

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

帘线干热收缩仪校准规范

Calibration Specification for Cord Thread Dry Heat Shrink Instrument

（报批稿）

2023 - XX - XX 发布

2023 - 12 - 01 实施

中华人民共和国工业和信息化部发布

帘线干热收缩仪校准规范

Calibration Specification for Cord
ThreadDry Heat Shrink Instrument

JJF(石化) XXXX—XXXX

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

济宁市质量计量检验检测研究院

参加起草单位：北京万汇一方科技发展有限公司

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：

蒋雪梅（北京橡胶工业研究设计院有限公司）

李明华（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）

王 军（济宁市质量计量检验检测研究院）

参加起草人：

陈毅敏 （北京万汇一方科技发展有限公司）

目 录

引言.....	错误! 未定义书签。
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
5.1 环境条件.....	2
5.2 测量标准及其他设备.....	2
6 校准项目和校准方法.....	2
6.1 校准项目.....	2
6.2 校准方法.....	2
7 校准结果.....	4
7.1 校准记录.....	4
7.2 校准证书.....	4
7.3 不确定度	4
8 复校时间间隔.....	4
附录 A 帘线干热收缩仪校准记录格式.....	5
附录 B 帘线干热收缩仪校准证书的内页格式.....	6
附录 C 温度示值误差测量结果不确定度的评定示例.....	7
附录 D 干热收缩率示值误差测量结果不确定度的评定示例.....	9
附录 E 干热收缩力示值误差测量结果不确定度的评定示例.....	11

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》、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编制。

本规范主要参考 GB/T 30312—2013《浸胶纱线、线绳和帘线热收缩试验方法》制定。
本规范为首次发布。

帘线干热收缩仪校准规范

1 范围

本规范适用于帘线干热收缩仪的校准。对于测定浸胶纱线、线绳等的干热收缩性能的干热收缩仪可参照执行。

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

JJF 1101—2019 环境试验设备温度、湿度参数校准规范

GB/T 30312—2013 浸胶纱线、线绳和帘线热收缩试验方法

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

帘线干热收缩仪（以下简称干热收缩仪）是测定在设定温度和施加相应预加张力下帘线干热收缩性能的仪器。干热收缩仪的原理为：在设定温度下，使施加预定张力的试样在热空气中受热一定时间，试样受热收缩，通过力传感器或旋转轮测量并计算出试样的干热收缩力或干热收缩率。干热收缩仪一般由预加张力砝码、旋转轮、拉力传感器、左右夹持器、上下加热板组成，结构示意图见图 1。

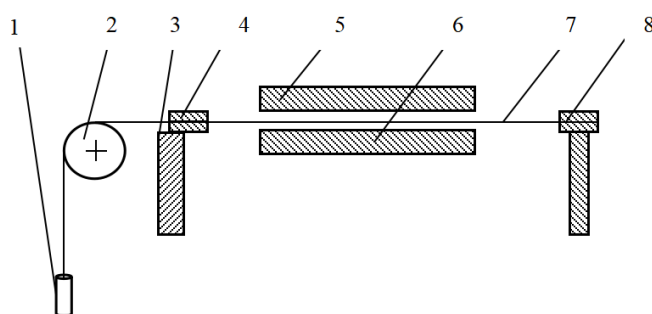


图 1 干热收缩仪结构示意图

1—预加张力砝码；2—旋转轮；3—拉力传感器；4—左夹持器；5—上加热板；6—下加热板；
7—试样；8—右夹持器

4 计量特性

具体计量特性见表1。

表 1 干热收缩仪计量特性一览表

序号	项目	技术要求
1	温度示值误差/ °C	MPE: ± 1
2	干热收缩率示值误差/ %	MPE: ± 0.05
3	干热收缩力示值误差/ N	MPE: ± 0.1
注: 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: $15^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ 。

