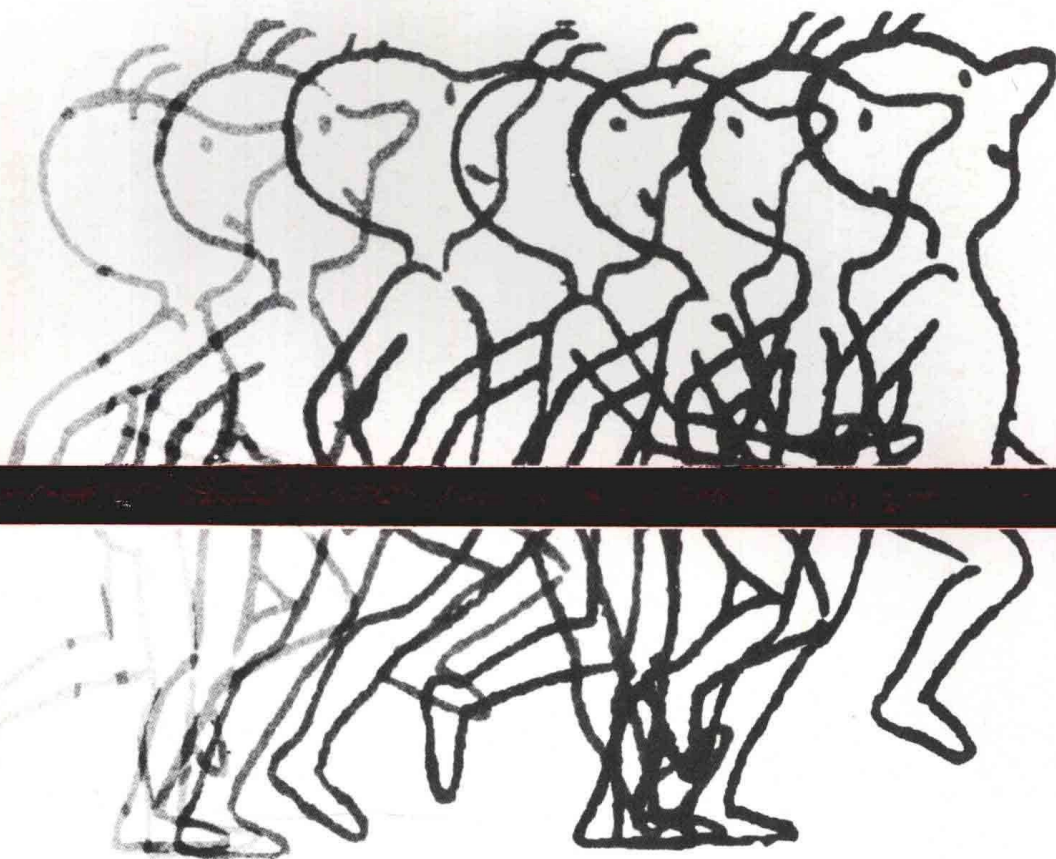


[美]霍华德·贝克曼 / 著

魏晓鹏 刘嘉佳 朱剑红 傅彦夫 / 译



原动画经典教程

ANIMATION THE WHOLE STORY

从入门到精通



[美]霍华德·贝克曼 / 著

魏晓鹏 刘嘉佳 朱剑红 傅彦夫 / 译

原动画经典教程

ANIMATION THE WHOLE STORY

从入门到精通

 湖南科学技术出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

原动画经典教程：从入门到精通 / (美) 贝克曼著；
魏晓鹏等译. —长沙：湖南科学技术出版社，2008.12
书名原文: Animation The Whole Story
ISBN 978-7-5357-5110-2

I. 原… II. ①贝…②魏… III. 动画—技法 (美术)
IV. J218.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 146913 号

原书名 / ANIMATION: THE WHOLE STORY (REVISED EDITION) by HOWARD BECKERMAN

Copyright: ©2003 BY HOWARD BECKERMAN

This edition arranged with JEAN V. NAGGAR LITERARY AGENCY, INC through BIG APPLE TUTTLE-MORI AGENCY, LABUAN, MALAYSIA.

Simplified Chinese edition copyright:

2009 HUNAN SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

All rights reserved.

