

中国蒙镖水蚤属新记录种湄公蒙镖水蚤及其分子系统学研究

魏朝军 熊丹妮 王雨路 冯伟松 缪荣丽 龚迎春

FIRST RECORD OF *MONGOLODIAPTOMUS MEKONGENSIS* IN CHINA AND ITS PHYLOGENETIC ANALYSIS

WEI Chao-Jun, XIONG Dan-Ni, WANG Yu-Lu, FENG Wei-Song, MIAO Rong-Li, GONG Ying-Chun

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.7541/2023.2022.0309>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

丝状蓝藻长孢藻属的中国一新记录种——蒙氏长孢藻

A NEWLY RECORDED SPECIES OF FILAMENTOUS CYANOBACTERIUM—*DOLICHOSPERMUM MENDOTA* IN CHINA

水生生物学报. 2017, 41(1): 238–243 <https://doi.org/10.7541/2017.30>

倒刺两极虫的宿主新记录及其分子系统学研究

NEW HOST RECORD AND MOLECULAR PHYLOGENY OF *MYXIDIUM SPINIBARBA* CHEN ET AL., 2020

水生生物学报. 2021, 45(6): 1316–1322 <https://doi.org/10.7541/2021.2020.186>

中国淡水胭脂藻属植物形态及分子系统发育分析

MORPHOLOGY AND MOLECULAR PHYLOGENETIC ANALYSIS OF FRESHWATER *HILDENBRANDIA* IN CHINA

水生生物学报. 2021, 45(6): 1341–1350 <https://doi.org/10.7541/2021.2020.200>

九寨沟长海中心纲硅藻的分类学研究及报道1个新种

TAXONOMIC STUDIES OF THE CENTRIC DIATOM FROM THE LAKE CHANGHAI, JIUZHAIGOU VALLEY, CHINA, INCLUDING THE DESCRIPTION OF A NEW SPECIES

水生生物学报. 2017, 41(5): 1140–1148 <https://doi.org/10.7541/2017.142>

我国新记录海链藻属物种的形态学和系统学研究

THE MORPHOLOGICAL AND PHYLOGENETIC STUDIES ON TWO NEWLY RECORDED *THALASSIOSIRA* SPECIES FROM CHINA

水生生物学报. 2018, 42(1): 196–205 <https://doi.org/10.7541/2018.025>

海城碘泡虫(黏体动物门, 黏孢子纲)补充描述及基于18S rDNA系统发育分析

SUPPLEMENTAL DESCRIPTION OF *MYXOBOLUS HAICHENGENSIS* CHEN, 1958 (MYXOZOA: MYXOSPOREA) INFECTING THE GILLS OF *ABBOTTINA RIVULARIS* BASILEWAKY: MORPHOLOGICAL AND MOLECULAR DATA

水生生物学报. 2018, 42(5): 950–955 <https://doi.org/10.7541/2018.117>



关注微信公众号，获得更多资讯信息

doi: 10.7541/2023.2022.0309

中国蒙镖水蚤属新记录种湄公蒙镖水蚤及其分子系统学研究

魏朝军¹ 熊丹妮² 王雨路¹ 冯伟松¹ 缪荣丽¹ 龚迎春¹

(1. 中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072; 2. 生态环境部长江流域生态环境监督管理局生态环境监测与科学研究中心, 武汉 430014)

摘要: 蒙镖水蚤属(*Mongolodiaptomus*)隶属于桡足亚纲(Copepoda)哲水蚤目(Calanoida)镖水蚤科(Diaptomidae), 目前国内记录蒙镖水蚤属5种, 研究记录了采自海南的蒙镖水蚤属新记录种湄公蒙镖水蚤(*Mongolodiaptomus mekongensis* Sanoamuang & Watiroym, 2018)。借助光学显微镜和扫描电镜等方法对该种进行形态描述, 获取该物种的18S rDNA基因序列并探讨了其系统发育地位。该种雌性成体的主要特征: 第5胸节右后侧角比左后侧角稍大; 生殖节前部的左侧隆起, 顶部具一锐刺; 右侧具三角形片状突起, 长度超过生殖节中部, 顶部亦具一刺; 第5胸足内肢二节。该种雄性成体主要形态特征: 执握肢倒数第3节外末角具一梳状突起; 第5右胸足基节内末角有一刺状突起, 外肢第2节中部侧刺明显扭曲; 右尾叉前端近中部有一个三角状刺状突起, 末端有一个半圆状突起。分子系统发育分析显示该种与镖水蚤科真镖水蚤属(*Eudiaptomus*)、新镖水蚤属(*Neodiaptomus*)具有较近的亲缘关系。

关键词: 新记录种; 淡水桡足类; 18S rDNA; 湄公蒙镖水蚤

中图分类号: Q145

文献标识码: A

文章编号: 1000-3207(2023)10-1640-09



桡足类是内陆水体常见的浮游甲壳动物, 其种类丰富、分布广泛, 在湖泊、水库、河流及临时性水体中均有分布^[1, 2]。国内淡水桡足类(不包括寄生种类)自19世纪首次报道以来, 至1979年累计记录了哲水蚤目(Calanoida)、猛水蚤目(Harpacticoida)和剑水蚤目(Cyclopoida)211种^[1], 此后不断有新种和新记录种发现^[3-8]。淡水桡足类的分类研究为我国系统动物学的理论研究累积了基本资料。

镖水蚤科是哲水蚤目种类最多分布最广的类群, 全球目前记录440个物种^[2]。Li等^[5]基于野外采样和文献记录更新了国内镖水蚤科种类名录, 共确定镖水蚤科56种。镖水蚤科中的蒙镖水蚤属(*Mongolodiaptomus*)最初作为真镖水蚤属(*Eudiaptomus*)的亚属而创立, 1937年提升为独立的属^[9]。Reddy等^[10]依据雄性第5胸足等关键特征将原属于复镖水蚤属(*Allodiaptomus*)和新镖水蚤属(*Neodiaptomus*)的部分种类移入蒙镖水蚤属, 李慧明^[11]依据形态特征和DNA遗传距离分析将复镖水蚤属的*Allodiaptomus*

*rarus*移入蒙镖水蚤属。近年来蒙镖水蚤属陆续有新种发现^[12, 13], 已报道13种^[12]。国内共报道5种蒙镖水蚤, 包括短刀蒙镖水蚤(*M. gladiolus*)、台湾蒙镖水蚤(*M. uenoi*)、锯指蒙镖水蚤(*M. pectinidactylus*)、距刺蒙镖水蚤(*M. calcarus*)和锥肢蒙镖水蚤(*M. birulai*)^[1, 12]。

传统淡水桡足类的鉴定方法主要依靠形态学特征, 通常成体的第一触角、第四胸足、第五胸足、第五胸节后侧角、尾叉、尾刚毛及雄体的执握肢作为桡足类的重要分类特征^[1, 14]。由于形态可塑性、不同生活史阶段形态差异和趋同进化等原因, 传统的分类学方法对该类群进行物种鉴定和亲缘关系分析时存在诸多困难^[15]。随着分子手段的高速发展, 借助标记基因对生物进行确定, 在新种和新记录种的鉴定中可以提供更确切的证据, 为生物的分类鉴定提供了重要补充^[16, 17]。分子手段在系统发育分析中具有很大的潜力, 尤其是在形态特征非常有限时具有极大的优势^[13]。分子手段在哲

