JJF

贵州省地方计量技术规范

JJF（黔）XX-20XX

焦炭反应性及反应后强度测定仪校准规范

Calibration specification for coke reactivity and post reaction strength tester

（征求意见稿）

20XX-XX-XX 发布　　20XX-XX-XX 实施

贵州省市场监督管理局发布

焦炭反应性及反应后强度测定仪校准规范

Calibration specification for coke reactivity and post reaction strength tester

JJF（黔）XX-20XX

归 口 单 位：贵州省市场监督管理局

主要起草单位：毕节市市场监督管理局检验检测中心

贵州省计量测试院

六盘水市检验检测中心

本规范由毕节市市场监督管理局检验检测中心负责解释

本规范主要起草人：

吴　坤（毕节市市场监督管理局检验检测中心）

闵　睿（贵州省计量测试院）

李梅静（六盘水市检验检测中心）

参加起草人：

齐　亮（贵州省计量测试院）

龙　梅（毕节市市场监督管理局检验检测中心）

目录

引　言 ..... (Ⅱ)
1　范围 ..... (1)
2　引用文件 ..... (1)
3　概述 ..... (1)
3.1　结构 ..... (1)
3.2　工作原理 ..... (1)
4　计量特性 ..... (2)
4.1　反应器温度参数 ..... (1)
4.2　流量计相对示值误差 ..... (2)
4.3　Ⅰ型转鼓转速 ..... (2)
5　校准条件 ..... (2)
5.1　环境条件 ..... (2)
5.2　测量标准及配套设备 ..... (2)
6　校准方法和校准方法 ..... (3)
6.1　校准项目 ..... (2)
6.2　校准方法 ..... (3)
7　校准结果的表达 ..... (5)
7.1　校准证书 ..... (5)
7.2　校准的处理 ..... (5)
8　复校时间间隔 ..... (6)
附录 A　校准记录推荐格式 ..... (7)
附录 B　校准证书内页推荐格式 ..... (8)
附录 C　测定仪温度偏差测量结果不确定度评定示例 ..... (9)
附录 D　测定仪气体流量相对示值误差测量结果不确定度评定示例 ..... (12)
附录 E 转速表测量结果不确定度评定示例 ..... (15)

引言

JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、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规范。

本规范参考了JJG 105—2019《转速表》、JJF 1708—2018《标准表法科里奥利质量流量计在线校准规范》、JJF 1184—2007《热电偶检定炉温度场测试技术规范》、GB/T 4000—2017《焦炭反应性及反应后强度试验方法》进行编制。

焦炭反应性及反应后强度测定仪校准规范

1 范围

本规范适用于焦炭反应性及反应后强度测定仪（以下简称测定仪）电炉恒温区升温速度、温度偏差、温度均匀度和波动度，气体供给系统中气体流量以及I 型转鼓转速的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 105—2019 转速表

JJF 1708—2018 标准表法科里奥利质量流量计在线校准规范

JJF 1184—2007 热电偶检定炉温度场测试技术规范

GB/T 4000—2017 焦炭反应性及反应后强度试验方法

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

3.1 结构

测定仪主要由气瓶（CO_2 和 N_2）、流量计、洗配气箱、电控装置、加热炉体、反应器及I 型转鼓等构成。

3.2 工作原理

取一定质量的焦炭试样，置于反应器中，在 1100℃时与 CO_2 反应 2h 后，以焦炭质量损失的百分数表示焦炭反应性（Coke Reactivity Index，简写 CRI）；反应后的焦炭，经I 型转鼓试验后，以大于 10mm 粒级的焦炭质量占反应后焦炭质量的百分数表示焦炭反应后强度（Coke Strength After Reaction，简写 CSR）。

