



安徽省地方计量技术规范

JJF (皖) 228—2024

导体伸长率试验仪校准规范

Calibration Specification for Conductor Percentage Elongation
Tester

2025-01-09 发布

2025-03-01 实施

安徽省市场监督管理局 发布

导体伸长率试验仪校准规范

Calibration Specification for Conductor
Percentage Elongation Tester

JJF (皖) 228—2025

归口单位：安徽省几何量计量技术委员会

主要起草单位：青阳县市场监督检验所

池州市计量测试所

安徽顺信线缆有限公司

参加起草单位：东至县市场监督检验所

本规范委托安徽省几何量计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

尹若磊（青阳县市场监督检验所）

徐 轩（青阳县市场监督检验所）

左 罗（池州市计量测试所）

吴金华（东至县市场监督检验所）

马克华（池州市计量测试所）

张 军（安徽顺信线缆有限公司）

参加起草人：

祁 远（青阳县市场监督检验所）

王乃国（安徽顺信线缆有限公司）

目 录

| | |
|-----------------------------|----|
| 引 言 | II |
| 1 范围 | 1 |
| 2 引用文件 | 1 |
| 3 术语和计量单位 | 1 |
| 3.1 标距 | 1 |
| 3.2 原始标距 | 1 |
| 3.3 伸长率 | 1 |
| 4 概述 | 1 |
| 5 计量特性 | 2 |
| 6 校准条件 | 2 |
| 6.1 环境条件 | 2 |
| 6.2 测量标准及其他设备 | 3 |
| 7 校准项目和校准方法 | 3 |
| 7.1 校准前准备 | 3 |
| 7.2 原始标距示值误差 | 3 |
| 7.3 原始标距测量值变动量 | 3 |
| 7.4 活动夹具可移动距离 | 4 |
| 7.5 活动夹具的移动速度 | 4 |
| 7.6 伸长率示值误差 | 4 |
| 7.7 拉力值各项允许误差 | 5 |
| 8 校准结果表达 | 6 |
| 9 复校时间间隔 | 7 |
| 附录 A 原始记录格式 (供参考) | 8 |
| 附录 B 校准证书内页格式 | 9 |
| 附录 C 伸长率示值误差的不确定度评定示例 | 11 |
| 附录 D 拉力值示值误差的不确定度评定示例 | 14 |

引 言

本规范以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》和JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》为基础规范进行制定。本规范主要参照了JJG 455-2000《工作测力仪》、GB/T 228.1-2021《金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法》、JB/T 4279.3-2008《漆包绕组线试验仪器设备检定方法（第3部份：伸长试验仪）》编制而成。

本规范为首次制定。

导体伸长率试验仪校准规范

1 范围

本规范适用于线材铜丝伸长率测试机、漆包线伸长率试验仪等测量线径不大于 5mm 的金属导体伸长率试验仪（以下简称伸长率仪）的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 455 工作测力仪

GB/T 228.1 金属材料拉伸试验第 1 部分：室温试验方法

GB/T 4074.3 绕组线试验方法第 3 部分：机械性能

GB/T 4909.3 裸电线试验方法第 3 部分：拉力试验

JB/T 4279.3 漆包绕组线试验仪器设备检定方法（第 3 部分：伸长试验仪）

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 术语

3.1 标距 gauge length

伸长率仪两夹具的试样夹持点之间的最短距离。

[来源：GB/T 228.1-2021，3.1，有修改]

3.2 原始标距 original gauge length

伸长率仪初始状态时的标距。

[来源：GB/T 228.1-2021，3.1.1，有修改]

3.3 伸长率 percentage elongation

伸长率仪的标距减去原始标距的结果与原始标距之比。

[来源：GB/T 228.1-2021，3.4]

4 概述

伸长率仪是以导体试样为机械装置的驱动开关，通过驱动活动夹具以一定的速度移动，当导体试样在拉力的作用下逐渐伸长至拉断时，机械装置停止驱动并显示试样伸长率百分比的仪器。伸长率仪通常用于测量金属导体试样的伸长率，有时还兼具测量试样

