

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1357—2012

湿式气体流量计校准规范

Calibration Specification for
Wet Gas Meters

2012-09-03 发布

2012-12-03 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

湿式气体流量计校准规范

Calibration Specification for

Wet Gas Meters

JJF 1357—2012

归口单位：全国流量容量计量技术委员会

主要起草单位：重庆市计量质量检测研究院

北京市计量检测科学研究院

浙江省计量科学研究院

参加起草单位：重庆三协益新仪器仪表有限公司

重庆巨创计量设备股份有限公司

中国测试技术研究院

本规范主要起草人：

廖 新（重庆市计量质量检测研究院）

杨有涛（北京市计量检测科学研究院）

沈文新（浙江省计量科学研究院）

参加起草人：

李绍谷（重庆三协益新仪器仪表有限公司）

吴明清（重庆市计量质量检测研究院）

傅 斌（重庆巨创计量设备股份有限公司）

潘光玲（中国测试技术研究院）

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语和计量单位	(1)
3.1 术语	(1)
3.2 计量单位	(2)
4 概述	(2)
4.1 工作原理	(2)
4.2 用途	(2)
4.3 结构	(2)
5 计量特性	(3)
5.1 修正因子的扩展不确定度	(3)
5.2 示值误差的扩展不确定度	(3)
6 校准条件	(3)
6.1 环境条件	(3)
6.2 主标准器及配套设备	(4)
7 校准项目和校准方法	(4)
7.1 校准项目	(4)
7.2 校准方法	(4)
8 校准结果的表达	(9)
9 复校时间间隔	(9)
附录 A 校准记录的参考格式	(10)
附录 B 校准证书的 (内页) 参考格式	(12)
附录 C 不确定度评定实例	(13)

引 言

本规范参照国际法制计量组织（OIML）的国际建议 OIML R137-1&2: 2012《气体流量计》（Gas Meters），并结合我国湿式气体流量计的生产、使用和校准现状进行制定，主要的技术指标参照了国际建议编写。

本规范所用术语，除在本规范中专门定义的外，均采用 JJF 1001《通用计量术语及定义》和 JJF 1004《流量计量名词术语及定义》。

根据 JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》第 3.1、3.2 条，本规范将示值误差的扩展不确定度、修正因子和修正因子的扩展不确定度列为计量性能并作为计量校准的主要工作。

本规范引用了 JJG 643《标准表法流量标准装置》对标准气体流量计和 JJG 633《气体容积式流量计》对工作用湿式气体流量计的检定要求。

本规范是首次制定使用。

湿式气体流量计校准规范

1 范围

本规范适用于湿式气体流量计的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 633—2005 气体容积式流量计

JJG 643—2003 标准表法流量标准装置

JJF 1001 通用计量术语及定义

JJF 1004 流量计量名词术语及定义

OIML R137-1&2: 2012 气体流量计 (Gas Meters)

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 术语和计量单位

3.1 术语

3.1.1 湿式气体流量计 wet gas meter

依靠密封液将进出气端完全隔离开的容积式气体流量计。

注：根据使用特点，将湿式气体流量计分为两种：

1) 定点使用的湿式气体流量计：只在固定的流量点使用的湿式气体流量计。

2) 非定点使用的湿式气体流量计：在流量范围内任意流量点均可使用的湿式气体流量计。

3.1.2 鼓轮 drum

鼓轮是湿式气体流量计的机芯，它是一端被中间有孔的端盖盖住的形状如鼓的圆筒。

3.1.3 回转体积 cyclic volume

湿式气体流量计鼓轮完成一个工作循环所通过的气体体积。

3.1.4 计量室 measurement room

在鼓轮内部由呈螺旋状的叶片分割而成的、在理论上容积相等的腔体。

3.1.5 吹入（出）管 blow-in (out) tube

吹入（出）管是弯曲的金属管，它一端连接外壳上的进（出）气口，另一端通过鼓轮端盖上的圆孔插到鼓轮中，将气体吹入（出）计量室。

3.1.6 修正因子 correction factor

通过湿式气体流量计的气体体积实际值与湿式气体流量计示值之比。

3.1.7 平均修正因子 average correction factor

在某一校准流量点多次测量所得修正因子的平均值。

3.1.8 分辨力 resolution

指示装置上能分辨的最小的有意义的值。

注：

- 1 对数字式指示装置，最小的有意义的值为最后一个数字的变化量。
- 2 对机械式指示装置，最小的有意义的值为两分度间隔的 1/2。

3.1.9 测量体积 measurement volume

在校准和使用时，通过湿式气体流量计的最小气体体积。

3.1.10 脉冲当量 pulse equivalent

湿式气体流量计输出的单位脉冲信号所代表的体积量。

3.2 计量单位

3.2.1 体积单位：立方米，符号 m^3 ；或升，符号 L。

3.2.2 流量单位：立方米每小时，符号 m^3/h ；或升每分钟，符号 L/min。

3.2.3 压力单位：帕 [斯卡]，符号 Pa；或千帕，符号 kPa。

3.2.4 温度单位：摄氏度，符号 $^{\circ}C$ ；或热力学温度：开尔文，符号 K。

4 概述

4.1 工作原理

当被测气体通过湿式气体流量计时，在湿式气体流量计的进出气端形成差压。差压迫使鼓轮转动，从而使气体逐次充满计量室。计量室离开液面时充气，进入时密封液将气体排出。鼓轮每转一圈，每个计量室将被气体充满和排空一次。由于计量室的容积是一定的，因此记录计量室被充满和排空的循环次数，可得通过湿式气体流量计的气体累积流量。

