2026年度移液器全省计量比对

总结报告

吉林省计量科学研究院

2026年9月

目　录

1. 比对概述.....1
1.1 任务来源及意义.....1
1.2 主导实验室.....1
1.3 参比实验室.....1
1.4 比对过程.....2
1.5 比对路线.....3
2. 比对依据.....3
3. 传递标准.....4
3.1 传递标准的基本信息.....4
3.2 传递标准的筛选试验.....4
3.3 传递标准的稳定性.....5
4. 参考值的确定.....8
5. 比对数据的汇总.....8
6. 比对结果的评价.....9
7. 比对中存在问题及结果分析.....10
8. 比对结论及建议.....11
附件 1：移液器（100 μL）容量测量结果不确定度评定....13
附件 2：移液器比对数据及测量不确定度汇总.....19

1. 比对概述

1.1 任务来源及意义

依据吉林省市场监督管理厅《关于开展2026年计量比对工作的通知》文件要求，由吉林省计量科学研究院作为主导实验室，组织实施全省移液器比对工作。本次共有4家省内社会公用计量技术机构参与比对，通过实验室间量值比对，客观掌握全省移液器计量技术水平现状。

移液器广泛应用于生物医药、化工制药、食品检测、环境分析等领域，是微量精密取样的核心计量器具，其量值准确直接关系各类实验数据的准确性与重复性。本次比对选用100 μL移液器作为传递标准，旨在规范省内移液器量值传递流程，排查计量偏差隐患，统一全省移液器计量量值，保障各行业检测数据准确可靠，满足社会经济发展计量保障需求。

1.2 主导实验室

本次比对主导实验室为吉林省计量科学研究院。

项目负责人：杨思佳

参加人员：杨雪、刘珍池、李韬

1.3 参比实验室

本次比对共计4家参比实验室，各单位均严格遵照比对方案要求开展试验。参比实验室接收传递标准后，第一时间核查传递标准外观及状态，确认无损坏、无异常，按要求填写《传递标准交接单》并反馈至主导实验室。比对期间，各

参比实验室所用检定设备均在有效溯源周期内，计量性能满足规范要求；参与比对人员均具备有效从业资质，能够真实反映吉林省移液器计量领域整体技术水平。

表 1 参比实验室

序号	参加单位
1	长春市计量检定测试技术研究院
2	延边朝鲜族自治州计量检定测试所
3	通化市计量检定测试所
4	吉林省安全生产检测检验股份有限公司

1.4 比对过程

本次比对项目自 2026 年 4 月上旬向各市、州等计量单位发送比对工作通知。4 月底完成参比实验室报名汇总，开始拟定比对方案。5 月开始筛选并确定比对传递标准，同时开始比对前期实验工作。6 月 16 日召开移液器比对首次会议，讨论方案内容，确定比对时间等相关信息。2026 年 7 月 3 日比对工作正式开始，向各参比实验室发送传递标准，比对过程依据实施方案全面进行。

2026 年 8 月～9 月底，主导实验室对比对数据进行整理及分析处理，完成比对结果评价，撰写比对总结报告（征求意见稿）。2026 年 10 月，就比对总结报告组织比对末次会向 4 家参比实验室征求意见和建议，会后形成《全省移液器比对总结报告》，并对总结报告进行审定。

1.5 比对路线

传递标准采用环式比对方式。参比实验室均有一个独立代码，分别以 A～D 表示，传递顺序从主导实验室开始，传递完所有的参比实验室后，传递标准重新回到主导实验室，如图 1 所示。比对方式如下：

