JJG

**中华人民共和国国家计量检定规程**

　　　　　　　　 JJG \*\*\*\*－20××

气体超声流量计

Ultrasonic Gas Meters

（征求意见稿）

XXXX-XX-XX发布　　　　　　　　　　　XXXX-XX-XX实施

**国家市场监督管理总局**　**发 布**

气体超声流量计检定规程

JJG \*\*\*\*－20XX

代替 JJG 1030－2007（气）

Verification Regulation for

Ultrasonic Gas Meters

归 口 单 位：全国流量计量技术委员会

主要起草单位：

参加起草单位：

本规程委托全国流量计量技术委员会解释

本规程主要起草人：

参加起草人：

目 录

[引言 V](#_Toc161411668)

[1 范围 1](#_Toc161411669)

[2 引用文献 1](#_Toc161411670)

[3 术语和计量单位 2](#_Toc161411671)

[3.1 术语 2](#_Toc161411672)

[3.2 计量单位 5](#_Toc161411673)

[4 概述 5](#_Toc161411674)

[4.1 工作原理 5](#_Toc161411675)

[4.2 结构及形式 6](#_Toc161411676)

[5 计量性能要求 7](#_Toc161411677)

[5.1 准确度等级 7](#_Toc161411678)

[5.2 重复性 7](#_Toc161411679)

[5.3 周期稳定度 7](#_Toc161411680)

[5.4 双向测量流量计 8](#_Toc161411681)

[5.5 外夹式流量计 8](#_Toc161411682)

[6 通用技术要求 8](#_Toc161411683)

[6.1 随机文件 8](#_Toc161411684)

[6.2 外观 8](#_Toc161411685)

[6.3 铭牌和标识 9](#_Toc161411686)

[6.4 保护功能 10](#_Toc161411687)

[6.5 密封性 10](#_Toc161411688)

[7 计量器具控制 10](#_Toc161411689)

[7.1 检定条件 10](#_Toc161411690)

[7.2 检定项目和检定方法 12](#_Toc161411691)

[7.3 检定结果的处理 18](#_Toc161411692)

[7.4 检定周期 18](#_Toc161411693)

[附录A 现场检定特殊要求 19](#_Toc161411694)

[附录B 使用中检验 21](#_Toc161411695)

[B.1 技术要求 21](#_Toc161411696)

[B.2 核查流量计法 21](#_Toc161411697)

[B.3 声速检验法 22](#_Toc161411698)

[B.4 机器学习法 27](#_Toc161411700)

[B.5 使用中检验报告内页 28](#_Toc161411701)

[附录C 超声流量计的安装要求 30](#_Toc161411702)

[附录D 典型修正方法 34](#_Toc161411703)

[附录E 检定证书（内页）格式 35](#_Toc161411704)

引言

本规程以GB/T 18604-2014《用气体超声流量计测量天然气流量》、GB/T 30500-2014《气体超声流量计使用中检验声速检验法》、GB/T 17747.2-2011《天然气压缩因子的计算 第2部分：用摩尔组成进行计算》、GB 3836《爆炸性气体环境用电气设备》、GB 50251-2015《输气管道工程设计规范》、ISO 17089-1:2019《Measurement of fluid flow in closed conduits - Ultrasonic meters for gas-Part1: Meters for custody transfer and allocation measurement》、ISO 17089-2:2012《Measurement of fluid flow in closed conduits - Ultrasonic meters for gas-Part 2: Meters for industrial applications》、AGA Report No.8《Part 1-2017 Thermodynamic properties of natural gas and related gases using detail and cross equations of state》、AGA Report No.9-2007 《Measurement of gas by multipath ultrasonic meters》和AGA Report No.10-2003《Speed of sound in natural gas and other related hydrocarbon gases》为参考，结合我国气体超声流量计的现状，对JJG 1030-2007《超声流量计》中气体超声流量计的检定部分进行了修订。格式上按照JJF 1002-2010《国家计量检定规程编写规则》进行编写，本规程与JJG 1030-2007相比，除了编辑性修改外，主要技术变化如下：

——将气体超声流量计从原规程中分离出来，型式评价部分的内容由另行制定的型式评价大纲代替；

——增加了引言部分；

——修改了引用文献部分；

——增加了声速偏差、最大峰间误差、诊断软件、内置压力、内置温度等术语；

——取消了“0.2级的准确度等级”，增加了“0.7级的准确度等级”；

——对后续检定的流量计，增加了“周期稳定度”检定项目；

——增加了机器学习法的使用中检验方法；

——对最大峰间误差、声速偏差和最大声速差提出了具体要求；

——增加了使用中检验报告的建议格式；

——增加了典型修正方法的具体要求；

——检定结果中增加了雷诺数的要求；

——修改了检定证书（内页）的格式。

**气体超声流量计检定规程**

1 范围

本规程适用于以时间差法为原理的封闭管道用气体超声流量计（以下简称，流量计）首次检定、后续检定和使用中检验。

本规程不适用于明渠或暗渠超声流量测量仪表的检定。

2 引用文献

下列规程、标准所包含的条文，通过引用而构成本规程的条文。

JJF 1001通用计量术语及定义

JJF 1004流量计量名词术语及定义

GB 17820 天然气

GB 50251 输气管道工程设计规范

GB/T 3836 爆炸性环境

GB/T 13609 天然气取样导则

GB/T 13610 天然气的组成分析 气相色谱法

GB/T 17747.2 天然气压缩因子的计算 第2部分：用摩尔组成进行计算

GB/T 17747.3 天然气压缩因子的计算 第 3 部分：用物性值进行计算

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 32201 气体流量计

OIML R137-1&2气体流量计 (Gas meters)

ISO 17089-1 封闭管道中流体流量的测量 气体超声流量计 第1部分：贸易交接和分输计量用气体超声流量计（Measurement of fluid flow in closed conduits - Ultrasonic meters for gas-Part1: Meters for custody transfer and allocation measurement）