收稿日期: 2022-07-27; 修订日期: 2022-10-31

基金项目: 生物多样性调查评估项目(2019HJ2096001006)资助 [Supported by the Biodiversity Survey and Assessment Project of the Ministry of Ecology and Environment (2019HJ2096001006)]

作者简介: 魏朝军(1989—), 男, 助理实验师; 主要从事浮游动物分类及生态学研究。E-mail: chaojunwei@ihb.ac.cn

通信作者: 龚迎春, 女, 副研究员; 主要从事浮游动物分类与生态学研究。E-mail: springgong@ihb.ac.cn

水蚤目、猛水蚤目、剑水蚤目和杯口水蚤目(Poecilostomatoida)等类群的物种鉴定和系统发育分析中均已有多应用^[15, 17-19]。Thum^[15]基于18S rRNA对北美镖水蚤科桡足类进行系统进化分析, 确认了各属之间的亲缘关系, 该亲缘关系与物种的生物地理分布相吻合。李慧明^[11]基于COI基因序列对国内60种镖水蚤进行了分子鉴定, 其中56种分子鉴定结果与原有的基于形态特征的分类鉴定结果一致。

湄公蒙镖水蚤(*Mongolodiptomus mekongensis*)是泰国桡足类分类学家Sanoamuang和Watiroyram于2018年在湄公河流域下游洪泛平原首次报道并确定的蒙镖水蚤属新种^[12]。湄公蒙镖水蚤主要分布在湄公河流域下游泰国、老挝、柬埔寨和越南境内临时水体、路边沟渠和稻田中^[12]。国内如广东、广西和海南等地部分水体生境与湄公蒙镖水蚤发现地的生境相似度较高, 然而目前国内并没有该种的报道。

在海南省进行淡水浮游动物调查期间, 发现湄公蒙镖水蚤, 本研究详细描述了该种雌雄成体的形态学特征, 并与国内同属其他种类进行对比分析, 运用18S rDNA序列系统发育分析了该种与镖水蚤科其他属的亲缘关系, 为我国今后淡水桡足类分类和物种鉴定提供参考。

1 材料与方法

1.1 样品采集

跃进水库位于海南省临高县, 作为松涛东干补水水库以干渠相连, 集水面积28.8 km², 总库容1.504×10⁸ m³。南渡江发源于海南省白沙黎族自治县的南峰山, 在海口市流入琼州海峡, 全长333.8 km。2021年11月12日在跃进水库库中(E109.748°, N19.644°)和南渡江长安镇取水口(E110.0413°, N19.7271°)用13号浮游生物网采集浮游动物样品。样品用水样体积1%的鲁哥溶液保存^[1], 标本存放在中国科学院水生生物研究所。

1.2 形态学鉴定

在体式显微镜(Olympus SZ63)下解剖雌雄成体第1触角和第5胸足等结构, 使用正置生物显微镜(OLYMPUS BX33)进行形态学观察, 分类鉴定参考文献[20, 21]。湄公蒙镖水蚤形态图使用Adobe Illustrator CS5软件绘制。

1.3 扫描电镜分析

在解剖镜下挑取湄公蒙镖水蚤成体, 用PBS缓冲液清洗3次, 然后用100%酒精清洗1次, 室温条件下通风无尘处自然干燥24h; 在真空喷金后, 采用Hitachi S4800扫描电子显微镜观察形态特征并拍照^[22]。

1.4 DNA提取、扩增、测序及系统发育分析

挑取湄公蒙镖水蚤成体($n>30$)用于DNA提取。DNA提取及PCR产物回收等操作分别参照DNeasy Blood & Tissue Kit试剂盒(Qiagen, 德国)和OMEGA Gel Extraction Kit试剂盒(Omega, 美国)的说明进行。采用真核生物通用引物18S SSU rRNA-F(5'-AACCTGGTTGATCCTGCCAGT-3')和18S SSU rRNA-R(5'-TGATCCTTCTGCAGGTTTACC TAC-3')进行PCR扩增^[23]。扩增反应程序设置为95℃预变性5min; 95℃变性1min, 50℃退火1min, 72℃延伸2min 30s, 35个循环; 72℃末端延伸10min。

为了确定湄公蒙镖水蚤在哲水蚤目中的系统发育地位, 用本研究测定的18S rDNA序列, 以及从NCBI(<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>)中收集的哲水蚤目的32条18S rDNA序列构建系统发育树, 此外选取剑水蚤目北碚中剑水蚤(*Mesocyclops pehpeien-sis*)的18S rDNA序列作为外类群。利用MEGA7.0软件对上述序列进行比对^[24], 并用SeaView软件修剪序列^[25], 然后分别用最大似然法(Maximum likelihood, ML)和贝叶斯推断法(Bayesian Inference, BI)进行系统发育分析。最大似然法在MEGA7.0软件中进行, 分支节点支持率采用Bootstrap 1000次检验^[24]; 贝叶斯推断法分析在MrBayes软件中进行^[26], 共运算1000000代, 对每1000代进行1次抽样^[16]。

2 结果

2.1 形态学描述

雌性成体 体长0.96—1.39 mm(平均值±SD=1.16±0.40, $N=12$; 图1A)。第1触角25节, 左右对称, 长度超过尾叉末端(图1B和图3A)。吻前端有一对齿状突起(图1C)。头节和第1胸节不愈合。第4、5胸节不完全愈合。第5胸节两后侧角不对称, 右后侧角比左后侧角稍大, 角顶部各具一粗壮短刺, 角的内背缘各具一小刺。腹部分3节。生殖节左右不对称, 前部左侧呈圆丘状隆起, 靠近顶部具一锐刺; 右侧具三角形片状突起, 超过节中部, 顶部具一刺(图1E和图3D)。第2腹节甚短, 肛节较长。尾叉内、外缘具细刚毛, 尾叉长宽比约2:1, 具六根尾刚毛(图1E)。第5胸足左右对称, 第1基节近外末角具一壮刺, 第2基节外末角具一长刚毛, 长度接近外肢第1节末端。外肢第1节近长方形, 长度约为宽度两倍。第2节爪状刺内、外缘均具细刺, 靠近第3节基部具一短刺。第3节退化成小突起, 具一短刺和一长刺, 长刺是短刺的1.5倍。内肢二节, 近圆柱状, 第2节末端具一系列细刚毛(图1D和图3F)。

