

# 低气压系统流速和微小压差的测量\*

林 光 海

(中国科学院力学研究所)

## 一、引 言

测量气体流速通常用皮托管。皮托管用来测量气流的总压和静压之差,也就是动压,而求出气体的流动速度。这样,流速的测量也能归结为气体压差的测量。测量气体压差还可用来测量流动管道各段的压头损失和动力源(如风机等)的增压。

一般来说,测量气体压差有多种方法。 $U$ 管压强计、斜管式压强计,双液式差压计是其中的一些常用方法。所充的液体也根据不同的测试要求和范围,有水银、水、酒精、煤油、甘油等。然而,随着工程技术的发展,例如气体激光技术的发展,人们会碰到测量低气压(10~40托)、低重度(仅为同气压空气重度的1/2)气体的流速问题,用通常测量压差的装置就不能很好地胜任这样一种任务。例如测量流动速度为40米/秒的低气压(30托)、低重度混合气体( $\text{CO}_2:\text{N}_2:\text{He}=1:7:12$ ),其动压仅为2.07公斤/米<sup>2</sup>,用通常充0.9克/厘米<sup>3</sup>油料的 $U$ 管,两管的高低差仅为2个多毫米,测量误差就很大。同时,由于系统的气压低,因此所充的油料要求有较高的真空性能,这样,如用双液式差压计,文献上通常提到的液料就不合适。

本文提出用甲基硅油及甲基苯硅油作为两种液料,成功地测出了低气压气体的流动速度。

## 二、液 料 选 择

用于测量低气压系统微小压差的双液式差压计的两种液料需要满足以下几个条件

1. 有较好的真空性能,以减少液料对系统的污染。
2. 两种液料的比重尽量相近,以提高测量的灵敏度。
3. 两种液料互相不溶、且有明显的界线,也不沾管壁。

201型甲基硅油及275型甲基苯硅油基本符合以上三个条件。甲基硅油的比重为0.93~0.98;甲基苯硅油的比重一般大于1.05,两者的比重相近;两者都有较好的真空性能,特别是甲基苯硅油,真空性能更好;两种油料互不混淆,有明确的界线,我们曾作过一个实验,

\* 本文于1979年10月收到。

将两种油放在一个小试管内, 剧烈摇晃, 来回颠倒小试管, 可是静置后不到一分钟, 两种油的界线就清晰可见, 在双液式差压计的使用条件下, 界线完全清楚, 可以不加染料; 在差压计玻璃管壁干净时, 两种油料都不沾管壁。

为了加快反映时间, 宜选用运动粘度尽量小的油料。实际我们选用的甲基硅油比重为 0.937、甲基苯硅油的比重为 1.089。

### 三、分析讨论

1. 见双液式差压计的示意图。设细管的截面为  $S_1$ , 粗管的截面为  $S_2$ , 装两种不相溶油料, 比重分别为  $\gamma_1, \gamma_2$ 。如果两个粗管分别接压力  $P_1$  和  $P_2$ , 细管中油面就相差  $h$ , 则

$$P_1 - P_2 = \gamma_1 h - \gamma_2 h + \gamma_2 \Delta h \quad (1)$$

式中  $\Delta h$  为粗管的油面差, 如果  $S_2 \gg S_1$ , 则  $\Delta h \sim 0$ 。于是,

$$P_1 - P_2 = h (\gamma_1 - \gamma_2) \quad (2)$$

2. 如果灌液料时初始液面不平, 设右端高  $h_0$ , 于是

$$h_0 \gamma_1 = \gamma_2 h_0 + \gamma_2 \Delta h_0 \quad (3)$$

$\Delta h_0$  为粗管的初始液面差, 加压  $P_1, P_2$  后

$$P_1 - P_2 = (\gamma_1 - \gamma_2) (h_0 + h) + \gamma_2 (\Delta h - \Delta h_0)$$

代入 (3)

$$P_1 - P_2 = (\gamma_1 - \gamma_2) h + \gamma_2 \Delta h \quad (4)$$

与 (1) 式相同, 所以初始液面不等不影响读数, 只要读出液面差的变化就成。

3. 面积修正:

从 (1) 式可得

$$P_1 - P_2 = h \left[ (\gamma_1 - \gamma_2) + \frac{S_1}{S_2} \gamma_2 \right] \quad (5)$$

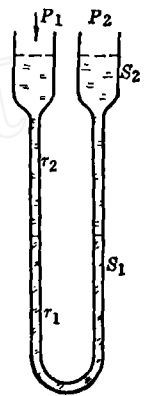
在我们使用的条件下, 测出粗管的直径为 28mm; 细管直径 4 mm,  $\gamma_2 = 0.937, \gamma_1 = 1.089$ ; 则

$$\Delta P = 0.171 \cdot h \quad (6)$$

式中,  $h$  用毫米,  $\Delta P$  用公斤/米<sup>2</sup>。

4. 实验发现, 在试验中位置的变化, 例如由于振动而使差压计不垂直, 会使零点漂移、影响测量精度。因此差压计要尽量减少振动, 以防位置变化。另外温度会使油比重变化, 所以尽量要保持同一温度。

总之, 甲基硅油和甲基苯硅油是测量低气压, 低重度气体压差的双液式差压计的一种油料选择, 可以满足测量速度和微压差的需要。



双液式差压计示意图