

动态

中科院力学所 1998 年科研工作回顾

吕明身

中国科学院力学研究所, 北京 100080

在科技体制改革不断深化的形势下, 力学所定位于以基础性研究为本, 在力学前沿领域推动学科进步, 在国际力学界占有相当地位; 为国家的社会发展和经济建设中前瞻性、关键性和交叉综合性重大问题提供力学基础支持. 以非线性、非平衡和跨层次的流体与固体的动力学行为作为基础性研究的主攻内容, 强调力学和其它学科的交叉与综合, 重点开展材料制备、环境保护、资源开发、航空航天与空间利用方面的新概念、新方案和新技术的应用基础研究. 主要科研领域是非线性连续介质力学、高速高温气动力学、微重力科学和应用延拓紧密结合的基础性研究与技术发展 (含材料工艺力学、环境力学、爆炸力学、海洋工程力学).

回顾 1998 年力学所的科技工作, 在上述几个领域中取得了一些重要进展和成果.

**非线性连续介质力学** “非均质材料细观损伤破坏过程、强度理论与强韧化力学机制”从细观结构的检测表征与演化的实验观察方法、细观结构及其集体演化的动力学规律、典型非有序强韧化细观结构及其演化的模拟软件编制、材料局部增强增韧机理及工艺几个层次展开研究. 在实现以颗粒和纤维增强先进材料为对象, 建立多相材料的强度、韧度与其组分、结构关系的定量力学理论, 发展高强、高韧材料设计的新概念, 建立和发展材料设计和强韧化技术数据库与软件, 为工程实践提供理论依据等目标的过程中, 取得了一些好成绩. 与此同时, 培养了一支既掌握近代力学研究方法又熟悉材料设计、制备与加工工艺知识的跨学科的以硕士、博士为骨干的科技队伍. 在“流动转捩与湍流动力学过程”研究中, 针对圆柱绕流开放型流动建立了求解三维不可压 N-S 方程的混合谱-谱元方法及 PVM 系统的并行算法. 结果进一步证实了雷诺数近似等于 190 时出现三维转捩, 在雷诺数为 200 时, 发现在近尾迹流向涡拓扑结构中, 并不是国外的单一的 4d 结构, 而是一种以长波为主的混合结构, 当傅里叶模增加至 32 时流动转向 1d 的短波结

构. 在拟序结构的数值模拟和边壁控制研究中引入壁面滑移速度分布, 针对二维问题给出了涡的脱落、配对、对并随时间的发展过程. 发展了一个大涡模拟 TSF 亚格子模式, 它是湍动能和结构函数两模式的混合, 处理大气边界层近地层植被湍流这种既有剪切又有热对流的流动, 与实验观测吻合较好.

**高速高温气动力学** “高温非平衡流动的现象和机理研究”首先建立了高焓高速的条件—氢氧爆轰驱动激波管. 反向爆轰驱动、双临界喷管充气、变载面点火等先进方法与技术在此模拟设备上成功实现, 突破了国际上“前向爆轰驱动”不适宜用来产生高焓气动实验气流的观念, 通过采取适当措施使该方法发展成新型的高速高焓实验技术. 与之配套, 在测量技术方面, 发展了吸收光谱、具有热防护能力的气流总压与静压、瞬态强对流传热等测量技术, 用于高焓风洞自由流的研究并取得初步结果. 用高温激波管对强激波后 3000 K~10000 K 高速气流的非平衡问题开展了实验研究, 在正激波前后沿非平衡光谱变化、辐射激发和非平衡松弛过程、非平稳转动温度等方面观测到若干基本现象. 测定了空气在高温下 NO 离子与电子的电离复合速率, 说明了氟的亲电特性对电离非平衡动力学的影响, 测定了氟原子与电子的粘附速率常数. 针对稀薄气体过渡领域复杂流场的模拟计算, 发展了直接模拟 Monte Carlo 方法的位置元算法, 用实例证明了它的优越性. 针对新型航天器的非平衡绕流流场特征研制、开发适宜于设计部门使用的计算机软件有重要进展.

