

高 等 学 校 教 材

教育电视系统

第二版



杨圭南 编著



9 2
2

高等教育出版社

高等学校教材

教育电视系统

(第二版)

杨圭南 编著

高等教育出版社

(京)112号

内 容 简 介

本书用通俗易懂的语言,系统地介绍了教育电视系统中主要设备的基本原理、系统工作过程和配置要求。内容包括概述、彩色摄像机、电视同步机与视频特技效果器、磁带录像机、电子编辑和时基校正、教育电视节目制作系统、教育电视节目传输系统七个部分。本书是第二版,比第一版在内容上做了充实和更新,并增加了许多新内容,同时提高、深化了理论部分。本书具有以下特色:

1. 在教材结构上兼顾基本理论和实际应用。
2. 分析方法上,深入浅出,突出重点,着重于电路物理性能的分析。
3. 注意处理好基本内容和提高内容的关系。适当增加提高内容。
4. 文字叙述和图象表述相结合,做到图文并茂。
5. 每章前有学习目标,每章末有启发性的思考题。

本书是高等院校教育技术专业的教材,并可供从事教育电视工作者阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

教育电视系统/杨圭南编著. -2版. -北京:高等教育出版社,1998.6 (1999重印)

ISBN 7-04-006373-5

I. 教… II. 杨… III. 教学电视-电视系统 IV. TN949.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 04399 号

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号
电 话 010-64054588
网 址 <http://www.hep.edu.cn>

邮政编码 100009
传 真 010-64014048

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 高等教育出版社印刷厂

开 本 787×1092 1/16

印 张 16.5

字 数 410 000

插 页 2

版 次 1991 年 4 月第 1 版

1998 年 6 月第 2 版

印 次 1999 年 6 月第 2 次印刷

定 价 13.90 元

凡购买高等教育出版社图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请在所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

序

高等院校教育技术学专业的系列教材,经过全国各高等院校教育技术学系或专业诸多教师多年的努力即将问世。这是我国教育技术学这门学科和专业成熟的标志,也可以说,我国教育技术学发展到了一个新阶段:有了我们自己的理论体系和课程结构。当然,由于这门学科和这个专业在我国发展的比较晚,理论体系和课程结构还要经过实践不断地修改和充实才能日臻完善。

教育技术在国外已有近百年的历史,名称也几经修改。我国是在本世纪20年代以电化教育的名称从国外引进的,至今也已经历了几个发展时期。开始仅仅从教育的媒体着眼,作为一种辅助手段在教学中应用,因为幻灯、电影等媒体的声像信息是通过用电的设备表现出来的,所以把它称为电化教育,并一直沿用。但随着学科、专业的建设需要和电教事业的迅速发展,教育技术学这个名称越来越多地为广大专业教师和电教工作者所接受。

传统教育的教育过程基本上是由教师、学生、教育内容三个基本要素构成。但是,随着教育内容的复杂化和信息技术的迅速发展,现代教育的教育过程已经不是由上述三个要素构成,必须增加教育技术这个要素。因此,教育技术的应用是教育现代化的重要标志之一。教育技术学是现代教育科学发展的重要成果。教育技术的参与,虽然没有改变教育过程的实质,但却改变了整个教育过程的模式,改变了教育过程的组织序列,改变了分析和处理教育、教学问题的思路。从教育过程来分析教育技术的作用,就可看到,作为一门教育学科的教育技术学就不能只是单纯地研究各种视听教育媒体在教育过程中如何应用,各种视听教材如何制作,而是要研究现代教育过程的构成及其规律;研究基本要素的相互关系;研究教育教学系统的设计、实施和评价;研究教学资源的开发配置,成本与效益问题;研究开发新的信息技术在教育、教学中的应用,等等。从而形成了运用技术学的思想、手段、方法来研究和探讨如何有效地分析和解决教育、教学的具体问题的理论与技术,它是关于教育的技术学,是教育理论研究中的一个新的层次——技术学层次的研究与实践的学科。

因此,教育技术学有两方面的基础,一方面是教育科学(包括心理科学)的基础,另一方面是技术学的基础。高等学校教育技术学专业的课程设置除专业课以外也应该包含这两方面的基础课。

原教育技术学专业教材委员会(现教育技术学教学指导委员会)在1991年初经国家教委批准设立以来,在国家教委有关司局的领导下首先调查研究并广泛听取高等学校该专业的教师和电教机构的干部和研究人员的意见,在此基础上科学地分析了社会上有关部门提出的对教育技术专业人才的能力素质的需求,经过充分讨论,制定了该专业的课程计划,特别是对主要课程作了认真安排,进而详细讨论和审定了各门主要课程的教学大纲并落实了主编和编写计划。总之,经过两年多的努力,一批教材终于要出版了,这是值得庆喜的事。这套书所以能这么快出版,应该感谢国家教委前电教司的领导,以及高等教育出版社的支持和发展。这套教材也是我们教育

