

罗桂祥 王良中 黄卓勋 刘协和 编

电视接收机原理

人民教育出版社

电视接收机原理

罗桂祥 王良中 黄卓勋 刘协和 编



人民教育出版社

内 容 简 介

本书讨论黑白与彩色电视接收机原理。在简要地介绍有关电视接收机的基本知识及彩色电视制式原理后,系统地讨论了晶体管电视接收机常用电路与定量计算方法,还对电视接收机的集成电路作了介绍。在讨论中,注意黑白与彩色电视接收机的联系和差别,力图使读者从黑白到彩色,从晶体管到集成电路都能学到较为系统而实用的知识。

本书内容包括电视原理;公共通道;亮度、色、伴音通道;成象系统和电视接收机的集成电路共五篇。

本书可作为高等学校无线电技术专业学生,中等技术学校有关专业师生及电视工程技术人员阅读和参考。

本书责任编辑 王忠民

电视接收机原理

罗桂祥 王良中 黄卓勋 刘协和 编

*

人民邮电出版社出版

新华书店北京发行所发行

兰州部队八一印刷厂印装

*

开本787×1092 1/16 印张 33.5 插页4 字数 760,000

1981年12月第1版 1982年9月第1次印刷

印数 00,001—28,500

书号 15012·0382 定价 3.75 元

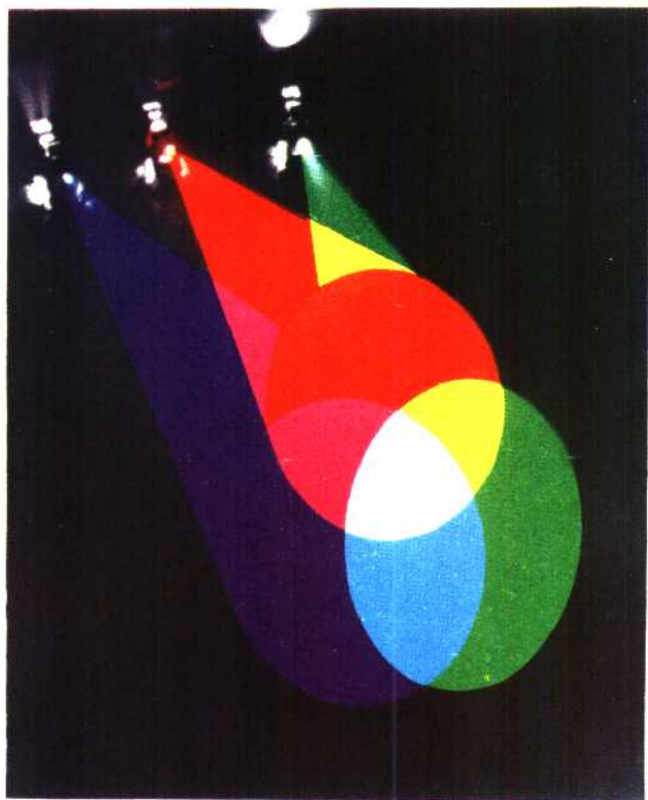


图1-10 加色法混色效果

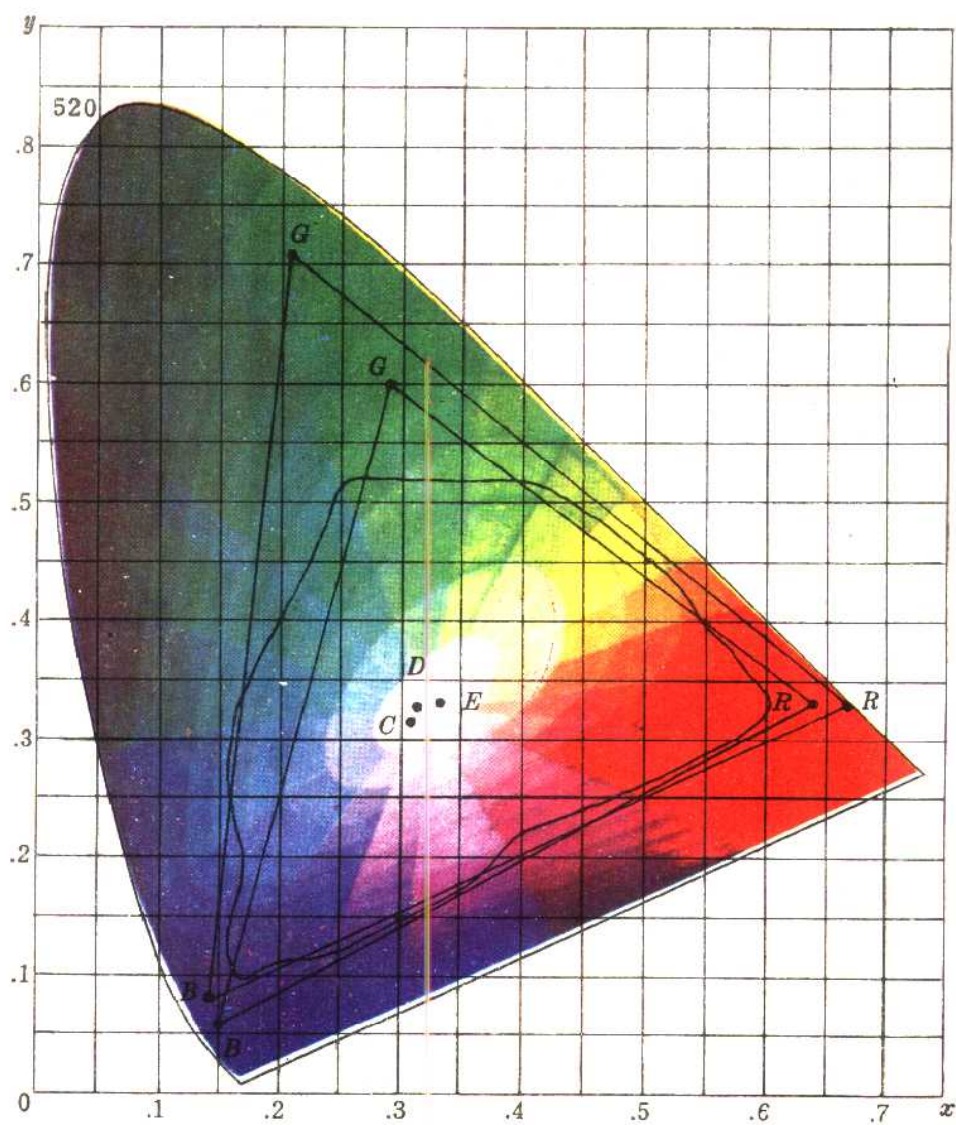


图1-21 $x-y$ 色度图

前 言

