

高等院校 电子信息类 “十一五” 规划教材

电视接收技术

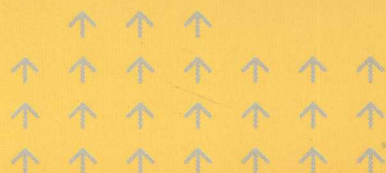
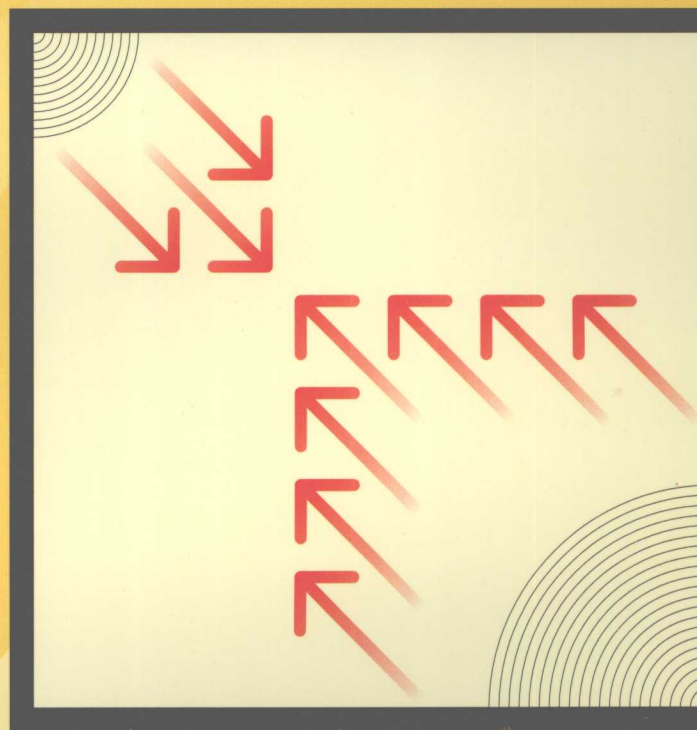
DIANSHI JIESHOU JISHU

李相伟 吕月娥 编著 颜世科 主审



国防工业出版社

National Defense Industry Press



高等院校电子信息类“十一五”规划教材

电视接收技术

李相伟 吕月娥 编著

颜世科 主审

国防工业出版社

·北京·

内容简介

本书系统地阐述了传统模拟电视、近代数字处理电视和当代数字电视的基本原理与接收技术,在全面介绍电视系统基本原理的基础上,对电视接收机的典型电路进行了详细分析,对新技术、新电路作了较翔实的介绍,并注重电路结构组成的论述,深入浅出地阐述了电视信号的工作流程和工作原理。全书共分六章,内容包括:模拟电视基础、模拟电视接收技术、模拟电视数字处理技术、数字电视基础、数字电视接收技术及数字交互式电视与网络电视技术。

本书既可供电子信息专业或相关专业的各类高校师生作为教材使用,也可作为工程技术人员、维修人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电视接收技术/李相伟,吕月娥编著. —北京:国防工业出版社,2008.2

高等院校电子信息类“十一五”规划教材

ISBN 978-7-118-05504-7

I. 电... II. ①李...②吕... III. 电视接收机—高等学校:技术学校—教材 IV. TN949.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 202816 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

涿中印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 20 字数 460 千字

2008 年 2 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 32.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)68428422 发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

前 言

为了适应电视技术飞速发展和高校课程设置以及建设高质量教材的需要,根据当代模拟电视和数字电视共存的现状,遵循模数并重的原则,并结合编著者多年来的教学经验编写了本教材。

本书共分六章,第1章主要介绍模拟电视系统的基本原理,包括模拟电视信号的获取、调制和传输等基础知识,为读者学习模拟电视接收技术奠定良好的基础;第2章主要阐述模拟电视接收技术,以电视接收机基本组成为主线,详细分析了各部分电路的结构与工作原理,加入了在现代大屏幕电视中与部分基本电路对应的新电路、新技术等内容,使读者对传统彩电和近代彩电的功能与电路结构有一个比较清楚的了解;第3章主要讲述模拟电视接收的数字处理技术,以模拟电视的数字化进程为主线,依次介绍了各部分功能电路结构和工作原理,通过全面介绍数字化彩电的新知识、新技术、新方法,以全新的面貌为读者提供更好、更切实的帮助;第4章主要介绍数字电视的基本原理,以数字电视信号的获取、调制和传输过程为思路,对基本理论进行了详细的叙述,使读者在学习数字电视接收技术之前,对数字电视系统有一个初步的了解;第5章主要阐述数字电视接收技术,详细分析了卫星电视接收机、有线电视接收机和地面数字电视接收机的组成电路结构和工作原理,使读者对数字机顶盒有一个全面、系统的了解;第6章主要介绍数字交互式电视与网络电视技术,着重讲述了数字交互式电视与网络电视的组成、原理与关键技术,扼要地介绍了数字电视、数字交互式电视、网络电视与手机电视的区别和应用,使读者对电视业有一个全新的了解和认识。通过对各章节的学习,旨在使读者了解电视技术的过去,学习电视技术的今天,把握电视技术的明天。

