

◁ 丛书 ▷

家用电器维修技术入门

彩色电视机的维修

《家用电器》杂志编辑部主编



JIA DIAN

WEI XIU

北京科学技术出版社

家用电器维修技术入门丛书

彩色电视机的维修

《家用电器》杂志编辑部主编

艾 伦 沈大林

严鲁晋 王军伟 编写

胡瑞海

北京科学技术出版社

内 容 简 介

本书以传授集成电路彩色电视接收机的维修技术为主要目的,介绍了目前社会上使用较为广泛的几类机型的各种维修技术。全书共分十六章。第一章至第七章叙述了彩色电视机的基本工作原理和关键零部件的结构、性能;第八章至第十章针对三种典型彩色电视机电路进行工作流程分析;第十一章概述了彩色电视机电路的调整与测试方法;第十二章至第十六章详细地介绍了三种典型彩色电视机各种故障的检修方法。

本书注重职业技术培训特点,突出实用性,是一本较全面的彩色电视机理论与维修的入门书籍。

读者对象:电视机修理人员,无线电爱好者。各类电视机维修培训班的学员。

家用电器维修技术入门丛书
彩色电视机的维修
《家用电器》杂志编辑部 主编

北京科学技术出版社出版
(北京西直门外南路19号)

新华书店首都发行所发行 各地新华书店经销
涿州市印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 25印张 569千字
插页3页

1989年5月第一版 1989年5月第一次印刷
印数1—10,000册

ISBN 7-5304-0469-5/T·89

定价: 9.00元

出版说明

随着我国经济的迅速发展和人民生活的需要，家用电器在城乡广大居民中越来越得到广泛的应用。因此，要求家用电器的维修服务必须与此相适应。本丛书是在有关方面建议下，为满足读者的要求，配合职业教育的发展，由《家用电器》杂志编辑部组织编写，北京科学技术出版社出版的。

本丛书包括常用的家用电器，例如洗衣机、电冰箱、收录机、黑白与彩色电视机、录像机、电动、电热器具、照像机、高传真度音响设备等分册；每分册介绍一种（或一类）家用电器的维修技术，系统地讲解其基本原理、结构类型、性能指标、故障分析和维修方法。本丛书力求做到深入浅出，通俗易懂，解决实际问题；务使读者在短时间内掌握基本的家用电器知识和维修技能。

参加本丛书选题、组稿、编写、审稿等工作的同志有（按姓氏笔划顺序）：丰金玲、王伦、王军伟、王远美、王新明、王毅青、艾伦、卢旭生、刘胜利、刘竑、沈大林、李永刚、李燕南、吴玉琨、钟载传、耿秋晨、杨胜伟、潘月琴。

本丛书可做为职业高中家用电器专业，部队培训军地两用人材，维修服务业培训学习的教材，也可做为广大家用电器爱好者和用户的自学读本。

由于编者水平所限，时间仓促，书中错误或不当之处在所难免，热诚希望读者批评指正。

前 言

彩色电视接收机做为教育、宣传、娱乐工具，已经进入了我们的家庭生活，并且越来越普及。

为了满足彩色电视机维修工作者和无线电爱好者的需求，我们主编了《彩色电视机的维修》一书。

本书介绍了彩色电视机的工作原理、关键零部件的结构和性能。在第十二章至第十六章中，根据电路功能和结构特点，分别介绍了针对三种典型彩色电视机各种故障的检修方法。书中还提供了目前社会上使用较为广泛的几种机型的各种维修技术资料。这是一本较为全面介绍集成电路彩色电视接收机维修技术的实用性书籍，适合于有一定电学基础的人员阅读。

本书第一、二、三、四、六章由沈大林编写；第五、七章由王军伟、胡瑞海编写；第八至第十三章由艾伦编写；第十四章至第十六章由严鲁晋编写。

书中有误之处，恳请广大读者提出宝贵意见。

《家用电器》杂志社

1988年10月

彩色电视机的维修技术

目 录

第一章 光和色度学知识	(1)
第一节 光的特性.....	(1)
第二节 物体的颜色和标准光源.....	(2)
第三节 人眼的视觉特性.....	(3)
第四节 三基色原理与彩色的混色.....	(5)
第五节 彩色的度量.....	(8)
第六节 显像三基色和亮度方程.....	(13)
第二章 彩色电视原理	(16)
第一节 概述.....	(16)
第二节 亮度信号与色差信号.....	(25)
第三节 正交平衡调幅.....	(31)
第四节 同步检波原理与NTSC制色同步信号.....	(36)
第五节 NTSC制副载波频率的选定.....	(39)
第六节 PAL制的特点和PAL制的色度信号.....	(43)
第七节 PAL制副载波频率的选定.....	(47)
第八节 PAL制色度信号的解调原理和色同步信号.....	(53)
第九节 彩色全电视信号.....	(58)
第十节 PAL制编码与解码.....	(63)
第十一节 彩色电视接收机的框图和各部分的作用.....	(67)
第三章 彩色电视集成电路基础	(70)
第一节 概述.....	(70)
第二节 恒流源电路.....	(72)
第三节 稳压源电路.....	(77)
第四节 直流电平位移电路.....	(79)
第五节 差分放大器.....	(82)
第六节 增益控制电路.....	(94)
第七节 输出级电路.....	(96)
第八节 模拟乘法器的基本原理.....	(98)

第九节	双差分模拟乘法器的应用	(103)
第十节	运算放大器及其应用	(109)
第四章	彩色与黑白电视机相同部分的电路分析	(120)
第一节	高频调谐器	(120)
第二节	中放通道和视频检波电路	(131)
第三节	伴音通道	(144)
第四节	行场同步与扫描电路	(148)
第五章	彩色显像管	(161)
第一节	结构类型和特点	(161)
第二节	三枪三束与单枪三束彩色显像管简介	(169)
第三节	自会聚彩色显像管	(172)
第四节	型号命名和主要参数	(178)
第五节	使用中的注意事项	(181)
第六章	彩色解码电路	(183)
第一节	亮度通道	(183)
第二节	色度通道	(191)
第三节	基准副载波恢复电路	(202)
第四节	解码矩阵和末级视放电路	(216)
第七章	直流稳压电源	(221)
第一节	彩色电视机中稳压电源供电特点及性能要求	(221)
第二节	串联式晶体管稳压电源	(221)
第三节	开关式稳压电路	(223)
第八章	牡丹TC-483D型彩色电视接收机电路分析	(233)
第一节	高频调谐器	(233)
第二节	图像中频放大电路	(241)
第三节	伴音电路	(247)
第四节	扫描电路	(250)
第五节	彩色解码电路	(257)
第九章	金星C37-401型彩色电视接收机电路分析	(265)
第一节	图像中频放大电路	(266)
第二节	伴音电路	(269)
第三节	扫描电路	(271)
第四节	彩色解码电路	(275)
第五节	开关电源电路	(278)

