

第五章 摄像机的原理、组成、使用及摄影语言

第一节 摄像机的原理、组成、使用

标准光源与摄影光源

一、标准光源

根据色度学的研究结果，人眼的彩色感觉是由照明光源、物体的属性以及人眼的视觉特性三者共同决定的。因此，同一物体在不同的照明光源下，其所呈现的彩色一般来说是不同的。但太阳光的色温变化所引起的景物的颜色变化人眼并不敏感，并始终将这些景物的颜色认定为在白昼平均照明下所呈现的颜色。

对于彩色电视系统来说，只有精确地模拟出人眼的上述视觉特性，才能确保彩色的正确重现。

目前的彩色电视系统普遍选用光谱分布比较接近“白昼平均照明”，相关色温为6500K的D65光源作为彩色电视系统的标准光源。

彩色电视系统选择标准光源的意义在于：使接收端重现景物的色度与远景物在标准光源下的色度保持一致，以实现色度学上中的彩色重现。

二、摄像光源

摄像机的光谱特性除与摄像镜头、分色棱镜、摄像管等器件有关外，还与摄像光源有关；

目前生产的大多数摄像机是按演播室常用的色温为3200K的光源设计的。

三、摄像光源与标准光源的区别

- 1、标准光源规定了电视系统重现彩色的色度基准，该基准是设计摄像机光谱特性和调整接收机白平衡的依据，因此，标准光源必须在设计电视系统之前预先确定好；
- 2、摄像光源规定了摄像机使用环境的色温基准，该基准既是设计摄像机光谱特性的依据，同时也是对摄像机使用环境光源色温的要求；
- 3、一般来说，规定标准光源是电视系统实现正确的彩色重现所要求的，而规定摄像光源仅仅是摄像机的生产者为了便于设计摄像机的光谱特性所采取的技术措施。

彩色摄像机与彩色电视接收机中设置白平衡调整的意义

彩色摄像机中的白平衡调整：指当拍摄白色物体时，通过调整摄像机红、绿、蓝三路信号中二路放大器的增益，使三路输出的三基色电压幅度相同。当相同幅度的三基色信号传送到接收端后，可在已调整白平衡接收机的彩色显像管上重现基准白。

彩色电视机的白平衡调整是指当接收黑白电视信号或彩色电视信号中的黑白部分时，通过调整接收机视放末级的直流工作点和该级放大器的增益，使荧光屏上重现各级灰度的黑白色。

意义：简化电视系统设计、降低电视系统色彩重现误差，并使彩色摄像机与彩色电视接收机的设计和生产相互独立地进行而采取的一项技术措施。

彩色电视摄像机的分类

一、按摄像器件的类型分

1. 真空管摄像机

采用电子扫描的方式读取电荷。如塞特康管摄像机。

2. 固体摄像机

采用固体扫描技术读取电荷。CCD（电荷耦合器件）。

二、按用途分

1. 广播用摄像机

主要用于广播电视系统，这类摄像机技术指标高、图像质量好、价格昂贵，目前一般为三片2/3英寸CCD摄像机。



索尼 HDC-9000 高清广播级演播室摄像机



索尼 DXC-D50P 标准清广播级演播室摄像机

2. 专业用摄像机

主要用于电化教育、工业、医疗、交通等非广播领域。这类摄像机体积小、重量轻、价格便宜，但图像质量不如广播级摄像机。目前一般为三片1/2英寸或1/3英寸CCD摄像机。



索尼 DSR-570WSP 摄录一体机



索尼 DSR-PD190P 便携式摄录一体机

3. 家用摄像机

主要用于家庭娱乐。这类摄像机体积小、灵活、价格低廉并多为摄录一体机，图像质量比广播和专业用摄像机差，但满足一般非专业需要。目前一般为单片1/2英寸或1/3英寸CCD摄像机。

