

普通高等学校适用

遥控 彩色电视机 原理

山东工业大学 陈贻范 主编

机械工业出版社

普通高等学校适用

遥控彩色电视机原理

山东工业大学 陈贻范 主编



机械工业出版社

(京)新登字 054 号

本书内容包括彩色电视的基本原理,彩色显象管,彩色电视机用两片式集成电路 TA7680AP 和 TA7698AP 内部电路的简要分析,国产 54cm 平面直角遥控彩色电视机主机典型电路分析,以及彩色电视机的遥控系统等五部分内容。附录中编入了遥控彩色电视机的故障分析与检修,以及部分国内外彩色显象管主要参数。全书内容具有典型性,理论联系实际,可作为大专院校、夜大、电大有关专业的电视课教材,以及各类培训班的教材或参考书。

图书在版编目(CIP)数据

遥控彩色电视原理/陈始范主编. —北京:机械工业出版社,1995
普通高等学校适用
ISBN 7-111-14760-5.

I. 遥… I. 陈… II. 彩色电视,遥控-高等学校-教材 IV. TN949.12

中国版本图书馆CIP数据核字(95)第 06300 号

出版人:马九荣(北京市百万庄南街1号 邮政编码 100037)
责任编辑:冯 铤 版式设计:冉晓华 责任校对:孙志筠
封面设计:肖 晴 责任印制:卢子祥
三河永和印刷有限公司印刷 · 新华书店北京发行所发行
1995年11月第1版第1次印刷
787mm×1092mm 1/16 · 14印张 · 1插页 · 356千字
0 001—3 000册
定价:14.00元

前 言

平面直角遥控彩色电视机在国内已十分普及，因而大专院校彩色电视课的教材也应随之作相应的更新，为此编写了这本约 70 学时的教材。

本书以国产 54cm 平面直角遥控两片式彩色电视机的典型电路为主线，阐述了彩色电视机的基本原理及平面直角彩色显象管的特点，简要分析了大规模集成电路 TA7680AP 和 TA7698AP 的内部线路，以使读者能较深入全面地理解它们的外围线路。本书编写的彩色电视机的遥控系统，着重介绍了微控制器 M50436—560SP 的结构、基本概念、各部分的功能及其接口电路。为了使读者进一步熟悉整机线路，理论联系实际，作者把遥控彩色电视机的故障分析与检修，以及国内外彩色显象管的主要参数作为附录编入本书。我们希望读者能通过典型线路的分析，举一反三，提高对其他种类繁多的不同机型线路的独立分析能力。

本书第一章由曲怀敬执笔，第二章、第三章由陈贻范执笔（主编），第四章由汪龙景执笔，第五章由万鹏执笔，附录由陈贻范及万鹏执笔，全书由陈贻范统稿，并对部分章节作了修改。山东师范大学魏穗教授审校了全书，并提出了许多宝贵意见。在本书编写过程中，得到了校内外许多老师的帮助，在此深表谢意。由于作者水平有限，难免有不妥和错误之处，恳切希望有关专家、老师、同学及广大读者给予批评指正，以使本书内容日臻完善。

编 者

1994 年 12 月于济南

目 录

前言

第一章 彩色电视机原理	1
第一节 彩色和人眼的视觉特性	1
第二节 彩色电视的传象原理	11
第三节 NTSC 制彩色电视原理	29
第四节 PAL 制彩色电视原理	43
第二章 彩色显象管	57
第一节 彩色显象管概述	57
第二节 自会聚彩色显象管	59
第三节 平面直角彩色显象管	63
第三章 彩色电视机用两片式集成电路	65
第一节 双差分放大电路在电视机模拟电路中的应用	65
第二节 图象、伴音通道集成电路 TA7680AP	69
第三节 视频、色度解码、行场扫描信号处理集成电路 TA7698AP	84
第四章 遥控彩色电视机的主机电路分析	115
第一节 遥控彩色电视机概述	115
第二节 彩色电视机的整机特性	120
第三节 公共通道电路分析	122
第四节 色度、亮度通道电路分析	130
第五节 行、场扫描电路	133
第六节 电源电路	139
第五章 彩色电视机的遥控系统	147
第一节 彩电红外遥控概述	147
第二节 遥控信号发送器	152
第三节 遥控信号接收器	157
第四节 微控制器	159
第五节 接口电路	171
第六节 遥控系统工作过程分析	178
附录 A 遥控彩色电视机的故障分析与检修	186
第一部分 主机线路故障实例	186
第二部分 遥控系统的故障分析与检修	196
附录 B 部分国内外彩色显象管主要参数	215
参考文献	218

第一章 彩色电视机原理

电视就是以电磁波的方式即时传送活动图象的技术。黑白电视传送的是图象亮度，反映图象的明暗程度；而彩色电视传送的是彩色图象，它既要反映图象的亮度，又要反映图象的颜色。因此，要掌握彩色电视机原理，必须首先了解光度学和色度学的基本知识。

第一节 彩色和人眼的视觉特性

一、可见光的特性

光是一种电磁波。电磁波以光速传播。但不同的电磁波，其波长 λ 不同，按 λ 的长短来排列，电磁波包括无线电波、红外线、可见光谱、紫外线、X射线和宇宙射线等。其中可见光是人眼能看到的一部分电磁波，它的波长范围很窄，为380~780nm。如图1-1所示。

颜色是光的一种属性。

由图1-1可知，不同波长的可见光，在人眼中产生不同颜色的感觉。

阳光是具有代表性的光，它包含自然界中的一切可见光。让阳光光束通过三棱镜折射，按波长长短排列，可分解出红、橙、黄、绿、青、蓝、紫七色光，称为光谱。经三棱镜分解后的色光就不能再分解，这些单一的颜色光称为单色光。两种或两

种以上的单色光混合而成的光称为复合光。通常射入人眼的光都是复合光。

一定波长的单色光对应一定的颜色。但同一颜色既可以由单色光形成，也可以由几种单色光构成的复合光形成，并且形成的颜色对人眼的感觉是一样的。如紫色可以由单色光紫光形成，也可以由不同波长的单色光红光和蓝光合成。