主导实验室→ A → B → C → D →主导实验室

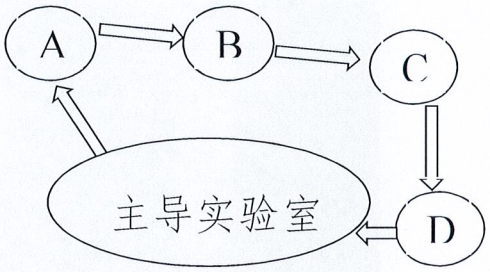

图 1 传递标准的比对方式示意图

主导实验室在传递开始及结束时均对传递标准进行一次测量，传递标准稳定性的变化量计算公式如下，若传递标准稳定性的变化量Δ≤0.36 μL，则视比对数据有效。

$$u_E = \frac{\Delta}{2\sqrt{3}} \leq \frac{1}{3}u_C$$

式中：u_E为传递标准稳定性变化量的标准不确定度，μL；

Δ为传递标准稳定性的变化量，μL；

u_C为传递合成标准不确定度，μL。

2.比对依据

本比对报告依据JJG 646-2006《移液器》检定规程、JJF 1117-2010《计量比对》、JJF 1117.1-2012《化学量测量比对》、JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》技术规

范编写。

3.传递标准

3.1 传递标准的基本信息

本次比对传递标准采用 100 μL 移液器 1 支，如图 2 所示，同时主导实验室负责提供原厂标配的吸液嘴。移液器的热膨胀系数为 0.00045/℃，移液器出厂编号：J101370

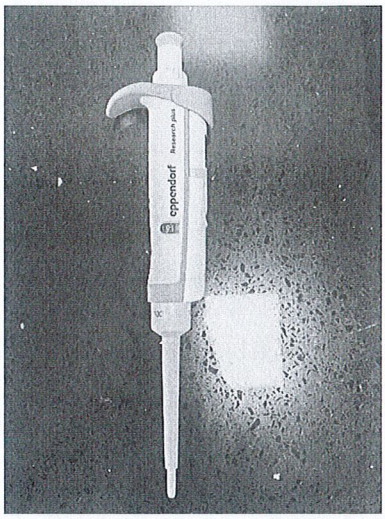

图 2 传递标准 100 μL 移液器

3.2 传递标准的筛选试验

本次比对购置 4 支同规格 100 μL 移液器作为候选样品。依据 JJG 646-2006《移液器》检定规程，主导实验室对 4 支样品逐一开展密合性、示值误差、重复性测试，筛选 1 支样品作为传递标准，其余 3 支作为备用样品。

3.2.1 密合性试验

每支装配原厂吸液嘴，移液器在-0.04 MPa 的压力下，5s 内没有漏气的现象，则判定移液器密合性符合要求。

3.2.2 示值误差试验

在规程要求环境（温度符合要求）下采用衡量法测试100 μL容量点，计算示值误差，应符合JJG 646-2006《移液器》检定规程要求。

3.2.3 重复性试验

相同操作人员、电子天平与原厂吸头，每支样品连续重复测量6次，计算实验标准偏差，应符合JJG 646-2006《移液器》检定规程要求。

3.2.4 筛选结果及结论

4支候选样品全部完成三项筛选试验。其试验结果见表2。综合评定，4支移液器均密合性良好，示值误差、重复性均满足JJG 646-2006《移液器》检定规程要求。最终确定编号J101370移液器为本次比对传递标准，另外3支移液器予以封存作为备用样品。

表2 传递标准筛选试验结果汇总

编号	密合性	示值误差/μL	重复性/ %
J102290	符合要求	99.73	0.10
J101370	符合要求	99.97	0.06
J102500	符合要求	99.91	0.08
H142660	符合要求	99.86	0.07

3.3 传递标准的稳定性

依据JJF 1117-2010《计量比对》要求，对选定的4支100 μL移液器开展稳定性试验，考核其在流转、运输及环境

变化下的量值保持能力。

比对前开展为期一个半月的周期稳定性监测，每 10 天测量 1 次。测量条件：同一操作人员、同一电子天平、原厂吸液嘴，环境满足 JJG 646-2006《移液器》检定规程要求；每次完成 6 次独立测量，计算示值误差与实验标准偏差，同步核查密合性。监测数据表明：移液器示值波动小，重复性无明显变化，密合性完好。比对样品传递前和比对测量全部结束，样品返回后，在同等条件下复测 6 次，复测结果与前期数据示值误差变化小，重复性稳定。传递标准的稳定性试验结果见表 3。

