

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—XXXX

激光标距刻线机校准规范

Calibration Specification for Laser Dividing Machines for Standard Length

(报批稿)

XXXXX-XX-XX发布

XXXXX-XX-XX实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

激光标距刻线机校准规范

Calibration Specification for Laser Dividing
Machines for Standard Length

JJF（有色金属）XXXX—XXXX

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

延安检验认证集团有限公司

核工业二〇三研究所

西南铝业（集团）有限责任公司

国标（北京）检验认证有限公司

东北轻合金有限责任公司

新疆湘润新材料科技有限公司

洛阳航辉新材料有限公司

广东省阳江市质量计量监督检测所

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：

郑 铨（西安汉唐分析检测有限公司）

余泽利（西安汉唐分析检测有限公司）

杨军红（西安汉唐分析检测有限公司）

马宝泉（延安检验认证集团有限公司）

薛志伟（核工业二〇三研究所）

瞿楷东（西南铝业（集团）有限责任公司）

陈晓朋（国标（北京）检验认证有限公司）

马金萍（东北轻合金有限责任公司）

杨再江（新疆湘润新材料科技有限公司）

韩焕焕（洛阳航辉新材料有限公司）

钟 梅（广东省阳江市质量计量监督检测所）

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 概述	(1)
4 计量特性	(1)
4.1 刻线示值误差	(1)
4.2 刻线重复性	(1)
5 校准条件	(1)
5.1 环境条件	(1)
5.2 测量标准	(1)
5.3 其他条件	(2)
6 校准项目和校准方法	(2)
6.1 校准项目	(2)
6.2 校准方法	(2)
7 校准结果表达	(3)
8 复校时间间隔	(4)
附录 A 校准原始记录参考格式	(5)
附录 B 校准证书内页参考格式	(6)
附录 C 刻线机示值误差测量不确定度评定示例	(7)

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 228.1 《金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法》、ASTM E8/E8M 《金属材料拉伸试验标准试验方法（Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials）》、ISO 6892-1 《金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法（Metallic Materials -Tensile Testing-Part 1: Method of Test at Room Temperature）》。

本规范为首次发布。

激光标距刻线机校准规范

1 范围

本规范适用于激光标距刻线机的校准。

2 引用文件

本规范无引用文件。

3 概述

激光标距刻线机（以下简称“刻线机”）是以激光作为刻线源，通过计算机程序控制光学系统激光器以及聚焦透镜实现设定图形和标距的刻线仪器。主要用于金属拉伸试样的分段标记，也可用于卡尺、纹线尺的刻度等的标记刻划。刻线机主要由计算机控制系统、光学系统激光器、聚焦透镜、机架、试样架等组成。结构图见图 1。

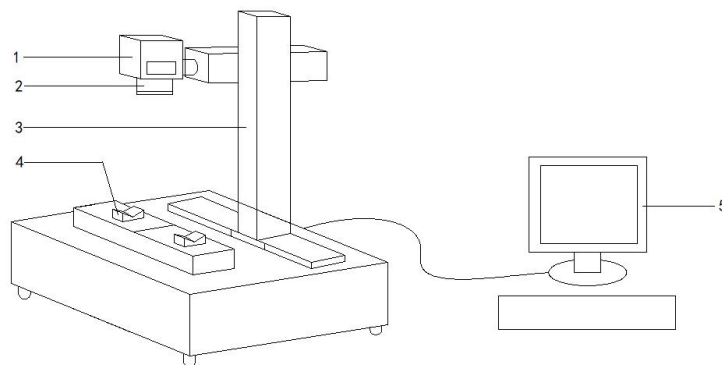


图 1 刻线机结构图

1-光学系统激光器；2-聚焦透镜；3-机架；4-试样架；5-计算机控制系统

4 计量特性

4.1 刻线示值误差

刻线示值最大允许误差为 $\pm 1.0\%$ 。

4.2 刻线重复性

刻线重复性不大于 0.5%。

5 校准条件

5.1 环境条件

环境温度： $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ ，相对湿度： $\leq 85\%$ 。