电视是二十世纪发展起来的一门科学,到六十年代、七十年代得到蓬勃发展。现在电视不仅在广播方面得到普及,而且广泛应用到各个科学技术领域。

电视接收机是广播电视系统的终端设备,因此要求电视接收机的设计者必须掌握一定的电视原理与广播电视基础知识,从而明确电视接收机在广播电视系统中的地位、承担的任务、应具备的功能。这些就是提出整机电路组成的依据,再根据整机的技术指标合理地分配各级电路的技术要求,最后才是各级单元电路的定量计算。

对于专业人员来说,不能满足于解释现成的电视接收机电路。深入分析电视机电路不仅对设计电视机是必要的,对于掌握其他电视设备也是很有启发性的。

《电视接收机原理》一书就是按照上述指导思想编写成的。对有关电视接收的基本原理作了必要的系统的阐述。考虑到彩色电视的普及,本书将黑白电视接收与彩色电视接收的内容有机地合编在一起。在编写过程中,我们着重基本概念和原理的叙述,并详细地分析了晶体管电视接收机的常用电路,讨论了它们的基本计算方法。对电视接收机的集成电路也作了较全面介绍。虽然在分析讨论中没有考虑到其他电视设备,但许多闭路电视系统中的监视器的绝大多数技术问题都可以参阅本书处理。

全书共分五篇,第一篇包括前三章,为电视接收机设计的基础知识。第二篇包括第四、五、六,三章,是图象与伴音的公共通道。第三篇包括第七、八、九,三章,讨论亮度、色、伴音通道。第四篇包括第十、十一、十二,三章,讨论显象管、扫描系统和彩色显象管附属电路。第五篇包括第十三、十四、十五,三章,介绍电视接收机专用的集成电路。

