

ICS 17.120.10

N12

备案号:



中 华 人 民 共 和 国 电 子 行 业 标 准

SJ/T 10583—2016

代替 SJ/T 10583—1994

气体质量流量控制器通用技术条件

General specification for gas mass flow controller

2016 - 04 - 05 发布

2016 - 09 - 01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发 布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和单位	1
4 原理	4
5 分类	5
6 要求	5
7 试验方法	8
8 检验规则	14
9 标志、包装、运输、贮存	16

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准代替SJ/T 10583—1994《气体质量流量控制器通用技术条件》，与SJ/T 10583—1994相比，主要差异如下：

- 在术语部分，修改并增加部分术语；
- 新增产品的原理和应用；
- 在技术性能要求部分，新增产品的准确度等级的定义，并对原标准中部分技术性能要求进行了修改；

- 在环境条件要求部分，修改原标准中产品的贮存环境要求，新增产品的电磁兼容要求；
- 在试验方法部分，对原标准中部分试验方法进行了修改；
- 在检验规则部分，删除例行检验内容。

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。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由工业和信息化部电子工业标准化研究院归口。

本标准负责起草单位：北京七星华创电子股份有限公司

本标准参加起草单位：中国计量科学研究院、北京市计量检测科学研究院、矽翔微机电系统有限公司、上海工业自动化仪表研究院、辽宁省计量科学研究院。

本标准主要起草人：牟昌华、赵迪、张丽琴、王茂林、段慧明、杨有涛、何艺超、黄立基、郭爱华、王振。

本标准于1994年首次发布，本次为第一次修订。

气体质量流量控制器通用技术条件

1 范围

本标准规定了气体质量流量控制器的技术要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输、储存。

本标准适用于采用热式流量测量原理（如毛细管热式原理）进行测量的气体质量流量控制器（以下简称流量控制器）。

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—2008 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：恒定湿热试验方法

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（12h+12h循环）

GB/T 2423.10 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc：振动（正弦）

GB 4208 外壳防护等级（IP代码）

GB/T 13384—2008 机电产品包装通用技术条件

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 17626.4 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 浪涌（冲击）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 20727—2006 封闭管道中流体流量的测量热式质量流量计

SJ/T 10386—1993 电子工业专用设备可靠性指标验证试验方法

3 术语和单位

下列术语和单位适用于本标准。

3.1 术语

3.1.1

满刻度流量（F.S.） **full scale flowrate, F.S. (F.S.)**

对应于最大输出信号的流量值。

3.1.2

气体质量流量 **gas mass flowrate**

流体量用质量表示的流量。

通常情况下，用单位时间内流过某截面的流体的质量数来表示。

3.1.3

热式气体质量流量计 thermal gas mass flowmeter

利用热传递原理测量和指示气体质量流量的流量测量装置。

3.1.4

热式气体质量流量控制器 thermal gas mass flow controller

由热式气体质量流量计、阀和电子控制装置组成的气体流量控制装置。

注：热式气体质量流量计的输出与可调整的流量设定点相比较，阀相应地动作，使流量保持在流量设定点。

3.1.5

流量设定点 (S.P.) set point (S.P.)

