

第八章 超声速风洞实验（纹影观测实验）

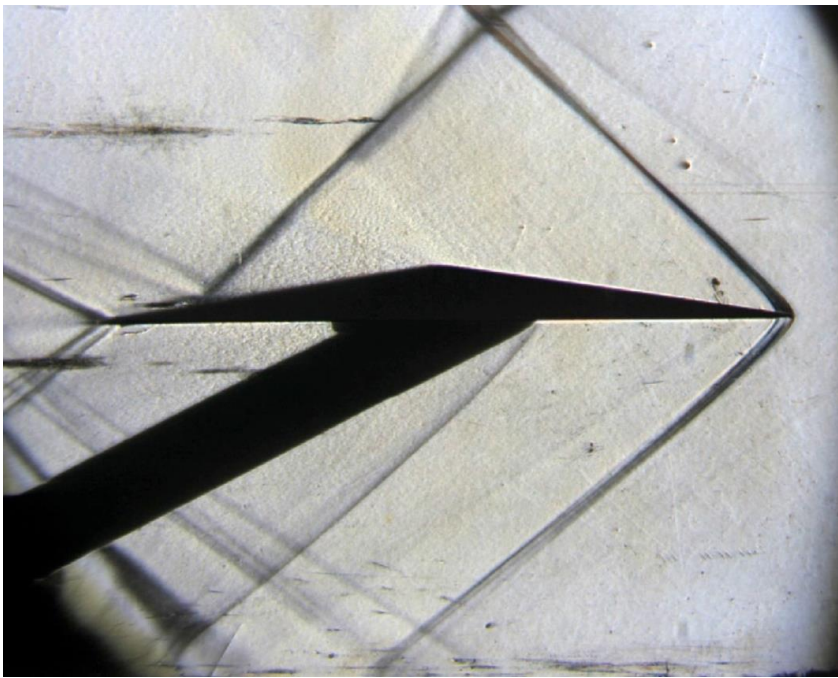


图 8-1 超声速气流观测结果图

附录

流体力学实验第三~六、八章数据处理、结果可视化 MATLAB 程序整理如下：

程序编号	P3-1	实现功能	管路沿程损失实验（数据处理）	
程序名称	Ex_003.m	读取文件	Ex_3_001.dat	
<pre>%% 流体力学实验第三章：管路沿程损失实验 %% 数据导入与初始化 clear all clf clc Data=load('Ex_3_001.dat'); n=size(Data,1); % 实验次数 t=Data(:,1); % 温度 rou=Data(:,2); % 流体密度（水）（单位：kg/m^3） p_yc=Data(:,[3:7]); % 沿程损失差压变送器读数（单位：Kpa） p_wdl=Data(:,[8:12]); % 沿程损失差压变送器读数（单位：Kpa） %% 常量定义 d=5; % 管路内径（单位：cm） L=600; % 测压截面间沿程管长度（单位：cm）</pre>				

```

A=(pi*(d^2))/4; % 测压管截面积（单位：cm^2）
C=682.12; % 文德利流量计常数（单位：cm^(5/2)/s）
n0y=0.02; % 沿程损失差压变送器初读数（单位：Kpa）
n0w=0.03; % 文德利流量计差压变送器初读数（单位：Kpa）
g=980;

%% 实验数据计算
mu=zeros(n,1);
det_p_yc=zeros(n,1);
hf_yc=zeros(n,1);
det_p_wdl=zeros(n,1);
hf_wdl=zeros(n,1);

Q=zeros(n,1);
V=zeros(n,1);
Re=zeros(n,1);
lambda=zeros(n,1);

x_Re=zeros(n,1);
y_lambda=zeros(n,1);

for i=1:n
    mu(i)=0.0178/(1+0.0337*t(i)+0.000221*(t(i)^2));
    tot_p_yc=0;
    tot_p_wdl=0;
    for j=1:5
        tot_p_yc=tot_p_yc+p_yc(i,j);
        tot_p_wdl=tot_p_wdl+p_wdl(i,j);
    end
    det_p_yc(i)=((tot_p_yc/5)-n0y)*1000;
    det_p_wdl(i)=((tot_p_wdl/5)-n0w)*1000;
    hf_yc(i)=(det_p_yc(i)/(rou(i)*g))*10000;
    hf_wdl(i)=(det_p_wdl(i)/(rou(i)*g))*10000;

    Q(i)=C*sqrt(hf_wdl(i));
    V(i)=Q(i)/A;
    Re(i)=V(i)*d/mu(i);
    lambda(i)=hf_yc(i)/((L/d)*((V(i)^2)/(2*g)));

    x_Re(i)=log10(Re(i));
    y_lambda(i)=100*lambda(i);
end
end

