

高等学校交流讲义

# 无线电电子学

WUXIANDIAN DIANZIXUE

第三册

华东师范大学物理系电子学教研组编著

人民教育出版社

高等学校交流言



418000



# 无 綫 电 电 子 学

WUXIANDIAN DIANZIXUE

第 三 册

华东师范大学物理系电子学教研组編著

人 民 教 育 出 版 社



# 第三册目录

## 第十二章 电视.....1

|               |                  |                 |                   |                   |                  |
|---------------|------------------|-----------------|-------------------|-------------------|------------------|
| 12.1 引言.....1 | 12.2 电视摄像机.....3 | 12.3 电视讯号.....3 | 12.4 电视发射机.....17 | 12.5 电视接收机.....20 | 12.6 彩色电视.....40 |
|---------------|------------------|-----------------|-------------------|-------------------|------------------|

## 第十三章 傳輸綫、天綫与 电波傳播.....47

|                      |                                 |                      |                          |                      |                         |                      |                    |                          |                      |                      |                     |                    |                    |                                   |                        |
|----------------------|---------------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|--------------------|--------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|--------------------|--------------------|-----------------------------------|------------------------|
| 13.1 傳輸綫的基本特征.....47 | 13.2 傳輸綫的基本方程与基本<br>方程的解.....51 | 13.3 傳輸綫的特性参数.....55 | 13.4 理想綫上电压与电流的分布.....57 | 13.5 傳輸綫的输入阻抗.....62 | 13.6 傳輸綫作諧振电路的用途.....66 | 13.7 傳輸綫的匹配問題.....67 | 13.8 傳輸綫的圖示.....69 | 13.9 电流元(或偶极子)的輻射.....72 | 13.10 半波天綫的輻射.....74 | 13.11 单根长綫的輻射.....76 | 13.12 天綫陣的輻射.....79 | 13.13 天綫的参数.....82 | 13.14 天綫的阻抗.....85 | 13.15 地面对天綫的輻射特性及<br>阻抗的影响.....89 | 13.16 几种实用天綫的介紹.....91 |
|----------------------|---------------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|--------------------|--------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|--------------------|--------------------|-----------------------------------|------------------------|

|                           |                           |                          |                   |                                 |                        |                                     |                     |                      |                  |
|---------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------|---------------------------------|------------------------|-------------------------------------|---------------------|----------------------|------------------|
| 13.17 天綫与发射机的耦合問題.....104 | 13.18 无线电波的几种傳播方式.....105 | 13.19 地面对无线电波的反射.....106 | 13.20 电离层.....108 | 13.21 电离层对无线电波傳播的<br>影响.....109 | 13.22 长波及中波的傳播.....115 | 13.23 长波、中波及地面波的电磁<br>强度的計算.....116 | 13.24 短波的傳播.....118 | 13.25 超短波的傳播.....120 | 13.26 干扰.....122 |
|---------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------|---------------------------------|------------------------|-------------------------------------|---------------------|----------------------|------------------|

## 第十四章 微波与雷达.....123

|                 |                        |                          |                  |                     |                    |                     |                 |
|-----------------|------------------------|--------------------------|------------------|---------------------|--------------------|---------------------|-----------------|
| 14.1 引言.....125 | 14.2 微波在波导內的傳播.....125 | 14.3 电磁波在圆波导內的傳播.....136 | 14.4 諧振腔.....140 | 14.5 微波傳輸元件.....145 | 14.6 微波电子管.....152 | 14.7 微波測量技术.....168 | 14.8 雷达.....182 |
|-----------------|------------------------|--------------------------|------------------|---------------------|--------------------|---------------------|-----------------|

## 第十五章 电子計算技术及 电子自动控制.....192

|                    |                      |                      |                         |
|--------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|
| 15.1 电子计算机.....192 | 15.2 数字电子计算机.....193 | 15.3 电子模拟计算机.....210 | 15.4 电子自动控制技术介紹.....222 |
|--------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|

