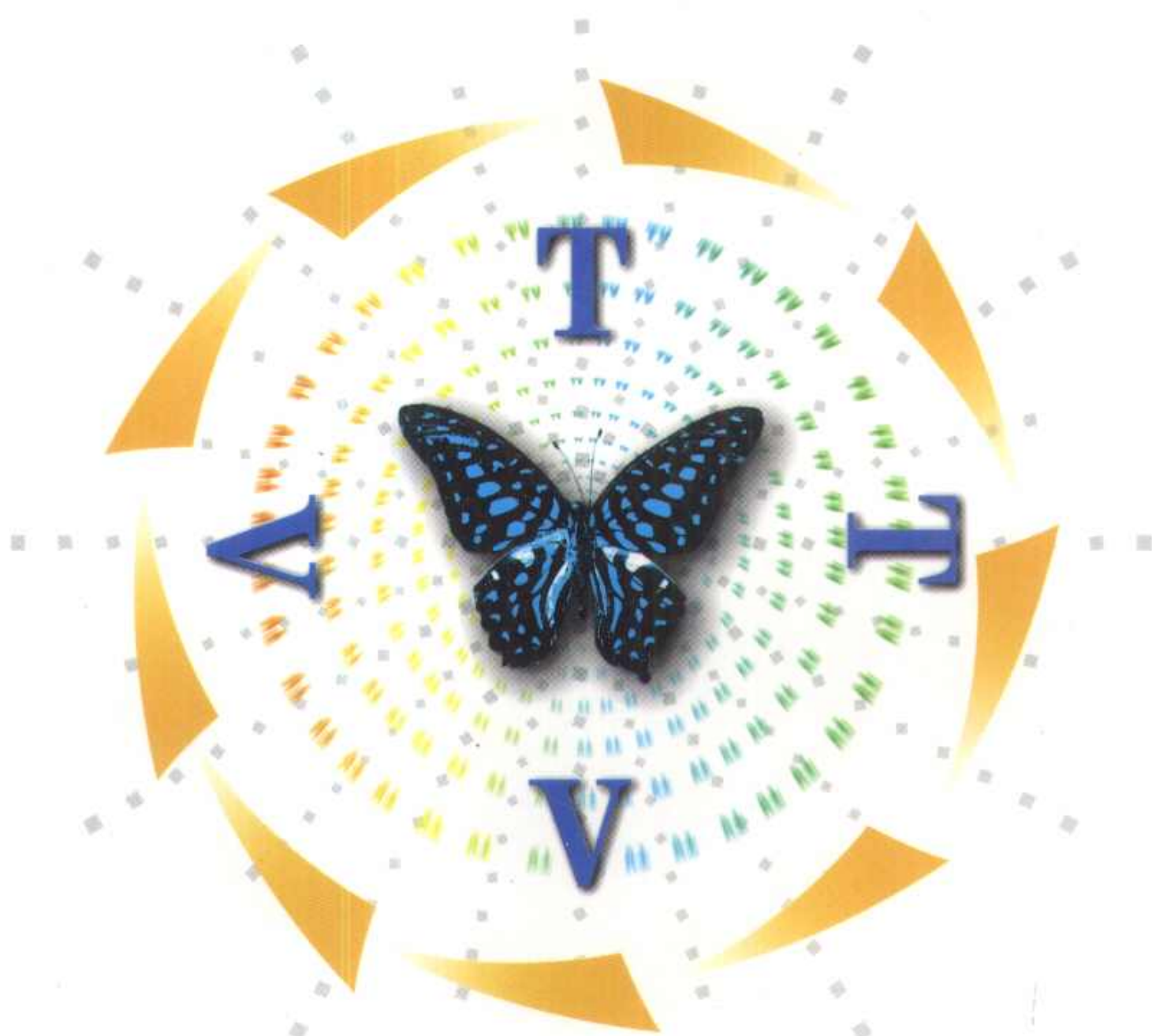


中国高等职业技术教育研究会推荐

高职系列教材

电视技术

■ 肖运虹 主编



面向
21 世纪
高级应用型人才



西安电子科技大学出版社

[http:// www.xduph.com](http://www.xduph.com)

☐中国高等职业技术教育研究会推荐

高职系列教材

电 视 技 术

肖运虹 路而红 殷海兵 等编著

西安电子科技大学出版社

2000

内 容 简 介

本书是按高教部颁布的教学大纲要求,跟踪当前电视技术的新发展,以及加强实践性环节的要求,由具有丰富教学经验和实践经验的教师编写的高职系列重点教材之一。

本书以彩色电视机为主,全面、系统、深入地讲述了彩色电视机的组成、原理和检测技术。具体内容包括:广播电视的基本知识、黑白电视机的基本原理、彩色电视的基本原理、高频调谐器、图像中频通道、伴音通道、同步扫描电路分析、PAL制解调器、彩色显像管的结构及其附属电路、电视电源电路、彩色电视机遥控系统及整机分析、单片机芯与大屏幕彩色电视机、电视新技术等。

书中详细介绍了高清晰度电视、数字电视、电视新技术的应用和投影电视机,并展望了21世纪电视发展的前景。可以认为本书较充分地反映了当代电视新技术的发展。此外,对近些年发展起来的大屏幕彩色电视机、彩色电视机遥控系统、开关型稳压电源等,也作了较详细的介绍。

本书各章都编写了“实践训练”(简称“实训”)的内容,可以帮助读者,结合理论,使用常用的电视机检测仪器,了解电视机的检测方法以及有关电视机的故障判断和排除方法。各章都附有习题。

作为“电视技术”的教材,本书具有理论深度好,内容新、实用性、实践性强,适于教学和自学。值得郑重推荐本书作为高等院校、大专院校电子类专业的教材,亦可作为职业技术学院、教育学院、成人教育以及各类业余培训班的教材。对于无线电爱好者和关心彩色电视机使用和维护的家庭,本书也是很好的读本。

图书在版编目(CIP)数据

电视技术/肖运虹主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2000.9

ISBN 7-5606-0913-9

高职系列教材

I. 电… II. 肖… III. 电视—技术—高等学校:技术学校—教材 IV. TN94

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 38564 号

责任编辑 李纪澄 云立实

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)8227828

邮编 710071

<http://www.xduph.com>

E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印 刷 陕西画报社印刷厂

版 次 2000年9月第1版 2000年9月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 23.5 插页 2

字 数 555千字

印 数 1~4 000册

定 价 25.00元

ISBN 7-5606-0913-9/TN·0158

*** 如有印装问题可调换 ***

本书封面贴有西安电子科技大学出版社的激光防伪标志,无标志者不得销售。

前 言

近年来,电视技术发展日新月异,由黑白向彩色,由分立元件向集成电路,由小屏幕向大屏幕,由普通型向高性能、多功能型,由手动控制向红外遥控等方面发展。为了使教学适应这种飞速发展的需要,根据高教部颁布的教学大纲要求,我们组织了长期从事电视课教学、有丰富实践经验的老师,经过多次讨论、修改,最后编写了本书。

本书系统地介绍了黑白、彩色电视原理与检测技术,在内容安排上突出了实用性。全书共分十三章。第1章介绍了广播电视的基本知识。第2、3章讲述了黑白电视、彩色电视的基本原理。第4章介绍了高频调谐器的原理与具体电路。第5、6章介绍了图像中频及伴音通道的基本原理及典型电路。第7章对同步扫描电路进行了详细的分析。第8章讲述了PAL制解码器的基本原理及分析了典型电路。第9、10章介绍了彩色显像管及整机电源电路的工作原理。第11章分析了彩色电视机的遥控系统及整机电路。第12章介绍了单片机芯与当前流行的大屏幕彩色电视机采用的新电路、新技术。第13章介绍了数字电视、高清晰度电视等电视新技术。本书还安排了一定数量的习题,以巩固所学的理论。

