中华人民共和国地方计量技术规范

JJF（冀）3023—2022

气体采样综合校准装置校准规范

Calibration Specification for

Gas Sampling Comprehensive Calibration Device

2022-03-29 发布　　2022-04-29 实施

河北省市场监督管理局 发布

气体采样综合校准装置校准规范

JJF（冀）3023—2022

Calibration Specification for

Gas Sampling Comprehensive Calibration Device

归 口 单 位： 河北省市场监督管理局

起 草 单 位： 河北省计量监督检测研究院

北京市计量检测科学研究院

天津市计量监督检测科学研究院

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：

牛立娜（河北省计量监督检测研究院）

孟成林（河北省计量监督检测研究院）

刘　锴（北京市计量检测科学研究院）

李毅堂（天津市计量监督检测科学研究院）

参加起草人：

李国栋（河北省计量监督检测研究院）

杨光磊（河北省计量监督检测研究院）

关　瑜（青岛崂应海纳光电环保集团有限公司）

经亚纯（河北省计量监督检测研究院）

王　磊（河北省计量监督检测研究院）

王　炎（河北省计量监督检测研究院）

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 结构及工作原理 2
4.2 用途 3
5　计量特性 3
6　校准条件 4
6.1 环境条件 4
6.2 气源要求 4
6.3 校准用设备 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 5
8　校准结果的表达 8
9　复校时间间隔 8
附录 A 校准记录的参考格式 9
附录 B 校准证书的（内页）参考格式 14
附录 C 不确定度评定实例 15
附录 D 极差系数表 21

引　言

JJF 1001《通用计量术语及定义》、JJF 1004《流量计量名词术语及定义》、JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》和 JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本规范制定工作的基础性文件。本规范参照 JJG 586《皂膜流量计》、JJG 633《气体容积式流量计》、JJG 640-2016《差压式流量计》，并结合我国气体采样流量综合校准装置的技术水平及行业现状编制而成。

本规范为首次发布。

气体采样综合校准装置校准规范

1 范围

本规范适用于气体采样综合校准装置流量参数的校准。

气体采样综合校准装置包括：智能高精度综合标准仪，便携式气体、粉尘、烟尘采样仪综合校准装置，智能综合流量压力校准仪，综合校准仪等。

2 引用文件

JJG 586 皂膜流量计

JJG 633 气体容积式流量计

JJG 640-2016 差压式流量计

JJF1001 通用计量术语及定义

JJF1004 流量计量名词术语及定义

HJ/T 374-2007 总悬浮颗粒物采样器技术要求及检测方法

HJ/T 375-2007 环境空气采样器技术要求及检测方法

HJ/T 376-2007 24 小时恒温自动连续环境空气采样器

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

JJF 1001、JJF 1004 界定的及以下术语和定义适用于本规范。

3.1.1 气体采样综合校准装置 gas sampling comprehensive calibration device

由皂膜测量模块、容积测量模块、差压测量模块中的一种或多种组合而成，具有明确的流量分段，用作检测大气采样器、烟气采样器、粉尘采样器、烟尘采样器、总悬浮颗粒物采样器等气体采样器的校准装置，以下简称“装置”。

