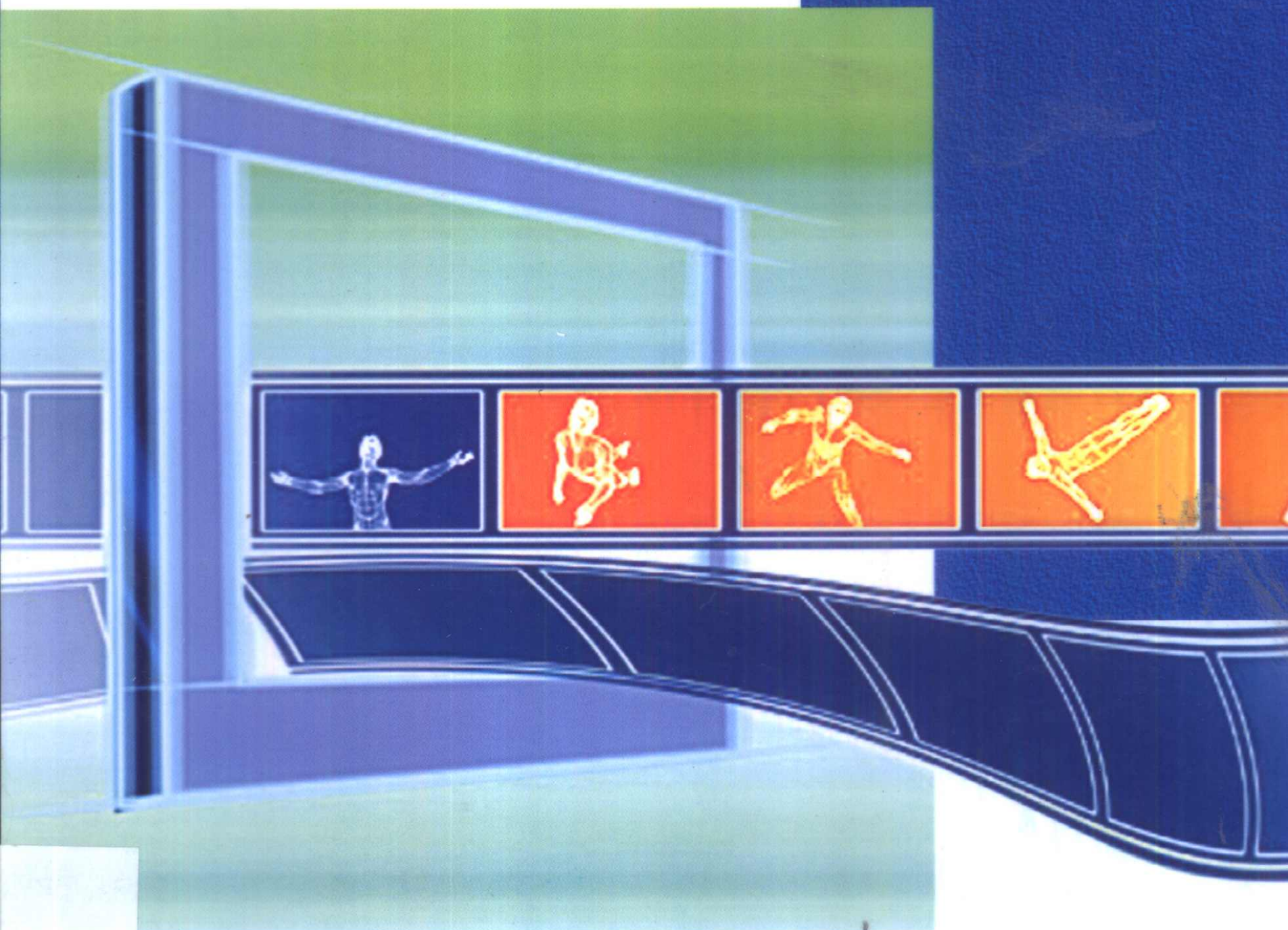


高厚琴 杨盈昀 编著

电视原理 与接收技术



国防工业出版社

内 容 简 介

本书系统全面地论述了电视广播系统的组成,电视传像的基本原理,包括电视图像信号的分解、合成、扫描及同步,电视信号的摄取、加工、传输和重现的基本原理,全电视信号的组成及频谱分析,电视信号的有关参数,调制传输原理,三基色原理,兼容制彩色电视原理,逐行倒相制及编解码原理,数字高清晰度电视原理及制式等。书中融入了电视接收新技术,对大屏幕彩色电视机、画中画电视机、液晶电视机、等离子体电视机、投影电视机、机顶盒、数字高清晰度电视机的组成及原理均进行了介绍。各章末均附习题。书末附有关的国家标准。与本书配套的课件已由本书作者完成,可在网上查询到。

读者对象:相关专业大学本科及大专学生,远程教育学生,或高中以上文化程度并具有一定无线电专业基础知识的技术人员。

图书在版编目(CIP)数据

电视原理与接收技术 / 高厚琴, 杨盈昀编著. —北京:
国防工业出版社, 2002.7
ISBN 7-118-02866-5

I. 电... II. ①高...②杨... 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(2002)第 033565 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)

北京奥隆印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 23½ 542 千字
2002 年 7 月第 1 版 2002 年 7 月北京第 1 次印刷
印数:1—5000 册 定价:35.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

前 言

“电视原理”课程是从事电视工程、通信工程、信息工程、计算机技术以及相关专业工作需要学习的一门重要基础课。“电视接收技术”是从事上述领域工作者必须具备的专业知识。为适应新的课程设置和新教学大纲的要求,为适应电视技术尤其是数字电视技术、高清晰度电视技术的飞速发展的需要,为适应不断提高教材质量的要求,北京广播学院的高厚琴教授和杨盈昀副教授编写了本教材——《电视原理与接收技术》。

