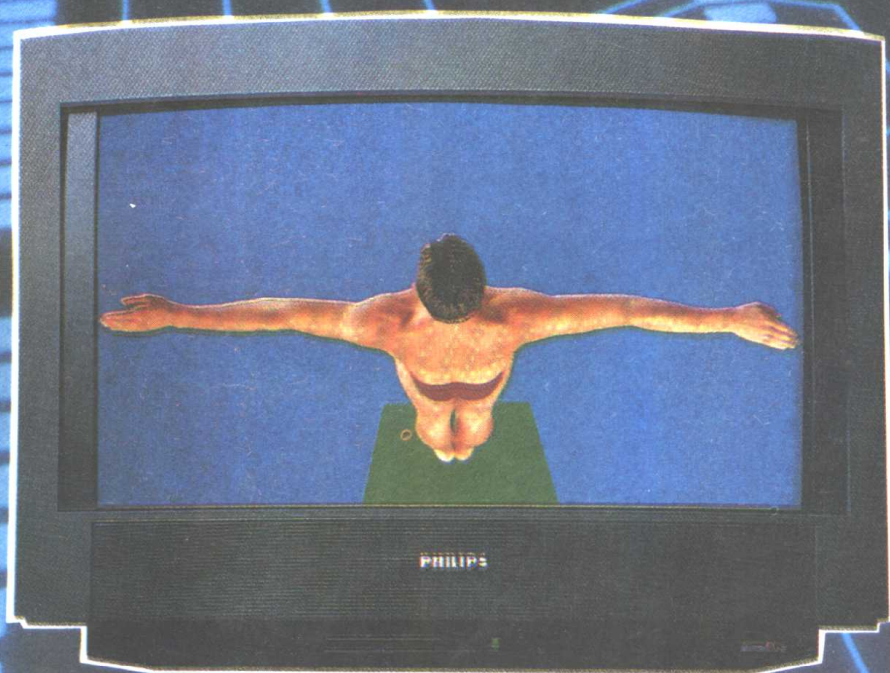


工人技术等级标准(家用电器维修专业)考核辅导丛书

新 编 彩色电视机电路解说 与故障分析、检修

赵炳琪 编



机械工业出版社

工人技术等级标准（家用电器维修专业）考核辅导丛书

新编彩色电视机电路解说 与故障分析、检修

赵炳祺 编



机械工业出版社

本书第一至三章介绍了彩电基本原理与组成,各部分产生故障后的现象。第四章讲述了东芝TA四片机的电路分析与检修方法。第五至七章分别阐述了常见型号彩色显象管、高频调谐器、开关电源等电路的组成及检修方法,元器件代换。

本书力求原理深入浅出、修理内容充实、注重思路、元件代换资料详实。多数原理、故障检修、元件代换总结为表格形式,利于初学者理解、记忆、掌握和查阅。

读者对象:具有初中文化程度的家电维修人员、职大、职业高中电器专业师生,广大无线电爱好者。

新编彩色电视机电路解说与故障分析、检修

赵炳祺 编

责任编辑:高文龙 贡高勤 版式设计:朱淑珍

封面设计:普天宝

责任印制:卢子祥

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

邮政编码:100037

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

三河永和印刷有限公司印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16·印张 21 $\frac{1}{4}$ ·插页 1·字数 550 千字

1996年5月第1版 第3次印刷

印数 15000—17000·定价:20.00 元

*

ISBN 7-111-04420-7/TN·99

工人技术等级标准（家用电器维修专业）考核辅导丛书
编写委员会

主 编	王仲文	孙祥根	关正杰
副 主 编	贡克勤	高文龙	
主任编委	李兴民	高士曾	刘志平
编 委	韩泽林	魏 钢	李玉林
	赵炳祺	武绪廉	张 屹
	曹志宏	陶宏伟	沈 文
	邹 平	宋贵林	李旭东
	李振华	张峻峰	邓从真
	王 敏	杜德昌	李 波
	段 欣	李援瑛	刘慧贞
	王银波	孟宪明	刘新民
	赵山鹰	孙志奇	聂在强
	迟朋亘	陈延军	

序

根据劳动部和国内贸易部联合颁发的“商业行业工人业务技术等级标准”要求，为了培训各类家用电器维修技术人员，本书由劳动部、国内贸易部组织专家进行审定。它是我国目前工人技术等级标准（家用电器维修专业）考核唯一的一套具有系统性、权威性的辅导丛书。本书突出实践环节，注重维修家电的基本技能训练，明确技能要求和考核标准，使读者在尽可能短的时间内取得技术等级证书。

本套教材包括《实用无线电维修理论基础》，《实用无线电维修操作基础》，《实用无线电维修技术基础》，《实用无线电维修测试基础》，《新编黑白电视机电路解说与故障分析、检修》，《新编收录机电路解说与故障分析、检修》，《新编彩色电视机电路解说与故障分析、检修》，《家用制冷设备原理与故障分析、检修》，《家用电热、电动器具原理与故障分析、检修》，《新编家用录象机电路解说与故障分析、检修》。各类家电维修人员都将按照本教材组织培训、考核、晋升等级。此套丛书是全国家电维修人员必用教材，同时也可作为部队培养军地两用人材较好的参考书。本套丛书供家电维修人员、职工大学、专业学校、职业中学师生以及广大无线电爱好者使用。

