

高等学校教学用书

教育电视节目制作

乌美娜 等著

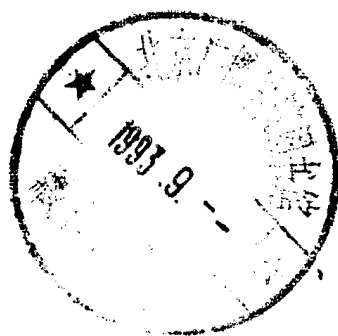


北京师范大学出版社

高等学校教学用书

教育电视节目制作

乌美娜等 编著



北京师范大学出版社

467823

(京)新登字160号

高等学校教学用书
教育电视节目制作
乌美娜等 编著

北京师范大学出版社出版发行
全国新华书店经销
北京师范大学印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张 21.5 字数: 536千
1993年5月第1版 1993年5月第1次印刷
印数: 1-1 700

ISBN7-303-01806-9/G · 1144

定价: 13.70元

内 容 简 介

01122-34-05

本书全面系统地论述了教育电视节目制作的基本理论和有重点地介绍了制作系统设备的原理和操作技术，并对电视教材的编制作了扼要的综述。

本书共分九章。第一、二、三章围绕着电视节目的基本组成元素—镜头的拍摄介绍了摄像机及其使用、画面构图原理和照明技术；第四、五、六章详细阐述了镜头的转换、加工、组接原理和编辑录像技术与设备；第七章集中研究电视节目中声音的拾取、加工技术与设备以及声画关系；第八章全面介绍教育电视节目编制的一般过程和制作人员的职责，着重论述了剧本的编写和导演工作；第九章突出电视教材的编制，综合阐述了电视教材的特性和教学功能，电视教材的教学设计和评价以及教材中的心理学和教法问题。

本书内容丰富、图文并茂，是一本教育技术（电化教育）专业教材，也可作为电视节目编制人员和教育工作者的参考书。

序 言

《教育电视节目制作》一书是由我校教育技术专业电视教育教研室的同志们根据教学需要在乌美娜副教授编写的同名讲义的基础上修改而成的。在编著过程中充分吸取了1983年以来的教学实践经验和九届本科学生在学习过程中的反馈意见。

电视教育教研室的同志们十余年来为中央电视大学、中国电视师范学院、中国教育电视台、中央电视台、北京电视台和本校及兄弟单位编制了约2000多部各种类型的教学片、校园剧和科教专题片，还曾几次与国外有关单位合作摄制教学节目，并多次在国内外获奖，积累了丰富的实际制作经验。在编写本书时，他们力图充分运用这些实践经验，又查阅和参考了许多国内外有关资料，以求理论上更为准确和系统上更加完善。

本书的编排中注意到理论知识与实践经验的有机结合和电视硬件系统知识与电视软件编制理论相结合，使学生能更好地掌握电视制作技术。书中还配有几百幅插图，使文字叙述和图象表述相结合，有助学生理解学习内容和形成视觉形象思维能力。

多年来，该教材还以讲义的形式在中国/联合国儿童基金会合作项目的四次媒体制作培训班和国家教委、航空航天部及铁道部等单位为电教人员和专业教师举办的电化教育培训班以及在中华社会大学电教专业和我校大专、续本科教育中被先后使用多次，深受学生和受训人员的欢迎。该书不仅是一本很好的适合学生学习的专业教材，亦是教育电视节目编制者和教育工作者的一本非常有用的参考书。

杨圭南教授

尹俊华副教授 1991. 12

编 者 的 话

近十几年来,电视、录像作为一种信息传播媒体在地域广阔、人口众多的我国发展极为迅速,已成为当前应用极为广泛和普遍的教育、教学技术手段,在基础教育、高等教育、职业技术教育、社会教育和继续教育中都发挥着重要的作用。

我校现代教育技术研究所根据社会需求,早在1983年春季便为本科生开设了“教育电视节目制作”课。1984年完成了讲义的编写,并且在1987年全国电化教育工作会议之后作了系统的修改。电视教育教研室的同志根据多年来节目制作的实践经验和指导学生的教学经验对原讲义进行了深入的研究并分工进行修改和重新编写。

本书的基本结构是根据学生学习的认知过程而设计组织的。从组成教育电视节目的最基本元素——镜头的拍摄入手,详细地论述了摄像、画面构图和照明技术,使学生感到具体和容易掌握;然后再深入到画面转换、特技加工、镜头组接、编辑与录像和声音制作技术;最后介绍综合性强、难度较大的编导理论。有关电视教材的特性、教学功能、教学设计、评价及教育心理等内容,由于已有各自的教材,本书只作简要的阐述,以促进学生综合利用有关的知识、理论。学习各章内容时应安排相应的实验,使学生在操作中加深对各部分内容的理解,最后要求学生完成一个片断节目制作的综合作业,以掌握电视节目制作的全过程。

本书共九章,分别由下列同志编写:潘枫:第一章、第六章;刘卫平:第二章;乌美娜:第三章、第九章;聂兵:第四章;成国志:第五章;胡白宏:第七章;杨培桐:第八章。最后由乌美娜统稿。

