



技术与方法

一种新的昆虫黑白点线图数字绘图方法*

董文彬^{1,2**} 崔建新^{1***}

(1. 河南科技学院植保系, 新乡 453003; 2. 新乡市亚新害虫天敌防治有限公司, 新乡 453003)

摘 要 传统昆虫分类中形态绘图花费时间较长。本文基于数字绘图技术详述一种新的昆虫黑白点线图方法。以数码照片作为底稿, 使用数位板和绘图软件 SAI 直接在电脑上进行绘图, 可明显节约绘图时间。针对绘图过程中最耗时耗力的 2 个步骤: 刚毛和打点衬阴, 分别制作了可以在具有近似分类地位或相似形态结构昆虫之间通用的模板, 可以进一步缩短绘图时间, 显著提高绘图效率。

关键词 数字绘图; 科学绘图; 数位板; 昆虫; 方法

Introduction to a new digital drawing method for making black and white scientific illustrations of insects

DONG Wen-Bing^{1, 2**} CUI Jian-Xin^{1***}

(1. Department of Plant Protection, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang 453003, China;

2. Xinxiang Iasin Insect Pest Biocontrol Company, Ltd, Xinxiang 453003, China)

Abstract Making illustrations is the most time-consuming aspect of taxonomy. We provide a new method using a personal computer, pen tablet and the drawing software SAI to make black and white spot-line illustrations of insects. To speed up the drawing process, the pencil sketch is replaced by photographs. By previously making templates for insects with similar shapes, the two most-consuming steps, drawing setae and habitus-shading by stippling, can be done much more easily and quickly, especially for species from similar taxa or with similar contours.

Key words digital drawing; scientific illustration; pen tablet; insect; method

昆虫的外形复杂而多样, 很难单纯依靠语言充分描述。在正式发表的分类描述或检索表中, 照片或插图是不可或缺的。由于照片只能展现特定角度的特征, 昆虫特征的描述往往需要使用很多照片。传统绘图花费时间较长, 且对绘画技术要求高, 需要长期训练才能达到一定水平。这些限制降低了昆虫分类学者的工作效率, 制约了分类成果的利用效果。数字绘图是一种使用数位板和绘图软件在电脑上直接进行绘画的一种图像创作方式。在传统绘图中, 绘制出平稳光滑的线条需要高超的绘画技术, 而使用矢量绘图软件, 即使是初学者也可以较轻松地画出近乎完美的线条 (Coleman, 2003; 崔俊芝和葛斯琴, 2012;

Montesanto, 2015)。利用把数码照片作为底稿, 直接进行勾线, 可以省去传统绘图中绘制铅笔稿的步骤, 明显提高绘图效率, 节约大量时间 (Coleman, 2006)。Holzenthal (2008) 全面介绍了数字绘图的方法和优点, 比较了格栅图和矢量图的差异。Tereshkin (2008, 2009) 以姬蜂数字科学绘图为例, 把图像编辑过程分为轮廓线准备、底色填充、立体感表现、细节刻画、上色、整体图组装、图版拼装, 共 7 个步骤。Fisher 和 Dowling (2010) 以螨类动物为例总结数字绘图线稿的 9 个步骤和 7 个装备 (包括硬件和软件)。

数字绘图过程的优化近年来一直在持续进

*资助项目 Supported projects: 国家自然科学基金 (31772501)

**第一作者 First author, E-mail: 1034222567@qq.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: onionscui@126.com

收稿日期 Received: 2019-01-13; 接受日期 Accepted: 2019-09-09

行。线稿准备比较费时,通常有两种方法。一种方法是直接在描绘仪下手绘图稿,然后扫描成数字图像备用。第2种方法是用摄像设备采集各个部位的图像,用绘图软件的多图层叠加技术合成整体图的线稿备用。Sidorchuk 和 Vorontsov (2014) 提供了一种省掉图像采集过程的思路,直接把摄像机采集到的实时图像作为绘图软件的背景,在此基础上进行绘画,在绘图过程中可以随时调节显微镜焦距以显示所需细节,满足线稿构图的需要。针对节肢动物中刚毛的画法, Coleman (2009) 详细叙述了使用 Adobe Illustrator 绘制刚毛,并将其制作成多种类型的刚毛笔刷,可以明显提高刚毛绘制的速度。在昆虫体表结构的立体表现方法上,Bober 和 Riehl (2014) 提出了一种使用电脑自动打点的技术来增强结构的立体感,但这种方法产生的点排列过于规则,且难于表现复杂的立体结构。

