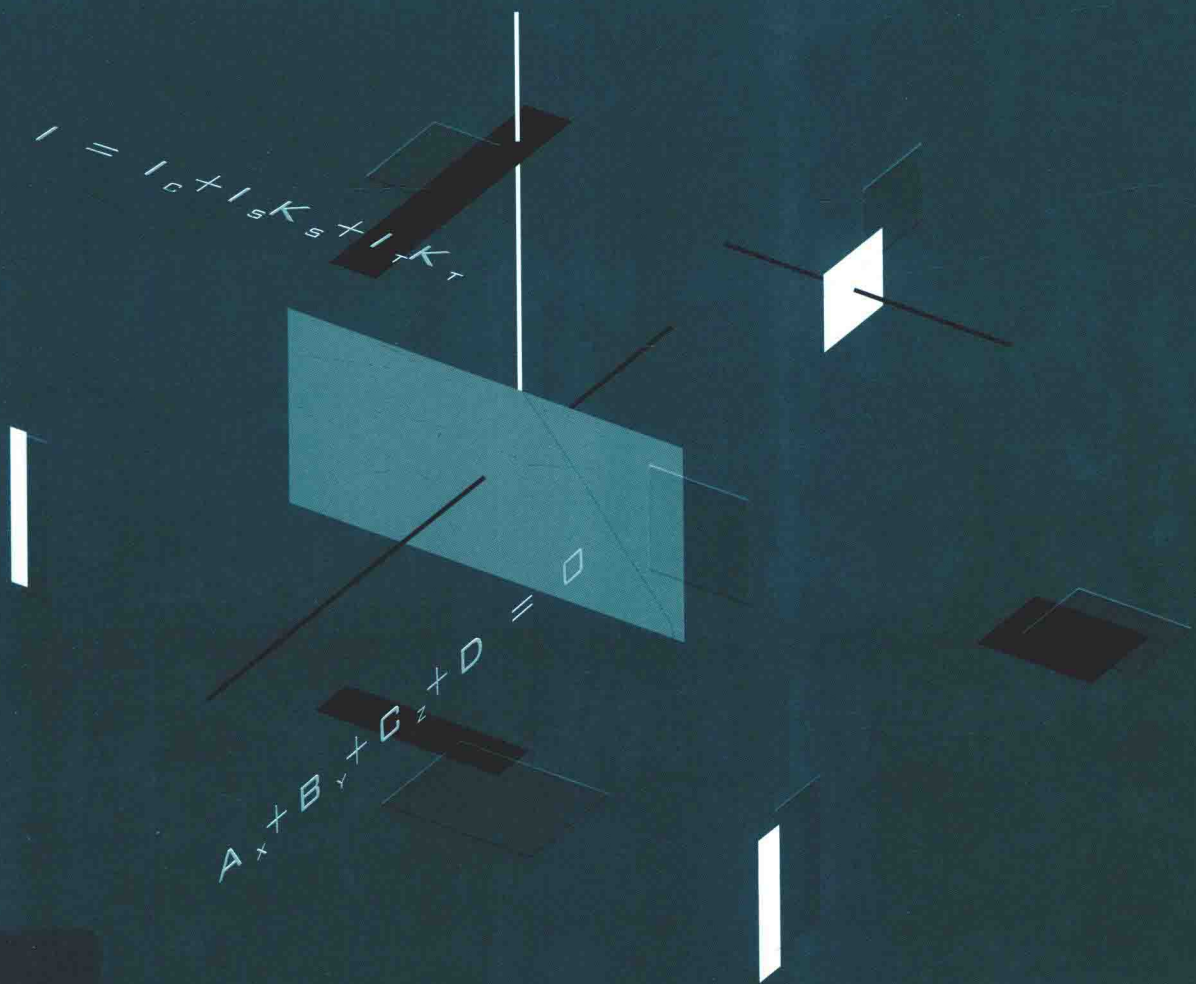


HANDBOOK OF FILMMAKING TECHNOLOGY

电影制作技术手册

李念芦 刘戈三 主编



HANDBOOK OF FILMMAKING TECHNOLOGY

电影制作技术手册

李念芦 刘戈三 主编

庄葆华 编辑整理

图书在版编目 (CIP) 数据

电影制作技术手册/李念芦, 刘戈三主编. —北京:
北京联合出版公司, 2017.12

ISBN 978-7-5502-8807-2

I. ①电… II. ①李… ②刘… III. ①电影制作—手
册 IV. ①J91-62

中国版本图书馆CIP数据核字 (2016) 第237938号

Copyright © 2017 Ginkgo (Beijing) Book Co., Ltd.

All rights reserved.

