

黑龙江省地方计量技术规范

JJF（黑）XX—2025

全量程智能气体流量计校准规范

Calibration Specification for Full Range Intelligent Gas Flowmeters

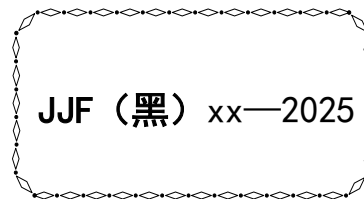
（审定稿）

2025-0x-xx 发布

2025-0x-xx 实施

黑龙江省市场监督管理局 发布

全量程智能气体流量计 校准规范



Calibration Specification for Full Range
Intelligent Gas Flowmeters

归口单位：黑龙江省市场监督管理局

主要起草单位：黑龙江省计量检定测试研究院

参加起草单位：黑龙江省市场监督管理人才培养发展中心

齐齐哈尔市检验检测中心

大庆油田设计院

中国石油黑龙江省销售分公司

本规范委托黑龙江省计量检定测试研究院负责解释

本规范主要起草人：

刘 勇(黑龙江省计量检定测试研究院)

刘坦飞(黑龙江省市场监督管理人才培养发展中心)

高旭(齐齐哈尔市检验检测中心)

吴彩虹(黑龙江省计量检定测试研究院)

肖 迪(大庆油田设计院)

耿 平(中国石油黑龙江省销售分公司)

刘娜娜(黑龙江省计量检定测试研究院)

参加起草人：

赵 鑫(黑龙江省计量检定测试研究院)

赵 鹏(黑龙江省计量检定测试研究院)

目 录

引言.....	(II)
1 范围.....	(1)
2 引用文件.....	(1)
3 术语.....	(1)
3.1 智能气体流量计.....	(1)
4 概述.....	(1)
4.1 用途和工作原理.....	(1)
4.2 构成和输出.....	(2)
5 计量特性.....	(2)
5.1 示值误差.....	(2)
5.2 重复性.....	(2)
6 校准条件.....	(3)
6.1 环境条件.....	(3)
6.2 校准气体.....	(3)
6.3 测量标准及其他设备.....	(3)
7 校准项目和校准方法.....	(3)
7.1 流量示值误差.....	(4)
7.2 重复性.....	(5)
8 校准结果表达.....	(6)
9 复校时间间隔.....	(6)
附录 A 校准原始记录(推荐)格式.....	(7)
附录 B 校准证书内容及内页(推荐)格式.....	(8)
附录 C 校准证书内容及内页(推荐)格式.....	(9)

引言

JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》、JJF 1008—2008《压力计量名词术语及定义》、JJF 1059.1—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》共同构成支撑校准规范制定工作的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

全量程智能气体流量计校准规范

1 范围

本规范适用于公称尺寸在 DN40—DN200 范围内的全量程智能气体流量计的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG1029—2007 涡街流量计

JJG 1132—2017 热式气体质量流量计

JJF 1004—2004 流量计量名词术语及定义

GB/T 28848—2012 智能气体流量计

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

GB/T 28848—2012 界定的及以下术语和定义适用于本规范。

3.1 智能气体流量计 intelligent gas flowmeter

利用热式和涡街两种工作原理，采用计算机算法实现不同原理间智能切换、环境参量修正补偿和远程传输的智能化流量仪表。

[来源：GB/T 28848—2012，3.1]

4 概述

全量程智能气体流量计适用于小流量与大流量兼具的全量程气体（以下简称流量计）流量测量，由热式传感器、涡街传感器、压力传感器、温度传感器和智能积算仪等组成，采用了热式和涡街两种及以上测量原理，是一种全量程智能复合型仪表。该设备在全量程的小流量段采用热式原理计量，在大流量段采用涡街原理计量，运用自动智能算法实现计量方式的智能切换，提高了不同流量状况下的数据准确，实现了全量程计量。其结构示意图见图 1。

