



# 江苏省地方计量技术规范

JJF (苏) XXX-20XX

## 差压式流量计(气体)在线校准规范

Online Calibration Specification for Differential Pressure Flowmeters (Gas)

(报批稿)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

江苏省市场监督管理局 发布

# 差压式流量计（气体） 在线校准规范

Online Calibration Specification for  
Differential Pressure Flowmeters (Gas)

JJF(苏)XXX—20XX

本规范经江苏省市场监督管理局于 20XX 年 XX 月 XX 日批准，并自  
20XX 年 XX 月 XX 日起实施。

归口单位：江苏省市场监督管理局

主要起草单位：无锡市检验检测认证研究院

江苏省计量科学研究院（江苏省能源计量数据中心）

参加起草单位：无锡市检验检测认证研究院

江苏省计量科学研究院（江苏省能源计量数据中心）

本规范委托江苏省流量专业计量技术委员会负责解释

**主要起草人：**

毛君峰（无锡市检验检测认证研究院）

赵 伟（江苏省计量科学研究院（江苏省能源计量数据中心））

沈文奇（无锡市检验检测认证研究院）

**参加起草人：**

于陆军（江苏省计量科学研究院（江苏省能源计量数据中心））

吴 昊（无锡市检验检测认证研究院）

李文礼（无锡市检验检测认证研究院）

# 目 录

引言 .....	II
1 范围 .....	1
2 引用文件 .....	1
3 术语 .....	1
4 概述 .....	2
4.1 工作原理 .....	2
4.2 构造 .....	2
4.3 用途 .....	2
5 计量特性 .....	2
5.1 准确度等级和最大允许误差 .....	2
5.2 重复性 .....	2
6 校准条件 .....	2
6.1 环境条件 .....	2
6.2 标准器及配套设备 .....	3
7 校准项目和校准方法 .....	3
7.1 校准项目 .....	3
7.2 校准方法 .....	3
8 校准结果表达 .....	5
9 复校时间间隔 .....	5
附录 A 校准证书内页参考格式 .....	6
附录 B 差压式流量计（气体）在线校准原始记录参考格式 .....	7
附录 C 校准结果不确定度评定示例 .....	8
附录 D 在线校准方案 .....	11

## 引 言

本规范的编写以 JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》和 JJF 1004《流量计量名词术语及定义》为基础和依据，参考了 JJG 640《差压式流量计检定规程》、JJG 736《气体层流流量传感器检定规程》等技术规范，并结合差压式流量计（气体）现场使用情况、技术水平和行业现状进行制定。

本规范为首次发布。

# 差压式流量计（气体）在线校准规范

## 1 范围

本规范适用于单相气体、组分稳定，管道内压力不高于 1.6 MPa，符合防爆安全要求的气体差压式流量计（以下简称流量计）的在线校准。

## 2 引用文件

本规范引用下列文件：

JJG 586 皂膜流量计检定规程

JJG 640 差压式流量计检定规程

JJG 736 气体层流流量传感器检定规程

JJG 1030 超声流量计检定规程

JJG 1038 科里奥利质量流量计检定规程

JJG 1132 热式气体质量流量计检定规程

JJF 2216 电磁流量计在线校准规范

GB/T 3836.1 爆炸性环境

GB 50251 输气管道工程设计规范

凡是注日期的引用文献，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文献，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

## 3 术语

### 3.1 在线校准 online calibration

确定实际工作条件下流量计所指示的量值与对应的由标准所复现的量值之间关系的一组操作。

### 3.2 标准器 standard instrument

具有确定的量值和相关联的测量不确定度，用于检定或校准其他具备同类量计量器具的计量器具。标准器可以是皂膜式气体流量标准装置、气体流量校准器、科里奥利质量流量计、超声流量计、层流流量计、热式气体质量流量计、插入式涡轮流量计等。