二、物体的颜色

物体的颜色是和可见光密不可分的。通常人眼看到的物体的颜色有两种不同的来源。一种是来自发光体所呈现的颜色。常见的发光体有太阳、白炽灯和电视荧光屏等。另一种是本身不发光的物体通过反射（或透射）光所呈现的颜色，它们在外界光源的照射下，能有选择地吸收一些波长的光而反射（或透射）另一些波长的光，从而使自己呈现出一定的颜色。如在阳光下人眼看到的红旗等红色物体因能反射红色的光，而吸收其他颜色的光，从而呈现红色；绿叶等绿色物体则反射绿色的光，吸收其他颜色的光而呈现绿色；白色物体能全部反射

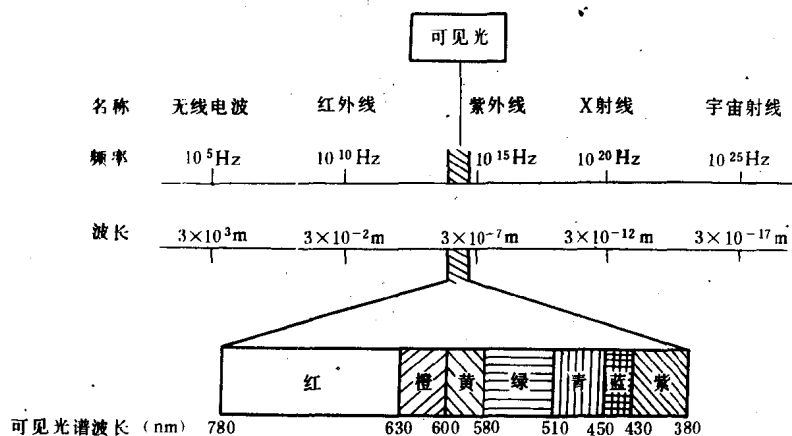


图 1-1 电磁波的波谱

阳光才呈现白色；黑色物体能吸收全部阳光才呈现黑色。因此，对非发光物体来说，某一物体的颜色，是该物体在特定光源照射下所能反射（或透射）一定的可见光谱在人眼中所引起的视觉效果。人眼所看到的物体的颜色，不仅取决于物体吸收、反射（或透射）光的特性，而且与照射它的光源的光谱成分有密切关系。如红旗（阳光照射下呈现的颜色）若受到绿色光源照射，就会呈现黑色。这是由于红旗将绿光全部吸收而不反射红光的结果，故呈现黑色。由此可见，一种物体的颜色在不同光源照射下会产生偏差，因此必须对照明光源有一个统一的标准。为此，国际上规定了几种标准光源，作为白色光的标准光源。

三、标准光源

在色度计算中，白色光常用作标准光源。能产生白色光的光源很多，如太阳、白炽灯和日光灯等。但这些光源形成的光谱成分变化很大，同一物体在这些光源照射下颜色有差异。因此，为了区别不同的白色光源因光谱组成不同而出现的差异，常用绝对黑体作为假想的参考标准光源，它的辐射温度——色温作为白色光源比较和色度计算的标准。所谓的绝对黑体，是指在任何温度下对任何波长的光都全部吸收的物体。色温则是用来表示光谱特性的参数。当绝对黑体在一特定温度下具有的辐射特性和某光源的辐射特性相同时，绝对黑体的温度即为此光源的色温。色温的单位用热力学单位 K 表示。根据光源色温的不同，国际上规定了五种标准的白色光源：

(1) A 光源 色温为 2854K，相当于温度为 2800K 的钨丝灯泡发出的光，它的光谱能量主要集中在可见光波长较长的区域，因此 A 光源的光偏红色。

(2) B 光源 色温为 4800K，相当于中午直射的太阳光。它由 A 光源经滤色镜后取得。

(3) C 光源 色温为 6770K，相当于白天正常的光线。它的光谱能量在 450nm 处最大，故 C 光源偏蓝色。

(4) D 光源 色温为 6500K，又称 D_{6500} 光源或 D_{65} 光源。它是现代彩色电视的标准光源，在彩色电视机荧光屏上看到的白色光，相当于 D_{65} 光源的光。

(5) E 光源 色温约为 5500K。这是一种理想的等能量的白色光光源，它的光谱分布为一条平行于横轴的直线。这种光源实际不存在，只是为了简化色度理论计算而假想的。

以上五种标准光源的光谱能量分布如图 1-2 所示。

必须指出，上述五种光源是常用于色度计算的标准光源，而非照明光源。目前电视制作室内用的照明光源是一种新式卤钨丝灯，色温为 3200K，其光谱成分稳定，彩色电视机重现在此光源照射下摄制的图象时，色彩非常鲜艳，富有感染力。当然在其他光源照射下进行摄象时，照明光源色温必须调整在 3200K 左右，否则彩色电视机重现图象时颜色就不正常。如色温高于 3200K 时，彩色电视机重现的彩色图象要偏蓝。

四、人眼的视觉特性

(一) 人眼的亮度视觉和彩色视觉

人眼对物体的视觉不但与物体有选择地吸收、反射（或透射）照明光的固有特性有关，而且还与人眼本身的生理结构特点有关。人眼视网膜上的神经细胞有杆状细胞和锥状细胞两种。杆状细胞对弱光反映灵敏，但对强光不起作用，对光的颜色也不敏感；锥状细胞对光的颜色敏感，对强光能产生亮度感，但对弱光反映不敏感。由上述生理特点可见，白天（高亮度）的视觉主要靠锥状细胞完成，晚上（低亮度）的视觉主要靠杆状细胞完成。由于光的强度反映其亮度，光的波长反映其颜色，所以同一波长的光，当光的强度不同时，人眼感觉的亮度不

同；当光的强度相同（E 白光）、波长不同时，人眼的亮度感觉也是不同的。图 1-3 给出了不同波长的光在辐射功率相同的情况下人眼的响应曲线，通常将这一曲线称为相对视敏曲线。它是以波长为横坐标，以 555nm 的亮度响应定为 100% 的相对亮度为纵坐标，其中粗线表示白天人眼对光的亮度的响应，细线表示夜间人眼对光的亮度的响应。

由图 1-3 可知，人眼在白天对波长为 555nm 的黄绿色光最敏感，感觉到亮度最大，而对其余波长的光感觉较暗；在夜间，由于随着照明光亮度的降低，相对视敏曲线左移，因此当光线暗到一定程度，只有杆状细胞起作用，人眼就分辨不出颜色。

