



# 河北省地方计量技术规范

JJF(冀) 117-2013

---

## 孔口流量计校准规范

Calibration Specification for Special Orifice Flowmeters

2013-09-29 发布

2014-01-01 实施

---

河北省质量技术监督局 发布



# 孔口流量计校准规范

JJF (冀) 117-2013

Calibration Specification for

Special Orifice Flowmeters

---

归口单位：河北省质量技术监督局

主要起草单位：河北省计量监督检测院

参加起草单位：河北省计量科学研究所

河北大学

本规范委托主要起草单位负责解释

本规范主要起草人：

陈世砚（河北省计量监督检测院）

屈宏强（河北省计量监督检测院）

牛立娜（河北省计量监督检测院）

参加起草人：

赵 宁（河北大学）

任彦丽（河北省计量科学研究所）

李国栋（河北省计量监督检测院）

回 吉（河北省计量监督检测院）

邢静芳（河北省计量监督检测院）

田鹏飞（河北省计量监督检测院）

路军月（中国石油天然气股份有限公司

山西煤层气勘探开发指挥部）

# 目 录

引言 .....	II
1 范围.....	1
2 引用文献.....	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.....	3
4.1 结构.....	3
4.2 原理.....	3
4.3 用途.....	5
5 计量特性.....	5
6 校准条件.....	5
6.1 环境条件.....	5
6.2 主标准器及配套设备 .....	6
6.3 其它设备 .....	6
7 校准项目及校准方法.....	6
7.1 校准项目.....	7
7.2 校准方法.....	7
7.2.1 普通孔口流量计流量差压相关因子校准.....	7
7.2.2 智能孔口流量计流量系数校准.....	10
8 校准结果表述.....	14
9 复校时间间隔.....	14
附录 A 普通孔口流量计校准记录格式 .....	15
附录 B 智能孔口流量计校准记录格式 .....	16
附录 C 普通孔口流量计校准证书内页格式 .....	18
附录 D 智能孔口流量计校准证书内页格式 .....	19
附录 E 不确定度评定实例 .....	20

# 引 言

本规范参照国际法制计量组织 (OIML) 的国际建议 OIML R137-1&2:2013 《气体流量计》 (Gas Meters) 及 GB/T 2624.1-2006 《用安装在圆形截面管道中的差压装置测量满管流体流量 第 1 部分: 一般原理和要求》, 并结合我省孔口流量计的生产、使用和校准现状进行制定, 主要的技术指标参照了国际建议编写。

目前, 孔口流量计广泛应用于计量部门、环境监测部门和工业部门对采样器流量参数的现场校准, 如: 总悬浮颗粒物采样器 (TSP)。目前, 常见孔口流量计主要出自青岛崂山应用技术研究所、武汉市天虹仪表有限责任公司、青岛崂山电子仪器总厂有限公司、青岛恒远科技发展有限公司、广州市林华环保科技有限公司等, 按智能化程度可以分为: 普通孔口流量计和智能孔口流量计。

根据 JJF 1071-2010 《国家计量校准规范编写规则》第 3.1、3.2 条, 本规范将流量差压相关因子  $A$  和流量修正系数  $k$  及其扩展不确定度列为计量性能并作为计量校准的主要工作。

本规范引用了 JJG 882-2004 《差压变送器》检定规程中对差压变送器的检定要求和 JJG 640-1994 《差压式流量计》检定规程中对差压式流量计的检定要求。

本规范是首次制定使用。

# 孔口流量计校准规范

## 1 范围

本规范适用于以气体为测量介质,范围在(0.1~120)m<sup>3</sup>/h 孔口流量计(以下简称流量计)的校准。

## 2 引用文献

JJG 640 《差压式流量计》 检定规程

JJG 882-2004 《差压变送器》 检定规程

JJF 1001-2011 《通用计量术语及定义》

JJF 1004 《流量计量名词术语及定义》

JJF 1059-2012 《测量不确定度评定与表示》

JJF 1071-2010 《国家计量校准规范编写规则》

GB/T 2624.1-2006 《用安装在圆形截面管道中的差压装置测量满管流体流量 第1部分:一般原理和要求》

HJ/T 368-2007 《环境保护产品技术要求标定总悬浮颗粒物采样器用的孔口流量计》

国际建议 OIML R137-1&2:2013 《气体流量计》 (Gas Meters)

