

U形压强计测量流体输送管某两点 压强差教学浅见

刘 维 俊

(蒙自师专化学系)

摘 要

本文从U形管压强计测量流体输送管某两点压强差,具有普遍性计算式的推导,找出设备压强定量描述式,从而得出真空度、表压两个基本概念及其与绝对压强的相互关系,避免常见化工教材仅用语言描述的弊端。

关键词 流体输送管 U形压强计 真空度 表压 绝对压强

1 前言

流体在管道中流动时,由于存在着流动阻力,使得流体能量产生损失,致使流体静压强发生变化、因此流体输送管道不同截面处,流体的静压强不同。其数值可用测压仪表测出。

U形管压强计是化工生产中测量工艺设备压强的一种仪表,设计理论依据是流体静力学基本原理。常见的工艺化学教材在介绍流体静力学基本原理及其应用时,对将U形压强计用来测量流体输送管道某两点间的压强差,推导出来的压强差计算式,是以水平直管为考察对象推导的。其结果是:

$$\Delta P = (\rho_0 - \rho_i) g \cdot R \quad (1)$$

其中 ρ_0 为U形管压强计指示液密度, ρ_i 为输送管中流体密度。U形管指示液不与被测流体发生任何化学反应,不互溶,且 $\rho_0 > \rho_i$ 。R为U形管压强计指示液高度差。

化工生产中流体输送管多种多样,除常见的直管外,还有扩张管,收缩管及倾斜直管等等。对U形管压强计测量体输送管某两点间的压强差计算式的推导,可以通过具有普遍性的管道设施为考察对象推导出来,并且可以从中得出水平直管的计算式仅只是具有普遍性计算式的特殊情况。

1990年12月6日收稿。

2 计算式推导

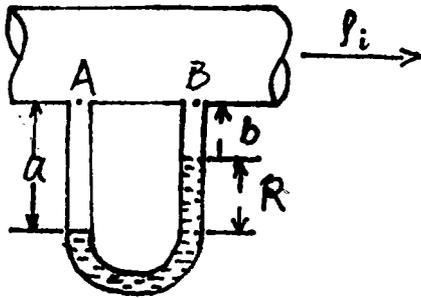


图 2

以扩张管为考察对象。

如图 1。设管道中输送的流体密度为 ρ_i ，压强计指示液密度为 ρ_0 、扩张管 A、B 两点的压强分别为 P_A 、 P_B 。U 形管 1—2 液面上的压强分别为 P_1 、 P_2 。

由流体静力学基本方程得：

$$P_1 = P_A + \rho_i \cdot g \cdot a$$

$$P_2 = P_B + \rho_i \cdot g \cdot b + \rho_0 \cdot g \cdot R$$

而 1、2 两点是连通着的，且静止于同一流体中，又在同一水平面上，所以：

$$P_1 = P_2$$

$$\text{则： } P_A + \rho_i \cdot g \cdot a = P_B + \rho_i \cdot g \cdot b + \rho_0 \cdot g \cdot R$$

$$P_A - P_B = \Delta P = \rho_0 \cdot g \cdot R - \rho_i \cdot g \cdot (a - b) \quad (2)$$

此式表明，流体输送管任意两点的压强差是 U 形管中密度为 ρ 的流体柱 a 、 b 产生的静压强之差与 U 形管指示液柱 R 产生的静压强之差。

若管道的 A、B 两点处于同一水平高度则：

$$a - b = R$$

所以 (2) 式变为：

$$P_A - P_B = \Delta P = (\rho_0 - \rho_i) \cdot g \cdot R \quad (3)$$

此结果完全与 (1) 式相同。

可见，当扩张管的 A、B 两点同处于一水平高度时，扩张管可看作是一水平直管。如图 2。此推导表明，水平直管压强差计算式，是以具有普遍性的输送管的特殊情况。

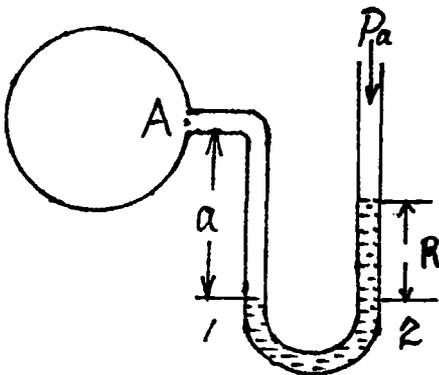


图 3

3 应用及讨论

用U形管压强计测出某工艺设备两点的压强差，并没有什么实际价值。工业生产上往往想知道的是设备某一点的压强是多少。因而具体使用时常常使U形管压强计的一端与设备相连，另一端与大气相通，这样就可以从U形管上读出工艺设备任意点的压强。