湖南科学技术出版社通过美国大苹果多丽美 (中国) 有限公司获得本书中文版独家出版发行权，本作品根据美国 Allworth Press 2003 年版本译出。

著作权合同登记号：18-2006-071

版权所有，侵权必究。

原动画经典教程 从入门到精通

著 者：[美] 霍华德·贝克曼

译 者：魏晓鹏 刘嘉佳 朱剑红 傅彦夫

责任编辑：何 苗

出版发行：湖南科学技术出版社

社 址：长沙市湘雅路 276 号

<http://www.hnstp.com>

邮购联系：本社直销科 0731-4375808

印 刷：长沙化堪印刷有限公司

(印装质量问题请直接与本厂联系)

厂 址：长沙市青园路 4 号

邮 编：410004

出版日期：2009 年 1 月第 1 版第 1 次

开 本：787mm×1092mm 1/16

印 张：16.25

书 号：ISBN 978-7-5357-5110-2

定 价：38.00 元

(版权所有 · 翻印必究)

致 谢

埃里·波尔 (Eli Bauer) 约我写一本关于动画片制作的书, 在刚开始写书时柯普·利文斯顿 (Kip Livingstone) 便提供了经费给我。对于一直支持鼓励我的埃里和柯普, 我深表感谢。同时我还要真心感谢我的编辑尼克勒·泼特 (Nicole Potter), 因为她在组织此书材料的过程中相当耐心并且给予我指导。还要感谢德雷克·巴切斯 (Derek Bacchus), 因为他为此书最后的出版添加了他充满想象力的和有力的设计。此外, 我还要衷心感谢这些朋友们: 李维斯·柯恩 (Lewis Cohen)、亚历山大·雷纳 (Alexander Reyna)、朱迪森·洛斯布什 (Judson Rosebush)、苏亚·香侬 (Sonya Shannon), 还有为我简化计算机的里查德·斯内德曼 (Richard Sneiderman), 以独到的洞察力为我提供建议的舍瑞·韦斯 (Sheri Weisz)。我还得深深感激帮助我的近代动画史学者, 他们是: 乔·阿丹森 (Joe Adamson)、米雪儿·巴瑞 (Michael Barrier)、吉亚纳贝托·班达兹先生 (Giannalberto Bendazzi)、约翰·卡马克 (John Canemaker)、雷思莉·卡巴格 (Leslie Carbaga)、卡尔·科恩 (Karl Cohen)、罗纳德·克拉夫通 (Donald Crafton)、约翰·库汗 (John Culhane)、里奥纳德·马丁 (Leonard Maltin)、查尔斯·苏罗蒙 (Charles Solomon) 和米雪儿·弗雷森 (Michael Ferison), 因为他们的学术成就和观察记录书写了动画片制作的历史。

对于每个不惜牺牲自己的时间给我补充知识和帮助我解答疑问的人, 我心存感激。他们是: 普雷斯通·布莱尔 (Preston Blair)、格格拉多·布鲁门撒 (Gerardo Blumenthal)、塔德·科洛弗德 (Tad Crawford)、赛姆斯·库黑 (Shamus Culhane)、乔治·戴维斯 (George Davis)、罗内·迪翁 (Ronen Divon)、大卫·艾力克 (David Ehrlich)、比尔·夫特 (Bill Focht)、德福·甘茨 (Dave Gantz)、约翰·盖迪 (John Gati)、乔治·葛瑞芬 (George Griffin)、路·瓜涅尔 (Lu Guarnier)、克迪·霍金斯 (Kit Hawkins)、伯特·赫特 (Bert Hecht)、朱迪里恩·雷克 (Judi Lynn Lake)、瑞夫·里曼 (Reeves Lehmann)、帕特·特瑞里 (Pat Terry Leahy)、比尔·罗瑞兹 (Bill Lorenze)、鲍勃·里恩斯 (Bob Lyons)、尼克·马若森 (Nich Mavroson)、格尔·米瑞 (Gil Mire)、阿兰·那威 (Allan Nerwirth)、斯韦·纽曼 (Silvie Newman)、芭芭拉·内森 (Barbarba Nessim)、唐·诺兰 (Don Nolan)、特维卡·欧瑞 (Tzvika Oren)、唐·欧瑞罗 (Don Oriolo)、米雪儿·皮托 (Michael Pinto)、比尔·普利通 (Bill Plympton)、大卫·罗德 (David Rhodes)、柯斯·罗宾逊 (Kerth Robinson)、菲通·露丝 (Fenton Rose)、罗纳德·斯奇瓦兹 (Ronald Schwarz)、米瑞·雪莱 (Miriam Sherry)、阿德安·斯诺特 (Adrian Sinnott)、汤姆·斯多 (Tom Sito)、马拉·斯内德曼 (Mara Sneiderman)、瑟西·斯塔 (Cecile Starr)、嘎娜·斯多 (Gunnar Strom)、爱德·萨摩尔 (Ed Summer)、贝斯·通德劳 (Beth Tondreau)、大卫·唐 (David Tung)、莫瑞·沃尔佩 (Maureen Volpe)、贝奇·威德 (Bechy Wilde)、里查德·威廉姆斯 (Richard Williams) 和艾米·扎特 (Amy Zarndt)。

最后同样重要的, 我得感谢我的妻子艾里斯 (Iris)。看得出来她的艺术天分帮助了我, 还有她用她坚定的信念和幽默感帮我一起度过了写作和画图的漫长岁月。

——霍华德·贝克曼

序

动画片制作是一个相当有竞争力的领域，每一项设计都呈现不同的风格和技术。但令人惊讶的是，这个领域往往缺乏创造力。尽管动画师倾力想象，但他们得面对很多现实。没有谁比霍华德·贝克曼更能意识到这些潜在的威胁。他曾担任派拉蒙影业艺术短片的编剧、导演和制片人，有过辉煌的经历。在该公司的动画片歇业之时，他创办了自己的工作室发展广告片和教育电影。

