



中华人民共和国工业和信息化部
有色金属计量技术规范

JJF(有色金属) XXXX—20XX

射线图像分辨力测试计校准规范
(报批稿)

Calibration Specification for Resolution Indicators for Ray Images

20××-××-××发布

20××-××-××实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

射线图像分辨力测试计校准规范

Calibration Specification for Resolution Indicators for
Ray Images

JJF（有色金属）
XXXX—20XX

归口单位：中国有色金属工业协会

主要起草单位：西安汉唐分析检测有限公司

西部超导材料科技股份有限公司

有色金属技术经济研究院有限责任公司

西安建筑科技大学

西安核设备有限公司

宝钛集团有限公司

本规范委托有色金属行业计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

刘泽晨（西安汉唐分析检测有限公司）

房永强（西安汉唐分析检测有限公司）

王先俊（西安汉唐分析检测有限公司）

刘 柯（西部超导材料科技股份有限公司）

闫雁楠（有色金属技术经济研究院有限责任公司）

胡 平（西安建筑科技大学）

王 辉（西安核设备有限公司）

王文华（宝钛集团有限公司）

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 概述	(1)
4 计量特性	(2)
4.1 相邻线对束的间距	(2)
4.2 线对长度	(2)
4.3 线对密度示值误差	(2)
4.4 线对宽度示值误差	(2)
5 校准条件	(2)
5.1 环境条件	(2)
5.2 测量标准	(2)
6 校准项目和校准方法	(3)
6.1 校准项目	(3)
6.2 校准方法	(3)
7 校准结果表达	(4)
8 复校时间间隔	(5)
附录 A 校准原始记录参考格式	(6)
附录 B 校准证书内页参考格式	(8)
附录 C 射线图像分辨力测试计线对密度示值误差测量不确定度评定示例	(9)

引 言

JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001《通用计量术语及定义》和 JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑校准规范制修订工作的基础性系列规范。

本规范参考了 GB/T 23903-2009《射线图像分辨力测试计》的技术内容。

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、线对密度范围为(0.1~5.0) LP/mm的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可参考本规范执行。

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 概述

射线图像分辨力测试计是用于评定射线成像系统空间分辨力的器具。射线图像分辨力是指射线成像系统能够将物体中相邻的微小细节在图像中作为可识别的独立实体加以区分和再现的能力。射线检测时射线图像分辨力测试计工作原理图见图1。按线对束排列可分为平行排列和非平行排列。线对束平行排列的射线图像分辨力测试计如图2所示。

