



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF ××××-××××

气体质量流量计校准规范

Calibration Specification of Gas Mass Flow meters

(征求意见稿)

××××-××-××发布

××××-××-××实施

国家市场监督管理总局 发布

气体质量流量计校准规范

Calibration Specification of
Gas Mass Flow meters



归口单位：全国流量计量技术委员会

主要起草单位：中国测试技术研究院

重庆市计量质量检测研究院

参加起草单位：四川中测流量科技有限公司

成都安迪生测量有限公司

艾默生过程控制有限公司

本规范委托全国流量计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

参加起草人：

目录

目录	I
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
5 计量特性	2
6 校准条件	3
7 校准项目和校准方法	4
8 校准结果表达	7
9 复校时间间隔	8
附录 A	9
校准记录的参考格式	9
附录 B	10
校准证书（内页）参考格式	10
附录 C	11
测量不确定度评定示例	11

引言

本规范依据国家计量技术规范 JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF1001-2011《通用计量术语及定义》和 JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》编写。

本规范参照国家计量检定规程 JJG1038-2008《科里奥利质量流量计》和 JJG996-2012《压缩天然气加气机》，国家计量技术规范 JJF1591-2016《科里奥利质量流量计型式评价大纲》、JJF1708-2018《标准表法科里奥利质量流量计在线校准规范》和 JJF1369-2012《压缩天然气加气机型式评价大纲》，国家标准 GB/T 31130-2014《科里奥利质量流量计》、GB/T 32201-2015《气体流量计》等技术规范，并结合我国气体质量流量计的生产、使用和校准现状进行制订。

本规范为首次发布。

气体质量流量计校准规范

1 范围

本规范适用于流量范围为（0.1~80）kg/min，在封闭管道中测量以气体为试验介质的科里奥利质量流量计的校准。

2 引用文件

本规范引用下列文件：

JJG 996-2012 压缩天然气加气机检定规程

JJG 1038-2008 科里奥利质量流量计检定规程

JJF 1004-2004 流量计量名词术语及定义

JJF 1059.1-2012 测量不确定度评定与表示

JJF 1071-2010 国家计量校准规范编写规则

JJF 1369-2012 压缩天然气加气机型式评价大纲

JJF 1591-2016 科里奥利质量流量计型式评价大纲

JJF1708-2018 标准表法科里奥利质量流量计在线校准规范

GB/T 31130-2014 科里奥利质量流量计

GB/T 32201-2015 气体流量计

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 最大质量流量：maximum mass flow

气体质量流量计在校准工作压力条件下，满足计量性能要求的质量流量的最大值，用 $Q_{\max}$ 表示。

3.1.2 最小质量流量：minimum mass flow

气体质量流量计在校准工作压力条件下，满足计量性能要求的质量流量的最小值，用 $Q_{\min}$ 表示。

3.1.3 零点调整：zero adjustment

流量计的零点调整（简称调零）是指当流量计的测量管中被测介质为满管状

态且已完全停止流动时，流量计显示的流量值被修正为零或小于其零点稳定性指标，以防止该流量值影响流量计的计量性能的操作。。

3.1.4 最小被测量：minimum measured quality

流量计满足计量性能要求的被测气体的最小质量。

3.2 计量单位

3.2.1 质量：千克，符号 kg。

3.2.2 流量：千克每分钟，符号 kg/min。

3.2.3 压力：兆帕，符号 MPa。

4 概述

4.1 工作原理

科里奥利气体质量流量计（以下简称流量计）利用流体在振动管内流动时产生的科里奥利力，以直接或间接的方法测量科里奥利力而得到流体的质量流量，振动管有多种型式，图 1 为 U 型振动管流量计的工作原理图。

