

台湾海峡纺锤水蚤属一新种——黄氏纺锤水蚤

龚之頔¹, 郭东晖^{1,2*}

1. 厦门大学海洋与地球学院, 福建 厦门 361102; 2. 厦门大学, 厦门市海湾生态保护与修复重点实验室, 福建 厦门 361102

摘要:

【目的】记述 2004—2020 年采于台湾海峡的纺锤水蚤属一个新种——黄氏纺锤水蚤。

【方法】通过形态学特征和分子数据相结合的方法对物种进行鉴定。

【结果】形态上, 新种与广义红纺锤水蚤最为相似, 但雌性第 1 触角第 2 节下缘具 2 刺, 第 5 胸足第 3 节内缘具 2 列刺; 雄性末胸节后侧角背面内侧各有 2 刺, 第 3 腹节背末缘具 4~9 根小刺, 第 5 左胸足第 4 节内侧具叉状突, 与广义红纺锤水蚤存在明显的形态差异。二者基于线粒体细胞色素氧化酶 I (*mtCOI*) 基因序列的种间遗传距离为 0.182~0.194。黄氏纺锤水蚤的命名旨在纪念厦门大学黄加祺研究员 (1941—2022 年) 在海洋浮游生物学的突出贡献, 模式标本保存于厦门大学海洋科技博物馆。

【结论】形态分类和 *mtCOI* 基因序列分析的结果支持黄氏纺锤水蚤为一个新物种。本研究丰富了中国纺锤水蚤物种多样性, 既为构建饵料浮游生物数据库奠定分类基础, 也可为今后海洋生物调查提供参考。

关键词: 黄氏纺锤水蚤; 新种; *mtCOI* 基因; 台湾海峡

第一作者: 龚之頔, 从事海洋浮游动物研究, E-mail: 2717129140@qq.com



通信作者: 郭东晖, 男, 博士, 厦门大学海洋与地球学院副教授, 主要从事海洋浮游生物分类和生态的研究, 主持、参与多项国家自然科学基金、“973”计划、“863”计划和“908”专项等项目, 发表学术论文 80 多篇, 参与编写专著 2 部。E-mail: guodh@xmu.edu.cn



资助项目: 国家自然科学基金 (42130401)

收稿日期: 2023-12-26

修回日期: 2024-03-14

文章编号:

1000-0615(2025)06-069118-09

中图分类号: Q 959.22; S 917.1

文献标志码: A

作者声明本文无利益冲突

©《水产学报》编辑部(CC BY-NC-ND 4.0)
Copyright © Editorial Office of Journal of Fisheries of China (CC BY-NC-ND 4.0)

桡足类 (Copepoda) 在水产养殖中具有重要意义, 相比于传统生物活饵料轮虫和丰年虫, 桡足类富含磷脂、高不饱和脂肪酸 (HUFA)、游离氨基酸和一些必需微量营养素, 这些成分是很多海洋生物早期幼体正常发育的重要保证^[1]。纺锤水蚤 (*Acartia* Dana, 1846) 是一类小型桡足类, 大多为低盐种类, 栖息在表层, 广泛分布于河口、沿岸水域, 是上述水体中浮游动物的重要类群之一^[2-3]。纺锤水蚤的营养价值较高, 成体通常不超过 2 mm, 是仔、稚鱼等幼体良好的开口饵料; 主要通过野外拖网采集或规模化活体培养, 目前已有部分种类被成功应用于水产养殖品种或观赏动物的人工育苗环节^[1, 4-6]。

本实验在分析台湾海峡的浮游生物样品过程中, 通过形态学和分子生物学方法对一种纺锤水蚤进行了分类研究, 发现其为一个新种, 将其命名为黄氏纺锤水蚤 (*A. huangi* Guo & Gong, sp. nov.)。本研究结果丰富了纺锤水蚤物种多样性, 一方面可为构建饵料浮游生物数据库奠定分类基础, 另一方面也可为海洋生物调查提供参考。



1 材料与方法

1.1 实验材料

黄氏纺锤水蚤样品于2020年7—8月采用浅水Ⅱ型浮游生物网(孔径约160 μm)采集于厦门湾附近水域(24.47°N, 118.07°E)。复检标本为实验室保存的台湾海峡样品(2004—2015年)^[7-8]。用于比对研究的洪氏纺锤水蚤(*A. hongii* Soh & Suh, 2000)样品于2023年4月采自江苏如东(32.63°N, 121.13°E)。用于形态学观察的样品采用5%(体积分数)缓冲甲醛溶液固定, 用于分子生物学分析的样品则保存于无水乙醇中。

实验过程中操作人员严格遵守实验动物伦理规范, 并按照厦门大学实验动物中心制定的规章制度执行。

1.2 形态观察

在体视显微镜(Motic SMZ-168)下对样品进行种类鉴定、形态观察及解剖; 通过光学显微镜(Zeiss Primo Star)及显微镜相机(Mshot MDX1-T)拍摄光镜照片并测量体长数据; 采用图像处理软件(Photoshop 2017)对外形及附肢的光镜照片进行临摹及加工以完成绘图。

使用叔丁醇冻干法^[9]对纺锤水蚤样品进行干燥后, 将样品用导电胶黏贴于扫描电镜专用载物台上。经离子溅射镀膜仪(Quorum SC7620)以15 mA喷金镀膜1 min后, 使用台式扫描电镜(Phenom ProX)拍摄扫描电镜照片。

