内蒙古自治区地方计量技术规范

JJF（蒙）054—2023

染色小样机校准规范

Calibration Specification for Sample Dyeing Machine

2023-12-01 发布　　2024-03-01 实施

内蒙古自治区市场监督管理局　发布

染色小样机校准规范

Calibration Specification for

Sample Dyeing Machine

JJF(蒙)054—2023

归 口 单 位：内蒙古自治区市场监督管理局

主要起草单位：包头市检验检测中心

参加起草单位：南通宏大实验仪器有限公司

内蒙古鹿王羊绒有限公司

本规范技术条文由起草单位负责解释

本规范主要起草人：

丁志军（包头市检验检测中心）

耿洪燕（包头市检验检测中心）

魏　星（包头市检验检测中心）

参加起草人：

白　钢（包头市检验检测中心）

杨卫林（南通宏大实验仪器有限公司）

盛　金（包头市检验检测中心）

史　政（内蒙古鹿王羊绒有限公司）

目　　录

1　范围 1
2　引用文件 1
3　术语 1
3.1　工作空间 1
3.2　温度偏差 1
3.3　温度均匀度 1
3.4 温度波动度 1
4　概述 1
5　计量特性 2
6　校准条件 2
6.1　环境条件 2
6.2　负载条件 2
6.3　测量标准及其他设备 2
7　校准项目和校准方法 3
7.1　校准前准备 3
7.2　校准过程 3
8　校准结果表达 6
9　复校时间间隔 7
附录 A 染色小样机校准记录参考格式 8
附录 B 染色小样机校准证书内页参考格式 10
附录 C 染色小样机温度偏差测量结果不确定度评定示例 11
附录 D 染色小样机计时误差测量结果不确定度评定示例 14
附录 E 染色小样机振荡速率误差测量结果不确定度评定示例 17

引　　言

本规范是以 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》为基础性系列规范进行编写。

本规范为首次发布。

染色小样机校准规范

1 范围

本规范适用于染色温度为（30～150）℃染色小样机的校准，其他原理相同、结构类似的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 1001 通用计量术语及定义

JJF 1059.1-2012 测量不确定度评定与表示

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、湿度校准规范

JJF 2019-2022 液体恒温试验设备温度性能测试规范

GB/T 5170.1-2016 电工电子产品环境试验设备检验方法 第 1 部分：总则

GB/T 8170-2008 数值修约规则与极限数值的表示和判定

注：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

3.1 工作空间 working space

在稳定状态下，符合染色小样机温度均匀性和温度波动度的区域。

来源：［GB/T 5170.1-2016 定义 3.2.2］

3.2 温度偏差 temperature deviation

染色小样机在稳定状态下，工作空间各测量点在规定时间内实测最高温度和最低温度与设定温度的上下偏差。温度偏差包含温度上偏差和温度下偏差。

来源：［GB/T 5170.1-2016 定义 3.2.4］

3.3 温度均匀度 temperature uniformity

染色小样机在稳定状态下，某一瞬时的工作空间内各测量点最高温度与最低温度的差值的平均值。

来源：［JJF 2019-2022 定义 3.3］

3.4 温度波动度　temperature fluctuation

染色小样机在稳定状态下，在规定的时间间隔内，工作空间内任意一点温度随时间的变化量。

来源：［JJF 1101-2019　定义 3.6］

4　概述

染色小样机是广泛应用于常温或高温条件下，在一定的时间内，通过转动或振荡试杯进行试色的染整实验室设备，常用于调配染色配方、固色、染色、染料试验，以及水洗、皂洗色牢度测试等。主要用于纺织印染行业中羊绒、纯棉、混纺、涤纶、尼龙、人造纤维、棉麻等机织布的染色，可准确地模拟实际生产条件，达到需要的工艺效果。

