



中华人民共和国工业和信息化部
电子计量技术规范

JJF(电子) XXXX-20XX

电池挤压试验机校准规范

Calibration Specification for Battery Extrusion Tester

(报批稿)

XXXX-XX-XX发布

XXXX-XX-XX实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

电池挤压试验机校准 规范

Calibration Specification for Battery
Extrusion Tester

JJF (电子) XXXX-20XX

归 口 单 位：中国电子技术标准化研究院

主要起草单位：中国电子技术标准化研究院

本规范技术条文委托起草单位负责解释

本规范主要起草人：

王文娟（中国电子技术标准化研究院）

褚楚（中国电子技术标准化研究院）

郭守君（中国电子技术标准化研究院）

参加起草人：

杨佳宁（中国电子技术标准化研究院）

宋文（中国电子技术标准化研究院）

徐沛（中国电子技术标准化研究院）

目录

引言	II
1 范围	1
2 引用文件	1
3 概述	1
4 计量特性	1
5 校准条件	2
6 校准项目和校准方法	2
7 校准结果	6
8 复校时间间隔	6
9 附录	7
附录 A	8
附录 B	10
附录 C	12

引言

本规范依据 JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》和 JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》编写。

本规范为首次发布。

电池挤压试验机校准规范

1 范围

本规范适用于挤压力值小于等于 150kN 电池挤压试验机的校准，其他采用运动挤压工作原理的挤压试验机可参照本规范执行。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB/T 28164-2011/IEC 62133 2002 《含碱性或其他非酸性电解质的蓄电池和蓄电池组 便携式密封蓄电池和蓄电池组的安全性要求》

GB 31241-2022 《便携式电子产品用锂离子电池和电池组安全技术规范》

GB 38031-2025 《电动汽车用动力蓄电池安全要求》

QC/T 744-2006 《电动汽车用金属氢化物镍蓄电池》

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

电池挤压试验机是用于各种消费类、储能类、动力类电池安全检测的试验设备，用来模拟在运输、使用、存储及废物处理时，电池遭受外力挤压，发生变形引起电池损伤的情形。

电池挤压试验机主要由挤压头、控制采集系统、传动机构和安全防护装置等组成。工作时，当控制面板设置相应参数启动试验机后，控制系统给出的指令会由传动机构按照设置的参数执行挤压运动，并在控制系统的显示屏上显示主要参数的量值。