技术学专业的集体成果,是大家同心合作的结果。通过讨论课程计划和编写教材,我们已经组成了一支队伍,一个很好的集体,今后我们还要为继续编制配套的声像教材而努力。

高等师范院校教育技术学教学指导委员会主任

顾明远

1993 年岁暮

前 言

本书从系统原理和硬件技术的角度阐明在教育领域中运用的电视系统;以系统的主要设备的工作原理、电路基本结构及性能特点为重点进行分析,以便对图像处理的基本思想及基本技术环节有较深刻的认识;介绍了如何根据使用单位的实际情况进行设备的合理配置、连接和协调。在分析方法上,提出各种典型系统实例加以分析,力求概念清楚,重点突出。为拓宽学生的知识面,在有关章节中介绍了教育电视设备及系统的新发展。

本书在第一版基础上经过几年教学使用后修订而成。在教材内容上做了充实和更新,并根据发展需要增加了新的内容,如在彩色摄像机一章中增加了三片 CCD 彩色摄像机、单片 CCD 彩色摄像机等;在视频特技效果器一章中增加了数字视频特技简介、新一代视频切换台及计算机视频绘图系统;录像机一章中增加了分量录像机、8 毫米录像机、变速重放等内容。在一些章、节内也增加了设计、安装、调整、使用、维修等内容。因此,修改后的教材内容更加丰富和提高,理论更为严谨,系统更加完善,理论与实践更加结合。

在编写此教材的过程中,得到西南师范大学陈承志教授的大力帮助。陈承志教授审阅了全部初稿,提出了宝贵的修改意见,甚至亲自进行了修改,在此谨表示衷心的感谢。

由于本人水平所限,书中一定会有错误不妥之处,欢迎广大读者和同行批评指正。

杨圭南

1997 年 9 月

目 录

第一章 概述	1	§ 4.2 视频信号的录放原理	131
学习目标	1	§ 4.3 磁带录像机的类型	135
§ 1.1 教育电视的概念	1	§ 4.4 磁带录像机的组成	144
§ 1.2 教育电视系统的组成	1	§ 4.5 视频信号处理系统	145
第二章 彩色摄像机	3	§ 4.6 伺服系统	165
学习目标	3	§ 4.7 机械及控制系统	181
§ 2.1 彩色摄像机的分类与组成	3	§ 4.8 录像机的使用、保养与维护	189
§ 2.2 摄像机的光学系统	5	复习思考题	194
§ 2.3 摄像管	16	第五章 电子编辑和时基校正	196
§ 2.4 固体摄像器件	26	学习目标	196
§ 2.5 视频信号的放大和处理	36	§ 5.1 电子编辑原理	196
§ 2.6 单管彩色摄像机	61	§ 5.2 时基校正原理	202
§ 2.7 三片式 CCD 彩色摄像机	72	复习思考题	206
§ 2.8 单片式 CCD 彩色摄像机	74	第六章 教育电视节目制作系统	207
§ 2.9 彩色摄像机的自动检测控制	78	学习目标	207
§ 2.10 彩色摄像机的性能指标和调整 及使用	87	§ 6.1 前期节目制作系统	207
复习思考题	92	§ 6.2 后期节目制作系统	218
第三章 电视同步机与视频特技效 果器	94	复习思考题	229
学习目标	94	第七章 教育电视节目传输系统	230
§ 3.1 电视同步机	94	学习目标	230
§ 3.2 视频特技效果器	101	§ 7.1 电视信号的发射与传播	230
§ 3.3 新一代视频切换台及计算机视 频绘图系统	117	§ 7.2 电缆传输系统的组成	237
复习思考题	119	§ 7.3 传输系统的设计、安装和 调试	241
第四章 磁带录像机	120	§ 7.4 微波传输系统简介	244
学习目标	120	§ 7.5 卫星广播电视系统	246
§ 4.1 磁记录基础	120	复习思考题	253
		参考文献	254
		中英文对照名词索引	255

第一章 概 述

学 习 目 标

学习完第一章,应该能做到:

1. 简述教育电视的特点。
2. 阐明教育电视系统的组成。

80年代初,电视作为一种大众传播媒体进入了它的第二个时代:从只有少数人拥有或仅局限于专业上使用的状态,转入到“电视繁荣”的新时期。今天,电视节目不仅可以通过电视台发送,也可以通过闭路电视或有线电视系统传递,还可以由微波通道和卫星转播将它们传送到世界各地。大量的录像节目带“图书馆”的出现,使电视资料能像文字资料那样容易获得,近年来便携录像设备的使用更使电视资料成为丰富的教学资源,影响着广大的教师和学生。