将焦炭试样按照要求装入反应器中，启动测定仪，电炉升温，升温速度为(8~16)℃/min，当料层温度达 400℃时，以 0.8L/min 的流量通入 N_2，以防止焦炭烧毁。当料层温度达 1050℃时，预热 CO_2 气瓶出口处，以保证 CO_2 稳定流出。当料层温度达 1100℃时，稳定 10min，切断 N_2，改通 CO_2，流量为 5L/min，记录开始反应时间，通入 CO_2 后料层温度应在（5~10）min 内恢复到（1100±3）℃。反应 2h 后停止加热，切断 CO_2，改通 N_2，流量为 2L/min。在 N_2 的

保护下温度降到100℃以下，停止通入N_2，反应器出炉。倒出焦炭试样并称重，记录反应后焦炭试样粒数。反应后的焦炭试样全部装入I 型转鼓内，以20r/min的转速共转30min，总转数600转，然后取出试样称重并记录粒数。

图1为测定仪工作原理示意图。

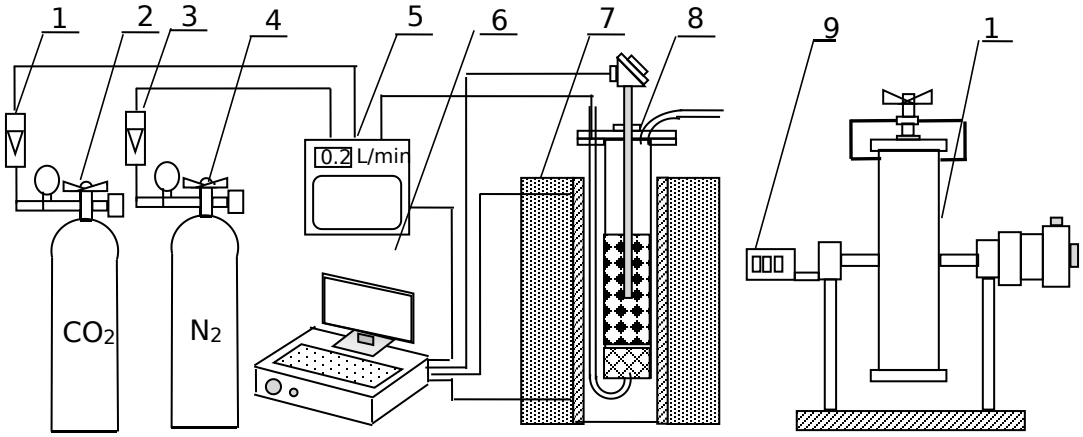

图1 测定仪工作原理示意图

1、流量计(CO_2)；2、气瓶(CO_2)；3、流量计(N_2)；4、气瓶(N_2)；5、洗配气箱（流量控制器）；6、计算机控制系统；7、加热炉体；8、反应器；9、计算器；10、转鼓。

4 计量特性

4.1 反应器温度参数

中心温度偏差不超过±3℃；温度波动度不超过±1.5℃；温度均匀度不大于3℃。

4.2 流量计相对示值误差

最大允许误差不超过$\pm 1.5\%F \cdot S$。

4.3 I 型转鼓转速

转速应在 (20 ± 0.6)r/min 范围内。

注： 以上指标不适用于合格性判断，仅供参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

环境温度：（23±5）℃；

相对湿度≤80%；

其他条件应满足所有仪器设备的各项要求。

5.2 测量标准及配套设备

5.2.1 一等标准铂铑10-铂热电偶（刚玉套管）；0.02级电测仪器或满足校准要

求的其他测温仪器（分辨力 0.01℃）。

5.2.2 标准流量计。

标准流量计（流量范围应与被校流量计的流量范围相适应，其测量结果的扩展不确定度应优于被校流量计最大允许误差绝对值的 1/2）。

5.2.3 非接触式转速表

最小测量范围≤20r/min，准确度等级由于 0.5 级，

5.2.5 钢直尺

测量范围：大于 200mm。

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

反应器中心温度偏差、温度均匀度、温度波动度，流量计示值误差，转鼓转速。

6.2 校准方法

6.2.1 校准前的准备

校准通常选择在空载下进行，将测定仪控温热电偶和标准热电偶如图 2 插入反应器套管内并处于恒温区中心位置，固定好反应器。将标准流量计出气口与反应器进气口与连接、标准流量计进气口与供气系统连接，检查气路，保证测定仪供气系统的气密性。

