

# 大亚湾软体动物群落和种群生态研究进展与展望

蔡立哲<sup>1</sup>, 杨德援<sup>1</sup>, 赵小雨<sup>1,2</sup>, 林靖翔<sup>1</sup>, 陈昕韡<sup>1</sup>, 周细平<sup>2</sup>, 饶义勇<sup>3</sup>, 马 丽<sup>4</sup>, 林和山<sup>4</sup>, 傅素晶<sup>4</sup>

(1. 厦门大学 环境与生态学院, 福建 厦门 361102; 2. 厦门大学 嘉庚学院环境科学与工程学院, 福建 漳州 363105; 3. 中国水产科学研究院 南海水产研究所, 广东 广州 510000; 4. 自然资源部 第三海洋研究所, 福建 厦门 361005)

**摘要:** 近 35 年来, 多家高校、科研机构和政府管理部门在大亚湾潮下带和潮间带进行了软体动物群落生态、种群生态和污染生态研究, 揭示了不同生境软体动物的物种数、栖息密度和生物量的时空变化, 为渔业生产和生态评估提供了基础资料。但早期有关文献难觅、信息不畅, 导致软体动物分类存在同物异名和异物同名现象, 一些中文学名和拉丁文学名张冠李戴, 历史数据之间缺乏可比性等。作者提出了几点研究展望: (1) 加强软体动物分类基础研究和科普宣传; (2) 建立软体动物群落生态大数据式研究规则; (3) 建立软体动物数据库; (4) 人工智能及其他新技术和新方法的引入。本文可为科技工作者制订较完善的研究计划以及获得更精准的研究结果提供参考, 可为政府部门提供决策依据。

**关键词:** 软体动物; 群落生态; 种群生态; 污染生态; 大亚湾

**中图分类号:** Q13; Q178.53 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3096(2022)06-0124-11

**DOI:** 10.11759/hyxx20211003001

海湾是陆、海相互作用以及人类干扰活动的强烈承受区域, 是环境变化的敏感带和生态系统的脆弱带。大亚湾是南海北部沿岸较大的半封闭型海湾, 位于珠江口东侧, 东接稔平半岛, 西连大鹏半岛, 紧邻大鹏湾和香港海域, 北依绵延的海岸山脉, 湾口朝南, 面临南海, 面积约 600 km<sup>2</sup>。大亚湾海域生物多样性优于国内其他同类的海湾, 已知有丰富的贝类和甲壳类资源。作者根据查寻的近 35 a 有关大亚湾大型底栖动物调查研究文献, 以及近 5 a 作者在大亚湾的大型底栖动物科考资料, 描述近 35 a 大亚湾软体动物群落和种群生态研究概况, 分析存在问题和不足, 提出研究展望, 拟为科技工作者提供参考资料, 为政府部门提供决策依据。

## 1 近 35 a 大亚湾软体动物群落生态研究概况

### 1.1 近 35 a 大亚湾潮下带软体动物群落生态研究概况

大亚湾潮下带软体动物群落生态学的研究, 主要采用采泥器定量和底拖网定性研究。1987 年 3 月和 9 月在大亚湾潮下带进行大型底栖生物定量采泥和定性拖网, 获得软体动物 125 种, 其中双壳类 60 种,

腹足类 58 种, 掘足类 4 种, 头足类 3 种, 优势种有小鳞帘蛤(*Timoclea micra*)和波纹巴非蛤(*Paratapes undulatus*)等 8 种<sup>[1]</sup>[作者注: 本文的拉丁学名是 World Register of Marine Species 网站(简称 WoRMS 网站)上发布的拉丁学名, 参考文献的原拉丁学名见附录, 以下所有拉丁学名同理]。1988 年 10 月、12 月和 1989 年 7 月在大亚湾潮下带 6 个大型底栖动物群落中分别有软体动物 48 种、50 种、73 种、27 种、少于 20 种和 25 种<sup>[2]</sup>。1986 年 12 月—1988 年 9 月对大亚湾沿岸 6 个定量采样站、11 个定性采样站采集到贻贝类 31 种<sup>[3]</sup>。1987 年 3 月—1989 年 8 月对大亚湾潮下带 50 个站位和潮间带 22 条断面采集到前鳃类软体动物 167 种<sup>[4]</sup>。2001 年 6 月—2002 年 6 月, 对大亚湾大鹏澳海水鱼类网箱养殖区及其邻近海域(对照区)大型底栖动物按季节进行了周年 5 个航次的调查, 获得软体动物 15 种<sup>[5]</sup>。2004 年 3 月、5 月、9 月和 12 月在大亚湾潮下带 11 个站位进行了大型底栖动物定量采样,

收稿日期: 2021-10-03; 修回日期: 2022-03-14

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFC1407501)

[Foundation: The National Key Research and Development Program of China, No. 2018YFC1407501]

作者简介: 蔡立哲(1957—), 男, 福建泉州人, 教授, 主要从事海洋底栖生物生态学研究, E-mail: cailizhe@xmu.edu.cn

获得软体动物 32 种<sup>[6-8]</sup>。2007 年春季和秋季, 在大亚湾潮下带获得软体动物 44 种<sup>[9]</sup>。《大亚湾水生贝类彩色图集》收录了广州大学师生 20 多年在大亚湾采集的 251 种贝类, 其中 9 种购自工艺品市场<sup>[10]</sup>。2008 年 3 月、5 月、9 月和 12 月在大亚湾潮下带 31 个站位进行了大型底栖动物定量采样, 获得软体动物 46 种<sup>[11]</sup>。2013 年 8 月对大亚湾潮下带 32 个站位进行了大型底栖动物采样, 获得软体动物 37 种<sup>[12]</sup>。2004 年—2015 年, 对大亚湾潮下带开展了 12 个夏季航次、7 个春季航次、3 个秋季航次的大型底栖动物拖网监测(定性监测), 获得软体动物 127 种<sup>[13]</sup>。2016 年在大亚湾中央列岛以西潮下带 15 个站位进行大型底栖动物调查, 获得软体动物 97 种, 其中掘足类 4 种, 双壳类 59 种, 腹足类 24 种<sup>[14]</sup>。2015 年在大亚湾中央列岛附近海域

潮下带进行大型底栖动物调查, 春季、夏季、秋季和冬季分别获得软体动物 7 种、14 种、9 种和 11 种<sup>[15]</sup>。2017 年 10 月—2018 年 7 月在大亚湾及邻近海域潮下带 66 个站位进行了大型底栖动物定量采样, 获得软体动物 83 种, 其中双壳类 50 种、腹足类 31 种、掘足类 2 种<sup>[16-18]</sup>。2018 年 11 月和 2019 年 2 月在大亚湾潮下带珊瑚礁区域获得软体动物 64 种, 其中珠母核果螺(*Drupella margariticola*)和疣荔枝螺(*Reishia clavigera*)是春季优势种<sup>[19]</sup>。