外部给流量控制器的流量设定值。

3.1.6

流量控制范围 flowrate range

在该范围内满足产品性能的要求,由最大设定流量和最小设定流量所限定的范围。

3.1.7

流量示值 reading flow,

q

流量控制器输出的流量检测信号所表示的流量值。

3.1.8

标准流量值 real flow,

q_0

通过流量控制器的气体流量的标准值。

3.1.9

重复性 repeatability,

f

在相同的环境条件下，流量控制器多次施加同一流量设定点，得到的流量一致的能力。

3.1.10

响应时间 response time

当流量设定点发生变化时，流量控制器的流量稳定达到流量设定点的一定范围内的最短时间。

可分为电特性响应时间和气特性响应时间。

3.1.11

工作压差 differential pressure

能保证流量控制器在流量范围内正常稳定工作的入口与出口气压差。最大和最小工作压差的平均值，称为中间工作压差。

3.1.12

最大工作压力 maximum operating pressure,
 P_{max}

流量控制器允许使用的最大工作压力。

3.1.13

耐压强度 proof pressure

流量控制器表体能承受的最大压力。

3.1.14

压差系数 pressure coefficient,
 λ

评价流量控制器对于工作压差变化而导致流量变化的参数。

3.1.15

漏气率 leak integrity

评价流量控制器中的被控气体对外泄露参数。

3.1.16

工作环境温度 operation temperature

流量控制器能够正常使用的环境温度。

3.1.17

温度系数 temperature coefficient,
 α_t

评价流量控制器的被控流量随温度变化而变化的参数。

3.1.18

表面粗糙度 surface finish

流量控制器与气体接触的金属表面具有的较小间距和微小峰谷不平度。

3.1.19

输入/输出信号 **input/output signal**

流量控制器的输入/输出信号。一般情况下，流量控制器的输入包含流量设定点信号，输出包含流量示值信号。信号可以通过模拟或数字通讯方式传输。

3.1.20

阀类型 **valve reset position**

不通电时流量控制器阀的位置。
可分为常开阀和常闭阀。常开阀指不通电时阀处于最大开度状态，常闭阀指不通电时阀处于关闭状态。

3.1.21

零漂 **zero drift**

在一定时间范围内，当流量控制器没有气体通过，且外部条件不变，流量控制器的流量输出变化。

3.1.22

最小控制流量 **minimum control flowrate**

q_{min}

在满足流量控制器性能指标的前提下，流量控制器控制流量的最小值。其一般会大于可测量的最小流量。

3.2 计量单位

气体流量用标准状态下的体积流量来表示。与流量控制器相关的物理量或参数及其单位如表1所示：

表 1 影响气体流量的各物理量或参数及其单位

物理量或参数	单位		备注
	名称	符号	
流量	标准毫升每分钟 (SCCM)	ml/min	—
	标准升每分钟 (SLM)	L/min	—
漏气率	帕立方米每秒	Pa · m ³ /s	通常用单位时间内的氦气泄流量表示
引用误差	满刻度流量百分比	%F.S.	—
允许误差	流量设定点百分比	%S.P.	—
温度系数	满刻度流量百分比每摄氏度	%F.S./℃	—
压差系数	满刻度流量百分比每千帕、每兆帕	%F.S./kPa, %F.S./MPa	—

4 原理

流量控制器由流量测量部分和流量控制部分组成。测量部分的基本原理是利用传热原理，即流动的流体与热源之间热量交换关系来测量质量流量。控制部分是利用流量测量的结果，根据流量设定点自动

对流量阀门进行控制，达到所期望的流量设定点。

5 分类

5.1 按输入/输出信号

流量控制器的输入/输出信号类型可分为以下几种：

- a) 电压信号：设定直流电压和流量示值输出直流电压（0~5）V或（1~5）V或（0~10）V；
- b) 电流信号：设定电流和流量示值输出电流（4~20）mA或（0~20）mA；
- c) 串行通讯信号：RS485/RS232或其他；
- d) 现场工业总线通讯信号：DeviceNet、Profibus或其他。

5.2 按控制阀

流量控制器的控制阀类型可分为以下几种：

- a) 常闭阀；
- b) 常开阀。

6 要求

6.1 一般要求

6.1.1 外观

对热式气体质量流量控制器的外观有如下要求：

- a) 外观应平整、光滑、无划痕和锈蚀现象，镀涂层不得脱落；
- b) 各种标志清晰无误，标识中应包括满刻度流量、所使用的气体、耐压强度。

6.1.2 结构

对热式气体质量流量控制器的结构要求如下：

- a) 结构合理，便于安装、拆卸和维修；
- b) 各个部分应封闭隔离，避免环境腐蚀；
- c) 金属表面光洁。

6.1.3 外形尺寸

流量控制器外形尺寸参见附录A进行选择。

6.2 技术性能

6.2.1 满刻度流量或流量规格

满刻度流量或流量规格一般选择为1、2、3、5及其乘10的倍数，如1 mL/min、10 mL/min、100 mL/min、1 L/min、10 L/min等。

6.2.2 准确度等级

对热式气体质量流量控制器的准确度等级要求如下：

- a) 产品的误差需在产品说明书及铭牌上明示。如果单独采用允许误差表示法，产品的准确度等级应符合表2的要求。

表 2 准确度等级和最大允许误差

准确度等级		0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
最大允许误差	$q_t \leq q \leq q_{max}$	$\pm 0.5\% \text{S.P.}$	$\pm 1.0\% \text{S.P.}$	$\pm 1.5\% \text{S.P.}$	$\pm 2.0\% \text{S.P.}$	$\pm 2.5\% \text{S.P.}$
	$q_{min} \leq q \leq q_t$	$\pm 1.0\% \text{S.P.}$	$\pm 2.0\% \text{S.P.}$	$\pm 3.0\% \text{S.P.}$	$\pm 4.0\% \text{S.P.}$	$\pm 5.0\% \text{S.P.}$

分界流量 q_t 对应的流量一般为 $0.2q_{max}$ （或者按照产品说明书）。如果量程比大于50，则分界流量 q_t 对应的流量为 $0.1q_{max}$ 。

- b) 如果单独采用引用误差表示法，产品的准确度等级应满足表3的要求。

表 3 准确度等级和最大引用误差

准确度等级	0.5	1.0	1.5	2.0	5.0
最大引用误差	$\pm 0.5\% \text{F.S.}$	$\pm 1.0\% \text{F.S.}$	$\pm 1.5\% \text{F.S.}$	$\pm 2.0\% \text{F.S.}$	$\pm 5.0\% \text{F.S.}$

6.2.3 线性误差

根据不同要求选择如下指标：

- a) $\pm 0.5\% \text{F.S.}$ ；
b) $\pm 1\% \text{F.S.}$ ；
c) $\pm 2\% \text{F.S.}$ 。

