

# 中国近海栉江珧属分类与地理分布研究进展

薛东秀<sup>1</sup>, 王海艳<sup>1</sup>, 马兴浩<sup>2</sup>, 张 涛<sup>1</sup>

(1. 中国科学院海洋研究所, 山东 青岛 266071; 2. 寿光市海洋渔业发展中心, 山东 潍坊 262700)

**摘要:** 本文收集了涉及中国栉江珧属(*Atrina* Gray, 1842)分类和分布的文献, 结合近年来栉江珧属分子生物学的研究结果以及野外调查情况, 对栉江珧属种类和地理分布情况进行了系统的梳理, 确定了中国共有 7 种栉江珧属贝类, 并对其分类分歧进行了讨论; 概括各栉江珧属种类的地理分布, 广东是中国近海栉江珧属物种多样性最丰富的省份, 其次为广西壮族自治区。根据目前中国栉江珧属种类的资源现状, 对栉江珧属种类的开发利用与保护提出了建议, 以期为深入开展全国范围的栉江珧属生物多样性保护和可持续利用提供科学依据。

**关键词:** 栉江珧属(*Atrina* Gray, 1842); 物种分类; 地理分布; 资源保护

中图分类号: P735 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2024)4-0122-08

DOI: 10.11759/hyxx20231031002

栉江珧属(*Atrina*)隶属于双壳纲(Bivalvia)、江珧科(Pinnidae), 在中国北方沿海俗称“大海红”、“海锹”, 浙江沿海俗称“海蚌”, 福建沿海俗称“土杯”、“马蹄”, 潮汕地区俗称“割猪刀”, 是经济价值较高的大型海产双壳贝类, 其后闭壳肌大而圆, 肉嫩鲜美, 营养丰富, 可干制成“江珧柱”, 是中外闻名的海珍品<sup>[1-5]</sup>。其种类全部为海产, 分布在热带、亚热带和温带的印度-太平洋和大西洋海区的潮间带的中、下区, 但多数种仅见于潮下带<sup>[1, 6]</sup>。分布在 30 m 以内深度的栉江珧属物种是渔业的主要捕捞对象<sup>[7-11]</sup>。栉江珧属种类贝壳大而脆薄, 前尖后广, 呈三角形或楔形, 表面墨绿色、淡褐色或黑褐色, 幼时壳略透明, 晶莹可爱——“甲美如瑶玉”, 古人便以“瑶”称之; 壳面布有 10~20 条细密放射肋, 其上时有小棘; 稚贝时沉入海底, 以足丝固定, 终生不再移动, 成群聚集, 像梳齿般密集排列, 这就是栉江珧名字的来源<sup>[12]</sup>。栉江珧属种类足丝如发, 可长达 200 mm, 透明并具光泽, 坚韧而富弹性, 其蛋白质成分和蚕丝相近, 加工成的织品已被视为稀有珍品而收藏于博物馆<sup>[13, 14]</sup>。

由于栉江珧属种类的贝壳形态变异极大, 因受客观环境的损伤而产生不正常的外形上的修补, 或因受动物栖息地区和底质环境不同以及因生长阶段不同而产生的外形、棘、肋及色泽等贝壳形态上的变化, 给栉江珧属分类鉴定工作增加了困难, 导致了其分类上存在一些紊乱的问题<sup>[7, 15-18]</sup>。自 20 世纪初以来, 江珧科的分类进行了多次修订, 有效物种的总数从 3~56 不

等<sup>[1, 19-23]</sup>。基于形态学的最新修订版确认了江珧科栉江珧属现生种类有 31 种<sup>[17]</sup>。以黄口江珧(*Atrina pectinata* Linnaeus, 1767)为例, 自 LINNAEUS 在 1767 年对其进行首次描述后, ROSEWATER<sup>[20]</sup>将 12 个异名归并为 *A. pectinata*, 王祯瑞<sup>[1]</sup>将 11 个异名归并为 *A. pectinata*, 而 HUBER<sup>[24]</sup>仅将 3 个异名归并为 *A. pectinata*。

中国栉江珧属分类的研究始于 1930 年, KURODA<sup>[15]</sup>记载了中国台湾的两种栉江珧: 旗江珧 (*A. vexillum* Born, 1778)和黄口江珧。中国学者对栉江珧属的分类研究始于 1959 年, 福建省海洋生物研究室李复雪和张炳西对福建沿海江珧的种类进行了调查, 报道了 4 种栉江珧属的种类: 日本栉江珧(*A. pectinata japonica* Reeve, 1858)、李氏栉江珧(*A. pectinata lishkeana* Clessin, 1891)、锯江珧(*A. pectinata serrata* Sowerby, 1825)和奇江珧(*A. pectinata stangei* Hanley, 1858)<sup>[15]</sup>。王祯瑞<sup>[1]</sup>于 1997 年编著出版了《中国动物志: 软体动物门, 双壳纲, 蛤贝目》, 汇编和记述了此前在中国发现的 3 种栉江珧属种类: 栉江珧(*A. pectinata* Linnaeus, 1767)、羽状江珧(*A. penna* Reeve, 1858)和旗江珧(*A. vexillum* Born,

收稿日期: 2023-10-31; 修回日期: 2024-01-17

基金项目: 现代农业产业技术体系专项资金资助(CARS-49); 国家自然科学基金面上基金项目(3197279)

[Foundation: Earmarked Fund for CARS, No. CARS-49; National Natural Science Foundation of China, No. 3197279]

作者简介: 薛东秀(1987—), 女, 山东青岛人, 博士, 副研究员, 主要从事海洋生物分子生态学研究, E-mail: xuedongxiu@qdio.ac.cn; 张涛(1971—), 通信作者, 研究员, 主要从事贝类苗种繁育和增殖研究, E-mail: tzhang@qdio.ac.cn

