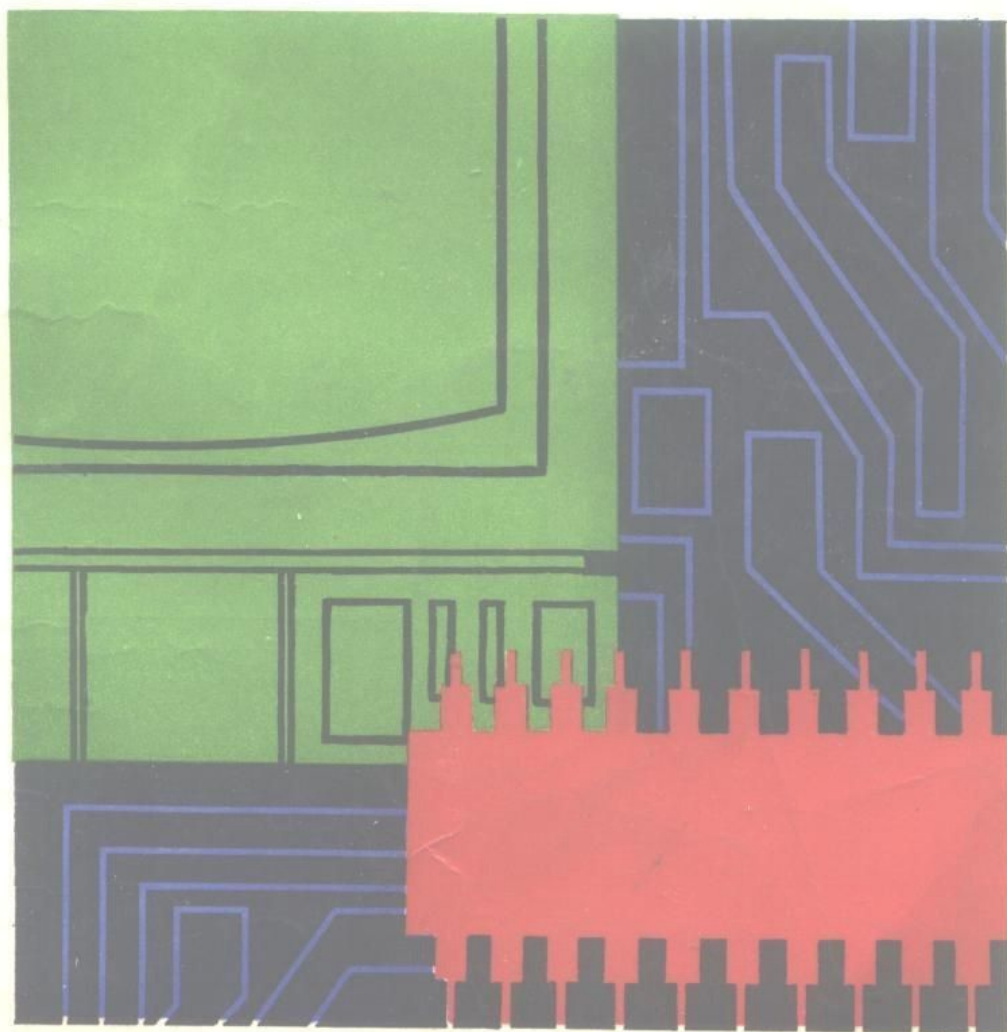


# 集成电路彩色电视机 电路分析与维修

高厚琴 李秀球 编著



電子工業出版社

# 集成电路彩色电视机电路分析与维修

高厚琴 李秀球 编著

张永辉 审校

电子工业出版社

## 内 容 提 要

本书介绍集成电路彩色电视机的工作原理和典型电路，对集成块的内部构成作了剖解，并结合日立 CTP-236D 和松下 TC-483D 型机的电路与维修进行了详细的分析。

本书第一章介绍彩色电视机的原理，第二章至第七章分别介绍：高频调谐器；图象中频放大系统和伴音电路；PAL<sub>D</sub> 解码器；行、场扫描系统；彩色显象管及其附属电路；电视机用开关电源。

本书可供从事电视机生产、维修、研制的工人、技术人员和大专院校师生阅读，也可供广大无线电爱好者学习参考。

## 集成电路彩色电视机电路分析与维修

高厚琴 李秀球 编著

张永辉 审校

责任编辑 王柱曾

电子工业出版社出版（北京海淀区万寿路）  
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售  
北京密云卫新综合印刷厂印刷

开本：787×1092毫米 1/16 印张：19.25 插页：6 字数：474千字

1988年9月第一版 1988年9月第一次印刷

印数：1—30100册 定价：6.20元

统一书号：15290·548

ISBN7-5053-0195-0/TN101

## 前 言

随着国内外电子工业和电路技术的进步，作为现代社会家庭中供学习和文艺体育欣赏用的主要电器产品之一——电视接收机，不仅正在从黑白向彩色过渡，而且彩色电视机的电路结构都在从分立元件朝集成化方向发展。很多人对晶体管黑白电视机的工作原理和电路分析已比较清楚或相当熟悉，对集成化黑白电视机一般也已有了解，只是对集成块内部的电路原理或许还不甚明白。至于大家日益感兴趣的彩色电视机，不少人可能尚未深入接触其原理，对集成化彩色电视机更可能如此。

另一方面，国内的现状是集成彩色电视机在迅速生产，大批供应市场，尤其是大中城市家庭中，国产的或进口的机器已有一定的普及程度。因此，人们十分需要懂得其电路原理，掌握其维修技术，将自己的知识提高到一个新的水平，以适应科技现代化或业务工作的需要。

