

Jixie jichu

机械基础

实验指导书

Shiyan Zhidaoshu

(下册)

主 编 © 邢邦圣 王柏华



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

本书共分3个部分，第一部分为“基础理论”，第二部分为“应用案例”，第三部分为“实验实训”。

东南大学出版社

[illegible]

内 容 提 要

本书分上、下两册。其中上册包括计算机绘图、材料力学、工程材料及机械制造基础、互换性与技术测量、测试技术、机电控制工程基础等 6 门课程的实验指导书;下册包括流体力学、机械原理、机械设计、液压与气压传动、单片机原理及应用、电气控制与 PLC 等 6 门课程的实验指导书。

本书为高等学校机械类、近机类专业的本科生实验教材,也可作为教师的参考书。

(册 下)

图书在版编目(CIP)数据

机械基础实验指导书/邢邦圣,王柏华主编. —南京:
东南大学出版社, 2009. 8

ISBN 978-7-5641-1793-1

I. 机… II. ①邢… ②王… III. 机械学—实验—
高等学校—教学参考资料 IV. TH11-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 134278 号

东南大学出版社出版发行
(南京四牌楼 2 号 邮编 210096)

出版人: 江 汉

网 址: <http://press.seu.edu.cn>

电子邮件: press@seu.edu.cn

全国各地新华书店经销 丹阳兴华印刷厂印刷

开本: 787 mm×1092 mm 1/16 印张: 19 字数: 480 千

2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

印数: 1~2 000 册 定价: 39.00 元(上、下册)

本社图书若有印装质量问题,请直接与读者服务部联系。电话(传真): 025-83792328

前 言

本书根据高等学校机械类专业机械基础实验教学大纲的要求,参考了国内外同类教材,结合徐州师范大学多年实验教学改革的实践和经验,并按照当前机械基础实验教学的发展趋势编写而成。

本书具有下列主要特点:

(1) 从对 21 世纪人才的“宽口径、厚基础、高素质、强能力”的要求出发,充分体现以人为本,知识、能力、素质协调发展,学习、实践、创新相互促进的先进的实验教学理念和实验教学改革思路,注重培养学生严谨的科学态度、相互协作的团队精神和勇于开拓的创新意识。

(2) 增加了提高型(综合性、设计性、应用性等)和研究创新型实验,这样有利于培养学生的创新能力。

(3) 实验包括实验目的、实验设备和工具、实验内容、实验原理、实验仪器、实验步骤等内容,并附有实验报告,便于学生自主学习,提高学生的自学能力。

(4) 教材内容深入浅出,通俗易懂,图文清晰,版面合理。

本书由邢邦圣、王柏华主编。参加本书上册编写的有:邢邦圣(第 1 章),蔡瑜玮、李顺才(第 2 章),郭永环(第 3 章),袁建民(第 4 章),封士彩(第 5 章),凌杰(第 6 章)。参加本书下册编写的有:王柏华(第 1 章),刘玉(第 2 章),王永军(第 3 章),李富柱、杨存智(第 4 章),季广中(第 5 章),董广强(第 6 章)。全书由邢邦圣统稿并最后定稿。

本书由韩继光、施春华主审,对此表示衷心感谢。

在本书编写、出版过程中,徐州师范大学教务处、设备处和机电工程学院领导给予了大力支持和热情指导,并得到徐州师范大学教材出版基金和省级实验教学示范中心建设经费资助。此外,编者参考了许多专家、学者的著作和文献,在此一并表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,时间仓促,书中错误及不妥之处在所难免,恳切希望广大读者批评指正。