1778)。徐凤山<sup>[25]</sup>于 1997 年出版的《中国海双壳类软体动物》，记录了中国沿海 5 种栉江珧属种类：栉江珧(*A. pectinata* Linnaeus, 1767)、羽江珧(*A. penna* Reeve, 1858)、寺町江珧(*A. teramachii* Habe, 1953)、旗江珧(*A. vexillum* Born, 1778)和木下江珧(*A. kinoshitai* Habe, 1953)。刘瑞玉<sup>[26]</sup>于 2008 年出版的《中国海洋生物名录》记录了 3 种栉江珧属种类：栉江珧(*A. pectinata* Linnaeus, 1767)、羽状江珧(*A. penna* Reeve, 1858)和旗江珧(*A. vexillum* Born, 1778)。余祥勇等<sup>[27-29]</sup>对分布在中国南海 4 种形态类型的栉江珧(青口、黄口、棘螺和沙螺)的形态差异、同工酶表达、随机扩增多态性(RAPD)进行了比较研究, 研究结果均证明不同形态类型间存在着明显差异, 认为这些类型应划为两个或两个以上的种类。LIU 等<sup>[30]</sup>和 XUE 等<sup>[31, 32]</sup>应用 DNA 分子标记对中国栉江珧进行分析, 确认了中国栉江珧 *A. pectinata* 存在 5 个隐存种, 分别为中国江珧(*A. chinensis* Deshayes, 1841)、黄口江珧(*A. pectinata* Linnaeus, 1767)、青口江珧(*Atrina* sp.)、棘江珧(*A. lischkeana* Clessin, 1891)和栉江珧(*A. japonica* Reeve, 1858)。

本文在《中国动物志：软体动物门，双壳纲，贻贝目》(江珧科)<sup>[1]</sup>描述的栉江珧属物种及其分类基础上, 汇总最新分类研究进展, 包括物种重新划分及其分类地位的厘定; 并在此基础上, 查阅其他有关中国栉江珧属生物多样性的调查报告等资料, 结合本研究团队自 2010 年以来的野外调查和采样记录, 完成中国栉江珧属物种分布图, 旨在为今后的中国栉江珧属系统分类、资源可持续利用、物种多样性保护研究提供必要的基础数据。

## 1 中国近海栉江珧属的种类、地理分布及其资源现状

本部分系统梳理和汇总已记述的中国近海栉江珧属物种, 共计 2 亚属 7 物种: 栉江珧(*A. japonica* Reeve, 1858)、中国江珧(*A. chinensis* Deshayes, 1841)、黄口江珧(*A. pectinata* Linnaeus, 1767)、棘江珧(*A. lischkeana* Clessin, 1891)、青口江珧(*Atrina* sp.)、羽状江珧(*A. penna* Reeve, 1858)和旗江珧(*A. vexillum* Born, 1778)(图 1)。中国栉江珧属种类主要分布在东部和南部沿海, 只有栉江珧能向北分布到渤海湾; 广东是中国栉江珧属物种多样性最丰富的省份(6 个物种), 其次为广西壮族自治区(5 个物种)(图 2)。本文对物种划分存在分类争议或同物异名的一些物种进行了一一梳理和讨论。

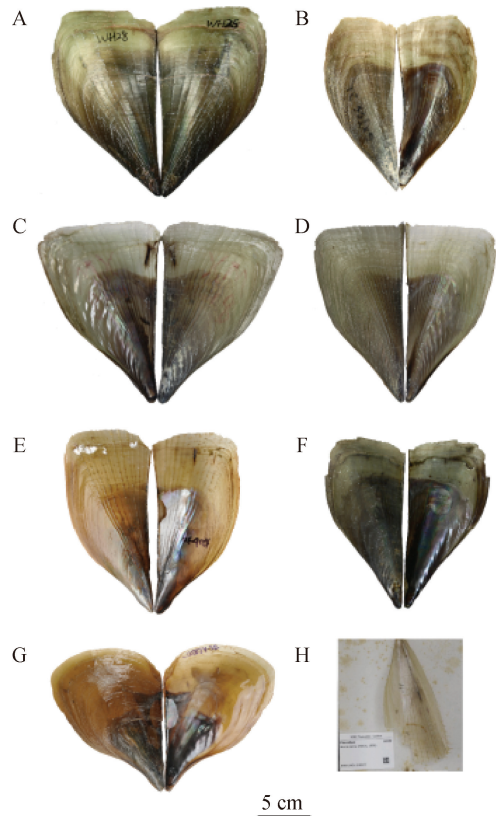


图 1 栉江珧属 7 种贝壳类型

Fig. 1 Shell morphology of *Atrina* species

注: A. 栉江珧; B. 黄口江珧; C. 中国江珧(福建东山); D. 中国江珧(广西北海); E. 棘江珧; F. 青口江珧; G. 旗江珧; H. 羽状江珧<sup>[33]</sup>

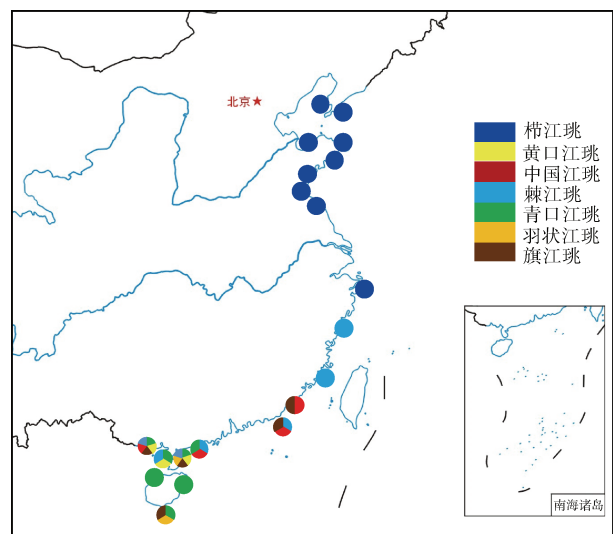


图 2 中国栉江珧属 7 个物种分布图(基于审图号 GS(2016) 1569 号的地图制作)

