

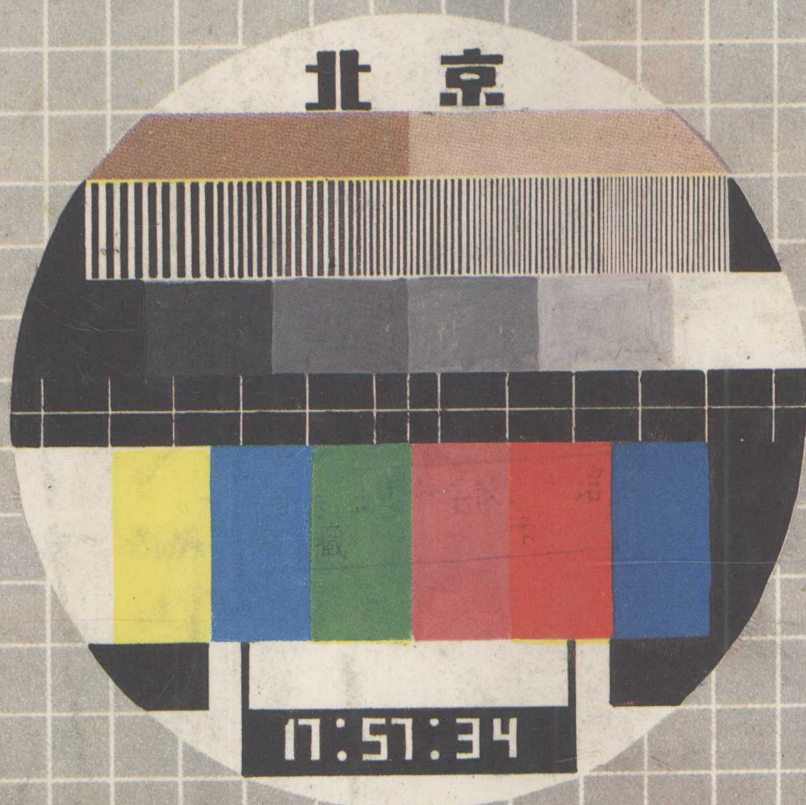
彩色电视机

彩色电视机

彩色电视机

CAI SE DIAN SHI JI

中等商业学校试用教材



中国商业出版社

中等商业学校试用教材

彩色电视机

胡有为 主编

北京人民广播电台
北京人民广播电台

1984年10月10日
1984年10月10日
1984年10月10日

ISBN 7-5047-0015-0/TP·015

中国商业出版社

中等商业学校试用教材

彩色电视机

胡有为 主编

中等商业学校试用教材

彩色电视机

胡有为 主编

中国商业出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京印刷一厂印刷

787×1092毫米 16开 19.75印张 427千字

1987年10月第1版 1988年5月北京第1次印刷

印数：1—22,000册 定价：3.05元

ISBN 7-5044-0045-9/TB·012

编 审 说 明

本书是在商业部教育司组织编写的1982年内部印刷教学试用本基础上，根据该专业教学计划和教学大纲的要求，结合几年来教学实践和电器科学的发展修改而成的。经审定，可作为商业部系统中等专业学校家电专业课教材；也可供设有本专业的中等职业、职工学校教学用书及商业部门家用电器商品经营管理人员自学用书。

本书由江苏省无锡商业学校胡有为主编，唐瑞海执笔写了第一章中第一至五节；原稿经清华大学无线电系线路教研室主任、副教授董在望，天津无线电厂彩色电视机设计室高级工程师、室主任王锡城审阅。本书在编写过程中，得到了天津变电站、上海变电站、无锡七四二厂和商业部五交化局的大力支持，在此一并致谢。

中华人民共和国商业部教材编审委员会

一九八七年六月

目 录

绪 论	1
第一章 PAL 制彩色全电视信号	5
第一节 色度学基础知识	5
第二节 兼容制彩色电视信号频带的压缩	14
第三节 亮度信号、色差信号及波形	24
第四节 U、V分量和彩色信号C及波形	29
第五节 PAL制彩色全电视信号	32
第六节 彩色电视三种基本制式介绍	36
习题一	38
第二章 彩色电视机概述	40
第一节 彩色电视机电路的基本结构	40
第二节 彩色电视信号各成分的分离	41
[实验一] 彩色电视机的正确使用	42
习题二	44
第三章 彩色解码器	45
第一节 PAL 制解码器概述	45
第二节 PAL 制色度通道集成电路TA 7193 P	47
第三节 亮度通道	72
第四节 R、G、B矩阵电路	75
第五节 HA 11580、AN 5612、AN 5620 X、M 51393 AP解码(色度)集成电路介绍	77
[实验二] 色度通道的观感检查	82
习题三	84
第四章 彩色显象管	86
第一节 彩色显象管简介	86
第二节 色纯与会聚	88
第三节 消磁电路	92
第四节 自会聚彩色显象管	93
第五节 自会聚技术	96
第六节 自会聚管的光栅失真校正	100
[实验三] 色纯、静会聚、暗平衡、白平衡调整	102
习题四	104
第五章 图象中频通道	105
第一节 彩色电视机图象中频通道的一般要求	105