6.2.4 重复性

流量控制器的重复性不得超过相应准确度等级规定的误差绝对最大值的1/3。

6.2.5 响应时间

小于等于10 s。

各型号产品应在技术说明书中分别给出电特性和气特性的响应时间。若仅给出一个指标，则应理解为是电特性响应时间和气特性响应时间中的最大值。

6.2.6 压差系数

小于等于 $\pm 1.5\% \text{F.S./MPa}$ 。

6.2.7 温度系数

小于等于 $\pm 0.2\% \text{F.S./}^\circ\text{C}$ 。

6.2.8 工作电源电压

根据不同的使用要求，推荐选择如下指标：

- a) 直流15（ $1 \pm 3\%$ ） V；
b) 直流15（ $1 \pm 5\%$ ） V；
c) 直流24（ $1 \pm 5\%$ ） V；
d) 交流（100~240） V。

6.2.9 最小控制流量

小于等于5%F.S.。流量控制在最小控制流量点时,符合“6.2.2”要求。

6.3 环境条件

6.3.1 工作环境

至少包含以下范围:

- a) 工作环境温度 (5~45) °C;
- b) 相对湿度 (40~60) %。

6.3.2 工作压差范围

工作压差范围允许根据不同产品和不同量程的实际情况确定,例如: (0.1~0.5) MPa等。

6.3.3 贮存环境

6.3.3.1 低温

按7.3.1.1进行,试验后进行测试,测试前允许调整零点,符合“6.2.2”要求。

6.3.3.2 高温

按7.3.1.2进行,试验后进行测试,测试前允许调整零点,符合“6.2.2”要求。

6.3.3.3 恒定湿热

按7.3.1.3进行,试验后进行测试,测试前允许调整零点,符合“6.2.2”要求。

6.3.3.4 交变湿热

按7.3.1.4进行,试验后进行测试,测试前允许调整零点,符合“6.2.2”要求。

6.3.3.5 振动

按7.3.1.5进行,试验后进行测试,测试前允许调整零点,符合“6.2.2”要求。

6.3.4 电磁兼容

6.3.4.1 静电放电抗扰度

按GB/T 17626.2进行,试验等级为3级。试验中样机工作应正常。试验后进行测试,测试前允许调整零点,符合“6.2.2”要求。

6.3.4.2 电快速瞬变脉冲群抗扰度

按GB/T 17626.4进行,试验等级为3级。试验中样机工作应正常。试验后进行测试,测试前允许调整零点,符合“6.2.2”要求。

6.3.4.3 浪涌抗扰度

按GB/T 17626.5进行,试验等级为2级。试验过程中允许样机出错,试验结束后应能自动恢复,允许调整零点,符合“6.2.2”要求。

6.3.4.4 电源中断试验

按GB/T 17626.11进行，试验等级0% U_T 进行。试验过程中允许样机出错，试验结束后应能自动恢复，允许调整零点，符合“6.2.2”要求。

6.4 可靠性

MTBF的下限值> 5 000 h。

6.5 安全

6.5.1 耐压强度

最大工作压力的1.5倍。

6.5.2 漏气率

小于等于氦气 1×10^{-7} Pa·m³/s。

7 试验方法

7.1 一般检查

目测流量控制器外观、表面和结构，用量具测外形尺寸。

7.2 技术性能

7.2.1 标准试验条件

技术性能要求在标准试验条件下进行，标准试验条件规定为：

气体温度：0℃（273.15K）或20℃（293.15K）；

气压：101 325 Pa。

7.2.2 满刻度流量或流量规格

7.2.2.1 测试方法及原理

a) 方法一：用皂膜流量计（或钟罩）方法

按图 1，将气源串接到被测流量控制器入口，出口接至皂膜流量计。

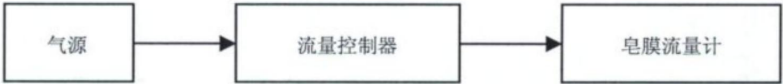


图 1 使用皂膜流量计测试流量控制器连接示意图

采用皂膜流量计标定时，必须将测试条件下的容积流量换算为标准状态下的容积流量 q_0 ，按公式(1)进行计算。

$$q_0 = V \cdot \frac{T_0}{P_0} \cdot \frac{(P - P_d)}{T} \cdot \frac{1}{t} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

V —— 皂膜流量计玻璃管上两标线之间的容积，mL；

T_0 —— 标准状态的温度，K；

- T —— 管内气体的温度（取室温），K；
 P_0 —— 标准状态的大气压，Pa；
 P —— 管内气体的气压（取室内气压），Pa；
 P_d —— 管内气体的水蒸汽压，Pa；
 t —— 皂膜通过玻璃管上两标线之间的时间，s。
 b) 方法二：流量控制器与标准质量流量计串联方法