5　计量特性

5.1 温度偏差：±2.0℃

5.2 温度均匀度：≤2.0℃

5.3 温度波动度：±1.0℃

5.4 振荡速率误差：

往复式：±2 次/min；旋转式：±2r/min

5.5 计时误差：±5s

注：以上指标不适用于合格性判断，仅供参考。

6　校准条件

6.1 环境条件

环境温度：（25±10）℃；

环境湿度：≤85%RH；

染色小样机应水平稳固放置，周围无强烈振动，无强烈气流及腐蚀性气体存在，无阳光直射或其他冷、热源的影响。实际工作中，环境条件还应满足测量标准正常使用的要求。

6.2 负载条件

一般在空载条件下进行校准，也可以根据用户需要选择在用户负载条件下进

行校准，但应在校准证书中说明负载的情况。

6.3 测量标准

温度测量标准一般由温度传感器及温度显示(记录)仪组成，其在与设备对应温度范围内的不确定度应不大于设备温度偏差最大允许值的绝对值的 1/3。

测量标准的技术指标见表 1。

表 1　测量标准技术要求

序号	名称	测量范围	技术要求
1	温度测量标准	（30～150）℃	分辨力：不低于 0.01℃ MPE：±（0.15℃+0.002|t|）
2	转速表	（10.0～5000）r/min	优于 0.5 级
3	电子秒表	（0～24）h	MPE：±0.5s/d

注:

1. 温度测量标准技术要求为包含传感器和温度显示(记录)仪的整体要求。
2. 温度测量标准各通道的测量结果应包含修正值。
3. |t|为温度的绝对值，单位为℃。

7　校准项目和校准方法

7.1 校准前准备

用目测及手动的方法检查外观及附件，染色小样机应在适当位置装有铭牌，铭牌上注明仪器型号、规格、制造厂、产品编号及出厂日期等。外观完好，开关按钮及其它器件齐全、无锈蚀和损坏；各开关、按键、旋钮应灵活可靠，零部件应紧固无松动；控制器在通电状态下，数字显示应笔画齐全，亮度均匀。

7.2 校准过程

7.2.1 温度校准

7.2.1.1 温度校准点的选择

染色小样机的染色温度范围为（30～150）℃，可根据被染物料的种类和染料的不同，选择一个温度点进行校准；也可根据用户特殊需要选择实际常用的某个或多个温度点进行校准。

7.2.1.2 温度测量点位置

将染色小样机加热温度设定在被校温度点，5 个测温点布局在工作空间 1/2

深度水平面上，测温点的布置如图 1 所示。1 点位于工作空间的几何中心，其余 4 个测温点到染色小样机内壁的距离为各自边长的 1/10。温度测量点布局位置也可根据用户实际工作需求进行布置。染色小样机升到设定温度稳定后，开始测量。在 30min 内，每隔 3min 测量 1 次，共测量 10 次，记录各测温点的实测值和染色小样机的显示温度值。

