

YING YONG DIAN SHI JI SHU



S. D. 电子计算机系列丛书

应用电视技术

主编 惠启明



云南科技出版社

应用电视技术

惠启明 主编

惠启明 谢永强
李守智 王益成
何安弟 李国民
李白萍 石 银

合编

云南科技出版社

内 容 简 介

本书是作者在八年教学讲稿的基础上修改整理而成的。它是为适应四个现代化的需要在高等学校创立的一门新课程，其应用范围是非电视专业的电子类各专业。

全书共十二章，内容可大致分为三部分：第一部分是应用电视传输原理，包括第一、二、三章；第二部分是电路技术，包括第四章至第十章；第三部分是应用电视系统设计和特种应用电视，包括第十一、第十二两章，第三部分实际上供科技工作者参考使用的应用篇，除实用章节外，均有练习题，以利于教学。

本书是本科生教材，也可供其它人员参考使用。

应 用 电 视 技 术

惠启明 主编

云南科技出版社出版发行（昆明市书林街100号）
地矿部西安地矿所印刷厂印装 新华书店经销

开本：787×1092 1/16 印张：20.68 字数：49 万
1997年10月第1版 1997年10月第1次印刷
印数：1~3000册

ISBN 7-5416-0980-3/TP·18 定价：26.00 元

前 言

随着科学技术的进步和经济的飞速发展,应用电视在生产监控,环境监测和社会生活中越来越显示出它的优越性,所以世界上经济发达的国家已经相当普及。我国虽然起步较晚,但近年来发展十分迅速,无论是新产品种类还是销售量都以每年30%左右的速度增长,相应的使用单位也愈来愈多。如煤炭部所属的多数矿井已配备了应用电视监控系统。摄录一体机不仅早已进入我国沿海各省的个人家庭,就是发展较慢的中、西部地区,超微型摄像机也加入了家用电器的行列。西安交大开元集团就是靠开发这类产品起家的。为了适应生产和社会生活的需要,我们从1990年开始,就在通信专业本科高年级中开设了“应用电视技术”课程,从教学需要出发,第二次编写了这本教材。

电视技术是图像通信的一个分支。它应用电子学的方法实时地远距离传送活动图像或静止图像。其工作原理与语音广播基本相同。在电视里,通过发送端的光电转换把空间景物图像变成时域电信号(称为电视信号),并通过电缆或电磁波传送到接收端,再把时域电信号变成空间电信号,经光电反转换重现原来的景物图像。

电视分广播电视和应用电视两大类。广播电视大多是通过无线电波传送的,采用“无方向性的天线”,因而具有无限多个接收点,一般称开路电视。应用电视是具有特定目的,为特定对象服务的,多数为有线传输,接收点有限,所以也称为闭路电视,即CCTV(Closed Cilevsios)。由于应用电视最初主要在工业生产中采用,因此也叫工业电视。

随着电子学(特别是大规模集成电路)和通信技术的发展,电视设备的性能越来越好,功能越来越全,成本越来越低,而闭路电视的应用也就越来越广泛。在工业生产、矿山采掘、工程施工、科学研究、交通管理、学校教育、医疗手术以及保安防盗等方面,都应用了闭路电视。由于应用广泛,闭路电视已发展成为一个专门的技术领域。

从知识角度讲,应用电视既有传输原理,又有电路技术和系统工程。我们采用传输原理与电路技术、系统工程相结合,原理统帅电路和工程,以原理为主线条的编写思路,试图拓宽使用范围,达到以教材为主,也可供生产、使用维护和系统工程设计工作者参考使用的目的。

北方交通大学王益成副教授编写了第十二章,第八章由西安理工大学李守智副教授编写,第六章由西安矿业学院何安弟工程师编写,第九章和第十章分别由西安矿业学院李国民和李白萍讲师编写,惠启明副教授和石银老师联合编写了第一章和第七章。第十一章由谢永强工程师编写,其余第二章到第五章均由西安矿业学院副教授惠启明编写,并负责主编全稿。该教材本科生教学学时数为70~80学时,包括实践学时在内。