表 3　传递标准稳定性试验结果汇总

编号 J102290	周期	密合性	示值误差/μL	重复性/%
5.31-6.9		符合要求	99.73	0.10
6.10-6.19		符合要求	99.72	0.10
6.11-6.20		符合要求	99.67	0.15
6.21-6.30		符合要求	99.71	0.11
7.3 传递前		符合要求	99.72	0.09
8.1 传递后		符合要求	99.70	0.10
编号 J101370	周期	密合性	示值误差/μL	重复性/%
5.31-6.9		符合要求	99.98	0.07
6.10-6.19		符合要求	99.96	0.08

6.11-6.20		符合要求	99.97	0.08
6.21-6.30		符合要求	99.96	0.07
7.3 传递前		符合要求	99.97	0.10
8.1 传递后		符合要求	99.97	0.08
编号 J102500	周期	密合性	示值误差/μL	重复性/%
5.31-6.9		符合要求	99.91	0.07
6.10-6.19		符合要求	99.86	0.08
6.11-6.20		符合要求	99.82	0.07
6.21-6.30		符合要求	99.88	0.09
7.3 传递前		符合要求	99.90	0.09
8.1 传递后		符合要求	99.92	0.08
编号 J142660	周期	密合性	示值误差/μL	重复性/%
5.31-6.9		符合要求	99.85	0.05
6.10-6.19		符合要求	99.86	0.07
6.11-6.20		符合要求	99.87	0.06
6.21-6.30		符合要求	99.78	0.07
7.3 传递前		符合要求	99.80	0.06
8.1 传递后		符合要求	99.82	0.08

结论：该传递标准量值稳定，满足计量比对技术要求，本次比对数据有效。

4. 参考值的确定

移液器参考值及其扩展不确定度由主导实验室提供，具体信息见表 4。

表 4　参考值及其扩展不确定度

名称	参考值（μL）	扩展不确定度 U（μL，k=2）
移液器	99.97	0.63

5. 比对数据的汇总

对各参比实验室测量结果进行整理汇总，各参比实验室上报的移液器 20℃下的容量校准值及扩展不确定度见表 5，数据分布图见图 3。

表 5　各参比实验室测量结果汇总

参比实验室	测量结果（μL）	扩展不确定度 U（μL，k=2）
A	99.79	0.70
B	99.95	0.58
C	100.00	0.70
D	99.79	0.70

