

# X 射线管光电性能测试方法

## 1 主题内容与适用范围

本标准规定了 X 射线管的光学参数和电参数的测试方法,并规定了对测试条件的要求。

本标准适用于各种类型的 X 射线管。

X 射线管测试规范和采用的具体测试方法,应在详细规范中加以规定。

## 2 测试条件

### 2.1 测试设备

2.1.1 X 射线管电气测试用的各种设备应符合电气设备的规定标准,每台设备应有使用说明书、电路图、仪表校验卡及有关技术资料。

2.1.2 X 射线管阳极与阴极接点之间的绝缘电阻应大于  $5\ 000\ \Omega$ 。

2.1.3 测试设备应满足被测管的冷却要求,X 射线管冷却有以下方式:

2.1.3.1 自然冷却: X 射线管附近不应有任何隔板屏蔽以及会引起 X 射线管过热的其他零部件。若被测管封闭在箱体,则箱体上必须有通风孔。

2.1.3.2 强制风冷:若在测试标准或产品标准中没有专门规定冷却方法时,则气流应沿 X 射线管轴向流过,冷却系统必须有测量气体流速、流量的仪器,其散热条件应符合详细规范的规定。

2.1.3.3 强制水冷:对强制水冷的 X 射线管,应装有水的循环系统和测量进水温度及水流量的仪器,其散热条件应符合详细规范规定。

2.1.3.4 自然油冷:其散热条件应符合产品标准的规定。

2.1.3.5 强制油冷:对强制油冷的 X 射线管,应装有油的循环系统和测量进油温度及油流量的仪器,其散热条件应符合详细规范的规定。

油的绝缘强度不应低于  $35\ \text{kV} / 2.5\ \text{mM}$ 。

2.1.4 测量灯丝特性时,应使连接管子同管座之间的导线以及连接电压表与管座之间的导线电阻足够小,使其在导线上的压降不超过标准规定值的  $0.2\%$ 。

2.1.5 当灯丝用交流供电时,电源的非线性失真系数如影响到测量灯丝电压的精度 ( $> \pm 1\%$ ) 时,应进行修正。

### 2.1.6 对测试电源的要求

2.1.6.1 电源为  $50\ \text{Hz}$  交流电,当负载从零增加到最大值时,电源电压的变化不大于  $10\%$ 。

2.1.6.2 电源频率变动值应在规定值的  $\pm 0.5\%$  以内。

2.1.6.3 电源在无负载时,电源电压的变动值应在规定值的  $\pm 5\%$  以内,而在一个项目的试验过程中,变动值应在  $\pm 0.5\%$  以内。