第十章 东芝181E3C型彩色电视接收机电路分析	(280)
第一节 高频调谐器	(280)
第二节 图像中频放大电路	(283)
第三节 伴音电路	(287)
第四节 扫描电路	(289)
第五节 彩色解码电路	(293)
第六节 开关稳压电源	(298)
第十一章 集成电路彩色电视机的调试	(301)
第一节 牡丹TC-483D型彩色电视机的调试	(301)
第二节 金星C37-401型彩色电视机的调试	(312)
第三节 东芝181E3C型彩色电视机的调试	(316)
第四节 彩色测试信号及三种彩色电视机的调整元件	(318)
第十二章 集成电路彩色电视机公共通道和伴音电路故障检修	(321)
第一节 牡丹TC-483D型彩色电视机公共通道与伴音电路故障检修	(321)
第二节 金星C37-401型彩色电视机公共通道与伴音电路故障检修	(328)
第三节 东芝181E3C型彩色电视机公共通道与伴音电路故障检修	(330)
第十三章 集成电路彩色电视机扫描电路故障检修	(332)
第一节 牡丹TC-483D型彩色电视机扫描电路故障检修	(332)
第二节 金星C37-401型彩色电视机扫描电路故障检修	(345)
第三节 东芝181E3C型彩色电视机扫描电路故障检修	(352)
第十四章 集成电路彩色电视机彩色解码电路故障检修	(357)
第一节 牡丹TC-483D型彩色电视机彩色解码电路故障检修	(357)
第二节 金星C37-401型彩色电视机彩色解码电路故障检修	(370)
第三节 东芝181E3C型彩色电视机彩色解码电路故障检修	(379)
第十五章 集成电路彩色电视机显像管部分故障检修	(384)
第一节 图像彩色镶边故障检修	(384)
第二节 荧光屏局部彩色斑故障检修	(385)
第三节 聚焦不良故障检修	(387)
第四节 光栅暗淡故障检修	(388)
第十六章 集成电路彩色电视机电源故障检修	(389)
第一节 牡丹TC-483D型彩色电视机电源故障检修	(389)
第二节 金星C37-401型彩色电视机电源故障检修	(392)
第三节 东芝181E3C型彩色电视机电源故障检修	(394)

第一章 光与色度学基础知识

在光的照射下，人们通过眼睛感觉到自然界五彩缤纷的景色。研究人眼的视觉特性和人眼的彩色感觉规律的科学理论叫色度学。彩色电视就是根据色度学理论，以一定的信号形式传送彩色活动景象的技术。在学习彩色电视原理之前，本章先介绍一些有关光和色度学基础知识。

第一节 光的特性

光是一种以电磁波辐射形式存在的物质。电磁波的频谱范围很广，按波长的长短排列，它包括无线电波、红外线、可见光波、紫外线、X射线、宇宙射线等，如图1—1所示。其中波长在380~780nm（纳米， $1\text{ nm} = 10^{-9}\text{ m} = 10\text{ \AA}$ ）范围内的电磁波人眼能够直接看到，称为可见光，也简称为光，它仅占整个电磁波波谱中很窄的一段。

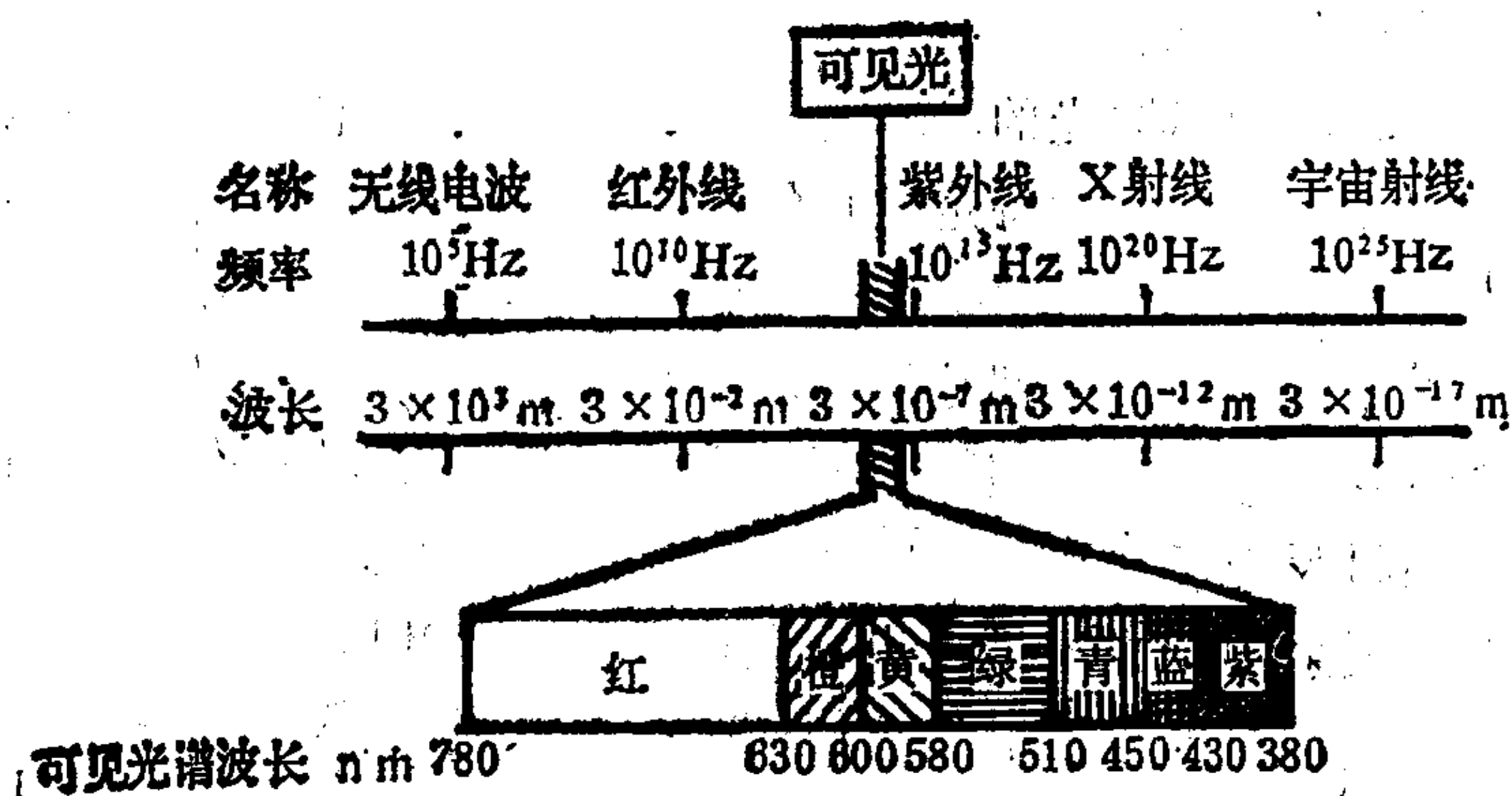


图1-1 电磁波频谱

由图1—1可以看出，在可见光的范围内，不同波长的光引起人眼的彩色感觉不一样。随着波长的缩短，呈现的颜色依次为：红、橙、黄、绿、青、蓝、紫。只含有单一波长成分的光称为单色光，包含有两种或两种以上波长成分的光称为复合光。复合光给人眼的感觉为某种混合色，例如波长为380~780nm范围内的所有电磁波的复合光给人眼的感觉为白色，太阳光就是这种复合光。

在日常生活中经常会遇到这种情况，即当一束太阳光透过玻璃棱镜折射到白纸上时，在白纸上看到的不再是白色光，而是一组从红到紫连续分布的彩色光带，如图1—2所示。这种现象产生的原因是：光波从一种媒质进入另一种媒质时，会产生改变传播方向的折射，光波的波长越短，折射的角度越大。