本文以双翅目寄蝇科昆虫为例,详细介绍了透翅毛瓣寄蝇 *Nemoraea pellucida* (Meigen) 的昆虫数字整体图的绘制流程。作者对鬃毛和衬阴 2 个难点绘制步骤提出了建设性的方法。本文介绍的利用模板快速绘制刚毛和阴影的方法,可以应用于同属、同科(如本文中的黄跗寄蝇 *Tachina fera* (Linnaeus)) 或者同目的其他种类,能够显著提高绘图效率,以期帮助没有受过专业绘图训练的昆虫分类工作者能够快速地绘制出线条流畅、结构精确的昆虫数字点线图。数字点线图的上色方法限于篇幅,另文详述。

1 材料与方法

1.1 材料

仪器设备:电脑为组装 PC 机,中央处理器为英特尔酷睿 2 双核 E7500 (英特尔公司,美国加州),主频为 2.93 GHz。随机存储器建议在 8 G 以上。为了表现高精度和更多的细节,需要大尺寸的画布和较多的图层,偏低的内存配置会让低配置的电脑出现卡顿。显微镜为 Motic K-400 显微镜及配套的数码相机 Motic pro 252A (麦克奥迪实业集团有限公司,厦门)。数位板采用 Wacom PTH-860 (Wacom 公司,日本琦玉)。绘图软件

为 Easy Paint Tool SAI (SYSTEMAX 公司,日本东京)。扫描仪品牌为 Lenovo M7020 (联想控股股份有限公司,北京)。

供试标本:绘图标本为透翅毛瓣寄蝇 1♂,崔建新于 2012.IX.14-16 采于河南省辉县关山。黄跗寄蝇 1♀,崔建新于 2012.IX.14-16 采于河南省辉县关山。

1.2 方法

数字图片绘制过程中需要许多键盘操作动作,相关操作会在括号内标注键盘快捷键进行提示。

1.2.1 昆虫结构的拆解和图像采集前的准备

在显微镜下拍摄虫体的各个结构,包括头、胸、腹及其上着生的触角、足、翅等。每一部分结构都要调水平后再拍,拍照时可把一侧的足和翅拆下来,3 只足粘到三角片上并做好前、中、后足的标记,翅用热水烫软后用两片载玻片压平,载玻片两端用胶带粘住。需要注意的是在拍摄足时把股节、胫节、跗节分开拍摄,甚至跗节弯曲严重时,跗节每一节也要单独调平后拍摄,以期最大限度展现分类特征。不同的结构可以用不同的放大倍数进行拍摄,拍好的图片以“种名-性别-拍摄部位-拍摄倍数”的方式命名,图片以 jpg 格式保存。

1.2.2 标尺的采集和准备 把尺子放在显微镜下,拍下不同放大倍数下尺子的刻度。打开 SAI 软件,新建文件并命名为“标尺”,把拍好的尺子照片全部复制到该画布中。用“矩形选框”拉出每一个倍数下 1 mm 的长度,并用油漆桶填充成黑色,在旁边标上放大倍数,制作出不同倍数下的标尺(图 1:A)。

2 数字绘图制作过程

2.1 昆虫结构的勾线图稿绘制

2.1.1 标尺准备 以 12 倍下拍摄的胸部图片为例进行勾线。打开透翅毛瓣寄蝇胸部图,调整图片位置和角度,使其尽量垂直摆放,将该文件另存为 psd 格式文件。打开“标尺”文件,用“套索”选中“标尺”文件中表示 12 倍的线段,将其复制并粘贴至胸部的图片上。在胸部图层上方