## 第十二章 电视

### 12.1 引言

电视的含义是指活动图象的傳送，现在的电视除了傳象以外同时也还傳声。

当我們在电视机的熒光屏上看见一个图象时，这个图象的各个部分并不是同时出現的，而是依着一定的次序逐一地出現的，只是它們出現很快，反映在我們的視覺上好象是同时出現的一样。这是利用了人們眼睛的視覺慣性，原来我們的眼睛当受光的刺激后，感觉并不立即消失，而能保留一个時間。电影也是利用人的視覺慣性，虽然我們感觉图象是活动的，实际在銀幕上出現的图象是靜止的。当我們看见一个人在举手的时候，在銀幕上出現的实际是一系列在不同位置上靜止的手之图象，只是这些靜止的图象出現很快，一般在每一秒鐘内要更換 25 幅，当一个图象在我們的視覺上的反应还没有消失的时候，而另一个图象又紧接着出現，我們感觉起来好象动作是連續的。

电视的基本原理是在发象处将图象的各个部分的光綫亮度的强弱变化变为电流的强弱变化，在收象处又把电流的强弱变化变为光綫亮度的强弱变化。在电视图象的傳送中，要求将图象的不同部分按一定的次序輪流傳送，这是由所謂扫描的方法來完成的；同时还要求发象处的图象上的某一位置上的部分，必須在收象处的图象上的同一位置上出現，这是由所謂同步的方法來完成的。扫描的过程、同步的过程与光电訊号互相轉換的过程都是电视技术中的关键問題。

电视的扫描方法有机械的与电子的二种。机械电视是采用机

械的扫描方法,这种电视并无实用价值,只能作为实验室里演示之用。不过,对它的学习有助于对电视原理的了解。

机械电视主要是采用如图 12-1 所示的尼泼科夫圆盘,这盘在沿着螺旋线的轨迹上,每隔相同的角度开着一个小孔。整套的装置如图 12-2 所示。发送的象经过透镜投射在盘上,盘后有一灵敏

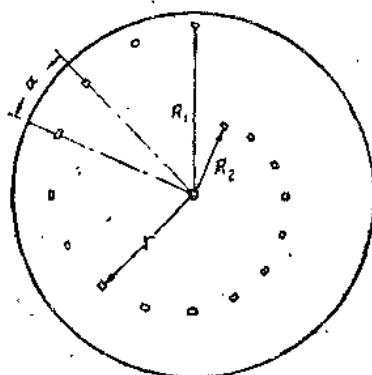


图 12-1 尼泼科夫圆盘

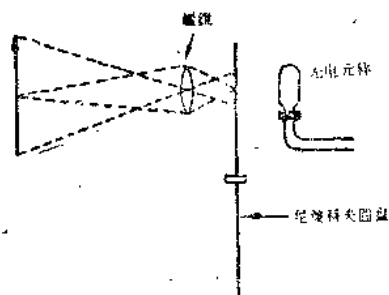


图 12-2 机械电视原理图

的光电元件。圆盘旋转时,小孔依次逐行的将图象的不同部分传送到光电元件上,再由光电元件把光的强弱变化转换成电流的强弱变化。为了保证在任意时刻只有一个小孔上的光到达光电元件上,投射在盘上的象应只占很小的面积,象的宽度应相当于孔的间隔( $\alpha$ ),象的高度应等于盘上小孔离中心最远和最近距离之差( $R_1 - R_2$ )。在传送时把这个变化的电流,即所谓讯号,从发送地点送到接收机。图象的接收与发送相似,有着同样的圆盘,但背后放的是受发送讯号控制的光源,若使发送地点与接收地点的两个圆盘的旋转同步,则观察者在盘后即可看到一个与发送处完全相同的图象,设  $\alpha$  为象的宽度,  $b$  为象的高度,  $n$  为扫描行数,则盘上小孔间隔的角度应是  $\frac{360^\circ}{n}$ , 盘上的小孔数应是  $n$ 。在方孔的情形下每个

孔的边长应是  $\frac{b}{n}$ 。小孔离盘中心最远的半径与最近的半径应按下列二式的关系进行计算:

$$R_1 - R_2 = b,$$

$$\frac{\pi(R_1 + R_2)}{n} = a,$$

要得到清晰的象,  $n$  愈大愈好, 但是  $n$  大时孔的高度就减小, 也就是面积减小, 这将使光电元件上得不到足够的光通量, 结果产生的讯号比噪声电平还要小, 因而得不到有用的图象讯号。

