

示波管与显象管原理和制造

郑步京 袁宗范
戚 定 吉厚珍 徐茂根合編

上海科学技术出版社

內 容 提 要

本书内容以制造过程为主，再結合它們的簡單工作原理及用途，使讀者們对示波管和显象管有初步的認識，而這些产品，随着祖国社会主义建設事业的发展，在工作与生活中，將和我們有着密切的关系。本书亦可作为工人同志的学习資料。

示波管与显象管原理和制造

郑步京 袁宗范 徐茂根合編
盛 定 吉厚珍

上海科学技术出版社出版

(上海南京西路 2004 号)

上海市书刊出版业营业許可証出 093 号

上海市印刷五厂印刷 新华书店上海发行所总經售

开本 787×1092 1/32 印张 1 5/16 字数 27,000

1959 年 3 月第 1 版、1959 年 3 月第 1 次印刷

印数 1—10,000

統一書号：15119·1167

定价：(九) 0 14 元

目 录

前 言

第一章 示波管与显象管的结构及工作原理 1

1-1 电子束器件 1

1-2 示波管与显象管的结构 2

1-3 工作原理 2

1-4 示波管与显象管的主要要求 6

1-5 示波管与显象管的区别 7

第二章 示波管与显象管的制造 8

2-1 制造过程 8

2-2 玻璃的制造 8

2-3 玻璃的涂复 13

2-4 零件制造 16

2-5 芯柱制造 20

2-6 热丝的制造 22

2-7 阴极氧化物的制造 23

2-8 电子枪的装配 23

2-9 封口及排气 25

2-10 耐压试验及安装管底 27

2-11 老炼及检验 28

第三章 示波管与显象管的用途 30

附录一 常用的国产示波管与显象管特性表 32

附录二 调整电子枪结构尺寸的一些经验公式
及一些曲线 34

第一章

示波管与显象管的結構及工作原理

1-1 电子束器件

示波管与显象管均属于电子束器件，示波管也常叫做阴极射线管；显象管也是阴极射线管的一种。它们都是由于阴极发射出“一束”电子流，通过“聚焦”与“偏转”，而产生人们所需要的曲线和图象，所谓“电子束”器件的名称，也因此而来。

电子束器件包含的范围很广，因为式样繁多，分类比较困难。如即以电子束的形状来分，一般可分为三类：

- (1) 具有窄的电子束器件 示波管与显象管即属于这一类。
- (2) 具有带形的电子束器件 如调相管等特殊的一些器件。
- (3) 具有宽电子束的器件 如电子显微镜就是个例子。

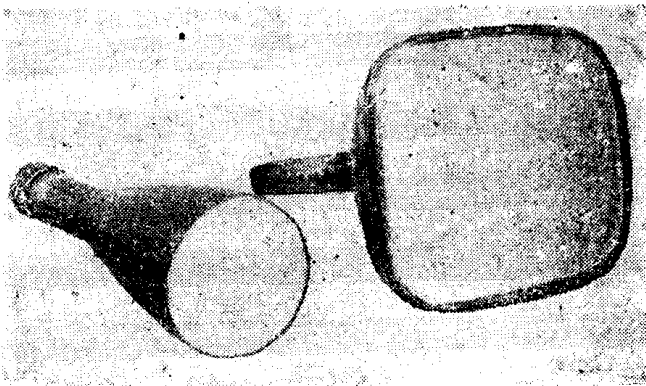


图 1-1 示波管(左)与显象管(右)

这里，我們所討論的就是具有窄的且与軸对称的电子束器件——示波管与显象管，如图 1-1 所示。

1-2 示波管与显象管的結構

示波管与显象管的构造是不相同的，就以示波管來說就有多种多样，但是它們的基本結構原理，还是差不多的。图 1-2 图 1-3 及图 1-4 分別示出靜电式、电磁式及二者混合式的典型結構。它們均由下面三个部分組成：(1) 电子光学系統，通常称作电子枪的，(2) 偏轉系統；(3) 涂复熒光屏等的玻壳；玻壳內則抽成高度真空。