会出现有具有标尺的新图层,双击图层名称将其命名为“标尺”(图 1:B)。

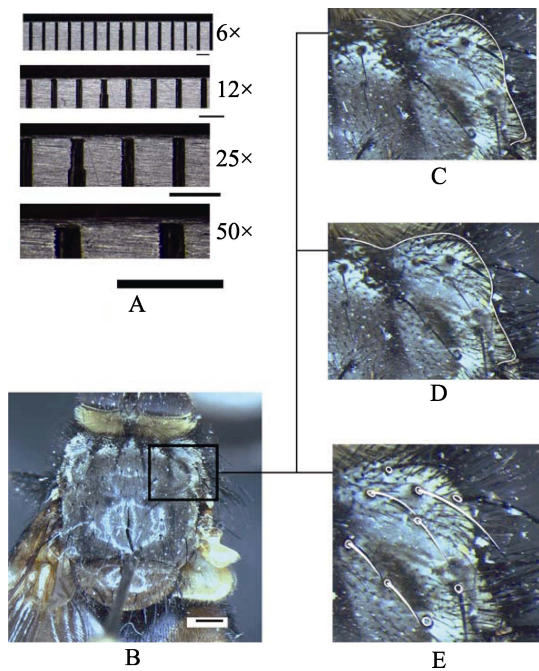


图 1 透翅毛瓣寄蝇线稿和鬃的绘制过程

Fig. 1 Construction of structural line graft and bristle graft of *Nemoraea pellucida*

A. 6、12、25、50, 倍物镜下 1 mm 标尺采集图像比较; B. 胸部照片; C. 勾线(栅格图); D. 勾线(矢量图); E. 鬃的画法。

A. Comparison of 1 millimeter scale bar among different zoom multiples (6×, 12× 25×, and 50×) of objective lens; B. Photograph of thorax; C. Drawing of line graft (raster mode); D. Drawing of line graft (vector mode); E. Drawing of bristle.

2.1.2 格栅勾线图稿绘制方法 在照片图层上方新建图层并命名为“线稿”,选择“铅笔”工具,颜色选用白色,调整笔刷至合适的大小,勾出骨片的轮廓线。勾线时,应选择与图片背景色差异明显的颜色。勾线完成后,把整个线稿统一调整成黑色即可。方法是按快捷键“Ctrl+U”调出“色相/饱和度”面板,把明度一栏的滑块拉倒最左侧,该图层上的所有颜色都会变成黑色。在勾线时可以使用旋转画布(Alt+空格键)和左右翻转(H)功能来让画布处于顺手的位置(图 1:C)。此勾线方法技术难度较高,适合技术熟练的人使用。

2.1.3 矢量勾线图稿绘制方法 此方法技术难

度较低,即使是初学者也能画出平滑的线条。在照片上新建钢笔图层,SAI 的钢笔图层即为矢量图层,可以绘制矢量图。在工具栏选中“曲线”工具,用鼠标在照片边缘点击一下会出现 1 个锚点,移动鼠标后会从锚点延伸出方向线,再次点击鼠标添加锚点,两个锚点间会出现曲线,曲线的弯曲程度会随着鼠标的位置而变化。不断的添加锚点绘制曲线,使曲线尽量贴合照片边缘,双击鼠标即可结束该线条的绘制。在钢笔图层上绘制的线条在完成后依然可以改变其粗细,即选择“修改线”工具,调整笔刷直径至需要的大小,然后点击线条,即可改变线条粗细(图 1:D)。

2.2 鬃和刚毛的画法

2.2.1 鬃的绘法 在图层“线稿”上方新建图层并命名为“鬃”,在该图层上画出左半侧的鬃。使用“铅笔”在鬃的着生部位画上小圆圈,接着根据照片画出相应长度和粗细的鬃(图 1:E)。采集标本时,由于虫体的挣扎使鬃与正常状态下的鬃有所偏差,因此,需进行一定的调整。方法是使用“套索”选中需要调整的鬃,执行自由变换(Ctrl+T),以着生点为中心旋转至合适的位置,完成后按 Enter 键确认变换。完成左侧的鬃后执行“图层/复制图层”,得到鬃的复制图层“鬃(2)”,对该图层执行“自由变换/左右翻转”,把图层“鬃(2)”拉倒右侧相应的位置,确认变换,合并图层“鬃”和“鬃(2)”,胸部的鬃即绘制完成(图 2:A)。