5.2 测量标准

测量标准的技术要求应符合表1的规定。

表1 测量标准的技术要求

序号	名称	技术要求
1	影像仪或投影仪	最大允许误差（MPE）： $\pm (5 + L/100) \mu\text{m}$ ，（ L 为相应测量段长度，单位为 mm）
2	校验棒	直线度 $\leq 0.05 \text{ mm}$ ，圆柱度 $\leq 0.05 \text{ mm}$ ，表面粗糙度 $R_a \leq 0.4 \mu\text{m}$
注：也可采用满足计量特性要求的其他测量设备进行校准。		

5.3 其他条件

刻线机各可动部位应灵活，无滞涩、急跳现象。刻线机上应标有工作范围、制造厂名（或厂标）及出厂编号。

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

刻线示值误差、刻线重复性。

6.2 校准方法

6.2.1 刻线示值误差

选取刻线范围最大值的 5%、20%作为刻线间隔，将校验棒水平放置在试样架上，根据校验棒直径调整刻线机焦距，按不同刻线间隔分别在 2 根校验棒上各刻划 6 条刻线，如图 2 所示。

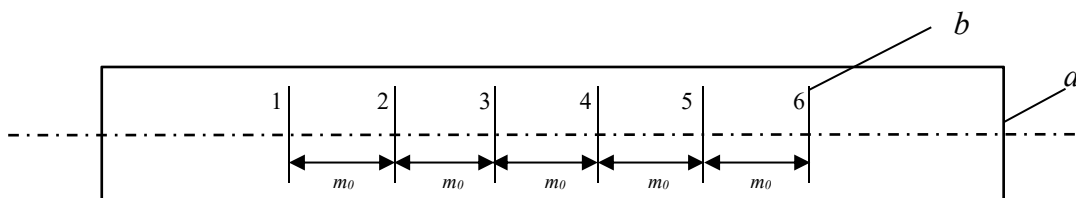


图2 标距的选择和刻划示意图

a —校验棒； b —刻线； m —刻线间隔

将完成刻线的校验棒放于影像仪或投影仪上，调整影像清晰，瞄准第一条刻线对零，然后操作影像仪或投影仪，以第一条刻线为起始，分别测量第一条刻线与其他 5 条刻线间距离 L_i ，对每个 L_i 重复测量 3 次 L_{ij} （ $i=1, 2, 3, 4, 5$ ； $j=1, 2, 3$ ）。以 3 次测量结果的最大值 $L_{i\max}$ 作为测得值，根据公式（1）计算刻线示值误差。

$$\delta_i = \frac{L_0 - L_{i\max}}{L_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

δ_i —第 i 次测量刻线示值误差；

L_0 —刻线标称值，mm；

$L_{i\max}$ —第 i 条刻线 3 次测量结果的最大值，mm。

6.2.2 刻线重复性

选取刻线范围最大值的 5% 作为刻线间隔，也可根据客户要求选取刻线间隔，将校验棒水平放置在试样架上，在校验棒上刻划 4 条刻线，使用影像仪或投影仪对 4 条刻线间的 3 个刻线间隔进行测量，记录 3 次测量结果，根据公式（2）计算刻线重复性。

$$s = \frac{m_{\max} - m_{\min}}{C \cdot m_0} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

s —刻线重复性；

m_{\max} —刻线间隔 3 次测量中最大值，mm；

m_{\min} —刻线间隔 3 次测量中最小值，mm；

m_0 —刻线间隔标称值，mm；

C —极差系数（ $C=1.69$ ）。

7 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映。校准证书应至少包括以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如与实验室的地址不同）；
- 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) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- i) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- j) 校准环境的描述；
- k) 校准结果及测量不确定度的说明；
- l) 对校准规范的偏离的说明；
- 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) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- o) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

