

# 麻省理工学院-耶鲁大学 “Learning X”联合培养 “流体力学：基本原理及前沿应用”线上课程项目

## 学校简介 Introduction

麻省理工学院（Massachusetts Institute of Technology, MIT）位于美国马萨诸塞州波士顿都市区剑桥市，主校区依查尔斯河而建，是世界著名私立研究型大学。麻省理工学院创立于 1861 年，早期侧重应用科学及工程学，在第二次世界大战后，麻省理工学院倚靠美国国防科技的研发需要而迅速崛起。在二战和冷战期间，麻省理工学院的研究人员对计算机、雷达以及惯性导航系统等科技发展作出了重要贡献。MIT 2019-20年度位列QS世界大学排名第一、U.S. News世界大学排名第二、软科世界大学学术排名（ARWU）第四、泰晤士高等教育世界大学排名第五；2019-20 年度位列《泰晤士高等教育》世界大学声誉排名世界第二。2021年位列QS世界大学排名第一。

耶鲁大学是世界著名的私立研究型大学、全美第三古老的高等学府、也是著名的常春藤联盟成员。其本科生院与哈佛大学、普林斯顿大学齐名，历年来共同角逐美国大学本科生院美国前三名。耶鲁大学还走出了包括威廉·杰斐逊·克林顿、乔治·布什在内的5位美国总统，以及19位美国最高法院大法官、16位亿万富豪等。2019-20年度，耶鲁大学位列THE世界大学声誉排名世界第8名。2020-21年度，耶鲁大学位列软科世界大学学术排名世界第11名、THE世界大学排名世界第8名、QS世界大学排名世界第17名、U.S. News世界大学排名世界第11名。

## 项目背景 Program Background

流体是广泛存在于自然界中的一种物质状态。大至一颗星球小到一粒悬浮于空气中的液滴，流体行为充斥着我们的宇宙，决定着我们的日常生活。因此，流体力学的发展，伴随着人类对世界认知的深入，成为人类现代工业文明发展的重要见证。从第一次科技革命的蒸汽机，到现代驰骋天际的航天器，再到通向未来的量子科技，流体力学的发展都起着决定性的作用。

因此，理解流体力学的发展过程和基本思考方式，成为新一代科研工作者的一门必修课之一。作为一门古老的学科，流体力学完备的研究思路将为科研工作者开辟全新科研方向提供宝贵的指导。与此同时，现代流体力学与机械，航天，能源，化工，材料，生物，环境，以及纳米科技的多重交叉与深度融合也使这门古老的学科迸发出全新的生命力，使一系列前沿领域在二十一世纪开枝散叶，生根发芽。本项目旨在介绍流体力学领域的基本思维方式和最新科学进展，为新一代的青年学生和科研工作者拓宽科学视野，打好研究基础。

## 导师介绍 Instructor Introduction

- **耶鲁大学系终身教授：**

导师现任耶鲁大学机械工程终身正教授、耶鲁燃烧研究中心主任，在耶鲁大学讲授热力学、流体力学、空气动力学等课程，曾任工程与应用科学研究生院院长、《科学和技术》期刊副主编，荣获美国自然科学基金（NSF）青年研究者奖，持有美国康涅狄格州科学院会员席位，拥有耶鲁大学博士后、普林斯顿大学机械与航空航天工程博士学位。导师的研究兴趣聚焦燃烧过程与静电喷涂及其应用，在国际知名学术期刊发表论文百余篇，引用量 6059，拥有 4 项专利。

- **麻省理工学院机械工程系博士生：**

导师的研究重点是传热物理学，对从原子级到器件级的各种能量传输过程有广泛的科研兴趣。目前累计发表 30 余篇期刊论文，论文涉及制造，流体动力学，基本传热，相变现象，界面现象，光谱学，热特性，光学和成像，电子显微镜，2D 材料，电化学，海水淡化和太阳热能应用等。

## 项目介绍 Program Description

学生将会系统的学习流体力学的理论体系，梳理流体力学的思考方法。学生将会了解到一系列神奇的流体现象和它们在各个领域的深刻应用。通过系统的学习，学生将对当前流体力学的发展有一个较为全面的认识，同时具备一定的独立理解流体力学领域最前沿的研究成果以及解决具体科学问题的能力。

## 项目大纲 Syllabus

### 流体力学的基本原理

- 流体力学的发展历程，以雷诺-普朗特-冯卡门-钱学森为代表的近代流体力学沿革
- 流体力学的基本知识体系。连续介质假设，守恒关系（质量守恒，动量守恒，与能量守恒），守恒方程的描述与建立方法（拉格朗日描述，欧拉描述，控制体），本构关系（牛顿流体与非牛顿流体），微观分子体系与宏观连续流体的关系，尺度分析和无量纲化
- 基于尺度划分的流动特性：不可压缩无粘性流动：位势流，可压缩无粘性流动：亚声速，跨声速与超声速流动，以及粘性流动：边界层理论
- 现代计算流体力学：基于有限差分法，有限体积法，有限元法，以及格子玻尔兹曼法的计算方法与具体应用

### 流体力学的前沿研究成果

- 多相流动：流固耦合，固体颗粒流动，以及气液两相流。多相流在蒸发，冷凝，沸腾，电化学等领域的应用
- 微纳尺度流体：微米尺度的毛细现象，表面张力，界面流动。液体在为纳米表面的毛细流动以及其在高性能两相热管理器件设计中应用。纳米尺度流体的动力学极限行为。液体在纳米结构表面的弹跳与冷凝强化。
- 流体的量子力学行为。液滴的类波函数分布，量子力学-流体力学类比

