

施寅 胡俊 编著

计算机动画

原理

计算机动画

技术

计算机动画

软件

清华大学出版社

计算机动画技术 (第2版)



计算机动画技术

(第2版)

施寅 胡俊 编著

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 提 要

JS166/29

本书是在《计算机动画技术》(第1版)的基础上修订而成的。介绍了计算机动画的最新技术,提供了当前流行的动画软件的使用方法。

全书分为基础知识和软件使用两大部分。其内容主要有:传统动画与计算机动画,计算机动画系统,计算机动画的图形基础,二维动画技术,三维造型技术,三维动画着色的原理和方法,三维动画中的运动控制,动画画面的生成和记录,Maya 软件的使用,PowerAnimator 软件的使用,Softimage 软件的使用,Wavefront 软件的使用,3D Studio 软件的使用,3DS MAX 软件的使用,计算机动画的创意和设计。

本书可作为大专院校有关专业师生的教材或教学参考书,也可作为计算机技术人员,影视动画工作者,广告策划、创意和制作人员,动画和平面设计人员以及广大美工人员的技术参考书。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

计算机动画技术/施寅,胡俊 编著. —2 版. —北京:清华大学出版社,1999. 12
ISBN 7-302-02117-1

I. 计… II. ①施… ②胡… III. ①动画-创作-计算机应用 ②动画-应用软件 IV. TP391.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 66521 号

出版者:清华大学出版社(北京清华大学学研楼,邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

印刷者:清华大学印刷厂

发行者:新华书店总店北京发行所

开 本:787×1092 1/16 印张:21.25 字数:503 千字

版 次:1999 年 12 月第 2 版 1999 年 12 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-02117-1/TP·2166

印 数:0001~5000

定 价:26.00 元

第2版前言

计算机动画的研究和应用在我国已有近十年的历史了,目前仍在向纵深发展。新的动画系统陆续推出,软硬件功能不断完善,众多作品竞相问世,后起之秀大量涌现。随着微型计算机的普及,计算机动画已走向千家万户。

为了适应计算机动画技术的飞速发展,作者对第1版的内容做了全面的补充、修改和调整。例如,突出光栅图形显示器的原理和结构,增加三维动画原理和技术的介绍,添加新的优秀软件(如 Maya、3DS MAX 等)的使用知识,对专业词汇进行进一步的注解与说明等。

本书的宗旨是要把计算机动画的基本概念、原理、方法以及有关的流行软件的基本原理和使用方法阐述清楚,而并不注重深奥的数学公式和复杂的算法,也不叙述这些流行软件的详细操作步骤。作者在编写过程中力图做到用词得当、浅显易懂、深入浅出、图文并茂。在主要章节后面还列有思考题供读者学习之用。本书可以作为计算机动画技术的入门教材,也可以作为动画程序设计人员和实际制作人员的技术参考书。

全书分为十五章。

第1章论述动画的基本原理、传统动画和计算机动画的区别和联系以及计算机动画的应用,其中着重论述动画的原理和计算机动画的概念。

第2章叙述计算机动画系统的组成、输入和输出设备,着重叙述图形显示器,尤其是光栅图形显示器的原理和结构。另外,对软件系统的正确选择提出了可操作性的建议。

第3章介绍与动画密切相关的计算机图形学的基础知识,如图形与动画、颜色模型、坐标系、图形变换、曲线曲面等内容。

第4章讨论二维动画技术。主要有二维动画制作系统的组成、关键帧技术、画面效果与处理。同时还简单地介绍了几个实用的二维动画系统的使用。

第5章主要介绍与三维造型技术有关的概念、方法和技术。这些概念有:物体的集合运算、欧拉公式、CSG 树、定义物体的方法、物体的显示模式、软件中的造型方式等。造型方法有:从二维扩展到三维、三维体素的变换与变形、使用变形调整器等。造型技术有:基于多边形的造型、基于曲面的造型以及其他如分形造型、三维重构、粒子系统等。

第6章讨论三维动画着色的原理和方法,如消隐算法、表面材料定义、光照模型计算、浓淡处理、纹理贴图、阴影生成、光线投射、光线跟踪以及辐射度方法等。

第7章介绍三维动画中运动或动作控制的技术,如三维关键帧技术、运动学和动力学系统、过程动画、变形动画、角色动画、脚本动画和相机动画等。此外还介绍运动和动作的交互控制等内容。