基于这样的情况，我们在从事大学“电视接收技术”课程教学的同时，编写了这本《集成电路彩色电视机电路分析与维修》，目的在于满足有关各界人士学习求知和业务进修的欲望。在内容安排方面，为了论述得详细，在介绍集成彩色电视机各系统的工作原理和分析典型电路的基础上，对重要的集成块的内部构成作了剖解，使读者对整机电路原理有清晰的概念。为了跟踪国际新技术，书中对实际电路的分析都以主要的进口机种为例，并力求讲清物理意义。为了有助于人们对机器进行调试和维修，各章除论述电路原理外，还介绍了常见的故障检修。又为了便于初学彩色电视者阅读，本书的开头对彩色电视原理作了简明、概括的介绍，末尾则给出了一些颇有实用价值的附录和附图。这样，本书可以独立于黑白电视机和晶体管彩色电视机之外，在集成彩色电视机知识领域内自成体系。凡此领域内有教学任务、培训使命的部门，或者广大的无线电爱好者，可将本书作为教学参考或业余阅读。我们希望它能对各界读者有所裨益，这也是我们的欣慰所在。

学习和掌握集成彩色电视机并不是很容易的事，为便于读者顺利地阅读，我们力求在内容上抓住重点，在说明上尽量深入浅出，循序渐进，并配合了相当数量的方框图和局部电路图，以期阅读后对电路技术有较全面的概念。但是，由于水平有限和经验不足，编写的内容必然会不尽如人意，差误亦在所难免，恳盼使用单位、院校师生、技术人员和广大读者批评指正。我们也衷心感谢电子工业出版社，鼓励和支持我们编写这本书，为我们提供了略尽绵薄之力的机会和场所。

编 者

# 目 录

## 第一章 彩色电视原理

第一节 色度学的基本知识	(1)
一、可见光和彩色视觉	(1)
二、三基色原理	(4)
三、彩色的度量	(6)
第二节 彩色电视制式概述	(10)
一、彩色电视传送的基本过程	(10)
二、兼容制彩色电视	(11)
三、亮度信号和色差信号	(12)
四、色差信号的频带压缩——大面积着色	(14)
第三节 NTSC制的编、解码原理	(14)
一、副载波频率的选择	(14)
二、正交平衡调幅	(17)
三、同步检波	(21)
四、NTSC制编、解码方框图	(22)
五、NTSC制对相位失真的敏感性	(24)
第四节 PAL制编、解码原理	(25)
一、PAL制的特点	(25)
二、PAL制副载频的选择	(26)
三、色同步信号	(30)
四、PAL制编码器方框图	(31)
五、彩色全电视信号	(32)
六、PAL色度信号解调原理	(35)
第五节 PAL <sub>D</sub> 彩色电视机的组成	(39)

## 第二章 高频调谐器

第一节 高频调谐器的作用和组成	(42)
第二节 变容二极管和调谐回路频率覆盖	(43)
一、变容二极管	(43)
二、调谐回路频率覆盖和开关二极管	(47)
第三节 VHF(甚高频)电调谐高频头	(49)
一、电路原理	(49)
二、VHF电调谐高频头实际电路介绍	(58)
第四节 UHF(特高频)电调谐高频头	(67)
一、UHF电调谐高频头的组成和电路原理	(67)
二、UHF高频头电路介绍	(72)
第五节 电调谐高频头的常见故障和检修方法	(76)
一、故障现象	(76)

二、故障判断	(76)
三、故障检修	(77)
<b>第三章 图象中频放大系统和伴音电路</b>	
第一节 图象中频放大系统	(79)
一、对中频放大器的基本要求	(79)
二、声表面波(SAW)中频滤波器	(84)
三、集成中频系统的单元电路	(85)
四、HA11215集成电路	(93)
五、AN5132集成电路	(103)
第二节 集成伴音通道	(109)
一、日立CTP-236D型机伴音通道	(110)
二、松下TC-483D型机伴音通道	(114)
第三节 常见故障及检修	(116)
一、故障现象	(116)
二、故障原因	(116)
三、故障检修	(117)
<b>第四章 PAL<sub>D</sub>解码器</b>	
第一节 概述	(120)
第二节 日立CTP-236D型机集成解码器分析	(123)
一、带通放大器	(123)
二、梳状滤波器	(126)
三、同步检波器	(129)
四、基准副载波产生电路	(132)
五、V副载波产生电路	(141)
六、自动消色器(ACK)及自动饱和度控制(ACC)电路	(144)
七、解码矩阵电路	(146)
八、亮度通道	(148)
第三节 松下TC-483D型机集成解码器	(154)
一、AN5620X集成电路	(154)
二、AN5612集成电路	(165)
三、末级视放	(171)
第四节 集成彩色解码器的调试及故障检修	(171)
一、集成解码电路的调试	(171)
二、集成彩色解码器常见故障及其检修	(174)
<b>第五章 行、场扫描系统</b>	
第一节 概述	(183)
一、行、场扫描系统的基本组成	(183)
二、行、场扫描集成电路中的基本单元电路	(189)
第二节 场输出级电路	(195)
一、互补对称型OTL场输出电路	(195)
二、双电源OTL场输出电路	(197)
三、分流调整型OTL场输出电路	(199)

