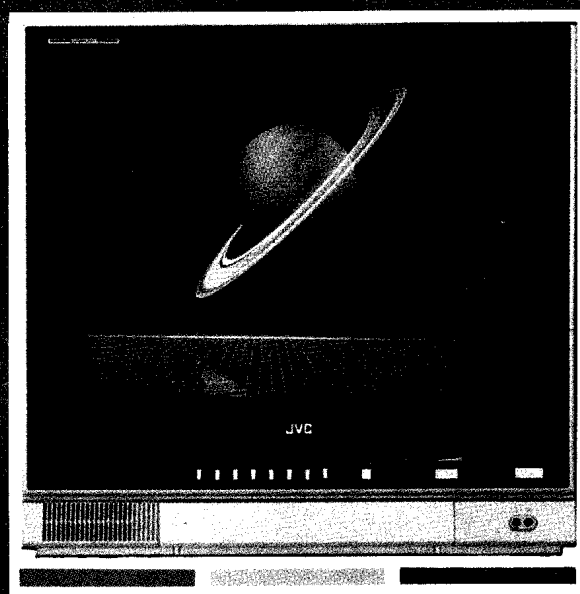


JI CHENG DIAN LU
CAI SE DIAN SHI JI

集成电路彩色电视机
——电路分析与维修



49.12

西北电讯工程学院出版社

内 容 简 介

本书介绍了集成电路彩色电视机的原理、电路分析和故障检修。主要内容有彩色电视的基础知识，与海燕牌彩色电视机有关的集成电路工作原理及其与外围电路的关系，彩色、光栅、图象等35类常见故障的故障特征、产生原因、故障部位和检查处理，以及故障修理的基本方法和注意事项。

书中内容丰富，紧密联系实际，图文并茂，实用性强。书末附有两种海燕牌彩色电视机的实际线路，主要元部件的规格和所有元器件的国内外型号对照及生产厂家。

读者对象：无线电爱好者，彩电生产、维修人员以及培训班学生。

集成电路彩色电视机 ——电路分析与维修

韩连栋 李 韬 曾金铃
责任编辑 叶德福

西北电讯工程学院出版社出版发行
西北电讯工程学院印刷厂印刷
新华书店经销

开本 787×1092 1/16 印张 17 4/16 插页 3 字数 417 千字
1988年2月第1版 1988年2月第1次印刷 印数 1—20 000

ISBN 7-5606-0023-9/TN·0005 定价：4.95 元



前 言

随着我国彩色电视工业的迅速发展,彩色电视接收机的社会拥有量日益增多。广大的无线电爱好者和电视维修部门迫切希望了解彩色电视接收机的基本知识并急待掌握其维修技术。为此,我们编写了这本《集成电路彩色电视机电路分析与维修》。本书是以西安无线电一厂生产的海燕牌彩色电视接收机及有关技术资料为基础进行编写的。它也适用于日本胜利公司与我国其它电视机厂合作生产的彩色电视接收机,例如,天津无线电厂生产的北京牌彩色电视机,上海广播器材厂生产的上海牌彩色电视机,以及陕西广播设备厂、内蒙古电视机厂、佳木斯电视机厂、沈阳电视机总厂、辽宁无线电八厂、丹东电视机厂、大连电视机厂、甘肃电视机厂、武汉电视机厂、襄樊电视机厂、南通电视机厂、云南电视机厂、安徽无线电二厂等十几个厂生产的部分彩色电视机。

本书内容丰富、实践性强、深入浅出、简明扼要,力求避开抽象的数学公式,着重基本概念,可供从事电视专业的技术人员和电视修理人员参考。为了帮助维修人员学习新知识,掌握新技术,适应当前电视技术迅速发展的需要,本书根据最新的资料,以晶体管、集成电路(IC)及各种自动控制电路为基础,引深论述集成电路彩色电视接收机的一般原理,详细地剖析了集成电路的功能。书中编入了常见故障 35 类,对故障特征、产生原因、故障部位、检查处理进行了详细叙述。为了维修者购买、更换元件的需要,还吸收了近年来彩电国产化工作的成果,本书在附录中编入了海燕牌彩色电视机元件国内外型号对照及国内生产厂家。

全书共分三篇。第一篇(共三章),由曾金铃执笔;第二篇(共七章),由韩连栋执笔;第三篇(共八章),由李韬执笔。全书由韩连栋校核,最后由西安无线电一厂副总工程师李永超、王学彦审阅定稿。

编写中所用的日文参考文献由韩连栋翻译。

作者感谢西安无线电一厂总师办、彩电生产车间、技术科、教育科等单位及西北电讯工程学院唐薇娟的大力支持和帮助。

虽然在编写过程中,力图避免差错,但由于水平有限,时间仓促,难免有不妥甚至错误之处,欢迎读者批评指正。

作者

1987年8月

目 录

| | |
|-----------------------------------|-----|
| 第一篇 彩色电视的基础 | |
| 第一章 彩色及其再现的基础知识 | |
| 1-1.1 光和彩色 | 1 |
| 1-1.2 三基色原理与混色法 | 3 |
| 1-1.3 彩色图象传送及亮度方程 | 7 |
| 第二章 彩色电视图象的传送与接收 | |
| 1-2.1 彩色电视制式和兼容条件 | 9 |
| 1-2.2 彩色电视信号 | 10 |
| 1-2.3 NTSC 制 | 15 |
| 1-2.4 PAL 制 | 22 |
| 1-2.5 CS47-2-AV 型彩色电视接收机 | 28 |
| 第三章 特种器件工作原理 | |
| 1-3.1 自会聚彩色显象管 | 31 |
| 1-3.2 梳状滤波器 | 33 |
| 1-3.3 声表面波滤波器及陶瓷滤波器 | 36 |
| 第二篇 彩色电视机电路分析 | |
| 第一章 全频道电子调谐器 | |
| 2-1.1 全频道电子调谐器电路构成 | 41 |
| 2-1.2 全频道电子调谐器电路分析 | 44 |
| 2-1.3 频道预选器原理 | 47 |
| 2-1.4 CS47-2-AV 型彩色电视机选台 电路分析 | 50 |
| 第二章 图象中频信号处理电路 | |
| 2-2.1 图象中频放大电路概述 | 55 |
| 2-2.2 前置中频放大电路 | 56 |
| 2-2.3 TA7611AP 图象中频放大 电路分析 | 57 |
| 2-2.4 实际应用电路分析 | 66 |
| 第三章 伴音中频信号处理电路 | |
| 2-3.1 概述 | 68 |
| 2-3.2 IC TA7243P 内部电路分析 | 69 |
| 2-3.3 实际应用电路分析 | 72 |
| 第四章 行场扫描系统集成电路 | |
| 2-4.1 概述 | 75 |
| 2-4.2 TA7609P 行扫描部分 IC 内部 电路分析 | 78 |
| 2-4.3 实际应用的行推动与行输出 电路分析 | 83 |
| 2-4.4 TA7609P 场扫描部分 IC 内部 电路分析 | 93 |
| 2-4.5 实际应用的场扫描输出电路分析 | 96 |
| 第五章 图象视频信号处理电路 | |
| 2-5.1 亮度通道的功能及组成 | 98 |
| 2-5.2 视频输出放大及基色信号矩阵电路 | 104 |
| 第六章 彩色信号解码系统 | |
| 2-6.1 概述 | 107 |
| 2-6.2 电视专用 IC TA7193AP 原理 简介 | 107 |
| 2-6.3 IC TA7193AP 解码电路分析 | 109 |
| 第七章 开关稳压电源 | |
| 2-7.1 开关式稳压电源工作原理 | 130 |
| 2-7.2 自激式开关电源的工作过程分析 | 131 |
| 2-7.3 实际应用电路分析 | 135 |
| 2-7.4 消磁电路 | 136 |
| 第三篇 故障检修 | |
| 第一章 故障修理的基本方法与注意事项 | |
| 3-1.1 故障修理中必须注意的安全问题 | 139 |
| 3-1.2 故障检修的基本知识 | 140 |
| 3-1.3 检查故障点的方法 | 144 |
| 3-1.4 海燕牌彩色电视机的结构及 拆卸方法 | 153 |
| 第二章 彩色故障 | |
| 3-2.1 图象底色偏色 | 164 |
| 3-2.2 图象无彩色 | 167 |
| 3-2.3 图象彩色时有时无 | 176 |
| 3-2.4 图象彩色淡 | 177 |
| 3-2.5 图象色调失真 | 178 |
| 3-2.6 彩色爬行 | 182 |
| 3-2.7 彩色不同步 | 184 |
| 3-2.8 图象彩色暗 | 185 |
| 3-2.9 图象彩色镶边 | 190 |
| 3-2.10 图象底色有色斑 | 191 |
| 第三章 图象故障 | |
| 3-3.1 无图象 | 193 |
| 3-3.2 图象模糊 | 198 |

