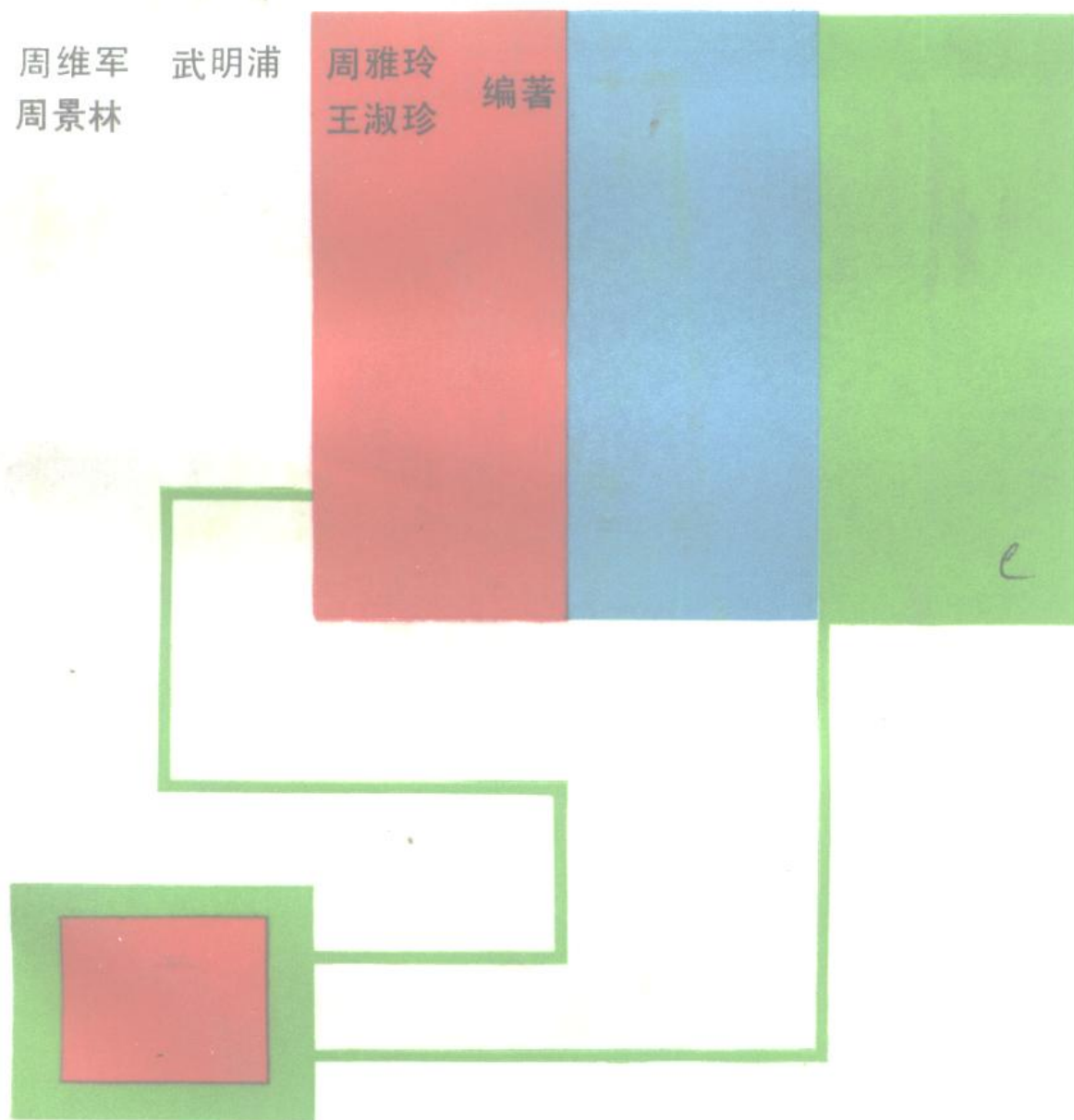


用万用表 快速检修 彩色电视机

周维军 武明浦
周景林

周雅玲 编著
王淑珍



兵器工业出版社

用万用表 快速检修彩色电视机

周维军 武明浦 周雅玲 编著
周景林 王淑珍

兵器工业出版社

(京)新登字049号

内 容 简 介

本书以牡丹、北京、德律风根等三种不同机型的彩色电视机为例，对其电路构成、工作原理作了简单扼要的说明，对故障现象、判断技巧和排除方法进行了全面分析和深入探讨，对集成块的内部电路及信号流程也作了较详细的分析，特别是对仅用万用表进行故障检测和排除作了重点介绍，并汇集大量检修经验，列举了实践中行之有效的故障排除方法。

本书供彩色电视机维修人员、广大业余无线电爱好者参考，并可作为维修培训班的教材。

用万用表快速检修彩色电视机

周维军 武明浦 周雅玲 周景林 王淑珍 编著

责任编辑：任 燕 李 明

封面设计：刘 代

*

兵器工业出版社 出版发行

(北京市海淀区车道沟10号)

各地新华书店经销

北京枫叶印刷厂印装

*

开本：787×1092 1/16 印张：17.125 字数：400千字

1993年12月 第1版 1993年12月第1次印刷

印数1—6,700册 定价：17.50元

ISBN 7-80038-692-9/TN·32

前 言

随着彩色电视机在城市的普及和在广大农村普及率的提高，彩电维修问题显得越来越突出。广大业余无线电爱好者及彩电检修人员，特别是初学者迫切希望找到一条准确判断故障部位、运用万用表等简单仪器就能快速排除故障的捷径。本书就是为满足上述需要而编写的。

全书共分七章，分别对牡丹、北京、德律风根三种不同机型的彩电分别进行了全面的介绍。全书的特点在于，当维修人员只有万用表等简单维修工具时，如何利用这些工具迅速而准确地判断出故障部位，施展万用表的“万用”技巧，逐步缩小故障范围，迅速排除故障。

本书立足于检修实践，它占全书篇幅70%以上。所介绍的检修经验都是作者多年来从事维修与教学工作的总结。本书深入浅出，朴实无华，内容扎实，通俗易懂，具有很强的实用性。

在编写过程中，北京电视设备厂高级工程师李恺同志对全书进行了审阅，提出了不少宝贵意见；同时还得到哈尔滨工业大学讲师毕可伟、哈尔滨电子局副局长高级工程师王家录、哈尔滨松江机械厂李丽华等的帮助，在此一并表示感谢。