2.2.2 刚毛的绘法 刚毛的画法与鬃类似。新建图层画出左侧的刚毛,画到距中线有一段距离即可,不要正好画到中线处,然后复制翻转该图层得到右侧刚毛,此时胸部中线处有一片空区域。合并刚毛的两个图层,补足中间的刚毛,完成胸部的刚毛(图 2:B-D)。然后隐藏掉除刚毛以外的所有图层(包括背景图层),执行“文件/导出为指定格式/.png”,文件命名为“寄蝇-胸部刚毛-模板”,得到只包含胸部刚毛的 png 格式的图片,下文会用到(图 5:A)。

以相同的方法完成其他部位的线稿、鬃和刚毛,足和腹部的刚毛也可依照上述方法做出模板文件。

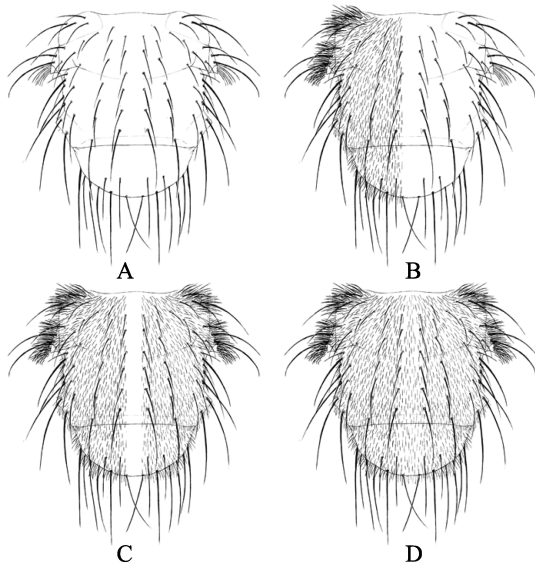


图 2 透翅毛瓣寄蝇胸部刚毛绘制过程

Fig. 2 Construction of setae on thorax of *Nemoraella pellucida*

A. 线稿 (包括结构线和鬃); B. 画出左侧刚毛; C. 通过复制-翻转-平移得到右侧刚毛; D. 补足空白区域的刚毛。

A. Line (including structural line and bristles);

B. Drawing the setae of left half; C. Copying the setae of right half by copy-flip horizontal-translation;

D. Drawing rest setae in the blank.

2.3 打点衬阴

2.3.1 网点图层的准备 使用 0.8 mm 的针管笔在 A4 尺寸的硫酸纸上均匀地铺一层点, 密度不要太高。纸的四角画上十字作为标记, 然后扫描成电子稿。继续在原本的硫酸纸上打点, 增加点

的密度, 完成后再次扫描, 得到第 2 张点密度更高的电子图片。重复上述步骤, 得到第 3 张电子稿, 此时点的密度最大, 接近全黑。在 SAI 中新建画布, 把 3 张电子稿复制到该画布中, 得到 3 个新图层。对这 3 个图层分别执行“图层/亮度转化为不同明度”, 此时图片中白色区域会变成透明区域。使用自由变换功能调整 3 张图片的位置, 以四角的十字标记为基准进行对齐。三个图层从上到下依次命名为“3”、“2”、“1”, 图层“3”点密度最大, “2”次之, “1”最稀疏。完成后把该文件存储为 psd 格式, 命名为“网点”。“网点”文件的制作也可直接在电脑中完成, 本文采用手绘方式旨在尽量还原手绘的质感 (图 3: A-C)。

把“橡皮擦”工具复制一份, 方法为选中“橡皮擦”, 点击鼠标右键, 选择“复制”, 把复制得到的“橡皮擦”按照 (图 3: D) 所示参数进行设定 (形状参数为 Noise 2, (形状) 强度参数为 100%, 倍率参数为 300%, 纹理参数为纸张质感, (纹理) 强度为 100%, 飞白参数选项为应用最小浓度, 笔压同时开启大小和浓度选项, 其他参数任选即可), 然后双击复制的“橡皮擦”将其命名为“刮网橡皮”。这种笔刷的功能特点是擦涂密度较大“网点”的图案后, 得到过渡自然的低密度的色调均匀变化的图案。

