

·成果简介·

## 流体力学青年学者的一些研究进展

孟庆国\* 符松† 孙茂‡ 林建忠※ 王健平〰

(\* 国家自然科学基金委员会数理科学部,北京 100083; † 清华大学工程力学系,北京 100084;

‡ 北京航空航天大学流体力学研究所,北京 100083; ※ 浙江大学力学系,杭州 310027;

〰 北京大学力学与工程科学系,北京 100871)

[关键词] 流体力学, 青年学者, 流体实验, 流体计算

50年代,钱学森、周培源、钱伟长、郭永怀等老一辈力学家开创了我国的力学事业。历经几代力学工作者们的努力,使力学得到了可喜的进展,对推动我国航天、航空、水利工业等的进步起到了积极、重要的作用。特别是改革开放以来,在国家自然科学基金的持续支持下,通过广泛的国际学术交往,吸收国际先进的研究成果,我国力学在基础研究和应用基础研究方面取得了丰富的科研成果,一代青年学者迅速崛起,在一般力学、固体力学、流体力学和力学的交叉领域形成了老中青相结合的研究队伍。

世纪之交,我国的科技界正经历着前所未有的变革,这无疑对我国的科研队伍产生重大影响。继承老一辈流体力学家们的事业,开创流体力学研究的新局面,已是年轻一代流体力学学者们义不容辞的责任。为此,国家自然科学基金委员会数理科学部力学学科于1998年10月主持召开了“流体力学新思路青年研讨会”,邀请流体力学方面的国家自然科学基金青年基金获得者及部分优秀的流体力学青年学者与会,畅谈流体力学研究的不同观点和思路,激发他们的首创精神和奉献精神,营造团结合作的研究气氛。

本文对与会者们研究的科学问题及特色做了概述,对研究群体所存在的问题进行了剖析。

### 1 研究的科学问题及特色

#### 1.1 湍流与流体稳定性

湍流与流动稳定性问题长期以来占据着流体力学研究的核心位置,这一点在研讨会上也得到了充分反映。有近1/3的论文直接或间接与本主题有

关,内容涵盖拟序结构、边界层转捩、扰动波的传播、湍流模式等方面,表明国内湍流研究基本上后继有人。可喜的是,研讨会上的发言没有墨守成规,提出了不少新颖的学术观点。例如,天津大学罗纪生针对流动稳定性问题中涉及的非保守系统的研究,发现了波的传播速度与能流速度的区别,对进一步认识流动的失稳有很大意义。空军气象学院吴锤结的研究以动力系统理论为基础,旨在建立无自由参数的大涡模拟方法,也是一项十分有意义的工作。在拟序结构研究领域,浙江大学林建忠与上海大学刘宇陆分别探讨了拟序结构中的固粒运动特性及其与传热的关系。北京大学王健平最近的研究成果——点谱方法,目前虽以数值方法为主,但为湍流的直接数值模拟提出了一种新的高精度方法,突破了传统谱方法在复杂几何流场中应用的局限性。清华大学李存标则以实验研究为基础,分析了湍流与转捩研究的相似性,以CS-Soliton(像孤立波一样的拟序结构)为概念,描绘了边界层猝发过程的三维图形,不失为一条认识转捩和湍流的新思路。清华大学符松探讨了可压缩湍流模式在跨音速湍流问题应用中的性能。他的研究表明,在激波前无分离区域现有湍流模式有一定的可靠性,但对湍流与激波的相互作用机理的认识仍有待进一步加深。

#### 1.2 流体实验

实验研究由于经费消耗大,难度高,因而是我国流体力学研究中的一个较薄弱的环节,这一点在本次研讨会上亦有一定的反映,即参加会议的实验研究人数相对较少。然而,研讨会反映的从事流体力学实验研究的则是研究面最宽的一个青年群体。中