由于作者水平有限，书中难免存在缺点和错误，恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前 言

第一章 彩色电视机基础知识	(1)
第一节 色度学基础知识	(1)
一、光和彩色	(1)
二、亮度、色度和色饱和度	(2)
三、三基色原理	(2)
第二节 彩色电视制式	(3)
第三节 彩色电视机基本原理	(4)
一、亮度信号和色差信号	(4)
二、大面积着色	(5)
三、频谱交错	(6)
四、正交平衡调制	(8)
五、同步检波	(9)
六、 γ 校正	(10)
七、PAL制编、解码	(11)
第四节 PAL彩色电视机的组成	(15)
第二章 开关式稳压电源	(17)
第一节 概述	(17)
一、开关式稳压电源的特点	(17)
二、牡丹37C483P彩色电视机的 开关式稳压电源的组成	(17)
第二节 整流滤波电路	(19)
一、整流滤波电路的组成	(19)
二、工作过程	(19)
第三节 自激振荡开关电路	(19)
一、电路的组成	(20)
二、工作过程	(20)
第四节 比较放大、脉冲调宽及脉 冲整流滤波电路	(20)
一、电路的组成及其作用	(20)
二、稳压过程	(21)
第五节 过压保护电路	(21)
一、高压过压保护电路	(21)
二、低压过压保护电路	(21)
三、晶闸管	(21)
第六节 自动消磁电路	(23)
一、电路的组成	(23)
二、工作过程	(23)
第七节 其它元件的组成及作用	(23)
第八节 牡丹37C483P开关式稳压 电源的检修	(24)
一、无光栅、无伴音	(24)
二、光栅及伴音正常，但有 “吱吱”声	(26)
三、图像不稳定	(27)
四、光栅不满幅、且呈S形扭曲	(27)
五、开机时图像正常，而后场幅 逐渐缩成一条亮线	(27)
六、调谐指示灯不亮	(28)
第九节 北京8303型开关式稳压电 源的检修	(28)
一、调频开关稳压电源的组成	(28)
二、工作过程简介	(30)
三、脉冲调宽和稳压过程	(31)
四、过压保护过程	(31)
五、故障检修	(31)
第十节 德律风根5000型稳压电源 的检修	(33)
一、变频开关稳压电源的组成	(33)
二、故障检修	(33)
第三章 公共通道	(41)
第一节 概述	(41)
第二节 高频通道	(41)
一、频道预选器	(41)
二、甚高频VHF和超高频UHF高 频调谐器	(43)
第三节 图像中频通道	(48)
一、前置放大器	(49)
二、声表面波滤波器	(49)
三、中放集成电路AN5132	(50)
第四节 公共通道工作过程简介	(60)
第五节 牡丹37C483P公共通道的 检修	(61)

一、L、H、U频段均接收不到信号.....(61)	二、调频检波器简介.....(92)
二、L频段接收不到信号.....(61)	三、直流音量控制电路简介.....(92)
三、H频段接收不到信号.....(61)	四、音频电压放大器与功率放大器简介.....(94)
四、U频段接收不到信号,而VHF 频段工作正常.....(62)	第四节 牡丹37C483P伴音通道的 检修.....(95)
五、选台按键控制失灵.....(62)	一、无伴音.....(95)
六、图像串台.....(62)	二、伴音失真.....(96)
七、有光栅、无图像、无伴音.....(63)	三、音量失控.....(96)
八、出现鱼鳞状波纹干扰.....(65)	四、伴音时有时无.....(96)
九、图像淡薄.....(65)	五、伴音音量小.....(97)
十、图像严重重影.....(66)	六、伴音杂音大.....(97)
十一、画面上出现菊花状干扰.....(66)	七、伴音有时啸叫.....(97)
十二、屏幕上出现一条从左向右 移动的垂直细白条.....(66)	八、噪声不受音量电位器的控制.....(97)
十三、屏幕上出现自上而下的缓 慢移动的黑“滚道”.....(66)	第五节 北京8303型伴音通道的 检修.....(98)
十四、伴音正常、图像扭曲.....(67)	一、伴音电路.....(99)
十五、图像不稳定,彩色消失, 但伴音正常.....(67)	二、静噪电路.....(100)
十六、伴音干扰图像.....(68)	三、故障检修.....(101)
十七、图像杂乱无章.....(68)	第六节 德律风根5000型伴音通道 的检修.....(103)
十八、频率漂移——跑台.....(68)	一、伴音中放集成电路.....(103)
十九、图像上部扭曲.....(69)	二、伴音功放集成电路.....(104)
二十、接通AFC开关后图像失去 彩色.....(69)	三、故障检修.....(105)
二十一、揿按AFC开关时画面上 下颤动.....(69)	第五章 色度解码电路.....(107)
第六节 北京8303公共通道的检修.....(69)	第一节 概述.....(107)
一、高频调谐器.....(70)	一、对色度解码电路的要求.....(107)
二、中频通道.....(75)	二、解码集成电路的组成.....(108)
第七节 德律风根5000型公共通道 的检修.....(79)	第二节 AN5622外围元件的名称 及作用.....(108)
一、高频调谐器.....(80)	第三节 集成电路AN5622内部电 路原理简介.....(110)
二、中频通道.....(84)	一、ACC控制放大器.....(110)
第四章 伴音通道.....(88)	二、ACC检波器.....(111)
第一节 概述.....(88)	三、识别检波器与消色电路.....(112)
一、对伴音通道的性能要求.....(88)	四、延时解调器.....(112)
二、伴音通道的组成.....(88)	五、解调器.....(114)
第二节 集建电路AN5250外围元 件的名称及作用.....(89)	六、自动相位控制器.....(115)
第三节 集成电路AN5250内部电 路简介.....(90)	七、压控振荡器.....(116)
一、伴音中频放大器.....(90)	八、双稳态电路及PAL开关.....(119)
	九、识别信号形式电路.....(119)
	十、比较电压形成级和选通脉冲 整形分相电路.....(129)

