

团 体 标 准

T/ BFYZ 0001—2025

代替T/ BFYZ 0001—2022

气体超声流量计

Gas ultrasonic flowmeter

2025-10-14 发布

2025-11-01 实施

上海泵阀压缩机行业协会 发布

目 次

前 言	III
1 范围	1
2 引用文件	1
3 术语和定义	2
3.1 超声流量计	2
3.2 超声换能器	2
3.3 自动增益控制	2
3.4 脉冲系数	2
3.5 最大误差偏移	2
3.6 分界流量	2
3.7 始动流量	2
3.8 过载流量	3
3.9 传播时间	3
3.10 声道	3
3.11 声道角	3
3.12 声道长度	3
3.13 零流量读数	3
4 符号	3
5 结构、原理和型式	4
5.1 结构	4
5.2 原理	5
5.3 型式	6
6 总则	6
6.1 测量原理	6
6.2 正常工作条件	6
7 要求	8
7.1 外观与铭牌	8
7.2 功能要求	8

7.3 示值误差	10
7.4 重复性	10
7.5 零流量	10
7.6 始动流量	10
7.7 耐压强度	10
7.8 密封性	10
7.9 电磁兼容性能	10
7.10 绝缘电阻	11
7.11 绝缘强度	11
7.12 防爆性能	11
7.13 外壳防护	11
7.14 抗运输贮存性能	12
8 检验与试验方法	12
8.1 外观检验	12
8.2 功能试验	12
8.3 示值误差试验	12
8.4 重复性试验	15
8.5 零流量试验	15
8.6 始动流量试验	15
8.7 耐压强度试验	16
8.8 密封性试验	15
8.9 电磁兼容试验	16
8.10 绝缘电阻试验	16
8.11 绝缘强度试验	16
8.12 防爆性能试验	17
8.13 外壳防护试验	17
8.14 抗运输贮存性能试验	17
9 检验规则	17
9.1 检验分类	18
9.2 出厂检验	18

9.3 型式试验	18
9.4 委托试验	19
10 标志、包装和贮运	19
10.1 标志	19
10.2 包装	20
10.3 贮运	20

前 言

本文件依据 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则第1部分：标准的结构和编写》的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件代替了 T/BFYZ0001-2022 气体超声波流量计，与 T/BFYZ0001-2022 相比，除编辑性修改外，主要技术变化如下：

- a) 前言中增加了“首期承诺执行单位和企业名单”（见前言，2025版前言：）；
- b) 删除了2规范性引用文件中“GB/T 2423.17-2008”和“GB/T 2423.24-2013”（见2，2025版2）；
- c) 修改了7.3示值误差内容，规定了流量计在分界流量以下的最大允许误差限；（见7.3，2025版7.3）；
- d) 修改了7.12条款中防护等级要求合并到7.13条款中；（见7.12、7.13，2025版7.12，7.13）；
- e) 删除了7.2功能要求中7.2.9数据存储功能；（见7.2，2025版7.2）。

本文件由上海泵阀压缩机行业协会提出并归口。

本文件起草单位：罗美特（上海）自动化仪表股份有限公司、上海思达斯易仪器仪表有限公司、苍仪科技（上海）有限公司、上海燃气市北销售有限公司、兰陵中石油昆仑众德燃气有限公司、上海泵阀压缩机行业协会、上海市计量测试技术研究院。

本文件主要起草人：鲁金祥、王实得、李逢春、周骅、罗志祥、叶圣双、陈跃、王瑜、张丽松、庄千胜、周昕、李勇、张进明、刘夷平。

首次承诺执行单位：罗美特（上海）自动化仪表股份有限公司、上海思达斯易仪器仪表有限公司、苍仪科技（上海）有限公司、上海燃气市北销售有限公司、兰陵中石油昆仑众德燃气有限公司、上海泵阀压缩机行业协会、上海市计量测试技术研究院。