第二节	声表面波滤波器	108
第三节	TA 7607 AP/TA 7611 AP 图象中频通道集成电路	110
第四节	HA 11215 图象中频通道集成电路	130
第五节	AN 5130 图象中频通道集成电路	143
习题五		146
第六章	集成化扫描电路	148
第一节	彩色电视机扫描电路概述	148
第二节	TA 7609 P 扫描集成电路	148
第三节	HA 11235 扫描集成电路	162
第四节	AN 5435 扫描集成电路	171
第五节	多级一次升压行输出变压器	174
第六节	自动亮度限制电路 (ABL 电路)	177
习题六		178
第七章	东芝牌 C-2021 Z 彩色电视机	180
第一节	东芝牌 C-2021 Z 彩色电视机概况	180
第二节	PH-4 预选器简介	180
第三节	伴音电路	190
第四节	电源电路	197
第五节	扫描电路	198
习题七		200
第八章	金星 C56-402 (日立 CTP-236 D) 彩色电视机	202
第一节	金星 C56-402 彩色电视机概况	202
第二节	开关电源	202
第三节	金星 C56-402 整机电路分析	206
第四节	金星 C56-402 检修方法	217
第五节	集成电路彩色电视机的调试和彩色电视测试卡	225
[实验四]	彩色电视机重要波形测量	232
习题八		233
附录一	彩色电视广播接收机基本技术参数 (1984 年 11 月 国家标准审定稿)	234
附录二	彩色电视暂行制式试用技术标准	238
附录三	东芝牌 C-2021 Z 型彩色电视机维修一览表	243
附录四	金星 C56-402 (日立 CTP-236 D) C37-401 (日立 CRP-450 D) 彩色电视机维修一览表	247
附录五	常见英文词汇和缩写	250

绪 论

彩色电视至今已有近 60 年的历史。

1928 年英国机械电视大师约翰·罗杰·贝尔德(John Logie Baird)首先提出了彩色电视方案,1930 年他又表演了彩色电视。1940 年美国的戈德·马克(Gold Mark)发明了场顺序制(CBS 制);1946 年美国进行了场顺序制的实验播送。它是在黑白摄像管前,装由红、绿、蓝三基色滤色片组成的彩色转盘,随着转盘旋转,依次在摄像管前呈现三种基色画面,摄像管就逐场顺序地送出三个基色电信号。在接收机荧光屏前装有同样的且同步旋转的彩色转盘。由于人的肉眼的视觉暂留特性,看到的是三个基色画面合成的彩色画面。CBS 制是传送三基色信号的机械彩色电视,它不能与黑白电视兼容。

50 年代初,美国的戴维·沙诺夫(David Sarnoff)研究成功了能与黑白电视兼容的 NTSC 制。1954 年美国正式将 NTSC 制定为美国彩色电视的法定制式。现在采用该种制式的还有日本、加拿大和北欧的一些国家。

60 年代初,西德德律风根(Telefunken)公司的瓦尔特·勃鲁赫(Walter Bruch)在 NTSC 制的基础上作了改进,提出了 PAL 制。1967 年 8 月西德正式采用 PAL 制彩色电视广播。目前,英国、意大利、澳大利亚、新西兰、荷兰、瑞士和第三世界的许多国家都采用 PAL 制。我国也将 PAL 制作为彩色电视的暂行制式。

60 年代初,法国汤姆森公司发明了 SECAM 制,1967 年 10 月法国正式采用 SECAM 制彩色电视广播。至今采用 SECAM 制的还有苏联、东德等国家。

目前,这三种与黑白电视兼容的彩色电视制式已被各国公认,它们有各自的特点和弱点,这些将在第一章中专门介绍。

从彩色电视机技术的发展进程看,技术更新大至经历了三代。第一代是 60 年代以前的电子管式彩色电视机,第二代是 60 年代至 70 年代初期的晶体管式彩色电视机,第三代是从 70 年代以来的集成化彩色电视机。我国彩色电视机的研制起步较晚,70 年代生产出全部国产元器件的晶体管式彩色电视机,但质量与国外先进水平还有较大差距。党的十一届三中全会以来,实行对外开放、对内搞活的经济政策,引进了国外先进技术和设备。目前,生产出的彩色电视机已达到国际水平,不少技术指标优于国外名牌产品,並已有批量彩色电视机外销。同时,我国微电子技术和电子元器件质量不断提高,生产彩色电视机的元器件渐趋国产化。随着人民生活水平提高,彩色电视机已出现供不应求的现象,这将进一步促进彩色电视机产量的增加和质量的提高。预计“七·五”期间彩色电视机工业将有一个大发展。

从世界范围来看,彩色电视机正向着高集成度、多功能、高清晰度、低功耗、立体化和卫星直播电视等方面发展。

一、高集成度

象东芝公司研制的 TA 7699 AP 集成电路,具有色度通道、亮度通道和扫描的全部功能。又如莫托—罗拉公司已研制成一种 Chroma TA' 双极芯片集成电路,它只要输入中频

信号,就能送出三基色信号。

二、多功能

1. 各种形式的组合机。电视机与收音机、录音机、计算机、录象机组成组合机。如松下公司已研制成 TH 6—X30 彩色电视、录音、收音组合机。

2. 与微型计算机配合研制可自控、可程序的彩色电视机。美国 RCA 公司研制成可遥控 17 个频道,并具有开机、关机、频道显示、音量控制、亮度、对比度、饱和度等 32 种功能的红外控制彩色电视机。

美国还研制出具有声控各种功能,并能与电话连接的 25 英寸彩色电视机。外来电话时,彩色电视机附设的闪光灯发光、报警器发出报警声,只需按下指令,手持发射机,就可通过电视机回话。

