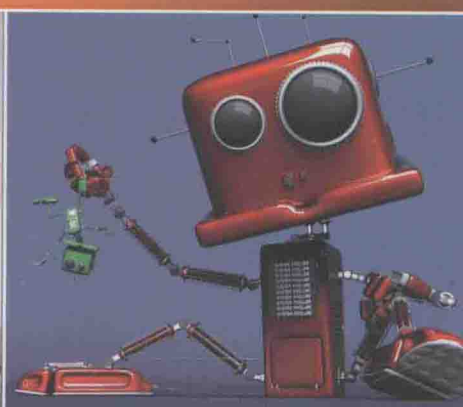
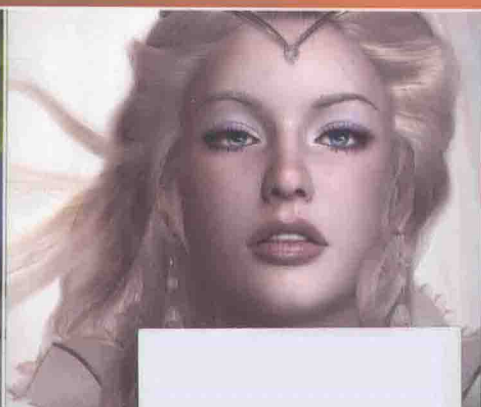




“十二五”职业教育国家规划教材  
经全国职业教育教材审定委员会审定

# Maya

## 三维动画制作案例教程 (第2版)



王 威 著

- ① 结构体系：按Maya实际动画制作流程设置
- ② 内容编排：案例、范例丰富；融入美学、摄影知识
- ③ 免费资料：235MB源文件；电子教案



中国工信出版集团



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY  
<http://www.phei.com.cn>

“十二五”职业教育国家规划教材  
经全国职业教育教材审定委员会审定  
数码艺术设计丛书

# Maya 三维动画制作 案例教程 (第2版)

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书采用案例化的形式,循序渐进地对三维软件 Maya 进行了详细的介绍,同时也剖析了 Maya 使用者在实践过程中遇到及关心的问题。从 Maya 的基本操作入手,结合大量的可操作性实例,全面而深入地阐述了 Maya 在 Polygon 建模、摄像机聚焦、灯光、材质及渲染等方面的技术。本书还向读者展示了如何运用 Maya 结合 mental ray 渲染器进行角色、游戏、影视、动画和特效等渲染。

本书可作为高等学校、高等职业院校动画、影视、游戏、图形图像等专业的教材及培训用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

Maya 三维动画制作案例教程/王威著. —2 版. —北京:电子工业出版社,2015.2

(数码艺术设计丛书)

ISBN 978-7-121-25438-3

I. ①M… II. ①王… III. ①三维动画软件—高等职业教育—教材 IV. ①TP391.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 012305 号

策划编辑:吕 迈

责任编辑:吕 迈

印 刷:涿州市京南印刷厂

装 订:涿州市京南印刷厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1 092 1/16 印张:18.5 字数:474 千字

版 次:2011 年 5 月第 1 版

2015 年 2 月第 2 版

印 次:2015 年 2 月第 1 次印刷

印 数:3 000 册 定价:38.80 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系电话及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

## ／ 第 2 版前言 ／

目前国内绝大多数学校的三维动画专业课程设置中，Maya 几乎是必须学习的动画制作软件之一，可以说，Maya 极大地促进了中国动画的发展。

学习 Maya，交流非常重要，尤其是初学者之间的相互交流。我们在上 Maya 这门课的时候，每天的第一节课，都会要求学生把昨天做的东西交上来，然后用投影仪打在大屏幕上，向全班同学展示。这样做有两个好处：一个是监督学习，另一个就是起到互相交流的作用。

学习 Maya 这个动画软件，不仅仅要能坐得住、练进去，还一定要培养自学的 ability。如果上课进行练习，学生往往会对老师产生依赖性，一有什么问题马上问老师，得到的答案很快就会忘掉。学生们有问题必须互相去问，解决不了就得自己上网查资料，甚至看英文版的帮助文件。这样无形中提高了自学的 ability，而且对于自己解决的问题记得更加牢固。

本书中的实例全部都是在实践和教学过程中使用过的，适合 Maya 动画制作人员学习、掌握。在理论的讲解中，由于 Maya 中的命令极为庞大，因此我们放弃了大部分在实战中应用不到或应用较少的命令，只对那些常用的命令进行集中讲解，这样可以使精力集中在这些重要的命令上，利于快速掌握 Maya 的操作流程。

