



中华人民共和国国家标准

GB/T 26836—2011

无损检测仪器 金属陶瓷 X 射线管技术条件

Non-destructive testing instruments—
Specification for metal ceramic X-ray tube

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 术语定义	1
4 要求	1
4.1 环境要求	1
4.2 性能要求	1
4.3 稳定性要求	2
4.4 外观质量及结构	3
5 试验方法	3
5.1 试验条件	3
5.2 试验用主要仪器仪表和器具	3
5.3 管电流的试验方法	3
5.4 灯丝特性的测定	3
5.5 管电流稳定度的测试	3
5.6 焦点尺寸的测定	4
5.7 超电压试验	4
5.8 X射线辐射角的测定方法	4
5.9 X射线辐射强度均匀性的测试	4
5.10 寿命试验方法	4
5.11 连续工作试验	5
5.12 高温、低温、潮湿试验	5
5.13 机械强度试验	5
5.14 管帽固定牢度检查	5
5.15 多股绞合线的机械强度试验	5
5.16 热稳定性试验	6
5.17 外观质量	6
6 检验规则	6
6.1 出厂检验	6
6.2 出厂检验项目	6
6.3 型式检验	6
6.4 抽样方法与组批规则及判定规则	6
7 标志、包装、运输和贮存	7
7.1 标志	7

7.2 包装	7
7.3 运输和贮存	7
附录 A (规范性附录) 焦点针孔射线照相	8
附录 B (规范性附录) 焦点有效值的测量	12

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。

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、丹东市无损检测设备有限公司、丹东市通用电器有限责任公司。

本标准主要起草人:杨春艳、荣吉萍、董殿刚、傅岩、张宏、陈刚。

无损检测仪器

金属陶瓷 X 射线管技术条件

1 范围

本标准规定了金属陶瓷(含波纹)X射线管的技术要求、试验方法、检验规则和标志、包装、运输和贮存等要求。

本标准适用于 500 kV 以下的工业探伤用金属陶瓷 X 射线管(以下简称金属陶瓷管)。

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抽样表(适用于对过程稳定性的检验)

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 术语定义

下列术语和定义适用于本文本。

3.1

金属陶瓷 X 射线管 metal-ceramic X-ray tube

用金属做套管和用陶瓷做外壳的 X 射线管。

4 要求

4.1 环境要求

金属陶瓷管按照规定的工作规程,应在下列条件下正常工作:

- 环境温度为一10℃~+40℃(水冷 X 射线管环境温度 2℃~40℃);
- 空气相对湿度不大于 85%;
- 海拔高度不超过 1 000 m;
- 电源电压为 $220 \times (1 \pm 10\%)$ V。

4.2 性能要求

4.2.1 电源为 50 Hz 交流电,当负载从零增加到最大值时,电源电压的变化应不大于±10%。

4.2.2 金属陶瓷管的灯丝特性。当灯丝电流为产品标准规定值时,灯丝电压误差应不超过规定值的±10%。

4.2.3 金属陶瓷管在规定的工作条件下,并在工作时间内,管电流不稳定性应不超过 5%。

4.2.4 金属陶瓷管的焦点标称值：

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

4.2.5 金属陶瓷管按表 1 的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	超过管电压百分数 %	持续时间 min		试验管电流
		直接强迫循环冷却	非直接强迫循环冷却	
≥200	5	5	3	额定管电流的 80%
< 200	10	5	3	

4.2.6 金属陶瓷管在其规定的辐射角范围内，X 射线辐射强度应均匀，相对密度差应不大于 0.4。

4.2.7 金属陶瓷管的寿命即累积正常工作时限，金属陶瓷 X 射线管应不小于 500 h。

4.3 稳定性要求

4.3.1 金属陶瓷管在规定的负荷、工作规程和工作时间内，管电流应稳定，管内应无放电等异常现象：

- 对工作时间为 5 min 或少于 5 min 的间断工作的金属陶瓷管连续工作次数应不少于 10 次；
- 对工作时间不超过 15 min 的间断工作的金属陶瓷管连续工作次数应不少于 5 次；
- 对工作时间超过 15 min 的金属陶瓷管连续工作时间应不少于 30 min。

