

# 湖北省地方计量技术规范

JJF (鄂) XXXX—202x

## 大变形引伸计校准规范

Calibration Specification for Large Deformation Extensometer

(征求意见稿)

202x-xx-xx 发布

202x-xx-xx 实施

湖北省市场监督管理局 发布



# 大变形引伸计校准规范

Calibration Specification for

Large Deformation Extensometer

JJF (鄂) XXXX-201X

归口单位：湖北省市场监督管理局

主要起草单位：湖北省计量测试技术研究院

参加起草单位：湖北万测试验设备有限公司

本规范委托湖北省计量测试技术研究院负责解释

**本规范主要起草人：**

- 包 福（湖北省计量测试技术研究院）
- 王 昱（湖北省计量测试技术研究院）
- 钟 辛（湖北万测试验设备有限公司）
- 万映翥（湖北省计量测试技术研究院）

**参加起草人：**

- 张 毅（湖北省计量测试技术研究院）
- 彭 煜（湖北省计量测试技术研究院）
- 陈 露（湖北省计量测试技术研究院）
- 王 默（湖北省计量测试技术研究院）

# 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
5 校准条件 .....	3
5.1 环境条件 .....	3
5.2 校准用的标准设备 .....	3
6 校准项目和校准方法 .....	4
6.1 校准项目 .....	4
6.2 校准方法 .....	4
7 校准结果表达 .....	8
8 复校时间间隔 .....	9
附录 A 大变形引伸计校准原始记录参照格式 .....	10
附录 B 大变形引伸计示值误差测量不确定度评定方法和示例 1 .....	12
附录 C 大变形引伸计示值误差测量不确定度评定方法和示例 2 .....	16
附录 D 视频引伸计 .....	21
附录 E 激光引伸计 .....	22

## 引 言

本规范根据 JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》、JJF1001《通用计量术语及定义》、JJF1059.1《测量不确定度评定与表示》规定的规则编写。

本规范在制定过程中充分考虑了 JJG 762—2007《引伸计检定规程》、JJG 475—2008《电子万能试验机检定规程》、GB/T1040.1—2006《塑料 拉伸性能的测定 第1部分：总则》、GB/T 12160—2019《金属材料 单轴试验用引伸计系统的标定》等有关标准的术语、符号与定义，以及相关的技术要求、技术指标和测试方法。本规范给出了大变形引伸计计量特性的具体校准条件、校准项目和校准方法。

本规范系首次发布。

# 大变形引伸计校准规范

## 1 范围

本规范主要适用于接触式大变形引伸计的校准。其他测量原理类似的大变形引伸计可参照本规范进行校准。

## 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 475—2008 电子万能试验机检定规程

JJG 762—2007 引伸计检定规程

GB/T 1040.1—2006 塑料 拉伸性能的测定 第1部分：总则

GB/T 12160—2019 金属材料 单轴试验用引伸计的校准

ISO 9513: 2012 金属材料 单轴试验用引伸计的校准

(ISO 9513: 2012 Metallic materials-Calibration extensometers in uniaxial testing)

ASTM E83-23 引伸计系统的标定与分级系统标准方法

(ASTM E83-23 Standard Practice for Verification and Classification of Extensometer Systems)

凡是注明日期的引用文件，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

3.1 引伸计是试验机对试样施加轴向力时，测量试样线变形的装置，包括测量、指示或记录系统。根据结构特点，分为接触式和非接触式两种。接触式引伸计，如电阻应变式、电感式引伸计、机械电子式引伸计等；非接触式引伸计，如视频引伸计、激光引伸计等，其工作需配备相应的放大器、计算机或指示装置能自动记录或显示所测位移示值。

3.2 本规范的大变形引伸计主要用于测量非金属及形变量很大的塑性材料，变形

量一般达到 20mm 至 1000mm(或更大), 比如橡胶、塑料薄膜、电缆外套等产品, 这些材料的伸长率通常大于 100%, 甚至大于 1000%。为方便表述, 下文中的大变形引伸计简称为“引伸计”。

3.3 校准引伸计时, 必须包括与其配套的整个测量系统。引伸计校准时, 应获得引伸计系统最终位移量值的信息。对引伸计的校准, 就是将引伸计的读数与标定器给定的已知长度的变化量进行比较, 并对引伸计进行分级来确定引伸计的准确度, 以满足相关力学标准和试验方法对引伸计的要求, 保证材料性能的试验结果的正确。

