

## 大学物理实验报告

姓名 孙莹 学号 201073612 院系班级 运航1001

实验时间 2013.4.3 第 6 周，周 三，第 5-8 节

课教师评语 \_\_\_\_\_

681

成 绩
10

明：报告必须写清实验目的、要求、主要仪器设备、原理、内容、操作步骤  
方法、数据表（重新整理原始数据）、数据处理、结果分析、讨论、质疑与建议等。

实验名称 实验 2 速度测量

## 一、实验目的

学习使用毕托管测速：

学习标定热线风速仪，并测量平板边界层速度分布

## 二、实验设备

下吹式风洞，离心式风机，CTA-02A型多通道热线风速仪

毕托管、电容式压力传感器、电脑、NIPCI-6014 数据采集卡

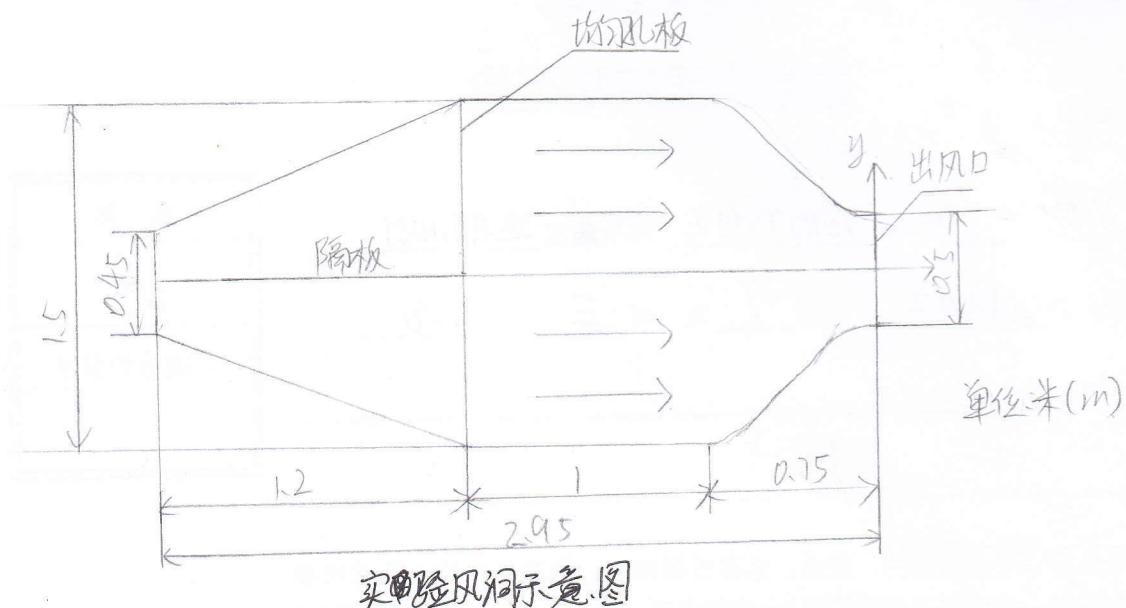
## 三、实验原理

实验在风洞的上通道内进行。风洞静压箱高度 150cm，收缩比为 3:1，风洞内经用一长 3m，高 40cm 级板分隔成两对称通道。每通道连接 1 台离心式风机，每台风机使用 0.75kW 电动机和变频器控制，使出口风速在 0 和 2.5 m/s 之间连续可调。风洞内有 40% 通过率孔板增加出口风速的均匀性。