本书在编写上,力图内容简捷,精简基本知识,删除陈旧内容,舍弃繁杂的公式推演,叙述中力求文字准确,条理清楚,避免将任何模糊的概念留给读者。

在本书的内容安排上,针对以往电视教材缺少实践训练(以后简称“实训”)内容及高等院校、大专院校电子类专业学生的特点,为突出教材的实用性,编写了电视机检测实训方面的内容,将实训内容融于每章之中。

本书以目前市场占有率较大的机型(TA二片机)为典型教学样机,电路分析及实训均围绕该样机展开。对所有集成电路都以黑箱方式处理,即只分析其内部方框原理、端口特性、应用条件、外部电路及控制方式。

本书可作为高等院校、职业技术学院、教育学院、成人教育及业余培训教材,也是无线电爱好者的较好读本。

本书第1、4、5、6、8、11、12章由肖运虹编写,第2、9章由秦工编写,第3章由邝红编写,第7、10章由殷海兵编写,第13章由路而红编写。全书的实训及附录由肖运虹、秦工编写。

本书由江汉大学肖运虹主编,北京电子科技学院路而红主审。编写过程中赵柏树副教授对本书提出了许多宝贵意见,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,经验不足,书中错误之处难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

2000年5月

第 1 章 广播电视的基本知识

1.1 图像光电转换的基本过程

人眼所以能看到周围的景物，是因为人眼感受了从这些景物上反射出来的光线。如要实现远距离传送景物，就得设法把景物所反射的光线转换成相应的电流传送到远地，然后再把电流转换成光线，还原成原来的景象。

电视技术就是传送和接收图像的技术，电视图像的传送是基于光电转换原理，实现光电转换的关键器件是发送端的摄像管和接收端的显像管。

电视广播的基本过程如图 1-1 所示。在发送端，根据光电转换原理将图像(光信号)经过摄像机转变为电信号(视频信号)，再经过放大，耦合到图像发射机。图像信号及伴音信号在发射机中分别调制到各自的载波上，从而形成图像高频信号和伴音高频信号，然后用同一发射天线发送出去。在接收端，由电视接收天线将高频图像和伴音信号一起接收下来，在接收机中对信号进行处理(放大及检波)取出反映图像内容的视频信号，并经视频放大后送显像管重现出图像；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。

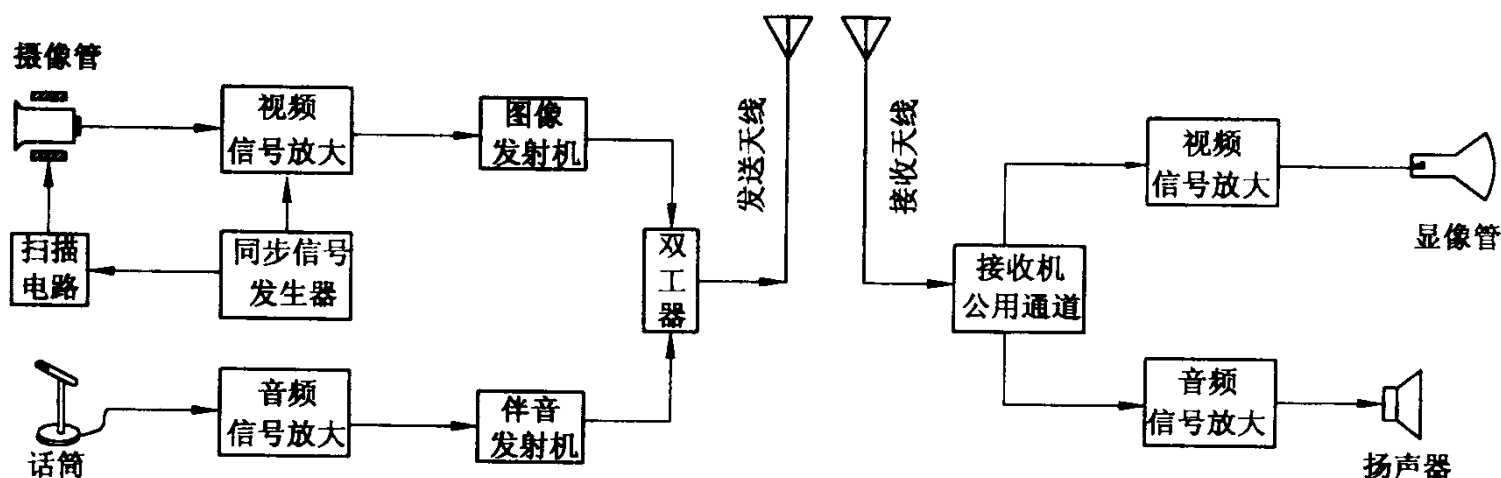


图 1-1 电视广播过程

1.1.1 像素及其传送

如果用放大镜仔细地观察报纸上刊登的传真照片，就会发现整幅画面是由很多深浅不同的小黑白点组成，而且点子越小、越密，画面就越细腻、越清晰。同样，电视图像也是由

大量的基本单元组成的，这些构成电视图像的基本单元称为像素。电视图像的清晰与逼真的程度直接和像素的数目有关，像素越精细、单位面积上的像素越多，则图像越清晰、越逼真。在我国的电视标准中，一幅图像有 40 多万个像素。

由于一幅图像所包含的 40 多万个像素不可能同时被传送，而只能是按一定的顺序分别将各像素的亮度变换成相应的电信号，并依次传送出去；而在接收端则按同样的顺序把电信号转换成一个一个相应的亮点重现出来。只要顺序传送速率足够快，利用人眼的视觉惰性和发光材料的余辉特性，人眼就会感觉到是一幅连续的图像。这种按顺序传送图像像素信息的方法，是构成现代电视系统的基础，并被称为顺序传送系统，图 1-2 是该系统的示意图。

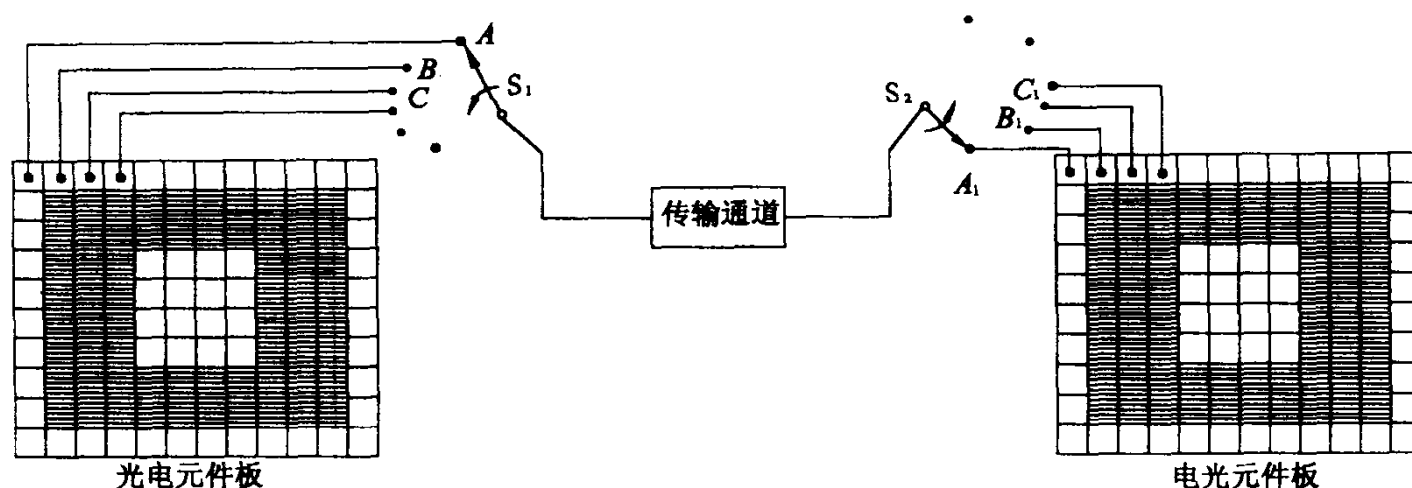


图 1-2 图像顺序传送系统示意图

首先，将要传送的某一光学图像作用于由许多独立的光电元件所组成的光电板上，这时，光学图像就被转换成由大量像素组成的电信号，然后经过传输通道送到接收端。接收端有一块可在电信号作用下发光的电光板，它可将电信号转换成相应的光学图像信号。在电视系统中，将组成一帧图像的像素，按顺序转换成电信号的过程，称为扫描。扫描如同读书一样，从左到右，自上而下的依次进行。从左至右的扫描称为行扫描；自上而下的扫描称为场扫描。图 1-2 中的 S_1 、 S_2 是同时运转的，当它们接通某个像素时，那个像素就被发送和接收，并使发送和接收的像素位置一一对应。在实际电视技术中是采用电子扫描装置来代替开关 S_1 、 S_2 工作的。

