

调谐器/声表面波滤波器/晶体/延迟线/显像管/偏转线圈/显像管座

电视机元器件 检修大全(上)

高雨春 编

DIANSHIJI YU ANQIJIAN JIANXIUDAQUAN



成都科技大学出版社

电视机元器件检修大全(上)

高雨春 编

成都科技大学出版社

• 1995 •

【川】新登字 015 号

内 容 提 要

上册比较系统地介绍了调谐器、声表面波滤波器、晶体、延迟线、显像管、偏转线圈和显像管座的应用和检修。

责任编辑:何明炜 曹琳

技术设计:邱国荣

封面设计:西南

电视机元器件检修大全(上)

高雨春 编

成都科技大学出版社出版

新华书店重庆发行所经销

四川省保真现代彩印厂胶印

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:31

1995 年 5 月第 1 版 1995 年 5 月第一次印刷

字数:719 千字 印数:1—10000

ISBN7—5616—2993—1/TN·67

定价:31.00 元

前 言

电视机中有 200~500 个元、器、组、部件,它们分属于 30 多个大类,分析它们在电路中的作用和工作机理是本书的特色之一。

本书的另一特点是结合应用,讨论了各种故障现象及其产生原因和检修、替代方法。全书共分三册,各有重点。

上册比较系统地介绍了调谐器、声表面波滤波器、晶体、延迟线、显像管、偏转线圈及显像管座的应用和检修。

在原理分析方面,力求简捷、透彻,一方面为了便于理解,另一方面尽量做到恰到好处。检和修分开来叙述,检测是修理的依据,这里介绍了各种常见而实用的,更重要的是非常方便可行的检测方法;修理牵涉到技巧和方法,这里结合故障现象,详尽地进行了介绍,而且举了很多实例,这样就更具有现实性。

参加本书编写的同志有闻 波、钟 奇、顾金良、宋冬泉、陈克明、金 声、俞贵成、朱满生、王雪华、钱雪珠、高维诚、吴世良、崔镜民、孟杨平、印玉良、傅辉鼎、陈跃昌、邓贵生、周顺祥、凌美英、陈玉林、张春寿、杨德方、姜德清、沃汉堂、林孝龙、戴殿中等同志。《电子文摘报》社编辑部和《家庭电子》杂志社编辑部做了大量工作,在此一并致谢。

由于水平有限,编写时间较紧,书中不妥之处在所难免,欢迎广大读者能够经常及时提出各种宝贵意见。

高雨春
一九九五年五月

目 录

第一章 结构与品种

第一节 黑白显像管	1
一、电子枪的构造及其各组成部分的作用	1
二、荧光膜	1
三、偏转系统	1
第二节 彩色显像管	2
一、基本原理	2
二、结构形式	3
三、特殊技术	8
四、系列类型	9
五、三枪三束式	11
六、单枪三束式	13
七、自会聚管	16

第二章 特性和命名方法

第一节 特性	19
一、屏面尺寸规范化	19
二、白场亮度	19
三、对比度	19
四、分辨率	20
第二节 主要参数	20
一、色温	20
二、枕形失真	20
三、应用特性	21
四、黑白显像管	22
五、彩色显像管	25
第三节 命名法	26
一、老命名法	26
二、新命名法	27
三、中国命名法	27
四、美国命名法	28
五、日本命名法	28
六、西欧各国的命名法	29

第四节 典型产品	29
第三章 改进型产品	
第一节 细管颈	42
一、偏转角和管颈、屏面的演变过程	42
二、细管颈的特点	42
第二节 一字形系列自会聚(XL 型)	45
第三节 束引示管	46
第四节 高分辨率管	47
第五节 黑底结构	48
一、原始结构	48
二、改进设计	49
三、功能原理	50
四、新的形式	51
第六节 直角平面形式	51
一、主要特点	53
二、改进的措施	55
三、滤光的秘诀	57
四、卓越的成效	60
五、精湛的工艺	62
第七节 扁平显像管	63
第八节 长余辉显像管	63
第九节 大型管	64
第十节 投影管	64
第四章 使用	
第一节 接地	65
第二节 磁场影响	65
第三节 保护管脚	65
第四节 X 射线	65
第五节 彩色显像管的应用配套关系	65
第五章 检修	
第一节 黑白显像管	74
一、故障特点	74
二、性能检测	74
三、检查方法	76
四、检修实例	76

