

X线机 构造与检修

(X线技术人员训练班试用教材)

武汉军区总医院

第一篇 工 线机的构造

第一章	概 述	1
第一节	又 线的发生及其性质	1
第二节	又 线机的结构	2
第二章	又 线机的高压电路元件	6
第一节	又 线管	6
第二节	热电子又 线管阴极	7
第三节	又 线管阳极	10
第四节	玻璃管壁	11
第五节	又 线管使用规格	12
第六节	又 线管牙类	23
第七节	又 线管垫	26
第三章	高压电路	30
第一节	高压变压器	30
第二节	高压整流管	36
第三节	高压整流电路	39
第四节	高压变压器油	46
第五节	高压电缆	48
第六节	灯丝变压器	51
第七节	高压交换装置	53
第四章	低压电路元件	56
第一节	控制管	56

第二节	电 沉	58
第三节	反电压调节和予脉	63
第四节	反电流调节	70
第五节	稳压管	74
第六节	空载电荷抵制管	78
第七节	续电管	80
第八节	延时管	83
第九节	限电管	91
第十节	反电流的测量	102
第十一节	毫安秒表	108
第十二节	保护装置	110

第二篇

X线机的安装

第一章	X线机的安装	113
第一节	机器的选择	113
第二节	X线室	114
第三节	机器的安装	115
第四节	地线埋设	116
第五节	电 源	116
第二章	X线的通电及调整	119
第一节	操纵台的安装	119
第二节	电源电压调整	120
第三节	高压变压器	122
第四节	高压电缆	123
第五节	整流管灯丝加热调整	123

第六节	核对仪表反测量	125
第七节	测定X线管灯丝加热电压	125
第八节	训练X线管	125
第九节	X线管电流调整	126
第十节	管电压及其附属机件之校正	126

第三篇 X线机的故障与检修

第一章	故障的检查和析	128
第一节	静态检查	128
第二节	区别漏电流及容电电流	128
第三节	确定高低压故障	129
第四节	熟习技术数据	130
第二章	高压机件故障及检验	130
第一节	X线管的故障检验	130
第二节	X线管室故障检查	137
第三节	高压整流管故障	143
第四节	灯丝变压器故障	146
第五节	高压变压器故障	149
第六节	高压电缆	153

第七节	高压电路内的其他机件故障	158
第八节	管电流测量电路故障	160
第三章	低压部分故障	163
第一节	变压器故障	163
第二节	稳压管(磁饱和谐振式)	165
第三节	继电器	168
第四节	过载断路器	170
第五节	旋转阴极启动管故障(附记录管)	171
第六节	延时故障	176
第七节	机械限时故障	180
第八节	电子限时故障	184
第四章	X线机的维护保养	199
第一节	X线机的维护	199
第二节	X线管保存、运输、包装注意事项	201

附:

RF200型X线机线路分析	附1
---------------	----

第一编 X线机的构造

第一章 概述

第一节 X射线的发生及其性质

1895年，德国物理学家伦琴发现，当高速度的电子流轰击某些物质时，有一种穿透力很强的肉眼看不到的辐射发生。这种辐射称做伦琴射线，又称X射线。

实验证明：X射线和肉眼能见的光都同属于电磁波那样一种物质形态。而它的波长比肉眼看得见的光的波长要短得多，现在医用的X射线的波长范围是在 $2 \times 10^{-8} \sim 0.6 \times 10^{-8}$ 厘米之间。

