

MAC 3D

The MAC 3D Handbook

实用指南

(第三版)

Third Edition

〔美〕 Craig Lyn 著
Ben Long

刘晓耕 杨皓 等译
曹康 审校



苹果机上的三维动画制作经典



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

URL: <http://www.phei.com.cn>

The MAC 3D Handbook
(Third Edition)

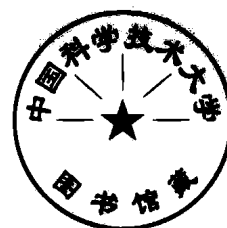
MAC 3D实用指南

(第三版)

[美] Craig Lyn 著
Ben Long

刘晓耕 杨 皓 等译

曹 康 审校



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 提 要

本书全面、深入地介绍了Apple公司最近推出的最新动画制作软件Macintosh 3D（第三版）。

全书共16章，详细介绍了Macintosh 3D方面的基本知识，3D造型、材质和纹理映射，照明、透视和虚拟相机、动画制作技术、渲染和后期制作等。书中每一部分都含有动手练习指导，可以帮助用户快速掌握Macintosh 3D的各种功能。

本书内容新颖实用，分析全面，图文并茂，适用于各个层次的Macintosh 3D用户。不管用户对前些版本的Macintosh软件的熟练程度如何或经验有多么丰富，都一定会加深并拓宽自己的知识和创造性经验。



Copyright©2000 by CHARLES RIVER MEDIA, INC.

Translation copyright©2000 by Publishing House of Electronics Industry and Beijing Media Electronic Information Co., Ltd. All rights reserved.

本书英文版由美国CHARLES RIVER MEDIA公司出版，CHARLES RIVER MEDIA公司已将中文版独家版权授予中国电子工业出版社及北京美迪亚电子信息有限公司。本书的任何部分不允许以任何手段抄袭、传播，这其中包括图片、图表和其他信息。未经授权不得使用或修改书中的有关文字。

图书在版编目（CIP）数据

MAC 3D实用指南/（美）里（Lyn, C.）著；刘晓耕译. 3版－北京：电子工业出版社，2001. 1

书名原文：The MAC 3D HandBook

ISBN 7-5053-6372-7

I. M… II. ①里… ②刘… III. 动作－制作－图形软件，Macintosh 3D－指南 IV. TP391.41

中国版本图书馆CIP数据核字（2000）第74880号

书 名：MAC 3D实用指南（第三版）

著 作 者：〔美〕Craig Lyn Ben Long

译 者：刘晓耕 杨 皓等

审 校：曹 康

责任编辑：贺玉寅

印 刷 者：北京天竺颖华印刷厂

装 订 者：三河金马印装有限公司

出版发行：电子工业出版社 URL:<http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编：100036 电话：68279077

北京市海淀区翠微东里甲2号 邮编：100036 电话：68207419

经 销：各地新华书店

开 本：787×1092 1/16 印张：20.75 字数：530千字

版 次：2001年1月第1版 2001年1月第1次印刷

书 号：ISBN 7-5053-6372-7

TP·3458

定 价：34.00元

版权贸易合同登记号 图字：01-2000-0341

凡购买电子工业出版社的图书，如有缺页、倒页、脱页，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系。

前 言

在这个新版本中，从创建场景到后期制作都进行了更新、扩展和重新编写，以反映最新的技术。除了包括详尽的硬件信息、提示和技术外，读者还会看到如何选择最佳设备来完成工作，并对自己的项目进行优化。

在本书中，读者将从3D的基础知识开始——建立第一个模型——直到高级的后期制作技术，如合成、转轮处理和多道次渲染。另外，本书还详细介绍了动画制作的每个阶段，包括如何使用当前流行的3D应用软件的最新版本，如何把这些集成起来，流畅地完成产品的设计。无论读者是刚刚涉足这个行业，还是经验丰富的老手，都可以在本书中找到不可缺少的工具、提示和技术来提高产品的质量。

本书的主要内容如下：

- 包括最新的3D技术，如OpenGL、网络工具和视频/胶片分布器。
- 提供了可以节省大量时间的方法，使3D工作流非常流畅。
- 多种多样的动手练习指导覆盖了3D设计的各个方面，可以很容易地用于各种软件程序。
- 流行的程序有：Adobe公司的Photoshop、Premiere、After Effects、Illustrator；Apple公司的Final Cut；MetaCreations公司的Infini-D、Painter；NewTek公司的Light Wave 3DXL；Maxon公司的Cinema4D XL、Strata StudioPro；auto.des.sys公司的Form.Z和Play公司的Electric Image。本书附带的CD-ROM包括了演示版。

