

福州大学土木工程学院本科实验教学示范中心
学生实验报告

工程流体力学实验

题目：

- 实验项目 1：毕托管测速实验
- 实验项目 2：管路沿程阻力系数测定实验
- 实验项目 3：管路局部阻力系数测定实验
- 实验项目 4：流体静力学实验

姓名： 高汉奇 学号： 051000609 组别： _____

实验指导教师姓名： _____ 庞胜华

同组成员： _____ 高汉奇 _____

2 0 1 3 年 6 月 2 5 日

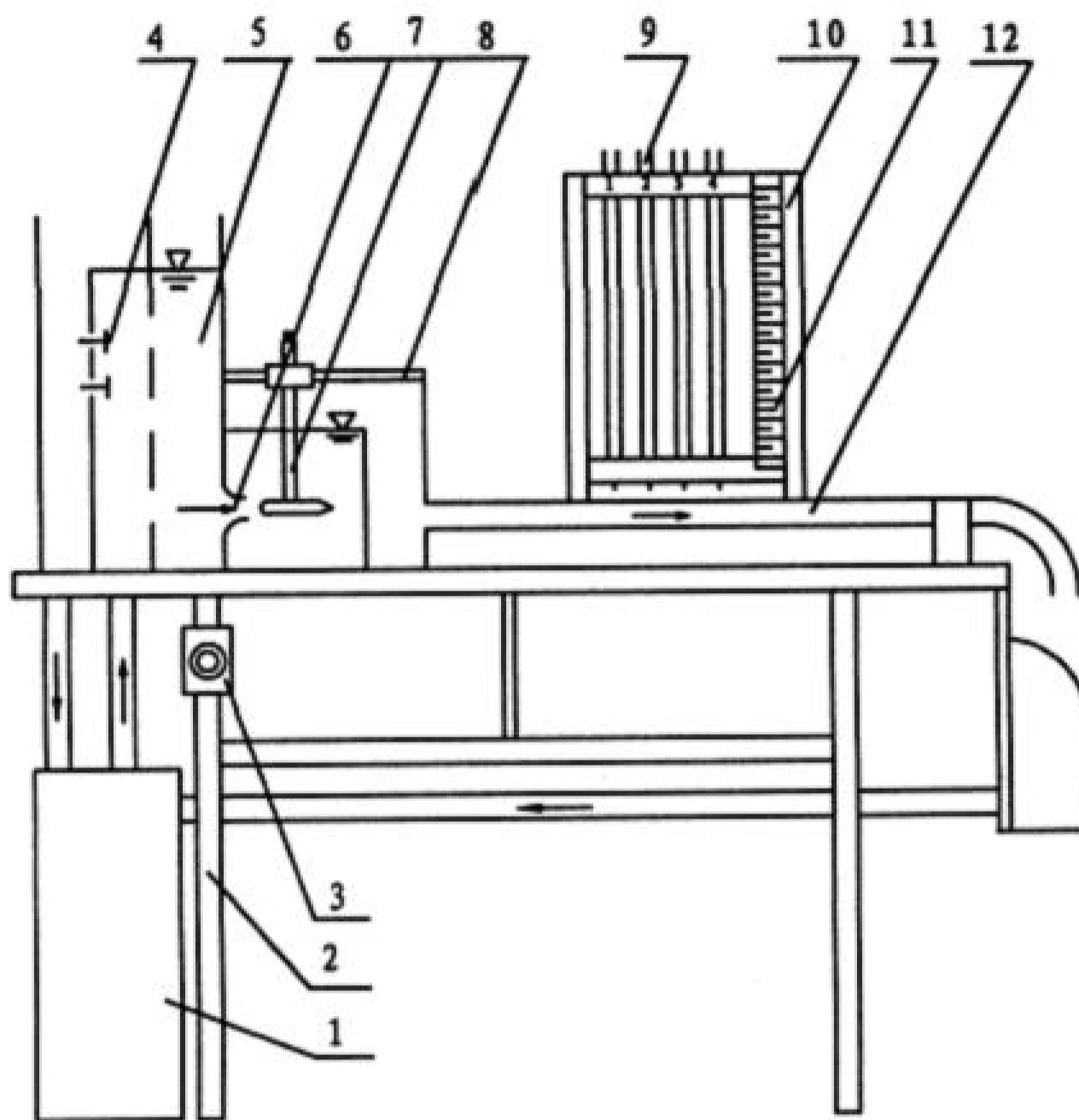
□□□ □□□□□□□

□□□□□□□□

1. 通过对管嘴淹没出流点流速系数的测量，掌握用毕托管测量点流速的技能；
2. 了解普朗特型毕托管的构造和适用性，并检验其量测精度，进一步明确传统流体力学量测仪器的现实作用。