工人技术等级标准（家用电器维修专业）考核辅导丛书编委会

1994年1月

前 言

本书是根据《家用电器维修专业工人技术等级考核标准》和作者十几年来在彩色电视教学与维修实践的基础上编写而成的。针对广大学员基础知识薄弱,认为彩色电视理论抽象、难懂、难学、难记修理规律难于掌握,对学习彩电修理有畏难情绪的特点。在写作中对于彩色电视原理内容力求深入浅出,通俗易懂,仅使原理成为分析故障,深入学习基础。通过典型电路的介绍,使读者掌握电路图读识的方法和元件损坏后的故障现象,并尽力做到举一反三,使读者学会更多机型电路的识别。在讲述彩电修理时,既讲述常见故障的分析与判断方法,又给出了部分疑难故障的检修方法以开拓读者思路。对于某些故障则分别给出检修方法一、方法二等多种,以适应具有不同修理条件的读者需要。在讲述检修方法时既注意逻辑思维又注重技能、技巧的培养与训练。书中对大部分原理、检修方法、元件参数与代换列成表格的形式。对于初学者易学,易记在较短时间是内就可以学会检修方法,对于有一定维修实践的读者则可通过查表较快找到故障点,排除故障,节省大量时间。

我国在1990年颁布了新的《电气图用图形符号》标准,书中在讲述电路原理时采用国家新的符号,讲述进口机型电路时仍采用原生产厂家的符号。为此,在书末附有本书所用新、旧图形符号对照表,供读者参考。

在写作过程中作者参考了大量电子技术及维修方面的书籍、杂志、报纸,并引用了部分观点和资料,在此向原作者表示感谢。

“高等教育出版社”王军伟老师对本书进行了全面审定,提出了许多宝贵意见,在此致以谢意。

由于作者水平有限,时间仓促,书中错误及不妥之处恳请广大读者批评指正。

编 者 1994年5月

目 录

序	
前言	
第一章 光、彩色与视觉特性	1
第一节 光和彩色	1
一、光的特性	1
二、物体的颜色	2
三、标准光源	2
第二节 人眼的视觉特性与亮度方程	3
一、人眼的视觉特性	3
二、彩色三要素	5
三、三基色原理与混色	5
四、配色实验与亮度方程	6
小结	8
思考与练习	8
第二章 彩色电视原理	10
第一节 彩色电视概述	10
一、彩色电视制式	10
二、兼容制条件	13
第二节 亮度信号与色差信号	14
一、彩色图象的分解与三基色信号	14
二、亮度信号	15
三、色差信号	16
第三节 频谱交错与正交平衡调幅	21
一、频谱交错	21
二、色差信号的平衡调幅	24
三、色差信号的正交调幅	26
第四节 NTSC 制彩色电视信号	31
一、NTSC 制副载波频率的选择	32
二、NTSC 制的频谱交错	32
三、NTSC 制的色同步信号	32
四、实际的 NTSC 制	34
五、NTSC 制编、解码组成框图	35
六、NTSC 制优、缺点	37
第五节 PAL 制彩色电视信号	39
一、PAL 制的特点及色度信号	39
二、PAL 制的相位失真补偿	40
三、PAL 制的 1/4 行频间置	41
四、PAL 制的色同步信号	43
五、PAL 制彩色矢量图	44
六、PAL 制色差信号正交平衡调幅	45
七、PAL 制的优、缺点	45
八、PAL 制编码电路原理框图	46
第六节 SECAM 制简介	48
小结	49
思考与练习	52
第三章 彩色电视接收机组成框图与故障判断	53
第一节 彩色电视接收机组成概述	53
一、整机框图的分类	53
二、彩色电视和黑白电视共同电路的不同要求	55
第二节 色度通道	60
一、色度带通滤波放大器	60
二、自动色饱和度控制 (ACC) 电路	61
三、自动消色 (ACK) 电路	62
四、色同步消隐电路	63
五、延时解调电路	63
六、同步检波	65
第三节 基准副载波恢复电路	68
一、色同步选通电路	69
二、鉴相器	70
三、环路滤波器	73
四、副载波压控振荡器	73
五、副载波移相电路	74
六、PAL 识别电路	75
七、PAL 开关电路	77
第四节 亮度通道	79
一、副载波陷波器	79
二、自动清晰度控制 (ARC) 电路	79
三、亮度信号延时电路	81
四、勾边电路	81
五、钳位电路	82