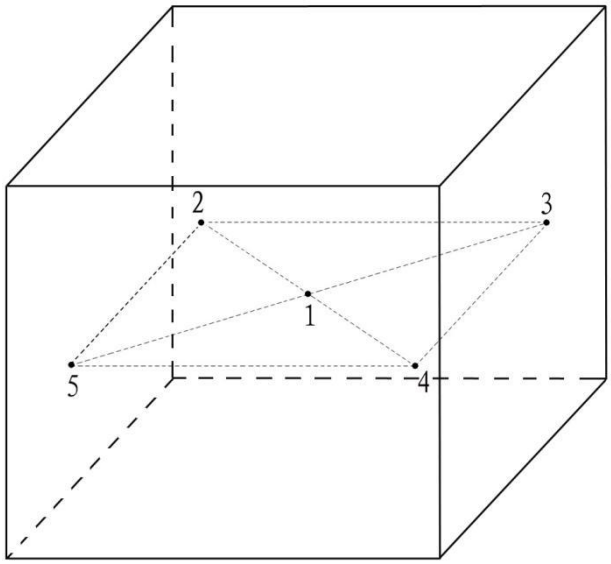

图 1：测温点布置示意图

7.2.3 温度偏差

按公式（1）计算测量点的温度上偏差，按公式（2）计算测量点的温度下偏差。

$$\Delta t_{\max} = t_{\max} - t_{\mathrm{s}} \qquad (1)$$

$$\Delta t_{\min} = t_{\min} - t_{\mathrm{s}} \qquad (2)$$

式中：

$\Delta t_{\max}$——温度上偏差，℃；

$\Delta t_{\min}$——温度下偏差，℃；

$t_{\max}$——30min 内各测量点实测温度最大值，℃；

$t_{\min}$——30min 内各测量点实测温度最小值，℃；

t_s——温度设定值，℃。

7.2.4 温度均匀度

染色小样机在在稳定状态下，工作空间各测量点 30min 内（每 3min 测量一次），每次测量中实测温度最大值与实测温度最小值的算数平均值。按公式（3）计算温度均匀度。

$$\Delta t_u = \sum_{i=1}^{n} (t_{i\max} - t_{i\min}) / n \qquad (3)$$

式中：

Δt_u——温度均匀度，℃；

$t_{i\max}$——各测量点在第 i 次测的的最高温度，℃；

$t_{i\min}$——各测量点在第 i 次测的的最低温度，℃；

n——测量次数。

7.2.5 温度波动度

染色小样机在在稳定状态下，工作空间各测量点 30min 内（每 3min 测量一次），取实测最高温度与最低温度之差的一半，冠以“±”号，取全部测量点中变化量的最大值作为温度波动度校准结果，按公式（4）计算各测量点的温度波动度。

$$\Delta t_f = \pm \max[(t_{j\max} - t_{j\min})/2] \qquad (4)$$

式中：

Δt_f——温度波动度，℃；

$t_{j\max}$——测量点 j 在第 n 次测量中的最高温度，℃；

$t_{j\min}$——测量点 j 在第 n 次测量中的最低温度，℃。

7.2.6 振荡速率

往复式振荡的染色小样机，选定 100 次/min 的设置点进行校准，使用转速表

按公式（5）计算振荡速误差；旋转式的染色小样机，选定 40r/min 的设置点进行校准，使用秒表按公式（6）计算振荡速误差。振荡速率校准点也可以依据用户实际需要选择校准点。

$$\Delta r = r_s - r_b \quad (5)$$

$$\Delta l = l_s - l_b \quad (6)$$

式中：

Δr——振荡速率（旋转式）误差，r/min；

r_s——旋转式染色小样机振荡速率设定值，r/min；

r_b——旋转式染色小样机振荡速率实际值，r/min；

Δl——振荡速率（往复式）误差，次/min；

l_s——往复式染色小样机振荡速率设定值，次/min；

l_b——往复式染色小样机振荡速率实际值，次/min。

7.2.7 计时误差

选定 30min 的设置点进行校准，也可以依据用户实际需要选择校准点。

使用电子秒表按公式（7）计算计时误差。

$$\Delta T = T_s - T_b \quad (7)$$

式中：

ΔT——计时误差，s；

T_s——时间设定值，s；

T_b——时间实际值，s。

8 校准结果表达

8.1 校准记录格式见附录 A。

8.2 校准证书

出具校准证书，校准证书应包括信息及校准证书内)格式见附录 B。

8.3 不确定度信息(评定结果)

校准结果的不确定度评定参照附录 C、附录 D、附录 E。

9 复校时间间隔

染色小样机的复校时间间隔建议为 1 年。

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情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

染色小样机校准原始记录参考格式

第 1 页共 2 页

用户名称			
设备名称		校准记录/证书编号	
型号规格			
出厂编号		接 收 日 期	
生产厂商		校 准 日 期	
用户地址及联系方式		校准地点	
依据的技术文件			
用户的其他要求			
环境条件	温度：　　℃；　相对湿度：　　%		