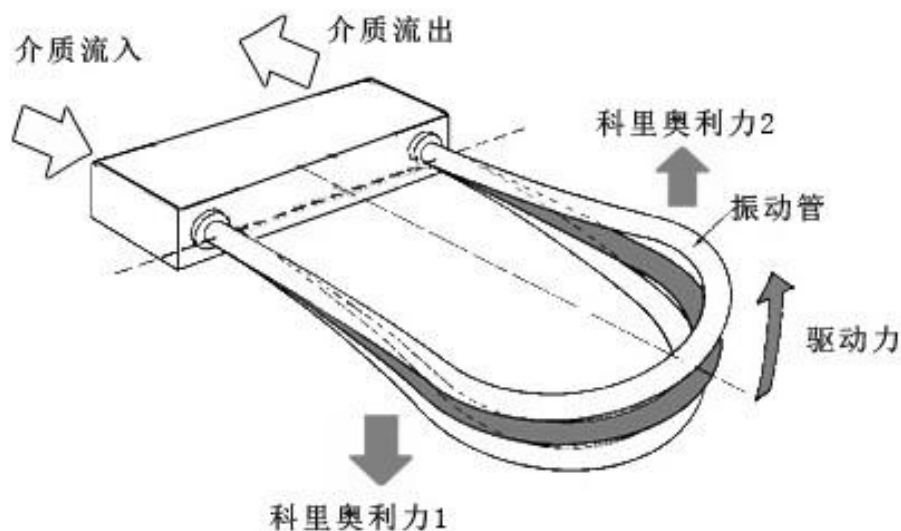


图 1 U 型振动管流量计工作原理图（改图）

4.2 组成

科里奥利气体质量流量计由传感器和变送器组成。传感器主要由振动管、驱动部件、检测部件等组成，变送器主要由测量和输出单元等组成。

5 计量特性

5.1 准确度等级

流量计准确度等级及对应的最大允许误差见表 1。

表 1 流量计准确度等级及对应的最大允许误差

准确度等级	0.15	0.2	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0
最大允许误差	±0.15%	±0.20%	±0.30%	±0.50%	±1.0%	±1.5%	±2.0%

5.2 重复性

流量计重复性不超过相应最大允许误差绝对值的 1/2。

注：以上指标不用于合格性判据，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

校准时环境条件一般应满足：

a) 环境温度：(-10~45)℃，校准过程中，环境温度变化应不超过 5℃；

b) 相对湿度：35%~85%，校准过程中，相对湿度变化应不超过 10%；

c) 其它影响量：电源、振动、大气中水汽凝结和气流及磁场等其它影响量不得对校准结果产生影响。

6.2 校准介质

校准用介质应为空气或氮气等气体流体，其水露点和固体颗粒物指标满足校准需求。

6.3 校准用设备

6.3.1 概述

校准设备应为质量法气体流量标准装置（以下简称标准装置），主要由主标准器、配套设备、气源系统、数据采集系统及试验管路等组成。标准装置的扩展不确定度应优于被校流量计最大允许误差绝对值的 1/2。

6.3.2 主标准器及配套设备

标准装置的主标准器及配套设备的技术指标见表 2。在防爆区域开展校准工作时，所有设备应符合相关防爆要求。电子天平、流量指示仪、压力计和标准砝码需提供有效的检定/校准证书。

表 2 标准装置主标准器及配套设备的技术指标

	设备名称	技术指标
主标准器	电子天平	准确度等级不低于Ⅰ级，最大称量由加气量、储气容器、管路及支架等总质量确定

配套设备	流量指示仪	最大允许误差为 $\pm 1.0\%$
	储气容器	容积不小于被校流量计在最大校准流量下 1 min 的充装量, 同时满足压力容器监管要求
	压力计	压力范围满足流量计校准时最大压力要求, 准确度等级不低于 0.25 级
	标准砝码	不低于 F ₂ 等级

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

校准项目为流量计的示值误差及重复性。流量计应在 R (1)、R (2) 和 R (3) 三个流量区分别进行校准, 每个流量区的校准试验次数为 3 次。各流量区对应的校准流量范围和单次测量时间见表 3。 $Q_{\max}$ 为校准时最大质量流量, $Q_{\min}$ 为校准时最小质量流量, $Q_{\max}/Q_{\min} \geq 10$ 。

注: 送校单位还可根据实际使用情况自主决定校准要求的校准介质压力范围、校准流量范围和试验次数, 同时在校准证书内详细说明对应信息。

表 3 各流量区对应的校准流量范围和单次测量时间

流量区	校准流量范围	单次测量时间
R (1)	$50\% Q_{\max} \sim Q_{\max}$	$\geq 1 \text{ min}$
R (2)	$20\% Q_{\max} \sim 50\% Q_{\max}$	$\geq 1 \text{ min}$
R (3)	$Q_{\min} \sim 20\% Q_{\max}$	$\geq 1 \text{ min}$