编 者

2009 年 6 月

目 录

第 1 章 流体力学	1
实验 1 雷诺实验	1
实验 2 流体静力学实验	5
实验 3 伯努利方程实验	11
实验 4 文丘里管实验	17
实验 5 毕托管测速实验	22
实验 6 沿程阻力损失实验	31
实验 7 局部阻力损失实验	37
第 2 章 机械原理	43
实验 1 机构运动简图的测绘和分析实验	43
实验 2 曲柄滑块导杆凸轮组合的运动参数测定实验	48
实验 3 齿轮范成及齿轮几何参数测量实验	54
实验 4 回转构件的动平衡实验	60
第 3 章 机械设计	67
实验 1 螺栓联接实验	67
实验 2 带传动实验	73
实验 3 减速器拆装实验	77
实验 4 滑动轴承实验	79
第 4 章 液压与气压传动	85
实验 1 液压传动的认识实验	85
实验 2 液压泵和液压马达的结构实验	88
实验 3 液压泵的性能测试实验	93
实验 4 液压阀的性能实验	97
实验 5 液压基本回路实验	100
(一) 用顺序阀实现两液压缸的顺序动作回路	100
(二) 用行程开关和电磁阀实现两液压缸的顺序动作回路	103
(三) 减压回路	106
实验 6 气动基本回路实验	109

实验 7 比例液压实验	116
(一) 比例压力控制阀的性能测试	116
(二) 比例液压控制阀的应用	121
实验 8 闭环控制液压实验	126
 第 5 章 单片机原理及应用	131
实验 1 汇编语言程序设计实验	131
实验 2 定时/计数器与中断系统实验	133
实验 3 单片机 I/O 接口实验	135
附录 WAVE 集成开发环境简介	138
 第 6 章 电气控制与 PLC	141
实验 1 电动机的单向运转控制实验	141
实验 2 Y- Δ 减压启动控制实验	143
实验 3 PLC 编程器的使用实验	145
实验 4 PLC 控制的机械手顺序动作实验	147
 参考文献	150

第1章 流体力学

实验1 雷诺实验

1 实验目的

- (1) 观察层流和紊流的流态及相互转换过程。
- (2) 描述雷诺数随流速变化情况。

2 实验原理

雷诺数 Re 定义为:

$$Re = \frac{Vd}{\nu}$$

式中: V —— 流速(m/s);

d —— 管径(m);

ν —— 运动粘度(m^2/s)。

对于层流运动状态, $Re \leq 2000$; 对于过渡状态, $2000 < Re < 4000$; 对于紊流运动状态, $Re \geq 4000$ 。

3 实验装置

实验装置如图 1-1 所示。主要由阀门(包括进水阀、墨水阀、排水阀)、转子流量计、玻璃管(可观察流态)、溢流水槽和温度计等组成。

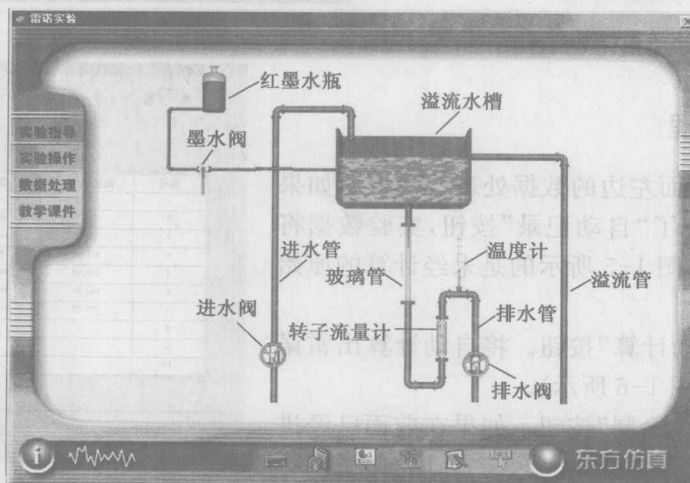


图 1-1 雷诺实验装置

主要技术参数如下：

$d = 200\text{ mm}, t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}, \rho = 998.2\text{ kg/m}^3, \mu = 100.5 \times 10^{-5}\text{ Pa} \cdot \text{s}.$

4 实验步骤和操作要点

(1) 进水阀门全开。在输入框输入 100 的数字(如图 1-2 所示),也可以通过点击上下按钮调节阀门开度,按回车键或者窗体右上角的关闭按钮关闭窗口体完成输入,按 Esc 键取消输入(以后实验流量调节方法相同,不再叙述)。

(2) 打开红墨水阀门。

(3) 打开排水阀门。开度从 0~100 变化,重复实验 10 次左右。

(4) 记录实验数据。每改变一次流量,点击主界面下侧的“自动记录”,自动记录测试数据。同时分别点击转子流量计(可手动记录流量)和玻璃管,察看流量和流动状态(如图 1-3、图 1-4 所示)。