的拉伸强度的功能。被广泛运用于电子、电器、机械等行业的金属导体拉伸试验。伸长率仪常见结构示意图如图 1 所示

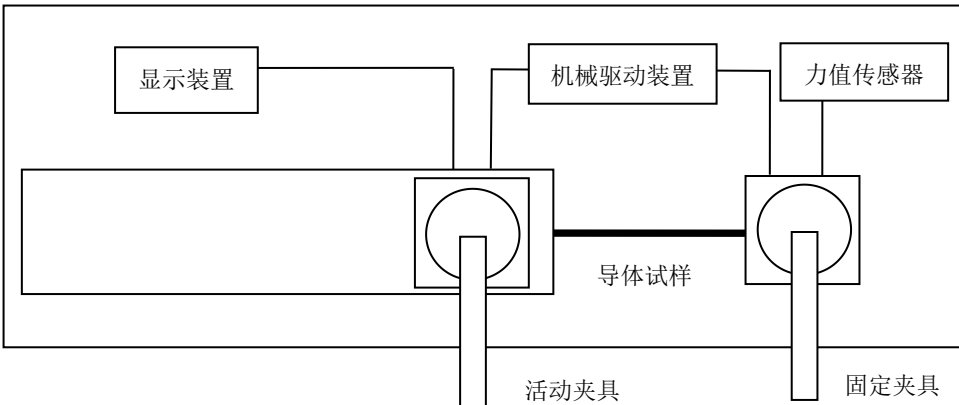


图 1 伸长率仪的结构示意图

5 计量特性

计量特性见表 1。

表 1 计量特性

| 序号 | 校准项目 | 技术指标 |
|----|------------|-------------------------|
| 1 | 原始标距误差 | MPE: $\pm 1\text{mm}$ |
| 2 | 原始标距测量值变动量 | $\leq 0.5\%$ |
| 3 | 活动夹具可移动距离 | $> 100\text{mm}$ |
| 4 | 活动夹具的移动速度 | $(5 \pm 1)\text{ mm/s}$ |
| 5 | 伸长率的示值误差 | MPE: $\pm 1\%$ |
| 6 | 拉力值的回零相对误差 | MPE: $\pm 0.5\%$ |
| 7 | 拉力值的示值相对误差 | MPE: $\pm 1.0\%$ |
| 8 | 拉力值的示值重复性 | $\leq 1.0\%$ |

注： 1) 如果仪器不具备测量拉力值的功能，则不需要进行拉力值相关参数的校准。

2) 以上所有指标不用于合格性判别，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 温度： $(20 \pm 10)\text{ }^{\circ}\text{C}$

6.1.2 相对湿度： $\leq 85\%$

6.1.3 电源：额定电压： $(220 \pm 22)\text{ V}$

6.1.4 其他：无影响测量结果的振动、电磁干扰等。校准前，应将被校伸长率仪及卡尺

等校准设备置于同一环境，其平衡温度时间为 1 小时。

6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 通用卡尺：测量范围(0~500)mm；分度值不大于 0.02mm；最大允许误差： $\pm 0.05\text{mm}$ 。

6.2.2 秒表：最大允许误差： $\pm 0.07\text{s}/10\text{min}$ 。

6.2.3 标准测力仪：不低于 0.3 级。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准前准备

检查调整伸长率仪的两端夹具，使其装夹可靠，在移动过程中平稳、无冲击和振动现象。当试样拉断时活动夹具需自动停止移动。

7.2 原始标距示值误差

在两夹具间装上大于伸长率仪工作范围的导体试样，启动伸长率仪，待活动夹具移动至最大距离后再复位，用卡尺测量此时两夹具间距离作为原始标距的一次测量结果。重复上述操作三次，取三次标距测量结果的算术平均值作为原始标距的平均测量值。原始标距示值误差按公式(1)计算。

$$\Delta L_0 = L_0 - \overline{L'_0} \quad (1)$$

式中：

ΔL_0 ——原始标距示值误差，mm；

L_0 ——原始标距的标称值，mm；

$\overline{L'_0}$ ——原始标距的平均测量值，mm。

7.3 原始标距测量值变动量

原始标距测量值变动量的校准与原始标距相对误差的校准同时进行，取三次标距测量结果的最大值与最小值之差与原始标距的平均测量值的比值作为原始标距测量值的变动量，原始标距测量值的变动量按公式(2)计算

$$\Delta q = \frac{L'_{0\max} - L'_{0\min}}{\overline{L'_0}} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

Δq ——原始标距测量值的变动量，%；

$L'_{0\max}, L'_{0\min}$ ——原始标距三次重复测量的最大与最小示值, mm;