□□□□□□

本实验的装置如图一所示



图一 毕托管测速实验装置图

- | | | | |
|-----------|---------|-------------|-----------|
| 1. 自循环供水器 | 2. 实验台 | 3. 可控硅无级调速器 | 4. 水位调节阀 |
| 5. 恒压供水箱 | 6. 管嘴 | 7. 毕托管 | 8. 尾水箱与导轨 |
| 9. 测压管 | 10. 测压计 | 11. 滑动测量尺 | 12. 上回水管 |

说明:

经淹没管嘴 6，将高低水箱水位差的位能转换成动能，并用毕托管测出其点流速值。测压计 11 的测压管 1、2 和以测量高、低水箱位置水头，测压管 3、4 用以测毕托管的全压水头和静压水头，水位调节阀 4 用以改变测点的流速大小。

三、实验原理

$$u = c\sqrt{2g\Delta h} = k\sqrt{\Delta h}$$

$$k = c\sqrt{2g} \quad (1)$$

式中 u ——毕托管测点处的点流速；
 c ——毕托管的校正系数；
 Δh ——毕托管全压水头与静水压头差。

$$u = \phi\sqrt{2g\Delta H} \quad (2)$$

$$\phi' = c\sqrt{\Delta h / \Delta H}$$

(3)

联解上两式可得

式中 u ——测点处流速，由毕托管测定；

ϕ' ——测点流速系数；

Δh ——管嘴的作用水头。

□□□□□□□□

1. 准备
 - (a) 熟悉实验装置各部分名称、作用性能，分解毕托管，搞清构造特征、实验原理。
 - (b) 用医塑管将上、下游水箱的测点分别与测压计中的测管 1、2 相连通。
 - (c) 将毕托管对准管嘴，距离管嘴出口处约 2~3cm，上紧固定螺丝。
2. 开启水泵 顺时针打开调速器开关 3，将流量调节到最大。
3. 排气 待上、下游溢流后，用吸气球（如医用洗耳球）放在测压管口部抽吸，排除毕托管及各连通管中的气体，用静水匣罩住毕托管，可检查测压计液面是否齐平，液面不齐平可能是空气没有排尽，心须重新排气。
4. 测记各有关常数和实验参数，填入实验表格。
5. 改变流速 操作调节阀 4 并相应调节调速器 3，溢流量适中，共可获得三个不同恒定水位与相应的不同流速。改变流速后，按上述方法重复测量。
6. 完成下述实验项目：
 - (1) 分别沿垂向和纵向改变测点的位置，观察管嘴淹没射流的流速分布；
 - (2) 在有压管道测量中，管道直径相对毕托管的直径在 6~10 倍以内时，误差在 2~5% 以上，不宜使用。试将毕托管头部伸入到管嘴中，予以验证。
7. 实验结束时，按上述 3 的方法检查毕托管比压计是否齐平。

□□□□□□□□

实验装置台号 No_____

□ 1 □□□□□ □□□□ c= , k= cm^{0.5}/s

实验 次序	上、下游水位差 (cm)			毕托管水头差 (cm)			测点流速 $u = k\sqrt{\Delta h}$ (cm/s)	测点流速系数 $\phi' = c\sqrt{\Delta h / \Delta H}$
	h_1	h_2	ΔH	h_3	h_4	Δh		

六、实验分析与讨论

· 利用测压管测量点压强时，为什么要排气？怎样检验排净与否？

答：若测压管内存有气体，在测量压强时，水柱因含气泡而虚高，使压强测得不准确。排气后的测压管一端通静止的小水箱中（此小水箱可用有透明的机玻璃制作，以便看到箱内的水面），装有玻璃管的另一端抬高到与水箱水面略高些，静止后看液面是否与水箱中的水面齐平，齐平则表示排气已干净。

