

引用格式:

侯俊杰, 鲜亚伶, 于峰彬, 张继平, 郭照良. 海南匙指虾两新种报道[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2024, 50(6): 100–108.

HOU J J, XIAN Y L, YU F B, ZHANG J P, GUO Z L. Two new atyid shrimps(Decapoda: Atyidae) from Hainan Province, China[J]. Journal of Hunan Agricultural University(Natural Sciences), 2024, 50(6): 100–108.

投稿网址: <http://xb.hunau.edu.cn>



## 海南匙指虾两新种报道

侯俊杰<sup>1</sup>, 鲜亚伶<sup>1</sup>, 于峰彬<sup>2</sup>, 张继平<sup>1\*</sup>, 郭照良<sup>1</sup>

(1.佛山大学动物科技学院, 广东 佛山 528231; 2.广西生态工程职业技术学院林业工程学院, 广西 柳州 545003)

**摘要:**于海南省万宁市北大镇龙滚河流域溪流发现匙指虾科(Atyidae)米虾属(*Caridina*)两新种王安米虾(*Caridina wangan* Hou, Zhang, Guo sp.nov)和细纹米虾(*Caridina lineatus* Hou, Zhang, Guo sp.nov.)。王安米虾的雄性第一腹肢内肢呈中部稍宽的椭圆形叶片状, 第二腹肢雄腹肢呈长棍状, 密布粗长的刺; 细纹米虾的雄性第一腹肢呈中部最宽的长椭圆形叶片状, 第二腹肢雄腹肢似纺锤形大头棒状, 具密集的长刺, 可以与近缘种锯缘米虾(*Caridina serrata* Stimpson, 1860)明显区分开来。通过线粒体细胞色素氧化酶I(COI)基因及16S rRNA基因对王安米虾和细纹米虾进行亲缘关系分析和ML系统建树。基于线粒体CoXI基因的比对结果显示, 王安米虾与保亭米虾(*Caridina baoting*)和四纹米虾(*Caridina tetrazona*)遗传距离分别为14.14%和15.04%, 细纹米虾与岩洞米虾(*Caridina carvernica*)和广东米虾(*Caridina cantonensis*)遗传距离分别为14.36%和16.00%, 均超过了种间阈值(3%); 基于16S rRNA基因的比对结果显示, 王安米虾与保亭米虾和三间米虾(*Caridina tricincta*)遗传距离分别为5.17%和8.00%, 细纹米虾与红点米虾(*Caridina rubropunctata*)和林达米虾(*Caridina thachlam*)遗传距离分别为4.63%和5.14%, 均超过了种间阈值(1.5%)。形态差异与分子生物学鉴定结果均表明2种海南匙指虾为新种。

**关键词:**匙指虾科; 米虾属; 细胞色素氧化酶I(COI); 16S rRNA

中图分类号: Q959.223+.63

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2024)06-0100-09

## Two new atyid shrimps(Decapoda: Atyidae) from Hainan Province, China

HOU Junjie<sup>1</sup>, XIAN Yaling<sup>1</sup>, YU Fengbin<sup>2</sup>, ZHANG Jiping<sup>1\*</sup>, GUO Zhaoliang<sup>1</sup>

(1.School of Animal Science and Technology, Foshan University, Foshan, Guangdong 528231, China; 2.Forestry Engineering Department, Guangxi Eco-Engineering Vocational and Technical College, Liuzhou, Guangxi 545003, China)

**Abstract:** Two new atyid shrimps, *Caridina wangan* Hou, Zhang, Guo sp. nov. and *Caridina lineatus* Hou, Zhang, Guo sp. nov. are observed from the streams of the Longgun River in Beida Town, Wanning City. The endopod of the first pleopod in the male of *Caridina wangan* is elongated elliptical blade-shaped with the middle part a little wider, and the appendix masculina of the second pleopod is club-shaped, with many thick and long thorns. The endopod of the first pleopod in the male of *Caridina lineatus* is elongated elliptical blade shaped, widest at the middle part, and the appendix masculina of the second pleopod is spindle-shaped, with dense long spines. These morphological characters of the atyid shrimps could be differentiated from closely allied species *Caridina serrata* Stimpson, 1860. *CoXI* and *16S rRNA* genes were employed to analyze the phylogenetic relationship of the individuals of *Caridina wangan* and *Caridina lineatus* and established a ML tree. According to the results of *CoXI*, *Caridina wangan* clustered most closely with *Caridina baoting* and *Caridina tetrazona*, the genetic distance between *Caridina wangan* and *Caridina baoting* is 14.14% and the genetic distance between *Caridina wangan* and *Caridina tetrazona* is 15.04%; *Caridina lineatus* clustered most closely with *Caridina carvernica* and *Caridina cantonensis*, the genetic distance between *Caridina lineatus* and *Caridina carvernica* is 14.36% and the genetic distance between *Caridina lineatus* and *Caridina cantonensis* is 16.00%, the

收稿日期: 2024-06-06

修回日期: 2024-09-18

基金项目: 广东省生态环境厅环保专项(PM-zx555-202206-253)

作者简介: 侯俊杰(2001—), 男, 海南文昌人, 硕士研究生, 主要从事水产动物种质资源研究, 939131640@qq.com; \*通信作者, 张继平, 博士, 副教授, 主要从事水产动物种质资源与健康养殖研究, zjp8866@163.com

genetic distance values all exceeded the threshold for interspecific differences, which is 3%. According to the results of 16S rRNA, *Caridina wangan* clustered most closely with *Caridina baoting* and *Caridina tricincta*, the genetic distance between *Caridina wangan* and *Caridina baoting* is 5.17% and the genetic distance between *Caridina wangan* and *Caridina tricincta* is 8.00%; *Caridina lineatus* clustered most closely with *Caridina rubropunctata* and *Caridina thachlam*, the genetic distance between *Caridina lineatus* and *Caridina rubropunctata* is 4.63% and the genetic distance between *Caridina lineatus* and *Caridina thachlam* is 5.14%, the genetic distance values all exceeded the threshold for interspecific differences, which is 1.5%. The morphological differences and the results of molecular biology identification both support that 2 species of *Caridina* are new species.