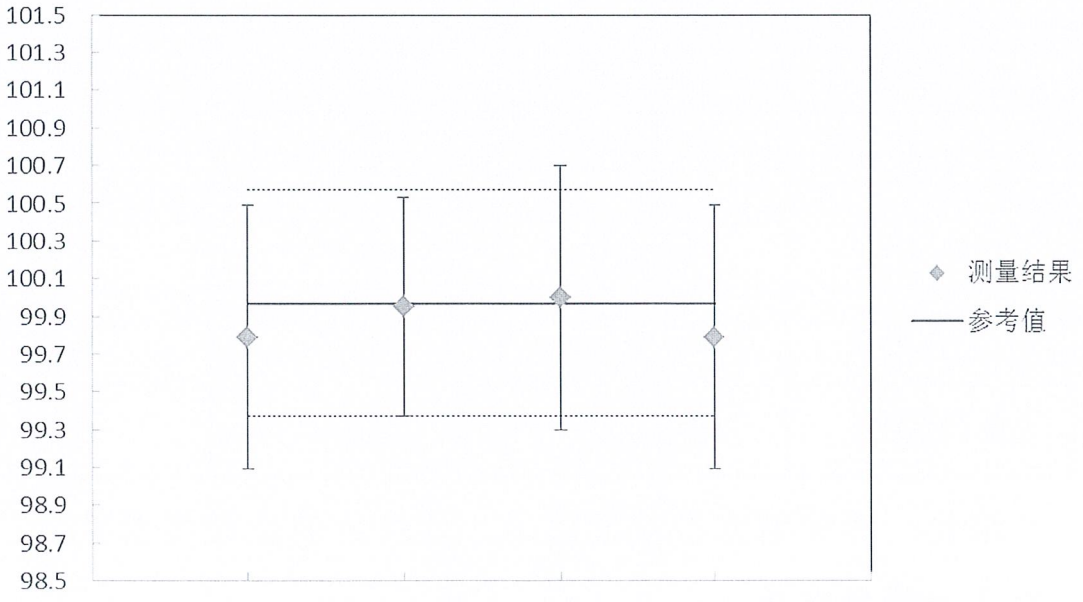

图 3 参比实验室测量结果数据分布示意图

6. 比对结果的评价

主导实验室对所有参比实验室提交的比对数据进行汇总，依据JJF 1117.1-2012《化学量测量比对》，各参比实验室测量结果及其相应的不确定度的一致性通过归一化偏差E_n值进行评价：

E_n值方法：

$$E_n = \frac{y - y_0}{\sqrt{U^2 + U_0^2}}$$

式中：y——参比实验室的比对结果，μL；

y_0——主导实验室的参考值，μL；

U——参比实验室评定的测量结果的扩展不确定度，μL；

U_0——主导实验室评定的测量结果的扩展不确定度，μL。

注：U和U_0的置信水平应一致，取置信因子k=2。

若$|E_n|<1$，参比实验室的检测结果与参考值之差在合理的预期之内，比对结果可接受；若$|E_n|\geq 1$，参比实验室的校准结果与参考值之差没有达到合理的预期之内，应分析原因。各参比实验室测量结果及其相应的不确定度见表6，参比实验室E_n值分布示意图如图4，可以得出各参比实验室的$|E_n|$值小于1，测量结果与参考值之差与不确定度之比在合理的预期范围内，比对结果有效可接受。

表6　各参比实验室 $|E_n|$ 值汇总

参比实验室	$\lvert E_n \rvert$
A	0.19
B	0.02
C	0.03
D	0.19

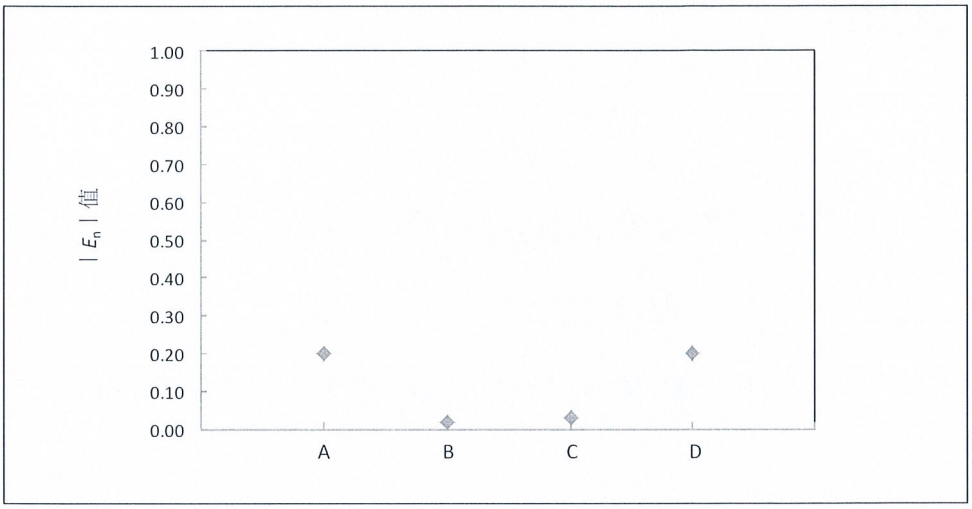

图4 参比实验室 $|E_n|$ 值分布示意图

7. 比对中存在问题及结果分析

本次比对组织规范、过程可控，各参比实验室原始记录完整，所用计量标准器具性能合格、溯源有效，均具备相应检定校准能力。所有参比实验室测量结果 $|E_n|<1$，比对结果均为满意，量值一致性良好，比对结果有效可接受。