$\overline{L'_0}$ ——原始标距的平均测量值, mm。

7.4 活动夹具可移动距离

在两夹具间装上大于伸长率仪工作范围的导体试样, 启动伸长率仪, 待活动夹具由初始位置移动至伸长率仪工作范围上限时自动停止。用卡尺测量此时的标距 $L_{i\max}$ 。重复上述操作三次, 取三次标距测量结果的算术平均值作为最大标距的平均测量值 $\overline{L_{\max}}$, 活动夹具可移动距离按式(3)计算。

$$\Delta L = \overline{L_{\max}} - \overline{L'_0} \quad (3)$$

式中:

ΔL ——活动夹具可移动距离, mm;

$\overline{L_{\max}}$ ——最大标距的平均测量值, mm;

$\overline{L'_0}$ ——原始标距的平均测量值, mm。

7.5 活动夹具的移动速度

活动夹具移动速度的校准与活动夹具可移动距离的校准同时进行, 用秒表测量活动夹具移动至伸长率仪工作范围上限时的移动时间 t_i , 根据测量的最大标距 $L_{i\max}$, 分别计算出活动夹具单次移动速度。活动夹具的平均移动速度 v 按式(4)计算。

$$v = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \frac{L_{i\max} - \overline{L'_0}}{t_i} \quad (4)$$

式中:

v ——活动夹具移动的速度, mm/s;

$L_{i\max}$ ——最大标距的第 i 次的测量值, mm;

$\overline{L'_0}$ ——原始标距的平均测量值, mm;

t_i ——活动夹具移动时间的第 i 次的测量值, s。

7.6 伸长率示值误差

在伸长率测量范围内, 选定至少 5 个点进行伸长率示值误差的校准, 各点应大致均匀分布。试验前, 两夹具间装上大于伸长率仪工作范围的导体试样, 启动伸长率仪, 待

活动夹具移动至示值为选定的校准点位置或位置附近时停止,记下伸长率仪的伸长率示值 δ_t ,用卡尺测量此时的标距 L_t ,每测完一个校准点伸长率仪均应复位,显示值清零。

伸长率仪的实测伸长率 δ_i 按式(5)计算。

$$\delta_i = \frac{L_t - \overline{L_0}}{\overline{L_0}} \times 100\% \quad (5)$$

式中:

δ_i ——实测伸长率, %;

L_t ——标距的测量值, mm;

$\overline{L_0}$ ——原始标距的平均测量值, mm。

伸长率示值误差 $\Delta\delta$ 按式(6)计算。

$$\Delta\delta = \delta_t - \delta_i \quad (6)$$

式中:

$\Delta\delta$ ——伸长率示值误差, %;

δ_t ——伸长率仪的伸长率示值, %;

δ_i ——实测伸长率, %。

7.7 拉力值误差

在伸长率仪上安装好标准测力仪,安装时应使任何弯曲效应减至最低程度,使其受力轴线与拉伸方向相重合。伸长率仪连同安装好的测力仪应从零开始至少施加三次最大试验力做为预拉。

7.7.1 拉力值的回零相对误差

以递增力进行三组测量,每组测量前应调整零点,零点读数应在最后一组测量力完全卸除 30s 后读取。拉力值的回零相对误差 f_0 按式(7)计算。

$$f_0 = \frac{F_{i0}}{F_r} \times 100\% \quad (7)$$

式中:

f_0 ——拉力值的回零相对误差, %;

F_{i0} ——卸除力以后显示拉力值的残余示值, N;

F_r ——拉力值测量范围的下限值, N。

7.7.2 拉力值的示值相对误差和示值重复性

以测量下限为校准起始点, 其校准点间隔一般取测量上限的 20%。在测量范围内, 至少校准 5 个点, 或根据设备运行状况和用户校准需求确定校准范围和校准点。各点应大致均匀分布, 一般校准拉力值测量上限的 20%, 40%, 60%, 80%, 100%等 5 个点。将标准测力仪安装成工作状态, 示值指示装置调至零点 (或作为零点的起始位置)。开启伸长率仪, 沿伸长率仪受力轴线逐点递增施加力值, 至各校准点后停止拉伸, 保持稳定后记录相应拉力示值。该校准过程连续进行 3 次。拉力值的示值相对误差按式(8)计算, 拉力值示值重复性按式(9)计算。

$$q = \frac{F_i - \bar{F}}{\bar{F}} \times 100\% \quad (8)$$

式中:

q ——拉力值的示值相对误差, %;

F_i ——被校伸长率仪拉力示值, N;

