



吴小香, 杨浩, 孟祥瑞, 李加慧. 阿蠓属一新种及一中国新记录种 (昆虫纲: 双翅目: 蠓科) [J]. 环境昆虫学报, 2022, 44 (4): 1043–1052.

阿蠓属一新种及一中国新记录种 (昆虫纲: 双翅目: 蠓科)

吴小香, 杨浩, 孟祥瑞, 李加慧*

(海南大学植物保护学院, 热带农林生物灾害绿色防控教育部重点实验室, 海口 570228)

摘要: 本研究整理了2018年至2021年海南岛采集的阿蠓属 *Alluaudomyia* 昆虫标本, 结合形态学特征和DNA条形码进行物种鉴定, 首次记录了环纹阿蠓种团 *the annulata group* 在我国分布, 鉴定发现了该种团内一新种拟环纹阿蠓 *Alluaudomyia pseudannulata* Wu & Li sp. nov., 及一中国新记录种环足阿蠓 *Alluaudomyia annulipes* Wirth & Delfinado, 1964. 详细描述了两种阿蠓的形态特征, 提供了鉴定特征图、海南岛物种分布图以及COI条形码。

关键词: 海南岛; DNA条形码; 环纹阿蠓种团; 捕食蠓; 分类

中图分类号: Q968.1; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2022) 04-1043-09

A new species and a newly recorded species of the genus *Alluaudomyia* (Insecta: Diptera: Ceratopogonidae) from China

WU Xiao-Xiang, YANG Hao, MENG Xiang-Rui, LI Jia-Hui* (Key Laboratory of Green Prevention and Control of Tropical Plant Diseases and Pests, Ministry of Education, College of Plant Protection, Hainan University, Haikou 570228, China)

Abstract: The specimens of the genus *Alluaudomyia* collected from Hainan Island during the year 2018 to 2021 were sorted out. A new species *A. pseudannulata* Wu & Li sp. nov., and a newly recorded species from China, *A. annulipes* Wirth & Delfinado, 1964 in the *annulata* group were identified based on morphological characters and DNA barcodes. Both species were described and illustrated, COI barcodes were also provided. The *annulata* group was recorded from China for the first time.

Key words: Hainan Island; DNA barcodes; the *annulata* group; predaceous midges; taxonomy

阿蠓属 *Alluaudomyia* Kieffer, 1913 隶属于蠓科 Ceratopogonidae 蠓亚科 Ceratopogoninae 蠓族 Ceratopogonini (虞以新等, 2005), 是一类捕食性蠓类, 雌成虫常捕食摇蚊 Chironomidae 成虫 (Downes, 1978), 而幼虫栖息在池塘、沼泽、湿地、树洞以及溪流、河流和湖泊等各类水体中 (Borkent, 2014; Szadziewski *et al.*, 2015), 捕食摇蚊、蚊虫 Culicidae 及铁蠓 *Forcipomyia* spp. 的幼虫

(De Meillon and Wirth, 1991; Sarkar and Mazumdar, 2019)。本属世界性分布, 全球已知 201 种 (Borkent and Dominiak, 2020), 共分为环纹阿蠓种团 (*the annulata group*)、多斑阿蠓种团 (*the maculipennis group*)、石纹阿蠓种团 (*the marmorata group*)、巴维阿蠓种团 (*the parva group*)、淡黄阿蠓种团 (*the xanthocoma group*) 和纽节阿蠓种团 (*the desma group*) 6 个种团 (Wirth

基金项目: 海南省自然科学基金高层次人才项目 (421RC485)

作者简介: 吴小香, 女, 硕士研究生, 研究方向为海南岛蠓族昆虫系统分类研究, E-mail: xiaoxiang.wu@qq.com

* 通讯作者 Author for correspondence: 李加慧, 男, 副教授, 研究方向为昆虫多样性与系统分类, E-mail: jiahui.li1984@qq.com

收稿日期 Received: 2022-03-24; 接受日期 Accepted: 2022-05-05

and Delfinado, 1964; 虞以新等, 2005)。迄今我国共记录阿蠓 32 种 (虞以新等, 2005; 聂维忠等, 2009; 刘仰青等, 2011; 刘仰青等, 2021), 隶属于除巴维阿蠓种团和环纹阿蠓种团外的 4 个种团, 其中海南岛共有 6 种分布, 包括多斑阿蠓种团的弯曲阿蠓 *Alluaudomyia flexuosa* Yu & Hao, 2005、美岛阿蠓 *Alluaudomyia formosana* Okada, 1942 和边缘阿蠓 *Alluaudomyia marginalis* Wirth & Delfinado, 1964, 石纹阿蠓种团的柱形阿蠓 *Alluaudomyia columinis* Liu, Yan & Liu, 1996、龙州阿蠓 *Alluaudomyia longzhouensis* Hao & Yu, 1991 和棘刺阿蠓 *Alluaudomyia spinosipes* Tokunaga, 1962 (刘金华等, 1996)。

环纹阿蠓种团世界记录共 15 种, 8 种分布在东洋界 (Wirth and Delfinado, 1964; Debenham, 1971; Giles and Wirth, 1984), 但此前在我国未曾报道。经过整理鉴定 2018 年至 2021 年在海南岛采集的阿蠓属昆虫, 本文首次记录环纹阿蠓种团在中国分布, 共包括 2 种, 含一新种和一中国新记录种, 现对此 2 种阿蠓进行描述。

1 材料与方法

研究标本来自 2018 年至 2021 年在海南岛灯光诱集的阿蠓成虫酒精浸泡标本。体式显微镜下初步鉴定后参照 Bellis *et al.* (2013) 的方法对所有标本进行无损形态基因组 DNA 提取, 随后制作成玻片标本。

形态学方法: 本研究使用奥林巴斯 SZX16 体式显微镜观察标本, 进行解剖和制作玻片标本, 并通过连接的 CCD (DP72) 拍摄虫体轮廓和中胸背板, 利用生物显微镜 XSP-42CA 和 CCD (YH5001) 对玻片标本进行物种鉴定以及各部分显微特征拍照和测量, 利用 Adobe Illustrator CC 2018 和 Adobe Photoshop CC 2018 进行雄性生殖器绘制。物种的地理分布图使用 Arcmap 10.2 软件制作完成 (Rinner and Voss, 2013)。物种描述中形态术语和测量依据 Wirth and Grogan (1988) 和 Szadziewski *et al.* (2015), 翅脉和翅室依据 Borkent (2017)。测量数据形式为最小值~最大值 (平均值, n = 检视标本数量)。模式标本和凭证标本均保存于海南大学植物保护学院昆虫标本馆。