5.1.2 湿度条件

相对湿度: $45\% \sim 85\%$ 。

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 干热收缩仪校准项目对应测量标准及其他设备

序号	校准项目	测量标准名称及技术要求
1	温度示值误差	温度测量仪: 测量范围 $(0 \sim 250)^{\circ}\text{C}$, MPE $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 。
2	干热收缩率示值误差	数显千分尺: 测量范围 $(225 \sim 250)\text{mm}$, 分辨力 0.001mm , MPE $\pm 4\mu\text{m}$ 。
3	干热收缩力示值误差	力值砝码: 测量范围 $(0 \sim 50)\text{N}$, MPE $\pm 0.05\%$ 。

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

干热收缩仪的校准项目见表2。

6.2 校准方法

6.2.1 校准前准备

6.2.1.1 外观检查

目测检查干热收缩仪外观，应结构齐全，维护良好，能正常运转。

6.2.1.2 预加张力砝码的检查

检查预加张力砝码外观是否缺损、锈蚀，标记是否清晰，是否经校准或检定合格。

6.2.2 温度示值误差

将测温传感器用细钢丝固定在试样受热位置的中心，用左右夹持器夹紧细钢丝两头，设定校准温度，干热收缩仪温度达到设定温度稳定状态后开始记录温度测量仪上的显示值，温度稳定时间应符合 JJF1101—2019 中 7.2.4 的要求，每间隔 2 min 再记录 1 次，共 3 次，取其算术平均值作为测量结果，按式(1)计算温度示值误差，计算结果保留到 0.01℃。

如干热收缩仪可多试样同时试验，则校准时相应增加测量位置。

$$\Delta T = T_0 - \bar{T} \quad (1)$$

式中：

ΔT —干热收缩仪温度示值误差，℃；

T_0 —干热收缩仪温度示值，℃；

\bar{T} —温度测量仪3次测量的算术平均值，℃。

6.2.3 干热收缩率示值误差

取一根按照 GB/T 30312—2013 中 5.3 的要求制备好的试样，将试样的一端夹紧在右夹持器内，另一端通过左侧旋转轮挂上预加张力砝码，预加张力砝码重量应符合 GB/T 30312—2013 中 5.5 的要求，用数显千分尺和记号笔在试样上标记出长度 L 并使标记长度完全位于受热空间中。

设定试验温度、试验时间，待温度达到设定值并稳定 5min 后，推入试样托架启动试验；仪器自动进行干热收缩率测试，试验完成后仪器自动停止并提示，此时立即拉出试样托架用数显千分尺测量试样收缩后的标记长度，连续测量 3 次，取其算术平均值作为测量结果；读取干热收缩仪此次试验干热收缩率示值，按式(2)计算干热收缩率示值误差，计算结果保留到 0.01%。

$$\Delta S = S - \frac{L - \bar{L}_1}{L} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

ΔS —干热收缩率示值误差，%；

S —干热收缩率示值，%；

L —收缩率为100%时试样的收缩长度，mm，查找设备说明书可得；

\bar{L}_1 —数显千分尺3次测量的算术平均值，mm。

6.2.4 干热收缩力示值误差

将滑轮固定在右夹持器外侧，并使滑轮最高点与试验时的试样高度一致。用左夹持器加紧细钢丝的一端，另一端通过右夹持器处的滑轮挂上力值砝码，开始试验，读取干热

收缩仪干热收缩力示值，重复测量 3 次取其算术平均值作为测量结果，按式(3)计算干热收缩力示值误差，计算结果保留到 0.01N。

当力值传感器与旋转轮不在同一侧时，可使用旋转轮悬挂力值砝码校准干热收缩力。

$$\Delta F = \bar{F}_i - F \quad (3)$$

式中：

ΔF —干热收缩力示值误差，N；

\bar{F}_i —干热收缩力示值算术平均值，N；

F —力值砝码标称值，N。

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

经校准的干热收缩仪应出具校准证书，校准结果应在校准证书上反映。校准证书包括的信息应符合 JJF 1071—2010 中 5.12 的要求，推荐的校准证书的内页格式见附录 B。

