



中国科学院力学研究所 2004 年科研工作总结与思考

黄晨光

中国科学院力学研究所, 北京 100080

2004 年, 力学所以国家科技中长期规划和中国科学院中长期科技发展规划的制定为牵引, 以筹划进入中科院院“三期”创新、争取承担“十一五”国家和中科院重大科研项目为动力, 持续、多层次地进行了研究所发展规划的论证. 在此基础上提出了发展蓝图, 即 6 个主要的学科方向(微重力科学和空间技术、高温气体动力学与跨大气层飞行、微尺度力学与微系统、工艺力学与材料设计、海洋与环境工程、生物力学与生物工程), 4 个科研平台(微重力科学平台、高超声速飞行技术平台、微 / 跨尺度力学平台、海洋工程研究平台). 包含的基本科学问题是复杂介质和极端条件下的力学行为.

2004 年, 力学所成功主办了以“第 24 届世界激波大会”、“第六届世界计算力学大会”(联合)为代表的 3 次大型国际会议; 郑哲敏院士当选 IUTAM 执委. 这是力学所不断提升和国内外学术交流的深入和广泛程度的具体体现.

1 研究成果与获奖情况

2004 年初, 力学所作为主要参加单位之一完成的“中国载人航天工程(飞船应用系统)”获得国家科技进步特等奖, 胡文瑞院士是主要完成人之一. 此外, 在本年度, 力学所还取得了如下二项代表性重要成果: 魏悦广研究员、王自强研究员等完成的“材料的微尺度力学”项目, 从细观和微观层次阐释了材料变形、破坏、断裂的新机理. 他们发展了塑性应变梯度增量理论, 建立了适合应变梯度理论的有限元方法, 并首次报导了裂纹弹塑性扩展时的分离应力可达到材料屈服强度的十倍以上这一突破性结论. 他们还创造性地建立了刻画裂纹扩展的统一模型和微尺度力学模型, 并在界面断裂、薄膜脱粘的应用中, 取得了有重要国际影响的成果. 他们发表的论文被广泛引用和评述, 目前已在 SCI 刊物被引用 800 余次. 今年, 中科院推荐该项目申报国家自然科学基金二等奖.

虞钢研究员主持完成的“集成化激光智能制造及柔性加工系统”针对汽车工业冲压模具激光强化的重大需求, 研制了一套集成化激光智能制造及柔性加工系统, 集成了数控千瓦级工业固体激光器, 大范围高精度 5 轴框架式机器人, 离散点曲面生成、模具成形工艺参数的数值和物理模拟软件, 高功率激光束的空间变换和柔性传输技术, 汽车模具激光表面强化技术和物理数学模型, 底层控制和 CAx 三过程数据库等. 该系统实现了制造与加工过程的智能化、柔性化和模块化, 以及信息过程的数字化和控制过程的集成化; 可提供

具有自主知识产权的技术和装备系统, 为汽车车身快速开发提供了关键技术支持. 被鉴定为国际先进水平的研究成果.

吴应湘研究员主持完成的“复合式油气水分离器”项目, 创造性地提出了复合式高效分离油气水技术方案, 并建成了相关装置. 该装置已对不同粘度、不同油气水混合比的多相流体进行了大量实验, 性能指标达到中国海洋石油总公司提出的技术要求.

此外, 力学所在 2004 年还登记了 21 项成果. 其中基础类 17 项, 应用技术类 1 项, 国防类成果 3 项.

2004 年, 力学所在论文发表上有明显的进步, 共发表 SCI 论文 170 余篇, 在最重要的力学期刊和相关工程交叉学科的重要期刊上发表论文近 60 篇. 另外, 力学所在国内核心期刊发表论文约 100 余篇, 国际会议 ISTP 论文 40 余篇.

与此同时, 2004 年的专利申请和授权情况也达到历年新高. 授权专利 52 项, 其中发明专利 18 项, 实用新型专利 34 项. 申请专利 71 项, 其中发明专利 47 项, 国际专利 1 项. 发明专利的比例保持在 70 % 左右.

2 争取和执行国家、院重大科研任务的情况

2004 年, 力学所正在执行的院和国家重大项目中, 有 13 项 973 子课题、7 项 863 项目、基金项目 54 项(6 项重点项目)、院各类创新项目 8 项. 在该年度, 力学所横向合同经费到款超过 1000 万元.