第二节 彩管损坏的特征	78
一、损坏规律	78
二、真空度不良和漏气	81
三、玻壳破裂	81
第三节 内电极断路	81
一、灯丝	81
二、阴极	83
三、超高压极	83
四、栅极	83
五、加速极	83
六、聚焦极	84
七、会聚极板	84
第四节 衰老	84
一、阴极结构	86
二、修复形式	86
第五节 极间漏电或相碰	91
一、灯丝和阴极	91
二、阴极与栅极	95
三、其它各极	98
第六节 打火	99
第七节 石墨层脱落	100
一、清漆石墨涂敷法	100
二、漆片石墨涂敷法	100
三、松香石墨涂敷法	100
第八节 电路故障	100
一、检修方法	102
二、故障实例	102
 第六章 替代	
第一节 原则	106
一、黑白显像管	106
二、彩色显像管	107
第二节 注意事项	108
第三节 顺序和步骤	108
第四节 代换方法	109
一、详细了解原管特性	109
二、选择代换管及确立代换方案	109
三、进行拆卸、安装	111

四、按代换方案逐项修改、调整.....	111
第五节 直接代换.....	111
第六节 间接替代.....	113
一、黑白显像管的替代	113
二、三枪三束彩色显像管的替代	116
三、不同管颈彩管的替代	118
四、不同屏面尺寸彩管的替代	120
五、自会聚管的替代	121

第七章 调整

第一节 预热灯丝.....	132
第二节 调整前的准备.....	132
一、信号发生器	132
二、镜子	132
三、放大镜	133
四、消磁线圈	133
五、专用改锥	133
六、事先预热	133
七、调整顺序	133
第三节 消磁.....	133
第四节 色纯度.....	136
一、原理	136
二、调整	137
第五节 会聚.....	140
一、三枪三束荫罩管	141
二、单枪三束显像管	153
三、自会聚管	162
第六节 黑白平衡.....	168
一、暗平衡调整	169
二、亮平衡调整	170
三、方法	171

第八章 调谐器

第一节 基本类型.....	173
一、机械式调谐器	173
二、电容式调谐器	183
三、电子式调谐器	183
四、频率合成	236

五、命名形式	236
六、结构尺寸	236
第二节 特点和要求	243
一、主要电气性能	243
二、一般要求	248
三、彩电的特殊要求	255
四、电子调谐器的特点	257
五、发展趋势	262
第三节 电路原理	274
一、电调谐器基本形式	275
二、ET17C	277
三、ET43C	283
四、TNS2868	286
五、TNS1831	287
六、TNS2730 型	292
七、TEEC1X201A	292
八、VTS-7ZH1	293
九、115-B-0923CA	293
十、HT887	294
十一、UV411	294
十二、ET543	297
十三、PM1	300
十四、TJS1	302
第四节 替代条件和方法	306
一、替代条件	306
二、外形结构和几何尺寸	307
三、引出脚的排列顺序与功能	308
四、频道转换方式	323
五、AFC 方式	324
六、与图像中放电路的阻抗匹配	324
七、替代关系	324
八、替代实例	325
九、替代后调整	332
第五节 修理方法与技巧	336
一、故障特点	337
二、检修方法	352
三、修理实例	354

第九章 声表面波滤波器

第一节 导电机理	363
一、电体内声表面波	363
二、声表面波的产生和接收	364
三、电视机电路中的声表面波滤波器	364
四、幅频特性的要求	365
第二节 结构与材料	366
一、结构	366
二、材料	367
第三节 主要特性	370
一、频率响应	370
二、相位响应	371
三、脉冲响应	371
四、三次渡越	371
五、选择特性	372
六、负荷能力	372
七、热稳定性	372
八、抗辐射性	372
九、重复特性	372
十、再生功能	372
十一、插入损耗	373
十二、双向损耗	373
十三、可靠性	373
第四节 应用电路	373
第五节 产品	376
第六节 使用特征	384
一、带外抑制	384
二、工作电流	384
三、直通信号	384
四、标志形式的辨别	384
第七节 检修	385
一、损坏形式和判断方法	385
二、替代方式	386
三、LC 网络替代	387
四、漏电故障的修复	391
五、短路性处理	392