机械电视很难获得满意的图象, 且机件笨重, 要控制两圆盘作同步旋转也非常困难。

## 12.2 电视摄像管

在电视中首先遇到的是怎样把光的图象转换成电的讯号。用机械方法得不到优质的电视, 直到电子扫描的摄像管出现, 电视才趋完善。

摄像管的种类按光电转换方式分有光电放射式和光电导式两类; 按产生讯号的方法可分积电式和非积电式; 如依扫描电子射线速度来分有高速电子扫描和低速电子扫描二种。

### 一、非积电性摄像管

1930年法纳司伏尔特制造出第一只非积电性电子摄像管, 其结构略图见图 12-3。光象投射在光电阴极上, 它所发射电子的密度和所得到的光通量相一致, 这就形成一幅电子图象。这些电子因受隔离板与阴极间的电场作用而飞向隔离板。管外有一长的线圈作聚焦用, 使电子图象投在隔离板上, 板的中央有一小孔, 后面有收集器, 一部分电子穿过小孔落在收集器上, 两对相垂直的线圈通以锯齿形电流使整幅电子图象发生扫描, 收集器上的电流总与图象投射在小孔上那个单元相对应, 这样, 就得到了有用的讯号。

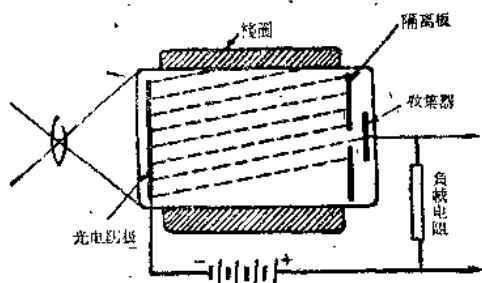


图 12-3 法納司伏尔特摄象管结构略图

这种摄像管的缺点是射在每单元上的光通量，只有在很短的时间利用一下，在大部分时间没有利用到。改善的办法是利用电荷积蓄原理，这个原理，查路金早在 1925 年就已提出。原理的示意图见图 12-4，将每个光电元件与电容器串联后再接到负载电阻  $R$  上，光线照在光电元件上时，产生电流对电容器充电，充电电压的大小与该光电元件上所得的照度成正比。然后，利用开关  $K$  轮流使电容器放电而产生信号，这样在电容器上放电的电量就不是在放电的时刻光通量所产生的电量而是非放电时刻的累积，因此在放电时就能得到很大的电流。

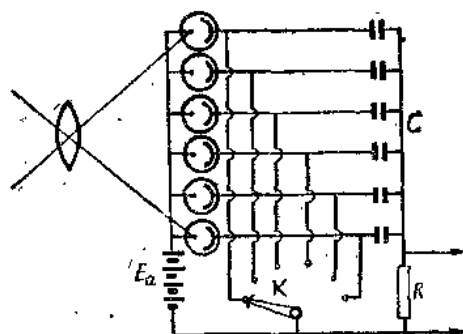


图 12-4 电荷积蓄原理图

## 二、光电摄像管

这是一个积电式的摄像管，它的构造见图 12-5，它的主要组

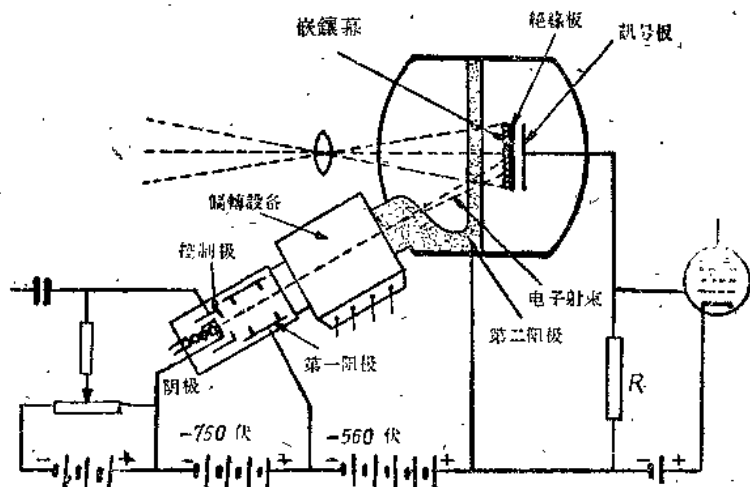


图 12-5 光电摄像管结构图

成部分是嵌镶幕和电子枪。在一块用薄的云母制成的绝缘板上满布着细小而相互隔离的小银粒，并用铯作光敏处理，这就成为嵌镶幕。绝缘板后面有一块薄的金属板，称讯号板。每颗银粒和讯号板合起来相当于一个小电容器。当光线投射到嵌镶幕上时，银粒因放出光电子而电位升高，银粒电位的高低和照度成正比，这样当光线照上时，嵌镶幕上就出现了电位高低不同的分布。