4.2 用途

湿式气体流量计根据使用状况可分两类：

第一类是 1.0 级、1.5 级，非定点使用的工作湿式气体流量计，多用于一般气体的体积测量。

第二类是 0.2 级、0.5 级，定点使用的标准湿式气体流量计，主要用于高准确度的气体体积测量或用于量值传递。

4.3 结构

湿式气体流量计由外壳、鼓轮、吹入（出）管、计数器和密封液等组成，部分湿式气体流量计内部还安装有脉冲信号发生器，典型的湿式气体流量计结构如图 1 所示。

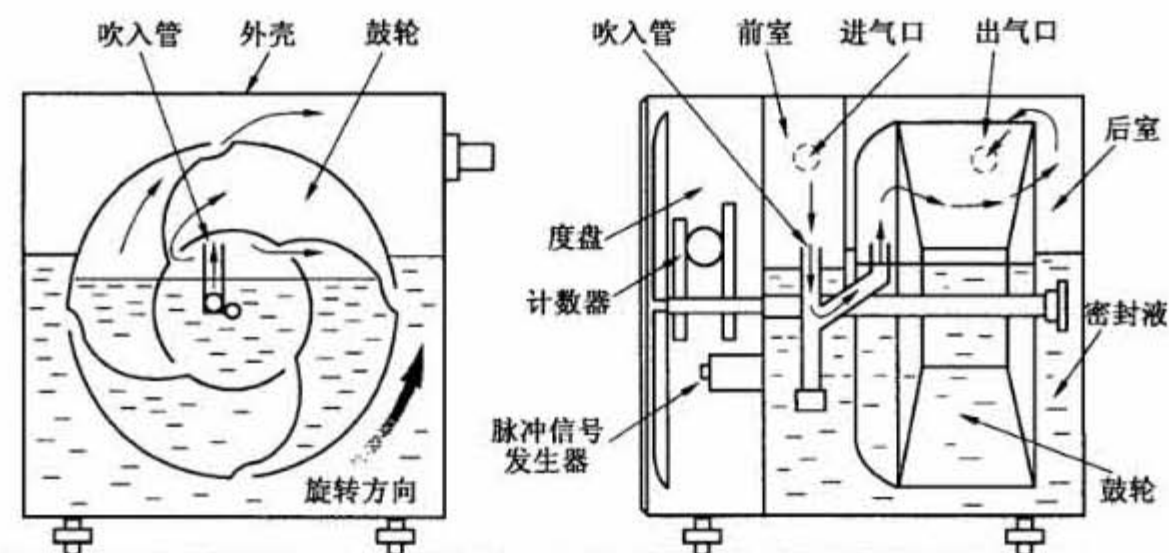


图1 湿式气体流量计结构原理示意图

湿式气体流量计的外壳由进气口、排气口、注液口、排液口、水平仪、液位指示器、测温口和取压口等构成。

机械计数器包括齿轮传动机构、指针、度盘和字轮；电子计数器包括脉冲信号发生器、转换装置和显示部件。

脉冲信号发生器的作用是将气体体积量转化成脉冲信号，供二次仪表（包括计算机）使用。

5 计量特性

5.1 修正因子的扩展不确定度

标准湿式气体流量计修正因子的扩展不确定度见表1。

5.2 示值误差的扩展不确定度

工作湿式气体流量计示值误差的扩展不确定度见表1。

表1 修正因子或示值误差的扩展不确定度

类别	扩展不确定度	
	修正因子的扩展不确定度 %	示值误差的扩展不确定度 %
标准湿式气体流量计	≤ 0.2	—
	≤ 0.5	—
工作湿式气体流量计	—	≤ 1.0
	—	≤ 1.5

注：以上指标不是用于合格判据，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 校准环境条件

温度：(18~22)℃（适用于标准湿式气体流量计）；

(15~25)℃（适用于工作湿式气体流量计）。

一般大气压力：(86~106) kPa。

相对湿度：40%~95%。

6.1.2 一次校准过程中，室温、介质气温和密封液温度三者之差应满足表2的规定。

表2 允许温差

修正因子或示值误差的扩展不确定度/%	0.2	0.5	1.0	1.5
温差/℃	0.2	0.5	1.0	1.5

6.2 主标准器及配套设备

主标准器及配套设备均应有有效的检定/校准证书。

6.2.1 主标准器

主标准器可选用活塞式气体流量标准装置、钟罩式气体流量标准装置和音速喷嘴法气体流量标准装置等，其流量范围应与被校准湿式气体流量计的流量范围相适应，其扩展不确定度应优于湿式气体流量计扩展不确定度的1/2。

6.2.2 配套设备

配套设备见表3。

表3 配套设备

序号	设备名称	技术要求	用途
1	温度计	分度值 ≤ 0.1 ℃	测量介质、液体和环境温度
2	压力计	分辨力 ≤ 10 Pa	测量标准器和被校准湿式气体流量计介质压力
3	气压计	MPE: ± 2.5 hPa	测量大气压力
4	湿度计	MPE: $\pm 10\%$ RH	测量环境湿度

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

示值误差/修正因子的校准。

7.2 校准方法

7.2.1 一般检查

7.2.1.1 水平仪

为了保证湿式气体流量计在水平放置下使用，应配备水平仪，标准湿式气体流量计的水平仪应为成T形安装的条形水平仪，工作湿式气体流量计也可采用盘形水平仪，水平仪应灵敏、可靠。

7.2.1.2 液位指示器

标准湿式气体流量计应配备针尖反射式液位指示器，工作湿式气体流量计可用针尖反射式液位指示器，也可用碗形液位指示器或水位控制器孔液位指示器，针尖、碗口和水位控制器孔处应无污垢。