六、自动亮度限制电路	85	二、伴音电路工作原理	174
七、行、场消隐电路	85	三、静噪电路工作原理	177
八、G-Y 矩阵及末级视放矩阵电路	86	四、伴音电路主要元器件的作用及损坏后的故障现象	178
小结	89	五、伴音电路常见故障检修	180
思考与练习	91		
第四章 彩色电视机实际电路的分析与检修	93	第五章 彩色显象管及其电路	183
第一节 概述	93	第一节 彩色显象管的性能要求与基本工作原理	183
一、彩色电视信号成份和分离方法	94	一、对彩色显象管性能的基本要求	183
二、X-56P 机心电路组成框图	95	二、彩色显象管的基本工作原理	184
三、X-56P 机心信号分离过程	97	第二节 彩色显象管的构造与工作原理	185
四、X-56P 机心供电电路框图	97	一、三枪三束荫罩式彩色显象管	185
五、信号流程	97	二、单枪三束彩色显象管	187
第二节 图象中频电路与其故障检修	103	三、自会聚彩色显象管的结构	190
一、TA7607AP 图象中频集成电路介绍	103	四、自会聚显象管的会聚原理	191
二、图象中频电路分析	104	五、光栅枕形失真的校正电路	196
三、图象中放电路的主要元器件作用及损坏后的故障现象	111	第三节 自会聚彩色显象管的调整	198
四、图象中频电路常见故障的分析与检修	113	一、彩色显象管调整前的准备工作	198
第三节 亮度通道与故障检修	117	二、色纯度的调整	198
一、亮度通道电路分析	117	三、静会聚的调整	199
二、亮度通道主要元件作用与损坏后的故障现象	120	四、动会聚的调整	199
三、亮度通道常见故障分析	122	五、黑、白平衡的调整	200
第四节 色度电路与故障检修	126	六、彩色显象管的自动消磁电路	203
一、TA7193P 色度解码集成电路介绍	126	第四节 彩色显象管及其电路检修	204
二、色度解码电路分析	127	一、显象管高压打火的修理	204
三、色度解码电路主要元器件损坏后的故障现象	134	二、极间短路、打火的判断与修复	207
四、色度解码电路常见故障的分析与检修	136	三、显象管性能变化造成故障的判断与修复	208
第五节 扫描电路与故障检修	151	四、显象管内部断极故障的判断与修复	209
一、TA7609P 行、场扫描集成电路介绍	151	五、显象管电路引起的故障及其检修	210
二、同步分离电路	153	第六章 高频调谐器与频道预选器	215
三、场扫描电路	153	第一节 高频调谐器的性能要求与组成	215
四、行扫描电路	157	一、高频调谐器的作用	215
五、扫描电路主要元器件的作用及损坏后的故障现象	162	二、高频调谐器的性能、要求	215
六、扫描电路常见故障分析	166	三、高频调谐器的电器组成框图	216
第六节 伴音电路的功能与故障检修	174	第二节 全频道高频调谐器的电路分析	217
一、TA7243P 伴音集成电路介绍	174	一、各引出脚功能与工作电压	219
		二、VHF 频段电路分析	219
		三、UHF 频段电路分析	222
		四、高频调谐器的 AFT 控制	223
		五、高频调谐器的供电	224
		六、频段与频道预选调谐	225
		第三节 高频调谐器的检修与代换	228

一、检修前的准备工作	228	三、东芝 TA 四片机开关电源故障检修 ...	284
二、某频段收不到电视信号的检修	229	四、夏普 TA 两片机开关电源电路的分析与检修	286
三、“跑台”故障的分析与检修方法	232	五、东芝 TA 两片机 (L851 机心) 开关电源电路的分析与检修	294
四、图象“雪花”多, 整机关灵敏度低的检修	235	六、陆氏 TA 两片机开关电源电路检修 ...	296
五、高频调谐器不同切换方式比较与电子换电路	236	七、胜利 TA 两片机开关电源电路的分析与检修	298
六、三波段+12V 电压切换电路的分析与检修 I	237	八、三洋 M- μ 两片开关电源电路的分析与检修	301
七、三波段+12V 电压切换电路的分析与检修 II	244	第五节 开关电源特殊元件的检测与代换 ...	305
八、两波段+30V 电压切换电路的分析与检修 ...	248	一、开关电源常用晶体管的代换	305
九、高频调频器的参数及互换	257	二、彩电专用整流二极管的代换	308
十、高频调谐器特殊元器件的检测与代换	261	三、熔断电阻器在彩电中的应用及代换 ...	308
第七章 彩色电视机开关型稳压电源故障检修	271	四、压敏电阻在彩色电视中的应用及代换	311
第一节 开关型稳压电源的特点与分类	271	五、晶闸管的参数和代换	314
一、开关型稳压电源的特点	271	六、开关电源厚膜电路的代换与修复	316
二、开关型稳压电源的类型	271	附录 A 彩电用声表面波中频滤波器型号参数及代换一览表	319
第二节 开关型稳压电源基本工作原理	272	附录 B 色度延迟线技术参数表	320
一、开关型稳压电源的基本组成	272	附录 C 亮度延迟线技术参数表	320
二、调宽式并联型开关电源工作原理	273	附录 D 彩电中周电气性能参数表	321
三、调宽式串联型开关电源工作原理	274	附录 E 广播电视设备中代替文字的各种符号	324
第三节 彩色电视机开关稳压电源电路的分析与检修	275	附录 F 常见彩电机心型号一览表	327
一、开关型稳压电源的识图方法	275	附录 G 彩色电视机常用英文中文词汇对照表	329
二、开关电源典型电路的分析与检修	276	附录 H 本书所用新、旧 (国外) 电气图形符号对照表	333
第四节 开关电源电路的检修	281	参考文献	335
一、开关电源检修注意事项	281	北京牌 8303 型彩色电视机电路图	
二、开关电源检修过程与故障部位的初步判断	283		

第一章 光、彩色与视觉特性

我们生活在五彩缤纷的自然界。在光的照射下通过眼睛感觉到周围各种景物的彩色。没有光就没有彩色，彩色是光的一种属性。在光的照射下人眼可以感觉到的各种彩色，是人眼视觉特性与物体客观特性的综合效果。彩色电视就是根据人眼视觉特性把彩色图象变为电信号进行传送，接收重现彩色图象过程的电视技术。

第一节 光和彩色

我们在生活中看见许多光，如阳光、灯光、火光。各种光不但给人以明亮的感觉，还可以给人以不同的彩色感觉。那么光的本质是什么？光与色的关系是什么？

一、光的特性

根据光学理论可知，光是一种以电磁波的形式进行传播的物质。从这一点上讲，它与我们熟悉的无线电波有相同本质，也是一种携带能量的电磁辐射。电磁波的波谱范围很广，它包括无线电波、红外线、可见光谱、紫外线、X射线、宇宙射线等，见图 1-1。

