



中华人民共和国国家标准

GB/T 28848—2012

智能气体流量计

Intelligent gas flow meter

2012-11-05 发布

2013-02-15 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 符号	3
5 结构	6
5.1 构成	6
5.2 型式	7
5.3 基本参数	7
5.4 连接方式	11
5.5 使用条件	11
5.6 命名规则	11
6 要求	12
6.1 计量性能要求	12
6.2 功能要求	14
6.3 影响量影响	16
6.4 安全性能	19
6.5 其他要求	20
7 试验设备	20
7.1 流量标准装置	20
7.2 配套设备要求	21
7.3 溯源	21
8 试验方法	21
8.1 试验条件	21
8.2 计量性能试验	22
8.3 功能检查	25
8.4 影响量试验	26
8.5 安全性能试验	30
8.6 其他试验	31
9 检验规则	31
9.1 出厂检验	31
9.2 型式检验	33
10 标志、包装、运输、贮存和使用说明书	33
10.1 产品标志	33
10.2 包装	34

10.3	贮存	32
10.4	运输	34
10.5	产品合格证	34
10.6	使用说明书	34
附录 A (规范性附录) 流量计示值误差及其输出误差的试验方法		35
附录 B (规范性附录) 流量传感器的示值误差试验方法		40
附录 C (规范性附录) 流量计瞬时流量、总量计算及误差		44
附录 D (规范性附录) 压缩系数的计算及误差		50
附录 E (规范性附录) 流量干扰试验		53
参考文献		55



前　　言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国工业过程测量和控制标准化技术委员会(SAC/TC 124)归口。

本标准负责起草单位:重庆市计量质量检测研究院。

本标准参加起草单位:天信仪表集团有限公司、浙江卷南仪表厂、埃创仪表系统(重庆)有限公司、上海 ELSTER AMCO 燃气设备有限公司、重庆宝元森仪表有限公司、青岛自动化仪表有限公司、余姚市银环流量仪表有限公司、重庆山城燃气设备有限公司、天津市亿环自动化仪表技术有限公司、中国石油西南分公司、北京市计量检测科学研究院、辽宁省计量科学研究院和中国燃气控股有限公司。

本标准主要起草人:吴明清、廖新、樊中宇、叶丽、段兴景、黄宝丽、谢中华、朱海英、窦延平、朱家顺、熊涛、刘忠海、杨静、刘方、何志强、李万俊。



智能气体流量计

1 范围

本标准规定了智能气体流量计(以下简称流量计)的术语、符号、结构、要求、试验设备、试验方法、检验规则、标志、包装、运输及贮存。

本标准适用于测量封闭管道中的气体流量并具有电子修正装置的流量计。

本标准不适用于流量计预付费控制装置。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 191 包装储运图示标志
- GB/T 2423.1 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 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 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 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(12 h+12 h循环)
- GB/T 2423.7 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Ec 和导则：倾跌与翻倒(主要用于设备型样品)
- GB/T 2423.43 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 振动、冲击和类似动力学试验样品的安装
- GB/T 2423.56 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Fh：宽带随机振动(数字控制)和导则
- GB/T 2624(所有部分) 用安装在圆形截面管道中的差压装置测量满管流体流量
- GB 3836.1 爆炸性环境 第1部分：设备 通用要求
- GB 3836.2 爆炸性环境 第2部分：由隔爆外壳“d”保护的设备
- GB 3836.4 爆炸性环境 第4部分：由本质安全型“i”保护的设备
- GB 4208 外壳防护等级(IP 代码)
- GB/T 6388 运输包装收发货标志
- GB/T 9969 工业产品使用说明书 总则
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 15478 压力传感器性能试验方法
- GB/T 15479 工业自动化仪表绝缘电阻、绝缘强度技术要求和试验方法
- GB/T 17611 封闭管道中流体流量的测量 术语和符号
- GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验
- GB/T 17626.4 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 电磁兼容 试验和测量技术 液晶(冲击)抗扰度试验



- GB/T 17626.6 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度
 GB/T 17626.8 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验
 GB/T 17626.11 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 17747.2—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/T 18271.3 过程测量和控制装置 通用性能评定方法和程序 第3部分 影响量影响的试验
 GB/T 20522 半导体器件 第14.3部分：半导体传感器——压力传感器

3 术语和定义

GB/T 17611界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

【智能气体】流量计 intelligent gas flow meter

具有修正功能(压力或温度或压缩系数等)的流量计。

3.2

流量传感器 flow transducer

通过检测元件直接感受(测量)流量并输出与流量相关的可测量信号的装置。

3.3

差压式流量传感器 differential pressure flow transducer

通过节流件产生差压信号的流量传感器。

3.4

速度式流量传感器 speed flow transducer

通过特定的原理和结构,测量流体流动速度的流量传感器。

3.5

容积式流量传感器 displacement flow transducer

通过重复不断地充满和排空已知回转体积的流体,测量流体体积量的流量传感器。

3.6

修正装置 correction device

和流量传感器组合,通过已知的修正关系对流量信号进行修正的装置。

注:修正关系可具有压力和/或温度、压缩系数以及流量误差或雷诺数等。流量误差或雷诺数的修正属于流量曲线修正,常用于传感器流量误差曲线非线性的流量计。

3.7

仪表系数 meter factor

在某个试验流量点,流量计通过试验测出的与流量成某种关系的参数,是多次测量的平均值。

注:对于流量误差曲线分段修正的流量计,根据不同试验流量点的结果,分别置于修正装置中,不优先推荐使用。

3.8

平均仪表系数 mean meter factor

在规定的流量范围内,各试验流量点的仪表系数中,最大值与最小值的算术平均值。

注:根据试验结果,该系数置于流量计的修正装置中。

3.9

工作状态 working condition

通过某截面或测量点的介质的状态。

注:工作状态通常用一组物理和/或化学参数(例如,温度和压力等)来描述。

3.10

截止流量 low flowrate cut off

为克服干扰、零漂等影响，保证流量计正常运行而设置的一个特定流量值。流量低于该值时，按零流量处理；高于该值时，流量计正常运行。

3.11

瞬时流量 Instantaneous flowrate

在足够短的(或单位)时间内，流过某截面的流体的量。瞬时流量包括瞬时体积流量和瞬时质量流量，瞬时体积流量包括工况体积流量和标况体积流量。

注1：工况体积流量是常工作状态下的瞬时体积流量。

注2：标况根据用户使用地区设定，在中华人民共和国境内，标况设定为气体介质在温度为20℃、压力为101325Pa，标况体积流量是指用户设定的标况下的瞬时体积流量。

3.12

总量(累积流量) total quantity

在一段时间内，流过某截面的流体量的总和。

注：总量可以是体积量，也可以是质量，体积量可以是工况体积总量和标况体积总量。

3.13

显示系统 indicating system

可以连续地或根据指令显示流量测量结果或其他信息的部分。

3.14

运算系统 operational system

接收气体流量传感器及其他传感器输出信号并按规定的数据模型进行数据运算和储存的部分。

4 符号

表1的符号适用于本标准。

表1 量、符号和单位

符号	量	量纲	SI单位	备注
C	平均流出系数	无量纲		有开孔直径或等效开孔直径的差压式传感器适用
C _i	流出系数	无量纲		
D	管道直径	L	m	
d	节流件的开孔直径	L	m	
d _t	节流件的等效开孔直径	L	m	
e	流量计示值误差	无量纲		
e _{sp}	差压式流量传感器的示值误差	无量纲		
e _f	流量计输出脉冲误差	无量纲		
e _r	流量计输出电流误差	无量纲		
e _v	输出电流(代表体积流量)的传感器示值误差	无量纲		
e _m	输出电流(代表质量流量)的传感器示值误差	无量纲		

表 1(续)

符号	量	量纲	SI 单位	备注
ϵ_x	脉冲给出的流量传感器的示值误差	无量纲		
ϵ_L	线性度	无量纲		
ϵ_p	压力示值误差	无量纲		
ϵ_t	瞬时流量计算误差	无量纲		
ϵ_{Σ}	总量计算误差	无量纲		
ϵ_c	重复性误差	无量纲		
ϵ_k	压缩系数计算误差	无量纲		
ϵ_{dp}	差压示值误差	无量纲		
$\bar{\epsilon}$	流量计的平均示值误差	无量纲		
$\Delta \epsilon$	影响量试验时流量计示值误差的相对变化量	无量纲		
$\Delta \epsilon_x$	输出电流测量值的相对变化量	无量纲		
$\Delta \epsilon_y$	瞬时流量显示值的相对变化量	无量纲		
f	传感器给出脉冲显示值	T^{-1}	s^{-1}	
f_r	流量计频率给出计算值	T^{-1}	s^{-1}	
f_s	流量计频率输出测量值	T^{-1}	s^{-1}	
I	传感器给出电流显示值	1	mA	
I_r	传感器给出毛流测量值	1	mA	
I_s	流量计电流输出计算值	1	mA	
I_x	流量计输出主流流量值	1	mA	
K	平均仪表系数	L^{-2}	$1/m^2$	脉冲给出的流量传感器
		L^2	m^2	差压式流量传感器
K_r	仪表系数	L^{-2}	$1/m^2$	脉冲给出的仪表
		L^2	m^2	差压式流量传感器
n	试验流量点数	无量纲		用于下脚标时可表示为:(1)与流量计(或传感器)有关;(2)质量流量
M	摩尔质量	M	$kg/kmol$	
M_L	流量计质量总量的变化量	M	kg	
MPE	最大允许误差	无量纲		
n	测量次数	无量纲		用于下脚标时可表示为:(1)理论计算值;(2)标准状态
N	脉冲总数	无量纲		
p	流量计的压力显示值	$ML^{-1}T^{-4}$	Pa	
p_A	大气压力	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa	
p_a	流量计(传感器)处流体绝对压力测量值	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa	

表 1 (续)

符号	量	量纲	SI 单位	备注
p_{\max}	最大工作压力或压力量程	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa	
p_0	标准状态的压力	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa	$p_0 = 101325 \text{ Pa}$
p_r	临界压力比	无量纲		
p_s	主标准器处流体绝对压力测量值	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa	
Δp	流量计的差压显示值	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa	
Δp_s	流量传感器处的差压测量值	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa	
Q_m	质量总量	M	kg	
$Q_{m\text{示}}$	流量计的质量总量显示值	M	kg	
$Q_{m\text{算}}$	流量计的质量总量计算值	M	kg	
$Q_{n\text{示}}$	标准装置的质量总量显示值	M^3	kg	
Q_v	体积总量	L^3	m^3	
$Q_{v\text{示}}$	流量计工况体积总量显示值	L^3	m^3	
$Q_{v\text{算}}$	流量计标况体积总量计算值	L^3	m^3	
$Q_{v\text{示},n}$	流量计工况体积总量显示值	L^3	m^3	
$Q_{v,n}$	标准装置工况体积总量显示值	L^3	m^3	
$Q_{v\text{示},n,a}$	标准装置标况体积总量显示值	L^3	m^3	
q	瞬时流量	MT^{-1} 或 L^3T^{-1}	kg/h 或 m^3/h	
q_m	瞬时质量流量计算值	MT^{-1}	kg/h	
q_{\max}	最大流量	MT^{-1} 或 L^3T^{-1}	kg/h 或 m^3/h	
q_{\min}	最小流量	MT^{-1} 或 L^3T^{-1}	kg/h 或 m^3/h	
$q_{m\text{示}}$	流量计瞬时质量流量显示值	MT^{-1}	kg/h	
$q_{m\text{算}}$	流量传感器瞬时质量流量计算值	MT^{-1}	kg/h	
$q_{m\text{a}}$	标准装置的瞬时质量流量	MT^{-1}	kg/h	
q_v	流量计工况体积流量计算值	L^3T^{-1}	m^3/h	
$q_{v\text{示}}$	流量计工况体积流量显示值	L^3T^{-1}	m^3/h	
$q_{v\text{算},n}$	流量传感器工况体积流量计算值	L^3T^{-1}	m^3/h	
$q_{v,n}$	流量计标况体积流量显示值	L^3T^{-1}	m^3/h	
$q_{v\text{算}}$	流量计标况体积流量计算值	L^3T^{-1}	m^3/h	
$q_{v\text{示}}$	标准装置工况体积流量显示值	L^3T^{-1}	m^3/h	
$q_{v\text{示},n}$	标准装置以被测仪表处工况折算的体积流量值	L^3T^{-1}	m^3/h	
$q_{v\text{示},n,a}$	标准装置标况体积流量显示值	L^3T^{-1}	m^3/h	
q_i	分界流量	L^3T^{-1}	m^3/h	
R	通用气体常数	$ML^2T^{-2}\theta^{-1}$	J/(mol·K)	$R=8314.5 \text{ J/(mol·K)}$

表 1(续)

符号	量	量纲	SI 单位	备注
R_m	介质的气体常数	$\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$	$R_m = R/M$
γ	重复性相对标准偏差	无量纲		用于下脚标时表示与标准装置有关
T	流量计的热力学温度显示值	θ	K	
T_s	流量计(传感器)处流体热力学温度测量值	θ	K	
T_0	标准状态的温度	θ	K	
T_r	临界温度比	无量纲		
T_b	标准准器处流体热力学温度测量值	θ	K	
ΔT	温度示值误差	θ	K	
t	测量时间	T	s	
V	气体体积	L^3	m^3	
V_n	流量计体积总变化量	L^4	m^4	
V_{n0}	流量计标记体积总变化量	L^4	m^4	
WME	加权示值平均误差	无量纲		
Z	气体压缩系数	无量纲		
Z_n	流量计气体压缩系数显示值	无量纲		
Z_{n0}	传感器处气体压缩系数计算值	无量纲		
Z_m	标准状态下的气体压缩系数	无量纲		
Z_x	流量计(传感器)处压缩系数计算值	无量纲		
Z_s	标准装置处气体压缩系数计算值	无量纲		
β	直径比, $\beta = d/D$ 或 d_s/D	无量纲		
ϵ	可膨胀性系数	无量纲		
ρ	介质密度	ML^{-3}	kg/m^3	
ρ_0	气体介质标准状态的密度	ML^{-3}	kg/m^3	

5 结构

5.1 构成



智能气体流量计由流量传感器和修正装置组成。

修正装置包括流量运算系统、调节系统、显示系统和输入、输出系统以及管理系统等。

调节系统是指使误差曲线平移或拟合到需要位置,以满足流量计计量性能的部分。通常分为机械调节和软件修正,用以改善提高流量计的准确度,包括温度传感器、压力(或差压)传感器零点和量程的调节。

管理系统是指协调各系统间的联系,使气体流量计按规定程序运行并实现功能和保证计量能力的部分。

5.2 型式

5.2.1 按流量传感器的测量原理分为：

- 差压式流量计(例如：孔板、喷嘴、文丘里管、楔形、V锥、均速管等)；
- 速度式流量计(例如：涡轮、涡街、超声等)；
- 容积式流量计(例如：腰轮、刮板、双转子等)；
- 采用其他传感器的流量计。