7.2.1.3 温度测量装置

标准湿式气体流量计应有测量气体温度和密封液温度的装置，工作湿式气体流量计也应有测量气体温度的装置。

7.2.1.4 压力测量装置

湿式气体流量计应有测量气体压力的装置。

7.2.1.5 脉冲信号发生器

具有脉冲信号输出的湿式气体流量计，脉冲当量应等于或优于湿式气体流量计的示值分辨力。

7.2.1.6 密封液

标准湿式气体流量计的密封液应采用低黏度石油制品（如5号白油）。工作湿式气体流量计的密封液可以用纯净水或蒸馏水。

注：湿式气体流量计校准时的密封液应与使用时的密封液一致。

7.2.1.7 封印

安装针尖反射式液位指示器的湿式气体流量计，应有可靠的保护指针位置的封印。

7.2.2 密封性检查

密封性检查可采用如图2所示的设备和管路连接方法，也可采用其他的等效设备和管路连接方法。试验压力为最大工作压力，观察压力计5 min，不得漏气。

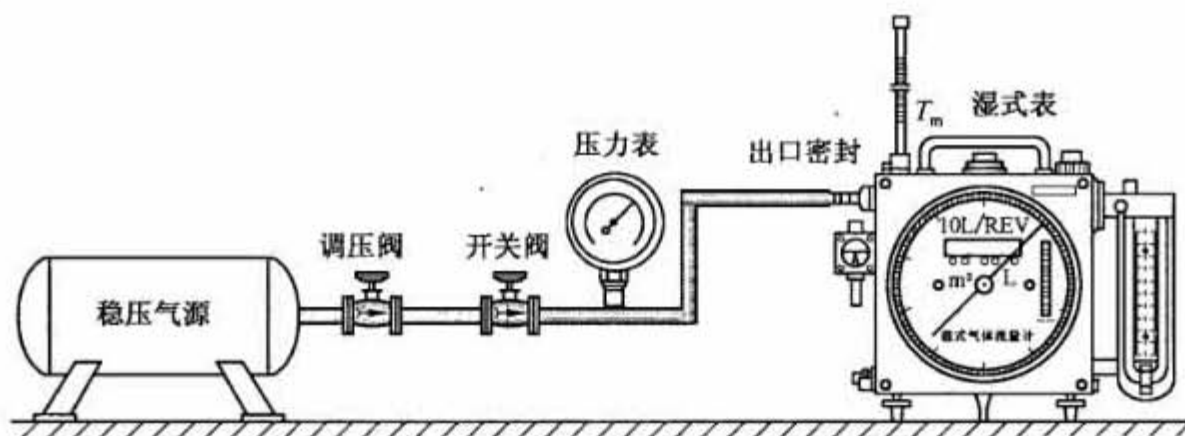


图2 密封性试验管路连接示意图

7.2.3 示值误差的校准

7.2.3.1 校准前的准备

a) 湿式气体流量计定温

湿式气体流量计应在校准环境条件下，放置足够的时间，测量密封液温度和环境温度，使密封液温度和环境温度达到表2的要求。

b) 连接管路

校准时，标准装置与湿式气体流量计的连接管路如图3所示。

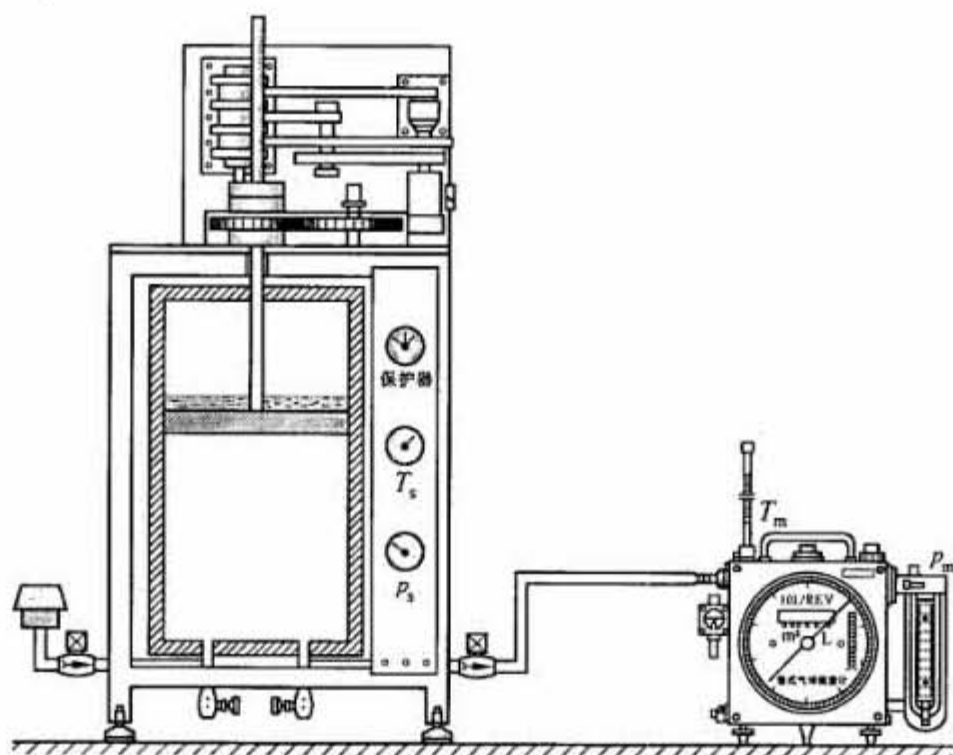


图3 校准管路连接示意图

c) 水平调整

调整水平调节螺钉，使湿式气体流量计水平仪水泡处于中心位置。

d) 信号联接

如采用光电采样器读数，光电采样器的光点应尽可能设定在仪表指针的端部，脉冲信号的连接应可靠。

e) 预运行

湿式气体流量计校准前应在 $0.7 q_{\max} \sim q_{\max}$ 流量下运行至少 5 min，使湿式气体流量计运转灵活，密封液温度和介质温度到达平衡。

f) 液位调整

湿式气体流量计预运行后在无施压条件下，通过注入和排出密封液的方法，使液位处于规定高度。即针尖反射式液位指示器上下针尖刚好接触时的液位高度；碗形液位指示器液体不再溢出时的高度；水位控制器孔液位指示器多余的液体从液位控制孔内顺着毛线绳流干净时的液位高度。

g) 调节流量

调节流量时，应缓慢调节阀门，保证流量逐步变大或变小，达到校准所需的流量。

7.2.3.2 测量体积

校准时，测量体积应满足以下要求：

- 测量体积应是回转体积的整数倍。
- 测量体积应不少于在校准流量下湿式气体流量计运行 1 min 所通过的气体体积。
- 测量体积应不大于 30 min 的测量时间内通过湿式气体流量计的气体体积。

