

T/SMA

团体标准

T/SMA 0067-2025

超声波燃气表现场校准技术规范

On-Site Calibration Specification of Ultrasonic Gas Meters

2025-05-15 发布

2025-05-30 实施

上海市计量协会

发布

超声波燃气表现场校准 技术规范

On-Site Calibration Specification
of Ultrasonic Gas Meters

T/SMA 0067-2025

归口单位：上海市计量协会水表、电能表、燃气表专业委员会

主要起草单位：上海市燃气设备计量检测中心有限公司

参加起草单位：上海燃气有限公司

金卡智能集团股份有限公司

上海真兰仪表科技股份有限公司

浙江威星智能仪表股份有限公司

海盐美捷测试仪器有限公司

浙江荣鑫智能仪表股份有限公司

辽宁思凯科技股份有限公司

武汉友讯达科技有限公司

浙江松川仪表科技有限公司

青岛积成电子股份有限公司

杭州先锋电子技术股份有限公司

重庆前卫表业有限公司

浙江蓝宝石仪表科技有限公司

上海飞奥燃气设备有限公司

上海埃科燃气测控设备有限公司

上海中核维思仪器仪表股份有限公司

本规范委托上海市计量协会水表、电能表、燃气表专业委员会解释

本规范主要起草人：刘辰庆 金 勰 顾瑞彦

参加起草人：俞婷婷 李 杭 任海军 方 炯 陈云峰

吴庆卫 张 伟 陈亿亨 李福增 李明发

杨庆珍 刘 辉 童志渊 叶 骁 田 伟

王贵州 陈 瑜 李 元 徐子逸 张欣怡

目 次

引言	IV
1 范围	1
2 引用文件	1
3 术语和定义	1
3.1 术语	1
3.2 计量单位	3
4 概述	3
5 通用技术要求	3
5.1 外观和封印	3
5.2 气密性	3
6 计量特性	4
6.1 示值误差	4
7 校准条件	4
7.1 环境条件	4
7.2 测量标准及其他设备	4
7.3 燃气表的校准条件	5
8 校准项目和校准方法	5
8.1 校准项目	5
8.2 校准方法	6
8.3 数据处理	7
9 校准结果表达	9
附录 A 极差法	10
附录 B 校准原始记录参考格式	11
附录 C 校准证书内页参考格式	12
附录 D 超声波燃气表现场校准测量不确定度的评定示例	14

引 言

本规范以 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》为基础性文件，编写格式符合 JJF1071—2010《国家计量校准规范编写规则》相关要求，技术方法参考了 JJG 1190—2022《超声波燃气表》、JIG 577—2012《膜式燃气表》等相关文件。

本规范为首次发布。

超声波燃气表现场校准技术规范

1 范围

本规范适用于准确度等级为 1.5 级，最大流量不超过 $10 \text{ m}^3/\text{h}$ ，以时差法为工作原理的超声波燃气表（以下简称燃气表）在使用现场的在线校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 577-2012 膜式燃气表

