



中华人民共和国国家标准

GB/T 26833—2011

无损检测仪器 工业用 X 射线管通用技术条件

Non-destructive testing instruments—
General specification for X-ray tube for industrial detecting

2011-07-29 发布

2011-12-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 要求	1
3.1 使用条件	1
3.2 技术性能	1
3.3 稳定性	2
3.4 外观质量及结构	2
3.5 有效射束角度	2
4 试验方法	3
4.1 试验条件	3
4.2 试验用主要仪器仪表和器具	3
4.3 X射线管检查	3
4.4 管电流稳定度测试	3
4.5 X射线管连续工作试验	3
4.6 灯丝特性测定	3
4.7 X射线管超电压试验	3
4.8 焦点尺寸测定	3
4.9 有效射线束角度测定	3
4.10 管帽固定度的检验	4
4.11 多股绞合线的机械强度检验	4
4.12 热稳定性试验	4
4.13 阴阳极同轴度检查	4
4.14 低温、高温和潮湿环境试验	4
4.15 机械强度试验	5
4.16 X射线照射量率初始值的测定	5
4.17 寿命试验	5
5 检验规则	5
5.1 出厂检验	5
5.2 型式试验	5
5.3 寿命试验	6
5.4 抽样方法、组批规则及判定规则	6
6 标志、包装、运输和贮存	7
6.1 标志	7
6.2 包装	7

6.3 运输和贮存	8
附录 A (规范性附录) 焦点针孔射线照相	9
附录 B (规范性附录) 焦点有效值的测量	13

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国试验机标准化技术委员会(SAC/TC 122)归口。

本标准负责起草单位:辽宁仪表研究所、丹东荣华射线仪器仪表有限公司、丹东市无损检测设备有限公司。

本标准参加起草单位:上海超群无损检测仪器有限公司、丹东市万全无损检测仪器厂。

本标准主要起草人:杨春艳、荣吉萍、吴怡芳、董殿刚、张宏。

无损检测仪器

工业用 X 射线管通用技术条件

1 范围

本标准规定了工业用 X 射线管(以下简称 X 射线管)的技术要求、检验规则、试验方法、标志、包装、运输、贮存等。

本标准适用于管电压 500 kV 以下的 X 射线管。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 191 包装储运图示标志

GB/T 2829 周期检验计数抽样程序及表(适用于生产过程稳定性的检验)

GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

JB/T 9329 仪器仪表运输、运输贮存基本环境条件及试验方法

3 要求

3.1 使用条件

X 射线管在下列条件下应正常工作:

- 海拔高度不超过 1 000 m;
- 环境温度 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (水冷 X 射线管环境温度 $2\text{ }^{\circ}\text{C}\sim40\text{ }^{\circ}\text{C}$);
- 空气相对湿度不大于 85%;
- 电源电压为 $220\times(1\pm 10\%)\text{V}$ 。

3.2 技术性能

3.2.1 X 射线管的灯丝特性。X 射线管的灯丝电压、灯丝电流应符合具体产品文件要求,当灯丝电流为产品标准规定值时灯丝电压最大容许误差为其规定值的 $\pm 10\%$ 。

3.2.2 X 射线管的管电压为额定值的 0.3 倍时,X 射线管的管电流应能达到额定值。

3.2.3 X 射线管按表 1 规定进行超电压试验时应无放电和闪烁现象。

表 1 超电压试验

额定管电压 kV	超过额定 管电压百分数 %	持续时间 min		阳极电流
		直接强迫循环冷却	非直接强迫循环冷却	
<200	10	5	3	额定阳极管电流的 80%
≥ 200 且 < 300	5	5	3	
≥ 300	2	5	3	

3.2.4 X射线管的焦点形状应规整,尺寸误差应符合如下要求:

- a) 焦点标称值大于 3.0 mm 的焦点尺寸误差应小于+30%;
- b) 焦点标称值小于或等于 3.0 mm 的焦点尺寸容许值应符合附录 A 中表 A.4 规定。