与此同时, 力学所在积极争取国家和中科院重要任务方面取得了较好的成绩. 其中在自然科学基金方面继续保持了上升的势头, 共有 27 个各类项目获得支持, 其中 2 项重点基金、21 项面上项目、2 项杰出青年基金项目(含一项 B 类)、2 项国际合作项目.

而在重大项目方面: 中科院知识创新工程重大项目“育种卫星留轨舱微重力平台”通过论证获准实施; 院方向性项目“等离子体处理危险废弃物”启动; “尖兵卫星搭载”、中俄微重力科学研究合作项目都即将正式签署; “空间实验室应用系统(微重力科学专题)”也经过了与不同部门的多次磋商, 达成了初步的共识. 更加重要的是, 力学所在一般力学和高温空气动力学方面的研究均获得国家有关部门的重点支持.

另外, 力学所还正在组织力量积极参与“三峡升船机”的安全性评估研究, 预计将获得国家发改委、三峡建设委员

会的支持。同时,有关“天然气水合物和深海空间站”的项目也都在积极酝酿中。

2004年,力学所承担的院和国家重点项目通过验收项目3项:

(1) 2004年5月18日,院综合计划局组织了对虞钢研究员负责的院创新重大项目“集成化激光智能制造及柔性加工系统”的鉴定和验收。

(2) 2004年4月12日,院基础局对张新宇研究员负责的院创新方向性项目“先进推进技术的新方法研究”进行了验收。

(3) 2004年4月30日,院军工办委托力学所对王发民研究员主持的院国防科技创新基金项目“高超声速飞行器一体化研究”进行了验收。此外,2004年9月7日,国家科技部委托院综合计划局对非线性力学国家重点实验室承担的设备更新改造项目“集成显微分析系统”进行了验收。

3 实验室(研究部)工作

实验室(研究部)是力学所创新工作的主体。力学所各实验室(研究部)在2004年都取得了较好的进展和成果,现简述如下。

3.1 非线性力学国家重点实验室(LNM)

LNM的研究工作主要集中在纳米/微米尺度力学和多尺度复杂流动等方面。重要进展包括:(1)合作制备出外加磁场可调控的F1分子马达,并在微生化传感器的制备方面也取得良好进展;(2)在纳米操作以及材料的纳米力学测量、表征等方面取得进展,获得国家自然科学基金委员会的重点项目支持;(3)在MEMS的粘着、抗粘着方面继续取得重要进展,其研究结果被多位国外著名学者引用;(4)在多尺度复杂流动方面,在圆柱绕流尾迹转换新的非线性特征、微尺度流动、完全封闭的映射封闭逼近(MCA)方法等方面取得重要进展,相关成果在“Phys Fluids”和“Phys Rev E”等重要刊物上刊出;(5)研究了材料破坏过程的跨越多个空间和时间尺度问题的基本理论、数值和实验方法,利用加卸载响应比理论成功预报了广东阳江M4.9级地震为代表的多个地震。此外在表层纳米材料制备与塑性变形机制等方面的研究获得了较好进展。

2004年,LNM学术活动十分活跃,“微系统力学研讨班”全年举行了28期,已形成品牌;LNM主办了第六届世界计算力学大会的“MEMS/NEMS中的计算问题”小型研讨会、“材料的力学行为与尺度效应学术研讨会”、第四届AECS国际学术研讨会。目前正在积极筹办2005年“IEEE机器人和仿生学国际会议”。2004年LNM有5篇论文被第21届国际理论和应用力学大会录用。

3.2 高温气体动力学重点实验室(LHD)

LHD的研究主要围绕高温气体动力学与跨大气层飞行展开。在超燃冲压模型发动机的研究中,通过对单支板、双支板、无支板、单凹腔、双凹腔、无凹腔等不同组合的发动机实验研究,得出了各种条件下的阻力特性。摸索了改变喷油位置、燃烧室几何形状等不同燃烧组织方法对燃烧性能的影响规律。并设计加工了煤油汽化一级和二级加热装置,进行了气化煤油在超燃燃烧室中的喷注、穿透深度与燃烧特性研