本文件为首次发布。

气体超声流量计

1 范围

本文件规定了时差法为原理的封闭管道用气体超声流量计（以下简称为“流量计”）的术语和定义、结构、原理和型式、总则、要求、检验与试验方法、包装、运输和贮存等。

本文件适用于工作压力 0.1 MPa~6.4 MPa、介质温度-25 ℃~60 ℃，天然气计量用气体超声流量计。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 191 包装储运图示标志
- GB/T 2423.1—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温
- GB/T 2423.2—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温
- GB/T 2423.3—2016 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验
- GB/T 2423.4—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Db：交变湿热（12h+12h循环）
- GB/T 2423.10—2019 环境试验第2部分：试验方法 试验Fc：振动（正弦）
- GB/T 4208—2017 外壳防护等级（IP代码）
- GB/T 13384—2008 机电产品包装通用技术要求
- GB/T 17626.2—2018 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.4—2018 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
- GB/T 17626.5—2019 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验
- GB/T 17626.8—2006 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验
- GB/T 17626.11—2018 电磁兼容 试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验
- GB/T 17747—2011 天然气压缩因子的计算
- GB/T 18604—2014 用气体超声流量计测量天然气流量
- GB/T 25480—2010 仪器仪表运输、贮存基本环境条件与试验方法
- GB/T 50251—2015 输送管道工程设计规范
- JJG 1030—2007 超声流量计

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

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。它包括体积修正仪（内含显示器、计量智能主机板、电池）、压力传感器、温度传感器等部件组成。

[来源：JJG 1030—2007, 3.1, 有修改]

3.2

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成电信号器件。

[来源：JJG 1030—2007,3.2]

3.3

自动增益控制 automatic gain control

使放大电路的增益自动地随信号强度而调整的自动控制方法。

3.4

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。

[来源：JJG 1030—2007, 3.13]

3.5

最大误差偏移 maximum error shift

任一测试流量点的最大平均误差变化。

3.6

分界流量 transitional flowrate

在最大流量和最小流量之间流量值、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”。

[来源：JJG 1030—2007, 3.16]

3.7

始动流量 start flowrate

流量计能够开始运行的最低流量。

3.8

过载流量 overload flowrate

流量计在短时间内工作而不会受到损坏的最高流量。

3.9

传播时间 transmit time

超声波信号在流体介质部分传播的时间。

[来源: JJG1030—2007, 3.5]

3.10

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。

[来源: JJG1030—2007, 3.6]

3.11

声道角 transmission angle

声道与管道轴线之间的夹角。

[来源: JJG1030—2007, 3.7]

3.12

声道长度 path length

超声换能器间的超声波信号传播的实际路径长度。

3.13

零流量读数 zero-flow reading

介质静止状态下流量计最大流速读数。

[来源: JJG 1030—2007, 3.12]

4 符号

本文件适用的符号见表 1。

表 1 符号

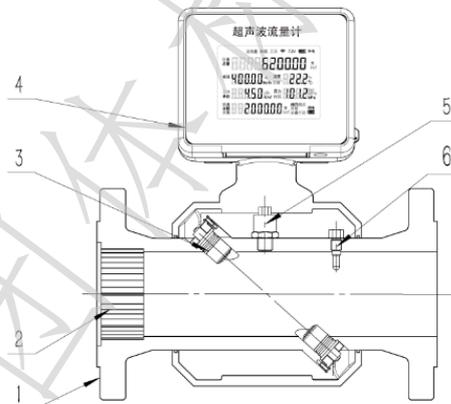
符号	名称	单位	备注
D	管道的直径	mm	
E	示值误差	—	
MPE	最大允许误差	—	
p_{\max}	最大工作压力	Pa (kPa)	
p_0	标准大气压力	Pa (kPa)	$p_0 = 101325 \text{ Pa}$
p_g	工作介质的绝对压力	Pa (kPa)	

q_{\max}	最大流量	m^3/h	
q_{\min}	最小流量	m^3/h	
q_r	过载流量	m^3/h	
q_s	始动流量	m^3/h	
q_t	分界流量	m^3/h	
$t_b、T_b$	基准气体温度	$^{\circ}\text{C}、\text{K}$	$t_b = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ $T_b = t_b + 273.15$
$t_g、T_g$	工作介质温度	$^{\circ}\text{C}、\text{K}$	$T_g = t_b + 273.15$
t_m	环境温度	$^{\circ}\text{C}$	
Δp	压力损失	$\text{Pa} (\text{kPa})$	

5 结构、原理和型式

5.1 结构

超声流量计主要由壳体、整流装置、超声波换能器及其组件（含超声波控制及测量电路）、体积修正仪（内含显示器、计量智能主机板、电池）、压力传感器、温度传感器等部件组成。气体超声流量计的典型结构如图 1 所示。