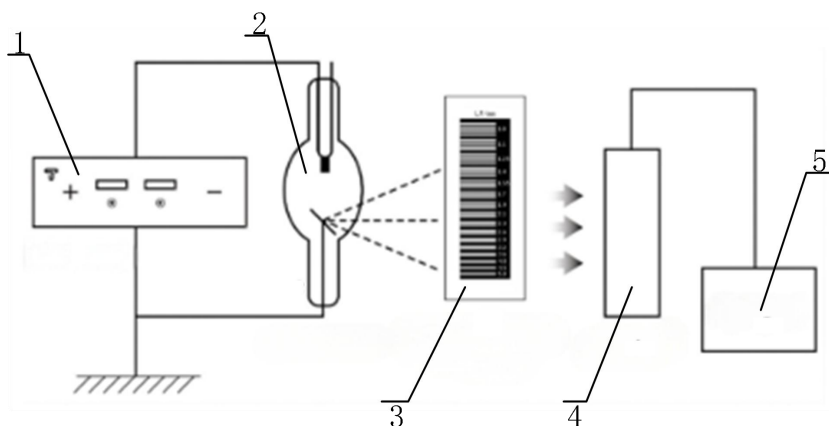


图1 射线检测时射线图像分辨力测试计工作原理示意图

1—高压电源；2—X射线管；3—射线图像分辨力测试计；4—探测器；5—显像设备

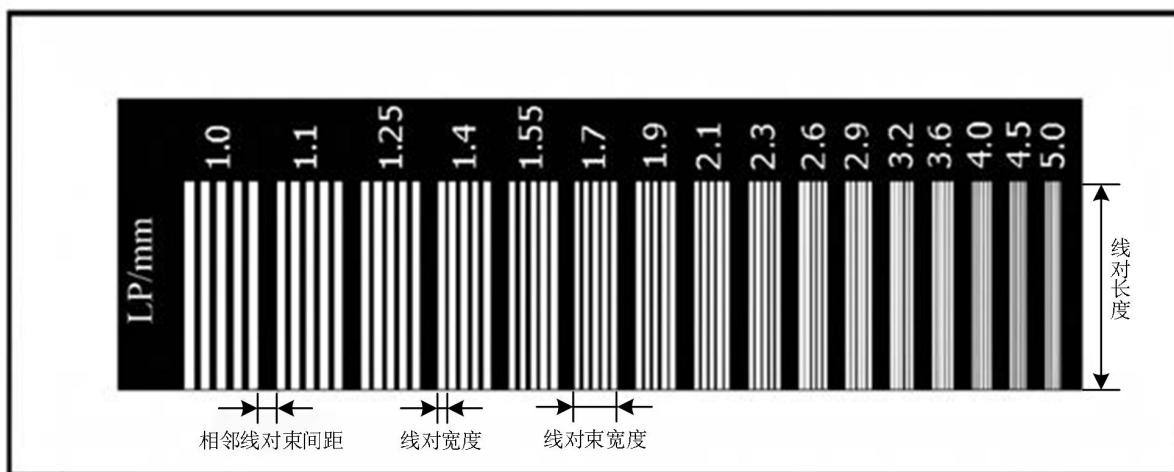


图2 线对束平行排列的射线图像分辨力测试计示意图

4 计量特性

4.1 相邻线对束的间距

相邻线对束的间距应不小于2.5mm。

4.2 线对长度

线对长度应不小于15mm。

4.3 线对密度示值误差

线对束的线对密度最大允许误差见表1。

4.4 线对宽度示值误差

线对宽度的最大允许误差见表1。

表1 线对密度和线对宽度最大允许误差

线对密度范围（LP/mm）	线对密度最大允许误差	线对宽度最大允许误差
0.1~2.9	±5%	±5%
>2.9~5.0	±8%	±8%

5 校准条件

5.1 环境条件

环境温度：（15~25）℃，相对湿度：≤80%。

5.2 测量标准

测量标准的技术指标见表2，测量标准应同时满足 GB/T 23903-2009 中 6.3.1、6.3.2 和表2中要求。

表2 测量标准的技术指标

序号	测量标准	技术指标	用途
1	钢直尺	测量范围：（0~150）mm， 最大允许误差（MPE）：±0.1mm	用于校准相邻线对束的间距、 线对长度
2	影像测量仪	测量范围：（200×300）mm， 最大允许误差（MPE）：± （1.6+L/300）μm，其中 L 为被测 量长度，单位：mm	用于校准线对密度示值误差、 线对宽度示值误差
注：也可使用其他符合要求的测量标准。			

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

校准项目包括相邻线对束的间距、线对长度、线对密度示值误差和线对宽度示值误差。

6.2 校准方法

6.2.1 相邻线对束的间距

校准前，射线图像分辨力测试计和测量标准平衡温度时间应不少于2h。

校准时，先将钢直尺与图像分辨力测试计平行放置在校准台面上，使两者处于同一平面并将钢直尺零刻度线与线对束边缘对齐，沿钢直尺刻度方向读取相邻线对束的间距示值，读数时视线应垂直于刻度面，每个间距测量3次后取平均值作为校准结果。

6.2.2 线对长度

校准时，先将钢直尺与图像分辨力测试计平行放置在校准台面上，使两者处于同一平面并将钢直尺零刻度线与线对束的一端对齐，沿钢直尺刻度方向读取线对的长度示值，读数时视线需垂直于刻度面，每组线对长度测量3次后取平均值作为校准结果。

6.2.3 线对密度示值误差

将射线图像分辨力测试计放置在影像测量仪载物台上，调节影像测头放大倍数和焦距使软件上呈现清晰的被测图像，在软件端选择距离测量功能，调整被校线对束的第一条线条左端边缘与影像测量仪的X轴线平行，测量该线对束第一条线的左端边缘位置至最后一条线的右端边缘位置距离，即线对束宽度 H ，每组线对束宽度测量3次后取平均值。对被校射线图像分辨力测试计的线对束逐组测量，每组线对束的线对密度按公式（1）计算。

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

式中：

L ——线对束的线对密度实际值，LP/mm；

n ——测量线对束中的线条数；

H ——线对束的宽度测量值, mm。

线对束的线对密度示值误差按公式 (2) 计算。

$$\delta_1 = \frac{L_0 - L}{L} \times 100\% \quad (2)$$

式中:

δ_1 ——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。

6.2.4 线对宽度示值误差

将射线图像分辨力测试计放置在影像测量仪载物台上, 调节影像测头放大倍数和焦距使软件上呈现清晰的被测图像, 在软件端选择距离测量功能, 调整被校线对的第一条线条左端边缘与影像测量仪的 X 轴线平行, 测量该线对第一条线的左端边缘位置至右侧相邻线对第一条线的左端边缘位置, 即线对宽度 H_D , 每组线对宽度测量 3 次后取平均值作为校准结果。线对宽度示值误差计算公式按公式 (3) 计算。

$$\delta_2 = \frac{H_0 - H_D}{H_D} \times 100\% \quad (3)$$

式中:

δ_2 ——线对宽度示值误差;

H_0 ——线对宽度标称值, mm;

H_D ——线对宽度实际值, mm。

7 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映。校准证书至少应包括以下信息:

- a) 标题: “校准证书”;
- b) 实验室的名称和地址;
- c) 实施校准活动的地点, 包括客户设施、实验室固定设施以外的地点;
- d) 证书的唯一性标识 (如编号), 每页及总页数的标识;
- e) 客户的名称和联络信息;
- f) 被校对象的描述和明确标识;
- g) 进行校准活动的日期, 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和证书发布日期;

- h) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- i) 本次校准所用的测量标准和溯源性及有效性说明；
- j) 校准环境的描述；
- k) 校准结果及其测量不确定度的说明（给出整个测量范围校准结果测量不确定度的最大值）；
- l) 对校准规范偏离的说明；
- m) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识，以及签发日期；
- n) 校准人和核验人签名；
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- p) 未经校准实验室书面批准，不得部分复制校准证书的声明。

校准原始记录参考格式见附录A，校准证书内页参考格式见附录B。

8 复校时间间隔

复校时间间隔的长短取决于其使用情况，使用单位可根据实际使用情况自主决定复校的时间，建议复校时间间隔为 1 年。

附录 A

校准原始记录参考格式

证书编号：接收日期：校准日期：发布日期：
 委托单位：校准依据：

被校设备信息					
器具名称		出厂编号			
型号/规格		设备编号			
制造厂		环境条件	°C	%RH	
校准地点					
测量标准信息					
名称	编号	设备编号	证书编号	准确度等级/ 最大允许误差/测 量不确定度	有效日期

校准结果

1.相邻线对束的间距/mm						
(1) ___LP/mm						
第一次测量	第二次测量	第三次测量	平均值			
扩展不确定度 U						
(2) ___LP/mm						
第一次测量	第二次测量	第三次测量	平均值			
扩展不确定度 U						
2.线对长度/mm						
(1) ___LP/mm						
第一次测量	第二次测量	第三次测量	平均值			
扩展不确定度 U						
(2) ___LP/mm						
第一次测量	第二次测量	第三次测量	平均值			
扩展不确定度 U						
3.线对密度示值误差						
(1) ___LP/mm						
标称值	L_0 (LP/mm)		H_0 (mm)			
实测值	L (LP/mm)		H (mm)			
			H_1	H_2	H_3	$\bar{H}$

线条数 n					
线对密度示值误差 δ_1					
相对扩展不确定度 U_{rel}					
(2) ____LP/mm					
标称值	L_0 (LP/mm)	H_0 (mm)			
	L (LP/mm)	H (mm)			
		H_1	H_2	H_3	$\bar{H}$
线条数 n					
线对密度示值误差 δ_1					
相对扩展不确定度 U_{rel}					
4.线对宽度示值误差					
(1) ____LP/mm					
标称值	H_{01}/mm	H_{02}/mm	H_{03}/mm	...	H_{0n}/mm
第一次测量	H_{D1}/mm	H_{D2}/mm	H_{D3}/mm	...	H_{Dn}/mm
第二次测量	H_{D1}/mm	H_{D2}/mm	H_{D3}/mm	...	H_{Dn}/mm
第三次测量	H_{D1}/mm	H_{D2}/mm	H_{D3}/mm	...	H_{Dn}/mm
平均值	H_{D1}/mm	H_{D2}/mm	H_{D3}/mm	...	H_{Dn}/mm
线对宽度示值误差 δ_2					
相对扩展不确定度 U_{rel}					
(2) ____LP/mm					
标称值	H_{01}/mm	H_{02}/mm	H_{03}/mm	...	H_{0n}/mm
第一次测量	H_{D1}/mm	H_{D2}/mm	H_{D3}/mm	...	H_{Dn}/mm
第二次测量	H_{D1}/mm	H_{D2}/mm	H_{D3}/mm	...	H_{Dn}/mm
第三次测量	H_{D1}/mm	H_{D2}/mm	H_{D3}/mm	...	H_{Dn}/mm
平均值	H_{D1}/mm	H_{D2}/mm	H_{D3}/mm	...	H_{Dn}/mm
线对宽度示值误差 δ_2					
相对扩展不确定度 U_{rel}					

