



中华人民共和国工业和信息化部 建材计量技术规范

JJF(建材) XXXX-202X

火焰引燃家具和组件的燃烧性能测试装 置校准规范

Calibration Specification of Flame Ignition Furniture and Components
Combustion Performance Testing Device

(报批稿)

××××-××-××发布

××××-××-××实施

中华人民共和国工业和信息化部

发布

火焰引燃家具和组件的燃烧 性能测试装置校准规范

Calibration Specification of Flame
Ignition Furniture and Components
Combustion Performance Testing Device

JJF(建材)XXXX—202X

归口单位：中国建筑材料联合会

主要起草单位：国检测试控股集团雄安有限公司

中国建材检验认证集团（山东）计量检测有限公司

参加起草单位：北方测盟（北京）科技有限公司

国检测试控股集团计量检测有限公司

泰思泰克（苏州）检测仪器科技有限公司

本规范委托全国建材工业计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

王小璐（国检测试控股集团雄安有限公司）

王 彬 [中国建材检验认证集团（山东）计量检测有限公司]

参加起草人：

王 灿（国检测试控股集团雄安有限公司）

王梓同 [中国建材检验认证集团（山东）计量检测有限公司]

张云飞 [中国建材检验认证集团（山东）计量检测有限公司]

杨兵辉 [北方测盟（北京）科技有限公司]

信贵风 [北方测盟（北京）科技有限公司]

程晓苏（国检测试控股集团计量检测有限公司）

曾 彪（国检测试控股集团计量检测有限公司）

王 伟 [泰思泰克（苏州）检测仪器科技有限公司]

目 录

引 言.....	(II)
1 范围.....	(1)
2 引用文件.....	(1)
3 概述.....	(1)
4 计量特性.....	(2)
4.1 气体分析单元.....	(2)
4.2 烟密度测量单元.....	(2)
4.3 温度、压力采集单元.....	(2)
4.4 点火源的热输出功率.....	(2)
4.5 热释放速率测量系统.....	(2)
4.6 称重台.....	(2)
5 校准条件.....	(2)
5.1 环境要求.....	(2)
5.2 测量标准及其他设备.....	(2)
6 校准项目和校准方法.....	(4)
6.1 气体分析单元.....	(4)
6.2 烟密度测量单元.....	(4)
6.3 温度、压力采集单元.....	(5)
6.4 点火源的热输出功率.....	(5)
6.5 热释放速率测量系统.....	(6)
6.6 称重台.....	(6)
7 校准结果表达.....	(6)
8 复校时间间隔.....	(7)
附录 A 火焰引燃家具和组件的燃烧性能测试装置原始记录参考格式	(8)
附录 B 火焰引燃家具和组件的燃烧性能测试装置校准证书内页参考格式	(10)
附录 C 气体浓度示值误差测量结果不确定度评定示例	(11)
附录 D 响应时间测量结果不确定度评定示例	(13)
附录 E 烟密度测量单元示值误差测量结果不确定度评定示例	(15)
附录 F 温度测量单元示值误差测量结果不确定度评定示例	(17)
附录 G 压力测量单元示值误差测量结果不确定度评定示例	(19)
附录 H 点火源的热输出功率测量结果不确定度评定示例	(21)
附录 I 热释放速率测量系统示值误差测量结果不确定度评定示例	(24)
附录 J 称重台示值误差测量结果不确定度评定示例	(26)

引 言

本规范基于 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》基础性系列规范进行制定。

本规范主要参考 GB/T 25207《火灾试验 表面制品的实体房间火试验方法》、GB/T 27904《火焰引燃家具和组件的燃烧性能试验方法》编制而成。

本规范为首次发布。

火焰引燃家具和组件的燃烧性能测试装置校准规范

1 范围

本规范适用于火焰引燃家具和组件的燃烧性能测试装置的校准，其他结构类似的燃烧性能测试装置也可参照本规范校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 539 数字指示秤检定规程

JJG 875 数字压力计检定规程

GB/T 25207 火灾试验 表面制品的实体房间火试验方法

GB/T 27904 火焰引燃家具和组件的燃烧性能试验方法

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用本规范；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

火焰引燃家具和组件的燃烧性能测试装置（以下简称测试装置）是用于家具和组件的热释放速率、总热释放量、烟气遮光系数等燃烧性能的测定。其结构示意图如图 1。

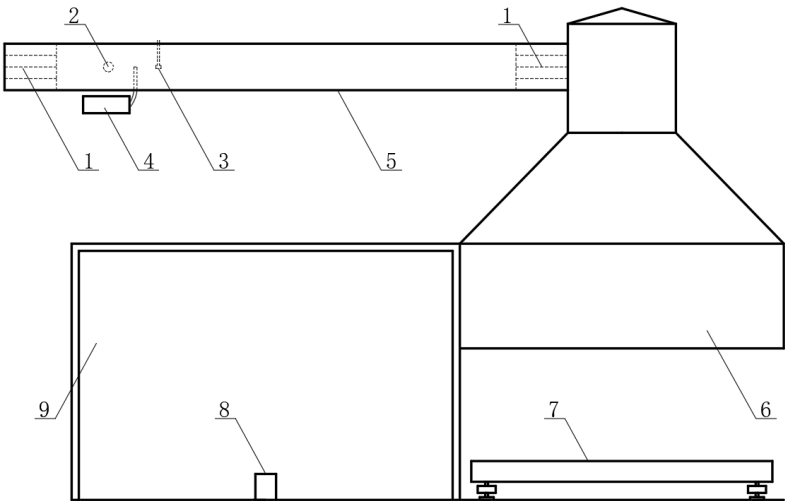


图 1 火焰引燃家具和组件的燃烧性能测试装置结构示意图

1-均流器；2-烟密度测量单元；3-双向探头；4-气体分析单元；5-排烟管道；
6-锥形收集器；7-称重台；8-热流计；9-标准试验房间

测试装置由点火源、锥形收集器、排烟管道、风机、称重台、测量装置和控制台等组成。设备通常采用丙烷气源，通过控制流量大小，控制热释放量大小，并以火花点火器点火和防爆电池阀供气。通过测量气体成分，以及管道内烟气浓度等参数，经过数据收集处理系统实现数据采集、分析和计算以评价火焰引燃家具和组件的燃烧性能。

