

全国中等卫生学校试用教材

X线机构造及维修

(供放射医士专业用)

《X线机构造及维修》编写组 编

人 民 卫 生 出 版 社

全国中等卫生学校试用教材

X线机构造及维修

(供放射医士专业用)

《X线机构造及维修》编写组 编

人 民 卫 生 出 版 社

编写说明

本书由卫生部和湖北省卫生局组织有关学校、工厂共同编审的教材，供全国中等卫生学校三年制放射医士专业试用。

内容包括X线机构造、基本电路及安装、维修，同时收集了国产X线机电路全图。鉴于各地区的差别，使用时各校可根据具体情况适当掌握。

本书由武汉市卫生学校陈心铭同志主编，山东省济南市卫生学校梁振声、广东省卫生学校江登波、上海市卫生医疗器械修理厂沈天祥等同志协编，西南医用设备厂工程师荣德舆、陆善兴同志审订。

由于编写时间仓促，编者水平有限，缺点和错误难免，欢迎批评指正，请各校师生在使用过程中及时提出宝贵意见，以便不断总结经验，进一步修订。

全国中等卫生学校试用教材《X线机构造及维修》编写组

一九七九年七月完稿

目 录

第一章 X线管	1
第一节 X线的基本知识	1
第二节 固定阳极X线管	3
第三节 旋转阳极X线管	7
第四节 X线管的特性与规格	8
第五节 X线管的冷却及绝缘油	11
第六节 X线管的检验和使用	13
第七节 X线管管套	15
第二章 高压整流管	17
第一节 高压整流管的作用和构造	17
第二节 高压整流管的特性和规格	18
第三节 高压硅整流管	20
第三章 高压电缆及高压交换闸	23
第一节 高压电缆的作用和构造	23
第二节 高压插头与插座	25
第三节 高压交换闸	26
第四章 变压器	28
第一节 自耦变压器	28
第二节 高压变压器	29
第三节 灯丝变压器	31
第四节 磁饱和谐振式稳压器	32
第五节 空间电荷补偿器	34
第五章 X线机常用控制开关	36
第一节 按钮开关	36
第二节 转换开关与刷形开关	38
第六章 继电器	41
第一节 继电器的原理及构造	41
第二节 X线机中常用的继电器	44
第七章 限时器	46
第一节 手按时计器	46
第二节 电动机限时器	47
第三节 电子管限时器	49
第四节 晶体管限时器	51
第五节 延时器及旋转阳极启动器	53
第八章 辅助装置	56
第一节 诊视床	56
第二节 胃肠摄影装置	58

第三节	滤线器摄影装置	59
第四节	断层摄影装置	62
第九章	X线机的电路	65
第一节	X线机常用电路元件符号	65
第二节	X线机的基本电路	65
第三节	电源电路	67
第四节	高压变压器初级电路	69
第五节	X线管灯丝变压器初级电路	75
第六节	整流管灯丝变压器初级电路	79
第七节	控制电路	80
第八节	高压变压器次级及管电流测量电路	83
第十章	常见国产X线机电路分析	89
第一节	F10型X线机	89
第二节	F30型X线机	90
第三节	KF—200型X线机	94
第四节	F30—IB型X线机	100
第五节	XG—200型X线机	111
第六节	KC—400型X线机	121
第十一章	X线机的安装	134
第一节	对电源的要求	134
第二节	接地装置	136
第三节	安装	137
第四节	试验与调整	140
第十二章	X线机低压电路故障及检修	143
第一节	X线机检修方法及注意事项	143
第二节	自耦变压器的故障及检修	144
第三节	稳压器的故障及检修	144
第四节	继电器的故障及检修	145
第五节	限时器的故障及检修	146
第六节	活动滤线器的故障及检修	148
第七节	胃肠摄影装置的故障及检修	149
第八节	断层摄影装置的故障及检修	150
第九节	电动诊视床常见故障及检修	150
第十节	旋转阳极启动器常见故障及检修	151
第十一节	低压电路常见故障分析举例	152
第十三章	X线机高压电路常见故障及检修	156
第一节	X线管的常见故障	156
第二节	X线管管头的故障及检修	157
第三节	高压电缆常见故障及检修	158
第四节	高压整流管的常见故障	160
第五节	高压变压器的故障及检修	162
第六节	灯丝变压器的故障及检修	163
第七节	高压发生器与机头的静电放电	165