标引序号说明：

- 1——流量计壳体；
- 2——整流装置；
- 3——超声波换能器及其组件；
- 4——体积修正仪；
- 5——压力传感器；
- 6——温度传感器。

注：体积修正仪主要负责流量计瞬时流量和累计用气量的计算，实现如预付费装置、内置转换装置、通信装置和异常用气监测等功能，信号处理单元和积算仪宜独立供电。

图 1 气体超声流量计结构示意图

5.2 原理

流量计以测量超声波在气体介质中传播的时间与流量的关系为原理。超声波在燃气介质中顺流方向和逆流方向的时间差与气体介质的平均流速成正比,通过计算超声波的传播时间差与传播距离的关系计算得到气体介质流速,由流速与声道在流量计管道截面积的乘积即可获得到气体介质的流量。

流量计的工作原理如图 2 所示。

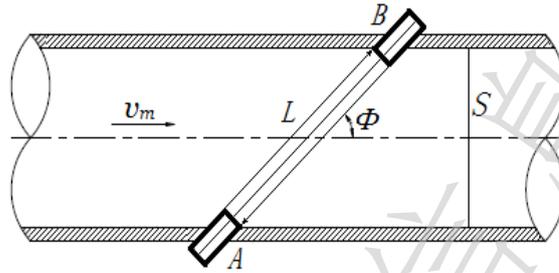


图2 流量计的原理示意图

流量计超声波顺流和逆流传播时间与各量之间的关系是:

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

$$t_{up} = t_{BA} = \frac{L}{c_f - v_m \cos \varphi} \quad (2)$$

式中:

t_{down} (t_{ab}) ——超声波在气体介质中顺流传播的时间, s;

t_{up} (t_{ba}) ——超声波在气体介质中逆流传播的时间, s;

L ——声道长度, m;

c_f ——声波在燃气中传播的速度, m/s;

v_m ——气体介质的轴向平均速度, m/s;

φ ——声道角, °。

根据公式 (1) 和公式 (2) 可推算出气体介质的平均速度为:

$$v_m = \frac{L}{2 \cos \varphi} \left(\frac{1}{t_{down}} - \frac{1}{t_{up}} \right) \quad (3)$$

也可以用相似的方法获得声波的传播速度:

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

将测得的多个声道的流体流速 v_i , $i = 1, 2, \dots, k$; 利用数学的函数关系联合起来, 可得到管道平

均流速的估计值，乘以过流面积 A ，即可得到体积流量 q_v ，如式（5）：

$$q_v = A\bar{v} \quad (5)$$

其中：

$$\bar{v} = f(v_1, \dots, v_k) \quad (6)$$

式中： k ——声道数。

注：即便是给出了声道的数目，但 $f(v_1, \dots, v_k)$ 的精确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。

5.3 型式

5.3.1 流量计根据换能器的数据不同，分为单声道流量计、双声道流量计和多声道流量计。

5.3.2 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。

6 总则

6.1 测量原理

流量计的测量原理符合GB/T 18604—2014中4.1的规定。

6.2 正常工作条件

6.2.1 环境条件

工作环境温度：-40 °C~60 °C；

存储环境温度：-40 °C~60 °C；

相对湿度：5 % ~90 %；

大气压力：70 kPa~106 kPa。

6.2.2 介质条件

6.2.2.1 气体条件

被测介质必须是应满足 GB/T 50251—2015 3.1.2 条款中天然气输送要求。

6.2.2.2 介质温度

被测介质温度范围：-25 °C~60 °C

6.2.2.3 介质压力

要求被测介质压力：≤6.4 MPa。

6.2.2.4 天然气介质

流量计所测量的天然气组分一般应在 GB/T 17747（所有部分）所规定的范围内，天然气的相对密度为 0.55~0.80。

6.2.3 工作电源

6.2.3.1 内置电源

满足5年工作锂电组要求，具有电量显示功能。对于本安型设备，内置锂电池必须使用原厂提供的同型电池进行更替，且其更换时须保证现场的安全性。

6.2.3.2 外接电源

电源电压范围9V~28VDC，纹波<50mV，功率≥0.5W；对于隔爆型设备，使用12V或24V直流电源；对于本安型设备，依据接口本安参数选择合规的本安电源或安全栅为设备供电。外电源适用于高频脉冲输出、RS485通信、GPRS通讯等。流量计实时监测外电源接入情况，外电源接入时，系统自动切换至外电供电，内部电池组自动进入备份模式；外电移除时，内部电池组自动被启用，同时系统进入低功耗的工作模式。

