

# DELTA系统在昆虫系统学工作的方法和步骤

## Methods and Steps of DELTA System in Insect Systematics

马丽<sup>1</sup>, 朱朝东<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>植物保护学院, 云南农业大学, 昆明 650201; <sup>2</sup>中国科学院动物研究所, 北京 100101

\*通讯作者邮箱: [zhucd@ioz.ac.cn](mailto:zhucd@ioz.ac.cn)

**引用格式:** 马丽, 朱朝东. (2021). DELTA 系统在昆虫系统学工作的方法和步骤. *Bio-101* e1010629. Doi: 10.21769/BioProtoc. 1010629.

How to cite: Ma, L. and Zhu, C. D. (2021). Methods and Steps of DELTA System in Insect Systematics. *Bio-101* e1010629. Doi: 10.21769/BioProtoc. 1010629. (in Chinese)

**摘要:** 对于昆虫分类学者来说, 常规使用的种类记述方法存在繁琐、费时、重复性高等弊端。DELTA系统是国际分类学数据库数据交换标准, 简单易学, 方便快捷, 且在规范分类学描述语言、识别和处理常用性状、比较不同类群的异同、生成检索表以及建成交互式专家辅助鉴定系统等方面有诸多优势。目前DELTA系统已广泛应用于植物、病毒、真菌和珊瑚等类群的研究工作中, 许多植物学家已应用该系统建立了区域性分类资料库, 极大的促进了植物分类的发展, 但在昆虫系统学工作的应用和研究报道较少。本文简介了DELTA系统的特点、功能、发展历史及应用情况, 并以膜翅目Hymenoptera短柄泥蜂亚科Pemphredoninae和姬小蜂亚科Eulophinae分类研究为例, 进行了种类描述、性状比对及各阶元分类检索表编制等工作, 详细介绍了该系统在昆虫系统学研究中的方法和步骤, 以期让更多的昆虫分类学者了解、应用和推广DELTA系统。

**关键词:** DELTA系统, 昆虫分类, 种类描述, 性状比对, 检索表

### 一、DELTA系统简介及应用前景

#### 1. 常规描述方法现状

昆虫分类学者在完成一个类群的分类鉴定后, 通常会通过Word或Excel表格, 根据类群特点采用一套种类描述的流程进行属种记述, 并编制一个简洁、实用的检索表

。这种常规的种类记述方法比较繁琐费时、重复性高，容易出错，且不能一目了然、清晰便捷的呈现不同种类的相似或区别性状，不便于检索表的快速编制。

## 2. DELTA系统的特点及功能

DELTA (DEscription Language for TAxonomy) 系统是一个利用计算机进行分类学工作的功能强大的资料库系统，是专门针对分类学研究开发的综合性多功能软件包。它具备方便、快捷、易推广等特点，是国际分类学数据库数据交换标准。

应用DELTA系统来进行类群描述、性状分析及检索表编制，可节省分类学者大量的时间，且对于规范分类学描述语言、识别和处理常用性状、比较不同类群之间的相似性和差异性、生成检索表以及建成交互式专家辅助鉴定系统等方面，具有较大的优势。同时，DELTA系统也能生成数值分类学或支序分类学分析用的基础数据。

DELTA系统的软件可从网站<https://www.delta-intkey.com/>免费下载，并附有详细的功能、程序及使用方法的介绍和说明。该软件运行环境简单，在Windows (32位和64位) 或Mac OS X.的操作系统中均可运行，语言以英语为主，同时有法语、德语、意大利语及西班牙语等各种版本。

## 3. DELTA系统发展简史及应用

DELTA系统创立于上世纪70年代，由澳洲联邦科学及工业研究部 Michael J. Dallwitz与澳洲国立大学植物分类学者Leislle Watson合作研究，并发布了最初的DELTA资料库 (Dallwitz, 1980)。之后，他们与众多学者和专家共同开发了DELTA的各种功能。1988年，该系统被联合国国际生物科学联盟确定为分类学资料的交流标准。DELTA系统发布的最新版 (截至2020年10月31日)，其运行环境、程序模块、功能指令、操作界面等已日臻完善。

DELTA系统以其灵活便捷和功能强大等优势吸引了众多分类学家的目光，已经应用于植物、病毒、真菌和珊瑚等类群 (Coleman *et al.* 2010)。其中以植物学研究最为普遍，部分植物类群已建立了分类资料库并已上网，供免费下载。DELTA系统在国际上被各大植物园、博物馆和标本馆广泛应用，北美、加拿大、澳洲等国家和地区相继建立了区域性的植物资料库。徐柱等 (1992)、李健钧 (1996)、陈志辉等 (2000)、陈翔等 (2008)、以及张明理 (2009)、Coleman *et al.* (2010) 等均对DELTA系统的功能及其在植物分类学中的应用进行报道和推介。此外，分类学家还