本书提供了书中所有实例的源文件和素材，另外还有供教师上课使用的 PowerPoint 课件。

在本书的编写过程中，也得到了郑州轻工业学院艺术设计学院、郑州红羽动画公司领导和老师们的支持，得到了老同学和学生的帮助，其中有郑州轻工业学院动画系的范辉、宋帅、屈佳佳、王翔、杨永鑫、漫晓飞、何玲、李金荣、余静、洪枫、肖遥、艾迪、于彩丽、施雅静、朱伟伟、吕琦、胡海洋、秦文双、褚申宁、王娟、邓滴汇、王凡、周洁、秦文汐、班青，郑州红羽动画公司的凌云、王延宁、张林峰、白银等，在此表示深深的感谢。另外，还要特别感谢电子工业出版社的吕迈老师，正是他的大力协助和鼓励，才使这本书得以顺利完成。

希望这本书能够让更多的人实现自己的动画梦。

王 威

# 目 录

## CONTENTS

第 1 章 三维动画概述	1	作业	32
1.1 关于 CG	1	第 4 章 Polygon 模型	33
1.2 三维动画的制作流程	2	4.1 Polygon 模型简述	34
1.2.1 动画前期设定	2	4.2 Polygon 建模实例——著名的皮克斯台灯	38
1.2.2 三维动画制作	5	4.2.1 灯头、灯泡和灯座的创建	39
1.3 关于 Autodesk Maya	7	4.2.2 灯臂的创建	40
1.3.1 Autodesk Maya	7	4.2.3 细节的制作	45
本章小结	8	4.3 Polygon 建模实例——精细室外场景	48
作业	8	4.3.1 屋顶的创建	48
第 2 章 Maya 的基本操作	9	4.3.2 平台的创建	52
2.1 Maya 的界面	9	4.3.3 细节的制作	53
2.2 Maya 的视图操作	11	本章小结	56
2.3 Maya 笔刷工具实例——太阳花	13	作业	56
2.3.1 创建模型	14	第 5 章 角色建模	57
2.3.2 灯光和材质	18	5.1 前期准备工作	59
2.3.3 渲染和后期合成	21	5.2 开始制作头部模型	61
本章小结	23	5.3 眼睛部分的制作	67
作业	23	5.4 嘴部的制作	68
第 3 章 曲面建模	24	5.5 鼻子的制作	70
3.1 各式各样的杯子	24	5.6 耳朵的制作和最后调整	72
3.1.1 Revolve 旋转成型命令	24	5.7 其他部分的介绍	76
3.1.2 Revolve 旋转成型建模实例——创建杯子模型	25	本章小结	77
3.2 多线的曲面编辑工具	28	作业	78
3.2.1 Loft 放样工具	28	第 6 章 Maya 的材质系统	79
3.2.2 Planar 成面工具	29	6.1 Maya 基本材质类型	79
3.2.3 Extrude 挤压成型实例——牛角	30	6.1.1 Anisotropic、Blinn、Lambert、Layered Shader 材质	79
本章小结	32		

6.1.2 Ocean Shader 材质实例——海洋效果	81	8.4.1 基础材质	160
6.1.3 Phong、Phong E、Ramp Shader、Surface Shader 材质	85	8.5.2 普通贴图	162
6.2 基础材质的基本属性	87	8.5.3 分 UV 贴图	164
6.2.1 Common Material Attributes (公共材质属性)	87	本章小结	166
6.2.2 材质应用实例——矿石效果	93	作业	167
6.3 贴图应用实例——蛇皮效果	99	<b>第 9 章 Maya 的灯光系统</b>	168
6.4 Maya 贴图类型	110	9.1 灯光的类型	168
6.4.1 2D Texture (二维贴图类型)	110	9.2 灯光的基本属性	172
6.4.2 3D Texture (三维贴图类型)	115	9.3 灯光的布置技巧	178
本章小结	120	9.4 布光实例——模拟全局渲染	179
作业	120	9.5 室外布光实例——回廊场景	185
<b>第 7 章 材质的实际应用案例</b>	121	9.5.1 灯光设置	186
7.1 贴图控制模型实例——逼真的树叶	121	9.5.2 阴影设置	189
7.2 File 文件贴图实例——破旧的锁	125	9.6 灯光特效	191
7.3 文字的华丽质感实例	131	9.6.1 辉光特效 (Light Glow)	191
7.3.1 文字模型的基本材质	131	实例——魔法师小奶牛	191
7.3.2 底部发光材质	134	本章小结	196
7.4 材质的光线跟踪实例——玻璃效果	135	作业	196
7.4.1 玻璃材质调节	135	<b>第 10 章 Maya 的摄像机</b>	197
7.4.2 玻璃环境设置	141	10.1 摄像机设置	197
本章小结	144	10.2 摄像机景深特效实例	198
作业	144	10.3 摄像机运用技巧	203
<b>第 8 章 UV 划分和卡通材质</b>	145	10.3.1 镜头景别	203
8.1 UV 坐标详述	145	10.3.2 镜头角度	205
8.2 UV 划分实例——小奶牛的材质	148	本章小结	207
8.2.1 划分 UV	149	作业	207
8.2.2 根据 UV 绘制贴图	153	<b>第 11 章 基础动画</b>	208
8.3 卡通材质	156	11.1 基础关键帧实例——小球跳跃动画	209
8.4 贴图实例——大场景材质贴图	159	11.2 摄像机动画实例——炮弹飞向敌营	214
		11.3 材质动画实例——变脸	219
		本章小结	225
		作业	225
		<b>第 12 章 面部表情系统</b>	226
		12.1 基础表情设定	227
		12.2 线控的使用	231