**微重力科学** “微重力科学若干重大基础性的交叉科学研究”, 论证了进行基础物理研究的可行性, 选择出了等效原理验证、玻色-爱因斯坦凝聚全光型激光冷却原子两个课题, 其中第一个于 1998 年启动. 另外, 还选择了新一代微重力气球研制方案并开始与美国同行商讨合作事宜. 完成了具有微重力效应的、应力可调的细胞/组织培养装置系列化的研制工作, 而且应用这些装置进行了几种细胞/组织的培养. 在

完成整体与离体细胞模型筛选的过程中,有新的发现:植物感重细胞中可分泌多糖与细胞的重力敏感水平相关.这为今后的研究开启了新思路.在微重力流体对流与扩散研究中,小  $Pr$  数流体熔区热毛细对流的三维线性稳定性分析和数值模拟取得了新结果,给出了汞液桥的临界振荡参数与特征,与地面实验结果基本相同;用 X 射线装置观测到了非透明介质晶体生长界面的形态;完成了外加局部磁场对浮区晶体生长影响和液体覆盖浮区晶体生长法的模型化,数值计算得到初步结果;完成了多相流空间实验方案设计,理论研究也取得富有新意的结果.

**环境流体力学** “长江口深水航道整治工程丁坝与分流口冲刷坑研究”是工程性很强的应用基础研究项目.科研人员设计了原装土柱状样的冲刷实验,对长江口 4 个代表性柱状样进行了冲刷特性试验,取得了抗冲性和粘性土的流变特性数据;用流动显示和水流结构测量技术对水工构筑物附近的涡系和边壁层的流速分布进行了实验研究并据此计算了床面剪应力,说明了三维涡系是造成堤坝前局部冲刷的基本原因,应以三维涡系尺度作主要依据确定丁坝护坦范围,导堤护坦尺度优化亦可作参考;建立了可供工程应用的坝头局部冲刷计算模式.

**海洋工程力学** 针对海底油气混输管线系统的多相流、海底管线与环境相互作用的流-固-土耦合、管线区海床在波流作用下的软化液化等问题进行了深入的理论、实验、数值模拟研究,取得了一定进展,为海底油气混输管线系统的安全与稳定性、环境灾害的评估与防治、管线选址、设计、铺设与维护提供了一些力学基础性的支持,受到海洋石油开发工程界的重视.

**爆炸力学** “饱和砂土在动载荷作用下的液化和

密实过程”项目,在圆柱和扁盒两种砂柱的落体冲击实验中,均观察到冲击后期发生非均匀的变形和流动现象,而且用砂柱底部加压的方法也能模拟出上述实验的现象;线性分析表明,饱和砂土液化后的一维定常运动在小扰动下是不稳定的.“爆炸洞在冲击波作用下的响应”通过实验与数值计算,证实了爆炸洞最危险部位不在筒壳与球壳的结合部位,而是在球壳的顶部附近;对于激波在爆炸洞中传播-汇聚与洞体相互作用的规律有了新发现.

**材料工艺力学** 在高能束流(等离子、激光、超高速气流)与材料(固体与熔融介质)相互作用的规律与应用技术研究方面有长期的积累,在毛化轧辊轧制轿车用钢板、印刷业和铝加工行业、某些机具和模具内外表面强化、表面喷涂、气动雾化制取超细微粉等方面不仅给予了强有力的力学基础支持,而且亲自承担了国家有关部门和一些大中型企业的任务,为国民经济的发展作出了突出贡献.

经过长期的工作积累,形成了一批重大科技成果,它们是:气流与激光相互作用理论分析、数值模拟与应用,高精度差分格式及复杂流动的数值模拟,籍热分离器降低总温的低温风洞,稀薄非平衡气流的直接统计模拟,超音速燃烧技术研究,打断器和断纱识别装置的研制与开发,椭圆光学生物传感器,爆炸处理水下软基项目的管理工作, WGL-1 型采矿中深孔深度倾角测量仪,遥科学实验中的可视化观察系统,直流电弧等离子体发生器中电极损耗机理研究.其中的前十项已经学术委员会评议通过,向科学院申报奖励.

繁忙的一年过去了.回顾这一年的科研工作,可能有挂一漏万之处,还望海涵.