

# 湍流高精度数值模拟方法

## *High resolution simulation method for turbulent flows*

湍流是流体运动的普遍现象，也是航空航天、海洋、大气及工业生产中重点关注的流动问题。自雷诺提出湍流概念以来，人们对湍流机理及规律进行了上百年的研究，但仍未能完全认清楚。由于航空航天等领域的迫切需求，湍流研究近年来成为流体力学及空气动力学领域的研究热点。以直接数值模拟(DNS)、大涡模拟(LES)以及混合方法(RANS-LES)为代表的高精度计算方法是研究湍流机理及规律的重要手段，近年来得到了快速发展。与传统的雷诺平均方法(RANS)不同，这些高精度计算方法既可获得湍流的平均信息，又可获得湍流的脉动特性，是研究湍流多尺度特征的有力工具。湍流的高精度计算是流体力学领域的热点，而目前国内该方面的课程还非常少。本课程讲授目前最新的湍流高精度计算方法，包括直接数值模拟、大涡模拟和混合方法，湍流及转捩的机理及模型，以及高精度数值格式、大规模并行计算等内容。本课程的授课教师李新亮研究员团队是国内最早开展湍流高精度数值模拟的研究小组之一，在湍流的直接数值模拟及大涡模拟研究方面有着丰富的科研及教学经验。通过学习该课程，可以使学员对湍流高精度计算领域有一个相对全面的了解，掌握该领域的基本方法及国内外最新进展，为湍流方面的深入研究奠定基础。

本课程适合的选课对象是：力学、航空航天、海洋、能源动力、工程热物理等专业的研究生（硕、博）和高年级本科生；数学、大气、环境和其他理工科专业的研究生（硕、博）。

### 教师风采

#### 李新亮研究员



李新亮，理学博士，中国科学院力学研究所高温气体动力学国家

重点实验室研究员，中国科学院大学岗位教授，博士生导师。主要研究方向是计算流体力学，可压缩湍流与转捩，飞行器空气动力学等。任中国空气动力学会物理力学专业委员会副主任委员，计算物理学会常务理事，Computers & Fluids 杂志编委，《空气动力学报》及《计算物理》杂志编委等职。获 2000 年度中国科学院自然科学二等奖，2013 年度陕西省科学技术三等奖，中国科学院朱李月华优秀教师奖等奖项。

### 于长平副研究员



于长平，理学博士，中国科学院力学研究所高温气体动力学国家重点实验室副研究员，李新亮研究员团队成员。2013 年获北京大学获博士学位，2014 年 1 月至今于中国科学院力学研究所工作。主要从事湍流基础理论及大涡模拟模型方法的基础研究，提出了基于螺旋度的新型亚格子模型、尺度自适应的大涡模拟方法以及能流相似大涡模拟方法等研究成果。

### 杨延涛研究员



杨延涛，理学博士，北京大学工学院特聘研究员，“千人计划”青年项目入选者。2009 年 7 月获北京大学流体力学专业博士学位，2011 年至 2013 年担任北京大学应用物理与技术中心“培源学者”博士后，2013 年至 2017 年在荷兰 Twente 大学做博士后研究工作，2017 年 5 月起加入北京大学工学院。主要研究方向集中在浮力驱动对流湍流，尤其是海洋相关的温盐驱动双扩散对流。

### 田振夫教授



田振夫，工学博士，复旦大学航空航天系教授，博士生导师。

主要研究方向为计算流体力学、计算气动声学及流噪声计算、磁流体力学、多组分混合对流、高性能计算与算法等。教育部“高校青年教师奖”、国务院特殊津贴获得者。曾任中国数学会理事、中国计算数学会常务理事、中国计算物理学会理事等。

### 课程设置

学分：3 学分

学时：54 学时

基础知识要求：流体力学、计算方法；建议预修计算流体力学、空气动力学

上课时间：2018 年 8 月 1 日 - 10 日

课程助教：彭 博，学号：18110290010，

邮箱地址：[18110290010@fudan.edu.cn](mailto:18110290010@fudan.edu.cn)，

手机号：18817875684.

选课网址：

<http://register.fudan.edu.cn/p/publish/show.html?queryType=set&searchName=paidInfo.search&projectId=72328>

课程进度安排：2019 年 8 月 1 日至 8 月 10 日

日期	星期	节次	上课内容	授课教师
8 月 01 日	周四	2-4/7-9	湍流及转捩基本概念、湍流直接数值模拟	李新亮
8 月 02 日	周五	2-4/7-9	湍流及转捩基本概念、湍流直接数值模拟	李新亮
8 月 03 日	周六	2-4/7-9	高精度数值方法、并行计算技术	李新亮
8 月 04 日	周日	2-4/7-9	高精度数值方法、并行计算技术	李新亮
8 月 05 日	周一	2-4/7-9	高精度数值方法	田振夫
8 月 06 日	周二	2-4/7-9	湍流大涡模拟、大涡模拟-雷诺平均混合方法	于长平
8 月 07 日	周三	2-4/7-9	湍流大涡模拟、大涡模拟-雷诺平均混合方法	于长平
8 月 08 日	周四	2-4/7-9	带标量场湍流的直接数值模拟	杨延涛
8 月 09 日	周五	6-8	高精度数值方法	田振夫
8 月 10 日	周六	6-8	流噪声高精度计算	田振夫

参考教材:

1. 傅德薰, 马延文, 李新亮, 王强, 可压缩湍流直接数值模拟, 北京, 科学出版社, 2010
2. 李新亮, 计算流体力学课件 <http://pan.baidu.com/s/1slfC5Yl>
3. J. Blazek, Computational Fluid Dynamics: Principles and Applications, Elsevier, 2005
4. D. Drikakis, B.J.Geurts, Turbulent Flow Computation, Kluwer Academic Publishers, 2002