

中华人民共和国工业和信息化部  
石油和化工计量技术规范

JJF（石化）XXXX—XXXX

橡胶压缩屈挠试验机校准规范

Calibration Specification for Rubber Compression Flexometers

（报批稿）

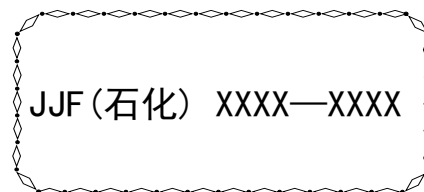
20XX - XX - XX 发布

20XX - XX - XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部发布

# 橡胶压缩屈挠试验机校准规范

Calibration Specification for Rubber  
Compression Flexometers



归口单位：中国石油和化学工业联合会

主要起草单位：北京橡胶工业研究设计院有限公司

中策橡胶集团股份有限公司

参加起草单位：北京友深电子仪器有限公司

本规范委托全国石油和化工行业计量技术委员会负责解释

**本规范主要起草人：**

李明华（北京橡胶工业研究设计院有限公司）

蒋雪梅（北京橡胶工业研究设计院有限公司）

闫国强（北京橡胶工业研究设计院有限公司）

黄县强（中策橡胶集团股份有限公司）

**参加起草人：**

王磊（北京友深电子仪器有限公司）

# 目录

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 引言.....                           | II |
| 1 范围.....                         | 3  |
| 2 引用文件.....                       | 3  |
| 3 概述.....                         | 3  |
| 4 计量特性.....                       | 4  |
| 5 校准条件.....                       | 4  |
| 5.1 环境条件.....                     | 5  |
| 5.2 测量标准及其他设备.....                | 5  |
| 6 校准项目和校准方法 .....                 | 5  |
| 6.1 校准项目.....                     | 5  |
| 6.2 校准方法.....                     | 5  |
| 7 校准结果表达 .....                    | 6  |
| 7.1 校准记录.....                     | 6  |
| 7.2 校准证书.....                     | 6  |
| 7.3 不确定度.....                     | 7  |
| 8 复校时间间隔 .....                    | 7  |
| 附录 A 橡胶压缩屈挠试验机校准记录格式 .....        | 8  |
| 附录 B 校准证书内页格式 .....               | 9  |
| 附录 C 压缩频率测量结果不确定度的评定示例 .....      | 10 |
| 附录 D 偏心冲程测量结果不确定度的评定示例 .....      | 12 |
| 附录 E 恒温室温度示值误差测量结果不确定度的评定示例 ..... | 14 |

# 引 言

本规范依据 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》等基础性系列规范进行制定。

本规范主要参考 GB/T 1687.3—2016 《硫化橡胶 在屈挠试验中温升和耐疲劳性能的测定 第3部分：压缩屈挠试验（恒应变型）》、HG/T 2070—2009 《橡胶压缩屈挠试验机技术条件》两项标准进行编制。

本规范为首次发布。

## 橡胶压缩屈挠试验机校准规范

### 1 范围

本规范适用于恒应变型橡胶压缩屈挠试验机的校准。

### 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1071—2010 国家计量校准规范编写规则

HG/T 2070—2009 橡胶压缩屈挠试验机技术条件

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

橡胶压缩屈挠试验机（以下简称试验机）是进行橡胶压缩屈挠试验的仪器，橡胶压缩屈挠试验是通过具有高惯量的杠杆系统对橡胶施加指定的压缩载荷，同时对橡胶施加指定振幅的额外高频循环压缩，橡胶在弯曲压缩条件下内部温度会升高，严重情况下会发生内部疲劳断裂。试样放置在两个由绝热材料制成的压板之间，上压板连接一个可调的偏心装置。通过一个放置在刀口上的杠杆施加载荷。试样的底部温升由安装在下压板中心的温度传感器测量。试验机主要由可调偏心机构、上压板、下压板、恒温室、平衡杠杆、配重装置、试验负荷加载系统、支撑基座等组成。试验机结构示意图见图 1。

