



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 165—2005

钟罩式气体流量标准装置

Standard Bell Pervers of Gas Flow

2005 - 03 - 03 发布

2005 - 06 - 03 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

钟罩式气体流量标准装置 检定规程

Verification Regulation of
Standard Bell Povers of Gas Flow

JJG 165—2005
代替 JJG 165—1989

本规程经国家质量监督检验检疫总局于 2005 年 3 月 3 日批准，并自 2005 年 6 月 3 日起施行。

归口单位：全国流量容量计量技术委员会

主要起草单位：中国计量科学研究院

参加起草单位：国家水大流量计量站

浙江省质量技术监督检测研究院

北京市计量测试所

丹东市计量仪器设备厂

河南省计量科学研究院

湖北省计量测试技术研究院

本规程委托全国流量容量计量技术委员会负责解释

本规程主要起草人：

徐英华 （中国计量科学研究院）

参加起草人：

王自和 （国家水大流量计量站）

沈文新 （浙江省质量技术监督检测研究院）

杨有涛 （北京市计量测试所）

王福贵 （丹东市计量仪器设备厂）

孔庆彦 （河南省计量科学研究院）

桑晓鸣 （湖北省计量测试技术研究院）

目 录

1 范围	(1)
2 概述	(1)
2.1 装置用途	(1)
2.2 结构型式	(1)
2.3 工作原理	(2)
3 计量性能要求	(2)
3.1 准确度等级	(2)
3.2 压力波动要求	(2)
3.3 密封性	(2)
3.4 温度差控制	(3)
3.5 计时器	(3)
3.6 装置的配套设备	(3)
4 通用技术要求	(3)
4.1 安装要求	(3)
4.2 钟罩	(3)
4.3 阀门与管路	(3)
4.4 密封液	(3)
4.5 控制系统	(3)
4.6 铭牌	(3)
5 计量器具控制	(4)
5.1 检定条件	(4)
5.2 检定项目	(4)
5.3 检定方法	(4)
5.4 检定结果的处理	(12)
5.5 检定周期	(12)
附录 A 标准容积的动态质量法检定	(13)
附录 B 编码器系数的检定	(15)
附录 C 换向器的检定	(17)
附录 D 常用金属材料的温度线膨胀系数 α	(18)
附录 E 检定证书及检定结果通知书内页格式	(19)

钟罩式气体流量标准装置检定规程

1 范围

本规程适用于钟罩式气体流量标准装置（以下简称装置）的首次检定、后续检定及使用中检验。

2 概述

2.1 装置用途

装置是以气体为介质，对气体流量计进行检定、校准和检验的标准设备。

2.2 结构型式

装置一般由钟罩、液槽、发讯机构、压力补偿机构、气源和试验管道等构成。如测量瞬时流量，还应配备计时器。有的装置配有检测仪器，此仪器若有计时功能，则可代替计时器；若有编码器能自动检测钟罩位置，则可代替发讯机构。典型的装置结构如图1所示。

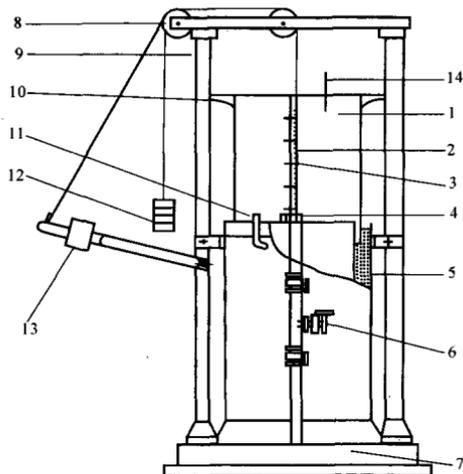


图1 钟罩式气体流量标准装置

1—钟罩；2—标尺；3—挡板；4—光电发讯器；5—液槽；6—调节阀门；7—底座；8—滑轮；
9—立柱；10—外导轮；11—水位计；12—平衡重锤；13—压力补偿机构；14—温度计（顶部及底部）

2.2.1 液槽

液槽有双筒、环形截面式和单筒、圆形截面式。两种型式的检定方法相同。本规程

以前一种型式为例。

2.2.2 发讯装置

发讯装置有电磁式、光电式、红外式等多种型式，本规程以光电式为例，其他型式可参照此规程进行检定。

2.2.3 控制器

控制器有各种形式和不同功能，具有计时功能的，该功能按计时器检定；具有编码器检测钟罩位置的，按附录 B 检定。

2.2.4 压力补偿机构

压力补偿机构有象限式、链条式、可变臂式、虹吸式等多种型式，其检定方法相同。本规程以象限式补偿机构为例。

2.2.5 气流方向

装置按工作过程中的气流方向分为排气式（钟罩下降）和进气式（钟罩上升）。本规程以排气式为例。进气式装置可参照此规程进行检定。

2.2.6 钟罩提升方式

装置按钟罩的起动方式主要分为电动式和气动式，其检定方法相同。本规程以气动式为例。

2.3 工作原理

如图 1 所示，装置是由可动的钟罩和固定的液槽构成一个容积可变的密封空腔。钟罩下降过程中通过压力补偿机构，使其内部气体压力保持一定值，不随钟罩浸入密封液体中的深度而变化。钟罩两挡板之间的容积是固定的，测出两挡板先后通过光电发讯器所经历的时间，可计算出瞬时流量。