将DELTA系统广泛应用于植物志的编写、部分科属的分类处理、植物分类自动化等方面的研究。例如，陈翔等 (2008) 用DELTA系统对羊茅属*Festuca*进行了研究；Han *et al.* (2009) 首次用DELTA系统对我国拟青霉属真菌*Paecilomyces*进行了种类描述、检索表编制、系统树和交互式鉴定系统的建立，并报道了2个新种；梁宗琦等 (2013) 通过DELTA专家系统对比束梗孢属*Akanthomyces*形态性状，鉴定出中国新记录种细刺束梗孢*Akanthomyces gracilis*；陈万浩等 (2014) 应用DELTA系统建立全球球束梗孢属*Gibellula*的表型性状数据库，实现检索表、聚类树和交互式鉴定等功能。

到目前为止，将DELTA系统应用在昆虫系统学研究中的报道较少。如朱朝东 (1996) 应用DELTA研究姬小蜂亚科分类学，并编辑性状列表文件；Zhu and Huang (2003) 应用DELTA对姬小蜂亚科*Hemiptarsenus*属和*Sympiesis*属开展了支序系统学分析；马丽 (2010) 使用DELTA对短柄泥蜂亚科Pemphredoninae进行分类研究等。

## 二、DELTA系统的使用方法

### 1. DELTA软件包的获得及安装：

从DELTA系统网站<https://www.delta-intkey.com/>上免费下载，选择Installing and running the programs—FreeDELTA Environment，下载并安装，该软件语言包括英语、葡萄牙语和法语。

### 2. 菜单功能简介

DELTA编辑器V1.02版本的菜单包括：文件File、编辑Edit、搜索Search、查看View、窗口Window和帮助Help等6项（图1A）。FreeDelta Editor最新版本（V2.5.2.19）菜单在V1.02版本的基础上增加了矩阵Matrix、语言Language、描述Descriptions和检索表Keys等模块，将早期版本的运行指令及功能在菜单中展开，界面清晰（图1B）。两种编辑器的功能基本相似，仅模块和界面有所差别。此外，新版本增加了矩阵功能，界面较旧版本在操作上更为便捷。

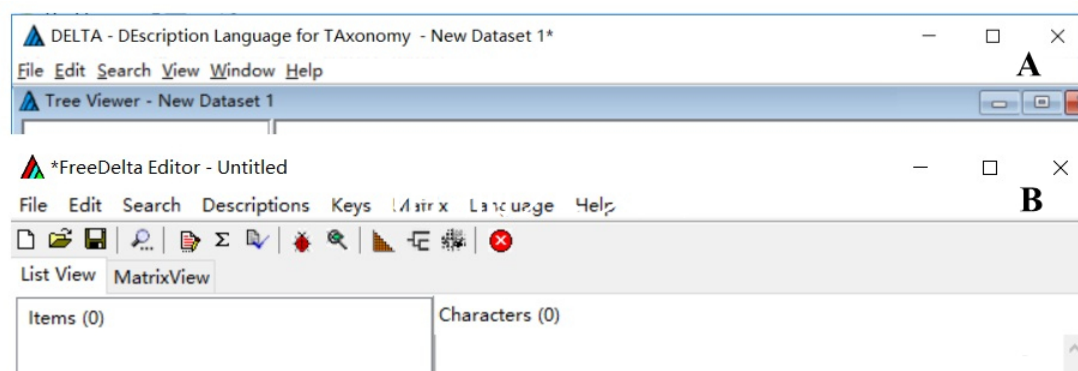


图 1. 两种编辑器版本菜单界面比较 (A) DELTA编辑器V1.02版本菜单界面；(B) FreeDelta Editor V2.5.2.19版本菜单界面。

朱朝东 (1996)、马丽 (2010) 均使用DELTA编辑器进行分类研究，其种类描述、性状比对和检索表编制等大量工作均在此版本上进行。该软件后期软件更新至V1.02版，且功能上和FreeDelta Editor最新版本差异不大。下面将主要介绍DELTA编辑器V1.02的使用方法和步骤。

