



## 中国科学院力学研究所 2002 年度科研进展

黄晨光

中国科学院力学研究所, 北京 100080

2002 年是力学所整体进入院知识创新工程试点的第二年, 对力学所科研人员而言, 这是十分充实的一年. 力学所在中科院新时期办院方针的指引下, 锐意进取, 在诸多方面取得了重要的进展.

### 1 科研态势与整体情况

在此年度, 力学所科研工作的总体态势可以归纳为如下几点:

#### (1) 凝聚力量、凝练目标

力学所所有计划、按步骤、分层次地持续开展了凝练科技目标的工作: 一方面利用“学术论坛”就单一学科的发展进行自由而深入的研讨; 另一方面通过“学科发展与战略规划研讨会”, 进一步做好力学所整体发展的顶层策划. 与此同时, 结合 8 个领域前沿项目的部署和实施, 强化和落实了科技目标的凝练、研究内容的原始性创新和资源分配的关系. 另外, 力学所在国家级重要课题的申请过程中, 始终贯彻了以科技目标为先导的指导思想, 根据力学所的实际情况和发展战略整合了力量.

#### (2) 面向需求、立足基础

力学所的科研活动坚持面向国民经济建设和国家安全的重要需求. 以“神舟 4 号”搭载的“通用流体实验装置”、“山体滑坡关键力学问题研究”和“海洋油气开发中重大科技问题研究”为代表的几方面均取得了有显示度的重要进展. 这与力学所在微重力流体物理、复杂流动现象、爆炸与岩土力学、连续介质力学、离岸工程、多相流、非线性流-固-土耦合问题等方面坚实的科学积累和创新思想密切相关.

#### (3) 继承优势, 拓展学科

在力学所的学科布局与发展规划中, 强调了优势学科的继承和发展. 在固体力学与流体力学复杂现象及数值模拟方法、高温非平衡空气动力学、微重力流体物理、爆炸力学、材料工艺力学、等离子体与燃烧等方面, 有充分的人力资源部署和装备投入. 同时在微尺度/跨尺度力学与物理、MEMS 器件中的关键力学问题、分子和细胞层次的生物力学和技术、高超声速推进技术、微重力条件下的材料和生命科学、光学蛋白质芯片为代表的纳米科技等方面都表现出了强劲的气势, 在相关领域的国际舞台上初露峥嵘.

#### (4) 以人为本、提升硬件

2002 年, 白以龙院士当选为欧洲科学院院士; 俞鸿儒院

士获何梁何利科学和技术进步奖; 有 2 名青年科学家分别获得国家杰出青年科学基金; 还有 2 名青年科技人员应聘入选“百人计划”. 这是力学所“以人为本”的人才战略的体现, 进一步提升了力学所的竞争实力. 在装备建设和文献情报支撑方面, 力学所大幅加大投资强度, 使装备水平、实验条件和信息平台朝着“国际上有重要影响的著名力学研究机构”的目标和要求迈进.

#### (5) 灵活出击、规范管理

这一条在力学所 2002 年科研项目的争取和科研任务的顺利进展等方面发挥了明显的作用. 这里的“灵活”, 包括各种科技信息渠道的畅通、争取课题的策略得当、学科和队伍的良好机动性能和集成能力、对国家需求中科学问题的高度敏锐性以及管理制度和执行手段上以“一切服务于科研”为出发点的高度自觉性. 而“规范管理”强调了以公开、公正、严格的管理条例来促进科研竞争力、保障科研项目的顺利实施、保证积极健康的科研氛围、合理调节科研人员的利益分配.

### 2 重大进展与成果

2002 年, 力学所所有 3 项重要成果被推荐参评“中科院 2002 年度重大创新贡献”, 分别是

(1) 胡文瑞院士等利用自行研制的“通用流体实验装置”, 搭载“神舟 4 号”飞船, 进行了微重力环境中液滴热毛细迁移的空间实验. 飞船下传数据和图像正常, 该实验装置随飞船返回舱顺利返回地面, 实验获得了圆满成功, 有望得到有价值的学术成果, 并可能导致相关理论研究的重要突破. 另外, 他们进一步分析了“和平号”空间站和 IL-16 失重飞机中完成的两相流空间实验结果, 首次发现在低液相流速条件下的新流型分布区, 验证并修正理论判据. 该项成果被评价为具有国际领先水平.