第8章介绍动画画面最后生成时注意的事项、图像与动画文件格式以及将动画系列

记录在胶片或磁带上的方法等内容。

第 9 章至第 14 章将分别介绍 Maya、PowerAnimator、Softimage、Wavefront、3D Studio、3DS MAX 等软件的使用。主要介绍这些软件的概况、安装、界面、功能、操作和使用方法等。这些软件均为国内流行的三维动画软件,它们有的在工作站上使用,有的在微机上使用。介绍这些软件的目的在于通过实际软件的使用,进一步让读者了解、学习和掌握计算机动画技术。

第 15 章专门讨论计算机动画的创意和设计,特别是片头的设计。分别从设计的原则、颜色的象征与效果,形态和色态的构成,运动、色调以及感觉等方面进行论述。

书后还有附录,附录 A 选择了与动画有关的术语并进行简要注解与说明,附录 B 给出了两个动画设计稿的实例。

参加本书编写的有施寅(第 1 章至第 8 章、附录 A)、胡俊(第 10 章至第 14 章)、曾新宇(第 9 章)、吴克勤(第 15 章、附录 B)。全书由施寅统稿。此外,对参加编写本书 1995 年版的其他同志以及对该版提出过意见和建议的同志表示衷心的感谢。由于作者水平有限,书中难免还存在缺点和不足,期望广大读者给予批评指正。

作 者

1998 年 12 月

第1版前言

计算机动画(Computer Animation)是在常规动画的基础上,使用计算机图形技术而迅速发展起来的一门高新技术。它的出现,不仅缩短了动画制作周期,而且产生了原有动画不能比拟的视觉效果。计算机动画为广大影视工作者提供了一种新颖的创作方法,为人类文化生活增添了一个独特的艺术形式。

几年前,人们还不知道计算机动画是怎么一回事儿,而今天却呈现在亿万观众的眼前。第十一届亚运会吉祥物——熊猫盼盼的动人形象,每天中央电视台的“新闻联播”的电视片头,不少电视广告中奇妙精彩的画面,都给广大观众留下了深刻的印象。不少人询问:计算机动画是如何产生的?什么是二维动画?什么是三维动画?我能制作电脑动画吗?怎么就能创做出如此神奇的形象和动作?……

其实,在国外工业发达国家,很早就开始了计算机动画的研究工作。近几年来,几乎每年都有数以千计的影片和作品问世,大量电视节目的片头与广告片段使用计算机动画技术制作,越来越多的模拟与仿真靠计算机动画来完成。计算机动画系统的软、硬件技术达到了相当高的水平。

当前,我国的计算机动画进入了一个崭新的实际应用和蓬勃发展的阶段。有关人士把眼光转向这一行业,纷纷投资论证,不少外商到国内寻求合作伙伴,制作单位如雨后春笋般地建立起来,动画创意和制作人员颇受青睐。在今后的几年中,我们会看到:国外的先进动画设备与技术将陆续引进;国产的动画系统将不断推出,国内许多优秀作品竞相争艳,制作和研究的水平将日益提高,国外制作动画订单会纷至沓来。计算机动画光辉灿烂的明天就在亿万观众的面前。

计算机动画也是技术与艺术相结合的产物。它需要计算机技术与影视动画技术的互相渗透,也需要计算机工作者与影视美术工作者密切配合。作者原是学工程技术的,对艺术是望洋兴叹,不过在这几年的实际工作中,向艺术工作者吸取了不少艺术营养。同时也深感到,他们也学到了许多计算机的初步知识。

鉴于至今很少见到有关计算机动画的书籍,而手头的一些非正式出版物虽为介绍计算机动画做出了宝贵的贡献,但还不能满足广大读者的要求。作者在这些读物的基础上,增加一些自己近几年来制作动画的经验,编写了本书,献给广大动画爱好者。

全书分为动画基础和软件使用两个部分,共有10章。在编写时,作者力求以通俗易懂的内容论述有关动画的原理、方法和技术,书的最后还附有小词典。

本书具有以下特点:

- (1) 以传统动画为开导,重点阐明计算机动画的原理和方法;
- (2) 在二维绘画、二维动画的基础上重点阐明三维动画的原理与制作技术;

(3) 理论联系实际,着重介绍动画制作的若干实际问题,流行动画软件的使用方法等;

(4) 采用技术与艺术相结合的原则,以阐明技术为主,也适当加入艺术方面的知识。

参加本书编写的有:施寅(第 1、2、3、4 章、第 6 章部分节),吴克勤(第 5 章),李向前(第 6 章部分节),胡俊、王方石(第 7 章),谢斌(第 8 章),刘希东(第 9 章),匡葵(第 10 章)。由施寅担任主编。由于我们对计算机动画技术知识了解有限,实践经验也不多,所以书中难免有错误和不足之处,望读者批评指正。