观察上述的彩色光带会发现，在整个可见光的色谱范围内，各种颜色之间不是突变

器，没有明显的分界线。

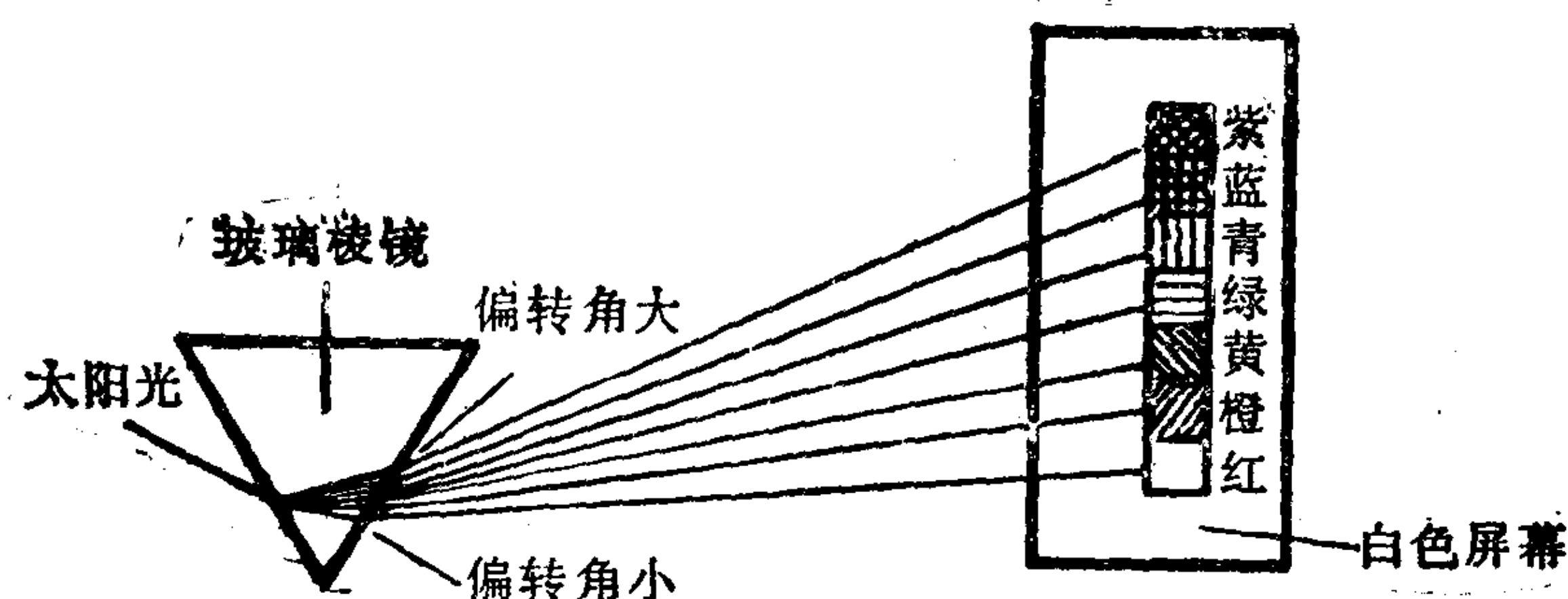


图1-2 太阳光的分解

第二节 物体的颜色和标准光源

一、物体的颜色

在日常生活中，人们往往把颜色看成是物体所固有的，似乎这个物体本来就具有这种颜色。实际上，我们所看到的物体的颜色，除了与物体本身的物理特性有关之外，还和照射它的光源有密切关系。

物体有本身发光的和不发光的。本身发光的物体叫发光体，例如太阳、电灯、电视荧光屏等，它们都发出呈现某种特定颜色的光。发光体呈现的颜色，就是它们所发出的光的颜色。对于那些本身不发光的物体，它们只有在外界光源照射下，有选择地吸收、反射或透射所照射来的光中的一部分颜色，才使自己呈现某种颜色。这种吸收、反射或透射部分颜色是由物体本身的物理特性所决定的。例如，一块蓝布在日光照射下呈蓝色，是因为布中的蓝颜料反射所照射的光中的蓝色光而吸收了其它颜色的光造成的；天空中的月亮是因为全部反射太阳光才呈现出白色；黑色的墨汁因为吸收了全部照射光而呈现黑色；红色的玻璃因为反射和透射红色光而吸收了照射光中其余颜色的光而呈红色。

既然物体呈现的颜色是反射（或透射）照射光中的部分颜色光而形成的，那么物体的颜色一定与照射光的光源有关。例如，在纯绿色光源下观看红布，红布不再呈红色，而呈现黑色，这是因为它吸收了全部绿色光而没有反射任何颜色的光造成的。因此在不同颜色的光源的照射下，物体颜色的差别会很大。

二、标准光源

通常，我们所熟悉的各种物体的颜色，都是它们在阳光下呈现的颜色。当用其它光源照射时，即使也是白色光源（例如白炽灯、荧光灯等），但由于它们的光谱成分不一样，物体的颜色也会产生偏差。因此对照射光源要有统一的标准。

用各种光源的光谱特性进行光源比较是很麻烦而又不直观的，为了比较和区分各种光源的光谱和颜色，采用“绝对黑体”（又称全辐射体）的辐射温度作为标准。所谓绝对黑体是指既不反射也不透光，完全吸收了入射光的物体。当它被加热时能辐射出连续光谱的

光，而且光谱能量分布仅与它的温度有关。因此，一定温度的绝对黑体呈现某种颜色。反之，这种颜色也可以用绝对黑体的相应温度来表示，这一温度称为该颜色的色温。我们把光源的颜色与绝对黑体呈现的颜色进行比较，察看何种温度下的绝对黑体的颜色与光源颜色特性完全一样，就以绝对黑体此时温度（即色温，用绝对温度K表示）来表征该光源，称为该光源的色温。例如，普通的钨丝灯泡，当它的灯丝温度为2800K时所发出的光与绝对黑体在2854K温度时发出的光完全一样，我们就称灯丝温度为2800K时的钨丝灯泡的色温为2854K。

彩色电视能否真实地重现彩色图像，与光源有直接关系。在彩色电视机中，以白光源作为计算色度的一种标准。国际上规定了A、B、C、D、E五种标准白光，它们虽都是白光，但其光谱能量分布却不一样（见图1—3）。

下面把五种标准光源的主要特性作简单介绍：

（1）A光源：色温为2854K，相当于钨丝灯泡所发出的光，其光谱能量主要集中在红外线区域，所以它产生的白光偏红。

（2）B光源：色温为4800K，相当于中午直射的太阳光。

（3）C光源：色温为6770K，相当于正常的白天光线，其光谱能量在400~500nm间分布较强，所以它产生的白光偏蓝。它曾作为彩色电视机的标准光源。

（4）D光源：色温为6500K，故又称D6500或D65光源，其光谱能量分布较均匀，是现在彩色电视机的标准白光。

（5）E光源：是一种假想的白光，即“等能量白光”。它的色温为5500K，由于其光谱能量分部相等（在图1—3中是一根与坐标横轴平行的直线），所以是一种理想光源，但这种光源实际并不存在，只是为了便于色度学中的理论研究而提出的。

