JJF

北 京 市 地 方 计 量 技 术 规 范

JJF（京）187—2025

卡斯通管校准规范

Calibration Specification for Karsten tube

2025-06-13 发布　　2025-07-01 实施

北京市市场监督管理局 发布

卡斯通管校准规范

Calibration Specification

for Kasten tube

JJF（京）187—2025

归 口 单 位：北京市市场监督管理局

主要起草单位：北京优量云产业计量技术创新研究院有限公司

北方测盟（北京）科技有限公司

北京市大兴区计量检测所

本规范委托北京优量云产业计量技术创新研究院有限公司负责解释

本规范主要起草人：

陈厚亮（北京优量云产业计量技术创新研究院有限公司）

王国喜（北方测盟（北京）科技有限公司）

张　越（北京市大兴区计量检测所）

参加起草人：

曾　宇（北京优量云产业计量技术创新研究院有限公司）

杨兵辉（北方测盟（北京）科技有限公司）

李　越（北方测盟（北京）科技有限公司）

郝占钊（北方测盟（北京）科技有限公司）

目　　录

引言 ..... (II)
1. 范围 ..... (1)
2. 引用文件 ..... (1)
3. 术语 ..... (1)
4. 概述 ..... (1)
4.1 卡斯通管 ..... (1)
4.2 卡斯通管用途 ..... (1)
5. 计量特性 ..... (2)
6. 校准条件 ..... (2)
7. 校准项目和校准方法 ..... (4)
8. 校准结果表达 ..... (6)
9. 复校时间间隔 ..... (7)
附录 A 方法二容量校准示例 ..... (8)
附录 B 常用玻璃量器衡量法 K(T)值表 ..... (10)
附录 C 卡斯通管校准记录 ..... (12)
附录 D 校准证书内页格式 ..... (14)
附录 E 卡斯通管容量校准结果的测量不确定度评定示例 ..... (15)

引　　言

本规范是依据 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》、JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》、JJG 196-2006 《常用玻璃量器检定规程》和 JJF 1009-2006《容量计量术语及定义》、JG/T 210-2018 《建筑内外墙用底漆》、GB/T 9779-2015 《复层建筑涂料》等进行制定。

本规范为首次发布。

卡斯通管校准规范

1 范围

本规范适用于卡斯通管容量、外型尺寸的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1001-2011 通用计量术语及定义

JJF 1009-2006 容量计量术语及定义

JJF 1059.1-2012 测量不确定度评定与表示

JJG 196-2006 常用玻璃量器检定规程

JG/T 210-2018 建筑内外墙用底漆

GB/T 9779-2015 复层建筑涂料

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

3.1 总容量 total capacity

液面到达 0 刻线时卡斯通管的容量。

3.2 标称容量 nominal capacity

由 0 刻线到标称线处容量。

4 概述

4.1 卡斯通管：

卡斯通管用于测量试件吸水量大小的试管。按照标称结构分为圆型（见图 1）、三角型（见图 2）、卧式（见图 3）。

4.2 卡斯通管用途：

试验时将涂有样品且完全干燥后的试板置于水平状态，将卡斯通管放在试板的中部；用不吸水的密封材料密封试板和卡斯通管四周缝隙，确保水不会从缝隙渗出，待密封材料干燥后，将水导入卡斯通管内；直至卡斯通管的 0 标称线处，确认卡斯通管中无气泡

