

液体流量标准装置检定规程

JJG 164—2000

液体流量标准装置检定规程

Verification Regulation of Standard
Facilities for Liquid Flowrate

JJG 164—2000

代替 JJG 164—1986

JJG 217—1989

JJG 162—1985

本规程经国家质量技术监督局于 2000 年 02 月 14 日批准，并自 2000 年 06 月 01 日起施行。

归口单位：中国计量科学研究院

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

北京市计量测试所

上海工业自动化仪表研究所

丹东市通博测控有限公司

本规程委托全国流量容量技术委员会负责解释

本规程主要起草人：

段慧明（中国计量科学研究院）

翟秀贞（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）

谢纪绩（北京市计量测试所）

仇 梁（上海工业自动化仪表研究所）

朱晓光（丹东市通博测控有限公司）

目 录

1 范围	1204
2 概述	1204
2.1 工作原理	1204
2.2 构成	1204
2.3 用途	1204
3 计量性能要求	1204
3.1 流体条件	1204
3.2 流量工作标准	1204
4 通用技术要求	1205
4.1 管路条件	1205
4.2 密封性	1205
4.3 流量工作标准	1205
4.4 实验启停设备	1205
4.5 数据采集和控制设备	1205
5 计量器具控制	1205
5.1 检定条件	1205
5.2 检定项目和检定方法	1206
5.3 检定结果处理	1210
5.4 检定周期	1210
附录 A $t_p(\nu)$ 表 (不确定度置信水准 $P=95\%$)	1210
附录 B 装置使用时的注意事项	1211
附录 C 检定证书的内页格式	1211

液体流量标准装置检定规程

1 范围

本规程适用于新建立、使用中和改造后的静态质量法、静态容积法、动态质量法、动态容积法、启停质量法和启停容积法液体流量标准装置（以下简称装置）的检定。

2 概述

2.1 工作原理

按要求将被检流量计安装到装置上，启动液体循环系统，使液体流经被检流量计和流量工作标准，同步操作被检流量计和流量工作标准，比较两者的输出流量值，从而确定被检流量计的计量准确度和重复性。按流量工作标准的取值方式，装置可分为四种类型。

静态质量法（含启停质量法）：在静止状态下，称量一段时间内容器中的液体质量，从而计算出流量。

静态容积法（含启停容积法）：在静止状态下，测量一段时间内工作量器中的液体体积量，从而计算出流量。

动态质量法：在液体流动过程中，称量一段时间内容器中的液体质量变量，从而计算出流量。

动态容积法：在液体流动过程中，测量一段时间内工作量器中的液体体积变量，从而计算出流量。

2.2 构成

装置主要由液体循环系统、试验管路、流量工作标准、实验启停设备和控制设备等 5 部分组成。

2.3 用途

装置是封闭管道液体流量的量值传递标准，可用于各种类型的液体流量计的检定、校准和液体流量计量、测试方法的研究。

3 计量性能要求

3.1 流体条件

液体应是单相的清洁水或运动粘度不超过 $35 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ 的其他液体。

3.2 流量工作标准

3.2.1 工作量器刻线应清晰，一般容积读数分辨力与总容积之比应不大于工作量器示值误差的 1/5。

3.2.2 对于水表检定装置，工作量器的主刻线应以容积值给出，并在主刻线上、下给出相应的允差线。

3.2.3 计时器（仅对瞬时流量装置）应有晶振信号输出口，计时器晶振 8 小时稳定度一般不低于装置不确定度的 1/10。计时器的最小读数值为 0.001s。

3.2.4 水表检定装置的流量指示仪，其示值误差应不超过测量值的 2.5%。

4 通用技术要求

4.1 管路条件

- 4.1.1 管路中的阀门、弯头等阻力件应尽量少。
- 4.1.2 试验管路应满足被检流量计对直管段的要求。
- 4.1.3 流量调节阀一般应安装在试验管路的下游，其性能应稳定。
- 4.1.4 温度测量位置一般应在试验管路下游。
- 4.1.5 压力测量位置一般应在试验管路上游。
- 4.1.6 液体应充满管路，必要时应在上游安装消气器。

4.2 密封性

在工作压力下，装置各个部件的连接处不应有泄漏现象。

4.3 流量工作标准

4.3.1 衡器

- 4.3.1.1 衡器一般采用机械衡器或电子衡器，电子衡器应用自校功能。
- 4.3.1.2 衡器的电缆、容器的连接管路和电缆不应在衡器上产生附加力。
- 4.3.1.3 容器应不渗漏
- 4.3.1.4 在动态质量法中，应从容器上部注入液体。