12.3 眼部细节的设定	233	14.1.2 Mental Ray 和 Maya	262
12.4 面部动画的调整	237	14.2 无灯照明技术	263
本章小结	238	14.3 焦散效果实例——玻璃马	266
作业	238	14.3.1 模型整理	267
<b>第 13 章 骨骼系统</b>	<b>239</b>	14.3.2 场景布置	269
13.1 角色骨骼搭建	241	14.3.3 制作焦散效果	271
13.2 蒙皮和权重	248	14.4 Mental Ray 综合实例——雕	
13.3 骨骼插件 TSM2	253	塑室	275
13.3.1 两足骨骼设置	253	14.4.1 Maya 部分的调整	275
13.3.2 四足骨骼设置	256	14.4.2 使用 Mental Ray 进行	
本章小结	259	照明	279
作业	259	14.4.3 使用 Mental Ray 制作	
<b>第 14 章 Mental Ray 渲染器</b>	<b>260</b>	景深	280
14.1 Mental Ray 渲染器简介	260	本章小结	284
14.1.1 Mental Ray 的发展历史和		作业	284
特点	260	<b>附录 A Maya 快捷键功能表</b>	<b>285</b>

## 1.1 关于 CG

想象力和人类的历史一样古老。

从人类诞生的那一刻起，人类对这个世界的想象就从未停止。

在人类的历史中，从远古时代的绘画起，到 19 世纪摄影技术的发明，一直到现在的计算机图形图像技术，都使人类想象力的表现方法变得越来越多样化。

计算机图形图像是一项新兴的技术种类，全称为“Computer Graphics”，简称 CG，它的普及是近些年才开始的。

随着现在计算机技术的飞速发展，CG 已经具有了虚拟现实、超越现实的独特表现力，其技术正越来越广泛地被应用于制造业、信息产业、广告业和影视娱乐业等传统及新兴产业领域之中，全球 100 部最卖座的电影中有 7 部是计算机图像影片。种种迹象表明，CG 是一个前途无限、充满希望的新兴行业。

实际上个人计算机的出现，在很大程度上降低了计算机进入普通家庭的门槛。紧接着的 DOS 系统向图形界面的 Windows 操作系统的转变，使很多普通人开始并学会使用了计算机。而一些简单的图形软件，例如 Adobe 公司的 Photoshop 的普及，也使得很多人越来越钟情于使用计算机来进行艺术创作。

随着计算机图形图像技术的不断进步，这个领域也逐渐变成了数字艺术门类，它的分类很多，可以是漫画、动画，也可以是游戏、软件界面，还可以是平面设计、工业设计、建筑和室内设计、服装设计等。

但这项技术真正改变世界的则是它在动画、电影方面的表现。随着《星球大战》、《侏罗纪公园》、《魔戒》、《黑客帝国》、《纳尼亚传奇》等魔幻巨作的出现，人类的想象力被开发到一个全新的高度，越来越多的人为之疯狂，如图 1-1 所示。

对于动画行业而言，随着计算机图形图像技术的发展，制作流程由原来的手工作业逐渐转变为现在的无纸化作业。尤其是三维技术的出现，使动画拥有了一种新的表现手段。



三维技术使动画的表现效果有了质的飞跃,极为逼真的人物和场景使画面的可信度越来越高,2009年年底,由著名导演詹姆斯·卡梅隆执导,二十世纪福克斯出品,耗资超过5亿美元的科幻电影《阿凡达》(Avatar)上映。该片为三维动画技术带来历史性的突破,大量的动作捕捉技术和合成技术的运用,使实拍镜头与三维动画完美结合,并使三维动画技术完美创造出另外一个真实可信的世界,如图1-2所示。



图 1-1



图 1-2

三维和二维动画只有一字之差,但它们究竟区别在哪里?

