

工程流体力学实验

南京工学院编

电力工业出版社

内 容 提 要

全书分为两部分。第一部分是实验，编有十八个实验，每个实验包括实验目的、实验原理、实验设备、实验步骤、思考问题及实验报告等内容；第二部分是流体参数测量的基础知识，附录有单位换算和数据表、孔板设计用表。

本书可作为高校工程流体力学试验用书，也可供有关工程技术人员参考。

工 程 流 体 力 学 实 验

南京工学院编

*

电力工业出版社出版

(北京德胜门外六铺炕)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 11.25印张 252千字

1982年6月第一版 1982年6月北京第一次印刷

印数 0001—6710册 定价1.20元

书号15036·4287

前 言

工程流体力学是一门基础科学，既有理论又需有实验知识。近年来，国内已出版了几本工程流体力学教材，为了配合教学，我们特编写工程流体力学实验一书，以供工科院校有关专业学生、研究生作为实验教学用书，亦可供从事流体力学实验的同志们参考。

本书内容包括工程流体力学的十八个实验和流体参数测量的基础知识两部分。其目的在于使学生掌握工程流体力学实验的基本方法和基本技能；验证工程流体力学的理论，加深对工程流体力学理论的理解；培养学生严肃认真的科学的工作作风，以及分析问题和解决问题的能力。

本书是以南京工学院多年来工程流体力学实验教学经验为基础，并收集国内外有关实验的资料而编写的。参加本书编写的有：于荣宪（实验一至五、七至十三、十七和十八、第二部分的一至六），顾随安（实验十四和十五），王文琪（实验六和十六、第二部分的七）。王文琪、于荣宪负责统稿。本书承山东工学院孔珑审阅，审阅中提出很多宝贵意见，谨致谢忱。

南京工学院关密、庞麓鸣、陈冬青、冯海仙、衣承斌、陈天授、宗祥康、钱文辉、王德荣等同志在实验室建设和实验教学中曾付出大量的劳动，有助于本书的编写，关密同志还对本书提出许多技术上的意见，在此一并致以谢意。

编者学识有限，编写时间仓促，书中不足或错误之处在所难免，请读者批评指正。

编 者

一九八一年十月

目 录

前言

第一部分 实验	1
实验一 流体静力学基本方程式	1
实验二 测速管校正	5
实验三 流态观察和临界雷诺数测定	8
实验四 管道沿程阻力	11
实验五 管道紊流速度分布和局部阻力系数测定	16
实验六 伯努里能量方程式演示	22
实验七 流体粘度测定	25
实验八 势流电比拟研究法	30
实验九 绕圆柱体压力分布	36
实验十 绕二元机翼压力分布	41
实验十一 平板附面层速度分布	48
实验十二 附面层对被绕流物体阻力的影响	53
实验十三 动量法测定机翼阻力	59
实验十四 烟风洞中流动可视化演示	65
实验十五 冲波观察及超音速气流 M 数测定	67
实验十六 激光测速演示	72
实验十七 水泵性能	77
实验十八 风机性能	83
第二部分 流体参数测量的基础知识	89
一、常用物理量的计算与测定	89
二、流体压力测量	92
三、流体速度测量	103
四、流体流量测量	118
五、孔板流量计	128
六、风洞简介	142
七、观察流体运动的光学方法	155
附录 I 单位换算和数据表	160
I-1 长度(1)	160
I-2 长度(2)	160
I-3 面积(1)	160

I-4	面积 (2)	160
I-5	体积与容积	161
I-6	重量或力	161
I-7	速度	161
I-8	流量	161
I-9	密度	162
I-10	压力	162
I-11	动力粘度	162
I-12	功率	162
I-13	功和热量	163
I-14	导热系数	164
I-15	传热系数	164
I-16	水的物理性质	164
I-17	各种压力下水的重度 (kgf/m^3)	165
I-18	水以外的液体的物理性质	165
I-19	水的性质	165
附录II	孔板设计用表	166
II-1	水和水蒸汽的动力粘度 $\mu \times 10^6$ ($\text{kgf} \cdot \text{s}/\text{m}^2$)	166
II-2	水的重度 γ (kgf/m^3) 与压力和温度的关系	167
II-3	节流件和管道材料的线膨胀系数 λ	168
II-4	标准孔板开孔直径 d 的加工公差	169
II-5	各种管道绝对粗糙度 K 值	169
II-6	角接取压标准孔板的光管流量系数 α_0 值	170
II-7	角接取压标准孔板的 r_0 值	171
II-8	角接取压标准孔板的 $\beta^2 \alpha_0$ 值	171
II-9	角接取压标准孔板的流束膨胀系数 ϵ 值	172
参考文献		173