第三节 行输出级电路	(201)
一、行输出级工作原理	(202)
二、行输出电路中的失真及其校正	(204)
三、行输出级实际电路	(206)
第四节 行扫描附属电路	(207)
一、变压器整流电路	(207)
二、自动亮度限制电路 (ABL)	(212)
第五节 HA11235行、场扫描集成电路	(213)
一、行扫描电路	(214)
二、场扫描电路	(220)
第六节 AN5435行、场扫描集成电路	(223)
一、同步分离器和噪声抑制电路	(223)
二、场扫描电路	(225)
三、行扫描电路	(227)
第七节 扫描集成电路的故障及检修	(230)
一、故障现象	(230)
二、故障原因	(230)
三、日立CTP-236D型机扫描电路故障检修	(231)
四、松下TC-483D型机扫描电路故障检修	(234)
<b>第六章 彩色显象管及其附属电路</b>	
第一节 概述	(237)
一、三枪三束荫罩式彩色显象管	(237)
二、单枪三束彩色显象管	(240)
第二节 自会聚彩色显象管	(241)
一、自会聚管的构造特点	(241)
二、自会聚管的自会聚原理	(242)
三、偏转线圈的调整	(244)
四、色纯度和静会聚调整	(245)
第三节 白平衡调整	(248)
一、暗平衡调整	(248)
二、亮平衡调整	(249)
第四节 光栅枕形校正电路	(250)
第五节 自动消磁电路	(251)
第六节 自会聚彩色显象管故障现象	(253)
一、显象管衰老故障现象	(253)
二、碰极故障现象	(253)
三、断极故障现象	(253)
<b>第七章 电视机中开关电源</b>	
第一节 串联式稳压电源与开关式稳压电源	(254)
一、串联式稳压电源	(254)
二、开关式稳压电源	(255)
第二节 开关电源的工作原理	(255)

一、串联式开关电源	(256)
二、并联式开关电源	(257)
三、变压器式开关电源	(258)
四、开关电源的干扰问题	(260)
第三节 电视机中实用开关电源电路介绍	(260)
一、日立CTP-236D型彩色电视机中的开关电源	(260)
二、松下TC-483D型彩色电视机中的开关电源	(264)
第四节 电视机用泵电源	(266)
一、工作原理	(267)
二、匈牙利超星牌TA-5301型电视机泵电源电路	(268)
第五节 开关电源及泵电源常见故障检修	(271)
一、常见故障现象及原因	(272)
二、日立CTP-236D型彩色电视机开关电源故障检修	(273)
三、松下TC-483D型彩色电视机开关电源故障检修	(274)
四、泵电源的故障检修	(275)
<b>附    录</b>	
附录一、中华人民共和国国家标准GB3174-82 彩色电视广播	(276)
附录二、中华人民共和国国家标准GB2097-80 彩色电视广播测试图	(283)
附录三、自会聚彩色显象管主要特性	(286)
<b>附    图</b>	
附图1. HA11215 集成块内部电路	
附图2. AN5132 集成块内部电路	
附图3. TA7193P 集成块内部电路	
附图4. AN5620X 集成块内部电路	
附图5. AN5612 集成块内部电路	
附图6. AN6435 集成块内部电路	



# 第一章 彩色电视原理

## 第一节 色度学的基本知识

彩色电视不仅能传送和显示景物的亮度，而且能传送和显示景物的颜色，因此它比黑白电视能更生动、更逼真地反映实际的景物，更富有艺术感染力。

彩色电视的理论基础是建立在色度学和视觉生理学的基础上的。色度学是研究人眼对颜色感觉的规律，提出颜色的度量方法及正确的分解和合成的方法。因此，要了解彩色电视，应首先了解色度学方面的有关知识。

### 一、可见光和彩色视觉

#### (一) 可见光谱

由物理学知道：光是一种以电磁波辐射形式存在的物质。电磁波的波谱范围很广，按波长长短排列，它包括无线电波、红外线、可见光谱、紫外线、X射线、宇宙射线等，如图1-1所示。波长在380~780nm（纳米）范围内的电磁波人眼可以直接看到，称为可

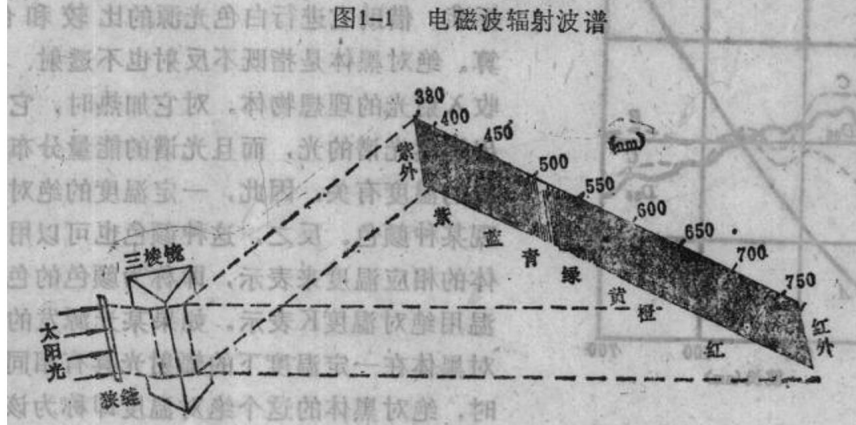
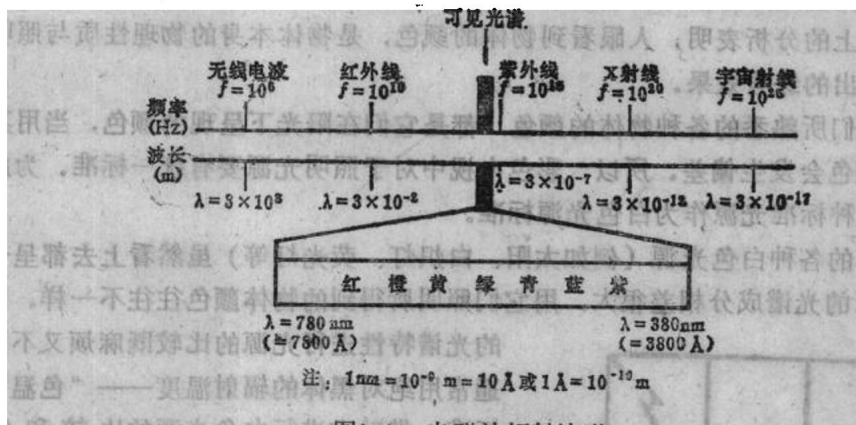


