

JJF (皖)

安徽省地方计量技术规范

JJF (皖) 101—2020

射线图像分辨力测试计校准规范

Calibration Specification for Resolution

Indicators for Ray Image

2020-11-30 发布

2021-01-01 实施

安徽省市场监督管理局 发布

射线图像分辨力 测试计校准规范

Calibration Specification for
Resolution Indicators for Ray Image

JJF (皖) 101-2020

归口单位：安徽省几何量计量技术委员会

主要起草单位：安徽省计量科学研究院

安徽省长江计量所

九江精密测试技术研究所

本规范委托安徽省几何量计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

马 琳（安徽省计量科学研究院）

赵淑君（安徽省长江计量所）

丁 晨（安徽省计量科学研究院）

胡子翔（安徽省计量科学研究院）

季 辰（九江精密测试技术研究所）

目 录

引 言.....	(II)
1 范围.....	(1)
2 引用文件.....	(1)
3 术语.....	(1)
3.1 线条.....	(1)
3.2 线对.....	(1)
3.3 线对密度.....	(1)
3.4 线对束.....	(1)
4 概述.....	(1)
5 计量特性.....	(2)
5.1 相邻线对束的间距.....	(2)
5.2 线对长度.....	(2)
5.3 线对密度示值误差.....	(2)
6 校准条件.....	(2)
6.1 环境条件.....	(2)
6.2 测量设备.....	(3)
7 校准项目和校准方法.....	(3)
7.1 相邻线对束的间距.....	(3)
7.2 线对长度.....	(3)
7.3 线对密度示值误差.....	(3)
8 校准结果表达.....	(4)
9 复校时间间隔.....	(4)
附录 A 线对束的线对密度示值误差测量不确定度评定.....	(5)
附录 B 线对尺寸和线对密度对应的线条/间距宽度.....	(9)
附录 C 校准证书内容及内页格式.....	(11)

引 言

本规范以 JJF 1001《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》、JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》和 JJF 1094《测量仪器特性评定》为基础性系列规范进行制定。

本规范的编写主要参考国家标准 GB/T 23903—2009《射线图像分辨力测试计》。

本规范为首次发布。

射线图像分辨力测试计校准规范

1 范围

本规范适用于线对束平行排列的、线对密度范围为(0.1~5.0) LP/mm 射线图像分辨力测试计的校准,其他线对密度的射线图像分辨力测试计也可参照使用。

2 引用文件

本规范引用了下列文件:

GB/T 23903—2009 射线图像分辨力测试计

凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本规范;凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本规范。

3 术语

3.1 线条 line

分辨力测试计中的规定长度和宽度的金属线,通常由铅、钽或钨等重金属制成。

3.2 线对 line pair

由一根线条和与其宽度相等的相邻间距(空间)组成。

3.3 线对密度 density of line pair

线对宽度方向上单位长度内的线对总数,单位为 LP/mm。

3.4 线对束 fagot of line pair

由 n 根长度和宽度相同的线条和与其宽度相同的位于线条间的 $n-1$ 个间距(空间)组成。

4 概述

射线图像分辨力测试计(也称分辨力测试卡)由金属线对束和金属吸收体构成,金属线对束为若干不同线对密度的连续线对束。

射线图像分辨力测试计用于检测射线检测系统分辨力、射线检测图像分辨力和射线照相底片分辨力,也可以用于射线数字成像检测、工业 CT、医用 CT、医用 X 光诊断设备及图像质量的检测。其外形结构见图 1。