ISO 17089-2 封闭管道中流体流量的测量 气体超声流量计 第2部分：工业测量用气体超声流量计（Measurement of fluid flow in closed conduits - Ultrasonic meters for gas-Part 2: Meters for industrial applications）

AGA Report No.8天然气和相关气体的热力学性质（Thermodynamic properties of natural gas and related gas）

AGA Report No.9 用多声道超声流量计测量天然气流量（Measurement of gas by multipath ultrasonic meters）

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程；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规程。

3 术语和计量单位

## 3.1 术语

**3.1.1 超声流量计（ultrasonic flowmeter）**

利用超声波在流体中的传播特性来测量流量的流量计。

**3.1.2 超声换能器（ultrasonic transducer）**

在电信号作用下可产生声波输出，并可将声波信号转换为电信号的器件，一般都是成对安装，并同时工作。

**3.1.3 接触式超声流量计（wetted ultrasonic meters）**

将换能器嵌入流体管道内，换能器直接与流体接触的流量计。

**3.1.4 外夹式超声流量计（clamp-on ultrasonic meters）**

将换能器固定在流体管道外，声波传播的路径透过流体管道壁的流量计。

**3.1.5 声道（acoustic path）**

超声波信号在成对的超声波换能器间传播的实际路径。

**3.1.6 声道长度（path length）**

一对超声换能器端面之间的直线长度，常用*L*表示。

**3.1.7 声道距离（axial distance）**

声道长度在管道轴线的平行线上的投影长度，常用*X*表示。

**3.1.8 声道角（transmission angle）**

声道与管道轴线之间的夹角。

**3.1.9 单声道流量计（single-path meter）**

只有一个声道的流量计。

**3.1.10 多声道流量计（multiple-paths meter）**

有两个或两个以上声道的流量计。

**3.1.11 脉冲系数（pulse factor）**

单位体积的流体流过流量计时流量计发出的脉冲数，通常又称*K*系数，用符号*K*表示。

**3.1.12 流量计系数（meter factor）**

对流量计进行检定，并按结果对流量计进行修正的系数。其值为同一参比条件下标准器示值与流量计示值之比，一般用符号*F*表示。

**3.1.13 分界流量*q*t（transition flow-rate）**

在最大流量和最小流量之间的流量值，它将流量范围分割成允许误差不同的两个区，即“高区”和“低区”。

**3.1.14 最大峰间误差（maximum peak-to-peak error）**

流量计检定结果中示值误差之间的最大差异。

**3.1.15 零流量读数（zero-flow reading）**

介质静止状态下流量计最大流速读数。

注：对于每一声道，零流量读数应＜6 mm/s。

**3.1.16 计算声速（calculate speed of sound）**

利用声速软件计算得到的声速。

**3.1.17 声速偏差（speed of sound（SOS）deviation）**

流量计测量得到的声速与计算声速间的最大相对偏差。

**3.1.18 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。

**3.1.19 内置压力（built-in pressure）**

当超声流量计不带压力传感器时，流量计用于修正表体尺寸、计算相应雷诺数的压力值，可在诊断软件中进行设置或修改。

**3.1.20 内置温度（built-in temperature）**

当超声流量计不带温度传感器时，流量计用于修正表体尺寸、计算相应雷诺数的温度值，可在诊断软件中进行设置或修改。

**3.1.21 诊断软件（diagnostic software）**

超声流量计应具有对信号处理单元进行诊断的软件，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，截面平均流速、平均声速，每一声道的声速和轴向平均流速，每一超声换能器所接受的声波信号的质量等。

**3.1.22 周期稳定度（stability during the verification period）**

后续检定的流量计不调整误差或仪表系数的条件下，流量计示值误差与对应的最大允许误差比值的绝对值。

## 3.2 计量单位

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 名称 | 计量单位 | 单位符号 |
| 体积 | 立方米、升（立方分米） | m3、L（dm3） |
| 流量 | 立方米每小时、升每分钟 | m3/h、L/min |
| 压力 | 帕（斯卡）、千帕、兆帕 | Pa 、kPa 、MPa |
| 温度 | 开[尔文]、摄氏度 | K、℃ |
| 时间 | 小时、分钟、秒 | h、min、s |

4 概述

## 4.1 工作原理

超声流量计以测量声波在流动介质中传播的时间与流量间的关系为原理。声波在流体中的实际传播速度是由介质静止状态下声波的传播速度，，及流体的轴向平均流速，，在声波传播方向上的分量组成。按图1所示，顺流和逆流传播时间与各量之间的关系是：

（1）

式中，——超声波在流体中顺流传播的时间；

——超声波在流体中逆流传播的时间；

——声道长度；

——流体中声波的传播速度；

——流体的轴向平均流速；

——声道角。

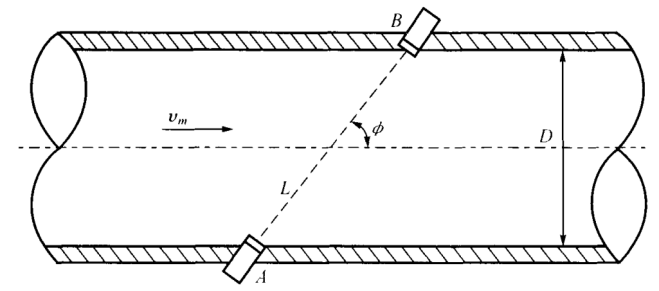


图1 通用示意图

利用式（1），得出流体轴向平均流速：

（2）

同理，得到声波的传播速度：

（3）

基于流体力学原理，可建立流体截面平均流速，，与单个或多个声道的轴向平均流速，，*i* = 1，2，…，*k*间的关系，乘以过流截面面积，*A*，即可得到体积流量，，如式（4）所示：

