

JJF(闽)1152—2024



福建省地方计量技术规范

JJF(闽)1152—2024

面筋测定仪校准规范

Calibration Specification for Glutomatic Instruments

2024 – 05 – 30 发布

2024 – 08 – 30 实施

福建省市场监督管理局 发布

面筋测定仪校准规范

Calibration Specification for Glutomatic
Instruments

JJF (闽) 1152—2024

归口单位：福建省市场监督管理局
主要起草单位：厦门市计量检定测试院
参加起草单位：厦门市粮油质量监测和军粮供应中心
中粮海嘉（厦门）面业有限公司

本规范委托福建省计量规范技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

郑 鹏（厦门市计量检定测试院）

黄伟琼（厦门市计量检定测试院）

林 峰（厦门市计量检定测试院）

参加起草人：

吴亚凉（厦门市粮油质量监测和军粮供应中心）

朱 莹（厦门市粮油质量监测和军粮供应中心）

柴艳伟〔中粮海嘉（厦门）面业有限公司〕

福建省计量规范技术委员会

目 录

引言..... (Ⅱ)

1 范围 (1)

2 引用文件 (1)

3 术语和计量单位 (1)

4 概述 (1)

5 计量特性 (1)

6 校准条件 (2)

6.1 环境条件..... (2)

6.2 测量标准及其他设备..... (2)

7 校准项目和校准方法 (2)

7.1 校准前检查..... (2)

7.2 搅拌钩转速示值误差..... (2)

7.3 洗涤液流量示值误差..... (3)

7.4 离心工作时间示值误差..... (3)

7.5 离心指数仪转速示值误差..... (3)

7.6 烘干工作时间示值误差..... (4)

8 校准结果 (4)

9 复校时间间隔 (4)

附录 A 面筋测定仪校准证书内页（推荐）格式 (5)

附录 B 面筋测定仪校准记录（参考格式） (6)

附录 C 面筋测定仪校准结果的不确定度评定示例 (8)

引 言

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》和 JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》共同构成支撑本规范制定的基础性系列规范。

本规范参考了 GB/T 35993—2018《粮油机械 面筋测定仪》相关内容制定。
本规范为首次制定。

福建省计量规范技术委员会

面筋测定仪校准规范

1 范围

本规范适用于检测小麦和小麦粉品质的面筋测定仪的校准。

2 引用文件

本规范引用下列文件：

GB/T 35993—2018 粮油机械 面筋测定仪

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 术语和计量单位

GB/T 35993—2018 界定的术语和定义适用于本规范。

4 概述

面筋测定仪（以下简称“面筋仪”）是用来测定面粉中面筋含量及面筋指数的专用仪器。面筋仪由洗涤仪、离心指数仪和烘干仪等部分组成。面筋测定仪的原理流程示意图，见图 1。

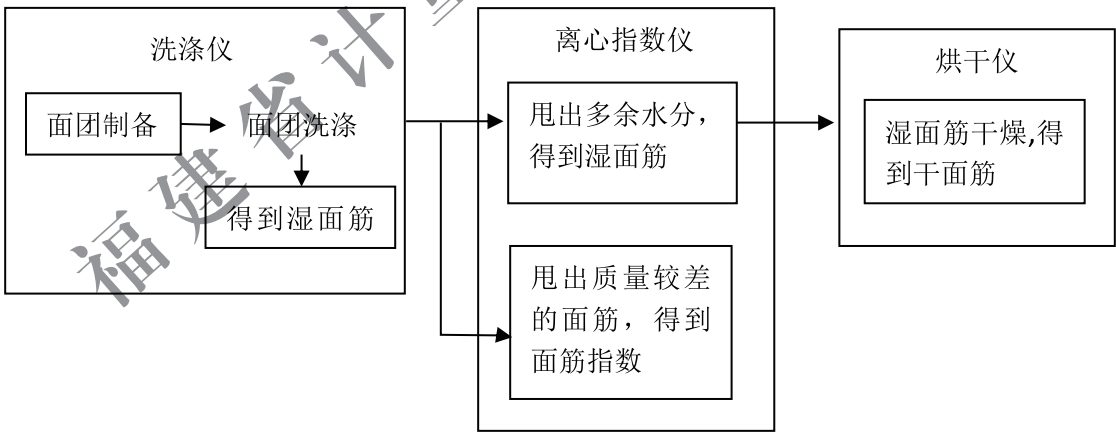


图 1 面筋仪原理流程示意图

5 计量特性

5.1 搅拌钩转速示值误差

搅拌钩转速 120 r/min 或厂家规定的搅拌钩转速，示值最大允许误差为 ± 2 r/min。

5.2 洗涤液流量示值误差

洗涤液流量 53 mL/min 或厂家规定的洗涤液流量，示值最大允许误差为 ± 3 mL/min。

5.3 离心工作时间示值误差

离心工作时间 60 s 或厂家规定的离心工作时间, 示值最大允许误差为 ± 5 s。

5.4 离心指数仪转速示值误差

离心指数仪转速 6000 r/min 或厂家规定的离心指数仪转速, 示值最大允许误差为 ± 5 r/min。

5.5 烘干工作时间示值误差

烘干工作时间 300 s 或厂家规定的烘干工作时间, 示值最大允许误差为 ± 5 s。

注: 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 环境温度: (5 ~ 35) °C;

