

# 晶体管黑白电视接收机

— 商 技 校 电 讯 班

## 目 录

第一章 电视物理基础 .....	1
§ 1-1 光的特性 .....	1
§ 1-2 光源 .....	3
§ 1-3 人眼的视觉特性 .....	4
一、人眼的可见度曲线 .....	4
二、人眼的视觉范围与适应性 .....	5
三、人眼的亮度感觉与对比度 .....	6
四、人眼的分辨力 .....	7
五、人眼的视觉惰性及闪烁感觉 .....	8
六、人眼的视场范围 .....	10
第二章 电视系统的基本构成 .....	10
§ 2-1 轮序传送系统 .....	11
§ 2-2 逐行扫描 .....	12
§ 2-3 电荷储能原理 .....	13
§ 2-4 电视图象信号的产生 .....	15
§ 2-5 信号的传递与图象的重现 .....	16
§ 2-6 色度基础 .....	18
一、三基色原理 .....	18
二、相加混色法 .....	18
第三章 电视图象的分析 .....	21
§ 3-1 电视图象尺寸 .....	21
§ 3-2 图象的亮度和对比度 .....	23

§ 3-3	电视图象的亮度级数 .....	23
§ 3-4	电视图象的连续性——场扫描频率的确定 .....	27
§ 3-5	电视信号最低频率及平均分量的意义 .....	30
	一、电视图象信号的波形 .....	30
	二、电视信号的最低频率及平均分量 .....	31
§ 3-6	图象的清晰度——扫描行数的选择与通频带的确定 .....	33
	一、电视系统的分解力 .....	33
	(一) 垂直分解力 .....	33
	(二) 水平分解力 .....	35
	二、电视信号的最高频率——电视通道带宽的确定 .....	40
	三、隔行扫描 .....	41
	四、扫描行数 $Z$ 的选择 .....	45
§ 3-7	电视测试图 .....	49
§ 3-8	黑白电视传送中的辅助信号和全电视信号 .....	51
	一、辅助信号 .....	51
	二、黑白广播电视的全电视信号 .....	55

<b>第四章</b>	<b>图象发射机 .....</b>	<b>57</b>
	一、发射机概述 .....	57
	二、电视发射机组成功框图 .....	59
	三、电视发射中心的组成 .....	62

第五章 黑白电视接收机 .....	65
§ 5-1 概述 .....	65
§ 5-2 高频头 .....	69
一、输入回路 .....	70
二、高频放大电路 .....	71
三、混频器 .....	73
四、本地振荡器 .....	77
§ 5-3 中频放大器 .....	79
一、中频选取与通频带 .....	79
二、频率特性与增益 .....	80
三、中频放大器电路型式 .....	82
(一) 单调谐中频放大器 .....	82
(二) 双调谐中频放大器 .....	89
(三) 多级调谐放大器 .....	92
四、陷波器 .....	96
五、中频级输入电路 .....	99
§ 5-4 自动增益控制 (AGC) 电路 .....	100
一、概述 .....	100
二、自动增益控制 (AGC) 电路 .....	102
§ 5-5 图象检波器 .....	106
一、图象检波电路 .....	106
二、检波效率 .....	108
三、检波电路的非线性失真 .....	109
四、视频检波器的特性 .....	110
五、第二伴音中频信号的产生 .....	111

<b>第六章 视频放大器</b> .....	113
§ 6-1 概述 .....	113
一、视频放大器的作用 .....	113
二、视频放大器的要求 .....	113
三、影响频率带宽的因素 .....	116
四、从视放中取出同步信号和自动增益控制 (AGC)信号 .....	116
§ 6-2 高频补偿电路 .....	118
一、并联高频补偿电路 .....	118
二、串联高频补偿电路 .....	119
三、串、并联高频补偿电路 .....	120
<b>第七章 伴音中放与鉴频器</b> .....	121
§ 7-1 调频波的概念 .....	121
§ 7-2 伴音中频放大器 .....	122
§ 7-3 比例鉴频器 .....	123
一、比例鉴频器的工作原理 .....	124
(一) 把调频信号变成调幅信号 .....	124
(二) 调幅波的检波, 检出音频信号 .....	128
二、比例鉴频器的限幅作用 .....	132
三、去加重电路 .....	135
四、不对称比例鉴频器 .....	135
<b>第八章 同步分离与自动频率控制(AFC)电路</b> .....	139
§ 8-1 概况 .....	139
§ 8-2 同步分离电路 .....	140
一、同步分离的基本电路和工作原理 .....	140

