



新疆维吾尔自治区地方计量技术规范

JJF（新）130—2024

体积修正仪校准规范

Calibration Specification for Volume Conversion Device

2024-12-31 发布

2025-06-30 实施

新疆维吾尔自治区市场监督管理局 发布

体积修正仪校准规范

Calibration Specification for

Volume Conversion Device

JJF(新)130 —2024

归口单位：新疆维吾尔自治区市场监督管理局

主要起草单位：新疆维吾尔自治区计量测试研究院

参加起草单位：新疆燃气集团有限公司

塔里木油田分公司实验检测研究院

天信仪表集团有限公司

北京莱森泰克科技有限公司

本规范委托新疆维吾尔自治区热工计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

宋长亮 （新疆维吾尔自治区计量测试研究院）

李晓宇 （新疆维吾尔自治区计量测试研究院）

朱晓明 （新疆维吾尔自治区计量测试研究院）

参与起草人：

王 静 （新疆燃气集团有限公司）

周 明 （塔里木油田分公司实验检测研究院）

陶朝建 （天信仪表集团有限公司）

刘 峰 （北京莱森泰克科技有限公司）

目 录

引 言 II

1 范围 1

2 引用文件 1

3 术语和计量单位 1

4 概述 2

4.1 结构与工作原理 2

5 计量特性 4

5.1 示值误差 4

6 校准条件 4

6.1 环境条件 4

7 校准项目和校准方法 5

7.1 校准项目 5

7.2 校准方法 5

8 校准结果表达 8

9 复校时间间隔 8

附录 A 体积修正仪校准原始记录格式 9

附录 B 校准证书的内容 11

附录 C 体积转换误差测量结果不确定度评定示例 13

附录 D 温度测量误差测量结果不确定度评定示例 16

附录 E 压力测量误差测量结果不确定度评定示例 17

附录 F 通过标况体积量校准积算误差测量结果不确定度评定示例 18

引 言

JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》和 JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》共同构成本规范制订的基础性系列规范。

本规范参照 GB/T 36242《燃气流量计体积修正仪》、JJG 229《工业铂、铜热电阻》和 JJG 860《压力传感器(静态)》等技术规范，并结合我区燃气流量计和体积修正仪的技术水平和行业现状进行制定。

本规范为首次发布

体积修正仪校准规范

1 范围

本规范适用于带有温度压力传感器，具有温度(T)转换、压力温度(PT)转换或压力温度压缩因子(PTZ)转换功能的燃气流量计体积修正仪的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 229 工业铂、铜热电阻

JJG 860 压力传感器（静态）

GB/T 17747.1 天然气压缩因子的计算 第1部分：导论和指南

GB/T 17747.2 天然气压缩因子的计算 第2部分：用摩尔组成进行计算

GB/T 17747.3 天然气压缩因子的计算 第3部分：用物性值进行计算

GB/T 36242 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该规范；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 术语和计量单位

3.1 体积修正仪 volume conversion device

由积算器和温度传感器，或由积算器、温度传感器和压力传感器组成，根据燃气流量计测得的体积流量、燃气温度和压力等参数进行计算，将测量条件下（以下简称“工况”）的体积量转化成标准参比条件下（以下简称“标况”）的体积量，并进行积算、存储和显示的装置。以下简称“修正仪”。

3.2 压力测量误差 error of pressure measuring

压力测量值与参考值之间的偏差。

3.3 温度测量误差 error of temperature measuring

温度测量值与参考值之间的偏差。

3.4 积算单元误差 error of calculator unit

当按制造商规定的接口模拟输入设定的燃气体积、压力值和温度值时，计算得到的标况体积 V_b 的示值误差。

注：积算单元误差也称积算器误差，包括所有运算引入的误差（包括压缩因子计

算、数学运算等），不包括温度和压力的测量误差。

3.5 转换系数 conversion factor

等于基准条件下的体积除以拟转换体积，或者当燃气流量计不校正时，等于基准条件下的体积除以测量条件下的体积。

3.6 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} 的相对误差，用 e_c （转换系数误差）表示；或修正仪所显示的标准体积流量 V_b 与标准装置测出的约定真值 V_{CV} 的相对误差，用 e_v （标准体积转换误差）表示。本规范在计算转换误差时采用标准体积转换误差，以下简称“体积转换误差”。