2.1.6.4 电源无负载时,电压波形的瞬时值和相应的理想正弦波形瞬时值之差与理想的正弦波形相应瞬时值之比应在  $5\%$  以内。

2.1.6.5 应用三相电源时,每二根相线间的阻抗和其他二根相线间的阻抗的差与该二阻抗平均值之比应在 $\pm 10\%$ 以内。

2.1.6.6 电源的高压装置接地应良好,接地电阻不应大于 $0.5\Omega$ 。

2.1.7 用于测量 X 射线管的阳极电流、灯丝电流、灯丝电压用的交流、直流电表的精度不低于 1.5 级,其他电表的精度不低于 2.5 级。

测试设备选用的仪表量程,应保证被测值的读数大于满刻度的 $1/3$ 。测量灯丝电流(电压)的仪表应使被测值的读数大于满刻度的 $1/2$ 。

2.1.8 X 射线管电气测试用设备应符合安全技术要求。

2.1.8.1 测试设备必须装有门开关及高压泄放等保护装置。

2.1.8.2 测试设备应有防 X 射线措施,其泄漏的 X 射线剂量不应超出国家规定的安全范围。

## 2.2 测试原理图

2.2.1 X 射线管阳极电压的测量,在详细规范中未规定时,可采用下列方法之一:

2.2.1.1 从高压发生器的初级测出初级电压,然后根据高压发生器的负载特性曲线,得出 X 射线管的阳极电压。

2.2.1.2 X 射线管的阳极电压经分压器分压后,用峰值表或示波器等测出 X 射线管的阳极电压。

2.2.2 测试 X 射线管光电参数时常用的电原理图如图 1~8。

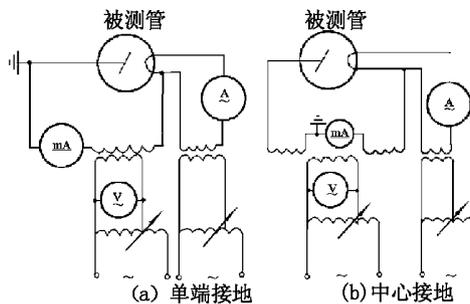


图 1 自整流电路

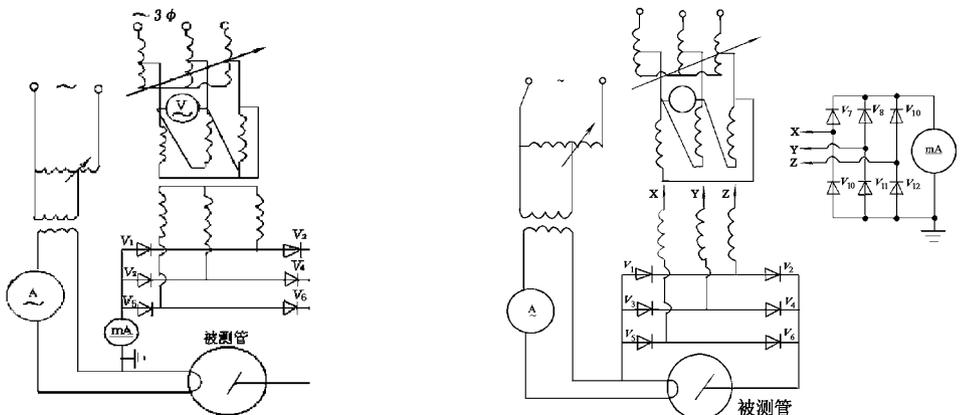


图 3 三相全波整流电路

(a) 三相全波整流电路(单端接地)

(b) 三相全波整流(中心接地)电路

$V_1 \sim V_6$ —整流元件

$V_1 \sim V_{12}$ —整流元件

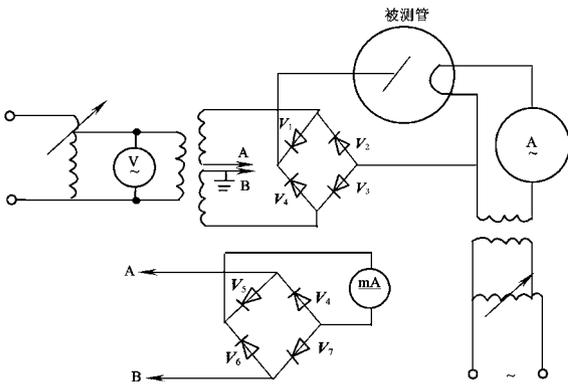


图 2 单相全波整流电路

$V_1 \sim V_8$ —整流元件

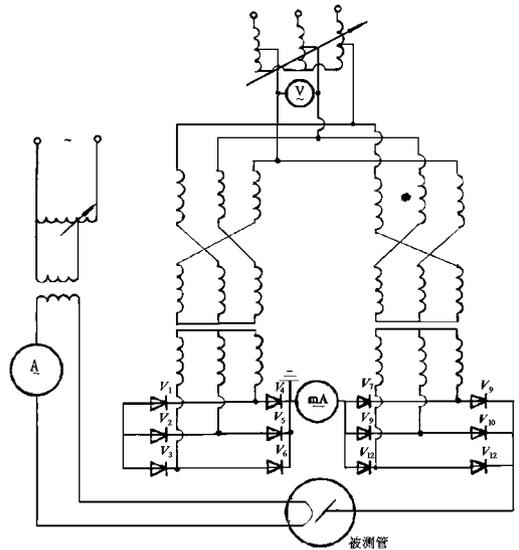


图 4 三相全波整流电路(12 峰)

$V_1 \sim V_2$ —整流元件

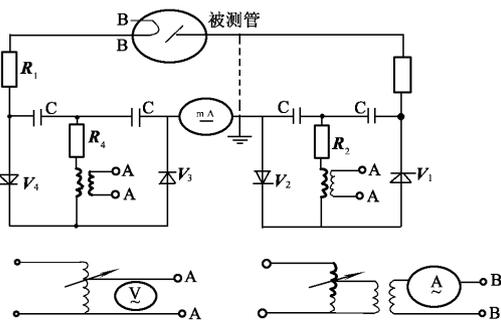


图 5 恒倍压电路

$V_1 \sim V_4$ —整流元件;  $R_1 \sim R_4$ —限流电阻;  $C$ —倍压电容器

注:①虚线连接时,左边电路为单端恒倍压电路。

②直流输出波纹系数应小于 5%。

③阳极电压为 200kV 以下时,阳极接地可采用单端恒倍压电路,阳极电压为 200kV~400kV 时,采用中心接地对称恒倍压电路。

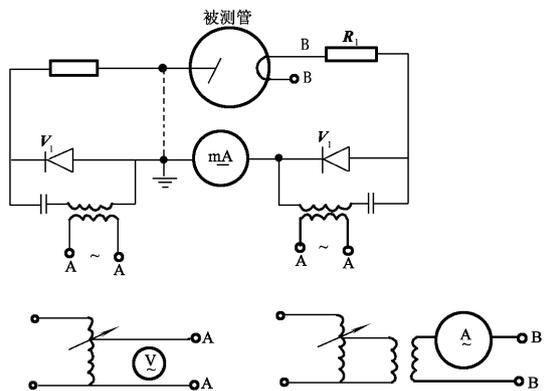


图 6 脉动倍压电路

$R_1 \sim R_2$ —限流元件;  $V_1 \sim V_2$ —整流元件;

