

滞流区摩擦系数试验装置的改进

周佛龙 徐涵庆

(化学工程系)

摘要 改进了滞流区摩擦系数的试验装置,试验数据用中文版 Excel 5.0 处理,图表俱全,速度快。经验关联式与理论公式相当吻合。

主题词 滞流;摩擦系数;Excel 5.0 应用

中图分类号 TB126

0 前言

工程流体力学是化工单元操作的基础理论,管内流动的两种流型(滞流与湍流)是流体力学的基本概念,也是讨论传递过程原理的基础,管路设计与流体输送设备的选用,都需要计算流体在管内流动时的阻力损失。因此,工程流体力学十分重视管内流动阻力的试验。目前,国内兄弟院校关于管内流动阻力的试验多局限于湍流区范围,一般不测滞流区的摩擦系数,除了在工程上管内流动多属湍流,滞流很少见之外,还因为滞流区内流速低,相应的流动阻力小,产生的压降 Δp_f 小,难以准确测量。而用倒置 U 型压差计来测量滞流区的 Δp_f ,调节阀容易漏气,且不易操作。对此,我们进行了研究并改进了滞流区摩擦系数试验装置。

1 试验装置和方法

1.1 试验装置的改进

原有的管内流动阻力试验装置采用约 10m 高的恒液位高位槽供水,由 3 根水平管道组成设备主体,其中一根用于测试湍流区直管摩擦系数,另外两根用于测量阀门的局部阻力系数和流量计的流量系数。流量参数用涡轮流量计测定,压降 Δp_f 用 U 型压差计(水银为指示液)测定。利用原有试验装置测压管段较长、相应 Δp_f 较大的优势,在原有的设备主体上增加第四根水平直管,用于测量滞流区的摩擦系数,为了提高流量和压降两个参数的测量准确度,用转子流量计测流量,用 CCl_4 作指示液的 U 型压差计测压差,整个装置的流程见图 1。

1.2 测量方法的改进

- 1) 滞流区摩擦阻力系数测量用管段长为 5m,管径为 0.0105m 的不锈钢无缝管。
- 2) 选用着红色的 CCl_4 为指示液,用 U 型压差计测量管路阻力的压降 Δp_f ,它与倒置

收稿日期: 1996-07-15

U 型压差计相比, $(\rho_{\text{CCl}_4} - \rho_{\text{H}_2\text{O}})$ 比 $(\rho_{\text{H}_2\text{O}} - \rho_{\text{air}})$ 更小, 可提高测量的准确度。

3) 流量用转子流量计测定, 用称重法标定流量曲线。

4) 水温用玻璃水银温度计测定。

2 试验数据处理及结果

管径 $d_i = 0.0105\text{m}$ (截面积 $8.659 \times 10^{-5}\text{m}^2$)

管长 $l = 5.000\text{m}$

水温 16°C

水密度 $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 997.9\text{kg/m}^3$

水粘度 $\mu = 9.25 \times 10^{-4}\text{Pa} \cdot \text{s}$

CCl_4 密度 $\rho_{\text{CCl}_4} = 1595\text{kg/m}^3$

流量计流量曲线 $V(\text{L/h}) = 1.21594R + 7.794066$ (R 读数)

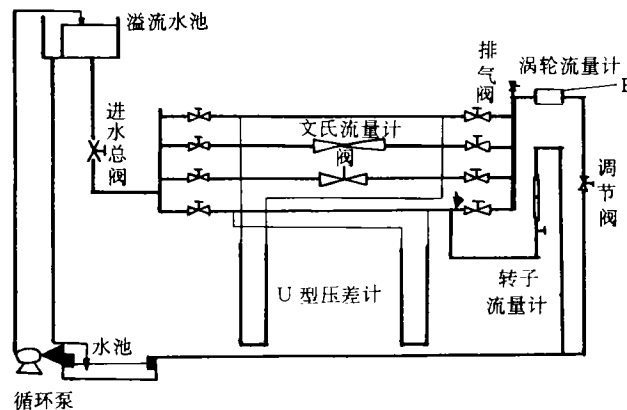


图1 装置改进后的测量流程

表1 试验数据

流量计读数 R	压差计液面差 Δh (mm)	Re	λ	流量计读数 R	压差计液面差 Δh (mm)	Re	λ
0	5.1	283	0.20258	25	20.8	1388	0.03441
5	9.0	504	0.11283	30	25.6	1609	0.03152
10	12.2	725	0.07394	35	29.4	1830	0.02798
15	15.5	946	0.05519	40	36.3	2051	0.02751
20	18.7	1167	0.04376	45	40.8	2272	0.02519

由线性回归得经验关联式 $\lambda = \frac{66.7}{Re^{1.032}}$,

关联系数 $r = -0.9962$, 实验数据关联图见图2。

3 讨 论

根据误差分析^[1]知, 对 λ 的相对误差影响较大的因素有管径 d_i (误差传递系数为5) 和流量 V (误差传递系数为2)。实验用不锈钢无缝管系工业产品, 无论其内径还是其圆度都有一定的误差, 它的影响最大。由实验数据经线性回归所得经验关联式 $\lambda = 66.7/Re^{1.032}$ 与理论关系式 $\lambda = 64/Re$ 基本吻合。

由于我们采用了5m的管段, 并且选用 CCl_4 为指示液的压差计测压差 Δp_i , 使所测数据比较准确, 重现率高, 且方法简便。

用称重法标定流量曲线的转子流量计, 不但克服了原装置涡轮流量计测量微小流量的

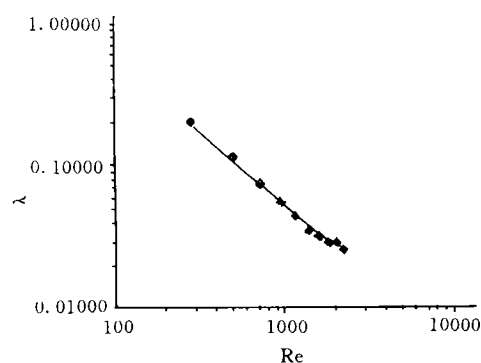


图2 实验数据关联图

困难,而且标定的流量曲线可用于微机处理。

本试验采用当今最流行的中文版 Excel 5.0 软件来处理数据,只要输入原始数据,计算结果和相应的 $\lambda - Re$ 曲线即同步显示,且能回归方程,省时方便。

4 结 论

经过改进的滞流区摩擦系数测量装置简单易用,试验结果与理论关系式基本吻合;用 Excel 软件处理试验数据简便准确;试验结果重现率高。

参 考 文 献

- 1 天津大学化工技术基础实验教研室编. 化工基础实验技术. 天津大学出版社,1989

Improvement of Equipment for Measurement of Friction Factor in Laminar Flow

Zhou Fulong Xu Hanqing

(Dept. of Chem. Eng.)

Abstract The experimental equipment for friction factor measurement in laminar flow has been improved. The experiment data are treated with Excel 5.0 (chinese vesion). which simultaneously offers complete tables and figures. The experimental results agree fairly with the theoretical formula.

Subject-words Laminar flow; Friction factor; Application of Excel 5.0