3.4 接触式引伸计的常见结构图见图 1。

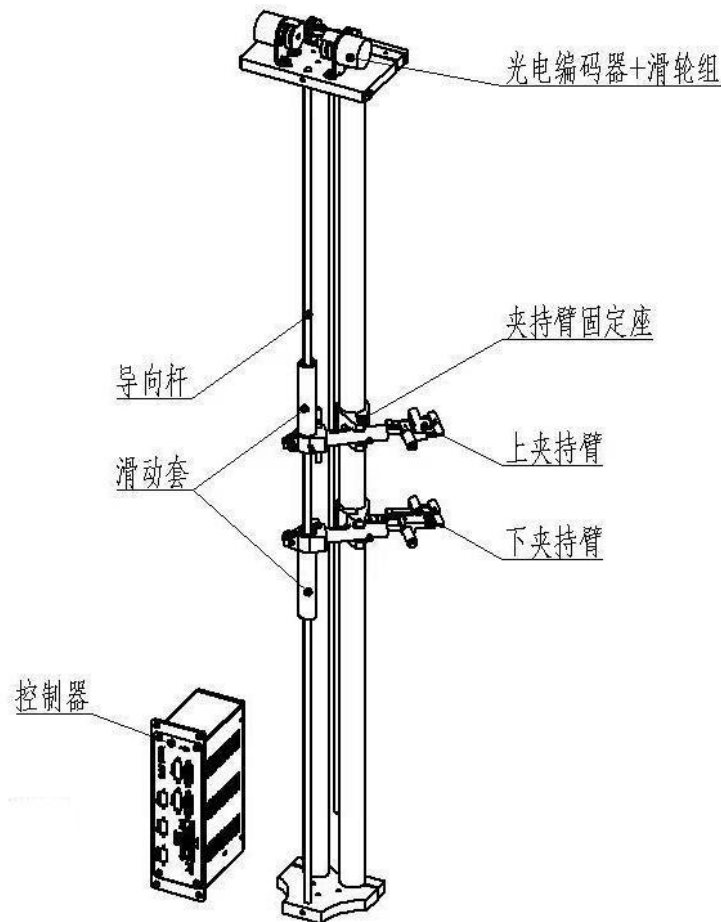


图 1 接触式引伸计的结构图

## 4 计量特性

4.1 引伸计分级及计量特性见表 1:



表 1 引伸计分级及计量特性

级别	标距相对误差 $q_{L_e}$ (%)	相对分辨力 $a$ (%)	最大允许误差 $\Delta_{Dr}$ 、 $\Delta_D$ (%)	进回程示值误差 $u$ (%)
0.2	$\pm 0.2$	0.10	$\pm 0.20$	$\pm 0.30$
0.5	$\pm 0.5$	0.25	$\pm 0.50$	$\pm 0.75$
1	$\pm 1.0$	0.5	$\pm 1.0$	$\pm 1.5$
2	$\pm 2.0$	1.0	$\pm 2.0$	$\pm 3.0$

注：以上计量特性条文中所列出的指标不是用于合格性判别，仅供参考。

4.2 各级别引伸计校准范围，应根据用户需要或被测材料性能要求来确定。在引伸计全量程内可以分多个测量范围进行校准。

## 5 校准条件

### 5.1 环境条件

5.1.1 温度：校准温度范围应为  $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，校准时的温度应稳定，温度变化不应超过  $2^{\circ}\text{C}$ ，校准过程不允许有影响引伸计校准结果的空气对流。

对  $10^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$  温度范围内试验用引伸计，如有条件，也可在试验温度或接近试验温度下进行校准。

5.1.2 湿度：不大于 80%RH；

5.1.3 引伸计和标准设备应在同一室温放置不少于 30min 的时间，待温度平衡后再进行校准。

### 5.2 校准用的标准设备

5.2.1 测量引伸计底座的水平仪，其水平度分度值不大于  $0.02\text{mm/m}$ 。

5.2.1 测量引伸计标距用的通用卡尺或工具显微镜，其最大允许误差不应大于引伸计标距最大允许误差的  $1/3$ 。

5.2.2 测量引伸计示值的标准设备包括：拉线位移传感器、高度尺、光栅位移计、百分表、千分表或其他符合要求的位移测量装置。

注：根据被校准引伸计使用范围及其误差范围选择合适的位移测量标准设备，其不确定度应不大于引伸计等级所对应的最大允许误差的  $1/3$ 。

## 6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目见表 2。

表 2 校准项目一览表

序号	校准项目	校准方法
1	标距	6.2.2
2	相对分辨力	6.2.3
3	示值误差	6.2.4
4	进回程示值误差*	6.2.5
“*”为根据客户的需要校准的项目		

## 6.2 校准方法

### 6.2.1 通用技术要求

6.2.1.1 引伸计应有铭牌，铭牌上应标明产品名称、规格型号、制造厂名、出厂编号。

6.2.1.2 引伸计应安装在稳固的基础上，其底座的安装水平度不应超过 0.2/1000，其工作环境应清洁，周围无明显振动、无腐蚀性介质，电源电压的变化在额定电压的 ±10% 以内。

6.2.1.3 在对引伸计校准之前，应对参与应变测量的部件进行检查，例如，引伸计及其附件不应有明显的机械损伤；刀刃、轴尖等设定标距的结构不应有明显磨损；指示装置和测量机构不应有影响测量结果的缺陷。

6.2.1.4 引伸计的上夹持臂、下夹持臂在导向杆上能平滑移动，两夹持臂之间的距离应能调整，以适合不同长度的试样。

### 6.2.2 标距的校准

对于可直接测定标距的引伸计，测量时应在完成安装的准备工作后，直接测定其标距。不能直接测量时，可将引伸计安装在软性塑性试样上，测量引伸计刀刃或轴尖在试样留下印痕间的距离，每个标距重复测量 3 次。引伸计标距相对误差按公式 (1) 计算。

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

式中:

$q_{L_c}$  ——引伸计标距相对误差, %;

