



新疆维吾尔自治区地方计量技术规范

JJF（新）21—2024

天然气流量计全参数校准规范

Calibration Specification for Full Parameter of Natural Gas Flowmeter

2024-12-31 发布

2025-6-30 实施

新疆维吾尔自治区市场监督管理局发布

天然气流量计全参数

校准规范

Calibration Specification for Full Parameter
of Natural Gas Flowmeter

JJF(新) 21—2024

代替 JJF(新) 21—2018

归口单位：新疆维吾尔自治区市场监督管理局

起草单位：新疆维吾尔自治区计量测试研究院

国家管网集团西部管道有限责任公司

天信仪表集团有限公司

新疆燃气集团有限公司

本规范委托新疆维吾尔自治区流量容量计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

- 陈文琳 （新疆维吾尔自治区计量测试研究院）
- 贾广成 （新疆维吾尔自治区计量测试研究院）
- 穆 军 （新疆维吾尔自治区计量测试研究院）

参加起草人：

- 郭 珍 （国家管网集团西部管道有限责任公司）
- 陶朝建 （天信仪表集团有限公司）
- 熊化国 （新疆燃气集团有限公司）
- 王 超 （新疆燃气集团有限公司）

目 录

引 言3

1 范围1

2 引用文件1

3 术语、定义和计量单位2

3.1 术语和定义2

3.2 计量单位3

4 概述3

4.1 应用概述3

4.2 结构组成3

5 计量特性3

6 计量条件4

6.1 环境条件4

6.2 测量标准及其他设备4

7 校准项目和方法5

7.1 外观及密封性检查5

7.2 校准前准备5

7.3 流量示值误差及重复性校准5

7.4 温度示值误差及重复性校准9

7.5 压力示值误差及回程误差校准9

7.6 累积脉冲数示值误差及重复性校准10

7.7 修正仪主示值和各分量的误差校准11

8 校准结果12

8.1 校准记录12

8.2 校准报告13

9 复校时间间隔13

附录 A 原始记录格式14

附录 B 校准证书的内容19

附录 C 气体涡轮流量计流量示值误差不确定度评定 21

附录 D 天然气流量计压力传感器示值误差测量不确定度评定 24

附录 E 天然气流量计铂电阻温度计示值误差不确定度评定 26

引 言

本规范依照 JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》的要求，结合新疆地区天然气流量计全参数测量工作的现状，对 JJF（新）21—2018《天然气流量计全参数测量校准规范》进行修订。

格式上按照 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》进行编写，本规范与 JJF（新）21—2018 相比，除了编辑性修改外，主要技术变化如下：

- 增加或更新了引用文件部分；
- 修改了术语和计量单位；
- 修改了概述部分；
- 增加了积算单元示值误差、PT 或 PTZ 转换的主示值误差、周期稳定度等计量特性；
- 增加了按仪表系数校准流量计的示值误差的校准方法；
- 增加了修正仪主示值和各分量的误差校准方法；
- 修改了“原始记录”格式；
- 增加了流量计校准原始记录格式（脉冲法）和天然气流量计体积修正仪性能校准原始记录格式；
- 修改了校准证书内页格式；
- 修改了气体涡轮流量计流量、温度、压力示值误差不确定度评定报告。

本规范的历次版本发布情况为：

- JJF（新）21—2018。

天然气流量计全参数校准规范

1 范围

本规范适用于准确度等级为 1.0 级及以下、口径在 DN（15～400）的天然气流量计全参数的校准。

2 引用文件

本规范引用以下文件：

- JJF 1004 流量计量名词术语及定义
- JJF 1183 温度变送器校准规范
- JJG 160 标准铂电阻温度计检定规程
- JJG 633 气体容积式流量计检定规程
- JJG 860 压力传感器（静态）检定规程
- JJG 882 压力变送器检定规程
- JJG 1003 流量积算仪检定规程
- JJG 1030 超声流量计检定规程
- JJG 1037 涡轮流量计检定规程
- JJG 1121 旋进旋涡流量计检定规程
- JJG（新）29 气体超声流量计检定规程
- GB 17820 天然气
- GB/T 11062 天然气发热量、密度、相对密度和沃泊指数的计算方法
- GB/T 17747（所有部分） 天然气压缩因子的计算
- GB/T 18604 用气体超声流量计测量天然气流量
- GB/T 18940 封闭管道中气体流量的测量 涡轮流量计
- GB/T 21391 用气体涡轮流量计测量天然气流量
- GB/T 28848 智能气体流量计
- GB/T 32201 气体流量计
- GB/T 34041 封闭管道中流体流量的测量 气体超声流量计
- GB/T 36242 燃气流量计体积修正仪

T/ZZB 2739—2022 燃气流量计体积修正仪

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、定义和计量单位

3.1 术语和定义

JJF 1001、JJF 1004、JJG 160、JJG 633、JJG 860、JJG 882、JJG 1003、JJG 1030、JJG 1037、JJG 1121 界定的及以下术语和定义适用于本规范。

3.1.1 天然气流量计（natural gas flowmeter）

天然气流量计是用于测量天然气流量的仪器，其原理是利用测量体积流量、质量流量、流速或差压等来计算天然气流量的大小。根据测量原理不同，天然气流量计分为多种类型，例如涡轮流量计、容积式流量计、超声流量计、旋进旋涡流量计、质量流量计、差压式流量计等。

3.1.2 天然气流量计体积修正仪（volume conversion device for gas meter）

由积算单元和温度传感器，或积算单元、温度传感器和压力传感器组成，根据天然气流量计测得的体积流量、天然气的温度和压力，结合压缩因子等参数进行计算，将测量条件下的体积转换成基准条件下的体积，并可根据设置或接收外部通信获得体积发热量转换成能量，并进行积算、存储和显示的装置。按测量原理不同，修正仪分三种型式：温度转换（即“T 转换”）体积修正仪，温度和压力转换（即“PT 转换”）体积修正仪，温度、压力和压缩系数转换（即“PTZ 转换”）体积修正仪。

3.1.3 积算单元示值误差（error of the calculator unit）

当按制造商规定的接口模拟输入天然气体积、压力值和温度值时，基准条件下的体积 V 的示值误差。积算单元的示值误差包括积算单元自身对脉冲信号的接收和所有运算引入的误差（如压缩因子计算、数学运算等），不包括温度和压力的测量误差。压缩因子的计算应按 GB/T 36242-2018 中 4.2.4 规定的方法进行。

