速度式流量计检定规程

JJG 198—1994

速度式流量计检定规程

Verification Regulation of Velocity Flow Meter

JJG 198—1994
代替 JJG 198—1990
JJG 620—1989
JJG 566—1989
JJG 463—1986
JJG 464—1986

本检定规程经国家技术监督局于 1994 年 05 月 09 日批准，并自 1994 年 12 月 01 日起施行。

归口单位：中国计量科学研究院

起草单位：中国计量科学研究院
开封仪表厂

本规程技术条文由起草单位负责解释

本规程主要起草人：

王　池（中国计量科学研究院）

王自和（开封仪表厂）

苏彦勋（中国计量科学研究院）

参加起草人：

姜仲霞　（重庆工业自动化仪表研究所）

张泰丰　（浙江省计量测试技术研究所）

张宝珠（国防科委第一计量测试中心）

王　铁（长沙市电子仪器二厂）

朱永宏（河南省计量测试技术研究所）

目　　录

一　概述 …… 1216
二　技术要求 …… 1217
三　检定条件 …… 1217
四　检定项目和检定方法 …… 1218
（一）随机文件和外观检查 …… 1218
（二）密封性试验 …… 1219
（三）计量性能检定 …… 1219
五　检定结果处理和检定周期 …… 1222
附录 1　流量计的安装要求 …… 1222
附录 2　检定证书背面格式 …… 1223
附录 3　常用标准器流体体积值计算公式 …… 1223

速度式流量计检定规程

本规程适用于新制造、使用中和修理后的液体、气体（包括干饱和蒸气）速度式流量计（以下简称流量计）的检定。

一　概　　述

1　原理

速度式流量计是以直接测量封闭管道中满管流流动速度为原理的流量计。其所包含流量计的种类及原理分述如下。

a. 涡轮流量计：利用置于流体中的叶轮感受流体平均速度来测量流体流量的流量计。与流量成正比的叶轮转速通常由安装在管道外的检出装置检出。涡轮流量计由涡轮流量传感器和显示仪表组成。

b. 涡街流量计：在流体中安放非流线型旋涡发生体，流体在发生体两侧交替地分离释放出两列规则的交错排列的旋涡涡街，在一定速度范围内旋涡的分离频率正比于流量。此频率由检测元件检出。涡街流量计由涡街流量传感器和显示仪表组成。

c. 旋进旋涡流量计：进入仪表的流体通过一组固定的螺旋叶片后被强制围绕中心线旋转，当通过扩大管时旋涡中心沿一锥形螺旋线进动。旋涡中心通过某检出点的频率与流量成正比。旋进旋涡流量计由旋进旋涡流量传感器和显示仪表组成。

d. 电磁流量计：利用导电流体在磁场中流动所产生的感应电动势推算并显示流量的流量计，通常由电磁流量传感器、转换器、显示仪组成。

e. 超声波流量计：利用超声波在流体中的传播特性来测量流量的流量计。目前主要有两类：

1）速度差法——通过检测并计算超声脉冲在流体流动的顺向和逆向速度的差异来测定流量；

2）多普勒法——利用声学多普勒原理来确定流体中微粒的流动速度进而得到流体流量的方法。

f. 分流旋翼式流量计：在测量主管道上装有孔板，分流旁路管道上装有喷嘴与叶轮的一种流量计。其原理是：蒸气分流经喷嘴喷射到叶片上使叶轮旋转，旋转转速和转数指示出流经流量计的流体的瞬时流量和累积流量。分流孔板可以更换，用不同孔径的分流孔板可以调整流量范围。

g. 激光多普勒流量计：根据光的多普勒频移求出流体中粒子的速度，即求出流速。流量积算系统将测得的点流速按已知的流速分布规律或按速度－面积法求出平均流速，进而计算流量。

h. 插入式流量计：由流量测量头测得管道内部特定位置的局部流速，以确定管道流量的流量计。它包括测量头、插入杆、插入机构、转换器和测量管道。

2　流量计适用的工作流体由其使用说明书规定。

3　将流量计按检定方法分为A，B两种类型：

A类：输出频率信号并由试验确定仪表系数的流量计，指涡轮流量计、涡街流量计、旋

进旋涡流量计、带频率输出的电磁流量计、插入式涡轮流量计、插入式涡街流量计、带频率输出的插入式电磁流量计。

B类：输出模拟信号或可直接显示瞬时流量的流量计，指电磁流量计、超声波流量计、激光多普勒流量计、分流旋翼式流量计及插入式电磁流量计。

注：插入式流量计在试验数据充分的前提下，亦可用流速计法进行检定。

二 技 术 要 求

4 流量计应附有使用说明书。说明书上应说明技术条件和流量计的材质等。周期检定的流量计还应有前次的检定证书。

5 标志

5.1 单向测量的流量计应在壳体明显部位标有流向标志。

5.2 流量计应有铭牌。壳体或铭牌上应注明：制造厂名，产品名称及型号，出厂编号，计量器具制造许可证标志，公称压力，公称通径或其适用范围，流量或流速范围，准确度等级，以及其他有关技术指标。

