三维技术在古昆虫复原图制作中的应用*

王 晨** 任 东***

(首都师范大学 昆虫演化与环境变迁重点实验室 北京 100048)

摘 要 本文简单介绍了 Autodesk Maya 等软件以及利用三维技术制作古昆虫复原图所涉及到的三大方面知识,包括:三维昆虫制作、场景设计和艺术气氛。较为详细的介绍了利用三维软件制作昆虫的主要步骤。总结了在制作复原图时,将生物学、计算机技术、美术学三方面知识相结合的经验和技巧。为三维技术在古昆虫学研究工作中的推广和使用提供了更多思路。

关键词 三维技术, Maya, 昆虫复原图, 昆虫化石, 昆虫建模, 古昆虫学研究

Application of 3D technology to the ecological reconstruction of fossil insects

WANG Chen** REN Dong***

(Key Lab of Insect Evolution and Environmental Changes, Capital Normal University, Beijing 100048, China)

Abstract The application of 3D technology to the ecological reconstruction of fossil insects is introduced. This mainly includes three aspects: 3-Dimensional insect modeling, scene design and artistic ambiance. Major operational procedures of the relevant software are discussed in detail and the experience and skills required to combine biology, computer technology and art in the reconstruction of fossil insects summarized. These technologies have many potential applications in future palaeoentomological research.

Key words 3D technology, Maya, ecological reconstruction, fossil insect, insect modeling, palaeoentomological research

随着动画及数字效果技术的不断提高,三维及四维电影在全世界范围内广泛流行并受到欢迎。三维技术强大的功能在于它可以全方位、立体的表现主体的外观和特性,让很多以前不可能实现的效果,能够更好的、出人意料的、不受限制的表现出来。利用三维技术进行古昆虫生态环境的复原,即运用计算机技术将昆虫化石标本及其生态环境重建,并以静态图像或动态短片的形式展示给公众。这项工作涉及了多学科多领域,其中包括了:三维技术、美术学、昆虫学、植物学、生态学、行为学、地质学、物理学等。不仅需要熟练掌握了三维制作软件的操作技巧,而且必须具有良好的美术功底,同时还要求我们熟悉生物学、地质学等背景知识,这样才能科学、完美的将古昆虫及其生态环境重建出来。复原出的图片和短片,对昆虫学研究和相关科普宣传都有重要意义。目前市面上有很多介绍三维软件使用方法的教程和书籍,但几乎没有面向昆虫学研究的相关教程。

本文主要介绍应用三维和二维制作软件进行古昆虫复原时的制作思路和技巧,供同行分享和交流,以便将来能更好的服务于昆虫学研究工作。

1 几种常见的三维和二维设计软件

Maya 是由 Autodesk 出品的一款软件,是目前世界上最为优秀的三维动画制作软件之一(图 1:A)。被广泛用于电影、电视、广告、电脑游戏和电视游戏等的数位特效创作。曾获奥斯卡科学技术贡献奖等殊荣。它的应用领域主要包括 4 个方面:1、平面图形可视化;2、网站资源开发;3、电影特技;4、游戏设计内容。Maya 软件在影视动画行

* 资助项目:国家基础研究项目(973 项目)(2012CB821906);国家自然科学基金(31230065, 41272006);北京市属高等学校高层次人才引进与培养三年行动计划"长城学者"培养计划(KZ201310028033);中国地质调查局(1212011120115)。

** E-mail: wangchen.cnu@gmail.com

** 通讯作者,E-mail:rendong@mail.cnu.edu.cn

收稿日期:2013-03-08,接受日期:2013-10-15

业有广泛的应用。

Adobe Photoshop 是一款功能强大且应用普遍的图像处理软件,该软件可分为图像编辑、图像合成、校色调色及特效制作部分等。

After Effects 是 Adobe 公司推出的一款图形视频处理软件,主要是用于影视后期制作(图 1:B)。能够高效且精确地创建无数种引人注目的动态图形和震撼人心的视觉效果。