4 概述

修正仪将流量计测出的工况体积量转换成标况体积量，实现燃气标况体积流量计量。其配套的温度传感器和压力传感器分别符合 JJG 229 和 JJG 860 的要求。

按照修正仪具备的转换功能分类，可分为具有温度（T）转换功能的修正仪、具有温度和压力（PT）转换功能的修正仪，以及具有温度、压力和压缩因子（PTZ）转换功能修正仪三种类型。按照修正仪输入端口类型分类，可分为具有脉冲输入端口的修正仪和具有数字通讯端口的修正仪两种。

4.1 结构与工作原理

修正仪主要由温度传感器、压力传感器、输入输出单元、积算单元、显示单元、存储单元、操作键等组成，输入输出单元主要包含流量信号输入、流量信号输出、数字信号输入、数字信号输出和温度压力信号输入等。结构框图如图 1 所示：

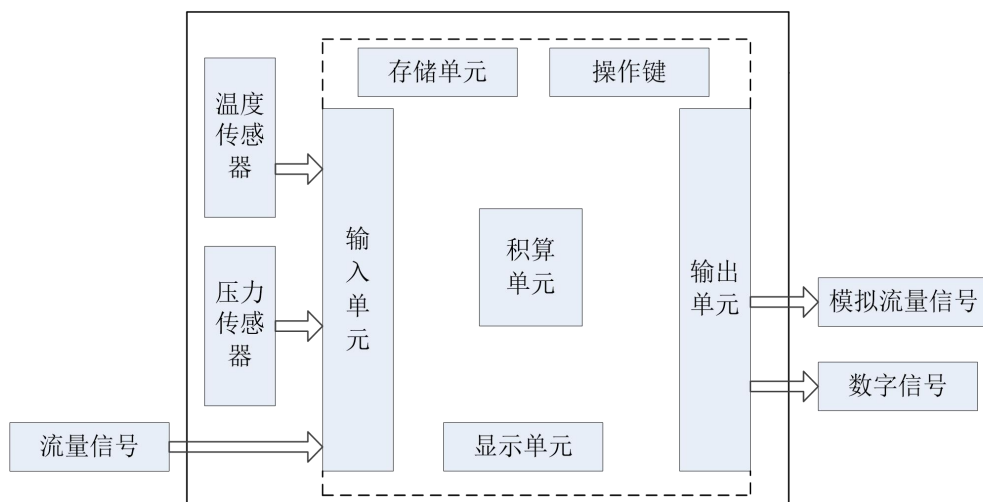


图 1 修正仪结构框图

修正仪采用与温度、压力有关的函数方程来计算压缩因子予以修正，以实现燃气体积进行温度、压力和压缩因子转换，如公式(1)：

$$Z=f(p, T) \quad (1)$$

式中

Z ——测量条件下的燃气压缩因子；

p ——测量条件下的绝对压力，kPa；

T ——测量条件下的热力学温度，K。

天然气压缩因子应按 GB/T 17747.1、GB/T 17747.2 或 GB/T 17747.3 规定的方法，通过校准软件输入可设置的燃气性质和组分计算得到。

修正仪通过温度、压力和压缩因子实现燃气体积转换，标况条件下的体积按式(2)计算：

$$V_b=C \times V \quad (2)$$

式中：

V_b ——体积修正仪转换的标况体积值， m^3 ；

C ——转换系数；

V ——工况体积值， m^3 ；

转换系数 C 按式(3)计算：

$$C = \frac{p}{p_b} \times \frac{T_b}{T} \times \frac{Z_b}{Z} \quad (3)$$

式中：

p ——工况条件下的绝对压力，kPa；

p_b ——标况绝对压力值，具体数值 101.325kPa；

T ——工况条件下的热力学温度，K；

T_b ——标况热力学温度值，具体数值 293.15K；

Z_b ——标况条件下的燃气压缩因子标准值；

Z ——工况条件下的燃气压缩因子。

注：对于温度(T)转换修正仪工况压力、压缩因子为固定值，对于压力温度(PT)转换修正仪工况压缩因子为固定值。

5 计量特性

5.1 示值误差

修正仪的主示值误差用体积转换误差 (e_v) 表示, 分量误差包括温度测量误差 (e_T)、压力测量误差 (e_p) 和积算误差 (e_f)。修正仪主示值和各分量的最大允许误差用相对误差表示, 最大允许误差限参考表 2。

表 2 修正仪最大允许误差限 (MPE)

校准误差类别	最大允许误差限 (MPE)
体积转换误差 (e_v)	$\pm 1.0\%$
积算单元误差 (e_f)	$\pm 0.2\%$
温度测量误差 (e_T)	$\pm 0.2\%$
压力测量误差 (e_p)	$\pm 0.2\%$
注: 1. 修正仪体积转换误差不考虑燃气流量计的误差; 2. 积算器的误差仅考虑自身对脉冲信号的接收和运算所产生的误差, 不考虑压缩因子计算方法不确定度影响; 3. 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; 4. 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。 5. 误差指标不适用于合格性判定, 仅供参考。	