6 流量计各项标记正确，新制造的流量计表面应色泽均匀，涂镀层不得有起皮、剥落等现象；读数装置上的防护玻璃应有良好的透明度，且没有使读数畸变等妨碍读数的缺陷。

7 带有度盘的流量计应符合以下要求

7.1 度盘上应标出分度值的单位。

7.2 度盘上的字迹清晰、美观，无明显擦伤、划痕、裂纹及其他影响读数和外观的缺陷。

8 带有指针的流量计应符合以下要求

8.1 指针应顺时针转动，并且转动均匀、平稳，没有明显的跳动现象。

8.2 指示单位最小的指针的指示部分应遮盖最短标度线长度的1/4～3/4。

9 带有数字显示的流量计应符合以下要求

9.1 显示的数字应醒目、整齐，表示功能的文字符号和标志应清晰端正。

9.2 线路的焊接应平整光洁，不得有虚焊、脱焊等现象。

9.3 接插件必须牢固可靠，不得因震动而脱落。

10 流量计按规定进行耐压强度试验，应无渗漏和损坏。

11 准确度等级

在规定的流量范围内，流量计的准确度等级、基本误差应符合表1的规定。对（第3条规定的）A类流量计，其重复性误差不得超过按准确度等级规定的基本误差限绝对值的1/3；对B类流量计，其重复性误差不得超过按准确度等级规定的基本误差限绝对值的1/2。

表1

准确度等级	0.1	0.2	0.5	1.0	1.5	(2.0)	2.5	4.0
基本误差限 δ	±0.1%	±0.2%	±0.5%	±1.0%	±1.5%	(±2.0%)	±2.5%	±4.0%

注：优先使用不带括号的等级。

三 检 定 条 件

12 流量标准装置

12.1 流量标准装置（以下简称装置）及其辅助测量仪表均应有有效的检定合格证书。

12.2 装置的误差应不超过被检流量计基本误差限的1/2。

12.3 每次测量时间应不少于装置允许的最短测量时间，且对（第3条规定的）A类流量计应保证一次检定中流量计输出的脉冲数的相对误差绝对值不大于被检流量计重复性的1/3。

12.4 需要测量流经流量计的流体温度时，应根据流量计本身要求和有关规定确定温度的测试位置。如无特殊要求装置应在流量计下游侧5倍管道公称通径长度处安装温度计。所用温度计的测量误差对检定结果造成的影响应小于流量计基本误差的1/5。

12.5 需要测量流经流量计的流体压力时，应根据流量计本身要求和有关规定确定压力的测试位置。如无特殊要求装置应在流量计上游侧10倍管道公称通径长度处安装压力计。取压孔轴线应垂直于测量管轴线，其直径取为4～12mm。取压孔在管道内壁的出口处水平面的投影应是圆的，其边缘应与测量管道内表面平齐，并尽可能锐利，不能有毛刺。所用压力计的测量误差对检定结果造成的影响应小于流量计基本误差的1/5。

12.6 当检定用液体的蒸气压高于大气压时，装置应是密闭式的。

12.7 用于检定的电器设备应接同一地线。

13 检定用流体

13.1 通用条件

13.1.1 检定用流体应充满试验管道，其流动应为单相稳定流，并无旋涡；

13.1.2 检定用流体应是清洁的，无可见颗粒、纤维等物质。

13.2 检定用液体

13.2.1 检定多普勒式超声波流量计时，检定用流体中气泡含量不多于流体总体积量的0.1%；检定其他流量计时，检定用液体中不夹杂气体。

13.2.2 对检定结果受液体粘度影响的流量计，检定用液体的粘度应与被检流量计工作液体的粘度相适应，否则检定结果应做粘度修正。

13.2.3 检定用液体在管道系统和流量计内任一点上的压力应高于其饱和蒸气压。对于易气化的检定用液体，在流量计的下游应有一定的背压。推荐背压为最大流量时流量计压力损失的2倍与最高检定温度下检定用液体饱和蒸气压力的1.25倍之和。