本书在内容叙述方面,力求语言简洁、准确;在内容安排方面,以电视发展进程为基础,以电视信号的获取、发射传输和接收为主线,进行系统全面的论述;在内容的深度和广度方面,兼顾相关各专业的共性,结合本科与专科、普通高校与高职校的特点,具有广泛的适用性。

本书在编写过程中,颜世科教授认真审阅了全书,提出了许多宝贵建议,参考文献中作者的理论和成果给了我们有力的帮助。同时也得到了国防工业出版社的大力支持和帮助,在此一并表示感谢。

由于我们水平有限,书中难免有不足之处,敬请批评指正。

编著者

目 录

第1章 模拟电视基础	1
1.1 电视基本理论	1
1.1.1 光的特性	1
1.1.2 人眼的视觉特性	2
1.1.3 色度学基本知识	4
1.2 电视图像光电转换与电子扫描原理	7
1.2.1 电视系统传像基本原理	7
1.2.2 黑白图像的光电转换	8
1.2.3 电子扫描	10
1.2.4 我国广播电视扫描参数	13
1.2.5 现代彩色图像光电转换器件	13
1.3 黑白全电视信号及其调制与传输	23
1.3.1 黑白全电视信号的组成	23
1.3.2 电视信号的调制	27
1.3.3 电视信号的传输方式	30
1.4 兼容制彩色电视基本原理	34
1.4.1 黑白彩色实现兼容的措施	34
1.4.2 NTSC制彩色电视原理	41
1.4.3 PAL制彩色电视原理	44
思考与练习	53
第2章 模拟电视接收技术	55
2.1 模拟电视接收机组成	55
2.1.1 黑白电视接收机的组成	55
2.1.2 彩色电视接收机的基本组成	58
2.2 高频及中频电视信号处理电路	60
2.2.1 高频调谐器概述	61
2.2.2 全频道电子调谐器工作原理	63
2.2.3 电子调谐器外围控制电路	66
2.2.4 频率合成式高频调谐器	69
2.2.5 中频通道的作用与要求	70
2.2.6 中频通道的组成与电路工作原理	72
2.2.7 中频通道实例分析	78
2.2.8 准分离式中频通道	79

2.3 伴音信号处理电路	81
2.3.1 伴音信号处理电路的组成	81
2.3.2 伴音中频信号处理电路	81
2.3.3 音频信号处理电路	83
2.4 PAL 解码器	85
2.4.1 梳状滤波器亮/色分离电路	85
2.4.2 亮度通道	88
2.4.3 色度通道	100
2.4.4 副载波恢复电路	103
2.4.5 解码矩阵电路	109
2.5 同步扫描电路	110
2.5.1 扫描电路的作用与组成	110
2.5.2 同步分离电路	111
2.5.3 行扫描电路	113
2.5.4 场扫描电路	122
2.5.5 光栅枕形失真校正电路	124
2.6 开关型稳压电源	127
2.6.1 开关电源的组成及分类	128
2.6.2 开关电源基本电路与工作原理	128
2.6.3 开关电源电路实例分析	131
思考与练习	133
第3章 模拟电视数字处理技术	135
3.1 数字处理电视概述	135
3.1.1 数字处理电视接收机的组成	135
3.1.2 数字处理电视接收机的特点	136
3.1.3 模拟电视数字化处理技术	136
3.2 功能控制数字处理技术(遥控系统)	139
3.2.1 遥控系统的功能	139
3.2.2 红外线遥控的基本原理	140
3.2.3 遥控系统的组成与工作原理	141
3.2.4 遥控系统实例分析	143
3.2.5 I ² C 总线控制系统	147
3.3 画中画显示技术	150
3.3.1 画中画彩色电视机的功能	150
3.3.2 画中画电视机的分类与组成	151
3.3.3 子画面的处理技术	152
3.3.4 画中画电视电路实例分析	154
3.4 视频信号数字处理技术	154
3.4.1 数字亮、色信号分离电路	155
3.4.2 数字解码电路	157

3.5 倍频变换显示技术	159
3.5.1 倍频变换基本电路结构	159
3.5.2 倍频变换工作原理	160
3.5.3 倍频变换电路实例分析	163
3.6 NICAM-728 数字伴音系统	164
3.6.1 NICAM-728 伴音信号的编码	165
3.6.2 NICAM-728 伴音信号的调制和发射	166
3.6.3 NICAM-728 伴音信号的解调和解码	167
3.7 整机框图分析	168
思考与练习	174
第4章 数字电视基础	175
4.1 数字电视概述	175
4.1.1 数字电视及其突出优点	175
4.1.2 数字电视的主要参数	177
4.1.3 数字电视的图像格式	178
4.1.4 数字电视广播系统的组成	179
4.2 信源编码与多路复用	181
4.2.1 视频压缩编码	181
4.2.2 音频压缩编码	190
4.2.3 多路复用	196
4.3 信道编码与调制技术	198
4.3.1 信道编码	198
4.3.2 调制技术	204
4.4 数字电视传输方式与广播标准	211
4.4.1 数字电视传输方式	211
4.4.2 数字电视传输国际标准	212
4.4.3 我国数字电视传输标准	219
思考与练习	222
第5章 数字电视接收技术	224
5.1 概述	224
5.2 卫星数字电视接收技术	225
5.2.1 卫星数字电视信号的接收特点	225
5.2.2 卫星数字电视接收机的组成	226
5.2.3 家用型卫星数字电视接收机	229
5.2.4 天馈系统常见故障及检修方法	237
5.3 有线数字电视接收技术	240
5.3.1 有线数字电视的优点	240
5.3.2 有线数字电视接收机的组成	241
5.3.3 有线数字电视接收机典型分析	241
5.4 地面数字电视接收技术	247