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

## 3 术语和计量单位

### 3.1 术语

JJF 1001、JJF 1004 界定的及以下术语适用于本规范。

#### 3.1.1 孔口流量计 Orifice flowmeter

孔口流量计是差压式流量计的一种,由节流装置和差压计(或差压变送器和显示仪表)组成,其中节流装置一端直通大气且唯有单一取压孔。

### 3.1.2 指定校准流量 fixed flow rate

孔口流量计用户指定校准的流量,  $q_{fixed}$ 。

### 3.1.3 节流装置 throttle devices

装入管道以产生差压的装置, 测量此差压, 并根据已知的流体状态、装置几何尺寸和管道几何尺寸, 即可计算出流量。

### 3.1.4 管壁取压孔 wall pressure tapping

管壁上的圆形孔, 其边缘与管道内表面平齐。取压孔用于测量管道内流体的静压。

### 3.1.5 差压 differential pressure

孔口流量计在负压状态下, 流量计下游取压孔处压力与环境大气压力的差值。

### 3.1.6 一次装置 primary device

产生流量信号的装置, 根据所采用的原理, 一次装置可在管道内部或外部。对孔口流量计而言, 一次装置包括测量管、节流装置及取压孔。

### 3.1.7 二次装置 secondary device

接受来自一次装置的信号并显示、记录、转换和(或)传送该信号以得到流量值的装置。

### 3.1.8 负压法 downright pressure

校准孔口流量计时, 流量计内流体绝对压力小于环境大气压力的校准方法称为负压法。

## 3.2 计量单位

3.2.1 体积单位: 立方米, 符号  $m^3$ ; 或升, 符号 L。

3.2.2 流量单位: 立方米每分钟, 符号  $m^3/min$ ; 或升每分钟, 符号 L/min。

3.2.3 压力单位: 帕[斯卡], 符号 Pa。

3.2.4 温度单位: 摄氏度,  $^{\circ}C$ ; 或热力学温度: 开尔文, 符号 K。



## 4 概述

### 4.1 结构

孔口流量计由一次装置和二次装置两部分组成。根据二次装置智能化程度可分为普通孔口流量计和智能孔口流量计两类。

普通孔口流量计由节流装置和差压仪表两部分组成(如图 1 所示), 此类流量计只能显示差压值, 用户根据差压值换算出流量值。

智能孔口流量计由节流装置和差压变送器及显示仪表组成(如图 2 所示), 差压变送器将测得的差压值转换为流量值显示在仪表上。

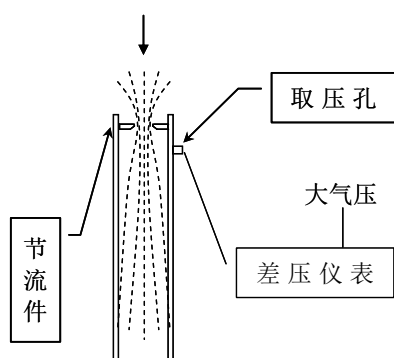


图 1 普通孔口流量计结构示意图

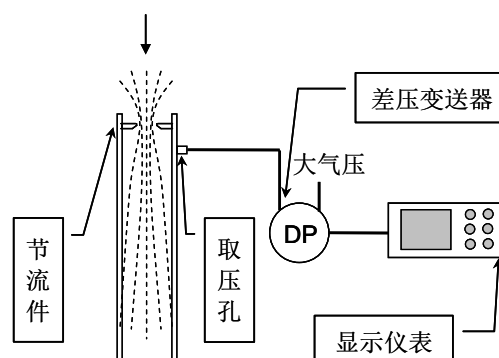


图 2 智能孔口流量计结构示意图

### 4.2 原理

孔口流量计上游直通环境大气, 下游有一定长度的直管段, 气体流经节流装置时产生压力降(如图 3 所示)。气体的流束将在流量计节流件处形成局部收缩, 因而流速增加, 静压降低, 在节流件前后产生差压(采用负压法测量时即取压孔处压力与环境大气压力的差值), 此差压值与流体的流量有确定的数值关系。因此, 只要测量出差压值, 就可以得到流体通过管道的流量大小。

以伯努利方程和流动连续性方程为理论依据, 可得孔口流量计流量方程

$$A = \frac{q_v}{\sqrt{\Delta p}} \quad (1)$$

式中:  $q_v$ —实际流量,  $\text{m}^3/\text{min}$  或  $\text{L}/\text{min}$ ;

$\Delta p$ —孔口流量计测得差压值, Pa。

$A$ —流量差压相关因子,  $\text{m}^2\text{kg}^{-\frac{1}{2}}$ 。

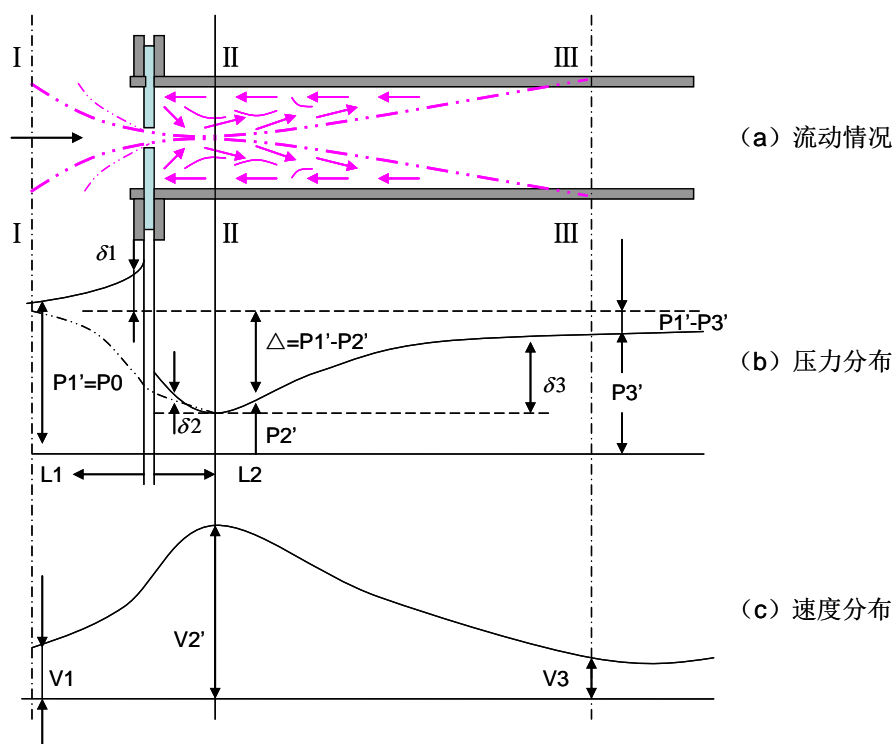


图3 孔口流量计流体流动特性示意图

由于检测环境的差异,二次仪表根据实际检测环境条件可修正到不同要求的参考条件(101.325kPa, 273.15K, 293.15K, 298.15K),这里以标准状况 293.15K 为准:

$$q_v = A \cdot \sqrt{\frac{\Delta p \cdot P_m T_N}{P_N T_m}} \quad (2)$$

式中:  $q_v$ —孔口流量计标准状态下体积流量,  $\text{m}^3/\text{min}$  或  $\text{L}/\text{min}$ ;

$P_N$ —标准状态下的大气压, 101.325kPa;

$T_N$ —标准状态下的温度, 293.15K;

$P_m$ —现场大气压, Pa;