3.1.2 微流量段 micro flow section

测量范围一般为但不限于（100～5000）mL/min，一般用于大气采样器、烟气采样器、粉尘采样器的检测。

3.1.3 小流量段 small flow section

测量范围一般为但不限于（5～80）L/min，一般用于粉尘采样器、烟尘采

样器的检测。

3.1.4 中流量段 medium flow section

测量范围一般为但不限于（80～120）L/min，一般用于中流量总悬浮颗粒物采样器的检测。

3.1.5 大流量段 large flow section

测量范围一般为但不限于（800～1200）L/min，用于大流量总悬浮颗粒物采样器的检测。

3.1.6 流量系数 flow factor

与流量有关，为修正其测量误差而设定的系数。

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；或毫升，符号 mL。

3.2.2 时间单位：分钟，符号 min；或小时，符号 h。

3.2.3 流量单位：立方米每分钟，符号 m^3/min；或升每分钟，符号 L/min；或毫升每分钟，符号 mL/min。

3.2.4 压力单位：帕，符号 Pa；或千帕，符号 kPa。

3.2.5 温度单位：摄氏度，符号℃；或开尔文，符号 K。

4 概述

4.1 结构及工作原理

装置一般由皂膜测量模块、容积测量模块、差压测量模块中的一种或多种组合而成，具有明确的流量分段，装置常见结构见图 1-1、图 1-2。

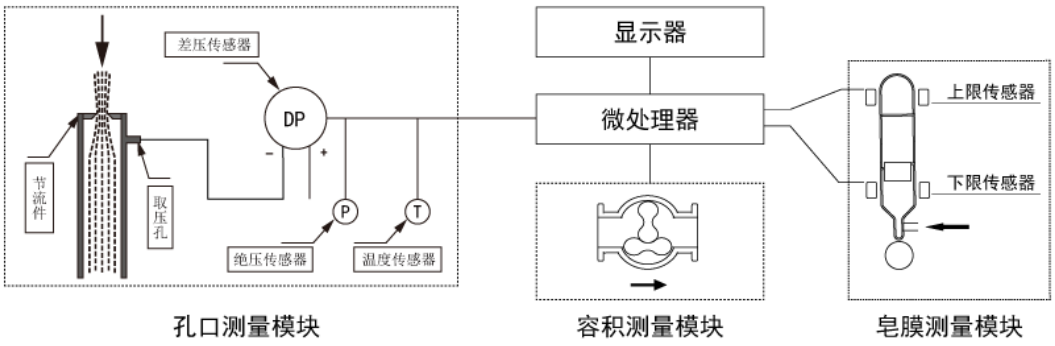

图 1-1 装置结构示意图

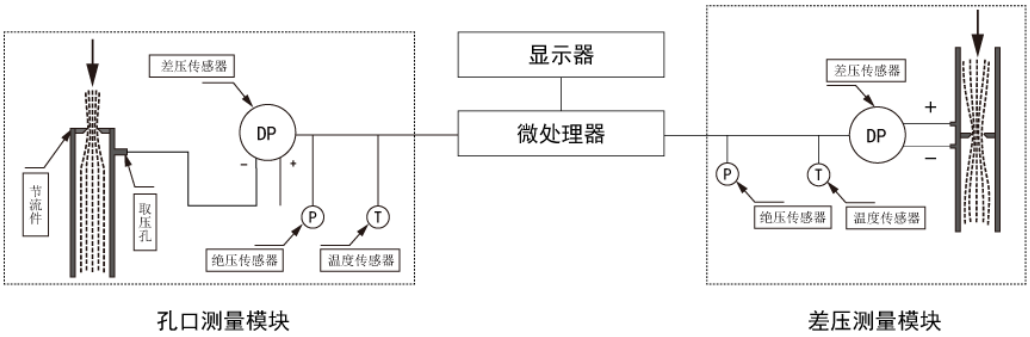

图 1-2 装置结构示意图

4.1.1 皂膜测量模块工作原理

皂膜测量模块一般适用于微流量段，气体经流量调节阀，由皂膜管下端的进气口流经皂膜管，由测得的时间和皂膜管两光电传感器之间的容积即可计算出流过装置的瞬时流量，并通过装置显示仪显示出来。

4.1.2 容积测量模块工作原理

容积测量模块一般适用于小流量段，当流体流过装置时，内部机械运动件在流体动力作用下，把流量分割成单个已知回转体积的气室，并进行重复不断地充满和排空，通过电子测量技术记录其循环次数，得到流体的累积流量，根据相应的测量时间得到瞬时流量，并通过装置显示仪显示出来。