本书由罗桂祥同志主编,负责编写第三、四、五、六、七、九、十三章;王良中同志负责编写第一、二章;黄卓勋同志负责编写第八、十四章;刘协和同志负责编写第十、十一、十二、十五章。北京邮电学院张家谋同志对书稿提出了不少修改意见,在此表示衷心的感谢。由于编者水平所限,错误在所难免,欢迎读者批评指正。

编 者
于中山大学

本书所用符号的说明

一 关于符号的表示

1 主要符号——本书采用的主要符号都是由英语、汉语拼音或习惯用法而来,为了区分英语与汉语,凡汉语拼音(除个别符号外)一般采用正体字母表示(包括下标)。

2 电量参数符号——本书所有矢量、复数、瞬时值、直流值、平均值分别采用黑体、大写字母上加“·”、小写字母、大写字母、大写字母加“—”表示,例如:矢量电压 $\mathbf{U}$ 、复数电压 $\dot{U}$ 、瞬时电压 u 、直流电压 U 、平均电压 $\bar{U}$ 。

二 采用的基本符号

1 西文符号

- A 比例常数、放大倍数、基准白、消隐、阳极、加速板
- B 通频带宽度、磁感应强度、蓝色信号、蓝色、基准白、电纳
- b 基极、蓝色系数
- C 电容、对比度、摄象机、基准白
- c 集电极
- D 二极管、距离、延迟、基准白
- d 衰减量
- E 直流电源电压、电动势、等能量白、电场强度、电波
- e 交流电动势、电子电荷、发射极
- F 频率、函数、副载波、色度信号、作用力
- f 频率、灯丝
- Δf 频宽、频率偏差
- G 增益、电导、绿色信号、绿色、栅极
- g 绿色系数、电导
- H 屏幕高度、行周期、磁场强度
- I, i 电流
- J 景物、恰可分辨差
- K 系数、阴极
- k 耦合系数
- L 电感
- M 互感、紫色
- m 调制指数、调幅系数、调制度

N 噪声(杂波)、匝数、解象线数、行数
 n 变压比、变容比、接入系数、扫描线数、行数
 P, p 功率
 Q 品质因数、电荷量、静态工作点
 R 电阻、红色信号、解象力、红色
 r 内阻、红色系数
 S 同步信号、信号、偏转功率指数
 s 稳定系数、抑制、选择、灵敏度
 T 周期
 t 时间
 U, u 电压
 V 视力、速度
 v 速度
 W 电位器
 X 电抗、标准基色
 x 电抗、相对系数
 Y 导纳、标准基色、亮度信号
 y 导纳、相对系数
 Z 阻抗、标准基色
 z 阻抗、相对系数
 DL 延迟线
 α 衰减系数、分辨角、温度系数、角度、相角
 β 相角、角度
 γ 非线性失真系数、 γ 系数、非线性指数、 γ 指数
 Δ 增量
 δ 微差阈、中心凹陷值
 η 效率、利用率、耦合参数
 θ 导通角、偏转角、角度、相角
 μ 灵敏度、导磁率、放大系数
 ξ 广义失调
 ρ 特性阻抗、损耗
 τ 时间常数、时间间隔
 φ 相角、角度
 Φ 磁通
 Ω 低频角频率

ω 角频率、高频角频率

2 汉语拼音

B 变压器

K 开关

L 亮度

J 景物

N 氮管

三 下角标号

1 西文符号

A 阳极、加速极

a 天线

AM 调幅

B 蓝色信号

BM 平衡调幅

b 基极、射束

C, c 耦合、集电极、载波、彩色、相对、扼流圈、截止、感应、充电、控制、交叉

D 延迟

d 二极管、阻尼、延迟

E 直流电源

e 发射极、等效、包络

F 正向

f 反馈、去耦、频率、下降

G 绿色信号

g 栅极、本机振荡、绿色信号

H 行

h 高频段、上界频、高压、保持

I 干扰

i 输入、电流、中频、中间

j 结、插入

L 电感、负载

l 低频段、下界频、泄漏

max 最大值、极大值

m 最大值

m 峰值、紫色、匹配、振幅值、混频

min 最小值、极小值

<i>n</i>	中和、杂波(噪音)
<i>o</i>	输出、固有、振荡、中心、静态、初始
<i>P</i>	功率
<i>p</i>	相位、初级、功率
<i>p-p</i>	峰峰值
<i>R</i>	红色、电阻
<i>r</i>	反向、红色、谐振、矩形、上升、回扫
<i>S, s</i>	信号源、伴音、同步、次级、扫描、饱和、稳定
<i>t</i>	温度
<i>u</i>	电压
<i>V</i>	场的、垂直的
<i>v</i>	图象信号、压控、电压
<i>Y</i>	亮度
<i>y</i>	亮度、偏转线圈、黄色
<i>w</i>	分布
<i>sc</i>	副载波

