

高等学校教材

教育电视系统

杨圭南 编著



高等教育出版社

高等学校教材

教育电视系统

杨圭南 编著

高等教育出版社

内 容 简 介

本书用通俗易懂的语言，系统地介绍了教育电视系统中的主要设备的基本原理、系统工作过程和配置要求。全书共分八章，第一、二章讲述了彩色电视基本知识；第三章讲述了彩色电视摄像管、CCD摄像器件及彩色电视摄像机；第四章阐述了彩色监视器和彩色电视接收机；第五章介绍了视频特技；第六章讲述了磁带录像机原理及其最新发展；第七章通过各种教育电视节目制作系统的实例分析了系统工作过程和系统配置要求；第八章介绍了几种常用的教育电视传输系统。

本书是高等院校电化教育类专业的教材，并可供从事教育电视工作者阅读参考。

(京)112号

高等学校教材

教育电视系统

杨圭南 编著

高等教育出版社出版

新华书店总店科技发行所发行

河北省香河县印刷厂印装

开本 850×1168 1/32 印张 10.25 插页 4 字数 260 000

1991 年 5 月第1版 1993 年 3 月第3次印刷

印数3 270—4 123

ISBN7-04-003312-7/G·223

定价 4.40 元

前 言

70年代初期,盒式录象机首次进入市场,在这之后10余年里,录象技术迅速发展,并向包括教育在内的许多领域渗透,这种趋势导致了教育领域中一场技术革命。在发达国家中这项技术已在各类学校中广泛应用。我国近10年来录象技术在教育领域中也得到迅速发展,全国各省市的电教馆和大专院校都建立了演播室,配置了电视教材的制作系统,制作了大量电视教学节目,为教师教学和学生学习了新的教学和学习的手段,丰富了教学资源,提高了教学质量,因此,得到了普遍重视和推广。1986年10月我国又开办了卫星电视教育节目,更促进了教育电视的进一步发展,而为其服务的教育电视系统相应也得到了发展。为了适应电视教育发展的需要,在许多高等院校的电化教育类专业中,开设了有关教育电视系统的课程。本书是在笔者几年来编写的课程讲义的基础上,经过整理、补充而成的。书中从应用的角度来分析和解决问题。在原理部分,不是注重于对设备内电路设计和计算,而是着重于电路物理性能的分析,以便于了解和掌握这些电路的特点和功能,在介绍电路物理性能的基础上,根据教育电视的特点,提出各种典型系统实例加以分析,达到正确配置和使用各种教育电视节目制作系统的目的。

本书在分析方法上,力求概念清楚,深入浅出,突出重点,如在第三章中分析编码电路时,结合我国的实际,首先重点分析PAL制的编码器,在全面讲述了该制式的编码器的基础上,再介绍其它制式的编码器,这样避免了以往在讲述该段中的重复、繁琐而抓不着重点的缺陷。在第四章中,锁相压控振荡器一节是比较复杂且不易理解的,在本书中采用了分析模拟相乘器的方法,由浅入深,使学生逐渐掌握复杂的内容。在第六章中介绍了模拟复合信号录象机的新发展和模拟分量录象机,以便了解录象

机的发展趋势，拓宽学生的知识面。

全书共分八章，一、二章讲述了彩色电视基本知识，三至六章讨论了教育电视系统中主要设备的基本原理和特性，第七章通过各种系统实例分析了系统工作过程和系统配置要求及注意事项，最后一章为教育电视的传输系统，介绍了几种常用的系统并提出了各自的优缺点。

在编写此教材的过程中，西南师范大学陈承志教授、上海高教电教馆王绥祥高级工程师、西北师范大学黄宝文副教授、华南师范大学李运林教授审阅了初稿，并提出宝贵的修改意见，在此表示衷心的感谢。