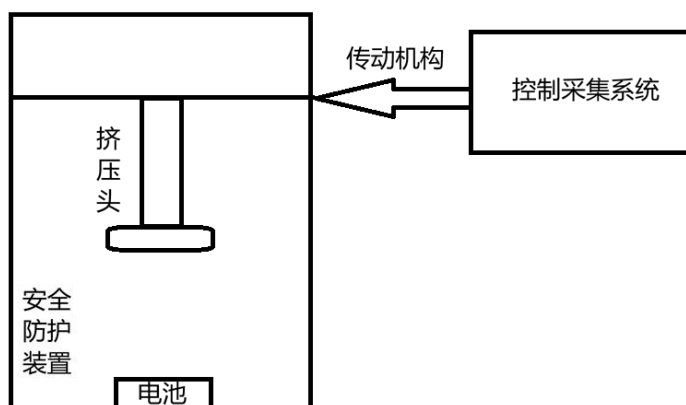


图 1 系统组成示意图

4 计量特性

4.1 挤压力值

范围：（0~150）kN，最大允许误差： $\pm 1\%FS$ ；

4.2 位移

范围：（0~1000）mm，最大允许误差： $\pm 0.1\%FS$ ；

4.3 速度

范围：(0.1~40) mm/s，最大允许误差：±10%；

4.4 电压

测量范围：(0.1~100) V，最大允许误差：±0.2%；

4.5 温度

测量范围：(20~300) °C，最大允许误差：±1°C。

注：以上技术指标仅供参考，不作为符合性判定依据。

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 环境温度：(20±5) °C；

5.1.2 相对湿度：10%~75%，表面无水汽凝结；

5.1.3 供电电源：(220±22)V，(50±1)Hz；

5.1.4 气压：86 kPa~106 kPa

5.1.5 周围无影响正常工作的机械振动和电磁干扰。

5.2 测量标准及其它设备

5.2.1 标准测力仪

测量范围：(0~150) kN；

最大允许误差：±0.3%。

5.2.2 速度位移测量仪

位移量程：1000mm；

最大允许误差：0.03%F.S

时间测量范围：(0~3600) s；

分辨力：0.001s；

最大允许误差：±0.03s。

5.2.3 直流电压源

测量范围：(0.01~100) V；

最大允许误差：±0.04%。

5.2.4 干井校准炉

范围：(10~300) °C；

波动度：±0.05°C/30min。

5.2.5 精密温度计

测量范围：(10~300) °C；

最大允许误差：±0.05°C

注：允许使用其他不低于上述技术指标的标准测量设备。

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目表

表 1 校准项目

序号	校准项目
----	------

1	挤压力值
2	位移
3	速度
4	电压
5	温度

6.2 外观及工作正常性检查

6.2.1 被校电池挤压试验机外观结构应完整，应无影响正常工作的机械损伤，附件齐全。

6.2.2 被校电池挤压试验机的铭牌上应清晰标注仪器名称、型号、制造厂名、出厂编号等设备信息；

6.2.3 被校电池挤压试验机各操作按钮、开关灵活可调，各部分连接牢固、可靠、无松动；

6.2.4 接通电源，试验机各传动机构应能正常工作，控制显示机构能够正确控制和显示。将结果记录在附录 A 的表 A.1 中。

6.3 挤压力值

6.3.1 电池挤压试验机按照产品规格书要求的时间预热后，将标准测力仪的力传感器置于电池挤压试验机的挤压平面内，由电池挤压试验机的挤压头给传感器施加挤压力值，如图 2 所示。

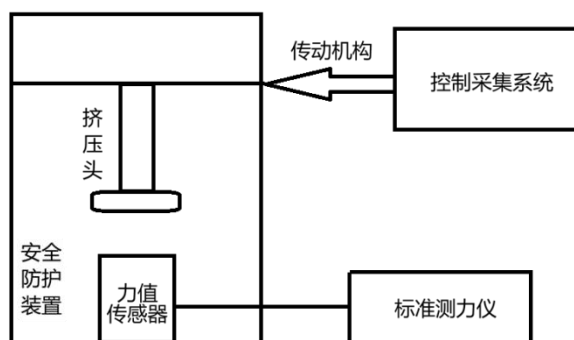


图 2 挤压力值测量连接示意图

6.3.2 施加挤压力时，从最小力值开始施加压力，先设置试验机为 0kN 力，使测量标准调整至 0kN（或记录施加 0kN 力时的读数）作为零起点，然后缓慢增加载荷，选取的校准点应尽量均匀分布，一般不少于 4 个点，选择 0 点、高中低三点覆盖量程范围。

6.3.3 设置试验机需校准的力值数值，并设置合适的运行速度，使挤压头均匀施加力值，当力值达到校准点时，稳定至少 30s 后，读取标准测力仪示值，每个校准点测量 3 次，平均值即为该力值的测量值。将测量结果记录在附录 A 的表 A.2 中。

6.3.4 挤压力值相对示值误差计算：

$$\delta = \frac{X_i - \overline{X_s}}{\overline{X_s}}$$

(1)

式中： δ 为相对示值误差；

X_i 为电池挤压试验机施加设定力值，单位：kN；

$\overline{X_s}$ 为标准测力仪测量的力值平均值，单位：mm。。

6.4 位移

6.4.1 将速度位移测量仪的位移传感器与电池挤压试验机的挤压头相连接，试验机挤压头运动时带动位移传感器，行进过程的位移量在速度位移测量仪的指示装置中显示，如图 3 所示。

