



新疆维吾尔自治区地方计量技术规范

JJF（新）95—2023

气体超声流量计使用中检验技术规范

Metrological Specification for the Ultrasonic Gas Flowmeter

Performance Online Audit

2023-12-18 发布

2024-06-18 实施

新疆维吾尔自治区市场监督管理局发布

气体超声流量计使用中 检验技术规范

JJF(新) 95—2023

Metrological Specification for the Ultrasonic
Gas Flowmeter Performance Online Audit

归口单位：新疆维吾尔自治区市场监督管理局

起草单位：新疆维吾尔自治区计量测试研究院

国家管网集团西部管道有限责任公司

中石化天然气分公司西北天然气销售中心

新疆维吾尔自治区市场监督审核评价中心

新疆燃气集团有限公司

本规范委托新疆维吾尔自治区流量容量计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

陈文琳 （新疆维吾尔自治区计量测试研究院）
穆 军 （新疆维吾尔自治区计量测试研究院）
戚有龙 （国家管网集团西部管道有限责任公司）

参加起草人：

朱晓明 （新疆维吾尔自治区计量测试研究院）
高珊珊 （中石化天然气分公司西北天然气销售中心）
杨艳霞 （新疆维吾尔自治区市场监督审核评价中心）
王 静 （新疆燃气集团有限公司）

目 录

引 言 I

1 范围 1

2 引用文件 1

3 术语、定义和计量单位 1

3.1 术语和定义 1

3.2 计量单位 2

4 概述及工作原理 3

4.1 概述 3

4.2 工作原理 3

5 计量特性 4

6 计量条件 5

6.1 环境条件 5

6.2 测量标准及其他设备 5

6.3 气体流动条件 5

6.4 计算软件 6

7 计量方法 6

7.1 技术要求 6

7.2 标准流量计比较法 6

7.3 声速检验法 7

7.4 检验结果处理 10

8 复测时间间隔 10

附录 A 标准流量计比较法原始记录格式 11

附录 B 声速检验法原始记录格式 12

附录 C 检验报告的内容 14

附录 D 测量不确定度评定示例（声速检验法） 15

附录 E 测量不确定度评定示例（标准流量计比较法） 20

引 言

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》和 JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列规范。

本规范参照 JJG 1030—2007《超声流量计》、JJG（新）29—2022《气体超声流量计》、AGA Report No.10《天然气和其他相关烃类气体中的声速》、GB/T 30500《气体超声流量计使用中检验 声速检验法》和 GB/T 18604《用气体超声流量计测量天然气流量》的有关内容，结合新疆地区气体超声流量计使用中检验工作的现状制定。

本规范为首次发布。

气体超声流量计使用中检验技术规范

1 范围

本规范适用于以传播时间差法为原理、具备自诊断功能的管道式和插入式气体超声流量计的使用中检验。

2 引用文件

本规范引用以下文件：

JJF 1004 流量计量名词术语及定义

JJG(新) 29—2022 气体超声流量计

JJG 1030—2007 超声流量计

GB/T 3836(所有部分) 爆炸性环境

GB/T 11062 天然气发热量、密度、相对密度和沃泊指数的计算方法

GB/T 13609 天然气取样导则

GB/T 13610 天然气组分分析 气相色谱法

GB/T 17747(所有部分) 天然气压缩因子的计算

GB 17820 天然气

GB/T 18604 用气体超声流量计测量天然气流量

GB/T 30500 气体超声流量计使用中检验 声速检验法

GB/T 34041(所有部分) 封闭管道中流体流量的测量 气体超声流量计

GB 50251 输气管道工程设计规范

AGA Report No.10 天然气和其他相关烃类气体中的声速 (Speed of Sound in Natural Gas and Other Related Hydrocarbon Gases)

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、定义和计量单位

3.1 术语和定义

JJF 1004 和 JJG 1030-2007 界定的及以下术语和定义适用于本规范。

3.1.1 声速 (speed of sound)