4 计量特性

4.1 气体分析单元

气体分析单元的计量特性见表 1。

表 1 气体分析单元计量特性

所测气体	浓度测量范围	浓度最大允许误差	响应时间
氧气	(0~25)%	$\pm 2\%FS$	$\leq 3s$
二氧化碳	(0~6)%	$\pm 2\%FS$	$\leq 3s$
一氧化碳	(0~1)%	$\pm 2\%FS$	$\leq 3s$

4.2 烟密度测量单元

烟密度测量仪测量光透过率的最大允许误差为 $\pm 5\%$ 。

4.3 温度、压力采集单元

温度采集单元的最大允许误差为 $\pm 2^{\circ}C$ ；压力采集单元的最大允许误差为 $\pm 2\%$ 。

4.4 点火源的热输出功率

点火源的热输出功率的最大允许误差为 $\pm 5\%$ 。

4.5 热释放速率测量系统

热释放速率测量系统响应时间应不超过 20s。

热释放速率测量值的最大允许误差为 $\pm 10\%$ 。

4.6 称重台

称重台最大称重量不低于 90kg，最大允许误差 $\pm 150g$ 。

注：以上指标不用于合格性判断，仅供参考。

5 校准条件

5.1 环境要求

5.1.1 环境温度：(10~30) $^{\circ}C$ ；

5.1.2 环境湿度：不大于 75%RH；

5.1.3 其他条件：锥形烟气收集器周围风速不超过 0.5m/s；仪器周边应无明显机械振动，被校准仪器不被强光直射。

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 测量标准及其他设备

序号	计量特性	项目	测量标准及其他设备	技术要求
1	气体分析单元	气体浓度示值误差	氮气标准气体（零点气体）	浓度不小于 99.999%
			氧气、二氧化碳、一氧化碳标准气体	通常选择浓度约为仪器量程上限值（ 20 ± 5 ）%，（ 50 ± 5 ）%，（ 80 ± 5 ）%附近的值， U_{rel} 不大于 1%， $k=2$
			流量控制器，由两个气体流量计组成	2.5 级
		响应时间	电子秒表	测量范围：（0~1）h 最大允许误差： $\pm 0.10\text{s/h}$
2	烟密度测量单元	示值误差	标准中性滤光片	透射比约为（ 34 ± 5 ）%、（ 50 ± 5 ）%、（ 71 ± 5 ）%， U 不大于 1%（透射比绝对量）， $k=2$
3	温度、压力采集单元	温度采集单元示值误差	便携式恒温设备	测量范围：（0~95）℃ 波动度 $\leq 0.2^\circ\text{C}$ ，均匀度 $\leq 0.2^\circ\text{C}$
			便携式恒温设备	测量范围：（95~400）℃ 波动度 $\leq 1.0^\circ\text{C}$ ，均匀度 $\leq 1.0^\circ\text{C}$
			标准数字温度计	测量范围：（0~400）℃，最大允许误差 $\pm 0.5^\circ\text{C}$
		压力采集单元示值误差	补偿式微压计	测量范围：（-1500~1500）Pa，一等
4	点火源的热输出功率	示值误差	工业丙烷	净燃烧热值为（ 46.4 ± 0.5 ）kJ/g
5	热释放速率测量系统	响应时间	电子秒表	测量范围：（0~1）h 最大允许误差： $\pm 0.10\text{s/h}$
		示值误差	数字指示秤	量程不低于丙烷气瓶的质量，分度值 1g，应有数据持续采集功能且采集时间间隔不大于 6s
6	称重台	示值误差	砝码	量程能覆盖称重台测量上限， M_1 级

6 校准项目和校准方法

6.1 气体分析单元

6.1.1 气体浓度示值误差

按照使用说明书的要求对气体分析单元进行预热稳定并使用零点气体和氧气标准气体对气体分析单元进行零点和示值的调整。氧气浓度示值误差的校准点通常选择浓度约为仪器量程上限值 $(20 \pm 5)\%$ ， $(50 \pm 5)\%$ ， $(80 \pm 5)\%$ 附近的值，将已知浓度的标准气体通入气体分析单元，待仪器示值稳定后记录测试单元示值，重复测量 3 次，取算术平均值作为校准结果。按公式 (1) 计算各校准点的示值误差：

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

式中：

ΔA ——氧气浓度示值误差；

\bar{A} ——三次测量气体浓度平均值；

A ——气体浓度标准值。

更换不同浓度的标准气体，按低浓度到高浓度的顺序测量其他校准点。

按上述过程，分别选择二氧化碳、一氧化碳标准气体，按低浓度到高浓度顺序通入气体分析单元，分别测量二氧化碳、一氧化碳其他浓度示值误差。

6.1.2 响应时间

气体分析单元系统响应时间的测量可与气体浓度示值误差的测量同时进行，通入浓度约为气体分析单元量程上限 50% 的标准气体，待气体分析单元示值稳定后记录其示值。然后通入零点气体，待其示值稳定后，再通入上述浓度的标准气体，同时启动秒表开始计时，当气体分析单元的示值达到上一次稳定值的 90% 时停止计时，秒表测量的时间间隔即为气体分析单元系统响应时间。重复测量三次，取算术平均值作为校准结果。

6.2 烟密度测量单元

烟密度测量单元光透过率示值误差选择透射比值为 $(34 \pm 5)\%$ 、 $(50 \pm 5)\%$ 、 $(71 \pm 5)\%$ 的标准中性滤光片校准。