在编写过程中,得到我院和陕西电子杂志社各级领导的大力支持和协助,在这里一并表示谢意。

鉴于作者的水平有限和经验不足,难免有错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

作者

1997年于西安矿业学院

目 录

第一章 色度学概念与视觉特性	(1)
1.1 可见光的特性	(1)
1.1.1 可见光谱	(1)
1.1.2 物体的颜色	(2)
1.1.3 标准光源	(2)
1.2 色度学概念	(3)
1.2.1 彩色三要素	(3)
1.2.2 三基色原理	(3)
1.2.3 混色法	(4)
1.2.4 颜色的度量	(5)
1.2.5 显像三基色和亮度公式	(9)
1.3 人眼的视觉特性	(11)
1.3.1 人眼的视觉灵敏度	(11)
1.3.2 人眼的彩色视觉	(12)
1.3.3 人眼的分辨力	(12)
1.3.4 视觉惰性	(13)
1.3.5 闪烁感觉	(14)
练习题	(14)
第二章 应用电视传输系统原理	(15)
2.1 应用电视系统构成原理	(15)
2.1.1 图像分析与顺序传送	(15)
2.1.2 光电转换过程	(16)
2.2 电视扫描与同步原理	(20)
2.2.1 水平偏转与垂直偏转	(20)
2.2.2 逐行扫描、隔行扫描与随机隔行扫描	(22)
2.2.3 扫描和螺旋扫描	(25)
2.2.4 扫描同步原理	(26)
2.3 黑白全电视信号	(32)
2.3.1 黑白全电视信号的组成	(32)
2.3.2 黑白全电视信号的频谱结构	(36)
2.3.3 黑白全电视信号的时域特性	(39)
2.4 电视图像的基本参量	(40)
2.4.1 图像的几何特性	(40)
2.4.2 图像的亮度、对比度与灰度	(41)
2.4.3 图像清晰度与电视系统分解力	(42)

2.4.4 视频信号带宽、场频与扫描行数的确定	(46)
练习题	(47)
第三章 电视图像传输制式	(48)
3.1 概述	(48)
3.2 兼容制彩色电视基础	(49)
3.2.1 实现兼容的基本方法	(50)
3.2.2 恒定亮度原理	(52)
3.2.3 γ 失真破坏恒定亮度原理	(53)
3.2.4 标准彩条信号	(57)
3.3 NTSC 制	(60)
3.3.1 正交平衡调幅与同步检波	(60)
3.3.2 色度信号幅度的压缩	(64)
3.3.3 波形图与矢量图	(67)
3.3.4 Y、I、Q 制	(68)
3.3.5 NTSC 制的编码器和解码器	(70)
3.3.6 副载频的选择与亮色相互干扰	(72)
3.4 PAL 制	(75)
3.4.1 PAL 制的基本原理	(75)
3.4.2 亮色频谱交错与相互干扰	(80)
3.4.3 梳状滤波器	(88)
3.5 SECAM 制简介	(91)
练习题	(91)
第四章 黑白视像管摄像机	(93)
4.1 光电导管摄像机的方框图	(93)
4.1.1 简易黑白应用电视摄像机的方框图	(93)
4.1.2 标准黑白应用电视摄像机方框图	(94)
4.2 电视摄像机的光学镜头	(95)
4.2.1 透镜成像的基本原理	(95)
4.2.2 变焦距镜头	(97)
4.3 真空摄像器件——视像管	(98)
4.4 电视图像信号的处理	(103)
4.4.1 预放器	(103)
4.4.2 预放器的输入电路和频率特性	(104)
4.4.3 预放器的信杂比	(106)
4.5 直流电平稳定——钳位电路	(108)
4.5.1 稳定直流电平的意义	(108)
4.5.2 钳位电路	(110)
4.6 γ 失真及其灰度校正	(115)
4.6.1 γ 失真及校正网络 γ 值的确定	(115)

目 录

4.6.2 灰度校正电路	(116)
4.7 同步(消隐)混入电路	(117)
4.7.1 线性同步混入电路	(117)
4.7.2 开关型同步混入电路	(118)
4.8 视频输出级	(119)
4.8.1 甲类低负载大电流功率放大器	(120)
4.8.2 输出级的输出阻抗接近于零	(120)
4.9 灵敏度自动调整	(120)
4.9.1 自动靶压控制原理	(120)
4.9.2 靶压自动定电流控制法	(121)
练习题	(122)
第五章 同步信号发生器	(123)
5.1 同步信号的组成	(123)
5.2 同步信号的定时	(123)
5.2.1 基本要求	(123)
5.2.2 实用框图举例	(124)
5.3 同步信号的形成—数字逻辑综合法	(125)
5.4 实用同步信号发生器举例	(126)
练习题	(127)
第六章 偏转与扫描电路	(128)
6.1 显像管中的磁偏转	(128)
6.2 摄像管中的磁偏转	(131)
6.3 产生锯齿形偏转电流的必要条件	(133)
6.4 扫描电路的组成	(134)
6.5 扫描电路的同步方式	(136)
6.5.1 直接同步方式	(136)
6.5.2 间接同步方式	(137)
6.6 场扫描脉冲锯齿波电压形成电路	(139)
6.6.1 恒流式充电电路	(139)
6.6.2 电压负反馈锯齿电压形成电路	(139)
6.7 场扫描输出级	(140)
6.7.1 相同类型晶体管组成的 OTL 电路	(141)
6.7.2 互补对称 OTL 电路	(142)
6.7.3 高阻输出的场扫描输出级	(143)
6.8 开关状态行输出级与逆程供电	(144)
6.8.1 电路基本工作原理	(144)
6.8.2 关于行输出的几点说明	(147)
6.8.3 逆程供电式行输出电路	(149)
6.9 线性功率放大式行输出级	(150)