二、	同步分离与信号源的连接 .....	142
§ 8-3	同步放大电路 .....	143
§ 8-4	同步分离电路的元件选择 .....	145
一、	负载电阻 $R_L$ 选择 .....	146
二、	最小输入信号 $\varepsilon_{min}$ 数值 .....	146
三、	$R_i, C_i$ 的选择 .....	147
四、	消噪声的 $R_s, C_s$ 选择 .....	148
五、	同步放大电路元件的选择 .....	149
§ 8-5	行、场同步脉冲的分离 .....	150
§ 8-6	消除干扰脉冲电路 .....	157
§ 8-7	自动频率控制 (AFC) 电路 .....	159
一、	自动频率控制 (AFC) 系统的组成 .....	159
二、	平衡的锯齿波 AFC 电路 .....	160
三、	不平衡的锯齿波 AFC 电路 .....	164
四、	AFC 电路的性能指标 .....	165

**第九章 场扫描电路** .....

§ 9-1	概况 .....	169
§ 9-2	场振荡电路 (间歇振荡器) .....	171
①	休止期 .....	171
②	前沿的形成 .....	172
③	脉冲顶部的形成 .....	172
④	脉冲后沿的形成 .....	173
§ 9-3	场放大电路 .....	179
§ 9-4	场输出电路 .....	180
§ 9-5	场线性补偿电路 .....	185

<b>第十章 行扫描电路</b> .....	186
§ 10-1 概况 .....	188
§ 10-2 行偏转电路的基本原理 .....	190
一、晶体管的开关动作 .....	190
二、基本电路及其动作 .....	191
§ 10-3 晶体管行输出电路 .....	196
一、晶体管行输出电路 .....	196
二、晶体管行输出级的功率损耗 .....	197
三、行输出晶体管的选择 .....	200
四、行输出晶体管的损坏及保护 .....	202
五、行线性的补偿 .....	205
六、二极管行输出级 .....	206
七、行输出晶体管偏置的调节 .....	207
§ 10-4 行激励电路 .....	208
一、行输出晶体管的激励条件 .....	208
二、行激励电路 .....	209
§ 10-5 行振荡与行同步 .....	213
§ 10-6 高压电路 .....	215
<b>第十一章 直流稳压电源</b> .....	219
§ 11-1 简单串联式稳压电源 .....	219
一、串联稳压的基本原理 .....	219
二、串联式稳压电源的工作原理 .....	219
§ 11-2 几种稳压电源的简介 .....	222
一、可调稳压电源 .....	222

二、具有射极耦合补偿电路的稳压电源 .....	224
三、具有保护电路的稳压电源 .....	227
1、恒流保护 .....	227
2、减流式保护 .....	228

## 第十二章 晶体管黑白电视接收机的故障简介及整机线

路分析 .....	230
§ 12-1 高频头的故障分析 .....	230
一、高频头的故障特点 .....	230
二、高频头故障的检查方法 .....	230
三、高频头的故障分析 .....	231
§ 12-2 图象中放和自动增益控制 (AGC) 电路的 故障特点和原因分析 .....	232
一、图象中放电路 .....	232
二、AGC 电路 .....	234
§ 12-3 视频放大器的故障分析 .....	235
§ 12-4 伴音中放和鉴频电路的故障分析 .....	236
§ 12-5 同步分离和自动频率控制电路的故障分析 .....	237
§ 12-6 场扫描电路的故障分析 .....	239
§ 12-7 行扫描电路的故障分析 .....	241
§ 12-8 显象管附加电路的故障分析 .....	244
§ 12-9 电源电路的故障分析 .....	247
§ 12-10 晶体管黑白电视接收机的整机线路分析 (以上海金星 16 吋机为例) .....	248