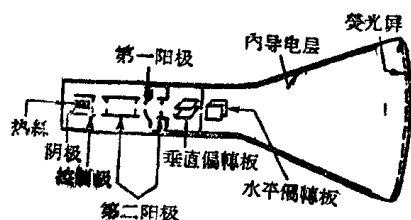


图 1-2 靜电式

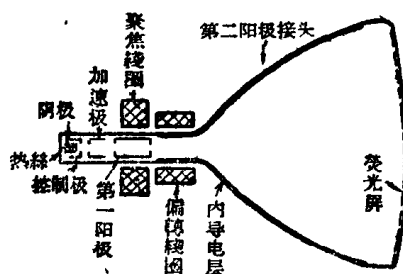


图 1-3 电磁式

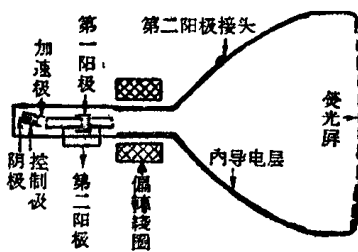


图 1-4 混合式

1-3 工作原理

由于热絲的通电加热，阴极端面达到一定的溫度，而使涂复的氧化物发射出电子束，經過聚焦、加速与偏轉，再撞击到熒光屏上，在示波管內就形成各种光亮的波形；在显象管內，能形成各种图象。

这几个部分的工作原理，

大致是这样：

(1) 聚焦、偏轉与加速

在这里我们要提到一个“电子光学”的名称。大家知道,研究光线的反射、折射、以及成象等等的知识,在物理上称做几何光学,而电子束同光线具有相似的特性,如采取一定的措施,它也可以达到反射、折射与成象等效果。这类知识,就属于电子光学的范围。

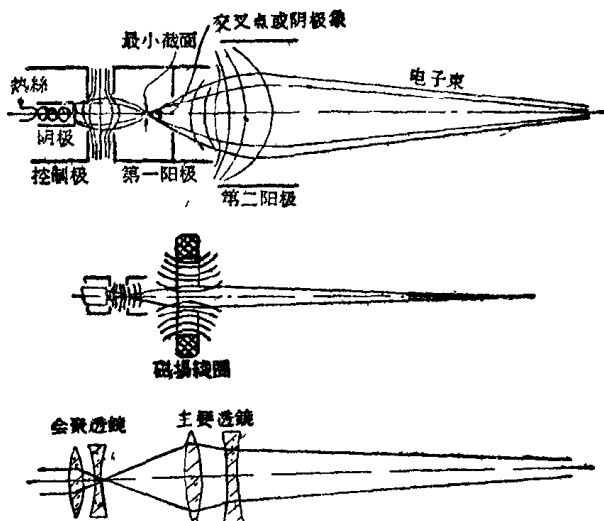


图 1-5 静电聚焦、磁聚焦与光学透镜的比较

既然这样,光线通过不同的透镜,可以使它聚在一点,或是使它发散开来,那么对于电子束采取怎样的透镜呢?这种透镜不象普通在光学上采用玻璃来制造,而是利用一定的电场或是磁场的作用,见图 1-5。利用电场或磁场的作用,将电子束聚在一点的现象,称做聚焦。

电场及磁场的作用,同样能使聚焦后的电子束,上下左右移动(假使没有这种场的存在,电子束就成直线前进),这种现象,称做偏转。

为了使电子束加速度的前进,也必须加上一个电场,这就是**加速**。

采用电场聚焦与偏转的示波管或显象管,称做静电式,见图 1-2; 采用磁场聚焦与偏转的,称做电磁式的,见图 1-3; 采用电场聚焦,磁场偏转的称做混合式的,见图 1-4。从图上可以看到静电场完全是电子束管内电极的分布、电极的外形和电位所决定,当电子束进入电场后,受到场的作用力的影响,这样就得到所需的聚焦或偏转。而磁场则利用放在管子外部的线圈所产生,当电子束进入磁场,它的轨道也就被弯曲和旋转而定时地与管轴相交,如此就可得到偏转或聚焦。而加速则完全受到电极上电位所产生的强电场作用使电子束加速地直线进行。

