

Han Y D, Xie Y Y, Mao J X, *et al.* Morphological characteristics, taxonomic status revision, and phylogenetic analysis of *Ylistrum japonicum* [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2025, 49(12): 122516. [韩宜达, 解耀宇, 毛俊霞, 等. 日本滑翔日月贝的形态学特征、分类地位修订及其系统发育分析 [J]. 水生生物学报, 2025, 49(12): 122516.]

日本滑翔日月贝的形态学特征、分类地位修订及其系统发育分析

韩宜达¹ 解耀宇¹ 毛俊霞¹ 常亚青^{1*} 田莹^{1,2*}

(1. 大连海洋大学农业农村部北方海水增殖重点实验室, 大连 116023; 2. 大连贝壳博物馆, 大连 116023)

摘要: 研究基于传统形态学、几何形态学及分子生物学方法, 探究日本滑翔日月贝(*Ylistrum japonicum*)的形态及其与相似种的差异, 并对中国南海的滑翔日月贝属进行了重新描述与分类修订。结果显示: 原属于日月贝属*Amusium*的“日本日月贝”与日月贝属*Amusium*长肋日月贝具有不同的系统发育位置, 并对我国的“日本日月贝”的分类地位进行了更正, 由原日月贝属*Amusium*更正至滑翔日月贝属*Ylistrum*, 将“日本日月贝”的中文名更正为日本滑翔日月贝*Ylistrum japonicum*。厘清日本滑翔日月贝与长肋日月贝形态差异, 主要为内肋条数不同, 性别分化类型不同。日本滑翔日月贝左壳内肋(34—52)条, 平均40条, 右壳内肋(43—55)条, 平均47条, 雌雄异体。而长肋日月贝左壳内肋(22—30)条, 平均25条, 右壳内肋(22—30)条, 平均26条, 雌雄同体。此外, 基于化石分子钟的估算, 日本滑翔日月贝分化时间大约在108.47 Mya, 为中生代的早白垩纪。

关键词: 形态特征; 系统发育; 分类地位; 日本滑翔日月贝

中图分类号: Q959.215 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2025)12-122516-08

doi: 10.3724/1000-3207.2025.2025.0154 **CSTR:** 32229.14.SSSWXB.2025.0154



扇贝科(Pectinidae, Rafinesque, 1815)是双壳纲中最具多样性的类群之一。据记载, 扇贝科起源于三叠纪, 在近2.5亿年的演化历史间发展出了6种生活方式^[1], 特定的壳形反映了特定的生活习性^[2,3]。

日本日月贝*Amusium japonicum*作为我国的经济贝类, 具有生长迅速、肉质肥满的特点, 兼具营养价值与观赏价值, 民间俗称其为“带子”“飞螺”^[4]。日本日月贝的分类研究较为混乱, 国内对日月贝属*Amusium*及属内物种最早的描述见于张玺等^[5]的《南海的双壳类软体动物》一书。Habe^[6]基于形态特征将中国台湾的种群命名为台湾日本日月贝*Amusium japonicum taiwanicum*。王祯瑞^[7]对中国日月贝亚科进行研究, 采纳了Habe的研究观点, 记录了日月贝属内4个种及亚种级别的物种名称, 分别为长肋日月贝*Amusium pleuronectes*、南沙长肋日月贝*Amusium pleuronectes nanshaensis*、花日本

日月贝*Amusium japonicum balloti*及美丽日本日月贝*Amusium japonicum formosum*。王祯瑞的分类依据为美丽日本日月贝的壳更大(90 mm), 而花日本日月贝的壳较小(12 mm)。随后, 刘瑞玉^[8]主编的《中国海洋生物名录》中日月贝亚科的物种记录仍然沿用了王祯瑞的研究结果, 将*Amusium japonicum formosa*记录为*Amusium japonicum taiwanicum*的同物异名, 但保留了美丽日本日月贝这一中文学名。在《中国海洋生物图鉴》中将*Amusium japonicum taiwanicum*的中文名称更正为台湾日月贝^[9]。

Alejandrino等^[10]与Smedley等^[11]的分子系统发育研究结果表明, 不同日月贝物种之间或存在较远的亲缘关系。2014年, Mynhardt等^[12]对日月贝属的3个物种进行了分子系统发育分析及形态学研究, 结果表明, “日本日月贝”*A. japonicum*、“花日月贝”*A. balloti*与长肋日月贝处于不同的系统发育位置,

收稿日期: 2025-04-29; 修订日期: 2025-07-08

基金项目: 国家重点研发计划(2022YFD2400302); 辽宁省科技重大专项2025: 北方海洋经济动物物种质创新与应用资助 [Supported by the National Key Research and Development Program of China (2022YFD2400302); Key Special Project of Science and Technology in Liaoning Province 2025: Innovation and Application of Northern Marine Economic Animal Germplasm]

作者简介: 韩宜达(1999—), 男, 硕士研究生; 主要从事软体动物分类与演化研究。E-mail: hyd19990301@163.com

通信作者: 常亚青, E-mail: yqchang@dlou.edu.cn 田莹, E-mail: tianying@dlou.edu.cn *共同通信作者

并将日本日月贝及花日月贝两个物种从日月贝属 *Amusium* 移除, 因它们滑翔的生活习性命名并建立了滑翔日月贝属 *Ylistrum*。但 Mynhardt 等^[12] 的研究仅对日本产地的日本日月贝样本进行了测序, 而中国香港市场购买的日本日月贝样本进行了形态学研究, 缺乏具体的来源和分子信息。因此, 我国的日月贝分类地位仍不清楚。