2.3.2 打点衬阴的过程 以腹部为例叙述打点衬阴的方法。依据前述方法画出腹部的线稿、鬃

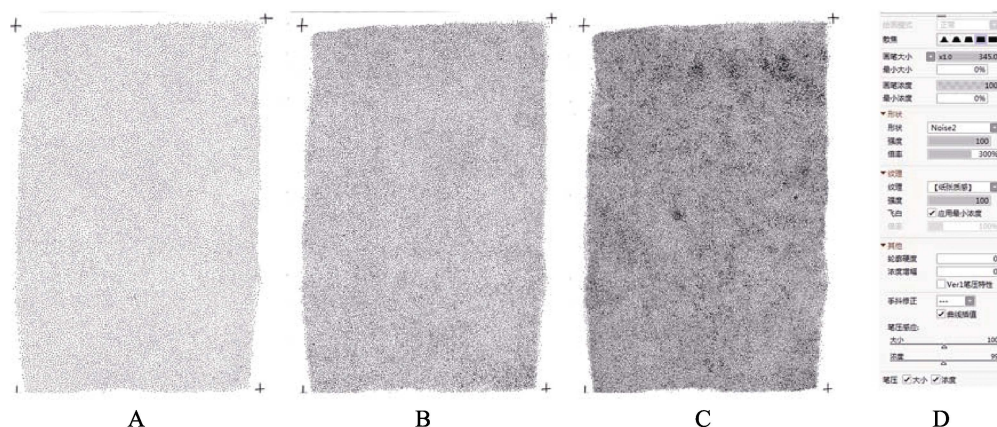


图 3 网点和“刮网橡皮”笔刷设置

Fig. 3 Stipple and setting of 'stipples-scraping eraser' brush

A, B, C. 网点图案 (手绘不同密度); D. “刮网橡皮”参数设置。

A, B, C. Stipple patterns (showing manually different density); D. Setting of 'stipples-scraping eraser' brush.

和刚毛。为便于叙述,隐藏掉鬃和刚毛的图层并把背景设置为灰色。把鼠标光标移至图层“腹部线稿”点击一下,使用“魔棒工具”点击线稿外侧区域,执行“选择/反选”,在线稿下方新建图层并命名为“底色”。选择“油漆桶”工具(G)使用白色填充图层“底色”,然后取消选区(Ctrl+D),在图层“底色”上新建一个图层组并命名为“点”。打开之前做好的“网点”文件,将其中的3个图层复制到图层组“点”中,关闭“网点”文件,对图层组“点”执行“创建剪贴蒙版”,使点只在底色范围内显示(图4:A-C)。

使用“橡皮擦”工具擦除图层“3”中黑斑区域以外的点,得到黑斑的形状。使用“刮网橡皮”对图层“2”中部区域进行擦拭,擦除亮部区域,擦除时不要过于用力,尽量使其过渡均匀。继续在图层“1”和图层“3”上腹部最高处擦出高光,在腹部两侧轻轻擦出反光,完成腹部的打点衬阴(图4:D,E)。

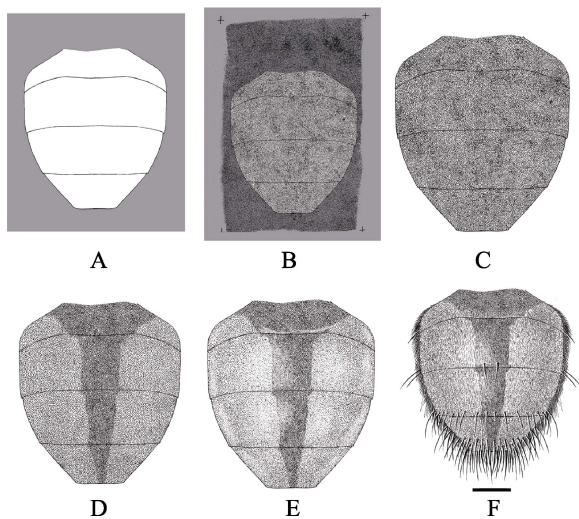


图4 透翅毛瓣寄蝇腹部打点衬阴过程

Fig. 4 Construction of abdominal shade of *Nemoraea pellucida* by stippling

A. 线稿和底色; B. 添加网点; C. 对网点创建剪贴蒙版; D. 擦出黑斑; E. 擦出亮部、高光 and 反光; F. 加上刚毛和鬃。

A. Line and ground colour; B. Adding the stipples; C. Enable layer mask to the stipple; D. Creating the black stripe by erase the extra part of stippling; E Creating the light, highlight and reflect light; F. Adding the setae.