从讲义使用到本书编写过程中征得许多老师和同学们的宝贵意见,并得到学校出版社、无线电电子学系、现代教育技术研究所、教育技术中心的支持和帮助,在此谨表示感谢和致意。

作者

1991.12

目 录

第一章 摄像机及其使用	(1)
第一节 摄像机的组成、工作原理和 功 能.....	(1)
第二节 摄像机的种类及其主要 性 能和特点.....	(42)
第三节 摄像机的 使 用.....	(48)
第二章 画面构图	(59)
第一节 画面构图的目的和 任 务.....	(59)
第二节 电视画面构图的特点和构图 要 素.....	(60)
第三节 构图 原 理.....	(67)
第四节 画面构图的表现 手 法.....	(82)
第五节 空间、立体形状和质感的 表 现.....	(91)
第三章 光线和电视照明	(94)
第一节 电视照明的任务和目的.....	(94)
第二节 光线条件和 效 果.....	(96)
第三节 电视照明的基本 设 备.....	(108)
第四节 电视照明的基本步骤和若干 方 法.....	(119)
第四章 电视画面的转换和特技效果	(125)
第一节 电视画面的转换与处理 方 式.....	(125)
第二节 电视特技方式的选择与 应 用.....	(136)
第三节 电视特技台系统及其 设 备.....	(143)
第五章 镜头组接原理	(163)
第一节 蒙太奇的 含 义.....	(163)
第二节 镜头组接的原则和 方 法.....	(165)
第三节 蒙太奇句子、段落及其时空 转 换技巧.....	(181)
第四节 画面的节奏及其 处 理.....	(185)
第六章 磁带录像机、录像与编辑	(189)
第一节 录像机的组成、原理及 种 类.....	(189)
第二节 录像机的 使 用.....	(202)
第三节 录像节目的重放与录制 方 式.....	(218)
第四节 编 辑.....	(220)
第七章 电视音频设备和制作技术	(238)
第一节 人耳对声音的 感 觉.....	(238)

第二节	音频制作系统及设备的使用.....	(241)
第三节	声音构成与声音蒙太奇.....	(260)
第四节	音频制作技术和录音评价.....	(264)
第八章	教育电视节目的编制.....	(271)
第一节	教育电视节目.....	(271)
第二节	教育电视节目的制作过程与制作人员.....	(275)
第三节	文学剧本(文字稿本)的编写与创作.....	(285)
第四节	导演工作.....	(296)
第九章	电视教材的设计与开发.....	(307)
第一节	电视教材的传播特性与使用类型.....	(307)
第二节	电视教材教学功能的开发.....	(310)
第三节	电视教材的教学设计.....	(313)
第四节	电视教材的评估.....	(317)
第五节	电视教材中的心理学与教学法.....	(327)
第六节	电视教材编制中的导演.....	(331)

第一章 摄像机及其使用

摄像机，是电视通讯中最基本的设备，也是电视录像节目（本书中均简称为电视节目）制作的基本工具。在一部电视节目制作的全过程中，当我们进行了必要的剧本准备之后，实拍的第一道工序就是用摄像机摄取图象。也就是说，要把我们头脑中的构思及由此写出的文字材料——剧本，转变为用电视语言来表达我们意图的一个电视作品，摄像是第一步。摄像机拍摄什么东西以及如何去拍，关系到我们的观众，我们的教学对象将看到和学到的内容。大部分节目的质量和制作的决定取决于摄像机的性能和限度。如果你有一部很好的剧本和精干的队伍，但是没有好的摄像机、或者有了好的摄像机而摄像人员不能很好地掌握和应用，要想制作出好的电视节目（包括电视录像教材）都是不可能的。一个好的摄像人员，应该对你手中的摄像机的性能、原理等有较为深刻的了解，这样才能使你运用自如。

在这一章里，我们将讨论如下内容：

- 摄像机的组成、工作原理和功能，
- 摄像机的种类及其主要性能和特点，
- 摄像机的使用。

第一节 摄像机的组成、工作原理和功能

不论是什么样的摄像机，其工作的基本原理都是一样的，即把光学图象信号转变为电信号（见图1-1），当我们拍摄一个物体时，此物体上反射的光被摄像机镜头收集，使其聚焦在摄像器件的受光面（例如摄像管的靶面）上，

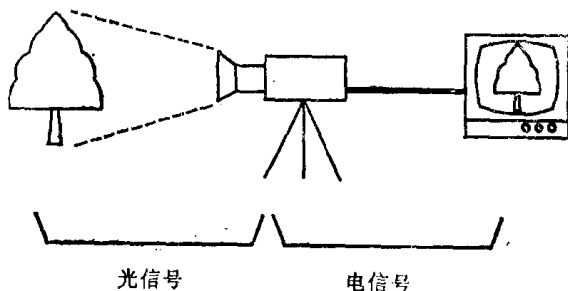


图 1-1

再通过摄像器件把光转变为电能，即得到了“视频信号”，但信号很微弱，需通过预放电路进行放大，再经过各种电路进行处理和调整，最后得到的标准信号可以送到录像机等记录媒介上记录下来，或通过传播系统传播或送到监视器上显示出来。