第八节 高压电路常见故障分析举例	165
第十四章 X线机的维护	167
第一节 X线机的使用原则与维护要领	167
第二节 X线机在使用中的维护	168
第三节 X线机的全面检查	171
第四节 X线机常见故障表	173
第十五章 X线的防护	178
第一节 外照射容许剂量	178
第二节 X线对人体的损害	179
第三节 X线防护的主要方法	180
第四节 X线透视和摄影工作中的防护	182
第十六章 国产X线机电路图	184
1. F 10 型X线机(一)	184
2. F 10 型X线机(二)	185
3. F 22—Ⅱ型牙科X线机	186
4. 65—15 型X线机	187
5. 71—15 型X线机	188
6. 25 型X线机	189
7. 30—58 型X线机	189
8. 30—60 型X线机	190
9. 05—30 型X线机	191
10. 64—01 型X线机	192
11. SJ 型X线机	193
12. F 30 型X线机	194
13. 85/30—4 型X线机	196
14. F 43—1 型X线机	197
15. F 44—1 型X线机	198
16. 80/50 型X线机	199
17. EB 50 型X线机	201
18. YZ 100 型X线机	202
19. KE—200 型X线机	203
20. KF—200 型X线机	204
21. F30—ⅡB 型X线机(一)	205
22. F30—ⅡB 型X线机(二)	205
23. F30—ⅡC 型X线机	208
24. FX 200 型X线机	212
25. FZ·X 03—200/100 型X线机	216
26. FZ·XⅠ—200 型X线机	218
27. X 200—ⅡB 型X线机	223
28. X 200—Ⅰ型X线机	227
29. F 200—1A 型X线机	230
30. XG—200 型X线机 (一)	233
31. XG—200 型X线机 (二)	233

32. 78—I 300 MA 型X线机·····	236
33. KB—400 型X线机·····	244
34. KC—400 型X线机(一)·····	247
35. KC—400 型X线机(二)·····	249
总复习思考题·····	251

第一章 X 线 管

第一节 X线的基本知识

一、X线的发现

X线是在科学技术发展到一定阶段，当阴极射线管出现以后，被从事于这方面研究的科学工作者在实践中发现的。1895年，德国物理学家伦琴用克鲁克斯管作阴极射线试验时，为了遮住高电场放电所引起的火花，他用黑纸将管壁遮住，当管中有电流通过时，偶然发现，距管壁2米远处的一块敷有铂氰化钡的纸板，发出显著的荧光。这证明有一种能透过黑纸而不可见的光线产生。进一步试验，这种光线可以穿透纸板、木板、衣服及厚约两千页的书，更惊奇的是，它可以穿透手掌而将骨骼的影像显在纸板上。当时伦琴无法解释产生这些现象的原理，故以代数中的未知数X为名，意思是一种尚不了解的光线，称为X射线，简称X线。至今仍用此名。这一发现的日期是1895年11月8日，后来为纪念伦琴的这一发现，X线也称伦琴射线。

二、X线的性质

科学总是不断发展的。经过人们反复实践和研究，证明X线和普通光线一样，属于电磁波的一种，它具有电磁辐射和微粒辐射的双重性质。它的波长比可见光的波长更短，约在 $0.01 \sim 1000 \text{ \AA}$ ($1 \text{ \AA} = 10^{-8}$ 厘米)。医学上应用的X线波长约在 $0.8 \sim 0.125 \text{ \AA}$ 之间。它的光子能量比可见光的光子能量大几万倍乃至几十万倍。因此，X线除具有可见光的一般性质外，还具有以下特性。

(一) 穿透作用 X线的波长较短，光子能量很大，因此穿透力较强。穿透力的强弱，视加于X线管两端的电压高低而定，电压越高，所产生的X线的波长越短，光子能量越大，穿透力越强。反之则弱。其波长、光子能量与管电压的关系如表1-1。X线的穿透力也称X线的质。

(二) 荧光作用 X线能激发某些物质，如硫化锌、硫化镉、钨酸钙、铂氰化钡等产生荧光。荧光的强弱与X线的照射量成正比。利用这种作用，将能产生荧光的物质涂

表 1-1 X线波长与管电压的关系

管 电 压 (KV)	平 均 波 长 ($\text{\AA}$)	平 均 频 率	光子平均能量 (尔格)
10	2.0	1.5×10^{18}	9.83×10^{-9}
50	0.8	3.75×10^{18}	2.46×10^{-8}
75	0.7	4.29×10^{18}	2.82×10^{-8}
100	0.5	6.00×10^{18}	3.95×10^{-8}
200	0.14	2.14×10^{19}	1.41×10^{-7}
1000	0.03	1.00×10^{20}	6.55×10^{-7}

在纸片上，制成荧光屏和增感屏，前者作透视检查用，后者粘于暗盒中，以便在摄影时增强对胶片的感光。

(三) 电离作用 X线能使气体电离，产生电离电流，电离电流的大小，取决于X线的照射量，因此，电离电流的大小，可间接表示X线的量，根据这一原理，可制成各种测量仪器，对X线的量进行测量。X线量的大小以伦琴(r)为单位来表示。

(四) 感光作用 X线能使胶片上的溴化银乳胶感光，发生化学变化。其感光强度与X线管管电流、管电压和照射时间有关。

(五) 生物作用 X线对生物细胞有一定的损害、抑制、甚至置死的作用。不同的生物细胞，对X线有不同的敏感度。因而X线对生物细胞的伤害程度，取决于X线的照射量和生物细胞本身对X线的敏感度。

X线的生物作用，对人体是有害的，但也是可以防护的，实践证明，只要在实际工作中，认真注意防护，其危害是可以避免的。另一方面，由于X线能破坏生物细胞，因此可利用它来治疗人体某些疾病，如肿瘤等疾病。