隐藏掉除图层“1”和图层“2”以外的所有图层,即只显示由黑点组成的腹部明暗关系。执行“文件/导出为指定格式/.png”,命名为“寄蝇腹部点模板”备用(图5:B)。显示出除背景和照片以外的其他图层,即显示完整的腹部结构,导出为png格式图片,命名为“透翅毛瓣寄蝇腹部”(图4:F)。

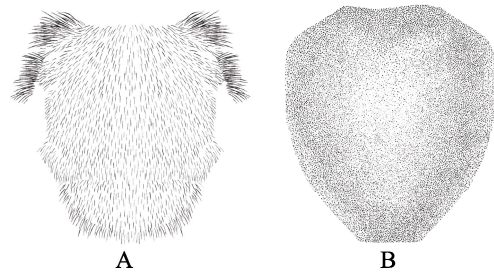


图5 寄蝇胸部刚毛模板和腹部打点模板

Fig. 5 Thoracic setae and abdominal stippling templates of tachinid flies

A. 胸部刚毛模板; B. 腹部打点模板。

A. Template of thoracic setae;

B. Template of abdominal stippling.

2.4 拼图

依照前述方法完成透翅毛瓣寄蝇各个结构的绘制并存储为没有背景的png格式图片。新建一个文件并命名为“透翅毛瓣寄蝇整体图”,画布尺寸尽量设得大一些(例如7 000 px × 5 000 px),将之前做好的各个部分的图片全部复制到该文件中,利用标尺作为基准把放大倍数不同的部分缩放到相同的比例。然后把各个结构按照标本拼接到一起,被遮挡的地方使用“橡皮擦”擦掉,对称的部位使用“复制/翻转”的方法做出另一侧的部分。在足被翅遮盖的地方使用“刮网橡皮”轻轻擦拭,留下足的痕迹但不体现具体的细节,表现出翅的半透明感。用套索选中多余的标尺按Delete键删除,只留下1根标尺并调整好角度,摆到虫体下方。最后把文件存储为png格式。需要注意的是SAI不支持tiff格式的文件,可使用Photoshop把图片转存为需要的格式(图6)。

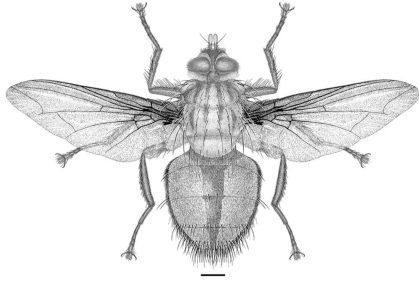


图 6 透翅毛瓣寄蝇雄成虫整体图

Fig. 6 Habitus of male adult *Nemoraea pellucida*

2.5 通用模板的应用

上述绘制刚毛和打点衬阴部分的方法,虽然花费大量时间,但这两部分做成的模板在相似的种类中是可以通用的。这将为后续绘图节省大量时间。本节以绘制黄跗寄蝇胸部刚毛和腹部阴影为例,介绍利用已有的模板绘制相应部分的方法。

2.5.1 胸部刚毛模板的制作和应用 把前述“寄蝇胸部刚毛模板”复制到黄跗寄蝇胸部线稿上方,可以看到刚毛的大小和位置与线稿并不完全匹配。使用“自由变换”功能调整刚毛的大小和位置,使其基本符合胸部形状,使用“变形”功能对刚毛的形状进行细微地调整,确认变换。对于边缘仍有差异的区域,可使用套索工具选中相应的刚毛,进行细微地调整,继续使用“铅笔”和“橡皮擦”工具对刚毛进行修饰,直至与线稿完全吻合(图 7:A-C)。

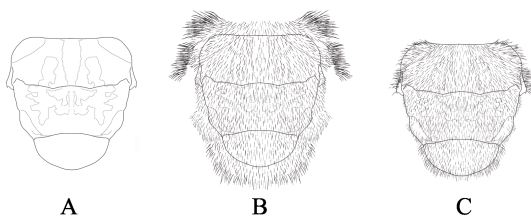


图 7 使用模板绘制黄跗寄蝇胸部刚毛

Fig. 7 Drawing the thorax setae of *Tachina fera* by pre-existing template

A. 黄跗寄蝇胸部线稿; B. 添加胸部刚毛模板; C. 对刚毛进行调整。

A. Thoracic line graft of *T. fera*; B. Adding the pre-existing template of tachinid thorax setae; C. Adjusting the position of the above-mentioned template.