3.1.4 能量积算（energy calculation）

气体体积流量与其单位体积发热量的乘积，再与时间乘积所得能量。其中，天然气发热量输入修正仪应采用按键设置、RS485 通信或无线通信等方式。

3.1.5 转换误差（error of conversion）

修正仪所显示的转换系数 C 和转换系数的约定真值 C_{cv} 之间的相对示值误差，用

转换系数约定真值的百分数 e_c （转换系数误差）表示；或修正仪所显示的基准条件下的体积 V_b 和体积的约定真值 V_{CV} 之间的相对示值误差，用体积的约定真值的百分数 e_v （基准条件下的体积转换误差）表示。

3.2 计量单位

- 3.2.1 瞬时流量计量单位：立方米每小时，符号： m^3/h ；
- 3.2.2 累积流量计量单位：立方米，符号： m^3 ；
- 3.2.3 压力计量单位：千帕，符号： kPa ；或兆帕，符号： MPa ；
- 3.2.4 温度计量单位：摄氏度，符号： $^{\circ}C$ ；或开尔文，符号： K ；
- 3.2.5 频率计量单位：赫[兹]，符号： Hz ；
- 3.2.6 能量计量单位：焦[耳]，符号： J 。

4 概述

4.1 应用概述

天然气流量计是指用于测量、存储和显示通过流量传感器的天然气量的仪表。天然气流量计中流量、压力、温度和脉冲采集的测量性能直接影响到在基准下流量的准确性，规范中将使用符合要求的标准测量设备对天然气流量计的流量、压力、温度和脉冲采集等参数进行校准，给出相应数值。

4.2 结构组成

流量计可分为机械计数器显示的流量计、电子显示的流量计和带附加装置的流量计。具有输出信号的流量计，其输出信号形式有脉冲量信号、模拟量信号或数字信号。

5 计量特性

表 1 计量特性一览表

序号	校准项目	技术要求
1	流量示值误差及重复性	示值误差不超过流量计的最大允许误差 重复性不超过最大允许误差的 1/3
2	周期稳定度	在高区 $q_t \leq q \leq q_{max}$ 流量范围内，流量计的周期稳定度应不超过 2.0。
3	压力示值误差	最大允许误差不超过 $\pm 0.2\%$ （ $p_{max}/p_{min} < 2$ 时，采用满量程引用误差；当 $p_{max}/p_{min} \geq 2$ 时，采用相对误差）
4	温度示值误差	最大允许误差不超过 $\pm 0.2\%$

设置格式[马晓春]: 缩进: 首行缩进: 0 毫米

5	积算单元示值误差	参比条件下最大允许误差不超过±0.1%
6	累积脉冲数示值误差（如适用）	最大允许误差不超过±0.1%
7	PT 或 PTZ 转换的主示值误差（如适用）	参比条件下最大允许误差不超过±0.5%
8	能量积算示值误差（如适用）	参比条件下最大允许误差不超过±0.1%
注：以上指标不做合格判定依据，仅供校准及不确定度评定时参考。		

6 计量条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境条件一般应满足：

环境温度：（0~45）℃；

环境湿度：≤93%RH；

大气压力：（70~106）kPa；

供电电源：交流电源电压：（220±22）V，电源频率：（50±2.5）Hz；也可根据流量计的要求使用合适的交流或直流电源（如 24V 直流电源）。

6.1.2 所有设备设施及工具应符合相关安全及防爆要求。

6.1.3 电源满足现场工况要求。

6.1.4 场地满足安全操作要求。

6.1.5 外界磁场、振动和噪声对检验用设备和被检流量计的影响可忽略。

6.2 测量标准及其他设备

表 2 计量用设备一览表

序号	设备名称	不确定度/准确度等级/ 最大允许误差	测量范围
1	气体流量标准装置	$U_{rel} \leq 0.33\%$ ， $k=2$	（0.01~15000）m³/h
2	标准温度计	二等	（-10~50）℃
3	电阻箱	0.05 级	（0~99999.99）Ω
4	恒温控制槽/箱	控温精度±0.05℃	（0~100）℃
5	数字压力计	0.05 级	（0~10）MPa

6	压力校验仪	0.05 级	(0~2) MPa
7	压力测试设备	/	压力不低于 1.0 MPa
8	体积修正仪校准设备 (多功能校验仪和通讯器)	$\pm 1 \times 10^{-5}$	(1~50k) Hz

注：使用的相关设备均应有有效期内的检定或校准证书。

7 校准项目和方法

7.1 外观及密封性检查

7.1.1 外观检查

目视检查流量计的外观及附件，新制造的流量计表面不得有毛刺、划痕、裂纹、锈蚀、霉斑和涂层剥落现象。接插件必须牢固可靠，不得因振动而松动或脱落。密封面应平整，不得有损伤。计数器及标记应清晰易读。流量计显示的数字应完整无缺损，并具有一定的亮度，目测不应有明显的闪烁现象及其他影响准确读数的缺陷。

流量计表体上应有清晰、永久性的流向标识。流量计应有铭牌，铭牌或表体上应标明：制造商名称，产品名称及型号规格，准确度等级，出厂编号，制造年月，型式批准标志和编号，流量范围，分界流量，公称压力，最大工作压力，工作温度范围，防爆等级和防爆合格证号(必要时)，其他相关技术指标(如适用)，如脉冲当量或仪表系数等信息。

流量计的封印应完好，流量计仪表系数不应被非授权更改。

7.1.2 密封性检查

将被校准流量计进行密封，连通打压泵、压力表、数字压力计等设备，将压力加至 1.1 倍最大工作压力，试验过程中管路系统均不应发生泄漏和机械性损坏，压力传感器显示正常，耐压 20min，观察流量计应无漏气现象。

7.2 校准前准备

打开标准装置，让装置自检，调至正常的工作状态。将被测流量计按照说明书的要求进行预热，并进行自校准，被测试的仪器和标准器在上述环境中放置时间分别不少于 24 h 和 12 h。