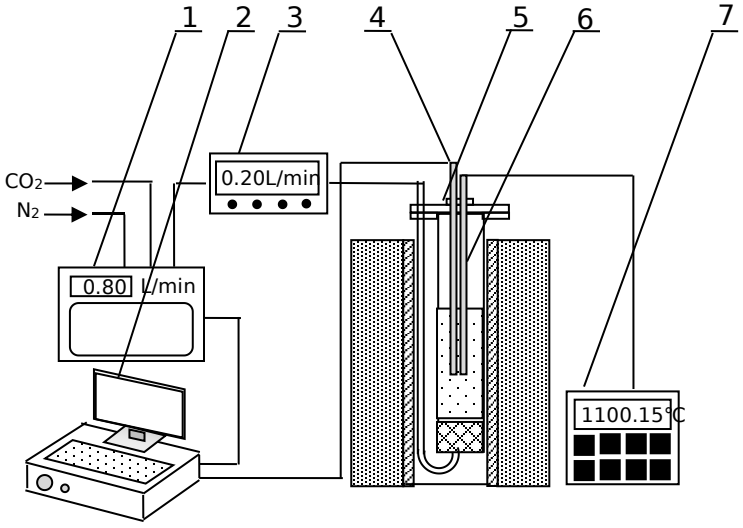

图 2 标准热电偶和标准流量计安装示意图

1、洗配气箱（流量控制器）；2、标准流量计；3、计算机控制系统；4、控温热电偶；5、反应器；6、标准热电偶；7、标准测温仪表。

6.2.3 温度参数校准

6.2.3.1　温度偏差

当反应器中心温度达到(1100±1)℃，控温热电偶和标准热电偶处于同一水平位置，稳定 10 分钟后按标准热电偶→控温热电偶→控温热电偶→标准热电偶→标准热电偶→控温热电偶→控温热电偶→标准热电偶的顺序依次读数，控温热电偶平均值与标准热电偶平均值之差即为反应器中心温度偏差，温度偏差按公式（3）计算：

$$\Delta t = \overline{t_k} - \overline{t_s} \tag{1}$$

式中：

Δt——炉体中心温度偏差，℃；

$\overline{t_k}$——控温热电偶示值平均值，℃；

$\overline{t_s}$——标准热电偶示值平均值，℃。

6.2.3.2　温度波动度

当反应器中心温度达到(1100±1)℃，控温热电偶和标准热电偶处于同一水平位置，稳定 10 分钟开始读取标准热电偶示值，之后间隔 2min 读取一次，重复测量 15 次，测量数据中最大值与最小值之差的一半，冠以“±”号作为温度波动的校准结果。温度波动度按按公式（2）计算：

$$\Delta t_f = \pm(t_{i\max} - t_{i\min})/2 \tag{2}$$

式中：

Δt_f——温度波动度，℃；

$t_{i\max}$——第 i 次测量中最高温度，℃；

$t_{i\min}$——第 i 次测量中最低温度，℃；

6.2.3.3　温度均匀度

将测定仪控温热电偶和标准热电偶如图 3 插入反应器套管内并处于料层隔板位置，用钢直尺置于反应器盖板上测量热电偶移动位置，当反应器中心温度达到(1100±1)℃，控温热电偶和标准热电偶处于同一水平位置，稳定 10 分钟分别读取控温热电偶和标准热电偶示值，之后将标准热电偶向上移动 10mm，重复上述测量，共测量 15 个点，移动距离 150mm。反复测量 2 次。每个测量点示值误差最大值与最小值之差即为温度均匀度，按公式（3）计算：