本书版权归属于银杏树下 (北京) 图书有限责任公司。

电影制作技术手册

主 编: 李念芦 刘戈三

选题策划: 后浪出版公司

出版统筹: 吴兴元

特约编辑: 陈草心

责任编辑: 李 征

营销推广: ONEBOOK

装帧制造: 墨白空间·张静涵

北京联合出版公司出版

(北京市西城区德外大街83号楼9层 100088)

北京盛通印刷股份有限公司印刷 新华书店经销

字数700千字 889毫米×1194毫米 1/16 36.5印张 插页6

2017年12月第1版 2017年12月第1次印刷

ISBN 978-7-5502-8807-2

定价: 198.00元

后浪出版咨询(北京)有限责任公司常年法律顾问: 北京大成律师事务所 周天晖 copyright@hinabook.com

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书部分或全部内容

版权所有, 侵权必究

本书若有质量问题, 请与本公司图书销售中心联系调换。电话: 010-64010019

撰稿者简介

(按姓氏音序排列)

- 常 乐 北京电影学院影视技术系助理研究员
- 车 欣 北京欣和景成科技有限公司 CEO
- 陈 军 北京电影学院影视技术系副教授，硕士生导师
- 陈 奕 浙江传媒学院副教授
- 高 盟 北京邮电大学数字媒体与设计艺术学院副教授，硕士生导师
- 顾晓娟 北京电影学院影视技术系副教授，硕士生导师
- 劳祥源 资深电影调色师，VUE 艺术色彩顾问
- 李念芦 北京电影学院影视技术系退休教授
- 刘戈三 北京电影学院影视技术系教授，硕士生导师
- 刘灵芝 高等教育出版社音像出版部首席策划，副编审
- 柳思忆 中影培训影视后期讲师
- 马 严 北京邮电大学教授
- 牛小明 电影数字中心技术部主任助理
- 乔 楠 北京丽图创景科技有限公司技术总监
- 宋 强 中国电影科学技术研究所高级工程师
- 孙 略 北京电影学院副教授，硕士生导师
- 唐修文 中国电影高新技术研究院软件高级工程师
- 王春水 北京电影学院影视技术系副教授，硕士生导师
- 杨 茗 北京东方立景科技有限公司视效总监
- 曾志刚 北京电影学院影视技术系副教授，硕士生导师
- 甄 钊 北京电影学院声音学院教授，硕士生导师
- 朱宏宣 北京电影学院影视技术系副教授
- 朱 梁 北京电影学院影视技术系副教授，硕士生导师
- 庄葆华 天津大学精密仪器与光电子工程学院精密仪器工程系退休教授

致本书读者

当你坐在舒适的影院座位上观赏着《霍比特人》《阿凡达》等大片时，巨大的3D（立体）画面——纵深绵延的山脉、河流，神秘莫测的古老森林，一一呈现在你眼前。同时，耳边不时冒出的令你不禁要回头寻觅的画外音仿佛把你带到了一个全新的世界。它是那样的美、那样的真实、那样的令人向往与陶醉……灯亮幕黑，“太美了！真希望再进去看一遍！”的念头油然而生。人们惊异地感叹道：“怎么会做出如此精致的艺术！”就像当电影刚刚问世，初次与观看者见面时，人们会在落幕时惊呼“哪儿去了？”“它在哪儿？”一样。是的，电影永远是最好的视听艺术！即使是在那个年代，《公民凯恩》《乱世佳人》《宾虚》《星球大战》……无一不令人惊叹。为什么？因为它不是单一的艺术作品，它背后一定有那个时代最先进技术的精心制作的参与。

因此，执着的想要学习电影制作的人必定要了解和学习电影技术。而制作技术要解决的问题即寻求最好、最省钱和最容易的制作方法和手段。

本书的编写形式不同于教科书和词典。它不可能像教科书一样去详述每一个技术概念，也不像词典那样只给出简单的定义。可以说它介于两者之间。既具有词条式的工具书那样易查找的特点，也具有教材的简单讲解内容，还有一些应用实例。同时在编写过程中我们尽可能采用了图文并茂的讲解原则，希望能够给读者提供一本可读性和实用性强的工具书。

推荐序 技术规范与应用梳理

电影首先是技术，更是建立在缜密技术基础上的艺术。

2015年，恰好是世界电影诞生120周年，历经了电影诞生、有声电影、彩色电影三次革命之后，数字技术成为世界电影史上最重要的又一次革命。数字技术看似使电影制作越来越简单化，实际上是使其越来越精细化和系统化。它让电影创作和影像表达变得更自由，真正使电影融进了后电影和后现代的互联网时代。