3 计量性能要求

3.1 准确度等级

装置的准确度等级应符合表 1 的规定。

表 1

装置准确度等级	装置流量测量不确定度 $U (k=2)$	压力波动 (Pa)	温度差控制 (°C)
0.2	$\leq 0.2\%$	≤ 20	≤ 0.2
0.5	$\leq 0.5\%$	≤ 50	≤ 0.5
1.0	$\leq 1.0\%$	≤ 50	≤ 1.0
注：优于 0.2 级的装置检定后应有详细的不确定度分析。			

3.2 压力波动要求

由于装置各部件加工和装配的不均匀性以及机械摩擦的变化等因素，装置在工作过程中压力有波动，即为压力波动。压力波动应符合表 1 的规定。

3.3 密封性

装置在关闭进出口阀门后应密封。

3.4 温度差控制

应严格控制装置温度，以保证钟罩内的气温和液槽内的液体温度之差符合表1的规定。0.2级的装置应测温度，钟罩内应有上、下两个测温点。低于0.2级的装置可以用室温代替气温。

3.5 计时器

计时器的启、停应由钟罩上的光电发讯器发出的信号控制。计时器准确度应优于测量时间的0.1%，分辨力 $\leq 0.01s$ 。

3.6 装置的配套设备

温度计：分度值 $\leq 0.2^{\circ}C$ ；

压力计：分辨力 $\leq 10Pa$ ；

大气压力计：准确度优于0.1%。

4 通用技术要求

4.1 安装要求

4.1.1 钟罩、液槽和导柱应与底平面垂直。

4.1.2 钟罩上的导轨与导轮之间，其摩擦力应调整得尽量小。

4.1.3 标尺的安装与钟罩的中心线应平行。标尺的刻度应均匀清晰。

4.1.4 光电发讯器应灵敏可靠，挡板安装应牢固可靠。

4.2 钟罩

4.2.1 钟罩应气密性好，耐腐蚀并有足够的刚度。

4.2.2 钟罩表面应没有划痕、明显的变形，焊缝应磨光，并且上下均匀。

4.3 阀门与管路

4.3.1 阀门应转动灵活、密封性好，无渗漏。

4.3.2 装置各连接管路应无渗漏。

4.4 密封液

4.4.1 一般应使用油做密封液，油的蒸气压、粘度都应尽可能低。0.2级的装置应使用油做密封液。

4.4.2 装置如用水做密封液，水质应清洁。

4.5 控制系统

控制系统应灵敏、安全、可靠。

4.6 铭牌

装置应在明显位置固定安装铭牌，铭牌上应标明：

——产品名称、型号规格；

——制造厂名；

——主要技术指标；

——出厂编号、制造日期；

——准确度等级；

——制造计量器具许可证标志与编号。

5 计量器具控制

计量器具控制包括首次检定，后续检定和使用中检验。

5.1 检定条件

5.1.1 检定用仪器设备

检定钟罩标准容积有容积法（动态容积法、静态容积法）、尺寸测量法和动态质量法。动态质量法放在附录 A 中介绍。容积法、尺寸测量法检定用仪器设备见表 2。

表 2 检定用仪器设备

容 积 法		尺 寸 测 量 法
动态容积法	静态容积法	
二等标准金属量器 (量入式)	二等标准金属量器 (量出式)	专用直径尺 最大允许误差 $\pm 0.2\text{mm}$
换向器	—	专用浮标
温度计两支 (分度值为 0.1°C 、量程为 $0^\circ\text{C} \sim 50^\circ\text{C}$)		尺子 (或测高仪) 深度千分尺 最大允许误差 $\pm 0.2\text{mm}$
秒表 分度值优于 0.1s		—
标准计时器 (检定瞬时流量装置需配备) 分度值优于 0.01s		

5.1.2 一般环境要求

环境温度一般应在 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ 范围内；

大气相对湿度：(30 ~ 80)%；

大气压力：(86 ~ 106) kPa。

5.2 检定项目

首次检定、后续检定和使用中检验的检定项目列于表 3 中。

5.3 检定方法

5.3.1 外观检查

用目测的方法检查装置，其结果应符合第 4 条的要求。

5.3.2 密封性试验

将钟罩升到最高位置后关闭阀门，稳定 10min，记下钟罩的位置和钟罩内的气体温度及大气压力。停 1h 后观察钟罩的位置和钟罩内的气体温度及大气压力，如其位置变化是在温度和压力变化影响允许范围内则为密封，否则为漏气，要进行检修，直到密封。