| | |
|---|-----|
| 3-3.3 图象扭曲 | 199 |
| 3-3.4 场、行均不同步 | 201 |
| 3-3.5 图象垂直不同步 | 203 |
| 3-3.6 图象水平不同步 | 204 |
| 3-3.7 图象线性差 | 206 |
| 3-3.8 图象上出现回扫线 | 208 |
| 3-3.9 图象有干扰 | 209 |
| 第四章 光栅故障 | |
| 3-4.1 无光栅无声音 | 211 |
| 3-4.2 有伴音无光栅或亮度极暗 | 215 |
| 3-4.3 屏幕上只有一条水平亮线 | 216 |
| 3-4.4 屏幕上只有一条垂直亮线 | 219 |
| 3-4.5 光栅两侧呈现枕形失真 | 219 |
| 3-4.6 亮度失控 | 221 |
| 3-4.7 光栅上出现竖条 | 222 |
| 第五章 伴音故障 | |
| 3-5.1 图象正常无伴音 | 224 |
| 3-5.2 伴音音量小 | 229 |
| 3-5.3 伴音失真 | 230 |
| 第六章 音频、视频接口电路故障 | |
| 3-6.1 电视、视频状态不能转换 | 231 |
| 3-6.2 放录象时只有伴音而无图象 (或只有图象而无伴音) | 232 |
| 第七章 电源故障 | |

| | |
|-------------------------|-----|
| 3-7.1 通电开机就断交流保险丝 | 234 |
| 3-7.2 主电源电压无输出 | 235 |
| 3-7.3 输出电压偏低 | 237 |
| 3-7.4 输出电压偏高 | 238 |

第八章 整机的维修调整

| | |
|------------|-----|
| 参考文献 | 247 |
|------------|-----|

附录

| | |
|--|-----|
| 附录(一) 海燕 CS 47-2-AV 型彩色电 视机总线图中英文缩写对照 | 248 |
| 附录(二) 我国电视频道划分表 | 249 |
| 附录(三) 特殊元器件技术规格 | 251 |
| 附录(四) CS 37-2 型彩色电视机元器 件国内外型号对照表 | 255 |
| 附录(五) CS 47-2-AV 型彩色电视机 部分元器件国内外型号对照表 | 268 |
| 附录(六) 日本产电阻器、电容器的 型号、缩写术语说明 | 269 |
| 附图(一) CS 47-2-AV 型彩色电视机 电原理图 | |
| 附图(二) CS 37-2 型彩色电视机电 原理图 | |
| 附图(三) CS 37-2 型彩色电视机选 台电路和主板背面图 | |

第一篇 彩色电视的基础

彩色电视是在黑白电视的基础上发展起来的，它不仅能远距离传送和显示景物的亮度，而且还能传送和显示景物的颜色。然而，自然界的颜色极其丰富，电视发射台是不可能产生出这么丰富的与每一颜色相应的电信号，电视接收机显象管也不可能直接显示如此众多的颜色。本篇第一章色度学的基本知识告诉我们利用三基色红(R)、绿(G)、蓝(B)进行相加混色就能较好地解决这个问题。为此在讨论彩色电视原理之前，有必要简单介绍一下光和色度学的一些基本知识，如光与色、三基色、相加混色、标准色度图、亮度方程及彩色电视的发送和接收过程的光-电和电-光变换。

本篇第二章讨论彩色电视原理和制式。我们知道，作为一种电视制式，兼容是必不可少的条件和要求，即彩色电视机不仅能收看彩色电视节目，也要能收看同一制式的黑白电视节目；而黑白电视机也能收看彩色电视节目，当然此时只呈现黑白图象。在第二章首先介绍了兼容条件及要达到兼容目的所采取的的必要措施。然后对 NTSC 和 PAL 电视制式的原理作了叙述。此外，为了承上启下，还简单介绍了海燕 CS47-2-AV 型彩色电视机的整机线路方框图，并顺着信号的流向对各部分电路功用作了叙述。

本篇第三章介绍彩色电视机中的几个特种器件，如自会聚彩色显象管、梳状滤波器、声表面波滤波器和陶瓷滤波器的工作原理和特性。

第一章 彩色及其再现的基础知识

1-1.1 光和彩色

▲ 可见光的光谱

众所周知，光是一种物质，它以电磁波的形式传播。电磁波是一种携带能量的电磁辐射，它的波谱很广，如图 1-1.1 所示。可见光的波长(λ)约为 380~780 nm，相当频率为 $4 \times 10^{14} \sim 8 \times 10^{14}$ MHz。不同波长的光射入人眼时，会引起人眼的不同颜色感觉。例如：700 nm 的光能引起红色的感觉；500 nm 的光能引起蓝色的感觉；400 nm 的光能引起紫色的感觉。当光波从一种媒质进入另一种媒质时，传播方向将发生改

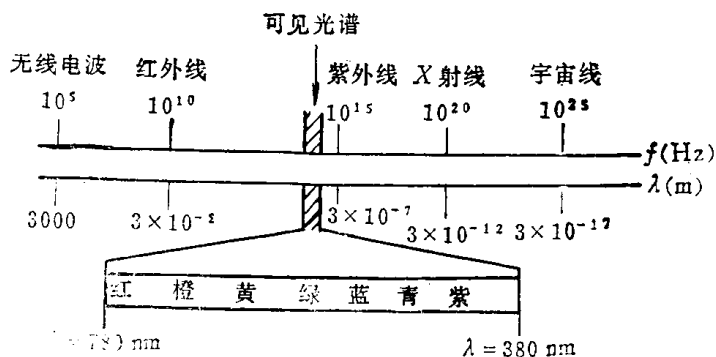


图 1-1.1 电磁波辐射波谱

变, 这种现象叫光的折射。折射角度与光波波长有关, 波长越短, 折射角越大。利用这一现象做分光实验, 可将一束白光投射到一块玻璃三棱镜上, 就能得到一组依次按红、橙、黄、绿、青、蓝、紫连续分布的彩色光带。这些按波长顺序排列在光谱中的光, 称为谱色光。谱色光是连续的, 即各种颜色之间不是突然变化的, 每种色光具有一个窄范围的波段。

