

前 言

本标准等同采用 ISO 9951:1993《封闭管道中气体流量的测量 涡轮流量计》(英文版),包括其技术勘误 ISO 9951:1993/Cor. 1:1994(英文版)。

本标准等同翻译 ISO 9951:1993。为符合 GB/T 1.1—2000《标准化工作导则 第 1 部分:标准的结构和编写规则》和 GB/T 20000.2—2001《标准化工作指南 第 2 部分:采用国际标准的规则》的有关规定及便于使用,在制定本标准时做了如下一些编辑性修改和对出错之处的更正:

——删除国际标准前言;

——删除原标准“第 1 章 范围”中的第 3 段:“在许多国家中,本国际标准涉及的某些或全部条款被这些国家的法规规定为强制性条款。在强制性规定和本国际标准间发生矛盾时,则应优先考虑为强制性条款”;

——原引用标准的引导语按 GB/T 1.1—2000 的规定改成规范性引用文件的引导语;

——在采用的已与国际标准有对应关系的国家标准中,有的虽不是“等同”,但本标准引用的内容,经核实无技术差异,可视为“等同”;

——规范性引用文件中的 GB/T 321—1980 替代了原标准的 ISO 3:1973,两者标准名称相同而无一致性程度的对应关系,但本标准引用的内容,经核实无技术差异,可视为“等同”;

——规范性引用文件一览表按 GB/T 1.1—2000 的规定重新进行排列;

——原标准第 3 章的 3.1.2“工作范围 working range”与“范围度 rangeability”视为等同,准予修正;删除 3.1.2 定义最后的括号“(sometimes also called ‘rangeability’)”;表 1 中的“工作范围”改为“范围度”;有关涉及的地方也作相应修改;

——“表 1 符号和下角标”中,符号 d 、 m 和 t 的位置按 GB/T 1.1—2000 的规定作调整;符号 H 、 L 和 S 的物理意义后均加括号“(参见图 E.5)”;删除 Z 压缩系数后的括号“(偏离理想气体定律)”;

——技术勘误的内容在其修改条文的页边空白处用垂直双线(∥)标识。

另外,原标准中下列内容不符合 GB/T 1.1—2000 的规定,鉴于等同采标,不作改动:

——引用文件中,OIML R32:1989 在标准文本的正文和附录中虽均未提及,但仍予保留;

——“附录 C 数据的计算和表达”在标准文本的条文中未提及;“附录 A 使用建议”和“附录 D 现场检验”虽然在第 1 章范围中提到但不规范;各附录未按条文中出现的先后次序排列。考虑等同,维持原标准格式。

本标准的附录 A~附录 E 均为资料性附录。

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第一分技术委员会归口。

本标准由上海工业自动化仪表研究所负责起草。参加起草单位:上海飞奥燃气设备有限公司、上海市计量测试技术研究院、上海埃爾斯特·埃默科燃气设备有限公司、上海煤气表具股份有限公司、开封仪表厂、丹东东发(集团)有限公司、荣城市宇翔实业有限公司和浙江苍南仪表厂。

本标准主要起草人:沈钦熙。

本标准参加起草人:王继忠、任松炜、吕德月、苏敏、汪秋航、张进明、袁慈宇、董琨。

本标准委托上海工业自动化仪表研究所负责解释。

封闭管道中气体流量的测量

涡轮流量计

1 范围

本标准规定了用于气体流量测量的涡轮流量计的尺寸、范围、结构、性能、校准和输出特性。

本标准也涉及安装条件、泄漏试验和压力试验，并提供 A 到 E 一系列资料性附录，其中包括使用建议、现场检验和流体流动扰动等。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 321—1980 优先数和优先数系

GB/T 1047—1995 管道元件的公称通径(neq ISO 6708:1980)

GB/T 2624—1993 流量测量节流装置 用孔板、喷嘴和文丘里管测量充满圆管的流体流量
(eqv ISO 5167-1:1991)

GB/T 17611—1998 封闭管道中流体流量的测量 术语和符号(idt ISO 4006:1991)

ISO 5168:1978 Measurement of fluid flow—Estimation of uncertainty of a flow-rate measurement

ISO 5208:1993 Industrial valves—Pressure testing of valves

IEC 60079:— Electrical apparatus for explosive gas atmospheres

OIML R6:1989 General provisions for gas meters

OIML R32:1989 Rotary piston gas meters and turbine gas meters

VIM:1984 International vocabulary of basic and general terms in metrology(BIPM、IEC、ISO、OIML)

3 定义和符号

3.1 定义

GB/T 17611—1998 确立的定义和 VIM:1984《国际计量学基本词汇和通用术语》适用于本标准。下列给出的定义仅用于某些特定意义的术语或重提其意义将有用的术语。