5.3.3 压力波动试验

表 3 检定项目一览表

序号	检定项目	检定类别		
		首次检定	后续检定	使用中检验
1	外观检查	+	+	+
2	密封性试验	+	+	+
3	压力波动试验	+	+	+
4	计时器检定	+	+	-
5	标准容积检定	+	+	-
6	不确定度计算	+	+	-
7	温度控制检定	+	+	-

注：“+”表示应检项目；“-”表示可不检项目。

在试验管道上安装一台倾斜式微压计或水柱式液体压力计，将钟罩升到最高位置。待装置稳定后，打开阀门使钟罩在装置的最大流量下下降，同时观察微压计或水柱式液体压力计，记下钟罩下降过程中压力的最大变化，如此再做一次试验。再在装置的最小流量下做两次试验。取四次试验中的最大压力波动 Δp_{\max} 为该装置的压力波动。压力波动应符合 3.2 的要求。

5.3.4 计时器的检定

连接被检计时器和标准计时器，接通两者电源，稳定 30min，以钟罩使用的最短测量时间 t_{\min} 为计时的时间间隔，使计时器与标准计时器同步开始计时与停止计时，读取计时器值 t_i 和标准计时器 t_{0i} ，完成一次检定。按照同样的操作进行第二次检定，直至第 n 次检定 ($n \geq 10$)。

$$\text{第 } i \text{ 次差值 } \Delta t_i: \quad \Delta t_i = t_i - t_{0i} \quad (1)$$

$$\text{平均差值 } \Delta t: \quad \Delta t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta t_i \quad (2)$$

计时器的不确定度

A 类相对标准不确定度 u_{rA1} :

$$u_{rA1} = \frac{1}{t_{\min}} \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta t_i - \Delta t)^2}{n-1} \right]^{1/2} \times 100\% \quad (3)$$

B 类相对标准不确定度 u_{rB1} :

$$u_{rB1} = \frac{\Delta t}{2t_{\min}} \times 100\% \quad (4)$$

5.3.5 标准容积检定

5.3.5.1 动态容积法检定

(1) 动态容积法检定系统如图 2 所示。

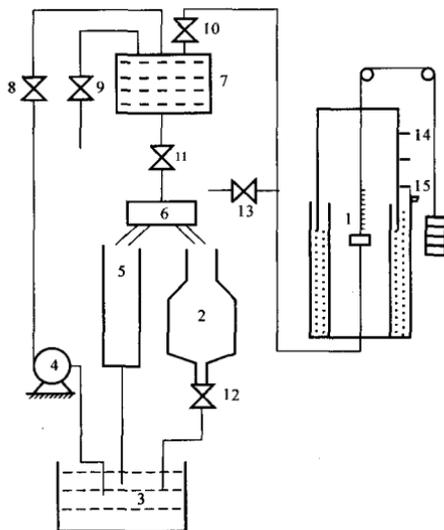


图2 动态容积法检定系统

1—钟罩；2—标准量器（量入式）；3—水池；4—水泵；5—回流管；6—换向器；
7—密封容器；8, 9, 10, 11, 12, 13—阀门；14, 15—上、下挡板

(2) 检定前向液槽内充液到一定高度，并在水池内储存足够量的清洁水。放置一段时间使钟罩内的气温、水池内的水温和液槽内的液体温度三者间之差应符合表1的要求。

(3) 装好钟罩检定段的上、下挡板。若分几个检定段，则装好每段的上、下挡板。

(4) 选择适当量程的标准量器，标准量器的容积与钟罩的检定段容积比一般不小于1:5。

(5) 参见图2，先打开阀门8, 9和11，把换向器换向到回流管，接着启动水泵，关闭阀门11。待密封容器内充满水后，关闭阀门8, 9和水泵。

(6) 开启阀门13，将钟罩升到最高位置。关闭阀门13，打开阀门10，使钟罩与密封容器上部空间相连（两者间的连接管段容积要尽量小）。待钟罩稳定后（记下稳定时间，每次检定的稳定时间应与以后使用中稳定时间一致）开始检定。测出大气压力和钟罩内气温。

(7) 打开阀门11，使密封容器内的水以适当流量经换向器和回流管流入水池中。这时钟罩缓慢下降，当下挡板触发光电发讯器时，光电发讯器发出信号使换向器换向，将水流导向到标准量器中。此时，钟罩继续下降，当上挡板触发光电发讯器时，光电发讯器再次将换向器换向，水又经回流管导入水池中。

(8) 关闭阀门 11, 读出标准量器的容积值。至此完成第一次检定。

(9) 在检定段的每一次检定过程中, 如果大气压力或钟罩内气温变化超过表 4 规定, 将此次数据舍去。

(10) 按(6)~(9)所述程序做第二次、第三次直至第 n ($n \geq 6$) 次检定。

(11) 图 2 所示的方法称为向右检定。将图 2 中的标准量器和回流管互换位置, 仿照(6)~(10)所述程序做左向检定(检定次数与右向检定相同)。

(12) 若用两个准确度相同的标准量器分别放在换向器的左右侧(标准量器兼有回流管的作用), 而且在一次检定中换向器的换向次数是奇数, 可仿照(6)~(10)进行检定而不做左右向检定。此时, 标准量器的容积为一次检定中两个标准量器所测容积的总和。