图 1-2 进水阀门及开度

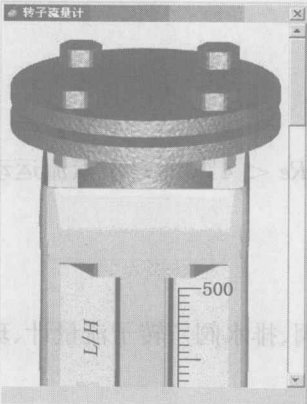


图 1-3 转子流量计

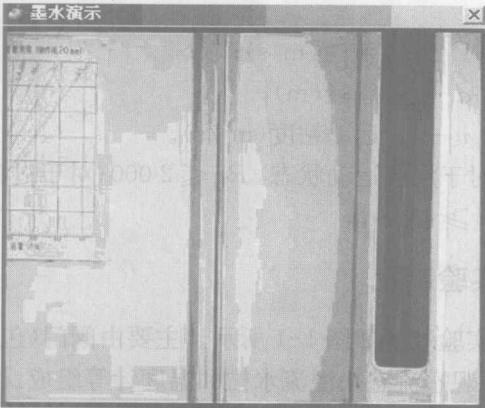


图 1-4 流态图

5 实验数据处理

(1) 打开主界面左边的数据处理。授权后如果在实验过程中点击了“自动记录”按钮,实验数据将被自动记录下来。图 1-5 所示的是未经计算的原始数据记录界面。

(2) 点击“自动计算”按钮。将自动计算出雷诺数及流动类型(如图 1-6 所示)。

(3) 点击“曲线绘制”按钮。如果在前面已经进行了计算,点击“绘制曲线”按钮,将自动绘出雷诺数与流量关系曲线(如图 1-7 所示)。

编号	流量 (L/h)	雷诺数	流动类型
1	13.89	243.97	层流
2	27.78	487.93	层流
3	55.56	975.86	层流
4	111.11	1951.72	层流
5	222.22	3903.44	湍流
6	333.33	5855.16	湍流
7	444.44	7806.88	湍流
8	555.56	9758.6	湍流
9	666.67	11710.32	湍流
10	777.78	13662.04	湍流

图 1-5 测试数据记录表

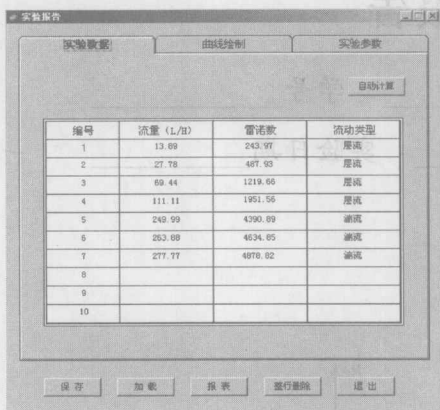


图 1-6 实验数据处理表

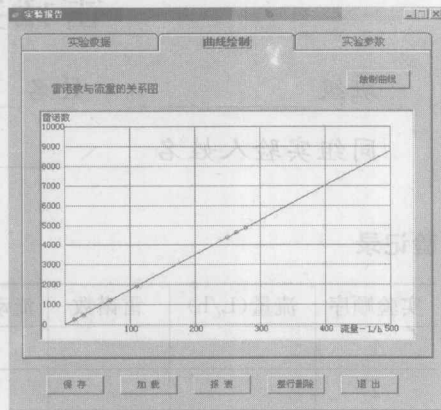


图 1-7 雷诺数与流量关系曲线

在实验报告部分,可以通过点击保存键对实验数据进行保存;可以通过点击加载键对实验数据进行加载;可以通过点击报表键对实验数据进行打印。在数据处理方面,可以通过整组删除键实现对一组数据的删除。

