



北京市地方计量技术规范

JJF(京)××××-20××

气体活塞定标筒校准规范

Calibrator Cylinder of Gas Piston

(征求意见稿)

×××× - ×× - ×× 发布

××××- ×× - ×× 实施

北京市市场监督管理局 发布

气体活塞定标筒校准规范

Calibrator Cylinder of Gas Piston

JJF(京) XX-XXXX

归口单位：北京市市场监督管理局

主要起草单位：北京市计量检测科学研究院

参加起草单位：

本规范委托XXX负责解释

目 录

引 言.....	(III)
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.....	(1)
4 概述.....	(2)
4.3 结构.....	(2)
5 计量特性.....	(2)
5.1 气体活塞定标筒密封性.....	(2)
5.2 气体活塞定标筒容积误差.....	(2)
5.3 气体活塞定标筒重复性.....	(2)
6 校准条件.....	(2)
6.1 环境条件.....	(2)
7 校准项目和校准方法.....	(3)
7.1 校准项目.....	(3)
8 校准结果的表达.....	(6)
9 复校时间间隔.....	(6)
附录 A.....	(7)
附录 B.....	(8)
附录 C.....	(9)
附录 D.....	(12)
附录 E 极差法.....	(15)

引 言

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《国家计量校准规范编写规则》的 5.9，本规范将容积误差列为计量特性并作为计量校准的主要工作。

本规范为首次发布。

气体活塞定标筒校准规范

1 范围

本规范适用于气体活塞定标筒的校准。

2 引用文件

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》

JJF 1586-2016 《主动活塞式流量标准装置校准规范》

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 气体活塞定标筒 Calibrator Cylinder of Gas Piston

气体活塞定标筒主要用于肺功能仪的日常标定和检验，采用低牵引活塞，操作方便，具有较高的精度和较好的密封性。

3.1.2 活塞 piston

在电机或手柄驱动下沿缸体轴线运动的圆盘形或圆柱形金属机件。

3.1.3 容积值 volume

气体活塞定标筒从启始运动至极限位置之间的几何容积，该几何容积的大小为具有恒定横截面的缸体截面积与圆盘形活塞位移之积或圆柱形活塞面积与其位移之积。

3.2 计量单位

3.2.1 容积单位：升，符号 L；或毫升，符号 mL。

3.2.2 重量单位：千克，符号 kg；或克，符号 g。

3.2.3 时间单位：秒，符号 s；或小时，符号 h。

3.2.4 密度单位：克每立方厘米，符号 g/cm³；或千克每立方米，符号 kg/m³。

3.2.4 压力单位：帕[斯卡]，符号 Pa；或千帕，符号 kPa。

3.2.5 温度单位：摄氏度，符号 $^{\circ}\text{C}$ ；或开尔文，符号 K。

4 概述

4.1 工作原理

气体活塞定标筒是采用低牵引活塞，容积值为固定值，操作方便，具有较高的精度和较好的密封性。气体活塞定标筒用于流量计定标的工具，其目的是确定流量计输出信号与实际流量之间的关系。通过将定标筒连接到流量计上，通过改变流量筒的流速，得到一系列的流量读数和对应的流量计输出信号值。这些读数和信号值可以被用来建立流量计输出信号和实际流量之间的准确关系，以便进行更精确的流量测量和控制。定标筒还可以帮助确定流量计在使用过程中的精度和稳定性，并检测流量计是否存在漂移或故障等问题。