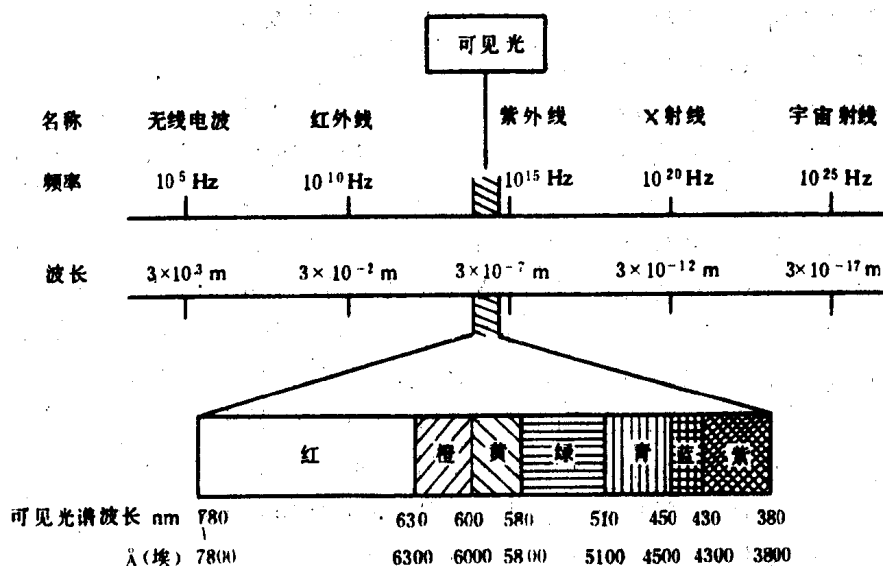


图 1-1 电磁波辐射波谱

人眼可以看见的光叫可见光，从图 1-1 中可以看出，在整个电磁波辐射波谱中波长为 380~780nm (nm 叫纳米， $1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$) 之间电磁波，是可见光的范围。波长大于 780nm 的光为红外线和无线电波，波长小于 380nm 的光为紫外线、X 射线和宇宙线等，它们都是人眼所看不见的。

太阳发出的白光包含了所有可见光的光谱能量。如果我们把一束太阳光斜射一块玻璃棱镜上，在对面的白色屏幕上得到的是一组按照红、橙、黄、绿、青、蓝、紫依次连续分布的

彩色光带，见图 1-2。这种现象是由光的折射所引起的。不同波长的光会引起不同程度的折射，所以日光经过棱镜后会使得不同波长的光，按顺序依次排列形成不同颜色的彩色光带。每一种彩色光带都对应于一定的波长范围。由此可知：白光不是单色光，是由多种颜色的光混合而成，不同波长的光会引起人眼不同的彩色感觉。

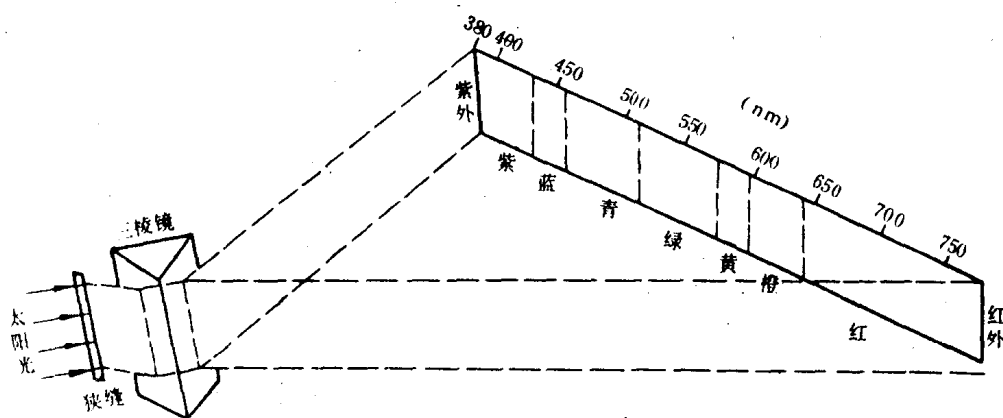


图 1-2 光的分解与彩色光的波长

二、物体的颜色

我们平时看到的彩色物体主要可分为两类：一类是发光物体，另一类是不发光物体。这两种物体所表现出来的颜色仍然与光的波长有密切关系。

发光物体的颜色，一种是由于发光物体本身可以发出不同波长的光，引起人眼不同的彩色感觉。如霓虹灯管内充有不同的惰性气体，在高压电场激发下会产生不同波长的光，人眼就会有不同彩色的感觉。另一种是发光物体发出的光经过滤色片，滤除一部分波长的光，透射一部分波长的光，透射部分波长的光引起人眼一定的彩色感觉。如红色灯泡，钨丝发光后，只有波长在 $780 \sim 630\text{nm}$ 之间的光可以透过红色玻璃，引起人眼睛产生红的彩色感觉。

不发光物体的颜色，是由于物体在光线照射下，能有选择吸收一定波长的光而反射另一些波长的光或透射另一些波长的光，使物体呈现一定的颜色。例如，当阳光照射红旗时，太阳光谱中波长在 $780 \sim 630\text{nm}$ 之间的光被红旗反射回来，而其他波长的光被吸收，所以看起来红旗呈红色。绿色的树叶在阳光照射下能反射 550nm 左右波长的光而吸收其它波长的光，因而呈现绿色。白色物体在阳光照射下可以反射 $780 \sim 380\text{nm}$ 全部波长的光，呈现白色。黑色物体可以无保留地吸收全部照射的光，因而呈现黑色。

