



普通高等教育“十三五”规划教材

计算机图形创作

JISUANJI TUXING CHUANGZUO

李远愫

[加]马克·安东尼·德斯贾丁斯◆编著

李志华



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社



普通高等教育“十三五”规划教材

计算机图形创作

JISUANJI TUXING CHUANGZUO

李远愔

[加]马克·安东尼·德斯贾丁斯◆编著

李志华



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

计算机图形创作/李远怙,(加)马克·安东尼·德斯贾丁斯,李志华编著. —北京:北京师范大学出版社,2018.12
(普通高等教育“十三五”规划教材)
ISBN 978-7-303-24258-0

I. ①计… II. ①李… ②马… ③李… III. ①计算机图形学—高等学校—教材 IV. ①TP391.411

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 252114 号

营销中心电话 010-62978190 62979006
北师大出版社科技与经管分社 www.jswsbook.com
电子信箱 jswsbook@163.com

出版发行:北京师范大学出版社 www.bnup.com.cn
北京市海淀区新街口外大街 19 号
邮政编码:100875

印 刷:北京京师印务有限公司
经 销:全国新华书店
开 本:889 mm×1194 mm 1/16
印 张:16.25
字 数:348 千字
版 次:2018 年 12 月第 1 版
印 次:2018 年 12 月第 1 次印刷
定 价:65.00 元

策划编辑:华 珍 周光明	责任编辑:华 珍 周光明
美术编辑:刘 超	装帧设计:刘 超
责任校对:赵非非 张 静	责任印制:赵非非

版权所有 侵权必究

反盗版、反侵权举报电话:010-62978190

北京读者服务部电话:010-62979006-8021

外埠邮购电话:010-62978190

本书如有印装质量问题,请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话:010-62979006-8006



如今影视与动画艺术风靡全球,通过国家的大力扶持,越来越多的人才投身于影视制作行业。笔者在很小的时候就对电影和动画艺术产生了浓厚的兴趣,在2005年成功考入了天津美术学院动画专业,在学期间,曾接触电影视觉特效相关知识,并掌握了三维动画技术,从而奠定了职业发展方向,且多年来一直从事着数字媒体与CG艺术家的工作。直到2012年,笔者受聘于天津理工大学艺术学院动画系,成为一名专业教师。本着教书育人的原则,笔者总结了多年的教学经验编写了本教材,希望能为动画专业的学生提供帮助。

在多年的教学期间,笔者发现动画专业的大部分学生相对比较迷茫,毕业后从事本专业的人员也并不是很多,原因有很多种,其中一个重要原因在于动画专业涵盖的知识量博大精深,学生并不知道从何学起,对于学习方法仍搬用了中学时期应试学习的套路。如今,三维制作软件逐渐占据影视市场,很多学生投入大量精力对三维技术进行了深入研究,但其中有不少学生走入误区,大批量收集技术教程,认为将软件所有的功能都掌握才能立于不败之地,但毕业后仍找不到自己的就业方向。针对此类问题,笔者认为:在学习影视动画过程中,提升专业水平最快的途径是项目实践,丰富自己的制作经验是最重要的,三维软件只是实现创意设计的辅助工具。对于大学的课程也是一样,在提交课程作业之后,有很多学生也许成绩突出,但并不理解此课程对于今后的职业生涯有何帮助。出版此书的目的,旨在让学生掌握三维软件Maya基础操作的同时,使学生在项目中学会Maya的使用方法,在提高兴趣的同时,丰富自身制作经验。

本书由天津理工大学李远愆老师与加拿大魁北克大学国立动画中心Marc-Antoine Desjardins(马克·安东尼·德斯贾丁斯)教授,以及天津师范大学学前教育学院李志华老师3人共同编写完成。其中,Marc教授曾在Productions Logruss Inc、Modus FX、Oblique FX等北美知名企业工作,担任过3D特效师、软件开发师等职位,并参与过多部好莱坞院线大片的制作。天津理工大学动画专业为中加合作办学专业,课程引进了加拿大蒙特利尔市国立动画中心的原版课程。蒙特利尔是北美地区最大的影视制作基地。本书可作为加拿大国立动画中心引进的《计算机图形创作》课程中文版教材使用,包含了北美地区先进的教学理念与项目案例,通过学习此书,为学生打开大型三维软件Maya的大门,增强学习热情,在实战演练中掌握技术难点。

全书分为8个章节,第2章至第8章共分为7个项目案例进行讲解,包括:Maya界面与建模基础知识、曲线变性建模、多边形建模工具、灯光和渲染、材质与纹理、置换凹凸和基于图像照明、运动模糊与合成等。学习Maya软件最重要的是必须具备三维的世界观,三维软件更新速度是比较快的,因此硬背技术命令是没有意义的,重要的是要了解三维软件的操作原理,掌握项目式学习方法,今后遇到新的技术问题,通过操作原理的理解,可以凭经验找到解决方案。在本书的每章节开始,会有该章节的核心概念与理论知识,在每章项目案例讲解之前,将用到的核心技术点依次列出,可以

帮助学生快速理解操作原理，并在项目中得到训练。

本书介绍的都是生产实践中用到的知识，每个案例都是经过反复推敲才收录到书中。不管是Maya基础操作，还是高级渲染，都会有相关项目演示，针对技术命令的讲解不占太大篇幅，对于零基础的学员来说，在学习Maya最基础属性时也会有实战项目的伴随，因此学习过程不会出现枯燥乏味的状态。