4.3.2 工作量器

- 4.3.2.1 工作量器应不泄漏，并应有减小液体波动及防止液体溢出的措施。
- 4.3.2.2 工作量器内表面应光滑，应有良好的保护层。
- 4.3.2.3 工作量器底阀的操作应灵活。
- 4.3.2.4 在动态容积法中，应从工作量器底部注入液体。
- 4.3.2.5 对于水表检定装置，工作量器的主刻线应以容积值给出，并在主刻线上、下给出相应的允差线。

4.4 实验启停设备

- 4.4.1 换向器（含换向阀）工作时不应溅水和分流，在最大流量下换向时所产生的压力波动对流量的影响应是定值。
- 4.4.2 换向器检定结束后，换向器启停计时器的发讯位置、喷嘴位置和换向器位置应不变并标记。

4.5 数据采集和控制设备

- 4.5.1 数据采集应不影响装置不确定度。
- 4.5.2 控制设备应有良好的可操作性。
- 4.5.3 计时器的计时、换向器的换向、开关阀的开关、工作量器的液位以及衡器的自动检测信号，应准确、可靠。

5 计量器具控制

5.1 检定条件

5.1.1 标准设备和仪器

- 5.1.1.1 检定衡器用标准砝码，其不确定度应优于衡器不确定度。
- 5.1.1.2 检定工作量器用标准量器，其不确定度应优于工作量器不确定度。

5.1.1.3 检定计时器用标准计时器，其不确定度应优于计时器不确定度。

5.1.2 辅助设备和仪器

5.1.2.1 温度计：量程为0℃～50℃，分度值为0.1℃。

5.1.2.2 秒表：分度值为0.01s。

5.1.2.3 换向器检定、测量时间内的流量稳定度检定和启停效应检定用的流量计，应稳定性好、响应速度快，并应有脉冲信号输出。

5.1.3 检定介质

检定介质应是单相清洁水或实际使用的液体。

5.2 检定项目和检定方法

5.2.1 外观检查

用目测方法检查装置外观，其结果应符合第3.1、3.2.1、3.2.2、3.2.4、3.3、3.4、4.1、4.3、4.4的要求。

5.2.2 密封性试验

启动控制设备，使液体流经装置循环运行，用目测方法检查装置各连接处，其结果应符合4.2的要求。

5.2.3 晶振8小时稳定度检定

5.2.3.1 将计时器的晶振输出信号接到标准计时器的外晶振输入口，接通电源。

5.2.3.2 预热1小时后，每隔1小时读1次频率值 f_i (Hz) ($i=1, 2, \dots, 8$)。

5.2.3.3 晶振稳定度

$$E_f = \frac{f_{i\max} - f_{i\min}}{f_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中： $f_{i\max}$ —— f_i 的最大值，Hz；

$f_{i\min}$ —— f_i 的最小值，Hz；

f_0 ——标准频率值，Hz。

E_f 应符合3.2.3要求。

5.2.4 计时器检定

5.2.4.1 按使用情况连接计时器和标准计时器，并使二者计时的启、停信号同步。以装置使用的最短测量时间 t_{\min} (s)为时间间隔，启、停计时器，读取计时器值 t_i (s)和标准计时器值 t_{0i} (s)，完成1次检定。重复进行 n ($n \geq 10$)次检定。

5.2.4.2 计时器不确定度

第 i 次差值

$$\Delta t_i = t_i - t_{0i} \quad (2)$$

平均值

$$\Delta t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta t_i \quad (3)$$

A类相对标准不确定度

$$s_1 = \frac{1}{t_{\min}} \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta t_i - \Delta t)^2}{n-1} \right]^{1/2} \times 100\% \quad (4)$$

B类相对标准不确定度

$$u_1 = \frac{\Delta t}{2t_{\min}} \times 100\% \quad (5)$$

5.2.5 衡器检定

5.2.5.1 在使用量限范围内至少取 10 个均匀分布点 ($j=1, 2, \dots, m, m \geq 10$)。用标准砝码从 $j=1$ 逐步加载到 $j=m$, 完成第一次检定; 再从 $j=m$ 逐步卸载到 $j=1$, 完成第二次检定。分别记录各点的加载质量、卸载质量和衡器读数。重复进行 n ($n \geq 10$) 次检定。

5.2.5.2 衡器不确定度

负载 ($m_j + R_0$) 时第 j 点第 i 次测量差值

$$\Delta m_i = R_{mi} - (m_j + R_0) \quad (6)$$

式中: m_j ——第 j 点标准砝码的质量, kg;

R_{mi} ——质量为 m_i 的标准砝码第 i 次测量时衡器的读数, kg;