7.2.3.3 校准流量点

a) 定点使用的标准湿式气体流量计

标准湿式气体流量计按用户要求流量点校准，当用户无要求时按 q_{\max} 、 $0.9q_{\max}$ 、

0.7 q_{\max} 、0.5 q_{\max} 、0.2 q_{\max} 和 q_{\min} 六个流量点校准,校准证书给出结果同时注明定点使用。

b) 工作湿式气体流量计

工作湿式气体流量计,校准 q_{\max} 、0.7 q_{\max} 、0.2 q_{\max} 三个流量点。

7.2.3.4 校准次数

标准湿式气体流量计每个流量点至少校准6次, q_{\min} 点校准次数可适当减少;工作湿式气体流量计,每个流量点至少校准2次。

7.2.3.5 校准操作

在校准中,记录通过标准器处的气体压力、温度,通过湿式气体流量计的气体压力、温度。在一次校准结束时,应记录通过气体流量标准装置的气体体积、湿式气体流量计的示值以及当地大气压力。

7.2.3.6 数据处理

流过湿式气体流量计的气体体积实际值按公式(1)计算:

$$V_{\text{ref}} = \frac{T_m \times p_s}{T_s \times p_m} \times V_s \quad (1)$$

式中:

V_{ref} ——流过湿式气体流量计的气体体积实际值, L;

T_s, T_m ——标准器内和被校湿式气体流量计处的气体热力学温度, K;

p_s, p_m ——标准器内和被校湿式气体流量计处的气体绝对压力, Pa;

V_s ——标准器示值, L。

7.2.3.7 标准湿式气体流量计的修正因子及其重复性的计算

a) 修正因子计算

对字轮指针度盘的标准湿式气体流量计和以体积作显示单位的数字式标准湿式气体流量计,在 i 流量点,第 j 次校准中,所测得的标准湿式气体流量计的修正因子 k_{ij} 按公式(2)计算:

$$k_{ij} = \frac{(V_{\text{ref}})_{ij}}{V_{ij}} \quad (2)$$

式中:

k_{ij} ——第 i 流量点第 j 次测量得到的标准湿式气体流量计的修正因子;

V_{ij} ——第 i 流量点第 j 次测量得到的被校湿式气体流量计的示值, L;

$(V_{\text{ref}})_{ij}$ ——第 i 校准流量点第 j 次测量流过标准湿式气体流量计的气体体积实际值, L。

对装有脉冲发生器的标准湿式气体流量计,在 i 校准流量点,第 j 次校准中,所测得的标准湿式气体流量计的修正因子 k_{ij} 按公式(3)计算:

$$k_{ij} = \frac{(V_{\text{ref}})_{ij}}{CN_{ij}} \quad (3)$$

式中:

N_{ij} ——第 i 流量点第 j 次测量标准湿式气体流量计所发出的脉冲数;

C——标准湿式气体流量计的脉冲当量，L。

在*i*流量点，多次校准所测得的该点修正因子的平均值按公式（4）计算：

$$\bar{k}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n k_{ij} \quad (4)$$

式中：

\bar{k}_i ——*i*流量点修正因子的平均值；

n——校准次数。

b) 重复性计算

在*i*流量点，修正因子*k_i*的重复性按公式（5）计算：

$$u_i = \frac{1}{k_i} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (k_{ij} - \bar{k}_i)^2} \quad (5)$$

式中：

u_i——修正因子*k_i*的重复性。

7.2.3.8 工作湿式气体流量计的示值误差及重复性的计算

a) 示值误差计算

工作湿式气体流量计在*i*流量点的示值误差按公式（6）计算：

$$E_i = \frac{V_i - (V_{ref})_i}{(V_{ref})_i} \times 100\% \quad (6)$$

式中：

E_i——工作湿式气体流量计在*i*校准流量点的示值误差；

V_i——在*i*校准流量点工作湿式气体流量计的示值，L；

$(V_{ref})_i$ ——第*i*校准流量点流过工作湿式气体流量计的气体体积实际值，L。

b) 重复性计算

工作湿式气体流量计在*i*流量点的重复性按公式（7）计算：

$$u_i(E) = \frac{E_{max} - E_{min}}{d_n} \quad (7)$$

式中：

u_i(E)——在*i*流量点工作湿式气体流量计的重复性；

E_{max}——示值误差的最大值；

E_{min}——示值误差的最小值；

d_n——极差系数。

极差系数值见表4。

表4 *d_n*数值表

<i>n</i>	2	3	4	5	6
<i>d_n</i>	1.13	1.69	2.06	2.33	2.53

7.2.3.9 合成不确定度

a) 校准湿式气体流量计校准流量点的相对标准不确定度

取各校准流量点修正因子重复性的最大值为该标准湿式气体流量计的修正因子的相对标准不确定度, 即 $u_r(V) = (u_i)_{\max}$ 。

b) 工作湿式气体流量计流量点的相对标准不确定度

取各校准流量点重复性的最大值为该工作湿式气体流量计示值误差的相对标准不确定度, 即 $u_r(V) = (E_i)_{\max}$ 。

c) 湿式气体流量计的相对合成标准不确定度

湿式气体流量计的相对合成标准不确定度按公式 (8) 计算:

$$u_r(k) = \sqrt{u_r^2(V) + u_r^2(V_s) + u_r^2(p_s) + u_r^2(p_m) + u_r^2(T_s) + u_r^2(T_m) + u_r^2(F)} \quad (8)$$