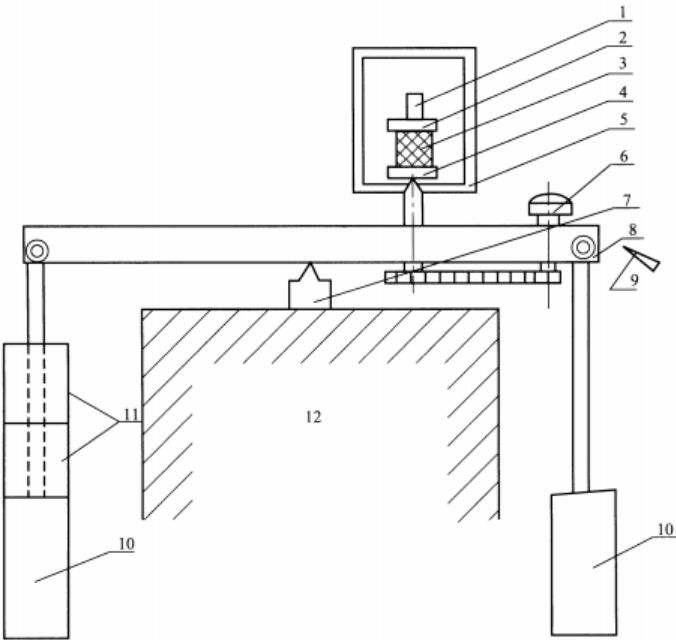


图 1 试验机结构示意图

标引序号说明：

- 1——可调偏心机构；

2——上压板；

3——试样；

4——下压板；

5——恒温室；

6——偏心调整装置；
- 7——支撑点；

8——平衡杠杆；

9——水平指针；

10——配重砝码；

11——试验负荷砝码；

12——支撑基座。

4 计量特性

具体计量特性见表1。

表 1 试验机计量特性一览表

| 序号                             | 项目             | 技术要求       |
|--------------------------------|----------------|------------|
| 1                              | 压缩频率/ Hz       | MPE： ±0.2  |
| 2                              | 偏心冲程 /mm       | MPE： ±0.03 |
| 3                              | 恒温室温度示值误差 / °C | MPE： ±1.0  |
| 注1：试验机压缩频率通常为30Hz，少部分试验机可自由调节。 |                |            |
| 注2：以上所有的技术参数不作为合格性判别的依据        |                |            |

5 校准条件

## 5.1 环境条件

### 5.1.1 温度条件

环境温度：15℃~35℃。

### 5.1.2 湿度条件

相对湿度：30%~85%。

## 5.2 测量标准及其他设备

测量标准及其他设备见表2。

表2 校准项目和测量标准

| 序号 | 校准项目      | 测量标准名称及技术要求                         |
|----|-----------|-------------------------------------|
| 1  | 压缩频率      | 转速表：测量范围(100~10000)r/min，准确度为0.2级   |
| 2  | 偏心冲程      | 数显式千分表（配备磁性表架）：测量范围(0~10)mm，MPE=7μm |
| 3  | 恒温室温度示值误差 | 温度测量仪：测量范围(0~200)℃，MPE=±0.1℃        |