美国还研制成配有可编排七天电视节目的可编程序器。

日本也已研制成可遥控 82 个广播电视频道和 32 个电缆电视的遥控装置,并可用声控来选择频道、调节音量,控制开机或关机。还制成贮存两个人控制(有 30 个指令)的贮存器。

3. 电视多路广播。这是在不增加电视发射功率和频带宽度的情况下,保证正常的图象、伴音质量的前提下,利用正常电视信号在频域或时域不带信息的空域,插入其它外加信号,同电视信号一起播送出去。在接收端可将这些信号适当处理。通过按钮变换可接收多路伴音、多路文字或多路静止图象。这种电视我国也研制成功。

4. 多用途彩色电视机。将彩色电视机作为显示电视唱片、电视录象和电视游戏的显示设备。

三、高清晰度

1. 提高自会聚彩色显象管电子枪的聚焦能力,研制高清晰度彩色显象管。目前已在研制高压双电位聚焦(High—Bpf)电子枪,高压单电位聚焦(High—Upf)电子枪,高压单双电位聚焦(High—upf—Bpf)复合电子枪,高压三电位聚焦(High—Trpf)电子枪。这些电子枪聚焦电压约为 7.1 kv~12 kv。另外,还研制了高压双单电位电子枪,多次聚焦电子枪和静磁聚焦电子枪的彩色显象管。

2. 应用新型电路提高图象清晰度。如用梳状滤波器分离亮度和色度信号。改善亮度分辨率和减小彩色与亮度的互相干扰。

又如研制不兼容的高清晰度电视机。日本广播公司(NHK)采用 1125 行/60 场的隔行扫描方式,屏幕高宽比为 3:5,亮度带宽为 20 MHz,色度带宽为 7 MHz(宽)或 5.5 MHz(窄),清晰度可提高一倍。索尼公司也研制出行顺序扫描提高画质的彩色电视机,其图象频带宽为 8.4 MHz,行频为 31.46852 KHz。

四、低功耗

1. 以减小偏转角和研究超细管颈的彩色显象管,来降低功耗。东芝公司已生产出偏转角为 90°,管外径为 22.5 mm 的超细管颈的 14 英寸彩色显象管。

2. 索尼公司研制成无需荫罩的 30 英寸彩色显象管,电子利用率提高 30~50%,与同尺寸彩电相比可省电 45 W。

五、立体化

1. 立体电视。其原理类似于立体电影。利用并行的双镜头立体摄象机,模拟人的双

眼观看景物的过程,拍摄出角度不同的两幅图象,然后把它们迭加复制成立体图象信号。在接收端,使用立体彩色电视接收机,戴上立体的(偏正光)眼镜就可收看到立体彩色电视。美国加利福尼亚州和奥地利都试播这种立体电视。荷兰已研制出一种与三种电视制式都兼容的立体电视系统及激光全息立体电视。

2. 立体声(双伴音)和双语言伴音彩色电视机。如西德西门子公司研制成兼有双通道和内载波式伴音集成电路 TDA 2840。又如日本 1981 年就有双伴音彩色电视机投放市场。

3. 立体声伴音的立体电视。

4. 多画面电视。(1) 画中画彩色电视机, 画中画电视接收机是在一个显象管上同时映出两个频道画面的接收机。一般把接收主频道图象称为大画面, 把另一频道的插入图象称为小画面, 两个画面可以随时转换, 小画面可在大画面中任意选择 9 个显示位置, 大、小画面比例一般为 9:1。日立公司研制的画中画电视机, 小画面占 1/14, 可在大画面四个角上任意位置显示, 并可将小画面静止显示。我国在 1986 年也已研制成画中画彩色电视机。(2) 画外画电视接收机, 画外画电视机是在一台电视机上设有两个以上显象管, 即显示主频道画面显象管的外侧, 另设一个或几个小尺寸的显象管, 可同时接收两个以上频道的节目。如夏普公司研制成一个大屏幕和两个或四个小屏幕组成的画外画彩色电视机。

六、卫星直播电视

国际专业会议已规定使用 12 KMHz 频段, 应用直径为 0.4 米抛物面天线的卫星直播电视。它由两部分组成:

1. 室外。包括天线、高放、本振、混频和前置中放, 将天线接收到的 12 KMHz 的调频信号(由同步卫星发射)变成第一中频信号(中频范围为 216 ~ 466 MHz)选出所需接收的节目。

2. 室内。包括电子调谐器(高频头)、中频滤波器、中频放大器、鉴频器、去加重、伴音调制器等。将第一中频信号变成第二中频信号(中频范围为 70 ~ 140 MHz), 经放大后送到调频解调器, 去加重电路和中频滤波器, 再变换成 UHF 频段的调幅信号送到一般电视机中去显示。