6 校准条件

6.1 环境条件

环境温度: $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 环境湿度: 不大于 80%RH

6.2 标准器及其他设备

标准器主要由标准压力计、标准温度计、恒温槽或恒温箱、脉冲频率信号发生器和积算单元等仪表设备组成。压力温度标准器的最大允许误差绝对值不大于被校积算仪温度压力示值误差绝对值的三分之一。所用主标准器及配套设备应具有有效的检定或校准证书。标准器的性能指标参考表 3, 配套设备的性能指标参考表 4。

表 3 主标准器

序 号	名称	不确定度/准确度等级 /最大允许误差	测量范围	校准项目
1	数字压力控制器	0.05 级及以上	(0~7000) kPa (绝压)	压力示值误差
2	标准温度计	MPE: $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$	$(-30 \sim 70)^{\circ}\text{C}$	温度示值误差
3	脉冲频率信号发生器	$U=0.001\%, k=2$	(0~10) kHz	体积转换误差 积算误差

表 4 配套设备

序号	名称	技术要求	测量范围
1	恒温槽	波动度：≤±0.02℃/10min 均匀度：≤0.02℃	(-30~70)℃
2	恒温箱	波动度：≤±0.2℃/10min 均匀度：≤0.5℃	(-30~70)℃
3	计算机软件及计算机	/	/

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

校准项目主要包括温度测量误差、压力测量误差、积算误差和体积转换误差。具体需校准项目可根据用户的预期用途或积算仪类型进行选择。

7.2 校准方法

7.2.1 校准装置连接

对于温度和压力传感器可以从流量计基表壳体上拆卸下来的体积修正仪，按照图 2 连接校准装置和被校修正仪。温度传感器分别置入恒温槽，压力传感器与数字压力计控制器连接，脉冲输入端口连接到脉冲频率信号发生器，从而实现修正仪计量性能的校准。

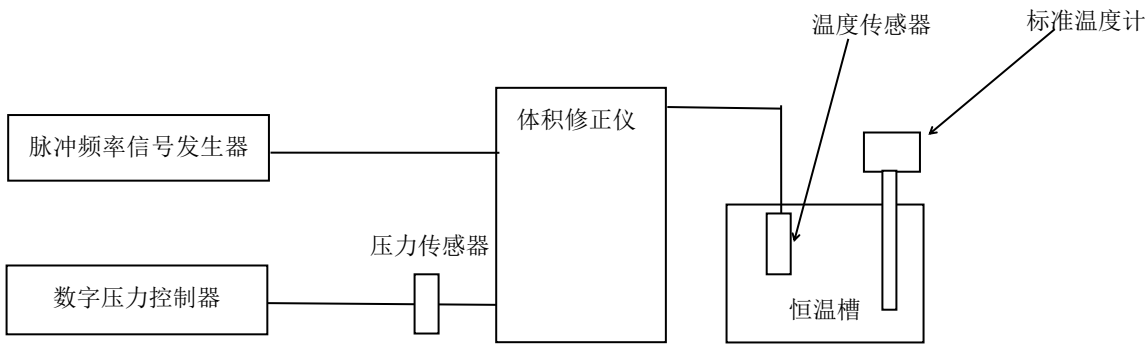


图 2 使用恒温槽校准体积修正仪

对于温度和压力传感器不能从流量计基表壳体上拆卸下来的体积修正仪。按照图 3 连接校准装置和被校修正仪。将体积修正仪整体放入恒温箱。标准温度计的传感器端尽量贴近被校体积修正仪的温度传感器。压力传感器与数字压力计控制器连接，脉冲输入端口连接到脉冲频率信号发生器，实现修正仪计量性能的校准。