图1-2 太阳光(白光)的分解

见光 在可见光的范围内，不同波长的光在人眼中引起的颜色感觉不一样，随着波长的由长到短变化，可见光引起的颜色感觉依次为：红、橙、黄、绿、青、蓝、紫。一束太阳光通过狭缝进入玻璃三棱镜后，可以分解成按上述颜色次序排列的一列光谱，如图 1-2 所示。太阳光中包含着可见光谱中各种波长的光，综合起来则给人以白光的感觉。由此可见，白光并不是单一波长的单色光，而是由各种波长的单色光混合而成的。

## (二) 标准光源

在日常生活中，人们往往把颜色看成是物体所固有的，似乎这个物体本身就具有这种颜色。实际上，我们所看到的物体的颜色，除与物体本身的物理特性有关之外，还和照明它的光源有密切关系。

各种物体由于其物理特性不同，在外界光源照射下，有选择地吸收、反射或透射照明光源中的一部分颜色光，反射或透射出来的光线使它呈现为某种颜色。例如，在阳光下我们之所以能看到红花、绿叶等物体的颜色，是因为红花反射阳光中红色光而吸收其它颜色光的缘故，绿叶则是反射绿色光而吸收其它颜色光。同样道理，白色物体是因为它能反射太阳光中全部波长的可见光才呈现为白色，煤炭能大量地吸收太阳光中全部波长的可见光，故呈现为黑色。既然物体的颜色是由照明光源中被反射或透射的颜色光形成的，所以物体的颜色一定与照明光源的光谱成分有密切关系。设想如果用蓝光去照明红花和绿叶，则它们全部吸收蓝光，而光源中又无红光和绿光可反射，因而两者均呈现暗黑色。另外，白色物体对各种颜色的光均反射，因此用红光照射时呈红色，用蓝光照射时呈蓝色。以上的分析表明，人眼看到物体的颜色，是物体本身的物理性质与照明光源的光谱共同给出的综合效果。

通常，我们所熟悉的各种物体的颜色，都是它们在阳光下呈现的颜色，当用其它光源照明时，颜色会发生偏差。所以，彩色电视中对于照明光源要有统一标准。为此，国际上规定了几种标准光源作为白色光源标准。

平常见到的各种白色光源（例如太阳、白炽灯、荧光灯等）虽然看上去都呈一定的白色，但它们的光谱成分相差很大，用它们照明所得到的物体颜色往往不一样。以各自

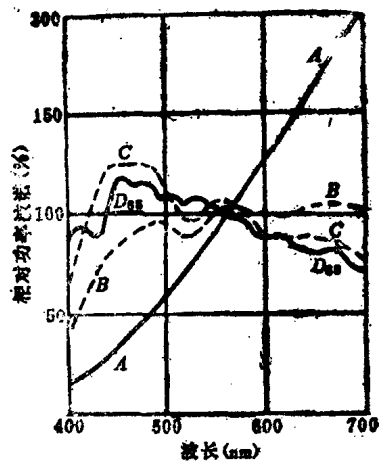


图1-3 标准光源的光谱能量分布曲线

的光谱特性进行光源的比较既麻烦又不直观，通常用绝对黑体的辐射温度——“色温”作为标准，借助它进行白色光源的比较和色度计算。绝对黑体是指既不反射也不透射，完全吸收入射光的理想物体。对它加热时，它能辐射出连续光谱的光，而且光谱的能量分布只与加热的温度有关。因此，一定温度的绝对黑体呈现某种颜色。反之，这种颜色也可以用绝对黑体的相应温度来表示，即称为颜色的色温。色温用绝对温度K表示。如果某光源发的光和绝对黑体在一定温度下的辐射光具有相同的颜色时，绝对黑体的这个绝对温度即称为该光源的色温。需要指出，光源的色温并非光源的实际

温度，而是用来表示其颜色的一个参量。例如，钨丝温度在2800K时白炽灯发出的白光，与绝对黑体在2854K时发出的白光相同，该白炽灯的色温为2854K，而不是2800K。