### 3.3 标准表法 master meter method

以标准表作为标准器，使流体在相同时间间隔内连续通过标准表和被校流量计，比较两者的输出流量值，从而确定标准表和被校流量计所复现的流量值之间的关系。

### 3.4 流量计特征系数 meter characteristic coefficient

可通过修改其数值而改变流量计计量性能的参数。

### 3.5 标况体积流量 normalized volumetric flowrate

20 °C、101.325 kPa 状况下的体积流量。

## 4 概述

### 4.1 工作原理

差压式流量计以伯努利方程和流动连续性方程为依据，当被测介质流经差压件时，在其两侧产生差压，由差压与流量的关系，通过测量差压确定流体的流量。

### 4.2 构造

流量计主要由差压装置、差压变送器和流量积算仪组成。

### 4.3 用途

流量计主要用于测量各类气体的瞬时流量和累积流量。

## 5 计量特性

### 5.1 准确度等级和最大允许误差

流量计在规定的流量范围内，准确度等级和最大允许误差见表 1。

表 1 准确度等级和最大允许误差

准确度等级	1.0	1.5	2.0	2.5	5.0
最大允许误差	±1.0%	±1.5%	±2.0%	±2.5%	±5.0%

### 5.2 重复性

流量计重复性一般不超过相应准确度等级规定的最大允许误差绝对值的 1/3。

注：以上指标仅供参考，不作为符合性判定依据。

## 6 校准条件

### 6.1 环境条件

#### 6.1.1 环境条件一般应满足：

环境温度：(5~45) °C。

相对湿度：≤90%。

大气压力：(86~106) kPa。

#### 6.1.2 工作介质应是单相气体，气体成分稳定且可知。

注：涉及爆炸性环境时，标准器、配套仪表和检测现场应满足 GB/T 3836.1、GB 50251 的要求。

#### 6.1.3 电源满足现场工况要求。

- 6.1.4 场地满足安全操作要求。
- 6.1.5 在工作压力下各部件连接处无泄漏。
- 6.1.6 外界磁场、现场管路震动等外界干扰对标准器和被校流量计影响可忽略。
- 6.1.7 直管段应满足被校流量计和标准器对直管段的要求。

## 6.2 标准器及配套设备

标准器及配套设备应具有有效溯源证书，要求如表 2 所示。

表 2 标准器及配套设备

标准器及配套设备		准确度等级或最大允许误差
标准器	皂膜式气体流量标准装置、气体流量校准器、科里奥利质量流量计、超声流量计、层流流量计、热式气体质量流量计等	MPE: $\pm 0.5\%$
	插入式涡轮流量计、插入式热式气体质量流量计等	MPE: $\pm 1.5\%$
配套设备	超声波测厚仪	MPE: $\pm 0.2 \text{ mm}$
	秒表	MPE: $\pm 0.5 \text{ s/d}$
	钢卷尺	I 级

注：（1）标准器流量范围应与被校流量计的流量范围相适应，标准器的最大允许误差应不大于被校流量计最大允许误差绝对值的 1/2；

（2）标准器的溯源口径与现场被校流量计的公称直径应相同，当两个口径相差大于 10%时，应考虑其对不确定度造成的影响。

（3）根据现场介质、管道压力、流量范围、安装条件等实际工况选用表 2 中列举的标准器及配套设备。

## 7 校准项目和校准方法

### 7.1 校准项目

示值误差和重复性。

### 7.2 校准方法

#### 7.2.1 校准前准备

##### 7.2.1.1 现场检测条件检查

应满足 6.1 中环境条件和附录 D 中使用方法及注意事项的要求。场地满足安全操作



要求。

### 7.2.1.2 选择标准器

根据用户现场流量计的安装方式、使用工况等选择合适的标准器并连接管路，不同类型标准器的校准方案详见附录 D。

### 7.2.2 操作步骤

#### 7.2.2.1 装置预热

开启被校流量计和标准器，调节管道流量至常用流量，使被校流量计和标准器稳定运行一段时间，进行预热，一般不少于 5 min。

#### 7.2.2.2 选择校准流量点

根据现场实际情况确定校准流量点，流量点一般选择 1~3 个，每个流量点校准次数不少于 3 次。现场无法调节流量时，可采用在不同的时段进行校准，选取流量较稳定的流量点进行校准。

#### 7.2.2.3 示值误差和重复性

现场校准可采用瞬时流量法或累积流量法。

若采用瞬时流量法，每次校准至少读取 10 个瞬时流量数值，读数间隔不少于 15 秒。以计算出的平均值作为该次测量的被校流量计和标准器示值。

若采用累积流量法，一般读取不少于 5 分钟的累积流量值。

调节流量至校准流量点  $q_i$ ，当流量稳定后，同时读取并记录被校流量计和标准器的示值，并按式（1）计算单次测量的示值误差，按式（2）计算校准流量点示值误差，按式（3）计算校准流量点重复性。

$$E_{ij} = \frac{Q_{ij} - (Q_s)_{ij}}{(Q_s)_{ij}} \times 100\% \text{ 或 } E_{ij} = \frac{q_{ij} - (q_s)_{ij}}{(q_s)_{ij}} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