6.1.2 相对湿度: 不大于 85%;

6.1.3 周围无磁场或机械振动。

6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 转速测量仪: (10 ~ 60000) r/min, 0.01 级;

6.2.2 电子秒表: 0.01 s ~ 29 min, 分度值 0.01 s, MPE: ± 0.07 s/10 min;

6.2.3 数字温度计: (0 ~ 300) °C, 分度值 0.1 °C, MPE: ± 2.0 °C;

6.2.4 量筒: 500 mL, 分度值 5 mL, 量入式, MPE: ± 2.5 mL;

6.2.5 专用量块: 30 mm × 9 mm × 0.65 mm, MPE: ± 0.02 mm; 30 mm × 9 mm × 0.75 mm, MPE: ± 0.02 mm。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准前检查

7.1.1 仪器外观检查

目视洗涤仪、离心指数仪和烘干仪, 仪器不应有影响正常工作的机械损伤, 各控制开关工作正常。筛网和搅拌钩应清洁干净、无损坏。仪器应水平稳定放置, 表面应平整, 无明显凹凸现象。仪器运转应无异常震动和声音。

7.1.2 筛网与混合钩的距离检查

根据厂家操作说明, 将量块放置在相应的筛网架上, 把筛网架放在工作位置, 调节量块, 使其与混合钩接触, 轻轻地移动筛网架的小销钉, 使量块往混合钩另一侧方向移动, 当 0.65 mm 量块能够顺利移动, 0.75 mm 量块应无法顺利移动。

7.1.3 烘干仪工作温度检查

将数字温度计的温度传感器放置于烘干板中间, 盖上烘干板, 开启电源, 用秒表

计时, 在 5 min 内, 烘干仪工作温度可达到 150 ℃ ~ 200 ℃。

7.2 搅拌钩转速示值误差

取下有机玻璃体, 在转轴上用黑胶带粘一圈之后, 贴上反光纸, 调整转速传感器角度至光电传感器发出的光正对着反光纸, 开启电源开关, 待转速稳定后, 采用转速测量仪测量搅拌钩转速, 重复测量三次, 转速示值误差 (Δn_a) 按式 (1) 计算。

$$\Delta n_a = n_a - \bar{n}_a \quad (1)$$

式中:

Δn_a —— 搅拌钩转速示值误差, r/min;

$\bar{n}_a$ —— 三次测量结果的算术平均值, r/min;

n_a —— 转速设定值, r/min;

7.3 洗涤液流量示值误差

开启电源开关, 用量筒接取洗涤液, 同时用秒表计时, 根据厂家设定接取时间为 t , 并记录洗涤液体积 V , 重复测量三次, 流量示值误差 (ΔQ) 按式 (2) 计算。

$$\Delta Q = Q - \frac{\bar{V}}{t} \quad (2)$$

式中:

ΔQ —— 洗涤液流量示值误差, mL/min;

Q —— 洗涤液流量设定值, mL/min;

$\bar{V}$ —— 体积测量结果的平均值, mL;

t —— 厂家设定接取时间, min。

7.4 离心工作时间示值误差

开启离心机, 同时用秒表计时, 待离心机运行键灯灭时, 停止计时, 重复测量三次, 工作时间示值误差 (Δt_c) 按式 (3) 计算。

$$\Delta t_c = t_c - \bar{t}_c \quad (3)$$

式中:

Δt_c —— 离心时间示值误差, s;

t_c —— 时间设定值, s;

$\bar{t}_c$ —— 三次测量结果的算术平均值, s。

7.5 离心指数仪转速示值误差

在离心机转筒上用黑胶带粘一圈之后, 贴上反光纸, 调整转速传感器角度至光电传感器发出的光正对着反光纸, 开启电源开关, 待转速稳定后, 采用转速测量仪测量离心指数仪转速, 重复测量三次, 转速示值误差 (Δn_c) 按式 (4) 计算。

$$\Delta n_c = n_c - \bar{n}_c \quad (4)$$

式中:

Δn_c —— 离心指数仪转速示值误差, r/min;

n_c ——转速设定值, r/min;

