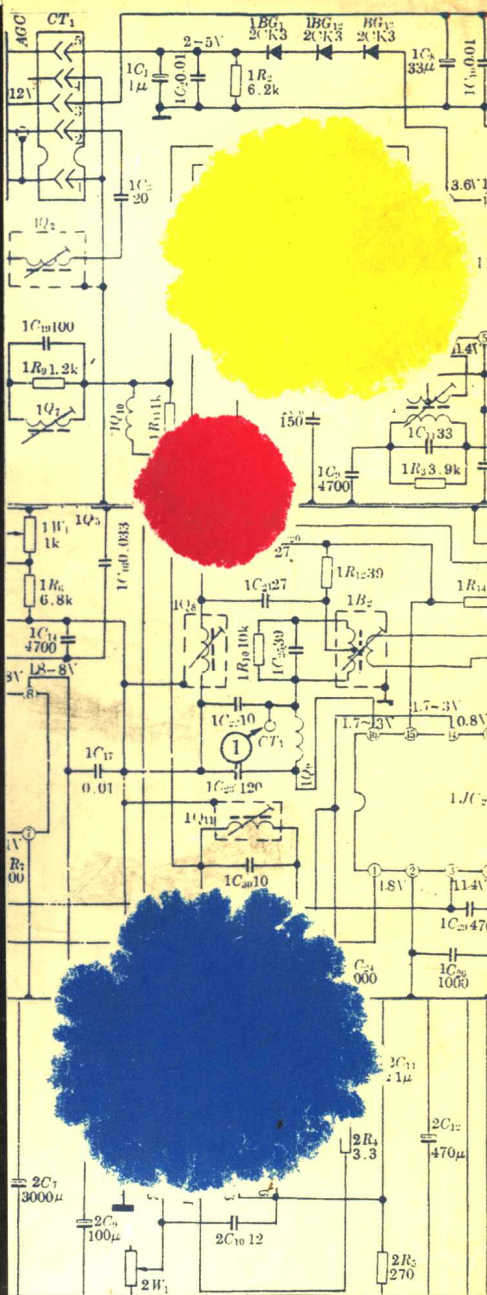


安徽科学技术出版社

钟钦华

编著



为满足各方面读者的需要,在内容编排上注意到既便于取,又不失其系统性。在讲清理论的基础上,着重电路分析,以量的篇幅,详尽细致地分析了各种典型电路,力求培养读者析问题和解决问题的能力。

分析问题特别注重在严格论证的基础上说清物理意义, 尽量避免繁琐的数学分析。理论联系实际, 深入浅出, 方便自学, 每章均附有思考题, 便于读者加深理解所学内容。

彩色电视原理

程玉林 钟钦华 编著

安徽科学技术出版社

内容简介

本书共八章,内容包括可见光与彩色,电视图象传送的基本原理,彩色电视制式,彩色电视信号的接收,彩色电视接收机的解码电路,彩色电视图象的显示,集成电路彩色电视机,数字电视等,为了便于学习,每章末均附有思考练习题。

本书可作为大专院校有关专业的教材和参考书,也可供从事电视研究、生产和维修部门的科研和工程技术人员,以及有关行业培训人员阅读参考。

(皖)新登字 02 号

责任编辑:田 斌

责任校对:徐 风

王 颖

封面设计:王国亮

彩色电视原理

程玉林 钟钦华 编著

*

安徽科学技术出版社出版

(合肥市九州大厦八楼)

邮政编码: 230063

安徽省新华书店发行 安徽新华印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 21.5 插页: 3 字数: 550 000

1992年3月第1版 1992年3月第1次印刷

印数: 5 000

ISBN 7-5337-0706-0/TN·8 定价: 9.70元

前 言

随着信息科学的不断发展,电视技术不但广泛应用于工农业生产的各个领域,而且已深入到人们日常的家庭生活之中,因而《彩色电视原理》课程不仅大专院校有关专业需要开设,而且社会有关行业也迫切要求掌握彩色电视技术。作者根据多年从事彩色电视课程教学的经验,基于既能讲清彩色电视的基本原理,又能利用基本原理分析和解决实际问题的指导思想,参照高等院校《电视原理》教学大纲的基本要求,编写了此书。

全书共分八章。前三章讲解彩色电视原理,主要包括人眼的视觉特性与电视系统的参数确定、电视图象传送的基本原理和彩色电视的制式。第四章至第七章着重讲解电视接收机的组成原理,并系统地分析了集成电路彩色电视机的整机线路。第八章对代表着电视学科最新成就和发展方向的“数字电视”进行了介绍。每章均配有思考练习题。

本书主要特点:一是以彩色电视为主线安排各章节内容,这样既包括了黑白电视的全部知识,又明确了黑白和彩色电视之间的差别以及内在的联系;二是既有较深的理论基础,又注意密切联系实际。分析问题力求概念清楚、推理严密,特别注重在严格论证的基础上说清物理意义。为了适应彩色电视机电路更新的需要,在介绍分立元件单元电路的基础上,系统地分析了集成电路彩色电视机的整机电路;三是为了适应有关专业课时的不同和各方面读者的需要,在内容编排上注意到既便于取舍,又不失其系统性,例如:课时少只学黑白电视内容时,只要选学§1.1、§1.2、§2.1、§2.2、§2.3和第四章以及第六章部分内容即可;对于已学过黑白电视知识的读者,可省去上述内容;对于已有分立元件彩色电视基础知识的读者,可通过第七章的学习,掌握集成电路彩色电视机的有关知识。

此外,近年来电视技术有了较大的发展,新制式、新技术、新器件不断推出,书中对于这些最新成就均有所反映。

本书可作为大专院校有关专业的教材和参考书,也可供从事电视研究、生产和维修部门的科研和工程技术人员以及有关行业培训人员阅读参考。

本书四至六章由钟钦华执笔,其余章节的撰写和对全书的统稿工作均由程玉林担任。刘松林老师不辞劳苦,出色地完成了全书的制图工作,王文、王彤、李晓辉、刘山林等同志也为本书付出了辛勤的劳动,在此谨向他们致以深切的谢意。