$E_{ij}$ —第  $i$  个流量点第  $j$  次校准的示值误差，%；

$Q_{ij}$ —第  $i$  个流量点第  $j$  次校准时被校流量计标况累积流量， $\text{m}^3$ ；

$(Q_s)_{ij}$ —第  $i$  个流量点第  $j$  次校准时标准器标况累积流量， $\text{m}^3$ ；

$q_{ij}$ —第  $i$  个流量点第  $j$  次校准时被校流量计标况瞬时流量， $\text{m}^3/\text{h}$ ；

$(q_s)_{ij}$ —第  $i$  个流量点第  $j$  次校准时标准器标况瞬时流量， $\text{m}^3/\text{h}$ 。

流量点示值误差

$$\bar{E}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n E_{ij} \quad (2)$$

式中：

$\bar{E}_i$ —第  $i$  个流量点示值误差；

$n$ —校准次数。

流量点重复性

$$(E_r)_i = \left[ \frac{1}{(n-1)} \sum_{j=1}^n (E_{ij} - \bar{E}_i)^2 \right]^{1/2} \quad (3)$$

式中：

$(E_r)_i$ —第  $i$  个流量点重复性。

## 8 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映，校准证书至少应包括以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点(如果与实验室的地址不同)；
- d) 证书的唯一性标识(如编号)，每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期；
- h) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- i) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- j) 校准环境的描述；
- k) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- l) 对校准规范的偏离的说明；
- m) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；
- n) 校准人和核验人签名；
- o) 校准结果仅对被校对象有效性的声明；
- p) 未经实验室书面批准，不得部分复制校准证书的声明。

## 9 复校时间间隔

流量计的复校时间间隔一般为1年。由于复校时间间隔的长短由流量计的使用情况、使用者、流量计本身质量等诸因素所决定，因此使用单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

## 附录 A

## 校准证书内页参考格式

量程				
介质				
标况温度				
标况压力				
序号	流量点( )	示值误差( )	重复性( )	扩展不确定度( )
1				
2				
3				

## 附录 B

## 差压式流量计（气体）在线校准原始记录参考格式

委托单位					记录编号		
委托方地址		型号规格		校准员			
器具名称		器具编号		核验员			
制造厂商		准确度等级		校准日期			
校准地点		温度	°C	复校间隔		个月	
校准依据		相对湿度	%				
被校流量计量程：			校准介质：				
被校流量计标况温度、标况压力：							
流量点 ( )	被校流量值 ( )	标准流量值 ( )	单次误差 ( )	平均误差 ( )	重复性 ( )	扩展不确定度 ( )	
名称	型号规格	测量范围	不确定度或准确度等级或最大允许误差	器具编号	溯源单位	证书编号	有效期至

## 附录 C

## 校准结果不确定度评定示例

## C.1 概述

C.1.1 在线校准依据：本规范。

C.1.2 标准器：

标准器	量程	准确度等级或最大允许误差
气体流量校准器	(5~500) mL/min	MPE: ±1.0%
	(0.05~5) L/min	
	(5~500) L/min	

C.1.3 校准方法：依据本规范中的方法，对被校流量计进行在线校准，通过比较标准器和被校流量计的示值，计算其示值误差。

## C.2 测量模型及不确定度传播率

## C.2.1 测量模型

被校流量计相对示值误差的测量模型如式（1）：

$$E_{ij} = \frac{Q_{ij} - (Q_s)_{ij}}{(Q_s)_{ij}} \times 100\% \text{ 或 } E_{ij} = \frac{q_{ij} - (q_s)_{ij}}{(q_s)_{ij}} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