缩写词: 触角比 (AR), 触角鞭节第 9~13 节总长与鞭节第 1~8 节总长的比值; 翅前缘脉比 (CR), 前缘脉长与翅长的比值; 喙头比 (P/H), 喙长与头高的比值; 触须比 (PR_{III}), 触须第 3 节长与宽的比值; 前足跗节比 (TR_I)、中足跗节比 (TR_{II})、后足跗节比 (TR_{III}), 前、中、后足第 1 跗节与第 2 跗节的长度比值。

DNA 条形码: 选择线粒体细胞色素 C 氧化酶亚基 1 (mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I, CO I) 基因作为 DNA 条形码基因, 利用 CO I 通用引物 (LCO1490: 5'-GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG-3', HCO2198: 5'-TAAACTTCAGGGTGA CCAAAAAATCA-3') (Folmer *et al.*, 1994) 进行 PCR 扩增和测序。PCR 扩增体系为 25 μ L, 其中 2 \times Mix 12.5 μ L, 正、反向引物各为 0.8 μ L, DNA 模板 2 μ L, ddH₂O 8.9 μ L。PCR 反应程序为: 94 $^{\circ}$ C 预变性 3 min; 94 $^{\circ}$ C 变性 30 s、45 $^{\circ}$ C 退火 30 s、72 $^{\circ}$ C 延伸 1 min, 35 个循环; 72 $^{\circ}$ C 最终延伸 5 min。获得的 8 条 CO I 基因序列均上传至 BOLD (<http://www.boldsystems.org/index.php>) 和 GenBank (登录号: ON220856-ON220863)。下载已公开的 2 种阿蠓的 CO I 基因序列 (巴维阿蠓 *A. parva*, GenBank 登录号: JN291539, KM901343, KM920687, KR663659, KR953594, KR955895, MG171582; 四斑阿蠓 *A. quadripunctata*, GenBank 登录号: KT278187), 基于 Kimura 双参数模型 (Kimura-2-Parameter, K2P) (Tamura *et al.*, 2013), 利用 MEGA 7.0 计算种内和种间遗传距离; 选择 *Stilobezzia antenalis* (GenBank 登录号: MG175492.1) 为外群, 采用邻接法 (Neighbor-Joining, NJ) 构建系统发育树, 并进行自举检验 (Bootstrap = 1 000)。

2 结果与分析

2.1 环纹阿蠓种团鉴别特征

翅面多斑, 其中 $r-m$ 脉和 r_2 翅室端部各具 1 个暗斑, 数个小暗斑沿 R 脉分布, 翅后缘有 7 个暗斑, 均压在纵脉上, 其中有 4 个暗斑压在 M_1 、 M_2 、 M_4 和 CuA 脉近端部, 其余 3 个暗斑分别压在 M_2 、 M_4 脉近基部和 A 脉端部; 翅面端部通常具大毛; 触角鞭节双色, 各节端部常浅色, 中部深色, 鞭节 4~10 节基部的浅色环通常较窄; 各足具暗斑

或暗色环纹; 雌虫各足爪不相等, 1 个受精囊, 无支囊; 雄性生殖器复杂多样化, 通常具踝突。

2.2 拟环纹阿蠓 *Alluaudomyia pseudannulata* Wu & Li sp. nov. (新种) (图 1~4、7)

鉴别特征: 本新种与环纹阿蠓 *A. annulata*、环足阿蠓 *A. annulipes* 具有相似的翅斑和足环纹, 雌虫可通过大颚齿数 (本种 10 枚, 另 2 种分别为 14 和 20 枚)、中胸背板前缘无深色大斑与另 2 种区分; 雄虫可通过小盾片上粗鬃数量 (本种 2 根, 另 2 种均为 4 根) 以及本种阳茎中叶中轴呈树状, 另 2 种阳茎中叶中轴无枝突来区分。

物种描述: 雌成虫 体长 1.94 ~ 2.05 (1.99, $n=2$) mm (图 1-A)。

头部: 头顶黄白色, 具 11 根刚毛; 额顶具一块稍硬化的增厚斑 (图 2-D); P/H 0.61 ~ 0.67

(0.64, $n=2$)。复眼相接, 小眼面间无柔毛。触角 (图 2-B) 柄节、梗节深褐色, 柄节外侧具 3 根刚毛; 鞭节分 13 节, 第 1 节深褐色, 端部浅色, 第 2~8 节各节两端浅色, 中部褐色, 第 9~12 节基部褐色, 端部浅色, 第 13 节褐色; 触角长 0.70 ~ 0.76 (0.73, $n=2$) mm, AR 0.83 ~ 0.87 (0.85, $n=2$)。触须 (图 2-B) 褐色, 基部 2 节略浅; 第 3 节长 34 ~ 52 (41, $n=2$) μm , PR_{III} 1.83 ~ 2.00 (1.88, $n=2$), 近端部具感觉器窝。大颚齿 10 枚。

胸部: 中胸背板 (图 1-C) 浅黄色, 各毛基处可见浅褐色斑点。小盾片浅黄色, 前缘和后缘中央各具深色小斑, 具 3~4 根粗鬃。后小盾片浅黄色, 后缘中部颜色略深。腹板深褐色。