由于作者水平所限,书中不妥之处在所难免,敬请读者不吝指正。

作 者

1990年12月

目 录

引 言	1	2.3.2 伴音信号的发送	56
第一章 可见光与彩色	3	2.3.3 电视频道的频率特性和 电视频道的划分	58
§1.1 光的特性	3	§2.4 彩色图象的摄取与重现	60
1.1.1 什么叫光	3	2.4.1 彩色图象的摄取	61
1.1.2 可见光的特性	3	2.4.2 彩色图象的重现	63
1.1.3 色的基本知识	4	2.4.3 显象三基色和亮度公式	64
1.1.4 色温和光源	5	第三章 彩色电视制式	69
§1.2 视觉特性和电视图象的基本 参量	7	§3.1 兼容和逆兼容	70
1.2.1 视觉光谱特性与电视系 统的光谱特性	7	3.1.1 兼容必备条件	70
1.2.2 亮度感觉与电视图象的 亮度、对比度和灰度	9	3.1.2 大面积着色原理	70
1.2.3 视觉惰性与电视图象的 场频选择	12	3.1.3 混合高频原理和恒亮度 原理	71
1.2.4 人眼的分辨力与电视图 象的清晰度	13	3.1.4 频谱交错原理	72
§1.3 三基色原理和色度图	17	§3.2 彩色图象传输信号的选择	74
1.3.1 色的三要素	18	3.2.1 亮度信号和色差信号	74
1.3.2 三基色原理	18	3.2.2 不同彩色的亮度信号与色 差信号值举例	77
1.3.3 配色实验和物理三基色 单位	20	3.2.3 标准彩条的亮度和色差信 号的波形	79
1.3.4 彩色的度量和色度图	21	§3.3 NTSC制	81
第二章 电视传象的基本原理	31	3.3.1 正交平衡调幅与正交同步 检波	82
§2.1 电视传送的基本过程	31	3.3.2 色度信号的幅度压缩	86
2.1.1 象素及其传送	32	3.3.3 波形图和矢量图	88
2.1.2 光电转换原理	33	3.3.4 副载波的选择	89
§2.2 电视扫描	36	§3.4 PAL制	91
2.2.1 逐行扫描	37	3.4.1 PAL制的提出	92
2.2.2 隔行扫描	41	3.4.2 彩色相序交变原理	92
2.2.3 扫描同步	44	3.4.3 PAL制副载波的选择	94
2.2.4 黑白全电视信号	51	3.4.4 PAL制色同步信号	96
§2.3 电视信号的发送	53	§3.5 PAL制的编码和解码方式	97
2.3.1 图象信号的发送	53	3.5.1 PAL编码器	97
		3.5.2 PAL _D 中色度信号的分离	

电路·····	99	电路)·····	156
§3.6 SECAM制简介和新一代电视制式展望·····	101	5.1.7 亮度对比度调节电路·····	158
3.6.1 SECAM制简介·····	101	5.1.8 自动亮度限制电路(ABL电路)·····	159
3.6.2 新一代电视制式展望·····	102	§5.2 色度通道·····	160
第四章 彩色电视信号的接收·····	108	5.2.1 色度通道的组成·····	160
§4.1 彩色与黑白电视接收机的主要区别·····	108	5.2.2 色度带通放大器·····	161
4.1.1 黑白电视接收机的组成·····	108	5.2.3 自动色饱和度控制电路(ACC电路)·····	162
4.1.2 彩色电视接收机的组成·····	110	5.2.4 色同步信号消隐电路·····	164
§4.2 高频调谐器·····	113	5.2.5 延时解调电路·····	164
4.2.1 输入电路·····	115	5.2.6 同步检波电路·····	169
4.2.2 高频放大器·····	117	§5.3 色同步通道·····	171
4.2.3 混频器·····	117	5.3.1 色同步通道的组成·····	171
4.2.4 本机振荡器·····	119	5.3.2 色同步选通电路·····	172
4.2.5 频道预置器·····	121	5.3.3 副载波压控晶体振荡器(VCO)·····	172
§4.3 图象通道·····	130	5.3.4 鉴相器和一般锁相原理·····	174
4.3.1 图象中频放大器·····	130	5.3.5 PAL开关和90°移相电路·····	181
4.3.2 视频检波器·····	134	5.3.6 开关同步信号形成电路·····	183
4.3.3 自动增益控制电路(AGC电路)·····	134	5.3.7 自动消色电路(ACK电路)·····	185
4.3.4 自动噪声抑制电路(ANC电路)·····	137	§5.4 解码矩阵和末级视放电路·····	185
4.3.5 自动频率调谐电路(AFT电路)·····	138	5.4.1 (G-Y)色差矩阵电路·····	186
§4.4 伴音通道·····	141	5.4.2 基色矩阵和末级视放电路·····	187
4.4.1 伴音中放与限幅电路·····	141	第六章 彩色电视图象的显示·····	190
4.4.2 鉴频电路·····	142	§6.1 行、场扫描电路·····	190
4.4.3 音频放大电路·····	146	6.1.1 同步分离电路·····	190
4.4.4 静噪电路·····	147	6.1.2 场扫描系统电路·····	192
第五章 彩色电视机的解码电路·····	150	6.1.3 行扫描系统电路·····	199
§5.1 亮度通道·····	150	6.1.4 逆程消隐电路·····	208
5.1.1 亮度通道的组成·····	150	6.1.5 关机亮点消除电路·····	209
5.1.2 副载波吸收电路·····	151	6.1.6 一体化高压电路·····	210
5.1.3 自动清晰度控制电路(ARC电路)·····	151	6.1.7 自动高压控制电路(AHC电路)·····	211
5.1.4 亮度信号延时电路·····	153	6.1.8 行中心调节电路·····	211
5.1.5 轮廓校正电路(勾边电路)·····	154	§6.2 彩色显象管及其附属电路·····	212
5.1.6 直流分量恢复电路(钳位		6.2.1 自会聚彩色显象管·····	213
		6.2.2 光栅水平枕形校正电路·····	214