目前，电影制作技术属于群雄割据的状态，技术系统还需要进一步统一和规范，电影技术标准还需要从根本上统一和兼容。作为创作者和艺术家，完美的影像艺术画面，需要技术的强大支撑。而本书就是力图在电影技术方面打通应用技术与创作艺术间的隔膜，有技术的纵向梳理，也有横向融合。

电影的专业性和职业性较强，要求从业者必须受过系统的电影专业教育，尤其是经过系统的制作技术基础知识和理论的学习过程。掌握电影的技术性、操作性、系统性，这是成为职业电影人最为重要的条件。北京电影学院建院65年来，能够优于其他世界电影院校，其重要的原因就是在我们的教学体系中，一直对电影学科中技术教学和研究高度重视，正是由于我们高水平的电影技术教学，推动了电影艺术创作的水平，并在人才培养方面取得了非常显著的成果。我们把电影技术教学作为最突出和最为值得称赞的学术内容，电影技术在我们众多创作、科研、学术成果中处于领军地位。其突出表现在如下六个方面：

- (1) 以电影技术为基础、为主体，进行艺术化的电影专业人才培养。
- (2) 始终掌握电影数字技术发展的前沿，并做出应用和前瞻理论研究。
- (3) 依托国家电影数字产业发展，建立有中国特色电影数字技术的体系。
- (4) 以电影数字技术应用为基础，系统建设国家电影数字技术标准和规范。
- (5) 积极开展电影数字技术理论研究，努力解决创作应用及理论问题。
- (6) 在科研和实践中，提出国家电影产业数字技术发展远景目标。

在这样的一种指导思想的引领下，电影技术一直成为支撑教学、科研和创作三个重要有机部分的缺一不可的平台。以电影技术为稳定支点，稳固地支撑着学校的整体学术形象和学术水平。

就目前而言，北京电影学院已经成为了中国乃至世界最重要和最具影响力的电影专业院校，在世界电影专业教育领域，具有其非凡的影响力和知名度。追其重要原因，是我们非常重视电影技术的原理和流程。在胶片时代，我们对全电影胶片领域，有着非常深入的研究，有着非常系统和扎实的技术课程，为所有学习电影的专业人士奠定了深厚的电影技术基础和观念，为其艺术创作保驾护航。在数字技术环

境和条件下，我们按照传统电影胶片技术的思维和观念，进行分解和学习数字技术，并使学生建立起一套与传统电影胶片技术思维并行的电影数字技术思维。

电影技术在电影创作过程中的作用极为重要，编剧、导演、美术、照明、录音、后期等主要专业部门的创作，都是要通过技术的平台来完成。对于电影的技术，在全体师生员工中，都非常关注技术的发展和技术在艺术中的运用。这本《电影制作技术手册》的出版，通过技术的分类和分编，对北京电影学院电影学科中关于技术部分做了一个系统的学术工程规划，经过不懈努力，终于完成。

今天，我们体会到电影的专业高等教育，尤其是在技术上，非常需要“学院派”的技术指导。学院的教学指导思想 and 人才培养目标，一直是建立在精英电影人才的教育上，即在扎实的技术理论知识、坚实的技术基础和学术背景下，增加和保证对电影艺术和影像水平专业认同；同时通过大量的技术应用和实践来巩固成果。

在2005年，根据市场调研和学术规划，我曾经策划了一套电影制作应用手册系列丛书。结果，2014年，我写作完成并出版了《电影摄影师应用手册》。该书的立项、研究、写作、出版，成为了这套系列丛书的第一本。对学习电影摄影专业的同仁是一个比较好的工具型、手册型参考书。而《电影制作技术手册》的出版，使该类型丛书又多了一个专业领域，值得祝贺。这对电影学学科建设，对电影专业人才的培养，对电影创作实践教学体系的巩固，对电影创作技术及艺术理论方面的系统研究，都是一个非常重要的内容和成果。

这本《电影制作技术手册》策划、讨论、写作以及出版的过程，对于当下在数字技术普及和整个电影产业发生根本性变革的环境中，在互联网技术背景下，对中国电影制作技术的研究与发展，尤其是对电影制作技术的教学、普及、提高和服务创作，具有重要的理论意义和实践指导作用。我们可以看到本书是集体的意愿和智慧，以及主编在撰写过程中的一些思路，即建立一种电影制作的技术范本和体系。书中明确了与制作有关的各个方面的技术问题，收集的资料详实，进行了系统的分类，涉及的相关定义、概念也得到了横向、纵向的论述和分析；提供的数据、讨论的问题，定位于操作、应用层面；在语言上做到通俗和简单。针对电影制作所有涉及的技术问题，进行了科学的划分，读者可以清晰找到学习、参考的思路。在整个内容上，注意了系统和实用相结合，对关键专业问题不吝笔墨进行详细描述。大部分的问题，有经验总结和提示内容，方便学生学习。