究。同时,LHD在对脉冲爆轰推进系统的理论、实验与数值模拟进行了大量分析和比较的基础上,提出了“射流增压式推力可控脉冲爆轰发动机及提高其推力的方法”。在稀薄气体动力学方面,LHD将稀薄气体动力学的方法拓展应用到微槽道流动、电子束薄膜制备工艺等新的领域,取得了重要进展。在气动构型一体化研究方面,提出了变锥角/楔乘波体生成法,提出的激波组合法进气道设计和温度分布燃烧室壁面设计途径有独特见解,首次采用阻块设计方法在激波风洞中实现了模态转换,解决了我国在超燃立项中的争论问题。另外在航天通用飞行器气动布局研究、运载火箭二级发动机热环境分析中为型号部门提供了技术支持。作为LHD新的学科方向,气动弹性的研究中发展了基于多块网格的紧耦合气动弹性分析程序和无限插值动网格生成技术。将Euler流体控制方程和广义结构运动方程,分别构造成含有子迭代的时间推进格式。在每一子迭代步,同时求解流体与结构运动方程,使耦合计算的时间精度达到二阶。

该年度,LHD在中科院组织的关于院重点实验室评估中,成绩优良并被推荐参加2005年由国家科技部组织的国家重点实验室评估。

此外,2004年LHD在北京成功主持召开了24届国际激波会议。

3.3 国家微重力实验室(NML)

2004年,NML最重要的进展之一是微重力科学实验落塔落舱实验系统通过系统的考核和改造,进一步提高了运行性能,增加了实验的可靠性和安全性。微重力环境下的池沸腾传热和粉尘爆燃特性研究利用该系统获得了很好结果。在微重力流体物理研究中,研究了大Prandtl数液桥临界不稳定性对体积比的效应。在复杂流动的研究中,针对课题组已发表的分散体系稳定性微观诊断法,提出了短时间近似的改进方案。在微重力材料科学与材料模型化研究中,得到了微重力凝固条件对硬磁性Nd基大块非晶的结构和磁性能的影响;通过碳化硅晶体生长模型化研究,成功生长出直径为2inch厚度为1inch的碳化硅体单晶;成功制备出由聚苯乙烯微球和二氧化硅微球规则排列的光子晶体。

在生物力学与生物工程方面考察了作用力影响分子键解离的物理图谱;建立了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;发展了分子动力学模拟等评价力作用下分子键解离的数值方法。同时,围绕蛋白质芯片生物传感器的实用化和产业化方面的工作正在积极进行。

2004年,NML在“育种卫星留轨舱微重力平台”、“尖兵卫星搭载”、中俄微重力科学国际合作等多个重要的项目的立项方面均有突破性进展,并且有关“空间实验室微重力科学专题”深化论证会也已经成功举办。

3.4 工程科学研究部(DES)

2004年,DES在如下方面取得了进展:在高效分离等方面开展大量研究,提出新型多相增压系统和多相分离器的设计方法,试验得到突破性进展;建立了边坡稳定三维极限平衡法分析方案,给出边坡治理抗滑桩的承载力及埋置方向;将无线振动测量装置在野外使用,用概率模型对非均匀地质条件地震波的传播数据进行分析;研制成功滑坡表面位

移实时测量系统,并在重庆重点区域得到应用.对茅坪滑坡进行一个水文年的现场监测;用于等离子体弧裂解危险废弃物的 150 kW 交流等离子体弧裂解炉主要部件已经加工完毕,待安装调试,研制成功 30 kW 直流等离子体弧裂解炉,并开展了交流等离子体炬的研究.另外,在院创新研制改造项目的支持下,建成柔性边界加载三轴材料试验机.

目前,DES 承担的国家和院重大项目进展顺利.同时正在积极组织力量进行“三峡升船机”、“深海空间站”、“天然气水合物”的预研和争取立项,力争在国民经济中的关键问题上做出更多贡献.

3.5 技术发展研究部 (DTD)

2004 年,DTD 以创新课题组为主体,不断强化科研力量、拓展科研领域,在多个方面取得了明显的进展.所承担的院重大项目“集成化激光智能制造及柔性加工系统”项目通过科学院组织的验收和鉴定,专家组认为该项目研究成果整体达到了国际先进水平.“遥科学技术”课题组按“十五”发展目标,圆满完成了各项预定任务;所承担的 4 项国家 863 计划项目,均已按计划顺利完成或执行.“材料表面改性”课题组,除继续配合相关单位完成“大口径机枪延寿技术”十五军工预研项目外,在揭示镀层界面激光强韧化机理方面取得了重要进展,发现了激光作用促进钢基体表面镀铬的外延生长的机制.此外,DTD 有关激光毛化、汽车检测线、超细粉体制备等方面的工作都产生了较好的经济和社会效益.