雄性成体 体长1.02—1.30 mm(平均±SD=

1.13±0.07, $N=13$; 图 2A)。头节和第1胸节不愈合。第4和第5胸节不完全愈合。第5胸节后侧角略扩展,

左右稍不对称, 顶端各有一刺。腹部5节, 生殖节右侧有一小刺。尾叉圆柱形, 长宽比2.5:1, 内缘具细

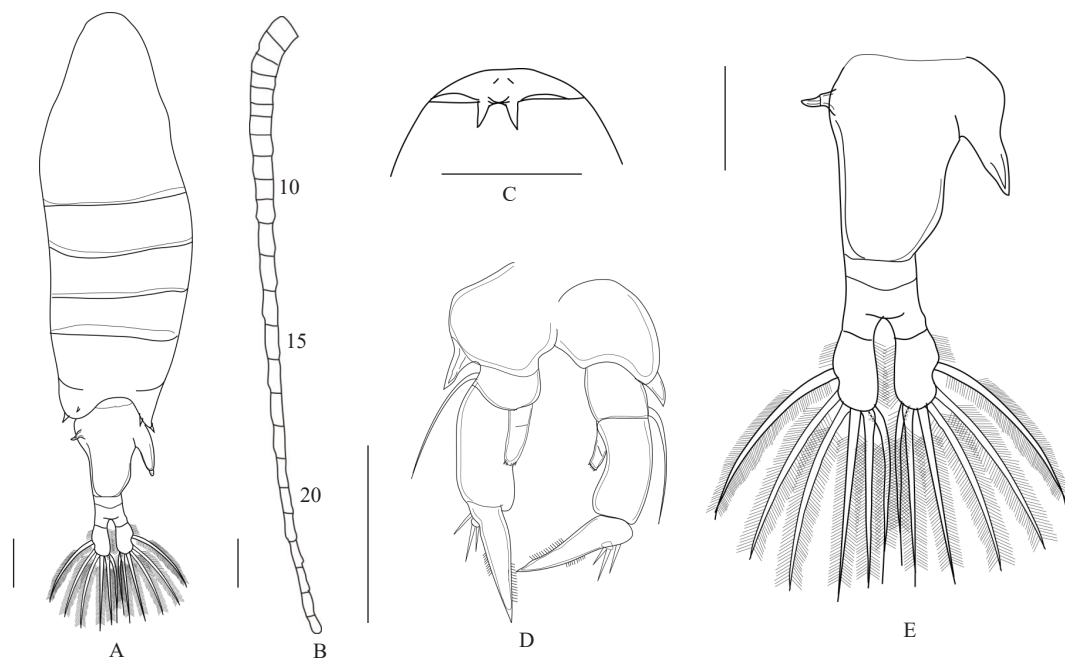


图 1 湄公蒙镖水蚤雌性成体形态特征

Fig. 1 Morphological characteristics of *Mongolodiptomus mekongensis* female individuals

A. 整体(背面观); B. 第1触角(数字示意节数); C. 吻(腹面观); D. 第5胸足; E. 腹部及尾叉(背面观); 标尺=100 μm
A. habitus(dorsal view); B. antennule; C. rostrum(frontal view); D. the 5th leg; E. urosome(dorsal view); Scale bars=100 μm

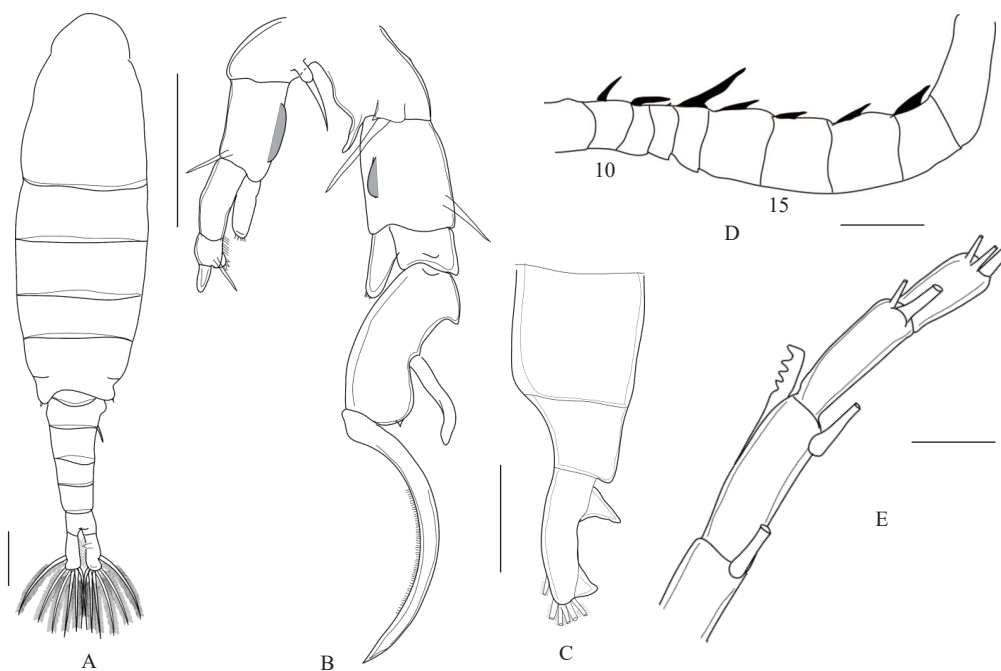


图 2 湄公蒙镖水蚤雄性成体形态特征

Fig. 2 Morphological characteristics of *Mongolodiptomus mekongensis* male individuals

A. 雄性整体; B. 第5胸足; C. 腹部第4节、肛节及尾叉侧面观; D. 执握枝中段具刺的各节(10—17节); E. 第1右触角(执握肢)末三节(20—22节); 标尺=100 μm

A. habitus(dorsal view); B. the 5th leg; C. urosome(lateral view); D. right antennule(segments 10—17); E. right antennule(segments 20—22); Scale bars=100 μm

刚毛。右尾叉腹面基部具三角形刺状几丁质突起, 末端有半圆形突起(图 3E)。第1左触角25节, 与雌性第1触角相同; 第1右触角(执握肢)22节, 第10和11—17节上各有具明显小刺, 以第13节上的刺最长(图 2D和图 3B), 倒数第3节(第20节)的外末角有一梳状突起, 锯齿数4—7个(图 2D和图 3C)。第5胸足左右不对称。右足基节连接板内末角突出, 顶部具一壮刺, 第1基节背面有一突起, 顶端具一长刺, 长度超过第2基节中部, 突起内末角呈锐三角形。第2基节近长方形, 长度约为宽度1.5倍, 节的中部具薄片状透明突起; 节的中部靠近末端处具一细刺, 长度不超过节的宽度。外肢第1节近似长方形。第2节长度约为宽度的2.5倍; 节的前端近中部有一圆

锥形突出; 侧刺位于节的中部, 其中部以后弯曲明显, 末端尖锐; 节的外末角具一片状突起; 钩状刺强大而弯曲, 内缘具细刚毛列。内肢粗壮, 一节, 长度大于外肢第一节, 末缘具一系列细刺。第5左胸足第1基节内侧具一柱状突起, 顶端有一刚毛, 长度超过第二基节中部。第2基节内缘具长薄片状透明膜, 节的外末角有一侧刺。外肢二节, 第1节近长方形, 第二节短小, 两节内缘均生有细刚毛。钳板短粗, 钳刺细长。内肢一节, 长度等于或稍长于外肢第1节, 末端有一列细刚毛(图 2B和图 3G)。

