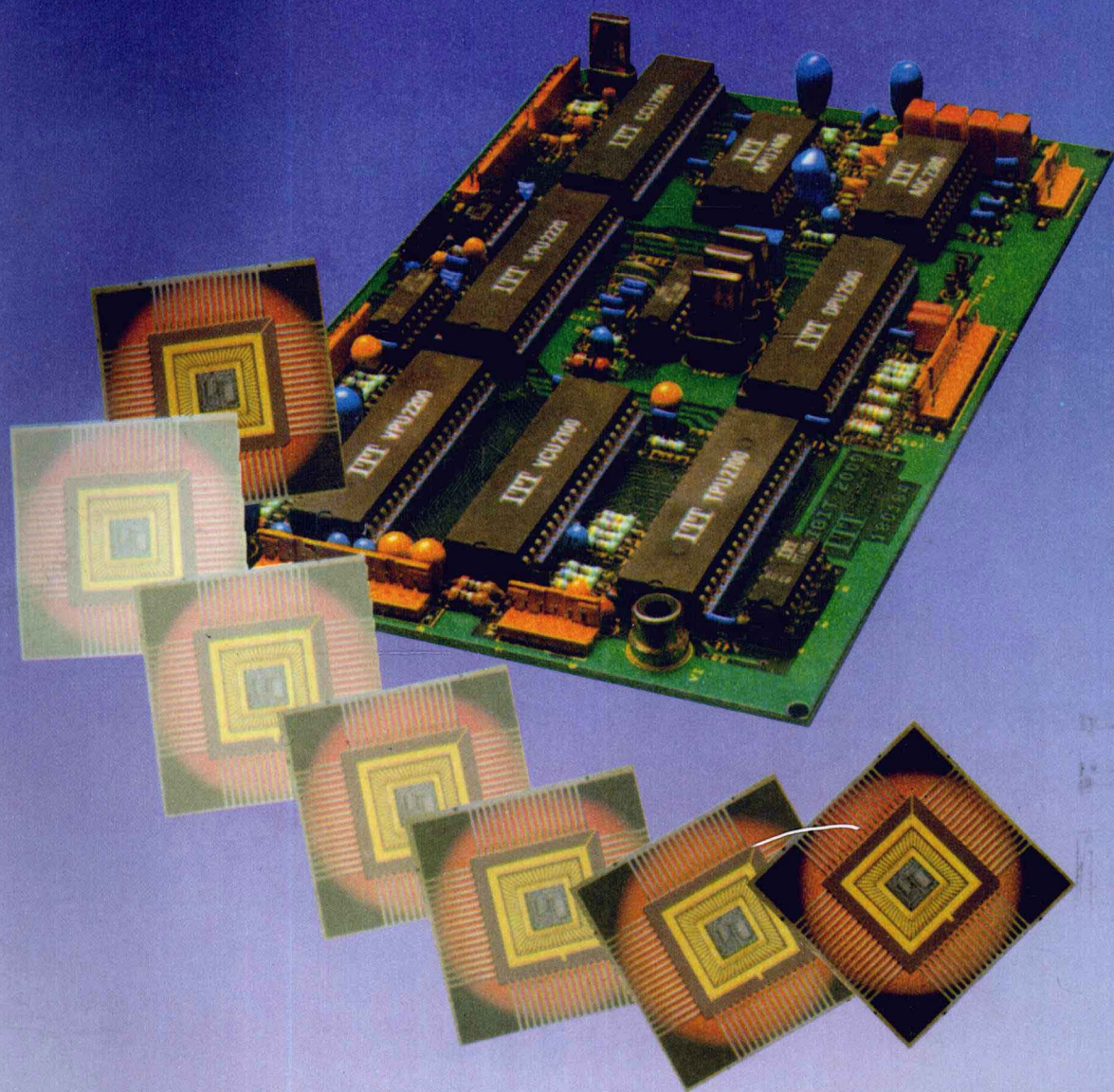


全国技工学校电子类通用教材

电视机原理调试与维修



中国劳动出版社

本书是根据劳动部培训司、中国电子工业总公司教育局组织制订的《电视机原理调试与维修教学大纲》编写的技工学校电子类无线电整机专业教材。本书在讲述电视机原理时,以彩色电视机为主,也兼顾了黑白电视机,适用性较强。在以二片集成电路为例分析彩色电视接收机工作原理的基础上,着重介绍了电路的功能、整机的调试与维修方法。

本书也可作为中级工培训教材和电视机爱好者的自学用书。

本书由上海无线电十八厂技工学校沈琴枫、上海电视一厂技工学校王佩华编写,沈琴枫主编;常州市技工学校宋文俊、上海无线电二十一厂技工学校邵培成、上海电视一厂技工学校杨之邦审稿,宋文俊主审。

电视机原理调试与维修
技工学校电子类专业教材

编审委员会组织编写

责任编辑 金 龄

中国劳动出版社出版

(100029 北京市惠新东街1号)

中国青年出版社印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所发行

787×1092 毫米 16 开本 14.5 印张 358 千字

1993 年 10 月北京第 1 版 1997 年 3 月北京第 8 次印刷

印数:15000 册

ISBN 7-5045-1197-8/TN · 021(课) 定价:13.10 元

说 明

1989 年以来,由技工学校电子类专业教材编审委员会组织编写的技工学校电子类专业通用教材和实习教材相继出版。这套教材有:《数学》、《物理》、《制图》、《电子电路基础》、《电子测量与仪器》、《收录机原理调试与维修》、《无线电基础》、《微型电子计算机原理》、《操作系统》、《程序设计基础》、《微型计算机原理及应用》、《数字逻辑电路》、《BASIC 语言》、《PASCAL 语言》、《基本操作技能》、《电视机装配调试与维修》、《计算机操作实习》。为了进一步满足技工学校教学的需要,此次又组织编写了《电工基础》、《脉冲与数字电路》、《电视机原理调试与维修》、《无线电整机装配工艺基础》、《半导体物理与器件》、《录像机原理调试与维修》、《单片微型计算机原理与应用》等 7 种教材。