3.2.5 X射线管的 X 射线照射强度在其曝光场内应均匀。在具体型号的产品文件中,应规定其均匀度。

3.2.6 X射线管在规定的工作条件下,在规定的工作时间内,管电流不稳定性应不超过 5%。

3.3 稳定性

3.3.1 X射线管寿命即累积正常工作时限,金属玻璃 X 射线管应不小于 400 h,金属陶瓷 X 射线管应不小于 500 h。在工作时限内 X 射线照射量率应不低于其初始值的 80%,在具体型号的 X 射线管产品文件中,应规定 X 射线照射量率的初始值。

3.3.2 在测试台上工作,X 射线管在额定负荷下,直接强迫循环冷却的 X 射线管连续工作 30 min、非直接强迫循环冷却的 X 射线管连续工作 10 min 应无放电等异常现象。

3.3.3 X 射线管通过高温低温和潮湿环境试验后,电气参数应符合本标准和产品标准规定。

3.3.4 X 射线管应有足够的机械强度,按表 2 进行机械强度试验后外形和电气参数均应符合本标准和产品技术条件的规定。

表 2 机械强度试验条件

类型	额定管电压 kV	加速度 m/s ²	次数	频率 次/分	脉冲持续时间 ms
金属玻璃管	<200	39.2	500	40	—
	≥200	39.2	250	40	—
金属陶瓷管	<500	147	250~500	—	2~1

3.4 外观质量及结构

3.4.1 X射线管的阴极、阳极冷却器应采用耐腐蚀的材料,阳极帽、阴极引线帽应有防腐镀层。

3.4.2 金属玻璃 X 射线管的管帽固定应牢固,不应沿轴线移动或转动。

3.4.3 金属玻璃 X 射线管的引出线与管帽焊接应牢固光滑。

3.4.4 金属玻璃 X 射线管的多股绞合线应具有一定的机械强度。

3.4.5 X 射线管的封接处应牢固,并有一定的热稳定性。

3.4.6 金属玻璃 X 射线管阴极帽轴线与阳极帽(或散热器)轴线间的同轴度应不超过管长度的 1%,管长大于 500 mm 时应不超过 5 mm。

3.4.7 X 射线管在温度变化时应稳定,应无炸裂和真空度降低现象。

3.4.8 X 射线管需在制造仓库内静置 10 昼夜以上,出库时应无漏气现象。

3.4.9 X 射线管表面镀层应无脱落现象,安装面表面粗糙度应不大于 Ra1.6。

3.4.10 射线管表面没有碰伤和损伤,玻璃壳不应有影响质量的气泡。

3.5 有效射束角度

有效射束角度应大于 38°。

4 试验方法

4.1 试验条件

按 3.1 规定的正常使用条件进行试验。

4.2 试验用主要仪器仪表和器具

试验用主要仪器仪表和器具如下：

- a) 测量灯丝用电压表和电流表的准确度应不低于 1.5 级,高压分压器应不低于 1.5 级；
- b) 测定用计量仪总不确定度应小于 4.0%；
- c) 密度计或测微光度计、强光可调阅片灯；
- d) X 射线管测试台(模拟 X 射线机)；
- e) 冲击试验台；
- f) 恒温箱、低温箱、潮湿箱；
- g) 流量计、调压器(5 kW)；
- h) 秒表、温度计；
- i) 焦点测试装置及工业 X 射线胶片。

4.3 X 射线管检查

用目视进行外观检查,用计量器具进行 X 射线管外型尺寸及焦点至阳极端面尺寸检查。

4.4 管电流稳定度测试

加上规定的灯丝电流(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。

4.5 X 射线管连续工作试验

型式试验应达到额定管电压、管电流。直接强迫冷却的 X 射线管连续工作时间为 30 min,非直接强迫冷的 X 射线管的连续工作时间为 10 min。

4.6 灯丝特性测定

加入规定的灯丝电流,待电表读数稳定后,读出相对应的灯丝电压值。

4.7 X 射线管超电压试验

将 X 射线管装在 X 射线管测试台上,加入具体产品规定的灯丝电流(电压)后,给 X 射线管加入超电压值的一半,调节灯丝电流使阳极电流达到表 1 规定的数值,且以不大于 10 kV/s 的速度将电压升至表 1 中规定的超电压值,同时调节灯丝电流(电压),保持阳极电流不变,持续时间按表 1 规定。