## 6 校准项目和校准方法

### 6.1 校准项目

校准项目详见表2。

### 6.2 校准方法

#### 6.2.1 校准前准备

##### 6.2.1.1 仪器和设备

校正块一套：共2块，直径均为18mm，第1块高25mm±0.01mm，第2块高12.5mm±0.01mm。校正块用于校准前检查上下压板间距使用。

##### 6.2.1.2 外观检查

校准前检查试验机的按键、开关、指示灯等，应均可正常工作。试验机应有铭牌，铭牌上应标明型号、规格、编号、出厂日期和制造厂。

##### 6.2.1.3 试验负荷砝码

试验负荷砝码应符合 HG/T 2070—2009 中 3.5 的要求。

##### 6.2.1.4 上下压板间距重复误差

上下压板间距重复误差应符合 HG/T 2070—2009 中 4.5 的要求。

##### 6.2.1.5 上下压板间距测量相对误差

上下压板间距测量相对误差应符合 HG/T 2070—2009 中 4.6 的要求。

#### 6.2.2 压缩频率



使用转速表测量偏心轮转速，计算得出压缩频率，测量 3 次取算术平均值。结果保留到 0.01Hz。

$$R = \frac{\bar{R}}{60} \quad (1)$$

式中：

$R$  — 压缩频率，Hz；

$\bar{R}$  — 偏心轮转速 3 次测量的算术平均值，r/min。

### 6.2.3 偏心冲程

偏心冲程校准点分别为 4.45mm、5.71mm、6.35mm，用带有磁性表架的数显式千分表测量偏心轮上的偏心轴最高最低位置的距离。在偏心轮上的偏心轴最高或最低位置固定数显式千分表并置零，使偏心轮转至满量程位置，千分表读数即为偏心冲程。测量 3 次取算术平均值。结果保留到 0.01mm。

$$S = \bar{s} \quad (2)$$

式中：

$S$  — 偏心冲程，mm；

$\bar{s}$  — 数显式千分表 3 次测量的算术平均值，mm。

### 6.2.4 恒温室温度示值误差

将温度测量仪传感器固定在压板右后方 6mm~9mm 处，高度在两压板中间，恒温室内传感器线长至少 100mm。对 55℃、100℃ 进行校准，启动加热装置升温至设定温度，稳定 30min 后，读取温度测量仪读数及恒温室温度示值，每隔 30min 测量一次，共测 3 次，取与示值相差最大的值，按式 (3) 计算恒温室温度示值误差。结果保留到 0.1℃。

$$T_0 = \bar{T} + \Delta T \quad (3)$$

式中：

$\Delta T$  — 恒温室温度的示值误差，℃；

$T_0$  — 恒温室温度示值，℃；

$T_{\max}$  — 温度测量仪测量 3 次与  $T_0$  相差最大的值，℃。

## 7 校准结果

### 7.1 校准记录

校准记录应详尽记录测量数据和计算结果。推荐的校准记录格式见附录 A。

### 7.2 校准证书

经校准的橡胶压缩屈挠试验机应出具校准证书。校准证书包括的信息应符合 JJF 1071—2010 中 5.12 的要求，推荐的校准证书内页格式见附录 B。

### 7.3 不确定度

校准证书应给出各项校准项目校准结果的扩展不确定度，计算示例见附录 C、附录 D 和附录 E。

## 8 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸多因素所决定的，因此，送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔，建议不超过 1 年。

## 附录 A

## 橡胶压缩屈挠试验机校准记录格式

共页第页

|  |                    |      |                   |   |       |                       |
|--|--------------------|------|-------------------|---|-------|-----------------------|
| 记录编号                                     |                    |      | 证书编号              |   |       |                       |
| 委托单位                                     |                    |      |                   |   |       |                       |
| 生产厂商                                     |                    |      | 器具编号              |   |       |                       |
| 型号/规格                                    |                    |      | 校准日期              |   |       |                       |
| 校准环境条件                                   | 温度: °C 相对湿度: % 其他: |      |                   |   |       |                       |
| 校准地点                                     |                    |      |                   |   |       |                       |
| 校准前检查                                    |                    |      |                   |   |       |                       |
| 外观检查                                     |                    |      |                   |   |       |                       |
| 上下压板间距重复误差                               |                    |      |                   |   |       |                       |
| 上下压板间距测量相对误差                             |                    |      |                   |   |       |                       |
| 压缩频率/Hz                                  | 标称值                | 测量结果 |                   |   |       | 测量结果的扩展不确定度 ( $k=2$ ) |
|  |                    | 1    | 2                 | 3 | 算术平均值 |                       |
|  |                    |      |                   |   |       |                       |
| 偏心冲程/mm                                  | 标称值                | 测量结果 |                   |   |       | 测量结果的扩展不确定度 ( $k=2$ ) |
|  |                    | 1    | 2                 | 3 | 算术平均值 |                       |
|  |                    |      |                   |   |       |                       |
| 恒温室温度/°C                                 | 显示值                | 测量结果 |                   |   |       | 测量结果的扩展不确定度 ( $k=2$ ) |
|  |                    | 1    | 2                 | 3 | 示值误差  |                       |
|  |                    |      |                   |   |       |                       |
| 本次校准的依据: JJF(石化) XXXX-XXXX 橡胶压缩屈挠试验机校准规范 |                    |      |                   |   |       |                       |
| 本次校准所使用的主要计量标准器:                         |                    |      |                   |   |       |                       |
| 名称                                       | 测量范围               | 溯源信息 | 最大允许误差/准确度等级/不确定度 |   | 有效期至  |                       |
|  |                    |      |                   |   |       |                       |
|  |                    |      |                   |   |       |                       |
|  |                    |      |                   |   |       |                       |
|  |                    |      |                   |   |       |                       |