$T_m$ —现场温度, K。

智能孔口流量计通过二次仪表已经将流量差压相关因子  $A$  置入, 而且, 为了

适应实流标定的需求，设置了流量修正因子  $k$ ：

$$k = \frac{q_s}{q_v} \quad (3)$$

式中： $q_s$ —流量标准器标准状态下体积流量， $\text{m}^3/\text{min}$  或  $\text{L}/\text{min}$ ；

$q_v$ —孔口流量计标准状态下体积流量， $\text{m}^3/\text{min}$  或  $\text{L}/\text{min}$ ；

$k$ —流量修正因子，无量纲。

### 4.3 用途

孔口流量计广泛应用于采样器流量参数的现场校准，如：总悬浮颗粒物采样器(TSP)。

## 5 计量特性

### 5.1 流量差压相关因子 $A$ 的扩展不确定度

普通孔口流量计流量差压相关因子  $A$  的扩展不确定度见表 1。

### 5.2 流量修正系数的扩展不确定度

智能孔口流量计流量系数扩展不确定度见表 1。

表 1 流量计相关参数扩展不确定度

仪表类型	相对扩展不确定度%	
	流量差压相关因子 $A$	流量修正系数 $k$
普通孔口流量计	$\leq 1.0$	—————
	$\leq 1.5$	—————
智能孔口流量计	—————	$\leq 0.5$
	—————	$\leq 1.0$

注：以上指标不是用于合格判据，仅供参考。

## 6 校准条件

### 6.1 环境条件

#### 6.1.1 校准环境条件

环境温度: (15~25)℃

相对湿度: 45%~75%

大气压力: (86~106)kPa

6.1.2 室内应防潮、避尘、防热, 无强电磁场干扰, 无强的机械振动。

## 6.2 主标准器及配套设备

主标准器及配套设备均应有有效的检定/校准证书。

### 6.2.1 主标准器

主标准器可选用标准表法气体流量标准装置、钟罩式气体流量标准装置及音速喷嘴式气体流量标准装置等, 其流量范围应与被校孔口流量计的流量范围相适应, 其扩展不确定度应优于孔口流量计扩展不确定度的 1/2。

### 6.2.2 配套设备

根据负压法测量原理配套设备见表 3。

表 3 配套设备

序号	设备名称	技术要求	用途
1	智能数字压力表	0.05 级	测量差压变送器的差压值
2	电子秒表	MPE: $\pm 0.01s$	测量每次校准时间
3	空盒气压表	MPE: $\pm 2.5hPa$	测量大气压力
4	温度计	MPE: $\pm 0.2^{\circ}C$	测量仪表温度
5	温湿度计	MPE: $\pm 5\%RH$	测量环境湿度和温度
6	压力源	MPE: $\pm 1Pa$	提供差压变送器校准时的稳定压力源
7	交流稳压电源, 220V, 1000W	_____	提供稳定电源
8	旋涡气泵	_____	提供流量校准时的稳定气源

### 6.3 其他设备

供给孔口流量计的气源压力应平稳, 变化量不超过 1%; 气源一般应是无油, 无灰尘的净化空气, 可以配用空气过滤器、减压阀和气动定值器。

## 7 校准项目和校准方法

## 7.1 校准项目

### 7.1.1 普通孔口流量计流量差压相关因子校准

### 7.1.2 智能孔口流量计流量系数校准

## 7.2 校准方法

### 7.2.1 普通孔口流量计流量差压相关因子校准

#### 7.2.1.1 普通孔口流量计校准系统如图 4 所示：

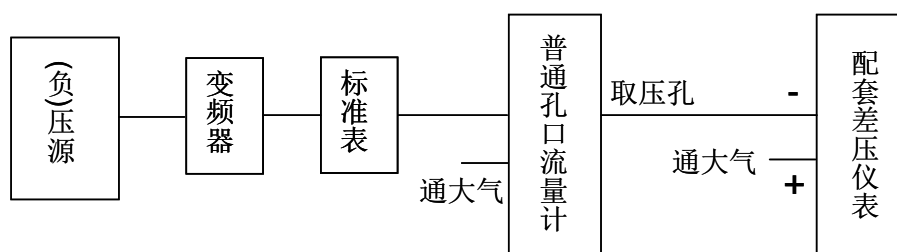


图 4 普通孔口流量计校准系统示意图

#### 7.2.1.2 密封性

将孔口流量计一段用塞子堵死，另一端连接压力源。根据孔口流量计相关参数合理供压，待压力平稳后读取初始压力值，稳定 2min 后再次读取，观察压力值的变化情况，若变化值在 $\pm 2\%$ 以内认为密封性良好，无泄漏。

#### 7.2.1.3 预运行

选择合适的流量标准器，启动气源，缓慢调节流量，在孔口流量计测量范围内任选一流量点平稳运行不低于 2min，同时观测标准器和流量计各部件运行是否正常。

#### 7.2.1.4 校准过程

在孔口流量计流量范围内均匀选择 5~7 个流量点（包括上、下限值）进行校准，校准流量一般不超过设定流量的 $\pm 5\%$ ，每个流量点校准时间不少于 120s。

- a) 记录流量标准器瞬时流量或同步记录累积流量和时间，计算出瞬时流量；
- b) 每点独立测量过程中，每隔 10s 左右采集孔口差压计的压力示值  $\Delta p_{ij}$ ，至

少采集 6 次；

c) 计算每个校准点的平均差压值  $\Delta p_i$  及其重复性引入的相对标准不确定度  $u_r(\Delta p_i)$ ；

d) 由每次校准中测得的瞬时流量和差压值根据公式(1)即可求得每点的流量差压相关因子  $A_i$ ；

f) 普通孔口流量计整个流量范围内的流量差压相关因子取几个校准流量点  $A_i$  的均值即可。

#### 7.2.1.5 数据处理

孔口流量计流量差压相关因子按照公式(4)计算：

$$A = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m A_i \quad (4)$$

式中：  $A$ —孔口流量计的平均相关因子，  $\text{m}^{\frac{7}{2}}\text{kg}^{-\frac{1}{2}}$ ；

$A_i$ —第  $i$  点校准得到的流量差压相关因子，  $\text{m}^{\frac{7}{2}}\text{kg}^{-\frac{1}{2}}$ ；

$i$ —校准流量点；

$m$ —孔口流量计校准点的个数。

由公式(1)可得孔口流量计  $i$  点流量差压相关因子：

$$A_i = \frac{60V_s}{t \cdot \sqrt{\Delta p_i}} = 60V_s \cdot t^{-1} \cdot \Delta p_i^{-\frac{1}{2}} \quad (5)$$

