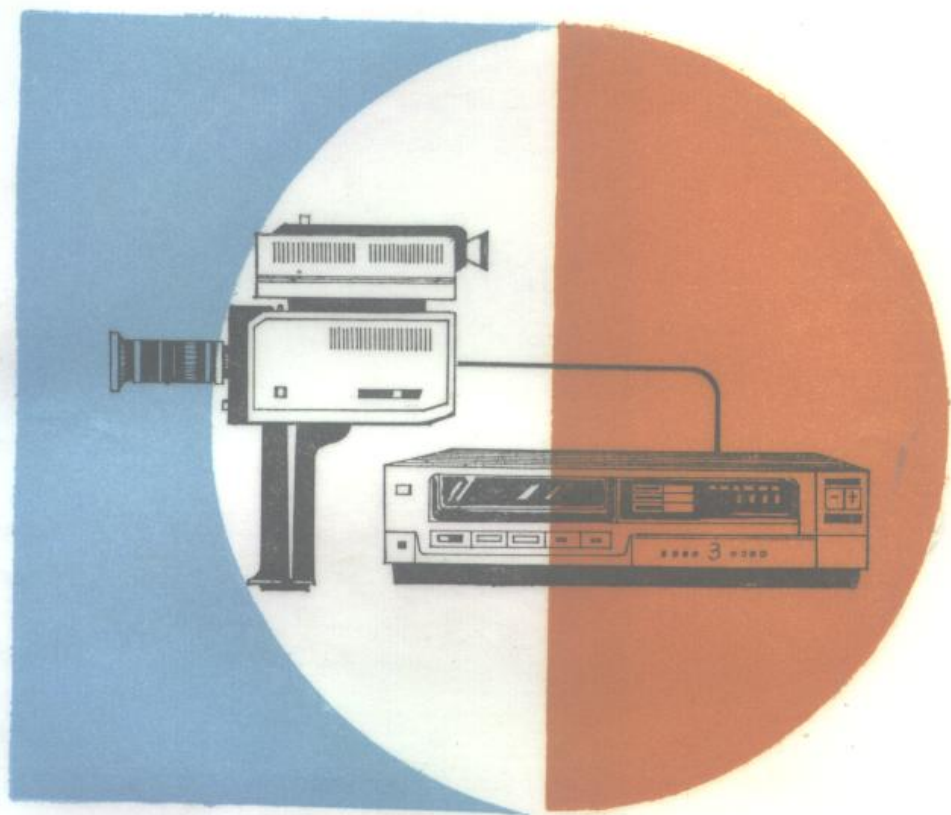




邹伟胜 编著

彩色摄像与录像

科学普及出版社

彩色摄像与录像

邹伟胜 编著

科学普及出版社

内 容 提 要

本书从实际应用的角度出发，全面地叙述了彩色摄像机和录像机的原理和使用；并以几种典型的摄像机和录像机为例，分别介绍了它们的性能、特点，各功能键的作用和操作，电子编辑、特技制作以及电视节目制作等问题。

本书行文通俗易懂，深入浅出，内容新颖，图文并茂，适合各单位专业录像人员作为学习教材和广大爱好者阅读。

彩 色 摄 像 与 录 像

邹伟胜 编著

责任编辑：金恩梅

封面设计：王树璋

插图：王润娴

科学普及出版社出版（北京海淀区白石桥路32号）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经营

北京燕山印刷厂印刷

*

开本，787×1092毫米 1/32 印张：7.75 字数：138千字

1987年11月第1版 1987年11月第1次印刷

印数：1—20,000册 定价1.70元

统一书号：15051·1228 本社书号：1451

ISBN 7-110-00093-1/TB·1

前 言

自从1956年美国安派克司(Ampex)公司制造出第一台可供实用的黑白磁带录像机以来,到现在历时不过31年。在这段时间里,摄像与录像技术发展飞快,生产出的彩色摄像机和录像机种类繁多,且各具特色。目前,世界各国正朝着小型化、轻量化、摄录一体化、全数字化、多功能化、高清晰度以及超高密度记录等方面发展。