6.2.4 安装条件

6.2.4.1 安装环境

6.2.4.1.1 环境温度

环境温度应在-25℃~60℃的范围内。

6.2.4.1.2 环境振动

应尽量避免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。

6.2.4.1.3 电磁或电子干扰

流量计及相关导线安装时应避开可能存在强烈电磁或电子干扰的环境，必要时应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。

6.2.4.2 安装方式

6.2.4.2.1 流体方向

安装时应保证气流方向与流量计标识的流体方向一致；

6.2.4.2.2 直管段要求

沿流体方向，前直管段长度≥5D，后直管段长度≥3D；

6.2.4.2.3 密封要求

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。

6.2.4.3 管道通用要求

流量计的内径、连接法兰及其紧邻的上、下游直管段应具有相同的内径，其偏差应在管径的±1%以内；流量计及其紧邻的直管段在组装时应严格对中，并保证其内部流通通道的光滑、平直，不得在连接

部分出现台阶及突入的垫片等扰动气流的障碍。在流量计上、下游直管段范围内，除取压孔、温度计插孔外应无其它障碍及连接支管。

7 要求

7.1 外观与铭牌

7.1.1 外观

总体要求流量计表体整洁，显示正常，按键灵活。流量计的外表应整洁、美观，表面应有良好的处理，不得有毛刺、刻痕、裂纹、锈蚀、霉斑和涂层剥落现象。密封面应平整，不得有损伤。

7.1.1.1 表体

流量计表体连接部分焊接应平整光洁，不得有虚焊、脱焊等现象。

7.1.1.2 显示

流量计显示部分，读数装置上的防护玻璃应有良好的透明度，没有使读数畸变等影响读数的缺陷；液晶显示的数字应醒目、整齐，文字、符号标识应完整、清晰、端正。

7.1.1.3 按键

流量计按键采用薄膜按键，反应灵敏，功能完整。

7.1.2 铭牌

各项铭牌、标识应完整、正确，并应符合 10.1.1 的要求。

7.2 功能要求

7.2.1 流量计算机自诊断功能

流量计算机应具有自诊断功能，如根据信号增益、信号强度、信噪比、温压传感器状态、电池电量等，实时的对流量计运行状态进行评估诊断，并在出现异常时适时发出相应的报警信息。

7.2.2 数据存储功能

流量计应采用非易失性存储器，用以存储流量计过程数据。

7.2.3 流量累积功能

流量计应有累积工况体积总量、标况体积总量。

7.2.4 历史数据查询功能

流量计应有事件记录日记、参数登录日记、计量登录日记，应有定时时间间隔记录、日记录和月记录。

7.2.5 显示输出功能

流量计应有显示输出功能，如流量显示、报警、电池剩余量、瞬时流量等信息显示。

7.2.6 信号输出功能

流量计应能输出与流量对应的脉冲频率信号；

7.2.7 保密功能

流量计应有授权用户，并且需要密码验证。

7.2.8 故障标志清除功能

流量计应具有在故障排除后清除故障标志的功能。

7.2.9 流量累积功能

流量计应有累积工况体积总量、标况体积总量。

7.2.10 历史数据查询功能

流量计应有事件记录日记、参数登录日记、计量登录日记，应有定时时间间隔记录、日记录和月记录。

7.2.12 显示输出功能

流量计应有显示输出功能，如流量显示、报警、电池剩余量、瞬时流量等信息显示。

7.2.12 信号输出功能

流量计应能输出与流量对应的脉冲频率信号；

7.2.13 故障标志清除功能

流量计应具有在故障排除后清除故障标志的功能。

7.2.14 自动增益

流量计具有自动增益功能。

7.2.15 远程自动调零功能

具备在线调零功能，当出现零点漂移时，通过远程调零指令进行自动调零。

7.2.16 报警功能

通过已知的天然气成分，加上管道中的温度传感器和压力传感器，通过这三个量计算得到标准预设声速 C 值。所检测的流量计的平均声速 $C1$ 值超出标准预设 C 值的5%，触发声速超出报警。当每个声道的声速值发生突然的跳变，变化幅度大于 $\pm 0.25\%$ 时，表明有声速故障存在，触发声速故障报警。当换能器所检测的信号较低时，触发声道增益过大报警。