本书系统全面地论述了电视广播系统的组成,电视传像的基本原理,包括电视图像信号的分解、合成、扫描及同步,电视信号的摄取、加工、传输和重现的基本原理,全电视信号的组成及频谱分析,电视信号的有关参数,电视信号的调制传输,三基色原理,兼容制彩色电视原理,逐行倒相制及编解码原理,数字高清晰度电视(HDTV)原理、系统、参数及码率压缩的基本原理,HDTV 调制传输的原理及目前世界上采用的几种主要制式。为适应电视接收新技术发展的需要,本书融进了电视接收技术的内容,系统地阐述了电视接收机的基本原理,对高频调谐器、中频通道、PAL_D 解码器、扫描电路、开关电源、大屏幕彩色电视机及数字电视机的电路进行了分析,并介绍了画中画电视机原理以及液晶电视机、等离子体电视机、投影电视机、机顶盒、数字高清晰度电视机的组成和原理等。

本书在编写过程中,力求做到概念清楚、深入浅出以及发展求新的原则。为帮助学生课后复习巩固所学的知识,每章都提供了习题。因此,它既可作为相关专业大学本科及大专学生的教学用书、相关专业远程教育用书,也可作为高中以上文化程度并具有一定无线电专业基础知识人员的培训用书。本书主要参考了张永辉教授编写的《电视原理》一书,另外,苏震、林正豹、单雪荣、胡睿、滕彬、吴新梅、姜秀华、王世平、史萍、章文辉、徐玉林、乔鹏、谢婷婷、陈春晖、施美楠、程葳等人为本书的编写、审校做了一些工作,在此一并表示感谢。

因时间仓促,水平有限,难免有错误和不当之处,敬请提出宝贵意见,作者在此表示感谢。

目 录

第一篇 电视原理

第一章 电视传像的基本原理	1	3.1 视音频基带信号的调制传输	31
1.1 人眼的视觉特性	1	3.2 图像信号的调制	32
1.1.1 视敏特性	1	3.2.1 残留边带调幅	32
1.1.2 亮度感觉	2	3.2.2 调制极性	35
1.1.3 亮度层次	4	3.3 伴音信号的调制	36
1.1.4 视觉惰性和闪烁感觉	4	3.3.1 伴音信号的调频方式	36
1.1.5 视角和分辨力	5	3.3.2 调频伴音的有关参数	37
1.2 电视传像的基本原理	6	3.4 电视频道和电视制式	38
1.2.1 电视传像的基本过程	6	3.4.1 电视频道	38
1.2.2 图像的顺序传送	7	3.4.2 电视制式	42
1.3 电视扫描原理	8	习题	43
1.3.1 逐行扫描	8	第四章 电视摄像器件	45
1.3.2 隔行扫描	11	4.1 CCD 固体摄像器件的工作	
1.4 扫描波形对重现图像的影响	14	原理	45
习题	16	4.1.1 电荷的存储	45
第二章 黑白全电视信号	18	4.1.2 信号电荷的注入	46
2.1 黑白全电视信号	18	4.1.3 信号电荷的转移	47
2.1.1 图像信号	18	4.1.4 信号电荷的输出	49
2.1.2 复合消隐脉冲	19	4.2 CCD 摄像器件	50
2.1.3 复合同步脉冲	20	4.2.1 线阵式摄像器件	50
2.1.4 黑白全电视信号	22	4.2.2 面阵式摄像器件	51
2.2 电视图像信号的频带	23	4.2.3 电子快门	54
2.2.1 图像信号的最低频		习题	54
率 $f_{\min}$	23	第五章 黑白电视显像管	55
2.2.2 图像信号的最高频		5.1 黑白显像管的结构	55
率 $f_{\max}$	24	5.1.1 黑白显像管的构成	55
2.3 电视图像信号的频谱	27	5.1.2 显像管的电子枪	55
2.3.1 静止图像信号的频谱	27	5.2 显像管的静电聚焦	57
2.3.2 活动图像信号的频谱	29	5.2.1 静电聚焦原理	57
习题	29	5.2.2 静电透镜	58
第三章 电视信号的调制传输	31	5.2.3 显像管电子枪中	

的静电透镜	60	6.4 彩色电视中的三基色	84
5.3 显像管中电子束的偏转	60	6.4.1 显像三基色的选择	84
5.3.1 磁偏转原理	60	6.4.2 亮度公式	85
5.3.2 光栅枕形失真及其校正	62	6.4.3 混色曲线	86
5.4 偏转线圈的结构	64	6.5 三基色信号	87
5.4.1 水平(行)偏转线圈	64	6.5.1 三基色信号的产生	87
5.4.2 垂直(场)偏转线圈	64	6.5.2 三基色信号的校正	89
5.4.3 中心位置调整磁片	64	习题	94
5.5 显像管的荧光屏	65	第七章 彩色电视显示器件	96
5.5.1 荧光粉	65	7.1 自会聚彩色显像管	96
5.5.2 屏幕金属化	66	7.1.1 自会聚彩色显像管的	
5.5.3 荧光屏上图像的对比度	66	结构特点	96
5.6 显像管的调制特性和电视系		7.1.2 自会聚彩色显像管的	
统的总传输特性	67	工作原理	97
5.6.1 显像管的调制特性	67	7.1.3 自会聚彩色显像管的	
5.6.2 电视系统的总传输特性	68	动会聚	99
5.6.3 电视系统的 γ 校正	70	7.1.4 彩色显像管的白平	
习题	70	衡及调整	102
第六章 三基色原理和三基色信号	71	7.2 彩色液晶显示器件	104
6.1 三基色原理	71	7.2.1 液晶显示原理	104
6.1.1 基准光源	71	7.2.2 液晶的应用物理特性	105
6.1.2 人眼的彩色视觉特性	72	7.2.3 液晶的电光效应	106
6.1.3 三基色原理	73	7.2.4 液晶显示器件	108
6.2 CIE 物理三基色(RGB)计色		7.2.5 液晶显示屏	112
系统	75	7.3 彩色等离子体显示器	114
6.2.1 基色量单位(R)、(G)、(B)		7.3.1 等离子体显示器的	
的确定	75	工作原理	114
6.2.2 相对色系数及 RGB 色		7.3.2 等离子体显示器的	
度图	75	分类及特点	116
6.2.3 分布色系数	76	7.3.3 驱动技术	118
6.3 CIE 标准三基色(XYZ)计		习题	119
色系统	78	第八章 兼容制彩色电视	120
6.3.1 基色单位(X)、(Y)、(Z)		8.1 亮度信号及色度信号	120
的确定	78	8.1.1 亮度信号及频谱	120
6.3.2 色系数 XYZ 与 RGB 的		8.1.2 色度信号及频谱	122
关系	80	8.1.3 编码矩阵	123
6.3.3 XYZ(x - y)色度图	80	8.1.4 混合高频原理	124
6.3.4 XYZ 计色系统的分布		8.1.5 恒定亮度原理及 γ 校正	
色系数	83	的影响	125