十一、色同步消隐电路	(122)
第四节 色度解码集成电路工作过程简介	(122)
第五节 牡丹37C483P色度解码电路的检修	(123)
一、无彩色,有正常的黑白图像	(123)
二、彩色不稳	(125)
三、色调失真	(125)
四、色不同步	(126)
五、彩色画面出现爬行现象	(126)
六、色饱和度低	(127)
七、画面呈绿色	(127)
第六节 北京8303型彩色解码电路的检修	(127)
一、电路的组成	(128)
二、集成电路TA7193P各管脚及外围元件的名称和作用	(129)
三、工作过程	(131)
四、故障检修	(131)
第七节 德律风根5000型色度解码电路和亮度通道的检修	(137)
一、电路的组成	(137)
二、TDA3560各管脚及外围元件的名称和作用	(137)
三、亮度通道	(139)
四、色度通道	(140)
五、副载波形成电路	(141)
六、故障检修	(142)
第六章 亮度通道及视频放大矩阵电路	(146)
第一节 亮度通道	(146)
一、对亮度通道的要求	(146)
二、亮度通道的组成	(146)
第二节 视频放大矩阵电路	(148)
一、AN5612外围元件的名称及作用	(148)
二、集成电路AN5612内部电路简介	(149)
第三节 视频输出电路	(158)
一、电路组成及作用	(158)
二、工作过程	(158)
第四节 亮度通道及视放矩阵电路工作过程	(160)

第五节 牡丹37C483P视频矩阵和视频输出电路的检修	(161)
一、无光栅、有伴音	(161)
二、无图像、有伴音	(163)
三、图像清晰度变差	(163)
四、其它故障的检修	(163)
五、亮度失控,并出现回扫线	(164)
六、图像模糊	(165)
七、荧光屏上呈现青色光栅	(165)
八、低亮度时图像色调偏青	(166)
九、低亮度时图像色调偏红	(167)
十、荧光屏上呈现黄色光栅	(167)
十一、低亮度时图像色调偏黄	(167)
十二、低亮度时图像色调偏蓝	(168)
十三、荧光屏上呈现紫色光栅	(168)
十四、低亮度时图像色调偏紫	(169)
十五、低亮度时图像色调偏绿	(169)
十六、光栅呈单一红色	(169)
十七、光栅呈单一绿色	(170)
十八、光栅呈单一蓝色	(170)
十九、画面一半青一半红	(170)
二十、画面一半紫一半绿	(171)
二十一、画面一半黄一半蓝	(171)
二十二、白光栅出现色斑	(171)
二十三、无图像,且电子枪内呈粉红色	(171)
二十四、光栅微蓝	(171)
二十五、光栅呈全绿色,且氛灯N551发光	(171)
二十六、画面上半部分白,下半部分黑	(172)
二十七、只在屏幕左上角有光栅	(172)
二十八、开机瞬间出现彩色	(172)
二十九、开机一段时间后,光栅变为单一色	(172)
第六节 北京8303型亮度通道的检修	(172)
一、电路的组成	(173)
二、工作过程简介	(175)
三、故障检修	(176)
第七节 北京8303型视频输出电路的检修	(178)
一、电路的组成	(178)

二、工作过程	(178)	有轻微的“沙沙”声	(214)
三、故障检修	(180)	十一、开机时工作正常, 过一段 时间后无光栅、无伴音	(214)
第八节 德律风根5000型视频放大 电路的检修	(184)	十二、光栅过亮	(215)
一、电路的组成	(185)	十三、荧光屏上半部无光栅, 下 半部一条暗带	(216)
二、工作过程简介	(185)	十四、光栅下部卷边, 且伴音 及图像也异常	(216)
三、故障检修	(186)	十五、光栅缩小, 屏幕中央有垂 直亮带折叠	(216)
第七章 行、场扫描电路	(189)	十六、有伴音、无光栅	(217)
第一节 概述	(189)	十七、场中心位置不可调	(217)
一、行、场扫描电路要求及特点	(189)	十八、场中心位置偏上	(218)
二、扫描电路的组成及作用	(189)	十九、场中心位置偏下	(218)
第二节 行、场扫描集成电路 AN 5435	(191)	二十、画面枕形失真	(218)
一、AN5435外围元件名称及 作用	(191)	二十一、屏幕上只有一条垂直亮线	(218)
二、AN5435内部电路简介	(192)	二十二、屏幕上出现一条垂直亮带	(219)
第三节 场输出电路	(199)	二十三、行中心位置左移	(219)
一、电路组成	(200)	二十四、一条水平亮线、无图像无声	(219)
二、工作过程	(201)	二十五、光栅上有水平亮线滚动	(220)
三、线性补偿电路	(201)	二十六、光栅呈一条水平亮带, 上部有回扫线	(220)
四、双电源供电场输出电路	(201)	二十七、荧光屏下部有一条水平 亮带	(221)
五、场中心调节	(202)	二十八、荧光屏下部有黑斑	(221)
第四节 行激励与行输出电路	(202)	第七节 北京8303型扫描电路的检修	(222)
一、行激励电路	(202)	一、电路的组成	(224)
二、行输出电路	(202)	二、故障检修	(227)
三、工作过程	(203)	第八节 德律风根5000型行扫描电 路的检修	(232)
四、延伸失真及补偿方法	(206)	一、电路的组成	(232)
第五节 行、场扫描电路工作过程 简介	(206)	二、集成电路TDA1950各管脚及 外围元件的名称和作用	(234)
一、场扫描电路工作过程简介	(206)	三、行激励与行输出电路	(235)
二、行扫描电路工作过程简介	(207)	四、工作过程简介	(237)
第六节 牡丹37C483P扫描电路的 检修	(207)	五、故障检修	(238)
一、一条水平亮线	(207)	第九节 德律风根5000型场扫描电 路的检修	(242)
二、场不同步	(209)	一、电路组成	(242)
三、画面上出现回扫线	(209)	二、集成电路TDA1170S各管脚 及外围元件的名称和作用	(243)
四、场线性不良	(210)	三、工作过程简介	(244)
五、光栅出现回扫线	(211)	四、故障检修	(244)
六、场幅度不足且不同步	(211)		
七、行不同步	(211)		
八、行、场均不同步	(212)		
九、光栅行幅缩小	(213)		
十、无光栅、无伴音、扬声器只			

第一章 彩色电视机基础知识

第一节 色度学基础知识

我们周围的景物是通过光作用于人眼而引起亮度和彩色感觉的。彩色电视的基本任务就是将被传送景物的亮度和色彩转变成电信号并加以传送，最后在彩色电视机的荧光屏上将原来景物的亮度和色彩最大限度地不失真地重现出来。

彩色电视机的理论基础是色度学和视觉生理学。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其正确的分解和合成方法的科学。因此，要了解彩色电视，首先应了解色度学方面的有关知识。

一、光和彩色

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，按照波的长短排列，包括无线电波、红外线、可见光（波）、紫外线、X射线、宇宙线等，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，称为可见光（波）。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系列光谱，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。