式中：  $V_s$ —第  $i$  点校准时流量标准器的累计流量， L 或者  $\text{m}^3$ ；

$t$ —第  $i$  点校准时计时器的累计时间， s；

$\Delta p_i$ —第  $i$  点校准中测得的差压仪表的差压均值， Pa；

其中， 第  $i$  点校准的差压值  $\Delta p_i$  按照公式(6)计算：

$$\Delta p_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \Delta p_{ij} \quad (6)$$

式中:  $\Delta p_i$ —差压仪表第*i*点校准过程中采集的压力均值, Pa;

$\Delta p_{ij}$ —差压仪表第*i*点校准过程中第*j*次采集的压力值, Pa;

*n*—第*i*点差压值测量次数。

#### 7.2.1.6 重复性计算

在*i*流量点, 差压仪表采集的压力均值 $\Delta p_i$ 重复性按下式计算:

$$s(\Delta p_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (\Delta p_{ij} - \Delta p_i)^2}$$

在*i*流量点, 差压值由*n*次重复测量的平均值 $\Delta p_i$ 进行计算, 由重复性引入的相对标准不确定度为:

$$u_r(\Delta p_i) = \frac{s(\Delta p_i)}{\Delta p_i \cdot \sqrt{n}} \quad (7)$$

#### 7.2.1.7 合成不确定度

由公式(4)按不确定度传播率得到流量差压相关因子*A*的合成标准不确定度为:

$$u_r(A) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n u_r(A_i) \quad (8)$$

$$u_r(A_i) = \sqrt{u_r^2(V_s) + u_r^2(t) + 0.25u_r^2(\Delta p_i)} \quad (9)$$

式中:  $u_r(V_s)$ —流量标准器引入的不确定度分量;

$u_r(t)$ —计时标准器引入的不确定度分量;

$u_r(\Delta p_i)$ —配套差压仪表示值重复性引入的不确定度分量。

#### 7.2.1.8 扩展不确定度

普通孔口流量计流量差压相关因子*A*校准结果的相对扩展不确定度按公式(10)计算:

$$U_r(A) = k \cdot u_r(A) \quad (k=2) \quad (10)$$

## 7.2.2 智能孔口流量计流量系数校准

### 7.2.2.1 流量计差压系数校验

流量计差压变送器是差压仪表的一种，不同之处在于差压变送器有压力修正系数。

#### a) 准备工作

流量计应在校准环境下一般应放置两个小时后再进行校准，首先进行环境温度 and 大气压力设置，而后将孔口流量计差压变送器和智能数字压力表同步校零。

#### b) 校准过程

在差压变送器测量范围内，均匀选取不少于 5 个压力点进行校准，包括上、下限值。校准时缓慢调节压力源，保证压力值缓慢平稳地按同一个方向逼近校准点。令压力校准装置和差压变送器同时测量同一压力信号，稳定 3s 后同时读取标准装置示值  $p_{si}$  和流量计差压示值  $p_{mi}$ ，根据测量数据校准差压传感器零点修正因子  $a$  和修正系数  $N_0$ 。

#### c) 数据处理

首先根据测量数据校准零点修正因子  $a$ ，而后校准压力系数  $N_0$ 。

计算流量计差压修正系数按以下公式计算：

$$N_i = \frac{p_{si}}{p_{mi}} \times N_0 \quad (11)$$

$$\bar{N} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N_i \quad (12)$$

式中： $N_0$ —流量计差压变送器的修正系数，无量纲。

将  $\bar{N}$  作为新的差压变送器修正系数，输入被校流量计。

### 7.2.2.2 流量计流量系数校准

#### a) 设备连接



完成差压系数校准后，对智能孔口流量计开展流量系数校准。系统内压力波动不应超过被检表不确定度的 1/5。示意图如下：

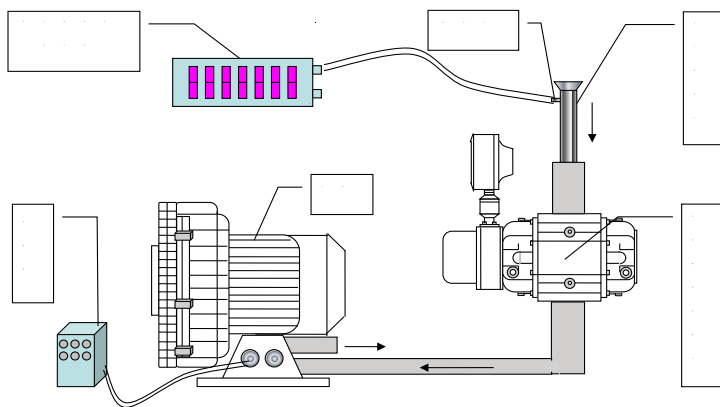


图 5 智能孔口流量计校准系统示意图

#### b) 密封性

将孔口流量计一段用塞子堵死，另一端连接压力源。根据孔口流量计相关参数合理供压，待压力平稳后读取初始压力值，稳定 2min 后再次读取，观察压力值的变化情况，若变化值在 $\pm 2\%$ 以内认为密封性良好，无泄漏。

#### c) 预运行

启动气泵和变频器，缓慢调节流量，在孔口流量计测量范围内任选定一流量点平稳运行不低于 2min。同时观测标准器和流量计各部件运行是否正常。

#### d) 校准过程

在流量计流量范围内，一般校准：均匀选取不少于 3 个流量点进行校准，包括上、下限值；用户有特定要求校准：按  $q_{\min}$ 、 $q_{\text{fixed}}$ 、 $q_{\max}$  流量点进行校准。

校准流量一般不超过设定流量的 $\pm 5\%$ ，单点单次校准时间不低于 120s，每点至少校准 3 次。

## e) 数据处理

## 1) 标准装置流量方程

标准装置自身具备温压补偿功能，即可得到标况下的累积体积流量，记录标准装置校准累计流量 $V_s$ 和校准时间 $t$ ，计算得出标准体积流量 $q_s$ ：

$$q_s = 60V_s/t \quad (13)$$

式中： $q_s$ —被校流量点标状下体积流量， $\text{m}^3/\text{min}$  或  $\text{L}/\text{min}$ ；

$V_s$ —标准状况累计体积， $\text{m}^3$  或  $\text{L}$ ；

$t$ —流量点校准累积时间， $\text{s}$ 。

## 2) 流量计流量示值

根据 4.2 中公式(2)得智能孔口流量计瞬时流量理论值为：

$$q_v = A \cdot \sqrt{\frac{\Delta p \cdot P_m T_N}{P_N T_m}} \quad (14)$$

校准过程中，由于智能孔口流量计二次显示仪表不显示累积流量，只有标况和工况下的瞬时流量，因此实际校准操作过程中，每隔一定时间(10s 左右)采集一

次标况瞬时流量值 $q_{v,ij}$ ，采集 $m$ 次( $m \geq 6$ )，最后取其均值 $q_{v,i} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m q_{v,ij}$ 为本点校