滑翔日月贝属与日月贝属在分类地位上均属于扇贝亚科 Pectininae, 日月贝属内仅长肋日月贝一个现生物种, 滑翔日月贝属内存在日本滑翔日月贝 *Ylistrum japonicum* 与花滑翔日月贝 *Ylistrum balloti* 两个现生物种。长肋日月贝的分布更为广泛, 在热带至亚热带的印度-西太平洋海域均有分布, 日本滑翔日月贝主要分布在韩国、日本及中国南部地区, 花日月贝仅在澳大利亚及新喀里多尼亚有分布。

有关滑翔日月贝属物种的研究, 主要集中在澳大利亚^[13]、日本^[14]与韩国^[15]。我国对滑翔日月贝属研究较少, 叶王戟和梁广耀曾进行生态^[16]与育苗^[17]方面的报道。该属物种形态差异不明显、之前分子分类方法尚未广泛使用等问题, 导致了物种鉴定错误和同物异名的现象, 亟须更正完善。

本文研究的样本采集于广东阳江市, 通过形态学方法及分子生物学方法对采集到的样本进行鉴定。依据鉴定结果, 对日本滑翔日月贝进行了重新的形态描述, 通过几何形态测量学方法探究了日本滑翔日月贝与其易混淆的长肋日月贝二者之间的形态差异, 更正了我国滑翔日月贝属物种曾经存在的鉴定错误及同物异名现象, 并记录了该属物种的产地分布记录, 为今后我国双壳类物种的形态鉴定与分子研究提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

2023年于中国广东省阳江市海陵岛(21.61N, 111.93E) 拖网打捞到日月贝样本。采集的标本运回实验室暂养3d, 选取活性较好且边缘完整的日本滑翔日月贝、长肋日月贝各50只, 合计100只, 用于后续实验。

1.2 数据测量

利用电子游标卡尺(精确度为0.01 cm) 测量日本滑翔日月贝及长肋日月贝的壳长(SL)、壳高(SH)和壳宽(SW), 并统计两种扇贝左右壳的内肋数量。

1.3 几何形态图像捕获

使用数码相机(Canon G12)对长肋日月贝和日本滑翔日月贝的右壳进行图像捕获。先将相机固定在翻拍架上, 整个拍摄稳定并保持相同的拍摄距

离, 各组图像具有相同的比例尺, 减小样本在投影时由于视差产生的形变。使用水平仪调整透镜角度, 使其镜头中心轴与拍摄水平面为垂直关系, 镜头与样本之间的距离为125 mm^[18]。拍摄时扇贝内面向上放置在水平架上, 以获取样本的平面图像。为了消除不同实验人员对样本细节不同的主观判断, 样本图像的采集和后续数据的处理由同一人操作。

1.4 数据的标准化处理

使用界标点(Landmarks)和半界标点(Semilandmarks)的方法对捕获的扇贝几何形态图像进行数据标准化处理。扇贝界标点和半界标点的选取参考 Márquez 及 Bookstein^[19, 20], 共选取28个点作为标记点, 其中1—8为界标点, 9—28为半界标点。为确保定量, 半界标点的确定在各界标点区间内, 以各点间隔相等距离为标准。通过ImageJ v1.52软件对长肋日月贝和日本滑翔日月贝的右壳二维图像进行标点和数据采集。标点结果如图1所示: (1)铰合部底部, (2)前壳耳末端, (3)前壳耳与壳盘交界处, (4)壳前缘的极值点, (5)壳腹缘的极值点, (6)壳后缘的极值点, (7)后壳耳与壳盘交界处, (8)前壳耳末端, (9—13)沿后壳耳轮廓线的半界标点, (14—18)沿前壳耳轮廓线的半界标点, (19—23)沿壳前缘极值点到壳腹缘极值点的半界标点, (24—28)沿壳腹缘极值点到壳背缘的半界标点。

1.5 形态学数据分析

使用SPSS v25.0分别计算长肋日月贝和日本滑

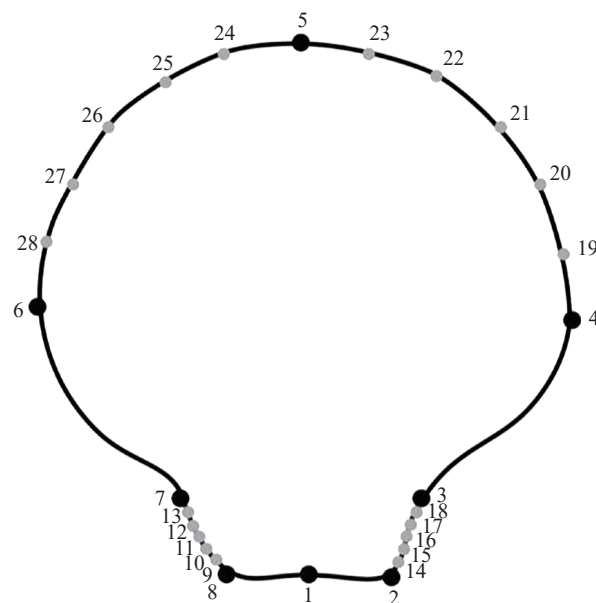


图1 8个界标点(黑点)与20个半界标点(灰点)在扇贝上的位置
Fig. 1 Position of the 8 landmarks (black dots) and 20 semi-landmarks (grey dots) on the shell of scallop

翔日月贝的壳长(SL)、壳高(SH)和壳宽(SW)平均值(mean)、标准差(SD)等基本统计量;并对2种扇贝的各形态学性状进行独立样本 t 检验(Independent-samples t Test),分析两种扇贝的差异,显著性水平均设定为0.05。