各实验室不确定度评定方法基本一致，仅在重复性计算细节上略有差异。

本次比对各参比实验室数据有微小偏差，存在的问题主要来源于三方面：一是人员操作存在习惯性差异，吸液深度、排液速度、静置时间不统一，引入微量随机误差；二是各实

验室温湿度、气流环境存在小幅波动，造成测量离散度略有区别；三是预润洗次数、吸液嘴安装压紧程度不完全一致，产生系统偏差。

上述偏差均属于常规、合理的测量不确定度来源，无设备失准、无量值偏移、无技术能力缺陷，所有数据偏差均在计量允许范围内，不影响本次比对整体有效性及结论判定。

8. 比对结论及建议

本次移液器计量比对，是在统一规范条件与标准方法下，对各实验室复现的容量量值进行横向对比、分析与评价的技术活动。测量不确定度评定是实验室测量结果置信水平的客观体现，能够真实反映实验室小容量计量技术能力。本次比对核心技术要点为移液器容量精准测量、试验数据规范处理及测量不确定度的合理评定。

通过本次比对结果综合分析，各参比实验室移液器检定装置性能完好、技术人员操作规范、数据处理严谨，省内移液器量值传递整体准确、一致、可控。

本次比对为吉林省内移液器专项计量比对，全过程组织有序、实施规范，各参比实验室积极配合、按期保质完成全部比对试验，充分展现了各单位扎实的计量技术能力，圆满达成本次比对预期目标。

移液器量值的准确可靠，直接支撑化工、医药、环境、检测等领域精密试验与检测工作，开展实验室间量值比对对

统一省内小容量量值、把控计量风险、提升检定校准质量具有重要意义。

本次比对有效考核了各参比实验室的实操能力、数据处理水平及计量标准装置可靠性，验证了省内移液器量值传递的准确性、一致性，搭建了各实验室技术交流平台，为持续保障全省小容量计量量值统一、准确，提供了有力技术保障。

附件 1：移液器（100 μL）容量测量结果不确定度评定

1、测量方法

1.1 测量依据：JJG 646-2006《移液器检定规程》。

1.2 环境条件：温度（20±5） ℃，水温与室温的温差不超过±2 ℃。

1.3 测量标准：电子天平。

1.4 被测对象：100 μL 定量移液器，编号 J101370。

1.5 测量过程：采用衡量法。

2、数学模型

$$V_{20} = \mathrm{m} \times \frac{1}{\rho_W - \rho_A} \times \left(1 - \frac{\rho_A}{\rho_B}\right) \times \left[1 - \beta(t - 20)\right] \times 10^3$$

式中：V_{20} —— 20 ℃温度下的容量值；单位 μL；

m—— 被测移液器所排出的蒸馏水表观质量，单位 g；

ρ_W—— 水密度，单位 g/cm^3；

ρ_A—— 空气密度，单位 g/cm^3；

ρ_B—— 砝码密度，取值为 8.00g/cm^3；

β—— 为被测移液器的体胀系数，取值为 4.5×10^{-4}/℃；

t—— 测量介质水的温度，单位℃。

3、方差及灵敏度系数

方差：

$$u^2(V_{20}) = \left(\frac{\partial V_{20}}{\partial \mathrm{m}}\right)^2 u^2(\mathrm{m}) + \left(\frac{\partial V_{20}}{\partial \rho_W}\right)^2 u^2(\rho_W) + \left(\frac{\partial V_{20}}{\partial \rho_A}\right)^2 u^2(\rho_A) + \left(\frac{\partial V_{20}}{\partial \rho_B}\right)^2 u^2(\rho_B) + \left(\frac{\partial V_{20}}{\partial \beta}\right)^2 u^2(\beta) + \left(\frac{\partial V_{20}}{\partial t}\right)^2 u^2(t)$$