实验证明，X射线的性质，除了具有肉眼可见光的一般性质（如直线传播，折射，反射，干涉，绕射等）之外，还具有下列特性。

1. 穿透作用：即X射线具有较强的穿透本领。但对不同的物质它的穿透力是不同的。如对重金属铅和人体骨骼等的穿透本领就较弱，而对轻金属，纸，皮肉等的穿透本领则较强。

2. 化学作用：X射线能使感光胶片感光，故能用X射线摄影。

3. 电离作用：X射线照射气体物质时，能使气体物质产生正、负离子。

4. 荧光作用：X射线照射某些化学物质时，能使它们发生荧光，如钨酸钡、硫化锌、硫化镉、磷酸钙等。

5. 生物作用：X射线对生物的组织有一定的抑制和破坏作用。

• 2 •

鉴于X射线有上述一些特性，因此，在医学科学、科学研究、工程技术等方面有较大的应用价值。

X射线在医学科学上主要应用于诊断和治疗两个方面。

在诊断方面，我们利用人体各种不同组织或物质对X射线的吸收能力不同来检查人体内部的情况。例如骨组织与肌肉组织对X射线的吸收不同，就能清晰地看出骨折情况。

在治疗方面，利用X射线的生物作用来抑制和破坏人体内部着的组织，如破坏人体内的癌细胞。

第二节 X线机的结构

X线机是一种发出X射线的电气设备。由于用途的不同，其结构则有差异，有的结构简单些，有的结构复杂些。每一部X线机的结构分为两个部分，一是机械结构部分，一是电路结构部分。机械结构部分大体上包括支架、悬吊，围绕旋转诊断床等。电路结构部分，

电路上的结构，常是根据其性能和使用的要求不同，有简繁之别。就一个医用的热电子X线管而言，就有灯丝加热电路和高压电路（图1-1）。

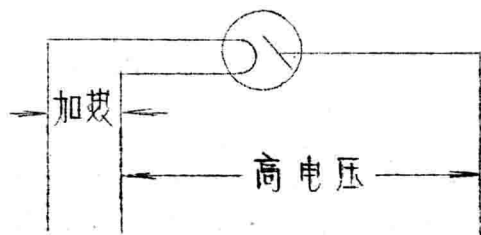


图1-1 X线发生原理图

1)，这是X线管的基本电路。

仅有这两个基本电路是不够的。因为，我们在使用X线机进行透视和治疗时，对发生X线的时间长短有不同的要求。如

透视镜，是需要X线间歇地产生。摄影时，发生X线的时间是短暂的，时间短至 $1/100$ 秒，甚至更短。在作治疗时发生X线时间就比较长。这样，在电路设置上就要设有容易控制X线产生和停止的电路。总的说来，一般X线机的电路结构有下面几个方框（图1.2），用方块图表示：

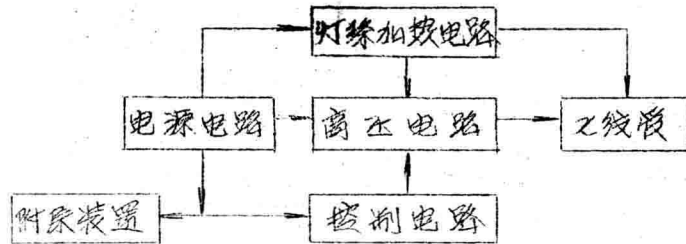


图1.2 X线机电路结构方块图

1. 电源电路：它是由自耦变压器、开关、保险丝等组成。自耦变压器取得的电能，经是供给X线机所用电器用的，开关起控制电路接通和切断作用，保险丝起保护作用。

2. 高压电路：它是由高压变压器、高压整流管、高压电容及胶球等组成。主要作用是使X线管两端获得高压产生X线。

3. 灯丝加热电路：它是使X线管及整流管灯丝发热，产生游离电子，由加热变压器及稳压管，空间电荷补偿管及可变电阻等组成。

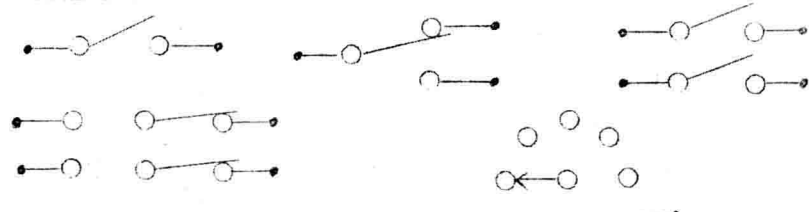
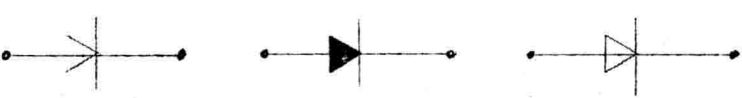
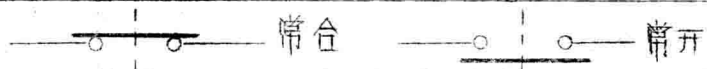