时间	课程主题	课程内容
1	欢迎会暨破冰活动 Self-introduction	自我介绍、课程评分、课程项目安排 project logistics
2	走进流体力学世界 Enter the world of fluid mechanics	神奇的流体现象，流体力学的发展历程和基本体系，近代流体力学与现代流体力学 The magical fluid phenomenon, the development process and basic system of fluid mechanics, modern fluid mechanics and modern fluid mechanics
3	流体力学的学术期刊简介 Introduction to Academic Journals of Fluid Mechanics	系统介绍流体领域的权威杂志和代表性研究成果，介绍几个主流期刊的特点，历史，基本结构，文章类型等相关的基本知识。 A systematic introduction to authoritative journals and representative research results in the field of fluids, and basic knowledge related to the characteristics, history, basic structure, and article types of several mainstream journals.
4	流体力学的基本框架和研究方法 The basic framework and research methods of fluid mechanics	连续介质假设，守恒关系与基本方程，本构关系，微观分析运动与宏观流体行为，尺度与无量纲数 Continuum assumptions, conservation relations and basic equations, constitutive relations, microscopic analysis of motion and macroscopic fluid behavior, scales and dimensionless numbers
5	文献搜索方法 Literature search methods	介绍文献搜索的几种基本方法，如何使用搜索引擎快速准确的找到想要的文献以及了解领域内最新的科研进展。 Introduce several basic methods of literature search, how to use search engines to quickly and accurately find the literature you want and understand the latest scientific research progress in the field.
6	流体力学研究：从一本书的目录讲起 Research on fluid mechanics: starting from the catalog of a book	基于尺度划分的流动特性：科学原理和应用需求，不可压缩无粘性流动：位势流，可压缩无粘性流动，粘性流动：边界层理论 Flow characteristics based on scale division: scientific principles and application requirements, incompressible inviscid flow: potential flow, compressible inviscid flow, viscous flow: boundary layer theory
7	阅读文献方法 Method of reading literature	介绍文献的分类，结构，框架，以及阅读方法，如何快速把握文献的核心思想。 Introduce the classification, structure, framework, and reading methods of documents, and how to quickly grasp the core ideas of documents.
8	流体力学的应用：从造一架飞机讲起 The application of fluid mechanics: starting from building an airplane	不可压缩无粘流，可压缩无粘流，以及粘性边界层在飞机设计中的体现 Incompressible inviscid flow, compressible inviscid flow, and viscous boundary layer in aircraft design
9	学术论文撰写方法 How to write	学术论文的基本结构，写作规范，篇章布局方式。 The basic structure of academic papers, writing norms, and the layout

	academic papers	of chapters.
10	<b>流体力学前沿：计算流体力学</b> Frontiers of Fluid Mechanics: Computational Fluid Dynamics	计算流体力学的基本发展，计算流体的方法与应用：有限差分法，有限体积法，有限元法，以及格子玻尔兹曼法 The basic development of computational fluid dynamics, the methods and applications of computational fluids: finite difference method, finite volume method, finite element method, and lattice Boltzmann method
11	<b>学术论文图片绘制基本方法</b> Basic methods of drawing pictures of academic papers	学术论文图片绘制工具，使用方式，技巧展示。 Academic paper picture drawing tool, usage method, skill display.
12	<b>流体力学前沿：多相流，微纳尺度流体，量子流体</b> Frontiers of fluid mechanics: multiphase flow, micro-nano-scale fluid, quantum fluid	流体在微纳结构表面的行为及应用：毛细效应，马朗戈尼效应，克努森效应，薄膜蒸发，弹跳液滴，分子动理学极限蒸发，流体的量子力学类比。 The behavior and application of fluids on the surface of micro-nano structures: capillary effect, Marangoni effect, Knudsen effect, film evaporation, bouncing droplets, molecular kinetic limit evaporation, fluid quantum mechanics analogy.
13	<b>小组汇报 (1)</b> Final presentation Part (1)	
14	<b>小组汇报 (2) 暨结业典礼</b> Final presentation Part (2) and online commencement	

### 课程项目 (Group project) :

- 以小组（每组 3-4 人）为单位进行课程项目。
- 第一周：组队报名提交项目计划（一页纸）
- 第二、三周：实施项目
- 第四周：课堂口头展示

### 课程评分标准 (Grading policy) :

- 签到 (20%)：按时参加每次课程。
- 课程作业 (20%)：根据作业质量评分。
- 课程小组项目 (60%)：
  - 项目计划 (15%)
  - 课堂展示 (45%)
  - 若小组的课程项目优秀，将由 MIT 博士生导师指导写成论文，并尝试投稿（额外加 20% 分数）。
- 额外奖励 (Bonus, 5%)：上课积极回答问题与互动，课后提问等。

## 项目成果 Achievement

- **推荐信:** 由耶鲁大学教授与麻省理工学院导师的私人学术推荐信; 提高保研和留学申请的软实力。
- **结业证书:** 包含个人名字和教授签名
- **成绩单:** 包含个人名字、详细的课程各部分评分、课程介绍等。
- **优秀小组奖状:** 授予课程项目最出色的小组, 包含个人名字和教授签名。

## 项目报名 Application

- **时间:** 7月15日-8月15日(时间暂定)
- **费用:** 9800元/学生
- **班级人数:** 25人/班
- **专业要求:** 石油工程、机械工程、化学工程等工程大类
- **报名步骤**
  - 第一步: 扫码在线填写报名信息



- 第二步: 等待录取邮件通知, 缴纳项目费用, 签署项目协议
  - 第三步: 等待项目组开课通知
- **联系方式**
  - 李老师手机号码: 17186457932
  - 李老师 QQ 号以及 QQ 二维码

QQ: 1814958113