4.2 用途

气体活塞定标筒主要用于肺功能仪的日常标定和校准。

4.3 结构

气体活塞定标筒结构示意图如图 1 所示。

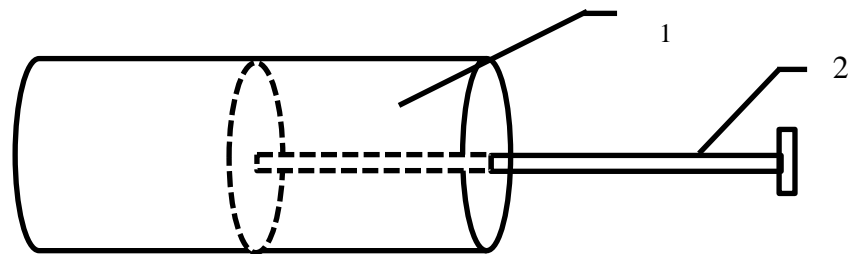


图 1 气体活塞定标筒结构示意图

1-管筒； 2-手柄

5 计量特性

- 5.1 气体活塞定标筒密封性
- 5.2 气体活塞定标筒容积误差
- 5.3 气体活塞定标筒重复性

6 校准条件

6.1 环境条件

- 6.1.1 环境温度： $5^{\circ}\text{C}\sim 45^{\circ}\text{C}$ ；

6.1.2 相对湿度：15%~95%；

6.1.3 大气压力：86kPa~106kPa；

6.2 主标准器及配套设备

6.2.1 主标准器

气体活塞定标筒可用钟罩式气体流量标准装置（以下简称钟罩）或电子天平对其进行校准。钟罩的准确度等级应优于 0.5 级，或相对扩展不确定度应优于 0.5%（ $k=2$ ），电子天平的分度值不低于 0.01g。

6.2.2 配套设备

配套设备见表 1。

表 1 配套设备

序号	设备名称	技术要求	用途
1	温度计	MPE: $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$	测量介质、气体和环境温度
2	湿度计	MPE: $\pm 10\%\text{RH}$	测量环境湿度
3	气压计	MPE: $\pm 2.5\text{hPa}$	测量大气压力

注：也可采用满足以上要求的温度、湿度、压力变送器。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

表 2 校准项目一览表

序号	校准项目
1	气体活塞定标筒密封性
2	气体活塞定标筒容积误差
3	气体活塞定标筒重复性

7.2 校准方法

7.2.1 一般检查

用目测的方法检查气体活塞定标筒，气体活塞定标筒外观应无明显损伤，连接插件应牢固可靠，铭牌和标记应醒目、整齐，文字符号和标志应完整、清晰、端正。

7.2.2 密封性检查

将气体活塞定标筒与钟罩连接，打开钟罩与气体活塞定标筒的连接阀，保持时间不少于 5min，观察钟罩的流量显示应无变化。

7.2.3 气体活塞定标筒容积值容积误差及重复性的校准

7.2.3.1 校准前准备

a) 气体活塞定标筒定温

气体活塞定标筒应在校准环境条件下放置 4h 以上。

b) 管路连接

校准时, 选择标准装置上适合的管路与气体活塞定标筒管路连接, 试验管段的连接部位应无泄漏。

7.2.3.2 容积值校准时的时间要求

对于常用的 3L 的气体活塞定标筒, 当推动气体活塞定标筒的手柄, 使得定标筒中的气体被推出时, 从起始位置到结束位置, 推动手柄的时间一般在 10s 至 20s 之间。

7.2.3.3 校准次数

气体活塞定标筒容积值的校准一般不少于 3 次。

7.2.3.4 校准操作

气体活塞定标筒的校准方法可分为: 体积法和称重法。

(1) 体积法

将气体活塞定标筒与钟罩通过管路连接, 将手柄拉倒最大位置。确保无泄漏后, 推动手柄, 保持匀速推进, 一般对于 3 升的气体活塞定标筒来讲, 手柄从起始位置到终止位置, 匀速推进的时间一般不少于 10s。记录钟罩所显示的累积体积值, 重复操作一般不少于 3 次。

(2) 称重法

用称重法校准气体活塞定标筒装置的系统连接方式可参考图 2。先将水箱里的水注满量器, 气体活塞定标筒的手柄拉至极限停止位置, 打开量器阀门, 推动定标筒手柄, 将定标筒中的空气推入量器中, 量器中的水排入玻璃容器中, 用电子秤/天平称量后, 换算成定标筒的标准容积。