说得浅显一点,二维只能进行上下、左右两个维度的运动,即X、Y轴方向上的运动。而三维在这个基础上,还可以进行前后维度的运动,即Z轴。

三维使动画的空间感更为真实,同时也使动画制作人员从动辄成千上万张画中解脱出来,它的出现颠覆性地改变了动画的制作流程,也使得越来越多的人走入动画制作行业。

## 1.2 三维动画的制作流程

### 1.2.1 动画前期设定

无论是三维动画、二维动画还是摆拍动画,前期的流程都是一样的:先创建剧本,再根据剧本制作文字分镜或画面分镜,以及角色设计、场景设计、道具设计等,如图1-3所示。

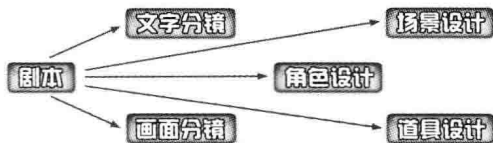


图 1-3

**剧本:**即整部动画的故事情节,如果是一般的动画创作,需要有故事梗概、发展主线、故事情节等。故事梗概要求用最少的文字将故事讲述出来;发展主线是将故事发展的一些转折点标注出来;故事情节则是完整的讲述。下面是一简单的动画剧本:


**故事概述**

一个 14 岁的小男孩，与进城打工的父亲一起，在城市中的生活

主线：

进城→入校被拒→在家帮父亲分担家务→进民工子弟学校→上春晚

心情变化主线：

新奇、害怕→被人歧视→从无所事事到渴望读书→坚强、自立、刻苦→骄傲

故事情节：

14 岁那年，我随打工的父亲，第一次来到这个陌生而又繁华的城市。第一次看到汽车，第一次看到高楼大厦，第一次看到红绿灯。一切都是那么的新奇，我忽然发现我的眼睛不够用了。

父亲在外面打工，他告诉我要上进，要上学，这样才能出人头地，才不会被人看不起。在一天的清晨，我被屋外的吵闹声惊醒，出去一看，是父亲在向一个衣冠楚楚的胖老板请假，胖老板不断地摆手，转身要走，父亲追上去，不断地低头哈腰，终于，那个胖老板点头了……以下略。

**文字分镜：**使用文字描述的方式，将动画分镜头写出来。这种方式一般用于工期比较紧的动画制作，由于没有时间去绘制分镜，因此就用文字的方式来表达。要求是：语言准确，一般不要带有任何修饰性词汇，例如“天气好得让人心旷神怡”，这样的表达就让制作人员无从下手，正确的应该是“蓝色的天空中飘着几朵白云，风把几片树叶轻轻吹了起来”，这样制作人员就知道如何绘制了。郑州轻工业学院动画系 04 级学生屈佳佳的一个简单动画文字分镜如表 1-1 所示。

表 1-1 一个简单的动画文字分镜

序号	镜头	描述	对白/声音
01	中景转特写	空荡的房子，一个女孩蜷缩在角落，瑟瑟发抖，镜头上移至女孩背后的相框，照片上父母渐变成黑白色，字幕出：奢侈的幸福	争吵声，摔门声，瞬间变寂静
02	远景转中景	画面淡出，两栋楼的剪影，女孩站在楼中间的路上，过路的情侣和伙伴从其身边走过	嘈杂声，路人说笑声，背景音乐起
03	特写	手机屏幕，显示电话本为空	
04	远景	女孩渐渐由彩色变成黑白	
05	中景	女孩站在咖啡店门口，躲雨，男孩站在旁边	雨声
06	特写	雨水从女孩发梢滑落，随之眼泪也划过脸颊滴落	
07	特写	一滴眼泪滴落，眼泪由少渐多	有节奏的泪水滴落声
以下略			