在光源组件与光接收传感器之间依次逐片插入已知透射比值的标准中性滤光片，读取光透过率的示值，与标准滤光片的透射比值比较，重复测量三次，按公式 (2) 计算各校准点的示值误差：

$$\Delta \tau = \bar{\tau} - \tau \quad (2)$$

式中：

$\Delta \tau$ ——光透过率示值误差；

τ ——标准透射比值；

$\bar{\tau}$ ——三次光透过率平均值。

注：标准中性滤光片在可见光下的透射比值=光透过率的值。

6.3 温度、压力采集单元

6.3.1 温度采集单元

选择 20℃, 300℃作为校准点, 将便携式恒温设备设定在校准点, 温度偏离校准点不超过 2℃, 将温度采集单元的测温探头(以下简称被校)与标准数字温度计(以下简称标准)插入便携式恒温设备不少于 100mm。稳定 10min 后开始读数, 先读取标准温度测量值, 再按顺序依次读取被校温度测量值。读取一遍后, 再倒序依次读取至标准, 此为一次循环。顺序如下:

标准→被校 1→被校 2→……→被校 i

↓

标准←被校 1←被校 2←……←被校 i

读取两个循环后, 按公式(3)计算示值误差:

$$\Delta T = \bar{T} - T_0 \quad (3)$$

式中:

ΔT ——温度采集单元的测温探头的示值误差, ℃;

\bar{T} ——温度采集单元的测温探头的示值平均值, ℃;

T_0 ——标准数字温度计的示值平均值, ℃。

6.3.2 压力采集单元

选择 20%、40%、60%、80%、100%量程或常用压力值为校准点。使用三通连接压力采集单元和补偿式微压计, 调节调压阀, 使得压力采集单元显示至校准点, 与补偿式微压计测量的标准值的差即为压力采集单元的示值误差。

6.4 点火源的热输出功率

校准点选择 100kW, 300kW。

燃烧器直接放置在集烟罩下。将丙烷气瓶用软管连接测试装置后, 放置于数字指示秤上, 设定点火源的热输出功率为校准点。开启燃烧器, 在热输出功率显示稳定后, 开始计时, 并从数字指示秤上测量丙烷气瓶质量 m_1 , 每隔一分钟记录丙烷气瓶质量 m_i 和 t_i , 持续测量 10min。

按照公式(4)计算点火源在每 min 内的平均热输出功率, 与实际热输出功率比较, 取误差绝对值最大的点作为校准结果。

$$q_b = m_b \Delta h_{c,eff} = \frac{\Delta m}{\Delta t} \Delta h_{c,eff} \quad (4)$$

式中:

q_b ——点火源热输出功率实测值, kW;

m_b ——通过燃烧器的丙烷质量流率, g/s;

$\Delta h_{c,eff}$ ——丙烷的有效燃烧热, kJ/g。按燃烧效率为 100%计, 取 46.4kJ/g;

Δm ——丙烷气瓶在所测时间间隔前后质量差, $\Delta m = m_{i+1} - m_i$, g;

Δt ——秒表测量的时间间隔, $\Delta t = t_{i+1} - t_i$, s。

6.5 热释放速率测量系统

热释放速率测量系统响应时间可与点火源的热输出功率误差一起测量。在点火源输出 100kW 时, 启动测试装置测量热释放速率, 等待示值稳定后, 将点火源的热输出功率调节至 300kW, 使用电子秒表开始计时, 当测试装置测得的热释放速率达到热输出功率设定值的 90%时停止计时, 秒表测量的时间间隔即为测试装置热释放速率测量系统响应时间。

热释放速率测量系统校准采用 GB/T 25207 中附录 A 所规定的点火源。燃料使用工业丙烷。校准点选择 100kW、160kW 和 300kW。

启动测试装置开始测量热释放速率, 按 6.4 的测量方法测量 q_b , 当示值稳定时读取 q 和 q_b 。按公式 (5) 计算热释放速率测量系统误差 Δq , 取误差绝对值最大的点作为测量结果。

$$\Delta q = q - q_b \quad (5)$$

式中:

Δq ——热释放速率测量系统误差, kW;

q ——热释放速率测量系统的热释放速率测量值, kW;

q_b ——点火源热输出功率实测值, kW。

6.6 称重台

选择称重台的最大秤量、最大秤量的一半和最小秤量作为校准点进行示值误差校准。在称重台称重托盘上累加标准砝码至校准点, 称重台的显示值与标准砝码的差值即为称重台的示值误差, 每个校准点重复测量 3 次, 取平均值作为校准结果。

7 校准结果表达

经校准的火焰引燃家具和组件的燃烧性能测试装置发给校准证书。证书中至少应包括以下信息:

- a) 标题: “校准证书”;
- b) 实验室名称和地址;
- c) 进行校准的地点;
- d) 证书的唯一性标识 (如编号)、每页及总页数的标识;
- e) 委托单位名称;
- f) 设备的名称、制造商、型号规格、编号;
- g) 进行校准的日期;
- h) 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期说明;

- 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) 校准证书或校准报告签发人签名或等效标识;
- m) 校准人和核验人签名;
- n) 校准结果仅对该被校对象有效的声明;
- o) 未经校准实验室书面批准, 不得部分复制校准证书。

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, 因此送校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半年。

附录A

火焰引燃家具和组件的燃烧性能测试装置原始记录参考格式

第 页 共 页

记录编号			委托者地址		
委托者			接收日期		
仪器名称			规格型号		
仪器编号			制造单位		
校准日期			校准地点		
校准依据					
校准环境条件	温度:		相对湿度:		
本次校准使用的设备:					
仪器名称	测量范围	测量不确定度/准确度等级/最大允许误差	证书号	有效期至	溯源机构名称

气体分析单元:

单位: %mol/mol

项目	标准值	仪器测量值			响应时间	平均值	误差	不确定度

烟密度测量单元:

单位: %

标准值	仪器测量值			平均值	误差	不确定度

温度采集单元

单位: °C

设定值	T_0	T_1	T_2	ΔT_1	ΔT_2	不确定度

火焰引燃家具和组件的燃烧性能测试装置原始记录参考格式

第 页 共 页

压力采集单元

单位: Pa

标准值	压力采集单元显示值				示值误差	不确定度

点火源的热输出功率:

设定	时间	质量	q_b	误差	U_{rel}	设定	时间	质量	q_b	误差	U_{rel}

热释放测量系统:

q		q_b		Δq		U_{rel}	
响应时间						U	

称重台:

项目	标准载荷	实测值					校准结果	不确定度
示值								

校准员:

核验员

附录B

火焰引燃家具和组件的燃烧性能测试装置校准证书内页参考格式

项目			技术要求	校准结果	测量结果的不确定度
气体分析单元	氧 气	浓度示值 误差			
		响应时间			
	二 氧 化 碳	浓度示值 误差			
		响应时间			
	一 氧 化 碳	浓度示值 误差			
		响应时间			
	烟密度测 量单元	光透光率			
温度采集单元					
压力采集单元					
点火源的热输出功率					
热释放测 量系统	响应时间				
	示值误差				
称重台	示值误差				

以下空白

附录C

气体浓度示值误差测量结果不确定度评定示例

C.1 概述

C.1.1 测量方法

将已知浓度的标准气体通入气体分析单元，待仪器示值稳定后记录测试单元示值，重复测量3次，取算术平均值作为校准结果。以氧气浓度示值误差为例，对校准点21%进行不确定度的评定。

C.1.2 环境条件：环境温度23℃，相对湿度40%；

C.1.3 被校设备：火焰引燃家具和组件的燃烧性能测试装置；

C.1.4 测量标准：浓度为21%的氧气标准气体。

C.2 数学模型

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

式中：

ΔA ——氧气浓度示值误差；

\bar{A} ——三次测量气体浓度平均值；

A ——气体浓度标准值。

C.3 合成标准不确定度计算公式

由公式（C.1）可见，气体浓度示值误差 ΔA 测量结果不确定度的来源主要有：测量重复性引入的不确定度分量 $u(\bar{A})$ ，标准气体的不确定度引入的不确定度分量 $u(A)$ ；

因输入量 \bar{A} 与 A 之间互不相关，所以合成标准不确定度的计算公式为：

$$u_c(\Delta A) = \sqrt{c_1^2 u^2(\bar{A}) + c_2^2 u^2(A)}$$

式中：

$$c_1 = \frac{\partial(\Delta A)}{\partial \bar{A}} = 1, \quad c_2 = \frac{\partial(\Delta A)}{\partial A} = -1。$$

故合成标准不确定度为：

$$u_c(\Delta A) = \sqrt{u^2(\bar{A}) + u^2(A)} \quad (\text{C.2})$$

C.4 不确定度评定

C.4.1 测量重复性引入的不确定度 $u(\bar{A})$

在重复条件下测量，测量10次得到测量数据如表C.1所示。

C.1 单次测量值

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
结果 (%)	20.98	20.98	20.97	20.98	20.99	20.99	20.98	20.97	20.98	20.99

按贝塞尔公式计算单次测量值的实验标准偏差

$$s = \sqrt{\frac{\sum (A_i - \bar{A})^2}{n-1}} = 0.0074\%$$

实际测量时测量3次，故

$$u(\bar{A}) = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.0043\%$$

C.4.2 标准气体的不确定度引入的不确定度 $u(A)$

标准气体的扩展不确定度 $U_{\text{rel}}=1\%$ ， $k=2$ ，则在此校准点引入的不确定度：

$$u(A) = \frac{1\% \times 21\%}{2} = 0.105\%$$

C.4.3 合成标准不确定度 $u_c(\Delta A)$

根据公式 (C.2)，合成标准不确定度：

$$u_c(\Delta A) = \sqrt{u^2(\bar{A}) + u^2(A)} = 0.106\%$$

C.4.4 扩展不确定度

取 $k=2$ ，则扩展不确定度 $U = ku_c(\Delta A) = 0.22\%$ ， $k=2$

相对扩展不确定度则为 $U_{\text{rel}} = 0.022\% / 21\% = 1.1\%$ ， $k=2$

附录D

响应时间测量结果不确定度评定示例

D.1 概述

D.1.1 测量方法

通入浓度约为气体分析单元量程上限50%的标准气体，待气体分析单元示值稳定后记录其示值。然后通入零点气体，待其示值稳定后，再通入上述浓度的标准气体，同时启动秒表开始计时，当气体分析单元的示值达到上一次稳定值的90%时停止计时，秒表测量的时间间隔即为气体分析单元系统响应时间。重复测量三次，取算术平均值作为校准结果。以测量氧气浓度的响应时间为例进行不确定度的评定。

D.1.2 环境条件：环境温度23℃，相对湿度40%；

D.1.3 被校设备：火焰引燃家具和组件的燃烧性能测试装置；

D.1.4 测量标准：电子秒表。

D.2 数学模型

$$t_c = t \quad (\text{D.1})$$

式中：

t ——电子秒表测量值，s；

t_c ——响应时间测量结果，s。

D.3 合成标准不确定度计算公式

由公式(D.1)可见，时间 t_c 测量结果不确定度的来源主要有：测量重复性引入的不确定度分量 $u(t_1)$ ，电子秒表的测量误差和同步误差引入的不确定度分量 $u(t_2)$ ；

因输入量 t_1 与 t_2 之间互不相关，所以合成标准不确定度的计算公式为：

$$u_c(t_c) = \sqrt{c^2 u^2(t)}$$

$$u_c(t) = \sqrt{u^2(t_1) + u^2(t_2)}$$

式中：

$$c = \frac{\partial(t_c)}{\partial t} = 1。$$

故合成标准不确定度为：

$$u_c(t_c) = \sqrt{u^2(t_1) + u^2(t_2)} \quad (\text{D.2})$$

D.4 不确定度评定

D.4.1 测量重复性引入的不确定度 $u(t_1)$

在重复条件下测量，气体分析单元响应时间测量10次得到测量数据如表D.1所示。

D.1 单次测量值

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
结果 (s)	2.3	2.4	2.2	2.5	2.6	2.4	2.2	2.3	2.4	2.4