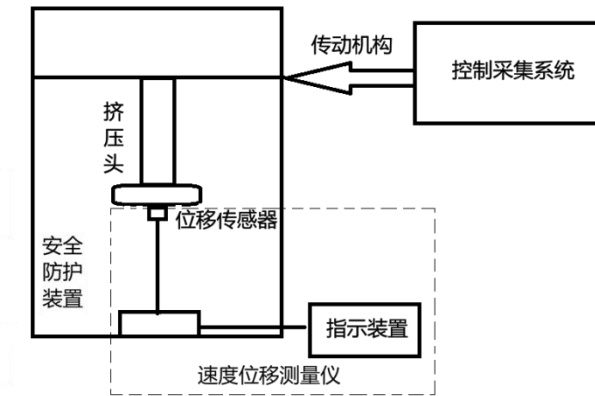


图 3 位移测量连接示意图

6.4.2 在电池挤压试验机位移范围内均匀选择位移量进行校准，一般至少选择高中低 3 点覆盖量程范围。

6.4.3 设置试验机需校准的位移量，并设置合适的运行速度，使试验机启动并平稳缓慢运行，不得有冲击和振动现象，当位移达到校准点稳定后，读取速度位移测量仪的读数，每个校准点测量 3 次，平均值即为该位移的测量值。将测量结果记录在附录 A 的表 A.3 中。

6.4.4 位移的示值误差计算：

$$\Delta X = X_i - \overline{X_s}$$

(2)

式中： ΔX 为挤压试验机的位移示值误差，mm；

X_i 为电池挤压试验机选定位移校准点，单位：mm；

$\overline{X_s}$ 为速度位移测量仪测量的位移平均值，单位：mm。

6.5 速度

6.5.1 按图 3 连接仪器，设定试验机待校准速度量值，启动试验机，使其匀速移动；

6.5.2 待运行稳定后，速度位移测量仪显示速度量值即为当前速度测量值；

6.5.3 每个测量点重复测量 3 次，平均值为测量结果，将测量结果记录在附录 A 的表 A.4 中。

6.5.4 示值误差计算:

$$\Delta v = v_i - \overline{v_s} \quad (3)$$

式中: Δv 为挤压试验机的速度示值误差, mm/s;

v_i 为挤压试验机设定的速度校准点, 单位: mm/s;

$\overline{v_s}$ 为速度位移测量仪测量的速度平均值, 单位: mm/s。

6.6 电压

6.6.1 将电池挤压试验机的电压采集线与直流电压源相连接, 如图 4 所示, 在试验机电压测量范围内至少选择高中低 5 个测量点, 或根据使用要求由用户确定需求校准点进行校准;

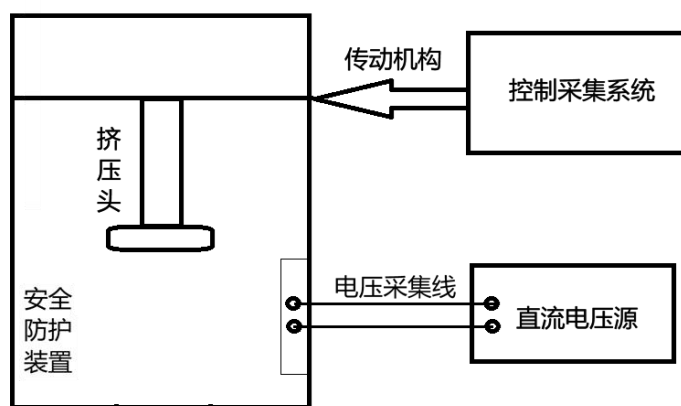


图 4 电压测量连接示意图

6.6.2 设置直流电压源输出需校准电压值, 试验机的电压采集装置测量并显示测得值, 将测量结果记录在附录 A 的表 A.5 中。

6.6.3 校准点的相对示值误差为:

$$\delta = \frac{V_i - V_s}{V_s} \times 100\% \quad (4)$$

式中:

δ 为相对示值误差;

V_i 为电池挤压试验机电压测量装置显示值, 单位: V;

V_s 为直流电压源的示值, 单位: V。

6.7 温度

6.7.1 将电池挤压试验机温度采集装置的温度传感器和精密温度计分别置于干井校准炉中, 如图 5 所示;

