

山东建筑大学研究生《高等流体力学》课程教学大纲

一、课程基本信息

课程名称（中文）	高等流体力学		
课程名称（英文）	Advanced Fluid Mechanics		
课程性质	学位课	课程属性	专业课
课程学时	36	课程学分	2
开课学期	1	考核方式	考试

二、课程简介

《高等流体力学》是一门在本科生《工程流体力学》课程基础上深化、拓展且逻辑推理性较强的课程，主要内容包括流体微团运动分析、流体运动的微分方程与积分方程、理想流体平面势流理论、流体力学基本方程的工程应用、边界流动基础知识和紊流的数值模拟简介等。作为暖通空调、动力工程领域硕士研究生的专业基础课程，在理论上加深学生对流体力学的认知和理解，让学生掌握流体力学的思维特点及综合分析方法，提高学生的理论修养和处理实际流体力学问题的水平及能力。

三、课程教学目的与要求

通过《高等流体力学》的学习，要求能掌握流体力学中最重要、最普遍而又最困难的湍流方面的基本知识湍流研究的新动态。要求通过课程的学习，能对流场及其流体力学有更深入的了解，了解湍流模式的由来、各种模式的特点及其使用范围，能将模式理论用于实际流场的计算中。要求对各种湍流场尤其是边界层流场有全面的了解，了解湍流边界层的结构与基本方程，掌握边界层流场的一般处理方法。

通过《高等流体力学》的学习，能够综合运用流体流动的理论及知识对复杂的流动现象从多个角度、多种途径处理实际工程问题，提出自己的见解和研究技术路线，解决实际应用问题，为研究生将来解决涉及流体力学问题提供必要的理论基础。培养研究生分析流体力学问题和解决流体流动问题的能力和实验技能，为学习后继课程，从事工程技术工作，科学研究以及开拓新技术领域打下坚实的理论基础。为暖通空调、动力工程

领域研究生将来能够独立解决专业问题打下坚实的理论基础，为每个硕士生能够深入开展课题研究打下坚实的基础和必要的知识储备。

《高等流体力学》将在本科生流体力学基础上，着重加强学生对三维流动问题的深入理解，注意培养学生对实际复杂工程流动问题分析推理的能力。课程目标如下：

课程目标 1：通过本课程学习，学生应掌握流体三元流动的基本特性和流体运动的基本概念、基本原理，深刻理解物理量的物理意义；学生能够利用所学知识对工程流动问题进行理论分析，并进行三维流场及流动阻力等的计算。

课程目标 2：通过本课程学习，学生应掌握流体三元流动计算方法，包括理论分析法、数值算法及实验研究法，能够在专业范围内对工程复杂流动问题做出合乎实际的定性判断，提出解决方案，进行足够精确的定量估计，并可以用解析解或计算机编程求解问题。

课程目标 3：学生能够综合运用流体流动的基本理论及相关知识对复杂的流动现象从多个角度、多种途径处理实际工程问题，提出自己的见解和研究技术路线，解决复杂工程实际应用问题，具备较强的系统思维及工程素养。

四、课程思政策略与目标：

坚持培养学生“坚定理想信念、厚植爱国情怀、加强品德修养、培养奋斗精神”的课程思政理念。分析《高等流体力学》课程内容的特点，深入挖掘课程思政元素、科技前沿和社会热点等思政教育资源，收集具有鲜明思政意义的工程案例，挖掘课程相关知识的思政内涵，融合课程内容与思政理念，设计课程思政内容与实施方法，创建《高等流体力学》课程思政知识体系。

课程思政总目标可以概括为三个思维：大国工匠思维、创新实践思维和系统工程思维。具体培养目标为：（1）培养的学生应具有可持续发展意识与团队精神，拥有精益求精的大国工匠精神以及强烈的社会责任感与职业道德；（2）具有较强的创新实践能力，学术型硕士应具有工程科学创新，专业型硕士应具备工程应用创新能力；（3）具有研究的科学态度，较强思辨能力，具有较强的系统工程思维。

(知识内容与课程思政元素的有机融合)