4.8 焦点尺寸测定

定向辐射 X 射线管按本附录 A、附录 B 所规定的测验方法进行。周向辐射 X 射线管按具体型号产品文件规定的测定方法进行。

4.9 有效射线束角度测定

将 X 射线胶片 1 与 2 放置于 X 射线辐射窗口的中心线位置上,如图 1 所示。

测量 D_1 与 D_2 及 L 按式(1)计算辐射角,测试结果应大于规定数值。

$$\alpha = 2\arctg \frac{D_1 - D_2}{2L} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

D_1 和 D_2 ——射线束在胶片 1 和 2 上辐射范围直径,单位为毫米(mm);

L ——胶片间距离,单位为毫米(mm)。

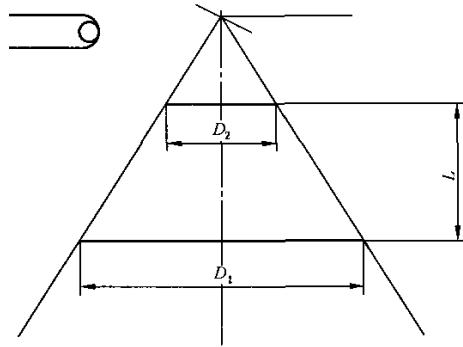


图 1 测量 X 射线辐射角示意图

4.10 管帽固定度的检验

对油绝缘或由螺丝固定的玻璃 X 光管,将其浸入温度为 +70 °C 的变压器油中 8 h 后取出,在室温下静置 2 h,然后在玻壳和帽之内加以逐渐增大的扭力矩。直径 40 mm 以下管帽加扭力矩 2.26 N·m,直径在 40 mm 以下管帽加扭力矩 4.4 N·m。

4.11 多股绞合线的机械强度检验

4.11.1 在引出线上作用 4.9 N 的静负荷,引线焊接点不应断裂。

4.11.2 将每根引出线在距封口面 10 mm 处夹于直径 10 mm 的两根圆棒中间,来回绕 180°,弯曲 10 次,引出线折断根数应不超过引出线总和的 10%。

4.12 热稳定性试验

在恒温箱中,1 min 内使金属玻璃 X 射线管的温度变化 100 °C,在室温下静置 1 h 后重复进行一次。

4.13 阴阳极同轴度检查

使用计量器具检查。

4.14 低温、高温和潮湿环境试验

4.14.1 低温试验。金属玻璃 X 射线管在温度为 -55 °C ± 2 °C 的低温箱内放置 2 h,金属陶瓷 X 射线管在温度为 -70 °C ± 2 °C 的低温箱内放置 2 h。

4.14.2 高温试验。金属玻璃 X 射线管在温度为 85 °C ± 2 °C 的恒温箱内放置 2 h,金属陶瓷 X 射线管在温度为 85 °C ± 2 °C 的恒温箱内放置 2 h。

4.14.3 潮湿试验。在温度为 40 °C ± 2 °C,在带内包装的情况下,空气相对湿度 95% 的潮湿箱内放置 48 h。

4.15 机械强度试验

将 X 射线管刚性固定在冲击试验台上,并分别放置于水平和垂直(阳极在下)两个位置上,按表 2 规定进行试验。

4.16 X 射线照射量率初始值的测定

在额定负荷下,将剂量仪放置在离管焦点 600 mm 处的 X 射线束中心方向,通过 0.5 mm 厚的铜滤光片(对于具有铍窗口的 X 射线管采用 0.5 mm 厚的铝滤光片)测量 1 min 内的 X 射线辐射剂量。

4.17 寿命试验

4.17.1 用累计 X 射线的工作小时数测定单独 X 射线管的寿命。

4.17.2 寿命试验时管电流为额定值,管电压应不低于额定值的 90%。

4.17.3 寿命试验的管子每工作 100 h 测定一次 X 射线照射量率,当单支管子的 X 射线照射量率降到 3.3.1 规定的数值时该管子的寿命便算结束。

4.17.4 试验结果按式(2)计算:

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{nT} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

T_i ——单支 X 射线管寿命,单位为小时(h);

n ——被测 X 射线管的数量(n 不小于 3);