这本《电影制作技术手册》在结构、风格、内容、体例和经验总结上，都具有非常鲜明的特色，体现了如下的一些特点：

(1) 按照电影制作技术类别，分成了若干篇，根据技术的专业特点来进行写作。按照电影工业的程序和具体的顺序、目标分别进行表述。着重对电影制作技术的硬件条件、软件条件、实用方法、注意问题进行逐一阐述，注意研究了制作环节上的所有将要遇到的技术问题，注意答疑性和解决问题。关注制作环节的技术实用性，针对制作所涉及的问题，在专业的层面上给予讨论和解答，尽可能在技术理论上进行归纳和总结。

(2) 在系统文字梳理中加入了概念解释和实际操作，重点突出。按照电影制作技术的实际应用，特别标明了中文和英文的专业对照，按电影技术工作的性质、要求，在大的方面进行了归类，列出了有关的资料和数据、相关材料的出处，从而加深对制作技术内容的充实和完善，并做到在理论和实践结合上

进行全面研究和诠释。

(3) 写作的具体章节和内容, 针对其电影制作技术的实际工作展开, 注意了通俗语言表达, 避免了纯理论化, 力图在技术操作的实际应用中给学生和工作者提供非常务实的参考资料, 有效解决电影创作中的技术困难, 研究其主要的技术方法所产生的结果, 帮助制作者思考和解决一些实际问题。

(4) 本书是在一种实用、有效的目标任务下完成的。在概念的基础上, 将一些多年的技术方法、技术数据以及经验教训, 整理成具有参考价值的文字内容, 为将来的电影制作、电影技术教学, 提供非常有力的理论支撑。

(5) 写作定位非常明确, 全方位对电影制作技术过程进行集中阐释, 具备操作、参照、查询的功能, 特别是名词解释和技术现象内容丰富, 从创作的实际和实用出发进行思考。写作上从电影技术本体操作角度展开, 以针对制作中所要经历的问题, 力图在结构上列出一个纵向的知识脉络和横向解决问题的方法, 最终构成一个理论、实践、再理论、再实践的互为联系和支撑的有机体。

(6) 本书的出版, 是学校影视技术系、中国电影高新技术研究院的整体学术研究成果的展示, 是学院未来整体电影学专业关于电影制作技术与创作的集合, 更是关于电影创作及应用理论建设和整体创作教学研究的一个重要内容。它填补了目前国内电影制作技术应用手册、电影技术应用经验理论总结的空白, 同时也为学院各个制作专业的研究生、本科生的学习和培养提供了非常有效的学术参考。

电影的创作, 是一个完全建立在技术基础上的脑力、体力、艺术、群体的创作。本书的创新在于, 以专著的形式、手册的文体, 介绍和研究电影制作技术; 从电影工业的实际出发, 分类加以论述, 每一个章节或论题都注重技术的具体应用, 深入研究、条理清晰、关注实践、挖掘细节, 在逻辑清晰的基础上进行朴实的文字表述, 从创作技术应用的总结思考中, 反映出一定的技术思维观念并指导艺术创作实践。

在这本书写作的几年时间中, 电影胶片终于结束了其辉煌的时代, 数字电影技术成为了一种常态的技术环境。传统的电影技术和影像技术形式, 也在发生着深刻的变化, 数字电影、数字特效制作、全景电影、数字3D电影、巨幕电影、环幕电影等不同形式的电影技术形式和影像, 都因为电影技术的变革、应用、普及产生了变化, 电影数字技术也从更多的层次和环节进入到电影工业领域。

本书的主编李念芦教授, 是学校影视技术系和数字研究院的创始人和开拓者, 对电影从传统电影技术到数字电影技术的发展脉络非常清楚, 在教学上积累了丰富的理论经验和实践成果, 也有对技术理论发展的展望。刘戈三教授, 是电影技术领域的专家, 致力于数字技术实践、技术理论研究和新技术实验, 并取得了丰富的教学和研究成果。这次两位教授带领中青年学术骨干, 保证了这样一本专业著作的顺利完成。

本书的付梓, 是电影技术教学和学术研究的一个非常重要的成果——既是教师教学和研究的经验总结, 也是技术系众多教师多年来心愿的集合, 作者中的教师、学生既是本书内容的实践者和完成者, 也是本书的研究者和创造者。它是学校对以电影专业教学为中心的电影技术理论与实践相结合的一次系统、完整的梳理, 也是对学校未来多方位、多元化数字技术可持续发展的指引。专著项目对北京电影学院在读的研究生、本科生学习电影制作技术有很大的帮助, 特别是在电影技术应用理论的重点研究、梳理方面填补了这一研究领域的空白。