由于本人水平所限，书中一定会有错误不妥之处，欢迎广大读者和同行批评指正。

杨圭南

1990年4月

目 录

前言	(1)
第一章 电视传象及电视图象基本参量	(1)
§ 1.1 电视扫描.....	(1)
§ 1.2 扫描的正程、逆程和消隐信号.....	(2)
§ 1.3 隔行扫描.....	(3)
§ 1.4 图象的同步和同步信号.....	(5)
§ 1.5 电视信号的组成和特点.....	(9)
§ 1.6 图象信号的传输系统.....	(14)
第二章 视觉特性与三基色原理	(16)
§ 2.1 亮度与彩色视觉.....	(16)
§ 2.2 光源的色温与标准光源.....	(20)
§ 2.3 三基色原理.....	(22)
§ 2.4 配色实验.....	(24)
§ 2.5 配色定律.....	(26)
§ 2.6 色坐标.....	(27)
第三章 彩色电视摄象机原理	(38)
§ 3.1 彩色摄象机的光学系统.....	(39)
§ 3.2 摄象器件.....	(43)
§ 3.3 电路系统 (包括视频图象处理及编码电路)	(56)
§ 3.4 摄象机中的自动调整.....	(90)
第四章 彩色监视器与彩色电视接收机	(96)
§ 4.1 PAL制彩色监视器的组成	(96)
§ 4.2 解码电路.....	(97)
§ 4.3 彩色显象管及其附属电路.....	(121)
§ 4.4 同步分离电路及偏转电路.....	(129)
§ 4.5 彩色电视接收机的组成.....	(144)
§ 4.6 高、中频电视信号的处理.....	(145)

第五章 视频切换与特技效果	(163)
§ 5.1 视频电视信号的切换.....	(163)
§ 5.2 慢转换与特技效果.....	(168)
第六章 彩色盒式磁带录象机	(183)
§ 6.1 概述.....	(183)
§ 6.2 磁记录与重放基本原理.....	(184)
§ 6.3 视频记录原理.....	(190)
§ 6.4 录象机的基本构造.....	(197)
§ 6.5 电子编辑.....	(232)
§ 6.6 录象机的发展.....	(236)
第七章 教育电视节目的制作系统	(255)
§ 7.1 前期节目制作系统.....	(256)
§ 7.2 后期节目制作系统.....	(277)
第八章 教育电视的传送系统	(294)
§ 8.1 电视广播系统.....	(294)
§ 8.2 闭路电视系统.....	(302)
§ 8.3 微波传送系统.....	(308)
§ 8.4 卫星广播电视系统.....	(311)

第一章 电视传象及电视图象基本参量

§ 1.1 电 视 扫 描

人眼所以能看到周围的景物，是因为人眼感觉了从这些景物上反射出来的光线。因此，要想利用电信号来传送景物的内容，首先必须在发送端把光图象变为电信号，然后，再将传输到接收端的电信号变成光图象，这样才能为视觉所接收。根据人眼视觉特性，彩色景物要用三个基本参量来描述，即亮度、色调、色饱和度。这三个量都是空间与时间的函数。

$B(x, y, z, t)$ —— 亮度

$\lambda(x, y, z, t)$ —— 色调 (1.1)

$\rho(x, y, z, t)$ —— 色饱和度

如果传送的只是黑白平面图象，则仅用亮度式表示即可，而三维空间变量 (x, y, z) 变为二维平面变量 (x, y) ，即黑白平面图象可用 $B(x, y, t)$ 表示。如果要变为只与时间有关的亮度信号，即一维时间函数来传送，还必须采取措施，将平面坐标 (x, y) 变换为时间 t 的函数。在电视中是把黑白景物分解成 n 个细小单元，每个小单元称为一个像素。图1-1中实线所示的就是这种