8.2 频谱间置·····	126	9.4.1 V 副载波逐行倒相 ·····	157
8.2.1 亮度、色度信号的 频谱间置·····	126	9.4.2 PAL 编码器 ·····	158
8.2.2 正交平衡调幅·····	127	9.5 PAL 解码器 ·····	159
8.2.3 亮度、色度信号间的 串扰·····	129	9.5.1 简单 PAL (PAL _S)解 码器·····	159
8.3 同步检波与色同步信号·····	131	9.5.2 标准 PAL(PAL _D)解 码器·····	160
8.3.1 同步检波原理·····	131	9.5.3 标准 PAL (PAL _D)解码器 原理框图·····	166
8.3.2 色度信号的同步检波·····	132	9.6 PAL 制的主要性能 ·····	167
8.3.3 色同步信号·····	133	习题 ·····	167
8.3.4 标准彩条信号·····	134	第十章 高清晰度电视(HDTV) ·····	169
8.3.5 色度矢量长度和相角所包含 的信息·····	137	10.1 现行电视广播制式的缺陷 ···	169
8.4 NTSC 制 ·····	139	10.2 HDTV 的基本技术参数 ·····	170
习题 ·····	143	10.3 HDTV 电视系统 ·····	174
第九章 逐行倒相(PAL)制彩色 电视 ·····	145	10.3.1 HDTV 发展概况 ·····	174
9.1 相位失真和逐行倒相·····	145	10.3.2 全数字 HDTV 系统 简述 ·····	175
9.1.1 PAL 制的特点 ·····	145	10.3.3 MPEG-2 标准简介 ·····	177
9.1.2 PAL 制对相位失真的 补偿原理·····	146	10.4 HDTV 的信道编码和传 输系统 ·····	183
9.2 PAL 制副载频的选择 ·····	146	10.4.1 概述 ·····	183
9.2.1 1/4 行间置 ·····	146	10.4.2 美国 ATSC 地面广播采用 的 8-VSB 调制方式 ·····	185
9.2.2 25Hz 偏置 ·····	150	10.4.3 有线电视系统采用 QAM 系统 ·····	187
9.3 PAL 色同步信号 ·····	153	10.4.4 PSK 调制 ·····	189
9.3.1 PAL 色同步信号的作用 及产生·····	153	10.4.5 正交频分复用(OFDM) 方式 ·····	190
9.3.2 PAL 色同步信号的频谱 及带宽·····	154	习题 ·····	192
9.3.3 色同步信号的迂回 消除·····	155	参考资料:SECAM 制简介 ·····	193
9.4 PAL 编码器 ·····	157		

第二篇 电视接收技术

第十一章 高频调谐器 ·····	198	11.1.2 电子调谐器电路 ·····	201
11.1 全频道电子调谐器 ·····	199	11.1.3 UHF 调谐器 ·····	204
11.1.1 电子调谐器原理 ·····	199	11.2 红外遥控选台系统 ·····	206

11.2.1 电压合成遥控选台系统	207	要求和组成	250
11.2.2 频率合成遥控选台系统	211	14.1.2 幅度分离电路	251
习题	214	14.1.3 宽度分离电路	251
第十二章 电视中频通道和伴音通道	216	14.2 行扫描电路	253
12.1 电视中频通道	216	14.2.1 行扫描电路的作用、组成和特点	253
12.1.1 对中频通道的基本要求	216	14.2.2 行振荡电路及行频脉冲形成电路	253
12.1.2 中频通道电路	218	14.2.3 行激励电路	255
12.2 伴音通道	225	14.2.4 行输出电路	256
12.2.1 伴音通道的组成	225	14.2.5 行自动频率控制(AFC)电路	262
12.2.2 伴音通道电路	225	14.3 场扫描电路	263
习题	228	14.3.1 场扫描电路的作用、组成和特点	263
第十三章 PAL_D 解码器	229	14.3.2 场振荡及场锯齿波形成电路	264
13.1 色度通道	229	14.3.3 场输出电路	265
13.1.1 色带通滤波放大器	229	14.3.4 场扫描非线性补偿电路	270
13.1.2 梳状滤波器	231	14.4 光栅枕形失真校正电路	270
13.1.3 同步检波器	234	14.5 自动消磁电路	272
13.2 副载波恢复电路	235	习题	272
13.2.1 基准副载波恢复电路	235	第十五章 电视机中的开关电源	274
13.2.2 V 副载波恢复电路	241	15.1 开关电源的组成及分类	274
13.3 亮度通道	242	15.1.1 开关电源的组成	274
13.3.1 对亮度通道的要求及组成	242	15.1.2 开关电源的分类	275
13.3.2 亮度信号处理电路	243	15.2 开关电源的基本电路与工作原理	275
13.4 解码矩阵电路	246	15.2.1 串联式开关电源(即串联式换能器)	275
13.4.1 G-Y 矩阵电路	246	15.2.2 并联式开关电源	276
13.4.2 基色矩阵电路	246	15.2.3 变压器耦合并联式开关电源	277
13.5 附属电路	247	15.2.4 开关电源的激励方式	279
13.5.1 自动色饱和度控制(ACC)电路	247	15.2.5 开关电源的干扰	280
13.5.2 自动消色器(ACK)电路	248	15.3 开关电源电路介绍	280
习题	248	15.3.1 串联型开关电源电路介绍	280
第十四章 行、场扫描电路	250		
14.1 同步分离电路	250		
14.1.1 同步分离电路的作用、			