准过程中的流量计瞬时流量。

## 3) 流量系数计算

校准数据应满足： $q_s = q_v$ ，所以校准后流量系数 $k'_i = \frac{q_s}{q_v} \cdot k_i$  (15)

式中： $k'_i$ —第 $i$ 点测量得到的流量系数，无量纲；

$q_s$ —标准装置瞬时体积流量， $\text{m}^3/\text{min}$  或  $\text{L}/\text{min}$ ；

$q_v$ —智能孔口流量计瞬时体积流量， $\text{m}^3/\text{min}$  或  $\text{L}/\text{min}$ ；

$k_i$ —第 $i$ 点在校准前的流量系数，无量纲。

在  $i$  流量点, 多次校准所测得的该点流量系数平均值为:  $\bar{k}_i = \frac{1}{l} \sum k_i^j$  (16)

式中:  $\bar{k}_i$ —校准后  $i$  流量点流量系数平均值, 无量纲;

$l$ —每流量点的校准次数。

### 7.2.2.3 相对合成标准不确定度

根据公式(16)按照不确定度传播定律得到  $i$  校准点流量系数  $\bar{k}_i$  的合成标准不确定度按照下式计算:

$$u_r(\bar{k}_i) = \frac{1}{l} \sum u_r(k_i^j) \quad (17)$$

由公式(13)、(14)、(15)得到:

$$k_i^j = 60V_s \cdot t^{-1} \cdot k_i \cdot A^{-1} \cdot P_N^{0.5} \cdot T_m^{0.5} \cdot \Delta p^{-0.5} \cdot P_m^{-0.5} \cdot T_N^{-0.5} \quad (18)$$

因为:  $A$ ,  $P_N$ ,  $T_N$ ,  $k_i$  为已知常量, 所以:

$$u_r(A) = 0, \quad u_r(P_N) = 0, \quad u_r(T_N) = 0, \quad u_r(k_i) = 0。$$

$i$  流量点单次测量得到的流量系数  $u_r(k_i^j)$  相对合成标准不确定度按照公式(19)计算:

$$u_r(k_i^j) = \sqrt{u_r^2(V_s) + u_r^2(t) + 0.25u_r^2(\Delta p) + 0.25u_r^2(p_m) + 0.25u_r^2(T_m)} \quad (19)$$

式中:  $u_r(V_s)$ —流量标准器引入的相对标准不确定度;

$u_r(t)$ —计时标准器引入的相对标准不确定度;

$u_r(\Delta p)$ —差压示值重复性引入的的相对标准不确定度;

$u_r(p_m)$ —环境大气压力引入的相对标准不确定度;

$u_r(T_m)$ —环境温度引入的相对标准不确定度;

其中, 差压示值重复性引入的相对不确定度分量由三个因素构成: 压力标准器的准确度等级、差压传感器重复性及气源稳定性, 三个因素互不相关, 即:

$$u_r(\Delta p) = \sqrt{u_r^2(P_s) + u_r^2(\bar{N}) + u_r^2(P_0)} \quad (20)$$

式中： $u_r(P_s)$ —压力标准器引入的相对标准不确定度；

$u_r(\bar{N})$ —差压传感器重复性引入的相对标准不确定度；

$u_r(P_0)$ —气源稳定性引入的相对标准不确定度；

#### 7.2.2.4 扩展不确定度

孔口流量计流量系数相对扩展不确定度按公式(21)计算：

$$U_r(\bar{k}_i) = 2u_r(\bar{k}_i) \quad (21)$$

### 8 校准结果表述

原始记录和校准证书格式见附录 A-D。

### 9 复校时间间隔

孔口流量计的复校时间间隔建议一般为 1 年。也可根据被校孔口流量计使用环境条件、使用频率或管理要求由送校单位自行决定复校的时间间隔。

在相邻两次校准期间，如果对仪器的检测数据有怀疑或仪器更换主要部件及修理后应对仪器重新校准。

## 附录 A

## 普通孔口流量计校准记录格式

共 1 页 第 1 页

A.1 基本情况												
送校单位				器具名称	孔口流量计							
单位地址				规格型号								
制造单位				准确度等级								
校准依据				出厂编号								
校准地点				流量范围								
环境温度	℃	环境湿度	%RH	大气压力	Pa							
主要标准器												
名称	出厂编号	测量范围	准确度等级/测量不确定度/最大允许误差	证书编号	有效期至							
A.2 校准结果												
A.2.1 一般检查 外观: _____ ; 密封性: _____												
A.2.2 差压仪表校准数据												
校准点	差压仪表示值 (Pa)										校准结果	
											差压均值 Pa	$u_r(\Delta p_i)\%$
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
A.2.3 流量计校准数据							流量差压相关因子均值 $A =$					
孔口流量计差压示值 (Pa)												
标准器累计体积 (L)												
电子秒表累计时间 (s)												
流量标准器瞬时流量 ( )												
流量差压相关因子 $A_i (m^2 kg^{-1/2})$												
合成相对不确定度 $u_r(A_i)\%$												
合成相对不确定度 $u_r(A)\%$												
相对扩展不确定度 $U_r(A)\%$												

校准员: \_\_\_\_\_

核验员: \_\_\_\_\_

校准时间: \_\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

## 附录 B

## 智能孔口流量计校准记录格式

共 2 页 第 1 页

A.1 基本情况					
送校单位			器具名称	智能孔口流量计	
单位地址			规格型号		
制造单位			准确度等级		
校准依据			出厂编号		
校准地点			流量范围		
环境温度	℃	环境湿度	%RH	大气压力	Pa
主要标准器					
名称	出厂编号	测量范围	准确度等级/测量不确定度/最大允许误差	证书编号	有效期至