目前我国录像技术已经在国民经济的许多领域中发挥重要作用,成为推动事业向前发展的得力助手。人民群众对生活现代化的要求日益强烈,促使彩色摄像机和录像机的研制转向民用,使其成为家用电器,现代化生活之友。这类机器既复杂又精密,各种功能按键开关甚多。本书从实际应用的角度出发,叙述彩色摄像机和录像机的基本原理,让读者对其有一个完整的系统的了解。特别选择了近期生产的具有代表性的几种机型进行详细、深入地介绍,通过介绍,对其他机型的使用也就能举一反三了。书中还介绍了电子编辑、特技制作、电视节目制作过程中的一些问题,供读者参考。本书在内容安排上注意到三个结合:普及与提高相结合;理论与实践相结合;技术与艺术相结合。

本书在写作过程中得到中央电视台杨泽同志、中国农牧渔业部录像室以及北京医科大学电教室同志们们的热情帮助,一并在此致谢。

编著者

1986年3月于北京

目 录

第一章 彩色摄像原理	(1)
第一节 绪论	(1)
第二节 摄像光学系统及伺服系统	(4)
第三节 摄像管及固体摄像器件	(13)
第四节 电子束的聚焦与偏转	(25)
第五节 预放器	(30)
第六节 图像信号处理	(33)
第七节 矩阵编码	(44)
第八节 单管彩色摄像机的色分解	(54)
第九节 解码还原基色	(61)
第二章 录像技术概述	(67)
第一节 何谓录像	(67)
第二节 磁带记录原理	(68)
第三节 录像中的调频技术	(80)
第四节 彩色低频变换	(89)
第五节 亮度信号的处理	(95)
第六节 彩色信号的处理	(105)
第七节 伺服系统	(107)
第八节 机械系统	(114)
第九节 系统控制	(119)

第十节	声音系统	(123)
第十一节	调谐器与调制器	(124)
第十二节	时基误差校正	(127)
第十三节	电子编辑	(132)

第三章 彩色摄像机的使用与维护.....(137)

第一节	四种彩色摄像机的主要特点和性能	(137)
第二节	四种彩色摄像机的各式插座、按键和选择开关的名称及作用	(140)
第三节	彩色摄像机DXC-M3A的调整	(150)
第四节	彩色摄像机的操作与使用	(155)

第四章 录像机的使用与维护.....(166)

第一节	录像机的分类、性能和特点	(166)
第二节	录像机使用简介	(169)
第三节	录像机的常用连接方式	(181)
第四节	录像机的使用	(184)
第五节	一体化摄录机	(187)
第六节	录像机简单故障的检查与日常的维护	(191)

第五章 如何编辑.....(197)

第一节	简单的手控编辑	(197)
第二节	用编辑录像机的预卷功能键进行编辑	(199)
第三节	用自动编辑机进行编辑	(202)

第六章 特技色键系统.....(209)

第一节	如何使用特技发生器	(209)
-----	-----------	-------

第二节	划变图形扩充器.....	(220)
第三节	色键发生器.....	(224)

第七章 电视节目制作.....(229)

第一节	电视节目制作的一般规律.....	(229)
第二节	电视节目制作中的注意事项.....	(232)
	附录.....	(237)

第一章 彩色摄像原理

第一节 绪 论

在人们的日常生活中，举目四望，景物总是彩色缤纷的。所谓“彩色”，其实是由于不同波长的可见光刺激人眼视觉神经，而引起人眼视觉产生色感。可见光的波长范围大约在4000埃(1埃 = 10^{-10} 米)至7600埃之间。人们早就知道，阳光透过三棱镜，就排分成七种色带：红、橙、黄、绿、青、蓝、紫。每一色带覆盖一定的波段。各色带光所占的波段大体划分如下：

波长范围	颜色
4000~4300埃	紫
4300~4600埃	蓝
4600~4900埃	青
4900~5700埃	绿
5700~5900埃	黄
5900~6200埃	橙
6200~7600埃	红

尽管一定波长的光有其相应的颜色，能引起人眼的相应色感；可是，实验证明，人眼的色感还有合成的作用。例如：若用5400埃的绿光和7000埃的红光，按一定的比例混合，同时作用于人眼，可以产生5800埃波长的黄光的色感。

