

河北省地方计量技术规范

JJF (冀) 184—2021

电子温压修正膜式燃气表校准规范

Calibration Specification for Diaphragm Gas Meters
with Electronic Temperature and Pressure Compensation

2021-02-04 发布

2021-05-01 实施

河北省市场监督管理局 发布

电子温压修正膜式燃气表 校准规范

JJF(冀) 184—2021

Calibration Specification for Diaphragm Gas Meters

with Electronic Temperature and Pressure Compensation

归口单位：河北省市场监督管理局

主要起草单位：河北省计量监督检测研究院

参加起草单位：河北大学

河北华通燃气设备有限公司

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

辽宁航宇星物联仪表科技有限公司

廊坊新奥燃气设备有限公司

中燃宏洁河北新能源有限公司

石家庄新奥燃气有限公司

本规范委托河北省计量监督检测研究院负责解释

本规范主要起草人：

| | |
|-----|--------------|
| 张大鹏 | 河北省计量监督检测研究院 |
| 陈世砚 | 河北省计量监督检测研究院 |
| 回吉 | 河北省计量监督检测研究院 |
| 张帅星 | 河北省计量监督检测研究院 |

参加起草人：

| | |
|-----|-----------------|
| 赵宁 | 河北大学 |
| 徐荣华 | 河北华通燃气设备有限公司 |
| 任海军 | 上海真兰仪表科技股份有限公司 |
| 姚振华 | 浙江威星智能仪表股份有限公司 |
| 程波 | 辽宁航宇星物联仪表科技有限公司 |
| 杨文峰 | 廊坊新奥燃气设备有限公司 |
| 李欢 | 中燃宏洁河北新能源有限公司 |
| 赵军霞 | 石家庄新奥燃气有限公司 |

目 录

| | |
|------------------|-----------|
| 引 言..... | III |
| 1 范围..... | 4 |
| 2 引用文件..... | 4 |
| 3 术语和计量单位..... | 4 |
| 3.1 术语..... | 4 |
| 3.2 计量单位..... | 5 |
| 4 概述..... | 2 |
| 4.1 原理..... | 2 |
| 4.2 组成结构..... | 6 |
| 4.3 用途..... | 3 |
| 5 计量特性..... | 7 |
| 5.1 基表的计量性能..... | 7 |
| 5.2 压力示值..... | 7 |
| 5.3 温度示值..... | 7 |
| 6 校准条件..... | 7 |
| 6.1 环境条件..... | 7 |
| 6.2 标准装置..... | 错误!未定义书签。 |
| 6.3 配套设备..... | 8 |
| 7 校准项目和校准方法..... | 8 |
| 7.1 校准项目..... | 8 |
| 7.2 校准方法..... | 9 |
| 8 校准结果表达..... | 11 |
| 9 复校时间间隔..... | 12 |
| 附录 A..... | |
| 附录 B..... | |
| 附录 C..... | |
| 附录 D..... | |

引 言

GB/T 19205—2008 规定了天然气应在标准参比条件下进行计量交接,目前我省气代煤工程大量使用了带有温压修正功能的膜式燃气表,因此,制定电子温压修正膜式燃气表校准规范。

本规范按照 JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》编写。

本规范以 GB/T 6968—2019《膜式燃气表》、GB/T 32201—2015《气体流量计》、JJG 874—2007 温度指示控制仪、JJG 860-2015《压力传感器(静态)》和 T/CGAS 011—2020《电子温压修正膜式燃气表》中国城市燃气协会团体标准为主要技术依据。在 JJG 577—2012《膜式燃气表》检定方法的基础上增加工作温度、工作压力条件下温度、压力的校准和基准条件下流量的校准。

本规范为首次制订。

电子温压修正膜式燃气表校准规范

1 范围

本规范适用于带有电子温压修正或电子温度修正、电子压力修正功能并能显示实时温度、压力值，且符合(-10~+40)℃温度适应性要求，显示基准条件下或标准温度、标准大气压力条件下燃气累积流量的膜式燃气表（以下简称“燃气表”）的校准。

2 引用文件

JJG 577—2012 膜式燃气表
JJF 1001—2011 通用计量术语及定义
JJF 1004—2004 流量计量名词术语及定义
GB/T 6968—2019 膜式燃气表
GB/T 19205—2008 天然气标准参比条件
GB/T 28848—2012 智能气体流量计
GB/T 32201—2015 气体流量计
GB/T 36242—2018 燃气流量计体积修正仪
T/CGAS 011—2020 电子温压修正膜式燃气表
JJG 874—2007 温度指示控制仪
JJG 860-2015 《压力传感器(静态)》

凡是注明日期的引用文件，仅注明日期的版本适用本规范；凡是不注明日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

3 术语和计量单位

3.1 术语

3.1.1 基表 reference meter

具有基础计量功能、直接显示用气量工况数据的膜式燃气表。

3.1.2 电子温压修正膜式燃气表 diaphragm gas meters with electronic temperature and pressure compensation

基表上加装电子式温度、压力传感器和积算器等部件，具有将工作条件下的体积流量转换成基准条件下的体积流量的燃气计量仪表，根据气体体积修正方式分为以下三种：

- 带气体温度压力修正装置的燃气表；
- 带气体压力修正装置的燃气表；
- 带气体温度修正装置的燃气表。

3.1.3 积算器 calculator

用于接收燃气表流量传感器、温度传感器和压力传感器等信号并进行处理的电子设备。

3.1.4 温度传感器 temperature sensor

燃气表中用于采集燃气温度信号电子部件（或电子元件）。

3.1.5 压力传感器 pressure sensor

燃气表中用于采集燃气压力信号的电子部件（或电子元件）。

3.1.6 计数器 counter

用于显示和存储燃气工作条件和基准条件体积等数据参数的组件。计数器分为：电子计数器（含处理器和液晶屏等）和机械计数器。电子计数器可以显示累积量、温度、压力、剩余气量和金额等数据参数。