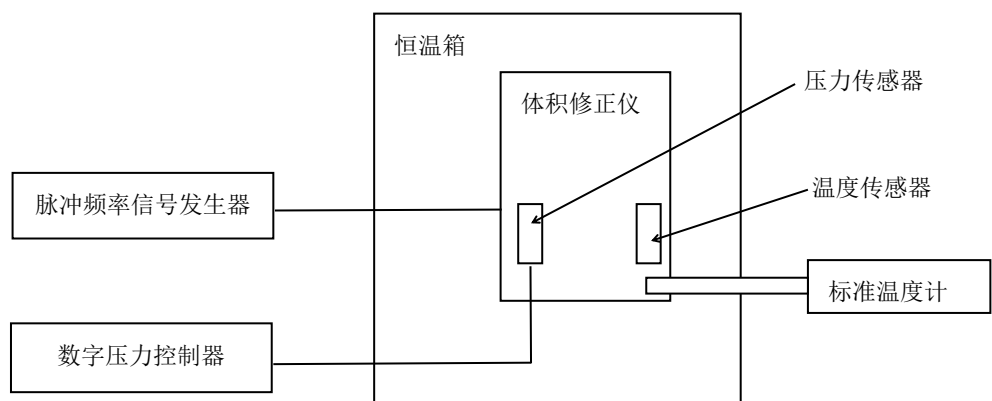


图 3 使用恒温箱校准体积修正仪

7.2.2 校准过程

修正仪的积算误差、压力测量误差和温度测量误差可与体积转换误差同时测试。校准时参照表 5 规定的温度和压力点及顺序进行。校准点也可按照客户的要求选取。输入脉冲信号频率可选相关燃气流量计的上限频率，函数信号发生器每次发送脉冲数应不少于 2000 个，并确保体积修正仪工况体积增加量等于脉冲数和脉冲当量之积。

表 5 15 个试验点及顺序

T	p				
	p_{\min}	p_2	p_3	p_4	p_{\max}
T_{\min}	1	→ 2	→ 3	→ 4	→ 5
T_{mid}	10	← 9	← 8	← 7	← 6
T_{\max}	11	→ 12	→ 13	→ 14	→ 15
$T_{\text{mid}} \approx \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2}$ $p_2 \approx \frac{3p_{\min} + p_{\max}}{4}$ $p_3 \approx \frac{p_{\min} + p_{\max}}{2}$ $p_4 \approx \frac{p_{\min} + 3p_{\max}}{4}$					
注： 1. 温度和压力试验点在以上公式计算值的±4%以内即可； 2. 对于温度(T)转换修正仪，只需在 T_{\min} 、 T_{mid} 、 T_{\max} 三个温度点测试。					

7.3 计算方法

校准过程中，每个校准点对体积修正仪进行连续 3 次测量，取测量平均值计算示值误差。

7.3.1 体积转换误差

读取体积修正仪通过采集温度压力值和脉冲值得出并显示的标况体积值 V_b 将在相同校准点的标准温度压力值和气体组分（组分和被校体积修正仪的数值相同），及脉冲值输入计算软件计算得到 V_{cv} 。

体积转换误差 e_v 应按照式（4）计算：

$$e_v = \frac{(V_b - V_{cv})}{V_{cv}} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

e_v ——体积转换误差；

V_b ——体积修正仪转换的标况体积值, m^3 ；

V_{cv} ——标况体积的约定真值，由计算软件计算得到, m^3 。

7.3.2 积算单元误差

通过基准条件下体积量转换计算修正仪的积算单元误差 e_f 时，通过将被校体积修正仪测得的温度压力值和脉冲值输入计算软件计算出的标况条件下体积的约定真值 V_{cvf} ；与在相同的温度压力脉冲值情况下，体积修正仪显示的标况体积 V_b 一起带入公式（5）求得。

$$e_f = \frac{(V_b - V_{cvf})}{V_{cvf}} \times 100\% \quad (5)$$

式中：

e_f ——积算单元误差；

V_b ——体积修正仪转换的标况体积值, m^3 ；

V_{cvf} ——将被校体积修正仪测得的温度压力值通过由计算软件计算得到的标况体积的约定真值, m^3 ；

7.3.3 压力测量误差

修正仪的压力测量误差 e_p 应按式（6）计算：

$$e_p = \frac{(p - p_{cv})}{p_{cv}} \times 100\% \quad (6)$$

式中：

p ——被校修正仪测得的绝对压力值, kPa ；

p_{cv} ——标准测得的绝对压力约定真值, kPa ；

7.3.4 温度测量误差

修正仪的温度测量误差 e_t 应按式 (7) 计算:

$$e_t = \frac{(t - t_{CV})}{t_{CV}} \times 100\% \quad (7)$$

t ——被校修正仪测得的温度值, °C;

t_{CV} ——标准测得的温度约定真值, °C;

8 校准结果表达

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 校准证书

校准证书由封面和校准数据组成, 经校准的体积修正仪应出具校准证书, 校准证书应包括的信息及推荐的校准证书内页格式见附录 B。

当客户要求时, 可以根据计量特性进行符合性判定, 并将结论列入校准证书。进行符合性判定应考虑测量不确定度。

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。

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸多因素所决定的, 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。

