

彩色电视机性能测量原理与方法

安永成 邱春安
翁泰来 王连溥 李志贤 编著

電子工業出版社

内 容 提 要

本书在简要介绍PAL制彩色电视接收机原理的基础上,详尽地介绍了接收机的公用通道性能、彩色解码电路性能、光色性能、声性能的性能测量原理和测量方法。为性能测量的需要,相应地介绍了彩色电视机测量仪器及其配置方案。本书是从事彩色电视机科研、生产、检验、维修部门技术人员必备的工具书,也可供大、中专院校广播电视专业师生及广大无线电爱好者参考。

彩色电视机性能测量原理与方法

安永成 邱春安

翁泰来 王连溥 李志贤 编著

责任编辑:邓又强

*

电子工业出版社出版(北京万寿路)

人民卫生出版社印刷厂印刷

电子工业出版社发行 各地新华书店经销

*

开本: 787×1092mm 1/16 印张: 18.125 字数: 475.6千字

1991年5月第1版 1991年5月第1次印刷

印数: 0~8000册 定价: 8.80元

ISBN7-5053-1297-9/TN·378

前 言

为了进一步提高彩色电视机电、光、声、色性能的内在质量水平,贯彻国家标准“彩色电视广播接收机基本参数及技术要求”,普及彩色电视机测量技术,提高检测人员的技术素质,我们编写了这本“彩色电视机性能测量原理与方法”。本书是从事彩色电视机科研、生产、检验工作的技术人员的参考书,也可以作为大、中专院校广播电视专业师生的教学参考,对广大无线电爱好者亦有一定参考价值。

本书第一章、第二章、第四章前十二节、附录等由安永成高级工程师编写,第三章由邱春安高级工程师、王连溥高级工程师编写,第五章由翁泰来高级工程师编写,第六章由李志贤高级工程师编写。附录中的“彩色电视广播接收机简明测量方法”由陈静、袁芬、翁泰来、卞晓燕等编写,第四章第十三节由卞晓燕、邵宁编写。全书由安永成高级工程师统稿。在编写过程中,得到机械电子工业部电视电声研究所、国家广播电视产品质量检测中心领导和许多同志的大力支持和协助,在此一并表示感谢。

由于编著者水平有限,书中错误和不妥之处难免,殷切期望各界同仁和广大读者批评、指正。

编著者

一九九〇年四月

目 录

第一章 彩色电视机基本原理	(1)
1.1 人眼的视觉特性与彩色电视	(1)
1.2 电视广播制式	(5)
1.2.1 视频信号的调制与解调特性	(5)
1.2.2 伴音信号的传送	(6)
1.2.3 电视同步信号	(8)
1.3 彩色电视信号的编码	(9)
1.3.1 彩色电视信号的传送方式	(9)
1.3.2 彩色电视三大制式	(10)
1.3.3 亮度信号、色度信号矩阵电路	(11)
1.3.4 频谱交错原理和频带复用	(15)
1.3.5 平衡正交调幅	(16)
1.3.6 PAL制色度信号的特点	(19)
1.4 PAL制彩色电视信号的解码	(23)
1.4.1 亮度通道	(24)
1.4.2 色度信号放大器	(29)
1.4.3 梳状滤波器	(32)
1.4.4 副载波恢复电路	(34)
1.4.5 PAL识别与PAL开关电路	(36)
1.4.6 同步解调、 $G-Y$ 矩阵及基色矩阵	(37)
1.5 彩色显象管	(39)
1.5.1 自会聚彩色显象管原理	(40)
1.5.2 彩色显象管的白平衡调整	(44)
1.6 彩色电视机构成方框图	(45)
1.6.1 高频调谐器	(45)
1.6.2 图象中频信号处理电路	(46)
1.6.3 伴音中频信号处理及音频信号放大电路	(47)
1.6.4 行、场扫描电路	(48)
1.6.5 彩色电视机的开关电源电路	(50)
第二章 彩色电视机公用通道电性能测量	(51)
2.1 概述	(51)
2.2 有关规定、名词术语及测试前准备	(51)
2.2.1 主要名词术语解释	(51)
2.2.2 测试条件	(57)

2.2.3 调谐与调整	(61)
2.2.4 音频优选频率	(63)
2.2.5 各测量项目的测量频道数	(63)
2.3 图象及伴音通道灵敏度的测量	(64)
2.3.1 图象通道噪声限制灵敏度	(64)
2.3.2 伴音通道噪声限制灵敏度	(68)
2.3.3 彩色灵敏度	(69)
2.4 选择性、中频抑制比、假象抑制比的测量	(70)
2.4.1 选择性	(70)
2.4.2 中频抑制比	(72)
2.4.3 假想抑制比	(73)
2.5 交扰调制抑制能力及抑制彩色副载波与伴音内载波的差拍干扰能力的测量	(73)
2.5.1 交扰调制抑制能力	(73)
2.5.2 抑制彩色副载波和伴音内载波差拍干扰能力的测量	(75)
2.6 自动频率控制特性的测量	(77)
2.7 自动增益控制静态特性的测量	(80)
2.8 天线输入端行波系数的测量	(81)
2.9 扫描及同步电路性能的测量	(84)
2.9.1 图象重显率的测量	(85)
2.9.2 扫描非线性失真	(85)
2.9.3 图象几何失真	(86)
2.9.4 扫描同步范围	(88)
2.10 电源电路性能的测量	(90)
2.10.1 电源消耗功率	(90)
2.10.2 保持图象稳定的电源电压变化范围	(90)
2.11 伴音通道电性能的测量	(91)
2.11.1 伴音通道最大有用电输出功率	(91)
2.11.2 图象信号、扫描及电源电路在伴音通道中产生的噪声	(92)
2.11.3 伴音通道调幅抑制比	(93)
第三章 彩色电视机解码电路的测量	(96)
3.1 概述	(96)
3.2 亮度通道线性波形响应	(99)
3.3 色度通道线性波形响应	(113)
3.4 亮度通道直流分量失真	(118)
3.5 色度通道直流分量失真	(121)
3.6 消色电路功能	(124)
3.7 色度自动增益控制特性	(126)
3.8 复合亮度色度自动增益控制动态特性	(129)
3.9 亮度色度通道时延差	(133)
3.10 亮度信号行期间的非线性	(139)