我们周围的景物绝大多数本身不发光。不发光物体呈显颜色，一靠外界光照，二靠自身反射、吸收和透射等特性。物体由于反射或透射而显出相应的颜色，称为物体色。例如：阳光照射树叶，反射绿光，吸收其余的光，使人眼产生绿色感。但是，物体色与照射光的性质有关。同一物体受不同的光照射，往往呈现不同的颜色，例如：白光下的蓝布，用红光照射，吸收红光，成为黑色。景物的反射和透射光，总的能分解成互相独立的红、绿、蓝三种颜色的光。这三种颜色的光，按照一定的比例混合，可以形成各种颜色的光。这三种色叫三基色。各基色相加混合，可以得到如下颜色：

红 + 绿 + 蓝 = 白色

红 + 绿 + 0 = 黄色

0 + 绿 + 蓝 = 青色

红 + 0 + 蓝 = 紫色

0 + 0 + 0 = 黑色 (式中的0表示缺一基色)

如果有两色相混合，获得白色，那么色度学上称该两色为互补色；例如：红与青、蓝与黄、绿与紫都是互补色。

各个景物或一个景物的各个部分对光的反射、吸收、透射等特性差别甚大，而且光强的大小和空间分布以及波长组成(光谱结构)也不相同。人们识别景物就是眼睛对这些特性的综合效应，而这种效应又可以用亮度、色调和色饱和度来表征。亮度代表物体表面发光或反射透射光的明亮程度，单位为熙提。1熙提 = 1新烛光/平方厘米。色调是物体颜色在“质”方面的特征，代表物体反射光或透射光的主波长在光谱(光波能量随光波波长的分布)中所处的位置，决定人眼色感。色饱和度是衡量颜色渗入白色的分量，以单色亮度值占总亮度值的百分比表示。色调和色饱和度合称为“色品”。根

据亮度相加定律，白色亮度(简称亮度)是三基色亮度(简称色度)的算术和。由于人眼对三基色的亮度感不同，因此红色度、绿色度、蓝色度对白色总亮度的贡献不等。在显像荧光白亮度中，它们按这种关系混合：

$$Y(\text{白色亮度}) = 0.30R(\text{红色度}) + 0.59G(\text{绿色度}) + 0.11B(\text{蓝色度})$$

其中各色度前的系数叫色度系数，这一方程式称为亮度方程。它是彩色电视传输中的基本方程，由它引出的红、蓝色差方程是矩阵编码传输的理论根据。

彩色电视摄像是将彩色景物光图像分解为红、绿、蓝三基色图像，用电视扫描方法，将图像光信号变换成随时间变化的电信号，进行传输。其中包括：分色、成像、光电转换、图像信息放大、处理及色度编码等。

为叙述方便，本书把彩色摄像分成三个组成部分：

一、摄像光学系统

它由成像透镜和相干分色棱镜组成，其作用是将彩色景物光信号分成红、绿、蓝三色光信号，分别成像在相应的摄像管靶面上。为满足艺术及应用的需要，便于对景物进行全景、特写和跟踪拍摄，在镜头部位装有连续可变焦装置。