上述教材供二年制(招收高中毕业生)和三年制(招收初中毕业生)的技工学校电子专业的学生使用,也适合工人培训和职工自学使用。

技工学校电子类专业教材编审委员会

1993 年 6 月

前 言

电子工业部与我部密切配合,从 1979 年开始,共同组织编审出版了技工学校电子类专业教材。这是件具有现实意义和深远意义的工作。

职业技术教育是国家工业化和现代化的重要支柱。现代电子技术,特别是计算机技术的发明和发展,使人类社会发生了一场真正的革命。因此,衡量一个国家的国力是否强大,一定程度上已表现为在经济和社会各个领域,科学技术尤其是电子技术应用的广度、深度和由此形成的实力。在今日中国的教育、科研、国防和经济领域里,电子技术的应用日益广泛,已有数以百万计的计算机在运转,而且数量还在不断增长。企业的生产管理和制造技术因此正在发生巨大的变革。但是,从传统的制造和管理方法向电子化、采用计算机控制技术过渡并非易事,主要是在安装和操作新设备上,实质上是在人员素质方面,遇到了不少困难。所以,编写新的教材,努力培养大批懂得现代电子技术的人才,已成为尽快提高劳动生产率、产品质量和管理水平的当务之急。实践证明,推动电子技术进步和提高劳动者素质,是密切结合、互相促进的,两者缺一不可。

我国已把提高劳动者素质,即培养提高技术工人和后备劳动者的技术业务素质,摆到非常重要的位置。因此,组织编审出版技工学校电子类专业教材是十分必要的。已经出版使用的电子类教材,从最初解决教材有无问题,到逐步提高质量、增编实习教材、重视加强基本技能训练,对培养中级电子技术工人起到了积极的作用。

我相信,在广大编审、出版工作者的共同努力下,在实践中,技工学校电子类专业教材将更加完善,成为有权威的、质量一流的教材。在此,我谨向电子工业部和全体编审人员,以及为教材的出版发行做出贡献的人们表示真诚的感谢。

中华人民共和国劳动部副部长 令狐安

目 录

第一章 视觉特性与三基色原理.....	1
§ 1—1 光的特性.....	1
§ 1—2 人眼的视觉特性和彩色三要素.....	3
§ 1—3 三基色原理和混色.....	4
§ 1—4 彩色的量度和表示法.....	6
小 结	10
习 题	11
第二章 电视传像基本原理	12
§ 2—1 电视传送图像的过程	12
§ 2—2 电子扫描	15
§ 2—3 电视信号的调制和发送	17
§ 2—4 兼容制彩色电视	23
小 结	28
习 题	29
第三章 彩色电视制式	30
§ 3—1 概 述	30
§ 3—2 NTSC 制	31
§ 3—3 NTSC 制彩色全电视信号	36
§ 3—4 PAL 制	43
§ 3—5 PAL 制编码及解码过程	48
小 结	54
习 题	55
第四章 电视接收机的工作原理	56
§ 4—1 概 述	56
§ 4—2 黑白电视接收机的组成	56
§ 4—3 彩色电视接收机的组成	59
§ 4—4 公共通道	62
§ 4—5 色度通道	73
§ 4—6 基准副载波恢复电路	79
§ 4—7 亮度通道	86
§ 4—8 解码矩阵和末级视放	90
§ 4—9 伴音通道	94
§ 4—10 同步与扫描电路.....	97
§ 4—11 开关电源	105
§ 4—12 彩色显像管及其附属电路	107
§ 4—13 彩色电视新技术介绍	113

小 结.....	117
习 题.....	118
第五章 二片集成电路彩色电视机电路分析	121
§ 5—1 东芝二片集成电路彩色电视机概况.....	121
§ 5—2 通道电路.....	127
§ 5—3 解码电路与亮度通道.....	141
§ 5—4 扫描电路.....	150
§ 5—5 开关稳压电源.....	163
§ 5—6 飞利浦二片机电路简介.....	165
小 结.....	179
第六章 彩色电视机调试与维修	181
§ 6—1 调试方法.....	181
§ 6—2 彩色电视测试卡及其应用.....	190
§ 6—3 彩色电视机的基本维修技术.....	195
§ 6—4 常见故障检修.....	206
小 结.....	220
附录一 金星 C4715 型彩色电视接收机电路图	222
附录二 金星 C4710 型彩色电视接收机电路图	223
附录三 TA 二片机常见故障索查表	224

第一章 视觉特性与三基色原理

彩色是光的一种属性,没有光就没有彩色。在光照射下,人们通过眼睛感觉到各种物体的彩色,这些彩色是人眼视觉特性和物体客观特性的综合效果。彩色电视技术就是根据人眼的视觉特性来传送和接收彩色图像的。

§ 1—1 光的特性

一、可见光的特性

在太阳光的照射下,人们可以看到五彩缤纷的大自然景物。由物理学的光学理论可知,光是一种以电磁波形式存在的物质。凡是能引起人眼视觉反应的电磁波称为可见光,它是波长为380~780nm(nm叫纳米,1nm=10⁻⁹m)之间的电磁波,如图1-1所示。由图可见,在电磁波频谱上,可见光的光谱只占了极小的一段,而且不同波长的光射入人眼所产生的颜色感觉也不同。例如,波长为400nm的光,给人一种紫色的感觉;波长为500nm的光能引起蔚蓝色的感觉;波长为600nm的光看起来是黄橙色;而波长为700nm的光为红色。当这些不同波长的光同时到达人眼时,便获得了白色光的感觉。太阳发出的白光中包含了所有的可见光。如果我们把一束太阳光斜射到一块玻璃棱镜上,太阳光经过棱镜会被分解成按红、橙、黄、绿、青、蓝、紫的次序排列的连续光谱。通过实验可知,白光可以分解成各种颜色的单色光(只含有单一波长成分的光),各单色光也可以用同样的三棱镜重新聚合起来还原为一束白光。由此可知,光具有可逆性。

