

美国艺术与设计专业品牌教材

第三版

三维动画与特效技术完全教程

The Art of 3D Computer Animation and Effects

【美】艾萨克·克劳

上海人民美術出版社

三维动画与特效技术完全教程

THE ART OF 3D

第三版

[美] 艾萨克·克劳 著

汪宁 鲍麟 高博 张洁赞 王乾华 译



上海人民美術出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

三维动画与特效技术完全教程 / (美) 艾萨克·克劳 (Kerlow, I.) 著; 汪宁等译. —3版 —上海: 上海人民美术出版社, 2010.2

书名原文: The Art of 3D Computer Animation and Effects

ISBN 978-7-5322-6352-3

I. ①三... II. ①艾... ②汪... III. ①三维-动画-设计-高等学校-教材 IV. ①TP391.41

中国版本图书馆CIP数据核字 (2009) 第221054号

三维动画与特效技术完全教程 (第三版)

原版书名: The Art of 3D Computer Animation and Effects

原作者名: Isaac V. Kerlow

Copyright © 2004 by Isaac Victor Kerlow

All rights reserved. No part of this publishing may be reproduced, stored in retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, except as permission of the Publisher under Section 107 or 108 of the 1976 United States Copyright Art, without either the prior written permission of the Publisher.

本书的简体中文版经John Wiley & Sons出版社公司授权,由上海人民美术出版社独家出版。版权所有,侵权必究。

合同登记号: 图字: 09-2006-276

三维动画与特效技术完全教程 (第三版)

著 者: [美] 艾萨克·克劳

译 者: 汪 宁 鲍 麟 高 博

张洁赞 王乾华

责任编辑: 徐 捷

装帧设计: 王 梅

技术编辑: 陆尧春

出版发行: 上海人民美术出版社

(上海长乐路672弄33号)

网 址: www.shrmms.com

印 刷: 上海锦佳装璜印刷发展公司

开 本: 889×1194 1/16 28印张

版 次: 2010年2月第1版

印 次: 2010年2月第1次

印 数: 0001-3300

书 号: ISBN 978-7-5322-6352-3

定 价: 128.00元



本书献给艾斯特和萨吉·克劳
The Book is dedicated to Esther and Sergio Kerlow





前言



本书自 1996 年第一次出版以来，该领域内的许多情况已经发生了很大变化。因此本书的第三版对许多三维电脑动画家和视觉艺术家所遇到的新的专业现状作了大量的更新。

让我们回想一下过去六年来发生的里程碑式的事件吧。PC 电脑已经广泛进入到过去完全由高端（当然也很高价）工作站支配的业界了。电脑网络和互联网，包括万维网上的视频流，都在这个时期诞生了。在电影制作中，由三维电脑动画和视觉特效制作的，甚至是令人炫目的画面数量也飞速增加着。由强大图像效果支持的游戏也变得非常普遍。第一部全部由电脑动画制作的电影已经诞生，而且在传统动画电影中电脑的运用也越来越多了。数码摄像已经进入到切实可行的拍摄电影的时代，而且全数码影院也已成为现实。在世界各地，数码动画专业学生的作品质量正在不断提高。

本版中增加的部分内容是根据电脑动画界、游戏界和视效界的同行们的建议而补充的；另一些则是应本书第一、第二版读者的要求而增加的。在本书中你将发现的新素材包括：

- 增加了一个关于讲述视觉特效技术的章节。
- 更新了数码生产章节中的内容，增加了关于生产流程和制作一部作品集的更详细的内容。

- 更新了动画章节的内容，增加了传统动画原理、角色发展、面部动画和动作捕捉的内容。

- 更新了历史章节的内容，包括这个新千年头几年的事件和一张详细的电脑动画、视觉特效等电脑技术发展的时间表。

- 增加了无数关于如何提升你作品的艺术性和技术含量的技巧和提示。

- 更新了关于模型搭建、二维和三维结合、非照相真实渲染，以及实时多面体建模的技术信息。

- 更新了 www.artof3d.com 的内容，包括软件和硬件的信息、参考书和资料的名单，以及相关网站的链接。

- 更新并增加了超过 200 幅来自加拿大、中国香港、丹麦、英国、法国、德国、日本、韩国、新西兰、挪威、波兰、西班牙、瑞士和美国的图片。

本书范围

如果要把这门学科里的所有主题和技巧都一一加以介绍和说明，就需要一本百科全书。本书并不想充当那样的百科全书。相对于纯理论的图书，本书提供了大量详尽的、实用的信息。书中的知识提炼大多来自多年从事各种软