自然界的各种景物在日光的照耀下会呈显出不同的颜色，这主要是因为各种物体吸收和反射光的特性不一样。例如，树叶为什么是绿颜色的？

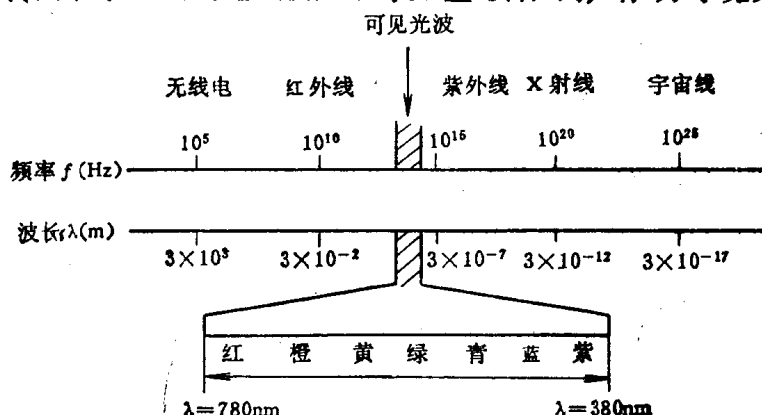


图 1-1 电磁波辐射波谱

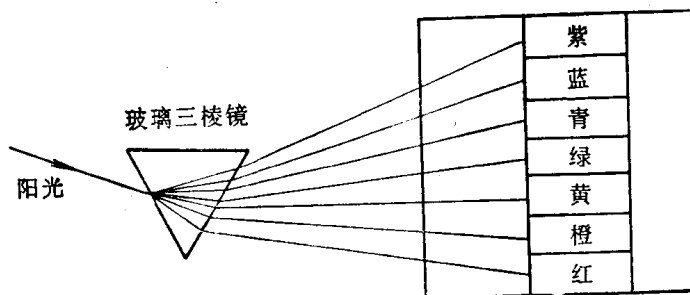


图 1-2 太阳光（白光）的分解

因为它只反射日光中绿色波长的光，而吸收了其它波长的光，反射的绿光落入人眼，因而人们看到树叶是绿色的。各种景物都吸收某些波长的光，而反射另外一些波长的光，这样就构成了我们周围绚丽多彩的世界。

在彩色电视中，为了获得良好的艺术效果，往往需要根据彩色电视的特点采用各种不同的色光照明，使彩色电视机荧光屏上的影像比真实景物的色彩更鲜艳，色调更丰富，更具有所需要的气氛，更富有艺术感染力。

二、亮度、色度和色饱和度

任何一束彩色光，对人眼引起的视觉作用可以用亮度、色调及色饱和度来描述。这三个量，通常称之为彩色三要素。

亮度是指彩色光所引起的眼视觉的明暗程度。显然，亮度与光线的强度有关，同一景物因光照的强弱不同会产生不同的亮度感觉。例如，晴天在阳光照射下景物的色彩显得明亮鲜艳，阴天则显得阴暗。

色调是指光的颜色。红、绿、蓝、青、紫……表示不同的色调，它与光的频率有关。如果改变彩色光的光谱成分，就会引起色调的变化，例如，将少量的绿光混入红光中，虽然看上去大体还是红色，但人们会察觉色调已经起了变化，因为色光中增加了绿色光谱，随着绿光成分的增加，色调就由红色变成橙色，当绿色和红色成分相等时，色调就变成黄色。

色饱和度是指颜色的深浅程度，即色的浓淡。例如，两个聚光灯同时投光在白色屏幕上时，一个投绿光，一个投白光，合成的是淡绿色光。如果两个聚光灯的光的强度相等，则饱和度为50%。如果将投白光的聚光灯灭掉，得到的是纯绿色光，则饱和度为100%。由此可知，饱和度与色光中白光成分的多少有关。白光愈多，饱和度愈低，色就愈淡，白光的饱和度为零。

色调和色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，在色度学中都可以用数值表示，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，并重现出彩色图像。

三、三基色原理

彩色图像重现时，要求给出与实际景物相同的彩色效果。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后得到。在彩色电视中，通常选用红、绿、蓝作为三基色。

根据实验研究，可得出如下三基色原理：

1. 自然界中常见的各种彩色几乎都可以用三基色按一定的比例混合后得到；反之，任意一种彩色也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（即色调和色饱和度）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。

由三基色相加混合成的颜色称为相加混色，如图1-3所示。其相加混色的规律为：

$$\text{红光} + \text{绿光} + \text{蓝光} = \text{白光}$$

红光+绿光=黄光
绿光+蓝光=青色光
蓝光+红光=紫光

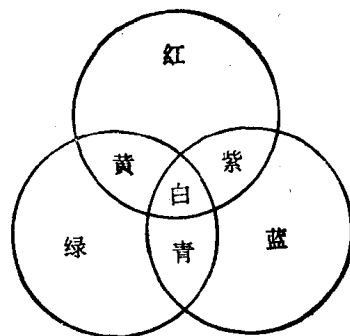


图 1-3 相加混色

三基色原理为彩色电视奠定了基础，极大地简化了用电信号来传送彩色的问题。我们说，黑白电视只是重现景物的亮度，它只需传送一个反映景物亮度的电信号就行了。而彩色电视要传送的则是亮度各不相同、色调千差万别的彩色，如果各种彩色要分别用各种电信号与之相对应，那末就要传送很多种电信号，这在实际上显然是做不到的。根据三基色原理，可先把被传送的彩色景物分解成红、绿、蓝三基色，再把它们变成三种电信号加以传送。这样在接收端只要用三种电信号分别控制能发红、绿、蓝光的彩色显像管，就能重现景物的原来彩色了。

第二节 彩色电视制式

所谓彩色电视制式，是指实现彩色电视信号传送的特定方式。按传送三基色信号的时间顺序，彩色电视制式可分为顺序制、同时制和顺序-同时制三种。

1. 顺序制是把景物分解成红、绿、蓝三基色图像，然后以一定的时间顺序循环传送出去。在接收端，再以相同的顺序显示出来，利用人眼的视觉暂留特性进行混色（时间混色和空间混色），就能在荧光屏上看到一幅完美的彩色图像。在这种传送方式中，若以场为单位将三基色进行顺序传送，则称为场顺序制；若以行为单位将三基色进行顺序传送，则称为行顺序制；若以点为单位将三基色进行顺序传送，则称为点顺序制。

