

21世纪高等院校数字媒体类专业规划教材

数字媒体技术基础

李学明 编著



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

21 世纪高等院校数字媒体类专业规划教材

数字媒体技术基础

李学明 编著

北京邮电大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书系统地讲述了数字电影、数字电视、数字图像和数字声音等数字媒体的基本原理和实用技术。电影部分主要讲述电影的发展历程,活动影像的拍摄,电影声音的记录与还放,电影的数字化以及数字电影的制作、发行和放映。电视部分重点讲述电视的基本原理、电视制式与广播、模拟电视数字化、标清数字电视(SDTV)和高清数字电视(HDTV)的原理、数字电视的相关标准等内容。数字图像部分主要讲述数字图像增强、数字图像滤波和 JPEG 图像压缩的原理与方法。数字声音部分讲述以 GSM 语音和 VoIP 为代表的话音处理方法及标准,以 MP3 为代表的高质量音频编码的原理及相关标准。

本书可作为数字媒体相关专业的参考教材,也适合作为广播电视、多媒体信息处理、音视频制作、数字视听等从业人员的学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

数字媒体技术基础/李学明编著. —北京:北京邮电大学出版社,2008

ISBN 978-7-5635-1871-5

I. 数… II. 李… III. 数字技术—多媒体 IV. TP37

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 159410 号

书 名: 数字媒体技术基础

作 者: 李学明

责任编辑: 陈 瑶

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京源海印刷有限责任公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 20.75

字 数: 477 千字

印 数: 1—3 000 册

版 次: 2008 年 12 月第 1 版 2008 年 12 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-1871-5

定 价: 35.00 元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

前 言

数字媒体是指以数字方式获取、处理、传播、管理、运营和消费的文化内容产品及服务,主要表现形式包括:动漫、游戏、数字影视、数字音乐、数字教育、数字出版等。数字媒体以创意为核心、以数字化为主要表现形式、以宽带网络为主要传播手段,是现代信息服务业的一个重要方向,体现了一个国家在信息服务、传统产业升级换代,以及前沿信息技术研究和集成创新方面的实力和产业水平。

数字媒体的发展与信息技术、网络技术有着密切的关系。信息技术和网络技术既是催生数字媒体的重要动力,又是数字媒体存在与发展的技术基础。信息和网络技术为数字文化内容的处理和传播提供了统一的平台,使图书、报刊、音像、广播、电视、电影等文化载体逐渐融合为综合的服务方式。数字媒体产业的发展反过来又推动着信息和网络技术不断向高速、宽带、智能、高可靠性方向发展,以满足数字媒体制作、发布和传输的需要。

本书重点介绍了数字媒体的基本理论和技术,内容涵盖了活动影像的摄取、胶片电影与数字电影、模拟电视与数字电视、数字图像处理、话音编码、高保真数字音频等。内容安排如下。

第1章 电影基础,主要介绍电影的基础知识,包括电影的发展历程、活动影像的拍摄原理、光色特性和人眼对光色的识别、色度图与色彩管理以及电影的制作流程等。

第2章 电影胶片,介绍电影胶片的构成、分类和主要的性能指标。

第3章 活动影像摄取,介绍透镜成像原理、电影摄影机的分类与构造、摄影基础知识,包括曝光组合、调焦、景深、画面构图,最后介绍摄影使用的导轨、摇臂、稳定器等辅助设备。

第4章 电影声音的记录与还放,介绍影视节目中声源特性、电影录音技术、常见的声音接口、录音话筒及调音台、电影立体声以及杜比数字立体声(DSD)、数字影院系统(DTS)和索尼动态数字声(SDDS)三大主流数字影院音频系统。

第5章 数字电影,介绍数字电影的特点与制作方式、胶片电影的数字化技术、2K和4K数字电影摄像机、基于DLP和LCOS的数字电影的放映技术、数字电影的制作与发行技术,并比较了数字电影与高清电视的差异。