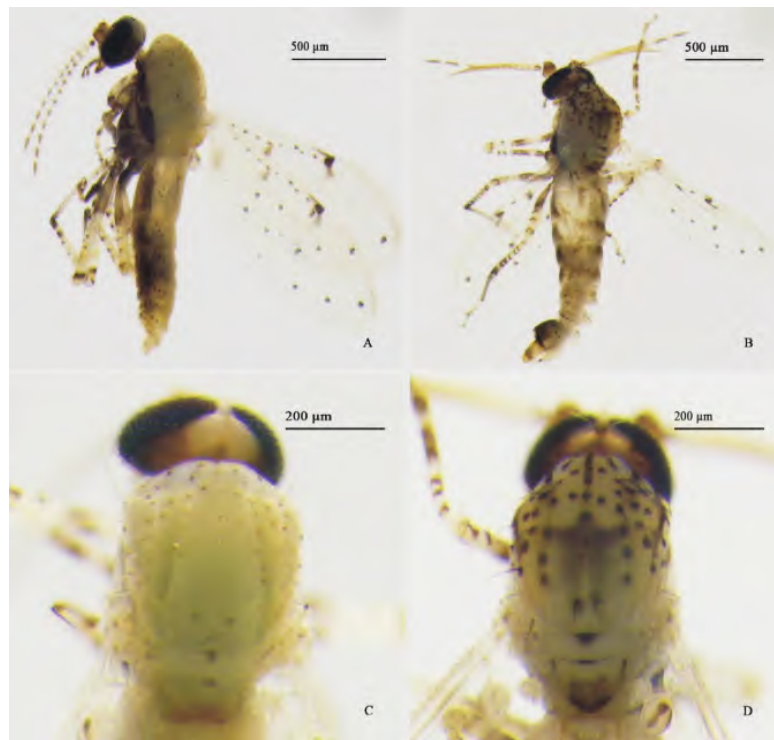


图 1 拟环纹阿蠓

Fig. 1 *Alluaudomyia pseudannulata* Wu & Li, sp. nov.

注: A, 雌虫整体侧面观; B, 雄虫整体侧面观; C, 雌虫胸部背面观; D, 雄虫胸部背面观。

Note: A, B, Habitus, lateral view; C, D, Thorax, dorsal view (A, C for female; B, D for male).

翅 (图 2-A) 长 1.06 ~ 1.22 (1.14, $n=2$) mm, 宽 0.45 ~ 0.52 (0.49, $n=2$) mm, CR 0.57 ~ 0.60 (0.59, $n=2$)。翅面略带褐色具明显暗斑; 其中近 $r-m$ 脉被暗斑覆盖, r_2 翅室端部具 1 暗斑斜向下延伸至 r_3 翅室中部, R 至 R_3 脉上具 8 个深色

小斑, 另有 7 个近圆形暗斑均压于纵脉上, r_3 翅室近端部和臀室基部各具 1 块不明显带状暗斑; R 脉、 R_3 脉、翅缘及翅面近端部 1/3 着生少量大毛。平衡棒白色, 端部浅褐色。

足: 各足基节和转节褐色; 股节与胫节多褐

色窄纹(图2-C),股节基部约1/3褐色,膝盖浅色;胫节端部褐色。前足与后足基跗节褐色,中足基跗节两端褐色,中部浅色,其余各跗节浅色。后足胫端鬃7~8根。 TR_I 2.15~2.17(2.16, n=2), TR_{II} 2.89~3.05(3.02, n=2), TR_{III} 2.89~2.97(2.94, n=2)。爪发达,皆不等长。

腹部:背板淡黄色,第2~8背板每侧分别具3、4、4、4、5、5和2个深色毛基斑(图3-C)。第1~8腹板褐色。受精囊(图3-A)1个,长椭圆形,长102~108(105, n=2) μm ,宽49~51(50, n=2) μm ,基部密布透明刻点,具短颈。

雄性成虫形态特征与雌性基本一致,不同如下:体长1.77~1.90(1.83, n=3) mm(图1-B)。鞭节第1~10节浅色,具褐色轮毛,第11、12节端部浅色,第13节褐色(图2-E)。大颚齿退化。中胸背板中后部具模糊暗斑(图1-D),毛基色斑

较雌性大且色深。小盾片具2根粗鬃。小盾片和后小盾片深色区域面积较雌虫大。翅(图3-B)R脉至 R_3 脉仅具1个深色小斑;翅面少大毛。爪小,等长。

腹部尾器(图4-A, D)第9腹板长,后缘中部凸起达阳茎中叶的近端部。第9背板长为抱握基节的2/3,基部宽,端部具发达侧突;尾须发达,着生数根小刚毛。抱握基节基半部粗大,向端部渐细,有发达的腹踝和背踝。抱握端节细长,中等弯曲,端部稍硬化。阳茎中叶(图4-C)硬化,基半部呈宽拱门状,拱臂细长;拱顶中轴具树状枝突。阳基侧突(图4-D)分离,端部双角突状。