关于CD

假定读者拥有至少一个3D应用软件，就可以进行建模、添加纹理和制作动画。所有模型的格式都是DXF、3DMF和Form.Z，纹理映射图都保存为PICT文件。动画的格式是QuickTime，对应于本书中的许多动手练习指导，它们都可以在硬盘上播放。

关于作者

Craig Lyn是一个富有创新精神的设计人员，他在San Rafael的著名动画片特殊效果创作室工作。人们可以在最近发布的电影中见到他的一些作品。Ben Long是一位自由撰稿人、插图画家和多媒体制作人员，居住在芝加哥。

系统需求

Macintosh计算机（越快越好），System 8.0或者更高，最好使用最新版本8.6。64MB的RAM，监视器至少支持16位颜色，推荐128MB的RAM和24位颜色。

译者序

随着3D技术的发展和普及，在Macintosh平台上开展3D设计已经受到了广大用户的欢迎。3D技术在国民经济的各个领域发挥着日益重要的作用，从工业、商业、金融、艺术、新闻出版、广告等各个领域到人们的日常生活，3D技术离我们越来越近，正以日新月异的发展影响着我们的生产和生活。利用3D技术可以对图像进行艺术再加工，可创作出各种栩栩如生的生动作品；利用3D技术还可以创作供视频输出的广播级渲染图像。

Apple公司最近推出了动画制作软件Macintosh 3D（第三版），这个新版本在Macintosh 3D（第二版）的基础上做了全方位的增强和改进，加快了整体协作的工作流程，提供了在Mac机上进行3D设计所需要的各种资源，增强了建模功能。本书是一本如何在Macintosh平台上开展3D设计的书，是软件、硬件、造型、渲染、照明和动画技术方面的综合性指南。在这个新版本中，从创建场景到后期制作都进行了更新、扩展和重新编写，以反映最新的技术。另外，本书也更新了所有的动手练习、示例和操作3D应用程序最新版本的说明。本书从创建第一个模型开始，说明了3D的基本原理，再介绍复杂的后期制作技术，例如合成、转轮处理和多道次渲染。有关建模、纹理映射、场景创建、照明、动画制作、合成、后期制作和输出的章节提供了3D动画制作过程中每个阶段的内容。初学者可以把本书当作应用程序指导手册的补充材料，而中级至高级的读者可把本书用作常用的参考书。当然，对Adobe公司的Photoshop或MateCreations的Painter之类的2D图形软件有基本的了解也将不无益处。相信读者通过本书的学习，一定会提高对3D技术的兴趣和创作水平。

本书由康博创作室策划并翻译，由刘晓耕、杨皓主译，曹康审校。参加本书翻译和制作的人员还有孔祥丰、邱丽、许书明、王维、袁建华、王玉娟、曹木军、胡辰浩、王惠卿、李万红、王军、翟志强、寸少娟、齐磊、刘亚平、周志林等。由于译者的水平有限，书中不妥之处在所难免，欢迎广大读者批评指正。

目 录

第1章 概述	1
1.1 新的内容	1
1.2 如何从本书学到最多的东西	2
1.3 全书概览	3
1.4 关于选配光盘	4
第2章 什么是3D	7
2.1 视觉暂留	7
2.2 动画制作的各个阶段	8
2.3 3D的用途	10
第3章 选用合适的硬件和软件	12
3.1 硬件方面的考虑	12
3.2 软件方面的考虑	22
第4章 绘制故事板	39
4.1 脚本	39
4.2 创建故事板	40
第5章 建模过程	45
5.1 配置好计算机	45
5.2 有用的建模技巧	48
5.3 建模过程	51
5.4 为3D场景创建粗略的模型	57
5.5 输出模型	60
第6章 高级建模	61
6.1 EPS模板	62
6.2 地形建模	70
6.3 3D数字化仪	79
6.4 人体和树木方面的专用建模程序	81
第7章 材质和纹理映射	89
7.1 材质——虚拟的炼金术士	90
7.2 纹理映射基础	99
7.3 创建定制映射图	104
7.4 创建并对齐位图	106