作为电影工业的技术观念、技术思维、技术体系的重要体现，本书的最终完成，是在电影制作技术实践基础上的总结和归纳，同时，也是电影制作技术理论必要的探讨，让我们认识到学习电影技术专业知识，仍然是今天指导我们进行电影艺术创作的出路和方法。书中的文字，具有指导创作、科学研究、实践操作的指导意义，是电影专业学生和从业者可以很好参考和保存的专业教科书，更是电影制作专业及相关综合大学文科、电影（电视）专业学生学习的必备参考书目。

我认为，这是一本指导电影制作的实用性技术手册，对于学习电影制作和研究电影是一本非常好的教科书，对了解和掌握电影制作技术颇有帮助，对电影技术专业 and 方向学生的培养，具有重要的指导作用。代为序。

张会军

中国文联全委会委员、中国电影家协会副主席

北京电影学院院长、博士生导师、教授

2016年1月22日于蓟门烟树

编者前言

电影从它诞生起，就一直是一个备受人们喜爱的新奇玩意儿、艺术形式、声像媒体……然而它毕竟是一个工业产物，没有一定的技术手段就产生不了，发展不成今天的电影。因此，在电影发展的历程中，不断出版了许多电影技术方面的书籍，供制作电影的读者学习和使用，也满足粉丝和爱好者的好奇心。由于电影先进技术和设备都来自工业发达的西方国家，所以几乎所有有关技术的书籍，尤其是手册和指南，也大多是来自国外。近年来虽然我们也翻译了不少，但仍感自己编著的书籍和手册还是不尽如意。因此很久以来我们就想编写一本自己的电影技术手册（指南）。

作为编者，我们不仅亲身经历了20世纪60年代以来中国胶片电影技术的发展，又共同参与了我国电影技术数字化从无到有直至逐渐成熟的全过程。从技术工作岗位和教学岗位上，积累几十年的经验体会，深感我国电影制作技术与世界前沿技术水平的差距。自1997年北京电影学院开始招收电影技术类硕士研究生，并从2011年开始招收电影技术本科生以后，对这一领域人才培养所用的教材以及参考资料的需求，就显得更为迫切。

编写和出版这本手册，是为了给学习该专业和热爱电影制作的人提供一本内容较为全面的工具书，同时也是从电影的科学、技术和工艺三个层次来做一次对电影的解构。既是为了却我们的技术前辈们的夙愿，也算为有志于此的后继者抛砖引玉吧，希望今后能在新老同业的关心下，不断地修订和丰富，完善中国自己编写的教学和实用技术手册。

本书的编写分为三个部分。第一篇“基础知识”，是学习掌握电影技术所需的数理基础知识；第二篇“电影和视频技术”，涵盖了电影和相关视频技术的各个分支；第三篇“工艺”，是现代电影制作工艺中基本流程和工序的技术内容。读者可以根据自己需求知识的深浅和范围来查找自己所需的相关基础知识和技术概念。

简目

- 撰稿者简介 1
致本书读者 2
推荐序 技术规范与应用梳理 张会军 3
编者前言 7

第一部分 基础知识

- 第1章 电影的技术解构 3
第2章 数学相关基础知识 26
第3章 电学与磁学相关基础知识 58
第4章 光学相关基础知识 76
第5章 声学相关基础知识 90
第6章 色度学相关基础知识 96
第7章 数字化相关基础知识 110

第二部分 电影与视频技术

- 第8章 感光材料与器件 127
第9章 电影摄影技术 144
第10章 电影照明技术 163
第11章 计算机图形技术 178
第12章 数字图像处理技术 222
第13章 声音制作技术 255
第14章 电影放映技术 268
第15章 视频影像的记录存储与显示技术 282
第16章 网络技术基础知识 299

第三部分 工艺

- 第17章 电影制作工艺流程 331
第18章 影像获取 345
第19章 剪辑 372
第20章 视效制作 381
第21章 数字校色 412
第22章 电影声音的制作 427
第23章 影片数据管理 434
第24章 电影的发行与放映 448
第25章 立体电影 461
- 附录一 本手册涉及的物理量单位及符号 481
附录二 静止图像的不同数字文件格式的特性 483
附录三 各种常用视频格式的技术参数 484
附录四 不同数字存储介质的典型容量 488
附录五 本手册中出现的电影 489
附录六 电影制作中的技术岗位 491
附录七 各届奥斯卡科学技术及视效奖简介 495
- 参考文献 514
编者后记 517
出版后记 519

