



# 天津市地方计量技术规范

JJF(津)05—2018

---

## 气体定流量发生器校准规范

Calibration Specification for Gas Fixed Flow Leak

2018-03-08 发布

2018-06-01 实施

---

天津市市场和质量技术监督委员会 发布

# 气体定流量发生器校准规范

Calibration Specification for

Gas Fixed Flow Leak



JJF(津)05-2018

---

**归口单位：**天津市市场和质量监督管理委员会

**主要起草单位：**天津市计量监督检测科学研究院

**参加起草单位：**天津博益气动股份有限公司

本规范委托天津市计量监督检测科学研究院负责解释

**本规范主要起草人：**

甄 杨           （天津市计量监督检测科学研究院）

赵 轶           （天津市计量监督检测科学研究院）

施 鑫           （天津市计量监督检测科学研究院）

王锡钢          （天津市计量监督检测科学研究院）

于劲竹          （天津市计量监督检测科学研究院）

刘 明           （天津市计量监督检测科学研究院）

**参加起草人：**

艾子蔚          （天津博益气动股份有限公司）

张伟明          （天津博益气动股份有限公司）

# 目 录

|                                  |        |
|----------------------------------|--------|
| 引言 .....                         | ( II ) |
| 1 范围.....                        | ( 1 )  |
| 2 引用文件.....                      | ( 1 )  |
| 3 术语和计量单位.....                   | ( 1 )  |
| 3.1 术语.....                      | ( 1 )  |
| 3.2 计量单位.....                    | ( 2 )  |
| 4 概述.....                        | ( 2 )  |
| 4.1 工作原理.....                    | ( 2 )  |
| 4.2 结构形式.....                    | ( 2 )  |
| 4.3 用途.....                      | ( 2 )  |
| 5 计量性能要求.....                    | ( 2 )  |
| 6 校准条件及设备.....                   | ( 3 )  |
| 6.1 校准条件.....                    | ( 3 )  |
| 6.2 测量标准及配套设备.....               | ( 3 )  |
| 7 校准项目和校准方法.....                 | ( 4 )  |
| 7.1 外观及相关信息检查.....               | ( 4 )  |
| 7.2 铭牌或标记检查.....                 | ( 4 )  |
| 7.3 流量校准.....                    | ( 4 )  |
| 8 校准结果的表达.....                   | ( 6 )  |
| 9 复校时间间隔.....                    | ( 6 )  |
| 附录 A 校准记录内容参考格式.....             | ( 7 )  |
| 附录 B 校准证书内页信息及格式.....            | ( 8 )  |
| 附录 C 气体定流量发生器流量校准结果不确定度评定实例..... | ( 9 )  |

# 引 言

气体定流量发生器以气体为介质，近几年在我国逐渐兴起使用广泛应用于汽车、燃气器具、医疗器械、卫生包装等行业。

目前国内尚未颁布定流量发生器相关的国家标准、计量检定规程及校准规范，生产企业一般依据企业标准进行生产。此《气体定流量发生器》校准规范根据天津市定流量发生器的行业现状和技术水平，制定了统一的校准方法，适用于各类气体定流量发生器的流量校准。此规范中标准器技术指标参考 JJG 640-2016《差压式流量计》及 JJG 793-1992《标准漏孔》中的规定；校准方法的规定参考 JJG 640-2016《差压式流量计》及 GJB/J5366-2005《正压漏孔校准规范》。

此规范中的不确定度评定依据 JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》进行，给出了一个校准实例的评定。

本规范首次制定。

## 定流量发生器校准规范

### 1 范围

本规范适用于以气体为介质的定流量发生器的校准。

### 2 引用文件

|                 |              |
|-----------------|--------------|
| JJG 640-2016    | 差压式流量计       |
| JJG 793-1992    | 标准漏孔         |
| JJF 1001-2011   | 通用计量术语及定义    |
| JJF 1004-2004   | 流量计量名称术语     |
| JJF 1071-2010   | 国家计量校准规范编写规则 |
| JJF 1059.1-2012 | 测量不确定度评定与表示  |
| GJB/J 5366-2005 | 正压漏孔校准规范     |

使用本规范时,应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

### 3 术语和计量单位

#### 3.1 术语

##### 3.1.1 定流量发生器 fixed flow leak

在仪器的温度、入口压力和仪器前后差压达到给定值后,通过仪器的气体流量值达到额定流量值并保持稳定的一种流量计。标称流量值通常用  $q$  表示,单位为毫升/分或升/分 (ml/min 或 L/min)。