本文于1999年1月18日收到。

中国科学院力学研究所邵传平研究了大小圆柱的相互干扰,在一定雷诺数范围内出现的旋涡脱落受抑制及低频失稳现象,对现有低频波动是由 Hopf 分叉极限环的二次失稳产生的理论提出异议。中国科学院力学研究所徐丰在风生波的实验研究中发现了高频谱段与摩擦风速间的幂指数关系。中国科学院力学研究所刘清泉则研究了水沙两相的脉动特性及其相互作用。研讨会上引起大家广泛兴趣的大概是武汉体育学院郑伟涛的赛艇浆叶性能的研究。他的工作表明,运动流体力学研究有很大的潜力,对推动科学的体育事业有极大的促进作用。另外,前面提到的李存标的工作亦属实验研究范畴。

总体来说,我国青年流体力学实验研究虽有一批骨干,形成了一定基础,但规模偏小,应引起足够的重视。

### 1.3 流体计算

流体计算是涉及人数最多的研究领域。由于计算机条件的改善,加之经济和方便等原因,已有越来越多的人加入这一行列。本次研讨会也充分体现出来,有 2/3 的工作属于这一范畴。

北京航空航天大学吴子牛揭示了分区计算的稳定性、收敛性、解的唯一性之间的关系,为分区计算的内边界处理提供了理论基础。北京大学王健平提出了非周期傅立叶插值的思想,使谱方法具有以点为单位的局域性,为湍流直接数值模拟提供了新的方法。本次研讨会中 3 篇论文是关于格子 Boltzmann 方法的,其中广西师范大学刘慕仁提出了一维交通流模型格子 Boltzmann 方法,尽管只是初步的,但为城市交通流的研究提供了一个新的途径。另外,除了在“流体实验”栏目中介绍的内容外,其他绝大部分的研究工作均属于“流体计算”范围。

### 1.4 旋涡与分离流

这一领域的工作包括旋涡运动与演变规律、旋涡与自由面干扰、可压缩流中的旋涡、旋涡与物体的相互作用和非定常气动力、分离流控制等方面。

北京航空航天大学阎超采用高分辨率格式,研究了三角翼、双三角翼不同前缘剖面形状对前缘涡的影响,指出圆前缘可使旋涡更强、更稳定,可以推迟涡的破裂。中国空气动力研究与发展中心冉政用数值模拟与理论分析结合的方法研究细长锥体的分离流动,提出了有关对称流态向非对称流态、定常非对称流态向非定常周期流态转化的结构稳定性观点,并给出了相应的数学判据;提供了周期解的几种分岔的细节,为该种流动的控制及研究混沌与湍流

的联系打下了基础。空军气象学院吴锤结用 VOF (Volume of Fluid)方法处理自由面条件,数值模拟了二、三维条件下的旋涡与自由面之间的相互作用,进一步认清了相互作用的过程。上海大学翁培奋对钝圆机头周围的三维分离流场进行了数值计算,发现复杂钝体后存在明显的由背风侧逆压梯度造成的旋涡分离区,并发展成为两个“飘带”式旋涡流向下游。清华大学张扬军研究了流体机械内的三维分离流动,通过探讨主流流动条件的变化对壁面流动特性的影响,提出了一种可实用于识别流体机械三维流动分离的方法。北京航空航天大学孙茂用实验的方法,揭示了上仰翼型后缘溢出的涡层的结构及运动特性,从而解释了翼型产生高升力及动态失速发生的原因;他还研究了昆虫作“打开运动”时的非定常气动力,对产生高升机制提出了新的见解;他提出的多喷口小速度吹气控制流动分离的想法,可在很小的能耗下消除流动的分离,获得大升力并有很高的有效升阻比。

### 1.5 水动力学

本次研讨会涉及水动力学研究的有:上海交通大学张怀新探讨了船体的横摇阻尼问题;中国科学院力学研究所林缅用理论方法研究了波浪与淤泥质海床的相互作用,指出在一定条件下会发生共振;大连理工大学徐新生试图用哈密顿体系的理论讨论小雷诺数 Stokes 流动,可用于非线性浅水波问题的研究。

