



第六届全国流体力学青年研讨会简介

邵雪明¹ 詹世革² 孟庆国²

¹ 浙江大学航空航天学院力学系, 杭州 310027

² 国家自然科学基金委员会数理科学部, 北京 100085

由中国空气动力学会、国家自然科学基金委员会数理科学部和中国力学学会联合主办的“第六届全国流体力学青年研讨会”于 2009 年 10 月 10 日 ~ 12 日在浙江大学召开. 会议旨在促进流体力学青年工作者之间的学术交流与合作, 探讨流体力学在新时期的关键科学问题. 全国流体力学青年研讨会自创办以来, 得到了庄逢甘、张涵信、周恒、崔尔杰、李家春、吴有生等院士和前辈的直接关心和大力支持, 目前已成为流体力学青年工作者学术交流的重要平台.

自 1998 年第一届全国流体力学青年研讨会在杭州召开以来, 该研讨会已成功举办了 5 届, 第六届全国流体力学青年研讨会在时隔 11 年后又回到了美丽的西子湖畔召开, 由浙江大学航空航天学院力学系承办. 本届研讨会参会代表 40 余人, 其中特邀代表 6 人, 40 岁以下青年代表 30 余人, 分别来自全国 17 家科研院所和高校.

浙江大学党委副书记王玉芝出席了本次会议的开幕式并致欢迎词, 其他与会嘉宾有中国力学学会理事长李家春院士, 国家自然科学基金委员会数理科学部孟庆国副主任、力学科学处詹世革研究员, 中国空气动力学会副理事长符松教授, 中国计量学院院长林建忠教授和浙江大学航空航天学院常务副院长郑耀教授. 中国空气动力学会理事长张涵信院士来信对本届会议的召开表示祝贺.

本次研讨会邀请了 4 位嘉宾做大会特邀报告. 李家春院士系统分析了国内外流体力学在湍流、复杂流体研究方面所面临的挑战, 以及流体力学在能源、气候、环境等领域的应用前景, 并指出了空气动力学、生物流体力学、微纳米流体力学、材料制备力学、计算力学和实验力学等领域的主要科学问题和发展趋势. 孟庆国副主任介绍了国家自然科学基金委员会的总体形势及近几年力学学科基金申请及资助情况; 并从影响申请项目获

批的因素和怎样写好申请书两个方面给年轻力学工作者提出了十分宝贵的建议. 符松教授介绍了 RANS/LES 混合方法及其在流动控制领域的最新应用成果. 林建忠教授系统介绍了纳米颗粒两相流的普遍性、重要性、特殊性和复杂性, 以及他所带领的研究团队在该领域的研究成果.

共有 30 位青年代表在大会上做了学术报告, 研究方向涉及湍流、高超声速空气动力学、飞行器设计空气动力学、水动力学、计算流体力学、多相流及流体力学基础理论等.

湍流依然是流体力学的重要研究对象. 天津大学的黄章峰介绍了两种新的 DNS 入流条件的提法, 分别为将由时间模式直接数值模拟得到的充分发展湍流流场以适当方式转换成 SDNS 的入口流场, 以及将抛物化稳定性方程得到的计算结果作为 SNDS 的入口流场, 并通过对于平板边界层的模拟表明两种方法都可行且有效. 北京大学的史一蓬通过对可压缩湍流的大涡模拟模型附加 Reynolds 应力和能流约束, 解决了目前使用的 RANS/LES 混合方法在 RANS 区域缺乏小尺度脉动的困难, 模拟结果更加准确. 北京大学的陶建军对快速旋转的带有锥形上下底面的管槽内的热对流 (Busse 模型) 进行了数值模拟, 给出了无滑移壁面条件下松弛震荡准周期性的产生机制; 表明随着 Rayleigh 数的增加, 流场依次出现热 Rossby 波、定常带状流、震荡流, 随后变为混沌状态, 会演化出一种具有准周期的间歇现象——松弛震荡状态. 中国计量学院的王昊利在分析粗糙微管流场中引入物理量的空间平均概念和求解算子, 将流场分解为空间平均场和扰动场的叠加; 利用 Fourier 分析推导出空间平均场和扰动场控制方程的一般形式; 采用解析和数值方法分别对粗糙微管定常流动的空间场方程和扰动方程进行了求解. 清华大学的肖志祥介绍了其所在的

LAST 实验室在混合方法研究方面所开展的工作, 该实验室引入、构造和应用了 B-L/Smagorinsky, DES-SA/SST/WD+, DDES-SST/WD+, zonal-SST/WD+ 等混合方法对翼型大攻角、椭球体大攻角、圆头方柱、底部、空腔、运载火箭整流罩、Rood 和 TN D-712 翼身组合体等流动进行了研究.