7.3 示值误差

在规定的流量范围内，流量计的示值误差应符合准确度等级相对应的最大允许误差要求。

表2为推荐的准确度等级系列，如采用非表中所列准确度等级，其最大允许误差需符合表2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 $q_t \leq q < q_{max}$ 的流量范围内，其最大允许误差应符合表2的规定，在 $q_{min} \leq q < q_t$ 的流量范围内，最大允许误差不超过表2规定的最大允许误差的2倍。并且，对气体流量计 q_t 对应的流速应不大于3m/s。

表2

准确度等级	0.5	1.0	1.5	2.0
最大允许误差E	±0.5%	±1.0%	±1.5%	±2.0%

7.4 重复性

流量计的重复性不得超过最大允许误差绝对值的1/5。

7.5 零流量

流量为零时，流量计显示及内部存储的累积流量均不应发生变化。

7.6 始动流量

流量计始动流量 q_s 应不大于 $0.25q_{min}$ 。

7.7 耐压强度

流量计壳体应能承受1.5倍最大工作压力历时5min的耐压检验，无破损、渗漏现象。

7.8 密封性

流量计在试验介质为干空气或氮气、试验压力为最大工作压力，历时5min，流量计壳体各部分及连接部分应无泄漏。

7.9 电磁兼容性能

7.9.1 电快速瞬变脉冲群抗扰度性能

带有外接电源端口流量计根据GB/T 17626.4—2018进行，试验等级为2级。在试验过程中允许样机出错，在试验结束后30s重新启动，应工作正常。

7.9.2 静电放电抗扰度性能

根据GB/T 17626.2—2018进行，试验等级为3级。试验过程中样机工作应正常。

7.9.3 工频磁场抗扰度性能

带有外接电源端口流量计根据GB/T 17626.8—2006进行，试验等级为3级。试验过程中样机工作应正常。

7.9.4 浪涌抗扰度性能

带有外接电源端口流量计根据GB/T 17626.5—2019进行，试验等级为2级。实验过程允许样机出错，试验结束后应能自动恢复。

7.9.5 电源中断性能

根据GB/T 17626.11—2018实验等级0 %UT进行。流量计进行以上实验后，复测 q_{min} 、 q_t 、 $0.4q_{max}$ 流量点下的示值误差仍应符合第7.3条的要求。

7.10 绝缘电阻

流量计的电源端子与接地端子、输出端子与接地端子之间的绝缘电阻，其值应不小于20 M Ω 。

7.11 绝缘强度

流量计的电源端子与接地端子、输出端子与接地端子之间应能承受频率为50 Hz电压为500 V，历时1min，无击穿或飞弧现象。

7.12 防爆性能

对应用于爆炸性气体环境的流量计，应取得国家指定的防爆检验机构签发的防爆合格证书。

7.13 外壳防护

对不同应用的流量计应满足 GB/T 4208—2017 相应的防护等级要求，并取得国家认可的机构签发的防护等级证明。流量计的外壳防护等级应至少满足 GB/T 4208—2017 中的 IP65。

7.14 抗运输贮存性能

7.14.1 贮存环境要求

流量计包装状态下按以下项目试验后，各项性能仍应符合 7.1~7.13 的要求：

- a) 低温：按 GB/T 2423.1—2008“试验 Ad”的要求：温度为-40℃，持续 2h；
- b) 高温：按 GB/T 2423.2—2008“试验 Bd”的要求：温度为 55℃，持续 2h；

c) 恒定湿热:按 GB/T 2423.3—2016 “试验 Ca” 的要求: 温度为 30 °C, 相对湿度为 93 %, 持续 48h;

