

## 力学学科“九五”期间重点项目情况介绍

孟庆国 靳征谟

国家自然科学基金委员会数理科学部, 北京 100083

国家自然科学基金委员会受理和资助面上、重点和重大三个层次的基金项目。面上项目以一年为一个单元, 依据所提交的申请书, 经过专家同行评议, 最后由学科评审组会议讨论决定。数理科学部力学学科对面上项目的资助情况均已及时在《力学进展》的“科学基金专栏”上公布。而重点和重大项目以“五年计划”为单元。力学学科的重点项目操作程序为: 按照力学学科发展战略的优先资助领域由专家提出建议书, 然后广泛征求院士、中国力学学会常务理事和力学学科评审组等学术专家的意见, 再由力学学科评审组会议讨论立项, 最后于次年受理通过立项的项目申请。下面将“九五”期间力学学科的重点项目情况做一介绍。

已资助并执行的重点项目共 12 项:

### 1. 航天结构系统一体化振动控制理论和技术

航天结构柔性大, 固有频率低, 模态密度高, 载荷不确定性强。通过控制材料和元件的动力学特性和建模、结构的数学模型和动力分析方法、振动一体化控制策略及优化设计等的研究, 形成一套新的控制技术和软件, 并在具体的航天结构中试验验证。

由中国航天工业总公司第一研究院承担, 王心清研究员负责, 资助金额为 70 万元。

### 2. 用于裂解制造乙烯的气动加热方法研究

目前绝大部分的乙烯由外加热的竖管炉制造, 它提高的余地不多。气动加热方法的研究可形成内加热裂解制造乙烯的新工艺。在实现新工艺的过程中, 对超声速混合(混合增强方法)微波加热规律及湍流与高温非平衡化学反应流的耦合作用等应有新认识、新进展和形成新技术。

由中国科学院力学研究所承担, 俞鸿儒院士负责, 资助金额为 80 万元。

### 3. 橡塑制品成型和模具设计中的关键力学问题和设计方法

在橡塑制品成型过程的分析中, 采用串行结构模型, 将其分为固体粒子熔融、泵送、混合, 熔体在模具中流动、压实及固化成型等基本单元, 利用力学理论研究各基本单元的机理(如速度场、压力场、温度场), 使实际加工过程建立在相应的力学定量描述的基础上。系统认识橡塑成型过程的一般规律, 发展创造性的工艺构思, 形成新的模具设计概念和计算分析方法。

由郑州工业大学承担, 申长雨教授负责, 资助金额为 70 万元。

### 4. 含缺陷流变物体的材料破坏理论

研究典型的含缺陷的流变材料, 根据细微观缺陷萌生、形核、扩展、串接、至宏观破坏全过程中的局部温度场、密度场、位移场、剪切带分岔等, 依靠非线性流变动力学原理探讨材料的总体行为与它们微结构组成状态间的关系, 给出复杂环境条件下使役的寿命估计, 建立以现代数学、缺陷体热力学、分维物理和非线性流变动力学为基础的材料破坏理论。

由湘潭大学承担, 袁龙蔚教授负责, 资助金额为60万元

#### 5. 极低温条件下材料力学行为研究和宏细观分析

极低温是指液氮77K、液氢20K、液氦4K等温区。在极低温下材料的全面力学性质还远未被认识, 多种低温材料的数据极为缺乏。通过小尺度一维和二维材料的极低温力学实验, 研究低温材料的基本力学特性, 如脆脆转化、阻尼特性、机电耦合特性, 特别是“宏观低温力学”异常现象等, 给出宏观的理论分析。

由中国科学技术大学承担, 伍小平院士负责, 资助金额为75万元

#### 6. 工程力学中的哈密顿体系

以研究弹性力学哈密顿体系为纲, 从欧几里德型的几何形态进入到辛几何形态, 完成从拉格朗日体系向哈密顿体系的代换。在哈密顿体系中从事断裂力学奇点、复合材料边界效应、圣维南原理的数学分析、弹性波、非线性水波重新描述, 半解析离散化及理性有限元等的研究, 在此基础上对计算力学的方法给予相应改造, 使之计算更有效且精度更高。

