



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）XXX—XXXX

数字式引伸计标定器校准规范

Calibration Specification for Calibrator of Digital Extensometers

（报批稿）

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

数字式引伸计标定器 校准规范

Calibration Specification for

Calibrator of Digital Extensometers

JJF（有色金属）XXX-XXXX

归口单位：中国有色金属工业协会

主要起草单位：西南铝业（集团）有限责任公司

国合通用（青岛）测试评价有限公司

国标（北京）检验认证有限公司

东北轻合金有限责任公司

广船国际有限公司

中国船舶集团有限公司第七二五研究所

西安汉唐分析检测有限公司

广东省科学院工业分析检测中心

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：

张国栋（西南铝业（集团）有限责任公司）
胡珍铭（西南铝业（集团）有限责任公司）
谭本清（西南铝业（集团）有限责任公司）
栾剑乔（国合通用（青岛）测试评价有限公司）
李 成（国标（北京）检验认证有限公司）
杜鸿运（东北轻合金有限责任公司）
蔡文科（广船国际有限公司）
曹梦圆（中国船舶集团有限公司第七二五研究所）
郑 铨（西安汉唐分析检测有限公司）
熊 智（西南铝业（集团）有限责任公司）
肖永通（广东省科学院工业分析检测中心）

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 可动心轴和固定心轴的同轴度	(2)
4.2 分辨力	(2)
4.3 示值误差	(2)
4.4 示值稳定性	(2)
4.5 支架刚性	(2)
5 校准条件	(2)
5.1 环境条件	(2)
5.2 测量标准及其他设备	(3)
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	(5)
8 复校时间间隔	(6)
附录 A 数字式引伸计标定器校准记录参考格式	(7)
附录 B 数字式引伸计标定器校准证书内页参考格式	(8)
附录 C 数字式引伸计标定器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。

本规范主要参考了JJF 1096-2002 《引伸计标定器校准规范》、JJG 762-2007 《引伸计》、ASTM E83 《引伸计系统检定和分级的标准规程》、ISO 9513 《金属材料 单轴试验用引伸计系统的标定》的技术内容。

本规范为首次发布。

数字式引伸计标定器校准规范

1 范围

本规范适用于0~50mm数字式引伸计标定器（以下简称标定器）的校准，其他类型标定器可参照本规范校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1096-2002 引伸计标定器校准规范

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

数字式引伸计标定器是通过位移测量装置测量，以数字形式直接显示标准位移量的仪器，用于引伸计的校准。它由底座、下支架、位移测量装置、上支架、位移调节装置、刚性支架、可动心轴、固定心轴和位移显示仪表等组成，其中固定心轴与可动心轴的位置根据标定器位移调节装置的位置不同而不同，其结构示意图见图1。当对引伸计进行标定时，引伸计应放置在图示位置。

