

带补偿差压式液位测量系统

上海宝科自动化仪表研究所

纪 纲

差压式液位计应用十分普遍，这是因为它具有简单、可靠，投资较省，维修方便等优点。但也有美中不足之处，即液体密度及其上方的气相密度对测量结果有明显的影响。幸运的是在绝大多数情况下，此密度同其温度之间有单值函数关系，因此，引入液体温度补偿能显著提高测量精度，在大型油罐和锅炉汽包液位的测量中，广泛应用。

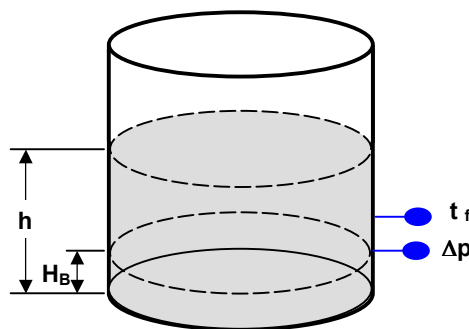
(1) 在大型油罐液位测量中的应用。

在下图所示的油罐液位测量中，有下面的关系式：

$$h = \frac{\Delta p}{\rho_l - \rho_a} + H_B = \frac{\Delta p}{\rho_n [1 + a_1(t_f - t_n) \times 10^{-2} + a_2(t_f - t_n)^2 \times 10^{-6}] - \rho_a} + H_B$$

式中：

- h —— 液位；
- Δp —— 差压；
- ρ_f —— 工作状态下液体密度；
- H_B —— 差压变送器安装高度；
- t_f —— 液体实际温度；
- t_n —— 液体基准（或参考）温度；
- ρ_n —— 与 t_n 相对应的液体密度；
- ρ_a —— 气体密度
- a_1 —— 液体一次膨胀系数；
- a_2 —— 液体二次膨胀系数。



其中差压信号 ΔP 一般由 0.1级准确度的智能差压变送器测量，然后经安全栅送入智能液位二次表， t_f 测温铂热电阻信号也送入液位二次表。式中的 t_n 、 ρ_n 、 ρ_a 、 a_1 、 a_2 和 H_B 写入二次表菜单，仪表运行后就可对温度影响进行自动补偿。

式中的膨胀系数 a_1 、 a_2 通常由工艺专业提供的液体密度同温度关系对照表用回归的方法得到。 ρ_a 为罐内气体密度，如果是用氮气隔离的，则 ρ_a 等于氮气密度，如果是开口容器，则 ρ_a 等于空气密度。 ρ_a 数值的准确度对液位测量结果影响并不大，一般可取 1.2 kg/m^3 。

式中的 ρ_n 很重要，一般根据罐内所贮存液体的种类由工艺专业提供。有时候液体组份也有少许变化，则可根据工艺专业定时采样所作的密度分析报告，对液位二次表菜单中的数据作相应修改。

这种液位测量系统的准确度一般可在现场用检尺检验。

从实际检验结果来看，还是有些误差的，例如某炼油厂白土车间 58 只贮罐，最大液位高度为 10m，二次表示值未作调整的情况下，满罐时检验误差最多的达 10cm。这可能同密度数据不准确以及上下层液体温度不够均匀有关。修正的方法是在低液位条件下修改二次表菜单中的 H_B 使示值相符。满罐时，对量程设置值 $\Delta p_{\max}$ 作微量校正使示值相符。

(2) 在汽包水位测量中的应用

锅炉在运行过程中，汽包压力总是有变化，从而导致汽包中液相密度和汽相密度的相应变化。使水位测量产生较大误差。对于压力较高的锅炉尤为如此。

在下图所示的汽包水位测量系统中，有下面的关系式：

$$h = H - \frac{\Delta P}{\rho_s - \rho_w}$$

式中：

- h —— 水位；
- H —— 平衡容器范围；
- ΔP —— 差压；
- ρ_s —— 汽包中蒸汽密度；
- ρ_w —— 汽包中饱和水密度；

由于汽包中蒸汽和水处于两相平衡状态，两相温度近似相等，温度和压力有一一对应关系，所以既可以由压力查密度表也可由温度查密度表，如图所示。即

$$\rho_s = f(p) = f(t_f)$$

$$\rho_w = f(p) = f(t_f)$$

因此将 ΔP 和 t_f 信号输入光柱表，将 H 写入菜单，仪表运行后，就自动查表并进行补偿运算。

在现场使用中，汽包温度和压力信号一般可利用已有的测量仪表，用不着另外装设。