第6章 黑白电视原理,主要讲述电视图像的传送过程,逐行与隔行扫描技术,黑白全电视信号的组成,电视信号的传送方式以及我国无线和有线电视频道的划分方法。

第7章 彩色电视原理,介绍彩色图像的摄取与重现原理,色度信号的形成过程,NTSC、PAL和SECAM三大彩色电视制式的差异以及彩色全电视信号的组成。

第8章 数字图像处理基础,主要讲述数字图像的基本概念、数字图像处理技术的

种类和主要功能,重点介绍了图像增强、图像滤波以及 JPEG 压缩编码的基本原理和实现方法。

第 9 章 数字电视,介绍分量和复合模拟电视信号的数字化方法和主要的技术指标、数字电视压缩编码的原理和实现步骤、H. 26x 系列和 MPEG 系列国际标准的特点和典型的应用领域、高清数字电视(HDTV)及其与标清数字电视(SDTV)的区别。

第 10 章 语音编码,介绍了声音信号的基本特征和分类,重点讲述三类话音编码方法:波形编码、参数编码和混合编码,分析它们各自的优势和劣势,同时介绍与话音通信相关的 G. 7xx 国际标准、GSM 语音编码标准和 3GPP AMR 编码标准。

第 11 章 高质量音频编码,介绍了高质量音频信号与话音信号的差异,重点阐述了与高质量音频编码相关的心理声学原理,在此基础上以 MPEG-1 音频编码标准为例,详细说明了以 MP3 为代表的高质量音频编码的原理和实现方法,最后介绍了常见的高质量音频编码国际标准。

本书内容丰富、简明易懂,可作为数字媒体相关专业的参考教材,也适合广播电视、多媒体信息处理、音视频制作、数字视听等从业人员的学习参考。

由于编者水平和经验有限,书中难免有一些缺点和错误,诚望广大师生及读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 电影基础

1.1 电影的发展历程	1
1.1.1 视觉暂留现象	2
1.1.2 电影的发明	4
1.1.3 电影的发展	5
1.1.4 电影的挑战	6
1.2 活动影像的拍摄原理	6
1.2.1 运动视觉原理	6
1.2.2 电影拍摄的片速	7
1.2.3 电影画幅尺寸	11
1.2.4 宽银幕电影	13
1.3 光色特性和人眼对光色的识别	15
1.3.1 波的基本概念	15
1.3.2 光色的特性参数	19
1.3.3 光的相加原理	21
1.3.4 光的相减原理	21
1.4 色度图与色彩管理	22
1.4.1 彩色视觉	22
1.4.2 配色实验	23
1.4.3 RGB 色度图	24
1.4.4 XYZ 色度图	25
1.4.5 XYZ 色度图的应用	26
1.4.6 色彩管理	27
1.5 电影的制作流程	28
1.5.1 前期筹备阶段	28
1.5.2 拍摄阶段	31
1.5.3 后期加工	32
思考题	34



第2章 电影胶片

2.1 胶片的发展历程	35
2.2 胶片的构成	36
2.3 胶片的分类	38
2.4 胶片成像原理	39
2.4.1 黑白片的成像原理	39
2.4.2 彩色片的成像原理	43
2.4.3 曝光与曝光量	43
2.5 胶片的性能指标	45
2.5.1 密度	45
2.5.2 感光度	46
2.5.3 反差与反差指数	49
2.5.4 宽容度	49
2.5.5 感色性	51
2.5.6 解像力	51
2.5.7 MTF	52
2.5.8 颗粒度	54
2.5.9 灰雾度	55
2.5.10 有效期	55
2.5.11 各指标间的关系	55
思考题	55

第3章 活动影像的摄取

3.1 透镜成像原理	56
3.2 电影摄影机	61
3.2.1 电影摄影机的分类	61
3.2.2 电影摄影机的构造	61
3.3 摄影基础	66
3.3.1 曝光组合	66
3.3.2 调焦	68
3.3.3 景深	69
3.3.4 画面构图	70
3.4 摄影过程中的辅助设备	72
思考题	75