教学单元	教学主要内容	教学学时	课程思政元素
1	第一章 预备知识和发展简史	2学时	讲解著名空气动力学家钱学森先生的事迹，厚植爱国情怀
2	第二章 流体力学基本概念及运动描述	4学时	讲述核潜艇之父黄旭华等伟大流体力学家攻坚克难解决重大国家工程项目和科研事迹，培养学生敬业、爱岗、创新精神、精益求精工作作风
3	第三章 流体力学基本方程组	8学时	分组讨论，针对复杂流动问题，探讨控制方程各项的意义，培养学生的团队合作意识
4	第四章 粘性流体的层流运动	6学时	讲述流体力学层流运动研究进展，学习科学家忘我的科研精神，帮助学生树立正确的科学态度，增强科研兴趣
5	第五章 小雷诺数流动	4学时	梳理核心知识和理论的发展历程，总结其主要研究方法，可帮助学生形成正确的方法论和唯物史观
6	第六章 层流边界层流动	6学时	通过对理论知识不断深入的探索，领悟和了解科学家精准把握和合理简化完美结合的科学问题的凝练方法，帮助同学们培养和提高科研素养
7	第六章 粘性流体的湍流运动	6学时	通过编程、数值计算锻炼学生的逻辑思维能力，增强学生科技强国的信心

五、课程教学模式及内容：

课程总学时为 36 学时，采用课堂教学模式。其中单纯的理论授课学时为 32 学时，课堂讨论及综合实践学时为 4 学时。

(一) 总体教学安排

教学单元	教学主要内容	教学学时	教学形式
1	<p>第一章 预备知识和发展简史</p> <p>§ 1-1 矢量代数及场分析：矢量混合积，二重矢积，标量场，矢量场，哈密顿算子，奥高公式，斯托克斯公式；</p> <p>§ 1-2 张量初步：张量定义，并矢，张量代数，笛卡尔张量，各相同性张量，二阶笛卡尔张量的一般性质。</p>	2 学时	课堂讲授

2	<p>第二章 流体力学基本概念及运动描述</p> <p>§ 2-1 欧拉连续介质假设及流体微团运动的两种描述方法：连续介质假说，拉格朗日微团跟踪描述方法，拉格朗日变数，欧拉场描述方法，欧拉变数，两种变数的转换，局部导数，位变导数，随体导数；</p> <p>§ 2-2 流体微团的速度分解定理：速度梯度张量，转动速度张量，形变速度张量；本构方程，广义牛顿定律，N—S 方程；</p> <p>§ 2-3 流体微团上所受的力：质量力及其分布密度，面力及其分布密度，应力张量，偏应力张量，压力函数。</p>	4 学时	课堂讲授
3	<p>第三章 流体力学基本方程组</p> <p>§ 3-1 连续性方程；</p> <p>§ 3-2 运动（动量）方程：积分形式的运动方程，微分形式的运动方程，动量矩方程；</p> <p>§ 3-3 能量方程；</p> <p>§ 3-4 流体力学基本方程组及其定解问题：基本方程，初边条件。</p>	8 学时	课堂讲授 7 节+讨论 1 节
4	<p>第四章 粘性流体的层流运动</p> <p>§ 4-1 粘性不可压缩流体运动方程组及其定解条件：粘性流体的运动方程，层流及湍流，粘性流体的运动特征；</p> <p>§ 4-2 粘性不可压缩流体运动的实验研究：相似性，相似准则，相似律，量纲及量纲分析；</p> <p>§ 4-3 粘性不可压缩流体运动的一些精确解</p>	6 学时	课堂讲授 5 节+讨论 1 节
5	<p>第五章 小雷诺数流动</p> <p>§ 5-1 斯托克斯近似</p> <p>§ 5-2 绕圆球的缓慢流动</p> <p>§ 5-3 奥辛近似</p> <p>§ 5-4 通过多孔介质的缓慢流动</p>	4 学时	课堂讲授
6	<p>第六章 层流边界层流动</p> <p>§6-1 边界层的相关概念</p> <p>§6-2 边界层方程</p> <p>§6-3 边界层的相似解</p> <p>§6-4 边界层的分离</p>	6 学时	课堂讲授 5 节+讨论 1 节
7	<p>第六章 粘性流体的湍流运动</p> <p>§ 7-1 雷诺方程：雷诺方程，雷诺应力</p> <p>§ 7-2 普朗特混合长理论</p>	6 学时	课堂讲授 5 节+讨论 1 节