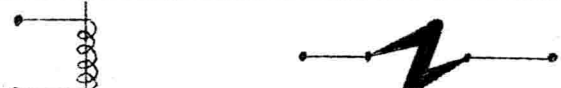
4. 控制电路：是控制X线的发生及停止的一条线路，这个回路是按X线管的大小及使用要求而异，包括计时器、手闸、脚闸。一般大型机不包括定时，活动滤线器、延时器，规格保护装置及渐层摆动开关等。

5. 附属电路：根据要求不同该会有：渐层照像，计液照像，快速快门机，荧光照像，电影电视，数条等等，随着发展及要求附属设备逐渐增加。为便于了解X线机电路结构原理，

· 4 ·

熟知下列元件符号，以利于电路分析。

接线柱	
导线	
电阻	
半可调电阻	
可调电阻	
抗流电感	
可调抗流电感	
自变互变电压	
互变电压	
电容	
熔断器	
指示灯	
地线	

<p>开 关</p>	
<p>晶 体 二 极 管</p>	
<p>电 磁 开 关</p>	
<p>按 钮 开 关</p>	
<p>仪 表</p>	
<p>又 线 管</p>	
<p>整 流 管</p>	
<p>含 气 管</p>	
<p>三 极 管</p>	
<p>电 磁 继 电 器</p>	

名 称	符 号	名 称	符 号	名 称	符 号
电 阻	R	继 电 器	J	晶 体 管	BG
电 容	C	保 险 丝	BX	柳 头	CT
线 圈	Q	电 池	DC	插 座	CZ
电 子 管	G	指 示 灯	ZD	周 率	f
变 压 器	B	按 钮	AN	滤 波 器	LB
开 关	K	发 电 机	F	电 动 机	D

第 二 章 工 线 机 的 高 压 电 路 元 件

第 一 节 工 线 管

工线管为工线机内的最主要部件，是一个精密的高压真空玻璃仪器。

老式工线管是含气管，即在管内注以微量气体，当加高压时，管内气体电离产生阳离子撞击阴极，将产生大量电子，此电子受高压电场的作用，以高速射向阳极，而产生工线。因含气管早已被热电子工线管代替，所以不作详细介绍，含气工线管构造如图 2-1。

热电子工线管不含气体，真空度达 10^{-5} 毫米

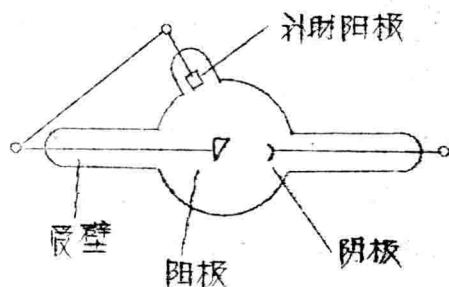


图 2-1 含气工线管

水柱以上，阴极槽内没有细丝通电加热后，电子由表凸逸出，灯丝温度越高，电子流越大， α 线量亦越高，现将按电子 α 线管构造分述于后，按电子 α 线管外形如图2.2。