电子枪装在与嵌镶幕成  $30^\circ$  角的下方，电子束扫描是由套在管外的线圈所产生的磁场来控制。电子枪的第二阳极是管内壁的导电层，它的延伸部分叫集流极，嵌镶幕上放出的光电子和被电子束打击而放出的二次电子都为它所吸收。

电子枪发出的电子束打到嵌镶幕上时产生二次电子的发射。如电子束的速度（即加速电压）大过一定数值时，二次电子的发射系数大于 1，最先二次电子飞向集流极，但当电子从嵌镶幕上跑出时，嵌镶幕上的电位就逐渐升高，至一定的电压时电子束射向嵌镶幕的电子数与由嵌镶幕飞向集流极的电子数相等，这时嵌镶幕

就稳定在一个电压上，这个电压比第二阳极上的电压要高，一般高出三伏。由于受轰击处发出的二次发射的电子并不全部到达集流极，有的是飞到嵌镶幕上的其余部分，所以幕上的电压在不受电子轰击的地方则稳定在比第二阳极电压高出约三伏的数值。这是嵌镶幕未受光线照射时的情形。当受光线照射时由于光电发射，嵌镶幕上出现电位“凹”，当电子轰击各个不同部分时，由嵌镶幕飞向集流极的电子就与由电子束射向嵌镶幕的电子不等，照度愈大的地方，飞回集流极的电子数愈少。这样，当电子束在嵌镶幕上扫描时，在集流极的电流中就产生了与发送图象相应的信号电流，集流极中的信号电流，流过嵌镶幕与信号板间的电容及电阻  $R$ ，在  $R$  上产生信号电压。

按理想的情况来计算，这种摄像管的灵敏度是很高的，但是由于打在嵌镶幕所产生的二次电子并不全部飞向集流极，很多都落在相邻的嵌镶幕单元上，以及其他的一些原因，实际的灵敏度因此大为降低，其数值仅为理想的 5%—8%。光电摄像管在发送时还会产生网板畸变和黑点效应等的现象，这些都是光电摄像管的缺点。

网板畸变是因为电子束投射到嵌镶幕时成一倾角所致。网板的畸变情形如图 12-6，电子扫描在同一偏转角作用下，扫描到幕的上部时电子束走的距离大，因此上面的部分会拉长，行距变宽。

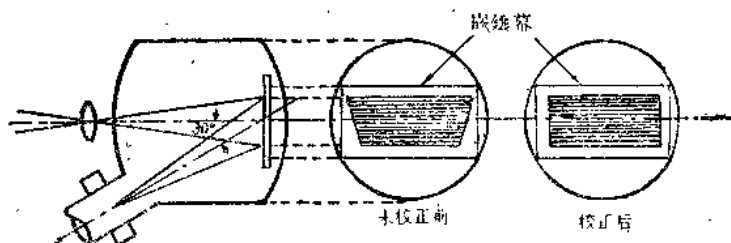


图 12-6 网板的梯形畸变的产生

要纠正这种畸变,需要用特殊的扫描信号。

黑点效应是由于电子打在嵌镶幕上产生的二次电子飞回嵌镶幕时在幕上的不均匀分布所造成,飞回嵌镶幕的中心部分的电子最多,因此嵌镶幕的中心部分相对于其他的部分电位就特别低,这样就相当于加上一个寄生的黑色信号,因此在图象的中央会出现一个黑斑。这要用特殊的补偿电路才能纠正。

除上述缺点外,由于光电摄像管的灵敏度低,要在强照明的场合下才能使用,且管的形状特殊,难于安装,嵌镶幕在管的里面不能使用短焦距的透镜,这就限制了它的使用。

### 三、移象光电摄像管

光电摄像管是依靠光线投射在光敏粒的嵌镶幕上而产生电位凹凸。在每个光敏粒子之间都要相互绝缘,在制造时如果提高光敏粒的发射效率,必须加绝缘,但是这将使光敏粒子间的绝缘降低,发生漏电,降低了管子的灵敏度。移象光电摄像管把光电发射和积聚电荷分成二个独立的部分,其结构如图 12-7 所示。光电发射专门由光电阴极产生,这个阴极是半透明的,光线从背后射入,每个点所发出光电子的密度与该点上光线的分布相当,在阴极表面