最后,要提及的是,书中附有的插图,很多摘自书后列出的参考文献,有些则在北方交通大学计算机图形学实验室内生成。在此一并表示感谢。

作 者

一九九四年九月

目 录

第 1 章 传统动画与计算机动画	1
1.1 动画的基本原理	1
1.1.1 动画的由来	1
1.1.2 动画的定义	3
1.1.3 动画的原理	3
1.2 传统动画	4
1.2.1 动画片的生产过程	4
1.2.2 格、幅	5
1.2.3 关键帧与中间画	5
1.3 计算机动画	6
1.3.1 二维动画	6
1.3.2 三维动画	8
1.3.3 逐帧动画与实时动画	9
1.4 计算机动画的应用	10
1.4.1 电影业	10
1.4.2 电视片头和电视广告	12
1.4.3 科学计算和工业设计	12
1.4.4 模拟、教育和娱乐	13
1.4.5 虚拟现实和 3D Web	14
1.5 小结	15
1.6 思考题	15
第 2 章 计算机动画系统	16
2.1 计算机动画系统的组成	16
2.2 计算机图形显示器	17
2.2.1 CRT 图形显示器	17
2.2.2 光栅扫描显示器	19
2.2.3 图形卡	22
2.3 动画输入与输出设备	24
2.3.1 输入设备	24
2.3.2 硬拷贝设备	25
2.4 计算机动画系统的软件	26

2.4.1	计算机动画系统的软件	26
2.4.2	三维动画软件的选择	27
2.5	小结	28
2.6	思考题	28
第3章	计算机动画的图形基础	29
3.1	图形及其动态显示	29
3.1.1	图形与图像	29
3.1.2	点阵图与矢量图	30
3.1.3	动态图形显示	30
3.2	颜色模型	31
3.2.1	光与彩色	31
3.2.2	三基色原理	31
3.2.3	各种颜色模型	32
3.2.4	颜色管理技术	34
3.3	图形变换	35
3.3.1	坐标系	35
3.3.2	图形变换过程	37
3.3.3	正投影图与透视图	39
3.4	曲线和曲面	41
3.4.1	基本概念	41
3.4.2	Bezier 曲线和曲面	43
3.4.3	B 样条曲线和曲面	45
3.4.4	非均匀有理 B 样条曲线和曲面	46
3.5	小结	47
3.6	思考题	48
第4章	二维动画技术	49
4.1	二维动画制作系统	49
4.1.1	计算机在动画中的作用	49
4.1.2	二维动画制作系统的功能	49
4.2	关键帧技术	50
4.2.1	关键帧	50
4.2.2	画面的输入	50
4.2.3	中间画的生成	52
4.3	画面处理与效果	57
4.3.1	画面的上色	57
4.3.2	绘画系统	59
4.3.3	各种效果的生成	60
4.4	几个实际使用的二维动画系统	62

4.4.1	QUICK CEL 二维动画系统	62
4.4.2	AXA 2D 动画制作系统	62
4.4.3	Autodesk Animator Pro 动画软件	64
4.5	小结	68
4.6	思考题	69
第 5 章	三维造型技术	70
5.1	物体的数字模型	70
5.1.1	各种形态的物体	70
5.1.2	物体的显示形式	70
5.1.3	动画软件中使用的造型	71
5.2	造型基本知识	73
5.2.1	几种定义物体的方法	73
5.2.2	有效实体和正则集合运算	74
5.2.3	描述物体的信息与欧拉公式	75
5.2.4	描述物体的 CSG 树	75
5.3	基本造型方法	76
5.3.1	从二维图形构造三维物体	76
5.3.2	三维体素的变换与变形	78
5.3.3	变形调整器	79
5.4	基于曲面的造型技术	82
5.4.1	二次曲面造型	82
5.4.2	样条曲面造型	82
5.4.3	曲面的局部变形	84
5.5	分形造型方法	84
5.5.1	基本概念	84
5.5.2	分形造型	85
5.6	其他造型方法	87
5.6.1	使用三维输入设备	87
5.6.2	三维重构技术	87
5.6.3	自由形状变形	88
5.6.4	粒子系统	88
5.7	小结	90
5.8	思考题	90
第 6 章	三维动画着色的原理和方法	92
6.1	消隐算法	92
6.1.1	表面及其法线	92
6.1.2	可见面和隐藏面	92
6.1.3	常见的消隐算法	93