声波在介质中的传播速度。

3.1.2 传播时间 (transit time)

超声流量计发射的脉冲信号在介质中传播的时间。

3.1.3 平均声速 (average speed of sound)

超声流量计各声道测量到的声速平均值。

3.1.4 理论声速 (theoretical speed of sound)

通过热力学公式得到的理论上的声速。

3.1.5 计算声速 (calculate speed of sound)

利用声速计算软件计算得到的声速。

3.1.6 声速偏差 (speed of sound deviation)

流量计测量得到的气体中的平均声速与计算声速间的最大相对偏差。

3.1.7 最大声速差 (maximum speed of sound path spread)

超声流量计各声道测量声速最大值与最小值之间的差值。

3.1.8 诊断软件 (diagnostic software)

超声流量计应具有对信号处理单元进行参数诊断的软件，可就地或遥控组态及监控流量计运行状态。该软件至少应当显示和记录下列数据：瞬时流量、轴向平均流速、平均声速、沿每一声道的声速和气体流速、每一超声换能器所接受的声波信号的质量等。

3.1.9 标准流量计 master meter

相对于被检流量计，准确度高、重复性好的流量计。

3.2 计量单位

3.2.1 流量计量单位：立方米每小时，符号： m^3/h ；

3.2.2 压力计量单位：千帕，符号： kPa ；

3.2.3 温度计量单位：摄氏度，符号： $^{\circ}\text{C}$ ；

3.2.4 频率计量单位：赫兹，符号： Hz ；

3.2.5 声速及流速计量单位：米每秒，符号： m/s 。

4 概述及工作原理

4.1 概述

气体超声流量计（以下简称流量计）的使用中检验用于在气体流量标准装置上检定完成后，在检定周期内对流量计计量性能可靠性的检查。使用中检验的方法有 2 种，一种方法是标准流量计比较法，即在线采用一台标准流量计与之进行比较；另一种方法是声速检验法，即以声速比较为基础对流量计进行的状态诊断及在线检验。

4.2 工作原理

流量计是由表体、超声换能器及其信号处理单元等构成的流量计量器具。如图 1 所示，声波脉冲由其中一个换能器发射，被另一个换能器所接收。当管道中的流体流速 v_m 不为零时，沿流动方向顺流传播（从 A 到 B）的声波速度将被加快，而逆流传播（从 B 到 A）的声波速度将减慢。因此，流体在声道线所在平面内的轴向平均流速 v_m 和声波在介质中的传播速度 c_f 都可以用声波传播路径的距离 L 、声波顺流传播时间 t_{down} 和逆流传播时间 t_{up} 以及声道角 φ 来计算，各量之间的关系见下述各式：

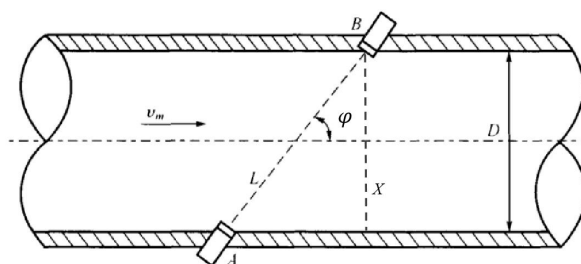


图 1 时差法超声流量计测量原理示意图

$$t_{down} = t_{AB} = \frac{L}{c_f + v_m \cos \varphi} \quad t_{up} = t_{BA} = \frac{L}{c_f - v_m \cos \varphi} \quad (1)$$

式中： t_{up} ——超声波在流体中逆流传播的时间；

t_{down} ——超声波在流体中顺流传播的时间；

L ——声道长度；

c_f ——声波在流体介质静止状态中传播的速度；

v_m ——流体在声道线所在平面内的轴向平均流速；

φ ——声道角。

可利用式（1）的两个公式得出声道线所在平面内流体流速平均值 v_m 的表达式：

$$v_m = \frac{L}{2 \cos \varphi} \left(\frac{1}{t_{down}} - \frac{1}{t_{up}} \right) \quad (2)$$