6.2.3 黑白平衡调整.....	216	7.3.1 集成化扫描电路的特点.....	259
6.2.4 色纯度调整.....	219	7.3.2 集成化扫描电路工作原 理	260
6.2.5 自动消磁电路(ADC 电路).....	220	§7.4 解码电路	272
§6.3 开关式稳压电源	221	7.4.1 集成化解码电路的特点.....	272
6.3.1 彩色电视机中的电源供 给	221	7.4.2 集成化解码电路工作原 理	272
6.3.2 开关式稳压电源的特点.....	221	第八章 数字电视	303
6.3.3 开关式稳压电源的工作 原理	222	§8.1 数字电视的发展概述	303
6.3.4 调宽式开关电源电路.....	224	8.1.1 模拟电视存在的缺点.....	303
第七章 集成电路彩色电视接收机	228	8.1.2 数字电视所具备的优良 性能	305
§7.1 图象通道	229	8.1.3 电视演播中心数字化 发展的几个阶段	307
7.1.1 集成化图象通道电路的 特点	229	§8.2 数字电视信号的产生	307
7.1.2 集成化图象通道工作原 理	231	8.2.1 取 样.....	308
§7.2 伴音通道	249	8.2.2 量 化.....	312
7.2.1 集成化伴音通道电路的 特点	249	8.2.3 编 码.....	315
7.2.2 集成化伴音通道工作 原理.....	249	8.2.4 电视信号编码参数的选 择	318
§7.3 扫描电路	259	§8.3 压缩码率降低传输带宽	328
		8.3.1 概 述.....	328
		8.3.2 差分脉码调制.....	330

引 言

近年来,我国的电视事业有了突飞猛进的发展,愈来愈多的人们可以看到电视。然而什么叫电视呢?所谓电视,概括说来就是利用人眼的视觉特性,用电的方法,远距离、实时传送活动图象的技术。

电视是一门综合性比较强、紧密结合应用的分支学科。现代广播电视系统,包含电视信号的产生、处理、存贮、记录、发送、接收等单元功能系统,它们的发展和变革都涉及到许多学科,如微电子学、光度和色度学、视觉心理学以及通信理论和技术等学科。因此,电视是以上述学科为基础,而又以本身独特规律发展起来的一门科学。

到目前为止,电视的发展大致经历了三大阶段,即机械黑白电视、电子黑白电视和彩色电视阶段。30年代初英国、苏联等国进行了机械电视的广播。1936年贝尔德(Baird)电视公司在英国开始电子黑白电视广播,从此进入了电子电视的新时代。由于第二次世界大战延缓了广播电视的发展,到战后50年代初期,黑白电视广播才在各国普及起来。我国1958年开始了黑白电视广播。1951年美国试播了一种与黑白电视不兼容的场顺序制彩色电视(CBS制)。由于当时黑白电视机已拥有大量用户,加之彩色接收机价格昂贵,使得这种不兼容制式得不到推广。1953年美国联邦通信委员会(FCC)批准了NTSC兼容制彩色电视,正式开始了彩色电视广播。1967年联邦德国正式广播了PAL制彩色电视,同年,法国广播了SECAM制彩色电视。NTSC制、PAL制和SECAM制并列为当今世界三大兼容的彩色广播制式(Colour Broadcast System),分别得到世界各国的采用。我国从70年代初开始彩色电视广播,采用的是PAL/D制。

随着科学技术的不断发展,新的电子器件的不断出现,因而促使电视设备的电路形式、工艺结构、性能指标不断提高和改进。以电视接收机为例,对有源电子器件就经历了三代更新。人们把电子管有源器件称为第一代电子器件。我国50年代末,60年代初生产的黑白电视机,所用有源器件都是电子管。而后出现的晶体管称为第二代电子器件。晶体管由于其体积小、重量轻、功耗低、寿命长、工作可靠性高等一系列优点,逐步取代了电子管,成为电视接收机中的主要有源器件。随着半导体平面工艺的迅速改进,人们又打破了用分立元器件组装电子电路的传统作法,开始把元件、晶体管和电路连线等整个电路,集中在一片芯片上,制成不可分的固体组件。这就是人们称之为第三代电子器件的集成电路。60年代中期开始,集成电路也很快在电视机中采用,这为电视机的高性能、多功能及高可靠性开辟了一条新的途径。20多年来,从黑白电视机集成到彩色电视机集成,从小规模集成到中、大规模集成,发展异常迅速。到目前为止,除因高频、高压和高功率的限制,彩色电视接收机中尚有高频调谐器、行输出、电源调整等少数电路还没有实现集成化外,绝大部分小信号处理电路都实现了集成化。

由于大规模集成电路的发展和计算技术的推广应用,电视新技术不断涌现。电视使用范围也早已越出了广播界线,深入到科研、教育、工业、医疗、宇航、军事等各个部门。这方

面较为突出的是：以扩大电视覆盖面积、提高信号传输质量、开发新的业务项目为目的的卫星电视广播 (Satellite Television Broadcasting)；为克服传统模拟电视存在的非线性失真、相位失真和干扰的积累，实现模拟电视不能实现或者难以高质量实现的功能而发展起来的数字电视 (Digital Television)；以改善城市信号传输质量、扩大电视技术的使用范围而兴起的有线电视 (Cable Television)；以提供更多信息服务于用户的电视多工广播 (Multiplex Broadcast of Television) 等等。