§ 1.1 教育电视的概念

虽然电视的发明,最初并非为了教育的目的,但教育工作者们很快认识到电视媒体传播的潜在力量,并把电视引入到教育过程中,一些国家相继建立了教育电视台和全国性的电视教育网。“教育电视”的概念也不断地扩展和变化,最初只是作为一种媒介手段用在学校的课堂上,后来发展成为专门为教育目的而设计的电视,称为教育电视(ETV)。全国性教育电视网的形成和各种各样教育节目的出现,引起了更多观众的兴趣,教育电视因而也得到了迅速的发展。教育电视节目的范畴,从广义上来讲,几乎所有的电视节目,就其社会效益而言,都具有一定的教育意义;而从狭义上讲,则是指从教育、教学需要出发,根据教育目的和教学目标,为一定的教育对象而摄制,并以实现教育方针为主要任务的各种普及性、专业性、定向性的科技、文化教育节目,并具有教育性、科学性及艺术性的特点。教育电视有利于扩大教育规模 and 开展终身教育、业余教育、职业教育等;能发挥并扩大优秀教师的示范作用;便于利用实物、图表与影视片等提供的直观形象进行教学;电视信息的储存和重放过程简单,利于推广。目前,我国从中央到地方,从大中小学到各类学校,建立了许多教育节目的制作机构,通过广播通信卫星、电视台专用电视频道和闭路电视系统等进行电视教育。这对我国教育(尤其是少数民族地区)的普及起着极大的作用。

§ 1.2 教育电视系统的组成

教育电视系统一般由教育电视节目(教材)制作系统和传输系统两部分组成,分别完成节目

制作与节目播出,以供人们在电视荧屏前观看教育/教学节目。

教材节目制作系统主要有:演播室节目制作、录像带编辑、磁带复制、外景节目制作、电影录像、广播电视节目录制、电视显微摄像、彩色附件加入、电影电视转换、音频控制和字幕输入等装置组成。

一、演播室节目制作系统

该系统主要由演播室设备和演播控制室设备两部分组成,这是教材节目制作的核心部分。根据教学内容、教学方式、教学手段和教材节目的不同情况可选用不同的设备,一般由主视频系统和主音频系统组成。视频系统由高灵敏度的彩色摄像机、摄像机控制器、特技效果发生器、视频分配器、监视器、测试设备(波形监视器、矢量示波器)及通话耳机等组成;音频系统由音频混合器、音频放大器、录音机和耳机等组成。

二、录像带编辑

在教学应用中,一般需对预先摄制好的录像节目进行一次编辑处理过程,以便把现场录制的素材或电影、显微图像、各种图片、图表等素材有目的地组合在一起,或者利用特技和信号合成的方法,更换画面中的某些内容。录像带编辑即指进行录像带到录像带的编辑,可做到“一到一”或“多到一”的编辑,也可做到不同带型间的编辑。使用的主要设备为具有编辑功能的录像机和自动编辑器。

三、外景节目制作

主要用于拍摄外景素材,一般由便携式彩色摄像机、便携式彩色录像机、电池、传声器和灯光设备组成,其特点是轻便,使用灵活。

有关教育电视系统其它部分将在第六章中详细讲述。

教育电视传输系统的任务,是使指定的学习者收到满意的教育电视节目。因此,要求传送系统有一定的传送覆盖范围,系统对图像和声音的质量影响越小越好,并要求系统可靠、稳定、经济。为了达到上述的各种要求,教育电视的传输系统可根据不同的情况,采用电视广播系统、闭路电视系统、微波传送系统、卫星广播电视系统和便携视频系统等。这些系统将在第七章中详细介绍。

第二章 彩色摄像机

学习目标

学习完第二章,应该能做到:

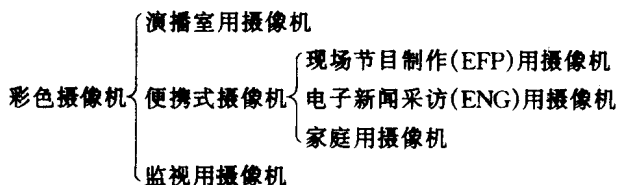
1. 掌握摄像机功能与变焦聚的关系。
2. 阐明变焦聚镜头的变焦原理。
3. 阐述摄像器件(包括摄像管、固体摄像器件)工作原理。
4. 理解电子快门是如何提高动态分解力的。
5. 说出对预放器需采用什么措施才能满足要求。
6. 分析摄像机中对各种图像信号失真的补偿和校正方法。
7. 了解彩色摄像机的自动检测控制。
8. 掌握彩色摄像机的性能指标和调整方法。
9. 粗知单管摄像机的内装条状滤色器对色光进行光学调制编码原理。
10. 了解三片 CCD 彩色摄像机和单片 CCD 摄像机工作原理。