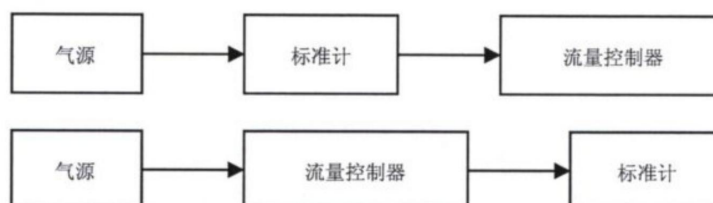


图2 使用标准计测试流量控制器连接示意图

标准质量流量计（简称“标准计”）的误差应小于等于被标定流量控制器误差的三分之一。

按图2，两种连接方式任选一种，将标准计与被测流量控制器气路串联，连接管道要尽可能短，管路后端与大气连通。

注：其中不同流量控制器常用气体转换系数参见附录C。

7.2.2.2 测试程序

按以下程序进行测试：

- 在规定压差范围（如0.1 MPa~0.3 MPa）的中间气压下（如0.2 MPa）进行准确度等级的判定和线性误差的测试，流量设定值分别为0%F.S.、25%F.S.、50%F.S.、75%F.S.、100%F.S.，设定100%F.S.后，再返回测50%F.S.、0%F.S.、 q_{min} 三点，每个点至少测试2次，每个点取平均值，记录数据；
- 分别在规定压差范围的最低气压下（如0.1MPa）进行上述测试，仅 q_{min} 、25%F.S.、50%F.S.、75%F.S.、100%F.S.点；
- 分别在规定压差范围的最高气压下（如0.3MPa）进行上述测试，仅 q_{min} 、25%F.S.、50%F.S.、75%F.S.、100%F.S.点；
- 记录上述a、b、c中全部数据，供计算使用。

7.2.3 准确度等级与最小控制流量

7.2.3.1 准确度等级

流量控制器流量示值与标准器测量的标准流量值之差与满刻度流量的标准流量值相比的百分比值，取其绝对最大值，为最大引用误差。

流量控制器流量示值与标准器测量的标准流量值之差与标准流量值相比的百分比值，取其绝对最大值，为最大允许误差。

流量控制器的准确度等级是在标准状态下判定得到的。

试验条件为：

- 环境温度：22℃±3℃。
- 入口压力：工作压差范围的中间压力值。
- 出口压力：大气压。
- 气体介质：试验介质和使用介质不相同时，可参考采用附录C规定的转换系数。

根据 7.2.2.2 a) 测试的前五点数据, 各点引用误差按公式 (2) 进行计算, 各点允许误差按公式 (3) 进行计算。

$$(E_1)_i = \frac{q_i - q_{oi}}{q_{oF.S.}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$(E_2)_i = \frac{q_i - q_{oi}}{q_{oi}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$(E_1)_i$ —— 被测流量控制器第*i*点的引用误差, %F.S.;

$(E_2)_i$ —— 被测流量控制器第*i*点的允许误差, %S.P.;

q_i —— 被测流量控制器第*i*点的流量示值, mL/min或L/min;

q_{oi} —— 被测流量控制器第*i*点的标准流量值, mL/min或L/min;

$q_{oF.S.}$ —— 被测流量控制器满刻度流量的标准流量值, mL/min或L/min。

找到各点引用误差和允许误差绝对值最大的点, 取该点的引用误差和允许误差计算值为最终的引用误差和允许误差值, 查询表1和表2确定准确度等级。

7.2.3.2 最小控制流量

根据 7.2.2.2 a) 和 c) 测试的 q_{min} 点数据, 按公式 (2) 进行计算。

7.2.4 线性误差

采用端点法, 连接零点到满刻度流量的标准流量值为一条直线, 计算流量范围内各点相对该条直线的最大偏离程度, 用相对满刻度流量的标准流量值偏差的百分比表示, 取其中绝对最大值为线性误差。

根据 7.2.2.2 a) 测试的前五点数据, 各点线性误差按公式 (4) 进行计算。

$$l_i = \frac{q_{oi} - n \cdot q_{oF.S.}}{q_{oF.S.}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

l_i —— 被测流量控制器各点线性误差, %F.S.;

q_{oi} —— 被测流量控制器第*i*点的标准平均流量值 (每个点测3次), mL/min或L/min;

n —— 五点数据的设定比例, 分别为0%、25%、50%、75%、100%;

$q_{oF.S.}$ —— 被测流量控制器满刻度流量的标准流量值, mL/min或L/min。

找到各点线性误差绝对值最大的点, 取该点的线性误差计算值为最终的线性误差值。

7.2.5 重复性

流量控制器在同一设定流量点多次实施, 标准流量值的变化相对满刻度流量实测值的百分比值。

根据7.2.2.2 a) 测试的两次50%F.S.流量设定点的标准流量 q_{o1} 与 q_{o2} , 按公式 (5) 进行计算。

$$f = \frac{q_{o1} - q_{o2}}{q_{oF.S.}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

f —— 被测流量控制器的重复性, %F.S.;

q_{o1} —— 被测流量控制器50%F.S.流量设定点第一次的标准流量值, mL/min或L/min;

q_{o2} —— 被测流量控制器50%F.S.流量设定点第二次的标准流量值, mL/min或L/min;

$q_{oF.S.}$ —— 被测流量控制器满刻度流量的标准流量值, mL/min或L/min。

7.2.6 响应时间

7.2.6.1 通则

当流量设定点发生阶跃变化时,气体流量跟随流量设定点改变,通过一段时间后达到流量设定点的一定范围内的最短时间称为响应时间。

流量设定点的阶跃变化方式规定为从0%F.S.到100%F.S.,达到流量设定点的一定范围取100%F.S.的±2%范围。

按图3,将气源串接到被测流量控制器入口,出口接至标准计。要求标准计的响应时间指标比被测流量控制器响应时间快五倍以上(包括五倍)。



图 8 响应时间测试连接示意图

7.2.6.2 电特性响应时间

将流量控制器的流量设定信号和流量检测信号与记录设备(如示波器)连接,以时间为X坐标,测试信号为Y坐标,记录流量检测信号随流量设定信号阶跃变化的响应曲线,即可根据定义确定电特性响应时间。