上述五种光源是用来作为标准的白光光源，并非是用于照明的光源。彩色电视中常采用色温为3200K的卤素灯作为照射光源。

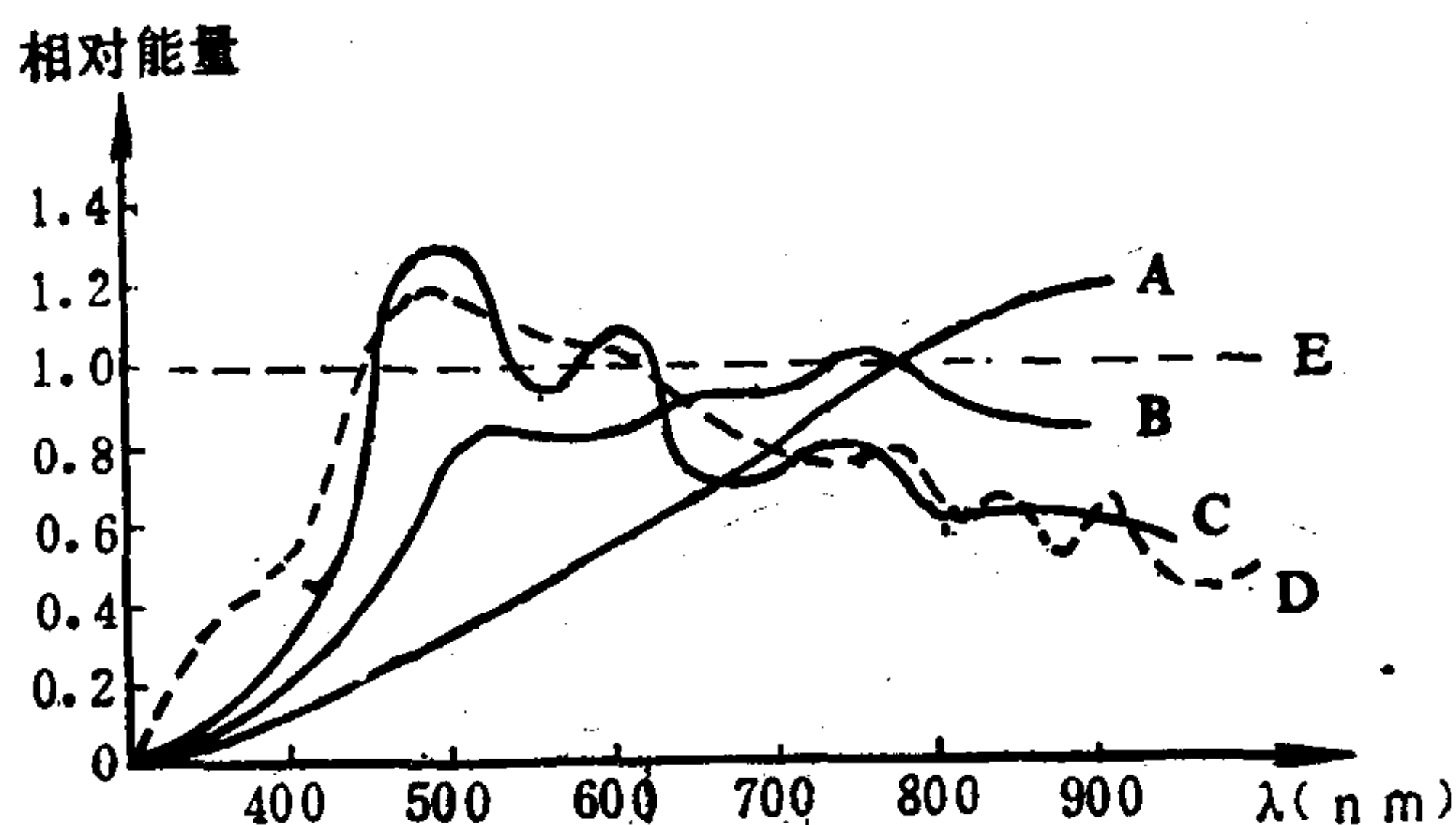


图1—3 标准光源的光谱能量分布曲线

第三节 人眼的视觉特性

一、人眼的明暗视觉和视见度曲线

可见光作用于人眼，会产生亮度的感觉。同一波长的光，当辐射功率不同时，给人的亮度感觉也不同。相同辐射功率而波长不同的可见光作用于人眼时，不仅引起不同的

彩色感觉，而且亮度感也不相同。为了能形象地描述出人眼对等能量而波长不同的可见光的亮度感觉程度，我们用视见度曲线来表示。

图1—4中的两条曲线就是人眼的视见度曲线。图中右边的曲线反映了正常日光照射时人眼的亮度感觉，左边的曲线反映了微弱光线照射时人眼的亮度感觉。为了利于比较，图中采用了相对亮度值（即视敏函数）来描述人眼对等能量不同波长光的亮度感觉程度。

二、人眼的彩色视觉

彩色视觉是人眼在足够明亮时的一种视觉功能。在彩色光的强度足够时，不仅给人眼有亮度的感觉，还给人眼以彩色的感觉。任何一种彩色光，对人眼引起的视觉作用都可以用亮度、色调和饱和度三个量来描述，这三个量称为彩色的三要素。

亮度是指彩色光作用于人眼时引起人眼视觉的明暗程度。亮度与彩色光的强度有关，同一物体因光照的强弱不同会产生不同的亮度感觉。例如，在强烈阳光照射下的物体的彩色显得很明亮，而同一物体在月光照射下就显得暗淡。此外，还与光的波长有关。

色调是指颜色的类别。通常所说的红色、绿色、蓝色、青色、紫色等，就是指各种色调。它与光的频谱有关，不同波长的光所呈现的色调是不同的。此外，彩色物体的色调还与光源特性有关。

饱和度是指彩色的深浅程度，即颜色的浓淡程度。同一色调的彩色光，可给人深浅程度不同的感觉，颜色越深，饱和度越高，颜色越浅，饱和度越低。例如，深红和粉红就是饱和度不同的两种红色，深红的饱和度高，而粉红的饱和度低。饱和度最高的彩色称为纯色或饱和色。色度学中把纯色的饱和度定为100%，而饱和度低于100%的彩色叫非饱和色。在饱和色中渗入白光就可得到非饱和色，渗入的白光越强，非饱和色的饱和度就越低。可见，饱和度还反映了彩色光的纯度，也就是反映了某种纯色光被白光冲淡的程度。

色调和饱和度这两个基本参量又合称为色度，它既说明了彩色的类别，又说明了彩色的深浅程度。

人眼的彩色视觉还有一个重要的特性：虽然不同波长的单色光会引起不同的彩色感觉，但相同的彩色感觉却可以来源于不同的光谱成分的组合。换句话说，就是相同的彩色感觉，不一定要光谱成分完全相同的彩色光来产生。例如，由适当比例的红光和绿光混合，可以产生与黄单色光完全相同的彩色视觉效果。又如，呈现白色的日光是一种连续光谱的组合光，但它也可以由红、绿、蓝三种不同波长的单色光按一定比例组合而成。经实