3.1.7 附加装置 additional device

在基表上加装可以实现相应功能，但不影响燃气表计量性能的装置。

3.1.8 工作条件 operating conditions

在校准气体体积时，被校气体的实际条件（如被校气体的温度和压力）。

3.1.9 基准条件 base conditions

进行气体体积转换的规定条件，根据气体体积修正方式分为以下三种：

a) 带气体温度压力修正装置燃气表的基准条件：标准温度为 293.15 K (20 °C) 和标准大气压力为 101 325 Pa；

b) 带气体温度修正装置燃气表的标准条件：标准温度为 293.15 K (20 °C)；

c) 带气体压力修正装置燃气表的标准条件：标准大气压力 101 325 Pa。

3.1.10 极限温度 limit temperature

燃气表生产企业标称温度修正范围的最大值和最小值。

3.1.11 极限压力 limit pressure

燃气表生产企业标称压力修正范围的最大值和最小值。

3.1.12 工作模式 operating mode

获取燃气体积量的校准方法，分为用户模式和检测模式。

3.1.13 温度适应性 temperature adaptability

燃气表在给定温度范围内保持体积计量性能的能力。

3.2 计量单位 measurement unit

累积流量单位：立方米，符号 m³；升，符号 L。

瞬时流量单位：立方米每小时，符号 m³/h。

压力单位：帕斯卡，符号 Pa；千帕，符号 kPa。

温度单位：开尔文，符号 K；摄氏度，符号 °C。

4 概述

4.1 原理

燃气表工作原理是：将基表计量的工作条件下体积量，通过加装的温度、压力传感器，或温度传感器或压力传感器，将工作条件下体积量修正到基准温度压力条件下的体积量，或基准温度下的体积量，或基准压力下的体积量，其修正公式分别如式（1）～（3）所示：

$$Q_b = \frac{T_b}{T_g} \times \frac{P_g}{P_b} \times Q_g \quad (1)$$

式中：

Q_b ——基准条件下的累积体积，立方米（m³）；

Q_g ——工作条件下的累积体积，立方米（m³）；

T_g ——工作条件下介质的热力学温度，开尔文（K）；

T_b ——标准热力学温度，293.15K；

p_g ——工作条件下介质的绝对压力，帕斯卡（Pa）；

p_b ——标准大气压力，101325 Pa。

$$Q_{b,t} = \frac{T_b}{T_g} \times Q_{g,t} \quad (2)$$

式中：

$Q_{b,t}$ ——工作温度条件下的累积体积，立方米（m³）；

$Q_{b,t}$ ——标准温度条件下的累积体积，立方米（m³）；

T_g ——工作条件下介质的热力学温度，开尔文（K）；

T_b ——标准热力学温度，293.15K。

$$Q_{b,p} = \frac{P_g}{P_b} \times Q_{g,p} \quad (3)$$

式中：

$Q_{g,p}$ ——工作压力条件下的累积体积，立方米（m³）；

$Q_{b,p}$ ——标准大气压力条件下的累积体积，立方米（m³）；

p_g ——工作条件下介质的绝对压力，帕斯卡（Pa）；

P_b ——标准大气压力，101325 Pa。

4.2 组成结构

燃气表通常由基表、温度传感器、压力传感器、积算器、计数器、电池盒和附加装置等部件组成。如图1所示。

4.3 用途

用于计量基准条件下燃气表的体积流量。

5 计量特性

5.1 基表的计量性能

基表准确度等级为 1.5 级，其计量性能应符合 JJG 577-2012 中规定的计量性能要求。

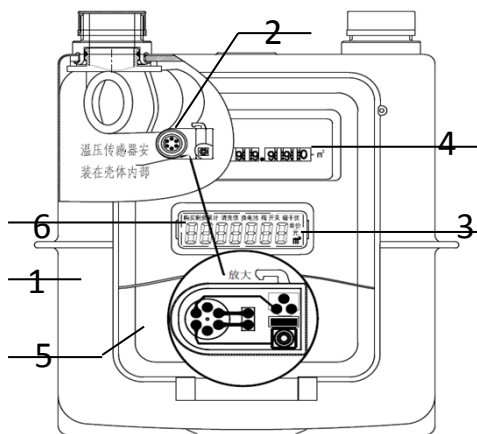


图 1 温度、压力修正膜式燃气表结构图

1—基表；2—温度、压力传感器；3—积算器；4—计数器；5—电池盒；6—附加装置

5.2 压力示值

压力示值应轮换显示或唤醒显示，压力校准范围应参照燃气表的最大工作压力，且能承受 1.5 倍最大工作压力不损坏，校准条件下分辨力 ≤ 10 Pa。

5.3 温度示值

温度示值应轮换显示或唤醒显示，校准条件下分辨力 ≤ 0.1 °C。

6 校准条件

6.1 环境条件

基表示值误差校准条件：依据 JJG 577-2012 中的规定。

燃气表温度示值校准条件：环境温度为 (20 ± 5) °C，相对湿度 $\leq 85\%$ 。

燃气表压力示值的校准条件：环境温度为 (20 ± 5) °C，大气压力为 $(86 \sim 106)$ kPa，相对湿度为 35%~85%。

基表示值误差校准介质一般为空气。校准过程中，标准装置处和燃气表处的温度之差（包括室温、标准装置液温、校准介质温度）应不超过 1°C。

校准压力不得超过燃气表最大工作压力，校准系统不得漏气。

温度示值误差校准时温场均匀性不超过 0.2 °C。

压力示值误差校准过程中压力不得超过燃气表标称工作压力范围，大气压力变化不超过 250Pa。

6.2 标准装置

标准装置扩展不确定度应等于或优于燃气表最大允许误差绝对值的 1/3，可输出基准条件下累积量和工作条件下累积量，可采集脉冲信号、光电信号或数字信号。

标准装置可选钟罩式气体流量标准装置、标准表法气体流量标准装置或其他等效气体流量标准装置。

6.3 配套设备

配套设备及要求见表 1 所示

表 1 燃气表校准装置配套设备

| 序号 | 设备名称 | 技术要求 | 用途 |
|----|----------|---|-------------------------|
| 1 | 微压计 | 1 级或者准确度等级相当的其它压力计 | 校准压力损失 |
| 2 | 温度计 | 分度值 $\leq 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ | 校准燃气表气温和标准装置和气体温度、环境温度等 |
| 3 | 压力计 | 分辨力 $\leq 10\text{ Pa}$ | 校准表前压和标准装置处的压力 |
| 4 | 精密压力表 | 分辨力 $\leq 200\text{ Pa}$ | 密封性试验 |
| 5 | 气压表(计) | MPE: $\pm 250\text{ Pa}$ | 校准大气压力 |
| 6 | 湿度计 | MPE: $\pm 10\% \text{ RH}$ | 校准环境湿度 |
| 7 | 秒表或电子计时器 | 秒表分辨力: 0.01 s ; 电子计时器 分辨力: 0.001 s , 8h 稳定度 $\leq 1 \times 10^{-5}$ | 校准时间 |
| 8 | 精密数字温度计 | 最大允许误差应等于或优于 $\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$, 分辨力 $\leq 0.01\text{ }^{\circ}\text{C}$ | 校准燃气表温度示值 |
| 9 | 数字气压计 | 最大允许误差应等于或优于 $\pm 300\text{ Pa}$, 分辨力 10 Pa | 校准燃气表压力示值 |