1.1.2 光电转换原理

光与电的相互转换是电视图像摄取与重现的基础。在现代电视系统中，光电转换是由发送端的摄像管和接收端的显像管来完成的。下面就以摄像管与显像管为例，简要地说明光电转换原理。

1. 图像的摄取

电视图像的摄取主要靠摄像管，其工作是基于光电效应原理。常用的摄像管有超正析摄像管、光电导摄像管等多种。下面以光电导摄像管为例来说明图像信号产生的过程，光电导摄像管的结构如图 1-3(a) 所示，它主要由光电靶和电子枪两部分组成。

摄像管光电转换过程大致如下：

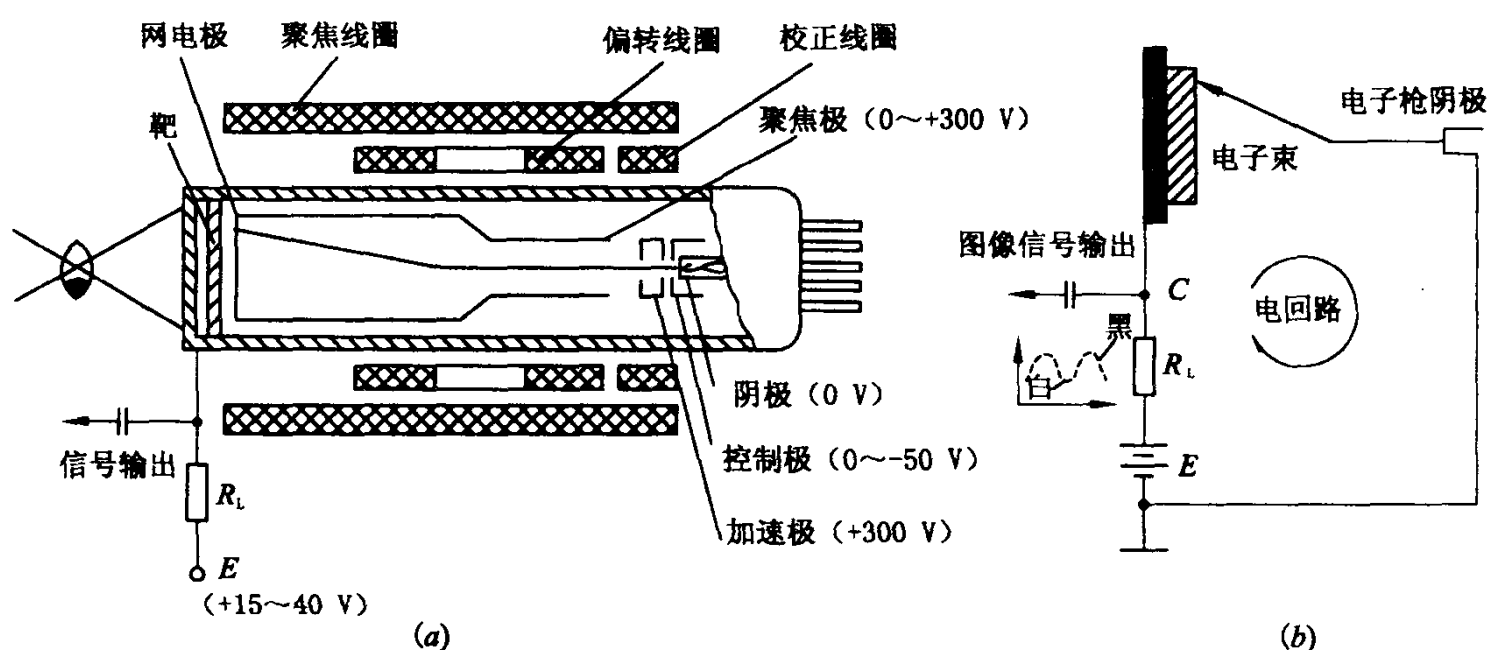


图 1-3 图像信号产生的过程

(a) 摄像管的结构；(b) 图像信号产生的过程

① 被摄景象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。这种材料具有在光作用下使其电阻值减小的性能，而且光线越强，材料呈现的阻值越小。

③ 由于被传送光象的各部位亮度不同，因而使靶面各单元受光照强度也不同，导致靶面各单元电阻值不一样。与较亮像素对应的靶单元阻值较小；与较暗像素对应的靶单元阻值较大。即一幅图像上各像素的不同亮度，转变为靶面上各单元的不同电阻值。

④ 从摄像管的阴极发射出来的电子，在摄像管各电极间形成的电场和偏转线圈形成的磁场共同作用下，按一定规律高速扫过靶面各单元，如图 1-3(b)所示，当电子束接触到靶面某单元时，就使阴极、信号电极、负载、电源构成一个回路，在负载 R_L 中就有电流流过，而电流的大小取决于光电靶在该单元的电阻值大小。

综上所述，可得如下结论：当组成被摄景象很亮时，在光电靶上对应成像的单元呈现的电阻值就很小，电子束扫到该单元时出现的回路电流就很大，这样就在负载 R_L 上产生很大的信号电压；反之，如果组成被摄景象的某像素很暗时，在负载 R_L 两端产生的信号电压就很小。如果认为摄像管的光电转换是线性的话，则当有电子束扫描时，在负载上就依次得到与图像上各亮度对应的电信号，从而完成了把一幅图像分解成像素，以及把各像素的亮度转变成为相应电信号的光电转换过程。

上述摄取的图像信号(电信号)符合像素越亮，对应的输出电平越低；像素越暗，输出信号电平越高的光电转换规律，称之为负极性图像信号。反之，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。

2. 图像的重现

图像的重现是依靠电视接收机的显像管来完成的。显像管的任务是将图像电信号转换为图像光信号，完成电到光的转换。

显像管是利用荧光效应原理制成的。所谓荧光效应是指某些化合物在受到高速电子轰击时表面能够发光，并且轰击的电子数量越多速度越高，则发光越强。

显像管主要由电子枪及荧光屏等几部分组成。当把具有荧光效应的荧光粉涂附在显像管正面的内壁，就构成了荧光屏。当显像管内电子枪发出的高速电子轰击到荧光屏上后，荧光粉就会发光。如果让电子枪发射电子束的能力受图像信号强弱的控制，那么荧光粉发光的亮度也就与图像信号强弱相对应，从而呈现和发送端相同的图像，达到图像重现的目的。

1.2 电视扫描原理

在电视技术中，所谓扫描，就是电子束在摄像管或显像管的屏面上按一定规律作周期性的运动。摄像管利用电子束的扫描，在传送图像时，将像素自上而下、自左而右一行一行地传送，直至最后一行；这如同看书一样，自左到右先看第一行，然后下移再回头自左而右看第二行。显像管也是利用电子束扫描，在接收图像时，将像素自上而下、自左而右依次恢复到原来的位置上，从而重现图像。由于传送和接收图像是电子束一行一行扫描完成的，因此就存在着扫描的方式问题。在电视技术中，常用的扫描方式有逐行扫描和隔行扫描。