6.9.1 实用电路	(151)
6.9.2 基本工作原理	(152)
6.10 扫描非线性失真的校正	(153)
6.10.1 场扫描非线性失真的校正	(153)
6.10.2 行扫描非线性失真的校正	(154)
6.10.3 延伸性失真的校正	(156)
6.11 行、场扫描集成电路	(156)
6.11.1 行、场扫描集成电路的特点	(156)
6.11.2 行、场扫描集成电路实例	(157)
6.12 摄像机扫描电路举例	(158)
练习题	(159)
第七章 固体摄像器件	(160)
7.1 固体摄像器件	(160)
7.1.1 MOS 摄像器件	(161)
7.1.2 CCD 的基本工作原理	(162)
7.2 CCD 性能参数的一般描述	(165)
7.2.1 光电转换特性与响应度	(165)
7.2.2 光谱响应	(168)
7.2.3 饱和输出电压 VSAT	(169)
7.2.4 光响应非均匀性 PRNU	(169)
7.2.5 分辨率	(170)
7.2.6 杂波	(171)
7.2.7 信杂比与动态范围	(172)
7.2.8 暗电流	(173)
7.2.9 纹波效应	(174)
7.3 CCD 摄像管	(174)
7.3.1 线阵 CCD 摄像管	(174)
7.3.2 面阵 CCD 摄像管	(176)
7.4 CCD 的输出线路	(179)
7.4.1 电流输出电路	(179)
7.4.2 电压输出电路	(180)
7.4.3 浮栅放大器	(180)
7.4.4 分布式浮栅放大器	(182)
练习题	(182)
第八章 CCD 摄像机	(183)
8.1 线阵 CCD 摄像头的应用	(183)
8.1.1 采用衍射法测量小孔或细丝直径	(183)
8.1.2 平行光成像尺寸测量法	(185)
8.1.3 采用成像法测量中尺寸目标	(185)

目 录

8.1.4	采用双光路成像法测量大尺寸	(186)
8.1.5	采用激光三角法测量不透明物体的厚度	(188)
8.1.6	光学系统自动聚焦	(188)
8.1.7	眼球瞳孔动态响应测量	(189)
8.1.8	文字和图像识别	(190)
8.1.9	传真应用	(191)
8.1.10	光谱测量	(191)
8.1.11	航空和航天遥感摄影	(192)
8.1.12	质量检测	(192)
8.1.13	其它应用	(193)
8.2	面阵 CCD 摄像机	(193)
8.2.1	CCD 黑白摄像机	(193)
8.2.2	单片式彩色广播摄像机	(196)
8.2.3	单片工业彩色 CCD 摄像机	(201)
8.2.4	三片式 CCD 彩色摄像机	(202)
8.3	典型黑白 CCD 摄像机介绍	(204)
	练习题	(211)
第九章	监视器	(212)
9.1	概述	(212)
9.1.1	分类	(212)
9.1.2	黑白监视器的主要性能	(212)
9.1.3	黑白监视器的功能要求	(213)
9.2	黑白显像管及其附属电路	(213)
9.2.1	黑白显像管的构造	(213)
9.2.2	黑白显像管的工作原理	(215)
9.2.3	黑白平衡调整原理	(216)
9.2.4	自动消磁线路	(217)
9.2.5	黑白显像管的性能参数	(219)
9.2.6	偏转线圈及光栅中心调节器	(221)
9.2.7	黑白显像管亮度与消亮点电路	(221)
9.3	黑白监视器主要电路分析	(222)
9.3.1	视频通道	(223)
9.3.2	同步电路	(225)
9.3.3	供电电源	(226)
9.4	监视器使用及其功能	(226)
9.4.1	终端转换开关	(227)
9.4.2	扫描尺寸变换开关	(227)
9.4.3	外同步输入接口及内外同步转换开关	(227)
9.5	彩色监视器	(228)

