

气体流量测量中的压缩系数补偿

上海上海同欣自动化仪表有限公司 刘 军

一、问题的提出

有一路来自氨蒸发器的气态氨，在用旋涡流量计测得其工作状态下体积流量 q_{vf} 后，要将其换算到标准状态下的体积流量 q_{vn} ，并进而计算其质量流量，采用如式（1）所示的理想气态方程是否可行？答案是否定的。

$$q_{vn} = \frac{p_f \cdot t_n}{p_n \cdot t_f} \cdot q_{vf} \quad (1)$$

式中： t_f 、 p_f 、 q_{vf} —— 工作状态下气体绝对温度、绝对压力、体积流量；
 t_n 、 p_n 、 q_{vn} —— 标准状态下气体绝对温度、绝对压力、体积流量

因为临界温度较高、临界压力较低的气体，其温度、压力、体积三者之间的关系偏离理想气态方程较严重。如果不对这种偏离进行补偿，必将引起较大误差。

气体压缩系数 Z 就是对这种偏离现象进行修正。例如在旋涡流量计中，可用式（2）进行修正。

$$q_{vn} = \frac{p_f \cdot t_n \cdot Z_n}{p_n \cdot t_f \cdot Z_f} \cdot q_{vf} \quad (2)$$

式中： Z_f —— 工作状态下气体压缩系数；
 Z_n —— 标准状态下气体压缩系数

二、如何得到压缩系数

气体的压缩系数不仅同该种气体的临界温度、临界压力有关，而且同该气体所处的工况有关，即

$$Z = f(T_c, P_c, t, p)$$

式中： Z —— 气体在 t 、 p 条件下的压缩系数；
 T_c —— 气体临界绝对温度；
 P_c —— 气体临界绝对压力；
 t —— 气体绝对温度；
 p —— 气体绝对压力。

工程上常用查图和计算两种方法求取 Z 。其中，在已知气体名称及温度、压力数据后，可用人工查图的方法求取 Z 。而在智能流量二次表中，采用计算方法求取 Z 较方便。

从 T_c 、 P_c 、 t 和 P 计算压缩系数 Z 通常采用 R-K 方程式（Redlich-Kwong）：

$$Z = \frac{1}{1-h} - \frac{4.934}{T_r^{1.5}} \cdot \frac{h}{1-h} \quad (3)$$

$$h = \frac{0.08664 p_r}{Z \cdot T_r} \quad (4)$$

式中： h —— 中间变量；
 T_r —— 对比温度；
 P_r —— 对比压力

$$T_r = \frac{t}{t_c} \quad (5)$$

$$p_r = \frac{p}{p_c} \quad (6)$$

计算步骤如下：先从 t 和 T_c 计算 T_r ，从 P 和 P_c 计算 P_r ，再令 $Z = 1$ ，代入式 (4) 得 h ，再代入式 (3) 得 Z 计算值，然后将此值再代入式 (4) 并经多次叠代得到精确的 Z 。

三、压缩系数补偿在智能二次表中的实施

很多智能流量二次表都有压缩系数补偿功能，仪表中已固化有从 T_c 、 P_c 、 t 和 P 求取 Z 的程序，例如 FC 6000 型通用流量演算器中 T_c 存放在第 44 条菜单中， P_c 存放在第 45 条菜单中，仪表人员只需根据气体名称从理化手册中查出相应的 T_c 和 P_c ，分别写入第 44、45 条菜单，并在功能指定窗口指定 Z 用计算法补偿，则仪表运行后就会从 T_c 、 P_c 、 t_n 、 P_n 计算 Z_n ，从 T_c 、 P_c 、 t_f 、 P_f 计算 Z_f ，并且自动根据流量传感器、变送器类型自动计算出标准状态体积流量以及质量流量（若需计量质量流量，菜单须填入标准状态气体密度 ρ_n ）。

四、差压式流量计的压缩系数补偿

差压式流量计的压缩系数补偿是对气体的工况偏离设计工况后压缩系数的变化进行补偿。其补偿公式为

$$q_v = \sqrt{\frac{p_f \cdot t_d \cdot z_d \cdot FS}{p_d \cdot t_f \cdot z_f}} \quad (7)$$

式中： t_d 、 p_d 、 Z_d —— 设计状态气体绝对温度、绝对压力、压缩系数；
 FS —— 满度流量值。

在流量计菜单的第 30 条和第 26 条分别填入 t_d 、 p_d ，并按式 (7) 自动进行补偿。压缩系数补偿对某些气体来说是必不可少的。