6.2	材料及其属性	95
6.2.1	反射与折射	95
6.2.2	材料的表面属性	96
6.3	照明和浓淡处理	99
6.3.1	光源	99
6.3.2	普通浓淡处理模型	100
6.3.3	多边形浓淡处理方法	102
6.4	纹理和纹理贴图	103
6.4.1	纹理和纹理贴图的基本概念	103
6.4.2	各种纹理贴图	105
6.4.3	贴图坐标	106
6.5	阴影的生成	108
6.6	画面着色的方法	109
6.6.1	光线投射算法	109
6.6.2	光线跟踪算法	110
6.6.3	辐射度方法	111
6.7	小结	112
6.8	思考题	113
第7章	三维动画中的运动控制	114
7.1	三维关键帧动画	114
7.1.1	形状插值与参数插值	114
7.1.2	运动参数曲线	116
7.2	运动学系统与动力学系统	118
7.2.1	运动学系统	118
7.2.2	动力学系统	119
7.2.3	过程动画	120
7.3	变形动画、角色动画和脚本动画	121
7.3.1	变形动画	121
7.3.2	角色动画	123
7.3.3	脚本动画	123
7.4	相机及其运动	125
7.4.1	相机基本参数	125
7.4.2	相机的运动	126
7.5	动作的交互控制	127
7.5.1	用户界面	127
7.5.2	动作的交互控制	128
7.6	小结	128
7.7	思考题	129

第 8 章 动画画面的生成和记录	130
8.1 动画画面的最后生成	130
8.1.1 生成动画画面的几个参数	130
8.1.2 特殊效果	132
8.2 图像和动画文件	134
8.2.1 文件压缩	134
8.2.2 文件格式	135
8.3 动画系列的记录	136
8.3.1 胶片记录的方法	136
8.3.2 视频磁带记录的方法	136
8.4 小结	138
8.5 思考题	139
第 9 章 Maya 软件的使用	140
9.1 Maya 软件概述	140
9.1.1 简介	140
9.1.2 界面及操作窗口	141
9.2 造型	147
9.2.1 NURBS 曲面造型	147
9.2.2 多边形造型	150
9.3 动画	151
9.3.1 常规动画	151
9.3.2 特征动画	159
9.3.3 变形动画	165
9.3.4 约束和运动捕捉	166
9.4 动力学系统	167
9.4.1 粒子系统	167
9.4.2 外力场	169
9.4.3 柔性体与弹性体	169
9.4.4 刚体与约束	170
9.4.5 动态关系编辑窗	171
9.5 着色	172
9.5.1 基本着色	172
9.5.2 批着色与部分着色	176
9.5.3 着色方法	176
9.5.4 纹理、材质和工具	177
9.5.5 分布式着色	177
9.6 其他模块	178
9.6.1 Maya Artisan	178

9.6.2	Composer 5.0	179
9.6.3	Zapit!	179
9.6.4	MayaLive	180
9.7	小结	180
第 10 章	PowerAnimator 软件的使用	181
10.1	基本界面与操作方法	182
10.1.1	软件的界面	182
10.1.2	操作方法	183
10.2	造型功能	185
10.2.1	基本概念	185
10.2.2	基本构件及变换	186
10.2.3	曲线与曲面工具	192
10.2.4	曲面的修改与修剪	196
10.3	材质与纹理	198
10.3.1	光照模型	198
10.3.2	材质与纹理的应用	202
10.3.3	光源	205
10.4	动画设置	209
10.4.1	基本概念	209
10.4.2	关键帧动画与路径动画	210
第 11 章	Softimage 软件的使用	215
11.1	造型模块	216
11.1.1	几何体元素	216
11.1.2	气泡系统	217
11.1.3	模型树	217
11.1.4	变形工具	218
11.2	运动模块	219
11.2.1	关键帧法	219
11.2.2	通道法	219
11.2.3	动力学法	220
11.3	演员系统	220
11.3.1	基本工具	220
11.3.2	操作方法	221
11.4	材质模块	224
11.4.1	材质与贴图	224
11.4.2	赋予物体材质	224
11.4.3	给物体贴图	226
11.4.4	着色	227