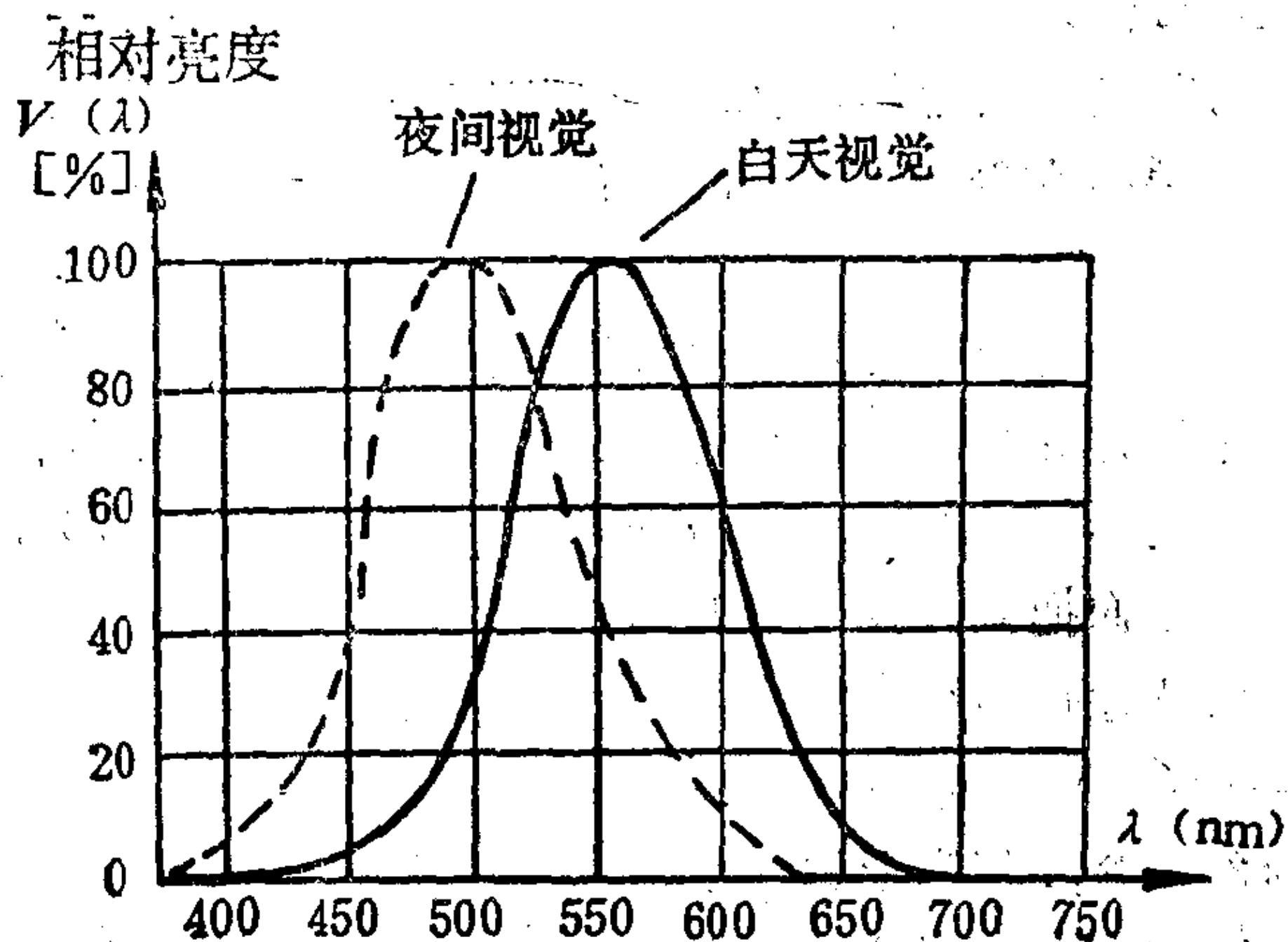


图1—4 视见度曲线

验证明，几乎自然界中的所有彩色都能由三种基本彩色混合而成，这就是对彩色电视有重要意义的三基色原理。

三、人眼视觉特性产生的原因

由生理解剖学知道，人眼能看见物体和分辨颜色，是因为人眼的视网膜上有大量的光敏细胞，它们能接收光的刺激，通过神经传入大脑，产生彩色视觉感。如果把眼睛比作照相机，则视网膜就是底片，光敏细胞就是底片上的感光银粒。光敏细胞有两类，一类是杆状细胞，另一类是锥状细胞。它们的感光性能不同，杆状细胞的灵敏度很高，能在很低的照明度下辨认出景物，但它只能分辨明暗程度而不能辨色；锥状细胞的灵敏度较低，但它既可分辨明暗层次又可以辨色。在明亮的条件下，两种光敏细胞均起作用，因而既能分辨明暗层次又能辨色。在光线较暗时，只有杆状细胞起作用，因而只能分辨明暗层次，不能辨色。

光线射入人眼后，同时刺激三种锥状细胞，其总效果除根据各种锥状细胞受刺激的强弱比例不同而产生不同的彩色视觉外，还会产生亮度的感觉，亮度感觉的灵敏度也可用曲线来表示，见图1—5。

