



电视原理与接收技术

DIANSHI YUANLI YU JIESHOU JISHU

赵坚勇 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

电视原理与接收技术

赵坚勇 编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书是介绍电视原理与技术的通用基础教材。

本书第一部分包括第1章彩色与视觉特性、第2章电视图像传送原理、第3章彩色电视信号的传输,以较少的篇幅介绍模拟电视基本原理;第二部分包括第4章广播电视、第5章提高接收机质量的措施、第6章超级单片集成电路,主要介绍电视机电路、最新的数字化处理和主芯片;第三部分包括第7章图像显示技术和第8章投影技术,主要介绍各种显示新技术;第四部分包括第9章数字电视基本原理、第10章数字电视广播标准、第11章数字调谐器、第12章数字电视接收机,主要介绍数字电视原理和数字电视接收机。每章前有内容提要、知识要点和教学建议,每章后有本章小结、思考题和习题,书末附有缩略词与名词索引。

本书可作为高等学校电子类专业本科电视课程教材及大专、高职和中专相同专业教材,也可供从事电视技术的科研、生产、工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电视原理与接收技术/赵坚勇编著. —北京:国防工业出版社,2007.1

ISBN 7-118-04794-5

I. 电... II. 赵... III. ①电视—理论②电视接收机—接收技术 IV. TN94

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 115870 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

涿中印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 20 1/4 字数 476 千字

2007 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—5000 册 定价 30.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

前 言

信息化时代电视已成为家庭生活不可缺少的一部分,我国目前正在从模拟电视向数字电视过渡,电视技术发展速度很快,新技术、新方法、新电路、新芯片不断出现,为适应这种形势,编者编写了这本通俗易懂的电视技术教材。

本教材共 12 章,第 1 章介绍光的性质、人眼的视觉特性和色度学。第 2 章介绍电视图像的传送原理,包括扫描、同步、黑白全电视信号的组成。第 3 章介绍彩色电视信号的传输,包括 NTSC、PAL、SECAM 三种制式的原理、编解码方法和性能。第 4 章介绍广播电视,包括地面广播、卫星广播和有线电视的原理及有关设备。第 5 章介绍提高接收机质量的措施,包括频率合成式高频调谐器、准分离式中频放大器、锁相环同步检波器、动态梳状滤波器亮色分离电路、格式变换、画质改善电路、立体声伴音系统、多制式接收处理等。第 6 章介绍超级单片集成电路,包括 TDA93 $\times\times$ 超级单片集成电路、TMPA8803CSN 超级单片集成电路、VCT3803 超级单片集成电路。第 7 章介绍图像显示技术,包括显像管(CRT)显示、液晶显示、等离子体显示和有机电致发光彩色平板显示。第 8 章介绍投影技术,包括 CRT 投影、液晶投影、DLP 投影光学系统。第 9 章数字电视基本原理,介绍信源编码、多路复用和信道编码。第 10 章介绍数字电视广播标准,包括 DVB 标准、ATSC 标准、ISDB-T 标准。第 11 章数字调谐器,介绍卫星数字调谐器和有线数字调谐器。第 12 章数字电视接收机,介绍常用接口、中间件、STi5518 系列单片解决方案和交互电视。书末附有缩略词与名词索引。

本教材是桂林电子科技大学通信与信息工程系专业任选课“电视技术”的教材,通过本课程学习要求学生掌握电视的基本原理,熟悉电视接收机的构成和主要部件,了解电视最新发展动向。本教材有以下特色:

1. 基本原理以介绍物理概念为主,数学推导很少。原理与具体电路、芯片相结合,比较适合工科院校本科生学习。

2. 兼顾模拟电视和数字电视,既介绍模拟电视机的数字化处理技术和超级单片集成电路,又介绍数字电视的数字调谐器、单片解决方案。

3. 介绍了国际上最新的接口规范和有关芯片,如 DiSEqC、JTAG、CI、LDI、DVI、HDCP、HDMI 接口。

4. 介绍了国内研制的各种电视用芯片、电视新技术。

本教材内容丰富、资料新颖、深入浅出,部分章节可由学生自学,不必讲授。本教材参考学时数为 64 学时,可作为高等学校电子类专业电视课程教材或高职和中专相同专业的教材,也可作为成人教育和培训班教材。