第一部分 实 验

实验一 流体静力学基本方程式

(一) 实验目的

1. 通过实验理解流体静力学基本方程式的物理意义和几何意义。
2. 学习使用液柱式测压计。
3. 巩固表压力、压力和真空的概念，熟悉压力单位的换算。
4. 学习测量液体的比重。

(二) 实验原理

对于在重力作用下处于静止状态的不可压缩均质液体，其基本方程是

$$z + \frac{p}{\gamma} = \text{常数} \quad (1-1)$$

对于有自由表面的液体

$$p = p_0 + \gamma h \quad (1-2)$$

两式中 z ——单位重量液体相对于基准面的位势能，即位置水头[m]；

$\frac{p}{\gamma}$ ——单位重量液体的压力势能，即压力水头[m]；

γ ——液体的重度[N/m³]；

h ——液体内部任一点到液体自由表面的距离[m]；

p ——液体内部任一点的静压力[N/m²]；

p_0 ——液体自由表面的静压力[N/m²]。

表压力 p_g 是液体内部任一点的静压力 p 与大气压 p_a 之差，也就是从大气压开始起算的压力。它的大小可以用从该点同一高度引出的开口测压管的液柱高度 h 来表示，即

$$p_g = p - p_a = \gamma h \quad (1-3)$$

而负的表压力 p_v 称为真空，即

$$p_v = -p_g = p_a - p = -\gamma h \quad (1-4)$$

(三) 实验设备

在一个透明的或者具有观察液面窗口的密闭容器内装水，并用软塑料管将密闭容器与一个可以升降的调压玻璃筒相连，如图1-1所示。密闭容器上装有排气阀、压力表、真空表、液位计和液柱式测压计（包括测压管和U形管差压计）。U形管差压计4所装封液的重度 γ_4 大于水的重度 γ ，U形管差压计5所装封液是水银。玻璃管1和6是在不同水深处引出的液位计。开口测压管2和3分别从不同水深处接出。压力表量程为 $0 \sim 9.81 \times 10^4$ N/m²或 $0 \sim 1$ kgf/cm²。真空表采用正负压联程式的，真空量程为 $0 \sim 760$ mmHg。备有

比重计一只，供测定U形管差压计4内封液的比重用。调压玻璃筒挂在滑轮上，当关闭排气阀时，提高调压玻璃筒的位置可使密闭容器内的液面压力 $p_0 > p_a$ ，降低调压玻璃筒的位置可使密闭容器内的液面压力 $p_0 < p_a$ ，各个液柱式测压计都备有刻度标尺。

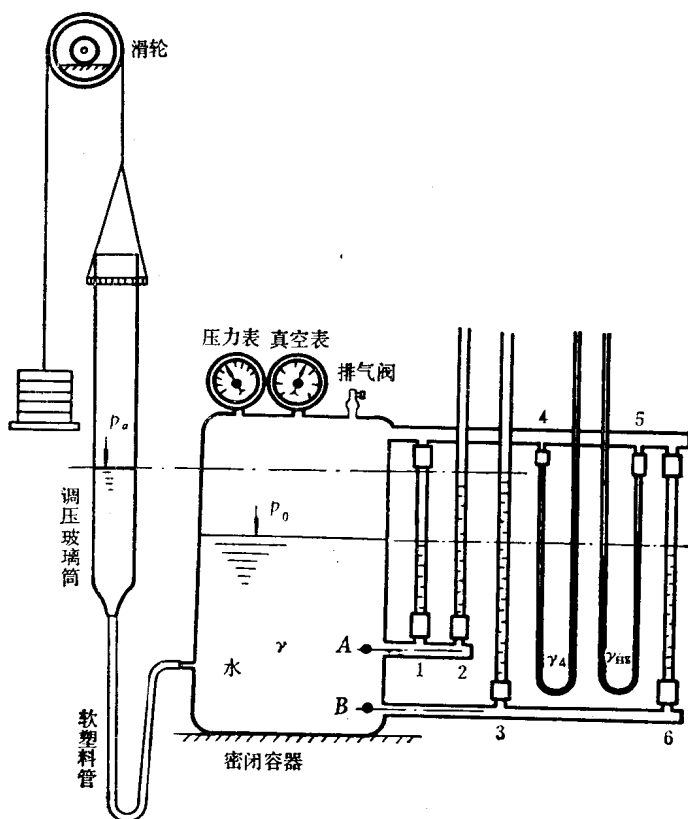


图 1-1 实验设备

1、6—液位计；2、3—测压管；4、5—U形管差压计

(四) 实验步骤

1. 熟悉设备和仪器，记录设备的编号，选取基准面，测量A和B的距离，测量U形管差压计4内封液的比重 S_4 ，测量水温、室温和大气压。

2. 先把调压玻璃筒拉到密闭容器内液面附近的中间位置，然后开启排气阀，使密闭容器的液面压力 $p_0 = p_a$ ，待液面稳定之后，读取各液柱式测压计的示数，记录压力表和真空表的读数。