7.3 不确定度

校准证书应给出各校准项目的扩展不确定度，评定示例见附录 C、附录 D、附录 E。

8 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由于干热收缩仪的使用情况、使用者、干热收缩仪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的时间间隔，建议一般不超过 1 年。

附录 A

帘线干热收缩仪校准记录格式

共 页第 页

记录编号				证书编号			
委托单位							
单位地址							
生产厂商				器具编号			
型号/规格				校准日期			
环境条件		环境温度: ℃ 相对湿度: %					
校准地点							
外观检查							
预加张力砝码检查							
温度/℃	显示值	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	示值误差	
收缩率为 100% 时试样的收缩长度/mm							
收缩后标记长度测量结果/mm				干热收缩率/%			测量结果的扩展不确定度 ($k=2$)
1	2	3	算术平均值	显示值	测量结果	示值误差	
干热收缩力/N	校准值	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	示值误差	
本次校准的依据: JJF(石化) xxxx-xxxx 帘线干热收缩仪校准规范							
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

帘线干热收缩仪校准证书的内页格式

证书编号				
校准机构说明				
校准依据	JJF(石化) ××××—×××× 帘线干热收缩仪校准规范			
校准地点				
环境条件	环境温度/℃		相对湿度/%	
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
校准结果:				
温度/℃	显示值	校准值	示值误差	测量结果的扩展不确定度 ($k=2$)
干热收缩率/%	显示值	校准值	示值误差	测量结果的扩展不确定度 ($k=2$)
干热收缩力/N	显示值	校准值	示值误差	测量结果的扩展不确定度 ($k=2$)
备注:				

附录 C

温度示值误差测量结果不确定度的评定示例

C.1 校准方法

校准方法如本规范 6.2.2。

C.2 测量模型

温度示值误差测量模型见式 (C.1)：

$$\Delta T = T_0 - \bar{T} \quad (\text{C.1})$$

式中：

ΔT —干热收缩仪温度示值误差，℃；

T_0 —干热收缩仪温度示值，℃；

\bar{T} —温度测量仪 3 次测量的算术平均值，℃。

由式 (C.1) 得方差传播式：

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

式中：

$u_c(\Delta T)$ —温度示值误差测量结果的不确定度，℃；

$u(T_0)$ —干热收缩仪温度引入的不确定度分量，℃；

$u(\bar{T})$ —温度测量仪最大允许误差引入的不确定度分量，℃。

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

故：

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

C.3 温度示值误差测量结果不确定度的评定

C.3.1 不确定度来源

温度示值误差测量结果的不确定度来源主要有干热收缩仪温度引入的不确定度分量 $u(T_0)$ 和温度测量仪最大允许误差引入的不确定度分量 $u(\bar{T})$ 。

C.3.2 干热收缩仪温度引入的不确定度分量 $u(T_0)$ （以干热收缩仪设定温度 177.0℃为例）C.3.2.1 测量重复性引入的不确定度分量 u_1

按照本规范 6.2.2 的步骤进行操作，用温度测量仪重复测量 10 次，测量数据见表 C.1。

表 C.1 重复 10 次测量结果

第 i 次测量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
温度示值 / °C	177.0	177.0	177.0	177.0	177.0	177.0	177.0	177.0	177.0	177.0
温度测量仪示值 / °C	177.34	177.58	177.60	177.50	177.82	177.90	177.95	177.86	177.71	177.62
示值误差 / °C	-0.34	-0.58	-0.60	-0.50	-0.82	-0.90	-0.95	-0.86	-0.71	-0.62

温度示值误差的算术平均值：

$$\bar{T} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i = -0.69^\circ\text{C} \quad (\text{C.4})$$

用贝塞尔公式计算单次测量的实验标准偏差：

$$s(T_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (T_i - \bar{T})^2}{n-1}} = 0.19^\circ\text{C} \quad (\text{C.5})$$