$$\Delta t_u = \Delta t_{j\max} - \Delta t_{j\min} \tag{3}$$

式中：

Δt_u——温度均匀度，℃；

$\Delta t_{j\max}$——测量点 j 相对中心温度的温度偏差的最大值，℃；

$\Delta t_{j\min}$——测量点 j 相对中心温度的温度偏差的最小值，℃。

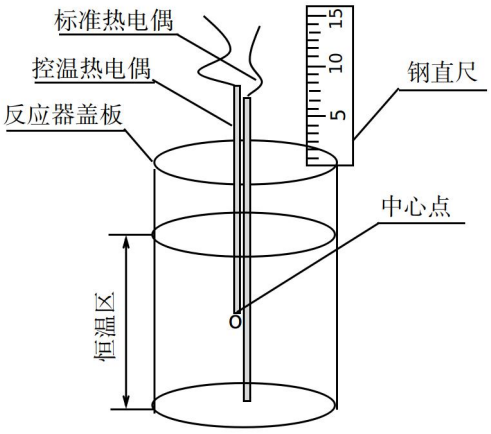

图 3 温度均匀度校准示意图

6.2.4 流量计示值误差

将标准流量计出气口与反应器进气口与连接、标准流量计进气口与供气系统连接，按使用要求进行调零，调零时气管内工作介质应处于静止状态，一般在流量稳定 10min 后读取数据。校准点选取 0.8L/min、2L/min 和 5L/min，取 3 次测量值的算术平均值作为测量结果，相对示值误差按公式（4）计算：

$$E = \frac{\overline{q_m} - \overline{q_s}}{\overline{q_s}} \times 100\% \qquad (4)$$

式中：

E——流量计示值相对误差，%；

$\overline{q_m}$——被校流量计 3 次测量结果的算术平均值，L/min；

$\overline{q_s}$——标准流量计 3 次测量结果的算术平均值，L/min。

6.2.5 转鼓转速

在转鼓中心点以外作好明显标记，并安装好非接触式转速表，启动转鼓，记录非接触式转速表测量示值，重复测量 3 次，取其平均值作为转鼓转速示值。

7 校准结果的表达

7.1 校准记录

校准记录格式参见附录 A。

7.2 校准结果的处理

校准证书内页格式参见附录 B，校准证书应至少包括以下信息：

a）标题：如“校准证书”；

b）实验室名称和地址；

c）进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；

d）证书或报告的唯一性标识（如证书编号），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（如型号、产品编号等）；

g）进行校准的日期或校准证书的生效日期；

h）校准所依据的技术规范的标识，包括名称和代号；

i）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）校准结果及测量不确定度的说明；

l）校准员及核验员的签名；

m）校准证书批准人的签名；

n）校准结果仅对被校对象有效的声明；

o）未经实验室书面批准，不得部分复制证书或报告的声明。

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、仪器本身质量等诸因素所决定的，因此仪器使用单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。建议复校时间间隔不超过 12 个月。

附录 A

校准记录推荐格式

焦炭反应性及反应后强度测定仪校准记录

委托单位：_____ 记录编号：_____
设备名称：_____ 规格型号：_____ 设备编号：_____
生产厂商：_____ 环境温度 _____
校准依据：_____ 相对湿度：_____
校准用标准设备名称：_____ 校准地点：_____

校准结果

1、温度参数校准

a、温度偏差

测量	测量次数				平均值	温度偏差
	1	2	3	4		
t_k /℃						
t_s/℃						

b、温度波动度

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	t_{max}	t_{min}	Δt_f
t_i/℃																		

c 温度均匀度

次数		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	t_{kmax}	t_{kmin}	Δt_u
t_k	1																/	/	
	2																/	/	
	平均																		
t_s	1																/	/	
	2																/	/	
	平均																		

3、流量计示值误差

校准点 /(L/min)	次数	被校仪器示值/ L/min		标准器示值/ L/min		相对示值误差/%
		示值	平均值	示值	平均值	
0.8	1					
	2					
	3					
2.0	1					
	2					
	3					
5.0	1					
	2					
	3					