2. 同时制是将三基色信号同时进行传送的。在发送端，需要对这三种信号进行特殊的频域处理，从而使彩色电视信号占有和黑白电视信号相同的带宽。在接收端，再用特殊电路将三种信号分开，分别控制彩色显像管红、绿、蓝三种荧光粉的发光强度，利用空间混色法，在荧光屏上重现景物的彩色图像。

3. 顺序-同时制是顺序制和同时制的结合，即所传信息中有顺序传送的部分，又有同时传送的部分。

按不同的使用目的，彩色电视制式可分为兼容制和非兼容制两大类。所谓兼容，就是使黑白电视机能够收看彩色电视广播，显示出黑白图像，而彩色电视机也能收看黑白电视广播，显示出黑白图像。世界上现行的三种彩色电视制式NTSC制、PAL制和SECAM制都是兼容制彩色电视。

NTSC制（正交平衡调幅制）是50年代初美国研制成功的一种兼容制彩色电视，它是第一个较理想的兼容性彩色电视制式。美国、日本、加拿大等国家都采用这种制式进行彩色电视广播。为了克服NTSC制相位敏感性造成彩色失真的缺点，60年代德国和法国分别研制出一种兼容制彩色电视，即PAL制（逐行倒相正交平衡调幅制）和SECAM制（顺序传送彩色与存贮制），它们都是以NTSC制为基础发展起来的。德国、英国等一些西欧国家采用PAL制，法国、前苏联和前东欧国家均采用SECAM制，我国采用的也是PAL制。

为了满足兼容的要求，兼容制彩色电视必须具有下列特性：

• • •

1. 彩色电视中必须采用与黑白电视相同的一些基本参量,例如,扫描方式、扫描频率、频带宽度、同步信号组成、图像载频、伴音载频及图像和伴音的调制方式等。

2. 需将摄像机输出的三基色信号变换成一个亮度信号和一个色度信号,两者组合成一个彩色全信号进行传送。亮度信号反映图像上各点的亮度变化,色度信号则反映图像上各点的色度。彩色全信号只应占有与黑白电视信号同样的频带宽度,即6MHz。

具有这样的特性后,彩色电视机接收到彩色全信号时,才能将亮度信号和色度信号进行反变换,还原成三基色信号,使彩色显像管上显示出彩色图像,色度信号则以微弱的网纹干扰出现。而当彩色电视机接收黑白电视信号时,相当于彩色全信号中只存在亮度信号,经电路处理后所还原的三基色信号是相等的,即 $E_R=E_G=E_B$,因而显示出黑白图象。这样,就达到了兼容的目的。

在发送端,若直接发送红、绿、蓝三个基色信号,则需要用三路来传送,每路视频带宽均相同,这样就要增加设备,加宽频带,而且,为了保证彩色图像的质量,三个通道的频率特性必须完全一致,这在技术上是难以做到的。因此就要求用适当的方式,将红(R)、绿(G)、蓝(B)三个基色电信号组成一个彩色电信号,在一个电视通道中传送,即将三个基色信号R、G、B编成三个新的信号Y、R-Y和B-Y,这个过程叫做编码。完成信号编码的电路称为编码器。在彩色电视接收机中,相应地有一个与发射端编码器的功能恰恰相反的电路,它是从彩色信号中取出基色信号R、G、B,通常把取出基色信号的过程叫做解码。而完成解码的电路称为解码器。各种彩色电视机制式的主要差别在于采用的是哪种解码方式。

用于军事、工业部门及技术情报部门的彩色电视系统,也可采用非兼容制。非兼容性彩色电视制式较常用的是顺序制。但由于不能兼容,故不适用于广播电视,但可用于发送和接收自成局部系统的场合,它在工业电视及其它领域(如空间探测)中得到了应用。

第三节 彩色电视机基本原理

一、亮度信号和色差信号

(一) 亮度信号

为了保证彩色、黑白兼容互收,编码后的彩色电视信号中,必须有一个独立的只反映亮度的信号,即亮度信号Y。它是由三基色信号按一定比例组合而成。由于显像管的三基色(R、G、B)是已选定的,所以由三基色所求出的任意色光的亮度方程为

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

在色信号编码过程中,亮度信号的编码也必须遵循这个关系式,故此式称为亮度信号的编码方程。由上式可知,当三基色信号的电压各为1V时,亮度信号 $Y=0.30 \times 1 + 0.59 \times 1 + 0.11 \times 1 = 1V$ 。可见三个等强度的基色光,对亮度的贡献是不一样的,红光为30%,绿光为59%,蓝光为11%,这是由于人眼对三基色的亮度感觉不同而造成的。

(二) 色差信号

由三基色原理可知,要传送一幅彩色图象必须传送R、G、B三个基色信号,而每个基色信号里又包含有亮度、色调、色饱和度三个参数。亮度信号Y是已有的,已被传送。此时,若再简单地传送三个基色信号,则必然造成亮度信号重复。所以编码后的另外两个信号,必须是不包含亮度只包含色调和色饱和度的色度信号。据此,对色度信号进行编码的最简单的办

法是：从三基色信号中减去亮度信号Y。这样，编码后的色度信号将是不包含亮度而只包含色度的信号，称为色差信号。这三个色差信号是R-Y、G-Y和B-Y。由式(1-1)可得

$$\begin{cases} R-Y=0.70R-0.59G-0.11B \\ B-Y=-0.30R-0.59G+0.89B \\ G-Y=-0.30R+0.41G-0.11B \end{cases} \quad (1-2)$$

当彩色电视机收到亮度信号和色差信号后，将两者相加，就得到三基色信号，即

$$\begin{cases} Y+(R-Y)=R \\ Y+(B-Y)=B \\ Y+(G-Y)=G \end{cases} \quad (1-3)$$

由以上分析可知，三个色差信号并不是独立的，每个色差信号都可由另外两个求得。所以三个色差信号不必都传送，而只要传送其中两个就行了。对大多数彩色来说，由于G-Y比R-Y和B-Y要小，如果传送G-Y，则较易受杂波干扰，故选R-Y及B-Y作为传送的色差信号较为合适。

(三) 亮度信号和色差信号的产生

由彩色摄像机产生的R、G、B（红、绿、蓝）三基色信号，经过矫正后，由组成编码器的电阻分压电路构成的矩阵电路，把三基色组合成Y、R-Y、B-Y三个信号，然后Y信号经过一个6MHz的低通滤波器，将Y信号中高于6MHz的分量全部滤掉。色差信号R-Y及B-Y分别用两个1.5MHz的低通滤波器将其中高于1.5MHz的信号全部滤除，使色差信号的带宽限制在1.5MHz以内，如图1-4所示。

