



中华人民共和国纺织行业计量技术规范

JJF (纺织) 0X—202X

纺织品干燥速率测试仪(静态法)

校准规范

Calibration Specification for Textile Drying Rate Testers(Static Method)

(报批稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

纺织品干燥速率测试仪(静态法)校准规范

Calibration Specification for Textile
Drying Rate Testers(Static Method)

JJF（纺织）0X—202X

归口单位：中国纺织工业联合会

起草单位：浙江省质量科学研究院

天纺标检测认证股份有限公司

广州中广测计量检测技术有限公司

德州市产品质量标准计量研究院

喀什地区纤维检验所

温州市大荣纺织仪器有限公司

温州方圆仪器有限公司

江西省检验检测认证总院纺织品检验检测院

绍兴市质量技术监督检测院

本规范委托纺织计量技术委员会负责解释

本规范起草人：

孔新雄（浙江省质量科学研究院）
叶翔宇（浙江省质量科学研究院）
单学蕾（天纺标检测认证股份有限公司）
肖定生（广州中广测计量检测技术有限公司）
孙培欣（德州市产品质量标准计量研究院）
娄仁志（浙江省质量科学研究院）
李向军（喀什地区纤维检验所）
陈绍达（温州市大荣纺织仪器有限公司）
宋雁鸣（温州方圆仪器有限公司）
邹昊宸（江西省检验检测认证总院纺织品检验检测院）
张 雷（绍兴市质量技术监督检测院）

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.....	(3)
7 校准结果表达.....	(6)
8 复校时间间隔.....	(7)
附录 A 纺织品干燥速率测试仪（静态法）校准记录参考格式.....	(8)
附录 B 纺织品干燥速率测试仪（静态法）校准证书内页参考格式.....	(10)
附录 C 纺织品干燥速率测试仪（静态法）测量不确定度评定示例.....	(11)
附录 D 三级纯水密度表.....	(20)

引 言

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》共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列文件。

本规范参考了 GB/T 21655.1—2023《纺织品 吸湿速干性的评定 第1部分：单项组合试验法》标准内容的相关技术指标。

本规范为首次发布。

纺织品干燥速率测试仪(静态法)校准规范

1 范围

本规范适用于纺织品干燥速率测试仪(静态法)(以下简称干燥速率仪)的校准。其他原理相同、结构类似的检测仪器校准可参照本规范执行。

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

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

干燥速率仪用于纺织品干燥速率的测定。该仪器主要由称重装置、自动加液装置及计时装置等组成,其工作原理:自动加液装置将一定容量的水滴加到试样中心位置上,当确定水滴被试样全部吸收后,将试样垂直悬挂于试样架上,试样在整个干燥过程中处于垂直悬挂并相对于称重装置保持静止状态,通过称重装置定时称取试样质量,得到单位时间内试样中水分的蒸发量。

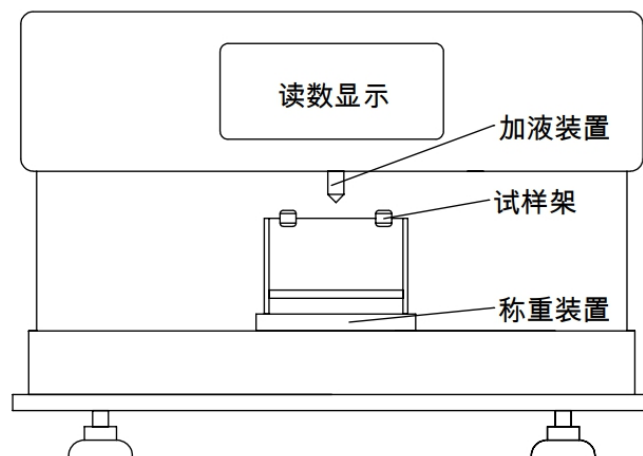


图 1 干燥速率仪示意图

4 计量特性

4.1 质量称量示值误差:

$0 \leq m \leq 50 \text{ g}: \pm 0.005 \text{ g};$ $50 \text{ g} < m \leq 200 \text{ g}: \pm 0.010 \text{ g};$ $m > 200 \text{ g}: \pm 0.015 \text{ g}。$ $(m \text{ 为称量装置承载的质量})$

4.2 质量称量重复性:

 $50 \text{ g} < m \leq 200 \text{ g}: \leq 0.010 \text{ g};$ $m > 200 \text{ g}: \leq 0.015 \text{ g}。$ $(m \text{ 为称量装置承载的质量})$

4.3 加液量误差: $\pm 0.01 \text{ mL}。$

4.4 加液量重复性: $\leq 0.01 \text{ mL}。$

4.5 计时误差: $\pm 4 \text{ s}。$

注: 以上指标不适用于仪器设备的合格性判定, 仅供参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 温度: $(15 \sim 25) ^\circ\text{C}$, 校准过程温度变化 $\leq 3 ^\circ\text{C}。$