3. 将调压玻璃筒降到最低位置（以水不溢出玻璃筒为限），关闭排气阀，再将调压玻璃筒提高到最高位置，这时即可得到 $p_0 > p_a$ 的情况。记录压力表、真空表和各液柱式测压计的读数。

4. 使调压玻璃筒在最高位置不动，开启排气阀，待液面稳定后，再把排气阀关闭，然后将调压玻璃筒降到最低位置（以水不溢出为限），得到 $p_0 < p_a$ 的情况。记录压力表、真空表和各液柱式测压计的读数。

5. 把调压玻璃筒拉到中间位置，打开排气阀，清理现场，结束实验。

(五) 思考问题

1. 在什么情况下液位计 1 和开口测压管 3 的液面在同一高度上？在这种情况下液位计 6 和开口测压管 2 的液面又处在什么位置？
2. 调压玻璃筒和开口测压管 2、3 的液面在任何情况下都在同一高度上，对吗？三者液面的连线叫什么线？
3. 液位计 1 与 6，开口测压管 2 与 3，U 形管差压计 4 与 5，压力表或真空表与 U 形管差压计，它们的功能有何差别？
4. 压力表或真空表和液柱式测压计都可测量流体静压力，什么情况下用压力表，什么情况下用液柱式测压计？为什么？液柱式测压计的玻璃管粗细对测量有什么影响？U 形管差压计两边的玻璃管直径不等有什么问题？
5. 提高或降低调压玻璃筒时，为什么能改变密闭容器的液面压力 p_0 ？这时容器内某一固定点，例如 A 点的压力要改变，液体是不可压缩的，为什么 A 点的压力还会变？
6. 软塑料管很长，在给调压玻璃筒加水的同时，大大提高它，当调压玻璃筒提高了 10m 时，设备会发生什么情况？
7. 如何利用开口测压管 3 和 U 形管差压计 4 的读数来计算 U 形管差压计 4 所用封液的重度 γ_4 、密度 ρ_4 和比重 S_4 ？
8. 把压力表与 U 形管差压计 4 的示数，真空表与 U 形管差压计 5 的示数进行比较分析，说明示数不同的原因。
9. 可以用比重计测量液体比重，也可以用液柱式测压计的示数计算比重，试讨论这两

表 1-1-1

液 面 压 力		$p_0 = p_a$	$p_0 > p_a$	$p_0 < p_a$
压 力 表	kgf/cm ²			
	N/m ²			
真 空 表	mmHg			
	N/m ²			
开口测压管 2	mmH ₂ O			
	N/m ²			
开口测压管 3	mmH ₂ O			
	N/m ²			
U 形管差压计 4 Δh	mm			
	N/m ²			
U 形管差压计 5 Δh	mmHg			
	N/m ²			
液位计 1	mm			
液位计 6	mm			

种方法。还有什么测量液体比重的办法?

(六) 实验报告

1. 记录以下数据, 将各表计上的读数以及单位为 kgf/cm^2 、 mmHg 、 mmH_2O 的数据换算成单位为 N/m^2 的数据列入表 1-1-1。

$A =$ _____ mm ; $B =$ _____ mm ; 比重 $S_4 =$ _____

2. 画出 $p_0 > p_a$ 和 $p_0 < p_a$ 两种情况下液位计和各液柱式测压计的液面位置图。

3. 计算 $p_0 > p_a$ 时 p_0 的绝对压力, 单位用 mmH_2O 和 N/m^2 。计算 $p_0 < p_a$ 时 p_0 的绝对压力, 单位用 mmHg 和 N/m^2 。利用测压管 3 和差压计 4 的读数, 计算出差压计 4 内封液的重度 γ_4 、密度 ρ_4 和比重 S_4 , 并与用比重计测得的值相比较。

实验二 测速管校正

(一) 实验目的

1. 熟悉微压计的结构, 了解它的工作原理和使用方法。
2. 学习使用测速管测量气流速度的方法。
3. 掌握测速管的校测方法, 确定测速管的校正系数。

(二) 实验原理

测速管, 也称动压管、皮托-静压管, 一般是将总压测孔和静压测孔做在一根管子上上的复合管, 其结构如图1-2所示。将总压 p_0 和静压 p 分别引入微压计, 如果微压计的液面高度差为 Δh , 封液重度为 γ , 则气流的动压 $(p_0 - p) = \gamma \Delta h$ 。根据不可压缩流体的伯努里方程式