摄像机主要由以下几个部分组成：镜头系统、主机、寻像器、电源、话筒、通讯系统，电缆、支撑系统（见图1-2）

一、镜头系统 (Lens System)

镜头系统又可称为外部光学系统 (External Optical System)。需要注意的是，“镜头”一词有两种含义，一种是指安装在摄像机上的、由许多光学玻璃镜片及镜筒等部分组合而成的光学装置 (Lens)，另一种是指电影或电视拍摄时的一段固定或活动图象的内容 (Scene)。在本节中，我们主要用的是前一种。（见图1-3）

摄像机上的镜头与普通照相机的镜头起着同样的作用，用来收集从物体反射来的光，并

使其聚焦并投射到摄像器件的受光面上。也就是说，利用镜头，我们可根据需要选择一定的视场范围，并得到这一视域景物缩小的清晰的光学图象，再由摄像器件转换成视频信号。所以镜头本身的性能对我们在电视屏幕上看到的图象有很大影响。况且摄像机镜头是由摄像人员来操作的，对其功能的了解程度以及能否正确的加以运用，也是保证图象质量的重要因素（摄像机内的其它部分一般在拍摄过程当中都是不调整的）。下面，我们就对镜头的光学性质及其工作特性做些具体的分析和介绍。

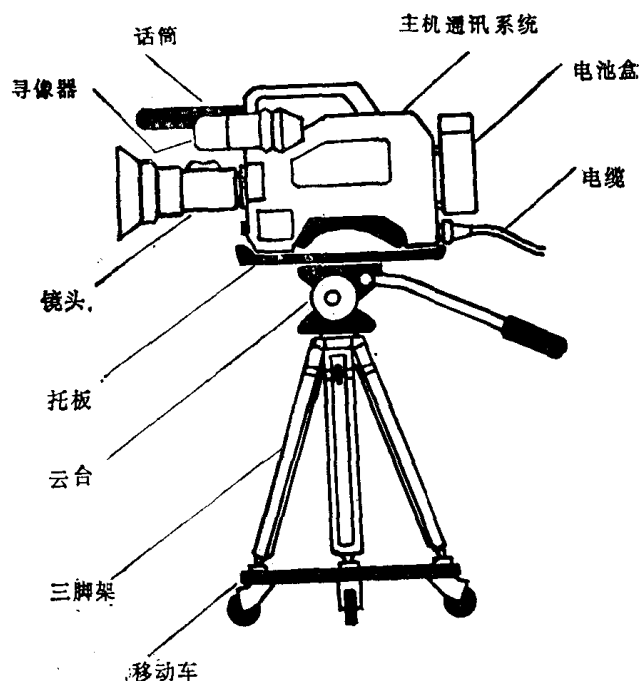


图 1-2 摄像机的组成

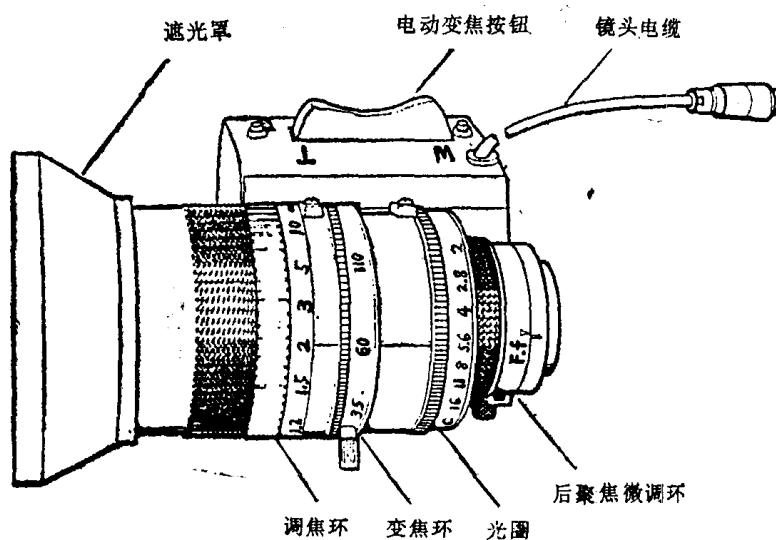


图 1-3 镜头系统

1. 镜头的光学特性 (Optical Characteristics)

对于不同远近的物体，希望拍摄后能得到不同大小的图象，则选用什么样光学特性的镜头是有着决定意义的。一个镜头可以使一个物体拍摄下来看起来很远，但实际上离摄像机很近；相反，用另一个镜头拍摄离摄像机很远的物体，看起来却很近；镜头还可以使细小的东

西拍摄后看起来很清楚；也可以使清楚的物体拍摄后变得模糊……。总之，选用镜头的种类及使用方法决定了图象的放大倍数、图中物体的尺寸、拍摄的视场及视觉立体感等。那么，就镜头而言，它有哪些主要的光学特性呢？