不发光物体的颜色既然是由于物体透射（或反射）光的结果，那么物体的颜色显然与照射它的光源有关。红色物体在日光或白光的照射下呈现出红色，但在绿色光照射下呈现黑色。原因是，绿色的光源只能发出 550nm 左右波长的光，红色物体反射的 700nm 左右波长的光吸收后，再没有可反射波长的光，因此使物体呈现黑色。人们有这样的体验，同一物体在不同光源的照射下会产生不同的颜色。如荧光灯下与白炽灯下看到的物体的颜色就会有区别，一般情况下荧光灯下物体的颜色偏蓝，而白炽灯下则偏红，这是由于两种光源成份不同。可见，要确定一种物体颜色除了日光照射外，用其它光源照射时，会产生偏差。所以对照明光源要有统一标准，为此国际上规定了几种标准光源，作为白光的标准光源。

三、标准光源

彩色电视能否高度逼真地传送彩色图象,与光源的选用有密切的关系。不同的白光源由于光谱能量分布不同,用它们照明后所得到物体的颜色往往不一样。为此,国际上规定了A、B、C、D₆₅、E_白几种标准白色光源,这几种光源的光谱参量分布如图1-3所示。

A光源:相当钨丝灯在2800K时发出的光,其光谱能量分布主要集中在波长较长的区域,所以钨丝灯看起来光偏橙红色。

B光源:相当于中午直射的阳光。在实验室中,可使用特制的滤色镜由A光源获得。

C光源:相当于正常白天的光线,它具有阴天天空散射光的性质。此光源所含光谱能量在400~500nm处较大,所以它含蓝色成份较多。

D₆₅光源:相当于直射阳光与散射光混合后的光源,它是近代彩色电视摄象用的标准光源,在彩色电视机屏幕上看到的白光,相当于D₆₅光源的白光。D₆₅光源又称D₆₅₀₀光源。

E_白光源:是一种理想等能量白光光源,就是可见光谱范围内所有波长的光都具有相同的光谱辐射能量的白光。事实上这种光源是不存在的,采用E_白光源有利于分析问题和色度学中的计算。

在现代彩色电视摄象技术中,经常采用卤钨灯,它并不是标准光源,但与彩色摄象机要求的白光源接近,因此在彩色电视摄象中被广泛应用。

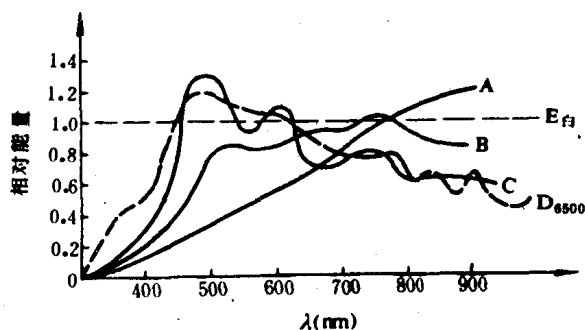


图1-3 五种标准白光源光谱能量分布

第二节 人眼视觉特性与亮度方程

一、人眼的视觉特性

物体有选择地吸收、反射或透射不同波长的光是物体本身固有的物理特性,它决定了该物体的颜色。而人们感觉到光的亮度与光的颜色却是人眼生理结构特点造成的。人的视觉主要是由于射到眼睛视网膜上的光而引起的。

在可见光谱范围内,同一波长光的光谱辐射能量不同时,给人眼的亮度感觉是不同的。对于具有相同光谱辐射能量而波长不同的光给人眼的亮度感觉也是不相同的。图1-4给出人眼对E_白光源光谱响应曲线,从图中可以看出,在白天人眼对波长为550nm的黄绿色光

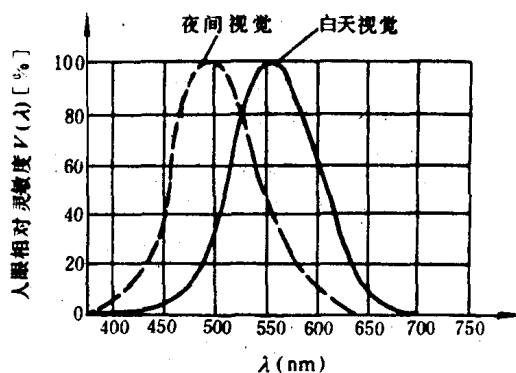


图1-4 人的视觉灵敏度

最敏感，也就是感觉黄绿色光最明亮，对于红色光的感受最暗。

人眼在明亮的环境下，不但可以看清物体的形状，而且还能辨别物体的颜色。在昏暗的环境下却只能分辨物体的形状、轮廓而不能分辨物体的颜色。这是由于在人眼视网膜上有两种光敏细胞：杆状细胞感光灵敏度较高，在光线较暗的条件下起作用可以识别物体的形状和轮廓，但无法清楚地识别物体颜色。另一种称为锥状细胞，它们在感光灵敏度较低只有在光线明亮的条件下才起作用，但它们具有辨别颜色的能力。根据实验还可以证明：

锥状细胞有三种，分别对红、绿、蓝三种波长的光最敏感。它们对可见光的灵敏度曲线如图 1-5 所示。由图可知，三条曲线的最大值分别在 580nm 红、540nm 绿与 440nm 蓝的光谱区域内。在日常生活中，有的人为色盲。这种人的眼睛可以看清物体的形状，识别物体的大小但却不能分辨物体的颜色，就像我们看黑白电视图象一样没有彩色。这是由于有这样