二、光电转换

由一个或三个摄像管组成，利用电视扫描方法，将光图像信号转换成随时间变化的视频电信号。

三、视频信号处理

包括宽频带高增益低噪声放大、 γ 校正、孔阑校正、色

度编码等部分。经过视频信号处理的三基色电信号，按照一定的彩色电视制式编码，组成彩色全电视信号，进行发送或记录。

其组成的方块图如图1-1所示，下面分别给予描述。

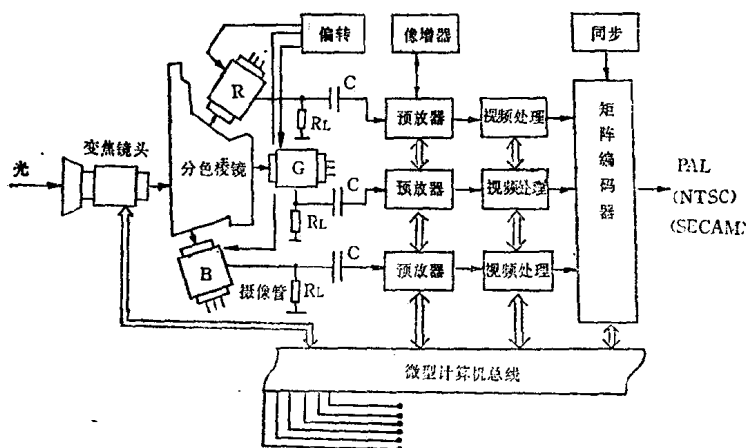


图 1-1 彩色摄像系统

第二节 摄像光学系统及伺服系统

摄像光学系统由透镜组和相干分光棱镜组成。

一、连续可变焦成像

连续可变焦技术是在透镜成像原理基础上发展起来的技术。

根据凸透镜成像原理，若以 f 表示凸透镜的焦距， s 表示透镜到物体的距离(物距)， s' 表示透镜至成像面的距离(像距)，如图1-2所示，由简单的几何光学关系得到：

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

从这一公式中可以看到，在远景拍摄中，物距远大于焦距，即 $s \gg f$ ，此时，像距接近焦距，即 $s' \approx f$ ，要求摄像管靶面靠近焦点。反之，如果要求保持成像面不动，即 s' 固定，为了要清楚地显示物像，则物距变化，那么焦距也要变化。另一方面，从物像的线度考虑，利用图1-2中的相似三角形关系，物像的线性放大率 m 表示成：

$$m = \frac{h'}{h} = \frac{s'}{s} = \frac{f}{s-f}$$

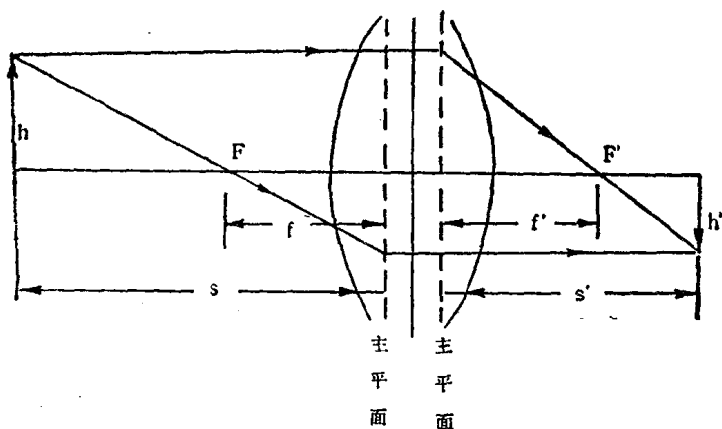


图 1-2 凸透镜成像原理

其中， h' 代表像高， h 代表物高。在实际摄像过程中，我们总是希望成像面不动，也就是摄像管靶面固定不变。在这种情况下，为了进行远景拍摄，物距 s 大，焦距 f 也要增大。进行跟踪拍摄时，物体由近到远， s 由小至大，焦距 f 必须由小变大。反之，当物体由远到近移动位置时， s 由大变小， f 也

必须由大变小。因此，为了能取得远景、跟踪、特写的拍摄效果，需要连续改变镜头的焦距，简称变焦。

采用单个透镜是无法变焦的，因为透镜制成之后，其焦距是固定的，不能更改。只有通过透镜组合，改变透镜组之间的距离 d ，方能实现连续变焦。

图1-3是两组透镜组成的变焦系统。两组透镜主平面相距为 d ，设第Ⅰ组透镜的焦距为 f_1 ，第Ⅱ组透镜的焦距为 f_2 ，两组透镜形成一新的等效透镜，若等效透镜的焦距为 f ，则其间存在如下的关系：

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 \cdot f_2}$$

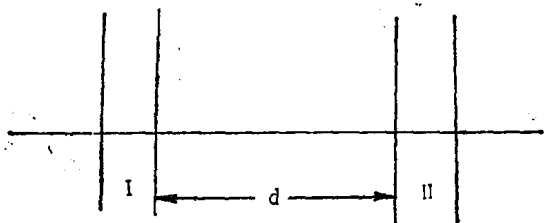


图 1-3 两组透镜组成的变焦系统

从上式中可以知道，改变两透镜组之间的距离 d ，便能改变整个透镜系统的焦距 f 。如果有两组以上的透镜组，可以利用逐一组合方法，即先把两组透镜组合成一等效透镜，再将此等效透镜与第Ⅲ组透镜构成新的等效透镜，依此类推，便可算得整个透镜系统的等效焦距。为让成像面保持固定不变，尚需外加一组补偿透镜，使成像面始终落在摄像管靶面上。