3.11	色度信号行期间的非线性	(141)
3.12	色度信号解调误差	(146)
3.13	G-Y信号矩阵误差	(153)
3.14	基色信号矩阵误差	(155)
3.15	行顺序信号电平的不一致性	(159)
3.16	行顺序信号阶跃处的相位失真	(162)
3.17	彩色同步稳定性	(164)
第四章	彩色电视机色度学及色度测量	(167)
4.1	色度学的基本知识	(167)
4.2	CIE标准色度学系统	(168)
4.2.1	1931CIE-RGB系统	(169)
4.2.2	1931CIE-XYZ系统	(169)
4.2.3	1960CIE-UCS系统	(172)
4.3	色度测量原理	(173)
4.4	BM-5型色度计简介	(175)
4.5	会聚误差的测量	(179)
4.6	全屏最大亮度的测量	(182)
4.7	大面积图象对比度的测量	(183)
4.8	基准白(D ₆₅)的色度坐标误差测量	(184)
4.9	白场色度不均匀性的测量	(186)
4.10	白平衡误差的测量	(187)
4.11	图象清晰度的测量	(188)
4.12	阳极高压稳定性	(189)
4.13	光、色性能的自动检测系统	(190)
4.13.1	硬件设计	(190)
4.13.2	软件设计	(197)
第五章	彩色电视机电声性能测量	(208)
5.1	声学基础知识	(208)
5.2	声学测量环境和主要仪器	(214)
5.2.1	消声室	(214)
5.2.2	测量传声器和声压级校准装置	(215)
5.2.3	测量放大器和电平记录仪	(217)
5.3	电视机声性能指标定义和测量方法	(217)
5.3.1	伴音通道声频率响应	(217)
5.3.2	伴音通道的平均声压	(221)
5.3.3	伴音通道声压总谐波失真(THD)	(222)
5.4	扬声器基本知识	(223)
第六章	彩电测量仪器及其配置方案	(230)
6.1	概述	(230)
6.2	电视测试发射机	(233)

6.3 射频信号发生器	(238)
6.4 彩色同步编码器	(239)
6.5 视频测试信号发生器	(243)

附录

附录一 彩色电视广播 (GB3174-82)	(247)
附录二 彩色电视广播接收机基本参数及技术要求 (GB6831-88)	(252)
附录三 我国电视频道划分	(257)
附录四 “彩色电视广播接收机基本参数及技术要求” 简明测量方法	(258)
附录五 回波损耗 L_K 与行波系数 K 对照表	(278)
附录六 声压级与声压换算表	(279)
主要参考资料	(281)

第一章 彩色电视机基本原理

彩色电视技术是从50年代到60年代成长起来的一门新兴学科,70年代到80年代得到迅速发展。随着电子技术、真空技术、大规模集成电路技术的日趋成熟,彩色电视技术发展日新月异,电、光、声、色性能指标、稳定性、可靠性等质量水平逐步提高,各种功能日益增多。近年来,我国彩色电视机的产量不断增加,以满足人民日益增长的物质和文化生活的需要。随着人民生活水平的不断提高,彩色电视机已成为人们生活中必不可少的家用电子产品。

彩色电视技术是根据人眼的视觉特性,建立在色度学基础上的新技术。它的成长与发展与电子技术的成长和发展息息相关。在学习彩色电视机性能测量技术之前,首先介绍彩色电视机的基本原理。

1.1 人眼的视觉特性与彩色电视

人眼是人类认识世界的主要感觉器官,统计表明:在人类获取的各种信息中,70%靠视觉器官,20%靠听觉器官,10%靠其他感觉器官(例如触觉、味觉、嗅觉...等)。黑白、彩色电视属于视听设备,是人们获取各种信息的主要来源之一。

人眼又是一个十分复杂的光学系统,即使任何精密的光学系统,也无法模拟人眼的某些特性。例如人眼通过瞳孔的调节作用,既能感觉到百分之几 cd/m^2 的亮度(每平方米坎德拉,又称尼特,亮度单位),也能感觉到几百万 cd/m^2 的亮度。又如,人眼通过调整两眼的会聚点,既能看到距离几厘米之内的物体,又能观察几千米远的物体,甚至宇宙空间的星体。

但是,人的眼睛也不是完美无缺的,它也有某些缺陷。电视技术的开拓者们正是利用人眼的某些特点,通过仿生原理发展了黑白电视和彩色电视技术。人眼的视觉特性与电视技术的关系主要表现为:

1. 利用人眼分辨力有限的特点,通过电子束扫描,实现图象的分解与重现

我们可以作这样一些实验,当把两个相距很近的黑点由近向远移动到一定距离时,眼睛就分辨不出有两个黑点;当把一定亮度比例、一定间隔距离的红、绿、蓝三个光点由近向远移动到一定距离时,人眼看到的是一个白色亮点,这种现象称为空间混色原理。当我们用放大镜观察彩色电视机屏幕时,发现彩色图象是由许多条状发光的红、绿、蓝荧光体组成。由于红、绿、蓝荧光体发光比例不同,就组成了一幅绚丽多彩的画面。

人眼分辨细节的能力称视觉锐度。每个人的视觉锐度不完全相同,它与每个人的生理特点、年龄有关,还与观察物体时图象的亮度、对比度、图象运动速度有关。正常视力的人,在中等亮度、中等对比度下,观察静止图象的锐度为 $1'\sim 1.5'$ 之间(图1.1.1),视觉锐度越小,分辨图象细节的能力越强。