2 汉语拼音

<i>B</i>	变压器
<i>b</i>	补偿
<i>J</i>	景象、晶体振荡
<i>L</i>	临界
<i>P</i>	捕捉
<i>S</i>	摄
<i>T</i>	同步
<i>t</i>	通道
<i>x</i>	显象
<i>z</i>	帧的

四 单位和词头(采用国际单位制)

1 单位

A(安培) cd/m²(尼特) dB(分贝) F(法拉) g(克) H(亨利) Hz(赫芝) m(米)
lm(流明) s(秒) V(伏特) W(瓦特) Ω(欧姆)

2 词头

m 毫(10⁻³) μ 微(10⁻⁶) n 纳(10⁻⁹) p 皮(10⁻¹²) k 千(10³) M 兆(10⁶)

目 录

第一篇 电视原理

第一章 电视基础知识

- § 1.1 视觉特性与图象要素.....2
- § 1.2 电视基本原理.....13
- § 1.3 电视信号.....23

第二章 广播电视制式原理

- § 2.1 广播电视系统.....30
- § 2.2 彩色电视制式原理.....38
- § 2.3 彩色电视信号.....65

第三章 电视接收机概述

- § 3.1 黑白电视接收机的电路组成.....72
- § 3.2 彩色电视接收机的电路组成.....75
- § 3.3 电视接收机的主要技术指标.....78

第二篇 公共通道

第四章 调谐放大器的频率特性——谐振曲线方程

- § 4.1 单调谐放大器.....86
- § 4.2 参差调谐放大器.....90
- § 4.3 双调谐放大器.....100

第五章 中频放大器

- § 5.1 中频放大器概述.....103
- § 5.2 中频放大器电路的分析和计算.....105
- § 5.3 自动增益控制电路.....130
- § 5.4 阻容耦合中频放大器.....139
- § 5.5 彩色电视接收机中频放大器的特点.....152

第六章 调谐器

- § 6.1 调谐器概述.....156
- § 6.2 调谐器电路的分析及计算.....158
- § 6.3 电子调谐器.....194
- § 6.4 本振自动频率调谐电路.....201
- § 6.5 彩色电视接收机调谐器的特点.....207

第三篇 亮度、色、伴音通道

第七章 亮度通道

- § 7.1 视频检波器.....211
- § 7.2 视频检波器元件的选择.....222
- § 7.3 视频放大器的基本要求和基本电路.....224
- § 7.4 视频放大器输入级.....225
- § 7.5 视频放大器输出级.....228
- § 7.6 彩色电视接收机亮度通道的特点.....252

第八章 色通道

- § 8.1 色通道的组成.....267
- § 8.2 色度信号带通放大电路.....267
- § 8.3 延时分离电路.....273
- § 8.4 同步解调电路.....289
- § 8.5 基准副载波恢复电路.....293
- § 8.6 矩阵电路.....316

第九章 伴音通道

- § 9.1 伴音通道的组成.....325
- § 9.2 伴音中频放大器及限幅器.....325
- § 9.3 鉴频器.....330
- § 9.4 伴音通道的实际电路.....341

第四篇 成象系统

第十章 显象管的基本结构、工作原理及特性

- § 10.1 黑白显象管.....346
- § 10.2 彩色显象管.....354

第十一章 扫描系统

- § 11.1 偏转线圈.....365
- § 11.2 扫描振荡电路.....372
- § 11.3 场扫描输出与激励电路.....385
- § 11.4 行扫描输出与激励电路.....409
- § 11.5 同步分离电路.....432

第十二章 彩色显象管的附属电路

- § 12.1 会聚原理和电路.....449
- § 12.2 枕形失真校正电路.....464
- § 12.3 白色平衡调整电路.....468
- § 12.4 自动消磁电路.....470