15.3.2 变压器耦合并联型开 关电源电路介绍	282	16.6.2 NICAM728 信号解码 原理	300
习题	284	习题	300
第十六章 大屏幕、多制式彩色电 视接收机	285	第十七章 数字电视机	302
16.1 大屏幕多制式彩色电视机 的特点	285	17.1 数字电视机的特点和 组成	302
16.2 准分离伴音系统和 PLL 完全同步检波	286	17.1.1 数字电视机特点	302
16.2.1 准分离伴音系统	286	17.1.2 数字电视机基本组成 ...	302
16.2.2 PLL 完全视频同步 检波	286	17.2 数字滤波器	303
16.3 大屏幕电视机的亮度、色度 分离电路	287	17.2.1 数字滤波器的基本 原理	304
16.3.1 多制式电视机中 NTSC 制的亮、色分离电路.....	287	17.2.2 数字滤波器电路	305
16.3.2 PAL 制的亮、色分离电 路	288	17.3 数字电视机	309
16.4 大屏幕多制式彩电的制 式切换电路	288	17.3.1 视频信号的数字处理 ...	309
16.4.1 图像中频系统的切换 方法	288	17.3.2 同步扫描的数字处理 ...	313
16.4.2 伴音中频信号的选通和 鉴频回路参数的改变 ...	289	17.3.3 伴音信号的数字化处 理	318
16.4.3 50/60Hz 场频切换	290	17.4 提高图像质量的数字技术 ...	319
16.4.4 行振荡频率切换	291	17.4.1 逐行扫描显示技术—— 行插入法	319
16.4.5 多制式彩色副载频的 切换	291	17.4.2 闪烁消除技术——场插 入法	320
16.5 大屏幕电视机的画质改 善电路	291	17.5 画中画彩色电视机	321
16.5.1 水平动态勾边电路	291	17.5.1 子画面的形成处理	322
16.5.2 垂直轮廓补偿电路	292	17.5.2 子画面的插入处理	325
16.5.3 速度调制(VM)电路 ...	292	习题	326
16.5.4 黑电平扩展电路(黑 电平伸长电路).....	293	第十八章 电视接收新技术	327
16.6 NICAM728 数字伴音 系统	294	18.1 投影电视	327
16.6.1 NICAM728 系统的编 码原理	294	18.1.1 投影电视的特点与 分类	327
		18.1.2 投影电视的特殊部件 和要求	328
		18.1.3 投影电视的基本原理 ...	329
		18.1.4 投影电视机电路	333
		18.2 等离子体显示器电路原理 ...	335
		18.2.1 AC PDP 显示器的 组成	335
		18.2.2 驱动技术	336
		18.2.3 接口电路	337

18.3 液晶电视机	338	18.5.1 早期的机顶盒	345
18.3.1 液晶电视机的组成和 特点	339	18.5.2 数字机顶盒	347
18.3.2 液晶电视机的驱动电 路原理	339	18.6 视频点播系统	350
18.3.3 液晶电视机的彩色 显示	341	18.6.1 真视频点播(TVOD) 系统	350
18.4 数字视频广播接收技术	341	18.6.2 准视频点播(NVOD) 系统	352
18.4.1 数字卫星电视接收机 ...	342	18.6.3 有线电视加扰收费系 统	353
18.4.2 数字有线电视接收机 ...	342	习题	355
18.4.3 数字地面广播接收机 ...	342	附录 PAL-D 制电视广播技术规 范	357
18.4.4 全制式数字视频广播 接收机	344	参考文献	366
18.5 机顶盒	345		

第一篇 电视原理

第一章 电视传像的基本原理

1.1 人眼的视觉特性

所谓电视是指通过一个电信系统,将一个实际的或记录的活动景物在一定距离之外即时重现其图像的技术。由于所重现的图像是供观众收看的,是通过人眼接受的,所以电视系统的设计和实现上的质量要求、有关参数的选择确定等都需根据人眼的视觉特性,满足人眼实际的要求。为此,需先了解有关人眼的视觉特性。

1.1.1 视敏特性

光也是一种电磁辐射,人眼能感觉到的可见光的波长在 $380\text{nm} \sim 780\text{nm}$ ($1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$) 之间。按长波从长到短,大体可分为红、橙、黄、绿、青、蓝、紫七类颜色。电磁辐射波谱与可见光谱的对应关系示于图 1-1 中。光的强弱可用辐射功率 $P_r(\lambda)$ (单位 W) 表征。

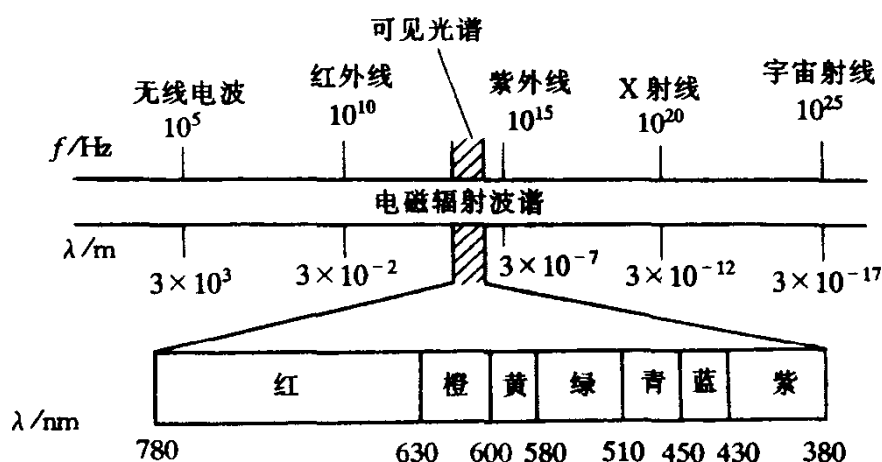


图 1-1 可见光谱

实验证明,人眼在视觉上对 $380\text{nm} \sim 780\text{nm}$ 内不同波长但辐射功率相同的光具有不同的敏感程度(光亮感觉程度),称为人眼的视敏特性。用视敏函数和相对视敏函数表征。