件程序的教学和使用，来自阅读无数的软件指南，也来自大量的实践和错误。希望你可以通过阅读本书而尽量减少你会犯的错误。

如何阅读此书

要掌握三维电脑动画的艺术与工艺，可以有许多种方法，就像本书也可以有好几种方法阅读一样。

对于喜欢系统阅读的读者，我建议你从头开始依序阅读。并借助插图和附录中列举的网站作为本书主要内容的补充。

对于喜欢边做边学的读者或那些没有耐心将本书从头看到尾的读者，最好先从看图开始。因为在这些图片中包含了大量有用的信息。你可以选读本书中的部分章节作为对你已经了解的软件指南的补充。本书的内容几乎不是建立在软件指南或实验课程说明书内容基础上的。这一点远比你开始想象的重要，因为它将帮助你从一个软件程序的技术员走向一位充满创造力的数码动画师或数码艺术家。

将本书配合软件一起使用

学习本书的同时你可以使用某种三维程序来进行实验，也可以仅仅阅读而不作任何操作。对于喜欢先学习书本再动手操作的读者来说，本书对各种理论和操作的参考知识作了全面的介绍。对于喜欢直接投入到电脑程序细节的读者来说，他们会发现本书用简明扼要的方式对实验方法作了清楚的阐述。最后，对那些想把实验方式和理论概念相结合的读者来说，本书提供了合理进阶的主题安排，而这是那些软件指南所做不到的。

本书框架

本书包含五大部分，每部分又分若干章节。第一部分包括了历史背景和基本设计与生产流程。在这部分中涉及主要创意和技术的发展趋势的概述，电脑动画和视觉特效的发展历程概述和大量关于规划一个项目生产的建议。介绍的部分将教你用艺术评论家或制片人的方式思考问题。而第二部分就进入到三维物体和环境建模的细节了。建模的部分将教你用雕塑家的方式来思考。第三部分涵盖了大部分有用的渲染技术，包括简单的和复杂的。渲染的部分将教你用摄影师或者画家的方式来思考。第四部分首先涉及许多从讲故事到拍摄画面之间的问题：基础的编剧、画面台本和给动画角色赋予生命的技巧。而动画的部分将教你用演员、编剧和电影摄影师的方式来思考。最后一部分涉及大量关于录制和呈现作品的问题，包括合成和视觉特效。这部分将教你用在观众面前“抖包袱”的魔术师的方式来思考。

本书的期望

本书期望能给读者提供信息并给予激励。书中提出的概念要求读者能明了完成一部三维电脑动画的必要步骤和程序。书中运用的大量插图使得复杂的概念能被更清楚地解释和理解。本书的另一大特色是本书的结构和细节具有尽可能大的包容性：书中测试、回顾了许多软件程序和硬件平台，读者能从中找到一致的观点和处理方式。本书的主要目的是通过将技术与创意进行结合的非同一般的理念帮助读者打下一个坚实的基础。

本书不期望的

本书不是一本电脑软件手册，也不是为某个特定软件而编写的。对于期望在书中找到某个软件的具体操作方法或某种技巧的读者，我建议他们参考软件手册。然而，为了将书中表述的概念与当今流行的软件工具相结合，书中仍有许多来自各种软件程序的对话框。

本书不是一本关于电脑使用的入门指导。我们设定读者应该已经熟悉基本的电脑系统，或者读者正在通过其他途径学习相关的知识。已经熟悉电脑系统并在使用电脑的读者会比从没碰过电脑的人更快从本书中受益。