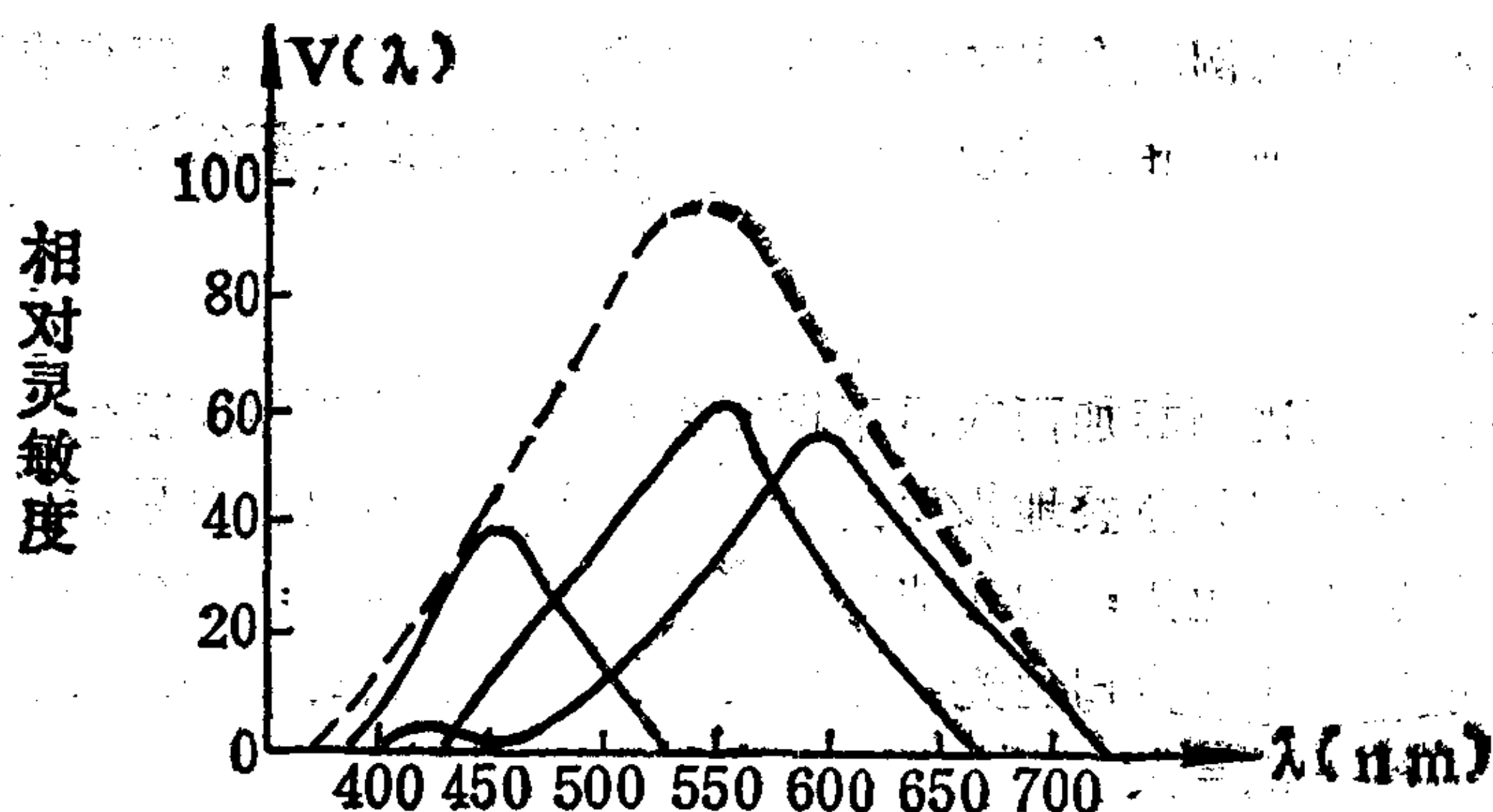


图1—5 人眼三种锥状细胞的光敏曲线

不同光谱的光线射入人眼时，只要它们对三种锥状细胞的刺激完全相同，则人眼会产生完全相同的亮度和色度视觉。例如，当混合的红光和绿光同时作用于人眼时，它们分别刺激红、绿锥状细胞，如果混合光的比例合适，则所产生的彩色视觉可以与单色黄光造成的彩色视觉完全相同。

第四节 三基色原理与彩色的混色

一、三基色原理

上一节曾提到，所谓三基色原理，就是指自然界中所有彩色都可以由三种基色按不同的比例混合而成。所谓基色，就是不能由其它两种颜色混合而成的彩色。例如，红、

绿、蓝色都是基色，而黄、青、紫色不是基色，因为黄色可由红、绿色混合而成；青色可由绿、蓝色混合而成，紫色可由红、蓝色混合而成。

三基色原理有以下几条规律：

(1) 所有自然界可以观察到的彩色，都可以用三个基色按一定比例混合而成；反之，任何一种彩色都可以分解为三个基色。

(2) 三基色绝对量的大小和混合的比例，决定了彩色的色调和饱和度。

(3) 混合色的亮度等于各基色亮度之和。

(4) 作为基色的三种彩色，应相互独立，其中任何一种彩色都不能由其它两种彩色混合而成。

三基色的选择并不是唯一的，也可以选择另外三种彩色作为基色，但它们必须符合对三种基色的要求。彩色电视中选用红、绿、蓝为三基色。三基色原理奠定了彩色电视的基础，极大地简化了彩色电视图像的传送。在传送彩色图像时，无需按彩色光的波长和强度的真实分布情况来加以传送，而只要传送能合成该彩色的三种基色就完全可以等效了。

二、彩色的混合

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。混色有两种方式，一种是相加混色方式，一种是相减混色方式，这两种混色方式的规律不一样，下面分别进行介绍。

1、相加混色方式

将三种基色按不同比例相加而获得不同彩色的混色方法叫相加混色。图1—6表示用红、绿、蓝三种基色光部分重叠地投射到白色屏幕上所得的混色效果。由图可以看出，红色光和绿色光相加得黄色光；绿色光和蓝色光相加得青色光；蓝色光与红色光相加得紫色光；三种基色的光相加得白色光。上述的结论可用下面的方式来表示：

红 + 绿 = 黄

绿 + 蓝 = 青

蓝 + 红 = 紫

红 + 绿 + 蓝 = 白

其中，黄、青、紫色称为三基色的补色，黄色与蓝色互为补色，青色与红色互为补色，紫色与绿色互为补色。所谓补色，就是指互为补色的两种彩色相加混合后应为白色。例如，黄色与蓝色互为补色，是因为：

黄 + 蓝 = (红 + 绿) + 蓝 = 白

的缘故。

相加混色的方法很多，上面讲述的三基色光直接投射相混合的方法是其中一种，叫光谱混色法。它在同时制彩色投影电视中得到应用。其余的方法简述如下：

(1) 空间混色法：同时将三种基色光分别投射到同一表面的三个相邻点上。由于人眼对彩色的分辨力很低，因此只要人眼距三个基色光点的距离足够远或这三个基色光点相距足够近，则人眼就分辨不清三个基色光点，而产生三基色光混合的彩色视觉，这就是空间混色法。空间混色法是彩色显像管荧光屏构造的理论基础，又是实现同时制彩色电视

图像重现的理论基础。

(2) 时间混色法：将三种基色光按一定顺序轮流投射到同一表面上，只要三者轮流交换的速度小于人眼视觉暂留时间，则人眼感觉到的彩色与三种基色光直接混合时的彩色完全相同。这种方法叫时间混色法。时间混色法是顺序制彩色电视的理论基础。

(3) 生理混色法：利用两只眼睛同时分别观看两种不同颜色的同一景物，也可以使同时获得的两种彩色印象在人的头脑中产生混色效果。这种方法叫生理混色法。目前还没有在彩色电视中应用。

2、相减混色

在绘画、彩色印刷、彩色胶片和染色中采用的是相减混色法。它与彩色电视中采用的相加混色法不一样，它是利用颜料、染料的吸色性质来实现的。例如，黄色颜料能吸收蓝色（黄色的补色）光，于是在白色光照射下，涂黄色颜料的物体因其反射光中缺少蓝光成分而呈现黄色。又如，青色颜料因吸收红光成分，所以被白光照射时呈青色。若将黄青两种颜料相混，则在白光照射下，因蓝、红光成分均被吸收而呈绿色。在减色混色法中，通常选用黄、紫、青色为三基色，它们能分别吸收各自的补色，