我国也在 1986 年 2 月发射同步卫星, 供电视广播使用。

此外, 大型平板电视和数字电视也均在研究之中。

《彩色电视机》是一门综合应用电工、晶体管电路基础、脉冲电路、线性集成电路、声学和光学的课程。它具有较强的技术性和专业性。

彩色电视机也是一种重要的家用电器商品。对于从事家用电器商品流通领域工作的采购、加工、业务经营、检验、维修人员都应该具备彩色电视机的专业知识。

本教材比较系统地介绍了 PAL 制彩色全电视信号、彩色电视机的基本原理和自会聚彩色显象管。较详细地讲解了色度通道、图象中放、扫描、伴音等部分所用集成电路 TA 7193 P / AP、TA 7607 / 11 AP、HA 11215、TA 7609 P、HA 11235、TA 7176 AP(HA 1124 A)的功能、特点和内电路原理; 同时也介绍了 HA 11580、AN 5612、AN 5620 X、M 51393 AP、AN 5130、AN 5435 等集成电路。并对社会上拥有量较大的金星 C 56 - 402 (日立 CTP - 236 D) 集成电路彩色电视机和国家广播电视工业总局推荐的 X 53 P (东芝牌 C - 2021 Z) 彩色电视机机芯进行了论述和分析。本教材还介绍了彩色电视机的质量标准、调试方法、感观检验方法和一般维修方法。

內張氏音韻家集由清TDA 5840。如日本1981年藏有双半音字母表。

財帛豐盈五，六

。中 之 衣 物 五 成 由 縣 自 宰 辦 味 縣 由 辦 平 縣 十 一 校 訓

C-202V)彩色电视机机芯进行了构造和分析。本教材还介绍了彩色电视机的质量标准、日立CTP—830D集成电路彩色电视机和国家广播电报总局推荐的X-53P(浪芝牌)5139B AP、AN 5130、AN 5435等集成电路。并对社会上拥有量较大的金星C-58—402(112A)的功能、特点和内部电路原理;同时也介绍了HA 11580、AN 5615、AN 5620 X、M 7193 P、AP、TA 7607、11 AP、HA 11215、TA 7609 P、HA 11235、TA 7178、AP(HA 彩色显像管、较详细地讲述了色度通道、图象中频、扫描、伴音等部分所用集成电路TA 本教材还详细介绍了PAT制彩色电视信号、彩色电视机的基本原理和自修方法。

第一章 PAL 制彩色全电视信号

第一节 色度学基础知识

在光的照射下，自然界的万物给人以各种各样的彩色视觉，使我们生活在一个五彩缤纷的彩色世界之中。一切物体，都以它特有的彩色给人造成印象。对物体彩色的主观感觉是人们认识客观世界的一个重要方面。所以，一切彩色都是人眼视觉特性与物体客观特性的综合效果。彩色电视技术就是要研究上述的特性，并且利用上述特性实现彩色电视。

一、光和彩色

1. 可见光

人们之所以能在日常生活中看到大自然的景物，是因为太阳光照亮了大地。离开了阳光，地球将是一个黑暗的世界。由物理学的光学理论知道：任何一种光都是以电磁辐射（电磁波）形式存在的物质。电磁辐射范围很广，最短的如宇宙射线，其波长只有 $3 \times 10^{-17} \text{ m}$ ；最长的如交流电，其波长可达数千公里。在电磁辐射范围内，只有从 380 nm 到 780 nm 波长的电磁辐射能够引起人的视觉。我们把这段能够引起视觉反应的电磁辐射叫做可见光。电磁辐射波谱和可见光谱如图 1-1 所示。太阳光是太阳上的热核反应所发出的多种波长范围的电磁辐射中一部分。太阳光谱结构与可见光谱结构相近。光谱中所有波长的电磁波混合在一起，同时作用于人眼，人便获得了白色光的感觉。

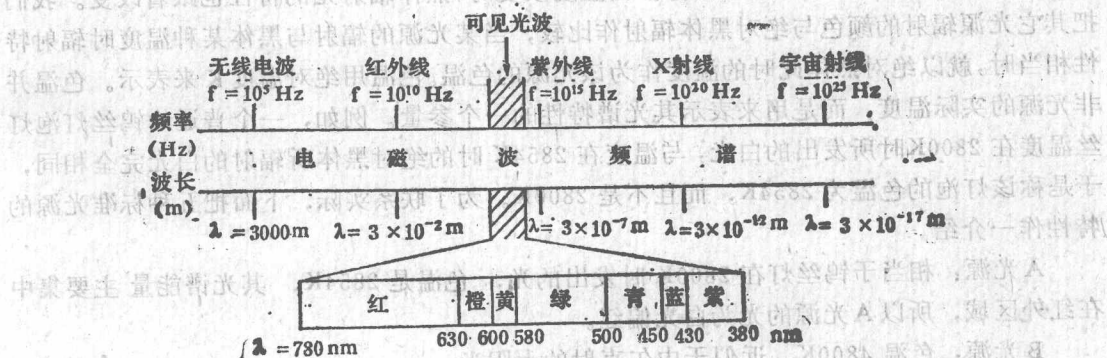


图 1-1 电磁辐射波谱和可见光谱

彩色是可见光的一种属性，是可见光作用于人眼而引起的视觉反应。如果可见光谱范围内的任何一种波长的电磁波单独射入人眼，就会引起彩色视觉。在可见光谱范围内，随着波长从长到短的变化，在人眼中引起的颜色感觉依次是红、橙、黄、绿、青、蓝、紫各颜色。一束太阳光通过玻璃三棱镜后，可以分解为按上述颜色次序排列的光谱。可见，白光并不是单色光，而是由各种颜色的光混合而成的复色光。关于这一点，根据光的可逆性，还可以用上述实验的逆实验再作证明。同样用三棱镜将分解得到的光谱再聚合起来，其结