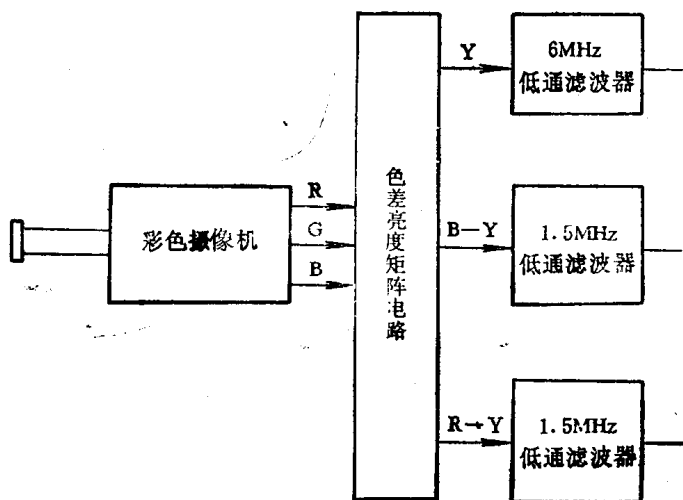


图1-4 产生亮度信号和色差信号框图

二、大面积着色

研究人眼彩色视觉特性的结果表明，人眼分辨彩色差别的能力要比分辨亮度差别的能力低得多，当观察图像细节时，只能感觉亮度的差别，而不能感觉其色度。例如，在一张黑白照片上用彩色笔粗略地涂上几种不同的颜色，就可把黑白照片“演变”成彩色照片。虽然照片的细节部分并没有用彩笔进行细致的描绘，但看起来仍然是一张满意的彩色照片。所以，亮度信号的频带宽度需要达到6MHz才能保证重现图像有足够高的清晰度，而代表图像色度的两个色差信号则可以用较窄的频带来传送。这样，重现图像中的细节是黑白的，大块面积上才有彩色，故称之为大面积着色。

实验证明，色度信号用亮度信号带宽的10~20%来传送，就可得到与人眼视觉特性相匹配的彩色图像。因此，当用6MHz带宽传送亮度信号时，色度信号的带宽可取1MHz左右。我国彩色电视标准规定，R-Y、B-Y两个色差信号的带宽各为1.3MHz。

三、频谱交错

根据兼容的要求,彩色电视的传输频带宽度必须和黑白电视相同,色差信号频带虽然已经压缩到1.3MHz,但亮度信号已占满6MHz的带宽,所以,必须把色度信号插到亮度信号的频带中才能进行传送。通过对亮度信号频谱的分析发现,亮度信号的频谱确有空隙可插。

(一) 亮度信号的频谱分析

理论和实践都证明,亮度信号并没有占满6MHz频带。如果把亮度信号所包含的各个频率分量都画在频率轴上,则得到图1-5所示的频谱分布图。

从图中可以看出,亮度信号的频谱不是连续的,而是间断的。它是由以行频 f_H 为间距的主频谱所构成。在每个主频谱的两旁,还有一些以场频 f_V 为间距的边频分量。在主频谱之间都有一大块空白区。有人曾做过这样的实验,把主频谱之间的频谱滤去50%~60%后,

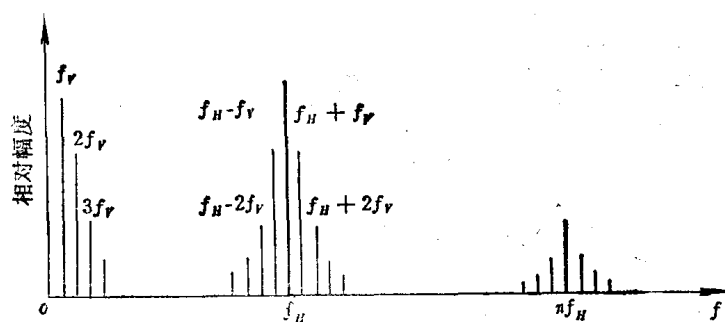


图 1-5 静止图像亮度信号频谱

对影像并没有什么影响,这说明亮度信号的频带至少有一半是空着的,这些空隙恰好可以用来传送色差信号。

亮度信号和色差信号都是由R、G、B基色信号简单组合得到的,它们的频谱分布规律完全相同。要把色差信号插到亮度信号中去,必须移动色差信号的频谱,使它和亮度信号的频谱错开,以做到视频频带共用。

调幅是用得最多的一种移频技术,下面举例说明:用一个50Hz音频信号对一个500kHz的高频载波进行调幅,得到的调幅波如图1-6a所示。它包含三个频率分量,一个是500kHz的频率分量,即载波信号,它是不包含信息的。另外两个是500kHz加50Hz和500kHz减50Hz的边频分量。边频分量中包含有被传送的音频信号的内容。调幅的结果使一个50Hz的音频信号变成两个高频信号,这相当于把原信号的频谱从低频移到了高频,如图1-6b所示。从而达到移频的目的。

(二) 彩色副载波

若简单地把亮度信号与色差信号放在同一视频中传送,则会因频谱低谱分量重叠在一起而引起严重干扰,无法重现图像。因此,必须设法让色差信号调制在副载波上,使它的频谱线恰好落在亮度信号的高频段各谱线的空隙中,这样就互不干扰了。为了和发射影像信号的载波相区别,这个载波称

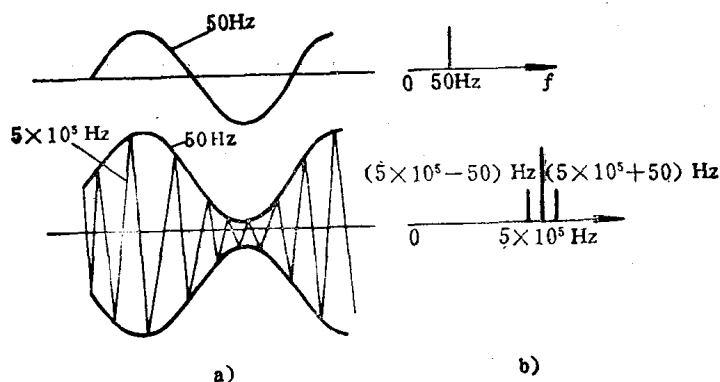


图 1-6 单音频调幅信号

为彩色副载波。彩色副载波的频率用 f_{sc} 表示。考虑到副载波在黑白屏幕上的干扰规律，为使眼不易觉察出来，选出的副载波频率 f_{sc} 和行频 f_H 之间的关系应为

$$f_{sc} = \frac{2n+1}{2} f_H = 4.43\text{MHz}$$

式中， n 为正整数。无论 n 取什么值， f_{sc} 总是等于行频奇数倍的一半。按我国 6MHz 的视频带宽标准，取 $n=283$ ，那么， $f_{sc}=283.5f_H=4.4296875\text{MHz}$ ，约 4.43MHz。