**Keywords:** Atyidae; *Caridina*; cytochrome oxidase I; 16S rRNA

海南岛的生态系统中有许多特有的动植物<sup>[1]</sup>, 是全球 25 个重要的生物多样性热点地区之一<sup>[2]</sup>。

米虾属(*Caridina*)是匙指虾科(Atyidae)中生物多样性最丰富的一个类群, 广泛分布于印度洋-太平洋地区的咸淡水或淡水中<sup>[3]</sup>, 它们既是生态系统中碎屑营养物质的消费者, 又是肉食性鱼类的天然饵料, 在食物链中占重要地位<sup>[4]</sup>。YU<sup>[5]</sup>早在 1936 年就报道了细足米虾(*C. nilotica gracilipes* De Man, 1892)和剑额米虾(*C. lanceifrons* Yu, 1936)在海南岛的分布。1983 年梁象秋等<sup>[6]</sup>报道海南产大卵米虾(*C. macrophora* Kemp, 1918)与海南米虾(*C. hainanensis* Liang & Yan, 1983)。CAI 等<sup>[7]</sup>认为, 海南米虾与拟叙利亚米虾(*C. propinqua* De Man, 1908)是同物异名。梁象秋<sup>[3]</sup>在《中国动物志 十足目 匙指虾科》专著中记录了海南产 4 种米虾, 即剑额米虾、大卵米虾、海南米虾和长额米虾(*C. longirostris* H. Milin-Edwards, 1837)。2014 年 CAI 报道海南产 7 种米虾, 即剑额米虾、细足米虾、大卵米虾、拟叙利亚米虾、长肢米虾(*C. elongapoda* Liang & Yan, 1977)、斜额米虾(*C. clinata* Cai, Nguyen & Ng, 1999)、保亭米虾(*C. baoting* Cai, 2014)<sup>[7]</sup>。

2021 年 4 月, 笔者在海南岛万宁市北大镇的溪流中发现了 2 种极具观赏性的米虾种群, 米虾虾体花纹艳丽, 花纹可明显地分成粗纹和细纹 2 类。粗纹的个体全身呈半透明状, 头胸甲后缘具 1 横黑色条纹, 腹部 1、3、4、5 节各具 1 条很细的黑色横纹, 由腹甲 1/2 处伸至下缘; 腹部第 3 节背面具 1 条黑色横纹, 左右两侧伸至腹甲 1/2 处, 腹部第 6 节具 1 条粗黑色横纹, 宽度约为腹 6 节的 1/3, 尾节浅黄色。细纹的个体体色呈深黑色, 半透明, 少数个体略呈红褐色, 头胸甲靠口器侧具细小的红色斑点, 约 1/3 处具 1 条斜向褐色细纹, 头胸甲后缘具 1 条褐色横纹, 腹部 2、3、4、5、6 节的 1/2 处各具 1 褐色横向细纹。同种类型花纹的个体在溪流

中有相对固定的栖息环境, 它们的花纹与海南米虾已知种类的不同。2022 至 2023 年间, 笔者对附近多条溪流进行了系统调查, 对米虾样品进行形态特征观察与分子测序比对, 认为它们应是 2 个新种, 即王安米虾(*Caridina wangan* Hou, Zhang, Guo sp. nov.)和细纹米虾(*Caridina lineatus* Hou, Zhang, Guo sp. nov.)。后将正模及部分副模标本保存于佛山大学, 还有部分副模标本保存于上海自然博物馆。

现对 2 新种米虾进行详细描述, 并提出相应的保育建议。

## 1 样本采集

2020 年 5 月 1 日, 王安于海南省万宁北大镇军田水库上游一溪流采集到虾体呈虎纹状的米虾; 2021 年 4 月 5 日笔者随王安进行采样调查, 发现 2 种米虾的表型特征与已知种类不同, 遗传学分析表明这 2 种米虾为未被描述过的新种, 故将其命名为王安米虾和细纹米虾。分别于 2022 年 1 月 19 日、2 月 5 日、2 月 15 日、2023 年 5 月 14 日和 8 月 1 日对样点及周围水系进行了 5 次调查采样, 手抄网孔径为 0.6 mm, 于海南省万宁市北大镇一细小溪流再次发现细纹米虾。

## 2 两新种米虾的形态学

使用 Olympus SZX7 体视显微镜对标本进行形态学观察和测量。虾体全长为额角末端到尾节末端的长度; 额角长为额角末端到眼眶后缘的长度; 头胸甲长为眼眶后缘到第一腹甲壳后缘的长度<sup>[8]</sup>。借助 Olympus Bx-41 复合显微镜绘图。

### 2.1 王安米虾

王安米虾由王安和侯俊杰分别于 2021 年 4 月 5 日、2023 年 5 月 14 日采集。正模, 雄性, 额角长

1.4 mm, 头胸甲长 3.8 mm, 体长 16.7 mm。副模, 4 雄性, 额角长 1.7~2.3 mm, 头胸甲长 3.5~3.9 mm, 体长 16.7~17.2 mm; 5 雌性(1 抱卵), 额角长 1.7~2.8 mm, 头胸甲长 4.0~4.9 mm, 体长 17.8~21.0 mm。

王安米虾额角(图 1-A)短, 长为头胸甲长的 0.4~0.7 倍, 伸至第一触角柄一节末至第二节中, 末端向下斜伸, 上缘具 11~16 齿, 其中 5~7 齿位于眼后头胸甲上, 下缘 2~5 齿。头胸甲光滑, 触角刺尖锐, 与眼下角融合, 头胸甲前下方亚矩形, 稍向前突出, 无颊刺。

第一触角(图 1-B)柄基节长为第二节长的 1.31~1.69 倍, 第二节长为末节长的 1.27~1.57 倍。柄刺长, 伸至第一触角柄第二节中部。第二触角(图 1-C)鳞片长为鳞片宽的 2.95~3.76 倍。大颚(图 1-D)切齿突平扁, 上生尖齿。第一小颚(图 1-E)下颚叶宽圆, 边缘具刚毛带。第二小颚(图 1-F)内肢窄长。第一颚足(图 1-G)内肢外末角具 1 指状突起。第二颚足(图 1-H)外肢长, 伸直超过内肢末缘。第三颚足(图 1-I)基节长为末二节长的 0.7~1.23 倍, 末二节长为末节长的 0.99~1.3 倍, 末节腹缘具 6~7 枚短刺。

