

# 彩色电视接收机原理与维修

黄庆元 高淑芳 主编

● 高等学校教材

陕西师范大学出版社



9304582  
图书分类号



9304582

4

9304582  
图书分类号

# 彩色电视接收机原理与维修

|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 主 编 | 黄庆元 | 鬲淑芳 |     |
| 副主编 | 魏兴才 | 李宗领 | 马学坤 |
| 编 委 | 徐克服 | 赵维纲 | 丛维维 |
|     | 王佰铭 | 奕延虎 |     |
| 主 审 | 张铭声 |     |     |

TN 949.12  
259

福州大学图书馆  
藏书印

· 陕西师范大学出版社



(陕)新登字 008 号

**彩色电视接收机原理与维修**

主编 黄庆元 高淑芳

\*

**陕西师范大学出版社** 出版发行

(西安市陕西师大 120 信箱)

(邮政编码 710062)

陕西省新华书店经销 西安电子科技大学印刷厂印刷

\*

开本 787×1092 1/16 印张 16 插页 5 字数 361 千

1991 年 1 月第 1 版 1992 年 5 月第 2 次印刷

印数: 6001—10000

ISBN 7-5613-0374-4

O·17 定价: 6.00 元

# 前 言

随着电视技术的发展,彩色电视机不仅已进入千家万户,成为人们学习、娱乐、获取信息等的重要工具,而且其产品在短短的40年间已由电子管——晶体管——集成电路向目前的大规模集成电路化、多功能化、无调整化和微机控制、红外遥控等方面发展。基于这种形势,我们在黑白电视机原理的基础上编写了这本书。

本书以与黑白电视机类比的手法,比较系统地介绍了集成电路彩色电视机的基本原理,突出了集成电路彩色电视机的主要特点。为了使读者对彩色电视有一个简要、明晰、整体化的概念,在第一章对彩色电视制式、彩色全电视信号及彩色电视接收机的电路结构框架进行了概括性介绍;第二章到第八章,主要讲述PAL制彩色电视接收机各部分电路的组成、功能及工作原理;对集成电路侧重于外特性、内功能,内部电路分析则作为选读内容。在重点讲述原理的同时,均结合一、二种国产彩色电视机实际电路进行分析,使原理具体化,便于理解和应用;第九章以两种国产彩色电视接收机(四块机C37-401和两块机HC47-Ⅲ型)为例进行了整机电路解说,以期对整机有一个较为系统地掌握;第十、十一两章对彩色电视机的调试方法和常见故障分析及检修做了简要介绍;第十二章对集成电路中的基本单元电路作了补充介绍,作为学习基本原理时的预备知识,供课后自学。

本书适合我国国情,简明、通俗,也便于自学,是从事本课程教学的教师们,多年来教学经验的总结。该书既可作为师范院校理科学生学习彩色电视原理的教材,也可作为各职业技术学院电子类学生的学习教材和培训电子技术人才的基础课教材;对无线电业余爱好者来说,也不失为一种自学彩电的好教材。

本书适用教学学时为50~70学时,可根据具体对象,灵活删减。

参加本书部分章节内容编写的还有:王秀英、彭克发、徐定成、杨德欢、崔兴东等同志;参加本书审稿的还有:石邦恒、杨伦铭、熊继文、贡文武、闪郁昌、任来宝、张兴才、王银仓、林融如、易明江、张致中、张馨、陈蕴、谢文、张正喜、陶树发、萧清、贾雨顺、朱维怡、吴继明等同志。

由于编者水平所限,许多新电路、新技术还未很好地理解和掌握,错误之处也在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

1990年9月于西安



# 目 录

## 第一章 彩色电视基本原理

|                                 |        |
|---------------------------------|--------|
| § 1.1 色度学的基本概念                  | ( 1 )  |
| 1.1.1 人眼的彩色视觉                   | ( 1 )  |
| 1.1.2 三基色原理                     | ( 2 )  |
| 1.1.3 彩色的混合                     | ( 3 )  |
| 1.1.4 彩色的亮度与亮度方程                | ( 3 )  |
| § 1.2 彩色全电视信号                   | ( 5 )  |
| 1.2.1 彩色全电视信号的传送                | ( 6 )  |
| 1.2.2 PAL 制彩色全电视信号              | ( 11 ) |
| 1.2.3 彩色电视信号的重视·彩色显像管           | ( 23 ) |
| 1.2.4 平面直角型彩色显像管简介              | ( 29 ) |
| § 1.3 PAL 制彩色电视接收机的基本组成         | ( 30 ) |
| 1.3.1 PAL 制彩色电视接收机的基本结构         | ( 30 ) |
| 1.3.2 PAL 制彩色电视机的信号流程及各部分电路功能简介 | ( 31 ) |
| § 1.4 集成电路彩色电视机概述               | ( 33 ) |
| 思考题与习题                          | ( 36 ) |

## 第二章 高频调谐器

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| § 2.1 高频调谐器的电路组成及性能要求   | ( 37 ) |
| 2.1.1 高频调谐器的电路组成        | ( 37 ) |
| 2.1.2 对高频调谐器性能的要求       | ( 38 ) |
| 2.1.3 电子调谐高频调谐器的特点      | ( 39 ) |
| § 2.2 高频调谐器的工作原理        | ( 41 ) |
| 2.2.1 VHF 高频调谐器         | ( 41 ) |
| 2.2.2 UHF 高频调谐器         | ( 44 ) |
| 2.2.3 自动本振频率微调 (AFT) 电路 | ( 46 ) |
| § 2.3 频道预选器与遥控装置        | ( 46 ) |
| 2.3.1 频道预选器             | ( 46 ) |
| 2.3.2 遥控装置              | ( 49 ) |
| 思考题与习题                  | ( 51 ) |

## 第三章 图像中频通道

|                  |        |
|------------------|--------|
| § 3.1 对图像中频通道的要求 | ( 52 ) |
| § 3.2 图像中频通道的组成  | ( 53 ) |

|            |                       |        |
|------------|-----------------------|--------|
| 3.2.1      | 声表面波滤波器               | ( 53 ) |
| 3.2.2      | 图像中频电路                | ( 55 ) |
| * § 3.3    | 集成电路 HA11215A 工作原理    | ( 60 ) |
| 3.3.1      | 图像中频放大电路              | ( 61 ) |
| 3.3.2      | 视频检波电路                | ( 61 ) |
| 3.3.3      | 前置视频放大电路              | ( 62 ) |
| 3.3.4      | 噪声抑制电路                | ( 63 ) |
| 3.3.5      | AGC 检波与放大电路           | ( 64 ) |
| 3.3.6      | 自动频率微调电路              | ( 65 ) |
|            | 思考题与习题                | ( 65 ) |
| <b>第四章</b> | <b>伴音通道</b>           |        |
| § 4.1      | 伴音通道的组成及性能要求          | ( 66 ) |
| 4.1.1      | 伴音通道的组成               | ( 66 ) |
| 4.1.2      | 对伴音通道的性能要求            | ( 68 ) |
| § 4.2      | 集成化伴音通道电路             | ( 68 ) |
| 4.2.1      | 由 HA 1124 A 组成的伴音通道电路 | ( 68 ) |
| 4.2.2      | 由 TA7176AP 组成的伴音通道电路  | ( 70 ) |
| 4.2.3      | 由 AN 5250 组成的伴音通道电路   | ( 70 ) |
| * § 4.3    | 集成电路 HA1124A 工作原理     | ( 72 ) |
| 4.3.1      | 伴音中频限幅放大电路            | ( 72 ) |
| 4.3.2      | 有源低通滤波电路              | ( 73 ) |
| 4.3.3      | 差分峰值鉴频电路              | ( 73 ) |
| 4.3.4      | 直流音量控制电路              | ( 74 ) |
| 4.3.5      | 音频前置放大电路              | ( 75 ) |
| 4.3.6      | 稳压电路                  | ( 75 ) |
|            | 思考题与习题                | ( 75 ) |
| <b>第五章</b> | <b>亮度通道</b>           |        |
| § 5.1      | 亮度通道的作用、性能要求和电路组成     | ( 76 ) |
| 5.1.1      | 亮度通道的作用和性能要求          | ( 76 ) |
| 5.1.2      | 亮度通道的电路组成             | ( 76 ) |
| § 5.2      | 亮度通道电路分析              | ( 82 ) |
| § 5.3      | 基色矩阵及末级视放电路           | ( 84 ) |
|            | 思考题与习题                | ( 86 ) |
| <b>第六章</b> | <b>彩色解码电路</b>         |        |
| § 6.1      | 色度通道                  | ( 87 ) |
| 6.1.1      | 色度带通放大电路              | ( 87 ) |
| 6.1.2      | 延时解调电路(梳状滤波器)         | ( 89 ) |