计量标准器名称	型号规格	出厂编号	不确定度或准确度等级或最大允许误差	量值溯源机构及证书编号	有效期至

1.温度偏差　　计量单位：℃

温度设定值：					
测量次数	测量点实测温度值				
	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
最大值					
最小值					
上偏差		下偏差		测量不确定度 U（k=2）	

染色小样机校准原始记录参考格式

2.温度均匀度（ ℃）		测量不确定度 $U(k=2)$	
3.温度波动度（ ℃）		测量不确定度 $U(k=2)$	
4.振荡速率 （次/min 或 r/min）	设定值	测量值	测量不确定度 $U(k=2$）
5.计时误差（s）	设定值	测量值	测量不确定度 $U(k=2$）
校准员：		核验员：	

附录 B

染色小样机校准证书内页参考格式

序号	校准项目	测量值	测量不确定度 U（k=2）
1	温度偏差（℃）		
2	温度均匀度（℃）		
3	温度波动度（℃）		
4	振荡速率（次/min 或 r/min）		
5	计时误差（s）		

附录 C

染色小样机温度偏差测量结果不确定度评定示例

1. 概述：

1.1 测量依据：

依据本规范规定的方法进行校准。

1.2 测量方法：

染色小样机温度升到设定温度稳定后，开始测量。在 30min 内每隔 3min 测量 1 次，共测量 10 次，记录各测温点的实测值和染色小样机的设定温度值。

计算各温度测量点 30min 内测量的最高温度与设定温度的差值，即为温度上偏差；各温度测量点 30min 内测量的最低温度与设定温度的差值，即为温度下偏差。

1.3 测量标准：

温度巡回检测仪：测量范围：（0～200）℃，分度值：0.01℃。

1.4 被测对象:

染色小样机

1.5 环境条件：

温度：（25±10）℃；湿度：（20～85）%RH。

2. 测量模型：

依据校准规范和校准方法，建立如下测量模型

温度上偏差：$\Delta t_{\max} = t_{\max} - t_{\mathrm{s}}$ （C.1.1）

温度下偏差：$\Delta t_{\min} = t_{\min} - t_{\mathrm{s}}$ （C.1.2）

由于温度上偏差和温度下偏差不确定度来源和评定过程相同，因此本规范仅以温度上偏差为例进行不确定度评定。

式中：

$\Delta t_{\max}$——温度上偏差，℃；

$t_{\max}$——30min 内各测量点实测温度最大值，℃；

t_{s}——温度设定值，℃。

3. 方差和灵敏系数

依据 $u_c^{\ 2}=\sum_{i=1}\left(\frac{\partial f}{\partial x_i}\right)^2 u^2(x_i)$（C.1.3）

可得 $u_c^{\ 2}(\Delta t_{\max})=c^2(t_{\max})u^2(t_{\max})+c^2(t_s)u^2(t_s)$ （C.1.4）

灵敏系数为 $c(t_{\max})=\frac{\partial \Delta t_{\max}}{\partial t_{\max}}=1$ ； $c(t_s)=\frac{\partial \Delta t_{\max}}{\partial t_s}=-1$ （C.1.5）

则 $u_c^{\ 2}(\Delta t_{\max})=u^2(t_{\max})+u^2(t_s)$

4. 输入量引入的标准不确定度评定

4.1 测量重复性引入的的标准不确定度分量 $u_{t\max}$

染色小样机温度控制器设定值 50.0℃，待温度达到设定温度并处于稳定状态后，在重复性条件下连续 10 次测量，得到一测量列（计量单位：℃）：50.73、50.22、50.26、50.91、50.43、50.97、50.27、50.84、50.17、50.36。

50.0℃校准点的单次实验标准差由式（C.1.6）计算

$$s=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}{n-1}}=0.312\ ℃ \qquad (C.1.6)$$