六、并联电容	393
--------------	-----

第十章 偏转线圈

第一节 原理与作用	394
一、原理	394
二、像差理论	394
三、用途	401
第二节 会聚作用	403
一、会聚	403
二、自会聚	404
三、枕形失真校正	405
四、绿束下降校正	406
五、“海鸥”形校正	407
第三节 结构和磁场分布	407
一、分类	407
二、精密静态环形结构	408
三、六角形结构	408
四、典型形式	409
五、会聚磁件	410
六、磁场分布	411
第四节 硅钢翼枕校自会聚	414
一、基本原理	414
二、结构形式	415
第五节 高清晰度彩管的偏转线圈	417
第六节 使用与维修	420
一、使用	421
二、偏转功率指数	421
三、自制	422
四、虚焊的修复	423
五、擦拭	423
六、短路	424
七、开路	425
八、替代	425
九、配套与特性	426

第十一章 延迟线

第一节 色度延迟	439
一、基本原理	440

二、结构形式	441
三、工作过程	442
四、规范的选择	445
五、主要特点	448
六、典型应用电路	449
第二节 高度延迟	453
一、色镶边现象	453
二、LC 网络	454
第三节 检修	457
一、质量判断与检修	457
二、无彩色故障的修复	458
三、图像模糊的修复	459
四、偏色	459
五、百叶窗效果	459
六、彩色不稳定	464
七、亮度延迟线的修复与自制	464
第四节 替代	467
一、色度延迟线	467
二、亮度延迟线	467
第十二章 晶体	
第一节 基本特征	468
第二节 彩色电视中的应用	468
一、自动相位控制电路	469
二、压控电路	470
三、振荡电路	474
第三节 产品与性能	475
一、产品型号	475
二、主要性能	476
三、特性简介	477
四、性能检测	478
第四节 修理与替代	479
一、应急修复	479
二、简易替代	481
三、替代后的调试	484
四、废弃晶体的利用	484

第一章 结构与品种

显像管是电视机的显示器件,其作用是把电视电信号转变为荧光屏显示的无数光点组成的图像。显像管的性能和结构关系到电视机的图像质量的整机技术水平。彩色显像管自1952年问世以来,所取得的进展更是突飞猛进,除了决定电视机的彩色效果外,还进一步推动其它产业的发展,对显像管的研究、分析同样也将影响其它事业的发展。

第一节 黑白显像管

普通黑白显像管比较简单,其结构如图1-1-1所示,它是由电子枪、荧光屏及管壳等三部分组成的。电子枪位于细圆径柱形管颈内,以每秒钟6000km的高速度发射出电子束打冲射到荧光屏上。在荧光屏内表面涂敷有荧光粉薄膜。当电子枪发射出的电子束打到荧光屏上时可以使荧光膜发光。圆柱形管颈和矩形屏幕管面之间有玻璃锥体相连接,整个玻璃外壳的里面抽成真空。在管子锥体部分的侧面有第三阳极插座,其它各电极在管颈末端用金属管脚引出。