2.5.2 腹部打点衬阴模板的制作和应用 与刚毛的方法类似,把前述“寄蝇腹部点模板”复

制到黄跗寄蝇腹部线稿下方,把本模板图层调到底色上方,使用“自由变换”调整打点区域的大小和形状,使其与线稿基本吻合。打点区域要覆盖整个线稿,略微溢出线稿外侧也可以,尽量不要让线稿内侧区域出现空白。把打点图层创建为“底色”图层的剪贴蒙版,线稿外侧的点便无法显示出来,对于不满意的地方可进行略微地修正,完成腹部的打点衬阴(图 8:A-C)。

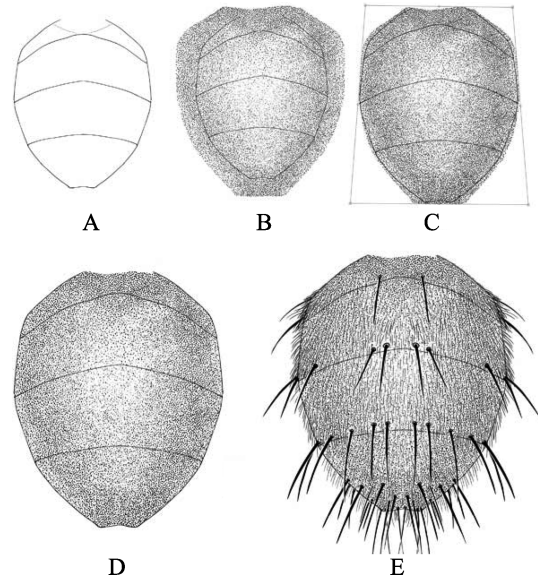


图 8 使用模板绘制黄跗寄蝇腹部明暗关系

Fig. 8 Drawing the abdominal shade of *Tachina fera* by pre-existing template

A. 黄跗寄蝇线稿和底色; B. 添加腹部打点模板; C. 调整模板的形状和大小; D. 对打点模板创建剪贴蒙版; E. 添加刚毛和鬃。

A. Line and ground colour of *T. fera*; B. Adding the template of abdominal stippling; C. Adjusting the position of the template of abdomen stippling; D. Enable layer mask to the template of abdominal stippling; E. Adding the setae.

3 讨论

与传统手绘相比,数字绘图拥有明显的优势,如速度快;分辨率高;技术难度低;方便修改等(Bouck and Thistle, 1999; Holzenthal, 2008)。数字绘图分为矢量图和栅格图两大类,如只需绘制简单的线条图,使用矢量图更加方便,通过 Adobe Illustrator 等矢量绘图软件绘制的线条非常平滑,并且即使在完成线稿后,线条

的类型、线宽等参数依然可以进行修改。而其最大的特点是线条不会因为放大或缩小而改变清晰度。需要注意的是矢量图在栅格化或转存为其他如 tiff、png 等栅格图格式时, 会失去其矢量特性。但并非在所有情况下矢量图都是最优选择, 比如需要绘制抖动的线条以表现凹凸不平的边缘或质感时, 在矢量模式下线条边缘会被修正得十分光滑而难以达到所需的效果。与矢量图相对, 栅格图由一个个像素去定义图像, 因此不具备缩放不损失清晰度的特性, 把画布缩放得非常大时线条边缘会出现锯齿, 但只要在绘图时把画布尺寸设置得大一些, 清晰度也足够使用。在栅格图模式下绘制线条十分灵活, 表现更加接近传统手绘, 但不易控制, 需要熟练使用数位板才能画出理想的线条。此外栅格图在表现色彩和明暗变化等方面更有优势。矢量图和光栅图并没有绝对地优劣之分, 根据绘图的需求选择合适的软件才能达到事半功倍的效果。