1.3 线粒体细胞色素氧化酶Ⅰ(*mtCOⅠ*)基因序列扩增与分析

使用DNA提取试剂盒(FastPure Cell/Tissue DNA Isolation Mini Kit, 南京诺唯赞生物科技股份有限公司)对单只纺锤水蚤的基因组DNA进行提取, 具体方法参照试剂盒说明书。利用热循环仪(K960, 杭州晶格科学仪器有限公司)扩增*mtCOⅠ*基因片段, PCR反应体系总体积50 μL, 其中基因组DNA模板5 μL, 正反向引物各2 μL(10 μmol/L), 2×Phanta Max Master Mix 25 μL, 纯水16 μL。PCR反应程序: 94 °C预变性4 min; 94 °C变性1 min, 40 °C退火1 min, 72 °C延伸1 min, 循环35次; 最后72 °C充分延伸10 min。PCR产物经电泳检测后, 交由生工生物工程(上海)股份有限公司以Sanger

法进行正反向测序, 所采用的引物^[10]为LCO-1490(5'-GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG-3')和HCO-2198(5'-TAAACTTCAGGGTGACCAAA AAATCA-3')。

通过DNAMAN 7软件对获得的序列进行正反向拼接后, 共同导入MEGA 7软件进行多重序列比对, 将两端截齐后获得557 bp的*mtCOⅠ*基因片段。使用MEGA 7软件, 以Jukes-Cantor模型(同时考虑转换和颠换)计算遗传距离^[11]。基于Tamura-Nei模型以非加权组平均法(unweighted pair group method with arithmetic means, UPGMA)构建系统发育树, 各分支的置信度经过重复抽样分析(bootstrap test)1 000次检验^[12]获得。其中, 以GenBank数据库中红纺锤水蚤(*A. erythraea* s. l.)^[13-14]的序列作为近缘参照, 本研究获取的洪氏纺锤水蚤序列为外源参照。

2 结果

2.1 黄氏纺锤水蚤

<https://zoobank.org/2E2A980A-142D-4E61-A87B-9A2BE3AEA0A8>

模式标本 正模(XOB-PC-AH 001♀), 配模(XOB-PC-AH 002♂), 副模(XOB-PC-AH 003~020, 9♀9♂)。王龙升于2020年7—8月采自厦门湾附近水域(24.47°N, 118.07°E), 保存于厦门大学海洋科技博物馆。

复检标本 台湾海峡G0站(24.04°N, 118.19°E, 2004年8月7日, 水深20 m, 0.12个/m³)、B0站(23.31°N, 117.22°E, 2005年7月6日, 水深33 m, 2.67个/m³)、A5站(23.06°N, 118.42°E, 2006年6月20日, 水深30 m, 1.29个/m³)、Y31站(25.06°N, 119.42°E, 2014年7月16日, 水深23 m, 39.47个/m³)、Y32站(24.97°N, 119.60°E, 2014年7月16日, 水深50 m, 13.04个/m³)、Y13站(25.71°N, 120.44°E, 2014年7月17日, 水深62 m, 0.86个/m³)、Y14站(25.54°N, 120.66°E, 2014年7月17日, 水深70 m, 1.52个/m³)、Y12站(24.97°N, 119.60°E, 2014年11月1日, 水深50 m, 13.04个/m³)、Y04站(25.83°N, 121.15°E, 2015年7月14日, 水深87 m, 0.60个/m³)

雌性特征 体长(1.25±0.03) mm (1.19~1.30 mm, n=10)。头胸部呈纺锤形, 额部前端

钝三角形, 单眼明显、呈红色, 额丝细长。头节与第1胸节不愈合, 两侧突起较为明显, 第4、5胸节愈合。末胸节后侧角延伸为发达刺突, 其末端不超过生殖节中部, 刺突内侧背缘各具1小刺(图版 I -1, 3, 图版 II -1)。腹部分3节; 生殖节膨大, 长于后2节之和, 其背末缘有2刺; 第2腹节背末缘有2小刺。尾叉较短, 左右对称, 长略大于宽(图版 I -3)。第1触角分19节, 左右对称, 向后伸展时约达第2腹节后缘; 第1节上缘有2发达刺突; 第2节下缘有2刺(个别仅有1刺); 第3节下缘有3刺; 第4节下缘有2不等长的刺, 节末端上缘另有1小刺(图版 I -5, 图版 II -3)。第5胸足单肢型, 左右对称, 分3节; 第1节较短; 第2节呈长方形, 长约为宽的1.7倍, 外缘中下部具1根长刚毛; 第3节与第2节的长度之比大于2, 其基部略膨大, 向末端逐渐尖细, 其内缘有2列小刺(图版 I -6, 图版 II -5)。

雄性特征 体长(1.15 ± 0.03) mm ($1.10 \sim 1.21$ mm, $n=10$)。头胸部与雌性相似。头节与第1胸节不愈合, 第4、5胸节愈合。末胸节后侧角延伸为刺突, 其内侧背面各具一大一小2刺(图版 I -2, 4, 图版 II -2, 4)。腹部分5节; 第1腹节较短, 两侧具细毛; 第2腹节最宽大, 两侧中部各有3~4小刺, 背末缘内外侧各有2刺突, 内侧的刺突较大; 第3腹节背末缘有4~9小刺; 第4腹节背末缘有2~3刺。尾叉的长度与宽度近相等(图版 I -4)。第1右触角特化为执握肢, 分16节, 第12、13节之间为活动关节。第5胸足单肢型, 左右不对称。右足第1节下缘向内突出, 外末缘有1根长刚毛; 第2节基部有1突起, 其上有1根刚毛; 第3节较长, 外缘有数个刺, 内缘具1大突起, 其下方有1小刺; 第4节内缘具1丛细毛, 中下部有1刺, 末端有1较长的刺。左足第2节外末缘具1根长刚毛; 第3节外末角有1长刺, 其长度超过第4节; 第4节内缘基部有小突, 中部有1叉状突, 旁边有数根细毛, 下缘有一长二短的3刺(图版 I -7, 图版 II -6)。