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

校准项目见表 2

表 2 校准项目一览表

| 序号 | 校准项目 | 校准 | 使用中检查 |
|---------------------------|--------|----|-------|
| 1 | 温度示值误差 | + | + |
| 2 | 压力示值误差 | + | + |
| 3 | 基表示值误差 | + | - |
| 注：“+”表示需校准项目，“-”表示可不校准项目。 | | | |

7.2 校准方法

7.2.1 外观

燃气表铭牌或表体应标明：

- a) 制造商名称（商标）；
- b) 产品名称；
- c) 型号规格；
- d) 准确度等级；
- e) 出厂编号；
- f) 型式批准证书编号（CPA）；
- g) 流量范围；
- h) 最大工作压力；
- i) 回转体积；
- j) 制造年月；
- k) 适用环境温度；（如果是-10℃~40℃可不标注；）
- l) 适用环境压力范围；（如果是86kPa~106kPa可不标注；）
- m) 表体上应有清晰、永久性的标明气体流向的箭头或文字。

其它有关技术指标(如适用)，如机电信号转换值（仅对附加装置带机电信号转换的燃气表）。

新制造燃气表外壳涂层应均匀，不得有气泡、脱落、划痕等现象。计数器及标记应清晰易读，机械封印应完好可靠。燃气表运行应该平稳，不允许有影响计量性能、明显的间歇性停顿现象。

7.2.2 示值误差校准

7.2.2.1 温度示值误差校准

燃气表温度传感器示值误差校准如图 1 所示，将燃气表和标准温度计同时放置在温度稳定的高低温箱内，在 $T_{\min} + 2\text{℃}$ 、 $(20 \pm 2)\text{℃}$ 和 $T_{\max} - 2\text{℃}$ 3 个温度点依次进行，每个校准点下，待恒温设备或空间温度充分恒定后，依次按照标准→被校燃气表，被校燃气表→标准顺序进行一个循环校准，分别计算算术平均值，得到标准温度计和被校温度传感器的示值。按照公式（5）计算温度示值误差：

$$e_t = \left(\frac{T_g}{T_r} - 1 \right) \times 100\% \quad (4)$$

式中：
 e_t ——温度示值误差（%）；
 T_g ——被校燃气表的热力学温度，单位为开尔文（K）；
 T_r ——参比标准温度计的热力学温度，单位为开尔文（K）。

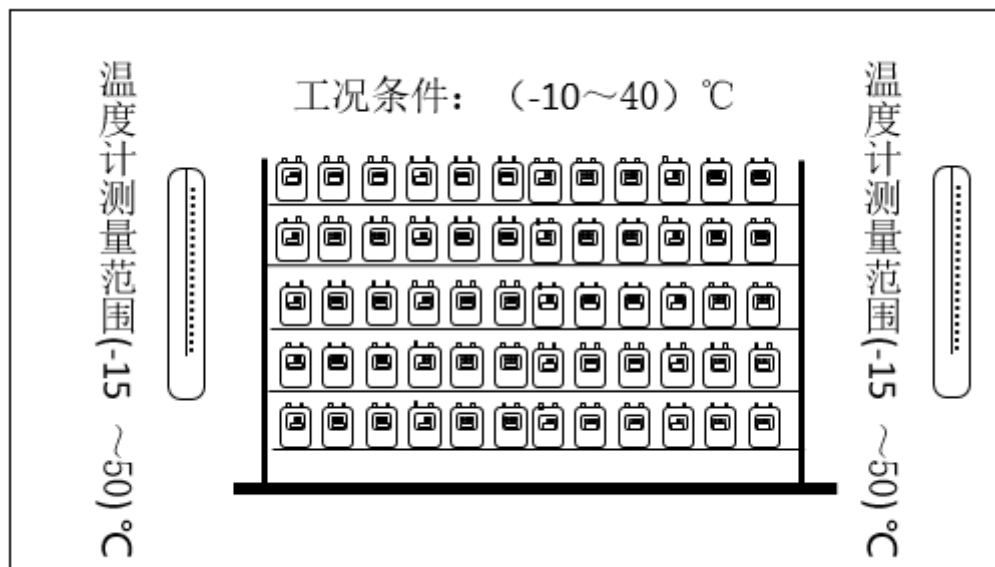


图1 温度传感器校准示意图

7.2.2.2 压力示值误差校准

燃气表压力传感器示值误差校准如图 2 所示，校准点一般为三个。将燃气表的压力传感器接入稳定的压力源（压力发生器），压力点为 $P_{\min} \sim (P_{\min}+100\text{Pa})$ 、 $(103325 \pm 100\text{Pa})$ 和 $(P_{\max}-100\text{Pa}) \sim P_{\max}$ 校准时按正反行程读取燃气表和标准压力值，分别计算平均值，得到标准压力值和被校压力传感器的示值，按照公式（6）计算压力传感器示值误差：