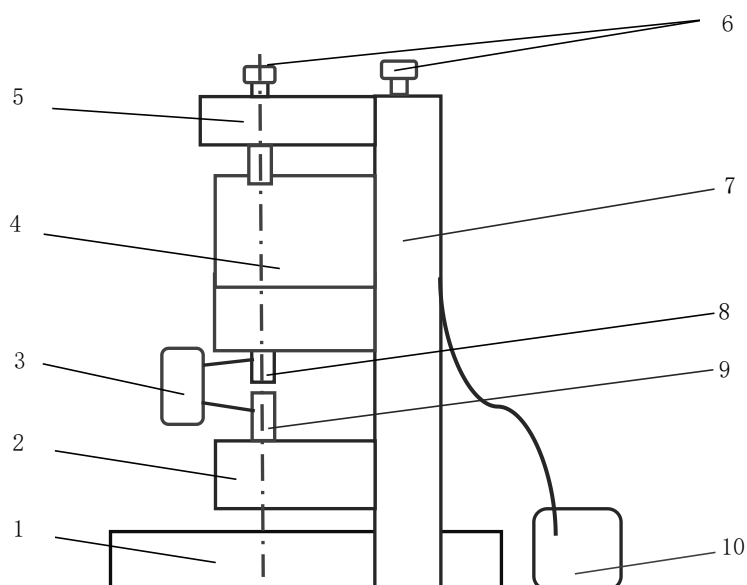


图1 数字式引伸计标定器结构示意图

1—底座；2—下支架；3—引伸计；4—位移测量装置；5—上支架；

6—位移调节装置；7—刚性支架；8—可动心轴；9—固定心轴；10—位移显示仪表

4 计量特性

4.1 可动心轴和固定心轴的同轴度

标定器可动心轴和固定心轴的同轴度应不超过 $\phi 0.1 \text{ mm}$ 。

4.2 分辨力

标定器位移测量装置的分辨力应不超过 $0.1 \mu\text{m}$ 。

4.3 示值误差

标定器示值误差应不超过表1规定的最大允许误差。当校准点不超过 0.3 mm 时采用示值绝对误差表示，当校准点超过 0.3 mm 时，采用示值相对误差表示。

表1 示值误差的最大允许误差

被校引伸计级别	$l \leq 0.3 \text{ mm}$ (μm)	$l > 0.3 \text{ mm}$ (%)
0.2级	± 0.2	± 0.06
0.5级	± 0.5	± 0.15
1级	± 1.0	± 0.3
注：表中 l 为校准点。		

4.4 示值稳定性

示值稳定性在1h内应不超过表2规定的最大允许误差。

表2 示值稳定性的最大允许误差

被校引伸计级别	0.2 级	0.5 级	1 级
示值稳定性 (μm)	0.2	0.5	1.0

4.5 支架刚性

当上支架受到1N的垂向力时，标定器位移变化量应不超过 $0.1 \mu\text{m}$ 。

5 校准条件

5.1 环境条件

环境温度为 $(20 \pm 1) ^\circ\text{C}$ ，波动度不超过 $0.5 ^\circ\text{C/h}$ ，相对湿度不超过80%。校准前标定器在校准环境内恒温时间不小于24h。

5.2 测量标准及其他设备

测量标准及其他设备的技术要求见表3。

表 3 测量标准及其他设备的技术要求

序号	测量标准	技术要求	用途
1	刀口形直尺	工作棱边：75mm，最大允许误差：1.0μm	校准可动心轴和固定心轴的同轴度
2	塞尺	测量范围：（0.02~1.00）mm； 最大允许误差：±（0.005~0.016）mm	
3	激光干涉仪	位移测量的最大允许误差：±（0.03+0.5×10 ⁻⁶ L）μm， L为测量长度	校准示值误差
4	电子秒表	分度值：0.1s，测量范围不小于（0~3600）s	校准示值稳定性
5	砝码	100g，M ₁ 等级	校准支架刚性

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

可动心轴和固定心轴的同轴度、分辨力、示值误差、示值稳定性和支架刚性。

6.2 校准方法

6.2.1 可动心轴和固定心轴的同轴度

调整标定器可动心轴、固定心轴的端部相距约1mm，使刀口形直尺测量边沿心轴轴线紧靠在固定心轴上，用塞尺测量刀口形直尺与可动心轴的最大间隙值，以最大间隙值的2倍作为校准结果。

6.2.2 分辨力

目视观察。

6.2.3 示值误差

6.2.3.1 校准间隔的选取

校准间隔的选取见表4。

表 4 校准间隔的选取

单位：mm

校准范围	校准间隔
（0~0.1]	0.01 或 0.02
（0.1~0.5]	0.05 或 0.1

表4 (续)

单位: mm

校准范围	校准间隔
(0.5~1.0]	0.1
(1~5]	0.5 或 1.0
(5~30]	5
(30~50]	5 或 10

6.2.3.2 校准方法

6.2.3.2.1 将激光干涉仪反射镜安装在标定器可动心轴上,调整好激光干涉仪干涉镜位置,使激光干涉仪显示当前位移值,激光干涉仪通过反射镜的位置变化量测量可动心轴的移动位移量。

6.2.3.2.2 调节标定器可动心轴位移调节装置,将可动心轴调节至所选校准范围的起始点,待示值稳定后,将标定器、激光干涉仪指示装置清零。按所选校准间隔,以正向递增方式(即正向校准)将可动心轴移动至各校准点 $\pm 0.1\text{ }\mu\text{m}$ 以内,读取激光干涉仪与标定器示值,直至最大校准点。

6.2.2.2.3 可对标定器进行回程校准。当正向校准至最大校准点后,按所选校准间隔,以反向递减方式将可动心轴移动至各校准点 $\pm 0.1\text{ }\mu\text{m}$ 以内,读取激光干涉仪与标定器示值,直至最小校准点。