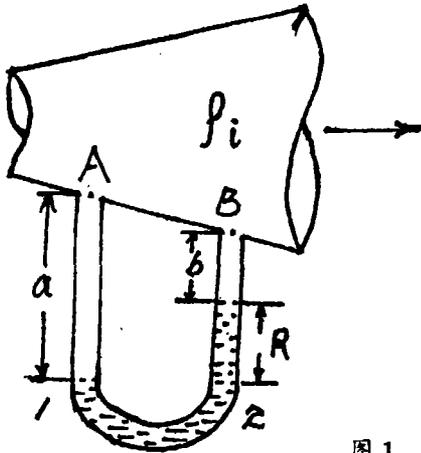


图 1

3.1 扩张管

令推导(2)式中的B点与大气相通。如图3。那么(2)式中：

$$P_B = P_a$$

P_a 是当地大气压，b中无被测流体，故(2)式变为：

$$\Delta P = P_A - P_a = \rho_o g R - \rho_i g a \quad (4)$$

表示工艺设备中A点的压强与大气压之差是U形管压强计读数及产生的静压强与被测流体柱a产生的静压强之差。

当 $\rho_o g R - \rho_i g a > 0$ 时：

$P_A - P_a$ 为正值，表示设备绝对压强比当地大气压高出的部份，即表压。因此：
表压 = 绝对压强 - 大气压

当 $\rho_o g \cdot R - \rho_i g a < 0$ 时：

$P_A - P_a$ 是负值，表明设备绝对压强比当地大气压还低，其低出部份 $P_a - P_A$ 是真空度。因此：

真空度 = 大气压 - 绝对压强

若被测流体是气体流体，通常 $\rho_o \gg \rho_i$ ，由气柱a造成的静压强可忽略不计。于是(4)式变为：

$$P_A - P_a = \rho_o \cdot g \cdot R$$

此时U形管的读数R，即为设备A点的表压。

3.2 水平直管

令(1)式中的B与大气相通，则：

$$P_B = P_a$$

所以(1)式为：

$$P_A - P_a = (\rho_o - \rho_i) \cdot g \cdot R = \rho_o g R - \rho_i g R \quad (5)$$

它表示A点的压强是U形管指示液读数R产生的静压强与被测流体柱R产生的静压强之差。与(4)式相比较 $\rho_i \cdot g \cdot a$ 显然不等于 $\rho_i g R$ ，(5)式必然有误差，当 $a = R$ 时与水平直管结论一致。因此准确的计算式或具有普遍性的计算式应是(4)式。即：

$$\Delta P = P_A - P_B = \rho_0 g a - \rho_i g a$$

若被测流体是气体, 则 $\rho_0 \gg \rho_i$, 所以 (5) 式变为:

$$P_A - P_B = \rho_0 \cdot g \cdot R$$

此结论与扩张管被测流体是气体时结论一致。表明水平直管结论只有用于气体流体的测定, 结论才与具有普遍性结论测定气体流体时相一致。

4 结束语

具有普遍意义的U形压强差计算式的推导, 不但展示了常见化学工艺教材所用的直管推导的特殊性, 而且可以从推导中得到对表压与真空度概念的定量表示, 可以避免一般教材对真空度、表压仅用语言描述, 显得抽象一时难于理解的弊病。

本文曾得到黄兆龙老师指点, 在此表示衷心感谢。

参 考 文 献

- [1] 韩百光主编. 化工基础简明教程. 北京: 北京师范大学出版社, 1988
- [2] 上海师范学院, 福建师范大学编. 化工基础(上册). 北京: 高等教育出版社, 1980
- [3] 崔思选主编. 化学工艺学. 北京: 高等教育出版社, 1984
- [4] 华南师大等4院校合编. 化学工程基础简明教程. 1983
- [5] (英)J. M. 柯尔森, J. F. 李嘉森等著. 化学工程. 北京: 化学工业出版社, 1983

ABOUT THE COMMON VIEWS ON TEACHING THE MEASURING TO THE PRESSURE DIFFERENCE BETWEEN CERTAIN TWO POINTS IN THE FLUID TRANSPORTING TUBE BY A U—TUBE PRESSUREGAUGE

Liu Wei—jun

(Chemical Department, Mengzi Teacher's Intitute)

This eassy according to the rceckoning of the general

formula from the measuring to the difference of the pressure between the two points in a fluid transporting tube, conclude out the describing formula of an apparatus' pressure in determined quality, then, result in the two elementary concepts of the vacuum gauge and the gauge pressure and again the relationship between the absolute pressure and the above two concepts, furthermore as to avoid the shortcoming appearing in common textbooks on chemical industry only with the language discription.

KEY WORDS fluid transporting tube, U—tube pressuregauge, vacuum gauge, gauge pressure, absolute pressure.

(上接78页)

在 $[a, +\infty)$ 上连续, 由推论, 有

$$f_+'(a) = [\varphi(x) + (x - a)\varphi'(x)]|_{x=a} = \varphi(a).$$

由于 $\varphi(a) \neq 0$, 故 $f_+'(a) \neq f_-'(a)$, 因此函数 $f(x) = |x - a|\varphi(x)$ 在点 a 不可导。

参 考 文 献

- [1] 刘玉琏, 傅沛仁编. 数学分析讲义(上册). 北京: 高等教育出版社
- [2] 毛羽辉, 蒋国芳, 郑英元, 杨庆中编. 数学分析解题指南(上册).
- [3] Г. П. 吉米多维奇著. 数学分析习题集. 北京: 人民教育出版社