$\overline{n_c}$ ——三次测量结果的算术平均值, r/min。

7.6 烘干工作时间示值误差

开启烘干仪,同时用秒表计时,待烘干仪烘干工作结束时,停止计时,重复测量三次,时间示值误差 (Δt_a) 按式 (5) 计算。

$$\Delta t_a = t_a - \overline{t_a} \quad (5)$$

式中:

Δt_a ——烘干仪工作时间示值误差, s;

t_a ——时间设定值, s;

$\overline{t_a}$ ——三次测量结果的算术平均值, s。

8 校准结果

校准结果应在校准证书上反映,校准证书应至少包含以下信息:

- a) 标题: “校准证书”;
- b) 实验室名称和地址;
- c) 进行校准的地点 (如果与测量装置地址不同);
- d) 证书的唯一性标识 (如编号), 每页及总页数的标识;
- e) 客户的名称和地址;
- f) 被校对象的描述和明确标识;
- g) 进行校准的日期, 如果与校准结果的有效性和应用有关时, 应说明被校对象的接收日期;
- h) 对校准所依据的技术规范的标识, 包括名称及代号;
- i) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明;
- j) 校准环境的描述;
- 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) 校准证书和校准报告签发人的签名或等效标识;
- n) 校准结果仅对被校对象有效的说明;
- o) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书的说明。

9 复校时间间隔

建议复校时间间隔不超过 1 年。由于复校时间间隔的长短是由面筋仪的使用情况、使用者、面筋仪本身质量等诸多因素决定的, 因此, 送校单位可根据实际情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

面筋测定仪校准证书内页（式样）

校准数据 / 结果：

一、外观检查： ☐ 符合要求 ☐ 不符合要求			
二、混合钩工作距离检查： ☐ 符合要求 ☐ 不符合要求			
三、烘干仪工作温度检查： ☐ 符合要求 ☐ 不符合要求			
校准项目	设定值	示值误差	不确定度
搅拌钩转速 (r/min)			
洗涤液流量 (mL/min)			
离心工作时间 (s)			
离心指数仪转速 (r/min)			
烘干仪工作时间 (s)			

附录 B

面筋测定仪校准记录（式样）

被检单位					记录编号			
样品	名 称	面筋测定仪			生产厂家			
	洗涤仪	型号规格			出厂编号			
	离心指数仪	型号规格			出厂编号			
	烘干仪	型号规格			出厂编号			
标准器信息	标准器名称	型 号	编 号	技术特性	证书编号	证书有效期		
技术依据								
环境条件		温度：℃；相对湿度：%			证书编号			
校准地址								
接收日期		校准日期			核验日期			
发布日期		校 准 员			核 验 员			
一、外观检查： ☐ 符合要求 ☐ 不符合要求								
二、混合钩工作距离检查： ☐ 符合要求 ☐ 不符合要求								
三、烘干仪工作温度检查： ☐ 符合要求 ☐ 不符合要求								
校准项目	设定值	测量值	平均值	示值误差		扩展不确定度 $U(k=2)$		
搅拌钩转速 (r/min)								

洗涤液体积 (mL)	/			/	/
洗涤液接取时间 (min)	/			/	
洗涤液流量 (mL/min)					
离心工作时间 (s)					
离心指数仪转速 (r/min)					
烘干仪工作时间 (s)					

附录 C

面筋测定仪校准结果的不确定度评定示例

C.1 搅拌钩转速示值误差测量结果的不确定度评定示例

C.1.1 被测对象

面筋仪洗涤仪部分，型号规格：GM 2200，搅拌钩转速测量点：120 r/min。

C.1.2 测量标准

高精度多通道标准转速测量仪：(10 ~ 60000)r/min，0.01 级。

C.1.3 环境条件

环境温度：24.2 ℃，相对湿度：60%。

C.1.4 测量方法

按照《面筋测定仪校准规范》中对搅拌钩转速的测量要求，取下有机玻璃体，在转轴上用黑胶带粘一圈之后，贴上反光纸，调整转速传感器角度至光电传感器发出的光正对着反光纸，开启电源开关，待转速稳定后，采用转速测量仪测量搅拌钩转速，重复测量三次，按式 (C.1) 计算搅拌钩转速示值误差 (Δn_a)，并进行搅拌钩转速示值误差测量结果不确定度评定。

C.1.5 测量模型

$$\Delta n_a = n_a - \overline{n_a} \quad (\text{C.1})$$

式中：

Δn_a ——转速示值误差，r/min；

n_a ——转速设定值，r/min；

$\overline{n_a}$ ——转速三次测量的平均值，r/min。

C.1.6 灵敏系数

由式 (C.1) 得到搅拌钩转速示值误差的合成标准不确定度，见式 (C.2)

$$u_c^2 = c_1^2 \times u(n_a)^2 + c_2^2 \times u(\overline{n_a})^2 \quad (\text{C.2})$$