由图 1-1 可以看出，不同波长的单色光，会引起人眼不同的彩色视觉。人眼在对彩色视觉的实践中还发现，相同的彩色感觉不一定只靠单色光来完成，可以由不同光谱成分的混合色来完成。即就人的彩色视觉而言，单色光可以用几种颜色的混合光来等效，混合色光也可以由混合单色光来代替它。这种现象叫混色效应。根据混色效应，彩色电视机重现彩色图象时，就不必恢复彩色图象的光谱成分（实际也不可能），而采用混色法就可以仿造出逼真的彩色图象，这对于彩色电视技术具有重要的意义。

综上所述，人眼在光线足够亮时，不但能有亮度感觉，而且还有彩色的感觉。彩色光对人眼的作用可以用三个基本参量来表示。

1. 亮度

亮度（用 Y 表示）是指彩色光作用于人眼时引起人眼视觉明暗感觉的程度。一定波长的彩色光，其辐射的能量越大，则亮度越大；反之亮度越小。黑白电视就是传送图象的亮度。

2. 色调

色调是指彩色光颜色的种类。如红、橙、黄、绿、青、蓝、紫是各种不同的色调。色调与光的波长有关。不同波长的光，呈现不同的颜色，即呈现不同的色调。

3. 色饱和度

色饱和度是指彩色光颜色的浓淡程度。对于同一色调的彩色光，其饱和度与其内掺入的白色光浓度有关。不掺白色光的颜色称为纯色，也称为饱和色，其色饱和度为 100%。白色光的色饱和度为零。颜色中掺入的白色光越多，其色饱和度越低，但色调不变。

色调和色饱和度合称为色度，用 F 表示。它既说明彩色的类别，又说明彩色的深浅程度。在彩色电视中，其传送的彩色图象，实际上就是传送图象的亮度和色度。

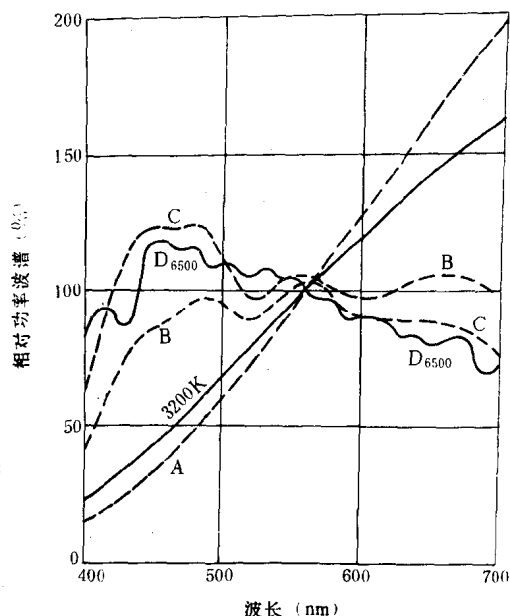


图 1-2 标准光源的光谱能量分布

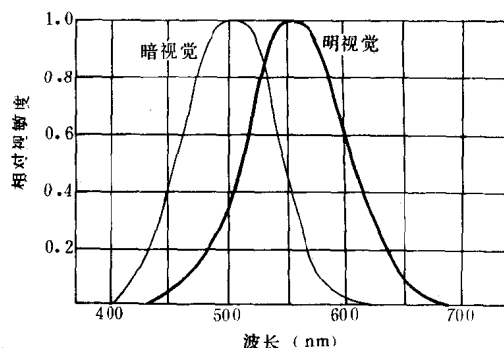


图 1-3 相对视敏曲线

(二) 人眼的分辨力

人眼的分辨力,是指人眼对细点(或细线)间的分辨能力。如图 1-4 可以说明人眼分辨力的特点。在图中,人眼远离 A 、 B 两点,直到能辨别出两点为止,此时两点间的夹角 θ 称为视角。对人眼而言, θ 是一个有限值,是由人眼的生理结构决定的客观物理量。在电视技术中,正是根据 θ 值的大小而确定传送图象的行数的。

如前所述,人眼的视神经细胞由杆状细胞和锥状细胞组成。锥状细胞的细节分辨能力远低于杆状细胞,这说明人眼对于彩色细节的分辨能力远低于对黑白明暗细节的分辨能力。实验表明,在图 1-4 中,若 A 、 B 为黑白点,当 $\theta < 1'$ 时才分辨不清;而若 A 、 B 为彩色点,当 $\theta < 4'$ 时就分辨不清。

当然,不同的彩色点,人眼的分辨力也不同。设人眼对黑白细节的分辨力为 100%,实验表明,与之相比较,人眼对不同彩色细节的分辨力如表 1-1 所示。

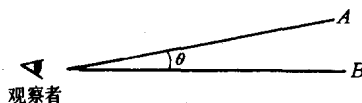


图 1-4 人眼的分辨力

表 1-1 人眼的分辨力

彩色	黑白	黑绿	黑红	黑蓝	绿红	红蓝	绿蓝
分辨力	100%	94%	90%	26%	40%	23%	19%

由表 1-1 也可见,人眼对彩色细节的分辨力确实远低于对黑白细节的分辨力。根据这个特点,彩色电视传送图象细节时,只传送黑白细节而不传送彩色细节,这样传送的彩色图象仍然很逼真。

(三) 人眼的视觉惰性和闪烁效应

人眼的视觉惰性,是指当一定强度的光照射人眼后,经过一短暂时间,形成一定的主观亮度感觉,当光消失后,人眼的主观亮度感觉不会马上消失,而在人眼中要暂存一段时间。

人眼的视觉惰性是人人都有感受的。比如当我们定神看一物体,人眼就感受到这个物体的亮度。当物体移走后,人眼的亮度感觉依然存在,大约可暂留 0.1s。再如看快速移动的亮点,由于各个亮点的亮度在人眼的视觉中暂留,因此人眼的感觉就是一条亮线而非一个个亮点。

在电视技术中,利用人眼的视觉惰性,当传送图象时,可以通过摄象管先把图象分解成很多小亮点,然后变换成电脉冲信号,再快速逐个传送;在接收端,通过显象管将电脉冲信号复原成小亮点,由于亮点复原很快,所以在人眼的主观感觉中看到的是连续的整幅图象,而不是一个个亮点。

当然,作用于人眼的亮点的重复频率必须足够高。当重复频率不够高时,人眼就会有一明一暗的感觉,这种现象称为闪烁效应。

电视传送图象时,要求人眼不能感受到闪烁,这就要求亮点的传送频率必须足够高。能够达到使人眼感觉不到闪烁的重复频率,称为临界闪烁频率 f_L 。一般 f_L 约为 46Hz。

