

第 1 章 电视图像转换原理与黑白电视信号

1.1 电视图像转换原理

电视技术是传送图像的技术，电视广播系统实质上是单方向传播图像信息的通信系统。电视传送图像的过程，从根本上讲是光和电互相转换的过程。作为一个图像通信系统，电视传送图像的系统框图如图 1.1 所示。



图 1.1 电视系统基本组成框图

在发送端，主要是完成光—电转换，组成的框图如图 1.2 (a) 所示。摄像管根据光—电转换原理，将景物画面（光信号）转换为电信号（视频信号），经过放大送到图像发射机对高频载波进行幅度调制，同时伴音经过话筒的声—电转换，变成音频信号，经过放大，对伴音发射机的高频载波进行调频。调制后的图像高频信号和伴音高频信号相加后，由同一天线发射出去（无线信道）。

在接收端，主要是完成与发送端相反的变换——电—光转换，组成的框图如图 1.2 (b) 所示。由天线接收到的高频图像信号和高频伴音信号，在接收机公共通道中经过处理（放大和检波），恢复反映图像内容的视频信号，经放大后送显像管，完成电—光转换，恢复原图像。同时取出反映伴音内容的音频信号，在扬声器中还原出声音。

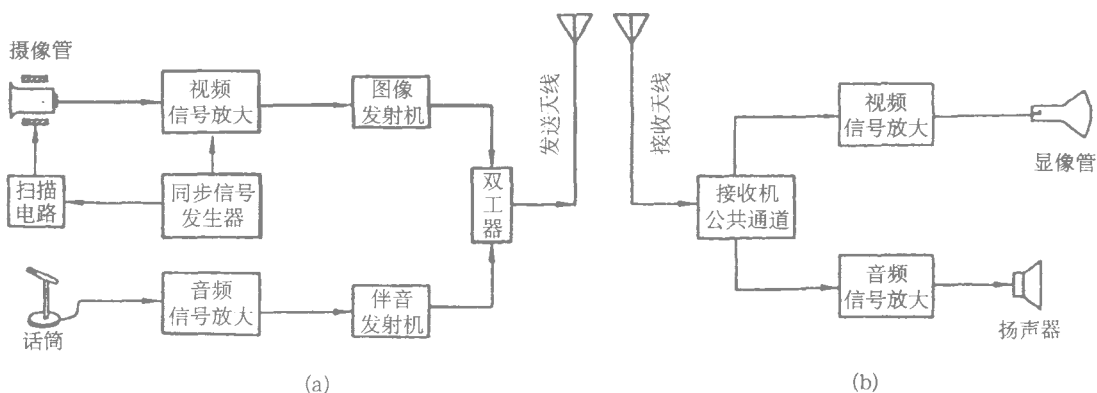


图 1.2 电视广播系统

如果用放大镜仔细观察报纸上的一幅传真照片，就会发现整幅画面是由许多深浅不同的小单元组成的。构成图像的这些小单元就称为像素。显然，一幅图像分解的像素数越多，图像就越清晰。目前一幅电视图像约有 40 多万个像素，高清晰度电视的像素数将达到几百万。对于彩色电视来说，每个像素是由红、绿、蓝三个色点组成的。

既然一幅图像是由几十万到上百万的像素组成，每个像素就代表了组成图像的一个光信息。要传送一幅图像，就是要传送每个像素的光信息。显然，要同时传送所有像素的信息是不现实的，只能按一定的顺序依次传送。在发送端，用摄像机将每个像素的亮度信息按一定顺序，依次转变为相应的电信号，并按照这一顺序在同一信道内传送。在接收端，显像管按照同样的顺序，将每个像素的电信号在荧光屏相应的位置上恢复原图像的亮度（光信息）。只要这种顺序传送的速度足够快，利用人眼的视觉惰性和发光材料的余辉特性，人眼就会感觉整幅图像在同时发光。这种按顺序传送图像像素信息的方法称为顺序传送系统，它是构成现代电视的基础。图 1.3 是该系统的示意图。

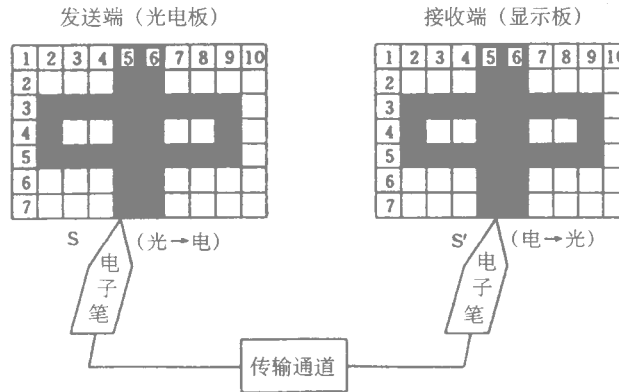


图 1.3 图像顺序传送系统示意图

由图 1.3 可见，假设发送端摄像机的光电靶为许多光电管组成的光电板，接收端显像管为许多小灯泡组成的显示板，两端由一个传输通道连接，就构成一个简单的图像传送系统。如传送“中”字图像，电子笔 S 从图像左上角开始，从左到右，再从上到下依次扫划光电板，在把图像分解为像素的同时完成每个像素的光—电转换，将每个像素的光信息变成电信号，通过传输通道送给接收端电子笔 S' 。 S' 以同样的顺序依次扫划显示板，将每个像素的电信号在原图像相应的位置恢复为光，重现出原图像。只要电子笔的扫划速度足够快，利用人眼的视觉惰性就能看到一幅完整的图像。在顺序制传送中， S 和 S' 的扫划必须同步进行，即发送端 S 扫划的速度（频率）和位置（相位）必须与接收端 S' 的扫划速度和位置完全一致，才能保证重现的图像准确无误。