式中：

T_i —第 i 次测量结果， $^\circ\text{C}$ ；

\bar{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 次测量的算术平均值作为测量结果，故：

$$u_1 = \frac{s(T_i)}{\sqrt{3}} = 0.11^\circ\text{C} \quad (\text{C.6})$$

C.3.2.2 干热收缩仪温度示值分辨力引入的不确定度分量 u_2

干热收缩仪温度示值分辨力为 0.1°C ，可能值区间的半宽度 a 为 0.05°C ，认为其服从均匀分布，取包含因子 k 为 $\sqrt{3}$ ，故：

$$u_2 = \frac{a}{k} = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.03^\circ\text{C} \quad (\text{C.7})$$

因此，干热收缩仪温度引入的不确定度分量为：

$$u(T_0) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = \sqrt{0.11^2 + 0.03^2} = 0.11^\circ\text{C} \quad (\text{C.8})$$

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

温度测量仪最大允许误差为 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ ，则可能值区间的半宽度 a 为 0.1°C ，认为其服从均匀分布，取包含因子 k 为 $\sqrt{3}$ ，故：

$$u(\bar{T}) = \frac{a}{k} = \frac{0.1}{\sqrt{3}} = 0.06^\circ\text{C} \quad (\text{C.9})$$

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	不确定度来源	不确定度分量的值/ $^\circ\text{C}$
$u(T_0)$	干热收缩仪温度引入的不确定度	0.11
$u(\bar{T})$	温度测量仪最大允许误差引入的不确定度	0.06

C.3.5 合成不确定度

认为各输入量间不相关，则合成不确定度为：

$$u_c(\Delta T) = \sqrt{u^2(T_0) + u^2(\bar{T})} = \sqrt{0.11^2 + 0.06^2} = 0.13^\circ\text{C} \quad (\text{C.10})$$

C.3.6 扩展不确定度 U

取包含因子 $k=2$ ，温度示值误差测量结果的扩展不确定度为：

$$U = u_c(\Delta T) \times k = 0.13 \times 2 = 0.26^\circ\text{C} \quad (\text{C.11})$$

附录 D

干热收缩率示值误差测量结果不确定度的评定示例

D.1 校准方法

校准方法如本规范 6.2.3。

D.2 测量模型

干热收缩率示值误差测量模型见式 (D.1)：

$$\Delta S = S - \frac{L - \bar{L}_1}{L} \times 100\% \quad (\text{D.1})$$

式中：

ΔS —干热收缩率示值误差，%；

S —干热收缩率示值，%；

L —收缩率为100%时试样的收缩长度，mm，查找设备说明书可得；

\bar{L}_1 —数显千分尺 3 次测量的算术平均值，mm。

以 $L=250\text{mm}$ 为例，则式 (D.1) 可化为：

$$\Delta S = S - \frac{250 - \bar{L}_1}{250} \times 100\% \quad (\text{D.2})$$

由式 (D.2) 得方差传播式：

$$u_c^2(\Delta S) = c_1^2 u^2(S) + c_2^2 u^2(\bar{L}_1) \quad (\text{D.3})$$

式中：

$u_c(\Delta S)$ —干热收缩率示值误差测量结果的不确定度，%；

$u(S)$ —干热收缩率示值引入的不确定度分量，%；

$u(\bar{L}_1)$ —数显千分尺最大允许误差引入的不确定度分量，mm。

由灵敏系数计算公式： $c_1 = \frac{\partial \Delta S}{\partial S}$ ， $c_2 = \frac{\partial \Delta S}{\partial \bar{L}_1}$ ，可得 $c_1 = 1$ ， $c_2 = 0.4(\%/ \text{mm})$ 。

故：

$$u_c^2(\Delta S) = u^2(S) + 0.16 u^2(\bar{L}_1) \quad (\text{D.4})$$

D.3 干热收缩率示值误差测量结果不确定度的评定

D.3.1 不确定度来源

干热收缩率示值误差测量结果的不确定度来源主要有干热收缩率示值引入的不确定度分量 $u(S)$ 和数显千分尺最大允许误差引入的不确定度分量 $u(\bar{L}_1)$ 。