11.5	工具箱模块	228
第 12 章	Wavefront 软件的使用	229
12.1	造型模块	230
12.1.1	基本概念	230
12.1.2	Model 模块的使用	231
12.2	材质模块	233
12.2.1	基本概念	233
12.2.2	Property 模块的使用	234
12.3	运动模块	237
12.3.1	基本概念	237
12.3.2	Preview 模块的使用	237
12.4	图像后期制作模块	240
第 13 章	3D Studio 软件的使用	242
13.1	系统简介	242
13.1.1	系统模块	242
13.1.2	系统配置与安装	243
13.1.3	操作界面	244
13.2	基本概念	246
13.2.1	二维和三维造型	246
13.2.2	运动设置	248
13.2.3	着色	249
13.2.4	3DS 中使用的文件格式	249
13.3	动画制作实例	250
13.3.1	动画制作基本步骤	250
13.3.2	制作一个旋转的星球	251
13.3.3	三维汉字造型	253
13.4	Keyscript 语言的使用	253
第 14 章	3DS MAX 软件的使用	255
14.1	简单介绍	255
14.1.1	3DS MAX 的特点	255
14.1.2	运行环境	255
14.1.3	软件安装	256
14.1.4	界面	256
14.2	基本操作	258
14.2.1	物体的选择和变换	258
14.2.2	调整器堆栈与编辑网格物体	261
14.2.3	光源和雾	262
14.3	造型	264

14.3.1	二维形体	264
14.3.2	三维造型	266
14.3.3	三维放样中的变形	267
14.4	材质与贴图	270
14.4.1	材质	270
14.4.2	贴图	274
14.5	动画制作	279
14.5.1	轨迹窗	279
14.5.2	正/逆向运动	281
14.5.3	运动控制	283
第 15 章	计算机动画的创意和设计	286
15.1	片头的设计和创意	286
15.1.1	设计和创意	286
15.1.2	片头设计的长度	287
15.1.3	电视台台标的设计	287
15.1.4	片头的设计	287
15.1.5	电视广告的设计	290
15.1.6	隔场画的设计	291
15.2	颜色的象征与效果	291
15.2.1	颜色的象征	291
15.2.2	颜色的情感效果	292
15.3	构成	293
15.3.1	形态构成	293
15.3.2	色彩构成	296
15.4	运动、色调和感觉	297
15.4.1	运动	297
15.4.2	色调	298
15.4.3	感觉	299
附录 A	相关词汇	301
附录 B	设计稿实例	317
B-1	栏目片头“荧屏采风”的设计稿	317
B-2	电视广告“华力牌电蚊香”的设计稿	320
参考文献		324

第1章 传统动画与计算机动画

计算机动画是在传统动画基础上发展起来的。那么什么是传统动画？动画的原理是什么？计算机动画是如何产生的？什么是二维动画？什么是三维动画？计算机动画有哪些应用领域？本章将重点讨论这些问题。

1.1 动画的基本原理

1.1.1 动画的由来

动画的发明早于电影。第一个动画装置见图 1-1 所示,它是 1820 年由英国博士约翰·巴利斯(John Paris)发明的。当时,他的做法是利用一根绳子系在一个正反两面都有画面的圆盘两端,当圆盘绕绳子中心轴旋转时,可以同时看到融合在一起的这两个画面。这种做法可能受硬币旋转的启发。

真正产生活动画面的第一个设备见图 1-2 所示,它是由乔舍非·复拉泰奥(Joseph Plateau)发明的。这个设备装有一个手把,用一根细轴从上部穿过,轴的两端连着可以转动的轮子。其中一个轮子上面画着许多小画面,每一个画面就是一帧。为了观察动画,观察者位于圆片的正面透过另一个正在旋转的轮子的狭缝进行观看。狭缝的作用原理如同后来发明的放映机的快门,使一次仅观察到一帧,且时间仅几分之一秒或更短一些。