校准原始记录参考格式见附录A，校准证书参考格式见附录B。

8 复校时间间隔

建议复校时间间隔为1年。刻线机使用频繁时应适当缩短周期，在使用过程中刻线机经过修理、更换重要部件的应重新校准。

附录 A

校准原始记录参考格式

原始记录编号				证书编号				
委托方				客户地址				
计量器具名称				制造单位				
型号/规格				出厂编号				
测量范围								
校准地点				温度	℃	湿度	%RH	
依据技术文件								
测量标准信息								
名称		编号	测量范围	准确度等级/最大允许		证书编号	有效日期	
刻线示值误差								
刻线 间隔	次数	标称值 /mm	测得值/mm	次数			示值误差/%	扩展不确 定度 $U, k=2$
				1	2	3		
5%	1		测得值					
			误差					
		测得值					
			误差					
	5		测得值					
			误差					
20%	1		测得值					
			误差					
		测得值					
			误差					
	5		测得值					
			误差					
刻线重复性								
刻线间隔/mm		1	2	3	最大值	最小值	示值重复性/%	
扩展不确定度 $U, k=2$								

附录 B

校准证书内页参考格式

校准证书编号：××××

校准结果			
刻线示值误差			
刻线间隔/mm	标称值/mm	示值误差/%	扩展不确定度 U , $k=2$
刻线重复性			
刻线间隔/mm	示值重复性/%		扩展不确定度 U , $k=2$

附录 C

刻线机示值误差测量不确定度评定示例

C.1 概述

C.1.1 测量依据：本规范。

C.1.2 环境条件：温度为 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，相对湿度为 50 %。

C.1.3 测量标准：

1) 投影仪：测量范围 $(0 \sim 200) \text{ mm}$ ；MPE： $\pm (4 + 4 \times 10^{-5} L) \mu\text{m}$ ；

2) 校验棒：材质为 45 号钢。

C.1.4 被测对象：刻线机，标距范围 $(10 \sim 200) \text{ mm}$ 。

C.1.5 测量方法：

依据本规范 6.2.1 进行校准，本次仅对最大刻线范围的 5%（即 10mm）以及 20%对应的全部 5 个标距（即 200mm）的标距示值误差测量不确定度进行评定，其他标距可参照本规范执行。

C.2 测量模型及灵敏系数

示值误差的测量模型见公式（C.1）。

$$\delta_i = \frac{L_0 - L_{i\max}}{L_0} = 1 - \frac{L_{i\max}}{L_0} \quad (\text{C.1})$$

式中：

δ_i —第 i 次测量刻线标距示值误差；

L_0 —刻线标距标称值，mm；

$L_{i\max}$ —第 i 条刻线 3 次测量结果的最大值，mm。

由于输入量各分量彼此之间相互独立不相关，则方差计算见公式（C.2）。

$$u_c^2(\delta_i) = c_1^2 u^2(L_{i\max}) + c_2^2 u^2(L_0) \quad (\text{C.2})$$

灵敏系数计算公式见公式（C.3）。

$$c_1 = \frac{\partial \delta_i}{\partial L_{i\max}} = -\frac{1}{L_0} \quad (\text{C.3})$$

C.3 不确定度来源

刻线机示值误差的测量不确定度主要来源有：

- (1) 测量重复性引入的标准不确定度分量 $u(L_{i1})$ ；
- (2) 投影仪测量误差引入的标准不确定度分量 $u(L_{i2})$ ；
- (3) 校验棒线膨胀系数和环境温度波动引入的标准不确定度分量 $u(L_{i3})$ 。

C.4 标准不确定度评定

C.4.1 测量重复性引入的标准不确定度分量 $u(L_{i1})$

对刻线机 10 mm、200 mm 校准点进行测量，在重复性条件下测量 3 次，采用极差法计算测量重复性。因为取单次测量结果作为测量值，所以 $u(L_{i1}) = s$ ，则其不确定度计算见公式 (C.4)。

$$u(L_{i1}) = s = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{C_3} \quad (\text{C.4})$$

极差系数 $C_3 = 1.69$ ，测量数据见表 C.1。

表 C.1 刻线重复测量数据

刻线间隔/mm	刻线测量值/mm			$u(L_{i1})/\mu\text{m}$
	1	2	3	
10	10.015	10.021	10.017	3.55
200	200.312	200.335	200.321	13.61