```

```
%% 实验数据可视化
plot(x_Re,y_lambda,'r','LineWidth',1.5);
```

程序编号	P4-1	实现功能	管路局部损失实验（数据处理）
程序名称	Ex_004.m	读取文件	Ex_4_001.dat
%% 流体力学实验第四章：管路局部损失实验 %% 数据导入与初始化 clear all clf clc Data=load('Ex_4_001.dat'); n=size(Data,1); % 实验次数 t=Data(:,1); % 温度 rou=Data(:,2); % 流体密度（水）（单位：kg/m^3） p_inc=Data(:,3:7); % 突然扩大差压变送器读数（单位：Kpa） p_dec=Data(:,8:12); % 突然减小差压变送器读数（单位：Kpa） p_wdl=Data(:,13:17); % 文德利流量计差压变送器读数（单位：Kpa） %% 常量定义 d1=5; % 1-1截面管路内径（单位：cm） A1=(pi*(d1^2))/4; % 1-1截面管路截面积（单位：cm^2） d2=10; % 1-1截面管路内径（单位：cm） A2=(pi*(d2^2))/4; % 1-1截面管路截面积（单位：cm^2） C=682.12; % 文德利流量计常数（单位：cm^(5/2)/s） n0x=-0.001; % 突然扩大差压变送器初读数（单位：Kpa） n0y=-0.04; % 突然减小差压变送器初读数（单位：Kpa） n0w=0.07; % 文德利流量计差压变送器初读数（单位：Kpa） g=980; %% 实验数据计算 det_p_inc=zeros(n,1); hf_inc=zeros(n,1); det_p_dec=zeros(n,1); hf_dec=zeros(n,1); det_p_wdl=zeros(n,1); hf_wdl=zeros(n,1); Q=zeros(n,1); Vl=zeros(n,1);			

```

V2=zeros(n,1);

x_V1=zeros(n,1);
x_V2=zeros(n,1);
y_hj_inc=zeros(n,1);
y_hj_dec=zeros(n,1);

for i=1:n
    tot_p_inc=0;
    tot_p_dec=0;
    tot_p_wdl=0;
    for j=1:5
        tot_p_inc=tot_p_inc+p_inc(i,j);
        tot_p_dec=tot_p_dec+p_dec(i,j);
        tot_p_wdl=tot_p_wdl+p_wdl(i,j);
    end
    det_p_inc(i)=((tot_p_inc/5)-n0x)*1000;
    det_p_dec(i)=((tot_p_dec/5)-n0y)*1000;
    det_p_wdl(i)=((tot_p_wdl/5)-n0w)*1000;
    hf_inc(i)=(det_p_inc(i)/(rou(i)*g))*10000;
    hf_dec(i)=(det_p_dec(i)/(rou(i)*g))*10000;
    hf_wdl(i)=(det_p_wdl(i)/(rou(i)*g))*10000;

    Q(i)=C*sqrt(hf_wdl(i));
    V1(i)=Q(i)/A1;
    V2(i)=Q(i)/A2;
    x_V1(i)=(V1(i)^2)/(2*g);
    x_V2(i)=(V2(i)^2)/(2*g);
    y_hj_inc(i)=(-1)*hf_inc(i)+(15*x_V2(i));
    y_hj_dec(i)=hf_dec(i)-(0.9375*x_V1(i));
end

%% 实验数据可视化
hold on
plot(x_V2,y_hj_inc,'r-','LineWidth',1.5);
plot(x_V1,y_hj_dec,'b-','LineWidth',1.5);
grid on
box on