图象越亮，人眼的视觉锐度越小，分辨图象细节的能力越强。因此，在摄象端和显象端都要求图象有一定的亮度，这样图象显得清晰、透亮。

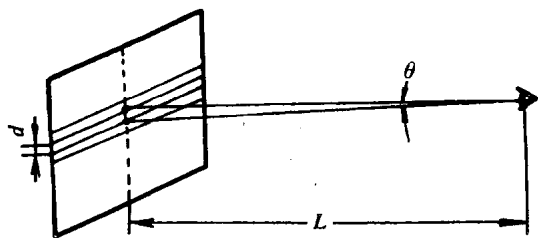


图1.1.1 视觉锐度示意图

图象对比越强，视觉锐度越小，图象显得层次分明，清晰透亮。因此，要求图象应有一定对比度，一般图象对比度应大于40。

图象运动速度越快，视觉锐度越大。观察静止图象的视觉锐度一般比观察运动图象的视觉锐度要小一些。

由于人眼对图象的分辨力有限，就可以用扫描方式分解和重现图象。扫描过程是：在图象发送端，用匀速直线扫描的电子束，从摄象管的靶面上，从左到右（称行扫描或水平扫描）、从上到下（称场扫描或垂直扫描）摄取图象信号。摄象管是一种光-电转换器件，它的靶面是由光敏元件组成的。当图象投射到靶面上时，靶面会形成随图象亮度成正比例的电荷积累。当电子束扫描靶面，即可从靶面上摄取随图象亮度成正比的视频信号，在图象接收端，用与发送端相同的扫描方法，在显象管的荧光屏上，重现电视图象。显象管是一种电-光转换器件，彩色显象管的荧光屏是由黑底、条状红、绿、蓝三色荧光体组成。重现图象时，由于彩色显象管红、绿、蓝三枪电子束流的大小与摄象机中红、绿、蓝三路摄象管相对应的电流成正比，所以彩色显象管荧光屏上就可以重现艳丽多彩的图象。

为了保证发送、接收端分解、重现图象的位置相同，发送端与接收端的行、场扫描电流必须同频、同相（即严格保持同步）。

重现图象的清晰度与水平扫描线有关，水平扫描线越多，图象清晰度越高。但水平扫描线数不可能无限增加，它受摄象管和显象管电子束聚焦、摄象管靶面颗粒大小、显象管三色荧光体密度、荫罩孔尺寸、视频设备的经济性、有效带宽诸多因素限制。图1.1.2示出了行扫描线数与清晰度关系曲线。从曲线可以看出，清晰度与扫描线数成正比，在500线以内随着行扫描线数增加清晰度能得到明显改善，500线~800线之间，随着行扫描线数增加，清晰度改善程度缓慢；800线以上，清晰度随线数增加改善不大。人们根据正常人的视觉锐度，取行扫描线数在500~800行之间。美国、日本等国电视标准规定一帧图象的扫描行数为525行，

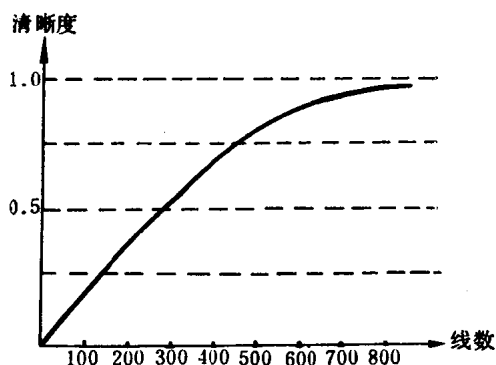


图1.1.2 行扫描线数与清晰度关系

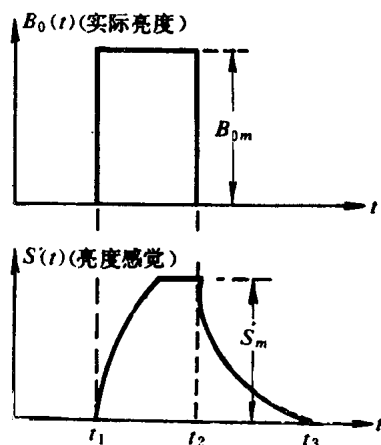


图1.1.3 视觉残留特性

苏联、东欧及我国电视标准规定一帧图象的扫描行数为 625 行。

2. 视觉惰性决定了每秒钟传送完整的图象数

人眼的视觉惰性指眼睛对亮度的主观感受与亮度作用时间的关系。短时间的光刺激，人眼感觉不如亮度相同的恒定光明亮；当光消失后，人眼对亮度的感觉还会残留一段时间，这就是人眼的视觉残留特性或视觉惰性。视觉残留特性是现代电影和电视的理论基础之一。

图 1.1.3 示出了人眼的视觉残留特性。

从图 1.1.3 可以看出：人眼的亮度感觉总是滞后实际光刺激；人眼的视觉惰性在受光时和光消失时也不完全相同，受光时的视觉惰性短，光消失时的视觉惰性长；人眼的视觉残留时间大约为 0.1 秒。

当我们观察彩色电影胶片时，发现彩色电影片是由一帧一帧内容变动不大的画面组成的。当这些画面快速连续出现时，我们会获得一幅活动彩色图象的感觉，这就是人们常说的时间混色效应。

如果实际图象的移动速度过快，或换帧次数太少，人眼感到前后两帧画面内容相差很大时，就会有跳动或闪烁感觉，不引起闪烁感觉的最低重复频率称临界闪烁频率。实践证明：每秒换帧 16 次，人眼就有连续感觉，电影技术中每秒换帧 24 次，每帧图象内容用快门连续曝光两次，就能获得连续、舒适的图象。电视技术中帧频为 25Hz，即每秒换帧 25 次。利用隔行扫描技术，25 帧图象分 50 场扫描，即每秒钟传送 50 场图象。这样一方面降低了行频，压缩了视频带宽，又能获得连续、稳定、舒适的图象。图 1.1.4 示出了隔行扫描的示意图。

