

万水电脑动画与多媒体技术系列

【美】Isaac Victor Kerlow 著

鲍明忠 谭真 戎爱英 译

鲍明忠 审校



3D 计算机动画与图像技术



中国水利水电出版社

万水计算机动画与多媒体技术系列

3D计算机动画与图像技术

[美] Isaac Victor Kerlow 著

鲍明忠 谭 真 戎爱英 译

鲍明忠 审校

中国水利水电出版社

原理与可得的工具软件相结合，书中有很多软件的菜单和对话框。这些图形只是起图示作用，绝非意在让本书成为某特定软件的使用手册。本书的原理叙述也不局限于某种软件的专业术语。

关于计算机手册

我经常听到我的同事或学生抱怨计算机手册太难理解，以至于无法窥其全貌。我自己也深感如此，它们往往不完整或让读者绞尽脑汁，无法很快去使用那些软件。实际上几乎所有的软件手册都包括不完全的乃至不确切的信息。但当我们考虑到以下因素时，就不会感到吃惊了：一些软件的复杂程序、版本的不断升级、个人和公司为了争夺市场使得复杂的软件只能有极短的生产周期。

作为用户和用户手册的撰写者，我在两方面都曾感到沮丧。关于使用软件手册的建议可归纳如下：获取软件手册的有用信息并使用它。如今的三维设计软件是如此的复杂，变化如此之快，我们别指望手册能把每个有用信息都完美地包含进去。要想成为一个熟练的三维艺术家和技术人员，必须不断从手册、杂志、书籍和别人那里获取信息，学习是要花费精力的。

一般原则和特定技巧

本书包含的大部分技巧适用于市面出售的三维设计软件。我们不对模型、重演、动画和输出技术在同一计算机系统是如何以同样方式完成的作描述，而是把重点放在它们的基本特性和功能上。不涉及到因系统而异的特定技术工具。读者若想获得书中所提的某特定软件的信息，可参阅该软件的参考手册。

各种软件的异同点

本书所描述的工具和技巧都非常通用，在不同的三维计算机图形软件中亦十分相似，实际上许多不同平台上的三维设计软件（如 Silicon Graphics、Apple Quadras 和 Power Pcs、IBM PC 及其兼容机、Amigas）都曾被使用去阐述和证实书中所述原理。

书中所提到的某些工具和技巧或许在你正使用的软件中无法使用。如今的软件在不断地更新换代，甚至相同的功能在两种不同的软件中也有不同的实现方法：一些看起来相同，但在操作和表现上有很大的不同。

内 容 提 要

本书详细介绍了有关三维计算机动画与图像的基本概念,以及制作步骤与过程。书中应用大量的图片使得复杂的概念易于理解,叙述简洁清晰。本书结合技术与创意,旨在让读者对三维计算机动画与图像技术有清楚的认识,为从事该方面的工作打下坚实的基础。

本书是三维计算机动画与图像技术及制作人员的必备参考书,对广大计算机用户亦有较高的参考价值。

COPYRIGHT©1996 by Van Nostrand Reinhold, A Division of International Thomson Publishing Inc.

ALL RIGHTS RESERVED. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical including photocopying, recording, or any information storage and retrieval system, without permission, in writing, from the publisher.

图书在版编目(CIP)数据

3D计算机动画与图像技术/(美)克洛(Kerlow, I. V.)著;鲍明忠等译.—北京:中国水利水电出版社,1998.4

(万水电脑动画与多媒体技术系列)

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

ISBN 7-80124-726-4

I. 3… II. ①克… ②鲍… III. 三维-动画-计算机图形学 IV. TP391.4

中国版本图书馆CIP数据核字(98)第09664号

书 名	3D 计算机动画与图像技术
作 者	[美] Issac Victor Kerlow
译 者	鲍明忠 谭 真 戎爱英
审 校	鲍明忠
出版、发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044) 北京万水电子信息有限公司(北京市车公庄西路20号 100044)
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	水利电力出版社印刷厂印刷
规 格	787×1092毫米 16开本 16.5印张 371千字 16插页
版 次	1998年5月北京第一版 1998年5月北京第一次印刷
印 数	0001—5000册
定 价	35.00元