9.5.1 自会聚彩色显像管	(228)
9.5.2 彩色监视器的主要性能指标	(231)
9.6 监视器的测试方法	(232)
9.7 开关稳压电源	(234)
9.7.1 开关稳压电源的特点和分类	(234)
9.7.2 开关电源的基本电路及性能比较	(234)
9.7.3 变压器耦合并联型开关稳压电源实例分析	(237)
9.7.4 串联型开关稳压电源实例分析	(242)
练习题	(244)
第十章 系统控制设备	(245)
10.1 视频信号分配与切换	(245)
10.1.1 视频信号的分配	(245)
10.1.2 视频信号的切换	(246)
10.2 电动云台和变焦镜头的控制	(251)
10.2.1 用微机发串行控制码传送控制命令	(253)
10.2.2 接收解码器	(256)
10.2.3 电动云台的驱动	(258)
10.2.4 变焦镜头的驱动	(260)
10.2.5 接收解码器的抗干扰措施及自动复位	(261)
10.2.6 接收解码器的实用电路	(263)
10.2.7 控制器和接收解码器的连接方式	(264)
10.3 系统控制器	(265)
10.3.1 简易型系统控制器	(266)
10.3.2 微机系统控制器	(267)
练习题	(272)
第十一章 应用电视系统设计	(273)
11.1 概述	(273)
11.2 应用电视系统的基本组成	(274)
11.3 应用电视系统功能分类	(275)
11.3.1 广播电视类	(275)
11.3.2 监控报警电视系统	(275)
11.3.3 会议、管理用的电视系统	(276)
11.4 系统中的设备配置和功能设计	(276)
11.4.1 系统的主要组成设备	(276)
11.4.2 系统中摄像机、监视器的选用	(277)
11.4.3 系统中其它设备的配置	(280)
11.4.4 应用电视系统中的信号同步	(282)
11.5 视频信号的传输	(282)
11.5.1 有线视频传输方式	(282)

目 录

11.5.2	CATV 传输方式	(282)
11.5.3	微波传输方式	(283)
11.5.4	高频开路传输方式	(283)
11.5.5	光纤传输方式	(283)
第十二章	特种应用电视	(284)
12.1	概述	(284)
12.2	红外电视	(284)
12.2.1	主动式红外电视	(285)
12.2.2	被动式红外电视	(289)
12.3	防爆电视设备	(298)
12.3.1	防爆电视设备的要点	(298)
12.3.2	防爆电视设备的设计	(300)
12.3.3	典型设备及应用	(306)
12.4	医用电视	(307)
12.4.1	医用电视的特点及分类	(307)
12.4.2	医用电视基本原理	(307)
12.4.3	医用电视主要性能	(308)
12.4.4	医用电视典型系统介绍	(312)

第一章 色度学概念与视觉特性

1.1 可见光的特性

1.1.1 可见光谱

由光学理论知道,光是以电磁波形式存在的物质。电磁波的波长范围很广,其中最短的是宇宙射线,波长只有 10^{-17}m ,最长的是无线电波,波长可达数千米。波长在 $380\sim 780\text{nm}$ 范围内的电磁波能够引起人眼的视觉反映,称为可见光。可见光在整个电磁波谱中只占一小段,如图 1.1 所示。