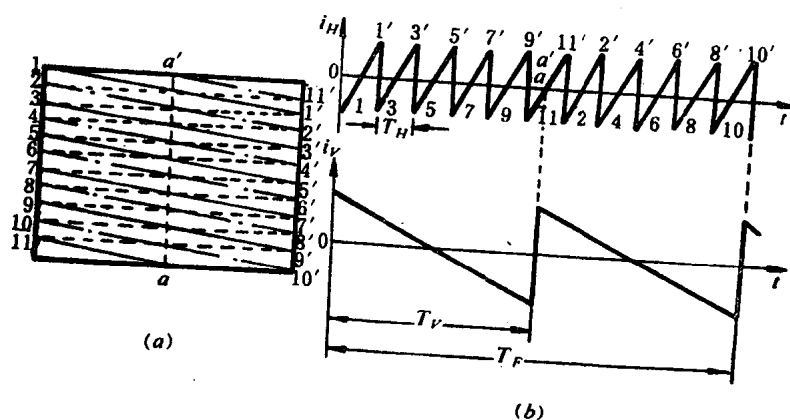


图 1.1.4 隔行扫描示意图

3. 人眼对彩色的分辨能力比对亮度的分辨能力低，故能对亮度信号和色度信号采用不同的频带传送

众所周知，人们观看景物是通过光波传送及眼睛的透镜作用，使景物在眼睛内的视网膜上成象。人眼的构造如图 1.1.5 所示。视网膜为一透明薄膜，由大量锥状和杆状光敏细胞组成。当人眼观看外界景物时，景物的光亮通过角膜、前室、水晶体及玻璃体，使景物聚焦在视网膜的中心部位(黄斑区)。此时，视网膜的光敏细胞接收光刺激，转化为神经冲动，经视神经再传导到大脑皮层的高级视觉中枢，人就感觉到景物的大小、形状、颜色等。

视网膜中光敏细胞按形状分为锥状细胞和杆状细胞两种。锥状细胞能够分辨颜色，但灵敏度低。锥状细胞分布较密，视觉锐度高，主要决定人眼的明视觉特性。而杆状细胞只在弱暗光条件下才起作用，它的灵敏度高，但不能分辨颜色和景物的细节。图 1.1.6 示出了人眼

的相对视敏函数曲线，其最大值约为555nm，因此人眼对黄绿色灵敏度最高。

视网膜中，中央与边缘部分光敏细胞分布不同，中央部分视觉主要是锥状细胞起作用，边缘视觉主要是杆状细胞起作用。具有正常颜色视觉的人，视网膜中央能辨别各种颜色，边缘部分辨别颜色的能力减弱。另外，锥状细胞

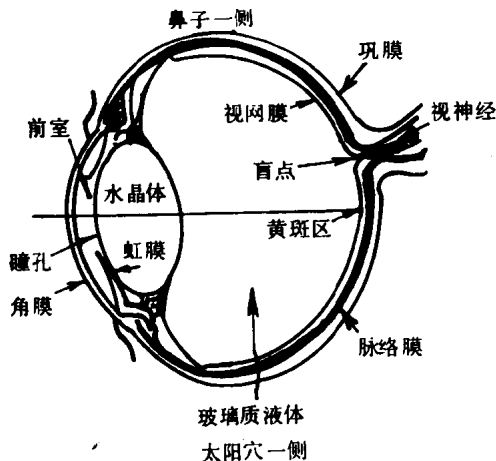


图1.1.5 人眼的剖面图

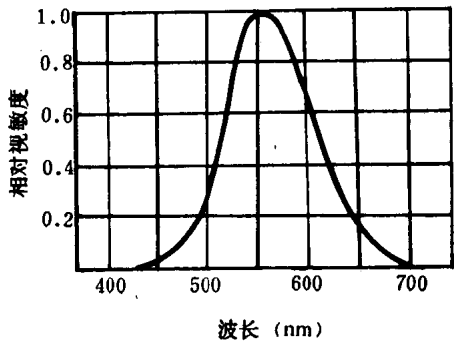


图1.1.6 视敏函数曲线

的灵敏度比杆状细胞低，所以人眼对颜色的分辨能力比亮度的分辨能力低。如果人眼对一定距离的黑白相间的条纹能分辨出黑白差别，当换成不同颜色的条纹后，只要各条亮度不变，就可能分辨不出不同的条纹，对红绿相间的条纹感觉的是一片黄色。实验还证明人眼对不同颜色的细节分辨力也不同。在同样照度下，能分辨绿色细节，对红、蓝细节就可能分不清。如将眼睛对黑白颜色组合细节的分辨力定为100%，则对各种不同颜色组合的分辨力如表1.1.1所示。

表1.1.1 人眼对彩色细节的分辨力

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

从表中可以看出，人眼分辨彩色细节的能力很差。利用人眼的这一视觉特性，可以对亮度信号和色度信号采用不同的频带传送。即用较宽的频带传送亮度信息，保证图象细节的清晰程度；利用较窄的频带传送色度信息，适应人眼对颜色细节分辨差的特性，节省和压缩视频频带。当两幅图象重迭在一起时，人们看到的仍然是一幅图象清晰，颜色鲜艳的彩色图象。这就是彩色电视中的大面积着色理论。正如美术工作者作画时，也总是先用细毛笔描绘出图象的黑白细节和轮廓，再用粗毛笔涂一些颜色，人们看到的仍然是一幅美丽的水彩画面。