7.5 纹理映射艺术	111
第8章 高级纹理映射	117
8.1 镜面反射映射图	119
8.2 透明度映射图	122
8.3 漫反射映射图	126
8.4 凹凸映射图	127
8.5 发光映射图	133
8.6 反射率映射图	137
8.7 具有动画效果的映射图	139
第9章 照明	148
9.1 基本的照明和颜色理论	148
9.2 光源的种类	152
9.3 入射角、光的衰减和阴影	157
9.4 照明场景	162
第10章 用照明技术模拟环境	167
10.1 太阳光	168
10.2 月光	172
10.3 雾和大气条件	172
10.4 太空	177
10.5 水下场景	178
10.6 人工照明	179
第11章 特殊的照明效果	181
11.1 明片、投影仪和遮光布	181
11.2 可见光源	192
11.3 镜头闪光	198
第12章 透视和虚拟相机	204
12.1 透视	204
12.2 虚拟相机	206
12.3 景深	210
第13章 动画：运动的魔术	214
13.1 动画简史	214
13.2 制作脚本	216
13.3 运动理论	225
13.4 基本摄影术	228
13.5 空对象动画 (Animating with Nulls)	231

第14章 特殊动画效果	234
14.1 烟火制造术	234
14.2 特殊动画功能	245
14.3 背景	251
第15章 渲染	257
15.1 渲染算法	257
15.2 配置计算机	262
15.3 渲染方面的注意事项	262
15.4 输出分辨率	263
15.5 QuickTime VR	266
第16章 后期制作	268
16.1 后期制作软件	268
16.2 数字合成	274
16.3 多道次渲染 (Multipass Rendering)	291
16.4 准备输出	306
16.5 输出方法	308
16.6 workflow	310
附录A 3D公司的联系方式	314
词汇表	317

第1章 概 述



欢迎阅读本书。这是一本关于如何在Macintosh平台上开展3D设计的书，是软件、硬件、造型、渲染、照明和动画技术方面的综合性指南。本书同时也提供了许多有用的提示和技巧，它们可以帮助读者学习有关的知识，成为一名专业的3D设计师。

1.1 新的内容

本节介绍书中所包含的新的主题、练习指导和演示软件。

1.2 如何从本书学到最多的东西

本节讨论一些经常提起的问题。读者根据本节中所提供的答案就可以知道，要从本书学到最多的知识，必须具备什么样的知识水平。

1.3 全书概览

对本书作一全面的介绍。这一节描述了本书的编排格式，各章是如何划分的以及如何运用动手练习指导进行学习。

1.4 关于选配光盘

本节介绍书中选配光盘的内容和组织方式，简要地说明了光盘中有什么东西。从3D软件的演示版本到最流行的共享软件，真正是包罗万象。

1.1 新的内容

本书的第三版中已增添了若干新的内容。为帮助读者选择合适的硬件，书中给出了各种计算机的基准，讨论了在建立系统时所遇到的许多性能问题。不用说，我们更新了所有的动手练习、示例和操作3D应用程序最新版本的说明。在某些情况下，我们还增加了介绍新软件的章节或者更新选用软件的建议。我们还提供了许多自发布第二版以来出现的新技术的说明，从OpenGL到网络、视频和电影发布的新格式和技术，应有尽有。另外，本书删除了一些内容，这包括过时的技术，例如多进程技术和QuickDraw 3D。如果读者仍使用和考虑使用这些技术，就应重新评估自己的工具，转而使用更新的应用程序和硬件。

计算机的详细信息可以帮助读者决定选购哪种计算机系统。此外，本书在QuickTime VR方面也添加了完全崭新的一节。该节讨论如何设置3D场景以渲染对象或全景电影。然后，介绍如何在MPW中合成文件。

在动手练习指导方面，本书提供了许多值得读者尝试的新项目，从创建更真实的爆炸效果方面的合成练习到详细讨论旋转工具的重要性和使用方法。总而言之，每个主题——从创建一个底稿和底稿编辑到建模、动画制作和合成效果——都已更新、扩展，在某些情况下，还重新进行了编写。即使读者阅读了本书的第二版，这个新版本也会在熟悉的主题下提供一些新内容。