词源种名是由拉丁词 *Pseudo-*, 假的, 伪的, 和 *annulata*, 环纹阿蠊的种名组合而成, 词性为阴性。

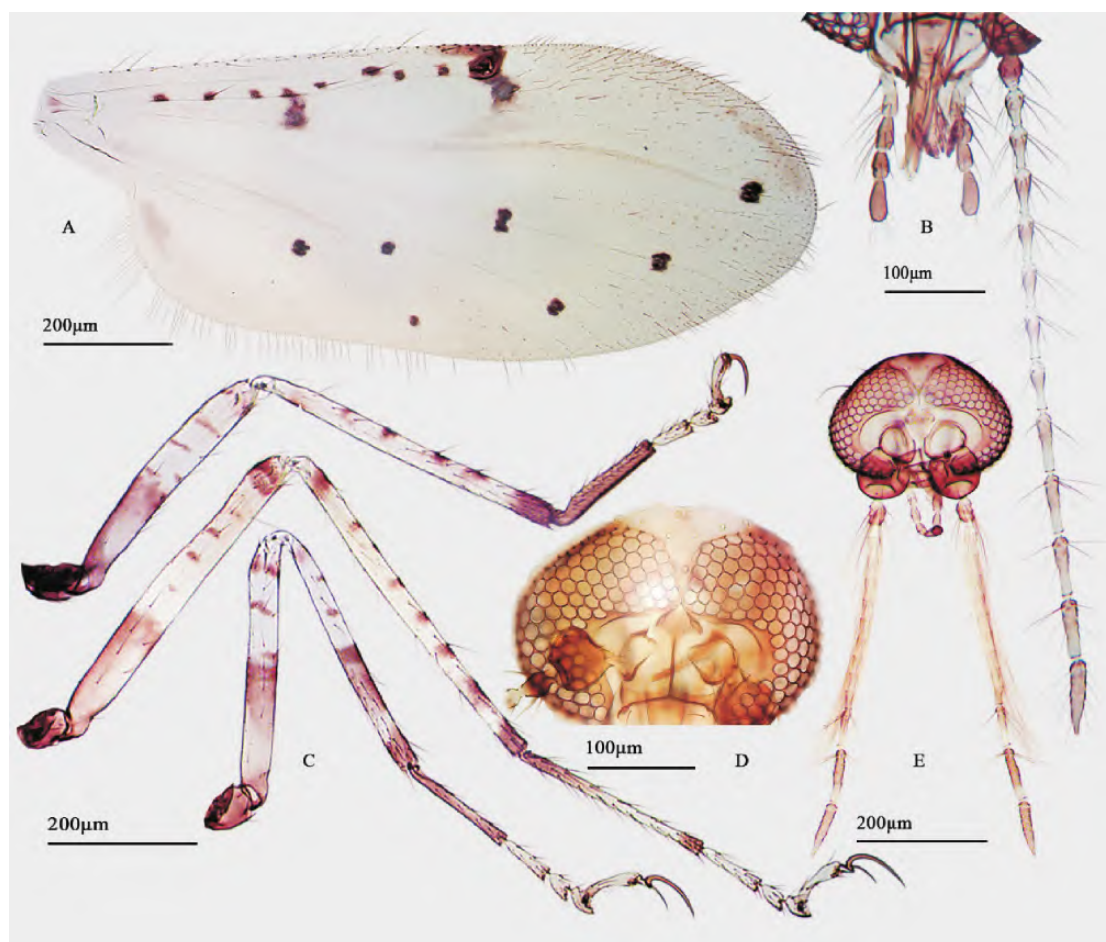


图2 拟环纹阿蠊

Fig. 2 *Alluaudomyia pseudannulata* Wu & Li, sp. nov.

注: A, 翅; B, 触角和触须; C, 足; D, E, 头(A~D为雌虫; E为雄虫)。Note: A, Wing; B, Antenna and palpi; C, Legs; D, E, Head (A~D for female; E for male).



图3 拟环纹阿蠓

Fig. 3 *Alluaudomyia pseudannulata* Wu & Li, sp. nov.

注: A, 受精囊; B, 雄虫翅; C, 腹部, 侧面观。Note: A, Spermatheca; B, Male wing; C, Abdomen, lateral view.

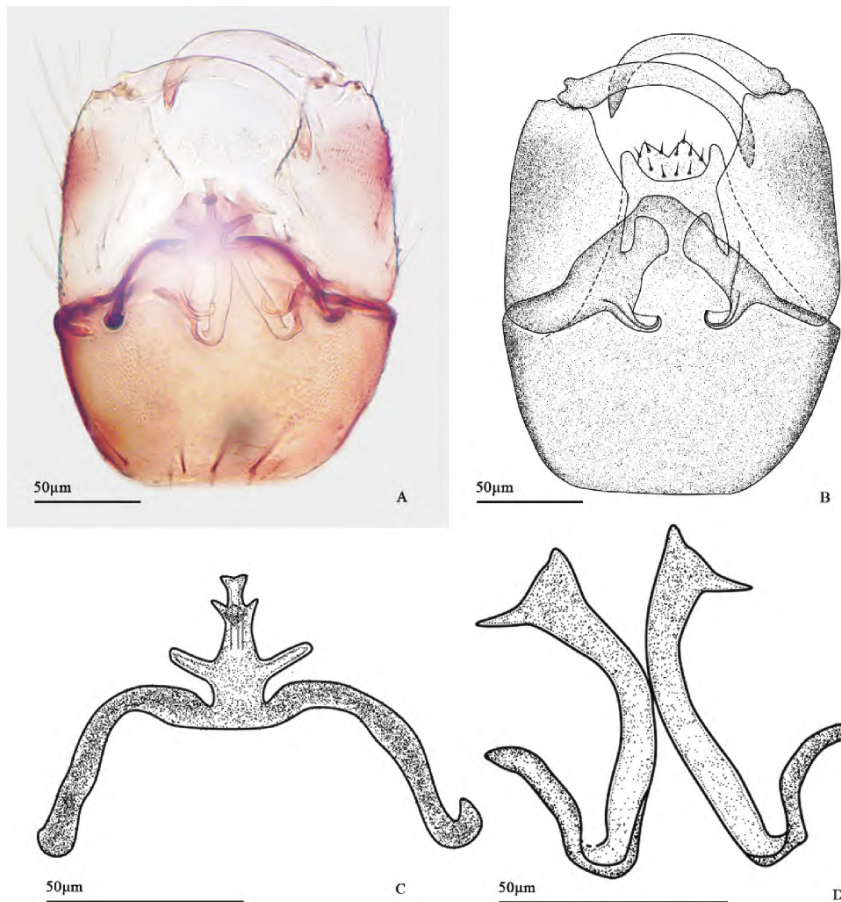


图4 拟环纹阿蠓雄虫腹部尾器

Fig. 4 Male hypopygium of *Alluaudomyia pseudannulata* Wu & Li, sp. nov.

注: A, 尾器, 腹面观; B, 尾器 (不含阳茎中叶和阳基侧突), 腹面观; C, 阳茎中叶; D, 阳基侧突。Note: A, Hypopygium, ventral view; B, Hypopygium exclude aedeagus and parameres, ventral view; C, Aedeagus; D, Parameres.

DNA 条形码测序获得了拟环纹阿蠓 2 头雌虫和 3 头雄虫的 CO I 条形码序列 (GenBank 登录号: ON220856-ON220860), 序列长度为 658 bp, 种内遗传距离为 0.000 ~ 0.002, 种内平均遗传距离为 0.001。构建的 NJ 树 (图 8) 拟环纹阿蠓的所有雌性和雄性个体聚为高支持率 (100%) 的单系。

正模: ♂, 海南省儋州市人民公园西南 376 m 湖边, 19.5038°N/109.5208°E, H 137 m, 2021-VI-18, 吴小香、何泽华, 灯诱, cer1109 (该编号为玻片标本号, 下同)。副模 (2♀2♂): 1♂, 海南省琼中县湾岭镇, 19.1228°N/109.8964°E, H 266 m, 2019-VII-28, 李春桥, 灯诱, cer1057; 1♂, 海南省儋州市海南大学儋州校区公寓 A-4 号南 60 m 河边, 19.5058°N/109.489°E, H 126 m,

2020-XI-09, 吴小香、杨浩, 灯诱, cer1058; 1♀, 海南省琼中县黎母山国家森林公园管委会东北 815 m 河水边, 19.1865°N/109.7636°E, H 637 m, 2020-XI-20, 吴小香、邓斌、何泽华, 灯诱, cer1054; 1♀, 海南省屯昌县红大岭南 255 m 草丛, 19.3444°N/110.1166°E, H 112 m, 2021-V-04, 吴小香、邓斌, 灯诱, cer1108。

分布国内: 海南 (琼中、儋州、屯昌) (图 7)。

2.3 环足阿蠓 *Alluaudomyia annulipes* Wirth & Delfinado, 1964 (中国新记录种) (图 5 ~ 图 7)

Alluaudomyia annulipes Wirth & Delfinado, 1964: 637. Type locality: Songkla, Thailand.