式中:

$u_r(k)$ ——湿式气体流量计的相对合成标准不确定度;

$u_r(V)$ ——修正因子或示值误差的相对标准不确定度;

$u_r(V_s)$ ——标准器的相对标准不确定度;

$u_r(p_s)$ ——标准器中压力 p_s 的相对标准不确定度;

$u_r(p_m)$ ——湿式气体流量计入口压力 p_m 的相对标准不确定度;

$u_r(T_s)$ ——标准器中温度 T_s 的相对标准不确定度;

$u_r(T_m)$ ——湿式气体流量计入口温度 T_m 的相对标准不确定度;

$u_r(F)$ ——湿式气体流量计水平调整 u_b 、基准液位调整 u_p 、温差 u_y 等各分量引入的不确定度, $u_r(F) = \sqrt{u_b^2 + u_p^2 + u_y^2}$ 。

7.2.3.10 扩展不确定度

湿式气体流量计修正因子或示值误差的相对扩展不确定度按公式 (9) 计算:

$$U_r = 2u_r(k) \quad (9)$$

8 校准结果的表达

原始记录和校准证书格式见附录 A 和 B。

9 复校时间间隔

湿式气体流量计的复校时间间隔建议一般为 1 年。也可以根据被校湿式气体流量计使用环境条件、使用频率或管理要求由送校单位自行决定复校的时间间隔。

附录 A

校准记录的参考格式

A.1 基本情况

校准申请单位				申请单位地址		
计量器具名称		型号规格		准确度等级		
制造单位		器具编号		大气压力		
校准日期		环境温度		相对湿度		
校准用介质		密封液		密封液温度		
证书编号		校准员		核验员		
实验室名称						
实验室地点						
校准的地点						
校准依据						
校准所用主要标准器具						
名称	测量范围	编号	准确度等级/ 测量不确定度	证书号	有效期至	

A.2 校准结果

A.2.1 外观

检查项目	温度测量装置	压力测量装置	水平仪	液位指示器	脉冲信号	密封液
结果						

A.2.2 密封性

检查项目	试验压力/kPa	试验时间/min	检查结果
记录			

A.2.3 示值校准

序号	q m^3/h	被校湿式气体流量计			标准装置			修正因子 k_i 或 示值误差/%	标准不确 定度/%
		V/L	$t_m/^\circ C$	p_m/Pa	V_s/L	$t_s/^\circ C$	p_s/Pa		
1									
2									
3									
4									
5									
6									

合成标准不确定度： $u_c(k) = \quad \%$

校准结果的扩展不确定度： $U_c = \quad \%$ ($k=2$)。

附录 B

校准证书的(内页)参考格式

B.1 校准依据

B.2 校准所用主要标准器具

名称:

不确定度或准确度:

有效期至: 年 月 日

B.3 校准环境条件、介质

环境温度/℃		大气压力/kPa		相对湿度/%	
校准用介质		介质温度/℃		密封液	

B.4 校准结果

修正因子 k_i 或示值误差校准结果

序号	校准流量点 m^3/h	修正因子 k_i 或示值误差/%	标准不确定度 %
1			
2			
3			
4			
5			
6			

为了保证测量的准确度, 建议测量体积不得小于: L

B.5 扩展不确定度为 $U_r = \quad \% (k=2)$ 。

B.6 复校时间间隔建议: 年。

附录 C

不确定度评定实例

C.1 标准湿式气体流量计不确定度评定实例

C.1.1 概述

C.1.1.1 被校仪表

名称：标准湿式气体流量计；

准确度等级：0.2 级；

流量范围：(0.5~6) m³/h；

脉冲当量：0.025 L；

回转体积：25 L。

C.1.1.2 标准器

名称：活塞式气体流量标准装置；

准确度等级：0.05 级；

单行程标准体积：240 L；

流量范围：(0.001~6) m³/h；

脉冲当量：0.001 L。

C.1.1.3 配套设备

温度计：分度值 0.1 °C；

倾斜式微压计：1 级；

动槽式大气压力计：扩展不确定度为 40 Pa。

C.1.1.4 测量结果

测得有关参数见表 C.1；

校准流量点 (m³/h)：6.0, 4.0, 2.5, 1.2, 0.8, 0.5。

表 C.1 校准数据

序号	校准流量 (6.0 m ³ /h)		校准流量 (4.0 m ³ /h)		校准流量 (2.5 m ³ /h)	
	实际值/L	指示值/L	实际值/L	指示值/L	实际值/L	指示值/L
1	100.044	100.00	99.724	100.00	49.799	50.00
2	100.023	100.00	99.706	100.00	49.801	50.00
3	100.037	100.00	99.746	100.00	49.823	50.00
4	100.053	100.00	99.710	100.00	49.801	50.00
5	100.037	100.00	99.726	100.00	49.792	50.00
6	100.058	100.00	99.746	100.00	49.821	50.00
平均值/L	100.042		99.726		49.806	
\bar{k}_i	1.000 42		0.997 26		0.996 12	

表 C.1 (续)