(2) 陈光南研究员负责的项目组首创性地提出了采用激光界面强韧化新技术提高镀铬枪炮身管使用效果和寿命的复合强化方法, 以该方法为核心技术的“14.5 mm 枪管内壁激光强化工艺与装备研究”项目通过了鉴定, 被评价为达到了国际先进水平. 该方法结束了 14.5 mm 高射机枪枪管的综合寿命一直不能达标的历史, 采用该方法的某式高射机枪已被批准设计定型.

(3) 张新宇研究员负责的项目组建成了用于超燃冲压发

动机模型实验的高超声速推进实验装置,可模拟飞行马赫数 7、飞行高度(25~30)km 条件下发动机入口的环境,填补了我国在超燃冲压发动机模型实验研究领域的空白。姜宗林研究员等负责的项目组利用激波反射原理提出了氢氧爆轰正向驱动器设计的新概念,解决了正向爆轰驱动方式入射激波衰减严重的问题。使我国高焓高超声速流动的技术处于世界前沿。

### 3 科技工作进展与成果统计

#### 3.1 科研成果与获奖情况

2002 年度力学所申报(登记)成果 15 项,其中基础类 13 项,应用技术类 2 项。另申报国防科技成果 7 项。

2002 年,力学所有 2 个项目被中科院推荐申报国家科技奖励:

(1)“14.5mm 枪管内壁激光强化工艺与装备研究”被推荐申报国家科学技术发明二等奖(国家安全项目类);

(2)“含异相金属材料的损伤与断裂”被推荐申报国家自然科学基金二等奖。

同时,有 4 个项目正在分别申报北京市和国防科工委的科学技术奖励。

#### 3.2 发表论文和申请专利

据中国科技信息研究所 2002 年公布:力学所 2001 年度 SCI 收录论文 64 篇;ISTP 收录论文 15 篇;国内期刊论文 167 篇。与上年度比较,力学所发表论文的总数略有增加。另外据不完全统计,2002 年度力学所在国内外期刊和国际会议论文集发表论文近 300 篇。

2002 年度,力学所申请专利 42 项,其中发明专利 24 项;获得授权的专利有 28 项,其中发明专利 6 项。

#### 3.3 科研项目情况

2002 年力学所新立项和在研的“十五”各类重大重点项目共 45 项,经费总额达 8500 万元量级。其中:

##### (1) 国家科研项目

863 项目 13 项;973 子项目 9 项;其它重要军工项目 7 项。

其中,973 新立项目“灾害环境下重大工程安全性的基础研究”,力学所承担 8 个子课题中的 2 项,项目经费总额 450 万元。

##### (2) 中科院知识创新工程项目

院知识创新工程重大项目联合负责 1 项、二级项目 1 项;院知识创新工程重要方向项目 4 项。

其中,院创新重大项目“若干纳米器件的基础性研究”经费总额 2300 万元,力学所承担 1200 万元。4 个方向性项目的名称分别为:海洋石油开发工程中若干重大科技问题研究,山体滑坡灾害防治中的关键力学问题研究,微系统力学中的若干重要问题和微重力科学的若干基础问题。

##### (3) 国家自然科学基金项目

国家自然科学基金重点项目 6 项;国家杰出青年科学基金 3 项,另有 B 类 1 项;共有 24 项国家自然科学基金类项目在 2002 年获得批准。其中含重大研究计划子项目 6 项,面上基金项目 14 项。获资助经费总额 964 万元,获批准的

