

中华人民共和国工业和信息化部  
有色金属计量技术规范

JJFZ(有色金属) 004—××××

材料力学性能测试用非接触式视频引伸计的  
校准规范

(征求意见稿)

Calibration Specification for non-contact video extensometers for testing  
mechanical properties of materials

××-××-××发布

××-××-××实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

# 材料力学性能测试用非接触式 视频引伸计的校准规范

Calibration Specification for non-contact video  
extensometers for testing mechanical properties of  
materials

JJFZ (有色金属) 004—×××

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、国标（北京）检验认证有限公司、中国有色金属工业西北质量监督检验中心、广东省科学院工业分析检测中心、西北有色金属研究院

本规范委托有色金属行业计量技术委员会进行解释

**本规范主要起草人：**

房永强（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）

樊志罡（国标（北京）检验认证有限公司）

田晨超（中国有色金属工业西北质量监督检验中心）

伍超群（广东省科学院工业分析检测中心）

马晓晨（西安汉唐分析检测有限公司）

段 管（西北有色金属研究院）

# 目 录

引 言.....	(II)
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 概述.....	1
4 计量特性.....	1
4.1 标距相对误差.....	1
4.2 分辨力.....	1
4.3 示值误差.....	2
4.4 进回程相对误差.....	2
4.5 计量单位.....	2
5 通用技术要求.....	2
5.1 外观.....	2
5.2 要求.....	2
6 校准条件.....	2
6.1 校准环境条件.....	2
6.2 校准用标准器.....	2
7 校准项目和校准方法.....	2
7.1 校准项目.....	2
7.2 校准方法.....	3
8 校准结果表达.....	4
9 复校周期.....	5
附录 A 校准原始记录参考格式.....	5
附录 B 校准证书.....	6
附录 C 视频引伸计示值误差测量结果不确定度评定示例.....	9

# 引 言

本规范依据国家计量技术规范 JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》和 GB/T 228.1—2010《金属材料拉伸试验 第一部分：室温试验方法》编制。

本规范是首次制定。

# 材料力学性能测试用非接触式视频引伸计的校准规范

## 1 范围

本规范适用于标距不超过 200mm，测量范围（0~25）mm 的非接触式视频引伸计的校准，其他类型的非接触式视频引伸计可参照此校准规范进行校准。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用必不可少的。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。

JJG 762 引伸计

JJF 1096 引伸计标定器校准规范

ASTM E83 引伸计系统的校准和分级系统校准规范（Standard Practice for Verification and Classification of Extensometer System）

## 3 概述

### 3.1 用途和原理

视频引伸计具有非接触测量、抗干扰能力强、实现简单、适用范围广、避免刀口对试样的划伤、滑脱及可用于超高温环境试验、细薄样品试验等诸多优点，近些年已广泛应用于金属材料及硬质非金属材料常规拉伸、压缩试验等相关力学性能指标的测定。它通过一台 CCD 光电传感器对构件在整个实验中不同的状态进行采集，经过图像处理对比计算变形量，由系统软件将应变信号和应力信号合成输出应力应变曲线。

### 3.2 结构

视频引伸计主要由相机、镜头、控制箱、LED 灯、万向调节架及计算机等组成。

## 4 计量特性

### 4.1 标距相对误差

视频引伸计标距相对误差，应符合表 1 规定。

### 4.2 分辨力

视频引伸计指示的位移不大于 200 $\mu\text{m}$  时，分辨力采用绝对值，当视频引伸计指示的位移大于 200 $\mu\text{m}$  时，分辨力采用相对值，视频引伸计的分辨力应符合表 1 规定。

### 4.3 示值误差

视频引伸计校准点示值不大于 300 $\mu\text{m}$  时，引伸计示值误差采用绝对值，视频引伸计校准点示值大于 300 $\mu\text{m}$  时，引伸计示值误差采用相对值表示，视频引伸计的示值误差应符合表 1 规定。