(13) 不符合(12)规定, 并又只做右向检定, 则需测出换向器平均左、右行程时间差以计算换向器的不确定度。(换向器的检定方法见附录 C)

(14) 计算标准容积:

$$V_i = V_{s_i} [1 + (\alpha_1 + 2\alpha_2 - 3\alpha_3)(20 - \theta_i)] \quad (5)$$

式中: V_i ——第 i 次检定的标准容积;

V_{s_i} ——第 i 次检定由标准量器读取的容积;

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ ——分别为标尺、钟罩和标准量器的线膨胀系数;

θ_i ——第 i 次检定测得的钟罩内气体温度。

若 $|20 - \theta_i| < 5$, 可认为 $V_i = V_{s_i}$ 。

标准容积平均值 \bar{V} :

$$\bar{V} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i \quad (6)$$

(15) 不确定度计算:

A 类相对标准不确定度 u_{rA2} :

$$u_{rA2} = \frac{1}{\bar{V}} \left[\frac{\sum_{i=1}^n (V_i - \bar{V})^2}{n-1} \right]^{1/2} \times 100\% \quad (7)$$

B 类相对标准不确定度 u_{rB2} :

$$u_{rB2} = \frac{U_n}{2} \quad (8)$$

式中: U_n ——标准量器的相对扩展不确定度。

表 4 检定时允许的温度、大气压力变化

装置准确度等级	钟罩内气温(或室温)变化(°C)	大气压力变化(Pa)
0.2	0.2	40
0.5	0.5	80
1.0	1.0	160

5.3.5.2 静态容积法检定

(1) 静态容积法检定系统如图 3 所示。

(2) 检定前向液槽内充液到一定高度，并在水池内储存足够量的清洁水，放置一段时间使钟罩内的气温、水池内的水温和液槽内的液体温度三者之差符合表 1 的规定。

(3) 选择适当量程的标准量器，标准量器的容积与钟罩的检定段容积比一般不小于 1:5。

(4) 在检定段的每一次检定过程中，如果大气压力或钟罩内气温变化超过表 4 规定，将此次数据舍去。

(5) 将钟罩升到最高位置，并按装置规定的稳定时间使钟罩稳定。

(6) 将标准量器充满水，用胶皮管将钟罩的排气导管和标准量器进气口连接，打开阀门 4，使钟罩与密封容器上部空间相连，（两者间连接管段尽可能短）。用阀门 3 调节钟罩的起始点，测出大气压力和钟罩内气温（或室温）等。

(7) 按与标准量器规定的放水时间相应的流量，调节阀 11，将标准量器内的水放入水池内，这时钟罩内的气体进入标准量器内。当标准量器内的水位下降到刻线时（或用 U 形管自动对线）依次关闭阀门 11 和 4，测出大气压力和钟罩内气温（或室温）等。

(8) 从排气口 5 处取下胶皮管。按照 (4) 至 (7) 重复做下去，直至该检定段的上限。从标尺上读出钟罩下降的高度。至此做完第一次检定。

(9) 按(4)~(8)的程序做第二次、第三次直至第 n ($n \geq 6$) 次检定。

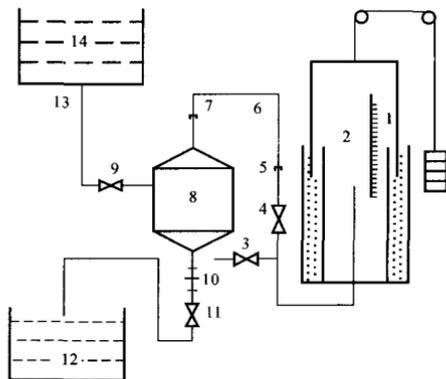


图 3 静态容积法检定系统

- 1—标尺；2—钟罩；3—钟罩微调阀门；4—钟罩排气阀；5—钟罩排气口；
6—胶皮管；7—标准量器排气口；8—标准量器；9—进水阀门；10—标准量器零点刻线；
11—标准量器出水阀门及可调节阀；12—水池；13—进水管；14—高位水箱

(10) 计算平均高度 \bar{L} 、标准容积 V 及其不确定度:

$$\bar{L} = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n} \quad (9)$$

式中: L_i ——第 i 次检测定得的钟罩下降高度。

$$V = V_s [1 + (\alpha_1 + 2\alpha_2 - 3\alpha_3) (20 - \theta)] \quad (10)$$

式中: V_s ——标准量器的容积值;

θ ——在 n 次检定中, 钟罩内气体平均温度;