\bar{F} ——对同一拉力, 三次测得拉力值的算术平均值, N。

$$b = \frac{F_{\max} - F_{\min}}{\bar{F}} \times 100\% \quad (9)$$

式中:

b ——拉力值的示值重复性, %;

F_{\max} ——测得拉力示值的最大值, N;

F_{\min} ——测得拉力示值的最小值, N;

\bar{F} ——对同一拉力, 三次测得拉力值的算术平均值, N。

8 校准结果表达

经校准的导体伸长率试验仪形成完整的原始记录并出具校准证书, 校准原始记录格式见附录 A, 校准证书内容及内页格式见附录 B, 伸长率示值误差测量结果的不确定度评定示例见附录 C, 拉力值示值相对误差测量结果的不确定度评定示例见附录 D。

9 复校时间间隔

复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等因素所决定，用户可根据实际使用情况自行确定复校时间间隔，建议复校间隔时间为 1 年。

附录 A

原始记录格式 (供参考)

证书编号:

送校单位: _____, 校准日期: _____年____月____日

仪器名称: _____, 制 造 厂: _____

型号规格: _____, 出厂编号: _____

环境温度: _____, 相对湿度: _____

校准用标准器:

| 名称 | 测量范围 | 不确定度/准确度等级/最大允许误差 | 溯源证书编号 | 有效期至 |
|----|------|-------------------|--------|------|
| | | | | |
| | | | | |

校准依据的技术文件: _____

1: 外观及工作正常性检查: _____

2: 原始标距相对误差及变动量:

| 标称值 (mm) | 三次标距测量值(mm) | | | 原始标距 (mm) | 示值误差 (mm) | 变动量 (%) |
|-------------|-------------|---|---|--------------|--------------|------------|
| | 1 | 2 | 3 | | | |
| | | | | | | |

3: 活动夹具可移动距离及移动速度:

| 标距 (mm) | 夹具移动时间 (s) | 原始标距 (mm) | 夹具可移动距离 (mm) | 单次速度 (mm/s) | 平均速度 (mm/s) |
|------------|---------------|--------------|-----------------|----------------|----------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

4: 伸长率示值误差:

| 示值 (%) | 标距 (mm) | 原始标距 (mm) | 实测值 (%) | 示值误差 (%) |
|-----------|------------|--------------|------------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

5: 拉力值误差:

| 试验力 (N) | 进程示值 (N) | | | 均值 (N) | 示值相对误差 (%) | 重复性 (%) | 回零误差 (%) |
|------------|----------|---|---|-----------|---------------|------------|-------------|
| | 1 | 2 | 3 | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

校准员: _____

核验员: _____

附录 B

校准证书内页格式（供参考）

B.1 校准证书第 2 页式样

| | | | | |
|-----------------|------|-------------------|--------|------|
| 校准机构授权说明 | | | | |
| 校准环境条件及地点： | | | | |
| 温度： | | ℃ | 地点： | |
| 湿度： | | %RH | 其他： | |
| 校准使用的主要标准器/主要仪器 | | | | |
| 名称 | 测量范围 | 不确定度/准确度等级/最大允许误差 | 溯源证书编号 | 有效期至 |
| | | | | |
| | | | | |

第 页 共 页

B.2 校准证书第 3 页式样

证书编号：

校准结果

| | | | | |
|----------------|---------------|---------------|-------------|----------|
| 1 外观及工作正常性 | | | | |
| 2 原始标距 | | | | |
| 标称值 (mm) | 平均测量值 (mm) | 示值误差 (mm) | 变动量 (%) | |
| | | | | |
| 3 活动夹具可移动距离 | | | | |
| 实测值(mm) | | | | |
| 4 活动夹具速度 | | | | |
| 实测值(mm/s) | | | | |
| 5 伸长率示值误差 | | | | |
| 示值 (%) | 实测值 (%) | | 示值误差 (%) | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| 伸长率示值误差测量不确定度： | | | | |
| 6 拉力值校准 | | | | |
| 试验力 (N) | 进程示值 (N) | 示值相对误差 (%) | 重复性 (%) | 回零误差 (%) |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| 拉力值示值误差测量不确定度： | | | | |

第 页 共 页

附录 C

伸长率示值误差测量结果的不确定度评定示例

C.1 测量模型

$$\Delta\delta = \delta_i - \frac{L_i - \overline{L_0}}{\overline{L_0}} \times 100\% \quad (\text{C.1})$$

式中:

$\Delta\delta$ ——伸长率示值误差, %;

δ_i ——伸长率仪的伸长率示值, %;

L_i ——标距的第 i 次的测量值, mm;

$\overline{L_0}$ ——原始标距的平均测量值, mm。

C.2 灵敏系数

由上面的数学模型和公式 $u_c^2 = \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 \bullet u^2(x_i)$, 可知合成方差为:

$$u_c(\Delta\delta)^2 = c_1^2 \cdot u_1(\delta_i)^2 + c_2^2 \cdot u_2(l)^2 + c_3^2 \cdot u_3(\overline{L_0})^2 + c_4^2 \cdot u_4(L_i)^2$$

式中, $u_1(\delta_i)$ 、 $u_2(l)$ 、 $u_3(\overline{L_0})$ 、 $u_4(L_i)$ 分别为由伸长率仪分辨力引入的标准不确定度、由标准器通用卡尺引入的标准不确定度、由测量原始标距重复性引入的标准不确定度、由测量标距重复性引入的标准不确定度; c_1 、 c_2 、 c_3 、 c_4 分别是上述不确定度分量的灵敏系数。

结合实验数据可知灵敏系数分别为:

$$c_1=1, \quad c_2=1, \quad c_3=-L_i \overline{L_0}^{-2} = -0.0066 \text{ mm}^{-1}, \quad c_4=\overline{L_0}^{-1} = 0.0050 \text{ mm}^{-1}$$

C.3 测量不确定度来源

C.3.1 由伸长率仪分辨力引入的标准不确定度 $u_1(\delta_i)$

因伸长率仪分度值为 0.1%, 故由伸长率仪分辨力引入的标准不确定度 $u_1(\delta_i)$ 为:

$$u_1(\delta_i) = \frac{0.1\%}{2 \times \sqrt{3}} = 0.029\%$$

C.3.2 由标准器通用卡尺引入的标准不确定度 $u_2(l)$

由标准器通用卡尺引入的标准不确定度来源于通用卡尺示值误差引入的标准不确定度分量。校准中使用的 (0~500) mm 通用卡尺的最大允许误差是 ± 0.05 mm，在区间内服从均匀分布，包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，考虑标准器通用卡尺对测量原始标距的影响，则：

$$u_2(l) = \frac{|MPE|}{k \times \overline{L}_0} = 0.015\%$$

C.3.3 由测量原始标距重复性引入的标准不确定度 $u_3(\overline{L}_0)$

由测量原始标距重复性引入的标准不确定度 $u_3(\overline{L}_0)$ ，采用 A 类方法进行评定，根据测量方法，重复测量 10 次，得到下列一组数据为：199.56 mm、199.62 mm、199.64 mm、199.64 mm、199.62 mm、199.60 mm、199.58 mm、199.62 mm、199.58 mm、199.62 mm。则：

$$\overline{L}_0 = \frac{L_{0i}}{n} = 199.608 \text{ mm}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (L_{0i} - \overline{L}_0)^2}{n-1}} = 0.027 \text{ mm}$$

实际测量时，在重复条件下连续测量 3 次，以 3 次测量的算术平均值作为测量结果，可得标准不确定度为：

$$u_3(\overline{L}_0) = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.016 \text{ mm}$$

C.3.4 由测量移动距离重复性引入的标准不确定度 $u_4(L_i)$

由测量标距重复性引入的标准不确定度 $u_4(L_i)$ ，采用 A 类方法进行评定，将伸长率仪设定为在伸长率为 32.0% 为校准点进行测量。在相同的测量条件下，重复测量 10 次，得到下列一组数据为：263.52 mm、263.56 mm、263.58 mm、263.54 mm、263.52 mm、263.48 mm、263.50 mm、263.52 mm、263.56 mm、263.50 mm。则

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (L_i - \bar{L}_i)^2}{n-1}} = 0.032 \text{ mm}$$

实际测量时，测量 1 次，则由测量标距重复性引入的标准不确定度为：

$$u_4(L_i) = s = 0.032 \text{ mm}$$

C.4 标准不确定度一览表

表 C.1 标准不确定一览表

| 标准不确定度符号 | 不确定度来源 | 输入量的标准不确定度 | 灵敏系数 | 标准不确定度分量 |
|------------------|---------------------|------------|---------------------------|----------|
| $u_1(\delta_i)$ | 由伸长率仪分辨力引入的标准不确定度 | 0.029% | 1 | 0.029% |
| $u_2(l)$ | 由标准器通用卡尺引入的标准不确定度 | 0.029mm | 1 | 0.015% |
| $u_3(\bar{L}_0)$ | 由测量原始标距重复性引入的标准不确定度 | 0.016mm | -0.0066 mm^{-1} | 0.011% |
| $u_4(L_i)$ | 由测量标距重复性引入的标准不确定度 | 0.032mm | 0.0050 mm^{-1} | 0.016% |