其他一些软件也可以达到这样的效果,比如著名的三维设计软件 3D MAX 也颇受大家欢迎,而 CATIA、NX 设计、CorelCAD、Pro/ENGINEER、Solidworks、CAXA、SpaceClaim 等软件则偏重于其他专业的领域。Corel 公司出品的 PaintShop Photo Pro 也是很好的的图片处理软件。这里我们主要以 Maya、Adobe Photoshop 以及 Adobe After Effects 为例探讨古昆虫的三维立体图的绘制方法。

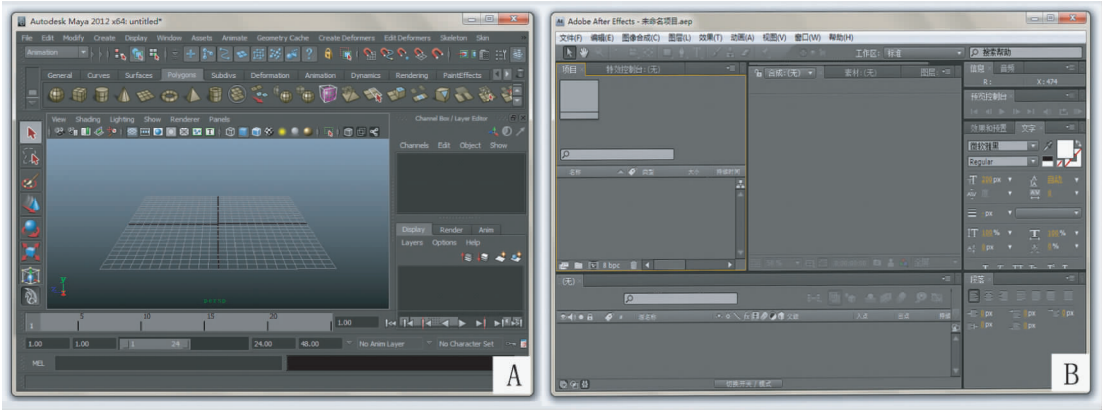

图 1 Autodesk Maya 2012 英文版 和 Adobe After Effects CS 5.0 操作界面

Fig. 1 The interfaces of Autodesk Maya 2012 and Adobe After Effects CS 5.0

A. Autodesk Maya 2012 操作界面;B. Adobe After Effects CS 5.0 操作界面。

A. the interface of Autodesk Maya 2012; B. the interface of After Effects CS 5.0.

2 昆虫复原图制作过程

2.1 昆虫制作

2.1.1 建模之前

2.1.1.1 充分了解要制作的该类昆虫的身体结构 已发表的该类昆虫的研究论文,以及有关昆虫分类学及形态学的书籍都是很好的参考资料。当然,要制作出不失科学性、逼真、精致的古昆虫三维重建作品,多观察现生昆虫标本,也是非常重要的。如果我们对昆虫的结构不够了解,那建造出来的模型就不能科学地反映昆虫的结构形态,也就不能准确表现昆虫各部位的细微特征。因此,笔者认为,不论模型如何的精美漂亮,科学性和准确性永远都是第一位的。

2.1.1.2 设计昆虫的最终展示角度 昆虫化石因为其埋藏条件的不同,很多结构可能看不到。因此,需要根据已经绘制好的化石标本线条图以及昆虫各个结构保存情况,找到此类昆虫最显著的特点,进而设计最终展示角度。我们应该本着以下两个基本原则:第一,最大程度展示昆虫保存的部分。未完整保存的部分因为加入了人为主观意念,并不是虫体结构的真实写照,因此尽量不展示在画面中;第二,尽量在画面中将该类昆虫最显著的特点突出显示。这样做既能够吸引大家的注意力,又便于人们记住这类昆虫。

2.1.1.3 根据化石标本,建立四视图 Maya 的三维立体空间中包括 4 种视图,即:透视图;顶视图;正视图;侧视图(王琦,2012)。在建模时,我们必须保证任何一个视图中的模型,都符合昆虫本身的比例,这样最终建好的模型每部分结构才是正确的。一般来说,绘制出的化石标本线条图是正视图参考图或侧视图参考图中的某一种。另外的两个角度的视图,可以参照现生类群的结构比例。但如果该类群没有现生类群,就需要我们结合昆虫学知识亲手绘制另外两个视角的参考图。这是普通动画、电影制作时不会遇到的困难,但对于古昆虫重建来讲,这是非常重要的一步,可能会花费至少一周的时间来探讨每张视角参考图片的正确