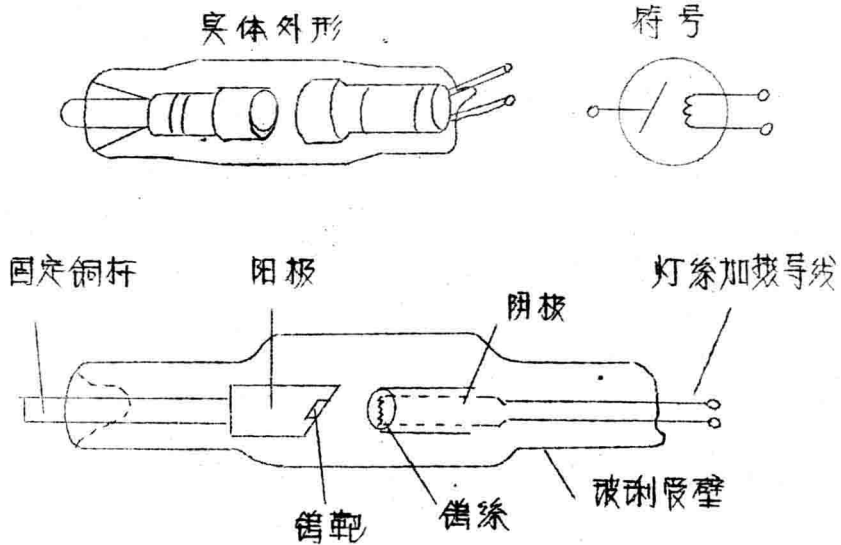


图2.2 热电子 α 线管

第二节 热电子 α 线管阴极

阴极： α 线管阴极为放射电子之用。当灯丝加热后，电子的能量和速率的增加达到足够程度时，电子对质子的离心力超过吸引力时，电子即由金属表面逸出。金属的温度越高，产生的电子越多。但是电子离开发射体后发射体显示正电荷，如无外界电场的作用时，发射出去的电子被吸引回来在发射体的附近，结果灯丝附近形成一层如云状的电子层。在 α 线管未通高压时，发射体附近电子云，互相排斥，使外层电子扩散，同时亦排斥欲从表面向外发射的电子。这个电子云亦称空间电荷，如果管

电压不够高打不破空间电荷，增加灯丝温度，管电流也无从增加，甚或有烧断灯丝的危险。试验证明当管电压低于15KV时打不破空间电荷，一般大型X线机均有防空间电荷的设备。灯丝温度不变，管电压愈高，遇高压瞬间产生的空间电荷电流愈大，灯丝温度愈高，空间电荷也愈大。管电压愈高，管电流也愈大，但管电压升到一定限时管电流也不再增加，称为饱和电流，图2.3。

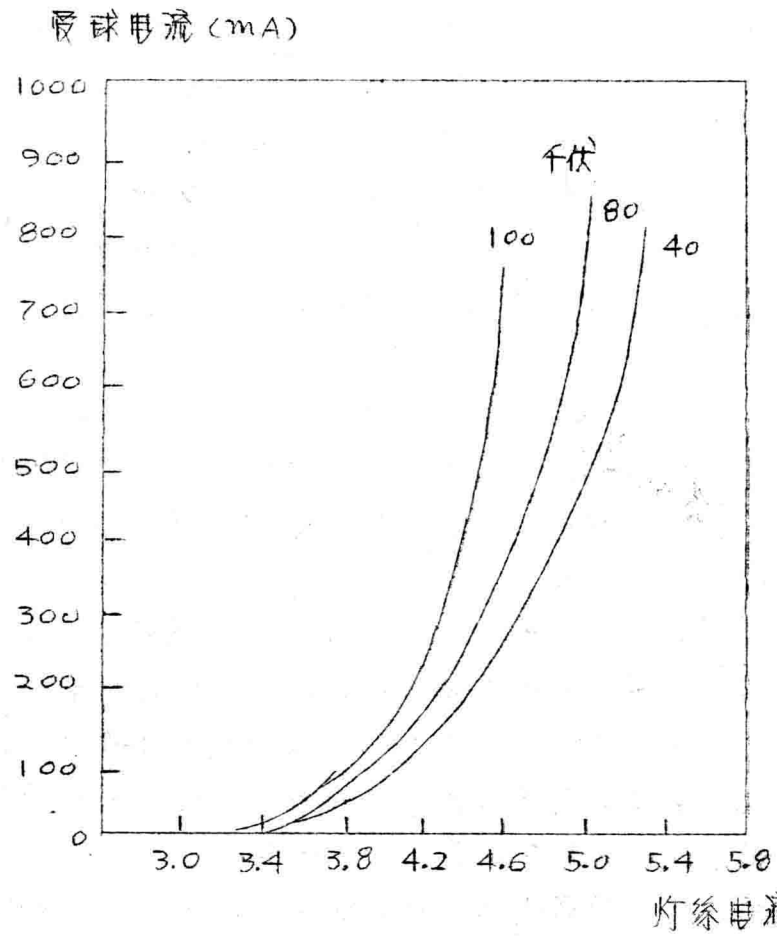


图2.3 X线管灯丝发射特性曲线

从实验得知管电压从 40~100 千伏管电流约增加 10~15%。灯丝温度与管电流关系从图 2-3 可以看出灯丝电流极微小变动，管电流显著增加，此点对摄像校准管电流要特别注意。