7.2 校准前准备

7.2.2 电子天平校准

1) 电子天平需放置在坚硬的平面上, 位置调至水平, 通电预热时间不少于 30min。

2) 清除储气容器表面的霜或水, 将储气容器平稳放置在电子天平上, 将电子天平示值归零, 使用标准砝码将天平校准, 检验在要求的称量值时, 电子天平是否在最大允许误差范围内。

7.2.3 流量计外观检查

1) 流量计显示的数字、文字及符号应清晰、整齐。

2) 检查流量计的铭牌, 铭牌包括但不限于制造厂名、产品名称、型号规格、出厂编号、流量范围(如有)、准确度等级/最大允许误差、型式批准证书号(如有)、最大工作压力、电源电压、防爆标识(如需要)等信息。

7.2.4 密封性试验

- 1) 将流量计与气源系统以及校准设备相连接, 如图 2 所示。
- 2) 关闭校准设备的气瓶阀门, 开启流量计后端的出口阀, 缓慢打开流量计前端入口阀, 校准介质应充满整个管路系统。
- 3) 观察校准设备上压力计示值, 当压力值达到校准要求的校准压力时, 关闭流量计前端入口阀。
- 4) 观察压力计示值, 保持压力 5 min, 再次观察压力计示值, 压力变化不得超过 0.1MPa, 管路系统各连接处应无泄漏。

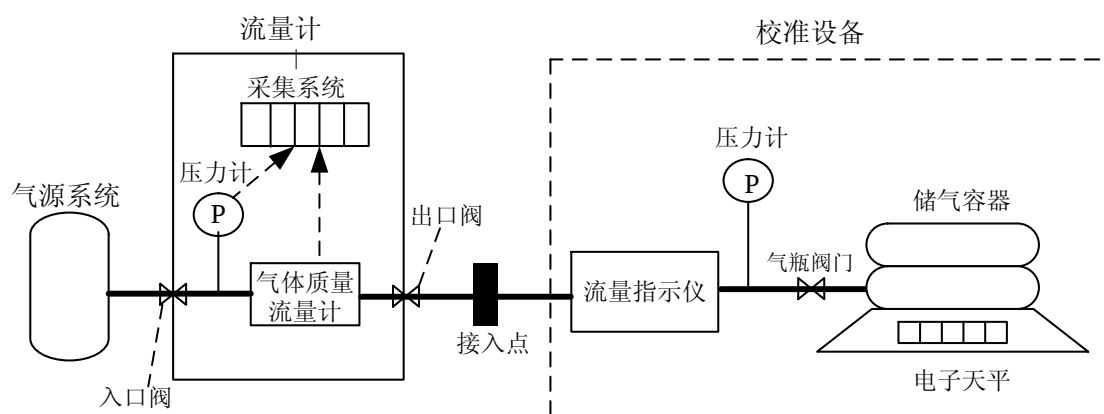


图 2 流量计校准原理图

7.3 校准步骤

7.3.1 示值误差校准

- 1) 流量计应良好接地, 通电预热时间不少于 30min。
- 2) 根据校准需求, 流量计可调零: 流量计充满校准介质并达到校准要求的压力范围, 先关闭流量计后端出口阀, 再关闭流量计前端入口阀, 确保流量计内校准介质为单相稳定流体且已完全停止流动; 使用手操器或者连接流量计变送器, 按照流量计产品说明书的操作方法调零。
- 3) 清除储气容器表面的霜或水, 将储气容器平稳放置在电子天平上, 然后将电子天平示值归零, 将储气容器与流量计在接入点通过加气枪及软管连接, 选

择或调整气源系统的压力范围，使试验管路系统达到校准要求的初始压力，然后将流量计的累积流量值归零。

4) 打开储气容器的气瓶阀门开始加气，观察流量指示仪示值，在某流量区满足对应的质量流量范围和单次测量时间时，停止加气，关闭气瓶阀门，在接入点断开加气枪的连接。

5) 记录流量计的累积质量流量。

6) 记录电子天平示值，得到加入储气容器的标准值。

7) 流量计的示值误差计算。

8) 根据试验需要，排放充入储气容器的气体。

9) 按照各流量区要求的试验次数，重复以上步骤（3）到步骤（8）。

7.3.2 重复性校准

重复性校准可与示值误差的校准同步进行。

7.4 校准结果计算

7.4.1 示值误差计算

流量计的单次示值误差 E_{ij} 按公式（1）计算：

$$E_{ij} = \frac{M_{ij} - (M_s)_{ij}}{(M_s)_{ij}} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