在电视系统中，电子笔 S 和 S' 的扫划是通过电子束的扫描来完成的。

1.2 摄像机的光电转换

1.2.1 摄像原理

发送端的光—电转换是由摄像管来完成的。下面以常用的光电导摄像管为例，简要说明光电转换的原理。光电导摄像管的结构如图 1.4 (a) 所示，它主要由光电靶和电子枪两部分组成，在管外套有偏转线圈、聚焦线圈和校正线圈。

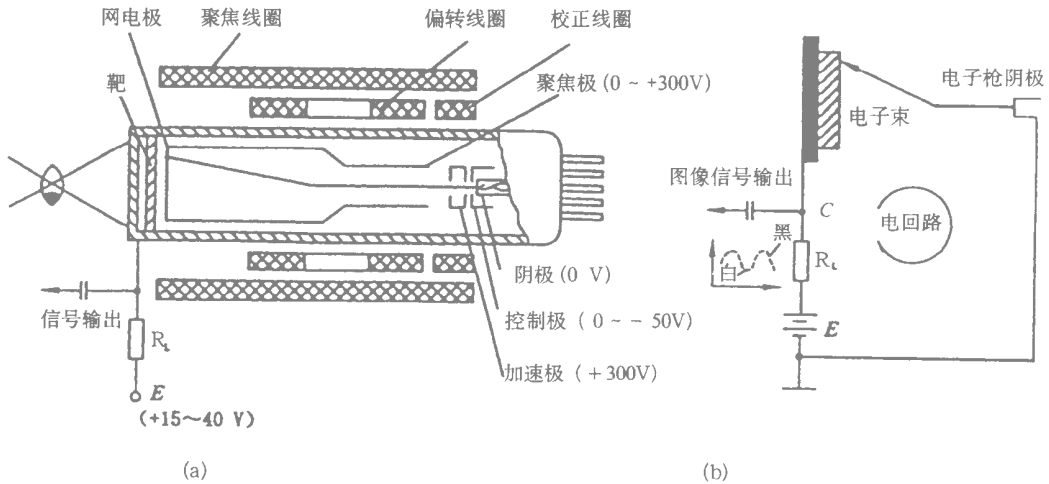


图 1.4 摄像管的光电转换原理

摄像管的光电转换过程概述如下：

- (1) 被摄景物通过摄像机的光学系统在光电靶上成像。
- (2) 光电靶是由光敏半导体材料制成的。这种材料的电阻值随着照射在它上面的光强弱的变化而变化，光线越强，材料呈现的阻值越小。
- (3) 由于被传送图像的各部分亮度不同，因而使光电靶各单元受光照的强度也不同，靶面各单元的电阻值也不一样。与图像上较亮像素对应的靶单元阻值较小；与图像上较暗像素对应的靶单元阻值较大，于是被传送图像上各像素的不同亮度，转换成光电靶面上各单元的不同电阻值。
- (4) 从摄像管阴极发出的电子束，在偏转线圈的作用下，按照从左到右，自上而下的顺序扫描过靶面的每单元，将靶面分解成一个个像素（像素的大小就是电子束截面的大小），如图 1.4 (b) 所示。当电子束接触到靶面上某个像素时，就使阴极、电子束、靶面电阻、负载电阻 R_L 和电源形成一个回路。由于各像素的亮度不同，靶面等效电阻也不同，因此流过回路的电流也不同，在 C 点经过电容耦合，就输出反映图像亮度的电信号，即完成了光-电转换。

1.2.2 负极性信号

在图 1.4 (b) 中摄取的图像信号具有下述特点：像素越亮，靶面阻值越小，回路电流越大，负载电阻上的压降越大，于是输出的图像信号电平越低；反之，像素越暗，输出的图像信号电平越高。我们把这种信号输出电平与像素亮度成反比的图像信号称为负极性图像信号。如果图像信号输出电平与像素亮度成正比，则称之为正极性图像信号。在电视技术中广泛采用的是负极性信号。

