

节能计量用气体流量计的开发研究

陈宇英

江门市新会区质量技术监督检测所 广东 新会 529100

【摘要】：保证较为准确、科学的计量管理工作，往往是令企业实现较高效率的生产运作、缩减成本浪费，并由此形成较为理想的经济收益的手段，想要实现这一目标，就必须要从能源消耗量化开始，借助流量计量仪判断能源消耗。此项目开发的“孔板流量计”能够立足节能领域监测流体介质，有助于强化生产管理工作。在本文中，分析节能计量所应用气体流量及设计，提出一些能够进一步提升流量计的设计建议，希望为相关工作提供参考。

【关键词】：节能；计量；气体流量计

1 前言

当前我国的节约型社会理念倡导“节能降耗”，针对一些重点耗能的生产行业以及其中主流企业进行了完善和优化，以期能令“节能降耗”的理念深入到工作细节当中。就节能计量用的流量计基本特征来说，其需要较大量程比、较低的成本价格以及中等的精准度。受到国内外广泛的能源危机所影响，气体流量仪表应用越发广泛起来，因此，针对气体流量仪表进行开发和深度研究已经成为目前我国的流量计量仪表行业发展的关键趋势。

为了确保气体流量仪表质量以及使用当中的精准度，计量法纳入了气体流量计以及蒸汽流量计，将其设置为强制的检定范围内。在大多数的情况下，气体流量计出厂（投入正式的应用）之前，需要结合实际情况，针对标准装置标称计量性能加以适当的测试、检定操作。

本次设计采取的指标参数如下：

流量计管径（单位：mm）	25
测量压力范围（单位：MPa）	0~1
最大允许误差	±10%F.S.（满量程）

2 标准气体流量计装置

大多数情况下，气体标准装置会包含若干不同的形式，如钟罩式、PVTt法、Mt法、标准表法。在这之中，前三都是比较常见的原级标准装置，是较高标准，依照流量基本定义展开，换言之，结合实际情况，使用标准量器（或者是衡器等特殊情况）为容积 V （或者是部分情况下的质量 m ）的度量设备，由此获取关于体积的流量情况以及质量的流量情况；标准表法则为次级的标准装置，也可以被称作传递标准（指的是结合实际情况，通过原级标准装置来实现有效的量值传递），这是原始标准装置、现场工作流量计客观存在于之间的环节之一。

标准表法流量标准装置基本原理为结合流体力学连续性的方程，通过标准流量计设置标准器，令流体能够连续地通过流量计以及被测试的流量计，将二者瞬时流量（或是特定时间段当中累积流量值）进行对比，以期确定流量计计量性能。当前钟罩式以及标准表法两种装置仍然是比较多见于实际应用的。

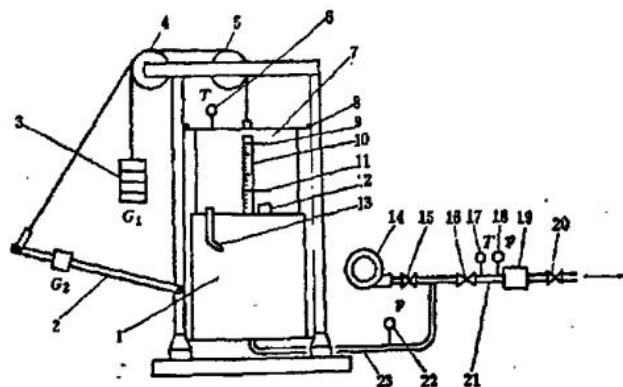


图1 钟罩式气体流量标准装置结构图

上图中数字分别指代：

1	液槽	9	上挡板	17	温度计
2	压力补偿	10	标尺	18	压力计
3	配重物 G_1	11	下挡板	19	被检流量计
4	定滑轮	12	光电发讯器	20	调节阀
5	定滑轮	13	液位计	21	试验管
6	温度计	14	鼓风机	22	压力计
7	钟罩	15	开关阀	23	导气管
8	滑轮	16	开关阀		