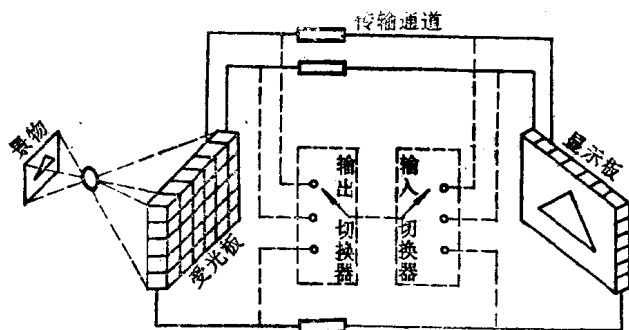


图1-1 电视图象同时传递系统

方法。从图中可以看到景象在一个由 n 个独立光电元件组成的光电元件板上形成图象，每个象素的亮度对时间的变化，用一个电压对时间的变化来代表，这样就有 n 个信号。另外，对应于受光板再做一个由 n 个光电元件组成的显示板，并且把两板相对应的单元用导线连接起来，这样在显示板上就能够把受光板上成象的图象用光的强弱显示出来，这种传送方法称为同时传送系统。该系统实际上是行不通的，因为要得到高质量的图象，至少有几十万个象素，显然，要用几十万个传输通道同时传送图象信号是不可能的。假如做一个受光板的输出切换器和一个显示板的输入切换器（如图1-1虚线所示），并且使这两个切换器同时对应于各单元进行高速同步切换。这样只需用一条传输通道来传送一个个单元（象素）的亮度信号。这个系统称为顺序传送系统。由于人眼的视觉特性，在显示板上看到的不是断断续续出现的光点，而是一整幅图象。在电视中是用电子方式来实现这种切换的，即用电子束从左到右，从上到下的顺序接通受光板上的每一点（象素），并连续把它们的亮度变化转换成电信号，这种方式称电子束扫描。扫描得到的电信号经过单一通道传输以后，再用电子束扫描显示板把电信号转换成与原象素一一对应的亮度，并复合成图象。这样通过扫描便把空间坐标 x 和 y 变为时间 t 的函数，使亮度信号成为时间的一维函数。即

$$B = F(t) \quad (1.2)$$

§ 1.2 扫描的正程、逆程和消隐信号

电子束扫描的过程，是将图象上各象素的光的信息转变为顺序传送的电信号，并将这些顺序传送的电信号再重现为光的图象的过程，即图象分解和复合过程。这两种过程分别在摄像管和显象管中完成。在摄像管中电子束在水平方向从左至右并产生信号的过程称为“行正程扫描”，而迅速地返回左端的过程，则称为“行逆程扫描”。同样，电子束沿行逐渐向下方移动的过程，则

称为“帧正程扫描”。当电子束扫描完一帧画面后，迅速地从靶面下面返回到上面来，随即扫描第二帧画面，如此继续不断地扫描其它各帧。电子束在扫完一帧后，迅速地由下面返回到上面来的这种运动过程，称为“帧逆程扫描”。这种一行挨着一行扫描的方式称为逐行扫描方式。在显象管中电子束的扫描运动和摄像管中一样。

不论是在行扫描逆程或帧扫描逆程期间，让电子束扫过象素是无益的，它只能起干扰图象的作用。为了消除这种干扰，就要在摄像管和显象管中加入能使电子束在逆程期间被截止的消隐脉冲信号，行逆程期间切断电子束的信号叫做“行消隐信号”，帧逆程期间切断电子束的信号称为“帧消隐信号”。显然，这种脉冲信号的宽度应该稍大于扫描逆程时间，其周期为行、帧扫描周期。

§ 1.3 隔 行 扫 描

由于人眼的分辨力是有限的，因此，对画面分解的象素数 n 的要求也有一定的限度。根据视觉对景物细节的分辨能力，我们估算一下，一幅图象在垂直方向上的象素数 n 。如图1-2所示，设电视显示屏幕的高为 H ，宽度为 W ，观看者到屏幕中心距离为 D ，垂直方向相邻的两个象素之间距离为 d ，则垂直总象素 n 为

