of composite preservatives on *Acetes chinensis* [J]. Science and Technology of Food Industry, 2017, 38(6): 333-338.
- [17] 张建友, 陈立帆, 周广成, 等. 气调包装对中国毛虾贮藏稳定性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(17): 212-219.
ZHANG J Y, CHEN L F, ZHOU G C, et al. Effects of modified atmosphere packaging on storage stability of Chinese shrimp [J]. Food and Fermentation Industries, 2020, 46(17): 212-219.
- [18] KAWATO S, NOZAKI R, KONDO H, et al. The complete mitochondrial genome sequence of the Sakura shrimp, *Sergia lucens* (Crustacea, Decapoda, Sergestidae) [J]. Mitochondrial DNA Part B, 2018, 3(1): 444-445.
- [19] 林显鹏, 朱增军, 李鹏飞. 东海区龙头鱼摄食习性的研究[J]. 海洋渔业, 2010, 32(3): 290-296.
LIN X P, ZHU Z J, LI P F. Feeding habits of *Harpadon nehereus* in the East China Sea region[J]. Marine Fisheries, 2010, 32(3): 290-296.
- [20] 贺舟挺, 张亚洲, 薛利建, 等. 东北北部近海棘头梅童鱼食物组成的季节变化及随发育的变化[J]. 海洋渔业, 2012, 34(3): 270-276.
HE Z T, ZHANG Y Z, XUE L J, et al. Seasonal and ontogenetic diet composition variation of *Collichthys lucidus* in inshore waters in the north of East China Sea[J]. Marine Fisheries, 2012, 34(3): 270-276.
- [21] 霍堂斌, 赵荣伟, 郑文军, 等. 大辽河口红狼牙鰕虎鱼生物学初步研究[J]. 水产学杂志, 2018, 31(5): 29-33.
HUO T B, ZHAO R W, ZHENG W J, et al. Biology of red eelgoby *Odontamblyopus rubicundus* from Daliao River estuary [J]. Chinese Journal of Fisheries, 2018, 31(5): 29-33.
- [22] 魏秀锦, 张波, 单秀娟, 等. 渤海银鲳的营养级及摄食习性[J]. 中国水产科学, 2019, 26(5): 904-913.
WEI X J, ZHANG B, SHAN X J, et al. Trophic levels and feeding habits of silver pomfret *Pampus argenteus* in the Bohai Sea [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2019, 26(5): 904-913.
- [23] 徐从军, 徐宾铎, 张崇良, 等. 基于 SURF 指数识别海州湾食物网的关键饵料生物[J]. 生态学报, 2019, 39(24): 9373-9378.
XU C J, XU B D, ZHANG C L, et al. Identification of keystone prey species in Haizhou Bay food web based on SURF index [J]. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(24): 9373-9378.
- [24] 农业农村部网站. 农业农村部发布《通告》规定 2021 年伏休期间特殊经济品种专项捕捞许可[EB/OL]. (2021-04-29) [2021-12-01]. http://www.gov.cn/xinwen/2021-04/29/content_5603721.htm.
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People is Republic of China. Ministry of Agriculture and Rural Affairs issues Circular to provide for special fishing permits for special economic species during the 2021 voyage. (2021-04-29) [2022-1-01]. http://www.gov.cn/xinwen/2021-04/29/content_5603721.htm.
- [25] 李国东, 仲霞铭, 熊瑛, 等. 基于北斗船位数据的渔业信息解译与应用研究——以中国毛虾限额捕捞管理为例[J]. 海洋与湖沼, 2021, 52(3): 746-753.
LI G D, ZHONG X M, XIONG Y, et al. Interpretation and application of fishery information based on Beidou position data: a case study of TACs pilot project of *Acetes chinensis* [J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2021, 52(3): 746-753.
- [26] 农业农村部网站. 关于 2021 年伏休期间特殊经济品种专项捕捞许可和捕捞辅助船配套服务安排的公示[EB/OL]. (2021-04-14) [2021-12-01]. http://www.moa.gov.cn/govpublic/YYJ/202104/t20210414_6365908.htm
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People is Republic of China. Public announcement on special fishing permits for special economic species and supporting services arrangements for fishing support vessels during the 2021 furlough period [EB/OL]. (2021-04-14) [2021-12-01]. http://www.moa.gov.cn/govpublic/YYJ/202104/t20210414_6365908.htm
- [27] 沙聪, 杨嘉, 张文杰, 等. 我国核电站取水口海洋生物监测技术调研及分析[J]. 给水排水, 2020, 56(s1): 13-16.