国际上规定了A、B、C、 $D_{65}$ 、E五种标准白光，作为色度计算的基准。这些光源的光谱能量分布如图1-3所示。

各种标准光源的主要特性如下：

**A光源** 在2800K时的钨丝白炽灯光源，其光谱能量主要在波长较长的区域，是略偏橙色的白光，色温为2854K。

**B光源** 相当于中午直射太阳光的光源，可以由A光源通过滤色器获得，色温为4800K。

**C光源** 相当于白天自然光的光源，蓝光部分能量较多，是偏蓝的白光，也可通过滤色器由A光源获得，色温为6770K

**$D_{65}$ 光源** 相当于白天的平均照明光，是现在彩色电视中采用的标准白光，色温为6500K。

**E光源** 是一种理想的等能白光。它的光谱能量分布是一条平直线，在可见光波长范围内各波长具有同等的辐射功率，其颜色与温度为5500K的绝对黑体辐射光相近，采用它是为了简化色度学中的计算。

彩色电视能否逼真地传输彩色，与光源的选择有密切关系。彩色电视系统要求重现的白光为 $D_{65}$ ，而演播室中实际照明光源常采用色温为3200K的卤素灯，所以电视系统设计中需有调定白平衡的措施。如果照明光源的色温不是3200K，应使用色温滤色片进行校正，以免重现的彩色发生偏差。若不进行色温校正，照明光源色温高于3200K时，重现彩色偏蓝，低于3200K时彩色偏红。

### (三) 彩色视觉

从生理解剖学知道，人眼能看见物体和分辨颜色，是由于眼球里层的视网膜上有大量的光敏细胞，它可将人眼接收的光刺激通过视神经传到大脑，产生视觉。光敏细胞有两种，一种是杆状细胞，另一种是锥状细胞。它们的感光性能不同。杆状细胞灵敏度极高，能在很低的照明下认出景物，但它只能分辨明暗而不能辨别颜色，锥状细胞灵敏度较低，但它既可分辨明暗层次又可辨别颜色。白天的视觉过程是由锥状细胞完成的，在夜晚和较暗处，锥状细胞不起作用而杆状细胞起作用，但只能看清物体的明暗层次而不能分辨它的颜色。只有在足够明亮的条件下，人眼才能感觉到各种颜色，所以，彩色视觉是人眼的明视觉。

前面谈到，不同波长的单色光会引起不同的彩色感觉。可以设想，人们对于光谱成分相同的光必然有同样的彩色感觉。但实践中又发现，不同光谱成分的光也可以引起同样的彩色感觉。例如，以适当的比例混合红光和绿光，可以使人产生与黄单色光相同的彩色感觉。又如对于包含全部可见光的太阳光，可以用三种不同波长的红、绿、蓝单色光以适当的比例混合出来。上面两例表明，虽然两种光源的光谱成分显然不同，但却能引起同样的彩色视觉。为了解释这种现象，人们提出一种假说，认为锥状细胞有三种，它们分别对红、绿、蓝三种光最敏感，称为红敏细胞、绿敏细胞和蓝敏细胞。当某种光射入人眼时，三种锥状细胞会产生不同的反应，综合起来使人有一定的彩色感觉。不同光谱成分的光源，如果使三种锥状细胞有相等的反应，则人们的彩色感觉相同。例如，一

束黄单色光射入人眼时，使红敏细胞和绿敏细胞以一定的比例同时受刺激，引起黄色的感觉。如果用红光和绿光按适当比例混合后作用到人眼，使红敏细胞和绿敏细胞受到象黄单色光一样的刺激，那么也可以引起同样的黄色感觉。利用人眼彩色视觉的这个特点，人们可以用简单的混色方法重现自然界中绝大多数的彩色，而不必要按光谱成分去重现各种彩色。这对于彩色电视的实现具有重要意义。

#### (四) 亮度、色调和饱和度

亮度、色调和饱和度称为彩色三要素，由这三个基本参量可以确切地表示任何一种彩色光。

亮度是指彩色光作用于人眼所引起的明亮程度感觉，它与光的功率有关，光功率大时人眼感觉亮，反之则感觉暗。

色调表示颜色的种类，例如单色光红、橙、黄、绿、青、蓝、紫各表示不同的色调。

饱和度是指彩色光所呈现颜色的深浅、浓淡或鲜艳程度。同一色调的彩色光，饱和度不同给人以深浅程度各异的感觉，例如深红、浅红、深绿、浅绿等。饱和度的高低与彩色光中白光成分的多少有关。完全不含白光成分的彩色光其饱和度为100%，称之为饱和色光；饱和度低于100%的彩色光称为非饱和色光。彩色光中渗入白光少时饱和度高，颜色鲜艳；渗入白光多时饱和度低，颜色不鲜艳；完全是白光时饱和度为零，颜色呈灰色或白色。日常生活中见到的颜色基本上是非饱和色，饱和度较高的颜色也不多见。

色调和饱和度又合称为色度，它既表明彩色光的颜色种类，又表明颜色的深浅程度。彩色光的亮度和色度这两个基本参量，在色度学中都可用数值表示，因而在彩色电视技术中可以把它们转换为电信号进行处理和传输，并重现出彩色图象。

## 二、 三基色原理

### (一) 三基色原理的基本内容

彩色图象重现时要求给出与实际景物相同的彩色效果。根据上面所述的人眼彩色视觉特性，可以利用彩色的分解和混合方法达到重现彩色图象的目的。人们在实践中发现，自然界中的各种颜色几乎都可以由三种基色光按不同的比例混合出来。在彩色电视中，通常选用红、绿、蓝作为三基色。

根据前人的实验研究，可得出如下的三基色原理：

1. 自然界中常见的各种彩色几乎都可以用三基色按一定比例混合得到；反之，任何一种彩色可以分解为三基色分量。

2. 三基色必须是三种相互独立的彩色，即其中任一种基色都不能由其它两种基色混合产生。

3. 混合色的色度（即色调和饱和度），由三基色分量的相互比例决定。

4. 混合色的亮度等于三基色的亮度之和。

根据三基色原理可以认为，任何一种彩色都只包含有三基色分量，只是由于三基色的绝对量大小及相互比例不同，才使彩色有不同的亮度和色度。因此，在传送和重现各种彩色时，并不需要分析景物彩色的光谱成分如何，只要将彩色中包含的红、绿、蓝三个基色分量分解出来，分别变成三个电信号进行传送，接收端将三个电信号还原成三基