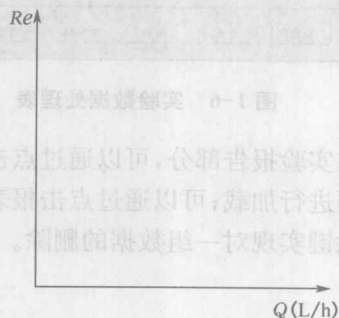
雷诺实验报告

班级_____ 姓名_____ 学号_____

同组实验人姓名_____ 实验日期_____

1 实验记录

实验顺序	流量(L/h)	雷诺数	流动状态
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			



2 实验分析

(1) 分析随流量增加时流态变化的规律。

(2) 分析雷诺数随流量变化的规律。

3 思考题

(1) 影响雷诺数的因素有哪些？

(2) 流体的流动形式有哪几种？与雷诺数有何关系？

成绩评定_____

指导教师_____

实验 2 流体静力学实验

1 实验目的

(1) 验证流体静力学方程。

(2) 掌握测压管测量流体静压力的方法。

(3) 测量某种液体的密度。

2 实验原理

1) 流体静力学方程的验证

重力作用下的不可压缩流体,同一静止液体内任意两点的 $(Z+p/\gamma)$ 为常数。实验装置如图 1-8 所示。

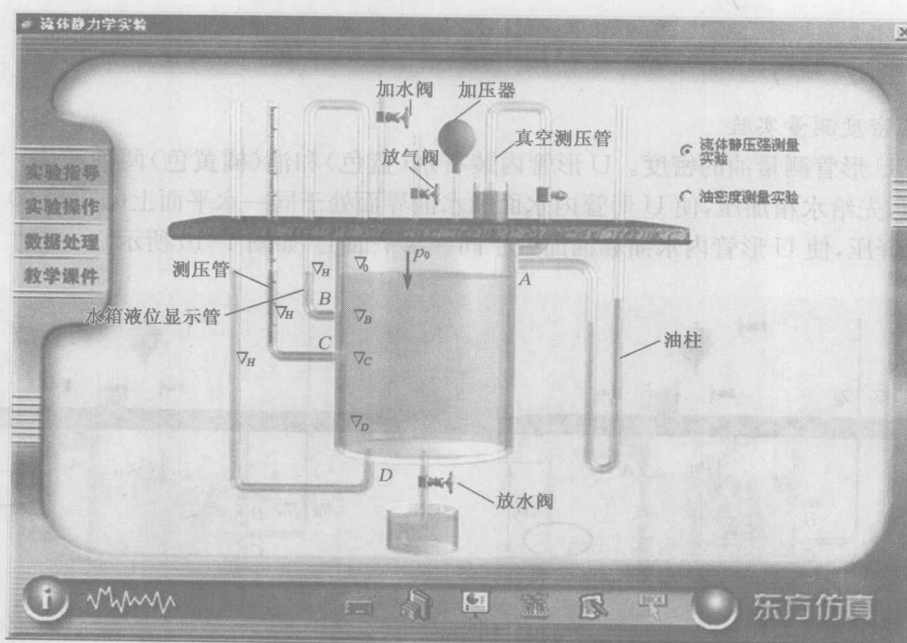


图 1-8 流体静力学实验装置

图 1-8 中 B、C、D、O 各点之间静水头关系为:

$p_0 = 0$:

$$\nabla_B + \frac{p_B}{\gamma} = \nabla_C + \frac{p_C}{\gamma} = \nabla_D + \frac{p_D}{\gamma} = \nabla_O (\nabla = Z)$$

$p_0 > 0, p_0 < 0$:

$$\nabla_C + \frac{p_C}{\gamma} = \nabla_D + \frac{p_D}{\gamma} = \nabla_H$$

$$\nabla_B + \frac{p_B}{\gamma} = \nabla_O$$

式中: ∇_O ——水箱液面标高;

∇_H ——B、C、D 测压管液柱标高;

$\nabla_D, \nabla_C, \nabla_B$ ——D、C、B 测压管进口水平面标高。

2) 流体静压强测量实验

根据流体静力学方程 $p = \gamma h$, 当 $p_0 = 0, p_0 > 0, p_0 < 0$ 时, A、B、C、D 各点压力计算如下:

$$\frac{p_D}{\gamma} = \nabla_H - \nabla_D \quad (\text{测量基准线为容器底部水平面: } \nabla_D = 0)$$

$$\frac{p_C}{\gamma} = \nabla_H - \nabla_C \quad (\text{本实验装置: } \nabla_C = 20 \text{ cm})$$

$$\frac{p_B}{\gamma} = \nabla_H - \nabla_B \quad (\text{本实验装置: } \nabla_B = 30 \text{ cm})$$

$$\frac{p_A}{\gamma} = \frac{p_0}{\gamma} = \nabla_H - \nabla_O \quad (\text{用 B、C、D 管测量: } p_0 = \gamma(\nabla_H - \nabla_O))$$