1.2.1 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。这种扫描的规律为电子束从第一行左上角开始扫描，从左到右，然后从右回到左边，再扫描第二行，第三行，…直到扫完一幅(帧)图像为止。接着电子束由下向上移动到开始的位置，又从左上角开始扫描第二幅(帧)图像。上述电子束作水平方向的扫描叫行扫描，其中电子束自左到右的水平扫描叫行扫描的正程，自右回到左的水平扫描叫行扫描的逆程。电子束作垂直方向的扫描叫场扫描，其中沿垂直方向自上而下的扫描叫场扫描的正程，沿垂直方向自下而上的扫描叫场扫描的逆程。电子束在扫描的正程时间传送和重现图像，而扫描逆程只为下次扫描正程作准备，不传送图像内容。因此电子束扫描正程时间长，逆程时间短，并且扫描逆程时间不能在屏上出现扫描线(回扫线)，要设法消隐掉。

在电视技术中，电子束的行扫描和场扫描是同时进行的，即电子束在水平扫描的同时也要进行垂直扫描。由于行扫描速度远大于场扫描速度，因此在荧光屏上看到的是一条一条稍向下倾斜的水平亮线形成的一片均匀亮度，这称为光栅。如图 1-4 所示。

从图 1-4 中可以看出，电子束在垂直方向从 A 到 B 完成一帧光栅扫描，即为帧扫描正程，再从 B 回到 A 准备开始下一帧扫描的过程，即为帧扫描逆程。由于帧扫描逆程时间远远大于行扫描周期，所以从 B 回到 A 的扫描轨迹不是一条直线，而是进行了多次扫描，如图 1-5 所示(此图为简化示意图)。

一帧图像的传送和重现是靠电子束经过行、场均匀扫描完成的。而电子束要完成扫描任务，必须依靠偏转磁场。在显像管中，电子束的扫描，就是由其管颈上的两种偏转线圈所产生的磁场作用而实现的。两偏转线圈分别通入线性锯齿波电流，产生线性变化的磁场，从而控制电子束作水平和垂直方向的扫描(如图 1-6 所示)，其中使电子束作水平方向扫描的偏转线圈叫行偏转线圈，使电子束作垂直方向扫描的偏转线圈叫场偏转线圈。

以上所述是传送一帧图像的情况。如果只传送一帧图像，就像幻灯片一样，那么图像

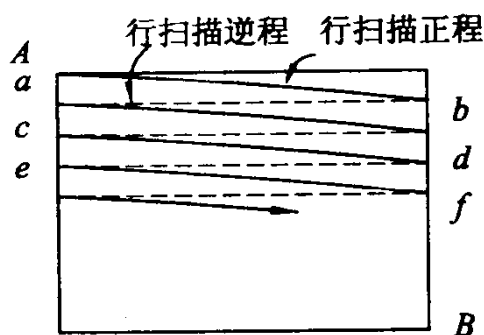


图 1-4 逐行扫描

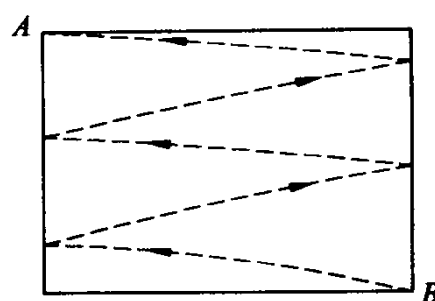


图 1-5 帧逆程扫描

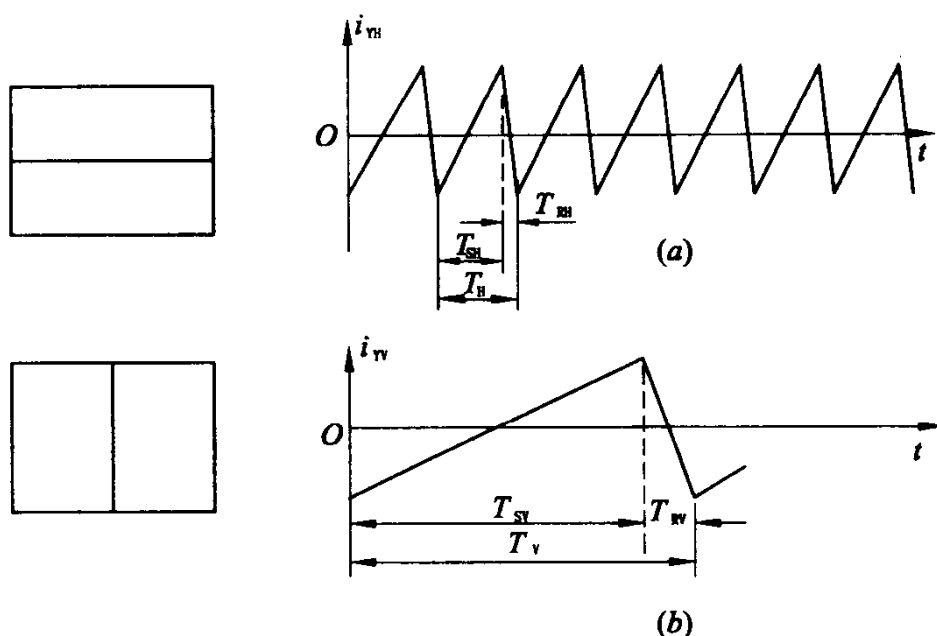


图 1-6 水平和垂直扫描示意图

(a) 仅有水平扫描时的基线及与之相对应的波形；

(b) 仅有垂直扫描时的基线及与之相对应的波形

是不动的。实际上图像是活动的，如何来传送活动的图像呢？我们知道，电影胶带上内容相关的每幅画面是不动的，但若以每秒 24 幅的速度传送，由于人眼的视觉惰性，就会感到银幕上的图像是连续活动的。受电影技术的启发，在电视技术中，每秒钟传送 25 帧图像就可以达到传送活动图像的目的，即帧频 $f_z = 25 \text{ Hz}$ 。但是逐行扫描存在一个问题：如果每秒传送 25 帧图像，对人眼来讲存在着闪烁的感觉，看上去很不舒服；如果每秒传送 50 帧，虽然可以克服闪烁感，却又会使电视信号所占频带太宽，其结果导致电视设备复杂，并使有限的电视波段范围内可容纳的电视台数量减少。因此，目前电视技术一般不采用这种扫描方式。

怎样既能使占用频带不太宽，又不产生闪烁现象呢？目前电视技术中，是采用隔行扫描来解决这个问题的。

1.2.2 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，形成奇数场图像；然后，进行第二场扫描时，才插进 2, 4, 6, … 等偶数行，形成偶数场图像。奇数场和偶数场均匀嵌套在一起，利用人眼的视觉暂留特性，人们看到的仍是一幅完整的图

像,如图 1-7 所示。图中,每帧图像只画了 9 行扫描线,并且场回扫线以直线简化示意。

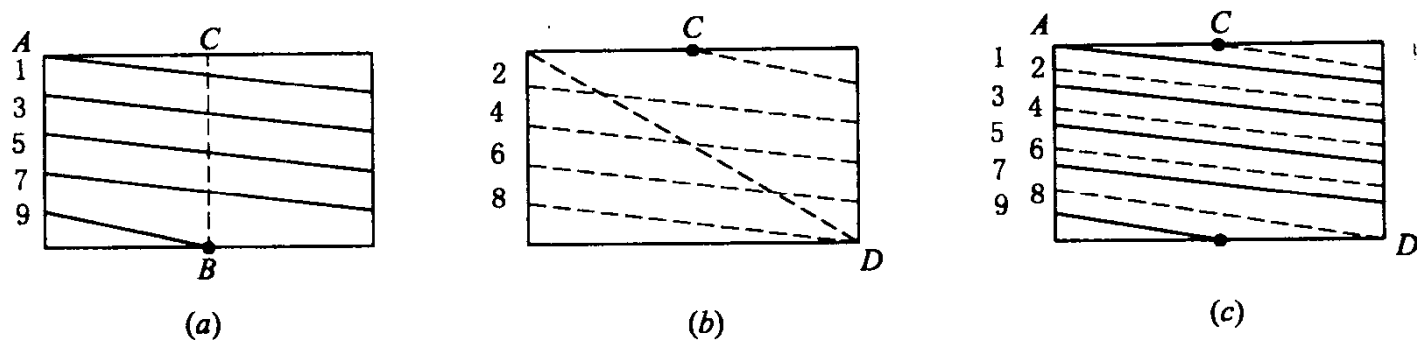


图 1-7 隔行扫描

(a) 奇数场; (b) 偶数场; (c) 嵌套后的一帧图像

隔行扫描技术的实现主要是受电影技术的启发。在电影技术中,每秒传送 24 幅画面,为了不引起人眼的闪烁感,而又不增加每秒传送画面的幅数,通常采用遮光的方法将每幅画面连放两次,这样银幕上画面实际上变化 48 次,从而消除了闪烁现象。在电视技术中,采用隔行扫描,每秒仍传送 25 帧图像,但每帧图像分两场传送,即场扫描频率 $f_v = 50 \text{ Hz}$,这时荧光屏每秒变化 50 次,从而也消除了人眼的闪烁感。