5.2.2 按流量传感器的采样方式分为：

- 插入式流量计——点采样；
注：点采样可以是单点的或多点的。
- 非插入式流量计——面采样。

5.2.3 按传感器有无分界流量分为：

- 有；
- 无。

5.2.4 按流量传感器和修正装置的连接方式分为：

- 一体式；
- 分体式。

5.2.5 按修正方式分为：

- T 修正(仅与温度相关的函数的修正)；
- p 修正(仅与压力相关的函数的修正)；
- pT 修正(压力与温度函数的修正)；
- pTZ 修正(考虑气体压缩系数情况下压力与温度函数的修正)；
- 其他修正方式(如流量误差修正、雷诺数修正等)。

5.2.6 按流量计测量介质分为：

- 蒸汽(干饱和蒸汽或过热蒸汽)；
- 一般气体(包括空气、天然气、煤气等)。

5.2.7 按流量计的信号传输方式分为：

- 脉冲信号；
- 模拟信号；
- 数据通信。

注：传输方式可以是一种或一种以上的组合。

5.2.8 按流量计的信号输入方式分为：

- 有外界信号输入端口(含端子)；
- 无外界信号输入端口(含端子)。

5.2.9 按流量计的电气防爆类型分为：

- 普通型；
- 本安型；
- 隔爆型。



5.3 基本参数

5.3.1 管道直径

流量计的管道直径系列值为(单位为毫米)：

3, 4, 5, 6, 8, 10, 15, 20, 25, (32), 40, 50, (65), 80, 100, (125), 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500,

600, 700, 800, 900, 1 000, 1 200, 1 400, 1 600, 1 800, 2 000。

注：括号内的数值不优先推荐使用。

5.3.2 最大工作压力(或公称压力)

流量计的最大工作压力(或公称压力)系列值为(单位为兆帕)：

0.25, 0.4, 0.6, 1, 1.6, 2.5, 4.0, 6.4, 10.0, 16.0, 25.0, 32.0, 40.0, 50.0。

5.3.3 最大流量

流量计的最大流量系列值为(流量单位为立方米每小时或千克每小时)：

1, (1.2), 1.25, 1.6, 2, 2.5, (3), 3.2, 4, 5, 6, (6.3), 8 的 10^n 倍数(n 为任意正整数、负整数或零)。

注：系列值中括号内的数值不优先推荐使用。

5.3.4 范围度

流量计的范围度为：

- 差压式流量计范围度应不小于 5;
- 速度式流量计范围度应不小于 ± 10 ;
- 容积式流量计范围度宜不小于 20, 对于管道直径小的或测量低粘度介质的可适当降低;
- 采用其他传感器的流量计的范围度应不小于相应产品标准的规定值。

5.3.5 准确度等级

流量计的准确度等级系列值为：

0.5, 1.0, 1.5, (2.0), 2.5, 4.0, 5.0。

注：括号内的数值不优先推荐使用。

5.3.6 使用环境温度

流量计使用的环境温度的极限值从下述范围内选择：

- 下限：-40 ℃～+5 ℃;
- 上限：30 ℃～70 ℃。

5.3.7 介质温度

流量计测量的介质温度的极限值从下述范围内选择：

- 下限：-40 ℃～0 ℃;
- 上限：50 ℃～600 ℃。

5.3.8 电源

5.3.8.1 供电类型

流量计的电源供电类型有：

- 外接电源;
- 不可更换电池;
- 可更换电池。

5.3.8.2 外接电源

流量计的外接电源有：

- a) 交流电源电压应为(220±10%)V a.c., 电源频率应为(50±2.5)Hz;
- b) 直流电源电压一般为5 V d.c., 6 V d.c., 9 V d.c., 12 V d.c., 24 V d.c., 36 V d.c., 45 V d.c., 电压的变化范围在-15%~+10%之间,优先选取24 V d.c.。

5.3.8.3 不可更换电池

在流量计使用寿命内,电池能保证流量计功能正常,电池电压有:

3 V d.c., 3.6 V d.c., 4.5 V d.c., 5 V d.c., 6 V d.c., 9 V d.c.,

5.3.8.4 可更换电池

应有具体的型号参数,如果一个可选的电源(具有足够的电流容量的标准供电)被用于做替补电池,应与指定类型的电池的内部阻抗相符合,制造商应指明电池的最大阻抗。

更换电池过程中,流量计的参数不应改变。

更换电池不应破坏计量封印。如果破坏了计量封印,则应重新进行计量封印。

5.3.9 输出参数

5.3.9.1 输出信号

流量计除数字显示外,还应具有下列一种或一种以上输出信号:

- a) 脉冲输出信号,是可直接测量的脉冲信号,应与流量计显示的工况体积流量或标况体积流量相对应;
- b) 模拟输出信号,优先推荐选用二线制(4~20)mA d.c.,应与流量计显示的标况体积流量相对应,也可以是(0~10)mA d.c.或(1~5)V d.c.;
- c) 通信信号。

5.3.9.2 负载电阻

流量计模拟信号输出的负载能力不小于300 Ω。

5.3.10 输入信号

流量计可具有输入端口从流量计外部输入信号,输入端口可设置在修正装置的表体或内部。

输入信号的类型如下:

- a) 流量输入信号有:
 - 1) 当流量信号为脉冲时,一般为TTL电平脉冲输入信号,也可为流量传感器输出信号或其他脉冲信号;
 - 2) 当流量信号为模拟量时,一般为(4~20)mA模拟输入信号,也可为流量传感器输出信号或其他模拟信号;
- b) 温度输入信号一般为电阻信号或(4~20)mA模拟输入信号,也可为温度传感器输出信号或其他模拟信号;
- c) 压力输入信号一般为(4~20)mA模拟输入信号,也可为压力传感器输出信号或其他模拟信号。

注:不论采取何种输入信号,输入信号均能被准确测量。

5.3.11 通信接口

流量计可选用RS232或RS485通信接口(或者其他标准总线),或红外线、公用频段等无线数据通

信接口。

5.3.12 功能

5.3.12.1 显示功能

流量计可采用简体中文、符号(包括字母)或数字等,用液晶显示屏或数码管的方式显示。显示的字体应足够大,以确保偏离窗口15°角时能清晰而准确读取。

显示的刷新时间一般不超过5 s。

显示的参数应包含:

- 流量计计量的过程参数和计量结果,所用符号应符合表1;
- 内置电池的电量;
- 所有需设置的参数。

配有机械计数器的流量计,计数器的数字高度至少4 mm,宽度至少2.4 mm,同时须显示工况体积总量,其值与机械计数器的读数应一致。

5.3.12.2 密码保护功能

流量计应有密码保护功能。

5.3.12.3 设定和调整功能

流量计应有参数设定和调整的功能,也可以有功能设定。

5.3.12.4 修正功能

流量计应具有修正功能,可对多种气体的实际温度或压力或压缩系数等参数进行修正。如有必要,可进行流量误差或谐波数的修正。

5.3.12.5 自诊断功能

流量计可以通过适当的方式对自身的故障予以诊断和提示。

5.3.12.6 报警功能

通过采用提示、声、光等方式,流量计可以具有报警功能。

5.3.12.7 断电保护功能

流量计应能保证供电电源断开后,关键数据(例如,总量等)不丢失,并保持准确。

5.3.12.8 历史记录和查询功能

流量计宜具有历史记录和查询功能。

5.3.12.9 其他功能

流量计关键数据可以有备份功能;

流量计可以设置黑匣子功能,以记录异常情况,保护流量计正常计量;

在不影响正常计量的情况下,显示屏可以有屏幕锁定功能;

流量计可以设置休眠功能;

流量计可以设置截止流量功能,截止流量不超过0.08q_{min},并且小于q_{min};

流量计可以设置机械计数功能。

5.4 连接方式

5.4.1 流量计与管道的连接

流量计与管道的连接方式有：

- 法兰连接；
- 卡装连接；
- 螺纹连接。

5.4.2 压力传感器的连接

5.4.2.1 压力测量的取压位置应位于流量传感器的前端，取压口的轴线与管道轴线垂直相交，取压口与管道内壁平齐，无焊缝和毛刺，取压口可设计关闭阀。压力传感器及连接件不得凸入管道。

5.4.2.2 分体式流量计其压力传感器与管壁的连接应有接口和标志，且易于拆卸和安装，以方便试验。

5.4.3 温度传感器的连接

5.4.3.1 温度测量的取温位置应位于流量传感器的后端，取温口的轴线与管道轴线垂直或45°相交，温度传感器的测温头应位于管道轴线上，温度传感器应不影响压力的测量。

5.4.3.2 分体式流量计其温度传感器的连接应有接口和标志，且易于拆卸和安装，以便于试验。

5.5 使用条件

5.5.1 安装条件

流量计的安装符合下述要求：

- 流量计应根据厂商说明书要求安装在与其管道直径一致的经过清扫干净的管道上；
- 安装时要保证流体流动方向与流量计标志的流体方向一致；
- 流量计进出口轴线与相连管道轴线同向无偏斜；
- 流量计与管道连接部分应没有渗漏，连接处的密封垫与管道内壁相齐，不应有凹凸现象；
- 有盲管段要求的流量计应符合有关国家标准的要求，并参照厂商说明书要求设置；
- 流量计的上游可安装过滤器和流动整直器；
- 在流量计上、下游要求的直管段范围内，不可安装流量调节阀；
- 应充分考虑流量计的拆卸和维护的需要，必要时可安装旁通；
- 安装应保证在没有流体通过时，流量计显示的瞬时流量为零，总量也应不改变；
- 从使用安全角度考虑，流量计应装配安全控制阀门，在出现意外时^{80%}及时关闭阀门；
- 安装在户外的流量计，应有适当的防护措施，如接地、防雨、防尘等。

5.5.2 流体条件

被测流体应是单相流体或近似为单相流体。

5.6 命名规则

一体化结构的流量计命名一般为(分体式和插入式结构流量计参照)：

“智能”十被测介质十流量传感器类型十“流量计”十(“分体式”或/和“插入式”)

示例：智能蒸汽均速管流量计(分体式/插入式)。

6 要求

6.1 计量性能要求

6.1.1 计量性能控制

计量性能控制方式可选择：

- 流量计的计量性能，按 6.1.2 的要求执行；
 - 流量计各组件及参数的计量性能，按 6.1.3 的要求执行。
- 控制方式可任取一种，优先推荐选择控制方式 a)。

6.1.2 流量计的计量性能

6.1.2.1 流量计示值误差

6.1.2.1.1 最大允许误差

流量计最大允许误差应符合表 2 的要求。在流量范围内，流量计示值误差应在其最大允许误差内。

表 2 流量计计量性能要求

条文号	名 称		要 求						
	准确度等级		0.5	1.0	1.5	(2.0)	2.5	4.0	5.0
6.1.2.1	流量计最大 允许误差 MPE/%	不分界或分界 的高区	±0.5	±1.0	±1.5	±2.0	±2.5	±4.0	±5.0
		分界的低区	±1.0	±2.0	±3.0	±4.0	±5.0	±8.0	±10.0
6.1.2.2	流量计重复性误差 e_r /%	0.16	0.33	0.5	0.66	0.83	1.33	1.66	
6.1.2.3	输出电流误差限 e_i /%	±0.5	±1.0	±1.5	±2.0	±2.5	±4.0	±5.0	
6.1.2.4	输出脉冲误差限 e_p /%	±0.5	±1.0	±1.5	±2.0	±2.5	±4.0	±5.0	

注：分界的流量计有涡轮、涡街、超声、腰轮等。

6.1.2.1.2 分界流量

有分界流量的流量计，其分界流量应与对应的流量传感器一致，流量传感器的分界流量见表 3，流量计的分界流量应在铭牌上或说明书中注明。



表 3 流量传感器的分界流量

q_{max}/q_{obs}	q_r/q_{max}
≥100 或准确度 0.5 级	≤0.05
≥50 或准确度 1.0 级	≤0.1
≥30 或准确度 1.5 级	≤0.15
≥5	≤0.2

6.1.2.2 流量计重复性误差

流量计重复性误差不应超过相应准确度等级规定的最大允许误差绝对值的 $1/3$,见表2。

6.1.2.3 输出电流误差

在流量范围内,电流输出的流量计,输出电流误差应在输出电流误差限内,见表2。

6.1.2.4 输出脉冲误差

在流量范围内,脉冲输出的流量计,输出脉冲误差应在输出脉冲误差限内,见表2。

6.1.3 流量计各组件及参数的计量性能

6.1.3.1 流量传感器示值误差

6.1.3.1.1 最大允许误差

流量传感器最大允许误差应符合表4的要求。在流量范围内,流量传感器的示值误差应满足最大允许误差。

表4 流量计各组件及参数的计量性能要求

条文号	名 称		要 求						
	流量计准确度等级		0.5	1.0	1.5	(2.0)	2.5	4.0	5.0
6.1.3.1	流量传感器最大允许误差 %	不分界或分界的高区	±0.3	±0.7	±1.0	±1.5	±2.0	±3.0	±4.0
		分界的低区	±0.5	±1.4	±2.0	±3.0	±4.0	±6.0	±8.0
6.1.3.2	流量传感器重复性误差 ϵ_r /%		0.10	0.23	0.33	0.50	0.66	1.00	1.33
6.1.3.3	瞬时流量计算误差限 ϵ_s /%		±0.10		±0.20		±0.30		
6.1.3.4	总量计算误差限 ϵ_q /%		±0.10		±0.20		±0.30		
6.1.3.5	压缩系数计算误差限 ϵ_z /%		±0.20		±0.50				
6.1.3.6	压力(或差压)传感器示值误差限 ϵ_p 、 ϵ_{dp} /%		±0.10	±0.20	±0.30		±0.50		
6.1.3.7	温度传感器示值误差限 ΔT /℃		±0.3	±0.5	±0.8		±1.0		

注1:流量计各组件及参数的计量性能是对各组成部分(硬件和软件)的计量要求。只要各组成部分的计量性能符合要求,由其组合而成的流量计整体符合相应的准确度等级。

注2:分界的流量传感器有涡轮、涡街、超声、膜轮等。

注3:瞬时流量计算误差,指流量计用流量传感器、温度传感器以及压力传感器的输出显示值计算瞬时流量的误差。

注4:总量计算误差,指流量计对显示的瞬时流量值,通过时间的累积,追加到标况体积总量显示的计算误差。

6.1.3.1.2 分界流量



流量传感器的分界流量应与相关国家标准规定一致,需分界而无明确规定宜参照表3并从严选择。

6.1.3.2 流量传感器重复性

在流量范围内,流量传感器的重复性应符合表4的要求。

6.1.3.3 瞬时流量计算误差

在流量范围内,瞬时流量计算误差应在准确度等级规定的瞬时流量计算误差限内,见表 4。

6.1.3.4 总量计算误差

在流量范围内,总量计算误差应在准确度等级规定的总量计算误差限内,见表 4。

6.1.3.5 压缩系数计算误差

对于有压缩系数修正的流量计,压缩系数计算误差应在准确度等级对应的计算误差限内,见表 4。

6.1.3.6 压力(或差压)传感器示值误差

对于量程不大于 2.0 MPa 的压力传感器宜选用绝对压力传感器。

在压力(或差压)传感器量程范围内,压力(或差压)传感器示值误差应在其误差限内,见表 4。

6.1.3.7 温度传感器示值误差

在温度量程范围内,温度传感器示值误差应在相应准确度等级规定的示值误差限内,见表 4。

6.2 功能要求

6.2.1 显示功能

通过安装在流量计上的显示器,应能显示瞬时流量和总量,显示体积流量的流量计应显示工况体积流量、标况体积流量、标况体积总量等;介质差压(或频率、电流、电压等表征流量传感器输出量的值)、介质压力、介质温度、电池电量标志等;还可以选择显示当前时间、工作条件下的总量等。