SHA C, YANG J, ZHANG W J, et al. Investigation and analysis for marine biological monitoring technologies of nuclear power plants' water intake [J]. Water & Wastewater Engineering, 2020, 56(s1): 13-16.
- [28] 曾雷, 陈国宝, 王腾, 等. 大亚湾核电厂近海域中国毛虾声学探测分析[J]. 中国水产科学, 2019, 26(6): 1029-1039.
ZENG L, CHEN G B, WANG T, et al. Acoustic detection and analysis of *Acetes chinensis* in the adjacent waters of the Daya Bay nuclear power plant [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2019, 26(6): 1029-1039.

- [29] 栗治国. 脊尾白虾繁殖生物学及人工苗种繁育技术的研究[D]. 青岛: 中国科学院研究生院(海洋研究所), 2013.
LI Z G. Research on reproductive biology and artificial breeding technology of *Exopalaemon carinicauda* [D]. Tsingtao: Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, 2013.
- [30] 魏玉昌. 海洋浮游虾类生物学研究进展[J]. 大连水产学院学报, 1990, 5(3/4): 25-36.
WEI Y C. Advances in biology studies of marine pelagic and Planktic shrimps[J]. Journal of Dalian Fisheries College, 1990, 5(3/4): 25-36.
- [31] 刘蝉馨, 张宗道. 中国毛虾的幼体发育[J]. 动物学报, 1981, 27(4): 318-326.
LIU C X, ZHANG Z D. On the larval development of *Acetes Chinensis* Hansen[J]. Acta Zoologica Sinica, 1981, 27(4): 318-326.
- [32] 胡润豪, 史文军, 王盼, 等. 长臂虾科几种重要经济虾类的繁殖生物学研究进展[J]. 海洋渔业, 2021, 43(04): 485-502.
HU R H, SHI W J, WANG P, et al. Research progress on reproductive biology of important economic shrimps of Palaemonoidea[J]. Marine Fisheries, 2021, 43(04): 485-502.
- [33] 何林岗, 顾志敏, 尤秀芬, 等. 日本沼虾幼体摄食量及生长的研究[J]. 海洋与湖沼, 1993, 24(2): 151-156.
HE L G, GU Z M, YOU X F, et al. Food uptake and growth of *Macrobrachium nipponense* larvae fed with *Chirocephalus nankinensis*[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 1993, 24(2): 151-156.
- [34] WONG J T Y. Responses to salinity in larvae of a freshwater shrimp, *Macrobrachium nipponense* (de Haan), from Hong Kong[J]. Aquaculture Research, 1987, 18(3): 203-207.
- [35] KAWAN I M, ARYA I W, SADGUNA D N. The effect of salinity on fecundity and production of giant shrimp larvae (*Macrobrachium rosenbergii* de Man) [J]. Journal of Physics: Conference Series, 2019, 1402(3): 033059.
- [36] 张震东, 张树德, 王仁先, 等. 渤海毛虾和毛虾渔业[M]. 北京: 海洋出版社, 1987:10-21.
ZHANG Z D, ZHANG S D, WANG R X, et al. *Acetes* and *Acetes* fisheries in Bohai sea [M]. Beijing: China Ocean Press, 1987: 10-21.
- [37] 梅永炼. 南几8~9月份海水表盐与苍、平沿海中国毛虾产量的关系[J]. 海洋渔业, 1984, 6(5): 198-200.
MEI Y L. Relationship between seawater surface salinity from August to September in Nanji Island and the production of *Acetes chinensis* on the coast of Cang and Ping country towns [J]. Marine Fisheries, 1984, 6(5): 198-200.
- [38] 李星颀, 戴健寿, 吴常文. 浙江北部沿岸海域的虾类资源[J]. 浙江水产学院学报, 1986, 5(1): 13-20, 4.
LI X J, DAI J S, WU C W. Shrimp resources along the coast of north Zhejiang province[J]. Journal of Zhejiang College of Fisheries, 1986, 5(1): 13-20, 4.
- [39] MAUCLINE J. The development of the eggs in the ovaries of euphausiids and estimation of fecundity [J]. Crustaceana, 1968, 14(2): 155-163.
- [40] 张孟海, 韩光祖, 程震江, 等. 渤海湾、莱州湾毛虾生长速度和季节体长组成[J]. 齐鲁渔业, 1992, 41(4): 21-24.
ZHANG M H, HAN G Z, CHENG Z J, et al. Studies on the growing speed and the composition of the body length of *Acetes chinensis* in different season both in Bohai bay and Laizhou bay[J]. Shandong Fisheries, 1992, 41(4): 21-24.