校准员: 核验员:

## 附录 B

## 校准证书内页格式

证书编号：

|             |                                 |       |                   |                          |
|-------------|---------------------------------|-------|-------------------|--------------------------|
| 校准机构授权说明    |                                 |       |                   |                          |
| 校准的技术依据     | JJF(石化) XXXX-XXXX 橡胶压缩屈挠试验机校准规范 |       |                   |                          |
| 校准地点        |                                 |       |                   |                          |
| 校准环境条件      | 温度：                             | 相对湿度： | 其他：               |                          |
| 校准使用的计量标准装置 |                                 |       |                   |                          |
| 名称          | 测量范围                            | 溯源信息  | 最大允许误差/准确度等级/不确定度 | 有效期至                     |
|             |                                 |       |                   |                          |
|             |                                 |       |                   |                          |
|             |                                 |       |                   |                          |
| 校准结果        |                                 |       |                   |                          |
| 压缩频率/Hz     | 标称值                             | 校准值   |                   | 测量结果的扩展不确定度<br>( $k=2$ ) |
|             |                                 |       |                   |                          |
| 偏心冲程/mm     | 标称值                             | 校准值   |                   | 测量结果的扩展不确定度<br>( $k=2$ ) |
|             |                                 |       |                   |                          |
| 恒温室温度/℃     | 显示值                             | 校准值   | 示值误差              | 测量结果的扩展不确定度<br>( $k=2$ ) |
|             |                                 |       |                   |                          |
| 备注：         |                                 |       |                   |                          |

## 附录 C

## 压缩频率测量结果不确定度的评定示例

## C.1 校准方法

以 30Hz 为例, 校准方法如本规范 6.2.2。

## C.2 建立测量模型

压缩频率测量模型见式(C.1)

$$R = \frac{\bar{R}}{60} \quad (\text{C.1})$$

式中:

$R$  — 压缩频率, Hz;

$\bar{R}$  — 偏心轮转速3次测量的算术平均值, r/min。

方差和灵敏系数

依方程:

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i) \quad (\text{C.2})$$

根据测量模型可得合成标准不确定度  $u_c(R)$  为:

$$u_c(R) = \sqrt{c_1^2 u^2(\bar{R})} \quad (\text{C.3})$$

式中:

$u(\bar{R})$  — 转速表测量引入的不确定度分量, Hz;

由灵敏系数计算公式:  $c_i = \frac{\partial R}{\partial \bar{R}}$ , 可得  $c = \frac{1}{60}$

## C.3 压缩频率测量结果不确定度的评定

## C.3.1 标准不确定度的来源

压缩频率测量结果的不确定度  $u_c(R)$  由测量重复性引入的不确定度分量  $u_1(\bar{R})$  和转速表最大允许误差引入的不确定度分量  $u_2(\bar{R})$  组成。

C.3.2 压缩频率的测量重复性引入的不确定度分量  $u_1(\bar{R})$ 

压缩频率重复测量 10 次, 测量数据见表 C.1。

表 C.1 压缩频率 10 次重复测量数据

| 第 $i$ 次测量      | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 测量结果/<br>r/min | 1807.2 | 1807.8 | 1805.4 | 1806.0 | 1804.8 | 1805.4 | 1807.8 | 1806.0 | 1807.2 | 1806.6 |