### 3. 查看View模块简介

DELTA编辑器菜单中的查看View模块，包括属性编辑器Attribute editor、分类单元编辑器Taxon editor、性状编辑器Character editor、指令集Action sets、图片设置Image settings等几大功能，绝大部分的编辑处理和指令下达均在此模块下运行。

#### 3.1 属性编辑器Attribute editor

属性编辑器分为Trees和Grid两类。在完成一个类群的所有种类描述之后，Trees界面将显示所有的分类单元名称 (如图2A左上侧所示)、涉及的分类性状 (如图2A右上侧所示)，并标记性状属性 (如R、U) 等；Grid界面以表格形式显示分类单元对应的性状序号 (图2B)。

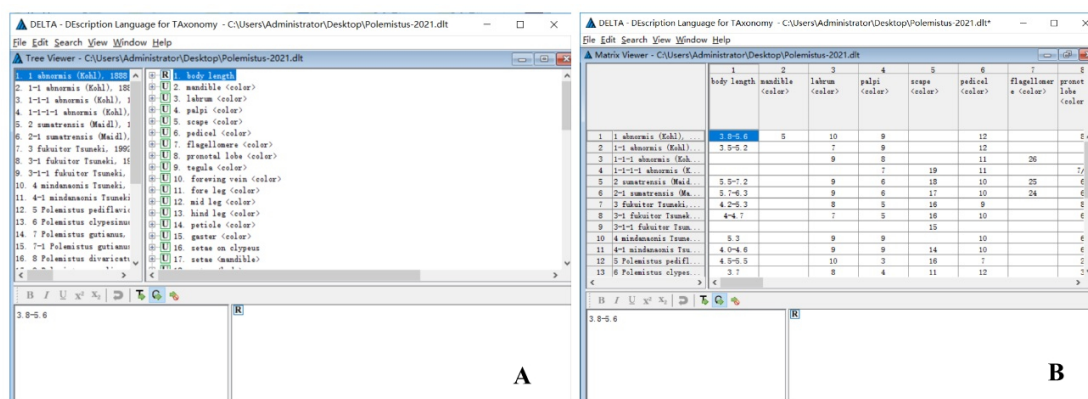


图2. 属性编辑器显示界面 (A) Attribute editor-Trees显示界面；(B) Attribute editor-Grid显示界面。

### 3.2 分类单元编辑器Taxon editor

点击分类单元编辑器，弹出界面如图3所示，分类单元序号Taxon Number初始按编辑顺序自动编号排列，后期在主界面可以按需求调整顺序；在Edit taxon name之下的方框内输入分类单元的拉丁学名；Image相关栏，可插入图片链接，并对图片进行设置和说明。如需增加单元，点击Taxon Number序号右侧的三角形图标，操作步骤同上。

