

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 2263—2025

医用液体微流量泵校准规范

Calibration Specification
for Medical Liquid Microflow Syringe Pumps

2025-06-11 发布

2025-12-11 实施

国家市场监督管理总局 发布

医用液体微流量泵校准规范

Calibration Specification

for Medical Liquid Microflow Syringe Pumps

JJF 2263—2025

归口单位：全国医学计量技术委员会

主要起草单位：中国测试技术研究院

中国计量科学研究院

内蒙古自治区计量测试研究院

参加起草单位：遵义市产品质量检验检测院

成都市第二人民医院

四川省人民医院

本规范委托全国医学计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

张从华（中国测试技术研究院）

朱建平（中国计量科学研究院）

许春彬（内蒙古自治区计量测试研究院）

参加起草人：

李明豫（遵义市产品质量检验检测院）

雷 夏（成都市第二人民医院）

阳宇春（四川省人民医院）

鄢 铃（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	(1)
4 概述	(1)
5 计量特性	(1)
5.1 流量	(2)
5.2 报警阻塞压力	(2)
6 校准条件	(2)
6.1 环境条件	(2)
6.2 测量标准及其他设备	(2)
7 校准项目和校准方法	(2)
7.1 外观及功能性检查	(2)
7.2 流量误差	(3)
7.3 报警阻塞压力误差	(4)
8 校准结果表达	(5)
9 复校时间间隔	(5)
附录 A 医用液体微流量泵校准原始记录 (推荐) 格式样式	(6)
附录 B 校准证书内页 (推荐) 格式样式	(8)
附录 C 测量结果的不确定度评定示例	(9)
附录 D 纯水密度表	(15)

引 言

JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》和JJF 1059.1—2012《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系列文件。

本规范的制定参考了 JJF 1259—2018《医用注射泵和输液泵校准规范》、GB 9706.27《医用电气设备 第2-24部分：输液泵和输液控制器安全专用要求》、YY 0451—2010《一次性使用便携式输注泵非电驱动》、YY/T 0573.2—2018《一次性使用无菌注射器 第2部分：动力驱动注射泵用注射器》、YY/T 1469—2016《便携式电动输液泵》。

本规范为首次发布。

医用液体微流量泵校准规范

1 范围

本规范适用于工作在（0.1~100）mL/h 流量范围的医用液体微流量泵的校准，多功能医用液体流量泵在此流量范围内的校准也可参照本规范执行。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1259—2018 医用注射泵和输液泵校准规范

GB 9706.27 医用电气设备 第2-24部分：输液泵和输液控制器安全专用要求

GB/T 6682—2008 分析实验室用水规格和试验方法

YY 0451—2010 一次性使用便携式输注泵：非电驱动

YY/T 0573.2—2018 一次性使用无菌注射器 第2部分：动力驱动注射泵用注射器

YY/T 1469—2016 便携式电动输液泵

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 医用液体微流量泵 medical liquid microflow syringe pump

医用液体微小流量输液泵和注射泵的总称，主要指输液流量在（0.1~100）mL/h范围内的输液泵和注射泵，如胰岛素泵、镇痛泵、全自动输注泵等。

3.2 计量单位

3.2.1 流量单位为毫升每小时，符号为 mL/h。

3.2.2 压力单位为千帕，符号为 kPa。

4 概述

医用液体微流量泵（以下简称微量泵），是一种将医用液体以微小流量的方式输注到患者体内的设备，广泛应用于医疗机构和家庭。微量泵一般由动力源、机械传动单元、控制检测单元等部件组成，可以设置容量体积、时间、流量等物理参数。

5 计量特性

5.1 流量

工作范围内，最大允许误差以厂家说明书为准，且厂家声称的最大允许误差应优于±15%。

5.2 报警阻塞压力

最大允许误差 $\pm 13.33\text{kPa}$ 或者报警阻塞压力设定值的 $\pm 30\%$ ，取两者中较大者。

注：以上指标不用于合格性判别，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度： $(15\sim 30)^{\circ}\text{C}$ 。