3.1.1

流量 flowrate

单位时间内流过的实际体积。

3.1.2

工作范围 working range

由最大流量 q_{\max} 和最小流量 q_{\min} 限定的气体流量范围。在该范围内，流量计的误差应在规定的极限之内。

3.1.3

测量压力 metering pressure

流量计中与指示的气体体积有关的气体压力。

3.1.4

平均速度 average velocity

单位横截面的体积流量。

3.1.5

壳体 shell

流量计承受压力的结构。

3.1.6

测量条件 metering conditions

体积测量点处的气体条件(例如气体温度和压力)。

3.1.7

基准条件 base conditions

把被测气体体积转换到基准体积的条件(例如基准温度和基准压力)。

3.1.8

规定条件 specified conditions

给出流量计性能规范的气体条件。

注:测量条件和基准条件仅与被测的或指示的气体体积有关,不应与“额定工作条件”或“参比条件”混淆(VIM:1984 5.05和5.07),后者仅与影响量相关(VIM:1984 2.10)。

3.2 符号和下角标

本标准使用的符号和下角标列于表1。

表1 符号和下角标

符号	量	量纲	法定计量单位
c	取决于流量计类型的压缩系数	L^{-4}	m^{-4}
D	流量计出口/入口的内径	L	m
D_i	管道内径	L	m
d	气体的相对密度($d_{air}=1$)	无量纲	—
DN	流量计出口/入口公称通径	无量纲	—
DN_i	管道公称通径	无量纲	—
H	导流体高度(参见图 E.5)	L	m
L	导流体长度(参见图 E.5)	L	m
M	摩尔质量	M	kg/mol
m	质量	M	kg
N	气体的摩尔数		mol
p	绝对压力	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa
p_m	测量压力	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa
q	流量	L^3T^{-1}	m^3/s
R	摩尔气体常数	$ML^2T^{-2}\Theta^{-1}$	$J/(mol \cdot K)$
S	相邻导流翼在顶端测量的翼弦距(参见图 E.5)	L	m
T	气体的绝对温度	Θ	K
t	时间	T	s
V	体积	L^3	m^3
Z	压缩系数	无量纲	—
ρ	气体密度	ML^{-3}	kg/m^3
Ψ	范围度 q_{max}/q_{min}	无量纲	—

表 1(续)

符号	量	量纲	法定计量单位
b	下角标		
m	体积或旋转速率计算的基准条件		
s	气体的测量条件		
	体积或旋转速率的规定条件		
注:量纲中,M—质量;L—长度;T—时间;Θ—温度。			

4 测量原理

涡轮流量计是一种流体测量装置,流动流体的动力驱使涡轮叶轮旋转,其旋转速度与体积流量近似成比例。通过流量计的流体体积示值是以涡轮叶轮的旋转数为基准的。

5 流量

应根据气体密度规定最大流量和最小流量。在该流量范围内,流量计应符合第 8 章规定的性能规范。以立方米每小时(m^3/h)表示的最大流量宜优先采用 GB/T 321—1980 中规定的优先数系 R5 中的一个数(数值 63 已圆整到 65)。立方米每小时(m^3/h)的单位是优先的。

6 流量计结构

6.1 总则

通过对流量计的设计和制造公差的控制,应使相同规格和相同类型的流量计可以互换。

6.2 材料

流量计本体和内部机构应采用适合使用条件和抗被测流体浸蚀的材料制造。当需要耐外部腐蚀时,流量计的外表面应采取防护措施。

6.3 壳体

流量计壳体和流量计结构中包括接触流体在内的所有其他部件均应采用合适坚固的材料,且设计成能承受额定压力和额定温度。

6.4 连接和最大流量

流量计的人口和出口连接应符合认可的标准。

优先的公称通径(DN)和对应的最大流量(q_{\max})列于表 2。

表 2 最大流量和公称通径

最大流量 $q_{\max}/(\text{m}^3/\text{h})$	公称通径 DN
40	50
65	50
100	50
160	80
250	80
400	100
650	150
1 000	150
1 600	200
2 500	250
4 000	300
6 500	400
10 000	500
16 000	600
25 000	750
40 000	1 000

6.5 长度

流量计入口连接端和出口连接端之间的长度应小于或等于 $5D$ 。

6.6 取压口

6.6.1 测量取压口

流量计上通常应至少提供一个测量取压口,以便能在测量条件下测量(对于不可能提供取压口的流量计允许间接地测量)涡轮叶轮处的静压。该取压口的接头处应用“ p_m ”标志。如果流量计上有多个“ p_m ”取压口,则各压力读数的差值在密度为 1.2 kg/m^3 空气的最大流量下应不超过 100 Pa 。

6.6.2 其他取压口

流量计上除“ p_m ”取压口外,或许还装有其他的取压口。这些取压口可用来确定流量计一部分的压力降或用于其他目的。其他取压口应用“ p ”标志。

6.6.3 尺寸

6.6.3.1 圆形取压口的最小孔径应为 3 mm ,最大孔径为 12 mm ,而孔的长度最小应等于孔径。此外,其他均应符合 GB/T 2624—1993 规定的要求。