色光，再混合这三基色光就可以逼真地重现原彩色。三基色原理对于彩色电视极为重要，它使传送各种各样彩色的任务变为只传送三个信号，大大地简化了传送和重现彩色图象的技术，使彩色电视成为现实。

## (二) 相加混色和相减混色

彩色电视、彩色绘画、彩色印刷和彩色胶片中，均是利用三基色原理来进行混色的，但它们的混色方式不同。彩色电视中采用相加混色法，而彩色绘画、彩色印刷和彩色胶片中采用的是相减混色法。

在彩色电视中，利用三基色光按不同的比例相加而给出不同的彩色来重现彩色图象，这称为相加混色法。图 1-4 为用等量的红、绿、蓝三基色光进行相加的混色图，由图可看出，红、绿、蓝三基色光相加混色效果如下：

红色 + 绿色 = 黄色

绿色 + 蓝色 = 青色

蓝色 + 红色 = 紫色 (品红)

红色 + 绿色 + 蓝色 = 白色

红与青、绿与紫、蓝与黄互为补色。所谓补色，就是按一定比例相加后能得到白色的两种彩色，即

红色 + 青色 = 白色

绿色 + 紫色 = 白色

蓝色 + 黄色 = 白色

实现相加混色的方法，除了将三种基色光同时投射到一个漫反射白色面上以合成各种不同彩色的直接混色法外，还可以利用人眼的视觉特性进行间接混色，例如，将三基色光分别投射到同一表面的三个相邻点上，只要这三个点靠拢得足够近，离人眼又适当远，由于人眼的分辨力有限，就会产生三基色混合的彩色感觉，这种方法称为空间混色法。目前，彩色显象管就是利用这种混色法重现彩色图象的。间接混色法除空间混色法外还有时间混色法和生理混色法。时间混色法是将三基色光按一定顺序快速地轮流投射到同一表面上，只要轮换速度足够快，由于人眼视觉有惰性，看到的将是三基色的混合色。生理混色法是利用两只眼睛同时分别观看两种不同颜色的同一景象时，能得到混色效果的一种混色方法。

至于相减混色，是利用颜料、染料等的吸色性质来实现混色的。例如黄色颜料能吸收蓝色光 (黄色的补色)，在白光照射下它吸收蓝光，反射红光和绿光，因而呈现黄色。青色颜料能吸收红光，反射蓝光和绿光，因而在白光照射下呈青色。将黄、青两种颜料相混时，在白光照射下，蓝光和红光均被吸收，但绿光被反射，因而混合颜料呈现绿色。在减色法中，通常选用黄、紫 (品红)、青为三基色，它们分别吸收各自的补色光即蓝、绿、红光。在绘画时，将三基色颜料相混合，在白光照射下，蓝、绿、红光将按一定的比例被吸收，从而可配出各种不同的彩色。图 1-5 示出了相减混色

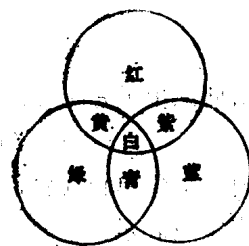


图1-4 相加混色

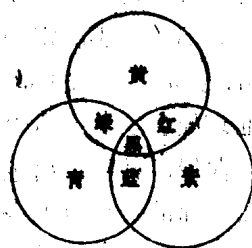


图1-5 相减混色

的效果。

黄色+紫色=白光-蓝光-绿光=红色

黄色+青色=白光-蓝光-红光=绿色

青色+紫色=白光-绿光-红光=蓝色

黄色+紫色+青色=白光-蓝光-绿光-红光=黑色

### 三、彩色的度量

#### (一) 色度图

彩色感觉是一种主观效应，但根据三基色原理，彩色光也是一种物理量，可以进行度量和计算。色度学就是研究彩色计量的科学。由三基色原理知道，按不同比例混合三基色光可以合成各种彩色。彩色计量中需建立一套计色系统，在系统选定三个基色后，确定三基色的单位，借此可定量的分解和合成各种彩色，求出它们的三基色系数。

国际照明委员会 (CIE) 首先选用物理三基色进行配色实验，建立RGB计色系统。物理三基色是三种单色光，它们是波长700nm的红基色光、546.1nm的绿基色光、435.8nm的蓝基色光，分别用R、G、B表示。通过配色实验测得，用物理三基色配成E白光时，所需三基色光的光通量之比为：

$$1 : 4.5907 : 0.0601$$

光通量的单位为光瓦或流明 (lm)，1光瓦等于680 lm。

为了简化计算，色度学中规定，以配出一定数量标准白光的三基色量作为基色单位。RGB计色制系统中采用的标准白光为E白光，基色单位为

红基色单位 (R) : 1光瓦700nm的红光；

绿基色单位 (G) : 4.5907光瓦546.1nm的绿光；

蓝基色单位 (B) : 0.0601光瓦435.8nm的蓝光。

标准白光E白可用等量的物理三基色单位配出，当分别用一个单位量时，可表示为：

$$F_{E白} = 1(R) + 1(G) + 1(B)$$

由此配出的E白光的光通量数 (流明) 为：

$$680 \times (1 + 4.5907 + 0.0601) \text{lm} = 680 \times 5.6508 \text{lm}$$

确定基色单位 (R)、(G)、(B) 之后，对于任意一个彩色光F，可以用如下的公式来定量表示：

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

式中的系数R、G、B为配某种彩色光时所需物理三基色单位的量值，称为三基色系数。它们的大小决定了彩色F的光通量，三者之间的比例决定了F的色度。R=G=B时配出E白光，其光通量为 $680 \times (1 \times R + 4.5907 \times G + 0.0601 \times B) \text{lm}$ 。