附录B

校准证书内页参考格式

1.相邻线对束的间距		
校准点	校准结果	扩展不确定度
(1) ____LP/mm	mm	$U= \text{_____mm} (k=2)$
(2) ____LP/mm	mm	$U= \text{_____mm} (k=2)$
2.线对长度		
校准点	校准结果	扩展不确定度
(1) ____LP/mm	mm	$U= \text{_____mm} (k=2)$
(2) ____LP/mm	mm	$U= \text{_____mm} (k=2)$
3.线对密度示值误差		
校准点	校准结果	相对扩展不确定度
(1) ____LP/mm	%	$U_{\text{rel}}= \text{_____}\% (k=2)$
(2) ____LP/mm	%	$U_{\text{rel}}= \text{_____}\% (k=2)$
4.线对宽度示值误差		
校准点	校准结果	相对扩展不确定度
(1) ____LP/mm	%	$U_{\text{rel}}= \text{_____}\% (k=2)$
(2) ____LP/mm	%	$U_{\text{rel}}= \text{_____}\% (k=2)$

附录 C

射线图像分辨力测试计线对密度示值误差测量不确定度评定示例

C.1 概述

C.1.1 校准依据

本规范。

C.1.2 测量标准

影像测量仪，最大允许误差：±0.005mm。

C.1.3 被校对象

射线图像分辨力测试计，线对束平行排列。

C.1.4 校准方法

射线图像分辨力测试计线对密度示值误差的校准方法见本规范6.2.3。本示例仅选择线对密度为1.0 LP/mm，对应线条宽度为0.500mm，线条数量为5，线对束宽度为4.5mm的校准点进行校准。其他校准点可做类似评定。

C.2 测量模型

线对密度示值误差的测量模型见公式（C.1）。

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

式中：

δ ——线对密度示值误差；

L_0 ——线对密度标称值，LP/mm；

L ——线对密度实际值，LP/mm。

线对密度实际值计算公式见公式（C.2），线对密度标称值计算见公式（C.3）。

$$L = \frac{2n-1}{2H} \quad (\text{C.2})$$

式中：

L ——线对密度实际值，LP/mm；

H ——线对束宽度测量值，mm；

n ——测量线对束中的线条数。

$$L_0 = \frac{2n-1}{2H_0} \quad (\text{C.3})$$

式中：

H_0 ——线对宽度标称值，mm；

n ——测量线对束中的线条数。

将公式（C.2）、公式（C.3）带入公式（C.1）中得线对密度示值误差见公式（C.4）。

$$\delta = \frac{H}{H_0} - 1 \quad (\text{C.4})$$

式中：

δ ——线对密度示值误差；

H_0 ——线对束宽度标称值，mm；

H ——线对束宽度测得值，mm。

灵敏系数 c_1 的计算见公式（C.5）。

$$c_1 = \frac{\partial \delta}{\partial H} = \frac{1}{H_0} \quad (\text{C.5})$$

C.3 测量不确定度的来源分析

测量结果不确定度的主要来源有：

- 1) 测量重复性引入的不确定度 u_1 ；
- 2) 影像测量仪最大允许误差引入的不确定度 u_2 。

C.4 测量不确定度的评定

C.4.1 测量重复性引入的不确定度 u_1

用影像测量仪对射线图像分辨力测试计的线对束宽度进行10次测量，线对束宽度标称值为4.5mm，测量数据见表C.1。

表C.1 线对束宽度重复性测量数据

线对束宽度	测量值（mm）				
	1	2	3	4	5
	4.509	4.511	4.511	4.512	4.510
	6	7	8	9	10
	4.509	4.511	4.509	4.511	4.509
平均值(mm)	4.510				
标准偏差 s(mm)	0.00114				

实际测量 1 次测得值作为测量结果, 则 $n=1$, 则测量重复性引入的不确定度为:

$$u_1 = \frac{s}{\sqrt{n}} = 0.00114 \text{ mm}$$

C.4.2 影像测量仪最大允许误差引入的不确定度 u_2

影像测量仪最大允许误差为 $\pm 0.005 \text{ mm}$, 则区间半宽 $a=0.005 \text{ mm}$, 假设服从均匀分布, 取 $k=\sqrt{3}$, 则影像测量仪示值最大允许误差引入的不确定度为:

$$u_2 = \frac{a}{k} = \frac{0.005}{\sqrt{3}} = 0.0029 \text{ mm}$$

C.5 合成标准不确定度

各影响量相互独立, 则合成标准不确定度为:

$$u = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 3.1 \times 10^{-3} \text{ mm}$$

代入数据, 则线对密度示值误差的不确定度为:

$$u_c = \sqrt{c_1^2 \cdot u^2} = 0.067\%$$

C.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 其扩展不确定度为:

$$U_{rel} = k \cdot u_c = 2 \times 0.067\% = 0.14\%$$