连续变焦透镜系统有如下几个重要技术参数：

1. 变焦比 n 其定义是最大变焦焦距 $f_{\max}$ 与最小变焦焦距 $f_{\min}$ 的比值, 即 $n = \frac{f_{\max}}{f_{\min}}$ 。它表示摄像机的可变焦范围, 一般 n 值在10~15之间。

2. 光圈指数 F 其定义是透镜的焦距 f 与入射光的光瞳直径 D 的比值, 即 $F = \frac{f}{D}$ 。入射光的光瞳直径 D 表示平行于光轴的入射光, 经过透镜会聚, 集中到焦点 F 上, 相对应的光束直径, 它与光阑的大小和位置有关, 见图1-4。

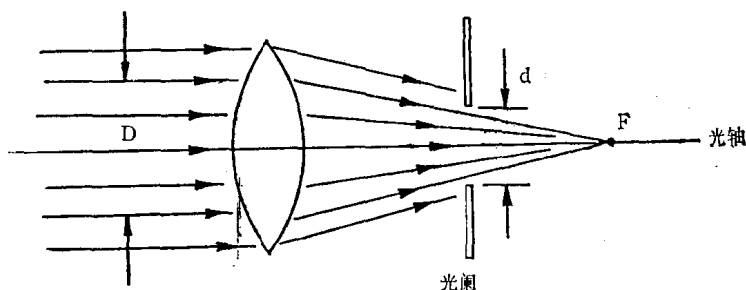


图 1-4 入射光瞳

从几何光学知道, 像面中心照度 E 正比于入射光瞳与焦距的比值的平方, 即 $E \propto (\frac{D}{f})^2$, 也可以写成:

$$E = K \left(\frac{D}{f} \right)^2 = \frac{K}{F^2}$$

式中 K 为比例系数。按照进光量的大小, 表示光圈指数, 把上式改写成:

$$F = \frac{\sqrt{K}}{\sqrt{E}} = \frac{K_0}{\sqrt{E}}$$

如果用 E_0 表示最大进光量下的像面中心照度, 相应的光圈指数为 F_0 , 像面中心照度每次减弱一半, 这时候, 对应的光圈指数变化是: 1.4; 2; 2.8; 4; 5.6; 8; 11; 16;

22等，这就是常用的光圈数。显然，光圈数愈大，意味着进光量愈小；光圈数愈小，进光量愈大。

3. 视场角 θ 指镜头系统的主平面与光轴相交，在交点处看景物或像面的线长度(包括水平方向、垂直方向或对角线方向)所张的角度。从图 1-5 可知，若像高为 h' ，像距为 s' ，物距为 s ， $s \gg$ 焦距 f ， $s' \approx f$ ，则有如下关系式：

$$\theta = 2\alpha = 2 \arctg \frac{h'}{2f}$$

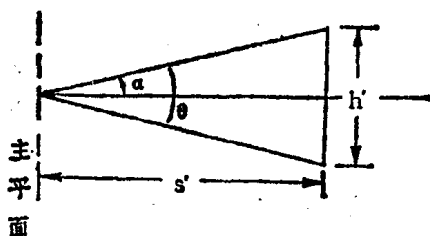


图 1-5 由镜头看成像面的视场角

4. 景深 Δs 表示在成像面上能看清景物前后的那部分空间沿光轴方向的长度。景深愈大，就愈能陪衬出被摄物的轮廓。若以 y 表示物面上的点在成像面上在视觉容限内可以分辨的小圆直径，则景深可表示成：