6.6.3.2 槽形取压口在流动方向上的最小尺寸应为 2 mm ,最大尺寸为 10 mm ,而最小横截面积应为 10 mm^2 。

6.6.4 密封

流量计上任何压力试验点或取压孔接头均应配置适当的密封件,例如塞头,未经许可不得擅自拆卸。

6.7 流动方向

流量计的流动方向或入口应标有明显的水久性标志。

6.8 具有可卸仪表机芯的流量计

6.8.1 具有可卸仪表机芯流量计的结构,应能确保在更换机芯后和/或拆卸并重新安装同一机芯后,流量计的性能特性仍符合 8.1 的规定。

6.8.2 可卸机芯的设计和更换方法,应确保本章规定的流量计结构维持不变。

6.8.3 每一种可卸的仪表机芯应有特定的编号标志在机芯上。

6.8.4 每一种可卸的仪表机芯应能密封,未经许可不得擅自拆卸。

6.9 过载

流量计应设计成能在额定压力和额定温度范围内,即使以超过最大流量 20% 的流量下运行 30 min 也不损坏,或不影响流量计的误差曲线。

6.10 标志

流量计的标牌应至少标有下列内容:

- a) 制造厂名或商标;
- b) 编号;
- c) 以实际体积单位表示的最大流量 q_{\max} ;
- d) 最大允许工作压力;
- e) 流体密度为 1.2 kg/m^3 时的最小流量 q_{\min} 。

7 压力试验

7.1 总则

7.1.1 压力试验应以 ISO 5208:1993 中规定的工业阀门的壳体试验为依据。

7.1.2 流量计在完成泄漏试验前不应油漆或用能对泄漏起密封作用的材料涂覆。化学腐蚀防护处理和内衬是允许的。如果根据合同规定压力试验在有买方代表参加下进行,则库存已油漆的流量计可以在不去除油漆的情况下复测。

7.1.3 试验装置不应使流量计受到可能会影响试验结果的外加应力。

7.2 试验流体

7.2.1 根据试验装置的具体情况,能用水、煤油或粘度不大于水的任何其他合适的液体,或用气体(空气或任何其他合适的气体)进行压力试验。

7.2.2 当用液体进行试验时,应彻底清除流量计中含有的空气。

7.3 承压部件强度试验

7.3.1 试验应在 20℃(标称)下进行,施加的最低内压应为 1.5 倍最大允许工作压力。

7.3.2 试验应在已装配好的具有密封接头的流量计上进行,压力施加在其承压的内壁上。

7.3.3 用目检法检测承压壁的泄漏是不可接受的。

试验时间应不少于表 3 的规定。

表 3 强度试验时间

公称口径 DN	最少试验时间/s
DN=50	15
50<DN≤200	60
DN>200	180

7.4 流量计泄漏试验

外部泄漏应在已装配好的流量计上用气体进行试验,输入的最小压力应为 1.1 倍最大允许工作压力。压力应缓慢地增加到试验压力,并在该压力下应最少保持 1 min。试验期间流体不应从流量计中逸出。如果泄漏试验是在水压试验后进行,由于可能形成水封,因此在装配仪表机芯和进行泄漏试验前应使流量计干燥。试验后,压力释放的速率应不大于加压的速率。

8 性能特性

亦参见附录 B。

8.1 误差

以百分数表示的相对误差 E 的定义是:通过气体流量计试验介质体积的指示值 V_{ind} 和约定真值 V_{true} 之差与约定真值之比:

$$E = \frac{V_{ind} - V_{true}}{V_{true}} \times 100\%$$

所有流量计在其指定的流量范围内,最大允许误差应为 $\pm 1\%$ 。当最小流量 q_{min} 小于 $0.2q_{max}$ 时,在 q_{min} 与 $0.2q_{max}$ 之间范围内的最大允许误差为 $\pm 2\%$ 。

如果在 8.2.1 规定的各流量点均符合上述规定,则认为该流量计满足误差要求。

相对误差在允许值之内的密度范围应做出规定。

误差的计算也可见 ISO 5168:1978。

8.2 校准

每台流量计应单独进行校准。根据用户要求,应能得到流量计的校准结果及校准时的条件。

8.2.1 校准数据

提供的校准数据应包括:

- q_{min} 以及下列所有大于 q_{min} 流量点的误差:
 $0.1q_{max}$; $0.25q_{max}$; $0.4q_{max}$; $0.7q_{max}$ 和 q_{max} ;
- 校准装置的名称和地点;
- 校准方法(钟罩校准器、音速喷嘴、其他标准表等);
- 校准方法的不确定度估计;