词源 新种以厦门大学海洋与地球学院黄加祺研究员(Prof. Huang Jiaqi, 1941-04-13—2022-05-03)命名, 谨此纪念他对中国海洋浮游生物学的突出贡献。

生态学 海洋暖水表层种, 主要出现于

夏、秋两季。

地理分布 中国台湾海峡。

2.2 基于 *mtCO I* 基因序列的2种纺锤水蚤亲缘关系

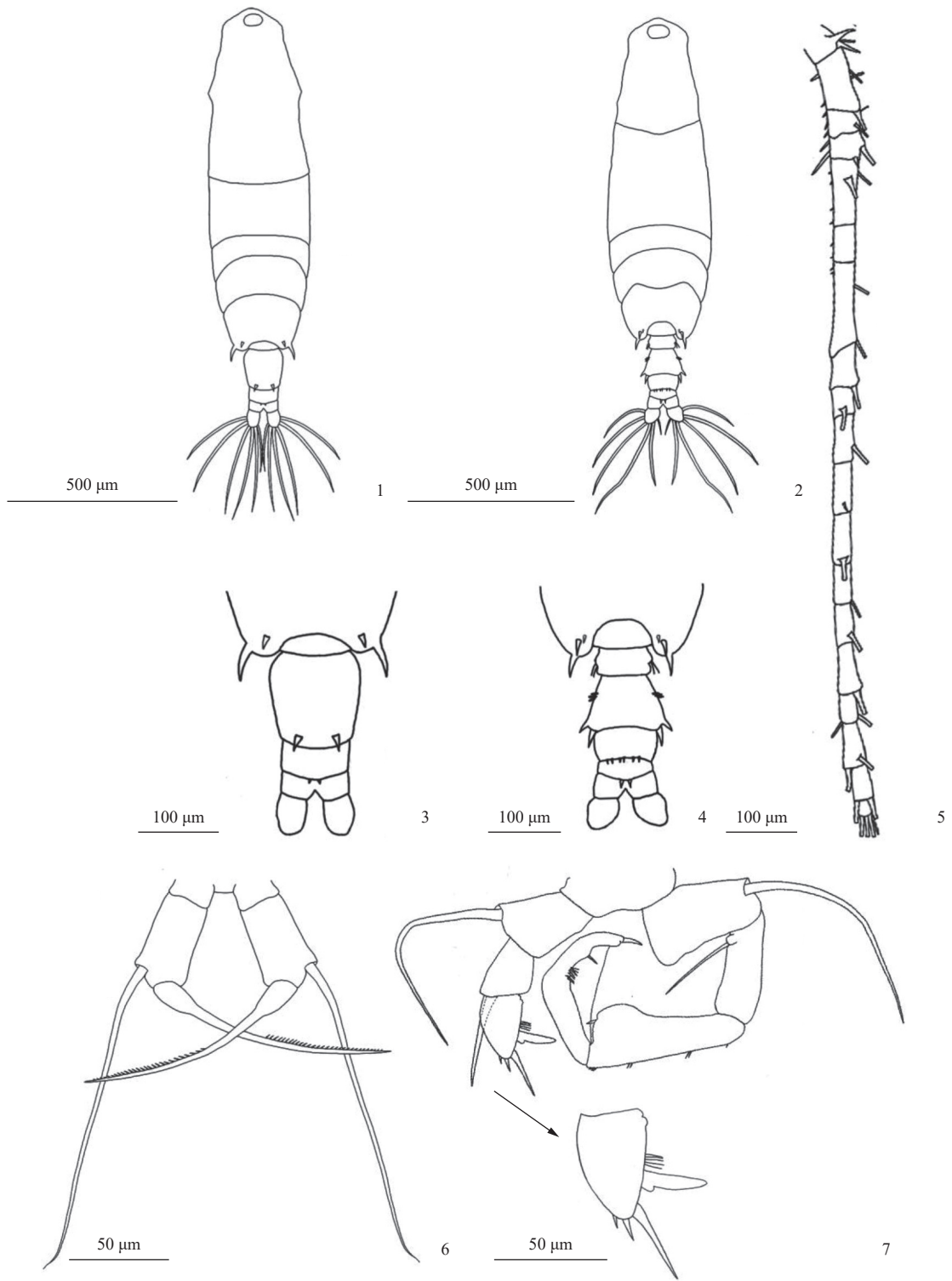
比较韩国的红纺锤水蚤和中国的黄氏纺锤水蚤 *mtCO I* 基因序列的相对遗传距离, 结果显示, 黄氏纺锤水蚤种内遗传距离为0~0.013, 红纺锤水蚤种内遗传距离为0; 黄氏纺锤水蚤和红纺锤水蚤的种间遗传距离为0.182~0.194(表1)。

基于 *mtCO I* 基因序列构建的UPGMA系统发育树显示, 2种纺锤水蚤以100%的置信度独立成群。洪氏纺锤水蚤作为外源参照在系统发育树的最外层(图1)。

3 讨论

形态上, 本研究发现的新种雌、雄两性有额丝、末胸节后侧角延伸为刺突, 雄性第2腹节背末缘具刺突, 故隶属于节肢动物门(Arthropoda von Siebold, 1848)甲壳动物亚门(Crustacea Brünnich, 1772)桡足纲(Copepoda Milne Edwards, 1840)哲水蚤目(Calanoida G O Sars, 1903)纺锤水蚤科(Acartiidae G O Sars, 1903)纺锤水蚤属(*Acartia* Dana, 1846)齿纺锤水蚤亚属(*Odontacartia* Steuer, 1915)^[15-16]。齿纺锤水蚤亚属在全世界已记录14种^[15]。本新种雌性第1触角第1节上缘有2发达刺突, 第2腹节背末缘有2小刺; 雄性第5左胸足第3节有1长的外末刺、第4节下缘有3刺。这些形态特征和红纺锤水蚤相似, 而易与齿纺锤水蚤亚属的其他种区别。