视敏函数:在人眼得到相同亮度感觉的情况下,对某波长光所需的辐射功率 $P_r(\lambda)$ 越大,说明人眼对它越不敏感;反之,所需辐射功率越小,说明人眼对它越敏感。因此用 $P_r(\lambda)$ 的倒数来衡量人眼视觉上对各波长光的敏感程度,称 $1/P_r(\lambda)$ 为视敏函数(或称视见度),用 $K(\lambda)$ 表示

$$K(\lambda) = \frac{1}{P_r(\lambda)} \quad (1-1)$$

相对视敏函数:实验表明,在明亮环境下,人眼对波长为 555nm 的黄绿光有最大的敏感程度,可用 $K(555) = K_{\max}$ 表示。于是把任意波长光的视敏函数值 $K(\lambda)$ 与最大视敏函数值 $K_{\max}$ 的比值称为相对视敏函数,用 $U(\lambda)$ 表示

$$U(\lambda) = \frac{K(\lambda)}{K_{\max}} = \frac{K(\lambda)}{K(555)} = \frac{P_r(555)}{P_r(\lambda)} \quad (1-2)$$

实测曲线如图 1-2 所示。图中右面那条 $U(\lambda)$ 曲线,为明视觉相对视敏函数曲线,曲线最大值在 555nm 处;左面那条曲线 $U'(\lambda)$ 是实验得出的暗视觉相对视敏度曲线,曲线最大值在 507nm 处。表 1-1 列出了国际照明委员会(CIE)于 1933 年给出的 $U(\lambda)$ 函数和 $U'(\lambda)$ 函数值。

表 1-1 $U(\lambda)$ 函数和 $U'(\lambda)$ 函数值

λ/nm	$U(\lambda)$	$U'(\lambda)$	λ/nm	$U(\lambda)$	$U'(\lambda)$
380	0.00004	0.000589	590	0.757	0.0655
390	0.00012	0.002209	600	0.631	0.03315
400	0.0004	0.00929	610	0.503	0.01593
410	0.0012	0.03484	620	0.381	0.00737
420	0.004	0.0966	630	0.265	0.003335
430	0.016	0.1998	640	0.175	0.001497
440	0.023	0.3281	650	0.107	0.000377
450	0.038	0.455	660	0.061	0.0003129
460	0.060	0.567	670	0.032	0.0001480
470	0.091	0.676	680	0.017	0.0000715
480	0.139	0.793	690	0.0082	0.00003533
490	0.208	0.904	700	0.0041	0.00001780
500	0.323	0.982	710	0.0021	0.00000914
510	0.503	0.997	720	0.00105	0.00000478
520	0.710	0.935	730	0.00052	0.00002546
530	0.862	0.811	740	0.00025	0.000001379
540	0.954	0.650	750	0.00012	0.000000760
550	0.995	0.481	760	0.00006	0.000000425
560	0.995	0.3288	770	0.00003	0.0000002413
570	0.952	0.2076	780	0.000015	0.0000001390
580	0.870	0.1212			

1.1.2 亮度感觉

亮度,指光源发射面或反射面的明亮程度,是客观物理量,单位为 cd/m^2 (旧称尼特 nit)。人眼的亮度感觉是个主观量,是由实验得出的,概括起来有以下几点。

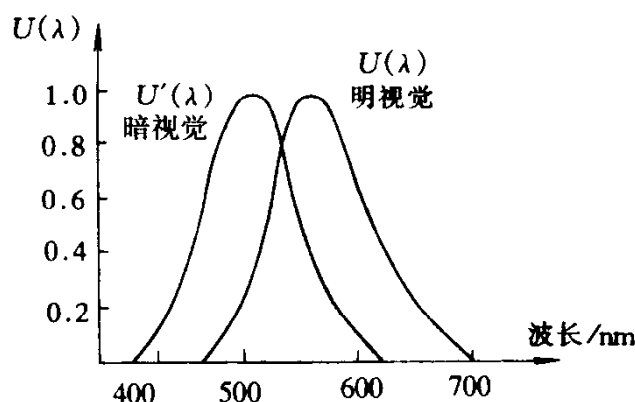


图 1-2 视敏曲线

(1) 由于人眼的感光作用有环境适应性, 因此人眼的视觉范围很大, 明视觉的亮度感觉范围为 $1\text{cd}/\text{m}^2$ 至 $10^6\text{cd}/\text{m}^2$; 暗视觉为千分之几 cd/m^2 至几个 cd/m^2 。

(2) 人眼不能在同一时间内感受到如此宽广的范围全体, 当人眼适应于某一平均环境亮度后, 可感受的亮度范围有一定限度。通常情况下观看某一景物时, 眼睛适应于其平均亮度后, 能分辨的亮度范围最多为 $100:1$; 显像管能给出的图像的亮度范围仅约 $30:1$ 。

(3) 人眼的亮度感觉并不完全决定于景物的亮度值, 还与周围环境的亮度有关。例如, 在晴朗的白天, 环境亮度为 $10000\text{cd}/\text{m}^2$, 此时可分辨的亮度范围是 $(200 \sim 20000)\text{cd}/\text{m}^2$, 等于或低于 $200\text{cd}/\text{m}^2$ 时感觉为黑暗; 当环境亮度为 $30\text{cd}/\text{m}^2$ 时, 可分辨的亮度范围为 $(1 \sim 200)\text{cd}/\text{m}^2$, 同样为 $200\text{cd}/\text{m}^2$ 引起的亮度感觉则为明亮。

(4) 尽管环境亮度不同, 人眼可分辨的最大亮度 $B_{\max}$ 和最小亮度 $B_{\min}$ 数值不同, 但不同环境光时人眼所能感觉到的 $B_{\max}/B_{\min}$ (即最大亮度和最小亮度的比值) 却基本相同, 称景物或重现图像最大亮度和最小亮度的比值 $B_{\max}/B_{\min}$ 为对比度 C

$$C = \frac{B_{\max}}{B_{\min}} \quad (1-3)$$

(5) 亮度感觉是个主观量, 单位为级 S , 实验证明亮度感觉 S 与物体亮度 B 的对数成正比, 即

$$S = K \lg B + K_0 \quad (1-4)$$

式中, K 及 K_0 为相应的常数。

(6) 人眼能觉察的最小亮度变化 $\Delta B_{\min}$ 并非定值, 与环境亮度 B 值有关。但在相当的亮度范围内, 可觉察的最小相对亮度变化 $\Delta B_{\min}/B$ 大致是个常数, 这个比值称为对比度灵敏度阈, 一般用 δ 来标记。 δ 值通常在 $0.005 \sim 0.05$ 范围内, 较保守的取值为 0.05 , 即亮度差 5% 时人眼感觉到 1 级亮度差。