##### 3.1.2 标称流量 nominal flow

仪表定值工作的流量。

##### 3.1.3 表前额定压力 nominal pre pressure

仪表前定值工作的压力。

##### 3.1.4 压力波动 pressure fluctuation

在一次校准过程中压力的变化,通常为校准过程中压力最大值与最小值之差与其平均值的百分比。

### 3.1.5 温度波动 temperature fluctuation

在一次校准过程中温度的变化，通常为校准过程中温度最大值与最小值之差。

## 3.2 计量单位

3.2.1 流量：毫升每分钟，符号mL/min；或升每分钟，L/min

3.2.2 压力：千帕，符号kPa

3.2.3 温度：摄氏度，符号℃

## 4 概述

### 4.1 工作原理

定流量发生器在给定的温度和压力下，入口端和出口端之间存在压力差而形成气体流动。在温度和定流量发生器前后端压力保持恒定的条件下，流经定流量发生器的流量也保持恒定。

### 4.2 结构形式

定流量发生器的内部主要构件为节流元件，其定点流量值可由节流元件的直径决定。图1为定流量发生器内部结构示意图。

根据应用场合和流量的大小的不同，节流元件可分为玻璃毛细管、金属毛细管等类型。

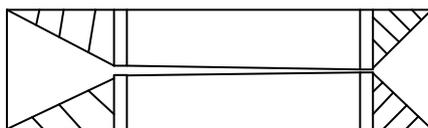


图1 定流量发生器内部结构示意图

### 4.3 用途

定流量发生器主要用于额定压力和温度条件下气体流量的测量，或进行气密检漏仪的校验。

## 5 计量性能要求

在给定的温度、压力下，定流量发生器的流量的扩展不确定度和工作时压力温度要求应符合表1的规定。

表 1 流量的扩展不确定度和工作时压力温度要求

|                |       |
|----------------|-------|
| 流量的扩展不确定度      | 5%    |
| 工作时压力波动要求 (%)  | 1%    |
| 工作时温度波动要求 (°C) | ± 3°C |

## 6 校准条件及设备

### 6.1 校准条件

#### 6.1.1 校准环境条件

环境温度：(20±2) °C；

相对湿度：30%~80%；

大气压力：(86~106) kPa。

校准时周围不应有附加热源、强振动等。

#### 6.1.2 校准介质应为标注的气体介质。

6.1.3 校准过程中，环境温度、标准装置和被校定流量发生器处的温度之差应不超过 1°C。

### 6.2 测量标准及配套设备

#### 6.2.1 校准用设备计量性能如表 2 所示。

表 2 校准用设备性能表

| 序号 | 设备名称    | 技术要求          | 用途                  |
|----|---------|---------------|---------------------|
| 1  | 流量标准装置  | 扩展不确定度优于 1%   | 校准定流量发生器的流量         |
| 2  | 压力变送器   | 准确度等级优于 0.2 级 | 测量被校定流量发生器和标准装置处的压力 |
| 3  | 温度测量仪表  | MPE: ± 0.2°C  | 测量标准装置和被校定流量发生器处的温度 |
| 4  | 气压表 (计) | MPE: ± 250Pa  | 测量大气压力              |
| 5  | 计时器     | MPE: ± 0.5s/d | 时间测量                |

6.2.2 校准过程中所使用的校准设备均应经计量检定/校准合格并在有效期内方可使用。

6.2.3 装置的测量范围应满足被校准定流量发生器的测量能力，且压力发生设备的压力值应连续可调。装置在一次测量过程中压力波动应不大于 0.5%；温度波动应不大于 0.5℃。

## 7 校准项目和校准方法

### 7.1 外观及相关信息检查

7.1.1 仪器外观应整洁，无明显损伤，入口端不得有毛刺、裂纹、锈蚀、霉斑和涂层剥落等现象，无异物堵塞入口端。仪器上文字和标记应清晰可见。

7.1.2 仪器应附有使用说明书或相关文件。文件中至少应给出定流量发生器的标称流量、使用压力等相关信息。

7.1.3 仪器应有较完整的包装或两端有防护装置，能保证两端小孔不会被异物堵塞。

### 7.2 铭牌或标记检查

定流量发生器铭牌或表体应标明：

- a. 制造商名称（商标）；
- b. 产品名称；
- c. 型号规格；
- d. 出厂编号；
- e. 标称流量；
- f. 工作压力；
- g. 适用的工作温度范围；