热线风速仪的热线直径为 5 μm，长度 1.5 mm，探头安装在一台手动控制的一维滑台上，可竖直移动，行程 80mm，丝杠精度为 0.1mm。首先，对热线风速仪进行标定，当风机不运转时，即空气流速为

hold on

 $m = a(1) * u.^4 + a(2) * u.^3 + a(3) * u.^2 + a(4) * u + a(5);$



实验风洞示意图

零，记录压力传感器和热线风速仪输出电压，电压信号由电脑采集和数据采集卡采集，程序由 Labview 编制，根据电压和压强的对应关系，计算压强，再由伯努利方程

$$\frac{P}{\rho g} + \frac{1}{2} V^2 + h = \text{const}$$

计算出对应空气流速，即可找到风洞出口处流速分布规律。

#### 四. 实验步骤

1. 接通风机电源，连接传感器电源，启动测量电脑，启动测量程序。
2. 移动热线探头远离壁面，将风速开至最大调节热线风速仪频率。
3. 将风机关闭，测量风速为零条件下压力传感器和热线输出电压，并保存数据文件。
4. 逐步加大风速，在每个风速条件下测量，保存数据。
5. 计算每个风速条件下热线和压力传感器输出电压的平均值；计算压力传感器电压  $V$  对应的压强值，公式为  $P = 18.4 \times (V - V_0)$ ，其中  $V_0$  代表风速为零时压力传感器的输出电压；利用  $P = 0.5 \rho U^2$  计算风速。
6. 利用 4 次多项式拟合风速 和热线输出电压之间的关系。
7. 将热线探头移到  $y=2mm$  处测量风速，记录数据。

8. 依次测量  $y=4\text{mm}, 6\text{mm} \dots 30\text{mm}$  处风速，记录数据

9. 利用 Excel 或 Matlab 等软件分析数据，绘制风速分布图

### 五. 数据处理 (Matlab 编程)

1. ① 对热线输出电压信号和对应的压强传感器输出电压信号进行整理，分别求平均值

② 根据公式  $P = 18.4 * (V - V_0)$  和  $\overline{P} = 0.5 \rho U^2$  计算对应点压强和流速。

③ 利用 4 次多项式拟合，并绘制热线标定曲线 'curve 1'。

2. ① 沿  $y$  轴方向，移动热线探头， $y=2\text{mm} \dots 30\text{mm}$ 。

② 计算每一点位置热线电压信号的平均值

③ 利用相同 4 次的多项式拟合方法，并绘制边界层速度分布图，即平均流速随  $y$  变化曲线 'curve 2'。

3. 利用已测数据，绘制流速均匀根值随  $y$  变化曲线 'curve 3'。

注：具体程序及计算结果见附页。

### 六. 实验总结

实验所得结果基本与实际相符，例如边界层速度基本为零，速度梯度变化符合  $\frac{dy}{U} = \frac{1}{2} \frac{du}{dy}$ ，远离边界层（即隔板）速度基本均匀分布。

实验中仍存在一些误差，比如 ~~风~~ 风机运转而在风洞中引起流速不十分稳定，热线探头沿  $y$  轴移动 2mm 的距离仍有些较大等原因。

```
hold on
```

```
m=a(1)*u.^4+a(2)*u.^3+a(3)*u.^2+a(4)*u+a(5);
```