C.4.2 投影仪测量误差引入的标准不确定度分量 $u(L_{i2})$

根据投影仪校准证书可知，投影仪示值最大允许误差为 $\pm (4+4\times 10^{-5}L) \mu\text{m}$ ，则区间半宽 $a = (4+4\times 10^{-5}L) \mu\text{m}$ ，服从均匀分布，取 $k = \sqrt{3}$ ，则投影仪测量误差引入的标准不确定度分量计算见公式 (C.5)。

$$u(L_{i2}) = \frac{a}{k} \quad (\text{C.5})$$

$L_0 = 10\text{mm}$ 时，

$$u(L_{i2}) = (4 + 4 \times 10^{-5} \times 10 \times 10^3) / \sqrt{3} = 2.54 \mu\text{m}$$

$L_0 = 200\text{mm}$ 时，

$$u(L_{i2}) = (4 + 4 \times 10^{-5} \times 200 \times 10^3) / \sqrt{3} = 6.93 \mu\text{m}$$

C.4.3 环境温度波动引入的标准不确定度分量 $u(L_{i3})$

校验棒线膨胀系数为 $\alpha=11.59 \times 10^{-6} \text{C}^{-1}$ ，本规范要求温度允许偏差 $\Delta t=\pm 5^{\circ}\text{C}$ ，则区间半宽为 $a=L_0 \cdot \alpha \cdot |\Delta t|$ ，服从均匀分布，取 $k=\sqrt{3}$ ，则环境温度波动引入的标准不确定度分量计算见公式（C.6）。

$$u(L_{i3}) = \frac{a}{k} \quad (\text{C.6})$$

$L_0 = 10\text{mm}$ 时，

$$u(L_{i3}) = 10 \times 10^3 \times 11.59 \times 10^{-6} \times 5 / \sqrt{3} = 0.33 \mu\text{m}$$

$L_0 = 200\text{mm}$ 时，

$$u(L_{i3}) = 200 \times 10^3 \times 11.59 \times 10^{-6} \times 5 / \sqrt{3} = 6.69 \mu\text{m}$$

C.5 合成标准不确定度

由于输入量 L_0 、 $L_{ij\max}$ 之间，彼此独立不相关，则合成标准不确定度计算见公式（C.7）。

$$u_c(\delta_i) = |c_1| \sqrt{u(L_{i1})^2 + u(L_{i2})^2 + u(L_{i3})^2} \quad (\text{C.7})$$

$L_0 = 10\text{mm}$ 时，

$$u_c(\delta_i) = \sqrt{(4.37 \times 10^{-4})^2} = 4.37 \times 10^{-4} \mu\text{m}$$

$L_0 = 200\text{mm}$ 时，

$$u_c(\delta_i) = \sqrt{(8.34 \times 10^{-5})^2} = 8.34 \times 10^{-5} \mu\text{m}$$

C.6 不确定度分量汇总

10mm 和 200mm 标距的不确定度汇总见表 C.2、表 C.3 所示。

表 C.2 10mm 标距不确定度分量

不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度/ μm	灵敏系数 $c_1/\mu\text{m}^{-1}$	$U_c(\delta_i)$
$u(L_{i1})$	测量重复性	3.55	-1×10^{-4}	4.37×10^{-4}
$u(L_{i2})$	投影仪测量误差	2.54		
$u(L_{i3})$	环境温度波动	0.33		

表 C.3 200mm 标距不确定度分量

不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度/ μm	灵敏系数 $c_1/\mu\text{m}^{-1}$	$u_c(\delta_i)$
$u(L_{i1})$	测量重复性	13.61	-5×10^{-6}	8.34×10^{-5}
$u(L_{i2})$	投影仪测量误差	6.93		
$u(L_{i3})$	环境温度波动	6.69		

C.7 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度的计算见公式 (C.8)。

$$U = k \cdot u_c \quad (\text{C.8})$$

$L_0 = 10\text{mm}$ 时，则

$$U = 2 \times 4.37 \times 10^{-4} \approx 0.09\%$$

$L_0 = 200\text{mm}$ 时，则

$$U = 2 \times 8.34 \times 10^{-5} \approx 0.02\%$$