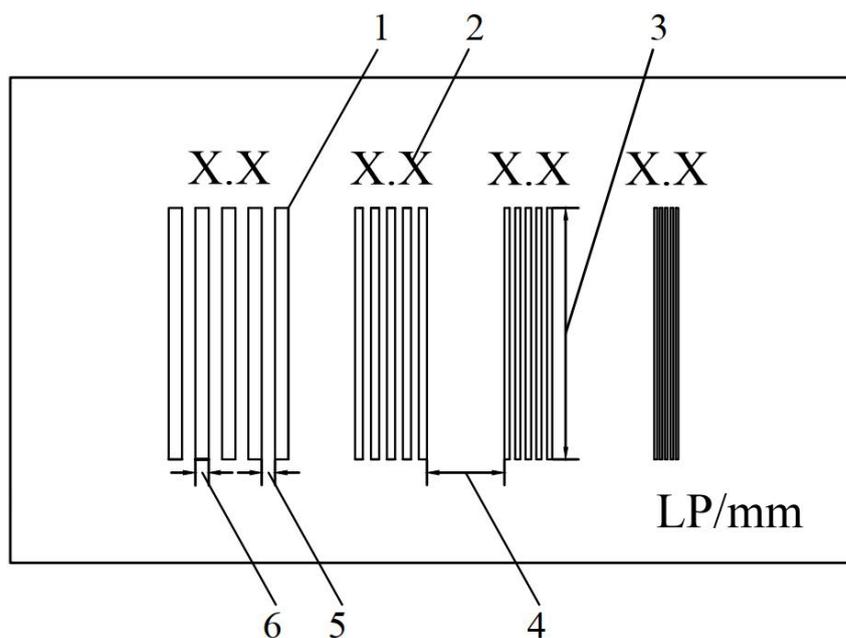


图1 射线图像分辨力测试计外形结构示意图

1—线条；2—线对密度值；3—线对长度；4—相邻线对束的间距；5—间距宽度；6—线条宽度

5 计量特性

5.1 相邻线对束的间距

相邻线对束的间距不小于 2.5 mm。

5.2 线对长度

线对长度不小于 15 mm。

5.3 线对密度示值误差

线对束的线对密度示值误差见表1。

表1 线对束的线对密度示值误差

线对密度范围 (LP/mm)	最大允许误差
0.1~2.8	±5%
3.0~5.0	±8%

注：校准工作不判断合格与否，上述计量特性要求仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

温度：(20±5) °C。

湿度：不大于 80%RH。

校准前，分辨力测试计和测量设备平衡温度时间不少于 2 h。

6.2 测量设备

推荐的测量设备见表 2。也可用满足测量不确定度要求的其他测量设备。

表2 校准项目和测量设备

序号	校准项目	测量设备
1	相邻线对束的间距	钢直尺 MPE: ± 0.10 mm
2	线对长度	钢直尺 MPE: ± 0.10 mm
3	线对密度示值误差	影像测量仪 MPE: $\pm (1.6+L/300)$ μm

7 校准项目和校准方法

校准前首先检查外观。确定没有影响计量特性因素后再进行校准。

7.1 相邻线对束的间距

相邻线对束的间距用钢直尺测量。

7.2 线对长度

线对长度用钢直尺测量。

7.3 线对密度示值误差

线对束的线对密度用影像测量仪测量。将分辨力测试计平放在工作台上，选择合适的放大倍数，调整焦距使被校线条成像清晰，并调整线条边缘与影像测量仪的 X 轴线大致平行，然后逐组测量线对束的宽度。每组线对束的线对密度按公式

(1) 计算。

$$L = \frac{\frac{1}{2}[n+(n-1)]}{H} = \frac{2n-1}{2H} \quad (1)$$

式中：

L ——线对束的线对密度实际值，LP/mm；

H ——线对束的宽度测量值，mm；

n ——线条的总数。

线对束的线对密度示值误差用公式 (2) 计算。

$$\delta = \frac{L_0 - L}{L} \times 100\% \quad (2)$$

式中:

δ ——线对束的线对密度示值误差, %;

L_0 ——线对束的线对密度标称值, LP/mm;

L ——线对束的线对密度实际值, LP/mm。

8 校准结果表达

校准后的分辨力测试计出具校准证书。校准证书内容及内页格式见附录 C。

9 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由器具的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸多因素所决定的, 因此委托方可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔, 建议复校时间间隔为 1 年。



附录 A

线对束的线对密度示值误差测量不确定度评定

A.1 测量方法

线对束的线对密度用影像测量仪测量。下面以线对密度为 1.0LP/mm 和 5.0LP/mm 的线对束为例，对线对密度示值误差测量不确定度进行评定。

A.2 测量模型

$$\delta = \frac{L_0 - L}{L} \times 100\% \quad (\text{A.1})$$

公式 A.1 可转化为

$$\delta = \left(\frac{\frac{2n-1}{2H_0} - \frac{2n-1}{2H}}{\frac{2n-1}{2H}} \right) \times 100\% = \frac{H}{H_0} - 1 \quad (\text{A.2})$$

式中：

δ ——线对束的线对密度示值误差，%；

H_0 ——线对束的宽度标称值，mm；

H ——线对束的宽度测量值，mm。

A.3 不确定度传播率

$$u_c^2 = u^2(\delta) = c^2(H)u^2(H) + c^2(H_0)u^2(H_0) \quad (\text{A.3})$$

灵敏系数：

$$c(H) = \frac{\partial \delta}{\partial H} = \frac{1}{H_0} \quad (\text{A.4})$$

由于 H_0 是常量，故其不确定度不考虑。则：

$$u_c^2 = u^2(\delta) = \left(\frac{1}{H_0}\right)^2 u^2(H) \quad (\text{A.5})$$

A.4 测量不确定度来源

A.4.1 测量重复性

A.4.2 影像测量仪的示值误差

A.4.3 影像测量仪和分辨力测试计的线膨胀系数差

A.4.4 影像测量仪和分辨力测试计的温度差

A.5 标准不确定度评定

A.5.1 测量重复性引入的标准不确定度分量 $u_1(H)$

线对密度为 1.0LP/mm 的线对束, 对应线条宽度为 0.500mm, 线条和间距共 5 条; 线对密度为 5.0LP/mm 的线对束, 对应线条宽度为 0.100mm, 线条和间距共 5 条。