我国电视规定:帧频为 25 Hz,一帧图像分 625 行传送,所以行扫描频率为 $f_H = 25 \times 625 = 15\,625 \text{ Hz}$ 。隔行扫描电子帧频较低,电子束扫描图像时所占的频带宽度较窄(约 6 MHz),对电视设备要求不高,因此,它是目前电视技术中广泛采用的方法。

隔行扫描的关键是要保证偶数场正好嵌套在奇数场中间,否则会降低图像清晰度,甚至出现并行现象。

要保证隔行扫描准确,每帧扫描行数一般选择为奇数。我国电视规定为每帧 625 行,国外有 405 行、525 行、819 行等等,都为奇数(如美国采用 525 行),这样就要求第一场结束于最后一行的一半,此场结束后必须回到图 1-7(a)所示屏幕上方中央的 C 点,这样就能保证相邻的第二场扫描刚好嵌套在第一场各扫描线的中间。

1.2.3 我国广播电视扫描参数

我国广播电视采用隔行扫描方式,其主要扫描参数如下:

行周期 $T_H = 64 \mu\text{s}$; 行频 $f_H = 15\,625 \text{ Hz}$;

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

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

场正程 $T_{SV} = 287T_H + 20(\mu\text{s}) = 18.388 \text{ ms} \approx 18.4 \text{ ms}$;

场逆程 $T_{RV} = 25T_H + 12(\mu\text{s}) = 1.612 \text{ ms} \approx 1.6 \text{ ms}$;

帧周期 $T_z = 40 \text{ ms}$; 每帧行数 $Z = 625$ 行(其中:正程 575 行);

帧频 $f_z = 25 \text{ Hz}$; 每场行数 312.5 行(其中:正程 287.5 行)。

1.3 重现电视图像的基本参量

在理想的情况下,荧光屏上重现图像的几何形状、相对大小、细节的清晰程度、亮度分布及物体运动的连续感等,都应该与原景物一样。这实际上是不可能的。本节根据人眼

的视觉特性分析黑白电视图像转换中的几个基本参量。

1.3.1 亮度、对比度和灰度

人眼最重要的视觉功能是对客观景物的亮度感觉。亮度就是人眼对光的明暗程度的感觉。亮度一般用 B 表示,度量亮度的单位为 nit(尼特)。尼特定义为在一平方米面积内具有一烛光(cd)的发光强度,即 $1 \text{ nit} = 1 \text{ cd/m}^2$ 。

客观景物的最大亮度与最小亮度之比称为对比度。对于重现的电视图像,其对比度不仅与显像管的最大亮度 $B_{\max}$ 和最小亮度 $B_{\min}$ 有关,还与周围的环境亮度 B_D 有关,其对比度 K 为

$$K = \frac{B_{\max} + B_D}{B_{\min} + B_D} \approx \frac{B_{\max}}{B_{\min} + B_D} \quad (1-1)$$

显然,周围环境越亮,电视图像的对比度就越低。

人眼对周围环境和感觉有很强的适应性,在不同的背景亮度时,人眼对亮度的主观感觉和视觉范围是不一样的。例如:从有 40 W 照明的房间突然进入有 100 W 照明的同等房间时,人会感觉亮些;而进入只有 15 W 照明的同等房间时,则感觉暗些。但如果从装有 500 W 照明的同等房间分别进入上述 100 W、40 W 的房间时就会感觉到昏暗多了。这个例子说明在适应了一定的环境亮度后,人对明暗有一定的视觉范围,环境亮度不同,视觉范围也不同,人眼的主观感觉也会随之改变。

目前,显像管的最大发光亮度可以做到上百尼特的数量级,而所摄取客观景物的实际最大亮度可高达上万尼特,两者差别很大,重现图像是无法达到客观景物的实际亮度的。但由于人眼对背景有很强的适应性,只要保持重现图像的对比度与客观景物相等,就可以获得与客观景物一样的明暗感觉。也就是说,显像管重现的图像没有必要(也不可能)达到客观景物的实际亮度,而只要反映出它的对比度即可。通常,电视机的对比度达到 30~40 就可以获得满意的收看效果。重现图像的对比度越大,图像的黑白层次就越丰富,人眼的感觉也就越细腻、柔和。

图像从黑色到白色之间的过渡色统称灰色。灰度就是将这一灰色划分成能加以区别的层次数。为了鉴别电视机所能恢复原图像明暗层次的程度,电视台发送一个十级灰度信号。电视机经调整后在图像中能区分的从黑到白的层次数称为该电视接收机具有相应的灰度等级。我国电视标准规定:甲级电视接收机应能达到八级灰度,乙级电视接收机应能达到七级灰度。实际上,电视机只要能达到六级灰度,就能收看到明暗层次较佳的图像了。

1.3.2 视频图像信号的频带宽度

1. 一帧图像的像素

全电视信号的频带宽度与一帧图像的像素个数和每秒扫描的帧数有关。我国的电视扫描行数为 625 行,其中正程 575 行,逆程 50 行。因此,一帧图像的显示扫描行数为 575 行。也就是说,一帧图像由 575 行像素组成。一般电视机屏幕的宽高比为 4:3,因此一帧图像的总像素个数约为:

$$\frac{4}{3} \times 575 \times 575 \approx 44 \text{ 万个} = 4.4 \times 10^5 \quad (1-2)$$

2. 图像信号的频带宽度

图像信号包括直流成分和交流成分。其中直流成分反映图像的背景亮度，它的频率为零，反映了图像的最低频率。交流成分反映图像的内容，图像越复杂，细节变化越细，黑白电平变化越快，其传送信号频率就越高。显然图像信号频带宽度等于其最高频率。如果播送一幅左右相邻像素为黑白交替的脉冲信号画面，显然这是一幅变化最快的图像，每两个像素为一个脉冲信号变化周期，而我国电视规定一秒钟传送 25 帧画面，因此该图像的最高频率为

$$f_{\max} = \frac{4.4 \times 10^5}{2} \times 25 \approx 5.5 \text{ MHz} \quad (1-3)$$

考虑留有余量，可以认为图像信号的最高频率约为 6 MHz。这也是我国电视技术标准规定的图像信号的频带宽度，即为 0~6 MHz。

1.3.3 图像的尺寸与几何形状

1. 图像的尺寸

根据人眼的特性，视觉最清楚的范围约为垂直夹角 15° 、水平夹角 20° 的矩形面积。因此，目前世界各国电视屏幕都采用矩形，画面的宽高比为 4:3 或 5:4。随着电视技术的进步，帧型向大屏幕方向发展。目前，世界上已出现宽高比为 5:3、5:3.3、16:9 等尺寸。

显像管屏幕的大小常用矩形对角线尺寸来衡量，一般家用电视机屏幕对角线长度为 23~74 cm 不等。人们习惯用英寸表示，如 9、14、18、21、25 英寸和 29 英寸等，它们的对角线分别为 23、35、47、53、64 cm 和 74 cm 等。

2. 图像的几何相似性

电视重现图像要与实际景象形状相似，比例要一致。这种几何上的相似性很重要，尽管看电视时并没有将实际景象与图像相对照，重现图像有一定的失真也不易感觉出来，但是对于观众熟悉的人物或器具，若失真稍大一些就容易觉察出来，故图像失真应限制在一定的范围内。图像失真通常分为非线性失真和几何失真两种。