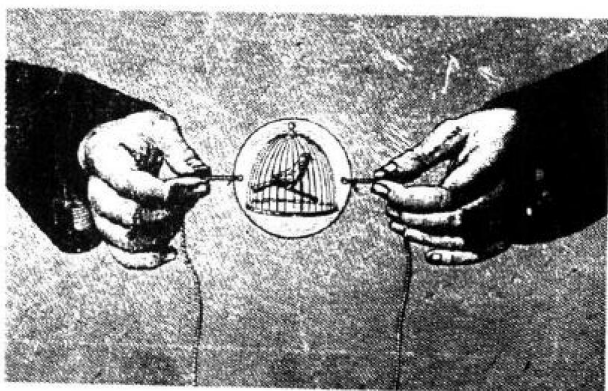


图 1-1 第一个产生动画的装置

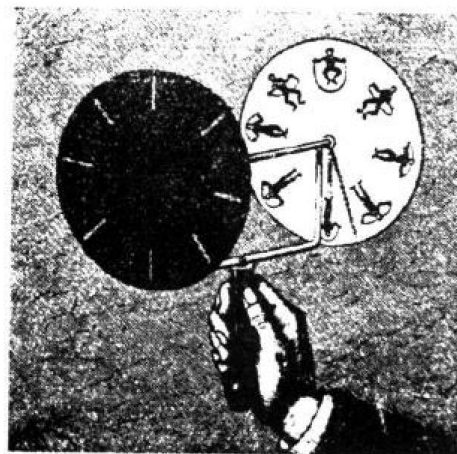


图 1-2 产生活动画面的设备

另一个重要的动画工具叫“魔轮”,由英国人威廉姆·霍纳尔(William Horner)于 1834 年发明。这是一个可以旋转的笼子,手工绘制的画片镶嵌在它的内表面,笼子侧面的

四周等距离地刻有狭缝。当笼子旋转时,可以通过一个个狭缝看到依次转过的活动画面,如图 1-3 所示。



图 1-3 “魔轮”

早在摄影机发明之前,一个叫爱得伍特·缪伯力杰(Eadweard Mubrige)的人,把一匹正在奔跑的马的一系列形象记录在胶片上。他采用的方法是:用一条绳子横穿马路,另一头连着一个照相机的快门。使用多个相机,每一个相机都拴着一条绳子。这样,当马跑过时,马腿的动作先后打开了每一个相机的快门。后来他发明了一个把各个画面投影到屏幕上的装置,这个装置(见图 1-4)使用了一个绘有画面的玻璃圆片。圆片在旋转中展示了一个运动周期,然而一转只有半秒钟,时间太短了,而且内容不再翻新。

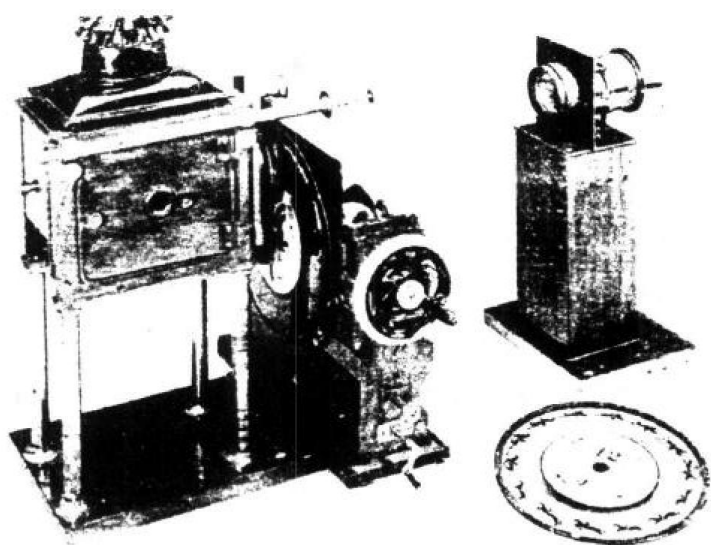


图 1-4 一个把各个画面投影到屏幕上的装置

后来爱米尔·雷诺特(Emile Reynaud)对上述设备做了改进,他用一套翻转的镜片取代了观察槽并制作了图 1-5 所示的设备,使得动画效果更为生动。他使用了一个投影屏幕,活动的画面能反射到屏幕。他还于 1892 年创立了世界上第一个电影院。1896 年,北美第一家电影院也在纽约开张了。

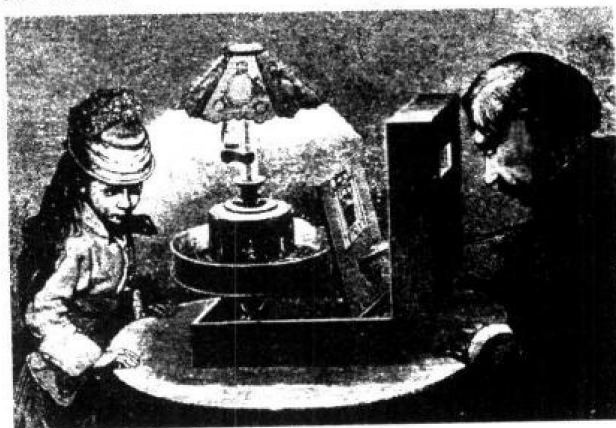


图 1-5 一个产生活动画面的装置