

北京大学湍流国家重点实验室介绍

梁燕

北京大学湍流研究国家重点实验室, 北京 100871

北京大学湍流研究国家重点实验室是在我国著名科学家、国际湍流模式理论奠基人周培源先生的支持与倡导下, 于 1995 年底通过科技部验收而正式成立的。实验室成立以来, 继承和发扬了长期积累的学科优势, 在科学研究、基础建设、合作交流等方面精耕细作, 目前已经成为国内湍流研究的中心, 并在国际湍流界具有一定影响。实验室顺应非线性科学与复杂系统科学研究的不断深入, 将湍流问题逐步纳入到复杂系统这一更高层次的研究领域中去, 2001 年经科技部批准, 实验室更名为“湍流与复杂系统国家重点实验室”。

几年来, 实验室在湍流的基础研究和若干交叉学科的复杂系统定量研究中取得了国际水平的成果。在原始创新的湍流层次结构研究中, 实验室将层次结构理论与实验、计算相结合, 对多种复杂流动的湍流层次结构运动性状进行了统计描述, 并推广到描述包括时空混沌斑图、气候动力学、温度场脉动、基因 DNA 序列等多尺度系统, 形成了系统的成果, 被美国科学院院士 Kadanoff 称为对“多尺度系统的唯象理论起着重要的影响”, 被美国《天体物理学报》(APJ) 与美国《物理快讯》(PRL) 长篇引用。其次, 实验室还运用大规模直接数值模拟的技术, 在湍流多尺度能量阶串, 螺旋度流传输机制等基本理论问题的研究中取得国际领先水平的成果, 在复杂旋涡流动的机理与控制方面, 做出具有国际影响的工作。再次, 实验室长期开展湍流转捩机制的实验研究, 提出一系列新概念, 取得国际同行的重视。几年来, 实验室还在风工程的理论和应用方面开展了大量工作, 高质量地完成了近百项大型建筑风荷载和风环境的研究, 受到社会的关注。最近, 实验室在与生命科学交叉的研究中也取得国际先进的成果, 建立了基因的定量模型, 推出基因搜寻的高效算法, 达到并部分超过国际上最先进的同类软件的水平。

2004 年实验室围绕国家“985”二期“湍流与复杂系统科技创新平台”的建设目标, 进一步拓宽了研究领域, 在加强湍流研究的同时, 围绕系统控制、生物和生态系统、材料力学性能等领域的重大复杂系统科学问题, 凝聚力量, 合作攻关。实验室的发展目标是不断深化人类对复杂现象一般性基本规律的认识, 做出具有国际影响的工作, 形成一个国际高水平的研究平台。

实验室现有中国科学院院士 1 名, 长江特聘(讲座)教授 4 名, 国家杰出青年基金获得者 5 名, 教育部跨世纪人才 4 名, 教授 26 名, 副教授 18 名, 基本形成了一支以中青年教授为主、布局合理、实力雄厚的研究队伍。根据实验室长期的学科积累和发展需要, 形成了四个重点研究方向:

(1) 湍流多尺度运动的基础理论

深刻认识湍流多尺度运动的物理机理, 建立湍流的复杂系统论, 并进一步发展周培源旋涡结构统计理论。

(2) 复杂流动的理论及工程应用

在对湍流机理深入理解的基础上开展原创性应用研究, 发展模拟复杂流动的精确的湍流计算模型和快速算法,

为解决国家重大项目中的技术难点服务。

(3) 航空航天结构动力学与复杂智能系统的控制

针对航空航天工程中非线性多体、多尺度与多物态耦合的复杂力学系统的性能与控制问题, 建立系统的理论与方法, 研究复合材料、复杂结构的新理论。

(4) 力学与生命科学和环境科学的交叉

在生物力学、生物医学工程、生物信息学与环境系统科学等交叉领域, 开展定量数学模型和工程技术方法的研究。

建室以来, 实验室主持了九五力学领域的攀登项目“流体及空气动力学关键基础问题研究”, 参与主持了科技部 973 项目二级子课题三项, 最近与兄弟院所共同发起国防 973 项目“可压缩湍流”, 并主持多项自然科学基金重点课题以及数十项自然科学基金面上课题。此外, 实验室还承担了“北京 CBD 地区风环境评估”等多项横向课题的研究, 直接面向国家大型工程的建设需要, 为国家经济建设服务。在近年的工作中, 我室荣获国家自然科学基金二、三等奖各一项、国家科技进步奖二、三等奖各一项、教育部科技进步奖一等奖两项、省部级奖多项、周培源力学奖一项、中国青年科学家奖 1 项。

实验室现有低湍流度水洞、拖曳型水槽、低湍流度风洞、边界层风洞等种类齐全的基础实验设施。拥有三维激光多普勒测速系统、电子压力扫描阀、三维粒子图像测速系统(PIV)、多通道热线风速仪激光测振仪、数字化扫描电子显微镜等先进的测量设备。在 985 一期的支持下, 又添置了大型设备 YAG 粒子成像速度场测量系统、KYKY-2800 型数字化扫描电子显微镜、非接触式的 OFV-3001/353 型激光测振仪以及由 64 个结点机和 3 个堆叠式快速以太网交换机组成, 总内存为 17GB, 硬盘总容量为 458GB 的数值模拟并行机群。这些设备基本构成了进行基础理论研究的完整实验系统, 为实验室的研究人员提供了良好的实验条件。