参考图1，开启15，同时将16关掉；启动鼓风机，空

气经由导管进入到钟罩内部，令钟罩正常上升；观察到下挡板 11 在高度上稍微超过光电发讯器 12 之后，将 15 关闭，并且关闭鼓风机，适当停留，等到钟罩当中的空气温度基本趋向于稳定状态之后，即可开始检定；开启开关阀 16 和调节阀 20，在短时间内就可以投入运作，钟罩自身的重力情况一般超过施于钟罩上的其他力（包括液体浮力、补偿机构拉力以及 3 点上的 G1 重力）的总和，而且因为补偿机构补偿作用，令钟罩当中气体形成持续性的表压力（也可以称作“余压”，也就是和大气压力之间的落差），由此，钟罩当中的空气经由导气管和被测流量计进入到大气；使用 20 把气流调整到需求的流量值上，钟罩在较长一段时间内都会保持相对匀速的下落状态；在下挡板 11 经过光电发讯器 12，并且遮光之后，光电发讯器会再度出现讯号，此时叫停计时器以及脉冲计数器的运作即可，记录计时器上的检定时间 t 以及脉冲计数器上的脉冲数 N 。

工作原理如下所述：

结合图 2。标准表和被检流量计串连在同一管径的管道上，处在流动稳定的大环境当中，随时流过流量计质量流量 Q_m 基本相等，依托空气作为主要的检定介质，认为空气在日常检定期间成分不发生变化，标准表以及被检的流量仪表系数是 k 、 Kt ；将标准仪表 s 和被检流量计 t 工作状态换算侧标准状态（ p_0 ， V_0 ， T_0 ）。

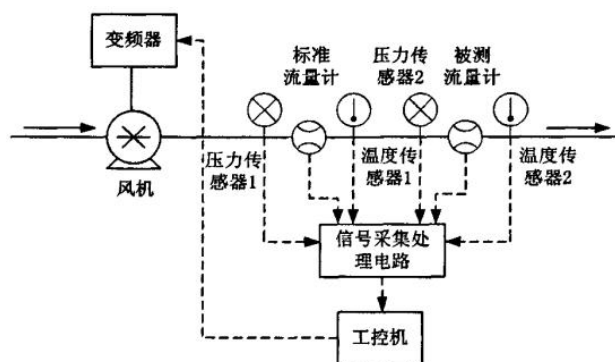


图2 标准表法气体流量标准装置

3 优化节能性气体流量计设计

3.1 孔板的设计

选择使用标准孔板，其结构如图 3 所示：

参考国家标准 GB / T2624-2006，有：

- (1) 节流孔厚度 e ：当 $D=25\text{mm}$ 时，取 $e=0.02$ ；
- (2) 孔板厚度 E ：取 $E=0.05$ ， $D=1.25\text{mm}$ ；
- (3) 节流孔直径 d 和径比 β 参数：设径比 $\beta=0.75$ ，

那么 $d=D\times\beta=18.75\text{mm}$ ；

(4) 孔板下游端斜角的角度为 45° ，于 SolidWorks 当中设计孔板立体图和剖面图，参考图 4 和图 5。

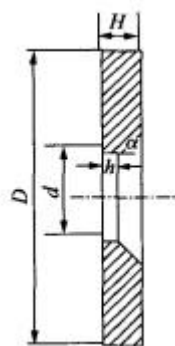


图3 标准孔板结构示意图

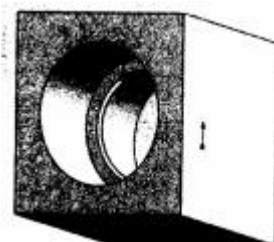


图4 孔板结构立体图



图5 孔板结构剖面图

3.2 采用 V 型锥设计

由于 V 型的锥流量计本身背压相对较为平稳，因此能够测出比较低的流速值，流体在经过孔板时在后面形成一定的旋涡，影响到背压的平稳状态，孔板要有较大的差压以克服这种不稳定的信号。另外，相同流塑 V 型的锥流量计形成差压以及需求差压都不高，因此较之孔板来说要更加节能一些。借助这些技术经济的阐述，可以发现，V 型的锥流量计无论是节能还是精准度上优越性都比较突出，同时还兼具量程比较宽、自清洗效能高、安装要求较低等优势；不过，这并不代表 V 型的锥流量计万能，参考相关的工作实践报告可以发现，在介质当中含有一些湿泥类杂质、温度偏低等特殊情况，尽量避免应用 V 型的锥流量计。