附录 A

体积修正仪校准原始记录格式

原始记录编号：

送校单位：		地址：	
制造厂：	仪器型号：	仪器编号：	
环境温度：℃	环境湿度：%RH		
校准依据：	校准地点：		
校准员：	核验员：	校准日期：	
校准用主要计量标准器：			
标准器	证书编号	不确定度	有效期

1、温度测量误差：

校准点(℃)					
标准温度(℃)					
被校显示温度(℃)					
被校平均值(℃)					
示值误差(℃)					
相对误差 (%)					
不确定度 U_r (%) $k=2$					

2、压力测量误差：

校准点(kPa)					
标准压力(kPa)					
被校显示压力(kPa)					
被校平均值(kPa)					
示值误差(kPa)					
相对误差 (%)					
不确定度 U_r (%) $k=2$					

3、积算误差：

校准点 (m^3/h)					
标准体积 (m^3/h)					
被校显示体积 (m^3/h)					
示值误差 (m^3/h)					
相对误差 (%)					
不确定度 U_r (%) $k=2$					

4、体积转换误差：

校准点 (m^3/h)					
标准体积 (m^3/h)					
被校显示体积 (m^3/h)					
示值误差 (m^3/h)					
相对误差 (%)					
不确定度 U_r (%) $k=2$					

校准：_____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 校准证书结果页

1、温度测量误差：

校准点(℃)					
相对误差(%)					
不确定度 U_r (%) $k=2$					

2、压力测量误差：

校准点(kPa)					
相对误差(%)					
不确定度 U_r (%) $k=2$					

3、积算误差：

校准点(m ³ /h)					
相对误差(%)					
不确定度 U_r (%) $k=2$					

4、体积转换误差：

校准点(m ³ /h)					
相对误差(%)					
不确定度 U_r (%) $k=2$					

校准内容结束

附录 C

体积转换误差测量结果不确定度评定示例

C.1 测量方法

连接方法如正文图 1 所示, 标准装置采用标准数字温度计, 最大允许误差为 $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$, 并使用了在 $-30^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$ 温度范围内温度波动度为 $\pm 0.01^{\circ}\text{C}/10\text{min}$ 。均匀度为 0.01°C 的恒温槽; 数字压力控制器准确度等级为 0.02 级; 标准装置软件采用 GB/T17747.2 计算压缩因子; 体积转换误差测量过程中, 频率信号发生器向被校准的修正仪发送频率为 100Hz 的 200000 个脉冲, 脉冲当量为每个脉冲 0.01m^3 , 忽略标况体积量分辨率, 工况体积量为 2000m^3 , 校准点分别为 3 个温度点 ($t_{\min} = -10^{\circ}\text{C}$, $t_{\max} = 60^{\circ}\text{C}$) 和 5 个压力点 ($p_{\min} = 103.3\text{kPa}$, $p_{\max} = 500\text{kPa}$), 由于在最低压力点和最低温度点时测量不确定度偏大, 因此估算不确定度时选取最低温度点 -10°C 、最低压力点 103.3kPa 。

C.2 测量模型

对于单次测量, 修正仪标况体积量的示值误差定义为:

$$V_e = V_b - V_{CV}$$

式中,

$$u(V_e) = \sqrt{u^2(V_b) + u^2(V_{cv})}$$

C.3 V_b 测量的不确定度分量

V_b 为被校仪表的示值, 采用 A 类不确定度评定。四次测量值分别为 2230.4, 2230.8, 2231.1, 2230.1。采用极差法评定:

$$u(V_b) = \frac{2231.1 - 2230.1}{2.059} \approx 0.5\text{m}^3$$

C.4 V_{cv} 测量的不确定度分量

$$V_{cv} = \frac{293.15 \times N \times D}{101.325} \times \left(\frac{p_{cv}}{T_{cv}} \times Z_r \right)$$

式中:

式中:

p_{cv} ——工况绝对压力的约定真值, kPa;

T_{cv} ——工况的热力学温度约定真值, K;

Z_r ——相对压缩因子, 为标况压缩因子约定真值与工况压缩因子约定真值的比值;

N ——脉冲频率发生器产生的脉冲数;