灵敏系数：$$c_1 = \frac{\partial V_{20}}{\partial_{\mathrm{m}}} = \frac{1}{\rho_W - \rho_A} \times \left(1 - \frac{\rho_A}{\rho_B}\right) \times \left[1 - \gamma(t - 20)\right] \times 10^3$$

$$c_3 = \frac{\partial V_{20}}{\partial \rho_W} = -\frac{\mathrm{m}}{(\rho_W - \rho_A)^2} \times \left(1 - \frac{\rho_A}{\rho_B}\right) \times [1 - \gamma(t - 20)] \times 10^3$$

$$c_4 = \frac{\partial V_{20}}{\partial \rho_A} = \frac{\mathrm{m}}{(\rho_W - \rho_A)^2} \times \left(1 - \frac{\rho_W}{\rho_B}\right) \times [1 - \gamma(t - 20)] \times 10^3$$

$$c_5 = \frac{\partial V_{20}}{\partial \rho_B} = -\frac{\mathrm{m}}{\rho_W - \rho_A} \times \frac{\rho_A}{\rho_B^2} \times [1 - \gamma(t - 20)] \times 10^3$$

$$c_6 = \frac{\partial V_{20}}{\partial_\beta} = -\frac{\mathrm{m}}{\rho_W - \rho_A} \times \left(1 - \frac{\rho_A}{\rho_B}\right) \times (t - 20) \times 10^3$$

$$c_7 = \frac{\partial V_{20}}{\partial t} = -\frac{\mathrm{m}}{\rho_W - \rho_A} \times \left(1 - \frac{\rho_A}{\rho_B}\right) \times \gamma \times 10^3$$

4、输入量的标准不确定度评定

4.1 输入量m引起的标准不确定度$u(\mathrm{m})$的评定

4.1.1 电子天平的标准不确定度$u(\mathrm{m})$的评定

采用 220 g/0.1 mg 电子天平测量，电子天平检定证书给出此质量范围最大允许误差为±0.10 mg=±0.0001 g，此为均匀分布，$k = \sqrt{3}$，故标准不确定度分项$u(\mathrm{m}_1)$为

$$u(I_{I1}) = \frac{0.0001}{\sqrt{3}} = 0.00006 \text{ g}$$

4.1.2 被测量器内纯水质量的测量重复性引起的标准不确定度$u(I_{I2})$的评定

用220 g/0.1 mg电子天平测量被测量器内纯水质量值，连续测量10次，得到测量列为0.0999 g、0.09963 g、0.09970 g、0.09974 g、0.09968 g、0.09962 g、0.09968 g、0.09971 g、0.09968 g、0.09984 g，平均值为0.099706g，则

$$S_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (m_i - \overline{m})^2}{n - 1}} = 0.00007 \text{ g}$$

4.1.3 输入量I_I的标准不确定度$u(I_I)$的计算

$$u(I_1)=\sqrt{u^2(I_{11})+u^2(I_{12})}=0.00010\ \text{g}$$

4.3 水密度ρ_W的标准不确定度$u(\rho_W)$的评定

水密度变化引起的标准不确定度采用 B 类方法进行评定。水密度公式为

$$\rho_W=a_5\left[1-\frac{(t+a_1)^2(t+a_2)}{a_3(t+a_4)}\right]$$

其中：t——测量介质水的温度，单位为℃。

a_1/℃=-30983035±0.00067

a_2/℃=301.797

a_3/℃=522528.9

a_4/℃=69.34881

a_5/（kg/m^3）=999.974950±0.00084

根据公式，水温度相差 0.1 ℃时，水密度变化0.000022g/cm^3，属均匀分布，包含因子$k=\sqrt{3}$，故标准不确定度分量$u(\rho_W)$为

$$u(\rho_W)=\frac{0.000022}{\sqrt{3}}=0.000013\ \text{g/cm}^3$$

4.4 空气密度ρ_A的标准不确定度$u(\rho_A)$的评定

恒温室中测量的空气密度通常为(0.00115～0.00123)g/cm^3。由于空气密度变化对质量值的影响，根据公式

$$\rho_A=\frac{k_1P_a+\varphi(k_2t_a+k_3)}{t_a+t_{a0}}$$

其中：P_a是大气压力，单位为 hPa；

φ是相对湿度，单位为%；

t_a是空气温度，单位为℃；

t_{a0}=273.15 ℃；

k_1=0.34844（kg/m^3）℃/hPa；

k_2=-0.00252（kg/m^3）；

k_3=0.020582（kg/m^3）℃。

根据公式，水温度相差 0.1℃时，其空气密度差值为0.000001g/cm^3，属均匀分布，包含因子$k=\sqrt{3}$，故标准不确定度分量$u(\rho_A)$为