- e) 试验气体的性质和条件(压力和温度);
- f) 流量计的位置(水平、垂直向上流动、垂直向下流动)。

8.2.2 校准条件

进行校准的条件最好尽可能接近工作条件。

8.2.3 校准装置

进行校准的装置应溯源到质量、长度、时间和温度的原始基准。

8.2.4 校准时的安装条件

流量计的性能不应受到试验装置安装条件的影响。

8.3 流量计位置

应说明为达到规定性能的流量计安装位置。下述位置应予考虑:水平;垂直向上流动或垂直向下流动。如果使用了机械输出和/或机械计数器,则在规定流量计位置时应考虑这些装置可能的不同位置。

8.4 温度范围

应说明流量计运行在标准性能规范内的流体温度范围和环境温度范围。

8.5 压力损失

应提供流量计的压力损失数据(参见附录 B)。除流量计上的压力损失外,也应考虑为满足流量计性能限值要求所需的邻近管路和流动调整器的压力损失。

8.6 安装条件

应规定流量计的安装条件,以使在这一安装条件下流量计的相对误差与上游无扰动流动条件下所得的误差之差不大于 8.1 中规定的最大允许误差的三分之一。应该给出流量计上游和/或下游的直管段长度;如有需要,还要给出流动调整器的类型和安装位置(参见附录 E)。

8.7 机械驱动外部装置

如果流量计装有一个可驱动外部装置的输出轴(不是驱动通常的机械计数器),则加在该轴的负载会使流量计受到阻力矩。这一阻力矩对小流量和低密度气体的影响最大。因此,在技术规范中应说明输出轴可适用的最大扭矩和这一扭矩在测量不同密度气体时对流量计性能的影响,以及上述说明的有效流量范围。

9 输出和读出

9.1 总则

流量计的输出由电子或机械的计数器所组成,用以累计通过流量计的总量。电脉冲频率信号或旋转轴的转速可以用来反映流量计的流量。

9.2 计数器

9.2.1 计数器容量

计数器以末位数为单位的数字位数,应足以指示相当于在最大流量下运行至少 2 000 h 通过的体积总量。

9.2.2 单位

计数器应以法定计量单位或直接由法定计量单位导出的单位来指示通过流量计的体积量。所用的单位应清晰而明确地标志在计数器上。

9.2.3 数字

计数器数字的高度应最小为 4 mm。数字的变化应如下:计数器任何位数字的进位,必须在下一位较低范围的数字显示其行程最后的十分之一时完成。

9.2.4 结构

计数器应有优良的设计和可靠的结构。计数器安装在涡轮流量计上时,要求其在整个温度范围内工作可靠、字迹清晰(见 8.4)。

9.2.5 计数器的最小分格

当机械计数器是流量计唯一的输出时,其读出应能使流量计在最小流量下以适当短的时间进行符合所需精确度的校准。计数器或测试元件最小有效数字的最小分格,宜小于以小时计的最小流量除以400。

9.3 流量输出

不论流量计输出是脉冲频率还是轴的旋转速度,其流量输出与计数器的计数速率变化间应有一个已知的比值。

9.4 机械输出

当任何附加的输出轴未被使用时,应对这些轴自由端的防护和密封做出规定。以1转 \triangle ... m³(见OIML R6:1989)表示的输出轴每转的值和旋转方向应标志在轴上或流量计的邻近位置上。

9.5 无电压触点

如果流量计装有一个无电压触点,则触点动作所表示的体积应等于计数器驱动部分每转所指示的体积,或该体积的十进位约数或十进位倍数。脉冲的值应明显地标志在流量计上。

9.6 电脉冲输出

计数器指示的每立方米脉冲数应标志在流量计上。对于无机械指示的流量计,应对8.2.1给出的流量规定代表一立方米的脉冲数(仪表系数)。

9.7 电安全性

装有电动或电子装置的流量计,如果用于测量可燃气体或使用在爆炸性气体环境条件下,则应符合IEC 60079的规定要求。

附录 A
(资料性附录)
使用建议

A.1 总则

涡轮流量计应在规定的流量范围内和规定的工作条件下工作,以获得所希望的精确度和正常的工作寿命。涡轮叶轮的过速和管路中残留固体碎屑会使流量计过早磨损和损坏。成功运行的关键因素是根据所用的流量选择合适的流量计规格、正确的安装以及适当的操作和维护程序。

A.2 新管路开始运行的建议

流量计开始安装前,特别是安装在新管路或经维修的管路上时,首先应清扫管路,去除所有堆积的渣、铁锈及其他的管路碎屑。在进行所有流体静力试验和清扫管路操作期间,应拆下仪表机芯,以避免测量部件的严重损坏。

A.3 滤网或过滤器

A.3.1 进入管路的外来物质会严重地损坏涡轮流量计。当预计气体流中可能存在损坏流量计的外来物质时,建议安装滤网。滤网的尺寸应在最大流量下具有最小的压力降,且安装后应没有过大的流动畸变(参见附录 E)。