4.1.3 差压测量模块工作原理

差压测量模块可适用于各流量段，当被测介质流经差压件时，在其两侧产生差压（当差压件一端直通大气且只有单一取压孔的特殊差压测量模块称为孔口测量模块），由差压与流量的关系，通过测量差压确定流体的流量，并通过装置显示仪显示出来。

4.2 用途

装置主要用作大气采样器、烟气采样器、粉尘采样器、烟尘采样器、总悬浮颗粒物采样器等气体采样器的检测。

5 计量特性

装置瞬时流量的准确度等级、最大允许误差通常用表 1 表示。

表 1　准确度等级和最大允许误差

准确度等级	1.0 级	1.5 级	2.0 级
最大允许误差	±1.0%	±1.5%	±2.0%

注：以上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

6.1.1 环境温度：15℃～25℃；

6.1.2 相对湿度：≤85%；

6.1.3 大气压力：86kPa～106kPa；

6.1.4 无明显的电磁干扰和机械振动。

6.2 气源要求

校准用的气体应保持清洁，气源压力要求稳定，其压力波动应不超过100Pa。

6.3 校准用设备

6.3.1 主标准器

根据测量原理不同，将标准装置分为瞬时流量标准装置和累积流量标准装置。校准选用的气体流量标准装置流量范围应与被校装置的流量范围相适应，其扩展不确定度应优于被校装置最大允许误差的1/3。主标准器应有有效的检定或校准证书。

6.3.2 配套设备

配套设备见表 2。

表 2 配套设备

序号	设备名称	测量范围	技术要求	用途
1	温度测量仪表	（0～50）℃	MPE：±0.2℃	测量标准器、被校装置处和环境的温度
2	差压测量仪表	（0～1000）Pa （0～5000）Pa	不低于 1 级	测量标准器和被校装置处的压力
3	压力测量仪表	（86～106）kPa	不低于 0.1 级	测量大气压力
4	计时器	（1～999）s	分辨力 0.01s	测量校准时间
5	湿度计	20%RH～90%RH	MPE：±5%RH	测量环境湿度

7　校准项目和校准方法

7.1 校准项目

校准项目为瞬时流量和流量系数。

7.2 校准方法

7.2.1 一般检查

装置中各流量段应有清晰的划分，并标明各流量段的测量范围。装置各测量模块进气口、出气口或取压口应有明显标识。装置应采用法定计量单位，显示的数字应醒目、整齐，表示功能的文字符号和标识应完整、清晰、端正。装置按键应手感适中，没有粘连现象。

校准前应查看并记录各测量模块的流量系数。

7.2.2 密封性检查

校准前应对装置各测量模块及其连接处进行密封性检查，确保无泄漏。

7.2.3 瞬时流量的校准

7.2.3.1 校准流量点及次数

在装置流量范围内，微流量段的校准点一般选取：q_c、$0.2q_{max}$、$0.5q_{max}$、$0.8q_{max}$、q_{max}；小流量段的校准点一般选取：q_{min}、$0.3q_{max}$、$0.5q_{max}$、$0.8q_{max}$、q_{max}；中流量段的校准点一般选取：q_{min}、q_c、q_{max}；大流量段的校准点一般选取：q_{min}、q_c、q_{max}。校准时可根据用户需求添加、删除或修改校准流量点。