后，再次调整卡斯通管的 0 标称线处；将卡斯通管顶端用锡箔纸遮盖包住，然后在规定的试验条件下静置 24 小时；以液面下降毫升数来评价该样品的不透水性能优劣。

5 计量特性

5.1 外观

5.1.1 卡斯通管不允许有影响计量读数及使用等缺陷。

5.1.2 分度线与量的数值应清晰、完整。

5.1.3 内壁、口边应光滑、无毛刺，不得有粗糙处及未经熔光的缺口。

5.2 外型尺寸

接触面内径。

5.3 容量

总容量；

标称容量。

注：以上计量特性技术指标可以参考出厂技术指标或参考使用者要求；

6 校准条件

6.1 校准环境

6.1.1 环境温度(20±5)℃，且室温变化不得大于 1℃/h。

6.2.2 水温与室温之差不得大于 2℃。

6.2.3 校准介质为三级水，应符合 GB/T 6682 要求。

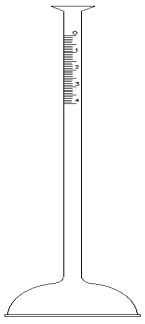


图 1

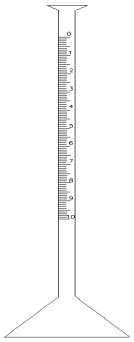


图 2



图 3

6.2　测量标准

校准项目和校准用设备，见表 1

表 1 校准项目和校准用标准器及其他设备

序号	校准项目	设备名称	计量性能
1	接触面内径	游标卡尺	测量范围:（0~150）mm 分度值: 不大于 0.02mm
2	容量	电子天平	最大称量：200g 检定分度值：不大于 10mg
		温度计	测量范围:（0~50）℃ 分度值：不大于 0.1℃

注：

1.以上校准所使用测量标准都要符合相应检定规程或校准规范的技术指标要求。

2.可以选择不低于计量性能要求其他标准器。

7 校准项目和校准方法

7.1 外观

首先检查外观,确定下瓶口光滑、瓶身无破损、刻线及数值清晰完整再进行校准。

7.2 接触面内径

使用带有内量爪游标卡尺直接测量，瓶身旋转 90° 再次测量，两次测量结果的平均值作为测量结果。

7.3 容量校准

7.3.1 使用衡量法进行校准。校准点应包含总容量和带有数字分度线的标称容量，也可以按照使用方的使用要求进行。

7.3.2 容量校准前须对卡斯通管进行清洗，清洗的方法为:用重铬酸钾的饱和溶液和浓硫酸的混合液(调配比例为 1:1)或 20%发烟硫酸进行清洗。然后用水冲净，器壁上不应有挂水等沾污现象，使液面与器壁接触处形成正常弯月面。清洗干净的被检量器须在校准前 4h 放入实验室内。

7.3.3 方法一：（只进行标称容量校准）

用不吸水的密封材料将刚性不吸水试板和卡斯通管四周缝隙密封，在刚性不吸水试板上安装阀门。确保水不会从缝隙渗出，待密封材料干燥后。标称容量校准参照 JJG 196《常用玻璃量器检定规程》滴定管衡量法执行。安装方法,见图 4。

注：液面的观察方法为:弯月面的最低点应与分度线上边缘的水平面相切，视线应与分度线在同一水平面上:为使弯月面的最低点的轮廓清晰地显现，可在玻璃量器的背面衬一黑色纸带，黑色纸带的上缘放在弯月面的下缘 1mm 处，弯月面观察方法，见图 5。有蓝线乳白衬背的玻璃量器，应使蓝色最尖端与分度线的上边缘相重合， 蓝线乳白衬背量器的液面观察方法，见图 6。

7.3.4 方法二（总容量和标称容量校准）

7.3.4.1 用不吸水的密封材料将刚性不吸水试板和卡斯通管四周缝隙密封，确保水不会从缝隙渗出，待密封材料干燥后，放在天平上清零，同时保障标称线水平。

7.3.4.2 将水放入卡斯通管标称容量下面第一个标称线称得质量 m_1。继续加水直至液面到达下面第二数字分度线处称得质量 m_2。以此类推直至液面到达“0”刻线处。称重结果分别为 m_2……m_x，m_x 为总容量称重结果。方法二校准方法示例，见附录 A。