致 谢

本书中的许多思想源于笔者多年来在几所学院讲授3D计算机动画与图像技术课程的教学经验，尤其是在纽约的 Pratt 学院和位于 Comden, Maine 的前柯达图像创艺中心。

在此我要感谢我的学生们以及他们的热情与兴趣。我也对我的儿子 Victor 和所有使这本书得以顺利出版的朋友和同事们表示感谢。

我尤其要感谢的是以下个人和公司：① Lincoln Hv; 工业照明和魔幻 (Industrial Light and Magic) 的高级技术指导；② Cinefex 杂志社的 Don Shay；③ Steve Cunningham, 《SIGGRAPH》的主席和前导演；④ Alias Research、autodesk, Softimage, Specular International 允许我复制了他们软件产品中的一些对话框。

我这里还要感谢 William Fasolino 和 Robert Anders, Pratt 学院艺术与设计研究生院的前代理院长，他们对我在那儿的逗留期间给予支持；还有 Jules van de Vijver, Simon Biggs, Johan Faber 和 Hans Rijpkema, 当我在爱尔兰 Groningen 的 SCAN 作为访问艺术家期间，他们给我热情接待。Steve Rittler 运用他那卓越的漫画天赋使我那幼稚的素描变成热闹的黑白图，它们将使读者在学习时笑声不断。Rafael Vinoly 协会的 Iris Benado, 和大太平洋数据图像 (Pacific Data Images) 的 Tim Cheung, 制作了好几幅三维模型和图像，并对照许多软件手册对内容进行了核实。Dena Slothower 进行了始终如一的研究和打字工作，并完成了大部分与捐助者发 E-mail 的工作。Ben Luce 审校了手稿的内容，并提了许多有价值的建议，许多研究生在额外的打印扫描、与捐助者联系方面提供了很大帮助。

特别要感谢 Hewlett-Packard 研究实验室的 Irwin Sobel 博士，他在哥伦比亚大学时，让我在他的计算机图像实验室学习制作三维计算机动画，从而激起了我对此的好奇。在此对他和他的夫人 Ceevah 表达我最诚挚的祝福。

最后，我要感谢所有允许我在本书中使用他们作品的个人和公司，这些作品为本书增色不少。

Issac Victor Kerlow
于曼哈顿，1995年

前言

如今我们能利用计算机技术创造真实或虚幻的世界,这使我们得以用新的方式来开发我们的思维。

当今许多计算机程序都允许艺术家模拟三维环境,在计算机内存中创建具体的模型。软件允许我们以交互的方式改变物体的形状和维数,在三维场景中将他们重组,直到我们满意为止。这些模型可以以无穷无尽的形式进行再表现或重演。除了可以对现实的速描或夸张的世界进行重演,一些三维模型还可进行栩栩如生的动画模拟。它们的动作可以被记录在胶片或录像带上。三维计算机动画可以移植到多媒体艺术或交互式游戏中,与传统绘画和摄影相结合,或在现实三维世界中,用计算机控制机器进行雕刻,或模拟现实生活的大规模视频游戏。

微机的速度、功率和图形分辨率使之能应用于复杂的三维计算机图形项目中。本书仅局限于系列微型机或超微型机系统。尽管本书中所提到的技术同样可以用更大的计算机系统实现(包括小型机、大型机、巨型机),但我们假定读者使用的不是这些系统。本书内容广泛,组织合理,使得专业人员能在合理的时间内读完全书。它还分别为指导教师和学生能在一学年内(或更短时间)读完该书作了时间安排,通常在试图完成有关的影视项目或试图掌握某种特写的软件时,学习过程就开始了。

如果要完全、详尽地叙述本书中的概念与技术,就得是一本百科全书了,但本书并不想成为一本这样的书。尽量使书中内容不局限于某种特定软件,同时还提供原理之外的具体、实用的细节。书中的内容都来自于多年的应用软件进行三维动画与图像技术教学的经验,以及阅读大量有关书籍所获得的信息和实践、经验教训。