A.3.2 流量计入口管道上游安装干式或分离式过滤器能使流量计得到更好的保护。

A.3.3 建议监测过滤器两端的差压,以确保过滤器处于良好的工作条件以及防止流动畸变。

A.4 过范围保护

涡轮流量计通常能经受住逐步增加的过范围,除加速磨损外不会造成内部损坏。然而,管道加压、排气或清洗时发生的极限气体速度,会使涡轮叶轮突然过速,从而能引起流量计严重损坏。

A.4.1 正如所有的仪表一样,涡轮流量计宜缓慢地加压和启动。快速打开阀门的冲击负载通常会损坏涡轮叶轮。高压应用中,在流量计上游隔离阀处安装小口径旁路,能用来安全地把流量计加压到工作压力。

A.4.2 当流量计安装的管路具有足够高的压力时,则可以安装节流孔板或音速文丘里喷嘴,有助于保护涡轮叶轮不致过速。限流器宜安装在流量计下游管路,其尺寸宜使流量计的负载限制在其最大流量 q_{max} 以上约20%。通常,节流孔板会导致50%的压力损失,而音速文丘里喷嘴将引起5%到20%的压力损失。

A.5 旁通

如果不允许气源中断,则建议安装旁通,以便可对流量计进行维护。

A.6 维护和检查周期

涡轮流量计的精确度除取决于正确的设计和安装程序外,还取决于良好的维护和定期的检查。基本上,检查周期取决于气体的条件。与用于洁净气体的流量计相比,要更多地注意用于脏污气体的流量计,建议检查周期要反映这一情况。

A.7 安装中需考虑的其他事项

除上述事项外,也需要考虑下述的安装事项。不注意其中的任何一项,可能会引起严重的测量

误差。

- a) 安装流量计和测量管道时,宜使管路应力引起的流量计变形为最小。
- b) 务必确保管道与流量计入口和出口的连接同轴对准。
- c) 防止垫圈和/或焊缝突入到管道内,否则可能扰乱流动剖面。
- d) 如果被测介质中可能含有液体,则流量计宜倾斜安装,以使液体可连续地排出,或者流量计以垂直位置安装。预计在有大量液体的场合,建议在流量计上游安装分离器,此时要注意分离器引起的流动畸变。
- e) 涡轮流量计不宜用在频繁中断和/或有强烈脉动流或压力脉动的场合。

A.8 附属装置的安装

用来把指示的体积转换到基准条件下体积的附属装置和/或用来记录运行参数的附属装置宜妥善安装,其连接如下:

A.8.1 温度测量

为使上游扰动最小,温度计插孔建议尽可能置于涡轮叶轮下游,其离叶轮的距離在5倍管径内,但应在任何出口阀或流动限流器的上游。温度计宜安装成其测得的温度相当于 q_{\min} 和 q_{\max} 之间流体的真实温度,且不受管道或套管附件热传导的影响。

A.8.2 压力测量

流量计壳体上标志“ p_m ”的取压口宜用作记录仪器或积算仪器的测压点。

A.8.3 密度测量

在流量计整个流量范围内,密度计中的气体条件宜与涡轮叶轮处的气体条件保持一致。当使用清洗式密度计时,建议给出不能测量的气体。管道安装式密度计最好安装在涡轮叶轮下游。

附录 B
(资料性附录)
流量计其他性能特性

B.1 气体条件

通常,希望知道在一定条件下用质量或用体积表示的气体量。在所有情况下,这一气体量是从在测量条件下测量的体积而推导出来的,其中考虑了流量计读数和对测量条件的测量。

B.1.1 测量条件

见 3.1.6。

与测量条件有关的符号,其下角标用“m”。

B.1.2 规定条件

见 3.1.8。

与规定条件有关的符号,其下角标用“s”。

B.1.3 基准条件

见 3.1.7。

与基准条件有关的符号,其下角标用“b”。

B.2 压力损失

涡轮流量计上的压力损失取决于驱动仪表机芯所需的能量、内部通道阻力引起的损失以及流动速度和流动方向的变化。压力损失在流量计上游管道 1 倍管径与下游管道 1 倍管径间测量,上下游管道的尺寸应与流量计尺寸相同。应当认真选择和加工测压点,务必确保流动剖面的畸变不影响压力的读数。

压力损失基本上按下式的紊流损失关系进行计算(很低的流量除外):

$$\Delta p_m = \varphi \rho_m q_m^2 \dots\dots\dots (B.1)$$

考虑到规定条件下的压力损失和理想气体状态方程,则压力损失可按下式计算:

$$\Delta p_m = \Delta p_s \left(\frac{\rho_m}{\rho_s} \right) \left(\frac{q_m}{q_s} \right)^2 \dots\dots\dots (B.2)$$