五、三基色原理和混色法

(一) 三基色原理

从人眼的视觉特性可见,由于存在混色效应,要感觉图象的彩色,只要能获得与原景物相同的彩色效果即可。根据混色实验发现,将某三种不同颜色的单色光按不同的比例混合,就

能获得自然界中绝大多数的彩色效果。具有这种特性的单色光叫基色光。这三种不同的颜色叫三基色。理论上讲,三基色的选择是任意的。但由于人眼对红(R)、绿(G)、蓝(B)三种颜色的光最敏感,因此彩色电视中就选择红、绿、蓝三种颜色作为三基色。彩色电视由于使用三基色,就确定了其分解和混合彩色的重要原理——三基色原理。其基本内容为:

(1) 自然界中几乎所有能见到的彩色都可以由三个基色按一定比例混合得到;反之,自然界中绝大多数的彩色都可以分解成三基色。

(2) 三基色互相独立,即任一基色不能由另外两基色混合而成。

(3) 由三基色之间的混合比例,决定混合色的色调和色饱和度。

(4) 混合色的亮度等于每个基色亮度之和。

三基色原理为彩色电视技术奠定了基础,大大地简化了传送和重现彩色图象的技术措施。根据三基色原理,彩色电视在传送彩色图象的发送端,可以先将彩色图象分解成许许多多的红、绿、蓝三基色亮点,然后变成电脉冲信号进行发射;在重现彩色图象的接收端,用红、绿、蓝三基色的电信号分别控制彩色显象管相应的红、绿、蓝荧光粉发光,然后通过混色,人眼就感觉出重现了原来的彩色图象。

(二) 混色法

利用三基色按不同比例混合得到彩色的方法叫混色法。在彩色电视技术中,采用的是相加混色法。所谓相加混色法,就是将三基色按不同比例相加混合而得到不同彩色的混色方法。红、绿、蓝三基色光、相加混色得到的彩色光如图 1-5 所示。图 1-5 是将三束圆形红、绿、蓝单色光束同时投射到白色屏幕上,并按一定比例混合而得到混色的实验结果。

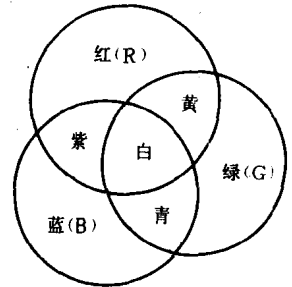
由图 1-5 可知:

红色+绿色=黄色

红色+蓝色=紫色

绿色+蓝色=青色

红色+绿色+蓝色=红色+青色=绿色+紫色=蓝色+黄色=白色



根据上面相加混色的特点,凡是相加获得白色的两种颜色互为补色。如红色与青色、绿色与紫色、蓝色与黄色互为补色。由于红、绿、蓝为三基色,因此把青、紫、黄称为三基色的补色。两个三基色的补色相加,其色调与同圆形光束内基色的色调相同,但色饱和度下降。

如,黄色+青色=红色+绿色+蓝色+绿色=白色+绿色=淡绿色

从上面混色实验可见,三基色的相加混色法原理解决了彩色电视对彩色的分解和混合的问题。在彩色电视技术中,根据人眼的视觉特性,要实现混合相加法的方法有三种:

(1) 空间混色法 将三基色光分别同时投射在同一表面的三个相邻点上,只要这三个点相距足够近,例如人眼的视角小于 $4'$ 的情况,根据人眼对彩色分辨力有限的特性,人眼就把这三个基色看成它们相混合的彩色。这种方法是同时制彩色电视的基础。

(2) 时间混色法 将三基色光顺序投射到同一表面上,只要轮换频率大于临界闪烁频率,根据人眼的视觉惰性,人眼感觉到彩色光仍同三基色光直接相加的混色效果。这种方法是现代顺序制彩色电视的基础。

(3) 生理混色法 人的两只眼睛同时分别观看两种不同颜色的同一景物时,也会产生混

色视觉效果。这种方法叫生理混色法。

(三) 彩色三角形

为了直观地表现三基色的混色原理，确定混色后各种颜色之间的关系，常采用彩色三角形来表示三基色混色方法。彩色三角形是一等边三角形，三个顶点放置三基色，其余各混色可相应确定，如图 1-6 所示。

彩色三角形的特点为：

(1) 每条边上各点代表的颜色，是相应的两个基色按不同比例混合的混合色。青、紫、黄三补色位于相应三边的中点，它是相应的两基色等量时的混合色。

(2) 彩色三角形的重心是白色，它是等量的三基色的混合色。

(3) 每根中线两端对应的彩色互为补色，由于中线过重心，说明两补色间可混合成白色。

(4) 每边的彩色为纯色，色饱和度为 100%。每边上任一点至重心，其色饱和度逐渐下降至零，而色调不变；反之色饱和度逐渐增大。如图中 A 点为粉红色。

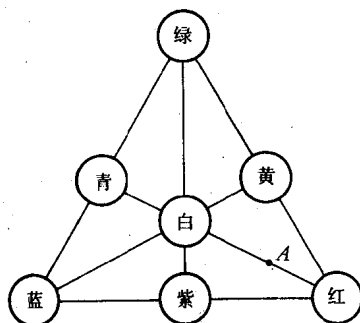


图 1-6 彩色三角形

六、彩色的度量及表示法

根据三基色原理，三基色按照不同比例混合，可以得到绝大多数彩色。同样，一给定的彩色，也可以确定组成它的三基色的混合比例，即可以对彩色进行度量。常用的彩色度量方法是配色实验。

(一) 配色实验和彩色度量

配色实验是用比色计进行的，如图 1-7 所示。

比色计有两块互相垂直的全反射白板，把人的视场分成相同的两半。在右半视场的白板上投射光通量（反映光的亮度，用 Φ 表示）可以调节的三基色光，在左半视场的白板上投射待配的彩色光。调节三基色的光通量调节器，使人眼看到的左、右视场的彩色光相同，则三基色混合得到的彩色光，就是待配的彩色光。从光通量调节器刻度上，可以得到三基色的光通量及其比例，进而就可以得到待配彩色光的色度和亮度。