▲ 物体的颜色

一个物体的颜色由三个因素决定: 一是照射光源的类型; 二是物体表面将入射光反射到周围的特性; 三是人眼的视觉特性。三个因素中只有第二个因素与物体本身有关。

照射光源不同, 同一物体所反射的光的颜色也不同。白光照射红色物体呈现出红色, 绿光照射红色物体呈现为黑色。在彩色电视中, 白光源作为色度计算中的一种标准, 不同的白光源由于其光谱的分布不同, 其计算结果也就不同。太阳光的辐射光谱随季节、气候、时辰而变化, 故不能作实用光源。为此, 国际上规定了 A、B、C、D₆₅、E 五种白光源。为了区别各种光源因光谱的组成不一样而出现的差别, 常用黑体的辐射源作标准, 其它光源都与它比较。黑体是既不反射, 也不透光, 完全吸收入射光的物体。它的热辐射程度只与温度有关, 图 1-1.2 表示在标准色度图上黑体辐射的彩色位置与绝对温度的关系, 它们位于一条所谓的“普朗克曲线”上。图中光源 A 对应色温为 2850K; 光源 B 对应色温为 4800K; 光源 C 对应色温为 6770K; 光源 D₆₅ 对应色温为 6500K; E 为等能量标准白光, 对应色温为 5500K。温度较低时, 该曲线起始于谱色轨迹的长波长端(炽红色); 温度较高时, 经不饱和的黄色朝白炽色变化; 5500K 时, 曲线紧靠等能量光谱的彩色位置 E; 当温度极高时, 曲线终止于不饱和的蓝偏紫色处。JVC 系列选用色温点约为 9300K + 27 MPCD*。当某光源辐射与黑体某一温度的辐射特性相当时, 人们就把此时的黑体温度(绝对温度 K)称为该光源的色温。

温度较低时, 该曲线起始于谱色轨迹的长波长端(炽红色); 温度较高时, 经不饱和的黄色朝白炽色变化; 5500K 时, 曲线紧靠等能量光谱的彩色位置 E; 当温度极高时, 曲线终止于不饱和的蓝偏紫色处。JVC 系列选用色温点约为 9300K + 27 MPCD*。当某光源辐射与黑体某一温度的辐射特性相当时, 人们就把此时的黑体温度(绝对温度 K)称为该光源的色温。

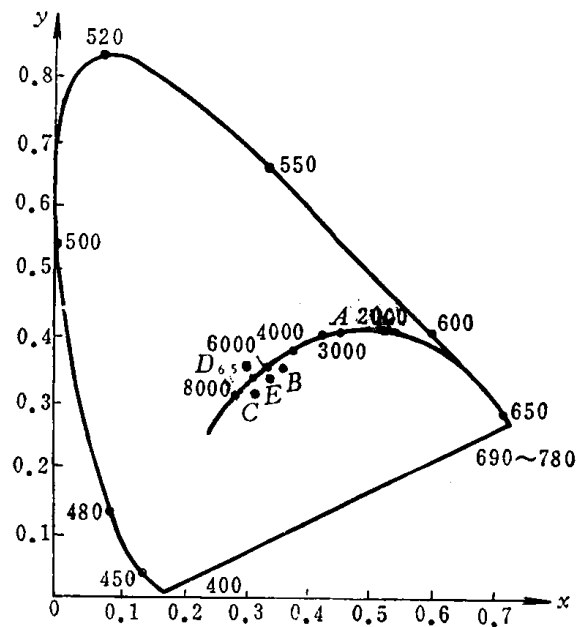


图 1-1.2 标准色度图上的普朗克曲线

当不同波长的可见光作用于人眼时, 人眼不仅能感到不同颜色, 而且还能感觉到各种颜色所具有的不同的亮度。在白天, 我们不但能看清物体, 而且能清楚地辨别出物体的颜色。到了夜晚, 人眼只能看清物体的大概轮廓, 无法清楚地辨别物体的颜色了。这说明强度足够的彩色光不仅给人以彩色感觉, 还给人有亮度感觉, 且人眼感觉对红、绿、蓝三种光最敏感。生理解剖学者告诉我们, 人眼感光细胞的大小和形状及其在感觉系统中的位置排列, 造成了人眼的上述特性。

当不同波长的可见光作用于人眼时, 人眼不仅能感到不同颜色, 而且还能感觉到各种颜色所具有的不同的亮度。在白天, 我们不但能看清物体, 而且能清楚地辨别出物体的颜色。到了夜晚, 人眼只能看清物体的大概轮廓, 无法清楚地辨别物体的颜色了。这说明强度足够的彩色光不仅给人以彩色感觉, 还给人有亮度感觉, 且人眼感觉对红、绿、蓝三种光最敏感。生理解剖学者告诉我们, 人眼感光细胞的大小和形状及其在感觉系统中的位置排列, 造成了人眼的上述特性。

* MPCD 是偏离黑体色温曲线的偏差量的单位, 9300 K + 27 MPCD 表示比黑体色温 9300 K 高 27 单位偏差量。

1-1.2 三基色原理与混色法

▲ 彩色三要素

任何一束彩色光对人眼引起的彩色视觉的总效果，可以用亮度、色调、色饱和度三个量来表示。并通常把这三个量称为彩色三要素。

(1) 亮度。亮度是表示彩色光被人眼所能感觉到的明暗程度。当色调和色饱和度固定时，若彩色光的能量增强，亮度就会增大；若彩色光的能量减小，亮度就会降低；彩色的能量为零时，亮度也为零。

(2) 色调。色调就是彩色的种类，指的是红、橙、黄、绿、青、蓝、紫不同颜色。色调是彩色最重要的特性。

(3) 色饱和度。色饱和度(简称饱和度)是指彩色光所呈现的彩色深浅程度。饱和度高，说明颜色深。饱和度最高的颜色称为纯色，纯色的饱和度为100%。饱和度低于100%的颜色，称为非饱和色，这是由于白光掺入后使饱和色冲淡的结果。白光越多，饱和度越低；白光越少，饱和度越高。

色调和色饱和度这两个量，既说明了彩色的种类，又说明了彩色的深浅程度，二者合起来统称为色度。在彩色电视技术中传输彩色图象，实质就是传送图象的亮度和色度。

▲ 色感觉的三维表示

色调、色饱和度和亮度这些感觉特征，不能直接用定量表示。若用彩色三维空间来表示那就很形象、直观。由蓝经青、绿、黄、橙、红、紫回到蓝构成一个循环，把它们布置成一个圆，圆的中心点上为非五彩色(白色或灰色)，从中心趋向圆周时色饱和度增高，循着中心轴从下往上时亮度增高，最下端顶点为黑色，如图1-1.3所示。