第五篇 电视接收机的集成电路

第十三章 中频、视频通道与伴音通道的集成电路

- § 13.1 中频放大器的集成电路.....474
- § 13.2 视频检波的集成电路.....481
- § 13.3 伴音通道的集成电路.....485

第十四章 色通道的集成电路

- § 14.1 色通道集成电路的组成.....494
- § 14.2 TBA 510 集成电路494

- § 14.3 TAA 630 集成电路.....502

- § 14.4 集成化色通道的实际连接电路.....509

第十五章 扫描系统的集成电路

- § 15.1 场扫描集成电路.....510
- § 15.2 行扫描集成电路.....512

附录一 混频器产生包络失真和交叉调制及组合频率干扰的分析518

附录二 混频器最大混频功率增益的计算522

第一篇 电视原理

电视是用电的方法传送活动图象的技术。在发送端,用电视摄象机把景物图象变成相应的电信号,称为电视信号,通过无线电波或有线线路传送出去;在接收端,用电视接收机把电视信号重显出原来的景物图象。

实现电视,要有各种专用设备协同工作,组成一个电视系统。电视接收机是电视系统中数量最多的设备,然而它却是由众多非专业人员使用的电视设备。而且电视接收机通常都没有和其他电视设备发生直接联系,只是单方面地接收电视信号,所以它是一种独立工作的电视设备。因此,在设计与生产电视接收机时都应该全面考虑到电视接收机的这些特点。

虽然电视接收机是一种独立、分散工作的电视设备,但是它毕竟还是电视系统中的一个组成部分。因此,电视接收机所重显电视图象的质量,并非完全由电视接收机本身的质量所决定。如果要知道电视接收机可能达到的最高图象质量指标,就必须了解电视基本原理和各项电视标准。因为最终重显的电视图象以及放送的伴音质量都是由整个电视系统中各种设备的分工配合来保证的。例如,为了使电视信号更适合于电视接收机的显象管的显象特性曲线,在摄象信道中预先对电视信号进行灰度校正;又例如,为了使电视接收机的扫描系统能与电视中心设备的扫描系统严格同步,在电视台中心设备中必须将复合同步信号和复合消隐信号加进电视图象信号中去;再例如,为了节省电视频道的频带宽度和减低电视接收机的技术要求,以简化电视接收机的电路,为此在电视发射台将图象信号与伴音信号组织在一个电视频道内播出。

因此,在研究电视接收机的基本原理与电路计算之前,首先要了解电视原理,包括电视基本知识和广播电视制式原理、标准以及广播电视系统对电视接收机的基本要求和具体的技术指标,进而分析电视接收机的组成方式。这些就是第一篇要讨论的内容。目的是为后面几篇讨论电视接收机各部分基本原理与电路计算作好理论上的准备。

第一章 电视基础知识

电视接收机的主要功能是处理接收到的电视信号并使之成象于电视屏幕上。电视接收机的设计基本上是电路设计,似乎不必要去了解视觉与图象的关系、实现电视的方法等电视系统的基础知识。然而,不了解这些基础知识就不会理解电视信号的特点,也就不能设计出处理电视信号的最佳电路。因为电视信号与电视图象有确定的对应关系,因此掌握它们,就可以从屏幕上所重显出来的图象,来判断电视信号处理的好坏、信号通道的传输特性以及辅助成象电路的功能优劣,等等。这一章就从视觉与图象的关系引入,进而介绍电视基本原理,最后分析电视信号的特点,它在以后各章节中都要经常碰到,因此必须熟悉它。

§ 1.1 视觉特性与图象要素

一个电视系统以其终端重显出来的图象供人观看,要力求逼真。所谓逼真,就是要求所重显出来的图象,其形象轮廓线条与现场实物相同,能将原景物的层次、色调及饱和度很好地重显出来。在显示活动的图象时亦能给人以连续调和的感觉。除了这些,还要求适当的画面尺寸,使人在观看平面图象时也产生一定的立体感、有身临其境的感觉。为了取得逼真的效果,必须了解人眼的视觉特性,一方面尽量满足观看的需要,另一方面避免技术上的繁杂与浪费。关于视觉特性,本来属于生理学、医学研究的范畴,然而实际上这种研究受到各种复制图象技术的推动,因而人们至今仍在对各种视觉特性作许多测验研究。人们在从事绘画、摄影、电影、电视等工作中已经归纳了某些视觉特性,它们对于设计、鉴定一个电视系统有很大的作用。例如一个电视制式标准的制定就是以这些特性为依据的。下面我们将联系图象要素来讨论视觉特性,而不是从医学生理学的角度去分析视觉生理。