R_0 ——空容器 n 次测量衡器的读数平均值, kg。

$$\text{第 } j \text{ 点的平均值} \quad \Delta m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta m_i \quad (7)$$

第 j 点单次测量 A 类相对标准不确定度

$$s_{2j} = \frac{1}{m_j + R_0} \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta m_i - \Delta m)^2}{n-1} \right]^{1/2} \times 100\% \quad (8)$$

第 j 点 B 类相对标准不确定度

$$u_{2j} = \frac{\Delta m}{2(m_j + R_0)} \times 100\% \quad (9)$$

$$\text{A 类相对标准不确定度} \quad s_2 = (s_{2j})_{\max} \quad (10)$$

$$\text{B 类相对标准不确定度} \quad u_2 = (u_{2j})_{\max} \quad (11)$$

5.2.6 工作量器检定

5.2.6.1 规定工作量器放空时间。工作量器读数部分的检定点数一般应不少于 3。工作量器非读数部分容积与标准量器容积之比一般应不大于 5:1。

5.2.6.2 测量标准量器中液温 θ_3 ($^{\circ}\text{C}$)。按标准量器使用方法, 将标准量器内的液体注入工作量器, 直到液位升至工作量器选定的第一个检定点, 读取液位值, 同时测量室温 θ_1 ($^{\circ}\text{C}$)、工作量器中液温 θ_2 ($^{\circ}\text{C}$)。再选适当量限的标准量器继续检第 j ($j=1, 2, \dots, m, m \geq 3$) 个检定点, 直到液位升到工作量器上限, 记录各检定点液位值, 完成一次检定。重复进行 n ($n \geq 6$) 次检定。

5.2.6.3 工作量器检定时, 如液温超出 (20 ± 5) $^{\circ}\text{C}$, 第 j 点 20°C 下的容积值 V_{20j} 按下式计算。

$$V_{20j} = V_j [1 - \alpha_1 (\theta_1 - 20) - 2\alpha_2 (\theta_2 - 20) + 3\alpha_3 (\theta_3 - 20) + \beta (\theta_2 - \theta_3)] \quad (12)$$

式中: V_j —— j 点检定时, 标准量器注入工作量器中的水的容积值, m^3 ;

β ——温度为 θ_3 时液体的体胀系数, $1/^{\circ}\text{C}$;

α_1 ——工作量器标尺材料的线胀系数, $1/^{\circ}\text{C}$;

α_2 ——工作量器材料的线胀系数, $1/^{\circ}\text{C}$;

α_3 ——标准量器材料的线胀系数, $1/^{\circ}\text{C}$ 。

5.2.6.4 工作量器的不确定度

$$\text{第 } j \text{ 点检定点液位平均值} \quad L_j = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n} \quad (13)$$

式中： L_j ——第 j 检定点第 i 次检定液位值，mm。

检定点单次测量 A 类相对标准不确定度

$$s_{3j} = \frac{K}{\sqrt{20}} \left[\frac{\sum_{i=1}^n (L_i - L_j)^2}{n-1} \right]^{1/2} \times 100\% \quad (14)$$

式中： $K = \frac{V_{j+1} - V_j}{L_{j+1} - L_j}$ 或 $K = \frac{V_j - V_{j-1}}{L_j - L_{j-1}}$

单次测量 A 类相对标准不确定度 $s_3 = (s_{3j})_{\max}$ (15)

5.2.7 换向器检定

5.2.7.1 换向器应按台位，在最大流量、常用流量和最小流量下进行检定，取各流量点中不确定度的最大值作为该台位换向器的不确定度。

5.2.7.2 根据装置要求选择下述方法之一进行换向器检定。

流量计检定法：

按检定流量计的方法测量 1 次，记录衡器或工作量器读数 B_{1i} 、测量时间 t_{1i} 和流量计脉冲数 N_{1i} ；在与 t_{1i} 大致相同时间内操作换向器，使换向器换向 m ($m \geq 10$) 次，记录衡器或累积读数 B_{2i} 、累积测量时间 t_{2i} 和流量计累积脉冲数 N_{2i} 。完成 1 次检定。重复进行 n ($n \geq 10$) 次检定，记录 B_{1i} 、 B_{2i} 、 t_{1i} 、 t_{2i} 、 N_{1i} 和 N_{2i} ($i=1, 2, \dots, n$)。

$$\text{时间差} \quad \Delta t_i = \frac{t_{1i} (N_{1i}/N_{2i} - B_{1i}/B_{2i})}{[(mB_{1i}/B_{2i}) (t_{1i}/t_{2i}) - N_{1i}/N_{2i}]} \quad (16)$$