序号	校准流量 (6.0 m ³ /h)		校准流量 (4.0 m ³ /h)		校准流量 (2.5 m ³ /h)	
	实际值/L	指示值/L	实际值/L	指示值/L	实际值/L	指示值/L
温度/℃	19.8	19.8	19.8	19.8	19.7	19.7
压力/Pa	190	150	140	120	100	90
标准不确定度/L	0.013		0.017		0.013	
相对标准不确定度/%	0.013		0.017		0.026	
校准条件	大气压: 97 770 Pa		室温: 19.8 ℃		湿度: 66%RH	
序号	校准流量 (1.2 m ³ /h)		校准流量 (0.80 m ³ /h)		校准流量 (0.50 m ³ /h)	
	实际值/L	指示值/L	实际值/L	指示值/L	实际值/L	指示值/L
1	49.763	50.00	49.762	50.00	49.722	50.00
2	49.772	50.00	49.748	50.00	49.752	50.00
3	49.782	50.00	49.758	50.00	49.764	50.00
4	49.768	50.00	49.763	50.00	49.732	50.00
5	49.759	50.00	49.778	50.00	49.746	50.00
6	49.788	50.00	49.765	50.00	49.752	50.00
平均值/L	49.772		49.762		49.745	
\bar{k}_i	0.995 44		0.995 24		0.994 90	
温度/℃	19.7	19.7	19.7	19.7	19.7	19.7
压力/Pa	80	60	50	40	40	30
标准不确定度/L	0.011		0.010		0.015	
相对标准不确定度/%	0.022		0.020		0.030	
校准条件	大气压: 97 770 Pa		室温: 19.8 ℃		湿度: 66%RH	

注: 校准流量点为用户定点使用流量点。

C.1.2 数学模型

C.1.2.1 数学公式

校准环境条件满足 6.1.1 的要求, 校准过程中, 从标准器至湿式气体流量计管路中气体的温度、压力会有一定变化, 因此需进行温度、压力补偿。由于气体处在常温常压下, 可应用理想气体状态方程进行体积换算。根据修正因子的定义, 被校准湿式气体流量计修正因子计算的数学公式为 (C.1):

$$k = \frac{V_{\text{ref}}}{V} = \frac{p_s V_s T_m}{p_m V T_s} \quad (\text{C.1})$$

式中:

k ——标准湿式气体流量计的修正因子;

V_{ref} ——通过标准湿式气体流量计的气体体积实际值, L;

V_s ——标准器排气体积值, L;

V ——标准湿式气体流量计的示值, L;

p_s ——标准器内的气体绝对压力, Pa;

p_m ——标准湿式气体流量计处的气体绝对压力, Pa;

T_s ——标准器内的气体热力学温度, K;

T_m ——标准湿式气体流量计处的气体热力学温度, K。

C.1.2.2 相对灵敏系数

由式 (C.1) 可得

$$u_r^2(k) = c_r^2(V_s)u_r^2(V_s) + c_r^2(V)u_r^2(V) + c_r^2(p_s)u_r^2(p_s) + c_r^2(p_m)u_r^2(p_m) \\ + c_r^2(T_m)u_r^2(T_m) + c_r^2(T_s)u_r^2(T_s)$$

其中相对灵敏系数: $c_r(V_s) = 1$; $c_r(V) = c_r(k) = -1$; $c_r(p_s) = 1$; $c_r(p_m) = -1$; $c_r(T_s) = -1$; $c_r(T_m) = 1$; $c_r(F) = 1$ 。

C.1.3 不确定度分量

由式 (C.1) 可见, 湿式气体流量计修正因子 k 的不确定度来源主要有:

a) 标准器的不确定度分量 $u_r(V_s)$;

b) 被校湿式气体流量计重复测量得到示值的标准不确定度即修正因子的标准不确定度分量 $u_r(V)$;

c) 标准器内压力测量的不确定度分量 $u_r(p_s)$;

d) 标准湿式气体流量计处压力测量的不确定度分量 $u_r(p_m)$;

e) 标准器内温度测量的不确定度分量 $u_r(T_s)$;

f) 标准湿式气体流量计处温度测量的不确定度分量 $u_r(T_m)$;

g) 由于环境变化及附件不准确引起的不确定度分量 $u_r(F)$ 。

C.1.4 不确定度评定

C.1.4.1 标准装置引入的不确定度分量 $u_r(V_s)$

活塞式气体流量标准装置的准确度为 0.05 级, 其扩展不确定度为 0.05%, 包含因子 $k=2$, 则其相对标准不确定度为

$$u_r(V_s) = \frac{0.05\%}{2} = 0.025\%$$

C.1.4.2 被校湿式气体流量计重复测量得到的平均修正因子的相对标准不确定度分量 $u_r(V)$

根据表 C.1, 取标准不确定度最大值 $0.5 \text{ m}^3/\text{h}$ 流量点作为代表进行评定, 所以平均修正因子的相对标准不确定度分量为

$$u_r(V) = 0.030\%$$

C.1.4.3 标准器内压力测量引入的标准不确定度分量 $u_r(p_s)$

标准器内的绝对压力 p_s 是倾斜式微压计所测表压力 p_{sm} 与当地大气压力 p_A 之和。

引起压力测量不确定度的因素是所用倾斜式微压计的不确定度和大气压力计的不确定度。

倾斜式微压计最大量程为 2 kPa, 准确度等级为 1 级, 因此, 装置的压力测量的最大误差为 ± 20 Pa, 假设服从均匀分布, 则

$$u(p_{sm}) = \frac{2\,000 \times 0.01}{\sqrt{3}} = 11.5 \text{ Pa}$$

动槽式大气压力计检定证书给出其测量准确度为 ± 40 Pa, 假设服从均匀分布, 则

$$u(p_A) = \frac{40}{\sqrt{3}} = 23.1 \text{ Pa}$$

因此, 装置压力测量的标准不确定度分量为

$$u_c(p_s) = \sqrt{u^2(p_{sm}) + u^2(p_A)} = 25.8 \text{ Pa}$$

在 $0.5 \text{ m}^3/\text{h}$ 流量点, 标准器的绝对压力为 97 810 Pa, 因此, 标准器内绝对压力测量的相对标准不确定度分量为