**画面分镜：**使用绘画的方式将每一个动画镜头绘制出来，一般的动画对画面要求不高，能够表达清楚拍摄角度、摄像机的运动、人物的前后顺序、场景与人物的关系就基本可以了，如果有时间还可以绘制出光线的变化和表情变化等，下面的分镜是由郑州轻工业学院

动画系王翔为他自己的动画短片《Just a Story》所绘制的,如图 1-4 所示。



图 1-4

**角色设计:** 包括前期的性格、行为设定,然后根据角色特性开始绘制,要求有正面、侧面、背面的三视图,甚至还有 1/2 侧、俯视图等,如果有多个角色,还需要绘制一张总表,将所有角色放进去,使身高差异显示清楚,下面是郑州轻工业学院动画系范辉为动画短片《口香糖》设计的角色,如图 1-5 所示。

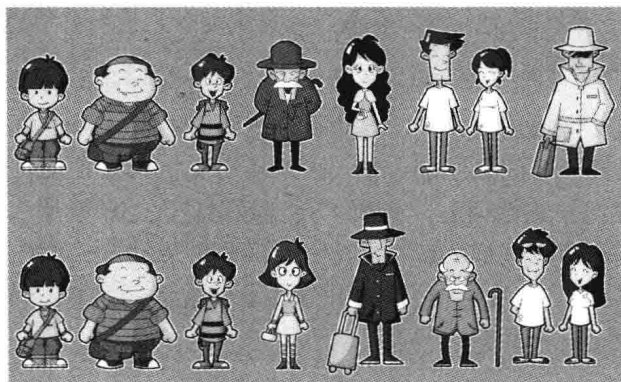


图 1-5

**场景设计:** 根据情节绘制不同的场景。如果是一般的动画创作,一张分图层的场景即可,但如果是较为复杂的场景,还需要绘制出场景的不同角度,下面的两张场景是郑州轻工业学院动画系屈佳佳为她的动画短片《奢侈的幸福》所绘制的,如图 1-6 所示。

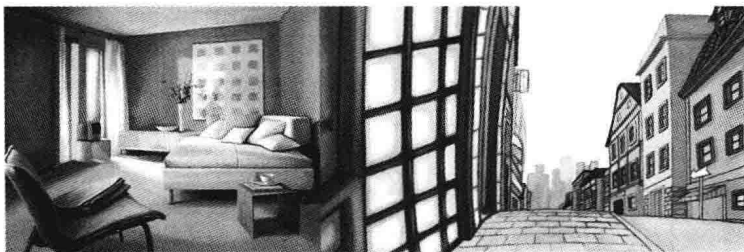


图 1-6

以上的所有流程都能通过计算机来完成。除了剧本和文字分镜使用的是 Word 等文字处理软件以外,其余部分都需要通过 CG 来完成。目前经常用到的软件有 Adobe 公司的 Photoshop、Illustrator, Corel 公司的 CorelDRAW、Painter 等软件。

## 1.2.2 三维动画制作

在三维动画的制作过程中，一般的流程是建模、材质、骨骼（绑定）、动画、灯光、渲染、后期（合成），如图 1-7 所示。



图 1-7

这些步骤中，除了最后后期合成要用到视频编辑软件以外，其他部分都需要在三维软件中完成。

**建模：**根据前期的人物设定和场景设定，在三维软件中制作出相应的模型。这个工种要对人体结构、肌肉分布有较深入的了解，最好有一定的雕塑基础。另外，建模并不仅仅是把模型制作出来就行，它还有很多细节的要求，例如有的要求模型的面数在 2 000 个以内，这样的模型称为简模，但绝对不是粗糙的模型，而是用最少的线做出高模的效果，如图 1-8 所示模型的面数有 2 200 个左右。