在本教材的编写、审定和出版过程中,得到国防工业出版社的大力支持与帮助。认真审阅了本书,提出了很多宝贵的意见,在此表示深切的感谢。由于编者水平有限,书中难免还存在一些缺点和错误,敬请读者批评指正。

编 者

2006 年 8 月

目 录

第 1 章 彩色与视觉特性	1
1.1 光的性质	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
1.1.4 光的度量单位	3
1.2 人眼的视觉特性	3
1.2.1 视觉灵敏度	3
1.2.2 彩色视觉	4
1.2.3 分辨力	4
1.2.4 视觉惰性	5
1.3 色度学	6
1.3.1 彩色三要素	6
1.3.2 三基色原理	6
1.3.3 颜色的度量	7
1.3.4 显像三基色和亮度公式	9
思考题和习题	11
第 2 章 电视图像传送原理	12
2.1 电视传像原理	12
2.1.1 逐行扫描	13
2.1.2 隔行扫描	14
2.1.3 CCD 摄像机的光电转换	15
2.2 电视图像基本参数	19
2.2.1 图像宽高比	19
2.2.2 场频	20
2.2.3 行数	20
2.3 黑白全电视信号的组成	21
2.3.1 图像信号	21
2.3.2 消隐信号和同步信号	21
2.3.3 开槽脉冲和均衡脉冲	22
2.3.4 全电视信号	23
思考题和习题	25

第3章 彩色电视信号的传输	26
3.1 彩色电视信号的兼容问题	26
3.1.1 信号选取	27
3.1.2 频带压缩	28
3.1.3 频谱交错	28
3.2 NTSC制	30
3.2.1 正交平衡调幅	30
3.2.2 彩条信号及色度信号	32
3.2.3 色度信号幅度压缩	32
3.2.4 副载波的半行频间置	34
3.2.5 色同步信号	35
3.2.6 I、Q信号	35
3.3 PAL制	37
3.3.1 逐行倒相	37
3.3.2 相位失真的互补	37
3.3.3 副载波频率的选择	38
3.3.4 色同步信号	39
3.3.5 PAL编码器	41
3.3.6 PAL解码器	42
3.3.7 PAL制彩色电视的性能	43
3.4 SECAM制	44
思考题和习题	45
第4章 广播电视	46
4.1 地面广播	47
4.1.1 射频电视信号	47
4.1.2 电视频道的划分	49
4.1.3 地面广播电视发射机	50
4.1.4 地面广播电视接收机	51
4.1.5 地面广播接收天线	53
4.2 卫星广播	56
4.2.1 卫星电视广播系统的组成	57
4.2.2 卫星电视接收机	59
4.3 有线电视广播	60
4.3.1 有线电视系统的组成	60
4.3.2 增补频道	62
思考题和习题	64
第5章 提高接收机质量的措施	65
5.1 频率合成式高频调谐器	65
5.1.1 电压合成式高频调谐器	65