3) 油密度测量实验

利用 U 形管测量油的密度。U 形管内装有水(蓝色)和油(橘黄色)两种液体。设油柱高度为 H , 先给水箱加压, 使 U 形管内水面和水油界面处于同一水平面上(如图 1-9 所示); 再给水箱释压, 使 U 形管内水面和油面处于同一水平面上(如图 1-10 所示)。

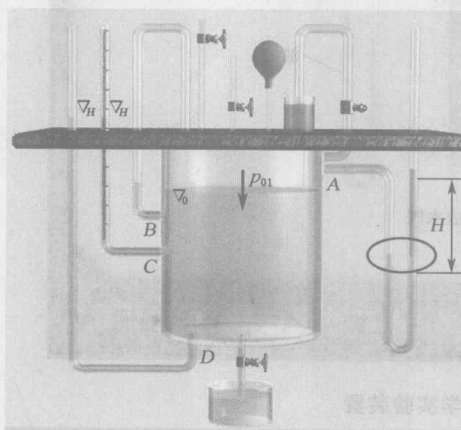


图 1-9 U 形管左侧水面与右侧水油界面相平齐

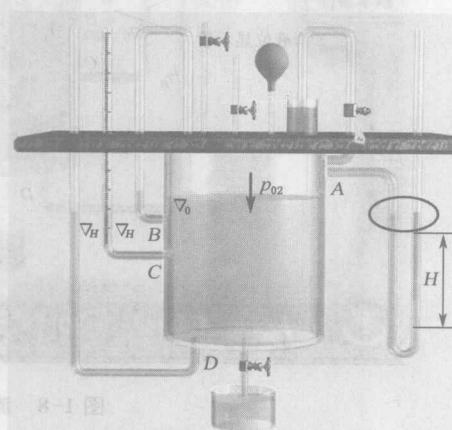


图 1-10 U 形管左侧水面与右侧油面相平齐

分别有:

$$p_0 > 0:$$

$$p_{01} = \gamma_x H \quad (\text{对于图 1-9 中右侧 U 形管})$$

$$p_{01} = \gamma_H(\nabla_H - \nabla_O) \quad (\text{对于图 1-9 中左侧 B 或 D 测压管})$$

$p_0 < 0$:

$$p_{02} + \gamma_H = \gamma_x H \quad (\text{对于图 1-10 中右侧 U 形管})$$

$$p_{02} + \gamma_H(\nabla_O - \nabla_H) = 0 \quad (\text{对于图 1-10 中左侧 B 或 D 测压管})$$

式中: p_{01}, p_{02} ——水箱表面大于 0 时的压力和小于 0 时的压力;

γ_x ——油(橘黄色)的密度;

γ_H ——水(蓝色)的密度;

H ——油柱高度;

∇_O ——水箱液面标高;

∇_H ——B 或 C 测压管液柱标高。

联立以上两方程即可解出:

$$\rho_x = \rho_H \frac{h_1}{h_1 + h_2} \quad (h_1 = \nabla_H - \nabla_O, h_2 = \nabla_O - \nabla_H)$$

3 实验装置

实验装置如图 1-8 所示。左侧测压管进口到容器底部水平距离分别为 30 cm、20 cm 和 0 cm。

本实验设备的主要功能如下:

(1) 加压器:向水箱中打气,可加大水箱中的压力。

(2) 放气阀:打开后水箱与大气相通,可使水箱内压力与大气压力相同。

(3) 加水阀:向水箱内加水。

(4) 放水阀:打开后水箱内水位降低,放弃阀关闭时可使水箱内压力降低。

4 实验步骤和操作要点

1) 流体静压强测量实验

(1) 打开放气阀,待测压管液位稳定后,读取水箱内表压 $p = 0$ 的数据(Δ_O, Δ_H)1 组。鼠标点击测压管会出现放大标尺,便于读数,授权后可以使用自动记录功能。