式中灵敏系数由式 (C.3) 表示：

$$c_1 = \frac{\partial \Delta n_a}{\partial n_a} = 1, \quad c_2 = \frac{\partial \Delta n_a}{\partial \overline{n_a}} = -1 \quad (\text{C.3})$$

C.1.7 不确定度来源

C.1.7.1 被较仪器测量重复性引入的标准不确定度 $u(\overline{n_a})$ C.1.7.2 高精度多通道标准转速测量仪引入的标准不确定度 $u(n_a)$ C.1.7.2.1 高精度多通道标准转速测量仪分辨力引入的不确定度 $u(n_a)_1$ C.1.7.2.2 高精度多通道标准转速测量仪示值误差引入的不确定度 $u(n_a)_2$

C.1.8 标准不确定度的评定

C.1.8.1 被较仪器测量重复性引入的标准不确定度 $u(\bar{n}_a)$

对搅拌钩转速进行 10 次重复测量, 测量结果见表 C.1。

表 C.1 搅拌钩转速测量结果

单位: r/min

序 号	1	2	3	4	5
实测值 x	120.0	120.0	120.1	120.0	120.0
序 号	6	7	8	9	10
实测值 x	120.0	120.1	120.0	120.0	120.0

用贝塞尔公式计算实验标准偏差:

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.042 \text{ r/min}$$

因校准采用三次测量取平均值测量方式, 可得由重复测量引入的标准不确定度:

$$u(\bar{n}_a) = \frac{s_x}{\sqrt{n}} = \frac{0.042}{\sqrt{3}} = 0.024 \text{ r/min}$$

C.1.8.2 高精度多通道标准转速测量仪引入的标准不确定度 $u(n_a)$ C.1.8.2.1 高精度多通道标准转速测量仪分辨力引入的不确定度 $u(n_a)_1$

高精度多通道标准转速测量仪分辨力为 0.000001 r/min, 区间半宽度为 0.0000005 r/min, 服从均匀分布, 则由标准器分辨力引入的标准不确定度为:

$$u(n_a)_1 = \frac{0.0000005}{\sqrt{3}} = 0.29 \times 10^{-6} \text{ r/min}$$

C.1.8.2.2 高精度多通道标准转速测量仪示值误差引入的不确定度 $u(n_a)_2$

采用 0.01 级转速测量仪作为标准器, 最大允许误差 $\pm 0.01\%$, 测量点为 120r/min, 按均匀分布, 其引入的不确定度:

$$u(n_a)_2 = \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{120 \times 0.01\%}{\sqrt{3}} = 0.007 \text{ r/min}$$

测量重复性引入的标准不确定度远大于标准器分辨力引入的标准不确定度, 取其中较大者, 则合成不确定度只考虑重复性引入的不确定度, 故:

$$u(n_a) = u(n_a)_2 = 0.007 \text{ r/min}$$

C.1.9 合成标准不确定度 u_c

$$\begin{aligned} u_c &= \sqrt{c_1^2 \times u(n_a)^2 + c_2^2 \times u(\bar{n}_a)^2} = \sqrt{1 \times 0.007^2 + 1 \times 0.024^2} \\ &= 0.025 \text{ r/min} \end{aligned}$$

C.1.10 扩展不确定度

包含因子 $k=2$, 搅拌钩转速示值误差测量结果的扩展不确定度:

$$U = k \times u_c = 2 \times 0.025 \text{ r/min} \approx 0.1 \text{ r/min}$$

C.1.11 校准结果及其不确定度表示

$$\Delta n_a = 0.0 \text{ r/min} \quad U = 0.1 \text{ r/min}, k = 2。$$

C.2 洗涤液流量示值误差测量结果的不确定度评定示例

C.2.1 被测对象

面筋仪洗涤仪部分，型号规格：CF2015。

C.2.2 测量标准

量筒：500 mL，分度值 5 mL，量入式，MPE：±2.5 mL；

电子秒表：0.01 s ~ 29 min，分度值 0.01 s，MPE：±0.07 s/10 min。

C.2.3 环境条件

环境温度：24.2℃，相对湿度：60%。

C.2.4 测量方法

按照《面筋测定仪校准规范》中洗涤液流量示值误差的测量要求，开启电源开关，用量筒接取洗涤液，同时用秒表计时，根据厂家设定接取时间为 t ，本次试验中接取时间 $t=5 \text{ min}$ ，并记录洗涤液体积 V ，重复测量三次，按式 (C.4) 计算洗涤液流量示值误差 (ΔQ)，并进行洗涤液流量示值误差测量结果不确定度评定。