$$u_r(p_s) = \frac{25.8}{97\,810} \times 100\% = 0.026\%$$

C.1.4.4 标准湿式气体流量计处压力测量引入的标准不确定度分量 $u_r(p_m)$

测量仪器和不确定度评定与标准器压力测量相同, 标准不确定度为: 25.8 Pa。

但标准湿式气体流量计处绝对压力为 97 800 Pa, 故其压力测量引入的相对标准不确定度分量为

$$u_r(p_m) = 0.026\%$$

C.1.4.5 标准器内介质温度测量所引入的标准不确定度分量 $u_r(T_s)$

分度值为 $0.1 \text{ }^\circ\text{C}$ 的玻璃水银温度计其最大允许误差为 $0.2 \text{ }^\circ\text{C}$, 假设服从均匀分布, 标准器内介质温度测量所引入的标准不确定度为

$$u_r(T_s) = \frac{0.2}{292.95 \times \sqrt{3}} = 0.039\%$$

C.1.4.6 标准湿式气体流量计处温度测量引入的标准不确定度分量 $u_r(T_m)$

标准湿式气体流量计处温度测量的标准不确定度分量为

$$u_r(T_m) = \frac{0.2}{292.95 \times \sqrt{3}} = 0.039\%$$

C.1.4.7 被校湿式气体流量计水平调正、基准液位调整、温差等各分量引入的不确定度分量 $u_r(F)$

a) 温差 u_y 引入的不确定度分量

0.2 级湿式气体流量计在一次校准过程中最大允许变化 $0.2 \text{ }^\circ\text{C}$ (表 3 规定), 假设服从均匀分布, 则

$$u_y = \frac{0.2}{292.95 \times \sqrt{3}} = 0.039\%$$

b) 水平仪引入的标准不确定度分量

水平仪引入的标准不确定度, 假设服从均匀分布, 则

$$u_b = \frac{0.03\%}{\sqrt{3}} = 0.017\%$$

c) 液位指示器引入的标准不确定度分量

针尖反射式液位指示器引入的标准不确定度, 假设服从均匀分布, 则

$$u_p = \frac{0.02\%}{\sqrt{3}} = 0.011\%$$

说明: 水平仪和液位指示器引入的标准不确定度, 根据实验数据而得。

$$u_r(F) = \sqrt{0.039^2 + 0.017^2 + 0.011^2} = 0.044\%$$

C.1.5 合成标准不确定度计算

C.1.5.1 相对标准不确定度分量一览表 (表 C.2)

表 C.2 标准不确定度分量一览表

序号	符号	不确定度分量来源	输入量的标准 不确定度分量 %	相对灵敏 系数 c_i	相对标准不 确定度分量 %
1	$u_r(V_s)$	标准装置不确定度	0.025	1	0.025
2	$u_r(V)$	被校湿式气体流量计重复测量的相对标准不确定度	0.030	-1	0.030
3	$u_r(p_s)$	标准器内压力测量引入的标准不确定度	0.026	1	0.026
4	$u_r(p_m)$	标准湿式气体流量计处压力测量引入的标准不确定度	0.026	-1	0.026
5	$u_r(T_s)$	标准器内介质温度测量所引入的标准不确定度	0.039	-1	0.039
6	$u_r(T_m)$	标准湿式气体流量计处温度测量引入的标准不确定度	0.039	1	0.039
7	$u_r(F)$	湿式气体流量计水平调整、基准液位调整、温差等各分量引入的不确定度	0.044	1	0.044
合成标准不确定度 $u_r(k)$					0.089

C.1.5.2 计算合成标准不确定度 $u_r(k)$

标准不确定度与各分量无关, 则 k 的合成标准不确定度 $u_r(k)$ 为

$$u_r(k) = \sqrt{0.025^2 + 0.030^2 + 2 \times 0.026^2 + 2 \times 0.039^2 + 0.044^2} = 0.089\%$$

C.1.6 计算扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 扩展不确定度为

$$U_r = 2 \times 0.089\% = 0.18\%$$

C.1.7 校准结果 (表 C.3)

表 C.3 校准结果

序号	校准流量 m ³ /h	修正因子 \bar{k}_i	相对标准不确定度 %	扩展不确定度 %
1	6.0	1.000 4	0.013	U _r = 0.18% (k=2)
2	4.0	0.997 3	0.017	
3	2.5	0.996 1	0.026	
4	1.2	0.995 4	0.022	
5	0.80	0.995 2	0.020	
6	0.50	0.994 8	0.030	

C.2 工作湿式气体流量计不确定度评定实例

C.2.1 概述

C.2.1.1 被校仪表

名称：工作湿式气体流量计；
 准确度等级：1 级；
 流量范围：(0.1~0.75) m³/h；
 回转体积：5 L。

C.2.1.2 标准器

校准使用的标准器见 C.1.1.2。

C.2.1.3 配套设备

校准使用的配套设备见 C.1.1.3。

C.2.1.4 测量结果

测得有关参数：见表 C.4；
 校准流量点 (m³/h)：0.75, 0.525, 0.15。

表 C.4 校准数据

序号	校准流量 (0.75 m ³ /h)		校准流量 (0.525 m ³ /h)		校准流量 (0.15 m ³ /h)	
	实际值/L	指示值/L	实际值/L	指示值/L	实际值/L	指示值/L
1	40.184	40.00	20.068	20.00	9.902	10.00
2	40.206	40.00	20.039	20.00	9.921	10.00
平均值/L	40.195		20.054		9.912	
$\bar{E}_i/\%$	-0.49		-0.27		0.89	
温度/℃	20.8	20.8	20.7	20.7	20.7	20.7
压力/Pa	110	100	80	70	70	60
相对标准 不确定度/%	0.044		0.13		0.17	
校准条件	大气压：97 770 Pa		室温：19.8 ℃		湿度：66%RH	