d) 交变湿热:按 GB/T 2423.4—2008 “试验 Db” 的要求, 严酷等级 b, 试验 1 个周期 (1d)。

7.14.2 机械振动要求

按 GB/T 2423.10—2019 “试验 Fc”的要求进行振动 (正弦) 试验后, 流量计计量性能复测, 计量性能仍能符合本标准的要求。

8 检验与试验方法

8.1 外观检验

流量计通过目测方法进行检验。

8.2 功能试验

8.2.1 流量计由人工按照使用说明书操作, 相关功能满足本标准第7.2条的要求。

8.2.2 自动增益试验

8.2.2.1 试运行

流量计在气体流量标准装置上在可达到最大试验流量的 70 %~100 %范围内运行, 至少 5min, 等流体温度、压力和流量稳定后方可进行正式试验。

8.2.2.2 试验

流量计的自动增益试验在气体流量标准装置上进行分别通入试验流量为 q_{max} , q_t , q_{min} 的气体, 历时 1min, 观察并记录对应的回波信号幅值 V_{pp} , 计算出 ΔV_{pp} 。

8.3 示值误差试验

8.3.1 运行前检查

连接、开机、检查, 按流量计说明书中规定的方法检查流量计参数的设置。

8.3.2 试运行

在可达到的最大试验流量的 70 %~100 %范围内运行, 至少 5min, 等流体温度、压力和流量稳定后方可进行正式试验。

8.3.3 流量点的确定

8.3.3.1 流量点的确定

试验一般应包含下列流量点： q_{min} 、 q_t 、 $0.4q_{max}$ 和 q_{max} ；对于准确度等级不低于0.5%，且量程比大于20:1的流量计，增加 $0.25q_{max}$ 和 $0.7q_{max}$ 两个流量点。

8.3.3.2 当流量标准装置最大试验流量不能达 q_{max} 时， q_{max} 可取装置的最大流量，但试验的最大流量应不小于 $4q_t$ 。

8.3.3.3 在试验过程中，每个流量点的每次实际试验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。

8.3.3.4 每个流量点的试验次数应不少于3次，对于型式评价和准确度等级不低于0.5级的流量计，每个流量点的试验次数应不少于6次。

8.3.4 误差试验

8.3.4.1 试验初始值确定

把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)，并记录试验气体在流量计和标准装置处的温度和压力值。

8.3.4.2 试验最终值确定

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)，记录标准器和被检流量计的最终示值，并记录试验气体在流量计和标准装置处的温度和压力值。

8.3.4.3 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。

8.3.4.4 示值误差计算公式

8.3.4.4.1 流量计单次试验的相对示值误差为：

$$E_{ij} = \frac{Q_{ij} - (Q_s)_{ij}}{(Q_s)_{ij}} \times 100\% \quad \text{或} \quad E_{ij} = \frac{q_{ij} - (q_s)_{ij}}{(q_s)_{ij}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中：

E_{ij} ——第*i*试验点第*j*次试验时被检流量计的相对示值误差，%；

Q_{ij} ——第*i*试验点第*j*次试验时流量计显示的累积流量值， m^3 ；

$(Q_s)_{ij}$ ——第 i 试验点第 j 次试验时标准器换算到流量计处状态的累积流量值, m^3 ;

q_{ij} ——第 i 试验点第 j 次试验时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, m^3/h ;

$(q_s)_{ij}$ ——第 i 试验点第 j 次试验时标准器换算到流量计处状态的瞬时流量值, m^3/h ;

$(Q_s)_{ij}$ 按下式计算:

$$(Q_s)_{ij} = (V_s)_{ij} \times \frac{T_m}{T_s} \times \frac{P_s}{P_m} \times \frac{Z_m}{Z_s} \dots\dots\dots (8)$$

式中:

$T_m T_s$ ——分别为第 i 试验点第 j 次试验时标准器和流量计处的气体热力学温度, K;

$P_m P_s$ ——分别为第 i 试验点第 j 次试验时标准器和流量计处的流体压力, Pa;

$Z_m Z_s$ ——分别为第 i 试验点第 j 次试验时标准器和流量计处的气体压缩因子。

当标准器显示为累积流量时:

$$(q_s)_{ij} = 3600 \times \frac{(Q_s)_{ij}}{t} \dots\dots\dots (9)$$

式中:

t ——第 i 试验点第 j 次检定时间, s。

8.3.4.4.2 流量计各试验流量点的相对示值误差按下列公式计算:

$$E_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n E_{ij} \dots\dots\dots (10)$$

式中:

E_i ——第 i 试验点被检流量计的相对示值误差, %;

n ——第 j 试验点检定次数;