q_c一般为采样器的工作点流量，微流量段一般为 200mL/min；中流量段一般为 100L/min；大流量段一般为 1050L/min。

每个流量点至少校准 3 次。单次测量体积应不少于装置在校准流量下运行 1min 对应的体积量。

7.2.3.2 校准过程

对于装置中的差压式测量模块，应先将其置于没有气流扰动的环境空气中，进行校零，确保零流量状态下差压为零。

将被校测量模块的进气口或出气口与标准装置连通，调节流量至校准流量点，使其不超过设定流量的±5%，且不超出相应测量模块的流量范围，运行稳定后开始校准。

a）采用瞬时流量标准装置校准过程：

一般采用负压法，将被校装置串联安装在标准器的上游。当标准器和被校装置的流量达到稳定时，读取标准器和被校装置的指示流量，同时记录标准器

和被校装置进口处的压力、温度。

其中标准器瞬时流量的读取采用间歇读数方法，一次校准过程中有效读数次数不得少于 6 次，取其平均值作为标准器该点单次校准瞬时流量 q_0。

$$q_0 = \frac{1}{m}\sum_{l=1}^{l=m} q_{0,l} \tag{1}$$

式中：

$q_{0,l}$—标准器瞬时流量，mL/min 或 L/min 或 m^3/min；

m—单次校准过程中有效读数次数，$m \geqslant 6$。

计算标准器转换至被校装置状态下的工况瞬时流量$(q_s)_{ij}$。

$$(q_s)_{ij} = q_0 \times \frac{T_m}{T_s} \times \frac{p_s}{p_m} \tag{2}$$

式中：

T_s、T_m—分别为标准器和被校装置进口处的热力学温度，K；

p_s、p_m—分别为标准器和被校装置进口处的绝对压力，Pa。

对于显示瞬时流量的测量模块，被校装置瞬时流量的读取采用间歇读数方法，一次校准过程中有效读数次数不得少于 6 次，取其平均值作为该点单次校准瞬时流量$(q_m)_{ij}$。若测量模块可直接显示测量时间段内平均瞬时流量，则直接取其作为该点单次校准瞬时流量$(q_m)_{ij}$。

b）采用累积流量标准装置校准过程：

可采用进气法或排气法，测量流经标准器的气体体积和同步时间，同时记录标准器和被校装置进口处的压力、温度。

其中标准器该点单次校准瞬时流量 q_0 为：

$$q_0 = \frac{V}{t} \tag{3}$$

式中：

V—流经标准器的体积值，mL 或 L 或 m^3；

t—单次校准所用时间，min。

标准器转换至被校装置状态下的工况瞬时流量$(q_s)_{ij}$见公式（2）。

被校装置瞬时流量$(q_m)_{ij}$的读取同 7.2.3.2 中 a）采用瞬时流量标准装置校

准过程相关内容。

7.2.3.3 数据处理

a）示值误差计算

第 i 流量点第 j 次被校装置的示值误差按式（4）计算。

$$E_{ij}=\frac{(q_{\mathrm{m}})_{ij}-(q_{\mathrm{s}})_{ij}}{(q_{\mathrm{s}})_{ij}}\times 100\% \tag{4}$$

式中：

E_{ij}—第 i 流量点第 j 次被校装置的示值误差；

$(q_{\mathrm{m}})_{ij}$—第 i 流量点第 j 次被校装置的瞬时流量，mL/min 或 L/min 或 m^3/min；

$(q_{\mathrm{s}})_{ij}$—第 i 流量点第 j 次标准器的瞬时流量，mL/min 或 L/min 或 m^3/min。

被校装置第 i 流量点的示值误差按式（5）计算。

$$E_i=\frac{\sum_{j=1}^{n}E_{ij}}{n} \tag{5}$$

式中：

n—第 i 流量点的校准次数，$n\geqslant 3$。

b）重复性计算

装置测量模块第 i 流量点的重复性$(E_{\mathrm{r}})_i$按式（6）计算，极差系数见附录 D。

$$(E_{\mathrm{r}})_i=\frac{E_{i\max}-E_{i\min}}{d_n} \tag{6}$$

式中：

$E_{i\max}$—第 i 校准点中示值误差最大值；

$E_{i\min}$—第 i 校准点中示值误差最小值；

d_n—极差系数。

7.2.4 流量系数修正

如流量系数需修正，应采用以下方法：

当测量模块在流量范围内仅有一个流量系数，一般选取 q_{c} 或 $0.5q_{\max}$ 流量点进行校准，流量系数修正时通常按公式（7）进行（实际以装置说明书为准）。