### 1.6 多相流、生物流及非牛顿流

非牛顿流体力学(包括多相流、生物流等)是流体力学中的一个十分重要的分支,它是流体力学与化学、生物、医学、石油等其他学科交叉的重要领域。从整体看,我国流体力学界在这些领域有一定基础,但本次研讨会反映出的后继力量则有令人担忧之虞。浙江大学林建忠研究的拟序结构中的固粒运动特性及中国船舶科学研究中心彭晓星的气泡运动的非线性特性研究,是仅有的 2 位从事多相流研究的与会者。生物流体力学领域只有复旦大学覃开荣关于平板流动腔的脉动流研究。尽管他们的工作都有特色,但人数显然十分有限,或者说,在国家自然科学基金委员会力学学科获支持的青年人不多。由于本领域的交叉性,应当有一定数量的青年人在基金委员会其他学部获得资助,但是流体力学界的青年人应当主动涉足这些领域,否则流体力学研究的面将越来越窄。

## 2 一些思考

流体力学是门古老的学科,2000年前阿基米德就提出了流体静力学中著名的浮力定理。流体力学又是门年轻的学科,近一二十年迅速发展起来的非线性动力系统研究,这大大得益于大气流体力学家在研究对流问题中提出来的混沌概念。流体运动的复杂性在湍流运动中体现的十分充分:即物理上的多尺度与数学上的非线性。然而,流体力学决非是一门纯理论学科,他的发展直接推动社会、工业的进步,是一门十分重要的工程技术学科。例如,流体力学可以说是航空航天工业的基础;在机械、石油、化工、能源、生物、医学等领域中,许多重要问题都与流体力学密切相关。这也是为什么在世界一流大学中的机械工程系、航空航天工程系、化学工程系、土木工程系、水利工程系中,流体力学占据着十分重要位置的缘故。但是,在我国人们往往只注重流体力学的理论性,而不大注意其对工程应用的直接意义。一些产业部门的技术落后与流体力学研究是密切相关的。可喜的是,这一点目前正在得到改变。清华大学、北京大学、天津大学、上海交通大学、浙江大学等国内大部分力学系都已并入机械工程学院或其他工程学院,或是进行加强工程知识方面的调整。实际上,我国力学界正在发生一次悄悄的革命。

流体力学界应当怎样面对这样一个变化,或是我国的流体力学应当怎样向前发展?这一问题流体力学界的青年人应当认真思考。这次研讨会表明我国流体力学青年学者在湍流与流动稳定性、计算流

体力学、旋涡动力学等领域中有较强的研究基础,有些成果甚至在国际上有一定影响,研究队伍也相对稳定。但同时也存在下列问题:

(1)研究面偏窄。尽管来参加研讨会的青年学者的代表性并不一定全面,但应当认为,国家自然科学基金获得者基本上代表了这一群体的主体。在许多方面研究力量还比较薄弱。例如,在多相流、生物流、非牛顿流、微重力流体力学、微尺度流体力学等领域,亟待形成高水平的青年队伍。

(2)流体实验工作应加强。实验在科学研究中一直占据很重要的地位,但由于存在实验设备和经费不足等问题,从事实验工作的人员越来越少,一些本来对实验擅长的青年人来到流体计算行业,这不能不引起我们的充分警惕。

(3)理论、计算和实验相结合的工作不多。本次研讨会大部分论文都是从事单方面研究的。实验需要计算来支撑,计算更需要实验来验证,只有将它们充分结合,才能得到被人们充分认可的结论。

(4)创新性不够突出。尽管一些研究提出了新颖的学术思想,但从总体上看创新性工作不多。只有站在国际前沿上,才能做出国际先进水平的工作来。

科教兴国,流体力学界的青年学者责无旁贷。面向即将来临的21世纪,应勇挑重担,团结合作。进一步开展国际交往与合作,努力开展学科交叉问题的研究,加强与工业界的联系,使我国的流体力学研究事业更加兴旺。

## PROGRESS ON THE STUDY OF FLUID MECHANICS BY YOUNG SCHOLARS

Meng Qingguo\* Fu Song† Sun Mao‡ Lin Jianzhong\*\* Wang Jianping<sup>¶</sup>

(\* Department of Mathematical and Physical Sciences, NSFC, Beijing 100083; † Department of Engineering Mechanics, Tsinghua University, Beijing 100084;

‡ Institute of Fluid Mechanics, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083; \*\* Department of Mechanics, Zhejiang University,

Hangzhou 310027; ¶ Department of Mechanics and Engineering Science, Peking University, Beijing 100871)

**Key word** fluid mechanics, young scientists, fluid experiment, fluid calculation