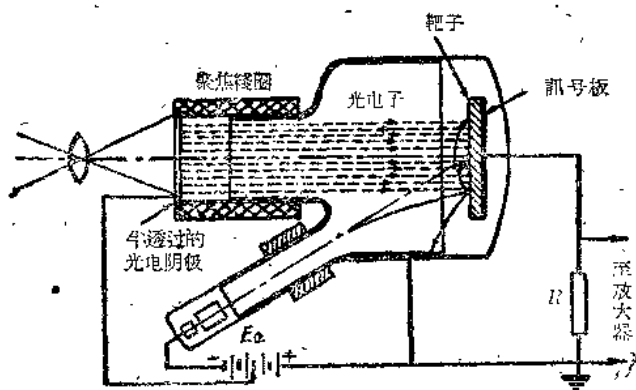


图 12-7 移象光电摄像管结构图

上产生的电子图象与光的图象一样。然后用聚焦的办法使这幅电子图象投射到靶子上去，靶子受电子打击后放出大量的二次电子，并形成了电位高低的电位图象，此后产生讯号的过程则与光电摄像管相同。因为靶子不需要光敏粒，只要二次放射系数大的介质即可，单是这个条件很容易得到满足。

移象光电摄像管比光电摄像管的灵敏度高5—10倍，可用短焦距透镜或加装远透镜来拍摄远景。其缺点是仍有黑点效应，但它还有一个优点是工作稳定，因此在苏联许多电视台的传象都采用它。

#### 四、直象管(低速电子束摄像管)

直象管是一种低速扫描的光电摄像管，它克服了光电摄像管的主要缺点。直象管的结构如图12-8所示。电子枪部分的阳极

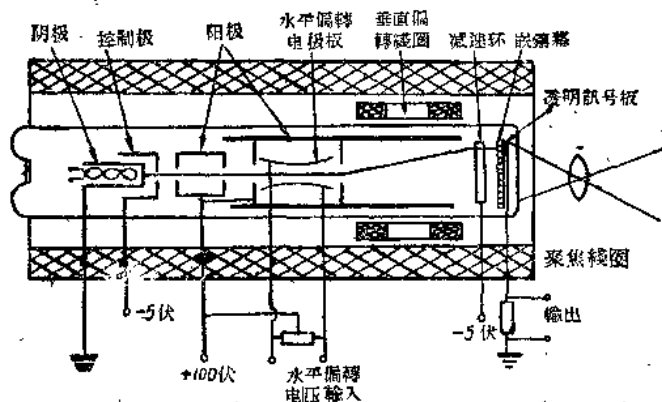


图 12-8 直象管结构图

有两个膜片，前一片有圆形小孔，后一片有水平缝隙，膜片中间有水平偏转板，阳极和管壁上的导电层都接高压，管子外面用长聚焦线圈使低速电子有较好的聚焦性能。此外还有使电子束产生垂直偏转的线圈，管内有透明的讯号板。嵌镶幕上的光电嵌粒是半透过式的。光线从讯号板一面射入，在嵌镶幕前还有一接负压的减

速环。

在直象管里所用的加速电压较低,此外还因受减速环的作用,从电子枪发射出的电子,在抵达嵌镶幕时速度很低,所以嵌镶幕的二次发射系数小于1。由于飞出的电子少于射来的电子,当电子束射来时,嵌镶幕的电位逐渐降低,最后嵌镶幕维持在低于阴极的稳定电位,这是直象管的一个特点。当嵌镶幕降低到低于阴极的稳定电位时,由电子枪射来的电子全部被斥回,回到收集器上为收集器所收集。

讯号的获得如下:当嵌镶幕受光线照射后,飞出电子为收集器所吸收,形成了电位凹凸。光线没有照到的地方电位很低,电子束被减速环斥回,差不多是按原来路线回到阳极。嵌镶幕受光线照射,飞出光电子,电位升高,这时当电子束打上时,电子束中的部分电子留在嵌镶幕上将它的电位再降低到原来数值,这时返回收集器的电子就减少,减少的数目恰等于被照射部分由于光电发射而逸出的电子数目,返回收集器电子数目的变化在讯号板电路中产生了讯号电流。