5.1.2 相对湿度: $\leq 85 \%$ 。

5.1.3 其他条件: 校准工作应在稳定环境下进行, 测试仪应水平放置在稳固工作台上, 校准环境应清洁, 周围无影响仪器正常工作的电磁干扰和机械振动, 无明显气流。

5.2 测量标准及其他设备

测量标准及其他设备见表 1。

表 1 测量标准及其他设备

序号	测量标准名称(或设备名称)	测量范围、分度值或分辨力	不确定度或准确度等级或最大允许误差	数量
1	砝码	1 mg~500 g	F ₁ 等级	1 组
2	电子天平	测量范围: $(0 \sim 50) \text{ g}$, 分辨力: 0.1 mg	Ⓘ	1
3	电子秒表	测量范围: $(0.1 \sim 3600) \text{ s}$, 分辨力: 0.01 s	MPE: $\pm 0.10 \text{ s/h}$	1

4	温度计	测量范围：(0~50) °C 分辨力：0.1 °C	MPE：±0.5 °C	1
5	挂钩式秤盘	质量：≤30 g	/	1
6	容器	容量>1 mL	/	1
注：校准用测量标准可选用本表所列，也可选用测量范围覆盖被校准量的测量范围，其测量结果扩展不确定度 $U(k=2)$ 不大于校准量最大允许误差绝对值 1/3 的测量标准。				

6 校准项目和校准方法

6.1 校准前准备

校准前须用目测方法对干燥速率仪进行外观检查，确定没有影响计量特性因素后再进行校准。

6.1.1 干燥速率仪应具有下列标识：名称、型号、出厂编号、制造厂及制造日期，铭牌应清晰地贴在明显处。

6.1.2 干燥速率仪应处于水平状态，外观结构完好，无机械损伤，通电后，各部件可正常工作，各旋钮、按键能正常调节，显示单元可正常工作。

6.1.3 称量装置示值零点漂移检查：称量示值稳定后，目测称量示值的零点漂移在10s内不超过一个实际分度值。

6.1.4 干燥速率仪应能够设置称取试样质量间隔时间：3 min、2 min、1 min等。当称取的试样质量与加液前的试样质量之差小于0.02 g或累计干燥60 min后，仪器应停止试验。

6.1.5 具有全自动加液装置功能检查：加液水滴应在试样中心位置上；应具有滴水是否全部被试样吸收的判定功能，如果试样加液吸收量小于0.18 g，应能中止该试样后续试验或该试样试验结果无效。

6.2 校准项目

干燥速率仪校准项目对应本规范计量特性条款和校准方法条款见表2。

表2 干燥速率仪校准项目

序号	校准项目	计量特性条款	校准方法条款
1	质量称量示值误差	4.1	6.3.1

2	质量称量重复性	4.2	6.3.2
3	加液量误差	4.3	6.3.3
4	加液量重复性	4.4	6.3.4
5	计时误差	4.5	6.3.5
注： 可根据被校准干燥速率仪的功能和客户要求选择校准项目。			

6.3 校准方法

6.3.1 质量称量示值误差

测量点应不少于 6 点，测量点至少包括称重装置最小秤量、最大允许误差转换点和最大秤量（含试样架质量+挂钩式秤盘）附近。将挂钩式秤盘挂到干燥速率仪试样架横梁的中心位置（见如图 2），待称重装置示值稳定后记录示值读数 I_0 ，从零点开始逐渐按测量点往秤盘上加载砝码，直至加到称重装置的最大秤量（含试样架质量+挂钩式秤盘），然后逐渐地卸下砝码，直至全部卸下砝码，每次加载或卸载砝码后待称重装置示值稳定后，记录称重装置的示值 I_i 。按公式（1）分别计算测量点加载或卸载砝码称量示值误差，取称量示值误差最大值为测量点称量示值误差。干燥速率仪每个工位的称量装置示值误差按上述步骤分别进行校准。