7.3 流量示值误差及重复性校准

7.3.1 按累计流量或者瞬时流量校准流量计的示值误差

流量计示值误差及重复性的校准应在稳定流动条件下进行。用管道将被检流量计和标准器两者串联起来,检查流量计安装标识与流体流动方向是否一致,保证流量计与前后直管段同轴安装,检查安装端面是否平整。调节流量至流量计标示最大流量的70%以上,运行5min,等待介质温度、压力和流量稳定后进行正式校准,在被测流量计流量范围内选择若干个校准点,一般为最小流量 $q_{\min}$ 和最大流量 $q_{\max}$ 的20%、40%、70%及100%等流量点,每个校准点应待流量稳定后再开始读数,每个流量点校准3次,其在测量过程中介质温度的变化应不超过 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$,按照式(1)计算各流量点单次校准的示值误差:

$$E_{ij} = \frac{Q_{ij} - (Q_s)_{ij}}{(Q_s)_{ij}} \times 100\%, \quad E_{ij} = \frac{q_{ij} - (q_s)_{ij}}{(q_s)_{ij}} \times 100\%, \quad (q_s)_{ij} = 3600 \times \frac{(Q_s)_{ij}}{t} \quad (1)$$

各流量点的示值误差为多次重复测量误差的算术平均值,按式(2)计算:

$$E_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n E_{ij} \quad (2)$$

式中: n ——第 i 流量点校准次数;

E_i ——第 i 流量点被测流量计的平均示值误差, %;

E_{ij} ——第 i 流量点第 j 次校准时被测流量计的示值误差, %;

Q_{ij} ——被测流量计第 i 个校准点第 j 次的累积流量示值, m^3 ;

$(Q_s)_{ij}$ ——第 i 个校准点第 j 次校准时标准流量换算到与 Q_{ij} 同一状态下的累积流量示值, m^3 ;

q_{ij} ——被测流量计第 i 个校准点第 j 次的瞬时流量示值, m^3/h ;

$(q_s)_{ij}$ ——第 i 个校准点第 j 次校准时标准流量换算到与 q_{ij} 同一状态下的瞬时流量示值, m^3/h ;

t ——第 i 流量点第 j 次检定时间, s。

当标准器内气体状态参数与进入被测流量计的状态参数不同时,应按式(3)将标准器的流量示值换算成被测流量计状态下的值,然后再将按式(3)计算得到的 $(Q_s)_{ij}$ 值代入式(1)计算流量计的示值误差。

$$(Q_s)_{ij} = (V_s)_{ij} \times \frac{273.15 + t_m}{273.15 + t_s} \times \frac{(p_n + p_s)Z_m}{(p_n + p_m)Z_s} \quad (3)$$

式中: $(V_s)_{ij}$ ——第 i 流量点第 j 次校准时标准累积流量示值, m^3 ;

p_n ——大气压力, Pa;

设置格式[马晓春]: 缩进: 首行缩进: 0 毫米

t_s, t_m ——分别为第 i 流量点第 j 次校准时标准器内和被测流量计处的气体温度，℃；

p_s, p_m ——分别为第 i 流量点第 j 次校准时标准器内和被测流量计处的气体表压力，Pa；

Z_s, Z_m ——分别为第 i 流量点第 j 次校准时标准器内和被测流量计处的气体压缩因子，当标准器与被测流量计间的压力差小于一个大气压时（0.1MPa），可视作 $Z_s=Z_m$ 。天然气压缩因子按照 GB/T 17747 的相关规定计算，其他气体压缩因子可参阅有关手册。

7.3.2 按仪表系数校准流量计的示值误差

对脉冲信号输出的流量计，可采用仪表系数的校准方法，每个流量点单次校准的仪表系数 K_{ij} 按式（4）计算：

$$K_{ij} = \frac{N_{ij}}{(Q_s)_{ij}} \tag{4}$$

式中： K_{ij} ——第 i 流量点第 j 次校准的仪表系数，（m³）⁻¹ 或 L⁻¹；

N_{ij} ——第 i 流量点第 j 次校准时流量计的脉冲数。

流量计各校准流量点的仪表系数 K_i 按式（5）计算：

$$K_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n K_{ij} \tag{5}$$

式中： K_i ——第 i 流量点的平均仪表系数，（m³）⁻¹ 或 L⁻¹；

n ——第 i 流量点校准次数。

流量计各流量点的示值误差按式（6）计算：

$$E_i = \frac{K_i - K}{K} \times 100\% \tag{6}$$

对于后续校准的流量计，式（6）中的 K 为上一周期证书或仪表内设置的仪表系数。

对于新制造和修理后的流量计，或需要重新调整仪表系数的流量计， K 为本次校准按式（7）得出的值。

$$K = \frac{(K_i)_{\max} + (K_i)_{\min}}{2} \tag{7}$$

式中： K ——流量计平均仪表系数，（m³）⁻¹ 或 L⁻¹；

$(K_i)_{\max}, (K_i)_{\min}$ ——分别在高区 $q_t \leq q \leq q_{\max}$ 范围内各流量点的平均仪表系数 K_i 中的最大值和最小值，（m³）⁻¹ 或 L⁻¹；

分别取高区 $q_t \leq q \leq q_{\max}$ 和低区 $q_{\min} \leq q < q_t$ 流量范围内各试验流量点的流量示值误差绝对值的最大者，作为流量计高区和低区的示值误差。

7.3.3 流量计的重复性

流量计的重复性试验一般与示值误差校准同时进行。

当每个流量点重复校准 n 次时，该流量点的重复性 $(E_r)_i$ 按式（8）或式（9）计算：

$$(E_r)_i = \frac{(E_{ij})_{\max} - (E_{ij})_{\min}}{d_n} \tag{8}$$

或

$$(E_r)_i = \frac{(K_{ij})_{\max} - (K_{ij})_{\min}}{d_n K_i} \times 100\% \tag{9}$$

式中： $(E_{ij})_{\max}$ ——被校流量计在第 i 流量点，重复校准 n 次得到的示值误差最大值，%；

$(E_{ij})_{\min}$ ——被校流量计在第 i 流量点，重复校准 n 次得到的示值误差最小值，%；

$(K_{ij})_{\max}$ ——被校流量计在第 i 流量点，重复校准 n 次得到的仪表系数最大值，

$(\text{m}^3)^{-1}$ 或 L^{-1} ；

$(K_{ij})_{\min}$ ——被校流量计在第 i 流量点，重复校准 n 次得到的仪表系数最小值，

$(\text{m}^3)^{-1}$ 或 L^{-1} ；

E_r ——流量计的重复性，%；

$(E_r)_i$ ——流量计第 i 流量点的重复性，%；

d_n ——极差系数，见附录 A，当测量次数为 3 次时，其值为 1.69。

分别取高区 $q_t \leq q \leq q_{\max}$ 和低区 $q_{\min} \leq q < q_t$ 流量范围内各试验流量点重复性的最大值作为高区和低区流量范围内流量计的重复性。