第一步足(图 1-J)指节长为指节宽的 3.17~4.01 倍, 指节长为掌节长的 0.93~1.26 倍, 螯长为螯宽的 2.02~2.75 倍, 腕节长为腕节宽的 1.57~1.77 倍, 螯长为腕长的 1.31~1.68 倍, 长节长为腕节长的 1.05~1.42 倍。第二步足(图 1-K)指节长为指节宽的 4.04~4.50 倍, 指节长为掌节长的 1.27~1.64 倍, 螯长为螯宽的 2.54~3.50 倍, 腕长为腕宽的 4.66~6.51 倍, 螯长为腕长的 0.57~0.79 倍, 长节长为腕节长的 0.84~0.85 倍。第三步足(图 1-L)掌节长为指节长的 3.39~4.20 倍, 腹缘具 9~17 枚刺, 背缘具数枚短刺。指节长为指节宽的 2.88~4.00 倍, 腹缘具 5~7 枚刺; 掌长为掌宽的 9.15~11.00 倍, 腕长为掌长的 0.63~0.76 倍, 腹缘具 3~6 枚刺, 长节长为腕节长的 1.89~2.44 倍, 腹缘具 1~4 枚刺。第五步足(图 1-M)掌节长为指节长的 3.90~5.27 倍, 指节长为指节宽的 2.47~5.00 倍, 掌长为掌宽的 9.11~13.00 倍, 腕长为掌长的 0.54~0.76 倍, 长节长为腕节长的 1.05~1.87 倍, 掌节腹缘具 7~10 枚刺, 背缘具数枚短刺, 指节腹缘具 35~43 枚刺, 腕节腹缘具 1~5 枚刺, 长节腹缘具 1~3 枚刺。

雄性第一腹肢内肢(图 1-N)伸至外肢 1/2 至 3/4 处, 呈椭圆形叶片状, 末端明显窄于基部, 长为宽的 2.69~3.20 倍, 内缘稍凹陷, 具数枚短刺, 外缘稍凸, 具密集长刺, 内附肢由内肢内缘约 3/5 处伸出, 伸至内肢末端或稍微超出。

雄性第二腹肢(图 1-O)雄腹肢伸至内肢的 6/10 至 7/10 处, 内肢伸至外肢 8/10 至 9/10 处, 雄腹肢呈长棍状, 基部具 4~6 枚短刺, 内缘与末端密布粗长的刺, 内附肢稍超出雄腹肢的 1/2。

尾节(图 1-P)背面具 5~6 对背侧刺, 后端呈舌形, 末端后缘具 4 对刺, 侧刺长, 3 对间刺近等长。

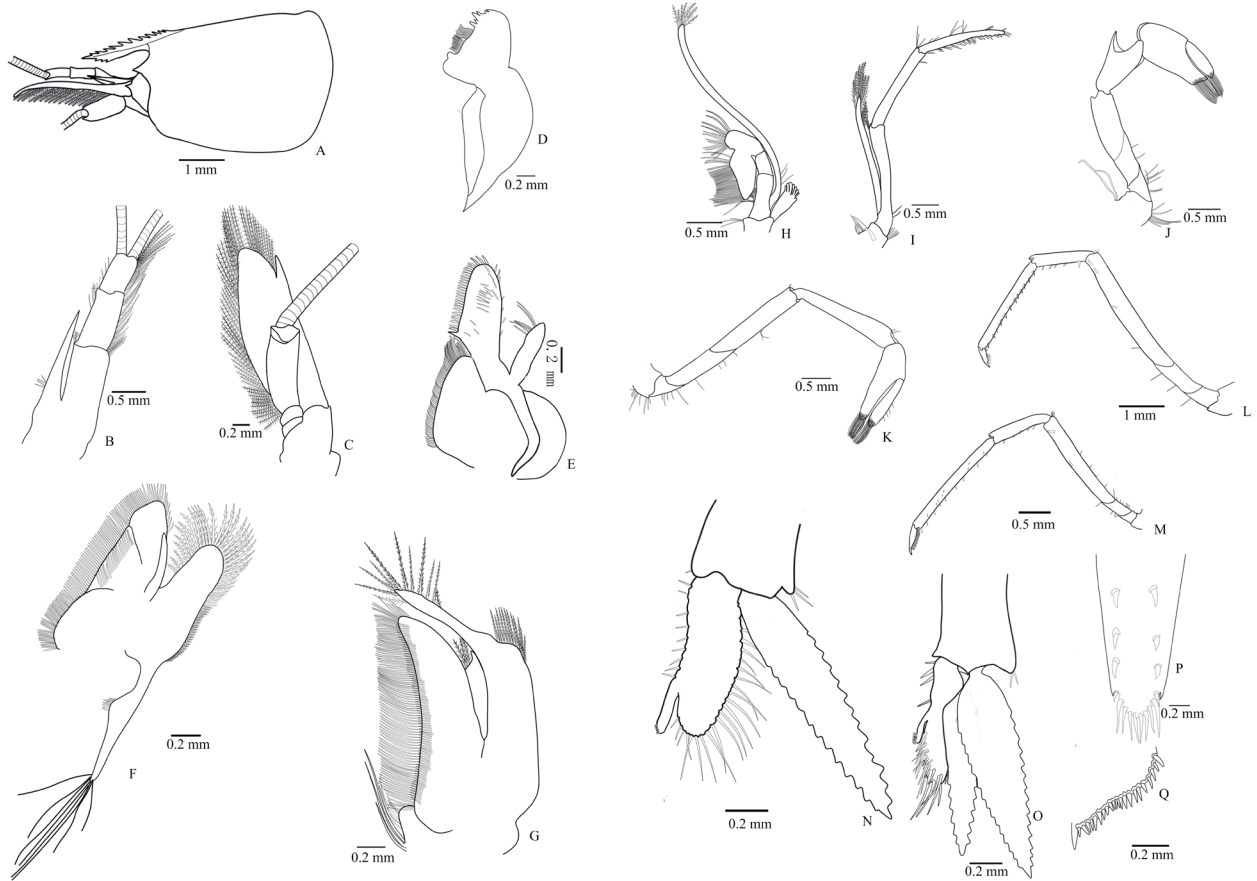
尾外肢(图 1-Q)的横缝具 20~22 枚活动刺。

王安米虾为中小型米虾, 雄性最大体长为 17.2 mm, 雌性最大体长为 21.0 mm。卵径为 (0.61~0.76) mm×(1.06~1.22) mm。

花纹表现: 全身呈半透明状, 头胸甲后缘具 1 横黑色条纹, 腹部 1、3、4、5 节各具 1 条很细的黑色横纹, 由腹甲 1/2 处伸至下缘。腹部第 3 节背面具 1 条黑色横纹, 左右伸至腹甲 1/2 处, 腹部第 6 节具 1 条粗黑色横纹, 宽度约为腹 6 节宽的 1/3, 尾节浅黄色。