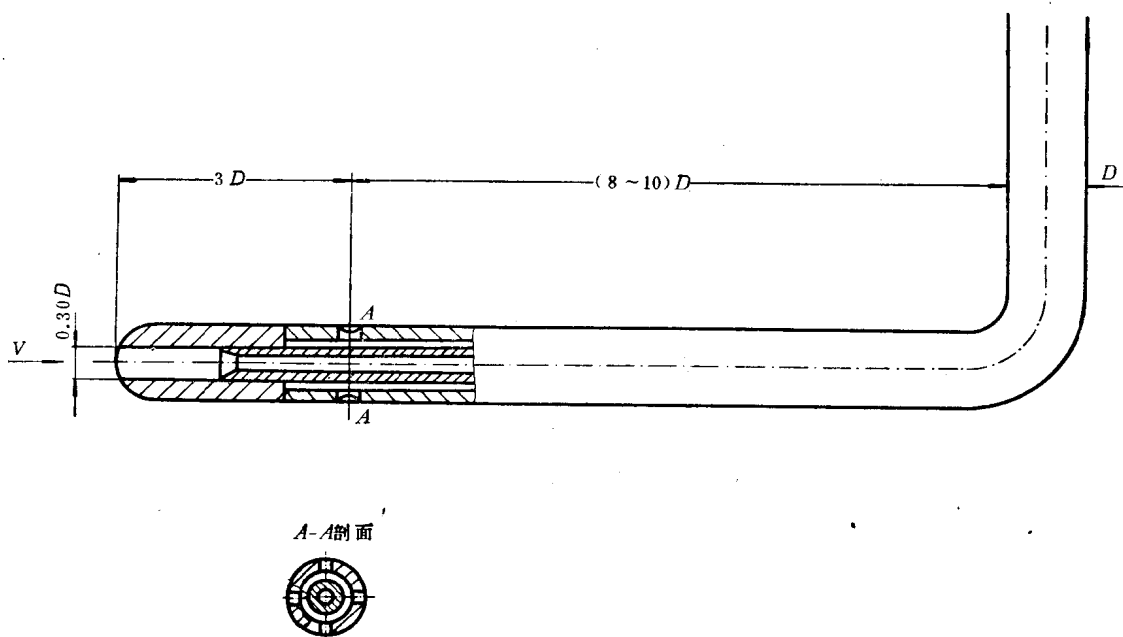


图 1-2 测速管

$p_0 - p = \frac{1}{2} \rho V^2$ 就可以计算出速度 V 。但是, 由于测速管的几何形状以及制造工艺上的误差, 使得测出的动压 $(p_0 - p)$ 并非实际的动压。因为总压严格说应是驻点处的压力, 而总压孔占有一定的面积, 所以测出的总压是驻点附近的平均总压。另外静压孔附近的流体压力要受到测速管前端与杆柄的影响, 亦难测准。因此, 用测速管测出的动压必须校正, 通常引入校正系数 ξ , 校正后的关系式如下:

$$(p_0 - p)\xi = \frac{1}{2} \rho V^2$$

$$V = \sqrt{\frac{2(p_0 - p)\xi}{\rho}} = \sqrt{\frac{2\gamma \Delta h}{\rho} \xi} \quad (1-5)$$

式中 ρ ——流体的密度;

ξ ——测速管校正系数, 它是用实验方法测定的, 各个测速管的 ξ 数值不同, 但都接近 1。

本实验是用一已知 ξ 值的标准测速管, 与一根待校的测速管同置于一风场中, 通过测量值的比较算出待校测速管校正系数 ξ_c 。待校测速管的速度计算式是

$$V = \sqrt{\frac{2(p_0 - p)_c \xi_c}{\rho}} = \sqrt{\frac{2\gamma \Delta h_c}{\rho} \xi_c} \quad (1-6)$$

使式 (1-5) 和式 (1-6) 相等, 则

$$\xi_c = \frac{(p_0 - p)_c \xi}{(p_0 - p)_c} = \frac{\Delta h \xi}{\Delta h_c} \quad (1-7)$$

或者, 可把 $\Delta h \xi$ 及 Δh_c 分别作为纵、横座标, 画出校正曲线。在以后使用测速管时, 当测到 Δh_c 后, 便可从校正曲线上查到 $\Delta h \xi$ 值, 然后按式 (1-5) 计算出正确的风速值。