- [41] 仲崇峻, 曾晓起, 任一平, 等. 莱州湾、黄河口水域毛虾渔业生物学特征的研究[J]. 海洋湖沼通报, 2001, 31(1): 31-36.
ZHONG C J, ZENG X Q, REN Y P, et al. Study on the fishery biology of the *Acetes chinensis* hansen caught in coastal waters of Laizhou Bay and Huanghe Estuary[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2001, 31(1): 31-36.
- [42] 陈倅. 中国毛虾的世代划分-生殖痕迹的形成[J]. 海洋与湖沼, 1990, 21(2): 154-159.
CHEN Q. On distinction of the generations of the red flagellate shrimp-the formation of the genital traces [J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 1990, 21(2): 154-159.
- [43] 雷铭泰. 粤东沿海日本毛虾(*Acetes japonicus* Kishinouye)的生物学研究[J]. 热带海洋, 1984, 3(2): 41-51.
LEI M T. Studies on the biology of *Acetes japonicus* Kishinouye in the eastern coastal waters of Guangdong province, China[J]. Tropical Ocean, 1984, 3(2): 41-51.
- [44] OH C W, JEONG I J. Reproduction and population dynamics of *Acetes chinensis* (Decapoda: Sergestidae) on the western coast of Korea, Yellow Sea [J]. Journal of Crustacean Biology, 2003, 23(4): 827-835.
- [45] 吴敬南, 程传申. 辽东湾毛虾的生活史及其渔获量预报方法的研究[A]. 太平洋西部渔业委员会第六次全体会议论文集[C]. 北京: 科学出版社, 1956: 93-103.
WU J N, CHENG C S. A study on the life history of *Acetes* and the catch forecasting methods in Liaodong Bay [A]. Proceedings of the Sixth Plenary Session of the West Pacific Fishery Committee [C]. Beijing: Science Press, 1956: 93-103.
- [46] 施仁德. 浙南近海中国毛虾 *Acetes chinensis* Hansen 的洄游分布及世代交替[J]. 东海海洋, 1986, 4(1): 56-61.
SHI R D. The distribution, migration and generation of *Acetes chinensis* Hansen in the inshore waters of Southern Zhejiang [J]. Donghai Marine Science, 1986, 4(1): 56-61.
- [47] 林景祺. 中国海洋渔业资源(六)[J]. 海洋科学, 1991, 15(6): 33-35.
LIN J Q. Marine fishery resources of China (6)[J]. Marine Sciences, 1991, 15(6): 33-35.
- [48] 林景祺. 中国海洋渔业资源(一)[J]. 海洋科学, 1991, 15(1): 18-22.
LIN J Q. Marine fishery resources of China (1)[J]. Marine

- Sciences, 1991, 15(1): 18-22.
- [49] 康元德. 渤海浮游植物的数量分布和季节变化[J]. 海洋水产研究, 1991(12): 31-54.
KANG Y D. Distribution and seasonal variation of phytoplankton in the Bohai Sea [J]. Marine Fisheries Research, 1991(12): 31-54.
- [50] 王俊, 康元德. 渤海浮游植物种群动态的研究[J]. 海洋水产研究, 1998, 19(1): 43-52.
WANG J, KANG Y D. Study on population dynamics of phytoplankton in the Bohai sea [J]. Marine Fisheries Research, 1998, 19(1): 43-52.
- [51] 薛正锐. 渤海湾、莱州湾毛虾资源状况的初步分析[J]. 海洋湖沼通报, 1980, 2(3): 51-56.
XUE Z R. A preliminary study on the natural resources conditions of the Actesantsns in Bohai Bay and Lizhou bay [J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 1980, 2(3): 51-56.
- [52] MAYER C M, WAHL D H. The relationship between prey selectivity and growth and survival in a larval fish [J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1997, 54(7): 1504-1512.
- [53] 王毅波, 孙延瑜, 王彩霞, 等. 夏季渤海网采浮游植物群落和叶绿素 a 分布特征及其对渔业资源的影响[J]. 渔业科学进展, 2019, 40(5): 42-51.
WANG Y B, SUN Y Y, WANG C X, et al. Distribution of the net-phytoplankton community and chlorophyll-a in the Bohai Sea in summer and its impacts on fishery resources[J]. Progress in Fishery Sciences, 2019, 40(5): 42-51.
- [54] 安丽娜, 王磊, 黄浩, 等. 大亚湾西部海域中国毛虾种群动态变化及其对环境要素的响应[J]. 应用海洋学学报, 2021, 40(3): 403-412.
AN L N, WANG L, HUANG H, et al. Population dynamics of *Acetes chinensis* and its response to environmental factors in western Daya Bay [J]. Journal of Applied Oceanography, 2021, 40(3): 403-412.
