

计算流体力学课程教学大纲

课程代码：74120500

课程中文名称：计算流体力学

课程英文名称：Computational fluid dynamics

学分：1.5 周学时：1.5-0.0

面向对象：

预修要求：微积分，流体力学

一、课程介绍

（一）中文简介

计算流体力学是用电子计算机和离散化的数值方法对流体力学问题进行数值模拟和分析。由于理论分析是采用数学方法求出问题的定量结果，此种方法仅能少数求出问题的结果，计算流体力学正是为弥补分析方法的不足而发展的。计算流体力学可以广泛深入到流体力学的各个领域，相应地也形成了各种不同的数值解法。就目前情况看，主要是有限差分方法，有限体积与有限元法。有限差分方法在流体力学中已得到广泛应用，根据问题的特点将定解区域作网格划分，把原微分方程离散化为差分方程组。而有限元法是从求解固体力学问题发展起来的。近年来在处理低速流体问题中，已有相当多的应用，而且还在迅速发展。

（二）英文简介

Computational fluid dynamics (CFD) which is a branch of fluid mechanics uses numerical simulations to solve problems that involve fluid flows. The selected discretisation is established numerically rather than analytically as with simple linear problems. The Navier - Stokes equations which admit shocks must be taken to ensure that the discretisation handles discontinuous solutions gracefully. Some of the discretization methods for CFD being are used including finite difference method (FDM), finite volume method (FVM) and finite element method (FEM). FDM solve the differential equations by approximating them with difference equations, in which finite differences approximate the derivatives based on the Taylor's polynomial. FVM

refers to the small volume surrounding each node point on a mesh. The FEM formulation can results a number of system equations and this method yields approximate values of the unknowns at discrete number of points over the domain

二、教学目标

(一)学习目标

通过本课程的学习，基于流体学的基础，使学生对计算流体力学的原理、应用领域有深入的认识和了解，培养读懂和编写简单进而复杂计算流体力学程序的能力，并通过并行计算

(Parallel Computing)同时使用多种计算资源解决计算问题的过程，是提高计算机系统计算速度和处理能力，为学生将来从事海洋专业领域的数值模拟研究工作打下坚实的基础。

(二)可测量结果

- (1) 以计算机为模拟手段，能透过计算技术寻求流体力学种复杂问题的离散化数值解。
- (2) 说明计算流体力学的主要包含哪些影响因素，特别要求能说明计算流体无粘绕流和粘性流动。而无粘绕流包括低速流、超声速流等；粘性流动包括湍流、边界层流动等。
- (3) 基于计算流体力学的基础，了解计算流体力学与实验流体力学领域的关系，作为研究工作以相辅相成。
- (4) 能对当前计算流体力学的重要新方法问题进行评论和修正。
- (5) 能初步掌握计算流体力学的主要工作方法与分析要素。
- (6) 对计算流体力学文献具有较强的阅读能力。(
- (7) 具有国际视野与并在团队作业中具有批评与合作能力。

三、课程要求

(一)授课方式与要求

- a. 教师讲授（讲授核心内容、总结、按顺序提示今后内容、答疑、公布讨论主题等）；
- b. 课后阅读和团队合作（按照讨论题内容进行和课堂推荐参考文献，分小组进行阅读和讨论发言起草工作）；
- c. 课后编写和应用简单的计算流体力学程序，使用 Fortran 语言；
- d. 期末开卷或闭卷考试。

(二)考试评分与建议

期末考试占 60%，平时成绩占 40%（到课率、平时作业、文献阅读）。

四、教学安排

教学安排见下表

课次	学时	课程安排
1	1.5	1. 计算流体力学的引言与特色 2. 计算流体力学发展回顾和展望 3. 现阶段最新的计算流体力学应用举例
2	1.5	1. 流体力学原始变数基本方程(连续方程, 动量方程, 能量方程) 2. 水动力学计算中的基本方程
3	1.5	1. 有限差分法的基本概念与 Taylor 级数法 2. 控制体积
4	1.5	1. 显示与隐式的差分格式 (1) LAX 格式和界面耗散(2)迎风格式 (3)蛙跳格式(4)Lax-Wendroff 格式 (5)Adams-Bashforth 格式(6)MacCormack 格式 2. 差分法的稳定性分析
5	1.5	1. 隐式差分格式的 2. 隐式差分格式的矩阵解法 (1)直接法 (2)迭代法
6	1.5	拉普拉斯方程的数值解法 1. 多重网格法的基本概念 2. 多重网格法的实施
7	1.5	1. 紧致差分格式(Compact difference scheme) 2. 结合紧致差分格式(Combined compact difference scheme)
8	1.5	异重流的概念与有限差分法数值模拟
9	1.5	有限元素法基本概念与矩阵求解
10	1.5	有限元素法软件的实施与应用
11	1.5	有限体积的基本概念(结构与非结构网格, TVD 格式)
12, 13	1.5+1.5	河床演变数值模拟

		<ul style="list-style-type: none"> ● 泥沙运动、河床演变的基本概念 泥沙运动、河床变形控制方程 <ul style="list-style-type: none"> ● 悬浮质、推移质、全沙质的处理二维明渠非恒定流基本方程 ● 控制方程的离散
14, 15	1.5+1.5	多相流数值模拟(Level set method, Volume of fluid)
16	1.5	总复习, 答疑

五、参考教材及相关资料

《计算流体力学基础》，任玉新、陈海昕编著，2006，清华大学出版社

《计算水力学理论与应用》，汪德燿编著，2010，科学出版社

《An introduction to fluid dynamics—the finite volume method》，H. K. Versteeg and W. Malalasekera 编著，1995，Longman Scientific&Technical.

国际学术期刊：

Journal of computational Physics

Computer & Fluids

Journal of Fluid Mechanics

International Journal of Numerical Methods in Fluids

Advances in Water Resources

Journal of Hydraulic Engineering

Journal of Hydraulic Research

六、课程教学网站：

将通过校内网络提供必要的课件和文字材料链接