本文以蝇类为例详细介绍了制作模板以及利用模板实现快速绘制昆虫刚毛, 打点衬阴的方法, 事实上这种方法几乎适用于所有昆虫类群。尤其是许多种类并不具备蝇类那种复杂的刚毛, 因此打点的方法适用性更广。虽然昆虫的外形复杂多样, 但仍然有许多共性的地方, 如复眼, 瓢虫的鞘翅, 大部分均为球形或半球形, 制作出球形的模板便可适用于大部分此类结构; 圆柱形的模板适用于草蛉、蠋蛾、石蝇等的腹部。每一种结构的打点部分都可以单独存储起来作为素材, 需要注意的是制作的模板不要太精细, 也不要表现斑纹等结构, 模板所表现的是共性结构, 每一种昆虫的结构都是不同的, 如果模板过于精细, 和其他昆虫的契合度就会降低, 在细节上会和线稿无法匹配, 可能会造成结构的变形。模板的目的在于提供一个“不太精确的”基本型, 再此基础上根据标本进行细致刻画, 表现出所画种类独特的结构, 而并非使用模板“一步到位”。所绘制的昆虫种类越多, 积累的模板也会越多, 绘图效率也会越来越高。即使是一些形状怪异, 无法使用素材的种类, 使用文中所提到的“刮网”方式去打点, 依然要比传统手绘中一个一个打点

要快得多。因为图形的外轮廓是由线稿决定的, 所以使用打点素材并不会造成结构的失真。不仅是黑白科学图, 数字绘图技术在彩色科学绘图方面也有着很大的优势, 例如不需要等待颜料干后再进行后续上色, 从而节省了大量时间; 可以把画面放大进行细节刻画, 因而在相同的画布尺寸下数字绘图能表现更多的细节; 修改方便, 数字绘图可以不断得叠色、修改, 直到达到所需要的效果而不必担心损坏原图; 保存方便, 不会占用物理空间, 也不会因为年代久远而褪色失真等。

参考文献 (References)

- Bober S, Riehl T, 2014. Adding depth to line artwork by digital stippling—a step-by-step guide to the method. *Organisms Diversity and Evolution*, 14(3): 327–337.
- Bouck L, Thistle D. 1999. A computer-assisted method for producing illustrations for taxonomic descriptions. *Vie et Milieu*, 49(2/3): 101–105.
- Coleman CO, 2003. “Digital inking”: How to make perfect line drawings on computers. *Organisms Diversity and Evolution*, 3(4): 303–304.
- Coleman CO, 2006. Substituting time-consuming pencil drawings in arthropod taxonomy using stacks of digital photographs. *Zootaxa*, 1360: 61–68.
- Coleman CO, 2009. Drawing setae the digital way. *Zoosystematics and Evolution*, 85(2): 305–310.
- Cui JZ, Ge SQ, 2012. Application of adobe photoshop and adobe illustrator to illustrating and digital image processing in entomological research. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 49(5): 1406–1411. [崔俊芝, 葛斯琴, 2012. 图像处理软件 Adobe Photoshop 和 Adobe Illustrator 在昆虫绘图及图像处理中的应用. 应用昆虫学报, 49(5): 1406–1411.]
- Fisher JR, Dowling AP, 2010. Modern methods and technology for doing classical taxonomy. *Acarologia*, 50(3): 395–409.
- Holzenthal RW, 2008. Digital illustration of insects. *American Entomologist*, 54(4): 218–221.
- Montesanto G, 2015. A fast GNU method to draw accurate scientific illustrations for taxonomy. *ZooKeys*, 515: 191–206.
- Sidorchuk EA, Vorontsov DD, 2014. Computer-aided drawing system-Substitute for camera lucida. *Acarologia*, 54(2): 229–239.
- Tereshkin AM, 2008. Methodology of a scientific drawings preparation in entomology on example of ichneumon flies (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Euroasian Entomological Journals*, 7(1): 1–9.
- Tereshkin AM, 2009. Illustrated key to the tribes of subfamilia Ichneumoninae and genera of the tribe Platylabini of world fauna (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Linzer Biologische Beiträge*, 41: 1317–1608.