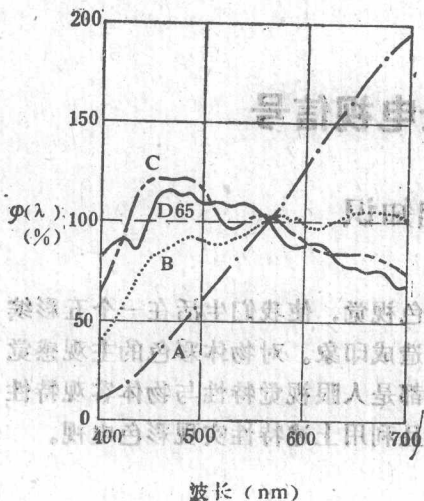


图 1-2 光源的光谱能量分布

低，波长长时能量大，故 A 光源的光偏红。而 C 光源因波长短时能量高，故光偏青蓝。其余几种光源介于两者之间。

如何来区别各种光源因光谱能量分布不同而产生的差别呢？物理学中用一个称为绝对黑体的辐射源作为标准，其它光源都与它作比较。所谓绝对黑体是指既不反射也不透射，能够完全吸收入射光的理想辐射物体。对绝对黑体加热时，它能够辐射出连续光谱的光，而且光谱的能量分布只与它的温度有关。我们不妨以日常生活中的木炭来作比拟。木炭燃烧时所发出的光的颜色与它当时的燃烧的温度有关。当燃烧温度较低时，发光偏红；燃烧剧烈了温度上升，发的光变白；当燃烧更加剧烈时，燃烧温度更高，此时火焰光的颜色偏蓝紫色。黑体辐射与温度的关系也是这样。当温度改变时，黑体辐射光的特性也跟着改变。我们把其它光源辐射的颜色与绝对黑体辐射作比较，当某光源的辐射与黑体某种温度时辐射特性相当时，就以绝对黑体此时的温度作为该光源的色温。色温用绝对温度 K 来表示。色温并非光源的实际温度，而是用来表示其光谱特性的一个参量。例如，一个普通的钨丝灯泡灯丝温度在 $2800K$ 时所发出的白光，与温度在 $2854K$ 时的绝对黑体所辐射的白光完全相同，于是称该灯泡的色温为 $2854K$ ，而且不是 $2800K$ 。为了联系实际，下面把五种标准光源的特性作一介绍。

A 光源：相当于钨丝灯在 $2800K$ 时发出的光，色温是 $2854K$ ，其光谱能量主要集中在红外区域，所以 A 光源的光为白光偏红。

B 光源：色温 $4800K$ ，近似于中午直射的太阳光。

C 光源：色温 $6770K$ ，相当于正常白天的自然光，由于其波谱能量在 $400\sim 500nm$ 处较大，故光色偏蓝。

D 光源：色温 $6500K$ ，故又称 D_{6500} 或 D_{65} 光源，它相当于直射阳光与散射“天空光”的混合光。D 光源是近代彩色电视的标准白光。

E 光源：是一种假想的“等能量白光”，与色温为 $5500K$ 的白光相近。E 光源的意义仅在于简化色度学中的理论研究。

在近代照明技术中，还应用一种新式卤钨灯，色温为 $3200K$ 。这种灯也是彩色电影和

果是一束白光。

2. 光源

能够自行发光的物体叫做光源。通常的照明光源如太阳，白炽灯，日光灯等，虽然统称为白光源，但由于发光物质不一样，光谱成份相差较大，用它们照明后所得到的物体颜色往往不一样。在太阳光下所看到的物体色，在别的光照射下，颜色就要发生偏差。理想的白光是一种这样的电磁辐射，它的可见光谱成份具有完全相等的辐射能量，物理学中称它为 E 光源，或 $E_{\text{白}}$ ，是一种标准光源。实际的标准光源的光谱辐射能量与 E 光源有一定的差异。象图 1-2 中的 A 光源，B 光源，C 光源和 D 光源等，都是国际上通用的标准光源。其中 A 光源的光谱能量分布与 E 光源相比差异较大。由于波长短时能量

彩色电视在摄影棚或演播室中常用的光源。

3. 物体的颜色

阳光照亮了大地，同时也使万物呈现出不同的色彩。太阳是发光体，即光源；而地球上的物体绝大多数都是不能发光的，它们是非光源。我们对光源的视觉是由于光源的电磁辐射直接射入人眼引起的。光源的颜色取决于光源辐射的电磁波谱结构。那些不发光的物体在外界光源的照射下，能够有选择地吸收和反射（或透射）光线。反射（或透射）的光线射入人眼，便引起人们对物体的视觉。显然，物体的颜色取决于照明条件和物体本身反射（或透射）光谱的特性。一块布，在日光照射下，如果它能够反射红光而吸收其它光谱，人们将看到布是红的。如果在一个黑暗的空间，用单色的绿光照射这块布，由于布吸收了绿光而又没有红光被反射，人们眼睛接收不到任何光线，因而对这块布没有视觉，这块布是黑色。

概括起来说，物体的颜色取决于从该物体射入眼睛的光的组成情况。在黑暗中所有物体都是黑的。

应当指出，物体的颜色不仅取决于上述客观条件，而且还与主观条件——人眼的视觉功能有关。但是对于正常视力的人（这里主要指非色盲者）来讲，彩色视觉功能的差异是不太大的。