一、高频头部分 .....	248
二、图象放大电路及伴音中放 .....	252
1. 中频通道频率特性和隔波器 .....	252
2. 中频放大器各级采用的调谐型式 .....	257
3. 自动增益控制 (AGC) .....	258
4. 伴音中放电路及音频放大器 .....	261
5. 图象检波器、跟随器和全电视信号 放大器 .....	261
6. 自动噪声控制电路 (ANC) .....	262
三、同步分离和自动频率控制 (AFC) 电路 .....	263
1. 幅度分离级 .....	263
2. 自动频率控制 (AFC) 电路 .....	264
四、帧偏转电路 .....	266
1. 帧振荡器 .....	266
2. 帧扫描放大 (激励级) .....	267
3. 帧输出电路 .....	267
五、行偏转电路 .....	268
1. 振荡器 .....	268
2. 推动级高压变换电路和输出级 .....	268
3. 三倍压整流电路及自动亮度限制电路 .....	269
4. 保护装置及消隐电路 .....	270
六、电源 .....	271

# 晶体管电视接收机

## 第一章：电视物理基础

声音的传播是把声源振动转换成电信号，经电信号处理与无线电传播，在接收端又把电信号恢复成声音。可见声音广播是一个声电变换的过程。这种声音信号只是时间的函数 ( $U=f(t)$ )，它给人以声音的强弱，音调的高低等感觉。

电视的传播与声音不同，它是基于光电转换的过程。在发送端利用光电元件把景像的光变成电信号（用摄像机来完成）。经过电信号的处理与传播，在接收端利用发光元件使电信号恢复成光像（如电视接收机），这就是电视广播的过程，也就是光电变换的过程。

图像信号要比声音信号复杂的多，一幅活动的图像即有亮度区分，又有颜色区分，亮度和颜色又都是时间和空间的函数，如何用通信信道来传递这种复杂的图像信号，就是电视这门科学所要研究的问题。

我们知道之所以能看到自然界中的景物或电视机上的图像，都是由于光线刺激眼睛的结果。电视接收机最终显象也是用光线来刺激眼睛使之产生视觉。所以研究电视首先就要了解眼睛和光的一些特性和度量。

### §1-1 光的特性

大家都知道太阳是照亮大自然的光源。太阳是热、光和各种射线的辐射体。光和各种射线都是一种电磁波，所以光具有波动特性，并以  $3 \times 10^{10}$  米/秒的速度传播。电磁波的波谱范围很广，有无线电波、红外线、紫外线、X射线及γ射线等。而我们眼睛所能看到的光波却在电磁波波谱中占据很小的一部分，如“表一”所示：

电磁波的波谱

表 1

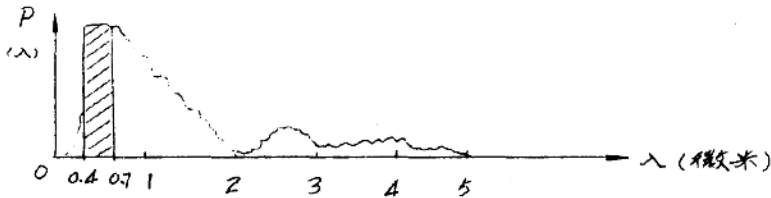
波 段	波 长		
	厘 米	常 用 单 位	
低频振动	$2 \times 10^6$ 以上	20000米以上	
无 线 电 波	长波	$2 \times 10^6 \sim 2 \times 10^5$	20000 ~ 2000米
	中波	$2 \times 10^5 \sim 2 \times 10^4$	2000 ~ 200米
	短波	$2 \times 10^4 \sim 1 \times 10^3$	200 ~ 10米
	超短波	$1 \times 10^3 \sim 0.5 \times 10^2$	10 ~ 0.5米
	毫米波	$0.5 \times 10^2$ 以下	0.5米以下
红 外 线	长波	$4.2 \times 10^{-2} \sim 1 \times 10^{-2}$	420 ~ 100 $\mu$
	中波	$1 \times 10^{-2} \sim 1.5 \times 10^{-3}$	100 ~ 15 $\mu$
	短波	$1.5 \times 10^{-3} \sim 0.76 \times 10^{-4}$	15 ~ 0.76 $\mu$
可 见 光	红	$0.7 \times 10^{-4} \sim 0.63 \times 10^{-4}$	7000 ~ 6300 $\text{A}^\circ$
	橙	$0.63 \times 10^{-4} \sim 0.59 \times 10^{-4}$	6300 ~ 5900 $\text{A}^\circ$
	黄	$0.59 \times 10^{-4} \sim 0.56 \times 10^{-4}$	5900 ~ 5600 $\text{A}^\circ$
	绿	$0.56 \times 10^{-4} \sim 0.5 \times 10^{-4}$	5600 ~ 5000 $\text{A}^\circ$
	青	$0.5 \times 10^{-4} \sim 0.48 \times 10^{-4}$	5000 ~ 4800 $\text{A}^\circ$
	蓝	$0.48 \times 10^{-4} \sim 0.45 \times 10^{-4}$	4800 ~ 4500 $\text{A}^\circ$
	紫	$0.45 \times 10^{-4} \sim 0.4 \times 10^{-4}$	4500 ~ 4000 $\text{A}^\circ$
紫外线	$0.38 \times 10^{-4} \sim 5 \times 10^{-7}$	3800 ~ 50 $\text{A}^\circ$	
X射线	$5 \times 10^{-7} \sim 4 \times 10^{-10}$	50 ~ 0.04 $\text{A}^\circ$	
γ射线	$4 \times 10^{-10}$ 以下	0.04 $\text{A}^\circ$ 以下	

