

# 显象管

邹家祥 编著



141.3

## 内 容 提 要

本书介绍了电视传象基本原理；黑白显象管的原理和结构；黑白显象管的附件；三枪三束、单枪三束、自会聚彩色显象管的基本知识和显象管的常见故障及原因分析等。

本书通俗易懂，是一本普及性书，适合于一般电视技术工作人员、维修人员阅读，对于广大业余无线电爱好者装修电视机也有一定的参考价值。

## 显 象 管

邹家祥 编著

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

北京市邮政局印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

开本：787×1092 1/32 1982年7月第一版

印张：4 8/32 页数：68 1982年7月北京第一次印刷

字数：96千字 插页：1 印数1—51,000册

统一书号：15045·总2607—无6192

定价：0.38元

## 前 言

随着社会主义建设事业的发展，我国电视工业也有了很大的发展。有关电视机的工作原理，安装和调整方法，常见故障及排除方法等，已出版了很多书。但有关电视机的“心脏”——显象管方面的书籍尚很少。为了满足广大读者的需要，才编写了这本小册子。本书力图深入浅出地介绍黑白和彩色显象管的结构、工作原理、性能特点、调整方法和故障排除等方面的一些知识。

本书通俗易懂，对从事电视事业的广大工程技术人员、工人和干部是一本很实用的参考书；对电视机维修人员，更是值得参阅。由于本人水平有限，书中很可能有不当之处，请读者批评指正。

最后，汪雍同志曾对本书进行审订，作者向他表示感谢。

作者

---

# 目 录

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 第一章 电视传象原理.....         | 1   |
| 第一节 电视传象过程.....         | 1   |
| 第二节 扫描运动和图象信号.....      | 3   |
| 第三节 图象的结构.....          | 5   |
| 第二章 黑白显象管的原理和结构.....    | 7   |
| 第一节 电子枪.....            | 8   |
| 第二节 荧光屏.....            | 41  |
| 第三节 玻璃外壳.....           | 60  |
| 第四节 显象管的工作性能.....       | 65  |
| 第五节 高亮度的小型显象管——投影管..... | 75  |
| 第三章 黑白显象管的附件.....       | 78  |
| 第一节 偏转线圈.....           | 78  |
| 第二节 中心位置调节器.....        | 87  |
| 第四章 彩色显象管.....          | 90  |
| 第一节 三枪三束彩色显象管.....      | 91  |
| 第二节 单枪三束彩色显象管.....      | 104 |
| 第三节 自会聚彩色显象管.....       | 108 |
| 第五章 显象管的常见故障及原因分析.....  | 116 |
| 附录.....                 | 129 |

# 第一章 电视传象原理

显象管是电视接收机或其它显示设备中显示图象的大型电真空器件。显象管包括荧光屏、电子枪和玻璃外壳三部分。图 1-1 所示，是黑白显象管的主要组成。

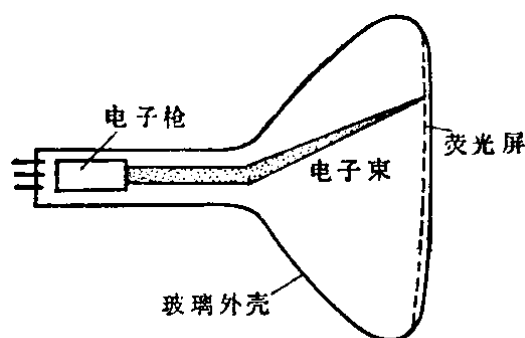


图 1-1 黑白显象管的组成

为了更好地掌握显象管的工作原理和使用方法，我们先介绍一些有关电视图象传送过程的基本知识。

## 第一节 电视传象过程

人眼所以能看到景物，是因为当环境光线照射在景物上时，由于景物各个部分的组成和结构有所不同，其对光线的反射不一样，这样，人眼就能感受到明暗和颜色不同的光象。我们可以将景物看作是由很多很多个极为细小的明暗和颜色不同的点组成的。在电视技术中，首先由摄象管将空间景物明暗和颜色不同的小点按其所对应的位置转换成电荷存储信号，再用电子扫描技术把这些电荷信号按时间顺序转换成为不同亮度和不同色度的电信号，并通过电视台天线将这些电信号发送出去。然