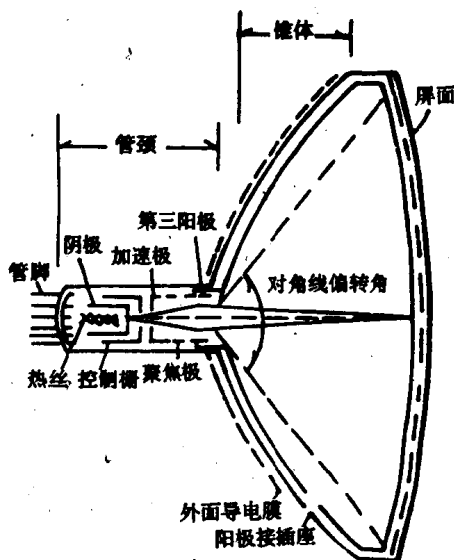


图1-1-1

一、电子枪的构造及其各组成部分的作用

电子枪内有一个圆筒形阴极,阴极里面有灯丝,灯丝通电后就能使阴极受热而发射电子。离阴极很近处有一个中心开孔的电极叫做控制栅极或称调制极、第一栅极,改变控制栅极相对于阴极的电压,就可以改变电子枪发射出去的电子数量。在控制栅极前面设置的加速极又叫第二栅极或第一阳极,它上面加有几百伏的正压,可使电子作加速运动。往前有一个聚焦电极又称第三栅极或第二阳极,由此可以适当地选取加到聚焦极上的电压,使电子枪发射的电子束在屏幕上聚成一小点,使图像最清晰。再往前有第三阳极,它上面加有阳极高压,使电子以高速冲射到荧光屏上。

二、荧光膜

显像管内的发光主要靠这一层,其结构形式是在荧光膜背面覆有一薄层铝膜,能让电子束穿过且打到荧光膜上,而荧光膜发出来的光线却被铝膜反射向管外,增加屏幕亮度。它又可以保护荧光膜,使荧光膜不受离子冲射而损伤。铝膜是和第三阳极连接在一起的,上面有9kV以上的高压。

三、偏转系统

在显像管圆柱形管颈与锥形交界部分的外面,还套着行、场偏转线圈。在偏转线圈中通过锯齿波电流时,就可以形成偏转磁场,使电子束向左右及上下方向来回地扫描,在屏幕上形成光栅。在管颈上还套有中心位置调整片,以便调整光栅在荧光屏上的位置。

第二节 彩色显像管

彩色显像管的屏幕内壁涂有几十万个红、绿、蓝荧光粉小点或小条,同时由红、绿、蓝三束电子枪发射随电视信号控制的束电流,并依靠荫罩板的分色功能,使荧屏上展现绚丽的彩色图像。在技术上以色彩再现控制方式可分为荫罩式、束指引式、聚焦栅式和穿透式等类型。穿透式显像管主要用于汽车、飞机、船舶等运动载体领域,由于这些领域常常发生较强的振动和颠簸,如果采用荫罩式,则显像管的荫罩板会出现颤动而改变与荧光屏之间的相对位置和距离,直接影响其色纯度,严重时就无法工作。为此采用的穿透式显像管就能适应上述环境的要求,穿透式显像管没有荫罩板,所以它具有良好的抗冲击、抗振动性能。

现有的彩色电视接收系统主要采用荫罩式彩色显像管,它是本节介绍的重点。依发展过程它又可分为三枪三束、单枪三束和自会聚显像管三种类型。自会聚彩管吸收三枪三束和单枪三束彩管的优点,并舍弃两者的不足,经过近年来的不断改进和提高,得到了迅速发展和广泛应用。由于电子科学技术的快速发展和研究周期的缩短,在自会聚管的基础上又研制出方角平面彩管即称 SF 管和高清晰度电视 HDTV 系统使用的高分辨率彩色显像管。这里考虑到彩管的系统性和现实性,将在三枪三束的基础上来分别介绍它们的基本原理、技术性能与结构特点。

一、基本原理

三种彩色显像管的基本工作过程是一样的,都是用灯丝加热阴极,使阴极发射电子,电子被加速极和聚焦极的电子透镜聚焦成很细的电子束,再受超高压、极高压的强电场进一步加速,以板高速度轰击荧光屏上的荧光粉,将电能转换为光能。电子束在射向荧光屏的过程中,受到偏转线圈磁场作用,产生扫描运动。这样就在荧光屏上构成了光栅。为了显示彩色图像,在荧光屏上须按照一定规律沉积上红、绿、蓝三种荧光粉。当这些荧光粉分别受到相应的电子枪的轰击时就发出三种不同的光。如果三种荧光粉的发光强度配合适当,在离开一定距离观看就会合成为一种颜色。其色调和浓淡则决定于三种荧光粉发光的强度和比例。因此,在实际应用中只要适当控制三个电子束的强度就可获得鲜艳的彩色图像。