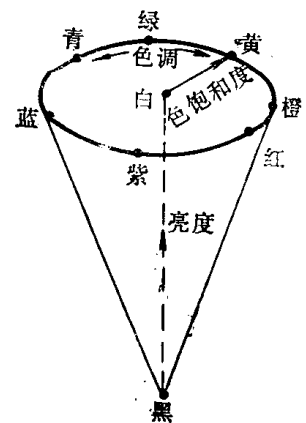


图1-1.3 色感觉的三维表示

▲ 三基色原理

人们在长期的实践中发现以下几条规律：

(1) 自然界中所能观察到的各种颜色，都可以用三个基本颜色按一定比例相加混合得到；反之，任意一种颜色都可以被分解

(2) 在相加混色中，作为基色的三种彩色必须相互独立，即其中任一色都不能由其它两色混合来产生。对三基色的选择，原则上是任意的，但考虑到人眼的感光细胞的反应敏感情况，常选用红、绿、蓝作为三基色。

(3) 三种基色之间的比例，直接决定混合色的色调与饱和度。

(4) 混合色的亮度等于参加混合色的各个基色分量的亮度之和。

以上称为三基色原理。它是对彩色实行分解、混合的重要理论。它大大简化了彩色图象的传送和重现技术措施，否则要传送和重现自然界中千差万别的颜色，就需要许许多多电

信号，去寻求各种彩色的真实波长与强度，这显然是行不通的。

▲ 混色法

彩色电视利用三个基本色相加来获得彩色图象，称为相加混色法。图1-1.4(a)为用等能量的红、绿、蓝三基色光进行相加混色的示意图。黄、青、品是混合色，分别为蓝、红、绿的补色。有如果两种彩色以适当的比例相加得到白色，则我们把这两种彩色称为互为补色。即黄与蓝互为补色；青与红互为补色；品色(即品红色或红紫色，紫色)与绿色互为补色。这是因为

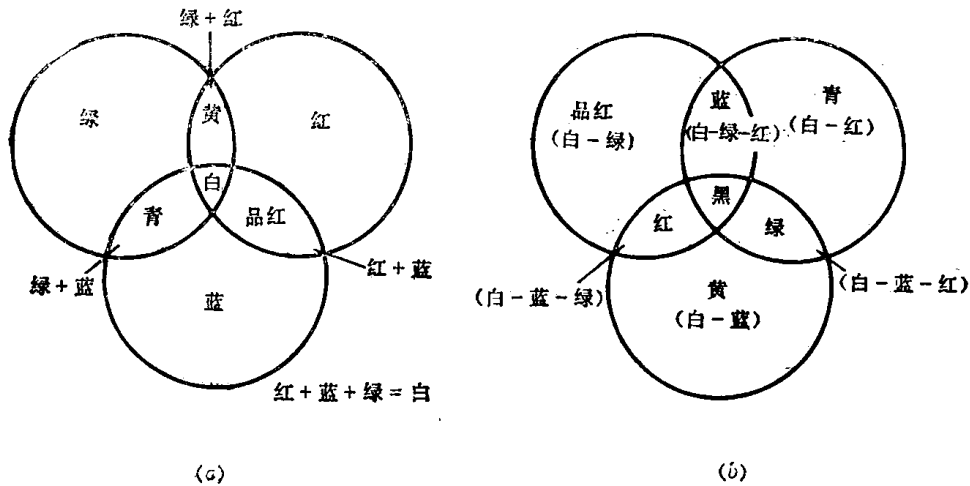


图 1-1.4 混色法
(a) 相加混色；(b) 相减混色

$$\begin{aligned} \text{白} &= \text{红} + \text{绿} + \text{蓝} = (\text{红} + \text{绿}) + \text{蓝} = \text{黄} + \text{蓝} \\ \text{白} &= \text{红} + \text{绿} + \text{蓝} = (\text{红} + \text{蓝}) + \text{绿} = \text{紫} + \text{绿} \\ \text{白} &= \text{红} + \text{绿} + \text{蓝} = \text{红} + (\text{绿} + \text{蓝}) = \text{红} + \text{青} \end{aligned}$$

彩色电视是利用人眼的视觉特性进行混色的，它可分为：

● 同时将三种基色光分别投射到同一表面的三个相距足够近的三点上，人眼就产生三种基色光混合的彩色感觉。这种混色法称为空间相加混色法，是目前彩色显象管获得彩色图象的基本方法。

● 顺序地把三种基色光先后投射到同一表面上，使轮换时间小于人眼的视觉暂留时间(0.1 s)时，人眼感觉到的彩色光与三种基色光直接同时混合时相同，这种混色法称为时间相加混色的方法。

在日常生活中的彩色绘画，彩色印刷、印染，彩色胶片等采用的是相减混合方法。它是利用不同颜料对白光中某些基色光的吸收程度不同而实现混色的。其实质仍是色光的相减，并不是颜料的相减。在相减混色中，通常选用黄、品(紫)、青为三基色。与彩色电视中的三基色不一样，不要把二者混同起来。图 1-1.4(b)为相减混色。

▲ 彩色的度量

由三基色原理知道：按照不同比例混合三种基色光，能获得某种混合色光。用选定的

红、绿、蓝三基色光进行相加混合获得等能量标准白光 $E_{白}$ 所需红、绿、蓝基色光亮度间之比例为 $1:4.5907:0.0601$ 。为了计算方便，国际上将一个单位的红光的光通量规定为 1 流明*，一个单位的绿光的光通量为 4.5907 流明，和一个单位的蓝光的光通量为 0.0601 流明。以上三者混合后得到 5.6508 流明的标准白光 $E_{白}$ ，并将此三种基色称为物理三基色，其配色方程为

$$E_{白} = 1 \cdot (R) + 1 \cdot (B) + 1 \cdot (G)$$

若配制任意彩色光 F ，其配色方程为

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

式中 (R) 、 (G) 、 (B) 分别表示红、绿、蓝三种基色单位的符号。 R 、 G 、 B 称为三基色系数。 R 、 G 、 B 三者之间的比例系数决定所配色光 F 的色调和饱和度。按拉格司曼定律，三者分量之和等于混合色光 F 的亮度。这在彩色电视中作计算时是很有用的。例如： $R:G:B = 1:1:1$ 是饱和度为零的白光； $R:G:B = 1:1:0$ 是饱和度为 100% 的黄光，因此时 $F = 1(R) + 1(G) =$ 黄光； $R:G:B = 1:1:2$ 则是非饱和的蓝色光。因为此时配色方程式变成

$$\begin{aligned} F &= 1 \cdot (R) + 1 \cdot (G) + 2 \cdot (B) = [1 \cdot (R) + 1 \cdot (G) + 1 \cdot (B)] + 1 \cdot (B) \\ &= \text{白色光} + \text{蓝基色光} = \text{浅蓝色光} \end{aligned}$$

说明白光冲淡了蓝基色光。

▲ XYZ 计色制

选定红、绿、蓝作三基色，相加混色可以获得自然界中绝大多数彩色。为了说明基色与混色的关系，可以画出简单而直观的图形，称该图为色度图。色度图有各种形式。如果利用 (R) 、 (G) 、 (B) 为单位量作相应的色度图，叫 RGB 色度图。实践证明 (R) 、 (G) 、 (B) 物理三基色对重现彩色图象十分不方便，难以实用。因此，为了计算方便，国际上又重新选定了 (X) 、 (Y) 、 (Z) 三个基色度量的单位，称为 XYZ 计色制。 X 、 Y 、 Z 为标准三基色系数。为了与物理三基色保持着固定关系，相互间可以转换，并作了如下几点规定：