还应当指出，色度学规定：彩色与非彩色总称为颜色。非彩色指白色、黑色和各种深浅不同的灰色。当物体表面对可见光谱所有波长辐射的反射率都在80~90%以上时，该物体表现出白色，有很高的明度；当反射率约在4%以下时，该物体为黑色；反射率介于二者之间的就为灰色。白、灰、黑色的物体对光波各波长的反射没有选择性，它们是中性的。对于光来说，非彩色的黑白变化相应于白光的亮度变化。当白光亮度高时，表现为白色；当白光的亮度低时，就为灰色；无光时为黑色。彩色是指黑白系列以外的各种颜色。但是，有时在彩色电视技术中提到的“彩色”也包含着非彩色，其涵义与色度学中的“颜色”是一致的。

二、彩色视觉与混色法

当不同波长的可见光作用于人眼时，人眼不仅能感受到不同颜色，而且还能感觉到各种颜色具有不同的亮暗。实质上，人眼的亮暗感觉反应了光作用的强弱；而彩色感觉则反应了光的波长不同。生理解剖学给我们启示：人眼感光细胞的大小和形状，及其在感觉系统中的位置排列，造成了人眼的上述两个特性。

1. 视觉特性

人的眼睛中有一个高级透镜，它能自动地将大小不等、远近不一、明暗不同的各种景物清晰地聚焦在视网膜上，通过视觉神经传到大脑，产生视觉。

生理解剖学指出，在眼球壁最里层为视网膜层。视网膜里充满着大量能感光的锥状和杆状细胞。锥状细胞感受强光，主要在白天起作用（或在强光刺激下起作用），能辨别颜色和图象的细节。锥状细胞的数目约600~700万个，绝大部分分布在视网膜中部的黄斑区域。杆状细胞的感光灵敏度约比锥状细胞高一万倍，它能在黄昏、光线暗弱时起作用，使人看见景物，但它不能辨别颜色。因此，在光线暗淡时，物体的颜色难以辨认。人眼的杆状细胞多达1~1.2亿只，主要分布在视网膜中心区域周围。

由于锥状细胞对光的敏感性远低于杆状细胞，所以人眼分辨彩色差别的能力比分辨亮度差别的能力低。如果对颜色不同的彩色光栅条纹与对尺寸大小相同而亮度不同的黑白光栅条纹进行观察比较，可以发现当光栅间距逐渐变小时，人眼就只能分辨黑白条纹了，彩色条纹则模糊不清。人眼对彩色细节的分辨力低的发现，为简化彩色电视信号传递提供了一种方法。

在可见光范围内，眼睛对不同波长的光的亮度感觉很不相同。如果以波长为 555nm 的黄绿光的亮度感觉为 1，比较辐射功率相同的各个波长的光的亮度，可以得到视力正常的观察者在明亮环境中的相对视觉灵敏度（即视敏度或视见度）曲线，如图 1-3 所示。由图可见，视敏度曲线的最大值位于 555nm 处，在峰的两侧，曲线几乎对称地逐渐下降至零。曲线表明，人眼在整个可见光谱范围内，视觉灵敏度并不是均匀的。

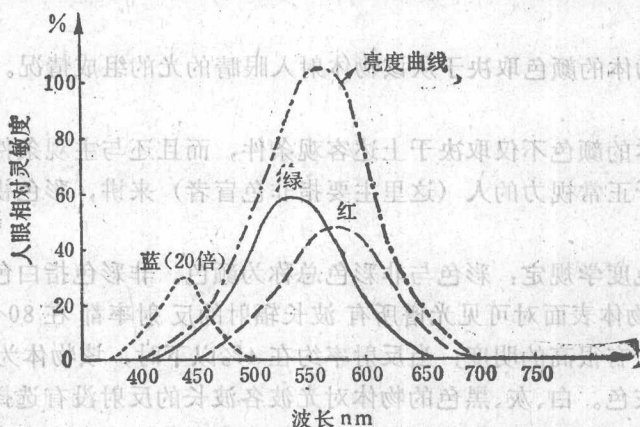


图 1-3 视敏度曲线

为了解释眼睛辨色原理，人们提出了视觉三色假说。这种假说至今尚未被解剖学证明，但是它能合理地解释眼睛的辨色原理。视觉三色假说认为视网膜上的锥状细胞有三类，分别对红、绿、蓝三色最为敏感。它们对可见光的反应灵敏度如图中 1-3 中对应的三条曲线所示。由图可见，三条曲线的最大值分别在光谱的红、绿、蓝区域内。当任何一束光射入人眼时，三种锥状细胞就会产生不同的反应，其综合效果，获得色视觉感。例如，一束紫光射入人眼时，只能对红敏和蓝敏锥状细胞产生刺激，产生紫色视觉；而一束黄光射入人眼时，只能对红敏和绿敏锥状细胞产生刺激，产生黄色视觉。在大量的实验和统计基础上，人们认识到：视网膜上的红敏、绿敏和蓝敏三种锥状细胞所受色光刺激程度的比例决定色度感觉，它们所受色光刺激程度的总和决定亮度感觉。因此，实质上视敏度曲线是由三种锥状感光细胞的光敏曲线迭加得到的。

2. 彩色量

彩色光的度量称为彩色量，它决定于彩色光引起的彩色视觉总效果。为了全面地描述一个彩色量，必须有三个数据，俗称彩色三要素，这就是亮度、色调和饱和度。

亮度表示某彩色在视觉上引起的明亮程度。亮度取决于光谱能量的总和。当一束光的全部能量增强时，感觉明亮；全部能量减小时，感觉暗淡；亮度还与颜色种类有关，同强度的红、绿、蓝三色光，人眼对绿色光感受最强，红色光次之，蓝光最差。黑白电视机屏幕反映的就是明暗变化，所以亮度信号就是黑白电视信号。