1.3 显像管

在接收端完成电-光转换的关键器件是显像管。早期黑白显像管的结构如图 1.5 所示。

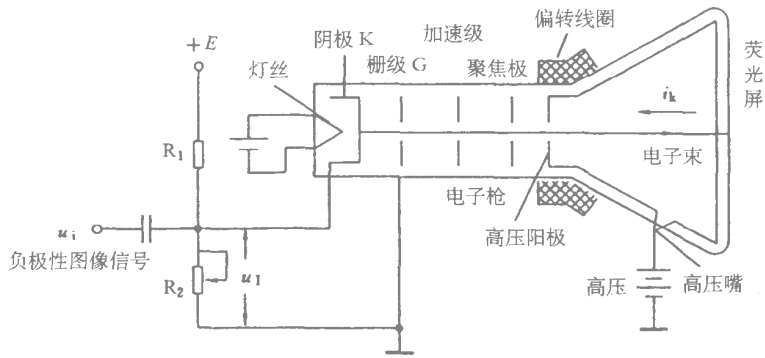


图 1.5 黑白显像管结构示意图

它主要由电子枪、外套偏转线圈和荧光屏几部分组成。在灯丝电压和各极电压的作用下，电子枪产生电子束。电子束高速轰击荧光屏，形成一个亮点。亮点的大小代表了组合原图像一个像素的大小。电子束在两组外套偏转线圈产生的磁场作用下，做自左至右、自上而下的运动，扫描整个荧光屏。当负极性图像信号加在阴、栅极之间时，使栅极负电压随图像信号的强弱而变化，从而控制电子束流的强弱，也就控制了电子束扫描荧光屏上各点的亮度，在荧光屏上还原成像。若加在阴、栅极之间的图像信号电压越高，则栅极电压越负，电子束流越弱，相应的荧光粉点发光越暗；反之，阴、栅极之间所加的图像信号电压越低，电子束流越强，相应的荧光粉点发光越亮，这正好与发送端原图像相应像素的亮暗一致。这样，当电子束高速扫描整个荧光屏时，利用人眼的视觉惰性，就看到了完整的原图像。

1.4 扫描机制

在电视技术中，电子束在摄像管或显像管的屏面上按一定规律做周期性的运动，这种运动称为扫描。在摄像管中，电子束从左至右、自上而下地扫描，将图像一行一行地分解为像素的电信号。在显像管中，电子束也是一行一行地扫描，将每个像素的电信号在图像的原位置恢复为光信息，从而重组原图像。由于传送和接收图像都是通过电子束的扫描来完成的，因此就存在扫描的机制（标准）问题，它包括扫描的方式和帧频、每帧行数。在电视技术中，常用的扫描方式有逐行扫描和隔行扫描。

1.4.1 逐行扫描

所谓逐行扫描，就是电子束自上而下逐行依次进行扫描的方式。计算机的 CRT 显示器采用的就是逐行扫描的方式。图 1.6 是逐行扫描的示意图。

1. 行扫描

电子束沿水平方向的扫描称为行扫描。电子束在水平方向上来回扫描一次所需的时间称为行周期，用 T_H 表示。其中从左到右为行扫描正程，如图 1.6 (a) 中实线所示。从右到左为行扫描逆程，如图 1.6 (a) 中虚线所示。在行扫描正程期间，电子束扫描图像，时间较长。在行扫描逆程期间，电子束从右到左，不传送图像信息，这时要求电子束截止，称为“行消隐”，以免屏幕上出现回扫线，干扰正常的图像显示。行扫描逆程（行消隐）时间较短。

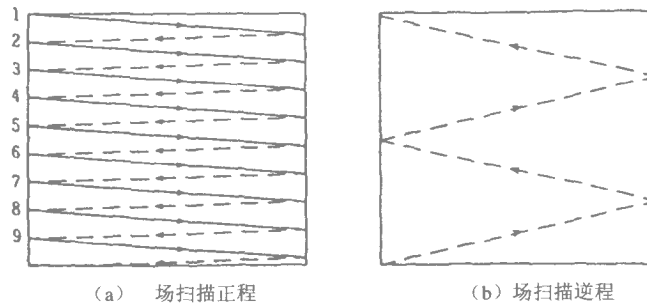


图 1.6 逐行扫描示意图

如果只有行扫描，则电子束只在荧光屏中央水平方向上来回运动，我们只会看到一条水平的亮线。

2. 场扫描

电子束在垂直方向的扫描称为场扫描。电子束在垂直方向上来回一次所需的时间称为场周期，用 T_V 表示，其中从上至下的扫描称为场扫描正程，从下至上的扫描称为场扫描逆程。在场扫描逆程时也要让电子束截止，称为场消隐。同样场扫描正程时间大于场扫描逆程时间。如果只有场扫描，则电子束只在荧光屏中央垂直方向上来回运动，我们只会看到一条垂直的亮线。

实际在电视技术中，行扫描和场扫描是同时进行的，由于 $T_V \gg T_H$ ，这样电子束在水平方向上扫描一行，在垂直方向上只向下移动很小的距离。几百行水平扫描的亮线构成荧光屏整个均匀发光的栅状光面，称为光栅。在电视技术中，一幅图像称为一帧。在逐行扫描中，电子束从上至下来回一次就扫描了整个图像，因此一帧即为一场，场扫描有时也称为帧扫描。

逐行扫描的缺点是：要传送连续运动的画面而不产生闪烁现象，需要帧频（场频）大于 50Hz ，这样图像信号的频带宽度将大于 11MHz ，从而不但使电视设备复杂化，也使整个电视广播的频道利用率降低。为了压缩图像信号的带宽，同时又能克服闪烁现象，人们借鉴电影技术的方法，提出了隔行扫描的方式。目前我国的广播电视都采用隔行扫描的方式。

1.4.2 隔行扫描

隔行扫描就是把一帧图像分成两场来扫描，第一场扫描 1, 3, 5 等奇数行，称为奇数场，第二场再扫描 2, 4, 6 等偶数行，称为偶数场。奇数场和偶数场图像均匀嵌套在一起，利用人眼的视觉惰性，人们看到的仍是一幅完整的图像。图 1.7 以每帧图像只有 9 行为例简要说明了隔行扫描的原理。图中只画出了场正程扫描轨迹，忽略了场逆程的回扫轨迹。图中 A 点为奇数场正程扫描起点，B 点为奇数场正程扫描终点，C 点为偶数场正程扫描起点，D 点为偶数场正程扫描终点。