黄氏纺锤水蚤和狭义红纺锤水蚤(*A. erythraea* s. s. Giesbrecht, 1889)^[17-18]可根据以下形态特征区分: ①黄氏纺锤水蚤雌性第1触角向后伸展约达第2腹节后缘, 第2节下缘具2刺、第4节下缘2刺不等长(图版 I -5, 图版 II -3), 而红纺锤水蚤雌性第1触角向后伸展略超过生殖节后缘, 第2节下缘具4刺、第4节下缘2刺近等长; ②黄氏纺锤水蚤雌性第5胸足第3节内缘具2列小刺(图版 I -6, 图版 II -5), 而红纺锤水蚤雌性第5胸足第3节光滑无刺; ③黄氏纺锤水蚤雄性末胸节后侧角背面每侧各有2刺(图版 I -4, 图版 II -4), 而红纺锤水蚤雄性末胸节后侧角背面每侧仅有1刺; ④黄氏纺锤水



图版 I 黄氏纺锤水蚤, 新种

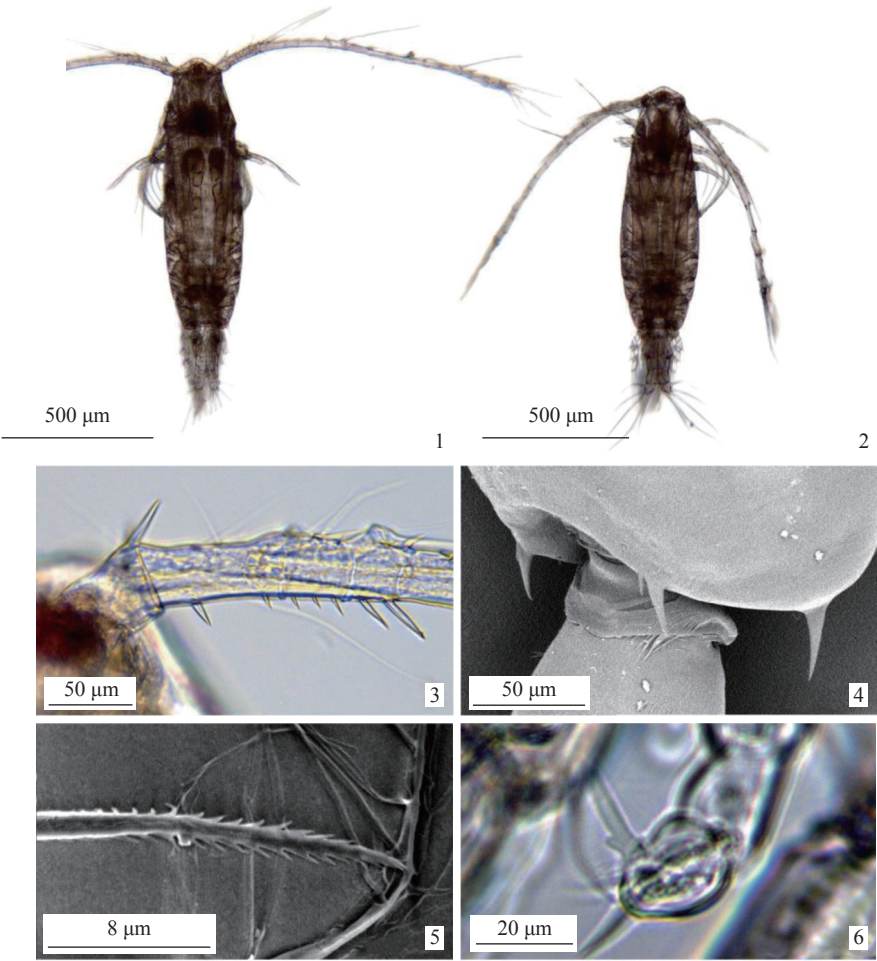
1. 雌性背面观; 2. 雄性背面观; 3. 雌性后体部背面观; 4. 雄性后体部背面观; 5. 雌性第 1 触角; 6. 雌性第 5 胸足; 7. 雄性第 5 胸足。

Plate I *A. huangi* Guo & Gong, sp. nov.

1. female, dorsal view; 2. male, dorsal view; 3. female urosome, dorsal view; 4. male urosome, dorsal view; 5. female antennule; 6. female 5th leg; 7. male 5th leg.

表 1 基于 *mtCO* I 序列的 2 种纺锤水蚤的相对遗传距离

Tab. 1 Pairwise genetic distances of <i>mtCO</i> I sequences between two species of <i>Acartia</i>				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
种类 species	GenBank序列号 GenBank accession no.														
1. 黄氏纺锤水蚤 新种 雌性	<i>A. huangi</i> sp. nov. female	OR997682													
2. 黄氏纺锤水蚤 新种 雌性	<i>A. huangi</i> sp. nov. female	OR997683	0.011												
3. 黄氏纺锤水蚤 新种 雌性	<i>A. huangi</i> sp. nov. female	OR997684	0.013 0.002												
4. 黄氏纺锤水蚤 新种 雄性	<i>A. huangi</i> sp. nov. male	OR997685	0.013 0.002 0.000												
5. 黄氏纺锤水蚤 新种 雄性	<i>A. huangi</i> sp. nov. male	OR997686	0.013 0.002 0.000 0.000												
6. 黄氏纺锤水蚤 新种 雄性	<i>A. huangi</i> sp. nov. male	OR997687	0.013 0.002 0.000 0.000 0.000												
7. 红纺锤水蚤	<i>A. erythraea</i> s.l.	MN603769	0.194 0.184 0.182 0.182 0.182 0.182												
8. 红纺锤水蚤	<i>A. erythraea</i> s.l.	MN603770	0.194 0.184 0.182 0.182 0.182 0.182 0.000												
9. 红纺锤水蚤	<i>A. erythraea</i> s.l.	MN603771	0.194 0.184 0.182 0.182 0.182 0.182 0.000 0.000												
10. 红纺锤水蚤	<i>A. erythraea</i> s.l.	MN603772	0.194 0.184 0.182 0.182 0.182 0.182 0.000 0.000 0.000												
11. 红纺锤水蚤	<i>A. erythraea</i> s.l.	MN603773	0.194 0.184 0.182 0.182 0.182 0.182 0.000 0.000 0.000 0.000												
12. 红纺锤水蚤	<i>A. erythraea</i> s.l.	KR048930	0.194 0.184 0.182 0.182 0.182 0.182 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000												
13. 红纺锤水蚤	<i>A. erythraea</i> s.l.	KR048931	0.194 0.184 0.182 0.182 0.182 0.182 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000												