JJG 1190-2022 超声波燃气表

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 术语和定义

JJG 1190-2022 界定的及下列术语和定义适用于本规范。

3.1 术语

3.1.1

超声波燃气表 **ultrasonic gas meter**

利用超声波在流体中的传播特性来测量、记录并且显示通过的燃气体积的计量器具。

3.1.2

最大流量 **maximum flow rate**

$q_{\max}$

燃气表满足计量性能要求的上限流量。

3.1.3

累积流量 accumulative flow

Q

燃气表在一段时间内指示装置所累积的体积流量。

3.1.4

超声波换能器 ultrasonic transducer

实现声能与电信号相互转换的组件。

3.1.5

声道 acoustic pith

超声波信号在成对的超声换能器间传播的实际路径。

3.1.6

声道角 transmission angle

φ

声道与管道轴线之间的夹角。

3.1.7

声道长度 path length

L

超声波换能器间的超声波信号传播的实际路径长度。

3.1.8

最大允许误差 maximum permissible error

MPE

本规范规定的燃气表示值误差的极限值。

3.1.9

阀门开度 valve opening

阀门开启的程度，用角度或行程表示。

3.2 计量单位

累积流量单位：立方米，符号 m^3 ；立方分米，符号 dm^3 ；升，符号 L。

瞬时流量单位：立方米每小时，符号 m^3/h 。

压力单位：帕斯卡，符号 Pa；千帕，符号 kPa（绝对压力符号 kPa abs）。

温度单位：摄氏度，符号 $^{\circ}\text{C}$ 。

4 概述

超声波在气体介质中顺流方向和逆流方向的时间差与气体的平均流速成正比，通过计算超声波的顺、逆流传播时间和传播距离的关系可以计算得到气体流速，进而根据气体流道的截面积可以获得气体瞬时流量，再对瞬时流量进行定积分即可得到单位时间内通过管道的累积流量。燃气表的工作原理如图 1 所示。

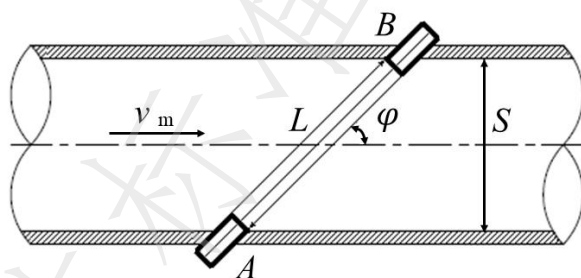


图 1 燃气表的工作原理示意图

注： v_m —气体的速度；A、B—换能器；L—声道长度； φ —声道角；S—管道横截面面积。

5 通用技术要求

5.1 外观和封印

燃气表显示器显示的内容应清晰完整。燃气表封印应完好无损。

5.2 气密性

燃气表在使用现场供气管道压力条件下，保持时间不少于 3 min，燃气表及其连接管路不得漏气。

6 计量特性

6.1 示值误差

燃气表的示值误差按公式（1）计算：

$$E_i = \frac{(Q_m)_i - (Q_{ref})_i}{(Q_{ref})_i} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- E_i ——第 i 次校准时被校燃气表的示值误差，%；
- $(Q_m)_i$ ——第 i 次校准时被校燃气表的累积流量值，L；
- $(Q_{ref})_i$ ——第 i 次校准时通过被校燃气表的实际累积流量值，L。

燃气表的最大允许误差（MPE）参考表 1。

表 1 最大允许误差（MPE）

流量	最大允许误差（MPE）
$0.1q_{max} \leq q \leq q_{max}$	$\pm 3.0\%$

注：JJG 1190-2022 中表 1 规定了使用中燃气表的最大允许误差。

7 校准条件

7.1 环境条件

环境温度：（0~40）℃；

校准现场应具备能与大气相通的门或窗，校准过程中应保持现场有良好的通风。

7.2 测量标准及其他设备

应选用与被校燃气表测量原理相同且具有流量、温度、压力测量功能的超声波燃气表为主标准器，其引入的不确定度应优于被校燃气表最大允许误差绝对值的 1/3。标准燃气表的累积流量、温度、压力测量功能溯源周期应不超过 6 个月，并制定期间核查计划，使其处于受控状态。标准燃气表可搭配附加部件，以实现在校准过程中测量时间、读取流量、温度和压力数值、计算示值误差等辅助工作。校准所需的标准器及其配套设备推荐参考表 2。

表 2 测量标准及其他设备

序号	设备名称	技术要求	用途
1	超声波燃气表	瞬时流量测量范围：(0.025~4) m ³ /h； 累积流量 MPE：±0.3%	测量标准燃气表处的累积流量、瞬时流量
		温度测量范围：(0~40) °C； 温度 MPE：±0.5 °C	测量标准燃气表处的温度
		压力测量范围：(80~110) kPa abs； 压力 MPE：±0.2 kPa	测量标准燃气表处的压力
2	(数字) 压力表/计	测量范围：(0~5) kPa；分辨力≤10 Pa	测量气密性试验压力
3	温度计	测量范围：(0~40) °C；MPE：±0.1 °C	测量环境温度等
4	计时器	分度值≤0.01 s	测量时间
5	手持单元	与燃气表适配	切换燃气表至检测模式
6	连接软管与接口	连接软管长度：(1.5~2.0) m	连接燃气表、燃气灶等
7	卷尺	测量范围：(0~5) m；MPE：±0.2 mm	测量长度