5.1.2	MOPLL	66
5.1.3	频率合成调谐器	67
5.2	准分离式中频放大器	69
5.2.1	准分离式中频放大	69
5.2.2	锁相环同步检波器	69
5.3	动态梳状滤波器亮色分离电路	70
5.3.1	梳状滤波器分离原理	70
5.3.2	动态数字梳状滤波芯片	72
5.4	格式变换	73
5.4.1	常用的几种格式变换	73
5.4.2	格式变换常用芯片	74
5.4.3	格式变换电路	76
5.5	画质改善电路	76
5.5.1	常用画质改善电路	76
5.5.2	常用画质改善芯片	78
5.6	立体声伴音系统	79
5.6.1	IGR 立体声系统	79
5.6.2	NICAM-728 立体声系统	79
5.6.3	立体声伴音芯片	81
5.7	多制式接收处理	82
5.7.1	多制式接收机	83
5.7.2	多制式处理电路	83
	思考题和习题	88
第 6 章	超级单片集成电路	89
6.1	单片集成电路的发展	89
6.1.1	单片集成电路	89
6.1.2	I ² C 总线控制单片集成电路	90
6.1.3	超级单片集成电路	91
6.2	飞利浦 TDA93×× 超级单片集成电路	92
6.2.1	TDA938× 内部结构	92
6.2.2	TDA93×× 组成的接收机结构	99
6.2.3	TDA93×× 组成的接收机流程	99
6.3	其他超级单片集成电路	103
6.3.1	TMPA8803CSN 超级单片集成电路	103
6.3.2	VCT3803 超级单片集成电路	107
	思考题和习题	111
第 7 章	图像显示技术	112
7.1	显像管显示	114
7.1.1	彩色显像管	114

7.1.2	偏转线圈	116
7.1.3	扫描电路	117
7.1.4	视频数字信号显示	119
7.1.5	CRT 显示器的发展方向	120
7.2	液晶显示	121
7.2.1	液晶显示原理	121
7.2.2	液晶显示驱动	123
7.2.3	LCD 组件	123
7.2.4	LVDS 接口	125
7.2.5	DVI 接口和 HDCP	127
7.2.6	HDMI 接口	128
7.2.7	与显示组件相配的控制芯片	129
7.2.8	我国液晶显示器生产	131
7.3	等离子体显示	133
7.3.1	PDP 的分类	133
7.3.2	PDP 的驱动	135
7.3.3	PDP 的新技术	137
7.3.4	PDP 显示器	138
7.4	有机电致发光彩色平板显示	140
7.4.1	OLED 的特点	140
7.4.2	我国 OLED 的发展	143
7.5	表面传导电子发射显示器	144
7.6	数字电视显示器标准	145
	思考题和习题	147
第 8 章	投影技术	148
8.1	CRT 投影显示	149
8.1.1	CRT 投影	149
8.1.2	失聚现象与克服方法	150
8.1.3	数字会聚电路	151
8.2	调制型投影显示	153
8.2.1	调制型投影显示系统的组成	153
8.2.2	光源	154
8.2.3	照明光学系统	156
8.2.4	分色 / 冷色器件	158
8.3	液晶投影	160
8.3.1	液晶投影的分类	160
8.3.2	液晶投影的显示驱动电路	162
8.3.3	硅基液晶显示技术	164
8.3.4	液晶投影的特点	166

8.4 数字式光处理技术	167
8.4.1 DMD 器件	167
8.4.2 单片式 DLP 投影光学系统	168
8.4.3 三片式 DLP 投影光学系统	170
思考题和习题	172
第 9 章 数字电视基本原理	173
9.1 概述	173
9.1.1 数字电视基础	174
9.1.2 数字电视的优点	175
9.1.3 数字电视发展概况	176
9.2 信源编码	178
9.2.1 熵编码、预测编码和变换编码	178
9.2.2 图像压缩标准 MPEG-2	184
9.2.3 声音压缩标准 MUSICAM 和 AC-3	192
9.2.4 我国音视频编解码技术标准 AVS	196
9.3 多路复用	197
9.3.1 PES 流和 TS 流	198
9.3.2 节目特定信息 PSI	199
9.3.3 业务信息和电子节目指南	203
9.3.4 系统复用	206
9.4 信道编码	207
9.4.1 概述	208
9.4.2 能量扩散	213
9.4.3 RS 编码	214
9.4.4 交织	215
9.4.5 卷积编码	217
9.4.6 LDPC 码	219
思考题和习题	220
第 10 章 数字电视广播标准	222
10.1 DVB 标准	223
10.1.1 DVB-S 的基带成形滤波与 QPSK 调制	223
10.1.2 DVB-C 的差分编码映射与 QAM 调制	226
10.1.3 DVB-T 的导频与 COFDM 调制	229
10.1.4 DVB-H	234
10.2 ATSC 标准	235
10.2.1 ATSC 系统的信道编码	235
10.2.2 ATSC 系统的 VSB 调制	237
10.3 ISDB-T 标准	240
10.3.1 频宽分段传输	240