注:虚线连接时,右边的电路为单端(阳极接地)脉动倍压电路。

说明:a. X 射线管阳极电压的测量,图 1~7 仅画出了 2.2.1.1 所述的测试方法,所用的测量仪表为交流电压表。

b. 2.2.1.2 所述的用分压器、示波器等仪器测量 X 射线管阳极电压的测量电路如图 9。

c. 图 1~7 中灯丝电流表如位于高压端,应可靠绝缘或可采用耐高压的电流互感器引出经放大后由电表指示,此时整个测量系统的精度应满足 2.1.7 条的规定。

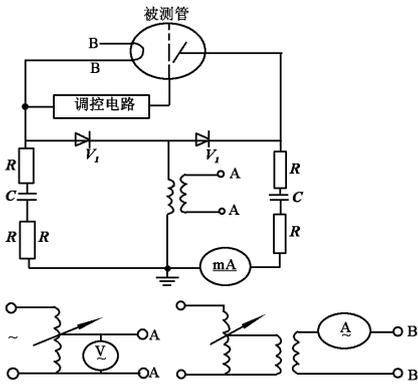


图 7 电容放电电路（用于栅控 X 射线管）

$V_1 \sim V_2$ —整流元件； $R$ —限流电阻； $C$ —储能电容器

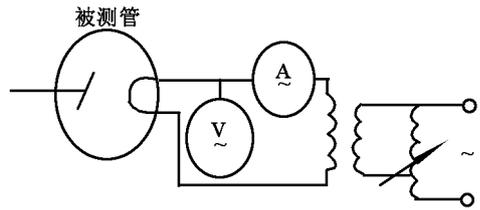


图 8 灯丝特性试验电路

注：电压表内阻值应保证流经电压表之电流小于流经灯丝电流的 1%。

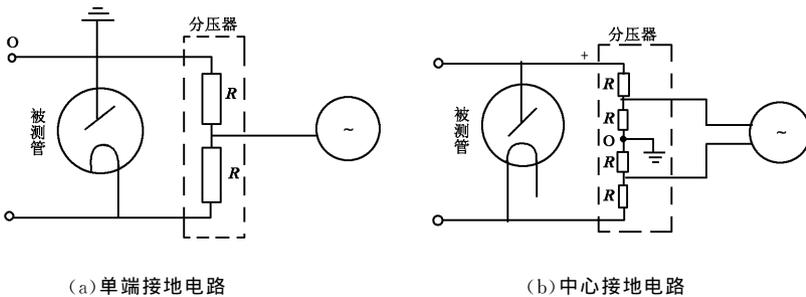


图 9 阳极电压测量电路

## 2.3 测试规则

### 2.3.1 在测试 X 射线管时,各电极电压应按下列顺序接通:

灯丝电压,栅极电压,阳极电压。

电极电压的断开应与接通时的相反顺序进行或同时断开。

2.3.2 测试强制冷却的 X 射线管时,应先接通冷却系统,方可加上各极电压,测试完毕时,应先断开各极电压。如无规定时,至少 3min 后方可断开冷却系统。

2.3.3 旋转阳极 X 射线管在阳极加高压前,一般应使阳极靶转速达到正常值。

测试栅控 X 射线管时,如没有说明栅极与灯丝间施加电压,则认为栅极与灯丝同电位。

2.3.4 测试应在 GB 2421《电工电子产品基本环境试验规程总则》规定的正常试验条件下进行。

2.3.5 在最高工作管电压,最高反峰压和超电压试验前,允许对管子进行训练(老练)。

## 3 X 射线管灯丝特性的测试

### 3.1 定义

灯丝特性是指 X 射线管灯丝电流与灯丝电压的关系。

### 3.2 原理图

见图 8。

### 3.3 测试方法

加入详细规范中规定的灯丝电流,待电表读数稳定后,读出相对应的灯丝电压值。

## 4 X射线管最高工作管电压的测试

### 4.1 定义

最高工作管电压是指X射线管在规定的工作条件下,加在阳极与阴极之间所允许的最高正向阳极电压峰值。

### 4.2 原理图

见图1~7中符合详细规范规定的任何一种。

### 4.3 测试方法

加入按详细规范规定的灯丝电流(电压),经规定的预热时间后,加上最高工作管电压的一半,调节灯丝电流(电压),使阳极电流达到产品标准规定的数值。然后以不大于 $10\text{kV/s}$ 的速度升至最高工作管电压,与此同时调节灯丝电流(电压),保持阳极电流不变,并维持详细规范中规定的时间。

注:采用自整流电路时,X射线管所受之反向峰值电压不能超过详细规范所规定的最高反向峰值电压。

## 5 X射线管最高反向峰值电压的测试

### 5.1 定义

最高反向峰值电压是指X射线管在规定的阳极电流下,阳极和阴极之间允许承受的最高反向峰值电压。

### 5.2 原理图

见图1。

### 5.3 测试方法

加入按详细规范规定的灯丝电流(电压),经规定的预热时间后,加入最高反向峰值电压的一半,调节灯丝电流(电压),使阳极电流达到详细规范规定的数值,然后以不大于 $10\text{kV/s}$ 的速度升至最高反向峰值电压,与此同时调节灯丝电流(电压),保持阳极电流不变,并维持详细规范中规定的时间。