性。打开 Maya 软件,view > Image Plane > Import Image 将古昆虫模型的正面、侧面及背面参考图导入 Maya 界面的顶、前、侧视图后调整图与图之间的距离位置(图 2)。

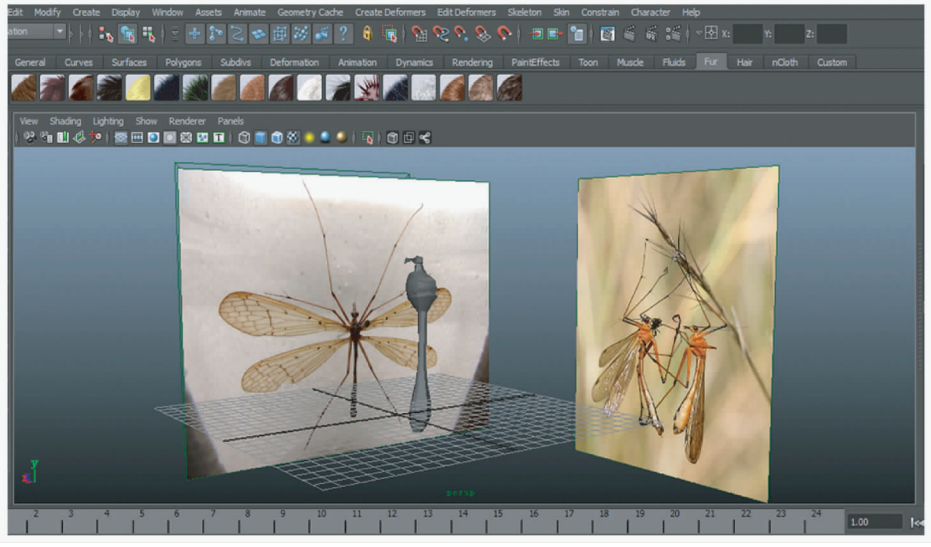

图 2　银杏侏罗蝎蛉复原图制作时使用的正视图参考图和侧视图参考图

Fig. 2　The references of front view and side view in the ecological reconstruction of *Juracimbrophlebia ginkgofolia* Wang, Labandeira, Shih *et* Ren, 2012

2.1.2　建模方式　建模是动画和图片制作的基础,就 Maya 软件来说,它提供了大多数三维软件所拥有的建模方法,包括:1)Nurbs 建模;2)多边形建模(Ploygon);3)细分建模;4)雕刻建模。这 4 种建模方式各有优缺点,其中 Polygon 建模应用最广泛,操作直观,便于分 UV (定位 2D 纹理的坐标点),适合角色建模和各种不规则建模。缺点是制作一个精确的模型往往运用了巨大数量的面片,加重了电脑的负荷。Nurbs 建模也是一种常用方式,这种建模方式可以做出很精确的模型。缺点是限制比较大,不适合制作角色模型,此外分 UV 也是个大麻烦。根据场景的需要,不同的模型,我们可以选择不同的建模方式。针对虫体本身,我一般选用 Polygon 建模。而大场景背景中距离较远的植物多采用 Nurbs 建模的方式。