D.3.2 干热收缩率示值引入的不确定度分量 $u(S)$ D.3.2.1 重复性引入的不确定度分量 u_1

按照本规范 6.2.3 的步骤进行操作，用数显千分尺重复测量 10 次，测量数据见表 D.1。

表 D.1 重复 10 次测量结果

第 i 次测量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
干热收缩率示值/ %	5.88	5.88	5.88	5.88	5.88	5.88	5.88	5.88	5.88	5.88
试样收缩后标记长度/ mm	235.325	235.353	235.291	235.319	235.320	235.298	235.305	235.314	235.349	235.311
干热收缩率测量结果/ %	5.87	5.86	5.88	5.87	5.87	5.88	5.88	5.87	5.86	5.88
示值误差/ %	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00

干热收缩率示值误差的算术平均值:

$$\overline{\Delta S} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta S_i = 0.007\% \quad (\text{D. 5})$$

用贝塞尔公式计算单次测得值的实验标准偏差:

$$s(\Delta S) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta S_i - \overline{\Delta S})^2}{n-1}} = 0.008\% \quad (\text{D. 6})$$

式中:

ΔS_i —第 i 次测量结果, %;

$\overline{\Delta S}$ —10 次测量结果的算术平均值, %;

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, 故:

$$u_1 = \frac{s(\Delta S)}{\sqrt{3}} = 0.005\% \quad (\text{D. 7})$$

D. 3. 2. 2 干热收缩率示值分辨力引入的不确定度分量 u_2

干热收缩率示值分辨力为 0.01%, 则可能值区间的半宽度 a 为 0.005%, 认为其均匀分布, 取包含因子 k 为 $\sqrt{3}$, 故:

$$u_2 = \frac{a}{k} = \frac{0.005}{\sqrt{3}} = 0.003\% \quad (\text{D. 8})$$

因此, 干热收缩率示值引入的不确定度分量为:

$$u(S) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = \sqrt{0.005\%^2 + 0.003\%^2} = 0.006\% \quad (\text{D. 9})$$

D. 3. 3 数显千分尺最大允许误差引入的不确定度分量 $u(\bar{L}_1)$

数显千分尺最大允许误差为 $\pm 4\mu\text{m}$, 则可能值区间的半宽度 a 为 0.004mm, 认为其均匀分布, 包含因子 k 为 $\sqrt{3}$, 故:

$$u(\bar{L}_1) = \frac{a}{k} = \frac{0.004}{\sqrt{3}} = 0.002\text{mm} \quad (\text{D. 10})$$

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	不确定度来源	不确定度分量的值
$u(S)$	干热收缩率示值引入的不确定度	0.006%
$u(\bar{L}_1)$	数显千分尺最大允许误差引入的不确定度	0.002mm

D. 3. 5 合成不确定度

认为各输入量间不相关, 则合成的不确定度为:

$$u_c(\Delta S) = \sqrt{u^2(S) + 0.16u^2(\bar{L}_1)} = \sqrt{0.006^2 + 0.16 \times 0.002^2} = 0.006\% \quad (\text{D. 11})$$

D. 3. 6 扩展不确定度 U

取包含因子 $k=2$, 干热收缩率示值误差测量结果的扩展不确定度为:

$$U = u_c(\Delta S) \times k = 0.006\% \times 2 = 0.012\% \quad (\text{D. 12})$$

附录 E

干热收缩力示值误差测量结果不确定度的评定示例

E.1 校准方法

校准方法如本规范 6.2.4。

E.2 测量模型

干热收缩力示值误差测量模型见式 (E.1)：

$$\Delta F = \bar{F}_i - F \quad (\text{E.1})$$

式中：

ΔF —干热收缩力示值误差，N；

\bar{F}_i —干热收缩力示值算术平均值，N；

F —力值砝码标称值，N。

由式 (E.1) 得方差传播式：

$$u_c^2(\Delta F) = c_1^2 u^2(\bar{F}_i) + c_2^2 u^2(F) \quad (\text{E.2})$$

式中：

$u_c(\Delta F)$ —干热收缩力示值误差测量结果的不确定度，N；

$u(\bar{F}_i)$ —干热收缩力示值引入的不确定度分量，N；

$u(F)$ —力值砝码最大允许误差引入的不确定度分量，N。

由灵敏系数计算公式： $c_1 = \frac{\partial \Delta F}{\partial \bar{F}_i}$ ， $c_2 = \frac{\partial \Delta F}{\partial F}$ ，可得 $c_1 = 1$ ， $c_2 = -1$ 。