X线对物质有一定的穿透作用，但也能被物质所吸收。不同物质对X线的吸收能力不同，原子序数越高的物质及其化合物或混合物，如铅(原子序数为82)及铅橡皮、铅玻璃；钡(原子序数为56)及硫酸钡等，吸收X线的能力越强。同一物质吸收X线的能力，则取决于该物质的厚度，厚度越厚，对X线的吸收能力越强。医学上用硫酸钡粉作胃肠X线检查造影剂，用铅做成铅橡皮围裙、铅屏风等X线防护用品，就是这个道理。总之，以上各种作用的发生，都是物质吸收能量的结果。

由于X线具有上述作用，因而在工业、农业、科学研究等各个领域，获得了广泛的应用，如工业探伤，晶体分析等。医学上，X线已成为对疾病进行诊断和治疗的专门科学，在医疗卫生工作中占有重要地位。

X线应用于诊断的原理，主要依据X线的穿透、吸收、感光 and 荧光作用。因为X线通过人体时，受到不同程度的吸收，如骨骼吸收的量就比肌肉吸收的量多，那么通过人体后的X线量就不一样，在荧光屏上或摄影胶片上引起的荧光作用或感光作用就有较大的差别，因而在荧光屏上或摄影胶片上(经过显定影后)将显示出不同密度的阴影，根据阴影的对比，结合临床表现、化验结果和病理诊断等，即可判断人体某一部分是否正常。

X线应用于治疗，主要依据生物作用，当用不同能量的X线，对人体病灶部分的细胞组织进行照射时，即可使被照射的细胞组织受到破坏或抑制，从而达到对某些疾病，特别是肿瘤的治疗目的。

三、X线的发生

凡高速运动的电子，撞击到某些物质时，均能产生X线。因此，要产生X线，必须具备下列条件：以某种方法获得一定数量的电子；以某种方法使这些电子沿一定的方向高速运动；在电子运动的路径上，设有急剧阻止其运动的物质。

要达到上述要求，就要有一整套将电能转变为X线能的装置，这种装置称为X线机。

X线机的结构形式，随使用范围的不同而有很大的差别，但其产生X线的基本原理却一样，只是在电路结构及机械装置上，根据使用要求，有繁有简。图1-1为一般诊

断X线机结构方块图，它包括以下几部分。

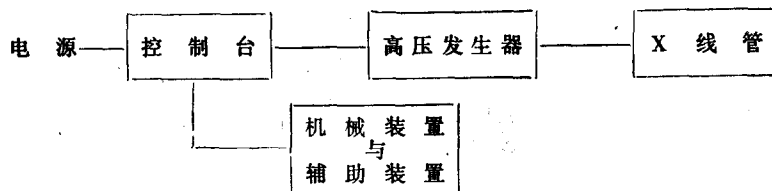
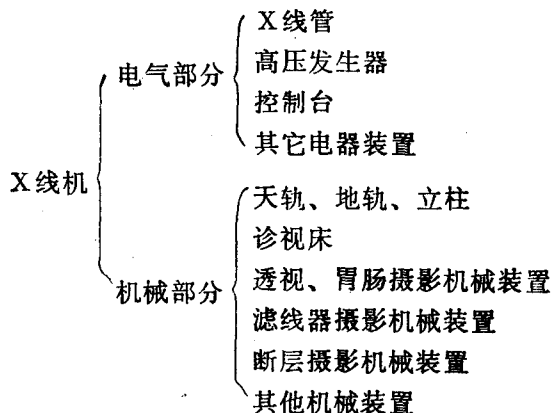


图 1-1 X线机结构方块图

- (一) 产生X线的X线管。
- (二) 供给X线管灯丝电压和管电压的高压发生器。
- (三) 操纵X线发生时间（曝光时间）及调节X线的质和量的控制台。
- (四) 为诊断需要而设计的各种机械装置，如诊视床、立柱、支架、天地轨等，以及为特殊摄影技术而设的辅助装置，如胃肠摄影、断层摄影、荧光缩影、记波摄影、影像增强等装置。

由方块图可见，X线机的基本结构又可分为电气和机械两大部分。



第二节 固定阳极X线管

X线管是产生X线的高真空精密电器元件。X线机中应用较多的是固定阳极和旋转阳极两种。固定阳极X线管制成于1913年，经过多次改型成为一种比较完善的X线管，在X线诊断技术中发挥过重大作用，目前仍被使用，但因其功率较小，焦点较大，已满足不了飞速发展的X线诊断技术的要求，因而多用于小型和部分中型X线机中。

固定阳极X线管的结构主要由阳极、阴极和玻璃壳三部分组成，如图1-2所示。

一、阴极

阴极是由灯丝和集射罩组成。

(一) 灯丝 X线管的灯丝是用钨丝制成的，因为钨的原子序数为74，其熔点是3370℃，比一般金属的熔点高，并具有加工比较容易，蒸发率低、电子发射率较高和坚固价廉等优点。灯丝的形状，一般诊断用X线管绕成长螺管形，称线灯丝，如图1-3所示。