(三) 实验设备

在开口式风洞的试验段, 或闭式风洞的试验段, 分别把已知校正系数的标准测速管和待校的测速管装在试验段的射流核心区。图 1-3 表示在闭式风洞中作校正的实验设备。两根测速管要位于试验段的同一截面上, 标准测速管和待校测速管分别连到两个补偿式微压计上, 微压计应经过校准。

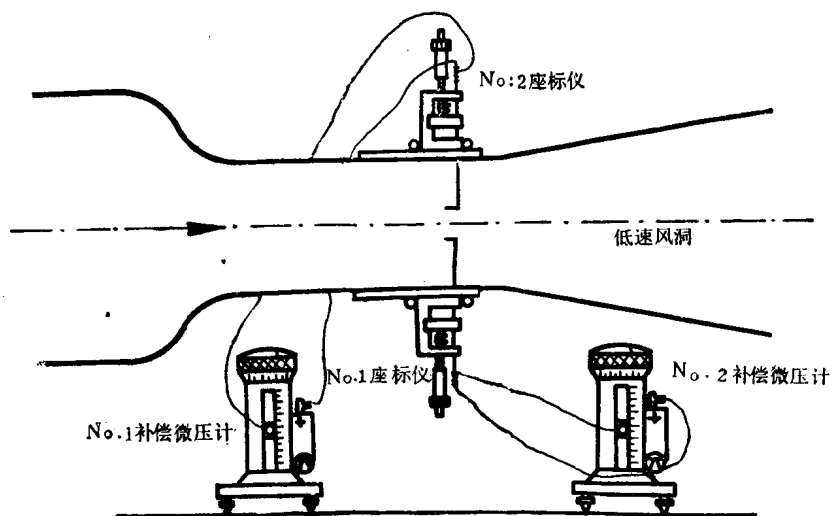


图 1-3 测速管校正实验的设备和仪器

测速管的校正也有使用下法来进行的, 即事先用标准测速管标定风洞收缩段前的静压 $p_{\bullet}$ 与大气压 p_a 之差: $p - p_a = \gamma \Delta h'$, 并将标准测速管测到的 $\Delta h \xi$ 和 $\Delta h'$ 制成曲线图或列成表格, 今后就使用收缩段前的静压与大气压之差 $p - p_a = \gamma \Delta h'$ 来校正待校测速管, 其校正系数仍可按式 (1-7) 计算, 但 $\Delta h \xi$ 值要用 $\Delta h'$ 值从预先制成的曲线图或表格中查出。同样也可画出待校测速管的 $\Delta h \xi = f(\Delta h_c)$ 校正曲线。

① 当风洞收缩段的收缩比很大时, 可把静压 p 近似认为是总压。

(四) 实验步骤

1. 安装测速管，使标准和待校测速管都准确地对准气流的来流方向，并使处于试验段的同一截面上。

2. 把微压计底座调好水平位置，并调好零位。如用补偿式微压计，则要在反射镜里能清晰地看到水准头尖顶与其倒影恰好接触的图象。

3. 开动风洞，使风速由小到大，测取若干个数据。

(五) 思考问题

1. 为什么补偿式微压计能有较高的精度？

2. 用什么办法可以保证测速管对准气流的来流方向？

3. 为什么要将标准测速管和待校测速管放在试验段的同一截面上？

(六) 实验报告

1. 记录有关数据，把实测数据及其计算结果列入表1-2-1内。

标准测速管校正系数 $\xi = \underline{\hspace{2cm}}$ ；被校测速管号码 $\underline{\hspace{2cm}}$

表 1-2-1

	$(p_0 - p) = \Delta h$ [mmH ₂ O]	$(p_0 - p)_e = \Delta h_e$ [mmH ₂ O]	$\xi_i = \frac{(p_0 - p)\xi}{(p_0 - p)_e} = \frac{\Delta h \xi}{\Delta h_e}$
1			
2			
3			
4			
5			
6			
⋮			
n			

$$\text{平均校正系数 } \xi_e = \frac{\sum_{i=1}^n \xi_i}{n} =$$

2. 画出 $\Delta h \xi = f(\Delta h_e)$ 校正曲线。

实验三 流态观察和临界雷诺数测定

(一) 实验目的

1. 用流动可视化的方法, 观察流动的层流状态和紊流状态, 从而对粘性流体的流动得到一些感性认识。

2. 通过实验理解判别流态的无量纲准数——雷诺数的意义。测量上临界雷诺数 Re'_c 和下临界雷诺数 Re_c 。

(二) 实验原理

人们在有关流动阻力的广泛实验研究中发现, 流体的流动状态有层流和紊流之分。英国物理学家雷诺首先用流动可视化的办法, 证实了流动中确实存在着层流和紊流两种状态, 这对流体沿管流动受到的阻力规律, 给出了合理的解释。