对显像管的性能基本要求可以归纳成为四条。

1. 分辨率足够高

一般用测试图来衡量时,中心部分的分辨率应达到 500~600 线。聚焦的好坏直接影响显像管分辨力,因此在检测时要认真仔细地调整好聚焦电压。

2. 亮度足够高

在正常的室内光线下,能够较好地收看电视节目。为了提高彩色显像管的亮度,已采取了很多措施。其一是使用发光效率高的荧光粉;其二是提高超高压极限电压,现已由 14~17kV 提高到 25kV。还有改进选色板使电子透过率增加等其它措施。使得目前所用的彩色显像管具有足够的亮度。

3. 必要的对比度

对比度是荧光屏上最亮处和最暗处的亮度比。受外来光的照射和屏面玻璃对光的反射,都会影响黑白对比度。减小玻璃的透光率和对光的反射,可提高对比度。一般对比度在 15~20 的范围内,图像质量良好。

4. 荧光屏的颜色

应使荧光屏的颜色尽可能接近于标准白光。白光柔和、自然,而且由较暗的白色过渡到最亮的白色即亮度变化时,都不带任何彩色,有很好的白平衡效果。

彩色显像管还有色纯度、静会聚、动会聚等各项性能指标的要求,并有一定的调整手续。

二、结构形式

彩色显像管的大致结构和外形与黑白显像管相似,只是比较复杂一些,通常都由管壳、三基色荧光屏、荫罩、偏转系统和电子枪五大部分组成,图 1-2-1 为彩色显像管的典型结构。下面以三枪三束显像管为主介绍结构方面的主要特征。

1. 玻壳

玻壳的主要作用是保证彩色显像管内部的高度真空,所以要求能承受一定的大气压力。在整个管壳上,其所受应力的情况如图 1-2-2 所示。由于玻璃的耐拉强度比耐压强度小得多,所以在玻壳边沿承受张力的部分最容易爆裂。为了保证安全,一般在张力较大部位采取了各种防爆措施。目前最常见的是在玻壳外沿加装一钢带防爆圈。此外还有玻璃丝带防爆方式、防爆铁壳方式、钢化玻璃面板防爆方式等等。

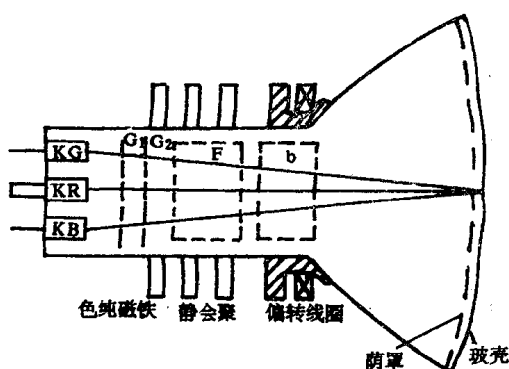


图 1-2-1

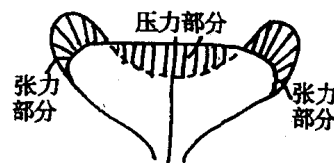


图 1-2-2

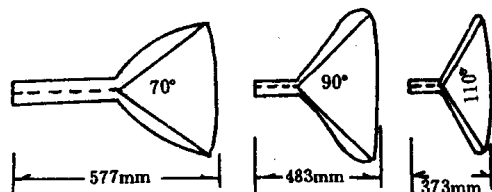


图 1-2-3

玻壳还包括管屏、管锥、管颈和芯柱四个部分。玻壳是全密封结构,它的作用是保证电子枪正常工作。

管屏是荧光屏的基体,其长、宽比近似为 4:3 到 5:4,与摄像画面一致,以获取高画面重现率。近来,管屏逐渐向矩形、方角化过渡,管屏四角的圆弧部分越来越小。管屏内表面屏幕的阳极电压很高,由此产生的高压电子束撞击荧光屏的能量很大,有可能产生损害人体的 X 射线。所以,管屏多采用含有钡、锶等元素的特殊玻璃。经试验,这类玻璃能吸收 $0.4 \sim 0.61 \cdot 10^{-10} \text{mR/h}$ 的 X 射线,使 X 射线的辐射量远低于国际规定 $0.5 \text{mR}(\text{毫伦琴})/\text{h}(\text{小时})$ 的安全限制值。另外管屏内还添加有铯成份,其作用是防变暗,使彩色显像管在整个工作寿命期间内,管屏永远是透明的。