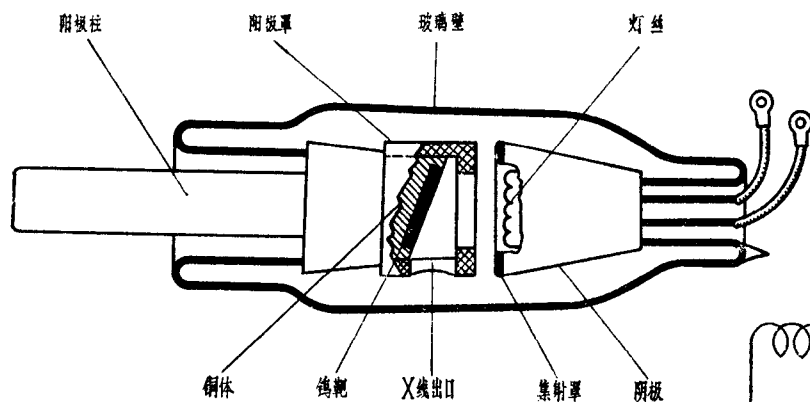


图 1-2 固定阳极 X 线管构造

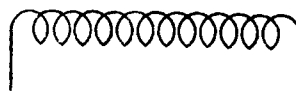


图 1-3 线灯丝示意图

灯丝的作用是发射电子，为产生 X 线提供条件。由热电发射原理可知，当灯丝通电后，灯丝的温度逐渐上升，至一定值时，开始发射电子，发射电子的数量，取决于灯丝温度的高低，在一定范围内，灯丝电压越高，通过灯丝电流越大，灯丝温度也就越高，发射电子的数量越多。但灯丝温度越高，钨的蒸发越快，寿命越短。故灯丝温度不能无限制的增加，而必须限制在最高额定值以下。图 1-4 为 X 线管灯丝发射电子的特性曲线。从图中可见，当灯丝温度升高到一定数值时，灯丝开始发射电子，但发射电子最初增加得较慢，在介于 $2400^{\circ}\text{K} \sim 2600^{\circ}\text{K}$ 之间灯丝温度增加甚少时，而发射电子却增加得很快。

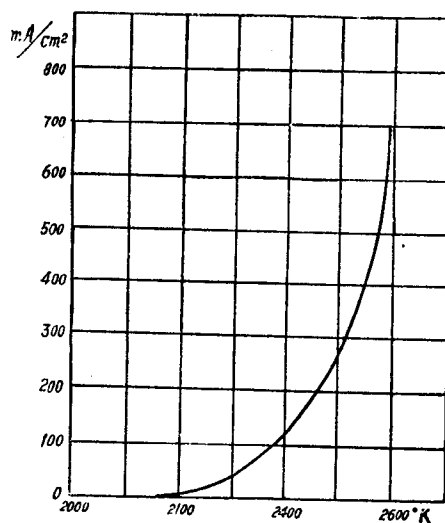


图 1-4 灯丝发射电子特性

如灯丝温度从 2100°K 升到 2400°K 时，发射电流增加约 $100\text{mA}/\text{cm}^2$ 。当灯丝温度从 2400°K 升到 2600°K 时，虽然温度只增加了 200°K ，但发射电流却从约 $100\text{mA}/\text{cm}^2$ 猛增至 $700\text{mA}/\text{cm}^2$ ，即增加了六倍。故在调整和使用 X 线机时，当 X 线管灯丝电压调至接近最大额定值时，稍微增加灯丝电压，就会使 X 线管电流增加很大，此点应特别注意，以免损坏 X 线管。

X 线管灯丝加热电压随 X 线管的型号不同而有所差异，一般在 $5 \sim 10$ 数伏，电流多在 $3 \sim 6$ 安，也有高达 9 安以上者。在更换 X 线管时，应按新管规格，调整灯丝加热电压。

(二) 集射罩 当灯丝发射大量电子后，接通高压时，在阳极正电场的作用下，电子将以高速飞向阳极。但由于电子之间的相互排斥作用，致使电子呈散射状，特别是在阳极电压较低的情况下，散射更为显著。为了能使电子集中成束状飞向阳极，因此将灯