7.3 燃气表的校准条件

标准燃气表及其连接管路应在校准环境条件下放置，等待标准燃气表处的温度在校准环境条件下保持稳定后方可进行校准。

注：标准燃气表处的温度在 10 min 内变化不超过 1 °C 时为达到温度稳定的状态。

8 校准项目和校准方法

8.1 校准项目

燃气表现场校准的项目见表 3。

表 3 校准项目一览表

序号	校准项目
1	外观和封印
2	气密性
3	示值误差

8.2 校准方法

8.2.1 外观和封印

燃气表的外观和封印采用目测法检查，应符合本规范 5.1 的要求。

8.2.2 气密性

气密性试验可采用如图 2 所示的试验方法或采用其他等效的试验方法。打开表前阀和表后阀，使燃气流入压力测量设备并达到现场管道供气压力，关闭表前阀，保持 3min，被校燃气表及其连接管路不得漏气。

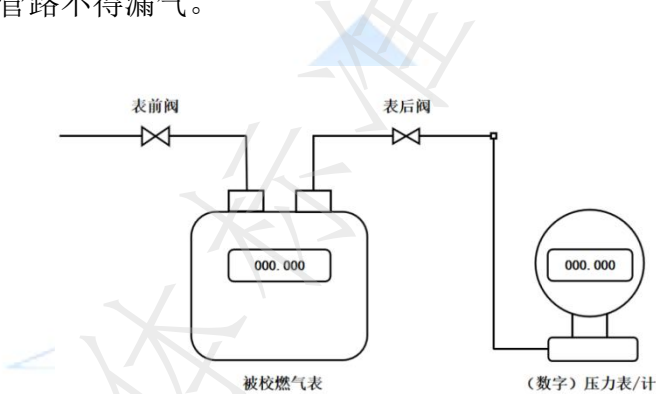


图 2 气密性试验示意图

8.2.3 示值误差

8.2.3.1 校准流量点、通气量和校准次数

燃气表的校准流量点在 $(0.1q_{\max} \sim 0.2q_{\max})$ 之间选取一点。最少通气量不少于校准流量下 3min 所对应的体积量。校准次数不少于 2 次，取其算术平均值作为校准结果。其示值误差可参考表 1 的要求。

8.2.3.2 试验前准备

在示值误差试验前应按照本规范 7.2.2 方法先对被校燃气表及其连接管路进行气密性试验，气密性符合要求后才可以进行示值误差试验。

示值误差试验管路的参考连接方式如图 3 所示，校准过程中所通过的燃气应使用燃气灶进行燃烧，或在确保安全的情况下通过放散管排放到室外。使用燃气灶燃烧时，燃气表与燃气灶的直线距离应不少于 1m。