管锥也称锥体,其形状好似一个方圆过渡的漏斗,上连矩形管屏,下接圆形管颈。管锥上

有一个偏转区,其形状类似于圆锥形扬声器,倒着看酷似一个漏斗,其张开的角度决定了电子束的最大偏转角。管锥的形状和大小,主要取决于显像管的偏转角,偏转角越大锥体部分越短,图 1-2-3 示出了不同偏转角三种锥体的尺寸比较。在实际应用中,为了使大偏转角的显像管偏转功率不致太大,可将管颈直径从 $\Phi 36.5\text{mm}$ 改为 $\Phi 28.6\text{mm}$,其偏转角也相应可由 70° 改成 110° 。

彩色显像管的偏转角,亦即管锥的角度目前有 70° 、 90° 、 100° 和 110° 四种。偏转线圈几乎占去其总面积的一半。管锥上还有一个阳极帽,通过它可将外部阳极电压施加到玻壳内导电涂层和电子枪阳极。

管颈是电子枪的工作区,其长度现已标准化。目前共分三种规格,粗管颈为 $\Phi 36.1\text{mm}$,中管颈为 $\Phi 29\text{mm}$,细管颈为 $\Phi 22.5\text{mm}$ 。除此之外,较为特殊的索尼公司所生产的单枪三束显像管管颈为 $\Phi 30\text{mm}$ 。管颈与电子枪的工作性能密切相关,对电子枪也有直接影响,通常管颈越大,电子枪的聚焦性能和耐高压性能越好。

芯柱是电子枪的支撑基础,所以也称为管基。它是排气出口和封离的部位,在电路中的作用是通过它将工作电压施加到各电极上。目前其形式、结构也都已实现了标准化。

2. 荧光屏

荧光屏的设计是由选色板也叫荫罩板的形状决定的,三枪三束管、单枪三束槽形孔栅网管和自会聚管,选色板可以做成球面形,所以它们的屏面也做成球面形的。这样的屏面机械强度好,并减少了光栅的延伸失真,对电子束的偏转和会聚有利。在单枪三束栅条式管中,由于选色板是绷紧的栅条,不可能做成球面形的,只能做成柱面形。所以屏面也设计成柱面形。屏面玻璃用一种含铈的玻璃,以使其在高速电子的轰击下不变颜色。为了防止 X 射线的有害作用,在玻璃中还加入了一定量的铅元素。

荧光屏主要由玻屏、荧光粉、黑化材料和铝膜组成。应用中对荧光屏的基本要求有四个方面。

(1) 高真空度

荧光屏应具有良好的真空性能,为此要很精密地去除内部各种气体,并能经受长时间电子束的轰击,放气也是有限的,这样才能保证彩色显像管长期稳定地工作。

(2) 发光效率高

荧光粉的发光效率要求较高,通常情况下荧光屏的发光亮度 L 可计算为:

$$L = A_j(V_a - V_0)^n$$

式中 A 为与材料发光效率有关的系数; j 为电流密度; V_a 为阳极电压; V_0 为荧光粉发光的起始电压; n 为大于 1 的参考常数。

对于一只成品彩色显像管,其 A 和 n 值都是确定的,而 j 因受阴极寿命限制和大面积聚焦质量的影响,不能太大,所以要获得高亮度,彩色显像管的阳极电压应选得足够高,通常采用 $22\sim 28\text{kV}$ 。

(3) 最佳配准

红、绿、蓝三基色荧光粉,不能重迭在一起,它们与荫罩槽孔应有最佳的配准关系。

(4) 高应用性能

在这里主要是指具有高亮度和好对比度,为此荧光屏采用了铝膜、黑底和着色玻屏。

荧光屏内荧光层是按照三个一组品字形的红、绿、蓝荧光粉小点排列。小点的直径大约为 $\phi 0.3\text{mm}$ 。这三个一组的荧光粉就形成一个像素。在典型的三枪三束管中约有 40 万个这样的三色像素。当它们在电子束的轰击下发光时,在一定距离外,人眼不能辨别它们的点状结构而产生混色效果,看到的便是一幅彩色图像。