读者们将会发现此书是动画片制作知识的源泉；热心的艺术家或作者将会从中获得关于在此充满挑战的领域里怎样获得成功的有价值的建议。

——塞莫斯·考汉 (Shamus Culhane)
派拉蒙公司卡通部前原画师、动画导演、制片人

前 言

动画是一个复杂的媒介，其力量在于它的简单明了。它就像一个水果蛋糕，虽然体积小但紧紧包裹着许多奇妙的东西。也正像水果蛋糕那样，它的表现形式可以极其古怪。

动画所创造的图像超越了真人电影电视，没有任何其他的图形艺术可以像动画这样展开想象，让人们欢笑，用极其抽象的方式阐释一种方法或者售卖一件产品。它是最大的幻想家，它可以扰动时间和扭曲造型。然而除了带给人们欢乐和安静，它还有描绘和指导的作用。它是很棒的表达思想的工具，制作的过程也非常有意思，这种感觉和做水果蛋糕不一样。

我从事动画工作多年后被邀请讲授动画课程，然而我几乎没有找到适合作教材用的书籍。此书是我讲授课程后总结的精华，是我给不同程度的学生上的数以百计节课的精髓。作为一名由动画师转型的教师，我发现了学生们在绘画、动画制作和故事创作方面的困难，这些正是我学习动画刚起步的时候曾经碰到过的。我的课堂教学材料源自于我个人解决各种问题的经验，学生们提出的问题也成为我写这本书的素材。

动画师都是严谨的认真对待工作的人，他们不会以次充好。他们为了获得好的成果，常常付出辛勤和精细的努力。达到某个高度之后，你才知道哪些经验有用、哪些不需要。以往都是这样，面对着难以对付的意见多变的艺术家，动画师们顶着最后期限的压力在一个又一个的工作室学习动画。

我在开始进入这个领域的时候，很幸运地和资深动画师埃文·斯贝克特（Irving Spector）一起工作。我那时刚刚 19 岁。他自己的工作已经相当忙，难得抽空休息片刻，但他还是很乐于给我提供指导。他是编剧也是原画师，这样的工作充满了创造力。从他创作的动画人物的性格可以看出，他对现实生活世界有抵触情绪。他把大量的时间花在了好莱坞和纽约的工作室。他知道我刚进入动画领域，是个新人，这会让我为达到目标花费大量时间和耐心，因此他告诉我：“到 32 岁的时候，你会知道怎么做的。”

我写此书的目的是：告诉对动画真正感兴趣的各年龄层的人们动画片的秘密，填充他们这方面知识的空白。

一般说来，要学习制作动画，先得动手试试。把你自己当成导演、编剧、制片人和摄像师，由你决定故事的情节和选定故事里各角色。选择你最擅长的制作技术，比如用传统的方法在纸上画图，用赛璐珞胶片，或者制作剪纸动画、木偶动画、电脑动画。

不管你选择的是怎样的情节、人物和制作技术，你都会发现画图是动画片制作的基本步骤。从情节串联图板（又称“故事板”）的创作到人物和场景的设计，从特殊效果的设计到计算机影像的最初策划，铅笔都是最重要的工具。要学会画图，你得先学会看图，学着观察人和事，然后凭印象以很快的速度将看到的这些东西记录在纸上。

然而，画图只是达到目的的手段。和书上的图画不一样，荧幕上的画面瞬时变幻，它们与其在片段里持续的时间有直接联系，这注定了它们不是被当作个体研究。时间是动画片制作的灵魂，动画师需要合理安排时间，这使得他们自己也当了回演员。

但是在做动画之前，得先写好故事。怎样把杂乱的构思和情节碎片整理成一系列流畅的

故事场景呢？这要用到情节串联图板。它是全世界动画片制作者普遍采用的一种方法，在动画开始制作之前对各细节调整或改动。有了情节串联图板，故事即连续，动作和情节的发展即成型。情节串联图板一旦做好，人物和地点都用铅笔或者计算机详细勾勒了。尽管通过计算机制作动画是一项使用较多的技术，但本书仅略提及，因为随着该领域各项技术的快速发展和升级，任何关于它的介绍在油墨干掉之前就已成为过去式。然而，通过计算机制作动画的人们如果缺乏对传统动画制作的了解，那么不论他们掌握了多少种应用软件也是不够的。

最后，我还要说说动画的世界历史——一部记录为把图画带入人们生活所作尝试的编年史。它记录了动画制片技术的起始，工作室的出现，动画人物及各种风格与各项技术的引入，还有当今电影电视、计算机和网络动画创作者面临的机遇。