使用Past v4.03进行几何形态学分析。对长肋日月贝和日本滑翔日月贝左壳的形态数据坐标进行广义普鲁克分析(Generalized Procrustes Analysis, GPA),以去除在取界标点时由于位置方向和比例变化产生的非形态差异的影响;然后将经GPA变换后的数据进行主成分分析(Principal Component Analysis, PCA)和典型变量分析(Canonical variable analysis, CVA)。

1.6 系统发育分析

本实验中日本滑翔日月贝线粒体全基因组序列已上传NCBI数据库(登录号: PP571649)。在GenBank中选择相关扇贝总科16个物种的蛋白编码基因序列进行系统发育分析。系统发育树的构建采用PhyloSuite v1.2.3^[21],并用MAFFT v7.505^[22]对齐序列, Gblocks 0.91b^[23]裁去冗余片段,最后利用贝叶斯法(MrBayes)构建系统发育树^[24]。

1.7 分歧时间估算

选取了扇贝总科内16个物种中的13个蛋白质编码基因(PCGs),以贝叶斯树的拓扑结构为基础,运用BEAST v1.8.4软件进行分歧时间的估算^[25]。化石标准点的分配则采用正态分布的先验分布。依据TimeTree (<http://www.timetree.org/>)中的化石记录,选取了4个校准点,包括海湾扇贝属*Argopecten*与日月贝属*Amusium*分化时间约为(77—220) Mya,紫扇贝*Argopecten purpuratus*与海湾扇贝*Argopecten irradians*分化时间约为(17.9—80) Mya,华贵类栉孔扇贝*Mimachlamys nobilis*与赭类栉孔扇贝*Mimachlamys senatoria*分化时间约为(58—67) Mya,以及大约在(127.7—190.3) Mya前分化的类栉孔扇贝属*Mimachlamys*。分子钟模型采用松弛分子钟(Relaxed clock log normal)模型,树的先验值计算选择Yule Model模型,运行了100000000代,每1000代进行一次抽样。利用BEAST软件包的TreeAnnotator v1.8.4,剔除了10%的初始老化样本。使用Tracer v1.6评估结果的稳定性。

2 结果

2.1 系统学描述

日本滑翔日月贝 *Ylistrum japonicum* (Gmelin, 1791) (图 2A—D)

扇贝目 Order Pectinida Gray, 1854

扇贝超科 Superfamily Pectinoidea Rafnesque, 1815

扇贝科 Family Pectinidae Rafnesque, 1815

扇贝亚科 Subfamily Pectininae Rafnesque, 1815

纹肋扇贝族 Tribe Decatopectinini Waller, 1986

滑翔日月贝属 Genus *Ylistrum* Mynhardt and Alejandrino, 2014

同物异名:

Ostrea japonica Gmelin, 1791: Gmelin, p. 3317^[26];

Amusium japonicum (Gmelin, 1791): Röding, 1798: 165^[27];

Amusium japonicum formosum T. Habe, 1964: 4-5, pl. 2 figs 7—8^[28];

Amusium japonicum taiwanicum Habe, 1992: p. 235^[6]

模式产地: 日本

地理分布: 西北太平洋海域; 日本冲绳, 韩国济州岛, 中国台湾西南海域及广东、广西、海南。

形态学描述: 壳体大, 呈圆形。壳质薄, 壳面光滑且有光泽。左壳红褐色至深红色, 表面具同心圆状排列的深色生长纹, 日本的个体颜色更红壳缘处颜色更深, 而中国产地的个体更偏褐色; 右壳呈白色至淡黄色。两侧壳耳小, 左壳耳颜色很深, 大小略具差异。贝壳内面均为白色, 并带有黄色边缘, 有时左壳内面边缘呈棕色。两壳内面均有放射状的突起内肋, 左壳34—52条, 右壳43—55条(附表 S1)。左壳壳耳颜色较腹缘颜色深。闭壳肌痕略显。铰合部较短, 内韧带呈深褐色, 位于三角形的韧带槽中。

讨论: 日本滑翔日月贝与长肋日月贝均表现为扁平而光滑的近圆形外壳, 小而略呈三角形的壳耳, 在壳形态上具有高度的相似性, 但内肋的数量与形态可以将两个属很好地区分开来(图 3), 长肋日月贝的内肋肋长约占壳高的90%, 内肋数量在20—30条, 日本滑翔日月贝的内肋长度约占壳高的33%, 数量均大于30条。传统形态学结果表明, 日本滑翔日月贝的平均壳长、壳宽和壳高分别为(84.27±10.63)、(16.7±2.23)和(82.97±9.48) mm; 长肋日月贝平均壳长、壳宽和壳高分别为(74.84±13.27)、(16.29±2.69)和(76.34±14.51) mm。日本滑翔日月贝的壳长和壳高极显著大于长肋日月贝($P<0.01$), 壳宽显著大于长肋日月贝($P<0.05$); 日本滑翔日月贝壳长/壳高为1.02±0.01, 长肋日月贝为0.98±0.03。

日本滑翔日月贝与花滑翔日月贝两个物种的形态差异并不明晰, 缺乏区分手段; 二者在分布范

围上也存在争议, Mynhardt等^[12]认为, 日本滑翔日月贝仅存分布与日本、中国, 而花日月贝则分布于澳大利亚及新喀里多尼亚一带, 两个物种在分布上不存在重叠。而一部分研究则认为两个物种在中

国广东、广西及东南亚海域均有出现^[7, 8, 28], 王祯瑞^[8]对于美丽日本日月贝(现称日本滑翔日月贝)及花日月贝(现称花滑翔日月贝)的区分依据为前者壳更大, 壳高超过90 mm; 在形态学描述方面, 中国广