X 射线灯丝温度的高低对灯丝寿命有很大影响，灯丝温度愈高，其寿命愈短。为了减少灯丝高温的时间，大型 X 光机只在摄像前 0.8~1.2 秒的瞬间将灯丝电流加大，摄像终止灯丝电流又退回透视时灯丝加热的条件。

灯丝经常时间关断逐渐蒸发而变细，其截面积减少 10% 后，寿命即将告终。按钨丝在 2500°C 的蒸发率来计在正常使用条件下，灯丝寿命为 1690 小时。透视镜时灯丝温度为 1800~2000°C 可以一般书上记录钨丝寿命为 2000 小时。

X 射线灯丝由阴极丝加热的情况下多一般多为 0.5~2 欧姆三姆之间，灯丝加热电压多在 2~10 伏，有的高十伏左右。灯丝电流一般为 3~6 安左右，但也有低至 2 安，高达 9~9 安以上。

X 射线阴极被阳极射线撞击外称为轰击。为了防止灯丝上受射线的电子扩散，而将灯丝装于钨钼等硬金属材料制成的聚焦罩内。灯丝一端与聚焦罩相连接，另一端与聚焦罩绝缘体连在一起，再用引出线与管外，这样灯丝与聚焦罩皆为负电位。目前做的灯丝皆为长条状细钨灯丝，再利用阳极角度的关系，使轰击变为正方形比旧式圆形轰击可提高容量一倍。为了增进诊断上的用途有的装有大小两个灯丝，新式 X 光管装有大小两个灯丝，有的 X 射线管在阴极聚焦罩背面装有钨丝，并与灯丝相并联，当灯丝通过电流时钨丝呈桃红色藉以吸收 X 射线管内残存气体。阴极装有钨丝的 X 射线管电压一般都在 125 千伏以上。圆形灯丝 X 射线管已少见故已从略。阴极灯丝形状如图 2-4。

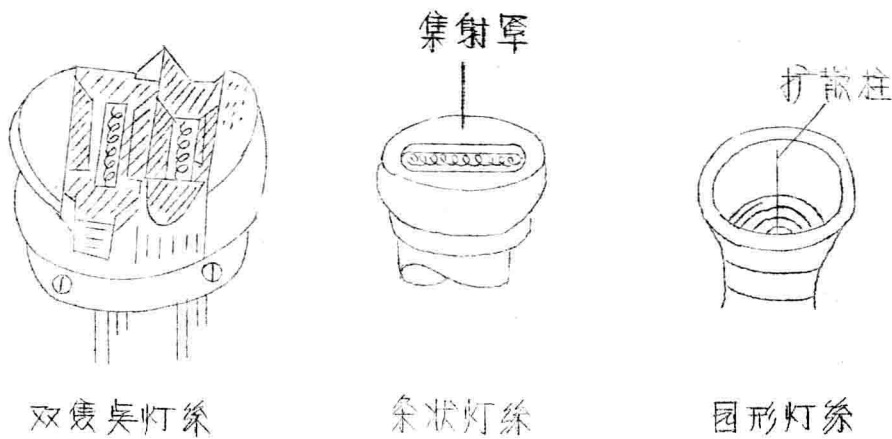


图 2.4 阴极灯丝形状

第三节 钨钨管阳极

在钨管中，阳极是用以阻止阴极射线而产生钨管的。选用阳极的原料有三个条件：① 熔点高。② 电子序数大。③ 热传导率快。阳极所用的材料决定于钨管的性质，为了要选力强必定选择电子序数高的金属材料。阴极射线在阳极靶面上99.9%以上的动能变成热能。只有一小部分能用于产生钨管。而且大量的热必须较快的散到阳极外进行冷却。医用钨管以钨作阳极，以铜来散热，钨电子序数为74，导热率为0.47，熔点为3400°C。铜电子序数为29，导热率为0.9，熔点为1070°C，利用以上两种材料各只优点制成阳极。旧式钨管钨块嵌在铜柱上，新工艺制成钨管用高频真空电炉将钨块铸在铜柱上。旋转阳极阳极全部用钨制成的。试验得知钨块厚为1.7毫米时钨块表面温度达2600°C一秒后钨块表面温度为1000°C，钨块过薄有熔化危险，钨块过厚表面受损。所以每一个钨管的阳极的温升都有额定限度，此钨管的容易。决定：① 钨管的金属