从表中看到可见光的波谱仅从700 毫微米到400 毫微米，而且由于波长的不同呈现颜色也不同。随可见光波长的缩短其颜色呈现为红、橙、黄、绿、蓝、紫。各波长的光称单色光，包含各种波长的光称为复合光。复合光给人眼的刺激呈现为混

合色。太阳辐射出来的光是包含各种波长的光谱带，它给人以白光的感觉。其它光谱是人眼所看不见的。但红外线能使人的皮肤发热感觉，紫外线、X射线、Y射线对机体有破坏作用，广播电视就是利用了可见光的光谱段。而红外线和紫外线可用于特种电视，如红外线用于夜间侦察，紫外线用于生物研究等。

### § 1-2 光源

太阳是最大的自然光源，它的辐射功率光谱范围最广，如从地面上测量太阳的辐射功率是随季节、早晚而变化的。图一是一个辐射能量按波长的分佈曲线。



图一，太阳辐射功率光谱

其中只有400~700 微米的一段是可见光。这段连续光谱给人眼的感觉是白光。当雨后天空中往往出现长虹，就是白光经过水珠时其不同波长折射率不同，结果使一束白光经过水珠就分散成七色光谱带，即红、橙、黄、绿、青、蓝、紫，我们称为虹。除自然界太阳这个最大光源外，还有各种照明灯做为光源。它们都是温度辐射体，都具有连续光谱，但不同光源的光谱分佈是不同的，这主要取决于辐射体的温度，如日常用的钨丝灯，钨丝温度常为2400~2600°K。充氩或氩等惰性气体后，泡内钨丝温度可达2800°K~3500°K。而辐射光谱的最大值却移向了可见光区域，但仍在红外线区域，如“图二”，所以我们在灯光下总感到不如太阳光那样白而是有点橙红色。