后电视接收机又通过显象管重新将电信号还原成原来的空间景象。这种传象的过程，如图1-2所示。

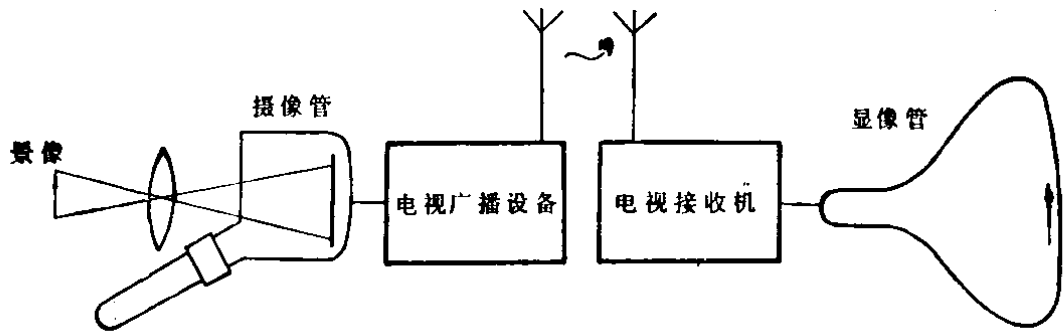


图 1-2 电视传象过程

极为细小的明暗和颜色不同的小点是组成图象的基本单元，称为“像素”。一帧图象所分隔的像素越多，就越能显示出图象的细节。根据各国电视标准的不同，一帧电视图象大约有50万左右个像素。

通常我们写字的习惯是从左到右，从上到下写完一张纸。在电视技术中，像素的传送也是按照这样的规律来进行（如图1-3所示）。

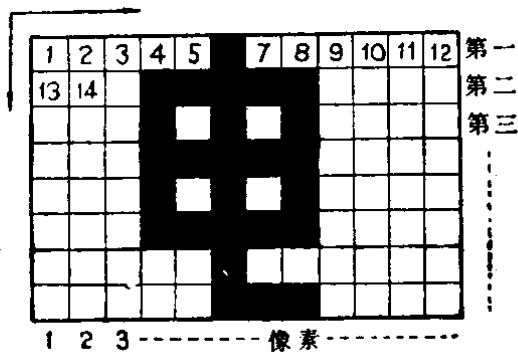


图 1-3 像素的传送程序

像素可以按照图 1-3 中小方格内的数字1、2、3、……顺次地传送。我国电视标准规定，每帧画面由 625 行组成，画面的宽高比为 4:3，这就是电视信号发送的简单过程。在电视信号接收端，正好与发送过程相反，即把接收到的电视信号通过显象管的作用，使信号在显象管的荧光屏上还原成与景物相应的亮

度和颜色的像素。这些像素还按照原来的位置次序排列，并在荧光屏上显现出一帧与景物相同的光象。

## 第二节 扫描运动和图象信号

如图1-1所示，显象管中有一把电子枪，它象一支电子“画笔”，可以在荧光屏上描绘出优美绚丽的活动画面。电子“画笔”在热（加热灯丝）的驱动下，能打出一股细而长的电子流，这股电子流也叫电子束。它在电视信号的指挥下，能在荧光屏上大显身手，绘出图像，吸引着无数个电视观众。