总量显示位数要能保证流量计在最大流量下工作 2 000 h 而不溢出,其小数位数要保证在试验条件下满足:最小读数不超过相对于最小流量下运行 1 min 的读数的百分之一或者屏幕刷新能有变化。

瞬时流量、压力、差压等显示的分辨力应优于其准确度的五分之一;温度显示的分辨力不得大于 0.1 ℃。

配有机械计数器的流量计,其工况体积总量显示值与机械计数器的读数值之差不应大于流量计最小流量运行 1 h 的值。

显示所用符号应符合表 1 的规定。

示例 1:最大流量为 $100 \text{ m}^3/\text{h}$ 的流量计,2 000 h 总量读数为 200 000,显示位数为 9 位;

示例 2:最小流量为 $6 \text{ m}^3/\text{h}$ 的流量计,其 1 min 的总量读数为 0.1 m^3 ,其百分之一(0.001 m^3)的小数位数为 3 位;

示例 3:最小流量为 $6 \text{ m}^3/\text{h}$ 的流量计,屏幕刷新时间 5 s 的总量读数为 0.008 m^3 ,小数位数为 3 位;

示例 4:最小流量为 $6 \text{ m}^3/\text{h}$,准确度 1.5 级的流量计,瞬时流量的分辨力优于 $(6 \times 0.015 \div 5 = 0.018)$,瞬时分辨力可为 $0.01 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

6.2.2 密码保护功能



流量计的参数设定和调整必须通过密码验证方能进行。

6.2.3 设定和调整功能

6.2.3.1 参数的设定和调整

流量计在设置状态下应能够对各参数进行设定和调整。

6.2.3.2 气体介质的设置

制造商应提供流量计适用气体介质种类的设置。由用户根据用途,在流量计设置状态下选择设定。

6.2.3.3 标况的设定

制造商宜提供3种(国际上规定的温度分别为273.15 K、288.15 K、293.15 K,压力为101 325 Pa)不同的标准状况设置。由用户根据使用地区的规定,在流量计设置状态下设定。

6.2.3.4 其他设定

用户可在设置状态下设定流量计信号传输方式等。

6.2.4 修正功能

流量计应具有修正运算功能。修正方式应根据流量传感器的测量原理、测量介质、采样方式等进行选择。

6.2.5 自诊断功能

流量计可设定自诊断功能。诊断的内容包括:电源电压、流量、压力及温度超限,蒸汽是否是干饱和蒸汽或过热蒸汽等。

6.2.6 报警功能

流量计可有电源电压、流量、压力、温度、蒸汽等方面超限报警功能。报警应能持续地用声音或显示表达,直到报警原因解除。若为流量、压力、温度等方面报警,在报警的时间范围内,标况体积总量的显示值应停止累加,改用其他比较合理的解决方案评估,其评估值储存在与标况体积总量不同的单元。报警时,宜形成历史记录,以便查询。

6.2.7 断电保护功能

在供电电源断开时,流量计中设定的参数、总量以及历史数据应能准确保持,待供电电源恢复后,无需重新设置。

6.2.8 历史记录和查询功能

流量计宜具有历史记录的查询功能,历史记录的数据应不小于一个检定周期的日记录,数据至少包括日期、日平均流量、截止流量、介质的日平均温度、介质的日平均压力、报警信息、总量等。

6.2.9 其他功能

流量计关键数据可以通过操作恢复,关键数据由用户与厂家协议。

流量计可以设置记录异常情况,如自诊断触发的时间和结果、通电和断电的时间、参数的更改,以备和历史记录印证;

显示屏可以有屏幕锁定功能,屏幕锁定后能自动恢复,屏幕锁定不得影响正常计量;

流量计可以设置休眠功能,休眠状态到工作状态的响应时间应足够短;

流量计可以设置机械计数功能,机械字轮的位数和分辨率应满足6.2.1的要求。

6.3 影响量影响

6.3.1 主电源变化

6.3.1.1 交、直流主电源电压变化影响

直流主电源在额定电压 $-15\% \sim +10\%$ 范围内变化时,流量计或流量传感器的示值误差应符合要求。

交流主电源在额定电压 $-15\% \sim +10\%$ 范围、电源频率为 $(50 \pm 2.5)\text{Hz}$ 范围内供电时,流量计或流量传感器的示值误差应符合要求。

6.3.1.2 电池供电的性能影响

在最低工作电压下,流量计或流量传感器的示值误差应符合要求。

6.3.2 电源短时中断

交流主电源中断严酷等级为2类;对直流供电的流量计,电源中断时间为5 ms、20 ms、100 ms、200 ms、500 ms。流量计的瞬时流量显示或输出变化量 Δe 应不超过最大允许误差绝对值的一半。

6.3.3 电快速瞬变/脉冲群影响

6.3.3.1 电快速瞬变/脉冲群对信号、数据和控制电缆的影响

电快速瞬变/脉冲群电压尖端脉冲重复频率5 kHz,电压峰值1 kV,试验等级为3级。流量计的瞬时流量显示或输出变化量 Δe 应不超过最大允许误差绝对值的一半。

6.3.3.2 电快速瞬变/脉冲群对交流、直流主电源的影响

电快速瞬变/脉冲群电压尖端脉冲重复频率5 kHz,电压峰值2 kV,试验等级为3级。流量计的瞬时流量显示或输出变化量 Δe 应不超过最大允许误差绝对值的一半。

6.3.4 浪涌影响

6.3.4.1 浪涌对信号、数据和控制电缆影响

浪涌电压线对线0.5 kV,线对地1.0 kV。流量计的瞬时流量显示或输出变化量 Δe 应不超过最大允许误差绝对值的一半。

6.3.4.2 浪涌对交流、直流主电源线路影响

对交流主电源线路,浪涌电压线对线1.0 kV,线对地2.0 kV。流量计的瞬时流量显示或输出变化量 Δe 应不超过最大允许误差绝对值的一半。

对直流主电源线路,浪涌电压线对线0.5 kV,线对地0.5 kV。流量计的瞬时流量显示或输出变化量 Δe 应不超过最大允许误差绝对值的一半。

6.3.5 输出负载

模拟电流信号输出的流量计,在 $(0 \sim 300)\Omega$ 范围内改变负载电阻值,流量计的瞬时流量显示或输出变化量 Δe 应不超过最大允许误差绝对值的一半。

6.3.6 输出短路

模拟信号输出的流量计,将输出正负端短接历时 3 min,正常连接后,流量计的瞬时流量显示或输出变化量 Δe 应不超过最大允许误差绝对值的一半。

6.3.7 工频磁场抗扰度影响

流量计在 400 A/m 的工频磁场影响下,瞬时流量显示或输出变化量 Δe 应不超过最大允许误差绝对值的一半。

6.3.8 射频电磁场辐射抗扰度影响

按频率范围 80 MHz~2 GHz,场强 10 V/m,调制频率 1 kHz 施加影响,试验等级 3 级,流量计的瞬时流量显示或输出变化量 Δe 应不超过最大允许误差绝对值的一半。

6.3.9 射频场感应的传导骚扰抗扰度影响

按频率范围(0.15~80)MHz,RF 振幅(或射频电平)10 V,调制频率 1 kHz 施加影响,试验等级 3 级,流量计的瞬时流量显示或输出变化量 Δe 应不超过最大允许误差绝对值的一半。

6.3.10 静电放电

导体表面接触放电电压 6 kV,非导体表面空气放电电压 8 kV,试验等级 3 级。流量计的瞬时流量显示或输出变化量 Δe 应不超过最大允许误差绝对值的一半。

6.3.11 环境温度

6.3.11.1 低温影响

按流量计规定的环境温度中低温条件由表 5 选定相应的严酷等级,流量计的瞬时流量显示或输出变化量 Δe 应不超过最大允许误差绝对值的一半。低温条件介于等级温度之间的,按较严的一级试验。

表 5 低温影响

严酷等级/级	1	2	3	4
温度/℃	5	-10	-25	-40
持续时间/h	2	2	2	2

注:持续时间指在流量计到达高温而且稳定后开始计时。

6.3.11.2 高温影响



按流量计规定的环境温度中高温条件由表 6 选定相应的严酷等级,流量计的瞬时流量显示或输出变化量 Δe 应不超过最大允许误差绝对值的一半。高温条件介于等级温度之间的,按较严的一级试验。

表 6 高温影响

严酷等级/级	1	2	3	4
温度/℃	30	40	55	70
持续时间/h	2	2	2	2

6.3.12 湿热

6.3.12.1 恒定湿热(不凝结)影响

按表 7 的规定,流量计的瞬时流量显示或输出变化量 Δe 应不超过最大允许误差绝对值的一半。

表 7 恒定湿热(不凝结)影响

严酷等级/级	1	2
温度/℃	30	40
相对湿度/%	85	93
持续时间/天	2	4

注: 1 级用于规定的最高温度是 30 ℃ 的流量计, 其他情况适用于 2 级。

6.3.12.2 交变湿热(不凝结)影响

按表 8 的规定试验, 试验后, 流量计的瞬时流量显示或输出变化量 Δe 应不超过最大允许误差绝对值的一半。

表 8 交变湿热(不凝结)影响

严酷等级/级	1	2
温度/℃	40	55
持续时间(循环)	2	4
相对湿度/%	93~95	

注: 1 级用于规定的最高温度是 30 ℃ 至 40 ℃ 的流量计, 2 级用于规定的最高温度是 55 ℃ 至 70 ℃ 的流量计。

6.3.13 机械振动(随机)

按表 9 的规定试验后, 流量计的瞬时流量显示或输出变化量 Δe 应不超过最大允许误差绝对值的一半。

表 9 机械振动(随机)

总频率范围	(10~150) Hz
总 RMS 水平	$7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
ASD 水平(10~20) Hz	$1 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-3}$
ASD 水平(20~150) Hz	-3 dB/octave
轴数	3
每轴持续时间	2 min

6.3.14 倾跌

跌落高度 50 mm 或底部和工作面间的角度不超过 30°, 两者取一, 选择要求低的一种, 每一个底边

跌落一次后，流量计的瞬时流量显示或输出变化量 Δe 应不超过最大允许误差绝对值一半。

6.3.15 安装位置

对于安装位置无特别说明的流量计，应按垂直向上、垂直向下等位置变化，流量计或流量传感器的示值误差应符合要求，同时平均仪表系数或示值误差与水平安装时的平均仪表系数或示值误差的变化不超过最大允许误差绝对值的一半。

6.3.16 过载能力

流量计在承受 $1.2 q_{max}$ ，历时 60 min 后，显示或输出变化量 Δe 应不超过最大允许误差绝对值的三分之一。

6.3.17 逆流

流量计在 q_{max} 下逆向运行 1 min 后，恢复正常流向安装，流量计或流量传感器的示值误差应符合要求。

6.3.18 流量干扰

对于容积式流量计以及不受流场干扰或无直管段要求的流量计，在进行流量干扰试验后，流量计或流量传感器的示值误差应符合要求，同时平均仪表系数或示值误差与干扰前平均仪表系数或示值误差的变化不超过最大允许误差绝对值的三分之一。

6.3.19 零点漂移

流量计在 24 h 内，零点的最大变化量应不超过最大允许误差绝对值的一半。

6.4 安全性能

6.4.1 耐压强度

流量计的外壳及其他受压部位应能承受试验介质为水（或者其他无影响液体）、试验压力为 1.5 倍最大工作压力，历时 5 min 的静压试验，不应有机械损坏和渗漏。

6.4.2 密封性

流量计应能承受试验介质为氮气（或者空气）、试验压力为 1.1 倍最大工作压力，历时 5 min 的静压试验，不应有漏气现象。

6.4.3 绝缘电阻

流量计的外电源端子与接地端子、输出端子与接地端子、输入端子与接地端子之间的绝缘电阻均应不小于 $20 \text{ M}\Omega$ 。

6.4.4 绝缘强度

流量计的外电源端子与接地端子、输出端子与接地端子、输入端子与接地端子之间应能承受频率 50 Hz、电压 500 V（主电源 220 V 供电时，试验电压为 1.5 kV）、历时 1 min 的绝缘强度试验，均不出现击穿和飞弧。

6.4.5 直流电源反向保护

供电电源反接，保持 10 min 后，电源恢复正常，流量计应能正常工作。

6.4.6 防爆性能

防爆型流量计的防爆性能应符合 GB 3836.1 和 GB 3836.2 或 GB 3836.4 的有关规定。防爆性能试验由国家指定的防爆认证检验单位进行试验，并应取得防爆合格证书。

6.4.7 外壳防护

流量计的外壳防护等级应不低于 GB 4208 中规定的 IP65。

6.5 其他要求

6.5.1 压力损失

流量计的压力损失应满足相应流量传感器相关标准的规定要求。

6.5.2 外观

流量计的外观应满足下列要求：

- 外表面应有良好的处理，外表油漆（镀）层应色泽均匀，不得有毛刺、刻痕、皱纹、起皮、剥落、锈蚀和霉斑等缺陷；
- 密封面不得有损伤；
- 表体的连接部分的焊缝应平整光洁，不得有虚焊、脱焊，紧固件无松动、脱落等现象，接插件应牢固可靠，不得因振动而松动或脱落；
- 铭牌应有足够的信息，并符合 10.1.2 的要求；
- 表体明显部位应有永久性流向标志；
- 所有可见文字、数字、符号及标志应正确、清晰，操作流量计的安全提示或限制使用场合的特殊说明应醒目；
- 透明材料应无妨碍准确读数的缺陷；
- 电池拆卸更换应有封印保护；
- 按键宜设置在流量计的控制面板上，也可以设在表体内。所有按键应灵活，没有粘连现象。一组按键应该区分其所代表的功能，并赋予必要的文字或符号说明；
- 信号输入接口和输出接口应有保护措施；
- 流量计可设置排污孔，排污孔应能密封良好，并设置封印位置；
- 对于测量蒸汽的流量计，流量传感器和修正装置间应有良好的散热系统；
- 仪表内部传感器具有可动部件的，可设注油装置。

7 试验设备

7.1 流量标准装置

7.1.1 方法与原理

试验可采用容积法、质量法、标准表法、p. V. T. t 法和几何测量法等原理的流量标准装置或流量标准。主标准器可以并联，装置可以采用正压和负压的方法，装置可以采用自动或非自动误差试验程序。

在满足流量计安装条件和流量条件的情况下，流量计可以串联。

7.1.2 流量标准装置的准确度或流量不确定度

流量标准装置的测量不确定度应不大于流量计最大允许误差绝对值的三分之一。在流量标准装置

不能达到以上要求时,按相应的流量计或流量传感器的标准的规定。

几何测量法试验的特征标准应满足 GB/T 2624 的要求。

7.1.3 试验用介质

流量标准装置所用介质应尽可能和流量计使用介质一致,如果不能达到一致时,用空气作介质。

7.1.4 流量范围

流量标准装置应能覆盖流量计的流量测量范围。

7.2 配套设备要求

7.2.1 用于试验差压、压力示值误差的设备

用于试验差压、压力示值误差的设备应满足 GB/T 15478 或 GB/T 20522 中试验设备的要求。

7.2.2 用于试验温度传感器示值误差的设备

用于试验温度传感器示值误差的恒温槽(包括恒温水槽或恒温油槽)应满足相关的技术要求。

7.2.3 用于试验瞬时流量、总量计算的设备

应根据修正装置输入信号的实际情况(见 5.3.10)配置相应的设备。

信号输入设备有直流信号源、脉冲信号源、电阻等;