丝装入一个用镍或铁镍合金等制成的长方形罩中，该罩称集射罩，如图 1-5 所示。

集射罩与灯丝的一端相接，从而获得与灯丝相同的负电位，并借其几何形状，迫使从灯丝发射出来的电子成束状飞向阳极，达到聚焦的目的。

二、阳极

X线管阳极的作用，是阻止高速运动的电子而产生X线。其主要部分是钨靶。

灯丝发射的电子，在X线管两极强电场的作用下，撞击到阳极靶面上，产生X线。如图 1-6 所示。

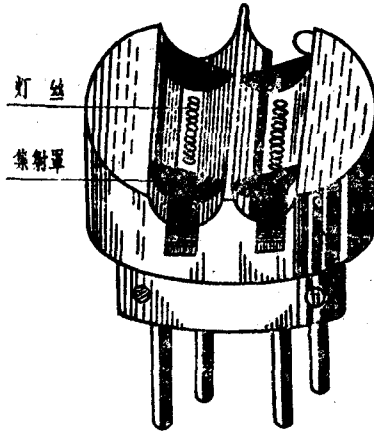


图 1-5 阴极集射罩

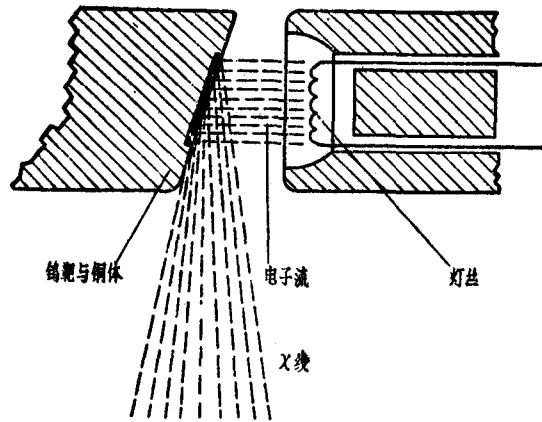


图 1-6 X线发生示意图

电子在撞击阳极时，将 99.8% 的能量转化为热能，只有 0.2% 的能量转化为X线能，产生X线。因此阳极的材料和结构，必须具备耐高温、导热快和有利于产生X线等条件。为满足上述要求，大部分固定阳极X线管的阳极，都用钨作为电子撞击的靶面，称为钨靶。因为钨的原子序数高，

有利于产生X线；钨的熔点也高，能承受较高的热量。但钨的导热性很差，不如铜的导热性良好，因此，在制作工艺上是将钨靶铸在铜体上，构成X线管的阳极。铜体的另一端伸出管外，称阳极柄。

电子流在阳极钨靶上的撞击面积，即产生X线的面积称焦点面，也称实际焦点面或实焦点。如图 1-7 所示。

实焦点的形状取决于灯丝的形状，长螺旋状灯丝发射的电子，为一长方形束，因而在阳极上形成的实焦点，呈一长条状，故称为线焦点，诊断用X线管的灯丝多为长螺旋状，所以其实际焦点多是线焦点。

X线管的阳极有不同的倾斜角度，因而实际焦点面向X线照射方向的投影，小于它

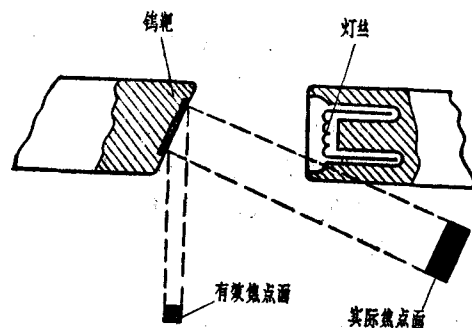


图 1-7 实际焦点和有效焦点

本身的面积,但这是X线的有效部分,故称有效焦点面,简称有效焦点。通常说的X线管焦点的大小,就是指有效焦点。

X线管阳极实际焦点面的大小,受灯丝的大小和灯丝在集射罩内的深度以及阳极倾斜角度等因素的影响。

灯丝越大,发射的电子形成的电子束越宽,撞击在阳极靶面上的面积越大,因而其实际焦点面越大,反之则越小,但过小,会使阳极单位面积承受的热量增加,影响X线管的容量,故一般诊断用固定阳极X线管螺管形灯丝的长度是根据阳极靶面角度而定,一般在6~15毫米之间,内径在1.0~2.5毫米之间。

灯丝在集射罩中的位置越浅,发射出来的电子,受集射罩的排斥力越小,形成的电子束较宽,在阳极靶面上撞击的面积越大,故其实际焦点面大。反之位置越深,电子受集射罩的排斥力越大,电子束变窄,形成的实际焦点面越小。但其深度超过一定范围时,反而会使电子在阳极的撞击面扩大,形成虚焦点,所以一般诊断用固定阳极X线管,其灯丝在集射罩的深度与槽的宽度和极间距离有关。

固定阳极X线管的阳极倾斜角度,一般为 19° ,因而对应于 19° 倾角的X线管,其实际焦点面长、宽之比为3:1,根据投影原理,其有效焦点近似一正方形。如实际焦点面的长为5.5毫米,宽为1.8毫米,根据投影原理,有效焦点的宽仍为1.8毫米,而长则变为:

$$5.5 \times \sin 19^\circ = 5.5 \times 0.3256 \approx 1.8 \text{ 毫米}$$

即有效焦点近似为1.8毫米×1.8毫米的正方形。这种设计,实际焦点面较大,阳极能承受较高的热量,而有效焦点较小,在摄影或透视时,影像较为清晰,并保证有足够的照射野。

从X线管的功率来看,实际焦点面越大越好,因为焦点面越大,单位时间内,阳极能承受更大的热量,对提高X线管的功率有利。从光学投影原理上看,实际焦点面越大,投影时所产生的半阴影越大,如图1-8所示。因而影像的边缘模糊不清,这对疾病的诊断极为不利。为解决上述矛盾,在较大功率的X线管中,阴极设有两个长短不一的灯丝,长者所形成的焦点大,称大焦点。短者形成的焦点小,称小焦点。根据诊断需要,选择使用,一般情况下,大焦点作摄影使用,小焦点作透视检查和细微组织结构要求清晰度的摄影使用。这样既保证了X线管有足够的功率,又保证了影像的清晰度,此种X线管称双焦点X线管(其阴极结构如图1-5)。