由于没有二次发射的电子落在嵌镶幕上,故不产生黑点效应,而光电发射的电子也得到了充分的利用。直象管不产生网板畸变,原因是在这种管内的电子枪是与靶面相垂直的。这种管子最大的缺点是工作不稳定,若入射光线照度过强,会使整个嵌镶幕的电位迅速上升到和收集极一样,管中的工作被中断。

### 五、移象直象管

直象管的改良和发展出现了移象直象管,有的书上称作移象正摄像管。它的构造分三个部分:(1)图象形成和移象部分,这部分有光电阴极和靶子,(2)扫描部分和靶子,(3)电子枪和倍增器,其结构见图12-9。

移象直象管除多了一个移象部分外,工作原理基本上与直象

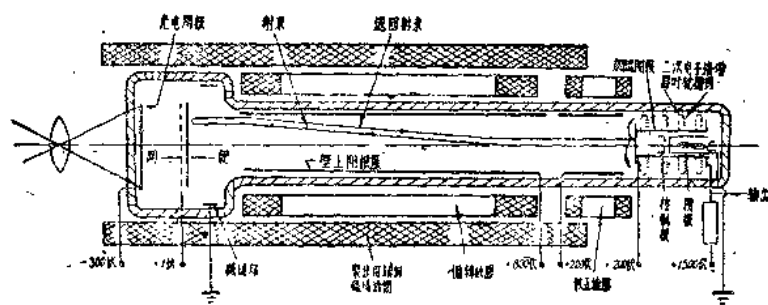


图 12-9 移象直象管结构图

管相同，它的特点是在靶子面向光电阴极的一面放着一个栅网，这个栅网起着限制靶面电压的作用，能使在靶子上形成的电位凹凸的最大值，不超过栅网上的电位。这样就使直象管在任何照度下都能工作，克服了不稳定的缺点。另一个特点是在管内用了电子倍增器，使它得到了很高灵敏度，即使是在 0.2 勒克斯的照度下，也能工作。

移象直象管的缺点是构造复杂，使用时调音困难，传送图象的质量也不及光电摄像管好。广播室里大多采用移象光电摄像管、直象管，仅在转播的场合才采用移象直象管。

另外有一种摄像管称为视象管，它是一种光电导式的摄像管，这种管子特别的地方是利用受光线照射时电导率会发生变化的电导物质来产生信号，这种管子灵敏度很高，但缺点是惰性大，不能传送快速运动的图象，在广播电视中无法使用，仅在工业上用来传送运动较慢的图象。

### 12.3 电视信号

利用电子束在摄像管中扫描就可获得图象信号。实际上要产生电视信号还必须考虑到许多问题，如图象的大小、幅型、幅频率、行频率、扫描方式等，并且要能在最低的技术和经济条件下来达到

必須的图像質量。

首先要注意的是扫描方式, 因为扫描系統被确定后, 图像的质量在各方面都受到了一定的限制。

各种扫描方式中最简单的一种是顺序扫描, 就是将图像分成许多行, 一行接一

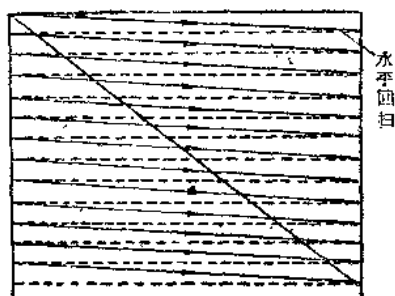


图 12-10 顺序扫描

行的顺序扫描, 如图 12-10。电子束在回扫期间被封闭, 不许在幕上出现回扫的迹象。

另一种为现代电视所普遍采用的是隔行扫描, 见图 12-11, 先顺序扫完单数行, 然后再扫双数行, 这样把一幅图像分成两场。每秒钟内图像更换的幅数称为幅频率 ( $n$ )。上述扫描方式中一幅图像由两场组成, 故场频率为幅频率的两倍。在顺序扫描中场频率与场频率相等。

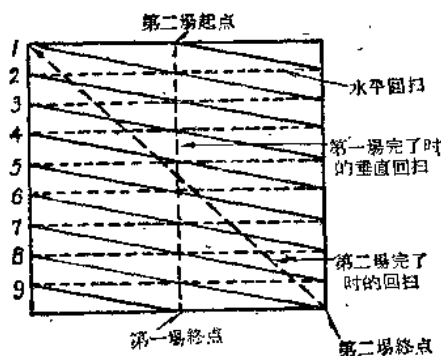


图 12-11 隔行扫描

幅频率应选择得足够高, 使观看者不觉得图像闪烁。根据实验知道, 选取幅频率为每秒 25 次时, 图像已很稳定。因图像的闪

动只与场频率有关，采用隔行扫描会使图象更趋稳定。另一方面幅频率的选择还应使它与电源频率成整数的比例，以避免电源的干扰。我国和苏联的电源频率为 50 赫，电视广播幅频率为每秒 25 次，场频率为每秒 50 次。在电源为 60 赫的国家，幅频率是每秒 30 次就是这个缘故。