测量仪表有电流表、电压表、毫伏表、频率计及计时器等,其准确度等级应满足相关标准的要求。

7.2.4 用于试验影响量和安全性能的设备

用于影响量试验和安全性能试验的设备应按所采用相关标准的规定配备。

7.3 电源

所有试验用计量仪器仪表应具有有效的检定证书或校准证书。

8 试验方法

8.1 试验条件

8.1.1 参比大气条件

环境温度:(20.0±5.0)℃,蒸汽流量计为(15.0~35.0)℃;

相对湿度: $\leq 93\%$;

大气压:(70~106)kPa,变化不超过±1 kPa。

8.1.2 一般试验大气条件

环境温度:(5.0~35.0)℃;

相对湿度: $\leq 93\%$;

大气压:(70~106)kPa。

8.1.3 电源条件(见 5.3.8)

8.1.4 其他环境条件

外界磁场应小到对流量计的影响可忽略不计。



机械振动(随机)和噪声应小到对流量计的影响可忽略不计。试验时要避开或消除所有与流量计工作频率接近的其他干扰。

8.1.5 安装条件

安装条件符合 5.5.1 的 a)~g) 的要求。

8.1.6 介质湿度

介质温度:(20.0±5.0)℃,蒸汽温度应保证是过热蒸汽。

8.2 计量性能试验

8.2.1 流量计示值误差试验准备

8.2.1.1 运行前检查

通电、预热，按流量计说明书中指定的方法检查流量计参数的设置，并将其中的气体种类和介质密度修改为试验介质及其密度。

8.2.1.2 预运行

流量计应在可达到的最大试验流量的 70%~100% 范围内运行至少 5 min, 待流体温度、压力和流量稳定后, 进行流量计示值误差测量。调节流量时, 阀门打开和关闭要缓慢, 保证流量逐步变大或变小, 以免操作装置或流量计

8.2.1.3 试验流景点和测量次数

8.2.1.3.1 试验流量点

最少试验液量占数按式(1)确定:

$$m = 1 + n \times \log(a_{\text{max}}/a_{\text{min}}) \quad \quad \quad (1)$$

三

m ——试验管数。

——每个试验流量点的试验次数。一般性试验或检验，不少于3；型式检验时，不少于6。

a ——流量计的最大流量,即流量范围的上限。

a ——流量计的最小流量,即流量范围的下限。

第*i*个试验流量占 q_0 按式(2)确定。

流量计的试验流量点见表 10-

表 10 型式检验的试验流量点

范围度	5~<10	10~<20	20~<30	30~<50	50~<100	≥100
试验点数	6	7	9	10	11	12
试验流量	$q_{max} \times$					
	0.70 q_{max}			0.68 q_{max}		
	0.55 q_{max}			0.46 $q_{max} *$		
	0.40 $q_{max} *$			0.32 q_{max}		

表 10 (续)

范围度	5~<10	10~<20	20~<30	30~<50	50~<100	≥ 100
试验点数	6	7	9	10	11	12
试验流量	0.25 q_{max}			0.22 q_{max}^*		
	—			0.15 q_{max}		
	—			0.10 q_{max}^*		
	—			0.07 q_{max}		
	—			0.05 q_{max}^*		
	—			0.03 q_{max}		
	—			—		0.02 q_{max}^*
	—			—		—

注：“*”表示出厂检验时的流量点；“—”表示无流量点。

试验中，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%。

8.2.1.3.2 测量次数

每个试验流量点的测量次数应不少于3次；

型式检验和准确度0.5级的流量计，每个流量点的测量次数应不少于6次；

分界流量以下的流量点，测量次数可以减半。

8.2.1.3.3 测量时间

每个试验流量点的每次测量时间不少于60 s，分界流量及以下的试验流量点应根据标准装置或流量计的实际情况，测量时间可以更长一些。

8.2.1.3.4 通气量

试验时，通气量应足够，且对误差测量的影响应尽可能小。

通常通气量不小于流量计总量最小分辨率的200倍。

8.2.2 流量计示值误差试验总则

8.2.2.1 示值误差试验条件

流量计示值误差应在参比大气条件下进行。试验期间，对流量计的任何调整均应列入报告，并说明这些调整对参比大气条件下确定的性能有何影响。

8.2.2.2 示值误差试验方法

流量计示值误差试验可根据具体情况，从下面两种试验方法中任意选取一种。推荐优先选择方法一。

——试验方法一：对于无信号输入端口的流量计，或者流量标准装置试验压力在流量计1/3的最大工作压力（或公称压力或压力量程）或0.5 MPa以下并设有信号输入端口的流量计，流量计的示值、输出信号直接与标准装置比较，确认是否符合表2的要求；

——试验方法二：对于设有信号输入端口的流量计，分别测量流量传感器示值误差、流量传感器重

复性、瞬时流量计算误差、总量计算误差、压力(和差压)传感器示值误差、温度传感器示值误差，并满足各自在表4中的要求。压力或温度设置为固定值的流量计，不试验压力、温度示值误差。

8.2.2.3 示值误差表示方法

流量计各试验流最点的总量示值与其相应的实际值进行比较,用相对误差表示,根据流量段取各试验量最点的最大示值误差为流量计示值误差。

模拟信号输出的流量传感器,按输出信号所代表的工况流量与相应的实际值进行比较,用相对误差表示,当最大流量取各试验流量点的最大示值误差为传感器示值误差。

脉冲信号输出的流量传感器或差压流量传感器,通过平均仪表系数或平均流出系数计算各流量点的流量示值误差,用各流量段试验流量点中的最大示值误差为热核器示值误差。

8.2.3 试验方法一

8.2.3.1 流量计示值误差

通过流量计显示的总量变化量和标准装置显示的总量比较,测量单次的示值误差,试验方法一按附录A执行。

8.2.3.2 流量计的重复性

每复件试验应与 8.2.3.1 项值误差试验同时进行。

重复性试验应按最大流量到最小流量的顺序进行，每个试验流量点重复测量n次，流量计在该流量点单次测得的重复性标准偏差按贝塞尔公式计算。

流量计的重复性误差按(3)式计算：

$$e_r = s_{\max} \quad \dots \dots \dots \quad (3)$$

文中：

流量计分别在流量范围内各试验流量点单次流量标准偏差的最大值, %:

8.2.3.3 输出电流误差 ϵ_i

在流量计示值误差试验过程中,在 q_{max} 和 q_{min} 试验流量点,通过测量流量计的输出电流,与输出电流的理论值比较,

输出电流的理论计算值计算方法按附录 A 的规定：

8.2.3.4 输出脉冲误差 ϵ

在流量计示值误差试验过程中,在 q_{m1} 和 q_{m2} 试验流量点,通过测量流量计的输出脉冲,与输出脉冲的理论值比较。

输出脉冲的理论计算值计算方法按附录 A 的规定。

8.2.4 试验方法二

3.2.4.1 流量传感器的示值误差试验

流量传感器的示值误差试验方法按附录 B 的规定。

其中，插入式结构的流量传感器，除采用与实际使用情况相同条件进行试验外（该种情况，厂商应提供流量计算方法），还可以按与其相应的国家标准或国际标准规定的试验方法。

8.2.4.2 流量传感器的重复性

流量传感器的重复性同 8.2.3.2 流量计的重复性计算方法。

8.2.4.3 瞬时流量计算误差 ϵ_t

通过输入流量信号、输入(或设置)压力、温度等信号,根据流量计显示的瞬时流量和理论计算值的比较,得到瞬时流量计算误差。

显示工况体积流量和标况体积流量的流量计,应分别测量误差,取最大值为瞬时流量计算误差。

瞬时流量理论计算值计算方法按附录 C 的规定。

8.2.4.4 总量计算误差 ϵ_q

在测量时间段内流量计总量显示值的变化量和根据流量计瞬时流量计算的理论总量值比较,得到总量计算误差。

显示工作状态和标准状态下总量的流量计,应分别测量总量计算误差,取最大值为总量计算误差。

总量理论计算值计算方法按附录 C 的规定。

8.2.4.5 压缩系数计算误差 ϵ_z

通过流量计的显示的气体压缩系数,与根据流量计显示参数计算的理论压缩系数值比较,得到压缩系数计算误差。

压缩系数理论计算值计算方法按附录 D 的规定。

8.2.4.6 压力(或差压)传感器示值误差

8.2.4.6.1 流量计的压力(或差压)传感器示值误差应在流量计示值误差试验之前进行。标准压力由压力传感器输入端口输入,差压由差压传感器高压端输入。

8.2.4.6.2 对于普通的压力(或差压)传感器,在压力(或差压)测量范围内,测量 5 个均匀分布的压力值的示值误差,压力试验点为:0 → 0.25 p_{max} → 0.5 p_{max} → 0.75 p_{max} → p_{max} → 0.75 p_{max} → 0.5 p_{max} → 0.25 p_{max} → 0。

8.2.4.6.3 对于绝对压力传感器,真空部分还应增加 3 个测量点,疏空度至少达到 5 kPa。压力试验点为:大气压力 → 50 kPa → 5 kPa → 50 kPa → 大气压力。

8.2.4.6.4 在各试验点,示值误差为修正装置压力(或差压)读数的平均值减去输入的标准压力值的引用误差(量程的百分数),取各试验点中的最大值为压力(或差压)传感器示值误差。

8.2.4.7 温度传感器示值误差

在温度测量范围内,测量包括最低温度和最高温度在内 5 个均匀分布的温度值的示值误差,每个试验点测量一次,温度传感器在温度槽中应有足够的时问以达到热平衡,示值误差为修正装置温度读数或去温度槽显示温度值的绝对误差。取各试验点中的最大值为温度传感器示值误差。

8.3 功能检查

8.3.1 显示功能

通过键盘或按键,记录(或观察)并确认流量计是否能够显示应显示的各参数。

配有机械计数器的流量计,记录流量计工况体积总量显示值与机械计数器的读数,确认其值是否小于流量计最小流量运行 1 h 的值。

8.3.2 密码保护功能

分别在不输入密码、输入错误密码和输入正确密码的情况下,进行流量计参数的设定和调整,记录(或观察)并确认流量计是否具有密码保护功能。

8.3.3 设定和调整功能

通过键盘或按键,查看并记录流量计可以设定和调整的各参数、气体介质、标准状态以及传输方式。

8.3.4 修正功能

对于不同修正方式的流量计,输入或改变相应的信号,检查流量计是否具有修正功能。

8.3.5 自诊断功能

对于有自诊断功能的流量计,输入或改变相应的信号,检查流量计是否具有提示故障信息的功能。

8.3.6 报警功能

对于有报警功能的流量计,输入或改变相应的信号,记录流量计电源、流量、压力、温度等参数的报警值及报警或提示的方式。

8.3.7 断电保护功能

流量计正常工作 20 min 后,切断供电电源 10 min,然后重新接通电源,检查 8.3.1 和 8.3.3 的各参数是否有变化。

8.3.8 历史记录和查询功能

具有历史记录的查询功能的流量计,选择某一个历史时刻,查询并确认历史记录值是否正确、完整地保持。

8.3.9 其他功能

关键数据可以通过操作恢复的流量计,检查恢复功能。

具有记录异常情况的流量计,查阅并记录异常情况。

具有屏幕锁定功能的流量计,应按 8.2.4.4 总量计算误差 ϵ_Q 的试验方法,每次试验屏幕锁定次数不少于 10 次,其试验结果与没有屏幕锁定的试验结果相同。同时测量锁屏时间。

具有休眠功能的流量计,测量从输入信号输入开始,直到显示值达到稳定的时间。

8.4 影响量试验

8.4.1 影响量试验的一般规定

8.4.1.1 影响量试验的原则

试验每一种影响量时,应使其他条件保持在规定的范围内,观察由该影响量变化或流体特性改变所引起的流量计性能变化,除本标准规定的流量点外,根据^需亦可在其他流量试验点上进行,以便确定影响量的严重影响点。

对于某些影响量试验[如环境温度、机械振动(随机)和湿度等],由于流量计的尺寸、重量及试验设备等条件原因,流量计不可能在流体实际流经的状态下进行,只可以在模拟的状态下或在流量计内充满测量介质的状态下试验。试验类型为:

- a) 若在理论上可证明影响量对流量计性能的影响与仪表尺寸无关, 则可通过对同类型小尺寸流量计来试验。
- b) 影响量对流量计机械结构的影响, 应以充满测量介质的具有实际尺寸的流量计来试验,
- c) 各影响量试验采用标准信号和脉冲输入的方法进行试验。此种模式 F, 可以通过物理的或电子按钮(开关)切换。

8.4.1.2 影响量试验计算方法

通过信号输入的方式测量流量计的变化量时, 流量输入选择 q_{min} 、 $0.9q_{max}$ 两个流量试验点的信号, 压力输入为压力量程的 0.5 倍信号, 温度输入为温度量程的 0.5 倍信号。

根据不同流量计选择输入(4~20)mA 直流电流或脉冲频率信号或电阻, 信号由输入端口输入。对于无信号输入端口的流量计, 则按 8.4.1.1 中 a) 的方法试验, 试验流量点为 q_{min} 和 $0.9q_{max}$ 。

记录流量计显示的瞬时流量值或输出信号值, 流量计显示的瞬时流量值为至少 10 次连续显示的瞬时流量值的平均值。

在影响量影响时或影响后, 再次测量流量计的性能, 试验时间见表 11。记录该时刻流量计显示的瞬时流量值或输出信号值。瞬时流量显示值相对变化量按式(4)计算, 对于有电流输出的流量计其输出电流测量值的相对变化量按式(5)计算:

表 11 影响量试验表

条款编号	试验项目	试验内容	要求	性能试验时间		试验规定
8.4.2	电源电压变化	ϵ	MPE	—	D	—
8.4.3	电源短时中断	Δe	$ MPE /2$	B	D	—
8.4.4	脉冲群试验	Δe	$ MPE /2$	B	D	—
8.4.5	浪涌试验	Δe	$ MPE /2$	B	D	—
8.4.6	输出负载	Δe	$ MPE /2$	B	D	—
8.4.7	输出短路	Δe	$ MPE /2$	B	—	A
8.4.8	工频磁场抗扰度试验	Δe	$ MPE /2$	B	D	—
8.4.9	射频电磁场辐射抗扰度试验	Δe	$ MPE /2$	B	D	—
8.4.10	射频场感应的传导骚扰抗扰度试验	Δe	$ MPE /2$	B	D	—
8.4.11	静电放电	Δe	$ MPE /2$	B	D	—
8.4.12	环境温度	Δe	$ MPE /2$	B	D	—
8.4.13	恒定湿热	Δe	$ MPE /2$	B	D	—
	交变湿热	Δe	$ MPE /2$	B	—	A
8.4.14	机械振动(随机)	Δe	$ MPE /2$	B	—	A
8.4.15	倾翻	Δe	$ MPE /2$	B	—	A
8.4.16	安装位置	$\epsilon, \Delta e$	$MPE, MPE /2$	—	D	—
8.4.17	过载能力	Δe	$ MPE /3$	B	—	A