测量程序和要求:

- a) 将阀门 4 打开, 将水箱里的水注入量器;
- b) 将定标筒推至极限停止位置, 使圆筒内空间容积处于最大状态;
- c) 打开量器下面的阀门 6, 使量器连通大气;
- d) 将称量容器在电子秤或天平清零/去皮;

- e) 推动定标筒手柄，将定标筒中的空气匀速缓慢地推入量器中，直至定标筒里的空气全部推出，使圆筒内空间容积处于最小状态；
- f) 量器中的水排入玻璃容器中，待停止后，将阀门 6 关闭；
- g) 将盛有水的称量容器在电子秤/天平称重；
- h) 记录液体温度、环境温度，将重量值换算成定标筒的标准容积值，完成单次校准；
- i) 校准 n ($n \geq 3$) 次，每次记录下重量值，并换算为定标筒的标准容积值。

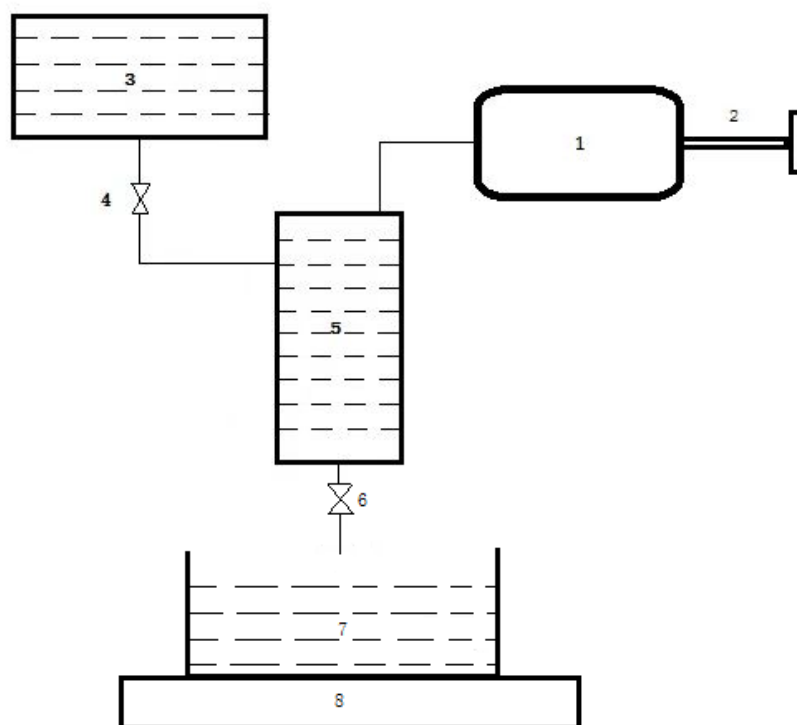


图 2 气体活塞定标筒称重法校准示意图

1-管筒； 2-手柄； 3-水箱； 4、6-阀门；
5-量器； 7-玻璃容器； 8-电子天平

7.2.3.5 数据处理

1) 气体活塞定标筒容积值的容积误差计算

a) 体积法

气体活塞定标筒容积值单次校准的容积误差按公式 (1) 计算：

$$E_i = \frac{(V_v)_i - (V_s)_i}{(V_s)_i} \times 100\% \quad (1)$$

式中： E_i —气体活塞定标筒第 i 次校准时容积值的容积误差，%；

$(V_v)_i$ —气体活塞定标筒第 i 次校准时气体活塞定标筒的标称容积值，L

或 mL;