6.1.2 相对湿度：小于 80% 。

6.1.3 电源： $(220\pm 22)\text{V}$ ， $(50\pm 1)\text{Hz}$ 。

6.1.4 周围无明显影响校准正常工作的机械振动和电磁干扰。

6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 流量测量装置

根据采用质量法或者流量比较法，选用不同的流量测量装置。

6.2.1.1 质量法

a) 电子天平：范围不小于 200g ，检定分度值不大于 1mg ；

b) 计时器：分辨力为 0.01s ；测量间隔 60min 时，最大允许误差为 $\pm 0.1\text{s}$ 。

6.2.1.2 流量比较测量法

液体流量计，必须具备液体流量测试和分析功能，其各项计量性能如下：

a) 流量

1) 范围为 $(0.1, 20)\text{mL/h}$ ，最大允许误差为 $\pm 2.0\%$ ；

2) 范围为 $[20, 100)\text{mL/h}$ ，最大允许误差为 $\pm 1.0\%$ 。

b) 累积流量

不小于 0.50mL ，最大允许误差为 $\pm 1.0\%$ 。

6.2.2 标准压力计

范围为 $(0\sim 200)\text{kPa}$ ，最大允许误差为 $\pm 2.0\text{kPa}$ 。

6.2.3 温度计

范围为 $(0\sim 50)^{\circ}\text{C}$ ，分辨力为 0.1°C ，最大允许误差为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

6.2.4 其他设备

a) 校准用的液体介质：符合GB/T 6682—2008要求的三级水；

b) 注射器：范围为 $(0\sim 20)\text{mL}$ ；

c) 压力发生器：范围为 $(0\sim 200)\text{kPa}$ 。

7 校准项目和校准方法

7.1 外观及功能性检查

7.1.1 微量泵应标明仪器名称、制造厂家、型号、序列号及制造日期，并附有使用说明书。

7.1.2 微量泵的控制调节机构应灵活、紧固部位无松动，开关动作可靠。

7.1.3 微量泵开机经预热直至正常工作后，各指示功能正常，数字显示清晰。

7.1.4 微量泵与输液管之间应密闭良好，无液体泄漏。

7.1.5 微量泵应具有防止危险输出的功能。

7.2 流量误差

7.2.1 质量法

校准装置连接如图 1 所示。将微量泵的注射器或者输液袋及其管道内注满已测试温度后的液体，微量泵、连接装置、注射针连接紧密，注射针竖直放置于量筒中下部，留出排出液体的空间，并不与量筒接触。

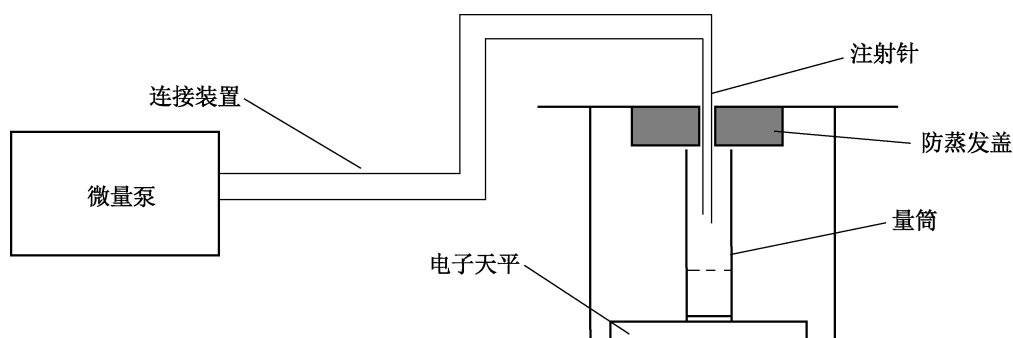


图 1 采用质量法校准的装置连接示意图

预先排出部分液体，排出管道中的气泡，使连接管道内充满液体，注射针尖出现液滴，然后电子天平置零。微量泵流量校准点的选择按照自身流量范围设定，在流量范围内设置 2~4 个常用流量点进行校准。针对流量极低的胰岛素泵可设置 1~2 个常用流量点进行校准。在校准开始时，微量泵和计时器要同时启动，排出液体达到一定质量（一般 100 mg 以上）时同时停止。按式（1）计算流量参考值：