$L'_c$  ——引伸计标距测量值, mm;

$L_c$  ——引伸计标距标准值, mm。

当引伸计具有多个标距时,应分别对每个标距进行校准。对于以试样确定标距的引伸计,被测试样标距的相对误差应与待用引伸计相应级别的允许误差相符。

### 6.2.3 相对分辨力的校准

6.2.3.1 分辨力,是从仪器上能读取的最小量值。对于有模拟指示表的引伸计,应从指针的宽度与两个相邻刻度标记(刻度值)中心到中心的距离之比,再乘以一个刻度增量代表的物理尺寸,来确定指示器的分辨力。分辨力不得低于一个刻度值代表物理尺寸的五分之一,除非两个相邻标记之间的距离大于或等于 2.5 mm,在这种情况下分辨力可以小到一个刻度值的十分之一。

6.2.3.2 对于有电子显示器的引伸计,输出应持续 10s 并记录最大值和最小值。观测的最大值和最小值的差值的一半为分辨力并记录;当最大值和最小值相等时,分辨力应为显示的一个数字。

### 6.2.3.3 相对分辨力

相对分辨力  $a$  按公式 (2) 计算:

$$a = \frac{r}{D_L} \times 100\% \quad (2)$$

式中:

$r$  ——引伸计的分辨力, mm;

$D_L$  ——引伸计的测量范围的下限值, mm。

注:引伸计的测量范围的下限根据客户使用实际或使用说明书确定,若没有明确要求,则用分辨力的倍数确定:

0.2 级或 0.5 级引伸计:  $400 \times r$ ;

1 级引伸计:  $200 \times r$ ;

2 级引伸计:  $100 \times r$ 。

## 6.2.4 示值误差的校准

采用引伸计上夹持臂、下夹持臂分开校准的方法。根据位移测量标准设备能否主动产生匀速位移，分为两种校准方法：（1）当标准设备可主动产生匀速位移（或近似匀速位移），可参照 6.2.4.1 进行校准；（2）当标准设备需依附其他设备方可产生匀速位移（或近似匀速位移），比如标准设备为拉线位移传感器时，可参考 6.2.4.2 进行校准。

### 6.2.4.1 通用操作和测量过程

1) 在系统启动且未施加负载的情况下对本项目进行校准。在位移的测量范围内，大致均匀选择不少于 8 个校准点（客户有明确要求时，按其要求选取校准点），尽可能根据实际使用情况分配，采取相对的均匀分布。

2) 将位移测量标准设备固定在合适的位置，固定引伸计的下夹持臂保持不动，将引伸计的上夹持臂和位移测量标准设备的移动点连接，形成一个整体部分，调整零点，控制该整体部分进行上下移动（该整体部分的移动方向应与实际拉伸方向一致），缓慢匀速移动（最大速度不超过 500mm/min）至设定值，分别记录引伸计位移示值及位移测量标准设备示值。校准前，需对引伸计预加对应于该引伸计测量范围的两次位移，再返回到零位。校准时，每个校准点重复测量 3 次。

3) 同理，固定引伸计的上夹持臂保持不动，将引伸计的下夹持臂和位移测量标准设备的移动点连接（形成一个整体部分），其他步骤同“2）”。

引伸计上夹持臂和下夹持臂的相对误差 $\Delta_{Dr}$ 分别按公式（3）计算：

$$\Delta_{Dr} = \frac{\bar{D}_i - D}{D} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

$\Delta_{Dr}$ ——引伸计上夹持臂或下夹持臂的示值相对误差，%；

$\bar{D}_i$ ——第 i 个校准点引伸计 3 次测量示值的算术平均值，mm；

$D$ ——标准设备位移测量示值，mm。

引伸计的相对误差 $\Delta_D$ 分别按公式（4）计算：

$$\Delta_D = \Delta_{Dr上} - \Delta_{Dr下} \quad (4)$$

$\Delta_D$ ——引伸计的相对误差，%；

$\Delta_{Dr上}$ ——引伸计上夹持臂的示值相对误差中，其绝对值最大的代数值，%；

$\Delta_{Dr下}$ ——引伸计下夹持臂的示值相对误差中，其绝对值最大的代数值，%。

引伸计上夹持臂的相对误差、引伸计下夹持臂的相对误差、引伸计的相对误差等三项校准结果均参照表 3 的要求，以判定引伸计的级别。

#### 6.2.4.2 标准设备为拉线位移传感器的校准方法

1) 在系统启动且未施加负载的情况下对本项目进行校准。在位移的测量范围内，大致均匀选择不少于 8 个校准点（客户有明确要求时，按其要求选取校准点），应根据实际使用情况分配，采取相对的均匀分布。

2) 固定引伸计的下夹持臂保持不动，引伸计的上夹持臂与试验机横梁连接；再将拉线位移传感器的底端固定在试验机的底部，拉线的上端吸附在试验机横梁上，通过控制试验机横梁进行上下竖直移动（试验机横梁位移的方向应与实际拉伸方向一致），引伸计和拉线位移传感器同时产生位移量变化的数据。调整零点，匀速缓慢将试验机横梁移动至设定值（最大速度不超过 500mm/min），分别记录引伸计位移示值及位移测量标准设备示值。校准前，需对引伸计预加对应于该引伸计测量范围的两次位移，再返回到零位。校准时，每个校准点重复测量 3 次。

