

中国力学学会学术大会'2005 (CCTAM '2005) 会议简介

杨亚政¹ 冯西桥² 王建祥³ 李存标³ 陈立群⁴ 张雄² 谢惠民²
蒲放⁵ 樊瑜波⁶ 龙勉⁷ 汤亚南¹ 李涛¹

¹ 中国力学学会 北京 100080

² 清华大学工程力学系, 北京 100084

³ 北京大学力学与工程科学系, 北京 100871

⁴ 上海大学力学系, 上海 200444

⁵ 四川大学生物力学工程省重点实验室, 成都 610065

⁶ 北京航空航天大学生物工程系, 北京 100083

⁷ 中国科学院力学研究所国家微重力实验室, 北京 100080

1 会议概况

由中国力学学会主办, 中国力学学会和北京工业大学共同承办的“中国力学学会学术大会'2005” (Chinese Conference of Theoretical and Applied Mechanics - 2005, CCTAM '2005) 于 2005 年 8 月 26 ~ 28 日在北京召开. 大会主席由中国力学学会理事长崔尔杰院士担任, 副主席有程耿东、贺德馨、李家春、沈为平、苏先榭、王自强、吴有生、杨卫、卢振洋、张泽.

来自中国科学院、高等院校、研究院所和其它单位的全国各地代表 1200 余人参加了这次大会. 会议共收到论文 1615 篇, 分为 15 个分会场和 45 个专题研讨会. 从代表人数和论文篇数来看, 这无疑是我国力学界一次规模空前的学术盛会. 大会交流和讨论的内容涵盖了固体力学、流体力学、一般力学 (动力学、振动与控制)、生物力学等多数力学分支学科领域, 反映了近年来我国力学研究和应用领域取得的主要进展和成果.

本文对 CCTAM '2005 的学术报告内容进行了简单总结. 这些报告充分反映了新世纪力学学科研究的前沿和我国力学工作者的主要研究进展. (更多内容请参见论文摘要集和 CCTAM '2005 主页 (<http://www.cstam.org.cn>)).

2 我国力学研究近期主要进展

这次大会的学术活动采用了大会邀请报告、专题邀请报告、分会报告、小型专题讨论会、青年学术沙龙等多种交流形式. 其中, 大会邀请报告力求反映力学及其交叉学科的研究趋向, 以综述性报告为主体; 专题邀请报告主要介绍各力学分支学科的前沿研究和代表性成果; 而由各学科专业委员会及专业组和专家个人负责组织的分会报告和专题讨论会则比较全面地反映了我国在各领域的研究进展.

2.1 大会邀请报告

会议共安排了大会邀请报告 8 篇. 顾诵芬院士的报告“航空科技发展有赖于力学的支持”, 介绍了航空科技在国家安全和国民经济中的作用、军用和民用飞机的发展趋势、力学在航空科技中的重要作用等问题. 顾诵芬院士特别指出: 力学在解决大型飞机设计中所遇到的很多难题方面大有可为的, 航空工作者应该与力学更多地结合. 程和平教授的报告“钙火花与细胞钙信号系统”综述了钙信号生物学领域的研究现状, 尤其重点介绍了其研究组近年来在该领域的一些重要成果. 朱位秋院士做了“国内非线性动力学近期研究进展