(2) 透镜与离子阱

在示波管及显象管内所有组成的零件与部件,包括发射电子流的阴极等,就统称作**电子枪**。电子枪中,一般包括两个透镜,由阴极、控制极与第一阳极组成一个透镜,第一阳极与第二阳极再组成另一个透镜。通常就采用两个透镜系统,而在显象管中,为了改善光点获得良好的图象,所以多一个透镜,即添了一个加速极。

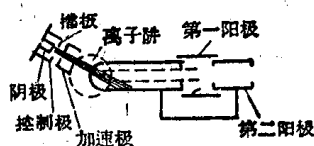


图 1-6 35 JIK2B 显象管
电子枪的系统图

从图 1-6 35 JIK2B 型显象管的电子枪系统图上,就可以看到这个情况。在这个图上,我们还可以看到加速极与第二阳极之间,采取倾斜的形式,这叫做**离子阱**。

它的作用如下: 由于电子束在前进的过程中,具有一定的速度,会撞击着管内残余气体的分子,而使后者电离成正负两种离子,其中负离子不易受磁场的控制,因而较难偏转,就直接撞击到荧光屏上,较长时间后即造成荧光屏发黑。于是采用了离子

阱的措施,使它不会撞到荧光屏上,以保证荧光屏的质量。但在示波管中,因采用电场,可以使负离子随着电子流一同偏转,所以没有离子阱。

另外从图 1-6 上可以看到各极上都有一些挡板(在示波管内也用到),均具有一个中心孔,在实际上直径大小不一。其目的在于削去电子束外围多余的部分,而使聚焦良好,光点清晰。但是在一些新式的管子中,第一阳极内又不采用挡板,或是将挡板的中心孔的直径做得很大,好象不希望改善聚焦似的,其实这还是为了聚焦。因使全部电子束顺利地通过第一阳极,则第一阳极变为“零电流第一阳极”,在调节该电极电位时,不会与其他电极相互影响,而破坏整个聚焦系统。

(3) 电子源

电子束是从阴极端面发射出来的。在它上面原来涂复了一层硷土金属的碳酸盐,如碳酸钡及碳酸锶等,在加工过程中,使分解成氧化物。就是这种氧化物,具有在较低温度的情况下易发射电子的特性。阴极面温度则借热丝通以电流而获得。热丝与阴极之间需绝缘。热丝采用回绕式螺旋丝,见图 1-7,使产生的磁场互相抵消不致于影响电子流。

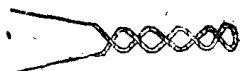


图 1-7 回绕式螺旋丝

(4) 荧光屏

在示波管及显象管玻壳底的内表面,涂复一层荧光粉,这称作荧光屏。

涂复用的荧光粉有各种不同的成分,但是被电子激发后,均有发出可见光的特性。对于荧光粉的要求,主要是亮度、颜色、余辉*等。根据不同的要求而采用不同的荧光粉,如以颜色来看,示波管用于直接观看的采用绿色,以有利于人的视觉;供摄

影用的采用藍色,以有利于胶片感光;显象管則采用白色,以近于自然色。現在的彩色显象管是同时涂复不同顏色的荧光粉。表1所列出的就是普通用于电子束管的几种荧光粉的特性。