- [55] 大森信, 池田勉. 海洋浮游动物生态学的研究方法[M]. 陈青松, 曹秀珍, 译. 北京: 农业出版社, 1990: 133-135.
MAKOTO O, TSUTOMU I. Methods in Zooplankton Ecology [M]. CHEN Q S, CAO X Z, trans. Beijing: China Agricultural Press, 1990: 133-135.
- [56] 赵文. 水生生物学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005: 342-352.
- ZHAO W. Aquatic biology[M]. Beijing: China Agricultural Press, 2005: 342-352.
- [57] 蒋日进, 薛利建, 张洪亮, 等. 东海区鳙鱼的摄食习性[J]. 海洋渔业, 2013, 35(2): 168-175.
JIANG R J, XUE L J, ZHANG H L, et al. Feeding habits of *Ilisha elongata* in the East China Sea [J]. Marine Fisheries, 2013, 35(2): 168-175.
- [58] 李忠炉, 张文旋, 何雄波, 等. 南海北部湾秋季蓝圆鲷与竹筴鱼的摄食生态及食物竞争[J]. 广东海洋大学学报, 2019, 39(3): 79-86.
LI Z L, ZHANG W X, HE X B, et al. Feeding ecology and feeding competition between *Decapterus maruadsi* and *Trachurus japonicus* in Autumn in the Beibu Gulf, South China Sea [J]. Journal of Guangdong Ocean University, 2019, 39(3): 79-86.
- [59] 颜云榕. 北部湾主要鱼类摄食生态及食物关系的研究[D]. 青岛: 中国科学院研究生院(海洋研究所), 2010.
YAN Y R. Feeding ecology and food relations of the main fishes in the Beibu Gulf, South China Sea [D]. Qingdao: Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, 2010.
- [60] 曾现英, 吴宁. 渤海湾、莱州湾毛虾季节分布与环境因子的关系[J]. 河北渔业, 2016, 9(4): 15-16, 28.
ZENG X Y, WU N. The relationship between seasonal distribution of *Acetes chinensis* and environmental factors in Bohai Bay and Laizhou Bay [J]. Hebei Fisheries, 2016, 9(4): 15-16, 28.
- [61] 周信儒, 林辉亭. 福建沿海的毛虾[J]. 中国水产, 1960(9): 33-34.
ZHOU X R, LIN H T. Shrimp off the coast of Fujian province [J]. China Fisheries, 1960(9): 33-34.
- [62] 唐议, 赵丽华. 我国海洋渔业捕捞限额制度实施试点评析与完善建议[J]. 水产学报, 2021, 45(4): 613-620.
TANG Y, ZHAO L H. Review of the pilot of marine fisheries TACs in China and suggestions for the further development [J]. Journal of Fisheries of China, 2021, 45(4): 613-620.
- [63] 唐娅菲. 滨海核电运行安全典型致灾生物研究——以宁德核电为例[D]. 上海: 上海海洋大学, 2018.
TANG Y F. Study on typical disaster-causing organisms of coastal nuclear power operation safety-taking Ningde nuclear power as an example [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2019.

Review of the life history of *Acetes chinensis*

CHEN Lijing¹, YANG Fan^{1,2}, ZHONG Xiaming², SONG Dade^{2,3}, LI Guodong^{2,3}, KANG Zhongjie^{2,3}, XIONG Ying²

(1. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Jiangsu Marine Fisheries Research Institute, Nantong 226007, Jiangsu, China; 3. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: The Northern Maudslayi Shrimp *Acetes chinensis* is widely distributed in the offshore waters of the Northwest Pacific Ocean, especially being abundant in coastal waters of the Bohai Sea, the Yellow Sea, and the East China Sea. *A. chinensis* accounts for a great proportion of total shrimp catch in China, South Korea, and Japan. Moreover, it plays a pivotal role in the marine ecosystem as a primary consumer in the offshore marine food web and as the main bait for economic fish. This review presents a comprehensive account of the history and current knowledge on the growth development, reproduction, feeding, and migration of *A. chinensis*. We take the opportunity of *A. chinensis* in Haizhou Bay under the pilot of marine fisheries total allowable catches (TACs) and *A. chinensis* in the adjacent waters of Daya Bay Nuclear Power Station causing disasters to discuss how to utilize and control it under different circumstances. And, based on the summary and analysis of existing research results, we have drawn a sketch map of alternation of generation and migratory routes between spawning and overwintering grounds to gain further insight into the sustainable exploitation and ecological safety of *A. chinensis*.

Key words: *Acetes chinensis*; reproduction; ingestion; migration; total allowable catches (TACs)