7.3.4 流量计的周期稳定度

流量计在不调整误差的条件下，按照 7.3.1 或 7.3.2 的方法分别测得流量计各流量点的示值误差，按照式（10）计算流量计各流量点的周期稳定度 W_i ：

$$W_i = \left| \frac{E_i}{E_0} \right| \tag{10}$$

式中： E_0 ——第 i 流量点被检流量计的最大允许误差，%；

W_i ——第 i 流量点被检流量计的周期稳定度。

取高区 $q_t \leq q \leq q_{\max}$ 流量范围内各试验流量点周期稳定度最大值作为流量计的周期稳定度。

7.4 温度示值误差及重复性校准

将被测流量计和标准温度计放置在同一环境中，在被测流量计温度测量范围内选择 3 个校准点，一般为温度量程的 25%、50%与 75%，每个校准点应恒温 30 分钟以上再开始读数，每个温度点校准 3 次，其在测量过程中介质温度变化应不超过±0.5℃，按照式（11）计算每次校准的示值误差：

$$E_{t_{ij}} = \frac{t_{ij} - t_{sij}}{t_{sij} + 273.15} \times 100\% \tag{11}$$

式中： $E_{t_{ij}}$ ——第 i 个校准点第 j 次的温度相对示值误差，%；
 t_{ij} ——被测流量计第 i 个校准点第 j 次的温度示值，℃；
 t_{sij} ——标准温度计第 i 个校准点第 j 次的温度示值，℃。

每个校准点的示值误差按照式（12）进行计算：

$$E_{ti} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n E_{t_{ij}} \tag{12}$$

取各个校准点示值误差绝对值的最大值作为流量计的温度示值误差。
按照式（13）计算每个校准点的重复性

$$(E_{tr})_i = \frac{|(E_{ti})_{\max} - (E_{ti})_{\min}|}{d_n} \tag{13}$$

式中： $(E_{tr})_i$ ——第 i 个温度校准点的测量重复性，%；
 $(E_{ti})_{\max}$ ——第 i 个校准点温度相对示值误差的最大值，%；
 $(E_{ti})_{\min}$ ——第 i 个校准点温度相对示值误差的最小值，%。

取各个校准点的重复性最大值作为流量计的温度测量重复性。

7.5 压力示值误差及回程误差校准

首先把被测流量计密封，在 0.1MPa~1.0MPa 范围内或者流量计标识的最大压力范围内均匀选择 5 个校准点，通过打压设备给被测流量计加压，按照校准压力点从小到大依次加压，在每个校准点稳定 30s，待流量计压力读数变化稳定后分别读取被测流量计和标准压力表显示的壓力值，每个点读取 3 次，直到完成最大压力点的校准，然后通过打压设备从最大压力点依次降低到最小压力点，按照相同方法完成反行程的校准。或根据客户需要选择现场使用的固定压力点作为校准点进行压力校准。在正反行程中每次校准的压力示值误差按照式（14）进行计算：

$$E_{Pi} = \frac{P_i - P_{si}}{P_{\max}} \times 100\% \text{FS} (\text{当 } P_{\max} / P_{\min} < 2 \text{ 时}), \quad E_{Pi} = \frac{P_i - P_{si}}{P_{si}} \times 100\% (\text{当 } P_{si} / P_{\min} \geq 2 \text{ 时}) \quad (14)$$

式中： E_{Pi} ——第 i 个校准点压力示值误差，%FS（当 $P_{\max}/P_{\min} < 2$ 时），%（当 $P_{si}/P_{\min} \geq 2$ 时）；

P_i ——被测流量计第 i 个校准点的压力示值，kPa；

P_{si} ——标准压力计第 i 个校准点的压力示值，kPa；

$P_{\max}$ ——被测流量计的最大压力值，kPa；

$P_{\min}$ ——被测流量计的最小压力值，通常为当地大气压，kPa。

取各个校准点示值误差绝对值的最大值作为流量计的压力示值误差。

按照式（15）计算每个校准点的重复性：

$$(E_{Pr})_i = \frac{|(E_{Pi})_{\max} - (E_{Pi})_{\min}|}{d_n} \quad (15)$$

式中： $(E_{Pr})_i$ ——第 i 个压力校准点的测量重复性，%；

$(E_{Pi})_{\max}$ ——第 i 个校准点压力示值误差的最大值，%；

$(E_{Pi})_{\min}$ ——第 i 个校准点压力示值误差的最小值，%。

取各个校准点的重复性最大值作为流量计的压力测量重复性。

压力回程误差为各校准点正、反行程压力示值之差的绝对值，按照式（16）进行计算：

$$\Delta_i = |E_{Pi1} - E_{Pi2}| \quad (16)$$

式中： Δ_i ——第 i 个校准点压力回程误差，%；

E_{Pi1} ——第 i 个校准点正行程压力示值误差，%；

E_{Pi2} ——第 i 个校准点反行程压力示值误差，%。

取各个校准点回程误差最大值作为流量计的压力回程误差。

7.6 累积脉冲数示值误差及重复性校准

将被测流量计体积修正仪与标准脉冲发生器相连，根据脉冲当量、流量计算脉冲个数，在被测流量计流量范围内设置不同频率，对应不同的流量点，一般应为最小流量和最大流量的 20%、40%与 70%，100%，每个校准点应运行 15min 以上再开始计数，计数时间不少于 5min，每个流量点校准 3 次，按照式（17）计算每次校准的示值误差：

$$E_{Nij} = \frac{N_{ij} - N_{sij}}{N_{sij}} \times 100\% \tag{17}$$

式中： E_{Nij} ——第 i 个校准点第 j 次的脉冲示值误差，%；
 N_{ij} ——被测流量计第 i 个校准点第 j 次的脉冲个数，个；
 N_{sij} ——标准脉冲发生器第 i 个校准点第 j 次的脉冲个数，个。

每个校准点的示值误差按照式（18）进行计算：

$$E_{Ni} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n E_{Nij} \tag{18}$$

取各个校准点示值误差绝对值的最大值作为流量计的累积脉冲数示值误差。
按照式（19）计算每个校准点的重复性

$$(E_{Nr})_i = \frac{(E_{Nij})_{\max} - (E_{Nij})_{\min}}{d_n} \tag{19}$$

式中： $(E_{Nr})_i$ ——第 i 个累积脉冲数校准点的测量重复性，%；
 $(E_{Nij})_{\max}$ ——第 i 个校准点累积脉冲数示值误差的最大值，%；
 $(E_{Nij})_{\min}$ ——第 i 个校准点累积脉冲数示值误差的最小值，%；