4. 彩色视觉的三基色原理，使人们有可能选取红、绿、蓝三种基色，混合出自然界绝大多数颜色

理论与实践证明：人眼内视网膜上存在红、绿、蓝三种光敏细胞，每种光敏细胞都能引起一种基色感觉。当光作用到视网膜上时，虽然能同时引起三种光敏细胞兴奋，但由于光的波长不同，其中一种光敏细胞的兴奋特别强烈。例如波长620~760nm的光虽然同时刺激红、绿、蓝三种光敏细胞，但红光敏细胞的兴奋最强烈，因而产生红色感觉。500~530nm波长的光引起绿光敏细胞兴奋最强烈，因而产生绿色感觉。430~470nm波长的光引起蓝色感觉。光刺激若同时引起三种视敏细胞强烈兴奋时，就会产生白色感觉。当产生某一颜色感觉时，

虽然一种光敏细胞兴奋最强烈，但另外两种光敏细胞也同时兴奋，所以每种颜色都有白光成份，即有亮度感觉。三种光敏细胞兴奋的比例和程度不同，就会产生各种不同的彩色感觉。图 1.1.7 示出了视网膜中三种锥状细胞的相对视敏函数曲线。

从图 1.1.7 可以看出，580nm 波长的黄色光，既能使红光敏细胞兴奋，又能引起绿光敏细胞兴奋。因此，当红光和绿光以适当比例混合，同时作用于视网膜时，它产生的颜色感觉与黄单色光相同。在一般情况下，如两组光谱成份不同的光，只要三种光敏细胞对它们的感受相同，则主观彩色感觉就相同，这就是人们常说的同色异谱光的概念。人们正是根据三基色原理和同色异谱光概念，选取红、绿、蓝三种基色，分解、传送、重现大自然界的各种颜色，发明并发展了彩色电视技术。

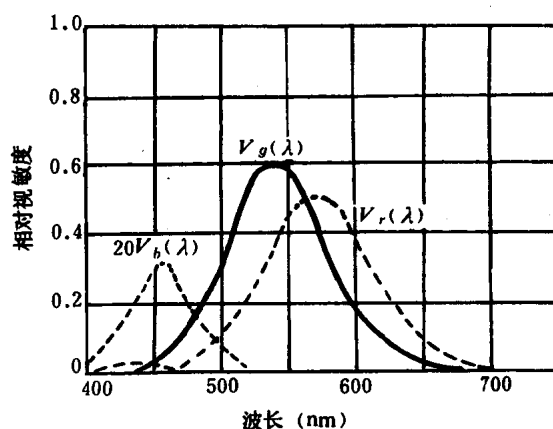


图1.1.7 三种锥状细胞相对视敏函数曲线

实际上自然界中真正的单基色和饱和度很深的颜色很少，选取红、绿、蓝三基色合成的颜色，足以满足人眼对颜色的需要，加上人为的加工、调整，彩色电视复现的彩色画面，比真实的自然景物更加鲜艳，更富有艺术感染力。

1.2 电视广播制式

1.2.1 视频信号的调制与解调特性

前已述及，我国电视标准规定每帧图象的扫描线数为 625 行，根据临界闪烁频率确定最低帧频为 50Hz，人眼的视觉特性确定的视场幅型比为 4:3。假定垂直方向的分解力与水平方向相同，行、场扫描的正、逆程比分别为 8:1 和 10:1，光栅一明一暗为一个正弦波信号，则经简单运算后可以知道：采用逐行扫描方式，视频信号的最大带宽约 11MHz；采用隔行扫描方式后，视频信号的最大带宽降为 5.5MHz。我国电视标准规定视频信号带宽为 6MHz。为了减小伴音信号对图象信号的干扰，图象信号采用负极性调幅，伴音信号采用调频传送，伴音信号载频比图象信号载频高 6.5MHz。考虑到频道间间隔，一个电视频道占有有效带宽为 8MHz。

从调幅理论知：当带宽为 ΔF 的视频信号对载频 f_0 调幅时，已调波信号除包括载频 f_0 之外，还包括上边带 ($f_0 + \Delta F$) 和下边带 ($f_0 - \Delta F$)。因此，在广播电视系统中，如果用双边带传送电视信号，6MHz 视频带宽将占有 12MHz 带宽。这样，在一定频段内能容纳的电视台数量将受到很大限制，有限的频率资源利用率降低。

为了在保证一定图象质量的前提下，尽可能压缩图象已调波带宽，充分利用频率资源，电视广播系统中，视频信号采用残留边带调制方式(图 1.2.1)，即发送一个完整的上边带，保留一部份下边带，在 0~0.75MHz 之内采用双边带传送，0.75MHz 到 6MHz 的图象信号采

用单边带传送。这样就能最大限度的压缩频带，充分利用频率资源。

采用残留边带调幅方式后，如果接收机的调谐回路调谐在图象载频上，在包络检波时，

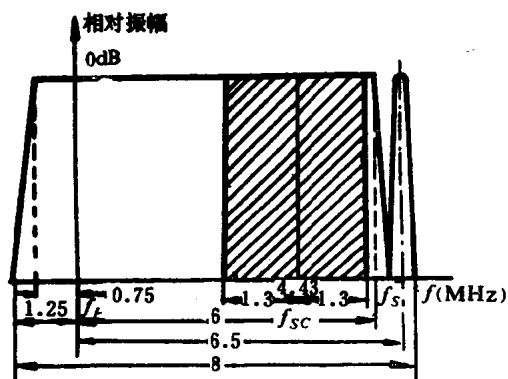


图1.2.1 残留边带的幅-频特性

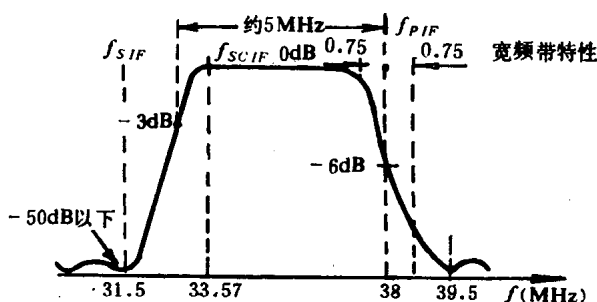


图1.2.2 电视机图象中放幅-频特性

视频信号就会产生较大的失真，对 $0 \sim 0.75\text{MHz}$ 的视频信号来说，振幅较高，相对压缩了 $0.75\text{MHz} \sim 6\text{MHz}$ 的视频信号分量，破坏了原来视频信号的频谱关系。