$$K=\frac{q_{\mathrm{s}}}{q_{\mathrm{m}}}\times K' \tag{7}$$

式中：

q_s—标准器换算到被校装置处状态的瞬时流量值，mL/min 或 L/min 或 m^3/min；

q_m—被校装置的瞬时流量值，mL/min 或 L/min 或 m^3/min；

K'—校准前流量系数；

K—校准后流量系数。

当测量模块被校流量点均有对应的流量系数，需按公式（7）对每个流量点进行系数修正。

流量系数修正后，需按 7.2.3 再次进行校准，并将新的瞬时流量和重复性作为校准结果。

8 校准结果的表达

原始记录和校准证书格式见附录 A 和附录 B。

9 复校时间间隔

装置的复校时间间隔建议一般为 1 年。也可根据装置的使用环境条件、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

客户名称			客户地址		
器具名称		型号规格		准确度等级	
出厂编号		制造单位		测量范围	
大气压		环境温度		相对湿度	
校准员		核验员		校准日期	
校准地点					
校准依据					
校准所用主要标准器具					
名称	测量范围	准确度等级/最大允许误差/不确定度	证书编号	有效期至	上级溯源机构名称

A.2　一般检查：

A.3　密封性：

A.4　校准结果：

一、微流量段：

流量点	被校装置				标准器						示值误差(%)	重复性(%)	相对扩展不确定度(k=2)(%)
	温度(℃)	压力(Pa)	瞬时流量( )	平均值( )	温度(℃)	压力(Pa)	累积流量( )	时间(s)	瞬时流量( )	平均值( )			

原流量系数：_____　　校准后流量系数：_____

二、小流量段：

流量点	被校装置				标准器						示值误差(%)	重复性(%)	相对扩展不确定度(k=2)(%)
	温度(℃)	压力(Pa)	瞬时流量( )	平均值( )	温度(℃)	压力(Pa)	累积流量( )	时间(s)	瞬时流量( )	平均值( )			

原流量系数：_____　　校准后流量系数：_____

三、中流量段：

流量点	被校装置				标准器						示值误差(%)	重复性(%)	相对扩展不确定度(k=2)(%)
	温度(℃)	压力(Pa)	瞬时流量( )	平均值( )	温度(℃)	压力(Pa)	累积流量( )	时间(s)	瞬时流量( )	平均值( )			

原流量系数：_____　　校准后流量系数：_____

四、大流量段：

流量点	被 校 装 置				标 准 器						示值误差(%)	重复性(%)	相对扩展不确定度(k=2)(%)
	温度(℃)	压力(Pa)	瞬时流量( )	平均值( )	温度(℃)	压力(Pa)	累积流量( )	时间(s)	瞬时流量( )	平均值( )			