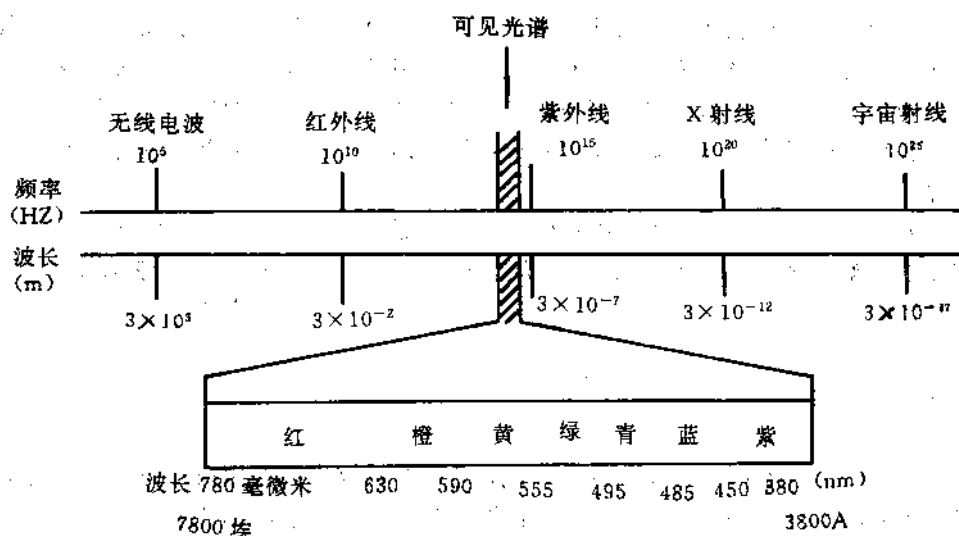


图 1.1 电磁辐射波谱

不同波长的可见光射入眼睛后可引起不同的色感。例如,波长为 400nm 的光给人以紫色的感觉,而波长为 700nm 的光则给人以红色的感觉。由图 1.1 可知,可见光谱的波长由 780nm 向 380nm 变化时,依次呈红、橙、黄、绿、青、蓝、紫 7 种色带。每一种色带都有一个大致波长范围,可见光谱对色感呈单一的对应关系。我们把这种一定波长的光谱呈现的颜色称为光谱色。但反过来,色感对光谱的对应关系不是唯一的。光谱完全不同的光,可使人有相同的色感。如用波长为 540nm 的绿光 700nm 的红光按一定比例混合,同时作用

* 注:征得原作者同意,本章主要取材于参考文献 [2]

于人眼,可以得到 580nm 的黄光色感。人眼是不能分辨单色黄光和由红、绿两光混合所得复合黄光的差别的。这种由不同光谱混合出相同色光的现象叫同色异谱。

与人类日常生活息息相关的太阳光给人以白色感觉,通过棱镜可分解为红、橙、黄、绿、青、蓝、紫 7 种色带,如图 1.2 所示。由此可知,太阳光谱包含全部可见光谱,白色光是一种复合光,由 7 种色光复合而成。

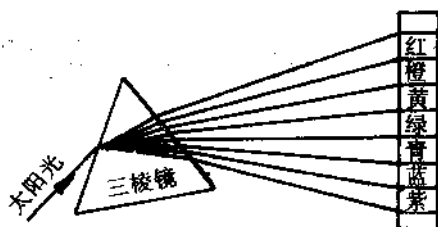


图 1.2 阳光的波谱

1.1.2 物体的颜色

一般物体可分为发光体与非发光体两大类。发光体的颜色由它所发出的光谱所确定,除了太阳有它的光谱色外,其它的发光体,如白炽灯、荧光灯、电视荧光屏等也都有其特定的光谱色。

不发光物体呈现的颜色与照射光的光谱和它对照射光的反射、透射特性有关。例如,红花能反射太阳光中的红色光而吸收其它颜色的光,因而呈红色;绿叶能反射绿色的光而吸收其它颜色的光,因而呈绿色;白云能反射全部太阳光,因而呈白色;黑炭能吸收全部太阳光,因而呈黑色。这种由照射光谱和物体反射或透射光谱确定的物体颜色叫物体色。由于自然界各种物体吸收和反射太阳光中波长各异的光,这样就构成五彩缤纷、绚丽多彩的彩色世界。

如果照射物体的不是太阳光,则物体的颜色就要变样。例如在太阳光下呈绿色的树叶拿到红光下观察,就变成了黑色。这是因为红光源中没有绿色成分,树叶吸收了全部红光,因而呈黑色。

1.1.3 标准光源

由上所述,光源不同,物体色各异。在彩色电视系统中,选用白光作为照明光源,但白光光源因照明条件差别而有不同的光谱特性,为了统一标准,用色温来表征光辐射体的光谱性能。通常光源都是温度的辐射体。为比较不同温度光源的光辐射谱,一般选用仅与温度有关的全辐射体——黑色作为基准。如改变黑体温度时得到的某一颜色与某光源的光谱呈现的颜色一样,此时的黑体温度就是该光源的色温。色温的单位用热力学温度 K 表示。光源的色温一般高于它的实际温度,如白炽钨丝灯,色温为 2840 K,实际温度为 2800K,这是因为光源总比全辐射体效率低。