图版 II 黄氏纺锤水蚤, 新种

1. 雌性背面观; 2. 雄性背面观; 3. 雌性第 1 触角前 4 节; 4. 雄性末胸节后侧角; 5. 雌性第 5 胸足第 3 节 (局部); 6. 雄性第 5 左胸足第 4 节 (局部)。

Plate II *A. huangi* Guo & Gong, sp. nov.

1. female, dorsal view; 2. male, dorsal view; 3. 1st to 4th segments of female antennule; 4. male posterior corners of last pedigerous somite; 5. 3rd segment of female 5th leg (part); 6. 4th segment of male left 5th leg (part).

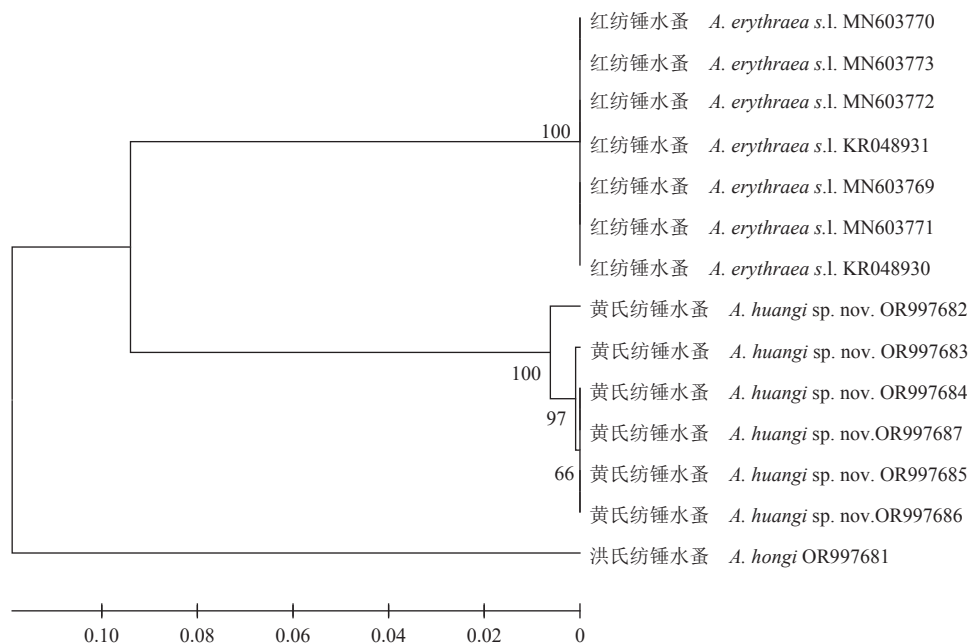


图 1 基于 *mtCO I* 基因序列构建的 2 种纺锤水蚤的 UPGMA 系统发育树

洪氏纺锤水蚤作为外源参照。

Fig. 1 UPGMA phylogenetic tree of two species of *Acartia* based on *mtCO I* gene sequences

A. hongii as an external reference.

蚤雄性第 3 腹节背末缘具 4~9 小刺 (图版 I -4), 而红纺锤水蚤雄性第 3 腹节背末缘仅有 2 小刺; ⑤黄氏纺锤水蚤雄性第 5 左胸足第 4 节内侧具叉状突 (图版 I -7, 图版 II -6), 而红纺锤水蚤雄性第 5 左胸足第 4 节指状突不分叉。

广义红纺锤水蚤 (*A. erythraea* s. l.) 还包括红纺锤水蚤瓦氏亚种 (*A. erythraea valdiviae* Steuer, 1923)^[19] 以及后续各国分类学者所描述的红纺锤水蚤^[2, 20-25]。红纺锤水蚤布氏亚种 (*A. erythraea brehmi* Früchtl, 1923)^[26] 因其第 1 触角第 2 节下缘具 1 发达钩状刺, 可能是双刺纺锤水蚤 (*A. bispinosa* Carl, 1907) 的同物异名而不纳入广义红纺锤水蚤。黄氏纺锤水蚤与狭义红纺锤水蚤在形态上的差异同样适用于广义红纺锤水蚤, 其与不同文献中红纺锤水蚤的主要区别参见表 2。

mtCO I 基因是一种进化速率较快的蛋白质编码基因, 是研究桡足类种间分化的理想条形码基因^[27]。综合已有的研究报道, 太平洋纺锤水蚤 (*A. pacifica* Steuer, 1915) 和大塚氏纺锤水蚤 (*A. ohtsukai* Ueda & Bucklin, 2006) 的种内 *mtCO I* 遗传距离为 0~0.022, 种间遗传距离为 0.230~0.236^[28]。太平洋纺锤水蚤和刺尾纺锤水