$$u(\rho_A)=\frac{0.000001}{\sqrt{3}}=0.0000006\ \text{g/cm}^3$$

4.5 砝码密度ρ_B的标准不确定度$u(\rho_B)$的评定

采用 B 类方法进行评定。根据砝码规程中规定检定所使用天平的标准砝码密度的不确定度 U=0.020g/cm^3 k=2，故标准不确定度分量$u(\rho_B)$为

$$u(\rho_B)=\frac{0.020}{2}=0.010\text{g/cm}^3$$

4.6 热膨胀系数γ变化引起的标准不确定度$u(\gamma)$的评定

采用 B 类方法进行评定。水温度相差 0.1 ℃，此时热膨胀系数变化为4.2×10^{-5}/℃，属均匀分布，包含因子$k=\sqrt{3}$，故标准不确定度分量$u(\gamma)$为

$$u(\gamma)=\frac{0.00002}{\sqrt{3}}=1.2\times10^{-5}/℃$$

4.7 温度t变化引起的标准不确定度$u(t)$的评定

温度变化引起标准不确定度分项采用 B 类方法进行评定。

引起温度变化主要有两个因素：

（1）在测量中，采用50 ℃/0.1 ℃的水银温度计，故温度计本身存在±0.1 ℃的误差。

（2）由于实验室温度分布不均匀，将会造成被测水温的变化，其变化大小与被测容量的大小有关，会引起±0.1 ℃的变化。

综合上述两个因素，合并此两项误差，则会有±0.15 ℃的误差,属均匀分布，包含因子$k=\sqrt{3}$，故标准不确定度分量$u(k_1)$为

$$u(t)=\frac{0.15}{\sqrt{3}}=0.0866\ ℃$$

5 合成标准不确定度的评定

输入量的标准不确定度汇总表如下：

标准不确定度分量$u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度	c_i	$\lvert c_i\rvert u(x_i)$
$u(I_I)$	电子天平的标准不确定度 测量重复性引起的标准不确定度	0.00010g	c_1/ 99.97μL/g	0.301
$u(I_E)$	电子天平的标准不确定度 测量重复性引起的标准不确定度	0.00009g	c_2/ -1002.80μL/g	0.090
$u(\rho_W)$	水密度变化引起的标准不确定度	0.000013g/cm^3	c_3/-100.183μL/g	0.002
$u(\rho_A)$	空气密度变化引起标准不确定度	0.0000006g/cm^3	c_4/87.696μL/g	0.00006
$u(\rho_B)$	砝码密度变化引起的标准不确定度	0.010g/cm^3	c_5/-0.0018μL/g	0.00002
$u(\gamma)$	热膨胀系数变化引起的标准不确定度	0.000012/℃	c_6/-39.955μL℃	0.0005
$u(t)$	温度变化引起的标准不确定度	0.0866℃	c_7/-0.024μL/℃	0.002

水温开始 20.4 ℃，结束 20.5 ℃

6、合成标准不确定度 $u_c(V)$

输入量彼此独立不相关，所以合成标准不确定度可按下式得到

$$u_c^2(V_{20}) = [c_1 u(I_1)]^2 + [c_2 u(I_E)]^2 + [c_3 u(\rho_W)]^2 + [c_4 u(\rho_A)]^2 + [c_5 u(\rho_B)]^2 + [c_6 u(\gamma)]^2 + [c_7 u(t)]^2$$

$$u_c(V_{20}) = 0.315 \ \mu L$$

7、扩展不确定度

扩展不确定度 $U=2\times u_c(V_{20})=0.63$ μL

8、测量不确定度报告

100 μL 移液器容量值结果扩展不确定度为 $U=0.63$ μL $k=2$

附件 2：移液器比对数据及测量不确定度汇总

各参比实验室测量结果汇总

参比实验室	测量结果（μL）	扩展不确定度 U（μL，k=2）
A	99.79	0.70
B	99.95	0.58
C	100.00	0.70
D	99.79	0.70