· 毕托管的压头差 Δh 和管嘴上、下游水位差 ΔH 之间的大小关系怎样？为什么？

答：由于 $u = c\sqrt{2g\Delta h}$

且 $u = \varphi'\sqrt{2g\Delta h}$

即 $\Delta h = (\varphi'/c)^2 \Delta H$

一般毕托管校正系数 $c=11\%$ （与仪器制作精度有关）。喇叭型进口的管嘴出流，其中心点的点流速系数 $\varphi'=0.9961\%$ 。

所以 $\Delta h < \Delta H$ 。

· 所测的流速系数 φ' 说明了什么？

答：若管嘴出流的作用水头为 ΔH ，流量为 Q ，管嘴的过水断面面积为 A ，相对管嘴平均流速 v ，则有

$$v = \frac{Q}{A} = \varphi\sqrt{2g\Delta H}$$

φ 称作管嘴流速系数。

若相对点流速而言，由管嘴出流的某流线的能量方程，可得

$$\Delta H = \frac{u^2}{2g} + h_w = \frac{u^2}{2g} + \zeta \frac{u^2}{2g}$$
$$u = \sqrt{\frac{1}{1+\zeta}} \sqrt{2g\Delta H} = \varphi' \sqrt{2g\Delta H}$$
$$\varphi' = \sqrt{\frac{1}{1+\zeta}}$$

式中： ζ 为流管在某一流段上的损失系数； φ' 为点流速系数。

本实验在管嘴淹没出流的轴心处测得 $\varphi'=0.995$ ，表明管嘴轴心处的水流由势能转换为动能的过程中有能量损失，但甚微。

· 据激光测速仪检测，距孔口 2~3cm 轴心处，其点流速系数 φ' 为 0.996，试问本实验的毕托管精度如何？如何率定毕托管的校正系数 c ？

若以激光测速仪测得的流速为真值 u ，则有

$$u = \varphi' \sqrt{2g\Delta H} = 0.996 \sqrt{2 \times 980 \times 21.3} = 20351 \text{ cm/s}$$

而毕托管测得的该点流速为 203.46cm/s，则 $\varepsilon=0.2\%$

欲率定毕托管的修正系数，则可令

$$u = c\sqrt{2g\Delta h} = \varphi'\sqrt{2g\Delta h}$$

$$\therefore c = \varphi'\sqrt{\Delta H / \Delta h}$$

本例： $c = 0.996\sqrt{213/211} = 1.0007 \approx 1.0$

· 普朗特毕托管的测速范围为 0.2~2m/s，流速过小过大都不宜采用，为什么？另，测速时要求探头对正水流方向（轴向安装偏差不大于 10 度），试说明其原因（低流速可倾斜压差计）。

(1) 施测流速过大过小都会引起较大的实测误差，当流速 u 小于 0.2m/s 时，毕托管测得的压差 Δh 亦有

$$\Delta h < \frac{u^2}{2g} = \frac{20^2}{1960} = 0.204cm$$

若用 30 度倾斜压差计测量此压差值，因倾斜压差计的读数值差 $\Delta h'$ 为

$$\Delta h' = \Delta h / \sin 30^\circ = 2 \times 0.204 = 0.408cm$$

那么当有 0.5mm 的判读误差时，流速的相对误差可达 6%。

而当流速大于 2m/s 时，由于水流流经毕托管头部时会出现局部分离现象，从而使静压孔测得的压强偏低而造成误差。

(2) 同样，若毕托管安装偏差角 (α) 过大，亦会引起较大的误差。因毕托管测得的流速 u 是实际流速 u 在其轴向的分速 $u \cos \alpha$ ，则相应所测流速误差为

$$\varepsilon = \frac{u - u \cos \alpha}{u} = 1 - \cos \alpha$$

若 $\alpha > 10^\circ$ ，则 $\varepsilon > 1 - \cos 10^\circ = 0.015$

· 为什么在光、声、电技术高度发展的今天，仍然常用毕托管这一传统的流体测速仪器？

毕托管测速原理是能量守恒定律，容易理解。而毕托管经长期应用，不断改进，已十分完善。具有结构简单，使用方便，测量精度高，稳定性好等优点。因而被广泛应用于液、气流的测量（其测量气体的流速可达 60m/s）。