13.3 检定用气体

13.3.1 对准确度不低于1.5级的流量计，在每个流量点的每一次检定过程中，检定用气体温度变化应不大于0.5℃；对准确度低于1.5级的流量计，在每个流量点的每一次检定过程中，检定用气体温度变化应不大于2℃。

13.3.2 检定用流体为饱和蒸气时，装置上应配备供检定监视用的干度计，应使用干度不低于0.95的饱和蒸气；在不具备干度计的场合，应采用过热度不大于5℃的微过热蒸气。

14 环境

14.1 大气温度一般应为5～35℃；大气相对湿度一般为（45～85）%；大气压力一般为86～106kPa。

14.2 电源电压应为190～240V，电源频率应为（50±2.5）Hz。

14.3 外界磁场应小到对流量计的影响可忽略不计。

14.4 机械振动应小到对流量计的影响可忽略不计。

四 检定项目和检定方法

（一）随机文件和外观检查

15 检查随机文件，其结果应符合第4条要求。

16 用目测的方法检查流量计外观，其结果应符合第5～9条要求。

（二）密封性试验

17 新制造的流量计必须进行密封性试验。试验方法为：将流量计通入1.5倍公称压力的液压，切断压力源后历时5min，若压力示值不下降，同时其外壳及密封面处无渗漏和破裂等现象，则为合格。

（三）计量性能检定

18 检定前，要根据情况确定计量性能的检定方法。

18.1 对所有流量计均需按第19～25，28～30条进行检定。

18.2 对（第3条规定的）A类流量计，还应按第27，31条进行检定。

19 按附录1所述要求将流量计安装在装置上。

20 流量计应在其流量上限值70%～100%范围内，至少运行5min后方可进行正式示值检定。

21 检定点

21.1 对准确度不高于2.0级的流量计，检定点应包括流量计最小流量 q_{min} 和最大流量 q_{max} 在内的至少3个检定点，且均匀分布。

21.2 对准确度等级高于2.0级的流量计，检定点的选取方法如下：

21.2.1 对（第3条规定的）A类流量计，检定点应包括 q_{min}，$0.07q_{max}$，$0.15q_{max}$，$0.25q_{max}$，$0.4q_{max}$，$0.7q_{max}$ 和 q_{max}；当后6个检定点流量小于 q_{min} 时，此检定点可不计。

21.2.2 对（第3条规定的）B类流量计，检定点应包括 q_{min} 和 q_{max} 在内的至少5个检定点，且均匀分布。

22 检定次数

22.1 每个检定点至少检定3次。

22.2 对0.1，0.2级流量计，每个检定点至少检定6次。

22.3 对（第3条规定的）A类流量计，当一次检定中流量计脉冲计数的相对误差绝对值大于被检流量计重复性的1/5时，此检定点至少检定6次。

23 检定过程中每调一个流量点，应待压力、温度、流量稳定后方可进行检定。

24 在每个检定点的每次检定过程中，检定流量与第21条规定的该检定点流量相比，其偏离应不超过±5%。

25 在每次检定中，除读取并记录流量计显示仪表的示值、标准器的示值和检定时间外，还应根据需要，测量并记录流体温度、表压力、大气压力等。

26 在流体的种类和状态对流量计示值有显著影响的情况下，检定用流体的种类和状态应与流量计示值所规定的条件相一致，当不一致时，应对示值进行修正。

27 流量计的仪表系数

27.1 工作用流体为液体时，按式（1）计算每个检定点每次检定的系数。

$$K_{ij}=\frac{N_{ij}}{V_{ij}}\ |1+\beta\ [\ (t_s)_{ij}-t_{ij}]|\ |1-\kappa\ [\ (p_s)_{ij}-p_{ij}]| \tag{1}$$