C.5 合成标准不确定度

则合成不确定度 $u_c(\Delta\delta)$ 为：

$$u_c(\Delta\delta) = \sqrt{c_1^2 \cdot u_1(\delta_i)^2 + c_2^2 \cdot u_2(l)^2 + c_3^2 \cdot u_3(\bar{L}_0)^2 + c_4^2 \cdot u_4(L_i)^2} = 0.04\%$$

C.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ 计算扩展不确定度，则：

$$U(\Delta\delta) = k u_c(\Delta\delta) = 0.08\%, \quad k=2$$

附录 D

拉力值示值相对误差测量结果的不确定度评定示例

D.1 测量模型

$$q = \frac{F_i - \bar{F}}{\bar{F}} \quad (\text{D.1})$$

式中:

q ——拉力值的示值相对误差, %;

F_i ——被校伸长率仪拉力示值, N;

\bar{F} ——对同一拉力, 三次测得拉力值的算术平均值, N。

D.2 灵敏系数

由上面的数学模型和公式 $u_c^2 = \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 \bullet u^2(x_i)$, 可知合成方差为:

$$u_c(q)^2 = c_1^2 \cdot u_1(\bar{F})^2 + c_2^2 u_2(F_i)^2$$

式中, $u_1(\bar{F})$ 、 $u_2(F_i)$ 分别为由测量拉力值重复性引入的标准不确定度、由标准测力仪引入的标准不确定度; c_1 、 c_2 分别是上述不确定度分量的灵敏系数。

结合实验数据可知灵敏系数分别为:

$$c_1 = -F_i \bar{F}^{-2} = -0.0050 \text{ N}^{-1}, \quad c_2 = \bar{F}^{-1} = 0.0050 \text{ N}^{-1}$$

D.3 测量不确定度来源

D.3.1 由测量拉力值重复性引入的标准不确定度 $u_1(\bar{F})$

由测量拉力值重复性引入的标准不确定度 $u_1(\bar{F})$, 采用 A 类方法进行评定, 根据测量方法, 在重复测量 10 次, 得到下列一组数据为: 201.2 N、200.1 N、200.5 N、201.2 N、199.5 N、200.4 N、201.1 N、199.2 N、200.1 N、200.8 N。则

$$\bar{F} = 200.41 \text{ N}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (F_i - \bar{F})^2}{n-1}} = 0.697 \text{ N}$$

实际测量时,在重复条件下连续测量 3 次,以 3 次测量的算术平均值作为测量结果,可得标准不确定度为:

$$u_1(\bar{F}) = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.402 \text{ N}$$

D.3.2 由标准测力仪引入的标准不确定度 $u_2(F_i)$

校准中使用的标准测力仪的准确度等级为 0.3 级,在区间内服从均匀分布,取包含因子 $k = \sqrt{3}$,故在测量点 200N 处的标准不确定度为:

$$u_2(F) = \frac{0.3\% \times 200 \text{ N}}{\sqrt{3}} = 0.346 \text{ N}$$

D.4 标准不确定度分量一览表

表D.1 标准不确定一览表

| 标准不确定度 符号 | 不确定度来源 | 输入量的标准 不确定度 | 灵敏系数 | 标准不确定度 分量 |
|----------------|--------------------|----------------|-------------------------|--------------|
| $u_1(\bar{F})$ | 由测量拉力值重复性引入的标准不确定度 | 0.402N | -0.0050 N ⁻¹ | 0.20% |
| $u_2(F)$ | 由标准测力仪引入的标准不确定度 | 0.346N | 0.0050 N ⁻¹ | 0.17% |

D.5 合成标准不确定度

则合成不确定度

$$u_c(q) = \sqrt{c_1^2 \cdot u_1(\bar{F})^2 + c_2^2 u_2(F_i)^2} = 0.26\%$$

D.6 扩展不确定度

取包含因子 $k = 2$ 计算扩展不确定度,则:

$$U_{rel}(q) = k \times u_c(q) = 0.52\%, \quad k=2$$