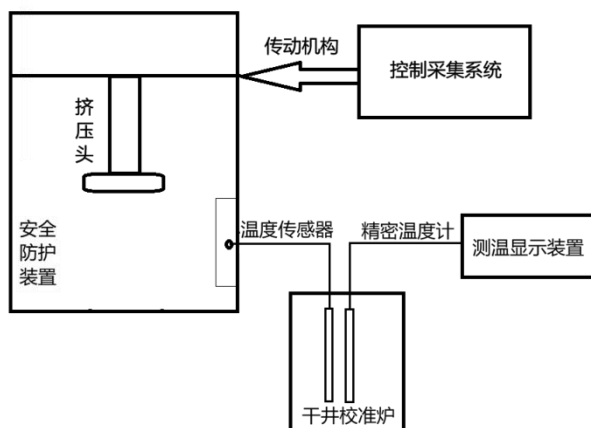


图 5 温度测量连接示意图

6.7.2 确保传感器和温度计插入底部，保持温度稳定；

6.7.3 选择的校准点应均匀覆盖测量范围，取试验机温度采集范围内高中低至少 3 个测量点，或根据使用要求选择常用测量点进行校准；

6.7.4 将干井校准炉的温度恒定在被校准点温度上，稳定 20min 后，分别读取精密温度计和电池挤压试验机的温度测量装置的示值，将测量结果记录在附录 A 的表 A.6 中，校准点的示值误差为：

$$\Delta T = T_i - T_s \quad (5)$$

式中：

ΔT 为温度点示值误差，单位：℃；

T_i 为电池挤压试验机温度测量装置显示值，单位：℃；

T_s 为精密温度计的示值，单位：℃。

7 校准结果

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：

- 标题：“校准证书”；
- 实验室名称和地址；
- 实施校准的地点（具体至门牌号）；
- 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- 客户的名称和地址；
- 被校对象的描述和明确标识；
- 进行校准的日期；
- 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- 校准环境的描述；
- 校准结果及测量不确定度的说明；
- 对校准规范的偏离的说明；
- 校准证书和校准报告签发人的签名、职务或等效标识；
- 校准人、核验人签名；
- 校准结果仅对被校对象有效的说明；
- 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

8 复校时间间隔

建议复校的时间间隔为 1 年，使用特别频繁时应适当缩短校准周期。凡在使用过程中经过维修、更换重要部件，一般均需重新校准。

由于复校时间间隔的长短是由仪器使用情况、使用者、仪器本身质量等诸多因素决定，因此，送校单位可根据实际情况自主决定复校时间间隔。

9 附录

附录 A 原始记录格式

附录 B 校准证书内页格式

附录 C 测量不确定度评定示例

附录 A

原始记录格式

A.1 外观及工作正常性检查

表 A.1 外观及工作正常性检查

项目	检查结果
外观检查	
工作正常性检查	

A.2 挤压力值

表 A.2 挤压力值记录

设定值 (压向力) /kN	测量值/kN				示值误差 %	不确定度 $U_{\text{rel}} (k=2)$
	1	2	3	平均值		

A.3 位移

表 A.3 位移记录

校准点 /mm	测量值/mm				示值误差 /mm	不确定度 $U (k=2)$
	1	2	3	平均值		

A.4 速度

表 A.4 速度记录

设定值 mm/s	速度测量值			平均 速度 mm/s	示值 误差 mm/s	不确定度 $U (k=2)$
	速度 1 mm/s	速度 2 mm/s	速度 3 mm/s			