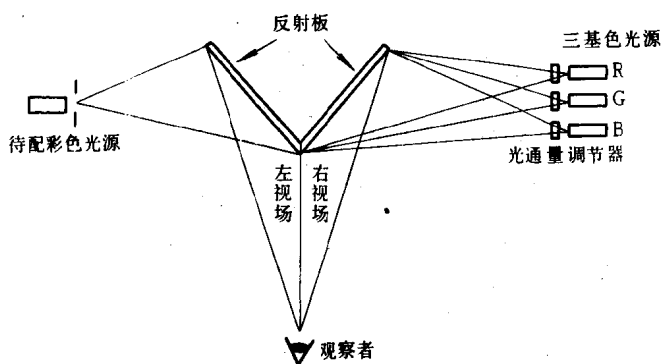


图 1-7 配色实验

色度标准中，以 E 白光作为标准白光。它可以由选定的红、绿、蓝三基色光合成。为了统一世界各国的选定标准，国际照明委员会（CIE）规定，红基色光波长为 700nm，绿基色光波长为 546.1nm，蓝基色光波长为 435.8nm。这种三基色光又叫物理三基色光。上述配色实验中用到的，就是这种物理三基色光。

配色实验表明，要配出 E 白光，所需的红、绿、蓝三基色光的光通量之比为

$$\Phi_R : \Phi_G : \Phi_B = 1 : 4.5907 : 0.0601 \quad (1-1)$$

由此比例可知,若选红基色光光通量为 1lm (流明),绿基色光光通量为 4.5907lm,蓝基色光光通量为 0.0601lm,就可以配成 E 白光,光通量

$$\Phi_E = 1\text{lm} + 4.5907\text{lm} + 0.0601\text{lm} = 5.6508\text{lm}$$

为了简化计算,CIE 规定,红基色光一个单位量的光通量为 1lm,绿基色光一个单位量的光通量为 4.5907lm,蓝基色光一个单位量的光通量为 0.0601lm。三基色光的单位量又叫物理三基色光单位量,分别用 (R)、(G)、(B) 表示,这样,1 (R)、1 (G)、1 (B) 就可以配成 E 白光 F_E 。即

$$F_E = 1(R) + 1(G) + 1(B) \quad (1-2)$$

式 (1-2) 称为配色方程。

对于任意给定的彩色光 F ,其配色方程可写为

$$F = R(R) + G(G) + B(B) \quad (1-3)$$

其中 R 、 G 、 B 称为物理三基色系数,可通过配色实验测得。

式 (1-3) 中, R 、 G 、 B 的比例关系决定所配彩色光的色调和色饱和度。如当 $R : G : B = 1 : 1 : 1$ 时,则 F 必为 E 白光,色饱和度为零;当 $B=0$, $R : G = 1 : 1$ 时, F 为黄色光,色饱和度为 100%。因为

$$F = R(R) + G(G) + B(B) = 1(R) + 1(G)$$

若 $R : G : B = 2 : 1 : 1$,则 F 为粉红色,色饱和度小于 100%。因为:

$$F = R(R) + G(G) + B(B) = 2(R) + 1(G) + 1(B) = 1(R) + [1(R) + 1(G) + 1(B)]$$

以上说明的是色度的度量。至于亮度的度量,根据三基色原理知,混合色光的亮度等于三基色光亮度之和。由于 1 (R) 亮度为 1lm,1 (G) 亮度为 4.5907lm,1 (B) 亮度为 0.0601lm,因此彩色光亮度方程为

$$Y = 1R + 4.5907G + 0.0601B(\text{lm}) \quad (1-4)$$

综上所述,配色方程是以三基色光的单位量来对彩色光进行度量和计算的,这种方法叫 RGB 计色制。由于其使用很不方便,更不直观,因此在现代彩色电视技术中更广泛采用的是 XYZ 计色制和 XYZ 色度图。

(二) XYZ 计色制和 XYZ 色度图

1. XYZ 计色制

XYZ 计色制是 CIE 规定的一种标准计色制。它的彩色光配色方程的表达式为

$$F = X(X) + Y(Y) + Z(Z) \quad (1-5)$$

其中 X 、 Y 、 Z 是标准三基色系数,(X)、(Y)、(Z) 为标准三基色单位量。

为了便于色度计算,要求 X 、 Y 、 Z 和 (X)、(Y)、(Z) 与物理三基色系数 R 、 G 、 B 和物理三基色单位量 (R)、(G)、(B) 有固定的关系。为此,CIE 对 XYZ 计色制作出如下规定:

(1) 用配色方程 (1-5) 配出实际的彩色光时,标准三基色系数 X 、 Y 、 Z 均为正值。

(2) Y (Y) 的光通量数值表示配出的彩色光的亮度,1 (Y) 表示彩色光的亮度为 1lm。 (X) 、(Z) 两基色中不含有任何亮度,配出的彩色光的色度由 X 、 Y 、 Z 的比例值决定。

(3) 当 $X=Y=Z$ 时,配出的彩色光为 E 白光。

根据上述规定,可以经过数学推导得出标准三基色系数与物理三基色系数,以及标准三基色单位量与物理三基色单位量之间的固定关系:

$$\left. \begin{aligned} X &= 2.7689R + 1.7518G + 1.1302B \\ Y &= 1.0000R + 4.5907G + 0.0601B \\ Z &= 0.0000R + 0.0565G + 5.5943B \end{aligned} \right\} \quad (1-6)$$

$$\left. \begin{aligned} (X) &= 0.4185(R) - 0.0912(G) + 0.0009(B) \\ (Y) &= -0.1587(R) + 0.2524(G) - 0.0025(B) \\ (Z) &= -0.0828(R) + 0.0157(G) + 0.1786(B) \end{aligned} \right\} \quad (1-7)$$