超声流量计测量的是体积流量。流体的管道平均流速与流通面积相乘，能够确定工作条件下的体积流量 q ，见式（3）：

$$q = \bar{v} A \quad (3)$$

式中： $\bar{v}$ ——流体的管道平均流速，由流量计各声道测量的流体流速采用函数关系计算得到， $\bar{v} = f(v_1, \dots, v_i)$ ， i 为声道数；

A ——测量管段的横截面积。

也可以用相似的方法获得声波的传播速度 c_f 的表达式：

$$c_f = \frac{L}{2} \left(\frac{1}{t_{down}} + \frac{1}{t_{up}} \right) \quad (4)$$

超声流量计参与体积流量计算的参数包括声道长度、声道角以及流通面积，这些参数在流量计出厂时就已确定并置入，参数一旦变化就会影响流量测量结果；在流量测量过程中，需要测量的只是声波传播时间。比较式（2）和式（4），声速与流速都是通过测量声波传播时间得到的。

理论声速值是通过测量气体的温度、压力和组分等参数，利用热力学公式计算得到的声波在气体中传播速度的理论值；测量声速是通过测量声波在已知长度的路径上传播时间，数学计算得到声波在气体中的实际传播速度。两种方法测量原理不同，比较两种方法的计算结果，可以对超声流量计测量声速的准确性进行检验，从而对流量计测量的声波传播时间进行验证，进一步可对超声流量计的计量性能进行评价。

5 计量特性

表 1 计量特性一览表

检验方法	序号	检验项目	技术要求
标准流量计比较法	1	流量示值误差及重复性	使用中流量示值误差不超过设备最大允许误差的两倍，重复性不超过最大允许误差绝对值的 1/3
声速检验法	1	声速偏差	$\pm 0.2\%$
	2	各声道测量最大声速差允许范围	0.5 m/s
	3	声速测量重复性	0.05%

6 计量条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境条件一般应满足：

环境温度：（5~45）℃；

相对湿度：（15~95）%；

大气压力：（70~106）kPa；

供电电源：电压：（220±22）V（AC），频率：（50±2.5）Hz；

6.1.2 所有设备设施及工具应符合相关安全及防爆要求。

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 外界磁场、振动和噪声对检验用设备和被检超声流量计的影响可忽略。

6.2 测量标准及其他设备

表 2 计量用设备一览表

检验方法	序号	计量用设备	测量范围	技术要求	备注
标准流量计比较法	1	标准流量计	与现场流量测量范围相适应	有良好的复现性能，且其准确度等级不得低于被检流量计的准确度等级。	安装条件符合相关要求
声速检验法	1	温度测量仪表设备	与现场温度测量范围相适应	最大允许误差不超过±0.3℃，单次测量温度变化不超过±0.5℃。	安装条件符合相关要求，满足防爆要求
	2	压力测量设备	与现场压力测量范围相适应	准确度等级不低于0.2级，单次测量压力波动不超过±0.5%。	安装条件符合相关要求，满足防爆要求
	3	气体组成分析设备	可测量相应气体组分	气体组成分析方法（使用的标准气体和取样方法）应符合相关要求	测量前应对色谱分析仪进行标定，为保证测量数据具有代表性，推荐采用在线气相色谱分析仪测量气体组成

使用的相关设备均应有有效期内的检定或校准证书。

6.3 气体流动条件

测量管道内的气体流动平稳，温度分布均匀。通过观察信号参数，分析气体的流动是否稳定，判断是否存在旋涡、不对称流或者脉动流，流量计的信号接收是否受到噪声干扰。过于复杂流动条件会使流量计工作在非正常状态下，会影响流量测量的准