Alluaudomyia annulipes australiensis Debenham, 1971. Type locality: Queensland, Australia.

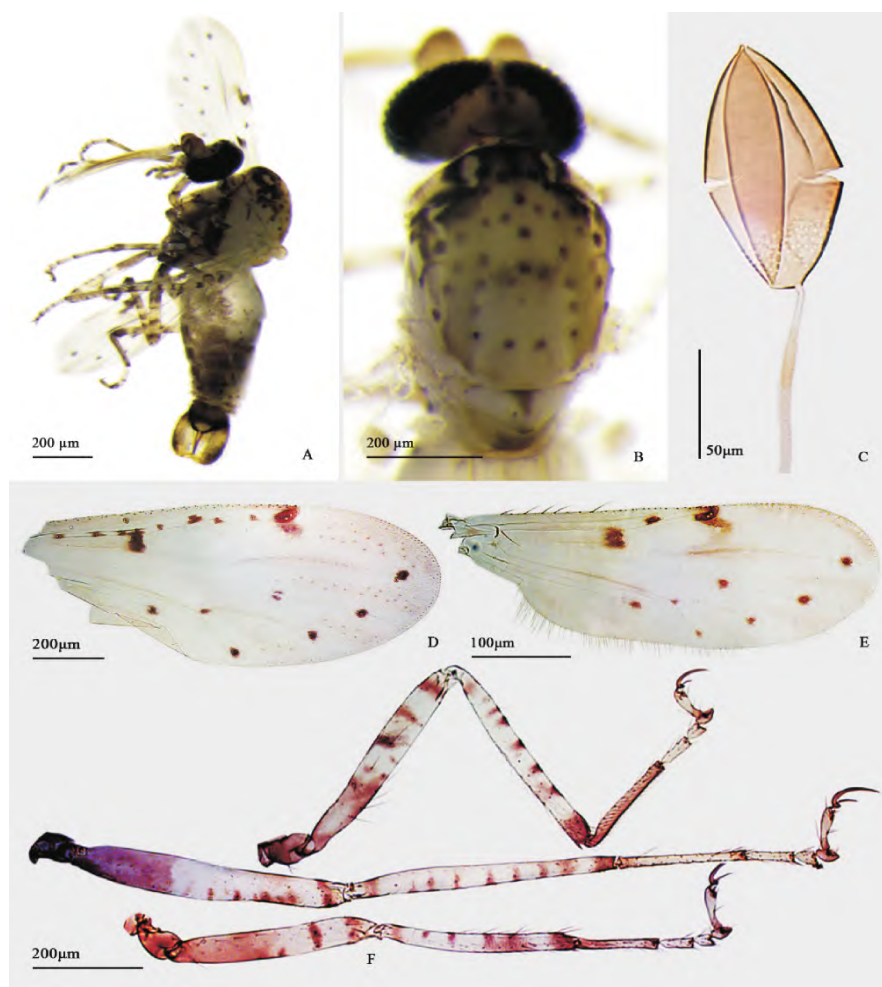


图 5 环足阿蠓

Fig. 5 *Alluaudomyia annulipes* Wirth & Delfinado, 1964

注: A, 雄虫整体侧面观; B, 雄虫胸部背面观; C, 受精囊; D, E, 翅; F, 足 (A, B, E 为雄虫; C, F 为雌虫)。Note: A, Habitus, lateral view; B, Thorax, dorsal view; C, Spermatheca; D, E, Wing; F, Legs (A, B, E for male; C, F for female).