用贝塞尔公式计算单次测得值的实验标准偏差:

$$s(R_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2}{n-1}} = 1.06 \text{ r/min} \quad (\text{C.4})$$

式中:

$R_i$ —第  $i$  次测量结果, r/min;

$\bar{R}$ —10 次测量结果的算术平均值, r/min;

$n$ —测量次数;

实际测量以 3 次测量的算术平均值作为测量结果, 则重复性测量引入的不确定度分量  $u_1(\bar{R})$  按下式计算:

$$u_1(\bar{R}) = \frac{s(R_i)}{\sqrt{3}} = 0.61 \text{ r/min} \quad (\text{C.5})$$

### C.3.3 转速表最大允许误差引入的不确定度分量 $u_2(\bar{R})$

转速表等级为 0.2 级, 相对误差为  $\pm 0.2\%$ , 试验机转速为 1800 r/min, 可知误差为  $\pm 3.6$  r/min, 则可能值区间的半宽度  $a$  为 1.8 r/min, 认为其均匀分布, 取包含因子  $k$  为  $\sqrt{3}$ , 则转速表引入的不确定度分量为:

$$u_2(\bar{R}) = \frac{a}{k} = \frac{1.8}{\sqrt{3}} \approx 1.04 \text{ r/min} \quad (\text{C.6})$$

### C.3.4 不确定度分量汇总

不确定度分量汇总见表 C.2:

表 C.2 不确定度分量一览表

| 不确定度分量 $u(x_i)$ | 不确定度来源           | $u(x_i)$ 的值/<br>(r/min) | 灵敏系数 $c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i}$ | 标准不确定度<br>$ c_i u(x_i)$ /Hz |
|-----------------|------------------|-------------------------|--|-----------------------------|
| $u_1(\bar{R})$  | 压缩频率测量重复性引入的不确定度 | 0.61                    | $\frac{1}{60}$                               | 0.01                        |
| $u_2(\bar{R})$  | 转速表最大允许误差引入的不确定度 | 1.04                    | $\frac{1}{60}$                               | 0.02                        |

### C.3.5 合成标准不确定度

认为各输入量间不相关, 则合成的标准不确定度为:

$$u_c(R) = \sqrt{0.01^2 + 0.02^2} = 0.02 \text{ Hz} \quad (\text{C.7})$$

### C.3.6 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ , 压缩频率测量结果的扩展不确定度为:

$$U = u_c(R) \times k = 0.02 \times 2 = 0.04 \text{ Hz} \quad (\text{C.8})$$

压缩频率测量结果的扩展不确定度为:  $U=0.04\text{Hz}$ ,  $k=2$ 。

## 附录 D

## 偏心冲程测量结果不确定度的评定示例

## D.1 校准方法

以4.45mm为例，校准方法如本规范6.2.3。

## D.2 建立测量模型

偏心冲程测量模型见式(D.1)

$$S = \bar{s} \quad (\text{D.1})$$

式中：

$S$ —偏心冲程，mm；

$\bar{s}$ —数显式千分表表3次测量的算术平均值，mm。

方差和灵敏系数

依方程：

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i) \quad (\text{D.2})$$

根据测量模型可得合成标准不确定度  $u_c(S)$  为：

$$u_c(S) = \sqrt{c^2 u^2(\bar{s})} \quad (\text{D.3})$$

式中：

$u(\bar{s})$ —数显式千分表测量引入的不确定度分量，mm；

由灵敏系数计算公式： $c_i = \frac{\partial S}{\partial s}$ ，可得  $c = 1$

## D.3 标准不确定度的来源和评定

## D.3.1 标准不确定度的来源

偏心冲程测量结果的不确定度  $u_c(S)$  由测量重复性引入的不确定度分量  $u_1(\bar{s})$  和数显式千分表最大允许误差引入的不确定度分量  $u_2(\bar{s})$  组成。