1.2 如何从本书学到最多的东西

1.2.1 本书是关于什么的

本书从创建第一个模型开始，说明了3D的基本原理，再介绍复杂的后期制作技术，例如合成、旋转和多道次渲染。有关建模、纹理映射、场景创建、照明、动画制作、合成、后期制作和输出的章节提供了3D动画制作过程中每个阶段的内容。

1.2.2 读者必须具备哪些基础知识

除了已经熟悉Mac操作系统和自己喜欢的应用软件外，读者还应对硬件安装有基本了解。由于讨论如何选择系统时需要一定的技术，所以，希望读者熟悉那些有关RAM和存储器的基本概念。对于那些对计算机知之甚少的读者来说，现在已有大量的资源可供学习。如果读者认为自己已经熟悉Mac，那么，就非常适合于马上阅读本书了。

我们还希望读者拥有和熟悉许多应用软件（至少熟悉应用软件手册中的相关内容）。本书会帮助读者挑选所需要的软件。但是，读者需要花很多时间阅读该软件的手册，并进行实践。

1.2.3 需要哪些软件和硬件

软件

读者只需一个3D应用程序。本书的选配光盘上提供了书中每个动手练习指导中所使用的全部模型和纹理映射图。这些模型是以DXF、3DMF和form·Z格式保存的，所有纹理映射图都是以PICT文件格式保存的，大多数3D应用程序都可以输入它们。

技巧：如果读者有Photoshop、Illustrator和After Effects的拷贝，那么，可以从本书中获益更多。选配光盘上提供了这些软件的不可保存的版本，读者不妨用它们练练手。

硬件

读者将需要一台计算机。当然，计算机速度越快越好。3D可能是读者在个人微机上将使用的最耗处理器时间的应用程序，计算机的速度越快，效果就越好。

此外，基本的操作系统应是System 8.0或者更高，但推荐使用最新的OS（在编写本书时最新版本是System 8.6）。计算机应至少有64MB的RAM，至少能够支持16位颜色。理想情况下，最好给计算机配置128MB的RAM，把VRAM增加到支持24位颜色。是的，即使RAM较少，也可以运行。但是，目前内存非常便宜，为什么不多增加一些内存呢？如果非常喜欢使用3D，在好的工具上进行投资是非常值得的。请参考第3章，其中讨论了推荐使用

的硬件和软件。

1.2.4 应具备3D方面的哪些基础知识

与流行的观点恰好相反的是, 3D并非只是少数人才能应用的神秘艺术或魔术, 读者完全可以像大师们那样开展3D设计。仅需对3D软件包有非常基本的了解, 例如, Strata StudioPro、Specular的Infini-D或Maxon的Cinema4D XL。更理想的是了解较高级的3D软件, 例如AutoDesSys的form·Z和Electric Image的Electric Image Animation System。

那么, 怎样才算对某个程序有了基本的了解呢? 读者应熟悉将来要使用的造型工具并熟悉如何使用它们, 还需要知道纹理映射是如何完成的, 动画排序器是如何工作的等。本书并不打算代替3D应用程序的操作手册, 而是对它们作了有益的补充。

除了知道如何使用3D应用程序之外, 对Adobe的Photoshop或MateCreations的Painter这类的2D图形软件有基本的了解也是很有用的。尽管书中的示例是在Photoshop中构建的, 但是, Painter也提供了相似的功能。对于比较高级的动手练习指导, 对Adobe的Illustrator或Macromedia的FreeHand之类的演示程序有些了解也有好处, 但不是绝对必要的。最后, 对于后期制作工作, 熟悉Adobe的Premiere或After Effects或者Apple的Final Cut也将不无益处。本书的选配光盘上提供了这些软件的演示版本以及所有练习中的样例文件和模型。

1.2.5 应如何使用本书

初学者

使用本书时有两种方法。首先, 读者可以一页页地阅读3D应用程序的指导手册, 进行所包含的动手练习。然后, 一旦感觉到已比较熟悉该程序, 就可以开始阅读本书了。另一种较好的方法是, 把本书当作应用程序指导手册的补充材料, 先阅读自己的指导手册, 了解应用程序所提供的每一项功能。然后, 参考本书以便最充分地利用那些功能。

中级至高级的读者

本书可用作常用的参考书。读者不必一页页地或以任何特定的顺序阅读本书。对于那些已颇有经验、想改善渲染效果质量的读者, 书中提供了数百条技巧和技术。读者可以随便跳到自己感兴趣的章节, 然后阅读自己想知道的内容。