D ——脉冲当量 (每个脉冲代表的体积量), m^3 ;

$$u_c^2(V_{CV}) = \left(\frac{\partial V_{CV}}{\partial N}\right)^2 u^2(N) + \left(\frac{\partial V_{CV}}{\partial p_{CV}}\right)^2 u^2(p_{CV}) + \left(\frac{\partial V_{CV}}{\partial T_{CV}}\right)^2 u^2(T_{CV}) + \left(\frac{\partial V_{CV}}{\partial Z_r}\right)^2 u^2(Z_r)$$

$$\frac{\partial V_{CV}}{\partial N} = 1.1, \quad \frac{\partial V_{CV}}{\partial p_{CV}} = 2.2, \quad \frac{\partial V_{CV}}{\partial T_{CV}} = -0.8, \quad \frac{\partial V_{CV}}{\partial Z_r} = 228.2$$

C.4.1 输入量 p_{CV} 的标准不确定度 $u(p_{CV})$ 的评定

所使用的数字压力控制器为 0.02 级, 按均匀分布处理, 取 $k = \sqrt{3}$, 则:

$$u(p_{CV}) = \frac{7000 \times 0.02\%}{\sqrt{3}} = 0.8 \text{ kPa}$$

C.4.2 输入量 T_{CV} 的标准不确定度 $u(T_{CV})$ 的评定

C.4.2.1 标准温度计引入的相对标准不确定度 $u_r(T_{CV1})$

标准温度计的最大允许误差为 $\pm 0.05 \text{ K}$, 则:

$$u(T_{CV1}) = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.029 \text{ K}$$

C.4.2.2 恒温槽均匀度引入的相对标准不确定度 $u_r(T_{CV2})$

温度均匀度为 0.01 K , 按均匀分布处理, 取 $k = \sqrt{3}$, 则:

$$u(T_{CV2}) = \frac{0.01}{\sqrt{3}} = 0.006 \text{ K}$$

C.4.2.3 恒温槽波动度引入的相对标准不确定度 $u_r(T_{CV3})$

温度波动度为 $\pm 0.01 \text{ }^\circ\text{C}$, 按均匀分布处理, 取 $k = \sqrt{3}$, 则:

$$u(T_{CV3}) = \frac{0.01}{\sqrt{3}} = 0.006 \text{ K}$$

C.4.2.4 输入量 T_{CV} 的标准不确定度 $u(T_{CV})$

T_{CV} 的相对标准不确定度由以上 3 个不确定度分量合成得到, 该 3 项不确定度分量间不相关, 则:

$$u(T_{CV}) = \sqrt{u^2(T_{CV1}) + u^2(T_{CV2}) + u^2(T_{CV3})} = 0.03 \text{ K}$$

C.4.2.5 输入量 Z_r 的标准不确定度 $u(Z_r)$ 的评定

按照 GB/T17747.2 和 17747.3 可知, Z_r 的不确定度, 估算为:

$$u(Z_r) = \frac{0.1\% \times 1}{2} = 0.0005$$

C.4.2.6 输入量 N 的标准不确定度 $u(N)$ 的评定:

频率信号发生器的不确定度 $U=0.001\%$, $k=2$ 按均匀分布, 则 200000 个脉冲的不确定度为 $u(N) = \frac{0.001\% \times 200000}{2\sqrt{3}} = 0.58$

C.4.3 V_{CV} 测量的不确定度分量合成

$$u_c(V_{CV}) = \sqrt{\left(\frac{\partial V_{CV}}{\partial N}\right)^2 u^2(N) + \left(\frac{\partial V_{CV}}{\partial p_{CV}}\right)^2 u^2(p_{CV}) + \left(\frac{\partial V_{CV}}{\partial T_{CV}}\right)^2 u^2(T_{CV}) + \left(\frac{\partial V_{CV}}{\partial Z_r}\right)^2 u^2(Z_r)}$$

$$u_c(V_{CV}) = \sqrt{1.1^2 \times 0.58^2 + 2.2^2 \times 0.8^2 + (-0.8)^2 \times 0.03^2 + 228.2^2 \times 0.0005^2}$$

$$=1.8\text{m}^3$$

C.5 $u(V_e)$ 的合成:

$$u(V_e) = \sqrt{u^2(V_b) + u^2(V_{cv})} = \sqrt{0.5^2 + 4.8^2} = 4.9\text{m}^3$$

C.7 $U(V_e)$ 的扩展:

取包含因子 $k=2$,

$$U(V_e) = ku_c(V_e) = 2 \times 1.9 = 3.8\text{m}^3$$

C.8 相对不确定度

相对误差 e_v 的不确定度为:

$$u(e_v) = \frac{u(V_e)}{V_{cv}} = \frac{1.9}{2230} \approx 0.09\%$$

取包含因子 $k=2$,

$$U(e_v) = 2 \times 0.09\% = 0.18\%$$

被校修正仪标况体积量示值相对误差 e_v 扩展不确定度为:

$$U_r = 0.18\% \quad (k=2)$$

附录 D 温度测量误差测量结果不确定度评定示例

D.1 测量方法

标准装置采用标准数字温度计，最大误差为 $\pm 0.05^\circ\text{C}$ ，并使用了在 $-30^\circ\text{C}\sim 70^\circ\text{C}$ 温度范围内温度波动度为 $\pm 0.01^\circ\text{C}/10\text{min}$ 。均匀度为 0.01°C 的恒温槽；气校准点分别为 3 个温度点（ $t_{\min}=-10^\circ\text{C}$ ， $t_{\max}=60^\circ\text{C}$ ）由于在最低温度点时测量不确定度偏大，因此估算不确定度时选取最低温度点 -10°C 。

D.2 测量模型

对于单次测量，修正仪温度测量的相对示值误差定义为：

$$e_t = \frac{t - t_{\text{CV}}}{t_{\text{CV}}} = \frac{t}{t_{\text{CV}}} - 1$$

D.3 输入量 T_{CV} 的标准不确定度 $u_r(t_{\text{CV}})$ 的评定

与 A.3.2 相同， $u_r(t_{\text{CV}})=0.0049\%$ 。

D.4 t 的测量重复性引入的标准不确定度

重复测量 3 次， $t_1=-0.03\%$ ， $t_2=-0.03\%$ ， $t_3=-0.04\%$ ，用极差法计算单次测量的试验标准偏差：

$$s(x_k) = \frac{0.01\%}{1.69} = 0.00592\%$$

三次测量平均值试验标准差（即 t 测量的 A 类标准不确定度）：

$$u_A(e_T) = \frac{s(x_k)}{\sqrt{3}} = 0.00342\%$$

D.5 e_t 合成标准不确定度

$$u_c(e_T) = \sqrt{u_r^2(t_{\text{CV}}) + u_A^2(t)} = 0.0060\%$$

D.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则温度测量误差 e_t 的扩展不确定度为：

$$U_r(e_T) = k \cdot u_c(e_t) = 0.012\%$$

所以，被校修正仪温度示值误差 e_T 的扩展不确定度为：

$$U_r = 0.012\% \quad (k=2)$$

附录 E 压力测量误差测量结果不确定度评定示例

E.1 测量方法

标准装置采用的数字压力控制器准确度等级为 0.02 级；校准点分别为 5 个压力点（ $p_{\min}=103.3\text{kPa}$ ， $p_{\max}=500\text{kPa}$ ），由于在最低压力点时测量不确定度偏大，因此估算不确定度时选取最低压力点 103.3kPa。

E.2 测量模型

对于单次测量，修正仪压力测量的相对示值误差定义为：

$$e_p = \frac{p - p_{CV}}{p_{CV}} = \frac{p}{p_{CV}} - 1$$

E.3 输入量 p_{CV} 的标准不确定度 $u_r(p_{CV})$ 的评定

压力校验仪的准确度等级为 0.02 级，按均匀分布处理，取 $k = \sqrt{3}$ ，则：

$$u_r(p_{CV}) = \frac{0.02\%}{\sqrt{3}} = 0.0115\%$$

E.4 压力 p 测量重复性引入的标准不确定度

重复测量 3 次， $p_1=0.10\%$ ， $p_2=0.09\%$ ， $p_3=0.11\%$ ，用极差法计算单次测量的试验标准偏差：

$$s(x_k) = \frac{0.02\%}{1.69} = 0.0118\%$$

三次测量平均值试验标准差（即压力 p 测量的 A 类标准不确定度）：

$$u_A(p) = \frac{s(x_k)}{\sqrt{3}} = 0.00681\%$$

E.5 e_p 合成标准不确定度

$$u_c(e_p) = \sqrt{u_r^2(p_{CV}) + u_A^2(p)} = 0.014\%$$

E.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则压力测量误差 e_p 的扩展不确定度为：

$$U(e_p) = k \cdot u_c(e_p) = 0.028\%$$

所以，被校修正仪压力示值误差 e_p 的扩展不确定度为：

$$U = 0.028\% \quad (k=2)$$

附录 F 通过标况体积量校准积算误差测量结果不确定度评定示例

F.1 测量方法

基本同 A.1，区别是标准装置计算体积量时，按修正仪测量得到的压力、温度计算。

F.2 测量模型

对于单次测量，修正仪采用转换系数算出的积算误差为：

测量模型

对于单次测量，修正仪标况体积量的示值误差定义为：

$$V_v = V_b - V_{CVF}$$

式中，

$$u(V_v) = \sqrt{u^2(V_b) + u^2(V_{cvf})}$$

F.3 V_b 测量的不确定度分量

V_b 为被校仪表的示值，采用 A 类不确定度评定。四次测量值分别为 2230.4，2230.8，2231.1，2230.1。采用极差法评定：

$$u(V_b) = \frac{2231.1 - 2230.1}{2.059} \approx 0.5 \text{ m}^3$$

F.4 V_{cvf} 测量的不确定度分量

$$V_{cvf} = \frac{293.15 \times N \times D}{101.325} \times \left(\frac{p}{T} \times Z_r \right)$$