则 $u_{t\max}=s=0.312$℃

4.2 标准器引入的的标准不确定度分量 u_{ts}

4.2.1 温度巡回检测仪示值误差引入的的标准不确定度分量 u_{ts1}

标准器的最大允许误差为：±（0.15℃+0.002|t|），测量点在 50℃时即为：±0.25℃。误差取其半宽为 0.25℃，服从均匀分布，$k=\sqrt{3}$，则标准器示值误差引入的的标准不确定度分量为：

$$u_{ts2}=\frac{0.25}{\sqrt{3}}=0.144℃$$

4.2.2 温度巡回检测仪年稳定性引入的的标准不确定度分量 u_{ts2}

标准器年稳定性为 0.10℃，按均匀分布计算，$k=\sqrt{3}$，则由其引入的标准不确定度分量为：

$$u_{ts2}=\frac{0.10}{\sqrt{3}}=0.058℃$$

5. 标准不确定度分量汇总

各标准不确定度分量汇总见表 C.3.1。

表 C.3.1 标准不确定度分量汇总一览表

序号	不确定度来源	符号	类别	分布	灵敏系数	标准不确定度(℃)
1	测量重复性	$u_{t\max}$	A	正态	1	0.312
2	温度巡回检测仪示值误差	u_{ts1}	B	均匀	-1	0.144
3	温度巡回检测仪稳定性	u_{ts2}	B	均匀	-1	0.058

6. 合成标准不确定度

输入量 $u_{t\max}$、u_{ts1}、u_{ts2} 彼此独立，故温度上偏差合成标准不确定度 $u_c(\Delta t_{\max})$

按式（C.1.7）计算

$$u_c(\Delta t_{\max})=\sqrt{u_{t\max}^2+u_{ts1}^2+u_{ts2}^2}=0.35℃ \qquad (C.1.7)$$

7. 扩展不确定度 U

扩展不确定度 $U=u_c(\Delta t_{\max})\times k$，取包含因子 k=2，按式（C.1.8）计算

$$U=u_c(\Delta t_{\max})\times k=0.35\times 2=0.7℃ \qquad (C.1.8)$$

8. 扩展不确定度报告与表示

染色小样机在温度设定点 50℃时，温度上偏差为 1.0℃，测量结果扩展不确定度为：$U=0.7℃$；$k=2$。

附录 D

染色小样机计时误差测量结果不确定度评定示例

1. 概述：

1.1 测量依据：

依据本规范规定的方法进行校准。

1.2 测量方法：

染色小样机时间控制器设定校准点后，用电子秒表进行测量。时间设定值与实际测量值的差值，为染色小样机计时误差测量结果。

1.3 测量标准：

电子秒表：测量范围：（0～24）h，最大允许误差：±0.5s/d

1.4 被测对象:

染色小样机

1.5 环境条件：

温度：（25±10）℃；湿度：≤85%RH。

2. 测量模型：

依据校准规范和校准方法，建立如下测量模型

$$\Delta T = T_{\mathrm{s}} - T_{\mathrm{b}} \qquad \text{（C.2.1）}$$

式中：

ΔT——计时误差，s；

T_{s}——时间设定值，s；

T_{b}——时间实际值，s。

3. 方差和灵敏系数

依据 $u_c{}^2 = \sum_{i=1} \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i)$ （C.2.2）

可得 $u_c{}^2(\Delta T) = c^2(T_{\mathrm{s}}) u^2(T_{\mathrm{s}}) + c^2(T_{\mathrm{b}}) u^2(T_{\mathrm{b}})$ （C.2.3）

灵敏系数为 $c(T_{\mathrm{s}}) = \frac{\partial \Delta T}{\partial T_{\mathrm{s}}} = 1$ ； $c(T_{\mathrm{b}}) = \frac{\partial \Delta T}{\partial T_{\mathrm{b}}} = -1$ （C.2.4）

则 $u_c^2(\Delta T)=u^2(T_s)+u^2(T_b)$

4. 输入量引入的标准不确定度评定

4.1 测量重复性引入的的标准不确定度分量$u(T_s)$

将染色小样机时间控制器设定值 30min，在重复性条件下连续 10 次测量，得到一测量列（计量单位：s）：1801.2、1800.5、1800.9、1802.2、1801.7、1802.4、1800.5、1801.4、1802.1、1802.4