A.5 电压

表 A.5 电压记录

标准值 /V	指示值 /V	示值误差 /%	不确定度 $U_{\text{rel}} (k=2)$

A.6 温度

表 A.6 温度记录

标准值 /°C	指示值 /°C	示值误差 /°C	不确定度 $U (k=2)$

附录 B

校准证书内页格式

B.1 外观及工作正常性检查

项目	检查结果
外观检查	
工作正常性检查	

B.2 挤压力值

设定值 (压向力) /kN	测量平均值 /kN	示值误差 %	不确定度 $U_{\text{rel}} (k=2)$

B.3 位移

校准点 /mm	测量平均值 /mm	示值误差 /mm	不确定度 $U (k=2)$

B.4 速度

设定值 mm/s	测量平均值 mm/s	示值误差 mm/s	不确定度 $U (k=2)$

B.5 电压

标准值 /V	指示值 /V	示值误差 /%	不确定度 $U_{\text{rel}} (k=2)$

B.6 温度

标准值 /°C	指示值 /°C	示值误差 /°C	不确定度 $U(k=2)$

附录 C

测量不确定度评定示例

C.1 挤压力示值误差测量不确定度评定

C.1.1 测量模型

$$\Delta N = N_i - \overline{N}_s$$

式中： ΔN 为挤压力值示值误差，单位：kN；

N_i 为电池挤压试验机施加力值，单位：kN；

$\overline{N}_s$ 为标准测力仪测量平均值，单位：kN；

C.1.2 不确定度来源

不确定度的主要来源有：挤压试验设备挤压力的测量重复性及分辨力、标准测力仪测量不准、标准力传感器安装的不同轴等引入的不确定度分量。

C.1.3 标准不确定度评定

C.1.3.1 挤压试验设备挤压力测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(N)$

测量重复性引入的标准不确定度按 A 类评定。以 13kN 为例进行不确定度评定如下：

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值 (kN)	12.87	12.901	12.866	12.873	12.893	12.895	12.878	12.869	12.897	12.879

根据算术平均值标准偏差计算公式：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (N_i - \overline{N})^2}{n(n-1)}} \approx 0.0076 \text{ kN}$$

$$u_1(N) = \frac{s}{13} \times 100\% = 0.058\%$$

C.1.3.2 被校挤压试验设备挤压力分辨力引入的标准不确定度 $u_2(N)$

被校挤压试验设备挤压力分辨力为 0.01kN，可认为区间半宽度 $a=0.005\text{kN}$ ，

假设服从均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，故分辨力引入的标准不确定度为：

$$u_2(N) = \frac{a}{k} = 0.02\%$$

C.1.3.3 标准测力仪测量不准确引入的标准不确定度 $u_3(N)$

标准测力仪最大允许误差引入的标准不确定度分量按 B 类评定。标准测力仪最大允许误差 $\pm 0.3\%$ ，则区间半宽度 $a=0.3\%$ ，假设服从均匀分布，包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，故标准不确定度为：

$$u_3(N) = \frac{a}{k} = 0.17\%$$

C.1.3.4 标准力传感器安装的不同轴引入的标准不确定度 $u_4(N)$

标准力传感器安装的不同轴引入的标准不确定度按 B 类评定。校准时，利用卧式挤压试验设备挤压力的辅助装置，能保证挤压板受力轴线与标准力传感器的测力轴线尽量相重合。因为标准力传感器安装的不同轴引入的误差不超过 $\pm 0.05\%$ ，区间半宽度 $a=0.05\%$ ，假设服从均匀分布，包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，故

$$u_4(N) = \frac{a}{k} = \frac{0.05\%}{\sqrt{3}} = 0.03\%$$

C.1.4 合成标准不确定度

测量重复性引入的分量和分辨力引入的分量取较大者，较小者忽略不计，故合成不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2(N) + u_3^2(N) + u_4^2(N)} = 0.18\%$$

C.1.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则测量结果扩展不确定度：

$$U = k \times u_c = 2 \times 0.12\% = 0.36\%$$

C.2 位移测量不确定度评定

C.2.1 测量模型

$$\Delta L = L - \overline{L}_i$$

式中： ΔL 为位移的示值误差，单位：mm；

L 为位移量，单位：mm；

$\overline{L}_i$ 为位移测量 3 次的平均值，单位：mm；

C.2.2 不确定度来源

不确定度的主要来源有：位移测量重复性、标准器测量不准确等引入的不确定度分量。

C.2.3 标准不确定度评定

C.2.3.1 测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(L)$

测量重复性引入的标准不确定度按 A 类评定。以 100mm 位移量为例进行不确定度评定如下：

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值 (mm)	100.0 2	100.0 2	99.9 9	99.9 9	100.0 3	99.9 9	100.0 1	100.0 2	99.9 8	100.0 2