按贝塞尔公式计算单次测量值的实验标准偏差

$$s = \sqrt{\frac{\sum(t_i - \bar{t})^2}{n-1}} = 0.13s$$

实际测量时测量3次，故

$$u(t_1) = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.075s$$

D.4.2 电子秒表测量误差引入的不确定度 $u(t_2)$

电子秒表最大允许误差为 $\pm 0.10s$ ，区间半宽 $a=0.10s$ ，按均匀分布，则电子秒表本身误差引入的不确定度：

$$u(t_2)_1 = \frac{0.10}{\sqrt{3}} = 0.058s$$

人本身的反应估计为 $0.2s$ ，区间半宽 $a=0.10s$ ，人在操作秒表启动和停止时都会滞后，故按三角分布，则因人的反应引起的电子秒表测量误差引入的不确定度为：

$$u(t_2)_2 = \frac{0.10}{\sqrt{6}} = 0.041s$$

则电子秒表测量误差引入的不确定度：

$$u(t_2) = \sqrt{0.058^2 + 0.041^2} = 0.072s$$

D.4.3 合成标准不确定度 $u_c(t_c)$

根据公式 (D.2)，合成标准不确定度：

$$u_c(t_c) = \sqrt{u^2(t_1) + u^2(t_2)} = 0.10s$$

D.4.4 扩展不确定度

取 $k=2$ ，则扩展不确定度 $U = k u_c(t_c) = 0.2s$ ， $k=2$

附录E

烟密度测量单元示值误差测量结果不确定度评定示例

E.1 概述

E.1.1 测量方法

在光源组件与光接收传感器之间依次逐片插入已知透射比值的标准中性滤光片，读取光透过率的示值，与标准滤光片的透射比值比较，重复测量三次，取算术平均值作为校准结果。以校准点50%为例，进行不确定度的评定。

E.1.2 环境条件：环境温度23℃，相对湿度40%；

E.1.3 被校设备：火焰引燃家具和组件的燃烧性能测试装置；

E.1.4 测量标准：标准中性滤光片。

E.2 数学模型

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

式中：

$\Delta\tau$ ——光透过率示值误差；

τ ——标准透射比值；

$\bar{\tau}$ ——三次光透过率平均值。

E.3 合成标准不确定度计算公式

由公式（E.1）可见，光透过率示值误差 $\Delta\tau$ 测量结果不确定度的来源主要有：测量重复性引入的不确定度分量 $u(\bar{\tau})$ ，标准器引入的不确定度分量 $u(\tau)$ ；

因输入量 $\bar{\tau}$ 与 τ 之间互不相关，所以合成标准不确定度的计算公式为：

$$u_c(\Delta\tau) = \sqrt{c_1^2 u^2(\bar{\tau}) + c_2^2 u^2(\tau)}$$

式中：

$$c_1 = \frac{\partial(\Delta\tau)}{\partial\bar{\tau}} = 1, \quad c_2 = \frac{\partial(\Delta\tau)}{\partial\tau} = -1。$$

故合成标准不确定度为：

$$u_c(\Delta\tau) = \sqrt{u^2(\bar{\tau}) + u^2(\tau)} \quad (\text{E.2})$$

E.4 不确定度评定

E.4.1 测量重复性引入的不确定度 $u(\bar{\tau})$

在重复条件下测量，测量10次得到测量数据如表E.1所示。

E.1 单次测量值

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
结果 (%)	49.7	49.8	49.9	49.7	49.8	49.8	49.8	49.7	49.8	49.7

按贝塞尔公式计算单次测量值的实验标准偏差

$$s = \sqrt{\frac{\sum(\tau_i - \bar{\tau})^2}{n-1}} = 0.07\%$$

实际测量时测量3次，故

$$u(\bar{\tau}) = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.04\%$$

E. 4. 2 标准器测量误差引入的不确定度 $u(\tau)$

根据溯源证书，标准中性滤光片的扩展不确定度 $U=1.0\%$ ， $k=2$ ，则在此校准点引入的不确定度：

$$u(\tau) = \frac{1.0\%}{2} = 0.5\%$$

E. 4. 3 合成标准不确定度 $u_c(\Delta\tau)$

根据公式 (E. 2)，合成标准不确定度：

$$u_c(\Delta\tau) = \sqrt{u^2(\bar{\tau}) + u^2(\tau)} = 0.51\%$$

E. 4. 4 扩展不确定度

取 $k=2$ ，则扩展不确定度 $U=ku_c(\Delta\tau)=1.1\%$ ， $k=2$

附录F

温度测量单元示值误差测量结果不确定度评定示例

F.1 概述

F.1.1 测量方法

将便携式恒温设备设定在校准点，将温度采集单元的测温探头与标准数字温度计插入便携式恒温设备不少于100mm，稳定10min后开始读数。以校准点20℃和300℃为例，进行不确定度的评定。

F.1.2 环境条件：环境温度23℃，相对湿度40%；

F.1.3 被校设备：火焰引燃家具和组件的燃烧性能测试装置；

F.1.4 测量标准：标准数字温度计。

F.2 数学模型

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

式中：

ΔT ——温度采集单元的测温探头的示值误差，℃；

\bar{T} ——温度采集单元的测温探头的示值平均值，℃；

T_0 ——标准数字温度计的示值平均值，℃。

F.3 合成标准不确定度计算公式

由公式（F.1）可见，温度采集单元的示值误差 ΔT 测量结果不确定度的来源主要有：测量重复性引入的不确定度分量 $u(\bar{T})$ ，标准器引入的不确定度分量 $u(T_0)$ ；

因输入量 \bar{T} 与 T_0 之间互不相关，所以合成标准不确定度的计算公式为：

$$u_c(\Delta T) = \sqrt{c_1^2 u^2(\bar{T}) + c_2^2 u^2(T_0)}$$

式中：

$$c_1 = \frac{\partial(\Delta T)}{\partial \bar{T}} = 1, \quad c_2 = \frac{\partial(\Delta T)}{\partial T_0} = -1。$$

故合成标准不确定度为：

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

F.4 不确定度评定

F.4.1 测量重复性引入的不确定度 $u(\bar{T})$

在重复条件下测量，测量10次得到测量数据如表F.1所示。

F.1 单次测量值

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20℃结果（℃）	20.1	20.0	20.0	20.0	20.1	20.0	20.0	20.0	20.1	20.0
300℃结果（℃）	299.5	299.5	299.6	299.5	299.4	299.5	299.6	299.6	299.7	299.6