(1) 当用 $F = X(X) + Y(Y) + Z(Z)$ 表示一个实际彩色量时，式中三基色系数 X 、 Y 、 Z 都是正值。

(2) 规定 $Y(Y)$ 的数值直接等于合成色光的亮度，而其余两个基色 (X) 、 (Z) 不包含任何亮度， X 、 Z 只有数字意义。合成光的色度仍然由 X 、 Y 、 Z 的比例值决定。可见 (X) 、 (Y) 、 (Z) 基色虽是虚拟的，但仍然保持了红、绿、蓝三基色的性质。

(3) 当 $X = Y = Z$ 时，仍然表示等能量 $E_{白}$ 。

▲ x-y 色度图

在彩色电视中，被传送彩色的亮度信号和色度信号是分开的。当只考虑色度时，只需考虑三色系数的相对值，而不考虑三色系数的绝对值的大小。由 X 、 Y 、 Z 可以算出相对色度系数坐标 x 、 y 、 z 。令 $X + Y + Z = m$ ， m 为彩色模量。相对色度系数与标准三色系数之间关系为

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

任一彩色 F 可表示为

* 光通量是按人眼的感觉来量度光的辐射功率，单位为光瓦或流明。1 光瓦 = 680 流明。

$$F = m[x(X) + y(Y) + z(Z)]$$

可见三个色度坐标 x 、 y 、 z 中只有两个独立的参量，另一个是不独立的。

以 x 和 y 为坐标作出 x - y 色度图，如图 1-1.5(a) 所示。这是性能最完善国际上通用的标准色度图，简称为 CIE 色度图。所有的谱色都位于第一象限的三角形内的舌形图曲线上，这

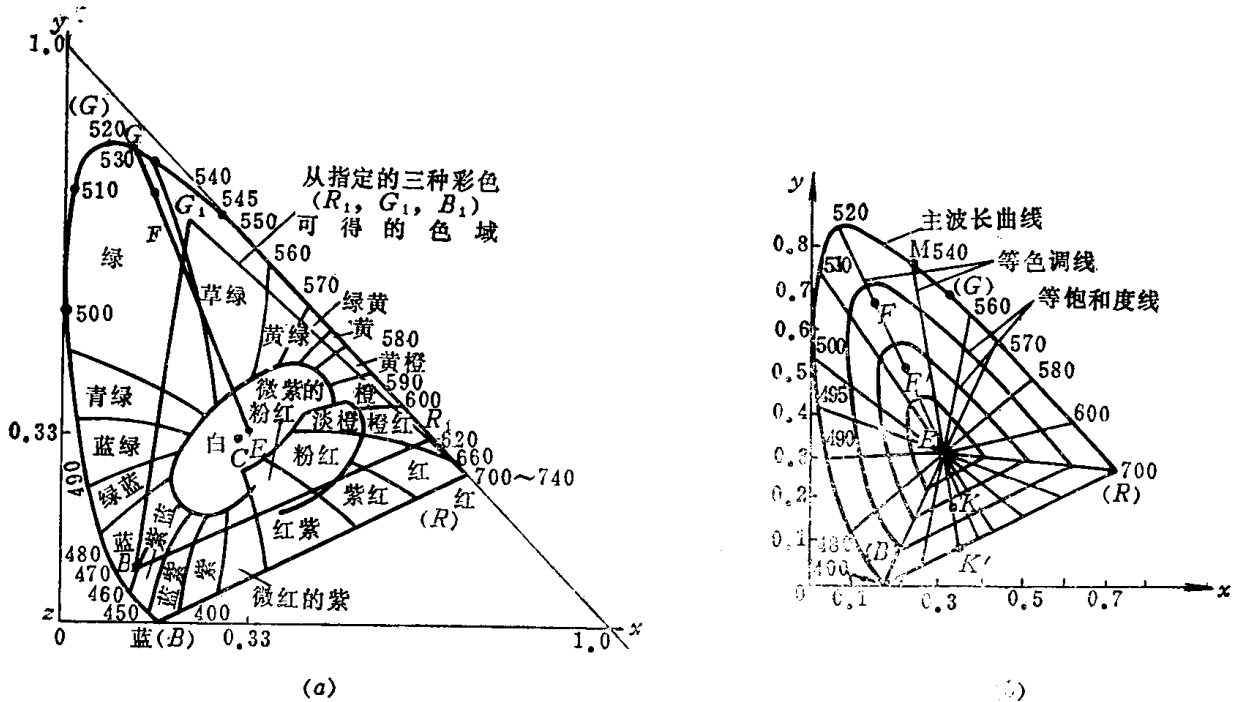


图 1-1.5 x - y 色度图(CIE 色度图)

(a) 色域划分图；(b) 等饱和度线

样，使得自然界出现的所有彩色及物理三基色 (R) 、 (G) 、 (B) 都落在舌形平面图上(图 1-1.5 (a))。舌形曲线是一条不封闭的曲线，底部从 $(B) \rightarrow (R)$ 的连线所代表的是人眼感觉到的但没有特定波长与之对应的颜色，称为非谱色，它表示各种紫红色光。舌形曲线上任意一点都对应一种波长的谱色光。舌形曲线内部各点所代表的色度是混合色。混合色只能用色度坐标表示，而没有特定的对应波长。同时 y 值还代表了它的相对亮度。谱色和非谱色都是饱和色，混合色是非饱和色。图中 E 点坐标是 $x = 0.33$ ， $y = 0.33$ ，对应的 $z = 0.33$ ，它代表了等能量白光 $E_{白}$ 。在舌形色度平面上依据波长相近划出 23 个小区域，图中都注明了各个小区域颜色的名称，用来大致确定某种颜色在色度图上的坐标位置。

确定某一种彩色的色度还可以用色度图上色调波长和饱和度表示。因为在舌形图上可看到，越靠近谱色曲线，饱和度越高；越靠近 E 点，饱和度越低。通常把 E 点或 C 点的饱和度作为 0%，而把谱色曲线上的饱和度作为 100%。若把谱色曲线上某一点，如图 1-1.5(a) 中的 G 点(其谱色光的波长为 525 nm)与 E 点作一直线 GE ，则直线上 F 点代表的色光是由 G 点所对应的谱色光与白光 E 相加混合而成。 F 色光的色调波长为 525 nm。直线 GE 上各点的色调都相同，该直线称为等色调波长线。饱和度则由 E 点的 0% 到 G 点的 100% 逐渐升高。把各色调波长线上饱和度相同的各点相联结，便形成类似舌形曲线的等饱和度线。这样，在色度图上方便地表示出一种彩色光的色调和它的饱和度，如图 1-1.5(b) 所示。

1-1.3 彩色图象传送及亮度方程

▲ 彩色电视显象管的基色和色度重现范围

彩色电视中选择的三基色，在色度图中所形成的三角形的面积应尽量大，在选配荧光粉时，使所选的三基色坐标点尽可能靠近光谱色曲线，即尽可能配出丰富的彩色。同时还要求荧光粉的发光效率高，以得到足够的亮度。根据 PAL 和 NTSC 制规定，三种荧光粉在色度图上的坐标值如表 1-1.1 所示。

表 1-1.1

| 坐标 | 制式 | PAL | | | NTSC | | |
|----|----|------|------|------|------|------|------|
| | | x | y | z | x | y | z |
| 红 | | 0.64 | 0.33 | 0.03 | 0.67 | 0.33 | 0.00 |
| 绿 | | 0.29 | 0.60 | 0.11 | 0.21 | 0.71 | 0.08 |
| 蓝 | | 0.15 | 0.06 | 0.79 | 0.14 | 0.08 | 0.78 |