4.3.2 金属陶瓷管应能承受表 2 所规定的高温、低温和潮湿试验。每次试验后外观检验应无机械损伤，金属零件应无锈蚀。且满载工作 10 min 内，最高工作管电压、规定的阳极电流无异常。

表 2 高温、低温、潮湿试验

试验项目	试验条件	试验时间/h
高温试验	在温度为 85℃±2℃ 的恒温箱内	2
低温试验	在温度为 -55℃±3℃ 的低温箱内	2
潮湿试验	在温度为 40℃±2℃，空气相对湿度为 90%~95% 的潮湿箱内	48

4.3.3 金属陶瓷管的机械强度要求，按表 3 进行耐震动和冲击试验后，应无机械损伤和松动，且满载工作 10 min 内，额定工作管电压、阳极电流应无异常。

表 3 机械强度试验

额定工作管电压 kV	机械试验 类型	震动频率 Hz	加速度 m/s ²	冲击次数 次	冲击频率 t/min	试验时间 min
<200	振动试验	2~80	10	—	—	60
	冲击试验	—	50	500	40	—
≥200	振动试验	10~55	10	—	—	30
	冲击试验	—	50	250	40	—

4.4 外观质量及结构

- 4.4.1 金属陶瓷管应按照经规定程序批准的产品工作图样及技术文件制造。
- 4.4.2 金属陶瓷管管帽固定应牢固,不应沿轴线移动或旋转。
- 4.4.3 金属陶瓷管的多股绞合线应具有一定的机械强度。
- 4.4.4 金属陶瓷管的封接处应牢固,并有一定的热稳定性。
- 4.4.5 金属陶瓷管阴极帽轴线与阳极帽(或散热器)轴线之间的同轴度应不超过管子长度的1%,管长大于500 mm时应不超过5 mm及安装面粗糙度要求应不低于 $Ra 1.6$ 。
- 4.4.6 金属陶瓷管的冷却方式一般为三种类型,各种类型应能在相应的冷却条件下正常工作:
 - a) 强迫油循环冷却,流量应不少于15 L/min,进油温度应不高于60℃;
 - b) 强迫水冷却,流量应不少于3 L/min,进水温度应不超过35℃;
 - c) 强迫风冷,流量 $7\text{ m}^3/\text{min}\sim 8\text{ m}^3/\text{min}$ 。
- 4.4.7 金属陶瓷管阳极帽、阴极引线帽应有防腐镀层并无脱落现象。
- 4.4.8 金属陶瓷管表面应无碰伤和划伤。

5 试验方法

5.1 试验条件

按4.1规定进行。

5.2 试验用主要仪器仪表和器具

- 5.2.1 测量灯丝用电压表、电流表的精度应不低于1.5级,FJ-300kV单臂高压分压器的精度应不低于1.5级,其他电表的精度应不低于2.5级。
- 5.2.2 测定用剂量仪总不确定度应小于4.0%。
- 5.2.3 密度计或测微光度计,强光可调阅片灯。
- 5.2.4 金属陶瓷管测试台。
- 5.2.5 调压器(5 kW)。
- 5.2.6 冲击试验台及振动试验台。
- 5.2.7 焦点测试装置及工业X射线胶片。
- 5.2.8 流量计。
- 5.2.9 恒温箱、低温箱。
- 5.2.10 潮湿箱。
- 5.2.11 秒表、温度计。

5.3 管电流的试验方法

将金属陶瓷管装在测试台上,按规定的工作规程,将灯丝电流、管电压调至规定值时,由mA表针的指示数可读取管电流值。

5.4 灯丝特性的测定

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。

5.5 管电流稳定度的测试

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。

5.6 焦点尺寸的测定

按照附录 A、附录 B 所规定的试验方法进行。

5.7 超电压试验

将 X 射线管装在 X 射线管测试台上,按照规定的工作规程使其达到表 1 规定,进行超电压试验。

5.8 X 射线辐射角的测定方法

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 、 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 、 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)。