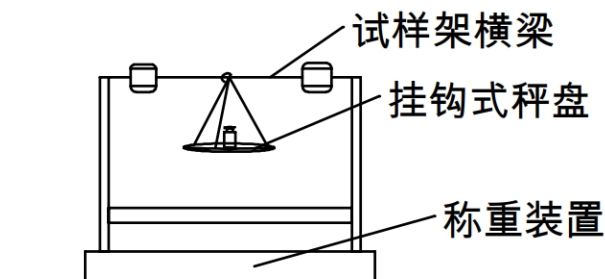


图 2 挂钩式秤盘悬挂示意图

$$E = (I_i - I_0) - L \quad (1)$$

式中：

E ——质量称量示值误差，g；

I_0 ——加载挂钩式秤盘时称重装置的称量示值，g；

I_i ——加载或卸载砝码后称重装置的示值，g；

L ——砝码标称值，g。

6.3.2 质量称量重复性

测量点为称重装置最大秤量（含试样架质量+挂钩式秤盘）的 80%~100%单个砝码。按 6.3.1 校准方法将砝码加载到秤盘上，待称重装置示值稳定后，记录称重装置的示值 I ，移除砝码后再次加载，重复测量至少 6 次，按公式（2）计算质量称量重复性。

$$E_{rep} = I_{\max} - I_{\min} \quad (2)$$

式中：

E_{rep} ——质量称量重复性，g；

$I_{\max}$ ——加载砝码时称重装置的最大示值，g；

$I_{\min}$ ——加载砝码时称重装置的最小示值，g。

6.3.3 加液量误差

将容器放到分度值为 0.1 mg 的电子天平上称量，记录电子天平示值 I_1 。设定干燥速率仪的加液量为 V_0 ，启动干燥速率仪加液装置往容器中注入三级水，将盛有三级水的容器再次放到电子天平上称量，记录电子天平示值 I_2 。用温度计测量校准环境温度，查询附录 D 得到三级水相应的密度，按公式（3）计算加液量误差。重复测量 3 次，取 3 次测量结果的平均值作为该加液装置加液量误差。干燥速率仪每个工位加液装置的加液量误差分别进行校准。

$$E = V_0 - \frac{I_2 - I_1}{\rho_{\text{水}}} \quad (3)$$

式中：

E ——加液量误差，mL；

V_0 ——加液量设定值，mL；

I_1 ——加液前容器称量示值，g；

I_2 ——加液后容器称量示值，g；

$\rho_{\text{水}}$ ——三级水在校准环境温度时的密度，g/mL。

6.3.4 加液量重复性

取 6.3.3 中 3 次测量得到的数据，按公式（4）分别计算每次测量加液量，加液量重复性按公式（5）计算。对装置每个工位的加液量重复性分别进行校准。

$$V_i = \frac{I_{i2} - I_{i1}}{\rho_{\text{水}}} \quad (4)$$

V_i ——第 i 次测量加液量，mL；

I_{i1} ——第*i*次测量加液前容器称量示值, g;

I_{i2} ——第*i*次测量加液后容器称量示值, g;

$\rho_{\text{水}}$ ——三级水在校准环境温度时的密度, g/mL。

$$V_{\text{rep}} = V_{\text{max}} - V_{\text{min}} \quad (5)$$

式中:

V_{rep} ——加液量重复性, mL;

V_{max} ——3次测量的最大加液量, mL;

V_{min} ——3次测量的最小加液量, mL。

6.3.5 计时误差

采用直接比对法, 设定干燥速率仪称量时间间隔为 T , 称量过程中用电子秒表记录实际时间, 电子秒表从某一试样第一次称量开始计时, 到该试样第二次称量停止计时, 记录电子秒表实测读数。重复测量 3 次, 3 次测量结果算术平均值为电子秒表实际测量时间, 按公式 (6) 计算得到试样称量时间计时误差。每个工位计时装置的计时误差分别进行校准。

$$E_t = T - \bar{t} \quad (6)$$

式中:

E_t ——计时误差, s;

T ——设定时间, s;

$\bar{t}$ ——3 次电子秒表测量结果算术平均值, s。

7 校准结果表达

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

经校准的干燥速率仪应出具校准证书, 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。

8 复校时间间隔

在定期进行期间核查的条件下，建议复校时间间隔一般不超过 1 年。

注：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。

附录 A

纺织品干燥速率测试仪（静态法）校准记录参考格式

委托单位：_____

仪器名称：_____ 仪器型号：_____

出厂编号：_____ 制造厂商：_____

校准环境温度：_____℃ 校准环境湿度：_____ %RH

校准单位：_____ 校准地点：_____

校准日期：_____ 校准依据：_____

一、校准前准备

外观与常规检查：正常 ☐ 其它 ☐

二、测量标准

本次校准所使用的测量标准及其他设备

设备名称	测量范围	准确度等级/最大允许误差/不确定度	证书编号/溯源机构	有效期至

三、计量校准结果

工位：

1、质量称量示值误差 $E = (I_i - I_0) - L$

序号	载荷 L (g)	示值 I_i (g)		误差 E		MPE	$U (k=2)$
		加载	卸载	加载	卸载		
1	0						
2							
3							
4							
5							
6							
7							

8							
9							

2、质量称量重复性, 载荷 L : ; MPE:

序号	1	2	3	4	5	6
示值 I (g)						
称量示值重复性	$E_{\text{rep}} = I_{\text{max}} - I_{\text{min}} =$					

3、加液量误差, $E = V_0 - \frac{I_2 - I_1}{\rho_{\text{水}}}$; 加液量设定值 V_0 : ; MPE:

校准环境温度: 水密度 $\rho_{\text{水}}$:

序号	示值 I_1 (g)	示值 I_2 (g)	误差 E (mL)	平均值 $\bar{E}$ (mL)	U ($k=2$)
1					
2					
3					

4、加液量重复性, 加液量设定值 V_0 : ; MPE:

序号	1	2	3
加液量 $V_i = \frac{I_{i2} - I_{i1}}{\rho_{\text{水}}}$			
加液量重复性	$V_{\text{rep}} = V_{\text{max}} - V_{\text{min}} =$		

5、计时误差, $E_t = T - \bar{t}$; 设定时间间隔 T : MPE:

序号	测量实际时间 t (s)	$\bar{t}$	误差 E_t	U ($k=2$)
1				
2				
3				

校准员: _____ 核验员: _____

日 期: _____ 日 期: _____

附录 B

纺织品干燥速率测试仪（静态法）校准证书内页参考格式

校 准 结 果

工位：

校准项目	技术要求	校准结果	测量结果扩展不确定度 $U(k=2)$
质量称量示值误差	$0 \leq m \leq 50 \text{ g} : \pm 0.005 \text{ g};$ $50 \text{ g} < m \leq 200 \text{ g} : \pm 0.010 \text{ g};$ $m > 200 \text{ g} : \pm 0.015 \text{ g}。$ (m 为称量装置承载的质量)		
质量称量重复性	$50 \text{ g} < m \leq 200 \text{ g} : \leq 0.010 \text{ g};$ $m > 200 \text{ g} : \leq 0.015 \text{ g}。$ (m 为称量装置承载的质量)		
加液量误差	$\pm 0.01 \text{ mL}$		
加液量重复性	$\leq 0.01 \text{ mL}$		
计时误差	$\pm 4 \text{ s}$		

以下空白

附录 C

纺织品干燥速率测试仪(静态法)测量不确定度评定示例

C.1 质量称量示值误差的测量不确定度评定

C.1.1 概述

选 50 g 作为测量点, 用 F₁ 等级砝码进行测量。将挂钩式秤盘挂到干燥速率仪试样架横梁的中心位置, 待称重装置示值稳定后记录示值读数 I_0 , 从零点开始逐渐往秤盘上加载砝码, 直至加到称重装置的最大称量 (含试样架质量+挂钩式秤盘), 然后逐渐地卸下砝码, 直至全部卸下砝码, 每次加载或卸载砝码后待称重装置示值稳定后, 记录称重装置的示值 I_i , 按照公式 (C.1) 计算称量示值误差。

C.1.2 评定模型

C1.2.1 测量模型

$$E = (I_i - I_0) - L \quad (\text{C.1})$$

式中:

E ——示值误差, g;

I_0 ——加载挂钩式秤盘时称重装置的称量示值, g;

I_i ——加载或卸下砝码后称重装置的示值, g;

L ——砝码标称值, g。

质量称量示值误差的合成标准不确定度为:

$$u_c^2(E) = c_1^2 u^2(I_i) + c_2^2 u^2(I_0) + c_3^2 u^2(L) \quad (\text{C.2})$$

C1.2.2 灵敏系数

由式 C.1 可得各输入量的灵敏系数:

$$c_1 = \frac{\partial E}{\partial I_i} = 1, \quad c_2 = \frac{\partial E}{\partial I_0} = -1, \quad c_3 = \frac{\partial E}{\partial L} = -1$$

C.1.3 标准不确定度分量

标准不确定度来源: 示值的分辨力引入的标准不确定度分量或称量示值误差重复性引入的标准不确定度分量, 砝码最大允许误差引入的标准不确定度分量。

C.1.4 不确定度分量评定

C.1.4.1 示值的分辨力引入的标准不确定度分量评定

称重装置示值的分辨力为 $d=0.001$ g, 不确定度区间半宽度为 0.0005 g, 服从

均匀分布，即包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则示值的分辨力引入的标准不确定度分量为：

$$u_1(I_i) = u_2(I_0) = \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{0.0005}{\sqrt{3}} = 0.00029 \text{ g}$$

C.1.4.2 称量示值误差重复性引入的标准不确定度分量评定

在 50 g 校准点，用标称值为 50 g 的砝码重复测量 10 次，测量结果如表 C.1 所示。

表 C.1 示值重复测量结果

单位：g

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I_0	120.240	120.240	120.240	120.240	120.240	120.240	120.240	120.240	120.240	120.240
I_i	170.240	170.241	170.241	170.242	170.242	170.241	170.242	170.242	170.242	170.242
E	0.000	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002