根据算术平均值标准偏差计算公式：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L_i - \bar{L})^2}{n(n-1)}} \approx 0.010\text{mm}$$

$$u_1(L) = \frac{s}{\sqrt{n}} = 0.01\%$$

C.2.3.2 标准器测量不准引入的标准不确定度 $u_2(L)$

速度位移测量仪的最大允许误差为 $\pm 0.03\%F.S$ ，量程为 1000mm，则区间半宽度为 0.3mm，假设服从均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，故

$$u_2(L) = \frac{a}{k} = 0.17\text{mm}$$

C.2.4 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u_1^2(L) + u_2^2(L)} = 0.17\text{mm}$$

C.2.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则测量结果扩展不确定度：

$$U = k \times u_c = 2 \times 0.17 = 0.34\text{mm}$$

C.3 速度测量不确定度评定

C.3.1 测量模型

$$\Delta v = v - \bar{v}_i$$

式中： Δv 为速度测量的示值误差，单位：mm/s；

v 为速度设定值，单位：mm/s；

$\bar{v}_i$ 为速度测量平均值，单位：mm/s。

C.3.2 不确定度来源

不确定度的主要来源有：速度测量重复性、被测分辨力以及速度测量过程中标准器测量不准引入的不确定度。

C.3.3 标准不确定度评定

C.3.3.1 测量重复性引入的标准不确定度 $u(v)$

测量重复性引入的标准不确定度按 A 类评定。以 40mm/s 为例进行不确定度评定如下：

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值 (mm/s)	39.99	39.98	39.97	39.99	39.98	39.99	39.97	39.98	39.98	39.98

根据算术平均值标准偏差计算公式：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (v_i - \bar{v})^2}{n(n-1)}} = 0.004 \text{ mm/s}$$

$$u(v) = s = 0.004 \text{ mm/s}$$

C.3.3.2 被测分辨力引入的不确定度

被校速度分辨力为 0.001mm/s，假设服从均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，故

$$u'(v) = \frac{0.001}{2\sqrt{3}} = 0.00029 \text{ mm/s}$$

C.3.3.3 速度位移测量仪测量不准引入的标准不确定度 $u(X)$

速度位移测量仪根据内部原理，是由其自身位移测量机构和时间测量机构得到行进过程中的位移量和时间量，再通过位移除以时间得到当前移动的速度，并将速度量值显示在面板上，因此，速度位移测量仪的速度测量的不准是由位移测量和时间测量决定的，故：

1) 位移测量时标准器测量不准引入的标准不确定度 $u(L)$

速度位移测量仪的最大允许误差为 $\pm 0.03\% \text{ F.S.}$ ，量程为 1000mm，则区间半宽度为 0.3mm，假设服从均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，故

$$u(L) = \frac{a}{k} = 0.17 \text{ mm}$$

2) 时间测量时标准器测量不准引入的标准不确定度 $u(t)$

以测量 40mm/s 的速度为例，走 400mm 位移，用时 10s 时间，经上级溯源，测量不确定度为 2ms， $k = 2$ ，故

$$u(t) = 1 \text{ ms}$$

3) 由于 $X = \frac{L}{t}$, 则灵敏系数为:

$$\frac{\partial X}{\partial L} = \frac{1}{t}, \quad \frac{\partial X}{\partial t} = -\frac{L}{t^2}$$

4) 根据不确定度传播律:

$$u_c^2(X) = \left(\frac{\partial X}{\partial L}\right)^2 u^2(L) + \left(\frac{\partial X}{\partial t}\right)^2 u^2(t)$$

$$u_c^2(X) = 0.01746 \text{ mm/s}$$

C.3.4 合成标准不确定度

测量重复性和分辨力取较小值, 故合成标准不确定度为:

$$u_c(\Delta v) = \sqrt{u^2(v) + \left(\frac{1}{t}\right)^2 u^2(L) + \left(\frac{L}{t^2}\right)^2 u^2(t)}$$