读本书胜如读故事，它似一个水果蛋糕，各种口味尽在其中。

请看《原动画经典教程——从入门到精通》，看看动画是怎样炮制出来的。

——霍华德·贝克曼

目 录

第一部分 动画之历史篇

第1章 大幕开启	3
第2章 工作室的诞生	17
第3章 动画造星	27
第4章 生机盎然	40
第5章 群星闪耀	53

第二部分 动画之备战篇

第6章 主架绘画	77
第7章 人物创作	89
第8章 故事讲述	97
第9章 动画指导	123
第10章 场景布局	133

第三部分 动画之实战篇

第11章 未雨绸缪	145
第12章 跃然纸上的幻像	168
第13章 动画着色	184
第14章 逐帧动画	193
第15章 音轨及其剪辑	210

第四部分 动画之展望篇

第16章 计算机动画设计	219
第17章 动画产业	224

附录A 时间/帧计算表	234
-------------------	-----

附录B 练习	235
--------------	-----

附录C 动画资源	239
----------------	-----

后记	248
----------	-----

第一部分 动画之历史篇



具有新想法的人在其想法实现之前是个怪人
——马克·吐温 (Mark Twin)

第1章 大幕开启

这是一片处女地，我们享受着拓荒者的喜悦。太棒了！

——洛特·赖尼格 (Lotte Reiniger)

动画电影出现在19世纪晚期，但当时的摄像机还是手动的。很显然，对于大多数摄像师来说，持续地转动相机曲柄会毁掉一连串自然的动作，因此应该避免。同时少数电影摄像师也意识到需警惕在晃动、停止、切换镜头中的事物时可能产生偏差和滑稽的效果。

詹姆斯·斯图亚特·布雷克顿 (James Stuart Blackton) 在纽约的综艺舞台上用他的速写做了一次表现。他的表演由爱迪生电影公司 (Edison Motion Picture Company) 拍成了电影，到今天仍然是最早使用停格技术的范例。这部影片名为《奇妙的图画》(The Enchanted Drawing)，1900年11月17日出品。尽管片中几乎没有用到逐帧拍摄动画的方法，但这个想法已在酝酿之中。

在早期的“幻透镜”问世大约70年后的1900年，即在爱迪生 (Thomas Edison) 的西洋镜观察机出现11年后，布雷克顿进行了拍摄图画实验。30岁的温瑟·麦凯 (Winsor Mccay) 为当时美国流行的幽默杂志绘制了政治题材的漫画；麦克斯·佛莱雪 (Max Fleisher) 当年只有16岁，在纽约布鲁克林区的 Daily Eagle 公司的艺术部门任职。同年，伊凡·诺夫瓦 (Ivan Ivano-Vano) 在莫斯科诞生了，德国的洛特·赖尼格 (Lotte Reiniger) 那时还是一岁的婴儿。沃尔特·迪斯尼 (Walt Disney) 次年12月降生在芝加哥。12年后，捷克斯洛伐克人伊利·唐卡 (Jiri Trnka) 和匈牙利人约翰·哈拉斯 (John Halas) 来到了世上。又过了14年，诺曼人麦克拉伦降生在了苏格兰，约翰·哈布利 (John Hubley) 出生在美国。

但动画的真正开始是在他们这些人之前，在有照片之前、有电影之前，在综艺节目和连环画出现之前。和其他所有故事一样，我们从它的起源说起——最早的源头说起。



史前动画：《恐龙葛蒂》之前

我们为什么总是把石洞壁画看成是动画的开始？一些历史学家对此很生气，他们呼喊“史前穴居人并没有想过什么电影”。所有的反驳抨击并不能改变一个事实，那就是从最开始艺术家们就一直尝试用绘画和雕刻描述现实。当一位当代漫画家勾画一副模糊的多重图像，那就是从冰河时期就开始的想法的延伸。30000年前的西班牙奥尔塔米拉岩窟上的壁画就是一个证据，为了实现这种愿望，人们把野猪描绘成两对腿。由于这样的例子很少，它也可以假定多重的腿并不代表模糊的运动，而是这部分艺术家们脑子里对于跑动的四肢的位置的想法的变化。艺术家们一直在这样做。史前艺术家的画中之所以将腿错误地放置，是因为那时没有橡皮擦。

因为我们也许永远也不会知道山洞里面的壁画的作用，对于早期设计里形状的变化，不管是在洞里的墙上，埃及人和希腊人的陵墓里，还是在亚洲人“皮影”的姿势上，都暗示这些描写是描绘动作的方式。几个世纪过去了，改进的技术和特殊的经济与社会状况促成了动画片的创造。

动态图画

我们所看到的“电影”是把一系列图画或者照片按顺序紧凑地排列好，这些画面按一定频率出现在屏幕上，使得它们留在人们眼球的信号重叠起来。图画应该逐个投影，这样就不会因为形状、色调或者位置不同造成图画相互冲突矛盾，零散不连贯。在图幅接替很快的情况下图像可能发生幻影，因为这里要求每张图片出现的时间仅 $1/16$ 秒。