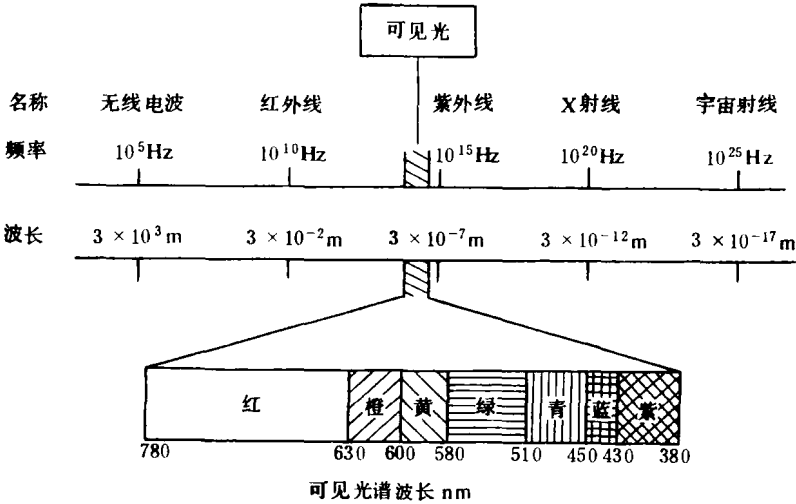


图 1—1 电磁波波谱

二、物体的颜色

物体的颜色有两种不同的来源,一种是发光体所呈现的颜色,另一种是物体反射或透射的彩色光。发光体所呈现的颜色,决定于它们所发光的颜色,例如各种颜色的霓虹灯,由于其内部存在着各种不同的发光体,所以能发出各种彩色光。那些本身不发光物体所呈现的颜色,则是在外界光源的照射下,有选择地吸收、反射或透射照明光中的一部分颜色,从而使该物体呈现一定的颜色。这种吸收、反射或透射是由物体本身的特性所决定的。例如,绿色的树叶能反射绿色的光而吸收其它颜色的光,因而呈现绿色;红花能反射红色的光,吸收其它颜色的光而呈现红色;天上的白云反射了全部太阳光而呈现白色;黑色的煤能吸收全部照射的光而呈现黑色。

物体呈现的颜色既然是由反射照明光中的一部分颜色光所形成的,那么,物体的颜色一定还与照射它的光源有关。例如,若在不含红光成分的绿光下观察红花,就会发现它不再是红色的,而是近乎黑色。这是因为光源中没有红光成分,红花吸收了全部绿光,所以变成了黑色。人们都有如下的经验:对同一物体的颜色,在日光下看到的与在白炽灯光下看到的不一定相同。这是因为这两种光源的成分不一样。也就是说,用不同光源照射物体时,其颜色会发生偏差。所以对照明光源要有统一标准,为此国际上规定了作为白光的几种标准光源。

三、标准光源

通常,照明光源,像太阳、白炽灯、日光灯等所发出的光虽然都称为白光,但由于发光的物质不同,它们的光谱成分相差很大,用它们照明同一物体后所得到的颜色往往不一样。为了比较和区别各种光源的光谱,国际上曾规定了 A、B、C、D、E 五种标准白光光源。这五种光源的光谱能量分布如图 1-2 所示。它们的主要特性如下:

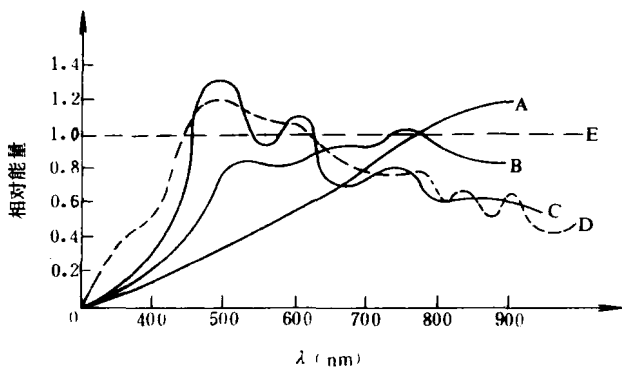


图 1-2 标准光源的光谱能量分布

- (1)A 光源 温度为 2800 K 的钨丝白炽灯光源是 A 光源,它的光谱能量主要分布在波长较长的区域,因而 A 光源的光偏红色。
- (2)B 光源 相当于中午直射太阳光的光源,在实验室中可用特制的滤色镜由 A 光源获得。
- (3)C 光源 相当于阴天的自然散射光的光源,其光谱能量在 450nm 左右处较大,因此 C 光源的光偏蓝色。
- (4)D 光源 相当于白天直射阳光与散射光混合后的光,又称 D_{6500} 或 D_{65} 光源,它是近代彩色电视中的标准光源。在彩色电视机屏幕上看到的白光,相当于 D 光源的白光。
- (5)E 光源 是一种理想的等能量白色光源。它的光谱能量分布是一条平行于横轴线的水平线。

平直线,在可见光波长范围内各波长具有相同的辐射功率。采用 E 光源有利于分析问题和进行色度学中的计算。E 光源在实际中是不存在的。

§ 1—2 人眼的视觉特性和彩色三要素

一、人眼的视觉特性

物体有选择地吸收、反射或透射不同波长的光是物体固有的物理特性,它决定了该物体的颜色。而人们感觉到光的颜色和光的亮度却是人眼的生理结构特点造成的。人的视觉主要是由于光射到眼睛的视网膜上而引起的。