表 11(续)

条款编号	试验项目	试验内容	要求	性能试验时间			试验规定
8.4.18	逆流	ϵ	MPE	B	—	A	8.4.1.2 8.4.1.3
8.4.19	流量干扰	$\epsilon, \Delta\epsilon$	MPE, MPE /3	B	D	—	8.4.1.2 8.4.1.3
8.4.20	零点漂移	$\Delta\epsilon$	MPE /2	B	D	A	8.4.1.2

武中。

q_1 , I_1 ——分别为施加影响前流量计的瞬时流量显示值和输出电流值测量值。

q_s , I_s ——分别为施加影响时(或施加影响后)流量比的瞬时流值显示值和输出电流值测量值。

有标况体积流量显示的流量计，瞬时流量以标况体积流量试验。有多组试验结果时，取其中的最大值。

8.4.1.3 影响量试验的示值误差

采用试验方法一试验的流量计,示值误差按附录 A 中 A.1.1~A.1.3 执行,采用试验方法二试验的流量传感器,示值误差按附录 B 执行。

8.4.2 主电源变化

8.4.2.1 空、直流主电源电压变化影响

本试验按照 GB/T 18271.3 的要求进行试验,根据 8.4.1.3 的要求确定流量计或流量传感器的示值误差。

8.4.2.2 电池供电的性能影响

在最低电压下,根据 8.4.1.3 的要求确定流量计或流量传感器的示值误差。

8.4.3 电源短时中断

本试验按照 GB/T 17626.11 的要求进行试验, 根据 8.4.1.2 计算变化量。

3.4.4 电快速瞬变/脉冲群影响试验

8.4.4.1 电快速瞬变/脉冲群对信号、数据和控制电缆影响

本试验按照 GB/T 17626.4 的要求进行试验,根据 8.4.1.2 计算变化量。

8.4.4.2 电快速瞬变/脉冲群对交流、直流主电源影响

本试验按照 GB/T 17626.4 的要求进行试验, 根据 3.4.1.2 计算变化量。

8.4.5 浪涌影响试验

8.4.5.1 浪涌对信号、数据和控制电缆影响

本试验按照 GB/T 17626.5 的要求进行试验,根据 8.4.1.2 计算变化量。

8.4.5.2 浪涌对交流、直流主电源线路影响

本试验按照 GB/T 17626.5 的要求进行试验,根据 8.4.1.2 计算变化量。

8.4.6 输出负载

模拟电流信号输出的流量计,在(0~300)Ω 范围内改变负载电阻值,根据 8.4.1.2 计算变化量。

8.4.7 输出短路

模拟信号输出的流量计,将输出的正负短接历时 5 min,正常连接后,根据 8.4.1.2 计算变化量。

8.4.8 工频磁场抗扰度影响

本试验按照 GB/T 17626.8 的要求进行试验,根据 8.4.1.2 计算变化量。

8.4.9 射频电磁场辐射抗扰度影响

本试验按照 GB/T 17626.3 的要求进行试验,根据 8.4.1.2 计算变化量。

8.4.10 射频场感应的传导骚扰抗扰度影响

本试验按照 GB/T 17626.6 的要求进行试验,根据 8.4.1.2 计算变化量。

8.4.11 静电放电

本试验按照 GB/T 17626.2 的要求进行试验,根据 8.4.1.2 计算变化量。

8.4.12 环境温度

8.4.12.1 低温影响

本试验按照 GB/T 2423.1 的要求进行试验,根据 8.4.1.2 计算变化量。

8.4.12.2 高温影响

本试验按照 GB/T 2423.2 的要求进行试验,根据 8.4.1.2 计算变化量。

8.4.13 湿热

8.4.13.1 恒定湿热(不凝结)影响

本试验按照 GB/T 2423.3 的要求进行试验,根据 8.4.1.2 计算变化量。

8.4.13.2 变变湿热(不凝结)影响

本试验按照 GB/T 2423.4 的要求进行试验,根据 8.4.1.2 计算变化量。

8.4.14 机械振动(随机)

本试验按照 GB/T 2423.43 和 GB/T 2423.56 的要求进行试验,根据 8.4.1.2 计算变化量。

8.4.15 例題

本试验按照 GB/T 2423.7 的要求进行试验,根据 8.4.1.2 计算变化量。

8.4.16 安裝位置

将流量计按水平、垂直向上、垂直向下等位置分别安装，根据 8.4.1.3 试验流量计或流量传感器的示值误差，并计算各安装位置的平均仪表系数或示值误差的变化。

8.4.17 过载能力

流过计在重叠 1.2 g/cm²，历时 50 min 后，根据 8.4.1.2 计算交化量。

8.4.18 请读

流量计逆向在 g_1 下运行 1 min。正常安装后,根据 8.4.1.3 试验漂白计或漂白传感器的正负误差。

8.4.19 流量干扰

按照附录 E 的要求,根据 8.4.1.3 试验流量计或流量传感器的示值误差,并计算下扰前后平均仪表系数或示值误差的变化。

8.4.20 零点调整

流量计进气端、出气端接通大气，在无流量通过的情况下，将有线止流量设置的流量计的截止流量设为6.

24 h 内，每 2 h 观察一次滴量计显示的标液体积数时或质时数时，共计观察数据 13 个。

将数据中的最大值和最小值的差值按式(6)或式(7)计算步点变化量 Δx 。

$$\Delta \varepsilon_2 = \frac{(q_{T_{max}})_{exp} - (q_{T_{max}})_{sim}}{q_{T_{max}}} \times 100\% \quad \dots \dots \dots (6)$$

四

$$\Delta \epsilon_2 = \frac{(q_{\text{exp}})_{\text{min}} - (q_{\text{exp}})_{\text{min}}}{q_{\text{exp}}} \times 100\% \quad \dots \dots \dots (7)$$

音中。

(σ_{CO_2})... (σ_{CH_4})... — 气量计显示的状况体积流量的最大值和最小值, 立方米每小时(m^3/h)。

(g/m^3)_{min}, (g/m^3)_{max} = 流量计显示的质量流量的最大值和最小值;千克每小时(kg/h)。

流量计的最大流量：立方米每小时(m^3/h)或千克每小时(kg/h)。

8.5 安全性能试验

8.5.1 附压强度

流量计的耐压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的1.5倍，并保持该压力5 min，观察并记录有无漏油或损坏。

8.5.2 密封性能

流量计的密封性能试验在专用的试验装置上进行。通入气压为最大工作压力的1.1倍的气体，历时5 min，观测并记录有无泄漏。

8.5.3 绝缘电阻

根据 GB/T 15473 分别测量流量计的电源端子与接地端子、输出端子与接地端子、输入端子与接地端子。

端子间的绝缘电阻。

8.5.4 绝缘强度

根据 GB/T 15479 分别在流量计的电源端子与接地端子、输出端子与接地端子、输入端子与接地端子间进行绝缘强度试验，观察是否出现击穿和飞弧现象。

8.5.5 直流电源反向保护

将流量计供电电源反接，保持 10 min，正常连接电源后，检查流量计的显示及参数。

8.5.6 防爆性能

按 GB 3836.1 和 GB 3836.2 或 GB 3836.4 中的有关规定进行试验。

8.5.7 外壳防护

按 GB 4208 中的有关规定对外壳进行 IP65 的试验。

8.6 其他试验

8.6.1 压力损失

按相关标准，根据具体要求设置取压口，在规定的流量下，测量流量计上游取压口和下游取压口之间的压力差。

8.6.2 外观检查

用目测法检查并操作按键。

9 检验规则

9.1 出厂检验

9.1.1 总则

流量计应经生产单位的检验部门逐台按规定的规定项目进行试验，试验合格后，由检验部门出具检定证书或产品合格证书后方能出厂。

9.1.2 出厂检验项目

流量计的出厂检验项目按表 12 的规定。

表 12 出厂检验、型式检验项目

序号	试验项目	技术要求 章条号	试验方法 章条号	出厂检验项目		型式检验项目	
				方案一 ^{a)}	方案二 ^{b)}	方案一 ^{c)}	方案二 ^{d)}
1	流量计示值误差	6.1.2.1	8.2.3.1	√	—	√	—
2	流量传感器示值误差	6.1.3.1	8.2.4.1	—	√	—	√
3	流量计(传感器)重复性	6.1.2.2 6.1.3.2	8.2.3.2 8.2.4.2	√	√	√	√

表 12(续)

序号	试验项目	技术要求 章条号	试验方法 章条号	出厂检验项目		型式检验项目	
				方案一 ^①	方案二 ^②	方案一 ^③	方案二 ^④
4	瞬时流量计算误差	6.1.3.3	8.2.4.3	—	✓	—	✓
5	总量计算误差	6.1.3.4	8.2.4.4	—	✓	—	✓
6	输出电流误差 ^⑤	6.1.2.3	8.2.3.3	✓	—	✓	—
7	输出脉冲误差	6.1.2.4	8.2.3.4	✓	—	✓	—
8	压缩系数计算误差	6.1.3.5	8.2.4.5	—	✓	—	✓
9	压力(或类压)传感器示值误差	6.1.3.6	8.2.4.6	—	✓	—	✓
10	温度传感器示值误差	6.1.3.7	8.2.4.7	—	✓	—	✓
11	功能检查	6.2	8.3	✓	—	✓	—
12	耐压强度	6.4.1	8.5.1	✓	—	✓	—
13	密封性	6.4.2	8.5.2	✓	—	✓	—
14	绝缘电阻	6.4.3	8.5.3	✓	—	✓	—
15	绝缘强度	6.4.4	8.5.4	✓	—	✓	—
16	直流电源反向保护 ^⑥	6.4.5	8.5.5	✓	—	✓	—
17	应力损失	6.5.1	8.6.1	✓	—	✓	—
18	外观	6.5.2	8.5.2	✓	—	✓	—
19	去毛刺变化	6.3.1	8.4.2	—	—	✓	—
20	击穿短时中断	6.3.2	8.4.3	—	—	✓	—
21	脉冲群试验	6.3.3	8.4.4	—	—	✓	—
22	振动试验	6.3.4	8.4.5	—	—	✓	—
23	输出负载 ^⑦	6.3.5	8.4.6	—	—	✓	—
24	输出短路 ^⑧	6.3.6	8.4.7	—	—	✓	—
25	工频磁场抗扰度试验	6.3.7	8.4.8	—	—	✓	—
26	射频电磁场辐射抗扰度试验	6.3.8	8.4.9	—	—	✓	—
27	射频感应的传导骚扰抗扰度试验	6.3.9	8.4.10	—	—	✓	—
28	静电放电	6.3.10	8.4.11	—	—	✓	—
29	环境温度	6.3.11	8.4.12	—	—	✓	—
30	潮热	6.3.12	8.4.13	—	—	✓	—
31	机械振动(随机)	6.3.13	8.4.14	—	—	✓	—
32	倾斜	6.3.14	8.4.15	—	—	✓	—
33	安装位置	6.3.15	8.4.16	—	—	✓	—
34	过载能力	6.3.16	8.4.17	—	—	✓	—
35	逆流	6.3.17	8.4.18	—	—	✓	—
36	流量干扰 ^⑨	6.3.18	8.4.19	—	—	✓	—

表 12 (续)

序号	试验项目	技术要求 章条号	试验方法 章条号	出厂检验项目		型式检验项目	
				方案一 ^{b)}	方案二 ^{c)}	方案一 ^{d)}	方案二 ^{e)}
37	零点漂移	6.3.19	8.4.20	—	—	—	✓
38	防爆性能	6.4.6	8.5.6	—	—	—	✓
39	外壳防护	6.4.7	8.5.7	—	—	—	✓

注：“✓”表示常检验项目，“—”表示不检验项目：

- ^{b)} 适用于无信号输入端口的流量计；
- ^{c)} 适用于有信号输入端口的流量计；
- ^{d)} 适用于电流等模拟信号输出的流量计；
- ^{e)} 适用于直流电源；
- ^{f)} 适用于无直管段要求的流量计。

9.2 型式检验

流量计型式检验应按表 12 规定的全部技术要求中适用的项目进行。

有下列情况之一时，流量计应进行型式检验：

- 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定；
- 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- 正常生产时，定期或累积一定数量后，应周期性进行一次检验；
- 产品长期停产（一般为一年及以上），恢复生产时；
- 同类型产品比对时；
- 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- 国家质量监督机构提出型式评价要求时。

10 标志、包装、运输、贮存和使用说明书

10.1 产品标志

10.1.1 标志

流量计的标志应有：

- 输入、输出接口标志；
- 连接线或接线柱极性标志；
- 高度、压力取孔标志；
- 在流量计外壳的明显部位应有表示流体流向的永久性标志；
- 或印保护标志。



10.1.2 铭牌

在流量计的适当位置应有铭牌，铭牌上至少应标志下列内容：

- 产品名称及型号；
- 制造厂名、商标；
- 流量范围；

- d) 分界流量(如果适用);
- e) 流量计特征参数或平均仪表系数(如果适用);
- f) 最大工作压力(或公称压力);
- g) 准确度等级;
- h) 差压传感器量程(如果适用);
- i) 压力传感器量程(如果适用);
- j) 温度传感器量程(如果适用);
- k) 出厂编号和制造日期;
- l) 供电电源;
- m) 防爆标志“Ex”及“防爆合格证”编号;
- n) CMC 标志及“计量器具生产许可证”编号。

10.1.3 包装标志

在产品包装材料的外表面上应有收、发货标志和包装储运图示标志,其标志应符合 GB/T 6388 中的规定,包装储运图示标志应符合 GB/T 191 中的规定。

10.2 包装

流量计的包装应符合 GB/T 13384 的要求,随机文件装入资料袋,资料应有以下内容:

- a) 产品合格证;
- b) 使用说明书;
- c) 装箱单。

10.3 贮存

流量计应贮存在环境温度(-10~+55)℃,相对湿度不大于 75%,通风,不含有腐蚀性气体的室内。

10.4 运输

流量计按规定装箱,可用无猛烈震动的交通工具运输。

10.5 产品合格证

每台流量计均应有产品合格证,合格证应有以下内容:

- a) 产品名称、型号及编号;
- b) (平均)仪表系数;
- c) 准确度等级;
- d) 检验员签字;
- e) 检验日期;
- f) 检验合格印章。



10.6 使用说明书

使用说明书应符合 GB/T 9969 的要求,并有以下内容:

- a) 产品用途;
- b) 工作原理;
- c) 主要性能指标;

- d) 所用程序的版本号；
- e) 安装调试方法；
- f) 注意事项；
- g) 制造计量器具许可证标志和编号；
- h) 执行标准代号。



附录 A
(规范性附录)
流量计示值误差及其输出误差的试验方法

A.1 流量计的示值误差

A.1.1 流量计单次测量示值误差

流量计示值误差用相对误差表示。

单次测量的示值误差按式(A.1)、式(A.3)或式(A.2)、式(A.4)计算：

$$(e_{Q_j})_v = \frac{(V_{n,i})_j - (Q_{v,n})_j}{(Q_{v,n})_j} \times 100\% \quad (\text{A.1})$$