7.3.4.3 调整液面的同时测量被检卡斯通管管内的水温，读数应准确到 0.1℃。

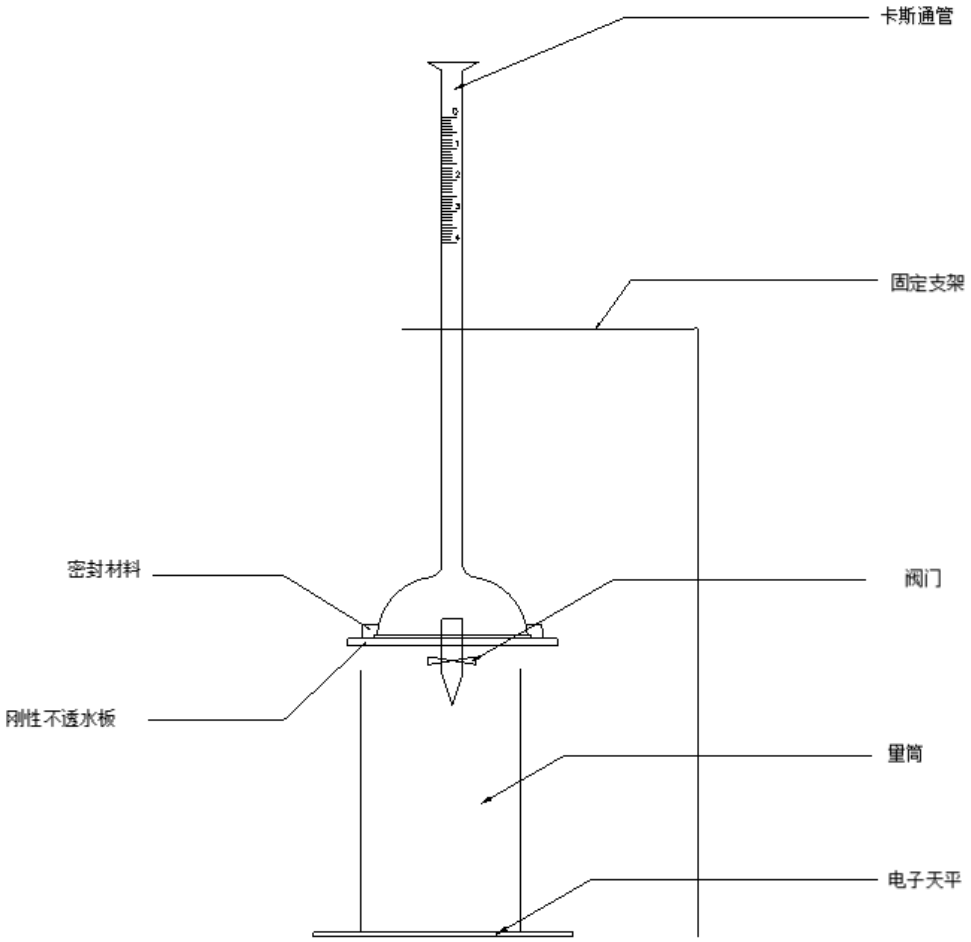


图 4

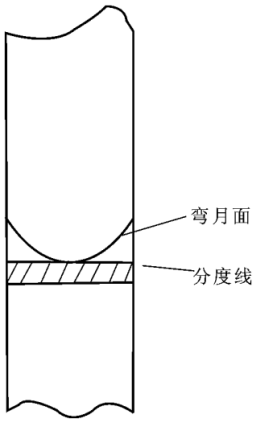


图 5

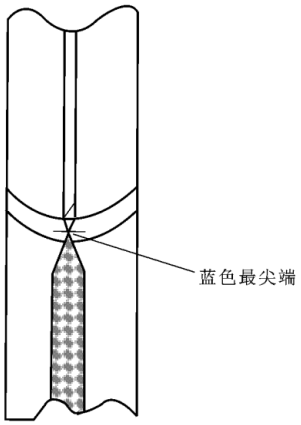


图 6

7.4　卡斯通管实际容量计算

将执行 7.3.3~7.3.4 所测的质量值，温度值和空气密度值分别代入公式（1），即可求得被校卡斯通管在标准温度 20℃时的实际容量值。在标准温度 20℃时的实际容量按下式计算：

$$V_{20}=\frac{m(\rho_B-\rho_A)}{\rho_B(\rho_W-\rho_A)}\left[1+\beta(20-t)\right] \qquad (1)$$