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ ——分别为标尺、钟罩和标准量器的线膨胀系数。

A 类相对标准不确定度 u_{tA3} :

$$u_{tA3} = \frac{1}{\bar{L}} \left[\frac{\sum_{i=1}^n (L_i - \bar{L})^2}{n-1} \right]^{1/2} \times 100\% \quad (11)$$

B 类相对标准不确定度 u_{tB3} :

$$u_{tB3} = \frac{U_s}{2} \quad (12)$$

式中: U_s ——标准量器的相对扩展不确定度。

(11) 检定完成后, 如需要安装挡板, 要准确安装。

5.3.5.3 尺寸测量法检定

(1) 确定位置: 图 4 (a) 是钟罩处于下挡板对准光电发讯器的位置, 钟罩内的液面为 A, 外面的液面 (环形平面) 为 B, 把此时的钟罩与 A 液面重合的横截面定为下截面。图 4 (b) 是钟罩处于上挡板对准光电发讯器的位置, 钟罩内的液面由 A 升到 A', 外面的液面由 B 升到 B', 把此时的钟罩与 A' 液面重合的横截面定为上截面。与上、下截面等距的截面定为中截面。

将钟罩调到图 4 (a) 所示的位置。用尺子测出下挡板到液面 B 的垂直距离, 用 U 形管压力计 (内装液体与装置液槽内的液体相同), 一端与钟罩内导气管接通, 另一端通大气, 测出 U 形管压力计的液面差。用尺子从下挡板往下量出钟罩的一段垂直距离, 使其等于下挡板到液面 B 垂直距离与 U 形管压力计液面差之和; 将这段距离的终点标记在钟罩上作为下截面的位置。

按同样的方法, 参照图 4 (b), 确定上截面的位置。将上下截面标记连线的中点标记在钟罩上, 作为中截面的位置。

(2) 确定水平面: 将钟罩升起, 使其下截面的标记露出液面 B 适当高度。将浮标放入液槽内, 读取该标记在液面 B 以上的高度, 然后围绕钟罩移动浮标, 将此高度在钟罩圆周上均匀地做四个标记。仿照此方法确定中截面和上截面的水平面标记。

(3) 测量直径: 用直径尺分别对上、中、下截面进行各三次 (共九次) 直径测量, 每次测量时, 直径尺的下缘 (或上缘) 要与被测截面的四个标记对齐。

(4) 计算平均直径 \bar{d} 及其不确定度:

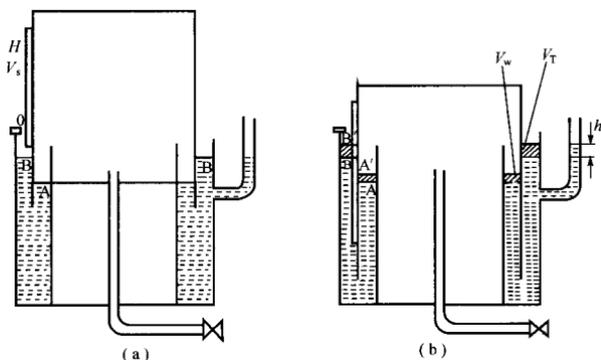


图 4

$$\bar{d} = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^9 d_i \quad (13)$$

式中： d_i ——第 i 次测量的直径值。

A 类相对标准不确定度 u_{rA4} ：

$$u_{rA4} = \frac{1}{\bar{d}} \left[\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2}{n-1} \right]^{1/2} \times 100\% \quad (14)$$

B 类相对标准不确定度 u_{rB4} ：

$$u_{rB4} = \frac{u_R}{\sqrt{3}\bar{d}} \quad (15)$$

式中： u_R ——直径尺允许绝对误差的绝对值。

(5) 测量高度 H ：将钟罩升起，使其下挡板高出光电发讯器，然后使钟罩缓慢下降，观测下挡板的下缘通过光电发讯器的位置，并标记在下缘处。按同样的方法标记出上挡板的下缘通过光电发讯器的位置。用测高仪或尺子连续六次测量上、下挡板标记处下缘间的高度 H 。

(6) 计算 H 的平均值 \bar{H} 及其不确定度：

$$\bar{H} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 H_i \quad (16)$$

式中： H_i ——第 i 次测量的高度。

A 类相对标准不确定度 u_{rA5} ：

$$u_{rA5} = \frac{1}{\bar{H}} \left[\frac{\sum_{i=1}^6 (H_i - \bar{H})^2}{5} \right]^{1/2} \times 100\% \quad (17)$$