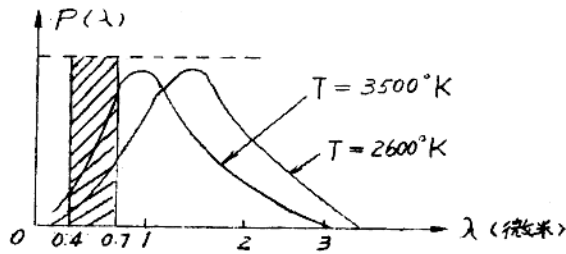


图 二

因为光源的光谱直接影响色视觉，所以目前国际上规定标准白光源有以下几种：

A光源——相当色温是 2854°K 的充气钨丝灯的标准。

B光源——色温相当 4800°K，近似于 10 点钟或 16 点钟的太阳光。

C光源——色温相当 6500°K，近似于正午的太阳光，B 白与 C 白都可由 A 光源经滤光片而得。

E光源——它的色温为 6486°K，E 白称为等能白色，因为它的光谱辐射率相等。（°K → 绝对温度，它比实际温度大约高 50°C）

目前电视摄像照明除白光外，多用钨丝灯。它的色温恒定，寿命长，体积小，亮度亮。

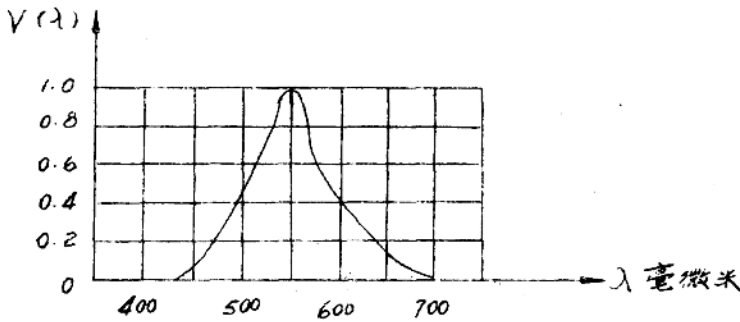
### § 1-3 人眼的视觉特性

#### 一、人眼的可见度曲线

可见光可以刺激眼引起视觉效应，所以可见光的一般度量都要计入视觉生理效果。在可见光的光谱范围内，不同波长的光对人眼刺激其感觉也不同，一方面有不同颜色感觉，另一方面主观亮度感觉也不相同。例如：波长为 555 毫微米的光给人以绿色感觉，而且最亮，650 毫微米的光为橙色，而同样辐射

能通量的橙色给人亮度感觉仅有绿光的10.7%，所以国际上规定一个光谱灵敏度函数  $V(\lambda)$ 。

设在光谱范围内各波长的辐射能通量都相同，测得人眼对各波长的光主观亮度感觉曲线，并对大多数卫生人取平均值就得到了函数  $V(\lambda)$ ，也称视见函数如图三所示：



图三 人眼平均视见函数

图三说明各波长的光当辐射能量相等时，人眼是按着函数  $V(\lambda)$  来衡量各谱色相对亮度的，波长为555毫微米的蓝色最亮，即： $V_{\lambda=555 \text{ 毫微米}} = 1$ ，其它  $V_{\lambda} < 1$ ，当  $400 < \lambda > 700$  (毫微米) 时  $V = 0$ ，说明人眼已经看不见那些光了。

电视的服务对象是人的眼睛，电视最终显示的质量如何也是由人眼来鉴定的，所以电视系统应该尽量模拟我们眼睛的视觉特性。电视系统质量的考虑，基本参量的选择都应考虑眼睛的特性。

## 二、人眼的视觉范围与适反性

人眼观看的亮度范围很广，从百分之几熙照提 ( $10^{-4}$  熙提为1熙照提) 到几百万熙照提的范围，这主要是因为眼睛的感光作用能随外界光的强弱进行自动调节，除眼睛的瞳孔能自动调节外，视觉细胞本身也能进行调节，不过人眼并不能在同一时刻感受这样大的亮度范围，而是在适应了某一平均亮度的

情况下，感受一定范围的亮度，如平均亮度很低时，适应范围只有10:1，在一般情况下感光范围在1000:1左右。

由于眼睛的适应性，同样亮度在不同场合下主观感觉可能不同，如从很亮的地方进入暗处，一开始会感到一片黑，过一会由于眼睛的调节作用，使之适应了以后就会看的清楚些了。可分几种情况来考虑。

1、暗适应力——从亮到暗需要经过几分钟才能适应。如白天从外面刚走进电影院时一片漆黑，稍等一会才能看清楚座位，一般需7~10分钟。

2、亮适应——由暗到亮的适应时间较快，一般几秒钟即可。如从暗室到阳光下很快就适应了。

3、局部适应——网膜上各点受光照射的不同，视觉细胞各有不同适应，再看均匀亮度时就会有影子出现，如看一个亮的点，亮点刺激的视觉细胞其灵敏度比周围的要低，再看均匀亮度时这点的亮度感觉就比较低，形成一个黑点感觉，过一会才适应新的环境。

### 三、人眼的亮度感觉与对比度

人眼在适应某一环境平均亮度后，可分辨的亮度范围有一定限度。如：晴朗的白天，以白云蓝天为背景，其环境亮度为10000 丝照提，这时能分辨的范围为100 丝照提到20000 丝照提，凡低于100 丝照提的都感觉为“黑”，当环境平均亮度为30 丝照提时，可分辨范围是1 丝照提到200 丝照提。这时100 丝照提就很明亮了。可见，对于眼睛来讲，明与暗是相对的。正是由于这个特点才使我们观看电影、电视录像时富有真实感觉。如前例，晴朗的白天在电视屏幕上只是1~200 丝照提即可感觉到是晴朗的白天。