高超声速及飞行器设计空气动力学是本次研讨会的热点, 共有 9 个报告属于这一研究领域. 在高超声速空气动力学方面, 中国科学院力学研究所崔凯对一种高超声速一体化飞行器进行了气动/推进优化设计, 设计变量包括飞行器上壁面和尾喷管型线. 针对二维构型进行了优化, 并对相应的三维构型进行了气动性能分析. 计算结果表明, 优化设计可以有效地减小飞行器的阻力. 国防科技大学的柳军在综合考虑多种复杂因素的情况下, 给出了一种高超声速飞行模型高温绕流场的光辐射强度信号数值计算方法, 具有重要的应用价值. 南京航空航天大学的王江峰针对燃烧流场中涉及的激波、湍流、化学反应等复杂的流动现象, 发展了基于非结构/混合网格的高效数值并行模拟算法, 对两种典型的超燃冲压发动机燃烧室流场进行了详细的数值模拟. 浙江大学的邹建锋应用各向异性非结构网格自适应求解技术对超声速横向喷流问题进行了计算研究; 展示了各向异性网格自适应算法在降低问题求解规模、提高各向异性流场分辨率等方面的优势. 南京航空航天大学的王成鹏采用直联风洞实验方式, 结合动态压力测量技术获得了矩形管道内不同激波串位置下的壁面压力分布数据, 对所得压力脉动幅值、功率谱密度曲线等结果进行分析, 探讨了激波串流动非定常特点与激波位置等因素的影响. 中国科学院力学研究所的王春借鉴激波动力学分析方法, 将 Witham 方法推广至化学反应流动的情况, 获得了一个描述激波和化学反应热释放相互作用的非线性振荡器模型, 对超声速燃烧室中一类由化学反应热释放与激波相互作用导致的流动自激振荡机制进行了探讨.

在飞行器设计空气动力学方面, 中国空气动力研究与发展中心的钱炜祺介绍了飞行器气动热参数辨识的基本概念、基本原理和主要研究内容, 辨识表面热流和材料热传导系数的顺序函数法、共轭梯度法等辨识算法和典型算例, 以及气动热参数辨识的原理性实验和表面热流辨识方法在工程中的初步应用情况. 中国空气动力研究与发展中心的袁先旭采用数值模拟与物理分析相结合

的方法, 研究了某型机动飞行器的大迎角气动不确定性问题, 阐明了气动不确定性来源于非对称分离涡对扰动的高度敏感. 北京航空航天大学的张攀峰提出了一种创新的等离子体环量控制技术, 通过在翼型后缘设置等离子体激励器, 利用其诱导产生的与壁面相切的射流形成柯恩达效应, 推迟翼型后驻点, 达到对翼型环量和升力的直接控制.

水动力学方向也得到了较大的关注. 上海交通大学的胡文蓉通过对鱼类胸鳍划动运动模型的数值模拟, 研究了阻力推进模式和升力推进模式的非对称沉浮运动的流动机制. 上海大学的卢东强研究了漂浮在流体表面上的无限平面弹性板受瞬态冲击载荷后扰曲重力波的生成与传播, 同时考虑了毛细重力波在惯性平面上的传播. 上海交通大学的王本龙研究了 SPH 方法应用于计算流体动力学中的并行算法, 开发了并行化的二维单相和多相流 SPH 方法计算程序. 中国科学院研究生院的余永亮用三维非定常面元法研究了不同展弦比矩形平板拍动的非定常气动响应, 对矩形平板沉浮、俯仰等两种基元运动的三维效应进行了分析. 中国计量学院的张火明简要回顾了深海海洋平台水动力模型试验技术研究进展情况, 对混合模型试验技术做了较为详细的介绍. 上海交通大学的张景新讨论了波生流数值模拟技术, 通过引入垂向分布的波浪辐射应力表达式, 建立了波生流数学模型, 针对波浪破碎引起的水体流动做了数值模拟, 模拟结果验证了模型的有效性. 浙江大学的张凌新通过数值方法研究了二维水翼的瞬态空化特征, 表明水翼空化具有高度的瞬态特性, 空泡生长与回射流同时存在, 空泡的脱落与水翼尾缘的回射流有关.