式中：K_{ij}——第 i 检定点第 j 次检定的系数，$(m^3)^{-1}$ 或 L^{-1}；

N_{ij}——第 i 检定点第 j 次检定时流量计显示仪表测得的脉冲数；

V_{ij}——第 i 检定点第 j 次检定时测得的标准器处流体实际体积，m^3 或 L；

β——检定用液体在检定条件下的体膨胀系数；

$(t_s)_{ij}$，t_{ij}——分别为第 i 检定点第 j 次检定时标准器处和流量计处的流体温度，℃；

κ——检定用液体在检定条件下的压缩系数，Pa^{-1}；

$(p_s)_{ij}$，p_{ij}——分别为第 i 检定点第 j 次检定时标准器处和流量计处的流体表压力，Pa。对于开放式标准器，$p_s=0$；

$i=1, 2, \cdots, m$，m 为检定点数，$m\geqslant 3$；

$j=1, 2, \cdots, n$，n 为检定次数，$n\geqslant 3$。

注：当标准器与被检流量计间温度、压力的差异所引起的单位流体体积的变化量小于流量计准确度的1/10时，计算流量计的仪表系数时可不做温度、压力的修正，此时上式变为

$$K_{ij}=\frac{N_{ij}}{V_{ij}}$$

27.2 工作用流体为气体时按式（2）计算每个检定点每次检定的系数。

$$K_{ij}=\frac{N_{ij}}{V_{ij}}\cdot\frac{(p_a+p_{ij})\ (273.15+(t_s)_{ij})\ (Z_s)_{ij}}{(p_a+(p_s)_{ij})\ (273.15+t_{ij})\ Z_{ij}} \tag{2}$$

式中：p_a——检定时的大气压力，Pa；

Z_{ij}，$(Z_s)_{ij}$——分别为第 i 检定点第 j 次检定时气体流量计处和标准器处的气体压缩系数；

其他同上。

27.3 按式（3）计算每个检定点的平均仪表系数。

$$K_i=\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}K_{ij} \tag{3}$$

式中：K_i——每个检定点的平均仪表系数，$(m^3)^{-1}$或 L^{-1}；

27.4 按式（4）计算流量计的仪表系数 K。

$$K=\frac{(K_i)_{max}+(K_i)_{min}}{2} \tag{4}$$

式中：K——流量计的仪表系数，$(m^3)^{-1}$或 L^{-1}；

$(K_i)_{max}$——各检定点的系数 K_i 中最大值，$(m^3)^{-1}$或 L^{-1}；

$(K_i)_{min}$——各检定点的系数 K_i 中最小值，$(m^3)^{-1}$或 L^{-1}。

28 流量计的相对示值误差

28.1 对B类流量计，当流量计使用说明书中规定用引用误差时，按式（5）计算流量计的相对示值误差。

$$E_{Re}=\left|\frac{q_i-(q_s)_i}{q_{max}}\times 100\%\right|_{max} \tag{5}$$

式中：E_{Re}——流量计的引用误差；

q_{max}——流量计最大流量，m^3/h 或 L/s；

q_i——第 i 检定点的流量计示值，按式（6）计算；

$(q_s)_i$——第 i 检定点装置测得的流经流量计的实际流量，按式（7）计算；

脚标 max 表示检定点按括号内算式计算的最大值，以下同。

$$q_i=\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}q_{ij} \tag{6}$$

式中：q_{ij}——第 i 检定点第 j 次检定时流量计示值。该示值在第26条所述条件下应是修正后的值，m^3/h 或 L/s。

$$(q_s)_i = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}(q_s)_{ij} \tag{7}$$

式中：$(q_s)_{ij}$——第 i 检定点第 j 次检定时装置测得的流经流量计的实际流量，m^3/h 或 L/s。

28.2 对B类流量计，当流量计使用说明书中未加规定时，按式（8）或式（9）计算流量计的相对示值误差。

$$E_1 = \left| \frac{q_i - (q_s)_i}{(q_s)_i} \times 100\% \right|_{max} \tag{8}$$

式中：E_1——流量计的相对示值误差。

$$E_1 = \left| \frac{Q_i - (Q_s)_i}{(Q_s)_i} \times 100\% \right|_{max} \tag{9}$$

式中：Q_i——在检定时间内第 i 检定点流量计测得的平均累积流量，m^3 或 L，按式（10）计算；

$(Q_s)_i$——在检定时间内第 i 检定点装置测得的流经流量计的实际平均累积流量，m^3 或 L，按式（11）计算。

$$Q_i = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}Q_{ij} \tag{10}$$

式中：Q_{ij}——第 i 检定点第 j 次检定时在检定时间内流量计测得的累积流量。该值在第 26 条所述条件下应是修正后的值，m^3 或 L。

$$(Q_s)_i = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}(Q_s)_{ij} \tag{11}$$