|         |                      |       |
|---------|----------------------|-------|
| 6.1.3   | 同步解调电路               | (92)  |
| § 6.2   | 基准副载波恢复电路            | (94)  |
| 6.2.1   | 色同步选通电路              | (94)  |
| 6.2.2   | 锁相环路                 | (95)  |
| 6.2.3   | PAL 识别与 PAL 开关电路     | (99)  |
| § 6.3   | 由 TA7193AP 组成的解码电路分析 | (100) |
| * § 6.4 | TA7193AP 集成电路工作原理    | (106) |
| 6.4.1   | 色信号处理电路              | (106) |
| 6.4.2   | 基准副载波恢复电路            | (111) |
|         | 思考题与习题               | (117) |

## 第七章 扫描电路

|         |                     |       |
|---------|---------------------|-------|
| § 7.1   | 扫描电路的作用、要求及电路组成     | (119) |
| 7.1.1   | 扫描电路的作用和要求          | (119) |
| 7.1.2   | 扫描电路的组成             | (120) |
| 7.1.3   | 集成化扫描电路的特点          | (121) |
| § 7.2   | 集成化扫描电路分析           | (121) |
| 7.2.1   | 由 HA11235 组成的扫描电路分析 | (121) |
| 7.2.2   | 由 TA 7609 组成的扫描电路分析 | (131) |
| * § 7.3 | 集成电路 HA11235 工作原理   | (136) |
| 7.3.1   | 行扫描电路               | (136) |
| 7.3.2   | 场扫描电路               | (139) |
|         | 思考题与习题              | (141) |

## 第八章 直流稳压电源

|       |                      |       |
|-------|----------------------|-------|
| § 8.1 | 对稳压电源的性能要求和开关稳压电源的特点 | (142) |
| 8.1.1 | 对稳压电源的性能要求           | (142) |
| 8.1.2 | 开关式稳压电源的特点           | (142) |
| § 8.2 | 开关式稳压电源的电路组成及工作原理    | (143) |
| 8.2.1 | 开关式稳压电源的电路组成         | (143) |
| 8.2.2 | 开关式稳压电源的工作原理         | (144) |
| 8.2.3 | 几种常用的开关式稳压电源电路       | (145) |
| 8.2.4 | 辅助电源电路               | (148) |
| § 8.3 | 开关式稳压电源的控制环路         | (149) |
| 8.3.1 | 对控制环路的性能要求           | (149) |
| 8.3.2 | 控制环路                 | (149) |
| § 8.4 | 实用开关电源电路介绍           | (151) |
| 8.4.1 | 实用开关电源电路之一           | (151) |
| 8.4.2 | 实用开关电源电路之二           | (156) |



|                                    |       |
|------------------------------------|-------|
| 思考题与习题 .....                       | (159) |
| <b>第九章 彩色电视接收机整机电路解说</b>           |       |
| § 9.1 金星 C 37-401 型彩色电视机电路解说 ..... | (160) |
| * § 9.2 黄河 HC 47-Ⅲ型彩色电视机电路解说 ..... | (170) |
| <b>第十章 彩色电视机的调试</b>                |       |
| § 10.1 彩色电视测试图及其使用方法 .....         | (190) |
| § 10.2 彩色电视机的调试 .....              | (193) |
| <b>第十一章 彩色电视机常见故障分析及检修</b>         |       |
| § 11.1 彩色电视机基本检修方法 .....           | (203) |
| § 11.2 彩色电视机检修程序 .....             | (208) |
| § 11.3 彩色电视机典型故障实例分析 .....         | (216) |
| <b>* 第十二章 电视机集成电路基础</b>            |       |
| § 12.1 集成电路中元器件的特点 .....           | (227) |
| § 12.2 集成电路中的基本单元电路 .....          | (228) |
| 参考文献 .....                         | (242) |
| 附录 I 电视机集成电路国内外产品互换表 .....         | (243) |
| 附录 II 彩色电视机一些常见机芯 .....            | (244) |
| 附录 III 我国电视频道的划分 .....             | (248) |
| 附图 I 金星 C37—401 型彩色电视接收机电路图        |       |
| 附图 II 黄河 HC 47—Ⅲ型彩色电视机接收机电路图       |       |
| 附图 III 北京 836 型彩色电视接收机电路图          |       |



# 第一章 彩色电视基本原理

客观世界是绚丽多彩的，黑白电视虽然实现了图像的远距离传送，但它毕竟只能传送黑白图像，失去了图像原有的彩色，也就失去了真实感。因此，当黑白电视一问世，人们便开始了彩色电视的研制。早在1928年美国人贝尔德(Baird)就提出过世界上第一个彩色电视方案，相继世界上其他国家也有不少人先后提出过多种方案，但都因性能或技术上的原因，最终未被正式采用。直到1953年美国国家电视制式委员会(National Television System Committee, 缩写为NTSC)终于确定了由RCA公司研制成功的一种兼容制彩色电视方案，作为美国国家彩色电视广播标准制式，并于1954年11月开始正式广播至今。这就是当今世界上第一个被较为广泛采用的彩色电视方案——NTSC制。日本、加拿大、我国台湾省等不少国家和地区都先后接受这种方案作为自己广播电视的标准制式。而欧洲不少国家却对NTSC制的性能仍不满意，1962年西德德律风根公司的布鲁赫(Bruch)提出了NTSC制的改进方案——PAL制(逐行倒相正交平衡调幅制)，与此同时，法国电视公司也研制成功另一种方案——SECAM制(法文“顺序”与“记忆”两词的缩写)。1967年西德、美国、荷兰等国正式确定用PAL制进行电视广播，而法国、苏联与各东欧国家则确定SECAM制为本国电视标准制式。于是世界上就形成了现在3种不同的彩色电视制式共存的局面。从目前看来，开始彩色电视广播较迟的国家多采用PAL制。我国从1970年开始进行彩色电视广播的研制工作，并于1972年正式决定将PAL制作为国家暂行制式，同时在首都和其他一些大城市先后进行了试播。

目前，彩色电视机已相当普遍，并已实现了集成化。中央电视台通过我国自己发射的同步通信卫星和微波中继站将数套电视节目直接传送到包括西藏、新疆在内的全国各地。在咸阳建成的陕西显像管总厂已大量生产“彩虹”牌彩色显像管，产品已进入国际市场，并受到好评。国内几十家电视机厂都在成批生产多种规格型号的彩色电视机，其质量均达到或接近国际先进水平。因此，在掌握了黑白电视原理的基础上，进一步学习和掌握彩色电视原理，是十分必要的。