1.1.1 亮度感觉与灰度

人眼最重要的视觉功能就是亮度感觉,即区分不同的亮度层次。与亮度感觉相对应的图象要素是重显亮度层次的“灰度特性”。

测定人眼鉴别亮度特性的实验方法,常用所谓“逐次对比法”。这个方法是在一定的环境亮度下,轮流改变(增大或减弱)供对比的两部分 A 及 B 的亮度 L_A 及 L_B ,如图1-1左上角所示。图中以 $\bar{L}$ 表示环境亮度或背景亮度。每次改变 L_A 或 L_B 使其亮度差 ΔL 恰好达到人眼刚好能区分它们的程度,这就相当于人眼所能鉴别的最小层次。按上述方法改变对比两目标的亮度,可以测绘出图1-1所示的曲线。曲线的横坐标是亮度,以对数刻度;纵座标以人眼能鉴别最小可分辨的亮度层次的数目来表示主观亮度强弱的感觉。对于不同的环境亮度可以测绘得到不同的特性曲

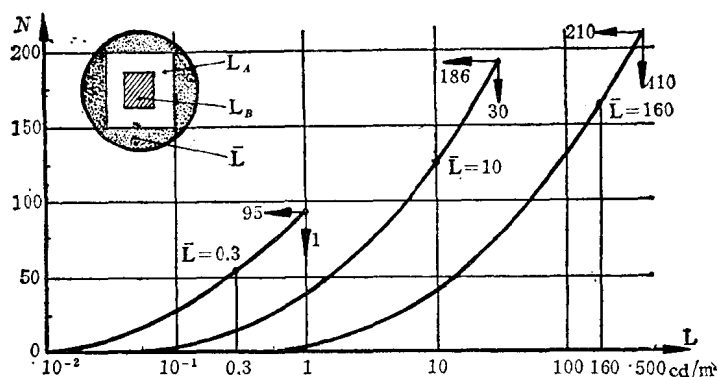


图 1-1 主观亮度感觉与客观亮度的关系

线。图 1-1 画出了三条曲线,它们是在三种不同的环境亮度下,人眼对亮度的感觉(响应)特性曲线,从这些曲线上可以归纳出下列几点重要结论:

一 同样的目标亮度,由于环境亮度不同,给人的主观感觉的强弱也不同。反之,可以选择不同的环境亮度,使用不同的目标亮度,而给人以相同的亮度感觉。电视图象的亮度一般都低于原景,我们在不太亮的环境下观看它,可以获得相当逼真的效果,其依据就在这里。

二 亮度低到一定程度,人眼就不再能够区分其亮度差别,这时的亮度给人以“黑”的感觉,可称之为“黑亮度阈”。对于不同的环境亮度,黑亮度阈也不同,它随着环境亮度的升高而升高。电视接收机都设有一个“亮度”旋钮,其主要作用就是配合环境亮度,调节一个合适的“黑亮度阈”,使图象既黑白分明,又不产生大片黑影的感觉。

三 对于每一条特性曲线,在主观感觉不太暗的亮度区间,也就是图 1-1 中层次数 N 不太小的线段所对应的亮度区间,曲线接近于直线。这说明主观亮度感觉与客观亮度成对数关系。主观感觉的增量(差值)与客观亮度的比值成比例。图象中不同亮度的部位给人以不同的亮度感觉,其主要因素决定于两部分的亮度比值,而不是亮度的绝对值。

两个物体或一个物体的两个部分的亮度以 L_A 与 L_B 表之,其比值以 C 表之,称为“对比度”,即

$$C = \frac{L_A}{L_B} \quad (1-1)$$

人眼观看一幅景象时感兴趣的是景象的层次或影调,而不是景象的绝对亮度。由于人眼对景象层次的感受主要决定于对比度,而景象的对比度基本上是由各物体的反射系数决定的。所以只要不是太阴暗或太强烈的照明,同一幅景象给人的观看效果是差别不大的。