亮度信号频谱如图 1-7 (a) 所示，已调色差信号频谱如图 1-7 (b) 所示。由图可见，调制后的色差信号的频谱恰好落在亮度信号频谱的空隙中，其合成的频谱如图 1-7 (c) 所示。

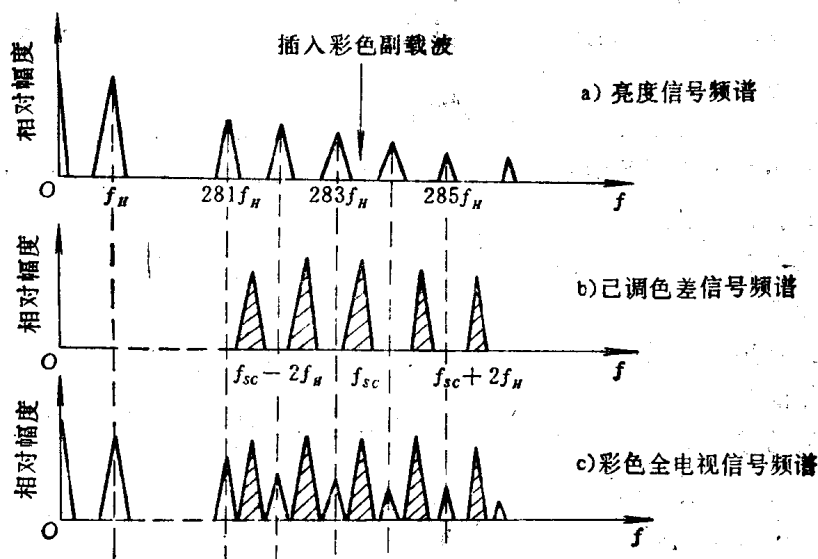


图 1-7 频谱交错原理

(三) 副载波的干扰

频谱交错虽然节省了频带，但是也带来了副载波和亮度信号之间相互干扰的问题。影响较大的是副载波对黑白影像的干扰。

在黑白电视接收机接收彩色节目时，常常在屏幕上看到一些移动着的明暗相间的斜条纹，这就是副载波所引起的干扰。因为我们所选的副载波是行频奇数倍的一半，每经过一行副载波反相一次，所以相邻两行的副载波干扰恰好具有相互抵消的作用。

为了说明这个问题，假设副载波是行频的 $\frac{1}{2}$ 倍，那么，每一行将出现两个半周期的干扰。若用白方块代表副载波正半周的干扰，用黑方块代表负半周的干扰，就可以画出图 1-8

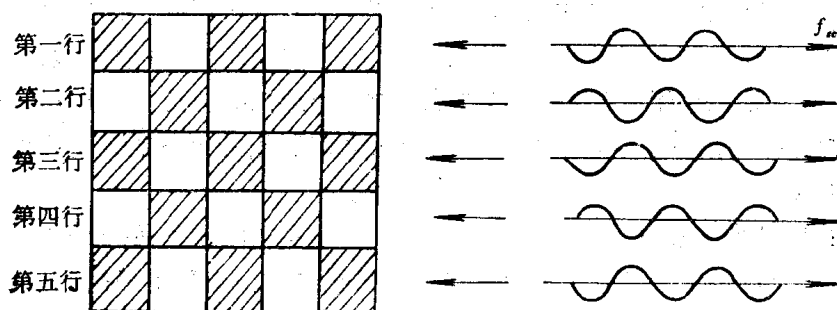


图 1-8 副载波干扰图形

所示的副载波干扰图形。图中，相邻两行的干扰恰好错开。在视觉上起了互相抵消的作用，看起来并不明显。副载波频率选得愈高，干扰花纹就愈细，人眼就愈不容易察觉，但是，实际上副载波频率不能选得太高。为了使色差信号的上边带能顺利通过传输系统，它应比亮度信号的上限频率6MHz低1.5MHz。所以，通常选定的副载波频率为4.43MHz。

四、正交平衡调制

由于将色差信号调制在副载波上发送出去的方法不同，形成了不同的制式，正交平衡调制是正交调幅和平衡调幅的合成。

色差信号有两个，副载波只有一个，下面说明怎样用两个信号去调制一个载波。

(一) 平衡调制

平衡调制是一种抵消（或称抑制）载波的调制办法。抑制载波的目的在于节省发射功率和抑制干扰。图1-9中示出普通的调幅波和抑制了的载波的调幅波。从图中可以看出，调制信号的变化规律仍然包含在抑制了载波的调幅波中（图中粗线所示），但平衡调幅波的幅度比普通调幅波的幅度小了一半以上。采用抑制副载波的调制办法来传送色差信号的原因有两点：一是副载波会对亮度信号产生干扰，抑制了副载波分量，可使这种干扰大大减轻；二是在彩色电视中，被色差信号调制的副载波和亮度信号是混合在一起传送的，为了使合成信号振幅值不超过规定的电平（即信号的黑色电平和白色电平），调制后的色度信号幅度应限制在一定的范围内，平衡调幅抑制了副载波分量，调幅波的幅度比普通调幅波的幅度小了一半，允许边带分量的幅度相应增大。因此，在幅度一定的情况下，平衡调制可以加大色度信号的动态范围。这对改善彩色信杂比，提高彩色影像的质量是有利的。