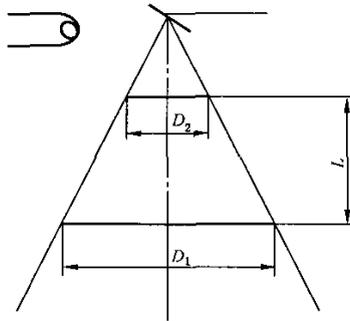


图 1 测量 X 射线辐射角示意图

5.9 X 射线辐射强度均匀性的测试

5.9.1 结构分析用管各输出窗辐射强度均匀性的测试。

5.9.1.1 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。

5.9.1.2 用详细规范规定的条件进行一次曝光。

5.9.1.3 用密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%,胶片密度应不超过 0.2。

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

5.9.2 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°角度配置的 3 个点上。用 X 射线剂量仪来测定辐射能量密度的均匀性。

5.10 寿命试验方法

5.10.1 用累计 X 射线的工作小时数测定单独 X 射线管的寿命。

5.10.2 寿命试验时管电流为额定值,管电压应不低于额定值的 90%。

5.10.3 寿命试验的管子每工作 100 h 测定一次 X 射线辐射剂量率,当单支管子的 X 射线辐射剂量率

降到 4.2.7 规定的数值时该管子的寿命便算结束。

5.10.4 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)。

5.10.5 按式(2)计算的结果不应小于 95%。如试验的 X 射线管有一支小于 300 h,则寿命试验不合格。

5.11 连续工作试验

出厂检验可查试验记录。型式试验应达到额定管电压、管电流。连续工作时间为 30 min(10 min), 允许训练。

5.12 高温、低温、潮湿试验

按表 2 的规定进行试验时,升降温速率应不大于 1 °C/min。对于每项试验取出金属陶瓷管在室温中静置 2 h 后,应满足 4.3.2 的要求。

表 4 金属陶瓷 X 射线管出厂检验及型式检验项目

序号	项目	对应条款	试验方法	出厂检验	型式试验
1	性能要求	4.2.1~4.2.4	5.3~5.6	√	√
		4.2.5~4.2.7	5.7~5.10	—	√
2	稳定性要求	4.3.1	5.12	√	√
		4.3.2~4.3.3	5.13~5.14	—	√
3	外观质量及结构	4.4.1~4.4.6	5.15~5.17	—	√
		4.4.7	5.17	√	√
		4.4.8	5.17	√	√

注:表中“√”为必检项目,“—”为不检项目。

5.13 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。

5.14 管帽固定牢度检查

将 X 射线管浸入温度为 +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 以下管帽和扭力矩 2.26 N·m,直径在 40 mm 以下管帽加扭力矩 4.4 N·m。

5.15 多股绞合线的机械强度试验

5.15.1 在引出线上作用 4.9 N 的静负荷,引线焊接点不应断裂。

5.15.2 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,引出线折断根数不应超过引出线总和的 10%。

5.16 热稳定性试验

利用外热源在 1 min 内使金属陶瓷管的温度从常温起升温 180 °C,在室温下静置 1 h 后重复一次,试验后满载工作 10 min 内,金属陶瓷管阳极电压、阳极电流应无异常。

5.17 外观质量

用目测法,应在工厂正常照明条件下和无任何辅助观察设备情况下进行。

6 检验规则

6.1 出厂检验

凡出厂的金属陶瓷管应经制造厂质量检验部门按出厂检验项目检验,签发产品合格证后方可出厂。

6.2 出厂检验项目

出厂检验项目见表 4。

6.3 型式检验

按本标准中规定的技术要求全部进行检验,型式检验项目见表 4。

6.3.1 凡属下列情况之一者,应按本标准进行型式检验:

- a) 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定;
- b) 正式生产后,如结构、材料、工艺有较大改变,可能影响产品性能时;
- c) 正式生产时,每年进行一次检验;
- d) 产品长期停产后,恢复生产时;
- e) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时;
- f) 国家质量监督检验检疫机构提出进行型式检验的要求时。