关于软件手册

软件手册通常都很难读懂，而且它们从来不完整讲述整个过程。如果我们算上软件的复杂程度、不断升级的效果和越来越短的生产周期，这就毫不奇怪那些公司和个人为何要不断开发这些软件并使它们在高度竞争的市场上变成高效好用的产品了。

作为身兼软件手册撰写者和软件使用者，我很了解双方的困境。如今的三维电脑软件变得非常复杂而且还在不断变化，我们不能期望有一本手册能把每一个知识点都彻底消化。我的建议是从软件手册中提取有用的信息并利用这些信息。要想精通三维的技术和艺术，一部分的知识来源于软件手册，一部分来自实践和错误，还有部分来自阅读书刊报纸、参考更有经验的人的建议。

基本原理和特殊技巧

本书中涉及的大部分技巧可以应用在市场上可见的大部分的三维软件中。相对于讲述这些建模、渲染、动画和输出在某个特定电脑系统中的确切执行方法，我们更注重从它们的基本特征和功能方面来加以表述。一些特殊的执行方法，诸如不同系统之间执行方法的差别等，在本书中没有提及。

感谢

本书中的许多想法是作者经由多年从事三维电脑动画和特效实践、教学的经验中得来的。

我非常感谢我的朋友、同行和学生们的为本书的编写所作出的贡献。尤其要感谢那些允许我重现他们精彩数码作品的设计师。感谢我儿子维克托的鼓励，感谢詹尼弗的支持，感谢詹森·查尔斯帮我截图对话框，感谢 JOHN WILEY & SONS 的玛格丽特·库明斯和莫尼卡·卡洛尔的耐心与专业精神，感谢史蒂夫·瑞特勒把我那些可笑的草稿画成生动有趣的插图，并希望读者在阅读时看到它们能开怀大笑。

我希望学生、独立动画人和制作公司的设计师们能觉得本书有用，并能帮助他们实现他们的创作理想！

艾萨克·克劳

写于好莱坞

目录

第一部分 绪论

第一章

动画、视觉特效和技术之间的关系 3

简述 3

- 1.1 数码创意的大环境 3
- 1.2 技术的发展 5
- 1.3 视觉里程碑：1960-1989 年 14
- 1.4 视觉里程碑：1990-2003 年 22
- 1.5 时间表 33

第二章

数码影像制作流程 43

简述 43

- 2.1 制作策略 43
- 2.2 数码电脑动画工作室 48
- 2.3 创意、技术与制作团队 52
- 2.4 电脑动画制作过程概述 59
- 2.5 电脑动画家及数码影像艺术家的
十个职业技能 67
- 2.6 整合样带 75

第二部分 建模

第三章

基础建模概念 81

简述 81



- 3.1 空间、物体和结构 81
- 3.2 用数字建模 84
- 3.3 点、线和面 86
- 3.4 四处移动物体 87
- 3.5 建模的文件格式 92
- 3.6 准备工作 94

第四章

基本建模技术 103

简述 103

- 4.1 介绍 103
- 4.2 关于线的注释 104
- 4.3 几何体基本元素 106
- 4.4 延伸 109
- 4.5 自由形态物体 111
- 4.6 基本建模功效 114
- 4.7 实时多边形模型 119

第五章

高级建模和绑定技术 125

简述 125

- 5.1 自由形状弯曲表面 125
- 5.2 细分表面 131
- 5.3 逻辑控制器和裁剪表面 133
- 5.4 高级建模效用 133

5.5	程序描述和物理拟态	136
5.6	摄影制图法和影像基础建模	140
5.7	动画绑定和层级结构	142
5.8	准备工作	147

第三部分 渲染

第六章

基本渲染概念 153

简述	153	
6.1	灯光、摄影机和材料	153
6.2	色彩	156
6.3	渲染过程的步骤	159
6.4	隐藏表面的移除	161
6.5	Z 缓冲区渲染法	162
6.6	光线追踪	163
6.7	球面照明和放射性	164
6.8	影像基础渲染	166
6.9	非照片写实性渲染	168
6.10	硬盘渲染	171
6.11	渲染文件格式	173
6.12	准备工作	174