或

$$(e_{Q_j})_v = \frac{(M_n)_j - (Q_{m,n})_j}{(Q_{m,n})_j} \times 100\% \quad (\text{A.2})$$

$$V_{n,i} = (Q_{v,n,i})_j - (Q_{v,m,n})_j \quad (\text{A.3})$$

$$M_n = (Q_{m,n})_j - (Q_{m,n})_1 \quad (\text{A.4})$$

式中：

$(e_{Q_j})_v$ ， $(e_{Q_j})_s$ —— 第*i*试验流量点第*j*次测量时流量计标况体积总量和质量总量示值误差，%；

$V_{n,i}$ —— 流量计显示的标况体积总量的变化量，立方米(m^3)；

$(Q_{v,n,i})_j$ —— 第*i*试验流量点第*j*次测量时标准装置标况体积总量显示值，立方米(m^3)；

M_n —— 流量计显示的气体质量总量的变化量，千克(kg)；

$(Q_{m,n})_j$ —— 第*i*试验流量点第*j*次测量时标准装置质量总量显示值，千克(kg)；

$(Q_{v,n,i})_1$ ， $(Q_{v,m,n})_1$ —— 试验前、后，流量计标况体积总量显示值，立方米(m^3)；

$(Q_{m,n})_1$ ， $(Q_{m,n})_j$ —— 试验前、后，流量计质量总值显示值，千克(kg)。

A.1.2 各试验流量点的示值误差

流量计各试验流量点的示值误差按式(A.5)计算：

$$e_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n e_j \quad (\text{A.5})$$

式中：

e_i —— 第*i*试验流量点流量计的示值误差，%；

n —— 第*i*试验流量点的试验次数；

e_j —— 第*i*试验流量点第*j*次测量流量计的示值误差，%。

A.1.3 流量计示值误差

流量计示值误差应按式(A.6)的规定：

$$e = \pm |e_i| \dots \quad (\text{A.6})$$

式中：

e —— 流量计的示值误差，%；

$|e_i| \dots$ —— 流量计第*i*试验流量点的最大示值误差的绝对值，%。

±——选择取绝对值之前的相同符号。

对于有分界流量的流量计，应分别取高区和低区的最大值为流量计示值误差。

流量计示值误差应在表 2 中相应准确度等级规定的最大允许误差内。

A.1.4 流量计示值误差调整

A.1.4.1 流量计线性度的计算

当流量计示值误差超过表 2 规定的最大允许误差时，通过式(A.7)计算流量计的线性度：

$$\epsilon_L = \frac{\epsilon_{max} - \epsilon_{min}}{2} \quad (A.7)$$

式中：

ϵ_L ——流量计的线性度，%；

$\epsilon_{max}, \epsilon_{min}$ ——流量计在 $q_{min} \leq q \leq q_{max}$ (有分界流量的传感器为 $q_1 \leq q \leq q_{max}$) 范围内各试验流量点示值误差最大值和最小值，%。

A.1.4.2 平均仪表系数或平均流出系数的计算

当线性度 ϵ_L 不满足流量计准确度对应的高区的最大允许误差要求时，流量计不得进行流量特性调整。

对于线性度 ϵ_L 满足流量计准确度对应的高区的最大允许误差要求的，可以重新调整平均仪表系数或平均流出系数。

首先按式(A.8)计算流量计的平均示值误差：

$$\bar{\epsilon} = \frac{\epsilon_{max} + \epsilon_{min}}{2} \quad (A.8)$$

式中：

$\bar{\epsilon}$ ——流量计标况体积总量或质量总量的平均示值误差，%；

$\epsilon_{max}, \epsilon_{min}$ ——流量计在 $q_1 \leq q \leq q_{max}$ 范围内各试验流量点示值误差最大值和最小值，%；

注：平均示值误差也可以按式(A.9)的加权平均误差计算：

$$\bar{\epsilon} = WME = \sum_{i=1}^n [(q_i/q_{max}) * \epsilon_i] / \sum_{i=1}^n (q_i/q_{max}) \quad (A.9)$$

式中：

q_i ——第 i 个流量点的平均流量，当 $q_i/q_{max} \geq 0.8$ 时按 0.4 计算。

然后按式(A.10)和式(A.11)计算平均仪表系数 K 或平均流出系数 C ：

$$K = K_0 \times (1 + \bar{\epsilon}) \quad (A.10)$$

$$C = C_0 \times (1 - \bar{\epsilon}) \quad (A.11)$$

式中：

K_0 ——为流量计上次试验所得并置入流量计修正装置中的平均仪表系数；

$\bar{\epsilon}$ ——当平均仪表系数 K 和流量的关系成单调增加时，如，差压式流量计，使用“-”；当 K 和流量的关系成单调减小时，如，脉冲输出的流量计，使用“+”；

C_0 ——为流量计上次试验所得并置入流量计修正装置中的平均流出系数。

A.1.4.3 调整平均仪表系数或平均流出系数

重新调整平均仪表系数或平均流出系数后的流量计应按 A.1.1 的方法再次试验，并按 A.1.2、A.1.3 的方法计算各流量点的示值误差，取最大值为流量计的示值误差。有分界流量的流量计，应给出各试验段最大示值误差。

A.2 输出脉冲误差

输出脉冲误差在 $q_{v,n}$ 和 $q_{v,a}$ 试验流量点进行试验。

输出脉冲对应流量计工况体积流量时, 理论输出脉冲 f_n , 按式(A.12)、式(A.13)计算。

$$(f_n)_j = (q_{v,n})_j \times K / 3600 \quad \text{.....(A.12)}$$

$$(q_{v,n})_j = (q_{v,i})_j \cdot \frac{(p_i)_j}{(p_n)_j} \cdot \frac{(T_i)_j}{(T_n)_j} \cdot \frac{(Z_i)_j}{(Z_n)_j} \quad \text{.....(A.13)}$$

式中:

$(f_n)_j$ ——输出脉冲理论计算值, 赫兹(Hz);

$(q_{v,i})_j$ ——第 i 试验流量点第 j 次测量时标准装置以流量计工况折算的体积流量值, 立方米每小时(m^3/h);

K ——经检验置入流量计修正装置的平均仪表系数, 每立方米($1/m^3$);

$(q_{v,i})_j$ ——第 i 试验流量点第 j 次测量时标准装置工况体积流量显示值, 立方米每小时(m^3/h);

$(p_i)_j, (p_n)_j$ ——分别为第 i 试验流量点第 j 次测量时主标准器处和流量计处试验介质的绝对压力测量值, 帕(Pa);

$(T_i)_j, (T_n)_j$ ——分别为第 i 试验流量点第 j 次测量时主标准器处和流量计处试验介质的气体热力学温度测量值, 开尔文(K);

$(Z_i)_j, (Z_n)_j$ ——分别为第 i 试验流量点第 j 次测量时主标准器处和流量计处试验介质的压缩系数计算值。

流量计实际输出脉冲 f_j 与该计算值 f_n 比较, 得到输出脉冲误差 e_f :

$$(e_f)_j = \frac{(f_j)_j - (f_n)_j}{f_n} \times 100\% \quad \text{.....(A.14)}$$

式中:

$(f_j)_j$ ——第 i 试验流量点第 j 次流量计实际输出脉冲的测量值, 应取连续至少 10 次的平均值, 赫兹(Hz);

f_{max} ——流量计最大工况体积流量所对应的输出脉冲。未知时, 可以在最大流量试验点时, 测量流量计实际输出脉冲, 取连续至少 10 次的平均值代替, 赫兹(Hz);

按 A.1.2、A.1.3 的方法计算各流量点的输出脉冲误差。

输出脉冲对应流量计标况体积流量时, 理论输出脉冲 f_n 与标况体积流量 $q_{v,n}$ 有关, 按式(A.15)、式(A.16)计算,

$$(f_n)_j = (q_{v,n})_j \times K / 3600 \quad \text{.....(A.15)}$$

$$(q_{v,n})_j = (q_{v,i})_j \cdot \frac{(p_i)_j}{p_n} \cdot \frac{T_n}{(T_i)_j} \cdot \frac{Z_n}{(Z_i)_j} \quad \text{.....(A.16)}$$

式中:

$(q_{v,i})_j$ ——第 i 试验流量点第 j 次测量时标准装置工况体积流量显示值, 立方米每小时(m^3/h);

$(q_{v,i,e})_j$ ——第 i 试验流量点第 j 次测量时标准装置以标准状态折算的体积流量值, 立方米每小时(m^3/h);

$(p_i)_j, (T_i)_j, (Z_i)_j$ ——第 i 试验流量点第 j 次测量时主标准器处试验介质的压力, 帕(Pa)、温度测量值, 开尔文(K)和压缩系数计算值;

p_n, T_n, Z_n ——试验介质在标准状态下的压力, 帕(Pa)、热力学温度, 开尔文(K)和压缩系数。

流量计实际输出脉冲数与该计算值数比较,得到输出脉冲误差,计算同式(A.14),其中 f_{max} 为流量计最大标况体积流量所对应的输出脉冲。按 A.1.2、A.1.3 的方法计算各试验流量点的输出脉冲误差。

A.3 故由中流误差

输出电流误差在 $\mu_{\text{--}}\text{--}$ 和 $\mu_{\text{--}}\text{--}$ 试验波段点进行试验。

输出电流对应流量计标况体积流量时,理论输出电流 I_{th} 和标况体积流量 $q_{\text{v},\text{th}}$ 有关,按式(A.17)计算(以 1 mA~20 mA 为例,以下同,其他主流输出类型可同理参照进行):

$$(I_n)_g = \frac{(q_{V_{n+1}})_g}{a} \times 16 + 4 \quad \dots \dots \dots \text{ (A. 17)}$$

六

q_{max} ——流量计产品铭牌上标志的或流量计输出 20 mA 时所代表的最大标况体积流量, 立方米每小时(m^3/h)。

(图5-2)的计算同式(A-16)。

流量计输出电流 I 与该计算值 I_0 比较, 得到输出电流误差 ϵ :

$$(e_1)_g = \frac{(I_o)_g - (I_n)_g}{16} \times 100\% \quad \dots \dots \dots \quad (A.18)$$

按 A-1-2、A-1-3 的方法计算各流量点的输出电流误差。

附录 B

（规范性附录）

流量传感器的示值误差试验方法

B.1 速度式流量传感器

B. 1.1 模拟信号输出的流量传感器

图 1-1-1 单次测量的体积流误差

在参比大气条件下,通过用传感器输出信号所代表的工况体积流量和标准装置代表的瞬时体积流量比较的试验方法来计算工况体积流量误差。

传感器输出串流测量值所代表的工况体积流量按式(B.1)计算：

$$(q_{vn})_g = \frac{(I_n)_{\bar{v}} - 4}{16} \times q_{\max} \quad \dots \dots \dots \quad (\text{B.1})$$

武中。

$(q_{\text{vsa}})_i$ ——第 i 试验流量点第 j 次测量时流量传感器的工况体积流量计算值, 立方米每小时 (m^3/h) 。

(J_i)₀ — 第*i* 试验流量点第*i* 次传感器输出电流测量值, mA;

q_{max} ——传感器输出 20 mA 电流所代表的最大工况体积流量, 立方米每小时 (m^3/h)。

传感器输出电流测量值 I_m 为测量时间范围内连续至少 10 次观察值的平均值。

测量单次的工况体积流量误差按式(B.2)计算：

$$(e_{tq})_v = \frac{(q_{vtm})_v - (q_{vat})_v}{(q_{vtm})_v} \times 100\% \quad \dots \dots \dots \quad (B.2)$$

或中。

$(e_{t,i})_j$ ——第*i*试验流量点第*j*次测量时传感器的工况体积流量误差, %;

$(q_{vn})_i$ ——第*i*试验流量点第*j*次测量时标准装置以流量传感器工况折算的体积流量值,计算方法同式(A.13),立方米每小时(m^3/h)。

B. 1. 1. 2 单次测量的质量流量误差

在参比大气条件下,通过用传感器输出电流所代表的质量流量和标准装置的质量流量显示值比较的试验方法来计算质量流量误差或平均仪系数。

传感器输出电流测量值所代表的质量流量按式(B.3)计算：

式中，

$(q_{max})_i$ ——第*i*试验流量点第*j*次测量时流量传感器的质量流量计算值, 千克每小时(kg/h);

$(I_n)_i$ ——第*i*试验流量点第*j*次传感器输出电流测量值, mA;

q_{\max} ——传感器输出 20 mA 电流所代表的最大质量流量, 千克每小时(kg/h)。

传感器输出电流测量值为测量时间范围内连续至少 10 次观察值的平均值。

测量单次的示值误差按式(B.4)计算：

$$(e_{T_m})_{\bar{v}} = \frac{(q_{max})_{\bar{v}} - (q_{min})_{\bar{v}}}{(q_{avg})_{\bar{v}}} \times 100\% \quad \dots \dots \dots \quad (B.4)$$

式中：

$(e_{q_i})_j$ ——第*i*试验流量点第*j*次测量时传感器的质量流量误差，%；

$(q_{m,i})_j$ ——第*i*试验流量点第*j*次时标准装置的质量流量显示值，千克每小时(kg/h)。

B.1.1.3 示值误差

各试验流量点的示值误差、传感器示值误差均同附录A.1.2和A.1.3。

B.1.2 脉冲输出的传感器

B.1.2.1 单次测量的仪表系数 K_i

在参比大气条件下，通过测量传感器输出脉冲总数和标准装置气体体积总量显示值比较的试验方法来计算平均仪表系数和示值误差。

每个试验流量点单次测量的仪表系数 K_i 按式(B.5)计算：

$$K_i = \frac{N_i}{(Q_{v,i})_j} \cdot \frac{(p_s)_j}{(p_i)_j} \cdot \frac{(T_s)_j}{(T_i)_j} \cdot \frac{(Z_s)_j}{(Z_m)_j} \quad \text{.....(B.5)}$$

式中：

$(Q_{v,i})_j$ ——第*i*试验流量点第*j*次标准装置工况体积总量显示值，立方米(m³)；

N_i ——第*i*试验流量点第*j*次测量时流量传感器脉冲总数测量值；

$(T_s)_j, (T_i)_j$ ——分别为第*i*试验流量点第*j*次试验时主标准器处和流量传感器处试验介质的热力学温度测量值，开尔文(K)；

$(p_s)_j, (p_i)_j$ ——分别为第*i*试验流量点第*j*次试验时主标准器处和流量传感器处试验介质的绝对压力测量值，帕(Pa)；

$(Z_s)_j, (Z_m)_j$ ——分别为第*i*试验流量点第*j*次试验时主标准器处和流量传感器处的试验介质压缩系数计算值。

B.1.2.2 各试验流量点的仪表系数 K_i

各试验流量点的仪表系数 K_i 按式(B.6)计算：

$$K_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n K_j \quad \text{.....(B.6)}$$