式中：

P ——体积修正仪显示的工况绝对压力值，kPa；

T ——体积修正仪显示的工况温度值，K；

Z_r ——相对压缩因子，为标况压缩因子约定真值与工况压缩因子约定真值的比值；

N ——脉冲频率发生器产生的脉冲数；

D ——脉冲当量（每个脉冲代表的体积量）， m^3 ；

由于， P 和 T 为固定值。

$$u_c^2(V_{CVF}) = \left(\frac{\partial V_{CVF}}{\partial N} \right)^2 u^2(N) + \left(\frac{\partial V_{CVF}}{\partial Z_r} \right)^2 u^2(Z_r)$$

$$\frac{\partial V_{CV}}{\partial N} = 1.1, \frac{\partial V_{CV}}{\partial Z_r} = 228.2$$

F.4.1 恒温槽均匀度引入的相对标准不确定度 $u_r(T_{CV2})$

温度均匀度为 0.01K, 按均匀分布处理, 取 $k = \sqrt{3}$, 则:

$$u(T_{CV2}) = \frac{0.01}{\sqrt{3}} = 0.006K$$

F.4.2 恒温槽波动度引入的相对标准不确定度 $u_r(T_{CV3})$

温度波动度为 $\pm 0.01^\circ\text{C}$, 按均匀分布处理, 取 $k = \sqrt{3}$, 则:

$$u(T_{CV3}) = \frac{0.01}{\sqrt{3}} = 0.006K$$

F.4.3 输入量 T_{CV} 的标准不确定度 $u(T_{CV})$

T_{CV} 的相对标准不确定度由以上 3 个不确定度分量合成得到, 该 3 项不确定度分量间不相关, 则:

$$u(T_{CV}) = \sqrt{u^2(T_{CV1}) + u^2(T_{CV2}) + u^2(T_{CV3})} = 0.03K$$

F.4.4 输入量 Z_r 的标准不确定度 $u(Z_r)$ 的评定

按照 GB/T17747.2 和 17747.3 可知, Z_r 的不确定度, 估算为:

$$u(Z_r) = \frac{0.1\% \times 1}{2} = 0.0005$$

F.4.5 输入量 N 的标准不确定度 $u(N)$ 的评定:

频率信号发生器的不确定度 $U=0.001\%$, $k=2$ 按均匀分布, 则 200000 个脉冲的不确定度为 $u(N) = \frac{0.001\% \times 200000}{2\sqrt{3}} = 0.58$

F.5 V_{cvf} 测量的不确定度分量合成

$$u_c(V_{cvf}) = \sqrt{\left(\frac{\partial V_{CV}}{\partial N}\right)^2 u^2(N) + \left(\frac{\partial V_{CV}}{\partial Z_r}\right)^2 u^2(Z_r)}$$

$$= 0.6\text{m}^3$$

F.6 $u(V_v)$ 的合成:

$$u(V_v) = \sqrt{u^2(V_b) + u^2(V_{cv})} = \sqrt{0.5^2 + 0.6^2} = 0.8\text{m}^3$$

C.7 $U(V_e)$ 的扩展:

取包含因子 $k=2$,

$$U(V_e) = k u_c(V_e) = 2 \times 0.8 = 1.6\text{m}^3$$

C.8 相对不确定度

相对误差 e_r 的不确定度为:

$$u(e_f) = \frac{u(V_v)}{V_{cvf}} = \frac{0.8}{2230} \approx 0.04\%$$

取包含因子 $k=2$,

$$U(e_v) = 2 \times 0.04\% = 0.08\%$$

被校修正仪积算相对误差 e_r 扩展不确定度为:

$$U_r(e_r) = 0.08\% \quad (k=2)$$

新疆维吾尔自治区
地方计量校准规范

体积修正仪校准规范

JJF(新)130—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

2025 年 1 月第 1 版 2025 年 1 月第 1 次印刷

印数 1-100