与展望”的报告, 评述了近 20 年来国内一般力学界众多学者在确定性和随机非线性系统动力学与控制方面取得的创新性成果, 包括在 2002 年和 2003 年获得国家自然科学二等奖的项目“随机激励的耗散的 Hamilton 系统理论”和“复杂非线性系统的某些动力学理论与应用”. 他还指出了今后非线性动力学研究的重点是复杂 (多自由度、强非线性、多稳态、时变、时滞、非光滑等) 系统以及生物、生态、信息、金融、经济等领域中的非线性系统的动力学和控制问题. 钟志华教授报告的题目是“汽车设计与制造中若干重要力学问题”, 他重点讨论了汽车整车动力学仿真、汽车碰撞、汽车车身冲压、汽车零部件锻压等方面力学问题和研究成果. 他还特别指出, 汽车的自主创新离不开力学的支持; 汽车工程中还有很多力学问题需要更好的解决办法, 因此力学科研工作者在汽车工程领域大有可为. 胡文瑞院士的报告“热毛细作用的液滴迁移”概括了国家微重力实验室在微重力环境下液滴迁移方面的系统工作, 包括若干模型的数值模拟和实验研究. 郑泉水教授的报告题目是“碳纳米管超快纳机电系统 - 实验模拟和跨声子效应”, 他阐述了用多壁碳纳米管制作 10 亿赫兹机械振荡器的理论构想, 并回顾了国际上该领域的主要研究进展. 于起峰教授的报告“实验力学在国防建设中的研究进展与应用”全面综述了我国实验固体力学近年来在国防建设领域的主要研究进展和应用成果, 并介绍了其研究组在各种运动目标的轨迹和姿态测量方面取得的研究成果. 他强调指出, 力学工作者具有数理基础好、物理概念清楚的优势; 力学工作者要经常接触工程界, 让工程界了解力学能够解决他们的问题, 对于所发现的工程问题, 要能够提出一揽子解决办法. 孟庆国博士的报告“力学学科现状与发展趋势”对国内外力学学科的发展形状、特点和前沿领域进行了全面概括, 介绍了国内研究的优势学科和薄弱方向, 指出了当前需要重点关注的研究领域和科学问题, 并对国家自然科学基金现有资助项目的布局进行了分析.

2.2 分会场及专题研讨会报告

2.2.1 固体力学

在 CCTAM '2005 的 15 个分会场中, 有 7 个固体力学领域的分会场, 在 25 个专题研讨会中, 固体力学占 12 个. 这大体上反映了固体力学领域的科研人员在我国力学科研队伍中所占的比重. 从报告内容上看, 一些传统的固体力学研究领域, 如材料的力学行为、计算固体力学、实验力学、岩土力学、地球动力学、细观力学等仍然占据本次大会的主体

地位。在这些领域,我国力学工作者具有较强的科研实力,在相关的固体力学理论、实验和计算方法上,都取得了长足的进展,为国民经济和国防建设做出了很大贡献。此外,我国学者在纳米结构材料的力学和物理行为的分析与表征、微纳系统与生化微纳系统、分子物理力学等新兴学科方面也取得了一批具有国际影响的科研成果。

大会的很多报告反映了固体力学在工程技术领域的重要作用。杜善义院士在题为“热防护材料及其力学问题”的报告中,全面介绍了超高速飞行器热防护要求以及相关的材料设计问题,包括热防护材料的需求与研发趋势、超高温环境下烧蚀材料的应用及力学问题、热防护材料的性能表征与评价。他指出,在热力环境中,材料的力学行为和结构安全性分析至关重要。谢和平院士在题为“火灾环境下重大工程安全性基础研究进展”的报告中指出,我国西部具有十分复杂的地质结构,地质灾害势必严重威胁重大工程的安全。因此,如何保障重大工程建设和运营过程中的安全性,是亟待解决的问题,他还介绍了他们在国家重点基础研究发展规划项目中取得的重要进展。

在固体力学理论研究方面,王自强在题为“铁电材料非线性本构行为”的固体力学分会场报告中,介绍了他们发展的考虑电畴翻转体积分数的铁电材料本构关系新模型,他们建立了一个最小能量原理,导出了电畴翻转的能量准则,对力电耦合加载的实验进行了系统的有限元分析,理论预测和实验结果符合很好。黄筑平在题为“多相超弹性介质中表/界面效应”的分会场邀请报告中,介绍了他与王建祥在连续介质力学框架内考虑纳米结构材料的表/界面能影响方面的最新成果。魏悦广介绍了其研究组围绕薄膜/基体界面失效所开展的系列研究工作,包括薄膜的线性和非线性脱胶和撕裂、模型和实验、尺度效应、界面行为的表征等方面。方岱宁用积分变换、分子动力学模拟等方法研究了微纳米器件的力学行为。陈常青介绍了在开孔泡沫材料弹塑性行为方面的系统研究成果。周益春采用纳米压痕技术表征了两种典型薄膜(即脆性薄膜/脆性基底的压电薄膜和韧性薄膜/韧性基底的电沉积镍镀层薄膜)的力学行为。范镜泓的“跨原子的细/微/宏观材料多尺度模拟的新方法”、周又和的“高温超导体磁热相互作用的磁通跳跃稳定性研究进展”、仲政的“功能梯度材料与结构的力学研究进展”、谢惠民的“光测力学新技术及应用”、卢天健的“超轻多孔金属的多功能复合特性”、张洪武的“多相多孔介质的稳定性问题与失效破坏分析”、李振环的“微尺度下材料的损伤机制及模型研究”、冯西桥的“智能切削技术的断裂力学研究”等很多有趣的报告,都从不同侧面反映了我国在固体力学各个方面的研究进展。此外,大量报告表明,我国学者还在微/纳米结构和材料的力学行为分析、微/纳米器械、与表面有关的现象分析等方向上取得了一批高水平的研究成果。

