

从旋涡流量计标定数据推算流体设计工况

纪 纲 (上海宝科自动化仪表研究所, 上海 200940)

模拟输出旋涡流量计用来测量蒸汽或气体流量时, 只有在使用工况同设计工况一致的情况下才不需进行工况补偿。在实际使用的这种仪表中, 使用工况同设计工况一致的例子极为少见, 而绝大多数的系统都需进行工况补偿。

工况补偿一般在流量二次表或 DCS 中进行, 补偿所使用的公式如下:

对于过热蒸汽
$$k = \frac{\rho_f}{\rho_d} \quad (1)$$

$$\rho_f = f(p_f, t_f) \quad (2)$$

$$\rho_d = f(p_d, t_d) \quad (3)$$

对于一般气体

$$k = \frac{p_f \cdot t_d \cdot z_d}{p_d \cdot t_f \cdot z_f} \quad (4)$$

式中: k —— 补偿系数;

ρ_f, ρ_d —— 使用状态、设计状态蒸汽密度, kg/m^3 ;

p_f, p_d —— 使用状态、设计状态流体压力, kPa 或 MPa ;

t_f, t_d —— 使用状态、设计状态流体温度, $^\circ\text{C}$;

z_f, z_d —— 使用状态、设计状态流体压缩系数。

本来, 设计工况是由用户提出的已知条件, 并不需要倒过来推算。流量计制造厂从用户提出的工况条件和测量上限 (仪表输出 20mA 时所对应的流量值) 计算设计工况条件下的体积流量, 再引入旋涡流量计的流量系数计算出流量计 20mA 输出时所对应的频率数。用户使用时就将 p_d, t_d 满度流量值等写入流量二次表, 并将 p_f, t_f 测量信号引入仪表, 就可完成流量演算和工况补偿。遗憾的是天长日久或人事变动等原因将设计工况数据丢失, 不得不从流量计的标定数据 (来自标定检验报告) 反过来推算设计工况。下面举例说明。

有一台 YF 110 型旋涡流量计用来测量蒸汽流量, 其流量系数 $K_t = 1.3938 \text{ P/L}$, 其输出 4 ~ 20mA 对应 0 ~ 6000 kg/h , 仪表标定检验报告上写明 20mA 输出对应的输入频率 $f_{i \max} = 488.96 \text{ P/s}$, 现推算其设计工况。

(1) 计算满度对应的体积流量 $q_{v \max}$;

$$\begin{aligned} q_{v \max} &= \frac{f_{i \max}}{k_t} = \frac{488.96 \text{ P/s} \cdot 3600 \text{ s/h}}{1.3938 \text{ P/l} \times 1000 \text{ l/m}^3} \\ &= 1262.92 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

(2) 从满度对应的质量流量 $q_{m \max}$ 和体积流量 $q_{v \max}$ 计算设计状态下流体密度 ρ_d ;

$$\begin{aligned} \rho_d &= q_{m \max} / q_{v \max} \\ &= 4.7509 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

(3) 假定一个流体温度 t_d 由 ρ_d 查蒸汽密度表推算 p_d 。

先令 $t_d = 300$, 由 $\rho_d = 4.7509 \text{ kg/m}^3$ 查密度表得 $p_d = 1.117 \text{ MPa}$ (表下同), 此结论有可能同仪表订货时提的原始条件不一致。因为订货时压力条件一般均取整数。所以再次推算。

再令 $t_d = 250$, 由 $\rho_d = 4.7509 \text{ kg/m}^3$ 查密度表得 $p_d = 1.0 \text{ MPa}$ 。

本次推算得到的数据, 温度和压力都是整数, 故极有可能同原来提的设计工况相符。其实从式(1)可知, 补偿系数 k 仅取决于 t_f 和 t_d 之比, 而 ρ_d 是由流量二次表根据 ρ_d 、 t_d 查表得到, 所以不作第二次推算也不要紧, 这时就以 $p_d = 1.117 \text{ MPa}$, $t_d = 300$ 写入流量二次表, 仪表运算后查密度表, 也能得到 $\rho_d = 4.7509 \text{ kg/m}^3$ 的结果, 从而进行正确的补偿。

至于一般气体推算 ρ_d 、 t_d 比过热蒸汽更容易, 一般可假定 $z_f = z_d = 1$ 。

假如有一台 YF 115 型旋涡流量计用来测量空气流量, 其流量系数 $k_t = 0.4417 \text{ P/L}$, 其输出 20mA 对应满度流量 $q_{v \max} = 20000 \text{ Nm}^3/\text{h}$, 仪表标定校验报告上写明 20mA 输出对应的输入频率 $f_{i \max} = 377.99 \text{ P/s}$, 现推算其设计工况 ρ_d 、 t_d 。

(1) 计算设计工况条件下满度对应的体积流量 q_{vd} :

$$q_{vd} = \frac{f_{i \max}}{k_t} = \frac{377.99 \text{ P/s} \times 3600 \text{ s/h}}{0.4417 \text{ P/l} \times 1000 \text{ l/m}^3} = 3080.77 \text{ m}^3/\text{h}$$

(2) q_{vd} 和 $q_{v \max}$ 为不同工况条件下的体积流量, 有下面关系式成立:

$$q_{v \max} / q_{vd} = \frac{p_d \cdot t_n \cdot z_n}{p_n \cdot t_d \cdot z_d} \quad (5)$$

式中: p_n 、 t_n 、 z_n —— 流体标准状态压力、温度、压缩系数。

根据有关标准取: $p_n = 101.35 \text{ kPa}$ (绝压);

$t_n = 20$ (若设计文件中注明标准状态温度为 0 , 则取 $t_n = 0$)

$z_n = 1$ 。

令 $z_d = 1$, 将这些数据和 $q_{v \max}$ 、 q_{vd} 数据代入式(5)得

$$\frac{p_d \cdot t_n \cdot z_n}{p_n \cdot t_d \cdot z_d} = \frac{(273 + 20)p_d}{101.325 \times t_d} = \frac{20000}{3080.77} \quad (6)$$

从 $q_{v \max}$ 同 q_{vd} 相差约 7 倍的关系初步估算 $p_d = 0.6 \text{ MPa}$ (表压力), 并将其代入式(6)得

$$t_d = 313 \text{ }^\circ\text{K} \\ = 40$$

由于 p_d 和 t_d 均为整数, 所以认为估算正确。

空气在压力为 0.6 MPa , 温度为 40 条件下, 压缩系数近似为 1, 所以上述假定条件 $z_d = 1$ 成立。