撰稿者简介	1
致本书读者	2
推荐序 技术规范与应用梳理 张会军	3
编者前言	7

第一部分 基础知识

第1章 电影的技术解构	3
1.1 电影 motion picture, movie, film	3
1.2 电影技术 film technology	4
1.3 电影制作 film production	4
1.4 电影工程 film project	4
1.5 视觉 vision	4
1.5.1 人眼的构造与视觉 human eye structure and vision	4
1.5.1.1 人眼的构造与视觉形成 human eye structure and visual formation	4
1.5.1.2 视细胞 visual cells	5
锥体细胞 cone cells	5
杆体细胞 rod cells	5
1.5.1.3 明视觉 photopic vision	5
1.5.1.4 暗视觉 scotopic vision	5
1.5.1.5 中介视觉 intermediary vision	5
1.5.1.6 色觉 color vision	5
感红细胞 red-sensitive cells (R-cones)	5
感绿细胞 green-sensitive cells (G-cones)	5
感蓝细胞 blue-sensitive cells (B-cones)	5
1.5.2 视敏感特性 visual sensitivity characteristics	6
1.5.2.1 视敏函数 visual sensitivity function	6
1.5.2.2 相对视敏函数 relative visual sensitivity function	6
1.5.2.3 明视觉相对视敏函数 relative visual sensitivity function of bright vision	6
1.5.2.4 暗视觉相对视敏函数 relative visual sensitivity function of dark vision	6
1.5.3 韦伯定律 Weber's law	6

1.5.4 费希纳定律 Fechner's law	6
1.5.5 史蒂文斯幂定律 Stevens's power law	7
1.5.6 视觉范围 brightness visual range	7
1.5.7 亮度感觉 brightness perception	7
1.5.7.1 亮度 brightness, luminance, lightness (参阅4.4.1.2光度参量)	7
1.5.7.2 对比度 contrast	7
1.5.7.3 亮度辨别阈(可见度阈) brightness discrimination threshold	7
1.5.7.4 相对对比度灵敏度阈 relative contrast sensitivity threshold	7
1.5.8 视觉亮度 visual brightness	8
1.5.9 视觉掩盖效应 visual masking effect	8
1.5.10 人眼的双目立体视觉 binocular stereo vision	8
1.5.11 人眼视觉惰性 eye visual inertia	8
1.5.12 视觉心理 visual psychology	9
1.5.12.1 错觉 illusion	9
1.5.12.2 幻觉 hallucination	10
1.5.12.3 似动感(ϕ 现象) apparent movement(Phi phenomenon)	10
自主运动 autonomous movement	10
诱导运动 induced movement	10
动景运动 active scene movement	10
1.5.12.4 闪烁感 flicker	10
1.5.12.5 深度感 depth perception	10
1.5.13 视觉记忆原理(视觉暂留) visual memory theory (visual temporarily retained)	11
1.5.14 视觉记忆与视觉心理的叠加效应 superimposed effect of visual memory and visual psychology	11
1.6 听觉 auditory sense	11
1.6.1 人耳构造 ear structure	11
1.6.2 听觉范围 hearing range	12
1.6.2.1 听觉阈 hearing threshold	12
1.6.2.2 痛觉阈 pain threshold	12
1.6.2.3 听觉灵敏度 hearing sensitivity	12
1.6.3 听觉特性 auditory characteristics	12
1.6.3.1 响度 loudness	12
响度级 loudness level	12
等响度曲线 loudness curve	12
1.6.3.2 音调 tone	13
1.6.3.3 音色 timbre, musical quality	13
1.6.4 听觉的非线性 nonlinear hearing	13
1.6.5 人耳的掩蔽效应 masking effect of the human ear	13
1.6.6 哈斯效应(优先效应) Haas effect (precedence effect)	13
1.6.7 人耳的空间效应 spatial effect of the human ear	13
1.6.7.1 听觉定位(方向感) auditory localization (sense of direction)	13
1.6.7.2 空间感 sense of space	14