C.2.5 测量模型

$$\Delta Q = Q - \frac{\bar{V}}{t} \quad (\text{C.4})$$

式中：

ΔQ ——洗涤液流量示值误差，mL/min；

Q ——洗涤液流量设定值，mL/min；

$\bar{V}$ ——体积测量结果的平均值，mL；

t ——厂家设定接取时间，min。

本次试验中接取时间 $t=5 \text{ min}$ ，测量模型可表示为式 (C.5)

$$\Delta Q = Q - \frac{\bar{V}}{5} \quad (\text{C.5})$$

C.2.6 灵敏系数

由式 (C.5) 得到洗涤液流量示值误差的合成标准不确定度，见式 (C.6)

$$u_c^2 = c_1^2 \times u(Q)^2 + c_2^2 \times u(\bar{V})^2 \quad (\text{C.6})$$

式中灵敏系数由式 (C.7) 表示：

$$c_1 = \frac{\partial \Delta Q}{\partial Q} = 1, \quad c_2 = \frac{\partial \Delta Q}{\partial \bar{V}} = -\frac{1}{5} \quad (\text{C.7})$$

C.2.7 不确定度来源

C.2.7.1 被较仪器测量重复性引入的标准不确定度 $u(Q)$

C.2.7.2 量筒引入的标准不确定度 $u(\bar{V})$

C.2.7.2.1 量筒读数引入的不确定度 $u(\bar{V})_1$

C.2.7.2.2 量筒示值误差引入的不确定度 $u(\bar{V})_2$

C.2.8 标准不确定度的评定

C.2.8.1 被较仪器测量重复性引入的标准不确定度 $u(Q)$

采用量入式量筒对面筋仪流量进行重复测量 10 次，测量结果见表 C.2。

表 C.2 洗涤液体积测量结果 单位：mL

序 号	1	2	3	4	5
实测值 V	253	251	251	254	254
序 号	6	7	8	9	10
实测值 V	254	252	251	253	252

表 C.3 洗涤液流量计算结果 单位：mL/min

序 号	1	2	3	4	5
实测值 Q	50.6	50.2	50.2	50.8	50.8
序 号	6	7	8	9	10
实测值 Q	50.8	50.4	50.2	50.6	50.4

用贝塞尔公式计算实验标准偏差：

$$s_Q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2}{n - 1}} = 0.254 \text{ mL/min}$$

因实际使用中采用三次测量取平均值测量方式，可得由重复性引入的标准不确定度：

$$u(Q) = \frac{s_Q}{\sqrt{N}} = \frac{0.254}{\sqrt{3}} = 0.147 \text{ mL/min}$$

C.2.8.2 量筒引入的标准不确定度 $u(\bar{V})$

C.2.8.2.1 量筒估读引入的不确定度 $u(\bar{V})_1$

采用 500 mL 量入式量筒作为标准器，分度值 5 mL，对量筒刻度估读的分辨力以分度值的 1/5 估计，区间半宽度为 0.5 mL，服从均匀分布，则由量筒估读引入的标准不确定度为：

$$u(\bar{V})_1 = \frac{0.5}{\sqrt{3}} = 0.29 \text{ mL}$$

C.2.8.2.2 量筒示值误差引入的不确定度 $u(V)_2$

采用 500 mL 量入式量筒作为标准器, 最大允许误差 ± 2.5 mL, 其引入的不确定度:

$$u(\bar{V})_2 = a/k = \frac{2.5}{\sqrt{3}} = 1.45 \text{ mL}$$

测量重复性引入的标准不确定度分量, 大于量筒估读引入的标准不确定度的 1/5, 取其中较大者, 则合成不确定度只考虑重复性引入的不确定度, 故:

$$u(\bar{V}) = u(\bar{V})_2 = 1.45 \text{ mL}$$

C.2.9 合成标准不确定度 u_c

$$\begin{aligned} u_c &= \sqrt{c_1^2 \times u(Q)^2 + c_2^2 \times u(\bar{V})^2} = \sqrt{1 \times 0.147^2 + \frac{1}{25} \times 1.45^2} \\ &= 0.325 \text{ mL/min} \end{aligned}$$

C.2.10 扩展不确定度

包含因子 $k=2$, 洗涤液流量示值误差测量结果的扩展不确定度:

$$U = k \times u_c = 2 \times 0.325 \text{ mL/min} = 0.65 \text{ mL/min} \approx 0.7 \text{ mL/min}$$

C.2.11 校准结果及其不确定度表示

$$\Delta Q = +2.5 \text{ mL/min} \quad U = 0.7 \text{ mL/min}, \quad k = 2$$

C.3 离心工作时间示值误差测量结果的不确定度评定示例

C.3.1 被测对象

面筋仪离心机部分, 型号规格: CF2015。

C.3.2 测量标准

电子秒表: 0.01 s ~ 29 min, 分度值 0.01 s, MPE: ± 0.07 s。

C.3.3 环境条件

环境温度: 24.2℃, 相对湿度: 60%。

C.3.4 测量方法

按照《面筋测定仪校准规范》中对离心工作时间示值误差的测量要求, 开启离心机, 同时用秒表记时, 待离心机运行键灯灭时, 停止记时, 重复测量三次, 按式 (C.8) 计算离心工作时间示值误差 (Δt_c), 并进行离心工作时间示值误差测量结果不确定度评定。