第七章

摄影机 183

简述	183	
7.1	摄影机的种类	183
7.2	视觉金字塔	184
7.3	拍摄镜头的种类	188
7.4	摄影机镜头的种类	192
7.5	摄影机动画	194
7.6	准备工作	195



第八章

灯光 199

简述	199	
8.1	灯光布局与气氛	199
8.2	光源的种类	204
8.3	光源的基本构成	207
8.4	场景照明	211
8.5	光源基本位置	217
8.6	准备工作	220

第九章

着色与表面特征 227

简述	227	
9.1	表面着色技术	227
9.2	表面着色器	230
9.3	影像贴图	232
9.4	表面反射性	242
9.5	表面颜色	247
9.6	表面纹理	248
9.7	表面透明度	254
9.8	环境变量着色	256
9.9	选择性的黑客渲染法	259
9.10	准备工作	262



第四部分 动画和特效

第十章

动画基本概念 269

简述	269	
10.1	动画的类型	269
10.2	动画原理	272
10.3	故事叙述	284
10.4	分镜头脚本	287
10.5	角色发展	290

10.6 动画文件格式 297

10.7 准备工作 297



第十一章

基础电脑动画技巧 303

简述 303

11.1 关键帧插值运算法 303

11.2 模型动画 306

11.3 摄影机动画 314

11.4 光线动画 318

11.5 层级动画 322

11.6 二维与三维的动画整合 325

11.7 准备工作 326

第十二章

高级电脑动画技术 331

简述 331

12.1 反向运动 331

12.2 表演动画与运动捕捉 334

12.3 运动力学 341

12.4 程序性动画 350

12.5 脸部动画 357

12.6 群体动画 361

12.7 定点娱乐与交互式娱乐 363

第十三章

视觉特效技术 371

简述 371

13.1 数码视觉特效的基本概念 371

13.2 摄像机跟踪 377

13.3 动检对位技术 377

13.4 蓝屏、绿屏和色度键 378