近 35 a 大亚湾潮下带软体动物群落生态研究揭示了大型底栖动物群落中软体动物优势种和常见的时空分布特征, 以及软体动物在大型底栖动物群落中的生态地位。近 35 a 大亚湾潮下带软体动物群落生态研究概况如表 1 所示。

表 1 近 35 a 大亚湾潮下带软体动物群落生态研究概况

Tab. 1 Research on mollusk community ecology over 35 years in the subtidal zone of Daya Bay

采样年份	采样方法	站位数	调查次数	采样区域	物种数	参考文献
1987	采泥拖网	30 定量+10 定性	2	整个湾区	125	[1]
1988—1989	采泥器	50(6 个群落)	3	整个湾区	<20~73	[2]
1986—1988	定量定性	6 定量+11 定性	多次	湾的西岸	31	[3]
1987—1989	定量	50+22	多次	潮下带+潮间带	167	[4]
2001—2002	定量	8	5	养殖区	15	[5]
2004	定量	11	4	大部分湾区	32	[6-7]
2007	定量	未说明	2	未查到	44	[9]
2008	定量	31	4	整个湾区	46	[11]
2013	定量	32	1(夏季)	整个湾区	37	[12]
2004—2015	底拖网	15	22	大部分湾区	127	[13]
2015	定量	15	4 个季节	中央列岛以西	97	[14]
2015	定量	未说明	4 个季节	中央列岛周围	7~14	[15]
2017—2018	定量	66	4 个季节	整个湾区	83	[16-18]
2018—2019	定量	5 个岛屿的珊瑚区	2 个季节	5 个岛屿周围	64	[19]

## 1.2 近 35 a 大亚湾潮间带软体动物群落生态研究概况

1987 年 3—4 月和 9 月在大亚湾岩相潮间带 9 条断面进行大型底栖生物调查, 获得软体动物 103 种<sup>[20]</sup>。1987 年—1989 年在大亚湾沙质潮间带 13 条断面进行 4 个季节的大型底栖生物调查, 获得软体动物 82 种<sup>[21]</sup>。1987 年 4 月、9 月、1988 年 10 月和 1989 年 1 月对大亚湾埔渔洲 2 条红树林断面进行定量和定性调查, 鉴定了软体动物 23 种<sup>[22]</sup>。1988 年 1 月至 1989 年 1 月在大亚湾潮间带 20 条断面获得软体动物 209

种<sup>[23]</sup>。1987 年—1993 年, 在大亚湾大鹏澳 5 条断面获得软体动物 167 种, 其中多板类 3 种, 腹足类 93 种, 双壳类 71 种<sup>[24]</sup>。1987 年—1999 年在大亚湾潮间带共鉴定软体动物 241 种, 其中多板类 3 种, 腹足类 121 种, 双壳类 117 种<sup>[25]</sup>。1999 年 7 月在大亚湾 2 个岛屿的 4 种生境(岩石岸、砾石滩、泥沙滩、沙滩)采集到软体动物 38 种<sup>[26]</sup>。2001 年 11 月在大亚湾潮间带 9 条断面采集到软体动物 70 种<sup>[27]</sup>。在大亚湾海域的鸡心岛、虎头门、大辣甲、青洲、小星山等岛屿潮间带采集到软体动物 45 种<sup>[28]</sup>。2018 年 1 月—2019 年

10月在大亚湾潮间带14条断面进行了大型底栖动物采样,获得软体动物110种,其中双壳类38种、腹足类44种、多板类4种<sup>[29]</sup>。

近35 a大亚湾潮间带软体动物群落生态研究揭

示了大型底栖动物群落中软体动物优势种和常见的时空分布特征,特别是软体动物在潮间带的垂直分布特征。近35 a大亚湾潮间带软体动物群落生态研究概况如表2所示。

表2 近35 a大亚湾潮间带调查获得的软体动物物种数

Tab. 2 Species number of mollusk in the intertidal zone of Daya Bay in the past 35 years

采样年份	采样方法	断面数	调查次数	底质类型	物种数	参考文献
1987	定量	9	2季(春、秋)	岩石	103	[20]
1987—1989	定量定性	13	4季(春夏秋冬)	沙质	82	[21]
1986—1988	定量定性	2	4季(春夏秋冬)	红树林	23	[22]
1988—1989	定量	20	2季(秋、冬)	岩石、沙滩、红树林	209	[23]
1987—1993	定量定性	5	6个夏季(每年7月)	岩石、砾石、沙滩、沙石	167	[24]
1987—1999	定量定性	8	13个夏季(每年7月)	岩石、砾石、沙滩、泥沙	241	[25]
1999	定量定性	4	1季(1999年夏季)	岩石、砾石、泥沙、沙滩	38	[26]
2008	定量	9	1季(2001年秋季)	岩礁、沙泥	70	[27]
2013	定量	5个岛屿	未说明	岩礁、沙滩	45	[28]
2018—2019	定量定性	14	2季(冬、夏)	岩石、红树林、泥沙、沙	110	[29]

### 1.3 近35 a大亚湾软体动物种群生态研究概况

黑莽麦蛤(*Vignadula atratus*)用足丝附着在白脊藤壶(*Fistulobalanus albicostatus*)的死壳中,也附着在牡蛎壳、红树干和石缝等硬相底质表面;在大亚湾,从潮位2.05~1.70 m都有分布,密集区在1.95~1.75 m<sup>[30]</sup>。大亚湾黑莽麦蛤的生殖旺季在12月—翌年3月份,小产期为4月、6月、9月;变化短齿蛤(*Brachidontes variabilis*)的生殖旺季在11月—翌年3月份,小产期为4月、6月、9月和10月<sup>[31]</sup>。2004—2005年,大亚湾内渔获头足类6种,分别为杜氏枪乌贼(*Uroteuthis duvaucelii*)、剑尖枪乌贼(*Uroteuthis edulis*)、莱氏拟乌贼(*Sepioteuthis lessoniana*)、曼氏无针乌贼(*Sepiella inermis*)、柏氏四盘耳乌贼(*Euprymna berryi*)和短蛸(*Amphioctopus fangsiao*),杜氏枪乌贼占头足类总渔获量的63.60%,居第一位;曼氏无针乌贼占头足类总渔获量的16.94%,居第二位<sup>[9]</sup>。杜氏枪乌贼在大亚湾拖网渔获物中营养级较高<sup>[32]</sup>。