称量示值误差平均值 $\bar{E}$ 和单次测量标准偏差 s_1 为：

$$\text{平均值} \quad \bar{E} = \frac{\sum_{i=1}^{10} E_i}{10} = 0.0015 \text{ g}$$

$$\text{标准偏差} \quad s_1 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (E_i - \bar{E})^2}{10-1}} = 0.00071 \text{ g}$$

称量示值误差重复性引入的标准不确定度分量为：

$$u_3(E) = s_1 = 0.00071 \text{ g}$$

C.1.4.3 砝码最大允许误差引入的标准不确定度分量

本次校准使用的 50 g 砝码有检定证书，最大允许误差 $|MPE| = 0.0003 \text{ g}$ ，且在校准过程中仅使用砝码的标称值，则砝码最大允许误差引入的标准不确定度分量为：

$$u_4(L) = \frac{|MPE|}{\sqrt{3}} = \frac{0.0003}{\sqrt{3}} = 0.00017 \text{ g}$$

C.1.5 标准不确定度分量汇总表

示值的分辨力引入的标准不确定度分量小于称量示值误差重复性引入的标准不确定度分量，只取称量示值误差重复性引入的标准不确定度分量，称量示值误差标准不确定度分量汇总表见表 C.2。

表 C.2 标准不确定度分量汇总表

单位：g

不确定度来源	标准不确定度分量符号	灵敏系数 C_i	标准不确定度 $u(x)$	$ C_i u(x)$	备注
示值的分辨力	$u_1(I_i)$	1	0.00029	0.00029	忽略
	$u_2(I_0)$	-1	0.00029	0.00029	忽略
称量示值误差重复性	$u_3(E)$	1	0.00071	0.00071	
砝码最大允许误差	$u_4(L)$	-1	0.00017	0.00017	

C.1.6 合成标准不确定度

由公式 (C.2) 得称量示值误差的合成标准不确定度为:

$$u_c(E) = \sqrt{u_1^2(I_i) + u_2^2(I_0) + u_3^2(E) + u_4^2(L)}$$

式中示值的分辨力引入的标准不确定度分量 $u_1(I_i)$ 和 $u_2(I_0)$ 小于称量示值误差重复性引入的标准不确定度分量 $u_3(E)$, 所以 $u_1(I_i)$ 和 $u_2(I_0)$ 可忽略, 则:

$$\begin{aligned} u_c(E) &= \sqrt{u_3^2(E) + u_4^2(L)} \\ &= \sqrt{0.00071^2 + 0.00017^2} \\ &= 0.00073 \text{ g} \end{aligned}$$

C.1.7 扩展不确定度评定

取包含因子 $k=2$, 称量示值误差的扩展不确定度为:

$$U = k \times u_c(E) = 2 \times 0.00073 = 0.00146 \approx 0.002 \text{ g}$$

C.1.8 测量结果的不确定度的报告与表示

称量示值误差的扩展不确定度为:

$$U = 0.002 \text{ g} \quad k=2$$

C.2 加液量误差的测量不确定度评定

C.2.1 概述

将容器放到0.1 mg分辨力的电子天平上称量, 记录电子天平示值 I_1 , 设定干燥速率仪的加液量为 V_0 , 往容器中注入三级水, 将容器再次放到电子天平上称量, 记录电子天平示值 I_2 , 按公式 (C.3) 计算加液量误差, 重复此操作测量3次, 取3次测量的平均值作为加液量误差测量结果。用温度计测量得到环境温度为20.0℃, 查询附录D得到三级水相应的密度 $\rho_{\text{水}}=0.998203 \text{ g/mL}$ 。

C.2.2 评定模型

C.2.2.1 测量模型

$$E = V_0 - \frac{I_2 - I_1}{\rho_{\text{水}}} \quad (\text{C.3})$$

式中：

E ——加液量误差，mL；

V_0 ——加液量设定值，mL；

I_1 ——加液前容器称量示值，g；

I_2 ——加液后容器称量示值，g；

$\rho_{\text{水}}$ ——三级水在校准环境温度时的密度，g/mL。

加液量误差的合成标准不确定度为：

$$u_c^2(E) = c_1^2 u^2(V_0) + c_2^2 u^2(I_1) + c_3^2 u^2(I_2) \quad (\text{C.4})$$

C2.2.2 灵敏系数

由式 C.3 可得各输入量的灵敏系数：

$$c_1 = \frac{\partial E}{\partial V_0} = 1, \quad c_2 = \frac{\partial E}{\partial I_1} = \frac{1}{\rho_{\text{水}}}, \quad c_3 = \frac{\partial E}{\partial I_2} = -\frac{1}{\rho_{\text{水}}}$$