B 类相对标准不确定度 u_{rB5} ：

$$u_{\text{vis}} = \frac{u_G}{\sqrt{3}\bar{H}} \quad (18)$$

式中： u_G ——测高仪或尺子允许绝对误差的绝对值。

(7) 测量标尺体积 V_{sc} ：用卡尺测出标尺的厚度 e 和宽度 B （在标尺的上、中、下各测一次，取三次的平均值），计算 V_{sc} ：

$$V_{\text{sc}} = \bar{H}eB \quad (19)$$

式中： \bar{H} ——按式 (16) 求得的两挡板的间距。

(8) 测量钟罩外侧液槽内液体从液面 B 到液面 B'（见图 4）升高的体积 V_T ：将钟罩调到图 4 (a) 所示的位置，在液槽的液位计上记下液面 B 的高度。再将钟罩调到图 4 (b) 所示的位置，记下液面 B' 的高度。测量液面 B 和 B' 的高度差 h 。按此方法连续做三次测量，取其平均值 \bar{h} 。用直径尺测出液槽外径，用卡尺测出其壁厚，算出其液槽内径 D ，或用尺子直接测出其内径 D 。计算 V_T ：

$$V_T = \frac{\pi}{4} [D^2 - (\bar{d})^2] \bar{h} \quad (20)$$

式中： \bar{d} ——按式 (13) 求得的钟罩外径。

注：可以忽略 V_{sc} ， V_T 测量不确定度的影响。

(9) 计算钟罩的标准容积 V

$$V = \left[\frac{\pi}{4} (\bar{d})^2 \bar{H} + V_{\text{sc}} - V_T \right] [1 + (\alpha_1 + 2\alpha_2 - \alpha_4 - 2\alpha_5)(20 - \theta)] \quad (21)$$

式中： α_4 ——测 H 用的测高仪或尺子的线膨胀系数；

α_5 ——直径尺的线膨胀系数。

若 $|20 - \theta| < 5$ ，则认为

$$V = \frac{\pi}{4} (\bar{d})^2 \bar{H} + V_{\text{sc}} - V_T \quad (22)$$

5.3.5.4 若钟罩分为若干检定段，则按 5.3.5.1 ~ 5.3.5.3 的方法进行其他各段的检定，取各段中最大的不确定度为容积的不确定度。

5.3.5.5 当需要进行仲裁检定时，容积为 500L 以上（包括 500L）的装置，推荐尺寸测量法检定钟罩标准容积。对容积为 500L 以下的装置，推荐容积法检定钟罩标准容积。其他各项检定均按本规程进行。

5.3.6 温度控制检定

测量钟罩内的气温（包括室温）和液槽内的液体温度（若在检定标准容积时测量过，则不必重复测量），其温度之差应符合表 1 的规定。

5.3.7 装置流量测量不确定度

5.3.7.1 装置的流量计算公式

$$q_v = \frac{V}{t} \quad (23)$$

式中： t ——计时器所测量的时间。

5.3.7.2 装置合成相对标准不确定度 u_{cr}

(1) 瞬时流量

动态容积法:

$$u_{cr} = (u_{tA1}^2 + u_{tA2}^2 + u_{tA6}^2 + u_{tA7}^2 + u_{tB1}^2 + u_{tB2}^2 + u_{tB6}^2)^{1/2} \quad (24)$$

静态容积法:

$$u_{cr} = (u_{tA1}^2 + u_{tA3}^2 + u_{tB1}^2 + u_{tB3}^2)^{1/2} \quad (25)$$

尺寸测量法:

$$u_{cr} = (u_{tA1}^2 + 4u_{tA4}^2 + u_{tA5}^2 + u_{tB1}^2 + 4u_{tB4}^2 + u_{tB5}^2)^{1/2} \quad (26)$$

注: 式(24)中的 u_{tA6} , u_{tA7} 是换向器的相对标准不确定度, 见附录C。如果符合5.3.5.1(11)、

(12)要求, 则 u_{tA6} , u_{tA7} 和 u_{tB6} 均等于零。

(2) 累积流量

累积流量仍按式(24)~(26)计算, 其中 u_{tA1} , u_{tB1} 均等于零。

5.3.7.3 装置扩展不确定度 U

$$U = ku_{cr} \quad (27)$$

式中: k ——包含因子, 取 $k = 2$ 。

注: 优于0.2级的装置要求进行全面的不确定度分析。

5.4 检定结果的处理

经检定符合本规程要求的装置发给检定证书, 检定不合格的装置发给检定结果通知书。

5.5 检定周期

根据装置的具体情况而确定, 检定周期一般不超过3年。

附录 A

标准容积的动态质量法检定

A.1 检定用仪器设备 (见 A.1)

表 A.1 检定用仪器设备

称重设备 (天平或电子秤): 最大允许误差为 0.02%
常温下测水密度的标准密度计一支: 分度值为 $1 \times 10^{-4} \text{g/cm}^3$
温度计两支: 量程为 $0^\circ\text{C} \sim 50^\circ\text{C}$ 、分度值为 0.1°C
秒表: 分度值 0.1s
标准计时器: 检定瞬时流量装置时配备

A.2 检定方法

(1) 动态质量法检定系统如规程正文中图 2 所示, 只将标准量器换成称重设备。用动态质量法检定标准容积的方法和要求基本上与动态容积法相同, 只是不用标准量器, 而用称重设备称出水的质量, 用标准密度计测出水的密度, 按式 (A.1) 计算标准容积。

$$V_i = \frac{M_i(\rho - \rho_a)}{\rho(\rho_{\theta_i} - \rho_a)} [1 + (\alpha_1 + 2\alpha_2)(20 - \theta_i)] \quad (\text{A.1})$$