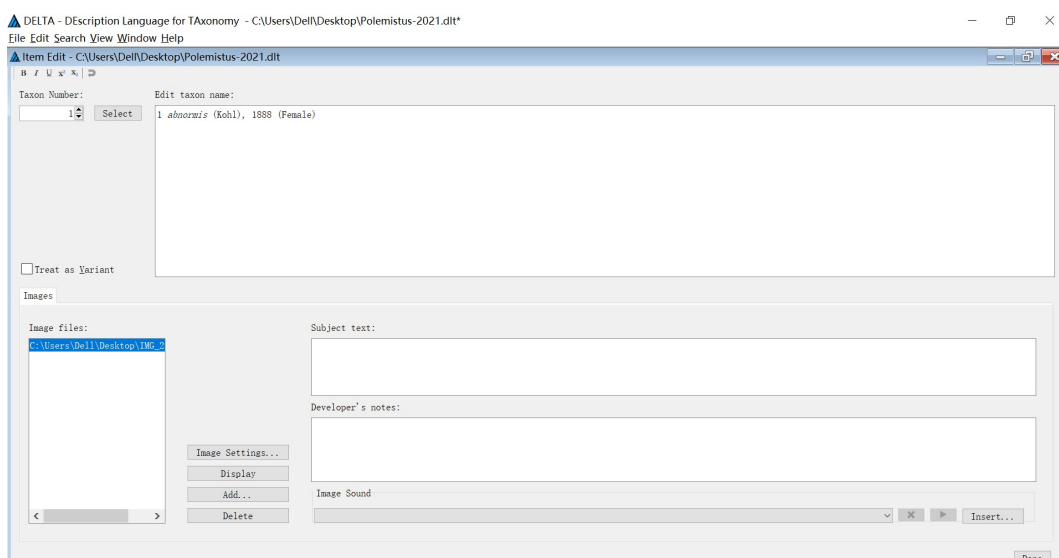


图3. 分类单元编辑器Taxon editor显示界面

### 3.3 性状编辑器Character editor

性状编辑器界面如图4所示，操作方式同Taxon editor。在Edit feature description之下的方框中输入要描述的部位，如clypeus、mandible、upper frons等。有些性状，既需要对其进行颜色描述，又有形态性状描述时，可在性状之后加<>进行区分，该符号将不会在后期导出文件中出现，如mandible <color>，mandible <shape>。性状录入之后需对其类型进行界定，在Character Type下拉菜单中选择性状的极性，选项包括Text、Integer numeric、Real numeric、Ordered multistate、Unordered multistate等内容。之后进入性状描述编辑，在States下方Edit state description处录入性状的具体征态，通过Add/Delete增加和删除性状，增加的性状在Defined states下方显示。

此外，如性状为长度等数值时，先设定长度单位为mm或cm，在性状类型处选择Real number，数字在主界面左下角的方框中录入，由于编辑器在Real number类型下不识别除数字外的其它字符，此处不能录入mm、cm等单位。

使用分类单元编辑器和性状单元编辑器时，建议先录入一个分类单元，之后将该类群的性状全部编辑完，再增加第二个分类单元；以此类推。当分类性状录入累积到一定程度之后，在后续分类单元的性状编辑时，可在主界面性状下拉框中直接勾选前期已录入的性状，不必重复录入。DELTA编辑器方便快捷的优点在后期尤为突出，尤其在众多种类的分类描述时，不仅避免了分类性状的遗漏，且节省了大量的时间和精力。

针对具有多型及雌雄二型现象的类群，可通过增加和细化分类单元或分类性状的方法进行补充说明，如将同一个分类单元的雌性和雄性分别列出：taxon (female)，taxon (male)。如同种的个体中存在颜色或其它特征的变异，也可通过增加分类性状进行说明。

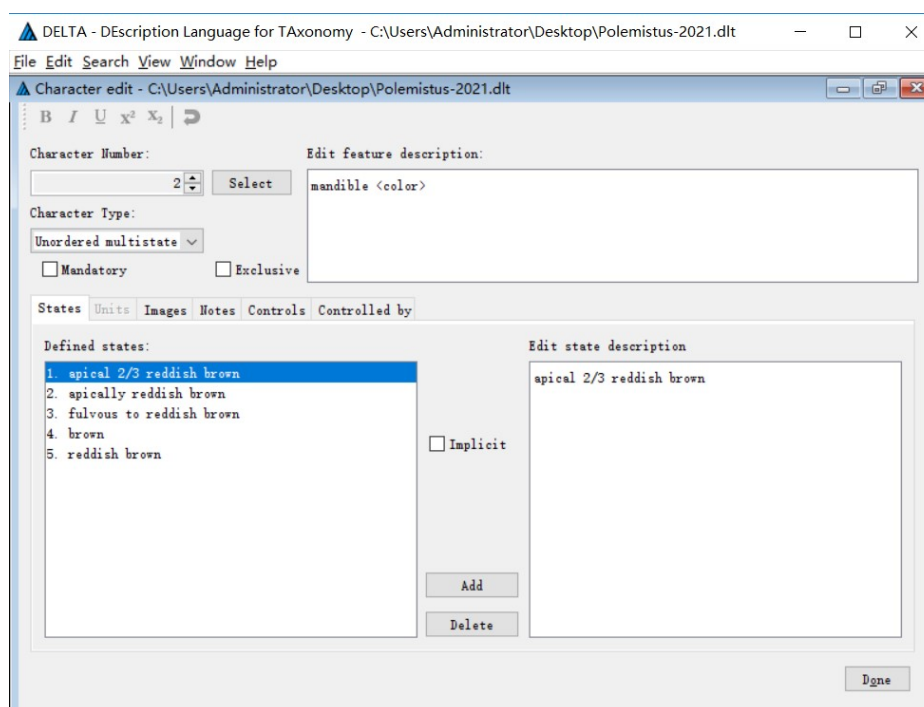


图4. 性状编辑器Character editor显示界面

### 3.4 指令集Action sets和图片设置Image settings

在完成所有分类单元和性状的编辑之后，需要运行各类命令，以生成描述文件、性状列表、检索表、距离矩阵和Intkey文件等。指令集操作界面如图5A所示，包括Confor、Intkey、Dist和Key等一系列的指令。Confor界面控制着诸如Character images, Character notes, Character headings等22项指令。选定其中一项指令，单击右侧Run，程序将自动运行。Intkey、Dist和Key指令运行的操作方法同上。Intkey指令初始化并生成Intkey文件（图5B），Dist指令建立距离矩阵（图5C），Key指令自动生成检索表（图5D）。