色调是指光所呈现的颜色。如红、黄、蓝、绿、紫，等等。色调与光的波长有关。

饱和度是指彩色的深浅程度。它与光线中的白光成份多少有关，因此，也可将饱和度理解为彩色中的掺白程度。可见光谱中的各种单色光的饱和度为 100%。当光谱色掺入的白光成份愈多时，色饱和度愈低。光谱色掺入白光成份达到很大比例时，就不再成为彩色光，而成为白光了。

色调和饱和度是组成色度的两个基本量。色度也就是日常人们所说的颜色。

3. 三基色原理

所有彩色印刷、彩色摄影和彩色电视的原理，都是用少数几种颜色相混合而获得原景物中各种不同的颜色。用来混色的几种颜色称为基色。

因为人眼的三种锥状细胞分别对三种颜色较敏感，因此，可以利用三种颜色作为基色。三基色的选择是任意的。只要我们选定任意三种基色，而这三种基色中的一种不能由其它两种基色相混而产生，就可以作为三基色。事实上，任意四种颜色，永远存在于线性关系中，即其中任一色都可以用另外三色合成而得。因此同时只可能有三个独立的颜色，这就是三基色原理。三基色原理间接验证了辨色假说。

用三种颜色混合所能形成的不同颜色的数量，与所选用的基色有关。实践证明，用红、绿、蓝三种颜色作基色，按不同浓淡比例相互混合所得到的颜色种类比用其它三种颜色混合来得多，几乎可以产生自然界中所有颜色。正因为如此，彩色电视技术选用红、绿、蓝三色作为三基色。三基色原理是彩色电视的基础。

彩色作为人眼的一种视觉效应，显然跟彩色光的光谱有密切关系，但并不是决定性的。有时彩色光的光谱成份虽然不同，却完全可以引起相同的彩色视觉效果。例如，波长为 580 nm 的单色光能引起橙黄色感觉，如果用适当比例混合红、绿两种色光也可得到橙黄色光。前者是单色光，后者是复色光，光谱成份完全不同，但其视觉效果是一样的。因此，对于颜色千变万化的彩色景象，无需按其光的波长和强度的真实分布情况加以传送（这点在技术上很难做到），而只要传送其中能合成它的三基色就可以完全等效，并呈现原有的彩色景象了。在彩色电视中，利用三基色原理可以大大简化彩色电视信号的传送。

4. 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。

将红、绿、蓝三束单色光投射在一个白色屏幕上相互迭加，可得到图 1-4 所示的图案。

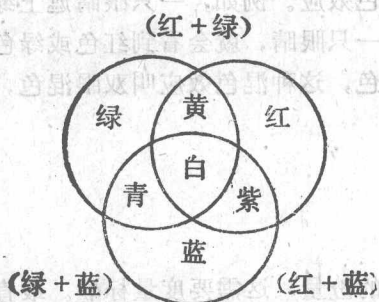


图 1-4 相加混色图

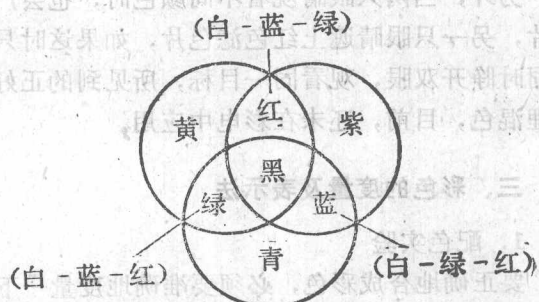


图 1-5 相减混色图

由此可见：

红色 + 绿色 = 黄色

绿色 + 蓝色 = 青色

红色 + 蓝色 = 紫色

红色 + 绿色 + 蓝色 = 白色

适当改变混色比例，可以得到几乎所有可能的颜色。例如，红色光与绿色光混合时，如果绿色光比例由小逐渐增大，则依次产生橙红、橙、黄橙、黄、绿黄、黄绿、草绿等各种连续变化的颜色。当红、绿、蓝三色光以不同比例混合时，亦可得到各种较淡的颜色，如淡青、淡紫、淡绿、淡黄、粉红、浅蓝等各色。

三基色光相加以获得各种颜色的方法称为相加混色。彩色电视技术中应用的就是相加混色法。

在彩色印刷、绘画和电影中采用了颜料三基色。白光照在颜料上后，光谱的某些部分被吸收，而其余部分被反射或透射，从而表现出某种颜色。在这种情况下彩色迭加的方法称为相减混色。这时采用的基色是紫（吸收绿色光）、黄（吸收蓝色光）、青（吸收红色光）三色。可将它们写成表达式：

紫色 = 白色光 - 绿色光

黄色 = 白色光 - 蓝色光

青色 = 白色光 - 红色光

对于所有颜色的光而言，都存在着另一种颜色的光与其混合时，而得到白色光。我们说这两种颜色为互补色。例如，青紫黄三色分别是红绿蓝三色的补色；反之亦然。所以颜料三基色与彩色光三基色正好是互补色。