13.5 布景和角色扩建 380



13.6 群体复制 380

13.7 电脑生成粒子 380

13.8 三维变形 381

13.9 运动控制 381

13.10 动作捕捉和虚拟角色 382

13.11 照相测量法 382

13.12 实景特效 383

第五部分 后期制作

第十四章

修图、合成与色阶 387

简述 387

14.1 图像处理的基本概念 387

14.2 修图 395

14.3 图像的合成与混合 399

14.4 图像序列化 402

14.5 色彩分级 407

第十五章

图像的分辨率与输出 411

简述 411

15.1 数字输出的基本概念 411

15.2 图像分辨率 412

15.3 图像文件格式与纵横比 418

15.4 纸面输出 425

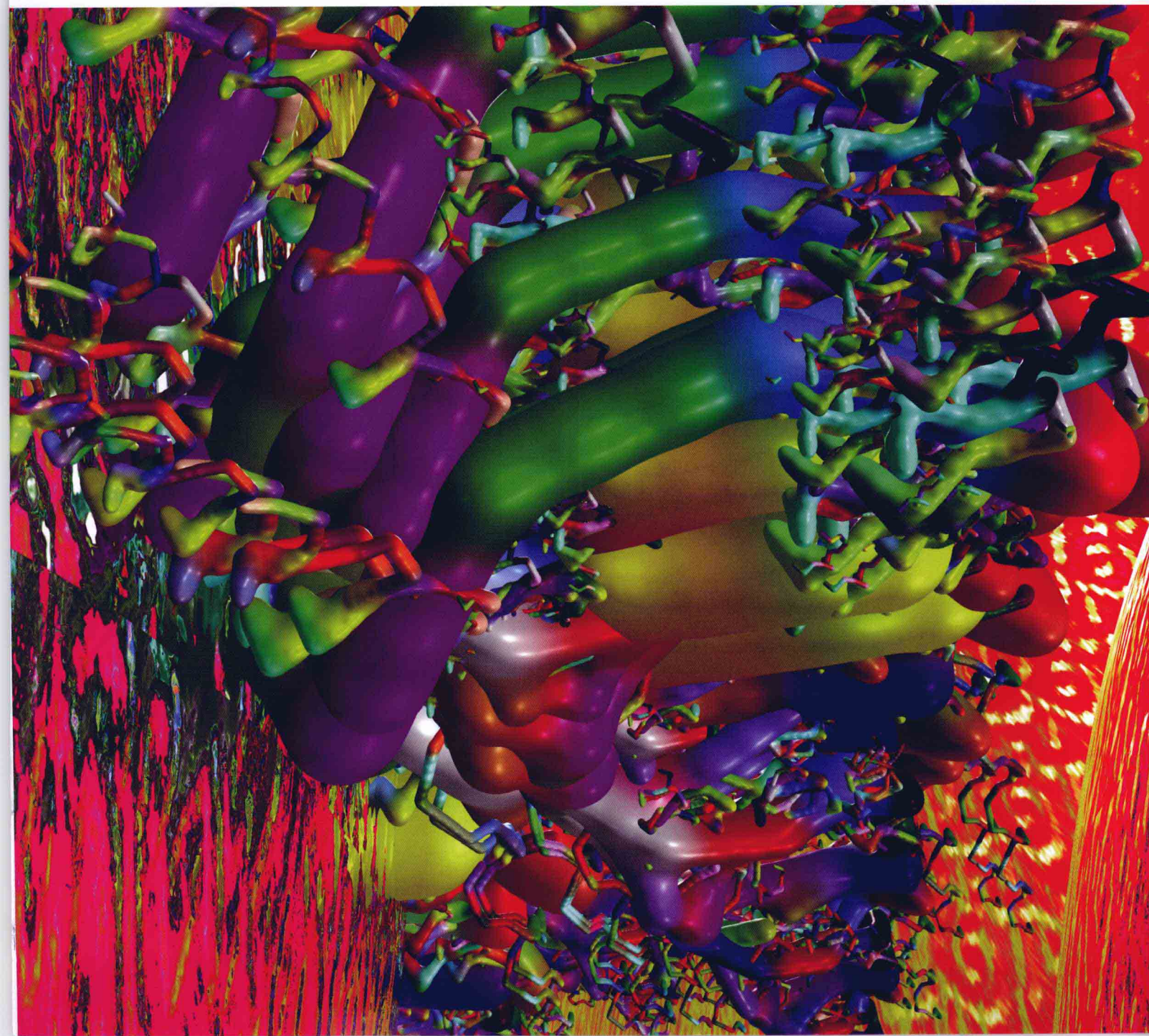
15.5 在摄影介质上输出图像 427

15.6 视频输出 428

15.7 数字媒体输出 431

15.8 三维媒体输出 434

第一部分 绪 论





布瑞丽亚，用递归算法形成的复杂生命形式。软件用简单的法则重复生成，产生了类似海洋生物般奇妙的形式。（前页）

图 1.1.1 《调皮跳跳灯》讲述了一盏好奇的小台灯的淘气故事。这部由约翰·拉塞特导演的三维动画短片第一次成功地将传统动画技巧与三维技术相结合，具有重要的意义。



动画、视觉特效和技术之间的关系

简述

在本章中将简要回顾在三维电脑动画和视觉特效发展过程中的重要事件与代表作。对发展历史的简述将告诉读者三维电脑动画、视觉特效和技术之间的关系。

1.1 数码创意的大环境

很早以前电脑已经成为我们生活的一部分了，尤其在我们的创意、生产和职业生活中。它们无处不在：我们用电脑来整理数据、用电脑系统消除电话会议中的噪音、控制车辆的燃油加注系统、调整和设置数码相机及摄像机以保证最佳成像质量。如今，大部分商业与视觉工作都要求其员工具有一定程度的电脑资质。很多广播业、制造业、图像艺术和娱乐业的产品都已经电脑化了。同样很多独立艺术家和设计工作室也都选择用电脑完成作品并以数码方式输出。