图 1-8

既然有简模，就肯定会有高模。高精度模型对细节要求极为严格，包括脸上的皱纹甚至皮肤的纹理，下面这个模型的面数高达 15 万个，如图 1-9 所示。

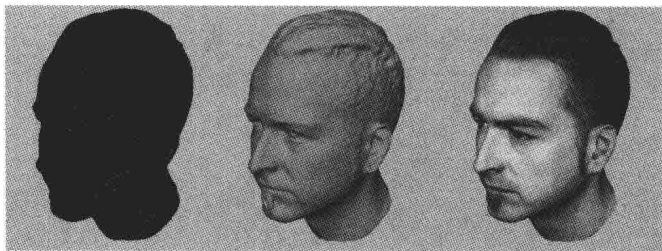


图 1-9

**材质：**为制作好的模型绘制皮肤、服饰的贴图，以及设定场景、道具和各物体的质感效果，要求对色彩和质感较为敏感，有较强的美术功底，可以直接绘制贴图，如图 1-10 所示。

**骨骼：**为角色的模型装配骨骼系统，其中包括 IK、FK，以及控制器、驱动关键帧等，这需要有较强的逻辑思维能力，如图 1-11 所示。



图 1-10

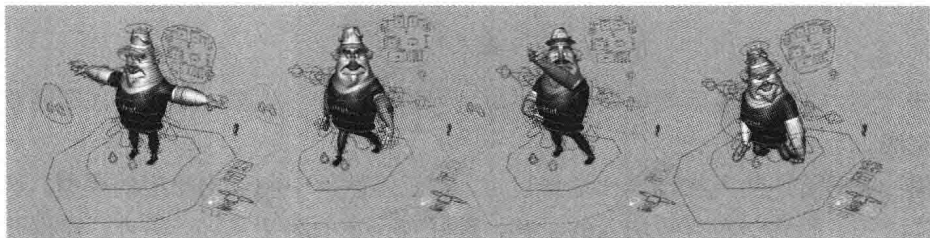


图 1-11

**动画：**调整角色的骨骼，使角色根据剧情的需要，做出不同的动作和表情，要求对角色的运动规律有较深的了解，使动作真实可信，或在原基础上进行夸张甚至变形。如图 1-12 所示，是郑州轻工业学院动画系赵玉竹的角色动画作品。



图 1-12

**灯光：**根据环境气氛，调节出适当的光影效果，要求对摄影技术有一定的了解，而且要对光影的变化很敏感，如图 1-13 所示。

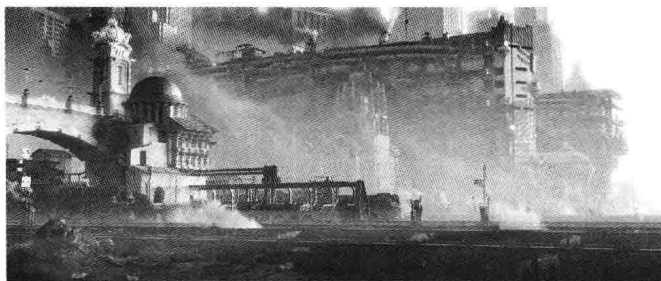


图 1-13

**渲染：**使用默认或外部的渲染器，对场景进行渲染，输出成序列图片，要求懂一定的计算机编程。

**后期：**使用视频特效或合成软件，将镜头合成，并进行一些特效制作和校色工作，最后输出成完整的动画短片。

## 1.3 关于 Autodesk Maya

### 1.3.1 Autodesk Maya

Maya 是原来的 Alias 公司在 Power Animator 基础上开发的新一代 3D 动画软件, 最后起名为 Maya, 这个词来自于梵语, 是“迷失的世界”的意思。2005 年, Autodesk 公司以 1.82 亿美元收购了 Alias 公司, Maya 也成为 Autodesk 公司的旗下的软件, 图 1-14 所示的是 Maya 的界面。

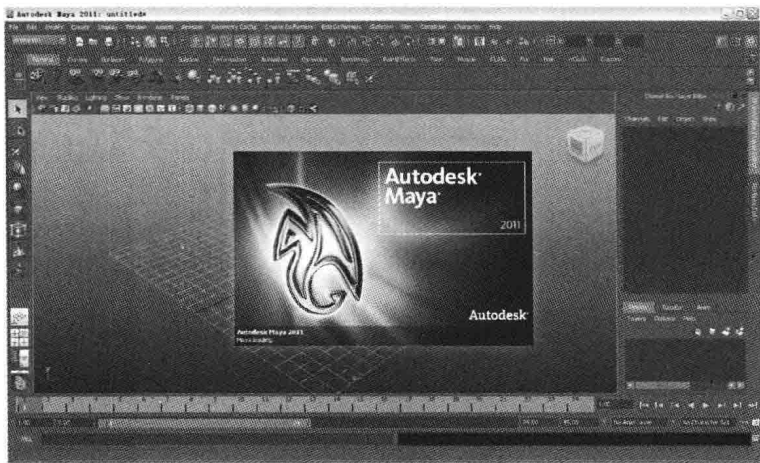


图 1-14

Maya 的定位是影视动画, 特别是高端的电影制作。在大家熟悉的《黑客帝国三部曲》、《指环王三部曲》、《哈利波特》、《精灵鼠小弟》、《最终幻想 7: 圣童降临》、《蜘蛛侠》中, Maya 都发挥出了重要的作用, 如图 1-15 所示。