2.1.3　Maya 建模(低模)　在窗口中创建一个

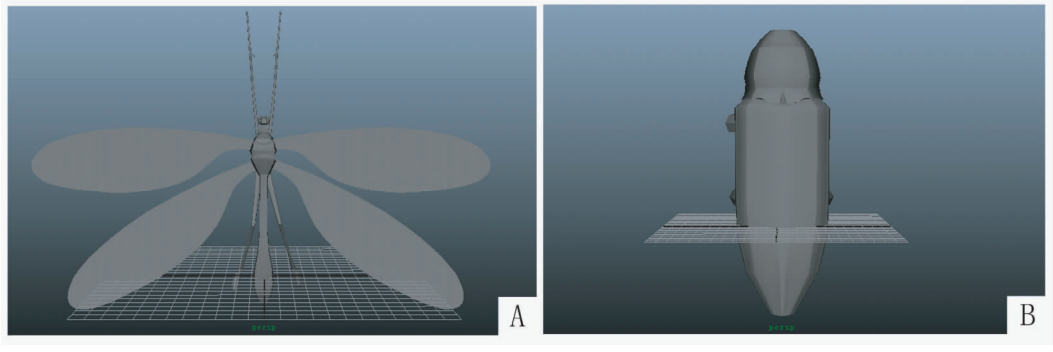

图 3　Maya 三维视图中的低模

Fig. 3　The low poly models in three dimensional view of Maya

A. 银杏侏罗蝎蛉的低模;B. 双斑点中国似盾吉丁的低模。

A. the low poly model of *Juracimbrophlebia ginkgofolia*; B. the low poly model of *Sinoparathyrea bimaculata* Pan, Chang & Ren, 2011.

cube,利用 Edit Mesh > Insert Edge loop tool 或 Split Polygon tool 来多加些线条,使用 Edit Mesh > Extrude 命令挤压出更多的结构,在 Edit 命令中 Mesh > Merge 将某些点 Merge 起来(图 3)。这里就不对具体的命令做过多的介绍了,有关 Maya 建模的书籍对这部分内容有详细的讲解。

建模过程中要随时检查模型比例和结构的正确性。三维模型的建立,比平面绘制化石标本的线条图能够挖掘出化石中更多的信息量。建模时要时刻思考一个问题:"这样的结构有什么样的功能?"这样的思考,有助于将昆虫的结构和功能联系起来进行建模。我们制作的昆虫模型,不能是结构的视觉堆叠,而要是结构的功能展现。

2.1.4 Maya 建模(高模) 在低模没有问题的情况下,我们进行高模的加工。通过对低模执行 Mesh > smoth 来细分,模型变得细致光滑。此时若模型看起来有陵有角,并不平顺,我们可以选择模型,再到 Normals 里按下 Soften Edge,此时就可以再不增加面数的情况下将模型便平顺,以减少系统资源的浪费,但此时也会发现有些轮廓也被平滑化了,此时我们可以在要加强轮廓的地方再割一条 Edge 来增强轮廓,此时就算再用 Soften Edge,这条轮廓也不会被平滑掉了。

高模看起来平滑了很多,但是也会显得细节不足。这时候我们就需要对虫体上很多微小的细节进行雕刻,例如:背板上的不规则凹凸,某些昆虫革质前翅上的刻点等(图 4,图 5:A)。我们可以直接使用 Maya 中的 Modeling > Edit Polygons > Sculpt Polygons Tool 进行雕刻,也可导入到 ZBrush 软件中进行雕刻。这里值得注意的是,并不是每一个最终可见的细小结构,都需要在模型上雕刻出来。很多细微的结构可以在贴图中绘制出来,同样面数的模型,就可以得到更多的细节。