Fig. 2 Known distribution of *Atrina* in China

### 1.1 栉江珧

地理分布: 国内分布于渤海、黄海和东海潮下带

40 m 内的浅海底,如辽宁的獐子岛、海洋岛,山东的荣成、蓬莱、刘公岛、红岛和日照,江苏的连云港、浙江的舟山等地。国外在日本半岛和朝鲜半岛均有分布<sup>[1, 34, 35]</sup>。

形态特征:俗称“海锹”、“大海红”、“带子”。壳色暗绿色或青褐色,有光泽;贝壳大,后缘宽大。贝壳后缘放射肋不明显,有的放射肋上具有三角形略斜向后方的小棘;近腹缘处生长纹褶起不明显<sup>[36-37]</sup>。

分类讨论:1858年,REEVE<sup>[22]</sup>在日本首次发现栉江珧并将其命名为 *A. japonica*, 随后 WINCKWORTH<sup>[3]</sup>、HABE<sup>[38]</sup>、ROSEWATER<sup>[20]</sup>和王禎瑞<sup>[1]</sup>等分类学家认为其是 *A. pectinata* 的同物异名。然而 HUBER<sup>[24]</sup>认为它是一个有效种,李复雪等<sup>[15]</sup>则认为其是 *A. pectinata* 的亚种。本研究组基于线粒体 16S rRNA、COI 和核基因 28S rRNA 片段的分子系统学研究发现 *A. pectinata* 和 *A. japonica* 间的遗传分化已经达到种的水平, *A. japonica* 为一个有效种<sup>[31]</sup>。

## 1.2 黄口江珧

地理分布:暖水性较强的种,分布在热带和亚热带潮下带 50 m 内的沙质或泥沙质海域。国内主要分布于南海,如广东硇洲岛、草潭和广西北海、防城港。国外主要分布于印度洋,如非洲塞舌尔群岛、阿拉伯半岛、印度和印度尼西亚沿海<sup>[1, 6]</sup>。

形态特征:黄口江珧俗称“黄口”。壳表较光滑,具光泽,黄褐色,壳薄易碎,壳型细长,放射肋较密,肋上通常无棘。

分类讨论:ROSEWATER<sup>[20]</sup>将 12 个不同的印度-太平洋栉江珧属物种归并为一个物种: *A. pectinata*。然而,WINCKWORTH<sup>[39]</sup>、HUBER<sup>[24]</sup>认为 *A. pectinata* 仅限于印度洋和印度尼西亚, LINNAEUS 于 1767 年命名的 *A. pectinata* 是在印度洋发现的。本研究组和 LIU 等<sup>[30]</sup>采集的南海黄口江珧与 LEMER 等<sup>[40]</sup>从菲律宾群岛采集的 *A. pectinata* 样本共享线粒体 COI、16S rRNA 和核基因 28S rRNA 基因片段单倍型,表明 *A. pectinata* 在中国南海也有分布。于非非等<sup>[41]</sup>采集的防城港群体也与我们所采集的黄口江珧共享 COI 单倍型。

## 1.3 中国江珧

地理分布:暖水性较强的种,分布在热带和亚热带潮下带,其垂直分布自低潮线下至 200 m 的水域。国内主要分布于台湾海峡以南的海域,如福建的东山、广东的南澳岛和闸坡、广西的北海沙田和涠洲岛

等。国外分布于新加坡、马来西亚、泰国、菲律宾、婆罗洲、日本的冲绳和大分等海域<sup>[24, 32, 37]</sup>。

形态特征:中国江珧俗称“沙插”、“沙螺”,壳色土黄色,无光泽;壳扁,近似三角形,贝壳后缘宽大、放射肋明显,无棘;近腹缘处生长纹褶起明显。

分类讨论:DNA 序列(28S rRNA、mtCOI 和 16S rRNA)分析结果揭示中国江珧与栉江珧的遗传距离达到了种间水平,所构建的系统发育树表明中国江珧与旗江珧为姐妹群,而与栉江珧互为独立群,因此中国江珧应为一个独立种,而不是栉江珧的同物异名<sup>[32]</sup>。此外,中国江珧已分化为两个谱系(谱系 A:福建的东山、广东的南澳岛和闸坡、日本大分;谱系 B:北部湾),两谱系的分化可能与更新世冰期与间冰期海平面变化导致中国边缘海隔离与连通有关<sup>[32]</sup>。它的同物异名共包括: *Pinna chemnitzii* Hanley, 1858; *Pinna lurida* Reeve, 1858; *Pinna papyracea* Reeve, 1858 和 *Atrina lamellata* Habe, 1961<sup>[17, 24, 32]</sup>。

## 1.4 棘江珧

地理分布:国内主要分布于浙江洞头以南的潮下带 30 m 内的泥沙质海域,如浙江的洞头、福建福州和惠安、广东的南澳岛、闸坡、东海岛、硇洲岛、草潭,广西的沙田等,在国外分布于日本的东京湾、有明湾和濑户内海等海域<sup>[31, 37]</sup>。