我们希望通过阅读本书能使你在工作中所犯的错误减少到最低程度。

本书提示了三维计算机动画与图像技术的动人之处,提供了具有实用性和启发性的技巧与创造性信息。这将使你更好地理解并完善你用计算机技术创造真实的三维世界。

如何阅读本书

本书的材料组织是建立在这样一个事实上的:即创建三维计算机模型与动画所需掌握的艺术、手艺可以通过不同的方式获得。因此,本书也可有多种阅读方式。

如果你想系统地学习,我建议读者从头到尾按顺序阅读,并参考书中插图及附录。如果用你最喜欢的软件去完成每章后面的练习,将获益匪浅。

如果你喜欢边做边学,或没有足够的耐心从头到尾阅读,那最好先看图片。但别忘了阅读图注,里面包含很多有用的信息,下一步是试着做每章后面的练习。最后你或许想阅读那些在软件手册中已涉及到的某些章节的内容。无论怎样,第一部分包含了一些必备知识,这些知识很难在指导教师所提供的手册中见到。第一部分所包含的信息远比它第一眼看起来

重要得多。

读书的同时，使用软件

阅读本书的同时，你可以用特定的三维软件来实践，或只读不做。对于那些喜欢在积极参与实践前先阅读的人，本书提供了全面的理论介绍和大量的实用性指导。至于那些喜欢直接先尝试使用某种软件再阅读的人，本书将以简洁的形式、清晰的解释来帮助他们完成尝试。此外，对那些采取边学习原理边实践的最佳学习方式的人来说，本书提供了清晰的有逻辑的学习步骤，远比一些特定的软件手册好。

本书的组成

本书包括五大部分，每部分又分几章。每章开始有概述，每章结束有实用技巧、问题和练习。

第一部分包括历史背景、普通设计和产品信息。本部分概述了重要的创意及技术趋势，视像里程碑，和对于计划一个三维项目的许多建议。这部分让你具有艺术评论家和制作者的思维。

第二部分直接叙述建立三维模型和环境的细节。这部分有许多黑白线条图的例子和半色调。使你具有雕塑家的头脑。

第三部分包含了许多从简到繁的最具用途的描绘技巧。本部分包含许多彩色图片，让你象摄影家与画家一样思想。

第四部分讲述了许多有关电影制作的事项：基本的电影剧本创作、电影舞台、电影技巧。这部分让你象电影录制人员和创作人员一样思考问题。

第五部分讲述了如何录制和展示你的作品，包括合成与特技。这部分使你象图片制作者和特技技术人员一样去思考。

从本书能获得什么

本书叙述了必要的原理，让读者了解三维计算机动画与图像制作的过程与步骤。书中采用大量的图片使得复杂的概念叙述清晰、易于理解，本书尽可能多地包含有关结构和细节，内容在许多软件和硬件平台上测试过，读者可从中得到一致的观点。书中将技巧和创意巧妙地相结合，为读者打下一个坚实的理论基础，这就是本书的主要目的。希望能起到启发与活跃思维的作用。

从本书不能获得什么

本书并不是介绍如何使用计算机。相反，这里假设读者对计算机系统的基本操作已经了解（如知道如何保存文件、操作鼠标和图形板），或读者正在别处获取有关知识。对计算机系统操作懂一点的人比对此一无所知的人将从此书受益更快。

本书也不是一本软件使用手册。它不是基于某种特定的三维图像设计软件。读者如想知道某种软件的使用细节或特定的技巧，建议读者去翻阅有关的软件使用手册。但为了将所述

目 录

致谢
前言

第一部分 引 言

第一章 艺术与技术的发展沿革	(1)
1.0 概述	(1)
1.1 数字创作环境	(1)
1.2 技术的发展	(2)
1.3 视像里程碑	(6)
1.4 一组新的奇妙技巧	(9)

第二部分 模 型

第二章 基本模型概念	(13)
2.0 概述	(13)
2.1 空间、物体和结构	(13)
2.2 用数字构造	(15)
2.3 点、线和面	(17)
2.4 移动物体	(20)
2.5 用于模型的文件格式	(26)
2.6 准备工作	(29)
2.7 实例	(33)
复习与练习	(33)
第三章 基本模型技术	(35)
3.0 概述	(35)
3.1 介绍	(35)
3.2 有关线的说明	(36)
3.3 几何原素	(38)
3.4 旋转	(41)
3.5 自由式物体	(43)
3.6 基本的模型应用程序	(46)
3.7 成组和分层结构	(49)
复习与练习	(51)