```

程序编号	P5-1	实现功能	文德利流量计标定实验（数据处理）	
程序名称	Ex_005.m	读取文件	Ex_5_001.dat	

```

%% 流体力学实验第五章：文德利流量计标定实验
%% 数据导入与初始化
clear all
clf
clc

Data=load('Ex_5_001.dat');
n=size(Data,1); % 实验次数

t=Data(:,1); % 温度
rou=Data(:,2); % 流体密度（水）（单位：kg/m^3）
p_lc=Data(:,3:7); % 落差法差压变送器读数（单位：Kpa）
p_wdl=Data(:,8:12); % 文德利流量计差压变送器读数（单位：Kpa）

%% 常量定义
d1=8; % 文德利流量计进口截面管路内径（单位：cm）
A1=(pi*(d1^2))/4; % 文德利流量计进口截面管路截面积（单位：cm^2）
d2=4.2; % 文德利流量计喉道截面管路内径（单位：cm）
A2=(pi*(d2^2))/4; % 文德利流量计喉道截面管路截面积（单位：cm^2）
d=5; % 落差法细管道直径
AL=(pi*(d^2))/4; % 落差法细管道截面积
K=1.00836; % 落差系数
C0=682.05; % 文德利流量计常数（单位：cm^(5/2)/s）
n0l=0.11; % 落差法差压变送器初读数（单位：Kpa）
n0w=0.10; % 文德利流量计差压变送器初读数（单位：Kpa）
g=980;

%% 实验数据计算
u=zeros(n,1);
det_p_lc=zeros(n,1);
VL=zeros(n,1);
QL=zeros(n,1);
det_p_wdl=zeros(n,1);
hf_wdl=zeros(n,1);
Q0=zeros(n,1);
QS=zeros(n,1);
C=zeros(n,1);
mu=zeros(n,1);
Re=zeros(n,1);

for i=1:n
    u(i)=0.0178/(1+0.0337*t(i)+0.000221*(t(i)^2));
    tot_p_lc=0;
    tot_p_wdl=0;

```

```
for j=1:5
    tot_p_lc=tot_p_lc+p_lc(i,j);
    tot_p_wdl=tot_p_wdl+p_wdl(i,j);
end
det_p_lc(i)=((tot_p_lc/5)-n0l)*1000;
det_p_wdl(i)=((tot_p_wdl/5)-n0w)*1000;
hf_wdl(i)=(det_p_wdl(i)/(rou(i)*g))*10000;

Q0(i)=C0*sqrt(hf_wdl(i));
VL(i)=sqrt(2*det_p_lc(i)/rou(i))*100;
QL(i)=AL*VL(i);
QS(i)=K*QL(i);
C(i)=QS(i)/sqrt(hf_wdl(i));
mu(i)=QS(i)/Q0(i);
Re(i)=(4*QS(i))/(pi*d2*u(i));

end

%% 实验数据可视化
plot(Re,C,'r-','LineWidth',1.5);
grid on
box on
figure;
plot(Re,mu,'b-','LineWidth',1.5);
grid on
box on
```

程序编号	P6-1	实现功能	翼型压力分布实验（数据处理）	
程序名称	Ex_006.m	读取文件	Ex_6_001.dat	
%% 流体力学实验第六章：翼型压力分布实验				
%% 数据导入与初始化				
clear all				
clf				
clc				
Data=load('Ex_6_001.dat');				
num=Data(:,1);				
x=Data(:,2);				
y=Data(:,3);				
Cp=Data(:,4);				

```
alfa=10*(pi/180); % 翼型模型迎角为10度，转化为rad弧度
```

```
n_tot=length(num); % 翼型表面总布置压力点个数
```

```
n_up=sum(num); % 上表面布置压力点个数
```

```
n_down=n_tot-n_up; % 下表面布置压力点个数
```

```
x_up=zeros(1,n_up+1);
```

```
x_down=zeros(1,n_down+1);
```

```
Cp_up=zeros(1,n_up+1);
```

```
Cp_down=zeros(1,n_down+1);
```

```
tot_up=1;
```

```
tot_down=1;
```

```
%% 实验数据计算
```

```
for i=1:n_tot
```

```
    if (num(i)==1)
```

```
        tot_up=tot_up+1;
```

```
        x_up(tot_up)=x(i);
```

```
        Cp_up(tot_up)=Cp(i);
```

```
    else
```

```
        tot_down=tot_down+1;
```

```
        x_down(tot_down)=x(i);
```

```
        Cp_down(tot_down)=Cp(i);
```

```
    end
```

```
end
```

```
x_up(1)=0;
```

```
Cp_up(1)=0;
```

```
x_up(n_up+1)=1;
```

```
Cp_up(n_up+1)=0;
```

```
x_down(1)=0;
```

```
Cp_down(1)=0;
```

```
x_down(n_down+1)=1;
```

```
Cp_down(n_down+1)=0;
```

```
%% 利用梯形法数值积分计算翼型的法向力及切向力系数
```

```
Cy1=0; % 法向力系数计算
```

```
Cx1=0; % 切向力系数计算
```

```
for i=1:(n_tot-1)
```

```
    Cy1=Cy1+((-1)*(Cp(i+1)+Cp(i))*(x(i+1)-x(i))/2);
```

```
    Cx1=Cx1+((Cp(i+1)+Cp(i))*(y(i+1)-y(i))/2);
```

```
end
```

```

Cy=Cy1*cos(alfa)-Cx1*sin(alfa); % 升力系数计算
Cx=Cx1*cos(alfa)+Cy1*sin(alfa); % 阻力系数计算

%% 实验数据可视化
hold on
plot(x_up,Cp_up,'r.','MarkerSize',16);
plot(x_down,Cp_down,'b.','MarkerSize',16);
legend('上表面压强系数位置点','下表面压强系数位置点');
set(gca,'YDir','reverse') % 对y轴反转
xlabel('相对弦长位置\itx'),ylabel('压强系数\itC_{p}'),title('翼型压强分布曲线图');
grid on
box on