本书适用于电脑端用户，书中的场景文件适用于Maya 2015及更高版本。为配合企业生产要求，本书从第5章开始针对Arnold渲染器进行讲解，学员需从Arnold官方网站上购买此渲染器插件并进行安装。此外，不同企业用到的Maya版本不尽相同，因此第1章至第6章运用Maya 2015版本进行讲解，为适应软件更新速度，从第7章开始改用Maya 2017进行讲解，希望同学们提前做好技术准备。

本书在编写过程中还要感谢加拿大魁北克大学国立动画中心提供的参考大纲与技术支持。由于时间仓促，书中难免会有一些疏漏与不足，希望广大读者批评指正，如果在阅读本书过程中遇到问题，请发送邮件至1986099yd@163.com。

编 者



第1章 三维数字技术与影视生产流程	(001)
1.1 视觉特效与三维数字技术	(001)
1.2 三维技术在影视生产流程中的应用	(002)
1.3 影视生产流程名词解释	(003)
1.4 三维数字技术工具——Maya	(005)
第2章 Maya界面与建模基础知识	(007)
2.1 核心概念	(007)
2.1.1 3D空间坐标（三维空间的原则）	(007)
2.1.2 Geometry几何图形（三维软件包含的基础物体类型）	(007)
2.2 Autodesk Maya	(009)
2.2.1 界面术语	(009)
2.2.2 视图背景颜色	(010)
2.2.3 视图导航	(011)
2.2.4 热盒	(011)
2.3 任务：弩车（基础建模）	(012)
2.3.1 制作前的准备工作	(012)
2.3.2 弩车的创建过程	(015)
第3章 曲线变形建模	(050)
3.1 核心概念	(050)
3.2 任务：葡萄酒静物（曲线和变形）	(052)
3.2.1 创建项目并保存场景	(053)
3.2.2 创建酒瓶	(053)
3.2.3 创建杯子	(060)
3.2.4 创建酒桶	(063)
3.2.5 创建烛台	(070)
3.2.6 创建旗子	(075)
3.2.7 整合场景并完成作品	(078)

第4章 多边形建模工具	(080)
4.1 核心概念：细分表面	(080)
4.2 任务：多边形编辑工具——橡皮、铅笔与咖啡杯	(082)
4.2.1 创建项目并保存场景	(082)
4.2.2 创建橡皮模型	(082)
4.2.3 创建铅笔模型	(092)
4.2.4 创建咖啡杯模型	(109)
第5章 灯光和渲染	(115)
5.1 核心概念	(115)
5.1.1 灯光	(115)
5.1.2 Arnold（阿诺德渲染器）	(120)
5.2 任务：鸡蛋（灯光和渲染）	(121)
5.2.1 鸡蛋与背景模型创建	(121)
5.2.2 鸡蛋的照明效果——三点照明	(126)
第6章 材质与纹理	(142)
6.1 核心概念	(142)
6.1.1 Texture纹理	(142)
6.1.2 Shading材质	(146)
6.2 任务：Game day 游戏的一天（材质与纹理）	(149)
6.2.1 创建室内场景模型	(149)
6.2.2 室内灯光效果	(160)
6.2.3 室内物体的UV与材质	(165)
6.2.4 最终渲染	(190)
第7章 置换凹凸和基于图像照明	(192)
7.1 核心概念	(192)
7.1.1 置换和凹凸	(192)
7.1.2 透明贴图	(192)
7.1.3 Hypershade中节点编辑——以Maya2017节点面板为例说明	(193)
7.1.4 基于图像照明	(193)
7.1.5 Maya2017版本	(195)
7.2 任务：Oasis绿洲（置换凹凸和基于图像照明）	(197)
7.2.1 沙漠与水源模型、灯光与材质	(197)
7.2.2 椰子树的材质	(207)
7.2.3 完成沙漠绿洲任务	(213)

第8章 运动模糊与合成 (217)

8.1 核心概念 (217)

8.1.1 Motion blur: 运动模糊 (217)

8.1.2 Depth of field (DOF): 景深 (218)

8.1.3 Volume rendering: 体积渲染 (219)

8.2 任务: 太空 (运动模糊与合成) (219)

8.2.1 行星的模型与层级关系 (219)

8.2.2 行星的材质与贴图 (223)

8.2.3 太空灯光渲染与地球的大气层效果 (229)

8.2.4 UFO的运动模糊效果 (234)

8.2.5 分层渲染 (238)

8.2.6 合成 (246)



第 1 章 三维数字技术与影视生产流程

1.1 视觉特效与三维数字技术

视觉特效即 Visual Effects (VFX)，它作为电脑美术的一个分支，是建立在计算机软硬件技术基础上而形成的独立的艺术形式。在数字媒体时代，传统影视拍摄已凸显出一定的局限性，视觉特效的产生大大弥补了影视作品中实拍达不到的效果，从而被广泛应用于电影制作、游戏开发、影视广告设计、电视栏目包装等诸多领域。