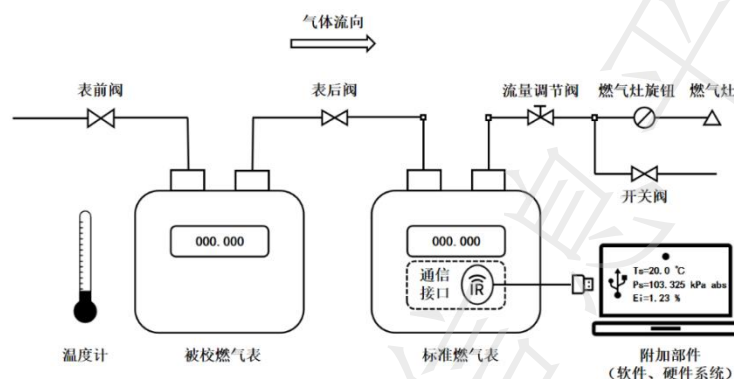


图 3 示值误差试验示意图

8.2.3.3 操作步骤

使用手持单元将被校燃气表与标准燃气表均切换到检测模式。按顺序开启表前阀、表后阀、流量调节阀、开关阀或燃气灶旋钮（若使用燃气灶燃烧则按压旋钮并点火），各阀门或旋钮开度均调至最大。通过调节流量调节阀，将标准燃气表瞬时流量读数调至校准流量点，开始计时，使燃气表在校准流量点下预运转时间不少于 1 min。完成预运转后完全关闭开关阀或燃气灶旋钮，分别记录标准燃气表与被校燃气表的累积流量起始值。完成记录后开启开关阀或按压旋钮并点火，开度均调至最大，开始计时，当校准通气时间结束后完全关闭开关阀或燃气灶旋钮，再次记录标准燃气表与被校燃气表的累积流量终止值。两次记录示值的差值即为标准燃气表与被校燃气表的累积流量值。

8.3 数据处理

8.3.1 示值误差的计算

如果不进行温度、压力修正计算，则校准时通过被校燃气表的实际累积流量值等于校准时通过标准燃气表的累积流量值，单次测量示值误差按公式（1）计算。

如果进行温度、压力修正计算，则应使用标准燃气表与被校燃气表处的温度、压力值对标准燃气表的累积流量值进行温度、压力修正，计算得到通过被校燃气表实际累积流量值后再进行示值误差计算。通过被校燃气表的实际累积流量值按公式（2）计算：

$$(Q_{\text{ref}})_i = (Q_s)_i \frac{T_m \times P_s}{T_s \times P_m} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$(Q_{\text{ref}})_i$ ——第 i 次校准时通过被校燃气表的实际累积流量值, L。

$(Q_s)_i$ ——第 i 次校准时标准燃气表的累积流量值, L;

P_s, P_m ——分别为第 i 次校准时标准和被校燃气表处的气体绝对压力, kPa abs;

T_s, T_m ——分别为第 i 次校准时标准和被校燃气表处的气体热力学温度, K。

注:

1. 被校燃气表处的热力学温度可通过使用温度计测量被校燃气表附近的环境温度近似获得, 计算公式: $T_m \approx t_a + 273.15$ (t_a 为靠近被校燃气表处测得的环境温度数值, 单位为 $^{\circ}\text{C}$)。被校燃气表处的压力可利用管道内两表间压力差值与瞬时流量存在的正比关系, 通过多项式函数计算近似获得, 计算公式: $P_m \approx P_s + 0.216q^2 + 0.055q + 0.016$ (q 为校准时的瞬时流量数值, 单位为 m^3/h)。

2. 温度、压力修正规则: 如果标准燃气表处的温度 T_s 和被校燃气表处的温度 T_m 的差 $\leq 0.5^{\circ}\text{C}$, 可以不进行温度修正计算; 如果标准燃气表处的压力 P_s 和被校燃气表处的压力 P_m 的差 ≤ 0.2 kPa abs, 可以不进行压力修正计算。

校准结果取多次测量的示值误差平均值, 按公式 (3) 计算:

$$\bar{E} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$\bar{E}$ ——示值误差的平均值, %;

n ——校准次数;

E_i ——第 i 次校准时被校燃气表的示值误差, %。

8.3.2 重复性的计算

燃气表的重复性试验与示值误差试验同时进行, 按公式 (4) 计算:

$$E_r = \frac{(E_i)_{\text{max}} - (E_i)_{\text{min}}}{d_n} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

E_r ——测量结果的重复性, %;

$(E_i)_{\text{max}}$ ——被校燃气表重复校准 n 次得到的示值误差最大值, %;