(1) 焦距特性与视场角

A. 焦距 (Focal Length)

焦距是镜头的基本特性。平行于光轴入射的光线通过单透镜会聚在光轴上的某一点F，该点到透镜中心的距离称为焦距 f ，如图1-4。

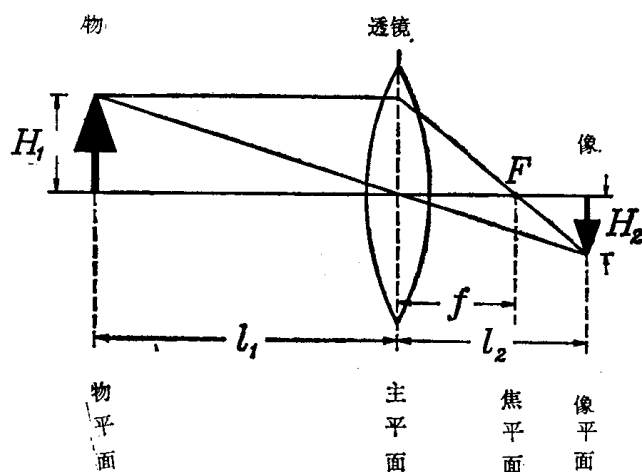
由图可推导出焦距与物距和像距之间的关系式：

$$\frac{1}{f_1} = \frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_2} \quad (1-1)$$

像的线长度与物的线长度之比称为线放大率（放大倍数），可用 β 表示，由图1-4及式(1-1)可得：

$$\beta = \frac{H_2}{H_1} = \frac{l_2}{l_1} = \frac{f}{l_1 - f} \quad (1-2)$$

由式(1-2)可看出焦距和物距可以决定放大率：焦距 f 不变时，物距 l_1 越小，放大倍数 β 越大；当物距 l_1 不变时，放大倍数 β 只取决于焦距 f 的大小，焦距越长，放大倍数越大。



F —焦点， f —焦距， l_1 物距， l_2 像距
 H_1 —物的线长度， H_2 —像的线长度

图 1-4

按透镜焦距的长短，可做成不同的镜头。有短焦距镜头 (Short-focal Length Lens)；有长焦距镜头，又称望远镜头或远摄镜头 (Long-focal Length lens, Telephoto-Lens)；介乎二者之间的镜头为中焦距镜头 (Medium-focal Length Lens)。长焦距镜头的焦距比中焦距镜头长，放大倍数大；短焦距镜头的焦距比中焦距镜头短，所以放大倍数也小（在相同物距的情况下）。从外形上看，也是长焦距镜头长，短焦距镜头短。为了减少像差的影响，镜头不是单片透镜，而是用若干个镜片组成一个透镜组。

对摄像机镜头来说，一般情况下，所拍摄下来的像总是远小于被摄物，即 $H_2 \ll H_1$ ，相应的 $l_2 \ll l_1$ ，也就有 $l_1 + l_2 \approx l_1$ ，则

$$f = \frac{l_1 \cdot l_2}{l_1 + l_2} \approx \frac{l_1 \cdot l_2}{l_1} = l_2 \quad (1-3)$$

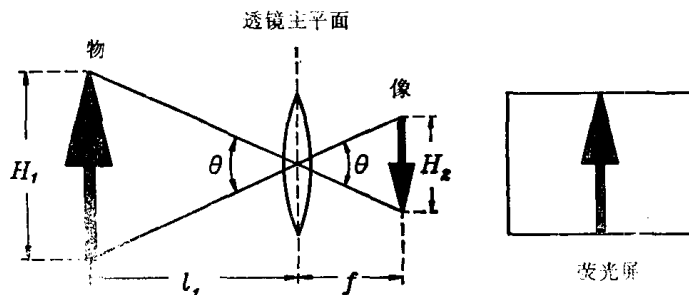
也就是说，当物距远大于像距时，像距近似等于镜头的焦距，像平面几乎就在后焦平面

上。

焦距大小的决定因素是透镜度数即表面曲率的大小，透镜表面曲率越大（度数越大），焦距越短。

B. 视场角 (Angular Field of View)

对于镜头来说，都具有一定的视场 (Field of View)，也就是通过镜头能观看到的一定的景物范围。电视镜头的视场是指电视荧光屏上所能观察到的最大被摄景物空间范围，也相当于在摄像器件上的有效成像范围（如摄像管靶面上的扫描光栅范围）。从镜头主平面中心（主点）向这一范围的两边边缘所张的角，叫视场角，也可简称视角 (Angle of View)（具体还可分为水平视场角和垂直视场角，二者之比为4:3）如图1-5中所示的角 θ 。