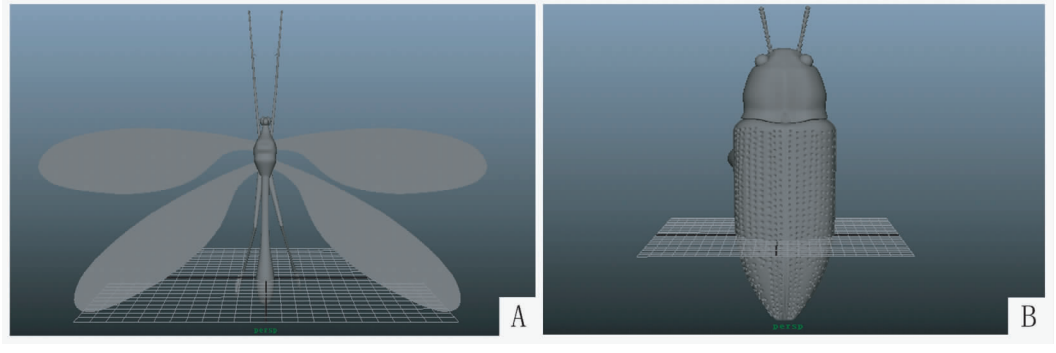

图 4 Maya 三维视图中的高模

Fig. 4 The high poly models in three dimensional view of Maya

A. 银杏侏罗蝎蛉的高模;B. 双斑点中国似盾吉丁的高模。

A. the high poly model of *Juracimbrophlebia ginkgofolia*; B. the high poly model of *Sinoparathyrea bimaculata*.

2.1.5 展 UV UV 是定位 2D 纹理的坐标点,UV 直接与模型上的顶点相对应。模型上的每个 UV 点直接依附于模型的每个顶点。位于某个 UV 点的纹理像素将被映射在模型上此 UV 所附的顶点上。简单来说,模型的 UV 就是模型的一张"皮",这就如同电影《画皮》里,附在妖精身上的那张皮。我们把模型的"皮"揭下来,展平,导入平面软件(PS)里进行绘制,画好后再附到模型上。因此,UV 的拆分和展开,直接影响了后面贴图的绘制。在尽量减少 UV 拉伸的情况下,尽量完整、对称的拆分和展开 UV,这样利于绘制。如果直接使用 Maya 展开 UV,首先要创建 UV(图 5:B ~ D),执行 Polygons > create UVs,然后在 UV Texture Editor 中进行编辑 UV,最后执行 UV Texture Editor > Polygons > UVSnapshot 到导出 UV 网格。我们也可以借助 UVLayou、Deep UV 及 Unfold 3D 等插件进行 UV 展开。我这里主要介绍昆虫制作方法和思路,具体操作命令不做过多介绍。

2.1.6 选择材质 要想模拟昆虫的材质,就必须先知道昆虫的材质是什么样的。不同昆虫的材质不同,同一昆虫不同结构的物理化学性质也不同。昆虫体壁由里向外可分为底膜、皮细胞层和表皮