4 发展思考

2004 年,对于力学所来说,是思考和谋划未来发展的一年.根据新时期科学院研究所的定位,以及社会经济发展对于力学学科的重要需求,结合国内外学科发展态势及科技力量的布局,力学所将在如下方面进行探索和尝试,以充分发挥在国家创新体系中应有的作用和地位.

(1) 进一步强化“国家需求”和“世界科学前沿”的双重牵引,加强力学所发展规划的深化论证和实施,带动科研工作整体进展和重大项目的立项.

(2) 加强研究所的学术气氛和研究力量的凝聚.探索重大项目的组织和管理思路的变革.进一步完善创新课题组的运行和考核机制,特别关注其成果产出、可持续发展能力、影响力、学术活跃程度等.

(3) 坚持以人为本,以设立“郭永怀讲座访问教授”席位等措施,吸引国内外一流人才来力学所工作.同时加强人才培养基地的建设.保持研究生的生源质量、培养水平和规模的高速发展势头.

(4) 以保密论证和质量体系论证为起点,提高承担国重大任务的资质和管理水平.充分发挥学术委员会、学术顾问、职工代表大会方方面面的作用,以科学的决策程序,提高研究所的管理水平.

(5) 通过“钱学森国家实验室”、“国际力学中心”等的筹建和运作,以新的体制和模式培育有重要显示度的成果和人才.

破坏力学教育部重点实验室研究工作进展

破坏力学教育部重点实验室

清华大学航天航空学院工程力学系,北京 100084

国家教委于 1993 年 12 月批准成立破坏力学开放研究实验室 (Failure Mechanics Laboratory, FML), 挂靠在北京清华大学工程力学系,1999 年正式命名为破坏力学教育部重点实验室.自 1994 年以来,在教育部和清华大学的领导与支持下,作为重点学科固体力学中的骨干研究基地, FML 在科研上承担了众多国家重点科技攻关项目、“973”和“863”项目以及国家自然科学基金重大、重点和面上项目,取得了多项国家和部委级的科技成果奖和人才奖,在科研和人才两方面取得了显著的成绩. FML 对国内外科学工作者开放以及开放研究实验室建设也取得了显著的进展.在 1998 年教育部组织的重点实验室评估中被评为 A;在 2002 年教育部组织对材料与工程领域的 38 个重点实验室评估中被评为第一名;在 2003 年科技部组织的工程与材料科学国家重点实验室评估中被评为 B. FML 承担的国家自然科学基金优秀创新群体项目“微/纳米尺度力学与智能材料的力学”在 2004 年结题评优,获得第 2 期资助.

2003~2004 年度 FML 承担科研项目 111 项.其中有“973”国家重点基础研究发展规划项目;国家“863”计划项目;国家自然科学基金优秀创新群体项目;国家自然科学基金杰出青年基金项目;国家自然科学基金海外杰出青年基金

项目;国家自然科学基金面上项目;部、省级科研项目;国际合作项目;以及面对国民经济建设的横向课题项目.近两年到任科研经费共 1480.36 万元.杨卫教授当选为中国科学院院士和第三世界科学院院士,黄克智教授当选为俄罗斯科学院外籍院士.在 2003~2004 年获得国家自然科学基金二等奖一项、教育部提名国家自然科学基金一等奖两项、国高校自然科学二等奖一项、霍英东教育基金会第九届高等院校青年教师基金一等奖一项、全国优秀博士论文一篇、机械工业科技进步二等奖一项、美国机械工程师学会 Melville 奖一项、国家质量监督检验检疫总局“科技兴检”奖一等奖一项、中国工程物理研究院科学技术基金一等奖一项、北京市科技新星奖一项、北京青年科技奖提名奖一项. FML 人员近两年出国参加国际会议 50 人次,接待国际学者讲学和从事合作科研工作 58 人次.在国外学术期刊上发表论文 148 篇,在国内期刊上发表论文 129 篇,在国际会议上发表论文 92 篇,在国内会议上发表论文 53 篇,其中 SCI 检索文章 154 篇,另外还出版教材与学术专著 13 部.

近两年来, FML 在破坏过程的力学研究、微/纳米力学及应用、重要工程结构的失效力学、智能材料与结构的力学行为与多场耦合 4 个主要研究方向获得显著的研究进展,