如果一页页地阅读本书, 读者就会注意到, 本书的设计是遵循动画制作所涉及的一般性创造过程的。因此, 读者可以跳过已经熟悉的内容, 直接阅读下面的章节。即使对于那些最熟练的老用户, 书中也含有大量有价值的信息。如果读者正在开发某个项目或在创建某种特殊效果方面手足无措, 或者想改进3D工作流, 不妨读一读本书。

1.3 全书概览

本书可以分成三部分, 它们分别对应于动画制作的各个过程。

1.3.1 第一部分: 第1章~第4章

本书的第一部分简要地介绍3D背后所蕴藏的技术和理论, 以便为读者进入3D动画世界

打下良好的基础。其中讨论了推荐使用的硬件和软件、计算机上3D的本质,并给出了如何整理和组织自己的想法方面的建议。第三版中添加了一些新内容,包括时钟速度、高速缓存、如何购买二手设备以及Apple在OpenGL标准方面的最新使用情况。

1.3.2 第二部分:第5章~第11章

书中的第二部分讨论3D的实用技术,它是全书的心脏和灵魂。这些章节涉及造型、纹理映射方面的主题。另外,也进行了照明方面的深入探讨。新用户将发现这一部分非常有用,应引起高度重视。

1.3.3 第三部分:第12章~第16章

第三部分是一个大汇总,介绍如何通过动画把运动添加到自己的创意上。这部分讨论如何使用并放置相机以及如何选用合适的渲染算法。书中的最后部分介绍后期制作过程,并给出了一份软件开发商的索引。第三版中添加了许多旋转和特殊效果合成的新素材,并更新了这些章节,反映了Adobe的After Effects或Premiere和Photoshop的最新版本和最新功能。

1.3.4 章节、动手练习指导和动画

书中各章均分为若干独立的小节。每一节通常由一则简短的讨论或3D方面的解释以及若干动手练习指导组成。在增强自己的3D技能方面,这些动手练习指导是非常重要的。作者的信条是,真知来源于实践。学习并记住信息的最好方法是亲自实践。

尽管动手练习指导不包括每个3D软件包的详细指导,但是,目前的大多数软件包都包括动手练习指导中介绍的相似功能。在大多数情况下,动手练习指导包括的基本概念可很容易在任何软件包中应用。在一些情况下,本书也为不支持这些功能的应用程序提供了特定的工作环境。选配光盘上提供了每个动手练习指导的全部源文件,例如模型、纹理甚至一些动画实例。

在每一章的开头可能有“附加的章节要求”之类的标题。意思是,我们有时可能暂不用3D应用程序,而采用Photoshop或Premiere之类的另一个程序。在该标题下面,列出了可能要使用的其他程序以及读者应了解的该程序的具体功能。

1.4 关于选配光盘

本书有一张选配CD-ROM,其中包含下述内容:

- 书中所有插图的彩色版本。
- 每个动手练习指导的全部模型和纹理映射图。
- 示例动画。
- 取自于主要开发商的一系列3D软件。

CD-ROM上的软件库提供了一些当今最流行的3D应用程序的不可保存的演示版本。

1.4.1 格式

由于CD-ROM上的所有信息都是针对Macintosh计算机配置的，因此，读者需要有一台能读取这些文件的Mac计算机。尽管没有包括每个3D软件包的工程文件（大多数3D动手练习指导都是Electric Image格式），但也包括了其格式可以用于任何3D应用程序的源文件和素材。