取各个校准点的重复性最大值作为流量计的累积脉冲数测量重复性。

7.7 修正仪主示值和各分量的误差校准

修正仪的温度传感器、压力传感器测量介质的温度及压力并将结果输出到积算单元，积算单元的流量信号接口接收流量计一次装置（或流量传感器）的流量信号，按公式（20）、（21）计算基准条件下天然气的体积 V_b 和转换系数 C ，根据设置或接收外部通信获得单位体积发热量 H_s 转换成对应能量 E_s 按公式（22）进行积算。

$$V_b = C \times V \tag{20}$$

$$C = \frac{P}{P_b} \times \frac{T_b}{T} \times \frac{Z_b}{Z} \tag{21}$$

$$E_s = H_s \times V_b \tag{22}$$

7.7.1 转换系数误差

转换系数的相对误差 E_C 按式（23）计算：

$$E_C = \frac{C - C_{CV}}{C_{CV}} \times 100\% \tag{23}$$

式中： C_{CV} ——转换系数的约定真值。

7.7.2 参比条件下的体积转换误差

参比条件下的体积 V_b 转换的相对误差 E_{Vb} 按式（24）计算：

$$E_{V_b} = \frac{V_b - V_{CV}}{V_{CV}} \times 100\% \tag{24}$$

式中： V_{CV} ——体积的约定真值， m^3 。

修正仪主示值的误差不考虑天然气流量计的误差。

7.7.3 带有分量显示的修正仪的特定误差

修正仪各分量的特定误差按式（25）~式（28）计算：

$$E_f = \frac{C_C - C_{CV}}{C_{CV}} \times 100\% \tag{25}$$

$$E_p = \frac{P - P_{CV}}{P_{CV}} \times 100\% \tag{26}$$

$$E_T = \frac{T - T_{CV}}{T_{CV}} \times 100\% \tag{27}$$

$$E_{E_s} = \frac{E_s - E_{SCV}}{E_{SCV}} \times 100\% \tag{28}$$

式中： E_f ——积算单元的计算误差，仅考虑自身对脉冲信号的接收和运算所产生的误差，包括压缩因子计算方法不确定度的影响，%；

C_C ——积算单元的转换系数；

E_p ——压力测量误差，包含了压力传感器及其信号转换所引起的误差，%；

E_T ——温度测量误差，包含了温度传感器及其信号转换所引起的误差，%。

E_{E_s} ——能量积算误差，包含了流量测量和发热量信号采集或计算所引起的误差，%；

P_{CV} ， T_{CV} ， E_{SCV} ——分别为压力、温度和能量的约定真值，kPa、℃、J。

8 校准结果

8.1 校准记录

校准记录应尽可能详尽地记载测量数据和计算结果，记录格式见附录 A。

8.2 校准报告

校准报告由封面和校准数据组成，经校准的流量计应出具校准报告，校准报告应包括的信息及推荐的校准报告内页格式见附录 B。校准项目可根据被测仪器的预期用途选择使用，对校准方法的偏离，应在校准报告中注明。

9 复校时间间隔

建议复校时间间隔一般不超过 1 年。如果仪器经修理、更换重要性能的部件，对仪器性能怀疑时应重新校准。

附录 A 原始记录格式

流量计校准原始记录格式（脉冲法）

计量器具名称:

规格型号:

大气压力:

制造单位:

准确度等级:

环境温度:

送检单位:

出厂编号:

相对湿度:

计量标准名称:

校准介质:

依据技术规范:

记录单号:

装置扩展不确

校准地点:

口径:

定度:

流量范围:

计量标准考核证书编号:

原仪表系数:

装置证书号有效期:

证书有效期:

喷嘴编号	校准流量 (m³/h)	校准体积 (m³)	校准时间 (s)	流量计 脉冲数	流量计压力 (kPa)	流量计 温度 (°C)	喷嘴处 压力 (kPa)	喷嘴处 温度 (°C)	流量计系数 (1/m³)	平均仪表 系数 (1/m³)	示值误差 %	重复性 %	周期稳定度	扩展不确定度 %(k=2)
随机文件														
校准结果	流量计系数 $K=$		1/m³		< Q_L 相对示值误差=		< Q_L 重复性=		≥ Q_L 相对示值误差=					
	≥ Q_L 重复性=				分界流量 $Q_L=$		m³/h		周期稳定度:					
	校准流量范围:		m³/h		校准结论:		/		校准日期:					
	校准员:				核验员:				证书编号:					

设置格式[马晓春]: 缩进: 首行缩进: 0 毫米

流量计校准原始记录格式（就地读数法）

计量器具名称:

规格型号:

大气压力:

制造单位:

准确度等级:

环境温度:

委托单位:

出厂编号:

相对湿度:

计量标准名称:

装置扩展不确定度:

校准介质:

记录单号:

依据技术规范:

校准地点:

口径:

流量范围:

计量标准考核证书编号:

证书有效期:

装置证书号及有效期:

喷嘴编号	校准流量 (m³/h)	被校表流量 (m³)	校准时间 (s)	流量计 体积 (m³)	流量计处介质 压力(kPa)	流量计处 介质温度 (°C)	喷嘴处介 质压力 (kPa)	喷嘴处 介质温 度(°C)	示值误差 %	平均示值 误差 %	重复 性 %	周期稳 定度	扩展不确 定度 %
随机文件													
备注													
校准结果	<Q _L 相对示值误差=				<Q _L 重复性=		>=Q _L 相对示值误差=			>=Q _L 重复性=			
	分界点流量 Q _L =				m³/h					周期稳定度:			
	校准流量范围:				m³/h		校准结论: /			校准日期:			
	校准员:						核验员:			证书编号:			铅封号:

设置格式[马晓春]: 缩进: 首行缩进: 0 毫米

流量计温度性能校准原始记录

委托单号: _____

委托单位: _____

生产厂家: _____

温度范围: (_____) °C

准确度等级: _____ 级

检测依据: _____

主要测量设备: _____

测量范围: _____ 编号: _____

标准器证书编号: _____

证书编号: _____

型号/规格: _____

仪表编号: _____

口径(DN): _____ mm

环境温度: _____ °C

环境湿度: _____ %RH

型号/规格: _____

准确度等级: _____ 级

有效期: _____

测量结果与数据

1、外观: ☐正常 ☐不正常

2、密封性: ☐正常 ☐不正常

3、示值误差与重复性:

校准点温度 (°C)	被检表温度 (°C)	标准温度 (°C)	示值误差 (%)	平均示值 误差 (%)	重复性 (%)	扩展不确定 度 (%) $k=2$

示值误差 (%) : _____ 重复性 (%) : _____ 扩展不确定度 (%) : _____

校准: _____ 核验: _____ 检测日期: _____ 年 月 日

设置格式[马晓春]: 缩进: 首行缩进: 0 毫米

流量计压力性能校准原始记录

委托单号:

制造单位:

准确度等级:

主要测量设备:

编号:

校准依据:

校准地点:

委托单位:

型号规格:

仪表口径:

测量范围:

证书编号:

环境温度:

大气压力:

证书编号:

工作压力范围:

额定压力范围:

准确度等级:

有效期:

相对湿度:

校准结果与数据

1、外观：☐正常 ☐不正常

2、密封性：☐正常 ☐不正常

3、示值误差与回程误差：

测量点压力 (kPa)	行程	标准压力表读数 (kPa)	被测流量计 示值 (kPa)	示值误差 (%)	重复性 (%)	回程误差 (%)
	正行程					
	反行程					
	正行程					
	反行程					
	正行程					
	反行程					

示值误差:

%

重复性:

%

回程误差:

%

校准:

核验:

校准日期:

流量计体积修正仪性能校准原始记录

委托单号：

制造单位：

工作温度范围：

主要测量设备：

编号：

校准依据：

校准地点：

委托单位：

型号规格：

仪表口径：

测量范围：

证书编号：

环境温度：

大气压力：

证书编号：

工作压力范围：

额定压力范围：

准确度等级：

有效期：

相对湿度：

校准结果与数据

1、外观：☐正常 ☐不正常

2、密封性：☐正常 ☐不正常

3、分项校准数据：

校准项目	次数	标准读数	被测流量计示数	示值误差	平均示值误差	重复性
温度测量误差	1					
	2					
	3					
压力测量误差	1					
	2					
	3					
累计脉冲总数	1					
	2					
	3					
转换系数主示值误差	1					
	2					
	3					
积算单元误差	1					
	2					
	3					

检测：

核验：

校准日期：

附录 B

校准证书的内容

B.1 校准证书至少包括以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果不在实验室内进行校准）；
- d) 校准证书编号，页码及总页数的标识；
- e) 校准单位校准专用章；
- f) 送校单位的名称和地址；
- g) 被校仪器的描述和明确标识：仪器的制造单位、名称、型号及出厂编号；
- h) 校准日期；
- i) 校准所依据的技术规范的名称及代号；
- j) 本次校准所用的主要计量标准器具（包括标准物质）的名称、测量范围、不确定度或准确度等级或最大允许误差、证书编号及有效期；
- k) 校准时的环境温度、相对湿度；
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- m) 校准人与核验人的签名；
- n) 校准证书批准人的签名与职务；
- 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。

B.2 校准证书（内页）格式

1. 外观检查：符合要求；密封性检查：符合要求
2. 大气压力：
3. 流量校准结果：

流量点（m³/h）	示值误差（%）	重复性（%）	不确定度（%）

4. 压力校准结果：

标准压力（kPa）	被检表压力（kPa）	示值误差	重复性	不确定度

5. 温度校准结果：

标准温度（℃）	被检表温度（℃）	示值误差	重复性	不确定度

6. 脉冲计数校准

流量点（m³/h）	脉冲数	示值误差	重复性	不确定度

7. 转换系数误差：重复性：
8. 体积修正仪计算器误差：重复性：

附录 C

气体涡轮流量计流量示值误差不确定度评定

C.1 概述

C.1.1 测量依据：JJF（新）XX—2024《天然气流量计全参数校准规范》。

C.1.2 环境条件：大气温度为 $(23.5\pm1)^{\circ}\text{C}$ ；大气相对湿度为 $(38\pm1)\% \text{RH}$ ；大气压力为 $(93.2\pm0.5)\text{kPa}$ ，校准用介质温度 $(18.5\pm0.2)^{\circ}\text{C}$ ；电源电压应为 $(220\pm22)\text{V}$ ，电源频率应为 $(50\pm2.5)\text{Hz}$ ；外界磁场、机械振动小到对流量计的影响可以忽略不计。

C.1.3 测量标准：音速喷嘴法气体流量标准装置， $U_{\text{rel}}=0.3\%(k=2)$ ，测量范围： $(0.5\sim2000)\text{m}^3/\text{h}$ 、DN $(25\sim200)\text{mm}$ ，校准介质：空气。

C.1.4 被测对象

依据 JJF（新）XX—2024《天然气流量计全参数校准规范》，上述 0.3 级音速喷嘴法气体流量标准装置能够开展的气体涡轮流量计准确度等级为 $(0.5\sim1.5)$ 级，选取口径为 DN100mm 的涡轮流量计作为被测对象。

C.1.5 测量过程

在规定的条件下，依照 JJG1037-2008《涡轮流量计检定规程》将涡轮流量计安装在音速喷嘴法气体流量标准装置上，保证流量计与前后直管段同轴安装。以空气为校准介质，调节流量点至最大流量的 70%流量点，运行 5min，等待介质温度、压力和流量稳定后进行正式校准。这里以量程范围为 $(20\sim400)\text{m}^3/\text{h}$ ，等级为 1.0 的气体涡轮流量计，流量点为 280 m^3/h 为例。

C.1.6 评定结果的使用

符合上述条件的测量结果，可直接使用本不确定度的评定结果。对于其它气体涡轮流量计，可根据其口径和等级，参照本不确定度的评定方法。

C.2 数学模型

C.2.1 数学模型

$$E_{qi} = \left[\frac{q_i - q_{si}}{q_{si}} \right] \times 100 \%$$

式中： E_{qi} — 第 i 个校准点被测流量计的流量相对示值误差，%；

q_i — 第 i 个校准点被测流量计显示的瞬时流量值， m^3/h ；

q_{si} — 第 i 个校准点标准装置的瞬时流量值， m^3/h 。

C.2.2 灵敏系数

$$c_1 = \frac{\partial E_i}{\partial q_i} = \frac{1}{q_{si}}; \quad c_2 = \frac{\partial E_i}{\partial q_{si}} = -\frac{q_i}{q_{si}^2} \approx -\frac{1}{q_{si}}$$