$$e_p = \left(\frac{P_g}{P_r} - 1 \right) \times 100\% \quad (6)$$

式中：
 e_p ——压力示值误差（%）；
 P_g ——被校燃气表的绝对压力，单位为帕（Pa）；
 P_r ——参比标准压力表的绝对压力，单位为帕（Pa）。

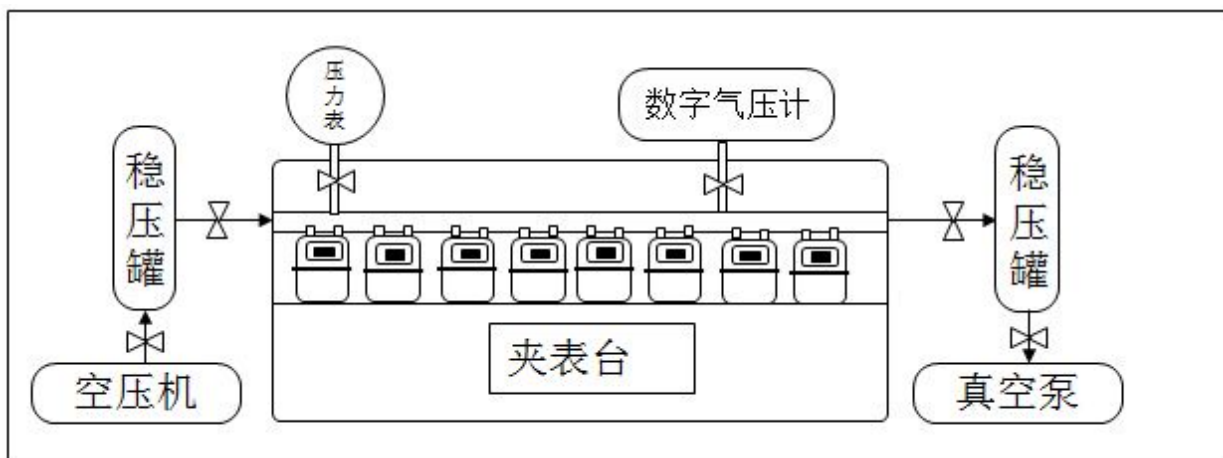


图2 压力传感器校准示意图

7.2.2.3 基表示值误差校准

依据 JJG577-2012 中 7.3.4 进行校准。

7.2.2.4 校准流量点

燃气表校准流量点一般为小流量、中流量和大流量。小流量校准点可以在 ($q_{\min} \sim 3q_{\min}$) 之间选取, 中流量为 $0.2q_{\max}$ 和大流量为 q_{\max} , 每个流量点至少校准一次。

7.2.2.5 最少通气量

流量示值误差示值误差检定时, 流量点 $q_{\min} \sim 3q_{\min}$ 时不少于 10 个回转体积、

$0.2q_{\max}$ 和 q_{\max} 的最少通气量不小于校准流量下 1 min 所对应的体积量, 且不少于燃气表校准状态下分辨力的 400 倍和流量校准点运行 1 min 所对应的体积累积量。

7.2.2.6 使用中检查

使用中检查温度示值误差, 应在气体流动状态下, 标准温度计应测试燃气表出口管道燃气的温度。

使用中检查压力示值误差, 应在气体静止状态下, 标准压力计应测试燃气表出口的燃气管道内燃气压力。

7.2.2.7 带附加装置燃气表的功能检测参照附录 A。

8 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映。校准证书应至少包括以下信息:

- a) 标题“校准证书”;
- b) 实验室名称和地址;
- c) 校准地点 (如果与实验室的地址不同);
- d) 证书的惟一性标识 (如编号), 页码及总页数的标识;
- 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、生产厂家和序列号等信息;
- g) 校准日期, 如果与校准结果有效性和应用有关时, 应说明被校对象的接收日期;
- h) 如果与校准结果有效性和应用有关时, 应对被校样品的抽样程序进行说明;
- i) 校准所依据的技术规范的标识, 包括名称及代号;
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明;
- k) 校准环境的描述, 应包括环境温度、相对湿度等;
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明;
- m) 对校准规范的偏离的说明;
- n) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识;
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明;
- p) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书的声明。

9 复校时间间隔

燃气表的校准周期由委托方自定, 建议最大流量 $q_{\max} \leq 10 \text{ m}^3/\text{h}$, 以天然气为介质的燃气表校准周期

一般不超过 8 年。以人工燃气、液化石油气等为介质的燃气表校准周期一般不超过 6 年。对于最大流量 $q_{\max} \geq 10 \text{ m}^3/\text{h}$ 的燃气表校准周期一般不超过 3 年。

附录 A（规范性附录）

燃气表附加装置的功能检测

对带有附加装置的燃气表，需要根据产品说明书和产品所能达到的功能（在不破坏封印的情况下）进行检测。

A.1 功能检测可以在非校准条件下进行。对于带附加装置的燃气表一般应具有以下提示功能：

A.1.1 工作电源欠压

当燃气表工作电源欠压时，应有明确的文字符号、声光报警、关闭控制阀等一种或几种方式提示。

A.1.2 误操作

当燃气表遇到错误操作时，应予以文字符号、声光报警等一种或几种方式提示，关闭控制阀或维持原工作状态。

A.2 带预付费的燃气表必须具有以下控制功能：

A.2.1 预付费和用气控制

燃气表只要存有剩余气量就应能正常工作。当剩余气量为零气量时应能提示并关闭控制阀。若输入购气量时，应能打开控制阀恢复供气并正确显示输入气量的值。正常用气时表内气量应准确核减。

A.2.2 断电保护

燃气表断电之后应能立即关闭控制阀，恢复供电后应能正常打开控制阀，表内存储气量应与关阀前完全一致。

A.2.3 其他控制

对于无线远传燃气表，应具有无线抄表累积用气量、阀门控制等控制功能。

使用无线远传燃气表配用的手持单元与燃气表通讯，执行手持单元的抄表及阀门控制功能，通讯成功后，手持单元应能正确显示燃气表累积用气量及阀门状态。

A.3 转换功能

对于具有机械计数器与电子计数器双重累计计量方式的燃气表，其机电转换应不超过一个转换值。

A.4 其它功能检查

按照产品说明书（或者企业标准）进行相应的功能检测。

附录 B（规范性附录）

电子温压修正膜式燃气表校准原始记录格式

B.1 基本情况

B.1.1 仪器信息

| | |
|-----------|-----------|
| 记录编号_____ | 证书编号_____ |
| 客户名称_____ | 客户地址_____ |
| 器具名称_____ | 型号规格_____ |
| 制造单位_____ | 出厂编号_____ |
| 测量范围_____ | |

B.1.2 校准条件

| | | | |
|------------|--------------|------------|---------|
| 环境温度_____℃ | 大气压力_____kPa | 相对湿度_____% | 介质_____ |
| 校准地点_____ | 校准依据_____ | | |

B.1.3 标准器信息

| | |
|-------------|-------------|
| 标准装置名称_____ | 装置测量范围_____ |
| 装置不确定度_____ | 计量标准证书_____ |
| 有效期至_____ | |
| 标准器名称_____ | 测量范围_____ |
| 规格型号_____ | 出厂编号_____ |
| 不确定度_____ | 溯源证书_____ |
| 有效期至_____ | 上级溯源机构_____ |

| | |
|--------------|-------------|
| 温度标准器名称_____ | 测量范围_____ |
| 规格型号_____ | 出厂编号_____ |
| 不确定度_____ | 溯源证书_____ |
| 有效期至_____ | 上级溯源机构_____ |

| | |
|--------------|-------------|
| 压力标准器名称_____ | 测量范围_____ |
| 规格型号_____ | 出厂编号_____ |
| 不确定度_____ | 溯源证书_____ |
| 有效期至_____ | 上级溯源机构_____ |

B.2 校准结果

B.2.1 外观

B.2.2 示值误差

B.2.2.1 温度示值误差

| 标准温度 (°C) | 显示温度 (°C) | 示值误差 (%) | 示值误差均值 (%) | 扩展不确定度 (%) $k=2$ |
|-----------|-----------|----------|------------|------------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