### 4.4 进回程相对误差

视频引伸计的进回程相对误差，应符合表 1 规定，仅对采用滞后环法测定材料规定非比例延伸强度或规定残余延伸强度用途的引伸计进行此项目校准。

## 4.5 计量单位

微米 ( $\mu\text{m}$ )，毫米 (mm)。

表 1 视频引伸计计量特性

视频引伸计 准确度等级	标距相对误差 $q_{Lc}/\%$	分辨力		示值误差		示值回程 相对误差 $u/\%$
		相对 ( $r/l_i$ ) /%	绝对 $r/\mu\text{m}$	相对误差 $q/\%$	绝对误差 ( $l_i-l$ ) / $\mu\text{m}$	
0.2	$\pm 0.2$	0.10	0.2	$\pm 0.2$	$\pm 0.6$	$\pm 0.3$
0.5	$\pm 0.5$	0.25	0.5	$\pm 0.5$	$\pm 1.5$	$\pm 0.75$

## 5 通用技术要求

### 5.1 外观

视频引伸计应标明产品名称、规格型号、制造厂名称、出厂编号的铭牌。

### 5.2 要求

视频引伸计应无明显的机械损伤，各功能开关、旋钮、按键应动作灵活可靠，不应有影响校准结果的故障。

## 6 校准条件

### 6.1 校准环境条件

校准试验应在 $23^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ ，湿度 $\leq 85\%$ 的条件下进行，校准过程中温度波动不大于 $2^\circ\text{C}/\text{h}$ 。

### 6.2 校准用标准器

6.2.1 视频引伸计标定器应符合JJF1096-2002的要求，视频引伸计标定器计量特性（见表2），结构图见图1。

6.2.2 视频引伸计标距的测量，通过标距样板进行校准，测量不确定度不应大于引伸计标距的最大允许误差的 $1/3$ 。

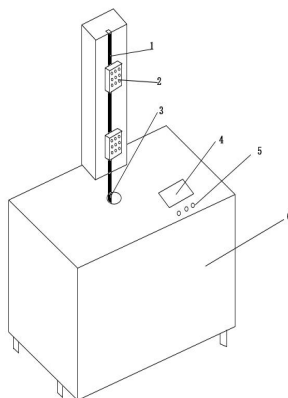


图1 视频引伸计标定器结构图

1-导轨；2-引伸计标定样板；3-测微螺杆；  
4-数字显示器；5-控制键；6-位移控制器。

表2 视频引伸计标定器计量特性

视频引伸计级别	视频引伸计标定器的计量特性			
	分辨力		示值误差	
	相对 ( $r/l_i$ ) /%	绝对 $r/\mu\text{m}$	相对误差 $q/\%$	绝对误差 ( $l_i-l_t$ ) / $\mu\text{m}$
0.2	0.05	0.1	$\pm 0.06$	$\pm 0.2$
0.5	0.12	0.25	$\pm 0.15$	$\pm 0.5$

注：也可采用满足测量不确定度要求的其它测量设备进行校准。

## 7 校准项目和校准方法

### 7.1 校准项目

视频引伸计校准项目见表3。

表3 视频引伸计校准项目表

序号	校准项目
1	通用技术要求检查
2	视频引伸计标距相对误差
3	视频引伸计的分辨力
4	视频引伸计的示值误差
5	视频引伸计进回程误差

### 7.2 校准方法

#### 7.2.1 通用技术要求的检查

应采用目测及手动的方法进行校准，校准前，首先应检查视频引伸计外观，引伸计与计算机联机情况、测量系统等，然后调整视频引伸计与标定器的相对位置，对视频引伸计焦距应作调整，在确定无影响计量特性的因素后，再进行校准，结果与 5.1 和 5.2 进行比较。

#### 7.2.2 视频引伸计标距的校准

将视频引伸计标定样板固定在试验机上，调整视频引伸计与标定样板的焦距，使得标定样板在视频引伸计采集系统上清晰成像，根据被校视频引伸计标距长度，在引伸计标定样板同一轴线上选取等于标距长度的两个标定点，采集两标定圆心距，每个标距测量 3 次，每次测定的引伸计标距相对误差均应满足表 1 的要求。

视频引伸计标距相对误差按公式 (1) 计算

$$q_{L_c} = \frac{L'_c - L_c}{L_c} \times 100\% \quad (1)$$

式中： $q_{L_c}$ —视频引伸计标距相对误差，%



$L'_c$ —视频引伸计的测量值, mm

$L_c$ —标距样板的标准值, mm

视频引伸计具有多个标距可在引伸计测量范围内根据客户需要, 分别选择标距 10mm、25mm、50mm、100mm 等的标距进行校准。

### 7.2.3 分辨力的校准

绝对分辨力  $r$  是从视频引伸计的指示装置上能读取的最小量值。相对分辨力是从仪器上能读取的最小量值  $r$  与视频引伸计指示的位移  $l_i$  之比值。目测检查并计算引伸计的分辨力, 其结果应满足表 1 的要求。