3) 同理，固定引伸计的上夹持臂保持不动，引伸计的下夹持臂与试验机横梁连接，其他步骤同“2）”。

引伸计上夹持臂和引伸计下夹持臂的相对误差 $\Delta_{Dr}$ 分别按公式（5）计算：

$$\Delta_{Dr} = \frac{\bar{D}_i - D}{D} \times 100\% \quad (5)$$

式中：

$\Delta_{Dr}$ ——引伸计上夹持臂或引伸计下夹持臂的示值相对误差，%；

$\bar{D}_i$ ——第 i 个校准点引伸计 3 次测量示值的算术平均值，mm；

$D$ ——标准设备位移测量示值，mm。

引伸计的相对误差 $\Delta_D$ 分别按公式（6）计算：

$$\Delta_D = \Delta_{Dr上} - \Delta_{Dr下} \quad (6)$$

$\Delta_{Dr上}$ ——引伸计上夹持臂的示值相对误差中，其绝对值最大的代数值，%；

$\Delta_{Dr下}$ ——引伸计下夹持臂的示值相对误差中，其绝对值最大的代数值，%。

引伸计上夹持臂的相对误差、引伸计下夹持臂的相对误差、引伸计的相对误差等三项校准结果均参照表 3 的要求，以判定引伸计的级别。

### 6.2.5 进回程示值误差的校准

需要时，应对引伸计的进回程同时进行校准。校准时，在进行 6.2.4 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，如此进行三组测量。具体进回程检定应根据实际引伸计适用的试验方法要求进行。

引伸计的示值进回程相对误差  $u$  按公式 (7) 计算：

$$u = \frac{\overline{D}_i - \overline{D}_i}{D} \times 100\% \quad (7)$$

式中：

$u$ ——引伸计示值进回程相对误差，%；

$\overline{D}_i$ ——第  $i$  个校准点引伸计测量的回程位移示值的算术平均值，mm；

$\overline{D}_i$ ——同一校准点引伸计指示的进程位移示值的算术平均值，mm；

$D$ ——标准设备位移测量示值，mm。

## 7 校准结果表达

校准结果应在校准证书或校准报告上反映。校准证书或校准报告应至少包括如下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的详细地点；
- d) 证书的编号、页码及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 标准设备的描述和明确标识：器具名称、型号/规格及编号、生产厂商等；

- g) 校准日期和必要时的样品接受日期;
- h) 校准所依据的技术规范名称及代号;
- i) 本次校准所用主要测量标准设备名称、型号、编号、测量范围、准确度等级或不确定度或最大允许误差、证书编号及有效期;
- j) 校准时的环境温度、相对湿度;
- k) 校准结果及其测量不确定度的说明;
- l) 对校准规范的偏离的说明;
- m) 校准证书的校准人、核验人和批准人签名、职务;
- n) 校准结果仅对被校测功装置本次测量有效的声明;
- o) 未经实验室书面批准, 部分复制证书无效的声明。

## 8 复校时间间隔

复校时间间隔由客户根据实际使用情况自行确定, 建议不超过 1 年。如果对仪器的校准数据有怀疑或更换主要部件及修理后应重新校准。

## 附录 A

## 大变形引伸计校准原始记录参照格式

委托方		标准器名称	
仪器名称		测量范围	
型 号		溯源机构	
出厂编号			
制 造 厂		标准器型号规格	
出厂级别		标准器编号	
标 距		标准器证书号	
最大变形量		标准器有效期	
校准范围		标准器状态	<input type="checkbox"/> 正常/ <input type="checkbox"/> 不正常
校准地点		校准依据	JJF XXXX (鄂) -201X《大变形引伸计校准规范》
温 度		准确度等级/最大允许 误差/不确定度	
湿 度			

## 1. 相对分辨力

相对分辨力  $a$ : \_\_\_\_\_

## 2. 标距

标距 (mm)	标距测量值(mm)			标距相对误差(%)			扩展不确定度 $U$

## 3. 示值校准

## (1) 大变形引伸计上夹持臂

标准位移值 $D$ (mm)	大变形引伸计示值 $D_i$ (mm)						示值平均 值 $\bar{D}_i$ (mm) (回程)	相对误 差 $\Delta_{Dr}$ (%)	示值平 均值 $\bar{D}_i$ (mm) (回程)	进回程示 值误差 $u$ (%)	扩展 不确 定度 $U$
	进 程			回 程							
	1	2	3	1	2	3					




## (2) 大变形引伸计下夹持臂

位移标准值 $D$ (mm)	大变形引伸计示值 $D_i$ (mm)						示值平均 值 $\bar{D}_i$ (mm) (回程)	相对误 差 $\Delta_{Dr}$ (%)	示值平 均值 $\bar{D}_i$ (mm) (回程)	进回程示 值误差 $u$ (%)	扩展 不确 定度 $U$
	进程			回程							
	1	2	3	1	2	3					