模型

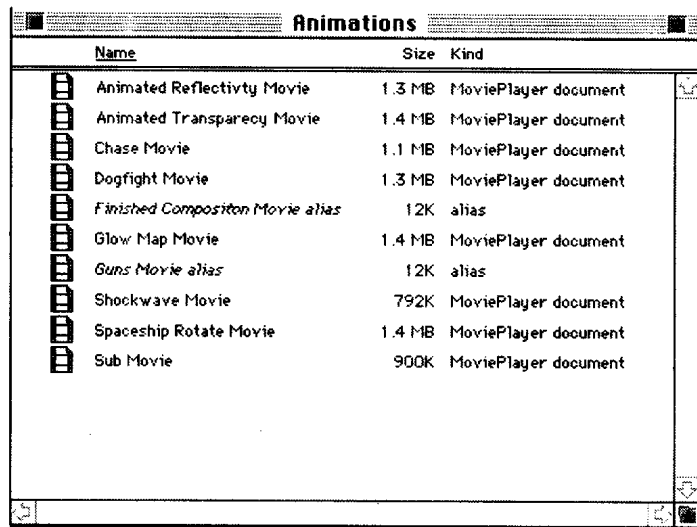
每个3D模型都是用两种不同类型的常用文件格式保存的：DXF和3DMF。读者的3D应用程序或许可以读取其中的一种，或许两者都可以读取。此外，因为大多数造型工作都是在auto•des•sys的form•Z中完成的，所以，也包含了那种文件格式。

纹理映射图

所有纹理映射图均是以24位的PICT文件格式保存的。任何图形程序都将可以输入和操作PICT图像。所有Illustrator文件都已经保存成.EPS文档，确保应用程序之间具有完全的兼容性。

动画

CD-ROM上包含的动画均是以使用QuickTime格式的Animation或Cinepac.codec压缩的。但这些动画都不能从CD-ROM中直接播放。建议先把合适的文件复制到自己的硬盘上后，再播放，这样可以确保获得最佳的播放效果（如图1.1所示）。



Name	Size	Kind
Animated Reflectivity Movie	1.3 MB	MoviePlayer document
Animated Transparency Movie	1.4 MB	MoviePlayer document
Chase Movie	1.1 MB	MoviePlayer document
Dogfight Movie	1.3 MB	MoviePlayer document
Finished Composition Movie alias	12K	alias
Glow Map Movie	1.4 MB	MoviePlayer document
Guns Movie alias	12K	alias
Shockwave Movie	792K	MoviePlayer document
Spaceship Rotate Movie	1.4 MB	MoviePlayer document
Sub Movie	900K	MoviePlayer document

图1.1 CD-ROM上包含的动画是与书中的许多动手练习相对应的。
所有文件的格式均为QuickTime，可以在硬盘上播放它们

1.4.2 CD-ROM

书中的动手练习指导都放在选配光盘上名为Tutorials & Color Images的文件夹中（如图1.2所示）。文件夹内含有完成每个动手练习指导所必需的源文件。

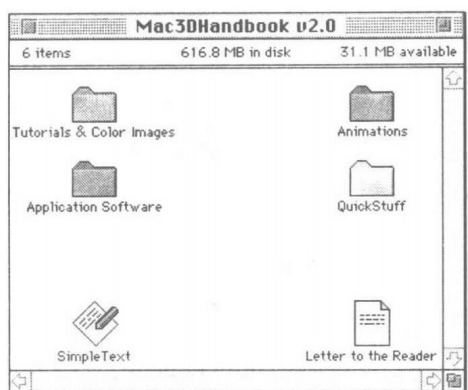


图1.2 本书选配的CD-ROM中含有动手练习指导、彩色图像和若干动画文件

CD-ROM中还含有若干以QuickTime格式保存的动画。这些动画对应于书中的各个动手练习。在名为**Application Software**的文件夹中（如图1.3所示），含有若干最流行的3D应用程序的测试版。其中也有一些功能完整的共享软件，例如**Terrainman**。读者可以用它根据2D灰度图像创建地形。

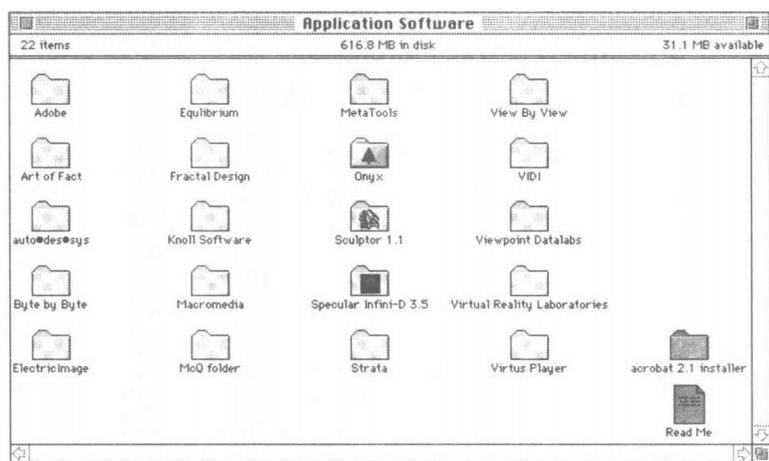
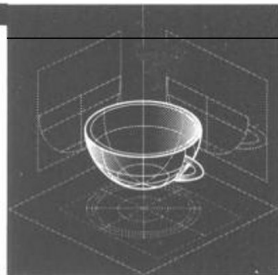