2. XYZ 色度图

根据上述规定,配出的彩色光的色度由 X 、 Y 、 Z 的比例值来确定,因此在计算彩色光的色度时,只要知道 X 、 Y 、 Z 的相对值即可。为了分析直观,引入相对三基色系数 x 、 y 、 z ,它们和 X 、 Y 、 Z 的关系如下。令 $m=X+Y+Z$, m 称为色模,则

$$x = \frac{X}{m}, y = \frac{Y}{m}, z = \frac{Z}{m} \quad (1-8)$$

显然 $x+y+z=1$ 。由此可见,只要知道两个相对三基色系数,如 x 、 y ,就可以确定另一个相对三基色系数,如 z , $z=1-x-y$ 。这时配色方程可写为

$$F = m[x(X) + y(Y) + z(Z)] = m[x(X) + y(Y) + (1-x-y)(Z)] \quad (1-9)$$

这样,彩色光的色度 F 原需由 x 、 y 、 z 三维空间表示,现就可转化为 $x-y$ 平面坐标图表示,这个图叫 XYZ 色度图,又叫 XY 色度图、CIE 色度图。根据配色实验结果和式 (1-6)、式 (1-7),可以画出各种颜色的 XYZ 色度图。如图 1-8 所示。XYZ 色度图的意义为:

(1) 谱色光的轨迹在 XYZ 色度图中为舌形曲线,处于第一象限。舌形曲线上各点代表从 400nm 到 700nm 之间所有的单色光。从图中可知,各种单色光可以用波长表示,也可以用色度坐标 (x, y) 表示。图中舌形曲线是不闭合的,将底部 (R) 、 (B) 点相连,则 (R) 、 (B) 连线上各点颜色反映红色光和蓝色光的合成色,它是非谱色光。谱色光轨迹和 (R) 、 (B) 连线以内的各点的颜色代表混合色。任一种混合色色度可由相应坐标的 x 、 y 值来确定,其相对亮度可由 y 值来确定。

(2) 由配色方程 (1-5) 和式 (1-8) 可得 (X) 、 (Y) 、 (Z) 的色度坐标为

$$(X) \begin{cases} x=1 \\ y=0 \\ z=0 \end{cases} \quad (Y) \begin{cases} x=0 \\ y=1 \\ z=0 \end{cases} \quad (Z) \begin{cases} x=0 \\ y=0 \\ z=1 \end{cases}$$

则 (X) 、 (Y) 、 (Z) 构成一直角三角形。由式 (1-8) 从理论上可分析出其重心 E 点代表 E 白光 ($X=Y=Z$), 对应的坐标为 $x=\frac{1}{3}$, $y=\frac{1}{3}$, $z=\frac{1}{3}$ 。其他标准光源的色度坐标也可在图中标出。各种标准光源的色度坐标如表 1-2 所示。

表 1-2 标准光源的色度坐标

标准光源 \ 色度坐标	x	y	z
A	0.4476	0.4075	0.1450
B	0.3484	0.3516	0.3000
C	0.3101	0.3162	0.3737
D ₆₅	0.3130	0.3290	0.3580
E	0.3333	0.3333	0.3333

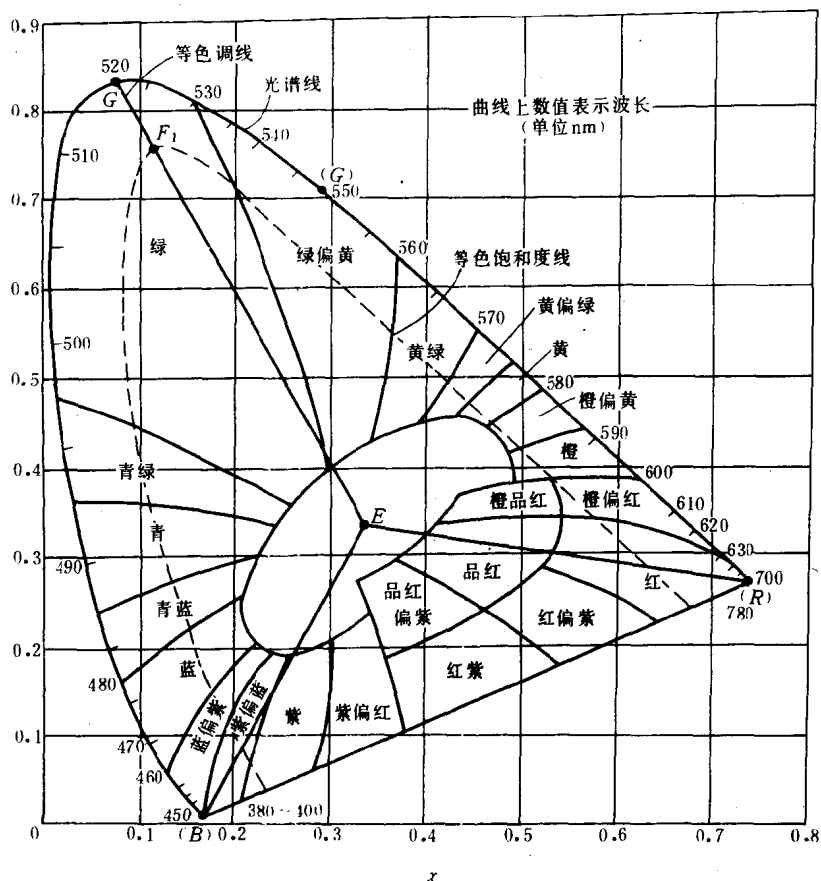


图 1-8 XYZ 色度图

(3) 色度图能够表示出任意彩色光的色调和色饱和度。谱色线上任一点与 E 点的连线称为等色调线。如图 G 点与 E 点的连线 GE ，该线上任一点的色调都和波长为 520nm 单色光的色调相同。等色调线上各点的色饱和度不同，离 E 点越近，色饱和度越低。等色调线上各点的色饱和度也可以计算。如等色调线 GE 上一点 F_1 的色饱和度为 $\frac{EF_1}{EG} \times 100\%$ 。不同色调但色饱和度相同的各点连接起来构成的连线，称为等色饱和度线。如谱色光的舌形连线就是等色饱和度线，其色饱和度为 100% 。再如图中虚线所示的也是等色饱和度线，该线上各点的色饱和度和 F_1 点相同。

(4) 在舌形谱色线内，任取红、绿、蓝三点作为三基色，则此三基色所合成的彩色必在以此三基色为顶点的三角形内。因此，在彩色电视技术中，选出三基色时，应保证其组成的三角形在色度图中占的面积尽可能大，这样才能混合出丰富的彩色。

七、显象三基色和亮度方程

(一) 显象三基色

彩色图象在传送时，图象的色度是根据 XYZ 色度图计算出来的。物理三基色 (R) 、 (G) 、 (B) 的位置也可以根据计算在 XYZ 色度图中找出。如红基色光 (R) ，当 $R=1$ ， $G=0$ ， $B=0$ 时， $F=R(R)+G(G)+B(B)=1(R)$ 。将 R 、 G 、 B 代入式 (1-6) 中，求得 $X=2.7689$ ， $Y=1$ ， $Z=0$ 。再代入式 (1-8) 中，确定色度坐标，即红基色光坐标 $x=0.7347$ ， $y=0.2653$ 。