6.2.3.3 数据处理

当校准点不超过0.3mm时,按公式(1)计算各校准点的示值绝对误差。取各校准点重复测量3次中最大差值作为该点的测量结果。

$$\Delta = (L - L_b) \times 1000 \quad (1)$$

式中:

Δ ——示值绝对误差, μm ;

L ——标定器示值, mm;

L_b ——激光干涉仪示值, mm。

当校准点超过0.3mm时,按公式(2)计算各校准点的示值相对误差。取各校准点重复测量3次中最大差值作为该点的测量结果。

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

式中:

δ ——示值相对误差;

l ——校准点, mm。

6.2.4 示值稳定性

将标定器示值调整至校准范围内任意一点, 每隔15 min记录一次标定器示值, 连续观察1 h并记录5组数据, 取标定器示值的最大值与最小值之差作为校准结果。按公式(3)计算示值稳定性。

$$S = (L_{\max} - L_{\min}) \times 1000 \quad (3)$$

式中:

S ——示值稳定性, μm ;

$L_{\max}$ ——标定器最大示值, mm;

$L_{\min}$ ——标定器最小示值, mm。

6.2.5 支架刚性

将激光干涉仪反射镜安装在标定器上支架心轴上, 在上支架心轴轴线位置放置100 g砝码, 向标定器的上支架施加1N的垂向力后, 取激光干涉仪的示值变化量作为校准结果。

7 校准结果表达

经校准的标定器应出具校准证书, 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) 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) 校准证书签发人的签名或等效标识;
- 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。

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

建议复校时间间隔一般不超过12个月。送校单位可根据使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

数字式引伸计标定器校准记录参考格式

送校单位			测量设备名称			测量设备编号			
制造厂			出厂日期			型号/规格			
校准依据									
环境温度	℃		温度波动度	℃		相对湿度	%		
校准地点									
校准用主要测量标准									
名称	设备编号		型号/规格		技术特征		校准机构/证书编号	有效期至	
校准结果									
1、可动心轴和固定心轴的同轴度									
最大间隙 (mm)					同轴度 (mm)				
2、分辨力 (μm) :									
3、示值误差									
校准范围									
校准点 (mm)	第 1 次 (mm)		第 2 次 (mm)		第 3 次 (mm)		最大差值 (mm)	示值误差 (mm 或%)	扩展不确定度 $U, k=2$
	L	L_b	L	L_b	L	L_b			
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
4、示值稳定性									
标定器示值 (mm)						$L_{\max}-L_{\min}$ (mm)	示值稳定性 (μm)		
0min	15min	30min	45min	60min					
5、支架刚性									
1N 垂向力时激光干涉仪示值变化量 (μm)									

附录 B

数字式引伸计标定器校准证书内页参考格式

校准结果			
1、可动心轴和固定心轴的同轴度（mm）：			
2、分辨力（ μm ）：			
3、示值误差			
校准范围			
校准点（mm）	示值误差		扩展不确定度， $k=2$
	绝对示值误差（ μm ）	相对示值误差（%）	
...	...	...	...
4、示值稳定性（ μm ）：			
5、支架刚性（ μm ）：			

附录 C

数字式引伸计标定器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

激光干涉仪：分辨力为 $0.01\ \mu\text{m}$ ，最大允许误差为 $\pm(0.03+0.5\times 10^{-6}L)\ \mu\text{m}$ ， L 为测量长度。