### 1.4 近35 a大亚湾污损生物和浮游动物群落中的软体动物

1986年至1987年在大亚湾网箱养殖场浮筏和吊养珍珠贝浮球上获得软体动物28种<sup>[33]</sup>。1987年

1—8月在大亚湾3个浮标站的海流计及其系留系统上获得软体动物22种<sup>[34]</sup>。2008年6—7月在大亚湾杨梅坑人工鱼礁区附着生物群落中有软体动物49种<sup>[35]</sup>。在大亚湾珊瑚礁挂板附着生物调查中获得软体动物64种<sup>[36]</sup>。在计算大亚湾生物指数中,涉及了12种软体动物,其中双壳类10种,腹足类2种<sup>[37]</sup>。

1987—1989年在大亚湾调查的浮游动物群落中,有浮游贝类19种,但未列出它们的种名<sup>[38]</sup>。2006—2007年在大亚湾调查的浮游动物群落中,软体动物少于5种<sup>[39]</sup>。2007—2008年在大亚湾调查的浮游动物群落中,夏季和秋季分别采集到翼足类1种和6种<sup>[32]</sup>。2015—2017年大亚湾不同季节中型浮游动物优势种中未见软体动物<sup>[40]</sup>。2020年7月,在水平方向上,尖笔帽螺(*Creseis acicula*)主要分布于大亚湾西部湾口及长湾附近海域,其他海域分布相对较少;在垂向上,尖笔帽螺多分布于高温低盐的表层,低温高盐的下层水体分布较少;体长分布方面,湾口西部及其北侧海域尖笔帽螺体长较长,小辣甲西侧、北侧海域尖笔帽螺体长偏短,湾口中部海域体长远小于其他区域<sup>[40]</sup>。核电站冷却水的温升效应、降雨引起的海水盐度波动以及浮游植物数量升高可能是诱发大亚湾尖笔帽螺暴发的重要因素<sup>[41-43]</sup>。



## 1.5 近 35 a 大亚湾污染生态研究上涉及的软体动物

在中华鸟蛤(*Vepricardium sinense*)、美叶雪蛤(*Clnusinella calophylla*)、棒锥螺(*Turritella bacillum*)、泥螺(*Bullacta caurina*)、火枪乌贼(*Loliolus beka*, 与火枪鱿 *Loliolus beka* 同物异名)和柔鱼(*Ommastrephes bartramii*, 与巴氏柔鱼同物异名)6种软体动物中, Cu 和 Zn 的富集系数大于 1000, Cd 含量已超过人体消费标准<sup>[44-45]</sup>。软体动物头足类杜氏枪乌贼和剑尖枪乌贼体内 Pb 含量低于甲壳类体内的 Pb 含量<sup>[46]</sup>。大亚湾马鞭洲大型爆破对贻贝的影响较小<sup>[47]</sup>。大亚湾宝塔洲、小三门和金门塘海区牡蛎体内 Cu 含量超标; 澳头港、小三门和金门塘海区牡蛎体内 Zn 含量超标<sup>[9]</sup>。2007 年 3 月和 5 月在大亚湾西岸 3 处潮间带采集并测定了团聚牡蛎(*Saccostrea glomerata*)和单齿螺(*Monodonta labio*)体内的有机锡含量<sup>[48]</sup>。

2008 年 7 月至 2009 年 5 月间, 在珠江口与大亚湾海域设 16 个采样点, 每季度采样 1 次, 共采集了 19 种贝类, 即翡翠贻贝(*Perna viridis*)、贻贝(*Mytilus edulis*, 应是紫贻贝 *Mytilus galloprovincialis*)、华贵栉孔扇贝(*Mimachlamys crassicostata*)、长牡蛎(*Magallana gigas*)、栉江珧(*Atrina pectinata*)、近江牡蛎(*Magallana rivularis*)、河蚬(*Corbicula fluminea*)、马氏珍珠贝(*Pinctada fucata*)、僧帽牡蛎(*Saccostrea kegaki*)、厚壳贻贝(*Mytilus unguiculatus*)、菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippinarum*)、青蛤(*Cyclina sinensis*)、波纹巴非蛤、四角蛤蜊(*Macra quadrangularis*)、文蛤(*Meretrix meretrix*)、缢蛏(*Sinonovacula constricta*)、泥蚶(*Tegillarca granosa*)、褶牡蛎(*Alectryonella plicatula*)、用小白鼠生物测定法进行腹泻性贝毒测定, 就毒素超标率而言, 大亚湾阳性检出率和超标率分别为 44.4% 和 22.2%<sup>[49]</sup>。2015 年, 在大亚湾四处潮间带采集了 6 种大型底栖动物, 其中 2 种软体动物, 即腹足类的红树拟蟹守螺(*Cerithidea rhizophorarum*)和古氏滩栖螺(*Batillaria cumingii*), 测定了它们的食物结构<sup>[50]</sup>。

## 2 大亚湾软体动物群落和种群生态研究存在的不足

### 2.1 早期资料难于收集齐全, 信息不畅, 导致物种分类前后不一致

在 1990 年以前, 我国虽然出版了不少海洋软体

动物分类专著和图集, 但在 1990 年以前出版的专著多是黑白图, 有些形态难以理解和领会, 以及早期的信息不畅, 人们不容易获得有关专著和文献, 分类的精准度难免较低, 或者出现名录不断更新的尴尬局面。比如 1987 年<sup>[1]</sup>和 2004 年<sup>[6]</sup>记录的大亚湾潮下带优势种小鳞帘蛤, 在 2008 年则不是优势种<sup>[11]</sup>, 在 2015 年<sup>[14]</sup>, 以及在 2017 年和 2018 年<sup>[16-18]</sup>, 不仅小鳞帘蛤不是优势种, 在名录中也未发现, 相关种类是雕刻球帘蛤(*Globivenus toreuma*)。不仅在《中国海洋生物名录》<sup>[51]</sup>和《中国海洋物种多样性》<sup>[52]</sup>上找不到小鳞帘蛤的中文名和拉丁文学名, 在有关图集上也找不到相关记录。小鳞帘蛤和粗帝汶蛤(*Timoclea scabra*)同时为大亚湾的优势种<sup>[8]</sup>, 根据拉丁学名, 它们同属不同种, 需要在形态和分子系统发育特征证实它们是同物异名或者是不同种。此外, 本文涉及到的牡蛎达 8 种之多, 中文名僧帽牡蛎和僧帽囊牡蛎是同物异名, 拉丁文 *Alectryonella plicatula* 和 *Ostrea plicatula* 也是同物异名, 而僧帽牡蛎与角巨牡蛎等是否同一种需要形态和分子系统发育特征的证实。本文将大亚湾软体动物在历史文献与 WoRMS 系统上有变动的大亚湾软体动物见表 3。