人眼亮度感觉的上述视觉特性给景物影像的传递和重现带来了方便。一方面, 重现图像的亮度无需等于实际景物的亮度, 只需保持二者的最大亮度和最小亮度的比值 $B_{\max}/B_{\min}$ 即 C 相同; 另一方面, 人眼不能觉察的亮度差别 (更黑或更白的亮度值), 在重现图像上无需呈现出来。总之, 只要重现的图像与实际景物在主观感觉上具有相同的对比度 C 和亮度级差数 S (亮度层次) 就能给人以真实感。实际上, 白天室外的景物亮度可达 $(200 \sim 20000)\text{cd}/\text{m}^2$, 若显像管上所显出的亮度范围能有 $(2 \sim 200)\text{cd}/\text{m}^2$, 由于对比度同为 100

:1(此外还应保持亮度层次不失真),人们会感觉电视画面反映了真实亮度。

1.1.3 亮度层次

画面最大亮度与最小亮度之间可分辨的亮度级差数称为亮度层次或灰度层次,可用 n 标记。

一般情况下,对比度越大,画面上亮度层次越丰富。但另一方面,人眼能分辨的亮度层次还与人眼对比度灵敏度阈 δ 值有关。当画面上的对比度值 C 已知后,根据 δ 值可计算出亮度层次 n 的值。

设画面上的最小亮度 $B_{\min} = B_1$,则人眼能分辨出的第二级亮度为

$$B_2 = B_1 + \delta B_1 \quad (1-5)$$

第三级亮度为

$$B_3 = B_2 + \delta B_2 \quad (1-6)$$

依此类推,能分辨出的最高一级(第 n 级)亮度 B_n 即画面的最大亮度 $B_{\max}$,为

$$B_n = (1 + \delta)^{n-1} B_1 = (1 + \delta)^{n-1} B_{\min} = B_{\max} \quad (1-7)$$

其对比度 C 为

$$C = \frac{B_{\max}}{B_{\min}} = (1 + \delta)^{n-1} \quad (1-8)$$

为使 C 与 n 的关系更明确,可作如下运算

$$\ln C = \ln(1 + \delta)^{n-1} = (n - 1)\ln(1 + \delta) \quad (1-9)$$

由于 $0 < \delta \ll 1$,所以 $\ln(1 + \delta) \approx \delta$,于是有

$$n = \frac{\ln C}{\delta} + 1 = \frac{2.3}{\delta} \lg C + 1 \approx \frac{2.3}{\delta} \lg C \quad (1-10)$$

上式表明,亮度层次 n 与对比度 C 的对数成正比,与 δ 成反比。当设电视图像的对比度 $C = 30$, δ 值例如取 0.05 时,代入上式可求得其亮度层次 $n = 68$ 。

亮度层次是图像质量的一个重要参数。亮度层次多,图像显得明暗层次丰富、软和细腻;反之,亮度层次少,图像则显得单调生硬。

实际观看图像时,对比度会受到环境光的影响而下降,设环境光作用于荧光屏上而给出的反射光亮度为 B_φ ,则图像实际的对比度 C_r 为

$$C_r = \frac{B_{\max} + B_\varphi}{B_{\min} + B_\varphi} < \frac{B_{\max}}{B_{\min}} \quad (1-11)$$

若 $B_\varphi = 5\text{cd/m}^2$,它使 $90 : 3 = 30$ 的对比度变为 $95 : 8 = 11.8$;使得 $n = 68$ 变为 $n = 49$ 。可见,由于亮度层次与对比度的对数成比例,故 n 值的下降比例要比 C 值的下降比例大得多一些。为了减少环境光的影响,在显像管荧光屏的设计和生產上应尽量减少屏面反射光的产生,即出现了所谓的超滤光屏屏面。

1.1.4 视觉惰性和闪烁感觉

1. 视觉惰性

当有光脉冲刺激人眼时,视觉的建立和消失都具有一定的滞后的效应称为视觉惰性。

当一定强度的光突然投射到视网膜上时,人眼的亮度感觉由小到大迅速增长,并很快出现一个小过冲,而后为稳定的亮度感觉,该过程称为视觉建立,所需时间非常短,几乎瞬间建立。当光脉冲突然熄灭时,亮度感觉并不瞬即消失,有一个渐衰的残留过程,这种现象称为视觉暂留或视觉残留。视觉残留的时间比视觉建立的时间长得多,通常视觉残留时间约 $0.05\text{s} \sim 0.2\text{s}$ 。这样,当一幅幅静止的画面以每秒多于 20 幅的重复频率轮幅映现在屏幕或荧光屏上时,人们会获得一幅连续画面的印象感觉。人眼的视觉暂留效应给电影和电视的实现带来了可能,电影放映和电视显像技术就是成功的应用视觉暂留特性的范例。在荧光屏上,电视图像是数十万个像素按一定顺序轮流发光形成的,人们看到的则是每幅完整的画面在整体发光,这即是视觉暂留作用的结果。

2. 闪烁感觉和临界闪烁频率

人眼对于亮度作脉冲性重复的光线,除了有视觉暂留特性外,还有一种称为闪烁感觉的特性。即:当脉冲光的重复频率不够高时,人眼会产生一明、一暗交替变化的所谓闪烁感觉。如果将脉冲光源的重复频率提高到某个值以上时,人眼则感觉不到明暗闪烁,而是一种亮度恒定的不闪烁光源。把不再引起闪烁感觉的光源的最低重复频率称之为临界闪烁频率,用 f_c 表示。

临界闪烁频率 f_c 的值(单位 Hz) 与很多因素有关,如:脉冲光源本身的亮度 B_1 、背景亮度 B_2 (观看环境亮度)、明暗时间占空比以及明亮面的大小和颜色等。根据大量实验并进行数学模拟,得出如下实验公式

$$f_c = a \lg(B_1 - B_2) + b \quad (1-12)$$

式中, a 和 b 是与许多因素有关的常数。对于电视系统中最高亮度 B_1 约为 $100\text{cd}/\text{m}^2$ 的荧光屏来说, B_2 接近为 0, 经验给出其 $a = 9.6$, $b = 26.6$, 代入上式得出

$$f_c = 9.6 \lg(B_1 - B_2) + 26.6 = 9.6 \lg B_m + 26.6 = 45.8(\text{Hz}) \quad (1-13)$$