4. 特殊用途摄像机



索尼 DXC-HC96E 数码摄像机

三、按摄像管的数目分

1. 三管（片）摄像机
2. 二管（片）摄像机
3. 单管（片）摄像机

四、按摄像器件的尺寸分

11/4英寸、1英寸、2/3英寸、1/2英寸、1/3英寸、1/4英寸等。

五、按功能分

1. 普通摄像机

只有摄像功能，使用时与录像机组成摄录一体机或通过摄像电缆与便携式录像机连接。也可在演播室与切换台等设备配合使用。



2. 摄录一体机

摄像机与录像机结合成一体的电视设备。分为：完全一体化摄录一体机和可分离摄录一体机，也可配摄像机适配器单独作摄像机使用。



索尼 DSR-570WSP摄录一体机

六、按使用场所分

1. 台式摄像机

供演播室（ESP）和转播车用。



索尼 HDC-900高清广播级演播室摄像机



索尼 BVP-950P标准广播级演播室摄像机

2. 便携式摄像机

供外拍用。主要包括电子现场节目制作（EFP）用摄像机、电子新闻采访（ENG）用摄像机和家用摄像机。



索尼 DSR-570WSP摄录一体机



索尼 HDM-750P高清摄录一体机

七、按清晰度等级分

1. 标准清晰度摄像机

主要是指现行体制下的摄像机，清晰度一般在250电视线~850电视线之间。

2. 高清晰度摄像机

主要是指高清晰度电视体制下的摄像机，清晰度一般在1000电视线以上。



索尼 HDM-750P高清摄录一体机

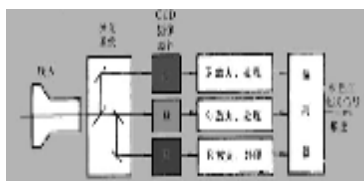


索尼 DXC-D50P标准广播级演播室摄像机

彩色摄像机的基本组成

摄像机的基本工作原理：

摄像机是进行光电转换的设备，其基本工作原理是：利用三基色原理，通过光学系统，将景物的彩色光像分解为三幅单色光像，然后由摄像器件完成光电转换，并经视频通道进行校正、处理、编码后形成所需的复合信号、分量信号等。



摄像机基本组成

三片CCD摄像机是由光学系统、摄像器件、视频处理系统、编码器及同步信号发生器等组成。

1. 光学系统

它主要的作用是成像、分色、改变入射光的强度和校正摄像机的光谱特性等。由变焦镜头、分色棱镜（或分色镜）和各种滤色片组成。



1) 变焦镜头: 是将所摄取的景物成像于摄像管靶面上。它是由多组透镜组成, 能实现在一定范围内焦距连续可调。

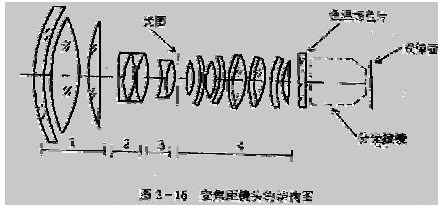


图 2-16 变焦距镜头的光学简图

1、调焦组; 2、变焦组; 3、补偿组; 4、物镜组。还有光圈和色温滤色片。



佳能 VCL-9198Y 变焦镜头

1) 变焦距镜头的最长焦距与最短焦距之比称为变焦比。变焦比越大, 说明摄像机可拍摄的场面范围也越大。

2) 变焦距镜头有电动和手动两种变焦方式。电动变焦距镜头附有控制电动机, 使用时按动电动变焦按钮, 电动机则作正向或反向旋转, 使镜头内部的变焦组镜片改变相对位置实现变焦。手动变焦则通过旋转变焦环实现变焦。

2) 光圈: 又称可变光阑, 是控制镜头光通量(通光能力)的装置。

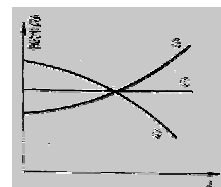
一般用相对孔径的倒数 F 来表示镜头光圈的大小, 即 $F=f/D$ 。其中 f 表示镜头的焦距, D 表示镜头的实际有效孔径。 F 值一般称为光圈系数, 它被标注在镜头的光圈调节环上, 主要有1.4、2、2.8、4、5.6、8、11、16、22等序列值。