C.2.3 传播率公式

由于所有输入量 q_i ， q_{si} 彼此独立，互不相关，传播率公式可简化为：

$$u_c^2(E_i) = \left(\frac{\partial E_i}{\partial q_i}\right)^2 u^2(q_i) + \left(\frac{\partial E_i}{\partial q_{si}}\right)^2 u^2(q_{si}) = u_{rel}^2(q_i) + u_{rel}^2(q_{si})$$

C.3 全部输入量的标准不确定度评定

C.3.1 输入量 q_i 的 A 类不确定度 $u(q_i)$ 的评定

其来源主要是流量计测量的重复性，用多次重复测量得到的一组测量列 q_1 、 $q_2 \dots\dots q_n$ ，采用 A 类评定方法评定。

选取一台 DN100mm 涡轮流量计，连续测量 10 次得到一组测量列，如表 C.1：

表 C.1 连续 10 次测量结果

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
瞬时流量 (m^3/h)	286.25	284.88	285.59	283.78	285.35	286.27	286.20	286.09	283.15	283.28

计算得流量平均值为： $\bar{q}_i = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} q_i = 285.084 \text{m}^3/\text{h}$

单次测量值的实验标准偏差为： $s(q_i) = 1.251 \text{m}^3/\text{h}$

实际测量情况为在重复性条件下测量 3 次，以 3 次测量算术平均值为测量结果，平时测量算术平均值 $\bar{q}_i$ 中由测量重复性引入的 A 类标准不确定度为：

$$u(q_i) = \frac{s(q_i)}{\sqrt{n}} = \frac{1.251}{\sqrt{3}} \text{m}^3/\text{h} = 0.722 \text{m}^3/\text{h}, \quad u_{rel}(q_i) = \frac{0.722}{285.084} \times 100\% = 0.25\%$$

C.3.2 输入量 q_{si} 不确定度 $u(q_{si})$ 的评定

输入量 q_{si} 相对不确定度 $u_{rel}(q_{si})$ 不确定度主要来源于标准装置的最大允许误差，其不确定度采用 B 类方法评定。

由于该流量标准装置的扩展不确定度为 $U_{rel}=0.30\%$ ($k=2$)，

所以 $u_{rel}(q_{si}) = 0.30\% / 2 = 0.15\%$ 。

C.4 合成标准不确定度计算

表 C.2 标准不确定度分量汇总表

标准不确定度 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度值	概率分布	c_i	$ c_i u(x_i)$
$u(q_i)$	重复性	0.25%	正态	1	0.25%
$u(q_{si})$	标准装置 不确定度	0.15%	正态	-1	0.15%

则计算得到的合成标准不确定度为 $u_{\text{rel}}(E_{qi})=\sqrt{0.25^2+0.15^2}\% = 0.29\%$

C.5 扩展不确定度计算

取包含因子 $k=2$ ，则相对扩展不确定度 $U_{\text{rel}}=k\times u_{\text{rel}}(E_{qi})=2\times 0.29\%=0.58\%$ 。

附录 D

天然气流量计压力传感器示值误差测量不确定度评定

D.1 概述

- D.1.1 测量依据：JJF（新）XX—2024《天然气流量计全参数校准规范》。
- D.1.2 环境条件：温度（23±1）℃；湿度：36%RH；大气压力：（92~93）kPa。
- D.1.3 被测对象：气体涡轮流量计，介质压力 0.4 MPa，介质温度（20~21）℃。
- D.1.4 测量标准：标准数字压力计，准确度等级：0.05 级。
- D.1.5 测量方法：标准压力比较法

按 JJF（新）XX—2024《天然气流量计全参数校准规范》，在流量计工作压力测量范围内从下限值开始平稳地升高压力到各校准点，读取并记录输出值直至上限，然后反方向平稳降低压力到各校准点，读取并记录输出值直至下限，这为一次循环。如此进行三个循环的检定。以三个测量循环的最大值计算示值误差，作为测量结果。这里以量程范围为（0~1.6）MPa，等级为 0.2 级的压力传感器，压力 0.4MPa 处为例。

D.1.6 评定结果的使用：在符合上述条件的情况下，一般可直接使用本不确定度评定结果。

D.2 测量模型

D.2.1 测量模型

根据压力示值误差计算公式建立模型：

$$E_{P_i} = \frac{P_i - P_{si}}{P_{si}} \times 100\%$$

式中： E_{P_i} ——第 i 个校准点压力相对示值误差，%；

P_i ——被检流量计的相应压力点的压力示值，kPa；

P_{si} ——标准压力计的压力示值，kPa；这里要求 $P_{si}/P_{\min} \geq 2$ ，采用相对误差。

D.2.2 灵敏系数

$$c_1 = \frac{\partial E_{P_i}}{\partial P_i} = \frac{1}{P_{si}}; \quad c_2 = \frac{\partial E_{P_i}}{\partial P_{si}} = -\frac{P_i}{P_{si}^2} \approx -\frac{1}{P_{si}}$$

D.2.3 传播率公式

考虑到 P_i 和 P_{si} 两个输入量不相关，根据 JJF1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》中 4.4.2.3 条，合成相对标准不确定度的传播率公式可简化为：

$$u_c^2(E_{P_i}) = (\frac{\partial E_{P_i}}{\partial P_i})^2 u^2(P_i) + (\frac{\partial E_{P_i}}{\partial P_{si}})^2 u^2(P_{si}) = \frac{u^2(P_i) + u^2(P_{si})}{P_{si}^2}$$

D.3 全部输入量的标准不确定度评定

D.3.1 由压力测量重复性引入的相对不确定度分量 $u_r(P_i)$ 评定

在被检流量计应用现场，在满足检验条件下，重复测量 6 次，分别得到压力示值误差见表 D.1：

表D.1 被检流量计压力示值误差检验结果

检验次数 i	1	2	3	4	5	6
压力示值误差 E_{P_i} (%)	-0.09	-0.03	-0.11	-0.12	-0.08	-0.09

6 次压力测量结果的平均值 $\bar{E}_p$ 为-0.09%，用贝塞尔公式计算测量结果的重复性：

$$s(E_{Pr}) = \sqrt{\frac{1}{n-1} (E_{P_i} - \bar{E}_p)^2} = 0.03\%$$

D.3.2 由标准压力计引入的标准不确定度分量 $u_r(P_{si})$ 的评定

标准压力计引入的不确定度主要由自身的准确度等级引入，按 B 类不确定度来源进行评定。标准压力计的准确度等级为 0.05 级，服从均匀分布，则引入的标准不确定度分量为：

$$u_r(P_{si}) = \frac{0.05\% \times 1000\text{kPa}}{\sqrt{3} \times 400\text{kPa}} = 0.072\%$$