30min 校准点的单次实验标准差由式（C.2.5）计算

$$s=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}{n-1}}=0.74\text{s} \qquad \text{（C.2.5）}$$

则$u(T_s)=s=0.74\text{s}$

4.2 标准器引入的的标准不确定度分量$u(T_b)$

4.2.1 电子秒表引入的的标准不确定度分量$u(T_{b1})$

电子秒表示值误差为±0.5s/d，不确定度区间半宽为 0.5s，服从均匀分布，$k=\sqrt{3}$，则电子秒表示值误差引入的的标准不确定度分量。

$$u(T_{b1})=\frac{0.5}{\sqrt{3}}=0.29\text{s}$$

4.2.2 操作人员反应引入的标准不确定度分量$u(T_{b2})$

操作人员反应时间在（0.10～0.40）s，其半宽值$\alpha=\frac{0.40-0.10}{2}=0.15\text{s}$,服从均匀分布，即包含因子$k=\sqrt{3}$，故操作人员反应误差引入的不确定度分量为：

$$u(T_{b2})=\frac{0.15}{\sqrt{3}}=0.09\text{s}$$

5. 标准不确定度分量汇总

各标准不确定度分量汇总见表 C.3.2。

表 C.3.2 标准不确定度分量汇总一览表

序号	不确定度来源	符号	类别	分布	灵敏系数	标准不确定度(s)
1	测量重复性	$u(T_{\mathrm{s}})$	A	正态	1	0.74
2	电子秒表示值误差	$u(T_{\mathrm{b1}})$	B	均匀	-1	0.29
3	人员操作	$u(T_{\mathrm{b2}})$	B	均匀	-1	0.09

6. 合成标准不确定度

输入量$u(T_{\mathrm{s}})$、$u(T_{\mathrm{b1}})$、$u(T_{\mathrm{b2}})$彼此独立，故计时误差合成标准不确定度$u_c(\Delta T)$按式（C.2.6）计算

$$u_c(\Delta T)=\sqrt{u_{T_{\mathrm{s}}}^2+u_{T_{\mathrm{b1}}}^2+u_{T_{\mathrm{b2}}}^2}=0.8\,\mathrm{s} \qquad \text{（C.2.6）}$$

7. 扩展不确定度 U

扩展不确定度$U=u_c(\Delta T)\times k$，取包含因子 k=2，按式（C.2.7）计算

$$U=u_c(\Delta T)\times k=0.8\times 2=1.6\,\mathrm{s} \qquad \text{（C.2.7）}$$

8. 扩展不确定度报告与表示

染色小样机在时间设定点 30min 时，计时误差为：-1.5s，测量结果扩展不确定度为：$U=1.6\mathrm{s}$；$k=2$。

附录 E

染色小样机振荡速率误差测量结果不确定度评定示例

1. 概述：

1.1 测量依据：

依据本规范规定的方法进行校准。

1.2 测量方法：

染色小样机时间振荡速率设定校准点后，用转速表进行测量。振荡速率设定值与实际测量值的差值，为染色小样机振荡速率误差测量结果。

1.3 测量标准：

转速表：测量范围：（0～2000）r/min，准确度等级值：0.5 级

1.4 被测对象:

染色小样机

1.5 环境条件：

温度：（25±10）℃；湿度：≤85%RH。

2. 测量模型：

依据校准规范和校准方法，建立如下测量模型

$$\Delta r = r_s - r_b \qquad \text{（C.3.1）}$$

式中：

Δr——振荡速率误差，r/min；

r_s——染色小样机振荡速率设定值，r/min；

r_b——染色小样机振荡速率实际值，r/min；

3. 方差和灵敏系数

依据 $u_c{}^2 = \sum_{i=1}\left(\frac{\partial f}{\partial x_i}\right)^2 u^2(x_i)$ （C.3.2）