原流量系数：_____　　校准后流量系数：_____

附录 B

校准证书的（内页）参考格式

一、一般检查：

二、密封性检查：

三、校准结果：

1、微流量段：

序号	仪表示值 （　　）	标准值 （　　）	重复性 (%)	相对扩展不确定度 (%，k=2)
1				
2				
3				
4				
5				

原流量系数：_____　　校准后流量系数：_____

2、小流量段：

序号	仪表示值 （　　）	标准值 （　　）	重复性 (%)	相对扩展不确定度 (%，k=2)
1				
2				
3				
4				
5				

原流量系数：_____　　校准后流量系数：_____

3、中流量段：

序号	仪表示值 （　　）	标准值 （　　）	重复性 (%)	相对扩展不确定度 (%，k=2)
1				
2				
3				

原流量系数：_____　　校准后流量系数：_____

4、大流量段：

序号	仪表示值 （　　）	标准值 （　　）	重复性 (%)	相对扩展不确定度 (%，k=2)
1				
2				
3				

原流量系数：_____　　校准后流量系数：_____

———（以下空白）———

附录 C

不确定度评定实例

C.1 概述

C.1.1 被校装置

名称：气体、粉尘、烟尘采样仪综合校准装置

准确度等级：1.5 级

测量范围：（1）微流量段：(100～5000)mL/min；

（2）小流量段：(5～80)L/min；

（3）中流量段：(80～150)L/min；

（4）大流量段：(800～1200)L/min。

C.1.2 标准器

（1）皂膜气体流量标准装置：测量范围：（0.1～12）L/min，瞬时流量不确定度：U_r=0.5%，k=2；

温度计：测量范围：（0～50）℃，不确定度：U=0.2℃，k=2；

压力变送器：测量范围：（80～120）kPa，不确定度：U=50Pa，k=2；

差压变送器：测量范围：（-10～10）kPa，不确定度：U=16Pa，k=2。

（2）钟罩式气体流量标准装置；测量范围：（0.01～6）m^3/h，瞬时流量不确定度：U_r=0.16%，k=2；

温度变送器：测量范围：（0～50）℃，不确定度：U=0.2℃，k=2；

压力变送器：测量范围：（80～120）kPa，不确定度：U=24Pa，k=2；

差压变送器：测量范围：（-10～10）kPa，不确定度：U=14Pa，k=2。

（3）标准表法气体流量标准装置；测量范围：（0.4～25）m^3/h，瞬时流量不确定度：U_r=0.32%，k=2；

温度变送器：测量范围：（0～50）℃，不确定度：U=0.2℃，k=2；

压力变送器：测量范围：（80～120）kPa，不确定度：U=50Pa，k=2；

差压变送器：测量范围：（-10～10）kPa，不确定度：U=16Pa，k=2。

（4）标准表法气体流量标准装置；测量范围：（8～120）m^3/h，瞬时流量不确定度：U_r=0.32%，k=2；

温度变送器：测量范围：（0～50）℃，不确定度：U=0.2℃，k=2；

压力变送器：测量范围：（80～120）kPa，不确定度：U=50Pa，k=2；

差压变送器：测量范围：（-10～10）kPa，不确定度：U=16Pa，k=2。

C.1.3 测量结果

瞬时流量及重复性测量结果见表 C.1。

表 C.1 校准数据

流量段	装置示值	标准值	重复性(%)
微流量段	4998.5mL/min	5012.3mL/min	0.16
	4001.1mL/min	4009.8mL/min	0.18
	2501.2mL/min	2510.0mL/min	0.21
	1000.5mL/min	1001.2mL/min	0.23
	200.3 mL/min	200.9 mL/min	0.22
小流量段	79.8L/min	80.2L/min	0.16
	64.1L/min	64.4L/min	0.15
	40.0L/min	40.2L/min	0.14
	24.2L/min	24.3L/min	0.18
	5.0 L/min	5.0 L/min	0.19
中流量段	120.0L/min	120.5L/min	0.21
	100.0L/min	100.5L/min	0.23
	80.2L/min	80.5L/min	0.22
大流量段	1198L/min	1205L/min	0.21
	1052L/min	1059L/min	0.24
	801L/min	805L/min	0.25

C.2 数学模型

$$E=\frac{q_{\mathrm{m}}-q_{\mathrm{s}}}{q_{\mathrm{s}}}\times 100\% \qquad \text{（C.1）}$$

$$q_{\mathrm{s}}=\frac{V}{t}\times\frac{T_{\mathrm{m}}}{T_{\mathrm{s}}}\times\frac{p_{\mathrm{s}}}{p_{\mathrm{m}}} \qquad \text{（C.2）}$$