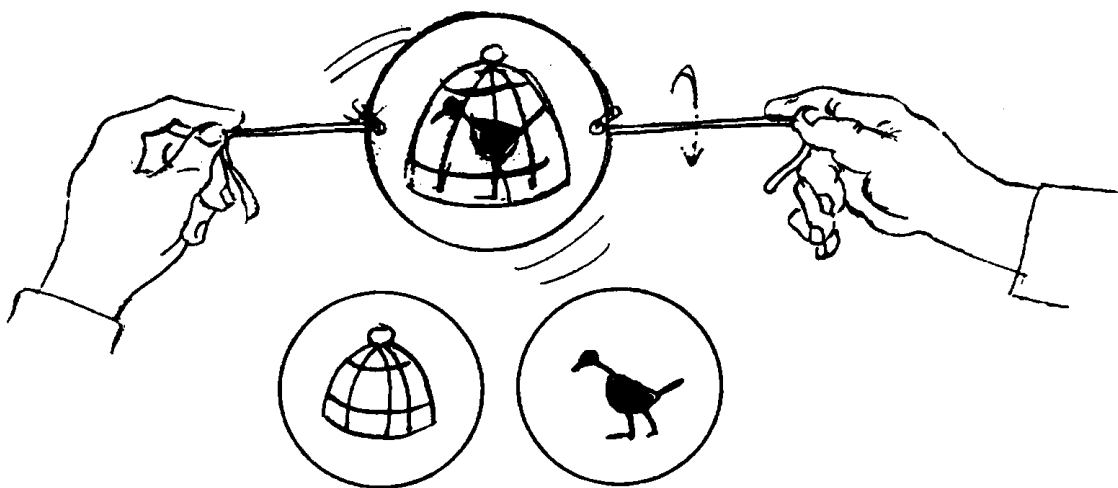
当火炬或者蜡烛的光左右晃动呈弧形的时候，人们会感觉光晕是连续的，尽管光的这种活动实质上是一系列相互独立的位置组成的。1826年，一种名为“魔术画片”（thaumatrope）的玩具传入，进一步证实了这种重叠的现象。魔术画片通常认为是威廉姆·亨利·菲顿博士（1780~1861）引入，后由英格兰的约翰·阿瑞顿·帕瑞斯（1785~1856）制造的。

这是一个很像大硬币的圆盘，两面的图画不一样，当它快速旋转的时候会给人带来一种重叠的视觉影像。

秃头和假发、小鸟和笼子、蹲着的猫和装了鞍的马等有点滑稽的组合使得这个玩具从视觉上给人们带来了快乐。这个现象促使约翰·赫斯雪（1792~1871）、米雪儿·法拉德（1791~1867）和彼得·马克·罗格（1779~1869）进一步进行科学探索。罗格对从眼前疾驰的马车进行了观察，猜测车辆的影像保留在视网膜上的时间比它实际从身边穿过的时间要长。他把这种现象取名为“视觉暂留”。当今的调查者说视觉暂留只能解释我们为什么看不到影像之间剧烈的闪动而不是解释它们为什么看起来是动的。一项调查表明如果一个影像出现在荧幕上某处，突然消失后又出现在荧幕的另一个位置，那么会让人的大脑受到干扰而误以为是物体移动了。



旋转蜡烛让人产生影像连续的幻觉



魔术画片

然而，有一样东西是恒定不变的——科学家们坚持对视觉暂留现象做研究。

19 世纪早期的动画

最早的动画制作方法是在 1832 年由布鲁塞尔的约瑟夫·安东尼·弗蒂纳德·普拉陶 (1801~1883) 和维也纳的瑞特·翁·斯坦福教授 (1792~1864) 发明和推广的。普拉陶制作了一个圆盘，其边缘有许多狭长的槽口，槽口下是一组事先排好序号的连续图像。当圆盘按照顺序高速循环转动的时候，这些影像看起来是动的。在这一过程中，这些槽口很重要——没有它们的话这种幻像就会变得模糊不清。这项发明被称为“幻透镜” (Phenakistoscope)。斯坦福制作的与此类似的圆盘被称为频闪仪 (“stroboscope”)，可以达到同样的效果。这些简单的发明成了动画的雏形。

普拉陶曾经学习过艺术，也是一位科学家。他个人创作了最初的动态影像，这使得他堪称世界上第一位动画师。接着其他的艺术家也开始创作事先排好序号的图像以适应“幻透镜” (或称 fantascope, 幻视器) 日益增长的市场需求。由威廉姆·乔治·霍纳 (1786~1837) 设计，于 1834 年由英格兰的布瑞·斯托引入的“西洋镜” (zoetrope, 回转式画筒) 或称“生命之轮” (wheel of life) 是对幻像设备的进一步开发和应用，但在 1867 年之前它一直没有得到大面积推广。