雷诺不仅形象地揭示了两种不同的流态, 而且通过大量实验, 建立了一个判别流态的无量纲(或称为无因次)准数——雷诺数:

$$Re = \frac{\rho V d}{\mu} = \frac{V d}{\nu} \quad (1-8)$$

不论什么性质的流体(ρ, μ), 也不论在尺寸(d)多大的管道中的多高的平均流速(V)流动, 凡雷诺数 $Re < 2000$ 的流动就是层流, $Re > 2000$ 的流动就属于紊流了。

在条件优越的实验室中, 由层流向紊流过渡时, 可能在很大的雷诺数下流动才变成紊流, 这时的雷诺数称为上临界雷诺数 Re'_c 。反之, 由紊流变成层流时的雷诺数称为下临界雷诺数 Re_c 。

(三) 实验设备

图1-4是流态实验装置简图。装置主要由恒水位水箱、透明圆管(玻璃或有机玻璃的)和加染色水的机构组成。实验时打开进水阀, 使水箱充满水并保持溢流, 这样就形成一个恒定的水头。透明圆管末端装有调节阀, 用以调节管内流速。色水瓶下面的细管一直伸到透明圆管入口的中央, 开启色水瓶细管上的小阀, 色水即可流入圆管之中。

图1-5所示是本实验的另一种实验装置, 它是由水位恒定的水塔、透明的有机玻璃管和加染色水机构组成。在这套装置上, 除了做流态观察和测定临界雷诺数实验外, 还可以做光滑管沿程损失实验。这里主要介绍加染色水的机构, 把外径为1mm的不锈钢细管弯成直角, 夹在有机玻璃管的连接法兰之间, 色水瓶也是用有机玻璃做的, 瓶的顶部装一只自行车软胎上用的气门嘴, 既可向瓶内加染色水, 又可以用气筒向里面打气加压。当色水瓶内液面上的压力略高于水塔的恒水头时, 开启色水瓶上的小阀, 染色水即可流入有机玻璃管之中。水塔恒水位液面到有机玻璃管之间的高度是已知的, 因此色水瓶内所加压力的大小可由U形管水银差压计给予指示。差压计上的球容积, 是防止水银冲出来用的。如果实验室有压缩空气源, 接上气动减压阀和定值器加压, 就可省去人工打气之烦了。