图片设置Image settings用于设置图片路径和格式。

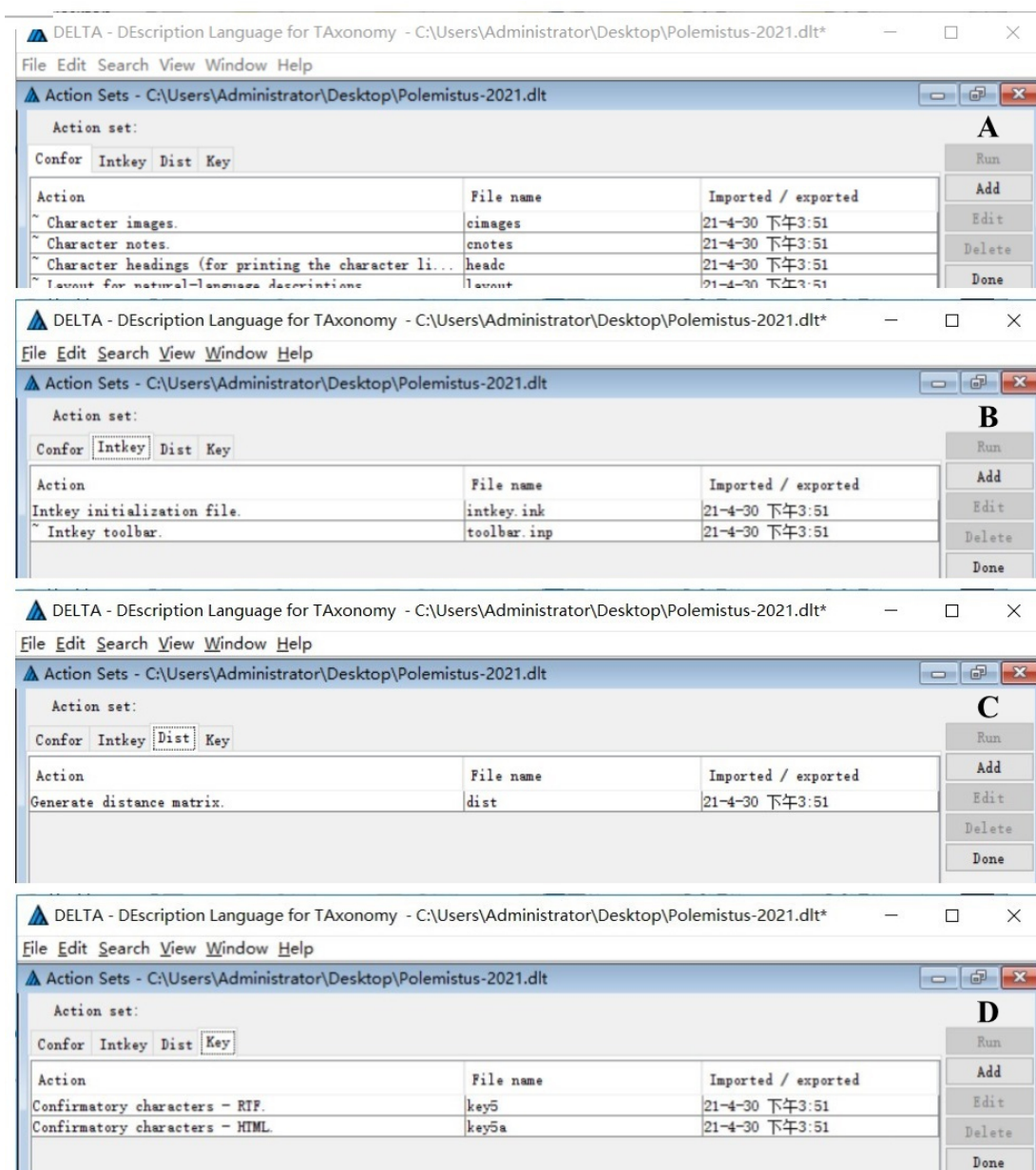
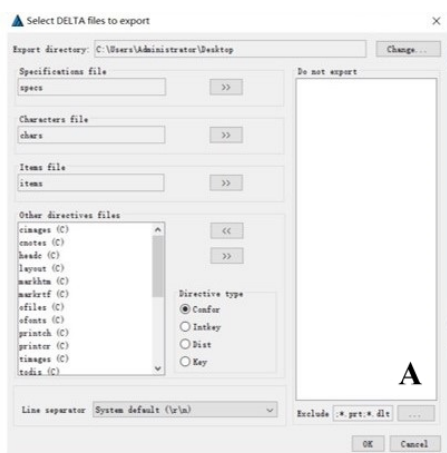