```

程序编号	P8-1	实现功能	超声速风洞实验（数据处理）	
程序名称	Ex_008.m	读取文件	Ex_8_001.dat	
<pre>%% 流体力学实验第八章：超声速风洞实验 %% 数据导入与初始化 clear all clf clc Data=load('Ex_8_001.dat'); n=size(Data,1); % 实验次数 gamma=1.4; %% 计算实验测得理论马赫数、压力比 t=Data(:,1); % 时间 Pi=Data(:,[2:11]); P0=96370; Pc=zeros(size(Pi,1),size(Pi,2)); for i=1:size(Pi,1) for j=1:size(Pi,2) Pc(i,j)=P0/Pi(i,j); end end P_ratio_exp=zeros(1,size(Pi,2)); Ma_exp=zeros(1,size(Pi,2)); for k=1:size(Pi,2) P_ratio_exp(k)=Pc(150,k); % 喷管截面压力比（实验测） Ma_exp(k)=sqrt((2/(gamma-1))*((Pc(k))^(gamma-1)/gamma)-1)); % 喷管截面马赫数（实</pre>				


```

验测)
end

%% 计算理论马赫数、压力比
Ax=38.08;
Ai=[48.62 53.36 54.19 59.26 66.93 69.73 70.90 73.68 73.68];
A_ratio=Ai./Ax;
MA=1.20:0.0001:2.40;
Am=zeros(1,length(MA));
Ma_alt=zeros(1,length(Ai));
for i=1:length(MA)
Am(i)=sqrt((1/(MA(i)^2))*(((2/(gamma+1))*(1+((gamma-1)/2)*(MA(i)^2)))^((gamma+1)/(gamma-1))));
end
for k=1:length(Ai)
    Amx=abs(Am-A_ratio(k));
    Ma_alt(k)=MA(find(Amx==min(Amx))); % 喷管截面马赫数（理论解）
end
P_ratio_alt=zeros(1,length(Ai));
for k=1:length(Ai)
    P_ratio_alt(k)=(1+((gamma-1)/2)*(Ma_alt(k)^2))^(gamma/(gamma-1)); % 喷管截面压力比（理论解）
end

%% 利用偏转角、激波角和马赫数三者关系式计算来流马赫数
theta=12*(pi/180); % 气流偏转角
beta=45*(pi/180); % 激波角
M_theta=zeros(1,length(MA));
for i=1:length(MA)
M_theta(i)=atan((((MA(i)^2)*(sin(beta))^2-1)/(tan(beta)*(1+MA(i)^2*(((gamma+1)/2)-(sin(beta))^2)))));
end
M_theta_alt=abs(theta-M_theta);
M_ans=MA(find(M_theta_alt==min(M_theta_alt))); % 来流马赫数最终结果
mu=asin(1/M_ans)*(180/pi); % 马赫角

%% 实验数据可视化
plot(t,Pc,'DisplayName','Pi','LineWidth',1.2)
xlabel('t'),ylabel('P_{0}/P_{i}');
grid on
box on

```