5.4.1	概述	247
5.4.2	各种制式接收技术简介	249
5.4.3	地面数字电视接收机典型分析	252
5.4.4	国产地面传输数字电视接收机举例	257
5.5	数字电视条件接收技术	258
5.5.1	概述	258
5.5.2	条件接收系统的组成和工作原理	260
5.5.3	条件接收系统的关键技术	262
5.5.4	条件接收系统的机卡分离	266
5.5.5	国产条件接收系统简介	267
5.6	数字高清晰度电视(HDTV)简介	270
	思考与练习	273
第6章	数字交互式电视与网络电视技术	275
6.1	数字交互式电视	275
6.1.1	数字交互式电视的组成与体系结构	275
6.1.2	数字交互式电视的关键技术	279
6.1.3	数字交互式电视的应用举例	280
6.2	视频点播与视频服务器	282
6.2.1	视频点播系统的组成与功能	282
6.2.2	视频服务器的分类与功能	283
6.2.3	视频服务器数据存储结构	285
6.3	流媒体技术	289
6.3.1	流媒体技术概述	289
6.3.2	流媒体的视频格式与播放方式	292
6.3.3	流媒体的传输过程	293
6.4	网络电视(IPTV)	294
6.4.1	网络电视概述	294
6.4.2	IPTV 技术	297
6.4.3	IPTV 系统组成	299
6.4.4	数字电视、手机电视与 IPTV	304
	思考与练习	308
	参考文献	310

第 1 章 模拟电视基础

1.1 电视基本理论

电视技术是根据人眼视觉特性以一定的信号形式实时传送和重现活动景物的技术。为了更好地学习电视原理，必须先了解光的特性、人眼视觉特性和色度学等基本理论。

1.1.1 光的特性

电视图像是一种光信号，在学习电视原理之前，有必要先从电视技术的角度简要介绍一下光的某些基本特性。

1. 光和色

由光学知识可知：光是以电磁波形式存在的微粒子流，是一种能携带能量的特殊物质。

电磁波的波谱很广，包括无线电波、红外光波、可见光波、紫外光波、X 光线、宇宙射线等，如图 1.1.1 所示。其中，人眼能看到的(能引起人眼视觉的)那一部分光谱叫做可见光。可见光的波长范围为 380nm~780nm。

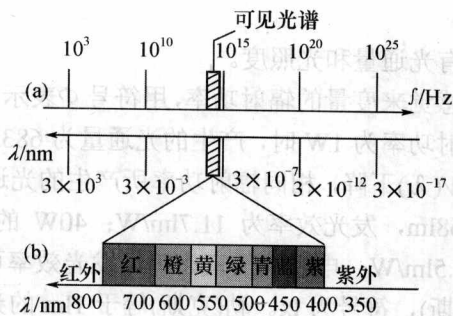


图 1.1.1 电磁波波谱

由实验得知：颜色是不同波长的光波通过人眼视觉产生的印象。例如，用 700nm 波长的光作用于人眼，人的感觉印象是红色光；用 546.1nm 波长的光作用于人眼，人的感觉印象是绿色光。

光有单色光和复合光之分。单一波长的光叫单色光；由几种波长混合成的光叫复合光。一定成分的复合光有一种确定的颜色与之对应，但一种颜色光的感受并不对应一种光谱组合，有可能是由多种单色光的复合光谱组合引起的，例如，546nm 波长的绿光与 700nm 波长的红光按一定比例混合后作用于人眼，可得到波长为 580nm 的黄光。此时，人眼已分不清是单色黄光还是红、绿两色的混合光。有人说，太阳光只是红、橙、黄、

绿、青、蓝、紫的七色光组合。其实这种说法是不妥当的，因为太阳光是多种单色光的组合，不止七色。

2. 光源和色源

光源有两种，一种是物体自身发光的，如太阳、通电后的电光、点燃后的蜡烛等；另一种是自身不发光，在发光光源的照射下，由于反射或透射而成为光源，如能反射光的平面镜、能透射光的蓝玻璃等。

色源有两种，一种是不发光的物质，它在一定功率波谱的照射下，因反射一定的光谱成分并吸收其余部分而呈现相应的色彩，例如，太阳光照射在树上，树叶反射了绿色光波并吸收其他光谱而成为绿色树叶；另一种是本身发光的色源，它的辐射光谱引起人眼产生一定彩色感觉。