$E_{ij}$ —第  $i$  个流量点第  $j$  次校准的示值误差，%；

$Q_{ij}$ —第  $i$  个流量点第  $j$  次校准时被校流量计标况累积流量， $\text{m}^3$ ；

$(Q_s)_{ij}$ —第  $i$  个流量点第  $j$  次校准时标准器标况累积流量， $\text{m}^3$ ；

$q_{ij}$ —第  $i$  个流量点第  $j$  次校准时被校流量计标况瞬时流量， $\text{m}^3/\text{h}$ ；

$(q_s)_{ij}$ —第  $i$  个流量点第  $j$  次校准时标准器标况瞬时流量， $\text{m}^3/\text{h}$ 。

## C.2 不确定度传播率

各输入量彼此独立不相关，合成相对标准不确定度  $u_{\text{rel}}$  可按（2）计算得到：

$$u_{\text{rel}}^2 = c_1^2 \cdot u^2(Q) + c_2^2 \cdot u^2(Q_s) \quad (2)$$

式中：

$c_1$ —灵敏系数， $c_1 = 1/Q_s$ ；

$c_2$ —灵敏系数， $c_2 = -Q / Q_s^2$ ；

$u(Q)$ —被校流量计引入的标准不确定度；

$u(Q_s)$ —气体流量校准器及检测时间不同步引入的标准不确定度。

## C.3 校准结果的不确定度评定示例

## C.3.1 校准条件

在标况温度为 20 °C，标况压力为 101.325 kPa，相对湿度为 62% 的环境条件下，使用量程为 (5~500) L/min、最大允许误差为 ±1.0% 的气体流量校准器校准一台量程为 (50~500) L/min 的被校流量计，由于被校流量计下限流量点的测量不确定度较大，因此不确定度评定时选取  $0.1q_{\max}$  流量点。标准器示值为 50.414 L/min，被校流量计算术平均值为 50.19 L/min。

### C.3.2 各不确定度分量计算

#### C.3.2.1 气体流量校准器及检测时间不同步引入的相对标准不确定度 $u_r(Q_s)$

$$u_r^2(Q_s) = u_r^2(\Delta) + u_r^2(\Delta t)$$

式中：

$t$  — 表示检测时间；

$u_r^2(\Delta)$  — 气体流量校准器最大允许误差所带来的影响相对量；

$u_r^2(\Delta t)$  — 气体流量校准器与被校流量计测试不同步带来的影响相对量；

##### C.3.2.1.1 气体流量校准器引入的相对标准不确定度分量 $u_r(\Delta)$

气体流量校准器最大允许误差为 ±1.0%。若装置不含整体不确定度，则需要根据不确定度影响分量单独计算。

$$u_r(\Delta) = 1.0\% / \sqrt{3} = 0.58\%$$

##### C.3.2.1.2 气体流量校准器检测时间不同步引入的相对标准不确定度分量 $u_r(\Delta t)$

估计此值在 ±0.5 s，检测时间约为 150 s，均匀分布，引起的不确定度分量  $u_r(\Delta t)$

$$u_r(\Delta t) = 0.5 / \sqrt{3} / 150 \times 100\% = 0.19\%$$

##### C.3.2.1.3 综上所述，气体流量校准器及检测时间不同步引入的标准不确定度 $u(Q_s)$

相对标准不确定度  $u_r(Q_s)$

$$\begin{aligned} u_r(Q_s) &= \sqrt{u_r^2(\Delta) + u_r^2(\Delta t)} \\ &= \sqrt{(0.58\%)^2 + (0.19\%)^2} \\ &= 0.61\% \end{aligned}$$

标准不确定度  $u(Q_s)$

$$u(Q_s) = 0.61\% \times 50.414 = 0.31 \text{ L/min}$$

#### C.3.2.2 被校流量计测量引入的标准不确定度 $u(Q)$

$$u^2(Q) = u^2(\partial) + u^2(\bar{Q})$$

式中：

$u^2(\partial)$  --- 被校流量计分辨力所带来的影响相对量；

$u^2(\bar{Q})$  --- 被校流量计测量重复性带来的影响相对量；

##### C.3.2.2.1 被校流量计分辨力引入的不确定度分量 $u(\partial)$

被校流量计分辨力为 0.01 L/min，均匀分布，引起的标准不确定度分量为：

$$u(\partial) = 0.01 / 2\sqrt{3} = 0.003 \text{ L/min}$$

#### C.3.2.2.2 测量重复性引入的不确定度分量 $u(\bar{Q})$

对被校流量计连续重复测量 10 次得到误差  $E_i$  分别为 -0.46%、-0.54%、-0.33%、-0.28%、-0.44%、-0.35%、-0.57%、-0.44%、-0.58%、-0.44%，单次测试时间不少于 15 s。

根据贝塞尔公式计算单次实验标准差：

$$s(E) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (E_i - \bar{E})^2}{10-1}} = 0.10\%$$

由测量重复性导致的最佳估计值  $\bar{E}$  的标准不确定度为

$$u(\bar{E}) = \frac{s(E)}{\sqrt{10}} = 0.03\%$$

则测量重复性引入的标准不确定度分量  $u(\bar{Q})$  为

$$u(\bar{Q}) = u(\bar{E}) \times 50.19 = 0.016 \text{ L/min}$$

#### C.3.2.2.3 综上所述，可得出被校流量计引入的标准不确定度 $u(Q)$

$$u(Q) = \sqrt{u^2(\partial) + u^2(\bar{Q})} = 0.016 \text{ L/min}$$

#### C.3.3 合成相对标准不确定度 $u_{\text{rel}}$

根据式 (2) 可得灵敏系数  $c_1$ ， $c_2$ ：

$$c_1 = 1/Q_s = 0.020 \text{ (L/min)}^{-1}$$

$$c_2 = -Q / Q_s^2 = -0.020 \text{ (L/min)}^{-1}$$

则合成相对标准不确定度  $u_{\text{rel}}$

$$\begin{aligned} u_{\text{rel}} &= \sqrt{c_1^2 u^2(Q) + c_2^2 u^2(Q_s)} \times 100\% \\ &= \sqrt{(0.020)^2 \times (0.016)^2 + (-0.020)^2 \times (0.31)^2} \times 100\% \\ &= 0.6\% \end{aligned}$$