现如今，通过国家对影视产业的大力扶持，视觉特效技术得到了迅速发展。它以三维

数字技术为依托，开发了诸多艺术表现手段，取代了影视特效中使用真人化妆、实体机械模型等传统技术。在三维数字技术的引领之下，影视作品大大增强了代入感，并降低了制作成本。

2017年上映的电影《猩球崛起3：终极之战》由全球顶级特效公司维塔工作室负责视效制作，全片共1440个特效镜头，占据整部电影95%的镜头量。影片将动作捕捉与三维数字技术完美融合，把演员的动作和表情逼真地还原到猩猩模型上，成功地撑起了一部巨制科幻影片，如图1-1所示。

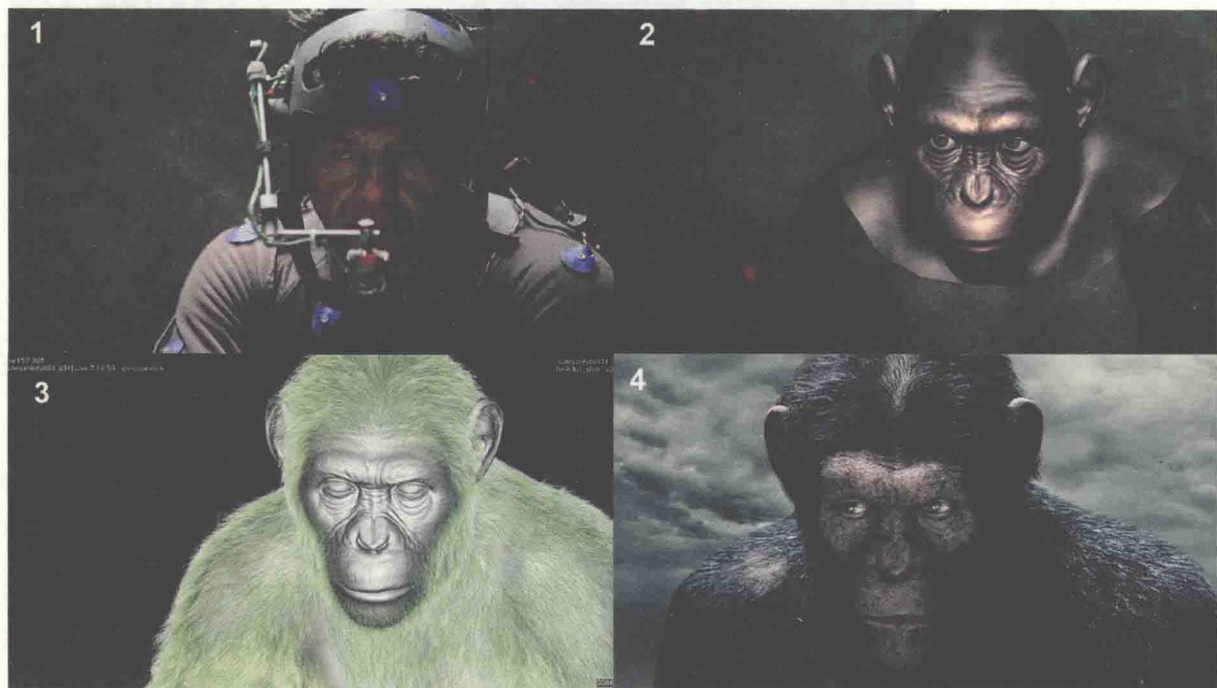


图 1-1 《猩球崛起 3：终极之战》视效（图片来源：1905 电影网）

1.2 三维技术在影视生产流程中的应用

随着计算机数字技术的发展，视觉特效与三维数字技术日益成熟，以电影制作为例，三维技术主要应用于虚拟角色与场景的制作、角色动画制作、虚拟灯光材质制作以及模拟特效制作等方面。它不但需要软件的支持，还需要有扎实的美术功底与创意思维。在影视生产流程中，通常分为前期创作与概念设计、资源构建、中期制作、后期合成4个阶段，每一阶段

都需要投入大量人力和物力，最终呈现完美的影视效果。

三维技术应用于资源构建与中期制作两个部分。现如今，市场上所发布的院线电影及电视剧集大致可分为真人影视作品与动画影视作品等。其中，真人电影作品与视觉特效息息相关，需要用视效来弥补无法实拍的镜头内容，而视效制作需要借助三维软件。在动画影视作品中，三维动画效果逐渐形成了独特的动画风格，它依托三维技术，呈现新式观影感受。三维动画影片作品与真人影视作品都遵循着不同的生产流程，如图1-2、图1-3所示。