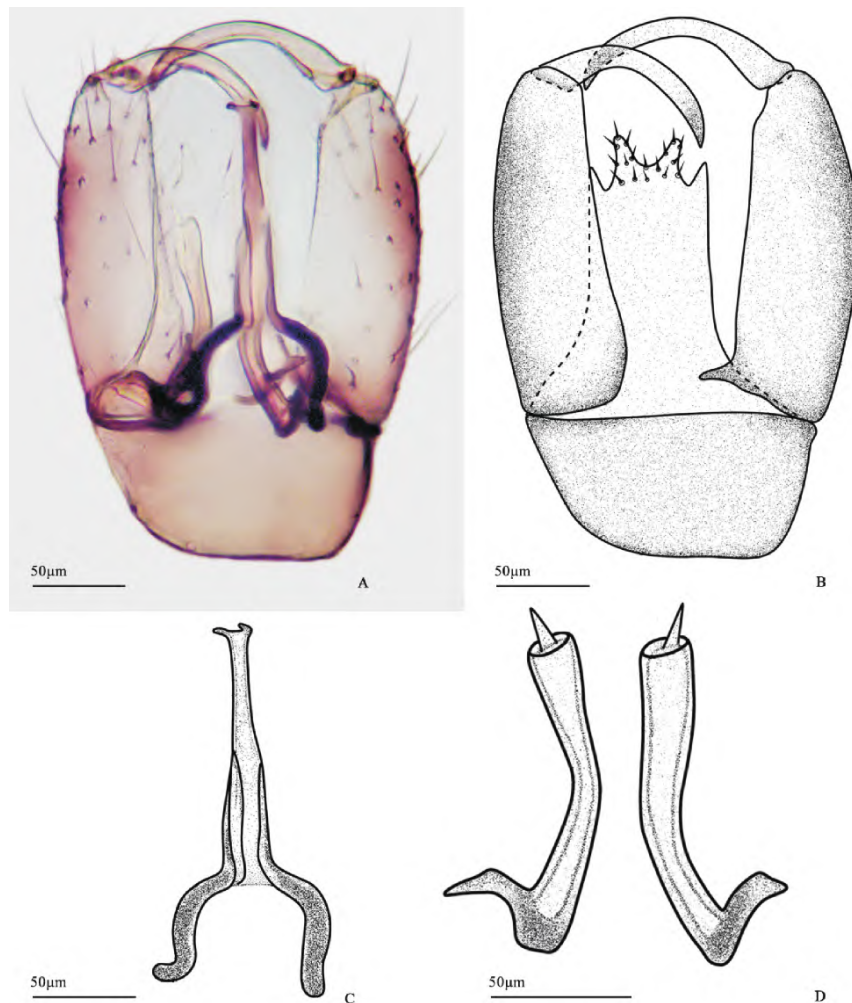


图6 环足阿蠓雄虫腹部尾器

Fig. 6 Male hypopygium of *Alluaudomyia annulipes* Wirth & Delfinado, 1964

注: A, 尾器, 腹面观; B, 尾器 (不含阳茎中叶和阳基侧突), 腹面观; C, 阳茎中叶; D, 阳基侧突。
Note: A, Hypopygium, ventral view; B, Hypopygium exclude aedeagus and parameres, ventral view; C, Aedeagus; D, Parameres.

鉴别特征与环纹阿蠓、拟环纹阿蠓色斑相似, 本种雌虫可通过大颚齿数量 (见拟环纹阿蠓鉴别特征) 和宽大的受精囊与另 2 种区分; 本种雄虫的阳茎中叶具有极长的中轴, 可与阿蠓属的其它物种相区分。

物种描述雌成虫

头部: 头顶褐色。触角柄节和梗节深褐色; 鞭节分 13 节, 第 2、3 节浅色, 第 4~9 节两端浅色, 中部褐色, 第 10~12 节端部浅色, 末节褐色; 触角长 0.74 mm, AR 0.86。触须端部 2 节色深; 第 3 节长 36 μm , PR_{III} 1.89, 近端部具感觉器窝。大颚齿 20 枚。

胸部: 中胸背板前缘具深色大班, 两肩淡色,

其余皆为浅黄色, 各毛基处可见深色小斑。小盾片前缘和后缘中部褐色, 其余皆为淡黄色, 具 4 根粗鬃。后小盾片中后部褐色, 其余皆为淡黄色。

翅长 1.27 mm, 翅宽 0.73 mm, CR 0.64。翅斑 (图 5-D) 与拟环纹阿蠓基本一致, 但 M₄ 脉基部的暗斑更靠近中脉叉, 翅面近端部大毛着生位具深色小斑点。平衡棒白色, 端部浅褐色。

足: 各足基节和转节褐色; 股节和胫节具相间褐纹 (图 5-F), 膝盖浅色。前足与后足基跗节褐色, 中足基跗节两端及第 4、5 跗节略带褐色, 其余跗节淡色。后足胫端鬃 7 根。TR_I 1.79, TR_{II} 2.97, TR_{III} 3.19。爪发达, 不等长。