4、转鼓转速

1		2		3		平 均 值	

						/(r/min)	

校准日期：　　校准员：　　核验员：

附录 B

校准证书内页推荐格式

校准项目			技术要求	校准结果
1、升温速度/(℃/min)	≤400℃			
	(400~1050)℃			
2、温度参数/℃	温度偏差			
	温度均匀度			
	温度波动度			
3、流量计示值误差 L/min	校准点	0.8		
		2.0		
		5.0		
4、转鼓转速/（r/min）				
5、示值误差的扩展不确定度： 温度 U= ℃，k=2 流量 U_{rel}= L/min，k=2 转速 U= r/min，k=2				

附录 C

测定仪温度偏差测量结果不确定度评定示例

C.1 概述

C.1.1 测量依据

JJF(黔)XX-20XX《焦炭反应性及反应后强度测定仪校准规范》

C.1.2 测量标准

一等标准铂铑 10-铂热电偶（刚玉套管）；0.02 级测温仪（分辨力 0.01℃）；测量范围大于 200mm 的钢直尺。

C.1.3 校准对象

焦炭反应性及反应后强度测定仪。

C.1.4 校准方法

将测定仪控温热电偶和标准热电偶按要求插入反应器套管内并处于料层中心位置，固定好反应器。炉体中心温度在(1100±1)℃稳定 10min 后按照校准规范要求开始读数，控温热电偶示值平均值减去标准热电偶示值平均值即为炉体中心温度偏差。

A.1.5 测量环境

温度（23±5）℃；湿度≤80%RH。

C.2 测量模型

$$\Delta t = \overline{t_k} - \overline{t_s} \tag{C.1}$$

式中：

Δt——炉体中心温度偏差，℃；

$\overline{t_k}$——控温热电偶平均值，℃；

$\overline{t_s}$——标准热电偶炉体中心（100mm 处）温度平均值，℃。

C.3 灵敏系数

当测量范围≤5mm 时，其灵敏系数为：

$$c_1 = \frac{f\Delta t}{f\overline{t_k}} = 1;\quad c_2 = \frac{f\Delta t}{f\overline{t_s}} = -1$$

C.4 标准不确定度评定

C.4.1 输入量 t_k 标准不确定度 $u(t_k)$ 的评定。

C.4.1.1 测量重复性引入的标准不确定分量 $u_1(t_k)$

采用 A 类方法评定，炉体中心温度在(1100 ± 1)℃稳定 10min 后，分别读取控温热电偶和标准热电偶示值，测量次数为 10 次，重复性条件下温度偏差测量结果见表 C.1。

表 C.1　重复性条件下测量结果

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
温度偏差/℃	-0.8	0.4	-0.3	0.2	0.6	0.2	-0.5	-0.2	0.3	0.4

由表 C.1 数据，按公式（C.2）进行计算：

$$s(t_k)=\sqrt{\frac{\prod_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}{n-1}} \quad (C.2)$$

则单次测量实验标准偏差：

$$s(t_k)=0.44℃$$

在实际校准时，连续测量 4 次，以 4 次测量的算数平均值作为测量结果，则可得标准不确定度按公式（C.3）进行计算：

$$u_1(t_k)=s(t_k)/\sqrt{4} \quad (C.3)$$

按公式（C.4）计算，则各校准点的标准不确定度为：

$$u_1(t_k)=0.22\ ℃$$

C.4.1.2　分辨力引入的标准不确定度分量 $u_2(t_k)$

采用 B 类不确定度评定，深度测量装置分辨力为 0.1℃，则区间半宽度 $a=0.05℃$，假设为均匀分布，取 $k=\sqrt{3}$，由此分辨力引入的不确定度分量为：