表1 电子束管常用荧光粉的特性表

代号	名 称	化 学 成 分	輝光 顏色	余輝時間 (秒)	主 要 用 途
P ₁	矽酸鋅(錳)	ZnSiO ₄ :Mn	綠	0.05	阴极射綫示波器和快速雷达裝置。
P ₂	硫化鋅(銅或銀)	ZnS:Cu(Ag)	青藍	0.3	长余輝示波器
P ₃	矽酸鋅鋁(錳)	Zn ₈ BeSi ₆ O ₁₀ :Mn	黃	0.06	阴极射綫示波器
P ₄	硫化鋅(銀)	ZnS:Ag	白	0.005	电视
	矽酸鋅鋁(錳)	Zn ₈ BeSi ₆ O ₁₀ :Mn			
P ₅	鎢酸鈣(鎢)	CaWO ₄ :W	藍	4×10 ⁻⁵	示波器
P ₆	硫化鋅,硫化鋅(銀)	ZnS ₁ CdS:Ag	白	0.005	电视
P ₇	硫化鋅,硫化鋅鎢	ZnS,ZnCdS	青白		雷达指示器
P ₈					
P ₁₀	氯化鉀	KCl	黑	5	雷达裝置
P ₁₁	硫化鋅	ZnS	藍	0.001	示波器
P ₁₂	(鋅,鎂)氟	(Zn,Mg)F ₂	橙	0.5	雷达裝置
P ₁₃	矽酸鋁(錳)		亮紅	0.1	电视
P ₁₄	硫化鋅,硫化鋅鎢	ZnS,ZnCdS	紫白		低速扫描雷达裝置
P ₁₅	氧化鋅	ZnO	青藍	10 ⁻⁶	飞点扫描裝置
P ₁₆	矽酸鋁鈣(鈰)	Ca ₂ MgSi ₂ O ₇ :Ce	紫	9×10 ⁻⁶	飞点扫描裝置

1-4 示波管与显象管的主要要求

它們的共同技术要求可包括以下几个主要方面:

* 余輝 在电子停止激发后,荧光屏的亮度不是立即消失的,而是逐步下降的,这就称作荧光粉的余輝。余輝延續的時間,从数十微秒到数十秒,一般分为长、中、短余輝等三級。

- (1) 外形尺寸, 包括总长、屏的工作面积、管颈直径及管底形式等。
- (2) 各电极应加的电压值。一般都用直流。
- (3) 热丝的电流和电压值。
- (4) 电子束聚焦及偏转采用磁的或静电的。
- (5) 荧光屏的颜色、亮度及余辉等。
- (6) 偏转灵敏度: 在静电偏转中, 当加上一伏电压时, 电子束在屏上所现光点的位移或在磁场偏转中, 单位磁场强度时之光点的位移称之为偏转灵敏度。偏转灵敏度有垂直与水平两种。
- (7) 极间漏电流的数值。
- (8) 寿命在符合管子本身所规定的电气参数运用的时间。

1-5 示波管与显象管的区别

示波管与显象管除上述相同的技术要求外, 显象管还有下列各项要求和特点:

- (1) 显象管的屏面积希望要大, 以期得到图象的真实性。
- (2) 电子枪中具有离子阱, 以防离子灼伤屏面。
- (3) 显象管都采用磁偏转, 使得到较大的偏转角度。
- (4) 阳极电位较高, 以得到较高的亮度。
- (5) 显象管除玻璃锥体外, 大的屏面采用金属锥体, 以增强机械强度。
- (6) 鉴别率 即在荧光屏面上分辨线条的能力。鉴别率越大, 图象越清晰。
- (7) 衬度 为荧光屏上最亮部分和最暗部分亮度的比值。