实验室开展了广泛的国际国内学术交流活动。实验室拥有国际著名杂志“Journal of Turbulence”和“Fluid Dynamic Research”的主编和副主编, 与国际学术界保持着密切的学术联系, 每年接待数十位国内外访问学者来室工作、访问。近年来, 实验室组织召开多个国际和全国大型学术会议, 如“纪念周培源诞辰一百周年国际湍流研讨会”(2002.8); “第一届中法高分子材料研讨会”(2004.6); “第六届世界计算力学大会”(2004.9) 等。实验室还受国际理论与应用力学联盟(IUTAM)委托, 于 2002 至 2004 年先后三次组织了 Summer School(湍流、非均质材料的非线性力学、细胞和分子生物力学), 邀请国际湍流界的知名学者做专题讲座, 这是该讲座第一次在亚洲国家举办, 充分体现出实验室的学术水平和国际影响。

北京大学湍流与复杂系统国家重点实验室本着“开放、流动、联合、竞争”的方针, 不断完善“理论、实验、计算”三位一体的研究格局, 坚持对湍流机理与控制的基础研究, 同时充分利用国家重点实验室的开放性和北京大学的学科优

势,深入开展系统与控制,生物,材料,医学等领域的跨学科研究,充分发挥力学定量建模研究的优势,注重对各类复杂

系统的定量刻画,将“湍流与复杂系统国家重点实验室”建成国内领先、国际知名的湍流与复杂系统科学研究中心。

记第六届中日湍流研讨会及国际计算力学研究进展研讨会

符松

清华大学航天航空学院,北京 100084

2004年11月初的北京已是深秋季节,气温下降剧烈,在日本的相模湾,树木虽也红红黄黄绿绿,却仍旧温暖如沐。受国家自然科学基金委的资助,我十分有幸地参加第六届中日湍流研讨会及国际计算力学研究进展研讨会两个会议。

第六届中日湍流研讨会就在相模湾畔风景秀丽的逗子市的湘南国际会议中心举行。会议由庆应大学主办,该校的益田重明教授和力学所的何国威研究员任共同主席。当我们中方代表团一行10人于2004年10月31日傍晚抵达湘南国际会议中心时,具有浓厚中国味的“湘南”二字使我们有一种十分亲切的感觉。

按惯例,中日湍流研讨会每次双方各有正式代表10人共20篇报告,但此次,我们有代表11人报告11篇,傅德熏、马延文夫妇二人在流体力学研究的工作在日本很有影响,日方同意我们增加了一个名额。会议报告的题目为:

1. Fu De Xun. DNS of transition and turbulence in compressible spatially evolving boundary layer
2. Asai Masahito. Experimental investigation of the generation, development and breakdown of low-speed streaks
3. Fu Song. POD analysis of coherent structures in turbulent flows
4. Kajishima Takeo. LES and DNS of separated flows
5. He Guo Wei. A self-contained mapping closure approximation approach for scalar mixing
6. Jiang Nan. Multi-scale coherent eddy structures control and drag reduction in turbulent boundary layer
7. Kiya Masaru. Vortex interactions
8. Li Cun Biao. Long lived coherent structure in a transitional boundary layer
9. Miyauchi Toshio. Coherent fine scale eddies and large scale structure in turbulent channel flow
10. Lu Li Peng. A theoretical study on the coherent structures in the turbulent wake and wall jet flow
11. Mochizuki Shinsuke. Management of a stronger wall jet by a streamwise vortex with periodic perturbation
12. Houra Tomoya. The structure of hydrodynamic and thermal turbulence in boundary layers subjected to adverse pressure gradients
13. Ma Hui Yang. A Reynolds stress cubic model involving the mean spin tensor
14. Obi Shinnosuke. On the generation of turbulent kinetic energy due to pressure-velocity correlation

15. Ma Yan Wen. Numerical simulation of shock-interface interaction
16. Tanahashi Mamoru. Drag reduction based on coherent fine scale eddies of turbulence
17. Su Wei Dong. Generalized hierarchical structures in turbulence
18. Taniguchi Nobuyuki. Development of Large Eddy Simulation for Industrial Applications
19. Xu Chun Xiao. Study on turbulent channel flow with a wall oscillating in spanwise direction
20. Toyoda Kuniaki. Interaction of vortex rings and streamwise vortices in an axisymmetric jet
21. Zhou Heng. Inherent Mechanism of Breakdown in Laminar-Turbulent Transition

报告的题目表明,会议涵盖湍流的LES、DNS、边界层实验、相干结构分析等等,方方面面,内容十分丰富。

就个人兴趣而言,由于清华大学以工程力学系为基础成立了航天航空学院,且身为航院中心主任,我对大阪大学尾岛岳夫教授应用LES研究NACA-0012类型的转捩十分感兴趣。传统的涡粘性SGS模式(如Smagorinsky模式)是不能反映流动转捩物理的,因为该类模式对于层流也产生涡粘性。二年前本人参加ETMM-5会后曾推荐过Nagano教授一方程SGS模式,认为其模式有可能应用于转捩。尾岛应用的模式虽不一样,但同样属一方程模式,他的工作看起来是有转捩特性,但他的报告中未给出翼型表面的阻力分布,只得出压力分布。我们目前也在开展这方面的工作,今后将与尾岛先生加强联系。中日湍流研讨会的目的应当就是促进双方加强交流。

中日湍流研讨会今年正好10周年。自10年前大阪大学的Miyake教授与清华大学的几位老师一起共同发起中日湍流研讨会以来,人来人往,双方各有不少资深学者退休,本次会议是新人最多的一次,从一个侧面反映了湍流研究的新景象。

中日湍流研讨会结束后,我应邀参加了国际计算力学进展研讨会(International workshop on computational mechanics, IWACOM)。会议由日本工程与科学计算学会、日本机械工程师学会的计算力学分会和流体工程分会以及法政大信息技术研究中心共同主办,Kajima基金赞助,IWACOM共分8个主题,并行进行。它们分别是:

- (1) Recent advances in finite element method in flow problems
- (2) Meshfree/particle methods
- (3) Multiscale problems and related computational methods