当发送端（电视发射台）采用残留边带调幅时，为了无失真地传送图象信号，电视接收机图象中频放大器的幅-频特性如图 1.2.2 所示。即图象中频频率 f_{PIF} 的相对增益 K 为 $0.5 (-6\text{dB})$ ，在 $(f_{PIF} - 0.75)\text{MHz}$ 以下频率范围内的相对增益 K 等于 $1 (0\text{dB})$ ；在 $(f_{PIF} + 0.75)\text{MHz}$ 处相对增益 K 等于 0 ；而在 $(f_{PIF} - 0.75)\text{MHz}$ 到 $(f_{PIF} + 0.75)\text{MHz}$ 频率范围内的幅频特性为一条斜直线。这样一来，利用包络检波原理，使 $f_{PIF} \pm 0.75\text{MHz}$ 范围内的视频信号分量互补、叠加，视频检波信号的输出包络与调制信号的包络基本相同，仅仅是振幅衰减一半。

1.2.2 伴音信号的传递

为了减小伴音信号与图象信号之间的相互干扰，图象信号采用负极性调幅，而伴音信号采用调频制。伴音信号载波频率在高频部分比图象信号载波频率高 6.5MHz 。

伴音信号接收采用超外差单通道内载波接收。所谓超外差接收是指接收到的图象和伴音载频信号，在混频器中与本机振荡器产生的、比图象载频高一个图象中频（我国规定为 38MHz ）的等幅波信号混频，形成一个较低的图象中频（ 38MHz ）调幅信号和伴音中频（ 31.5MHz ）调频信号。采用超外差接收的优点是：

1. 简化了调谐电路。由于电视广播采用多频道接收，VHF频段有12个电视频道，UHF频段包括13~57频道（见附录三），采用超外差接收后，VHF频段和UHF频段只需要在输入回路、高放回路、本振回路实现调谐及跟踪即可，混频输出信号均为较低的固定频率，只需采用固定频率的宽频带放大器，大大简化了整机的调谐。

2. 图象和伴音中频信号均为较低的固定频率，易于保证较高的稳定增益，且易于实现图象和伴音通道的幅-频特性。

所谓单通道内载波接收是指图象和伴音中频信号经过公共的中频放大器放大，同时加到同一个视频检波器。视频检波器对图象中频信号来说，它的作用是取出视频信号包络；对 6.5MHz 的第二伴音中频信号来说，它利用了视频检波器的非线性，使图象中频信号（ 38MHz ）

与伴音中频信号(31.5MHz)差拍形成 6.5MHz 第二伴音中频信号。视频检波器相当于混频器, 图象中频频率好象是本机振荡频率, 这种接收方式称单通道内载波接收方式。图 1.2.3 示出了这种接收方式的方框图。

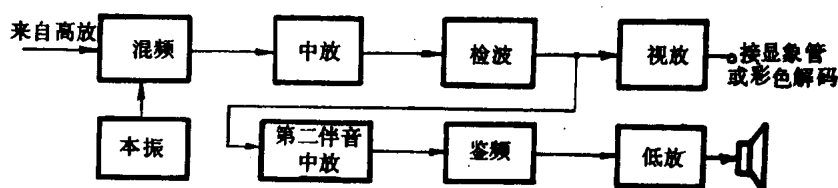


图1.2.3 伴音信号的接收方式

单通道内载波接收的第一个优点是第二伴音中频频率稳定。在电视发射台, 只要设法保证图象载波频率比伴音载波频率低 6.5MHz, 接收机端本机振荡频率漂移并不影响第二伴音中频的频率稳定性。

单通道内载波接收的第二个优点是线路简单, 公共的图象中频放大器对伴音信号也有较大的增益。为了减小伴音信号对图象信号的干扰, 公共通道对伴音信号的幅度又要进行适当的衰减。伴音信号振幅最大只能为高频振幅的 5%, 即衰减 26dB。

为了保证单通道内载波正常接收, 要求视频信号调制度为 87.5%, 白电平时的残留电平为最大振幅的 12.5%。

电视伴音信号采用调频传送, 除了便于实现内载波接收, 降低图象信号与伴音信号之间的干扰外, 还由于调频广播具有一系列优点。其主要优点是:

1. 调频信号的频带较宽, 可以得到较好的音质。理论分析证明调频波的带宽 B 与调频指数 M_f 成正比, 即

$$B = 2(M_f + 1)F$$

其中, F 为调制频率, $M_f = \frac{\Delta\omega}{\Omega} = \frac{\Delta f}{F}$ 。按照我国广播电视标准规定, $\Delta f_m = 50\text{kHz}$, 调制频率的最大值为 15kHz, 则最大带宽 $B_{\max}$ 为:

$$B_{\max} = 2\left(\frac{\Delta f_{\max}}{F_{\max}} + 1\right)F_{\max} = 130\text{kHz}$$

按照相同的计算, 调幅信号的带宽仅为 30kHz。由于调频信号的带宽较宽, 必须在甚高频以上频段传送, 而电视频道正好处于 VHF 频段和 UHF 频段, 电视伴音信号有可能在电视频道传送, 从而获得较好的音质。