王安米虾栖息地溪流宽 0.50~1.20 m, 水深 0.15~1.20 m。小溪两岸生长有高大的乔木, 光照少, 郁闭度较高。溪流基底为岩石, 溪底落叶和腐殖质较丰富, 溪边上长满各类水草。采样时溪水水温 23℃, pH 为 6.8, 溶解氧质量浓度为 8 mg/L, 氨氮质量浓度低于 0.2 mg/L, 流速 0.090~0.173 m/s。王安米虾喜欢在水流较缓的沙石中爬行或攀附在溪边水草上, 喜欢光照充足。与其共同生活的有细纹米虾, 细纹米虾喜欢在岩石上, 一般躲在光照较弱的落叶下。在溪水较深的水潭中还发现有美丽沼虾 (*Macrobrachium venustum*) 和剑额米虾 (*Caridina lanceifrons*), 以及南鳢 (*Channa maculata*) 和黑叉斗鱼 (*Macropodus hongkongensis*) 2 种鱼类。

王安米虾的额角短, 第一触角具有较长的柄刺, 生殖肢形态与锯缘米虾 (*Caridina serrata* Stimpson, 1860) 的极为相似, 但又有明显的不同: 一是王安米虾雄性第一腹肢内肢为中部稍宽的椭圆形叶片状, 长为宽的 2.69~3.20 倍, 内附肢伸至内肢末端或稍微超出, 而锯缘米虾内肢为基部明显更宽的卵圆形叶片状, 长为宽的 2.50 倍, 内附肢长,



A 头胸甲; B 第一触角; C 第二触角; D 大颚; E 第一小颚; F 第二小颚; G 第一颚足; H 第二颚足; I 第三颚足; J 第一步足; K 第二步足; L 第三步足; M 第五步足; N 第一腹肢; O 第二腹肢; P 尾节; Q 尾外肢。

图 1 王安米虾的结构

Fig.1 The morphological structure of *Caridina wangan* Hou, Zhang, Guo sp. nov.

有 1/2 超出内肢末端；二是王安米虾第三颚足末节长度明显短于末 2 节和末 3 节长度，而锯缘米虾第三颚足长度末节等于末 2 节长度，稍短于末 3 节长度；三是王安米虾的第一步足略细长，腕节长为宽的 1.57~1.77 倍，而锯缘米虾腕节长为宽的 1.40~1.50 倍；四是王安米虾的卵径略大于锯缘米虾的卵径；五是很容易区分虾体的花纹。

## 2.2 细纹米虾

细纹米虾由王安和侯俊杰分别于 2021 年 4 月 5 日、2023 年 5 月 14 日采集。正模，雄性，额角长 1.1 mm，头胸甲长 3.2 mm，体长 13.0 mm；副模，4 雄性，额角长 0.8~2.5 mm，头胸甲长 2.6~3.6 mm，体长 11.9~15.4 mm；5 雌性(1 抱卵)，额角长 1.0~1.3 mm，头胸甲长 3.8~3.9 mm，体长 14.8~16.2 mm。

细纹米虾额角(图 2-A)短，平直，伸至第一触角柄第一节中部至末端，额角长为头胸甲长的 0.28~0.48 倍，上缘具 7~12 齿，其中 4~7 齿位于眼

后头胸甲上，下缘具 1 齿。头胸甲光滑，触角刺尖锐，与眼角融合，头胸甲前下方呈亚矩形，稍向前突出，无颊刺。

第一触角(图 2-B)柄基节长为第二节长的 1.64~2.00 倍，第二节长为末节长的 1.15~1.40 倍；柄刺伸至第一触角柄第一节末。第二触角(图 2-C)鳞片长为鳞片宽的 2.95~4.10 倍。大颚(图 2-D)切齿突平扁，上生尖齿。第一小颚(图 2-E)下颚叶宽圆，边缘具刚毛带。第二小颚(图 2-F)内肢窄长。第一颚足(图 2-G)内肢外末角具 1 指状突起。第二颚足(图 2-H)外肢长，伸直后其长度超过内肢末缘长度。第三颚足(图 2-I)基节长为末二节长的 0.89~1.31 倍，末二节长为末节长的 0.89~1.01 倍，末节腹缘具 5~6 枚短刺。

第一步足(图 2-J)指节长为指节宽的 2.62~3.20 倍，指节长为掌节长的 0.90~1.10 倍，螯长为螯宽的 1.83~2.61 倍，腕长为腕宽的 1.48~2.04 倍，螯长

为腕长的 1.28~1.48 倍, 长节长为腕节长的 0.88~1.22 倍。第二步足(图 2-K)指节长为指节宽的 3.39~5.75 倍, 指节长为掌节长的 1.07~2.30 倍, 螯长为螯宽的 1.92~3.35 倍, 腕长为腕宽的 4.92~6.05 倍, 螯长为腕长的 0.55~0.82 倍, 长节长为腕节长的 0.93~1.24 倍。

第三步足(图 2-L)掌节长为指节长的 2.86~4.84 倍, 腹缘具 9~17 小刺。指节长为指节宽的 2.88~4.00 倍, 具 4~6 齿; 掌长为掌宽的 8.01~9.36 倍, 背缘具数枚短刺, 腕长为掌长的 0.58~0.76 倍, 长节长为腕节长的 1.51~2.38 倍, 腹缘具 3 刺。第五步足(图 2-M)掌节长为指节长的 4.34~6.58 倍, 指节长为指节宽的 2.85~3.52 倍, 掌长为掌宽的 7.80~12.5 倍, 腕长为掌长的 0.42~0.67 倍, 长节长为腕节长的 1.50~1.97 倍, 掌节腹缘具 7~10 枚刺, 背缘具数枚短刺, 指节腹缘具 29~32 枚刺, 腕节腹缘具 1~5 枚

