



## 中国科学院力学研究所 2001 年度科研状况与主要进展

黄晨光 单希壮

中国科学院力学研究所, 北京 100080

2001 年是跨入新世纪的第一年, 也是“十五”的第一年. 在此年度, 力学所的科研工作等诸多层面上都取得了重要的突破和进展.

### 1 力学所整体进入院知识创新工程试点全面推进阶段

2001 年 5 月中国科学院批准力学所以研究所为单元进入知识创新工程试点全面推进阶段.

力学所科技工作的总目标是: 建设成为在国际上有重要影响的著名力学研究机构, 成为国家发展力学学科的基地和培育相关高新技术的源泉, 并成为培养力学科技人才的基地. 在力学所的科研布局中突出了“微系统科技”、“气动科技”、“微重力科学”、“重大工程”等 4 个重点科技领域. 并确定了 8 个主要研究方向: 纳米 / 微米尺度力学与微系统力学; 复杂流动过程及其规律; 高温气体动力学与高超声速飞行技术; 微重力科学的前沿问题; 细胞与分子层次的生物力学与技术; 海洋油气采输的力学问题与关键技术; 西部开发中的工程力学问题; 材料工艺与力学. 2001 年下半年, 力学所针对上述研究方向部署的 8 个领域前沿课题 (所创新项目) 正式启动.

### 2 研究进展和成果统计

#### 2.1 重大科研成果和获奖情况

力学所 2001 年申报成果 7 项 (3 项基础理论, 4 项应用技术).

胡文瑞院士领导的课题组获得了 2001 年度中科院科技进步二等奖, 获奖项目为“多层流体空间科学实

验”.

李岐高级工程师获得中国科学院青年科学家奖 (技术创新类).

#### 2.2 发表论文和申请专利

根据中国科技信息研究所 2001 年度公布的结果, 力学所 2000 年度 SCI 论文 67 篇, ISTP 论文 26 篇, CSCD 论文 148 篇. 其中 ISTP 论文列我国科研机构第 8 名.

2001 年, 力学所专利申请量为 40 项, 其中发明专利 24 项, 实用新型专利 16 项. 2001 年, 力学所获授权的专利 17 项, 其中发明专利 2 项, 实用新型专利 15 项.

#### 2.3 争取落实的国家重大科研任务

2001 年力学所新获得批准的项目主要有:

##### (1) 中科院知识创新工程项目

- “若干纳米器件及其基础问题研究 (KJCX1-SW-07)”, (中科院知识创新工程重大项目, 靳刚研究员为联合首席科学家), 2002.01~2005.12, 2300 万;

- “纳米科学技术子课题 —— 蛋白质芯片研究” (靳刚研究员, 200 万元)

- 王发民研究员负责的院军工创新项目 (课题名称略, 40 万元)

##### (2) 国家自然科学基金项目

2001 年度, 力学所共申报基金项目 55 项, 其中 15 项基金项目 (324 万元) 获得批准, 获得批准的比例为 27%.

有 2 项国家自然科学基金重点项目通过立项: 俞刚研究员主持申请的“液体燃料超声速燃烧关键技术的力学基础”、尹祥研究员主持申请的“非均匀脆性介质破坏的共性特征、前兆与地震预测”。另外, 还有一项与北京大学、中国工程物理研究院联合申请的重点项目获准立项。

### (3) 其它国家级科研项目

2001 年, 国家“863”“十五”计划处于组织和启动阶段, 力学所有近 10 个课题组已进入 7 和 8 领域的资助范围。

力学所在承担国家任务方面的一个重要进展是与中国海洋石油总公司的合作进入立项阶段。2001 年 11 月 26 日, 中国海洋石油总公司与中国科学院“十五”科技合作协议书正式签字。力学所为课题的依托单位。目前正在积极争取在中科院“十五”重大研究项目的立项。