$$x_{0,k} = \frac{3\ 600m_k}{\rho t_k} \quad (1)$$

式中：

$x_{0,k}$ ——第 k 个校准流量点的流量计算值，mL/h；

m_k ——校准第 k 个流量点时排出液体的质量（经修正），g；

ρ ——液体在已知温度下的密度，g/mL；

t_k ——校准第 k 个流量点时排出液体的时间，s。

将上面的计算结果代入式（2），计算流量示值相对误差：

$$\delta_k = \frac{x_k - x_{0,k}}{x_{0,k}} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

δ_k ——微量泵在第 k 个流量校准点的示值相对误差，%；

x_k ——微量泵在第 k 个流量校准点的设定值，mL/h。

注：

- 1 微量泵的流量单位不全是 mL/h，根据用途不同有差异，可以进行单位转换。如胰岛素的流量单位是 U/h，1 U=0.01 mL。
- 2 对于流量极低的胰岛素泵，可以分别测试排液前和排液后的胰岛素泵的整体质量，计算排出液体的质量，这样就不考虑蒸发修正，提高校准的准确性。

7.2.2 流量比较测量法

校准装置连接如图 2 所示。先将微量泵、流量计预充液体，达到可以正常工作的状态。将微量泵的出口端与流量计入口端对接，流量计出口端连接软管，将软管出口置于水槽中，排空连接管道的气泡。微量泵流量校准点的选择按照 7.2.1 的要求选择。

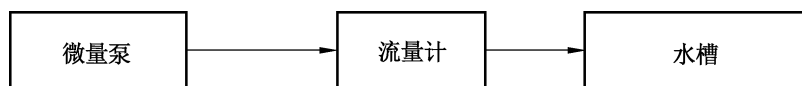


图 2 采用比较测量法校准的装置连接示意图

同时启动微量泵、流量计的流量测量功能。当流量达到稳定状态时，对每个校准点测量 6 次，每次取微量泵间断排出液体期间内的显示流量平均值，计算 6 次测量的示值平均值。按式 (3) 计算流量示值相对误差：

$$\delta_k = \frac{x_k - \bar{x}_{0,k}}{\bar{x}_{0,k}} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

δ_k ——微量泵在第 k 个流量校准点的示值相对误差，%；

x_k ——微量泵在第 k 个流量校准点的设定值，mL/h；

$\bar{x}_{0,k}$ ——流量计在第 k 个流量校准点的 6 次测量的示值平均值，mL/h。

注：微量泵流量设定值小、工作在非连续性排液的状态时，应取微量泵液体排出期间的流量计示值。

7.3 报警阻塞压力误差

在 (0~200) kPa 范围内，采用比较测量法校准。使用三通高压管连接标准压力计测量端口、微量泵出液端口、气压泵的压力输出端口，如图 3 所示，同时气密性良好。

按照随机文件说明书，确定阻塞压力阈值设定值。若没有随机文件，用气压泵加压直至微量泵显示阻塞报警，找到阻塞压力阈值设定值的估计值。对于具有多级阻塞报警设定值的微量泵，根据用户的实际需要进行设定值校准。



图 3 阻塞压力测量连接示意图

根据阻塞压力阈值设定值，让气压泵加压增至压力报警阈值点附近，在微量泵间断排出液体期间内持续缓慢增压，直至观察到微量泵报警，记录标准压力计示值。在校准点测量 3 次，计算标准压力计的示值平均值 $\bar{P}_0$ ，记录微量泵的报警阈值 P_s 。按式 (4) 或者式 (5) 计算报警阻塞压力示值误差 ΔP 或者示值相对误差 ΔP_r ：

$$\Delta P = P_s - \bar{P}_0 \quad (4)$$

$$\Delta P_r = \frac{P_s - \overline{P}_0}{\overline{P}_0} \times 100\% \quad (5)$$

