

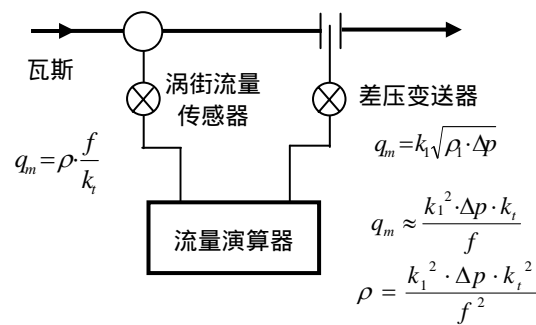
间接法测量组份变化气体的质量流量

上海宝科自动化仪表研究所 纪 纲

众所周知，采用温度、压力和压缩系数补偿的方法可以用来测量气体质量流量，但这仅限于组成稳定或组成只有很小变化的一般气体，这时，组成对流体密度的影响可予忽略，因此对测量示值的影响也即可忽略。

对于组成变化较大的气体，组成对流体密度的影响就不能忽略了。例如在炼油厂、石化厂，有些石油加工过程中的石油气组成变化很大，流体标准状态密度在较大的范围内变化。有的瓦斯系统变化范围可达 0.1554 ~ 2.0321 kg / Nm³，这时，如果仍然将流体标准状态密度当作常数来处理，最大测量误差就达百分之几十。这是不允许的。

采用涡街流量计与孔板差压式流量计串联并同流量演算器一起组合而成的测量系统能很好地解决这个问题，其原理框图如下图所示。



测量组份变化气体的质量流量框图

在该系统中，有下面的关系式。

涡街流量传感器数学模型为：

$$q_m = \rho \cdot \frac{f}{k_t} \quad (1)$$

式中： q_m —— 质量流量；

—— 涡街流量传感器出口端流体密度；

f —— 涡街流量传感器输出频率；

k_t —— 涡街流量传感器工作状态下流量系数。

孔板差压式流量计数学模型为：

$$q_m = k_1 \sqrt{\rho_1 \cdot \Delta p} \quad (2)$$

式中： k_1 —— 系数；

ρ_1 —— 节流体正端取压口处流体密度；

ρ —— 差压。

将式 (2) 平方后除以式 (1) 得：

$$q_m \approx \frac{k_1^2 \cdot \rho_1 \cdot \Delta p \cdot k_t}{\rho \cdot f} \quad (3)$$

由于孔板差压式流量计串接在涡街流量计后面， ρ_1 与 ρ 近似相等，所以式 (3) 可化简为：

$$q_m \approx \frac{k_1^2 \cdot \Delta p \cdot k_t}{f} \quad (4)$$

在流量演算器中具体实现式 (4) 时， ρ 可由式 (5) 求得

$$\Delta p = A1(\%) \cdot \Delta p_{\max} \quad (5)$$

式中： $A1(\%)$ —— 差压输入信号；

ρ_{\max} —— 流量测量上限所对应的差压。

而 k_t 可由孔板差压式流量计的满度条件求得。

从式 (2) 得：

$$q_{m \max} = k_1 \sqrt{\rho_{1d} \cdot \Delta p_{\max}}$$

式中， $q_{m \max}$ —— 流量测量上限；

ρ_{1d} —— 设计状态下流体密度。

所以，

$$k_1 = q_{m \max} / \sqrt{\rho_{1d} \cdot \Delta p_{\max}} \quad (6)$$

因此将 k_1 、 Δp_{\max} 、 $q_{m \max}$ 和 ρ_{1d} 置入演算器，仪表就能从输入信号 $A1(\%)$ 和 f 计算 q_m 。

演算器不仅能计算和显示质量流量，而且能计算和显示密度。

将式 (1) 和式 (2) 联立解之得：

$$\rho = \frac{k_1^2 \cdot \Delta p \cdot k_t^2}{f^2} \quad (7)$$

仪表显示的流体密度值可用成份分析仪器测得的混合气体组份值经下式计算得到的理论密度进行比较，求得示值误差。

$$\rho_n = X_1 \rho_1 + X_2 \rho_2 + \cdots + X_{m-1} \rho_{m-1} + X_m \rho_m \quad (8)$$

式中： ρ_n —— 标准状态混合气体密度；

$X_1 \cdots X_m$ —— 各组份的含量, V/V ;

$$X_1 + X_2 + \cdots + X_{m-1} + X_m = 100\%$$

$\rho_1 \cdots \rho_m$ —— 标准状态条件下各组份密度。

工作状态下混合气体理论密度 ρ_t 为 :

$$\rho_t = \frac{p_f \cdot t_n}{p_n \cdot t_f} \cdot \rho_n \quad (9)$$

求得理论密度后, 还可用式 (1) 计算理论质量流量, 用以校验仪表的质量流量示值。

这一方法尤其适合流体组份变化频繁, 变化幅度大的对象, 但需两台流量计, 对于管径较大的对象, 投资略大些。所以对于组份变化不频繁, 变化幅度也不很大的对象例如天然气流量测量, 可用温度、压力补偿再配上组份修正的方法, 更可节约投资。

使用这个方法进行组份补偿时, 选择几个变化幅度较大的组份定期用仪器进行分析, 并用人工方法修改流量演算器中相应窗口的组份设置值, 用新的分析值取代原有的设置值。仪表运行后就可按式 (8) 和式 (9) 计算流体密度, 进而计算质量流量或标准状态体积流量。

智能流量演算器是工业仪表, 采用演算器完成上述演算不仅精度高, 可靠性好, 而且安装使用方便。