表体上应有清晰、永久性的标明气体流向的箭头或文字。

### 7.3 流量校准

#### 7.3.1 流量校准程序

(1) 定流量发生器一般应在校准环境条件下放置 2h 以上，等待定流量发生器稳定到校准环境的温度下方可进行校准。

(2) 定流量发生器的工作压力分为正压和负压两种，对于正压的定流量发生器建议

按图 2 正压定流量发生器校准系统连接示意图进行连接, 对于负压的定流量发生器建议按图 3 负压定流量发生器校准系统连接示意图进行连接, 保证定流量发生器差压达到额定要求。定流量发生器处的取压口到定流量发生器的距离一般应不超过 15cm, 取压管的长度应尽量缩短以减少管线带来的压损。

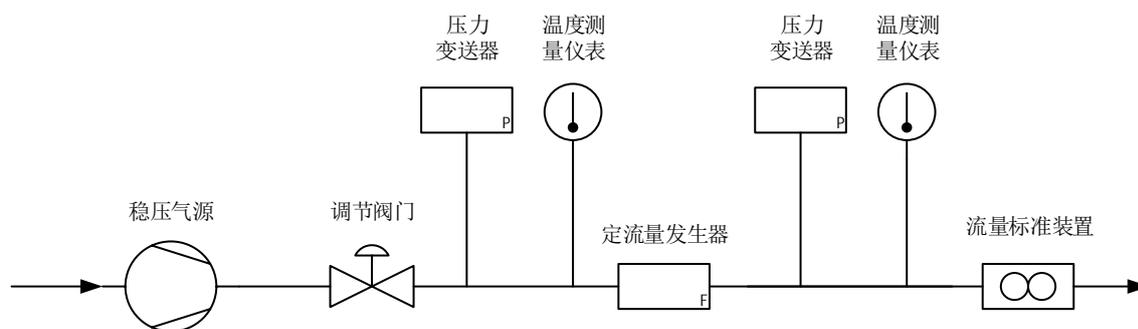


图 2、正压定流量发生器校准系统连接示意图

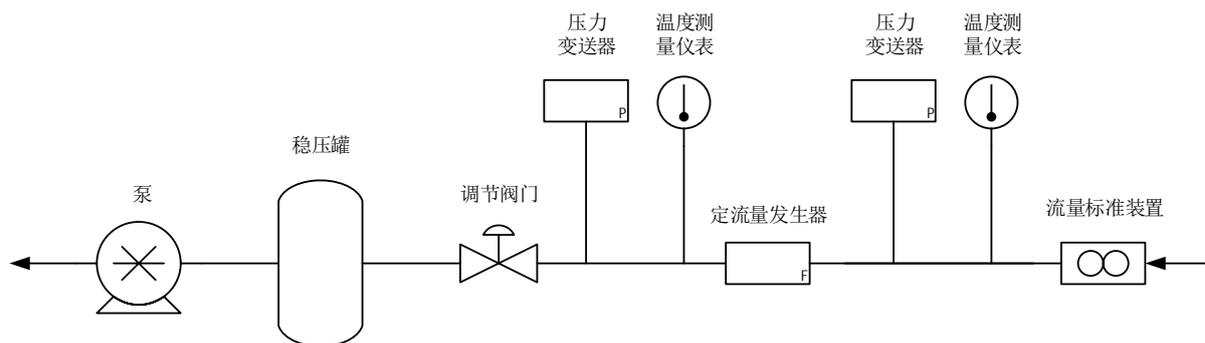


图 3、负压定流量发生器校准系统连接示意图

(3) 连接完成后在确定各连接处不漏气的情况下打开气源, 将稳压气源的压力调节到与额定压力相近, 再利用调压阀进行压力调节, 保证被校表前压或差压达到额定压力, 稳定一段时间后开始进行校准。校准过程中, 温度和压力的波动需满足 6.2.3 的要求。

(4) 待流量稳定后记录流量测量标准装置的读数及各个测量仪表的数值。

(5) 至少重复进行 6 次流量值的校准。

### 7.3.2 校准流量值的计算

#### 7.3.2.1 定流量发生器处的校准流量值按公式 (1) 进行计算

$$q_v = \frac{P_s T_m}{P_m T_s} q_s \quad (1)$$

式中:

$q_v$ ——定流量发生器出口处的校准流量, L/min 或 mL/min;

$P_s$ ——流量测量标准装置出口端的绝对压力, kPa;

$P_m$ ——定流量发生器出口端的绝对压力, kPa;

$T_m$ ——定流量发生器出口端的热力学温度, K

$T_s$ ——流量测量标准装置出口端的热力学温度, K

$q_s$ ——流量测量标准装置测量的流量值, L/min 或 mL/min

7.3.2.2 定流量发生器的平均校准流量值按 (2) 式计算:

$$\bar{q}_v = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^6 q_{vi} \quad (2)$$