C.2.3 标准不确定度分量

不确定度来源：加液量设定值分辨力引入的标准不确定度分量，电子天平分辨力引入的标准不确定度分量或加液量误差测量重复性引入的标准不确定度分量，电子天平最大允许误差引入的标准不确定度分量。

C.2.4 不确定度分量评定

C.2.4.1 加液量设定值分辨力引入的标准不确定度分量评定

加液量设定值的分辨力为 $d=0.001$ mL，不确定度区间半宽度为 0.0005 mL，服从均匀分布，即包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，加液量设定值分辨力引入的标准不确定度分量为：

$$u_1(V_0) = \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{0.0005}{\sqrt{3}} = 0.00029 \text{ mL}$$

C.2.4.2 电子天平分辨力引入的标准不确定度分量评定

电子天平的分辨力为 $d=0.0001$ g，不确定度区间半宽度为 0.00005 g，服从均匀分布，即包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，电子天平分辨力引入的标准不确定度分量为：

$$u_2(I_1) = u_3(I_2) = \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{0.00005}{\sqrt{3}} = 0.00003 \text{ g}$$

C.2.4.3 加液量误差测量重复性引入的标准不确定度分量评定

将加液前的容器放在电子天平上进行置零操作，再将加液后的容器放在电子

天平上称量 10 次, 测量结果如表 C.3 所示。

表 C.3 加液量称量结果

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I_1 (g)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
I_2 (g)	0.2019	0.2017	0.2006	0.2010	0.2019	0.2014	0.1986	0.1974	0.2028	0.2020
E (mL)	-0.0023	-0.0021	-0.0010	-0.0014	-0.0023	-0.0018	0.0010	0.0022	-0.0032	-0.0024

加液量误差测量结果平均值 $\bar{E}$ 和单次测量结果标准偏差 s_2 为:

$$\text{平均值} \quad \bar{E} = \frac{\sum_{i=1}^{10} E_i}{10} = -0.00133 \text{ mL}$$

$$\text{标准偏差} \quad s_2 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (E_i - \bar{E})^2}{10-1}} = 0.00168 \text{ mL}$$

测量结果取 3 次测量平均值, 则加液量误差测量重复性引入的标准不确定度分量为:

$$u_4(E) = \frac{s_2}{\sqrt{3}} = 0.00097 \text{ mL}$$

C.2.4.4 电子天平最大允许误差引入的标准不确定度分量

电子天平的最大允许误差 $|MPE| = 0.0005 \text{ g}$, 按照区间半宽为 $|MPE| = 0.0005 \text{ g}$, 服从均匀分布, 即包含因子 $k=\sqrt{3}$, 则电子天平最大允许误差引入的标准不确定度分量为:

$$u_5(I_1) = u_6(I_2) = \frac{|MPE|}{\sqrt{3}} = \frac{0.0005}{\sqrt{3}} = 0.00029 \text{ g}$$

C.2.5 标准不确定度分量汇总表

电子天平分辨力引入的标准不确定度分量小于加液量误差测量重复性引入的标准不确定度分量, 只取加液量误差测量重复性引入的标准不确定度分量, 加液量误差标准不确定度分量汇总表见表 C.4。

表 C.4 标准不确定度分量汇总表

不确定度来源	标准不确定度分量符号	灵敏系数 C_i	标准不确定度 $u(x)$	$ C_i u(x)$	备注
加液量设定值分辨力	$u_1(V_0)$	1	0.00029	0.00029	
电子天平分辨力	$u_2(I_1)$	$\frac{1}{0.998203}$	0.00003	0.00003	忽略

	$u_3(I_2)$	$-\frac{1}{0.998203}$	0.00003	0.00003	忽略
加液量误差 测量重复性	$u_4(E)$	1	0.00097	0.00097	
电子天平最 大允许误差	$u_5(I_1)$	$\frac{1}{0.998203}$	0.00029	0.00029	
	$u_6(I_2)$	$-\frac{1}{0.998203}$	0.00029	0.00029	

C.2.6 合成标准不确定度

由公式 (C.4) 得加液量误差的合成标准不确定度为:

$$u_c(E) = \sqrt{c_1^2 u_1^2(V_0) + c_2^2 u_2^2(I_1) + c_3^2 u_3^2(I_2) + u_4^2(E) + c_2^2 u_5^2(I_1) + c_3^2 u_6^2(I_2)}$$