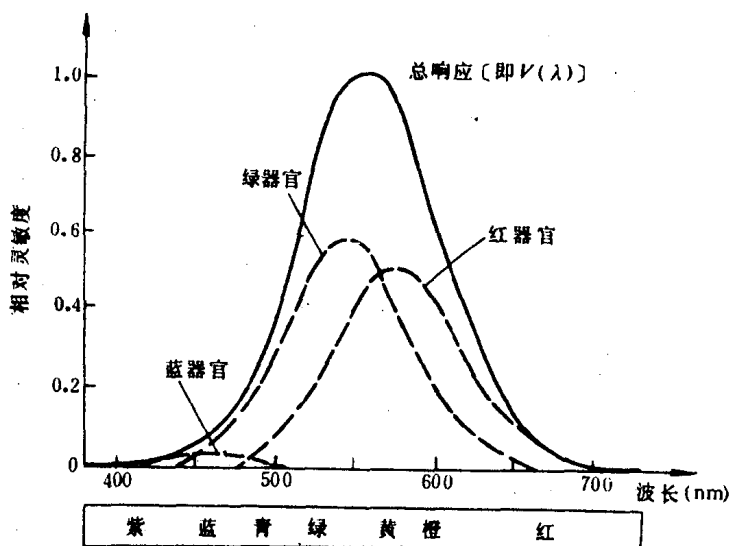


图 1-5 三种锥状细胞光敏曲线

生理缺陷的人失去了辨色功能所引起的。事实上全色盲的人是很少的，还有一些是单色盲的人，如红、绿或蓝色盲。这些人只对某一基色或由这种基色形成的彩色失去了辨色能力。以上的例子说明了视网膜两种光敏细胞的存在，它们分别有辨形和辨色功能，它们对光的灵敏度不同。

虽然锥状细胞只有三种，可是人眼睛可以感觉到的彩色光的种类却五彩缤纷，千变万化。从人眼锥状细胞光敏曲线图中还可以看出，三条光敏曲线互相重叠，使各种波长的谱色光或处于其中一条曲线下，或同时处于两条，三条曲线之下。当任何一束光射入人眼时，三种锥状光敏细胞就会产生不同的反应。例如：一束 590nm 的光射入人眼，既能刺激红光敏细胞，又能刺激绿光敏细胞，使人感觉为黄颜色的光。同样，如果 580nm 的红光与 540nm 的绿光同时射入人眼，那么红光敏细胞与绿光敏细胞同时受到刺激，使人也感觉为黄颜色的光。如果三种光同时射入人眼时，将产生白光的感觉，即图中的亮度曲线。

根据以上分析可以得到两条重要的结论：一是，复合光的亮度等于各光分量的亮度之和；二是，人眼所看到的彩色光是不同光谱成份作用于眼睛的综合效果，不同波长的光会引起不同的彩色感觉，几种不同波长光谱成份的光混合后，可以得到与某一单一波长的光相同的彩色感觉。也就是说，眼睛只能有彩色感觉，它不能区别刺激它的光谱成份。这样在彩色电视传送与重现彩色时，只要求重现原景物的彩色感，不要求恢复原来的光谱。并不必考虑所重现的彩色光谱成份与原景物彩色的光谱成份是否相同。

人眼睛对彩色图象细节分辨能力比对黑白图象细节分辨能力低。在黑白电视理论中可知，

人眼对黑白图象（即亮度）的分辨能力很高，为此确定了电视机水平与垂分辨力的标准，确定了视频信号的带宽为 6MHz。实验证明人眼对彩色的分辨能力远低于黑白图象的分辨能力。并且在相同照度下，对不同颜色的分辨能力也不相同，对于绿色分辨力较高，对于红、蓝色分辨力较低。也就是说，当传送的彩色信号频率较高时（大于 1.5MHz），彩色电视接收机荧光屏上重现的色点直径很小时，人眼已不能分辨其是否有彩色，换言之，人眼对于很小的物体是色盲。人眼睛的这一特性使彩色电视技术把彩色信息的传送压缩到 0~1.5MHz 的范围以内，因此对所需电视技术要求相对降低了许多。当然，黑白图象（亮度信息）仍然需要用 0~6MHz 的频带传送。

二、彩色三要素

人眼不但可以识别彩色光的亮度，而且还可以识别彩色光的颜色与深浅程度。为了表征彩色光的基本特性可以用亮度，色调和色饱和度三个物理量来描述，这三个物理量称为彩色三要素。

亮度：是指彩色光作用于人眼时所引起明亮程度的感觉，通常用 Y 来表示。它与被观察物体的发光强度和光的波长有关，这在前面已作过说明，不再重复。

色调：色调是指彩色光的颜色类别。前面所讲过的红、橙、黄、绿、青、蓝、紫等表示了不同彩色光的色调。不同波长的光引起人眼不同的彩色感觉，就是指光的色调不同。如果改变形成彩色的光谱成份，就会使光的色调发生变化。例如，在红光中混入等量的绿光，红光就变为黄色。如果红光的成份较多绿光的成分较少时，色调为橙色，如红光的成分少于绿光的成分时，色调为黄绿色。平时我们说的某一物体的色调，是指在日光照射下，物体反射的各种光谱成分作用于人眼的综合效果。

饱和度：饱和度是指颜色的深浅程度，即颜色的浓度。对于同一色调的彩色光，其饱和度越高，它的颜色越深；饱和度越低，它的颜色越浅。在某一色调的彩色光中掺入白光，会使彩色光的饱和度降低，掺入的白光越强，彩色光的饱和度就越低。例如，将一束饱和度很高的红光投射到一个白色幕布上，则人们看到幕布上是红色，如果再将一束白光投射到该幕布上，则人们看到的幕布上仍然是红色，但颜色的饱和度下降了变成了粉色，调整白光的强度，可以看到白光越强，幕布上的红色越浅，白光越弱红色越深。彩色光饱和度与掺入的白光多少有关，掺入的白光越多饱和度越低。