熔点要高并要快。② 阴极的面积大小。③ 撞击阴极的电子流密度要均匀。

一) 阴极形状与尺寸。目前用的阴极为长方形，为防止电子互相排斥，电子束发散将灯丝装在聚射罩内，用阴极倾斜角度使有效面积减小保证放电质量。见图 2.5。

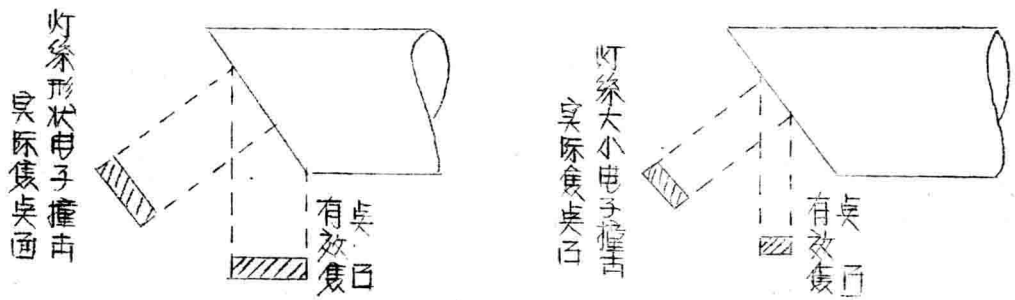


图 2.5 有效面积

二) 射向阴极上的电子密度。含气之光线是由电子产生的，所以电子流是均匀的。按电子之线管是由灯丝加热而产生电子的。为了在阴极上电子分布均匀就需要灯丝各部温度一致。为此工艺上将灯丝从两端向中间绕成逐渐变细，尽量改善电子分布均匀。

第四节 玻璃管壁

现在之线管壳是用硬质玻璃制成，透明又是良好绝缘体，熔点较高，吸收之线要少等优点，旧式之线管多用磷酸根的钠或钾的软质玻璃制造。现在用含硼的磷酸盐硬质玻璃制成。

电子撞到玻璃上，可被被撞击的部分发生荧光，其颜色与玻璃的材料不同而异。含钙质为绿色，含硼质为兰色，电子较

低时(20千伏以下)此种现象更为显著。

由于阴极线以高速冲击阳极势必从阳极上溅射出电子,另外灯丝的热电子也一部分射着在玻壁上,所以按电子之线管的玻璃壁带负电荷。这就使玻璃管内产生垂直应力,再加上阴极与阳极两极间高压电所形成的纵向应力,对玻璃壁构成很大危害。所以玻璃要有足够厚度,方可抗得住这样的应力。但玻璃加厚又吸收较多的X线辐射作用。因此有些X线管在X线放射窗口处,将玻璃管去一些,使之成盖。可提高X线管,如果将玻璃壁中部变以胶木或云母制成圆筒。在圆筒外面放射线管相对地方留一窗口其余部分包以铅皮以吸收X线,如将金属桶接地电位,则可产生屏蔽的作用,使放射电子的电场趋于平衡,但不能消除应力,使玻璃的电位分布不均匀。目前阴极钢柱与钨钨及钨钍以玻璃在较大的温差变化范围内,保持膨胀系数一致,否则X线管玻璃与焊接处部分比裂开并因而损坏。

第五节 X线管的使用规格

每一个X线管都有一定的规格。为了合理和安全地使用,每一台X线管在出厂时,都附有使用性能表,作为使用依据。现分别介绍如下:

1. 管电压规格:管电压是表示加入X线管两极间最高电压峰值。常用千伏峰值表示,简称为K.V.P。

电压峰值是指交流电正负交替时的最大值,又称幅值,由于交流电的电压和电流都是随着时间作周期性变化的,因此我们除了用峰值表示外还用有效值来表示。有效值是根据电流