第四章 高级模型技术	(52)
4.0 概述	(52)
4.1 自由曲面	(52)
4.2 逻辑算子与修剪表面	(57)
4.3 高级模型应用程序	(59)
4.4 自然现象的过程描述	(60)
4.5 准备工作	(62)
复习与练习	(64)

第三部分 重 演

第五章 重演过程综述	(67)
5.0 概述	(67)
5.1 光、相机和材料	(67)
5.2 颜色	(69)
5.3 步骤	(71)
5.4 重演方法	(72)
5.5 准备工作	(76)
5.6 重演文件格式	(80)
复习与练习	(81)
第六章 相 机	(83)
6.0 概述	(83)
6.1 相机类型	(83)
6.2 视野棱镜	(84)
6.3 镜头类型	(86)
6.4 相机透镜的类型	(89)
6.5 相机动画	(91)
6.6 准备工作	(92)
复习与练习	(92)
第七章 灯 光	(94)
7.0 概述	(94)
7.1 光源类型	(94)
7.2 光源的基本组成部分	(97)
7.3 场景布光	(99)
7.4 光源的基本位置	(102)
7.5 布光方案	(103)

7.6 准备工作	(105)
复习与练习	(106)
第八章 阴影与表面特征	(108)
8.0 概述	(108)
8.1 表面阴影技术	(108)
8.2 表面阴影器	(109)
8.3 图像映射	(111)
8.4 表面反射率	(115)
8.5 表面颜色	(120)
8.6 表面纹理	(121)
8.7 表面透明度	(125)
8.8 依赖环境的阴影	(129)
8.9 准备工作在网络中重演	(129)
复习与练习	(130)

第四部分 动画

第九章 动画的基本概念	(132)
9.0 概述	(132)
9.1 动画原理	(132)
9.2 讲述故事	(137)
9.3 故事板	(138)
9.4 人物谱	(140)
9.5 制作问题	(143)
9.6 动画文件格式	(149)
9.7 准备工作	(150)
复习与练习	(151)
第十章 基本动画技术	(154)
10.0 概述	(154)
10.1 主画面插值原理	(154)
10.2 模型动画	(157)
10.3 摄像机动画	(164)
10.4 光源动画	(168)
10.5 分级动画	(171)
10.6 准备工作	(174)
复习与练习	(175)

第十一章 高级动画技术	(177)
11.0 概述	(177)
11.1 逆转运动学	(177)
11.2 运动捕获	(179)
11.3 运动力学	(185)
11.4 程序动画	(190)
11.5 通道动画	(195)
11.6 以位置为基础的娱乐以及交互娱乐	(196)
复习与练习	(198)

第五部分 后期制作

第十二章 后期处理	(200)
12.0 概述	(200)
12.1 图像处理的基本概念	(200)
12.2 修像技术	(203)
12.3 图像复合与混合	(206)
12.4 图像序列化	(208)
复习与练习	(211)
第十三章 输 出	(213)
13.0 概述	(213)
13.1 数字输出的基本概念	(213)
13.2 图像分辨率	(213)
13.3 图像输出文件格式	(218)
13.4 在纸上输出图像	(222)
13.5 在摄影介质上输出图像	(223)
13.6 视频输出	(224)
13.7 在数字媒体上输出图像	(226)
13.8 在三维媒体上输出图像	(228)
复习与练习	(230)
附录	(232)

第一部分 引言

第一章 艺术与技术的发展沿革

1.0 概述

本章简单地介绍三维计算机动画与图像技术的创造性和技术性方面发展的概况。这里给出的简洁历史信息为读者提供一个简单的资料，其中包括涉及三维计算机动画和图像的技术方面和风格方面的讨论。

1.1 数字创作环境

计算机已经成为我们生活中的一部分，尤其是我们的创作生活。计算机随处可见：处理银行交易中的信息流动；在电话交谈中，我们的声音数字化地，删除一些噪音；控制汽车的油料注入系统；调节照片和视频照相机，保证图像质量总是最理想的。视像业和商业的大多数报纸编排都要求一定程度的计算机处理。广播、制造、印刷和娱乐业大多将其生产计算机化。同时，许多独立的艺术家和设计工作室用计算机设计作品，而且经常以数字形式提供作品。