## 6 X射线管超电压的测试

### 6.1 定义

超电压是指在规定的阳极电流和试验时间下,在X射线管阳极和阴极之间加上按规定的超电压系数所确定的峰值电压。

### 6.2 电原理图

见图1~7中符合详细规范规定的任何一种。

### 6.3 测试方法

加入按详细规范规定的灯丝电流(电压),经规定的预热时间后,加入超电压值的一半,调节灯丝电流使阳极电流达到详细规范规定的数值不大于 $10\text{kV/s}$ 的速度升至规定值,与此同时,调节灯丝电流(电压),保持阳极电流不变,并维持详细规范中规定的时间。

注:采用自整流线路时,X射线管所受到的反向峰值电压不应超过最高反向峰值电压。

## 7 X射线管灯丝发射特性的测试

7.1 定义 灯丝发射特性是指X射线管在给定的管电压条件下,阳极电流与灯丝电流(电压)的关系。

7.2 原理图 见图1~7中符合详细规范规定的任何一种。

7.3 测试方法 将高压时间控制器调在某一时间上<sup>1)</sup>,调节灯丝电流(电压)至某一值,加上给定的管电压,如管电压在加载时下跌,则应提高管电压,再次加载,直至管电压在加载时仍符合给定的数值,并读取相应之阳极电流值。用同样方法可测出在(一组)给定管电压下的(一组) $I_a = f(I_f)$ 曲线。

注:1)某一时间是指该时间下所施加能最小于管子允许加载的能量。

## 8 X 射线管阳极电流稳定性的测试

8.1 定义 阳极电流稳定性是指 X 射线管在规定的工作条件下,并在规定的时间内,阳极电流最大变动量与其起始阳极电流之比值。

8.2 原理图 见图 1~7 中符合详细规范规定的任何一种。

8.3 测试方法 加上按详细规范规定的灯丝电流(电压)值,经规定预热时间后,升高管电压至规定值,同时快速调节灯丝电流(电压)使阳极电流达到详细规范规定值,开始计时,在规定的时间内,读出阳极电流最大变化量。

注:灯丝电源电压稳定度小于 $\pm 0.2\%$ 。

## 9 X 射线管最大功率的测试

### 9.1 定义

9.1.1 X 射线管功率是指 X 射线管工作时,加在 X 射线管阳极上的功率。其值由下式计算:

$$P = f \times U \times I \dots\dots\dots (1)$$

式中:  $P$  —— X 射线管功率, W;

$f$  —— 由管电压波形和阳极电流波形所确定的常数;

$U$  —— 管电压, kV;

$I$  —— 阳极电流, mA。

9.1.2 X 射线管最大功率是指在一定使用条件下, X 射线管功率的最大允许值。

9.1.3 最大连续功率是指能连续加载的最大功率。

9.1.4 最大短时功率是指每次短时间加载的最大允许功率。

注:除非另有规定,试验前管子为冷态。

### 9.2 原理图

见图 1~7 中符合详细规范规定的任何一种。

### 9.3 测试方法

#### 9.3.1 最大连续功率的测试

加上按详细规范规定的灯丝电流(电压),经规定的预热时间后,加上按详细规范规定的管电压的一半,调节灯丝电流(电压),使阳极电流达到在规定的管电压下最大连续功率所确定的电流值,然后以不大于  $10\text{kV/s}$  的速度升至规定值,与此同时调节灯丝电流(电压),使阳极电流保持不变。试验时间由详细规范规定。

#### 9.3.2 最大短时功率的测试

参数预调:将高压时间控制器调在比特定时间略小的时间上,参照详细规范规定的  $I_a = f(I_f)$  曲线选定的灯丝电流(电压),经预热后,再加上按详细规范规定的管电压,同时根据仪表指示的管电压和阳极电流值进行多次调节,使之符合详细规范规定值,然后切断高压。

测试:保持预调参数,将高压时间控制器调在详细规范规定的特定试验时间上,然后接通高压进行试验。试验时间及间隔次数由详细规范规定。

注:常用的试验有,旋转阳极 X 射线管为  $0.1\text{s}$ ,固定阳极诊断用 X 射线管为  $1\text{s}$ 。

## 10 X 射线管光学焦点尺寸的测试

### 10.1 定义

光学焦点尺寸是指 X 射线管的实际焦点在与有用光束中心 X 射线方向相垂直的平面上的投影尺寸。

10.2 原理图 见图 1~7 中符合详细规范规定的任何一种。

10.3 测试方法

10.3.1 焦点针孔射线照相法(医用诊断 X 射线管不推荐使用)

10.3.1.1 针孔照相机

针孔照相机的针孔尺寸见表 1。

表 1 针孔尺寸

焦点标称值 $f$	尺 寸, mm	
	直 径 $D$	高 度 $h$
$\leq 1.0$	$0.030 \pm 0.005$	$0.075 \pm 0.110$
$\geq 1.1$	$0.100 \pm 0.005$	$0.500 \pm 0.010$