式中：

E—被校装置的示值误差；

q_{m}—被校装置的瞬时流量；

q_{s}—标准器的瞬时流量；

V—流过标准器的体积值；

t—单次校准所用时间；

T_s、T_m—分别为标准器和被校装置处的热力学温度；

p_s、p_m—分别为标准器和被校装置处的绝对压力。

C.3 不确定度传播律

由以上数学模型可知，示值误差 E 的不确定度传播律为：

$$u(E)=\sqrt{u_r^2(q_m)+u_r^2(V)+u_r^2(t)+u_r^2(T_m)+u_r^2(T_s)+u_r^2(p_m)+u_r^2(p_s)}$$

由于标准器校准证书里的瞬时流量 q_s' 的不确定度已包含 V、t、T_s、p_s 等不确定度分量，且 $q_m \approx q_s$，因此示值误差 E 的不确定度可表示为：

$$u(E)=\sqrt{u_r^2(q_m)+u_r^2(q_s')+u_r^2(T_m)+u_r^2(p_m)}$$

C.4 不确定度分量及评定

C.4.1 被校装置的瞬时流量 q_m 引入的不确定度分量

被校装置瞬时流量 q_m 引入的不确定度来源于 q_m 的重复性 s，同时被校装置的分辨力会对 q_m 的重复性构成影响，因此取 q_m 的重复性和仪器分辨力引入的不确定度两者最大值作为被校装置的瞬时流量 q_m 的不确定度。

被校装置在各流量点 q_m 引入的不确定度如表 C.2 所示：

表 C.2　q_m 引入的不确定度

流量段	流量点	重复性 s(%)	重复测量次数	$u_r(s)$ (%)	分辨力	分辨力引入的不确定度(%)	$u_r(q_m)$ (%)
微流量段	4998.5mL/min	0.16	3	0.0924	0.1mL/min	0.0006	0.0924
	4001.1mL/min	0.18		0.1039		0.0006	0.1039
	2501.2mL/min	0.21		0.1212		0.0012	0.1212
	1000.5mL/min	0.23		0.1328		0.0019	0.1328
	200.3 mL/min	0.22		0.1270		0.0144	0.1270
小流量段	79.8L/min	0.16		0.0924	0.1L/min	0.0358	0.0924
	64.1L/min	0.15		0.0866		0.0450	0.0866
	40.0L/min	0.14		0.0808		0.0722	0.0808
	24.2L/min	0.18		0.1039		0.1203	0.1203
	5.0 L/min	0.19		0.1097		0.5774	0.5774

流量段	流量点	重复性 s(%)	重复测量次数	$u_r(s)$ (%)	分辨力	分辨力引入的不确定度(%)	$u_r(q_m)$ (%)
中流量段	120.0L/min	0.21		0.1212	0.1L/min	0.0242	0.1212
	100.0L/min	0.23		0.1328		0.0289	0.1328
	80.2L/min	0.22		0.1270		0.0358	0.1270
大流量段	1198L/min	0.21		0.1212	1L/min	0.0242	0.1212
	1052L/min	0.24		0.1386		0.0277	0.1386
	801L/min	0.25		0.1443		0.0358	0.1443

C.4.2 标准器瞬时流量 q_s' 引入的不确定度分量

标准器瞬时流量 q_s' 引入的不确定度如表 C.3 所示：

表 C.3　q_s'引入的不确定度

流量段	采用标准器	标准器瞬时流量的扩展不确定度	$u_r(q_s')$ (%)
微流量段	皂膜气体流量标准装置	U_r=0.5%，k=2	0.25
小流量段	钟罩式气体流量标准装置	U_r=0.16%，k=2	0.08
中流量段	标准标法气体流量标准装置	U_r=0.32%，k=2	0.16
大流量段	标准标法气体流量标准装置	U_r=0.32%，k=2	0.16