B.2.2.2 压力示值误差

| 标准压力 (Pa) | 显示压力 (Pa) | 示值误差 (%) | 示值误差均值 (%) | 扩展不确定度 (%) $k=2$ |
|-----------|-----------|----------|------------|------------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

B.2.2.3 流量示值误差

| 流量点 (m ³ /h) | 燃气表体积 (L) | 标准体积 (L) | 示值误差 (%) | 扩展不确定度 (%) $k=2$ |
|-------------------------|-----------|----------|----------|------------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

校准员：_____ 核验员：_____ 校准时间：_____ 年 ____ 月 ____

附录 C 校准证书内页参考格式

校 准 结 果

校准结果

- 1 外观:
- 2 示值误差:
 - 2.1 温度示值误差

| 校准点 (°C) | 示值误差 (%) | 扩展不确定度 (%) $k=2$ |
|----------|----------|------------------|
| | | |
| | | |
| | | |

- 2.2 压力示值误差

| 校准点 (Pa) | 示值误差 (%) | 扩展不确定度 (%) $k=2$ |
|----------|----------|------------------|
| | | |
| | | |
| | | |

- 2.3 流量示值误差

| 校准点 (m ³ /h) | 示值误差 (%) | 扩展不确定度 (%) $k=2$ |
|-------------------------|----------|------------------|
| | | |
| | | |
| | | |

提示:

1. 该计量器具修理后, 应立即校准。在使用过程中, 如对该计量器具的计量性能产生怀疑, 请重新校准。
2. 如该计量器具使用过于频繁或使用环境过于恶劣等, 建议缩短校准周期。
3. 未经本实验室书面批准, 本证书不得部分复印。

附录 D

电子温压修正膜式燃气表示值误差 测量结果不确定度评定

1 概述

1.1 校准依据

JJF(冀)XXX-201X《电子温压修正膜式燃气表》地方计量校准规范。

1.2 环境条件

检测温度：(20±2)℃；

大气压力：(86~106)kPa；

相对湿度：35%~85%。

1.3 校准标准

校准标准为钟罩式气体流量标准装置（以下简称“标准装置”），相应的配套设备及主要技术指标如表 1 所示。

表 1 计量标准及其配套设备的主要技术指标

| 设备名称 | | 校准范围 | 扩展不确定度 /准确度等级 |
|--------|---------|----------------------------|--------------------------------|
| 计量标准设备 | 100L 钟罩 | (0.01~6) m ³ /h | $U_r=0.30\%$, $k=2$ |
| 配套设备 | 绝压变送器 | (0~120) kPa | 0.2 级 |
| | 压力变送器 | (-10~10) kPa | 0.2 级 |
| | 温度变送器 | (-20~60)℃ | $U=0.10^\circ\text{C}$, $k=2$ |

1.4 被校对象

电子温度修正膜式燃气表（以下简称“燃气表”），规格型号为 G2.5，校准范围为 (0.025~4.0) m³/h，准确度等级为 1.5 级。

1.5 校准过程

将被校燃气表在温场一致 20.3℃（不超过 0.2℃）的实验室内放置 4 h 以上，将被校燃气表串联至标准装置的进气管路，并将被校燃气表的输出信号接入标准装置的信号采集接收端，将被校燃气表在校准流量下运行。同步获得燃气表的体积、压力值和标准装置的体积、压力、温度值，计算得到基准温度下通过燃气表的实际体积 Q_{bt} 。

2 数学模型

电子温度修正燃气表单次校准示值误差按公式 (D-1) 计算：

$$e = \left(\frac{Q_g}{Q_r} \times \frac{T_r}{T_g} \times \frac{P_g}{P_r} - 1 \right) \times 100\% \quad (\text{D-1})$$

式中：

- Q_g —— 燃气表显示的体积（未修正），单位为立方米（L）；
- Q_r —— 参比标准器记录的体积，单位为立方米（L）；
- T_r —— 参比标准器处的热力学温度，单位为开尔文（K）；
- T_g —— 燃气表入口处的工作介质热力学温度，单位为开尔文（K）；
- P_g —— 燃气表入口处的绝对压力，单位为帕斯卡（Pa）；
- P_r —— 参比标准器处的绝对压力，单位为帕斯卡（Pa）。

不确定度传播率为：

$$u_r^2(e) = u_r^2(Q_g) + u_r^2(Q_r) + u_r^2(P_g) + u_r^2(P_r) + u_r^2(T_r) + u_r^2(T_g) \quad (\text{D-2})$$

3 不确定度来源分析

根据数学模型，示值误差的校准不确定度来源共包括 6 项，分别是：

- (1) 燃气表本身重复性或分辨力引入的相对测量不确定度 $u_r(Q_g)$ ；
- (2) 标准装置的体积量引入的相对测量不确定度 $u_r(Q_r)$ ；
- (3) 标准装置处的绝对压力引入的相对测量不确定度 $u_r(P_r)$ ；
- (4) 标准装置处的热力学温度引入的相对测量不确定度 $u_r(T_r)$ ；
- (5) 燃气表入口端绝对压力引入的相对测量不确定度 $u_r(P_g)$ 。
- (6) 燃气表入口端热力学温度引入的相对测量不确定度 $u_r(T_g)$ ；

4 标准不确定度分量评定

4.1 $u_r(Q_g)$ 的评定

将被校燃气表在实验室温度 20.3℃、4m³/h 的流量下，通气 50L，重复校准 10 ($n=10$) 次，得到示值误差为：0.46%，0.52%，0.58%，0.42%，0.62%，0.39%，0.57%，0.64%，0.61%，0.75%。

示值误差平均值为：

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i = 0.56\%$$

单次试验的重复性：

$$s(y_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} = 0.11\%$$

则由重复性引入的相对不确定度（A 类不确定度）为：

$$u_{r1}(Q_g) = s(y_i) = 0.11\%$$

燃气表的分辨力 δ_x 为 0.1L，区间半宽度 $a = \delta_x / 2$ ，假设按矩形分布计算，则 $k = \sqrt{3}$ 。于是其相对标准不确定度分量（B 类不确定度）为：

$$u_{r2}(Q_{bt}) = \frac{u_2(Q_{bt})}{Q_{bt}} = \frac{\delta_x / 2\sqrt{3}}{100} \times 100\% = \frac{0.1}{200\sqrt{3}} \times 100\% = 0.029\%$$

由于 $u_{r1}(Q_g) > u_{r2}(Q_g)$ ，根据 JJF1033-2016， $u_r(Q_g)$ 取大者，所以 $u_{r1}(Q_g) = 0.11\%$ 。