刺, 长节腹缘具 2~3 枚刺。

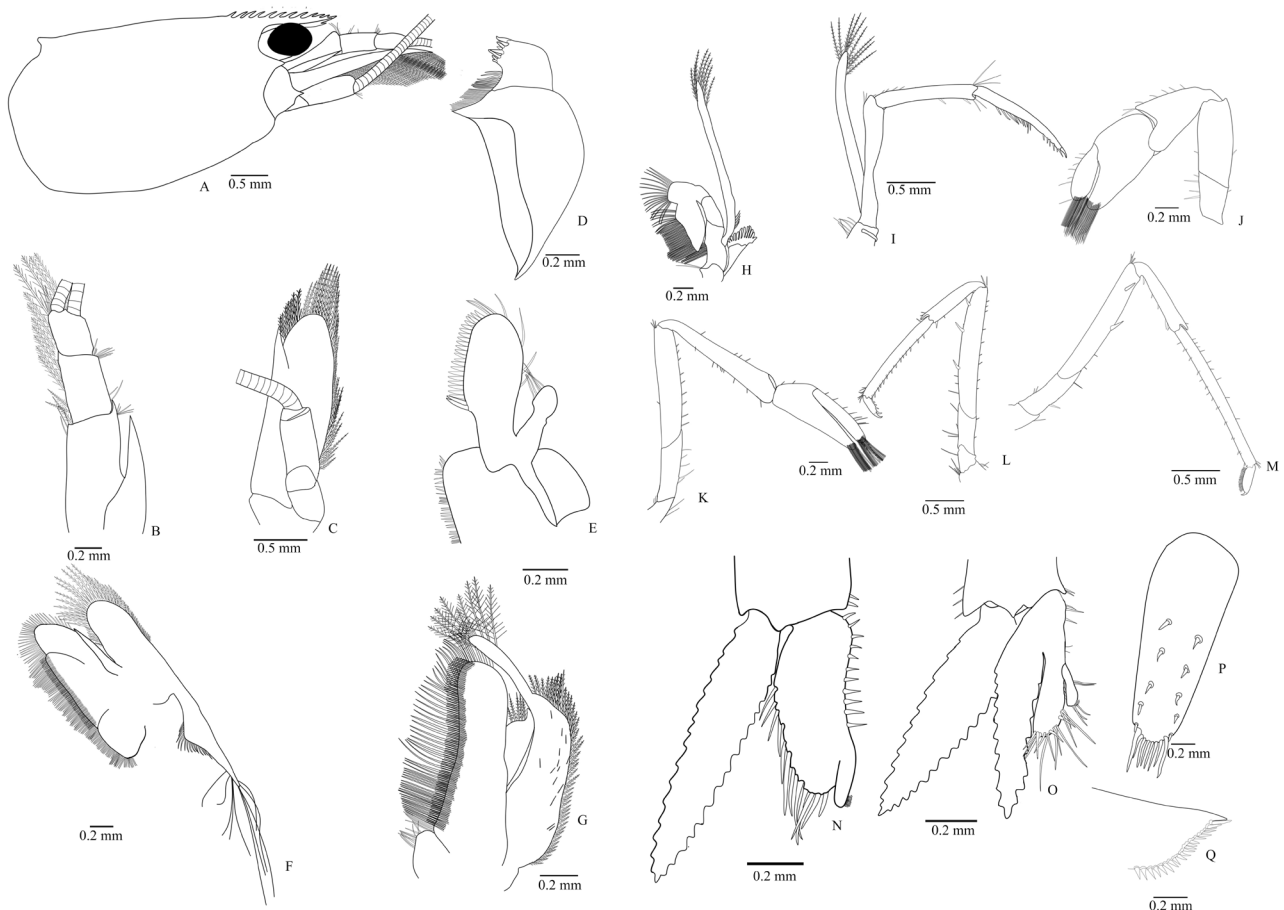
雄性第一腹肢内肢(图2-N)为长椭圆形叶片状, 伸至外肢约 6/10 处, 近中部最宽, 长为宽的 2.52~3.11 倍, 内缘稍凹, 外缘中部稍凸, 内缘的刺近等长, 外缘具较密集的长刺。内附肢由内肢 3/4 处伸出, 达到或超出内肢末端。

第二腹肢雄腹肢(图2-O)似纺锤形大头棒状, 伸至内肢的约 6/10 处, 内肢伸至外肢约 8/10 处, 内附肢长达到雄腹肢 7/10~8/10 处, 雄腹肢内缘与末端具密集的长刺, 基部具 3~6 枚短刺。

尾节(图 2-P)背面具 5 对背侧刺, 后端圆, 末端后缘具 4 对刺, 侧刺长, 间刺 3 对, 近似等长。

尾外肢(图 2-Q)横缝具 20~23 枚活动刺。

细纹米虾雄性最大体长为 13.2 mm, 雌性最大体长为 16.0 mm。卵中大型, 卵径为(0.58~0.61) mm×(0.85~0.98) mm。



A 头胸甲; B 第一触角; C 第二触角; D 大颚; E 第一小颚; F 第二小颚; G 第一颚足; H 第二颚足; I 第三颚足; J 第一步足; K 第二步足; L 第三步足; M 第五步足; N 第一腹肢; O 第二腹肢; P 尾节; Q 尾外肢。

图 2 细纹米虾的结构

Fig.2 The morphological structure of *Caridina lineatus* Hou, Zhang, Guo sp. nov.