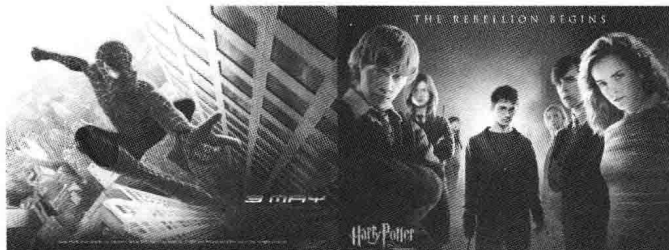


图 1-15

例如在影片《精灵鼠小弟》中, 不但要表现一只活灵活现的小白鼠, 还要使这只小白鼠很好地融在实拍的影片之中, 这对于光线的把握和处理是非常严格的, 而 Maya 对这方面的处理相当出色。另外一个重大技术难点就是小白鼠身上一根一根的鼠毛, 这里边也大量应用了 Maya 的毛发技术, 使每一根毛发都与周围的景色相互和谐。这一项技术也被应

用在《怪物公司》中的大毛怪的制作中去了,如图 1-16 所示。

另外,一些三维艺术家也使用 Maya,并做出了很多让人惊叹的作品,如图 1-17 所示。

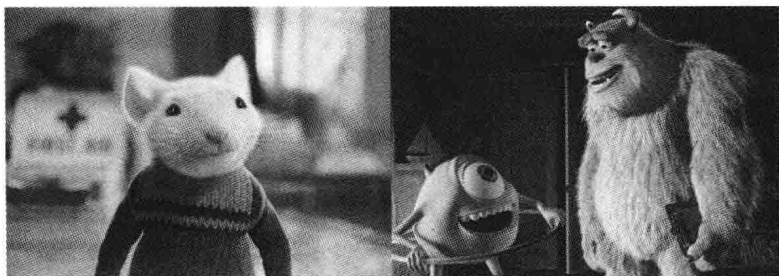


图 1-16

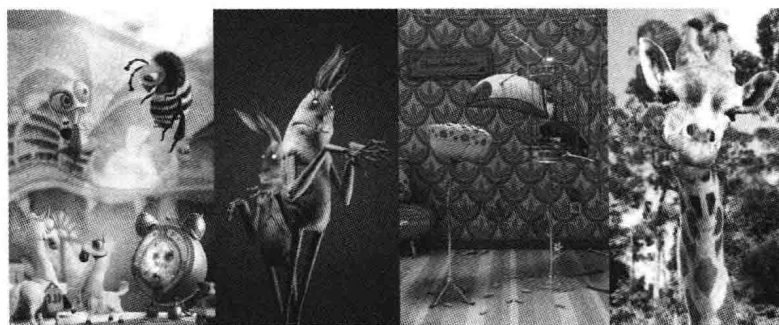


图 1-17

## 本章小结

本章介绍了三维动画软件的历史和特点,可能这些介绍依然不足以满足大家的需要:课后可以登录一些专业网站,看看高手们的作品,开阔一下自己的眼界。

### 作业

1. 通过本章第二节的动画前期设定方面的学习,请结合自己的需要,进行一部三维动画片的剧本、分镜、角色、场景等前期设定,为后面制作三维动画打下基础。
2. 多在网上看一些不同风格的三维动画短片,寻找一部动画短片作为自己的制作目标。
3. 在对三维动画了解的同时,也思考一下自己未来希望从事的职业和工种,明确了学习目标后才有更多的动力。