图 1-1 可以帮助我们确定在某个环境亮度下,在给定的亮度区间内,人眼可能鉴别出多少层次。例如在 $\bar{L}$ 为 10 cd/m^2 , 从 3 cd/m^2 到 30 cd/m^2 区间人眼可能分辨 105 个“单位层次”(即纵座标增量)。如果最低亮度能够降低到 0.3 cd/m^2 , 那么主观感受的层次就可以多达 172 个。在电视显示的图象中,最低亮度受环境照明的影响极大,只要几个尼特 (cd/m^2) 的反射光(外界照明引起的)就可能把对比度降低近 10 倍,图象层次就被冲淡。因此观看电视时切忌光线直射屏幕,

这一点与放电影的要求一样。

在电视测试图中设计了特定的“灰级”图案,用以鉴定重显亮度层次的性能之优劣。图 1-2 是常用的灰级图案之一,从左到右共 10 级,最大对比度约为 30,相邻两级的对比度是 1.46 $[(1.46)^9 = 30]$ 。电视演播的对象主要是反射光线的物体,由于物体的反射率很难低于 1% (黑天鹅绒),而最高的反射率也难达到 99%,因此无论绘画、编织、镶嵌的工艺画以至照片,它们的对比度都小于 100。在演播室播送电视节目时,其最大对比度就限制在 30。而电视接收机重显灰级的能力约为 7 级,相当于播出层次中对比度为 10 的区间。即使原景的对比度为 100,只重显了其中对比度为 10 的范围,差了 10 倍,然而视觉特性是与对比度的对数成比例的,所以主观的层次损失不过一倍而已。

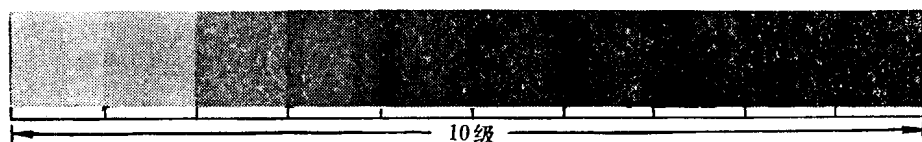


图 1-2 灰级图案

电视图象重显亮度的特性不仅由显象管的光电调制特性所决定,而且还与摄象管的光电转换特性以及信号通道的转移特性有关。

由摄象管所得的摄象信号 U_s 与景象亮度 L_J 具有非线性的关系,我们可以近似地用幂函数来表示

$$U_s = A_s \cdot L_J^{\gamma_s} \quad (1-2)$$

式中 A_s 为比例常数, γ_s 为摄象 γ 指数。

从摄象信号 U_s 到终端用于显象的信号 U_x , 经过许多电路的放大、修整,它们也可以用类似的“通道转移特性”来表示

$$U_x = A_t \cdot U_s^{\gamma_t} \quad (1-3)$$

式中 A_t 实际上就是通道的“放大倍数”, γ_t 则是通道的非线性指数,对于线性电路, γ_t 应为 1。然而,在电视的视频信号通道中,为了匹配摄象特性与显象特性, γ_t 需要调整到适当的数值,这个值一般不等于 1,这就是说,电视信道中必须设置非线性校正电路。

与摄象管的光电转换特性相对应的显象管的光电调制转换特性可表示为

$$L_x = A_x \cdot U_x^{\gamma_x} \quad (1-4)$$

显象亮度 L_x 与调制显象管的信号 U_x 的 γ_x 次方成比例, A_x 为显象比例常数, γ_x 为显象 γ 指数。

为了更清楚地了解电视系统的亮度特性,我们把(1-2)式与(1-3)式代入(1-4)式可得

$$L_x = A_x \cdot A_t^{\gamma_x} \cdot A_s^{\gamma_t \gamma_x} \cdot L_J^{\gamma_s \gamma_t \gamma_x} = A \cdot L_J^{\gamma} \quad (1-5)$$

式中 A 为系统的放大倍数; γ 是系统各部分总合的非线性指数,它等于 γ_s 、 γ_t 、 γ_x 的连乘积。

我们再以 C_x 表示重显图象中某两个部位的对比度 (L'_x/L''_x), 以 C_J 表示原景物中与上述对应部位的对比度 (L'_J/L''_J)。由(1-5)式可得

$$C_x = \frac{L'_x}{L''_x} = \frac{A(L'_J)^{\gamma}}{A(L''_J)^{\gamma}} = \left(\frac{L'_J}{L''_J} \right)^{\gamma} = C_J^{\gamma} \quad (1-6)$$