式中：V_{20}——标准温度 20℃时的被检玻璃量器的实际容量，mL；

m——标称容量、总容量对应表观质量，g；

ρ_A——砝码密度，取 8.00g/cm³；

ρ_B——测定时实验室内的空气密度、取 0.0012g/cm³；

ρ_W——水 t℃时的密度，g/cm³；

β——被校卡斯通管的体积膨胀系数，见附录 B；

t——校准时水的温度，℃。

为了简便计算过程，也可将公式(1)化为下列形式:

$$V_{20}=m\times K(t) \qquad (2)$$

其中：

$$K(t)=\frac{(\rho_B-\rho_A)}{\rho_B(\rho_W-\rho_A)}\left[1+\beta(20-t)\right] \qquad (3)$$

$K(t)$值列于附录 B 中。这样根据测定值 m 和校准时水的温度所对应的$K(t)$值，即可求出卡斯通管在标准温度 20℃时的实际容量值。

8 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映。校准证书应至少包括以下信息：

(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

建议复校时间间隔不超过 12 个月。

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸多因素所决定的，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。如果对仪器的检测数据有怀疑或仪器更换主要部件及修理后，应对仪器重新校准。

附录 A

方法二容量校准示例

以 4mL 分度值 0.1mL 卡斯通管为例，安装示意图见图 A.1。

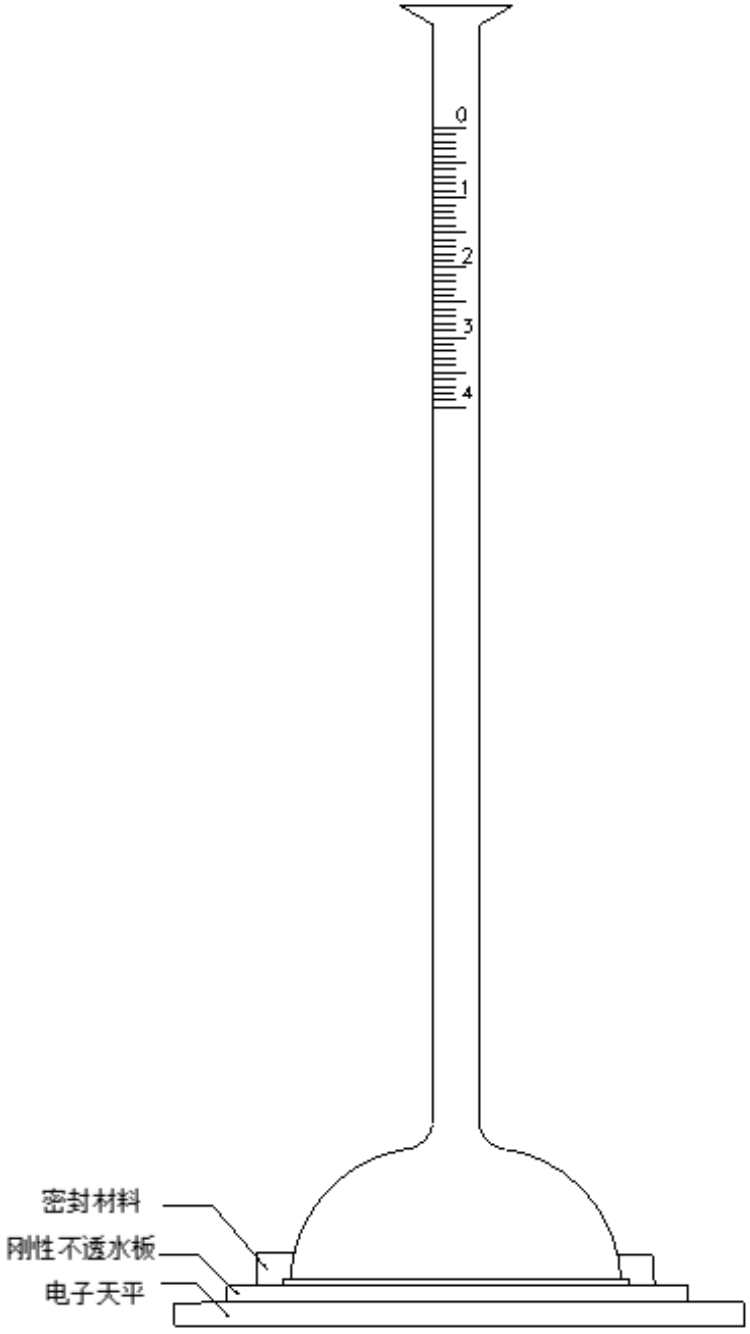


图 A.1

标称刻线分别为4mL、3mL、2mL、1mL、0mL，称重结果为m_1、m_2、m_3、m_4、m_x。总容量称重结果为m_x。对应的1mL、2mL、3mL、4mL标称容量对应表观质量分别为m_x-m_4、m_x-m_3、m_x-m_2、m_x-m_1。按照7.4数据处理即得到总容量和标称容量的实际容量。测量结果见表A.1。

表A.1

	m_1	m_2	m_3	m_4	m_x
称重结果/g	91.0869	92.0452	92.9785	93.9296	94.8563
标称值/mL	1	2	3	4	95
对应水质量/g	0.9267	1.8778	2.8111	3.7694	94.8563