A.2 校准结果	
A.2.1 一般检查	外观: _____ ; 密封性: _____ ;

A.2.2 差压校验							
		原零点修正因子: _____ ;		校验后零点修正因子: _____ ;			
校准点	标准器压力示值 $p_{si}/(Pa)$	孔口差压示值 $p_{mi}/(Pa)$	原系数 $N_0$	$p_{si}/p_{mi}$	修正后系数 $N_i$	$\bar{N}$	$u_r(\bar{N})$
1							
2							
3							
4							
5							

A.2.3 流量系数预校准							
校准点	标准装置			孔口流量计			
	$V/(L)$	$t/(s)$	$q_s$	$q_v$	$k_i$	$q_s/q_v$	$\bar{k}_i$
1							
2							
3							

## 智能孔口流量计校准记录格式

共 2 页 第 1 页

A.2.4 流量计标准瞬时流量读取										
校准点	智能流量计二次仪表标准瞬时体积流量示值 $q_{V,ij}$ ( /min)								流量均值 $q_{V,i}$ ( /min)	$u_r(q_{V,i})$ %
$q_{\min}$										
$q_{\text{fixed}}$										
$q_{\max}$										

A.2.5 流量系数校准								
校准点	标准装置			孔口流量计				
	$V/(L)$	$t/(s)$	$q_s$	$q_V$	$k_i$	$q_s/q_V$	$k_{ij}$	$k'_i$
$q_{\min}$								
$q_{\text{fixed}}$								
$q_{\max}$								

A.3 流量计流量示值校准数据			
标准器流量示值( /min)			
扩展不确定度 $U_r(\%)$ , $k=2$			

校准员: \_\_\_\_\_

核验员: \_\_\_\_\_

校准日期: \_\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

## 附录 C

## 普通孔口流量计校准证书内页格式

证书编号： -JZXXXX 第 X 页，共 X 页

## B.1 本次校准所用标准

名称： \_\_\_\_\_； 测量范围： \_\_\_\_\_； 不确定度或准确度等级： \_\_\_\_\_；

计量标准证书编号： \_\_\_\_\_量标法证字第 \_\_\_\_\_号； 有效期至： \_\_\_\_\_年 \_\_\_\_\_月 \_\_\_\_\_日。

## B.2 校准地点、环境条件

校准地点： \_\_\_\_\_； 大气压力： \_\_\_\_\_ Pa ；

环境温度： \_\_\_\_\_℃ ； 环境湿度： \_\_\_\_\_%RH 。

## B.3 校准结果

## B.3.1 一般性检查

序号	校准项目	校准结果
1	铭牌标记	
2	外观	
3	密封性	
4	流量范围	( ~ ) /min

## B.3.2 流量系数校准结果

序号	压力示值	流量示值	差压重复性%	相关因子 $A_i$	相关因子均值 A
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
测量结果的相对扩展不确定度 $U_r =$ %， $k = 2$ 。					

## B.4 复校时间间隔建议：1 年



## 附录 D

## 智能孔口流量计校准证书内页格式

证书编号: -JZXXXX 第 X 页, 共 X 页

## B.1 本次校准所用标准

名称: \_\_\_\_\_; 测量范围: \_\_\_\_\_;

不确定度或准确度等级: \_\_\_\_\_;

计量标准证书编号: \_\_\_\_\_ 量标法证字第 \_\_\_\_\_ 号;

有效期至: \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日。

## B.2 校准地点、环境条件

校准地点: \_\_\_\_\_; 大气压力: \_\_\_\_\_ Pa;

环境温度: \_\_\_\_\_ °C; 环境湿度: \_\_\_\_\_ %RH。

## B.3 校准结果

## B.3.1 一般性检查

序号	校准项目	校准结果
1	铭牌标记	
2	外观	
3	密封性	
4	流量范围	( ~ ) L/min
5	压力修正系数	修正为

## B.3.2 流量系数校准结果

序号	标准流量	原流量系数	校准后流量系数	扩展不确定度% ( $k=2$ )
1				
2				
3				

## B.4 复校时间间隔建议: 1 年

## 附录 E

## 不确定度评定实例

## C.1 概述

## C.1.1 被校仪表

名称：智能孔口流量校准器；

流量范围：(80~120)L/min；

## C.1.2 标准器

名称：标准表法气体流量标准装置；

准确度等级：0.5 级；

流量范围：(0.65~65)m<sup>3</sup>/h；

## C.1.3 配套设备

表 C.1 配套设备

序号	设备名称	技术要求	用途
1	智能数字压力表	0.05 级	测量差压变送器的差压值
2	电子秒表	MPE: $\pm 0.01s$	测量每次校准时间
3	空盒气压表	MPE: $\pm 2.5hPa$	测量大气压力
4	温度计	MPE: $\pm 0.2^{\circ}C$	测量仪表温度
5	温湿度计	MPE: $\pm 5\%RH$	测量环境湿度和温度
6	压力源	MPE: $\pm 1Pa$	提供差压变送器校准时的稳定压力源
7	交流稳压电源, 220V, 1000W	—————	提供稳定电源
8	旋涡气泵	—————	提供流量校准时的稳定气源

## C.1.4 测量结果

## C.1.4.1 差压测量测量数据见表 C.2；

表 C.2 差压校验数据

A.2.2 差压校准 原零点修正因子: <u>258Pa</u> ; 校准后零点修正因子: <u>265Pa</u> ;							
校准点	标准器压力示值 $p_{si}/(Pa)$	孔口差压示值 $p_{mi}/(Pa)$	原系数 $N_0$	$p_{si}/p_{mi}$	修正后系数 $N_i$	$\bar{N}$	$u_r(\bar{N})$
1	600	601	1.205	0.9983	1.2030	1.205	0.246%
2	900	902		0.9978	1.2023		
3	1200	1201		0.9992	1.2040		
4	1500	1499		1.0007	1.2058		
5	1800	1793		1.0039	1.2097		

C.1.4.2 流量系数预校准测量数据见表 C.3;