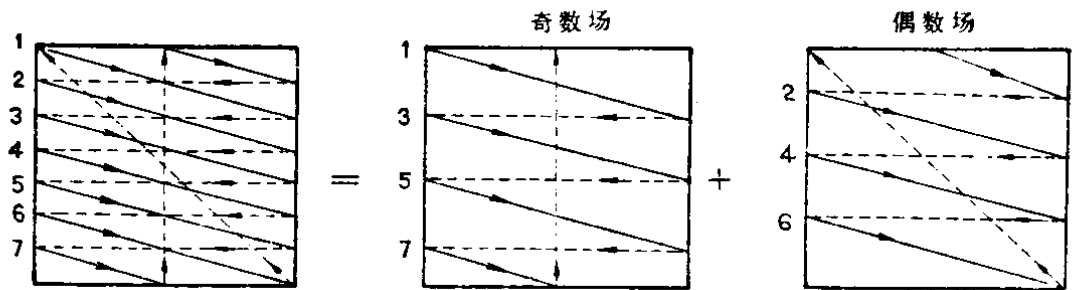


图 1-4 隔行扫描示意图

下面我们来介绍在荧光屏上这股电子束是怎么运动的。先介绍几个名词（见图 1-4），电子束在显象管荧光屏上按一定次序，有规律的运动叫电子束的扫描运动。其中电子束在水平方向的运动叫“水平扫描”，也叫“行扫描”；在垂直方向的运动叫“垂直扫描”，也叫“帧扫描”。

在屏幕上，电子束从屏幕左上角开始，沿水平方向往右扫到右上角，这样就完成第一行扫描，称行（水平）扫描正程。这一扫描正程所需的时间约为52微秒。然后电子束迅速地返回到左方，该过程称行（水平）扫描逆程，逆程所需的时间约为12微秒。显然，电子束每往返一次所经历的时间为64微秒。紧接

着进行第二行扫描，这样电子束一行一行地由屏幕上方往下方向横扫下去，一共进行 625 次来回扫描，才扫完整个幕面。这样扫描过的发光幕面称“光栅面”。电子束逐行由上往下移动的过程称帧（垂直）扫描正程。每扫完一帧（即 625 行）后，电子束迅速地由屏幕的最下端返回到最上端，再接着扫第二帧。电子束由最下端返回到最上端的过程叫帧扫描逆程。

前面已谈过，电视台每秒钟发送 25 帧画面，因此也要求电子束每秒钟扫 25 帧画面。这样人眼对图象的感觉虽然是连续的，但仍然有一明一暗的闪烁感觉（这点在下一节再详细解释）。为了消除图象的闪烁效应，而又不增加电视信号的频带宽度，实际上是采用隔行扫描法，如图 1-4 所示。电子束先扫完奇数行，即扫完一场；接着再扫完偶数行，又扫完一场，每一帧图象就是由奇数场和偶数场交织复合而成。这样电子束由原来一秒钟扫描 25 帧变为扫描 50 场，使荧光屏上的发光频率从 25 次增加到 50 次，从而消除了人眼观看图象时的闪烁效应。

电视台将空间画面中明暗和颜色不同的象素转换为不同强度按时间而变化的电信号发送出去，这样还不够，还要求原来景物各明暗和颜色不同象素的位置与显象管屏幕上的位置必须严格对应，否则图象就变得杂乱无章。这种严格的对应关系称同步。为解决同步等问题，电视台所发送的电信号要复杂些，图 1-5 示出了负极性的全电视信号。图上的白色电平表示图象中的最亮部分，由白色电平往上移动表示图象信号越来越暗。图象信号的最高点，为图象信号中最暗的电信号，即黑色电平信号。