容量校准结果/mL	0.929	1.883	2.819	3.780	95.133

附录 B

常用玻璃量器衡量法 $K(t)$ 值表

表 B.1（钠钙玻璃体胀系数 $25\times10^{-6}℃^{-1}$，空气密度 0.0012g/cm³）

水温/℃	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
15	1.00208	1.00209	1.00210	1.00211	1.00213	1.00214	1.00215	1.00217	1.00218	1.00219
16	1.00221	1.00222	1.00223	1.00225	1.00226	1.00228	1.00229	1.00230	1.00232	1.00233
17	1.00235	1.00236	1.00238	1.00239	1.00241	1.00242	1.00244	1.00246	1.00247	1.00249
18	1.00251	1.00252	1.00254	1.00255	1.00257	1.00258	1.00260	1.00262	1.00263	1.00265
19	1.00267	1.00268	1.00270	1.00272	1.00274	1.00276	1.00277	1.00279	1.00281	1.00283
20	1.00285	1.00287	1.00289	1.00291	1.00292	1.00294	1.00296	1.00298	1.00300	1.00302
21	1.00304	1.00306	1.00308	1.00310	1.00312	1.00314	1.00315	1.00317	1.00319	1.00321
22	1.00323	1.00325	1.00327	1.00329	1.00331	1.00333	1.00335	1.00337	1.00339	1.00341
23	1.00344	1.00346	1.00348	1.00350	1.00352	1.00354	1.00356	1.00359	1.00361	1.00363
24	1.00366	1.00368	1.00370	1.00372	1.00374	1.00376	1.00379	1.00381	1.00383	1.00386
25	1.00389	1.00391	1.00393	1.00395	1.00397	1.00400	1.00402	1.00404	1.00407	1.00409