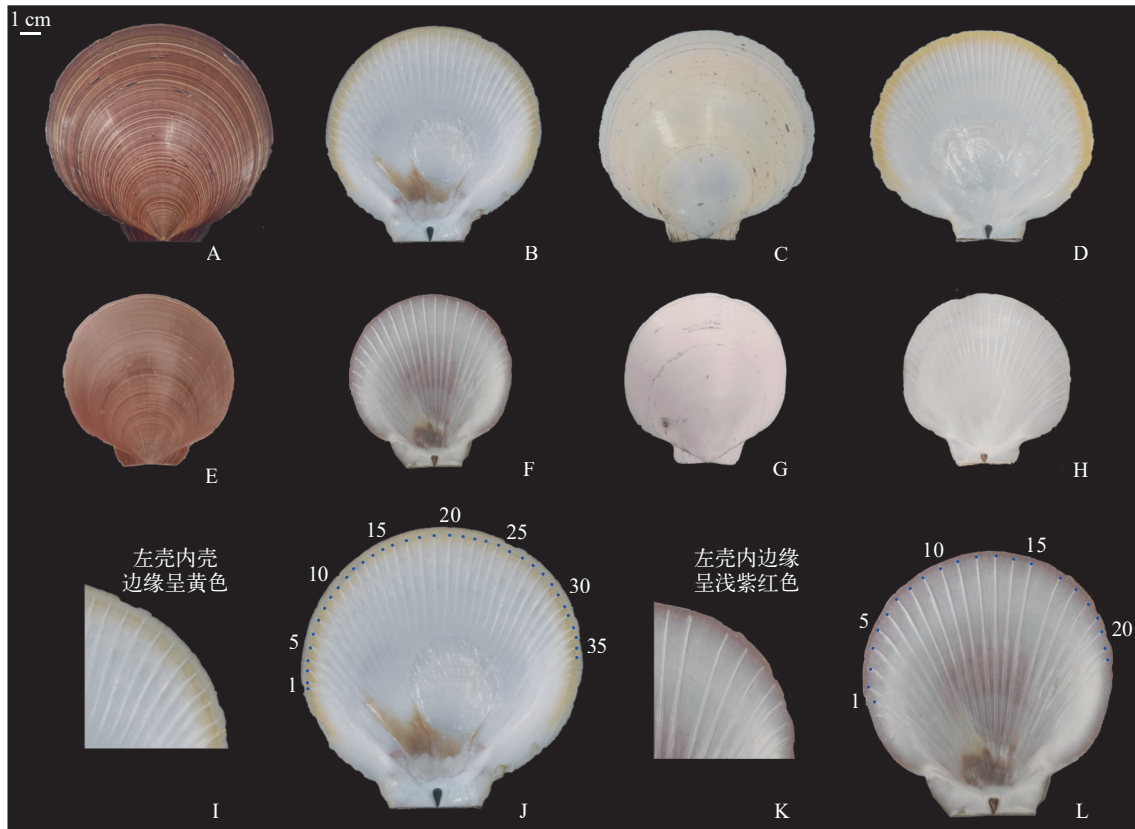


图2 日本滑翔日月贝(A—D)与长肋日月贝(E—H)

Fig. 2 *Ylistrum japonicum* (A—D) and *Amusium pleuronectes* (E—H)

A、B. 日本滑翔日月贝左壳外表观(A)与内表面观(B); C、D. 日本滑翔日月贝右壳外表观(C)与内表面观(D); E、F. 长肋日月贝左壳外表观(E)与内表面观(F); G、H. 长肋日月贝右壳外表观(G)与内表面观(H); I. 日本滑翔日月贝左壳内肋计数; J. 日本滑翔日月贝左壳内肋计数; K. 长肋日月贝左壳内肋计数; L. 长肋日月贝左壳内肋计数

A, B. Left shell outer surface view (A) and inner surface view (B) of *Y. japonicum*; C, D. Right shell outer surface view (C) inner surface view (D) of *Y. japonicum*; E, F. Left shell outer surface view (E) and inner surface view (F) of *A. pleuronectes*; G, H. Right shell outer surface view (G) and inner surface view (H) of *A. pleuronectes*; I. Left shell internal surface details of *Y. japonicum*; J. Left shell inner rib count of *Y. japonicum*; K. Left shell interior details of *A. pleuronectes*; L. Left shell internal rib count of *A. pleuronectes*

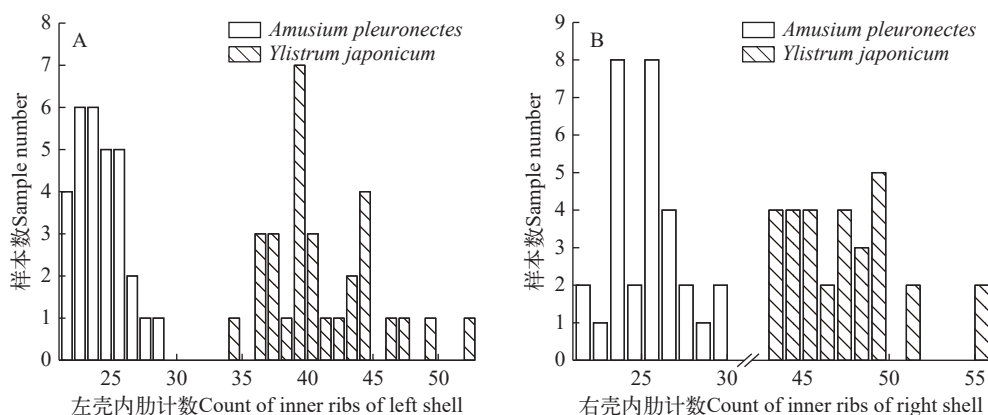


图3 日本滑翔日月贝与长肋日月贝的内肋计数

Fig. 3 Count of inner ribs of *Y. japonicum* and *A. pleuronectes*

西、广东所记载的“花日月贝”壳体呈深红褐色至红褐色,具有极明显的深褐色生长纹,壳耳深紫色,其在形态上高度相似于本文从广东地区采集日本滑翔日月贝的样本。考虑到中国南部的日本滑翔日月贝与花滑翔日月贝形态的相似性及上述研究缺乏分子层面的依据,推测这些因素可能导致了上述的鉴定错误,误将两广地区尺寸较小的日本滑翔日月贝鉴定为分布于大洋洲的花滑翔日月贝。