对每组线对束的宽度重复测量 10 次。用贝塞尔公式计算实验标准偏差, 实际测量以单次测量值作为测量结果, 则: $u_1(H) = s$

表 A.1 重复性测量结果

线对密度 (LP/mm)	线对束的宽度测量值 (mm)										s (μm)	$u_1(H)$ (μm)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1.0	2.511	2.510	2.512	2.510	2.511	2.510	2.509	2.510	2.512	2.512	1.0	1.0
5.0	0.515	0.515	0.516	0.515	0.515	0.515	0.514	0.515	0.515	0.515	0.48	0.48

A.5.2 影像测量仪示值误差引入的标准不确定度分量 $u_2(H)$

影像测量仪示值最大允许误差 MPE: $\pm(1.6+L/300)\mu\text{m}$, 均匀分布, $k = \sqrt{3}$, 则:

$$1.0\text{LP/mm(线条宽度 } 0.500\text{mm): } u_2(H) = (1.6 + 0.500 \times 5 / 300) / \sqrt{3} = 0.93 \mu\text{m}$$

$$5.0\text{LP/mm(线条宽度 } 0.100\text{mm): } u_2(H) = (1.6 + 0.100 \times 5 / 300) / \sqrt{3} = 0.92 \mu\text{m}$$

A.5.3 影像测量仪和分辨力测试计线膨胀系数差引入的标准不确定度分量 $u_3(H)$

影像测量仪光栅尺的线膨胀系数为 $(11.5 \pm 1) \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, 分辨力测试计的线膨胀系数为 $(11.5 \pm 1) \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, 两者最大差值 δ_α 为 $2 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, 服从三角分布, $k = \sqrt{6}$, $\Delta t = 5^\circ\text{C}$, 则:

$$u_3(H) = \frac{\delta_\alpha}{\sqrt{6}} \cdot L \cdot \Delta t$$

1.0LP/mm(线条宽度 0.500mm):

$$u_3(H) = \frac{2 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}}{\sqrt{6}} \times 0.500 \times 5 \times 10^3 \mu\text{m} \times 5^\circ\text{C} = 0.010 \mu\text{m}$$

5.0LP/mm(线条宽度 0.100mm):

$$u_3(H) = \frac{2 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}}{\sqrt{6}} \times 0.100 \times 5 \times 10^3 \mu\text{m} \times 5^\circ\text{C} = 0.002 \mu\text{m}$$

A.5.4 影像测量仪和分辨力测试计温度差引入的标准不确定度分量 $u_4(H)$

两者之间存在温度差，以等概率落在区间 $\pm 1^\circ\text{C}$ 内任何处。其区间半宽为 1°C ，均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ， $\alpha = 11.5 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ，则：

$$u_4(H) = \frac{\delta_t}{\sqrt{3}} \cdot L \cdot \alpha$$

1.0LP/mm(线条宽度 0.500mm):

$$u_4(H) = \frac{1^\circ\text{C}}{\sqrt{3}} \times 0.500 \times 5 \times 10^3 \mu\text{m} \times 11.5 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} = 0.017 \mu\text{m}$$

5.0LP/mm(线条宽度 0.100mm):

$$u_4(H) = \frac{1^\circ\text{C}}{\sqrt{3}} \times 0.100 \times 5 \times 10^3 \mu\text{m} \times 11.5 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} = 0.003 \mu\text{m}$$

A.6 合成标准不确定度 u_c

表 A.2 标准不确定度一览表

标准不确定度代号 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度值 $u(x_i)$	灵敏系数 $c(x_i)$	$ c(x_i) u(x_i)$
$u(H)$	/	1.0LP/mm: 1.37 μm	$\frac{1}{H_0}$	0.27%
		5.0 LP/mm: 1.04 μm		1.04%
$u_1(H)$	测量重复性	1.0LP/mm: 1.0 μm	/	/
		5.0 LP/mm: 0.48 μm		
$u_2(H)$	影像测量仪的示值误差	1.0LP/mm: 0.93 μm	/	/
		5.0 LP/mm: 0.92 μm		
$u_3(H)$	影像测量仪和分辨力测试计的线膨胀系数差	1.0LP/mm: 0.010 μm	/	/
		5.0 LP/mm: 0.002 μm		
$u_4(H)$	影像测量仪和分辨力测试计的温度差	1.0LP/mm: 0.017 μm	/	/
		5.0 LP/mm: 0.003 μm		

$$u(H) = \sqrt{u_1^2(H) + u_2^2(H) + u_3^2(H) + u_4^2(H)}$$

$$u_c = \frac{1}{H_0} u(H)$$

$$1.0\text{LP/mm(线条宽度 } 0.500\text{mm): } u_c = \frac{1}{0.500} \times 1.37 \times 10^{-3} = 0.27\%$$

$$5.0\text{LP/mm(线条宽度 } 0.100\text{mm): } u_c = \frac{1}{0.100} \times 1.04 \times 10^{-3} = 1.04\%$$