可得 $u_c{}^2(\Delta r) = c^2(r_s)u^2(r_s) + c^2(r_b)u^2(r_b)$ （C.3.3）

灵敏系数为$c(r_s)=\dfrac{\partial\Delta r}{\partial r_s}=1$ ；$c(r_b)=\dfrac{\partial\Delta r}{\partial r_{\mathrm{b}}}=-1$ （C.3.4）

则 $u_c^{\ 2}(\Delta r)=u^2(r_{\mathrm{s}})+u^2(r_{\mathrm{b}})$

4. 输入量引入的标准不确定度评定

4.1 测量重复性引入的的标准不确定度分量$u(r_{\mathrm{s}})$

将染色小样机振荡速率控制器设定值 40r/min，在重复性条件下连续 10 次测量，得到一测量列（计量单位：r/min）：40.2、40.0、39.8、39.5、40.5、40.7、40.0、40.5、39.7、40.3

40r/min 校准点的单次实验标准差由式（C.3.5）计算

$$s=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}{n-1}}=0.39\mathrm{r/min} \qquad \text{（C.3.5）}$$

则$u(r_{\mathrm{s}})=s=0.39\mathrm{r/min}$

4.2 标准器引入的的标准不确定度分量$u(r_{\mathrm{b}})$

4.2.1 转速表示值误差引入的的标准不确定度分量$u(r_{\mathrm{b1}})$

转速表的准确度等级为 0.5 级，其在 40r/min 测量点的最大允许误差为：±40×0.5%=±0.2r/min，示值误差取其半宽，服从均匀分布，即包含因子$k=\sqrt{3}$，故转速表示值误差引入的的标准不确定度分量为：

$$u(r_{\mathrm{b2}})=\frac{0.2}{\sqrt{3}}=0.12\mathrm{r/min}$$

4.2.2 人员操作引入的的标准不确定度分量$u(r_{\mathrm{b2}})$

操作人员使用转速表与染色小样机转动不同步的误差在（0.1～0.3）r/min，其半宽值$\alpha=\dfrac{0.3-0.1}{2}=0.1\mathrm{r/min}$,服从均匀分布，即包含因子$k=\sqrt{3}$，故操作人员测量过程中引入的不确定度分量为：

$$u(r_{\mathrm{b2}})=\frac{0.1}{\sqrt{3}}=0.06\mathrm{r/min}$$

5. 标准不确定度分量汇总

各标准不确定度分量汇总见表 C.3.3。

表 C.3.3 标准不确定度分量汇总一览表

序号	不确定度来源	符号	类别	分布	灵敏系数	标准不确定度（r/min）
1	测量重复性	$u(r_s)$	A	正态	1	0.39
2	转速表示值误差	$u(r_{b1})$	B	均匀	-1	0.12
3	人员操作	$u(r_{b2})$	B	均匀	-1	0.06

6. 合成标准不确定度

输入量 $u(r_s)$、$u(r_{b1})$、$u(r_{b2})$ 彼此独立，故计时误差合成标准不确定度 $u_c(\Delta r)$ 按式（C.3.6）计算

$$u_c(\Delta r)=\sqrt{u_{r_s}^2+u_{r_{b1}}^2+u_{r_{b2}}^2}=0.41\text{r/min} \qquad \text{（C.3.6）}$$

7. 扩展不确定度 U

扩展不确定度 $U=u_c(\Delta r)\times k$，取包含因子 k=2，按式（C.3.7）计算

$$U=u_c(\Delta r)\times k=0.41\times 2=0.8\,\text{r/min} \qquad \text{（C.3.7）}$$

8. 扩展不确定度报告与表示

染色小样机在振荡速率设定点 40r/min 时，振荡速率误差为：-0.1r/min，测量结果扩展不确度为：$U=0.8\text{r/min}$；$k=2$。

JJF（蒙）054—2023