C.3.5 测量模型

$$\Delta t_c = t_c - \bar{t}_c \quad (\text{C.8})$$

式中:

t_c ——时间设定值, s;

Δt_c ——离心时间示值误差, s;

$\bar{t}_c$ ——三次测量结果的算术平均值, s。

C.3.6 灵敏系数

由式 (C.8) 得到离心工作时间示值误差的合成标准不确定度, 见式 (C.9)

$$u_c^2 = c_1^2 \times u_{t_c}^2 + c_2^2 \times u_{\bar{t}_c}^2 \quad (\text{C.9})$$

式中灵敏系数由式 (C.10) 表示:

$$c_1 = \frac{\partial \Delta t_c}{\partial t_c} = 1, \quad c_2 = \frac{\partial \Delta t_c}{\partial \bar{t}_c} = -1 \quad (\text{C.10})$$

C.3.7 不确定度来源

C.3.7.1 被较仪器测量重复性引入的标准不确定度 $u(\bar{t}_c)$ C.3.7.2 电子秒表引入的标准不确定度 $u(t_c)$ C.3.7.2.1 电子秒表分辨力引入的不确定度 $u(t_c)_1$ C.3.7.2.2 电子秒表示值误差引入的不确定度 $u(t_c)_2$

C.3.8 标准不确定度的评定

C.3.8.1 被较仪器测量重复性引入的标准不确定度 $u(\bar{t}_c)$

现采用电子秒表进行 10 次重复测试, 测量结果见表 C.4。

表 C.4 离心工作时间测量结果

单位: s

序 号	1	2	3	4	5
实测值 $t(\text{s})$	60.02	60.11	60.08	60.12	60.02
序 号	6	7	8	9	10
实测值 $t(\text{s})$	60.22	60.03	60.14	60.03	59.98

用贝塞尔公式计算实验标准偏差:

$$s_t = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}{n-1}} = 0.073 \text{ s}$$

因校准采用三次测量取平均值测量方式, 可得由重复性引入的标准不确定度:

$$u(\bar{t}_c) = \frac{s_t}{\sqrt{N}} = \frac{0.073}{\sqrt{3}} = 0.04 \text{ s}$$

C.3.8.2 电子秒表引入的标准不确定度 $u(t_c)$ C.3.8.2.1 电子秒表分辨力引入的不确定度 $u(t_c)_1$

标准器电子秒表分辨力为 0.01 s, 区间半宽度为 0.005 s, 服从均匀分布, 则由标准器分辨力引入的标准不确定度为:

$$u(t_c)_1 = \frac{0.005}{\sqrt{3}} = 0.29 \times 10^{-2} \text{ s}$$

2 标准器电子秒表误差引入的不确定度 $u(t_c)_2$

采用分度值 0.01 s 的电子秒表作为标准器, 最大允许误差 $\pm 0.07 \text{ s}$, 其引入的不确

定度:

$$u(t_c)_2 = \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{0.07}{\sqrt{3}} = 0.04 \text{ s}$$

测量重复性引入的标准不确定度远大于标准器分辨力引入的标准不确定度, 取其中较大者, 则合成不确定度只考虑重复性引入的不确定度:

$$u(t_c) = u(t_c)_2 = 0.04 \text{ s}$$

C.3.9 合成标准不确定度 u_c

$$u_c = \sqrt{c_1^2 \times u_{t_c}^2 + c_2^2 \times u_{t_c}^2} = \sqrt{1 \times 0.04^2 + 1 \times 0.04^2} = 0.057 \text{ s}$$

C.3.10 扩展不确定度

包含因子 $k=2$, 离心工作时间示值误差测量结果的扩展不确定度:

$$U = k \times u_c = 2 \times 0.057 \text{ s} = 0.114 \text{ s} \approx 0.12 \text{ s}$$