近年来，随着电视技术和信息传输手段的迅速发展，现行的三种彩色制式 (NTSC、PAL、SECAM) 已不能满足广播电视 (Broadcast Television) 高质量的要求。世界各国都在研究新的制式，其中高清晰度电视 (High Definition Television) 进入实用阶段，它具有清晰度高、显示屏大、真实感强等特点。新的显象器件液晶显示 (LCD) 屏的出现，以及随之发展起来的液晶电视 (Liquid Crystal Display Television)，向传统的阴极射线管 (CRT) 终端显象设备提出了挑战。由于LCD具有驱动电压低、功耗小、被动显示、体积小、重量轻、无X射线辐射等突出优点，它特别适用于野外和对具有强磁场环境的监视。

综上所述，20年来电视技术的发展是十分令人瞩目的，它预示着广播电视正面临着一场变革。可以预见，不久的将来，整个广播电视系统会有一个大的革新。

第一章 可见光与彩色

电视源是光象(图象)。用电的方法传送图象,是指根据光电转换原理,在发送端将欲传送的图象转变成电信号,而在接收端再将电信号还原成图象,并且力求还原后的图象逼真。

所谓逼真,就是要求重现出来的图象,其形象、轮廓、线条与现场实物尽可能相同;能将原景物的亮度层次、色调及饱和度很好地重现出来;在显示活动图象时,能给人以连续、调和感觉。然而上述重现图象质量的好坏,最终都是由人眼作出鉴定,因为人眼是电视信号的最终接收机。

因此,为了较为深入地研究电视原理,必须从电视技术角度出发,简要介绍一下光和色、人眼的视觉特性、以及作为彩色电视基础的三基色原理。

§1.1 光的特性

太阳是自然光源;电灯、探照灯等各种照明设备是人造光源。它们不但能发出不同亮度的光,而且发出光的颜色也各不相同。光究竟是什么?它与色又有什么关系?下面我们只从彩色电视系统(Colour Television System)需要出发给予介绍。

1.1.1 什么叫光

光是电磁波中很小一部分。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、宇宙射线等等,如图1-1所示。其中只有我们眼睛能看到的那一部分波谱叫做光。广播电视利用的是可见光谱范围。

当电视应用于科学技术其它领域时,波谱范围就大为扩展。例如红外电视(Infrared Television)可用于夜间侦察;X射线电视(X-ray Television)用于医疗诊断等,因而电视的实现,延伸和扩展了人的视觉能力。人们不仅可以远离现场即时地观看景象,还能观察黑夜中、物体内的凭肉眼直接察觉不到的景象。

1.1.2 可见光的特性

可见光的特性很多,但从电视技术角度来看,首先是可见光的波长范围有限,只在380~780nm范围内。而且不同波长的光所呈现的颜色各不相同,如图1-1所示,随着波长的缩短,呈现的颜色依次为:红、橙、黄、绿、青、蓝、紫。

其次,只含有单一波长的光称为单色光;包含有两种或两种以上波长成分的光称为复合光,复合光给人眼的刺激呈现为混合色。例如,太阳辐射出来的光是包含有各种单色光的波谱带,但却给人以白光的综合感觉。

另外,光波从一种媒质进入另一种媒质时,将产生改变传播方向的折射现象。光波的波长越短,折射程度就越大。把一束由太阳辐射来的白光投射到棱镜上时,由于光线在进入和

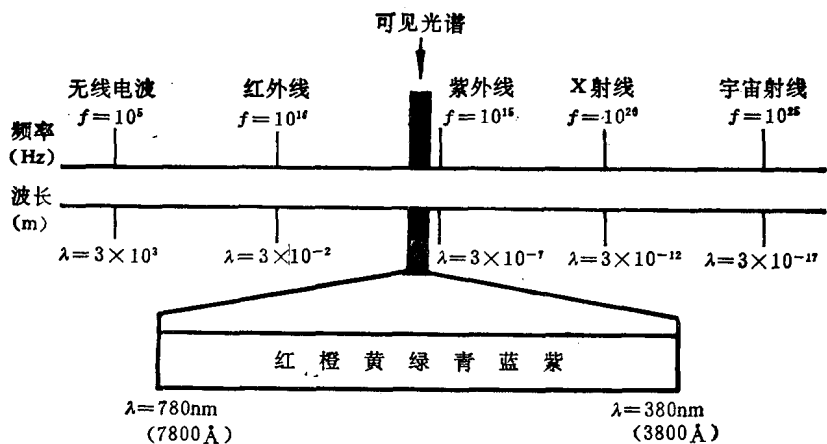


图1-1 电磁辐射波谱

离开棱镜时均发生折射，所以组成白光的这个波谱带，经过棱镜后再投射到白色屏幕上，就形成一个连续分布的彩色光带。它们依次为红、橙、黄、绿、青、蓝、紫，如图 1-2 所示。被分解之后的色光，若再一次通过棱镜，它也不能再分解了，我们称这种单一的色光叫做谱色光。白光被分解为各种单色光的现象，称为白光的分解，或称为光的色散。

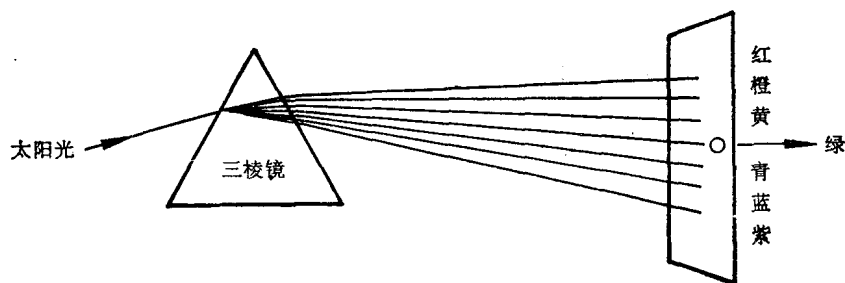


图1-2 太阳光的光谱

1.1.3 色的基本知识

金黄的太阳，蔚蓝的天空，碧绿的海洋……，诗人们常常这样歌颂着五彩缤纷的大自然。自然界的色彩为什么如此五光十色、绚丽夺目呢，人们虽然与色彩有着密切的联系，然而对色彩的各种性质，却不是尽人皆知的。