和

$$\Delta p_m = \Delta p_s \left(\frac{d_m}{d_s} \right) \left(\frac{\rho_m}{\rho_s} \right) \left(\frac{T_s}{T_m} \right) \left(\frac{Z_s}{Z_m} \right) \left(\frac{q_m}{q_s} \right)^2 \dots\dots\dots (B.3)$$

B.3 最大流量和最小流量

为了不超过一定的涡轮叶轮转速和一定的压力损失,气体涡轮流量计通常按最大流量 $q_{m,max}$ 进行设计。除另有说明外,流量计这一最大流量对于所有的测量条件都是相同的,包括到规定的最大允许工作压力。

根据制造厂规定的最小流量、压力、温度和流体成分,测量条件下的最小流量可按下式计算:

$$q_{m,min} = q_{s,min} \sqrt{\frac{\rho_s}{\rho_m}} \dots\dots\dots (B.4)$$

B.4 范围度

由于最大流量通常不变化,而最小流量能变化(见 B.3),所以,气体涡轮流量计的范围度 Ψ 基本上

随气体密度的平方根而变化：

$$\Psi_m = \Psi_s \sqrt{\frac{\rho_m}{\rho_s}} \dots\dots\dots (B.5)$$

B.5 温度和压力影响

当流量计的工作温度和工作压力与校准条件(见 8.2.2)有很大差别时,其性能可能发生变化。这些变化可由尺寸变化、轴承阻力变化或物理现象变化所引起。

附录 C
(资料性附录)
数据的计算和表达

C.1 体积计算式

因为涡轮流量计测量的是测量条件下的体积,如果这些条件恒定,则可用理想气体状态方程把指示的体积转换到基准条件下的体积。

下列公式可以把气体涡轮流量计在测量条件下指示的气体体积转换到基准条件下(基准压力和基准温度)的气体体积:

对于测量条件:

$$p_m V_m = Z_m N R T_m \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

对于基准条件:

$$p_b V_b = Z_b N R T_b \quad \dots\dots\dots (C.2)$$

R 是与压力、温度无关的气体常数, N 为气体摩尔数,合并两方程可得:

$$V_b = V_m \left(\frac{p_m}{p_b} \right) \left(\frac{T_b}{T_m} \right) \left(\frac{Z_b}{Z_m} \right) \quad \dots\dots\dots (C.3)$$

公式(C.3)能用来作为流量计的规定条件。

对于非恒定的测量条件:

$$V_b = \int q_m \left(\frac{p_m}{p_b} \right) \left(\frac{T_b}{T_m} \right) \left(\frac{Z_b}{Z_m} \right) dt \quad \dots\dots\dots (C.4)$$

C.2 质量计算式

质量是被测气体的体积与气体密度的乘积。

对于密度恒定的气体:

$$m = V_b \rho_b = V_m \rho_m \quad \dots\dots\dots (C.5)$$

对于密度变化的气体:

$$m = \int q_m \rho_m dt \quad \dots\dots\dots (C.6)$$

$$\frac{p_m}{\rho_m} = Z_m (R/M) T_m \quad \dots\dots\dots (C.7)$$

密度 ρ_m 和 ρ_b 可通过测量或通过气体成分和条件的计算确定。

C.3 校准数据的表达

流量计的校准数据宜绘制成与实际流量、基准流量或管道雷诺数的函数。实际或基准流量条件的压力、温度以及试验流体宜在校准数据中说明。

附录 D
(资料性附录)
现场检验

D.1 总则

涡轮流量计最常使用的现场检验是目检法检查和旋转时间试验。对运行中的流量计,通过观测其产生的噪音或振动,常能获知流量计的工作情况。

流量计的剧烈振动通常表明涡轮叶轮已产生失去平衡的损坏,这会导致流量计完全失效。在较低流量时,常能听到涡轮叶轮的摩擦声和轴承工作不良的声音,这种噪音不会被正常的流动噪音所掩盖。

D.2 目检法检查

目检法检查时,建议检查涡轮叶轮是否缺叶、是否积聚固体物或腐蚀以及是否有会影响涡轮叶轮平衡和叶片配置的其他损坏。也要检查流量计的内部,以确保其中没有积聚的碎屑。

流动通道、排水孔、通气孔和润滑系统也要检查,以确保其中没有碎屑积聚。

D.3 旋转时间试验

旋转时间试验是用来确定流量计现在的机械阻力与过去测试相比较的相对变化。在流量计区域干净和其内部没有损坏的情况下,如果机械阻力没有重大变化,则流量计精确度应不变化。若机械阻力有较大增加,则表明流量计精确度特性在小流量处已经降级。按用户要求,制造厂能提供流量计典型的旋转时间。

旋转时间试验必须在无气流的区域内进行,而测量机芯应位于其正常的工作位置。涡轮叶轮以适当的速度旋转,例如最小速度约为与 q_{min} 对应的额定速度的 $1/20$,时间测量应从叶轮开始旋转直至叶轮停止转动。