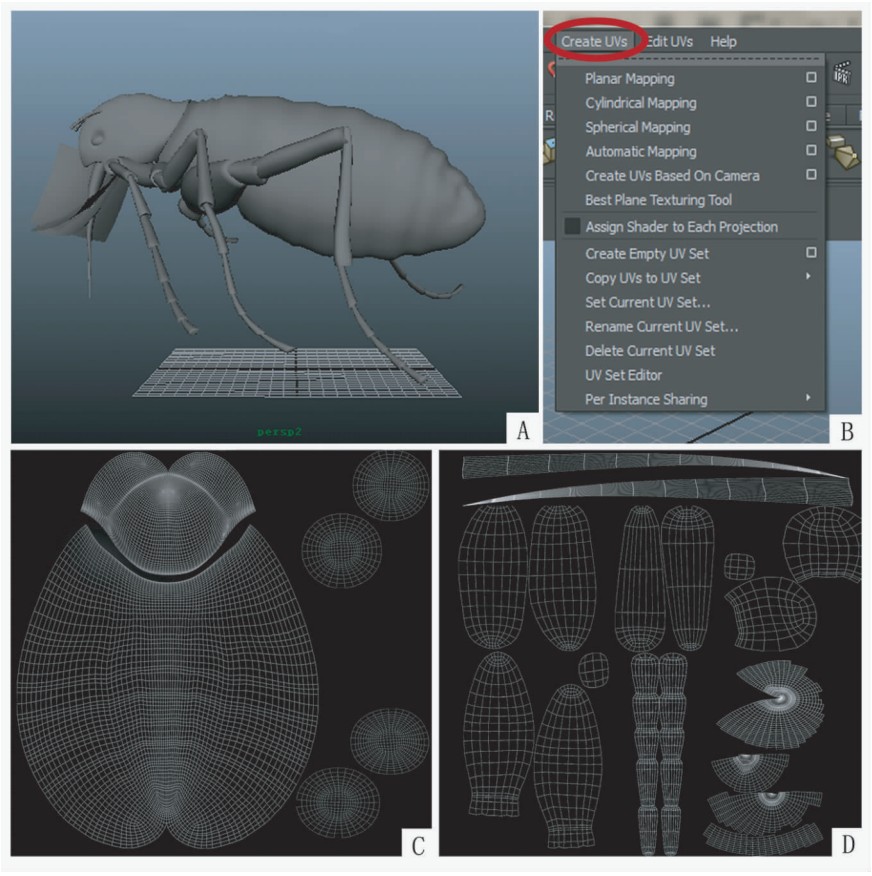

图 5　模型 UV 拆分结果展示

Fig. 5　Unfolded UV of model

A. 侏罗似蚤的高模;B. Maya 中的 UV 创建工具栏;C. 侏罗似蚤体躯的 UV;D. 侏罗似蚤附肢的 UV。

A. the high poly model of *Pseudopulex jurassicus* Gao, Shih *et* Ren 2012; B. create UVs toolbar in Maya; C. unfolded UV of the *Pseudopulex jurassicus* body; D. the unfolded UV of *Pseudopulex jurassicus* appendages.

层。底膜由血细胞分泌而成。皮层为非细胞层,分为 2 层:内表皮、外表皮、上表皮。内外表皮主要含有几丁质和蛋白。而上表皮不含几丁质,从内向外分为表皮质层、蜡层、护蜡层。昆虫的体壁有很好的通透性(彩万志等,2001)。昆虫体壁的颜色有的是各层含有的色素表现出来的,有的则是蜡层、刻点、沟缝或鳞片等结构使光波发生散射、衍射或干涉而产生的,如鞘翅目(Coleoptera)很多的昆虫,虫体艳丽,体壁常有很漂亮的金属光泽。

在 Maya 中创造可以模拟真实昆虫的材质。Maya 的 Surface(表面材质)包括 Anisotropic(各向异性);Blinn(布林);Hair Tube Shader(毛发管道材质);Lambert(兰伯特/琅伯);Layer Shader(层材质);Ocean(海洋);Phong(冯);Phong E(冯 E);Ramp Shader(渐变色);Shading Map(阴影贴图);Surface Shader(表面阴影);Use Background(使用背景)(6:A)。常用的材质有 Anisotropic(各向异性),Blinn(布林),Lambert(兰伯特),Phong(冯),尤其是 Blinn 材质使用范围最广(万建龙,2102)。

单一的材质很难逼真的模拟现实中的昆虫,因此我们常常多种材质联合使用,采用 Layer Shader(层材质)或者层渲染的方式。我们发现在 Maya 中利用 3S(图 6:B)即 Subsurface Scattering Shaders(次表面散射材质),可以很好的模拟昆虫体壁的蜡质通透效果。

2.1.7　贴图绘制　在初步决定好材质后,我们就可以有针对性的绘制贴图了。打开 Adobe Photoshop,打开刚导出的 UV 网格文件,在网格上进行相应绘画,并保存绘画后的文件为 jpg、tga 等格式。需要绘制的贴图可能包括颜色贴图、透明贴图、凹凸贴图、高光贴图、反射贴图、法线贴图等