3. 标准光源和色温

色度学和电视技术中，常以白色作为一种标准，所以标准光源都是白光。常用的标准白光有五种，称为 A 光源、B 光源、C 光源、D 光源和 E 光源，它们辐射的光谱分布用几条曲线表示，这种表示方法虽然精确，但是，使用起来非常不方便，于是人们想到了绝对黑体(下面简称黑体)。物理光学指出：在不同温度下，黑体辐射电磁波的能力是不同的，以黑体在不同温度下辐射的光谱作为标准，让各种光源的光谱分布与之比较。当光源的光谱与黑体某一温度下的光谱相一致时，则黑体的这一温度称为光源的色温；当光源的光谱只能与黑体某一温度下的光谱相近似，而不能精确等效时，则称这一温度为光源的相关色温。由于黑体的这个温度与颜色有关，故名色温。应注意，光源的色温与光源本身的温度是两回事，通常两者是不相同的。例如，白炽灯光源本身温度为 2800K，但其色温是 2845K。

4. 光的度量单位

光的度量单位常用的有光通量和光照度。

光通量是按人眼的光感觉来度量的辐射功率，用符号 Φ 表示，其单位名称为流明(lm)。当 $\lambda = 555\text{nm}$ 的单色光辐射功率为 1W 时，产生的光通量为 683lm，或称 1 光瓦。在其他波长时，由于相对视敏度 $V(\lambda)$ 下降，相同辐射功率所产生的光通量随之下降。40W 的钨丝灯泡输出的光通量为 468lm，发光效率为 11.7lm/W；40W 的日光灯可以输出 2100lm 的光通量，发光效率为 52.5lm/W；电视演播室卤钨灯发光效率可达 80lm/W~100lm/W。

光照度 E ，单位勒(克斯)，符号为 lx。勒(克斯)等于 1lm 的光通量均匀分布在 1m^2 面积上的光照度。为了对光照度的单位有个大概的印象，下列数据可供参考：室外晴天光照度约为 10000lx，多云约为 500lx，傍晚约为 50lx，月光约为 10^{-1}lx ，黄昏约为 10^{-2}lx ，星光约为 10^{-4}lx 。

1.1.2 人眼的视觉特性

电视系统的特性应与人眼的视觉特性相适应，只有掌握了人眼的视觉特性，才能合理选择电视系统的基本参数，以保证其质量。人眼的视觉特性包括人眼的亮度视觉、色度视觉、对图像的分辨力和视觉惰性。

1. 人眼的亮度感觉

视觉效应是由可见光刺激人眼引起的，如果光的辐射功率相同而波长不同，则引起

的视觉效果也不同。波长不同的可见光波，给人的颜色感觉不同，亮度感觉也不同，人眼对不同波长光的灵敏度是不同的。人眼的这种视觉特性常用视觉灵敏曲线(简称视敏度曲线)来描述。图 1.1.2 是国际通用的视敏度曲线。图中曲线表明具有相等辐射能量、不同波长的光作用于人眼时，引起的亮度感觉是不一样的。可以看出，人眼最敏感的光波长为 555nm，颜色是草绿色，这一区域的颜色，人眼看起来省力、不易疲劳。在 555nm 两侧，随着波长的增加或减少，亮度感觉逐渐降低。在可见光谱范围之外，辐射能量再大，人眼也是没有亮度感觉的。

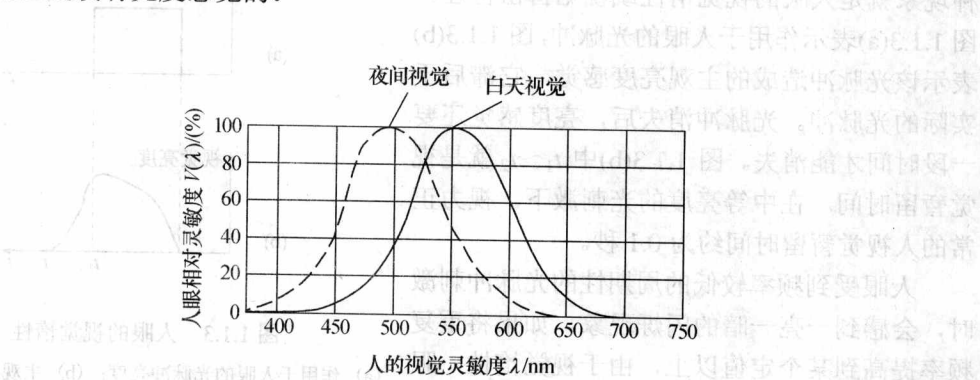


图 1.1.2 国际通用的视敏度曲线

2. 人眼的色度感觉

实验得知，人眼视网膜上有三种色敏细胞，分别对红光、绿光、蓝光特别敏感。当它们受到某种光源能量刺激时，根据对三种细胞刺激量比例的不同，使人产生不同的色感。不同波长的光对三种细胞的刺激量是不同的，产生的彩色视觉各异，人眼因此能分辨出五光十色的颜色。电视技术利用了这一原理，在图像重现时，不是重现原来景物的光谱分布，而是利用三种相似于红、绿、蓝锥状细胞特性曲线的三种光源进行配色，在色感上得到了相同的效果。

3. 人眼对图像的分辨力

分辨力是指人眼在观看景物时对细节的分辨能力。在白色的屏幕上面有两个相距很近的小黑点，逐渐增加画面与眼睛之间的距离，当距离增加到一定长度时，人眼就分辨不出有两个黑点存在，感觉只有一个黑点，这说明眼睛分辨景色细节的能力有一个极限值，这种分辨细节的能力称为人眼的分辨力或视觉锐度。