(2) 关闭放气阀,利用加压器向水箱内加压,待测压管液位稳定后,读取水箱内表压 $p > 0$ 的数据(Δ_O, Δ_H)3 组。

(3) 打开放气阀释放压力后再将其关闭,打开放水阀使水箱内压力减小,待测压管液位稳定后,读取水箱内表压 $p < 0$ 的数据(Δ_O, Δ_H)3 组。若放水过多,可以打开加水阀加水后再测量数据。

2) 油密度测量实验

(1) 加压使右侧 U 形管左侧水面与右侧水油界面相平齐,如图 1-9 所示。测压管液位稳定后读取数据,读完 1 组数据后打开放气阀放气后再将其关闭,重复上述步骤测量 3 组水平数据。调压时若压力加得过大,可以结合放水与加水操作。

(2) 打开放气阀释放压力后再将其关闭,打开放水阀使水箱内压力减小,使右侧 U 形管左侧水面与右侧油面相平齐,如图 1-10 所示。测压管液位稳定后读取数据,读完 1 组数据后打开放气阀放气后再将其关闭,重复上述步骤测量 3 组水平数据。

注意:调压时需要结合加水操作才能满足上述要求。

5 数据处理

1) 流体静压强测量实验

(1) 打开主界面左边的数据处理。授权后如果在实验过程中点击了“自动记录”按钮，实验数据将被自动记录下来。图 1-11 所示是未经计算的原始数据记录界面。

实验条件	次序	水箱液面 ∇_0	测压管液面 ∇_H	压强水头		
				$\frac{P_A}{\rho g} = \nabla_H - \nabla_0$	$\frac{P_B}{\rho g} = \nabla_H - \nabla_B$	$\frac{P_C}{\rho g}$
$P_0=0$	1	38.00	38.06			
$P_0>0$	1	38.00	40.05			
	2	38.00	44.12			
	3	38.00	52.25			
$P_0<0$ (其中一次 $P_B<0$)	1	37.05	36.43			
	2	33.16	30.31			
	3	32.66	29.61			

图 1-11 测试数据记录表

(2) 点击“自动计算”按钮。自动计算出测压管 A、B、C、D 进口处相对压力和测压管静水头。

在实验报告部分，可以通过点击保存键对实验数据进行保存；可以通过点击加载键对实验数据进行加载；可以通过点击报表键对实验数据进行打印。在数据处理方面，可以通过整行删除键实现对一行数据的删除。

2) 油密度测量实验

(1) 打开主界面左边的数据处理。授权后如果在实验过程中点击了“自动记录”按钮，实验数据将被自动记录下来。

(2) 点击“油密度测量实验”按钮。自动计算出压差 h_1 和 h_2 ，以及压差 3 次实验的平均值以及油的密度。

流体静力学实验报告

班级_____ 姓名_____ 学号_____

同组实验人姓名_____ 实验日期_____

1 实验记录

(1) 流体静压强测试和计算数据

实验条件	实验次序	测试数据		计 算 数 据						
		水箱液面 标高 ∇_O (cm)	测压管液 面标高 ∇_H (cm)	压强水头 (cm)				测压管静水头 (cm)		
				$\frac{p_A}{\gamma}$	$\frac{p_B}{\gamma}$	$\frac{p_C}{\gamma}$	$\frac{p_D}{\gamma}$	$Z_B + \frac{p_B}{\gamma}$	$Z_C + \frac{p_C}{\gamma}$	$Z_D + \frac{p_D}{\gamma}$
$p = 0$	1									
	1									
$p > 0$	2									
	3									
$p < 0$	1									
	2									
	3									

(2) 密度测试和计算数据

实验条件	实验次序	测 试 数 据		计 算 数 据				
		水箱标尺 ∇_O (cm)	测压管液面 标高 ∇_H (cm)	压差 h_1 (cm)	平均值 $\bar{h}_1$ (cm)	压差 h_2 (cm)	平均值 $\bar{h}_2$ (cm)	密度 ρ_x (kg/m ³)
$p > 0$	1							
	2							
	3							
$p < 0$	1							
	2							
	3							

2 实验分析

(1) 分析同一静止液体内任意两点(位能+压力能)之间的关系。

(2) 分析各测压管液柱表面位置高度减去各测点的位置高度等于什么?

