

课程编号 1800450068

得分	教师签名	批改日期

# 深 圳 大 学 实 验 报 告

课程名称： 大学物理实验（二）

实验名称： 基于 Comsol 的卡门涡街实验

学 院： 计算机与软件学院

指导教师： 杨巍

报告人： 黄亮铭 组号： 19

学号 2022155028 实验地点 309

实验时间： 2023 年 10 月 18 日

提交时间：

## 一、实验目的

- 1.使用 Comsol 软件模拟卡门涡街（圆柱绕流）；
- 2.学习 Comsol 模拟仿真软件；
- 3.了解卡门涡街的基础知识；
- 4.模拟流体经过圆柱后的卡门涡街尾迹；
- 5.绘制不同时刻的升力系数和曳力系数；
- 6.分析卡门涡街频率和圆柱体受力。

## 二、实验原理

卡门涡街：定常来流绕过某些物体时，在特定条件下会出现不稳定的边界层分离，阻流体下游的两侧会周期性地脱落后旋转方向相反、排列规则的双列线涡，这两排旋涡相互交错排列，就像街道两边的街灯一样。

雷诺数：运动物体上的惯性力与黏性力之比。雷诺数是用来表征流体流动情况的无量纲数。利用雷诺数可区分流体的流动是层流或湍流，也可以用来确定物体在流体中流动所受到的阻力。

$$Re = \frac{\rho v l}{\mu}, \text{其中 } v、\rho、\mu \text{ 分别为流体的流速、密度、黏性系数，} L \text{ 为特征长度}$$

卡门涡街形成条件：  $47 < Re < 10^5$

涡振原理：  $\frac{p}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} = H$ ，伯努利方程。尾涡脱落的一侧速度增大，压强就减小，尾涡交替脱落，导致圆柱背流面压力交替减小，形成涡振。

有限元方法：空间和时间相关问题的物理定律通常用偏微分方程（PDE）描述。对大多数实际问题，这些偏微分方程没有解析解。不过，通常可以把实际模型离散化，用数值的方法进行求解。有限元法（FEM）是工程和数学建模中常用的数值求解偏微分方程的方法，被广泛应用于结构力学、流体力学、热传导和电磁学等领域。有限元法最早是在 20 世纪 40 年代被德裔美国数学家 Richard Courant 首次提出，它的基本思想是把一个大系统细分为更小、更简单的部分，称为有限元。在每个有限元上都可以得到一个简单方程。这样，就把原来的偏微分方程变成一个更大的方程组，这个方程组可以模拟整个问题。最后，FEM 通过变分法最小化误差函数得到方程的解。

Comsol：COMSOL 是一个集成了有限元法、求解器和建模工具的仿真软件，可以仿真多物理场耦合，为处理各类工程或物理提供了统一的操作界面和工作流程。COMSOL 的模块包括：1、基本模块（包括 3 个组件）① 模型开发器：用于创建、求解仿真模型，分析结果；② App 开发器：用于制作特定功能的 App；③ 模型管理器：用于管理仿真模型和辅助数据；2、附加模块电磁学、结构力学、声学、流体流动、传热和化工模块。COMSOL 的工作流程：1. 几何建模；2. 物理场设置；3. 网格划分；4. 研究和优化；5. 求解；6. 可视化和结果分析。注意：建模时根据具体问题选择合适的建模方法和求解器。比如本实验研究“流过圆柱体后的卡门涡街”，因为不考虑垂直方向的流动，可以选“流体流动”模块的二维层流，求解器可选通用求解器。

### 三、实验仪器：

1. Comsol 仿真软件；
2. 计算机。

### 四、实验内容：

1. 模型向导：1.1 打开 COMSOL 软件，在新建窗口中单击模型向导；1.2 在模型向导窗口中，单击二维；1.3 在选择物理场树中双击流体流动 $\diamond$ 单向流 $\diamond$ 层流；1.4 单击添加，然后单击下方的研究；1.5 在选择研究中选择一般研究 $\diamond$ 瞬态；1.6 单击底部的完成；

2. 参数定义 2.1 在左侧模型开发器窗口的全局定义节点下，单击参数 1；2.2 在参数的设置窗口中，定位到参数栏；2.3 在表中输入以下设置（如图所示）：2.4 在左侧主屏幕工具栏中单击  $f(x)$  函数，选择全局 $\diamond$ 阶跃；2.5 在阶跃的设置窗口中，定位到参数栏；2.6 在位置文本框中输入 0.1；

名称	表达式	值	描述
U_mean	1[m/s]	1 m/s	平均流入速度
H	0.41[m]	0.41 m	
W	2.2[m]	2.2 m	
R	0.05[m]	0.05 m	

3. 几何建模：3.1 在上方的几何工具栏中单击矩形；3.2 在矩形的设置窗口中，定位到大小和性质栏；3.3 在宽度文本框输入 W，在高度文本框输入 H；3.4 单击构建选定对象；3.5 在上方的几何工具栏中单击圆；3.6 在圆的设置窗口中，定位到大小和性质栏；3.7 在位置栏的 x 文本框输入 0.2，在 y 文本框输入 0.2；3.8 定位到大小和形状栏，在半径文本框中输入 R；3.9 单击构建选定对象。3.10 在上方的几何工具栏中单击布尔操作和分割，然后选择差集；3.11 在差集的要添加的对象框里添加 r1（点击右侧矩形即可添加）；3.12 在差集的要减去的对象下方激活选择（点击激活选择按钮即可）3.13 在差集的要减去的对象框里添加 c1（点击右侧的圆即可添加）；3.14 在几何工具栏中单击全部构建；此时在右侧的图形界面形成了我们需要的流体流动区域，建模完成。

4. 材料设置：4.1 在模型开发器窗口的组件(comp1)节点下，右键单击材料并选择空材料；4.2 在材料的设置窗口中，定位到材料属性明细栏；4.3 在表中输入一下设置（如图所示）：

▼ 材料属性明细

»	属性	变量	值	单位	属性组
<input checked="" type="checkbox"/>	密度	rho	1	kg/m³	基本
<input checked="" type="checkbox"/>	动力黏度	mu	1e-3	Pa·s	基本

5. 层流设置：5.1 在模型开发器窗口的组件 1(comp1)节点下，右键单击层流(spf)并选择入口；5.2 在入口的设置窗口中，边界选择栏里选择边界 1（单击右侧图形窗口里矩形的左边界即可）；5.3 在入口的设置窗口中，定位到速度栏，在  $u_0$  文本框中输入