依赖电脑系统的转变使得创造者和技师的需求量大增。许多既定视觉专业人员重新接受培训以适应新技术的发展，而学生们则急于探索其中所有的秘密与捷径。期待值由理性渐渐变得狂热。那些不愿意接受变化的人被毫不留情地抛弃了，因为整个视觉的世界已经改变了，而那些过分热衷的人却常常抱有不切实际的期望。所以，现在是折中两者的时候了。我们要接受电脑技术带来的好处，继续开发各种有前途的可能性，并等待这个转变更趋成熟。

如今大量图形创意作品的呈现都运用了电脑辅助。视觉

快速检索

数码创意的大环境	3
技术的发展	5
视觉里程碑: 1960 - 1989 年	14
视觉里程碑: 1990 - 2003 年	22
时间表	33

www.artof3d.com

登录此网站可以看到各种实用的软件资料 and 链接。

迪斯尼公司的影院长片目录

1937 年《白雪公主》
 1940 年《木偶历险记》
 1940 年《幻想曲》
 1941 年《小飞象》
 1942 年《小鹿斑比》
 1943 年《致候吾友》
 1945 年《三骑士》
 1946 年《为我谱上乐章》
 1947 年《米奇与魔豆》
 1948 年《旋律时光》
 1949 年《伊卡博德和托德先生的冒险》
 1950 年《仙履奇缘》
 1951 年《爱丽丝漫游奇异世界》
 1953 年《小飞侠》
 1955 年《小姐与流氓》
 1959 年《睡美人》
 1961 年《101 斑点狗》
 1963 年《石中剑》
 1967 年《森林王子》
 1970 年《富贵猫》
 1973 年《罗宾汉》
 1977 年《小熊维尼历险记》
 1981 年《狐狸与猎狗》
 1985 年《黑神锅传奇》
 1986 年《妙妙探》
 1988 年《奥丽华历险记》
 1989 年《小美人鱼》

以下运用数码科技制作的影片

1990 年《救难小英雄——澳洲历险记》
 1991 年《美女与野兽》
 1992 年《阿拉丁》
 1994 年《狮子王》
 1995 年《风中奇缘》
 1996 年《钟楼怪人》
 1997 年《大力士》
 1998 年《花木兰》
 1999 年《泰山》
 1999 年《幻想曲 2000》
 2000 年《变身国王》、《恐龙》、
 《跳跳虎历险记》
 2001 年《失落的帝国》、《暑假历险》
 2002 年《星际宝贝》、《星银岛》、
 《小飞侠重返梦幻岛》
 2003 年《森林王子 2》、《小猪历险记》

领域各个学科的从业者使用数码设备的人数也在迅速增加。许多传统的视觉实践诸如绘画、制图、摄影、摄像都已运用了数码技术。传统的创作环境是以完全独立、互不关联的学科集合的形式而存在的。每个学科都拥有其独特的工具、技术和媒介。这个创作环境已经变成人们跨学科运用工具、技术和媒体的时代了，许多传统视觉学科间的屏障不复存在。例如如今动画、平面艺术、传播学和电影已经有了很大的交叠。数码创作环境支持这样的交叠是因为电脑技术能提供视觉工作者更多的创意。20 年前，视觉专业人员还在致力于寻找各自学科中的独特工具来呈现各自的效果。那些工具对于各自所属的领域而言是有效的，但超出本领域之外就毫无用处了。例如一个摄影师是用照相机将现实记录在胶片上的；一个传统动画师是用铅笔和拷贝台在纸上画出序列动画的。而今天的摄影师和动画师，包括其他各种创作工作者，都是使用电脑作为工具，装上各自的软件，完成各自的工作的。