(3) 引伸计的相对误差  $\Delta_D$ : \_\_\_\_\_

校准人员: \_\_\_\_\_ 核验人员: \_\_\_\_\_ 校准日期: \_\_\_\_\_

## 附录 B

## 大变形引伸计示值误差测量不确定度评定方法和示例 1

## B.1 概述

B.1.1 校准依据：JJF (鄂) xxx-202x 《大变形引伸计校准规范》。

B.1.2 环境条件：温度 (23±5) °C，湿度不大于 80%RH。

B.1.3 测量标准：高度尺。

B.1.4 被测对象：大变形引伸计。

B.1.5 测量过程：采用引伸计上夹持臂、下夹持臂分开校准的方法。先将位移测量标准设备固定在合适的位置，固定引伸计的下夹持臂保持不动，将引伸计的上夹持臂和位移测量标准设备的移动点连接，形成一个整体部分，调整零点，控制该整体部分进行上下竖直移动，匀速缓慢移动（最大速度不超过 500mm/min）至设定值，分别记录引伸计位移示值及位移测量标准设备示值。采取相对均匀分布选择不少于 8 个校准点，每个校准点重复测量 3 次。同理，固定引伸计的上夹持臂保持不动，完成下夹持臂的校准。

## B.2 测量模型

$$\delta = \bar{L} - L$$

式中： $\delta$ —大变形引伸计的示值误差；

$\bar{L}$ —大变形引伸计多次示值的算术平均值；

$L$ —拉线位移传感器的标准值。

## B.3 不确定度传播率

$$u_c(\delta) = \sqrt{\left[\frac{\partial \delta}{\partial \bar{L}}\right]^2 u^2(\bar{L}) + \left[\frac{\partial \delta}{\partial L}\right]^2 u^2(L)}$$

由于 $\bar{L}$ 与 $L$ 彼此独立，则式中灵敏系数 $c_1 = \frac{\partial(\delta)}{\partial(\bar{L})} = 1$ ,  $c_2 = \frac{\partial(\delta)}{\partial(L)} = -1$

故合成标准不确定度评定模型可简化为：

$$u_c(\delta) = \sqrt{u^2(\bar{L}) + u^2(L)}$$

## B.4 输入量标准不确定度的评定与不确定度分量

根据JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》，对上述公式所包含的物理量进行不确定度分析。

### B.4.1 大变形引伸计的重复性引入的标准不确定度分量 $u_1$

重复性引入的标准不确定度分量采用 A 类评定。根据测量数据，通过查正态分布的观测数据的极差系数  $C_n$  表，由极差法计算实验标准偏差：

$$s(x) = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{C_n}$$

实测情况是重复条件下连续测量 3 次得到的平均值作为测量结果，则由重复性引入的不确定度分量为：

$$u_1 = \frac{s(x)}{\sqrt{3}}$$

### B.4.2 大变形引伸计的读数分辨力引入的标准不确定度分量 $u_2$

读数分辨力引入的标准不确定度分量采用 B 类评定。大变形引伸计显示仪表分辨力为  $r$ ，其区间半宽度为  $r/2$ ，按均匀分布考虑，取  $k=\sqrt{3}$ ，其引入的标准不确定度分量为：

$$u_2 = \frac{r}{2\sqrt{3}}$$

### B.4.3 高度尺引入的标准不确定度分量 $u_3$

标准器引入的标准不确定度分量采用 B 类评定。根据溯源证书的信息知道高度尺的最大允许误差为  $\pm \Delta$ ，则半宽度  $a=\Delta$ ，按均匀分布考虑，取  $k=\sqrt{3}$ ，其引入的标准不确定度分量为：

$$u_3 = \frac{\Delta}{\sqrt{3}}$$

## B.5 合成标准不确定度的评定

表 B.1 标准不确定度分量汇总

序号	不确定度分量来源	评定方法	符号	灵敏系数
1	测量重复性	A 类	$u_1$	1

2	读数分辨力	B 类	$u_2$	1
3	标准器	B 类	$u_3$	-1

假定重复性测量引入的不确定度分量大于读数分辨力引入的不确定度分量, 则不考虑读数分辨力引入的不确定度分量, 则合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_3^2} = \sqrt{\left(\frac{L_{\max} - L_{\min}}{\sqrt{3}C_n}\right)^2 + \left(\frac{\Delta}{\sqrt{3}}\right)^2}$$

假定读数分辨力引入的不确定度分量大于重复性测量引入的不确定度分量, 则不考虑重复性测量引入的不确定度分量, 则合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{u_2^2 + u_3^2} = \sqrt{\left(\frac{r}{2\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta}{\sqrt{3}}\right)^2}$$

## B.6 扩展不确定度的评定

取包含因子 $k=2$ , 则扩展不确定度为:

$$U=2u_c$$

测量点为 $L$ 时, 相对扩展不确定度为:

$$U_{\text{rel}}= U/L \times 100\%$$

## B.7 不确定度评定举例

B.7.1 采用最大允许误差为 $\pm 0.07\text{mm}$ 的高度尺对大变形引伸计进行校准, 得到的试验数据见表 2。

表 B.2 不确定度评定实例校准数据

校准点/mm	大变形引伸计示值/mm			平均值/mm
20	20.04	20.03	20.05	20.04
50	50.15	50.12	50.31	50.19
100	100.22	100.11	100.52	100.28
200	200.43	200.30	201.03	200.59
400	400.97	400.27	401.60	400.95
600	601.31	600.77	602.59	601.56
800	802.05	800.84	802.84	801.91