确度。气体流速不低于流量计分界流量对应的流速。

6.4 计算机软件

理论声速计算软件程序应采用 AGA Report No.10 或 GB/T 30500 提供的计算方法，过程参数和计算结果应满足 AGA Report No.10 或 GB/T 30500 提供的程序校验要求。

7 计量方法

7.1 技术要求

7.1.1 被检流量计需符合相关要求，具备参数诊断和数据处理采集软件。

7.1.2 检验时间安排

在被检流量计安装到管路上投入使用后的三个月内进行第一次检验，以后按照至少每年 1 次的周期进行。

7.1.3 流量计进行使用中检验时必须携带上一次检验报告。

7.1.4 确认流量计系数应与上一次检定结果相同。

7.2 标准流量计比较法

7.2.1 对标准流量计的要求

标准流量计的测量范围应能覆盖被检流量计的现场使用流量范围，并应按要求进行周期检定或校准，有有效的溯源证书和良好的复现性能，准确度等级应符合表 2 的要求。

7.2.2 标准流量计的安装条件

标准流量计的安装应满足国家相关标准的最低要求，或与流量标准器制造厂家的要求一致（制造厂家的要求应不低于国家相关标准）。标准流量计与被检流量计间距离应在相互不干扰的条件下尽量短，连接管线的直径与标准流量计的直径相差在 1% 以内，以保证检验时标准流量计所需的流场。

7.2.3 检验方法

一般情况下，检验点应选择：流量计最小流量 $q_{\min}$ ，分界流量 q_t ，供气系统能达到的最大流量 $q_{\max}$ ，及在分界流量 q_t 和 $q_{\max}$ 中间等分的 2 个流量点。如供气系统无法达到 $q_{\min}$ ，则需测到供气系统能达到的最小流量。如供气系统能达到的范围度小于 5:1，则在流量计的实际工作流量范围内选择至少 3 个流量点。

如现场无法进行流量调节，且流量计是定点使用的，检验点可选实际使用流量点并在检验报告上注明：定点使用。

在设置流量点连续测量次数不低于 3 次。在一次实验过程中，瞬时流量的最大变化不超过 5%。

7.2.4 检验结果计算

7.2.4.1 示值误差

与标准流量计相比，流量计的示值误差为：

$$E = \pm |E_i|_{\max} \quad (5)$$

$$E_i = \frac{Q_i - Q_{si}}{Q_{si}} \times 100\% \quad (6)$$

式中： E_i ——流量计各检验点的平均示值误差；

$|E_i|_{\max}$ ——流量计各检验点平均示值误差中最大值；

Q_{ij} ——第 i 检验点第 j 次检验被检流量计示值；

Q_{sij} ——第 i 检验点第 j 次检验标准流量计示值。

7.2.4.2 重复性

当每个流量点重复检验 n 次时，该流量点的重复性按下式评定：

$$(E_r)_i = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (E_{ij} - E_i)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

式中： $(E_r)_i$ ——第 i 检验定点的重复性。

E_{ij} ——第 i 检验点第 j 次检验时的示值误差；

流量计高区和低区的重复性分别取高区和低区重复性的最大值，计算公式为：

$$E_r = [(E_r)_i]_{\max} \quad (8)$$

7.3 声速检验法

7.3.1 使用的设备及附件包括：气体组成分析设备、取样器；温度测量设备；压力测量设备；计算软件。

7.3.2 气体组成分析设备的技术性能应满足 GB/T 13610 或其他气体分析的要求，其测量准确度应达到 0.05%。气体组成分析设备的选择和安装应满足制造厂家技术要求。

7.3.3 取样系统的选择、安装应满足 GB/T13609 的要求。

7.3.4 取样点附近应安装温度测量设备和压力测量设备。压力测量设备的准确度应不低

于 0.2 级，温度测量设备的最大允许误差应不大于 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ 。