4.2 $u_r(Q_r)$ 的评定

校准燃气表所用标准装置的相对扩展不确定度为 $U_r(Q_r) = 0.30\%$ ， $k=2$ 。得到装置的 B 类标准不确定度分量 $u_r(Q_r) = 0.15\%$ 。

4.3 $u_r(P_r)$ 的评定

标准装置处的绝对压力 P_g 钟罩内余压 P_1 和大气压力 p_0 相加得到。

4.3.1 校准 P_1 的差压变送器准确度等级为 0.2 级，校准范围为 (-10~10) kPa，测得值为 1400 Pa，因此最大允许误差为 $= 20000 \times (\pm 0.2\%) = \pm 40\text{Pa}$ 。按均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ，其标准不确

定度分量（B类不确定度）为：

$$u(p_1) = 40/\sqrt{3} = 23.1 \text{ Pa}$$

4.3.2 校准大气压力的绝压变送器准确度等级为 0.2 级，校准范围为（0~120）kPa，测得值为 100300Pa，因此最大允许误差为 $=120\text{kPa} \times (\pm 0.2\%) = \pm 240\text{Pa}$ ，按均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ，其标准不确定度分量（B类不确定度）为：

$$u(P_0) = 240/\sqrt{3} = 138.6 \text{ Pa}$$

综上所述：

$$u(P_r) = \sqrt{u^2(P_1) + u^2(P_0)} = 140.5 \text{ Pa}$$

$$u_r(P_r) = \frac{u(P_r)}{P_r} = \frac{140.5 \text{ Pa}}{100300 \text{ Pa} + 1400 \text{ Pa}} = 0.138\%$$

4.4 $u_r(P_g)$ 的评定

被校燃气表处的压力测得值为 1202 Pa，其余参数与 $u_r(P_r)$ 的评定过程同理， $u_r(P_g) = 0.138\%$ 。

4.5 $u_r(T_r)$ 的评定

标准装置内温度校准使用温度变送器，测得值为 293.45 K，MPE: $\pm 0.1 \text{ K}$ ，区间半宽度 $a = 0.1 \text{ K}$ ，假设按矩形分布计算，则 $k = \sqrt{3}$ 。于是其相对标准不确定度分量（B类不确定度）为：

$$u(T_r) = 0.1 \text{ K} / \sqrt{3} = 0.06 \text{ K}$$

$$u_r(T_r) = 0.06 \text{ K} / 293.45 \text{ K} = 0.02\%$$

4.6 $u_r(T_g)$ 的评定

被校表处的入口温度测得值为 292.82K，其余参数与 $u_r(T_g)$ 的评定过程同理， $u_r(T_g) = 0.02\%$

5 合成标准不确定度评定

5.1 输入量的标准不确定度汇总表（见表 2 所示）。

表 2 燃气表测量不确定度分量一览表

| 来源 | 符号 | 校准值 x_i | 区间半宽 a_i | 包含因子 k_i | $u(x_i)$ | $u_r(x_i)$ (%) |
|-----------------|---------------|-----------------|----------------|---------------|----------------|-------------------|
| 被校表示值 | Q_g | 0.53% | - | - | - | 0.11 |
| 被校表重复性 | $s(Q_g)$ | 0.53% | - | - | - | 0.11 |
| 被校表分辨力 | $\delta(Q_g)$ | 0.1L | 0.05L | $\sqrt{3}$ | 0.029L | 0.029 |
| 标准装置 | Q_r | 0.30% | 0.30% | 2 | - | 0.15 |
| 标准装置处绝压 | P_r | 101700Pa | 243.3Pa | $\sqrt{3}$ | 140.5Pa | 0.138 |
| 标准装置处表压 | P_1 | 1400Pa | 40Pa | $\sqrt{3}$ | 23.1Pa | - |
| 大气压力 | P_0 | 100300Pa | 240Pa | $\sqrt{3}$ | 138.6Pa | - |
| 燃气表进口端绝压 | P_g | 101502Pa | 243.3Pa | $\sqrt{3}$ | 140.5Pa | 0.138 |
| 燃气表进口端表压 | P_2 | 1202Pa | 40Pa | $\sqrt{3}$ | 23.1Pa | - |
| 大气压力 | P_0 | 100300Pa | 240Pa | $\sqrt{3}$ | 138.6Pa | - |
| 标准装置处热力学 温度 | T_r | 293.45K | 0.1K | $\sqrt{3}$ | 0.06K | 0.02 |
| 被校表进口端热力学 温度 | T_g | 293.82K | 0.1 | $\sqrt{3}$ | 0.06K | 0.02 |

5.2 相对标准不确定

上述不确定度分量合成标准不确定度为：

$$u_r(e) = \sqrt{u_r^2(Q_g) + u_r^2(Q_r) + u_r^2(P_r) + u_r^2(P_g) + u_r^2(T_r) + u_r^2(T_g)} = 0.27\%$$

6 扩展不确定度评定

假设服从正态分布，置信水平取 95%，查表得包含因子 $k = 2$ ，燃气表示值误差校准结果的的相对扩展不确定度估算为：

$$U_r(e) = 2 \times u(e) = 0.54\%$$

7 测量不确定度报告

校准结果为：

$$e_1 = 0.58\%$$

测量不确定度报告为：

$$e = 0.58\% , U_r = 0.54\% ; k=2。$$

电子温压修正膜式燃气表温度示值误差 测量结果不确定度评定

1 概述

1.1 校准依据

JJF(冀)XXX-20XX《电子温压修正膜式燃气表》地方计量校准规范。

1.2 环境条件

燃气表应在温场一致的环境中放置 4h 以上（确保实验室环境温度与燃气表内、外温度一致），校准过程中环境温度波动不超过 0.2℃。

1.3 校准标准

自校式铂电阻温度计，分辨力：0.01℃，MPE：±0.10℃。

1.4 被校对象

电子温压修正膜式燃气表（以下简称“燃气表”），规格型号为 G2.5，校准范围为（0.025~4.0）m³/h，准确度等级为 1.5 级，温度范围为（-10~40）℃，分辨力为 0.01℃。

1.5 校准过程

将被校燃气表和自校式铂电阻温度计（以下简称“标准温度计”）放入高低温试验箱，温度设置为 20.1℃ 稳定 1 h 以上，分别读取标准温度计和被校燃气表显示屏温度示值，计算被校燃气表的温度示值误差。