光、声、电的测速技术及其相关仪器，虽具有瞬时性，灵敏、精度高以及自动化记录等诸多优点，有些优点毕托管是无法达到的。但往往因其机构复杂，使用约束条件多及价格昂贵等因素，从而在应用上受到限制。尤其是传感器与电器在信号接收与放大处理过程中，有否失真，或者随使用时间的长短，环境温度的改变是否飘移等，难以直观判断。致使可靠度难以把握，因而所有光、声、电测速仪器，包括激光测速仪都不得不用专门装置定期率定（有时是利用毕托管作率定）。

可以认为至今毕托管测速仍然是最可信，最经济可靠而简便的测速方法。

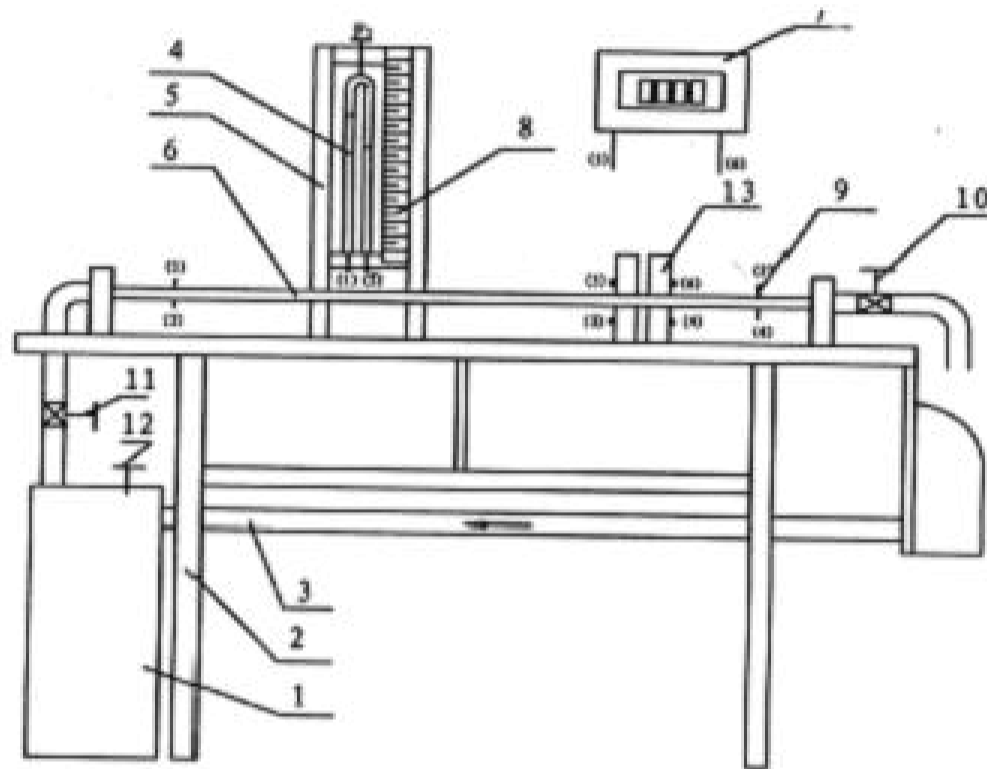
实验二 管路沿程阻力系数测定实验

一、实验目的要求

1. 加深了解园管层流和紊流的沿程损失随平均流速变化的规律；
 . 掌握管道沿程阻力系数的量测技术和应用气—水压差及水—水银多管压差计测量压差的方法；
3. 将测得的 $R_e \sim \lambda$ 关系值与莫迪图对比，分析其合理性，进一步提高实验成果分析能力。

二、实验装置

本实验的装置如图一所示。



图一 自循环沿程水头损失实验装置简图

- | | | |
|------------------|-------------|-------------|
| 1. 自循环高压恒定全自动供水器 | 2. 实验台 | 3. 回水管 |
| 4. 水压差计 | 5. 测压计 | 6. 实验管道 |
| 7. 电子量测仪 | 8. 滑动测量尺 | 9. 测压点 |
| 10. 实验流量调节阀 | 11. 供水管及供水阀 | 12. 旁通管及旁通阀 |
| 13. 调压筒 | | |