其它必要的仪器有: 细刻度的玻璃温度计, 例如最小分格值为 0.1°C 的二级水银温度

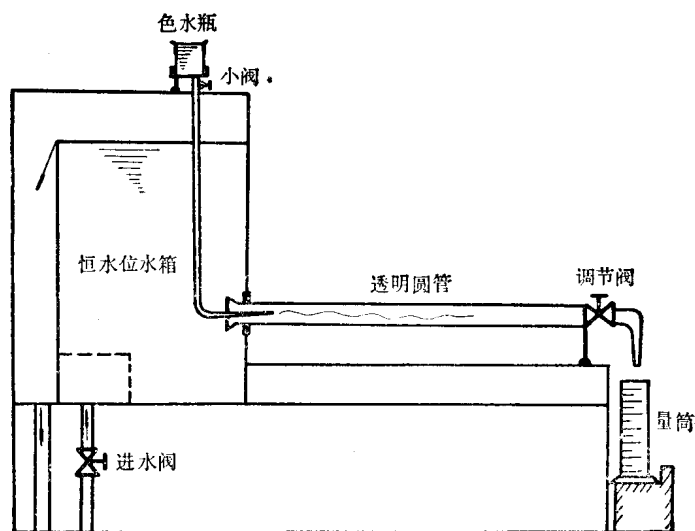


图 1-4 流态实验装置简图

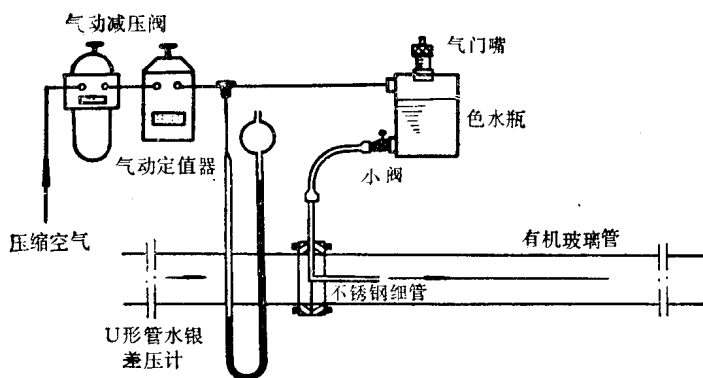


图 1-5 加色水机构

计；秒表；量筒。

(四) 实验步骤

1. 开启进水阀向水箱充水，当水箱保持溢流得到稳定的水位时，实验即可开始。
2. 微开透明圆管末端的调节阀，打开色水瓶下面的小阀，使染色水流入管中。如果管内流速很小，色水从细管出来之后，必然在细管出口附近堆积并缓慢向下游流动。当轻微开大调节阀使管内流速增加时，可以看到一条鲜艳笔直的染色水线条，从细管延伸到下游。这条线条是迹线也是流线。继续轻微开大调节阀，染色迹线出现波浪形。当再开大调节阀时，色线就扩散到整个管内。

轻微关小调节阀，会重新出现波浪形的线条。再轻微关小调节阀，鲜艳笔直的染色水线条会再次显现出来。

3. 重复 2 的操作。由层流转变到紊流过程中，当线条刚刚要波动而尚未波动时，用体积法测量管内水的流量，计算上临界雷诺数 Re'_c 。

由紊流转变为层流的过程中,当波动的线条将要变直而尚未变直时,用体积法测出管内水的流量,计算下临界雷诺数 Re_c 。

4.测量流量时所取的时间不宜过短,要大于一分钟。测量流量的同时要测水温。

(五) 思考问题

- 1.为什么必须用一个保持溢流的恒水位水箱或水塔?
- 2.在实验过程中,你是否发现在敲敲水箱、拍拍实验台或有一辆卡车从实验室旁开过时,染色水线都会有所变化?为什么?
- 3.影响上临界雷诺数 Re'_c 和下临界雷诺数 Re_c 的因素有哪些?

(六) 实验报告

1.记录和计算以下数据,并将实测数据及其计算结果列入表1-3-1中。

表 1-3-1

项 目	体 积 $V[\text{cm}^3]$	时 间 $\tau[\text{s}]$	流 速 $V = \frac{4V}{\pi d^2 \tau} [\text{cm/s}]$	雷 诺 数 $Re = \frac{Vd}{\nu}$
层流→紊流				$Re'_c =$
紊流→层流				$Re_c =$

实验管径 $d =$ _____ cm; 水温 $t =$ _____ $^{\circ}\text{C}$

水的运动粘度 $\nu = \frac{0.01775}{1+0.0337t+0.000221t^2} =$ _____ cm^2/s (或查表)

2.绘出所观察到的流态图:层流状态图、过渡状态图和紊流状态图。

3.把实验得到的 Re'_c 和 Re_c 与资料中介绍的值进行对比,分析在本实验中影响 Re'_c 和 Re_c 数值的因素。

实验四 管道沿程阻力

(一) 实验目的

1. 通过实验了解影响沿程阻力的因素。
2. 找出沿程阻力系数与雷诺数的关系 $\lambda = f(\text{Re})$, 学习把实验得到的数据整理成经验公式的方法。
3. 学会用堰(或涡轮流量计)测量流量的方法。

(二) 实验原理

在流体力学的研究中, 由于流体运动的复杂性, 许多情况下只采用严格的数学分析, 还不能完全解决问题, 需要广泛采用半经验的理论和实验研究法。流体沿内径均匀的管道流动时, 产生的沿程损失 h_f , 就是一个与管长 l , 管径 d , 管壁粗糙度 K_s 、流体的平均流速 V 、密度 ρ 、粘度 μ 以及流态有关的复杂问题。

根据相似原理分析, h_f 可由下面的关系式表示:

$$h_f = f\left(\text{Re}, \frac{K_s}{d}\right) \frac{l}{d} \times \frac{V^2}{2g}$$

令
$$\lambda = f\left(\text{Re}, \frac{K_s}{d}\right)$$

则
$$h_f = \lambda \frac{l}{d} \times \frac{V^2}{2g} \quad (1-9)$$

式中 λ 称为沿程阻力系数。

由此可知, 只要决定了沿程阻力系数 λ , 计算沿程损失的问题就解决了。但是, 沿程阻力系数 λ 是雷诺数 Re 和管壁相对粗糙度 $\frac{K_s}{d}$ 的函数, 它只能是用实验数据整理而成的实验曲线或经验公式。要把对应不同雷诺数和不同相对粗糙度的 $\lambda = f\left(\text{Re}, \frac{K_s}{d}\right)$ 曲线都做出来, 这本身就是一项很复杂的工作。