式中:

$\bar{q}_v$ ——定流量发生器 6 次校准流量值的平均值

$q_{vi}$ ——第  $i$  次测量定流量发生器处的校准流量值

7.3.2.3 重复性按 (3) 式进行计算:

$$E_r = \frac{q_{\max} - q_{\min}}{q_v \times d_n} \times 100\% \quad (3)$$

式中:

$E_r$ ——定流量发生器校准流量值的重复性

$q_{\max}$ ——校准流量值中的最大值

$q_{\min}$ ——校准流量值中的最小值

$d_n$ ——极差系数, 6 次的极差系数为 2.53

## 8 校准结果的表达

校准实验完成后, 根据校准结果开具相应的校准证书。

校准结果不确定度分析可参见附录 C, 校准证书数据页格式可参见附录 B。

## 9 复校时间间隔

复校时间间隔由使用频次决定, 复校时应附带上一次的校准证书。

## 附录 A

## 校准记录内容参考格式

A.1 外观:

A.2 标称流量:

额定压力:

A.3 校准介质:

A.4 大气压力:

A.5 环境温度:

A.6 相对湿度:

A.7 校准结果:

| 校准次数 | 被校仪器              |                   |                  | 标准装置              |                  |                     | 校准流量<br>(L/min) | 重复性<br>(%) | 平均校准流量<br>(L/min) | 相对扩展<br>不确定度<br>$U_{rel}(k=2)$<br>(%) |
|------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|---------------------|-----------------|------------|-------------------|---------------------------------------|
|      | 表前<br>压力<br>(kPa) | 表后<br>压力<br>(kPa) | 表后<br>温度<br>(°C) | 装置<br>压力<br>(kPa) | 装置<br>温度<br>(°C) | 实测<br>流量<br>(L/min) |                 |            |                   |                                       |
| 1    |                   |                   |                  |                   |                  |                     |                 |            |                   |                                       |
| 2    |                   |                   |                  |                   |                  |                     |                 |            |                   |                                       |
| 3    |                   |                   |                  |                   |                  |                     |                 |            |                   |                                       |
| 4    |                   |                   |                  |                   |                  |                     |                 |            |                   |                                       |
| 5    |                   |                   |                  |                   |                  |                     |                 |            |                   |                                       |
| 6    |                   |                   |                  |                   |                  |                     |                 |            |                   |                                       |

校准员:

核验员:

## 附录 B

## 校准证书内页信息及格式

## B.1 校准环境条件:

环境温度: °C

大气压力: kPa

相对湿度: %

## B.2 流量校准结果:

校准介质:

| 标称流量 (L/min) | 平均校准流量 (L/min) | 重复性 (%) |
|--------------|----------------|---------|
|              |                |         |

B.3 流量校准结果的相对扩展不确定度  $U_{rel} =$  ,  $k=2$

## 附录 C

## 气体定流量发生器流量校准结果不确定度评定实例

## C.1 测量模型

C.1.1 20℃下定流量发生器的校准流量计算公式为：

$$q_v = \frac{P_s T_m}{P_m T_s} q_s \quad (\text{C.1})$$

$q_m$ ——定流量发生器出口处的校准流量，L/min 或 ml/min；

$P_s$ ——流量测量标准装置出口端的绝对压力，kPa；

$P_m$ ——定流量发生器出口端的绝对压力，kPa；

$T_m$ ——定流量发生器出口端的热力学温度，K

$T_s$ ——流量测量标准装置出口端的热力学温度，K

$q_s$ ——流量测量标准装置测量的流量值，L/min 或 ml/min

## C.1.2 不确定度传播系数

由公式 (1) 式可得：

$$u_r(q_v) = \sqrt{c_r^2(P_s)u_r^2(P_s) + c_r^2(T_m)u_r^2(T_m) + c_r^2(P_m)u_r^2(P_m) + c_r^2(T_s)u_r^2(T_s) + c_r^2(q_s)u_r^2(q_s) + u_r^2(E_r)} \quad (\text{C.2})$$

式中： $c_r(P_s)=1$ ； $c_r(T_m)=1$ ； $c_r(P_m)=-1$ ； $c_r(T_s)=-1$ ； $c_r(q_s)=1$ 。

## C.2 不确定度分量评定

以一个表前额定压力为 400kPa，额定温度为 20℃，标称流量为 1.226L/min 的定流量发生器的校准为例。用于流量测量的标准装置的准确度等级为 1.0 级。校准记录如下表所示：