以前数码时代的动画与特效

对大部分人来讲，很难想象的是数十年前，所有的动画、视觉特效和整个娱乐业从制作到发布甚至消费根本不曾使用任何电脑或数码技术。但这是事实。第一部三维电脑独立动画短片诞生于 1986 年，是由约翰·拉塞特导演的《调皮跳跳灯》（图 1.1.1）。而第一部全三维电脑动画影院长片是 1995 年 Pixar 公司出品的《玩具总动员》（第 330 页）。

当我们在尝试各种新的建模、渲染和动画技术的时候，我们仍不能忘记那些动画先驱们的贡献，不论是在角色动画方面还是在材料实验动画方面：他们曾运用拼贴、剪影、蜡笔、实物、抽象画等方法做实验动画。在角色动画方面，我们耳熟能详的有来自纽约和好莱坞的动画家们创造的那些笑料不断的《大力水手》、《啄木鸟伍迪》、《邦尼兔》、《汤姆和杰瑞》和《米老鼠》等。创造它们的有麦克斯·弗雷西尔、华特·迪斯尼、沃特·兰兹、泰克斯·埃法瑞、弗兰兹·弗瑞兰、丘奇·琼斯等许多天才动画家。而著名的实验动画家有法国的雷欧布鲁德·苏赫法奇、亚历山大·阿兰克西弗，德国的汉斯·瑞奇特、奥斯卡·费辛格、洛特·雷宁格，加拿大的诺曼·麦克劳伦和美国的克莱尔·派克、约翰·惠特尼。迪斯尼公司的经典动画片是在 20 世纪 30 年

代后期至 40 年代（图表 1.1.2）完成的，与此同时迪斯尼的动画家们发展出了著名的动画十二条规律（图 1.1.3、1.1.4）。

当我们致力于发展新的数码视觉效果的时候，我们有必要回顾一下历史。1939 年美国电影艺术与科学学院开始在奥斯卡奖中设立特效奖。1964—1971 年间该奖项更名为特殊视觉效果奖；1972—1976 年间又曾更名为特别成就奖。从那以后，该奖项被称为最佳视觉特效奖。从 1939—2003 年间获奖者名单见本章末的时间表。

为了能正确看待三维电脑动画，让我们回溯到更早，第一家活动放映电影院于 1894 年在纽约开放。这一事件是爱迪生和他的助手威廉·迪更生的研究成果。他们发明了能同步记录声音与活动图像的装置。爱迪生和他的助手发展了活动放映机——一个封闭的盒子，内装有长为 15 米左右的胶卷，盒子上有一个开口，通过该开口可以看到里面的影像。少数这样的活动放映机还有耳机，能听到同步的音乐，被称为有声活动放映机。数年后，在大西洋的另一边，1900 年的巴黎国际博览会上，一部由蒸汽机驱动的机械平台播放了骑手在全景、真实背景画面上奔跑的影像。回顾这些，我们可以很清晰地看到是活动放映机催生了后来的各种胶片放映技术及投影设备的发展，并加速了动画的进程。

1.2 技术的发展

电脑因其强大的图形能力，深深影响着我们创作和输出图像的方式。如今很多人对使用电脑进行工作都已经习以为常，但实际上这种情况才出现了很短的一段时间。

如今的电子计算机（电脑）是由进行重复数学运算的机械加法机发展而来的。这些早期的机械装置后来终于变成可以根据每次任务不同而设定程序运算的机器。到 1940 年，电子计算机开始投入使用。

早期的电脑称为大型计算机（主机）或中央处理器。因为它们的主要构件都配置在一个大型的钢铁框架里。到 20 世纪 60 年代，有两种计算机被研发出来了。一种称为微型计算机（微电脑）。它们比大型计算机体积小很多，价钱也便宜，并且拥有强大的功能。微电脑的出现使电脑拥有了更广大的消费对象和更广泛的应用领域。另一种称为超级计算机，通常体积比大型计算机更庞大，也更昂贵。它们被用来

图表 1.1.21 迪斯尼公司于 1937 年创作了第一部彩色动画影院长片，并在以后的几十年一直致力于创作影院长片。表格中的那一条线区分了影片是否采用了数码科技制作。（前页）