(1) 非线性失真

这是由行、场锯齿波电流非线性失真引起的。

设系统传送的是标准方格信号，则扫描锯齿波电流及对应的几何图像如图 1-8 所示。图 1-8(a) 是当行、场扫描电流均为线性时的理想情况，此时重现图像与原图像相似，没有几何失真。当行、场扫描电流非线性时，其重现的方格宽度、高度就会不均匀而呈现几何失真，如图 1-8(b)、(c) 所示。

(2) 几何失真

由于偏转线圈绕制和安装不当，导致磁场方向不规则、不均匀及行、场磁场彼此不垂直等，则扫描光栅将产生枕形、桶形及平行四边形几何失真。图 1-9 为枕形、桶形和平行四边形失真的情况。

图 1-9(a) 表示偏转线圈中心磁场弱、边缘磁场强，重现图像产生四个边缘向内凹陷的枕形失真。图 1-9(b) 表示偏转线圈中心磁场强、边缘磁场弱，重现图像四个边缘向外凸出的桶形失真。图 1-9(c) 表示行、场两偏转线圈产生的磁场并不垂直而造成的平行四边

形失真。

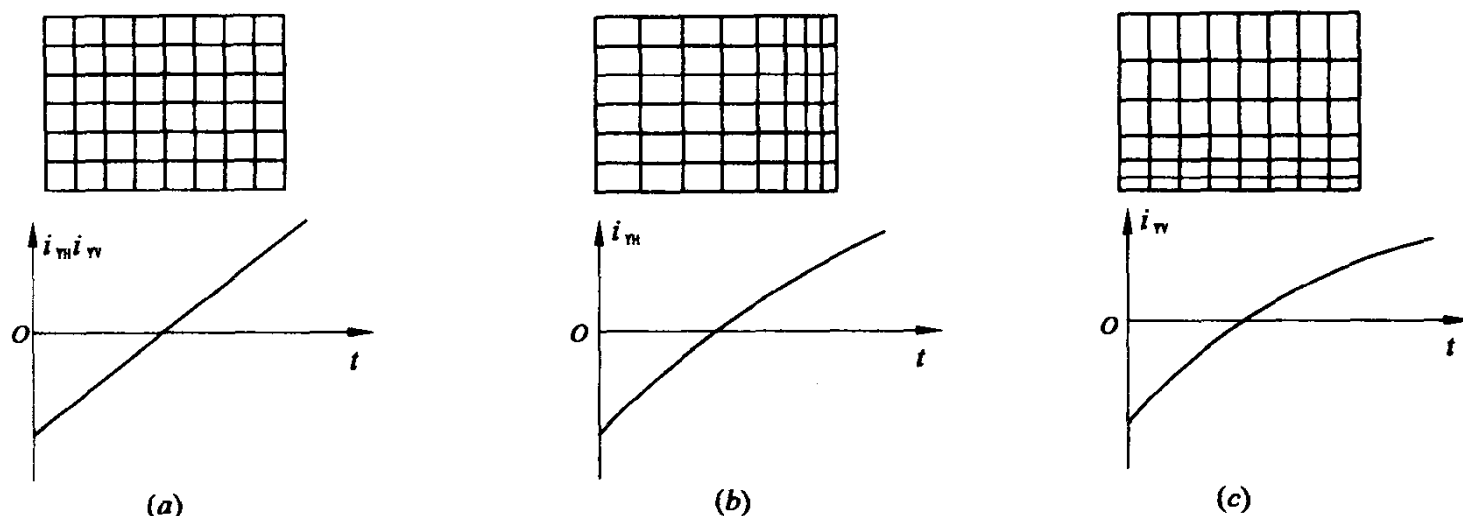


图 1-8 电视图像的非线性失真
(a) 不失真；(b) i_{YH} 失真；(c) i_{YV} 失真

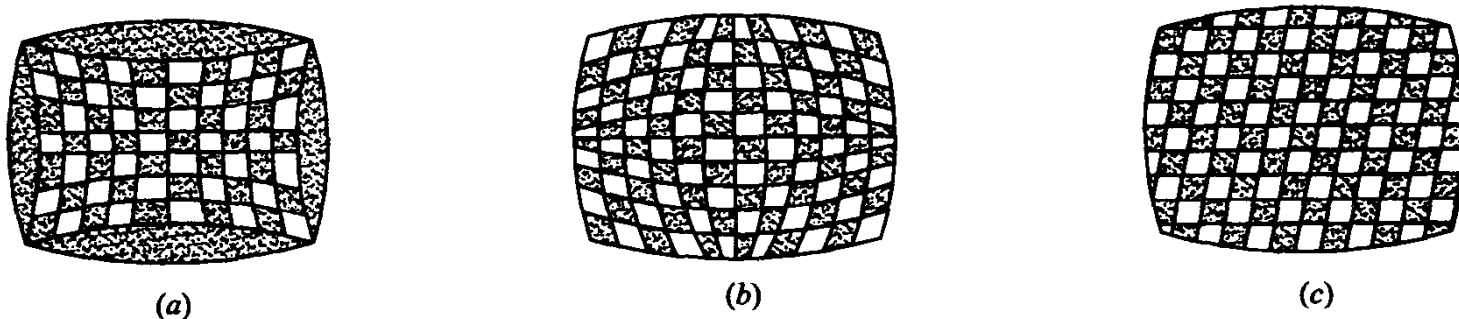


图 1-9 电视图像的几何失真
(a) 枕形失真；(b) 桶形失真；(c) 平行四边形失真

1.3.4 电视图像清晰度与电视系统分解力

电视图像清晰度是指人眼主观感觉到图像细节的清晰程度。电视系统传送图像细节的能力，称为系统的分解力。主观图像清晰度与客观系统分解力有关，因为电视的扫描行数越多，景物被分解的像素数越大，重现图像的细节越清晰，因而主观感觉图像的清晰度也越高。由于像素数的多少，很大程度上取决于扫描行数，故通常用扫描行数来表征电视系统的分解力，并称为标称分解力，如 525 行、625 行等。分解力又分为垂直分解力和水平分解力。

1. 垂直分解力

垂直分解力是指沿着图像的垂直方向上能够分辨出像素的数目。显然它受每帧屏幕显示行数 Z' (或者总行数 Z) 的限制。在最佳的情况下，垂直分解力 M 就等于显示行数 Z' 。在一般情况下，并非每一屏幕显示行都代表垂直分解力，而取决于图像的状况以及图像与扫描线相对位置的各种情况。

考虑到图像内容的随机性，有效垂直分解力 M 可由下式估算出：

$$M = KZ' \quad (1-4)$$

K 值通常取 $0.5 \sim 1$ 之间, 若取 $K=0.76$, 则有效垂直分解力 $M=0.76 \times 575=437$ 线。

2. 水平分解力

水平分解力是指电视系统沿图像水平方向能分解的像素的数目, 用 N 表示。水平分解力取决于电子束横截面大小。也就是说, 水平分解力与电子束直径相对于图像细节宽度的大小有关。

电子束在水平方向扫描与垂直方向扫描完全不同。垂直方向一定要一行一行地扫描, 相邻行之间的扫描线不重叠; 而水平方向则是连续地扫描过去的。以摄像管为例, 尽管电子束可以聚焦得很细, 但总有一定的截面积(接近于像素), 因此它在水平方向扫描时将使黑白像素界线模糊, 转换成的图像信号电压不能突变, 存在一过渡期。如果图像细节比电子束更小, 这时则根本反映不出这种细节的变化了, 即扫描电子束存在一定的截面积使电视系统水平分解力下降, 这种现象称为孔阑效应。

实际上, 在显像管电光转换中也存在上述的孔阑效应, 但因摄像管光电靶的面积远小于显像管荧光屏, 因而摄像管的孔阑效应是主要的。为了克服孔阑效应, 在电视发送端采用了专用电路进行校正。