C.2.2 数学模型

C.2.2.1 数学公式

数学公式见 C.1.2.1。

C.2.2.2 相对灵敏系数

相对灵敏系数见 C.1.2.2。

C.2.3 不确定度分量

不确定度分量见 C.1.3。

C.2.4 不确定度评定

C.2.4.1 标准装置的不确定度分量 $u_r(V_s)$

标准装置引入的不确定度 $u_r(V_s)$ 见 C.1.4.1。

C.2.4.2 被校湿式气体流量计重复测量得到的平均修正因子的相对标准不确定度分量 $u_r(V)$

被校工作湿式气体流量计重复测量得到的平均示值误差的相对标准不确定度 $u_r(V)$ 根据表 C.4, 取标准不确定度最大值 $0.15 \text{ m}^3/\text{h}$ 流量点作为代表进行评定, 所以示值误差的相对标准不确定度分量为: $u_r(V) = 0.17\%$ 。

C.2.4.3 标准器内压力测量引入的标准不确定度分量 $u_r(p_s)$

标准器内压力测量引入的标准不确定度分量 $u_r(p_s)$ 见 C.1.4.3。

C.2.4.4 工作湿式气体流量计处压力测量引入的标准不确定度分量 $u_r(p_m)$

工作湿式气体流量计处压力测量引入的标准不确定度分量 $u_r(p_m)$ 见 C.1.4.4。

C.2.4.5 标准器内介质温度测量所引入的标准不确定度分量 $u_r(T_s)$

标准器内介质温度测量所引入的标准不确定度分量 $u_r(T_s)$ 见 C.1.4.5。

C.2.4.6 工作湿式气体流量计处温度测量引入的标准不确定度分量 $u_r(T_m)$

工作湿式气体流量计处温度测量引入的标准不确定度分量 $u_r(T_m)$ 见 C.1.4.6。

C.2.4.7 被校工作湿式气体流量计水平调正、基准液位调整、温差等各分量引入的不确定度分量 $u_r(F)$ a) 温差 u_y 引入的不确定度

1.0 级湿式气体流量计在一次校准过程中最大允许变化 $1.0 \text{ }^\circ\text{C}$ (表 2 规定), 而在温度测量中可能带来的最大不确定性为 $0.5 \text{ }^\circ\text{C}$, 假设服从均匀分布, 则

$$u_y = \frac{0.5}{293.85 \times \sqrt{3}} = 0.098\%$$

b) 水平仪引入的标准不确定度分量

水平仪引入的标准不确定度, 假设服从均匀分布, 则

$$u_b = \frac{0.05\%}{\sqrt{3}} = 0.029\%$$

c) 液位指示器引入的标准不确定度分量

针尖反射式液位指示器引入的标准不确定度, 假设服从均匀分布, 则

$$u_p = \frac{0.05\%}{\sqrt{3}} = 0.029\%$$

说明：水平仪和液位指示器引入的标准不确定度，根据实验数据而得。

$$u_r(F) = \sqrt{0.098^2 + 0.029^2 + 0.029^2} = 0.11\%$$

C.2.5 合成标准不确定度计算

C.2.5.1 相对标准不确定度分量一览表（表 C.5）

表 C.5 标准不确定度分量一览表

序号	符号	不确定度分量来源	输入量的标准不确定度分量 %	相对灵敏系数 c_i	相对标准不确定度分量 %
1	$u_r(V_s)$	标准装置不确定度	0.025	1	0.025
2	$u_r(V)$	被校湿式气体流量计重复测量的相对标准不确定度	0.17	-1	0.17
3	$u_r(p_s)$	标准器内压力测量引入的标准不确定度	0.026	1	0.026
4	$u_r(p_m)$	湿式气体流量计处压力测量引入的标准不确定度	0.026	-1	0.026
5	$u_r(T_s)$	标准器内介质温度测量所引入的标准不确定度	0.039	-1	0.039
6	$u_r(T_m)$	湿式气体流量计处温度测量引入的标准不确定度	0.039	1	0.039
7	$u_r(F)$	湿式气体流量计水平调整、基准液位调整、温差等各分量引入的不确定度	0.11	1	0.11
合成标准不确定度 $u_r(k)$					0.21

C.2.5.2 计算合成标准不确定度 $u_r(k)$

标准不确定度与各分量无关，则 k 的合成标准不确定度 $u_r(k)$ 为

$$u_r(k) = \sqrt{0.025^2 + 0.17^2 + 2 \times 0.026^2 + 2 \times 0.039^2 + 0.11^2} = 0.21\%$$

C.2.6 计算扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，扩展不确定度为

$$U_r = 2 \times 0.18\% = 0.42\%$$

C.2.7 校准结果（表 C.6）

表 C.6 校准结果

序号	校准流量 m ³ /h	示值误差 %	相对标准不确定度 %	扩展不确定度 %
1	0.75	-0.49	0.044	$U_r=0.42\% (k=2)$
2	0.525	-0.27	0.13	
3	0.15	-0.89	0.17	

中华人民共和国
国家计量技术规范
湿式气体流量计校准规范
JJF 1357—2012

国家质量监督检验检疫总局发布

*

中国质检出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100013)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235
读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

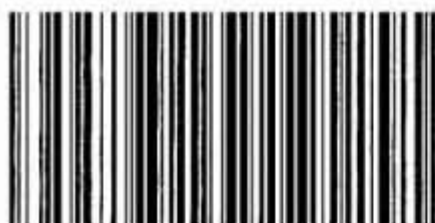
*

开本 880×1230 1/16 印张 1.75 字数 47 千字
2012年11月第一版 2012年11月第一次印刷

*

书号: 155026·J-2734 定价 27.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



JJF 1357-2012