式中：

ΔP ——微量泵在压力校准点的报警阻塞压力示值误差，kPa；

P_s ——微量泵在压力校准点的报警阻塞压力设定值，kPa；

$\overline{P}_0$ ——标准压力计在压力校准点的 3 次测试的压力平均值，kPa；

ΔP_r ——微量泵在压力校准点的报警阻塞压力示值相对误差，%。

注：以上各个校准参数如果无法设置，采用微量泵本身设定的固定值。

8 校准结果表达

按本规范进行校准，出具校准证书，证书内页推荐格式见附录 B。校准证书应至少包括以下内容：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点；
- d) 证书或报告的唯一性标识（如证书编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校设备的描述和明确标识（如型号、产品编号等）；
- g) 进行校准的日期或校准证书的生效日期；
- h) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- i) 校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- j) 校准环境的描述（如温度、湿度等）；
- k) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- l) 对校准规范偏离的说明；
- m) 校准证书或者校准报告签发人的签名；
- n) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- o) 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

建议复校时间间隔不超过 12 个月。

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

医用液体微流量泵校准原始记录（推荐）格式样式

校准证书编号：_____ 原始记录号：_____

委托单位				联系人		
环境温度	℃	相对湿度	%	联系电话		
校准地点				校准日期		
备注						
测量标准 及其他设备	名称		编号	证书号		
	标准压力计					
	温度计					
	☐ 流量比较测量法	流量计				
	☐ 质量法	电子天平				
		计时器				
被校仪器	仪器名称					
	生产厂家					
	型号规格					
	仪器编号					
校准依据						
校准项目						
1. 外观及功能性检查						
外观检查：		密封性检查：		防止危险输出的功能：		
2. 流量						
2.1 质量法						
设定值 mL/h	质量 g	时间 s	密度 g/mL	流量计算值 mL/h	设定值误差 %	扩展不确定度 % ($k=2$)

2.2 流量比较测量法

设定值 mL/h	流量计示值/（mL/h）							设定值误差 %	扩展不确定度 %（ $k=2$ ）
	1	2	3	4	5	6	平均值		

3. 阻塞压力

设定值 kPa	测试示值/kPa				设定值			
	1	2	3	平均值	误差 kPa	扩展不确定度 kPa（ $k=2$ ）	误差 %	扩展不确定度 %（ $k=2$ ）

校准员：_____ 核验员：_____

附录 B

校准证书内页（推荐）格式样式

校准结果					
1. 流量					
设定值 mL/h	测量值 mL/h	设定值误差 %	扩展不确定度 % ($k=2$)		
2. 阻塞压力					
设定值 kPa	测量值 kPa	设定值误差 kPa	扩展不确定度 kPa ($k=2$)	设定值相对误差 %	扩展不确定度 % ($k=2$)
以下空白。					