§ 2.1 彩色摄像机的分类与组成

电视摄像机是教育电视系统中的关键组成部分,其性能好坏直接影响最终电视图像质量。由于使用条件不同,对摄像机的要求不同。

一、彩色摄像机分类

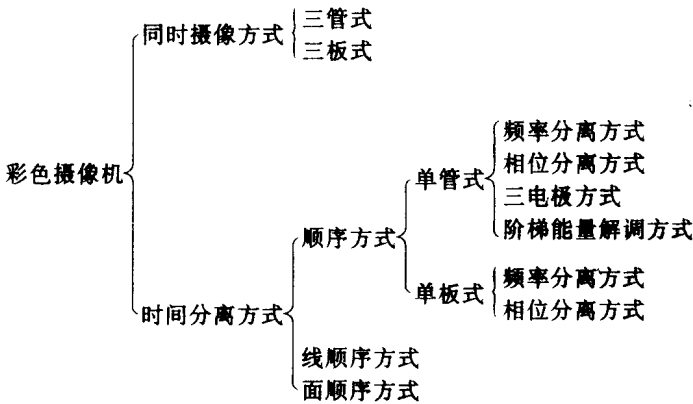
若按摄像机的用途和形式大致可分三类,如下所示:



演播室用摄像机的清晰度最高,图像质量最好,但体积稍大。由于工作条件,例如照明强度、色温等都可以固定在有利于摄像机工作的范围内,因此,保证其低惰性、高动态分解力等指标不困难,它的最重要的指标是高信噪比和高静态分解力。现场节目制作(EFP)用摄像机的质量与演播室摄像机相近,但体积小些。电子新闻采访(ENG)用摄像机的质量比演播室摄像机稍低,体积小、轻便,能够拍摄高速运动的物体,能适应室外的照明强度、色温以及工作温度的大范围变化,所以 ENG 摄像机的动态分解力(特别是在照明不高的条件下)、灵敏度和消除高亮度惰性的

能力都较高。家庭用摄像机均为摄录一体机,其特点是微型、节电,画面质量比 EFP 和 ENG 机都低。监视用摄像机轻便、价格便宜,图像质量低于上述各机,但在某些方面具有特殊功能。近 10 年来,由于微电子技术的发展,特别是固体摄像技术、微处理控制与数字技术的发展,使摄像机的功能与质量产生了新的飞跃,研制出演播室内、现场节目制作(EFP)和新闻采访(ENG)三方面通用的携带式彩色摄像机。当前广播用的便携式彩色一体化摄录机也已出现。

摄像机按摄像方式来分类,如下所示:



同时摄像方式是将被摄景物分解为红、绿、蓝三个基色光像,然后同时成像在相应的三个摄像器件上,并由三个器件中同时取出三个基色 R、G、B 信号。这种方式的典型代表是三管式彩色摄像机。

时间分离摄像方式是将三基色光像按时间分离,并依次取出。目前通用的单管或单板彩色摄像机均采用时间分离方式中的顺序方式。表中的顺序方式又有频率分离、相位分离等多种方式;而线顺序方式现无产品;面顺序方式只在一些特殊的摄像机中采用。

在教育电视系统中目前仍广泛采用便携式彩色摄像机作为节目制作的信号源。为此,本章着重讨论便携式彩色摄像机的原理。

二、彩色摄像机的组成

要在彩色电视荧光屏上重现出一幅彩色图像,首先需通过彩色摄像机拍摄到彩色图像。根据彩色电视的三基色原理可知,摄像机需先将彩色景物的光信号进行分色,这种系统称为分色系统。目前较常用的是分色棱镜系统,如图 2-1 所示。

景像的彩色光经过具有图 2-2 所示的分光光谱特性的分色棱镜系统后,分色系统后面的三个摄像管分别摄取相应通路上的红、绿、蓝三个基色图像,用三支摄像管分别摄取三个基色图像的摄像机称为三管式彩色摄像机。除了三管式摄像机外,也可采用由固体摄像元件代替摄像管而成为三片式摄像机。在摄像管或固体摄像元件相对昂贵或小型化为首位要求的条件下,还可用一支摄像管(一片)或两支摄像管(二片)来拍摄,利用光学滤色条对所拍摄的景物图像进行光学编码,经过解调电路分离出红、绿、蓝三个基色图像信号,称为单管(单片)彩色摄像机或两管(二片)彩色摄像机。

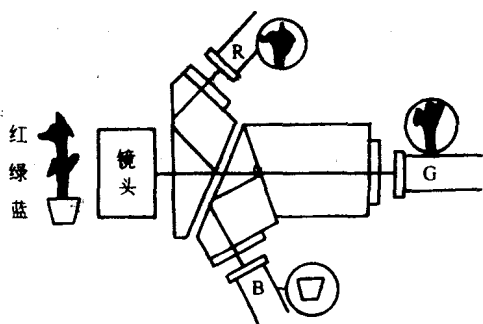


图 2-1 三管式彩色摄像机分色系统原理

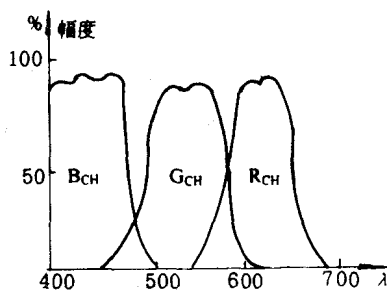


图 2-2 分色系统的分光光谱特性曲线

由于摄像管输出的图像信号是非常微弱的,为了形成符合电视制式所规定要求的彩色全电视信号,必须进一步放大和处理。因此,作为一个完整的彩色摄像机还需设置一系列电路。从上述分析不难看出,摄像机主要由三部分组成:(1) 摄像光学系统;(2) 摄像器件;(3) 电路系统。图 2-3为三管摄像机的原理方框图。下面分别予以阐述。