平均值 Δt 、A 类相对标准不确定度 s_4 和 B 类相对标准不确定度 u_3 分别按 (3)、(4) 和 (5) 式计算。

行程差法：

将流量调至换向器检定流量，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} 。

$$\text{平均值} \quad t_1 = \frac{\sum_{i=1}^n t_{1i}}{n} \quad (17)$$

$$t_2 = \frac{\sum_{i=1}^n t_{2i}}{n} \quad (18)$$

$$\text{A 类相对标准不确定度 } s_5 = \frac{1}{t_{\min}} \left[\frac{\sum_{i=1}^n (t_{1i} - t_1)^2}{n-1} \right]^{1/2} \times 100\% \quad (19)$$

$$s_6 = \frac{1}{t_{\min}} \left[\frac{\sum_{i=1}^n (t_{2i} - t_2)^2}{n-1} \right]^{1/2} \times 100\% \quad (20)$$

$$\text{B 类相对标准不确定度} \quad u_4 = \frac{t_1 - t_2}{4t_{\min}} \times 100\% \quad (21)$$

5.2.8 启停效应检定

5.2.8.1 启停效应应按台位，分别在最大流量、常用流量、最小流量下进行检定，取各流量点中启停效应不确定度的最大值作为该台位的启停效应不确定度。

5.2.8.2 启停效应检定按 5.2.7.2 给出的流量计检定法进行。

5.2.8.3 启停时间差 Δt_1 、平均值 Δt 、A类相对标准不确定度 s_7 和 B类相对标准不确定度 u_5 分别按式 (16)、(3)、(4) 和 (5) 计算。

5.2.9 动态效应检定

5.2.9.1 动态效应应按台位，在最大流量、常用流量、最小流量下进行检定，取各流量点中动态效应不确定度的最大值作为该台位的动态效应不确定度。

5.2.9.2 机械衡器动态效应检定

测量衡器臂挂砵处由静止位置到与触发计时时对应位置所移动距离 L (mm)，记录衡器的初始值 m (kg)、一次收集液体质量 Δm (kg)、测量时间 t (s)。

动态效应不确定度

$$u_6 = \left(\frac{6L}{g} \right)^{1/3} \left(\frac{\Delta m}{t} \right)^{2/3} \frac{(m + \Delta m)^{1/2} - m^{1/3}}{\Delta m} \times 100\% \quad (22)$$

5.2.9.3 液位计 (电子衡器) 动态效应检定

将两个液位传感器固定在同一水平位置上，使其由上升的液体同时触发，或使两个液位传感器同时向下移动，碰到静止的液面，分别记录触发时间 t_1 (s)、 t_2 (s)。

动态效应不确定度

$$u_7 = \frac{t_1 - t_2}{t_{\min}} \times 100\% \quad (23)$$

5.2.10 装置不确定度

5.2.10.1 装置合成不确定度

静态质量法装置

$$u = (s_1^2 + s_2^2 + s_4^2 + u_1^2 + u_2^2 + u_4^2 + u_F^2)^{1/2} \quad (24)$$

或
$$u = (s_1^2 + s_2^2 + s_3^2 + s_6^2 + u_1^2 + u_2^2 + u_4^2 + u_F^2)^{1/2} \quad (25)$$

式中： u_F ——标准砵码相对不确定度。

静态容积法装置

$$u = (s_1^2 + s_3^2 + s_4^2 + u_1^2 + u_4^2 + u_V^2)^{1/2} \quad (26)$$

或
$$u = (s_1^2 + s_3^2 + s_5^2 + s_6^2 + u_1^2 + u_4^2 + u_V^2)^{1/2} \quad (27)$$

式中： u_V ——标准量器相对不确定度。

动态质量法装置

$$u = (s_1^2 + s_2^2 + u_1^2 + u_2^2 + u_6^2 + u_F^2)^{1/2} \quad (28)$$

或
$$u = (s_1^2 + s_2^2 + u_1^2 + u_2^2 + u_7^2 + u_F^2)^{1/2} \quad (29)$$

动态容积法装置

$$u = (s_1^2 + s_3^2 + u_1^2 + u_7^2 + u_V^2)^{1/2} \quad (30)$$

启停质量法装置

$$u = (s_1^2 + s_2^2 + s_7^2 + u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_F^2)^{1/2} \quad (31)$$