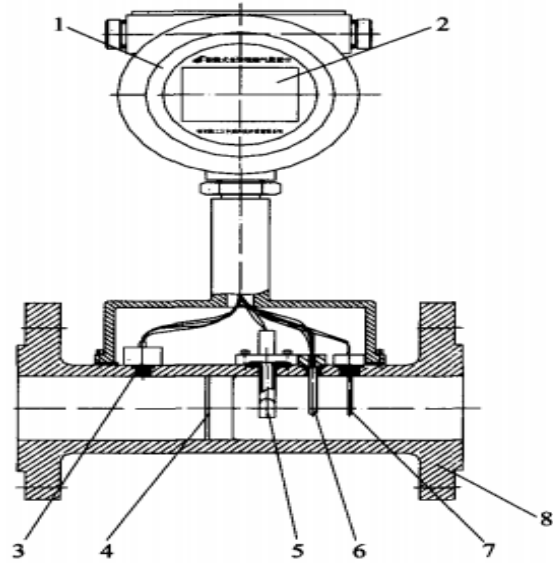


图 1 全量程智能气体流量计结构示意图

1-智能流量积算仪；2-显示器；3-压力传感器；4-漩涡发生器；5-涡街传感器；
6-温度传感器；7-热式传感器；8-流量计管径本体

5 计量特性

流量计在规定的流量范围内，示值误差应在其最大允许内，准确度等级对应的最大允许误差应符合表 1 的要求。

表 1 流量计准确度等级及最大允许误差

准确度等级	最大允许误差	
	$q_{\min} \leq q < q_t$	$q_t \leq q \leq q_{\max}$
1.0	$\pm 2.0\%$	$\pm 1.0\%$
1.5	$\pm 3.0\%$	$\pm 1.5\%$
2.0	$\pm 4.0\%$	$\pm 2.0\%$
注：以上技术指标不用于合格性判定，仅供参考。		

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：(20±10)℃；相对湿度：≤85%。

6.1.2 大气压力：(90~105) kPa。

6.1.3 供电电源：电压(220±22) V、频率(50±2.5) Hz，也可根据流量计的要求，使用合适的交流或直流电源。

6.1.4 无明显的电磁干扰和机械振动干扰。

6.2 校准气体

洁净气体。

6.3 测量标准及其他配套设备

6.3.1 测量标准

测量标准可选用标准表法气体标准装置、钟罩式气体流量标准装置、临界流文丘利喷嘴法气体流量标准装置，流量范围应大于被校流量计的流量范围，扩展不确定度应不大于被校流量计最大允许误差绝对值的 1/3。

6.3.2 其他配套设备

其他配套设备应满足表 2 要求。

表 2 其他配套设备

序号	其他设备名称	技术要求	用途
1	温度测量仪表	$\pm 0.2^{\circ}\text{C}$	测量标准装置处气体温度和被校流量计处气体温度、环境温度
2	压力测量仪表	不低于 0.2 级	测量标准装置处压力
3	气压测量仪表	$\pm 250\text{Pa}$	测量大气压力
4	湿度测量仪表	$\pm 5\%\text{RH}$	测量环境相对湿度

注：允许使用满足测量不确定度要求的其它测量标准及其他设备进行校准。

7 校准项目和校准方法

校准前应进行工作正常性检查，按被校准流量计说明书要求正确安装到被校准位置，接通电源后开机显示和各种状态指示应工作正常。进行密封性检查，将被校准流量计进行密封，连通压力仪表，接入压力最大测量值 5min 时间内管路系统均不发生泄漏和机械性损坏。打开标准装置，调至正常工作状态，将被校准流量计根据说明书要求预热后进行参数设置并完成自校准。

流量计安装时流向标识应与气体流向一致，流量计轴线应与标准装置管道轴线一致，安装位置应满足使用说明书中前后直管段的要求，应水平安装或按流量计生产厂家要求安装。

7.1 示值误差

7.1.1 试验方法步骤

a) 将被测仪表按要求水平安装在流量校准装置上，流量计在达到最大流量的 70%~100%范围内至少运行 5min，等待介质温度、压力和流量稳定后进行校准。

b) 校准点选择:

校准点一般选择为 $0.01q_{\max}$ 、 $0.04q_{\max}$ 、 $0.07q_{\max}$ 、 $0.20q_{\max}$ 、 $0.40q_{\max}$ 、 $q_{\max}$ 六个流量点 ($q_{\max}$ 为仪表的流量上限), 每个流量点的实际校准流量值与设定流量值的偏差应不超过 $\pm 5\%$;

c) 按照规定的流量点进行单行程的校验, 每点重复测量次数为 3 次。

7.1.2 误差计算

a) 瞬时流量的基本误差:

在满足 $0 < q < 0.20q_{\max}$ 条件时, 按下式 (1) 计算:

$$\delta_q = \frac{q_i - q_a}{0.20q_{\max}} \times 100\% \quad (1)$$

在满足 $0.20q_{\max} \leq q \leq q_{\max}$ 条件时, 按下式 (2) 计算:

$$\delta_q = \frac{q_i - q_a}{q_a} \times 100\% \quad (2)$$

式中:

δ_q ——瞬时流量基本误差%;

q_i ——被检流量计瞬时流量示值 $\text{N m}^3/\text{h}$;

q_a ——标准装置瞬时流量示值 $\text{N m}^3/\text{h}$;

$q_{\max}$ ——被检流量计流量上限值 $\text{N m}^3/\text{h}$;

b) 累积流量的基本误差:

在满足 $0 < q < 0.20q_{\max}$ 条件时, 按下式 (3) 计算:

$$\delta_Q = \frac{Q_i - Q_a}{Q_M} \times 100\% \quad (3)$$

在满足 $0.20q_{\max} \leq q \leq q_{\max}$ 条件时, 按下式 (4) 计算:

$$\delta_Q = \frac{Q_i - Q_a}{Q_a} \times 100\% \quad (4)$$

式中:

δ_Q ——在流量为 q_i 时累积流量基本误差%;

Q_i ——在检定时间内某流量检定点 (q_i) 下被检流量计测得的平均累积流量 Nm^3 ;

Q_a ——在检定时间内某流量检定点 (q_i) 下标准装置测得的平均累积流量 Nm^3 ;

Q_M ——在检定时间内被检流量计按 20% 上限流量值计算的累积流量 Nm^3 ;

7.2 重复性

重复性根据基本误差的测算结果, 按照下列公式计算, 其中公式 (5) 为瞬时流量重复性计算方法; 公式 (6) 为累计流量重复性计算方法:

$$E_r = \frac{\delta_{q_{\max}} - \delta_{q_{\min}}}{d_n} \quad \text{-----} \quad (5)$$

或

$$E_r = \frac{\delta_{Q_{\max}} - \delta_{Q_{\min}}}{d_n} \quad \text{-----} \quad (6)$$

式中:

E_r ——重复性, %;

$\delta_{q_{\max}}$ ——瞬时流量误差的最大值, %;

$\delta_{q_{\min}}$ ——瞬时流量误差的最小值, %;

$\delta_{Q_{\max}}$ ——累计流量误差的最大值, %;

$\delta_{Q_{\min}}$ ——累计流量误差的最小值, %;

d_n ——极差系数, 当测量次数为 3 次时, 其值约为 1.69。

8 校准结果表达

8.1 校准记录

校准记录推荐格式参见附录 A。

8.2 校准结果的处理

校准证书由封面和校准数据组成。校准证书内页推荐格式见附录 B。证书上的信息至少包括以下内容:

- a) 标题: “校准证书”;
- b) 实验室名称和地址;
- c) 进行校准的地点 (如果与实验室地点不同);
- 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) 被校仪器的描述和明确标识 (如型号、产品编号等) ;
- g) 进行校准的日期;
- h) 校准所依据的技术规范的标识, 包括名称和代号;
- i) 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说明;
- l) 校准员及核验员的签名;
- m) 校准证书批准人的签名、职务或等效说明;
- n) 校准结果仅对被校对象有效的声明;
- o) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书的声明;
- p) 对校准规范的偏离的说明。

9 复校时间间隔

复校时间间隔建议为 24 个月。

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的, 因此送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

校准原始记录格式（推荐性）

证书编号: _____

委托单位: _____ 仪表名称: _____ 规格型号: _____ 制造厂家: _____

出厂编号: _____ 流量范围: _____ m³/h 准确度等级: _____ 级 校准依据: _____

条件: 相对湿度 _____ 温度 _____ °C 大气压 _____ kPa 介质: _____

主标准器名称: _____ 规格型号: _____ 出厂编号: _____ 证书编号: _____

序号	检定流量 m³/h	检定体积 Nm³	检定时间 s	流量计脉冲 (个)	流量计压力 kPa	流量计温度 °C	喷嘴压力 kPa	喷嘴温度 °C	仪表系数 1/ m³	平均仪表系数 1/ m³	示值误差 %	重复性误差 %

<Qt 相对示值误差=

<Qt 重复性误差=

≥Qt 相对示值误差=

≥Qt 重复性误差=

校准结论

仪表系数=

1/ m³

校准员:

核验员:

校准日期:

年 月 日

校准地点:

附录 B

校准证书内容及内页格式 (推荐性)

序号	校准项目	校准结果	
1	校准气体		
2	校准前应进行工作正常性检查		
	密封性检查		
3	校准点	示值误差 (%)	重复性 (%)
	$0.01q_{\max}$		
	$0.04q_{\max}$		
	$0.07q_{\max}$		
	$0.20q_{\max}$		
	$0.40q_{\max}$		
	$q_{\max}$		