针孔光阑的主要尺寸如图 10 所示。

针孔光阑必须用下列材料之一制造:钨、钽、含铂 10%的金铂合金、含铼 10%的钨铼合金、含铱 10%的铂铱合金。

10.3.1.2 胶片

必须用射线摄影用微粒胶片拍摄,不用增感屏,例如牙科射线胶片。

10.3.1.3 针孔照相机的准直

基准轴线与针孔轴线所成的角度小于或等于  $10^{-3}$  rad 见图 11。

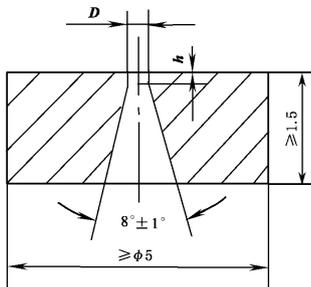


图 10 针孔光阑的主要尺寸

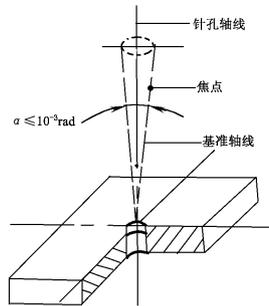


图 11 针孔照相机的准直

10.3.1.4 针孔照相机的位置

针孔光阑的入射面与焦点的距离必须使实际焦点范围内的放大倍率变化在基准方向不超过  $\pm 5\%$ , 按下列公式计算:

$$\frac{n}{m} = E \dots\dots\dots (2)$$

$$\frac{n}{m+k} \geq 0.95E \dots\dots\dots (3)$$

$$\frac{n}{m-p} \leq 1.05E \dots\dots\dots (4)$$

式中:  $E$ ——放大倍率;

$k$ ——基准面至实际焦点离光阑较远边缘的距离;

$p$ ——基准面至实际焦点离光阑较近边缘的距离;

$n$ ——光阑至胶片的距离;

$m$ ——基准面至光阑的距离,此距离不允许小于 100mm。

10.3.1.5 胶片的位置

胶片必须与基准方向垂直,胶片至针孔光阑入射面的距离根据放大倍率按表 2 确定(放大倍率  $E$  的精度应在  $\pm 3\%$  以内)。

表 2 焦点针孔射线照片的放大倍率

焦点标称值 $f$	放大倍率 $E = \frac{n}{m}$
$\leq 1.0$	$E \geq 2$
$\geq 1.1$	$E \geq 1$

### 10.3.1.6 负载因素

摄取焦点射线照片的负载因素按表 3 规定。

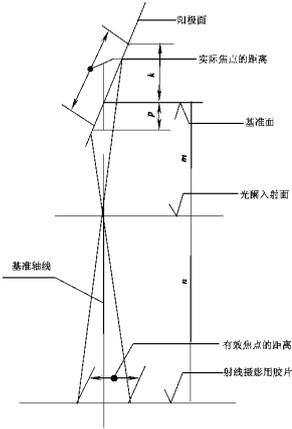


图 12 基准面和尺寸

表 3 负载因素

X 射线管最高 工作管电压 $U$ kV	负 载 因 素	
	管 电 压	阳 极 电 流
$U \leq 75$	最高工作电压	对应于焦点最大功率 50% 的阳极电离
$75 < U \leq 150$	75kV	
$U > 150$	50% 最高工作电压	

如果表 3 规定不符合 X 射线管正常使用的条件,则可在详细规范中另行规定。

### 10.3.1.7 焦点针孔射线照片的拍摄

胶片的曝光程度必须使充分显影后的黑度最高区域的局部漫射密度在 1.0 至 1.4 之间。

胶片灰雾度和片基本身的黑度不得超过 0.2 漫射密度。

### 10.3.1.8 测量

焦点尺寸由焦点射线照片的长度和宽度尺寸除以放大倍率  $E$  来确定。

焦点射线照片从背面照明,照度约  $3\ 0001x$ ,通过 10 倍放大镜用目力检查,放大镜上有间隔为 0.1mm 的网格。

如照片相失真,则宽度方向可以选择与辐射强度最高区域方向相垂直,通常是焦点宽度显现最小的方向,见图 13。

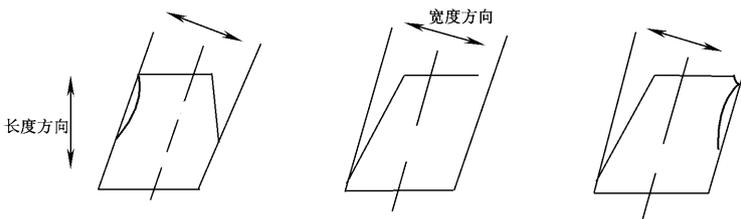


图 13 焦点失真时测定的方向

10.3.2 焦点狭缝射线照相法(适用于工作电压至 200kV 的医用诊断 X 射线管)。

10.3.2.1 狭缝照相机

狭缝照相机的狭缝光阑尺寸见图 14

10.3.2.4 狭缝照相机的位置同针孔照相机,见 10.3.1.4 条。

10.3.2.5 狭缝光阑的方位拍摄焦点的狭缝射线照片时,狭缝光阑的方向必须使狭缝的长度对测定的两个方向垂直,偏差在  $\pm 0.09 \text{ rad} (\pm 5^\circ)$  范围内。