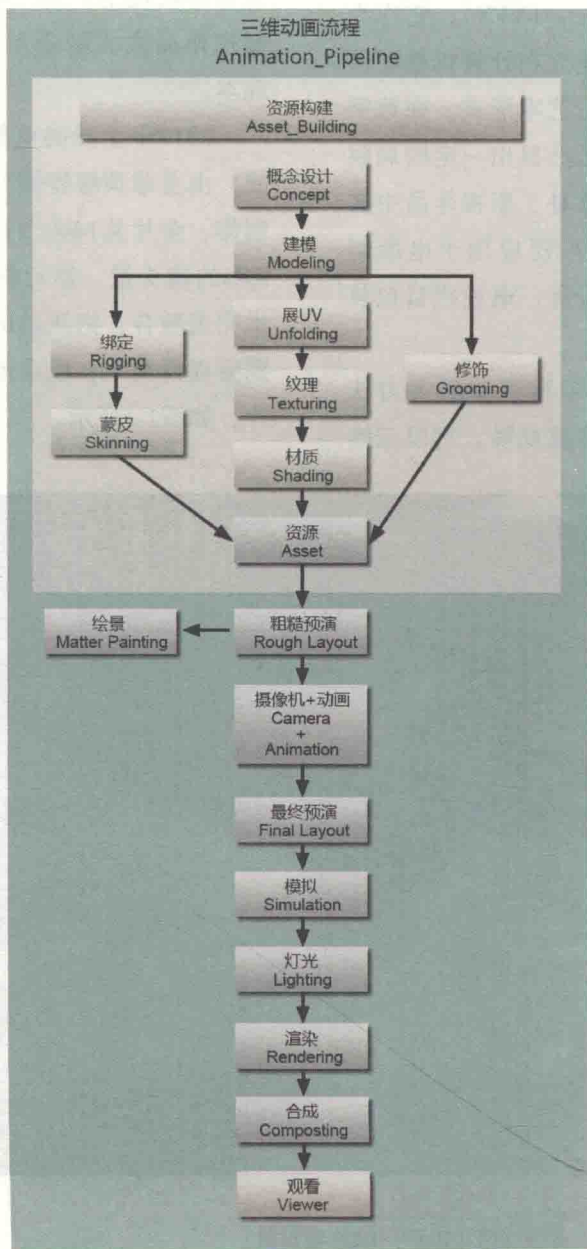


图 1-2 三维动画流程

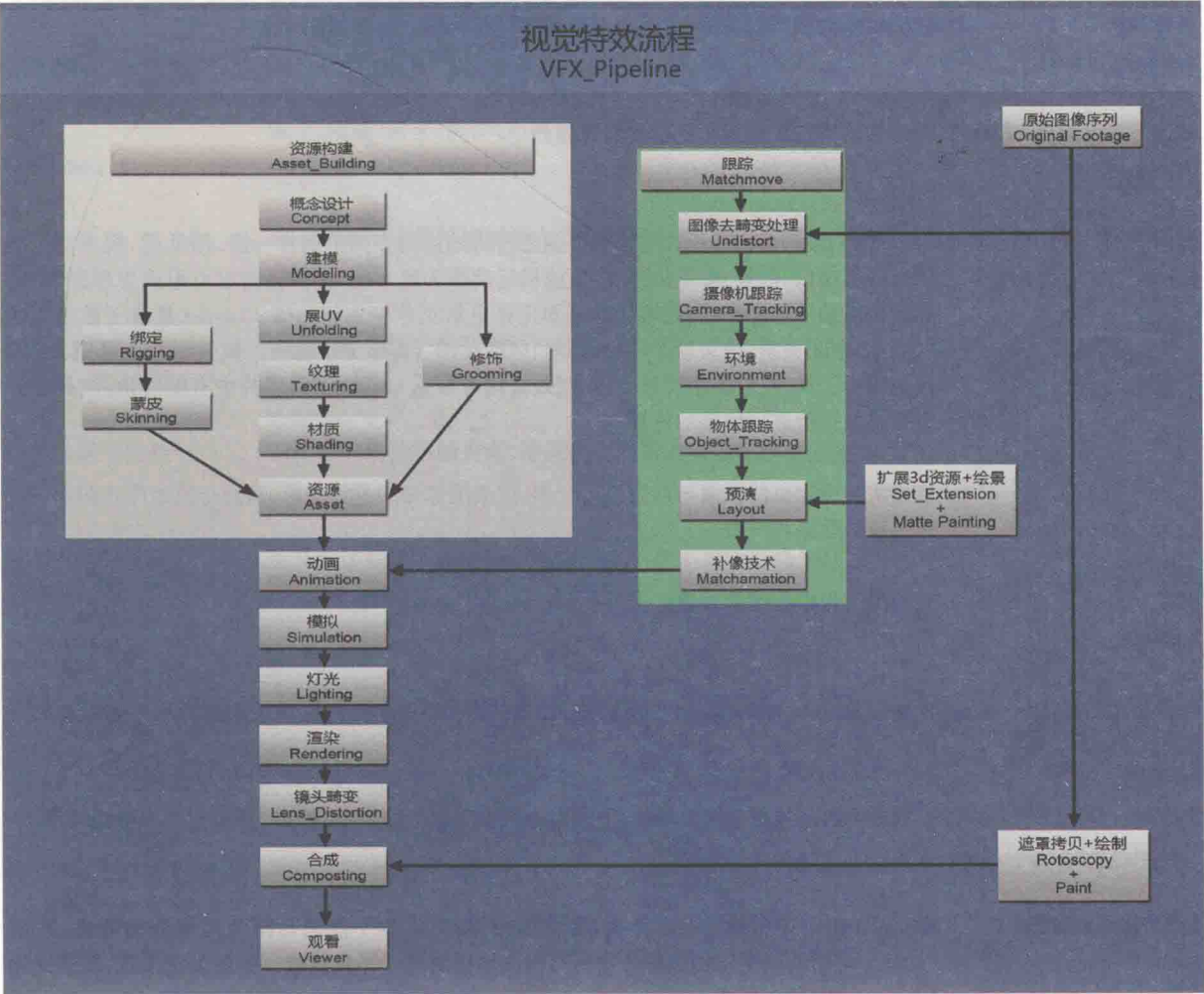


图 1-3 视觉特效流程

1.3 影视生产流程名词解释

动画 Animation	任何动物、角色、物体、交通工具,摄像机等动画的产生过程。生成动画的方法包括关键帧、运动捕捉和表达式动画。
资源 Asset	制作一组可识别的对象,如角色、环境或道具。
摄像机跟踪 Camera Tracking	在拍摄(校准)过程中再现摄像机的参数和运动。这通常会使用跟踪软件来实现实拍镜头与三维虚拟元素的匹配。
合成 Compositing	将利用分层渲染技术输出的图片进行合成,呈现最终的图像,此过程位于整个流程的后期部分。
概念设计 Concept	通常表现为对一个资源的创意设计,可以是一种气氛效果或其他角色、场景和道具的设计图。
环境 Environment	一个静帧效果,用于表现为某一个场景或镜头角度。

图像序列 Footage (plates)	在输出活动视频前,每一个镜头都是按序号排列的一组单帧图片文件。
修饰 Grooming	创建和编辑三维虚拟角色毛发的过程。
预演 Layout	即影片的前期剪辑,在正式制作与拍摄之前将拍摄内容简单制作一遍,用低模、简单动画展示出演员走位、取景、摄像机角度、摄像机运动等大致方向,使拍摄内容可形成思维图像,为导演提供拍摄参考,从而能够使导演知道在电影工作中如何拍摄。Layout 集成了故事板的六要素:空间关系、镜头运动、镜头时间、分解动作、台词、文字说明。视效制片人可用 Layout 作为招标工具,发给多家视效公司,视效公司可根据 Layout 了解影片中有哪些挑战,并对人力资源与报价进行精准的计算。
镜头畸变 Lens distortion	依据实拍摄像机的效果与参数进行变形,渲染图像必须进行变形,从而与原始序列图像中特殊的镜头效果相一致。
灯光 Lighting	在拍摄过程中创建和放置灯光。
补像技术 Matchamation	也被称为 Rotomation 或者 Roto 动画,补像技术是 3D 动画中再现某物或者某人的运动和变形。