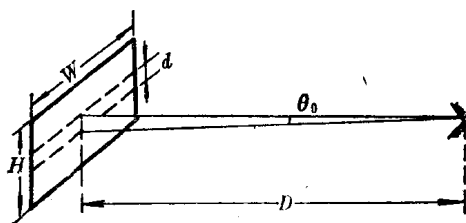


图1-2 垂直分辨率

$$n = \frac{H}{d}$$

当视角很小时

$$\operatorname{tg} \frac{\theta_0}{2} \approx \frac{\theta_0}{2} \quad \theta_0 \approx \frac{d}{D}$$

故

$$d = D\theta_0$$

因而

$$n = \frac{H}{D\theta_0} \quad (1.3)$$

由此可见，象素 n 与标准观看距离 D ，屏幕的高度 H 及生理极限角 θ_0 。（在正常照度与观看距离条件下，人眼能分辨被观察物体细节时的最小视角）有关。根据人眼的视察特性，一般取成象面为矩形面，其宽高比为4:3关系，即 $W/H = 4/3$ ，而观看距离在正常情况下为4—6倍屏幕高度，即 $D \approx 4H$ ，生理极限角 $\theta_{0 \min} = 1'$ ，此时象素为

$$n = \frac{H}{\theta_0 D} = \frac{H}{\theta_{0 \min} \times 4H} = \frac{1}{0.0003 \times 4} \approx 833$$

由上面估算，看到要分清图象垂直细节，应在图象垂直方向上大约分为833个象素，这个象素数值，即垂直分解力。实际上就是一帧图象的扫描行数。考虑到扫描行数增加，使传输设备的频宽增加（这一点在下面分析），经济成本提高，因此，在保证一定清晰度的情况下，需尽量减少扫描行数。我国大陆规定每帧画面扫描625行，而日本、美国则为525行。

人眼对光无闪烁感的频率为48到60 Hz（赫兹），即要求屏幕上每秒更换的图象帧数应该不少于48—60次。在电视中采用和电影技术相类似的办法，把每一帧图象分两次扫描，称为两场。第一场扫描1, 3, 5……奇数行，称奇数场。第二场扫描2, 4, 6……偶数行，称为偶数场。这种扫描方式，称为隔行扫描。如图1-3所示。按我国大陆电视标准，每帧图象有625行，每场就有312.5行，每秒扫描25帧，但由于隔行扫描，所以每秒扫描50场，称为场扫描，而逆程的消隐信号也相应成为场逆程消隐信

号，它与行消隐信号组成“复合消隐信号”，如图1-4所示。显然，采用了隔行扫描，使显象管屏幕上图象显亮的频率为每秒50次，达到了上述不会产生闪烁感觉的要求。

总之，隔行扫描，降低了帧频，从而压缩了图象的传输频带，因此，目前世界上所有广播教育电视都采用隔行扫描。

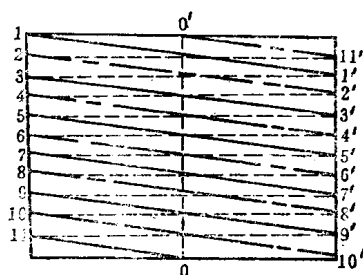


图1-3 隔行扫描光栅

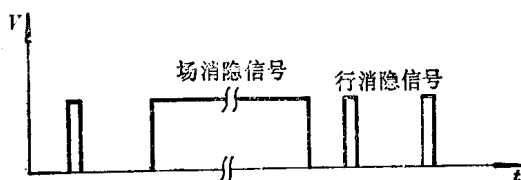


图1-4 复合消隐信号

§ 1.4 图象的同步和同步信号

电视图象中各像素，除亮度随时间变化外，它还在空间占有^{*}一定位置，因此，要求接收端与发射端扫描点应有一一对应的几何位置，即显象管内电子扫描规律和摄象管中相同，而且步调也要时刻保持一致，不能有任何前后错开现象。要达到这种要求，首先是两方面的扫描频率必须相同。当摄象管中行扫描频率低于显象管中行扫描频率时，摄象管中第一行末的像素将在显象管的第二行左端重现，而摄象管中第二行的部分像素又在显象管第三行中重现等等，这样使重现图象排列与原图象排列不同，杂乱无章，无法辨认。若场扫描频率不同时，则将会看到一幅幅画面向上移动或向下移动，频率相差愈多，移动速度越快。因此，如果