为了测量焦点的长度,测定的方向必须与 X 射线管的纵轴平行。

为了测量焦点的宽度,测定的方向必须与测量焦点长度时的方向相垂直。

光学焦点失真时的测定方向见图 13。

10.3.2.6 胶片的位置

胶片必须与基准方向垂直,由狭缝光阑入射面算起的距离根据放大倍率按表 4 确定(放大倍率的精度应在  $\pm 3\%$  以内)。

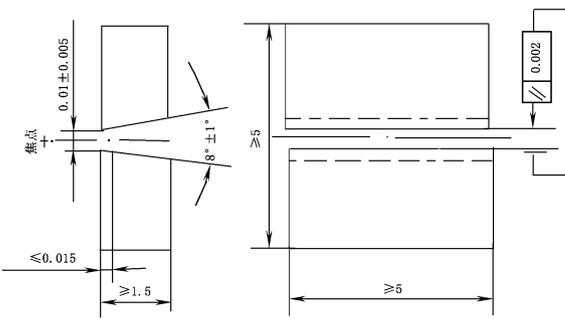


图 14 狭缝光阑的基本尺寸

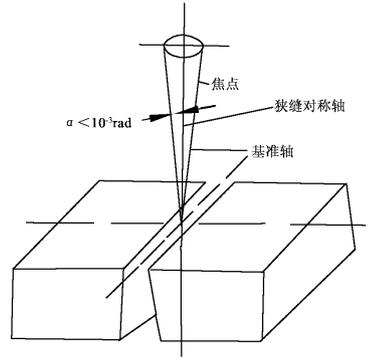


图 15 狭缝照相机的准直

表 4 焦点狭缝射线照片的放大倍率

焦点标称值 $f$	放大倍率 $E = \frac{n}{m}$
$f \leq 0.4$	$E \geq 3$
$0.5 \leq f \leq 1.0$	$E \geq 2$
$f \geq 1.1$	$E \geq 1$

10.3.2.7 负载因素同 10.3.1.6 条。

10.3.2.8 焦点狭缝射线照片的拍摄同 10.3.1.7 条。

10.3.2.9 测量

焦点尺寸必须根据两张焦点狭缝射线照片确定。对每一张焦点狭缝射线照片,在狭缝的影像长度的中点处,狭缝影像宽度的三分之一或二分之一中心部位黑度最高区域测量胶片黑化程度。

测量时从照片背面照明,照度约  $30001x$ ,通过 10 倍放大镜用目力检查,放大镜上有间隔为 0.1mM 的网格。

焦点的尺寸由焦点狭缝射线照片的长度和宽度尺寸除以放大倍率  $E$  来确定。

11 X 射线管辐射能通量密度均匀性的测试

### 11.1 定义

辐射能量通量密度均匀性是指 X 射线管在特定的有用射线输出区域上辐射强度的不均匀性。以  $E =$

$$\frac{M-N}{M} \times 100\%$$

来表示(其中  $M$  为各测量点中辐射强度最大值,  $N$  为最小值)。

### 11.2 原理图

见图 1~7 中符合详细规范规定的任何一种。

### 11.3 测试方法

11.3.1 结构分析用管各输出窗辐射强度均匀性的测试。

11.3.1.1 将 X 射线胶片放置在紧紧靠着射线输出窗口的不透光盒子内。

11.3.1.2 用详细规范规定的条件进行一次曝光。

11.3.1.3 用黑度计测量各窗口辐射场胶片黑度的平均值(取 3~4 点)来衡量该窗口辐射能通量密度的大小,测量时注意使每个测定点的区域不超过最大照射场尺寸的 5%,胶片黑度的拍摄要求见 10.3.1.7 条。

11.3.1.4 由各窗口测得的辐射场胶片黑度的平均值来确定各输出窗辐射能通量密度的不均匀性。

11.3.2 周向辐射 X 射线管射线强度均匀性的测试。

周向辐射 X 射线管的测量点,是在有用射线区域内,与管子轴线垂直的平面上,与管子轴线等距且以  $120^\circ$  角度配置的 3 个点上进行。用 X 射线剂量仪来测定辐射能量密度的均匀性。

## 12 X 射线管 X 射线剂量率的测试

12.1 定义 X 射线剂量率是指在规定的距离及方位上,在规定的电压、电流下测得的单位时间内的照射量数值,单位为  $C \cdot kg^{-1} \cdot s^{-1}$  或  $mC \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$ 。