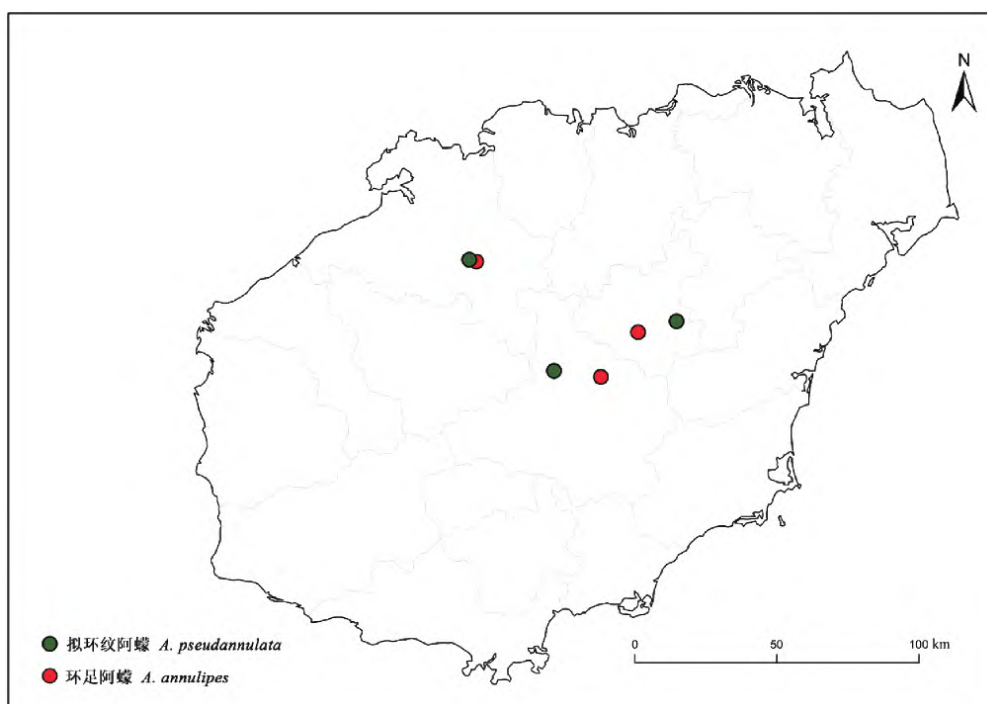


图 7 海南岛环纹阿蠓种团的物种地理分布

Fig. 7 Distribution of the *annulata* group in Hainan island

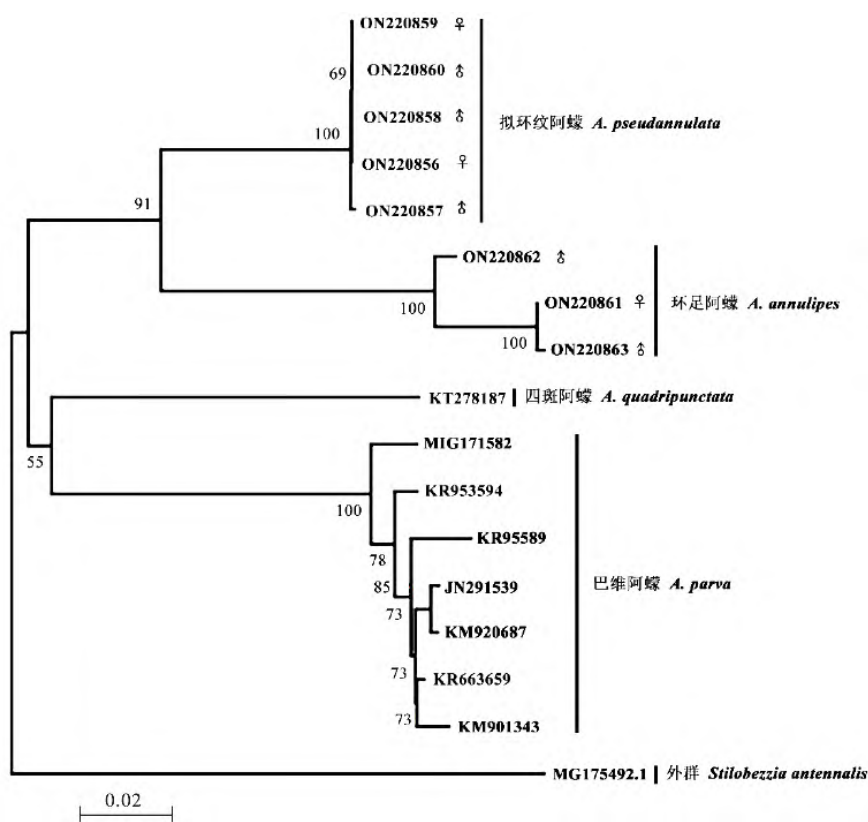


图 8 基于线粒体 CO I 序列重建阿蠓属昆虫 NJ 树

Fig. 8 Neighbor-Joining tree of the genus *Alluaudomyia* reconstructed based on mitochondrial CO I sequence

注: 比例尺为遗传距离; 节点左侧数字为自展值。Note: Scale bar represented genetic distance; Numbers on the left of the nodes were the bootstrap values.

腹部: 腹部浅黄色; 第 2~8 背板每侧各具 3~5 个深色毛基斑。受精囊 1 个 (图 5-C), 椭圆形, 长 141 μm , 无颈, 基部有透明刻点。

雄成虫体长 1.31~1.55 mm (1.43 mm, $n=2$) (图 5-A)。

基本特征与雌性一致, 以下特征不同: 中胸背板前缘色斑较深 (图 5-B)。翅 (图 5-E) R 脉至 R_3 脉仅具 1 个深色小斑; 翅缘着生稀疏大毛。爪小, 等长。第 9 腹板后缘平直 (图 6-B)。第 9 背板长为抱握基节的 2/3, 侧突发达; 尾须发达 (图 6-B)。抱握基节细长, 具踝突, 抱握端节长为抱握基节的 1/2, 近中部开始弯曲 (图 6-B)。阳茎中叶基部窄拱门状, 拱顶中轴杆状, 极为细长, 约为 2 倍拱高, 末端双叉状, 向腹面弯曲 (图 6-C)。阳基侧突分离, 细长, 基臂短, 端部钝圆具一刺状突起 (图 6-D)。

DNA 条形码测序获得了环足阿蠓 1 头雌虫和 2 头雄虫的 DNA 条形码 (GenBank 登录号:

ON220861-ON220863), 序列长度为 658 bp。环足阿蠓种内平均遗传距离为 0.019, 种内遗传距离为 0.002~0.028。环足阿蠓的雌虫和雄虫除了生殖器不同外, 翅斑也存在明显不同, 单凭形态特征难以将雄性与雌性个体进行配对, 通过测定 DNA 条形码, 构建系统发育树 (图 8), 成功将两性个体成功配对, 所有个体聚为高支持率 (100%) 的一支。

检视标本 (1♀2♂) 1♀, 海南省屯昌县枫木镇, 19.2762°N/110.0234°E, H 262 m, 2018-XI-04, 李春桥, 灯诱, cer296; 1♂, 海南省琼中县湾岭镇 224 国道树林边的水渠旁, 19.1342°N/109.9055°E, H 359 m, 2021-V-16, 何泽华, 灯诱, cer1130; 1♂, 海南省儋州市那大镇云月湖公园 224 m 湖边, 19.5001°N/109.5108°E, H 124 m, 2021-VI-18, 吴小香、何泽华, 灯诱, cer1145。

分布: 国内: 海南 (琼中、儋州、屯昌) (图 7)。

国外: 马来西亚, 泰国, 澳大利亚。

表 1 阿蠓属种间和种内遗传距离

Table 1 Interspecific and intraspecific genetic distance of the genus *Alluaudomyia*

种名 Species	个体 数量 N	种内遗传距离			种间遗传距离	
		Intraspecific genetic distance			Interspecific genetic distance	
		平均值	最小值	最大值	最小值	最大值
		Average D_{ave}	Minimum D_{Min}	Maximum D_{Max}	Minimum D_{Min}	Maximum D_{Max}
<i>A. quadripunctata</i> 四斑阿蠓	1	n/c			0.160	0.187
<i>A. pseudannulata</i> 拟环纹阿蠓	5	0.001	0.000	0.002	0.107	0.162
<i>A. annulipes</i> 环足阿蠓	3	0.019	0.002	0.028	0.107	0.215
<i>A. parva</i> 巴维阿蠓	7	0.017	0.003	0.034	0.147	0.215

注: D_{ave} , 种内平均遗传距离; D_{Min} , 种内或种间最小遗传距离; D_{Max} , 种内或种间最大遗传距离。Note: D_{ave} , Average intraspecific genetic distance; D_{Min} , Minimum intraspecific or interspecific genetic distance; D_{Max} , Maximum intraspecific or interspecific genetic distance.