蚤 (*A. spinicauda* Giesbrecht, 1889) 的 *mtCO I* 遗传距离为 0.156^[29]。无齿纺锤水蚤 (*A. edentata* Srinui, Ohtsuka & Metillo, 2019) 种内距离为 0~0.009, 与日本和韩国的太平洋纺锤水蚤种间距离分别为 0.164~0.181 和 0.161~0.170^[30]。卡加延纺锤水蚤 (*A. cagayanensis* Sakaguchi & Ueda, 2020) 和新津纺锤水蚤 (*A. sinjiensis* Mori, 1940) 的种内 *mtCO I* 距离为 0.165~0.169^[31]。索氏纺锤水蚤 (*A. southwelli* Sewell, 1914) 和强足纺锤水蚤 (*A. forticrusa* Soh, Moon, Park & Maran, 2013) 的种内 *mtCO I* 遗传距离为 0.259~0.290^[32]。黄氏纺锤水蚤和红纺锤水蚤在形态特征上有明显不同, 且二者之间的 *mtCO I* 遗传距离为 0.182~0.194, 达到了上述研究报道中纺锤水蚤的种间遗传距离水平, 构建 UPGMA 系统发育树的结果也将黄氏纺锤水蚤与红纺锤水蚤聚为不同支, 支持黄氏纺锤水蚤为一个独立的新种。

随着分子系统学方法的广泛应用, 研究发现一些以往被视为广布种的桡足类实际上存在着多个遗传谱系或隐种, 构成了所谓的种复合体 (species complex)^[33-36]。传统的分类学研究主要根据物种的形态特征进行鉴定, 容易忽视大量存在的隐种, 继而严重低估了海洋生物多样性

表 2 黄氏纺锤水蚤和不同文献中红纺锤水蚤主要形态特征的比较

Tab. 2 Morphological comparison between <i>A. huangi</i> sp. nov. and <i>A. erythraea</i> in different documents									
物种 species	采集地 sampling site	雌性 female			雄性 male				文献 references
		第1触角 第2节下缘刺 spines on 2 nd antennule segment posteriorly	第2腹节后 缘刺 spines on posterior margin of 2 nd urosomite	第5胸足 第3节 3 rd segment of 5 th leg	末胸节后 侧角背面 每侧刺 spines on each side of posterior corners of last pedigerous somite dorsally	第3腹节背 末缘刺 spines on posterodorsal margin of 3 rd urosomite	第4腹节背 末缘刺 spines on posterodorsal margin of 4 th urosomite	第5胸足左足 第4节中部 突起 medial process on 4 th segment of left 5 th leg	
黄氏纺锤水蚤 <i>A. huangi</i> sp. nov.	台湾海峡	2, 个别1	2	2列小刺	2	4~9	2~3	叉状突	本研究
狭义红纺锤水蚤 <i>A. erythraea</i> s. s.	红海	4	2	光滑	1	2	2	指状突	[17-18]
红纺锤水蚤瓦氏亚种 <i>A. erythraea valdiviae</i>	太平洋、 印度洋	太平洋1 (近基部), 印度洋4~5, 极少1	2~4, 常3	梳状刺	1	6	2, 异常4	无描述	[19]
广义红纺锤水蚤 <i>A. erythraea</i> s. l.	广东	几个	2	光滑	1	4~5	2	长刺突	[2]
	浙江和 福建	0	约4	光滑	1	2	2	指状突	[20]
	台湾以东 和日本	1(近基部)	2	光滑	1	4	2	刺状突	[21-24]
	爪哇海	1(近端部)	2~3	细齿	1	2	2	刺状突	[25]

性^[37]。红纺锤水蚤首次发现于红海^[17-18]，此后印度、印度尼西亚、中国、韩国和日本等海域相继有该种的报道^[13-14, 19-25, 38]，分布区域从印度洋横跨到太平洋。不同海区红纺锤水蚤及其瓦氏变种均存在一定的形态差异(表 2)，表明其存在种复合体的可能性，这些差异属于种内变异还是种间差异，尚待更深入的比较研究。

本研究虽然从形态和基因两个层面均证实了黄氏纺锤水蚤应为独立于红纺锤水蚤的新物种，但其具体的分布范围有多大，有待进一步调查研究。

感谢陈志颖和王龙升同学采集的部分样品；自然资源部南通海洋中心江辉煌高级工程师提供的洪氏纺锤水蚤标本；厦门大学近海海洋环境科学国家重点实验室大型仪器和技术服务中心协助拍摄扫描电镜照片。

参考文献 (References):

[1] Lee C S, O'Bryen P J, Marcus N H. Copepods in aquaculture[M]. Oxford: Blackwell Publishing, 2005: 1-269.

[2] 郑重, 张松踪, 李松, 等. 中国海洋浮游桡足类: 上卷 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1965: 1-210.

Zheng Z, Zhang S Z, Li S, et al. Marine planktonic copepods of

China-Vol. 1[M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1965: 1-210 (in Chinese).

[3] 郑重, 李少菁, 连光山. 海洋桡足类生物学 [M]. 厦门: 厦门大学出版社, 1992: 1-312.

Zheng Z, Li S J, Lian G S. Biology of marine copepods[M]. Xiamen: Xiamen University Press, 1992: 1-312 (in Chinese).

[4] Støttrup J G, Bell J G, Sargent J R. The fate of lipids during development and cold-storage of eggs in the laboratory-reared calanoid copepod, *Acartia tonsa* Dana, and in response to different algal diets[J]. *Aquaculture*, 1999, 176(3-4): 257-269.

[5] 付聪, 吴荔生, 郭东晖, 等. 两种海洋微藻的浓度和配比对太平洋纺锤水蚤生长的影响 [J]. *应用海洋学学报*, 2016, 35(4): 537-543.

Fu C, Wu L S, Guo D H, et al. Effects of concentration and ratio of two marine microalgae on the growth of *Acartia pacifica*[J]. *Journal of Applied Oceanography*, 2016, 35(4): 537-543 (in Chinese).