式中电子天平分辨力引入的标准不确定度分量 $u_2(I_1)$ 和 $u_3(I_2)$ 小于加液量误差测量重复性引入的标准不确定度分量 $u_4(E)$, 所以 $u_2(I_1)$ 和 $u_3(I_2)$ 可忽略, 则:

$$\begin{aligned} u_c(E) &= \sqrt{c_1^2 u_1^2(V_0) + u_4^2(E) + c_2^2 u_5^2(I_1) + c_3^2 u_6^2(I_2)} \\ &= \sqrt{0.00029^2 + 0.00097^2 + 0.00029^2 + 0.00029^2} \\ &= 0.00109 \text{ mL} \end{aligned}$$

C.2.7 扩展不确定度评定

取包含因子 $k=2$, 加液量误差的扩展不确定度为:

$$U = k \times u_c(E) = 2 \times 0.00109 = 0.00218 \approx 0.003 \text{ mL}$$

C.2.8 测量结果的不确定度的报告与表示

加液量误差的扩展不确定度为:

$$U = 0.003 \text{ mL} \quad k=2$$

C.3 计时误差的测量不确定度评定

C.3.1 概述

采用直接比对法, 设定干燥速率仪称量时间间隔为 T , 称量过程中用电子秒表记录实际时间, 电子秒表从某一试样第一次称量开始计时, 到该试样第二次称量停止计时, 记录电子秒表实测读数。重复测量3次, 3次测量结果算术平均值为电子秒表实际测量时间, 设定时间与实际测量时间之差为试样称量时间计时误差。

C.3.2 评定模型

C.3.2.1 测量模型

$$E_t = T - \bar{t} \quad (C.5)$$

式中:

E_t ——计时误差, s;

T ——设定时间, s;

$\bar{t}$ ——3 次测量实际时间平均值, s。

计时误差的合成标准不确定度为:

$$u_c^2(E_t) = c_1^2 u^2(T) + c_2^2 u^2(\bar{t}) \quad (C.6)$$

C3.2.2 灵敏系数

由式 C.5 可得各输入量的灵敏系数:

$$c_1 = \frac{\partial E_t}{\partial T} = 1, \quad c_2 = \frac{\partial E}{\partial \bar{t}} = -1$$

C.3.3 标准不确定度分量

不确定度来源: 设定时间分辨力引入的标准不确定度分量, 电子秒表分辨力引入的标准不确定度分量或电子秒表测量重复性引入的标准不确定度分量, 电子秒表最大允许误差引入的不确定度分量。

C.3.4 不确定度分量评定

C.3.4.1 设定时间分辨力引入的标准不确定度分量评定

设定时间的分辨力为 $d=1$ s, 不确定度区间半宽度为 0.5 s, 服从均匀分布, 即包含因子 $k = \sqrt{3}$, 则设定时间分辨力引入的标准不确定度分量为:

$$u_1(T) = \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{0.5}{\sqrt{3}} = 0.289 \text{ s}$$

C.3.4.2 电子秒表分辨力引入的标准不确定度分量评定

电子秒表的分辨力为 $d=0.01$ s, 不确定度区间半宽度为 0.005 s, 服从均匀分布, 即包含因子 $k = \sqrt{3}$, 则电子秒表的分辨力引入的标准不确定度分量为:

$$u_2(\bar{t}) = \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{0.005}{\sqrt{3}} = 0.003 \text{ s}$$

C.3.4.3 电子秒表测量重复性引入的标准不确定度分量评定

设定时间间隔为 60 s, 电子秒表实测读数如表 C.5 所示。

表 C.5 时间间隔测量结果

单位: s

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

电子秒表 实测读数 t	60.23	60.10	60.32	60.26	60.12	60.06	60.36	60.16	60.16	60.08
------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

测量实际时间平均值 $\bar{t}$ 和单次测量结果标准偏差 s_3 为:

$$\text{平均值} \quad \bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^{10} t_i}{10} = 60.185 \text{ s}$$

$$\text{标准偏差} \quad s_3 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (t_i - \bar{t})^2}{10-1}} = 0.103 \text{ s}$$

测量结果取 3 次测量平均值, 则电子秒表测量重复性引入的标准不确定度分量为:

$$u_3(\bar{t}) = \frac{s_4}{\sqrt{3}} = 0.059 \text{ s}$$

C.3.4.4 电子秒表最大允许误差引入的标准不确定度分量

电子秒表的最大允许误差 $|MPE| = 0.10 \text{ s}$, 按照区间半宽为 $|MPE| = 0.10 \text{ s}$, 服从均匀分布, 即包含因子 $k = \sqrt{3}$, 则电子秒表最大允许误差引入的标准不确定度分量为:

$$u_4(\bar{t}) = \frac{|MPE|}{\sqrt{3}} = \frac{0.10}{\sqrt{3}} = 0.058 \text{ s}$$

