

大学物理实验报告

姓名 梁俊凯 学号 201073614 院系班级 运航1001

做实验时间 2013年4月10 第 七 周, 周 三, 第 5-8 节

任课教师评语 _____

成绩
任课教师签字

说明: 报告必须写清实验目的、要求、主要仪器设备、原理、内容、操作步骤和方法、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 风洞设计和运行

一. 实验目的

1. 学习风洞的使用和设计原理

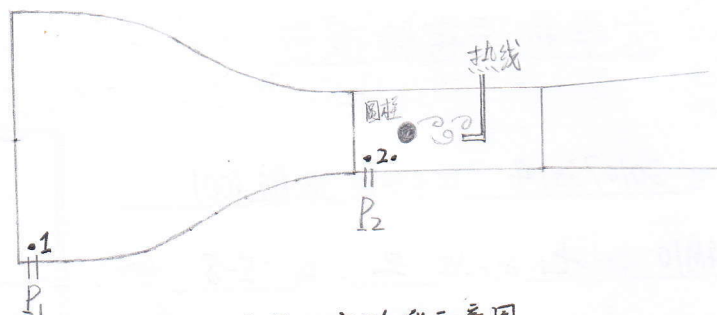
2. 利用风洞测量圆柱扰流中涡脱率频率和雷诺数之间的关系

二. 实验设备

实验在一抽吸式开口风洞内进行。风洞实验段 30×30 厘米, 长 70 厘米。收缩段面积收缩比为 9:1。风洞使用一台 3kW 轴流式风机, 并由变频器控制, 使出口风速在 0.5 和 30m/s 之间连续可调。

实验段内放置一圆柱, 直径 50mm, 来流经过圆柱形成周期性绕流。圆柱下游某点的风速由一台辽宁航华 CTA-02A 型多通热线风速仪配一枚 I 型探针测量。热线直径 5 μ m, 长度 15mm。收缩段上游和实验段静压差 $P_1 - P_2$ 通过一台电容式压力传感器测量, 该传感器量程 100Pa, 精度 0.2Pa。

压力传感器和热线风速仪输出电压由一台电脑和 NI PCI-6014 数据采集卡采集, 使用程序由 NI Labview 编制。



风洞收缩段和实验段示意图

三. 实验过程

1. 接通风机电源, 接通传感器电源, 启动测量电脑, 启动测量程序。
2. 将风机转速调至 5Hz, 测量风速为零条件压力传感器和热线输出电压, 并保存数据文件。
3. 逐步加大风速。在每个风速条件下测量压力传感器和热线输出电压, 并保存数据文件。
4. 计算每个风速条件下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 $P = 18.4 \times (V - V_0)$, P 单位帕斯卡, 式中 V_0 代表风速为零时压力传感器的输出电压。
5. 利用质量守恒和伯努利方程计算实验段内风速。
6. 利用实验 2 获得的标定参数将热线输出的电压值转换成风速值; 利用 Excel 或 Matlab 对热线数据进行频谱分析, 取得涡脱频率 f_s 。
7. Excel 或 Matlab 等软件绘制 $Re-S_r$ 图, 横坐标为雷诺数 ($Re = \rho U D / \mu$), 纵坐标为斯特劳哈尔数 ($S_r = f_s D / U$)。

四. 实验报告要求

1. 在对数表上绘制雷诺数和斯特劳哈尔数关系图。
2. 写明计算依据和计算过程。

数据表:

① 电源频率 / Hz	5.28	8.09	10	11.87	14.75	18.18	20.21	$f_{电}$
压力传感器平均值 / V	2.4239	2.6002	2.7664	2.9656	3.3839	4.0511	4.5803	\bar{V}

2.