在教学实验里限于条件, 只能就一种特定 $\frac{K_s}{d}$ 的管道, 在不同的 Re 下做若干个实验点, 把这些实验点连成一条 $\lambda = f(\text{Re})$ 曲线, 这条曲线的某一段可以用一个数学式表达, 这就得到通常所采用的经验公式。

图1-6所示的是把实验点 (λ, Re) 画在对数坐标纸上得到的曲线。这条曲线的直线段在纵坐标上的截距是 $\log K$, 直线段的斜率 $n (= \text{tg} \theta)$ 是可以在图上找到的。显然, 可以写出直线段的数学方程式:

$$\log \lambda = \log K - n \log \text{Re} \quad (1-10)$$

或
$$\lambda = \frac{K}{\text{Re}^n} \quad (1-11)$$

只需测出通过管内流体的平均流速 V 和这一段实验管的沿程损失 h_f , 就可根据式 (1-

9) 计算出 λ , 即

$$\lambda = \frac{2gdh_f}{lV^2} \quad (1-12)$$

在实验中, 沿程损失 h_f 是采用 U 形管差压计来测量的, 如果用水做实验, 差压计中装的是比重为 S ($S > 1$) 的某种封液, 则

$$h_f = \Delta h(S-1)[\text{mH}_2\text{O}]$$

式中 Δh ——差压计示数[m]。

管道内水平均速度 V 可按 $V = \frac{4Q}{\pi d^2}$ [m/s] 式来计算; 雷诺数可按 $Re = \frac{Vd}{\nu}$ 式计算。

改变管道内水的流速 V , 便可得到在不同雷诺数 Re 下的沿程阻力系数 λ 值。

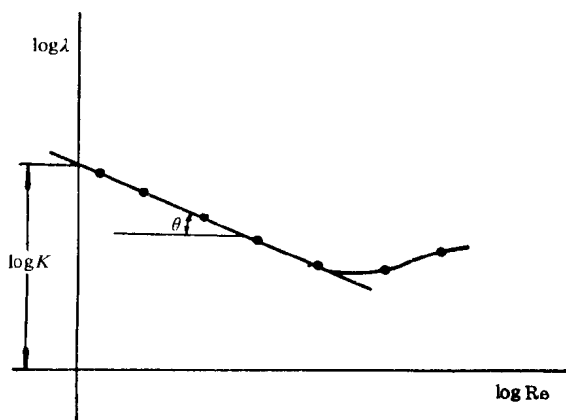


图 1-6 实验曲线

(三) 实验设备

目前我国的流体力学实验室中, 管道沿程阻力实验多采用如图 1-7 所示的实验设备。它主要由保持恒水位的水塔, 实验管段和测量阻力损失的差压计以及测量水流量的量水堰组成。实验管段一般采用钢管、白铁管、有机玻璃管或铜管。实验管段的前面装有进水阀, 用来从下水母管中进行流量的分配和切断水源。实验管段的出口装有流量调节阀, 以改变实验管段内的流速。在实验管段的中部

装有排放管内空气用的排气小阀。U 形管差压计玻璃管的上部也装有排气小阀, 用来排除玻璃管内的空气。如果差压计的位置高于实验管段, 此小阀还可以排除差压计取压连接管中的气体。量水堰的侧面安装一个连通量水堰的粗玻璃管, 因此粗玻璃管的液位即表示量水堰的堰板上游的液位。一根带有刻度, 可以上下移动的测针一直伸到粗玻璃管内的液面

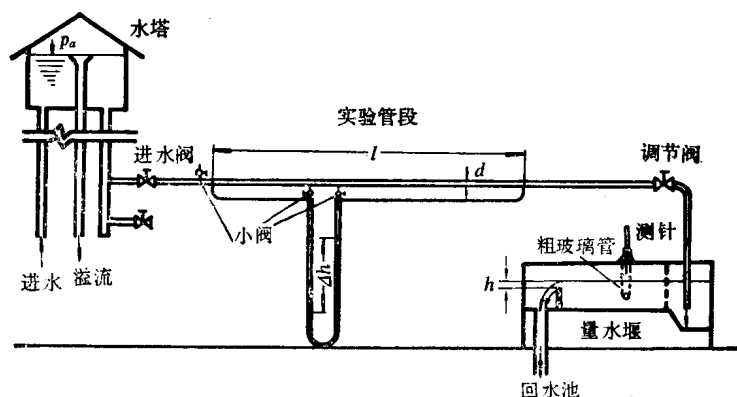


图 1-7 管道沿程阻力实验设备示意图