1000	1002.87	1001.13	1003.67	1002.56
------	---------	---------	---------	---------

### B.7.2 不确定度分量的计算

采用三次测量得到的试验数据,极差系数  $C=1.69$ , 高度尺的最大允许误差为  $\pm 0.07\text{mm}$ ,大变形引伸计的示值分辨力为  $0.01\text{mm}$ ,根据各标准不确定度分量公式计算出不确定度分量  $u_1$ 、 $u_2$ 、 $u_3$ ,并计算出合成不确定度。标准不确定度分量、合成不确定度汇总见表 3。

表 B.3 相对不确定度分量、相对合成不确定度汇总表

校准点/mm	$u_1$	$u_2$	$u_3$	$u_c$
20	0.0068	0.0029	0.0404	0.0412
50	0.0649	0.0029	0.0404	0.0762
100	0.1401	0.0029	0.0404	0.1459
200	0.2494	0.0029	0.0404	0.2526
400	0.4544	0.0029	0.0404	0.4562
600	0.6218	0.0029	0.0404	0.6231
800	0.6833	0.0029	0.0404	0.6845
1000	0.8678	0.0029	0.0404	0.8687

### B.7.3 相对扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ , 则大变形引伸计示值误差测量结果的扩展不确定度计算结果见表 4。

表 B.4 扩展不确定度汇总表

校准点/mm	$U_{rel}$	$k$
20	0.4%	2
50	0.3%	2
100	0.3%	2
200	0.3%	2
400	0.2%	2
600	0.2%	2
800	0.2%	2
1000	0.2%	2

## 附录 C

## 大变形引伸计示值误差测量不确定度评定方法和示例 2

## C.1 概述

C.1.1 校准依据：JJF (鄂) xxx-202x 《大变形引伸计校准规范》。

C.1.2 环境条件：温度 (23±5) °C，湿度不大于 80%RH。

C.1.3 测量标准：拉线位移传感器。

C.1.4 被测对象：大变形引伸计。

C.1.5 测量过程：采用引伸计上夹持臂、下夹持臂分开校准的方法。先固定引伸计的下夹持臂保持不动，引伸计的上夹持臂与试验机横梁连接；再将拉线位移传感器的底端固定在试验机的底部，拉线的上端吸附在试验机横梁上，通过控制试验机横梁进行上下竖直移动，引伸计和拉线位移传感器同时产生位移量变化的数据。调整零点，匀速缓慢将试验机横梁移动至设定值（最大速度不超过 500mm/min），分别记录引伸计位移示值及位移测量标准设备示值。采取相对均匀分布选择不少于 8 个校准点，每个校准点重复测量 3 次。同理，固定引伸计的上夹持臂保持不动，完成下夹持臂的校准。

## C.2 测量模型

$$\delta = \bar{L} - L$$

式中： $\delta$ —大变形引伸计的示值误差；

$\bar{L}$ —大变形引伸计多次示值的算术平均值；

$L$ —拉线位移传感器的标准值。

## C.3 不确定度传播率

$$u_c(\delta) = \sqrt{\left[\frac{\partial\delta}{\partial\bar{L}}\right]^2 u^2(\bar{L}) + \left[\frac{\partial\delta}{\partial L}\right]^2 u^2(L)}$$

由于 $\bar{L}$ 与 $L$ 彼此独立，则式中灵敏系数 $c_1 = \frac{\partial(\delta)}{\partial(\bar{L})} = 1$ ,  $c_2 = \frac{\partial(\delta)}{\partial(L)} = -1$

故合成标准不确定度评定模型可简化为：

$$u_c(\delta) = \sqrt{u^2(L) + u^2(L)}$$

#### C.4 输入量标准不确定度的评定与不确定度分量

根据JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》，对上述公式所包含的物理量进行不确定度分析。

##### C.4.1 大变形引伸计的重复性引入的标准不确定度分量 $u_1$

重复性引入的标准不确定度分量采用 A 类评定。根据测量数据，通过查正态分布的观测数据的极差系数  $C_n$  表，由极差法计算实验标准偏差：

$$s(x) = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{C_n}$$

实测情况是重复条件下连续测量 3 次得到的平均值作为测量结果，则由重复性引入的不确定度分量为：

$$u_1 = \frac{s(x)}{\sqrt{3}}$$

##### C.4.2 大变形引伸计的读数分辨力引入的标准不确定度分量 $u_2$

读数分辨力引入的标准不确定度分量采用 B 类评定。大变形引伸计显示仪表分辨力为  $r$ ，其区间半宽度为  $r/2$ ，按均匀分布考虑，取  $k=\sqrt{3}$ ，其引入的标准不确定度分量为：

$$u_2 = \frac{r}{2\sqrt{3}}$$

##### C.4.3 拉线位移传感器不准引入的标准不确定度分量 $u_3$

标准器不准引入的标准不确定度分量采用 B 类评定。根据溯源证书的信息知道拉线位移传感器的扩展不确定度为  $u$ ，按正态分布考虑，取  $k=2$ ，其引入的标准不确定度分量为：

$$u_3 = \frac{u \cdot L}{2}$$

##### C.4.4 拉线位移传感器不垂直引入的标准不确定度分量 $u_4$

标准器不垂直引入的标准不确定度分量采用 B 类评定。拉线位移传感器在拉伸过程中应尽量保持垂直，但是在实际操作过程中，肉眼很难保证绝对的垂直，所以要考虑拉线位移传感器的不垂直所引入的影响量。根据经验值，拉线位移传感器拉伸方