自然界的不同景物，在日光照射下，由于反射了可见光谱中的不同成分，而吸收了其余部分，从而引起了人眼的不同彩色感觉。这就是说，色与光是密不可分的。如果我们在黑夜里关上电灯，就看不见任何颜色，这表明对于色必须有光的存在。光是色的存在条件，色是人眼对不同光谱分布的主观反映。

被人眼所感知的光归纳起来有三种：直射光、透射光和反射光。不发光物体作用于人眼的光为反射光。该物体呈现的颜色是和照明光源的光谱分布有关的。在日常生活中，人们往往把颜色仅归属于物体本身的性质，例如说，这张纸是白的，那块布是红的等等。而实质上，我们所以看到物体的颜色，除了物体本身的光谱反射特性之外，还和照明光源的光谱分布有

关。也就是说，物体呈现的颜色是照明光源的光谱分布与物体对不同波长的光谱有选择的吸收和反射的综合效果。一张白纸之所以呈现白色，是因为它对于不同波长的光具有同等程度的反射特性，而白纸也只有在白天太阳光或其它白光照射条件下才显示为白色。如果用红色光源照射时，则这张白纸将显示为红色。同理，一块红布只有在白光或红光照射下，由于它具有反射红光而吸收其它色光的特性，所以才显示出红色来。如果用绿光照射在红布上，则会呈现出黑色。因为红布对绿光只吸收，不反射。

当光线通过透明物体时，不同透明体将有选择性地透过某些光谱，同时使其它光谱的能量被吸收而转变为热能。所以透过透明物体的光线，其能量分布发生了变化，并使通过的光线所呈现的色彩，变为透明物体的颜色。也就是说，透明物体的颜色，决定于透过透明体的光谱分布。例如：戴上蓝色眼镜观看白色光源时，呈现出蓝色。这是由于蓝色的玻璃只能让蓝色的光谱通过，而把其它颜色的光线都收掉了。

还有，如果我们所观察的物体自身发光，发光体的颜色将由它自身的辐射光谱分布来决定。

最后，要特别指出的是，人眼的色感觉虽然在一定程度上反映了光谱分布的某些特点，然而并不能从看到的颜色来判断光谱的分布。换句话说，一定的光谱分布表现为一定的颜色；但同一种颜色则可以由不同的光谱分布来组成。如黄色，可以由单一波长的黄色所产生；但也可以由波长不同的红光和绿光按适当比例混合而产生。它们给人眼的色感觉却相同。这一特征，对于彩色电视的实现具有非常重要的意义，将在本章§1.3节中进一步讨论。

1.1.4 色温和光源

物体的亮度和呈现的颜色都与光源有关。然而在近代照明技术中统称为“白光”的光谱分布却并不相同。其中包括光谱能量偏重于波长较长端，颜色偏红的“热白光”；也包含光谱能量偏重于波长较短端，颜色偏蓝的“冷白光”。当它们用于对同一物体进行照明时，将引起彩色视觉的差异。为了便于进行白光的比较和色度计算，经常采用绝对黑体的辐射温度——“色温” (Colour Temperature) 这个概念。

绝对黑体，是指既不反射，也不透过，而完全吸收入射光的物体。它对所有波长的光吸收系数均为1。另外，当绝对黑体被加热时，将辐射出连续光谱，而且光谱能量的分布只与温度有关。绝对黑体辐射的功率分布如图1-3所示。由图可见，随着温度上升，辐射功率显著增加，且最大值向短波方向移动，它表明受热物体的亮度随着温度的上升而增加；同时，辐射

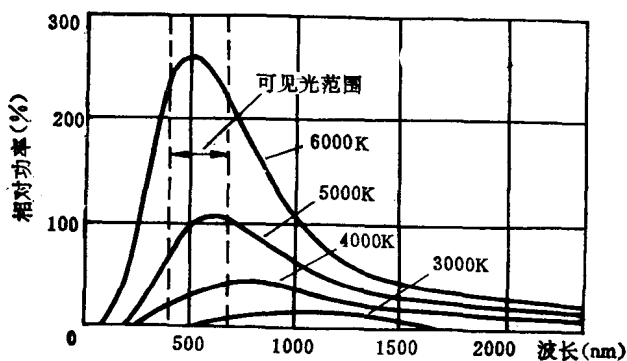


图1-3 不同温度下绝对黑体辐射功率的分布

光的颜色也发生变化，由红变蓝。

我们可以改变绝对黑体的温度，使其在某一特定温度下，它所辐射的光与某一光源的光具有相同的波谱特性，则绝对黑体的这一特定温度就定义为该光源的“色温”，并以绝对温度K表示。图1-4(a)示出不同温度下绝对黑体的相对辐射功率波谱。

“色温”并非光源本身的实际温度，而是用来表征其光谱特性的参量。例如，一个钨丝灯泡的温度保持在2800K时所发出的白光，它的功率波谱分布见图1-4(b)中的A，与温度保持为2854K的绝对黑体所辐射的白光功率波谱完全相当，于是就称该钨丝灯泡发出白光的色温为2854K。但有些光源的光谱只与某一温度下绝对黑体辐射光近似，而不能精确等效。这时就把黑体在某温度下辐射光的波谱特性与光源波谱特性最相近时的黑体所具有的温度称为该光源的相关色温(Correlated Colour Temperature)。