灯丝发射的电子撞击阳极时,会在阳极产生二次电子,打在玻璃壁上,使玻璃壁产生静电场,这种现象应尽可能给以改善。同时射向阳极的电子束,由于存在散射性,有些电子撞不到靶面上,而撞到其他部位,产生微量的非焦点射线,就是焦点上产生的X线也有小部分散乱地射向四方。这些散乱射线的存在对防护极为不利,因此,目前生产

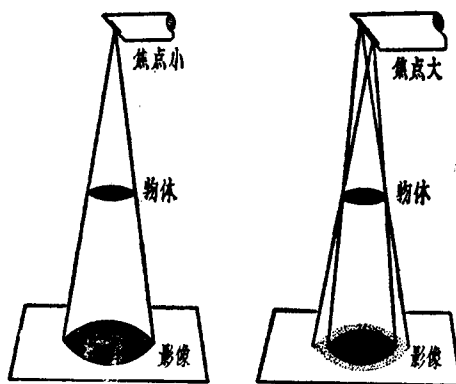


图 1-8 实焦点的大小与影像清晰度的关系

的固定阳极X线管，多在阳极前端，装上一个铜制的罩，称阳极罩或防护罩。如图1-9所示。罩的顶面有一椭圆形开口，电子束由此口射入，侧面有一圆形洞口，X线由此口射出，这样既能阻挡二次电子保护管壁，又能将散乱射线吸收，有利于防护。

三、玻璃壳

X线管玻璃壳(常称玻璃壁)是用来支撑阴阳两极和保持管内真空度的。通常多采用能耐高温，绝缘强度高，膨胀系数小的钼玻璃制成。因钼玻璃和铜的膨胀系数不同，两者不宜直接焊接，故在铜体上镶一可伐(Kovar)，即铁、镍、钴(54%Fe, 29%Ni, 17%Co)合金圈，将管壁焊接在合金圈上。由于合金圈和钼玻璃的膨胀系数相近，故不会因温度的变化而造成玻璃壁的破裂和漏气。有些X线管还将X线射出口处的玻璃加以研磨，使之略薄，以减少玻璃壁对X线的吸收。

X线管内的真空度，应保持在 10^{-6} 毫米汞柱以下，以保证灯丝的正常加热和电子飞向阳极的速度。

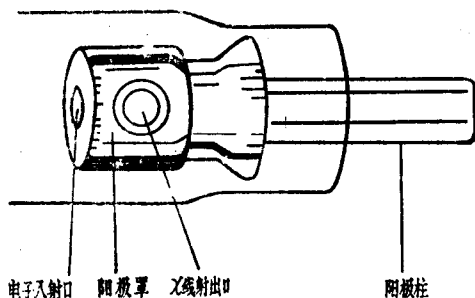


图 1-9 阳极罩

第三节 旋转阳极X线管

固定阳极X线管，因阳极焦点面受温度的影响，限制了其功率，如果提高功率则焦点面就必须增大，但焦点面增大又影响了影像的清晰度，两者不能兼顾。

随着科学技术的发展，1930年出现了第一个阳极能够转动的X线管，称旋转阳极X线管。旋转阳极X线管的产生和发展，不仅解决了固定阳极X线管所不能解决的一系列问题，而且使X线机发生了一次飞跃，为进一步发展X线诊断技术创造了更为良好的条件。因此，大、中型X线机中多采用旋转阳极X线管，而较少采用固定阳极X线管。目前旋转阳极X线管正向着大功率、大毫安、焦点小和高转速方向发展。

旋转阳极X线管的构造如图1-10所示，它是由阴极、阳极、管壁和能够带动阳极转动的异步电动机转子组成。管壁及阴极的结构和作用与固定阳极X线管基本相同，只是阴极的位置不在管子轴线上，而偏离一边与阳极靶环相对。阳极的构造比较复杂，阳

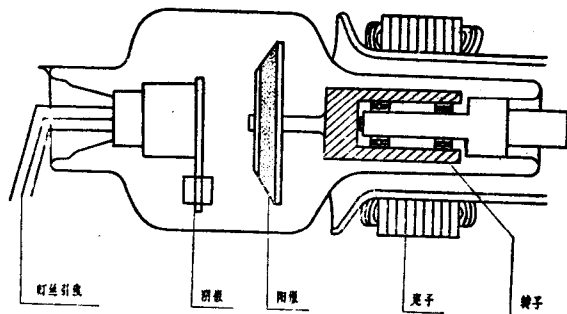


图 1-10 旋转阳极X线管构造

极材料，有的用纯钨制成，有的用钨或钨铍合金作靶面，用钼或石墨作基底而制成。这种用钨铍合金加钼或石墨底的阳极具有耐高温、可以制成较小的焦点和靶面不易龟裂，长期使用后X线输出量下降少的优点，同时因采用钼加石墨作基底，能够增加阳极的热容量和散热率，因而，上述材料已成为目前制作旋转阳极的优质材料。另外，为适应乳腺和软组织的摄影，有的旋转阳极（或固定阳极）采用钼作靶面，以产生软射线。此种管子称钼靶X线管。