故:

$$u_c(\Delta v) = 0.018 \text{ mm/s}$$

C.3.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 则测量结果扩展不确定度:

$$U = k \times u_c(\Delta v) = 0.04 \text{ mm/s}$$

C.4 电压测量不确定度评定

C.4.1 测量模型

$$\Delta V = V - V_i$$

式中: ΔV 为电压测量的示值误差, 单位: V;

V 为电压指示值, 单位: V;

V_i 为电压测量值, 单位: V;

C.4.2 不确定度来源

不确定度的主要来源有: 电压测量重复性、标准器测量不准确引入的不确定度分量。

C.4.3 标准不确定度评定

C.4.3.1 测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(V)$

测量重复性引入的标准不确定度按 A 类评定。以 10V 为例进行不确定度评定如下:

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

测 量 值(V)	9.995	9.995	9.996	9.995	9.996	9.995	9.995	9.995	9.995	9.995
-------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

根据算术平均值标准偏差计算公式:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_i - \bar{V})^2}{n-1}} = 0.0003V$$

$$u_1(V) = \frac{s}{10} = 0.003\%$$

C.4.3.2 标准源测量不准引入的标准不确定度 $u_2(V)$

标准源的最大允许误差为 $\pm 0.04\%$, 则区间半宽度为 0.04% , 假设服从均匀分布, 包含因子 $k = \sqrt{3}$, 故

$$u_2(V) = \frac{a}{k} = 0.023\%$$

C.4.4 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u_1^2(V) + u_2^2(V)} = 0.023\%$$

C.4.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 则测量结果扩展不确定度:

$$U = k \times u_c = 2 \times 0.023\% = 0.046\%$$

C.5 温度测量不确定度评定

C.5.1 测量模型

$$\Delta T = T - T_i$$

式中: ΔT 为温度测量示值误差, 单位: $^{\circ}\text{C}$;

T 为被测温度显示值, 单位: $^{\circ}\text{C}$;

T_i 为标准测量值, 单位: $^{\circ}\text{C}$;

C.5.2 不确定度来源

不确定度的主要来源有: 温度测量重复性、温度测量标准测量不准引入的不确定度以及环境影响引入的不确定度分量等。

C.5.3 标准不确定度评定

C.5.3.1 测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(T)$

测量重复性引入的标准不确定度按 A 类评定。以 20°C 为例进行不确定度评定如下:

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值 (°C)	19.94	19.96	19.95	19.94	19.94	19.95	19.94	19.96	19.94	19.93

根据算术平均值标准偏差计算公式:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (T_i - \bar{T})^2}{n-1}} = 0.0056^{\circ}\text{C}$$

$$u_1(T) = s = 0.0056^{\circ}\text{C}$$

C.5.3.2 精密温度计测量不准引入的标准不确定度 $u_2(T)$

精密温度计在 $0\sim 100^{\circ}\text{C}$ 最大允许误差为 $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$, 假设服从均匀分布, 包含因子 $k = \sqrt{3}$, 故

$$u_2(T) = \frac{a}{k} = 0.029^{\circ}\text{C}$$

C.5.3.3 干井炉温度波动 $u_3(T)$

30min 波动度为 $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$, 假设服从均匀分布, 包含因子 $k = \sqrt{3}$, 故

$$u_3(T) = \frac{a}{k} = 0.029^{\circ}\text{C}$$

C.5.3.4 干井炉孔间温差 $u_4(T)$

根据上级溯源证书, 干井炉孔间温差的不确定度为 0.04°C , $k=2$

$$u_4(T) = \frac{U}{k} = 0.02^{\circ}\text{C}$$

C.5.4 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u_1^2(T) + u_2^2(T) + u_3^2(T) + u_4^2(T)} = 0.046^{\circ}\text{C}$$

C.5.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 则测量结果扩展不确定度:

$$U = k \times u_c = 2 \times 0.046 = 0.10^{\circ}\text{C}$$