$$u_2(t_k)=0.05/\sqrt{3}=0.029℃$$

由于重复性引入的不确定度分量大于读数分辨力所引入的不确定度分量，二者取最大，所以不考虑读数分辨率引入的不确定度。

$$u(t_k)=u_1(t_k)=0.22℃$$

C.4.2　输入量 t_s 引入的标准不确定度 $u(t_s)$ 的评定

C.4.2.1　标准热电偶电极不均匀引入的不确定度分量 $u_1(t_s)$

由于热电偶测量时处于有温度梯度的温场中，电极不均匀产生一很小的附加电势，其估计值约为 1μV，按均匀分布处理，其不确定度为：

$$u_1(t_s)=1/(11.54\times\sqrt{3})=0.05℃$$

C.4.2.2 测温仪引入的标准不确定度 $u_2(t_s)$

由于标准热电偶测温仪的准确度等级为 0.02 级，在 1100℃时最大允许误差为 ± 0.22℃，按均匀分度处理，其引入的标准不确定度为：

$$u_{2单}(t_s)=0.22/\sqrt{3}=0.13℃$$

由于测量结果取 4 次测量的平均值，则

$$u_2(t_s)=0.13/\sqrt{4}=0.07\ ℃$$

C.4.2.3　测温仪冷段补偿引入的标准不确定度 $u_3(t_s)$

由于测温仪冷端补偿是采用 AA 级热电阻进行补偿，AA 级热电阻在试验环境下允许误差约为 ± 0.11℃，按均匀分布处理，其引入的标准不确定度为：

$$u_3(t_s)=0.11/\sqrt{3}=0.06℃$$

C.4.2.4 每次测量位置不一致引入的标准不确定度 $u_4(t_s)$

来回移动标准热电偶，每次测量同一个点位置有差异，估计最大差值为 1μV，按均匀分布处理，其不确定度为：

$$u_4(t_s)=1/(11.54\times\sqrt{3})=0.05℃$$

C.5　标准不确定度分量汇总

标准不确定度分量汇总见表 C.2。

表 C.2　标准不确定度分量汇总

标准不确定度分/ $u_i(\Delta t)$	不确定度来源	标准不确定度值	灵敏系数 c_i	$\lvert c_i\rvert \cdot u(\Delta t)$
$u(t_k)$	输入量 t_k		1	0.22℃
$u_1(t_k)$	测量重复性	0.22℃		
$u(t_s)$	输入量 t_s		-1	0.11℃
$u_1(t_s)$	热电偶电极不均匀	0.05		
$u_2(t_s)$	测温仪准确度等级	0.07		
$u_3(t_s)$	测温仪冷段补偿	0.06		
$u_4(t_s)$	测量位置不一致	0.05		

C.6　合成标准不确定度

由于以上分量相互独立，因此合成标准不确定度 u_c 为公式（C.4）。

$$u_c=\sqrt{\prod_{i=1}^{n}c_i^2u^2(x_i)} \qquad (C.4)$$

按公式(C.5)计算合成标准不确定度为：

$$u_c=0.25\ ℃$$

C.7　扩展不确定度

取包含因子 k=2，则扩展不确定度为：

$$U=2\times0.25=0.50\ ℃$$

附录 D

测定仪气体流量相对示值误差测量结果不确定度评定示例

D.1 概述

D.1.1 测量依据

JJF(黔)XX-20XX《焦炭反应性及反应后强度测定仪校准规范》

D.1.2 测量标准

测量范围为（0~10）L/min、准确度等级为 0.5 级的标准流量计。

D.1.3 校准对象

焦炭反应性及反应后强度测定仪。

D.1.4 校准方法

将标准流量计出气口与反应器进气口与连接、标准流量计进气口与供气系统连接，检查气路，保证测定仪供气系统的气密性。打开供气系统，待流量稳定后分别读取被校流量计和标准流量计示值，按照规范中计算公式计算流量计示值误差。