按贝塞尔公式计算单次测量值的实验标准偏差

$$s = \sqrt{\frac{\sum (T_i - \bar{T})^2}{n-1}}$$

得 $s_{20^\circ\text{C}} = 0.048^\circ\text{C}$, $s_{300^\circ\text{C}} = 0.085^\circ\text{C}$

实际测量时测量4次, 故

$$u(\bar{T})_{20^\circ\text{C}} = \frac{s_{20^\circ\text{C}}}{\sqrt{4}} = 0.024^\circ\text{C} , \quad u(\bar{T})_{300^\circ\text{C}} = \frac{s_{300^\circ\text{C}}}{\sqrt{4}} = 0.043^\circ\text{C}$$

F.4.2 标准器测量误差引入的不确定度 $u(T_0)$

标准数字温度计在测量20℃和300℃时使用修正值, 不确定度分别为0.10℃和0.5℃, $k=2$, 则引入的不确定度如下:

$$u(T_{01})_{20^\circ\text{C}} = \frac{0.10}{2} = 0.05^\circ\text{C} , \quad u(T_{01})_{300^\circ\text{C}} = \frac{0.5}{2} = 0.25^\circ\text{C}$$

恒温设备在20℃时均匀度为0.2℃, 区间半宽为0.1℃; 在300℃时均匀度为1.0℃, 区间半宽为0.5℃。则引入的不确定度如下:

$$u(T_{02})_{20^\circ\text{C}} = \frac{0.10}{\sqrt{3}} = 0.058^\circ\text{C} , \quad u(T_{02})_{300^\circ\text{C}} = \frac{0.5}{\sqrt{3}} = 0.289^\circ\text{C}$$

恒温设备在20℃时波动度为0.2℃, 区间半宽为0.1℃; 在300℃时波动度为1.0℃, 区间半宽为0.5℃。则引入的不确定度如下:

$$u(T_{03})_{20^\circ\text{C}} = \frac{0.10}{\sqrt{3}} = 0.058^\circ\text{C} , \quad u(T_{03})_{300^\circ\text{C}} = \frac{0.5}{\sqrt{3}} = 0.289^\circ\text{C}$$

因其各不确定度分量互不相关, 所以

$$u(T_0)_{20^\circ\text{C}} = \sqrt{u^2(T_{01})_{20^\circ\text{C}} + u^2(T_{02})_{20^\circ\text{C}} + u^2(T_{03})_{20^\circ\text{C}}} = 0.096^\circ\text{C}$$

$$u(T_0)_{300^\circ\text{C}} = \sqrt{u^2(T_{01})_{300^\circ\text{C}} + u^2(T_{02})_{300^\circ\text{C}} + u^2(T_{03})_{300^\circ\text{C}}} = 0.48^\circ\text{C}$$

F.4.3 合成标准不确定度 $u_c(\Delta T)$

根据公式 (F.2), 合成标准不确定度

$$u_c(\Delta T)_{20^\circ\text{C}} = \sqrt{u^2(\bar{T})_{20^\circ\text{C}} + u^2(T_0)_{20^\circ\text{C}}} = 0.1^\circ\text{C}$$

$$u_c(\Delta T)_{300^\circ\text{C}} = \sqrt{u^2(\bar{T})_{300^\circ\text{C}} + u^2(T_0)_{300^\circ\text{C}}} = 0.5^\circ\text{C}$$

F.4.4 扩展不确定度

取 $k=2$, 则扩展不确定度

在校准20℃时, $U = ku_c(\Delta T) = 0.2^\circ\text{C}$, $k=2$

在校准300℃时, $U = ku_c(\Delta T) = 1.0^\circ\text{C}$, $k=2$

附录G

压力测量单元示值误差测量结果不确定度评定示例

G.1 概述

G.1.1 测量方法

使用三通连接压力采集单元和补偿式微压计，调节调压阀，使得压力采集单元显示至校准点，与补偿式微压计测量的标准值的差即为压力采集单元的示值误差。以校准点100Pa为例，进行不确定度的评定。

G.1.2 环境条件：环境温度23℃，相对湿度40%；

G.1.3 被校设备：火焰引燃家具和组件的燃烧性能测试装置；

G.1.4 测量标准：一等补偿式微压计。

G.2 数学模型

$$\Delta p = p - p_0 \quad (\text{G.1})$$

式中：

Δp ——压力采集单元的示值误差，Pa；

p ——压力采集单元的示值，Pa；

p_0 ——补偿式微压计的测量值，Pa。

G.3 合成标准不确定度计算公式

由公式（G.1）可见，压力采集单元的示值误差 Δp 测量结果不确定度的来源主要有：测量重复性引入的不确定度分量 $u(p)$ ，标准器引入的不确定度分量 $u(p_0)$ ；

因输入量 p 与 p_0 之间互不相关，所以合成标准不确定度的计算公式为：

$$u_c(\Delta p) = \sqrt{c_1^2 u^2(p) + c_2^2 u^2(p_0)}$$

式中：

$$c_1 = \frac{\partial(\Delta p)}{\partial p} = 1, \quad c_2 = \frac{\partial(\Delta p)}{\partial p_0} = -1。$$

故合成标准不确定度为：

$$u_c(\Delta p) = \sqrt{u^2(p) + u^2(p_0)} \quad (\text{G.2})$$

G.4 不确定度评定

G.4.1 测量重复性引入的不确定度 $u(p)$

在重复条件下测量，测量10次得到测量数据如表G.1所示。

G.1 单次测量值

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
结果 (Pa)	100.5	100.7	100.4	100.5	100.8	100.4	100.2	100.3	100.5	100.6