双方扫描频率不同,将产生重现图象的混乱和不稳定。按我国大陆电视标准规定,场扫描频率为50Hz,行扫描频率则为 $50 \times 312.5 = 15625\text{Hz}$ 。另外,每一行和每一场开始扫描的时刻也应该一样,即扫描的起始相位也要一致,不然同样会产生重现图象的畸变,如图1-5所示。达到上述两点要求,即摄像管的电子束扫描与显象管的电子束扫描同频、同相,这时,称摄像端与显象端或发射端与接收端“同步”了。上述说明在电视技术中,严格地保证接收端和发射端扫描运动互相同步是非常重要的。因此,在教育电视系统中,设有叫做“同步机”的特殊设备,它专门产生几种脉冲信号,其中有“行同步信号”、“场同步信号”、“行消隐信号”、“场消隐信号”等,这些信号在摄像端使电子束按一

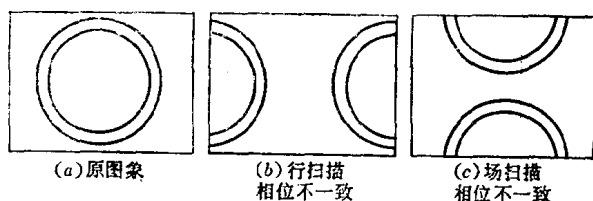


图1-5 扫描相位不一致引起的图象分裂现象

定规律扫描,从而产生图象信号,并在消隐期使电子束截止。图象信号经放大再与同步机送来的信号混合在一起,传送到接收端去控制显象管中的电子束的扫描运动,使其与摄像管中的电子束扫描运动完全一致,即实现“同步”,以便保证图象中各象素的位置在显象管的荧光屏上正确重现。行同步信号和场同步信号的基本波形如图1-6所示。如用 H 表示行同步信号的周期,则 $H = 1/15625 = 64\mu\text{s}$ (微秒),行同步信号的宽度为 $4.7\mu\text{s}$ ($0.08H$)。而场同步信号的周期为 $T_v = 1/50 = 20\text{ms}$ (毫秒),场同步信号的宽度为 $2.5H$ ($160\mu\text{s}$)。行、场两种同步信号同时传送,它们混合在一起,称为“复合同步信号”,由于一帧画面是分两场来扫

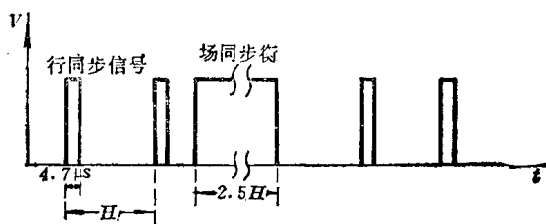


图1-6 同步信号基本波形

描的，每场的时间均等于 $1/50\text{s}$ （秒），于是在每场时间内都扫描了 $625/2 = 312.5$ 行，在图1-7中将奇数场和偶数场的复合同步信号分两排画出，并把两个场同步信号的始端位置在时间上对齐，可以看到，在奇数场，当扫描结束时，其最后一个行同步脉冲信号和场同步脉冲信号在时间上的间隔是半行（ $\frac{1}{2}H$ ）。而在偶数场结束时，最后一个行同步脉冲和场同步脉冲在时间上的间隔则是一行（ $1H$ ），所以行同步信号的位置在奇、偶场中是