电视中常用的标准白光有 A、B、C、D₆₅ 和 E 光源 5 种,它们的光谱分布如图 1.3 所示。

A 光源:色温为 2854K 的白光,光谱偏红。相当于充气钨丝白炽灯所产生的光。

B 光源:色温为 4874K 的白光,近似中午直射的太阳光。

C 光源:色温为 6774K 的白光,相当于阴天天空散射光。是 NTSC 制彩色电视白光标准光源。

D_{65} 光源：色温为 6504K 的白光，相当于直射太阳和阴天天空散射光的混合光。是 PAL 制彩色电视的白光标准光源。

E 光源：色温为 5500K 的等能量白光 ($E_{\text{白}}$)，是为简化色度学计算而设置的一种假想的光源，实际并不存在。

1.2 色度学概念

1.2.1 彩色三要素

要定性地表征一种彩色光的特性，可以用亮度、色调及色饱和度这三个基本参量来描述。这三个参量称为彩色三要素。

亮度是指彩色光的明暗程度，即光线的强弱。亮度与彩色光的能量有关：彩色光所含能量越大，则显得越亮；反之，则越暗；彩色光的能量为 0 时，则亮度也为 0。物体的亮度由照射光和反射光的强度决定。若照射物体的光强度不变，物体的反射光越强，则物体越明亮；反之则越暗。对同一物体而言，照射光越强，则越亮，反之则越暗。

色调表示彩色的种类。例如红、橙、黄、绿、青、蓝、紫，分别代表红色调、橙色调、黄色调、……。色调由光的波长决定，不同波长的光呈现的色调不同。发光物体的色调决定于它的辐射光谱成分，而不发光的物体的色调，则由该物体的吸收、反射或透射特性以及它的照明光源特性共同决定。

色饱和度是指彩色光所呈现彩色的深浅程度。同一色调的彩色光，可给人以深浅程度不同的感觉，如深红、粉红就是饱和度不同的两种红色，深红色色饱和度高，而粉红色饱和度较低。色饱和度与彩色光中所含白色的比例有关，白色的比例越大，饱和度越低。高饱和度的彩色光可用掺入白光来冲淡，变成低饱和度彩色光。饱和度最高的称为纯色或称饱和色。光谱色光就是纯色光，其饱和度为 100%。饱和度低于 100% 的彩色称为非饱和色，日常生活中所见到的大多数彩色是非饱和色。白光的饱和度为 0。

色调与色饱和度合在一起称为色度。它既说明彩色的种类，又说明彩色的深浅程度。

1.2.2 三基色原理

在 19 世纪，人们通过实践发现，用三种不同颜色的单色光按一定比例混合，可得到自然界中绝大多数的彩色。具有这种特性的三个单色光叫基色光，这三种颜色叫三基色。并总结出三基色原理。其主要内容是：

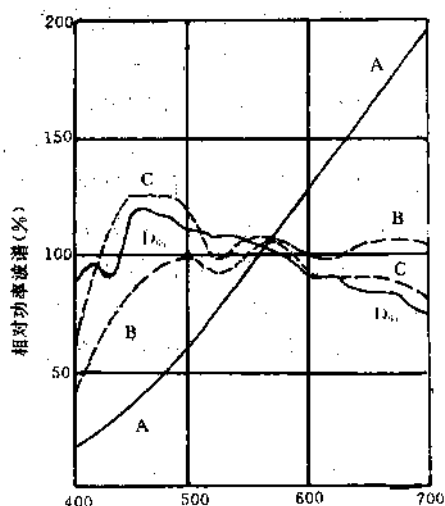


图 1.3 标准光源的光谱分布

(1) 自然界中绝大多数彩色, 都可以分解为三基色; 反之, 用三基色按一定比例混合, 可得到自然界中绝大多数彩色。

(2) 三基色必须是相互独立的, 即其中任一种基色都不能由其它两种基色混合得到。

(3) 混合色的色调和饱和度由三基色的混合比例决定。

(4) 混合色的亮度等于三基色亮度之和。

三基色的选择在原则上是任意的。大量的实验表明, 在红色、绿色和蓝色的光谱区中选择三个基色, 由它们按适当比例混色可得到较多的彩色。因此, 在彩色电视中, 选用了红、绿、蓝作为三基色, 分别用 R、G、B 来表示。为了简化和统一关于彩色问题的讨论, 国际上规定红基色的波长为 700nm, 绿基色的波长为 546.1nm, 蓝基色的波长为 435.8nm。