即蓝、绿、红色。因此，在相减混色中，当把三基色按不同比例相混合时，在白光照射下，蓝、绿、红光也将按相应的比例被吸收，从而呈现出各种不同的彩色。

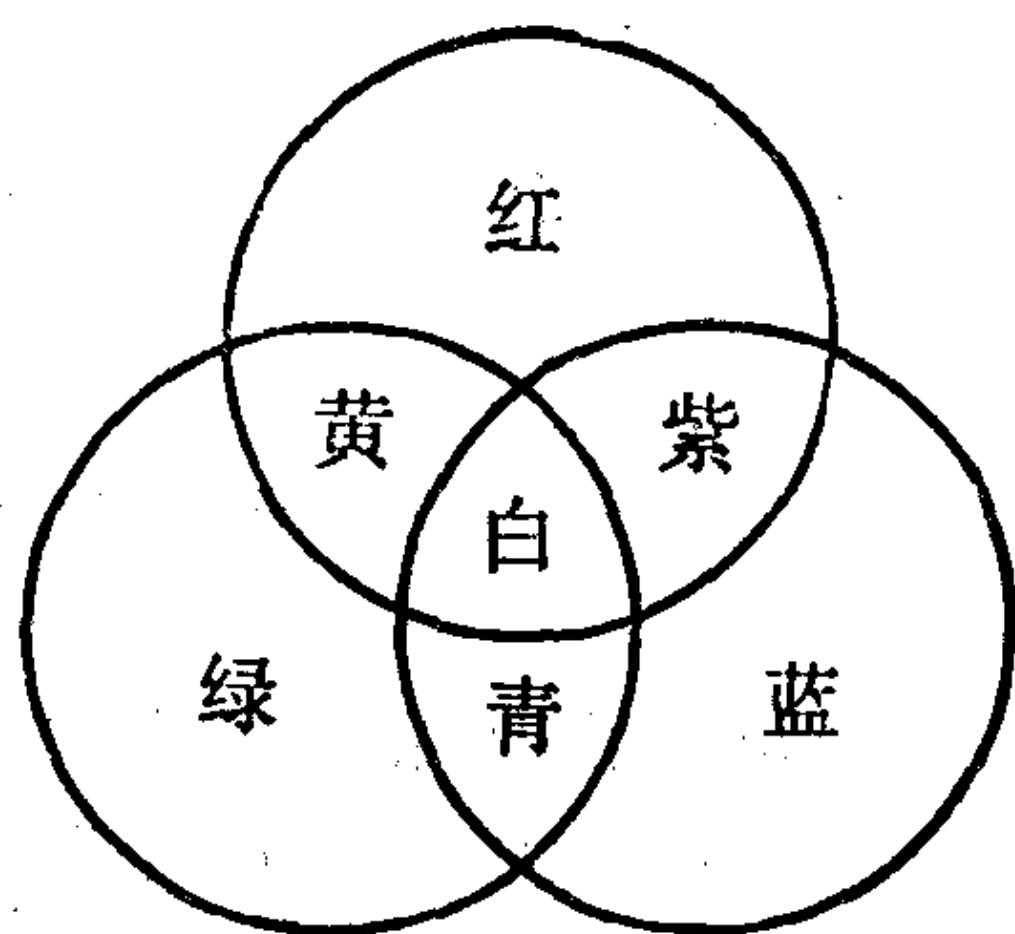


图1-6 相加混色

三、彩色三角形

彩色三角形是一种简单而直观的混色图形，它能把选定的三基色和它们混合后得到的各种彩色之间的关系简单而形象地描绘出来。图1-7就是以红、绿、蓝三色为三基色的彩色三角形。由图可以看出，等边三角形的三个顶点分别表示三个基色，RG边上各点表示的是由红色和绿色混合而成的各种彩色，黄色位于RG边的中点；GB边上各点表示的是绿色和蓝色混合而成的各种彩色，青色位于GB边的中点；BR边上各点表示的是蓝色和红色混合而成的各种彩色，紫色位于BR边的中点。三条边上各点所代表的彩色均为饱和色。以三角形的三条

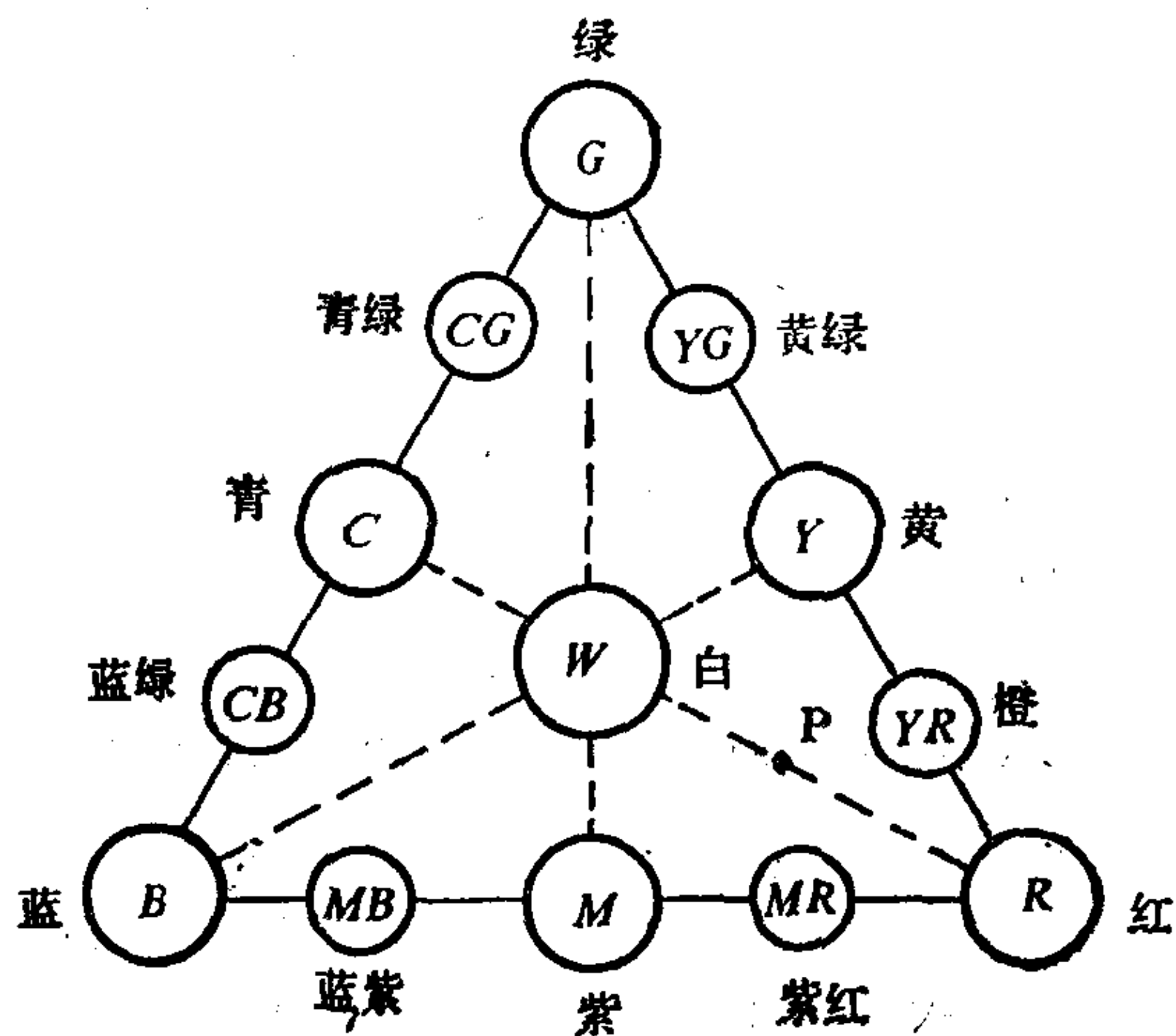


图1-7 彩色三角形

边为界，其内部各点均表示由三基色共同参加混色后的各种彩色，它们均为非饱和色。

三角形的中心点W表示参加混色的三基色量完全相等，这点表示白色。

穿过W点的任意一条横越此三角形的直线所联接的两种彩色互为补色，它们合在一起形成白色，例如红色与青色、绿色与紫色。

在彩色三角形的R点上，是完全纯红色，也就是说它的饱和度为100%。沿着直线RW移向W点，随着白色的增加，红色变淡，其饱和度逐渐变小，到了W点，红色消失，其饱和度为零。RW线上的P点表示一个低饱和度的红色。

彩色三角形是一个平面三角形，它只能表示彩色三个参数中的两个，即色调和饱和度而不能表示亮度。例如R点表示饱和度为100%色调为红色的彩色，P点表示饱和度较低色调也为红色的彩色，这两点都无法表示出彩色的亮度。可见，用它表示彩色有一定的局限性。但由于它简单、形象、便于记忆，所以广为彩色电视机维修、调测人员使用。