§ 2.2 摄像机的光学系统

光学系统是彩色摄像机的主要组成部分,是决定电视图像质量的关键部件之一。三管式(或三片式)彩色摄像机的光学系统的作用是将拍摄的景物转换为二维的光像,并把一幅彩色光像分成 R、G 和 B 三幅单色像,分别投射到三个摄像器件上。成像与分光任务是分别由镜头和分色系统完成的。因此,一般摄像机的光学系统由变焦距镜头、分色系统、中性滤光片和色温滤光片等组成。

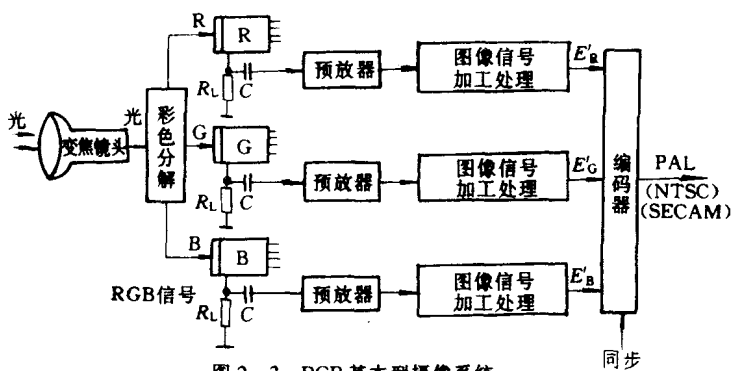


图 2-3 RGB 基本型摄像系统

一、透镜成像误差及补偿

除平面反射镜外,没有像差的光学系统——理想光学系统是不存在的。所以,了解透镜成像误差的性质和如何补偿,使其误差减小,成了提高透镜质量的重要问题。

1. 球差

当界面为球面的透镜(以下简称透镜)或球面镜的孔径较大时,从轴上物点发出的单色光束通过透镜或球面镜的不同“环带”造成的像点不会在同一位置上,这样所造成的像差称为球差。如图 2-4 所示。由于凸透镜的边缘部分比中心部分弯曲得厉害,所以通过边缘部分的光线比近轴光线折射得严重,致使边缘部分的光线会聚于焦点 F 之前的 F_M 点,因此,在焦点处形成一个中心亮、边缘模糊的小圆盘,而不是一个很清晰的小圆点,即产生了像差,称为球差。

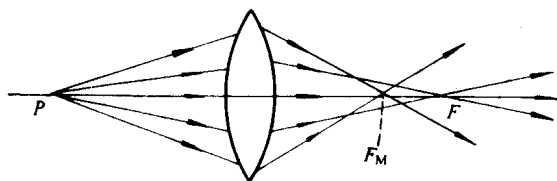


图 2-4 凸透镜的球差光路图

2. 色差

若入射光是复色光时,由于入射光具有不同的波长,平行入射到凸透镜时,玻璃对波长较长的光折射率小,波长较短的光折射率大,因此,不同波长的光经透镜后将会聚在不同的位置,即产生了像差,这种像差称为色差。图 2-5 表示由轴上物点 P 发出复色光经透镜成像的情形:波长较短的蓝光形成像点 Q_F ,波长较长的红光形成像点 Q_C 。如果用一张白纸由远处向透镜移动时,纸面上先出现边缘发蓝的光点,然后出现边缘发红的光点,即出现了彩色的边缘。