2.2 几何形态学对比结果

主成分分析 对长肋日月贝和日本滑翔日月贝右壳形态数据进行广义普鲁克分析(Generalized Procrustes Analysis, GPA),去除方向、位置、大小等因素对形态的干扰,对变换后的普鲁克数据进行主成分分析(Principal Component Analysis, PCA),判别两种扇贝的形态差异。结果表明,前五个主成分(Principal Component, PC)的累计贡献率达到80.25%。其中PC1的贡献率为48.18%,PC2的贡献率为13.26%,以贡献值最大的两个主成分为坐标绘制二维分布散点图(图4),从形态分布来看:长肋日月贝和日本滑翔日月贝完全分开,分别占据两块不同的区域,长肋日月贝(蓝色)全部分布于PC1正轴上,在PC2正负轴均有分布;日本滑翔日月贝(黄色)主要分布于PC1负轴上,在PC1正轴上也有少量分布,在PC2正负轴均有分布。沿PC1正轴:扇贝的壳盘变窄,壳耳拉长且变宽,主要分布群体为长肋日月贝。沿PC1负轴:扇贝的壳盘变宽,壳耳缩短且变窄,主要分布群体为日本滑翔日月贝。沿PC2正轴:扇贝壳耳略微变窄,具体来说前壳耳处向内收缩,壳盘左侧略微变窄;沿PC2负轴:扇贝的壳耳变宽,壳耳与壳盘间的夹角增大,壳盘左侧略微变宽。

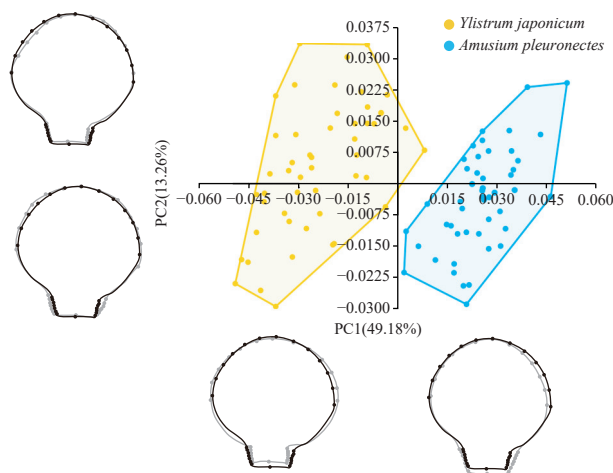


图4 日本滑翔日月贝与长肋日月贝的主成分分析

Fig. 4 Principal components analysis of *Y. japonicum* and *A. pleuronectes*

典型变量分析

对长肋日月贝和日本滑翔日月贝进行典型变量分析,在典型变量分析中,通过普氏距离来表现相关结果。将数据导入PAST中,通过组间协方差矩阵计算普氏距离,结果如图5所示,以样品判别变量为横坐标,样本频数为纵坐标做直方图,可以发现日本滑翔日月贝与长肋日月贝在图像上完全分开,无任何重叠,判别率达百分之百,这表明通过典型变量分析能够将两种扇贝完全分开。结合典型变量分析与原始判别分析中样本正确分类率均为100%,采用严格判定的刀切法 Jackknifed 交叉验证,评价日月贝的分类精度,结果表明,长肋日月贝总体正确分类率为100%,没有样本被错判成日本滑翔日月贝。

2.3 系统发育分析

利用扇贝总科的16个物种的线粒体全基因组蛋白编码基因(PCGs)构建系统发育树(图6),结果表明:长肋日月贝与日本滑翔日月贝位于扇贝亚科 Pectininae 的不同分支,日本滑翔日月贝位于此分支的最外侧,长肋日月贝位于分支内侧,并与两个扇贝属 *Pecten* 的物种形成姐妹分支。该结果与 Mynhardt 等^[8]的多基因系统发育分析结果吻合,本实验基于蛋白编码基因构建的系统发育分析也同样证实了两者较远的亲缘关系。

2.4 分歧时间估算

Tracer v1.5 软件中显示 Ess 值大于 200,说明在 BEAUti 中设置的参数合理。基于化石分子钟的估算,日本滑翔日月贝具有更为古老的存在历史,其分化时间约为108.47 Mya (图7),可追溯至中生代的早白垩纪。长肋日月贝分化时间约为50.44 Mya,为第三纪的始新世阶段。

3 讨论

在分类学研究历程中,许多早期物种描述过于

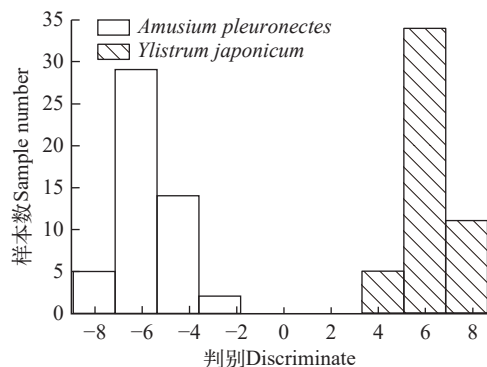


图5 典型变量分析

Fig. 5 Canonical variate analysis (CVA) diagram of *Y. japonicum* and *A. pleuronectes*