θ 视场角， f 焦距（近似为像距）， l_1 物距。
 H_1 物的高度或宽度， H_2 有效成像范围的高度或宽度

图 1-5

视场角可由下式求出：

$$\theta = 2 \operatorname{tg} \frac{H_1}{2l_1} = 2 \operatorname{tg} \frac{H_2}{2f} \quad (1-4)$$

$$\left(\text{其中 } \frac{H_2}{f} = \frac{H_1}{l_1} \right)$$

式 (1-4) 中， H_2 若是有效成像范围的高度， θ 就是镜头的垂直视场角；如果 H_2 代表的是有效成像范围的宽度，则 θ 就是镜头的水平视场角。当摄像器件的成像尺寸确定后，视场角就只与焦距有关。镜头焦距越短，视场角越大，我们看到的景物范围也越大，景物尺寸也就显得越小；若镜头焦距变长，视场角就变小，我们摄到的景物就少了（范围减小），但摄下来的部分却放大了很多（物距不变时）（见图1-6）。

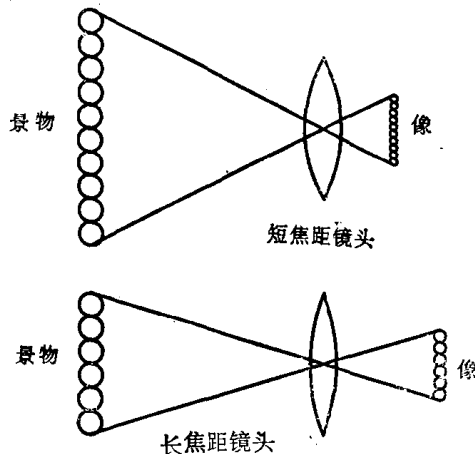


图 1-6 成像尺寸同样时，焦距变化对视场角以及景物范围的影响

用大约 $20^\circ \sim 27^\circ$ 水平视角的镜头拍摄下来的景物很像我们用眼睛所看到的景物大小，它的视场角及放大率和人站在摄像机位置看是差不多的，比较符合人眼的观看习惯，能给人以真实的透视感。所以把这样的镜头称为标准镜头或普通镜头 (Normal angle Lens)，相当于中焦距镜头。水平视角在 30° 以上的可称为广角镜头 (Wide angle Lens)，即为短焦距镜头，水平视角小于 20° 的是窄角镜头 (Narrow angle Lens)，也就是长焦距镜头。

视场角不完全取决于镜头焦距，还与摄像器件的成像尺寸的大小有关（如摄像管靶面尺寸）。不同的摄像机或摄影机具有不同的成像尺寸（见表1-1），利用式（1-4）可对不同成像尺寸的摄像器件算出在各种焦距下的水平视场角，如表1-2。

表 1-1

	超8毫米 摄影机	$\frac{1}{2}$ —英寸 摄像管	$\frac{2}{3}$ —英寸 摄像管	16毫米 摄影机	1 英寸 摄像管	$1\frac{1}{4}$ —英寸 摄像管	35毫米 摄影机
成像尺寸 (毫米)	5.7×4.1	6.4×4.8	8.8×6.6	10.3×7.5	12.8×9.6	17.1×12.8	22×16

表1-2 各种摄像管在不同水平视场角所对应的焦距

摄像管尺寸 焦距 (毫米)	$\frac{1}{2}$ —英寸	$\frac{2}{3}$ —英寸	1 英寸	$1\frac{1}{4}$ —英寸
水平视场角				
50°	6.9	9.5	14	18
35°	10	14	20	27
25°	14.5	20	29	39
15°	24	33	49	65
10°	36.5	50	73	98
5°	73	101	146	196

由表1-2可看出，对于同样的视场角，摄像器件成像尺寸越大，所需焦距越长。而镜头焦距相同，但摄像管等器件的成像尺寸不同时，得到的视角的宽窄也是不一样的，对大的成像面可算广角镜头，而对小的成像面就可能算标准镜头或窄角镜头了，如图1-7。

如果视角已经确定，由式（1-4），也可根据物距算出可拍摄景物的最大尺寸，或由景物的尺寸来算物距。

C. 变焦距镜头 (Zoom Lens)

较老的摄像机都附有一镜头转盘，可安装四个不同焦距的镜头进行变换，以满足摄像机进行各种拍摄的需要。但是摄像人员操作起来很不方便，而且在有些拍摄条件下（例如近水、隔水、近山、隔山、高温、强磁场或有污染的地方），改变物距是不太可能的，因而目前生产的摄像机均采用可变焦距镜头，简称变焦镜头。变焦镜头是由两组以上的透镜组

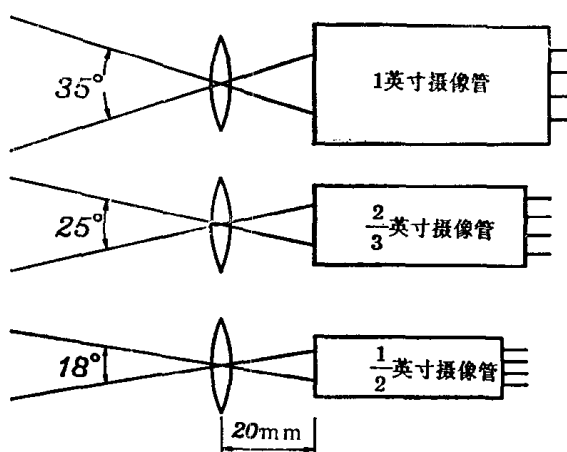


图1-7 都用20毫米焦距的镜头，摄像管大小与水平视角的关系

成，以实现在一定范围内焦距连续可调。从最长焦距到最短焦距，可以开始于任何焦距长度，然后推入（焦距变长）、拉出（焦距变短），改变着成像的大小和视场，使景物在视觉空间里移近或移远（未改变实际物距）。图象取景大小相应地可连续变化，而实际上并没有移动摄像机，使操作大大减化而且增强了艺术效果。