学号 _____ 姓名 _____ 班级 _____
 实验日期 _____ 实验人姓名及学号 _____

实验 1

3 思考题

(1) 测压管液柱表面位置高度减去各测点的位置高度等于什么?

(1) 放水阀打开时,真空管中的紫色液柱怎么变化?

测压管液柱表面位置高度 (mm)						测压管液柱表面位置高度 (mm)		测压管液柱表面位置高度 (mm)	测压管液柱表面位置高度 (mm)
$\frac{p_1}{\rho g} + z_1$	$\frac{p_2}{\rho g} + z_2$	$\frac{p_3}{\rho g} + z_3$	$\frac{p_4}{\rho g} + z_4$	$\frac{p_5}{\rho g} + z_5$	$\frac{p_6}{\rho g} + z_6$	测压管液柱表面位置高度 (mm)	测压管液柱表面位置高度 (mm)	测压管液柱表面位置高度 (mm)	测压管液柱表面位置高度 (mm)
								1	$p = 0$
								1	
								2	$0 < p$
								3	
								1	
								2	$p > 0$
								3	

(2) C 管中的液柱高度与 D 管中的液柱高度有什么关系?

(3) 水面处的大气压强是 1 个大气压,水下 1 m 处的绝对压强多大?

测压管液柱表面位置高度 (mm)					测压管液柱表面位置高度 (mm)		测压管液柱表面位置高度 (mm)	测压管液柱表面位置高度 (mm)
测压管液柱表面位置高度 (mm)	测压管液柱表面位置高度 (mm)	测压管液柱表面位置高度 (mm)	测压管液柱表面位置高度 (mm)	测压管液柱表面位置高度 (mm)	测压管液柱表面位置高度 (mm)	测压管液柱表面位置高度 (mm)	测压管液柱表面位置高度 (mm)	测压管液柱表面位置高度 (mm)
							1	
							2	$0 < p$
							3	
							1	
							2	$p > 0$
							3	

(4) 按下加压阀后能不能直接读取压力数据?

成绩评定 _____

指导教师 _____

实验 3 伯努利方程实验

1 实验目的

- (1) 试验静力学原理。
- (2) 观察各压头及其相互转换。
- (3) 观察流动损失及其随流速变化情况。

2 基本原理

1) 流动流体的机械能

流动的流体具有 3 种机械能:位能、动能和静压能。这 3 种能量可以相互转换,在没有摩擦损失且不输入外功的情况下,流体在稳定流动中流过的各界面上的机械能总和是相等的。在有摩擦而没有外功输入时,任意两截面间的机械能的差即为摩擦损失。

若令位压头(所测管截面的中心与地面的垂直距离)为 H_z ,静压头为 H_p ,动压头为 H_v ,总压头为 H_s 。则流体运动时总机械能为:

$$H_s = H_z + H_p + H_v$$

流体静止时总机械能为:

$$H_s = H_z + H_p$$

2) 机械能的测量

当测压标尺以地面为基准面时,则机械能可用测压管中液柱的高度来表示。当毕托管的小孔正对水流动方向时,测压管中的液柱高度 H_{ag} 即为总压头(即动压头、静压头与位压头的和)。当毕托管的小孔轴线垂直于水流方向时,测压管中液柱的高度 H_{per} 为静压头与位压头之和。则测压孔垂直液流方向时测压液柱高度为:

$$H_{ag} = (H_p + H_v) + H_z$$

测压孔平行液流方向时测压液柱高度为:

$$H_{per} = H_p + H_z$$

3) 计算数据

- (1) 流速: $V = \sqrt{2gH_v}$;
- (2) 静压头: $H_p = H_{per} - H_z$;
- (3) 动压头: $H_v = H_{ag} - H_{per}$;
- (4) 总压头: $H_s = H_{ag}$;
- (5) 流动损失: $H_w = 0.9 - H_s$ (高位水槽水位离基准面高度为 0.90 m)。

3 实验装置

实验装置如图 1-12 所示。由高位水槽供水,高位水槽通过溢流口保证水位的恒定。