简略, 导致后续的研究难以对特征进行确认。同物异名现象在生物分类学研究中也是非常普遍的, 这也增加了生物分类工作的难度。在现存约250种扇贝中, 日月贝属(*Amusium*)分类地位频繁变动, 主要

归因于因趋同演化产生的壳形相似性(如放射肋纹、壳耳对称性), 这也导致分类归属争议频发, 属级分类单元的频繁修订导致中文名称未能同步更新。本研究对中国产地的长肋日月贝和日本滑翔

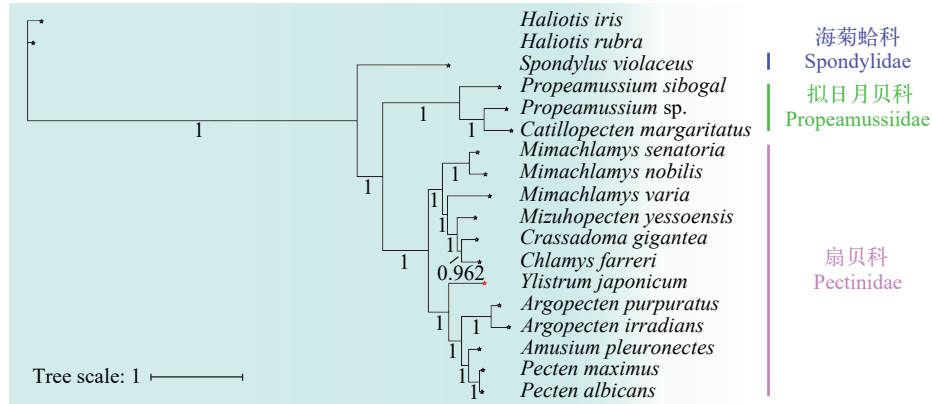


图6 基于蛋白编码基因构建的贝叶斯树

Fig. 6 BI Tree constructed based on protein-coding genes

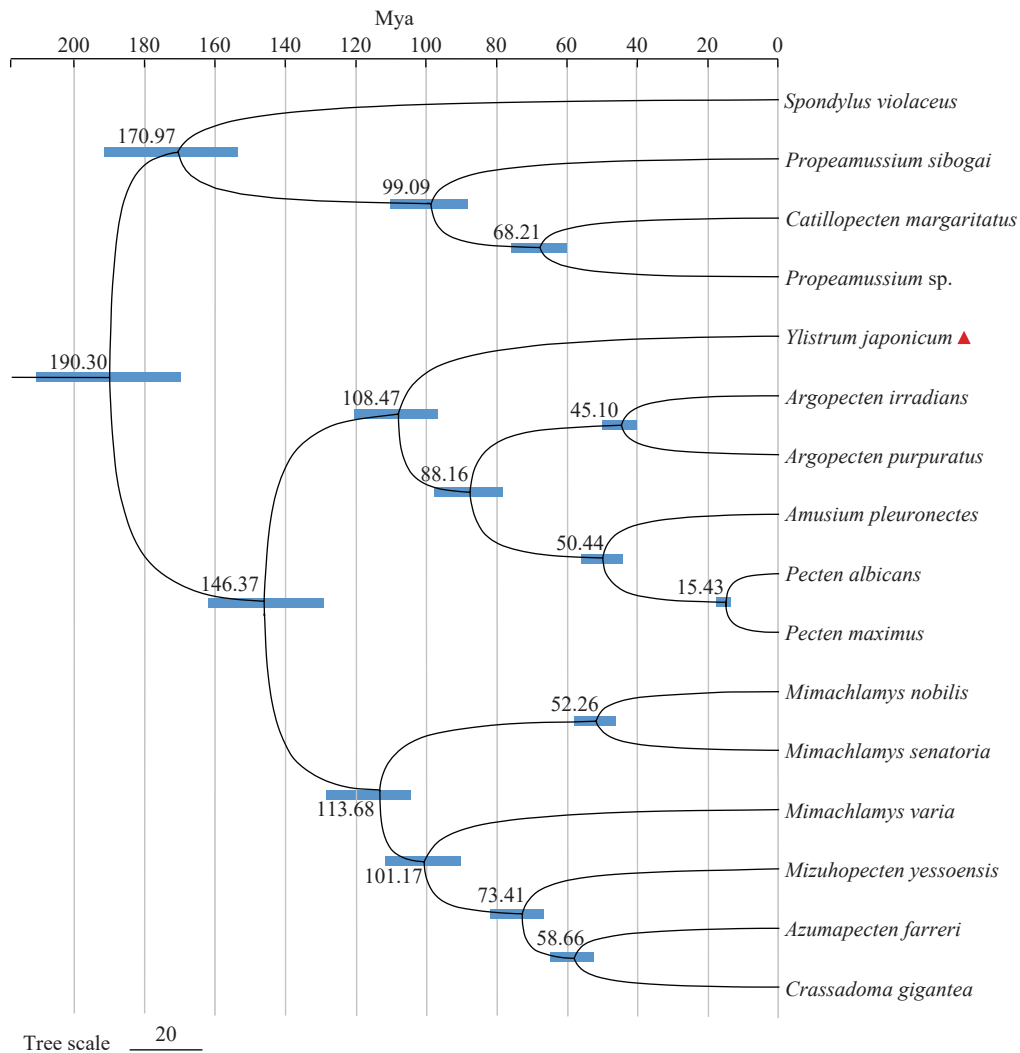


图7 日本滑翔日月贝蛋白编码基因的分歧时间结果(分支上的数字表示分化时间)

Fig. 7 The divergence time of *Ylistrum japonicum* based on protein-coding genes (Numbers on each branch refer to divergence time)