E_{ij} ——第 i 试验点第 j 次试验时被检流量计的相对示值误差, %。

8.3.4.4.3 流量计的相对示值误差为:

$$E = |E_i|_{\max} \dots\dots\dots (11)$$

式中:

$|E_i|_{\max}$ ——流量计各试验点相对示值误差中最大值。

结果应符合本标准第 7.3 条的要求。

8.4 重复性试验

流量计的重复性试验与流量计的误差试验同时进行。试验结果应该满足本标准第 7.4 条的要求。

8.4.1 当每个流量点重复试验 n 次时，该流量点的重复性按下式评定：

$$(E_r)_i = \left[\frac{1}{(n-1)} \sum_{j=1}^n (E_{ij} - E_i)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (12)$$

式中：

$(E_r)_i$ ——第 i 检定点的重复性。

8.4.2 流量计高区和低区的重复性分别为：

$$E_r = [(E_r)_i]_{\max} \dots\dots\dots (13)$$

式中：

$[(E_r)_i]_{\max}$ ——流量计各试验点重复性中最大值。

8.5 零流量试验

使流量计内部充满与大气压力相当的空气，将流量计的进气口与出气口完全密封，记录流量计显示和存储器的累积流量，然后在测量腔内压力、温度保持稳定状态 30s，观测并再次记录流量计显示和存储器的累积流量，试验结果应该满足本标准第 7.5 条的要求。

8.6 始动流量试验

用空气进行试验，在 $1.2q_s$ 下运行 10min，流量计应能记录通过的气体体积量，始动流量试验时不检查流量计的计量特性。

8.7 耐压强度试验

流量计耐压强度试验在专用的试验装置上进行，试验介质为水，在外壳及其受压部位上加压至规定最大工作压力为 1.5 倍，保持 5min，观察并记录流量计表体及受压部件无损坏或泄露。

8.8 密封性试验

流量计的密封性试验在专用的试验装置上进行，通入试验压力为最大允许工作压力的氮气或空气，历时 5min，观察并记录，流量计壳体各部分及连接部分应无泄漏。

8.9 电磁兼容试验

8.9.1 电快速瞬变脉冲群抗扰度性能试验

带有外接电源端口流量计依据 GB/T 17626.4—2018 进行，试验等级为 2 级。在试验过程中允许样机出错，在试验结束后 30s 重新启动，应工作正常。

8.9.2 静电放电抗扰度性能试验

依据 GB/T 17626.2—2018 进行，试验等级为 3 级。试验过程中样机工作应正常。

8.9.3 工频磁场抗扰度性能试验

带有外接电源端口流量计依据 GB/T 17626.8—2006 进行，试验等级为 3 级。试验过程中样机工作应正常。

8.9.4 浪涌抗扰度性能试验

带有外接电源端口流量计依据 GB/T 17626.5—2018 进行，试验等级为 2 级。实验过程允许样机出错，试验结束后应能自动恢复。

8.9.5 电源中断抗扰度试验

依据 GB/T 17626.11—2018 试验等级 0 %UT 进行。流量计进行以上实验后，复测 q_{min} 、 q_t 、 $0.4q_{max}$ 流量点下的示值误差仍应符合要求。

8.10 绝缘电阻试验

用兆欧表测量流量计的电源端子与接地端子、输出端子与接地端子之间的绝缘电阻。

8.11 绝缘强度试验

流量计的电源端子与接地端子、输出端子与接地端子之间加入频率为 50 Hz 电压为 500 V 的电源，历时 1min，应无击穿或飞弧现象。

8.12 防爆性能试验

防爆性能的试验必须由国家授权的的防爆检验机构完成，并颁发防爆合格证书。

8.13 外壳防护试验

按 GB/T 4208—2017 标准所规定的方法进行。

8.14 抗运输贮存性能试验

8.14.1 低温贮存试验

将流量计处于低温-40℃条件下2h，恢复时间2h，升温和降温的温度变化率不超过1℃/min，对空气湿度要求在整个试验期间应避免凝结冰。

8.14.2 高温贮存试验

将流量计处于高温55℃条件下2h，恢复时间2h，升温和降温的温度变化率不超过1℃/min，对空气湿度要求在整个试验期间应避免凝结冰。

8.14.3 恒定湿热贮存试验

将流量计处于温度30℃，相对湿度93%条件下48h，恢复时间2h，应避免出现凝结冰。

8.14.4 交变湿热贮存试验

将流量计置于恒温恒湿箱中，温度在25℃和55℃之间交替变化，在温度下限时保持95%以上的相对湿度，在温度上限时保持93%的相对湿度，当温度上升时，电子器件表面可能发生凝结冰，试验时间两个24h周期，每个周期按GB/T 2423.4—2008规定的程序进行。