$$\Delta s \doteq 2y \left(\frac{s}{f} \right)^2 F$$

可见，光圈值愈大，拍摄的景物图像景深愈大。在物距一定的情况下，用短焦距拍全景，景深也大。

5. 透光率 T 表示入射光通过透镜之后的照度占未经透镜之前的照度的百分比。 T 值通常小于 80%。

6. 光谱特性 指镜头对不同波长光的透射性质。为使图像色彩自然，真实感强，要求镜头对各种可见光波的透光

率基本一致。

7. 几何畸变 g g 的定义为图像失真最大高度与正常高度之差 ΔH 相对于图像正常高度 H 的百分比, 即

$$g = \frac{\Delta H}{H} \times 100\%$$

8. 分解力 Φ 表示分解图像细节的能力。它与光圈数大小有关。

9. 近摄距和后截距 镜头能分清图像的最小物距, 称为近摄距。镜头的最后镜面到成像面的距离叫后截距。由于分色棱镜放在变焦镜头与摄像管之间, 因此要求摄像镜头留有足够的后截距。

二、变焦伺服和光圈伺服

为便于拍摄各种镜头, 在摄像机头部位装有光圈自动调节机构和变焦自动调节机构, 见图 1-6, 这种机构称为伺服机构(简称伺服)。

光圈伺服 光圈伺服机构具有三种选择方式——手动、自动和遥控。由选择器提供光圈控制信号, 这种信号随光照条件而变化。信号经伺服放大器放大后分成两路, 一路经输出级接到光圈伺服马达的一端; 另一路通过倒相, 经另一输出级接到光圈伺服马达的另一端。控制系统的电源由编码板供给。当放在手动位置时, 旁路伺服放大器, 靠手动调节光圈; 放在自动位置, 光圈调节由光圈伺服马达控制; 放在遥控位置, 光圈控制转向遥控板, 受遥控板控制。

④ 通常以屏幕水平电视晰像线的线数表示, 以 f 表示图像细节的上限频率, K 表示 Kell 系数 (小于 1 的系数), n 表示线数, 则有: $f_{max} \approx 0.0128k \cdot n$, 若取 $f = 6\text{MHz}$, $K = 0.8$; 则 $n \approx 600$ 线。

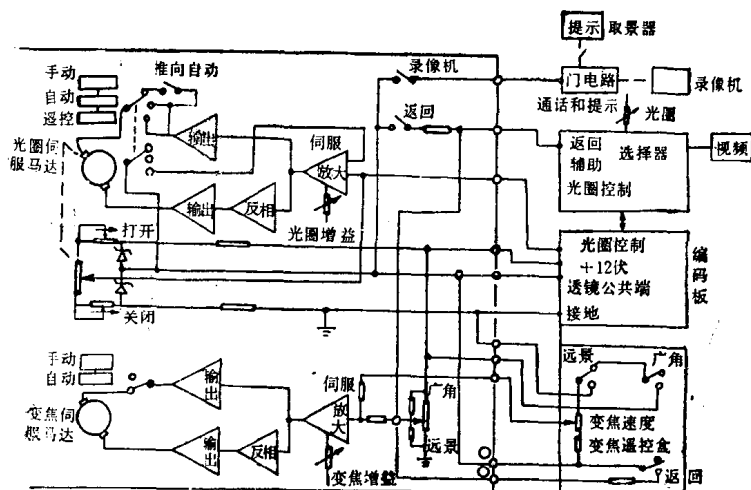


图 1-6 光圈伺服和变焦伺服

变焦伺服 变焦伺服机构具有两种选择方式——手动和自动。伺服马达电源由编码板提供，速度控制信号经变焦伺服放大器放大，分成两路，一路通过输出级接到变焦伺服马达的一端；另一路经倒相，通过输出级接到变焦伺服马达的另一端。当选择方式置于手动位置时，伺服放大器被旁路，靠手动变焦。当选择方式放在自动位置时，伺服马达接通电源，转速由广角/远景摇摆开关控制，变焦速度靠手指按动摇摆开关的压力而变，压力大小使伺服放大器输出电压发生变化，从而控制马达转速。

三、相干分色棱镜

相干分色棱镜由三块棱镜粘合而成，见图 1-7 所示，其中 M_B 和 M_R 为蓝色和红色选色反射层，彩色光束 S 入射在棱镜 B 上，光束中的蓝光在蓝色反射层 M_B 上反射，因棱镜的折射