## 利用 MATLAB 编程:

```
clear;clc;
formatlong
% calculate the average voltage of hotwire
x0=load('1hw_data_0.txt');y0=mean(x0)
x1=load('1hw_data_1.txt');y1=mean(x1)
x2=load('1hw_data_2.txt');y2=mean(x2)
x3=load('1hw_data_3.txt');y3=mean(x3)
x4=load('1hw_data_4.txt');y4=mean(x4)
x5=load('1hw_data_5.txt');y5=mean(x5)
x6=load('1hw_data_6.txt');y6=mean(x6)
x7=load('1hw_data_7.txt');y7=mean(x7)
x8=load('1hw_data_8.txt');y8=mean(x8)
x9=load('1hw_data_9.txt');y9=mean(x9)
VV=[y0,y1,y2,y3,y4,y5,y6,y7,y8,y9];

% calculate the average voltage of pressure sensor
p0=load('1pressure_data_0.txt');r0=mean(p0)
p1=load('1pressure_data_1.txt');r1=mean(p1)
p2=load('1pressure_data_2.txt');r2=mean(p2)
p3=load('1pressure_data_3.txt');r3=mean(p3)
p4=load('1pressure_data_4.txt');r4=mean(p4)
p5=load('1pressure_data_5.txt');r5=mean(p5)
p6=load('1pressure_data_6.txt');r6=mean(p6)
p7=load('1pressure_data_7.txt');r7=mean(p7)
p8=load('1pressure_data_8.txt');r8=mean(p8)
p9=load('1pressure_data_9.txt');r9=mean(p9)
V=[r0,r1,r2,r3,r4,r5,r6,r7,r8,r9];
V0=[r0,r0,r0,r0,r0,r0,r0,r0,r0,r0];

% utilizing the equations to calculate the pressure and air
velocity
% the dimension of pressure is Pascal
% the density of air is 1.225m/s^3
P=18.4*(V-V0)
u=sqrt(2*P/1.225)

% plot figure about hotwire output voltage and air velocity
a=polyfit(u,VV,4);
plot(u,VV,'o','linewidth',2)
axis([0 2 -2 2])
holdon
m=a(1)*u.^4+a(2)*u.^3+a(3)*u.^2+a(4)*u+a(5);
```

```

plot(u,m,'linewidth',2)
title('curve 1')
xlabel('air velocity(m/s)')
ylabel('hotwire voltage(V)')
holdoff

% the voltage of hotwire varies on y-axis
% calculate the average voltage
b0=load('2_hw_data_0.txt');v0=mean(b0);vv0=sum(v0)/10
b1=load('2_hw_data_1.txt');v1=mean(b1);vv1=sum(v1)/10
b2=load('2_hw_data_2.txt');v2=mean(b2);vv2=sum(v2)/10
b3=load('2_hw_data_3.txt');v3=mean(b3);vv3=sum(v3)/10
b4=load('2_hw_data_4.txt');v4=mean(b4);vv4=sum(v4)/10
b5=load('2_hw_data_5.txt');v5=mean(b5);vv5=sum(v5)/10
b6=load('2_hw_data_6.txt');v6=mean(b6);vv6=sum(v6)/10
b7=load('2_hw_data_7.txt');v7=mean(b7);vv7=sum(v7)/10
b8=load('2_hw_data_8.txt');v8=mean(b8);vv8=sum(v8)/10
b9=load('2_hw_data_9.txt');v9=mean(b9);vv9=sum(v9)/10
b10=load('2_hw_data_10.txt');v10=mean(b10);vv10=sum(v10)/
10
b11=load('2_hw_data_11.txt');v11=mean(b11);vv11=sum(v11)/
10
b12=load('2_hw_data_12.txt');v12=mean(b12);vv12=sum(v12)/
10
b13=load('2_hw_data_13.txt');v13=mean(b13);vv13=sum(v13)/
10
b14=load('2_hw_data_14.txt');v14=mean(b14);vv14=sum(v14)/
10
vv=[vv0,vv1,vv2,vv3,vv4,vv5,vv6,vv7,vv8,vv9,vv10,vv11, ...
     vv12,vv13,vv14]

```

```

% plot the figure about the velocity distribution of the
boundary layer
d=polyfit(VV,u,4)
uu=d(1)*vv.^4+d(2)*vv.^3+d(3)*vv.^2+d(4)*vv+d(5);
figure;
y=2:2:30;
plot(y,uu,'b-','linewidth',2)
holdon
plot(y,uu,'s','linewidth',2)
title('curve 2')
xlabel('y(mm)')
ylabel('air velocity(m/s)')
holdoff

```

```

% plot the curve about the root-mean-square of fluid velocity
varying on
% the y-axis
rs=[v0',v1',v2',v3',v4',v5',v6',v7',v8',v9',v10',v11',v12
',v13',v14'];
rv=sqrt(sum(rs.^2)/10);
figure;
plot(y,rv,'b-','linewidth',2)
holdon
plot(y,rv,'<','linewidth',2)
title('curve 3')
xlabel('y(mm)')
ylabel('root-mean-square(m/s)')
holdoff

```

计算结果:

y0 = -1.649737594384778	y7 = 1.136124621679681	r4 = 2.485673502050747
y1 = 0.026987699804688	y8 = 1.279711926708981	r5 = 2.494851916894549
y2 = 0.238465265625002	y9 = 1.387413079785146	r6 = .503596037353522
y3 = 0.442829710986331	r0 = 2.454130749902324	r7 = 2.518739714453095
y4 = 0.603739515380861	r1 = 2.466342876171901	r8 = 2.532520009130856
y5 = 0.766044900830074	r2 = 2.472790043603540	r9 = 2.541335921875022
y6 = 0.985945861279299	r3 = 2.479649679589881	