隔行扫描严格要求奇数场从头扫起，偶数场从中央开始，不然的话，每两行重叠在一起，中间露出空隙，会严重地损害图象的质量。

犹如电影一样，电视图象的形状都是取矩形的，对人眼来讲看矩形的图象比较舒适而且不易感到疲劳。图象的宽与高之比称幅型( $k$ )，同电影一样选择  $k = \frac{4}{3}$ ，便于在电视节目里转播电影。

图象的清晰度主要由每幅图象所包含的行数来决定。人们观看电视的距离最好是幕高的 3.8 倍，这时幕高与眼睛所成的夹角为 15 度。在观看电视的亮度下，相邻的二行线 with 眼睛之间的角为 1.5 分时就能得到好的图象，按此计算，图象应有 600 行线。我国电视广播采用 625 行制，就是这个缘故。实际上因回扫期间要熄灭许多行数，在 625 行中剩下的有效行数约在 600 行左右。扫描行数增加到 600 以上可以提高清晰度，但效果不大，而在技术上却带来许多困难。

625 行的扫描幅型为 4:3；幅频率为每秒 25 次；场频率为每秒 50 次。这几个基本参数决定后，下面再来研究一下在这些条件下的电视讯号。

电视讯号的调制有一个特点，就是调制是有极性的。如果载波幅度大的地方是相对于图象亮的部分则是正调制，反之，载波幅度大处若是图象中黑的地方则是负调制。

两种调制在原则上没有区别，我国和苏联都是采用后一种，因

为负调制在幕上产生的黑斑干扰，不象正调制中的白斑干扰那么显著。

电视讯号除了图象讯号外，还包括有：(1)使射线在回扫期间熄灭的讯号(匿影脉冲)，(2)保证收发双方幅扫描和行扫描取得幅同步的讯号(幅同步脉冲)和行同步讯号(行同步脉冲)，这两个讯号还必须有所区别，以便在接收机中可以把它們分离开来。

图 12-12 为负调制中的电视讯号，所示黑色电平处就是当讯号达到这个基准时，射线即被熄灭，故图象讯号的幅度应低于黑色电平。

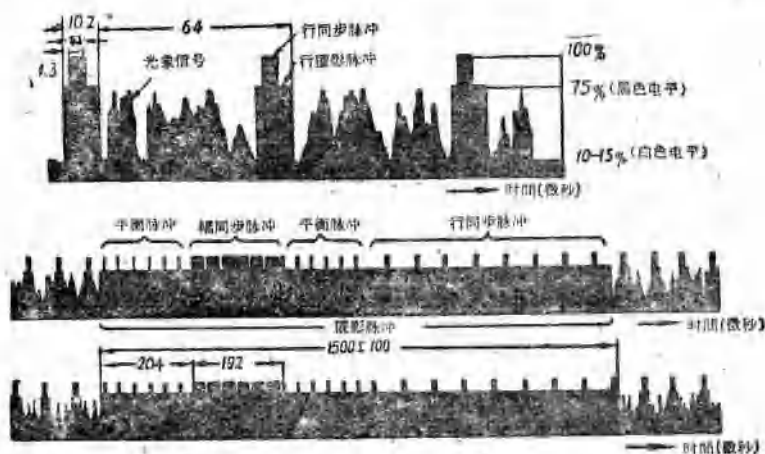


图 12-12 电视讯号

匿影脉冲的作用是使射线在回扫期间封闭，因此它的幅度应与黑色电平相齐，其持续时间应较回扫时间略长，使射线在回扫前熄灭和晚一点开始，以避免图象边缘部分的失真。

同步脉冲的出现表示射线回扫开始，如前所述这脉冲应在匿影脉冲期间出现，它的持续时间比匿影脉冲短，而幅度则比匿影脉冲大，以便在图象讯号中分离出来，同时保持在同步讯号出现时射