C.4.3 被校装置热力学温度 T_m 测量引入的不确定度分量

被校装置热力学温度 T_m 测量引入的相对不确定度 $u_r(T_m)=\dfrac{u(T_m)}{T_m}$，如表 C.4 所示：

表 C.4　T_m引入的不确定度

流量段	$U(T_m)$	$u(T_m)$ (K)	T_m(K)	$u_r(T_m)$ （%）
微流量段	U=0.2K，k=2	0.1	293.35	0.034
小流量段	U=0.2K，k=2	0.1	293.35	0.034
中流量段	U=0.2K，k=2	0.1	293.35	0.034
大流量段	U=0.2K，k=2	0.1	293.35	0.034

C.4.4 被校装置绝对压力 p_m 测量引入的不确定度分量

被校装置的绝对压力 p_m 由大气压力 p_0 和表压 p_m' 相加所得，因此被校装置绝对压力 p_m 不确定度 $u(p_m)=\sqrt{u^2(p_0)+u^2(p_m')}$，被校装置绝对压力 p_m 测量引入的相

对不确定度$u_r(p_m)=\dfrac{u(p_m)}{p_m}$，如表 C.5 所示：

表 C.5　p_m引入的不确定度

流量段	$U(p_0)$	$U(p_m')$	$u(p_m)$ (Pa)	p_m (Pa)	$u_r(p_m)$ (%)
微流量段	U=50Pa，k=2	U=16Pa，k=2	26.2	100300	0.026
小流量段	U=24Pa，k=2	U=14Pa，k=2	13.9	102200	0.014
中流量段	U=50Pa，k=2	U=16Pa，k=2	26.2	100200	0.026
大流量段	U=50Pa，k=2	U=16Pa，k=2	26.2	100200	0.026

C.5 合成标准不确定度计算

不确定分量一览表及合成标准不确定度如表 C.6 所示：

表 C.6　标准不确定度分量一览表

流量段	流量点	u_r（q_m）(%)	u_r（q_s'）(%)	u_r（T_m）(%)	u_r（p_m）(%)	u_c(%)
微流量段	4998.5mL/min	0.0924	0.25	0.034	0.026	0.270
	4001.1mL/min	0.1039				0.274
	2501.2mL/min	0.1212				0.281
	1000.5mL/min	0.1328				0.286
	200.3 mL/min	0.1270				0.284
小流量段	79.8L/min	0.0924	0.08	0.034	0.014	0.128
	64.1L/min	0.0866				0.123
	40.0L/min	0.0808				0.120
	24.2L/min	0.1203				0.149
	5.0L/min	0.5774				0.584
中流量段	120.0L/min	0.1212	0.16	0.034	0.026	0.205
	100.0L/min	0.1328				0.212
	80.2L/min	0.1270				0.209
大流量段	1198L/min	0.1212	0.16	0.034	0.026	0.205
	1052L/min	0.1386				0.216
	801L/min	0.1443				0.220

C.6 校准结果

取包含因子 k=2，则装置瞬时流量校准结果如表 C.7 所示：

C.7　校准结果

流量段	装置示值	标准值	相对扩展不确定度(%)
微流量段	4998.5mL/min	5012.3mL/min	0.54
	4001.1mL/min	4009.8mL/min	0.55
	2501.2mL/min	2510.0mL/min	0.56
	1000.5mL/min	1001.2mL/min	0.57
	200.3mL/min	200.9mL/min	0.57
小流量段	79.8L/min	80.2L/min	0.26
	64.1L/min	64.4L/min	0.25
	40.0L/min	40.2L/min	0.24
	24.2L/min	24.3L/min	0.30
	5.0L/min	5.0L/min	1.17
中流量段	120.0L/min	120.5L/min	0.41
	100.0L/min	100.5L/min	0.42
	80.2L/min	80.5L/min	0.42
大流量段	1198L/min	1205L/min	0.41
	1052L/min	1059L/min	0.43
	801L/min	805L/min	0.44

附录 D

极差系数表

极差系数 d_n 与重复测量次数 n 的关系如表 D.1 所示：

表 D.1 d_n 数值表

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d_n	1.13	1.69	2.06	2.33	2.53	2.70	2.85	2.97	3.08