日月贝形态学的进行重新描述,并同步规范了日本滑翔日月贝中文名称与拉丁学名的对应关系,明确了两种扇贝的性别分化方式,为贝类分类及水产种类增殖提供基础数据。

双壳类作为一个全球范围极具多样化的软体动物分支,在其漫长的演化过程中发展出了多种形态与行为特征。双壳类形态上的异同与其所处的生境与生活习性存在密切的关系,其生活习性往往可通过壳体形态来预测。根据化石分子钟,日本滑翔日月贝起源于早白垩纪,并产生雌雄异体的生殖方式,推测可以通过增加基因多样性来提高后代的适应能力,从而在复杂的生态系统中获得更大的生存优势,而长肋日月贝分化于逐渐变冷的始新世时期,雌雄同体的生殖方式可以使其在不稳定的环境中更具生存优势。

形态和行为的适应是生物体在新环境中生存和定居的先决条件^[29,30],相较于大部分双壳类软体动物,扇贝科物种具有较强的运动能力及多样的生活习性。滑翔日月贝及日月贝拥有扇贝科物种中最为优秀的游泳能力——每次游泳的距离可达5—30 m,游泳期间的移动轨迹与基质接近平行并带有滑翔的成分,而这种生活习惯则被称为“滑翔”。Millward和Whyte^[30]对6种扇贝游泳能力的测试结果表明,长肋日月贝由于光滑的壳表,在运动过程产生了更低的形式阻力,因而具有更强的游泳能力。作为扇贝中最晚分化而出的生活方式,滑翔的生活习性在扇贝科内至少经历了四次的演化^[10],通过几何形态学发现,滑翔日月贝形态上表现为略扁平的近圆形壳盘,缺乏凸起雕刻的壳表以及略微凸起的左壳。这类壳形或可表明扇贝对于强游泳能力的形态学适应性,较强的游泳能力有助于它们快速逃避危险、寻找食物和适宜的栖息地,从而提高生存和繁衍的概率。

(作者声明本文符合出版伦理要求)

参考文献:

- [1] Serb J M. Reconciling Morphological and Molecular Approaches in Developing a Phylogeny for the Pectinidae (Mollusca: Bivalvia) [M]. *Scallops Biology, Ecology, Aquaculture, and Fisheries*, 3rd ed. Amsterdam: Elsevier, 2016: 1–29.
- [2] Minchin D. Introductions: some biological and ecological characteristics of scallops [J]. *Aquatic Living Resources*, 2003, **16**(6): 521–532.
- [3] Stanley S M. Relation of Shell Form to Life Habits of the Bivalvia (Mollusca) [M]. Boulder, Colo.: Geological Society of America, 1970: 1–296.
- [4] Zhu C Y, Wang Y, Zhang D C, *et al.* Analysis and evaluation of nutritional components of *Amusium pleuronectes* [J]. *Marine Sciences*, 2011, **35**(3): 87–91. [朱彩艳, 王雨, 张殿昌, 等. 长肋日月贝的营养成分分析及评价 [J]. *海洋科学*, 2011, **35**(3): 87–91.]
- [5] Zhang X, Qi Z Y, Li J M *et al.* Bivalve mollusca of The South China sea [M]. Beijing: Science Press. 1960:1–274. [张玺, 齐种彦, 李洁民, 等. 南海的双壳类软体动物 [M]. 北京: 科学出版社, 1960: 1–274.]
- [6] Habe T. New name for *Amusium japonicum formosum* [J]. *Venus*, 1992, **50**(4): 235.
- [7] Wang Z R. 2002. Fauna Sinica Invertebrate Vol. 31 Mollusca Bivalvia [M]. Beijing: Science Press. 2002: 1–374. [王祯瑞. 中国动物志: 无脊椎动物(第三十一卷) [M]. 北京: 科学出版社, 2002: 1–374.]
- [8] Liu J Y. Checklist of Marine Biota of China Seas [M]. Beijing: Science Press, 2008: 1–558. [刘瑞玉. 中国海洋生物名录 [M]. 北京: 科学出版社, 2008: 1–558.]
- [9] Zhang S P. Atlas of Marine Mollusks in China [M]. Beijing: Ocean Press, 2008: 1–383. [张素萍. 中国海洋贝类图鉴 [M]. 北京: 海洋出版社, 2008: 1–383.]
- [10] Alejandrino A, Puslednik L, Serb J M. Convergent and parallel evolution in life habit of the scallops (Bivalvia: Pectinidae) [J]. *BMC Evolutionary Biology*, 2011(11): 164.
- [11] Smedley G D, Audino J A, Grula C, *et al.* Molecular phylogeny of the Pectinoidea (Bivalvia) indicates Propeamussiidae to be a non-monophyletic family with one clade sister to the scallops (Pectinidae) [J]. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 2019(137): 293–299.
- [12] Mynhardt G, Alejandrino A, Puslednik L, *et al.* Shell shape convergence masks biological diversity in gliding scallops: description of *Ylistrum* n. gen. (Pectinidae) from the Indo-Pacific Ocean [J]. *Journal of Molluscan Studies*, 2014, **80**(4): 400–411.
- [13] Rose R A, Campbell G R, Sanders S G. Larval development of the saucer scallop *Amusium balloti* (Bernardi) (Mollusca: Pectinidae) [J]. *Marine and Freshwater Research*, 1988, **39**(2): 153–160.
- [14] Kanmizutaru T, Anraku K. Inducement of shell opening of *Amusium japonicum* by MgCl₂ Injection into the adductor muscle [J]. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 1999, **65**(5): 856–859.
- [15] Son P W, Chung, E Y. Annual Reproductive Cycle and Size at First Sexual Maturity of the Sun and Moon Scallop *Amusium japonicum japonicum* (Gmelin, 1791) (Bivalvia: Pectinidae) in the Coastal Waters of Jejudo Korea [J]. *Malacologia*, 1994, **51**(1): 119–129.
- [16] Ye W J, Liang G Y. Preliminary observation on the ecology of *Amusium japonica* (Gmelin) [J]. *Chinese Journal of Zoology*, 1990, **25**(3): 5–7. [叶王戟, 梁广耀. 日本日月贝生态的初步观察 [J]. *动物学杂志*, 1990, **25**(3): 5–7.]
- [17] Ye W J, Liang G Y. A preliminary study on artificial