旋转阳极的形状，是一个中心微突，四周倾斜 $6^{\circ}\sim 18^{\circ}$ 角的薄锥形圆盘，圆盘直径多在70~100毫米之间，倾斜部分即为电子撞击靶。在圆盘的中心处，用螺母将圆盘固定在与异步电动机转子相接的钼制细杆上，为防止螺母松脱，在螺母紧固后，加以铆牢。转子为一表面黑化的铜管，以提高热辐射能力，转子内装有滚珠轴承，以便转动灵活。转子和轴承封闭在高真空的玻璃壁内。电动机的定子装在管壁外面，定子的结构和小型单相异步电动机类同。

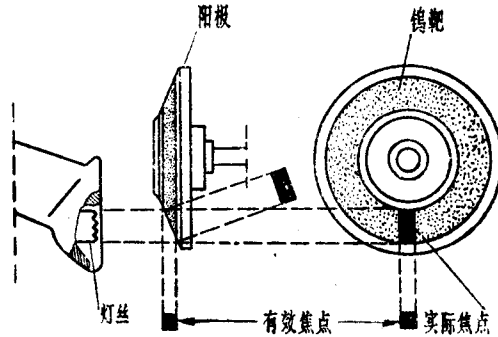


图 1-11 旋转阳极的焦点

当摄影时，定子绕组提前通电，使阳极以2700转/分或8500转/分的转速转动。聚焦后的电子束射到整个圆盘的环状靶面上，所产生的热量也就被分布到一个连续运动着的焦点面上，使单位焦点面的热量大大减小，因而其功率较固定阳极X线管提高了数倍。同时，因阳极倾角小，故投影下来的有效焦点，较固定阳极X线管小。如图1-11所示。这就有利于提高影像的清晰度。所以说，旋转阳极X线管的最大优点：是功率大焦点小。

目前旋转阳极X线管的功率多为20~50千瓦，高者可达150千瓦；而有效焦点只有1~2平方毫米。还有一种具有微焦点的旋转阳极X线管，其功率较固定阳极X线管大得多，有效焦点只有0.05~0.3平方毫米，摄影清晰度极高。

旋转阳极X线管由于使用功率较大，焦点较小，故除透视不转动外（微焦点除外），在摄影时皆须转动到高速后方可接通高压，否则将使焦点熔化损坏X线管。因此，凡用此种X线管的X线机，都设有一套启动保护装置。当阳极未转动或未达到全速时，保护装置发挥作用，高压不能产生。在日常工作中此点应特别注意，避免在保护装置失灵时损坏X线管。

定子线圈断电后，转子因惯性的作用，仍要继续转动一段时间。为减少磨损，有的X线机在电路设计上，设有制动电路，即在X线停止的瞬间，一般给定子线圈加以直流电流，产生恒定磁场，使阳极迅速停止转动。

第四节 X线管的特性与规格

要正确使用X线管，发挥X线管的应有效能，必须掌握X线管的特性与规格。

一、X线管的阳极特性

X线管的阳极特性,是指在灯丝电压 U_f 即灯丝温度为定值的情况下,阳极电流(管电流) I_a 与阳极电压(管电压) U_a 的关系。这种关系可以用一组曲线表示,如图1-12所示。该组曲线称为 $I_a \sim U_a$ 特性曲线即阳极特性曲线。

从图上可见,特性曲线分为OC(或OA、OE)和CD(或AB、EF)两部分,OC部分近似直线,这表明在这个范围内,管电流 I_a 随着管电压 U_a 的增加而迅速增加。从C点向后至D点一段,曲线变为与坐标横轴趋于平行的直线,这说明,当管电压增至某一数值 U_{a2} 时,管电流不再随管电压的增加而增加,而是趋向恒定值,此时称管电流达到饱和, C点称饱和点, C点对应的管电流称饱和电流,对应的管电压称饱和电压。

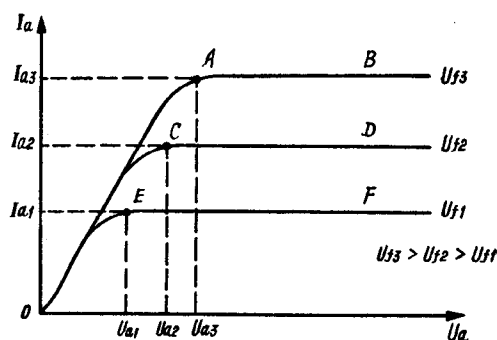


图 1-12 X线管阳极特性曲线

形成上述特性的原因,是由于灯丝电压为一恒定值,因而单位时间内发射的电子数目是一定的。随着管电压的增加,阳极电场不断加强,飞向阳极的电子数目越来越多,管电流必然增大,这就是管电流近似直线的OC段。当管电压增加至某一数值后,灯丝在单位时间内所发射出的电子几乎全部飞向阳极,此时管电压再高,灯丝也发射不出更多的电子,因此管电流达到饱和而稳定下来,形成特性曲线的CD段。