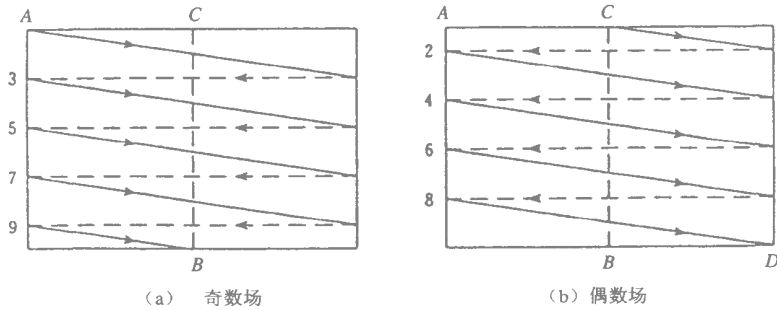


图 1.7 隔行扫描示意图

隔行扫描的实现主要是借鉴了电影技术。在电影放映时，每秒传送 24 幅画面。为了不引起人眼的闪烁感，又不增加每秒放送画面的幅数，通常采用遮光的方法将每幅画面重放两次，这样银幕上画面实际每秒放映 48 次，从而消除了人眼的闪烁感。在电视技术中，采用隔行扫描后，每秒仍传送 25 帧图像，但每帧图像分两场传送，即场频为 50Hz，这样荧光屏上的图像每秒变化 50 次，从而也消除了人眼的闪烁感。

我国电视标准规定：帧频为 25Hz，一帧图像总行数为 625 行，其中帧正程 575 行，帧逆程为 50 行。采用隔行扫描方式，场频 $f_V=50\text{Hz}$ ，每场 312.5 行，其中场正程 287.5 行，场逆程 25 行。行频 $f_H=25\times 625=15625\text{Hz}$ 。隔行扫描由于帧频降低为 25Hz，使视频信号的带宽降为 6MHz，从而对电视设备的要求不高。

隔行扫描的关键是要保证偶数场正好嵌套在奇数场中间，否则会出现并行现象，使图像清晰度下降。为此，每帧扫描的总行数必须为奇数。这样奇数场结束于最后一行的半行处开始场逆程，而偶数场开始于第 0 行的半行处。这样就能保证两场之间的准确嵌套。

1.4.3 我国广播电视扫描参数

我国广播电视采用隔行扫描方式，其主要参数如下：

行周期 $T_H=64\mu\text{s}$ ；行频 $f_H=15625\text{Hz}$ ；

行正程 $T_{HS}=52\mu\text{s}$ ；行逆程 $T_{HR}=12\mu\text{s}$ ；

场周期 $T_V=20\text{ms}$ ；场频 $f_V=50\text{Hz}$ ；

场正程 $T_{VS}=287.5\times 64\mu\text{s}=18.4\text{ms}$ ；场逆程 $T_{VR}=25\times 64\mu\text{s}=1.6\text{ms}$ ；

帧周期 $T_Z=40\text{ms}$ ，每帧总行数 $Z=625$ 行；

帧频 $f_Z=25\text{Hz}$ ；每场 312.5 行（其中场正程 287.5 行，场逆程 25 行）。

1.5 黑白全电视信号

为了保证传送图像信息，在视频信号中不但要包括图像信号，还应包括行、场同步信号和行、场消隐信号，它们（包括槽脉冲信号和均衡脉冲）是保证图像能正常接收的辅助信号。我们把上述几种信号统称为黑白全电视信号，也称为视频信号（VIDEO）。对彩色电视的全电视信号（视频信号），除了上面几种信号外，还应包括色度信号和色同步信号。现在首先介绍黑白全电视信号。

1.5.1 图像信号

黑白电视中的图像信号是由摄像管经过光电转换得到的电信号，它反映了电视系统所传送的图像信息。它是在场扫描正程期间，行扫描正程内传送的。图像信号的相对幅度在电视信号相对幅度内，一般在 12.5%~75% 之间。其中 12.5% 对应白电平，75% 对应黑电平。由于图像信号是在行扫描的正程出现的，它的时间宽度为 $52\mu\text{s}$ 。图 1.8 中所示是八级灰度图像，图 1.9 中所示是八级灰度图像一行负极性视频电视信号的波形，其中由白到黑的八个台阶表示八级图像信号。在传送图像时，图像信号是随机的。

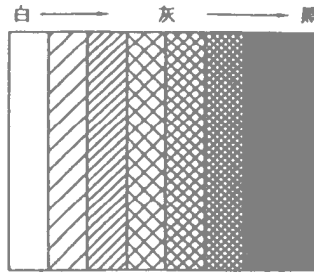


图 1.8 八级灰度图像

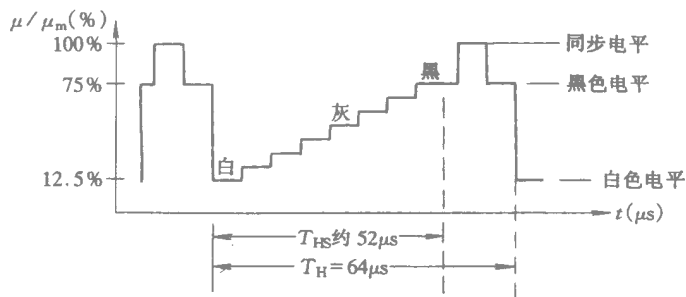


图 1.9 八级灰度图像一行的视频电视信号波形

1.5.2 复合消隐信号

复合消隐信号分为行消隐信号和场消隐信号两种。行消隐信号用来保证在行扫描逆程期间使电子束截止，其宽度为 $12\mu\text{s}$ ，周期为 $64\mu\text{s}$ 。场消隐信号用来保证在场扫描逆程期间使电子束截止，其宽度为 1.6ms ，周期为 20ms 。行、场消隐脉冲的相对幅度为 75%，与图像信号的黑电平相同。图 1.10 和图 1.11 分别表示出了行、场消隐信号。