C.1.3 被校对象

数字式引伸计标定器，3590VHR，分辨力为 $0.02\ \mu\text{m}$ 。

C.1.4 校准方法

见本规范6.2.3，本示例仅对标定器 $0.1\ \text{mm}$ 和 $0.4\ \text{mm}$ 校准点示值误差进行校准。

C.1.5 测量环境

环境温度 20.5°C ；相对湿度65%；波动度 0.4°C/h 。

C.2 测量模型和灵敏系数

C.2.1 测量模型

示值误差的测量模型见公式（C.1）和公式（C.2）。

$$\Delta = L - L_b \quad (\text{C.1})$$

式中：

Δ ——示值绝对误差，mm；

L ——标定器示值，mm；

L_b ——激光干涉仪示值，mm。

$$\delta = \frac{L - L_b}{l} \times 100\% \quad (\text{C.2})$$

式中：

δ ——示值相对误差；

l ——校准点，mm。

灵敏系数为：

$$c_1 = \frac{\partial \Delta}{\partial L} = 1$$

$$c_2 = \frac{\partial \Delta}{\partial L_b} = -1$$

则合成标准不确定度为：

$$u_c^2 = u^2(L) + u^2(L_b)$$

C.3 测量不确定度来源分析

1) 标定器示值 L 引入的标准不确定度 u_1 ，其来源主要有标定器测量重复性引入的标准不确定度 u_{11} 、标定器分辨力引入的标准不确定度 u_{12} 。

2) 激光干涉仪示值 L_b 引入的标准不确定度 u_2 ，其来源主要有激光干涉仪测量重复性引入的标准不确定度 u_{21} 、激光干涉仪分辨力引入的标准不确定度 u_{22} 、激光干涉仪位移示值误差引入的标准不确定度 u_{23} 。

C.4 测量不确定度评定

C.4.1 标定器示值 L 引入的标准不确定度 u_1

C.4.1.1 标定器测量重复性引入的标准不确定度 u_{11}

在0.1 mm、0.4 mm校准点标定器分别重复测量10次，得到测量数据见表C.1。

表 C.1 重复性测量数据

校准点 (mm)	测量数据 (mm)										标准偏 差 s (μm)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0.1	0.10000	0.10006	0.10002	0.10004	0.10002	0.10008	0.10004	0.10002	0.09998	0.10006	0.030
0.4	0.40002	0.40000	0.40002	0.39998	0.40002	0.40006	0.40000	0.40006	0.40004	0.40002	0.026

由于在实际校准过程中，采用标定器与激光干涉仪3次测量数据的最大差值作为校准结果，则标定器测量重复性引入的标准不确定度 u_{11} 为：

$$u_{11} = s$$

因此：

$$u_{11}(l_{0.1\text{mm}}) = 0.030\mu\text{m}$$

$$u_{11}(l_{0.4\text{mm}}) = 0.026\mu\text{m}$$

C.4.1.2 标定器分辨力引入的标准不确定度 u_{12}

标定器的分辨力为 $0.02\ \mu\text{m}$ ，则其区间半宽为 $a=0.01\ \mu\text{m}$ ，服从均匀分布，取 $k=\sqrt{3}$ ，则由标定器的分辨力引入的标准不确定度 u_{12} 为：

$$u_{12} = \frac{a}{k} = \frac{0.01\mu\text{m}}{\sqrt{3}} = 0.0058\mu\text{m}$$

当重复性引入的不确定度大于分辨力引入的标准不确定度时，只考虑重复性带来的影响，因此输入量 L 引入的标准不确定度 u_1 为：

$$u_1(l_{0.1\text{mm}}) = 0.03\mu\text{m}$$

$$u_1(l_{0.4\text{mm}}) = 0.026\mu\text{m}$$

C.4.2 激光干涉仪示值 L_b 引入的标准不确定度 u_2

C.4.2.1 激光干涉仪测量重复性引入的标准不确定度 u_{21}

通过连续重复测量得到测量数据，在 $0.1\ \text{mm}$ 、 $0.4\ \text{mm}$ 校准点激光干涉仪分别重复测量 10 次，测量数据见表 C.2。

表 C.2 重复性测量数据

校准点 (mm)	测量数据 (mm)										标准偏差 s (μm)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0.1	0.10000	0.10000	0.10000	0.09998	0.09999	0.10002	0.10000	0.09999	0.09999	0.10001	0.011
0.4	0.40002	0.40001	0.39998	0.39996	0.40002	0.39999	0.40000	0.39999	0.40000	0.39998	0.019