图1.3 CD-ROM中还包含许多不可保存的和共享的3D应用程序

第2章 什么是3D



大概每个人都曾在电视上看到过令人瞠目结舌的特殊效果，或曾听到各种媒体漫无边际地谈论计算机生成的图形，但一般人往往并不确切地知道这种技术的原理。有种流行的错误观点认为，3D动画制作方面的巨大工作量完全是由计算机代劳的。不幸的是，人们并不能直接告诉计算机让它作出一幅全息图。实际上，3D设计是一个非常费时的多学科领域，仅学习基本知识就足以吓跑大多数意志顽强的人。

在计算机世界中，3D设计多年来一直笼罩着神秘的气氛。用布尔功能和反向运动学之类的无用术语或技术称谓使这门技术变得过分复杂化，计算机的高手们负有不可推卸的责任。对3D技术知之不多的人们被引入茫茫黑暗中，在闪烁着的显示器周围缩成一团，听信着这样一种无休止的夸夸其谈：个人计算机不是一个可行的3D平台，永远都不能制作出他们在电视和电影中看到的那些图形。但是，今天这一行业的许多顶尖级效果工作室使用的软硬件与读者自己计算机上配置的完全相同。而创建那些同样非常漂亮的图形时，只需知道如何去做就够了。这正是写作本书的目的。但为了能够制作3D动画，必须先了解动画的基本原理。

2.1 视觉暂留

本节简要介绍动态画面所造成的幻觉及解释如何使动画运动起来。

2.2 动画制作的各个阶段

本节介绍制作动画的每个步骤以及渲染和后期制作的含义。

2.3 3D的用途

3D不仅仅可用于动画。本节介绍3D技术的其他用途。

2.1 视觉暂留

虽然大多数人是伴随着电视长大的，但是，很少有人了解TV和电影的机制。虽然我们称之为“运动的图片”，但是，它们并不是这样。

我们在剧院中看电影时，看到的实际上是一系列快速变化的静态图片，它们在我们眼前以每秒24幅图片即帧的速率刷新。由于一种称为视觉暂留的神奇现象，使屏幕上的图片看上去像是在运动。停止阅读本书一会儿（可以在本段的末尾），而只是看着书，然后快速闭上眼睛，过一会儿，就会看到本书及其周围事物的模糊图像。

即使在闭上眼睛后不再看下去，图像也会“保留”在视觉中。这种保留的图像就是电影和视频（在本例中是纸张的翻动）的工作原理。先把一帧保留在视觉中，再非常迅速地用

另一帧来改变它，使眼睛看到两幅图像之间的平滑切换。在一秒内把这个动作重复许多次，就可以捕捉到平滑的运动图像，或者称之为“动画”。

电视或计算机显示器都用电子枪快速刷新屏幕上的图像。电视以每秒29.97次的速率更新图片，而计算机则可以以高得多的速率刷新图像。电视、电影或计算机显示器上的运动图像看上去都是动的，这全都是因为存在视觉暂留现象的缘故。

这与3D有什么关系？用照相机拍出一系列图像，才能创建出平滑的运动，因此，要使用计算机创建出这些图像。理解了视觉暂留，将有助于为动画添加真实得多的效果。

2.2 动画制作的各个阶段

无论以何种方式去看，3D图像仍然都只是显示在平面屏幕上的二维图像。不论观看的是计算机显示器、电视，还是电影屏幕，图像仍然都是平的。那么，为什么把它们称为3D图形呢？该问题的最简单的答案是，因为它们所显示的图像都是基于三维的计算模型的。

3D图形过程开始于设计师先创建好3D模型，并指定对象使用的材质。在建立好模型后，就可以在一个虚拟集上安排它们的位置，并进行照明。然后，计算机进行成千上万次计算——甚至百万次计算——以确定场景的外观，并把每一帧渲染为具有照片效果的图像。一旦渲染好所有的帧，就可以用合适的速率播放每一帧了。最终，通过视觉暂留就制作成了运动的图片或动画。