T ——X 射线管规定的寿命,单位为小时(h)。

4.17.5 按式(2)计算的结果应不小于 95%。如试验的 X 射线管有一支小于 300 h,则寿命试验不合格。

5 检验规则

5.1 出厂检验

凡出厂的 X 射线管应经制造厂质量部门按出厂检验项目检验,签发产品合格证后方可出厂。产品出厂检验应按表 3 中要求进行。

5.2 型式试验

产品型式检验应按表 3 中要求进行。凡属下列情况之一者应按本标准做型式试验,每年不得少于一次:

- a) 试制的新产品(包括老产品转厂);
- b) 当产品设计、工艺和所使用的材料的改变引起产品的主要性能改变时;
- c) 不经常生产的产品再次生产时;
- d) 对成批的大量生产的产品进行定期抽查时;
- e) 出厂检验结果与上次型式试验结果有较大差异时;
- f) 国家质量监督检验检疫机构提出进行型式试验要求时。

表 3 射线管出厂检验及型式试验项目

序号	项 目	要求	试验方法	出厂检验	型式试验
1	外观检查	3.4	4.3	√	√
2	X 射线管外型尺寸及焦点至阳极端面尺寸检查	3.2.4	4.3	√	√
3	灯丝特性测定	3.2.1	4.6	√	√
4	X 射线管连续工作试验	3.3.2	4.5	√	√
5	焦点尺寸测定	3.2.4	4.8	√	√
6	管电流稳定度的测定	3.2.6	4.4	√	√
7	超电压试验	3.2.3	4.7	√	√
8	有效射束角度的测定	3.5	4.9	—	√
9	管帽固定度的检验	3.4.2	4.10	—	√
10	多股绞合线的机械强度检验	3.4.4	4.11	—	√
11	热稳定性试验	3.4.7	4.12	—	√
12	阴阳极同轴度检查	3.4.6	4.13	—	√
13	低温、高温和潮湿环境试验	3.3.3	4.14	—	√
14	机械强度试验	3.3.4	4.15	—	√
15	X 射线照射量率初始值测定	3.3.1	4.16	—	√
16	寿命试验	3.3.1	4.17	—	√

注：表中“√”为必检项目，“—”为不检项目。

5.3 寿命试验

5.3.1 在 5.2 a)、b) 时做寿命试验。

5.3.2 寿命试验允许在用户装置上进行。

5.3.3 寿命试验的 X 射线管应从成品出厂试验的合格产品中任意抽取，其数量不少于三支，并经型式试验合格后进行。

5.4 抽样方法、组批规则及判定规则

5.4.1 抽样方法、组批规则

批量(N)不能小于 8。

按 GB/T 2829 规定不合格质量水平(RQL)为 30, 规定判别水平(DL)选用 I, 选用二次抽样方案, 抽取样本大小 $n_1 = n_2 = 4$ 规定判定数组:

$$\begin{cases} Ac_1 = 0 & Re_1 = 2 \\ Ac_2 = 1 & Re_2 = 2 \end{cases}$$

5.4.2 判定规则

样本不符合 3.1、3.2.1~3.2.6、3.3.2 中任意一条要求时, 为一个 B 类不合格, 样本中有两个或两个以上 B 类不合格判定为 B 类不合格批, 产品样本不符合其余各项任一条要求时为一个 C 类不合格, 样本中有两个或两个以上 C 类不合格判定为 C 类不合格批。有一个 B 类不合格和一个 C 类不合格判

定为 B 类不合格批。

按 GB/T 2829 的规定,根据样本检查结果,若在第一个样本中发现的不合格数为 0,则判定为合格批,若在第一个样本中发现的不合格数大于或等于 2,则判定该批是不合格批。若在第一个样本中发现的不合格数等于 1,则对第二样本进行检查。若在第一个样本和第二个样本中发现的不合格数总和大于或等于 2,则判定该批是不合格批。

6 标志、包装、运输和贮存

6.1 标志

X 射线管应在明显的适当位置固定铭牌(标志):

- a) 型号、规格、产品名称;
- b) 主要技术参数:
 - 1) 额定管电压;
 - 2) 额定管电流;
 - 3) 焦点尺寸;
- c) 出厂日期或编号;
- d) 制造者名称、地址及商标。