（4）

其中：

（5）

式中，*k*⸺声道数。

注：即便是已知声道的数目，的形式也会因声道排列情况以及数值计算方法的不同而不同。

## 4.2 结构及形式

4.2.1 结构

流量计主要由流量计表体、超声换能器及其安装部件、信号处理单元和（或）流量积算模块组成。对于接触式和外夹式流量计，安装换能器处的管道可用作表体使用。接触式流量计的换能器直接与被测流体接触，外夹式流量计的换能器紧密安装在管道外壁。

4.2.2 形式

4.2.2.1 流量计按换能器安装方式可分为接触式和外夹式两种形式。

4.2.2.2 接触式流量计根据换能器的数目不同，分为单声道流量计、双声道流量计和多声道流量计。

4.2.2.3 流量计的输出方式有脉冲输出、模拟量输出和数字通讯输出等。

5 计量性能要求

## 5.1 准确度等级

表1为超声流量计的准确度等级，如采用非表中所列准确度等级，其最大允许误差需符合表1中对应的原则并在流量计产品说明书中及流量计铭牌上明示。流量计在其规定的流量范围内，最大允许误差应符合表1的规定。*qt*对应的流速应不大于3 m/s。

表1 气体超声流量计准确度等级

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 准确度等级 | | 0.5 | 0.7 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 最大允许误差*E* | *qt*≤*q*≤*q*max | ±0.5% | ±0.7% | ±1.0% | ±1.5% | ±2.0% |
| *q*min≤*q*<*qt* | ±1.0% | ±1.4% | ±2.0% | ±3.0% | ±4.0% |
| 最大峰间误差 | *qt*≤*q*≤*q*max | ±0.5% | ±0.7% | ±1.0% | ±1.5% | ±2.0% |
| *q*min≤*q*<*qt* | ±1.0% | ±1.4% | ±2.0% | ±3.0% | ±4.0% |

## 5.2 重复性

流量计的重复性不得超过相应准确度等级规定的最大允许误差绝对值的1/5。

## 5.3 周期稳定度

在高区*q*t≤*q*≤*q*max流量范围内，流量计的周期稳定度应不超过2.0。

## 5.4 双向测量流量计

双向测量的流量计应按照两个测量方向分别进行检定，且检定结果均应符合5.1～5.3的要求。

## 5.5 外夹式流量计

外夹式流量计应对所有换能器进行检定，并尽量在与检定管径相同的管径下使用。如流量计使用时的管径与检定管径之比大于2或小于1/2，应至少增加0.5%的附加误差。

6 通用技术要求

## 6.1 随机文件

6.1.1 流量计应附有使用说明书。

6.1.2 流量计使用说明书中应对换能器给出工作压力范围和工作温度范围，并提供换能器安装的几何尺寸。接触式超声流量计在随机文件中应包括流量计出厂检验时几何尺寸的检验报告。

6.1.3 周期检定的流量计还应有前次的检定证书及上一次检定后各次使用中检验的检验报告。

6.1.4 外夹式流量计的使用说明书中应详细说明流量计的安装方法和使用要求。

## 6.2 外观

6.2.1 新制造的流量计应有良好的表面处理，不得有毛刺、划痕、裂纹、锈蚀、霉斑和涂层剥落现象。密封面应平整、光滑，不得有损伤。

6.2.2 流量计表体的连接部分的焊接应平整光洁，不得有虚焊、脱焊等现象。

6.2.3 接插件必须牢固可靠，不得因振动而松动或脱落。

6.2.4 显示的数字应醒目、整齐，表示功能的文字符号和标志应完整、清晰、端正。

6.2.5 按键应手感适中，没有粘连现象。

6.2.6 流量计各项标识正确；读数装置上的防护玻璃应有良好的透明度，没有使读数畸变等妨碍读数的缺陷。

## 6.3 铭牌和标识

6.3.1 流量计应有流向标识。

6.3.2 流量计应有铭牌。表体或铭牌上一般应注明：

a. 制造厂名；

b. 产品名称及型号；

c. 出厂编号；

d. 制造计量器具许可证标志和编号；

e. 耐压等级 (仅对接触式流量计)；

f. 标称直径或其适用管径范围；

g. 适用工作压力范围和工作温度范围；

h. 在工作条件下的最大、最小流量或流速；

i. 分界流量 (当流量计有该指标时)；

j. 准确度等级；

k. 防爆等级和防爆合格证编号 (仅对防爆型流量计)；

l. 制造年月；

以及其他有关技术指标。

6.3.3 每一对超声波换能器应在明显位置标有永久性的唯一性标识和安装标识。

6.3.4 当换能器的信号电缆与超声波换能器需一一对应时，应在明显位置标有永久性的唯一性标识和安装标识。

## 6.4 保护功能

流量计应有对流量计系数进行保护的功能，并能记录历史修改过程，避免意外更改。流量计系数的值应与上次检定时置入的系数相同并没有进行过修改。

## 6.5 密封性

通过检定介质到最大实验压力，历时5 min，流量计表体上各接口应无渗漏。

7 计量器具控制

计量器具控制包括首次检定、后续检定和使用中检验。附录A规定了现场检定的特殊要求。附录B规定了使用中检验的试验条件、项目和方法。

## 7.1 检定条件

7.1.1 流量标准装置的要求

7.1.1.1 流量标准装置（以下简称装置）及其配套仪表均应有有效的检定/校准证书。

7.1.1.2 装置测量结果的不确定度应不大于被检流量计最大允许误差绝对值的1/3。

7.1.1.3 需要测量流经流量计的流体温度时，可直接从流量计表体上的测温孔测温。如流量计表体上无测温孔，应根据流量计本身要求和有关规定确定温度的测量位置。如无特殊要求，对于单向测量的流量计，应将温度测量位置设在流量计下游（3~5）*D*处（*D*为管道内径）；对于双向测量的流量计，应设在距流量计至少5*D*处。所用温度计的测量误差对检定结果造成的影响应在流量计最大允许误差的1/5以内。