同理, 当 $R=B=0, G=1$ 时, 可确定绿基色光 (G) 的坐标为 $x=0.2738, y=0.7174$; 当 $R=G=0, B=1$ 时, 可确定蓝基色光 (B) 的坐标为 $x=0.1666, y=0.0089$ 。将 (R)、(G)、(B) 连接起来构成一三角形, 如图 1-9 所示。此三角形内的混合彩色可以代表自然界中绝大部分彩色。但彩色显象管重现彩色图象时, 一般不用此物理三基色。主要原因有:

(1) 物理三基色位于谱色线上, 色饱和度为 100%, 难于找到实际的发光体来产生这种波长的光。

(2) 从色度图中可知, 在物理三基色中, 红基色光和蓝基色光的相对亮度 (由 y 值确定) 很低, 在重现基色光时, 显象管荧光粉的发光效率就必须很高。但由于受到荧光粉材料限制, 一般达不到要求, 从而使重现彩色不理想。

为克服上述问题, 彩色显象管采用显象三基色。这时配色方程为

$$F = R_e(R_e) + G_e(G_e) + B_e(B_e) \quad (1-10)$$

其中, R_e, G_e, B_e 为显象三基系数, (R_e)、(G_e)、(B_e) 为显象三基色单位量。

显象三基色的选择受电视制式的影响而有所不同, 如表 1-3 所示。

表 1-3 显象三基色的色度坐标

电视制式		NTSC				PAL			
基色与标准白光光源		(R_{e1})	(G_{e1})	(B_{e1})	C 白光	(R_{e2})	(G_{e2})	(B_{e2})	D_{65}
色度坐标	x	0.670	0.210	0.140	0.310	0.640	0.290	0.150	0.313
	y	0.330	0.710	0.080	0.316	0.330	0.600	0.060	0.329

NTSC 制和 PAL 制彩色电视所选显象三基色构成的三角形如图 1-9 所示。由图 1-9 可知, 显象三基色为不饱和色, 易于由发光体产生。虽然显象三基色构成的三角形较小, 但包含了自然界中的大部分彩色, 并且显象三基色的相对亮度也提高了。所以, 现代彩色电视技术由于采用显象三基色, 再加上采用发光效率高的荧光粉以及显象管黑底新技术, 使显象管重现的彩色鲜艳、丰富、生动和逼真。

(二) 亮度方程

彩色电视传送的彩色图象中包括色度成分和亮度成分。色度成分可以根据色度图确定。亮度成分可以根据亮度方程确定。在 XYZ 计色制中, 由式 (1-6) 可知, 亮度方程为

$$Y = 1.0000R + 4.5907G + 0.0601B \quad (1-11)$$

此亮度方程是在标准物理三基色基础上得出。但由于显象管重现图象时采用显象三基色, 并且显象三基色的色度坐标随电视制式不同而不同, 因此显象管显示彩色图象时所需的亮度方程就不同。

对于 NTSC 制彩色电视, 其规定使用标准的白色光为 C 光源, 显象三基色单位量分别为 (R_{e1})、(G_{e1})、(B_{e1})。要配出 1lm 标准 C 白光的配色方程为

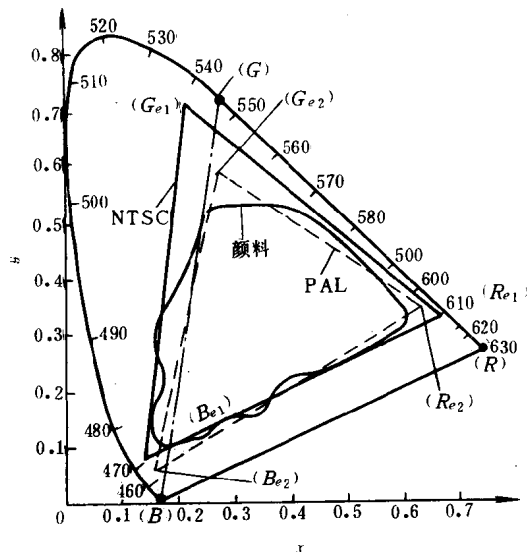


图 1-9 彩色电视色度重现范围

$$F_c = 1(R_{e1}) + 1(G_{e1}) + 1(B_{e1}) \quad (1-12)$$

根据表 1-3 的色度坐标, 以及式 (1-5) 和式 (1-10) 的配色方程, 经过理论计算, 可确定 NTSC 制显象三基色系数 R_{e1} 、 G_{e1} 、 B_{e1} 和 XYZ 计色制中的三基色系数 X 、 Y 、 Z 之间的关系为

$$\left. \begin{aligned} X &= 0.607R_{e1} + 0.174G_{e1} + 0.200B_{e1} \\ Y &= 0.299R_{e1} + 0.587G_{e1} + 0.114B_{e1} \\ Z &= 0.000R_{e1} + 0.066G_{e1} + 1.116B_{e1} \end{aligned} \right\} \quad (1-13)$$

因此亮度方程为

$$Y = 0.299R_{e1} + 0.587G_{e1} + 0.114B_{e1} \quad (1-14)$$

或

$$Y = 0.30R_{e1} + 0.59G_{e1} + 0.11B_{e1} \quad (1-15)$$

对于 PAL 制彩色电视, 其规定使用的标准白光为 D_{65} 光源, 显象三基色单位量分别为 (R_{e2}) 、 (G_{e2}) 、 (B_{e2}) , 要配出 1lm 标准 D_{65} 白光的配色方程为

$$F_D = 1(R_{e2}) + 1(G_{e2}) + 1(B_{e2}) \quad (1-16)$$

与 NTSC 制同样分析方法, 可求出 PAL 制彩色光的亮度方程为

$$Y = 0.222R_{e2} + 0.707G_{e2} + 0.071B_{e2} \quad (1-17)$$

其中 R_{e2} 、 G_{e2} 、 B_{e2} 为 PAL 制显象三基色系数。

从上面分析结果可见, PAL 制彩色电视的亮度方程和 NTSC 制彩色电视的不同。但由于 NTSC 制彩色电视发展比 PAL 制早, 按 NTSC 制设计的电视设备很多, 因此 PAL 制彩色电视仍采用 NTSC 制的亮度方程。这个方程虽与理论方程有误差, 但不影响人的视觉对亮度的反映。