### 2.2 分类基础不够扎实导致中文学名和拉丁文学名张冠李戴

比如在软体动物污染生态研究中, “蛤蜊(*Cyclina sinensis*)”, 蛤蜊的拉丁文学名应是蛤蜊属“*Mactra*”, 这个属在中国沿海记录有十几种, 如中国蛤蜊(*Mactra chinensis*)、四角蛤蜊和平蛤蜊(*Mactra grandis*)等; “*Cyclina sinensis*” 应是青蛤的拉丁文学名。又如“红蛤(*Mytilus unguiculatus*)”, 红蛤在民间包含多种物种, 人们认为红蛤就是生长在海边滩涂泥里的血蛤(蚶), 即魁蚶(*Anadara broughtonii*)、赤贝(应是俗名)、毛蚶(*Anadara kagoshimensis*)、泥蚶、花蚶(应是俗名)等; 在专业人士, 红蛤可能是红蛤属“*Scintilla*”, 这个属在中国沿海记录有 6 种, 如亮红蛤(*Scintilla nitidella*)、帝汶红蛤(*Scintilla timorensis*)和蛋白红蛤(*Scintilla imperatoris*)等; “*Mytilus unguiculatus*” 应是厚壳贻贝的拉丁文学名。此外, 菲律宾蛤仔的拉丁文学名应是“*Ruditapes philippinarum*”而不是“*Ruditapes philippinara*”。

### 2.3 多样性指数等的计算与《海洋调查规范》和《海洋监测规范》的不一致

在软体动物群落物种丰富度的计算中, 有人采

表 3 历史文献与 WoRMS 系统上有变动的大亚湾软体动物

Tab. 3 Daya Bay molluscs with Latin name variations on historical literatures and the WoRMS system

类群	中文名	文献上的拉丁学名	WoRMS 上的拉丁学名	变动说明
腹足类	泥螺	<i>Bullacta exarata</i>	<i>Bullacta caurina</i>	种名变动
腹足类	珠母核果螺	<i>Drupa margariticola</i>	<i>Drupella margariticola</i>	属名变动
腹足类	疣荔枝螺	<i>Thais clavigera</i>	<i>Reishia clavigera</i>	属名变动
双壳类	褶牡蛎	<i>Ostrea plicatula</i>	<i>Alectryonella plicatula</i>	属名变动
双壳类	魁蚶	<i>Scapharca broughtonii</i>	<i>Anadara broughtonii</i>	属名变动
双壳类	毛蚶	<i>Scapharca subcrenata</i>	<i>Anadara kagoshimensis</i>	种名变动
双壳类	平蛤蜊	<i>Mactra mera</i>	<i>Mactra grandis</i>	种名变动
双壳类	四角蛤蜊	<i>Mactra veneriformis</i>	<i>Mactra quadrangularis</i>	种名变动
双壳类	长牡蛎	<i>Crassostrea gigas</i>	<i>Magallana gigas</i>	属名变动
双壳类	香港巨牡蛎	<i>Crassostrea hongkongensis</i>	<i>Magallana hongkongensis</i>	属名变动
双壳类	近江牡蛎	<i>Crassostrea rivularis</i>	<i>Magallana rivularis</i>	属名变动
双壳类	华贵栉孔扇贝	<i>Chlamys nobilis</i>	<i>Mimachlamys crassicostata</i>	属和种名均变
双壳类	贻贝	<i>Mytilus edulis</i>	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	两个不同物种, 见文献[53]
双壳类	厚壳贻贝	<i>Mytilus coruscus</i>	<i>Mytilus unguiculatus</i>	种名变动
双壳类	波纹巴非蛤	<i>Paphia undulata</i>	<i>Paratapes undulatus</i>	属名变动
双壳类	马氏珍珠贝	<i>Pteria martensii</i>	<i>Pinctada fucata</i>	属和种名均变
双壳类	美叶雪蛤	<i>Clausinella calophylla</i>	<i>Placamen lamellatum</i>	属和种名均变
双壳类	角巨牡蛎	<i>Crassostrea cucullata</i>	<i>Saccostrea cucullata</i>	多个异名
双壳类	团聚牡蛎	<i>Ostrea glomerata</i>	<i>Saccostrea glomerata</i>	属名变动
双壳类	僧帽牡蛎	<i>Ostrea cucullata</i>	<i>Saccostrea kegaki</i>	属和种名均变
双壳类	蛋白红蛤	<i>Scintilla opalinus</i>	<i>Scintilla imperatoris</i>	种名变动
双壳类	小鳞帘蛤	<i>Veremolpa micra</i>	<i>Timoclea micra</i>	属名变动
双壳类	黑荞麦蛤	<i>Xenostrobus atrata</i>	<i>Vignadula atratus</i>	属名变动
头足类	短蛸	<i>Octopus ocellatus</i>	<i>Amphioctopus fangsiao</i>	属和种名均变
头足类	火枪乌贼	<i>Loligo beka</i>	<i>Loliolus beka</i>	属名变动
头足类	曼氏无针乌贼	<i>Sepiella maindroni</i>	<i>Sepiella inermis</i>	种名变动
头足类	杜氏枪乌贼	<i>Loligo duvaucelii</i>	<i>Uroteuthis duvaucelii</i>	属名变动
头足类	剑尖枪乌贼	<i>Loligo edulis</i>	<i>Uroteuthis edulis</i>	属名变动

用  $D = S/\ln A$ , 式中  $A$  为单位面积,  $S$  为群落中物种数目, 这种方法可能是陆地计算植物的物种丰富度的方法, 不适合在潮间带计算贝类的物种丰度。《海洋调查规范》<sup>[54]</sup>、《海洋监测规范》<sup>[55]</sup> 中在计算种类丰度采用的公式为:  $d = (S-1)/\log_2 N$ ,  $d$  为物种丰富度指数,  $S$  为单位面积的物种数,  $N$  为单位面积的个体数。计算生物指数的方法不一致的后果是不同地点、不同生境、不同时间获得的基于软体动物计算的生物

指数难以比较, 也难于与基于大型底栖动物计算的生物指数比较<sup>[51]</sup>。在中国黄渤海和中国香港海域发现的紫贻贝 *Mytilus edulis* 应是 *Mytilus galloprovincialis*<sup>[53]</sup>。