D.1.5 测量环境

温度（23±5）℃；湿度≤80%RH。

D.2 测量模型

$$E=\frac{q_m-q_s}{q_s}\times 100\% \qquad (D.1)$$

式中：

E——流量计示值相对误差，%；

q_m——被校流量计示值（校准点），L/min；

q_s——标准流量值 3 次测量结果的算术平均值，L/min。

D.3 灵敏系数

$$c_1=\frac{E}{fq_m}=\frac{1}{q_s};\quad c_2=\frac{E}{fq_s}=-\frac{q_m}{q_s^2}$$

D.4 标准不确定度评定

D.4.1 输入量$\overline{q_m}$标准不确定度$u(q_m)$的评定。

D.4.1.1 测量重复性引入的标准不确定分量$u_1(q_m)$

采用A类方法评定，流量计调整到5L/min，流量稳定10后开始读读取标准流量计示值，在重复性条件下测量10次，测量结果见表D.1。

表D.1 重复性条件下测量结果

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值
示值/(L/min)	4.942	4.956	4.961	4.949	4.965	4.952	4.958	4.944	4.951	4.964	4.9542

由表D.1数据，按公式（C.3）进行计算：

$$s(q_m)=\sqrt{\frac{\prod_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}{n-1}} \quad (D.3)$$

则单次测量实验标准偏差：

$$s(q_m)=0.0076\ \text{L/min}$$

在实际校准时，以校准点3次测量的算数平均值作为测量结果，则可得标准不确定度分量为：

$$u_1(q_m)=s(q_m)/\sqrt{3}=0.0044\ \text{L/min}$$

D.4.1.2 分辨力引入的标准不确定度分量$u_2(q_m)$

采用B类不确定度评定，深度测量装置分辨力为0.01L/min，则区间半宽度$a=0.005$ L/min，假设为均匀分布，取$k=\sqrt{3}$，由此分辨力引入的不确定度分量为：

$$u_2(q_m)=0.005/\sqrt{3}=0.0029\ \text{L/min}$$

由于重复性引入的不确定度分量大于读数分辨力所引入的不确定度分量，二者取最大，所以不考虑读数分辨率引入的不确定度。

$$u(q_m)=u_1(q_m)=0.0044\text{L/min}$$

D.4.2 输入量q_s引入的标准不确定度$u(q_s)$的评定

D.4.2.1 标准流量计准确度等级引入的不确定度分量$u_1(q_s)$

由于标准流量计准确度等级为0.5级，在5L/min校准点最大允许误差为±0.025L/min，实际测量时取气3次平均值作为测量结果，按均匀分布处理，其不确定度为：

$$u_1(\overline{q_s})=0.025/3=0.009\ \text{L/min}$$

D.4.2.2 流量计压差引入的标准不确定度 $u_2(q_s)$

由于测量时，流量计两边气压存在压差，对其测量值影响估计为 0.005 L/min，取半宽区间为 0.0025 L/min，按均匀分度处理，其引入的标准不确定度为：

$$u_2(\overline{q_s}) = 0.0025/\sqrt{3} = 0.0015 \text{ L/min}$$

D.4.2.3 气体温度引入的标准不确定度 $u_3(q_s)$

由于测量时，受气体温度不均匀的影响，对其测量值影响估计为 0.005 L/min，取半宽区间为 0.0025 L/min，按均匀分度处理，其引入的标准不确定度为：

$$u_3(q_s) = 0.0025/\sqrt{3} = 0.0015 \text{ L/min}$$

D.5 标准不确定度分量汇总

标准不确定度分量汇总见表 D.2。

表 D.2 标准不确定度分量汇总

不确定度分/ $u_i(E)$	不确定度来源	标准不确定度值	灵敏系数 c_i	$\lvert c_i \rvert \cdot u(E)$
$u(q_m)$	输入量 q_m		$\frac{1}{q_s}$	0.0044 L/min
$u_1(q_m)$	测量重复性	0.0044 L/min		
$u(q_s)$	输入量 q_s		$-\frac{q_m}{q_s^2}$	0.0093 L/min
$u_1(q_s)$	标准准确度等级	0.009 L/min		
$u_2(q_s)$	流量计两边气压差	0.0015 L/min		
$u_3(q_s)$	气体温度不均匀	0.0015 L/min		