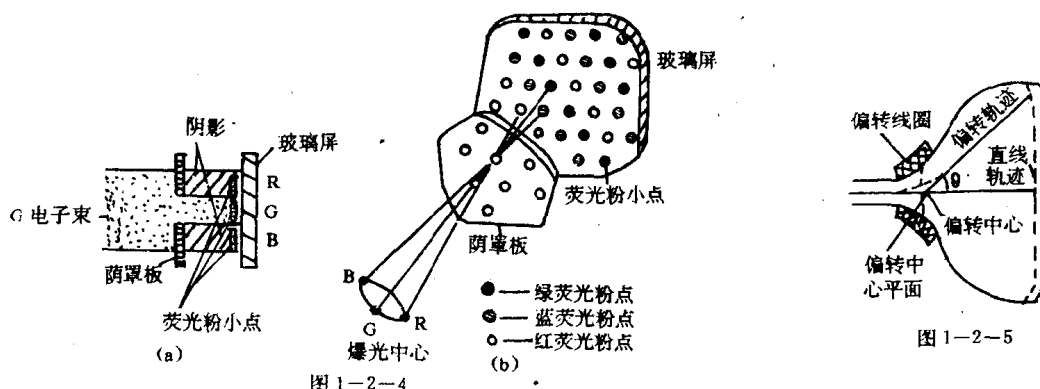
荧光屏内所用铝膜约厚 $1\mu\text{m}$,并将其涂敷在荧光粉上,它具有通过电子、阻挡离子、稳定屏电位和释放电子的功能。铝膜还具有阻挡住内部杂散光对图像亮度的串扰作用,并象镜面那样反射荧光粉的发光,提高荧光屏的发光亮度。

黑底就是将三基色粉间隙涂以氧化锰或石墨予以黑化,黑底吸收了环境光和反射光,可以有效地改善对比度,即使在强光环境中,黑底彩管都能正常显示图像。一般彩色显像管的玻壳透光率为 $50\sim 86\%$,这样,管外的杂散光通过荧光屏时要经过二次衰减才能传给观众。而在这里荧光粉发光仅衰减一次就传给观众,虽然亮度略有下降,但对比度却显著提高了。

此外为了消除图像边缘的歪斜变形现象,近年来采用了改进弧形条状屏,它利用特殊的涂屏形式,使屏面边缘的粉条做成等弯曲形。

3. 荫罩

在荧光屏的后面约 1cm 处是荫罩,也叫障板或选色板。荫罩放置在距屏内表面处 10mm 左右,其形状与屏内表面相配。荫罩是排列有槽孔的金属薄片。每个槽孔对应着一组红、绿、蓝荧光粉。三条电子束以很小的角度相交于荫罩处。通过荫罩槽孔的三束又以同样的角度散开,分别打在相应的荧光粉上。这就是荫罩的分色作用。它上面有很多小圆孔,和荧光屏上的三种彩色荧光粉小点一一对应。荫罩板的作用是使每种颜色的荧光点仅仅受到其相应的电子束轰击,而其它两种荧光粉小点恰处于荫罩板的阴影中而不受轰击。图 1-2-4 表明了这种作用的情况。三种颜色荧光粉的沉积和选色板选色孔的制作,都是采用照像腐蚀的办法制成的。曝光时用的紫外线光源所处的位置,称做曝光中心。曝光中心应在偏转中心的平面上。这样,三个相应的电子束即可通过选色孔而打到相应的色点上,如图 1-2-4(b)所示。图 1-2-5 说明偏转中心的情况。偏转角越大,偏转中心越向前移。三枪三束管的三个电子束各有一个偏转中心,但应处在同一个平面上。荧光层的上面复有一层很薄的铝层。此铝层和荫罩板一起与超高压极接在同一电位上。此层有保护荧光层和增亮的作用。



荫罩的基本形式有三类。

(1) 三角形排列的圆孔结构

过去多用于三枪三束彩色显像管,现在已被用于高分辨率显示管中。