附录 C

测量结果的不确定度评定示例

C.1 采用质量法的流量校准示值误差不确定度评定

C.1.1 测量方法

以电子天平测量值除以密度和时间得到流量参考值，计算微量泵流量设定值的示值误差。

C.1.2 测量模型

采用流量示值相对误差，按式 (C.1) 计算：

$$\delta_k = \frac{x_k - x_{0,k}}{x_{0,k}} \times 100\% \quad (\text{C.1})$$

式中：

δ_k ——微量泵在第 k 个流量校准点的示值相对误差，%；

x_k ——微量泵在第 k 个流量校准点的设定值，mL/h；

$x_{0,k}$ ——在第 k 个流量校准点的流量计算值，mL/h。按式 (C.2) 计算：

$$x_{0,k} = \frac{3\,600m_k}{\rho t_k} \quad (\text{C.2})$$

式中：

m_k ——校准第 k 个流量点时排出液体的质量（经修正），g；

ρ ——液体在已知温度下的密度，g/mL；

t_k ——校准第 k 个流量点时排出液体的时间，s。

按式 (C.3)、式 (C.4) 分别计算输入量 x_k 、 $x_{0,k}$ 的灵敏系数：

$$c_1 = \frac{1}{x_{0,k}} \quad (\text{C.3})$$

$$c_2 = -\frac{x_k}{x_{0,k}^2} \quad (\text{C.4})$$

C.1.3 测量不确定度分析

根据测量模型，微量泵的流量设定值为固定值，流量参考值的标准不确定度考虑质量和时间测量引入的标准不确定度，则主要不确定度来源如下：

a) 质量测量引入的标准不确定度；

b) 时间测量引入的标准不确定度。

C.1.4 测量数据

见表 C.1。

表 C.1 测量数据

设定值 mL/h	质量 g	时间 s	密度 g/mL	流量计算值 mL/h	示值误差 %
0.20	0.194 5	3 600.81	0.997 421	0.195	2.6
0.10	0.097 1	3 600.52	0.997 421	0.097	2.7

注：水温 23.5 ℃，水密度 0.997 421 g/mL，质量经修正。

C.1.5 标准不确定度的评定

流量计算值引入的标准不确定度 $u(x_{0,k})$ ：

a) 质量测量引入的标准不确定度 $u(m_k)$

采用 B 类方法评定。考虑液体蒸发影响控制在 $\pm 0.001 0$ g，根据电子天平的最大允许误差为 $\pm 0.001 5$ g，假设为均匀分布，则质量测量最大影响 a_m 为 $\pm 0.002 5$ g，引入的标准不确定度按式 (C.5) 计算：

$$u(m_k) = \frac{|a_m|}{\sqrt{3}} \approx 0.001 4 \text{ g} \quad (\text{C.5})$$

b) 时间测量引入的标准不确定度 $u(t_k)$

采用 B 类方法评定。根据计时器最大允许误差为 ± 0.1 s。考虑人为操作时间同步影响，估计时间测量误差 $\pm (0.2 \sim 0.5)$ s，取较大者为 a_t 。假设为均匀分布，则时间测量引入的标准不确定度按式 (C.6) 计算：

$$u(t_k) = \frac{|a_t|}{\sqrt{3}} \quad (\text{C.6})$$

则流量计算值的标准不确定度计算合成：

$$u(x_{0,k}) = 3600 \sqrt{\left(\frac{1}{\rho t_k}\right)^2 u^2(m_k) + \left(\frac{m_k}{\rho t_k^2}\right)^2 u^2(t_k)} \quad (\text{C.7})$$

在上式中，液体的密度 ρ 在温度变化 ± 2.0 ℃ 时，变化量小于 0.05%，故因温度影响引入的不确定度可忽略不计。

C.1.6 合成标准不确定度

示值相对误差的合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{c_2^2 u^2(x_{0,k})} \quad (\text{C.8})$$

C.1.7 扩展不确定度

扩展不确定度 $U = 2u_c$ ，取包含因子为 $k = 2$ 。流量示值误差标准不确定度一览表见表 C.2。

表 C.2 流量示值误差标准不确定度一览表

质量 g	时间 s	示值误差 %	c_2 $\text{h} \cdot \text{mL}^{-1} \cdot \%$	$u(x_{0,k})$ mL/h	u_c %	U % ($k=2$)
0.194 5	3 600.81	2.6	-526.2	0.001 40	0.8	1.6
0.097 1	3 600.52	2.7	-1 055.5	0.001 40	1.5	3.0

C.2 采用流量比较测量法的流量校准示值误差评定

C.2.1 测量方法

以流量计测试平均值为流量参考值，计算微量泵流量设定值的示值误差。

C.2.2 测量模型

采用流量示值相对误差，按式 (C.9) 计算：

$$\delta_k = \frac{x_k - \bar{x}_{0,k}}{\bar{x}_{0,k}} \times 100\% \quad (\text{C.9})$$