式中：$(Q_s)_{ij}$——第 i 检定点第 j 次检定时在检定时间内装置测得的流经流量计的实际累积流量，m^3 或 L。

28.3 对A类流量计按式（9）计算流量计的相对示值误差。此时式（9）变为

$$E_L = \left| \frac{K_i - K_0}{K_0} \right|_{max} \times 100\% \tag{12}$$

式中：E_L——称为流量计的线性度，其含义与 E_1 相同。

28.3.1 对新制造和修理后的流量计，K_0 为本次检定按式（4）计算的流量计系数 K。在此条件下，式（12）变为式（13）：

$$E_L = \frac{(K_i)_{max} - (K_i)_{min}}{(K_i)_{max} + (K_i)_{min}} \times 100\% \tag{13}$$

28.3.2 对周期检定的流量计，K_0 应取上次检定证书中给出的流量计系数；在不涉及计量争议情况下，如示值检定结果不合格，K_0 也可按式（4）计算。

29 流量计的基本误差

29.1 按式（14）计算流量计的基本误差。

$$\delta = \pm (E_s^2 + E^2)^{1/2} \tag{14}$$

式中：δ——流量计的基本误差；

E_s——装置的误差，若不超出被检流量计基本误差限的 1/3，可忽略不计；

E——流量计的相对示值误差，为 E_L、E_R 或 E_1。

29.2 δ 的计算结果应符合第 11 条的要求。

30 流量计的重复性

30.1 按式（15）计算每个检定点的重复性。

$$(E_r)_i = \frac{1}{K_i}\left[\frac{1}{(n-1)}\sum_{j=1}^{n}(K_{ij}-K_i)^2\right]^{1/2}\times 100\% \tag{15}$$

式中：$(E_r)_i$——第 i 检定点的重复性；

K_{ij}——对（第3条规定的）B类流量计，K_{ij}按式（16）或式（17）计算；

K_i——对（第3条规定的）B类流量计，K_i 按式（3）计算。

$$K_{ij} = \frac{q_{ij}}{(q_v)_{ij}} \tag{16}$$

$$K_{ij} = \frac{Q_{ij}}{(Q_v)_{ij}} \tag{17}$$

注：根据式（15）所确定的重复性值是为了便于同类仪表性能比较，不作为统计学上的有效度量。

30.2 按式（18）确定流量计的重复性。

$$E_r = \left(\left(E_r\right)_i\right)_{\max} \tag{18}$$

式中：E_r——流量计的重复性。

30.3 E_r 的计算结果应符合第11条要求。

31 （第3条规定的）A类流量计的二次仪表可与流量计配套检定，也可单独进行检定。单独检定时使用频率发生器或其他频率发生装置产生标准脉冲信号，并将此信号输入二次仪表中，在累积计数达9000时，二次仪表所计脉冲数的误差在±1脉冲以内则判为合格，否则判为不合格。

五 检定结果处理和检定周期

32 经检定合格的流量计发给检定证书，检定证书背面格式见附录2。经检定不合格的流量计发给检定结果通知书，检定结果通知书内应注明不合格的项目。

33 准确度为0.1，0.2，0.5级的流量计，其检定周期为1年。对准确度低于0.5级的流量计按其工作原理确定检定周期：分流旋翼式流量计为1年；涡轮流量计、涡街流量计、旋进旋涡流量计、电磁流量计为2年；超声波流量计、激光多普勒流量计为3年；插入式流量计按照与其测量头工作原理相同的流量计的检定周期执行。