和早期的有槽口的圆盘相比，“西洋镜”有如下优点：它不需要用一面镜子来显现幻像；其外形如鼓，人们可以通过顶上的槽口观察新装入的画有图像的长条形纸片。

从某种意义上可以说，制作幻透镜和西洋镜的艺术家和画家都是未留名的动画师，电影史学家大卫·罗宾逊列出了他们中的一些，除了普拉陶，他还列出了托马斯·塔伯特·布瑞 (1811~1877)、托马斯·曼尼·巴尼斯 (1794~1854) 和维多利亚时代著名的插画家乔治·克鲁柯·萧克 (1792~1878)。在现代动画师看来，这些艺术家不得不摆脱时间上的



回转式画筒

局限性并且必须对活动变量极为敏感。虽然他们的工作还不受电影放映师的支配，但他们确实不得不让他们画的图与圆盘上槽口的数量匹配。用这样的方法创造的幻像仍然只是简单的创新，因为幻像每次出现只有几秒钟，只能有一两名观众观看。但另一项发明就快出现了，它是一种能更长久播放并可供更多观众同时观看幻像的装置，而且好几个世纪来都享有盛名。

灯和透镜

照相机的暗室（camera obscura）是一个光线较暗的空间，它的一面有一个孔，光线穿过这个孔投射到暗室的另一面。这个效果是希腊哲学家亚里士多德（384～322B. C.）记载的，后来中世纪的天文学家以此绘制了日食的轨迹。文艺复兴时期的艺术家——列奥纳多·达·芬奇（1452～1519）是其中一个——他接触到了暗室，在作透视画的时候用到了它投射的原理。

到了17世纪初，耶稣会教士阿塔纳斯·珂雪（Athanasius Kircher）（1602～1680）做了如下实验：将一片绘有图案的半透明玻璃放在一面透镜后面，玻璃另一侧放置一盏灯，这样，图案经由灯光通过玻璃和透镜在墙上产生影像。这是当今投影机的前身，珂雪称其为“神奇的反光镜”（magia catoptrica），或称“魔术幻灯”。

魔术幻灯很快被用来制造娱乐，一个世纪后，它被旅行家们带着走南闯北，吸引了当地观众。魔术幻灯的表演者们通过投射长玻璃条或者摇晃圆盘努力刺激幻像产生变化。到了19世纪中期，魔术灯的魅力不衰，人们普遍喜欢观看幻灯表演，因为它通过手柄或者摇杆的人工操作可以产生彩色的幽默效果。

幻灯的使用是将动作与故事情节结合的尝试，1892年雷诺（Emile Reynaud）的光学剧场（Theatre Optique）在巴黎上映时达到了此种技术使用的顶峰。大约10年前，雷诺（1844～1917）大胆结合了魔术的幻影和光影，西洋镜的动态，用放在图画后面的矩形镜替代了西洋镜的观景槽，并且当鼓状的圆盘转动的时候使这面矩形镜也转动。雷诺给这项发明起了个名叫“实用镜”（praxinoscope），通过使用玻璃镜面、透镜和放映绘了图的幻灯片讲故事的方式吸引了众多观众，再配上合适的音效，这种实用镜就成了荧屏动画的前身。雷诺的光学剧场给许多观众带来了欢乐，直到有一天电影的出现给这种放映故事的方式带来了冲击。雷诺的热情减退了，情绪非常低落。有报道称他把他制作的所有装置都投入了塞纳河。

图片处理引入了摄影术

随着透镜技术不断发展，人们萌发新的想法，希望暗室里看到的画面能永远留住。之后人们找到了一种使用化学原理的方法，但后来发现，如果曝光时间过长的话，被氯化银溶液覆盖的表面会受到光的影响。英格兰的托马斯·威吉坞（1771～1805）、胡弗雷·戴比（1778～1829）和法国的约瑟普·尼斯夫·尼普斯（1765～1833）做的实验形成了最早的摄影影像。早在1816年，尼普斯曾经成功拍摄过图像，冲洗了早期的照相凸版。1829年，他与路易·雅克·芒代·达盖尔（1787～1851）进行了合作。达盖尔是巴黎的布景画家，特长是拍摄全景。这是一项创新艺术，特点是使用制造气氛的灯效将大幅图片上的城市和风景戏剧化。然而不幸的是，尼普斯将自己的想法告知达盖尔之后不久就离开了人世，所以他的名气下降了，而他的搭档达盖尔成了这项工艺的代名词。1839年，这项工艺被命名为银版摄影法（Daguerreotype，又称达盖尔式摄影法）。这个发现具有革新意义，实质上是在铜版上

镀具有感光性能的碘化银，曝光几分钟后产生正像影像。

同年另一项独立的技术出现在了英格兰。它被称为卡罗法摄影技术（calotype），由威廉姆·亨利·福克斯·塔尔博特（1800~1877）用银盐实验得来。后来塔尔博特的发现演变成了负片，任何一张正片都可以由它得来。最终，银版摄影法在大获成功之后还是给后来者让路了，就是这功能更多更先进的卡罗法摄影法。