第4章 电影声音的记录与还放

4.1 影视声源	77
----------------	----

4.2 电影录音	77
4.3 常见声音接口	77
4.3.1 非平衡模拟音频接口	78
4.3.2 平衡模拟音频接口	79
4.3.3 S/PDIF 数字音频接口	80
4.4 录音话筒	81
4.4.1 话筒的分类	81
4.4.2 话筒的指向性	82
4.5 调音台	83
4.6 电影立体声	84
4.6.1 立体声简介	84
4.6.2 杜比立体声	85
4.7 影院数字音频系统	86
4.7.1 杜比数字立体声	87
4.7.2 数字影院系统	87
4.7.3 索尼动态数字声	88
思考题	88

第5章 数字电影

5.1 数字电影简介	90
5.1.1 数字电影的特点	90
5.1.2 数字电影的制作方式	91
5.2 胶片电影的数字化	91
5.3 数字电影摄像机	94
5.3.1 4K 数字电影摄像机	94
5.3.2 2K 数字电影摄像机	94
5.3.3 2K 高清电视摄像机	96
5.3.4 数字电影摄像机的输出	97
5.3.5 数字高清摄像机的输出	98
5.4 数字电影的放映	102
5.4.1 DLP 显示技术	102
5.4.2 LCOS 显示技术	104
5.4.3 数字电影投影仪	105
5.5 数字电影的制作与发行	106
5.5.1 DCI 规范	107
5.5.2 彩色空间转换	108
5.5.3 压缩算法选择	108
5.5.4 JPEG 2000 图像压缩	109



5.5.5 数字电影图像的码流组织	110
5.5.6 发行文件格式	110
5.6 数字电影与高清电视	111
思考题	113

第6章 黑白电视原理

6.1 电视图像传送过程	114
6.1.1 图像的分解	114
6.1.2 图像的摄取	116
6.1.3 图像的重现	118
6.2 电视扫描原理	122
6.2.1 扫描过程	122
6.2.2 实现方法	123
6.2.3 逐行扫描	124
6.2.4 隔行扫描	125
6.2.5 我国广播电视扫描参数	127
6.3 电视信号的频带宽度	127
6.4 黑白全电视信号	129
6.4.1 图像信号	129
6.4.2 复合消隐信号	130
6.4.3 复合同步信号	131
6.4.4 黑白全电视信号	134
6.5 电视信号的传送	135
6.5.1 电视信号的传输方式	135
6.5.2 图像信号的调幅	137
6.5.3 伴音信号的调制	139
6.6 电视频道的划分	139
6.6.1 电视频道带宽	139
6.6.2 电视频道分配	140
思考题	141

第7章 彩色电视原理

7.1 彩色图像的摄取与重现	142
7.1.1 彩色图像的摄取	142
7.1.2 彩色图像的重现	143
7.2 彩色电视制式	143
7.2.1 亮度信号的形成	145
7.2.2 色度信号的形成	146

7.2.3 色差信号的频带压缩	146
7.2.4 亮度与色度信号的频谱间置	147
7.3 色度信号的形成	150
7.3.1 正交平衡调幅	150
7.3.2 正交解调	152
7.4 NTSC 彩色电视制式	153
7.5 PAL 彩色电视制式	153
7.6 SECAM 彩色电视制式	155
7.7 彩色全电视信号	155
思考题	157

第 8 章 数字图像处理基础

8.1 基本概念	160
8.1.1 像素	160
8.1.2 分辨率	160
8.1.3 像素深度与图像深度	161
8.1.4 位图与矢量图	161
8.1.5 伽马校正	162
8.2 数字图像处理简介	163
8.3 图像对比度增强	166
8.3.1 直方图的基本概念	167
8.3.2 直方图拉伸	168
8.3.3 直方图均衡	170
8.4 图像滤波	173
8.4.1 图像平滑	174
8.4.2 图像锐化	175
8.4.3 中值滤波	177
8.5 JPEG 压缩编码	178
8.5.1 JPEG 简介	178
8.5.2 JPEG 编码的主要步骤	180
8.5.3 JPEG 编码示例	184
8.6 图像文件格式	186
思考题	188