分辨力在很大程度上取决于景物细节的亮度和对比度，当亮度很低时，视力很差，这是因为亮度低时，锥状细胞不起作用；但是亮度过大时，视力不再增加，甚至由于眩目现象，视力反而有所降低。此外，细节对比度越小，也越不易分辨，会造成分辨力降低。在观看运动物体时，分辨力更低。

人眼对彩色细节的分辨力比对黑白细节的分辨力要低，例如，黑白相间的等宽条子，相隔一定距离观看时，刚能分辨出黑白差别，如果用红绿相间的同等宽度条子替换它们，此时人眼已分辨不出红绿之间的差别，而是一片黄色。实验还证明，人眼对不同彩色，分辨力也各不相同。

因人眼对彩色细节的分辨力较差，所以在彩色电视系统中传送彩色图像时，只传送

黑白图像细节，而不传送彩色细节，这样做可减少色信号的带宽，这就是大面积着色原理的依据。

4. 人眼的视觉惰性 with 闪烁感

实验证明，人眼的主观亮度感觉与客观光的亮度是不同步的，人眼的亮度感觉总是滞后于实际亮度的。当一定强度的光作用于视网膜产生亮度感觉时，若光信号突然消失，此后亮度感觉需要一段时间才能完全消失，这种现象就是人眼的视觉惰性 or 视觉暂留特性。

图 1.1.3(a) 表示作用于人眼的光脉冲，图 1.1.3(b) 表示该光脉冲造成的主观亮度感觉，它滞后于实际的光脉冲。光脉冲消失后，亮度感觉还要一段时间才能消失。图 1.1.3(b) 中 $t_1 \sim t_2$ 就是视觉暂留时间。在中等亮度的光刺激下，视力正常的人视觉暂留时间约为 0.1 秒。

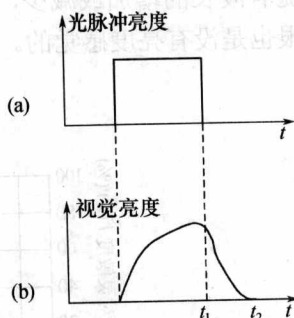


图 1.1.3 人眼的视觉惰性

(a) 作用于人眼的光脉冲亮度；(b) 主观亮度感觉。

人眼受到频率较低的周期性的光脉冲刺激时，会感到一亮一暗的闪烁现象，如果将重复频率提高到某个定值以上，由于视觉惰性，眼睛就感觉不到闪烁了。不引起闪烁感觉的最低

重复频率，称为临界闪烁频率。临界闪烁频率与很多因素有关，其中最重要的是光脉冲亮度，随着光脉冲亮度的提高，临界闪烁频率也会提高。临界闪烁频率还与亮度变化幅度有关，亮度变化幅度越大，临界闪烁频率越高。人眼的临界闪烁频率约为 46Hz。对于重复频率在临界闪烁频率以上的光脉冲，人眼不再感觉到闪烁，这时主观感觉的亮度等于光脉冲亮度的平均值。该特性是设计电视系统的重要依据，例如，目前电视技术中广泛采用将一幅画面分成两场传送的隔行扫描方式，它既可以克服大面积闪烁现象，又可以节省传输系统的频带宽度。

1.1.3 色度学基本知识

色度学是一门研究彩色计量的科学，其任务是研究人眼彩色视觉的定性、定量规律及应用。色度学知识在彩色电视、工业、建筑学和艺术等领域应用十分广泛。

1. 彩色三要素

我们知道颜色是不同波长的光作用于人眼引起的一种客观感觉，这种感觉称为色觉，可以用亮度、色调和色饱和度三个物理量来描述，通常将这三个参量称为彩色三要素。其中，色调和色饱和度合称为色度。

亮度是光作用于人眼时引起人眼视觉的明暗程度。亮度的高低由光的辐射功率、波长及人眼视敏度决定。对于发光体，其亮度取决于辐射功率和光的波长大小，不发光体的亮度与它的反射性能有关。同一波长的光，光的辐射功率不同，给人眼的亮度感觉是不同的，光线越强，亮度越高。对于相同强度而波长不同的光，给人眼的亮度感觉也是不同的。

色调反映颜色的类别，如红色、绿色、蓝色等，色调决定于彩色光的光谱成分。发光体的色调由光的波长决定，波长不同呈现的色调也不同；不发光体的色调由光源和该

物体的吸收、反射或透射特性共同决定。彩色物体的色调决定于在光照明下所反射光的光谱成分。例如,某物体在日光下呈现绿色是因为它反射的光中绿色成分占有优势,而其他成分被吸收掉了。对于透射光,其色调则由透射光的波长分布或光谱所决定。

色饱和度是指彩色光所呈现颜色的深浅程度。同一色调的彩色光,饱和度越高,颜色就越深。饱和度与彩色光中的白光比例有关,白光比例越大,饱和度越低。高饱和度的彩色光会因掺入白光而降低纯度或颜色变浅,变成低饱和度的色光。所以饱和度是色光纯度的反映,饱和度为100%的光成为纯色光,白光的饱和度为0。