图5. 指令集Action sets显示界面 (A) Confor显示界面；(B) Intkey显示界面；(C) Dist显示界面；(D) Key显示界面。

### 3.5 文件导出Export directives

在运行完所有指令之后，在主菜单File下拉菜单中进行文件保存和导出等操作。选择Export directives，指令类型分别选择Confor、Intkey、Dist及Key等(图6A)，依次导出全部文件，包括以.bak、.lst、.prt和.inp等后缀结尾的各类程序运行文件、以info和rtf命名的文件夹及Intkey文件。导出的性状列表、种类描述和自动生成的检索表等如图6B-D所示。



**Character List**

```
#1. Body length/
#2. Mandible <color>/
1. apical 2/3 reddish brown/
2. apically reddish brown/
3. fulvous to reddish brown/
4. brown/
5. reddish brown/
#3. Labrum <color>/
1. some individuals reddish brown to dark brown/
2. fulvous/
3. reddish ferruginous/
4. lost/
5. ivory to yellowish/
6. reddish brown to dark brown/
7. black/
8. dark brown/
9. dark brown to black/
10. reddish brown/
#4. Palpi <color>/
1. brown/
2. yellowish/
3. yellow/
4. ivory/
```

**B**

**Descriptions**

**C**

**1 *abnormis* (Kohl), 1888 (Female)**

Body length 3.8–5.6. Mandible apical 2/3 reddish brown. Labrum reddish brown. Palpi fulvous. Pedicel beneath yellowish, above dark brown. Pronotal lobe ivory to yellowish. Tegula fulvous to dark brown. Forewing vein fulvous. Fore leg trochanter dark brown to black, base and apex of femur, tibia, tarsus fulvous, rest black. Mid leg trochanter dark brown to black, base and apex of femur, tibia, tarsus fulvous, rest black. Hind leg basal one third of tibia fulvous, trochanter, tarsus reddish brown to dark brown. Petiole black. Gaster black. Setae on clypeus several, short, yellowish apically. Mandible bidentate apically, outer tooth small, blunt, inner tooth broad, truncate. Labrum broadly subquadrate. Clypeus median area flat, with sparse fine punctures, free margin of clypeus truncate apically, lateral area with a strong, large prominence on each side, strongly reflected. Internasal tubercle narrowed, somewhat long, without frontal median carina. Median and lower frons median area with a deep hollow, and irregular dense transverse striations, lateral area and median frons with contiguous large punctures and curving rugae, slender in female, strong in male. Upper frons with midsize to large dense punctures, scapal basin above without carina. Ocellar triangle area moderately convex, with midsize dense punctures. Vertex behind ocelli with fine dense punctures and dense slender transverse striations. Gena with fine to midsize dense punctures, coarsely coriaceous. Underside of head coarsely coriaceous, and with midsize dense punctures. Occipital carina/furrow much narrowed, distinctly crenulate. Inner orbital furrow much narrowed, with inner marginal carina distinct, coarsely crenate, inner orbit strongly convergent toward clypeus. Outer orbital furrow much narrowed, with outer marginal carina slender, inconspicuously crenate. Ratio of HW : HLD :

**Key 5. Confirmatory characters**

Characters: 62 in data, 28 included, 14 in key.  
Items: 25 in data, 25 included, 25 in key.  
Parameters: Rbase = 1.40 Abase = 2.00 Reuse = 1.01 Varywt = 0.80.  
Characters included: 2–6 8–10 14–15 17–19 21 25 28 31 40 42–44 46 54 56–58 60–61.  
Character reliabilities: 1–62.5.