10.3.2 高强度时间交织适应移动接收	241
10.4 我国的数字电视标准	241
10.4.1 DMB-T 方案	242
10.4.2 ADTB 方案	245
10.4.3 GB20600《数字电视地面广播传输系统帧结构、信道编码和调制》 简介	247
思考题和习题	259
第 11 章 数字调谐器	260
11.1 卫星数字调谐器	261
11.1.1 卫星数字电视广播	261
11.1.2 卫星数字调谐器基本结构	263
11.1.3 零中频调谐	263
11.1.4 频率合成器	264
11.1.5 定时恢复和载波恢复	266
11.1.6 解调和信道解码芯片 STV0299	268
11.1.7 303211MT 型卫星数字调谐器	270
11.2 有线数字调谐器	271
11.2.1 有线数字电视系统	271
11.2.2 有线数字调谐器基本结构	272
11.2.3 解调和信道解码芯片 STV0297	273
11.2.4 TCMU30311PTT 型有线数字调谐器	275
11.2.5 其他解调和信道解码芯片	276
思考题和习题	277
第 12 章 数字电视接收机	278
12.1 常用接口	278
12.1.1 DiSEqC 接口	278
12.1.2 IEEE1394 接口	280
12.1.3 IEEE1284 接口	282
12.1.4 CI 接口	283
12.1.5 JTAG 接口	287
12.2 中间件	288
12.2.1 中间件标准 MHP	289
12.2.2 中间件产品 OpenTV Core	292
12.3 STi5518 系列单片解决方案	293
12.3.1 STi5518 简介	293
12.3.2 STi5518 接收方案	297
12.3.3 开发平台和软件包	298
12.4 其他单片解决方案	299
12.4.1 SC2005 简介	299

12.4.2 MB87L2250 简介	302
12.4.3 PNX8310 简介	304
12.4.4 国产芯片	304
12.5 交互电视	305
12.5.1 电话视频点播	305
12.5.2 存储释放终端交互方式	306
12.5.3 IPTV	308
12.5.4 双模电视	310
思考题和习题	312
缩略词与名词索引	313
参考文献	320

第 1 章 彩色与视觉特性

内容提要

本章介绍与电视有关的基本知识,主要内容包括光的性质、人眼的视觉特性、色度学的基本原理。

知识要点

- 可见光谱的波长范围;
- 同色异谱现象;
- 物体的颜色;
- 标准光源;
- 光通量和光照度;
- 人眼的视觉灵敏度、彩色视觉、分辨力和视觉惰性;
- 彩色三要素和三基色原理;
- 标准色度图和亮度公式。

教学建议

- 电视中的许多重要概念都在本章引入,必须给予足够的重视。
- 要求了解可见光谱的波长范围,了解同色异谱的现象。
- 掌握物体的颜色及其与照射光的关系,这是本章难点。
- 了解标准光源,了解光通量和光照度。
- 熟悉人眼的视觉灵敏度、彩色视觉、分辨力和视觉惰性。
- 熟悉彩色三要素和三基色原理,掌握三基色圆图。
- 了解标准色度图,掌握亮度公式。
- 建议学时数为 3 学时。

1.1 光的性质

电视图像是一种光信号,在介绍彩色电视之前,应该了解光和色度学的基本知识。

1.1.1 可见光谱

光是一种电磁辐射。电磁辐射的波长范围很宽,按波长从长至短的顺序排列是无线电波、红外线、可见光、紫外线、X 射线和宇宙射线等。图 1-1 是电磁波按波长的顺序排列,称为电磁波谱。波长在 $380\text{nm} \sim 780\text{nm}$ 范围内的电磁波能够使人眼产生颜色感觉,称为可见光。可见光在整个电磁波谱中只占极小一段,可见光谱的波长由 780nm 向 380nm 变化时,人眼产生颜色感觉依次是红、橙、黄、绿、青、蓝、紫 7 色。一定波长的光谱呈现的颜