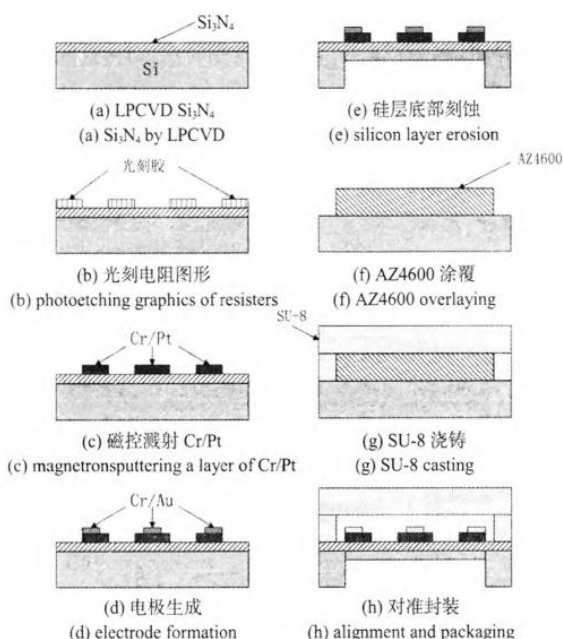
3.3 采用微机电系统设计气流传感器

择取电阻温度系数较大的 Pt 热敏电阻器（ $3.908\times 10^{-3}/^\circ\text{C}$ ），因为电桥输出电压 V_0 和温度系数 α 保持正比关系， α 较大的情况下，输出电压也会随之增加，提升传感器灵敏性。在本次研究中，借助 SU-8 胶制备气流沟道，同时，流量传感器加工工艺参考图 6：

具体流程如下：

A	硅基底上 LPCVD 一层 Si ₃ N ₄
B	甩正胶光刻，热敏电阻器、加热电阻器标准图形，备用
C	磁控溅射单独的一层 Cr/Pt，保持 30nm/100nm 的均匀厚度，并获取加热电阻器、热敏电阻器
D	甩正胶光刻，电极图形，磁控溅射单独的一层 Cr/Au，保持 30nm/300nm 的均匀厚度，并获取电极
E	背面甩正胶光刻，充分暴露热敏电阻器下面的硅，深刻蚀硅层，直到热敏电阻器正下方的硅层约 10μm
F	硅片表面涂覆一层 AZ4600 厚胶，光刻显影，沟道模具
G	模具浇灌 SU-8 胶，在室温的环境静置 24h，剥离得气流沟道
H	沟道和热敏电阻器保持对准，并密封，得温差式流量传感器芯片

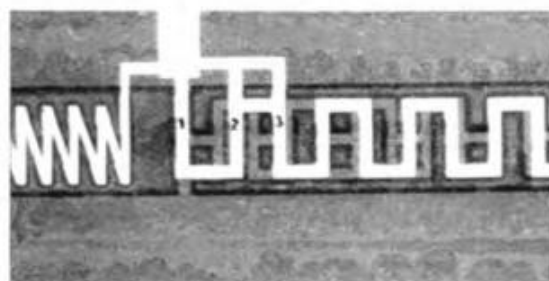
最终制得的传感器加热电阻器与热敏电阻器 SEM 图和成品图分别如图 7(a)、7(b)所示。图 7(a)中的 1, 2, 3 分别为加热电阻器与热敏电阻器不同的位置，从而完成输出灵敏度的调节，进一步提升设备的节能性。



参考文献:

- [1] 李涛. 便携式皮托管流量计用于天然气计量巡检的设计与应用[J]. 自动化技术与应用, 2020, v.39;No.299(05):131-134.
- [2] 向伟君, 曾麟. 涡轮流量计在天然气计量中的应用[J]. 计量与测试技术, 2020, v.47;No.333(02):59-61.
- [3] 吴冠均, 王伟斌, 黄珊,等. 刮板容积式流量计去器差使用计量性能分析[J]. 计量技术, 2020, No.546(02):67-69.
- [4] 姬磊. 燃气计量流量计的应用及经济性分析[J]. 科技创新导报, 2020, v.17;No.512(08):33-34.

图 6 MEMS 工艺流程图



(a) 加热电阻器与热敏电阻器 SEM 图

(a) SEM photo of heating resistor & thermal resistor



(b) MEMS 传感器成品

(b) MEMS sensor

图 7 (a) 加热电阻器与热敏电阻器 SEM 圈

(b) MEMS 传感器成品

4 结语

综上所述,此次研究立足 SolidWorks 作为基本基础,探究并开发满足节能计量行业所应用的“孔板流量计”,结合开发流程而言,其虽然有较为成熟的技术水准和较为理想的发展前景,不过因为该行业流量计的针对性需求,当前还没有明确的将其引用在节能计量领域的建议和观点。希望在未来的发展中,此次研究得以为节能计量用的流量计实际开发、生产以及广泛应用做出一些贡献。