向与竖直方向的夹角为 $\theta$ ，则引起的余弦误差为：

$$\delta = L(1 - \cos\theta)$$

按均匀分布考虑，取 $k=\sqrt{3}$ ，其引入的标准不确定度分量为：

$$u_4 = \frac{\delta}{\sqrt{3}}$$

### C.5 合成标准不确定度的评定

表 C.1 标准不确定度分量汇总

序号	不确定度分量来源	评定方法	符号	灵敏系数
1	测量重复性	A 类	$u_1$	1
2	读数分辨力	B 类	$u_2$	1
3	标准器不准	B 类	$u_3$	-1
4	标准器不垂直	B 类	$u_4$	-1

假定重复性测量引入的不确定度分量大于读数分辨力引入的不确定度分量，则不考虑读数分辨力引入的不确定度分量，则合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_3^2 + u_4^2} = \sqrt{\left(\frac{L_{\max} - L_{\min}}{\sqrt{3}C_n}\right)^2 + \left(\frac{u \cdot L}{2}\right)^2 + \left(\frac{L(1 - \cos\theta)}{\sqrt{3}}\right)^2}$$

假定读数分辨力引入的不确定度分量大于重复性测量引入的不确定度分量，则不考虑重复性测量引入的不确定度分量，则合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} = \sqrt{\left(\frac{r}{2\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{u \cdot L}{2}\right)^2 + \left(\frac{L(1 - \cos\theta)}{\sqrt{3}}\right)^2}$$

### C.6 扩展不确定度的评定

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U=2u_c$$

测量点为 $L$ 时，相对扩展不确定度为：

$$U_{\text{rel}}= U/L$$



## C.7 不确定度评定举例

C.7.1 采用扩展不确定度为  $U_{rel}=0.02\%$ ,  $k=2$  的拉线位移传感器对大变形引伸计进行校准, 得到的试验数据见表 2。

表 C.2 不确定度评定实例校准数据

校准点/mm	大变形引伸计示值/mm			平均值/mm
20	19.96	19.92	20.00	19.96
50	49.90	49.79	49.94	49.88
100	99.83	99.71	100.00	99.85
200	199.72	199.29	199.94	199.65
400	399.13	398.43	399.65	399.07
600	598.87	598.18	599.96	599.00
800	798.62	797.65	799.18	798.48
1000	998.29	996.79	998.52	997.87

### C.7.2 不确定度分量的计算

采用三次测量得到的试验数据, 极差系数  $C=1.69$ , 拉线位移传感器的扩展不确定度为  $U_{rel}=0.02\%$ ,  $k=2$ , 大变形引伸计的示值分辨力为  $0.01\text{mm}$ , 拉线位移传感器的不垂直导致的偏移角度为  $3^\circ$ , 根据各标准不确定度分量公式计算出不确定度分量  $u_1$ 、 $u_2$ 、 $u_3$ 、 $u_4$ , 并计算出合成不确定度。标准不确定度分量、合成不确定度汇总见表 3。

表 C.3 相对不确定度分量、相对合成不确定度汇总表

校准点/mm	$u_1$	$u_2$	$u_3$	$u_4$	$u_c$
20	0.0273	0.0029	0.0020	0.0158	0.0316
50	0.0512	0.0029	0.0050	0.0395	0.0648
100	0.0991	0.0029	0.0100	0.0790	0.1273
200	0.2221	0.0029	0.0200	0.1580	0.2733
400	0.4168	0.0029	0.0399	0.3158	0.5244
600	0.6081	0.0029	0.0599	0.4739	0.7733
800	0.5227	0.0029	0.0799	0.6319	0.8240
1000	0.5910	0.0029	0.0998	0.7899	0.9916

### C.7.3 相对扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ , 则大变形引伸计示值误差测量结果的扩展不确定度计算结果见

表 4。

表 C.4 扩展不确定度汇总表

校准点/mm	$U_{rel}$	$k$
20	0.3%	2
50	0.3%	2
100	0.3%	2
200	0.3%	2
400	0.3%	2
600	0.3%	2
800	0.2%	2
1000	0.2%	2