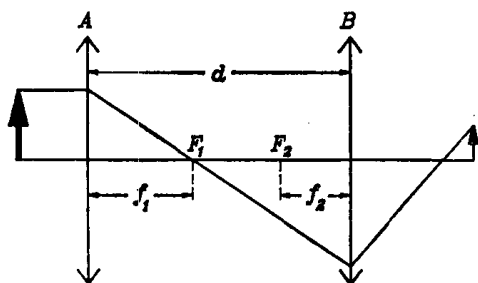


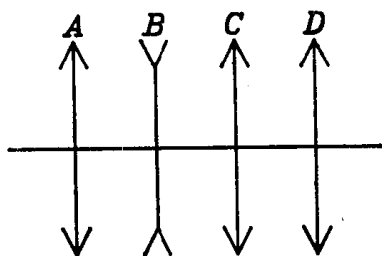
图 1-8 用两个透镜实现变焦距的原理图

变焦镜头是如何实现连续变焦距的呢？变焦镜头是由许多单透镜组成的，我们先从最简单的两个凸透镜组成的镜头谈起。在图1-8中，假设透镜A、B的焦距分别为 f_1 和 f_2 ，透镜间距为 d ，根据几何光学原理、组合焦距取决于 f_1 、 f_2 和 d ，其相互关系是：

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 f_2} \quad (1-5)$$

从此式可以看出，只要改变间距 d 就可以改变组合透镜的焦距了。这便是变焦镜头的基本原理。

然而从图1-8中可以看到，在改变焦距时，无论是固定A移动B，或是固定B移动A，像



A: 调焦镜 B: 变焦镜 C: 补偿镜 D: 移像镜

图 1-9 变焦距镜头原理图

的位置都将发生变化，而摄像机中摄像器件的位置是固定的，所以实际的变焦镜头是在B透镜之后加上第三透镜C，其作用便是移动B改变焦距时，透镜C也相应地移动，以确保像平面不随B的变化而变化。如果稍微移动透镜A，像平面仍会发生变化，这可用来微调像平面，使之刚好落在摄像器件的受光面上，成像更加清晰。对于三管机或三片机来说，镜头与摄像

器件之间还需要安装分光棱镜，这就要求第三透镜C与摄像器件之间有比较长的光路，而一般透镜的像距达不到这样长，所以在C后面再加一透镜D，可把像平面再向后边移动一定距离（见图1-9）。

实际上，真正的镜头中，A、B、C、D四种透镜又都是分别由一组透镜组成的，目的也是为了减小各种像差（见图1-10）。

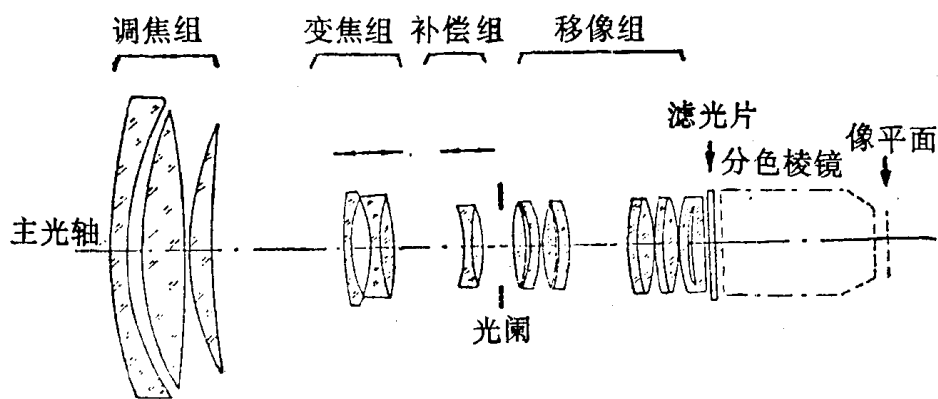


图 1-10 变焦镜头的结构

变焦镜头都有一个最长焦距和最短焦距，最长焦距与最短焦距之比称为“变焦比”（Zoom Ratio），即：

$$\frac{\text{最长焦距}}{\text{最短焦距}} = \text{变焦比（倍）}$$

例如，镜头的焦距为9~126毫米，则变焦比就是14倍。变焦镜头的型号中通常有两个数字相乘，第一个数字表示变焦比，第二个数字表示最短焦距。那么变焦范围在9~126毫米，其型号就标注为14×9。反过来，如果一个镜头型号标有10×12，则表明这个镜头具有10倍的变焦比，最短焦距是12毫米，最长焦距是120毫米。也就是它的变焦范围是12~120毫米。目前，便携式摄像机所用镜头的变焦比一般在6~24倍，其中又以10~18倍的居多。另外，国内外也已生产出变焦比达55~70倍的镜头，例如9~500毫米和30~2100毫米的变焦范围的镜头。