F 值越小, 表示光圈越大, 透光能力越强, 到达 CCD 芯片的光通量就越大。

3) 滤色片

包括中性滤色片、色温滤色片和彩色校正滤色片等, 是使进入各摄像管彩色光的强度及光谱特性符合电视系统的要求。

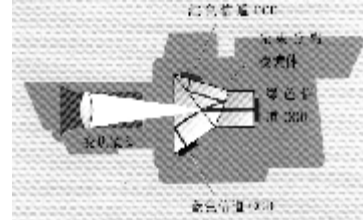
目前的彩色摄像机都是按照3200K照明色温调整的, 其光谱特性如图中的①所示。当光源色温为4800K时, 其光谱中蓝色光成分显著提高, 则摄像的光谱特性变成②所示的形状; 如果插入的色温滤色片的光谱特性具有③所示的形状, 这样电视图像就不会因光源色温为4800K而产生颜色失真即达到补偿作用。





索尼DXC-D50P摄像机滤色片圆盘有4档，
1档为3200K（用于室内灯光拍摄）；
2档为1/4ND（用于室外多云或雨天拍摄）；
3档为1/16ND（用于室外白天拍摄）；
4档为1/64ND（用于室外拍摄并希望减少景深或是在室外周围光线特别亮的地方拍摄）。
其中ND是指中性滤色片，1/n是指透光率。此外，它还有一个5600K按钮，用于白天在室外拍摄。

4) 分色棱镜（分光镜）：是将景物的入射光分解成红（R）、绿（G）、蓝（B）三色，分别送到R、G、B三个摄像管上。



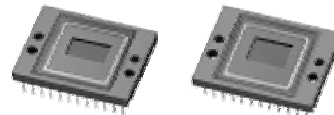
2. 摄像器件

主要完成光电转换作用，其性能指标决定着摄像机图像信号的质量。目前主要有真空摄像管和固体摄像器件两大类。

真空摄像管出现最早，但结构复杂、体积大、耗电、重合精度不高，目前已被淘汰。

固体摄像器件也称半导体摄像器件，技术上较成熟的有金属氧化物半导体（MOS）器件、电荷耦合器件（CCD）和电荷驱动器件（CPD）三大类。

CCD摄像器件的优点主要是画面均匀性好、灵敏度高、几何失真小、重合精度高、惰性小、抗强光照射、耐冲击抗振动、小而轻以及寿命长等。目前生产的各类摄像机均使用CCD作为摄像器件。



3. 视频处理系统

是将各摄像器件输出的微弱信号经取样保持、放大和各种校正（孔阑校正等）、补偿处理，使输出的图像信号符合编码要求。

主要包括输入信号放大、增益选择与控制、黑斑校正、彩色校正、 γ 校正、轮廓校正、基准电平稳定、混消隐、黑电平控制及黑/白切割等各级电路。

4. 编码器

是将R、G、B三路基色信号按所采用的彩色电视制式的要求，通过混合矩阵变成亮度信号（Y）、蓝色差信号（B-Y）和红色差信号（R-Y）。然后对两个色差信号进行压缩和低通滤波，再对这两个色差信号进行逐行倒相正交平衡调制（副载波来自同步信号发生器），获得色度信号。最后将色度信号与延时的亮度信号混合成彩色全电视信号。

5. 同步信号发生器

是产生摄像机所需要的行场复合同步、行场复合消隐、色同步、P脉冲及彩色副载波等七种脉冲信号，有些还产生各种测试信号（如彩条信号等），以供测试本机和调整彩色电视系统之用。

摄像机的主要性能指标

一、电荷耦合器件

1. CCD类型

目前摄像机用的CCD主要三种类型：IT CCD（行间转移）、FT CCD（帧间转移）和FIT CCD（帧-行间转移）。

FT CCD构造简单，易于生产，像素单元可以做得比较密集，提高了分辨率，但会产生垂直拖尾，目前使用较少。

IT CCD构造简单，芯片面积小，成本低。由于采取了一系列先进技术，其拖尾现象已基本消除。在专业摄像机中使用较为普遍。

FIT CCD基本上消除了残像现象，但其结构复杂，芯片面积较大，制造成本高。仅用在高档的CCD摄像机中。

2. CCD尺寸

CCD的尺寸通常是以它的对角线长度（英寸）为标准，主要有2/3in、1/2in、1/3in、1/4in、1/5in等。尺寸越大，图像的感光区越大，像素数越多，图像质量越好，当然价格也就越高。