色调、色饱和度合称为色度，用 F 表示，它既说明了彩色光的颜色类别，又说明了颜色的深浅程度。

三、三基色原理与混色

根据上面讲的：不同波长的光可以引起人眼不同的彩色感觉和不同光谱成份的光混合后，可产生与单一光谱成份光相同的彩色感觉原理。人们经过长期的实践发现，自然界中所能观察到的各种彩色，几乎都可以由三种独立的单色光按不同比例混合得到，混合的比例决定了混合色的色调和色饱和度。反之，自然界中绝大多数彩色也可以分解为三个独立的单色光。我们把具有这种特性的三个单色光叫基色光。把以上理论称为三基色原理。

彩色电视技术中，选择了红、绿、蓝作为传送和重现彩色的三种基色。原因是，人眼对这三种光的灵敏度最高，用红、绿、蓝三种颜色混合可配得较多的彩色。

根据三基色原理，彩色电视技术把要传送的彩色景物分解成红、绿、蓝三个基色，然后再把三个基色变成三种电信号进行传送。在接收端，用三个基色的电信号分别控制彩色显象

管,使红、绿、蓝荧光粉按一定比例发光,经相加混色重新显示出原来的彩色图象。

彩色电视中,将红、绿、蓝三种基色光按不同比例相加混合,就可获得不同色调和色饱和度的彩色光,这种方法称为相加混色。图 1-6 画出了利用投影方法在白色屏幕上将三种等能量的基色光混合在一起的效应。三种光源所照射的区域,有的由两种基色光混合,有的由三种基色光重叠混合,也有的由基色光直接独立照射,从而分别得到了不同的颜色。

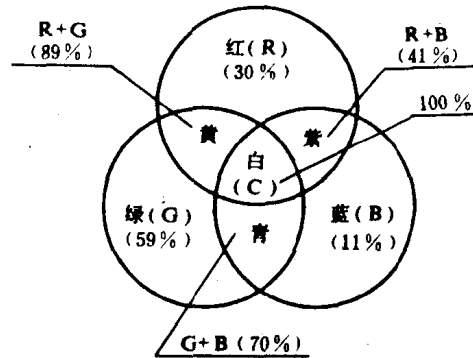


图 1-6 混色相加圆图及各色亮度百分比

红色 + 绿色 = 黄色

红色 + 蓝色 = 紫色

蓝色 + 绿色 = 青色

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颜色。

红、绿、蓝称为基色,黄、紫、青称为它们的补色。即红与青互为补色,蓝与黄互为补色,绿与紫互为补色。基色与它对应的补色的混合色也为白色,如:

红色 + 青色 = 白色

蓝色 + 黄色 = 白色

绿色 + 紫色 = 白色

如果两种混合色相加,结果如何呢?如:

黄色 + 青色 = 红 + 绿 + 蓝 + 绿 = 白 + 绿 = 浅绿色

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

上述相加混色是三种光谱不同的基色光直接投射相混,叫光谱混色法。

目前,彩色显象管重现彩色图象内容的方式,是利用人眼空间细节分辨力差的特点,将三种基色光点放在同一表面的相邻处;只要这三个基色光点足够小,相距足够近;当人眼离它们有一定距离时,将会看到三种基色光混合后的彩色光,称为空间相加混色法。用于同时制彩色电视机中,也就是目前我们看到的彩色电视采用的方法。

除空间相加混色法以外,还有时间相加混色法与生理相加混色法。后两种方法与目前使用的彩色电视技术无关,这里不再赘述。

四、配色实验与亮度方程

彩色同其它物理量一样,可以进行量度和计算。三基色原理是彩色量度的基础。如果定量选取三基色光的混合比例,需要通过配色实验来确定。

1. 配色实验

彩色的量度是通过确定三基色光对人眼的刺激程度来进行的。因此,需要规定三基色光的精确波长值和三基色光对人眼刺激程度的单位量。

国际照明委员会规定了下列三种波长的单色为基色光,称为物理三基色光,是实际存在的光。它们是:

波长为 700nm 的红基色光

波长为 546.1 nm 的绿基色光

波长为 435.8 nm 的蓝基色光

分别用 R、G、B 来表示。三基色光的发光强度用光通量来表示，光通量的单位为流明 (lm)。

配色实验装置，如图 1-7 所示。图中有两块相互垂直的白色反射板，它们对任何波长的光几乎都能进行全反射。在反射板的左边安放 R、G、B 三基色光，它们发出的光同时投射到左边的反射板上，调节光源发光强弱可以改变各基色光的光通量大小。在反射板的右边安放待配色的任一彩色光源，这里放光源 $E_{\text{白}}$ 。如果人在两个反射板交界线上进行观察，就可以同时看到左右两个反射板上的彩色光。适当调整左边三基色光的发光强度，直至看到左反射板反射的彩色光与右反射板的标准 $E_{\text{白}}$ 光完全相同时为止。经过许多人的实验，最后确定，当三基色混合光与 $E_{\text{白}}$ 光完全相同时，测得三基色光光通量比为 1:4.5907:0.0601。也就是说：用 1lm 的红光，加上 4.5907 lm 的绿光，再加上 0.0601 lm 的蓝光，可以配得 5.6508 lm 的 $E_{\text{白}}$ 光。应用配色实验，能够配得各种彩色光所需的三基色光的比例，当选取的待配彩色光不同时，三基色光的比例关系也不相同。