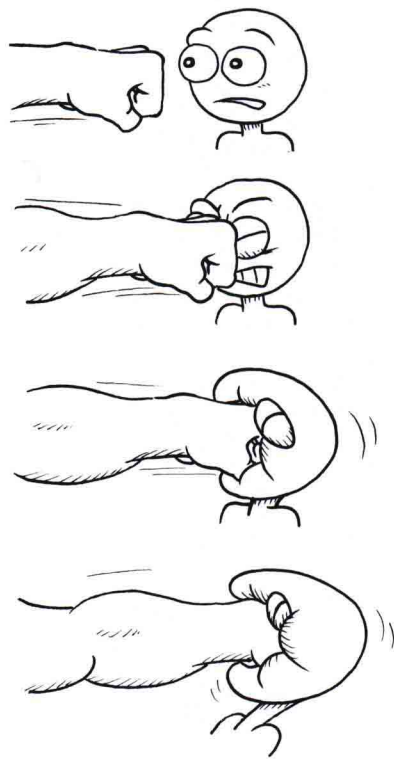


图 1.1.3 迪斯尼动画家们在 20 世纪 30 年代创造的动画十二条规律中的第一条：压缩与拉伸，在这里用来表现脸上吃一记重拳后的扭曲变形。



1.1.4 跟随运动，动画十二条规律之二（将在第十章详述）包括了头发、毛、衣服等附件的运动。

处理繁重的计算任务。虽然所费不赀，但是高速的运算和出色的性能也是无可比拟的。

微电脑在 20 世纪 70 年代中期得到了发展，而在那之前，大部分艺术家都认为电脑是个无聊的玩意儿。它们价格又贵又难操作，即使执行最简单的任务也需要大量的程序。大部分的型号都缺少显示器、打印机、话筒或数位手写板等工具。微电脑的芯片是由数百万个微型电子开关构成的。到 20 世纪 80 年代，一些种类的微电脑如苹果电脑、AMIGA 电脑和各种基于 INTER 平台的 PC 电脑都已被视觉工作者广泛使用了（图表 1.2.2）。今天许多微电脑已经小到足以放在公文包里了，虽然那些能放在上衣口袋里的小家伙的专业图形处理能力还相当有限，但大部分的电脑都足以呈现不同精度的活动图像了。20 世纪 80 年代还开发了超级微电脑和并联计算机，这对视觉工作者产生了巨大的影响。超级微电脑——也称为工作站，是由大量微电脑建立在一个非常强大的中央处理器上专门用来处理特别复杂的工作的，例如三维电脑动画。大量的并联计算机则可以把非常复杂的任务分配给许多微电脑来处理。有些并联计算机拥有几十个甚至上千个处理器。

电脑图形技术是在 20 世纪 50 年代早期发展起来的。但是没有一部早期电脑的图像系统是为艺术服务的。大部分早期的应用是跟军事、制造或者科学辅助相关。例如飞行模拟器，可以使飞行员不用真正飞行就能接受训练；计算机辅助设计与制造系统可以让电子工程师设计并测试由数百万构件构成的电路组件；X 射线断层摄影技术可以让医生不用开刀就能观察到病人的体内。

20 世纪五六十年代，早期的电脑图形技术以现在的标准来衡量，处理图像的系统 and 技巧是非常初级和有限的。那个时代几乎没有艺术家或设计师能想象电脑还可以被用来创造图像。

20 世纪七八十年代，电脑技术变得更加实用了，数量可观的视觉创作者开始对实用电脑产生了兴趣。到 90 年代，电脑系统的价格显著下降而性能却大幅提高了。这种情况大大鼓励了视觉工作者去研究电脑技巧并将它应用到日常工作中去。现在，视觉艺术所有领域的人们都认为电脑技术更有效、实用而且廉价。图表 1.2.1 列出的是获得美国电脑图形图像协会电脑图形成就奖的名单。他们是在电脑图形领域里电脑科