7.1.1.4 需要测量流经流量计的流体压力时，可直接从流量计表体上的取压孔取压。如流量计表体上无取压孔，应根据流量计本身要求确定压力的测量位置。如无特殊要求，装置应在流量计上游侧10*D*处安装压力计。取压孔轴线应垂直于测量管轴线，直径为（4~12）mm。所用压力计的测量误差对检定结果造成的影响应在流量计最大允许误差的1/5以内。

7.1.2 检定用气体

7.1.2.1 检定用气体应为单相气体，无旋涡。可选用与实际用气体的密度等物理性质相接近的其它气体。

7.1.2.2 检定用气体应清洁，无可见颗粒、纤维等物质，无游离水或油等杂质，粉尘等固体物的粒径应小于5 μm。

7.1.2.3 检定用气体为天然气时，天然气气质应至少符合GB 17820二类气的要求，天然气的相对密度为0.55~0.80；检定过程中，气体的组分应相对稳定。天然气取样按GB/T 13609执行，天然气组成分析按GB/T 13610执行。

7.1.2.4 在每个流量点的检定过程中，压力波动应不超过±0.5%。

7.1.2.5 对准确度等级不低于1.0级的流量计，在每个流量点的每一次检定过程中，检定用气体的温度变化应不超过±0.5℃；对准确度等级低于1.0级的流量计，在每个流量点的每一次检定过程中，检定用气体的温度变化应不超过±1℃。

7.1.2.6 对工作压力小于等于0.4 MPa的流量计，可在常压下进行检定。对工作压力大于0.4 MPa的流量计，尽量在其实际工作条件接近的压力*p*test或雷诺数下进行检定，检定结果一般适用于工作压力0.5*p*test～2*p*test范围内。

7.1.3 检定环境条件

7.1.3.1 环境条件

环境条件一般为：

1. 温度：（5~40）℃；
2. 湿度：≤93%RH；
3. 大气压力：（70~106）kPa。

7.1.3.2 交流电源电压应为（220±22）V，电源频率应为（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（如24 V直流电源）。

7.1.3.3 外界磁场应小到对流量计的影响可忽略不计。

7.1.3.4 机械振动和噪声应小到对流量计的影响可忽略不计。

7.1.3.5 当以天然气等可燃性或爆炸性流体为介质进行检定的场合，所有检定装置及其辅助设备、检测场地都应满足GB 50251的要求，所有设备、环境条件必须符合GB/T 3836的相关安全防爆要求。

7.1.4 安装条件

流量计的安装应符合附录C的要求。

7.1.5 每次测量时间应不少于装置和被检流量计允许的最短测量时间。

7.1.6 当采用被检表脉冲输出进行检定时，一次检定中所记脉冲数不得少于最大允许误差绝对值倒数的10倍。

7.1.7 用于检定的所有电气设备应在同点接地线。

## 7.2 检定项目和检定方法

7.2.1 检定项目

首次检定、后续检定和使用中检验的检定项目列于表2中。

表2 检定项目表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 检定项目 | 首次检定 | 后续检定 | 使用中检验 |
| 随机文件及外观 | ＋ | ＋ | ＋ |
| 密封性 | ＋ | ＋ | ＋ |
| 流量计内置参数 | － | － | ＋ |
| 示值误差 | ＋ | ＋ | － |
| 重复性 | ＋ | ＋ | － |
| 流量计系数修正 | ＋ | ＋ | － |
| 周期稳定度 | － | ＋ | － |
| 注：＋表示需检项目，－表示不需检项目。 | | | |

7.2.2 随机文件和外观检查

7.2.2.1 检查随机文件，应符合第6.1条的要求。

7.2.2.2 用目测的方法检查流量计外观，应符合第6.2条和6.3条的要求。

7.2.3 示值误差检定

7.2.3.1 运行前检查

连接、开机、预热，按流量计说明书中指定的方法检查流量计内置参数的设置。

7.2.3.2 密封性检查

用目测的方法检查流量计密封性，应符合第6.5条的要求。

7.2.3.3 零流量测试

介质静止状态下，检查流量计的读数是否为零或在流量计本身规定的允许范围内。

7.2.3.4 流量计应在可达到的最大检定流量的70%~100%范围内运行至少5 min，等气体压力、温度和流量稳定后方可进行正式检定。

7.2.3.5 流量点的控制和检定系数

（1）检定应包括下列流量点：*q*min，*q*t，0.40*q*max和*q*max；对于准确度等级为0.5级的流量计，应增加0.25*q*max和0.70*q*max两个流量点。

（2）当装置最大检定流量不能达到*q*max时，*q*max可取装置的最大流量*q*max，facility，但检定的最大流量应不小于0.4*q*max，检定应包括下列流量点：*q*min，*q*t，0.40*q*max和*q*max,facility。对于准确度等级为0.5级的流量计，应增加0.25*q*max和0.70*q*max,facility两个流量点。

（3）在检定过程中，每个流量点的每次实际检定流量与设定流量的偏差应不超过设定流量的±5%或不超过±1%*q*max，最小流量点对应的流体流速应不小于流量计铭牌标示的最小流速。