- breeding of *Amussium japonica* (Gmelin) [J]. *Transactions of Oceanology and Limnology*, 1989, **11**(4): 86-93. [叶王戟, 梁广耀. 日本日月贝 *Amussium japonica* (Gmelin) 人工育苗的初步研究 [J]. 海洋湖沼通报, 1989, **11**(4): 86-93.]
- [18] Shu Y, Shi L, Hao Z L, *et al.* Application of geometric morphology to the morphological classification and phylogeny of eight of scallop species [J]. *Marine Sciences*, 2022, **46**(6): 61-69. [舒予, 史令, 郝振林, 等. 几何形态学对8种扇贝的形态分类的应用 [J]. 海洋科学, 2022, **46**(6): 61-69.]
- [19] Marquez F, Amoroso R, Sainz M F G, *et al.* Shell morphology changes in the scallop *Aequipecten tehuelchus* during its life span: a geometric morphometric approach [J]. *Aquatic Biology*, 2010, **11**(2): 149-155.
- [20] Bookstein F L. *Morphometric Tools for Landmark Data* [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1992.
- [21] Xiang C Y, Gao F, Jakovlić I, *et al.* Using PhyloSuite for molecular phylogeny and tree-based analyses [J]. *iMeta*, 2023, **2**(1): e87.
- [22] Katoh K, Standley D M. MAFFT multiple sequence alignment software version 7: Improvements in performance and usability [J]. *Molecular Biology and Evolution*, 2013, **30**(4): 772-780.
- [23] Talavera G, Castresana J. Improvement of phylogenies after removing divergent and ambiguously aligned blocks from protein sequence alignments [J]. *Systematic Biology*, 2007, **56**(4): 564-577.
- [24] Ronquis F, Teslenko M, Van Der Mark P, *et al.* MrBayes 3.2: efficient Bayesian phylogenetic inference and model choice across a large model space [J]. *Systematic biology*, 2012(6): 539-542.
- [25] Drummond A J, Suchard M A, Xie D, *et al.* Bayesian phylogenetics with BEAUti and the BEAST 1.7 [J]. *Molecular Biology and Evolution*, 2012, **29**(8): 1969-1973.
- [26] Gmelin J F. *Vermes* [M]. *Caroli a Linnaei Systema Naturae per Regna Tria Naturae*, Ed. 13. Leipzig. 1791: 3021-3910.
- [27] Röding P F. *Museum Boltenianum Sive Catalogue Cime-liorum e Tribus Regnis Naturae* [M]. Hamburg, Germany. 1798: 1-199.
- [28] Habe T. Notes on the species of the genus *Amusium* (Mollusca) [J]. *Bulletin of the National Science Museum*, 1964, **7**(1): 1-5.
- [29] Kowalko J E, Rohner N, Linden T A, *et al.* Convergence in feeding posture occurs through different genetic loci in independently evolved cave populations of *Astyanax mexicanus* [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2013, **110**(42): 16933-16938.
- [30] Millward A, Whyte M A. The hydrodynamic characteristics of six scallops in the superfamily Pectinacea, Class Bivalvia [J]. *Journal of Zoology*, 1992(227): 547-566.

MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS, TAXONOMIC STATUS REVISION, AND PHYLOGENETIC ANALYSIS OF *YLISTRUM JAPONICUM*

HAN Yi-Da¹, XIE Yao-Yu¹, MAO Jun-Xia¹, CHANG Ya-Qing¹ and TIAN Ying^{1,2}

(1. Key Laboratory of Mariculture & Stock Enhancement in North China Sea, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Dalian Ocean University, Dalian 116023, China; 2. Dalian Shell Museum, Dalian 116023, China)

Abstract: *Amusium japonicum* is an important economic scallop species in China, and there has been a long-term phenomenon of homonym. In this study, the morphology of *A. japonicum* was studied using traditional morphological, molecular biological, and geometric morphological methods. The study aimed to identify the differences between *A. japonicum* and similar species and re-describe and revise its taxonomic classification in the South China Sea, thereby contributing to scallop taxonomy and phylogenetics research. The results indicated that *A. japonicum* occupied a distinct phylogenetic position relative to *A. pleuronectes*. and the taxonomic status of Chinese *A. japonicum* was corrected for the first time, from the genus *Amusium* into a newly established genus *Ylistrum*, with the updated scientific name *Ylistrum japonicum*. A maximum likelihood phylogenetic tree clearly separated *Y. japonicum* from *A. pleuronectes*, highlighting their divergent evolutionary lineages. There are 34—52 inner ribs in the left shell of *Y. japonicum*, with an average of 40, and 43—55 in the right shell, with an average of 47, and *Y. japonicum* is gonochorism. There are 22—30 internal ribs in the left shell of the *A. pleuronectes*, with an average of 25, and 22—30 in the right shell, with an average of 26, and rogy nous. According to divergence time estimation, the divergence time of the *Y. japonicum* is approximately 108.47 million years ago (Mya), corresponding to the early Cretaceous period of the Mesozoic era.

Key words: Morphological character; Phylogeny; Taxonomic status; *Ylistrum japonicum*