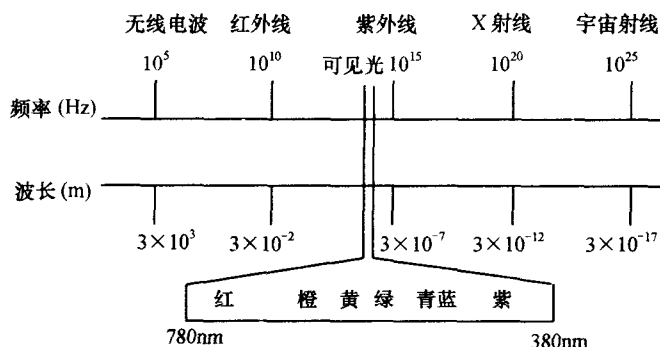


图 1-1 电磁辐射波谱

色称为光谱色。太阳光包含全部可见光谱,给人以白色感觉。

光谱完全不同的光,人眼有时会有相同的色感。用波长 540nm 的绿光和 700nm 的红光按一定比例混合可以使人眼得到 580nm 黄光的色感。这种由不同光谱混合出的光给人眼相同色感的现象叫同色异谱。

1.1.2 物体的颜色

物体分为发光体与不发光体。发光体的颜色由它本身发出的光谱所确定,白炽灯发黄、荧光灯发白有其特定的光谱色。

不发光体的颜色与照射光的光谱和不发光体对照射光的反射、透射特性有关。红旗反射太阳光中的红色光、吸收其他颜色的光而呈红色;绿叶反射绿色的光、吸收其他颜色的光而呈绿色;白纸反射全部太阳光而呈白色;黑板能吸收全部太阳光而呈黑色。绿叶拿到暗室的红光下观察成了黑色是因为红光源中没有绿光成分,树叶吸收了全部红光而呈黑色。绿色遮阳镜只能透射绿光,人戴上绿色遮阳镜后看白纸和绿叶呈绿色,看红旗呈黑色。

1.1.3 标准光源

物体颜色受到光源的影响。在彩色电视系统中,用标准白光作为照明光源。为便于对标准白光进行比较和计算,用绝对黑体的辐射温度——色温表示光源的光谱性能。

绝对黑体也称全辐射体,是指不反射、不透射、完全吸收入射辐射的物体。它对所有波长辐射的吸收系数均为 1。绝对黑体在自然界是不存在的,其实验模型是一个中空的、内壁涂黑的球体,在其上面开了一个极小的小孔,进入小孔的光辐射经内壁多次反射、吸收,已不能再逸出到外面,这个小孔就相当于绝对黑体。

绝对黑体所辐射的光谱与它的温度密切相关。绝对黑体的温度越高,辐射的光谱中蓝色成分越多,红色成分越少。光源的色温是这样定义的:光源的可见光谱与某温度的绝对黑体辐射的可见光谱相同或相近时,绝对黑体的温度称为该光源的色温,单位以绝对温度开氏度(K)表示。

色温与光源的实际温度无关,彩色电视机荧光屏的实际温度为常温,而其白场色温是 6500K。

常用的标准白光有 A、B、C、D 和 E 光源 5 种;它们的光谱分布如图 1-2 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,相当于白天的自然光。是 NTSC 制彩色电视白光标准光源。

D₆₅光源:色温为 6504K 的白光,相当于白天的平均光照。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_白),为简化色度学计算采用的一种假想光源,实际并不存在。