跟踪 Matchmoving	在拍摄中再造或重建影片元素的过程。它包括摄像机或目标跟踪,场景重建和补像技术。
绘景/接景/遮罩绘画 Matte Painting	Matte Painting 是电影特效的鼻祖,在电影拍摄时,实景不能满足剧情与导演的需要,Matte Painting 是用绘画手段创造影片中所需但实地搭建过于昂贵或难以拍摄到的景观、场景或远环境。
建模 Modeling	创建几何形体的过程,包含角色、场景、道具建模。
物体跟踪 Object Tracking	在拍摄中利用软件再现对象运动的过程,从而使物体与摄像机运动相匹配。
绘制 Paint (paint - prep)	移除和整理任何不想要的元素与伪像的原始底片。
渲染 Rendering	创建用来描述几何形态、纹理、灯光、材质和动画数据的一组图像。
绑定 Rigging	创建虚拟骨骼和动画控制器,用于带动几何体的变形与运动。
遮罩拷贝 Rotoscopy	将真实影像作为参考并进行动画创作的技术。
扩展资源 Set Extension	用于扩展和增加一个影片中布景的额外几何体。

材质 Shading	用于创建几何体材质的过程,用来介绍该几何体如何反射或折射光线。
模拟 Simulation	粒子、刚体、柔体、流体、布料、毛发等制作过程。这些在三维技术中被称为“特效”。
蒙皮 Skinning	用一个或多个骨骼控制器为几何体绑定的过程,并用权重来影响几何体的变形与运动。
纹理 Texturing	为几何体创建二维贴图的过程。
图像去畸变处理 Undistort	消除摄像机镜头的失真,使未失真的图像可用于运动匹配与跟踪。
展 UV Unfolding	为几何体创建 UV 映射的过程,在 UV 的基础上可绘制贴图。

1.4 三维数字技术工具——Maya

在数字技术领域,三维制作软件的应用比较广泛。不同行业所使用的软件皆有不同,主

要包括 Maya、3ds Max、Cinema 4D、Houdini 等。其中,Maya 则更多应用于影视制作,它是 Autodesk 公司出品的世界顶级三维制作软件,也是视觉特效制作团队的首选,如图 1-4 所示。