即重显图象的对比度是原景物对比度的 γ 次方。可以把 γ 称为“灰度指数”，它与摄影学中的“格玛系数”或“反差系数”具有同样的意义。当 γ 等于1时， $C_x = C_J$ ，对比度没有失真，观看图象的效果最接近于观看现场的感觉。

摄像管的 γ_s 通常小于1或接近于1；而普遍使用的显象管的 γ_x 约在2.2至2.8之间。为了匹配摄像与显象特性，使 γ 等于1，这就必须要求 $\gamma_t = (\gamma_s \cdot \gamma_x)^{-1}$ 。显然，要求 γ_t 不等于1，即要求通道传输特性是非线性的。然而，不管对象与应用场合，始终把 γ 定为1并不是令人满意的*。例如放映一个阴暗的场面或一张陈旧的照片，原景物的对比度较低，这时可以适当加大 γ 值，使电视图象显得明朗些，层次分明些。又如播送有阳光有阴影的场面，原景物对比度很大，电视图象的动态范围容纳不下，不压缩对比度就可能出现大块的白斑或黑斑，这时必须调整到较小的 γ 值，使图象的层次显示得柔和些，兼顾到亮处和暗部。由这些例子可见，电视系统中设置 γ 指数调节装置是有必要的，它是真正的“对比度调节器”。在广播电视系统中它是由“调象台”的“ γ 校正”或称“灰度校正”电路来承担的。

由上面讨论可见，电视系统的重显亮度特性是由摄像、信道、显象三个环节的转换特性决定的，由于摄像的 γ_s 值与显象的 γ_x 值基本上是固定的。因此，信道的非线性指数，即 γ_t 就成为调整电视系统重显亮度特性的主要变量。电视系统的 γ 特性受信道 γ_t 的影响如图1-3所示。

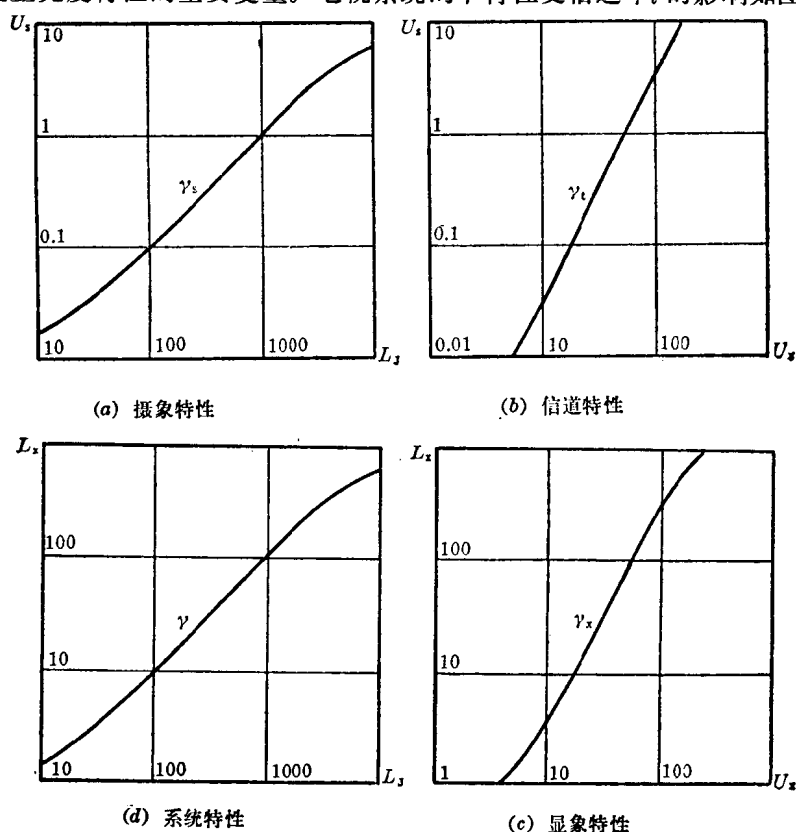


图1-3 电视系统的 γ 特性

* 在彩色电视中 γ 指数必须等于1，以免产生彩色失真，详见第二章。