变焦镜头外面的镜筒上均有一个变焦环，可带动里边的变焦透镜组。老式的镜头是将环前后推拉来改变焦距，同时旋转此环可兼作聚焦用。而现在绝大部分是单独设置一个旋转式变焦环来改变焦距（见图1-3），而且大多都带有电动变焦（Zoom Servo），即靠一个无级调速电机带动变焦环旋转，并用一个翘翘板式的按键控制电机运转。按动按键向标有T（Telephoto）的一端倾斜时，可使镜头向长焦距变化；向标有W（Wide）的一端倾斜时，镜头向短焦距变化。控制按动力的大小，便可改变电机速度，也就改变了变焦速度。若停止按动，变焦环将停在某一焦距上。电动变焦的优点就是变焦速度均匀，不足之处是受到一定的速度上限的限制，不能快推快拉，但可用手动变焦（Zoom Manual）来弥补，通过镜头上的一个电动/手动转换开关可以进行二者之间的转换。如果在镜头上安装遥控附件，还可增加遥控变焦的功能。

为了扩大远摄范围，许多变焦镜头内装有扩展镜，或称倍率镜，能使焦距增加到原来的2倍（也有1.5倍或2.5倍的）。

D. 调焦（Focus）

调焦也可称为聚焦。在实际情况中，被摄景物有远有近，根据公式（1-1），焦距一定时，像距会随物距变化而变化。因此，远近不同的景物的像平面也不是都在同一位置，总会有所差别。当像平面落在摄像器件受光面的前方或后方时，拍摄的图象显得模糊不清，称为散焦。因此，我们必须通过调焦（聚焦）过程，使光线通过摄像机镜头后准确地会聚在摄像器件的受光面上，得到轮廓清晰的景物图象（见图1-11）

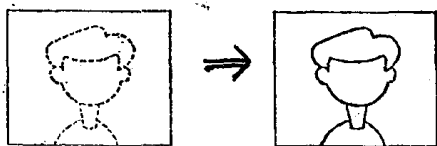


图 1-11 调焦

一般摄像机都有前聚焦和后聚焦两种调焦。前聚焦便是根据物体一方的距离调整镜头前部的调焦环（又称聚焦环）带动内部的调焦组透镜前后移动，让焦距稍微有所改变，使像平

面落在受光面上。调焦环上刻有标识数字，指示焦点最清晰的景物距离，通常可调范围从1米左右到无限远。这种前聚焦在长焦距情况下调整作用最为明显。通过遥控附件，也可对调焦进行遥控。

后聚焦一般是调整镜头的后截距。后截距即镜头光学系统最后一个表面的顶点到像方焦点（可近似为到像平面）的距离，在 $\frac{2}{3}$ 英寸摄像机内一般为40多毫米。当镜头和摄像器件之间距离与后截距不一致时，成像面就落不到受光面上，图象就会模糊。在长焦距情况

下，用前聚焦调整方法也许可以解决问题，但在短焦距情况下调焦环就无能为力了。当然，若调整摄像器件（如摄像管）的前后位置，也是可以调整好聚焦的，但是需要打开机壳，技术也比较复杂，一般并不采用。所以，实际的后聚焦调整通常是利用在变焦镜头后面专设的一个标有F. B或F. f的后聚焦微调环（见图1-3）来改变后截距，即微调变焦镜头里面最后一组移像透镜组的镜片位置，使像平面前后移动，最后正好落在摄像器件的受光面上。后聚焦调好后要固定下来，在实际拍摄时只需要根据景物远近调整前聚焦，便可得到清晰的图象。

总之，对变焦镜头来说，在物距不变的条件下，只要后聚焦和前聚焦都调整好后，不论镜头处于长焦距还是短焦距状态，图象都应该是清晰的。

通常，物距远远大于像距，当物距发生变化时，像距变化是很小的，通过调焦环便可使像平面落在受光面上。但若是物距过小，像距就会相应地增大，超过调焦环所能调节的范围，也就无法把图象调清楚了。因此，所有摄像机镜头都有一个最近的拍摄距离，即最短物距（Minimum Object Distance，简称M. O. D），一般在1米左右。短于这个距离，就需要另外加近摄透镜了。

（2）可变光阑（Iris, Aperture, Diaphragm）

可变光阑又称光圈，是控制镜头透光能力的装置。

前面我们强调了焦距长短和景物成像大小及视角大小的关系。实际上，焦距长短还影响到镜头的透光能力的强弱。焦距越长，透光能力越弱，焦距越短，透光能力越强。因为在相同的物距下，焦距越长，像平面离透镜的距离就越远，到达像平面的光通量也就越少。如果用带窗户的房子来比喻镜头，那么镜头焦距的长短就好比房子的深浅，房子里边离窗子近的地方，就亮些，离窗子越远的地方，光线越少，也就相对暗些。