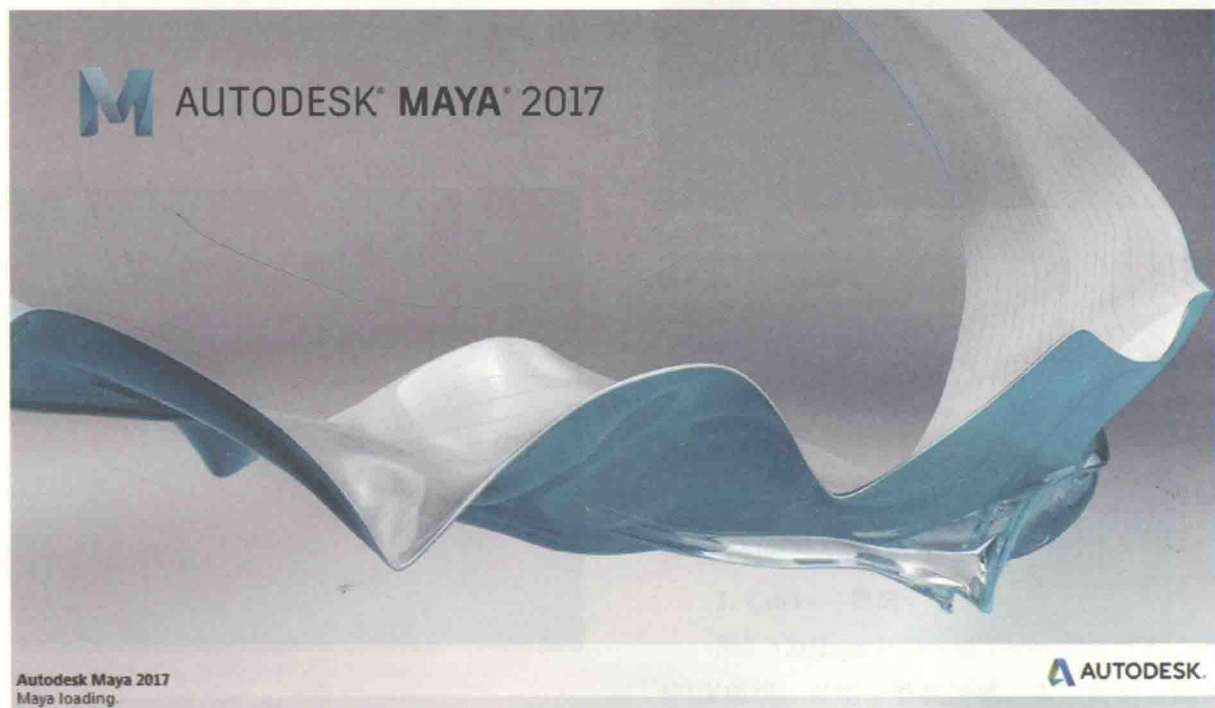


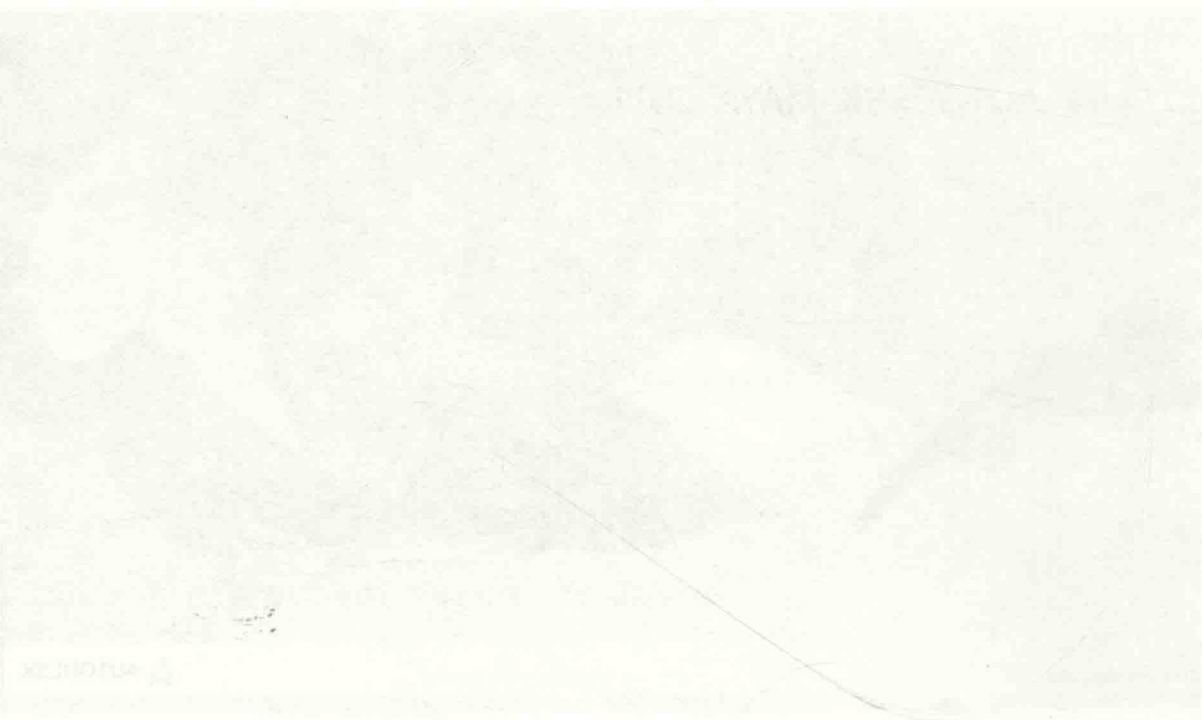
图 1-4 Maya 开机界面

Maya广泛应用于各大院线影片的制作，它强大的功能为3D艺术家们提供了方便。《终结者2》《侏罗纪公园》《阿凡达》《变

形金刚》系列等电影都是应用Maya制作的，如图1-5所示。



图 1-5 Maya 参与制作电影（图片来源：百度图片）



第2章 Maya界面与建模基础知识

2.1 核心概念

该部分为此章节需要掌握的核心概念，针对3D坐标、几何图形、Maya界面与基础操作进行概述。学生根据该部分理论知识，需要掌握三维空间的观察方法，以及三维软件包含的基础物体类型与特点。通过学习能够加深学生对Maya等三维软件操作原理的理解。