由于目前并存的3种电视制式在色度信息的处理技术上有不同程度的差别，因此，彩色电视接收机的电路组成也各不相同，但3种制式在理论基础上是相通的。所以，本章主要介绍彩色电视的基本原理，并着重介绍适合我国使用的PAL制彩色电视的信号处理特点及接收机的基本结构等。

## § 1.1 色度学的基本概念

### 1.1.1 人眼的彩色视觉

电视是用电信号的形式传送人类的视觉信息的一门技术。视觉是人类对光刺激的主



观感觉。光是一种电磁波，在范围极宽的电磁辐射波谱里，可见光只占极窄的一个频率范围——380~780 nm。可见光透过人眼瞳孔到达视网膜，刺激视神经末梢的光敏细胞，经视神经传入大脑有关部位，形成人的视觉。

任何一束光对人眼所引起的视觉总效果包括两个方面：一是亮度，二是色度（即彩色）。色度又包括色调和色饱和度两个方面。通常把亮度，色调和色饱和度称为彩色三要素。

亮度表示彩色光被人眼所能感觉到的明暗程度。当色调与色饱和度一定时，人眼感觉到的亮度的大小与彩色光的能量成正比。

色调就是彩色的种类(基调)，即是什么颜色，如红、橙、黄、绿、青、蓝、紫等。它是彩色最主要的特征。对于谱色光(即单色光)，色调取决于光波的波长，如波长为700nm的是红色光，波长为500 nm的是蓝色光。

色饱和度是指彩色的深浅(即浓淡)程度。色饱和度越高，颜色就越深。饱和度最高的颜色称为纯色，也就是说，纯色的色饱和度为100%，如各种谱色光的色饱和度都是100%。饱和度低于100%的颜色称为非饱和色，它是由于白光掺入后饱和度被“冲淡”的结果(白光的饱和度是零)，所以，色饱和度实质上是表示某种色光被白光所冲淡的程度。

在彩色电视技术中，传送彩色图像，实质上是传送图像的亮度和色度(包括色调和色饱和度)这两个表示彩色特征的基本参量。

人眼对于同一波长的谱色光看到的颜色是一定的，而亮度则取决于光源的辐射功率。但对于不同波长的谱色光，即使它们的辐射功率相同，人眼感觉到的亮度却有明显的不同。图 1.1.1 表示出了人眼的这一视觉特性称之为人的相对视敏度曲线。由这一特性，可以看出，人眼对于电磁波就象一个具有“选频”特性的电路一样。具有同样辐射能量的光波，人眼对波长为555nm左右的黄绿光最为敏感，即亮度感最强( $Y=1$ )；而波长大于或小于这一数值的色光，其亮度感觉都要减弱( $Y<1$ )，而且，对波长在大于780nm或小于380nm的色光，辐射能量再强，人眼也是没有视觉反映的( $Y=0$ )。该曲线还在横座标对应的波长下注明了不同波长的谱色光给人眼的色调感觉。

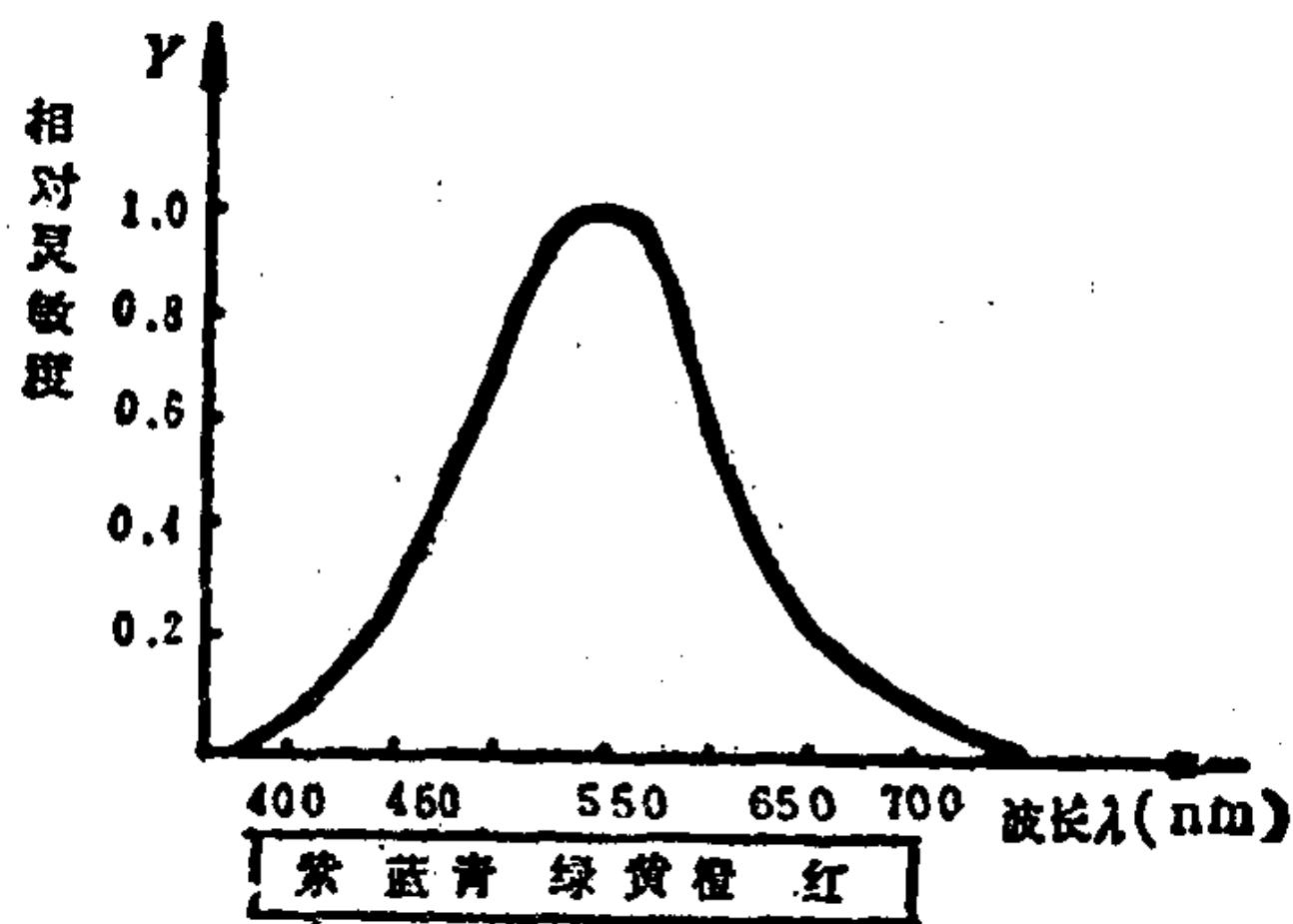


图 1.1.1 人眼的相对视敏度曲线

应当指出，单纯的谱色光作用于人眼的情况在日常是极少见的。自然界经常对人们视觉起作用的是各种谱色混合的色光，即混合光。人们感觉到的混合光的亮度为其中所含各谱色光亮度的总和。此外，不同波长的谱色光可以引起不同的彩色感觉，但相同的彩色感觉，不一定要光谱成分完全相同的谱色光来产生。事实上，自然界里几乎所有的彩色，都可以由3种基本色光混合配出。

### 1.1.2 三基色原理

三基色原理是建立在人眼的彩色视觉特性的基础上的，其内容如下：

自然界中人眼所能观察到的绝大多数颜色，都可以由3种相互独立的基本颜色按一



定的比例混合得到,相反自然界中的任意一种颜色又可以被分解为不同比例的 3 种基色。

这里要指出的几点是:

(1) 所谓“相互独立”的三基色,是指 3 种基色中的任意一种颜色都不能由其他两种颜色混合产生。

(2) 3 种基色的选择,在原则上是独立的,但红、绿、蓝 3 种颜色按不同比例混合,将比用另外的 3 种颜色混合所获得的颜色更为广泛。

(3) 3 种基色之间的比例,直接决定混合色的色调和色饱和度,混合比例相同时,色调是相同的。

(4) 混合色的亮度等于参加混色的各个基色分量的亮度之和。

三基色原理是彩色电视的基础,是对彩色进行混合、分解的重要理论。它大大地简化了彩色图像的传送与重现技术,对于千变万化的自然界的景色,无需按照其光的波长和强度的真实分布情况来加以传送,而只要传送其中能合成它们的 3 种基色就完全可以等效,并完全可以重现原来的景色了。

### 1.1.3 彩色的混合

彩色的混合方式有两种:一种是彩色光线的混合,称之为相加混色,另一种是彩色颜料的混合,称之为相减混色。

用等量的红、绿、蓝三基色光进行相加混色的示意图如图 1.1.2 所示。由图可见:

红光 + 绿光 = 黄光

红光 + 蓝光 = 紫光

绿光 + 蓝光 = 青光

红光 + 绿光 + 蓝光 = 白光

在相加混色的情况下,如果某两种色光相加的结果是白光则称这两种色光互为补色。依此,图 1.1.2 中红色与青色、绿色与紫色、蓝色与黄色分别互为补色。

目前,彩色电视系统均采用这种红、绿、蓝三基色相加混色方式。它是利用不同波长的色光在人眼视网膜上直接混合的结果。由于人眼具有极限分辨力和视觉惰性,所以对彩色有如下几种混色效应:

(1) 空间混色效应 将 3 种基色光分别投射到同一表面上邻近的 3 个点上,只要这些点相距足够近,由于人眼分辨力有一定限度,就会产生 3 种基色光相混合的彩色感觉。同时制彩色电视(三基色同时传送)便是根据此效应进行的。

(2) 时间混色效应 将 3 种基色光按一定顺序轮换投射到同一表面上,只要轮换速度足够快,由于人眼的视觉惰性,人眼产生的彩色感觉就与 3 种基色光直接混合效果相同。顺序制彩色电视(按先后顺序分别传送三基色)便是根据此效应进行的。

(3) 生理混色效应 利用两只眼睛同时分别观察不同颜色的同一画面,也可以获得画面的直接混色效果。

### 1.1.4 彩色的亮度与亮度方程

三基色原理告诉我们,任何彩色都可以分解成为红、绿、蓝 3 个基本分量,因此,

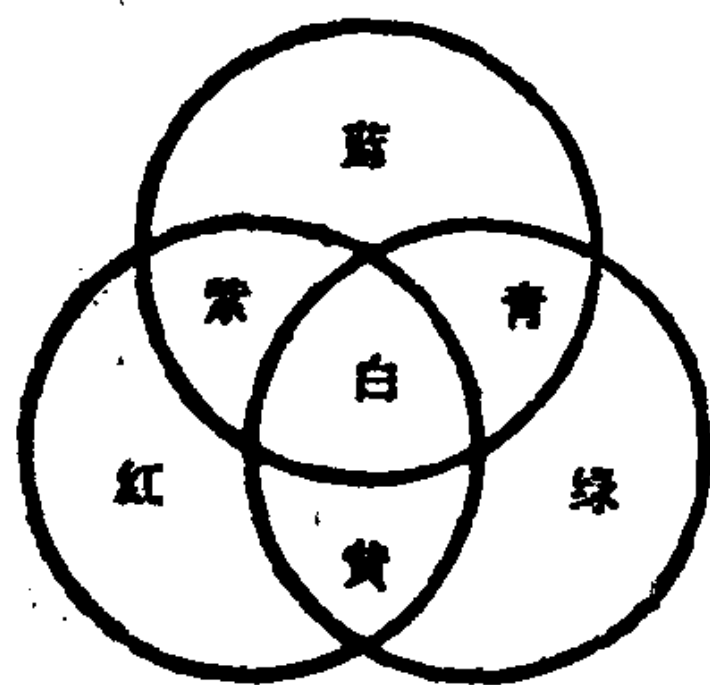


图 1.1.2 配色关系



在传送彩色图像时，无需将所有彩色都进行同样的光谱传送，而只要找到它们的3种基色量并进行传送就可以了。将任何一种彩色用选定的三基色定量表示出来，就是色度学的基本任务。

要度量某种色光，就是要用数量说明使用多少份量的红、绿、蓝基色光进行混色可以模拟出该色光，或者说，该色光可以分解为红、绿、蓝三基色各多少份量。显然，使用什么性质的红、绿、蓝作为三基色单位，对于度量结果起着决定性作用。为了使所有人对物理特性相同的色光都得出统一的数值度量结果，就必然首先对作为度量基础的红、绿、蓝三基色的性质和单位有明确的规定。为此，国际照明委员会(CIE)决定了几组不同的红、绿、蓝三基色及其单位，可供色度学研究和彩色电视技术工作者使用时参考。其中最为常见的有：物理三基色( $R$ 、 $G$ 、 $B$ )，计算三基色( $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ )和彩色电视技术中特别重要的显像三基色( $R_e$ 、 $G_e$ 、 $B_e$ )。选用其中一组三基色，也就是选定一种计量色光的单位制，称之为计色制。下面对几种计色制的情况作简要地作以介绍。

### 1. 物理三基色

这种计色制以实验为基础，选定3种谱色光作为基色，并按比例配成标准白光时，这3种谱色光的光通量比例值规定了三基色的单位。具体讲，就是规定：波长700nm的单色红光作为红基色光，1光瓦的这种红光作为红基色的一个单位记做 $[R]$ ；波长546.1nm的单色绿光作为绿基色光，4.5907光瓦的这种绿光作为绿基色的一个单位记做 $[G]$ ；波长435.8nm的单色蓝光作为蓝基色光，0.0601光瓦的这种蓝光作为蓝基色的一个单位记做 $[B]$ 。在这些规定下，通过图1.1.3所示的配色实验装置任意色光都可以用3个基系数 $R$ 、 $G$ 、 $B$ 的值表示为方程式，如：

$$F = R[R] + G[G] + B[B] \quad (1.1.1)$$

式中的基系数 $R$ 、 $G$ 、 $B$ 可以直接由配色实验中物理三基色光源的光量调节装置上读出。

当待配光 $F$ 投射到右反射面时，反复调节投射到左反射面上物理三基色光的光量，当观察者(有正常视觉者)感觉到左侧板呈现反射光的亮度及色度与右侧板的反射光完全相同时，记录下3个光量刻度值(分别以 $[R]$ 、 $[G]$ 、 $[B]$ 为单位)，这就是上述三基系数值的值。在这一计色制中，当三基系数读数相等即 $R : G : B = 1 : 1 : 1$ 的情况下，待配色光 $F$ 就是标准的白光。即：

$$1[R] + 1[G] + 1[B] = F_{E白} (\text{亮度 } 5.6508 \text{ 光瓦}) \quad (1.1.2)$$

### 2. 计算三基色

这种计色制是专门为理论计算而设计的，它选定一组自然界并不真实存在的红、绿、蓝光作为三基色(分别称为超饱和红 $X$ 、超饱和绿 $Y$ 、超饱和蓝 $Z$ )，所以又称做基色或理论三基色。其最大特点是，使用这种计色制的三基色单位 $[X]$ 、 $[Y]$ 、 $[Z]$ 在下面的方程式中不需要出现任何负的二基系数， $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ 就可以表示出包括一切谱色光在内的自然界所有色光(这一点，其它计色制都无法做到)。另外，计算三基色中只有绿基色