E_{ij} —— i 流量区第 j 次测量得到的流量计单次示值误差，%；

M_{ij} —— i 流量区第 j 次测量得到的流量计累积流量示值，kg；

$(M_s)_{ij}$ —— i 流量区第 j 次测量得到的标准值，kg。

各流量区多次测量后流量计单次示值误差的平均值作为该流量区的示值误差，见公式（2）。

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

式中：

E_i —— i 流量区流量计示值误差的平均值，%；

n —— i 流量区要求的试验次数。

7.4.2 重复性计算

各流量区单次测量重复性采用公式（3）计算：

$$(E_r)_i = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{C_n} \times 100 \quad (3)$$

式中， $(E_r)_i$ —— i 流量区流量计的测量重复性，%；

$E_{\max}$ —— i 流量区流量计单次示值误差的最大值，%；

$E_{\min}$ —— i 流量区流量计单次示值误差的最小值，%；

C_n ——极差系数。

各流量区单次测量重复性的最大值作为流量计的重复性，见公式（4）。

$$E_r = ((E_r)_i)_{\max} \quad (4)$$

8 校准结果表达

校准记录和校准证书格式见附录 A 和 B，校准证书应至少包含以下信息：

- 1) 标题：“校准证书”；
- 2) 实验室名称和地址；
- 3) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- 4) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- 5) 客户的名称和地址；
- 6) 被校对象的描述和明确标识；
- 7) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校对象的接收日期；
- 8) 如果与校准结果的有效性和应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；
- 9) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- 10) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- 11) 校准环境的描述；
- 12) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- 13) 对校准规范的偏离的说明；
- 14) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；
- 15) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- 16) 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

建议流量计的复校时间间隔不超过 1 年。

注：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

校准记录的参考格式

气体质量流量计校准原始记录

证书编号		委托单号		地址		第 页 共 页		
送检单位		样品编号		型号规格				
样品名称		流量范围		最大允许误差				
制造单位		校准依据		校准介质				
校准地点		相对湿度		%		MPa		
环境温度:		℃						
校准使用的主要计量器具:								
名称		编号	测量范围	不确定度/准确度等级/最大允许误差	溯源机构	证书编号	有效期至	
流量区	校准流量范围	测量次数	流量计示值 M_y (kg)	电子天平示值(M_e) _y (kg)	单次示值误差 E_y (%)	示值误差 E_i (%)	重复性(E_{vi}) (%)	扩展不确定度 $U_{rd}, k=2$ (%)
R (1)	$50\%Q_{max} \sim Q_{max}$	1						
		2						
		3						
R (2)	$20\%Q_{max} \sim 50\%Q_{max}$	1						
		2						
		3						
R (3)	$Q_{min} \sim 20\%Q_{max}$	1						
		2						
		3						
流量计外观检查		密封性试验		扩展不确定度 $U_{rd} =$		%($k=2$)		

校准人员: _____ 核验人员: _____ 校准日期: _____

附录 B

校准证书（内页）参考格式

B.1 校准依据：

B.2 校准环境条件：

B.2.1 环境温度，℃：

B.2.2 相对湿度，%：

B.2.3 其它影响量：

B.3 校准介质：

B.4 校准使用的主要计量器具：

B.4.1 名称：

B.4.2 不确定度/准确度等级/最大允许误差：

B.4.3 有效期至： 年 月 日

B.5 校准结果

流量区	校准流量范围 (kg/min)	示值误差 $E_i(\%)$	重复性 $(E_r)_i(\%)$	扩展不确定度 $U_{rel}, (k=2)(\%)$
R (1)				
R (2)				
R (3)				