花纹表现：全身呈深黑色或半透明状，少数个体略呈红褐色。头胸甲靠口器侧具细小的红色斑点，约 1/3 处具 1 条斜向褐色细纹，头胸甲后缘具 1 条褐色横纹，腹部 2、3、4、5、6 节的 1/2 处各具 1 褐色横向细纹。

细纹米虾栖息地环境与王安米虾相同(图 3)。

细纹米虾与同域分布的王安米虾的额角长度、5 对步足的各节比例以及雄性第一腹肢内肢形态等相似，但又有明显的不同：一是细纹米虾的额角仅

有 1 个下缘齿，而王安米虾的有 2~5 个；二是细纹米虾的第一触角柄刺未超出第一节末端，而王安米虾第一触角柄刺伸至第二节的中部；三是细纹米虾雄性第一腹肢内肢内、外缘上的刺粗大，内附肢长，约 1/2 超出内肢末端，而王安米虾雄性第一腹肢内肢内、外缘上的刺细小，内附肢略短，伸至或稍超出内肢末端；四是细纹米虾的卵径较王安米虾的卵径更小；五是 2 种米虾活体时身上的花纹能很容易区分。



1、2、3、4 两种米虾生活环境；5 王安米虾活体；6 细纹米虾活体。

图 3 两新种米虾的生活环境和活体

Fig.3 Living environments of *Caridina wangan* Hou,Zhang,Guo sp.nov. and *Caridina lineatus* Hou, Zhang, Guo sp. nov.

### 3 两新种米虾的分子生物学鉴定

取新种米虾腹部肌肉 20 mg, 依照全 Ezup 柱式动物基因组 DNA 抽提试剂盒的使用说明提取其 DNA, 并保存。

标记基因为线粒体 *CoXI* 基因和 *16S rRNA* 基因。*CoXI* 引物选用 LCO1490(5'-GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG-3')和 HCO2198(5'-TAAACTTCAGGGTGACCAAAAATCA-3')<sup>[9]</sup>, *16S rRNA* 引物选用 5'-TGCCTGTTTATCAAAAACATGTC-3'和 5'-GAAAGATAGAACTAACCTGGCT-3'<sup>[10]</sup>, 分别进行 PCR 扩增。PCR 扩增所得目标片段, 交由生物工程(上海)股份有限公司进行双向测序, 测序引物为 PCR 反应引物<sup>[11]</sup>。

采用 CodonCode Aligner v8.0.2 对所得测序结

果进行序列的拼接和峰图的检测。用 NCBI 的 BLAST 工具(<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST/>)进行相似性检索。

各个分基因片段和基因数据集的最优核苷酸替代模型, 使用 MEGA 11.0 软件中的 p-distance 计算 2 新种米虾与 16 种米虾、2 种沼虾的线粒体 *CoXI* 基因的遗传距离以及 2 新种米虾与 23 种米虾, 2 种沼虾的 *16S rRNA* 基因的遗传距离。分子系统发育分析采用 MEGA 11.0 软件中的极大似然法对线粒体 *CoXI* 基因、*16S rRNA* 基因序列分别构建系统进化树<sup>[12]</sup>。

根据线粒体 *CoXI* 基因的亲缘关系分析结果可知, 王安米虾与其他 16 种米虾、2 种沼虾的遗传距离为 14.14%~33.08%, 细纹米虾与其他 16 种米虾、2 种沼虾的遗传距离为 14.36%~34.13%。这一结果

高于 HEBERT 等推荐的最小种间遗传距离(3%)<sup>[13]</sup>。系统进化树分析结果显示,产自海南万宁和海南文昌的广东米虾汇聚在一个小的进化分支上,且与产自广东清远的广东米虾及产自广东中山的中山米虾聚集在同一大的进化分支上。王安米虾和细纹米虾的种内遗传距离为 0,王安米虾与细纹米虾的种间遗传距离为 19.88%。王安米虾与保亭米虾(*Caridina baoting*)和四纹米虾(*Caridina tetrazona*)的

遗传距离分别为 14.14%和 15.04%。王安米虾和保亭米虾、四纹米虾分别形成了不同的分支。细纹米虾与岩洞米虾(*Caridina carvernicola*)和广东米虾(*Caridina cantonensis*)的遗传距离分别为 14.36%和 16.00%,细纹米虾和岩洞米虾、广东米虾能分别形成了不同的分支。王安米虾与近缘种锯缘米虾的线粒体 *CoXI* 基因序列的遗传距离为 17.22%,达到了种间差异水平。