C.3.11 校准结果及其不确定度表示

$$\Delta t_c = -0.08 \text{ s} \quad U = 0.12 \text{ s}, k = 2$$

C.4 离心指数仪转速示值误差测量结果的不确定度评定示例

C.4.1 被测对象

面筋仪离心机部分, 型号规格: CF2015, 测量点: 6000 r/min。

C.4.2 测量标准

高精度多通道标准转速测量仪, (10 ~ 60000) r/min, 0.01 级。

C.4.3 环境条件

环境温度: 24.2℃, 相对湿度: 60%

C.4.4 测量方法

按照《面筋测定仪校准规范》中对离心指数仪转速的测量要求, 在离心机转筒上用黑胶带粘一圈之后, 贴上反光纸, 调整转速传感器角度至光电传感器发出的光正对着反光纸, 开启电源开关, 待转速稳定后, 采用转速测量仪测量离心指数仪转速, 重复测量三次, 按式 (C.11) 计算离心指数仪转速示值误差 (Δn_c), 并进行离心指数仪转速示值误差测量结果不确定度评定。

C.4.5 测量模型

$$\Delta n_c = n_c - \bar{n}_c \quad (\text{C.11})$$

式中:

$\bar{n}_c$ ——三次测量结果的算术平均值, r/min;

Δn_c ——离心指数仪转速示值误差, r/min;

n_c ——转速设定值, r/min。

C.4.6 灵敏系数

由式 (C.11) 得到离心指数仪转速示值误差的合成标准不确定度, 见式 (C.12)

$$u_c^2 = c_1^2 \times u_{n_c}^2 + c_2^2 \times u_{n_c}^2 \quad (\text{C.12})$$

式中灵敏系数由式 (C.13) 表示:

$$c_1 = \frac{\partial \Delta n_c}{\partial n_c} = 1, \quad c_2 = \frac{\partial \Delta n_c}{\partial n_c} = -1 \quad (\text{C.13})$$

C.4.7 不确定度来源

C.4.7.1 被较仪器测量重复性引入的标准不确定度 $u(\bar{n}_c)$

C.4.7.2 高精度多通道标准转速测量仪引入的标准不确定度 $u(n_c)$

C.14.7.2.1 高精度多通道标准转速测量仪分辨力引入的不确定度 $u(n_c)_1$

C.4.7.2.2 高精度多通道标准转速测量仪示值误差引入的不确定度 $u(n_c)_2$

C.4.8 标准不确定度的评定

C.4.8.1 被较仪器测量重复性引入的标准不确定度 $u(\bar{n}_c)$

对离心指数仪转速进行 10 次重复测量, 测量结果见表 C.5。

表 C.5 离心指数仪转速测量结果

单位: r/min

序 号	1	2	3	4	5
实测值 x	5999.9	5999.9	6000.1	6000.2	6000.1
序 号	6	7	8	9	10
实测值 x	6000.3	6000.1	6000.2	5999.6	5999.9

用贝塞尔公式计算实验标准偏差:

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.21 \text{ r/min}$$

因校准采用三次测量取平均值测量方式, 可得由重复测量引入的标准不确定度:

$$u(\bar{n}_c) = \frac{s_x}{\sqrt{n}} = \frac{0.21}{\sqrt{3}} = 0.12 \text{ r/min}$$

C.4.8.2 高精度多通道标准转速测量仪引入的标准不确定度 $u(n_c)$

C.4.8.2.1 高精度多通道标准转速测量仪分辨力引入的不确定度 $u(n_c)_1$

标准器转速测量仪分辨力为 0.000001 r/min, 区间半宽度为 0.0000005 r/min, 服从均匀分布, 则由标准器分辨力引入的标准不确定度为:

$$u(n_c)_1 = \frac{0.0000005}{\sqrt{3}} = 0.29 \times 10^{-6} \text{ r/min}$$

C.4.8.2.2 高精度多通道标准转速测量仪示值误差引入的不确定度 $u(n_c)_2$

采用 0.01 级转速测量仪作为标准器, 最大允许误差 $\pm 0.01\%$, 按均匀分布, 其引入的不确定度:

$$u(n_c)_2 = \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{6000 \times 0.01\%}{\sqrt{3}} = 0.35 \text{ r/min}$$

测量重复性引入的标准不确定度远大于标准器分辨力引入的标准不确定度, 取其中较大者, 则合成不确定度只考虑重复性引入的不确定度。

$$u(n_c) = u(n_c)_2 = 0.35 \text{ r/min}$$

C.4.9 合成标准不确定度 u_c

$$u_c = \sqrt{c_1^2 \times u_{n_c}^2 + c_2^2 \times u_{n_c}^2} = \sqrt{1 \times 0.35^2 + 1 \times 0.12^2} = 0.37 \text{ r/min}$$