随着对计算机系统依赖性的不断增加，已经影响了许多创作人员和技术人员。大量的视像专业人员已经进行了再培训，获得了新技术。年轻的学生渴望学会所有秘密，并获取捷径，期望了解从合理到荒谬的各种资料。例如，那些抵制变化的人落后了，因为视像界正在发生变化；那些热情过高的人常常有不现实的期望值，现在是找出一个新的平衡点的时候了。那就是，接受计算机技术提供的优点，继续开发有前途的技术，搁置尚未成熟的技术。

许多现代的图像创作和生产的确借助于计算机进行。来自各种视像专业的专业人员越来越多地用数字信息工作。以绘画、摄影、视频方法为基础的传统视频技术有些正与数字图像技术相结合。由完全独立、不相关的专业（每一专业都有自己的工具、技术和介质）组成的创作环境，现在正在转变为另一种环境，在新环境中，视像工作人员使用更多的技术、工具和介质，而且它们和其他工具兼容。其结果是，视像专业之间的一些传统的障碍已经消失。例如，传统的图形艺术、广播和胶片领域之间就有很大的重迭。创造性的数字环境已经促进了这些重迭，因为计算机经常给视像工作人员提供更大的创作能力。例如，数十年前，视像专业人员购买其自己专业特有的工具。这些工具只能用于做他们自己专业的工作，而不能用于其他职业，由于将计算机引用到了他们的工作中，使得许多现代专业人员已经拥有其他职业中使用的工具。

1.2 技术的发展

计算机，特别是其视像能力，正深深地改变着我们创作和投送图像的方法。今天很普通的具有强大功能的计算机系统——任何人都这么认为——出现的时间相对还是比较短的。

今天的数字计算机的祖先是用于重复算术运算的机械式加法机器。这些早期的机械设备最后演变成每次可编程的，并完成不同指令集的机器。1940年，这些计算机器的电子版投入运行。

早期的计算机模型称为 mainframe，因为这些庞大部件安装在大钢架内。60年代，开发了两种类型的计算机以满足不同的需要。小型计算机（比大型机的体积小，而且价格更便宜，但功能差不多）的开发，目的是让更多的人使用计算机，使计算机具有更大的应用范围。超级计算机（比大型机体积更大，价格更昂贵）的开发，目的是解决那些不考虑造价，强调速度和性能的最繁重的计算工程。

70年代中期开发了微型计算机。在此之前，大多数艺术家认为计算机没有什么用途。他们认为计算机太昂贵，操作太繁琐，即使最简单的任务也要求大量的程序设计。而且，它们中的大多数型号缺少监视器、打印机、鼠标或图形板。微型计算机在单片硅片上包含数百万微电子开关。在80年代，一些型号的微型机，比如苹果公司的 Macintosh 和 IBMPC 兼容机被视像专业人员广泛接受了。今天，许多功能强大的微型机小得足以放在手提箱中。

80年代开发了超级微型机和并行计算机，这些计算机对视像人员使用计算机的方法有很大影响。超级微型机（也称为工作站）是围绕功能强大的 CPU 设计的微型机，这些 CPU 对特定任务有优异的性能（例如三维计算机动画）。大规模并行计算机通过在大量的微处理器之间分配任务，处理非常复杂的工作，一些这样的计算机具有十几个到数千个处理器。

在50年代早期，开发了计算机图形技术，其目的是使人眼看不见的东西变为可见的。但实际上，这些早期的计算机图形系统没有一个是为艺术工作开发的。早期的应用大多数与军事、制造或应用科学相联系。例如，飞行模拟器，不飞真飞机即可训练战斗机飞行员；计算机辅助设计和制造 (CADAM) 系统允许电子工程师设计和测试具有数百万个器件的电子电路；计算机辅助层面 X 射线照相术 (CAT) 扫描仪允许内科医生不用打开人的身体，即可进行检查。

在50年代和60年代，计算机图形技术的早期，产生图像的计算机系统和技术是基础的，且是很有限的——特别是按今天的标准。在那个时期，很少有艺术家和设计人员了解计算机能够用于生成图像。