然而这项技术还不能用来拍摄运动中的事物，因为拍摄的曝光时间过长。为了确保影像清晰，真人肢体还要被绳子、夹子等工具牢牢固定在椅子上。然而，不久这种通过固定拍摄的照片被用来表示有激情的运动。起初，一些摄影者通过放映排好序的幻灯片来吸引观众。当这种固定姿势拍摄的照片被置于回转式画筒或改良的魔术幻灯的时候，这种透明的效果反而加强了。1875年，约翰·亚瑟·罗巴克·拉奇设计了这样的设备。

穆布里治的奔马

1872年，爱德华·穆布里治（Eadweard Muybridge）（1830~1904）开始尝试用一组静止的照相机拍摄运动中的动物。他把照相机排起来，快门连在一条线上，奔跑中的马腿踢到那条线上的时候，照相机就把那些动作的瞬间拍下来。但这样的拍摄错过了一些重要的动作。1880年，他运用12台装有电子快门的照相机拍摄，这种做法使他拍摄到了更多动作瞬间。他将拍到的一些照片摆成一条直线，再通过“变焦实用镜”（zoompraxinoscope）拍摄。这种把戏是魔术幻灯和幻透镜的结合。穆布里治“奔马实验”的重要意义在于他记录了图像连续变化。

在穆布里治实验之前，艺术家们曾从各种不同角度画过马，但那是想象和虚构的，并不真实。穆布里治的这组照片对用艺术形式表现动物的活动有着及时和深远的影响，也为后来的动画师设计动画提供了参考。

穆布里治的作品引起了巴黎的生理学家马雷（Etienne Jules Marey）的注意。马雷曾经对动物行为有过绘图和研究。因为穆布里治一次使用多台摄像机拍摄，所以每张照片都从不同相位记载了奔马的动作。马雷则试图使用一台相机拍摄如此效果，他想那样可以降低成本且没那么笨重，但也要求这台相机可以从某一个视点拍摄某个动作所有的相位。

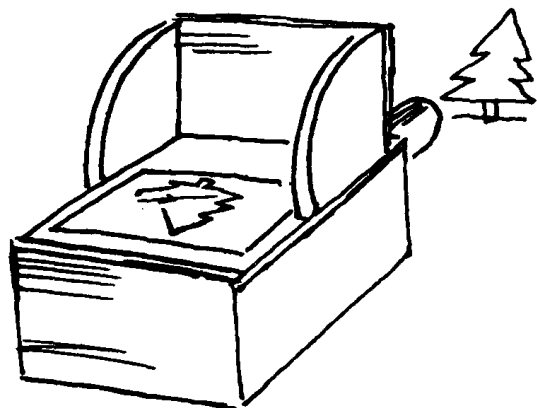
1882年穆布里治发明了一种枪炮照相机，通过仅有的棱镜在转动的底片上曝光。这项设计有点像1876年天文学家PJC·简森（1824~1907）开发的用来记录金星之凌日的一种仪器。接着马雷开始尝试记录飞行着的鸟的动作。到1888年他已经开发了一种新的照相设备可以在转动的赛璐珞胶卷上连续拍摄图片。

有弹性的胶卷

摄影技术出现后，通过图片记录自然动作一度成为可能，发明家仍旧追求发明一种新型照相机，内有记录动作的装置。没有哪一个民族或者个人可以接受创作电影的所有荣誉；这种创作灵感来自于几个国家的实验家和改良者的努力。然而，所有实验都离不开旋转动画玩具的出现、魔术幻灯的大量使用、穆布里治和马雷作为先驱者的工作。

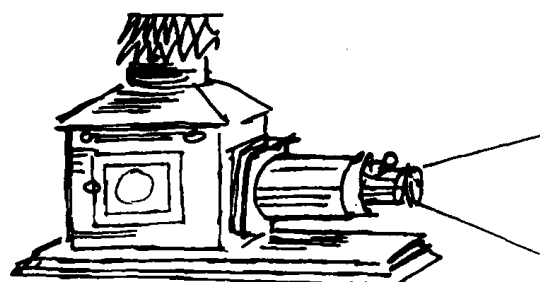
1888年2月穆布里治将变焦实用镜和照片结合起来。因为当时的扩音设备还不成熟，所以在大型会议厅里使用爱迪生的回转式话筒还不能让全场观众都听见某人的讲话，这点启发了爱迪生开辟新的思路。1893年爱迪生通过早期的研究终于完成了电影拍摄的基本框架。第一部真正意义上的电影归功于托马斯·爱迪生（1847~1931）和他在新泽西州西奥兰治