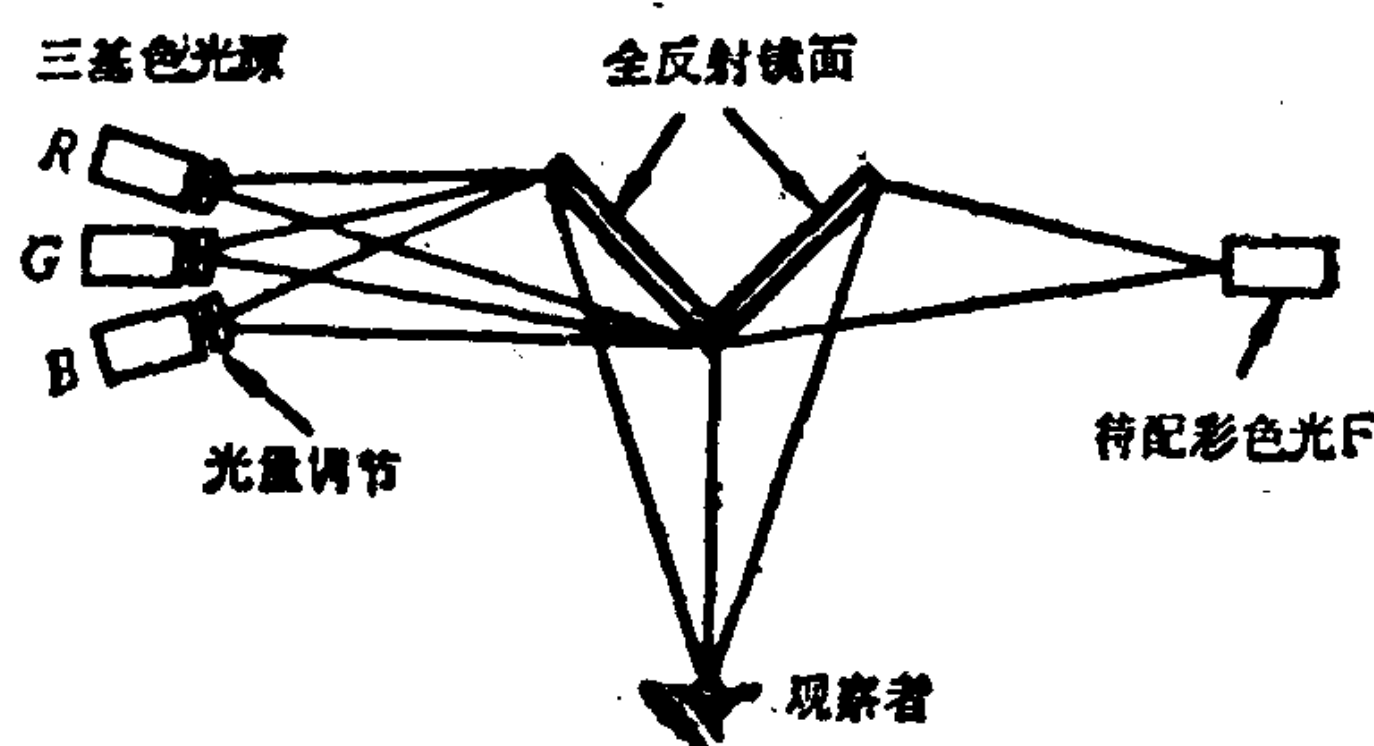


图 1.1.3 配色实验



$Y$  对配色的亮度有贡献, 另两种基色  $X$ 、 $Z$  只对混色结果的色度变化起作用, 对亮度没有影响。

$$F = X[X] + Y[Y] + Z[Z] \quad (1.1.3)$$

同样, 在三基系数相等即  $X : Y : Z = 1 : 1 : 1$  情况下, 混色的结果为标准白光。

### 3. 显像三基色

这种计色制以彩色显像管 3 种荧光粉发出的红、绿、蓝光作为三基色。在彩色电视技术中, 显像三基色是最常用的标准基色。这是因为彩色图像的重现最终必须由彩色显像管中荧光粉的发光来实现这一要求, 彩色图像的三基色分解方式必须与显像三基色相一致。关于彩色显像管的构造原理, 后面专门讨论。这里要说明的是, 目前普遍使用的各种型号的彩色显像管都是利用三基色原理及空间混色法, 将荧光粉发出的显像三基色光进行混色得到彩色图像。重现图像中任何象素发出的色光都可以由显像三基色表示为:

$$F = R_e[R_e] + G_e[G_e] + B_e[B_e] \quad (1.1.4)$$

式中显像三基色单位的确定即: 在像素发出 1 光瓦白光情况下规定这时的三色荧光粉分别发光为  $1[R_e]$ 、 $1[G_e]$  和  $1[B_e]$ 。换言之, 用单位显像三基色混色时,  $1[R_e] + 1[G_e] + 1[B_e] = 1$  光瓦白光在规定了基色单位后, 不难知道式(1.1.4)中只要三基系数  $R_e$ 、 $G_e$ 、 $B_e$  的值相等, 混色结果都是白光。实验证明在像素发 1 光瓦白光时显像三基色单位  $[R_e]$ 、 $[G_e]$ 、 $[B_e]$  对亮度的贡献分别是 0.30 光瓦、0.59 光瓦和 0.11 光瓦。因此, 在混色为任意色光时, 三基系数  $R_e$ 、 $G_e$  和  $B_e$  对该色光亮度贡献的比例总是  $0.30 : 0.59 : 0.11$ 。从而在已知显像三基系数情况下式(1.1.4)所配任意色光  $F$  的亮度  $Y$  都可以用下式求得:

$$Y = 0.30R_e + 0.59G_e + 0.11B_e \quad (1.1.5)$$

这就是用显像三基色进行混色时的亮度公式。

在后面讨论时如无特殊说明, 所提到的三基色均指显像三基色, 同时在系数和基色单位的文字表示中省去下标  $e$ 。因此式(1.1.5)可以写成:

$$Y = 0.3R + 0.59G + 0.11B \quad (1.1.6)$$

这不应与前面提到的物理三基色相混淆, 使用物理三基色时, 有其它形式的亮度方程。

不难想象, 彩色电视传输过程中, 图像信号的 3 个基色电压应当与(显像)三基系数成比例变化。这样, 图像信号的亮度电压  $E_Y$  可用三基色电压表示为:

$$E_Y = 0.3E_R + 0.59E_G + 0.11E_B \quad (1.1.7)$$

这就是亮度公式(1.1.6)的电信号表达形式, 它在彩色信号编码及解码矩阵电路的分析计算中十分重要。

## § 1.2 彩色全电视信号

彩色全电视信号, 也就是彩色电视的图像信号。与黑白电视图像信号不同的是, 除了包含反映各像素亮度变化的亮度信号和所需要的复合同步信号、复合消隐信号外, 还包含了反映各像素色彩变化的色度信号和色同步所需要的色同步信号。所以将色度信号( $F$ )、色同步信号( $B$ )、亮度信号( $Y$ )和复合同步、复合消隐信号( $S$ )以一定的方式组合



在一起，称之为彩色全电视信号，简记为 FBYS。

不同的彩色电视制式将上述几种信号的组合方式不同，这种信号组合过程称之为编码。在接收端再将这此信号分解开来，发挥各自的作用，这种信号分解过程称之为解码。彩色电视信号的发送与接收过程，实质上主要是编码与解码的过程。

### 1.2.1 彩色全电视信号的传送

由三基色原理知，用红、绿、蓝 3 种基色以不同的比例混合后，将可以得到自然界的各种彩色，反之，任何一种彩色又可以分解为不同比例的红、绿、蓝三基色。彩色图像信号的传送与接收正好是利用了三基色原理。要实现彩色全电视信号的传送，首先需要将一幅彩色画面分解为 3 种基色分量，然后将 3 种基色分量转换为电信号，最后用 3 个通道线路将这 3 种电信号传送出去。其传送过程如图 1.2.1 所示。