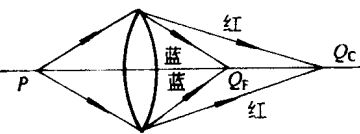


图 2-5 凸透镜的色差

3. 像的几何畸变

这种畸变影响像与物的几何相似性,即影响像的几何形状的像差称几何畸变。例如,产生桶形畸变和枕形畸变。

(1) 桶形畸变

若在垂直于光轴的平面上放置一个如图 2-6 所示的网状物,并在物和透镜之间加入一个光

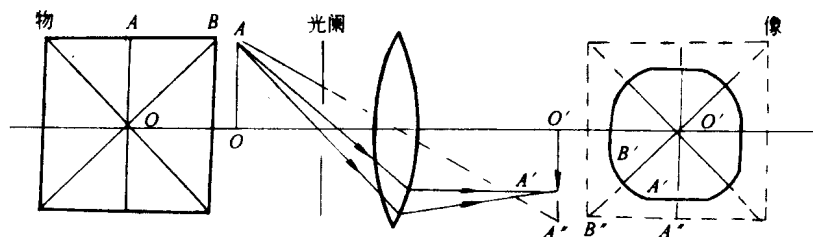


图 2-6 桶形畸变的产生

阑,则物体各点射出的光线只有通过光阑的部分才能到达透镜。当物点离光轴愈远,射出的光线通过光阑到达透镜时,愈接近边缘位置,经过透镜后被折射得愈厉害,这些光线会聚的点就愈靠近光轴。如 A 点的像点 A' 点比没有像差时的 A'' 靠近像的中心,而 B 点的像点 B' 点比 B'' 点向中心靠拢得更多,故直线段 AB 的像 $A'B'$ 不再是一条直线,而是一段两端向内弯曲的曲线,整个像面

的四个角向中心收拢的最大,显得中间向外凸,这种畸变称为正畸变,也称桶形畸变。

(2) 枕形畸变

如果把光阑的位置改变一下,放在透镜与像之间,如图 2-7 所示。经过透镜边缘的光线通过光阑后会聚而成的像点,将远离像中心,其远离的距离随物点离物的中心距离而变。如图中 B 点的像 B' 点偏离的距离比 A 点的像 A' 点偏离的距离大,这样,原直线段 AB 的像成为一段两端向外弯曲的曲线 $A'B'$,像面的四个角向外拉伸,这种畸变称为负畸变,也称枕形畸变。

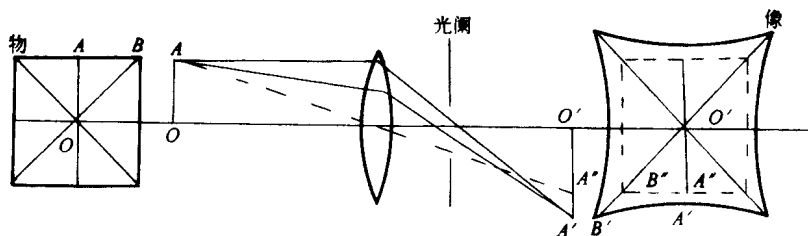


图 2-7 枕形畸变的产生

4. 球差和色差的补偿

由于凹透镜对边缘光线向外折射较大,如图 2-8 所示,所以可以补偿凸透镜的球差。另外,由于凹透镜对复色光中的蓝光向外折射较大,如图 2-9 所示,所以可以补偿凸透镜的色差。因此,只要凹透镜与凸透镜适当地组合起来,即可得到消除像差(包括球差和色差)的光学系统。这样便需要有如图 2-10(a)和(b)所示的双透镜组和胶合双透镜。

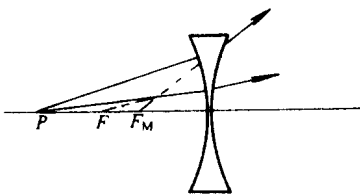


图 2-8 凹透镜的球差

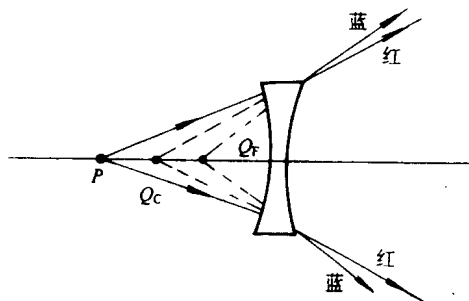


图 2-9 凹透镜的色差

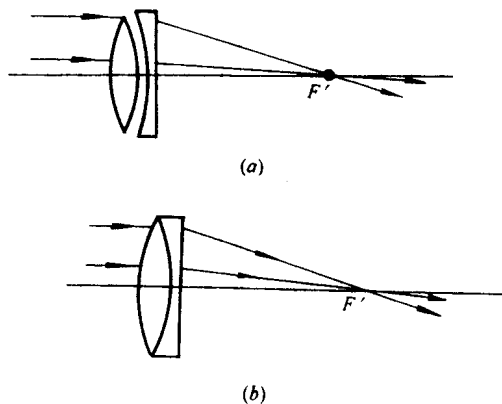


图 2-10 双透镜组和胶合双透镜

5. 几何畸变补偿

由图 2-6 与图 2-7 看到,当光阑位置不同时,透镜产生的像畸变恰好相反。如果把光阑放在两个透镜中间,那么第一个透镜引起的枕形畸变就可能被第二个透镜引起的桶形畸变抵消。