2 数学模型

$$e_t = \left(\frac{T_g}{T_r} - 1\right) \times 100\% \quad (\text{D-3})$$

式中： e_t ——温度传感器的示值误差（%）；

T_g ——被校温度传感器的热力学温度，单位为开尔文（K）；

T_r ——参比标准温度计的热力学温度，单位为开尔文（K）。

3 不确定度传播率

$$u^2(e_t) = \frac{u^2(T_g)}{T_r^2} + \frac{T_g^2}{T_r^4} u^2(T_r) \quad (\text{D-4})$$

由于 $T_g \approx T_r$ ，(D-4) 式简化为 (D-5) 式：

$$u^2(e_t) = u_r^2(T_g) + u_r^2(T_r) \quad (\text{D-5})$$

4 标准不确定度分量评定

4.1 T_r 的标准不确定度 $u_r(T_r)$

4.1.1 标准温度计读数分辨力引入的标准不确定度 $u(T_{r1})$ ，属于 B 类评定，标准温度计的读数分辨力为 $0.01\text{ }^\circ\text{C}$ ，则不确定度区间半宽为 $0.005\text{ }^\circ\text{C}$ ，按均匀分布：

$$u(T_{r1}) = 0.005 / \sqrt{3} = 0.0029\text{ }^\circ\text{C}。$$

4.1.2 由实验室温场不均匀引入的标准不确定度 $u(T_{r2})$ ，用 B 类不确定度评定。温场最大温差为 $0.2\text{ }^\circ\text{C}$ ，则不确定度区间半宽为 $0.1\text{ }^\circ\text{C}$ ，按均匀分布处理。 $u(T_{r2}) = 0.1 / \sqrt{3} = 0.06\text{ }^\circ\text{C}$ 。

4.1.3 实验室温度波动引入的标准不确定度 $u(T_{r3})$ ，用 B 类标准不确定度评定。检验过程中环境温度波动不超过 $0.2\text{ }^\circ\text{C}$ ，则不确定度区间半宽为 $0.1\text{ }^\circ\text{C}$ ，按均匀分布处理。 $u(T_{r3}) = 0.1 / \sqrt{3} = 0.06\text{ }^\circ\text{C}$ 。

4.1.4 由标准温度计允许误差引入的标准不确定度 $u(T_{r4})$ ，属于 B 类评定，标准温度计的最大允许误差为 $\pm 0.10\text{ }^\circ\text{C}$ ，则不确定度区间半宽为 $0.10\text{ }^\circ\text{C}$ ，按均匀分布： $u(T_{r4}) = 0.1 / \sqrt{3} = 0.06\text{ }^\circ\text{C}$ 。

因为 $u(T_{r1})$ ， $u(T_{r2})$ ， $u(T_{r3})$ 和 $u(T_{r4})$ 互不相关，所以

$$u(T_r) = \sqrt{u^2(T_{r1}) + u^2(T_{r2}) + u^2(T_{r3}) + u^2(T_{r4})} = 0.104\text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{则 } u_r(T_r) = \frac{u(T_r)}{T_r} \times 100\% = 0.034\%$$

4.2 输入量 T_g 的标准不确定度 $u_r(T_g)$

4.2.1 被校燃气表示值重复性引入的的标准不确定度 $u_r(T_{g1})$ ，用 A 类标准不确定度评定：对被校燃气表温度示值进行 10 次独立重复校准，分别计算示值误差，其标准差：

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}{10-1}} = 0.021\%， \text{校准时以两次测量的均值为校准结果，故 } u_r(T_{g1}) = 0.015\%。$$

4.2.2 被校燃气表的读数分辨力引入的标准不确定度 $u_r(T_{g2})$ ，用 B 类标准不确定度评定。

被校燃气表的分辨力为 $0.01\text{ }^\circ\text{C}$ ，不确定度区间半宽为 $0.005\text{ }^\circ\text{C}$ ，按均匀分布：
 $u(T_{g2}) = 0.005 / \sqrt{3} = 0.0029\text{ }^\circ\text{C}$ ，被校表温度均值为 $19.9\text{ }^\circ\text{C}$ ，所以：

$$u_r(T_{g2}) = 0.0029 / (19.9 + 273.15) = 0.001\%$$

因 $u_r(T_{g1})$ 和 $u_r(T_{g2})$ 引入的不确定度影响是重复的，所以选大者，则：

$$u_r(T_g) = u_r(T_{g1}) = 0.015\%$$

5 合成标准不确定度评定

5.1 标准不确定度分量汇总见表 1

表 1 标准不确定度分量汇总

| 来源 | 符号 | 校准值 x_i | 区间半宽 a_i | 包含因子 k_i | $u(x_i)$ | $u_r(x_i)$ |
|----------------|----------|------------------------------|------------------------|------------|------------------------------|----------------|
| 标准温度计示值 | T_r | 20.2 $^\circ\text{C}$ | / | $\sqrt{3}$ | 0.10 $^\circ\text{C}$ | 0.034 % |
| 标准温度计读数分辨力 | T_{r1} | 0.01 $^\circ\text{C}$ | 0.005 $^\circ\text{C}$ | $\sqrt{3}$ | 0.0029 $^\circ\text{C}$ | / |
| 实验室温场不均匀 | T_{r2} | 0.2 $^\circ\text{C}$ | 0.1 $^\circ\text{C}$ | $\sqrt{3}$ | 0.06 $^\circ\text{C}$ | / |
| 实验室温度波动 | T_{r3} | 0.2 $^\circ\text{C}$ | 0.1 $^\circ\text{C}$ | $\sqrt{3}$ | 0.06 $^\circ\text{C}$ | / |
| 标准温度计最大允许误差 | T_{r4} | ± 0.10 $^\circ\text{C}$ | 0.10 $^\circ\text{C}$ | $\sqrt{3}$ | 0.06 $^\circ\text{C}$ | / |
| 被校燃气表示值 | T_g | 19.9 $^\circ\text{C}$ | / | / | / | 0.015 % |
| 被校燃气表示值重复性 | T_{g1} | 19.90 $^\circ\text{C}$ | / | / | / | 0.015% |
| 被校燃气表读数分辨力 | T_{g2} | 0.01 $^\circ\text{C}$ | 0.005 $^\circ\text{C}$ | $\sqrt{3}$ | 0.0029 $^\circ\text{C}$ | 0.001% |