7.2.6.3 气特性响应时间

将流量控制器的流量设定信号和测量标准的流量检测信号与记录设备(如示波器)连接,以时间为X坐标,测试信号为Y坐标,记录测量标准的流量检测信号随流量控制器设定信号阶跃变化的响应曲线,即可根据定义确定气特性响应时间。

取电特性和气特性响应时间的最大值为响应时间指标。

7.2.7 压差系数

在流量设定点不变的情况下,流量控制器分别在工作压差范围内的最大值和最小值压差下工作时,标准流量的变化相对中间压差下满刻度流量标准流量值的百分数与气压变化量之比,取其中绝对最大值作为压差系数。

利用 7.2.2.2 中测得的低气压和高气压下的25%F.S.、50%F.S.、75%F.S.、100%F.S.流量设定点的数据,按公式(6)进行计算。

$$\lambda_i = \frac{(q_{\Delta P_{\max}})_i - (q_{\Delta P_{\min}})_i}{q_{0F.S.}} \cdot \frac{1}{\Delta P_{\max} - \Delta P_{\min}} \times 100\% \quad (6)$$

式中:

λ_i ——被测流量控制器第*i*点的压差系数, %F.S./MPa;

$(q_{\Delta P_{\max}})_i$ ——高气压(如0.3 MPa)下第*i*点的标准流量值, mL/min或L/min;

$(q_{\Delta P_{\min}})_i$ ——低气压(如0.1 MPa)下第*i*点的标准流量值, mL/min或L/min;

$q_{0F.S.}$ ——中间压力下(如0.2 MPa)满刻度流量的标准流量值, mL/min或L/min。

$\Delta P_{\max} - \Delta P_{\min}$ ——气压变化值, MPa。

找到各点压差系数绝对值最大的点,取该点的压差系数计算值为最终的压差系数值。

7.2.8 温度系数

在工作温度范围内，流量设定点不变的情况下，标准流量值随温度改变而发生的变化量相对温度变化前的满刻度流量标准流量值的百分数与变化温度差值之比，取其中绝对最大值作为温度系数。

将被测流量控制器串联在标准流量计后面，适当加长管道，将被测流量控制器放入高低温试验箱内，分别控制温度到流量控制器工作环境温度的最高和最低值，测量0%F.S.、25%F.S.、50%F.S.、75%F.S.、100%F.S.流量设定点标准流量的变化，按公式（7）进行计算，取高温和低温分别测试时各点绝对最大值。

$$(\alpha_t)_i = \frac{q_{ti} - q_{oi}}{q_{oF.S.}} \cdot \frac{1}{\Delta T} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

式中：

- $(\alpha_t)_i$ —— 被测流量控制器第*i*点的灵敏度温度系数，%F.S./℃；
- q_{ti} —— 温度改变后第*i*点的标准流量值（零点时取流量示值），mL/min或L/min；
- q_{oi} —— 室温下（22℃±3℃）第*i*点的标准流量值（零点时取流量示值），mL/min或L/min；
- $q_{oF.S.}$ —— 升温或降温前流量控制器满刻度流量的标准流量值，mL/min或L/min；
- ΔT —— 升温或降温前后的温差，℃。

找到各点温度系数绝对值最大的点，取该点的温度系数计算值为最终的温度系数值。

7.3 环境试验

7.3.1 贮存

7.3.1.1 低温

按照GB/T 2423.1“试验Ad”和表4进行。

表 4 低温

试验温度	-40℃
持续时间	2 h
恢复时间	2 h

温度变化率不应超过1℃/min，对空气湿度要求在整个试验期间应避免凝结水。

7.3.1.2 高温

按照GB/T 2423.2“试验Bd”和表5进行。

表 5 高温

试验温度	55℃
持续时间	2 h
恢复时间	2 h

温度变化率不应超过1℃/min，对空气湿度要求在整个试验期间应避免凝结水。

7.3.1.3 恒定湿热

按照GB/T 2423.3 “试验Cab”和表6进行。

表 6 恒定湿热

试验温度	40 ℃
相对湿度	93%
持续时间	48 h
恢复时间	2 h

试验期间应避免出现凝结水。

7.3.1.4 交变湿热

按照GB/T 2423.4 “试验Db”和表7进行。

表 7 交变湿热

试验温度	25 ℃~55 ℃交替变化
相对湿度	93%~95%
持续时间	两个周期，每个周期24 h

7.3.1.5 振动

按照GB/T 2423.10 “试验Fc”和表8进行。

表 8 振动

频率范围	(10~150) Hz
加速度幅值	10 m/s ²
扫频速率	1个倍频/分钟
持续时间	10个循环

分别在三个互相垂直的轴线方向上进行。

7.3.2 电磁兼容

下列试验在流量控制器通电状态下进行。

7.3.2.1 静电放电抗扰度

按照GB/T 17626.2和表9进行。

表 9 静电放电抗扰度

放电方式	接触放电	空气放电
试验等级	3级	3级
试验电压	6 kV	8 kV
试验次数	10次	10次

7.3.2.2 电快速瞬变脉冲群抗扰度

按照GB/T 17626.4和表10进行。

表 10 电快速瞬变脉冲群抗扰度

试验方式	供电电源与保护地之间	信号、数据和控制端口
试验等级	3级	3级
峰值电压	2 kV	1 kV
试验时间	60 s	60 s
重复频率	5 kHz	5 kHz
极性	正极，负极	正极，负极
脉冲上升时间	5 ns	5 ns
脉冲持续时间	50 ns	50 ns