P =

Columns 1 through 5		
0	0.224703123360207	0.343331004102362
0.469548306251034	0.580386639530968	
Columns 6 through 10		
0.749269472656931	0.910161289102036	1.188804947734179
1.442362369804989	1.604575164297632	

u =

Columns 1 through 5		
0	0.605691540489667	0.748692470151129
0.875562379041908	0.973432084803059	
Columns 6 through 10		
1.106027620909802	1.219006814936023	1.393164038122226
1.534560959511588	1.618553228644433	

vv0 = 0.944282293896484	vv3=1.495081600830076
vv1=1.401761382861327	vv4=1.534392564257812
vv2=1.435264554882813	vv5=1.517956969921875

vv6=1.525936078613281  
vv7=1.556248633691405  
vv8=1.550704240136720  
vv9=1.561828324316406  
vv10=1.556660277050781

vv11 =1.572182696582029  
vv12 =1.579181896582032  
vv13 =1.553434100000000  
vv14 =1.592668918505859

vv =

Columns 1 through 5

0.944282293896484 1.401761382861327 1.435264554882813

1.495081600830076 1.534392564257812

Columns 6 through 10

1.517956969921875 1.525936078613281 1.556248633691405

1.550704240136720 1.561828324316406

Columns 11 through 15

1.556660277050781 1.572182696582029 1.579181896582032

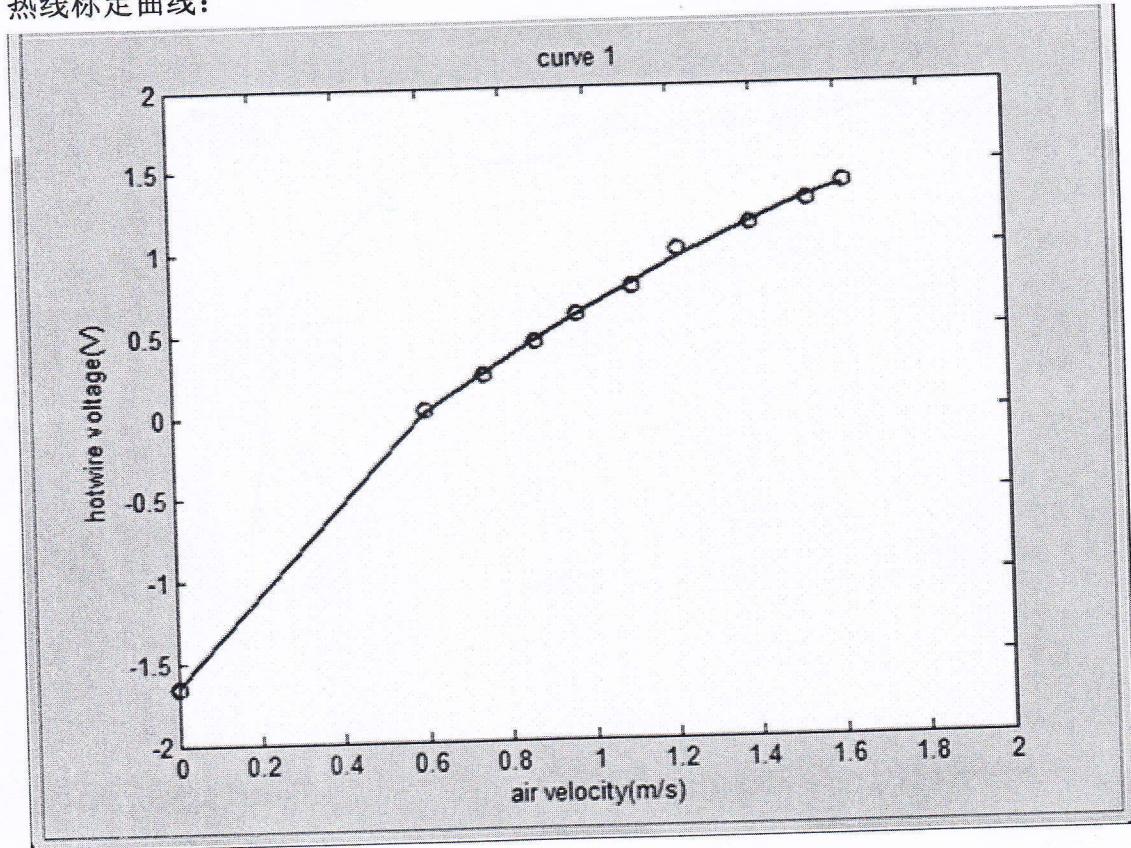
1.553434100000000 1.592668918505859

d =

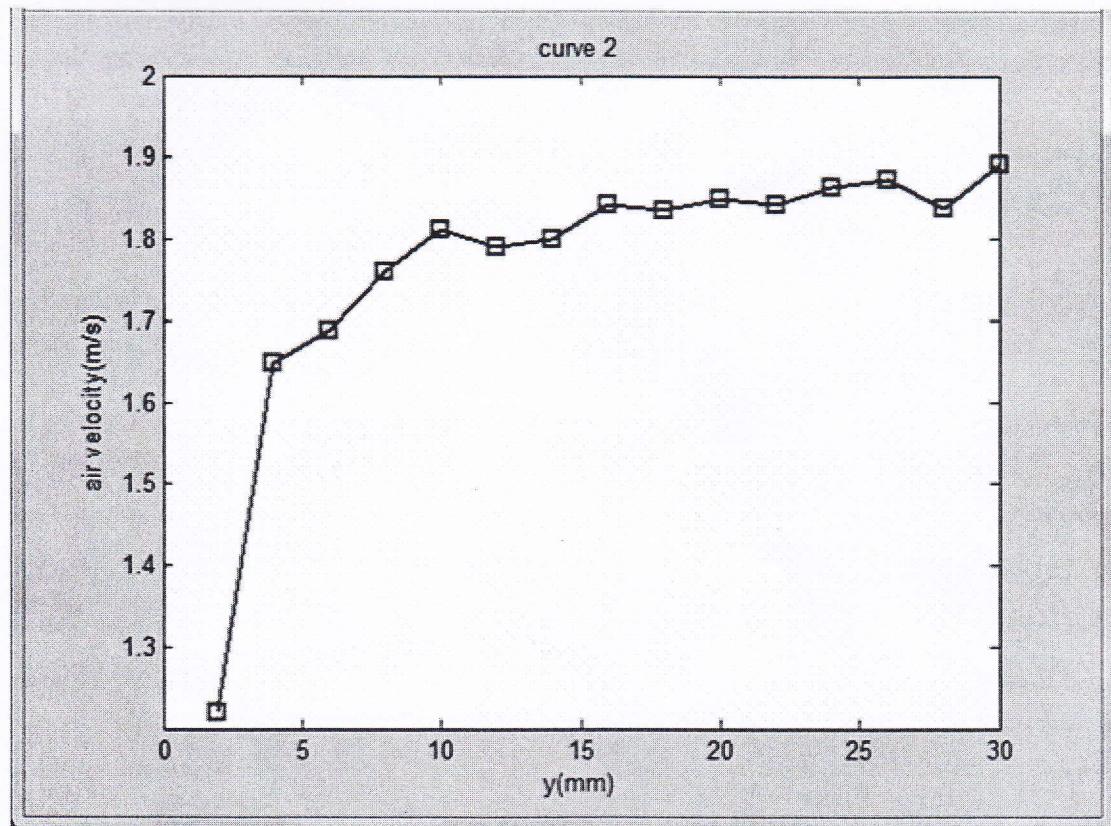
0.057984615286762 -0.016090206176125 -0.012201147048853

0.642597152448539 0.591540449258758

热线标定曲线：



边界层速度分布图：



流速均方根随  $y$  变化曲线：