在可见光的光谱范围内,同一波长的光,当光的强度不一样时给人眼的亮度感觉是不同的。对于相同强度而波长不同的光给人眼的亮度感觉也是不同的。随着波长的改变,不仅颜色的感觉不同,而且亮度感觉也不相同。图 1—3 给出了人眼对 E 光源光谱的响应曲线,其中实线表示白天人眼对光亮度的响应,虚线表示夜间人眼对光的响应。从白天的视觉灵敏度曲线可以看出,人眼感到最暗的是红色,其次是蓝色和紫色,而最亮的是黄绿色。反过来说,要获得相同的亮度感觉,所需要的红光辐射功率要比绿光的大得多。为了便于比较,图 1—3 中用相对灵敏度来衡量人眼对不同波长等强度光线亮度感觉的大小。图中的曲线常称为视觉灵敏度曲线。对于不同的人,视觉灵敏度会稍有差异。

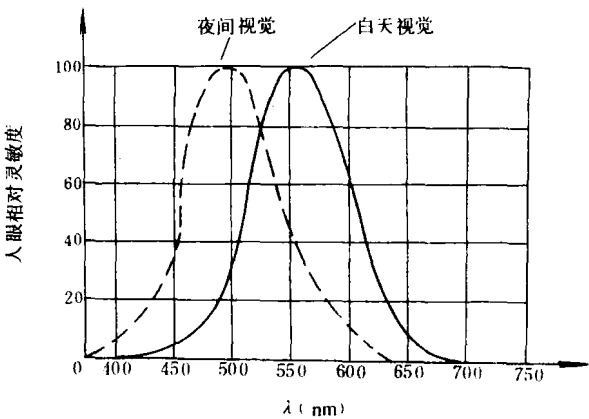


图 1—3 视觉灵敏度曲线

二、彩色的三要素

人眼不但能辨别彩色光亮度的大小,而且在彩色光强度足够时还能辨别光线的颜色。对于彩色光可以用亮度、色调和色饱和度三个物理量来描述。亮度、色调和色饱和度称为彩色的三要素。

1. 亮度

亮度是光作用于人眼时所引起的明亮程度的感觉。亮度与彩色光的强弱和波长的长短有关。

2. 色调

色调就是彩色的类别。通常所说的红色、绿色、蓝色等,就是指的色调。从波长的意义上讲,不同波长所呈现的不同颜色,就是指色调的不同。至于彩色物体的色调,则决定物体在光照射

下所反射的光谱成分。不同波长的反射光使物体呈现不同的色调。所以彩色物体的色调与物体本身的属性(吸收、反射或透射)及照射的光源有关。

3. 饱和度

饱和度是指彩色光所呈现彩色的深浅程度,即颜色的浓度。对于同一色调的彩色光,其饱和度越高,它的颜色越深;饱和度越低,则它的颜色越浅。在某一色调的彩色光中掺入白光,会使彩色光的饱和度下降,掺入的白光越强,彩色光的饱和度就越低。例如,将一束高饱和度的蓝光投射在白色屏幕上,会看到屏幕呈现深蓝色,如果再同时将一束白光投射到该屏幕上,则会明显感到蓝色变浅,即蓝色的饱和度下降了。调整白光的强度,如果投射的白光越强,则屏幕上显示的蓝色就越浅,即饱和度越低。饱和度下降的程度反映了彩色光被白光冲淡的程度,可见饱和度反映了某种色光的纯度。饱和度最高的称为纯色或饱和色。色度学中把纯色的饱和度定为100%,而饱和度低于100%的彩色,被称为非饱和色。100%饱和度的色光中没有白光成分,白光的饱和度则为零。

色调和饱和度又合称为色度,它既说明彩色光的颜色类别,又说明颜色的深浅程度。在彩色电视机中,所谓传输彩色图像,实质上就是传输图像的亮度和色度。

§ 1—3 三基色原理和混色

一、三基色原理

不同波长的单色光会引起不同的彩色感觉,但相同的彩色感觉却可以来源于不同的光谱成分的组合。例如,以适当比例混合红光和绿光,也可以产生与黄单色光相同的彩色效果。又如,呈现连续光谱的白色日光,也可以由适当比例的红、绿、蓝三种单色光混合而得到。人们在进行混色实验时发现:自然界中出现的各种彩色,几乎都可以用某三种单色光以不同比例混合而得到。具有这种特性的三个单色光叫基色光,这三种颜色叫三基色。

根据人眼彩色视觉特性,在彩色复现的过程中,并不要求恢复原景物反射光的光谱成分,重要的是获得与原景物相同的彩色感觉。于是可以选择三种基色,将它们按不同比例进行混合,以引起不同彩色感觉,即利用混色的方法来达到重现彩色图像的目的。彩色电视中使用的三基色是红、绿、蓝三色。主要原因是人眼对这三种颜色的光最敏感,且用红、绿、蓝三色混合相加可配得较多的彩色。根据这一事实,便得出一个重要的原理——三基色原理,其主要内容是:

1. 自然界中的绝大多数彩色,几乎都可以用三个基色按一定比例混合得到;反之,任何一种彩色都可以被分解为三个基色。

2. 三个基色必须是相互独立的彩色,即其中任一种基色都不能由其它两种基色混合产生。

3. 三个基色之间的混合比例,决定了混合色的色调和饱和度。

4. 混合色的亮度等于三个基色亮度之和。

三基色原理是对彩色进行分解、混合的重要原理。这一原理为彩色电视技术奠定了基础,极大地简化了用电信号来传送彩色的技术问题。在电视技术中,黑白电视只是重现景物的明暗变化,即亮度变化,它只需要传送一个反映景物亮度的电信号,而彩色电视要传送的却是亮度不同、色度千差万别的彩色景物,如果每一种彩色都使用一个与它对应的电信号,就需要同时传送许许多多的电信号,这显然是不可能的。根据三基色原理,我们只需把要传送的各种彩色分解成红、绿、蓝三个基色,然后再将它们变成三种电信号进行传送。在接收端,用这三种电信