### 7.2.4 示值误差的校准

#### 7.2.4.1 校准点选择

在测量范围的下限至测量范围上限一般不少于 10 个校准点 (不包括零点), 尽量采取均匀分布。测量范围下限一般为指示仪分辨率的 100 倍, 对用于测量规定非比例延伸强度 (或规定非比例压缩强度) 的引伸计, 测量范围下限一般不应超过视频引伸计标距的 0.2%。

#### 7.2.4.2 校准方法

在试验机底座上安装视频引伸计标定器, 放置足够长时间达到稳定温度, 调节视频引伸计焦距, 使得上下两个标定样板在图像采集系统中清晰成像, 在上下两个标定板同一轴线选取两个标定点, 将两标定点圆心距调整为视频引伸计标距长度, 记录采集系统示值 A, 标定器示值清零, 根据选定的校准点调整视频引伸计标定器位移, 再次记录采集系统示值 B, 则 B-A 作为引伸计在该校准点的测量值, 直至测量范围上限, 达到校准范围的最大位移时, 再返回到零位, 重复测量 3 次。

视频引伸计示值绝对误差按公式 (2) 计算, 示值相对误差按公式 (3) 计算:

$$q_1 = l_i - l_t \quad (2)$$

$$q_2 = \frac{l_i - l_t}{l_t} \times 100\% \quad (3)$$

式中:  $q_1$ —视频引伸计示值绝对误差,  $\mu\text{m}$ ;

$q_2$ —视频引伸计示值相对误差, %;

$l_i$ —视频引伸计在每个校准点 3 次测量示值的算术平均值, mm;

$l_t$ —视频引伸计标定器给出的位移值, mm。

### 7.2.5 进回程相对误差校准

需要时, 应对视频引伸计进回程同时进行校准。(例如以滞后环法测定规定非比例延伸强度  $R_p$  或测定规定残余延伸强度  $R_r$  用引伸计)。校准时, 在 7.2.4 中规定的每组测量的过程中, 应先从零位以进

程逐点施加到测量范围的最大位移,再以回程逐点返回到零位,如此进行三次测量。校准范围的最大值一般取所校准引伸计标距的 2%。

视频引伸计的示值进回程相对误差  $u$  按公式(3)计算

$$u = \frac{l_i' - l_i}{l_i} \times 100\% \quad (3)$$

式中:  $u$  ——视频引伸计示值进回程相对误差, %;

$l_i'$  ——同一校准点视频引伸计指示的回程位移示值, mm;

$l_i$  ——同一校准点视频引伸计指示的进程位移示值, mm。

## 8 校准结果表达

校准原始记录应包含的内容见附录A。校准结果应在校准证书上反应。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,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受日期;
- 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或等效标识;
- n. 校准结果仅对被校对象有效的声明;

未经实验室书面批准,不得部分复制证书的声明。

## 9 复校周期

建议复校周期为1年。视频引伸计使用频繁时应适当缩短周期,在使用过程中视频引伸计经过修理、更换重要部件的需要重新校准。

## 附录 A

## 校准原始记录参考格式

中心编号/证书编号:

校准日期:

送检单位:

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			
外观检查		制造厂			
标距		最大变形量			
准确度等级					
校准地点		环境条件	℃	%RH	
标准器信息					
标准器名称	标准器型号	编号	准确度等级	证书编号	有效期

视频引伸计 标距标准值/mm	视频引伸计标距测量值/mm			视频引伸计标距相对误差/%				
	1	2	3	1	2	3		
校准 点/mm	视频引伸计示值/mm					视频引伸计示值误差		
	进程				回程	绝对误差/ $\mu\text{m}$	相对误差/%	示值进回程 误差/%
	1	2	3	平均值	3			

校准人:

核验人:

## 附录 B

## 校准证书内页参考格式

校准证书编号: ××××

校准机构授权说明				
校准环境条件及地点:				
温度	℃	地点		
相对湿度	%	其他		
校准所依据的技术文件(代号、名称): JJFZ (有色金属) ××××-20×× 《材料力学性能测试用非接触式视频引伸计的校准规范》				
校准所使用的主要测量标准:				
名称	测量范围	不确定度/ 准确度等级	检定/校准 证书编号	证书有效期至