通过配色实验，可以确定混合成各单色光时的R、G、B数值，进而可以得到一套数据、曲线，并可作出色度图，作为彩色计算的依据。

在实际的彩色电视中，不可能使用物理三基色。因为找不到能发出这三种单色光的荧光物质，即使能尽量逼近地得到，其发光效率也必然很低。彩色电视中实用的荧光粉是能产生较高饱和度的红、绿、蓝荧光粉，它们发出的红、绿、蓝光称为显象三基色。

电视系统的设计中，需要确定显象三基色的基色单位和混合成各种彩色时的三基色系数。这个问题可以利用RGB计色系统中已得到的数据通过计算来解决，而不必对显象三基色再做配色实验。

利用RGB计色系统的数据进行计算比较麻烦，为了计算上的方便，国际照明委员会又规定了另一种计色系统，就是现在常用的XYZ计色系统。它是从RGB计色系统转换来的，在彩色计算上有许多优点。因此，彩色电视中所需的显象三基色混色数据和曲线，是利用XYZ计色系统的数据通过计算得到的。

XYZ计色系统中也规定三个基色，称为X、Y、Z。它们不代表实际的彩色，是为了计算方便而虚设的，故可称为假想三基色或计算三基色。计算三基色的单位是(X)、(Y)、(Z)，选它们时要求满足下列三个条件，以克服RGB计色制系统的缺点。

1. 当用它们配出实际彩色光时，可用下式表示：

$$F = X(X) + Y(Y) + Z(Z)$$

式中三个基色系数X、Y、Z必须均为正值。

2. (Y)的系数Y值即代表这彩色光的总光通量，也就是彩色光的亮度只由Y反映，X、Z不包含亮度信息。1(Y)代表1光瓦即680lm光通量。彩色光的色度由X、Y、Z的比值确定。

3.  $X=Y=Z$ 时，混合成等能白光 $E_{白}$ 。

根据以上条件，通过计算进行转换，可以找到XYZ计色系统与RGB计色系统之间的关系，确定出计算三基色的单位(X)、(Y)、(Z)，并计算出混合成各种彩色光时的三基色系数X、Y、Z。

在只计算彩色光色度时，不需考虑亮度(Y值)，只需考虑X、Y、Z三者的比例，因而只要知道三基色系数的相对值即可。为此，引入三基色相对系数 $x$ 、 $y$ 、 $z$ 。

设： $X+Y+Z=m$

$$\text{则： } x = \frac{X}{m}$$

$$y = \frac{Y}{m}$$

$$z = \frac{Z}{m}$$

三基色相对系数之和为：

$$x+y+z = \frac{X}{m} + \frac{Y}{m} + \frac{Z}{m} = \frac{X+Y+Z}{m} = 1$$

由于三个相对色系数之和恒等于1，所以只要用其中两个系数，例如 $x$ 、 $y$ ，就可明确地表明色度。所以，实际用图1-6所示的 $x$ - $y$ 平面直角坐标系统来表示各种彩色的色度。这个舌形图形称为XYZ色度图，它是国际上通用的标准色度图。所有单色光都位于舌形曲线上，这条曲线就是谱色(单色)轨迹，曲线旁标有谱色光的波长值。谱色轨迹两端(380nm和780nm)间用附加直线连起来，自然界中各种实际彩色都位于此闭

合曲线内。RGB 计色系统中选用的物理三基色在 XYZ 色度图中就位于舌形曲线上，如图 1-6 中 (R)、(G)、(B) 三点所示。连结这三点构成的三角形，表示由物理三基色相加混合所能配出的彩色范围。E 点的坐标是  $x=0.33$ 、 $y=0.33$ ，它代表等能白光。E 点附近为各种其它白光。色度图上白光区域外的其它部分代表不同的颜色。有一种颜色区分的方法是把色度图上的所有颜色划分成二十三个色域，如图 1-7 所示，在每个划定区域内，颜色差别是不大的。图中注明了每个区域的颜色名称，用以大

