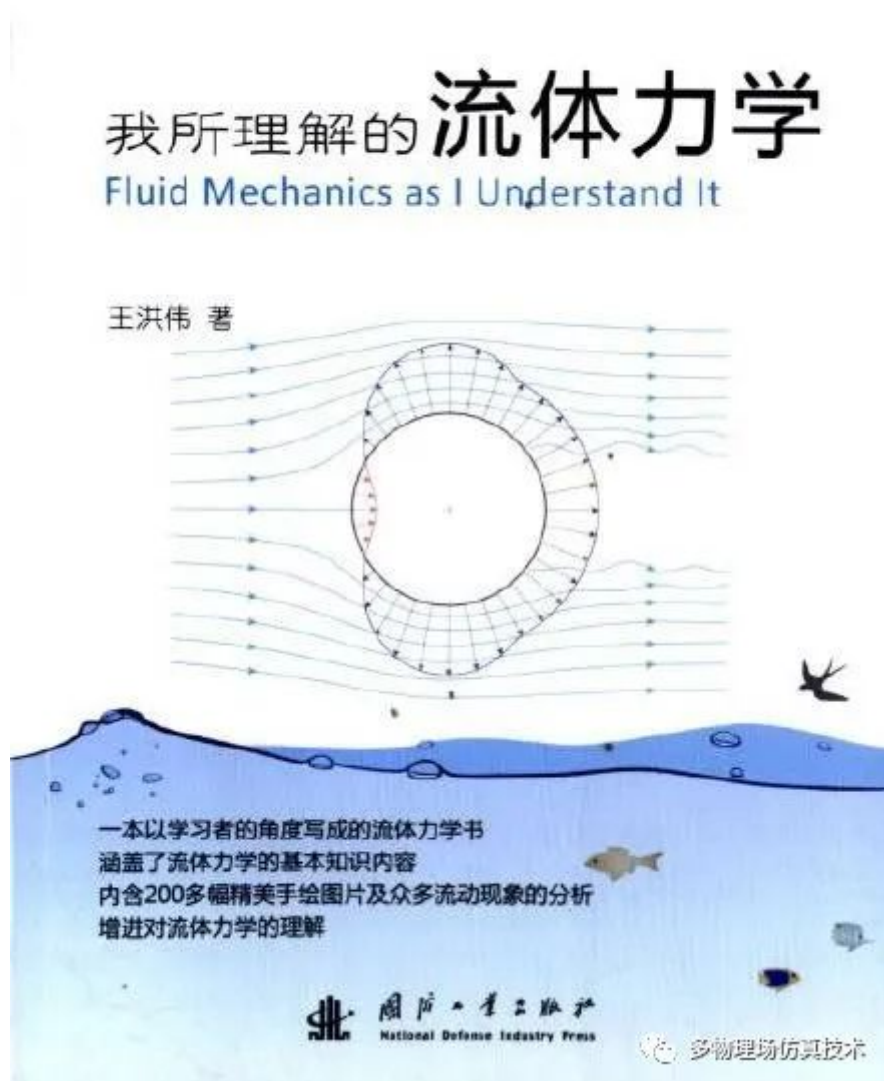


# 一篇文章入门计算流体动力学CFD--（下）

原创 [www.cae-sim.com](http://www.cae-sim.com) [多物理场仿真技术](#)



推荐一本书《我所理解的流体力学》，这本书包含了流体力学的公式理论推导，基本原理以及很多流体的有趣现象，图文并茂，兼顾专业和科普，是介绍流体力学不可多得的好书。



就在今年2020年4月26号，武汉多位车主反映，武汉鹦鹉洲长江大桥桥体出现可感知的上下晃动现象，该桥管养单位武汉市城投集团公司回应称，此次桥梁异常振动系特定风况引起，振幅在设计允许范围内；桥梁结构运行正常，安全有保障。在“一篇文章入门多物理场有限元”一文中介绍过美

国塔科马大桥早年被风吹垮塌的事故，之后的悬索桥都考虑到了强风对桥梁的影响，进行了CFD相关仿真，所以桥的质量本身是没有问题的，但是因为牺牲了刚度，导致振动位移过大带来的行车安全隐患也不容忽视，想想坐车上下颠簸达一米的时候，真是在坐过山车的感觉。

计算流体力学CFD属于流体力学的一部分，是用数值计算方法求解流体力学问题。在“一篇文章入门计算流体动力学CFD上”中介绍了计算流体的一些基本概念，本文再进行一些扩展。

按照流体不同的特点，可以进行分类：

### 1. 理想流体和粘性流体

粘性(Viscosity)是流体内部发生相对运动而引起的内部相互作用

### 2. 牛顿流体与非牛顿流体

按照内摩擦剪应力与速度变化率的关系不同，粘性流体又分为牛顿流体和非牛顿流体；

### 3. 可压缩流体和不可压缩流体

例如空气可压缩，水不可压缩

### 4. 定常和非定常流动

许多流体机械在启动或者关机时候可以看做非定常流动，而正常运转时可以看做定常流动

### 5. 层流和湍流

可以通过雷诺系数来确定

-----  
有限体积法的离散格式：

在使用有限体积法建立离散方程时，很重要的一步是将控制体积界面上的物理量以及导数通过节点物理量插值求出，引入插值方式的目的即使为了建立离散方程，常用的离散方式有：

中心差分格式，一阶迎风格式，混合格式，指数格式，迎风格式，二阶迎风格式，QUICK格式，压力修正法

SIMPLE不是simple

SIMPLE算法是流体中经常使用的离散算法，全名为压力耦合方程组的半隐式方法（Semi-Implicit Method for Pressure Linked Equations），是CFD中一种被广泛使用的求解流场的数值方法，于1972年由苏哈斯·帕坦卡与布莱恩·斯波尔丁提出。

SIMPLE算法自1972年问世以来在世界各国计算流体力学及计算传热学界得到了广泛的应用，这种算法提出不久很快就成为计算不可压流场的主要方法，随后这一算法以及其后的各种改进方案成功的推广到可压缩流场计算中，已成为一种可以计算任何流速的流动的数值方法。

改进的SIMPLE方法包括SIMPLEC（SIMPLE-Consistent）算法，SIMPLER（SIMPLE revised）和PISO（Pressure implicit with splitting of operators）

---

## CFD的一些其他概念

### 多相流/组分传输与气体燃烧/多孔介质

物质一般具有气态，液态，固态。在通常所指的多相流动中，相可以定义为具有相同类别的物质，该类物质在所处的流动中具有特定的惯性相应并与流畅相互作用。目前有两种处理多相流的数值计算方法：欧拉-欧拉方程，欧拉-拉格朗日方程。

---

### 多物理场耦合

FSI (fluid-structure interaction ) 流固耦合是CFD多物理场耦合最常见的耦合方式。

CFD和热耦合也是常见的耦合方式，比如电子器件散热。

---

### CFD/有限元/无网格

之前提到大部分商业软件以及OpenFOAM采用的都是有限体积法，少用有限元方法。其实有限元精度比有限体积更高，只是有限体积不仅满足计算要求，而且算法简单，在目前硬件软件相同条件下，有限元并不比有限体积更有优势。基于无网格的CFD发展迅速，实际应用也越来越成熟，未来无网格法和有限元计算CFD应该是趋势。

---

介绍CFD可是说是研发仿真“一篇文章入门系列”中最痛苦的事，CFD内容实在太多太复杂了。笔者开发OpenFOAM前后处理工具FasFluid的时候，也是被绕的云里雾里。文章中很多一句话基本上都是几本书的内容，仅供参考索引。