从减小孔阑效应提高水平分解力考虑, 需要减小电子束直径。但电子束直径太细, 则在保持每帧行数不变的前提下, 将在行与行之间产生明显空隙, 画面被扫描到的部分将减少, 从而降低了传输效率。因此应合理选择电子束直径, 以等于扫描行间距为适宜。

实验证明, 在同等长度条件下, 当水平分解力等于垂直分解力时图像质量最佳。由于一般电视机屏幕的宽高比为 $4:3$ 。故有效水平分解力 N 可根据式(1-4)求出:

$$N = \frac{4}{3}M = \frac{4}{3}KZ' = \frac{4}{3} \times 0.76 \times 575 = 583 \text{ 线} \quad (1-5)$$

1.3.5 每帧图像扫描行数的确定

前面已经讨论过, 为了获得图像的连续感、克服闪烁效应并不使图像信号的频带过宽, 我国电视标准规定帧频为 25 Hz , 采用隔行扫描, 场频为 50 Hz 。这样的场频恰好等于电网频率, 还可以克服当电源滤波不良时图像的蠕动现象。

由于扫描行数决定了电视系统的分解力, 从而决定了图像的清晰度, 因此在电视标准中确定扫描行数是一个极为重要的问题。我国规定每帧含 625 行。

在帧频一定时, 每帧行数越多, 电视系统反映图像细节的能力就越强, 但同时信号占用的频带也相应加宽。事实上, 由于人眼在一定距离内分辨图像细节能力有一定限度, 因此没有必要过分提高每帧行数。于是, 可依据人眼的这一视觉特性来确定每帧图像扫描行数。

图 1-10 绘出了人眼分辨图像细节能力的示意图。图中, θ 为分辨角, 是在一定距离 L 时, 人眼恰能分辨的两个黑点之间的夹角。显然 θ 越小, 表示人眼的分辨力越强; 反之则越弱。因此, 可以定义人眼的分辨力为分

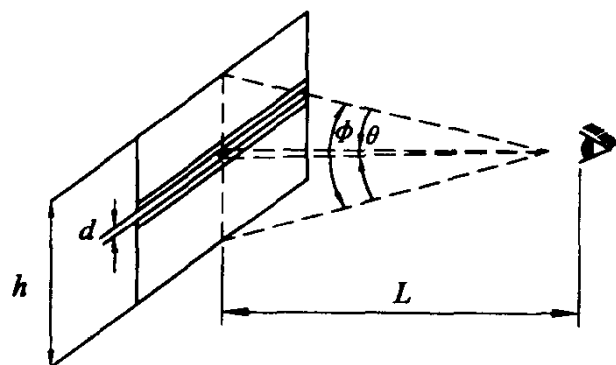


图 1-10 人眼的分辨力示意图

辨角的倒数。 d 为两个黑点之间距离即行距； h 为屏幕高度； φ 为视觉清楚区域张角； L 为最佳观看距离。由图不难看出： θ 与行距 d 、距离 L 的关系为

$$\theta = \frac{360}{2\pi} \times 60 \times \frac{d}{L} \quad (1-6)$$

式中， θ 以分为单位。设屏幕高度为 h ，屏幕有效显示行数为 Z'

$$Z' = \frac{h}{d} \quad (1-7)$$

将式(1-6)代入式(1-7)，得到

$$Z' = \frac{360}{\pi} \times 60 \times \frac{h}{L} \times \frac{1}{\theta} \quad (1-8)$$

正常人眼的分辨角在 $1' \sim 1.5'$ 之间，通常取 $\theta = 1.5'$ ；观看电视的最佳距离为 $L \approx 4h$ （由人的视觉清楚的区域 $\varphi \approx 15^\circ$ 得出），将此两值代入式(1-8)，即可算出相应的屏幕显示行数 $Z' = 537$ 。我国电视标准规定屏幕显示行数为 575 行，再考虑每帧逆程的 50 行，即确定了每帧总行数为 $Z = 625$ 行。

1.4 全电视信号

黑白电视的全电视信号包括图像信号、复合消隐信号、复合同步信号。图像信号反映了电视系统所传送图像的信息，是电视信号中的主体，它是在场扫描正程期的行扫描正程期内传送的。其它几种信号则是为了保证图像质量而设的辅助的、但却亦是必需的信号。其中，复合消隐信号是为了消除回扫线而使图像清晰；而复合同步信号的作用主要是使重现图像与摄取图像确实同步，正确重现图像并使之稳定。这些辅助信号都是在行、场逆程期间传送的。

1.4.1 图像信号

图像信号由发送端的摄像管产生，通过摄像管内的靶电极，把明暗不同的景象转换为相应的电信号，然后经信号通道传送处理，从而形成图像信号，图 1-11 为两行图像信号的波形。

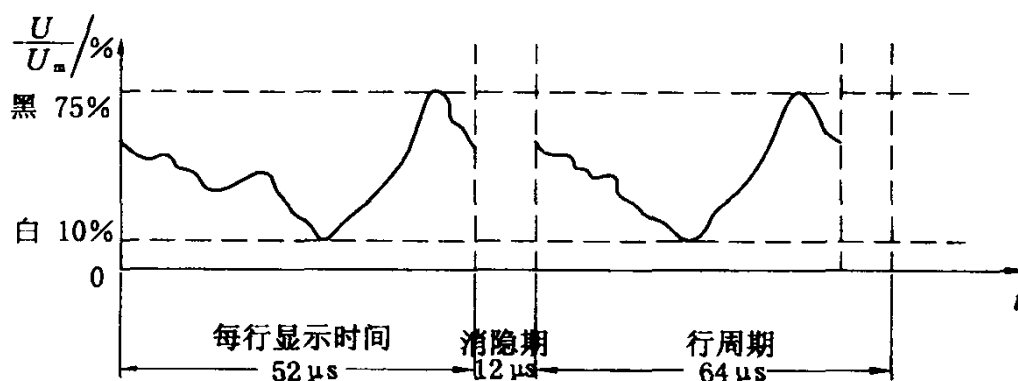


图 1-11 图像信号

图像信号的幅度在电视信号相对幅度的 75% 以下，一般在 12.5%~75% 之间。其中，幅度为 12.5% 的电平称之为白电平，幅度为 75% 的电平称之为黑电平。图像信号是以 64

μs 为周期的周期性信号，其中每行显示 $52\ \mu\text{s}$ 。

1.4.2 复合消隐信号

复合消隐信号包括行消隐和场消隐两种信号，如图 1-12 所示。

行消隐信号用来确保在行扫描回程期间显像管的扫描电子束截止，不传送图像信息；场消隐信号是使在场扫描回程期间扫描电子束截止，停止传送图像信息。因此在行、场回扫期间荧光屏上不出现干扰亮线(即回扫线)。

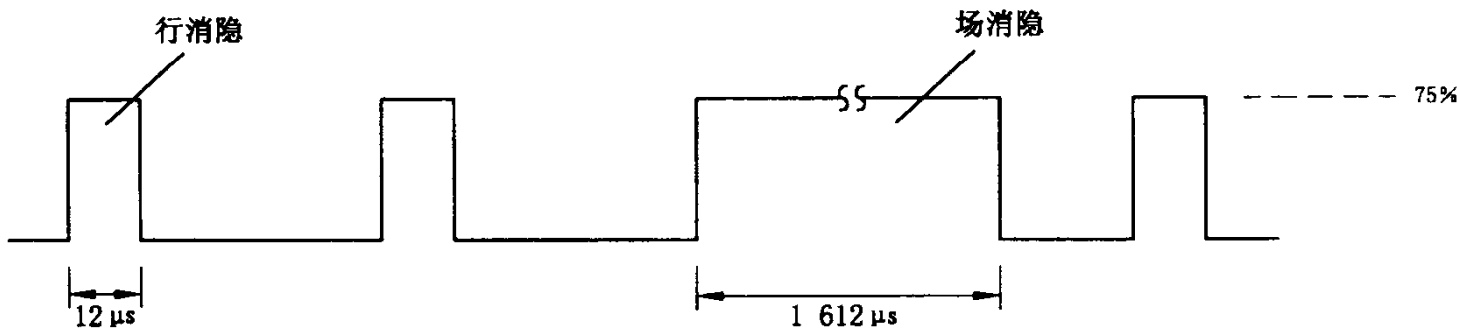


图 1-12 复合消隐信号

行、场消隐脉冲的相对电平为 75%，相当于图像信号黑电平。行消隐脉宽为 $12\ \mu\text{s}$ ，周期为 $64\ \mu\text{s}$ ，场消隐脉宽为 $1\ 612\ \mu\text{s}$ ，周期为 $20\ \text{ms}$ 。