$(E_i)_{\text{min}}$ ——被校燃气表重复校准 n 次得到的示值误差最小值, %;

d_n ——极差系数，见附录 A。

9 校准结果表达

经校准的燃气表出具校准证书，原始记录与校准证书内容参考见附录 B、附录 C。校准证书应至少包括以下信息：

- a) 标题“校准证书”；
- b) 进行校准的地点；
- c) 证书的唯一性标识，页码及总页数的标识；
- d) 客户名称和地址；
- e) 被校对象的描述和明确标识；
- f) 校准日期；
- g) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- h) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- i) 校准环境的描述；
- j) 校准结果及其测量不确定度（测量不确定度的评定示例参见附录 D）；
- k) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；
- l) 校准结果仅对被本次被校的样品有效的声明；
- m) 未经批准，部分采用本证书内容无效的声明。

附录 A

极差法

在多次测量中，若各测量值 $E_1, E_2, \dots, E_n$ 服从正态分布，则选出最大值 $E_{\max}$ 和最小值 $E_{\min}$ ，它们的差 $E_{\max} - E_{\min} = \omega_n$ 称为极差。

一次测量的标准偏差 $\sigma = \frac{\omega_n}{d_n}$ ，其中 d_n 称为极差系数，与校准次数有关，其值可由表 A. 1 查出。

表 A. 1 d_n 数值表

n	2	3	4	5	6
d_n	1.13	1.69	2.06	2.33	2.53
n	7	8	9	10	11
d_n	2.70	2.85	2.97	3.08	3.17

附 录 B

校准原始记录参考格式

受理单编号：

证书编号：

(一) 被校样品信息

委托者：	委托者地址：
被校表名称：	型号规格：
准确度等级及测量范围：	出厂编号：
制造厂商：	

(二) 本次校准所使用的计量标准器

名称/编号	型号/规格	测量范围	不确定度或准确度等级或最大允许误差	溯源机构/证书编号	有效期限

(三) 校准依据与校准地点、环境条件

校准依据：	校准地点：
环境温度：℃	校准介质：

(四) 校准项目

1. 外观和封印： ☐ 符合 ☐ 不符合（不符合原因：_____）													
2. 气密性： ☐ 符合 ☐ 不符合													
3. 示值误差：（温度修正情况： ☐ 修正 ☐ 不修正；压力修正情况： ☐ 修正 ☐ 不修正）													
流量点 (m³/h)	时间 (s)	标准表数据					被校表数据					示值 误差 (%)	平均 误差 (%)
		温度 (°C)	压力 (kPa abs)	起始 值 (L)	终止 值 (L)	累积 流量 (L)	温度 (°C)	压力 (kPa abs)	起始 值 (L)	终止 值 (L)	累积 流量 (L)		
重复性 (%)：							本次测量结果的扩展不确定度： $U_{rel} =$ _____ % ($k=2$)						

(五) 备注：

校准员：

核验员：

校准日期：

附 录 C

校准证书内页参考格式

证书编号×××××-×××××

授权说明					
校准环境条件及地点：					
温度： ℃			校准介质：		
地点：					
校准所依据的技术文件（代号、名称）：					
本次校准所使用的计量标准器					
名称/编号	型号/规格	测量范围	不确定度或准确度等级或最大允许误差	溯源机构/证书编号	有效期限

- 注：
- 1. ×××××仅对加盖“×××××校准专用章”的完整证书负责。
 - 2. 本证书的校准结果仅对所校准的对象有效。
 - 3. 未经书面批准，不得部分复印证书。

证书编号×××××-××××

校准结果

- 1. 外观和封印:
- 2. 气密性:
- 3. 示值误差:

序号	流量点 (m³/h)	示值误差 (%)	平均误差 (%)	重复性 (%)	本次测量结果的扩展不确定度 (k=2)

备注:

校准结果内容结束

以下空白

第×页 共×页

附录 D

超声波燃气表现场校准测量不确定度的评定示例

D.1 校准方法概述

通过比较单位时间内流经被校燃气表和经温度、压力修正后的标准燃气表气体累积流量值,经由示值误差公式计算得出被校燃气表的相对示值误差。

下面以包含标准燃气表及相关附加部件的超声波燃气表现场校准系统为例,给出 $0.8 \text{ m}^3/\text{h}$ 流量点的测量不确定度的评定过程。

D.2 测量模型

D.2.1 累积流量计算示值误差公式

$$E = \frac{Q_m - Q_{\text{ref}}}{Q_{\text{ref}}} \times 100\% \dots\dots\dots (\text{D.1})$$