表 B.2 （硼硅玻璃体胀系数 $10\times10^{-6}℃^{-1}$，空气密度 0.0012g/cm³）

水温/℃	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
15	1.00200	1.00201	1.00203	1.00204	1.00206	1.00207	1.00209	1.00210	1.00212	1.00213
16	1.00215	1.00216	1.00218	1.00219	1.00221	1.00222	1.00224	1.00225	1.00227	1.00229
17	1.00230	1.00232	1.00234	1.00235	1.00237	1.00239	1.00240	1.00242	1.00244	1.00246
18	1.00247	1.00249	1.00251	1.00253	1.00254	1.00256	1.00258	1.00260	1.00262	1.00264
19	1.00266	1.00267	1.00269	1.00271	1.00273	1.00275	1.00277	1.00279	1.00281	1.00283
20	1.00285	1.00286	1.00288	1.00290	1.00292	1.00294	1.00296	1.00298	1.00300	1.00303
21	1.00305	1.00307	1.00309	1.00311	1.00313	1.00315	1.00317	1.00319	1.00322	1.00324
22	1.00327	1.00329	1.00331	1.00333	1.00335	1.00337	1.00339	1.00341	1.00343	1.00346
23	1.00349	1.00351	1.00353	1.00355	1.00357	1.00359	1.00362	1.00364	1.00366	1.00369
24	1.00372	1.00374	1.00376	1.00378	1.00381	1.00383	1.00386	1.00388	1.00391	1.00394
25	1.00397	1.00399	1.00401	1.00403	1.00405	1.00408	1.00410	1.00413	1.00416	1.00419

附录C

卡斯通管校准记录

受控号 _____ 证书编号 _____
证书单位 _____ 样品接收日期 _____
仪器名称 _____ 制造厂 _____
型号规格 _____ 仪器编号 _____ 校准日期 _____
校准地点 _____ 环境温度 _____ 相对湿度 _____
技术依据 _____

所用标准器及主要配套设备	测量范围	不确定度/准确度等级/最大允许误差	设备编号	溯源单位及证书编号	有效日期

一、外观检查：

二、外型尺寸

校准项目	第一次测量	第二次测量	测量平均值
接触面内径/mm			

三、容量校准记录：

方法一：

水温/℃： K(t)值/（cm^3/℃）： 材质：

校准点/mL	称重结果/g	实际容量/mL	测量结果的扩展不确定度 $U(k=2)$/mL

方法二：

水温/℃：　　K(t)值/（cm^3/℃）：　　材质：

序号 \ 称重结果	m_1	m_2	m_3	m_4	_	_	_	_	_	_	m_x
称重结果/g											
标称值/mL											
对应水质量/g											
容量校准结果/mL											
测量结果的扩展不确定度 U(k=2)/mL											