2. 三基色原理

根据人眼的视觉特性,在电视机中重现图像时并不要求完全重现原景物反射光或透射光的光谱成分,而应获得与原景物相同的彩色感觉。因此仿效人眼三种锥状细胞(红敏细胞、绿敏细胞、蓝敏细胞),可以选红、绿、蓝三种颜色,将它们按不同比例进行组合,可得到自然界中绝大多数的彩色。实验也充分表明:红、绿、蓝三种颜色按不同比例混合能配出范围相当大的常规颜色,而且人眼的三种锥状细胞对红光、绿光和蓝光最敏感,所以在彩色电视中,选用了红、绿、蓝作为三基色。三基色原理的基本内容包括以下四个方面。

(1) 自然界中绝大多数的彩色可以分解为三基色,三基色按一定比例混合,可得到自然界中绝大多数彩色。

(2) 三种基色必须是相互独立的,任何一种基色都不能由其他两种基色混合得到。

(3) 混合色的色调及饱和度由三基色的混合比例决定。

(4) 混合色的亮度等于三种基色亮度之和。

三基色原理是彩色电视的理论基础,根据这一原理,要传送和重现自然界中的各种颜色,无须传送每种彩色的信息,而只需传送三基色信号,这才使彩色电视广播得以实现。

3. 混色法

混色法是指利用三基色按不同比例混合来获得彩色的方法,通常有相加混色和相减混色两大类。其中相减混色主要应用在绘画等领域,在电视领域主要是利用相加混色法。相加混色法有直接相加混色法和间接相加混色法两种。如将三基色光同时投射到白色屏幕的同一位置,从而显示出彩色图案,这就是直接相加混色法。间接相加混色法又有以下三种。

(1) 空间相加混色法:同时将三种基色光分别投射到同一表面上相邻的三点,只要这些点足够的近,由于人眼分辨力的有限性,不能分辨出这三种基色,而只能感觉到它们的混合色。空间相加混色法是同时制彩色电视的基础。

(2) 时间相加混色法:将三种基色光以足够快的速度轮流投射到某一平面,因为人眼的视觉惰性,分辨不出三种基色,而只能看到它们的混合色。时间混色法是顺序制彩色电视的基础。

(3) 生理混色法:当两只眼睛同时分别观看不同的颜色,也会产生混色效应。例如,两只眼睛分别戴上红、绿滤波眼镜,当两眼分别单独观看时,只能看到红光或绿光;当两眼同时观看时,正好是黄色,这就是生理混色法。

红、绿、蓝相加混色规律如图1.1.4(a)所示。

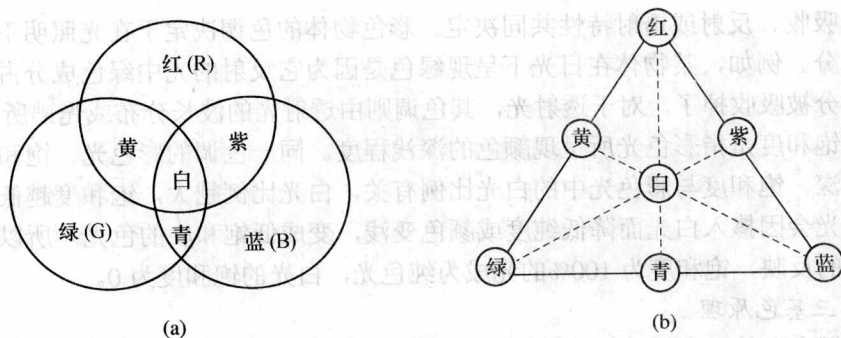


图 1.1.4 混色图

(a) 相加混色图; (b) 色度三角形。

红色+绿色=黄色

绿色+蓝色=青色

蓝色+红色=紫色

红色+绿色+蓝色=白色

黄色、青色和紫色都是由两种色调混合而成的，所以又称它们为相加二次色。另外：

红色+青色=白色

绿色+紫色=白色

蓝色+黄色=白色

当两种颜色混合得到白色时，这两种颜色称为互补色。

4. 色度三角形

为了简单明了地描绘红、绿、蓝三基色的混色关系，麦克斯韦以红、绿、蓝三基色为三个顶点画一个等边三角形，以表示混色关系。这一三角形称为色度三角形，如图 1.1.4(b)。色度三角形有如下意义。

- (1) 三角形的三个顶点对应三种基色。
- (2) 三角形边上各点所对应的是其两顶点的基色按相应比例混合得到的彩色，三边中点对应黄色、青色、紫色，是三个基色的补色，三边上各点对应的彩色的色饱和度均为 100%。
- (3) 三角形的中心对应白色。三角形顶点与中心点的连线叫等色调线，该线上各点所对应的彩色的色调相同，离中心越近的点所对应的彩色的色饱和度越低。

注意：色度三角形只描述彩色的色调和色饱和度，并不描述彩色的亮度情况；由 R、G、B 混合出的颜色都包含在三角形内，在三角形外的颜色不能由 R、G、B 相加混色得到。

5. 亮度方程式

通过直接相加混色实验，如果用三基色按一定比例混合得到 100% 的白光，则红基色光亮度占 30%，绿基色光亮度占 59%，蓝基色光亮度占 11%。这种关系可以用下式表示，即

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

该式称为亮度方程式，式中 R、G、B 分别表示三基色的光线强度，Y 表示混合色的亮度。当三基色光强度相同时(R=G=B)，混合色为白色；当 R、G、B 取值不一样时，混