3. CCD数量

单片CCD用于家用数字摄像机，而专业、广播级数字摄像机多采用3CCD。3CCD形成的颜色比单片CCD准确程度要高，色彩还原要好，而且信噪比、灵敏度高，有较宽的动态范围。

4. CCD像素数

CCD上的感光单元称为像素，像素数是体现CCD摄像器件解像能力的重要指标，直接影响拍摄图像质量的好坏。

像素数越多，构成画面的微粒就越小，分辨率就越高。一般数字摄像机只需要50万有效像素，就能够形成500线的清晰度。

像素数越多的CCD生产成本低，且价格昂贵。

二、分解力

是指摄像机分解图像细节的能力。它包括水平分解力和垂直分解力。

水平分解力是指沿水平方向分解图像细节的能力；垂直分解力是指沿垂直方向分解图像细节的能力。

由于垂直分解力主要由电视制式规定的扫描行数决定，各摄像机之间一般差别不大，一般技术手册只给出画面中心的水平极限分解力，简称水平分解力。

水平分解力是指图像中心部分沿水平方向能够分辨的电视线数。对于摄像管摄像机，图像四周的水平清晰度低于图像中心部分；对于CCD摄像机，全图像内的水平清晰度都是一致的。

三、灵敏度

灵敏度反映了摄像机对光像反应的灵敏程度。通常用照度在 2000l x ，色温 3200K 时，拍摄白反射系数为 89.9% 的景物，信号输出为 700mV 时，摄像机使用的光圈来表示。

例如索尼DXC-D50P摄像机的灵敏度为： $F11$ （在 2000l x ，标准， 3200K ）。

一般来说，摄像机的灵敏度愈高，最低照度愈小。最低照度除与灵敏度有关，还与最小光圈数、最大增益等因素有关，它在一定程度上仅表示摄像机对低照度环境的适应能力。

用光圈值表征摄像机的灵敏度时，同样的标准景物，光圈值 F 越大，说明光圈开得越小，摄像机的灵敏度越高。而用最低照度值表征摄像机的灵敏度时，同样的条件下，最低照度值小，摄像机的灵敏度越高。显然，灵敏度的实质是光电转换效率高低的度量。

四、信噪比

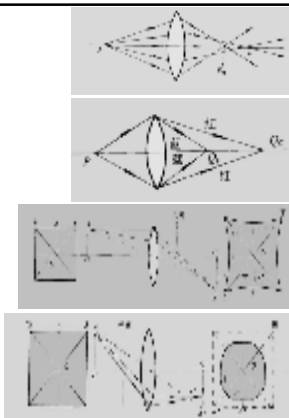
信噪比就是有用信号（ S ）与噪声（ N ）的比值。不同档次摄像机的信噪比指标差别很大，该项指标越高越好。

例如：索尼DXC-D50P摄像机的 S/N 为 63dB 。

五、几何失真

几何失真是指再现景物图像与原图像几何形状的差异程度。

它是由摄像机的光学系统、摄像管及偏转线圈等引起的，主要表现为枕形、桶形、梯形、抛物形、S形失真等。



六、重合误差

重合误差是用来衡量彩色摄像机红、绿、蓝三个光栅重合配准的程度的。

重合误差的大小一般用红路（或蓝路）相对于绿路的偏移量与像高之比的百分数来表示。

目前使用的三片CCD摄像机的重合误差较小，整个画面上通常均小于 0.05% 。

摄像机的主要附件

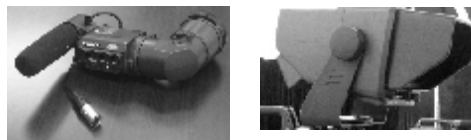
一、寻像器

寻像器实际上是电视图像监视器，主要供摄像人员了解所摄景物图像的内容以及摄像机输出信号的质量。

寻像器是由电路及显像管组成，它的电路与普通黑白监视器电路相似。便携式摄像机一般使用1.5in的黑白寻像器，演播室或EFP摄像机往往选4in-6in寻像器，也有选6in彩色液晶显示器来替代黑白寻像器。