6.2 包装

6.2.1 X 射线管包装应按照 GB/T 13384 规定进行。

6.2.2 包装箱内应严格按照 JB/T 9329 规定进行。

6.2.3 包装箱外壁上文字和标志应清楚、整齐,而且不应因时间长久、搬运摩擦和雨淋而模糊不清,其内容至少包括下列各项:

- a) 制造者名称;
- b) 产品名称、型号;
- c) 收货单位和地址;
- d) 发货单位和地址;
- e) 标有“易碎物品”“向上”“怕雨”等标志,应符合 GB/T 191 规定要求;
- f) 产品执行标准及名称(可在产品说明上标注)。

6.2.4 包装箱内应附有下列随行文件:

- a) 装箱单;
- b) 产品合格证;
- c) 产品使用说明书。

X 射线管的产品使用说明书中应有下列内容:

- 1) X 射线管外型尺寸及 X 射线管焦点至阳极端面尺寸;
- 2) X 射线管的额定管电压、最大反向电压、额定管电流、额定功率、灯丝特性曲线,达到额定管电流的起始电压;
- 3) 有效射线束角度;
- 4) 最大灯丝电压和灯丝电流;
- 5) 靶面角;
- 6) 放射窗的材料和厚度;
- 7) 焦点的形状和尺寸;
- 8) X 射线照射量率的初始值;

- 9) 训练 X 射线管时电压上升的速度;
- 10) 阳极靶面材料;
- 11) X 射线管正常工作的电压波形;
- 12) X 射线管正常工作的冷却条件。

6.3 运输和贮存

6.3.1 X 射线管运输、运输贮存环境试验应按照 JB/T 9329 中有关规定进行,其中高温试验选用 55℃,低温试验选用-10℃。

6.3.2 X 射线管运输时应防止震动和碰撞,并遵守包装箱外标志的规定。

6.3.3 X 射线管贮存地点及周围环境不应含有腐蚀性气体,环境温度在-10℃~+40℃之间,空气相对湿度不应大于 90%,库内保持空气流通,地面干燥。

附录 A
(规范性附录)
焦点针孔射线照相

A.1 试验设备

A.1.1 针孔照相机

焦点针孔射线照片应用针孔照相机拍摄,照相机包括针孔板,针孔尺寸见表 A.1。

表 A.1 针孔板、针孔尺寸

焦点标称值 f mm	尺寸	
	直径 P mm	高度 H mm
$f \leq 1.0$	0.030 ± 0.005	0.075 ± 0.010
$1.1 \leq f$	0.100 ± 0.005	0.500 ± 0.010

针孔板主要尺寸见图 A.1。

单位为毫米

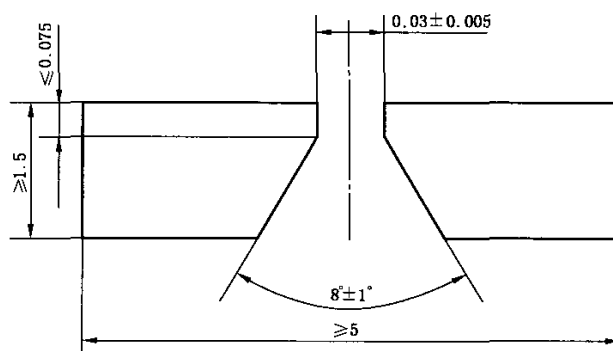


图 A.1 针孔板主要尺寸

针孔板应用下列材料之一制造:

- 钨;
- 钼;
- 含铂 10% 的金铂合金;
- 含铯 10% 的钨铯合金;
- 含铍 10% 的铂铍合金。

A.1.2 胶片

应使用射线摄影用微粒胶片拍摄,不用增感屏。

A.2 试验方法

A.2.1 针孔照相机的准直

基准轴与针孔轴线所成的角度小于或等于 10^{-3} rad(见图 A.2)。

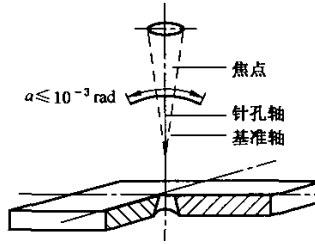


图 A.2 基准轴与针孔轴线角度

A.2.2 针孔照相机的位置

针孔板的入射面到焦点的距离应使实际焦点范围内的放大倍率变化在基准方向应不超过 $\pm 5\%$ 。此距离应不小于 100 mm。

A.2.3 胶片的位置

胶片应与基准方向垂直,至针孔板入射面距离根据放大倍率按表 A.2 确定。

表 A.2 胶片位置

焦点标称值 f mm	放大倍率 E
$f \leq 1.0$	$E \geq 2$
$1.1 \leq f$	$E \geq 1$

A.3 操作条件

A.3.1 安装要求

X 射线应装在能使其正常工作的 X 射线管套内或装在与正常工作条件等效的 X 射线管测试台上。

A.3.2 管电压和管电流测试

管电压测试和管电流测试应满足表 A.3 要求。

表 A.3 额定管电压、管电流

额定管电压 U kV	测试电压 kV	测试电流 mA
$U \leq 75$ $75 < U \leq 150$ $150 < U \leq 200$	U 75 $U/2$	对应于焦点标称阳极输入功率的 50%管电流
$200 < U$	$U/2$	额定管电流

A.4 针孔射线照片的拍摄

胶片的曝光程度应使充分显影后的最高区域的密度为 1.0~1.4 之间。
胶片灰雾和本底造成的密度应不超过 0.2。

A.5 焦点标称参数的规定

X 射线管焦点应按下列数值范围选定,单位为毫米(mm):

- 0.1~0.25 级差 0.05;
- 0.3~2.0 级差 0.1;
- 2.2 及以上 级差 0.2。

A.6 焦点标称值的容许值(见表 A.4)

表 A.4 焦点标称值的容许值

焦点标称值 f mm	焦点尺寸容许值 mm	
	宽度	长度
0.1	0.10~0.15	0.10~0.15
0.15	0.15~0.23	0.15~0.23
0.2	0.20~0.30	0.20~0.30
0.25	0.25~0.38	0.25~0.38
0.3	0.30~0.45	0.45~0.65
0.4	0.40~0.60	0.60~0.85
0.5	0.50~0.75	0.70~1.10
0.6	0.60~0.90	0.90~1.30
0.7	0.70~1.10	1.00~1.50
0.8	0.80~1.20	1.10~1.60
0.9	0.90~1.30	1.30~1.80

表 A.4 (续)

焦点标称值 f mm	焦点尺寸容许值 mm	
	宽度	长度
1.0	1.00~1.40	1.40~2.00
1.1	1.10~1.50	1.60~2.20
1.2	1.20~1.70	1.70~2.40
1.3	1.30~1.80	1.90~2.60
1.4	1.40~1.90	2.00~2.80
1.5	1.50~2.00	2.10~3.00
1.6	1.60~2.10	2.30~3.10
1.7	1.70~2.20	2.40~3.20
1.8	1.80~2.30	2.60~3.30
1.9	1.90~2.40	2.70~3.50
2.0	2.00~2.60	2.90~3.70
2.2	2.20~2.90	3.10~4.00
2.4	2.40~3.10	3.40~4.40
2.6	2.60~3.40	3.70~4.80
2.8	2.80~3.60	4.00~5.20
3.0	3.00~3.90	4.30~5.60

注：对于标称值为 0.3 mm~3 mm 的焦点，表中所列容许值已包括系数 0.7。

附录 B
(规范性附录)
焦点有效值的测量

B.1 测量方法

按附录 A 规定拍摄的焦点针孔和射线照片从背面照明,最低照度 215 lx,用 5~10 倍,内含有 0.1 mm 刻度的放大镜测量肉眼能看得见的边缘尺寸。对非矩形焦点应取最小外接矩形进行测量。

B.2 焦点宽度和长度的计算

B.2.1 小于 3.0 mm 的焦点测量方法

对标称值小于 3.0 mm 的焦点,用放大倍率去除测得的焦点长度和宽度值即得焦点尺寸。所得值应符合 3.2.4 的要求。

B.2.2 大于 3.0 mm 的焦点测量方法

对标称值大于 3.0 mm 的焦点,用放大倍率去除测得的焦点长度和宽度值,线焦点的长度值再乘一个修正系数 0.7 即得焦点尺寸,所得值应符合 3.2.4 的要求。