3 结论与讨论

基于 CO I 条形码, 拟环纹阿蠓的种内遗传距离为 0.000~0.002, 环足阿蠓为 0.002~0.028, 与蠓亚科种内差异范围为 0.000~0.040 相符 (Ander, 2013; Nielsen and Kristensen, 2015), 远小于阿蠓种间遗传距离 (0.107~0.215), 而且最大的种内遗传距离与最小的种间遗传距离不重叠,

存在明显的物种间隙, 足以区分这 4 种阿蠓。此外, 基于 CO I 条形码构建的系统发育树, 4 种阿蠓均各自聚为一枝, 与形态学鉴定结果一致。这说明 CO I 条形码在阿蠓近似种的分类鉴定方面具有较高的应用价值。

部分阿蠓属物种存在明显的性二型性, 雌、雄性别的配对较为困难, 单纯依靠形态特征进行, 通常需检视大量标本, 分析采集信息和相关信息, 且容易鉴定为不同种 (Wirth and Delfinado, 1964;

Debenham, 1971)。本研究中两种阿蠓均存在明显的性二型现象,雌虫与雄虫的翅斑存在明显差异,且雌虫与雄虫采自不同地点,仅依靠形态特征难以完成雌雄配对。本研究通过测定 CO I 条形码成功实现不同性别个体配对,证明 DNA 条形码技术可以解决性二型的物种不同性别配对的难题。

致谢:感谢海南大学林晓丹博士绘图过程中给予指导,感谢中山大学贾凤龙教授、张丹丹副教授对本文提出的宝贵意见。

参考文献 (References)

- Ander M, Troell K, Chirico J. Barcoding of biting midges in the genus *Culicoides*: A tool for species determination [J]. *Medical and Veterinary Entomology*, 2013, 27 (3): 323–331.
- Bellis GA, Dyce AL, Gopurenko D, et al. Revision of the immaculatus group of *Culicoides* Latreille (Diptera: Ceratopogonidae) from the Australasian region with description of two new species [J]. *Zootaxa*, 2013, 3680 (1): 15–37.
- Borkent A, Dominiak P. Catalog of the biting midges of the world (Diptera: Ceratopogonidae) [J]. *Zootaxa*, 2020, 4787 (1): 1–377.
- Borkent A. Ceratopogonidae. In: Kir – Spriggs AH, Sinclair BJ, eds. *Manual of Afrotropical Diptera. Volume 2. Nematoceros Diptera and Lower Brachycera: Suricata 5* [C]. Pretoria: South African National Biodiversity Institute, 2017: 733–812.
- Borkent A. The pupae of the biting midges of the world (Diptera: Ceratopogonidae), with a generic key and analysis of the phylogenetic relationships between genera [J]. *Zootaxa*. 2014, 3879: 1–327.
- De Meillon B, Wirth WW. The genera and subgenera (excluding *Culicoides*) of the Afrotropical biting midges (Diptera: Ceratopogonidae) [J]. *Annals of the Natal Museum*, 1991, 32: 27–147.
- Debenham ML. Australasian Ceratopogonidae (Diptera, Nematocera) Part XV: The genus *Alluaudomyia* Kieffer in Australia and New Guinea [J]. *Proceedings of the Linnean Society of New South Wales*, 1971, 96: 128–174.
- Downes JA. Feeding and Mating in the Insectivorous Ceratopogoninae (Diptera) [M]. Canada: Memoirs of the Entomological Society, 1978: 1–62.
- 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.
- Giles FE, Wirth WW. Two new species of Oriental biting midges (Diptera: Ceratopogonidae) [J]. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 1984, 86 (1): 210–213.
- Liu JX, Yan G, Liu GP. The Biting Midge from Hainan Island [M]. Beijing: Military Medical Science Press, 1996: 1–184. [刘金华, 严格, 刘国平. 海南岛的蠓类 [M]. 北京: 军事医学科学出版社, 1996: 1–184]
- Liu YQ, Liu, XQ, Yu YX. A new species of *Alluaudomyia* (Diptera: Ceratopogonidae) from Jiangxi Province, China [J]. *Chinese Journal of Vector Biology and Control*, 2011, 22 (4): 364–365. [刘仰青, 柳小青, 虞以新. 江西省阿蠓属一新种 (双翅目: 蠓科) [J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2011, 22 (4): 364–365]
- Liu YQ, Yu YX, Chen HY. Investigation of biting midge and description of a new species of *Alluaudomyia* from Duchang county, Jiangxi Province [J]. *Chinese Frontier Health Quarantine*, 2021, 44 (2): 91–94. [刘仰青, 虞以新, 陈海婴. 江西省都昌县蠓科昆虫 (双翅目: 蠓科) 调查及阿蠓属一新种记述 [J]. 中国国境卫生检疫杂志, 2021, 44 (2): 91–94]
- Nie WZ, Li JC, Yu YX, et al. Record on introduced *Alluaudomyia* and a new species collected on entry international ships (Diptera: Ceratopogonidae) [J]. *Sichuan Journal of Zoology*, 2009, 28 (2): 161–163. [聂维忠, 李俊成, 虞以新, 等. 在入境国际航行船舶上采获输入性阿蠓及一新种的记述 (双翅目: 蠓科) [J]. 四川动物, 2009, 28 (2): 161–163]
- Nielsen SA, Kristensen M. Delineation of *Culicoides* species by morphology and barcode exemplified by three new species of the subgenus *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) from Scandinavia [J]. *Parasites and Vectors*, 2015, 8 (1): 1–12.
- Rinner C, Voss S. MCD4 ArcMap – an open – source multi – criteria decision analysis and geovisualization tool for ArcGIS 10 [J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2013, 15: 101–127.
- Sarkar S, Mazumdar A. Predatory behaviour of larval *Alluaudomyia formosana* Okada on *Alluaudomyia xanthocoma* Kieffer (Diptera: Ceratopogonidae) – video documentation [J]. *Proceedings of the Zoological Society*, 2019, 72 (2): 202–205.
- Szadziewski R, Dominiak P, Filatov S. Two new species of predatory biting midges of the genus *Alluaudomyia* from Europe and the Canary Islands (Diptera: Ceratopogonidae) [J]. *Zootaxa*, 2015, 4039 (2): 345–358.
- Tamura K, Stecher G, Peterson D, et al. MEGA6: Molecular evolutionary genetics analysis version 6.0 [J]. *Molecular Biology Evolution*, 2013, 30 (12): 2725–2729.
- Wirth WW, Delfinado MD. Revision of the Oriental species of *Alluaudomyia* Kieffer (Diptera, Ceratopogonidae) [J]. *Pacific Insects*, 1964, 6 (4): 599–648.
- Wirth WW, Grogan J. The Predaceous Midges of the World (Diptera: Ceratopogonidae; Tribe Ceratopogonini), Flora and Fauna Handbook 4 [M]. New York: E J Brill, Leiden, 1988: 1–160.
- Yu YX, Liu JH, Liu GP, et al. Ceratopogonidae of China, Insecta, Diptera [M]. Beijing: Military Medical Science Press, 2005. [虞以新, 刘金华, 刘国平, 等. 中国蠓科昆虫 (昆虫纲, 双翅目) [M]. 北京: 军事医学科学出版社, 2005]