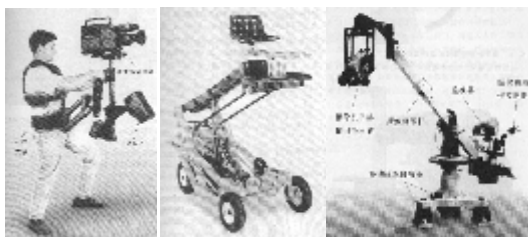
寻像器主要显示摄像机所拍摄的图像，拍摄时，借助寻像器可以：

- ①对摄像机进行聚焦、变焦和选择光圈等；
- ②便于选取合适的景物及场面，优化构图；
- ③能及时监视正在拍摄和已经摄录的画面；
- ④能显示摄像机的多种状态（如：黑/白平衡、电子快门速度、自动光圈补偿、照度不足、电池电力不足及磁带快用完等告警等，还能显示摄像机调整的菜单）。



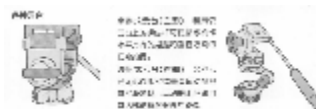
二、支撑装置

摄像机的支撑装置包括三脚架连接器、云台、三脚架、升降架和升降机。

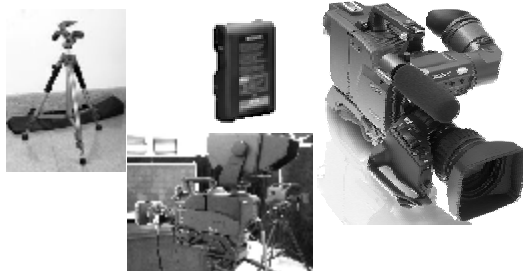


三、云台

云台是使摄像机能够进行摇和俯仰两种基本拍摄的装置。它的水平与垂直两个方向均可分别锁定。它的一侧或两侧装有手柄，供摄像人员控制摄像机的运动。摄像机进行均匀地摇摄或俯仰拍摄，要靠云台的良好阻尼特性。云台一般靠“摩擦”和“液压”等方式产生阻尼。



四、三脚架、三脚架连接器、话筒、可充电电池



摄像机的调整与使用

一、准备工作

1. 在外出拍摄前，应对摄像机和必要的设备器材作好准备。如：充电电池、三脚架、托板、录像带等。
2. 到拍摄现场，选择拍摄地点，架好三脚架，调好云台的水平、平衡，将摄像机固定在三脚架上。
3. 接通摄像机电源，预热1~2min，打开镜头盖，调整寻像器目镜聚焦钮，使字符清晰。打开摄像机彩条开关，调整寻像器的对比度、亮度旋钮，使七个竖条层次分明。

二、选择滤色镜

为了保证色彩记录（还原）的正确性，必须选择适合拍摄环境中光源色温的滤色镜。

判断是自然光还是灯光：若是自然光，根据光源的情况，选择2号、3号或4号滤色镜；若是灯光，一般选择1号滤色镜。

三、调整光圈

为保证摄像机在不同的光照强度下拍摄景物图像，就应该正确设置光圈系数，以控制镜头进光量。

打开斑马纹开关，通过寻像器目镜观看图像，边调焦，边手动调整光圈，使斑马纹在图像亮的部分有条纹，但不是很多而密，图像清晰，层次丰富。

四、聚焦调整

聚焦的目的是使被摄景物的图像最清晰。可以通过调整镜头的聚焦环来实现。

五、调整黑/白平衡

为了保证记录彩色信号的正确性，必须使摄像机保持要求的白平衡和黑平衡。以保证彩色能正确重现。