校准员：　　核验员：

附录 D

校准证书内页格式

校准地点：　　校准温度：　　证书编号：

序号	校准项目	校准结果	测量结果扩展不确定度 $U(k=2)$
1	外观		
2	接触面内径		
3	标称容量		
4	总容量		

附录 E

卡斯通管容量校准结果的测量不确定度评定示例

E.1　概述

E.1.1　环境条件：室温(20±5)℃，且室温变化不得大于 1℃/h。

E.1.2　测量标准：Ⅰ 级电子天平：测量范围为(0～220)g,检定分度值：1mg；

温度计：测量范围(0～50)℃,分度值 0.1℃,最大允许误差±0.2℃。

E.1.3　被测对象：总容量为 95mL，标称容量为 4mL 圆形卡斯通管为例。

E.2　数学模型

玻璃量器在标准温度 20℃时的实际容量按下式计算：

$$V_{20}=\frac{m}{\rho_w-\rho_A}\left[1+\beta(20-t)\right]$$

式中：V_{20}——标准温度 20℃时的被检玻璃量器的实际容量，mL；

m——标称容量、总容量对应成称重质量，g；

ρ_A——砝码密度，取 8.00g/cm³；

ρ_B——测定时实验室内的空气密度、取 0.0012g/cm³；

ρ_W——水 t℃时的密度，g/cm³。

E.3　总容量测量不确定度来源

容量示值测量的标准不确定度由以下各分量组成：

（1）测量点测量重复性引入的不确定度，采用 A 类方法进行评定。

（2）质量测量引入的不确定度，采用 B 类方法进行评定。

（3）温度测量引入的不确定度，采用 B 类方法进行评定。

E.4　各分量标准不确定度的评定

E.4.1　测量点测量重复性引入的相对不确定度 $u_r(s)$的评定

重复测量 10 次，测量数据 x_i 如下：

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x_i(g)	94.8563	94.8684	94.8665	94.8702	94.8663	94.8724	94.8575	94.8583	94.8721	94.8682

测量平均值为：94.865g，根据测量数据用贝塞尔公式法计算，测量重复性不确定度为：

$$s=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{m}\left[x_i-\bar{x}\right]^2}{n-1}}=0.0061g$$

则测量点测量重复性引入的相对不确定度为：

$$u_r(s)=0.0019/94.865\times100\%=0.006\%$$

E.4.2　质量测量引入的相对不确定度 u_r(m)的评定

(0～220)g，Ⅰ级电子天平在 95g 最大允许误差为±1.0e，即±0.001g。

按照均匀分布考虑，$k=\sqrt{3}$。则质量测量所引入的不确定度为

$$u=\frac{0.001}{\sqrt{3}}=0.00058g$$

95g 称量点相对不确定度 u_r(m)为：$u_r(m)=\frac{0.00058}{95}\times100\%=0.0006\%$

由电子天平分辨力引入的不确定度包含在重复性中，不考虑。

E.4.3　温度引入的相对不确定度 $u_r(d)$的评定

温度系数为：$d=1+\beta(20-t)$

E.4.3.1　体积膨胀系数 β 引入的不确定度的评定

因为在整个校准工作中，温度的变化量不大于 2℃。而 β 的灵敏系数

$$c(\beta)=20-t=20-19.5=0.5\ ℃。$$

则对于硼硅介质玻璃：$\beta=10\times10^{-6}℃^{-1}$，估计 β 误差不超过±25%，按均匀分布考虑，则：

$$u(\beta)=\frac{10\times10^{-6}\times25\%}{\sqrt{3}}=0.3\times10^{-5}$$

由体积膨胀系数引入的不确定度对温度合成不确定度的贡献：

$$u_4(\beta)=c(\beta)\times u(\beta)=0.5\times0.3\times10^{-5}=0.15\times10^{-6}$$

E.4.3.2　温度测量 t 引入的不确定度的评定

温度计分度值为 0.1℃，最大允许误差±0.2℃，按均匀分布考虑，则：

$$u(t)=\frac{0.2}{\sqrt{3}}=0.115℃$$

灵敏系数为：$c(t)=-\beta$ 。

$$u_d(t)=c(t).u(t)=(-10\times10^{-6})\times0.115=-0.12\times10^{-5}$$

E.4.3.3　温度合成不确定度

对于 PP 材质单标线容量瓶，由以上数据得到温度合成不确定度为：

$$u_c(d)=\sqrt{u_d{}^2(\beta)+u_d{}^2(t)}=\sqrt{(0.15\times10^{-5})^2+(-0.12\times10^{-5})^2}=0.2\times10^{-5}$$

温度合成相对不确定度为：　$u_r(d)=\frac{u_c(d)}{[1+\beta(20-t)]}=0.0019\%$

E.5　合成相对不确定度

$$u_c=\sqrt{u_r{}^2(s)+u_r{}^2(m)+u_r{}^2(d)}=\sqrt{(0.006\%)^2+(0.0006\%)^2+(0.0019\%)^2}=0.0063\%$$

E.6　扩展不确定度报告

$U=k\cdot V\cdot u_c=2\times95\text{ml}\times0.0063\%=0.012\text{mL}$，$k=2$。