（4）每个流量点的检定次数应不少于3次；对于准确度等级不低于0.5级的流量计，每个流量点的检定次数应不少于6次。

7.2.3.6 检定程序

（1）流量调到规定的流量值，达到稳定后，记录标准器和被检流量计的初始示值，同时启动标准器（或标准器的记录功能）和被检流量计（或被检流量计的输出功能）。

（2）按装置操作要求运行一段时间后，同时停止标准器（或标准器的记录功能）和被检流量计（或被检流量计的输出功能）。

（3）记录标准器和被检流量计的最终示值。

（4）分别计算流量计和标准器记录的累积流量值或瞬时流量值。

7.2.3.7 示值误差计算

（1）流量计单次检定的相对示值误差为：

或 （6）

式中：——第*i*检定点第*j*次检定时被检流量计的相对示值误差，%；

——第*i*检定点第*j*次检定时被检流量计显示的累积流量值，m3；

——第*i*检定点第*j*次检定时标准器换算到流量计处状态的累积流量值，m3；

——第*i*检定点第*j*次检定时被检流量计显示的瞬时流量值，可为一次检定过程中多次读取的瞬时流量值的平均，m3/h；

——第*i*检定点第*j*次检定时标准器换算到流量计处状态的瞬时流量值，m3/h；

当标准器显示为累积流量时：

（7）

式中：*t*——第*i*检定点第*j*次检定时间，s。

其中，按下式进行换算：

（8）

式中：——第*i*检定点第*j*次检定时标准器测得的气体实际体积，m3；

，——分别为第*i*检定点第*j*次检定时标准器和流量计处的气体热力学温度，K；

，——分别为第*i*检定点第*j*次检定时标准器和流量计处的气体压力，Pa；

，——分别为第*i*检定点第*j*次检定时标准器和流量计处的气体压缩因子。

1. 流量计各检定流量点的相对示值误差按下列公式计算：

（9）

式中：——流量计第*i*检定点的相对示值误差，%；

*n*——第*i*检定点检定次数；

——流量计第*i*检定点第*j*次检定时的相对示值误差，%。

1. 流量计的相对示值误差为：

（10）

式中：——流量计高区和低区各检定点相对示值误差中的最大值。

结果应符合5.1的要求。

7.2.4 流量计的重复性

当每个流量点重复检定*n*次时，该流量点的重复性按下式评定：

（11）

式中：——第*i*检定点的重复性。

流量计高区和低区的重复性分别为：

（12）

结果应符合5.2的要求。

7.2.5 流量计系数修正

流量计经检定后可按合适的方法对流量计进行系数修正，并计算流量计系数调整量或。然后将旧流量计系数*F*0、新流量计系数*F*和流量计系数调整量写在检定证书中。

如果将新流量计系数置入流量计后，应在*q*t以下及以上分别选至少1个流量点进行测试，以确认修正应用的正确性。

7.2.6 双向测量

对用于双向测量的流量计，应进行双向检定，并提供对应的流量计系数。

## 7.3 检定结果的处理

经检定合格的流量计发给检定证书，检定证书内容要求见附录E。经检定不合格的流量计发给检定结果通知书，并注明不合格项目。对使用中检验的流量计发给检验报告。

## 7.4 检定周期

1）检定周期一般不超过2年。

2）对具有自诊断功能的接触式流量计，每年通过使用中检验（详见附录B），检定周期最长可延至6年。

附录A 现场检定特殊要求

本附录适用于气体超声流量计在使用现场的在线检定。本附录不适用于首次检定和型式评价。

## A.1 对标准装置的要求

A.1.1 流量标准装置应有完善的法制文件。

A.1.2 流量标准装置的测量范围应能覆盖被检流量计的现场使用流量范围。

A.1.3 标准流量计应按周期进行检定/校准，且有有效的证书。

A.1.4 流量标准装置测量结果的不确定度应不大于被检流量计最大允许误差绝对值的1/3。

A.1.5 在防爆区使用的标准装置应有相应的防爆合格证书。

## A.2 流量标准装置的安装条件

A.2.1 标准流量计应适合流量、压力、温度的变化和被测介质的类型，如果需要，应安装保护设备，以确保标准流量计在设计条件下正常工作。

A.2.2 标准流量计的安装应满足国家相关标准的最低要求，或与流量标准装置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）。

A.2.3 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，以保证检定时标准流量计所需的流场。

A.2.4 在流量标准装置管段上安装的温度、压力变送器应满足本规程7.1.1.3和7.1.1.4的规定。

## A.3 检定方法

A.3.1 运行前检查按本规程7.2.3.1的要求进行。

A.3.2 检定点

A.3.2.1 一般情况下，核查点应选择：流量计最小流量*q*min，*q*t，系统现场能达到的最大流量*q*max,sys，及在*q*t和*q*max,sys中间等分的2个流量点。

A.3.2.2 如系统无法达到*q*min，则需测到系统能达到的最小流量。如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。

A.3.2.3 如系统无法进行流量调节，且流量计是定点使用的，检定点可选实际使用流量点并在检定证书上注明：定点使用。

A.3.2.4 在一次实验过程中，瞬时流量的最大变化不超过5%。

A.3.3 检定次数：按照7.2.3.5执行。

## A.4 应在检定证书中注明现场检定及条件

## A.5 其他按本规程规定进行

附录B 使用中检验

气体超声流量计的使用中检验是在实流装置上完成检定后，在其检定周期内对流量计计量性能可靠性开展的检验。使用中检验包括3种方法，第一种方法是采用一台核查流量计对被检验流量计进行在线检验；第二种方法是以声速比较为基础对被检验流量计进行在线检验；第三种方法是采用机器学习方法对被检验流量计进行在线检验。