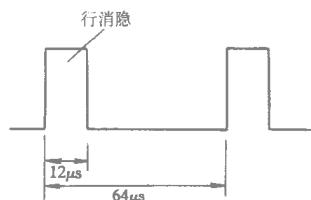


图 1.10 行消隐信号

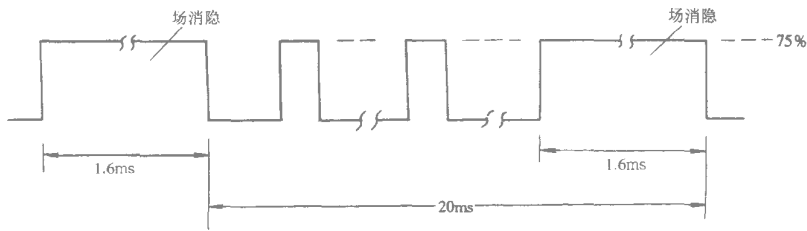


图 1.11 场消隐信号

1.5.3 复合同步信号

复合同步信号包括行同步信号、场同步信号、槽脉冲和前后均衡脉冲。

1. 同步的重要性

如前所述，为了使接收端重现的图像与发送端图像完全一致，要求接收端与发送端电子束的扫描必须同步。所谓同步是指收、发两端电子束扫描的频率（速度）和相位（位置）完全相同（同频同相）。如果收、发两端扫描不同步，重现的图像就会出现变形或不稳定，以致无法正常收看。图 1.12 列出了几种场不同步的情况。

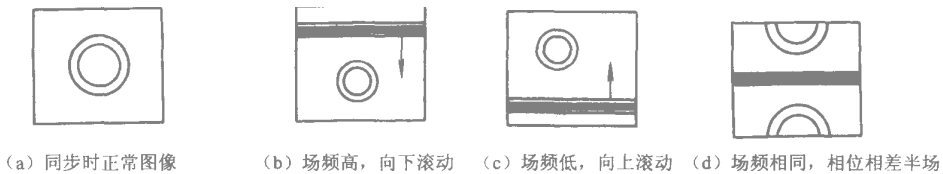


图 1.12 场不同步的情况

当收、发两端场频不相同，会使图像上下滚动，出现水平的场消隐黑带。如果接收端场频高于发送端场频，即接收机 $f_V > 50\text{Hz}$ ，也就是接收机场周期小于 20ms ，发送端图像下面部分像素内容和场消隐黑带会出现在接收机第二场画面的上方。这样逐场依次推迟，使电视接收机重现的图像不断向下移动，如图 1.12 (b) 所示。反之，若接收端场频低于发送端场频，即接收机 $f_V < 50\text{Hz}$ ，则重现的图像会向上移动，如图 1.12 (c) 所示。如果收、发两端场频相同，但相位相差半场，则造成图像上下分裂，中间出现场消隐黑带。

当收、发两端行不同步时，图像出现倾斜且不稳定的行消隐黑条，无法正常收看。情况如图 1.13 所示。

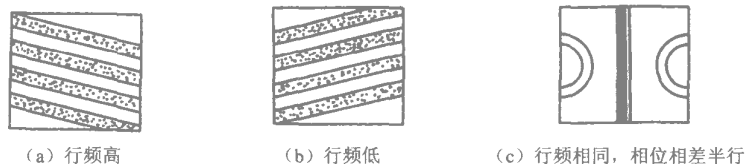


图 1.13 行不同步的情况

如果接收端行频高于发送端行频，即接收机 $f_H > 15625\text{Hz}$ 时，则接收端行周期 $T_H < 64\mu\text{s}$ ，发送端第一行右端的像素和行消隐信号黑条将在第二行的左端出现，发送端第二行右端的像

素和行消隐黑条将在第三行的左端出现，如此逐行积累，屏幕上出现向右下倾斜的黑白相间的条纹，如图 1.13 (a) 所示。反之，如果接收端行频低于发送端行频，即 $f_H < 15625\text{Hz}$ 时，屏幕上将出现向左下倾斜的黑白相间条纹，如图 1.13 (b) 所示。如果收、发两端行频相同，但相位相差半行时，则造成图像左右分裂，中间出现垂直的行消隐信号，如图 1.13 (c) 所示。

2. 复合同步信号

复合同步信号分为行同步信号和场同步信号两种。行同步信号的作用就是保证收、发两端行扫描的同步。当接收机收到行同步信号时，表示这一行扫描的正程结束，电子束应立即开始回扫。

由于行同步信号是重现图像的辅助信号，它不应在扫描图像的正程出现，所以将它安排在行消隐期间发送，叠加在行消隐信号之上。为了便于行同步信号的分离，应使它的电平高于消隐电平 25%，即位于 75%~100% 之间，脉宽为 $4.7\mu\text{s}$ ，行同步信号的周期为 $64\mu\text{s}$ ，如图 1.14 所示。