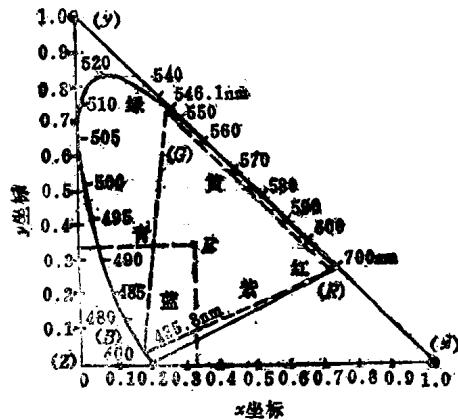


图 1-6 XYZ 色度图

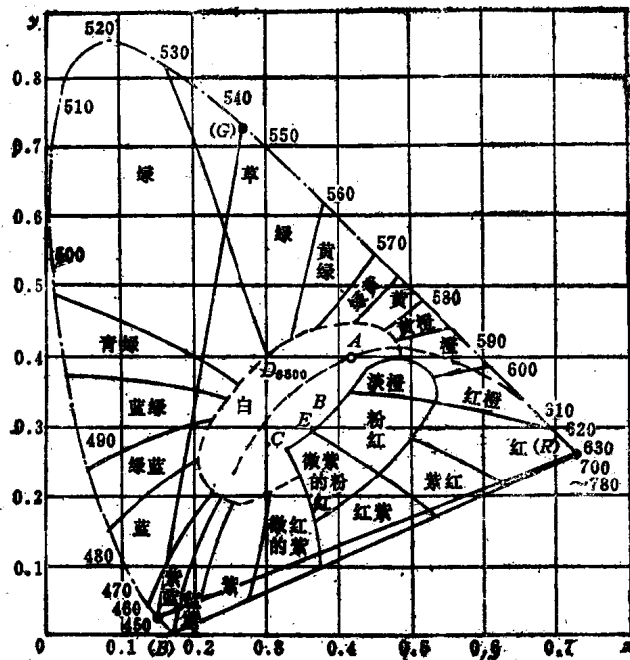


图 1-7 色度区域图

致确定每个区域的颜色，也可以大致判定某种颜色在色度图上的坐标范围。

在 XYZ 色度图中，可以用简明的方式表示颜色的色调和饱和度；如图 1-8 所示。E 点代表等能白光；其饱和度为零。舌形曲线上所有谱色光饱和度最高，都为 100%。由等能白光与某一谱色光混合得到的各彩色光位于 E 点和该谱色光波长点的连线上。例如等能白光和 M 点谱色光混合得到的一切彩色，均位于 EM 直线上。在 EM 直线上各颜色点的色调均与 M 点的相同，只是由于渗白程度不同，线上各点具有不同的饱和度。因此，从 E 点引向舌形曲线上各谱色点的连线为等色调线，或称等主波长线。各等色调线上各颜色点的饱和度可以用颜色点与 E 点长度对颜色点与谱色点长度之比来表示。饱



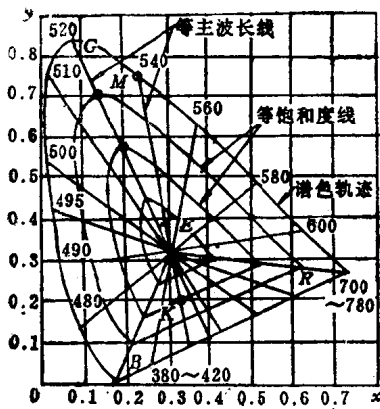


图1-8 XYZ色度图中的等饱和度和等色调线

和度相同的各点连线称为等饱和度线。图1-8中画出了几条等色调线和等饱和度线。借助等色调线和等饱和度线，可以从色度图上直观看出一种彩色的色调和饱和度。

(二) 显象三基色和亮度方程

在彩色电视中，以彩色显象管上涂敷的红、绿、蓝三种荧光粉所发出光作为显象三基色。为了使重现的彩色图象生动、逼真，选择荧光粉时要求它们重现彩色的范围尽量大，使重现图象的色调丰富、彩色鲜艳，但还要考虑到荧光粉的发光效率应足够高，以得到必要的图象亮度。

NTSC制和PAL制两种彩色电视制式中，选用不同的显象三基色及标准白光，它们在色度图上的色坐标见表1-1。

根据表1-1所列显象三基色的色度坐标，可以确定出它们在色度图上的位置。将色度图上三基色的三点作成三角形，三角形所包围的面积就是选用这三基色后显象管能重现彩色的最大范围，如图1-9所示。由图中可以看到，PAL制三基色重现色域比

表1-1 显象三基色的色度坐标

制式		NTSC制				PAL制			
基色与标准光源		$R_{e1}$	$G_{e1}$	$B_{e1}$	$C_{白}$	$R_{e2}$	$G_{e2}$	$B_{e2}$	$D_{65}$
色坐标	$x$	0.67	0.21	0.14	0.310	0.64	0.29	0.15	0.313
	$y$	0.33	0.71	0.08	0.316	0.33	0.60	0.06	0.329

NTSC制要小一些，但PAL制显象三基色荧光粉的发光效率要高些，因而重现图象亮度高，看起来显得更鲜艳。同时，PAL制所缺少的色域在日常生活中并不多见。

图1-9中还表示出印刷、绘画等所用颜料可重现的最大色度范围，由图可见，它与彩色电视的重现范围差不多，不能重现的都是饱和度高的彩色，这些彩色在自然界是少见的。

在XYZ计色系统中，Y数值代表亮度，故很方便地给出彩色亮度与三基色的关系式，也即亮度方程式。在不同的彩色电视制式中，由于选用的标准白光和显象三基色不同，它们的亮

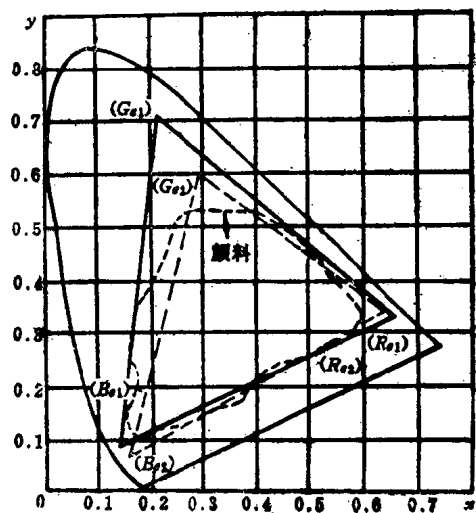


图1-9 彩色电视重现彩色的色度范围