2. 调频信号具有较高的抗干扰性: 调频信号在传输过程中, 由于各种干扰可能引起寄生调幅。在电视广播系统, 又由于采取内载波单通道接收, 还可能产生由调幅图象信号造成寄生调幅。由于调频波的振幅不变, 故在调频伴音通道, 可以采用限幅器, 抑制寄生调幅分量, 改善伴音通道信噪比。

3. 在调频制中, 可以利用预加重和去加重措施, 进一步提高调频信号的抗干扰能力。从调频信号的频谱分析可知: 调频信号的旁频能量随谐波次数增加而减小, 同时语言和音乐频谱中, 高频成分的能量总是低于低频分量, 加之接收机输出端噪声也总是高频时的噪声大, 这就使得高频信噪比变差, 抗干扰能力差。为此, 可以在电视发射机中, 人为地提高

高频信号振幅，即人们常说的“预加重”措施。我国电视广播标准规定，预加重的时间常数为 $50\mu\text{s}$ 。在接收机端，为了恢复音频信号原来的频谱关系，必须人为地加入“去加重”措施。“预加重”和“去加重”电路的形式及频率特性如图1.2.4所示。

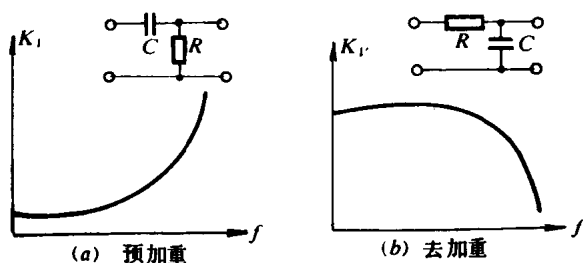


图1.2.4 电视系统伴音信号的预加重和去加重

1.2.3 电视同步信号

电视系统为了正确分解、重现电视信号，要求所有扫描电路都工作在同步状态，即电视接收机的行、场扫描电路必须与电视发射中心的行、场扫描电路同频、同相工作。一个完整的全电视信号，除包括反映图象亮度和色度信息的视频信号之外，还应包括：行、场复合同步信号和行、场复合消隐信号。

图1.2.5示出了行同步脉冲、行消隐脉冲和视频信号的关系。关于奇数场和偶数场的场同步脉冲、场消隐脉冲、前后均衡脉冲及槽脉冲的波形图见附录一中附图1.2和1.3。



图1.2.5 行同步脉冲示意

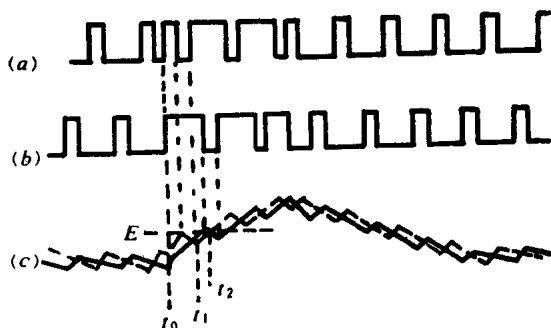


图1.2.6 奇数场与偶数场在场同步触发时间上的差异

复合同步脉冲中的行、场同步脉冲的作用是保证电视接收机的行、场扫描电路与摄像机的行、场扫描电路同频、同相工作；复合消隐信号中的行、场消隐脉冲的作用是在行、场扫描逆程期间，截止显象管的电子束，消除行、场回扫线。

对复合同步脉冲的主要要求是：行、场同步信号易于分离，同时有较高的抗干扰能力，场同步脉冲还应保证隔行扫描正常、精确。

为了便于复合同步脉冲从正极性全电视信号中分离，同步脉冲电平最低，消隐脉冲比同步脉冲高25%，且对应图象的黑色电平。为了便于行、场同步脉冲分离，行、场同步脉冲应是脉宽不同、频率不同的矩形脉冲。

奇数场的场同步脉冲的前沿与它前面最近的一个行同步脉冲之间只隔了半行时间，而偶数场的场同步脉冲的前沿与它前面最近的一个行同步脉冲之间却隔了一行时间(图1.2.6)。由于奇数场和偶数场的这种差异，使得积分电容器上的电荷不等(即电容器的起始电压不等)，使两场同步脉冲触发场振荡器的时间(t_1 、 t_2)距两场的场同步脉冲前沿出现的时刻(t_0)之间，在时间间隔上不相等，如图1.2.6(c)。这种时间上的差异，将造成奇数场与偶数场并行，降低了图象垂直清晰度。

为了消除并行现象，应把前均衡脉冲的频率提高为行频的两倍。这样，不管奇数场和偶数

场的同步信号,在距其前面一个均衡脉冲的时间间隔均为半行,并在前两行半的时间内也都隔半行碰到一个脉冲,从而保证两场同步脉冲起始状态相同。由于在这段时间内均衡脉冲数增加了一倍,为了避免积分电容器上电压的差异,前后均衡脉冲宽度为行同步脉冲的一半。

为了保证在场同步脉冲期间,行同步脉冲不间断,把 $2.5H$ (行周期)宽的场同步脉冲分割成五个脉冲,称这五个脉冲为齿脉冲,分离的脉冲称槽脉冲。同时,为了保证行相位准确,槽脉冲的后沿对准行同步脉冲的前沿,这是由于早期行同步脉冲的分离是通过微分电路完成。只有槽脉冲后沿对准行同步脉冲前沿,才能保证行相位准确,并在场同步脉冲期间,行振荡电路也处于强迫状态工作,场扫描起始端不会出现扭行现象。

同样,为了避免奇数场与偶数场的差异,槽脉冲数也增加了一倍。为了保证奇数场和偶数场两场同步脉冲后面一段时间内的情况相同,加入了后均衡脉冲。

1.3 彩色电视信号的编码

彩色电视是建立在色度学、视觉心理学、无线电电子学基础上的新兴科学。根据三基色原理,彩色电视需要传送红、绿、蓝三种基色信号。但是怎样才能把红(R)、绿(G)、蓝(B)三基色信号传送到接收端呢?本节主要介绍彩色电视信号的编码过程。