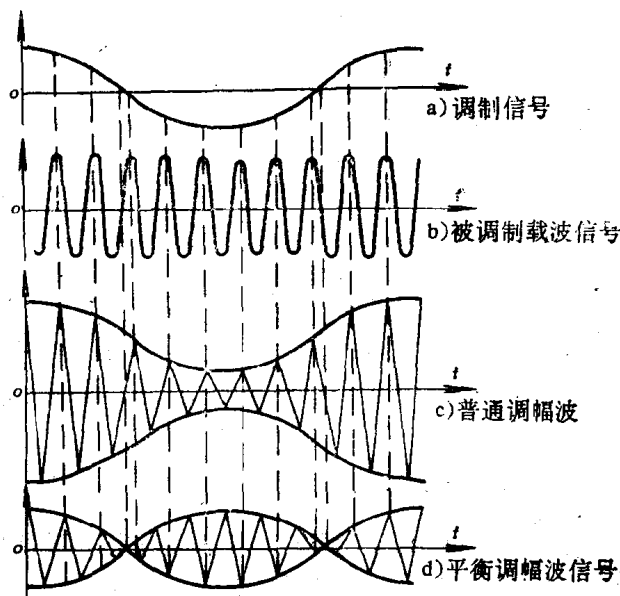


图 1-9 普通调幅波和平衡调幅波

a) 调制信号 b) 被调幅载波 c) 普通（双边带）调幅波 d) 平衡调幅波

(二) 正交平衡调制

所谓正交调制就是用两个调制信号对同一频率的载波进行调制，即载波的频率相同，但相位相差90°。如果用带宽为 Δf 的信号（设为色差信号的带宽）对载波调幅，则得到普通调幅波的带宽为 $2\Delta f$ ，结果等于由 $2\Delta f$ 的带宽来传送带宽为 Δf 的信号，频带利用率只有50%。正交调制是一种充分利用频带的调制方法，因为正交调制能用一个副载波同时传送两个带宽均为 Δf 的色差信号，这就大大提高了频带的利用率。

正交调制的基本原理是用一个色差信号去调制一个副载波，用另一个色差信号去调制相位相差90°的同一个副载波（“正交”的名称也由此而得）。当采用平衡调幅时，得到的两个正交（正交平衡调制）信号分别为：

$$\dot{U} = (B - Y) \sin \omega_s t$$

$$\dot{V} = (R - Y) \cos \omega_{sc} t$$

若用 $\dot{C}$ 表示色度信号, 则 $\dot{C} = \dot{U} + \dot{V}$ ($U + V$ 为色度分量), 式中, $\omega_{sc} = 2\pi f_{sc}$, ω_{sc} 为彩色副载波的角频率, $B - Y$ 和 $R - Y$ 为色差信号。调制后两个信号也相差 90° 。

两个相位相差 90° 的正弦量, 其特点是, 其中一个为最大时, 另一个恰好为零。例如, 当 $\sin \omega_{sc} t$ 正弦波最大为1时, $\cos \omega_{sc} t$ 为零。这时只有 $B - Y$ 信号, 而 $\dot{V}$ 等于零。当 $\cos \omega_{sc} t$ 余弦波最大为1时, $\sin \omega_{sc} t = 0$, 这时只有 $R - Y$ 信号, 而 $\dot{U}$ 等于零。利用这种“正交”特点, 在接收机中采用同步检波的方法就可以分别取出两个色差信号。

由上述可见, 正交平衡调制后的色度信号可以用两个相互正交的矢量来表示。这两个矢量的长度分别为 $R - Y$ 与 $B - Y$, 其夹角为 90° , 它们的合成矢量长度为振幅 $\dot{C}$, $\dot{C}$ 与 $B - Y$ (0° 轴)的夹角为色度角 α_c , 如图1-10所示。合成矢量 $\dot{C}$ 代表色度信号, 它表示红(R)、蓝(B)色信号对频率相同而相位相差 90° 的副载波进行平衡调制, 其长度 C 与两个色差信号幅度的大小有关, C 的大小表示色饱和度, 相角 α_c 表示色调。

正交平衡调制的色度信号是一个既调幅又调相的信号, 在传输过程中振幅和相位的任何失真, 都要引起彩色失真, 前者引起色饱和度变化, 后者则引起颜色变化(即色调的变化)。

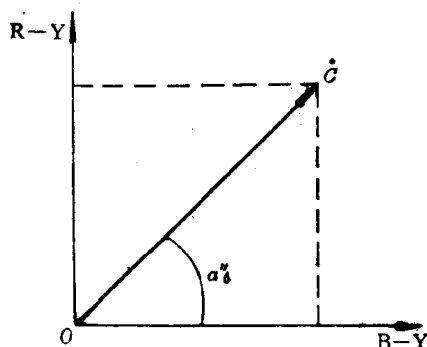


图 1-10 正交平衡调幅矢量

五、同步检波

把色度信号从彩色全电视信号中分离出来, 是由谐振放大器来完成的。将放大器的负载-谐振电路调谐在副载波频率上, 并将其带宽限制在 $\pm 1.5\text{MHz}$ 之内, 就能把混在彩色信号中的色度信号取出来。问题是怎样从色度信号中把两个正交色度分量($\dot{U}$ 、 $\dot{V}$ 分量)分离并分别检出色差信号。

从平衡调幅的色度信号中取出色差信号, 用普通调幅检波器是不行的, 而需要用一种特殊的办法——同步检波才能实现。

$\dot{U}$ 和 $\dot{V}$ 两个色差信号分量是两个相差 90° 的正弦信号, 上面曾经提到, 它们的特点是当其中一个出现最大值时, 另一个恰好为零。同步检波就是根据信号的这个特点来实现的。为了便于了解同步检波的原理, 下面以副载波控制的开关为例进行说明, 如图1-11所示。图中 E 为副载波振幅。

送到同步检波开关的色度信号 $\dot{C}$ 是由相应相差 90° 的两个色度分量 $\dot{U}$ 、 $\dot{V}$ 组成的, 即色度信号 $\dot{C} = \dot{U} \sin \omega_{sc} t + \dot{V} \cos \omega_{sc} t$, $R - Y$ 检波开关应该和 $\dot{V}$ 分量出现最大值, 也就是副载波(分图b)出现最大值的那些时刻接通, 这时 $\dot{U}$ 分量恰好为零, 于是这一路就只把 $R - Y$ 取出。 $B - Y$ 检波开关则应该在 $\dot{U}$ 分量出现最大值, 也就是副载波(分图a)出现最大值的那些时刻接通, 这时 $\dot{V}$ 分量恰好为零, 于是就只把 $B - Y$ 取出。这样, 两个副载波的最大值轮流出现, 两个检波开关轮流接通, 就把混在一起的两个信号分别检出来了。由于控制检波开关的副载波 $E \sin \omega_{sc} t$ 或 $E \cos \omega_{sc} t$ 必须与被检波的信号相位相同, 故称为同步检波。

从以上分析可知, 实现同步检波的关键是要有一个副载波, 它的频率和相位应与发送端的副载波完全一致。由于色度信号中的副载波分量在编码器的平衡调制器中被抑制掉了, 因此, 在彩色电视机中必须装一个副载波恢复器, 使被抑制的副载波重新恢复。为了保证这个