C.3.5 标准不确定度分量汇总表

电子秒表分辨力引入的标准不确定度分量小于测量重复性引入的标准不确定度分量, 只取电子秒表测量重复性引入的标准不确定度分量, 计时误差标准不确定度分量汇总表见表 C.6。

表 C.6 标准不确定度分量汇总表

单位: s

不确定度来源	标准不确定度分量符号	灵敏系数 C_i	标准不确定度 $u(x)$	$ C_i u(x)$	备注
设定时间分辨力	$u_1(T)$	1	0.289	0.289	
电子秒表分辨力	$u_2(\bar{t})$	-1	0.003	0.003	忽略
电子秒表测量重复性	$u_3(\bar{t})$	-1	0.059	0.059	
电子秒表最大允许误差	$u_4(\bar{t})$	-1	0.058	0.058	

C.3.6 合成标准不确定度

由公式 (C.6) 得计时误差的合成标准不确定度为:

$$u_c(E) = \sqrt{u_1^2(T) + u_2^2(\bar{t}) + u_3^2(\bar{t}) + u_4^2(\bar{t})}$$

式中电子秒表分辨力引入的标准不确定度分量 $u_2(\bar{t})$ 小于电子秒表测量重复性引入的标准不确定度分量 $u_3(\bar{t})$ ，所以 $u_2(\bar{t})$ 可忽略，则：

$$\begin{aligned} u_c(E) &= \sqrt{u_1^2(T) + u_3^2(\bar{t}) + u_4^2(\bar{t})} \\ &= \sqrt{0.289^2 + 0.059^2 + 0.058^2} \\ &= 0.301 \text{ s} \end{aligned}$$

C.3.7 扩展不确定度评定

取包含因子 $k = 2$ ，计时误差的扩展不确定度为：

$$U = k \times u_c(E) = 2 \times 0.301 = 0.602 \approx 0.6 \text{ s}$$

C.3.8 测量结果的不确定度的报告与表示

计时误差的扩展不确定度为：

$$U = 0.6 \text{ s} \quad k=2$$

附录 D

三级纯水密度表

g/mL

水温 (℃)	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
10	0.999699	0.999691	0.999682	0.999672	0.999663	0.999654	0.999644	0.999635	0.999625	0.999615
11	0.999605	0.999595	0.999584	0.999574	0.999563	0.999553	0.999542	0.999531	0.999520	0.999508
12	0.999497	0.999486	0.999474	0.999462	0.999450	0.999438	0.999426	0.999414	0.999402	0.999389
13	0.999377	0.999364	0.999351	0.999338	0.999325	0.999312	0.999299	0.999285	0.999271	0.999258
14	0.999244	0.999230	0.999216	0.999202	0.999187	0.999173	0.999158	0.999144	0.999129	0.999114
15	0.999099	0.999084	0.999069	0.999053	0.999038	0.999022	0.999006	0.998991	0.998975	0.998959
16	0.998942	0.998926	0.998910	0.998893	0.998876	0.998860	0.998843	0.998826	0.998809	0.998792
17	0.998774	0.998757	0.998739	0.998722	0.998704	0.998686	0.998668	0.998650	0.998632	0.998613
18	0.998595	0.998576	0.998558	0.998539	0.998520	0.998501	0.998482	0.998463	0.998443	0.998424
19	0.998404	0.998385	0.998365	0.998345	0.998325	0.998305	0.998285	0.998265	0.998244	0.998224
20	0.998203	0.998182	0.998162	0.998141	0.998120	0.998099	0.998077	0.998056	0.998035	0.998013
21	0.997991	0.997970	0.997948	0.997926	0.997904	0.997882	0.997859	0.997837	0.997815	0.997792
22	0.997769	0.997747	0.997724	0.997701	0.997678	0.997654	0.997631	0.997608	0.997584	0.997561
23	0.997537	0.997513	0.997490	0.997466	0.997442	0.997417	0.997393	0.997369	0.997344	0.997320
24	0.997295	0.997270	0.997246	0.997221	0.997196	0.997170	0.997145	0.997120	0.997094	0.997069
25	0.997043	0.997018	0.996992	0.996966	0.996940	0.996914	0.996888	0.996861	0.996835	0.996809
26	0.996782	0.996755	0.996729	0.996702	0.996675	0.996648	0.996621	0.996594	0.996566	0.996539
27	0.996511	0.996484	0.996456	0.996428	0.996401	0.996373	0.996345	0.996316	0.996288	0.996260
28	0.996232	0.996203	0.996174	0.996146	0.996117	0.996088	0.996059	0.996030	0.996001	0.995972
29	0.995943	0.995913	0.995884	0.995854	0.995825	0.995795	0.995765	0.995735	0.995705	0.995675
30	0.995645	0.995615	0.995584	0.995554	0.995523	0.995493	0.995462	0.995431	0.995401	0.995370