## 2.4 承担项目的检查和验收

2001 年, 十余项力学所承担项目通过结题验收。主要有:

(1) 白以龙院士和吴承康院士主持的中科院“九五”重大项目“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”, 该项目通过院级验收, 总评成绩为优秀。

(2) 竺乃宜研究员负责的院“九五”重大项目“高温非平衡流动的现象和机理研究”, 通过院基础局组织的结题验收, 总评成绩优秀。

(3) 郑哲敏院士负责的院“九五”重大项目“海底油气混输管线的若干关键技术及其灾害环境问题研究”, 通过院基础局和资环局共同组织的验收, 总评成绩优秀。

(4) 胡文瑞院士主持的国家攀登计划预选项目“微重力科学重大基础性的交叉学科研究”, 通过中科院基础局组织的专家验收。

## 2.5 学术交流和国际合作情况

2001 年力学所有 20 余位科学家 30 多人次在国际学术组织或国际期刊编委会任职; 其中的国际学术组织包括: 国际理论与应用力学联合会、美国工程科学院、国际宇航科学院、COSPAR 微重力科学委员会、

国际断裂联合会、国际离岸与极地工程协会等。同时, 力学所有 76 人次出访 15 个国家和地区进行各种形式的交流与访问 (其中, 10 人应邀做邀请报告或大会报告)。约有 11 个国家和地区的 92 名学者来力学所进行各种形式的交流与访问。

2001 年度力学所成功地举办了两个国际学术会议: 第四届激波与旋涡相互作用国际学术研讨会 (会议主席: LHD 姜宗林研究员); 首届中外青年生物力学工作者学术研讨 (联合会议主席: NML 龙勉研究员)。另外, 高温气体动力学重点实验室成功申办第 24 届国际激波大会。

## 2.6 科技开发进展

2001 年力学所努力拓展信息渠道宣传所的科技成果, 参加了近 30 个展交会、科技洽谈会等, 为所的科技项目走入市场奠定了较好的基础。

## 3 实验室 (研究部) 研究工作进展

### 3.1 非线性力学国家重点实验室 (LNM)

2001 年, LNM 主要的研究进展包括:

(1) 在微机械系统动力学方面, 进一步建立了 MEMS 材料数据库与器件模拟软件系统, 初步开展了微器件的虚拟设计工作。

(2) 在微尺度测量与表征方面, 利用梯度理论和数值模拟方法对纳米硬度测量进行了分析, 并发展和利用新的测试手段和方法。

(3) 在纳米 / 微米尺度力学与跨尺度关联方面, 建立了严格考虑微裂纹群体交互作用的分析方法; 发展了非有序细观结构集体演化的非平衡统计力学; 提出了一种新的转动梯度理论以及适用于晶体材料的应变梯度塑性理论; 研究了微结构、微损伤与力学量之间的关联表征以及短裂纹群体损伤导致的疲劳寿命与晶粒尺度等的内在关系。

(4) 在流体力学方面的主要进展有: 进一步发展建立了不可压三维 N-S 方程系 DNS 高精度高分辨率紧致有限差分 -Fourier 谱新方法。首次从数值模拟得到了尾迹型流动中的旋涡位错, 刻画了其特性, 揭示了流动向湍流发展的一个新的机制。研究并发展了三维不可压圆柱黏性绕流 DNS 的谱 - 谱元法, 得到了流动从二维到三维并向湍流发展的详细动力学过程的理论结

果,并应用于平行平板间的 Couette 流动,同心旋转圆筒间的 Couette 流动及 Kovasznyai 流动等多种典型流场数值模拟.针对高密度差界面与强激波干扰所产生的 R-M 失稳问题成功进行了直接数值模拟.构造了直接群速度控制的新紧致型差分方法.

2001 年 4 月 10 日, LNM 通过了科技部组织的验收,正式成为国家重点实验室.