②由压力计 $V-P$ 对应关系公式 $P=18.4 \times (V-V_0)$ (这里取 $V_0=2.34V$)，计算得：

电源频率/Hz	5.28	8.09	10	11.87	14.75	18.18	20.21	$f_{电}$
相对压力平均值/Pa	1.54376	4.74768	7.84576	11.51104	19.20776	31.48424	41.22152	ΔP

③ 计算风洞风速和雷诺数

由连续性方程有 $A_1 v_1 = A_2 v_2$ ，已知 $A_2 = 9 \Rightarrow v_2 = 9v_1$

取一条流线过1点和2点，由伯努利方程有 $\frac{v_1^2}{2} + \frac{P_1}{\rho} = \frac{v_2^2}{2} + \frac{P_2}{\rho} \Rightarrow v_2 = \sqrt{\frac{8\Delta P}{40\rho}}$ (取 $\rho=1.29kg/m^3$)

得：电源频率/Hz	5.28	8.09	10	11.87	14.75	18.18	20.21	$f_{电}$
风洞风速/m/s	1.556709	2.741449	3.509419	4.250842	5.491058	7.030145	8.044141	v

再由 $Re = \frac{\rho v D}{\mu}$ (取 $\rho=1.29kg/m^3$, $D=0.05m$, $\mu=1.846 \times 10^{-5} N \cdot s/m^2$) 得各对应雷诺数

雷诺数	5440	9580	12300	14900	19200	24600	28100	Re
-----	------	------	-------	-------	-------	-------	-------	------

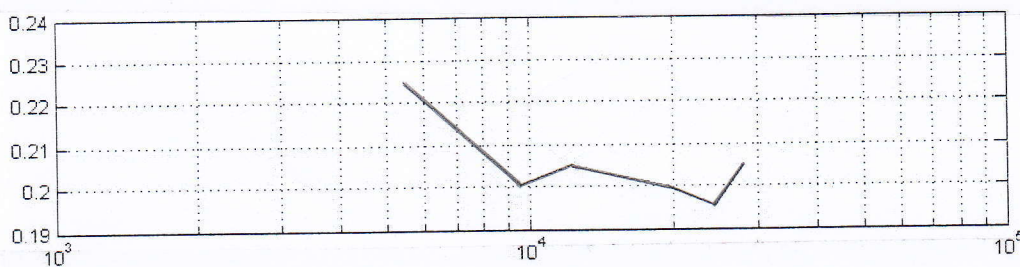
④ 通过对热线所得数据进行快速傅立叶变化进行频谱分析，得

电源频率/Hz	5.28	8.09	10	11.87	14.75	18.18	20.21	$f_{电}$
涡脱频率/Hz	7	11	14.4	17.25	22	27.5	33	f_s

再由 $St = \frac{f_s D}{v}$ 得各对应的斯特劳哈尔数：

斯特劳哈尔数	0.224833	0.200624	0.205162	0.202901	0.200326	0.195586	0.205118	St
--------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	------

⑤ $Re-St$ 图如下图示：



雷诺数与斯特劳哈尔数关系图

五. 数据分析

由上述计算结果可看出在圆柱绕流的卡门涡街中，Strouhal number 在 0.2 附近上下浮动。通过查资料显示，在 Re 处于 $300 \sim 3 \times 10^5$ 之间时， St 近似保持在 0.2。这样看，所做实验结果是比较理想的。

由 $St = \frac{f_s D}{v}$, $Re = \frac{\rho v D}{\mu} \Rightarrow f_s = \frac{k\mu}{\rho} Re$ (k —系数)，即 $f_s \propto Re$ ，由实验数据

来看,实验结果是满足此关系。实验结论是,随着风速提高,雷诺数随之变大,涡脱频率也随之变大,但 St 在一定范围内保持不变。

六. 实验心得

在实验过程中,一定不能忘记记录零风速时压力传感器的输出电压 V_0 ,这对之后多个数值的计算十分重要,否则会带来大的偏差。

在进行频谱分析时,发现越往后(即风速越大),快速傅立叶变换结果中基频体现的越不明显。不知这是实际情况,还是傅立叶变换方法不对导致的。

直接对热线电压进行频谱分析也应能得到 f_s 。

电源频率很低时,电机运行不稳定。所以从稍高频率起开始实验。