电视演播室卤钨灯光源:色温为 3200K,有体积小、亮度高、寿命长、色温稳定等优点。

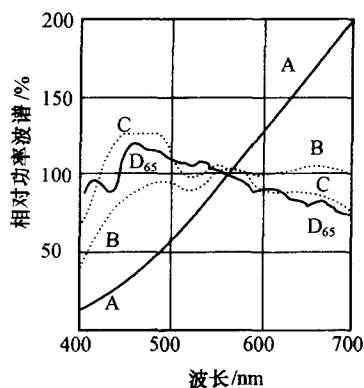


图 1-2 标准光源的光谱分布

1.1.4 光的度量单位

1. 光通量

光通量是按人眼的光感觉来度量的辐射功率,用符号 Φ 表示。其单位名称为流[明](lm),当 $\lambda = 555\text{nm}$ 的单色光辐射功率为 1W 时,产生的光通量为 683lm,或称 1 光瓦。在其他波长时,由于相对视敏度 $V(\lambda)$ 下降(详见 1.2.1 视觉灵敏度)相同辐射功率所产生的光通量随之下降。

40W 的钨丝灯泡输出的光通量为 468lm,发光效率为 11.7lm/W; 40W 的日光灯可以输出 2100lm 的光通量,发光效率为 52.5lm/W; 电视演播室卤钨灯发光效率可达 80lm/W~100lm/W。

2. 光照度

光照度 E ,单位勒[克斯],符号为 lx。1 勒[克斯]等于 1 流[明]的光通量均匀分布于 1 平方米面积上的光照度。

为了对光照度单位 lx 有个大概的印象,下列数据可供参考:室外晴天光照度约为 10000lx,多云约为 500lx,傍晚约为 50lx,月光约为 10^{-1}lx ,黄昏约为 10^{-2}lx ,星光约为 10^{-4}lx 。

1.2 人眼的视觉特性

人能感觉到图像的颜色和亮度是眼睛的生理结构造成的。电影和电视都是根据人眼的视觉特性发明的,电影每秒投射 24 幅静止画面,每画面投射 2 次,利用人眼的视觉惰性,看起来就与活动景象一样。电视每秒扫描 50 幅画面,每幅画面是由 312 根扫描线组成的,利用人眼的视觉惰性和有限的细节分辨能力,看起来就成了整幅的活动景象,人眼的视觉特性是电视技术发展的重要依据。

1.2.1 视觉灵敏度

波长不同的可见光光波,给人的颜色感觉不同,亮度感觉也不同,人眼对不同波长光

的灵敏度是不同的。

人眼的灵敏度因人而异,同一个人眼睛的灵敏度也随年龄和健康状况有所变化,所以采用统计方法,用许多正常视力的观察者来做实验,取其平均值。

经过对各种类型人的实验进行统计,国际照明委员会(Commission Internationale de L'Eclairage, International Commission on Illumination, CIE)推荐标准视敏度曲线,也称相对视敏函数曲线,如图1-3中的 $V(\lambda)$ 所示。可以看出人眼最敏感的光波长为555nm,颜色是草绿色,这一区域颜色,人看起来省力,不易疲劳。在555nm两侧,随着波长的增加或减少,亮度感觉逐渐降低。在可见光谱范围之外,辐射能量再大,人眼也是没有亮度感觉的。