D.3.2 偏心冲程的测量重复性引入的不确定度分量  $u_1(\bar{s})$ 

偏心冲程重复测量10次，测量数据见表D.1。

表D.1 偏心冲程10次重复测量数据

| 第 <i>i</i> 次测量 | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 测量结果           |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| /mm            | 4.445 | 4.452 | 4.441 | 4.451 | 4.457 | 4.455 | 4.446 | 4.461 | 4.453 | 4.451 |

用贝塞尔公式计算单次测得值的实验标准偏差：

$$s(s_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (s_i - \bar{s})^2}{n-1}} = 0.006 \text{ mm} \quad (\text{D.4})$$

式中：

$s_i$ —第  $i$  次测量结果, mm;

$\bar{s}$ —10 次测量结果的算术平均值, mm;

$n$ —测量次数;

实际测量以 3 次测量的算术平均值作为测量结果, 则重复性测量引入的不确定度分量  $u_1(\bar{s})$  按下式计算:

$$u_1(\bar{s}) = \frac{s(s_i)}{\sqrt{3}} = 0.003 \text{ mm} \quad (\text{D.5})$$

### D.3.3 数显式千分表分表最大允许误差引入的不确定度分量 $u_2(\bar{s})$

数显式千分表的  $\text{MPE} \leq 0.007 \text{ mm}$ , 则可能值区间的半宽度  $a$  为  $0.007 \text{ mm}$ , 认为其均匀分布, 取包含因子  $k$  为  $\sqrt{3}$ , 则测力仪最大允许误差引入的不确定度分量为:

$$u_2(\bar{s}) = \frac{a}{k} = \frac{0.007}{\sqrt{3}} = 0.004 \text{ mm} \quad (\text{D.6})$$

### D.3.4 不确定度分量汇总

不确定度分量汇总见表 D.2:

表 D.2 不确定度分量一览表

| 不确定度分量 $u(x_i)$ | 不确定度来源              | $u(x_i)$ 的值<br>/mm | 灵敏系数 $c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i}$ | 标准不确定度<br>$ c_i u(x_i)$ /mm |
|-----------------|---------------------|--------------------|--|-----------------------------|
| $u_1(\bar{s})$  | 偏心冲程测量重复性引入的不确定度    | 0.003              | 1  | 0.003                       |
| $u_2(\bar{s})$  | 数显式千分表最大允许误差引入的不确定度 | 0.004              | 1  | 0.004                       |

### D.3.5 合成标准不确定度

认为各输入量间不相关, 则合成的标准不确定度为:

$$u_c(S) = \sqrt{0.003^2 + 0.004^2} = 0.005 \text{ mm} \quad (\text{D.7})$$

### D.3.6 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ , 偏心冲程测量结果的扩展不确定度为:

$$U = u_c(S) \times k = 0.005 \times 2 = 0.01 \text{ mm} \quad (\text{D.8})$$

偏心冲程测量结果的扩展不确定度为:  $U=0.01 \text{ mm}$ ,  $k=2$ 。



## 附录 E

## 恒温室温度示值误差测量结果不确定度的评定示例

## E.1 校准方法

以 55℃ 为例，校准方法如本规范 6.2.4。

## E.2 建立测量模型

恒温室温度示值误差测量模型见式(E.1)

$$T_0 = \bar{T} + \Delta T \quad (\text{E.1})$$

式中：

$T_0$ —恒温室温度示值，℃；

$\bar{T}$ —温度测量仪 3 次测量值的算术平均值，℃；

$\Delta T$ —恒温室温度的示值误差，℃。

方差和灵敏系数

依方程：

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i) \quad (\text{E.2})$$

根据测量模型可得合成标准不确定度  $u_c(T_0)$  为：

$$u_c(T_0) = \sqrt{c_1^2 u^2(\bar{T}) + c_2^2 u^2(\Delta T)} \quad (\text{E.3})$$