在70年代和80年代，计算机技术变得更实际，更有用了，因此，相当数量的视像创作人员改变了态度，开始对使用计算机感兴趣。在90年代早期，计算机价格大幅度下降鼓励了许多视像专业人员购买技术，并把这些技术用于每天的专业实践中。来自所有视像专业的专业人员接受了计算机技术，因为计算机已经变得更强大，更实际，而且价格更低。

产生三维图像和动画所需要的计算机技术，从50年代的第一个系统开发出来以后，到

现在已有了极大的发展。在几十年内,产生三维环境的硬件、软件表达能力已从简单走向很复杂,它通常能欺骗我们的视觉。

三维计算机图形技术和创作工作完整的历史资料还有待总结。本章中其他部分的信息概述了一些重要事件和标志性的事件。这个概述肯定不够详尽,也没打算将所有有意义事件的完整详细地描述表达出来,它仅提供单个事例的个人看法,并概述其主要发展趋势。

1.2.1 50年代和60年代

在50年代和60年代,第一个交互式计算机系统得到了发展。在随后的十年间,得到了进一步的完善。计算机图形技术是如此之新,以至于在这个时期,大多数在该技术基础上的创新,按它们产生的效果来讲,都不足以引人注目。但它们奠定了二十年以后繁荣发展的基础。

使用CRT显示器作为输出设备的第一台计算机是MIT的Whirlwind计算机,时间是50年代早期。该系统用于在示波器监视器上显示微分方程的解。在50年代中后期,美国空军的SAGE防空系统使用命令来控制CRT显示器,在显示器上,操作人员能够看到在美国大陆上空飞行的飞行器。通过用光笔指向屏幕上的飞行器图标,SAGE操作员也能够获得有关飞行器的信息。

在60年代期间,各种技术集中的组织开发了第一个计算机辅助设计与制造(CADAM)系统。这些早期系统的目标是通过给用户提提供精致的设计功能,使设计过程更有效;通过将表示图像的数字数据与其他类型的数据(如库存和工程分析)联系起来,改进制造过程的组织。第一批CADAM系统之一是由通用电机(General Motors)公司开发的,它包括各种用于设计轿车的分时图形工作站。其他公司开发了类似系统,这些公司中有波音航空公司(Boeing Aerospace)、IBM、麦道公司(McDonnell Douglas),通用电气公司(General Electric)和洛克菲勒公司(Lockheed)。

出品由计算机制作的电影的早期工作在几个研究所进行。在60年代早期,William Fetter和Walter Bernhart在波音公司制作了短篇动画。三维图画被绘在纸上,一次一张制成电影胶片,产生飞机支架着地的动画。Fetter还将人像模型化,用于与飞机座舱设计相关的人体工程学研究。在贝尔(Bell)实验室,Michael Noll和Bela Julesz在胶片上生成各种各样的立体计算机动画,以协助立体感的研究。在这一时期,开发了第一批动画程序设计语言,但它们大多数只能用于编制以非交互模式运行的程序。

在这二十年内,只有几个商业公司涉足计算机图形研究。这一时期的大多数技术开发都是由像MIT的林肯实验室那样的政府资助的学术研究实验室进行的。

在60年代早期,计算机图形的开发用于可视化那些相当昂贵或不可能用其他方式表达的物体或场景。飞行模拟器、CADAM系统、CAT扫描仪都属于这些早期的计算机图形系统。

第一个交互式系统称为Sketchpad,于60年代早期,由Ivan Sutherland在MIT开发成功。该系统让用户借助光笔与简单的线框物体交互作用。该系统使用了几个新的交互技术和新的数据结构来处理视像信息。它是一个交互设计系统,能够处理、显示二维和三维

线框物体。

60年代中期,开发出删除消隐藏面的第一个算法,改进了实时产生全彩色表面着色动画的系统。通用电气公司开发的飞行模拟器,能同时动画显示多达40个物体,这些物体都删去了消隐藏面,且是全彩色的。位于纽约·Elmsford的数学应用集团公司(Mathematical Application Group, Inc.)首先提供了商业环境中计算机产生的全方位再现多面物体的动画,它的第一批合同包括军事的和有关广告项目的模拟。