式中: M_i ——第 i 次由称重设备读取的累积质量;

ρ ——砝码材料的密度;

ρ_{θ_i} ——水在 θ_i ($^\circ\text{C}$) 时的密度;

ρ_a ——空气密度。

其他符号同式 (5)。若为电子秤, 则 $\frac{(\rho - \rho_a)}{\rho} = 1$ 。

(2) 不确定度计算

A 类相对标准不确定度 u_{rA6} 的计算公式与动态容积法的计算公式相同, 即式 (7)。

B 类相对标准不确定度 u_{rB7} :

$$u_{rB7} = \frac{U_{rm}}{\sqrt{3}} \quad (\text{A.2})$$

式中: U_{rm} ——称重设备的相对扩展不确定度。

A.3 装置合成相对标准不确定度 u_{cr}

A.3.1 装置的流量计算公式

$$q_V = \frac{V}{t} \quad (\text{A.3})$$

A.3.2 瞬时流量的相对标准不确定度

$$u_{cr} = (u_{rA1}^2 + u_{rA8}^2 + u_{rA6}^2 + u_{rA7}^2 + u_{rB1}^2 + u_{rB6}^2 + u_{rB7}^2)^{1/2} \quad (\text{A.4})$$

式中的 u_{rA1} , u_{rA6} , u_{rA7} , u_{rB1} , u_{rB6} 均与式 (24) 的相同。如果符合 5.3.5.1 (11)、(12)

要求则 u_{rA6} 、 u_{rA7} 和 u_{rB6} 均等于零。

A.3.3 累积流量：

累积流量仍按式 (A.4) 计算，其中 u_{rA1} 、 u_{rB1} 等于零。

A.4 装置扩展不确定度 U

$$U = ku \quad (\text{A.5})$$

式中： k ——包含因子，取 $k = 2$ 。

附录 B

编码器系数的检定

对配备编码器的装置，其编码器系数的检定与钟罩标准容积的检定可同时进行。编码器一般与频率计数器或计算机系统相结合使用（以下简称显示仪）。一般要求编码器分辨力应满足装置的总不确定度要求。

编码器系数的检定主要有以下几种方法。首先，显示仪接通电源，预热稳定 10min 以上方可进行编码器系数的检定。

B.1 动态容积法检定编码器系数

如果显示仪具有自动校准工作方式，选择“自动”检定工作状态。按照本规程 5.3.5.1 条的检定方法，光电发讯器的输出信号与换向器和显示仪并联。当下挡板触发光电发讯器时，光电发讯器发出信号使换向器换向，将水流导向到标准量器中；同时，显示仪开始累计编码器的输出脉冲。此时，钟罩继续下降，当上挡板触发光电发讯器时，光电发讯器再次将换向器换向，水又经回流管导入水池中；同时，显示仪停止累计编码器的输出脉冲。记录检定段的脉冲数 N_y 和标准金属量器的容积值 V_y 。每一个检定段重复进行 n ($n \geq 6$) 次检定。

B.2 静态容积法检定编码器系数

选择显示仪“手动”检定工作状态。按照本规程 5.3.5.2 条的检定方法，在标准量器开始放水，钟罩下降同时显示仪开始累计编码器的输出脉冲。当标准金属量器放水结束，钟罩停止下降，同时显示仪停止累计编码器的输出脉冲。记录检定段的脉冲数 N_y 和标准金属量器的容积值 V_y 。每一个检定段重复进行 n ($n \geq 6$) 次检定。

B.3 间接测量法检定编码器系数

若采用尺寸测量法检定钟罩的标准容积，可以采用自动或手动的检测方法检定编码器系数。对于 0.2 级装置应采用自动检测方法检定编码器系数。

B.3.1 自动检测方法

显示仪选择“自动”检定工作状态。在钟罩检定段标准容积对应的标尺高度的位置处安装挡板或者粘贴相同宽度的取样光标（或其他自动采样方法），安装光电采样器（一般固定安装在液槽上）自动进行采样、计数，实现动态检定。当下挡板触发光电发讯器时（或下取样光标触发光电采样器时），显示仪开始累计编码器的输出脉冲。此时，钟罩继续下降，当上挡板触发光电发讯器（或上取样光标触发光电采样器时），显示仪停止累计编码器的输出脉冲。记录检定段的脉冲数 N_y 和钟罩标准的容积值 V_y 。每一个检定段重复进行 n ($n \geq 6$) 次检定。

B.3.2 手动检测方法

显示仪选择“手动”检定工作状态。先确定标尺相应检定段上、下缘的位置，在下缘位置显示仪清零或者记下编码器起始脉冲数 N_0 ，打开装置排气阀，随着钟罩下降，到达上缘位置，关闭装置排气阀，记下编码器终止脉冲数 N_z ，($N_z - N_0$) 是相应检定段的脉冲数 N_y 和钟罩标准的容积值 V_y 。每一个检定段进行 n ($n \geq 6$) 次检定。