式中：

$u(\bar{T})$ —温度测量仪最大允许误差引入的不确定度分量，℃；

$u(\Delta T)$ —示值误差重复性引入的不确定度分量，℃；

由灵敏系数计算公式： $c_1 = \frac{\partial T_0}{\partial \bar{T}}$ ， $c_2 = \frac{\partial T_0}{\partial \Delta T}$ ，可得  $c_1 = 1$ ， $c_2 = 1$

## E.3 标准不确定度的来源和评定

E.3.1 恒温室温度示值误差测量结果的不确定度由重复性引入的不确定度分量  $u(\Delta T)$  和温度测量仪最大允许误差引入的不确定度分量  $u(\bar{T})$  组成。

E.3.2 恒温室温度示值误差的重复性引入的不确定度分量  $u(\Delta T)$

恒温室温度重复测量 10 次，测量数据见表 E.1。

表 E.1 恒温室温度 10 次重复测量数据

| 第 $i$ 次测量  | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 温度测量仪测得值/℃ | 55.31 | 55.29 | 55.31 | 55.32 | 55.25 | 55.34 | 55.37 | 55.30 | 55.33 | 55.31 |
| 恒温室温度示值/℃  | 55.0  | 55.0  | 55.0  | 55.0  | 55.0  | 55.0  | 55.0  | 55.0  | 55.0  | 55.0  |
| 示值误差/℃     | -0.31 | -0.29 | -0.31 | -0.32 | -0.25 | -0.34 | -0.37 | -0.30 | -0.33 | -0.31 |

用贝塞尔公式计算单次测得值的实验标准偏差：

$$s(\Delta T_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta T_i - \overline{\Delta T})^2}{n-1}} = 0.031 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{E.4})$$

式中：

$\Delta T_i$ —第  $i$  次测量结果， $^\circ\text{C}$ ；

$\overline{\Delta T}$ —10 次测量结果的算术平均值， $^\circ\text{C}$ ；

$n$ —测量次数；

实际测量以 3 次测量的最大值作为测量结果，则视为单次测量，测量引入的不确定度分量  $u(\Delta T)$  按下式计算：

$$u(\Delta T) = s(\Delta T_i) = 0.031 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{E.5})$$

### E.3.3 温度测量仪最大允许误差引入的不确定度分量 $u(\overline{T})$

温度测量仪最大允许误差为  $\pm 0.1 \text{ } ^\circ\text{C}$ ，则可能值区间的半宽度  $a$  为  $0.1 \text{ } ^\circ\text{C}$ ，认为其均匀分布，取包含因子  $k$  为  $\sqrt{3}$ ，则温度测量仪最大允许误差引入的标准不确定度为：

$$u(\overline{T}) = \frac{a}{k} = \frac{0.1}{\sqrt{3}} = 0.058 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{E.6})$$

### E.3.4 不确定度分量汇总

不确定度分量汇总见表 E.2：

表 E.2 不确定度分量一览表

| 不确定度分量 $u(x_i)$   | 不确定度来源              | $u(x_i)$ 的值/ $^\circ\text{C}$ | 灵敏系数 $c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i}$ | 标准不确定度 $ c_i u(x_i)/^\circ\text{C}$ |
|-------------------|---------------------|-------------------------------|--|-------------------------------------|
| $u(\Delta T)$     | 恒温室温度示值误差重复性引入的不确定度 | 0.031                         | 1  | 0.031                               |
| $u(\overline{T})$ | 温度测量仪最大允许误差引入的不确定度  | 0.058                         | 1  | 0.058                               |

### E.3.5 合成标准不确定度

认为各输入量间不相关，则合成的标准不确定度为：

$$u_c(T_0) = \sqrt{0.031^2 + 0.058^2} = 0.07 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{E.7})$$

### E.3.6 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ ，恒温室温度示值误差测量结果的扩展不确定度为：

$$U = u_c(T_0) \times k = 0.07 \times 2 = 0.14 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{E.8})$$

恒温室温度示值误差测量结果的扩展不确定度为： $U=0.14 \text{ } ^\circ\text{C}$ ， $k=2$ 。