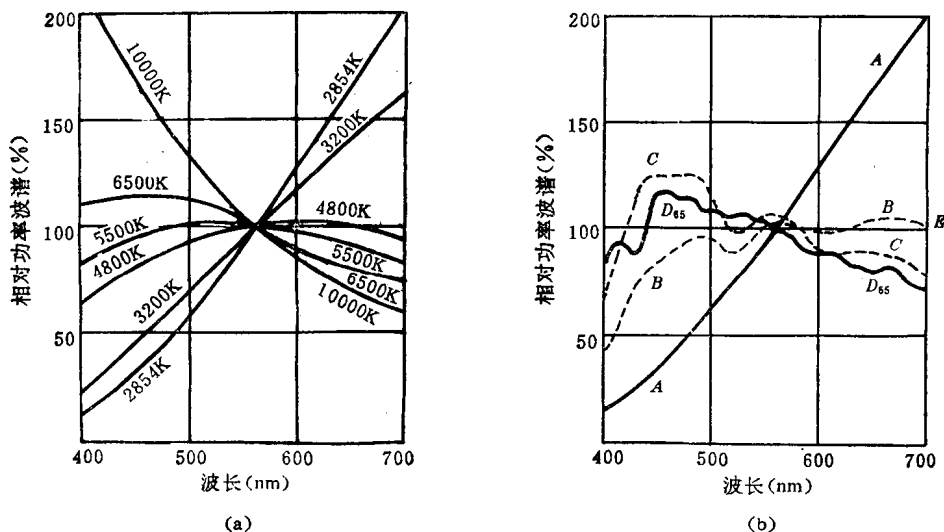


图1-4 黑体与标准光源的相对功率波谱

(a) 各种色温下黑体的辐射功率波谱 (b) 标准光源的功率波谱

绝对黑体不能作为实用光源。太阳光辐射的光谱分布又随季节、气候、时辰而变，因而也不宜作为实用的标准光源。前面我们已经知道，物体呈现的颜色与照明光源有关。也就是说，电视系统能否高度逼真地传送彩色与光源的选用关系密切。为此，在照明技术中，国际上规定了A、B、C、D₆₅和E五种标准光源，它们的近似功率波谱曲线分别示于图1-4(b)中。

A光源相当于钨丝灯在2800K时发出的光。色温为2854K。其波谱能量主要集中在红外线区域，所以钨丝灯光看起来总是带些橙红色。

B光源接近上午直射的阳光。当绝对黑体温度在4800K时发出的光与该光源发出的光最接近，所以B光源的相关色温为4800K。

C光源相当于白天的自然光。其波谱能量在400~500nm处较大。可见C白含蓝色成分较多，它的相关色温为6800K，被用作NTSC制彩色电视的标准白光。

D₆₅光源的相关色温为6500K，相当于白天平均照明光。它被用作PAL制彩色电视中的标准白光。

E光源是一种假想的等能白光，这是当可见光谱范围内的所有波长的光都具有相等辐射

功率时所形成的一种白光，它的相关色温为5500K。采用这种光源纯粹为了简化色度学的计算。

在近代照明技术中还采用一种新式卤钨灯，其色温比较稳定，为3200K。这种灯也是彩色电视演播室(Colour Television Studio)中常用的光源。

近年来在电视屏幕(Television Screen)上，尤其是黑白显象管荧光粉所发出的白光，色温有时高达9300K至11000K，已明显地给人以偏蓝的感觉。

§1.2 视觉特性和电视图象的基本参量

为了使电视接收机(Television Receiver)荧光屏上重现的图象准确、逼真，就要求重现前端图象的特征。包括重现图象的尺寸比例与几何形状；对比度与亮度层次；色调和饱和度；清晰度和连续性等等都应尽可能与原景物一致。为了做到这点，最理想的方法是，电视系统应能精确模拟眼睛的视觉特性。然而，就目前电视设备生产来看，由于它受当今科学技术水平限制，尚不能完全做到，我们只能在充分研究人眼视觉特性之后，合理提出电视系统的基本参量和图象质量指标的要求，恰当地解决主观要求与当前技术的矛盾。

1.2.1 视觉光谱特性与电视系统的光谱特性

一、相对视敏函数曲线

视觉效应是由可见光刺激人眼引起的。前面已经说过，不同波长的光作用于人眼，将引起不同的彩色感觉。那么，如果具有相同辐射功率的各种波长光，所引起人眼的亮度感觉是否相同呢？实践证明，随着光波波长的改变，不仅颜色感觉不同，而且亮度感觉也不相同。例如，在等能量分布的光谱中，人眼感到最暗的是红色；其次是蓝色和紫色；而最亮的是黄绿色。反过来说，要获得相同的亮度感觉，所需要的红光辐射功率要比绿光的大得多。人眼这种对不同波长光有不同敏感度的规律是因人而异的，所以只能研究正常视觉人的平均敏感度。经过对各种类型人的调查统计，得出人眼对各种不同波长光的相对敏感度(相对亮度)，亦称相对视敏函数，常用 $V(\lambda)$ 表示。所谓相对敏感度，就是把人眼对任意波长光的敏感度与对波长为555nm光具有最大的敏感度之比。国际上通用的 $V(\lambda)$ 曲线如图1-5所示。这曲线是根据表1-1国际照明委员会(CIE)1933年所获得的最佳数据绘制而成。它说明，如果光的辐射功率相同而波长不同，则人眼的亮度感觉将按曲线规律变化。对于 $\lambda=555\text{nm}$ 的黄绿光， $V(\lambda)=1$ ，亮度感觉最大；对其余波长的光， $V(\lambda)<1$ ，则亮度感觉减弱；而当 $\lambda<400\text{nm}$ 或 $\lambda>760\text{nm}$ 时，相对视敏函数 $V(\lambda)=0$ ，表示人眼已没有亮度感觉了。

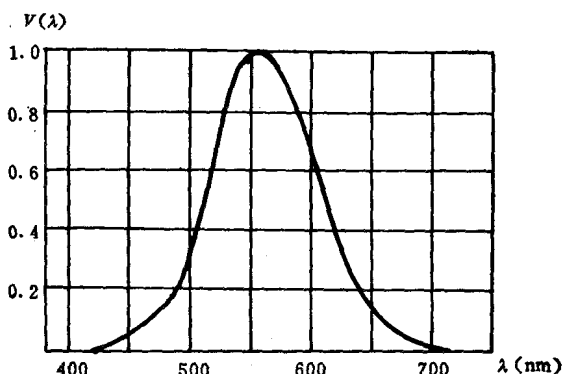


图1-5 相对视敏函数曲线

二、人眼的彩色视觉

在人眼视网膜里存在着大量光敏细胞。光敏细胞按其形状分为杆状和锥状两种。前者灵

敏度极高，在低照度时，主要靠它来辨别光的明暗，但它对彩色不敏感；锥状细胞既可辨别光的强弱，又可辨别彩色。白天的视觉过程主要由锥状细胞来完成，夜晚视觉则由杆状细胞起作用，所以，在较暗处只能看到黑白形象而无法辨别彩色。

