



# 北京市地方计量技术规范

JJF (京) XXXX-XXXX

## 卡斯通管校准规范

Calibration Specification for Karsten tube

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 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) XX—20XX

归口单位：北京市市场监督管理局

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 XXXXXXXX 负责解释

# 目 录

1. 范围.....	1
2. 引用文献.....	1
4. 概述.....	1
5. 计量特性.....	2
6. 校准条件.....	4
7. 校准项目和校准方法.....	4
8. 校准结果表达.....	6
附录 A.....	7
附录 B.....	8
附录 D.....	12
附录 E.....	15

# 引 言

本规范是依据 JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF1001-2011《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》等基础性系列规范进行制定。

本规范为首次制定。

# 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. 引用文献

JJF1001—2011 通用计量术语及定义

JJF1009—2006 容量计量术语及定义

JJF1059.1—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 建筑内外墙用底漆有图

GB/T9779—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: 液面到达 0 刻线时卡斯通管的容量。

3.2 标称容量: 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、容量和分度值分为小号 4mL 分度值 0.1mL、大号 4mL 分度值 0.1mL、10mL 分度值 0.05mL、10mL 分度值 0.1mL、三角型 10mL 分度值 0.1mL、卧式 10mL 分度值 0.1mL 等。示意图见图 1、图 2、图 3、图 4、图 5、图 6。

### 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漏斗四周缝隙, 确保水不会从缝隙渗出, 带密封材料干燥后, 将试验用水导入玻璃管内;

直至试管的 0 标称线处，确认容器中无气泡后再次调整试管的 0 标称；将玻璃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：分度线与量的数值应清晰，下瓶口口应磨平，无影响计量特性的外观缺陷。

5.2 外型尺寸：接触面内径。

5.3 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；



图 1 小号 4mL 分度值 0.1mL 示意图

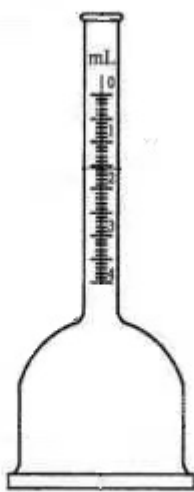


图 2 大号 4mL 分度值 0.1mL 示意图



图 3 10mL 分度值 0.05mL 示意图



图 4 10mL 分度值 0.1mL 示意图



图 5 三角型 10mL 分度值 0.1mL 示意图

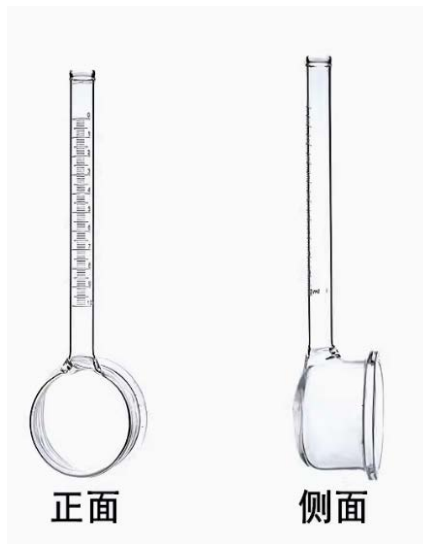


图 6 卧式 10mL 分度值 0.1mL

## 6. 校准条件

### 6.1 校准环境

水温与室温之差不得大于  $2^{\circ}\text{C}$  校准介质为三级水，应符合 GB66822 要求。

### 6.2 校准用设备

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	分度值 0.02mm
2	容量	电子天平、温度计	测量范围：1000g, 分度值：10mg、分度值 $0.1^{\circ}\text{C}$

注：

1. 以上校准所使用计量器具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、瓶身破损后再进行校准。

### 7.2 接触面内径校准



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 容量校准前须对量器进行清洗，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。清洗干净的卡斯通管须在校准前 4h 放入实验空内。

#### 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漏斗四周缝隙密封，在刚性不吸水试板上安装阀门。确保水不会从缝隙渗出，带密封材料干燥后。标称容量校准参照 JJG196《常用玻璃量器检定规程》滴定管衡量法执行。

分体式卡斯通管，上部分是量出式的标称容量校准建议参照方法二执行。

#### 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漏斗四周缝隙密封，确保水不会从缝隙渗出，带密封材料干燥后，放在天平上清零，同时保障标称线水平。

7.3.4.2 将纯净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。称重结果为  $m_2 \cdots m_x$ ， $m_x$  为总容量称重结果。标称容量称重结果，以小号 4mL 分度值 0.1mL 为例见附录 A