第 9 章 数字电视

9.1 电视信号的数字化	190
9.1.1 采样与量化	190
9.1.2 复合与分量电视信号	192

9.1.3	复合电视信号的数字化	193
9.1.4	分量电视信号的数字化	194
9.1.5	D1、CIF、QCIF 和 SQCIF	196
9.1.6	色度采样格式	197
9.1.7	数字化后的数据速率	199
9.1.8	典型的数字电视压缩效率	200
9.2	数字视频压缩	201
9.2.1	运动估计与运动补偿	202
9.2.2	搜索窗口与全搜索算法	204
9.2.3	快速搜索算法	206
9.2.4	前向预测与后向预测	210
9.2.5	I 图像的压缩编码算法	212
9.2.6	P 图像的压缩编码算法	212
9.2.7	B 图像的压缩编码算法	213
9.3	视频编码标准	214
9.3.1	第一代静态图像编码标准——JPEG	215
9.3.2	第二代静态图像编码标准——JPEG 2000	218
9.3.3	视频会议编码标准——H. 261	220
9.3.4	数字声像存储标准——MPEG-1	223
9.3.5	低比特率视频会议编码标准——H. 263	224
9.3.6	通用视频图像压缩编码标准——MPEG-2/H. 262	225
9.3.7	低比特率音频和视频对象压缩编码标准——MPEG-4	228
9.3.8	高性能视频编码新标准——H. 264/MPEG-4 AVC	228
9.4	高清数字电视——HDTV	229
9.4.1	高清电视的发展历程	230
9.4.2	高清电视的特点	231
9.4.3	高清电视的拍摄与制作	233
9.4.4	高清和标清的转换	234
9.4.5	高清电视机	239
	思考题	239

第 10 章 语音编码

10.1	声音的特征	241
10.1.1	声音的特征	241
10.1.2	声音信号的分类	244
10.1.3	语音编码	244
10.2	波形编码	245
10.2.1	PCM 编码	245

10.2.2	A/ μ 率压扩编码	247
10.2.3	DPCM 编码	249
10.2.4	ADPCM 编码	251
10.2.5	WAVE 声音文件	252
10.3	参数编码	253
10.3.1	人类发声机理	253
10.3.2	人类发声模型	254
10.3.3	LPC 编码	256
10.4	混合编码	258
10.4.1	GSM 语音编码	260
10.4.2	CELP 语音编码	263
10.5	语音编码的标准	265
	思考题	268

第 11 章 高质量音频编码

11.1	心理声学原理	269
11.1.1	绝对听觉门限	270
11.1.2	频域掩蔽	270
11.1.3	时域掩蔽	272
11.1.4	临界频带	273
11.1.5	感知熵	275
11.2	MPEG-1 第 I、II 层声音编码	277
11.2.1	数据成帧	278
11.2.2	分析滤波器组	278
11.2.3	32 : 1 下采样	279
11.2.4	比例因子取值和编码	280
11.2.5	子带样值的量化编码	282
11.2.6	比特分配	284
11.3	MPEG-1 第 III 层声音编码	286
11.3.1	混合滤波器组	286
11.3.2	窗口切换	286
11.3.3	比特池技术	288
11.3.4	量化	289
11.3.5	熵编码	290
11.4	MPEG-1 心理声学模型计算	291
11.4.1	FFT 分析	291
11.4.2	确定声压级	292
11.4.3	绝对听阈	292



11.4.4 有调音和无调音判别	292
11.4.5 限制掩蔽音	293
11.4.6 计算单掩蔽门限	293
11.4.7 计算总的掩蔽效应	294
11.4.8 确定最小掩蔽门限	294
11.4.9 计算信号掩蔽比	294
11.5 MPEG-1 码流结构	294
11.5.1 帧头信息	295
11.5.2 边信息	296
11.6 音频编码标准	297
11.6.1 MPEG-1 音频编码	297
11.6.2 MPEG-2 音频编码	297
11.6.3 MPEG-4 音频编码	298
11.6.4 AC-3 音频编码	300
11.6.5 DTS 音频编码	300
11.6.6 SDDS 音频编码	300
思考题	301
缩写词表	302
参考文献	305