号分别控制能发红、绿、蓝三色光的彩色显像管,就能重显原来的彩色图像。

二、相加混色法

利用三基色按不同比例混合来获得彩色的方法称为混色法。混色法有相减混色法和相加混色法。印刷、绘图中使用的是相减混色法,而彩色电视中使用的是相加混色法。

为了说明相加混色法,可以将红、绿、蓝三种基色光部分重叠地投射到白色屏幕上,在屏幕上便会呈现出一幅品字形的三基色圆图,如图 1-4 所示。由图可知:

- 红色 + 绿色 = 黄色
- 绿色 + 蓝色 = 青色
- 蓝色 + 红色 = 紫色
- 红色 + 青色 = 白色
- 绿色 + 紫色 = 白色
- 蓝色 + 黄色 = 白色
- 红色 + 绿色 + 蓝色 = 白色

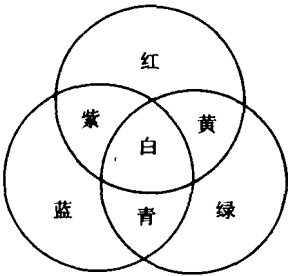


图 1-4 相加混色

可见,不同比例的红、绿、蓝三基色进行相加混色可以得到各种彩色。这里,红、绿、蓝是基色,而黄、青、紫是混合色,称为补色。如果基色与补色相加混色后成为白色的,则这基色和补色称为互补色,即红色与青色互为补色,绿色与紫色、蓝色与黄色也互为补色。那么,两种混色光相加将得到什么结果呢?举例如下:

- 黄色 + 青色 = 红色 + 绿色 + 绿色 + 蓝色 = 白色 + 绿色 = 浅绿色
- 紫色 + 黄色 = 红色 + 蓝色 + 红色 + 绿色 = 白色 + 红色 = 浅红色

彩色电视技术中,实现相加混色的方法有空间相加混色法和时间相加混色法。这两种方法特点如下。

1. 空间相加混色法

这种方法是利用人眼空间细节分辨力差的特点,将三种基色光分别投射到同一表面的三个相邻点上,只要这三个点足够小,相距足够近,人眼就会产生三种基色光混合后的彩色感觉。

2. 时间相加混色法

这种方法是利用人眼的视觉惰性,将三种基色光按一定顺序,以足够快的轮换速度投射到同一表面上,也能获得相同的彩色效果。

三、色度三角形

色度三角形也叫麦克斯韦三角形,它能把选定的三基色与它们混合后所得到的各种彩色之间的关系简单、方便地描绘出来。它给出三基色混合后所得到的彩色的大致范围,用它可以直观地表示彩色合成时的色度关系。图 1-5 示出的就是色度三角形。

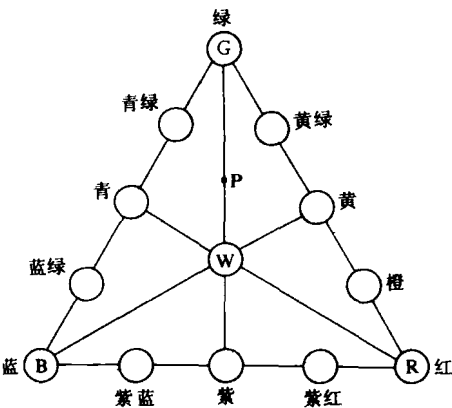


图 1-5 色度三角形

由图 1-5 可知,它是一个以三基色为顶角的等边三角形。三角形三条边上各点所代表的颜色都是由两种基色按不同比例混合得到的。例如,RG 边上各点都是由红色和绿色混合后得到的彩色。黄色位于 RG 边中点,表示由等量的红色和绿色相加而得,而橙

色在黄色与红色之间,表示橙色中红色的比例要大于绿色。如绿色的比例大于红色,则形成位于绿黄之间的黄绿色。色度三角形三条边上的彩色是由两种基色相加混合而成为饱和色,而三角形内部的彩色则由三基色按不同比例混合而成为非饱和色。三角形的中心点 W 代表的彩色是由等量的红、绿、蓝三种基色相加混合而成的,所以 W 点代表了白色。

由色度三角形还可以看出,穿过 W 点的任意一条直线,它与三角形边相交的点所代表的彩色互为补色。例如,绿色与紫色互为补色,它们相加混合成为白色。

如上所述,色度三角形三个顶点代表三基色,例如 G 点是代表饱和度为 100% 的纯绿色。沿着直线 GW 下移,绿色中的白色成分不断增加,使彩色变淡,饱和度不断下降,但色调却不变。例如,图中 P 点就表示是浅绿色。

色度三角形上各点只能反映彩色的色度(色调和饱和度)情况,而不能反映出彩色的亮度。例如, RG 边中点为 100% 饱和度的纯黄色,但该黄色的亮度却无法确定。但是根据三基色原理,混合色的亮度等于三个基色亮度之和,即黄色光的亮度可由红基色光和绿基色光亮度之和求得。利用色度三角形能方便地了解混色情况,有利于学习彩色电视原理和彩色电视机的调试与维修。

§ 1—4 彩色的量度和表示法

彩色与其它物理量一样可以进行量度和计算。三基色原理是彩色量度的基础。彩色的量度是通过确定三基色光对人眼的刺激程度来进行的。因此,需要规定三基色光的精确波长值和三基色光对人眼刺激程度的单位量。光对人眼的刺激程度可用光通量来表示。光通量是按人眼感觉来度量的光辐射能量,它的单位是 lm(流明)。彩色的量度因三基色不同而有不同的量度系统,也叫计色制。

一、配色实验和 RGB 计色制

国际照明委员会(CIE)选定了下列三种单色光为 RGB 计色制的三基色光,这三基色光也叫物理三基色光,是实际存在的光,它们是:

波长为 700nm 的红基色光

波长为 546.1nm 的绿基色光

波长为 435.8nm 的蓝基色光

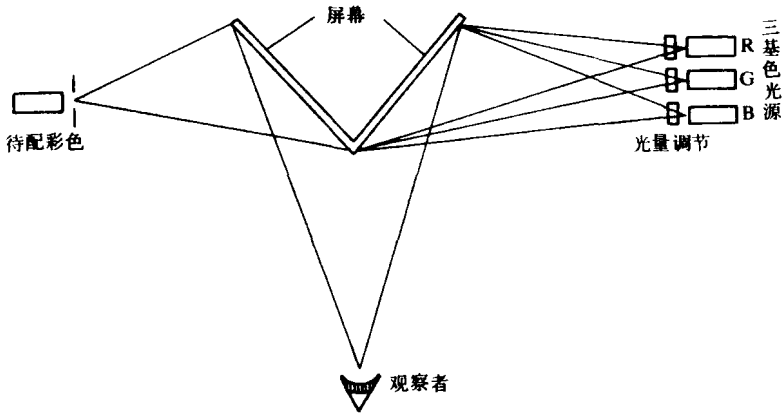


图 1—6 配色实验示意图

由所选定的三个基色光可以进行配色实验,配色实验用比色计进行,如图 1-6 所示。比色计中由两块互成直角的白板(屏幕)构成两个反射面,它们对任何波长的光几乎全部反射回来。在左面屏幕上投射待配彩色光,在右面屏幕上投射红、绿、蓝三基色光。调节三基色光通量的比例,直至由三基色混合得到的彩色与待配彩色完全相同为止。这时可从调节器刻度上得到红、绿、蓝三基色光的混合比例。

为了使等量的三个基色光能配出标准 E 白光(即 E 光源发出的等能量的白光),规定了红、绿、蓝三个基色单位(或称单位量),并分别用 (R) 、 (G) 、 (B) 表示。比色计调节器读数也按基色单位进行刻度。例如,当读数为 $1(R)$ 、 $1(G)$ 、 $1(B)$ 时,表示配出的彩色光为标准 E 白光。实验表明,配成 E 白光所需的红、绿、蓝三基色光的光通量之比为

$$1 : 4.5907 : 0.0601$$

为了计算方便,国际照明委员会还规定 (R) 的光通量为 1 lm 。因而 (G) 、 (B) 的光通量分别为 4.5907 lm 和 0.0601 lm 。

用 F 来表示任意彩色光,采用上述基色单位量之后,配制 E 白光的表示式可写成

$$F_{\text{Efl}} = 1(R) + 1(G) + 1(B)$$

如将上面方程式中 (R) 、 (G) 、 (B) 前面的系数分别用 R 、 G 、 B 来表示,则对于任意一种彩色光来说,它的度量公式可写成

$$F = R(R) + G(G) + B(B) \tag{1-1}$$

方程式中的 R 、 G 、 B 称为三系数, R 、 G 、 B 之间的比例关系决定所配色光 F 的色调及饱和度。例如,已知 $R : G : B = 1 : 1 : 1$ 是饱和度为零的白光,则 $R : G : B = 1 : 1 : 0$ 是饱和度为 100% 的黄色,因为此时配色方程变为

$$\begin{aligned} F &= R(R) + G(G) + B(B) \\ &= 1(R) + 1(G) + 0 = \text{黄色光} \end{aligned}$$

彩色光 F 的亮度等于三个基色分量的亮度之和。例如, E 白光的光通量为

$$\begin{aligned} F_{\text{Efl}} &= 1(R) + 1(G) + 1(B) \\ &= 1 \times 1 + 1 \times 4.5907 + 1 \times 0.0601 \\ &= 5.6508(\text{lm}) \end{aligned}$$

任意彩色光的光通量为

$$F = 1 \times R + 4.5907 \times G + 0.0601 \times B (\text{lm})$$

式(1-1)是配色方程,它适用于配制一切彩色。所谓 RGB 计色制就是以 (R) 、 (G) 、 (B) 为单位量,用配色方程进行彩色度量和计算的系统。

二、RGB 色度图

用配色方程虽然能对彩色进行度量和计算,但不直观。为此,我们用彩色空间矢量图来直观表示彩色的度量和计算。彩色的空间矢量图如图 1-7 所示。

由于确定某一彩色需要三个量,彩色量的表示应该用立体图形。可以认为,每个彩色量 F 是空间坐标系中从原点指向某一点的一个矢量。三个基色量 (R) 、 (G) 、 (B) 是这个空间坐标中各坐标轴上的单位矢量,三基系数是彩色

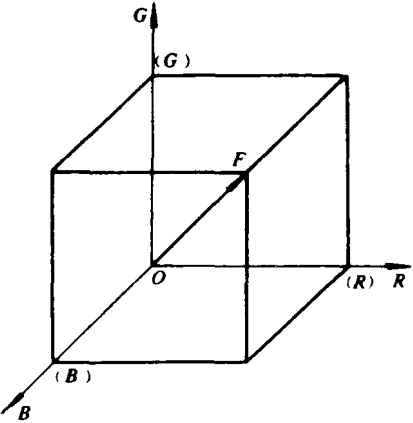


图 1-7 彩色空间矢量图

矢量 F 在各坐标轴上的投影长度。例如,对于 E 白光其矢量是原点指向空间坐标系中的 $[1(R)、(G)、(B)]$ 。

在实际中,往往只需要计量彩色量的色度,即只需知道三基色系数的比例。因此,引入三基色相对系数 $r、g、b$ 。

设 $m=R+G+B$, 则 $r、g、b$ 分别为

$$r=\frac{R}{m} \quad g=\frac{G}{m} \quad b=\frac{B}{m}$$

因为 $r、g、b$ 的比例关系与 $R、G、B$ 的比例关系一样,所以它们表示了同一彩色的色度。另外,

$$r+g+b=\frac{R}{m}+\frac{G}{m}+\frac{B}{m}=\frac{R+G+B}{m}=\frac{m}{m}=1$$

由于 $r、g、b$ 三者之和为 1,只要知道其中两个的值,就可以确定第三个值。因此,只需要用两个三基色相对系数就可以表示彩色的色度,也就是可以用平面坐标来表示各种彩色光的色度。RGB 色度图就是用 $r-g$ 直角坐标系表示各种彩色光色度的平面图,如图 1-8 所示。