启停容积法装置

$$u = (s_1^2 + s_3^2 + s_7^2 + u_1^2 + u_3^2 + u_V^2)^{1/2} \quad (32)$$

对累积流量装置，式 (24) ~ (32) 中的 s_1 和 u_1 为零。

5.2.10.2 装置的扩展不确定度

$$U = k u \quad (33)$$

式中： k ——覆盖因子， $k = t_p$ (ν)，见附录 A。

5.2.11 流量稳定性检定

5.2.11.1 每台位分别在最大流量和最小流量下进行检定，取其中流量稳定性的最大值作为该台位流量稳定性。

5.2.11.2 根据装置要求选择下述方法之一进行流量稳定性检定。

(1) 累积时间内流量稳定性检定：

连续记录反应流量大小的输出信号 q_{1i} ($i=1, 2, \dots, n$ $n \geq 60$)。

$$\text{平均值} \quad q_1 = \frac{\sum_{i=1}^n q_{1i}}{n} \quad (34)$$

$$\text{相对误差} \quad E_i = \frac{q_{1i} - q_1}{q_1} \times 100\% \quad (35)$$

$$\text{相关函数} \quad R_i = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} E_i \cdot E_{i+j}}{n-j} \quad (36)$$

式中： $j=1, 2, \dots, n-1$ 。

$$\text{稳定性} \quad E_{q1} = k \left(\frac{\sum_{i=1}^n |R_j|}{t} \right)^{1/2} \times 100\% \quad (37)$$

(2) 各累积时间之间流量稳定性检定：

连续测量 n ($n \geq 10$) 次流量 q_{2i} ($i=1, 2, \dots, n$)。

$$\text{平均值} \quad q_2 = \frac{\sum_{i=1}^n q_{2i}}{n} \quad (38)$$

$$\text{稳定性} \quad E_{q2} = \frac{k}{q_2} \left(\frac{\sum_{i=1}^n (q_{2i} - q_2)^2}{n-1} \right)^{1/2} \times 100\% \quad (39)$$

5.3 检定结果处理

检定合格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，并注明不合格项目。

5.4 检定周期

水表检定装置一般不超过 2 年，其他装置的检定周期一般不超过 3 年。

附录 A

t_p (ν) 表 (不确定度置信水准 $P=95\%$)

ν	$t_p(\nu)$	ν	$t_p(\nu)$	ν	$t_p(\nu)$
1	12.71	11	2.20	21	2.08
2	4.30	12	2.18	22	2.07
3	3.18	13	2.16	23	2.07
4	2.78	14	2.15	24	2.06
5	2.57	15	2.13	25	2.06
6	2.45	16	2.12	26	2.06
7	2.37	17	2.11	27	2.05
8	2.31	18	2.10	28	2.05
9	2.26	19	2.09	29	2.04
10	2.23	20	2.09	30	2.04

合成自由度 ν 按下式计算:

$$\nu = \frac{u^4}{\sum \frac{u_i^4}{\nu_i}}$$

式中: u ——装置合成不确定度;

u_i ——A类或B类标准不确定度;

ν_i —— u_i 的自由度。

附录 B

装置使用时的注意事项

B.1 衡器或工作量器按检定证书给出的量限和放空时间使用。

B.2 衡器读数值 R_m 按下式进行浮力修正:

$$m = R_m \frac{1 - \frac{\rho_a}{\rho_m}}{1 - \frac{\rho_a}{\rho}}$$

式中: m ——修正后的质量, kg;

ρ_a ——空气密度, kg/m³;

ρ ——使用时液体密度, kg/m³;

ρ_m ——检定衡器时使用的标准砝码密度, kg/m³。

B.3 工作量器温度在 (20 ± 5)℃ 以外时, 工作量器读数值 V_θ 按下式进行温度修正:

$$V_\theta = V_{20} [1 + \beta(\theta - 20)]$$

式中: V_{20} ——修正后的体积, m³;

β ——工作量器材料的体胀系数, 1/℃;

θ ——工作量器内液体温度, ℃。

附录 C

检定证书的内页格式

台位编号			
适用流量计口径 DN (mm)			
计时器	型号		
	晶振稳定度 (%)		
	A类标准不确定度 (%)		
	B类标准不确定度 (%)		
衡器或工作量器	型号		
	型式 (名称)		
	使用量限 (kg 或 m ³)		
	K (1/mm)		
	放空时间 (s)		
	A类标准不确定度 (%)		
	B类标准不确定度 (%)		

续表

台 位 编 号			
换向器 (检定法:) 或动态效应 或启停效应	型号		
	型式 (名称)		
	A类标准不确定度 (%)		
	B类标准不确定度 (%)		
流量稳定性 (%) (检定法:)			
流量范围 (m ³ /h)			
最短测量时间 (s)			
装置不确定度 (%)			

检定介质:

覆盖因子: $k =$