第二章

示波管与显象管的制造

2-1 制造过程

由于示波管与显象管的基本结构都是一样的，所以它们的制造过程，亦基本上相同，但也有个别不同的情况，将予以说明。现在将制造过程，采用方框图示意如下，后面再分别介绍。

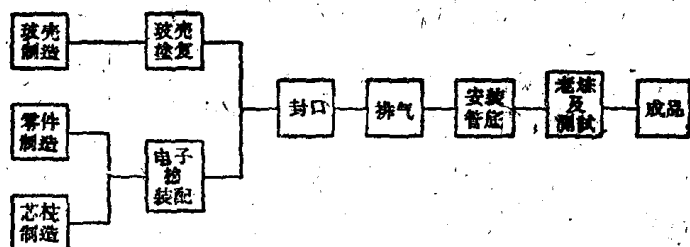


图 2-1 示波管和显象管的制造过程

2-2 玻壳的制造

玻壳的形式及长短直径，具有很重要的意义，因为它决定了管子的一些光电特性。

玻壳可分为三个部分，即底、锥体及颈，如图 2-2 所示。玻壳的底，就是涂荧光粉的地方，而被称作荧光屏，这个屏底要求平坦与光滑，以免波形及图象失真，但是从增加玻壳机械强度

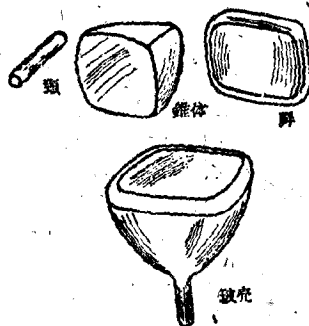


图 2-2 頸、錐體、屏及接成的玻壳

的角度来看，又希望它曲率較大些，即做得鼓一些。所以在設計上应适当处理，两面照顧。

玻壳的錐體，也有特殊的要求，应当使从屏上反射到它上面的光綫，尽量少地再回射到屏上，否則就影响屏的衬度。图 2-3 的三种玻壳，以第三种最好。

玻壳的頸，主要是直径的大

小，它决定于管内电子枪的尺寸。采用静电式聚焦与偏轉的，因为它們的系統均安装在管内，所以頸的直径要比

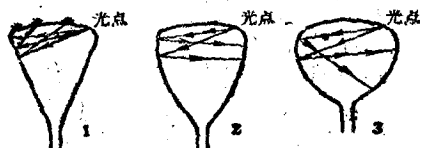


图 2-3 玻壳的形式与光射反射的影响

采用电磁式的大些，約 50 公厘左右。而采用电磁式的，为了减少聚焦及偏轉所消耗的功率，頸的直径比較小些，一般約在 35 公厘左右。

玻壳的总长，即几乎是管子的总长，一般示波管是静电式的，在电子枪上多了二付偏轉板，所以总长要比显象管长些。

玻壳一般用玻璃制成，通称为“玻”壳。大型的显象管，为了增加机械强度，它的錐體部分有采用特殊金属的。这里我們主要只談談关于玻璃壳的制造。

采用的玻璃，可分为軟質的和硬質的两种，軟質玻璃一般采用 C-88-13 号，硬質的采用 3C-5 号玻璃，有关它們的組成成分及一些物理性能如表 2 所示。其中 3C-4 玻璃亦是軟質，一般用作管頸及芯柱之用。

表 2 几种电子束器件常用的玻璃成份及它们的物理性能

玻璃牌号		3C-5(钾料)	3C-5(钠料)	3C-4(Ne12)	C-88-13
化学 成分 重量 百分比	SiO ₂	66.9	67.5	55.3	69.5
	B ₂ O ₃	20.3	20.3	—	2.0
	Al ₂ O ₃	—	—	1.7	—
	CaO	—	—	—	5.5
	MgO	—	—	—	3.5
	BaO	—	—	30.4	2.0
	PbO	—	—	—	—
	ZnO	—	—	—	—
	Na ₂ O	3.9	8.7	3.8	11.0
	K ₂ O	5.4	—	9.2	6.5
当温度 20—200°C 时的热膨胀 系数×10 ⁻⁷		49±1	49±1	88±2	89
比重		2.29	2.29	2.50	2.4
导热性 卡/公分秒度		0.0019	—	20	45
软化温度		575±10	580±10	490±10	570
退火 范围	下限°C	410±10	410±10	360±10	405
	上限°C	535±5	540±10	450±10	515

玻壳的制造,有下列几种方法:

(1) 直接用模具吹制,见图 2-4。模具用铸铁制成,吹制玻壳前,先在內表面涂复一层油灰—用桐油及木屑等拌成一,以使玻壳表面光滑吹制可用人工,亦可以机械化。吹制的玻壳,較难控制底部的形状,玻壳本身往往亦产生厚薄不匀和有气泡条纹等的缺点,但是这种方式有利于大量生产,因为工艺较为简单。

(2) 頸子細的玻壳,在模中先吹出屏与锥体的联接部分,其頸子另用玻璃管拉制成功,然



图 2-4 在模具中吹制玻壳

后将颈子与锥体熔接起来。细颈的玻璃所以不能直接吹制，因为很难掌握玻璃的厚薄及保证应有的形式。

(3) 分别压制底、锥体、再与管颈先后焊接成玻壳，这种方式最能保证玻璃的质量，但工艺亦最复杂。具有长方形底的管子如显象管，不能采用吹制的方式，并由于显象管荧光屏的要求



图 2-5 屏底与锥体在焊接机上进行焊接的情形

较高，就必需采用这个办法。锥体可先与管颈焊接，也可先与屏底焊接，然后再与第三者焊接而成。图 2-5 就是屏底与锥体的焊接机在焊接的工作情形。

为了保证荧光屏的质量，需将压成的底，预先进行磨光。另外，为了提高屏的衬度，制底的玻璃成分，需稍加些氧化镍等成分，使玻璃稍带烟灰色，电视图象因而能相对的增加了亮度。

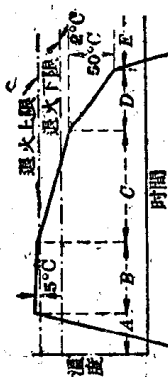
(4) 采用金属锥体，首先要使采用的金属材料，在一定的温度范围内，其膨胀系数应与焊接的玻璃一致，其次要保证能达到高度真空及便于加工等等。这种玻壳加工的困难，就是金属与玻璃焊接的工艺。

焊接玻壳多采用煤气与氧气的混合气体的火焰。由于玻璃具有膨胀系数大及导热系数低的两种特点，在进行加工时，极易炸裂及产生应力，为了避免这个现象，制品在加工前后，必须采取

表 3 玻璃制品的預熱及退火在理論上的數據

A—加熱到高出退火上限 5°C B— t 時間內維持的溫度C—開始冷卻到退火下限 2°C D—冷卻到 50°C 以下

E—最終冷卻



玻璃膨脹係數	玻璃厚度		A	B	C		D	E	A	B	C		D	E
	英吋	公厘	加熱速度 $^{\circ}\text{C}/\text{分}$	時間 t -分	溫度 $^{\circ}\text{C}$	冷卻速度 $^{\circ}\text{C}/\text{分}$	冷卻速度 $^{\circ}\text{C}/\text{分}$	冷卻速度 $^{\circ}\text{C}/\text{分}$	加熱速度 $^{\circ}\text{C}/\text{分}$	時間 t -分	溫度 $^{\circ}\text{C}$	冷卻速度 $^{\circ}\text{C}/\text{分}$	冷卻速度 $^{\circ}\text{C}/\text{分}$	冷卻速度 $^{\circ}\text{C}/\text{分}$
33×10^{-7}	1/8	3.2	130	5	5	12	24	130	400	5	5	39	78	400
	1/4	6.3	90	15	10	8	6	30	130	15	10	12	24	130
	1/2	12.7	8	30	20	0.8	1.6	8	30	30	20	3	6	30
	1/8	3.2	85	5	5	8	16	85	260	5	5	26	52	260
50×10^{-7}	1/4	6.3	21	15	10	2	4	21	85	15	10	8	16	85
	1/2	12.7	5	30	20	0.5	1.0	5	21	30	20	2	4	21
	1/8	3.2	50	5	5	4	8	50	140	5	5	14	28	140
	1/4	6.3	11	15	10	1	2	11	50	15	10	4	8	50
90×10^{-7}	1/2	12.7	3	30	20	0.3	0.6	3	11	30	20	1	2	11