从图上可看出，图象信号是间隙的。在行扫描正程期间，才出现图象信号。在相邻两行之间行扫描逆程中，不能出现行扫描的回扫线，因为它会对图象起干扰作用。为了避免回扫线



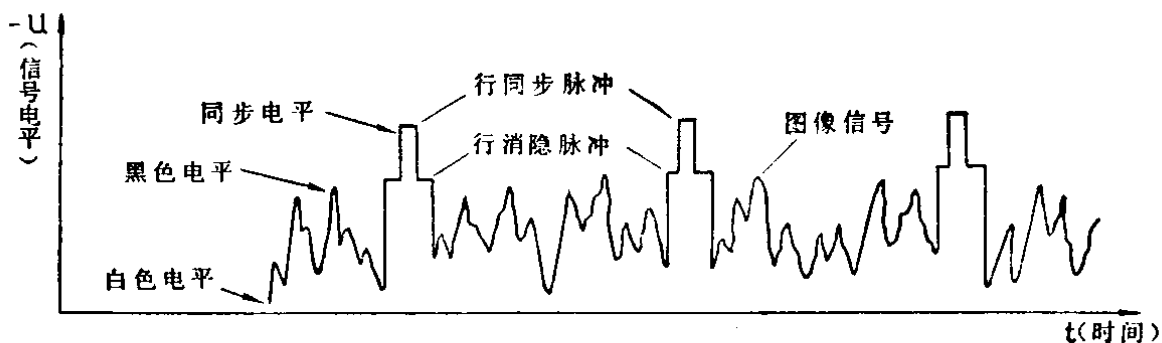


图 1-5 全电视信号

的出现，必须加上行消隐脉冲信号。该脉冲信号的幅度比图象的黑色电平略高些，所以在消隐脉冲期间屏幕是不发光的。我们将行同步脉冲信号巧妙地叠加在消隐脉冲信号上，随同图象信号一块发送出去，行同步脉冲的电平比消隐脉冲电平更高。正由于行同步脉冲处在行扫描逆程期间，所以它能十分准确地在扫描逆程刚开始时控制电子束的工作状态，并让电子束在指定的时间和指定的位置上开始下一行扫描。

同样的道理，在场扫描逆程期间也加上场消隐脉冲，在场消隐脉冲上叠加场同步脉冲，在此不详述了。

### 第三节 图象的结构

从上一节分析中我们知道，一帧完整的图象，实际上是由 625 条水平方向的电子束扫描线组成。当我们靠近荧光屏仔细观察，或在屏幕前放块放大镜，都能清楚地看到电子水平方向扫描的行结构。

在一秒钟内，屏幕上要出现 25 帧画面。也就是说，在荧光屏的任何一点上，一秒钟内电子要轰击 25 次，即每隔  $\frac{1}{25}$  秒 = 0.04 秒 = 40 毫秒电子束就要轰击一次。当电子束停止轰击后，

该点的发光亮度就迅速下降，对显象管中所用的荧光粉来讲，约经过 5 毫秒后发光就十分微弱了。在相邻两次电子束轰击之间，的确有  $40\text{ 毫秒} - 5\text{ 毫秒} = 35\text{ 毫秒}$  的时间内屏幕基本上是不发光的。但人的眼睛是有惰性的，或叫“视觉暂留”作用。即当人眼观看某物体时，如迅速地将该物体拿走，在人眼视网膜上还会有  $0.1\text{ 秒} = 100\text{ 毫秒}$  的暂留印象。正是利用人眼的视觉暂留作用，人眼是感觉不到屏幕上各点在每两次发光之间还有 35 毫秒的不发光时间；也感觉不到屏幕上的图象不是同时在发光，而是象写字一样，按从左到右、从上到下顺序地发光，所感觉到的便是连续活动的图象。

虽然人眼的视觉暂留时间为 0.1 秒，如果一秒钟内仅传送 10 幅图象的话，观众会感到图象在跳动，缺乏艺术感。

为了获得高质量连续活动的图象，一秒钟内要传送 25 幅画面，而且还将 25 幅画面采用隔行扫描法，变为每秒 50 个光场来传送。

## 第二章 黑白显象管的原理和结构

从上面谈的电视传象原理可知，电视信号发送端的景物最后要逼真地显现在显象管的荧光屏上。屏幕上的图象是否与发送端的景物完全一样，图象的亮度、色彩、清晰度等质量如何，与显象管的性能关系极大，因此显象管有电视机的“心脏”之称。

顾名思义，显象管即为显示图象的电子管，它有黑白与彩色之分。下面先介绍结构和工作原理都比较简单的黑白显象管。它是由电子枪、荧光屏和玻璃外壳三部分组成，如图 2-1 所示。