显象三基色所组成的三角形面积虽比物理三基色的面积略小，见图 1-1.6，但在实际生活中，高饱和度的彩色是极少见的，所以，显象三基色形成的三角形所包含的颜色对彩色电视而言已相当丰富。

实践证明，在不明显降低重现彩色质量的情况下，牺牲一些重现色域而换取较高的重现彩色亮度是合适的，况且所选的 R 和 G 两个基色比较靠近光谱轨迹，使较常见的、引起美感的彩色都能重现出比较饱和的色光。

▲ 亮度方程

显象三基色的色度坐标选定后，就可写出配色方程，按 NTSC 制规定显象管三基色各为 1 个单位时可混合得到 1 个单位的 $E_{白}$ ，即 $1 \cdot (R_e) + 1 \cdot (G_e) + 1 \cdot (B_e) = E_{白}$ ，式中 (R_e) 、 (B_e) 、 (G_e) 为显象三基色单位量的符号。欲配任一色光可写成

$$F = R_e(R_e) + G_e(G_e) + B_e(B_e)$$

R_e 、 G_e 、 B_e 三者之间的比例关系决定所配出色光 F 的色调和饱和度，三者之和决定 F 的亮度。

若要将显象三基色混合成白光，所需光通量之比应是多少呢？在 XYZ 计色制中，只有 Y 代表亮度。按 NTSC 制显象三基色配制光通量为 1 流明标准白光的亮度方程为

$$Y = 0.299R_e + 0.587G_e + 0.114B_e$$

通常简化为

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

这又称为亮度恒定公式。换成电压方程的形式为

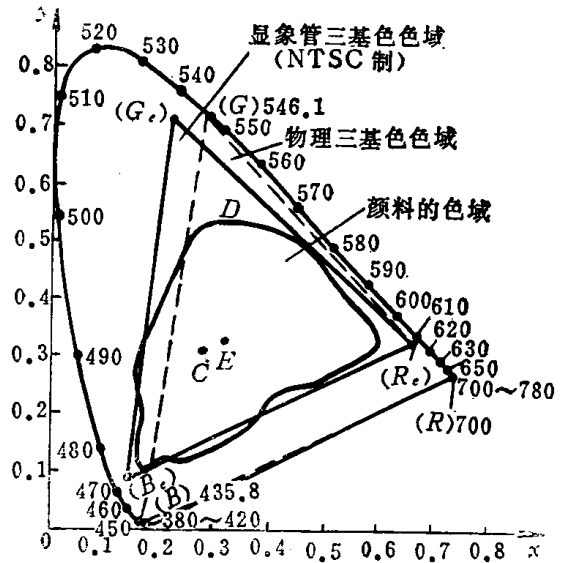


图 1-1.6 彩色电视色度重现范围

$$\dot{E}_Y = 0.30E_R + 0.59E_G + 0.11E_B$$

实际上由于选择的三基色色度坐标不同，以及规定配成的标准白光和电视制式的不同，亮度的方程式是有差别的。PAL 制的亮度方程

$$Y = 0.222R_e + 0.707G_e + 0.071B_e$$

与 NTSC 制的亮度方程有差别。由于 NTSC 制较早问世，通常 PAL 制并没有采用自己的亮度方程，而仍沿用 NTSC 制的亮度方程。显然，对 PAL 制来说会产生误差，但所引起的误差还在允许范围之内，在主要特性上仍能满足视觉对亮度的要求。

▲ 彩色电视传象和重现原理

图 1-1.7 为彩色电视传象和重现原理图。根据三基色原理，摄像机首先通过三基色分色

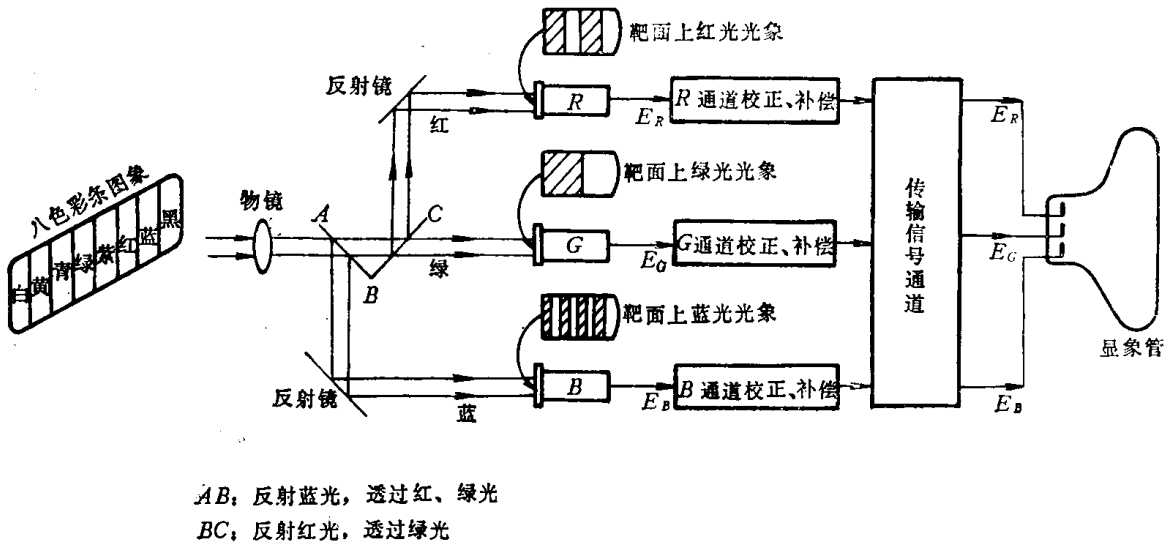


图 1-1.7 彩色电视传象和重现原理图

系统，把入射的彩色图象的彩色光分解为相应的红、绿、蓝三种基色光，分解后的各基色光的强度是彩色光 F 的函数。三路光同时投射到三个摄像管的光敏靶上，在三个靶面上分别呈现红、绿、蓝三幅基色光象。三只摄像管的电子束同步地逐点逐行地扫描靶面，同时输出三路信号 E_R 、 E_G 、 E_B ，它们的大小分别与基色光强度有关，这样就完成了彩色图象的分解（空间→时间的变换，光象→电信号的变换）。三基色信号 E_R 、 E_G 、 E_B 经传输通道和电视接收机的接收，分别去控制彩色显象管的红、绿、蓝三束电子束的强弱。三条电子束经会聚正确无误地分别打在 R 、 G 、 B 的荧光粉条上，在显象管荧光屏上就呈现出三幅基色镶嵌在一起的图象。经人眼视觉的空间混色效应，人们所观察到的便是一幅逼真的彩色图象。

要做到彩色的正确重现，要求摄像机的分色特性与显象管的混色特性一致起来。然而摄像机的分色特性决定于分光系统等的光谱特性。照射光源不同时，分色比例亦相应变化，而显象管的混色特性与所选荧光粉的色度坐标和标准白光有关，分色特性与混色特性很难做到一致。为了防止因此而产生的彩色失真，在摄像机中要采取校正措施，这叫彩色校正。

此外，由于显象管的调制特性是非线性的，显象管的输出亮度与调制电压 E 的 γ 次方成正比。 γ 值一般在 2.2~2.8 之间。这不但会使图象产生亮度失真，而且会产生色度（特别是色调）失真。为了补偿此失真，在电视发射机内往往对已产生的图象信号进行 γ 预校正后再发送。