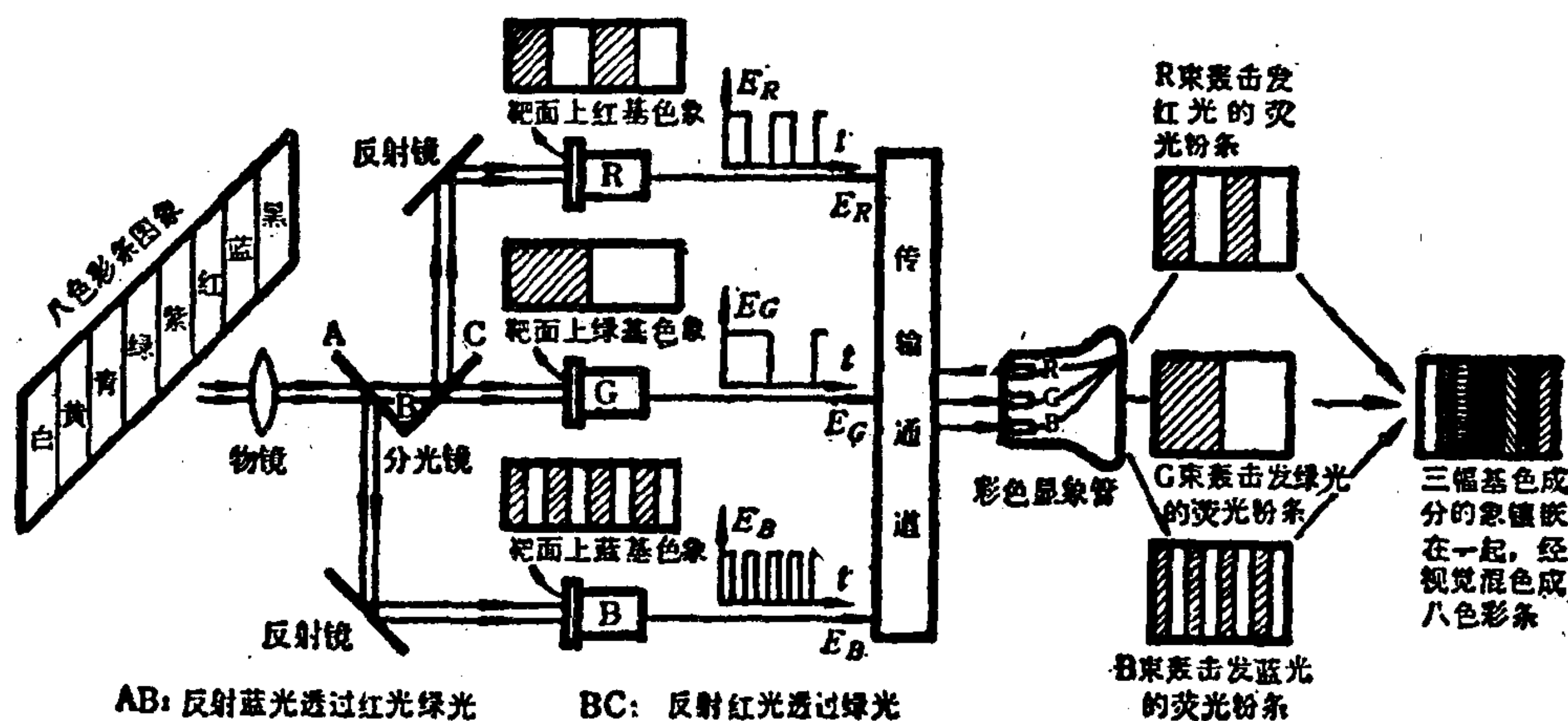


图 1.2.1 彩色电视信号的传送过程

由图可知，彩色电视信号的传送是经过彩色图像的分解、传输和合成 3 个主要过程。

#### 一、彩色图像信号的分解

一幅彩色画面，如图 1.2.1 中的 8 色彩条图像，首先通过摄像机的光学分色系统（包括物镜、反射镜等）被分解为红、绿、蓝 3 种基色图像，这 3 种基色图像同时投射到 3 支摄像管的靶面上，3 支摄像管的电子束同步地逐点逐行地在各自的靶面上扫描，便将各基色图像上的亮度变化，转换成相应的随时间变化的电信号。3 支摄像管的输出就是分别反映红、绿、蓝 3 种基色图像亮度变化的电信号  $E_R$ 、 $E_G$  和  $E_B$ 。把  $E_R$ 、 $E_G$  和  $E_B$  分别称为三基色电信号。

#### 二、彩色电视信号的传输

为了将彩色电视信号（即分解后的三基色电信号  $E_R$ 、 $E_G$  和  $E_B$ ）从发送端传输到接收端，人们曾考虑了多种不同的传输方式，但最终被电视广播采用的方式是兼容制的传输方式。所谓兼容，是指黑白电视与彩色电视兼容，也就是黑白电视机能收看彩色电视节目，彩色电视机也能收看黑白电视节目，当然两种情况下，所收看的都是黑白节目。

##### 1. 兼容制对彩色电视的要求

(1) 彩色电视必须采用与黑白电视相同的基本参量，如扫描频率、扫描方式、频带宽



度、同步信号组成、图像载频、伴音载频及图像、伴音的调制方式等。

(2) 彩色电视信号中应包含黑白电视所需要的一个亮度信号，同时也要有一个反映图像彩色的色度信号，而且，亮度信号只反映图像上各点的亮度变化，色度信号只反映图像上各点的色度。二者合成的彩色全电视信号的带宽必须与黑白电视带宽相同，即 6 MHz。这样，黑白电视机收到的只是亮度信号，显示黑白图像，而彩色电视机收到的是亮度和色度信号，显示的是彩色图像。

(3) 色度信号在接收端要便于与亮度信号分开，而且色度信号不对亮度信号造成干扰。

## 2. 实现兼容制所采取的措施

由上述分析可知，要实现兼容，必须采取一定的措施，以满足兼容制对彩色电视的要求，一般采取以下几种措施：

(1) 将三基色电信号变换成一个反映亮度变化的亮度信号和一个反映色度的色度信号。

① 亮度信号：由前知，式(1.1.7)亮度电信号方程，为简便起见，省去式中电压符号，用  $Y$ 、 $R$ 、 $G$ 、 $B$  作标记，则电信号亮度方程也可以写成：

$$Y = 0.30R + 0.59G + 0.11B \quad (1.2.1)$$

注：这和式(1.1.6)形式完全相同，但这里是电信号亮度公式的简化，二者有区别。

可见，要由  $R$ 、 $G$ 、 $B$  三基色电信号得到亮度信号，只要用一简单的电阻矩阵电路即可实现。电阻矩阵电路如图 1.2.2 所示。当其 3 个输入端分别输入三基色信号  $R$ 、 $G$ 、 $B$  时，输出即为亮度  $Y$  信号， $Y = \frac{R_4}{R_4 + R_1}R + \frac{R_4}{R_4 + R_2}G + \frac{R_4}{R_4 + R_3}B$ ，只要合理地选择电阻  $R_1$ 、 $R_2$  和  $R_3$ 、 $R_4$ ，则可得到式(1.2.1)，它只反映亮度变化，而不反映彩色。