按贝塞尔公式计算单次测量值的实验标准偏差

$$s = \sqrt{\frac{\sum (p_i - \bar{p})^2}{n-1}} = 0.18 \text{Pa}$$

实际测量时测量1次，故 $u(p) = s = 0.18 \text{Pa}$

G.4.2 标准器测量误差引入的不确定度 $u(p_0)$

一等补偿式微压计在100Pa时最大允许误差 $\pm 0.4 \text{Pa}$ ，按均匀分布，则引入的不确定度为：

$$u(p_0) = \frac{0.4}{\sqrt{3}} = 0.23 \text{Pa}$$

G.4.3 合成标准不确定度 $u_c(\Delta p)$

根据公式 (G.2)，合成标准不确定度：

$$u_c(\Delta p) = \sqrt{u^2(p) + u^2(p_0)} = 0.3 \text{Pa}$$

G.4.4 扩展不确定度

取 $k=2$ ，则扩展不确定度 $U = k u_c(\Delta p) = 0.6 \text{Pa}$ ， $k=2$

附录H

点火源的热输出功率测量结果不确定度评定示例

H.1 概述

H.1.1 测量方法

燃烧器直接放置在集烟罩下。将丙烷气瓶用软管连接测试装置后，放置于数字指示秤上，设定点火源的热输出功率为校准点。开启燃烧器，在热输出功率稳定后，开始计时，每隔一分钟记录丙烷气瓶质量和时间，持续测量10min。计算点火源的在每min内的热输出功率，与实际热输出功率比较，取误差绝对值最大的点作为校准结果。以校准点100kW为例，进行不确定度的评定。

H.1.2 环境条件：环境温度23℃，相对湿度40%；

H.1.3 被校设备：火焰引燃家具和组件的燃烧性能测试装置；

H.1.4 测量标准：数字指示秤，电子秒表，工业丙烷。

H.2 数学模型

$$q_b = m_b \Delta h_{c,eff} = \frac{\Delta m}{\Delta t} \Delta h_{c,eff} \quad (\text{H.1})$$

式中：

m_b ——通过燃烧器的丙烷质量流率，g/s；

Δt ——秒表测量的时间间隔，s；

Δm ——丙烷气瓶在所测时间间隔前后质量差，g；

q_b ——点火源热输出功率实测值，kW；

$\Delta h_{c,eff}$ ——丙烷的有效燃烧热，kJ/g。按燃烧效率为100%计，取46.4kJ/g。

H.3 合成标准不确定度计算公式

由公式(H.1)可见，点火源热输出功率 q_b 测量结果不确定度的来源主要有：质量测量引入的不确定度分量 $u(m)$ ，时间测量引入的不确定度分量 $u(t)$ ，丙烷的有效燃烧热引入的不确定度分量 $u(h)$ ；

因输入量之间互不相关，所以合成标准不确定度的计算公式为：

$$u_c(q_b) = \sqrt{c_1^2 u^2(m) + c_2^2 u^2(t) + c_3^2 u^2(h)} \quad (\text{H.2})$$

式中：

$$c_1 = \frac{\partial(q_b)}{\partial m} = \frac{46.4}{\Delta t}, \quad c_2 = \frac{\partial(q_b)}{\partial t} = -46.4 \frac{\Delta m}{\Delta t^2}, \quad c_3 = \frac{\partial(q_b)}{\partial h} = \frac{\Delta m}{\Delta t}$$

H.4 不确定度评定

H.4.1 质量测量引入的不确定度分量 $u(m)$

Δm 由连续两次读取的质量求差而来, 考虑到数字指示秤在相近的两个示值位置应具有相近的示值误差, 故此处只考虑重复性引起的不确定度。在重复条件下测量, 测量10次得到测量数据如表H. 1所示。

H. 1 单次测量值

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
结果 (g)	130	131	129	130	128	129	130	131	130	129

按贝塞尔公式计算单次测量值的实验标准偏差, 得不确定度分量:

$$u(m) = s = \sqrt{\frac{\sum(m_i - \bar{m})^2}{n-1}} = 0.95\text{g}$$

H. 4. 2 时间测量引入的不确定度分量 $u(t)$

电子秒表计1min时最大允许误差为 $\pm 0.10\text{s}$, 区间半宽 $a=0.10\text{s}$, 按均匀分布, 则电子秒表本身误差引入的不确定度:

$$u(t)_1 = \frac{0.10}{\sqrt{3}} = 0.058\text{s}$$

人本身的反应估计为 0.2s , 区间半宽 $a=0.10\text{s}$, 按三角分布, 则因人的反应引起的电子秒表测量误差引入的不确定度为:

$$u(t)_2 = \frac{0.10}{\sqrt{6}} = 0.041\text{s}$$

则时间测量引入的不确定度:

$$u(t) = \sqrt{0.058^2 + 0.041^2} = 0.071\text{s}$$

H. 4. 3 丙烷的有效燃烧热引入的不确定度分量 $u(h)$

工业丙烷的有效燃烧热允差为 $\pm 0.5\text{kJ/g}$, 区间半宽 $a=0.5\text{kJ/g}$, 按均匀分布, 丙烷的有效燃烧热引入的不确定度分量:

$$u(h) = \frac{0.5}{\sqrt{3}} = 0.289\text{kJ/g}$$

H. 4. 4 合成标准不确定度 $u_c(t_c)$

标准不确定度分量汇总见表H. 2。

H. 2 标准不确定度分量汇总表

标准不确定度分量	标准不确定度来源	c	u	$ cu $
$u(m)$	质量测量引入的标准不确定度	0.773kJ/g/s	0.95g	0.735kJ

H. 2 (续)

标准不确定度分量	标准不确定度来源	c	u	$ cu $
$u(t)$	时间测量引入的不确定度	-1.672kJ/s^2	0.071s	0.119kW
$u(h)$	丙烷的有效燃烧热引入的不确定度	2.162g/s	0.289kJ/g	0.625kW

根据公式 (H. 2)，合成标准不确定度：

$$u_c(q_b) = \sqrt{c_1^2 u^2(m) + c_2^2 u^2(t) + c_3^2 u^2(h)} = 0.97\text{kW}$$

H. 4.5 扩展不确定度

取 $k=2$ ，则扩展不确定度 $U=ku_c(q)=2.0\text{kW}$ ， $k=2$

相对扩展不确定度 $U_{\text{rel}}=2.0/100\times 100\%=2.0\%$ ， $k=2$

附录I

热释放速率测量系统示值误差测量结果不确定度评定示例

I. 1 概述

I. 1. 1 测量方法

可与点火源的热输出功率误差一起测量，在开启点火源后，启动测试装置开始测量热释放速率，示值稳定后与点火源热输出功率实测值的差即为示值误差，取误差绝对值最大的点作为校准结果。以校准点100kW为例，进行不确定度的评定。