2.2 分子系统发育分析

本研究获得的湄公蒙镖水蚤18S rDNA序列长度为1766 bp。由于湄公蒙镖水蚤以及同属其他物

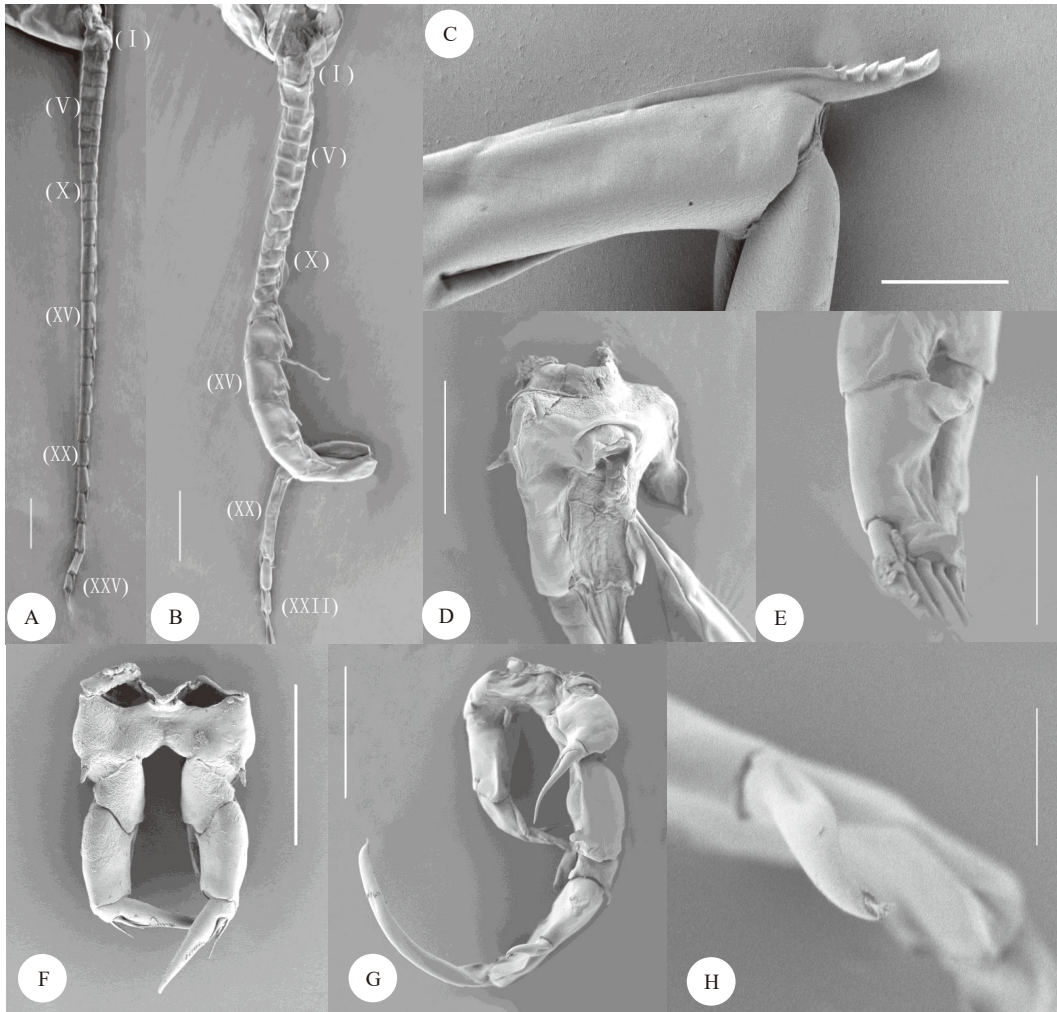


图 3 湄公蒙镖水蚤关键特征扫描电镜照片

Fig. 3 SEM photographs of *Mongolodiptomus mekongensis*

A. 雌性第1触角; B. 雄性第1右触角(执握肢); C. 雄性第1右触角倒数第3节梳状突起; D. 雌性生殖节; E. 雄性尾叉; F. 雌性第5胸足; G. 雄性第5胸足; H. 雄性第5右胸足外肢第2节侧刺; 标尺: A—B为200 μm ; C、H为20 μm ; D、F和G为100 μm ; E为50 μm

A. antennule of the female; B. the right antennule of the male; C. comb-like process on the antepenultimate segment of the right antennule of the male; D. genital somite of the female; E. caudal rami of the male; F. the 5th legs of the female; G. the 5th legs of the male; H. the principal lateral spine on second exopodite of right 5th leg of the male; Scale bars: 200 μm for A—B; 20 μm for C and H; 100 μm for D, F and G; 50 μm for E

种均无18S rDNA序列,因此采用所在哲水蚤目的相关物种序列构建进化树。系统发育分析最后比对的18S rDNA序列包含34个物种1686个碱基。运用最大似然法和贝叶斯法得到的拓扑结构基本一致(图4)。系统发育分析结果表明湄公蒙镖水蚤的遗传位置属于哲水蚤目、镖水蚤科,并且与真镖水蚤属聚为一枝。此外,湄公蒙镖水蚤还与新镖水蚤属、北镖水蚤属(*Arctodiaptomus*)和*Hesperodiaptomus*形成一个亲缘关系较近的大分枝,该分枝获得较高的支持率(ML/Bi=54/0.99;图4)。湄公蒙镖水蚤所在的镖水蚤科与哲水蚤目其他科,如胸刺水蚤科(Centropagidae)、伪镖水蚤科(Pseudodiaptomidae)、哲水蚤科(Calanidae)和宽水蚤科(Temoridae)以较高的自展值和后验概率明显分在不同分支

(ML/Bi>95/0.95),表明湄公蒙镖水蚤与哲水蚤目其他科物种亲缘关系较远(图4)。

3 讨论

3.1 蒙镖水蚤属与国内相关种的形态特征比较

蒙镖水蚤属(*Mongolodiaptomus*)由Kiefer^[9]1937年通过雄性第5胸足等特征从真镖水蚤属的亚属确立为独立的属,然而其所描述的特征与复镖水蚤属和新镖水蚤属重叠较多^[13],Reddy等^[10]对该属的分类特征进行了修订。基于这一修订,蒙镖水蚤属的主要特征是:雄性第5胸足右肢第2节外缘有三个刺和突起;一个显著的侧刺在中间位置,另外两个刺状突起在基部和末端。