2.1.1 3D 空间坐标（三维空间的原则）

1. (X, Y, Z)

在三维技术中，3D系统用来表述某个点的位置时使用的坐标和轴向被称为X、Y和Z，如图2-1所示。

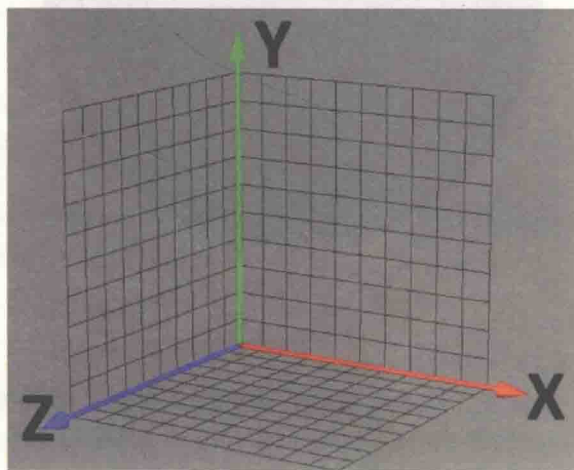


图 2-1 3D 坐标

2. 右手原则

Maya中一般使用右手向上为例，X、Y和Z是定向的，它们分别用拇指、食指和中指表示，如图2-2所示。

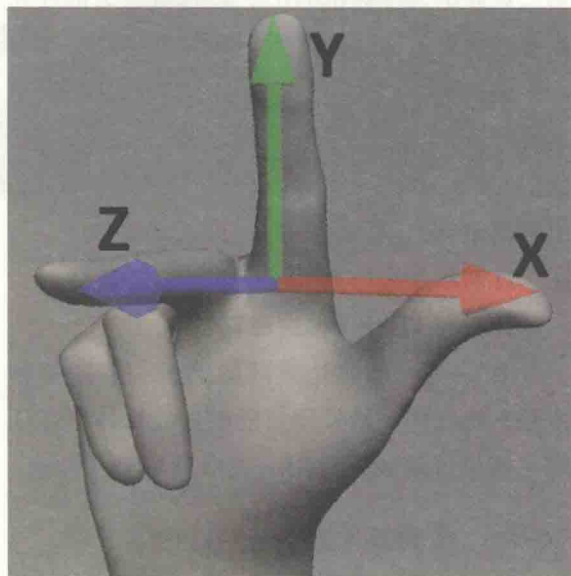


图 2-2 右手原则

X、Y、Z三个坐标在Maya软件中视图区左下角有直观的体现，原始坐标数值为(0, 0, 0)。

2.1.2 Geometry 几何图形（三维软件包含的基础物体类型）

1. Curve（曲线）

图2-3为Maya中Control Vertex曲线样例，简称CV曲线，可用于模型生成、绑定控制与路径拾取等功能。图中，显示为蓝色的是曲线自身

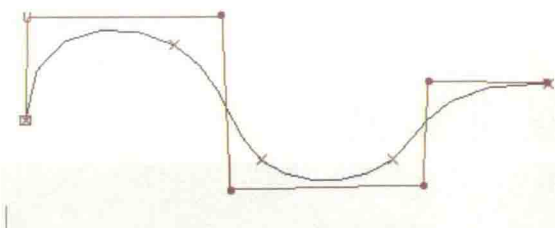


图 2-3 CV 曲线

的部分，红色的部分并不是曲线，而是曲线的控制器。

具体概念如下：

控制点曲线（CV，Control Vertex），控制点显示为红色，它决定了曲线的走向，它除了开始的顶点和结束的终点，其他的点一般情况下不位于曲线本身上。定点由红色方块表示，第二点显示为“红色的U”，红色线组成的外壳能够连接整条曲线。如图2-3所示。

编辑点（EP，Edit Point），编辑点与控制点有所区别，它不位于曲线之外，它们用“红色X”来表示。它们有时被称为“结”或手柄，用来控制该点周围曲线的外形，如图2-3所示。注：贝塞尔曲线可直接用编辑点来控制。