12.2 原理图 见图 1~7 中符合详细规范规定的任何一种。

12.3 测量方法 将剂量仪的探头放在详细规范规定的距离及方位上,在规定的电压、电流下测试,当剂量仪有稳定的指示后读取剂量率值。

注:如详细规范上未指定测试点的方位,则认为测试点位于射线束中心线上,并且认为在管外无其他衰减材料情况下测试(大气除外)。

## 13 X 射线管固有滤过的测试

13.1 定义 固有滤过是指 X 射线管本身部件对 X 射线的滤过。用相当于等量滤过的铍、铝或铜的厚度来表示。

13.2 原理图 见图 1~7 中符合详细规范规定的任何一种。

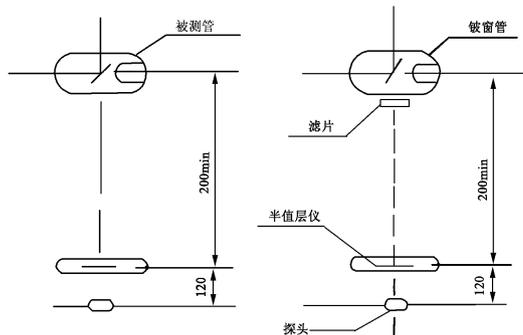


图 16 固有滤过测试原理图

13.3 测试方法 测试装置原理图如图 16 所示。

其中较窗管与被测管的靶材和靶角相同。如靶角不同,可以通过倾斜使得到相同靶角出来的射线束。

当被测管输出窗主要由铍或其他类似物质组成时,滤片用铍。

当被测管最高工作管电压不超过 200kV 时,滤片用铝。

当被测管最高工作管电压从 150kV 到 400kV 时,滤片可用铜。

测量时被测管与较窗管测试条件完全相同(包括管电压、电流、距离、方位)。管电压为被测管最高工作管电压的一半(或由详细规范规定),阳极电流由详细规范规定。

13.3.1 测出不同厚度滤片(Be、Al 或 Cu)与第一半价层的关系曲线(如图 17)。

13.3.2 测出被测管的第一半价层值 A。

13.3.3 由图 17 曲线找出其相应的滤片厚度 B。

则 B 值即为被测 X 射线管的固有滤过。

### 14 X 射线管光谱纯度的测试

#### 14.1 定义

X 射线光谱纯度是单色工作的 X 射线管靶面材料特征谱线  $K_{\alpha 1}$  对杂质谱线的相对强度,以最强杂质谱线积分强度与靶面材料特征谱线  $K_{\alpha 1}$  积分强度之比来衡量,其比值称为杂质谱线相对强度。

#### 14.2 原理图

见图 1~7 中符合产品标准规定的任何一种。

#### 14.3 测试方法

光谱纯度的测试是在电压和电流稳定度不大于 0.2% 的 X 射线衍射仪上进行。也可以采用电压和电流稳定度不大于 0.2% 的应用 X 射线衍射原理( $n\lambda = 2 d \sin n\theta$ )制成的其他装置上进行。

X 射线光谱纯度测试的光路结构如图 18。

其中:a. 光源、分光晶面与接收狭缝 4 之轴线互相平行;

b. 分光晶面与衍射仪圆轴合相重合;

c. 光源与接收狭缝 4 应位于衍射仪圆周上,

d. 光源 F、狭缝 1、 $S_1$ 、2 固定不动,狭缝 3、 $S_2$ 、4 及计数管 V 以 2 倍于分光晶面的角速度同步旋转。

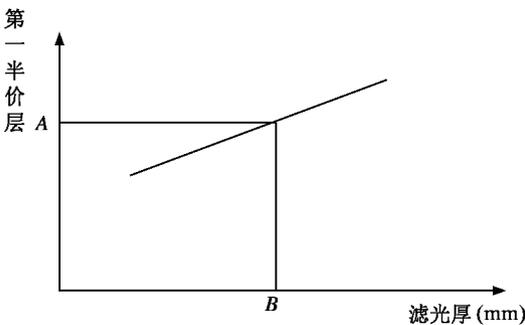


图 17 滤片厚度与半价层关系

注:另一种测试方法是找出被测 X 射线管窗口组成的代用物质。由该物质取代滤片测出其第一半价层值,由图 17 曲线找出其相应滤

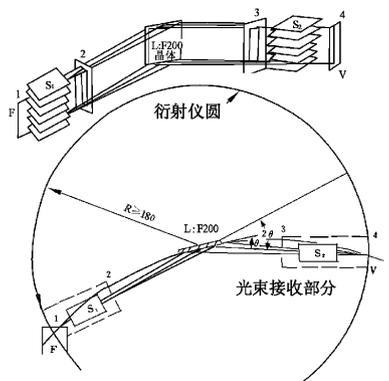


图 18 光谱纯度测试光路结构示意图

F—光源;  $S_1$ 、 $S_2$ —索洛狭缝; 1—第一狭缝(开放); 2—发散狭缝(1/6°或 0.02mm); 3—收剑狭缝(同 2);