无论是相加混色还是相减混色都是对同时作用于同一面积上的光的直接迭加而言的，实际上这是在一种光的光谱中增加或减去某些光谱成分，因此，这是一种“光谱混色”。

除了光谱混色法外，由于人眼具有极限分辨力和视觉惰性，所以对彩色还有空间混色和时间混色等。

空间混色指的是当空间不同颜色的几个点靠得足够近，以至于它们对人眼所张的视角小于最小分辨角时，人眼就不能分辨出它们各自的颜色，所感到的只是它们的混合色。空间混色法是彩色电视机显象管重现彩色图象最基本的方法。我们在正常收看距离所看到的五彩缤纷、千变万化的彩色正是荧光屏上交错排列的红、绿、蓝三色光点迭加的结果。

时间混色利用人眼视觉暂留特性，使各种色光以足够快的速度轮换出现，这样人眼就无法分辨出它们各自的颜色，看到的只是它们的混合色。

另外，当两只眼睛观看不同颜色时，也会产生混色效应。例如，一只眼睛遮上绿色滤色片，另一只眼睛遮上红色滤色片，如果这时只睁开一只眼睛，就会看到红色或绿色；如果同时睁开双眼，观看同一目标，所见到的正好是黄色，这种混色效应叫双眼混色，也叫生理混色，目前，还未在彩电中应用。

三、彩色的度量及表示法

1. 配色实验

要正确地合成彩色，必须要准确地度量一下彩色的份量，这需要度量标准。最直接的度量标准应该是彩色光线对人眼三种圆锥细胞的刺激量。但是刺激量无法准确测得，也难以进行实验，所以通常用间接的方法来度量彩色。

由于每一种彩色都能用三个基色适当地混合而成，因此，我们就可以用它所包含的三

基色成份来度量。例如某一彩色由一份红、二份绿和三份蓝混合而成,我们就叫它为1红、2绿、3蓝的彩色。

红、绿、蓝三色在光谱中都占有一定的波长范围,所以要选定三基色的波长,才能有计算标准。根据大量实验,国际上规定了三个单一波长的光作为标准的基色。即

红色:波长为700 nm;

绿色:波长为546.1 nm;

蓝色:波长为435.8 nm。

另外,还要规定基色的单位量。为了方便起见,规定一单位的红、绿、蓝在一起能得出白色。这样就有了红、绿、蓝单位量的相对亮度比例了。测量结果得出1单位红、绿、蓝的亮度比例是:

红:绿:蓝=1:4.5907:0.0601

这就是三基色的单位量,简称基色量,用(R)、(G)、(B)三个符号表示红绿蓝的基色量。根据以上规定的标准,可知白光的光通量 $F_{\text{白}}$ 如下式所示:

$$\begin{aligned} F_{\text{白}} &= 1 \cdot (R) + 1 \cdot (G) + 1 \cdot (B) \\ &= 1 \text{ 流明} + 4.5907 \text{ 流明} + 0.0601 \text{ 流明} \\ &= 5.6508 \text{ 流明} \end{aligned}$$

于是,任意彩色的光通量,即彩色量 F ,可用下式表示:

$$F = R(R) + G(G) + B(B),$$

式中R、G、B分别表示红、绿、蓝三基色混合比例,亦即三系数。这三个数值可由图1-6的配色实验得到。图中有两块互相垂直的反射板,它们对任何波长的光几乎都能进行全反射。在反射板右侧放置R、G、B三基色光源,它们同时将光线投射到板上。在反射板的左侧放置一个待配的彩色光源。

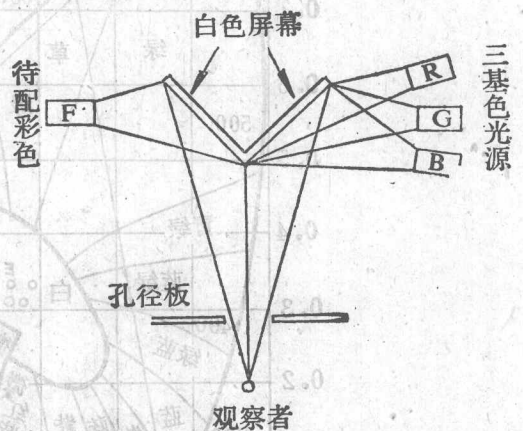


图 1-6 配色实验

观察者立在两板交界线上观察,边观察,边调节三基色光的强度比例,直至左右两块反射板反射的彩色光完全相同为止。这时从R、G、B强度调节器的刻度上就可读出红、绿、蓝三基系数值,从而得到该色光的三基色混合比例。

色度学中把各用一个单位量混合得到E白光的三种基色光,称为物理三基色,这是可以用物理方法产生出来的三种实际色光。

2. 怎样看色度图

用三系数R、G、B虽然能对彩色进行量度,但使用起来很不方便,也不直观。习惯上,人们较为乐意用图解法来表示色度(即色调和饱和度),这样的图叫色度图。

图1-7就是国际上通用的标准色度图。舌形曲线上的数字表示光谱色的波长(单位是nm),所有实际存在的彩色都在这条舌形曲线内,等能量白光E在图中以(R)、(G)、(B)为顶点的三角形重心上($x=y=1/3$)。图中还标明了白光A和白光C的位置。

日常生活中较为常见的彩色在色度图上的位置,图1-7也粗略标出。舌形曲线内每一点所代表的色度可由该点的色度坐标(x,y)来确定。其中y值同时还代表了相对亮度。