1.7 影像 image	14
1.7.1 影像定义 definition of image	14
1.7.2 影像的分类 classification of image	14
1.7.2.1 静态影像 static image	14
1.7.2.2 活动影像 movie.....	14
1.7.2.3 化学影像 chemical image	15
1.7.2.4 电子影像 video image (electronic image)	15
1.7.2.5 数字影像 digital imaging	15
1.7.3 影像生成 (成像) image generation	15
1.7.3.1 小孔成像 pinhole imaging	15
1.7.3.2 透镜成像 lens imaging	15
会聚透镜 (正透镜、凸透镜) converging lens	15
发散透镜 (负透镜、凹透镜) diverging lens	15
透镜成像原理 lens imaging principle	15
1.7.3.3 照相术 photography	16
1.7.3.4 影像栅格化 rasterized image	16
1.7.3.5 计算机生成影像 computer generated image	17
1.7.4 影像的记录存储 image recording and storage.....	19
1.7.4.1 胶片记录存储 film recording and storage	19
1.7.4.2 光电图像传感器记录 photoelectric image sensor recording.....	19
1.7.4.3 磁存储 magnetic storage	19
1.7.4.4 光存储 optical storage	19
1.7.4.5 数字存储 digital storage	19
1.7.5 影像的传输 image transmission	20
1.7.5.1 电影胶片的传送 movie film transmission	20
1.7.5.2 电子影像的传输 transmission of electron image	20
机械式顺序传送 mechanical sequence transmission	20
栅格化影像顺序传送 rasterized image sequence delivery	20
1.7.6 影像的显示 image display	20
1.7.6.1 胶片影像的显示 film image display.....	20
1.7.6.2 电子 (视频) 影像的显示 electronics (video) images display	20
1.7.7 扫描法 scanning	21
1.7.7.1 逐行扫描 progressive scan	21
1.7.7.2 隔行扫描 interlaced scan	21
1.7.7.3 水平扫描 horizontal scan	21
1.7.7.4 垂直扫描 vertical scan	21
1.7.7.5 扫描正程与正程时间 forward scanning and forward scanning time	21
1.7.7.6 扫描逆程与逆程时间 reverse scanning and reverse scanning time	21
1.7.7.7 消隐 blanking.....	21
1.7.7.8 扫描线数 (行数) number of scanning line (number of row)	21
1.7.7.9 扫描参数 scan parameters.....	22

1.8 活动影像动态特性 dynamic characteristics of movie	22
1.8.1 画格速率、帧频和场频 frame rate, frame frequency and field frequency	22
1.8.1.1 画格速率 frame rate	22
1.8.1.2 帧频 frame frequency	22
1.8.1.3 场频 field frequency	22
1.8.2 电影画格速率 movie frame rate	22
1.8.3 视频速率 video rate	23
1.9 电影的声音 sound of film	23
1.9.1 无声电影 silent film	24
1.9.2 有声电影 sound film	24

第 2 章 数学相关基础知识 26

2.1 集合、映射和函数的概念 concepts of sets, mappings and functions	26
2.1.1 集合 sets	26
2.1.2 映射 mappings	26
2.1.3 函数 functions	27
多元函数 multivariate functions	27
2.1.4 指数函数 exponential functions	28
2.1.5 对数函数 logarithmic functions	28
2.1.6 幂函数 power functions	28
2.1.7 三角函数 trigonometric functions	29
2.1.8 反三角函数 inverse trigonometric function	29
2.2 坐标系 coordinate systems	29
2.2.1 二维直角坐标系(2D笛卡儿坐标系)2D Cartesian coordinates	29
2.2.2 三维直角坐标系(3D笛卡儿坐标系)3D Cartesian coordinates	30
2.2.3 极坐标系 polar coordinates	30
2.2.4 圆柱坐标系 cylindrical coordinates	30
2.2.5 球坐标系 spherical coordinates	30
2.2.6 多坐标系统 multiple coordinate systems	31
2.2.6.1 物体坐标系 object coordinates	31
2.2.6.2 世界坐标系 world coordinates	31
2.2.6.3 相机(摄影机、摄像机)坐标系 camera co-ordinates	31
2.2.6.4 相机屏幕坐标系 camera screen coordinates	31
2.2.6.5 显示器屏幕坐标系 monitor screen coordinates	31
2.3 向量 vectors	31
2.3.1 向量定义 definition of vectors	31
2.3.2 n 维向量 n -dimensional vectors	32
2.3.3 向量加(减)vector plus (minus)	32
2.3.4 向量的数乘 vector multiplied by a scalar	32
2.3.5 向量点积(数量积、内积)dot product	32