	§ 7-3 圆管内的湍流运动: 光滑圆管内的湍流运动, 粗糙圆管内的湍流运动 § 7-4 平板湍流边界层: 湍流边界层, 层流向湍流边界层的过度和转变, 转捩点 § 7-5 统计湍流基础; § 7-6 近代湍流模型介绍。		
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--

(二) 综合实践环节

1. 基本要求

组建项目组, 每组学生不超过 8 人, 课题研究内容应包括流动理论分析、数值计算及实验研究。项目组应设组长一名, 要分工明确, 确保每人都参与研究。

2. 综合实践可选方向 (题目可以根据具体研究内容自定):

针对专业型硕士和学术型硕士培养目标的差异: 学术型硕士以学术研究为导向, 偏重理论和研究, 重点培养学生从事科学研究创新工作的能力和素质。而专业型硕士的突出特点是学术型与职业性紧密结合, 以专业实践为导向, 重视实践和应用, 以实际应用为导向, 以职业需求为目标, 以综合素养和应用知识与能力的提高为核心, 突出案例分析、实践研究、现场研究、模拟训练等方法。

专业型硕士可以针对如下具体工程设计、运行调节及评价体系的要求、结合具体的工程进行模拟、计算和评估; **学术型硕士**可以侧重于流场的涡结构、雷诺应力、湍动能、耗散率及污染物扩散方面的理论进行深度的分析和探究。

(1) 通风空调房间气流组织设计 (预测、仿真通风空调空间的气流分布, 优化气流分布方案, 指导设计使其达到良好的通风空调效果);

(2) 高大空间气流组织的模拟;

(3) 建筑内部自然通风的数值模拟;

(4) 置换通风的数值模拟;

(5) 建筑室内热湿环境模拟和热舒适性评价;

(6) 室内有害物散发的数值模拟;

(7) 建筑 (群) 外风环境分析、计算和模拟 (模拟建筑外的风流动情况, 指导建筑内的自然通风设计);

(8) 室内空气质量分析和模拟 (风速、温度、相对湿度、污染物浓度等参数, 评价通风换气效率、热舒适和污染物排除效率);

(9) 设备内部的流体流动计算、模拟 (如: 风机、蓄冰槽、空调器)

(10) 两相流数值模拟、气固分离的数值模拟及分离器的优化。

3. 成果及答辩

(1) 开课三周内提交分组名单及项目题目

(2) 结课后一周提交研究报告，并做 ppt 汇报。

(3) Word 版研究报告格式要求：

题目（中英文）

摘要（中英文）

关键词（中英文）

正文（应包含数学模型，可求解析解或数值解或实验数据，要有讨论与结论）

参考文献（不少于 10 篇）

字数不少于 2000

六、考核方式

闭卷笔试 开卷笔试 课程小论文 调研报告 专题设计 口试

闭卷笔试占 60%，课程小论文占 30%，平时作业占 10%。

七、选用教材或参考书目

教材：高等工程流体力学. 张鸣远，景思睿，李国君著. 西安：西安交通大学出版社，2012.

参考书目：

[1] 流体力学（上、下册）. 吴望一著. 北京大学出版社.

[2] 高等流体力学. 伍悦滨主编. 哈尔滨：哈尔滨工业大学出版社，2013.

[3] 高等流体力学. 高学平编. 天津：天津大学出版社，2007.

[4] 高等流体力学. 王松岭主编. 北京：中国电力出版社，2011.

[5] 高等流体力学. 周云龙，郭婷婷合编. 北京：中国电力出版社，2007.

编写人：张浩, 王远成

审核人：课程教学组成员

分管院长：刘乃玲

热能工程学院

2020 年 11 月