$(V_s)_i$ —气体活塞定标筒第 i 次校准时标准装置的容积值, L 或 mL。

气体活塞定标筒容积值的容积误差按公式 (2) 计算:

$$E = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i \quad (2)$$

式中: E —气体活塞定标筒容积值的容积误差, %。

b) 称重法

由水的质量 M_i 计算出气体活塞定标筒的, 计算公式为:

$$(V_s)_i = \frac{M_i}{\rho_t} \quad (3)$$

式中: M_i —气体活塞定标筒第 i 次校准时气体活塞定标筒的质量值, g 或 kg;

ρ_t —校准温度下蒸馏水的实际密度, g/cm^3 或 kg/m^3 。

气体活塞定标筒容积值单次校准的容积误差按公式 (1) (2) 计算, 得出气体活塞定标筒容积值的容积误差。

2) 气体活塞定标筒容积值重复性计算

各气体活塞定标筒容积值的重复性按公式 (4) 计算:

$$E_r = \frac{E_{max} - E_{min}}{d_n}$$

式中: E_r —气体活塞定标筒容积值的重复性, %;

E_{max} —校准中的最大容积误差, %;

E_{min} —校准中的最小容积误差, %;

d_n —极差系数。

8 校准结果的表达

校准证书应给出校准结果及测量不确定度, 其内页格式见附录 B, 原始记录格式见附录 A, 不确定度评定示例见附录 C、D, 极差系数数值表见附录 E。

9 复校时间间隔

气体活塞定标筒的复校时间间隔建议一般为一年。也可根据被校气体活塞定标筒使用环境、使用频率或管理要求由使用单位自行决定复校时间间隔。

附录 A

校准记录的参考格式

A.1 基本情况

申请单位					
申请单位地址					
计量器具名称		规格型号			
器具编号		制造单位			
环境温度		相对湿度			
大气压力		校准介质			
校准依据					
校准地点					
校准所用主要标准器					
名称	测量范围	编号	准确度等级/ 测量不确定度/ 最大允许误差	证书号	有效期至

A.2 校准结果

A.2.1 一般检查:

A.2.2 密封性:

A.2.3 气体活塞定标筒容积值容积误差校准:

序号	标称容积值 ()	标准容积值 ()	平均容积值 ()	容积误差 (%)	平均容积误差 (%)	重复性 (%)	标准不确定度 (%)

气体活塞定标筒容积值的容积误差: %

气体活塞定标筒重复性: %

气体活塞定标筒校准结果的扩展不确定度: $U_r =$ % ($k=2$)

复校时间间隔建议: 年

附录 C

气体活塞定标筒体积法测量结果不确定度评定示例

C.1 概述

C.1.1 被校计量器具

名称：气体活塞定标筒

测量范围：3L。

C.1.2 标准器

标准器信息见表 C.1

表 C.1 标准器

名称	钟罩式气体流量标准装置
准确度等级	0.2 级
测量范围	(0.01~24) m ³ /h

C.1.3 校准环境条件

校准时环境温度：23.0℃，相对湿度：54%，大气压：100.720kPa。

C.2 测量结果

气体活塞定标筒体积法的容积误差校准结果见表 C.2。

表 C.2 气体活塞定标筒体积法校准结果

序号	标称容积值 (L)	标准容积值 (L)	平均容积值 (L)	容积误差 (%)	平均容积误差 (%)	重复性 (%)	标准不确定度 (%)
	3	2.9705	2.974	0.99	0.86	0.20	0.27
		2.9721		0.94			
		2.9803		0.66			

C.3 不确定度分析

C.3.1 数学模型

依据本规范，气体活塞定标筒体积法容积误差是在所要求的校准条件下，用钟罩式气体流量标准装置作标准器，以测量被校气体活塞定标筒容积值为例，进行不确定度评定。

气体活塞定标筒容积值的容积误差按式 (C.1) 进行计算：

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

式中： E —气体活塞定标筒容积值的容积误差，%；

q_v —气体活塞定标筒的标称容积值，L 或 mL；

q_s —气体活塞定标筒校准时标准装置的标准容积值，L 或 mL

C.3.2 测量不确定度来源和传播公式

影响测量不确定度的因素主要有：标准装置引入的不确定度分量 $u_r(q_s)$ 和校准气体活塞定标筒容积值测量重复性引入的不确定度分量 $u_r(q_v)$ ，以及人员操作带来的不确定度 $u_r(f)$ ，各不确定度分量互不相关。