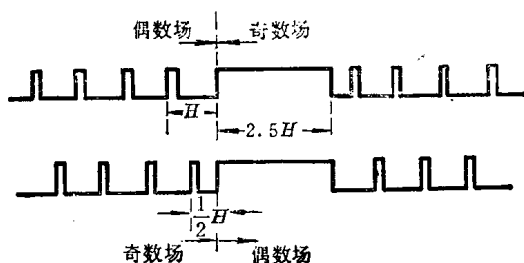


图1-7 奇、偶场的简单复合同步信号

有半行（ $\frac{1}{2}H$ ）之差的。

为了保证在场同步信号到来时，行扫描依然得到准确的同步，不丢失行同步，在 $2.5H$ 宽度的场同步信号持续期间内形成五个窄槽，即齿脉冲，用齿脉冲的后沿来代表这一期间的行同步信号。图1-8（a）所示为形成齿脉冲后的复合同步信号波

形，齿脉冲宽度为 $4.7\mu\text{s}$ ，其间隔等于半行，即 $\frac{1}{2}H$ 。另外，上面已提到，由于采用的是奇数行隔行扫描（625行），故两场的场同步起始时间距前面的行同步信号的时间不等，一场相距一行，另一场相距半行，从而在接收端利用“积分电路”分离出的场同步信号的波形是有差别的，其中奇数场在迟后于场同步信号前沿 t_1 时，进入逆程，而偶数场却在迟后 t_2 时进入逆程，有一时间差 Δt ，这将使接收端的隔行扫描不准确，导致并行，使重现图象垂直清晰度下降。如图1-8(b)所示，其中奇数场用实线代表，偶数场用虚线代表。为了消除时差 Δt ，使两场的同步作用在时间

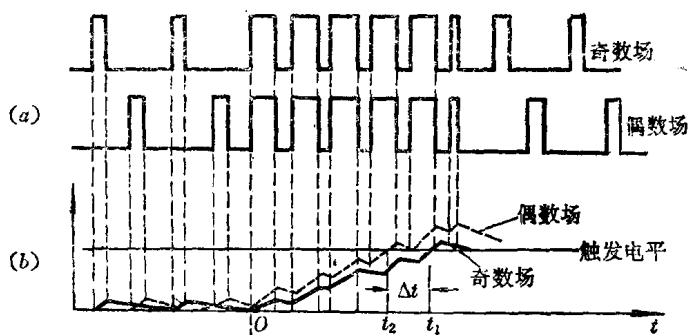


图1-8 奇、偶数场同步的时差

上是一致的，需将场同步信号的前后 $2.5H$ 期间内的原行同步脉冲频率提高一倍，这就使在场同步期间和其前后共 $7.5H$ 内，奇、偶场波形完全一致。如图1-9所示，两场的场同步脉冲积分起始电平相同，经积分后两场输出波形也一致，保证两场的的时间间隔相同。把场同步前后的两倍频的脉冲称为“均衡脉冲”，场同步前面的脉冲称前均衡脉冲，场同步后面的脉冲称后均衡脉冲，均衡脉冲宽度为行同步脉宽的一半，即 $2.35\mu\text{s}$ ，间隔等于半行，即 $\frac{1}{2}H$ 。