场同步信号的作用是为了保证收、发两端场扫描的同步。它出现在场消隐期间，其电平与行同步电平一致，也高出消隐电平 25%。场同步脉冲宽度为 $2.5T_H$ ，即 $160\mu\text{s}$ 其前沿滞后场消隐脉冲前沿 $2.5T_H=160\mu\text{s}$ 。场同步信号的周期为 20ms ，如图 1.14 所示。

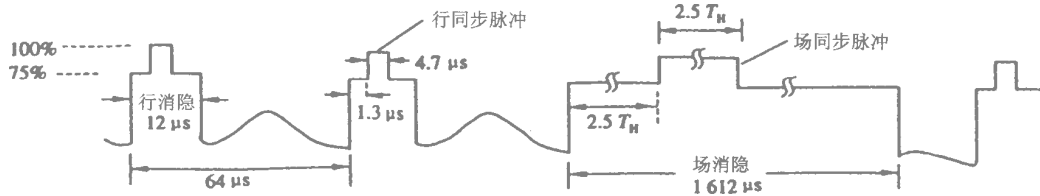


图 1.14 行、场同步信号

3. 槽脉冲与前后均衡脉冲

由于场同步脉冲宽度为 $2.5T_H$ ，如果不采取措施，会在此期间丢失 2~3 个行同步脉冲，使得在场同步期间行失去同步，直到场同步脉冲过后，再经过几个行周期，行扫描才会逐渐同步，从而造成图像上边起始部分出现扭曲现象。为了保证在场同步期间不会丢失行同步控制的信息，在场同步脉冲期间开了 5 个小槽来延续行同步脉冲，这就是槽脉冲。槽脉冲的宽度与行同步脉冲宽度一样，也是 $4.7\mu\text{s}$ ，间隔为 $T_H/2=32\mu\text{s}$ 。槽脉冲的后沿（上升沿）与行同步脉冲的前沿保持一致，这样，在场同步脉冲期间，槽脉冲起到行同步脉冲的作用。

为了保证隔行扫描的准确嵌套，不产生并行现象，在场消隐脉冲之上，场同步脉冲前后各加 5 个均衡脉冲，分别称为前、后均衡脉冲。均衡脉冲宽度为 $2.35\mu\text{s}$ ，为行同步脉宽的一半。由于均衡脉冲的作用，当电视接收机利用积分电路分离场同步信号时，相邻奇偶两场同步信号前沿的时间间隔保持不变，从而保证了隔行扫描的准确性。

1.5.4 黑白全电视信号

黑白全电视信号的波形如图 1.15 所示。从图中可见，在全电视信号中，图像信号在两个相邻的行消隐信号中间传送。在消隐期间，只传送同步信号，不传送图像信号。

第 2 章 广播电视发送与射频信号

2.1 广播电视发送系统的组成

第 1 章介绍的黑白全电视信号（视频信号）和伴音信号（音频信号）要经过无线或有线的信道进行远距离传送，需要将它们分别调制到比视频信号及音频信号高得多的各自的载波上去。图 1.2 是广播电视发送系统的组成框图。

从图 1.2 (a) 可以看到，景物的光信号经过摄像管的光电转换，变为电信号（视频信号），再经过放大和技术处理（补偿和校正）后，送给图像发射机，对高频图像载波进行调幅。同样，经话筒转换成的伴音音频信号也经过放大和技术处理（预加重）后，送给伴音发射机，对高频伴音载波进行调频。高频图像载波与高频伴音载波保持固定的频率间隔（我国标准为 6.5MHz）。调幅后的高频图像信号与调频后的高频伴音信号共同形成射频电视信号，或送入有线电视信道（同轴电缆或光纤），或利用发射天线形成无线电波，向四面八方进行电视广播。

2.2 射频电视信号

射频电视信号包括高频图像信号和高频伴音信号两部分。

1. 残留边带调幅

视频信号的带宽是 0~6MHz，采用一般调幅的方法会使调制后的高频信号的频谱对称分布在高频载波的两边，构成上、下两个边带，总带宽增加一倍，即为 12MHz。频带太宽不仅使电视设备复杂，成本增加，而且每个频道带宽的增加也使在有限的频段内频道数减少，频道利用率降低。事实上，由于上、下两个边带都包含着同样的图像信息，采用“单边带”的传送方式就可以使信号频带减小一半。但实际上很难做到，因为视频信号中含有直流和大量低频成分，对应的已调幅信号的频率就是载频及其附近的频率成分。而要做成具有垂直陡峭频率特性的滤波器，滤除一个边带，保留载频和另一个边带是很难做到的。所以采用了“残留边带”的方法来压缩频带，即用滤波器滤去已调幅图像信号下边带的大部分，而“残留”一小部分，保留整个上边带，如图 2.1 所示。

图中 f_p 表示图像载频， $f_p \pm 0.75\text{MHz}$ （对应 0~0.75MHz 的视频信号）内的已调波频率分量采用双边带传送，而高于 1.25MHz 的视频信号采用单边带传送，0.75~1.25MHz 的频率分量处于过渡状态。这样高频图像信号的频率范围从 $f_p - 1.25\text{MHz}$ 到 $f_p + 6\text{MHz}$ ，带宽缩减为 7.25MHz。