要想改变管电流的饱和值,只有改变灯丝电压,在新的灯丝电压下,又会出现一个新的饱和电流和饱和电压,形成一条新的曲线。如OAB或OEF。

根据上述特性,将X线管的工作点选在接近饱和部分是有利的,这样就可以对X线管的管电流和管电压单独进行调节,而相互影响不大,从而获得不同质和量的X线。

以上是从事理论方面讨论的X线管特性曲线,它与实际工作特性曲线不完全一致,其原因是管电流仍随管电压的变化而有所变化,即所谓空间电荷效应,其改善方法,将在第四章中详述。

二、X线管规格

X线管的规格是多方面的,这里要讲的是X线管使用中的几个主要规格,如管电压、管电流、曝光时间和X线管的容量等,以及它们之间的相互关系。

(一) 管电压 是指允许加于X线管两极间的最高电压峰值。以千伏为单位,用KVP表示。在使用中不能超过该值,若超过,则将导致X线管管壁放电,或绝缘破坏而损坏。在自整流X线机中,X线管同时起着整流作用,负半周时,X线管两端承受逆电压,而逆电压峰值比正向电压峰值为高,故自整流X线机的X线管管电压的选定,必须低于该管的额定最高千伏值,即不超过逆电压之值。

(二) 管电流 是指X线管在某一管电压和某一作用时间内,所允许通过的最大电流平均值,以毫安为单位,用mA表示。在使用中不能超过该值,不然,将导致X线管焦点面过热而损坏。

(三) 曝光时间 是指X线管在某一管电压值和某一管电流值下,所允许用的最长工作时间。以秒为单位,用S表示。在使用中不能超过该值,否则由于热量的积累,同样将使X线管焦点面过热而损坏。

通常把管电流与曝光时间的相乘积称为毫安秒，用 mAS 表示。

由上面的叙述可以看出，管电压、管电流和曝光时间是互相制约的。为防止 X 线管超负荷使用，各种 X 线管都附有使用规格表。表 1-2 就是国产 XD₄-2-9/100 型 X 线管在四管全波整流的条件下，大焦点使用规格表，在工作中应严格按规格使用。

表 1-2 XD₄-2-9/100 X 线管规格 (4.3mm×4.3mm 焦点)

千伏 _{kV}	sec 秒		0.06	0.1	0.16	0.20	0.32	0.5	0.8	1.0	1.6	2.0	3.2	6.0	8.0	20
50	MA	500	450	400	380	340	300	270	250	220	200	170	130	110	55	
	MAS	30	45	64	75	110	150	215	250	350	400	540	780	880	1100	
55	MA	460	410	350	350	310	275	240	230	200	185	150	120	100	50	
	MAS	27	41	56	70	100	135	190	230	320	370	480	720	800	1000	
60	MA	420	375	345	320	280	250	220	210	180	170	140	105	90	46	
	MAS	25	37	54	64	90	125	175	210	290	340	450	630	720	920	
65	MA	390	350	310	290	260	230	200	190	170	155	130	100	85	43	
	MAS	23	35	50	58	83	115	160	190	270	310	420	600	680	860	
70	MA	360	320	290	270	240	220	190	180	150	145	120	90	80	40	
	MAS	21	32	46	54	77	110	150	180	240	290	380	540	640	800	
75	MA	330	300	260	250	225	200	180	170	145	135	110	85	75	38	
	MAS	20	30	41	50	72	100	140	170	230	270	350	510	600	760	
80	MA	300	270	240	230	210	190	170	160	135	125	105	80	70	35	
	MAS	18	27	38	46	67	95	135	160	215	250	330	480	560	700	
90	MA	280	250	220	210	190	170	150	140	120	110	95	70	60	30	
	MAS	16	25	35	42	60	85	120	140	190	220	300	420	480	600	
100	MA	250	225	200	190	170	150	130	130	110	100	85	65	55	28	
	MAS	15	22	32	38	55	75	105	130	175	200	270	390	440	560	

如表中，若管电流用 200 毫安，曝光时间用 0.5 秒，则管电压不得超过 75KVP。又如，若管电压用 100KVP，曝光时间用 0.5 秒，则管电流不得超过 150 毫安。

(四) X 线管的容量规格

1. X 线管的容量 X 线管灯丝发射的电子，撞击阳极靶面时，产生能量转换，除极小部分能量转变为 X 线外，大部分转变为热能，使阳极靶面的温度急剧上升。在一定的管电压下所产生的热量与管电流和作用时间的相乘积成正比。若热量过多，阳极温度太高，能使靶面熔化或蒸发出金属蒸气，造成 X 线管的损坏。因此，X 线管的使用条件不能超过一定的安全负荷量，这种最大的安全负荷量称 X 线管的容量。以千瓦为单位，用 P 表示。计算时取 X 线管工作在全波整流电路内的管电压有效值和管电流有效值的相乘