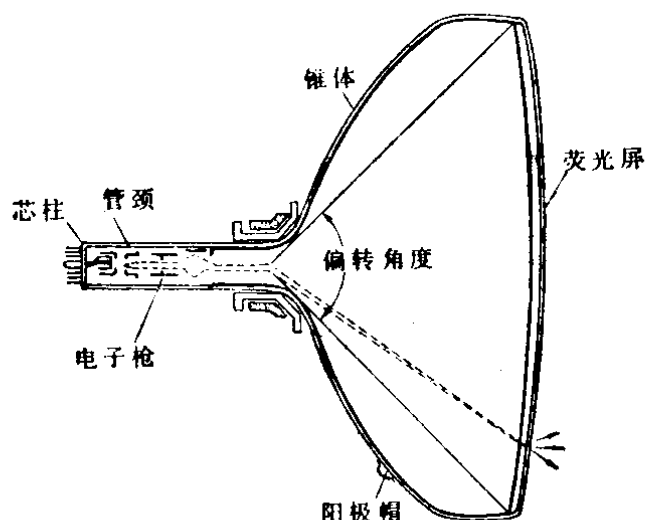


图 2-1 黑白显象管结构示意图

显象管尾部有很多针状金属引出线，称管脚。电子枪上各级电压大多是通过这些管脚加上去的。针状的管脚与玻璃封接在一起构成圆盘形的整体叫芯柱。芯柱与玻璃管颈相连接，管颈与漏斗形状的玻璃锥体相连接，锥体与玻璃屏幕相连接。芯柱、管颈、锥体与屏幕这四部分组成显象管的外壳。因为这些都是玻璃制品，所以称玻璃外壳。

在锥体的外表面涂一薄层石墨导电层，也称外导电层。在锥体的内表面用真空蒸镀工艺蒸上一薄层光亮如镜的金属铝内导电层。内、外导电层形成1000微微法的电容，它能起高压滤波的作用。石墨外导电层还能起到接地的作用。

在锥体上还有一个金属制的带有圆形凹槽的高压接头，也称阳极帽。管颈内安放电子枪，在电子枪上端有2到4个弹簧片，这些弹簧片与玻璃边壁相接触。阳极帽上所加的高压是通过锥体上的铝层，铝层再通过内壁石墨导电层与弹簧片在玻璃边壁上的接触点相连通，最后加到电子枪的高压电极上去。

在锥体与管颈的交接处套上偏转线圈，紧靠偏转线圈安放两片中心位置调节磁铁，这两种部件是显象管的附件。

下面我们分别介绍电子枪、荧光屏和玻璃外壳的工作原理和结构。

## 第一节 电 子 枪

### 一、电子的源泉——阴极

能向空间发射电子的材料称阴极。

#### 1. 氧化物阴极的组成

我们知道，物质是由原子组成，原子中有原子核和核外电子。我们把摆脱了原子核或原子集团束缚的电子叫自由电子。金属分子由单个原子组成，称单原子分子，这些分子的排列是很有规则的。每个原子核外面围绕着一一定数量的电子，这些电子在金属内可以自由地流动，因此金属具有很好的导电性。但这些电子却不容易逸出金属表面，原因是金属表面有一层无形的壁垒，阻止电子自由地飞出金属表面。如果要使金属中的电

子飞到真空中去，就得给这些电子以外加能量，让它们具备足够的能量挣脱金属表面壁垒的阻挡。对于不同物质，要使电子挣脱表面壁垒的阻挡所需要外加的能量是不同的。从物质中把一个电子拉出其表面所需外力作的功，称该物质的逸出功。不同物质的逸出功是不同的。如：

钨的逸出功 = 4.52 电子伏特；

镍的逸出功 = 4.61 电子伏特；

钡的逸出功 = 2.3 电子伏特；

氧化物阴极的逸出功 = 1.5 电子伏特。

电子伏特是逸出功的单位。很显然，逸出功小的物质，电子就容易逸出阴极表面。

这种外加能量的方式可以是热、光、强的正电场或电子轰击等。作为显象管用的阴极而言，都是采用加热能的方式，这种阴极称热阴极。对热阴极的要求是，在较低的工作温度下，可得到密度较大的发射电流。早期是用纯钨丝作阴极，将它加热到 2000℃ 时，只能给出 0.05 安/厘米<sup>2</sup> 的发射电流密度。目前都采用氧化物阴极，由于它的逸出功很低，只有钨的三分之一。所以工作温度为 800℃ 左右时，就能给出 0.5 安/厘米<sup>2</sup> 的发射电流密度，是金属钨的十倍。