带宽：

$$BW=2 \times (50+15) = 130 \text{ (kHz)}$$

可见调频伴音信号的频带宽度比图像信号的频带宽度小得多，所以伴音信号采用双边带传送。我国电视标准规定：调频伴音信号频带为 $f_s \pm 250\text{kHz}$ ，其中 f_s 为伴音载频，它比图像载频 f_p 高 6.5MHz 。整个频道射频信号的频带宽度为 8MHz ，频谱图如图 2.1 所示。

在实际伴音的音频信号中，高频分量的振幅较小，因此高频分量的抗干扰能力较差。为了提高伴音高频分量的信噪比，改善高频音质，在伴音发送时，预先将伴音高频分量幅度提升，称之为“预加重”。预加重电路通常用 RC 高通滤波器构成。我国电视标准规定，预加重电路时间常数 $\tau = RC = 50\mu\text{s}$ 。在接收机中，要采用相应的“去加重”电路，以恢复伴音中原有的高低频分量振幅比例。它由低通滤波器构成，如图 2.3 所示。



图 2.3 RC 式预加重与去加重电路

2.3 我国电视频道的划分

如前所述，一个电视台射频信号的频带宽度为 8MHz ，这也就是通常所说的一个频道的宽度。为了合理分配和利用频率资源，防止电视台及各种无线电台之间的相互干扰，我国有关管理部门规定了电视频道的划分标准，如表 2.1 和表 2.2 所示。其中 VHF 波段（米波波段）有 12 个频道，分成 I 波段（VHFL 波段）安排 5 个频道（1~5），III 波段（VHFH 波段）安排 7 个频道（6~12）；UHF 波段（分米波段）有 56 个频道（13~68）。应该指出电视广播各波段之间还有一定的频率间隔，作为其他广播、通信使用，有线电视由于信号在线路内传播，不会对其他广播、通信造成干扰，故在这些频率间隔还安排了增补频道，详情可参阅有关资料。

表 2.1 我国 VHF 波段电视频道的划分

波 段	频 道	频率范围 (MHz)	图像载频 (MHz)	伴音载频 (MHz)
I (米波)	1	48.5~56.5	49.75	56.25
	2	56.5~64.5	57.75	64.25
	3	64.5~72.5	65.75	72.25
	4	76~84	77.25	83.75
	5	84~92	85.25	91.75
III (米波)	6	167~175	168.25	174.75
	7	175~183	176.25	182.75
	8	183~191	184.25	190.75
	9	191~199	192.25	198.75
	10	199~207	200.25	206.75
	11	207~215	208.25	214.75
	12	215~233	216.25	222.75

表 2.2 我国 UHF 波段电视频道的划分

波 段	频 道	频率范围 (MHz)	图像载频 (MHz)	伴音载频 (MHz)
IV (分米波)	13	470-478	471.25	477.75
	14	478-486	479.25	485.75
	15	486-494	487.25	493.75
	16	494-502	495.25	501.75
	17	502-510	503.25	509.75
	18	510-518	511.25	517.75
	19	518-526	519.25	525.75
	20	526-534	527.25	533.75
	21	534-542	535.25	541.75
	22	542-550	543.25	549.75
	23	550-558	551.25	557.75
	24	558-566	559.25	565.75
V (分米波)	25	606-614	607.25	613.75
	26	614-622	615.25	621.75
	27	622-630	623.25	629.75
	28	630-638	631.25	637.75
	29	638-646	639.25	645.75
	30	646-654	647.25	653.75
	31	654-662	655.25	661.75
	32	662-670	663.25	669.75
	33	670-678	671.25	677.75
	34	678-686	679.25	685.75
	35	686-694	687.25	693.75
	36	694-702	695.25	701.75
	37	702-710	703.25	709.75
	38	710-718	711.25	717.75
	39	718-726	719.25	725.75
	40	726-734	727.25	733.75
	41	734-742	735.25	741.75
	42	742-750	743.25	749.75
	43	750-758	751.25	757.75
	44	758-766	759.25	765.75
	45	766-774	767.25	773.75
	46	774-782	775.25	781.75
	47	782-790	783.25	789.75
	48	790-798	791.25	797.75
	49	798-806	799.25	805.75
	50	806-814	807.25	813.75
	51	814-822	815.25	821.75
	52	822-830	823.25	829.75
	53	830-838	831.25	837.75
	54	838-846	839.25	845.75
	55	846-854	847.25	853.75
	56	854-862	855.25	861.75
	57	862-870	863.25	869.75
	58	870-878	871.25	877.75
	59	878-886	879.25	885.75
	60	886-894	887.25	893.75
61	894-902	895.25	901.75	
62	902-910	903.25	909.75	
63	910-918	911.25	917.75	
64	918-926	919.25	925.75	
65	926-934	927.25	933.75	
66	934-942	935.25	941.75	
67	942-950	943.25	949.75	
68	950-958	951.25	957.75	

习 题 2

1. 画出四频道射频电视信号的频谱图，在图上标明图像载频、伴音载频的值以及该频道的频带宽度。
2. 采用负极性调制有哪些优点？
3. 什么叫预加重？什么叫去加重？

第 3 章 彩色电视基础

3.1 彩色电视基础知识

彩色电视是在黑白电视的基础上发展起来的，它除了像黑白电视那样传送图像的亮度信息外，还传送图像的色彩。所以，应该先了解一些有关彩色的基本知识。

3.1.1 彩色知识

1. 色是光的属性

光是一种以电磁波形式存在的特殊物质，人眼能看见的光是可见光，其波长约为 380~780nm（纳米， $1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$ ），如图 3.1 所示。