7.3.2.3 浪涌抗扰度

按GB/T 17626.5和表11进行。

表 11 浪涌抗扰度

试验等级	2级
开路试验电压	1.0 kV
浪涌波形	1.2/50 μ s $\sim$ 8/20 μ s
试验方式	线—地，线—线
极 性	正极，负极
试验次数	各5次
重复率	1次/分钟

7.3.2.4 电源适应性

适应性如下：

a) 工作电源电压

分别按“6.2.9”要求，采取适当的检测设备，按照相应的规定来测试。

b) 电源中断

按GB/T 17626.11和表12进行。

表 12 电源中断

试验等级	0%UT
持续时间	1个周期（20 ms）
试验次数	3 次
最小间隔	10 s

7.4 可靠性

流量控制器可靠性指标MTBF的下限值 m_1 验证试验，按附录B规定进行。

7.5 安全

7.5.1 耐压强度

堵住流量控制器出口，将其入口接入安装减压器的气源管路，通电将流量控制器的调节阀打开，然后调节减压器，缓慢升压，当气压达到最大工作压力的1.5倍后，保持5min，关闭减压器，出口放气。然后检查流量控制器有无损伤，在允许调整零点的情况下，应符合“6.2.2”要求。

上述测试需要保证测试安全，需要在专门的测试环境中进行。

7.5.2 漏气率

用技术指标不低于流量控制器指标要求的氦质谱检漏仪测试，应符合“6.5.2”要求。

8 检验规则

产品检验由制造厂检验部门根据本标准以及有关技术协议进行。

8.1 检验分类

检验分类如下：

- a) 型式检验；
- b) 出厂检验。

8.2 型式检验

8.2.1 通则

产品在进行设计和生产定型时，应进行型式检验。

8.2.2 抽样方案

型式检验的样机不少于3台。

8.2.3 不合格

型式检验的项目应符合表13的规定，任意样机的任意单项不合格，该产品的型式检验不合格。

8.3 出厂检验

8.3.1 通则

产品正常生产过程中，逐台检验合格后，并附有质量合格证，方能入库或出厂。

8.3.2 检验程序

出厂检验的项目应符合表13的规定。

表 13 检验规则一览表

序号	项 目 名 称		技术要求 条 号	试验方法条 号	型式 检验	出厂 检验	
1	一般要求	外观要求	6.1.1	7.1	•	•	
		结构要求	6.1.2				
		外形尺寸	6.1.3				
2	技术性能要求	满刻度流量或流量规格	6.2.1	7.2.2	•	•	
		准确度等级	6.2.2	7.2.3.1	•	•	
		线性误差	6.2.3	7.2.4	•	•	
		重复性	6.2.4	7.2.5	•	•	
		响应时间	6.2.5	7.2.6	•	•	
		压差系数	6.2.6	7.2.7	•	—	
		温度系数	6.2.7	7.2.8	•	—	
		工作电源电压	6.2.8	7.3.2.4a	•	—	
		最小控制流量	6.2.9	7.2.3.2	•	—	
3	环境条件要求	贮存环境要求	低温	6.3.3.1	7.3.1.1	•	—
			高温	6.3.3.2	7.3.1.2	•	—
			恒定湿热	6.3.3.3	7.3.1.3	•	—
			交变湿热	6.3.3.4	7.3.1.4	•	—
			振动	6.3.3.5	7.3.1.5	•	—
		电磁兼容要求	静电放电抗扰度	6.3.4.1	7.3.2.1	•	—
			电快速瞬变脉冲群抗扰度	6.3.4.2	7.3.2.2	•	—
			浪涌抗扰度	6.3.4.3	7.3.2.3	•	—
			电源中断试验	6.3.4.4	7.3.2.4b	•	—
4	可靠性要求		6.4	7.4	•	—	
5	安全要求	耐压强度	6.5.1	7.5.1	•	—	
		漏气率	6.5.2	7.5.2	•	•	
“•”表示检验项目；“—”表示不检验项目。							

9 标志、包装、运输、贮存

9.1 标志

9.1.1 铭牌标志

产品应有铭牌，其上应有：

- 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) 标称直径或其适用管径范围;
 - f) 最大工作温度范围;
 - g) 流量范围;
 - h) 分界流量(当流量控制器有该指标时);
 - i) 最大允许误差或最大引用误差;
 - j) 防爆等级和防爆合格证编号(仅对防爆型流量控制器);
 - k) 制造年月;
 - l) 最大工作压力。
- 以及其他有关技术指标。