I. 1. 2 环境条件：环境温度23℃，相对湿度40%；

I. 1. 3 被校设备：火焰引燃家具和组件的燃烧性能测试装置；

I. 1. 4 测量标准：数字指示秤，电子秒表，工业丙烷。

I. 2 数学模型

$$\Delta q = q - q_b \quad (\text{I. 1})$$

式中：

Δq ——热释放速率测量系统误差；

q ——热释放速率测量系统的热释放速率测量值，kW；

q_b ——点火源热输出功率实测值，kW。

I. 3 合成标准不确定度计算公式

由公式(I. 1)可见，热释放速率测量系统示值误差测量结果不确定度的来源主要有：测量重复性引入的不确定度分量 $u(q)$ ，点火源热输出功率实测值引入的不确定度分量 $u(q_b)$ ；因输入量之间互不相关，所以合成标准不确定度的计算公式为：

$$u_c(\Delta q) = \sqrt{c_1^2 u^2(q) + c_2^2 u^2(q_b)}$$

式中：

$$c_1 = \frac{\partial(\Delta q)}{\partial q} = 1, \quad c_2 = \frac{\partial(\Delta q)}{\partial q_b} = -1。$$

故合成标准不确定度为：

$$u_c(\Delta q) = \sqrt{u^2(q) + u^2(q_b)} \quad (\text{I. 2})$$

I. 4 不确定度评定

I. 4. 1 测量重复性引入的不确定度 $u(q)$

在重复条件下测量，测量10次得到测量数据如表I. 1所示。

I. 1 单次测量值

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
结果 (kW)	101.3	102.5	101.7	100.9	102.2	101.9	102.3	102.8	101.4	101.1

按贝塞尔公式计算单次测量值的实验标准偏差，得不确定度分量：

$$u(q) = s = \sqrt{\frac{\sum (q_i - \bar{q})^2}{n-1}} = 0.64 \text{ kW}$$

I. 4. 2 点火源热输出功率实测值引入的不确定度 $u(q_b)$

点火源热输出功率实测值的不确定度 $u(q_b)$ 为 2.0 kW， $k=2$ ，则引入的不确定度：

$$u(q_b) = \frac{2.0}{2} = 1.0 \text{ kW}$$

I. 4. 3 合成标准不确定度 $u_c(\Delta q)$

根据公式 (I. 2)，合成标准不确定度：

$$u_c(\Delta q) = \sqrt{u^2(q) + u^2(q_b)} = 1.2 \text{ kW}$$

I. 4. 4 扩展不确定度

取 $k=2$ ，则扩展不确定度 $U = ku_c(\Delta q) = 2.4 \text{ kW}$ ， $k=2$

相对扩展不确定度 $U_{\text{rel}} = 2.4 / 100 \times 100\% = 2.4\%$ ， $k=2$

附录J

称重台示值误差测量结果不确定度评定示例

J.1 概述

J.1.1 测量方法

在称重台称重托盘上累加标准砝码至校准点，称重台的显示值与标准砝码的差值即为称重台的示值误差，每个校准点重复测量3次，取平均值作为校准结果。以校准点50kg为例，进行不确定度的评定。

J.1.2 环境条件：环境温度23℃，相对湿度40%；

J.1.3 被校设备：火焰引燃家具和组件的燃烧性能测试装置；

J.1.4 测量标准： M_1 等级砝码。

J.2 数学模型

$$\Delta m = m - m_0 \quad (\text{J.1})$$

式中：

Δm ——称重台的示值误差，kg；

m ——称重台的示值，kg；

m_0 ——砝码标准值，kg。

J.3 合成标准不确定度计算公式

由公式(J.1)可见，称重台的示值误差 $\Delta(m)$ 测量结果不确定度的来源主要有：测量重复性引入的不确定度分量 $u(m)$ ，标准器引入的不确定度分量 $u(m_0)$ ；

因输入量 p 与 p_0 之间互不相关，所以合成标准不确定度的计算公式为：

$$u_c(\Delta m) = \sqrt{c_1^2 u^2(m) + c_2^2 u^2(m_0)}$$

式中：

$$c_1 = \frac{\partial(\Delta m)}{\partial m} = 1, \quad c_2 = \frac{\partial(\Delta m)}{\partial m_0} = -1。$$

故合成标准不确定度为：

$$u_c(\Delta m) = \sqrt{u^2(m) + u^2(m_0)} \quad (\text{J.2})$$

J.4 不确定度评定

J.4.1 测量重复性引入的不确定度 $u(m)$

在重复条件下测量，测量10次得到测量数据如表J.1所示。

J.1 单次测量值

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
结果 (kg)	50.05	50.05	50.05	50.05	50.10	50.05	50.05	50.05	50.10	50.05

按贝塞尔公式计算单次测量值的实验标准偏差

$$s = \sqrt{\frac{\sum (m_i - \bar{m})^2}{n-1}} = 0.021\text{kg}$$

实际测量时测量3次，故

$$u(m)_1 = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.0121\text{kg}$$

称重台分辨力为0.05kg，区间半宽a=0.025kg，按均匀分布，分辨力引入的不确定度为：

$$u(m)_2 = \frac{0.025}{\sqrt{3}} = 0.0145\text{kg}$$

二者选最大值，故 $u(m)=u(m)_2=0.015\text{kg}$ 。

J. 4. 2 标准器引入的不确定度 $u(m_0)$

50kgM₁等级砝码最大允许误差±0.0025kg，区间半宽a=0.0025kg，按均匀分布，则引入的不确定度为：

$$u(m_0) = \frac{0.0025}{\sqrt{3}} = 0.0015\text{kg}$$

J. 4. 3 合成标准不确定度 $u_c(\Delta m)$

根据公式（J. 2），合成标准不确定度：

$$u_c(\Delta m) = \sqrt{u^2(m) + u^2(m_0)} = 0.015\text{kg}$$

J. 4. 4 扩展不确定度

取 $k=2$ ，则扩展不确定度 $U=ku_c(\Delta m)=0.03\text{kg}$ ， $k=2$