片的厚度,即得到被测管的固有滤过值。

4—接收狭缝 (0.1mm);V—计数管

将待测 X 射线管装在衍射仪上(图 18F 位置),在详细规范规定的电参数条件下,测绘该 X 射线管的谱线图,如图 19 或 20 所示。

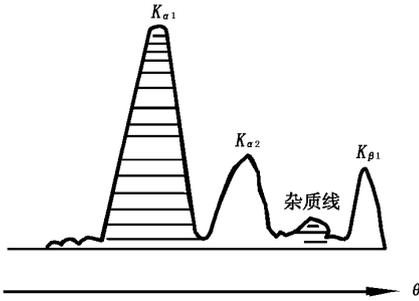


图 19 单色 X 射线管谱线

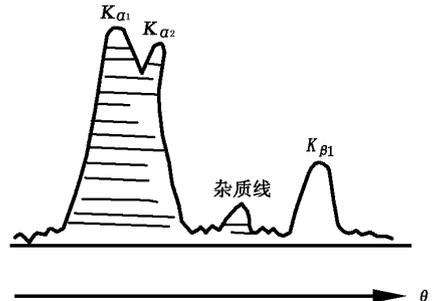


图 20 单色 X 射线管谱线

14.3.1 检查谱线图

测得的谱线中,各特征谱线积分强度相对值应符合表 5 之规定(检查任意二个波长即可)。各谱线所在角,可按  $n\lambda = 2 d \sin n\theta$  计算, $\lambda$  为波长。

表 5 各特征谱线积分强度相对比值(K 系)

靶材	特征谱线相对强度(K 系)及波长( $10^{-10}$ m)					
	$\alpha_1$		$\alpha_2$		$\beta_1$	
	强度	波 长	强度	波 长	强度	波 长
铜	100	1.5405	46.0	1.5443	15.8	1.3921
铬	100	2.2896	50.6	2.2935	21.0	2.0848
铁	100	1.9359	49.1	1.9399	18.2	1.7565
钴	100	1.7889	53.2	1.7927	19.1	1.6075
钨	100	0.2089	47.0	0.2138	18.1	0.1843
铈	100	0.6132	51.1	0.6176	25.3	0.5455
银	100	0.5593	51.7	0.5637	24.0	0.4976
钼	100	0.7092	50.6	0.7135	23.3	0.6322
镍	100	1.6578	47.6	1.6616	17.1	1.5001

$d$  为分光晶体晶格常数,L : F 200 之  $2d=4.028$ 。

如果各特征谱线相对强度值偏离表 5 应有比例数 10% 以上时,则应重新调整测绘。如铬靶管  $K_{\alpha 2}$  大于 60.6 或小于 40.6 时,必须加衰减片重测。

14.3.2 计算方法

$$H = \frac{A_z}{A_i} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

式中:  $H$ ——杂质谱线相对强度;  
 $A_z$ ——最强杂质谱线积分强度;  
 $A_i$ ——靶材特征谱线  $K_{\alpha 1}$ , 积分强度。

注:①某波长谱线的积分强度,一律以该线峰包线包围的面积计算,可用积分仪测量或以矩形近似法计算。每一矩形之宽度不大于 3mm,也可以取衍射仪记录纸每一小格的宽度作为矩形宽度。对图 20 可先算出  $K_{\alpha}$  (即  $\alpha_1 + \alpha_2$ ) 总积分强度,再按表 5 比值折算出  $K_{\alpha_1}$  强度后,按(5)式计算杂质谱线相对  $H$  值。也可以先算出  $K_{\beta_1}$  积分强度,再按表 5 比值折算  $K_{\alpha_1}$  强度。

如果  $K_{\alpha_1}$  和  $K_{\alpha_2}$  在其高次波 ( $n\lambda = 2d\sin\theta$  中取  $n=2$  以上时) 可以分开,则可在大角度 ( $\theta$ ) 处,扫描出高次谱线图,利用其同次波峰包线积分强度计算杂质谱线相对强度  $H$  值。

②如果所得谱线图中,杂质谱线很小而难以计算积分强度时,可在该杂质谱线所在角附近,减小衰减率重新小范围扫描,利用其较大峰包线算出积分强度后,再缩小相应倍数即可。

③本方法也适用于点焦点 X 射线管光谱纯度测试。

④若被测管之外形尺寸或冷却方式与现行衍射仪管套不相适应时,必须设计配置专用管套。

## 15 栅控 X 射线管灯丝栅极间耐压的试验

### 15.1 定义

灯丝栅极间耐压是指栅控 X 射线管的灯丝和栅极之间能承受规定的电压。

### 15.2 原理图

见图 21。

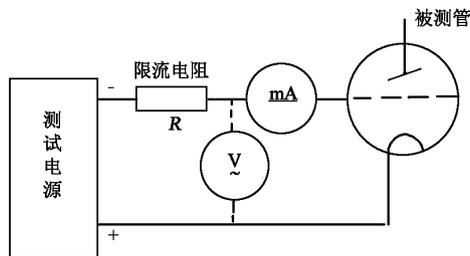


图 21 灯丝栅极间耐压试验电路

测试电源电压可调。

### 15.3 测试方法

把测试电源输出电压从零逐步上升至详细规范规定值,并维持规定的时间,观察有无绝缘破坏的异常现象。

## 16 栅控 X 射线管阳极电流截止特性的试验

### 16.1 定义

阳极电流截止栅压是指栅控 X 射线管在最高工作管电压及阳极电流截止栅压下,观察阳极电流能否截止的试验。

### 16.2 原理图

见图 7。

### 16.3 测试方法

依次加上按详细规范规定的灯丝电流(电压)、阳极电流截止栅压及最高工作管电压,然后用 X 射线计最仪观察阳极电流是否截止。