9.1.2 方向标志

流量控制器表体应有永久性、明显的流向标识。

9.1.3 包装标志

流量控制器应采用防震、防潮包装,包装箱上应按 GB/T 191—2008 的规定,至少标上“小心轻放”、“怕雨”等图示标志。

9.2 包装

产品包装应符合 GB/T 13384—2008 的有关规定。

9.3 运输

运输装卸时勿紧压,但要紧靠;运输时要尽可能减少震动,不能碰撞。

9.4 储存

流量控制器必须将其进、出气口密封后,存放在防尘、防潮及通风的室内,室内温度 $-10^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$,不得露天存放。

附 录 A

(资料性附录)

气体质量流量控制器推荐的外形和接管尺寸

流量控制器推荐的外形和接管尺寸见表A.1。

表 A.1 流量控制器推荐的外形和接管尺寸

序号	流量范围	外形尺寸 mm			接头类型
		长	宽 (可变)	高 (可变)	
1	小流量 (F.S.≤5 L/min)	103.5	26	115	卡套 (Compression Fitting) $\Phi 3\text{mm}$;
2	小流量 (F.S.≤5 L/min)	114.5	26	115	卡套 (Compression Fitting) $\Phi 6\text{mm}$; 卡套 (Compression Fitting) 1/4";
3	中流量 (5 L/min <F.S.≤30 L/min)	139	30	108	卡套 (Compression Fitting) $\Phi 3\text{mm}$; 卡套 (Compression Fitting) 1/8";
4	中流量 (5 L/min <F.S.≤30 L/min)	141	30	108	卡套 (Compression Fitting) $\Phi 6\text{mm}$; 卡套 (Compression Fitting) 1/4";
5	中流量 (5 L/min <F.S.≤30 L/min)	154	30	108	VCR 1/4";
6	中流量 (5 L/min <F.S.≤30 L/min)	125	30	109	卡套 (Compression Fitting) $\Phi 3\text{mm}$; 卡套 (Compression Fitting) $\Phi 6\text{mm}$; 卡套 (Compression Fitting) 1/8"; 卡套 (Compression Fitting) 1/4";
7	中流量 (5 L/min <F.S.≤30 L/min)	135.8	30	109	VCR 1/4";
8	中流量 (5 L/min <F.S.≤30 L/min)	113	38	108	卡套 (Compression Fitting) $\Phi 3\text{mm}$; 卡套 (Compression Fitting) $\Phi 6\text{mm}$; 卡套 (Compression Fitting) 1/8"; 卡套 (Compression Fitting) 1/4";
9	中流量 (5 L/min <F.S.≤30 L/min)	124	38	108	VCR 1/4";
10	中流量 (5 L/min <F.S.≤30 L/min)	112.8	38	132	卡套 (Compression Fitting) $\Phi 3\text{mm}$; 卡套 (Compression Fitting) $\Phi 6\text{mm}$; 卡套 (Compression Fitting) $\Phi 10\text{mm}$; 卡套 (Compression Fitting) 1/8"; 卡套 (Compression Fitting) 1/4"; 卡套 (Compression Fitting) 3/8";
11	中流量 (5 L/min <F.S.≤30 L/min)	93	38	130	IGS B; IGS C; IGS W;
12	中流量 (5 L/min <F.S.≤30 L/min)	105	28.6	130	IGS C; IGS W;
13	大流量 (30 L/min <F.S.≤300 L/min)	167	45	140	卡套 (Compression Fitting) $\Phi 6\text{mm}$; 卡套 (Compression Fitting) $\Phi 8\text{mm}$; 卡套 (Compression Fitting) $\Phi 10\text{mm}$; 卡套 (Compression Fitting) 1/4"; 卡套 (Compression Fitting) 3/8";
14	大流量 (30 L/min <F.S.≤300 L/min)	182	45	140	VCR 1/2";
15	超大流量 (300 L/min <F.S.)	272.4	80	152.8	卡套 (Compression Fitting) 1/2";

附录 B (资料性附录)

气体质量流量控制器可靠性验证试验方案

B.1 试验目的

在规定环境条件下验证产品的可靠性指标MTBF的下限值 m_1 是否达到标准规定要求。

B.2 试验条件

B.2.1 试验前样品应在下列环境条件下测试零点和准确度等级。

环境温度： $18^{\circ}\text{C}\sim 27^{\circ}\text{C}$ ；

气 压：室内大气压。

B.2.2 可靠性验证试验环境条件为：

环境温度： 35°C ；

相对湿度： $40\%\sim 60\%$ ；

每隔24 h观察零点并通气测量满刻度流量示值，其余时间可以不通气。工作循环周期为8 h，其中通电工作7h，断电1h。

B.2.3 试验结束后，经调整，在室内环境条件下测试零点和准确度等级。

B.2.4 试验设备和仪器有：

a) 环境温度试验箱；

b) 标准质量流量计（或皂膜流量计、秒表）。

B.3 方案选择

按SJ/T 10386—1993中表1定时截尾统计试验方案5:7，进行试验。

该方案参数如下：

a) 方案特征值

$\alpha=20\%$ ； $\beta=20\%$ ； $D_m=3$ ； $T=1.46m_0$ ； $K=1.37$ 。

b) 验证试验样本

根据流量控制器的实际情况，按表B.1从母体中随机抽取。

表 B.1 抽样规则

批量大小N	最佳样品数	最大样品数
	n	n
1~3	全部	全部
4~16	3	9
17~52	5	15
53~96	8	24
97~200	13	39
200以上	20	60