式中：

δ_k ——微量泵在第 k 个流量校准点的示值相对误差，%；

$\bar{x}_{0,k}$ ——流量计在第 k 个流量校准点的 6 次测量的示值平均值，mL/h；

x_k ——微量泵在第 k 个流量校准点的设定值，mL/h。

按式 (C.10)、式 (C.11) 分别计算输入量 x_k 、 $\bar{x}_{0,k}$ 的灵敏系数：

$$c_1 = \frac{1}{\bar{x}_{0,k}} \quad (\text{C.10})$$

$$c_2 = -\frac{x_k}{\bar{x}_{0,k}^2} \quad (\text{C.11})$$

C.2.3 测量不确定度分析

根据测量模型，微量泵的流量设定值为固定值，而流量计流量示值平均值的标准不确定度由重复性、分辨力、最大允许误差引入，则主要不确定度来源如下：

- a) 流量计测量重复性引入的标准不确定度；
- b) 流量计分辨力引入的标准不确定度；
- c) 流量计最大允许误差引入的标准不确定度。

C.2.4 测量数据

见表 C.3。

表 C.3 测量数据

设定值 mL/h	流量计示值/(mL/h)							标准偏差 mL/h	示值误差 %
	1	2	3	4	5	6	平均值		
1	0.910	0.927	0.931	0.920	0.933	0.921	0.935	0.008	7.0
8	7.624	7.608	7.578	7.497	7.488	7.506	7.615	0.060	5.1
16	15.169	15.107	14.936	14.970	14.932	14.958	15.153	0.101	5.6
26	24.337	24.276	24.230	24.212	24.327	24.205	24.512	0.058	6.1

C.2.5 标准不确定度的评定

流量计流量示值平均值的标准不确定度 $u(\bar{x}_{0,k})$ ：

- a) 流量计测量重复性引入的标准不确定度 u_1

在校准点 k 的流量示值平均值的重复性测量引入的标准不确定度，采用贝塞尔公式计算实验标准偏差 $s(\bar{x}_{0,k})$ ，则平均值的标准不确定度为：

$$u_1 = \frac{s(\bar{x}_{0,k})}{\sqrt{6}} \quad (\text{C.12})$$

b) 流量计分辨力引入的标准不确定度 u_2

示值分辨力引入的标准不确定度：

$$u_2 = \frac{a_2}{2\sqrt{3}} \quad (\text{C.13})$$

其中 $a_2 = 0.001 \text{ mL/h}$ 为流量计示值分辨力，且假设为均匀分布。

c) 流量计最大允许误差引入的标准值不确定度 u_3

$$u_3 = \frac{|a_3|}{\sqrt{3}} \quad (\text{C.14})$$

其中 $a_3 = \pm(\bar{x}_{0,k} f)$ 为标准值的最大允许误差，且假设为均匀分布。当 $\bar{x}_{0,k} \in (0.1, 20) \text{ mL/h}$ 时 $f = 2.0\%$ ； $\bar{x}_{0,k} \in [20, 100) \text{ mL/h}$ 时 $f = 1.0\%$ 。

流量计的重复性测量和示值分辨力的不确定度有重复，考虑同时计入两类分量，则流量计流量示值平均值的标准不确定度为：

$$u(\bar{x}_{0,k}) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} \quad (\text{C.15})$$

C.2.6 合成标准不确定度

示值相对误差的合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{c_2^2 u^2(\bar{x}_{0,k})} \quad (\text{C.16})$$

C.2.7 扩展不确定度

扩展不确定度 $U = 2u_c$ ，取包含因子为 $k = 2$ 。流量示值误差不确定度一览表见表 C.4。

表 C.4 流量示值误差不确定度一览表

设定值 mL/h	流量计平均值 mL/h	示值误差 %	c_2 $\text{h} \cdot \text{mL}^{-1} \cdot \%$	$u(\bar{x}_{0,k})$ mL/h	u_c %	U % ($k=2$)
1	0.935	7.0	-114.456	0.011	1.3	2.6
8	7.615	5.1	-13.798	0.091	1.3	2.6
16	15.153	5.6	-6.968	0.180	1.3	2.6
26	24.512	6.1	-4.327	0.143	0.6	1.2

C.3 阻塞压力示值误差不确定度评定

C.3.1 测量方法

以标准压力计测量的压力值为参考值，计算微量泵的报警阻塞压力设定值的误差。

C.3.2 测量模型

示值误差采用相对误差，按式 (C.17) 计算：

$$\Delta P_r = \frac{P_s - \bar{P}_0}{\bar{P}_0} \times 100\% \quad (\text{C.17})$$