附录 C

测量不确定度评定示例

C.1 概述

C.1.1 流量计

名称：气体质量流量计

最大工作压力：10MPa

校准流量范围：（0.2~5）kg/min

最大允许误差：±0.50%

C.1.2 校准介质

校准介质：压缩空气

压力范围：≤10MPa

C.1.3 校准设备

1) 主标准器

电子天平

最大称量：64kg

分辨力：0.1g

检定分度值：1g

2) 配套设备

流量指示仪

测量范围：（0.1~10）kg/min

最大允许误差：±1.0%

压力计

压力范围：（0~40）MPa

准确度等级：0.25级

标准砝码

标称值：20kg（3个）、1kg（1个）

准确度等级：F2级

C.2 校准结果

流量计校准数据见表 C.1。

表 C.1 校准数据

流量区	校准流量范围 (kg/min)	测量次数	流量计示值 M_{ij} (kg)	标准值 $(M_s)_{ij}$ (kg)	单次示值误差 E_{ij} (%)	示值误差 E_i (%)	重复性 $(E_r)_i$ (%)
R(1)	2.5~5.0	1	4.099	4.1014	-0.06	-0.11	0.04
		2	4.122	4.1271	-0.12		
		3	4.095	4.1005	-0.13		
R(2)	1.0~2.5	1	1.019	1.0214	-0.23	-0.25	0.11
		2	1.072	1.0737	-0.16		
		3	1.087	1.0908	-0.35		
R(3)	0.2~1.0	1	0.421	0.4224	-0.33	-0.41	0.12
		2	0.398	0.3994	-0.35		
		3	0.405	0.4072	-0.54		

C.3 测量模型

C.3.1 数学公式

流量计的测量模型为公式 (C.1):

$$E = \frac{M - M_s}{M_s} \times 100\% \quad (\text{C.1})$$

式中: E ——流量计的示值误差, %;

M_s ——标准值, kg;

M ——流量计的累积流量示值, kg。

C.3.2 灵敏系数

由于 M 与 M_s 互不相关, 因此由公式 (C.2) 计算合成标准不确定度:

$$u_r(E) = \sqrt{c_r^2(M_s)u_r^2(M_s) + c_r^2(M)u_r^2(M)} \quad (\text{C.2})$$

根据测量模型, 计算灵敏系数: $c_r(M_s) = -1$ 、 $c_r(M) = 1$ 。

C.4 不确定度评定

C.4.1 概述

以 R(2) 流量区为例, 对每个不确定度分量进行分析计算。由公式 (C.2) 可得, 流量计示值误差 E 的不确定度来源主要有:

- 1) 校准设备引入的不确定度分量 $u_r(M_s)$;
- 2) 流量计引入的不确定度分量 $u_r(M)$ 。

C.4.2 校准设备引入的不确定度分量 $u_r(M_s)$

1) 电子天平准确度引入的不确定度分量 (B 类), 见公式 (C.3)

$$u_r(M_{s1}) = \frac{|\delta_1|}{kM_1} \quad (C.3)$$

式中:

δ_1 ——电子天平的最大允许误差, kg;

M_1 ——校准时流量计的最小累积质量流量, kg;

$u_r(M_{s1})$ ——电子天平准确度引入的不确定度分量。

本次校准中电子天平的最大允许误差为 $\pm 1\text{g}$, 其分布可视为正态分布, 取 $k=2$, 在 R (2) 流量区校准时, 压缩空气的最小累积质量流量取 1.0kg , 则有:

$$u_r(M_{s1}) = \frac{1.0 \times 10^{-3}}{2 \times 1.0} \times 100\% = 0.05\%$$

2) 电子天平分辨力引入的不确定度分量 (B 类), 见公式 (C.4)。

$$u_r(M_{s2}) = \frac{0.29\delta_2}{M_2} \quad (C.4)$$

式中:

δ_2 ——电子天平分辨力, kg;

M_2 ——校准时流量计的最小累积质量流量, kg;

$u_r(M_{s2})$ ——电子天平分辨力引入的不确定度分量。

电子天平的分辨力为 0.1g , 压缩空气的最小累积质量流量取 1.0kg , 则有:

$$u_r(M_{s2}) = \frac{0.29 \times 0.1 \times 10^{-3}}{1.0} \times 100\% = 0.003\%$$

3) 储气容器结霜影响引入的不确定度分量 (B 类)

由于校准过程中储气容器充放气过程中有结霜或结露现象, 结霜或结露造成的质量偏差可视为均匀分布, 取 $k = \sqrt{3}$, 见公式 (C.5)。

$$u_r(M_{s3}) = \frac{M_3}{\sqrt{3}M_2} \quad (C.5)$$

式中:

M_3 ——结霜或结露造成的质量偏差，kg；

$u_r(M_{s3})$ ——储气容器结霜影响引入的不确定度分量。

校准过程中结霜或结露造成的质量偏差估算为 1.0g，压缩空气的最小充装量取 1.0kg，则有：

$$u_r(M_{s3}) = \frac{1.0 \times 10^{-3}}{\sqrt{3} \times 1.0} \times 100\% = 0.058\%$$

4) 校准设备引入的标准不确定度分量 $u_r(M)$ ：

校准设备引入的标准不确定度分量见表 C.2

表 C.2 校准设备引入的标准不确定度分量

符号	不确定度分量来源	标准不确定度 (%)	灵敏系数 c_r	扩展不确定度 (%)
$u_r(M_{s1})$	电子天平准确度引入的不确定度	0.05	1	0.05
$u_r(M_{s2})$	电子天平分辨力引入的不确定度	0.003	1	0.003
$u_r(M_{s3})$	储气容器结霜影响引入的不确定度	0.058	1	0.058

校准设备引入的标准不确定度分量 $u_r(M)$ 为：

$$u_r(M_s) = \sqrt{u_r(M_{s1})^2 + u_r(M_{s2})^2 + u_r(M_{s3})^2} = \sqrt{0.05^2 + 0.003^2 + 0.058^2} = 0.077\%$$

C.4.3 流量计引入的不确定度分量 $u_r(M)$

1) 测量重复性引入的不确定度分量 (A 类)，公式 (C.6) 计算。

$$u_r(M_1) = \frac{s_i}{\sqrt{n}} \quad (\text{C.6})$$

式中：

s_i —— i 流量区流量计示值误差的测量重复性；

n —— i 流量区的测量次数；

$u_r(M_1)$ ——流量计示值误差测量重复性引入的不确定度分量。

在 R (2) 流量区，测量重复性引入的不确定度分量为：

$$u_r(M_1) = \frac{0.11\%}{\sqrt{3}} = 0.064\%$$

2) 流量计最小质量变量引入的不确定度分量, 公式 (C.7) 计算。

$$u_r(M_2) = \frac{0.29\delta}{M_2} \quad (\text{C.7})$$

式中:

δ ——流量计的最小质量变量, kg;

M_2 ——校准时流量计的最小累积质量流量, kg;

$u_r(M_2)$ ——流量计最小质量变量引入的不确定度分量。

流量计最小质量变量为 0.1g, 压缩空气的最小累积质量流量取 1.0kg, 则有:

$$u_r(M_2) = \frac{0.29 \times 0.1 \times 10^{-3}}{1.0} \times 100\% = 0.003\%$$

注: 如果最小质量变量引入的不确定度分量远小于测量重复性引入的不确定度分量, 可不考虑最小质量变量引入的不确定度分量。如果最小质量变量引入的不确定度分量大于测量重复性引入的不确定度分量, 可不考虑测量重复性引入的不确定度分量。

在 R (2) 流量区, 最小质量变量引入的不确定度分量 0.003% 远小于测量重复性引入的不确定度分量 0.070%, 可不考虑最小质量变量引入的不确定度分量。

3) 流量计引入的标准不确定度分量 $u_r(M)$ 为:

$$u_r(M) = \sqrt{u_r(M_1)^2} = 0.064\%$$

C.4.4 流量计示值误差的合成标准不确定度 u_r

在 R (2) 流量区, 流量计示值误差的标准不确定度分量见表 C.3

表 C.3 标准不确定度分量一览流量计示值误差的标准不确定度分量

流量区	符号	不确定度分量来源	标准不确定度 (%)	灵敏系数 c_r	扩展不确定度 (%)
R (2)	$u_r(M_s)$	校准设备引入的不确定度	0.077	-1	0.077
	$u_r(M)$	流量计引入的不确定度	0.064	1	0.064

则流量计示值误差的合成标准不确定度 u_r 为:

$$u_r = \sqrt{c_r^2(M_s)u_r^2(M_s) + c_r^2(M)u_r^2(M)} = \sqrt{0.077\%^2 + 0.064\%^2} = 0.101\%$$

C.4.5 流量计的扩展不确定度 U_r

取包含因子 $k=2$ ，则流量计在 R（2）流量区的扩展不确定度 U_r 为：

$$U_r = k \times u_r = 2 \times 0.101\% = 0.21\%, \quad k=2$$