由于在实际校准过程中，采用标定器与激光干涉仪 3 次测量数据的最大差值作为校准结果，则激光干涉仪测量重复性引入的标准不确定度 u_{21} 为：

$$u_{21} = s$$

因此：

$$u_{21}(l_{0.1\text{mm}}) = 0.011\mu\text{m}$$

$$u_{21}(l_{0.4\text{mm}}) = 0.019\mu\text{m}$$

C.4.2.2 激光干涉仪分辨力引入的标准不确定度 u_{22}

激光干涉仪的分辨力为 $0.01\ \mu\text{m}$ ，则其区间半宽为 $a=0.005\ \mu\text{m}$ ，服从均匀分布，取 $k=\sqrt{3}$ ，则激光干涉仪分辨力引入的标准不确定度 u_{22} 为：

$$u_{22} = \frac{a}{k} = \frac{0.005\mu\text{m}}{\sqrt{3}} = 0.0029\mu\text{m}$$

C.4.2.3 激光干涉仪位移示值误差引入的标准不确定度 u_{23}

在标准条件下,激光干涉仪在位移测量中,其示值最大允许误差为 $\pm(0.03+0.5\times 10^{-6}L)$ μm ,其中 L 为测量位移。

在0.1 mm校准点,干涉镜与反射镜间的距离(即测量位移)约为50 mm,激光干涉仪的最大允许误差为 $\pm(0.03+0.5\times 0.05)$ $\mu\text{m}=\pm 0.055$ μm ,则区间半宽为 $a=0.055$ μm ,服从均匀分布,取 $k=\sqrt{3}$,因此,激光干涉仪位移示值误差引入的标准不确定度 u_{23} 为:

$$u_{23}(l_{0.1\text{mm}}) = \frac{a}{k} = \frac{0.055\text{ }\mu\text{m}}{\sqrt{3}} = 0.032\text{ }\mu\text{m}$$

在0.4 mm校准点,干涉镜与反射镜间的距离(即测量位移)约为53 mm,激光干涉仪的最大允许误差为 $\pm(0.03+0.5\times 0.053)$ $\mu\text{m}=\pm 0.057$ μm ,区间半宽为 $a=0.057$ μm ,服从均匀分布,取 $k=\sqrt{3}$,因此,激光干涉仪位移示值误差引入的标准不确定度 u_{23} 为:

$$u_{23}(l_{0.4\text{mm}}) = \frac{a}{k} = \frac{0.057\text{ }\mu\text{m}}{\sqrt{3}} = 0.033\text{ }\mu\text{m}$$

当重复性引入的不确定度大于分辨力引入的标准不确定度时,只考虑重复性带来的影响,因此,输入量 L_b 引入的标准不确定度 u_2 为:

$$u_2(l_{0.1\text{mm}}) = \sqrt{u_{21}^2(l_{0.1\text{mm}}) + u_{23}^2(l_{0.1\text{mm}})} = 0.034\mu\text{m}$$

$$u_2(l_{0.4\text{mm}}) = \sqrt{u_{21}^2(l_{0.4\text{mm}}) + u_{23}^2(l_{0.4\text{mm}})} = 0.038\mu\text{m}$$

C.5 合成标准不确定度计算

C.5.1 标准不确定度汇总

标准不确定度汇总见表 C.3。

表 C.3 标准不确定度汇总表

标准不确定度	不确定度来源	标准不确定度值
u_1	标定器示值 L	校准点为 0.1mm 时, 0.03 μm ; 校准点为 0.4mm 时, 0.026 μm
u_2	激光干涉仪示值 L_b	校准点为 0.1mm 时, 0.034 μm ; 校准点为 0.4mm 时, 0.038 μm

C.5.2 合成标准不确定度的计算

输入量 L 、 L_b 相互独立, 所以合成标准不确定度公示见式 (C.3)。

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} \quad (\text{C.3})$$

各校准点的合成标准不确定度分别为:

$$u_c(l_{0.1\text{mm}}) = 0.045\mu\text{m}$$

$$u_c(l_{0.4\text{mm}}) = 0.046\mu\text{m}$$

C.6 扩展不确定度计算

取包含因子 $k=2$, 则 0.1mm 校准点的扩展不确定度为:

$$U = ku_c(l_{0.1\text{mm}}) = 2 \times 0.045 \mu\text{m} = 0.09 \mu\text{m}$$

0.4mm 校准点的扩展不确定度为:

$$U = ku_c(l_{0.4\text{mm}}) = 2 \times 0.046 \mu\text{m} = 0.09 \mu\text{m}$$

0.4mm 校准点的相对扩展不确定度为:

$$U_{rel}(l_{0.4\text{mm}}) = \frac{U}{l} \times 100\% = \frac{0.09}{0.4 \times 1000} \times 100\% = 0.03\%$$