預热及退火的措施,即先使玻璃零件(即屏底及錐体)逐步地升到加工溫度,在制成以后,再逐步下降到等溫状态。同样在压制屏底及錐体时,亦須退火。預热及退火要有能控制溫度的烘炉,加热方式可采用电的也可以用煤气的。具体的如何来控制溫度,則与玻璃制品的大小厚薄及炉子的結構有关。在这里介紹一个理論上的預热及退火的数据,以供参考,詳見表3。

玻壳制成后,应試驗它的机械强度,至少要能承受2.5大气压的压力。試驗方法,玻壳頸端用塞子塞紧,放在一个密封的容器內,通入压缩空气,使逐步升到2.5大气压时即行停止,再維持一定的時間,这样玻壳应保証完整。否則玻壳将因不耐高压而破碎。

玻壳应妥为存放,防止底面被硬質物体擦有痕跡。以后对于成品亦应如此。

2-3 玻壳的涂复

在示波管及显象管的玻壳上,一般須涂复荧光屏及內导电层,有时还增有外导电层及半导体层。分述如下:

(1) 涂复荧光屏 涂复荧光屏的方法很多,主要的有噴涂法、沉淀法、电泳法、升华法和燒結法等几种。以前两种应用最广泛,而采用沉淀法更多于噴涂法。通常涂复面积較大的屏,采用沉淀法,容易控制涂复层的均匀度。采用噴涂法,則其工艺簡單,生产率高。

采用噴涂法,涂层的均匀度,决定于荧光粉悬濁液成分及濃度、噴枪的結構、以及噴涂的操作。荧光粉悬濁液一般采用酒精或丙酮等易揮发的有机液体配制。噴枪应具有合适的噴口,所用的压缩空气应保持一定的压力,并經過过滤,以除去其中所含有

的杂质及油蒸汽。在喷涂前，玻壳必须处理干净，并用配悬浊液的有机液体润湿一次，在喷涂时，玻壳应保持一定的温度（如采用的是丙酮有机液约在 55°C 左右），并须转动每分钟约 $60\sim 80$ 转。喷枪口与屏的距离，也需控制适当。喷涂后无需干燥，因丙酮等极易蒸发，所以工艺简单，多予采用，但当荧光屏面大于 130 公厘者，不宜用喷涂法，因喷涂面积太大时，保持同一的均匀与厚度在操作上是存在困难的。

沉淀法涂复荧光屏，首先也要将玻壳处理清洁。一般处理的办法，先用清水冲洗玻壳内部，再用 $3\sim 5\%$ 浓度的氢氟酸浸蚀一次，最后再用热水及蒸馏水冲洗数次即成。玻壳是否清洁，影响荧光涂料的附着力，所以这道工序，不能因为简单而忽视。

配制荧光粉悬浊液是一个关键问题，液体可采用蒸馏水，再适当地加入一些水玻璃粘结剂等材料，使能牢固地附着在玻壳的底部。荧光粉的颗粒大小，亦需要严格控制，一般要求在 $5\sim 10$ 公微直径左右，这是决定涂层均匀度的一个因素。

将悬浊液倒入玻壳，需要特制的长颈漏斗，如图 2-6 的那样，动作要迅速而谨慎，它也与涂层的均匀有关系。

在沉淀时，要避免任何轻微的震动，至于沉淀的时间及沉淀的分量，则决定于悬浊液的成分。最后小心地将液体倒出，或采用虹吸法吸出，就可以得到一个满意的涂层，再用热空气吹干。

要保证荧光屏的质量，除了上面所提到的以外，还要注意到工作场所的温度、光线、清洁、气流以及震动情况。稍有疏忽，就会招致失败。

一些长余辉的荧光屏，尚需要涂复两层，方法基本上与前面



图 2-6 用长颈漏斗注入