B.4 计算显示仪编码器系数

$$K_{ij} = \frac{N_{ij}}{V_{ij}} \quad (\text{B.1})$$

式中： K_{ij} ——第 i 个检定点第 j 次检定的脉冲系数；

N_{ij} ——第 i 个检定点第 j 次检定时显示仪累计的脉冲数；

V_{ij} ——相应检定段标准容积值；

根据 n 次检定结果计算确定平均编码器系数 K_i

$$K_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n K_{ij} \quad (\text{B.2})$$

B.5 编码器系数的不确定度

A 类相对标准不确定度 u_{rA9} ：

$$u_{rA9} = \frac{1}{K_{ij}} \left[\frac{\sum_{i=1}^n (K_{ij} - K_i)^2}{n-1} \right]^{1/2} \times 100\% \quad (\text{B.3})$$

B 类相对标准不确定度 u_{rB8} ：

$$u_{rB8} = \frac{u_N}{\sqrt{3}} \quad (\text{B.4})$$

式中： u_N ——频率计数器或计算机系统证书给出的不确定度。

显示仪编码器系数的合成标准不确定度为 u_{cb}

$$u_{cb} = (u_{rA9}^2 + u_{rB8}^2)^{1/2} \quad (\text{B.5})$$

B.6 装置（带编码器）的总标准不确定度

钟罩检定段的不确定度为 u ，显示仪编码器系数的合成标准不确定度为 u_{cb} ，根据不确定度评定方法，装置（带编码器）合成总标准不确定度 u_c （各分量的方和根）

$$u_c = (u^2 + u_{cb}^2)^{1/2} \quad (\text{B.6})$$

装置（带编码器）的扩展不确定度为 $U = ku_c$ 。取 $k = 2$ ，置信概率近似为 95%。正态分布情况下置信概率 p 与包含因子 k 的关系见表 B.1。

表 B.1

p (%)	50	68.27	90	95	95.45	99	99.73
k	0.67	1.0	1.645	1.960	2.0	2.576	3.0

附录 C

换向器的检定

换向器检定采用行程差法。将流量调至 5.3.5.1 (7) 所调的流量, 稳定 10min。操作换向器, 使换向器换向 n ($n \geq 10$) 次, 分别将换入和换出时间记作 t_{1i} 和 t_{2i} ($i = 1, 2, \dots, n$)。

平均值:

$$t_1 = \frac{\sum_{i=1}^n t_{1i}}{n} \quad (\text{C.1})$$

$$t_2 = \frac{\sum_{i=1}^n t_{2i}}{n} \quad (\text{C.2})$$

换向器换入和换出的 A 类相对标准不确定度 u_{rA6} , u_{rA7} :

$$u_{rA6} = \frac{1}{t_{\min}} \left[\frac{\sum_{i=1}^n (t_{1i} - t_1)^2}{n-1} \right]^{1/2} \times 100\% \quad (\text{C.3})$$

$$u_{rA7} = \frac{1}{t_{\min}} \left[\frac{\sum_{i=1}^n (t_{2i} - t_2)^2}{n-1} \right]^{1/2} \times 100\% \quad (\text{C.4})$$

B 类相对标准不确定度 u_{rB6} :

$$u_{rB6} = \frac{t_1 - t_2}{4t_{\min}} \times 100\% \quad (\text{C.5})$$

附录 D

常用金属材料的温度线膨胀系数 α $10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

材料名称	温度范围 / $^\circ\text{C}$	
	-100 ~ 0	20 ~ 100
工程用铜	—	(16.6 ~ 17.1)
紫 铜	—	17.2
黄 铜	16	17.8
锡青铜	—	17.6
铝青铜	—	17.6
碳 钢	10.6	(10.6 ~ 12.2)
铬 钢	—	11.2
40CrSi	—	11.7
30CrMnSiA	—	11
3Cr18Ni9Ti	10.2	16.2
3Cr13	—	10.2
铸 钢	—	8.7 ~ 11.1
镍铬合金	—	14.5

附录 E

检定证书及检定结果通知书内页格式

E.1 检定证书内页格式

1. 最大流量 (m^3/h)
2. 钟罩升起后稳定时间 (min)
3. 钟罩内压力 (Pa)
4. 压力波动 (Pa)
5. 容积检定采用的方法
6. 装置各检定段的标准容积值 (L)
7. 标准容积的相对不确定度 (%)
 - A 类标准相对不确定度:
 - B 类标准相对不确定度:
8. 计时器 (A 类 B 类)
9. 换向器 (A 类 B 类)
10. 装置合成相对不确定度
11. 装置扩展相对不确定度 (%) ($k=2$)
 - 瞬时流量 (%):
 - 累积流量 (%):
12. 编码器系数

E.2 检定结果通知书内页格式

要求同上, 指明不合格项目。