## 2.4 研究地点和方法缺乏一致性, 导致历史数据之间缺乏可比性

从大亚湾核电站海洋生态零点调查开始, 先后有自然资源部(原国家海洋局)第三海洋研究所、

中国水产科学院南海水产研究所、国家海洋局南海环境监测中心、武汉教育学院、广东教育学院、广东大亚湾水产资源省源级自然保护区管理处、中科院南海海洋研究所、厦门大学、上海海洋大学、深圳大学等，虽然揭示了不同生境软体动物的物种数、栖息密度和生物量的时空变化，但各单位调查的时间、次数、方法等不尽相同。比如大亚湾潮下带大型底栖动物调查研究，较少有整个湾区进行4个季节的大型底栖动物调查的。在采样方法上，有采用采泥器(张口面积  $0.05 \text{ m}^2$ )每个站位采集2份平行样的，有采用同样面积采集4份平行样的；在筛网方面，有用1 mm套筛的，也有用0.5 mm套筛的。1 mm孔径的套筛，可能导致一些小个体贝类或者一些贝类幼体漏过筛网。在潮间带大型底栖动物调查中，每个站位的样框数各不相同，这在统计上造成较大的误差<sup>[56]</sup>。

### 3 大亚湾软体动物群落和种群生态研究展望

#### 3.1 加强软体动物分类基础研究和科普宣传

有人认为，分类学已经研究了几百年，做分类研究不容易发表文章。实际上，软体动物的分类学研究还没有达到顶峰，还有很多软体动物没有被发现却已经灭绝了，且目前有一些目、科、属、种受到形态和分子分类的限制，存在分类模糊的现象。由于牡蛎的贝壳随其生活环境的变化而变化，导致了牡蛎的分类及分布问题存在争议。20世纪50年代人们将福建岩石岸上的牡蛎称为褶牡蛎，此后又改为僧帽囊牡蛎(*Saccostrea kegaki*)、香港巨牡蛎(*Magallana hongkongensis*)、角巨牡蛎(*Saccostrea cucullata*)等，近期又有人认为应改为福建牡蛎<sup>[57]</sup>。在大亚湾牡蛎可能有十几种，只要在形态学、生活史和分子生物学上协同进行研究，一定能将十几种牡蛎清晰检索出来。

科普宣传也很重要，不仅普通民众需要了解软体动物，因为软体动物是重要的渔业来源、有着历史悠久的贝文化，了解了软体动物，才能知道如何保护软体动物资源和如何利用软体动物进行生态修复。有些其他专业的研究者也需要了解软体动物的分类，在污染生态学和毒理学研究上中文名和拉丁文学名才不会出现张冠李戴的现象，或者出现同物异名现象。如果要进行软体动物分子生

物学和生态学研究，也必须对软体动物分类学有所了解。

#### 3.2 建立软体动物群落生态大数据式研究规则

与大型底栖动物群落一样，软体动物群落受多种人为因素和环境因素影响，为了更精准地反映某时段大亚湾软体动物群落现状，需要进行研究方案的论证。群落生态调查不仅要考虑潮下带和潮间带，甚至潮上带(有些陆栖贝类)，还要考虑不同生境。潮下带不仅要考虑底质类型、珊瑚礁区、海藻区和海草区，还要考虑核电冷源系统温排水区、石化企业废水排放区和养殖区等。潮间带不仅要考虑底质类型、红树林区、海藻区和海草区，还要考虑生活污水和工业废水排放区。获得的数据要具有生物统计学意义，在几百平方公里的海区若只设立几个调查站位，那等于是沧海一粟，没有生物统计学意义，也比较不了不同生境的软体动物群落结构。因此，大亚湾软体动物群落生态调查，需要定性和定量同时进行，需要采泥器和底拖网协同进行，并需要设置一些长期监测的站位。

#### 3.3 建立软体动物数据库

数据库是“按照数据结构来组织、存储和管理数据的仓库”，是一个长期存储在计算机内的、有组织的、可共享的、统一管理的大量数据的集合。软体动物的数据库，不仅要有物种名录，还要有较完整能清晰辨认物种的图片，还要有形态和生态分布特征等。作为生态系统评估或者一些软件应用的需要，还需要输入它们的生态组群归属、功能群(食性)归属、生物特征属性，如个体大小、寿命、幼体发育类型等。数据库的建立可为人们加快对软体动物的识别和对软体动物群落健康的精准评价。

#### 3.4 人工智能及其他新技术和新方法的引入

人工智能是计算机科学的一个分支，它企图了解智能的实质，并生产出一种新的能以人类智能相似的方式做出反应的智能机器，该领域的研究包括机器人、语言识别、图像识别、自然语言处理和专家系统等。由于大数据和生物统计学的需要，需要大量的软体动物现场数据，单靠专业人士的采集、分选和鉴定显然适应不了当代社会的需求。可以通过图像识别鉴定软体动物，可以通过数据的集合进行机器评估。目前，交通和通讯便捷，不仅可以



获得国外的文献,还可以获得各种分类专著电子版,而且可以从 WoRMS(<http://www.marinespecies.org>)分类系统获得最新信息。但更新太快,需要从事群落生态研究的研究者不仅具有扎实的分类基础,还需要掌握人工智能的各种新技术和新方法。