三基色原理是彩色信息传送和彩色电视广播实现的基础。因为自然界中的彩色是千变万化的, 如果设想用一种电信号传送一种颜色, 那就需要千万种电信号, 这是办不到的。但应用三基色原理, 采用混色法把各种彩色图像分解成红、绿、蓝三种基色图像, 仅用三种电信号传送就可以了。

1.2.3 混色法

利用三基色按不同比例混合来获得彩色的方法, 称为混色法。彩色的混色有两种: 一种是彩色光线的混合——相加混色法; 另一种是彩色颜料的混合——相减混色法。彩色电视所采用的是相加混色法。

为了说明相加混色法, 可以将三束等强度圆形截面积的红、绿、蓝单色光同时投射到白色屏幕上, 呈现出一幅品字形三基色圆图, 如图 1.4 所示。

由图 1.4 可以看出:

红色 + 绿色 = 黄色

绿色 + 蓝色 = 青色

蓝色 + 红色 = 紫色

红色 + 青色 = 白色

绿色 + 紫色 = 白色

蓝色 + 黄色 = 白色

红色 + 绿色 + 蓝色 = 白色

可见, 不同比例的红、绿、蓝三基色进行相加混色可以得到各种彩色。

由上述可以看出, 有的两种颜色相加混色即可得到白色, 我们把这两种颜色称为互补色。即红、青互为补色, 绿、紫互为补色, 蓝、黄互为补色。下面举例说明两种混色光相加混色的情况。

黄色 + 紫色 = 红色 + 绿色 + 蓝色 + 红色 = 白色 + 红色 = 浅红色

紫色 + 青色 = 蓝色 + 红色 + 绿色 + 蓝色 = 白色 + 蓝色 = 浅蓝色

由红、绿、蓝三基色产生的各种颜色, 也可以用彩色三角形来说明, 如图 1.5 所示。也有三种颜色相加得到白色的。

三角形三条边上各点所代表的颜色都是由两个基色按不同比例混合得到的。例如, RG 边上各点都表示是由红色和绿色混合后得到的彩色, 黄色位于 RG 边中点, 橙色在红色和黄

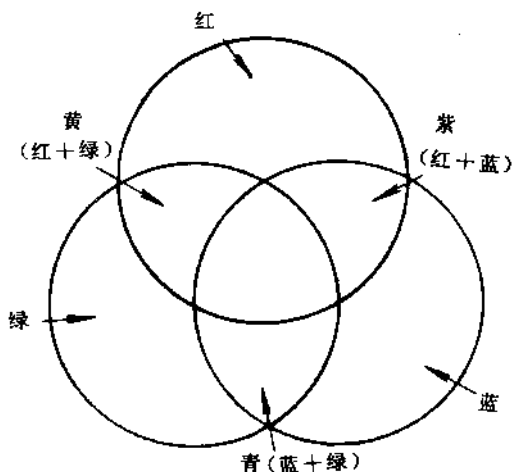


图 1.4 相加混色

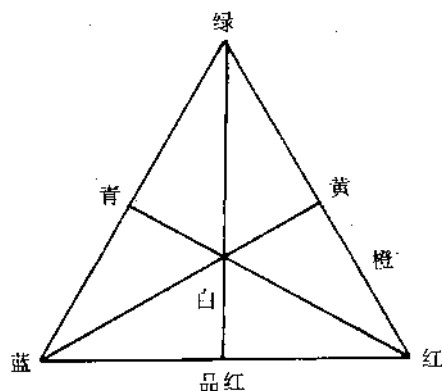


图 1.5 彩色三角形

色之间，而黄绿色在黄色与绿色之间。以三角形三个边为界，其内部的所有点代表的彩色都是由三种基色混合得到的。例如，三角形的中心点 W 代表的红、绿、蓝三基色等量混合后所得的白色。穿过 W 点的任意一条直线，与三角形边相交的点所代表的彩色互为补色。彩色三角形顶点所代表的三基色的饱和度为 100%，沿着各顶点向 W 的直线方向移动，饱和度逐渐下降，直到下降为零，而色调不变。

相加混色法除上述直接混色法外，还有一种间接混色法，它是利用人眼的视觉特性进行混色的方法。间接混色法又可分为空间混色法、时间混色法和生理混色法。

空间混色法是同时将三种基色光分别投身到同一表面上邻近的三点上，只要这些点相距足够近，则由于人眼的分辨力有一定限度，就能产生三种基色光混合的色彩感觉。空间混色法是同时制彩色电视的基础。

时间混色法是将三种基色光按一定顺序轮流投射到同一表面上，只要轮换速度足够快，则由于视觉惰性，人眼产生的彩色感觉与三基色光直接混合时相同。时间混色法是顺序制彩色电视的基础。