形态特征:棘江珧俗称“棘螺”,壳表黄褐色,放射肋通常较粗大,肋上有强大的锯齿状的棘。

分类讨论:1891年,CLESSIN 在日本横滨发现棘江珧并命名为 *Pinna lischkeana*, WINCKWORTH<sup>[39]</sup>、HABE<sup>[38]</sup>、ROSEWATER<sup>[20]</sup>、梁羨圆等<sup>[16]</sup>、王禎瑞<sup>[1]</sup>和 HIGO<sup>[42]</sup>认为其是 *A. pectinata* 的同物异名。然而,OKUTANI<sup>[43]</sup>和 HUBER<sup>[24]</sup>则将其保留为一个独特的物种,李复雪等<sup>[15]</sup>将其保留为 *A. pectinata* 的亚种。余祥勇等<sup>[44]</sup>对湛江海域有棘和无棘两种表型栉江珧进行了同工酶比较研究,发现两种表型酶谱表达有一定的差异。栉江珧分布区域比棘江珧的纬度高,仅在东海略有重叠;两个种分布区域的不同可能与水温等环境因子相关<sup>[7]</sup>。人工育苗水温低于 25 °C 养殖的棘江珧幼体生长缓慢,成活率低<sup>[7]</sup>。在本研究组基于线粒体 16S rRNA、COI 和核基因 28S rRNA 片段的分子系统学研究<sup>[31]</sup>以及 LIU 等<sup>[30]</sup>基于线粒体 COI 和核基因 ITS 片段的分子系统学研究均支持 *A. lischkeana* 是一个有效的物种。SEKINO 等<sup>[8]</sup>基于简化基因组测序(RAD-seq)对栉江珧和棘江珧进行了群体基因组学分析,发现在濑户内海同域分布的栉江珧和棘江珧存在杂交渐渗现

象, 其种间基因流被 10 个具有杂交不相容性的基因及基因组区域不完全阻断, 进而维持物种间的生殖隔离。

### 1.5 青口江珧

地理分布: 国内主要分布于广东的闸坡、硃洲岛、流沙港、江洪、草潭、广西的沙田和防城港, 海南的海口、洋浦、新亚、文昌、海甸岛和三亚<sup>[8, 30]</sup>。

形态特征: 青口江珧俗称“青口”。壳表光滑, 具光泽, 青绿色, 壳型较小, 狭长, 呈楔形, 后缘较窄。放射肋细密, 无棘, 壳面较凸。

分类讨论: 对青口江珧的线粒体 16S rRNA、COI 和核基因 28S rRNA 在 GenBank 进行 BLAST 分析, 与其序列相似度高的序列 (99%~100%) 均来自中国南海, 暗示青口江珧主要分布于中国南海<sup>[31]</sup>。HASHIMOTO 等<sup>[18]</sup>研究发现日本仅有栉江珧、棘江珧和中国江珧分布, 未发现黄口江珧和青口江珧。

### 1.6 羽状江珧

地理分布: 暖水性种, 仅见于潮下带较深的细砂底等水域中, 通常在 70 m 左右采到的标本较多, 分布水深最深可达 128 m<sup>[25]</sup>。国内主要分布于广东的硃洲岛, 海南的新村和三亚, 国外分布于日本本州相模湾以南、菲律宾和印度尼西亚<sup>[1, 24, 25]</sup>。

形态特征: 壳型细长, 较薄脆, 半透明, 壳表放射肋及生长小棘极细密、明显。壳表呈淡黄褐色, 且具红绿之金属光泽<sup>[1]</sup>。

分类讨论: 1858 年 REEVE<sup>[22]</sup>在菲律宾对羽状江珧进行了命名, HABE<sup>[38]</sup>于 1953 年在日本本州也对其报道。然而, ROSEWATER<sup>[20]</sup>和 FISCHER-PIETTE<sup>[21]</sup>均认为其是 *A. pectinata* 的同物异名, 但这两种江珧形态特征有明显区别, 且垂直分布不同, 所以我们与王祯瑞<sup>[1]</sup>以及 HUBER<sup>[24]</sup>观点一致, 均认为其是独立的种。王祯瑞<sup>[45]</sup>认为李复雪等<sup>[15]</sup>所定的 *P. serrata* 可能也应当是 *A. penna* 之误, 因为 *P. serrata* 与 *A. penna* 形态特征不同, 而且是西印度种。

### 1.7 旗江珧

地理分布: 暖水性较强的种, 仅见于潮下带, 其垂直分布是自低潮线下至 60 m 内的泥沙底水域。国内分布于福建的东山, 广东湛江, 海南三亚、新村、新盈; 广西涠洲岛。国外分布于红海、印度洋、马来半岛、澳大利亚和日本的九州、四国等海域<sup>[1, 24, 25, 46]</sup>。

形态特征: 旗江珧贝壳大, 壳质厚重, 多呈旗形或短扇形, 壳表黑褐色或紫褐色, 壳顶尖细, 后缘宽,

背缘略成弓形, 腹缘仅在壳顶下方弯入, 其后逐渐向外突出形成弧形, 放射肋极细, 肋上有较稀疏的人字形小棘; 后闭壳肌痕突出于珍珠层后界, 或与后界相连接, 而其他栉江珧属贝类后闭壳肌痕位于珍珠层内<sup>[36]</sup>。

## 2 中国栉江珧属资源现状

栉江珧属种类, 特别是栉江珧、黄口江珧、青口江珧和旗江珧, 是中国海洋渔业捕捞、养殖和生物调查的主要对象。李复雪等<sup>[15]</sup>对 1952—1958 年间福建沿海采集的江珧进行分析, 发现福建沿海棘江珧产量最多, 特别是在厦门、漳浦和宁德; 栉江珧产量最少, 仅在宁德有少量发现。谢开恩等<sup>[47]</sup>于 1978 年 6 月—1979 年 10 月对泉州湾栉江珧资源开展了调查研究, 发现泉州湾栉江珧有两个类型: 一种是贝壳上有棘, 产量不大, 当地种, 应为棘江珧; 另一种是 1974 年强台风后才大量发现的, 产量大, 是当地采捕的主要对象, 估算泉州湾栉江珧总资源达 29 905 t。但泉州自 1975 年出现大量江珧后, 由于过度捕捞以及采用“挟、耙”等工具乱采滥捕, 不仅使获得的江珧受到严重损伤, 而且资源受到严重破坏, 造成泉州湾资源大幅度下降, 1981 年的产量已减少 80% 以上。吴天明等<sup>[48]</sup>于 1982 年 5—7 月对福建兴化湾江珧进行了生态调查, 兴化湾也与泉州湾一样, 有两种不同的江珧, 一种是壳面放射肋上有棘的棘江珧, 产量较大, 一种是壳面上无棘的江珧, 产量低, 推测其为栉江珧, 推算兴化湾江珧的资源量约为 600 t。邱盛尧等<sup>[49]</sup>对 1994—1995 年 6 月—10 月间山东北部近海采集的 1 269 个栉江珧个体的年龄与生长进行了研究, 捕捞群体以 3~6 龄为主要组成, 体质量生长拐点在 1.86 龄处; 并且根据本次调查, 山东北部近海栉江珧的资源量十分丰富。然而, 本研究组自 2010—2014 年对中国沿海区域进行调查采样, 山东沿海威海刘公岛、烟台蓬莱和日照江珧资源量较丰富, 青岛栉江珧资源量较少。福建泉州湾和兴化湾主要为棘江珧, 产量较低; 厦门并未发现栉江珧属种类存在; 漳州东山中国江珧资源量较丰富。广东闸坡主要有棘江珧分布, 也有少量青口江珧和中国江珧分布。湛江附近浅海、北部湾和海南岛浅海海域江珧资源量较高, 其中黄口江珧和青口江珧合称“油螺”, 售价较高, 中国江珧售价较低。