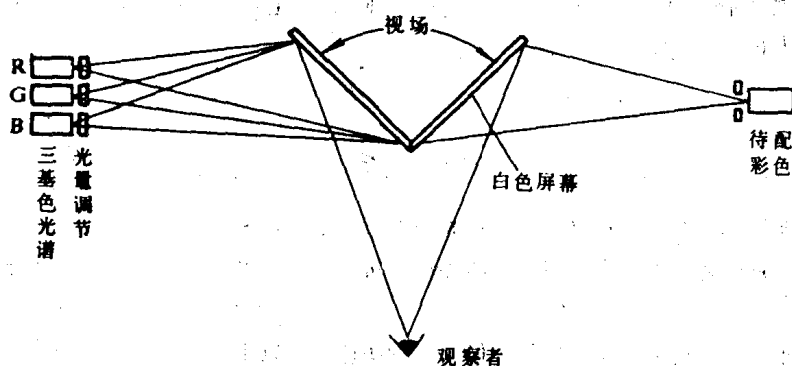


图 1-7 配色实验原理图

2. 亮度方程

配色实验，是根据人眼视觉特性，得到某一标准白光时所需三种基色光的比例关系。事实上，这样求出来的关系式并不全面。因为，彩色电视在重现彩色时，是由涂敷在彩色显象管荧光屏内部红、绿、蓝三种荧光粉发出的光与亮度混色实现的。这三种荧光粉所发光的彩色称为显象三基色。它们与配色实验所选用的三种基色光并不相同，而是由荧光粉的选取来确定。在选择荧光粉时，我们希望三种荧光粉发出的三种基色光尽可能接近配色实验规定的三基色光的波长，才能够使配出的色彩更丰富，范围更大。但从人眼的视敏曲线可知，人眼对 700nm 的红光和 435.8 nm 的蓝光的灵敏度很低。如选择这样的荧光粉，发光的亮度就很低。因此，我们还希望荧光粉的发光效率要高，从而能够使重现的彩色明亮、鲜艳。很显然，荧光粉的选取在重现彩色的范围与重现彩色亮度之间发生了矛盾。为此，在实际选取荧光粉时，在不明显降低重现彩色质量的前提下，可以适当减少彩色范围而使重现彩色有较高的亮度。这样，荧光粉发光的波长与规定波长就不一样了，需要在既考虑人眼的视觉特性同时，又满足荧光粉发光特性的情况下，重新确定显象三基色光的比例关系。根据数学计算，人们求出了表示一个单位标准白光时所需显象三基色光亮度之间的数学表达式，称为亮度方程。

对于不同制式（制式概念在第二章第一节叙述）的彩色电视，选择的标准光源不同，采用的荧光粉发光效率不同，亮度方程也不相同。

NTSC 制彩色电视，采用 C_{65} 标准光源，其亮度方程为：

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B$$

通常简写为：

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

PAL 制彩色电视，采用 D_{65} 标准光源，其亮度方程为：

$$Y = 0.222R + 0.707G + 0.071B$$

尽管我国彩电选用 PAL 制，但是由于 NTSC 制的公式使用较早，所以我国仍然使用 NTSC 制的亮度方程。这样做虽然存在一些彩色误差，但在主要特性上仍能满足视觉对亮度的要求。实际上，三基色显象荧光粉正随着电视技术的发展，不断得到改进，不同厂家生产的彩色显象管采用的荧光粉也不相同。总的方向是提高发光效率，扩大混色范围。

亮度方程表明了，显象三基色量与合成彩色光亮度之间的关系。当用已选定的显象三基色重现一个彩色量时，各基色对亮度 Y 的组成比例是恒定的。它是彩色图象进行分解、重现和编码传输的基本依据，是一个很重要的公式。

由于显象管荧光粉发光强度与加在显象管控制极上电压的大小成比例，所以在实际应用中把亮度方程写为电压方程：

$$E_Y = 0.30E_R + 0.59E_G + 0.11E_B$$

小 结

1. 光是以电磁波形式存在的一种物质。可见光是波长在 380~780nm 之间可以看见的光。
2. 物体的颜色，是照射在物体上照明光源的光谱分布与物体对照明光的光谱有选择的吸收和反射的综合效果。
3. 一定光谱分布的光表现为一定的颜色，但同一种颜色则可以由不同光谱分布的光混合组成。
4. 彩色的三要素是指亮度、色调和色饱和度，色调和色饱和度合称色度。亮度是指彩色光引起人眼视觉明暗程度，它反映了彩色光能量的大小，能量越大，亮度越高。能量相同而波长不同的单色光，人眼的亮度感觉不同。
5. 自然界中绝大多数彩色可用三基色混合得出，或者说自然界中绝大多数彩色都可以分解三基色分量。这一原理叫三基色原理。
6. 根据人眼视觉灵敏度和彩色显象管荧光粉发光特性，人们确定了显象三基色亮度与合成彩色亮度之间的关系，求得了亮度方程为：

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

相应电压方程形式为：

$$E_Y = 0.30E_R + 0.59E_G + 0.11E_B$$

思考与练习

1. 有人说“可见光是指红、橙、黄、绿、青、蓝、紫这七种光”，你认为这种说法对吗？为什么？
2. 彩色三要素是什么？
3. 什么是三基色原理？三基色是不是仅指红、绿、蓝三种颜色？为什么彩色电视要选用红、绿、蓝为三基色？