旋转试验宜至少重复 3 次且取时间平均值。旋转时间的减少,通常是因为涡轮叶轮轴承阻力的增加。然而,也应注意到还有其他影响旋转时间的机械阻力,如轴承润滑过度、环境温度低、气流和粘附物。

注:只要规定方法,也能用其他方法进行旋转时间试验。

D.4 其他检验

涡轮叶轮处装有脉冲发讯器的流量计提供了检测叶轮上叶片缺损的可能性。通过观测涡轮叶轮脉冲发讯器的输出脉冲波形或通过该脉冲输出与连到叶轮轴的从动轮上脉冲发讯器脉冲输出的比较,也许可获悉叶片的缺损情况。

叶轮叶片或叶轮和指示器间传动轮系中任何其他位置触发的脉冲发讯器与指示器上的脉冲发讯器相结合,可以用来确定传动轮系的完整性。来自于指示器的低频脉冲与来自于任何位置(甚至传动轮系中)产生的高频脉冲之比应是一个与流量无关的常数。

附加在涡轮流量计上的某些体积转换装置也指示流动条件下的体积。转换装置上所记录的体积变化宜等于同一时间周期内涡轮流量计机械指示器所记录的体积变化。

附录 E
(资料性附录)
扰 动

E.1 总则

本附录会对影响流量计性能和标准化试验的流动扰动提供指南,以对这些扰动的影响做出估计。

E.2 漩涡影响

如果流量计入口的流体有大的漩涡,就会影响涡轮叶轮的转速。与涡轮叶轮旋转方向相同的漩涡使叶轮速度增加,而与旋转方向相反的漩涡则使叶轮速度减小。对于高精度的流量测量,宜通过对流量计的适当安装,把这种漩涡影响减小到轻微的程度。

E.3 速度分布影响

气体涡轮流量计是以其入口处为接近均匀速度分布的条件进行设计和校准的。当明显偏离这一速度分布时,涡轮叶轮处的实际速度分布就会影响到给定流量下的叶轮速度。对于一个给定的平均流量,非均匀速度分布与均匀速度分布相比,通常将产生更高的叶轮速度。在高精度流量测量时,宜通过对流量计的适当安装,确保涡轮叶轮处的速度分布基本均匀。

E.4 扰动试验**E.4.1 试验**

确定流量计对安装条件敏感性的试验,能在接近大气的条件下,用 $0.25q_{max}$ 、 $0.4q_{max}$ 和 q_{max} 的空气流量进行。

宜说明每种流量计满足 8.6 技术规范要求的安装条件。

E.4.2 低水平扰动

图 E.1[a)和 b)]所示的管道配置由公称通径 DN_1 和长度为 $5D_1$ 的管道、二个垂直平面上的曲率半径等于 D_1 的二个弯管和通径从 DN_1 到 DN 而长度在 D 到 $1.5D$ 之间的同心扩管所组成。由弯头、T形接头、收缩和扩张管段这些管件组成的这一管道配置能看作是产生低水平扰动的典型。

DN_1 的值列于表 E.1。

管件的公称通径规定在 GB/T 1047—1995 中。

E.4.2.1 如果流量计入口上游 $2D$ 处安装图 E.1[a)和 b)]所示的管件[见图 E.1c)],在大气条件下引起的误差偏移不超过 8.6 所述的差值,且低水平扰动仅发生在距流量计入口上游 $2D$ 或大于 $2D$ 处,则应用中无需安装流动调整器或增加上游直管段长度。

E.4.2.2 如果误差偏移大于 8.6 给出的值,则宜在上游安装一根较长的直管段和/或流动调整器(最好选用 GB/T 2624—1993 中提到的类型)进行试验,以确定为使误差偏移保持在 8.6 给出的极限内所需的入口段配置。流动调整器宜安装在直径为 D 的管道上,其出口端部离流量计入口至少为 $2D$ 。

E.4.3 高水平扰动

E.4.3.1 为确定流量计对由调压器或其他节流装置引起的高水平扰动的敏感性,宜用图 E.1 所示的管道配置进行试验,但在二个弯管之间安装一块图 E.2 所示的带有半管截面形孔的板,孔的位置朝向第一个弯头的外半径侧。

表 E.1 DN₁ 和 DN 的关系

流 量 计 DN	管 道 DN ₁
50	40
80	50
100	80
150	100
200	150
250	200
300	250
400	300
500	400
600	500
750	600
1 000	750