7.3.5 检验方法

7.3.5.1 运行前检查：连接、开机、预热，按标准设备说明书中指定的方法检查、确认所有标准设备的参数设置正确。

7.3.5.2 机械检查：对被检流量计按照检定规程、国家标准（或生产厂家的企业标准）在现场进行流量计安装检查、管径检查、其他机械及电子测试，确认流量计安装无误。

7.3.5.3 被检流量计状态检查

7.3.5.3.1 报警文件检查

流量计应具有故障报警功能记录，包括故障报警时间、类型、状态记录等。应检查报警记录，确认无流量计自身原因产生的、能够引起计量错误的报警情况后，方可进行使用中检验。

7.3.5.3.2 信号检查

制造厂应当通过计算机通讯或现场显示提供下列诊断测量数据，检查以下各项指标并与前一次检查的数据进行比较，其偏差应在产品说明书允许的范围内。如果存在过大偏差，应将流量计送检。

- a. 每一声道信号的增益值，即安装在表体上的探头发（接收）信号的强度；
- b. 每一声道信号接收质量，即接收信号的百分比；
- c. 每一声道信噪比，即信号和噪声的比值；

7.3.5.4 声速测量检查

7.3.5.4.1 检验流量点

一般情况下，检验流量点应选择：流量计最小流量或供气系统能达到的最小流量 $q_{\min}$ ，分界流量 q_t ，供气系统能达到的最大流量 $q_{\max}$ ，及在分界流量 q_t 和最大流量 $q_{\max}$ 中间等分的 1~2 个流量点。

如供气系统无法进行流量调节，且流量计是定点使用的，检验流量点可选实际使用流量点并在检验报告上注明：定点使用。

7.3.5.4.2 操作步骤

（1）把流量调到规定的流量值，稳定后，同时进行取样分析、声速测量和被检流量计的输出记录，记录标准设备和被检设备的测定结果。

（2）被检设备诊断参数的读取

制造厂应当通过 RS-232、RS-485、无线通讯或现场显示提供下列诊断测量数据：

- a. 被检流量计每个声道的瞬时声速值；
- b. 取样时间内每个声道的平均声速值；
- c. 被检流量计在取样时间内的总平均声速值；
- d. 顺流及逆流的传输时间；
- e. 被检流量计每一声道的流速值；
- f. 通过流量计的平均轴向流速。
- g. 取样时间内管道温度、压力信号的平均值。

7.3.5.4.3 检验结果计算

把流量调到设定的流量值，待流量稳定后，将介质组分、温度、压力数据输入理论声速计算软件，按照 AGA Report No. 10 和 GB/T 30500 的方法，计算出每个检验点的声速值，将其与流量计测得的平均声速进行比较，按式（9）计算声速偏差。同时记录各声道的测量声速，按式（10）计算最大声速差。重复上述步骤，连续测量不少于 3 次，按式（11）计算测量重复性。声速偏差、最大声速差及重复性应符合本规范第 5 条的规定。

$$E_c = \frac{\bar{c}_f - c}{c} \times 100\% \quad (9)$$

式中： E_c ——测量平均声速与计算声速的偏差，%；

$\bar{c}_f$ ——超声流量计测量平均声速，m/s；

c ——相应测量条件下的计算声速，m/s；

$$E_{c,\max} = (c_f)_{\max} - (c_f)_{\min} \quad (10)$$

式中： $E_{c,\max}$ ——单一声道测量得到的最大声速差，m/s；

$(c_f)_{\max}$ ， $(c_f)_{\min}$ ——单一声道测量得到的最大声速和最小声速，m/s；

$$E_{c,r} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (E_{ci} - \bar{E}_c)^2} \quad (11)$$

式中： $E_{c,r}$ ——声速测量重复性，%；

E_{ci} ——第 i 次测量声速偏差，%；

$\bar{E}_c$ —— n 次测量声速偏差平均值，%；

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/978073033141006116>