(1) 重复测量引入的不确定度  $u_r(E_r)$ 

由重复测量引入的不确定度属于 A 类不确定度。将定流量发生器测量 6 次，校准结果为：

| 校准次数 | 被校仪器          |                 |              | 标准装置            |              |                  | 修正校准流量<br>(ml/min) | 重复性<br>(%) |
|------|---------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|------------------|--------------------|------------|
|      | 表前压力<br>(kPa) | 表后绝对压力<br>(kPa) | 表后温度<br>(°C) | 装置绝对压力<br>(kPa) | 装置温度<br>(°C) | 实测流量<br>(ml/min) |                    |            |
| 1    | 400.008       | 101.051         | 20.1         | 101.049         | 20.2         | 1.204            | 1.198              | 1.220      |
| 2    | 400.004       | 101.058         | 20.1         | 101.042         | 20.2         | 1.221            | 1.215              |            |
| 3    | 400.001       | 101.052         | 20.1         | 101.043         | 20.2         | 1.213            | 1.207              |            |
| 4    | 400.007       | 101.058         | 20.1         | 101.043         | 20.2         | 1.224            | 1.218              |            |
| 5    | 400.001       | 101.054         | 20.1         | 101.041         | 20.2         | 1.242            | 1.236              |            |
| 6    | 400.009       | 101.059         | 20.2         | 101.042         | 20.2         | 1.234            | 1.234              |            |

则由重复测量引入的不确定度为：

$$u_r(E_r) = \frac{E_r}{\sqrt{n}} = \frac{1.220\%}{\sqrt{6}} = 0.498\%$$

(2) 标准装置出口端压力测量的不确定度  $u_r(P_s)$

标准装置出口端压力测量的不确定度属于 B 类不确定度，出口端压力利用压力变送器进行测量，此次测量中压力变送器的准确度等级为 0.2 级，假设服从均匀分布，则出口端压力测量引入的标准不确定度为：

$$u_r(P_s) = \frac{0.2\%}{\sqrt{3}} = 0.116\%$$

(3) 定流量发生器出口端温度测量的不确定度  $u_r(T_m)$

定流量发生器出口端温度测量的不确定度属于 B 类不确定度，出口端温度利用温度变送器进行测量，此次测量中温度变送器最大允许误差为  $\pm 0.2^\circ\text{C}$ ，假设服从均匀分布，则定流量发生器出口端温度测量引入的标准不确定度为：

$$u_r(T_s) = \frac{0.2}{(20.1 + 273) \times \sqrt{3}} \times 100\% = 0.040\%$$

(4) 定流量发生器出口端压力测量的不确定度  $u_r(P_m)$

定流量发生器出口端压力测量的不确定度属于 B 类不确定度，出口端压力利用压力变送器进行测量，此次测量中压力变送器的准确度等级为 0.2 级，假设服从均匀分布，则出口端压力测量引入的标准不确定度为：

$$u_r(P_m) = \frac{0.2\%}{\sqrt{3}} = 0.116\%$$

(5) 标准装置出口端出口端温度测量的不确定度  $u_r(T_s)$ 

标准装置出口端出口端温度测量的不确定度属于 B 类不确定度，出口端温度利用温度变送器进行测量，此次测量中温度变送器最大允许误差为  $\pm 0.2^\circ\text{C}$ ，假设服从均匀分布，则标准装置出口端出口端温度测量引入的标准不确定度为：

$$u_r(T_s) = \frac{0.2}{(20.2 + 273) \times \sqrt{3}} \times 100\% = 0.040\%$$

(6) 标准装置引入的不确定度  $u_r(q_s)$ 

标准装置引入的不确定度属于 B 类不确定度。流量测量标准装置采用皂膜式气体流量标准装置，准确度等级为 1.0 级，其扩展不确定度为 1.0%，置信概率为 95%，包含因子  $k=2$ ，其相对标准不确定度：

$$u_r(q_s) = \frac{1.0\%}{2} = 0.5\%$$

## C.3 合成标准不确定度

$$\begin{aligned} u_{rc}(q_v) &= \sqrt{c_r^2(P_s)u_r^2(P_s) + c_r^2(T_m)u_r^2(T_m) + c_r^2(P_m)u_r^2(P_m) + c_r^2(T_m)u_r^2(T_m) + c_r^2(q_s)u_r^2(q_s) + u_r^2(E_r)} \\ &= \sqrt{1.220^2 + 0.116^2 + 0.040^2 + 0.116^2 + 0.040^2 + 0.5\%} = 0.727\% \end{aligned}$$

## C.4 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ ，扩展不确定度为： $U_{rel}(q_v) = 2 \times 0.727 = 1.46\%$