### 3.2 高温气体动力学重点实验室 (LHD)

LHD 的研究方向主要集中在研究有分子激发、化学反应、电离与辐射等内态变化的气体动力学问题.2001 年度, LHD 围绕上述研究方向取得了新进展.

#### 3.2.1 高温非平衡流动及其机理研究

(1) 在氢氧爆轰驱动激波管的基础上,装备成国际上首座爆轰驱动激波风洞 JF10,完善了风洞所需的压力、热流、电子密度、吸收光谱等测量系统.

(2) 在化学激波管等设备上对  $\text{NO}^+ + \text{e}^-$  解离复合反应等化学反应动力学方面的研究获得一批重要的实验数据.在化学战剂焚烧机理研究中用单脉冲化学激波管研究了二乙硫醚的裂解动力学.

#### 3.2.2 高超声速飞行器气动构型的基础研究

建立了该飞行器气动布局方案的外形数学模型,开展了前体预压缩性能分析,完成三段压缩与侧压式进气道一体化设计.完成了引射冲压发动机数值模拟和碳氢 / 空气双模态燃烧室三维数值模拟.完成了升力体外形气动布局的全速域气动计算和三维升力体外形头部高温化学反应非平衡气动热计算,开展了表面辐射传热特性的研究.

### 3.3 国家微重力实验室 (NML)

NML 在微重力流体物理、空间材料科学、空间生物技术及微重力测试技术等方面的研究进展包括:

(1) 在流体物理研究方面,对大  $Pr$  数液桥热毛细对流的线性稳定性分析,以及三维、非定常数值模拟和地面小尺度实验研究,在较大的体积比条件下,均得到了定常轴对称对流 - 定常非轴对称对流 - 振荡对流的两次分岔过程;发现了热毛细对流对聚合物射流过程的重要影响;实现了具有气泡影响的多层流体热毛细对流的实验和理论分析;发现了二层流体 Marangoni

对流一些新现象;基于和平空间站的两相流实验,提出了壁面润湿性及高水平的微重力环境对两相流具有重要影响的新观点.发展了新的测试技术,用液晶及荧光测温及测流速同时测量,获得流动结构的全定量实验参数.采用 PIV 和 Mach-Zehnder 干涉仪首次实现了速度和浓度场耦合作用的  $\text{NaClO}_3$  晶体生长全过程的实时观测.得到了单个和两个液滴的热毛细迁移规律,及大  $Re$  数条件下的非直线迁移轨迹.在地面实验中解决了空间实验的一些关键技术.

(2) 在空间材料科学方面,开展了块体亚稳材料的制备及其物理、力学性能研究.制备了最大直径为 8 mm 的钨基大块非晶合金棒,并对其磁性能、热稳定性、晶化过程和力学性能进行了系统的研究;首先在国际上确定了钨基大块非晶合金的玻璃转变温度;首先研究了其磁畴结构,并初步阐明了其硬磁性机理和反常热稳定性机理.

(3) 在生物技术研究方面,主要工作有:方法学体系的建立和发展,包括建立应力 - 细胞生长动态实验系统等;发展了 3 类应力可调控的细胞 / 组织培养装置;建立细胞高密度培养系统;实验研究流动剪应力对细胞生长的影响.

(4) 在分子生物学研究方面,研究分子结构对生物大分子间相互作用反应动力学的影响;建立适于描述生物大分子之间特异性相互作用的统计力学模型和分子键强度的随机性描述;建立和完善适用于分子生物力学的微管吸吮技术(单细胞水平)和(改进的)原子力显微技术(单分子水平)等综合的技术平台.

### 3.4 工程科学研究部 (DES)

DES 在 2001 年度取得的主要进展有:

在管道混输系统的力学特性研究方面,对各流态下的压降、流态识别、界面成像、混相分离和增压技术都有新的发现和发展,为我国海上石油输送和发展水下生产系统的高新技术奠定了重要和开创性的基础.