D.6 合成标准不确定度

由于以上分量相互独立，因此合成标准不确定度 u_c 为公式（D.5）。

$$u_c = \sqrt{\prod_{i=1}^{n} c_i^2 u^2(x_i)} \tag{D.5}$$

按公式(C.5)计算合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{(1/4.9542)^2 \times 0.0044^2 + (5/4.9542^2)^2 \times 0.0093^2} = 0.21\%$$

D.7 扩展不确定度

取包含因子 k=2，则扩展不确定度为：

$$U = 2 \times 0.21 = 0.42\ \%$$

附录 E

转速表测量结果不确定度评定示例

E.1 概述

E.1.1 测量依据

JJF(黔)XX-20XX《焦炭反应性及反应后强度测定仪校准规范》

E.1.2 测量标准

转速表，准确度等级为 0.1 级，测量(10~9000)r/min。

E.1.3 校准对象

焦炭反应性及反应后强度测定仪。

E.1.4 校准方法

在转鼓中心点以外作好明显标记，并安装好非接触式转速表，启动转鼓，记录非接触式转速表测量示值，重复测量 3 次，3 次测量值的算术平均值即为转鼓转速。

E.1.5 测量环境

温度（23±5）℃；湿度≤80%RH。

E.2 测量模型

$$Y = \bar{n} \tag{E.1}$$

式中：

Y——Ⅰ型转鼓转速，r/min；

$\bar{n}$——Ⅰ型转鼓转速 3 次测量结果的算术平均值，r/min。

E.3 灵敏系数

$$c_1 = 1$$

E.4 标准不确定度评定

E.4.1 输入量 n 标准不确定度 $u(n)$ 的评定。

E.4.1.1 测量重复性引入的标准不确定分量 $u_1(n)$

采用 A 类方法评定，Ⅰ型转鼓转速固有转速为 20r/min，待转速稳定后，读取转速表测量示值，在重复性条件下测量 10 次，测量结果见表 E.1。

表 E.1　重复性条件下测量结果

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值/(r/min)	20.08	20.12	20.09	20.08	20.11	20.10	20.12	20.13	20.10	20.08

由表 E.1 数据，按公式（E.2）进行计算：

$$s(n)=\sqrt{\frac{\prod_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}{n-1}} \tag{E.2}$$

则单次测量实验标准偏差：

$$s(n)=0.19\ \text{r/min}$$

在实际校准时，连续测量 3 次，以 3 次测量结果的算数平均值作为测量值，则可得标准不确定度按公式（E.3）进行计算：

$$u_1(n)=\frac{s(\bar{n})}{\sqrt{3}} \tag{E.3}$$

则测量点转速在 20r/min 时的标准不确定度为：

$$u_1(n)=0.17\ \text{r/min}$$

E.4.1.2 转速表（标准）引入的标准不确定度分量 $u_2(\bar{n})$

采用 B 类不确定度评定，转速表（标准）的准确度等级为 0.1 级，在测量 20r/min 转速时，最大允许误差为 0.02 转，按均匀分布处理，取 $k=\sqrt{3}$，在实际校准时，取 3 次测量结果的算数平均值作为测量值，由此引入的不确定度分量为：

$$u_2(n)=0.02/3=0.007\text{r/min}$$

E.6　合成标准不确定度

合成标准不确定度 u_c 为公式（E.4）。

$$u_c=\sqrt{\prod_{i=1}^{n}c_i^2u^2(x_i)} \tag{E.4}$$

合成标准不确定度为：

$$u_c=\sqrt{0.17^2+0.007^2}=0.17\ \text{r/min}$$

E.7　扩展不确定度

取包含因子 $k=2$，则扩展不确定度为：

$$U=2\times0.17\times2=0.34 \text{ r/min}$$

JJF(黔)XX-20XX