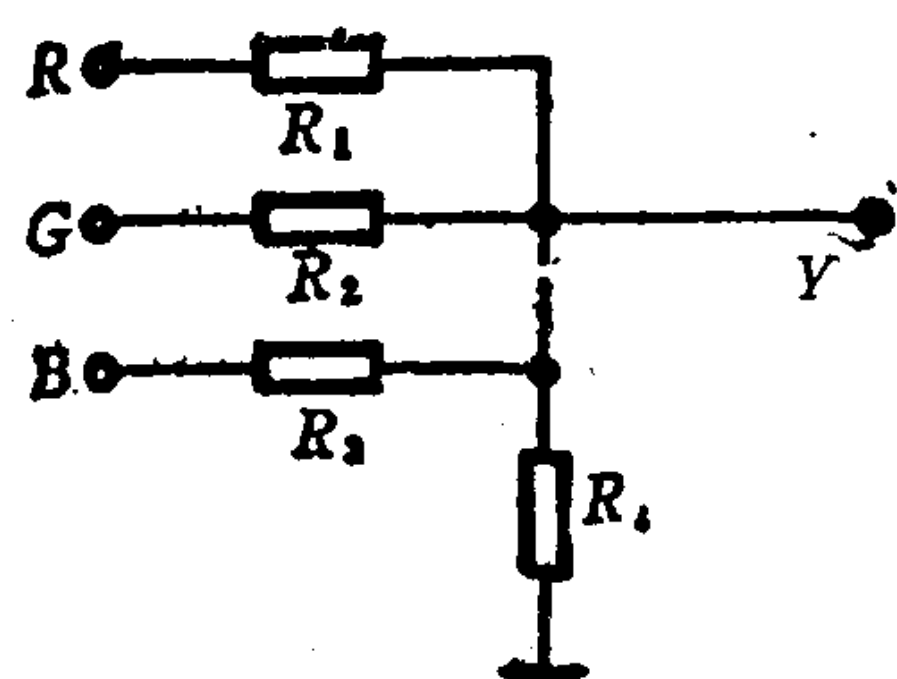


图 1.2.2 电阻矩阵电路

如果矩阵电路输入的是 8 色彩条图像的三基色电信号，且幅度均为 1 伏的话，根据亮度方程，白条： $R = G = B = 1V$ ，则  $Y_{白} = 0.30V + 0.59V + 0.11V = 1V$

黄条： $R = G = 1V$ ， $B = 0$  则  $Y_{黄} = 0.30V + 0.59V = 0.89V$ ，其它条的电压也可根据此方法计算。彩条信号的有关信号波形和幅度如图 1.2.3 所示。

② 色度信号：色度信号包含色调和色饱和度两个参量，其中色调由三基色的不同比例决定，而色饱和度则与基色的掺白程度有关。所以要直接传送色度信号是比较困难的。一般在彩色电视中，考虑兼容的要求，都是采用传送色差信号的办法来传送色度信号的。

色差信号也是由三基色来获得的。三基色信号既包含亮度信息，也包含色度信息，为了得到仅反映彩色的色度信号，便可由基色信号中减去亮度信号得到色差信号，即  $R - Y$ 、 $B - Y$  和  $G - Y$ 。根据亮度方程知  $Y$ 、 $R$ 、 $G$  和  $B$  这 4 个量中，只有 3 个量是独立的，知道其中 3 个，第四个便可由前 3 个的适当组合中求出，故在选过  $Y$  信号之后，只要选其中两个色差信号就行了。实际中选  $R - Y$  和  $B - Y$  来代表色度信号。



由亮度方程可得二色差信号与三基色信号的关系为:

$$\begin{aligned} R-Y &= R - (0.30R + 0.59G + 0.11B) \\ &= 0.70R - 0.59G - 0.11B \quad (1.2.2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B-Y &= B - (0.30R + 0.59G + 0.11B) \\ &= 0.89B - 0.59G - 0.30R \quad (1.2.3) \end{aligned}$$

由上两式也可看出, 与亮度信号相同, 二色差信号也可由三基色信号通过矩阵电路得到。8 色彩条信号的色差信号波形如图 1.2.3 中所示。

## (2) 大面积着色和频谱交错

亮度信号  $Y$ 、色差信号  $R-Y$  (也叫红差信号) 和  $B-Y$  (也叫蓝差信号) 都是由三基色信号通过矩阵电路线性变换获得, 因而, 它们都是图像信号, 都具有相同的频谱结构和带宽 (6MHz)。为了实现兼容, 必须在 6MHz 带宽范围内来传送这三个电信号。直接混合传送, 在接收端将无法把它们分开; 均匀压缩频带, 将使图像的清晰度大为降低。要解决这 3 个信号的传送问题, 经过实践探索, 人们又采取了下面两条行之有效的措施。

### ① 大面积着色——压缩色差信号频带宽度。

亮度信号频带宽度不能压缩, 否则将影响兼容制的图像质量, 所以只有压缩色差信号的带宽了。实践证明, 色差信号的带宽是可以压缩的, 因为人眼对色度细节的分辨能力远远小于对亮度细节的分辨能力。例如对一张黑白照片进行大面积着色、并非对其细节进行彩色描绘, 而人眼看到的仍然是一幅轮廓清晰、色彩鲜艳的彩色照片。依据这一特点, 在传送色差信号时, 只要用较窄的带宽来传送大面积的彩色 (代表低频), 而不必传送彩色的细节 (代表高频), 这一细节用亮度中的高频分量来代替, 就可以得到较为满意的彩色图像了。我国规定, 色差信号的带宽为 1.3 MHz。

象这样用较窄频带来传送大面积的彩色, 而用较宽频带传送亮度信号, 用亮度中的高频分量代替色度信号中未被传送的高频分量的方法, 就叫大面积着色法。

② 频谱交错——亮度与色度信号共用 6MHz 带宽。利用大面积着色原理使两色差信号带宽压缩至 1.3MHz。但由于要分别传送亮度信息和色度信息, 而亮度信息带宽为 6MHz, 这样, 整个彩色电视信号的带宽便超过了 6MHz, 所以仍需想办法使二者共占 6MHz 带宽。