如果只拿起鼠标、用它作为麦克风就能告诉计算机自己想在显示器上看到什么，那就太好了。不幸的是，起码在不远的将来此事还不可能发生。3D设计过程可能不仅漫长，而且，有时还是非常乏味的。例如，对于在电影屏幕上只持续10秒钟的一个镜头，设计公司通常要花费数个月的时间进行动画制作。如前所述，动画制作过程可分成下述几个阶段：

1. 绘制故事板（Storyboarding）。
2. 造型（Modeling）。
3. 纹理映射（Texture Mapping）。
4. 照明或场景设置（Lighting or scene building）。
5. 动画（Animation）。
6. 渲染（Rendering）。
7. 后期制作（Postproduction）。

2.2.1 绘制故事板

在打开计算机之前，动画设计人员需要先进行周密的酝酿，规划好动画的细节。在绘制故事板过程中，要创建脚本并粗略地勾画出动画的细节。在造型和动画阶段，故事板本身都起到了向导的作用。

如果读者有许多钱，就可以在完成绘制故事板这一过程时，请设计人员进行模型的设计。这些设计可以把只具有概念的图像和规划变为初步设计的模型，再根据3D模型创建出实际的物理模型。

2.2.2 造型

一旦所有的规划和草图都已经绘制或者建立起来后，就可以启动3D应用程序了。

在造型过程中，设计人员需要用3D造型应用程序在三维空间中创建出各种形体或体素。体素可以由20~200,000个点组成。点连在一起形成直线，直线形成多边形。最后，多边形成立方体、球和圆锥之类的三维体素。随后，把这些体素与其他的对象连接起来，就形成了完整的模型。例如，如果想创建雪人的3D模型，可以用3个球做成身体，用圆锥做成鼻子，并用两个圆柱做成帽子。

2.2.3 纹理映射

建好了模型之后，接下来就可以在它上面绘画了。3D设计人员用的不是喷射颜料或画笔，而是使用2D图像或纹理映射图。在3D模型上“画画”，所用的方法类似于制作小塑料模型时所用的方法。

例如，建好模型后，造型人员在模型上涂上一层类似铝的颜料——类似于他试图模仿的现实世界中的材质。同样，3D设计人员可以创建一种铝材质的图像，然后，把它应用到模型上。接下来，现实世界中的造型人员会在模型上面添加一些元素，例如标识语或数字。而3D设计人员会在Photoshop之类的应用程序中制作2D图像。然后，把它们应用到模型的表面上，作为彩色映射图。要使模型看上去有点旧、有点脏，可以用一块砂纸。然后，用一支喷枪加工模型表面。而3D设计人员则会在模型上应用一幅凹凸映射图，然后应用一幅漫反射映射图。可以给模型添加许多不同种类的映射图，得到从添加反射到创建透明区域等各种效果。

2.2.4 照明或场景设置

在照明或场景设置这个阶段，要把所有模型都搬到虚拟舞台上，检查一下场景，看看是否平衡、连续，合成方面有什么问题。然后，在场景中添加照明效果。照明过程是极为重要的，因为这个阶段通常是动画制造感情效果的阶段。

3D设计人员有大量的照明工具可用。聚光、点光、平行光、明片、蒙板、投影仪和遮光布，在3D中都可以使用。幸运的是，设计人员不必攀登到危险的脚手架上去安放光源。在3D中，设计人员只需在3D空间中挂上一盏灯就可以了，甚至不必操心去插上电源或找一根长的电线。

2.2.5 动画

运动！此时要使模型运动起来，使它们能在空间跳舞。在过去，传统的基于醋酸纤维纸的动画制作人员需要制作成千上万幅画面才能完成一个项目。而现在，该任务取决于设计人员及其计算机。

当迪斯尼率先开始制作基于醋酸纤维纸的动画时，有数百人一起开展某个项目，但只有少数人作重要的艺术决策。这些少数人就称为关键人物。关键人物在动作的重要处绘出帧，然后，再由许多艺术家一起填补这些帧之间的其他帧。这个过程称为填补中间帧。在3D动画中，设计人员创建关键帧。然后，计算机自动计算出对象的运动，改变照相机和对象的