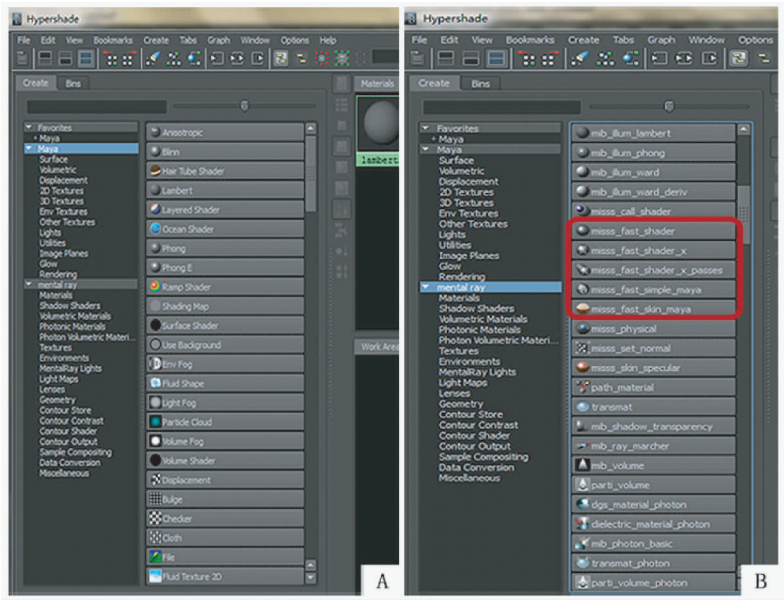

图 6　昆虫制作时常用的材质展示

Fig. 6　The common materials in Maya to reconstruct insects

A. Maya 中的基本材质;B. 3S 材质栏。

A. basic materials in Maya;B. 3S toolbar.

等(图 7)。这一步通常需要使用手绘板,并且非常考验美术基础和手绘功底。绘制贴图要特别细心,贴图的好坏,决定了最终图片的效果。

2.2　场景设计

一张复原图中,不只有昆虫,还有其它生物因素和非生物因素。特定的昆虫需要有与之相适应的场景设计,场景中出现的其他动物、植物、气候条件,必须能够突出该类昆虫所属的时代和环境特征。例如,对侏罗纪的昆虫的栖息环境进行复原时,场景内既不能出现侏罗纪已经灭绝的植物、动物,也不能出现侏罗纪还未演化出的植物或动物。再例如,我们知道中国内蒙古宁道虎沟地区,中生代晚期的气候特征为温暖潮湿。因此,化石产地为中国内蒙古自治区宁城县道虎沟,年代为中侏罗世的双斑点中国似盾吉丁(Pan *et al.*, 2011)的复原图,就要体现出温暖潮湿的气候特点,不能让观者觉得的画面中气候干燥(图 8:A)。经不起推敲的场景设计一定是失败的。

场景设计不仅是把各个视觉元素组织在一起,成为在视觉上令人愉悦的安排,还要在功能和美学之间求得平衡。如在制作银杏侏罗蝎蛉复原图时,将银杏选取为场景元素之一,而不是其它伴生植物,是因为银杏侏罗蝎蛉和银杏叶之间有一种拟态关系(Wang *et al.*, 2012)。我们制作的复原图,要尽量将昆虫与环境的互作关系表现出来,争取在有限的画面中填充无限的信息量,这样的一张古昆虫复原图,才耐人寻味(图 8:B)。

2.3　艺术氛围

我们完成昆虫复原图的制作,不仅仅是将昆虫重建出来,还要以艺术氛围元素为骨架,支撑起一张有血有肉的作品。艺术气氛赋予场景生命力,没有足够到位的艺术氛围的场景是干涩的。这部分操作主要是在 Adobe Photoshop 和 After Effects 中进行。

这里我主要和大家分享色调和光影两种艺术元素对气氛营造的作用。

色调场景的色调能让人们感受艺术氛围,颜色基调甚至能够隐晦的告诉观者接下来将发生什么。比如恐怖虫复原图,选用了高度统一的咖啡色色调,这样的色调笼罩一种怪异的气氛和坚韧的生存态度,配合昆虫前、中、后足的姿态,进而让观众称奇。浅色和深色所占据的空间显得也不同。浅色,特别是白色,似乎更开展。浅色调的画面显得更开阔,深色调的场景显色更局促。恐怖虫复原图采用深色色调,画面一下子就聚集在了虫体上。模拟了微距照相机拍摄到一只在带羽毛