表 C.3 流量系数预校准数据

A.2.3 流量系数预校准							
校准点	标准装置			孔口流量计			
	$V/(L)$	$t/(s)$	$q_s$	$q_v$	$k_i$	$q_s/q_v$	$k_{ij}$
1	171.3	120.23	85.47	86.9	1.0096	0.9835	0.9930
2	198.1	119.28	99.64	92.2	1.0756	1.0807	1.1624
3	232.9	120.15	116.29	118.6	0.9907	0.9805	0.9714

C.1.4.3 流量计二次仪表标况瞬时流量示值见表 C.4;

表 C.4 流量计标况瞬时流量示值

A.2.4 流量计标况瞬时流量示值										
校准点	智能流量计二次仪表标准瞬时体积流量示值 $q_{v,ij}$ (L/min)								流量均值 $q_{v,i}$ (L/min)	$u_r(q_{v,i})$ %
	$q_{\min}$	79.6	80.0	79.7	80.1	79.8	79.4	79.5	80.3	79.8
79.2		79.5	80	79.5	79.8	79.3	79.9	79.6	79.6	0.126
79.5		79.7	79.6	79.3	80.2	79.9	79.8	79.6	79.7	0.121
$q_{\text{fixed}}$	99.2	99.0	99.6	99.7	99.4	99.5	99.2	99.6	99.4	0.087
	99.2	98.8	98.9	99.3	99.6	99.8	99.5	99.3	99.3	0.120
	99.5	99.8	99.9	99.7	100.2	99.4	99.2	99.1	99.6	0.131
$q_{\max}$	119.3	119.6	119.8	120.1	120.3	120.5	119.7	119.9	119.9	0.115
	119.3	119.5	119.7	119.6	119.2	120.2	120.6	120.3	119.8	0.150
	119.7	119.4	120	120.1	120.6	119.9	120.4	120.7	120.1	0.132

C.1.4.4 流量系数校准测量数据见表 C.5;

表 C.5 流量系数校准数据

A.2.5 流量系数校准								
校准点 (L/min)	标准装置			孔口流量计				
	V/(L)	t/(s)	$q_s$	$q_v$	$k_i$	$q_s/q_v$	$k_{ij}$	$k'_i$
$q_{\min}$	160.4	120.12	80.12	79.8	0.9930	1.0040	0.9970	0.9976
	160.4	120.36	79.96	79.6		1.0045	0.9975	
	160.4	120.13	80.12	79.7		1.0053	0.9982	
$q_t$	202.6	121.18	100.31	99.4	1.1624	1.0092	1.1731	1.1698
	234.8	141.12	99.83	99.3		1.0053	1.1686	
	213.2	127.84	100.06	99.6		1.0046	1.1678	
$q_{\max}$	226.0	113.70	119.25	119.9	0.9814	0.9946	0.9761	0.9752
	233.4	117.86	118.82	119.8		0.9918	0.9734	
	223.0	112.00	119.46	120.1		0.9947	0.9762	

C.1.4.5 流量计流量示值校准数据见表 C.6;

表 C.6 流量示值校准数据

A.3 流量计流量示值校准数据			
标准器流量示值(L/min)	80	100	120
相对扩展不确定度 $U_r(\%)$ , $k=2$	0.57	0.55	0.57

## C.2 数学模型

校准环境条件满足 6.1 的要求, 校准结果为:

在  $i$  流量点, 多次校准所测得的该点流量系数平均值为:  $k'_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n k_{ij}$  (C.1)

式中:  $k'_i$ — $i$  流量点流量系数平均值, 无量纲;

$n$ —校准次数。

流量系数  $k_{ij} = \frac{q_s}{q_v} \cdot k_i$  (C.2)

式中:  $k_{ij}$ —第  $i$  点第  $j$  次测量得到的流量系数, 无量纲;

$q_s$ —标准装置体积流量,  $\text{m}^3/\text{min}$  或  $\text{L}/\text{min}$ ;

$q_v$ —孔口流量计体积流量,  $\text{m}^3/\text{min}$  或  $\text{L}/\text{min}$ ;

$k_i$ —第  $i$  点在校准前的流量系数, 无量纲。

由于标准表式气体流量标准装置自身带温压采集补偿功能, 可直接得到标况下累计体积, 用公式(C.3)计算得到标准器体积流量:

$$q_s = 60V_s/t \quad (\text{C.3})$$

式中:  $q_s$ —每一标定点的标准状况体积流量,  $\text{L}/\text{min}$ ;

$V_s$ —标准状况累计体积,  $\text{L}$ ;

$t$ —每一标定点在校准时标定累积时间,  $\text{s}$ 。

校准过程中, 环境大气温度、压力需进行温压修正。在常温常压下, 孔口流量校准器可应用理想气体状态方程进行体积换算, 用公式(C.4)计算得到标准器体积流量:

$$q_v = A \cdot \sqrt{\frac{\Delta p \cdot P_m T_N}{P_N T_m}} \quad (\text{C.4})$$

式中:  $q_v$ —孔口流量计标准状态下体积流量,  $\text{m}^3/\text{min}$  或  $\text{L}/\text{min}$ ;

$P_N$ —标准状态下的大气压,  $101.325\text{kPa}$ ;

$T_N$ —标准状态下的温度,  $293.15\text{K}$ ;

$P_m$ —现场大气压,  $\text{Pa}$ ;

$T_m$ —现场温度,  $\text{K}$ 。

将公式(C.3)和公式(C.4)带入公式(C.2)中, 得到公式(C.5):

$$k_{ij} = 60V_s \cdot t^{-1} \cdot k_i \cdot A^{-1} \cdot P_N^{\frac{1}{2}} \cdot T_m^{\frac{1}{2}} \cdot \Delta p^{-\frac{1}{2}} \cdot P_m^{-\frac{1}{2}} \cdot T_N^{-\frac{1}{2}} \quad (\text{C.5})$$

### C.3 不确定度传播率

根据公式(C.1)按照不确定度传播率得到  $i$  校准点流量系数  $k_i'$  的合成标准不确定度按照下式计算:

$$u_r(k_i) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n u_r(k_{ij}) \quad (\text{C.6})$$