## B.1 技术要求

B.1.1 检验时间安排

在被检验流量计安装到管路投入使用后的一个月内进行第一次检验，以后按照至少1次/年的周期进行。

B.1.2 被检验流量计进行使用中检验时必须携带上一次检验报告。

B.1.3 检查被检验流量计系数在上一次检定后应没有变化。

## B.2 核查流量计法

B.2.1 对核查流量计的要求

B.2.1.1 核查流量计应满足本规程附录A.1.2和A.1.4的要求。

B.2.1.2 核查流量计应有良好的复现性能，且其准确度等级不低于被检验流量计的准确度等级。

B.2.2 核查流量计的安装条件

应满足本规程附录A.2的要求。

B.2.3 检验方法

操作程序与本规程A.3相同。

B.2.4 检验结果计算

B.2.4.1 测量偏差

与核查流量计相比，被检验流量计的各流量点的测量偏差，，为：

（B.1）

式中：——本次检验得到的第*i*检验点流量计系数平均值；

——第一次检验得到的第*i*检验点流量计系数平均值。

被检验流量计的各流量点的测量偏差，，为

（B.2）

式中：——流量计各检验点测量偏差中最大值。

流量计系数的计算方法如下：

（B.3）

（B.4）

式中：——第*i*检验点第*j*次检验的流量计系数；

——第*i*检验点第*j*次检验核查流量计的示值；

——第*i*检验点第*j*次检验被检验流量计的示值。

B.2.4.2 重复性

流量计的重复性按7.2.4计算。

B.2.5 结果处理

流量计的测量偏差*E*和重复性不超过流量计准确等级对应的允许值，判定为合格，可继续使用；否则为不合格，应将流量计送检。

## B.3 声速检验法

B.3.1 使用的标准设备包括：在线色谱分析仪、取样器；温度计；压力表；计算软件。

B.3.2 色谱分析仪的技术性能应满足GB/T 13610，其测量准确度应达到0.05%。色谱分析仪的选择安装应满足制造厂家技术要求。

B.3.3 取样系统的选择、安装应满足GB/T 13609。

B.3.4 取样点附近应安装温度、压力变送器。温度、压力变送器的安装应满足本规程7.1.1.3和7.1.1.4的规定。压力变送器的准确度应优于0.1%，温度变送的准确度应优于0.1℃。

B.3.5 声速计算软件应符合AGA 8号报告。

把流量调到设定的流量值，待流量稳定后，将介质组分、温度、压力数据输入声速计算软件后得到计算声速，将其与流量计测得的平均声速进行比较，按式（B.5）计算声速偏差。同时记录各声道的测量声速，按式（B.6）计算最大声速差。重复上述步骤，连续测量不少于3次，按式（B.7）计算测量重复性。

（B.5）

式中：——测量平均声速与计算声速的偏差；

——超声流量计测量平均声速，m/s；

——超声流量计计算声速，m/s；

（B.6）

式中：——单一声道测量得到的最大声速差，m/s；

，——单一声道测量得到的最大声速和最小声速，m/s；

（B.7）

式中：——声速测量重复性；

——第*i*次测量声速偏差；

——*n*次测量声速偏差平均值。

声速偏差、最大声速差及重复性应符合表B.1的规定。

**表B.1 声速检验技术要求**

|  |  |
| --- | --- |
| 声速偏差允许范围，*EC* | ±0.2% |
| 各声道测量最大声速差允许范围，*EC*,max | 0.5 m/s |
| 测量重复性优于，*EC*,r | 0.05% |

B.3.6 分析出表B.2所列管线气体各组分（在条件允许时可分析更多组分），以确保最终计算结果的准确。

**表B.2 天然气主要成分及通用范围表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 名 称 | 通用范围 | 备 注 |
| 相对密度 | 0.546~0.857 | 参考条件为20℃，101325Pa |
| 甲烷 | 45%~100 % |  |
| 乙烷 | 0~10% |  |
| 丙烷 | 0~4% |  |
| 丁烷 | 0~1% |  |
| 戊烷 | 0~0.3% |  |
| 己烷+ | 0~0.2% |  |
| 氮气 | 0~50% |  |
| 二氧化碳 | 0~30% |  |
| 一氧化碳 | 0~3% |  |
| 氩气 | # |  |
| 氧气 | # |  |
| 水 | 0~0.05% |  |
| 硫化氢 | 0~0.02% |  |

B.3.7 检验方法

B.3.7.1 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。

B.3.7.2 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。

B.3.7.3 被检流量计状态检查

B.3.7.3.1 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。

B.3.7.3.2 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。

1. 每一声道信号的增益值，即安装在表体上的探头发出（接收）信号的强度；

b. 每一声道接收信号的百分比；

c. 每一声道信号和噪声的比值；

B.3.7.4 声速测量检查

B.3.7.4.1 检验流量点

一般情况下，检验流量点应选择：流量计最小流量或系统能达到的最小流量*q*min，分界流量*q*t，系统现场能达到的最大流量*q*max,sys，及在分界流量和*q*max,sys中间等分的1~2个流量点。

如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。

B.3.7.4.2 检验点的次数：按照7.2.7执行。

B.3.7.4.3 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）被检设备的输出

制造厂应当通过RS-232、RS-485或现场显示提供下列诊断测量数据：

1. 被检流量计每个声道的瞬时声速值；
2. 取样时间内每个声道的平均声速值；
3. 被检流量计在取样时间内的总平均声速值；
4. 顺流及逆流的传输时间；
5. 被检流量计每一声道的流速值；
6. 通过流量计的平均轴向流速。

g. 取样器取出样品的摩尔百分比；

h. 取样时间内管道内温度、压力信号的平均值。

B.3.7.4.4 检验结果计算

对于天然气以及其他碳氢气体按照AGA 8号报告和AGA 10号报告的方法，计算出每次检定点的声速值。

B.3.7.4.5 结果处理

（1）对于被检流量计，每个声道的声速值的偏差及总的声速值与计算的声速值偏差应满足表B.1的要求

（2）每条声道的流速值与通过流量计的平均轴向流速值之比应在合理范围内。

B.3.8 检验结果处理

检验后应发给检验报告，报告上应给出全部实验数据及计算结果，并说明是否符合要求。如有一项以上不符合要求，该流量计应送检。

声速检验的周期不超过12个月。

## B.4 机器学习法

机器学习法基于检定机构的实流检定数据，采用机器学习算法建立超声流量计使用中示值误差的实时预测模型，对超声流量计的计量性能进行在线检验。

B.4.1 标准数据

基于机器学习方法的在线检验预测模型的输入特征从超声流量计的运行的数据，以及配套仪表，包括温度变送器、压力变送器、色谱分析仪等的运行数据中提取得到；数据标签（标准数据值）由实流检定中的标准装置提供。