合色为某种彩色，Y 表示该彩色的亮度。

在彩色电视广播中，三基色光转换为电压来传送，三基色电压分别用 U_R 、 U_G 、 U_B 来表示，这时亮度方程式可表示为

$$U_Y = 0.30U_R + 0.59U_G + 0.11U_B$$

式中： U_Y 表示的亮度信号也就是黑白电视中的图像信号。

1.2 电视图像光电转换与电子扫描原理

1.2.1 电视系统传像基本原理

1. 电视系统的基本组成

电视技术是传送图像的技术，电视广播系统实质上是单方向传播图像信息的通信系统。电视传送图像的过程从根本上讲是光和电互相转换的过程。作为一个图像通信系统，电视传送图像的系统框图如图 1.2.1 所示。

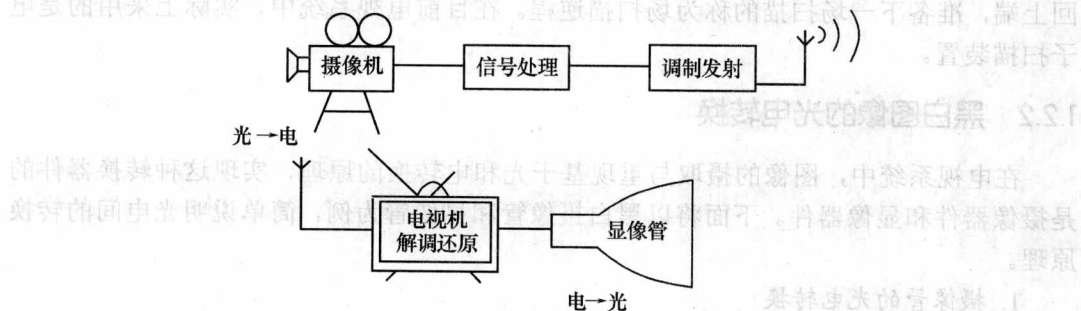


图 1.2.1 电视传送图像的系统框图

在发送端，主要是完成光—电转换。摄像管根据光—电转换原理，将景物画面(光信号)转换为电信号(视频信号)，经过放大送到图像发射机对高频载波进行幅度调制，同时伴音经过话筒的声—电转换变成音频信号，通过放大，对伴音发射机的高频载波进行调制。调制后的图像高频信号和伴音高频信号相加后，由同一天线发射出去(无线信道)。

在接收端，主要是完成与发送端相反的变换，即电—光转换。由天线接收到的高频图像信号和高频伴音信号，在接收机公共通道中经过处理(放大和检波)，恢复反映图像内容的视频信号，经放大后送显像管，完成电—光转换恢复原图像。同时取出反映伴音内容的音频信号，在扬声器中还原出声音。

2. 图像的顺序传送

如果用放大镜仔细观察报纸上的一幅传真照片，就会发现整幅画面是由许多深浅不同的小单元组成的。构成图像的这些小单元就称为像素。显然，一幅图像分解的像素数越多，图像就越清晰。目前一幅电视图像有 40 多万个像素，高清晰度电视的像素数将达几百万个，对于彩色电视来说，每个像素是由红、绿、蓝三个点组成的。

一幅电视图像由十万到上百万个像素组成，每个像素就代表了组成图像的一个光信息。传送一幅图像，就是传送每个像素的光信息。显然，同时传送所有像素的信息是不

现实的，只能按一定的顺序依次传送。在发送端，用摄像机将每个像素的亮度信息按一定的顺序依次转变为相应的电信号，并按照这一顺序在同一信道内传送。在接收端，显像管按照同样的顺序，将每个像素的电信号在荧光屏相应的位置上恢复原图像的亮度(光信息)。如果这种顺序传送的速度足够快，加之人眼的视觉惰性和发光材料的余辉特性，人眼就会感觉整幅图像在同时发光。这种顺序传送必须迅速而准确，每一个像素一定要在轮到它的时候才被发送和接收，而且接收端每个像素的几何位置要与发送端一一对应。这种工作方式称为收端、发端同步工作，或简称同步，它是构成现代电视的基础。

3. 扫描

上述将图像转变成顺序传送的电信号的过程，在电视技术中称为扫描。如同阅读书籍一样，视线是自左至右、自上而下、一行行、一页页地扫过，而每个字就相当于一个像素。在图像的顺序传送中，每个像素也是按着自左至右、自上而下的顺序进行发送和接收的。水平方向的扫描称为行扫描，垂直方向的扫描称为场扫描。从左至右将一行像素逐个传送或接收的扫描称为行扫描正程；从右端迅速返回左端准备下一行扫描的过程称为行扫描逆程。同样，从上至下的扫描称为场扫描正程，从下端迅速返回上端，准备下一场扫描的称为场扫描逆程。在目前电视系统中，实际上采用的是电子扫描装置。