海南发现的湄公蒙镖水蚤与Sanoamuang和

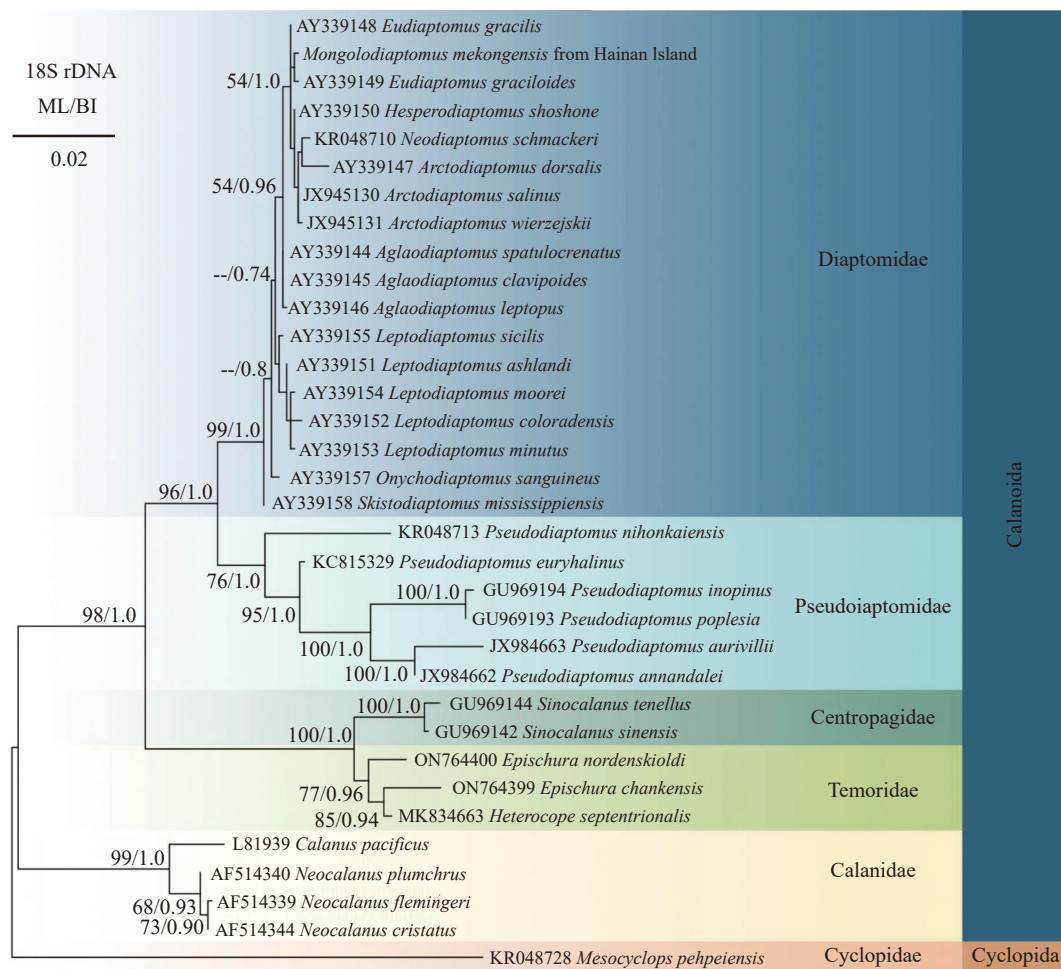


图4 基于哲水蚤目18S rDNA的系统发育树

Fig. 4 Phylogenetic tree based on the 18S rDNA gene sequences of Diaptomidae

系统发育树利用34条序列1686个比对的碱基构建,支持率是基于最大似然法(ML)结合贝叶斯推断(BI)整合而成,当支持率分别大于50%和0.70时会标注数值。选取剑水蚤目剑水蚤科北碚中剑水蚤(*Mesocyclops pehpeiensis*)作为外类群。标尺为0.02,代表序列差异度是2%

A total of 34 sequences with 1686 aligned characters are used to build the phylogenetic tree. Support values of maximum likelihood (ML) and Bayesian inference methods (BI) are indicated at nodes when they are above 50% and 0.70, respectively. *Mesocyclops pehpeiensis* of Cyclopidae is used as outgroup. Scale bar=0.02, indicating that the sequence divergence is 2%

Watiroyra^[12]记录的湄公蒙镖水蚤相比, 存在以下不同: (1)平均尺寸相对较小; (2)雌性执握肢倒数第3节梳状突起的锯齿数变化较大, Sanoamuang和Watiroyram^[12]记录的执握肢梳状突起的锯齿数为4个, 而海南发现的个体执握肢梳状突起的锯齿数为4—7个; (3)雌性第5胸足第2基节外末端刚毛长度更长, 几乎达到第5胸足外肢第1节末端(图1D)。

湄公蒙镖水蚤与国内同属其他物种形态差异主要表现在雌体第5胸节后侧角形状和第五胸足内肢节数的不同以及雄体执握肢和第5胸足结构的不同。从形态特征来看, 湄公蒙镖水蚤与台湾蒙镖水蚤最为相似, 如雄性执握肢均具梳状突起, 第5胸足右肢第1基节内末角均有刺状突起等, 与台湾蒙镖水蚤相比最显著的差异仅雄体第5右胸足外肢第2节的侧刺, 侧刺中部开始明显弯曲, 而后者笔直(表1和图5)。

3.2 中国蒙镖水蚤属种类(雄性)检索表

1 执握肢倒数第3节具指状突起	锥肢蒙镖水蚤 <i>M. birulai</i>
- 执握肢倒数第3节具梳状突起	2
2 第5右胸足第1基节内缘有一刺状突出	3
- 第5右胸足第1基节内缘无刺状突出	4

3 第5右胸足外肢第2节侧刺弯曲	湄公蒙镖水蚤 <i>M. mekongensis</i>
- 第5右胸足外肢第2节侧刺不弯曲	台湾蒙镖水蚤 <i>M. uenoi</i>
4 第5右胸足第1基节内末角有圆形片状突出	锯指蒙镖水蚤 <i>M. pectinidactylus</i>
- 第5右胸足第1基节内末角无突出	5
5 第5右胸足第2基节后半部伸出一矩状粗刺; 外肢第2节侧刺粗壮; 内肢锥形	距刺蒙镖水蚤 <i>M. calcarus</i>
- 该节背部无矩状刺; 外肢第2节侧刺较细; 内肢窄长条形	短刀蒙镖水蚤 <i>M. gladiolus</i>

3.3 蒙镖水蚤属分布范围

湄公蒙镖水蚤国外主要分布在湄公河的支流蒙河流域(Mun River Basin)泰国境内及湄公河下游流域老挝、柬埔寨和越南境内^[12], 与 *M. botulifer* (Kiefer, 1974)、*M. malaindosinensis* (Lai & Fernando, 1978)和 *M. uenoi* (Kikuchi, 1936)等10种镖水蚤分布区域重叠, 具体生境为河流、临时性水体、路边沟渠、稻田和泛滥区等, 水温为26.5—35℃, pH为6.9—7.9^[12]。本研究湄公蒙镖水蚤在海南临高县跃进水库等地采集得到, 该区域与国外分布区域纬度相近或稍靠北, 均属于热带区域。本属国内调查记录显示, 除锥肢蒙镖水蚤在黑龙江省哈尔滨有分布

表1 湄公蒙镖水蚤与相关种形态特征比较

Tab. 1 Comparison of morphological characteristics of *Mongolodiptomus mekongensis* and other species of the genus *Mongolodiptomus*