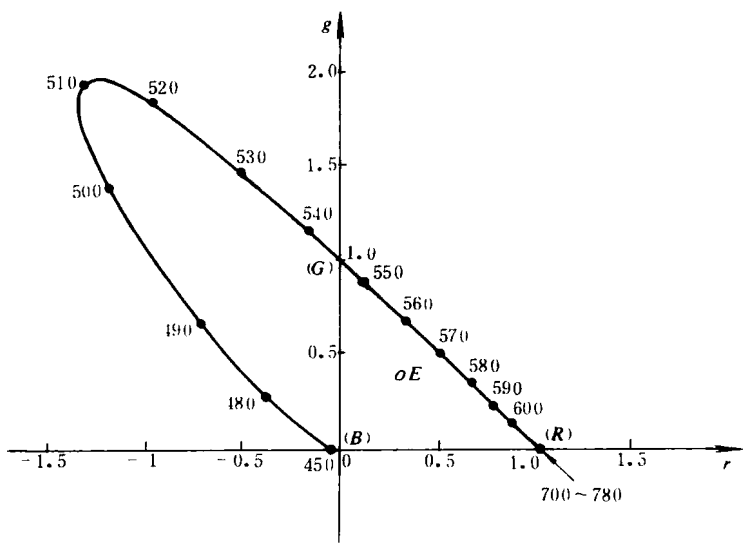


图 1-8 RGB 色度图

三、XYZ 计色制

由于 RGB 计色制在色度图上不能直接表示彩色亮度,另外由于负值存在,在色度计算时也麻烦,国际照明委员会规定了另一种计色系统,即 XYZ 计色制。这种计色制在彩色电视技术中得到广泛应用。

XYZ 计色制选定的三基色单位量为 $(X)、(Y)、(Z)$,它们不代表实际的彩色,不能用物理三基色相混得到,只能通过计算得到。XYZ 计色制有如下特点。

1. 可用配色方程 $F=X(X)+Y(Y)+Z(Z)$ 配出实际彩色,配色方程中的三个色系数 $X、Y、Z$ 均为正值。

2. 合成彩色光亮度仅由 $Y(Y)$ 数值决定,即另两个基色量不包含亮度,但合成色光的色度仍由 $X、Y、Z$ 的比值确定。

3. 当 $X=Y=Z$ 时,代表等能量的 E 白光。

和 RGB 计色制一样,XYZ 计色制也可以用色度图来直观地描述各种彩色光的色度。为

此,也引入了三基色相对系数 x, y, z 。

设 $m = X + Y + Z$, 则 x, y, z 分别为

$$x = \frac{X}{m} \quad y = \frac{Y}{m} \quad z = \frac{Z}{m}$$

显然, $x + y + z = 1$, 只要知道 x, y, z 中两个值, 就可以确定第三个值, 因此也可以用两个三基色相对系数来表示彩色的色度。通常用 $x-y$ 直角平面坐标系来表示各彩色的色度, 这个图叫 XYZ 色度图, 如图 1-9 所示。该图有如下特点。