7.3.4.3 调整被检玻璃量器液面的同时察测温筒内的水温，读数应准确到 0.1℃。

### 7.4 数据处理：

#### 7.4.1 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：

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

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;

$\rho_A$ ——砝码密度, 取  $8.00\text{g/cm}^3$ ;

$\rho_B$ ——测定时实验室内的空气密度、取  $0.0012\text{g/cm}^3$ ;

$\rho_w$ ——蒸馏水  $t^\circ\text{C}$  时的密度,  $\text{g/cm}^3$ ;

$\beta$ ——被校瓶口分液器的体积膨胀系数, 见附录 B;

$t$ ——校准时纯水的温度,  $^\circ\text{C}$ 。

为了简便计算过程, 也可将公式(1)化为下列形式:

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

其中:

$$K(t) = \frac{(\rho_B - \rho_A)}{\rho_B(\rho_w - \rho_A)} [1 + \beta(20 - t)] \quad (3)$$

$K(t)$  值列于附录 B 中。这样根据测定值  $m$  和校准时纯水的温度所对应的 ( $t$ ) 即可求出被校瓶口分液器在标准温度  $20^\circ\text{C}$  时的实际容量值。

## 8. 校准结果表达

校准后出具校准证书。外型尺寸校准结果可以直接给出或按照使用者指定要求的技术指标做出符合性判定, 也可以给出实测值及测量结果不确定度。容量校准应给出校准结果及测量不确定度。

## 附录 A

方法二容量校准示例：以小号 4mL 分度值 0.1mL 见图 1 卡斯通管为例。  
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。

## 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  $25 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , 空气密度  $0.0012 \text{g/cm}^3$ )

水 温 $t_r/^\circ\text{C}$	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  $10 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , 空气密度  $0.0012 \text{g/cm}^3$ )

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	1.00286	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	卡斯通管	制造厂	/
型号规格	(0~4) mL	仪器编号	4-02
校准地点	本公司力学实验室 3	环境温度	21.3℃
技术依据		相对湿度	45%RH

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
电子天平	10mg~200g	I 级	076001	北方测盟（北京）科技有限公司 BFCM-23122 5209	2024-12-24
普通玻璃液体温度计	(0~50)℃	$U=0.07^{\circ}\text{C}(k=2)$	9	北方测盟（北京）科技有限公司 BFCM-24022 4008	2025-02-23
数显卡尺	(0~150)mm	MPE: $\pm$ (0.02~ 0.03) mm	K22G052488	北方测盟（北京）科技有限公司 BFCM-24020 6003	2025-02-04

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	技术指标	测量结果
接触面内径(mm)	65.17	65.17	65.17	66~66	65.17

## 三、容量校准记录:

方法一:

校准点	称重结果	K(t) 值	实际容量	测量结果不确定度 ( $k=2$ )
4mL	0.0000g	1.00292	0.000	0.006g
3mL	0.9853g	1.00292	0.998	0.006g
2mL	1.9896g	1.00292	1.995	0.006g
1mL	2.9635g	1.00292	2.972	0.006g
0mL	3.9448g	1.00292	3.956	0.006g

方法二

水温 ( $^{\circ}\text{C}$ ):

K(t) 值:

材质:

序号	$m_1$	$m_2$	$m_3$	$m_4$	—	—	—	—	—	—	—
称重结果											
总容量对应纯水质量: _____, 容量校准结果: _____; 测量结果不确定度: _____											
标称容量对应纯水质量: _____, 容量校准结果: _____; 测量结果不确定度: _____											
标称容量对应纯水质量: _____, 容量校准结果: _____; 测量结果不确定度: _____											
标称容量对应纯水质量: _____, 容量校准结果: _____; 测量结果不确定度: _____											
标称容量对应纯水质量: _____, 容量校准结果: _____; 测量结果不确定度: _____											
标称容量对应纯水质量: _____, 容量校准结果: _____; 测量结果不确定度: _____											
标称容量对应纯水质量: _____, 容量校准结果: _____; 测量结果不确定度: _____											
标称容量对应纯水质量: _____, 容量校准结果: _____; 测量结果不确定度: _____											
标称容量对应纯水质量: _____, 容量校准结果: _____; 测量结果不确定度: _____											

校准员:

核验员:

## 附录 D 卡司通管容量校准结果的测量不确定度评定示例

## 1. 概述

1.1 测量依据：JJF1059.1-2012 测量不确定度评定与表示。

1.2 环境条件：室温  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，且室温变化不得大于  $1^\circ\text{C}/\text{h}$ 。