1.2.2 黑白图像的光电转换

在电视系统中，图像的摄取与重现基于光和电转换的原理，实现这种转换器件的是摄像器件和显像器件。下面将以黑白摄像管和显像管为例，简单说明光电间的转换原理。

1. 摄像管的光电转换

摄像管的种类较多，其中使用广泛的是氧化铅光导摄像管，其结构如图 1.2.2 所示，它主要由光学镜头、光电靶、电子枪、聚焦线圈、校正线圈和偏转线圈组成。电子枪由灯丝、阴极、控制栅极、加速极、聚焦极和高压阳极组成，光电靶由光敏半导体材料构成，这种半导体材料具有受光作用之后电阻率变小的性能，即光照越强，材料呈现的电阻越小。

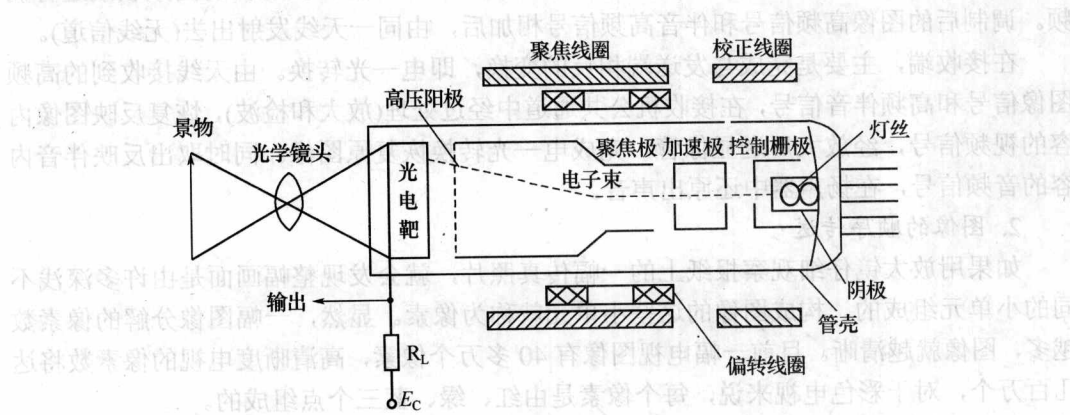


图 1.2.2 光导摄像管的结构

当被摄景物通过光学系统在光电靶上成像时，因光像各点亮度不同，而使靶面各单元受光照的强度不同，靶面各单元的电阻值也就不同。与亮度高的像素对应的靶单元阻值较小，与亮度低的像素对应的靶单元阻值较大。这样一幅图像上各像素的不同亮度就表现为靶面上各单元不同的电阻值。从摄像管阴极发射出来的电子，在电子枪的电场及偏转线圈的磁场力作用下，高速、顺序地扫过靶面各单元。当电子束触到靶面单元时，就使阴极、电子束、靶面电阻、负载 R_L 、电源构成一个回路，在负载 R_L 中就有电流通过，其电流大小取决于光电靶在该单元的电阻值的大小。光照强处，对应电阻值较小，流过负载的电流就大，因而 R_L 两端产生的压降也就较大。因此，当有电子束扫描时，在负载 R_L 上就依次得到与图像上各像素亮度对应的电信号，即完成了光电转换。

因此，图像某点像素越亮，对应的输出电压越低；像素越暗，输出电压越高。这种输出图像电压信号与图像像素亮度呈反比规律的图像信号称为负极性图像信号。反之，如果输出电平值与像素亮度成正比，则称为正极性的图像信号。

2. 显像管的电光转换

在接收端完成电光转换的关键器件是显像管，早期黑白显像管的结构如图 1.2.3 所示，它主要有管颈、锥体、荧光屏和外套偏转线圈等组成。管颈内的电子枪由灯丝、阴极、栅极、加速极、聚焦极和高压阳极组成。荧光屏内壁涂有荧光粉，荧光粉在电子的高速轰击下发出可见光，光的亮度取决于电子束流的强弱，电子束流越强，亮度越高；反之，电子束流越弱，亮度越低。

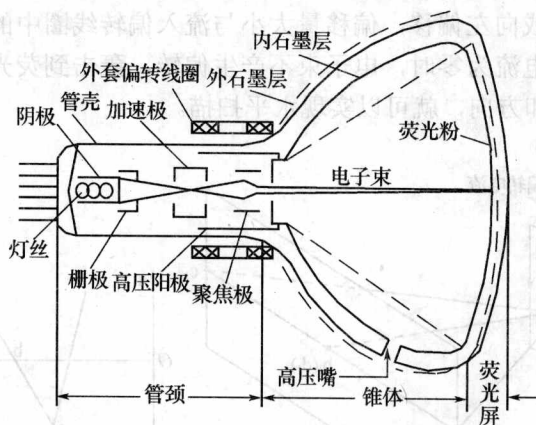


图 1.2.3 黑白显像管的结构

将图像信号电压加到显像管电子枪的阴极与栅极之间，来控制电子束的强弱，也就控制了电子束扫描荧光屏上各点的亮度，从而在荧光屏上还原成像。在实际中多是栅极接地，这样当负极性图像信号加到阴极时，阴极与栅极之间的电场对电子而言是一个阻力场。图像信号电压越高，电子束越弱，相应的荧光粉点发光越暗；反之，图像信号电压越低，电子束越强，相应的荧光粉点发光越亮，这正好与发送端原图像相应像素的亮暗一致。当电子束高速扫描整个荧光屏时，利用人眼的视觉惰性就看到了完整的原图像。