关键形态特征 Key morphological characteristics	湄公蒙镖水蚤 <i>M. mekongensis</i>	台湾蒙镖水蚤 <i>M. uenoi</i>	锥肢蒙镖水蚤 <i>M. birulai</i>	距刺蒙镖水蚤 <i>M. calcarus</i>	短刀蒙镖水蚤 <i>M. gladiolus</i>	锯指蒙镖水蚤 <i>M. pectinidactylus</i>
雌性Female						
第5胸节后侧角	右后侧角比左后侧角稍大	左右不对称, 左角圆钝, 右角狭尖; 角的顶部和背部各有一刺	顶部和背部各具一刺	右角较左角大, 顶部具一锐刺, 内侧缘具小突起, 上有一细刺	左右侧角较右后侧角长而尖锐, 两后侧角各有两根短刺	
第5胸足内肢	二节	一节	二节	二节	一节	二节
第5胸足第3节	一短刺和一长刺	一根长刺	二根刺	二根不等长刺	二根刚毛	
雄性Male						
执握肢倒数第3节	梳状突起, 锯齿4—7个	梳状突起, 锯齿4—6个	指状突起	梳状突起, 约5个锯齿	梳状突起, 6—7个锯齿	梳状突起, 锯齿8—9个
第5右胸足第1基节	内末角突出, 顶部具一壮刺, 外末角具长刺	内缘一刺, 背面两根刺	内末角片状突起	近外末角伸出突起, 顶端具壮刺	仅外末角具长刺	内末角片状突起
第5右胸足外肢第2节	侧刺末端扭曲明显	侧刺短粗、平直, 基部较宽, 末端尖锐	侧刺末半部略扭曲	侧刺平直、粗壮	侧刺细长	侧刺短粗、较平直
右尾叉突起	前端近中部刺状质突起, 末端半圆形突起	右侧中部小的齿状突起, 末端两个半圆状突起	具一突起	内基角具距状刺	近基部刺状突起	

注: 湄公蒙镖水蚤数据来自本文, 锥肢蒙镖水蚤、锯指蒙镖水蚤、距刺蒙镖水蚤、短刀蒙镖水蚤参考Shen and Song^[1], 台湾蒙镖水蚤参考Reddy等^[10]

Note: Data of *Mongolodiptomus mekongensis* are obtained from present study, data of *M. birulai*, *M. pectinidactylus*, *M. calcarus* and *M. gladiolus* are obtained from Shen and Song^[1], data of *M. uenoi* are obtained from Reddy, et al.^[10]

外^[1],其他分布样点均位于华南地区(图6)。湄公蒙镖水蚤与台湾蒙镖水蚤、短刀蒙镖水蚤分布区域重叠。由于Reddy等^[10]2000年重新修订了蒙镖水蚤属,同时还重新描述并修订了台湾蒙镖水蚤的主要

描述,但我国记录的台湾蒙镖水蚤并没有得到修订,由于台湾蒙镖水蚤和湄公蒙镖水蚤具有很相似的特征,因此此前国内记录的台湾蒙镖水蚤信息是否包括了湄公蒙镖水蚤的分布记录则不得而知。

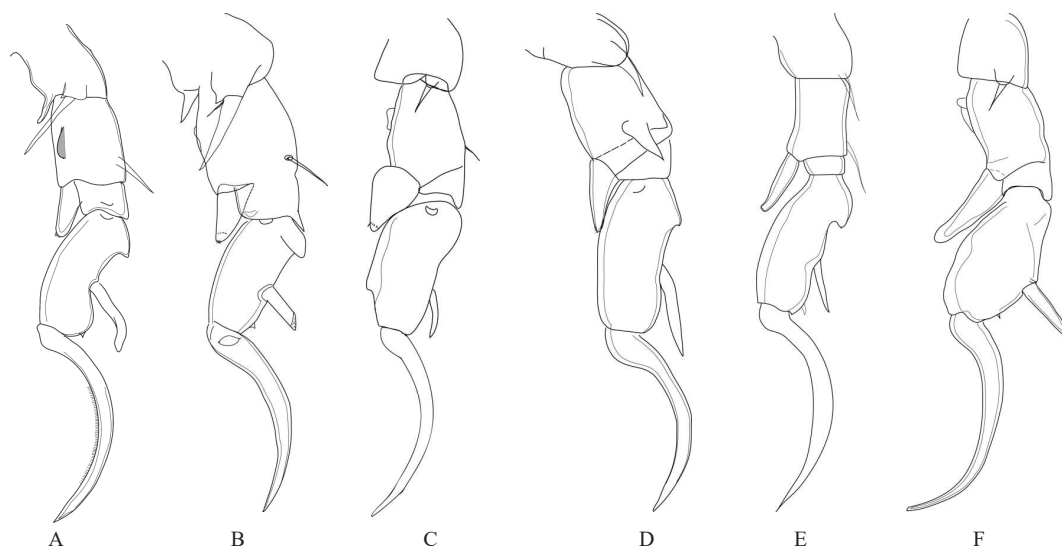


图5 六种蒙镖水蚤属种类雄体第五右胸足

Fig. 5 Right fifth legs of six species of the Genus *Mongolodiptomus*

A. 湄公蒙镖水蚤; B. 台湾蒙镖水蚤; C. 锥肢蒙镖水蚤; D. 距刺蒙镖水蚤; E. 短刀蒙镖水蚤; F. 锯指蒙镖水蚤。B仿Reddy等^[10], C—F仿沈嘉瑞和宋大祥^[1]

A. *M. mekongensis*; B. *M. uenoi*; C. *M. birulai*; D. *M. calcarus*; E. *M. gladiolus*; F. *M. pectinidactylus*; B redraw from Reddy, et al.^[10], C—F redraw from Shen and Song^[1]