附录 C

流量示值误差测量结果不确定度评定示例

C.1 概述:

C.1.1 测量对象: 全量程智能气体流量计。

C.1.2 测量方法: 依据本规范将全量程智能气体流量计安装在气体流量标准装置上, 调节气体流量标准装置流量输出至最大流量的 70%~100% 范围内至少运行 5min, 等待介质温度、压力和流量稳定后进行校准。校准示值与标准值相减后得出仪器示值误差校准结果。

C.2 流量示值误差测量结果不确定度评定示例

C.2.1 测量模型

流量示值误差的测量模型:

$$E = \frac{Q - Q_s}{Q_s} \times 100\% \quad (\text{C.1})$$

式中:

E ——流量计的相对示值误差; %;

Q ——流量计累积流量, m^3 ;

Q_s ——标准装置累积流量, m^3 。

其中:

$$Q_s = \frac{T}{T_s} \times \frac{P_s}{P} \times V \quad (\text{C.2})$$

式中:

T ——流量计处的热力学温度, K;

T_s ——标准装置处的热力学温度, K;

P_s ——标准装置处的绝对压力, Pa;

P ——流量计处的绝对压力, Pa;

V ——标准装置显示的气体累积流量, m^3 。

由于各个影响量相互独立, 故示值误差 ΔE 的合成方差可表示为:

$$u^2(\Delta E) = c_1^2 u^2(Q) + c_2^2 u^2(Q_s) \quad (\text{A.3})$$

公式 (A.3) 中相对灵敏系数:

$$c_1 = \frac{\partial \Delta E}{\partial Q} = \frac{1}{Q_s}$$

$$c_2 = \frac{\partial \Delta E}{\partial Q_s} = -\frac{Q}{Q_s^2}$$

合成标准不确定度为:

$$u_c(\Delta E) = \sqrt{[c_1 u(Q)]^2 + [c_2 u(Q_s)]^2} = (E + 1) \sqrt{u_r^2(Q) + u_r^2(Q_s)} \quad (\text{A.4})$$

因此用相对不确定度表示的合成标准不确定度为:

$$u_c(\Delta E) = (E + 1) \sqrt{u_r^2(Q) + u_r^2(V) + u_r^2(T) + u_r^2(T_s) + u_r^2(P) + u_r^2(P_s)} \quad (\text{A.5})$$

C.2.2 标准不确定度的来源

在本规范要求的校准条件下测量示值误差为例分析测量结果的不确定度, 不确定度分量来源主要由被校流量计示值引入的不确定度分量, 其中包括重复性、数显量化等因素; 测量标准引入的不确定度分量, 其中包括标准装置等因素; 另外还有测量环境及其他因素补偿等。

C.2.3 标准不确定度的评定

C.2.3.1 被校流量计示值引入的不确定度分量 $u_r(Q)$

C.2.3.1.1 测量重复性引入的不确定度分量 $u_{r1}(Q)$

在重复性条件下, 对一台口径 100mm, 测量范围 (4~800) m³/h 的全量程智能气体流量计小流量热式原理流量工作段 0.01 $q_{\max}$ 、大流量涡街原理流量工作段 $q_{\max}$ 分别重复测量 6 次, 分别得出流量示值误差:

表 A.1 重复性测量数据表

次数 测量点	1	2	3	4	5	6
0.01 $q_{\max}$	1.132%	1.240%	1.272%	1.235%	1.230%	1.018%
$q_{\max}$	0.780%	0.906%	0.682%	0.977%	0.914%	0.930%

则单次实验标准差为:

$$0.01q_{\max}: s_1 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n=6} (q_i - \bar{q})^2}{n-1}} = 0.096\%$$

$$q_{\max}: S_2 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n=6} (q_i - \bar{q})^2}{n-1}} = 0.111\%$$

测量过程中取三次平均值作为示值误差，则重复性引入的相对标准不确定度为：

$$0.01 q_{\max}: u_{r11}(Q) = \frac{0.096\%}{\sqrt{3}} = 0.055\%$$

$$q_{\max}: u_{r12}(Q) = \frac{0.111\%}{\sqrt{3}} = 0.064\%$$

C.2.3.1.2 数显量化引入的不确定度分量 $u_{r2}(Q)$

流量计的分辨力引入的相对标准不确定度小于重复性引入的相对标准不确定度，可忽略不计，因此，由流量计示值引入的相对标准不确定度即为由重复性引入的相对标准不确定度。

所以被校流量计示值引入的不确定度分量为：

$$0.01 q_{\max}: u_r(V) = 0.055\%;$$

$$q_{\max}: u_r(V) = 0.064\%。$$

C.2.3.2 测量标准引入的不确定度分量 $u_r(V)$

C.2.3.2.1 流量校准点 $0.01 q_{\max}$ 使用的标准器钟罩式气体流量标准装置 0.2 级，属于均匀分布，则相对标准不确定度分量为：

$$u_{r1}(V) = \frac{0.2\%}{\sqrt{3}} = 0.115\%$$

C.2.3.2.2 流量校准点 $q_{\max}$ 使用的测量标准音速喷嘴法气体流量标准装置的相对扩展不确定度 $U_r = 0.3\%$ ($k=2$)，则标准不确定度分量为：