式中:

E —— 单次测量的示值误差, %;

Q_m —— 被校燃气表的累积流量值, L;

Q_{ref} —— 校准时通过被校燃气表的实际累积流量值, L。

D.2.2 不确定度传播律

$$u_{\text{rel}}^2(E) = c^2(Q_m) \times u^2(Q_m) + c^2(Q_{\text{ref}}) \times u^2(Q_{\text{ref}}) \dots\dots\dots (\text{D.2})$$

其中灵敏系数:

$$c(Q_m) = \frac{\partial E}{\partial Q_m} = \frac{1}{Q_{\text{ref}}} \dots\dots\dots (\text{D.3})$$

$$c(Q_{\text{ref}}) = \frac{\partial E}{\partial Q_{\text{ref}}} = -\frac{Q_m}{Q_{\text{ref}}^2} \dots\dots\dots (\text{D.4})$$

相对标准不确定度合成:

$$u_{\text{rel}}^2(E) = u_{\text{rel}}^2(Q_m) + u_{\text{rel}}^2(Q_{\text{ref}}) \dots\dots\dots (\text{D.5})$$

D.3 相对标准不确定度评定

D.3.1 输入量 Q_{ref} 的相对标准不确定度评定

$u_{\text{rel}}(Q_{\text{ref}})$ 是该超声波燃气表现场校准系统测量误差引入的相对标准不确定度。该相对标准不确定度由四部分组成，分别是由标准燃气表测量累积流量时的示值误差、两表内燃气介质温度测量误差、两表内燃气介质压力测量误差、人工读数误差引入的不确定度。

使用相对扩展不确定度为0.065%的主动活塞式气体流量标准装置对该标准表进行校准，校准结果显示其在 $0.8 \text{ m}^3/\text{h}$ 流量点的示值误差的绝对值小于等于0.30%，按均匀分布考虑，则标准燃气表测量误差引入的相对标准不确定度为：

$$u_{\text{rel}}(Q_{\text{ref1}}) = \frac{0.30\%}{\sqrt{3}} = 0.173\% \dots\dots\dots (\text{D. 6})$$

将玻璃液体温度计靠近被校燃气表并测量环境温度，以此作为被校燃气表处的温度。玻璃液体温度计最大允许误差为 $\pm 0.1 \text{ }^\circ\text{C}$ ，且考虑人工读数误差与被校燃气表内外温度差的影响，综合评估被校燃气表处燃气温度测量误差为 $\pm 0.5 \text{ }^\circ\text{C}$ ，模拟校准现场燃气介质温度为 $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ，按均匀分布考虑，则被校燃气表处温度测量误差引入的相对标准不确定度为：

$$u_{\text{rel}}(Q_{\text{ref2}}) = \frac{0.5 \text{ K}}{293.15 \text{ K} \times \sqrt{3}} \times 100\% = 0.098\% \dots\dots\dots (\text{D. 7})$$

标准燃气表内温度测量误差为 $\pm 0.5 \text{ }^\circ\text{C}$ ，模拟校准现场燃气介质温度为 $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ，按均匀分布考虑，则标准表处温度测量误差引入的相对标准不确定度为：

$$u_{\text{rel}}(Q_{\text{ref3}}) = \frac{0.5 \text{ K}}{293.15 \text{ K} \times \sqrt{3}} \times 100\% = 0.098\% \dots\dots\dots (\text{D. 8})$$