B.4.2 模型样本集

B.4.2.1特征提取

从现场设备直接采集的得到的数据、以及基于这些数据的计算结果，提取得到机器学习预测模型的输入特征。特征变量提取时，应对数据的有效性进行检查。

超声流量计数据：超声流量计的各参数应在厂家规定的范围内运行，确认流量计工作正常。

配套仪表数据：温度变送器、压力变送器、色谱分析仪应具备有效的检定/校准证书。温度、压力、天然气组分数据的获取应符合本规程7.1中的要求；

声速检验数据：计算声速、声速偏差、各声道测量最大声速差，应符合本规程B.3.5中的要求。

从上述数据中提取得到以下特征：

a）信号质量数据：信号增益、信噪比、信号接收率等；

b）流态指标数据：剖面系数、对称性系数、漩涡角等；

c）计量性能数据：各声道声速、平均声速、计算声速、声速偏差、各声道流速、平均流速，测量流量。

注：上述特征应根据超声流量计品牌型号进行增减。

B.4.2.2样本集获取

基于实流检定测试中标准装置，计算得到所提取特征对应的超声流量计示值误差值作为数据标签。特征值及数据标签的共同组成模型样本集。

B.4.3 预测模型的建立

基于所获取的预测模型的样本集，采用机器学习方法完成超声流量计示值误差的预测模型的建立及验证。确认预测模型输入特征，设置模型算法的超参数。

B.4.4在线检验预测软件

B.4.4.1 使用者的在线检验预测软件应由计量检定机构监管，并对其适用性进行确认：

a）软件中各输入参数的有效性；

b）软件中机器学习模型的正确性；

c）声速计算应符合AGA 8号报告。

B.4.4.2 计算机软件应符合JJF 1182的规定。

B.4.4.3 应实施数据保护的程序，包括且不限于数据采集、数据传输、数据处理、数据存储的完整性、保密性、防篡改性。

B.4.5 检验结果

B.4.5.1 示值误差的预测值

基于超声流量计及配套仪表的在线运行数据，采用机器学习预测模型得到超声流量计示值误差的预测值。

B.4.5 检验结果处理

示值误差预测值应满足本规程5.1中的要求。示值误差的预测值不超过流量计准确等级对应的允许值，判定为符合要求；示值误差的预测值若出现连续超差现象（24h），则应检查流量计或将流量计送检。

B.4.6 检验周期

机器学习法在线检验的周期一般不超过1个月，且每次检验的运行时长应不低于24h。

## B.5 使用中检验报告内页

至少应该包括以下信息：

1. 标准设备信息；
2. 被检流量计基本信息（如准确度等级、口径、流量范围、压力范围、流体方向、*K*系数等）；
3. 诊断软件信息；
4. 内置参数信息（如内置温度、内置压力、修正信息等）；
5. 检定条件：
6. 介质种类（如果介质是天然气，需要列出详细组分信息）；
7. 介质温度；
8. 介质压力；
9. 安装条件；
10. 状态诊断结果（包括增益值、信噪比、信号质量、声速偏差、流速剖面系数等），给出具体的结果及对应的判别标准和诊断结论；
11. 核查流量计检验结果：

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检验流量  （m3/h） | 雷诺数 | 相对示值误差  （%） | 第一次检验流量计系数 | 本次检验流量计系数 | 重复性  （%） |
|  |  |  |  |  |  |  |

1. 声速检验法检验结果：

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 检验流量  （m3/h） | 雷诺数 | 测量声速  （m/s） | 计算声速  （m/s） | 声速偏差  （%） | 重复性  （%） | 最大声速差  （m/s） |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

1. 机器学习法检验结果：

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 压力  （MPa） | 温度  （⁰C） | 检验流量  （m3/h） | 示值误差  （%） | 运行时长  （s） |
|  |  |  |  |  |  |

附录C 超声流量计的安装要求

## C.1 安装环境

1. 温度

一般情况下，超声流量计安装的环境温度应在（-20~55）℃的范围内，当安装环境温度超出上述范围时，应对流量计采取隔热、防冻措施，对于暴露在野外的流量计还应该采取遮雨、防晒措施。

制造厂应推荐测温孔相对于声道的安装方位。一般来说，测温孔轴线与管道轴线垂直，测温孔的安装应保证管道的热传递、测温套的附属组件和太阳的热辐射不影响气体温度的测量。温度计和取样器插入深度宜为1/3*D*，对于大口径流量计（DN300及以上），插入深度应不超过125 mm，应注意避免高速气流引起测温套的共振。