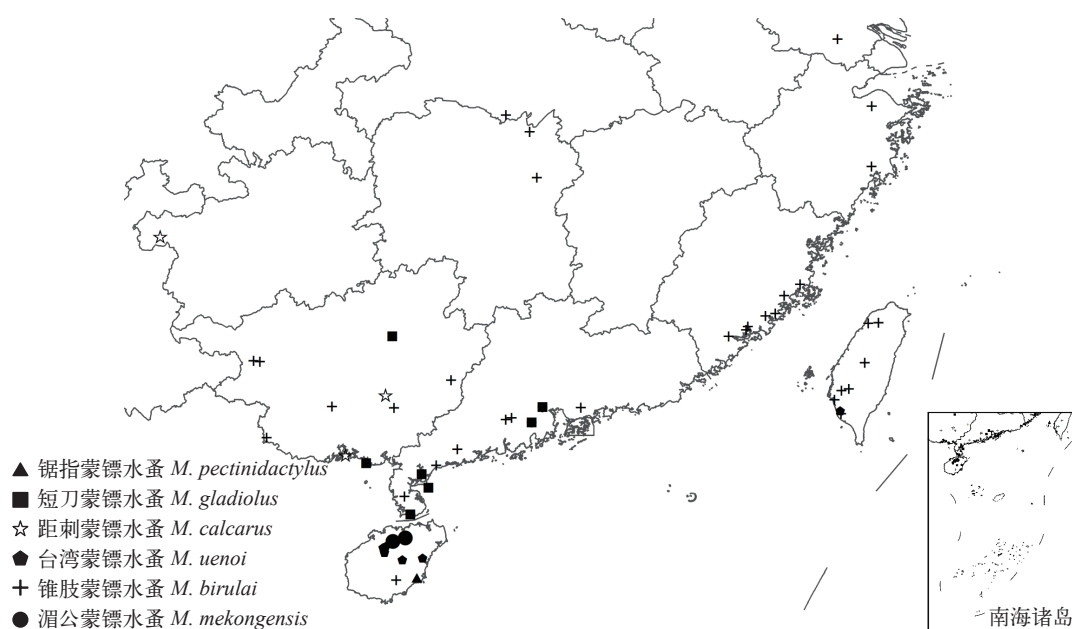


图6 蒙镖水蚤属种类在国内的分布

Fig. 6 Ecological distribution of *Mongolodiptomus* species in China

湄公蒙镖水蚤分布数据来自本文,锥肢蒙镖水蚤、锯指蒙镖水蚤、距刺蒙镖水蚤、短刀蒙镖水蚤参考沈嘉瑞和宋大祥^[1]和Li等^[5],台湾蒙镖水蚤参考Reddy等^[10]。锥肢蒙镖水蚤参考Bledzki等^[14]和Young等^[29]。锥肢蒙镖水蚤在黑龙江省哈尔滨也有分布^[1],图中未展示Data of *M. mekongensis* are obtained from present study. Data of *M. birulai*, *M. pectinidactylus*, *M. calcarus*, *M. gladiolus* from are obtained Shen and Song^[1] and Li^[5], data of *M. uenoi* from Reddy, et al.^[10]. Data of *M. birulai* are also obtained from Bledzki, et al.^[14] and Young, et al.^[29]. *M. birulai* are also found in Harbin, Heilongjiang Province, and the sites are not shown in this figure^[1]

3.4 蒙镖水蚤属的系统进化分析

本研究首次获得湄公蒙镖水蚤的18S rDNA序列, 该序列也是蒙镖水蚤属的首条18S rDNA序列。基于该序列得到的系统进化树显示蒙镖水蚤属与真镖水蚤属聚为一支, 同时与新镖水蚤属、北镖水蚤属和*Hesperodiaptomus*等属聚为大分枝(图4)。蒙镖水蚤最初作为真镖水蚤属的亚属, 后才提升为独立的属(Kiefer 1938), 本研究显示上述两属聚为一支, 证实了蒙镖水蚤属和真镖水蚤属存在着极近的亲缘关系。蒙镖水蚤属与新镖水蚤属在形态学上存在着一定的相似性^[13], 如某些雄性个体执握枝倒数第3节具有一指状突起, 雄性第5右胸足第2基节中部具透明膜, 外肢第2节具侧刺等^[1]。从系统发育分析结果来看, 蒙镖水蚤属、新镖水蚤属与真镖水蚤属以较高的后验概率聚为一支(ML/Bi=54/0.99), 因此本研究证实这几个属的亲缘关系较近(图4)。此前的研究曾依据形态特征对这3个属的分类地位做过多次调整^[9, 13], 本研究证实了它们之间较近的亲缘关系, 但是这3个属物种之间的相互关系有待进一步研究。

致谢:

感谢中国科学院水生生物研究所肖媛老师在扫描电镜操作中提供的指导; 感谢张瀚文在系统发育分析中提供的帮助; 感谢国家水生生物资源库提供的帮助。

参考文献:

- [1] Shen J R and Song D X. Fauna of China (Freshwater Copepoda) [M]. Beijing: Science Press, 1979: 53-420. [沈嘉瑞和宋大祥. 中国动物志(淡水桡足类) [M]. 北京: 科学出版社, 1979: 53-420.]
- [2] Boxshall G A, Defaye D. Global diversity of copepods (Crustacea: Copepoda) in freshwater [J]. *Hydrobiologia*, 2008, **595**(1): 195-207.
- [3] Chen F Z, Guo X M, Liu Z W. Species of *Mesocyclops* (Cyclopoida: Cyclopidae: *Mesocyclops*) in China [J]. *Sichuan Journal of Zoology*, 2008, **27**(1): 55-62. [陈非洲, 郭晓鸣, 刘正文. 中国中剑水蚤属种类记述 [J]. *四川动物*, 2008, **27**(1): 55-62.]
- [4] Guo X. Two new species of *Mesocyclops* from Southern China and notes on the genus *Mesocyclops* in China [J]. *Hydrobiologia*, 2000, **429**(1-3): 115-131.
- [5] Li H, Dumont HJ, Han B P, et al. Updated checklist and distribution of the diaptomid copepods (Copepoda, Calanoida, Diaptomidae) of China [J]. *Crustaceana*, 2018, **91**(3): 335-352.
- [6] Shu S, Chen F, Chen X. Redescription of a rare Himalayan species, *Arctodiaptomus* (*Haplodiaptomus*) *parvispinus* Kiffer 1935 From Potatso National Park, Yunnan, China (Copepoda, Calanoida, Diaptomidae) [J]. *Crustaceana*, 2013(86): 1564-1571.
- [7] Shu S S, Brancelj A., Chen F Z, et al. A new freshwater stygobiotic calanoid (Copepoda: Speodiaptominae) from Yunnan, China [J]. *Zootaxa*, 2017, **4290**(1): 192-200.
- [8] Ding R, Chen F, Alekseev V R. A redescription of the rare eucyclopine copepod *Eucyclops productus* Kiefer, 1939 (Multicrustacea: Copepoda: Cyclopoida: Cyclopidae) and a key to *Eucyclops* subgenera and species of China and adjacent areas [J]. *Zootaxa*, 2022, **5182**(4): 377-388.
- [9] Kiefer F. Süßwassercopoden aus Ostasien. II. Neue Diaptomiden und Cyclopiden von der Insel Formosa. *Zoologischer Anzeiger*, 1937(119): 58-64.
- [10] Reddy Y R, Sanoamuang L O, Dumont H J. Amended delimitation of *Mongolodiaptomus* against *Neodiaptomus* and *Allodiaptomus* and redescription of the little known *Mongolodiaptomus uenoi* (Kikuchi, 1936) from Thailand (Copepoda: Calanoida: Diaptomidae) [J]. *Hydrobiologia*, 2000, **418**(1): 99-109.
- [11] Li H M. Species diversity, Phylogeny and Biogeography of Diaptomidae (Copepoda: Calanoida) in China [D]. Guangzhou: Jinan University, 2017. [李慧明. 中国镖水蚤科(桡足类: 哲水蚤目)种类多样性、系统发育及生物地理学研究 [D]. 广州: 暨南大学, 2017.]
- [12] Sanoamuang L, Watiroyram S. *Mongolodiaptomus mekongensis*, a new species of copepod (Copepoda, Calanoida, Diaptomidae) from temporary waters in the floodplain of the lower Mekong River Basin [J]. *The Raffles Bulletin of Zoology*, 2018(66): 782-796.
- [13] Watiroyram S, Sanoamuang L O. A new species of *Mongolodiaptomus* Kiefer, 1938 from northeast Thailand and a key to the species (Crustacea, Copepoda, Calanoida, Diaptomidae) [J]. *Zookeys*, 2017, **710**(710): 15-32.
- [14] Bledzki L, Rybak J. Freshwater Crustacean Zooplankton of Europe [M]. Switzerland: Springer International Publishing, 2016.
- [15] Thum R A. Using 18S rDNA to resolve diaptomid copepod (Copepoda: Calanoida: Diaptomidae) phylogeny: an example with the North American Genera [J]. *Hydrobiologia*, 2004, **519**(1): 135-141.
- [16] Chen M, Ma M Y, Wang H X, et al. Redescription of mixotrophic *Poterioochromonas malhamensis* and its phylogenetic analysis [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2020, **44**(5): 1130-1142. [陈嫚, 马明洋, 王红霞, 等. 混合营养型马勒姆杯棕鞭藻的重描述及其系统发育分析 [J]. *水生生物学报*, 2020, **44**(5): 1130-1142.]
- [17] Figueroa D F. Phylogenetic analysis of *Ridgewayia* (Copepoda: Calanoida) from the Galapagos and of a new species from the Florida keys with a reevaluation of the phylogeny of Calanoida [J]. *Journal of Crustacean Biology*, 2011, **31**(1): 153-165.
- [18] Bucklin A, Frost B W. Morphological and molecular phylogenetic analysis of evolutionary lineages within *Clausocalanus* (Copepoda: Calanoida) [J]. *Journal of Crustacean Biology*, 2009, **29**(1): 111-120.
- [19] Blanco-Bercial L, Bradford-Grieve J, Bucklin A. Molecu-