被校燃气表和标准燃气表处燃气介质压力差主要由供气管道、燃气表等造成的压损组成，且该压力差值与瞬时流量存在正比关系。通过建立供气管道模型，使用实流实验数据进行拟合得到多项式函数，计算得到在 $0.8 \text{ m}^3/\text{h}$ 流量下的压差值，使用标准表处压力值与压差值计算得到被校燃气表处的压力值。标准燃气表处燃气介质压力测量误差为 $\pm 0.2 \text{ kPa abs}$ ，综合评估被校表处燃气介质压力测量误差为 $\pm 0.5 \text{ kPa abs}$ ，设大气压为 101.325 kPa abs ，校准现场管道压力约为表压 2 kPa ，按均匀分布考虑，则被校燃气表处压力测量引入的相对标准不确定度为：

$$u_{\text{rel}}(Q_{\text{ref4}}) = \frac{0.5 \text{ kPa abs}}{103.325 \text{ kPa abs} \times \sqrt{3}} \times 100\% = 0.279\% \dots\dots\dots (\text{D. 9})$$

标准燃气表处燃气压力测量误差为 ± 0.2 kPa abs, 设大气压为 101.325 kPa abs, 校准现场管道压力约为表压 2 kPa, 按均匀分布考虑, 则标准燃气表处压力测量引入的相对标准不确定度为:

$$u_{\text{rel}}(Q_{\text{ref5}}) = \frac{0.2 \text{ kPa abs}}{103.325 \text{ kPa abs} \times \sqrt{3}} \times 100\% = 0.112\% \dots \dots \dots (\text{D. 10})$$

被校燃气表在检测模式下分辨力为 0.1 L, 校准通气时间为 180 s, 通气量为 40 L, 综合评估被校表人工读数误差为 ± 0.1 L, 按均匀分布考虑, 则人工读数误差引入的相对标准不确定度为:

$$u_{\text{rel}}(Q_{\text{ref6}}) = \frac{0.1 \text{ L}}{40 \text{ L} \times \sqrt{3}} \times 100\% = 0.144\% \dots \dots \dots (\text{D. 11})$$

综上, 标准燃气表测量误差引入的相对标准不确定度为:

$$u_{\text{rel}}(Q_{\text{ref}}) = \sqrt{\sum_{i=1}^6 u_{\text{rel}}^2(Q_{\text{ref}i})} = 0.401\% \dots \dots \dots (\text{D. 12})$$

D. 3. 2 输入量 Q_m 的相对标准不确定度评定

$u_{\text{rel}}(Q_m)$ 是由测量重复性引入的相对标准不确定度, 被校燃气表重复性试验示值误差及实验标准偏差见下表:

检测点 (m^3/h)	测量次数	示值误差 (%)	平均误差 (%)	重复性 (%)
0.8	1	0.68	0.676	0.253
	2	0.71		
	3	0.83		
	4	0.57		
	5	0.95		
	6	0.31		

现场校准过程中被校燃气表的测量次数为 2 次, 则相对标准不确定度为:

$$u_{\text{rel}}(Q_m) = \frac{0.253\%}{\sqrt{2}} = 0.179\% \dots \dots \dots (\text{D. 13})$$

D.4 合成相对标准不确定度

D.4.1 相对标准不确定度汇总表

标准不确定度分量 $u_{\text{rel}}(x_i)$	不确定度来源	$ C_i \times u(x_i) $ (%)
$u_{\text{rel}}(Q_{\text{ref}})$	标准燃气表测量	0.401
$u_{\text{rel}}(Q_{\text{m}})$	测量重复性	0.179

D.4.2 合成相对标准不确定度的计算

以上 $u_{\text{rel}}(Q_{\text{m}})$ 和 $u_{\text{rel}}(Q_{\text{ref}})$ 相互独立，故合成标准不确定度为：

$$u_{\text{crel}}(E) = \sqrt{u_{\text{rel}}^2(Q_{\text{m}}) + u_{\text{rel}}^2(Q_{\text{ref}})} = 0.439\% \cdots \cdots \cdots \text{(D. 14)}$$

D.5 相对扩展不确定度的评定

置信因子取 $k=2$ ，置信概率约为 95%

$$U_{\text{rel}} = k \times u_{\text{crel}}(E) = 2 \times 0.439\% \approx 0.90\% \quad (k = 2) \cdots \cdots \cdots \text{(D. 15)}$$