由大连理工大学承担, 钟万勰院士负责, 资助金额为65万元

#### 7. 应力-生长关系及其应用

以细胞、亚细胞为核心, 在不同层次上揭示应力-生长间的内在联系和定量规律。主要研究: 应力-细胞生长关系及其生物力学模型; 细胞与细胞相互作用、细胞与材料表面相互作用的生物力学规律; 生物组织本构关系; 应力对绿色植物细胞和植株生长的影响; 应力与血管重建及其应用; 应力对生物传质过程的影响等。为组织工程提供力学基础, 为生化工程、农业工程提供新概念、新方法和新技术。

由重庆大学承担, 陶祖莱教授负责, 资助金额为140万元

#### 8. 新时期海洋高科技中的水波动力学问题研究

极浅海区地形(包括淤泥地基的变形)和沿岸流对非线性水波传播过程中的演化的影响及其对结构物的工程后效; 深水域非线性水波与结构物的相互作用, 尤其是大型和超大型海洋结构物的水弹性响应; 为新时期海洋高科技奠定理论基础。

由大连理工大学承担, 滕斌教授负责, 资助金额为75万元

#### 9. 湍流理论及其控制

通过理论、数值计算及实验研究的密切配合, 弄清相干结构在湍流生成、维持及变化中所起的作用, 以提供可靠的湍流计算模型及控制方法。主要研究内容是流动稳定性及转捩预测, 湍流相干结构形成机理及控制, 非平衡湍流边界层中的相干结构, 湍流直接数值模拟和大涡模拟, 湍流计算模式理论和湍流计算方法研究。

由天津大学承担, 周恒院士负责, 资助金额为75万元

#### 10. 脆性介质损伤积累统计和破坏预测非线性演化理论

基于新的学术思路, 发展关于非均匀脆性介质损伤、破坏的非平衡非线性统计演化理论, 揭示脆性介质破坏的演化诱致突变机理, 研究破坏现象的临界条件与个性行为, 以及跨越宏观-细观两个层次的敏感性。一方面进一步改进与完善加卸载响应比地震预测方法, 提高中期预测水平, 争取实现短期预测。另一方面发展与完善材料损伤失效预测与细观结构设计理论, 开发细观结构优化设计有关软件。

由中国科学院力学研究所承担, 尹祥础研究员负责, 资助金额为75万元

#### 11. 微重力流体物理基础研究

研究微重力环境中流体运动的基本规律。重点探讨重力水平的变化所引起的对流和稳定性规律及相互耦合的界面过程, 如表面张力驱动对流及稳定性; 多流层的动力学特征及流体界面

形态不稳定性, 研究两相流及气泡、液滴动力学, 改进和发展微重力流场测试技术

由中国科学院力学研究所承担, 唐泽眉研究员负责, 资助金额为90万元

## 12. 超音速燃烧关键技术的力学基础研究

超音速(飞行马赫数8以下)燃烧是伴随有化学反应的超音速流动过程, 是不允许产生正激波的超音速扩散燃烧, 流动的驻留时间为毫秒量级。要研究的关键是混合与混合增强理论与技术, 超音速扩散火焰机理, 混合与燃烧的相互作用, 液体燃料(煤油)超音速燃烧, 流体计算数值模拟以及激光非入侵诊断技术

由中国科学院力学研究所承担, 俞刚研究员负责, 资助金额为80万元

已立项并且正在受理的重点项目有8项:

### 1. 柔性多体系统耦合动力学建模理论及仿真技术

根据力学基本原理, 研究物体大范围运动与弹性变形耦合的力学现象, 提出复杂柔性多体系统耦合动力学程式化建模方法, 建立比较精确的耦合动力学数学模型进行数值仿真; 研究刚-柔混合多体系统的全物理仿真测试技术, 揭示刚-柔耦合特征, 观察和发现在各种动载条件下柔性多体系统的动力学性态和力学本质。并研制相应的计算机辅助分析软件, 为相关的应用领域产品计算机辅助分析和优化设计打下基础

拟资助金额: 75万元

### 2. 液晶高分子流变学及其流体力学研究

液晶高分子是各向异性非牛顿流体, 掌握它的流变特性是获取高性能液晶高分子材料的关键因素之一。本重点领域要求: 研究液晶高分子的流变特性、粘弹性行为、触变特性; 研究液晶高分子本构方程及其表征各向异性特征的物质常数; 研究液晶高分子纺丝流动及其计算机模拟, 以促进流变学、非牛顿力学与液晶高分子材料工程之间的交叉渗透, 为这一新技术领域提供新思想、新理论