1. → Metanotum coarsely coriaceous (fine contiguous punctures), with several large punctures ..... 16 *Polemistus pulawanensis* Tsuneki, 1992 (Holotype, male) →  
→ Metanotum with tiny dense punctures, shiny ..... 17 *Polemistus pusillus* de Saussure, 1892 →  
→ Metanotum slightly coriaceous, with fine sparse punctures ..... 9 *Polemistus annulicornis* (Tsuneki, 1966) (Holotype, male) →  
→ Metanotum slightly coriaceous, with fine dense punctures ..... 2 →  
→ Metanotum coarsely coriaceous (fine contiguous punctures), with sparse sturdy longitudinal rugae ..... 4 →  
→ Metanotum coarsely coriaceous, with fine dense punctures ..... 6 →  
→ Metanotum coarsely coriaceous, with fine to midsize dense punctures ..... 10 →

2(1). → Tegula dark brown ..... 15 *Polemistus niger* Tsuneki, 1992 (Holotype, female) →  
→ Tegula brown ..... 19 *Polemistus stieglmayri* (Kohl), 1905 (Holotype, female) →  
→ Tegula fulvous ..... 3 →  
→ Tegula fulvous to dark brown ..... 11 *Polemistus bidentatus* Tsuneki, 1992 (Holotype, male) →

3(2). → Labrum fulvous; Scape fulvous; Setae sparse, short, silvery; Frontal median carina slender on lower and median frons ..... 12 *Polemistus cebuensis* Tsuneki, 1992 (Holotype, male) →  
→ Labrum reddish brown; Scape yellowish; Setae sparse, short, golden; Frontal median carina slender on lower frons ..... 14 *Polemistus levipes* (Bingham), 1897 (Holotype, female) →

图6. 文件导出 (A) Export directives显示界面；(B) 性状列表；(C) 种类描述；(D) 自动生成检索表。

### 3.6 Intkey应用

应用Intkey程序对不同类群进行对比分析，操作方法简单，区别性状对比鲜明，一目了然，便于分类学者快速获取并理解相似种间的差异。在Remaining Taxa下方选择两个或多个分类单元，单击右上角2个绿色圆圈标志differences between taxa，程序运行结果如图7左侧Differences所示，显示了所选类群间的全部区别性状。分类学者以此为线索，能快速找到各类群间的不同之处并加以区分。此外，上述性状还可应用在检索表的编制中。

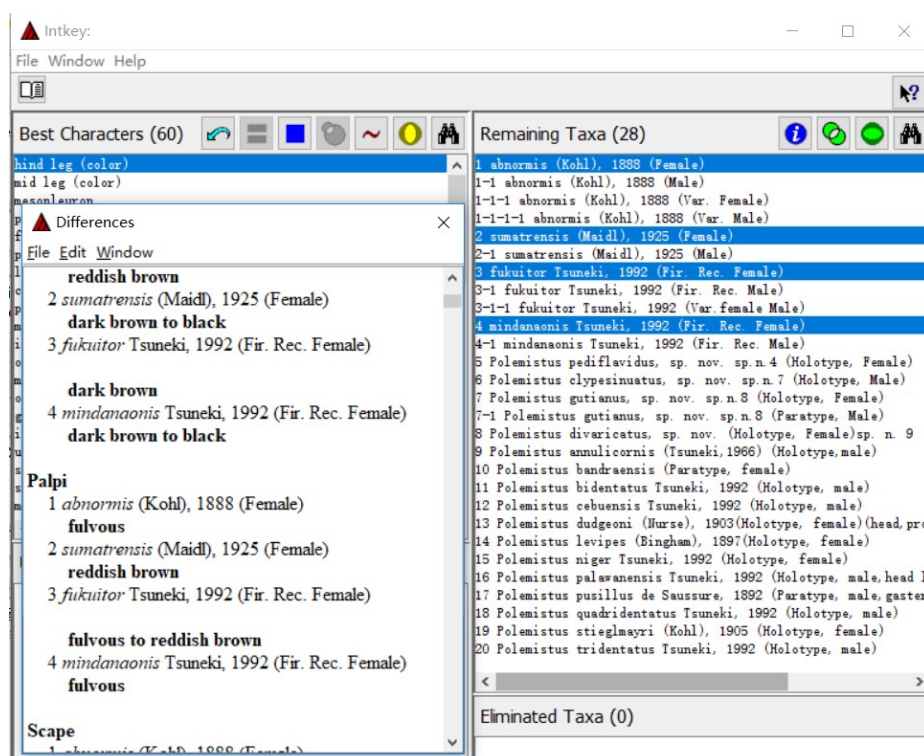


图7. 应用Intkey程序对比分析不同类群

### 三、DELTA系统在昆虫系统学研究中的应用及展望

DELTA系统用于编写动物志、植物志或研究报告时，是一个实用而高效的工具。许多植物学家利用DELTA系统进行分类研究，取得了一定的成果。在昆虫系统学研究方面，DELTA系统可被广泛应用于各个类群，尤其在处理具有多型及雌雄二型现象的昆虫类群、以及种下不同个体的特征变异时，直接在编辑器中录入各型或变异特征，方便快捷，一目了然。同时，我们也发现该系统在昆虫分类研究的应用中尚存在一些不足，在检索表的编制、性状描述的一致性、系统树和交互式鉴定系统的建立等方面有所欠缺。