#### C.3.4 在线校准方案校准结果相对扩展不确定度 $U_{\text{rel}}$

取包含因子  $k=2$ ，则校准结果的相对扩展不确定度为：

$$U_{\text{rel}} = k \times u_{\text{rel}} = 1.2\%, \quad k=2$$

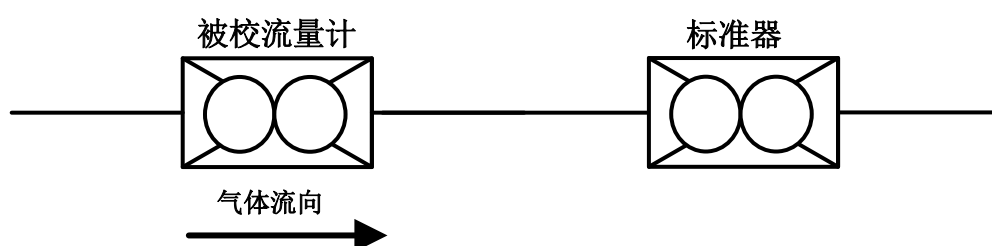
## 附录 D

## 在线校准方案

在线校准方案包含串联式和插入式 2 种方法，需根据现场条件选择。

## D.1 串联式在线校准法

在被校流量计后端适当位置拆除一段管路，将标准器串联在被校流量计所在管路中。如需调节流量，可在管路中合适位置安装调节阀。示意图如下。



## 使用方法及注意事项

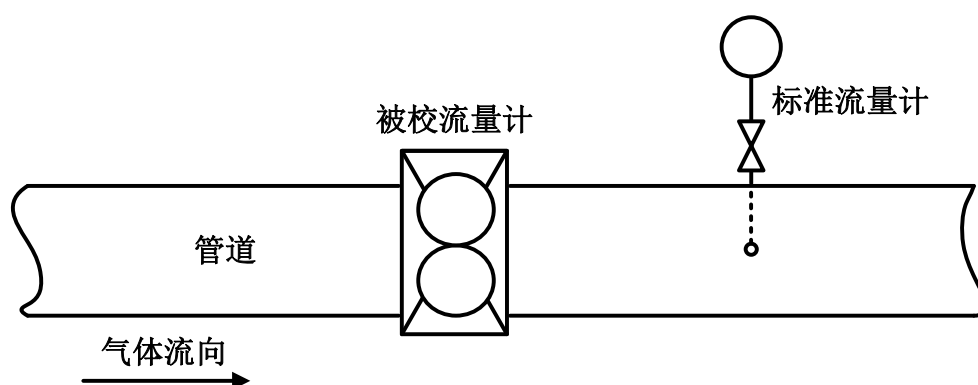
D.1.1 将标准器与被校流量计串联至同一管路中。检查标准器和被校流量计之间管路，确保无漏气、无旁路。

D.1.2 在管路上安装阀门，便于调节流量。

D.1.3 建议被校流量计和标准器前后具有前  $10D$  和后  $5D$  的直管段。（ $D$  为管道口径）。

## D.2 插入式在线校准法

将标准流量计安装于被校流量计所在管路中。安装示意图如下。



## 使用方法及注意事项

D.2.1 在被校流量计安装管路合适位置选择测量插入点，计算好插入深度，将标准流量计安装在管路上并保证密封。标准流量计的安装角度应垂直于管道轴线，测量流向与管道内介质的流动方向一致，同时符合生产厂家说明书中安装要求。

D.2.2 当测量易燃易爆气体介质时，需符合厂家安全生产要求。安装后检查并确认标准流量计与管道连接处是否有泄漏，如有泄漏，则重新安装。



D.2.3 完成安装后对被校流量计实施校准，校准结束后从套管中拔出标准流量计，及时关闭套管阀门。

D.2.4.建议被校流量计和标准器前后具有前  $10D$  和后  $5D$  的直管段。（ $D$  为管道口径）。

---