锥状细胞又分为三类，分别称为红敏细胞、绿敏细胞、蓝敏细胞，它们各有自己的相对视敏函数曲线 $V_r(\lambda)$ 、 $V_g(\lambda)$ 、 $V_b(\lambda)$ ，如图1-6所示，其峰值分别在红(580nm)、绿(540nm)、蓝(460nm)波段，三者相加，即可得到图1-5相对视敏函数曲线。由图1-6可见，三条曲线是交叉重迭的，例如，580nm黄光的波长值就处在 $V_r(\lambda)$ 和 $V_g(\lambda)$ 曲线之下，它既能激励红敏细胞，又能激励绿敏细胞，因而当由红单色光和绿单色光以适当比例混合后作用于视网膜时，红、绿光敏细胞同时受激励而产生的

的彩色感觉，可以与由黄单色光引起的视觉效果完全相同。在一般情况下，如有两组光谱成分不同的光，只要三种光敏细胞对它们的感受相同，则主观彩色感觉(包括亮度和色度)就相同。

如果一束光线只能引起某一种光敏细胞的兴奋，而另两种光敏细胞仅有很微弱的刺激，我们感觉到的便是某一种基色光，例如：红色，绿色或蓝色。如果三种光敏细胞都被引起同等程度的兴奋，我们感觉到的便是白光了。显然，随着三种光敏细胞所受光刺激程度的差异，还会产生各式各样的彩色感觉。根据人眼的视觉特性，美国一位医学博士于1982年研制成功了由光电管组成的人造眼睛。

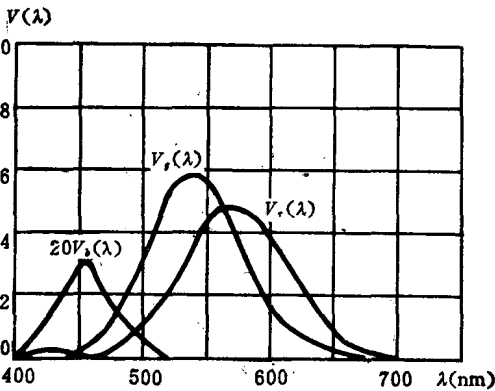


图1-6 三种锥状细胞的相对视敏函数曲线

表1-1 相对视敏函数值

$\lambda(\text{nm})$	$V(\lambda)$	$\lambda(\text{nm})$	$V(\lambda)$	$\lambda(\text{nm})$	$V(\lambda)$
400	0.0004	530	0.862	660	0.061
410	0.0012	540	0.954	670	0.032
420	0.0040	550	0.995	680	0.017
430	0.0116	560	0.995	690	0.0082
440	0.023	570	0.952	700	0.0041
450	0.038	580	0.870	710	0.0021
460	0.060	590	0.757	720	0.00105
470	0.091	600	0.631	730	0.00052
480	0.139	610	0.503	740	0.00025
490	0.208	620	0.381	750	0.0012
500	0.323	630	0.265	760	0.00006
510	0.503	640	0.175		
520	0.710	650	0.107		

三、电视系统的光谱特性

无论黑白电视或彩色电视系统，正确重现发端图象的相对亮度(Relative Brightness)都是十分重要的。既然人眼对辐射强度相等而波长不同的光具有不同的亮度感觉，那么代替人眼

在现场拍摄的电视摄像机(Television Camera)就应具备与人眼视敏函数(见图1-5)相同的光谱特性。只有这样,当用黑白摄像机摄取黑白图象时,重现的亮度层次才能模拟人眼直接观看现场实物的亮度层次。如果用黑白摄像机摄取彩色图象,也能使发端图象上的各种颜色给人的相对亮度感觉在电视机荧光屏上正确重现出来。

要想设计一个彩色电视系统,使重现彩色图象的光谱成分与发端原景象的光谱成分完全相同,从而达到彩色景象的理想再现,这在当今技术上是是不可能的。但根据人眼的彩色视觉特性和下面要研究的三基色原理可以得出,自然界中绝大多数的彩色都可以通过红、绿、蓝三种基色光按一定比例配制出来,混配出的彩色与原彩色对人眼将引起相同的彩色效果。因此,当我们在摄取彩色景物时,若用三个分别具有与人眼三种锥状细胞相同光谱特性(如图1-6)的摄像管,分别取得代表红、绿、蓝三个彩色分量的信号,经过处理与传输,再通过显象管的红、绿、蓝荧光粉转换成按原比例的彩色光,就可实现彩色图象(Colour Picture)的正确重现。

1.2.2 亮度感觉与电视图象的亮度、对比度和灰度

一、人眼的亮度感觉

人眼最重要的视觉功能之一就是亮度感觉。它涉及到人眼所能感觉到的最大亮度范围,对同一亮度,在不同的环境亮度下所产生的主观亮度感觉的不同,以及人眼能观察到的最小亮度差别。

人眼的视觉范围非常宽,从千分之几尼特到百万尼特的亮度均能感受到,所以人眼的感光作用有随外界光的强弱而自动调节的能力,然而实验又证明,人眼并不能同时感受到这样大的亮度范围,当人眼在适应了某一平均环境亮度后,视觉范围就小多了。通常,在适当平均亮度下,能分辨的亮度上、下限之比为1000:1;当平均亮度很低时,这一比值只有10:1。