二、变焦距镜头

为了使电视节目更加生动活泼,即要观看景物的全貌,又要观看景物的细节,就要求摄像系统能提供全景与特写不同的场面;有时在跟踪拍摄活动景物时,又希望景物成像的大小不变。为了完成上述功能和方便拍摄人员操作,近年来广播彩色摄像机均采用焦距在相当大的范围内可变的变焦镜头。尤其随着 ENG 和 EFP 彩色摄像机的发展,已研制出 12~22 倍率的变焦镜头,性能达到了广播标准摄像机的要求,这就使 ENG 和 EFP 便携式彩色摄像机在新闻采访及教育电视中得到广泛使用。目前国内外已生产变焦比高达 55~70 倍的镜头,例如,9~500 毫米和 30~2100 毫米范围的变焦镜头。

根据已学过的有关光学透镜知识,知道:

1. 成像面与焦距的关系

有 $\frac{1}{f} = \frac{1}{S} + \frac{1}{S'}$ (S 为物距, S' 为像距, f 为焦距)

由于一般拍摄的景物离摄像机较远, $S \gg f$, 因此, 上式成为 $S' \doteq f$ (2-1)

即摄像管的靶面位置 S' , 应该接近于摄像光学透镜系统的焦点 f , 这是摄像系统比较特殊的地方。另外, 当 f 改变时, S' 也变, 即成像面改变。

2. 成像大小与焦距的关系

有 $m = \frac{S'}{S}$ (m 称透镜放大率)

由 2-1 式当 $S \gg f$ 时 $S' \doteq f$, 故

$$m \doteq \frac{f}{S} \quad (2-2)$$

即放大率是焦距和物距的函数。当 $S = \text{常数}$ 时, 则 m 与 f 成正比, 即像的大小随 f 而变化。因此, 在变焦范围内跟踪拍摄活动景物时, 为了使景物成像大小不变, 在被拍景物远离摄像机时, 应增加焦距, 即拉长焦距; 当景物靠近摄像机时, 应缩短焦距。

3. 视场角与焦距的关系

视场角(即拍摄范围)是由镜头系统主平面与光轴交点看景物或像面的线长度(H_1 或 H_2 , 即水平、垂直或对角线)时所张的角度, 如图 2-11 中的 θ 角。由于 $S' \doteq f$, 则有

$$\theta = 2\text{tg}^{-1} \frac{H_1}{2S} = 2\text{tg}^{-1} \frac{H_2}{2f} \quad (2-3)$$

(如果 H_2 代表有效成像范围的高度, θ 就是镜头的垂直视场角; 如果 H_2 代表的是有效成像的宽度, 则 θ 就是镜头的水平视场角。)

当摄像器件的成像尺寸(H_2)确定后, 则视场角就只与焦距有关; 镜头焦距越短, 视场角越大(θ 角大), 即所拍摄的景物范围愈大, 这相当于拍摄全景; 反之当镜头焦距越长, 则视角愈小, 看到的景物范围愈小, 这时相当于拍特写。

4. 像面照度与焦距和透镜孔径的关系

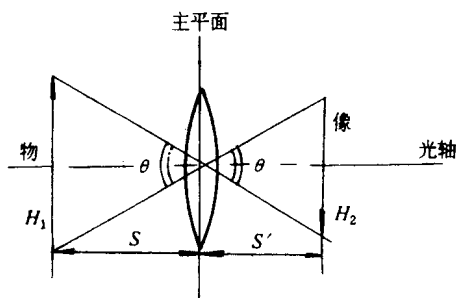


图 2-11 透镜的视场角

当物距 $S = \text{常数}$ 、透镜的孔径不变时,进入透镜的光通量将不变,根据 $m \doteq \frac{f}{S}$ 知,焦距越长,像的面积也就越大,故像面照度越小。

另一方面,像面照度与镜头的孔径有关,孔径大的镜头透光能力强,像面照度大;反之,透光能力弱,则像面照度小。一般来讲,变换镜头的孔径是不现实的,为了在某一固定的镜头孔径情况下能控制入射光的强弱,人们设计了光阑。装置如图 2-12 所示。如光阑的直径 d 使镜头实际有效孔径变为 D (又称入射光瞳),则光阑直径 d 越大, D 越大,到达像平面的光通量也就越大。另外,光阑靠近透镜,入射光瞳 D 也会变小。入射光瞳的最大值就是这个镜头的最大有效孔径。