1.3.1 彩色电视信号的传送方式

为了方便、简单地传送彩色电视信号、各国科学家曾经作过许多实验,曾经设想过许多不同的方法,现简述如下。

同时制:同时制利用人眼的空间效应。在发送端用 R 、 G 、 B 三个滤色镜头将景物分解成 R 、 G 、 B 三个基色信号,再由三个通道同时传送。在接收端用 R 、 G 、 B 三个基色信号同时控制彩色显象管 R 、 G 、 B 三枪电子束,利用空间混色效应重现彩色图象。同时制又可分为行同时制、场同时制和点同时制。这种方式看起来简单,但由于要三套设备,三条通道,如果每个基色信号的带宽要 6MHz ,一套彩色电视节目要占 18MHz 带宽,因设备庞大,不经济,早已被淘汰。

顺序制:它利用彩色摄像机得到的 R 、 G 、 B 三基色电视信号,通过一个传送通道,然后依一定的先后顺序(行顺序、场顺序、点顺序)传送出去。在接收端再以相同顺序显示,利用人眼的视觉惰性,就能看到一幅完整的彩色图象。这种传送方式是利用人眼的时间混色效应,实现彩色图象传送。这种方式虽然实现了单通道传送彩色信号,但由于行频或场频要提高三倍,导致视频带宽提高三倍,因而亦被淘汰。

兼容制:由于历史原因,彩色电视比黑白电视晚十几年,彩色电视是在黑白电视的基础上发展的,考虑彩色电视制式时,必须考虑大量黑白电视机用户,彩色电视信号必须能被黑白电视接收机用户接收,尽管它显示的仍是黑白图象。同时,黑白电视信号也能被彩色电视机接收,尽管它显示的也只能是黑白图象。这种互相兼容的结果,大大丰富了黑白和彩色电视的节目内容,同时也促进了彩色电视的技术发展。

为了实现黑白、彩色电视的兼容,彩色电视必须满足下列要求:

1. 彩色电视必须采用与黑白电视相同的扫描制式和标准,例如每帧扫描线数为625行,行频为 15625Hz ,场频为 50Hz ,视频带宽为 6MHz ,图象与伴音载频之差为 6.5MHz ,频道

间隔为 8MHz……等。

2. 彩色全电视信号中必须包含一个反映图象明暗的亮度信号, 供给大量黑白电视机接收。

3. 彩色电视信息必须在与黑白电视相同的带宽内传送, 彩色电视信息与黑白电视信息要易于分离, 又不容易产生明显的相互干扰。

1.3.2 彩色电视三大制式

按照兼容制彩色电视的要求, 彩色电视信号的传送必须采用单通道传送。首先把三种基色信号通过编码器, 变换成单一的时间函数, 即在单通道传输过程中, 每个瞬间只能有一个确定的电压或电流。

目前世界上最主要的彩色电视制式有三种, 它们的共同特点是把摄像机输出的 R 、 G 、 B 三基色彩色图象信号, 通过编码器, 变换成一个亮度信号 Y 和两个色差信号 ($R-Y$, $B-Y$), 再经过适当信号处理后再传送。

(一) NTSC 制 (National Television Systems Committee)

它是1953年由美国国家电视制式委员会提出的一种兼容制彩色电视系统。NTSC 制的最大特点是采用正交平衡调幅, 即将 $R-Y$ 、 $B-Y$ 两个色差信号分别在频率相同、相位差为 90° 的副载波上进行平衡调幅。平衡调幅抑制了副载波, 减小了副载波干扰。将两个已调色差信号 I 、 Q 正交矢量相加, 得到色度信号 F_c 。色度信号 F_c 与亮度信号 F_Y 相加, 得到彩色全电视信号。

NTSC 制在彩色电视发展史上解决了彩色电视信号的分色、信号编码、频带压缩、大面积着色、频谱交错等问题, 为彩色电视技术的发展奠定了基础。NTSC 制的主要缺点是对解调相位误差和传输相位误差比较敏感。

(二) PAL 制 (Phase Alternation Line)

它是为了克服NTSC制彩色电视系统对相位的敏感性, 由联邦德国德律风根公司布鲁克 (W.Bruch) 教授于1962年提出的。其特点是逐行倒相正交平衡调幅制。PAL 制是在NTSC制基础上建立的。它把其中一个色度信号 (V) 逐行倒相, 然后 U 、 V 信号矢量相加形成色度信号 F_c , 再与亮度信号 F_Y 相加, 形成全电视信号。

PAL制巧妙地解决了NTSC制对相位失真的敏感性问题, 大大改善了彩色电视机的图象质量。同时应用梳状滤波器实现 U 、 V 信号分离, 使两个已调色差信号在解调之前就可以分离, 色差信号之间串扰较小, PAL 制的缺点是接收机线路较复杂, 同时由于彩色显象管光电特性的非线性, 使相邻行相位失真引起的亮度不同, 导致彩色图象出现“爬行”现象。

(三) SECAM 制 (Séquentiel couleur à mémoire)

它是为了克服NTSC制相位敏感而提出的另一种兼容制彩色电视制式, 其基本要点是顺序传送彩色与存储, 其基本设想是1956年由法国汤姆逊公司工程师亨利·弗朗斯提出, 1966年逐步完善而成的。主要特点是逐行依次传送色差信号 $R-Y$ 和 $B-Y$, 在同一时间内传输通道只有一个色差信号, 因此不会产生串扰现象。SECAM 制是用错开传输时间的办法 (时分原则) 克服串色造成的彩色失真, 而亮度信号每行都要传送。SECAM 制在发射端是行顺序制, 在接收端属于点同时制。

接收端再利用一行延迟线, 将收到的色度信号存储一行, 使每一行色差信号重复使用两