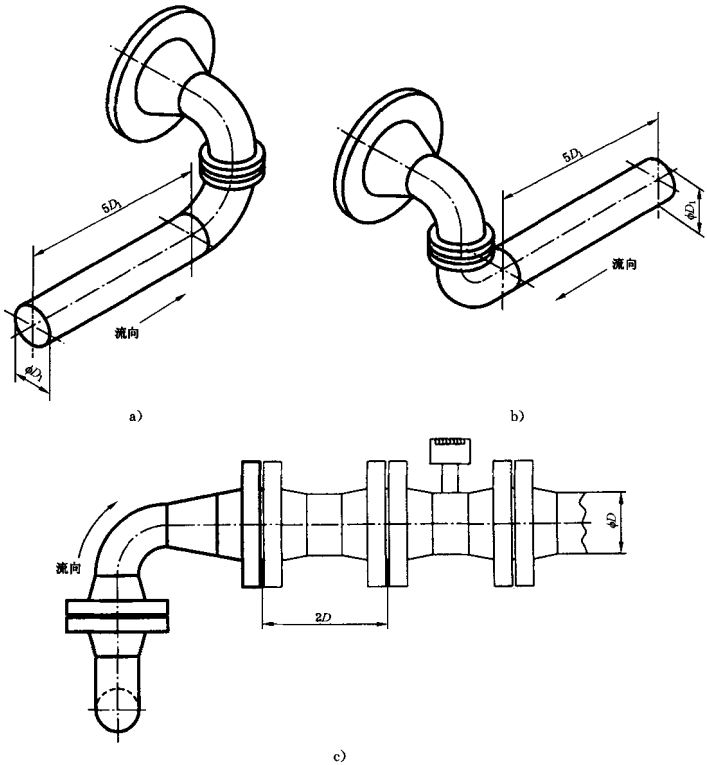


图 E.1 低水平扰动试验用的管道配置

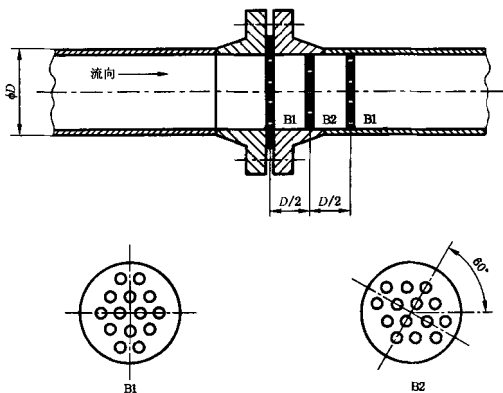


图 E.2 高水平扰动试验用半管截面形孔的位置

E.4.3.2 如果误差偏移大于 8.6 给出的值,宜按 E.4.2.2 所述方法进行试验,以确定满足 8.6 要求的上游管道配置。

E.4.3.3 这些试验不能反映调压器产生强烈偏心出口喷射时的所有情况。当涡轮流量计在大幅减压的调压器下游使用时,需特别注意。然而,对一个尚未知、但有可能影响流量计性能的管道系统,建议在流量计上游安装如图 E.3 所示的流动调整器,其出口到流量计入口连接端的距离最小为 $4D$ 。

注:这类流动调整器的压力损失较大。对可以适用这样压力损失的场合,建议把这类流动调整器安装在调压器的下游。对图 E.3 所示流动调整器的压力降不能允许的场合,则可使用图 E.4 所示的流动调整器。

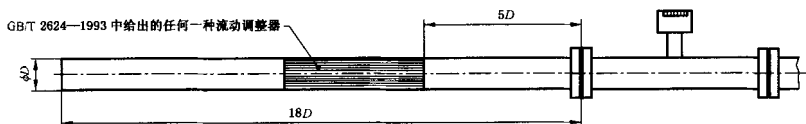


注:流通面积为管截面积的 20%。对于这一面积比的流动调整器,当用相对密度 0.64 的气体,在与公称通径 DN 相对应的最大流量 q_{max} (见 6.4) 下试验时,其压力损失约为静压的 0.07 倍。

孔的分布,宜使相邻板上的孔对流体不构成直的通道。

穿孔板装在套管内,从而使所有的流体都通过前后的整流板。

图 E.3 降低高水平扰动的流动调整器



注:规定的直管长度是最小值。

图 E.4 降低高水平扰动用压损较低的流动调整器配置

E.5 相似性

如果各种规格流量计的入口段按相似性进行设计,则建议最少用两种规格的流量计进行试验。如果试验结果是相似的,则能假设其他规格的流量计也会产生相同的结果。对于任何规格的流量计,如果其 H/D 和 S/L 的值等于或小于被测流量计的值,则能假设它们之间存在着相似性(见图 E.5)。

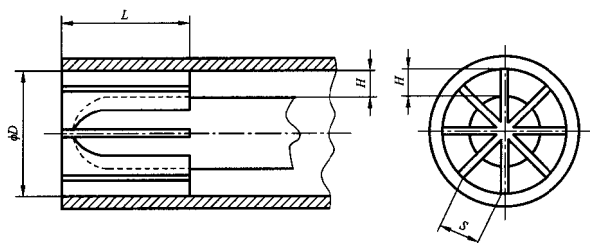


图 E.5 定义各种规格流量计相似性的仪表尺寸