众所周知,电影是利用现代摄影技术手段,融合文学、戏剧、摄影、绘画、音乐和舞蹈等多种艺术的表现方式和方法,在统一的创作意图下,把它们有机地结合起来所形成的一种完整的综合性极强的艺术形式。

本章首先介绍电影的发展历程,包括电影技术的萌芽、发明、发展和现状;其次讲述活动影像的拍摄原理、人眼的光色特性及色度图;最后简单介绍电影的制作流程。

1.1 电影的发展历程

电影发明于 19 世纪末期,当时科学家们并不是把电影当成一种艺术形式来发明的,也没有想到它会成为表达人的思想情感的媒介,而仅仅是把它作为一种记录运动的媒介。也就是说,电影是以一种记录生活里运动的视听形象的机器而问世的,人们只是利用了这个机器的记录功能:卢米埃尔用它记录工厂的大门、火车进站、园丁浇水;而梅里爱则把摄影机放在剧场的“最后一排”,记录舞台上的表演。从这个意义上说,早期电影与艺术没有任何的关系,它只是对生活进行曝光。后来,人们逐渐发现电影不仅可以记录生活里的动作、事件,还可以通过记录手段来讲故事、表达人的思想情感,于是电影慢慢地成为表达人的思想情感的语言,进而逐步发展成为 20 世纪最广泛和最具影响力的艺术形式。

在电影从一种技术发明转变为一种艺术形式的过程中,技术对其发展产生了深远的影响,电影发展史上的每一次历史性变革都是技术推动的。据电影技术表现形式的不同,可以将电影发展分为四个时代。

- 默片时代

默片时代的电影只有黑白影像信息,主要涉及影像的拍摄和显示技术。

- 有声片时代

随着电声技术、光电技术和感光材料技术的进步,声音可以与画面同时记录在电影胶片上,使得电影进入了有声片时代。

- 彩色片时代

多层感光胶片的发明和胶片洗印技术的发展,使彩色影像可以记录在胶片上并可以



用彩色放映机进行色彩还原,电影由此进入彩色片时代。

- 数字电影时代

从 20 世纪末期开始,随着计算机技术、信息处理技术、通信技术和网络技术的飞速发展,数字技术开始在电影的拍摄、制作、发行、放映等各个环节应用,并出现了完全由计算机制作完成的数字电影,电影逐渐进入数字电影时代。

从艺术的角度来看,电影从一种技术发明发展成为一种颇具影响力的艺术形式,大致经历了以下几个阶段。

- 萌芽期(1895 年之前)

在此期间人们发现了人眼的视觉暂留现象,与电影密切相关的影像记录技术也得到了很大的发展,为电影的发明奠定了基础。

- 形成期(1895—1927 年)

从爱迪生、卢米埃尔在美国和法国发明电影之日起,在近 20 年间,电影经历了从短片到长片、从单镜头到多镜头的剪接,成为一种视觉语言。

- 发展期(1927—1945 年)

在此近 20 年的发展期内,电影具有了与画面同步的声音,画面也由黑白发展为彩色,成为了一种完整的视听艺术。

- 成熟期(1945 年至今)

在第二次世界大战结束后,电影在技术上已经进入了成熟阶段,此后的技术发展不再对艺术表现产生重大的影响,电影从此进入了在艺术上精益求精的阶段。此外,这个阶段的电影也不再是单纯的娱乐品,而是具有极大的社会影响力的艺术门类。