2. Poly Mash（多边形）

图2-4为一个多边形球的例子，多边形物体是三维软件中最长用的模型生成物体，在任何一部三维动画影片中，观众所看到了角色、

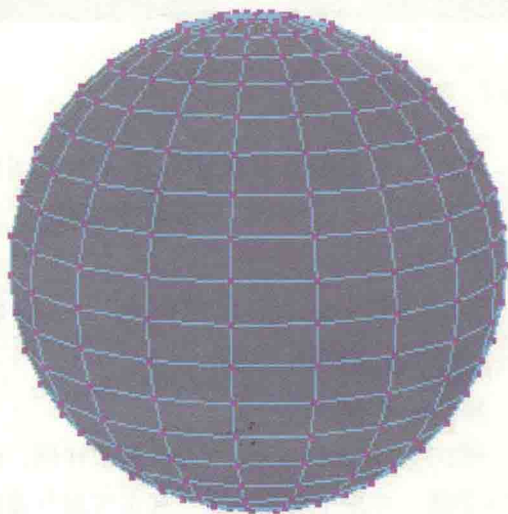


图 2-4 多边形球体

场景与道具一般都是由多边形物体组成。它包含点、边、面3个要素，此三项都可以进行独立编辑。

点（Vertex），如图2-4所示，点在球体上显示为紫红色。

边（Edge），边是连接两个点中间的线，如图2-4所示，显示为蓝色。

面（Face/Polygon），在多边形上，3条或3条以上的边组成一个面（三角形、四边形和 n 边形），如图2-4所示，显示为灰色。在建模过程中四边形是首要的选择，因为在针对模型进行圆滑细分时，四边形表现出的形态是最完美的。

3. NURBS Surface（曲面物体）

图2-5是一个曲面球体，NURBS曲面在数学上被定义为光滑的物体，它们主要用于Computer Aided Design（计算机辅助设计）。NURBS曲面的优点是其隐含的UV信息，它们的存在由物体表面而定。

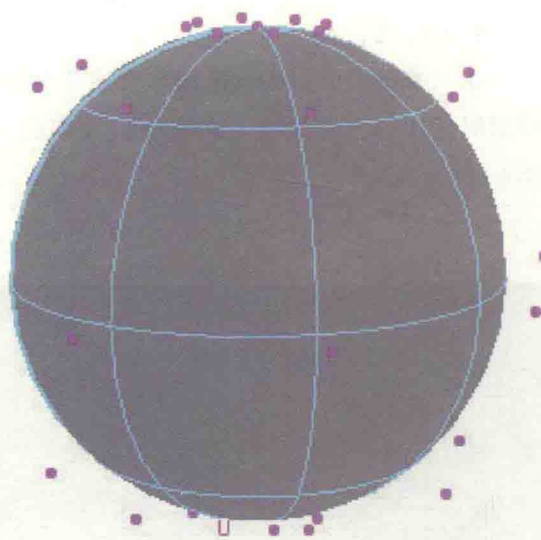


图 2-5 曲面球体

控制点（CV，Control vertex），如图2-5所示，球体上紫红色的点表示控制点，它们自带UV坐标。

参数线（Isoparms，Isoparametric curves），

如图2-5所示,参数线表现为蓝色,用来塑造物体的表面,UV坐标根据方向恒定。

补面(Patch),如图2-5所示,补面类似于多边形的面,它是由参数线的交叉所产生的区域,表示为灰色。

4. 法线、切线和双切线

法线、切线与双切线是数学几何中用来表示方向的3个组件,它们同样适用于三维物体,这些组件相互构成直角,就像X、Y、Z轴。以曲线为例,在曲线上特定的点,法线垂直于曲线,双切线平行于曲线(跟曲线的方向一致),切线垂直于两者,如图2-6所示。

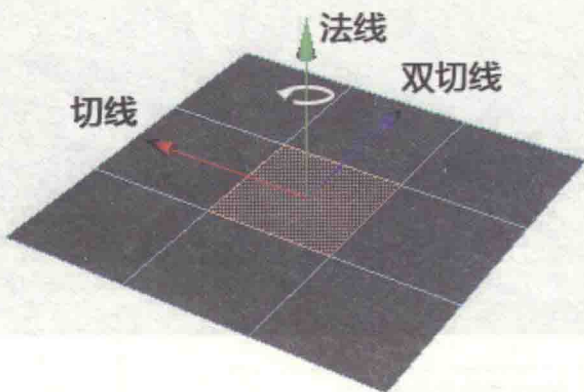
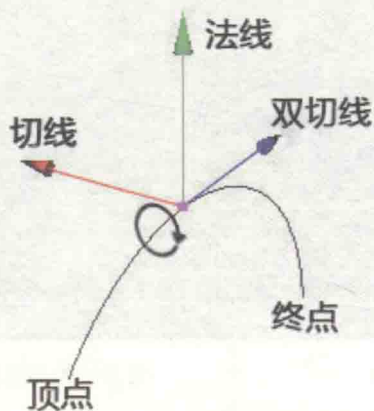


图 2-6 法线、切线与双切线

2.2 Autodesk Maya

Maya界面分布如图2-7所示。

2.2.1 界面术语

1. 主菜单栏

Maya中所有工具与命令都集中在菜单栏中,不同功能模块下,菜单栏会各不相同。

2. 状态栏

此专栏包含菜单集合、文件存储与打开、物体各类选择状态、吸附工具、命名方式与渲染设置等模块,其中最左边的菜单集合能够在Maya中切换不同的模块,包括建模、绑定、动画、渲染、特效等模块,不同的模块下菜单栏也会不同。

3. 编辑器切换

用于主控面板不同功能的切换。

4. 货架

集合了不同模块中菜单栏的常用工具,货架的存在目的是能够快速选择常用命令。

5. 视图菜单

集合了视图的显示、物体的显示方式、场景的显示与隐藏等命令。

6. 工具栏

包含了选择、平移、旋转、缩放等工具。

7. 主控面板

包含通道栏、层编辑器、建模工具箱、属性编辑器等。

8. 界面布局预设

可针对界面布局进行不同功能的预设。