影响镜头透光能力的另一个因素是镜头的孔径。孔径大，镜头的透光能力强，反之则弱。这也同样好比房子的窗户，窗户开得越大，房内自然就越亮。因而可以知道镜头的焦距、孔径都与透光能力有关，只不过前者是光线传送距离的影响，后者是光线传输截面的影响。

怎样控制镜头的透光能力呢？在实际的拍摄中，变换镜头的孔径是不现实的，为了在某一固定镜头孔径的前提下，能控制入射光的强弱以保证有合适的透光量，人们设计了“光圈”装置（即可变光阑），放在镜头透镜组的后部。它的作用就是调节入射光的光通量以得到摄像器件成像所需要的照度。如果光圈的有效孔径为 d ，是可调的，从图1-12可看出，由于光线的折射，使镜头实际的有效孔径为 D （ D 又称为入射光瞳）， D 比 d 要大些，而且 D 的

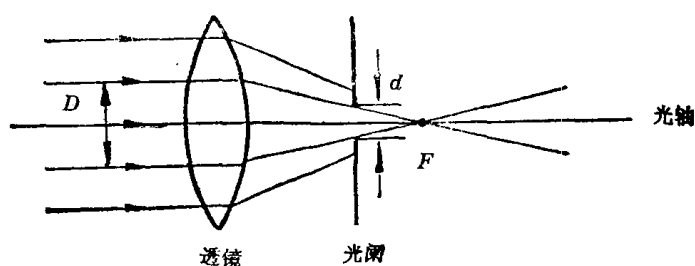


图 1-12

大小要受光圈孔径的大小以及光圈与透镜距离两方面的影响。光圈孔径 d 越大, D 也越大;而光圈位置越靠近透镜,截断的光线越多,则 D 越小。 D 的最大值就是这个镜头的最大有效孔径。

为了使用上的方便以及统一考虑到两种因素对透光能力的影响,我们定义镜头的有效孔径 D 与焦距 f 之比为镜头的相对孔径 O ,即

$$O = \frac{D}{f} \quad (1-6)$$

用相对孔径这个参数,就可以对不同的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来表示光圈的大小,即

$$F = \frac{f}{D} \quad (1-7)$$

F 常被称作光圈指数或 F 指数(F -stop),其值越小,表示光圈越大,透光能力越强。 F 指数都标在镜头的光圈调节环上,其标称值通常为1.4, 2, 2.8, 4, 5.6, 8, 11, 16, 22等,这一数列的规律是后一数值正好是前一数值的 $\sqrt{2}$ 倍。这是因为像面中心照度与 $\frac{1}{F^2}$ 成正比,所以每个数值所对应的像面照度正好是后一数值对应照度的两倍(见图1-13)。例如,

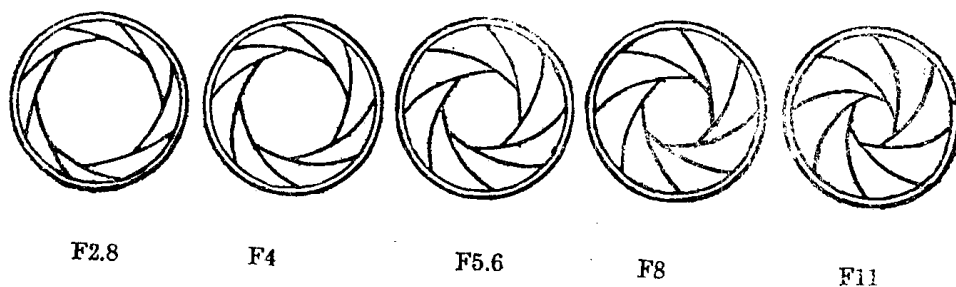


图 1-13

当 F 指数从4→5.6时,进入摄像机的光通量减小一半,而 F 指数从4→2.8时,进入摄像机的光通量则增加一倍。

在镜头上,还标有它的最大相对孔径,例如1:1.4, 1:1.7, 1:2.1等。它是反映镜头质量的一个参数,其大小决定了这一镜头最大的收集光线的能力。最大相对孔径大,表示在低照度情况下,摄像机也有较好的灵敏度和较强的拍摄能力,但对透镜的要求较高,设计和制造较复杂,因此价格也较贵。

由于焦距的变化也会影响镜头的相对孔径,所以摄像机的变焦镜头在进行变焦操作时,为保证成像面照度不变,就必须要求相对孔径不变,即在变焦过程中,让 D 跟着 f 一起改变。通常光圈的大小是不随焦距变的,可以通过改变透镜与光圈之间的位置来改变 D ,焦距逐渐变长时,使光圈与透镜的距离也逐渐增大, D 也就增大。这样在变焦距时,就不至影响图象亮度了。但若变焦镜头的变焦比太大时, D 的增大将受到镜头最大有效孔径的限制。也就是说,在焦距变得较长时,相对孔径就会减小,所以有些镜头在最长焦距时是达不到最大相对孔径的。

光圈除有控制镜头通光量的作用外,还有另外一个作用,就是控制球面像差,即控制距主光轴较远,与主光轴夹角较大的入射光线进入镜头。如图1-14,设 P 点发出光,经镜头在