1.3 测量标准：①电子天平：量程为  $(0 \sim 220)\text{g}$ ，分度值： $0.1\text{mg}$ ；②温度计： $(0 \sim 50)^\circ\text{C}$ ，分度值  $0.1^\circ\text{C}$ ，最大允许误差  $\pm 0.2^\circ\text{C}$ 。

1.4 被测对象：大号 4mL 的硼硅材质容量为 95mL 卡斯通管总容量为例。

## 2. 数学模型

玻璃量器在标准温度  $20^\circ\text{C}$  时的实际容量按下式计算：

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

式中： $V_{20}$ ——标准温度  $20^\circ\text{C}$  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；

$\rho_A$ ——砝码密度，取  $8.00\text{g}/\text{cm}^3$ ；

$\rho_B$ ——测定时实验室内的空气密度、取  $0.0012\text{g}/\text{cm}^3$ ；

$\rho_w$ ——蒸馏水  $t^\circ\text{C}$  时的密度， $\text{g}/\text{cm}^3$ 。

## 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。

## 4. 各分量标准不确定度的评定

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)	94.856	94.868	94.866	94.870	94.866	94.872	94.857	94.858	94.872	94.868

测量平均值为：49.865g，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：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m [x_i - \bar{x}]^2}{n-1}} = 0.0019\text{g}$$



则测量点测量重复性引入的相对不确定度为:

$$u_r(s) = 0.0019/94.865 \times 100\% = 0.0021\%$$

#### 4.2 质量测量引入的相对不确定度 $u_r(m)$ 的评定

(0~220)g, 级电子天平在 95g 最大允许误差为  $\pm 1.0e$ , 即  $\pm 0.001g$ 。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:  $u_r(m) = \frac{0.00058}{95} \times 100\% = 0.0006\%$

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。

#### 4.3 温度引入的相对不确定度 $u_r(d)$ 的评定

式 (1) 温度系数为:  $d = 1 + \beta(20 - t)$

##### 4.3.1 体积膨胀系数 $\beta$ 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  $2^\circ\text{C}$ 。而  $\beta$  的灵敏系数

$$c(\beta) = 20 - t = 20 - 19.5 = 0.5^\circ\text{C}。$$

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

$$u(\beta) = \frac{10 \times 10^{-6} \times 25\%}{\sqrt{3}} = 0.3 \times 10^{-5}$$

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:

$$u_d(\beta) = c(\beta) \times u(\beta) = 0.5 \times 0.3 \times 10^{-5} = 0.15 \times 10^{-6}$$

##### 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  $0.1^\circ\text{C}$ , 最大允许误差  $\pm 0.2^\circ\text{C}$ , 按均匀分布考虑, 则:

$$u(t) = \frac{0.2}{\sqrt{3}} = 0.115^\circ\text{C}$$

灵敏系数为:  $c(t) = -\beta$ 。

$$u_d(t) = c(t) \cdot u(t) = (-10 \times 10^{-6}) \times 0.115 = -0.12 \times 10^{-5}$$

##### 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:

$$u_c(d) = \sqrt{u_d^2(\beta) + u_d^2(t)} = \sqrt{(0.15 \times 10^{-5})^2 + (-0.12 \times 10^{-5})^2} = 0.2 \times 10^{-5}$$

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

5. 合成相对不确定度

$$u_c = \sqrt{u_r^2(s) + u_r^2(m) + u_r^2(d)} = \sqrt{(0.0019\%)^2 + (0.0012\%)^2 + (0.0021\%)^2} = 0.0031\%$$

6. 扩展不确定度报告

$$U = k \cdot V \cdot u_c = 2 \times 95\text{ml} \times 0.0031\% = 0.006\text{mL}, \quad k = 2$$

## 附录 E 校准证书内容及内页格式

校准证书至少包括以下信息：

- a) 标题 “校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果不在实验室内进行校准）；
- d) 证书或报告的唯一性标识（如编号），每页及总页的标识；
- e) 送校单位的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期；
- h) 对校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- i) 本次校准所用计量标准的溯源性及有效性说明；
- j) 校准环境的描述；
- k) 校准结果及测量不确定度的说明；
- l) 校准证书签发人的签名、职务，以及签发日期；
- m) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- n) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

推荐的校准证书内页格式下表 1

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	测量结果不确定度
1	外观		
2	接触面内径		
3	标称容量		
4	总容量		