公式(C.5)中  $k_i$ 、 $A$ 、 $P_N$ 、 $T_N$  为常数, 则:  $u_r(k_i) = u_r(A) = u_r(P_N) = u_r(T_N) = 0$ ,

$$u_r^2(k_{ij}) = c_r^2(V_s)u_r^2(V_s) + c_r^2(t)u_r^2(t) + c_r^2(T_m)u_r^2(T_m) + c_r^2(\Delta p)u_r^2(\Delta p) + c_r^2(p_m)u_r^2(p_m)$$

其相对灵敏系数:

$$c_r(V_s) = 1; \quad c_r(t) = -1; \quad c_r(T_m) = \frac{1}{2}; \quad c_r(\Delta p) = -\frac{1}{2}; \quad c_r(p_m) = -\frac{1}{2};$$

$$u_r(k_{ij}) = \sqrt{u_r^2(V_s) + u_r^2(t) + 0.25u_r^2(\Delta p) + 0.25u_r^2(p_m) + 0.25u_r^2(T_m)} \quad (\text{C.7})$$

式中:  $u_r(V_s)$ —流量标准器引入的相对标准不确定度;

$u_r(t)$ —计时标准器引入的相对标准不确定度;

$u_r(\Delta p)$ —差压示值重复性引入的的相对标准不确定度;

$u_r(p_m)$ —环境大气压力引入的相对标准不确定度;

$u_r(T_m)$ —环境温度引入的相对标准不确定度;

其中, 差压示值引入的不确定度分量由三个因素影响: 压力标准器的准确度等级、差压传感器线性度及气源稳定性, 三个因素互不相关, 即:

$$u_r(\Delta p) = \sqrt{u_r^2(P_s) + u_r^2(\overline{N}) + u_r^2(P_0)} \quad (\text{C.8})$$

式中:  $u_r(P_s)$ —压力标准器引入的的相对标准不确定度;

$u_r(\overline{N})$ —差压传感器线性度引入的相对标准不确定度;

$u_r(P_0)$ —气源稳定性引入的相对标准不确定度;

由于校准过程测量了流量计二次仪表标况瞬时流量示值(见表 C.4), 公式(C.7)

$$\text{可简化为: } u_r(k_{ij}) = \sqrt{u_r^2(V_s) + u_r^2(t) + 0.25u_r^2(q_{V,i})} \quad (\text{C.9})$$

## C.2.4 不确定度评定

### C.2.4.1 标准器引入的相对标准不确定度分量 $u_r(V_s)$

用 B 类评定, 标准智能腰轮流量计扩展不确定度为:  $U_r(V_s) = 0.50\%$ ,  $k = 2$ ,

得其相对标准不确定度为： $u_r(V_s) = U_r(V_s)/k = 0.25\%$ 。

#### C.2.4.2 电子秒表引入的相对标准不确定度分量 $u_r(t)$

同步测量时间使用标准器电子秒表，其最大允许误差为 $\pm 0.01\text{s}$ ，假设服从均

匀分布，取包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，其测量标准不确定度为： $u(t) = \frac{0.01\text{s}}{\sqrt{3}} = 5.77 \times 10^{-3}\text{s}$

假定一般测量时间为120s，其相对标准不确定度为：

$$u_r(t) = \frac{0.577 \times 10^{-2}\text{s}}{120\text{s}} = 0.005\%$$

#### C.2.4.3 流量示值重复性引入的相对标准不确定度分量 $u_r(q_{V,ij})$

流量示值重复性引入的相对标准不确定度分量详见表 C.4。

### C.2.5 合成标准不确定度的计算

#### C.2.5.1 相对标准不确定度分量一览表(表 C.7)

表 C.7 标准不确定度分量一览表

序号	符号	不确定度分量来源	评定方法	相对灵敏系数 $c_i$	相对标准不确定度分量%	对合成不确定度的贡献%
1	$u_r(V_s)$	标准装置引入的相对标准不确定度	B类	1	0.25	0.25
2	$u_r(t)$	电子秒表引入的相对标准不确定度	B类	-1	0.005	-0.005
3	$u_r(q_{V,ij})$	瞬时流量重复性引入的相对标准不确定度	A类	-0.5	见表 C.4	见表 C.8
合成标准不确定度 $u_r(k_{ij})\%$						见表 C.8

C.2.5.2 计算相对合成标准不确定度  $u_r(k_{ij})$ 表 C.7 合成相对标准不确定度  $u_r(k_{ij})$ 

流量点	不确定度来源	流量标准器	计时标准器	孔口流量计瞬时流量	相对标准不确定度	
	符号	$u_r(v_s)$	$u_r(t)$	$u_r(q_{v,i})$	$u_r(k_{ij})$	$u_r(k'_i)$
	灵敏系数	1	-1	-1		
$q_{\min}$	相对不确定度分量数值%	0.25	0.005	0.138	0.2856	0.281
				0.126	0.2800	
				0.121	0.2778	
$q_t$				0.087	0.2648	0.275
				0.120	0.2774	
				0.131	0.2823	
$q_{\max}$				0.115	0.2752	0.283
				0.150	0.2916	
				0.132	0.2828	

## C.2.6 相对扩展不确定度的计算

取包含因子  $k=2$ ，相对扩展不确定度为：

表 C.8 校准结果

流量点	$q_{\min}$	$q_t$	$q_{\max}$
相对扩展不确定度 $U_r(k'_i)/\%$	0.562	0.550	0.566

## C.2.7 校准结果(表 C.9)

表 C.9 校准结果

序号	标准流量(L/min)	原流量系数 $k_i$	校准后流量系数 $\bar{k}_i$	扩展不确定度 $U_i(\%)$ , $k=2$
1	80	0.9930	0.9976	0.57
2	100	1.1624	1.1698	0.55
3	120	0.9814	0.9752	0.57

—————(以下空白)—————



河北省  
地方计量技术规范  
孔口流量计  
JJF(冀) 117-2013  
河北省质量技术监督局发布

\*

河北省计量科学研究所发行部印刷

石家庄市友谊南大街 175 号

邮政编码 050051

版权所有 不得翻印

\*

880mm×1230mm 16 开本 字数 9 千字

2013 年 09 月第 1 版 2013 年 10 月第 1 次印刷

印数 1—50

定价：48 元