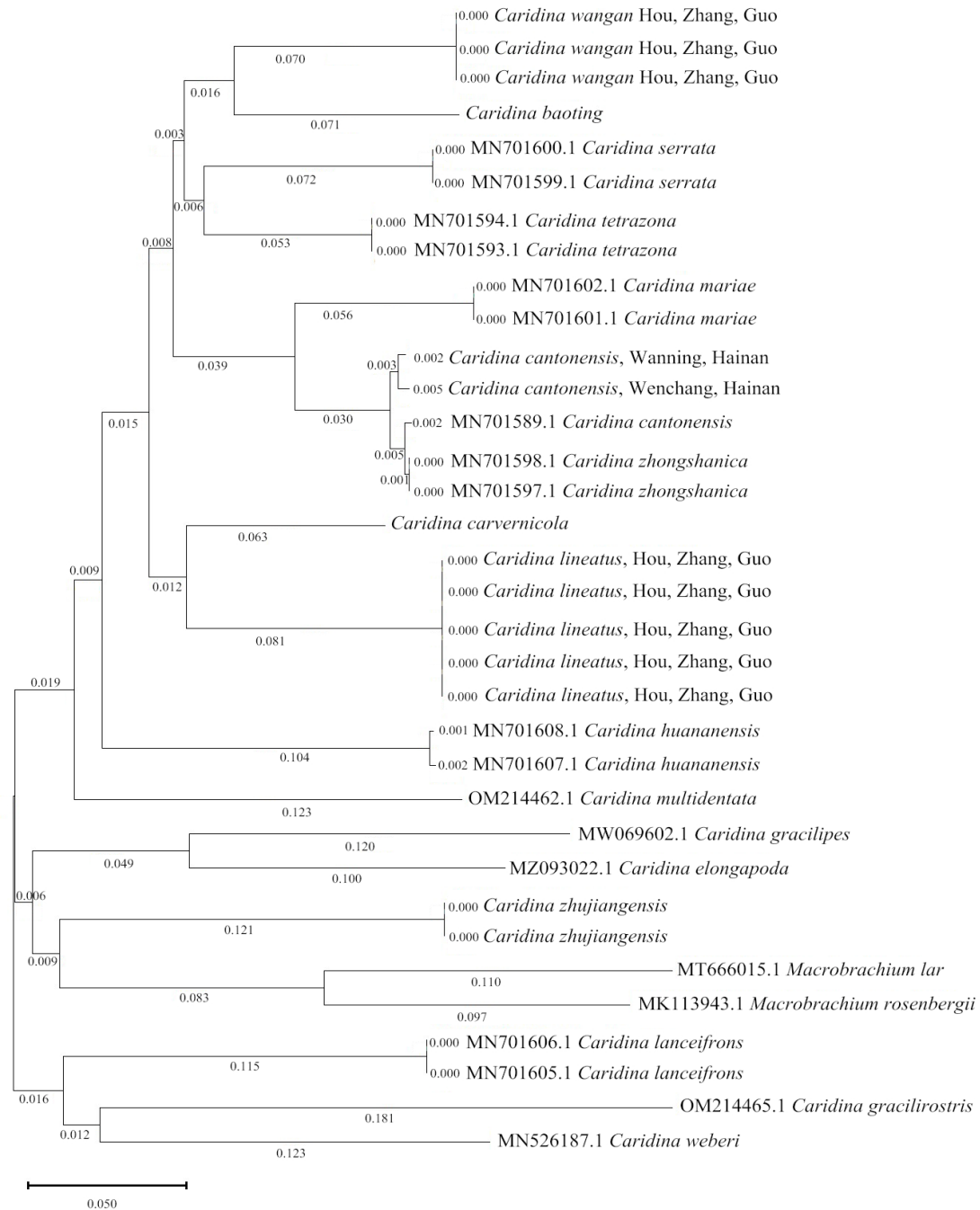


图 4 基于线粒体 *CoXI* 基因使用最大似然法建立的 2 米虾新种与 15 种米虾和 2 种沼虾的系统发育树

Fig. 4 Phylogenetic tree of 2 *Caridina* new species and 15 *Caridina* species and 2 *Macrobrachium* species based on the *CoXI* gene by using the maximum likelihood method

根据 *16S rRNA* 基因的亲缘关系分析结果可知, 王安米虾与其他 23 种米虾、2 种沼虾的遗传距离为 5.17%~28.66%, 细纹米虾与其他 23 种米虾、2 种沼虾的遗传距离为 4.63%~26.01%, 这一结果高于 *16S rRNA* 种内差异上限(1.5%)<sup>[14]</sup>。基于 *16S rRNA* 基因构建的系统进化树结果显示, 产自海南万宁和海南文昌的广东米虾与产自广东清远的广东米虾及产自广东中山的中山米虾聚集在同一进化分支上。王安米虾的种内遗传距离为 0, 细纹米虾的种内遗传距离为 0~0.25%, 王安米虾与细纹米虾的种间遗传距离为 8.27%~8.54%。王安米虾与保亭米虾

和三间米虾(*Caridina tricincta*)的遗传距离分别为 5.17%和 8.00%。王安米虾和保亭米虾、三间米虾能很好地形成不同的分支。细纹米虾与红点米虾(*Caridina rubropunctata*)和林达米虾(*Caridina thachlam*)的遗传距离分别为 4.63%和 5.14%, 细纹米虾和红点米虾、林达米虾能很好地形成不同的分支。至此, 分子生物学鉴定和形态学分析结果都表明, 王安米虾和细纹米虾是 2 个新种。王安米虾与近缘种锯缘米虾的线粒体 *16S rRNA* 基因序列的遗传距离为 8.25%~9.11%, 达到了种间差异水平。这是首次记录广东米虾在海南岛的分布。