第二章 彩色电视图象的传送与接收

1-2.1 彩色电视制式和兼容条件

▲ 彩色电视制式概述

实现彩色电视的最简单方式，是将彩色摄像机输出的三个基色信号分别用三个通道输往接收端的显象装置。这样的传输方式是不行的，因为它要三套发送设备，占用三倍于黑白电视的频带范围，是很不经济的。所以各国用于彩色电视广播的都是用单一通道来传送，但其实现的方式有所不同，每一种特定的传输方式称为彩色电视的一种制式。在彩色电视发展过程中曾出现过几种不同的制式。

(1) 顺序制。顺序制是将红、绿、蓝三基色图象信号按行或场顺序传送，利用人眼的视觉暂留特性，将三基色图象混合而得出彩色图象。但它不能与黑白电视兼容，近代彩色电视不用此制式了。

(2) 同时制。同时制就是在发送端将三基色信号按适当的方法加以组合(称编码)。变换成一个既包含亮度信号又包含色度信号的彩色全电视信号传送出去。接收端收到此彩色全电视信号后，再将彩色全电视信号分解(称解码)，重新恢复为三个基色信号加到彩色显象管，重现景物的彩色图象。由于色度信号的调制方式上有差别，它又分为

● 正交平衡调幅制(NTSC制)。此制式代表图象色度的两个信号，分别对频率相同，相位差 90° 的彩色副载波进行正交平衡调幅。美国、日本、加拿大等国家采用这种制式。

● 逐行倒相正交平衡调幅制(PAL制)。它与NTSC制的差别仅在于代表图象色度的两个信号之一是逐行倒相的。西德、英国等欧洲国家及我国采用这种制式。

(3) 同时-顺序制。同时-顺序制是上述(1)、(2)两种制式的组合，又称行顺序轮换调频制(SECAM制)。其特点是代表图象色度的两个信号逐行轮换地对彩色副载波进行调频。法国、苏联及东欧等国家采用这种制式。

▲ 兼容制所必备的条件

从电视技术发展过程来看，先有黑白电视广播，后有彩色电视广播，且对黑白电视已经建立了一整套生产、管理、标准规范制度。目前大量的黑白电视机还在使用，无论从技术上，还是从经济上来说，都提出了彩色电视和黑白电视的兼容要求。这样，彩色电视广播不能自己另立一套制度，只能在已经建立的黑白电视制度的基础上进行，以达到兼容的目的。兼容就是既要黑白电视机能收看彩色电视节目，呈现黑白图象，又要彩色电视机也能收看黑白电视节目，也呈现黑白图象。要做到兼容制彩色电视必须具备以下条件。

(1) 采用与黑白电视相同的扫描频率和相同的行、场扫描同步信号。其色同步信号放置在行消隐期内的行同步脉冲之后。

(2) 伴音和图象信号的高频调制制式相同；伴音载频和图象载频相同；已调信号所占频带宽度相同，即图象信号为 6 MHz ，伴音信号为 0.5 MHz ；且频道划分一致。

(3) 彩色电视信号中应含黑白电视信号。即含有一个基本的亮度信息, 传送同一景物时, 它和黑白电视图象信号相同, 便于黑白电视机直接收看。

(4) 色度信息用一个辅助信号传送, 以便在接收机中将它和亮度信号分开。

(5) 所传送的色度信号不应在黑白电视机屏幕上产生干扰。

由以上条件可知, 在频道划分相同的前提下, 要做到兼容必须使彩色电视信号中应含有黑白电视信号, 要求彩色电视必须和黑白电视具有相同的带宽(6 MHz)来传送亮度信号和色度信号。如何实现呢? 人们通过研究发现, 如果采取频带压缩、频谱间置和正交平衡调幅等办法, 就能解决在带宽 6 MHz 以内传送彩色全电视信号。这样在 6 MHz 频带内既含有彩色电视信号、又含有黑白电视信号, 且能够把它们分离出来, 当彩色电视机收看黑白电视节目时只有亮度信号而没有色度信号, 所以只能显示黑白图象, 收看彩色电视节目时, 既有亮度信号又有色度信号, 人们就看到彩色图象画面; 当黑白电视机收看彩色电视节目时, 起作用的只是亮度信号, 所看到的是黑白图象, 色度信号此时对图象会有微弱的网状干扰。

1-2.2 彩色电视信号

▲ 大面积着色(色度信号频带压缩)原理

过去在没有彩色照相的情况下, 要想得到彩色照片, 只要在一张黑白照片上, 用彩色笔粗略地大面积涂上不同的颜色即可。尽管照片的细节部分并没有用彩笔进行仔细地描绘, 但看起来仍然是一张逼真而又令人满意的彩色照片, 这是为什么呢? 通过研究人眼的彩色视觉特征, 使我们知道, 人眼对彩色的分辨能力弱, 所以, 当图象彩色细节细到一定程度后, 人眼就分辨不出彩色来, 而只有明暗的感觉, 见表 1-2.1。这就是说, 在传送彩色图象信号

表 1-2.1

| 细节色别 | 黑白 | 黑绿 | 黑红 | 绿红 | 黑蓝 | 红蓝 | 绿蓝 |
|-------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 人眼分辨力 | 100% | 94% | 90% | 40% | 26% | 23% | 19% |

时, 在细节部分上只需传送亮度信号, 没有必要传送彩色信号。从频率角度来说, 图象的细节部分对应图象信号的高频成分, 这部分的频率成分只须传送亮度信息, 不必传送彩色信息(即色度信号)。因此, 在彩色电视中, 将彩色信息所占频宽压缩到 1.3 MHz 左右, 即保留低频彩色信息而滤除高于 1.3 MHz 的彩色信息, 用亮度信号的高频分量(1.3~6 MHz)来显示图象细节, 它虽然是黑白的, 但人眼看到的仍然是满意的彩色图象。这也叫大面积着色原理。

▲ 色度信号和色差信号

色度信号是色调和色饱和度两个物理量的总信息。用三基色系数的不同比例组成不同的色调, 而色饱和度与基色的渗白程度有关。在兼容制电视中, 希望彩色电视信号中直接存在亮度信号, 它不代表任何颜色的信息, 仅代表亮度变化。通常选用 Y、R、B 三种信号组成

彩色电视信号中的图象信号。

为什么不选绿基色信号来传送呢？这是因为实际传输的色信号用的是色差信号（色度信号减亮度信号），由于绿色光中含亮度信息大，较明亮，经编码后得到的绿差信号电平便会很小，在传输通道中最易受干扰。

当未饱和时，其基色信号 E_R 、 E_B 和 E_G 中不仅含有色度信息，也含有亮度信息。显然，这部分亮度信息是多余的了，应该从基色信号中减去它。这样便得到没有亮度成分的色差信号，即 $E_R - E_Y$ 、 $E_B - E_Y$ 、 $E_G - E_Y$ ，也可简写成 E_{R-Y} 、 E_{B-Y} 、 E_{G-Y} 。如果不表示信号电压的幅度大小，则通常就写成 $R-Y$ 、 $B-Y$ 、 $G-Y$ ，亮度信号就写成 Y 。在三个色差信号中，两个色差信号是独立的。另一个色差信号是不独立的，它可由独立的两个色差信号和亮度信号求得。因此，我们任选两个色差信号和亮度信号就可以了。如选用 E_Y 、 E_{R-Y} 和 E_{B-Y} 作为彩色电视传输信号。绿色差信号 E_{G-Y} 可由红色差、蓝色差信号通过适当比例的矩阵电路来合成。因有

$$\begin{aligned} E_Y &= 0.30E_R + 0.59E_G + 0.11E_B \\ E_{R-Y} &= E_R - E_Y = 0.70E_R - 0.59E_G - 0.11E_B \\ E_{B-Y} &= E_B - E_Y = -0.30E_R - 0.59E_G + 0.89E_B \end{aligned}$$