人眼对亮度差异的主观感觉也有一定限度，如主观感觉亮

度差异所需的最小变量为  $\Delta S$ ，它与客观亮度的相对增量成正比，即： $\Delta S = Q \frac{\Delta B}{B}$ 。当亮度相对增量  $\Delta B/B$  小于某一数值时，人眼已经分辨不出亮度的差异，这时  $\Delta B/B = \delta$  是引起主观亮度感觉差别所必须的最小相对亮度变化也称灵敏度阈。据实验，在相当大的亮度范围内  $\delta$  是一个常数约为 0.02。在亮度很大或很小时  $\delta$  值增大到 0.05 左右。在画面亮度不均匀或分界不明显等情况下， $\delta$  值也要增加，在观看电视图象时， $\delta$  值可取 0.05。

若用  $\delta$  表示  $\Delta S$  则  $\Delta S = \frac{1}{\delta} \frac{\Delta B}{B}$

经过积分后  $S = C \lg B + C_0$ 。其中  $C = \frac{2.3}{\delta}$ ，取  $\delta = 0.05$  时， $C = 46$ 。

$C_0$  为积分常数，随环境亮度而不同。

由上式可见，主观亮度感觉与光刺激的对数成比例。

设图象最大亮度为  $B_{max}$ ，最小亮度为  $B_{min}$ ，其比值  $B_{max}/B_{min} = K$ ，称为图象的对比度。除光源外，所有物体的亮度都是反射照明光所形成的，在同样照明条件下，各物体亮度取决于该物体反射光的能力，反射最强即全反射时为 100%。反射能力最弱的如黑绒布也要反射 1% 左右，可见大部分景物的对比度不超过 100；眼睛对光的的感觉就取决于  $K$ ，而不取决于绝对亮度。所以电视屏幕能以 200 ~ 2 丝照提的亮度重现 20000 ~ 200 丝照提的实景，就是因为其对比度保持不变：

$$K = \frac{20000}{200} = \frac{200}{2} = 100。$$

#### 四、人眼的分辨力

人眼分辨景物细节的能力有一极限值。如两个黑点相距到一定距离时，眼睛就分辨不出二点，而看成是一个连续的黑点了，这种辨别景物细节的能力就称为眼睛的分辨力。定义是：人眼对被观察物体上相邻两点间最小能分辨的距离的视夹角  $\theta$



自倒数。即：分辨率 =  $\frac{1}{\theta}$ 。

$\theta$  为视夹角，用分做单位可写成： $\theta = \frac{57.3 \times 60 \times d}{l} = 3438 \frac{d}{l}$ 。

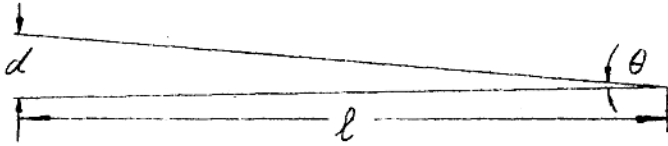


图 四

图中  $l$  是观察者与图象间距。

$d$  是能分辨的最小的两点的中心距离。

$\frac{1}{\theta}$  表示分辨率，它在很大程度上还取决于照明强度，相对比度暗时分辨率小，光线太强分辨率也不会增大，甚至由于眩目而下降。若相对对比度较小时，即物体亮度与背景亮度相近时，分辨率也要下降。

$\theta$  小说明人眼的分辨率高，对细节分辨的能力也就强。具有正常视力的人，在中等亮度和对比度情况下观察静止的图象时， $\theta$  为  $1'$  到  $1.5'$  左右。若观察运动物体分辨率就下降。

人眼对彩色分辨率比黑白分辨率要小，如红、绿相间的条子，离的稍远些就看到一片黄，若是同样亮度的黑白条，人眼尚能分辨。各种彩色的分辨率也不同，如红绿条为黑白条的 40%，红蓝为 23%，蓝绿为 19%。

### 五、人眼的视觉惰性及闪烁感觉

眼睛的主观亮度感觉与亮度的作用时间有关，如极短的光脉冲给人感觉就不如同样幅度的恒定亮度那么明亮。

当光线出现或消失时，我们的亮度感觉是滞后的，如图五所示。