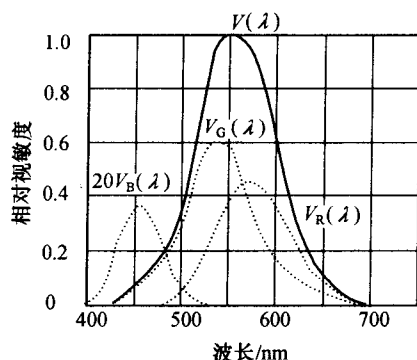


图1-3 标准视敏度曲线

1.2.2 彩色视觉

人眼视网膜上有大量的光敏细胞,按形状分为杆状细胞和锥状细胞,杆状细胞灵敏度很高,但对彩色不敏感,人的夜间视觉主要靠它起作用,因此,在暗处只能看到黑白形象而无法辨别颜色。锥状细胞既可辨别光的强弱,又可辨别颜色,白天视觉主要由它来完成。关于彩色视觉,科学家曾做过大量实验并提出视觉三色原理的假设,认为锥状细胞又可分为3类,分别称为红敏细胞、绿敏细胞、蓝敏细胞,它们各自的相对视敏函数曲线分别为 $V_R(\lambda)$ 、 $V_G(\lambda)$ 、 $V_B(\lambda)$ 如图1-3所示,其峰值分别在580nm、540nm、440nm处, $V_B(\lambda)$ 曲线幅度很低,已将其放大20倍。3条曲线的总和等于相对视敏函数曲线 $V(\lambda)$,3条曲线是部分交叉重叠的,很多单色光同时处于两条曲线之下,例如600nm的单色黄光就处在 $V_R(\lambda)$ 、 $V_G(\lambda)$ 曲线之下,所以600nm的单色黄光既激励了红敏细胞,又激励了绿敏细胞,引起混合的感觉。当混合红绿光同时作用于视网膜时,分别使红敏细胞、绿敏细胞同时受激励,只要混合光的比例适当,所引起的彩色感觉,可以与单色黄光引起的彩色感觉完全相同。

不同波长的光对3种细胞的刺激量是不同的,产生的彩色视觉各异,人眼因此能分辨出五光十色的颜色。在电视技术中利用了这一原理,在图像重现时,不是重现原来景物的光谱分布,而是利用3种相似于红、绿、蓝锥状细胞特性曲线的三种光源进行配色,在色感上得到相同的效果。

1.2.3 分辨力

分辨力是指人眼在观看景物时对细节的分辨能力。对人眼进行分辨力测试的方法如图1-4所示,在眼睛的正前方放一块白色的屏幕,屏幕上面有两个相距很近的小黑点,逐渐增加画面与眼睛之间的距离,当距离增加到一定长度时,人眼就分辨不出有两个黑点存在,感觉只有一个黑点,这说明眼睛分辨景色细节的能力有一个极限值,我们将这种分辨细节的能力称为人眼的分辨力或视觉锐度。分辨力的定义是:眼睛对被观察物上相邻两

点之间能分辨的最小距离所对应的视角 θ 的倒数,即

$$\text{分辨力} = \frac{1}{\theta} \quad (1-1)$$

如图 1-4 所示,用 L 表示眼睛与图像之间的距离, d 表示能分辨的两点间最小距离,则有:

$$\frac{d}{\theta} = \frac{2\pi L}{360 \times 60}$$

$$\theta = 3438 \frac{d}{L} (') \quad (1-2)$$

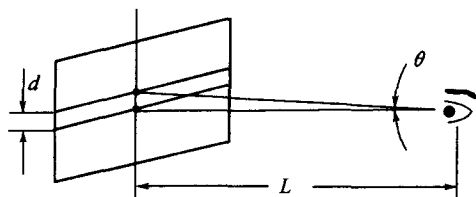


图 1-4 人眼的分辨力

人眼的最小视角取决于相邻两个视敏细胞之间的距离。对于正常视力的人,在中等亮度情况下观看静止图像时, θ 为 $1' \sim 1.5'$ 。分辨力在很大程度上取决于景物细节的亮度和对比度,当亮度很低时,视力很差,这是因为亮度低时锥状细胞不起作用。但是亮度过大时,视力不再增加,甚至由于眩目现象,视力反而有所降低。此外,细节对比度愈小,也愈不易分辨,造成分辨力降低。在观看运动物体时,分辨力更低。

人眼对彩色细节的分辨力比黑白细节的分辨力要低。例如,黑白相间的等宽条子,相隔一定距离观看时,刚能分辨出黑白差别,如果用红绿相间的同等宽度条子替换它们,此时人眼已分辨不出红绿之间的差别,而是一片黄色。此外,实验还证明,人眼对不同彩色,分辨力也各不相同。如果眼睛对黑白细节的分辨力定义为 100%,则实验测得人眼对各种颜色细节的相对分辨力用百分数表示,如表 1-1 所列。