拟资助金额: 75万元

### 3. 干旱环境治理动力学过程研究

干旱环境治理指的是干旱, 半干旱生态系统脆弱地区的土地沙漠和土壤侵蚀防治问题。主要研究内容: 干旱地区的陆地过程和土壤侵蚀动力学机理, 分析人类活动对干旱地区的环境影响和估计防治土地荒漠化的各种措施。要求应用力学中湍流、渗流、二相流的最新成果解决陆面过程和土壤侵蚀中的关键科学技术问题, 建立可靠的力学模型, 为解决我国黄土高原的环境问题作出贡献

拟资助金额: 75万元

### 4. 粉尘和气云工业爆炸灾害新的防治及其原理

粉尘和气云爆炸在工业爆炸灾害中占有相当大比重, 其有效的防治有赖于对爆炸原因的深入了解。研究的主要内容有: 爆炸场的预估, 建设包含障碍物(现场建筑物、槽罐容器等)反馈作用在内的爆炸场的力学分析模型; 泄爆和抑爆的机理和泄爆、抑爆时流场的急剧变化及有时出现的泄爆、抑爆反常现象。通过实验和数值模拟相结合的方法, 为有效防治爆炸灾害提供依据和技术

拟资助金额: 75万元

### 5. 含有液体的多孔介质在动载荷作用下的力学行为

含有液体的多孔介质或裂缝介质(岩土、煤层、油层等)在动载荷作用下, 形成复杂波系和高压及高应力梯度的状态, 出现惯性和强度、破坏和流动、流动和固体等的耦合。通过研究波系的发生和传播、介质的本构特征以及变形、破坏与流动之间的耦合作用, 确定破坏和失稳

条件及其后效应, 从而指导灾害防治、能源和水资源开发等的基础设计.

拟资助金额: 75万元

#### 6. 冲压成形与模具设计的基础理论、设计方法和关键技术

通过弹塑性大应变接触问题有限元方程计算方法、本构理论、成形极限准则、回弹算法、自适应网格剖分技术、接触界面摩擦与润滑等力学基础问题的研究, 推动塑性力学和固体力学的学科发展; 结合压机速度敏感性、拉伸筋阻力模型、坯粒形状设计理论与基础参数获取方法等复杂加工工艺方面相关问题的研究, 将复杂的成形过程建立在稳固的和可靠的力学定量分析模型基础之上, 形成具有独立版权的完整的板材成形性分析技术和软件, 为工业界提供更准确的成形缺陷(如起皱、鼓动、制耳、破裂和回弹)预示和改进模具设计方案, 以及用于实际加工的数控刀具轨迹数据

拟资助金额: 100万元

#### 7. 计算空气动力学中新型算法和杂交技术及其应用研究

在充分分析计算流体力学的有限差分方法和有限元方法的基础上, 构造多种新型的具有高分辨率的有限元算法, 发展多种有限元-差分杂交计算技术, 发展与上述算法相配套的网格生成技术, 围绕航天器气动计算这一目标, 实现从低速到高超声速、从定常到非定常、从气动到气动热、从平面基元问题到三维复杂流动问题的拓展, 给出相应的算例

拟资助金额: 80万元

#### 8. 高温高焓气体非平衡流特性研究

超高速飞行器再入大气层, 使其周围的气体远远偏离理想气体状态, 出现了复杂的真实气体效应, 如分子的转动、振动、电子激发、离解、电离、非平衡化学反应及其相互耦合效应等, 对其流动特性有严重影响. 本项目要求应用直接模拟蒙特卡罗(DSMC)方法及其发展的新方案, 研究处于热力学和化学非平衡状态的高焓气体的流动特性, 要求建立高稳定性高再现性的光谱学诊断的理论方法和硬件设备系统, 实现对高焓气体非平衡流动机理的实验诊断. 这些研究对再入目标识别、气动光学、通讯中断、结构防热等重大航天工程问题, 都是十分有用的

拟资助金额: 80万元

另外, 力学学科尚准备立两项重点项目, 目前根据专家建议正在征集意见中. 有关力学学科“九五”期间的重大项目情况, 将于下期《力学进展》上同大家见面