- lar phylogeny of the Calanoida (Crustacea: Copepoda) [J]. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 2011, **59**(1): 103-113.
- [20] Nishida T, Rerkamnuaychoke W, Tung D, *et al.* Morphological identification and ecology of the red jungle fowl in Thailand, Laos and Vietnam [J]. *Nihon Chikusan Gak-kaiho*, 2000, **71**(5): 470-480.
- [21] Reddy Y R, Sanoamuang L O, Dumont H J. A note on the Diaptomidae of Thailand, including redescription of three species and description of a new species (Copepoda, Calanoida) [J]. *Hydrobiologia*, 1997, **361**(1/2/3): 201-223.
- [22] Zhu N N, Gao Q, Li W X, *et al.* Observation on three species of *Sinergasilus* (Copepoda: Ergasilidae) by scanning electron microscopy [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2010, **34**(6): 1190-1192. [朱宁宁, 高谦, 李文祥, 等. 三种中华蚤的扫描电镜观察 [J]. 水生生物学报, 2010, **34**(6): 1190-1192.]
- [23] Medlin L, Elwood H J, Stickel S, *et al.* The characterization of enzymatically amplified eukaryotic 16S-like rRNA-coding regions [J]. *Gene*, 1988, **71**(2): 491-499.
- [24] Kumar S, Stecher G, Tamura K. MEGA7: molecular evolutionary genetics analysis version 7.0 for bigger datasets [J]. *Molecular Biology and Evolution*, 2016, **33**(7): 1870-1874.
- [25] Gouy M, Guindon S, Gascuel O. SeaView version 4: a multiplatform graphical user interface for sequence alignment and phylogenetic tree building [J]. *Molecular Biology and Evolution*, 2009, **27**(2): 221-224.
- [26] Huelsenbeck J P, Ronquist F. MRBAYES: Bayesian inference of phylogenetic trees [J]. *Bioinformatics*, 2001, **17**(8): 754-755.
- [27] Dur G, Souissi S, Schmitt F G, *et al.* Mating and mate choice in *Pseudodiaptomus annandalei* (Copepoda: Calanoida) [J]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2011, **402**(1/2): 1-11.
- [28] Perbiche-Neves G, Boxshall G A, Previattelli D, *et al.* Identification Guide to some Diaptomid species (Crustacea, Copepoda, Calanoida, Diaptomidae) of “de la Plata” River Basin (South America) [J]. *ZooKeys*, 2015(497): 1-111.
- [29] Young S S, Lin S C, Liu M Y. Genetic diversity and population structure of two freshwater copepods (Copepoda: Diaptomidae), *Neodiaptomus schmackeri* (Poppe and Richard, 1892) and *Mongolodiaptomus birulai* (Rylov, 1922) from Taiwan [J]. *Diversity*, 2013, **5**(4): 796-810.
- [30] Sanoamuang L, Dabseepai P. Diversity, distribution, and habitat occurrence of the diaptomid copepods (Crustacea: Copepoda: Diaptomidae) in freshwater ecosystems of Thailand [J]. *Water*, 2021, **13**(17): 2381.

FIRST RECORD OF *MONGLODIAPTOMUS MEKONGENSIS* IN CHINA AND ITS PHYLOGENETIC ANALYSIS

WEI Chao-Jun¹, XIONG Dan-Ni², WANG Yu-Lu¹, FENG Wei-Song¹, MIAO Rong-Li¹ and GONG Ying-Chun¹

(1. Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China; 2. Center for Ecological and Environmental Monitoring and Scientific Research, Yangtze River Basin Ecological and Environmental Supervision Administration, Ministry of Ecology and Environment, Wuhan 430010, China)

Abstract: Diaptomidae is one of the most common seen freshwater copepod fauna, the taxonomic study of this taxon is the basic information for the theoretical study of systemic zoology. Five species of genus *Mongolodiaptomus* (Copepoda, Calanoida, Diaptomidae) were reported in China before. This research reported a new species of *Mongolodiaptomus* from Hainan Island, which is the first record of *Mongolodiaptomus mekongensis* Sanoamuang & Watiroyam, 2018 in China. Through scanning electronic and light microscopy, the morphological characteristics are described and illustrated in detail. In addition, 18S rDNA gene sequences were also obtained for the first time to investigate phylogenetic position of this species. Morphological characteristics of female species are described in detail as follows: postero-lateral wings of the fifth pedigerous segment were asymmetrical and right wing somewhat was larger than left. Left proximal part of genital somite broadly expanded and provided with laterally directed spine; Right proximal region of genital somite produced into posterolaterally directed, triangular process, tipped with variable spine, exceeded the middle of the genital somite. Morphological characteristics of male species are described in detail as follows: Right antennule transformed and geniculated, with 22 segments and the antepenultimate with comb-like process; Intercoxal plate of the right fifth leg produced into spine-like lobes on distal margin; The principal lateral spine on second exopodite of the right fifth leg is obviously bent; The right caudal ramus has two ventral chitinous prominences, one strong spiniform process on prominence proximally and one semi-circular ridges located at the end. The molecular phylogenetic analysis showed that *M. mekongensis* is closed related with the genus *Eudiaptomus* and *Neodiaptomus*. This study provides detailed morphological characteristics and molecular data for *M. mekongensis*, laying the foundation for future research on this species and genus *Mongolodiaptomus*.

Key words: First record in China; Freshwater copepods; 18S rDNA; *Mongolodiaptomus mekongensis*