其次,在不同环境亮度下人眼对同一亮度的光主观亮度感觉也不相同。在白天光线很亮情况下,如果有人在你身边划一根火柴,你可能毫无感觉;然而若在伸手不见五指的黑夜,即使离你较远,也会立即感到光亮。还有,晴朗的白天,环境亮度约为10000尼特,可分辨的亮度范围为200~20000尼特。低于200尼特的亮度都引起黑色感觉。但当环境亮度降至30尼特时,可分辨范围为2~200尼特。这时,100尼特的亮度已引起相当的亮度感觉了,只有低于2尼特的亮度才形成黑色感觉。

第三、实验还表明,人眼察觉亮度变化的能力是有限的,而且随着亮度 B 的增大,能察觉到的最小亮度变化 ΔB_{min} 也增大,但在相当大的亮度范围内,可察觉到的最小相对变化

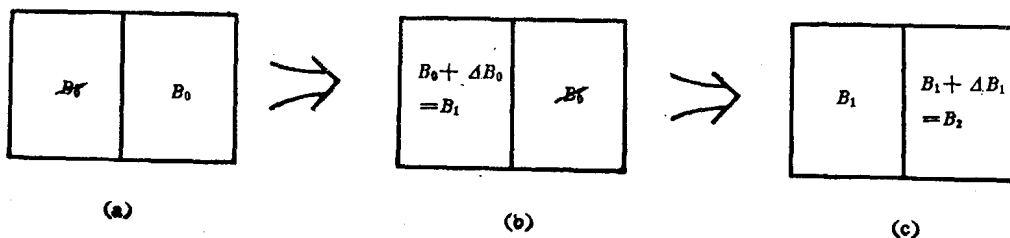


图1-7 测定人眼鉴别亮度层次实验

$\Delta B_{m,n}/B$ 却等于常数 ξ 。即

$$\xi = \Delta B_{m,n}/B \quad (1-1)$$

ξ 称对比度灵敏度阈或费涅尔(Fechner)系数, 通常取值 0.005~0.02 范围内。图 1-7 可用来说明测定人眼鉴别亮度层次的方法。当图(a)右边亮度 B_0 不变, 而改变左边亮度 B_0 为 $B_0 + \Delta B_0 = B_1$ 时, 如图(b)左边所示, 使眼睛刚好感觉到左右两边的亮度有差别, 我们就规定这两个亮度感觉差为一个亮度梯级(Brightness Scale)。

如果这时两边亮度差不足 ΔB_0 , 它们之间的亮度差别将不被察觉。然后再将图(b)左边亮度 B_1 固定不变, 调节右边亮度 B_0 , 使其值为 $B_1 + \Delta B_1 = B_2$, 如图(c)右边那样, 恰好感到两边有亮度差。如此轮流下去, 就可测绘出图 1-8 所示的主观亮度感觉(Brightness Impression)级数与客观亮度关系的曲线。曲线的横坐标代表亮度的变化, 常取用对数坐标; 纵坐标代表人眼能鉴别的最小可分辨的亮度层次数目, 也称亮度感觉。曲线下部有相交的两分支, 表示两种光敏细胞的亮度感觉不同。

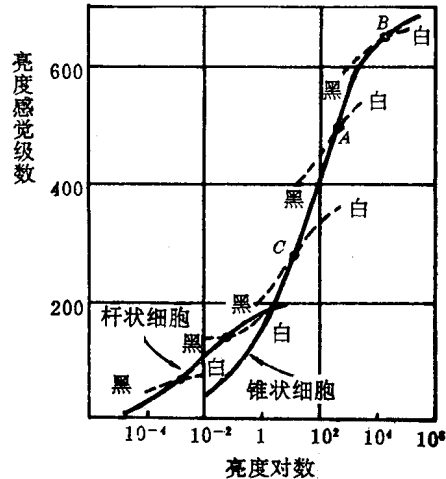


图1-8 不同亮度的主观亮度感觉级数曲线

从曲线中可得出下列几点重要结论:

1. 图中实线表明人眼能感觉到的亮度范围(Brightness Range)相当宽, 但另一方面当眼睛适应于某一平均亮度后, 能分辨的亮度范围, 就是以主观感觉“白”和“黑”为界线的范围缩小了。图中穿过实线上某些点的虚线就反映了这种情况。

2. 当眼睛适应于不同平均亮度, 如图中A、B、C点时, 可分辨的亮度范围是不同的。

3. 对于同一亮度, 由于观察它的环境亮度不同, 给人的主观亮度感觉是完全不同的。如图中A点的亮度, 对适应于C点亮度的人眼来说非常明亮, 然而对适应于B点亮度的人眼来说却比黑还黑。

上述这些重要特性, 给电视图象的传送和重现带来了极大的方便。它告诉人们: 一是重现图象亮度(Picture Brightness)无需等于实际景象的亮度; 二是人眼不能察觉的亮度差别, 在重现图象时也无需精确复制出来。

二、电视图象的亮度、对比度和灰度级

理想的情况下, 电视图象应重现原景象的亮度、对比度(Contrast)和亮度差别的级数(即亮度层次或灰度等级)。实际上考虑到眼睛的适应性, 在保证适当的图象亮度(平均亮度)的条件下, 重现原景象的对比度和灰度级(Gray Scale)是重要的。这并不是说电视图象亮度无关重要, 因而对它无所要求了。相反, 对于不同的环境亮度, 只有给予不同的、恰当的图象平均亮度, 才能保证重现图象必须的对比度和亮度层次, 并使长时间观看不过分疲劳。我们这里只不过是说, 重现图象亮度无需等于实际景象亮度而已。

为什么重现景象亮度无需等于实际景象亮度呢? 上面研究人眼的主观亮度感觉时已指出: 同样的景象亮度, 由于环境亮度不同, 给人主观亮度感觉的强弱不同。反之, 也可推论, 选择不同的环境亮度, 并相应的使用不同的景象亮度, 也可以给人以相同的主观亮度感觉。例如在图 1-8 中适应于 A、B、C 各点亮度的人眼, 对于具有同样“白”或“黑”的主观