目前, 生产中一般是通过半人工采苗方法获得栉

江珧苗种,即采捕野生的栉江珧苗种,然后进行室内高密度养殖或选择合适海区进行集中养殖的方式<sup>[50]</sup>。1982年郭世茂等<sup>[51]</sup>在广东汕尾开始开展栉江珧人工育苗研究,然而目前栉江珧大规模人工苗种培育技术尚不完善,且栉江珧人工苗种培育实验中苗种成活率低,主要是由于浮游期栉江珧幼虫会大量上浮黏连,使得幼虫无法游动摄食,造成幼虫的大量死亡;另外栉江

珧自然排放产卵量低,不能满足生产需要,人工催产困难,这也限制着栉江珧大规模人工苗种培育技术的发展<sup>[52]</sup>。《中国渔业统计年鉴》自2003年起开始记录中国江珧的养殖产量和面积(图3),养殖主要集中在广东省(2003—2021年),福建省(2003、2004、2009、2010年)和山东省(2016、2017、2019—2021年),全国养殖面积2012—2016年较为稳定,随后呈缩小趋势。

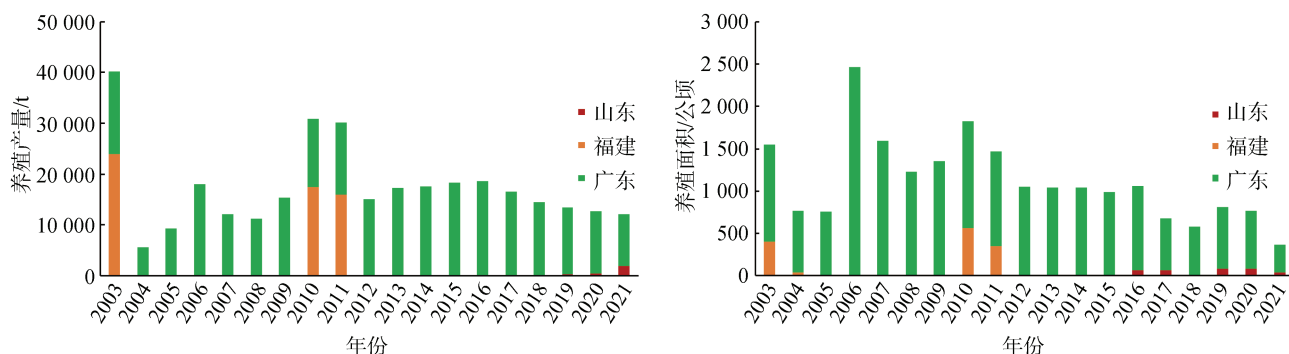


图3 中国江珧2003—2021年养殖产量和养殖面积变化

Fig. 3 Change in aquaculture production volume and area aquaculture of China from 2003 to 2021

注: 相关数据来自中国渔业统计年鉴(2004—2022)

查明物种种群遗传多样性水平、群体遗传结构等群体遗传特征是制定有效保护和合理开发利用生物资源策略的基础<sup>[19, 53-54]</sup>。XUE等<sup>[55]</sup>基于卫星位点和线粒体COI片段对中国7个栉江珧群体进行群体遗传学分析, 研究表明7个栉江珧地理群体均具有较高的遗传多样性, 且近期未经历过瓶颈效应; 中国沿海7个栉江珧地理群体间不存在显著的遗传分化, 推测历史再殖化(晚更新世栖息地扩张和群体扩张)和现代基因流(浮游幼虫扩散)可能是导致中国栉江珧群体间无显著遗传分化的主要原因。XUE等<sup>[31]</sup>基于线粒体COI片段对南海黄口江珧、青口江珧和棘江珧进行群体遗传学分析, 研究结果揭示黄口江珧湛江群体和北部湾群体存在显著的遗传分化, 而青口江珧和棘江珧群体间无显著遗传分化。而中国江珧也已分化为两个谱系(谱系A: 福建省的东山、广东省的南澳岛和闸坡、日本大分; 谱系B: 北部湾)<sup>[32]</sup>。4种江珧不同的群体遗传结果可能与其各自的生活史特征(繁殖时间、幼虫扩散能力等)相关。相关研究结果为中国栉江珧属资源保护、人工增养殖等提供了基础数据。