8.14.5 正弦波振动试验

加速度为2 m/s²，以1个/min倍频在振动频率为10 Hz~15 Hz内做正弦波振动试验，分别在三个互相垂直的轴线方向进行振动。

8.14.6 运输包装跌落试验

流量计在运输包装条件下，应能承受 GB/T 25480—2010 规定的冲击试验和跌落试验，试验后查检包装件的损坏情况，并对受试样机进行检测，流量计的计量性能仍应符合要求。

9 检验规则

9.1 检验分类

流量计的检验包括出厂检验、型式检验和委托检验。检验项目见表2。

表2 检验项目

序号	检验项目	检验项目			要求	检验与试验方法
		出厂检验	型式检验	委托检验		
1	外观与铭牌	√	√	√	7.1	8.1
2	功能要求	√	√	—	7.2	8.2
3	示值误差	√	√	√	7.3	8.3
4	重复性	√	√	√	7.4	8.4
5	零流量	—	√	√	7.5	8.5
6	始动流量	√	√	√	7.6	8.6
7	耐压强度	√	√	√	7.7	8.7
8	密封性	√	√	√	7.8	8.8
9	电磁兼容性能	—	√	√	7.9	8.9
10	绝缘电阻	√	√	√	7.10	8.10
11	绝缘强度	√	√	√	7.11	8.11
12	防爆性能	—	√	√	7.12	8.12
13	外壳防护	—	√	√	7.13	8.13
14	抗运贮存输性能	—	√	√	7.14	8.14

9.2 出厂检验

流量计须经逐台检验合格并附有检验合格证书后方可出厂。

9.3 型式检验

有下列情况之一时，流量计应进行型式检验：

- a) 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定；
- b) 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大改变，可能影响性能时；
- c) 正常生产时，定期或积累一定产量后，每两年应进行一次检验；
- d) 产品停产一年后，恢复生产时；
- e) 出厂检验结果与上次型式试验有较大差异时；
- f) 国家质量监督机构提出进行型式检验的要求时。

9.4 委托检验

有下列情况之一时，流量计应进行委托检验：

- a) 产品每隔2年需重新对产品进行试验，确保产品质量；
- b) 结构、工艺和使用材料上有重大改变可能影响产品性能时。

10 标志、包装和贮运

10.1 标志

10.1.1 产品标志

在流量计外壳的明显处应有指示被测流体流向的永久性标记，并在适当位置应有铭牌，铭牌上应标明：

- a) 制造厂名；
- b) 产品名称及型号；
- c) 出厂编号；
- d) 制造计量器具型批许可证标志和编号；
- e) 耐压等级；
- 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；
- 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) 外壳防护等级。
- m) 制造年月；
- n) 其它有关技术指标。

10.1.2 包装标志

在流量计外包装上应有收、发货标志和包装储运图示标志，其标志应符合GB/T 191的规定。外包装箱面上应标明：

- a) 产品型号规格及名称；
- b) 制造单位全称；
- c) 收货单位及到达站；

d) 重量 (kg)、体积: (长×宽×高) mm;

e) “小心轻放”、“防潮”、“向上”等字样。

10.2 包装

10.2.1 包装应符合GB/T 13384的规定。

10.2.2 内包装物应能防止控制器在运输、搬运过程中的碰撞和振动。

10.2.3 包装出厂的流量控制器应具有以下随机文件:

a) 产品合格证;

b) 检定证书;

c) 使用说明书;

d) 装箱单。

10.3 贮运

流量计应贮存在环境温度0℃~40℃、相对湿度不大于85%、通风且不含有腐蚀性气体的库房内。经包装后的流量计应适用于各种交通工具的运输。运输途中防止受雨、霜、雾直接影响,按标志方向放置,防止受挤压、撞击。搬运时应注意轻装轻放,严防摔掷。