5.2 合成相对标准不确定度计算

以上各项相对标准不确定度分量互不相关，所以合成相对标准不确定度为：

$$u_c(e_1) = \sqrt{u_r^2(T_r) + u_r^2(T_g)} = 0.037\%$$

6 扩展不确定度评定

假设服从正态分布，置信水平取 95%，查表得包含因子 $k = 2$ ，燃气表温度示值误差校准结果的扩展不确定度估算为：

$$U_r = k \times u_c(e_t) = 0.08\%, \quad k=2$$

7 测量不确定度报告

校准两次的示值误差分别为 $e_{t1} = -0.08\%$, $e_{t2} = -0.10\%$,

因此，校准结果为：

$$e_t = -0.09\%$$

测量不确定度报告为：

$$e_t = -0.09\%, \quad U_r = 0.08\%; \quad k=2。$$

电子温压修正膜式燃气表压力示值误差 测量结果不确定度评定

1 概述

1.1 校准依据

JJF(冀)XXX-20XX《电子温压修正膜式燃气表》地方计量校准规范。

1.2 环境条件

燃气表压力校准过程中压力不得超过燃气表工作压力范围。

1.3 校准标准

数字压力计，测量范围：（70~110）kPa，准确度等级：0.2级；分辨力0.01 kPa。

1.4 被校对象

电子温压修正膜式燃气表（以下简称“燃气表”），规格型号为G2.5，校准范围为（0.025~4.0）m³/h，准确度等级为1.5级，温度范围为（-10~40）℃，分辨力为0.01℃。

1.5 校准过程

在实验室内将被校燃气表夹在压力试验台上，用压力泵给其加压，数字压力计测得绝对压力为105300 Pa，读取被校燃气表显示屏压力示值，计算被校燃气表的压力示值误差。

2 数学模型

$$e_p = \left(\frac{P_g}{P_r} - 1 \right) \times 100\% \quad (\text{D-6})$$

式中： e_p ——压力传感器示值误差（%）；

P_g ——被校压力传感器的绝对压力，单位为帕（Pa）；

P_r ——参比标准压力表的绝对压力，单位为帕（Pa）。

3 不确定度传播率

$$u^2(e_p) = \frac{u^2(P_g)}{P_r^2} + \frac{P_g^2}{P_r^4} u^2(P_r) \quad (\text{D-7})$$

由于 $P_g \approx P_r$ ，(D-7) 式简化为 (D-8) 式：

$$u^2(e_p) = u_r^2(P_r) + u_r^2(P_g) \quad (\text{D-8})$$

4 标准不确定度分量评定

4.1 P_r 的标准不确定度 $u_r(P_r)$

4.1.1 数字压力计读数分辨力引入的标准不确定度 $u(P_{r1})$ ，属于 B 类评定，数字压力计的读数分辨力为 0.01kPa，则不确定度区间半宽为 0.005kPa，按均匀分布：

$$u(t_{s1}) = 0.005 / \sqrt{3} = 0.0029 \text{ kPa}。$$

4.1.2 由数字压力计最大允许误差引入的标准不确定度 $u(P_{r2})$ ，属于 B 类评定，数字压力计的准确度等级为 0.2 级，因此最大允许误差为 $40 \text{ kPa} \times (\pm 0.2\%) = \pm 80 \text{ Pa}$ ，则不确定度区间半宽为 80Pa，按均匀分布： $u(P_{r2}) = 80 / \sqrt{3} = 0.0462 \text{ kPa}$ 。

因为 $u(P_{r1})$ 和 $u(P_{r2})$ 互不相关，所以

$$u(P_r) = \sqrt{u^2(P_{r1}) + u^2(P_{r2})} = 0.0462 \text{ kPa}$$

$$\text{则 } u_r(P_r) = \frac{u(P_r)}{P_r} \times 100\% = 0.0440\%$$

4.2 输入量 P_g 的标准不确定度 $u_r(P_g)$

4.2.1 被校燃气表示值重复性引入的的标准不确定度 $u_r(P_{g1})$ ，用 A 类标准不确定度评定：对被校燃气表温度示值进行 10 次独立重复校准，分别计算示值误差，其标准差：

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}{10-1}} = 0.054\%， \text{ 校准时以两次测量的均值为校准结果，故 } u_r(P_{g1}) = 0.0382\%。$$

4.2.2 被校燃气表的读数分辨力引入的标准不确定度 $u_r(P_{g2})$ ，用 B 类标准不确定度评定。

被校燃气表的分辨力为 0.001kPa，不确定度区间半宽为 0.0005kPa，按均匀分布： $u(P_{g2}) = 0.0005 / \sqrt{3} = 0.029 \text{ kPa}$ ，被校表压力均值为 105521Pa，所以 $u_r(P_{g2}) = 0.0275\%$ ，

因 $u_r(P_{r1})$ 和 $u_r(P_{g2})$ 引入的不确定度影响是重复的，所以选大者，则：

$$u_r(P_r) = u_r(P_{r1}) = 0.0382\%$$

5 合成标准不确定度评定

5.1 标准不确定度分量汇总见表 1

表 1 标准不确定度分量汇总

| 来源 | 符号 | 校准值 x_i | 区间半宽 a_i | 包含因子 k_i | $u(x_i)$ | $u_r(x_i)$ |
|-----------------|----------|-----------|------------|------------|-----------|------------|
| 数字压力计 | P_r | 105300Pa | - | $\sqrt{3}$ | 0.0463kPa | 0.0440% |
| 数字压力计读数 分辨力 | P_{r1} | 0.01kPa | 0.005kPa | $\sqrt{3}$ | 0.0029kPa | / |
| 数字压力计最大 允许误差 | P_{r2} | 80Pa | 80Pa | $\sqrt{3}$ | 0.0462kPa | / |
| 被校燃气表示值 | P_g | / | / | / | / | 0.0382% |
| 被校燃气表示值 重复性 | P_{g1} | / | / | / | / | 0.0275% |
| 被校燃气表读数 分辨力 | P_{g2} | 0.01℃ | 0.005℃ | $\sqrt{3}$ | 0.029kPa | / |

5.2 合成相对标准不确定度计算

以上各项相对标准不确定度分量互不相关，所以合成相对标准不确定度为：

$$u_c(e_p) = \sqrt{u_r^2(P_r) + u_r^2(P_g)} = 0.058\%$$

6 扩展不确定度评定

假设服从正态分布，置信水平取 95%，查表得包含因子 $k = 2$ ，燃气表温度示值误差校准结果的扩展不确定度估算为：

$$U_r = k \times u_c(e_p) = 0.12\%, \quad k=2$$

7 测量不确定度报告

校准两次的示值误差分别为 $e_{p1} = 0.24\%$, $e_{p2} = 0.17\%$ ，

因此，校准结果为：

$$e_p = 0.21\%$$

测量不确定度报告为：

$$e_p = 0.21\%, U_r = 0.12\%; k=2$$