1.1.1 视觉暂留现象

很多人在小时候都有快速挥动火把可以形成连续火带的经验,这一现象正是电影的生理学基础。1824 年,英国人彼得·马克·罗杰特对这种现象给出了科学解释:人眼观看物体时,成像于视网膜上,并由视神经输入人脑,感觉到物体的像。但当物体移去时,视神经对物体的印象不会立即消失,而要延续很短的时间(通常在 $1/10\text{ s}$ 左右),这种现象被称为“眼睛的视觉暂留”。利用这一原理,人们发明了很多重现活动影像的装置。图 1.1.1 是 1834 年英国人乔治·霍尔纳发明的走马盘,它是一个周边带有狭缝的圆柱形物体,圆柱体的内壁画有一圈连续的图片。当人们快速地旋转走马盘,透过外壁上的狭缝进行观看时,就可以看到简短的动画。

1872 年英国人麦布里奇所做的一项实验使人们认识到可以通过连续拍摄的方式将运动场景分解为一系列的彼此连贯的动作。麦布里奇喜欢赛马,他想知道马在全速奔跑时四蹄是否同时离地,于是他沿跑马场的跑道把 24 台照相机横排成一列,各台照相机的快门系上一根线,拉在跑道上,当马跑过时,依次把线拉断,打开快门。麦布里奇成功地把马的运动姿态清晰地拍在了 24 张照片上(见图 1.1.2)。1881 年,他把照片一张张地洗印在玻璃上,以同等间隔顺序贴在圆板的周围,又在同样大小的金属板上,对着照片的