生理混色法是利用人眼同时分别观看两种不同颜色的同一景象，使同时获得的两种彩色印象在人的头脑中产生混色效果，生理混色法目前尚未在彩色电视中采用。

1.2.4 颜色的度量

一、配色实验与 RGB 计色制

根据三基色原理，三种基色按不同比例混合可以得到不同彩色。反之，若给定某一彩色，可通过配色实验来确定所需三基色的比例。配色实验用比色计来进行，如图 1.6 所示。

这个实验装置是由两块互成直角的理想白板将观察者的视野一分为二，在其中一块白板上投射待配色，另一块上投射三基色。调节三基色的发光强度，直至两块白板上彩色光引起的视觉完全相同。从三基色调节装置中读出所需各个基色的数值，便可写出如下配色

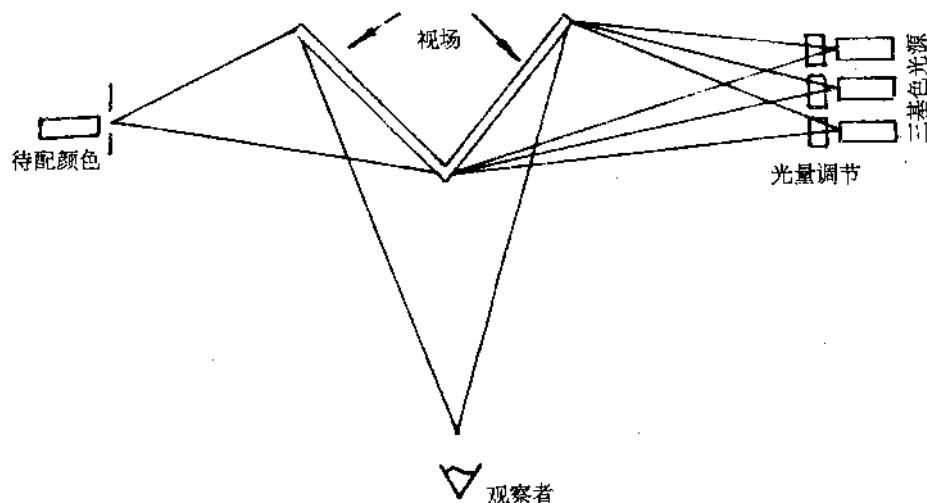


图 1.6 配色实验

方程:

$$F = R(R) + G(G) + B(B) \quad (1.2-1)$$

式中, F 为具有一定亮度和色度的待配彩色量; (R) 、 (G) 、 (B) 分别表示红、绿、蓝三基色的单位量。从上式可以看出, 要配出彩色量 F , 必须将 R 个单位的红基色、 G 个单位的绿基色和 B 个单位的蓝基色加以混合。 R 、 G 、 B 称为物理三基色的色系数。 R 、 G 、 B 比例关系决定了所配彩色的色度, 而它们的数值大小则决定了所配彩色光的光通量, 即亮度 (与光通量成正比)。

三基色的单位量是怎样确定的呢? 首先, 如前所述, 国际照明委员会 (CIE) 选定了下列三种单色光为三基色光:

- (1) 波长为 700nm 的红基色光;
- (2) 波长为 546.1nm 的绿基色光;
- (3) 波长为 435.8nm 的蓝基色光。

其次, CIE 规定三基色单位量的确定应符合: 三基色以单位量混合时应得到 $E_{\text{白}}$ 光。根据这一规定, 用精确的配色实验测得, 配成标准白光 $E_{\text{白}}$ 所需红、绿、蓝三基色的光通量比例为: 1:4.5907:0.0601。

为了简化计算, CIE 还规定: 红基色光单位量的光通量为 1lm (流明)。因此, 绿基色光和蓝基色光单位量的光通量分别为 4.5907lm 和 0.0601lm。于是三基色单位量完全被确定。即

$$1(R) = 1 \text{ lm} \quad 1(G) = 4.5907 \text{ lm} \quad 1(B) = 0.0601 \text{ lm}$$

采用上述基色单位量之后, 配出标准白光 $E_{\text{白}}$ 的表示式为

$$|F_{E_{\text{白}}}| = 1(R) + 1(G) + 1(B)$$

它的光通量为

$$|F_{E_{\text{白}}}| = 1 \times 1 + 1 \times 4.5907 + 1 \times 0.0601 = 5.6508 \text{ lm}$$