c) 判决故障数 (γ) $\gamma \leq 2$ 接收; $\gamma \geq 3$ 拒收。

B. 4 对于关联故障的规定

B. 4.1 样品性能在试验中不满足技术条件所规定的零点及满刻度流量示值时;

B. 4.2 试验过程中样品出现下列情况之一者:

a) 传感器断路;

b) 零点偏移后经调整不能回零;

c) 阀不能工作。

B. 4.3 当样品发生故障后可以替换。

B. 5 验证试验合格与否的判定

当验证时间到规定截止时间 (t) 时, 若发生的关联故障数 (γ) 小于或等于方案中规定的接收允许值, 则作接收 (合格) 的判决; 大于或等于拒收数, 则作拒收 (不合格) 的判决。若验证时间虽未到规定截止时间, 而发生的关联故障数已大于或等于拒收数, 也可作出拒收 (不合格) 的判决。

B. 6 计算示例

以可靠性指标 m_1 等于 2 000 h 为例计算。

a) 按公式 (B.1) 计算规定可接收的平均故障间隔时间 (m_0)

$$m_0 = K \times m_1 = 1.37 \times 2000 = 2740 \text{ (h)} \quad \text{..... (B.1)}$$

b) 按公式 (B.2) 计算累积相关工作 (验证) 时间 (T)

$$T = 1.46 m_0 = 1.46 \times 2740 = 4000.4 \text{ (h)} \quad \text{..... (B.2)}$$

c) 选取验证试验样本

当批量 N 为 50 台时, 可按表 B.1 规定选取 n 为 10 台 (另选 2 台样品作替代)。

d) 按公式 (B.3) 计算验证时间 (t)

$$t = \frac{T}{n} = \frac{4000}{10} = 400 \text{ (h)} \quad \text{..... (B.3)}$$

e) 验证结论

当试验时间到规定截止时间 400h 时, 若发生的关联故障数 $\gamma \leq 2$ 时, 则作接收 (合格) 的判决; 若 $\gamma \geq 3$ 时作出拒收 (不合格) 的判决。若验证时间虽未到规定截止时间而发生的关联故障数 $\gamma \geq 3$ 时, 则作出拒收 (不合格) 的判决。

附录 C
(资料性附录)

气体质量流量控制器常用气体转换系数

流量控制器常用气体转换系数参见表C.1。

表 C.1

气 体	代号 (SEMIE52—0302)	比热 (卡/克℃)	密度 (克/升 0℃)	转换系数
Air 空气	008	0.2400	1.2930	1.006
Ar 氩气	004	0.1250	1.7837	1.415
AsH ₃ 砷烷	025	0.1163	3.4780	0.673
BBr ₃ 三溴化硼	079	0.0647	11.1800	0.378
BCl ₃ 三氯化硼	070	0.1217	5.2270	0.430
BF ₃ 三氟化硼	048	0.1779	3.0250	0.508
B ₂ H ₆ 硼烷	058	0.5020	1.2250	0.441
CCl ₄ 四氯化碳	101	0.1297	6.8600	0.307
CF ₄ 四氟化碳	063	0.1659	3.9600	0.420
CH ₄ 甲烷	028	0.5318	0.7150	0.719
C ₂ H ₂ 乙炔	042	0.4049	1.1620	0.581
C ₂ H ₄ 乙烯	038	0.3658	1.2510	0.598
C ₂ H ₆ 乙烷	054	0.4241	1.3420	0.481
C ₃ H ₄ 丙炔	068	0.3633	1.8700	0.421
C ₃ H ₆ 丙烯	069	0.3659	1.8720	0.398
C ₃ H ₈ 丙烷	089	0.3990	1.9600	0.348
C ₄ H ₆ 丁炔	093	0.3515	2.4120	0.322
C ₄ H ₈ 丁烯	104	0.3723	2.5030	0.294
C ₄ H ₁₀ 丁烷	111	0.4130	2.5950	0.255
C ₅ H ₁₂ 戊烷	240	0.3916	2.2190	0.217
CH ₃ OH 甲醇	176	0.3277	1.4300	0.584
C ₂ H ₆ O 乙醇	136	0.3398	2.0550	0.392
C ₂ H ₃ Cl ₃ 三氯乙烯	112	0.1654	5.9500	0.278
CO 一氧化碳	009	0.2488	1.2500	1.000
CO ₂ 二氧化碳	025	0.2017	1.9640	0.737
C ₂ N ₂ 氰气	059	0.2608	2.3220	0.452
Cl ₂ 氯气	019	0.1145	3.1630	0.858
D ₂ 氘气	014	1.7325	0.1798	0.998
F ₂ 氟气	018	0.1970	1.6950	0.931
GeCl ₄ 四氯化锗	113	0.1072	9.5650	0.267

不同产品应该采用相应的转换系数。