DELTA系统自动生成的检索表内容过于复杂，格式不符合国际上昆虫常用检索表格式要求，选用的性状无法完全满足鉴定需要。但在实际工作中，分类学者在自行编制检索表时可借鉴系统产生的部分性状。

性状描述的一致性和程度较难把握。不同分类学者的主观因素导致性状描述，尤其在程度的描述上很难达到一致性。这个弊端会直接影响交互式鉴定系统的建立和世界范围内的普及应用。此外，在传统的记述方法中，分类学者描述一个分类单元，常常对性状进行详细描述，或和其它种类进行比较，或用数值量化、或用比例等方法，

形式多样，语言丰富，有利于性状的理解和准确鉴定。但在应用DELTA系统进行性状描述时，若性状的细节过多，会导致同个性状下不同分类单元间的差别也许仅存在程度差异。系统仅凭文字描述，很难识别和区分重要性状和次要性状，这也导致自动生成的检索表达不到预期。

目前，植物学家应用DELTA系统进行少数类群系统发育建树，但少见昆虫类群建树的研究。我们曾尝试使用该系统进行建树，但效果较差，后改用其它程序进行建树。此外，交互式鉴定系统的建立需要昆虫分类学者通力合作，共同完成，是一个长期的过程。但由于很多分类学者长期使用自己熟悉的描述工具和方法，形成了一系列的资料，并大多以中文记述，如重新使用DELTA系统进行描述，将需要花费大量的人力物力，DELTA系统的推广任重而道远。

## 致谢

本文承蒙云南农业大学李强教授的指导和帮助，以及审稿人提出的宝贵意见和建议，谨此致谢。

## 参考文献

1. 陈万浩，韩燕峰，梁宗琦，王玉荣，邹晓. (2014). [应用 DELTA 系统对几种球束梗孢 \*Gibellula\* spp. 的分类研究](#). *微生物学通报* 41(2): 399-407.
2. 陈翔，陈训. (2008). [新版 DELTA 系统在植物分类学中的应用—以羊茅属研究为例](#). *广西植物* 28(6): 759-763.
3. 陈志辉，郭长生. (2000). DELTA 资料库系统在分类学上之应用. *中华林学季刊* 33(4): 573-583.
4. 李健钧. (1996). [处理植物分类学描述语言的国际标准—DELTA 系统](#). *植物分类学报* 34(4): 447-452.
5. 徐柱, Dallwitz, M. J., Watson, L. (1992). [计算机产生中英文植物分类检索表](#). *中国草地* (01): 53-57.
6. 张明理. (2009). [DELTA 系统—值得再次推介的国际分类学描述信息处理工具](#). *植物资源与环境学报* 18(1): 87-90.

7. 朱朝东. (1999). [中国姬小蜂亚科的系统学研究](#). 博士学位论文. 中国科学院动物研究所.
8. 马丽. (2010). [中国短柄泥蜂亚科分类及系统发育研究](#). 博士学位论文. 浙江大学.
9. Coleman, C. O., Lowry, J. K. and Macfarlane, T. (2010). [DELTA for Beginners: An introduction into the taxonomy software package DELTA](#). *Zookeys* 45: 1-75.
10. Dallwitz, M. J. (1980). [A general system for coding taxonomic descriptions](#). *Taxon* 29: 41-46.
11. Han, Y. F., Zhang, Y. W., Liang, J. D. and Liang, Z. Q. (2009). [Studies on the genus Paecilomyces in China. Application of DELTA expert system on the entomopathogenic Paecilomyces sensu lato](#). *Mycotaxon* 109: 75-84.
12. Liang, Z. Q., Chen, W. H., Han, Y. F. and Zou, X. (2013). [A combined identification of morphological traits and DELTA System to Akanthomyces gracilis from China](#). *Journal of Fungal Research* 11(4): 242-245.
13. Zhu, C. D., Huang, D. W. (2003). [Preliminary Cladistics and Review of Hemiptarsenus Westwood and Sympiesis Förster \(Hymenoptera, Eulophidae\) in Hungary](#). *Zool Stud* 42(2): 307-335.