氧化物阴极是在镍金属基底（也称基金属）上涂覆一薄层（七微米左右）白色的特制氧化物，它们是氧化钡（BaO）、氧化锶（SrO）和氧化钙（CaO）的混合物。单一的 BaO 即可以获得高的电子发射，混入了一定数量的 SrO，可获得比单一 BaO 更长的使用寿命。CaO 的作用是阻止 BaO 和 SrO 的结块和熔化。由于这些氧化物在空气中是不稳定的，很容易与水蒸气作用而生成氢氧化物，所以实际上都是用碳酸盐（碳酸钡、碳酸锶、碳酸钙）的混合料，也称三元碳酸盐。将它涂覆在基

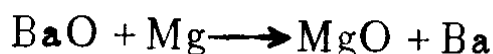
金属上，然后在真空中加热到900~1000℃，此时碳酸盐开始分解，生成氧化物。其化学反应式如下：



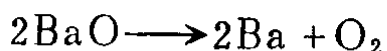
分解所产生的气体一氧化碳（CO）和氧气（O<sub>2</sub>）将逸出氧化物表面，被真空系统抽走。

分解而生成的氧化物紧密地附着在基金属表面上，就是我们能看到的一层白色粉状物质。氧化物层是一种绝缘体，并不能使电子发射，或是说发射电子的本领是很小的。为了提高氧化物涂层发射电子的能力，还需要对它进行“激活”。所谓“激活”，就是继续在真空中对氧化物涂层进行加热到950~1150℃的范围内，该温度比氧化物阴极正常工作温度要高得多。在加热的同时，把在阴极附近的电极加上正电压，以致使阴极表面的电子被拉出来，并打到这些电极上去。

在基金属中有意识地加入某些杂质，如镁和硅等。这些杂质在高温时将扩散到氧化物涂层中去，并与氧化物起化学反应，使一部分氧化物还原成钡原子。其化学反应过程为：



这些钡原子将扩散到氧化物涂层的表面。因为在加热的同时，在阴极附近加有正电位的电极上还流出一定的电流。当电流流过氧化物涂层时，对涂层内的氧化物还有电解作用，也能产生一部分钡原子，即



这些化学反应和电解过程都发生在氧化物涂层内部。内部的钡原子逐渐向涂层的表面扩散，在表面形成一层电正性的钡原子膜，如图2-2(a)所示。

这层分子对氧化物涂层中的电子而言，所产生的电场是正的，并帮助电子向真空中发射的加速场。相反，如果附着的分

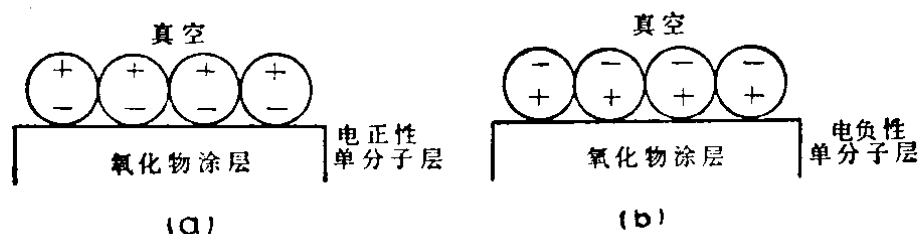


图 2-2 氧化物涂层表面的单分子层

子是电负性的，如图2-2(b)所示，它将产生阻止电子向真空中发射的拒斥场，这种情况叫氧化物阴极的“中毒”。

经过上述“激活”处理后的氧化物涂层已经不是绝缘体了，而变为一种特殊的 n 型半导体。在这里我们不去深入探讨氧化物阴极发射电子的详细机理。但应该记住，氧化物阴极之所以具有高的发射电子能力，或是说具有低的逸出功，主要是靠涂层表面有电正性的钡原子层的作用。

与激活处理相反的过程是氧化物阴极的中毒现象，这在显象管中是经常发生的。前面已谈过，虽然显象管内部已抽成真空，但管内仍然存有不少的气体分子，这些气体分子对金属来说，如图2-2(b)所示是负电性的。最常见的是氧化性的分子或离子，如氧 ( $O_2$ )、水汽 ( $H_2O$ )、二氧化碳 ( $CO_2$ ) 等。这些气体一般来源于管内没有被排除的残余气体，也可能是玻璃外壳、管内金属零件或荧光粉等在使用过程中所释放出来的气体。还有如卤族元素〔如氟 (F)、氯 (Cl) 等〕的气体或蒸气，更容易使阴极中毒。这些气体分子有可能来源于在清洗玻璃外壳时所用的氢氟酸 (HF)，或清洗金属零件时所用的盐酸 (HCl) 等。在清洗过程中没有将这些酸迹冲洗干净，在管子使用过程中逐渐释放出来。对要求长寿命和高可靠性的显象管来说，防止氧化物阴极的中毒则具有十分重要的意义。