根据压差测法不同，有两种型式：

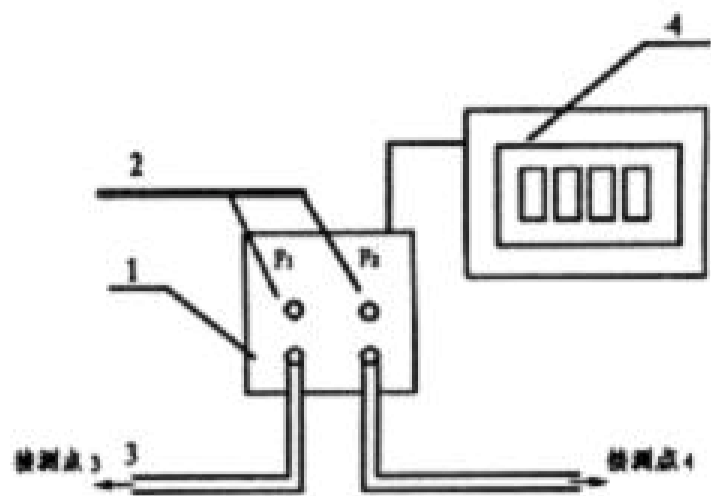
型式 I 压差计测压差。低压差用水压差计量测；高压差用水银多管式压差计量测。装置简图如图一所示。

型式 II 电子量测仪测压差。低压差仍用水压差计量测；而高压差用电子测仪（简称电测仪）量测。与型式 I 比较，该型唯一不同在于水银多管式压差计被电测仪（图二）所取代。

本实验装置配备有：

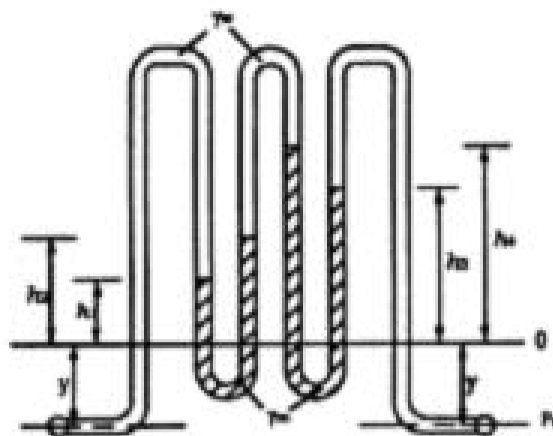
1. 自动水泵与稳压器

自循环高压恒定全自动供水器 3 由离心泵、自动压力开关、气—水压力罐式稳压器等组成。压力超高时能自动停机，过低时能自动开机。为避免因水泵直接向实验管道供水而造成的压力波动等影响，离心泵的输水是先进入稳压器的压力罐，经稳压后再送向实验管道。



图二

1. 压力传感器 2. 排气旋钮
3. 连通管 4. 主机



图三

2. 旁通管与旁通阀

由于本实验装置所采用水泵的特性，在供水流量时有可能时开时停，从而造成供水压力的较大波动。为了避免这种情况出现，供水器设有与蓄水箱直通的旁通管（图中未标出），通过分流可使水泵持续稳定运行。旁通管中设有调节分流量至蓄水箱的阀门，即旁通阀，实验流量随旁通阀开度减小（分流量减小）而增大。实际上旁通阀又是本装置用以调节流量的重要阀门之一。

3. 水封面 为了简化排气，并防止实验中再进气和误操作引起的水银外溢。在水银压差计的连通管上装有水封器，水封器由 2 只充水（不满顶）的密封立筒构成（图一）。

4. 电测仪 由压力传感器和主机两部分组成。经由连通管将其接入测点（见 7.2）。压差读数（以米水柱为单位）通过主机显示。

三、实验原理

$$h_f = \lambda \frac{L v^2}{d 2g}$$

由达西公式

$$\lambda = \frac{2gdh_f}{L} \frac{1}{v^2} = \frac{2gdh_f}{L} \left(\frac{\pi d^2}{4} / Q \right)^2 = K \frac{h_f}{Q^2}$$

得

$$K = \pi^2 g d^5 / 8L$$

(1)