### 3 保护与建议

多年的过度捕捞和人工养殖的相对滞后造成栉

江珧野生资源总量急剧减少, 产量难以满足市场消费需求。为合理地开发利用和积极保护江珧资源, 结合中国近海栉江珧属物种种质资源和遗传多样性的研究结果, 作者提出几条保护建议: (1)规定合理地采捕规格(建议采捕17 cm以上), 规定禁捕期(建议为繁殖季节5月—8月), 改革采捕工具, 禁止拖网捕捞, 有计划地分区轮流采捕, 以维持其资源的繁殖保护; (2)对中国沿海栉江珧属的各物种进行系统的资源调查, 明确各种类的资源量分布、栖息地、种群数量、繁殖状况和开发利用情况, 并在此基础上制定相应的资源开发与保护计划和措施; (3)加强多学科(繁殖学、发育学、遗传学等)的基础研究, 开展其人工育苗和养殖, 掌握其繁殖发育规律, 为江珧的增养殖业奠定基础; (4)采用方式多样的宣传手段开展各种宣传教育活动, 倡导人们主动抵制破坏生物多样性的行为, 形成全社会共同支持和参与江珧资源保护及科学利用的局面。

#### 参考文献:

- [1] 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: 214-229.  
WANG Zhenrui. Fauna Sinica: Phylum Mollusca: Order Mytiloida[M]. Beijing: Science Press, 1997: 214-229.

- [2] 任建峰, 杨爱国. 栉江珧研究现状及开发利用前景[J]. 海洋水产研究, 2005, 4: 84-88.  
REN Jianfeng, YANG Aiguo. Current status of study on pen shell *Atrina pectinata* and its prospects of application and exploitation[J]. Marine Fisheries Research, 2005, 4: 84-88.
- [3] WINCKWORTH R. Marine mollusca from south India and Ceylon. III: Pinna. with an index to the recent species of Pinna[J]. Journal of Molluscan Studies, 1929, 6: 276-297.
- [4] 王灵昭, 潘守昊, 刘文慧, 等. 栉江珧闭壳肌源鲜味物的研究[J]. 中国调味品, 2022, 47(4): 21-25.  
WANG Lingzhao, PAN Shouhao, LIU Wenhui, et al. Study on umami substances from the adductor muscle of *Atrina pectinata*[J]. China Condiment, 2022, 47(4): 21-25.
- [5] 浙江动物志编辑委员会. 浙江动物志 软体动物[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1991: 174-175.  
Editorial Committee of Fauna of Zhejiang. Fauna of Zhejiang: Mollusks[M]. Hangzhou: Zhejiang Science and Technology Publishing House, 1991: 174-175.
- [6] LEMER S, BUGÉ B, BEMIS A, et al. First molecular phylogeny of the circumtropical bivalve family Pinnidae (Mollusca, Bivalvia): evidence for high levels of cryptic species diversity[J]. Molecular Phylogenetics and Evolution, 2014, 75: 11-23.
- [7] HASHIMOTO K, YAMADA K, SEKINO M, et al. Population genetic structure of the pen shell *Atrina pectinata* sensu lato (Bivalvia: Pinnidae) throughout East Asia[J]. Regional Studies in Marine Science, 2021, 48: 102024.
- [8] SEKINO M, HASHIMOTO K, NAKAMICHI R, et al. Introgressive hybridization in the west Pacific pen shells (genus *Atrina*): restricted interspecies gene flow within the genome[J]. Molecular Ecology, 2023, 32(11): 2945-2963.
- [9] AWAJI M, MATSUMOTO T, FUNAYAMA S, et al. Artificial fertilisation method for the production of pen shell *Atrina pectinata* juveniles in hatcheries[J]. Aquaculture, 2022, 553: 738101.
- [10] AN H S, LEE J W, DONG C M. Population genetic structure of Korean pen shell (*Atrina pectinata*) in Korea inferred from microsatellite marker analysis[J]. Genes & Genomics, 2012, 34(6): 681-688.
- [11] AN H S, KIM B H, LEE J W, et al. Comparison between wild and hatchery populations of Korean pen shell (*Atrina pectinata*) using microsatellite DNA markers[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2011, 12(9): 6024-6039.
- [12] 董存有. 栉江珧生态学的初步观察[J]. 四川动物, 1993, 12(4): 29-31.  
DONG Cunyou. Preliminary observations on the ecology of *Atrina pectinata*[J]. Sichuan Journal of Zoology, 1993, 12(4): 29-31.
- [13] 张红云, 严正凜, 张静. 栉江珧生物学及人工育苗研究进展[J]. 上海海洋大学学报, 2009, 18(5): 623-628.  
ZHANG Hongyu, YAN Zhenglin, ZHANG Jing. Advances in studies on biology and artificial breeding of *Atrina pectinata*[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2009, 18(5): 623-628.
- [14] CHUN B S, LEE S C, HO T C, et al. Subcritical water hydrolysis of comb pen shell (*Atrina pectinata*) edible parts to produce high-value amino acid products[J]. Marine Drugs, 2022, 20(6): 357.
- [15] 李复雪, 张炳西. 福建沿海裂江瑶的研究[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 1959, 2: 78-103.  
LI Fuxue, ZHANG Bingxi. Studies on the Pinnidae of Fukien Province[J]. Journal of Xiamen University (Natural Science), 1959, 2: 78-103.
- [16] 梁羡圆, 林惠琼, 吴萍茹, 等. 福建沿海江珧科的形态比较研究[J]. 热带海洋, 1986, 1: 15-21, 87-89.  
LIANG Xianyuan, LIN Huiqiong, Wu Pingru et al. Comparison on morphology of Pinnidae (Mollusca, Lamellibranchia) from the Fujian coast[J]. Tropic Oceanology, 1986, 1: 15-21, 87-89.
- [17] SCHULTZ P W, HUBER M. Revision of the worldwide recent pinnidae and some remarks on fossil European Pinnidae: Acta conchyliorum[M]. Hackenheim: ConchBooks, 2013: 1-164.
- [18] HASHIMOTO K, YAMADA K, NAGAE A, et al. Lineage specific detection of the scaly form of the pen shell *Atrina* spp. by a loop-mediated isothermal amplification method[J]. Fisheries Science, 2018, 84(5): 837-848.
- [19] FUNK W C, MCKAY J K, HOHENLOHE P A, et al. Harnessing genomics for delineating conservation units[J]. Trends in Ecology & Evolution, 2012, 27(9): 489-496.
- [20] ROSEWATER J. The family Pinnidae in the Indo-Pacific[J]. Indo-Pacific Mollusca, 1961, 1(4): 175-226.
- [21] FISCHER-PIETTE É. Revision des Pinnidae du Muséum National d'Histoire Naturelle[J]. Journal de Conchyliologie, 1974, 111(1/2): 11-85.
- [22] REEVE L A. Monograph of the genus *Pinna*. In: Conchologia Iconica, or, illustrations of the shells of molluscous animals[M]. London: L. Reeve & Co., 1858: 1-71.
- [23] CHÁVEZ-VILLALBA J, REYNAGA-FRANCO F J, HOYOS-CHAIREZ F. Worldwide overview of reproduction, juvenile collection, spat production and cultivation of pen shells[J]. Reviews in Aquaculture, 2022, 14(3): 1371-1388.
- [24] HUBER M. Compendium of bivalves[M]. Hackenheim:

- ConchBooks, 2010: 163-166.
- [25] 徐凤山. 中国海双壳类软体动物[M]. 北京: 科学出版社, 1997: 54-55.  
XU Fengshan. Bivalve mollusca of China Sea[M]. Beijing: Science Press, 1997: 54-55.
- [26] 刘瑞玉. 中国海洋生物名录[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 556.  
LIU Ruiyu. Checklist of marine biota of China Seas[M]. Beijing: Science Press, 2008: 556.
- [27] 余祥勇, 王梅芳, 李宏吾, 等. 无裂栉江珧形态差异的比较研究[J]. 热带海洋, 2000, 19(2): 39-44.  
YU Xiangyong, WANG Meifang, LI Hongwu, et al. Comparison on morphological difference inside species of pen shell *Atrina pectinata*[J]. Tropic Oceanology, 2000, 19(2): 39-44.
- [28] 余祥勇, 王梅芳, 杨书婷, 等. 栉江珧同工酶多态性的分析[J]. 华中农业大学学报, 2005, 24(2): 203-206.  
YU Xiangyong, WANG Meifang, YANG Shuting, et al. Analysis of isozyme diversities in *Atrina pectinata* Linnaeus (Mollusca, Bivalve)[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2005, 24(2): 203-206.
- [29] YU X Y, MAO Y, WANG M F, et al. Genetic heterogeneity analysis and RAPD marker detection among four forms of *Atrina pectinata* Linnaeus[J]. Journal of Shellfish Research, 2004, 23(1): 165-171.
- [30] LIU J, LI Q, KONG L F, et al. Cryptic diversity in the pen shell *Atrina pectinata* (Bivalvia: Pinnidae): high divergence and hybridization revealed by molecular and morphological data[J]. Molecular Ecology, 2011, 20(20): 4332-4345.
- [31] XUE D X, WANG H Y, ZHANG T. Phylogeography and taxonomic revision of the pen shell *Atrina pectinata* species complex in the South China Sea[J]. Frontiers in Marine Science, 2021, 8(1525): 753553.
- [32] XUE D X, WANG H Y, ZHANG T, et al. Morphological and genetic identification of the validity of the species *Atrina chinensis*(Bivalvia: Pinnidae)[J]. Journal of Shellfish Research, 2012, 31(3): 739-747.
- [33] NATURALIS BIODIVERSITY CENTER/WIKIMEDIA COMMONS. File: Naturalis Biodiversity Center - RMNH.MOL.318827 - *Atrina penna* (Reeve, 1858) - Pinnidae - Mollusc shell.jpeg. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Naturalis\\_Biodiversity\\_Center\\_-\\_RMNH.MOL.318827\\_-\\_Atrina\\_penna\\_%28Reeve,\\_1858%29\\_-\\_Pinnidae\\_-\\_Mollusc\\_shell.jpeg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Naturalis_Biodiversity_Center_-_RMNH.MOL.318827_-_Atrina_penna_%28Reeve,_1858%29_-_Pinnidae_-_Mollusc_shell.jpeg). 2020-10-29.
- [34] NAGASOE S, TOKUNAGA T, YURIMOTO T, et al. Survival and behavior patterns associated with hypoxia at different life stages of the pen shell *Atrina cf. japonica*[J]. Aquatic Toxicology, 2020, 227: 105610.
- [35] 张素萍, 张均龙, 陈志云, 等. 黄渤海软体动物图志[M]. 北京: 科学出版社, 2016: 263-264.  
ZHANG Suping, ZHANG Junlong, CHEN Zhiyun, et al. Mollusks of the Yellow Sea and Bohai Sea[M]. Beijing: Marine Press, 2016: 263-264.
- [36] 马培振, 曲学存, 张弛. 渤海潮间带常见无脊椎动物及标本采制技术[M]. 青岛: 中国海洋大学出版社, 2022: 75.  
MA Peizhen, QU Xuecun, ZHANG Chi. Common invertebrates in the intertidal zone of the Bohai Sea and specimen collection techniques[M]. Qingdao: China Ocean University Press, 2022: 75.
- [37] 王海艳. 中国北部湾潮间带现生贝类图鉴[M]. 北京: 科学出版社, 2016: 93-94.  
WANG Haiyan. Mollusks of the intertidal zone of Beibu Gulf, China[M]. Beijing: Science Press, 2016: 93-94.
- [38] HABE T. Pinnidae, Placunidae and Anomiidae in Japan[J]. Illustrated Catalogue of Japanese shells, 1953, 1(24): 185-196.
- [39] WINCKWORTH E. Marine mollusca from south India and Ceylon[J]. Journal of Molluscan Studies, 1936, 22(1): 16-23.
- [40] LEMER S, COMBOSCH D, SOTTO F, et al. The family Pinnidae (Bivalvia) in the Philippine archipelago: observations on its distribution and phylogeography[J]. The Nautilus, 2016, 130(4): 137-145.
- [41] 于非非, 钟智明, 牛素芳, 等. 基于线粒体COI序列的南海北部栉江珧遗传多样性分析[J]. 水生生物学报, 2019, 43(3): 494-503.  
YU Feifei, ZHONG Zhiming, NIU Sufang, et al. Genetic diversity of *Atrina pectinata* from the northern South China Sea based on mitochondrial DNA COI sequence[J]. Acta Hydrobiologia Sinica, 2019, 43(3): 494-503.
- [42] HIGO S, CALLOMON P, GOTO Y. Catalogue and bibliography of the marine shell-bearing mollusca of Japan[M]. Osaka: Elle Scientific Publications, 1999: 336-341.
- [43] OKUTANI T. Marine mollusks in Japan[M]. Tokyo: Tokai University Press, 2000: 1-1221.
- [44] 余祥勇, 王梅芳, 杨书婷. 有棘和无棘两种表型栉江珧同工酶差异的比较[J]. 湛江海洋大学学报, 1999, 19(2): 6-8.  
YU Xiangyong, WANG Meifang, YANG Shuting, et al. Comparative study on isozyme electrophoretograms of scaly and non-scaly types in species of *Atrina pectinata* L.[J]. Journal of Zhangjiang Ocean University, 1999, 19(2): 6-8.
- [45] 王祯瑞. 中国近海江珧科的初步报告[J]. 海洋科学集刊, 1964, 5: 30-39.  
WANG Zhenrui. Preliminary studies on Chinese Pinnidae[J]. Studia Marina Sinica, 1964, 5: 30-39.
- [46] 张素萍. 中国海洋贝类图鉴[M]. 北京: 海洋出版社, 2008: 279-280.  
ZHANG Suping. Atlas of marine mollusks in China[M].