表 1-1 人眼对各种颜色细节的相对分辨力

细节颜色	黑白	黑绿	黑红	黑蓝	红绿	红蓝	绿蓝
相对分辨力 / %	100	94	90	26	40	23	19

因为人眼对彩色细节分辨能力较差,所以在彩色电视系统中传送彩色图像时,只传送黑白图像细节,而不传送彩色细节,可减少色信号的带宽,这就是大面积着色原理的依据。

1.2.4 视觉惰性

实验证明,人眼的主观亮度感觉与客观光的亮度不是同步的。当一定强度的光突然作用于视网膜时,不能在瞬间形成稳定的主观亮度感觉,而是按近似指数规律上升;当亮度突然消失后,人眼的亮度感觉并不立即消失,也是按近似指数规律下降。人眼的亮度感觉总是滞后于实际亮度的,这一特性称为视觉惰性或视觉暂留。

图 1-5(a)表示作用于人眼的光脉冲亮度,图 1-5(b)表示该光脉冲造成的主观亮度

感觉,它滞后于实际的光脉冲。光脉冲消失后,亮度感觉还要暂留一段时间才能消失。图 1-5(b)中 $t_1 \sim t_2$ 就是视觉暂留时间。在中等亮度的光刺激下,视力正常的人视觉暂留时间约为 0.1s。

人眼受到频率较低的周期性的光脉冲刺激时,会感到一亮一暗的闪烁现象。如果将重复频率提高到某个一定值以上,由于视觉惰性,眼睛就感觉不到闪烁了。不引起闪烁感觉的最低重复频率,称为临界闪烁频率。临界闪烁频率与很多因素有关,其中最重要的是光脉冲亮度,随着光脉冲亮度的提高,临界闪烁频率也将提高。临界闪烁频率还与亮度变化幅度有关。亮度变化幅度越大,临界闪烁频率越高。人眼的临界闪烁频率约为 46Hz。对于重复频率在临界闪烁频率以上的光脉冲,人眼不再感觉到闪烁,这时主观感觉的亮度等于光脉冲亮度的平均值。

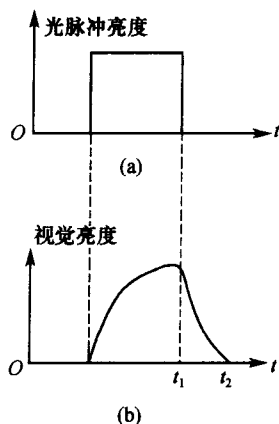


图 1-5 人眼的视觉惰性
(a) 作用于人眼的光脉冲亮度;
(b) 主观亮度感觉。

1.3 色度学

1.3.1 彩色三要素

描述一种色彩需要用亮度、色调和色饱和度 3 个基本参量,这 3 个参量称为彩色三要素。

亮度反映光的明亮程度。光谱一定的彩色光,辐射功率越大,亮度越高,反之则亮度越低。不发光物体的亮度取决于它反射光功率的大小。若照射物体的光强度不变,物体的反射性能越好,物体越明亮,反之则越暗。对于一定的物体,照射光越强,物体越明亮,反之则越暗。

色调反映彩色的类别,例如红、橙、黄、绿、青、蓝、紫等不同颜色。发光物体的色调由光的波长决定,不同波长的光呈现不同的色调,不发光物体的色调由照明光源和该物体的吸收、反射或透射特性共同决定。

色饱和度反映彩色光的深浅程度。同一色调的彩色光,会给人以深浅不同的感觉,深红、粉红是两种不同饱和度的红色,深红色饱和度高,粉红色饱和度低。饱和度与彩色光中的白光比例有关,白光比例越大,饱和度越低。高饱和度的彩色光可加白光来冲淡成低饱和度彩色光。饱和度最高称为纯色或饱和色。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。

色饱和度和色调合称为色度。它表示彩色的种类和彩色的深浅程度。

1.3.2 三基色原理

根据人眼的视觉特性,在电视机中重现图像时并不要求完全重现原景物反射或透射光的光谱成分,而应获得与原景物相同的彩色感觉。因此仿效人眼三种锥状细胞,可以任