式中：

ΔP_r ——微量泵在压力校准点的报警阻塞压力示值相对误差，%；

P_s ——微量泵在压力校准点的报警阻塞压力设定值，kPa；

$\overline{P}_0$ ——标准压力计在压力校准点的 3 次测试的压力平均值，kPa。

按式 (C.18)、式 (C.19) 计算输入量 P_s 、 $\overline{P}_0$ 的灵敏系数：

$$c_1 = \frac{1}{\overline{P}_0} \quad (\text{C.18})$$

$$c_2 = \frac{-P_s}{\overline{P}_0^2} \quad (\text{C.19})$$

C.3.3 测量不确定度的分析

根据测量模型，微量泵的阻塞压力阈值的设定值为固定值，而标准压力计示值平均值的标准不确定度由重复性、分辨力、最大允许误差引入，则主要不确定度来源包括：

- 标准压力计测量重复性引入的标准不确定度；
- 标准压力计分辨力引入的标准不确定度；
- 标准压力计最大允许误差引入的标准不确定度。

C.3.4 测量数据

测量数据见表 C.5。

表 C.5 测量数据

设定值 kPa	标准压力计示值/kPa				示值误差 %
	1	2	3	平均值	
130	134.53	134.62	134.65	134.60	-3.4

C.3.5 标准不确定度的评定

标准压力计示值平均值的标准不确定度 $u(\overline{P}_0)$ ：

- 标准压力计测量重复性引入的标准不确定度 u_1

标准压力计在校准点 k 的压力示值平均值重复性引入的不确定度，采用极差法计算实验标准差，则平均值的标准不确定度为：

$$u_1 = \frac{R}{\sqrt{3}C} \quad (\text{C.20})$$

式中， R 为标准压力计在校准点 k 的 3 次测量值的极差， C 为极差系数， $C=1.69$ 。

- 标准压力计示值分辨力引入的标准不确定度 u_2

$$u_2 = \frac{a_1}{2\sqrt{3}} \quad (\text{C.21})$$

其中， a_1 为标准压力计的压力示值分辨力，且假设为均匀分布。按照表 C.5 的测量数据， a_1 的值为 0.01 kPa。

- 标准压力计最大允许误差引入的标准不确定度 u_3

采用 B 类方法评定。根据标准压力计最大允许误差，按式 (C.22) 计算参考值的标准不确定度：

$$u_3 = \frac{|a_2|}{\sqrt{3}} \quad (\text{C.22})$$

其中 $a_2 = \pm 2.0$ kPa 为标准压力计最大允许误差，且假设为均匀分布。

标准压力计测量重复性和分辨力的不确定度有重复，考虑同时计入两类分量，则标准压力计示值平均值的标准不确定度为：

$$u(\bar{P}_0) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} \quad (\text{C.23})$$

C.3.6 合成标准不确定度

示值相对误差的合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{c_2^2 u^2(\bar{P}_0)} \quad (\text{C.24})$$

C.3.7 扩展不确定度

扩展不确定度 $U = 2u_c$ ，取包含因子为 $k = 2$ 。阻塞压力示值误差 uncertainty 一览表见表 C.6。

表 C.6 阻塞压力示值误差 uncertainty 一览表

设定值 kPa	示值平均值 kPa	示值误差 %	c_2 $\text{kPa}^{-1} \cdot \%$	$u(\bar{P}_0)$ kPa	u_c %	U % ($k=2$)
130	134.60	-3.4	-0.718	1.16	0.9	1.8