注:

1. ×××× 仅对加盖“××××校准专业章”的完整证书负责。
2. 本证书的校准结果仅对所校准的对象有效。
3. 未经实验室书面批准, 不得部分复印证书。

校准证书编号: ××××

校准数据/结果				
外观检查				
准确度等级		分辨力		
视频引伸计标距 $L_c(\text{mm})$		最大变形量 (mm)		
视频引伸计标距 相对误差/%				
标定器位移	视频引伸计示值 绝对误差/mm	视频引伸计示 值相对误差/%	扩展不确定度 $U/ (k=2)$	视频引伸计示值进 回程相对误差/%

……以下空白……

校准结果不确定度的评估和表述均符合 JJF 1059.1 的要求。

敬告:

1. 被校准仪器修理后, 应立即进行校准。
2. 在使用过程中, 如对被校准仪器的技术指标产生怀疑, 请重新校准。
3. 根据客户要求和校准文件的规定, 通常情况下\_\_\_\_\_个月校准一次。

校准员:

核验员:

## 附录 C

### 视频引伸计示值误差测量结果不确定度评定示例

#### C.1 概述

视频引伸计的示值误差为直接测量量，用相应测量器具直接测量，取多次测量值的平均值作为测量结果。本附录以视频引伸计示值误差为示例，对其进行测量不确定度评定。其他校准项目可参照本附录作类似评定。

##### C.1.1 测量依据

依据本规范 7.2.4。

##### C.1.2 被测对象

选用非接触式视频引伸计为被测对象，标距为 50mm，最大变形量为 10mm，准确度等级为 0.5 级。

##### C.1.3 测量方法及主要设备

采用一种新型 0.2 级的视频引伸计自动标定器,主要参数为最小分度 0.0001mm；校准不超过 1/3mm 时采用绝对误差  $MPE=\pm 0.5 \mu m$ ；校准范围超过 1/3mm 时采用相对误差  $MPE=\pm 0.15\%$ 。

用标定器递增的方式分别在位移值为：0.2mm 和 10.0mm 进行重复测量 10 次。

## C.2 测量模型及不确定度来源分析

### C.2.1 测量模型

$$\delta = H_y - H_b$$

式中： $\delta$ —被校视频引伸计示值误差；

$H_y$ —被校视频引伸计 3 次测量示值算术平均值；

$H_b$ —视频引伸计标定器示值。

输入量各分量彼此之间相互独立不相关：

方差：

$$u_c^2(\delta) = c_1^2 u^2(H_y) + c_2^2 u^2(H_b)$$

灵敏度系数： $c_1 = \partial \delta / \partial H_y = 1$

$$c_2 = \partial \delta / \partial H_b = -1$$

### C.2.2 测量结果不确定度的主要来源分析

视频引伸计示值误差测量结果不确定度的主要来源:

- (1) 被测设备的示值测量重复性引入的不确定度;
- (2) 被测设备示值分辨力引入的不确定度;
- (3) 视频引伸计标定器示值偏差引入的不确定分量;
- (4) 视频引伸计标定器分辨力  $r$  引入的标准不确定度。

### C.3 视频引伸计示值误差测量不确定度的评定

#### C3.1 输入量 $H_y$ 的标准不确定度 $u(H_{y1})$ 的评定

(1) 视频引伸计重复性的标准不确定度  $u(H_{y1})$  可以通过连续测量得出测量数列 (采用A类评定), 对引伸计各校准点重复性测量10次, 引伸计示指重复性的标准不确定度。由测量数据计算实验偏差,

$$s(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (n=10)$$

$$s(0.2) = 0.0005 \text{ mm}$$

$$s(10) = 0.0122 \text{ mm}$$

但在实际测量中重复测量3次, 以其平均值作为测量结果,

$$\text{可得到: } u(H_{y1}) = s(x) / \sqrt{3}$$

$$0.2 \text{ mm 的 } u(H_{y1}) = s(x) / \sqrt{3} = 0.29 \mu\text{m}$$

$$10 \text{ mm 的 } u(H_{y1}) = s(x) / \sqrt{3} = 7.04 \mu\text{m}$$

(2) 视频引伸计分辨力  $r$  引入的标准不确定度  $u(H_{y2})$

根据视频引伸计0.5级引伸计绝对分辨力  $0.5 \mu\text{m}$ 、相对分辨力为0.25%, 视频引伸计分辨力引入示值的标准不确定度:

$$0.2 \text{ mm 的 } u(H_{y2}) = r / (2 \times \sqrt{3}) = 0.14 \mu\text{m}$$

$$10 \text{ mm 的 } u(H_{y2}) = r / (2 \times \sqrt{3}) = 7.2 \mu\text{m}$$

重复性和分辨力引入的不确定度取较大者，所以输入量 $H_y$ 的标准不确定度为：

$$0.2\text{mm的}u(H_y)=0.29\mu\text{m}$$

$$10\text{mm的}u(H_y)=7.2\mu\text{m}$$

### C3.2 输入量 $H_b$ 的标准不确定度 $u(H_b)$ 的评定

其包括：视频引伸计标定器示值偏差引入的不确定度分量  $u(H_{b1})$ ；视频引伸计标定器分辨力引入的不确定度分量  $u(H_{b2})$ 。

(1) 视频引伸计标定器示值偏差引入的不确定分量  $u(H_{b1})$

依据本校准规范视频引伸计标定器校准装置允许误差  $W$ ，服从均匀分布， $k$  取 $\sqrt{3}$ ，则视频引伸计标定器示值偏差引入的不确定度分量：

$$u(H_{b1})=W/\sqrt{3}$$

$$0.2\text{mm的}u(H_{b1})=0.289\mu\text{m}$$

$$10\text{mm的}u(H_{b1})=8.66\mu\text{m}$$

(2) 视频引伸计标定器分辨力 $r$ 引入的标准不确定度  $u(H_{b2})$

根据 0.2 级视频引伸计标定器绝对分辨力  $0.1 \mu\text{m}$ 、相对分辨力 0.05%，引伸计标定器分辨力引入示值的标准不确定度：

$$u(H_{b2})=r/(2 \times \sqrt{3})$$

$$0.2\text{mm的}u(H_{b2})=0.029\mu\text{m}$$

$$10\text{mm的}u(H_{b2})=1.44\mu\text{m}$$

(3) 输入量的标准不确定度  $u(H_b)$

$$u(H_b)=\sqrt{u(H_{b1})^2+u(H_{b2})^2}$$

$$0.2\text{mm的}u(H_b)=0.29\mu\text{m}$$

$$10\text{mm的}u(H_b)=8.78\mu\text{m}$$



## C3.3 各输入量标准不确定度汇总表(见下表)

标准不确定度分量	不确定度来源	0.2mm		10mm		$c_i$
		不确定度分量	标准不确定度	不确定度分量	标准不确定度	
$u(H_y)$	输入量引入的不确定度		0.29 $\mu\text{m}$		7.2 $\mu\text{m}$	1
$u(H_{y1})$	测量重复性引入的分量	0.29 $\mu\text{m}$		7.04 $\mu\text{m}$		
$u(H_{y2})$	分辨力引入的分量	0.14 $\mu\text{m}$		7.2 $\mu\text{m}$		
$u_r(H_b)$	标准器引入的不确定度		0.29 $\mu\text{m}$		8.78 $\mu\text{m}$	-1
$u(H_{b1})$	标准器最大允许误差引入的分量	0.289 $\mu\text{m}$		8.66 $\mu\text{m}$		
$u(H_{b2})$	标准器分辨力引入的分量	0.029 $\mu\text{m}$		1.44 $\mu\text{m}$		

## C3.4 合成标准不确定度

$$\text{合成不确定度: } u(\delta) = \sqrt{u(H_y)^2 + u(H_b)^2}$$

合成标准不确定度	标准不确定度分量	不确定度来源	0.2mm 标准不确定度	10mm 标准不确定度	$c_i$
	$u(H_y)$	输入量引入的不确定度	0.29 $\mu\text{m}$	7.2 $\mu\text{m}$	1
	$u_r(H_b)$	标准器引入的不确定度	0.29 $\mu\text{m}$	8.78 $\mu\text{m}$	-1
$u(\delta)$			0.41 $\mu\text{m}$	11.35 $\mu\text{m}$	

## C3.5 扩展不确定度

包含因子  $k=2$ , 则  $U = k \times u(\delta)$

0.2mm 示值误差的扩展不确定度  $U=0.82\mu\text{m}$ ,  $k=2$ ;

10mm 示值误差的扩展不确定度  $U=0.23\%$ ,  $k=2$ ;