1. 压力

超声换能器对气体的最小密度（它是压力的函数）有一定要求，最低工作压力应保证声波在介质中能正常传播。

1. 振动

流量计的安装应尽量避开有强烈机械振动影响的位置，特别是要避开可能引起流量计信号处理单元、超声换能器、流量测量管等部件发生共振的环境。

1. 电磁或电子干扰

流量计及流量计的相关导线安装时应尽量避开可能存在强烈电磁或电子干扰的环境，否则就要对流量计进行必要的保护。

流量计信号电缆应避免与电源电缆平行敷设，同时要使用屏蔽信号电缆。

1. 声学噪声干扰

流量计安装时应尽量避免接近噪声源，在安装时应采取必要的措施消除环境声学噪声的干扰。

## C.2 流量计的安装

1. 安装方式

流量计应水平安装。其他安装方式可以由流量计生产厂家指定，当采用其他安装方式时，应将流量计安装在管道上升段内，以保证流体充满管道。

安装时要保证流体流动方向与流量计标志的流体正方向一致。

C.2.2 安装中应保证流量计测量管轴线与管道轴线方向一致，流量计测量管轴线与水平线的夹角不超过3°。

C.2.3 流量计与管道连接的部分应没有渗漏，连接处的密封垫不能突出到管道内。

## C.3 管道通用要求

C.3.1 流动方向

对于具各双向计量能力，并且准备应用于这种场合的流量计，流量计安装位置两侧的管道都应视为流量计上游管道，达到流量计上流管道的要求。

C.3.2 管道要求

在流量计上、下游直管段范围内，管道内壁应清洁，无明显凹痕、锈蚀、结垢和起皮现象。该直管段除取压孔、温度计插孔外应无其他障碍及连接支管。

C.3.3 管道直径和管道突出物

流量计测量管、连接法兰及上、下游直管段应具有相同的内径，流量计与其试验管段的连接部位应没有泄漏；连接处应平滑，不得有影响流体状态的台阶或凸起。测量管内径与流量计上、下游直管段内径的偏差应小于1%，且不大于3 mm。

## C.4 流动调整器

安装管道无法满足直管段要求或流量计上游安装有T形弯头、阀门或泵等对流体状态有较大影响的扰流件时，可以在流量计上游安装流动调整器。流量计上、下游直管段长度和流动调整器的安装应符合流量计制造厂的要求。检定时应与流量计配套使用。

## C.5 单声道流量计的直管段要求

不安装流动调整器的情况下，单声道流量计（包括外夹式流量计）的上、下游直管段长度应满足表C.1的要求。

表C.1 单声道超声流量计的上、下游直管段长度

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 阻流件形式 | 单个90°弯头或三通（气体仅从一个支管流出） | 同一平面内的两个或多个90°弯头 | 不同平面内的两个或多个90°弯头 | 渐缩管（在1.5*D*~3*D*的长度内由2*D*变为*D*） |
| 上游直管段长度 | 36*D* | 42*D* | 70*D* | 22*D* |
| 下游直管段长度 | 8*D* | | | |
| 阻流件形式 | 渐扩管（在1*D*~2*D*的长度内由0.5*D*变为*D*） | 全开球阀 | 全开全孔球阀或闸阀 | 其他形式 |
| 上游直管段长度 | 38*D* | 36*D* | 24*D* | 145*D* |
| 下游直管段长度 | 8*D* | | | |

## C.6 多声道流量计的直管段要求

不安装流动调整器的情况下，多声道超声流量计上游直管段长度至少为 10*DN*（*DN*为流量计内径，以下相同），下游直管段长度至少为5*DN*；或根据流量计生产厂家的要求选择合适的上、下游直管段。

**C.7** 如果流量计的安装使用条件不能满足上述规定，其使用时的误差计算应在实验室检定结果的基础上再增加一个不小于0.3%的附加安装误差。

**C.8** 为保证在流量计的全量程范围内，流量计的现场测量性能满足要求，且安装条件引起的附加误差不超过±0.3%，制造厂应按照用户提供的流量计预期安装条件，推荐流量计上、下游直管段长度，以及是否带流动调整器。

如果制造厂未提供流量计上、下游直管段长度要求和流动调整器的安装要求时，或者用户无法提供预期的安装条件时，不带流动调整器的情况下，流量计上游至少需要50*D*的直管段；带有流动调整器的情况下，流量计上游至少需要30*D*的直管段，且流动调整器宜安装在流量计上游10*D*处。流量计下游直管段长度至少为5*D*。

附录D 典型修正方法

基于检定结果，一般可以对检定合格流量计的流量计系数进行修正，典型的修正方法包括：基于全部检定流量点对流量计系数进行整体修正的单点修正方法；及对基于相邻或全部检定流量点对流量计系数进行分段修正的多点修正方法。

## D.1 单点修正方法

基于全部检定流量点的流量计系数，可采用算术平均或加权平均的方式，计算得到流量计系数进行整体修正。

## D.2 多点修正方法

D.2.1 线性内插修正

基于相邻检定流量点的流量计系数，按照线性内插的方式计算得到相邻流量点内的流量计系数。

D.2.2 多项式修正

基于全部检定流量点的流量计系数，采用多项式的方式计算得到流量计流量范围内流量计系数的拟合公式。

附录E 检定证书（内页）格式

## E.1 超声流量计检定证书

检定证书至少应包括下列内容：

1. 被检流量计基本信息（如准确度等级，口径，流量范围，压力等级，*K*系数等）；
2. 内置参数信息（如修正信息，内置温度、压力（如适用）等）；
3. 检定条件：
4. 环境条件：温度、压力、湿度
5. 介质种类（如介质是天然气，需要列出详细组分信息）；
6. 介质温度；
7. 介质压力；
8. 安装条件（需说明前直管段长度或安装有流动调整器）；
9. 检定结果：

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 流量点百分比  （*Q*i/*Q*max） | 检定流量  （m3/h） | 雷诺数  （/） | 相对示值误差  （%） | 检定前流量计系数（/） | 检定后流量计系数（/） | 流量计系数调整量  （%） | 重复性  （%） |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

周期稳定度：

准确度等级：

1. 修正方法

需注明是否进行了修正，如进行了修正需给出修正方法和参数。

1. 核验结果：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 流量点百分比  （*Q*i/*Q*max） | 核验流量  （m3/h） | 雷诺数  （/） | 相对示值误差  （%） | 重复性  （%） |
|  |  |  |  |  |

1. 说明：
2. 本次检定已（未）将流量计系数或相对示值误差置入流量计信号处理单元。使用中需确认流量计算机的相关系数，避免重复修正（未修正）。
3. 下次送检时请携带此证书或证书复印件，以及检定周期内使用中检验的检验报告。
4. 双向测量流量计的检定证书中需标注检定方向。

## E.2 超声流量计检定结果通知书

检定结果通知书格式要求同上，需指明不合格项目。