可推得

$$E_{G-Y} = E_G - E_Y = -0.30E_R + 0.41E_G - 0.11E_B$$

将由摄像机送出的三基色信号变换为一个亮度信号和两个色差信号的过程叫色差信号编码。采用这种编码信号比用三个基色信号来传送彩色图象信号好。它有如下优点：

(1) 兼容性好。由于全带宽的 Y 信号本身就是图象的全部亮度信号，使黑白电视机很方便地收看彩色电视节目。再说通常遇到的彩色景物大都呈现浅饱和度，所以彩色图象中的色差信号不大，减少了色差信号对亮度信号的干扰。当黑白电视机收到编码的彩色电视信号时，亮度信号使显象管荧光屏显示出景物的黑白图象。彩色电视机收到编码的彩色电视信号后，将亮度信号和两个色差信号进行解码处理，重新还原成原来的 E_R 、 E_G 、 E_B 三基色信号，加到彩色显象管，在屏幕上显示出原景物的彩色图象。当传送黑白的无彩色图象时， $E_R = E_B = E_G$ ，此时

$$\begin{aligned} E_R - E_Y &= E_R - (0.30E_R + 0.59E_G + 0.11E_B) \\ &= E_R - (0.30E_R + 0.59E_R + 0.11E_R) = 0 \end{aligned}$$

同理可求得另外两个色差信号

$$E_B - E_Y = 0, \quad E_G - E_Y = 0$$

故不会产生色度信号对亮度信号的干扰，在黑白电视机屏幕上也没有色度副载波的干扰暗点。

(2) 在传输过程中，亮度信号因受干扰（如噪声）而产生的失真，对色调影响小，仅对饱和度有所影响；而色差信号在传输过程中因受干扰（如噪声）而产生的失真，对亮度信号无影响，它不会引起亮度信号的改变，这就是恒定亮度原理。

设传输过程中亮度通道引入了一干扰信号 $E_{\Delta Y}$ ，使亮度信号由 E_Y 变为 $E'_Y = E_{\Delta Y} + E_Y$ ，则收端将 E'_Y 和色差信号经解码器解码后得到三基色信号为

$$\begin{aligned} E'_R &= E'_Y + (E_R - E_Y) = E_{\Delta Y} + E_Y + E_R - E_Y = E_{\Delta Y} + E_R \\ E'_B &= E'_Y + (E_B - E_Y) = E_{\Delta Y} + E_Y + E_B - E_Y = E_{\Delta Y} + E_B \\ E'_G &= E'_Y + (E_G - E_Y) = E_{\Delta Y} + E_Y + E_G - E_Y = E_{\Delta Y} + E_G \end{aligned}$$

可见, 三基色信号由原来的 E_R, E_G, E_B 变为 E'_R, E'_G, E'_B , 每个基色的信号幅度都变化了 $E_{\Delta Y}$, 但三基色的相对比例(色调)变化并不大, 故失真小, 但对饱和度影响大。

设传送某一彩色(如偏红的紫色)信号, 其 $E_R = 0.70, E_G = 0.40, E_B = 0.50$, 则它的亮度信号为

$$E_Y = 0.30 E_R + 0.59 E_G + 0.11 E_B = 0.30 \times 0.70 + 0.59 \times 0.40 + 0.11 \times 0.5 = 0.5$$

色差信号为

$$E_{R-Y} = E_R - E_Y = 0.70 - 0.50 = 0.20$$

$$E_{B-Y} = E_B - E_Y = 0.50 - 0.50 = 0$$

这是失真前的情况。设传输过程中, $E_Y = 0.50$ 无失真而色通道引入了干扰, 使红色差信号 $E_{R-Y} = 0.30$, 兰色差信号 $E_{B-Y} = 0.20$, 可推出绿色差信号 $E_{G-Y} = -0.191$, 则此时收端解码后得到

$$E'_R = E'_{R-Y} + E_Y = 0.30 + 0.50 = 0.80$$

$$E'_B = E'_{B-Y} + E_Y = 0.20 + 0.50 = 0.7$$

$$E'_G = E'_{G-Y} + E_Y = -0.191 + 0.50 = 0.309$$

可见, 此时三基色间的比值改变了, 即产生了色调失真, 但其显示的亮度无失真, 因为

$$\begin{aligned} E'_Y &= 0.30 E'_R + 0.59 E'_G + 0.11 E'_B \\ &= 0.30 \times 0.8 + 0.59 \times 0.309 + 0.11 \times 0.70 = 0.4993 \approx 0.50 \end{aligned}$$

证明这个恒定亮度原理也不难, 只要将

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

式的左边移至右边, 即可得到。

由上可见, 色差信号对亮度的贡献为零, 所以色差信号的失真不影响亮度信号

(3) 有利于高频混合。因人眼分辨彩色差别的能力比分辨亮度差别的能力低得多。所以, 为了保证足够的清晰度, 亮度信号 E_Y 要占据整个视频信号频带, 而两个色差信号 E_{R-Y} 、 E_{B-Y} 则只占较窄的频带(1.3 MHz 以下)。

在接收端, 解码得到的是三个窄带色差信号, 将它们与宽频带的 E_Y 信号相加就可得到宽频带的三基色信号

$$E'_R = (E_R - E_Y)|_{0 \sim 1.3 \text{ MHz}} + E_Y|_{0 \sim 6 \text{ MHz}} = E'_R|_{0 \sim 1.3 \text{ MHz}} + E'_Y|_{1.3 \sim 6 \text{ MHz}}$$

$$E'_G = (E_G - E_Y)|_{0 \sim 1.3 \text{ MHz}} + E_Y|_{0 \sim 6 \text{ MHz}} = E'_G|_{0 \sim 1.3 \text{ MHz}} + E'_Y|_{1.3 \sim 6 \text{ MHz}}$$

$$E'_B = (E_B - E_Y)|_{0 \sim 1.3 \text{ MHz}} + E_Y|_{0 \sim 6 \text{ MHz}} = E'_B|_{0 \sim 1.3 \text{ MHz}} + E'_Y|_{1.3 \sim 6 \text{ MHz}}$$

上式表明, 用亮度信号中的高频分量代替基色信号中未被传送的高频分量。这叫高频混合原理。

由三基色 R, G, B 信号变换到 $R-Y, B-Y, Y$ 信号构成了近代彩色电视所采用的三种编码方式(NTSC、PAL 和 SECAM)的基础。

▲ 彩条的亮度信号与色差信号

一种实用的标准测试信号叫彩条信号。它是按亮度从左至右递减的顺序依次排列的等宽度的竖条。图 1-2.1 画出了饱和度为 100% 彩条信号的图象及其对应的基色信号。根据亮度方程和色差公式可以分别求出饱和度为 100% 彩条信号中各彩条相应的亮度电平值和各色差信号的电平值。图中还画出饱和度为 100% 彩条色差信号的波形, 其对应数值可参见表 1-2.2。