位置开个窗口,最后将圆板和金属板重合起来,彼此相对旋转,此时照片依次对着窗口一张张地连续映出,好像马在奔跑。

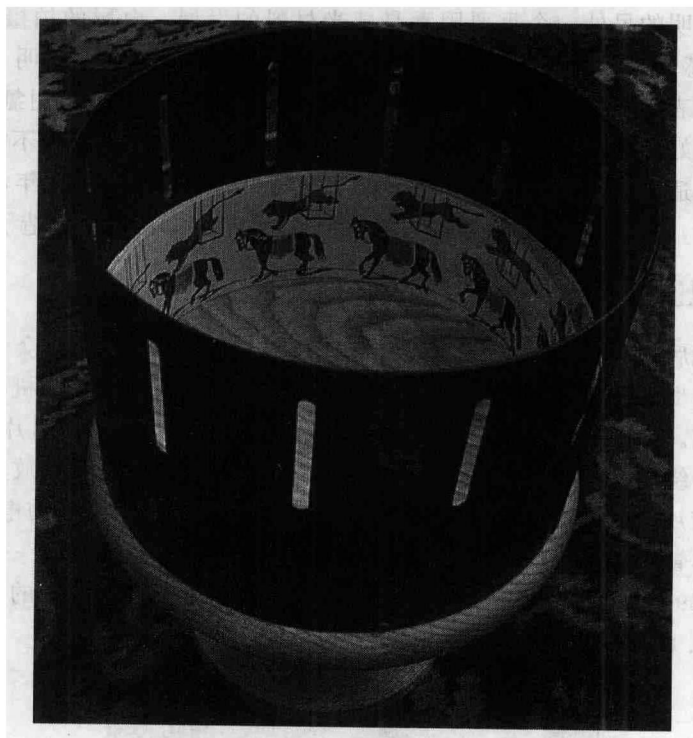


图 1.1.1 走马盘

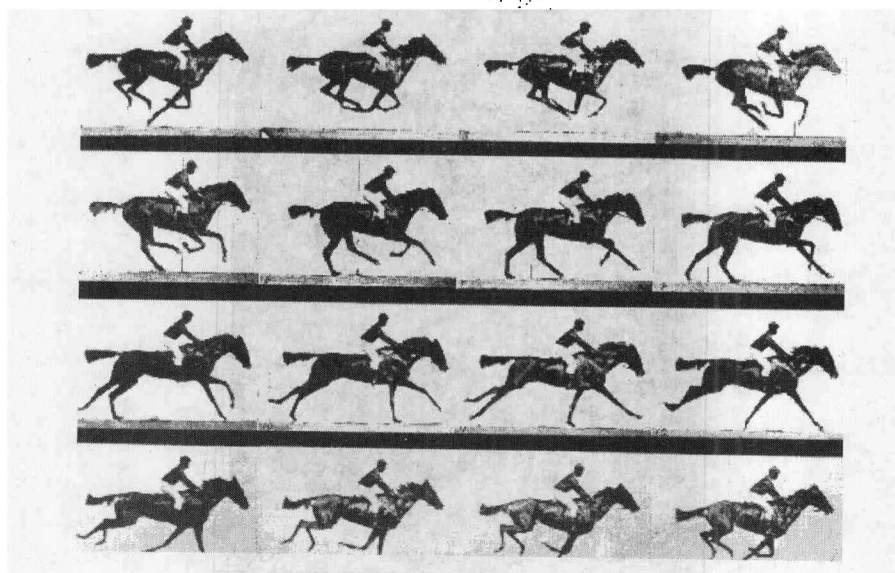


图 1.1.2 骑马动作分解

此后不同国家的科学家们做了大量的研究工作,不断改进了摄像的方式和方法。例

如:1876年,天文学家强森发明了“轮转摄影机”,其中的轮转机构就是目前胶片电影中广泛使用的间歇机构中的一种。

推动电影发明的另外一个重要因素是感光材料的发展。电影的拍摄原理与照相完全相同,都是靠感光材料的曝光来记录影像。1839年,法国人达盖尔发明了照相技术,他用碘蒸气处理银表面,得到碘化银感光层,经曝光后用汞蒸气显影,再用氯化钠定影。这种技术能得到很好的正像,但感光速度慢(需要30 min以上),并且影像不能复制,因此这种技术显然是不适合记录瞬间影像。在照相术发明50年之后的1889年,柯达公司生产出了硝酸基胶片,胶卷的诞生大大提高了拍摄的速度,给电影的发明创造了条件。

1.1.2 电影的发明

在胶片出现后,很多人开始研究用胶片记载音像的机械装置。在众多的研究中,比较有名的是爱迪生的“电影视镜”。1887年爱迪生为给自己发明的留声机配上画面,开始了电影机的研究。他使用柯达胶片并在其上凿孔,一个画面凿四组孔,片宽35 mm。他把有孔的胶片穿绕在一个黑箱子里面,箱子上有一个小孔,孔上安装有放大镜,观看者通过放大镜观看胶片上的图像。爱迪生的研究采用了现代胶片的形式,使电影达到了近于完成的阶段。尽管这种装置使得观看者能看到活动的影像,但只能供一个人观看,并且画质不清楚。1894年,爱迪生认为默片不会有大的前途,因此公布了他的发明,并停止了这项研究。图1.1.3是爱迪生发明的电影视镜。

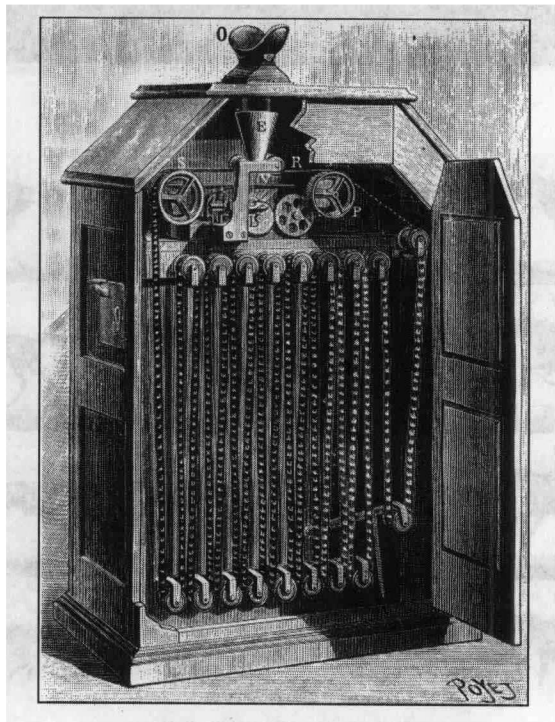


图 1.1.3 爱迪生发明的电影视镜

此后,人们在此基础上进行了众多改进,中心问题是解决电影的间歇播放问题,其中