(West Orange) 的发明西洋镜观察机 (Kinetoscope)。没有人注意随之而来的是什么——照相机可以记录动态影像了。爱迪生称这种照相机为“西洋镜观察机”。它是由一个很大的装置拉着胶片，由一个巨大的电引擎控制，这点就和今天的录像机以及爱迪生的其他发明一样。实际上，这种机械装置是由爱迪生的助手威廉姆·肯尼迪·劳拉·迪克森 (1860~1935) 花精力设计的。1881 年这个年轻的英国人来到爱迪生的实验室的时候他还只有 21 岁。19 世纪 70 年代穆布里治发明的摄影术，照相机可以记录连续的动作。1882 年马雷推出的摄影术，自然动作可以用一张底片记录下来。

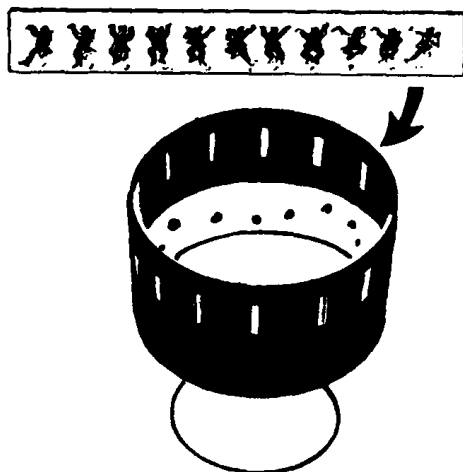


有了原画、胶片、齿孔、镜头、快门和制动器，电影具备了出现的条件。

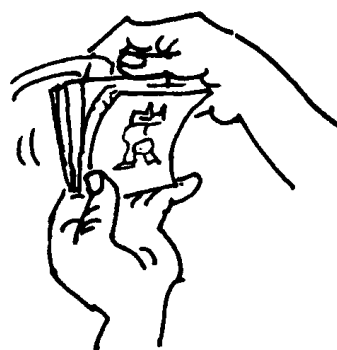
古时候有记载，光可以穿过针眼形成图像。到了 17 世纪出现了聚光镜，如上图所示。1838 年前后，出现了成像模型。



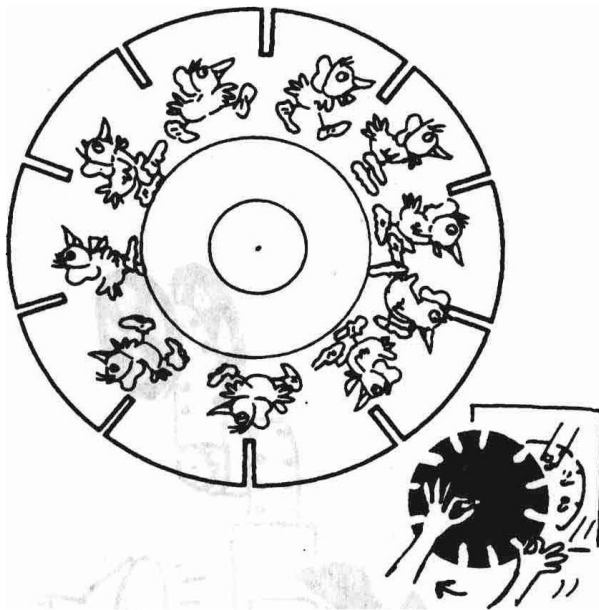
17 世纪初出现了魔术幻灯。这是 19 世纪中期一种典型的模型。



1865 年出现了幻透镜。图片条可以更换。

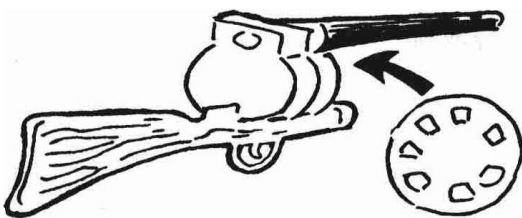
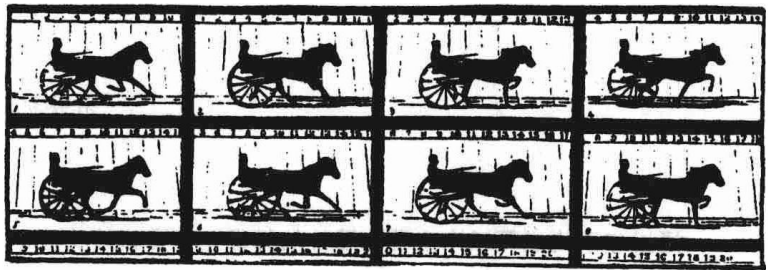


19 世纪 60 年代出现了指翻书。把绘有图画卡片夹在手指间翻动。



1839 年出现的幻透镜，把画好的连续画面按顺序排好，然后关上观景窗。通过镜面反射，画面可以从槽口观赏。

相机拍摄：19 世纪 70 年代穆布里治采用一组照相机进行记录的原理。



相机拍摄：1882 年马雷通过一张底片记录下自然的动作。