如果想办法将色差信号插入亮度信号频带之中, 问题就可以解决了。经过对亮度信

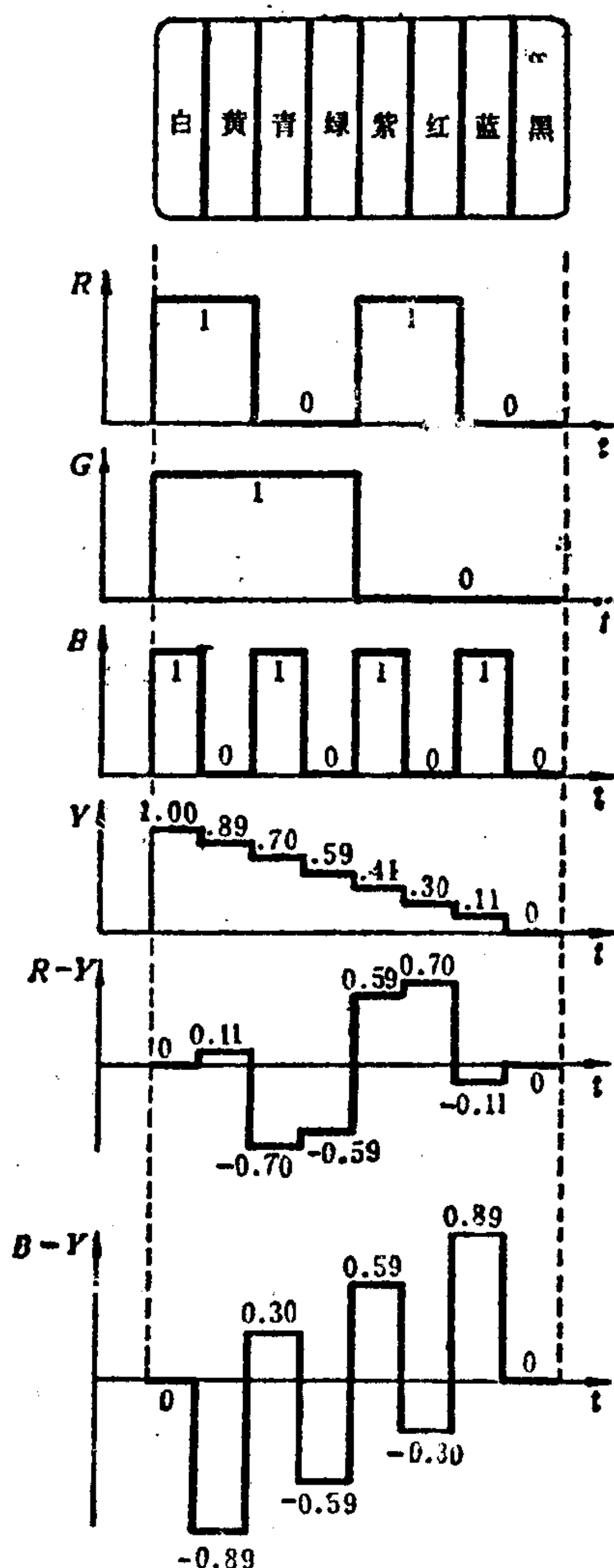


图 1.2.3 彩条信号的亮度信号和色差信号波形



号的频谱分析发现,在 $0\sim 6\text{MHz}$ 的范围内,亮度信号并未完全占满整个频带,而是一些不连续的分立的谱线群,各群与群之间的间距为行频,如图1.2.4(a)所示。色差信号的频谱也具有这样的特性,如果以适当的方式将色差信号插入亮度信号频谱的空隙之中,与亮度信号一起传送,则问题就解决了。这种利用亮度信号频谱间隙,插入较窄频带的色差信号,使色差信号不单独占有频带而与亮度信号共占 $6\text{MHz}$ 带宽的方法,称频谱交错,其原理如图1.2.4(b)所示。

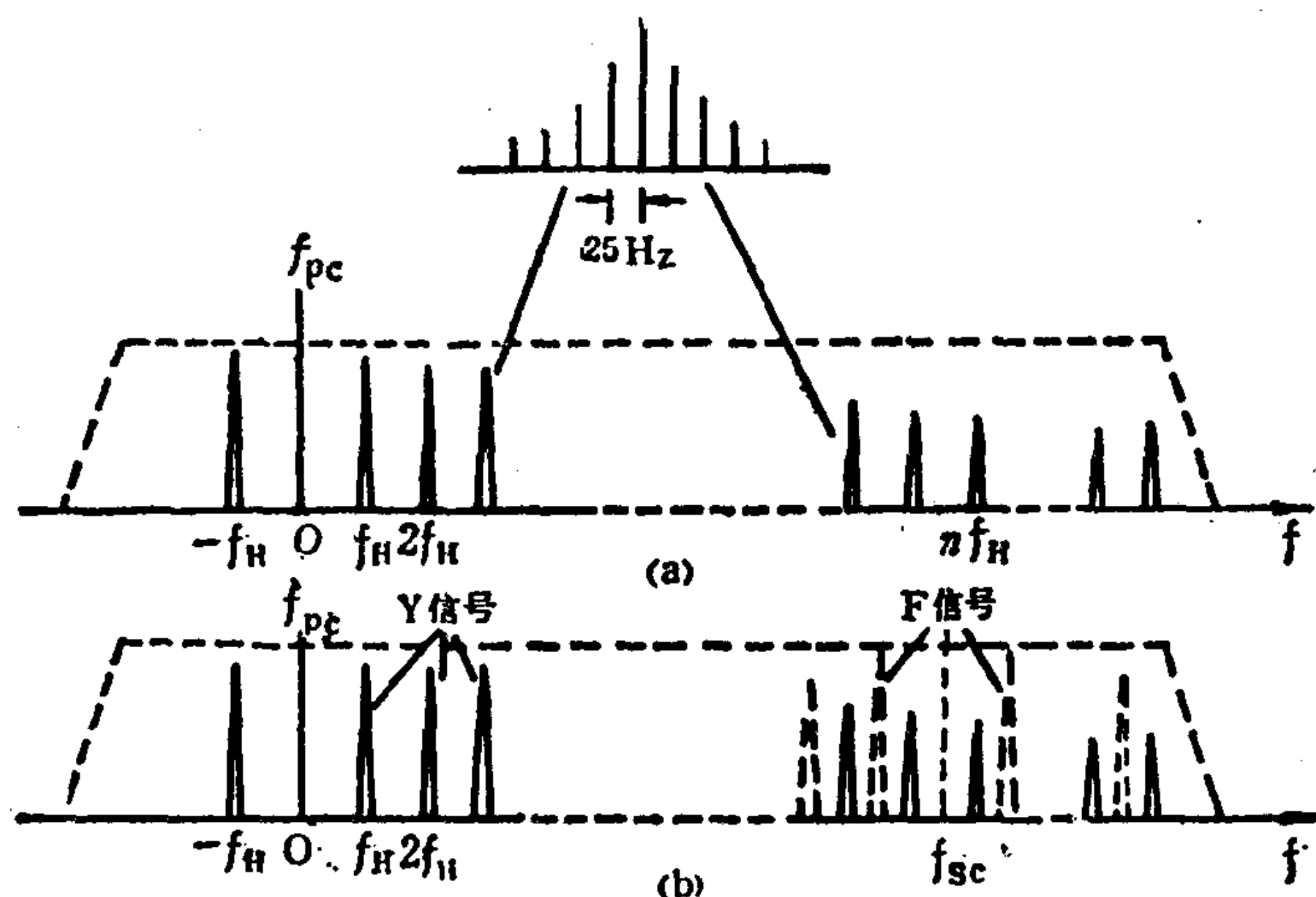


图 1.2.4 频谱交错原理

如何实现频谱交错的问题,也是彩色电视中一个非常重要的问题。由于色差信号与亮度信号在低频端频谱结构是相同的,只是色度信号缺少了高频成分,如果简单的将两种信号直接混合起来,这将造成两种频谱相互重迭,在接收端将无法把它们分开,而且会造成相互干扰。解决的办法是利用调制的方法将色差信号的频谱“搬迁”到亮度信号频谱高端的间隙中去,即可实现频谱交错。

不同的电视制式,其主要区别就在于进行色差信号频谱“搬迁”的方式有差别。

### 3. 彩色电视制式

完成彩色电视的传送与接收所采取的特定方式就叫彩色电视制式。目前,世界上用的最多的是3种兼容制的彩色电视制式,它们分别是NTSC制、PAL制和SECAM制。其主要区别在于传送色差信号的方式不同。

(1) NTSC制 NTSC制是由美国推出的世界上最早的一种兼容制彩色电视制式。该制式的特点是,将两个色差信号分别对频率相同,相位相差 $90^\circ$ 的两个副载波进行正交平衡调幅,再将已调制的色差信号迭加后插入亮度信号的高频段去。因此,NTSC制也叫“正交平衡调幅制”。“平衡调幅”是一种抑制副载波的特殊的调幅方式,相应地,在接收端也要采用特殊的解调方式——同步检波,将二色差信号解调出来。这种制式的主要缺点是对信号的相位失真敏感性很强,容易产生色调畸变。

(2) PAL制 PAL制是由西德在NTSC制的基础上改进的一种兼容制彩色电视制式,我国就采用该制式。PAL制的特点是,为克服对信号的“相位失真敏感,易引起色调畸变”这一缺点,将NTSC制的“正交平衡调幅制”改进为“逐行倒相正交平衡调幅制”。