#### 参考文献:

- [1] 江锦祥,蔡尔西,吴启泉,等. 大亚湾海洋生态文集(II)[M]. 北京:海洋出版社,1990:237-247.  
JIANG Jinxiang, CAI Erxi, WU Qiquan, et al. Collections of papers on marine ecology in the Daya Bay (II)[M]. Beijing: China Ocean Press, 1990: 237-247.
- [2] 江锦祥,李荣冠,郑凤武,等. 大亚湾海洋生态文集(II)[M]. 北京:海洋出版社,1990:282-289.  
JIANG Jinxiang, LI Rongguan, ZHENG Fengwu, et al. Collections of papers on marine ecology in the Daya Bay(II)[M]. Beijing: China Ocean Press, 1990: 282-289.
- [3] 黄宗国,严颂凯. 大亚湾海洋生态文集(II)[M]. 北京:海洋出版社,1990:337-342.  
HUANG Zongguo, YAN Songkai. Collections of papers on marine ecology in the Daya Bay(II)[M]. Beijing: China Ocean Press, 1990: 337-342.
- [4] 李荣冠,江锦祥. 大亚湾海洋生态文集(II)[M]. 北京:海洋出版社,1990,355-363.  
LI Rongguan, JIANG Jinxiang. Collections of papers on marine ecology in the Daya Bay(II)[M]. Beijing: China Ocean Press, 1990, 355-363.
- [5] 黄洪辉,林钦,林燕棠,等. 大亚湾网箱养殖海域大型底栖动物的时空变化[J]. 中国环境科学,2005,25(4):412-416.  
HUANG Honghui, LIN Qin, LIN Yantang, et al. Spatial-temporal variation of large macrobenthic animals in cage culture sea area in Daya Bay[J]. China Environmental Science, 2005, 25(4): 412-416.
- [6] 杜飞雁,王雪辉,李纯厚,等. 大亚湾大型底栖动物物种多样性现状[J]. 南方水产,2008,4(6):33-41.  
DU Feiyan, WANG Xuehui, LI Chunhou, et al. Study on species diversity of macrobenthos in Daya Bay, south China sea[J]. South China Fisheries Science, 2008, 4(6): 33-41.
- [7] 杜飞雁,张汉华,李纯厚,等. 大亚湾大型底栖动物种类组成及物种多样性[J]. 中国水产科学,2008b,15(2):252-259.  
DU Feiyan, ZHANG Hanhua, LI Chunhou, et al. Species composition and diversity of macrobenthic fauna in Daya Bay[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2008b, 15(2): 252-259.
- [8] 杜飞雁,王雪辉,李纯厚,等. 大亚湾大型底栖动物的群落结构[J]. 生态学报,2009,29(3):1091-1098.  
DU Feiyan, WANG Xuehui, LI Chunhou, et al. Macrobenthic community structure in Daya Bay, South China Sea[J]. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(3): 1091-1098.
- [9] 李纯厚,杜飞雁,黄洪辉,等. 大亚湾生态系统及其演变[M]. 北京:中国农业出版社,2018.  
LI Chunhou, DU Feiyan, HUANG Honghui, et al. Daya Bay ecosystem and its evolution[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2018.
- [10] 李海燕,舒璇,易祖盛,等. 大亚湾水生贝类彩色图集[M]. 广州:华南理工大学出版社,2008.  
LI Haiyan, SHU Hu, YI Zusheng, et al. Color atlas of shellfish in Daya Bay[M]. Guangzhou: South China University of Technology Press, 2008.
- [11] 杜飞雁,王雪辉,贾晓平,等. 大亚湾海域大型底栖生物种类组成及特征种[J]. 中国水产科学,2011,18(4):877-892.  
DU Feiyan, WANG Xuehui, JIA Xiaoping, et al. Species composition and characteristics of macrobenthic fauna in Daya Bay, South China Sea[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2011, 18(4): 877-892.
- [12] 袁涛萍,李恒翔,李路,等. 夏季大亚湾大型底栖动物群落结构[J]. 热带海洋学报,2017,36(1):41-47.  
YUAN Taoping, LI Hengxiang, LI Lu, et al. Community structure of macrobenthos in summer in Daya Bay[J]. Journal of Tropical Oceanography, 2017, 36(1): 41-47.
- [13] 张敬怀,高阳,时小军,等. 大亚湾底拖网海洋生物种类组成及物种多样性[J]. 生物多样性,2017,25(9):1019-1030.  
ZHANG Jinghuai, GAO Yang, SHI Xiaojun, et al. Species composition and diversity of marine organisms from benthic trawling in Daya Bay of the northern South China Sea[J]. Biodiversity Science, 2017, 25(9): 1019-1030.
- [14] 张舒怡. 大亚湾大型底栖动物群落及其环境影响因子研究[D]. 厦门:自然资源部(原国家海洋局)第三海洋研究所,2017.  
ZHANG Shuyi. Study on macrobenthic community and its environmental impact factors in Daya Bay[D]. Xiamen: The Third Institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources(former State Oceanic Administration), 2017.
- [15] 陈得仿. 大亚湾渔业资源概况及黑鲷的生长、繁殖研究[D]. 上海:上海海洋大学,2019.  
CHEN Defang. General situation of fishery resources in Daya Bay and study on growth and reproduction of *Acanthopagrus schlegelii*[D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2019.
- [16] 饶义勇. 大亚湾及邻近海域大型底栖动物功能结构

- 和集合群落研究[D]. 厦门: 厦门大学, 2020.
- RAO Yiyong. Functional structure and metacommunity of benthic macrofauna in Daya Bay and adjacent waters[D]. Xiamen: Xiamen University, 2020.
- [17] RAO Yiyong, CAI Lizhe, CHEN Bingwen, et al. How do spatial and environmental factors shape the structure of a coastal macrobenthic community and meroplanktonic larvae cohort? Evidence from Daya Bay[J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2020, 157: 111242.
- [18] RAO Yiyong, CAI Lizhe, CHEN Xinwei, et al. Responses of functional traits of macrobenthic communities to human activities in Daya Bay(a subtropical semi-enclosed bay), China[J]. *Frontiers in Environmental Science*, 2021, 9: 766580.
- [19] 朱文涛, 秦传新, 段丁毓, 等. 大亚湾珊瑚礁区域冬春季底栖生物分布研究[J]. *海洋渔业*, 2020, 42(2): 170-182.
- ZHU Wentao, QIN Chuanxin, DUAN Dingyu, et al. On distribution of benthos in winter and spring in the typical coral reef region in the Daya Bay[J]. *Marine Fisheries*, 2020, 42(2): 170-182.
- [20] 李荣冠, 吴启泉, 江锦祥, 等. 大亚湾海洋生态文集(I)[M]. 北京: 海洋出版社, 1989: 82-92.
- LI Rongguan, WU Qiquan, JIANG Jinxiang, et al. Collections of papers on marine ecology in the Daya Bay(I)[M]. Beijing: China Ocean Press, 1989: 82-92.
- [21] 吴启泉, 江锦祥, 郑凤武, 等. 大亚湾海洋生态文集(II)[M]. 北京: 海洋出版社, 1990, 290-297.
- WU Qiquan, JIANG Jinxiang, ZHENG Fengwu, et al. Collections of papers on marine ecology in the Daya Bay(II)[M]. Beijing: China Ocean Press, 1990, 290-297.
- [22] 吴启泉, 李荣冠, 郑凤武. 大亚湾红树林区底栖大型动物的群落[J]. *台湾海峡*, 1992, 11(2): 161-166.
- WU Qiquan, LI Rongguan, ZHENG Fengwu, et al. Benthic communities of mangrove area in Daya Bay[J]. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait*, 1992, 11(2): 161-166.
- [23] 李荣冠, 江锦祥, 吴启泉, 等. 大亚湾核电站附近潮间带生物群落[J]. *海洋与湖沼*, 1995, 26(5): 91-101.
- LI Rongguan, JIANG Jinxiang, WU Qiquan, et al. Communities of intertidal benthos near the Daya Bay nuclear power station[J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1995, 26(5): 91-101.
- [24] 袁秀珍. 大鹏澳潮间带底栖贝类名录及其数量分布[J]. *动物学杂志*, 1997, 32(1): 9-12.
- YUAN Xiuzhen. Catalogue and population distribution of benthic mollusk in dapeng'o intertidal zone[J]. *Chinese Journal of Zoology*, 1997, 32(1): 9-12.
- [25] 林炜, 唐以杰, 钟莲华. 大亚湾潮间带软体动物分布和区系分类研究[J]. *广东教育学院学报*, 2002, 22(2): 63-72.
- LIN Wei, TANG Yijie, ZHONG Lianhua. The study of fauna and distribution of mollusc in the intertidal zone of Daya Bay[J]. *Journal of Guangdong Education Institute*, 2002, 22(2): 63-72.
- [26] 林炜, 赖丽萍, 唐以杰. 大亚湾潮间带软体动物的物种多样性初步研究[J]. *生物多样性*, 2001, 9(3): 247-253.
- LIN Wei, LAI Liping, TANG Yijie. Species diversity of mollusc in intertidal zone, Daya Bay[J]. *Biodiversity Science*, 2001, 9(3): 247-253.
- [27] 梁超愉, 张汉华, 吴进锋. 大亚湾潮间带生物种类组成、数量分布及生物多样性研究[J]. *南方水产*, 2005, 1(3): 42-48.
- LIANG Chaoyu, ZHANG Hanhua, WU Jinfeng. Study on species composition, quantity distribution and biodiversity of intertidal benthos in Daya Bay[J]. *South China Fisheries Science*, 2005, 1(3): 42-48.
- [28] 张涛鲤. 大亚湾部分海区潮间带资源现状[J]. *海洋与渔业*, 2017, 6: 54-55.
- ZHANG Taoli. Status quo of intertidal resources in part of Daya Bay[J]. *Oceanography and Fisheries*, 2017, 6: 54-55.
- [29] 陈丙温. 大亚湾和考洲洋潮间带大型底栖动物群落研究[D]. 厦门: 厦门大学, 2020.
- CHEN Bingwen. Benthic macrofauna communities in intertidal zone in Daya Bay and Kaozhou Bay[D]. Xiamen: Xiamen University, 2020.
- [30] 黄宗国, 林盛, 王建军, 等. 大亚湾海洋生态文集(II)[M]. 北京: 海洋出版社, 1990: 343-349.
- HUANG Zongguo, LIN Sheng, WANG Jianjun, et al. Collections of papers on marine ecology in the Daya Bay(II)[M]. Beijing: China Ocean Press, 1990: 343-349.
- [31] 齐襄, 方永强, 洪桂英. 大亚湾海洋生态文集(II)[M]. 北京: 海洋出版社, 1990: 350-354.
- QI Xiang, FANG Yongqiang, HONG Guiying. Collections of papers on marine ecology in the Daya Bay(II)[M]. Beijing: China Ocean Press, 1990: 350-354.
- [32] 汪慧娟, 张文博, 黄洪辉, 等. 基于碳、氮稳定同位素的大亚湾渔业生物群落营养结构[J]. *南方水产*, 2021, 17(5): 101-109.
- WANG Huijuan, ZHANG Wenbo, HUANG Honghui, et al. Trophic structure of fishery organism assemblage in Daya Bay based on carbon and nitrogen stable isotope analysis[J]. *South China Fisheries Science*, 2021, 17(5): 101-109.
- [33] 郑东强, 黄宗国, 李传燕, 等. 大亚湾海洋生态文集