1.4.3 复合同步信号

复合同步信号是由行同步信号、场同步信号、槽脉冲和前后均衡脉冲组成。

1. 同步的重要性

电视图像的发送与接收是靠电子扫描对图像的分解与合成实现的。要想使接收机重现发送端的景象，必须严格保证发送端与接收端的电子扫描步调完全一致，也称为同步；否则，重现的图像就不正常。图 1-13 列出了图像收送不同步的几种情况。

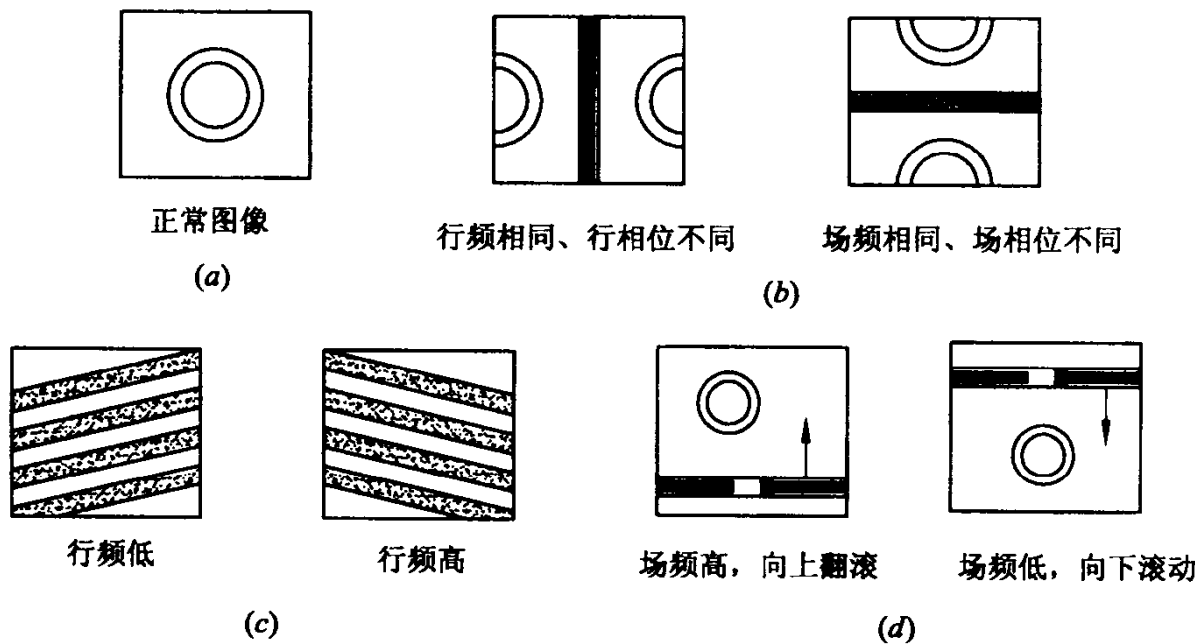


图 1-13 收送不同步造成接收图像异常

由图 1-13(b)可知,当接收端的扫描初相位与发送端不同步时,就会出现图像分裂现象。其中,行扫描发收相位不同步时,图像左右分离;场扫描发收相位不同步时,图像上下分离。由图 1-13(c)、(d)可知,当接收端扫描频率不同步时,图像出现异常。

当行频不同步时,如图 1-14 所示:图 1-14(a)为发射台发送的三行复合视频图像信号波形,图 1-14(b)为接收机行扫描与发送端同步时的波形。当接收机行频 f_H 高于发送端的行频时,由图 1-14(c)可知,逆程消隐黑点出现在行扫描正程的开始部分,且从下往上移。由于行扫描是自左向右以每帧 625 行进行的,所以每行的消隐黑点依次右移,在荧光屏上出现向右下方倾斜的消隐黑线,严重时可把图像撕裂;反之,当接收端 f_H 低于发送端的行频时,由图 1-14(d)分析可知,荧光屏上将出现向左下方倾斜的消隐黑线。

当场频不同步时,如图 1-15 所示:图 1-15(a)为发射台发送的一场复合视频图像信号波形,图 1-15(b)为接收机场扫描与发送端同步时的波形。当接收端的场频 f_V 高于发送端的场频时,由图 1-15(c)可知,逆程消隐黑带就出现在场扫描正程开始部分,且从下往上移。因为场扫描是自上往下进行的,所以在荧光屏上部会出现消隐黑带。由于场扫描以每秒 50 场进行,每场黑带都移动,从而形成整个图像向下滚动;反之,当接收端 f_V 低于发送端的场频时,图像将向上滚动。

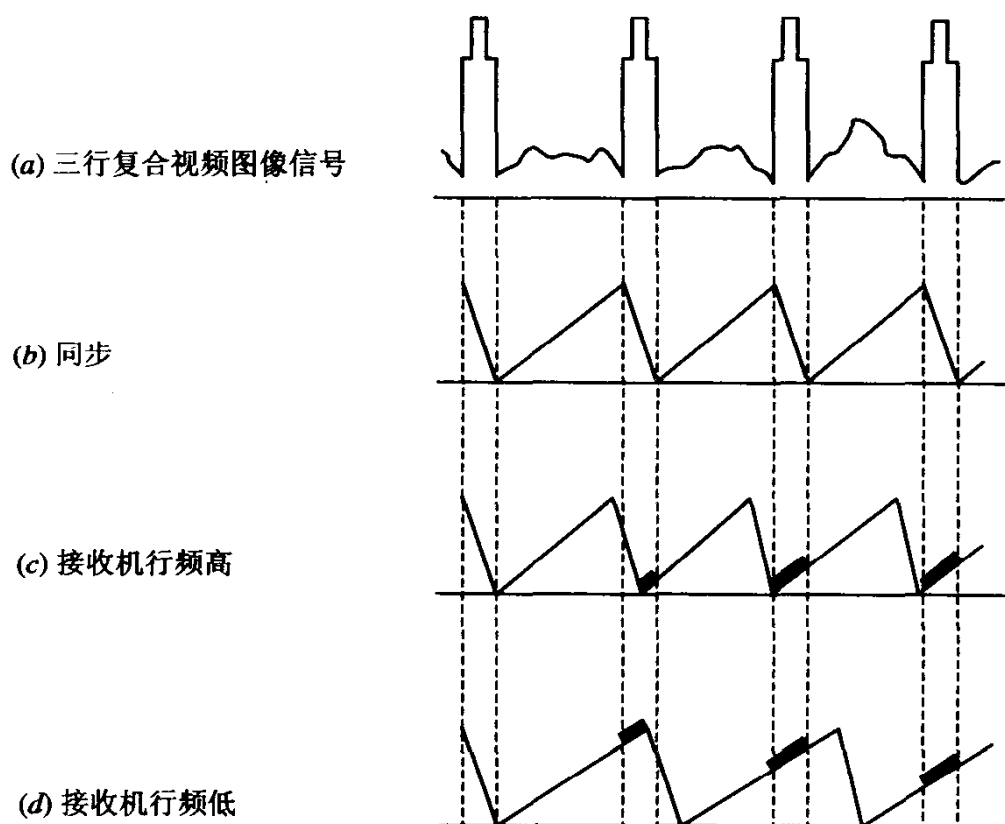


图 1-14 行扫描不同步

为了保证发送信号和接收信号在相位和频率上一致,电视台设有同步机产生行、场同步信号,与图像一起发送出去。