彩色三角形是由麦克斯韦首先创立的，所以它也叫麦克斯韦三角形。

第五节 彩色的度量

就彩色的物理特性而言，它与其它物理量一样，可以定出一定的尺度标准来进行度量和计算。由三基色原理知道，自然界中绝大多数彩色都可以用三种基色按不同比例混合而成。因此可以用三基色的量来表示彩色。要进行彩色计量必需选定三基色和它们的单位量。常用的彩色计量方法有两种，一种是RGB计色制，另一种是XYZ计色制，这两种计量方法所选定的三种基色和它们的单位量都不一样。

一、RGB计色制

1、配色实验和配色方程

RGB计色制是建立在实验的基础上的，它选定的三基色要求获得方法简单、色度稳定而准确，以及由它们配出的彩色尽可能多。按国际照明委员会(CIE)规定，选定下列三种单色光作为三基色光：

红基色光： 波长为700nm

绿基色光： 波长为546.1nm

蓝基色光： 波长为435.8nm

分别用R、G、B表示，它们也称为物理三基色。

三基色光选定后就可以用它们按一定比例进行混合，配出各种彩色。这可以用配色实验来完成。配色实验用比色计进行，如图1-8所示。比色计中有两块相互垂直的反射板（屏幕），它们对任何波长的光几乎都全部反射出去。两块反射板使人眼的视场分为两等分。在左边安装有R、G、B三基色光源，它们同时将基色光投射到右边的反射板上，从板上反射出三基色的混合光。在右边放有待配色的光源，它的光线投射到左边的反射板上。观察者可以同时看到两块反射板反射来的光线。配色时，调节三基色的光通量（光通量是光源单位时间射出的光的能量，它的单位是流明，记作lm。）大小，直至三基色混合得到的彩色光与待配色的彩色光完全相同为止。这时，从R、G、B光源的光量调节器上的读数即为待配彩色光的三基色光系数。配色的结果可用下式来表示：

$$F = R[R] + G[G] + B[B] \quad (1-2)$$

公式(1-2)是色度学中的配色方程式。式中，F为待配的彩色光，[R]、[G]、[B]为三基色的单位量，R、G、B称为三色系数。公式表示，需要有R个[R]、G个[G]和B个[B]，才能配出彩色光F。R、G、B三者的绝对值大小决定了所配彩色的亮度，三者之间的比例决定了所配彩色的色调和饱和度。

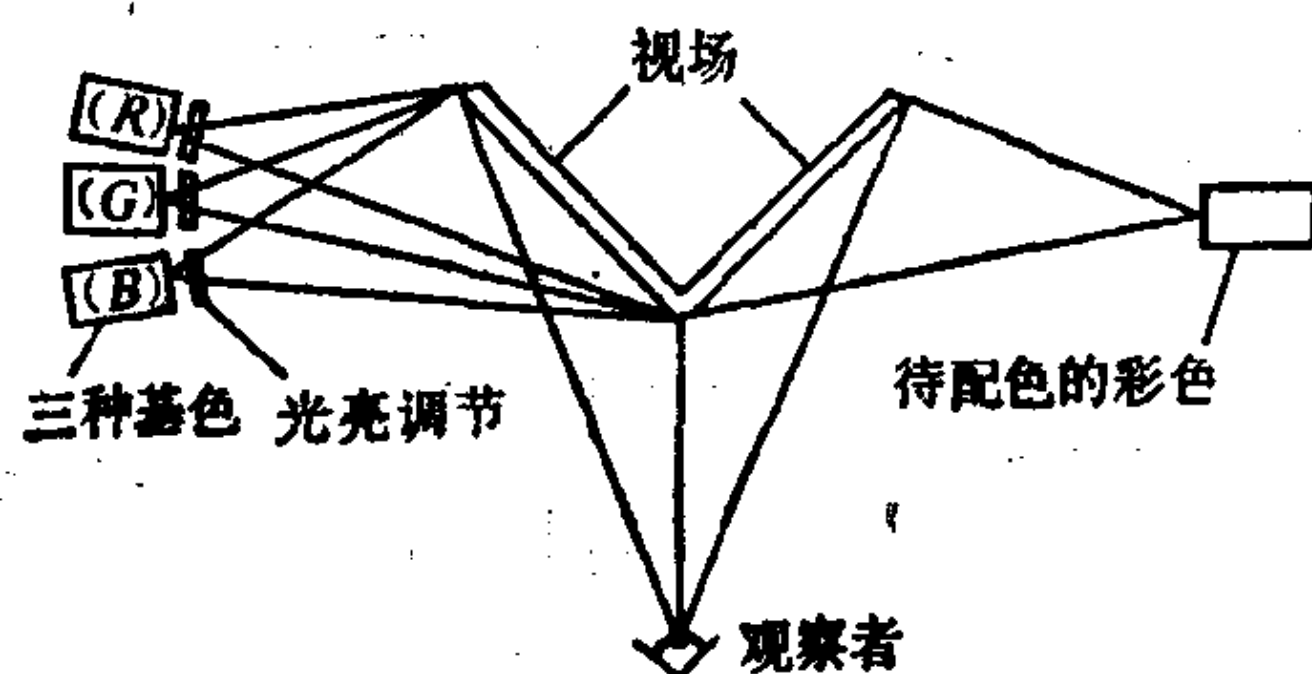


图1-8 配色实验原理图

三基色的单位量如何确定呢？为了计算方便，规定以标准白光E_白（E光源发出的白光）为基准，用来确定三基色单位量。规定物理三基色以单位量相混合时恰好配出E_白光，可表示为：

$$E_{\text{白}} = 1[R] + 1[G] + 1[B]$$

实验表明，为配出E_白光三个基色的光通量比例应为：1 : 4.5907 : 0.0601。选定光通量为1lm的红基色光为基准，可得出物理三基色的单位量：

红基色单位量[R]是波长为700nm、光通量为1lm的红光。

绿基色单位量[G]是波长为546.1nm、光通量为4.5907lm的绿光。

蓝基色单位量[B]是波长为435.8nm、光通量为0.0601lm的蓝光。

比色计光量调节器的光通量读数也按基色单位量[R]、[G]、[B]进行刻度。用[R]、[G]、[B]为单位量进行彩色度量的系统就是RGB计色制。该计色制就是用配色实验来确定R、G、B三色系数，再代入配色方程式中，来表示某种彩色。方程式中R、G、B三者之间的比例关系决定了彩色F的色度，R[R]、G[G]、B[B]三项之和决定了彩色F的亮度。例如，R=1，G=1，B=0时表示彩色是饱和度为100%的黄色，其配色方程为：

$$F = 1[R] + 1[G] = \text{黄色}$$

其亮度为

$$|F| = 1 \times 1 + 1 \times 4.5907 = 5.5907 \text{ (lm)}$$

又如，R=2、B=1、G=1时表示彩色为饱和度较低的红色，其配色方程为：

$$F = 1[R] + 1[G] + 1[B] + 1[R] = \text{白光} + \text{红基色光} = \text{浅红色}$$

其亮度为

$$|F| = 2 \times 1 + 1 \times 4.5907 + 1 \times 0.0601 = 6.6508 \text{ (lm)}$$

2、RGB色度图

用三色系数R、G、B虽然能对彩色进行度量，但使用起来不方便，也不直观。在实际应用中，往往只需了解彩色的色度，为此只要知道三基色系数的比例关系即可。这样可以用一个二维图形来表示彩色的色度。

我们引入三个相对色系数r、g、b、并设m = R + G + B，则可得：

$$r = \frac{R}{m} \quad g = \frac{G}{m} \quad b = \frac{B}{m}$$