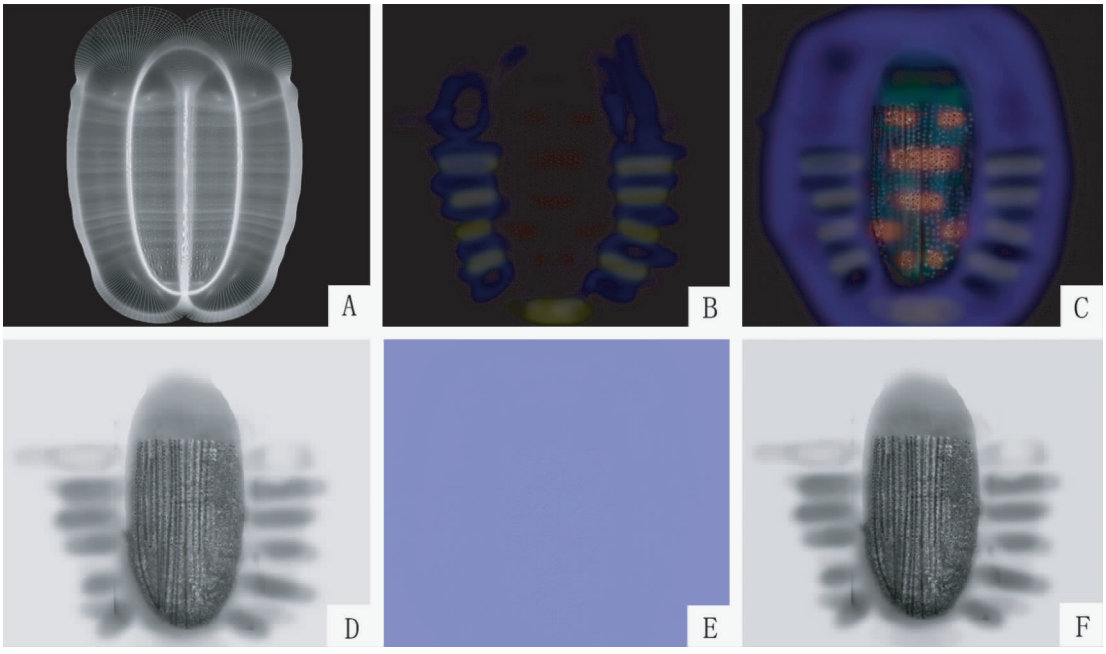

图 7　双斑点中国似盾吉丁重建时的贴图展示

Fig. 7　The maps of the reconstruction of *Sinoparathyrea bimaculata*

A. UV 贴图;B. 颜色贴图;C. 反射贴图;D. 凹凸贴图;E. 法线贴图;F. 高光贴图。

A. UV mapping;B. color mapping;C. reflected mapping;D. bump mapping;E. normals mapping;F. specular mapping.

图 8　昆虫化石的生态复原图展示

Fig. 8　The ecological reconstructions of fossil insects

A. 双斑点中国似盾吉丁的生态复原图;B. 银杏侏罗蝎蛉的生态复原图。

A. ecological reconstruction of *Sinoparathyrea bimaculata*;B. ecological reconstruction of *Juracimbrophlebia ginkgofolia*.

恐龙身上寄生的恐怖虫的情景。

另外,在色圈中互相紧挨着的颜色称作“相似”色,它们的波长是相似的,能够引起感情上的反应。在色圈中互相对立的颜色称作“互补”色,

通常这些是成对的暖色或冷色,产生视觉上的平衡效果。颜色丰富的画面,不但具有主色调,也具有饱满的相似色和互补色。侏罗似蚤 *Pseudopulex jurassicus* 的复原图(图 9)就运用了“互补”色,棕黄色的透明虫体映衬在深紫色的背景之中,更加突出了这 1.65 亿年前寄生在恐龙身上的昆虫的神秘感(Gao *et al.*, 2012)。

图 9　侏罗似蚤的生态复原图展示

Fig. 9　The ecological reconstructions of *Pseudopulex jurassicus*

光影　画面中的光影,不但能够透露昆虫场景所处的时间、季节、气候。也能够突出艺术氛围。阳光普照的画面配合着颜色亮丽的光线能够带给人些许的暖意,就像是童话中的场景看着就让人觉得幸福和充满希望。

参考文献(References)

Gao TP, Shih CK, Xu X, Wang S, Ren D, 2012. Mid-Mesozoic flea-like ectoparasites of feathered or haired vertebrates. *Current Biology*, 22: 732 – 735.

Pan XX, Chang HL, Ren D, Shih CK, 2011. The first fossil buprestids from the Middle Jurassic Jiulongshan Formation of China (Coleoptera: Buprestidae). *Zootaxa*, 2745: 53 – 62.

Wang YJ, Labandeira CC, Shih CK, Ding QL, Wang C, Zhao YY, and Ren D, 2012. Jurassic mimicry between a hangingfly and a ginkgo from China. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(50): 20514 – 20519.

彩万志,庞雄飞,花保祯等,2001. 普通昆虫学. 北京:中国农业大学出版社. 95 – 103.

万建龙,2102. Maya2012 大风暴. 北京:人民邮电出版社. 1 – 174.

王琦,2012. Autodesk Maya 2012 标准培训教材. 北京:人民邮电出版社. 1 – 595.