2.3.6 向量叉积 (向量积、外积) cross product	32
2.4 矩阵 matrices	33
2.4.1 矩阵与特殊矩阵 matrices and special matrices	33
2.4.1.1 矩阵 matrices	33
2.4.1.2 特殊矩阵 special matrices	33
2.4.2 矩阵的加、减、数乘 matrix arithmetic	34
2.4.3 矩阵的乘法 matrix multiplication	34
2.4.4 矩阵的转置 matrix transpose	35
2.4.5 矩阵行列式 matrix determinants	35
余子式 cofactors	35
2.4.6 逆矩阵 inverse matrices	35
2.5 线性方程组解 linear algebra	36
2.5.1 线性方程组 linear equations	36
2.5.2 线性方程组的矩阵形式 matrices of linear equations	36
2.5.3 求解线性方程组 solving linear equations	36
2.6 变换矩阵 transformation matrices	37
2.6.1 齐次坐标 homogeneous coordinates	37
2.6.2 二维变换 2D transformation	37
2.6.3 三维变换 3D transformation	38
2.6.4 坐标变换 coordinate transformations	38
2.7 直线与平面 straight lines and planes	39
2.7.1 基本几何元素 basic geometric elements	39
2.7.2 直线 straight lines	39
2.7.2.1 二维直线方程与图像 equations and images of 2D straight lines	39
2.7.2.2 三维直线的方向向量、方向余弦、方向数 direction vector, direction cosine, direction number	39
2.7.2.3 三维直线方程与图像 equations and images of 3D straight lines	40
2.7.3 平面 planes	40
2.7.3.1 法线向量 (法向量) normal vectors	40
2.7.3.2 三维平面方程与图像 equations and images of 3D planes	40
2.7.4 相交 intersection	40
2.7.4.1 直线与直线相交 straight lines intersected	41
2.7.4.2 直线与平面相交 straight line intersects with the plane	41
2.7.5 线框模型 wireframe model	41
2.7.5.1 三角形网格 triangular mesh	42
2.7.5.2 三角形网格类型 types of triangular mesh	42
2.8 微积分概念 calculus concepts	42
2.8.1 微积分概念引入实例: 曲边梯形面积计算 curve trapezoidal area calculation	43
2.8.2 导数与微分 derivative and differential	43
2.8.2.1 导数定义 derivative definition	43
2.8.2.2 导数的几何意义 geometric meaning of derivative	43
2.8.2.3 微分定义 differential definition	43

2.8.2.4	微分的几何意义 geometric meaning of differential	44
2.8.2.5	导数与微分的基本公式与运算法则 basic formulas and algorithms of derivative and differential	44
2.8.3	二元函数偏导数与全微分 partial derivative and total differential of binary function	44
2.8.3.1	偏导数 partial derivative	44
2.8.3.2	二阶偏导函数 second-order partial derivatives functions	44
2.8.3.3	偏微分与全微分 partial differential and total differential	44
2.8.4	不定积分与定积分 indefinite integrals and definite integrals	45
2.8.4.1	原函数 primitive functions	45
2.8.4.2	不定积分 indefinite integrals	45
2.8.4.3	不定积分基本公式 basic formulas of indefinite integral	45
2.8.4.4	定积分 definite integrals	45
	变上限定积分算法 definite integral with variable upper limit	46
	牛顿-莱布尼茨公式 Newton-Leibniz formula	46
2.8.5	二重积分 double integrals	46
2.9	曲线与曲面 curves and surfaces	46
2.9.1	曲线曲面的类型 types of curves and surfaces	47
2.9.1.1	规则曲线曲面 rule curves and surfaces	47
2.9.1.2	自由曲线曲面 freeform curves and surfaces	47
2.9.2	曲线曲面数学方程表示法 mathematical equation notation of curves and surfaces	47
2.9.2.1	显式方程表示法 explicit equations	47
2.9.2.2	隐式方程表示法 implicit equations	47
2.9.2.3	参数方程表示法 parametric equations	47
2.9.3	常用规则曲线曲面参数方程 common parametric equations of rule curves and surfaces	47
2.9.4	自由曲线曲面的参数方程 parametric equations of freeform curves and surfaces	47
2.9.4.1	自由曲线的三次参数方程 cubic parametric equations of freeform curves	48
2.9.4.2	三维自由曲面的参数方程 parametric equations of 3D freeform surfaces	48
2.9.4.3	自由曲线曲面描述中常用的术语 commonly used terms for freeform curves and surfaces described	48
2.9.5	曲线曲面的性质参量 characteristic parameter of curves and surfaces	48
	位置向量 position vector	48
	切向量 tangent vector	48
	法向量 normal vector	48
	曲率 curvature	48
	连续 continuity	49
2.9.6	贝塞尔曲线曲面 Bezier curves and Bezier surfaces	49
2.9.6.1	贝塞尔曲线 Bezier curves	49
	线性贝塞尔曲线 linear Bezier curves	49
	二次贝塞尔曲线 quadratic Bezier curves	50
	三次贝塞尔曲线 cubic Bezier curves	50
2.9.6.2	贝塞尔曲面 Bezier surfaces	50
2.9.7	B样条曲线曲面 B-spline curves and surfaces	50
2.9.7.1	B样条曲线 B-spline curves	50