早期的三维计算机动画和图像系统依赖于造价昂贵的mainframe计算机,按今天的标准,它们的速度是很慢的。大多数程序只能在特定类型的计算机和显示设备上运行,而且不能够移植到其他系统上。在60年代,计算机图形系统的应用明显地受到了高代价和它所涉及到的硬件的局限性的限制。

这一时期的图形软件都是在公司内部开发的,没有进入市场,而且很少编写文档。大多数程序以批处理方式运行,很少具有交互特征。用户不得不从键盘输入几乎所有的数据,鼓励艺术自由创作的输入外设都没有。仅有很少一些计算机系统有图形屏幕;大多数计算机只有单色字符CRT屏幕,或电传打字机,或点阵打印机。

1.2.2 70年代

70年代是开发三维计算机动画和图像很有意义的十年。今天仍在使用的许多基本的透视技术都是在70年代形成的。在这十年的后期,微型机技术被引入到消费市场。

与Mainframe机相比,在60年代就相当流行的小型机更易于维护。在70年代,这些系统造价降低,系统功能也更强大了。

从计算机硬件的观点来看,在这十年中所做的研究和生产工作的大多数主要是基于小型机的。新的微型机系统大大地推动了计算机产生图形的流行,它主要是以视频游戏的形式出现。但微型机的8位计算能力、存储器容量和输出方案,与高级计算机相比,都是微不足道的。70年代早期微型机的标准配置包括一个没有图形协处理器的8位CPU,小于100KB的主存,10MHz的时钟速度,最多有8种颜色(若使用像素化,可能会稍微高一点)的低分辨率屏幕和有限数量的外部存储器。

在这十年内,犹他大学成为三维计算机图形研究的基本力量和新技术中心。在David Evans的领导下,犹他大学的计算机科学系产生了一个不寻常的博士生花名册,他们中的许多人开发了这十年中的许多主要技术,比如最初的多边形、Gouraud、Phong阴影、图像碰撞效果处理以及面部动画。

1.2.3 80年代

正是在80年代,计算机图形技术从游戏玩具成为被证实的艺术和商业潜力领域。从技术上讲,这个十年开始于强大的小型机系统和8位微型机悬殊力量的互存,结束于强大的32位微型机和64位RISC图形工作站在前台,小型机在后面的结合。从商业上讲,这个十年开始于一小批领导三维计算机动画和图像的公司,这些公司包括东海岸的数字效果(Digital Effects)公司和MAGI公司,西海岸的III(Information International, Inc)公司

和 Robert Abel Associates 公司。这些公司使用内部开发的软件和定制的图形硬件。80 年代末, 这些领先的生产公司 (至少是他们的生产部门) 关闭了, 出现一组新的、更小的、利润更低的、研究面向更少的公司, 它们使用购买的硬件, 混合使用自产软件与购买软件。

在这十年中, 大量的软件研究和开发是用于优化 70 年代出现的模型和阴影技术。由于诸如 rediosity 和过程纹理这样的再现技术有了新的突破, 第一批有着友好人机界面的三维计算机动画和图像软件也得到了长足发展。

北美的一些主要学术中心参与了这一时期三维图形的研究, 它们包括康奈尔大学 (radiosity 透视技术)、加利福尼亚理工学院的喷气式发动机实验室 (运动动态)、伯克利的加利福尼亚大学 (样条模型)、俄亥俄州大学 (分级人物动画和反向运动学)、多伦多大学 (过程技术)、蒙特利尔大学 (人物动画和嘴唇同步)、东京大学 (气泡表面模型技术) 和广岛大学 (radiosity 和灯光) 也进行了有意义的最初研究。

在 80 年代, 一些硬件研究集中于功能更强大的通用微处理器和专用图形处理器的开发和视频数据的高速转换技术。

在这十年的前半期, 大多数商品化的三维软件产品技术滞后于研究所中的工作。原因是缺少相信这种技术有商业潜力的投资者。同时, 使用可买到的硬件系统难于实现高强度计算的技术也是一个原因。可买到的硬件又不能像人们所需要的那样快地去计算, 而且价格有些过高。

按输出标准来说, 在这十年的开始, 很少公司有产品能直接输出到视频带上。大多数高级工作是首先输出到胶片, 然后再转换到视频带上。在这十年的后期, 视频输出成为计算机产生动画最普通的输出方法。