即欲使电视图像不闪烁,其换幅频率应高于 45.8Hz 。

1.1.5 视角和分辨力

1. 视角

观看物体时,人眼对该物体所张的角度称为视角。一般情况下,眼珠不转动、凝视物体时,能清晰地观看出物体内容的视场区域所对应的双眼视角大约是 $35^\circ \times 20^\circ$ (水平 $\times$ 垂直)。

2. 分辨力

人眼分辨图像细节的能力称为人眼的分辨力,可用分辨角(或称视敏角)衡量,分辨角的大小反映了人眼的视角锐度,也即分辨力,分辨角可由实验测定。如图 1-3 所示。当与人眼相隔一定距离 L 的白色(或黑色)屏幕上的两个黑点(或白点)靠近到一定程度时,人眼就分辨不出两个点,会含糊地感觉到是一个点,将人眼刚能分辨出两个点 a 和 b (如图 1-3 所示)时的间距 d , a 和 b 对眼睛所形成的张角 θ 称为分辨角,即视敏角。显然分辨角 θ 越小,说明人眼的分辨力越高; θ 越大,则分辨力越低。由图可知

$$\tan \frac{\theta}{2} = \frac{d/2}{L} \quad (1-14)$$

因为实际的 θ 很小,因此 $\tan \theta/2 \approx \theta$ (θ 的单位为 rad)。将 $1\text{rad} = 57.3 \times 60 (')$ 代入上式可得到

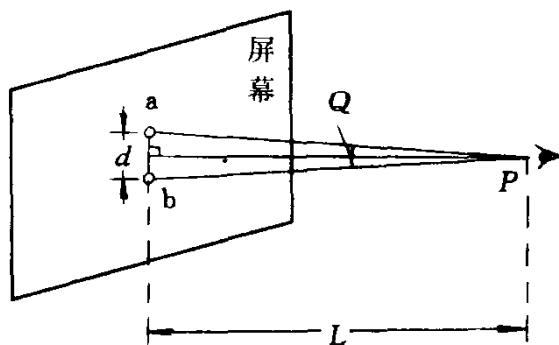


图 1-3 人眼分辨角的测定

$$\theta = \frac{57.3 \times 60 \times d}{L} = 3834 \frac{d}{L} \quad (1-15)$$

对于具有正常视力的人,在中等亮度和中等对比度的情况下,观察静止图像时的分辨角 θ 约为 $1' \sim 1.5'$ 。代入上式,当 $d = 1\text{mm}$ 时, L 约为 $2.3\text{m} \sim 3.4\text{m}$ 。

当然,分辨力除因人而异外,还与景物的照度、景物的对比度等因素有关。除此之外,分辨力还与人眼对景物运动的连续感有关系,由于存在视觉惰性,暂留时间大于 0.05s ,故当一幅静止画面以高于 20Hz 的换幅频率间歇地重复呈现时,尽管有亮度闪烁,但在视觉上有连续感。然而,当景物运动时,即使其换幅频率高于 20Hz ,若前后相继两幅画面中景物内容移动了较大距离,人眼会感觉景物在作跳越运动。可见,运动景物的连续感除与视觉暂留效应有关外,还与分辨力有关。实验证明,对运动景物,当换幅频率高于 20Hz ,且前后两次呈现的某物点的相对位置对眼睛张角不超过 $7.5'$ 时,就会产生连续运动而不是跳越运动的感觉。超过 $7.5'$,若仍要具有连续感,则需将换幅频率再提高。

1.2 电视传像的基本原理

1.2.1 电视传像的基本过程

电视传像的基本过程是,在播送端用电视摄像机经光电转换作用将景物内容的亮度 B 和色度 C (包括色饱和度 S 和色调 λ) 信息按一定规律变换成相应的电信号,作适当处理后,通过无线电波或有线网络传输出去;在接收端,用接收机将接收到的电信号变换后经显像管的电光变换作用显示出原图像。传送景物的有效方法是,将空间景物分解为许许多多小单元,按一定规律逐一进行光电变换。这种由图像传输系统分解出的图像最小单元称为像素。容易想见,由传输系统分解的像素数目越多,则图像越清晰。各像素在各自位置上有各自的亮度和色度信息,即亮度和色度都是空间坐标 x, y, z 的函数;对活动图像,亮度和色度还随时间变化,即也是时间 t 的函数。因此,对于待传输的活动的平面图像,其光学信息可表示为如下函数式

$$\left. \begin{aligned} B &= f_B(x, y, t) \\ \lambda &= f_\lambda(x, y, t) \\ S &= f_S(x, y, t) \end{aligned} \right\} \quad (1-16)$$

为简化叙述,这里先讨论黑白电视传像的基本概念,即只需传送各像素的亮度 B 信

息,此时的光学信息表示式为

$$B = f_B(x, y, t) \quad (1-17)$$

原理上,对各像素亮度信息有同时传输制和顺序传输制两种方法。同时传送制,是将景像分解成极多像素后,把每个像素的亮度信息各用一个单独的通道,同时转换成相应的电信号,并同时传送出去,在接收端同时显示。按现代电视技术的要求,一幅景像大约需分成四十多万个像素,即需要四十多万个通道,技术上显然不现实,是不可能实现的。因此,所有的电视传输都毫无疑问地采用顺序制传送。

1.2.2 图像的顺序传送

顺序传送制又称顺序制,是将景物各像素的亮度信息按时间顺序变成电信号并依次传送出去,相当于把随时间、空间多维变化的亮度信号转变成单一时间变量的函数。即

$$B = f_B(x, y, t) \rightarrow f_B(t) \quad (1-18)$$

在接收端再按同样顺序将电信号在相应位置上转变为不同亮度的光图像,只要顺序传送的开关进行得非常快,由于人眼的视觉惰性和发光材料的余辉特性,接收端感觉到呈现出一幅连续的、同时发光的活动图像,如图 1-4 所示。该系统只需一条传输通道,技术上是可以实现的。