- (I)[M]. 北京: 海洋出版社, 1989: 179-185.
- ZHENG Dongqiang, HUANG Zongguo, LI Chuanyan, et al. Collections of papers on marine ecology in the Daya Bay(I)[M]. Beijing: China Ocean Press, 1989: 179-185.
- [34] 严颂凯, 黄宗国, 郑成兴, 等. 大亚湾海洋生态文集(I)[M]. 北京: 海洋出版社, 1989: 186-193.
- YAN Songkai, HUANG Zongguo, ZHENG Chengxing, et al. Collections of papers on marine ecology in the Daya Bay(I)[M]. Beijing: China Ocean Press, 1989: 186-193.
- [35] 张伟, 李纯厚, 贾晓平, 等. 大亚湾混凝土鱼礁和铁制鱼礁附着生物生态特征[J]. 海洋环境科学, 2010, 29(4): 509-512.
- ZHANG Wei, LI Chunhou, JIA Xiaoping, et al. Ecological characteristics of fouling organisms on concrete and steel reef in Daya Bay[J]. Marine Environmental Science, 2010, 29(4): 509-512.
- [36] 朱文涛. 大亚湾珊瑚礁生态系统结构与功能初步研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2020.
- ZHU Wentao. A preliminary study on the structure and function of coral reef ecosystem in Daya Bay[D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2020.
- [37] LI Yafang, NING Jiajia, WANG Lianggen, et al. Assessment of benthic ecological status in semi-enclosed Daya Bay(China) in regions exposed to human disturbances based on multiple biotic indices[J]. Regional Studies in Marine Science, 2021, 41: 101464
- [38] 连光山, 林玉辉, 蔡秉及, 等. 大亚湾海洋生态文集(II)[M]. 北京: 海洋出版社, 1990: 274-281.
- LIAN Guangshan, LIN Yuhui, CAI Bingji, et al. Collections of papers on marine ecology in the Daya Bay (II)[M]. Beijing: China Ocean Press, 1990: 274-281.
- [39] 连喜平, 谭焯辉, 黄良民, 等. 大亚湾大中型浮游动物的时空变化及其影响因素[J]. 海洋环境科学, 2011, 30(5): 640-645.
- LIAN Xiping, TAN Yehui, HUANG Liangmin, et al. Space-time variations and impact factors of macro-mesozooplankton in Daya Bay[J]. Marine Environmental Science, 2011, 30(5): 640-645.
- [40] 李优迈, 韩留玉, 陈绵润, 等. 大亚湾中型浮游动物群落结构和植食性[J]. 海洋与湖沼, 2018, 49(4): 839-850.
- LI Youmai, HAN Liuyu, CHEN Jinrun, et al. The mesozooplankton community structure and their herbivory in Daya Bay[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2018, 49(4): 839-850.
- [41] 刘岱, 应轲臻, 蔡中华, 等. 大亚湾西南海域尖笔帽螺 2020 年 7 月暴发期内的分布特征[J]. 海洋与湖沼, 2021, 52(6): 1438-1447.
- LIU Dai, YING Kezhen, CAI Zhonghua, et al. Outburst of *Creseis acicula* in southwest Daya Bay in July 2020[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2021, 52(6): 1438-1447.
- [42] 齐占会, 史荣君, 戴明, 等. 尖笔帽螺(*Creseis acicula*)研究进展及其在大亚湾暴发机制初探[J]. 热带海洋学报, 2021, 40(5): 147-152.
- QI Zhanhui, SHI Rongjun, DAI Ming, et al. A review on ecological characteristics of *Creseis acicula* and preliminary analysis on its outbreak triggers in Daya Bay[J]. Journal of Tropical Oceanography, 2021, 40(5): 147-152.
- [43] ZENG Lei, CHEN Guobao, WANG Teng, et al. Acoustic study on the outbreak of *Creseise acicula* nearby the Daya Bay Nuclear Power Plant Base during the summer of 2020[J]. Marine Pollution Bulletin, 2021, 165: 112144.
- [44] 何雪琴, 温伟英, 张观希, 等. 大亚湾底栖生物重金属现状与评价[J]. 河海大学学报, 2001, 29(3): 103-106.
- HE Xueqin, WEN Weiyong, ZHANG Guanxi, et al. Current situation and assessment of heavy metal contents in Benthons in Daya Bay[J]. Journal of Hohai University, 2001, 29(3): 103-106.
- [45] 何雪琴, 张观希, 郑庆华, 等. 大亚湾底栖生物体中 4 种重金属残毒量分析与评价[J]. 地理科学, 2001, 21(3): 282-285.
- HE Xueqin, ZHANG Guanxi, ZHENG Qinghua, et al. Residual toxicity analysis and evaluation of four heavy metals in benthic organisms in Daya Bay[J]. Scientia Geographica Sinica, 2001, 21(3): 282-285.
- [46] 王增焕, 林钦, 王许诺. 大亚湾海洋生物体内铅的含量与风险评估[J]. 南方水产, 2010, 6(1): 54-58.
- WANG Zenghuan, LIN Qin, WANG Xunuo. Analysis of lead content in marine organisms and risk assessment in Daya Bay[J]. South China Fisheries Science, 2010, 6(1): 54-58.
- [47] 贾晓平, 林钦, 蔡文贵. 大亚湾马鞭洲大型爆破对周围水域环境与海洋生物影响的评估[J]. 水产学报, 2002, 26(4): 313-320.
- JIA Xiaoping, LIN Qin, CAI Wengui. Evaluation for the impact of large explosion at Mabianzhou Island on the neighboring aquatic environment and marine organisms in Daya Bay[J]. Journal of Fisheries of China, 2002, 26(4): 313-320.
- [48] 邓利, 陈大玮, 黎韵, 等. 深圳大鹏湾和大亚湾近岸海水及潮间带动物的有机锡污染[J]. 热带海洋学报, 2020, 29(4): 112-117.
- DENG Li, CHEN Dawei, LI Yun, et al. Organotin contamination in seawater and marine animals along inter-