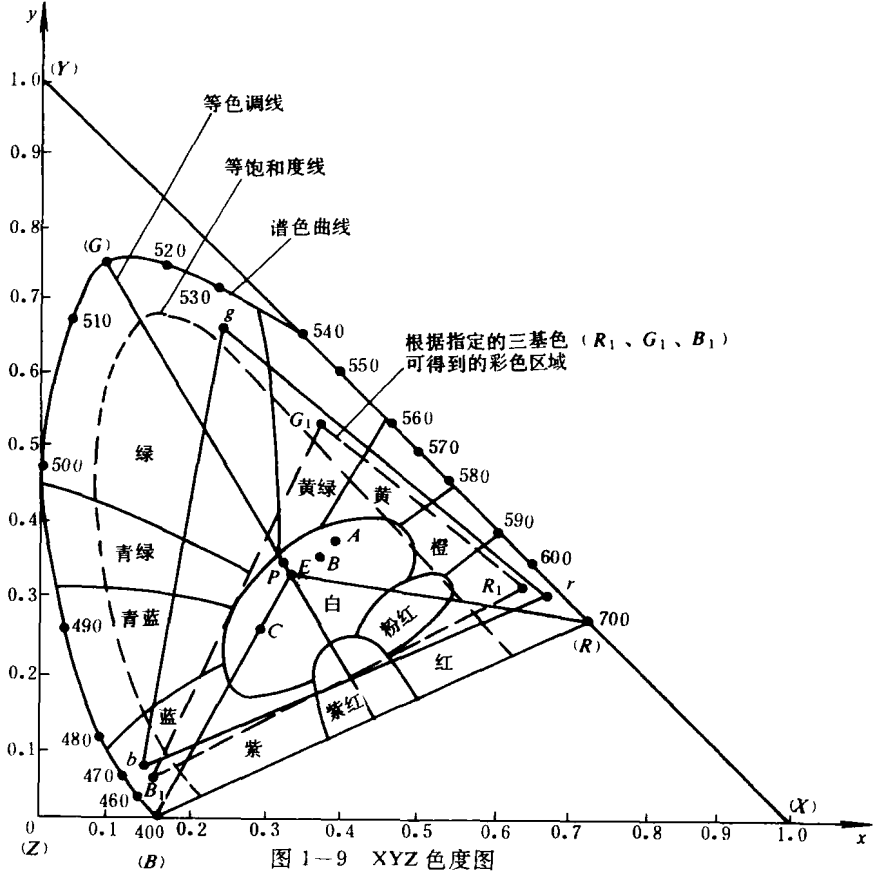


图 1-9 XYZ 色度图

1. 色度图中的舌形曲线是由各种波长谱色光(单色光)的坐标点构成的, 所有的单色光都位于舌形曲线上, 它们的饱和度均为 100%。自然界中各种彩色都位于这个闭合曲线内, 有一种彩色就有一 (x, y) 坐标与之对应, 彩色的色度可由相应点的坐标 x, y 值来确定, y 值代表了该彩色的相对亮度。但舌形曲线下端 (R) 、 (B) 两点的连线上各点对应的彩色不是谱色而是非谱色光。
2. 舌形线上任意一点与 E 点(E 白光对应的点)的连线称为等色调线。该线上所有的点都对应同一色调的彩色, 线上的点离 E 点越近, 该点所对应的彩色的饱和度就越低。
3. 舌形曲线内, 不在等色调线上的任意两点表示两种不同的彩色, 这两种彩色的全部混色都在这两点的连线上。
4. 舌形线内饱和度相同的彩色所对应的各点的连线叫等饱和度线。
5. 在舌形线内, 任取三点所对应的彩色作基色 (R_1, G_1, B_1) , 则由此三基色混合而成的所有

彩色都包含在以这三点为顶点的三角形内。三角形外的彩色不能由此三基色混合来获得。因此,要求彩色显像管选择合适的三基色荧光粉,使它构成的三角形面积尽量大,以便显示更丰富的彩色。图中的 r, g, b 即为实际使用的显像三基色。由于显像三基色不很饱和,它组成的三角形面积比较小,但它已包含了日常生活中常见到的大部分彩色。因而,重现的图像仍令人感到彩色逼真、丰富。

四、亮度方程式

根据配色方程,任意彩色光的光通量为 $F = 1R + 4.5907G + 0.0601B$ 。在 XYZ 计色制中,由于 Y 代表亮度,故可方便地得到彩色亮度与三基色的关系,即

$$Y = 1R + 4.5907G + 0.0601B$$

上式称为亮度方程式。在彩色电视中采用不同显像三基色配制不同的标准白光,则亮度方程式中 R, G, B 前的系数也会不同,如采用 C 白光及相应的显像三基色,则彩色光的亮度方程为

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B \quad (1-2)$$

而采用 D 白光及相应的显像三基色,则亮度方程为

$$Y = 0.222R + 0.707G + 0.071B \quad (1-3)$$

式(1-2)和(1-3)虽有区别,但实践表明,在计算彩色光的亮度时,它们之间的差异很小。目前,彩色电视中采用式(1-2)作为彩色光亮度的计算式。式(1-2)常用近似式表示:

$$Y = 0.30R + 0.59G + 0.11B \quad (1-4)$$

这就是常用的亮度公式。就是说,当送到显像管的三路电压相等时,红、绿、蓝三种荧光粉所发出光的亮度之比,应当符合公式中系数的比例关系,这时荧光屏上应呈现为白光。假设白光亮度为 100%,则红光亮度为 30%,蓝光亮度为 11%。所以,根据亮度公式可直接由三基色含量导出亮度。

在彩色电视信号传输过程中,亮度信号以电压的形式来表示,则亮度方程式可改写成电压方程形式,即

$$E_Y = 0.30E_R + 0.59E_G + 0.11E_B \quad (1-5)$$

小 结

1. 光是一种以电磁波形式存在的物质。可见光是波长为 380~780nm 之间的电磁波。
2. 物体的颜色是由照明光源的光谱成分和物体对照明光源有选择的吸收、反射和透射的综合结果。
3. 一定光谱成分的光表现为一定颜色,但同一种颜色可以由不同的光谱成分的光来合成。
4. 标准白光源有 A、B、C、D、E 五种。E 光源是理想的等能量的白色光源,实际上并不存在。
5. 彩色的三要素是亮度、色调和饱和度。色调和饱和度合称为色度。亮度是指彩色光作用于人眼时引起人眼视觉的明暗程度。色调是指彩色光颜色的类别。饱和度是指颜色的深浅程度。
6. 三基色原理是指自然界中的彩色可以用三个基色按一定比例混合得到;反之,任意一种彩色都可以被分解为三个基色。
7. 彩色电视技术采用相加混色法。实现相加混色的方法有空间混色法和时间混色法。色度三角形和色度图能直观地表示混色情况。

8. 彩色的度量因选用不同的三基色而有不同的计色制。RGB 计色制是以 R 、 G 、 B 为三基色, 它的配色方程式为 $F=R(R)+G(G)+B(B)$ 。XYZ 计色制是为了计算方便提出的, 它的配色方程为 $F=X(X)+Y(Y)+Z(Z)$ 。

9. 彩色电视的亮度方程为

$$Y=0.30R+0.59G+0.11B$$

相应的电压方程为

$$E_Y=0.30E_R+0.59E_G+0.11E_B$$

习 题

1. 有人说“可见光是指红、橙、黄、绿、青、蓝、紫这七种光”, 你认为对吗?
2. 彩色的三要素是什么? 各有什么含义?
3. 什么是三基色原理? 为什么彩色电视中要选红、绿、蓝三种基色?
4. 请分析下面几种彩色光相加混色后的结果:

- (1) 黄色+紫色+青色
- (2) 青色+紫色+绿色
- (3) 黄色+紫色+蓝色
- (4) 黄色+青色+红色
- (5) 青色+紫色+红色

5. 某彩色光的三基色系数为: $R=2.5$ 、 $G=1$ 、 $B=0.5$, 求这个彩色光的光通量。

6. 已知两种彩色光 F_1 和 F_2 的配色方程为

$$F_1=0.2(R)+0.2(G)+0.2(B) \quad F_2=3(R)+2(G)+1(B)$$

试说明这两种色光的色调并计算它们的光通量。

7. 下面列出由物理三基色、计算三基色和显像三基色写出的配色方程:

$$F_1=1(R)+1(G)+1(B)$$

$$F_2=1(X)+1(Y)+1(Z)$$

$$F_3=1(Re)+1(Ge)+1(Be)$$

说明方程式的物理意义。

8. 如果 $E_R=E_G=E_B=1V$, 紫色光与黄色光的亮度各为多少?