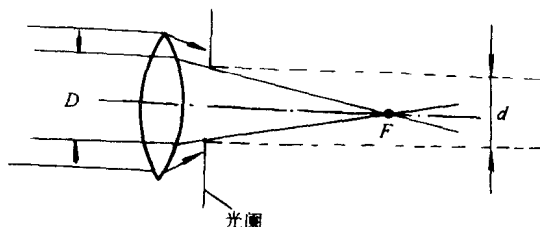


图 2-12 光阑

考虑上述两个因素对像平面照度的影响,通过计算得到像平面的照度 E 与 $(D/f)^2$ 成正比,即

$$E \propto \left(\frac{D}{f}\right)^2 \quad (2-4)$$

D/f 称为透镜的相对孔径。式(2-4)说明,用相对孔径这个参数,就可以对不同镜头的透光能力进行比较。由于一般 $f > D$,所以习惯上都用相对孔径的倒数 (f/D) 来标记光圈的大小,称为光圈指数 F ,故

$$E \propto \left(\frac{D}{f}\right)^2 \propto \frac{1}{F^2} \quad (2-5)$$

即光圈指数或 F 指数值愈小(光圈越大),则透光能力越大。

根据式(2-5),在连续变焦时,像面的照度要改变,这样对图像质量有影响。为了保持像平面照度不变,必须要求相对孔径为常数,即在变焦过程中,入射光瞳(D)也跟着改变。但实际上,在变焦的过程中不易保持像面照度不变,不过,在较好的摄像光学系统中不易察觉。一般情况下,可以看到像面照度在长焦距时比短焦距时要暗些,在焦距的中间值附近变化时比较好。

5. 景深与焦距的关系

光学镜头能把景物空间中一定范围的物体在像平面上都形成较清晰的像,这个范围所对应的“空间深度”(纵深距离)称为景深,如图 2-13 所示的 ΔS 。图中 $\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2$, ΔS_2 称后景深, ΔS_1 称前景深。若被摄景物平面在 A 处,则像面 A' 前后的 $B' \sim C'$ 范围内都可得到清晰的像, $B' \sim C'$ 这段距离称焦深。

设 y 等于像平面上尚可被认为是一个点的最大直径,当 $S \gg f$ 时,

$$\Delta S_1 \doteq \frac{yS^2}{Df} \quad (2-6)$$

同理可以求出 ΔS_2 , 而 $\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2$ 。

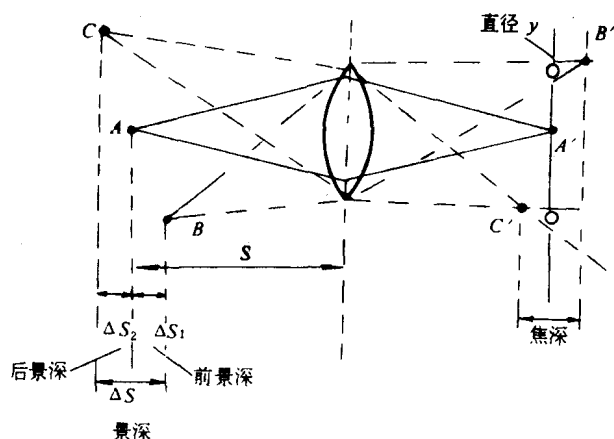


图 2-13 景深和焦深

由式(2-6)可知,当物距 S 一定、 D 为一定值、 f 愈小(即短焦距)时,景深愈大; f 愈大(即长焦距)时,景深愈小。另外还可知景深与 S^2 成正比,即物远,景深大。当 f 不变、 S 不变时, D 愈小(即 F 指数越大或日光圈越小),景深范围愈大。

6. 变焦距镜头

由上面分析看出许多摄像功能都与透镜的焦距有关。因此,要求摄像机配有变焦功能的镜头,即变焦距镜头。最简单的变焦透镜是由两个凸透镜组成的组合透镜构成的,如图 2-14 所示。其等效厚透镜的焦距 f (称等效焦距),由两个单透镜的焦距 f_1 和 f_2 以及它们之间的距离 d 决定,即

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 f_2} \quad (2-7)$$

可见改变两个透镜间的距离 d 就可以改变等效焦距 f 值,达到变焦距的目的。

在实用中总希望组合透镜变焦比尽量大一些(变焦比 $n = \frac{\text{最长焦距}}{\text{最短焦距}}$),由式(2-7)可以看到,在 d 一定的条件下,采用

一个正透镜($f_1 = 1$)和一个负透镜($f_2 = -1$)组合方案,要比采用两个正透镜的组合透镜变焦比大。证明如下:

当 $f_1 = +1, f_2 = -1$ 时,代入式(2-7)

则
$$\frac{1}{f} = d$$

如果使 d 由 $d_1 = \frac{1}{600}$ 变到 $d_2 = \frac{1}{20}$,

等效焦距便由 $f_{d_1} = 600$ 变到 $f_{d_2} = 20$

则
$$n = \frac{600}{20} = 30$$

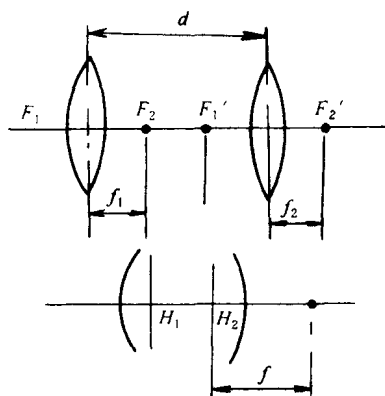


图 2-14 组合透镜的焦距