C.4.10 扩展不确定度

包含因子 $k=2$, 离心指数仪转速示值误差测量结果的扩展不确定度:

$$U = k \times u_c = 2 \times 0.37 \text{ r/min} \approx 0.8 \text{ r/min}$$

C.4.11 校准结果及其不确定度表示

$$\Delta n_c = 0.0 \text{ r/min} \quad U = 0.8 \text{ r/min}, \quad k = 2。$$

C.5 烘干仪工作时间示值误差测量结果的不确定度评定示例

C.5.1 被测对象

面筋仪烘干仪时间部分, 型号规格: GLUTORK2020。

C.5.2 测量标准

电子秒表: 0.01 s ~ 29 min, 分度值 0.01 s, MPE: $\pm 0.07 \text{ s}/10 \text{ min}$ 。

C.5.3 环境条件

环境温度: 24.2℃

相对湿度: 60%

C.5.4 测量方法

按照《面筋测定仪校准规范》中对烘干仪工作时间示值误差的测量要求, 开启烘干仪, 同时用秒表记时, 待烘干仪烘干工作结束时, 停止记时, 重复测量三次, 按式 (C.14) 计算烘干仪工作时间示值误差 (Δt_a), 并进行烘干仪工作时间示值误差测量结果不确定度评定。

C.5.5 测量模型

$$\Delta t_a = t_a - \bar{t}_a \quad (\text{C.14})$$

式中:

$\bar{t}_a$ ——三次测量结果的算术平均值, s;

t_a ——时间设定值, s;

Δt_a ——烘干仪工作时间示值误差, s。

C.5.6 灵敏系数

由式 (C.14) 得到烘干仪工作时间示值误差的合成标准不确定度, 见式 (C.15)

$$u_c^2 = c_1^2 \times u_{t_a}^2 + c_2^2 \times u_{\bar{t}_a}^2 \quad (\text{C.15})$$

式中灵敏系数由式 (C.16) 表示:

$$c_1 = \frac{\partial \Delta t_a}{\partial t_a} = 1, \quad c_2 = \frac{\partial \Delta t_a}{\partial \bar{t}_a} = -1 \quad (\text{C.16})$$

C.5.7 不确定度来源

C.5.7.1 被较仪器测量重复性引入的标准不确定度 $u(\bar{t}_a)$

C.5.7.2 电子秒表引入的标准不确定度 $u(t_a)$

C.5.7.2.1 电子秒表分辨力引入的不确定度 $u(t_a)_1$

C.5.7.2.2 电子秒表示值误差引入的不确定度 $u(t_a)_2$

C.5.8 标准不确定度的评定

C.5.8.1 被较仪器测量重复性引入的标准不确定度 $u(\bar{t}_a)$

现采用电子秒表进行 10 次重复测试, 测量结果见表 C.6。

表 C.6 烘干仪工作时间测量结果

单位: s

序 号	1	2	3	4	5
实测值 $t(\text{s})$	240.4	240.3	240.3	240.5	240.4
序 号	6	7	8	9	10
实测值 $t(\text{s})$	240.5	240.5	240.4	240.3	240.4

用贝塞尔公式计算实验标准偏差:

$$s_t = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}{n-1}} = 0.08 \text{ s}$$

因校准采用三次测量取平均值测量方式, 可得由重复性引入的标准不确定度:

$$u(\bar{t}_a) = \frac{s_t}{\sqrt{N}} = \frac{0.081}{\sqrt{3}} = 0.05 \text{ s}$$

C.5.8.2 电子秒表引入的标准不确定度 $u(t_a)$

C.5.8.2.1 电子秒表分辨力引入的不确定度 $u(t_a)_1$

标准器电子秒表分辨力为 0.01 s, 区间半宽度为 0.005 s, 服从均匀分布, 则由标准器分辨力引入的标准不确定度为:

$$u(t_a)_1 = \frac{0.005}{\sqrt{3}} = 0.29 \times 10^{-2} \text{ r/min}$$

C.5.8.2.2 电子秒表示值误差引入的不确定度 $u(t_a)_2$

采用分度值 0.01 s 的电子秒表作为标准器，最大允许误差 ± 0.07 s，其引入的不确定度：

$$u(t_a)_2 = \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{0.07}{\sqrt{3}} = 0.04 \text{ s}$$

测量重复性引入的标准不确定度远大于标准器分辨力引入的标准不确定度，取其中较大者，则合成不确定度只考虑重复性引入的不确定度。

$$u(t_a) = u(t_a)_2 = 0.04 \text{ s}$$

C.5.9 合成标准不确定度 u_c

$$u_c = \sqrt{c_1^2 \times u_{t_a}^2 + c_2^2 \times u_{\bar{t}_a}^2} = \sqrt{1 \times 0.04^2 + 1 \times 0.05^2} = 0.064 \text{ s}$$

C.5.10 扩展不确定度

包含因子 $k=2$ ，烘干仪工作时间示值误差测量结果的扩展不确定度：

$$U = k \times u_c = 2 \times 0.064 \text{ s} = 0.128 \text{ s} \approx 0.2 \text{ s}$$

C.5.11 校准结果及其不确定度表示

$$\Delta n_c = -0.4 \text{ s}, U = 0.2 \text{ s}, k = 2。$$