[6] 景斐, 朱爱意, 李彬, 等. 单胞藻饵料强化对太平洋纺锤水蚤营养成分的影响 [J]. *中国水产科学*, 2017, 24(6): 1354-1362.

Jing F, Zhu A Y, Li B, et al. Effect of enrichment of unicellular algae food on the nutritional quality of *Acartia pacifica*[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2017, 24(6): 1354-1362 (in Chinese).

[7] Guo D H, Huang J Q, Li S J. Planktonic copepod compositions and their relationships with water masses in the southern Taiwan Strait during the summer upwelling period[J]. *Continental Shelf Research*, 2011, 31(S6): S67-S76.

- [8] 陈志颖. 2015 年春夏秋三季台湾海峡浮游动物功能群研究 [D]. 厦门: 厦门大学, 2017.
Chen Z Y. Study on the zooplankton functional groups in the Taiwan Strait during spring, summer and autumn of 2015[D]. Xiamen: Xiamen University, 2017 (in Chinese).
- [9] 李向党. 单用叔丁醇的扫描电镜样品制备法 [J]. 第四军医大学学报, 1993, 14(5): 383-384.
Li X D. A method of using tert-butanol for preparation of scanning electron microscopic specimens[J]. Journal of Fourth Military Medical University, 1993, 14(5): 383-384 (in Chinese).
- [10] 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.
- [11] Bucklin A, Frost B, Bradford-Grieve J, *et al.* Molecular systematic and phylogenetic assessment of 34 calanoid copepod species of the Calanidae and Clausocalanidae[J]. Marine Biology, 2003, 142(2): 333-343.
- [12] Sneath P H A, Sokal R R. Numerical taxonomy: the principles and practice of numerical classification[M]. San Francisco: W H Freeman and Company, 1973: 1-573.
- [13] Lee S, Soh H Y, Lee W. A new species in the genus *Acartia* Dana, 1846 (Crustacea, Copepoda, Calanoida, Acartiidae) from the South Pacific coastal waters of Nadi Bay, Fiji[J]. ZooKeys, 2019, 893: 69-89.
- [14] Baek S Y. Molecular phylogeny and identification of Korean copepods[D]. Daegu: Kyungpook National University, 2015.
- [15] Walter T C, Boxshall G. World of copepods database. *Acartia* Dana 846[EB/OL][2023-12-25]<https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=104108>.
- [16] Steuer A. Revision der Gattung *Acartia* Dana[J]. Zoologischer Anzeiger, 1915, 45: 392-397.
- [17] Giesbrecht W. Elenco dei Copepodi pelagici raccolti dal tenente di vascello Gaetano Chierchia durante il viaggio della R. Corvette "Vettor Pisani" negli anni 1882-1885 e dal tenente dal vascello Francesco Orsini nel Mar Rosso, nel 1884[J]. Atti della Reale Accademia Nazionale dei Lincei, 1889, 5(4): 811-815.
- [18] Giesbrecht W. Systematik und Faunistik der Pelagischen Copepoden des Golfes von Neapel, und der Angrenzenden Meeres-Abschnitte[M]. Berlin: R. Friedländer & Sohn, 1892: 1-831.
- [19] Steuer A. Bausteine zu einer Monographie der Copepodengattung *Acartia*[M]. Berlin: W. Junk, 1923: 91-144.
- [20] 陈清潮, 章淑珍. 黄海和东海的浮游桡足类 I. 哲水蚤目 [J]. 海洋科学集刊, 1965, 7: 20-131, pls. 1-53.
Chen Q C, Zhang S Z. The planktonic copepods of the Yellow Sea and the East China Sea I. Calanoida[J]. Studia Marina Sinica, 1965, (7): 20-131, pls. 1-53 (in Chinese).
- [21] Mori T. The pelagic Copepoda from the neighbouring waters of Japan[M]. Tokyo: Soyo Company, 1937: 1-150, pls. 1-80.
- [22] 千原光雄, 村野正昭. 日本産海洋プランクトン検索図説 [M]. 東京: 東海大学出版会, 1997: 1-1574.
Chihara M, Murano M. An illustrated guide to marine plankton in Japan[M]. Tokyo: Tokai University Press, 1997: 1-1574 (in Japanese).
- [23] Ueda H. Redescriptions of the closely related calanoid copepods *Acartia japonica* and *A. australis* with remarks on their zoogeography[J]. Bulletin of Plankton Society of Japan, 1986, 33(1): 11-20.
- [24] Ferrari F D, Ueda H. Development of leg 5 of copepods belonging to the calanoid superfamily Centropagoidea (Crustacea)[J]. Journal of Crustacean Biology, 2005, 25(3): 333-352.
- [25] Mulyadi M. Calanoid copepods in Indonesian Waters[M]. Bogor: Research Center for Biology, Indonesia Institute of Sciences, 2004: 1-195.
- [26] Früchtl F. Cladocera und Copepoda der Aru-Inseln. (Vorläufige Mitteilung: Artenliste und kurze Diagnosen der neuen Formen)[J]. Abhandlungen Senckenbergische Naturforschende Gesellschaft, 1923, 375(4): 449-457.
- [27] Bucklin A, Ortman B D, Jennings R M, *et al.* A "Rosetta Stone" for metazoan zooplankton: DNA barcode analysis of species diversity of the Sargasso Sea (Northwest Atlantic Ocean)[J]. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography, 2010, 57(24-26): 2234-2247.
- [28] Ueda H, Bucklin A C. *Acartia* (*Odontacartia*) *ohtsukai*, a new brackish-water calanoid copepod from Ariake Bay, Japan, with a redescription of the closely related *A. pacifica* from the Seto Inland Sea[J]. Hydrobiologia, 2006, 560(1): 77-91.
- [29] 刘迟迟, 林元烧, 曹文清, 等. 厦门港两种纺锤水蚤 mtCO I 序列比较研究 [J]. 厦门大学学报 (自然科学版), 2008, 47(3): 419-425.
Liu C C, Lin Y S, Cao W Q, *et al.* Comparative studies of mitochondrial CO I sequence between two kinds of *Acartia* species from Xiamen waters[J]. Journal of Xiamen University (Natural Science Edition), 2008, 47(3): 419-425 (in Chinese).
- [30] Srinui K, Ohtsuka S, Metillo E B, *et al.* A new species of *Acartia* (Copepoda, Calanoida) from the Philippines, based on morphological and molecular analyses[J]. ZooKeys, 2019, 814: 71-94.
- [31] Sakaguchi S O, Ueda H. A new species closely related to *Acartia sinjiensis* (Copepoda: Calanoida), from river estuaries of northern Luzon, the Philippines[J]. Zootaxa, 2020, 4881(3): 532-544.
- [32] 龚之嶝, 王龙升, 郭东晖. 中国纺锤水蚤属一新记录种 [J]. 厦门大学学报 (自然科学版), 2023, 62(5): 881-886.
Gong Z D, Wang L S, Guo D H. A new record species of *Acartia* in China[J]. Journal of Xiamen University (Natural Science Edition), 2023, 62(5): 881-886 (in Chinese).
- [33] Goetze E. Global population genetic structure and biogeography of the oceanic copepods *Eucalanus hyalinus* and *E. spinifer*[J]. Evolution, 2005, 59(11): 2378-2398.