附 录 1
流量计的安装要求

1 流量计上下游侧的直管段

1.1 按流量计使用说明书的要求确定流量计上、下游侧的直管段长度。

1.2 流量计上、下游侧的直管段，其内径与流量计的公称通径 D_N 之差，一般应不超过 D_N 的±3%，并不超过±5mm。

1.3 对准确度不低于0.5级的流量计，流量计上游 $10D_N$ 长度内和下游 $2D_N$ 长度内的直管段内壁应清洁，无明显凹痕、积垢和起皮等现象。

2 当上游直管段长度不够时，可以安装整流器

3 一般流量计的安装

3.1 流量计的安装方式可分为水平和垂直两种。

3.2 安装时应使流量计标志的流向与流体流动方向一致。

3.3 流量计的中心线偏离水平线或铅垂线的角度不应大于3°。

3.4 流量计与其试验管段的连接部位应没有泄漏；连接处的密封垫不得突入流体内。

3.5 对安装有特殊要求的流量计，如插入式流量计、超声波流量计、激光流量计，应严格按照其使用说明书进行安装。

附 录 2
检定证书背面格式

（一）检定结果

1 对由检定确定流量系数的流量计按如下格式：

流量范围= m^3/h

仪表系数 K= $(m^3)^{-1}$或 L^{-1}

线性度= %

重复性= %

2 对第1条未包含的流量计按如下格式：

流量范围= m^3/h

流量计的相对示值误差（或引用误差）= %

重复性= %

（二）检定条件

检定用流体：

检定用流体温度： ℃

检定用流体表压力： Pa

检定用流体运动粘度：m^2/s（仅用于检定用流体为液体时，流体为常温常压的水时此条可略去）

检定时大气压力 Pa

检定时环境温度 ℃

安装方式：（仅用于超声波流量计）

附 录 3
常用标准器流体体积值计算公式

1 计算检定时测得的标准器处液体值。

1.1 标准体积管法

$$V_{ij} = V_s\left[1 + \frac{D}{Ee}p_s\right]\left[1 + \beta_s(t_s - 20)\right] \tag{1}$$

式中：V_{ij}——第 i 检定点第 j 次检定时标准器处的流体实际体积，m^3（或 L，以下同）；

V_s——第 i 检定点第 j 次检定时标准器读出体积，m^3；

D——标准体积管的内径，mm；

e——标准体积管的壁厚，mm；

E——标准体积管材料的弹性模量，Pa；

p_{si}——第 i 检定点第 j 次检定时标准器处的流体表压力，Pa；

β_s——标准器的体膨胀系数，$℃^{-1}$；

t_{si}——第 i 检定点第 j 次检定时标准器处的流体温度，℃；

$i=1, 2, \cdots, m$，m 为检定点数，$m \geqslant 3$；

$j=1, 2, \cdots, n$，n 为检定次数，$n \geqslant 3$。

1.2 标准容积法（开放式）

$$V_{ij} = V_s[1 + \beta_s(t_{si} - 20)] \tag{2}$$

1.3 标准秤法（开放式）

$$V_{ij} = \frac{M_{ij}}{\rho} C_f \tag{3}$$

式中：M_{ij}——第 i 检定点第 j 次检定时标准秤指示的流体质量，kg；

ρ——第 i 检定点第 j 次检定时测得的标准器处流体密度，kg/m^3；

C_f——浮力修正系数。

$$C_f = \frac{\rho(\rho_b - \rho_a)}{\rho_s(\rho - \rho_a)} \tag{4}$$

式中：ρ_a——空气的密度，kg/m^3；

ρ_b——第 i 检定点第 j 次检定时使用的砝码密度，kg/m^3。

如果检定时没有用砝码，则

$$C_f = \frac{\rho}{\rho - \rho_a} \tag{5}$$

1.4 标准流量计法

$$V_{ij} = V_s \cdot C \tag{6}$$

式中：C——第 i 检定点第 j 次检定时标准流量计的修正系数。该修正系数按标准流量计的使用要求确定。

2 计算检定时测得的标准器处气体的实际值。

2.1 钟罩法

$$V_{ij} = V_s \tag{7}$$

2.2 $pVTt$ 法

$$M_{ij} = \frac{V_s T_N Z_N \rho_N}{p_N}\left[\frac{p_F}{T_F Z_F} - \frac{p_E}{T_E Z_E}\right] \tag{8}$$

式中：T_E，T_F，T_N——进气前、进气后及标准状态下标准容器内的流体温度；K；

p_E，p_F，p_N——进气前、进气后及标准状态下标准容器内的绝对压力，Pa；

Z_E，Z_F，Z_N——进气前、进气后及标准状态下标准容器内的气体压缩系数。

$$V_{ij} = M_{ij}\rho \tag{9}$$

2.3 音速喷嘴法

$$q_m = \frac{\pi}{4} d^2 c_s \cdot \frac{p}{\sqrt{RT}} \cdot c \tag{10}$$

式中：q_m——音速喷嘴处的瞬时质量流量，kg/s；

d——音速喷嘴喉部直径，m；

c_*——实际气体一维等熵流的临界流函数；

c——喷嘴的流出系数；

p——喷嘴入口处气体绝对滞止压力，Pa；

R——通用气体常数，$J \cdot kmol \cdot K^{-1}$；

T——喷嘴入口处气体绝对滞止温度，K。

$$V_0 = q_m \rho t \tag{11}$$

式中：t——检定时间，s。

3 检定时测得的标准器处流体的瞬时体积流量

$$q_{ij} = V_0 / t \tag{12}$$

式中：q_{ij}——第 i 检定点第 j 次检定时标准器处的实际体积流量，m^3/s。