流量稳定后，一次校准在 30s 内可完成，可认为标准装置处的气体温度、压力与被校漏风量测试仪处的气体温度、压力基本一致，气体流动过程可视为等温等压过程。

C.3.3 不确定度评定

a) 标准装置容积值引入不确定度分量 $u_r(q_s)$

钟罩式气体流量标准装置的扩展不确定度 $U_{rel}=0.2\% (k=2)$ ，则相对标准不确定度为：

$$u_r(q) = \frac{0.2\%}{2} = 0.1\%$$

b) 被测气体活塞定标筒容积值示值引入的不确定度分量 $u_r(q_v)$

对被校气体活塞定标筒连续重复测量 3 次，得到的容积误差如表 C.3 所示。

表 C.3

测量次数	3 次测量		
	1	2	3
容积误差 (%)	0.99	0.94	0.66

根据表 C.3，气体活塞定标筒容积值测量重复性引入的相对标准不确定度分量 $u_{r2}(q_v)$ 为

$$E_r = \frac{E_{max} - E_{min}}{d_n} = 0.20\%$$

C) 手动操作方式引入的不确定度

一般采用手动操作推动手柄的方式，需要考虑手动操作引入的附加不确定度分量 $u_r(f)$ ，根据经验值，一般为 0.1%~0.2%。

C.3.4 合成相对标准不确定度

标准不确定度分量一览表见表 C.4

表 C.4 标准不确定度分量一览表

序号	符号	不确定度分量来源	相对灵敏系数 $ c_i $	相对标准 不确定度 %
1	$u_r(q)$	标准装置引入不 确定度分量	1	0.10
2	$u_r(q_v)$	被校气体活塞定标 筒容积值测量重复 性引入的不确定度 分量	1	0.20
3	$u_r(f)$	人员操作引入的不 确定度分量	1	0.15
合成标准不确定度 u_r				0.27

合成标准不确定度与各分量无关，则气体活塞定标筒校准结果的合成标准不
确定度为

$$u_r(E) = \sqrt{c_r^2(q)u_r^2(q) + c_r^2(q_v)u_r^2(q_v) + c_r^2(f)u_r^2(f)} = \sqrt{(0.10\%)^2 + (0.20\%)^2 + (0.15\%)^2} = 0.27\%$$

C.3.5 计算扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，其测量结果的扩展不确定度为

$$U_r = 2 \times u_r(E) = 0.54\%$$

附录 D

气体活塞定标筒称重法测量结果不确定度评定示例

D.1 概述

D.1.1 被校计量器具

名称：气体活塞定标筒

测量范围：3L。

D.1.2 标准器

标准器信息见表 D.1

表 D.1 标准器

名称	电子天平
准确度等级	①级
测量范围	(0~12000)g

D.1.3 校准环境条件

校准时环境温度：23.5℃，相对湿度：56%，大气压：100.515kPa。

D.2 测量结果

气体活塞定标筒体积法容积误差校准结果见表 D.2。

表 D.2 气体活塞定标筒体积法校准结果

序号	标称容积值 (L)	标准容积值 (L)	平均容积值 (L)	容积误差 (%)	平均容积误差 (%)	重复性 (%)	标准不确定度 (%)
1	3	2.9788	2.9788	0.71	0.67	0.05	0.16
		2.9803		0.66			
		2.9814		0.62			