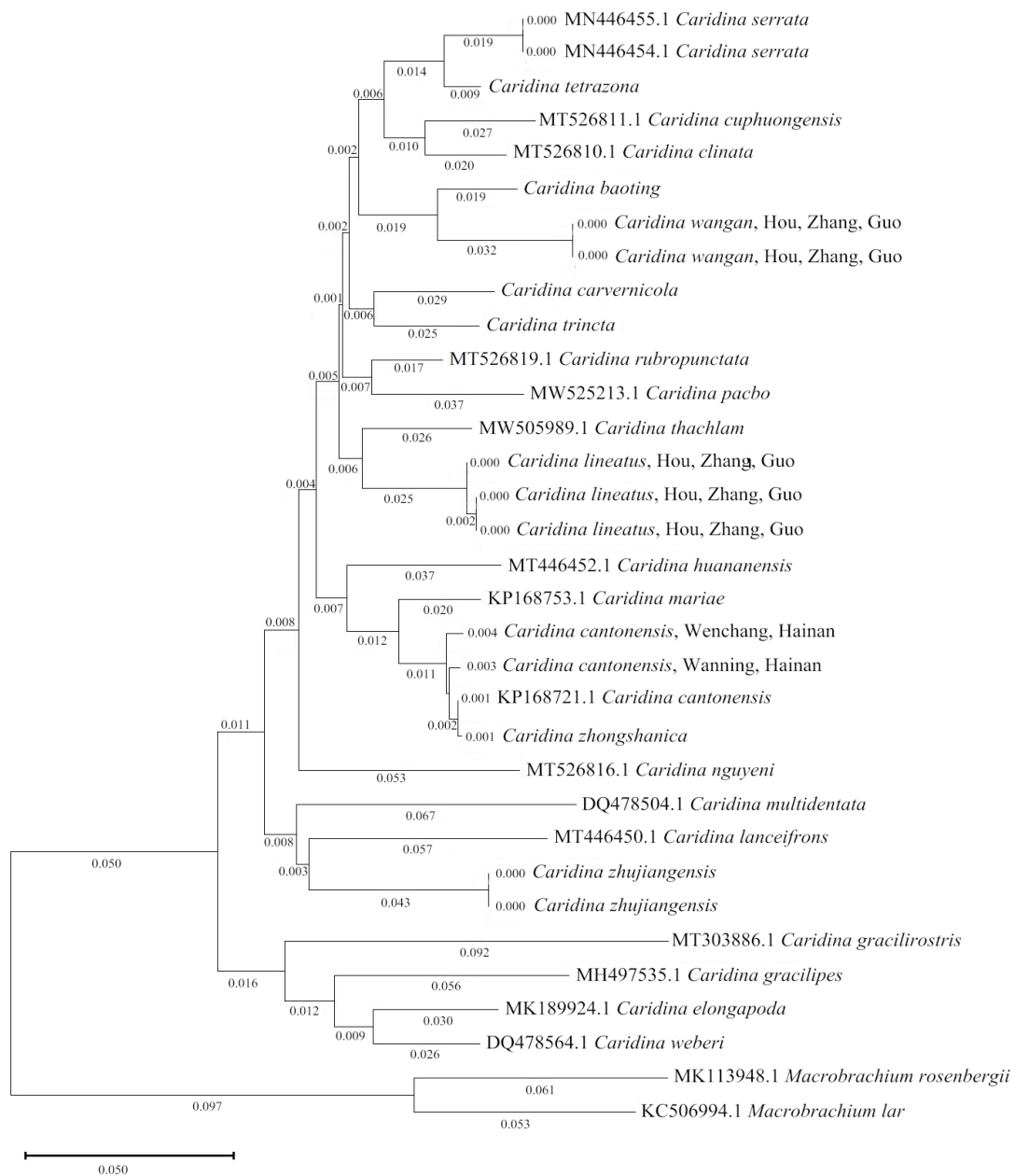


图 5 基于 *16S rRNA* 基因使用最大似然法建立的 2 米虾新种与 22 种米虾和 2 种沼虾的系统发育树

Fig. 5 Phylogenetic tree of 2 *Caridina* new species and 22 *Caridina* species and 2 *Macrobrachium* species based on the *16S rRNA* gene by using the maximum likelihood method



## 4 讨论

笔者在 2021—2023 年间多次调查发现, 王安米虾仅分布于海南万宁市北大镇军田水库上游的 1 条溪流中, 周边其他溪流未见其踪影; 而细纹米虾则分布较广, 在万宁市军田水库流域的溪流中较为多见, 种群数量也比较大。两种虾虽然个体小, 但体表颜色艳丽, 极具观赏性。两种虾都属于陆封性大卵型虾, 在淡水中能完成整个生活史, 种群扩散能力弱, 需要加以保护, 否则, 极易受到威胁, 甚至灭绝。目前来看, 威胁主要来自以下几个方面: 各种水利设施的建设导致溪流的大小、水温等发生变化, 下游甚至还会出现断流, 虾类栖息环境破坏严重并碎片化; 当地农业生产中大量使用的化肥、农药导致溪流水质遭受污染; 外来物种的入侵也越来越严重, 在模式地附近已发现有澳洲红螯螯虾、罗非鱼以及食蚊鱼种群, 这些入侵者的生存与繁衍能力极强, 在生态与食物上与虾类存在激烈竞争; 小虾外表艳丽, 深受观赏者的青睐, 当地群众大量捕捞, 通过网上销售到全国各地甚至国外。当务之急是要重视和保护这些珍贵的虾类资源, 否则, 它们的自然种群数量可能会锐减。建议: 第一, 水利设施建设中尽可能维持溪流的自然环境现状, 减少对栖息地生物的影响; 第二, 密切监控外来物种的种群变化, 研究入侵者对本地物种的影响及程度; 第三, 鼓励当地农民在农业生产中多使用生态、环保用品, 减少对溪流水质的影响; 第四, 进一步对两种米虾的生态、生物学和遗传学进行调查, 为监测与保护提供基础数据; 第五, 研究两种米虾的繁育与选育技术, 用人工繁育的商品虾满足市场需求, 减少对野生种群的捕捞。

王安提供米虾样本和产地环境信息; 陈文坚、范金金、斐精花、上官熠森、鲜亚伶、陈彬、罗景辉对分子实验给予协助; 冯景量拍摄活体米虾照片: 在此一并致谢!

### 参考文献:

- [1] 黄佳欣, 杜彦君, 李东海, 等. 海南潜在世界自然遗产地的突出普遍价值初探[J]. 广西植物, 2023, 43(9): 1678–1687.
- [2] MYERS N, MITTERMEIER R A, MITTERMEIER C

- G, et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities[J]. Nature, 2000, 403(6772): 853–858.
- [3] 梁象秋. 中国动物志 无脊椎动物 第三十六卷 甲壳动物亚门 十足目 匙指虾科[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [4] 叶嘉亮. 匙指虾对附着藻、苦草生长及水质的影响[D]. 广州: 暨南大学, 2017.
- [5] YU S C. Report on the macrurous Crustacea collected during the “Hainan Biological Expedition” in 1934[J]. Chinese Journal of Zoology, 1936, 2: 85–99.
- [6] 梁象秋, 严生良. 海南岛淡水虾的新种和新记录[J]. 海洋与湖沼, 1983, 14(3): 211–216.
- [7] CAI Y X. Atyid shrimps of Hainan Island, Southern China, with the description of a new species of *Caridina* (Crustacea, Decapoda, Atyidae)[M]//YEO D C J, CUMBERLIDGE N. Advances in Freshwater Decapod Systematics and Biology. Leiden, The Netherlands: BRILL, 2014: 207–231.
- [8] 李新正, 刘瑞玉, 梁象秋. 中国动物志 无脊椎动物 第四十四卷 十足目 长臂虾[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [9] FOLMER O, BLACK M, HOEH W, et al. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates[J]. Molecular Marine Biology and Biotechnology, 1994, 3(5): 294–299.
- [10] VON RINTELEN K, VON RINTELEN T, GLAUBRECHT M. Molecular phylogeny and diversification of freshwater shrimps(Decapoda, Atyidae, Caridina) from ancient lake poso(Sulawesi, Indonesia)—the importance of being colourful[J]. Molecular Phylogenetics and Evolution, 2007, 45(3): 1033–1041.
- [11] 陈文坚. 南方观赏虾种质资源调查分析[D]. 佛山: 佛山科学技术学院, 2019.
- [12] 郑小壮. 广西喀斯特洞穴虾类资源及开发利用探讨[D]. 佛山: 佛山科学技术学院, 2020.
- [13] HEBERT P D N, CYWINSKA A, BALL S L, et al. Biological identifications through DNA barcodes[J]. Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences, 2003, 270(1512): 313–321.
- [14] 徐岩, 潘红平, 阎冰, 等. 基于线粒体COI和16S rRNA基因的中国沿海相手蟹系统发育研究[J]. 海洋学报(中文版), 2019, 41(8): 63–71.

责任编辑: 罗慧敏  
英文编辑: 罗维