- [34] Goetze E. Population differentiation in the open sea: insights from the pelagic copepod *Pleuromamma xiphioides*[J]. *Integrative and Comparative Biology*, 2011, 51(4): 580-597.
- [35] Cornils A, Held C. Evidence of cryptic and pseudocryptic speciation in the *Paracalanus parvus* species complex (Crustacea, Copepoda, Calanoida)[J]. *Frontiers in Zoology*, 2014, 11(1): 19.
- [36] Figueroa N J, Figueroa D F, Hicks D. Phylogeography of *Acartia tonsa* Dana, 1849 (Calanoida: Copepoda) and phylogenetic reconstruction of the genus *Acartia* Dana, 1846[J]. *Marine Biodiversity*, 2020, 50(2): 23.
- [37] Norris R D. Pelagic species diversity, biogeography, and evolution[J]. *Paleobiology*, 2000, 26(S4): 236-258.
- [38] Kasturirangan L R. A key for the identification of the more common planktonic Copepoda: of Indian coastal waters[M]. New Delhi: Council of Scientific and Industrial Research, 1963: 1-87.

Acartia huangi sp. nov., a new species of *Acartia* from the Taiwan Strait

GONG Zhidi¹, GUO Donghui^{1,2*}

1. College of Ocean and Earth Sciences, Xiamen University, Xiamen 361102, China;

2. Xiamen Key Laboratory of Urban Sea Ecological Conservation and Restoration, Xiamen University, Xiamen 361102, China

Abstract: Acartiids are diminutive copepods geographically distributed across temperate and tropical zones, dominating zooplankton biomass in estuarine and near coastal waters. They not only play an important role in the zooplanktonic community, but also hold significant importance in aquaculture. With high nutritional value and adult sizes generally not exceeding 2 mm in length, Acartiids serve as excellent live prey for fish, shrimp, and crab larvae during the artificial propagation of aquatic animals. The present study describes a new species of *Acartia* Dana, 1846, *A. huangi* Guo & Gong, sp. nov., which was collected from the Taiwan Strait between 2004 and 2020. In order to accurately identify the new species, this study was conducted based on integrated morphological and molecular analyses. Morphologically, this new species should be assigned to subgenus *Odontacartia* Steuer, 1915, characterized by the existence of rostral filaments, posterior corners of last pedigerous somite drawn out into lateral spines, and the male's 2nd urosome has a posterodorsal margin with pointed processes. *A. huangi* Guo & Gong, sp. nov. mostly resembles *A. erythraea* s. l., but differs in the following characteristics: ① 2nd segment of female antennule with 2 spines posteriorly, while that of *A. erythraea* s. l. with 4 spines; ② 3rd segment of female fifth thoracic leg (P5) with 2 columns of spinules on the inner side, while both sides of female P5 smooth in *A. erythraea* s. l.; ③ each inner side of posterior corners of last pedigerous somite with 2 spines dorsally in male, while that of *A. erythraea* s. l. with only 1 spine dorsally; ④ posterodorsal margin of 3rd urosomite with 4 to 9 spines in male, while that of *A. erythraea* s. l. with only 2 spines; ⑤ the inner margin of 4th segment of male left P5 with a bifurcate process, while that of *A. erythraea* s. l. with a finger-like process. The mitochondrial cytochrome oxidase I (*mtCO I*) gene sequences supported the results based on morphological data with showing pairwise genetic distances of 0.182-0.194 with this species and *A. erythraea* s. l.. The phylogenetic tree using unweighted pair group method with arithmetic means (UPGMA) based on *mtCO I* gene sequences also clearly distinguished individuals of two species, and clearly distinguished the new species from *A. erythraea* s. l.. This new species was named in honor of Prof. Huang Jiaqi (1941–2022) of Xiamen University for his excellent contributions to marine planktology. Type specimens of *A. huangi* Guo & Gong, sp. nov. were deposited in Museum of Marine Science and Technology, Xiamen University. This study not only enriches the species diversity of *Acartia* in China, but provides basic data for database of diet organisms and marine biological survey.

Key words: *Acartia huangi*; new species; *mtCO I* gene; the Taiwan Strait

Corresponding author: GUO Donghui. E-mail: guodh@xmu.edu.cn

Funding projects: National Natural Science Foundation of China (42130401)