80 年代, 用于三维产品的一个标准中规模计算机系统是由以下几部分组成: 一个 32 位或 64 位微型机或超级微型机 (带一个或几个图形处理器), 大于 50MHz 时钟速度, 几十兆字节的 RAM 存储器, 大量的外部存储器。

1.2.4 90 年代早期

90 年代的前半期, 发生了一个重要的转变, 计算机系统与 80 年代使用的中级系统相比, 体积更小, 功能更加强大。实际上, 目前生产使用的所有用户终端微机都是基于 32 位微处理器的, 而功能强大的微型机型号是以 64 位 CISC 和 RISC 处理器为中心的, 相当数量的具有不同特征的型号将目标集中于不同的市场, 而且, 计算机系统按模块方式销售。超级微型机或工作站能力不断增加, 而价格不断下降, 保持价格不变, 但功能更多。

这一时期的研究和开发主要集中于效率、价格及易用性。由于中等规模的硬件系统功能足够强大, 能满足大多数创作人员的需要。大量的资源和时间被用于优化现有最成功的软件技术。采取小的坚实步骤优先于大的突破性的发展。因为市场是买方市场, 人机界面问题也被优先考虑。三维软件用户比从前更加有经验, 要求更多, 他们享用 90 年代初期的标准系统所提供的计算能力和创造力。

这一时期还包括另外两个趋向: 其一是电子游戏工业的再生 (部件以及与其相结合的程序量、质量的增加); 其二是随着计算机工业批量产品进入消费市场, 产品的人机界面更

友好、使用更方便。

1.3 视像里程碑

显示、欣赏和分析已成为三维计算机动画和图像发展中的创造性里程碑。视像工作既使人精神振奋,又具有启发性。有关 70 年代末直至今日开发的三维计算机动画的两个观点,请阅读有关资料:SIGGRAPH 视频综述视频带(见附录 I)和 Cinefex 杂志专辑(见附录 V)。

1.3.1 60 年代

在 60 年代大多数时间内,按大多数视像艺术家、评论家和观察家的观点,计算机太无感情、技术性太强、以及无法用于艺术工程的创作。类似有关技术的偏见在 19 世纪发生过。当时机器已被大规模引入工业界,最后将变成每天生活中的平凡事。许多世纪之交的画家害怕新技术,直到他们学会怎样使用它,用它进行创作,才取消这种害怕心理。60 年代,计算机对动画和图像的冲击和影响类似于 19 世纪后期照片对视像艺术的冲击。袖珍画的画家和雕刻家担心新发明将代替他们,他们中的一些将其称作“魔鬼的发明”。

正像前面提到的一样,从 50 年代开始,计算机用于图像的制作,但直到 60 年代,用基于计算机系统的第一个艺术实验才进行。早期用计算机产生的大多数动画和图像不是在艺术制作室进行的,而是在研究实验室进行的。此外,创作这些作品的第一批人中的许多人具有科学和工程背景,他们缺少艺术方面的正规训练。尽管如此,他们中的许多人显示了强烈的艺术抱负和相当程度的美感。

由这些先锋使用的计算机系统并不是专门为艺术创作设计的。这些系统的交互能力很差,或根本没有交互功能。60 年代的人机界面大多是不透明的、秘密的,而且不能自己解释。

由于使用早期的计算机系统创作动画和图像很不方便,许多早期的创作人员对创作作品的过程投入的努力要比对作品本身的内容和形式投入的努力多。许多早期的计算机艺术家更关心基于计算机的图像工具的开发,而不是他们作品的风格。尽管有这些限制,但这些先锋有效地使用了可用的技术。

早期的计算机产生的动画和图像代表了仍在开发阶段的技术水平。这些早期作品的风格受计算机设备本身的限制,缺少能用各种方法展示复杂图像的计算机程序。经常是用复杂的方法和数据结构却不能产生相应复杂的图像。在这些美国计算机艺术先锋们当中,我们应该提到 John Whitney, Sr. 和 Charles Csuri。

用计算机产生人物动画的最早的实验之一是“Mr. Computer Image ABC”,它是由 Lee Harrison III 于 1962 年创作的,当时使用的计算机系统是计算机图像公司的 Scanimate 系统(该系统 1972 年获得 Emmy 奖)。