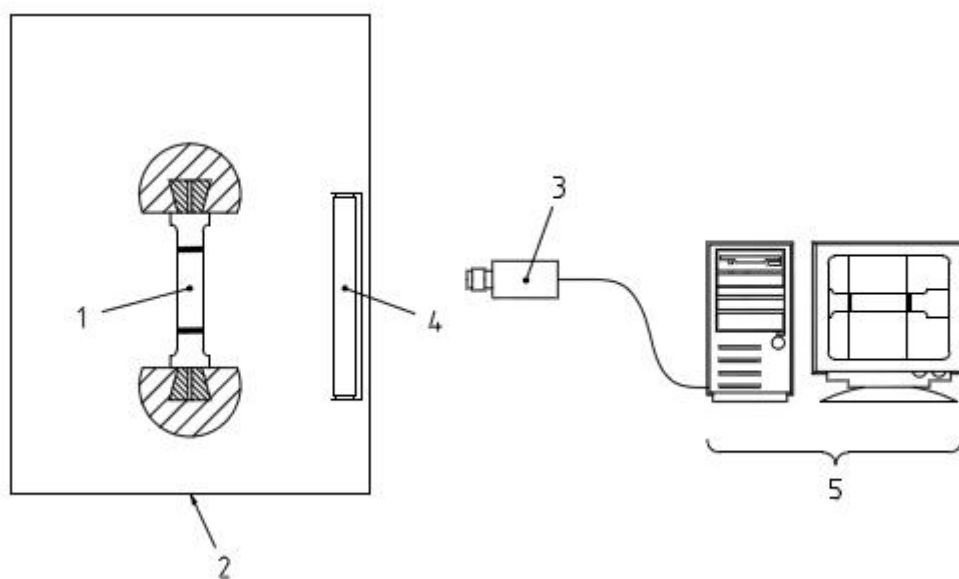
---

## 附录 D

## 视频引伸计

## D.1 视频引伸计的工作原理

一个视频引伸计系统包括至少一个光学系统摄像头和一个相应的图像处理系统（见图 D.1）。



1 有参考标记的试样、2 试验机、3 视频摄像头、4 光源、5 视频处理器

图 D.1 工作原理

依据不同试样的表面特征，试样表面可以应进行标记或不标记，试样被测量区域应与背景有较大反差，具有一定的图像对比度。可以用黑色或白色标记点或者不干胶贴纸的形式。这些标记之间的对比参考边缘的距离表示了初始长度；没有标记的试样通过软件调整确定特征点来表示初始长度。当受到设备拉伸或者压缩的影响而产生形变。在视频引伸计中，这种变化由一个或多个摄像头监控，并通过快速处理的视频信号转换成拉伸或压缩数据，然后进行数据采集，判定，计算，得出结果。

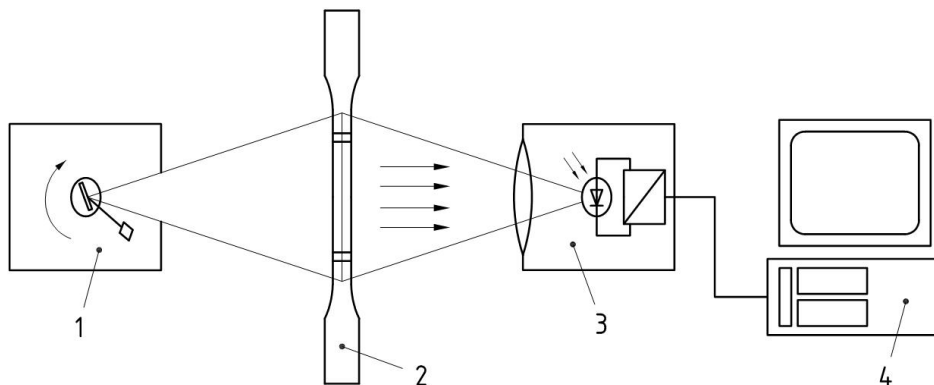
校准引伸计，可以使用常用的机械检定方法（引伸计标定器、量块、机械和光学传感器、干涉技术），通过设置和测量离散位置的测量带。另外，可以使用机械性定义“网格单元法”，它应用在网格间距已知的试样上的点。

## 附录 E

## 激光引伸计

## E.1 激光引伸计的工作原理

一束由旋转偏转器驱动的激光沿着涂有对比条纹的试样主轴线进行连续扫描，接收器将会检测到经由条纹漫射和反射到的激光信号（见图 E.1），引伸计软件系统可以识别激光散斑区域特征，通过软件自由设定初始标距，试样表面无需打标记。当受到拉伸或者压缩的影响而产生一定的形变。这种变化由一个或多个摄像头监控，并通过快速处理的视频信号转换成拉伸或压缩数据，然后进行数据采集、判定、计算、得出结果。



1 扫描器、2 涂有对比条纹的试样、3 接收器、4 PC 机

图 E.1 工作原理

首先，需要测量旋转偏振器的速度，利用测量出的速度，结合激光信号穿过两条条纹的时间，可以计算出两条纹之间的距离。

在试验开始之前，首先软件系统识别试样特征区域的初始标距点。测量到试样的初始标距。随着试验机工作，引伸计可以测量出特征点之间的变形量。这些测量结果可以是模拟量，也可以是数字量。

若使用可见光的激光扫描仪，扫描的范围可以用肉眼调节。对于编码，带状条纹，应通过喷涂或粉末喷洒于指定距离。

一般来说，与机械式位移检定方法一样，需要正确安装校准器具到试验机的加载链中。激光引伸计可通过常规方法进行标定（引伸计标定器、量块、机械和光学测量传感器、干涉测量法）。通过逐渐增加标定装置的可调节两端（或一端固定，一端可

调节)之间的距离,以实现引伸计的标定。测量误差是由扫描区域中的位置的绝对或相对误差确定的。