综上所述, 不论 NTSC 制还是 PAL 制彩色电视, 重现彩色图象的亮度方程均可表示为

$$Y = 0.30R + 0.59G + 0.11B \quad (1-18)$$

其中 R 、 G 、 B 为显象三基色系数。

若用 U_Y 代表亮度信号的电压, U_R 、 U_G 、 U_B 代表显象三基色信号的电压, 则电压形式的亮度方程为

$$U_Y = 0.30U_R + 0.59U_G + 0.11U_B \quad (1-19)$$

第二节 彩色电视的传象原理

电视图象信号是通过光电转换、信号传送和电光转换来实现传送和接收的。对于彩色电视系统而言, 其传送和接收的过程为: 在发射端, 利用电视摄象机将彩色景物的光象变成电信号, 然后将电信号作适当的技术处理, 经发射机的天线发射出去; 在接收端, 利用电视接收机将天线接收的电信号进行相应的技术处理, 再经彩色显象管重现为人眼可见的彩色图象。

一、彩色电视图象信号的传送和接收

(一) 彩色电视图象信号的传送

彩色电视图象信号的传送如图 1-10 所示。摄象机首先通过分色系统, 将所摄彩色图象的彩色光分解成红、绿、蓝三基色光。分色系统由滤色棱镜 AB 、 BC 和反射镜组成。经分色系统产生的红、绿、蓝三基色光, 分别送到相应的红、绿、蓝摄象管, 三基色摄象管在扫描电路作用下进行光电转换, 然后进行预失真 γ 校正, 以补偿显象管特性的非线性。经过光电转换, 三基色光就变成三个电信号。三基色电信号在编码电路中重新组合, 变成一个亮度信号和两

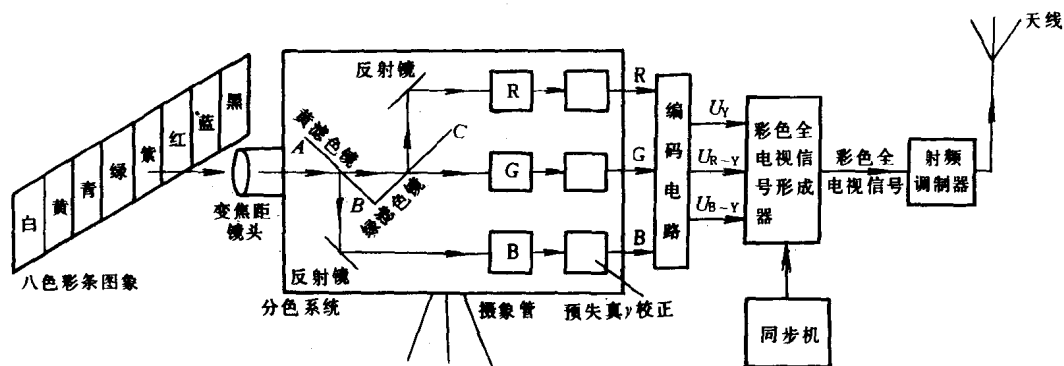


图 1-10 彩色电视信号的传送

个色差信号，其中色差信号只反映彩色图象的色度信号。编码后的彩色图象信号送到彩色全电视信号形成器中，与同步机产生的同步信号和消隐信号一起形成彩色全电视信号，然后经射频调制器，将彩色全电视信号调幅调制在载频上，和调频调制的伴音信号一起由天线发射出去。

（二）彩色电视图象信号的接收

彩色电视图象信号的接收如图 1-11 所示。彩色电视机经天线接收高频彩色电视信号和伴音信号，然后经高频调谐器、中频放大器、视频检波等电路进行信号处理后分出四路。第一路经伴音通道解调出伴音信号送至扬声器。第二路经亮度通道取出亮度信号。第三路经色度通道解调出两个色差信号。亮度信号和色差信号一起经矩阵电路组合出三基色电信号 U_R 、 U_G 、 U_B ，由它们分别控制彩色显象管的电子束的强弱，从而激发三基色荧光粉发光，使显象管荧光屏重现传送的彩色图象。最后一路经同步分离电路分离出同步信号去控制扫描电路的工作，以保证摄像管和显象管的扫描电路同步工作。同时，扫描电路还产生高压，以满足显象管的工作电压要求。

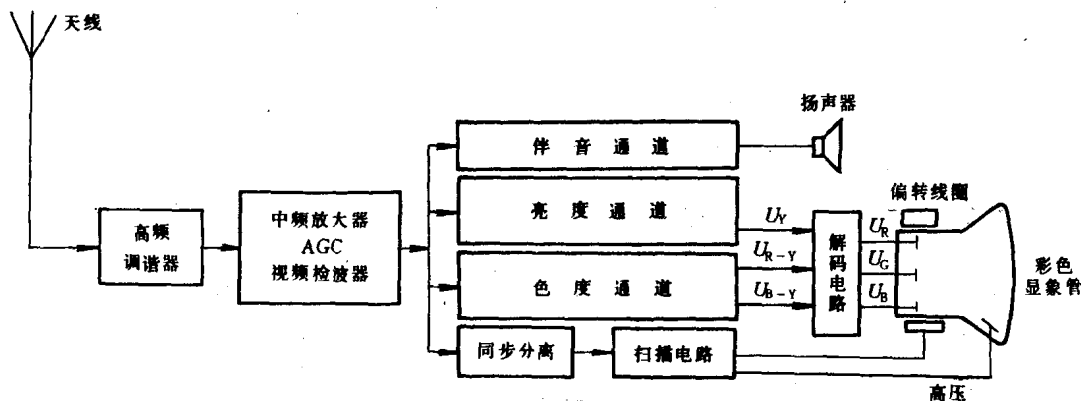


图 1-11 彩色电视信号的接收

二、电视技术基础

电视技术就是传送和接收图象的技术。由于彩色电视技术是在黑白电视技术的基础上发展起来的，因此本部分主要以黑白图象为例来介绍电视技术基础。

（一）象素

前已介绍，电视通过摄像管把图象的光信号变成电信号，然后进行传送。但由于一幅图