6.3.2 按 6.3.1 中 a)、b)、f) 的情况下进行寿命试验。

6.3.3 进行寿命试验的金属陶瓷管应从成品出厂检验合格的产品随机抽样,其数量不少于三只并经型式检验合格后进行。

6.3.4 寿命试验应在用户装置上进行。

6.3.5 寿命试验方法按照 5.10 的规定进行。

6.4 抽样方法与组批规则及判定规则

6.4.1 对金属陶瓷管的全部检验项目每年进行一次抽检。

批量(N)不能少于 8。

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

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

6.4.2 判定规则

单位产品样本性能不符合 4.2.1~4.2.4、4.3.1 中任意一条要求时为一个 B 类不合格,样本中有二个

或二个以上 B 类不合格判定为 B 类不合格批；单位产品样本性能不符合 4.2.5、4.2.6、4.3.2、4.3.3、4.4.1~4.4.8、6.1~6.3 中任意一条要求时为一个 C 类不合格，样本中有二个或二个以上 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 类不合格判为 B 类不合格批。

按 GB/T 2829 的规定，根据样本的检查结果，若在第一样本中发现的不合格数为 0，则判定为合格批；若在第一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。

若在第一样本中发现的不合格数等于 1 时，则抽第二样本进行检查。若在第一样本和第二样本中发现的不合格数总和等于 1，则判定该批是合格批。若在第一样本和第二样本中发现的不合格数总和大于或等于 2，则判定该批为不合格批。

7 标志、包装、运输和贮存

7.1 标志

金属陶瓷管应在明显的适当位置固定铭牌(标志)。其内容包括下列各项：

- a) 型号规格；
- b) 主要技术参数；
- c) 制造日期及编号；
- d) 制造厂名、地址及商标。

7.2 包装

7.2.1 金属陶瓷管的包装检查应符合 GB/T 13384 的规定。

7.2.2 金属陶瓷管在箱内应有防震和防湿措施，并按 JB/T 9329 规定的环境条件及试验方法考核包装质量。

7.2.3 包装箱外壁的文字和标志应清楚、整齐，而且不应因搬运摩擦或时间较久而模糊不清，其内容包括下列各项：

- a) 产品名称、型号；
- b) 收货单位和地址；
- c) 发货单位和地址；
- d) 标有“易碎物品”、“向上”、“怕雨”等标志应符合 GB/T 191 规定的要求；
- e) 产品执行标准编号及名称(可在产品说明书上标注)。

7.2.4 包装箱内应附有下列随行文件：

- a) 装箱单；
- b) 产品出厂合格证；
- c) 产品使用说明书。

产品使用说明书中应包含灯丝特性曲线和 X 射线管输出特性曲线。

7.3 运输和贮存

7.3.1 金属陶瓷管运输、运输贮存环境条件试验按 JB/T 9329 的规定进行。

7.3.2 金属陶瓷管运输时，应防止震动与碰撞，并应遵守箱外标志的规定。

7.3.3 金属陶瓷管贮存地点，周围不得含有腐蚀性气体，环境温度在 $-10\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间，空气相对湿度应不大于 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

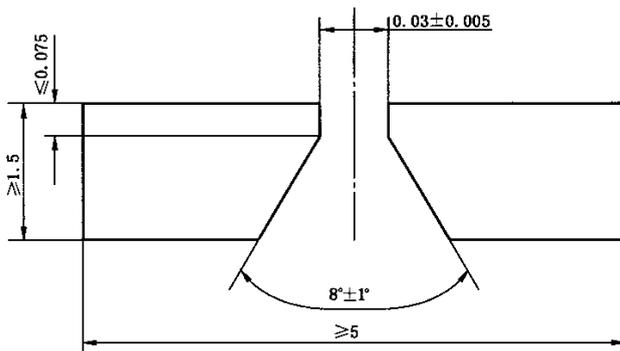


图 A.1 针孔板主要尺寸

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)。

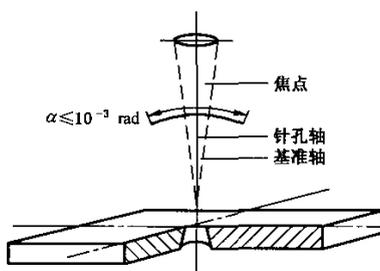


图 A.2 基准轴与针孔轴线角度

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不超过 $\pm 5\%$ 。此距离不许小于 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 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 4.2.4 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 4.2.4 要求。