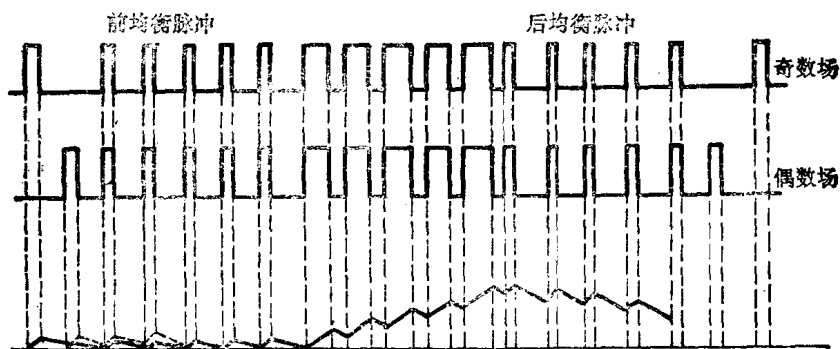


图1-9 有均衡脉冲时积分后的奇、偶场同步脉冲

§ 1.5 电视信号的组成和特点

在教育电视系统中，用来传送黑白图象的电视信号是由图象信号、复合消隐信号和复合同步信号三者按一定比例组成的，复合同步信号只是为了达到扫描的“同步”目的，不应影响图象内容。另外，为了便于用简单的幅度分离法分出同步脉冲，把复合同步信号叠加在复合消隐信号上。图1-10是以黑白图象为

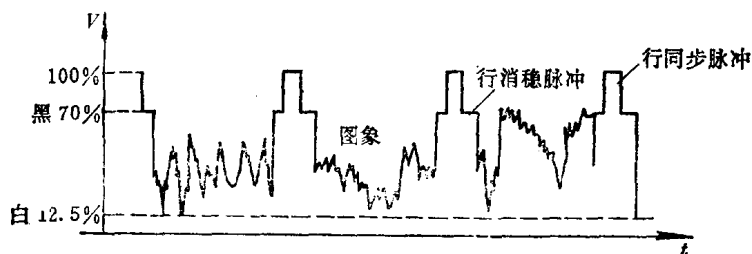


图1-10 三行电视信号

例的三行电视信号，其中图象信号，白色部分振幅最小，称白电

平，其幅度为10—15%。黑色部分幅度最大，称黑电平，其幅度为70%，而消隐信号的顶端就是黑电平，介于黑电平与白电平之间的则为灰色电平，同步信号具有最高幅度，为100%，它是比黑色还黑的电平，这种形式的电视信号称负极性的全电视信号。而与此相反的，白电平为最高幅度，黑电平为最低幅度称正极性全电视信号。国际上统一规定，标称的全电视信号幅度为1伏峰——峰值，其中同步脉冲幅度占0.3V(伏)，图象信号的幅度占0.7V，二者的分界处为消隐电平。

电视图象内容仅在扫描正程传送，扫描逆程传送消隐、同步等其它辅助信号。在一般情况下，图象内容是任意的，相应的电压波形也是随时间任意变化的，但是，由于采用了周期性的扫描方法，使电视图象信号也就具有了周期性特点。例如，传送一幅特殊的黑白静止图象，如图1-11(a)所示，所得到的图象信号波形为按行扫描频率周期性重复的方波，周期为 $T_H = \frac{1}{f_H} = 64\mu s$ ，

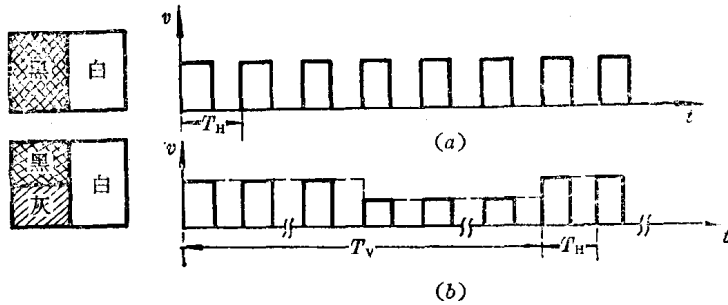


图1-11 特殊图象及波形

方波可以用它的基波 f_H 和各次谐波 nf_H 的总和频谱表示。如果亮度在垂直方向上也有变化，如图1-11(b)所示，则得到图象信号波形是幅度受场频方波调制的行频方波，它的频谱应是行频及其谐波组成的主谱线，在主谱线两侧对称地分布由场频及其谐波组