$$u_{r2}(V) = \frac{0.3\%}{2} = 0.150\%$$

C.2.3.3 流量计处温度测量引入的不确定度分量 $u_r(T)$

流量计处温度为环境温度，温度测量仪表最大允许误差 $\pm 0.2\text{K}$ ，校准时温度为 22°C ，按均匀分布考虑，由此带来的不确定度分量：

$$u_r(T) = \frac{0.2}{(273.15 + 22) \times \sqrt{3}} \times 100\% = 0.039\%$$

C.2.3.4 流量计处压力测量引入的不确定度分量 $u_r(P)$

流量计处压力为大气压，一般使用空盒气压表测得，最大允许误差为 $\pm 0.25\text{kPa}$ ，流

量校准点 $0.01q_{\max}$ 、 $q_{\max}$ 压力值工作在 100kPa 附近, 按均匀分布考虑, 由此带来的不确定度分量:

$$u_r(P) = \frac{0.25}{100 \times \sqrt{3}} \times 100\% = 0.144\%$$

C.2.3.5 标准装置处温度测量引入的不确定度分量 $u_r(T_s)$

标准装置处温度变送器, 由溯源证书可得扩展不确定度 $U_{FS}=0.2K$ ($k=2$), 校准时温度为 25°C , 按均匀分布考虑, 由此带来的不确定度分量:

$$u_r(T_s) = \frac{0.2}{(273.15 + 25) \times \sqrt{3}} \times 100\% = 0.039\%$$

C.2.3.6 标准装置处压力测量引入的不确定度分量 $u_r(P_s)$

标准装置处压力变送器, 由溯源证书可得准确度等级为 0.1 级, 测量范围 (60~110) kPa, 流量校准点 $0.01q_{\max}$ 、 $q_{\max}$ 压力值工作在 100 kPa 附近, 按均匀分布考虑, 由此带来的不确定度分量:

$$u_r(P_s) = \frac{0.1\% \times 110}{100 \times \sqrt{3}} \times 100\% = 0.064\%$$

C.2.4 标准不确定度来源汇总

表 C.2 标准不确定分量一览表

不确定度来源		标准不确定度		
		符号	热式工作段 $q_{\min} \leq q < q_t$	涡街工作段 $q_t \leq q \leq q_{\max}$
1	重复性引入	$u_{r1}(Q)$	0.055%	0.064%
	数显量化引入	$u_{r2}(Q)$	略	略
2	测量标准装置引入	$u_r(V)$	0.115%	0.150%
3	流量计处温度测量引入	$u_r(T)$	0.039%	0.039%
4	流量计处压力测量引入	$u_r(P)$	0.144%	0.144%
5	标准装置处温度测量引入	$u_r(T_s)$	0.039%	0.039%
6	标准装置处压力测量引入	$u_r(P_s)$	0.064%	0.064%
合成标准不确定度			0.21%	0.23%

C.2.5 合成标准不确定度

上述各标准不确定度分量间相关性可忽略，则合成标准不确定度 $u_c(\Delta E)$ 为：

$$u_c(\Delta E) = (E + 1) \sqrt{u_r^2(Q) + u_r^2(V) + u_r^2(T) + u_r^2(T_s) + u_r^2(P) + u_r^2(P_s)}$$

热式原理工作段 $q_{\min} \leq q < q_t$ ： $u_c(\Delta E) = 0.21\%$ ；

涡街原理工作段 $q_t \leq q \leq q_{\max}$ ： $u_c(\Delta E) = 0.23\%$ 。

C.2.6 扩展不确定度

取包含因子 $k = 2$ ，本示例中计算扩展不确定度公式（A.6）为：

$$U = k u_c(\Delta E) \quad (\text{A.6})$$

所以在小流量热式原理工作段： $U = 0.42\%$ ， $k = 2$ ；

在大流量涡街原理工作段： $U = 0.46\%$ ， $k = 2$ 。