B.1.2.3 平均仪表系数 K

流量传感器平均仪表系数 K 按式(B.7)计算：

$$K = \frac{K_{\max} + K_{\min}}{2} \quad \text{.....(B.7)}$$

式中：

K_{\max}, K_{\min} ——分别是在 $q_{m,\min} \leq q \leq q_{m,\max}$ (有分界流量的传感器为 $q_{\min} \leq q \leq q_{\max}$) 范围内各试验流量点仪表系数 K_i 的最大值和最小值。

B.1.2.4 流量传感器的示值误差

在 $q_{m,\min} \leq q \leq q_{m,\max}$ 范围内，脉冲输出的流量传感器的示值误差按式(B.8)计算：

$$\epsilon_x = \frac{K_i - K}{K} \times 100\% \quad \text{.....(B.8)}$$

B.2 容积式流量传感器

容积式流量传感器的误差试验方法与速度式流量传感器相同。

B.3 差压式流量传感器

B.3.1 非标准节流装置的差压式流量传感器

B.3.1.1 使用流出系数的差压式流量传感器

B.3.1.1.1 总则

对于孔板、喷嘴、V形锥、楔形等结构的有开孔直径 d 或等效开孔直径 d_t 的流量传感器, 通过测量平均流出系数来计算示值误差。

B.3.1.1.2 流出系数 C_q

在参比大气条件下, 每个试验流量点单次测量的流出系数 C_q , 按式(B.9)或式(B.10)计算:

$$C_q = \frac{4(q_{v,i})_j \times \sqrt{1 - \beta^2}}{3600\pi d^2 \epsilon \sqrt{2(\Delta p_{in})_j} \times \rho_v} \quad \text{(B.9)}$$

或

$$C_q = \frac{4(q_{v,i})_j \times \sqrt{1 - \beta^2}}{3600\pi d^2 \epsilon \sqrt{2(\Delta p_{in})_j} / \rho_v} \quad \text{(B.10)}$$

$$\beta = \frac{(\rho_v)_j}{(Z_{in})_j R_v (T_v)_j} \quad \text{(B.11)}$$

式中:

$(q_{v,i})_j$ ——第 i 试验流量点第 j 次标准装置气体质量流量测量值, 千克每小时(kg/h);

β ——节流件开孔直径 d (或等效开孔直径 d_t) 和管道直径 D 的比值;

d ——节流件开孔直径测量值或等效开孔直径 d_t 计算值, 米(m);

ϵ ——可膨胀性系数, 按 GB/T 2624 的计算方法计算;

$(\Delta p_{in})_j$ ——第 i 试验流量点第 j 次测量时流量传感器处的差压测量值, 帕(Pa);

ρ_v ——第 i 试验流量点第 j 次测量时流量传感器处按式(B.11)的计算的介质密度值, 千克每立方米(kg/m^3), $(\rho_v)_j$ 为该处气体介质的绝对压力测量值, 帕(Pa), $(T_v)_j$ 为该处气体介质的热力学温度测量值, 开尔文(K), Z_{in} 为该处气体介质的压缩系数计算值;

R_v ——试验气体介质的气体常数, 焦耳每千克开尔文 [$\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$];

$(q_{v,i})_j$ ——第 i 试验流量点第 j 次测量时标准装置以宽量传感器工况折算的体积流量值, 计算方法同式(A.13), 立方米每小时(m^3/h)。

B.3.1.1.3 流出系数 C_i 、平均流出系数 C

各试验流量点的流出系数 C_i 、平均流出系数 C 的处理方法同 B.1.2.2 和 B.1.2.3。

B.3.1.1.4 流量传感器的示值误差

在 $q_{min} \leq q \leq q_{max}$ 范围内, 流量传感器的示值误差计算见式(B.12):

$$\varepsilon_{xc} = \frac{C - C_i}{C_i} \times 100\% \quad \text{(B.12)}$$

B.3.1.2 使用仪表系数的差压式流量传感器

B.3.1.2.1 总则

对于均速管、弯管等无开孔直径 d 或等效开孔直径 d_t 的结构的流量传感器, 通过测量平均仪表系

数来计算示值误差。

B.3.1.2.2 仪表系数 K_g

在参比大气条件下,仪表系数 K_g 按式(B.13)或式(B.14)计算:

$$K_g = \frac{(q_{\text{ref}})_g}{c \sqrt{(\Delta p_{\text{ref}})_g / \rho_0}} \quad (\text{B.13})$$

或

$$K_g = \frac{(q_{\text{ref}})_g}{c \sqrt{(\Delta p_{\text{ref}})_g \times \rho_0}} \quad (\text{B.14})$$

式中符号同 B.3.1.1.2。

B.3.1.2.3 仪表系数 K_i 、平均仪表系数 K

各试验流量点的仪表系数 K_i 、平均仪表系数 K 、示值误差的处理方法同 B.3.1.1.3。

B.3.1.2.4 流量传感器的示值误差

在 $q_{\text{min}} \leq q \leq q_{\text{max}}$ 范围内,流量传感器的示值误差计算见式(B.15):

$$\epsilon_{\text{xc}} = \frac{K - K_i}{K_i} \times 100\% \quad (\text{B.15})$$

B.3.2 标准节流装置的差压式流量传感器

对于符合 GB/T 2624 的差压流量传感器,按 GB/T 2624 的尺寸试验方法根据实际工作状态或设计工作状态计算流出系数,流出系数的不确定度按 GB/T 2624 的计算方法计算。

B.4 插入式结构的流量传感器

B.4.1 与实际使用情况相似条件的试验

误差试验时,如果仪表系数与 B.1、B.2 和 B.3 计算方法相同,则按相应的方法试验。

误差试验时,如果仪表系数与 B.1、B.2 和 B.3 计算方法不同,则应按厂商提供的流量计算方法试验。

B.4.2 其他试验方法

插入式结构的流量传感器,可以按与其相应的国家标准或国际标准规定的方法进行试验。



附录 C (规范性附录)

C.1 速度式流量计

C.1.1 流量传感器输出为脉冲的速度式流量计

C.1.1.1 工况体积流量的计算

流量传感器输出为脉冲的速度式流量计,对应输入修正装置的脉冲频率,流量计工况体积流量的理论值按式(C.1)计算:

古中：

q_{v} —— 流量计工况体积流量的理论计算值, 立方米每小时(m^3/h)。

K — 经检验置入流量计修正装置的平均仪表系数, 每立方米($1/m^3$)。

f — 流量计修正装置显示的流量传感器输出的脉冲, 赫兹(Hz)。频率输入信号见表 C.1。

流量计显示的工况体积流量 q_{vn} 与该理论计算值 q_v 比较,按式(C.2)计算得到工况体积流量计算误差:

$$\epsilon_{q_v} = \frac{q_{v_m} - q_v}{q_v} \times 100\% \quad \dots \quad (C.2)$$

表 C.1 流量传感器输出为脉冲的速度式流量计的输入信号

输入信号	输入信号值	
流量信号	$0.5 f_{max}$	
压力信号	$0.1(p_{max} - p_{min}) + p_{min}$	$0.9(p_{max} - p_{min}) + p_{min}$
温度信号	$0.1(T_{max} - T_{min}) + T_{min}$	$0.9(T_{max} - T_{min}) + T_{min}$

注：总量的计算误差选取一组输入信号。

C. 1.1.2 标况体积流量的计算及误差

对应输入修正装置的温度、压力信号，工况体积流量按式(C-3)修正为标况体积流量：

武中

q_{V_2} ——流量计标况体积流量的理论计算值, 立方米每小时(m^3/h)。

p_n , T_n , Z_n 流量计设置的标准状态的压力, 帕(Pa)、热力学温度, 开尔文(K)和设定介质的压缩系数。

p, T, Z_m ——流量计显示的流体的绝对压力, 帕(Pa)、热力学温度, 开尔文(K)和设定介质的压缩系数。如果流量计显示的压力值是相对于大气压的压力, 计算时应加上当地大气压力 p_0 , 如果流量计显示摄氏温度, 计算时应加上 273.15 K。

流量计显示的标况体积流量 $q_{V,n}$ 与该计算值 q_V 比较, 按式(C.4)计算得到标况体积流量计算误差:

$$\epsilon_{q_{V,n}} = \frac{q_{V,n} - q_V}{q_V} \times 100\% \quad \text{.....(C.4)}$$

输入频率、压力和温度信号见表 C.1, 取最大值为瞬时流量计算误差值。

C.1.1.3 质量流量的计算及误差

质量流量按式(C.5)计算:

$$q_m = q_V \times \rho_s \quad \text{.....(C.5)}$$

式中:

q_m — 瞬时质量流量计算值, 千克每小时(kg/h);

q_V — 标况体积流量计算值, 立方米每小时(m³/h);

ρ_s — 设定的气体介质在标准状态下的密度, 千克每立方米(kg/m³)。

流量计显示的质量流量 q_m 与该计算值 q_m 比较, 按式(C.6)计算得到质量流量计算误差:

$$\epsilon_{q_m} = \frac{q_m - q_m}{q_m} \times 100\% \quad \text{.....(C.6)}$$

C.1.1.4 总量的计算及误差

C.1.1.4.1 标况体积总量的理论计算值

标况体积总量的理论值按式(C.7)计算:

$$Q_{V,n} = q_{V,n} \times t \quad \text{.....(C.7)}$$

式中:

$Q_{V,n}$ — 流量计标况体积总量计算值, 立方米(m³);

$q_{V,n}$ — 流量计显示的标况体积流量, 立方米每小时(m³/h);

t — 测量时间, 小时(h)。

流量计显示的标况体积总量的变化量 $V_{n,t}$ (见 A.1.1) 与该计算值 $Q_{V,n}$ 比较, 按式(C.8)计算得到体积总量计算误差:

$$\epsilon_{Q_{V,n}} = \frac{V_{n,t} - Q_{V,n}}{Q_{V,n}} \times 100\% \quad \text{.....(C.8)}$$

输入频率、压力和温度信号见表 C.1, 测量时间至少 10 min。

C.1.1.4.2 质量总量理论计算值

质量总量理论值按式(C.9)计算:

$$Q_{m,n} = q_m \times t \quad \text{.....(C.9)}$$

式中:

$Q_{m,n}$ — 流量计质量总量计算值, 立方米(kg);

q_m — 流量计显示的质量流量, 千克每小时(kg/h)。

流量计显示的质量总量的变化量 M_n (见 A.1.1) 与该计算值 $Q_{m,n}$ 比较, 按式(C.10)计算得到质量总量流量计算误差:

$$\epsilon_{Q_{m,n}} = \frac{M_n - Q_{m,n}}{Q_{m,n}} \times 100\% \quad \text{.....(C.10)}$$

输入频率、压力和温度信号见表 C.1, 测量时间至少 10 min。

C.1.2 流量传感器输出为电流的速度式流量计

C.1.2.1 工况体积流量的计算

C.1.2.1.1 方法一

流量计修正装置显示(4~20)mA 电流值的信号, 转化为对应频率 0~ f_{max} , 对应频率计算公式为:

$$f = \frac{I - 4}{16} \times f_{max} \quad \text{----- (C.11)}$$

式中:

f —— 计算中间过程量, 类似于流量计显示的流量传感器的输出脉冲, 赫兹(Hz);

I —— 流量计修正装置显示的电流信号的电流值, 毫安(mA);

f_{max} —— 20 mA 电流对应的流量传感器的脉冲频率, 赫兹(Hz)。通常根据管道直径和使用的温度压力作为仪表的参数而设定。

根据式(C.1), 流量计的工况体积流量值按式(C.12)计算:

$$q_v = 3500 \times \frac{f}{K} = \frac{3500}{16} (I - 4) \frac{f_{max}}{K} \quad \text{----- (C.12)}$$

式中:

K —— 计算中间过程量, 类似于平均仪表系数, 每立方米(L/m^3)。

C.1.2.1.2 方法二

流量计修正装置显示(4~20)mA 电流值的信号, 对应工况体积流量范围为(0~ q_{max}), 工况体积流量按式(C.13)计算:

$$q_v = \frac{I - 4}{20} \times q_{max} \quad \text{----- (C.13)}$$

式中:

I —— 流量计修正装置显示的电流信号的电流值, 毫安(mA);

q_{max} —— 流量传感器输出为 20 mA 时对应的最大工况体积流量, 立方米每小时(m^3/h)。

C.1.2.1.3 工况体积流量的计算误差

流量计显示的工况体积流量 q_v , 与理论计算的工况体积流量 q_{vn} 比较, 按式(C.14)计算得到工况体积流量计算误差:

$$\epsilon_{qv} = \frac{q_{vn} - q_v}{q_v} \times 100\% \quad \text{----- (C.14)}$$

电流输入信号见表 C.2。

表 C.2 流量传感器输出为模拟信号的速度式流量计的输入信号

输入信号	输入信号值	
流量信号	12 mA	
压力信号	$0.1(p_{max} - p_{min}) + p_{min}$	$0.9(p_{max} - p_{min}) + p_{min}$
温度信号	$0.1(T_{max} - T_{min}) + T_{min}$	$0.9(T_{max} - T_{min}) + T_{min}$

注: 总量的计算误差选取一组输入信号。

C.1.2.2 标况体积流量的计算及误差

标况体积流量的计算及计算误差同 C.1.1.2。

输入电流、压力和温度信号见表 C.2, 取最大值为计算误差值。

C.1.2.3 质量流量的计算及误差

质量流量的计算及计算误差同 C.1.1.3。

输入电流、压力和温度信号见表 C.2, 取最大值为计算误差值。

C.1.2.4 总量的计算及误差

总量的计算及计算误差同 C.1.1.4。

C.2 差压式流量计

C.2.1 使用流出系数的差压式流量计

C.2.1.1 瞬时流量的计算

质量流量理论计算值按式(C.15)、式(C.16)计算:

$$q_w = 3,600 \frac{\pi}{4} d^2 \epsilon \frac{C}{\sqrt{1-\beta^2}} \sqrt{2\Delta p/\rho} \quad (\text{C.15})$$

$$\rho = \frac{p}{Z_w R_w T} \quad (\text{C.16})$$

工况体积流量理论计算值按式(C.17)、式(C.18)计算:

$$q_v = 3,600 \frac{\pi}{4} d^2 \epsilon \frac{C}{\sqrt{1-\beta^2}} \sqrt{2\Delta p/p} \quad (\text{C.17})$$

式中:

q_w —— 气体质量流量计算值, 千克每小时(kg/h);

d —— 节流件开孔直径 d 或等效开孔直径 d_e , 米(m);

ϵ —— 可膨胀性系数, 按 GB/T 2624 的计算方法计算;

C —— 经验修正系数;

Δp —— 流量计差压显示值, 帕(Pa), Δp_{max} 为差压传感器的量程;

p —— 设定的气体介质密度按式(C.15)的计算值, 千克每立方米(kg/m³), 根据流量计显示的绝对压力为 p , 帕(Pa), 热力学温度为 T , 开尔文(K), 压缩系数为 Z , 计算;

β —— 节流件开孔直径 d (等效开孔直径 d_e) 和管道直径 D 的比值;