另由能量方程对水平等直径园管可得

$$h_f = (p_1 - p_2) / \gamma$$

(2)

压差可用压差计或电测。对于多管式水银压差有下列关系：

$$h_f = \frac{p_1 - p_2}{\gamma_w} = \left(\frac{\gamma_m}{\gamma_w} - 1 \right) (h_2 - h_1 + h_4 - h_3) = 12.6 \Delta h_m$$

$$\Delta h_m = h_2 - h_1 + h_4 - h_3$$

(3)

式中， γ_m 、 γ_w 分别为水银和水的容重； Δh_m 为汞柱总差。

四、实验方法与步骤

准备 I 对照表装置图和说明搞清各组成部件的名称、作用及其工作原理；检查

蓄水箱、水位是否够高及旁通阀 12 是否已关闭。否则予以补水并关闭阀门；记录有关实验常数；工作管内径 d 和实验管长 L （标志于蓄水箱）。

准备 II 启动水泵。本供水装置采用的是自动水泵，接通电源，全开阀 12 打开供水阀 11，水泵自动开启供水。

准备 III 调通量测系统。

(1) 通水、排气 对各有关量测仪及其连通管按下列程序充水排气：

【实验管道】 关闭旁通阀 12，全开水供水阀 11 和出水阀 10。

【水压差计】 关闭阀 10/全开阀 12/松开（水压计连通管）止水夹/开启阀 11（待测管升至一定高度，再按下列步序适当降低，以保证有足够的量程）/旋开倒 U 管旋钮 F_1 （图一）/全关阀 1/（待倒 U 型管水位降至测尺标值 10cm 左右）拧紧 F_1 ，

【水银压差计】 检查水封器 13 充水度是否够，当无压下水位低于 2/3 筒高时，按下列步骤进行充水：关闭阀 10/开启阀 10 若干次，直至连通管气泡排净为止。

【压力传感器】 关闭阀 10/开启阀 11/打开排气旋钮（图二）待旋孔溢水再拧紧。

(2) 校核 关闭阀 10/全开阀 11/检查水压差计两测管中水位平否？以及水银压差计是否满足 $\Delta h_2 = h_2 - h_1 + h_4 - h_3 = 0$ ？否则按上述步骤重新排气。

实验量测

(1) 调节流量 实验可按流量由小到大依资助进行；微开阀 10（阀 12 已全开），使流量逐次增大，其增量，在流量较小时，用水压差计水柱差 Δh 控制，每次增量可取 $\Delta h = 4 \sim 6 \text{mm}$ （初次小些）。大流量通过渐关旁通阀调大压差量测改用水银压差计（或电测仪），流量增量改用汞柱差控制，第一次取 $\Delta h = 30 \sim 40 \text{mm}$ ，以后各次取 $\Delta h = 150 \text{mm}$ （如用电测相应取 $\Delta h = 0.4 \text{m}$ 和 2.0m ）。

注意：

- ①当换用水银压差计时，务心夹紧水压差计连通管；
- ②流量每周一次，均需稳定 2~3 分钟，流量愈小，稳定时间愈长；
- ③每次测流时段水小于 8~10 秒（流量大可短些）；
- ④要求变更流量不少于 10 次。

(2) 依次测定压差计测管（或电测仪）读数、相应流量和温度（温度表应挂在水箱中）。

(3) 结束工作

- ①关闭阀 10，检查 $\Delta h = 0$ 及 $\Delta h_2 = 0$ 与否。否则表明压差计已进气，需重做实验；
- ②关闭阀 11，切断电源。

五、实验成果及要求

1. 有关常数。

实验装置台号_____

圆管直径 $d =$ _____ cm, 量测段长度 $L = 85 \text{cm}$ 。及计算（见表 1）。

□ 1 □□□□□□

□□ K=□ 2gd⁵/8 L= cm⁵/s²

次序	体积 cm ³	时间 s	流量 Q cm ³ /s	流速 v cm ³ /s	水温 C	粘度 v cm ² /s	雷诺数 R _e	比压计数 cm				沿程损失 h _f cm	流程损失 系数λ	R _e < 2320 $\lambda = \frac{64}{R_e}$
								h ₁	h ₂	h ₃	h ₄			
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
								h ₁	h ₂	h ₃	h ₄			
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/605240112014011131>