由图可见,传输通道收、发两端需通过能同步的且顺序切换图像的电子开关,通常采用由电子束有规律的运动实现,称这种通过电子束有规律的运动顺序分解和综合图像的过程为扫描,图 1-4 中的扫描顺序是按从左到右、从上到下的规律进行,扫完第一幅后再重复扫第二幅,如此循环,只要换幅频率高于临界闪烁频率,接收端见到的则是既有连续感又无闪烁感的活动图像。

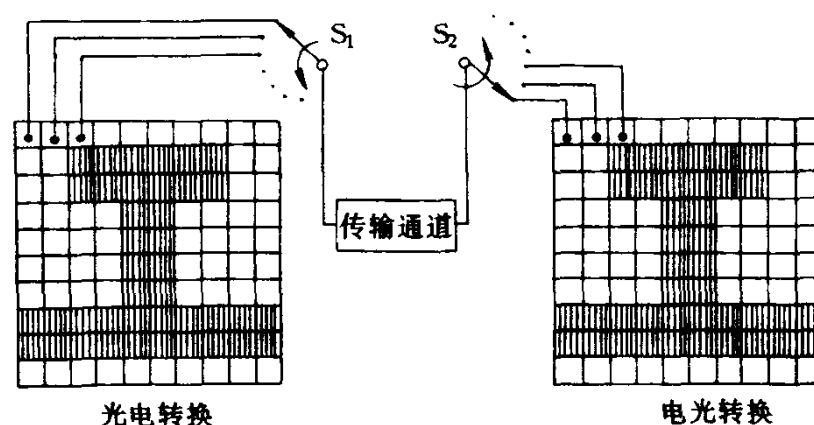


图 1-4 顺序制传输示意图

可见,顺序传送制的核心是扫描,通过扫描和光电转换,使一幅光像变成能通过电路传输的电信号。从数学上看扫描的实质是将反映一幅图像亮度的空间、时间(x, y, t)的函数转变成用时间 t 单一函数表示的电信号,即

$$f_B(x, y, t) \rightarrow u_B(t) \quad (1-19)$$

进行扫描时,必须做到发、收两端的扫描规律严格一致,称之为同步。所谓同步是指:两端的扫描速度相同,称同频;两端画面每行、每幅扫描的起始时刻相同,称同相。在电视

中,同步是指发、收两端扫描既同频又同相,只有同步,才能保证重现出既无水平方向扭曲也无垂直方向扭曲翻滚的稳定的图像。

虽然顺序传输制只需要一条传输通道,但每个像素的传输速度必须很高。目前一幅图像的像素数约四十多万个,可以想见,传输通道的带宽需要很宽,目前从电路技术上实现顺序扫描是容易实现的。因此,顺序传输制是普遍实际应用的电视扫描方式。

1.3 电视扫描原理

电视系统中发端的摄像器件和收端的显像器件中的扫描,是由电子束在光敏面上和荧光屏上的移位实现的,通过电子束以一定的规律沿光像平面反复运动进行光电变换,完成图像的分解与综合。按电子束运动的规律,扫描分为直线扫描、圆扫描和螺旋扫描等。电视系统均采用匀速、单向、直线扫描方式,单向扫描指只在单个方向运动时才传输图像信息,朝反方向扫描时为回扫过程,不传送图像信息。电视扫描分水平和垂直两个方向,朝显像管方向看去,水平扫描是从左到右;垂直扫描是从上到下。水平扫描也称行扫描,垂直扫描称帧扫描(逐行扫描中)或场扫描(隔行扫描中)。逐行扫描指逐行逐帧地扫描图像;隔行扫描指按相间行一场场地扫描图像。

在电视系统中使射向荧光屏的电子束同时按一定规律向左向右、向上向下运动称为偏转,使电子束偏转的作用力可来源于电场力,称为静电偏转;也可来源于磁场力,称为磁偏转。显像管中通常采用磁偏转,磁场力产生的方法是在显像管管颈外面套上一对水平偏转线圈和一对垂直偏转线圈,分别通入行扫描频率的锯齿波电流和帧扫描(场扫描)频率的锯齿波电流,在管内形成相应的偏转磁场,当电子束通过磁场所在的区域时,受到磁场的作用力,产生水平和垂直偏转。

1.3.1 逐行扫描

1. 扫描电流及扫描光栅

为实现匀速、单向、直线扫描,两对偏转线圈要分别通以如图 1-5 所示的水平和垂直扫描电流, i_H 为水平(行)扫描电流, $t_1 \sim t'_1$ 为水平扫描的正程期间,使电子束在图像平面上从最左扫到最右; $t'_1 \sim t_2$ 为水平扫描逆程,使电子束从最右迅速返回到最左,以进行下一次水平扫描。 i_V 为垂直扫描电流, $t_1 \sim t_7$ 为正程期间,使电子束从最上到最下, $t_7 \sim t_8$ 为逆程期间,使电子束快速从最下返回到最上,以进行下一次垂直扫描。因扫描电流随时间线性变化,则偏转磁场强度也随时间线性变化,使电子束作匀速单向直线扫描。为简单起见,图 1-5 中示意了一帧画面内包括 7 个扫描行(其中一行处于帧逆程期间)。当不考虑图像内容,只由电子束扫描形成的扫描线结构称为扫描光栅。图 1-6 示出了一帧 7 行时的扫描光栅。图(a)是只有水平扫描时的情况,因电子束不进行垂直扫描故为一条水平光栅线;图(b)是只有垂直扫描线时的情况,因电子束不进行水平扫描,故为一条垂直扫描线;图(c)是显示出水平扫描逆程(虚线)的扫描光栅;图(d)是显示垂直扫描逆程时的扫描线;图(e)是实际见到的扫描光栅,因行、场逆程扫描线均被消隐而不显示出。由图(e)可见由于水平、垂直扫描同时进行,因此一条条水平扫描线是略微倾斜的。之所以在水平扫描逆程期间不传送图像是因为,电子束有一定的截面积,实际扫描线具有一定