- tidal zone at Dapeng Bay and Daya Bay of Shenzhen, China[J]. *Journal of Tropical Oceanography*, 2020, 29(4): 112-117.
- [49] 李嘉雯, 江涛, 吴锋, 等. 珠江口与大亚湾海域腹泻性贝毒污染状况分析[J]. *暨南大学学报(自然科学与医学版)*, 2014, 35(3): 228-234.
- LI Jiawen, JIANG Tao, WU Feng, et al. Diarrhetic shellfish poisoning pollution in shellfish collected from the Pearl River estuary and Daya Bay[J]. *Journal of Jinan University(Natural Science & Medicine Edition)*, 2014, 35(3): 228-234.
- [50] ARBI Iman, LIU Songlin, ZHANG Jingping, et al. Detection of terrigenous and marine organic matter flow into a eutrophic semi-enclosed bay by  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  of intertidal macrobenthos and basal food sources[J]. *Science of the Total Environment*, 2018, 613/614: 847-860.
- [51] 刘瑞玉. 中国海洋生物名录[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- LIU Ruiyu. *Catalogue of marine life in China*[M]. Beijing: Science Press, 2008.
- [52] 黄宗国, 林茂. 中国海洋物种多样性[M]. 北京: 海洋出版社, 2012.
- HUANG Zongguo, LIN Mao. *Marine species diversity in China*[M]. Beijing: China Ocean Press, 2012.
- [53] 王祯瑞. 中国动物志(软体动物门双壳纲贻贝目)[M]. 北京: 科学出版社, 1997.
- WANG Zhenrui. *Fauna sinica (Phylum Mollusca, Class Bivalvia, Order Mytiloida)*[M]. Beijing: Science Press, 1997.
- [54] 国家质量技术监督局. GB 12763-2007海洋调查规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- The State Bureau of Quality and Technical Supervision. GB 12763.6-2007 The specification for oceanographic survey[S]. Beijing: Standards Press of China, 2007.
- [55] 国家质量技术监督局. GB 17378.7-2007海洋监测规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- The State Bureau of Quality and Technical Supervision. GB 17378.7-2007 The specification for marine monitoring[S]. Beijing: Standards Press of China, 2007.
- [56] 蔡立哲. 深圳湾底栖动物生态学[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 2015.
- CAI Lizhe. *Benthic fauna ecology in Shenzhen Bay*[M]. Xiamen: Xiamen University Press, 2015.
- [57] 蔡立哲, 曹文志, 王文卿, 等. 滨海湿地环境生态学[M]. 厦门, 厦门大学出版社, 2020.
- CAI Lizhe, CAO Wenzhi, WANG Wenqing, et al. *Coastal wetland environmental ecology*[M]. Xiamen: Xiamen University Press, 2020.

## Progress and prospects of mollusk community and population ecology in Daya Bay

CAI Li-zhe<sup>1</sup>, YANG De-yuan<sup>1</sup>, ZHAO Xiao-yu<sup>1, 2</sup>, LIN Jing-xiang<sup>1</sup>, CHEN Xin-wei<sup>1</sup>, ZHOU Xi-ping<sup>2</sup>, RAO Yi-yong<sup>3</sup>, MA Li<sup>4</sup>, LIN He-shan<sup>4</sup>, FU Su-jing<sup>4</sup>

(1. College of the Environment & Ecology, Xiamen University, Xiamen 361102, China; 2. School of Environmental Science and Engineering, Xiamen University Tan Kah Kee College, Zhangzhou 363105, China; 3. South China Sea Fisheries Research Institute, CAFS, Guangzhou 510000, China; 4. Third Institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources, Xiamen 361005, China)

**Received:** Oct. 3, 2021

**Key words:** mollusk; community ecology; population ecology; pollution ecology; Daya Bay

**Abstract:** In the last 35 years, many universities, research institutions, and government environmental management agencies have conducted ecological studies on the mollusk community, population, and pollution in the subtidal and intertidal habitats of Daya Bay. These studies have revealed spatial and temporal variations in the number, density, and biomass of mollusk species. This research provides the basis for fishery production and ecological assessment. However, due to a lack of early consensus in the field, there are many synonyms and homonyms in mollusk classification and cases in which Chinese and Latin scientific names were misused, making it impossible to compare historical data. The author proposes several research paths: (1) strengthening basic research on mollusk classification and popularizing the science; (2) establishing rules for big data research on mollusk community ecology; (3) establishing a mollusk database; and (4) introducing artificial intelligence and other new technologies and methods. These pursuits would provide a reference for science and technology workers to make better research plans and obtain more accurate results and provide a decision-making basis for government agencies.

(本文编辑: 谭雪静)