在计算流体力学方向的研究中, 青年流体力学工作者也非常活跃. 宁夏大学的葛永斌基于二维定常对流扩散方程非均匀网格上的高阶紧致差分格式, 提出了可适用于大梯度或边界层等问题求解的多重网格算法, 利用面积率构造了非均匀网格上多重网格方法的限制算子和插值算子, 通过计算具有边界层的精确解数值算例, 验证了方法的精确性和有效率. 中国科学技术大学的黄海波将多相格子玻尔兹曼方法应用于油水多孔介质中两相驱替模拟; 将处理单相流动的进出口边界条件的方法延伸到处理两相情形, 对给定压力边界条件和速度边界条件的情形进行了模拟比较; 提出了利用这些边界条件数值实验得到油水两相相

对渗透率的方法. 清华大学的李启兵通过对速度分布函数的高阶展开和对初值的高阶重构, 构造了三阶 BGK 格式, 典型算例验证表明, 相比于传统的基于 Riemann 解的高阶格式, 该格式不仅考虑了网格单元界面上物理量的高阶重构, 而且在初始场的演化阶段耦合了流体的对流和黏性扩散, 也能够保证解的高阶精度. 浙江大学的余钊圣采用了虚拟区域方法对三维弹性板在均匀来流中的自振荡进行了数值模拟, 主要研究了弹性板宽长比对振荡模态、频率和振幅的影响, 以及弹性板宽长比和质量比对迟滞现象的影响. 计算结果表明: 较窄 (即较小宽长比) 的弹性板的振荡在展向是不对称的, 而较宽的弹性板的振荡是对称的, 但有较强的三维变形, 临界宽长比约为 0.7; 迟滞现象在较小质量比 (即较大的弹性板惯性) 下比较明显, 在较大质量比下消失. 中国科学院力学研究所的张星提出了一种基于离散流函数的浸入边界方法. 通过施加“力修正”使得浸入边界上的速度无滑移条件得到满足, “力修正”的大小通过隐式的方法确定; 典型算例验证了离散流函数算法具有空间和时间上的二阶精度, 以及该方法在模拟各种边界条件时的准确性.

在燃料电池、多相流和流体力学基础理论方面, 清华大学的彭杰基于 CFD 方法建立了高温质子交换膜燃料电池三维非等温瞬态数学模型; 考虑了电池内部多组分气体的输运以及电化学反应过程, 忽略电池内部水相变以及质子交换膜内水分子输运过程; 分析了集电极几何尺寸、电池温度、气体流量、双电层效应以及不同工况对电池稳态和瞬态特性的影响. 浙江大学的邵雪明采用虚拟区域法对圆管 Poiseuille 流中单个和多个颗粒的惯性迁移进行了数值模拟, 模拟中 Re 数达到了

2200. 结果表明: 当 Re 数增大到一定程度时, 颗粒将迁移到内平衡位置, 颗粒间的水动相互作用可使颗粒较稳地处于 Segré-Silberberg 平衡位置, 直至较高的 Re 数; 模拟中还发现了由颗粒所诱导的镜像对称的准行波结构. 中国计量学院的于明州应用泰勒展开技术, 对湍动剪切驱动颗粒系统凝并 PBE 矩转换方程进行了封闭, 得到了三阶泰勒展开矩方法模型、完全四阶泰勒展开矩方法模型及其部分四阶泰勒展开矩方法模型. 通过与积分矩方法计算结果对比, 部分四阶泰勒展开矩方法模型给出更为合理的计算结果. 北京大学的苏卫东考虑冻结方程除涡量外的更广泛的在场描述意义下的解, 发现了解的几个新的性质, 并利用解构造出流体运动 Euler 方程的一类新的时间守恒量, 包括局部和积分型的 Lagrange 不变量.

闭幕式上, 与会代表就流体力学学科的发展趋势和方向、青年流体力学工作者的成长、基金申请、研讨会的完善等方面进行了长达 2 小时的深入讨论, 特邀嘉宾李家春院士、符松教授、詹世革研究员与青年代表进行了热烈的交流, 对会议进行了全面的总结, 并对青年学者的成长提出了宝贵的建议. 指出: (1) 研讨会已成为流体力学青年工作者重要的交流平台, 要坚持办下去并不断完善; (2) 本届会议所报告的大部分工作都是当前流体力学的前沿问题, 代表了当前国内青年流体力学研究的最高水平; (3) 青年学者在基础研究领域一定要明确目标、做好规划、勇于坚持; (4) 对基础研究方向的凝练, 要源于工程、高于工程、用于工程; (5) 青年学者在加强自主创新的同时, 要注重同行交流, 特别是国际范围小同行的交流. 本届研讨会两天半的会期紧张而有序, 讨论热烈, 交流充分, 达到了预期目的.

INTRODUCTION TO THE SIXTH NATIONAL FLUID MECHANICS YOUNG SCHOLARS' SYMPOSIUM

SHAO Xueming¹ ZHAN Shige² MENG Qingguo²

¹ Department of Mechanics, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China

² Department of Mathematical and Physical Sciences, NSFC, Beijing 100085, China