附录 D

纯水密度表

 $(\times 10^{-3} \text{ g/mL})$

t_{90} ℃	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0	999.843	999.850	999.856	999.862	999.869	999.874	999.880	999.886	999.891	999.897
1	999.902	999.907	999.911	999.916	999.920	999.924	999.928	999.932	999.936	999.940
2	999.943	999.946	999.949	999.952	999.955	999.957	999.959	999.962	999.964	999.965
3	999.967	999.969	999.970	999.971	999.972	999.973	999.974	999.974	999.975	999.975
4	999.975	999.975	999.975	999.974	999.974	999.973	999.972	999.971	999.970	999.968
5	999.967	999.965	999.963	999.961	999.959	999.957	999.954	999.952	999.949	999.946
6	999.943	999.940	999.937	999.933	999.929	999.926	999.922	999.918	999.913	999.909
7	999.904	999.900	999.895	999.890	999.885	999.880	999.874	999.869	999.863	999.857
8	999.851	999.845	999.839	999.833	999.826	999.819	999.813	999.806	999.798	999.791
9	999.784	999.776	999.769	999.761	999.753	999.745	999.737	999.728	999.720	999.711
10	999.703	999.694	999.685	999.676	999.666	999.657	999.648	999.638	999.628	999.618
11	999.608	999.598	999.588	999.577	999.567	999.556	999.545	999.534	999.523	999.512
12	999.500	999.489	999.477	999.466	999.454	999.442	999.430	999.418	999.405	999.393
13	999.380	999.367	999.355	999.342	999.329	999.315	999.302	999.289	999.275	999.261
14	999.247	999.233	999.219	999.205	999.191	999.176	999.162	999.147	999.132	999.118
15	999.103	999.087	999.072	999.057	999.041	999.026	999.010	998.994	998.978	998.962
16	998.946	998.930	998.913	998.897	998.880	998.863	998.846	998.829	998.812	998.795
17	998.778	998.760	998.743	998.725	998.707	998.689	998.671	998.653	998.635	998.617
18	998.598	998.580	998.561	998.542	998.523	998.505	998.485	998.466	998.447	998.427
19	998.408	998.388	998.369	998.349	998.329	998.309	998.288	998.268	998.248	998.227
20	998.207	998.186	998.165	998.144	998.123	998.102	998.081	998.060	998.038	998.017
21	997.995	997.973	997.951	997.929	997.907	997.885	997.863	997.841	997.818	997.796
22	997.773	997.750	997.727	997.704	997.681	997.658	997.635	997.612	997.588	997.564
23	997.541	997.517	997.493	997.469	997.445	997.421	997.397	997.372	997.348	997.323
24	997.299	997.274	997.249	997.224	997.199	997.174	997.149	997.124	997.098	997.073
25	997.047	997.021	996.996	996.970	996.944	996.918	996.891	996.865	996.839	996.812
26	996.786	996.759	996.732	996.706	996.679	996.652	996.624	996.597	996.570	996.543

(续)

t_{90} ℃	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
27	996.515	996.488	996.460	996.432	996.404	996.376	996.348	996.320	996.292	996.264
28	996.235	996.207	996.178	996.150	996.121	996.092	996.063	996.034	996.005	996.976
29	995.946	995.917	995.888	995.858	995.828	995.799	995.769	995.739	995.709	995.679
30	995.649	995.619	995.588	995.558	995.527	995.497	995.466	995.435	995.404	995.373
31	995.342	995.311	995.280	995.249	995.217	995.186	995.154	995.123	995.091	995.059
32	995.027	994.996	994.963	994.931	994.899	994.867	994.834	994.802	994.769	994.737
33	994.704	994.671	994.638	994.605	994.572	994.539	994.506	994.473	994.439	994.406
34	994.372	994.339	994.305	994.271	994.237	994.204	994.170	994.135	994.101	994.067
35	994.033	993.998	993.964	993.929	993.894	993.860	993.825	993.790	993.755	993.720
36	993.685	993.650	993.614	993.579	993.543	993.508	993.472	993.437	993.401	993.365
37	993.329	993.293	993.257	993.221	993.184	993.148	993.112	993.075	993.039	993.002
38	992.965	992.929	992.892	992.855	992.818	992.781	992.744	992.706	992.669	992.632
39	992.594	992.557	992.519	992.481	992.443	992.406	992.368	992.330	992.292	992.253
40	992.215	——	——	——	——	——	——	——	——	——
注： 1 t_{90} 为 1990 年国际温标(ITS-90)。 2 水密度值来源于 JJG 42—2023《工作玻璃浮计检定规程》附录 C。										