在辽河油田稠油输送研究中,建立了一种直接安装在输油管线上、自行研制、结构简单的无界引射器,降低粘度,实现减少输送阻力和压降.本项研究设计的无界引射器属国内首创,经专利查询,国外也无类似产品.

在干旱环境治理的动力学过程研究中,在人工植被区陆气水热传输模式和计算模型,细沟侵蚀规律及动力学模型,以及定量预报沙尘暴的长距离输运等方面取得了很好进展。

在华北油田古-联污泥处理工程中,采用压力抽吸、旋流分离、化学絮凝、离心分离、固化等多种方法,发展出简单可靠的新工艺流程,解决了油田广泛存在几十年的污泥清罐与污染处理的难题,现已经成为新工艺的示范工程。

在三峡三期围堰爆破拆除方案设计与研究中,提出了新的爆破方案之后,完成了室内 1:36 模型试验、1:5 现场试验,并结合工程完成了 1:2 工程试验。研究了爆破振动安全问题,特别是研究了翻转方案布药条件下结构振动特性。另外,DES 在炸药装药撞击起爆相似规律的研究也获得军工部门的高度评价。

### 3.5 技术发展研究部 (DTD)

DTD 在 2 个领域,以 6 个项目组的形式组织实

施了研究工作,其中包括:

- (1) 集成化智能系统及材料表面复合加工技术;
- (2) 遥科学技术。

具体研究单元如下:集成化激光智能加工及柔性制造系统;材料表面先进涂镀层技术;遥现及遥操作技术;表面超强组合加工技术;激光毛化轧辊技术和金属微粉制备及粉体后加工技术。技术发展部围绕上述领域,重点布置了以集成化智能系统及材料表面复合加工技术等为优先研究内容,经过技术发展部全体成员的共同努力,圆满完成了预定科研任务,主要包括院重大项目“光电复合毛化”,“热轧辊激光强化”和“模具表面强化”等;863 计划航天领域相关的课题;以及“YAG 激光毛化设备”的研究工作;同时在院创新项目“集成化激光智能制造及柔性加工系统研究”,863-2(7) 有关课题,国家自然科学基金“钢材浸铝组织演变的研究”,和上海大众“汽车冲压模具强化技术研究”等多项科研项目中取得不同程度的进展。

## 海岸和近海工程国家重点实验室近期研究工作简介

王永学 杨晓昕

大连理工大学海岸和近海工程国家重点实验室,大连 116024

### 1 实验室概况

大连理工大学海岸和近海工程国家重点实验室于 1986 年由国家计委批准筹建,1990 年通过国家验收后被批准正式对国内外开放。1994 年与 1997 年两次通过了国家计委委托国家自然科学基金委组织的评估。现任实验室主任王永学教授,实验室学术委员会主任由我国著名海岸工程专家邱大洪院士担任。实验室现有水利工程、土木工程两个一级学科博士点和博士后流动站,其中港口、海岸和近海工程与水工结构工程两个二级学科为国家重点学科和“211 工程”建设重点学科。实验室现有从事科学研究及实验技术工作的固定在编与固定非在编人员近 40 人,其中:两院院士 3 人,长江学者奖励计划特聘教授 3 人,国家杰出青年基金获得者

5 人,入选教育部跨世纪人才培养计划 3 人。

实验室下设有三个分实验室:水动力学实验室,结构实验室和抗震实验室。主要研究方向为:

- (1) 浪,流,冰,风等动力因素对建筑物及海岸泥沙的作用;
- (2) 海岸和近海环境的动态分析和保护的研究;
- (3) 海岸和近海工程结构的分析,设计与材料研究;
- (4) 海岸和近海工程结构的抗震研究;
- (5) 海岸和近海工程数值模拟试验与可视化的研究。

实验室拥有可模拟海浪、海流和潮汐等综合作用的多功能水池,多个功能各异的波浪水槽,电液伺服 2