比例为 38.1%。此外,有 2 项基金重点建议获通过 2003 年度立项。

#### (4) 其它重要项目

以力学所作为承担单位的中国科学院与中国海洋石油总公司“十五”科技合作研究项目“海洋石油开发工程中若干重大科技问题研究”正式启动,合同经费总额 5000 万元,力学所承担其中的 1879 万元。项目还得到了 2002 年度中科院知识创新工程重要方向项目的支持,经费总额 500 万元。

此外,总装备部启动我国载人航天工程第二步任务论证工作,力学所被列为“微重力科学专题”负责单位。

#### 3.4 项目验收、鉴定、结题情况

2002 年,力学所有 17 项重要科技项目通过验收或鉴定:自然科学基金重大、重点项目 6 项,军工类项目 5 项,院创新项目和装备项目 4 项,其它项目 2 项。

其中,王自强研究员作为联合负责人的国家自然科学基金重大项目“材料的宏微观力学与强韧化设计”于 2002 年 1 月通过基金委组织的验收。评价意见认为,该项目的科研工作处于国际前沿,取得的成果具有国际先进水平,项目总体被评为特优。

此外,有 16 项国家自然科学基金面上项目结题。

#### 3.5 国际学术交流与合作

2002 年,力学所共有 78 人次出访 20 个国家和地区,其中有 11 人做邀请报告或大会报告。有 16 个国家和地区的 180 名学者来力学所进行学术交流与访问,其中包括著名力学家冯元桢教授、吴耀祖教授以及国际理论与应用力学联合会(IUTAM)秘书长 Dick H. van Campen 教授。另外,本年度力学所成功举办了 3 个国际学术会议。

目前力学所正在执行的国际合作项目有 15 项,包括:政府间项目 5 项,院级项目 3 项,所级项目 7 项。另外,中国-俄罗斯航天空间科学合作计划“微重力流体物理研究”通过立项评审。

现在,力学所有 18 位科学家分别在 30 余个国际学术机构或国际学术期刊编委会任职。

#### 3.6 科技开发进展情况

2002 年度,力学所科技开发工作从管理思路和队伍配置方面进行了改革和强化,取得了良好的效果,横向合同到款超过了 1000 万元。

### 4 科研装备建设

2002 年度,力学所立项并启动大型装备建设 10 项,包括:微型材料的力学性能检测与全场光学测量系统,流场测试系统,纳米检测光学测试系统,细胞-分子显微操作系统,高焓高速反应流的激光诊断测量系统,喷流控制实验系统,真空薄膜沉积系统,等离子体复合涂层制备与测量装置,流-固-土耦合综合实验设备,复杂岩体力学参数和动力过程的测量系统。总投入 2261 万元。其中,院拨经费 749 万元,所创新经费支持 1073 万元,项目自筹 439 万元。

此外,非线性力学国家重点实验室获国家科技部装备支持,设备名称为“集成显微分析系统”,总经费 400 万元,其中科技部支持 200 万元。

2002年是力学所在科研装备建设方面启动项目最多、筹集和投入经费额度最大的一年。

## 5 科研机构建设

2002年,力学所的科研基层机构(实验室和研究部)的科技工作均取得了重要的新进展。简述如下:

### 5.1 非线性力学国家重点实验室(LNM)

2002年, LNM 主要的科研进展包括:

#### (1) 纳米/微米尺度力学与跨尺度关联

发展了考虑微裂纹群体交互作用的分析方法;建立了一套简化的应变梯度理论以及塑性应变旋度理论;给出了微硬度随晶粒尺寸、晶界行为及压入深度的变化规律。

#### (2) 微电子机械系统力学

结合若干 MEMS 器件的设计和制备,开展了微尺度粘着接触实验、MEMS 中残余应力的实验和理论分析等工作。

#### (3) 多尺度复杂流动的动力学理论

指出涡黏性的亚格子模型都过大地预测了湍流的时间关联,并发现了一个依赖于历史的亚格子模型;发展了一个新的湍流解析理论——映射封闭逼近。

### 5.2 高温气体动力学重点实验室(LHD)

2002年度, LHD 的主要科研进展包括:

(1) 高超声速推进试验技术及高焓高超声速流动技术取得重大进展。

(2) 脉冲爆轰推进新方法研究(PDE)方面,以汽油为燃料的PDE已实现10Hz的爆轰运行。

(3) 提出了楔锥/椭圆相切乘波体构形方法,形成了 $M=4\sim 6$ 、高升阻比为4.9的乘波飞行器布局;完善了微尺度气体流动的信息保存法(IP),使该方法成为了预测微机电系统中气体流动的有力工具。

### 5.3 国家微重力实验室(NML)

2002年度, NML 的主要进展包括:

(1) NML 利用自行研制的“通用流体实验装置”,搭载“神舟4号”飞船,圆满完成了微重力环境中液滴热毛细迁移的空间实验任务。

#### (2) 在微重力材料科学方面

生长出了高纯半绝缘砷化镓单晶;制备了直径为(1~3)mm的二元Ni基大块金属玻璃基复合材料。

#### (3) 在微重力燃烧方面

发现了不稳定折皱及阵面张角加大等新的现象等。开展了我国飞船防火预研及载人飞船防火规范的初步工作。

#### (4) 在生物力学与技术方面

改进和完善了流动腔技术用于应力-细胞生长的方法;设计和研制了多微单元生物分子光学芯片及多通道微量加样系统;开展了优化蛋白质晶体生长的多因素研究等。

### 5.4 工程科学研究部

工程科学部在2002年度取得的主要进展有:

#### (1) 在海上石油开发技术方面

提出平台监测方案与隔振新技术;提出新型油气水分离技术及多相流量计量技术;确定了海工基础性能和设计准则的研究方案研究,完成了离心机试验的部分准备工作。

(2) 进行了柴油、甲醇、水三组元乳化液的流变特性、雾化特性及微爆特性的实验研究,得到乳化剂黏性与乳化油表现黏度的关系。

(3) 在离散元、无网格方法及其在岩土工程的应用、坡面汇流、入渗产流的理论研究、长江入海口导流工程事故分析、电磁波与等离子体相互作用等方面取得明显进展。

### 5.5 技术发展研究部

技术发展部2002年主要工作进展情况如下:

(1) 枪管强化技术研究被中科院推荐申报国家科学技术发明二等奖。

#### (2) 集成化智能加工项目取得重要进展

建立系统精度检测和误差补偿模型;实现自由曲面的二维、三维自适应测量;完成五轴机器人激光加工轨迹规划和加工软件系统的多线程设计。

#### (3) 关于遥科学的研究

在力学所“九五”自主研发成功的演示验证平台的基础上,继续向快速、多目标和多任务方向延伸。

## 工业装备结构分析国家重点实验室介绍

顾元宪

大连理工大学,大连 116024

工业装备结构分析国家重点实验室,位于滨海之城大连,是世界银行贷款重点学科发展项目建设的第二批国家重点实验室。于1988年开始可行性论证,1989年6月经国家计委确认,1991年启动建设,1995年5月通过国家教委验收并正式对外开放。

实验室的任务是:面向工业装备制造业和重大结构工程,以力学和计算科学为学科基础,主要研究计算力学和工程科学计算中的科学问题、关键算法、软件技术以及它们在大规模计算工程软件系统中的实现。以自行开发的具有自主知识产权的计算工程软件作为主要工具,结合实验技术及其它软

件的应用,解决重大工业装备和工程结构分析中的关键力学问题以及相关学科耦合问题,开展创新性应用基础研究,获取原始创新成果和自主知识产权;聚集和培养优秀科学家和高层次人才;开展国内外学术交流与合作研究,发挥重点实验室的国家基地作用。

国家重点实验室依托于力学一级学科及相关学科,涵盖了工程力学国家重点学科、固体力学辽宁省重点学科,力学博士后流动站、力学一级学科博士点及硕士点。现有固定人员32人(教授24人和博士生导师22人)、客座人员9人、博士后6人、博士研究生73人、硕士研究生119人。实验