A.7 扩展不确定度

取包含因子 $k = 2$

1.0LP/mm(线条宽度 0.500mm): $U_{rel} = k \times u_c = 2 \times 0.27\% = 0.54\%$

5.0LP/mm(线条宽度 0.100mm): $U_{rel} = k \times u_c = 2 \times 1.04\% = 2.1\%$

附录 B

线对尺寸和线对密度对应的线条/间距宽度

B.1 线对尺寸

分辨力测试计按线对束排列规律可分为等差排列和等比排列，表 B.1 给出了 (0.1~5.0) LP/mm 线对束的线对密度值。线对尺寸见表 B.1。

表 B.1 线对尺寸

排列规律	线对束的线对密度 (LP/mm)
D=0.1	0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、0.7、0.8、0.9、1.0、1.1、1.2、1.3、1.4、1.5、1.6、1.7、1.8、1.9、2.0
D=0.2	1.0、1.2、1.4、1.6、1.8、2.0、2.2、2.4、2.6、2.8、3.0、3.2、3.4、3.6、3.8、4.0、4.2、4.4、4.6、4.8、5.0
D=0.5	1.0、1.5、2.0、2.5、3.0、3.5、4.0、4.5、5.0
Q=1.25	0.5、0.63、0.8、1.0、1.25、1.6、2.0、2.5、3.2、4.0、5.0
Q=1.12	1.0、1.1、1.25、1.4、1.55、1.7、1.9、2.1、2.3、2.6、2.9、3.2、3.6、4.0、4.5、5.0
Q=1.12	2.0、2.24、2.5、2.8、3.15、3.55、4.0、4.5、5.0
最大允许误差：(0.1~2.8) LP/mm 为±5%；(3.0~5.0) LP/mm 为±8%。	
注：1) D——公差；Q——公比； $\sqrt[10]{10} \approx 1.25$ ， $\sqrt[20]{10} \approx 1.12$ 。	
2) 以上线对数列为推荐性和提示性，可根据实际使用的需要选择相应的形式。	

B.2 线对密度对应的线条/间距宽度

线对密度对应的线条/间距宽度见表 B.2

表 B.2 线对密度对应的线条/间距宽度

线对密度 (LP/mm)	线条/间距宽度 (mm)	线对密度 (LP/mm)	线条/间距宽度 (mm)
0.1	5.000	2.2	0.227
0.2	2.500	2.24	0.223
0.3	1.667	2.3	0.217
0.4	1.250	2.4	0.208
0.5	1.000	2.5	0.200
0.6	0.833	2.6	0.192
0.63	0.794	2.8	0.179
0.7	0.714	2.9	0.172
0.8	0.625	3.0	0.167
0.9	0.556	3.15	0.159
1.0	0.500	3.2	0.156
1.1	0.455	3.4	0.147
1.2	0.417	3.5	0.143
1.25	0.400	3.55	0.141
1.3	0.385	3.6	0.139
1.4	0.357	3.8	0.132
1.5	0.333	4.0	0.125
1.55	0.323	4.5	0.111
1.6	0.312	4.2	0.119
1.7	0.294	4.4	0.114
1.8	0.278	4.6	0.109
1.9	0.263	4.8	0.104
2.0	0.250	5.0	0.100
2.1	0.238	/	/

附录 C

校准证书内容及内页格式

C.1 校准证书至少包括以下信息：

- a) 标题“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点；
- d) 证书或报告的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校对象的接收日期；
- h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；
- i) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- k) 校准环境的描述；
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- m) 对校准规范的偏离的说明；
- n) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- p) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

C.2 推荐的校准证书内页格式见表 C.1。

表 C.1 校准证书内页格式

证书编号：

校准环境条件	温 度： _____℃ 相对湿度： _____%	地点： _____ 其他： _____
序号	校准项目	校准值
1	相邻线对束的间距	
2	线对长度	
3	线对密度示值误差	
测量不确定度：		

校准员：

核验员：

注：校准证书的内容应符合 JJF1071《国家计量校准规范编写规则》的要求。由于各实验室对校准证书有自己的设计，本附录仅建议与校准结果相关部分的内页格式。其中的部分内容可以由于实验室的证书格式不同而在其他部分表述。