D.3.3 标准相对不确定度分量汇总表

压力示值误差各个输入量的标准不确定度汇总见表 D.2。

表 D.2 压力示值误差标准不确定度分量汇总表

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度值
$u_r(P_i)$	测量重复性	0.03%
$u_r(P_{si})$	标准压力计引入的不确定度	0.072%

D.4 合成标准不确定度的评定

$$u_{rc}(E_{P_i}) = \sqrt{u_r(P_i)^2 + u_r(P_{si})^2} = \sqrt{0.03^2 + 0.072^2} \% = 0.078\%$$

D.5 扩展标准不确定度的评定

取包含因子 $k=2$ ，对于该被检流量计，使用标准压力计比较法的压力示值误差的扩展不确定度为：

$$U_{rel}=2 \times u_{rel}(E_{P_i})=2 \times 0.08\%=0.16\%$$

附录 E

天然气流量计铂电阻温度计示值误差不确定度评定

E.1 概述

- E.1.1 测量依据：JJF（新）XX—2024《天然气流量计全参数校准规范》。
- E.1.2 环境条件：温度（23±1）℃；湿度：36%RH；大气压力：（92~93）kPa。
- E.1.3 测量标准：标准温度计，准确度等级 0.1 级。
- E.1.4 被测对象：气体涡轮流量计所配温度计。
- E.1.5 测量方法：测量温度参量为 25℃，通过比较法进行测量。

比较法是将气体流量计与标准温度计同时放入可调温的恒温箱中，待温度稳定后通过测量标准与被检的温度值，计算得出被检流量计的温度示值误差。

E.1.6 评定结果的使用：在符合上述条件下温度示值误差的测量，一般可直接使用本不确定度的评定结果。

E.2 数学模型

E.2.1 数学模型

$$E_{ti} = \frac{t_i - t_{si}}{t_{si}} \times 100 \%$$

式中： E_{ti} — 第 i 个校准点被测流量计的温度相对示值误差，%；

t_i — 第 i 个校准点被测流量计显示的温度值，℃；

t_{si} — 第 i 个校准点标准温度计的温度值，℃。

E.2.2 灵敏系数

$$c_1 = \frac{\partial E_{ti}}{\partial t_i} = \frac{1}{t_{si}} ; \quad c_2 = \frac{\partial E_{ti}}{\partial t_{si}} = -\frac{t_i}{t_{si}^2} \approx -\frac{1}{t_{si}}$$

E.2.3 传播率公式

由于所有输入量 T_i ， T_{si} 彼此独立，互不相关，传播率公式可简化为：

$$u_c^2(E_i) = \left(\frac{\partial E_i}{\partial t_i}\right)^2 u^2(t_i) + \left(\frac{\partial E_i}{\partial t_{si}}\right)^2 u^2(t_{si}) = u_{rel}^2(t_i) + u_{rel}^2(t_{si})$$

E.3 全部输入量的标准不确定度评定

E.3.1 输入量 t_i 的 A 类不确定度 $u(t_i)$ 的评定

其来源主要是流量计温度测量的重复性，用多次重复测量得到的一组测量列 t_1 、 t_2 …… t_n ，采用 A 类评定方法评定。

在恒温箱控制温度为 25.03℃时，连续测量 6 次流量计显示的温度值，得到一组温度测量列，如表 E.1：

表 E.1 连续 6 次测量结果

次数	1	2	3	4	5	6
温度示值误差 E_{ti} （%）	25.12	25.15	25.07	25.19	25.25	25.31

计算得流量平均值为： $\bar{t}_i = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 t_i = 25.20^{\circ}\text{C}$

单次测量值的实验标准偏差为： $s(t_i) = 0.07^{\circ}\text{C}$

实际测量情况为在重复性条件下测量 3 次，以 3 次测量算术平均值为测量结果，平时测量算术平均值 $\bar{q}_i$ 中由测量重复性引入的 A 类标准不确定度为：

$$u(t_i) = \frac{s(t_i)}{\sqrt{n}} = \frac{0.07}{\sqrt{3}}^{\circ}\text{C} = 0.04^{\circ}\text{C} , \quad u_{\text{rel}}(t_i) = \frac{0.04}{25.20} \times 100\% = 0.16\%$$

E.3.2 输入量 t_{si} 不确定度 $u(t_{si})$ 的评定

输入量 t_{si} 相对不确定度 $u_{\text{rel}}(t_{si})$ 不确定度主要来源于标准温度计和恒温箱的最大允许误差，其不确定度采用 B 类方法评定。

其中，标准温度计的准确度等级为 0.1 级，所以 $u_{\text{rel}}(t_{si}) = 0.10\% / \sqrt{3} = 0.058\%$ 。

恒温箱温度控制精度为 $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$ ，所以 $u(t_{si}') = 0.05^{\circ}\text{C} / \sqrt{3} = 0.029^{\circ}\text{C}$ ；

$u_{\text{rel}}(t_{si}') = 0.029^{\circ}\text{C} / 25.03^{\circ}\text{C} \times 100\% = 0.12\%$

E.4 合成标准不确定度计算

表 E.2 温度示值误差标准不确定度分量汇总表

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度值
$u_r(t_i)$	测量重复性	0.16%
$u_r(t_{si})$	标准温度计引入的不确定度	0.058%
$u_r(t_{si}')$	恒温箱引入的不确定度	0.12%

则计算得到的合成标准不确定度为 $u_{\text{rel}}(E_{ti}) = \sqrt{0.16^2 + 0.058^2 + 0.12^2} \% = 0.21\%$

E.5 扩展不确定度计算

取包含因子 $k=2$ ，则相对扩展不确定度 $U_{\text{rel}} = k \times u_{\text{rel}}(E_{ti}) = 2 \times 0.21\% = 0.42\%$ 。

JJF(新) 40—2024

新疆维吾尔自治区
地方计量技术规范

天然气流量计全参数校准规范

JJF(新) XX—2024

新疆维吾尔自治区市场监督管理局发布

*

版权所有 不得翻印

*

880mm×1230mm 16 开本

2024 年 XX 月第 1 版 202X 年 XX 月第 1 次印刷

印数 1-100