氧化物阴极的使用寿命与图2-2(a)所示的电正性单分子层

的损坏或蒸发无关。因为在正常情况下,从阴极表面上蒸发到真空中去的钡原子,会由氧化层深处扩散出来的钡原子所补充。所以只有当氧化层中所储存的全部钡原子完全消耗完,氧化物阴极的寿命才终止。理想的氧化物阴极在正常运用工作温度下,寿命可达几万小时。但使用不当,如阴极工作温度过高或过低,管内真空度不好等因素,都将大大缩短阴极寿命,甚至有时往往使一支昂贵的显象管由于阴极中毒而报废。

## 2. 间热式氧化物阴极的灯丝

氧化物阴极在真空中的加热方式是依靠特制的加热器,称灯丝或热子。这种结构称间热式(或旁热式)氧化物阴极,其结构示于图2-3中。

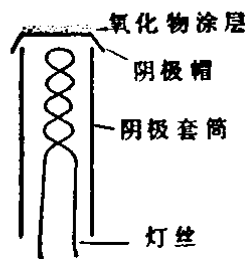


图 2-3 间热式氧化物阴极结构示意图

白色的氧化物涂层是涂敷在杯状的基金属(也称阴极帽)上的。灯丝是用很细的钨合金丝绕制成螺旋状结构,目的是在有限的空间内保证它有足够的长度,从而提高电转换成热的效率。灯丝安放在镍制的金属筒(也称阴极套筒)中,工作时灯丝两端加上一定的电压,将灯丝加热到比阴极温度高200到300℃(即1000℃左右)。在灯丝的表面覆有一层十分紧密的白色氧化铝粉,因为氧化铝是绝缘体,可以保证灯丝与阴极套筒或灯丝本身相碰时不会造成局部短路或漏电。在灯丝与阴极之间要求有一定的耐压强度。这是因为大多数显象管的电视图像信号是加在阴极上的,如果灯丝与阴极之间所耐电压不够,



会造成灯丝与阴极之间的电击穿，使图像信号通过灯丝短路掉。对常用的显象管而言，灯丝与阴极之间的耐压强度要求为135伏。在该电压标准下，将阴极接直流电源的正端，灯丝接负端，保持1分钟，灯丝与阴极之间不能产生电击穿。

灯丝的形状、尺寸和电压的选择，都是为了保证阴极有个合适的工作温度。灯丝与阴极的升温都需有个时间过程，一般需1分钟左右才能完全达到温度平衡。这就是为什么一打开电视机，图像的出现在时间上总要滞后于电视伴音的原因。打开电视机，图像要滞后20秒左右才出现，这就是灯丝与阴极能正常工作所需升温的最短时间。

近年来为了提高灯丝的热效率和加快阴极的起动时间，有的采用“黑热子”。就是将钨丝表面涂敷的一层白色氧化铝粉，经过适当的化学处理让它变为黑色。这是因为阴极是靠灯丝的热辐射而升温的。钨丝所发出的部分热辐射能量，会被白色的氧化铝涂料反射回去，这部分热量对阴极升温没有贡献。当采用黑热子时，黑色的氧化铝层几乎可以全部吸收来自钨丝的辐射能量，因此黑热子的热效率高，使灯丝的工作温度比普通灯丝低150℃左右。

采用黑热子，再从结构上降低阴极与灯丝的热容量，这就是目前出现较多的快速起动阴极，可使阴极起动时间从20秒降低到7秒左右。这样，电视图像与伴音几乎可同时出现。

### 3. 阴极工作的条件

灯丝、阴极和阴极所发射的电子之所以能在显象管内正常的工作，是因为玻璃外壳内给它们创造了高真空的条件。下面我们来解释这个道理。

我们知道，地球的周围有一层空气，称为“大气”。它对周围