Maya 是一套极其庞大而又复杂的软件，它的命令多达成千上万，许多初学者就是看到了它复杂的界面，从而望而却步的，如图 2-1 所示。

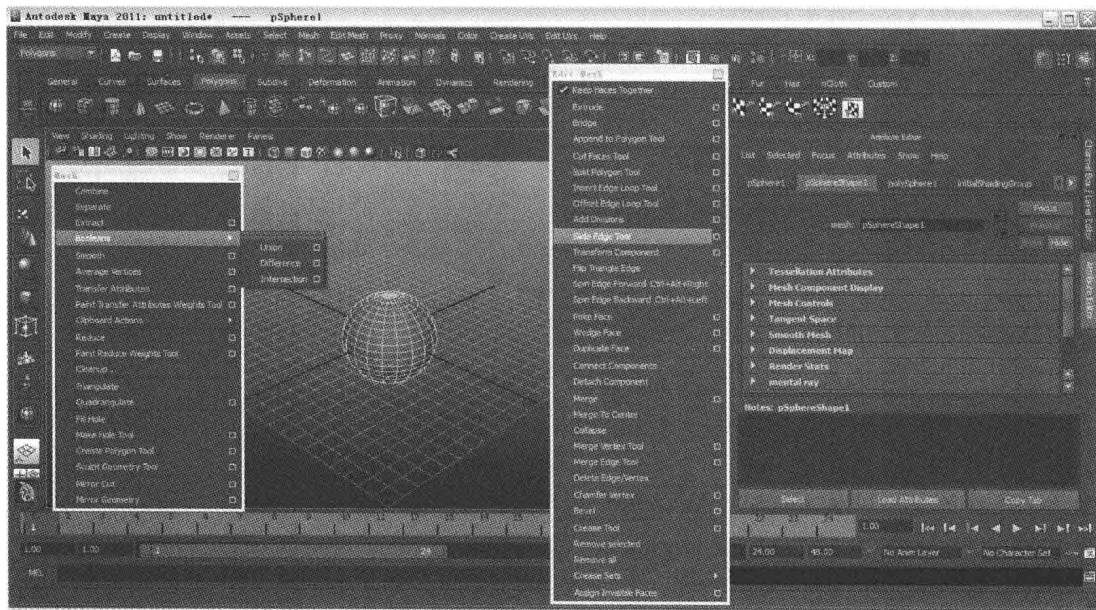


图 2-1

实际上 Maya 中的很多命令有可能是你一辈子都用不到的，只要掌握好一定数量的常用命令，应付平时的工作和创作，已是绰绰有余了，例如建模组只需要掌握几十个命令就可以完成一个漂亮的模型，所以这一点是完全不用担心的。

## 2.1 Maya 的界面

Maya 主界面的组成如图 2-2 所示。



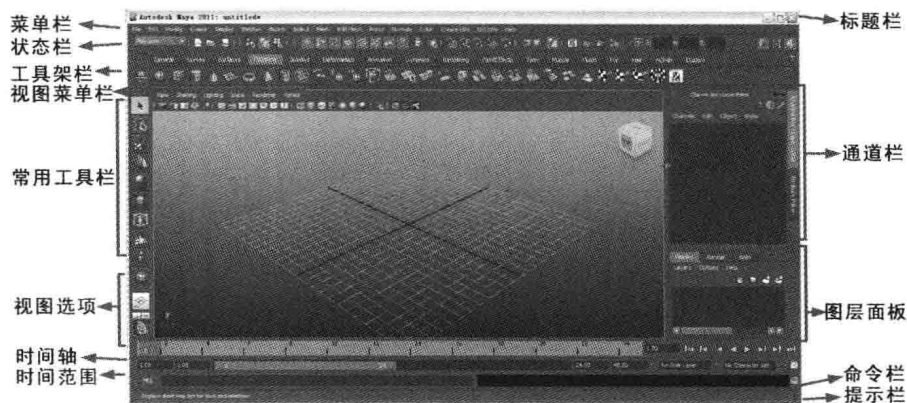


图 2-2

Maya 菜单分为通用菜单和模块菜单两大类，在模块改变后，模块菜单也会发生相应的改变，如图 2-3、图 2-4 所示。



图 2-3



图 2-4

状态栏位于主界面的上方，主要用于显示与工作区操作相关的图标、按钮或者其他项目，也用于在物体的各个选择元素之间进行切换。

**模块菜单：**Maya 中主要包括 7 个默认的工作模块，这 7 个模块分别对应着 Maya 中不同的工作内容。在模块选择器中选择不同的模块，Maya 的菜单也会发生相应的改变。这 7 个工作模块分别是：动画（Animation）、多边形建模（Polygon）、曲面建模（Surfaces）、动力学（Dynamics）、渲染（Rendering）、布料（nCloth）和自定义（Customize）。

**文件操作按钮：**包括新建文件、打开文件和保存文件 3 个命令。

**选择模式：**分别为选择层级、选择物体和选择物体的子级别 3 种。

**选项遮罩：**用于指定物体、组成元素或者层级可以被选择的类型。

**锁定：**使移动、旋转和缩放，仅仅对工作空间中处于选择状态的物体或者项目起作用。

**吸附模式：**在场景中，用于精确移动物体的选项。在移动时可以使物体始终吸附在相关项目上。主要有网格吸附、曲线吸附、点吸附等。

**操作列表：**可以浏览被选中物体的操作执行情况。

**历史：**关闭或者打开物体的构造历史记录，构造历史包括应用于物体的参数、修改器和建模操作等。

**渲染：**可根据操作需要，选用不同的渲染方式，分别为打开渲染视图、快速渲染和 IPR 渲染。

**渲染设置：**单击该按钮可打开 Maya 的渲染设置窗口，对渲染的各项参数做进一步的