D.3 不确定度分析

D.3.1 数学模型

依据本规范，气体活塞定标筒称重法的容积误差是在所要求的校准条件下，用电子天平作标准器，以测量被校气体活塞定标筒质量值再转为容积值为例，进行不确定度评定。

气体活塞定标筒容积值的容积误差按式 (D.1) (D.2) 进行计算：

$$(Vs)_i = \frac{M_i}{\rho_t} \quad (D.1)$$

$$E = \frac{q_v - q_s}{q_s} \times 100\% \quad (D.2)$$

式中： M_i —气体活塞定标筒第 i 次校准时气体活塞定标筒的质量值，g 或 kg；

ρ_t —校准温度下蒸馏水的实际密度，g/cm³ 或 kg/m³。

E —气体活塞定标筒容积值的容积误差，%；

q_v —气体活塞定标筒的标称容积值，L 或 mL；

q_s —气体活塞定标筒校准时标准装置的标准容积值，L 或 mL

D.3.2 测量不确定度来源和传播公式

影响测量不确定度的因素主要有：标准装置引入的不确定度分量 $u_r(q_s)$ 和校准气体活塞定标筒容积值测量重复性引入的不确定度分量 $u_r(q_v)$ ，以及人员操作带来的不确定度 $u_r(f)$ ，各不确定度分量互不相关。

D.3.3 不确定度评定

a) 标准装置容积值引入不确定度分量 $u_r(q_s)$

电子天平的最大允许误差为 $\pm 0.05\text{g}$ ，则对于 3L 气体活塞定标筒来说，其相对标准不确定度为：

$$u_r(q) = \frac{0.05}{3000} \times 100\% = 0.1\%$$

b) 被测气体活塞定标筒容积值测量重复性引入的不确定度分量 $u_r(q_v)$

对被校气体活塞定标筒连续重复测量 3 次，得到的容积误差如表 D3 所示。

表 D.3

测量次数	3 次测量		
	1	2	3
容积误差 (%)	0.71	0.66	0.62

根据表 D.3，气体活塞定标筒的容积值测量重复性引入的相对标准不确定度分量 $u_{r2}(q_v)$ 为：

$$E_r = \frac{E_{max} - E_{min}}{d_n} = 0.05\%$$

C) 手动操作方式引入的不确定度

一般采用手动操作推动手柄的方式，需要考虑手动操作引入的附加不确定度分

量 $u_r(f)$,根据经验值,一般为0.1%~0.2%。

D.3.4 合成相对标准不确定度

标准不确定度分量一览表见表 D.4

表 D.4 标准不确定度分量一览表

序号	符号	不确定度分量来源	相对灵敏系数 $ c_i $	相对标准不确定度 %
1	$u_r(q)$	标准装置引入不确定度分量	1	0.002
2	$u_r(q_v)$	被校气体活塞定标筒容积值测量重复性引入的不确定度分量	1	0.05
3	$u_r(f)$	人员操作引入的不确定度分量	1	0.15
合成标准不确定度 u_r				0.16

合成标准不确定度与各分量无关,则气体活塞定标筒校准结果的合成标准不确定度为

$$u_r(E) = \sqrt{c_r^2(q)u_r^2(q) + c_r^2(q_v)u_r^2(q_v) + c_r^2(f)u_r^2(f)} = \sqrt{(0.002\%)^2 + (0.05\%)^2 + (0.15\%)^2} \\ = 0.16\%$$

D.3.5 计算扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 其测量结果的扩展不确定度为

$$U_r = 2 \times u_r(E) = 0.32\%$$

附录 E

极差法

在多次测量中，若各独立测量值 Q_1, Q_2, \dots, Q_n 服从正态分布，则选出最大值 Q_{max} 和最小值 Q_{min} ，它们的差 $Q_{max} - Q_{min} = \mathbb{Q}_n$ 称为极差。

一次测量的标准偏差 $\sigma = \frac{\mathbb{Q}_n}{d_n}$ ，其中 d_n 称为极差系数，与测量次数有关，其值可由下表查出。

 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