- Beijing: Marine Press, 2008: 279-280.
- [47] 谢开恩, 陈炳能, 陈世杰, 等. 泉州湾栉江珧 [*Atrina perinata*(Linne)] 调查研究报告[J]. 福建水产科技, 1980, 2: 10-23.  
XIE Kaien, CHEN Bingneng, CHEN Shijie, et al. Research report on the investigation of *Atrina perinata*(Linne) in Quanzhou Bay[J]. Fujian Aquaculture Science and Technology, 1980, 2: 10-23.
- [48] 吴天明, 许章程. 兴化湾栉江珧生态调查[J]. 海洋渔业, 1985, 7(3): 106-110.  
WU Tianming, XU Zhangcheng. Eco-investigation of *Atrina perinata* in Xinghua Bay[J]. Marine Fisheries, 1985, 7(3): 106-110.
- [49] 邱盛尧, 张锡佳. 山东北部近海栉江珧的年龄与生长[J]. 水产学报, 1996, 20(4): 301-306.  
QIU Shengyao, ZHANG Xijia. Age and growth for pen shell in northern offsea of Shandong[J]. Journal of Fisheries of China, 1996, 20(4): 301-306.
- [50] 郑言鑫, 杨爱国, 吴彪, 等. 栉江珧 (*Atrina pectinata*) 催产方法及幼虫培养条件[J]. 渔业科学进展, 2015, 36(6): 127-133.  
ZHENG Yanxin, YANG Aiguo, WU Biao, et al. Studies on the spawning inducement and the conditions for the larval culture of *Atrina pectinata*[J]. Progress in Fish-
- ery Sciences, 2015, 36(6): 127-133.
- [51] 郭世茂, 陈成枘, 何丽璇, 等. 栉江珧人工育苗初步研究[J]. 海洋科学, 1987, 11(1): 34-39.  
GUO Shimao, CHEN Chengcong, HE Lixuan et al. A preliminary study on the artificial rearing of larval pen shell *Pinna petcinata* Linne[J]. Marine Sciences, 1987, 11(1): 34-39.
- [52] 李浩浩, 王昌勃, 于瑞海, 等. 栉江珧解剖卵的体外促熟研究[J]. 中国海洋大学学报 (自然科学版), 2015, 45(12): 38-42.  
LI Haohao, WANG Changbo, YU Ruihai, et al. Studies on maturation promotion in vitro of oocytes stripped from the pen shell *Atrina pectinata*[J]. Periodical of Ocean University of China, 2015, 45(12): 38-42.
- [53] FRANKHAM R, BRISCOE D A, BALLOU J D. Introduction to conservation genetics[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2002: 1-617.
- [54] ALLENDORF F W, HOHENLOHE P A, LUIKART G. Genomics and the future of conservation genetics[J]. Nature Reviews Genetics, 2010, 11(10): 697-709.
- [55] XUE Dongxiu, WANG Haiyan, ZHANG Tao, et al. Population genetic structure and demographic history of *Atrina pectinata* based on mitochondrial DNA and microsatellite markers[J]. PloS One, 2014, 9(5): e95436.

## Review of taxonomic research and geographical distribution of *Atrina*

XUE Dongxiu<sup>1</sup>, WANG Haiyan<sup>1</sup>, MA Xinghao<sup>2</sup>, ZHANG Tao<sup>1</sup>

(1. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. Shouguang Marine Fishery Development Center, Weifang 262700, China)

Received: Oct. 31, 2023

**Key words:** *Atrina*; taxonomy; geographical distribution; resource conservation

**Abstract:** This study provides a comprehensive review of the taxonomy of *Atrina*, drawing from relevant taxonomic literature, molecular biology research, and field investigations. It offers updated information on the geographical distribution of each *Atrina* species. In China, seven *Atrina* species are recognized, with the highest species diversity observed in Guangdong Province (comprising six species), followed by the Guangxi Zhuang Autonomous Region (comprising three species). Considering the current status of *Atrina* resources in China, this study proposes recommendations for their sustainable use and conservation. These recommendations aim to promote the sustainable development of *Atrina* and inform future conservation efforts.

(本文编辑: 谭雪静)