R_w —— 设定的气体介质的气体常数, 焦耳每千克开尔文[J/(kg·K)];

q_v —— 气体工况体积流量计算值, 立方米每小时(m³/h)。

流量计显示的瞬时质量流量 q_{wm} 或工况体积流量 q_{vn} 与该 q_w 值或 q_v 值比较, 按式(C.18)或式(C.19)计算得到质量流量计算误差或工况体积流量计算误差:

$$\epsilon_{q_w} = \frac{q_{wm} - q_w}{q_w} \times 100\% \quad (\text{C.18})$$

或

$$\epsilon_{q_v} = \frac{q_{vn} - q_v}{q_v} \times 100\% \quad (\text{C.19})$$

输入电流、压力和温度信号见表 C.2, 取最大值为计算误差值。

C.2.1.2 标况体积流量的计算及误差

标况体积流量按式(C.20)计算：

$$q_{vn} = q_m / \rho_n \quad \text{.....(C.20)}$$

式中：

q_m —— 流量计气体质量流量计算值, 千克每小时(kg/h);

ρ_n —— 设定的气体介质在标准状态下的密度, 千克每立方米(kg/m³)。

流量计显示的标况体积流量 $q_{vn,s}$ 与该计算值 q_{vn} 比较, 按式(C.21)计算得到标况体积流量计算误差：

$$\epsilon_{vn} = \frac{q_{vn,s} - q_{vn}}{q_{vn}} \times 100\% \quad \text{.....(C.21)}$$

C.2.1.3 总量的计算及误差

总量的计算及计算误差同 C.1.1.4,

电流、压力和温度信号见表 C.2, 测量时间至少 10 min。

C.2 使用仪表系数的差压式流量计

C.2.2.1 瞬时流量的计算

质量流量理论计算值按式(C.22)计算：

$$q_m = K \epsilon \sqrt{\Delta p \rho} \quad \text{.....(C.22)}$$

工况体积流量理论计算值按式(C.23)计算：

$$q_v = K \epsilon \sqrt{\Delta p / \rho} \quad \text{.....(C.23)}$$

式中：

K —— 经检验置入流量计修正装置的平均仪表系数, 平方米(m²);

ϵ —— 可膨胀性系数;

Δp —— 流量计差压显示值, 帕(Pa), $\Delta p_{...}$ 为差压传感器的量程;

ρ —— 设定的气体介质密度按式(C.16)的计算值, 千克每立方米(kg/m³), 根据流量计显示的绝对压力为 p , 帕(Pa), 热力学温度为 T , 开尔文(K), 压缩系数为 Z 计算。

流量计显示的瞬时流量 q_{vn} 值或 q_{ve} 与该 q_m 值或 q_v 值比较, 得到瞬时流量计算误差, 计算式同式(C.18)或式(C.19)。

输入电流、压力和温度信号见表 C.2, 取最大值为计算误差值。

C.2.2.2 标况体积流量的计算及误差

标况体积流量的计算及计算误差同 C.2.1.2,

C.2.2.3 总量的计算及误差

总量的计算及计算误差同 C.1.1.4,

电流、压力和温度信号同表 C.2, 测量时间至少 10 min。

C.3 容积式流量计

参照 C.1 速度式流量计的处理方法。



C.4 其他类型的流量计

其他类型的流量计可以根据实际情况参照速度式流量计、差压式流量计或相关标准的处理方法。

C.5 插入式流量计

插入式流量计应根据厂商提供的参数和计算方法处理。



附录 D (规范性附录)

D.1 非烃类干气体

D. 1. 1 压缩系数计算公式

气体压缩系数 Z 采用 Redlich-Kwong 方程(简称 R-K 方程)计算,见式(D-1)、式(D-2)、式(D-3)。

$$Z^2 - Z^1 = (B^2 + B - A)Z - AB = 0 \quad \dots \dots \dots \quad (D.1)$$

$$A = \frac{0.42748P_e}{T^2} \quad \dots \dots \dots \quad (D.2)$$

$$B = \frac{0.086\ 647 P_z}{T} \quad \dots \dots \dots \quad (D.3)$$

式中：

P_t ——临界压力比, 流量计显示的气体绝对压力与气体临界压力之比;

T_c ——临界温度比,流量计显示的气体热力学温度与气体临界温度之比。

A, B——非烃类干气体压缩系数计算中间过程量,与介质和介质的压力、温度有关。

采用迭代法求 Z_N :

$$F_{n-1} = Z_{n-1}^3 - Z_{n-1}^4 - (B^2 + B - A)Z_{n-1} - AB \quad \dots \dots \dots \quad (D.5)$$

N 为迭代次数。第一次的 Z_1 为初始赋值，通过迭代计算使 R-K 公式成立。 Z_N 为最终求出的一个根。

D.1.2 压缩系数计算误差

流量计显示的压缩系数 Z_1 与压缩系数计算值 Z_2 比较, 按式(D-7)得到压缩系数计算误差:

$$e_2 = \frac{Z_n - Z_N}{Z_N} \times 100\% \quad \dots \dots \dots \text{(D. 7)}$$

压力和温度输入信号按附录 C 表 C.1 的规定, 按流量计显示的热力学温度和绝对压力值计算, 取最大值为计算误差值。

D.2 天然气

D.2.1 压缩系数计算

天然气压缩系数按 GB/T 17747.2—2011 规定的方法计算。

D. 2.2 误差计算

回 D. 1, 2,

D.3 计算实例

例 1: 用于测量空气的流量计显示的绝对压力 0.8 MPa、热力学温度 308.15 K(35 °C)。求流量计压缩系数。

空气的临界压力为 3.766 MPa, 空气的临界温度为 132.42 K。

绝对压力 0.8 MPa 时的临界压力比 $P_c = 0.2124$, 热力学温度 308.15 K 时的临界温度比 $T_c = 2.3271$ 。

根据式(D.2)、式(D.3), 得到 $A = 0.01099$, $B = 0.00791$ 。

根据式(D.5)、式(D.6), 第一次的 Z_0 初始赋值为 1, 得到 $F_0 = 0.002934$ 和 $F'_0 = 1.00302$, 将 F_0 和 F'_0 带入式(D.4), 得到 $Z_1 = 0.99708$, 完成第一次循环。

同样将 $Z_1 = 0.99708$ 带入式(D.5)、式(D.6), 得到 $F_1 = 1.71 \times 10^{-5}$ 和 $F'_1 = 0.99135$, 将 F_1 和 F'_1 带入式(D.4), 得到 $Z_2 = 0.99706$, 完成第二次循环。

同样可得到 $Z_3 = 0.99706$ 。

根据同样的计算方法, 可得到表 D.1。

表 D.1 常用温度、压力下空气的压缩系数

绝对压力 p/MPa	热力学温度 T/K	压缩系数 Z_K
1.015	293.15(20 °C)	0.99500
0.394	293.15(20 °C)	0.99800
0.300	293.15(20 °C)	0.99847
0.200	293.15(20 °C)	0.99898
0.110	298.15(25 °C)	0.99949
0.105	298.15(25 °C)	0.99951
0.100	298.15(25 °C)	0.99953
0.110	293.15(20 °C)	0.99943
0.105	293.15(20 °C)	0.99946
0.101325	293.15(20 °C)	0.99948
0.100	293.15(20 °C)	0.99949
0.110	288.15(15 °C)	0.99938
0.105	288.15(15 °C)	0.99941
0.100	288.15(15 °C)	0.99944

注: 经查, 在标准状态下空气的压缩系数为 0.99963, 表明用该方法的误差约为 0.02%。

例 2: 根据 GB/T 17747.2—1999, 用计算机程序, 对下述表 D.2 的气样进行压缩系数计算, 结果见表 D.3。如果编写的计算程序得到的结果在表 4 规定的误差限要求内, 则表明程序经过验证可使用。

表 D.2 以摩尔分数表示的天然气组分

气体组成	气样 1	气样 2	气样 3	气样 4	气样 5	气样 6
x_{CH_4}	0.006	0.005	0.015	0.016	0.076	0.011
x_{N_2}	0.003	0.031	0.010	0.120	0.057	0.117
x_{H_2}	0.00	0.00	0.00	0.095	0.00	0.00
x_{CO}	0.00	0.00	0.00	0.010	0.00	0.00
$x_{\text{C}_2\text{H}_6}$	0.965	0.907	0.859	0.735	0.812	0.826
$x_{\text{C}_2\text{H}_5\text{H}_6}$	0.018	0.045	0.085	0.033	0.043	0.035
$x_{\text{C}_3\text{H}_8}$	0.004 5	0.008 4	0.023 0	0.007 4	0.009 0	0.007 5
$x_{\text{C}_4\text{H}_{10}}$	0.001 0	0.001 0	0.003 5	0.001 2	0.001 5	0.001 2
$x_{\text{C}_5\text{H}_{12}}$	0.001 0	0.001 5	0.003 5	0.001 2	0.001 5	0.001 2
$x_{\text{C}_6\text{H}_{14}}$	0.000 5	0.000 3	0.000 5	0.000 4	0.00	0.000 4
$x_{\text{C}_7\text{H}_{16}}$	0.000 3	0.000 4	0.000 5	0.000 4	0.00	0.000 4
$x_{\text{C}_8\text{H}_{18}}$	0.000 7	0.000 4	0.00	0.000 2	0.00	0.000 2
$x_{\text{C}_9\text{H}_{20}}$	0.00	0.00	0.00	0.000 1	0.00	0.000 1
$x_{\text{C}_9\text{H}_{18}}$	0.00	0.00	0.00	0.000 1	0.00	0.00

表 D.3 压缩系数 Z_N 的计算结果

绝对压力 p/MPa	热力学温度 T/K	气样 1	气样 2	气样 3	气样 4	气样 5	气样 6
6	270	0.840 53	0.833 48	0.793 80	0.885 50	0.826 09	0.853 80
6	280	0.861 99	0.855 96	0.822 06	0.901 44	0.849 69	0.873 70
6	290	0.880 06	0.874 84	0.845 44	0.915 01	0.869 44	0.890 52
6	310	0.908 67	0.904 46	0.881 83	0.936 74	0.900 52	0.917 23
6	330	0.930 11	0.926 96	0.908 68	0.953 18	0.923 68	0.937 30
12	270	0.721 33	0.710 44	0.641 45	0.810 24	0.695 40	0.750 74
12	280	0.760 25	0.750 66	0.689 71	0.837 82	0.737 80	0.785 86
12	290	0.793 17	0.784 75	0.731 23	0.861 37	0.773 69	0.815 69
12	310	0.845 15	0.838 63	0.796 98	0.899 13	0.830 22	0.863 11
12	330	0.883 83	0.878 70	0.845 53	0.927 66	0.872 11	0.898 62

附录 E
(规范性附录)
流量干扰试验

E. 1 通用规定

对容积式流量计以及其他种类的声明计量特性不受管道内流体扰动发生影响的流量计需要依据本附录进行试验。

本附录所做试验采用环境条件下的空气，在流量点 $0.25 q_{\max}$ 、 $0.4 q_{\max}$ 和 q_{\max} 下试验，也可以选择高压空气或者燃气。

如果流量计的标称直径系列和所有规格的口径相似，试验两种规格就足够了。

E. 2 轻度干扰

流场轻度干扰管道的配置有(见图 E. 1a 和 E. 1b)：

- 标称直径 $5DN_1$ 的长管；
- 直径为 DN_1 的两个弯管，不在一个平面上；
- 直径 DN 和 DN_1 同心放大管，长度在 DN 和 $1.5 DN$ 之间；
- 安装 $2DN$ 上游直管段(见图 E. 1c)，或者采用更长的上游直管段/或者安装制造商说明的流量整流器。后一种情形，有必要对上游直管段/或者流量整流器的实际情况在报告中说明。

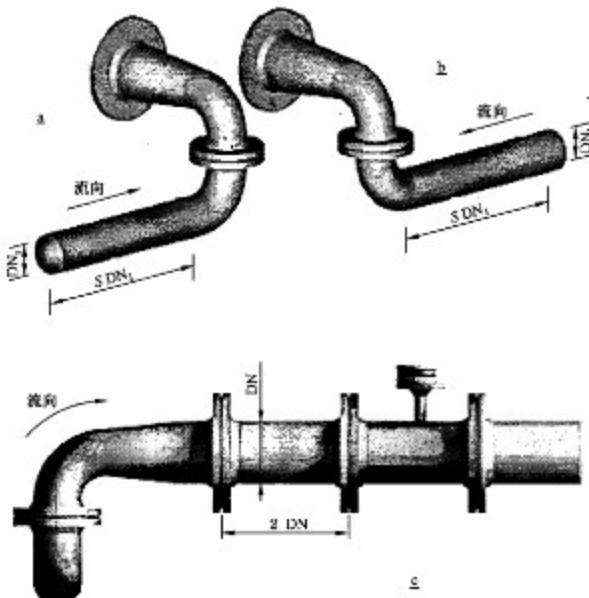


图 E. 1 轻度干扰管道图

直径 DN 和 DN₁ 的关系如表 E. 1 所示。

表 E. 1 直径 DN 和 DN₁ 的关系

DN(流量计)/mm	DN ₁ (管道)/mm	DN(流量计)/mm	DN ₁ (管道)/mm
50	40	300	250
80	50	400	330
100	60	500	400
150	100	600	500
200	150	750	600
250	200	1 000	750

注：DN 更小的或更大的参数执行。

E. 3 严重的干扰

如 E. 2 所述配置的管段，另外增加半开的阀门或挡板，如图 E. 2 所示，安装在两个弯管之间，并且朝向在第一个弯管半径外。

流场严重干扰和轻度干扰的三维表示图如图 E. 3 所示。



图 E. 2 由半开管路造成的严重干扰

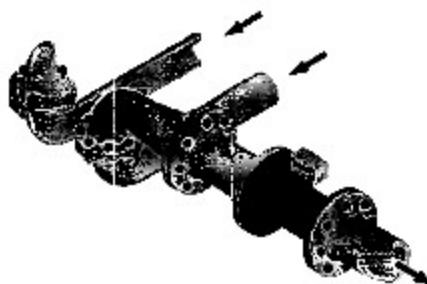


图 E. 3 流量干扰的三维表示图



参 考 文 献

- [1] GB/T 1048—2005 管道元件 PN(公称压力)的定义和选用
- [2] GB/T 9112~9124—2010 钢制管法兰
- [3] GB/T 9248 2008 不可压缩流体流量计性能评定方法
- [4] GB/T 17614.1—2008 工业过程控制系统用变送器 第1部分:性能评定方法
- [5] GB/T 18604—2001 用气体超声流量计测量天然气流量
- [6] GB/T 22133—2008 流体流量测量 流量计性能表述方法
- [7] GB/T 21391—2008 用气体涡轮流量计测量天然气流量
- [8] JB/T 9247—1999 分流旋翼式蒸汽流量计
- [9] JB/T 10564—2006 流量测量仪表基本参数
- [10] JJG 1003—2005 流量积算仪
- [11] OIML R137-1:2012 Gas meters—Part 1: Requirements
- [12] EN 14205-1:2005 Gas meters—Conversion devices Part 1: Volume conversion
- [13] IEC 60068-2-64:2008 Environmental testing—Part 2-64: Tests Test Fh: Vibration, broadband random and guidance



中华人民共和国
国家标 准



智能气体流量计
GB/T 28848—2012

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100013)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn
总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235
读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经售

*

开本 880×1230 1/16 印张 4 字数 112 千字
2013年3月第1版 2013年3月第一次印刷

*

书号: 155066·1-46271 定价 54.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



GB/T 28848-2012