故：

$$u_c^2(\Delta F) = u^2(\bar{F}_i) + u^2(F) \quad (\text{E.3})$$

E.3 干热收缩力示值误差测量结果不确定度的评定

E.3.1 不确定度来源

干热收缩力示值误差测量结果的不确定度来源主要有干热收缩力示值引入的不确定度分量 $u(\bar{F}_i)$ 和力值砝码最大允许误差引入的不确定度分量 $u(F)$ 。以 10N 校准点为例。

E.3.2 干热收缩力示值引入的不确定度分量 $u(\bar{F}_i)$ E.3.2.1 重复性引入的不确定度分量 u_1

按照本规范 6.2.4 的步骤进行操作，重复测量 10 次，测量数据见表 E.1。

表 E.1 重复 10 次测量结果

第 i 次测量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
干热收缩力示值/ N	10.01	9.97	9.99	9.98	10.01	10.02	10.02	10.03	10.04	9.99
力值砝码/ N	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
示值误差/ N	0.01	-0.03	-0.01	-0.02	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04	-0.01

干热收缩力示值误差的算术平均值：

$$\overline{\Delta F} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta F_i = 0.006 \text{ N} \quad (\text{E.4})$$

用贝塞尔公式计算单次测得值的实验标准偏差：

$$s(\Delta F) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta F_i - \overline{\Delta F})^2}{n-1}} = 0.023\text{N} \quad (\text{E. 5})$$

式中:

ΔF_i —第 i 次测量结果, N;

$\overline{\Delta F}$ —10 次测量结果的算术平均值, N;

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, 故:

$$u_1 = \frac{s(\Delta F)}{\sqrt{3}} = 0.013\text{N} \quad (\text{E. 6})$$

E. 3. 2. 2 干热收缩力示值分辨力引入的不确定度分量 u_2

干热收缩力示值分辨力为 0.01N, 则可能值区间的半宽度 a 为 0.005N, 认为其均匀分布, 取包含因子 k 为 $\sqrt{3}$, 故:

$$u_2 = \frac{a}{k} = \frac{0.005}{\sqrt{3}} = 0.003\text{N} \quad (\text{E. 7})$$

因此, 干热收缩力示值引入的不确定度分量为:

$$u(\overline{F}_i) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = \sqrt{0.013^2 + 0.003^2} = 0.013\text{N} \quad (\text{E. 8})$$

E. 3. 3 力值砝码最大允许误差引入的不确定度分量 $u(F)$

力值砝码最大允许误差为 $\pm 0.05\%$, 故 10N 力值砝码的最大允许误差为 $\pm 0.005\text{N}$, 则可能值区间的半宽度 a 为 0.005 N, 认为其均匀分布, 取包含因子 k 为 $\sqrt{3}$, 故:

$$u(F) = \frac{a}{k} = \frac{0.005}{\sqrt{3}} = 0.003\text{N} \quad (\text{E. 9})$$

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	不确定度来源	不确定度分量的值/N
$u(\overline{F}_i)$	干热收缩力示值引入的不确定度	0.013
$u(F)$	力值砝码最大允许误差引入的不确定度	0.003

E. 3. 5 合成不确定度

认为各输入量间不相关, 则合成的不确定度为:

$$u_c(\Delta F) = \sqrt{0.013^2 + 0.003^2} = 0.013\text{N} \quad (\text{E. 10})$$

E. 3. 6 扩展不确定度 U

取包含因子 $k=2$, 干热收缩力示值误差测量结果的扩展不确定度为:

$$U = u_c(\Delta F) \times k = 0.013 \times 2 = 0.026\text{N} \quad (\text{E. 11})$$