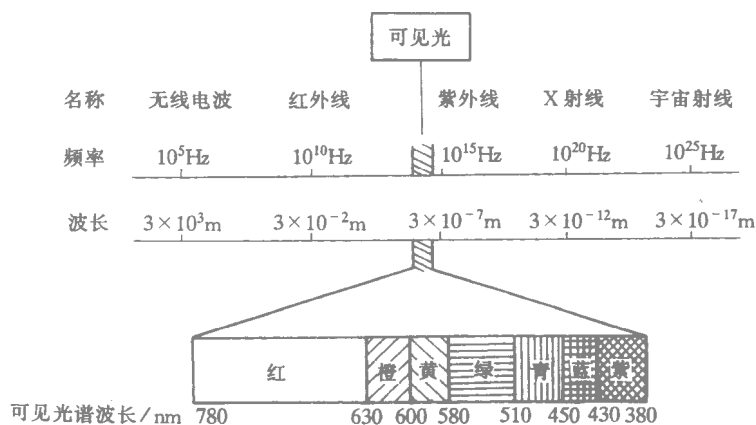


图 3.1 可见光在电磁波波谱中的位置

不同波长的光作用于人眼引起的颜色感觉是不一样的。例如，波长为 540nm 左右的光为绿光，波长为 750nm 左右的光为红光。另外，不同波长的光混合后可以产生另一种或几种波长光的视觉感觉。例如，以适当比例混合的红光与绿光产生的视觉效果与单一波长的黄光的视觉效果一样；又例如，太阳的白光是由所有波长的光混合得到的光，它的视觉效果与用红、绿、蓝三种颜色的光按一定比例混合后的光的视觉效果一样。这一视觉现象叫做混色效应。

2. 彩色的三要素

任何一种颜色都可以用亮度、色调和色饱和度三个物理量来确定，它们叫彩色的三要素。

(1) 亮度：用字母 Y 表示，它是指彩色光作用于人眼时引起人眼视觉的明亮程度。它与彩色光光线的强弱有关，而且与彩色光的波长有关。光线的波长一定时，光线越强，亮度越高；光线强度一定时，波长为 550nm 左右的绿光产生的亮度最强，随着波长的增加或减小，亮度也逐步减小，直到为零。

(2) 色调：表示彩色的颜色种类，即通常所说的红、橙、黄、绿、青、蓝、紫等。

(3) 色饱和度：表示颜色的深浅程度。对于同一色调的彩色，其色饱和度越高，颜色越深，在某一色调的彩色光中掺入白光越多，彩色的色饱和度就越低。

色调与色饱和度合称为色度，用 F 表示。

3. 三基色原理

人们在对人眼进行混色实验时发现：只要用三种不同颜色特选的光按一定比例混合就可以得到自然界绝大多数的彩色。例如，将红、绿、蓝三束光投射在白色屏幕上的同一位置，不断改变三束光的强度比，就可以在白色屏幕上看到各种颜色。通常把具有这种特性的三种颜色叫三基色。彩色电视中使用的三基色就是红、绿、蓝三色。根据这一现象可得出三基色原理：

(1) 自然界中绝大多数彩色可以分解为一定强度比的三基色，三基色按一定比例混合可以得到自然界中绝大多数彩色。

(2) 用三基色混合而成的彩色，其亮度等于三基色的亮度和，其色度决定于三基色的混合比例。

(3) 三种基色相互独立，即一种基色不能用其他两种基色混合得到。

三基色原理是彩色电视的理论基础，根据这一原理，要传送和重现自然界中的各种彩色，无需传送每种彩色的色度与亮度信息（因为太多，也无法做到），而只需要传送比例不同的三基色信号，从而使彩色电视广播得以实现。

4. 混色法

根据三基色原理，可以将三种基色按一定比例混合得到某种彩色。将三基色混合时可以采用什么方法呢？一种是前面提到的，将三基色光投射到白色屏幕的同一位置，这叫直接相加混色。另外，还有间接相加混色法，它包括空间相加混色法和时间相加混色法。

(1) 空间相加混色法：将三种基色光点放在同一平面相邻处，只要三基色光点足够小，间距足够近，则当人眼离它们一定距离时，将会看到三基色光的混合颜色。这种方法利用了人眼视觉分辨率不高的特点。

(2) 时间相加混色法：顺序让三种基色光先后出现在同一表面的同一点处，只要三基色光点交替出现的时间间隔足够小，小于人眼视觉暂留时间，人眼就可以感觉到三基色的混合色。混合色示意图如 3.2 所示。

红光 + 绿光 + 蓝光 = 白光

红光 + 绿光 = 黄光

绿光 + 蓝光 = 青光

红光 + 蓝光 = 紫光

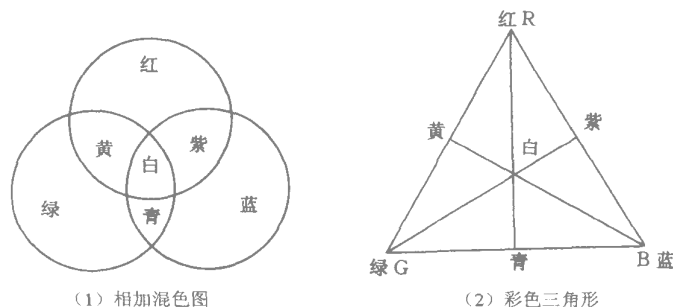


图 3.2 混色图