在实验固体力学方面,微纳米实验和测试技术的研究得到了众多学者的关注。亢一澜和雷振坤等利用微拉曼光谱技术测量了纤维滴的形状,并研究了多孔硅的毛细效应。何小元应用动态散斑技术对微陀螺的阻尼特性进行测试与分析。

张青川等研制出光学读出微阵列红外成像系统。魏征和赵亚溥利用原子力显微镜研究了液桥生长的过程。何世平等利用微相关技术研究了记忆合金的晶粒变形。白树林报告了高分子合金界面性能的实验研究进展。胡小方利用SR-CT技术研究了泡沫铝内部微结构的破坏过程。缪泓等提出了投影条纹图的连续小波变换位相解调方法。谢惠民等研制出适用于低维材料力学性能测试的微力拉伸系统。李喜德报告了基于光学探针的微尺度检测技术和方法并提出了AFM原位数字双曝光微纳散斑变形检测技术。在实验力学工程应用方面,汤立群和黄培彦等研制了大跨度桥梁健康远程实时监测系统;杨国标和方如华进行了“高精度回弹仿真系统开发”相关的双轴拉伸实验;郑伟花和朱鸿茂提出超声散斑数字干涉技术测量物体的位移;何存富提出了管道中纵横向缺陷的导波检测方法。

计算固体力学方面的论文在140篇以上,反映了有限元法、边界元法、无网格法以及数值流形法等方法理论和方法上进展,以及在纳米科学、量子力学、新型材料、生物医学等领域中的广泛应用,基本反映了国内计算固体力学研究的现有水平。微纳米尺度的计算方法、多尺度计算机模拟、新型计算方法及其并行计算、数值模拟、仿真与设计等是这次大会在计算固体力学方面的热点。如计算力学中的无网格法与数值流形法研讨会重点探讨了无网格法、数值流形法以及边界积分方法的构造、改进与应用,展现了这些方法在高速冲击、爆炸和超大变形问题中独特的优势;力学与应用数学中的高性能计算研讨会研讨了并行算法和大规模计算中的关键问题,对并行计算在优化和流动等问题中的应用做了探讨;计算固体力学及其工业应用和随机振动分析与材料制备的数值模拟两个研讨会则分别对物理与材料科学中的计算力学模拟、汽车车身和零部件的计算机仿真与设计、地震与桥梁结构的动力学分析等计算力学的实际应用领域展开了广泛的讨论。众多的报告表明,计算固体力学在爆炸冲击、汽车设计与制造、结构与桥梁工程等实际问题分析中起着越来越重要的作用。

2.2.2 流体力学

在CCTAM'2005的分会场和专题研讨会中和流体力学密切相关的有“流体力学进展”、“激波与激波管”、“流体动力与机电控制”、“计算力学”、“工业环境流体力学”、“海洋和水利工程中的流体力学”等。报告内容既有流体力学中经典的理论问题,如湍流与流动稳定性、计算流体力学及数值方法,又有大量流体力学应用于解决各种工程问题的范例,如环境流体力学与风工程、航空航天工程、水利与海洋工程、流体机械、微尺度流动等。

湍流和流动稳定性问题一直是流体力学界关注的中心,在本次大会中也有不少报告。陆夕云的邀请报告“分层湍流和旋转湍流的大涡模拟研究”旨在探索分层流体所受浮力、旋转流体所受离心力和科氏力对湍流特性和物理机制的影响,提出了适用于热分层剪切湍流大涡模拟的动力学亚格子尺度湍流应力和热通量模型,以及适用于旋转剪切湍流大涡模拟并满足旋转湍流建模规则的亚格子尺度模型。

李存标的邀请报告总结了其近年来在关于边界层转捩中的一系列实验结果中发现的动力学过程, 认为类孤立波与涡环、二次涡环及涡环链一样是转捩边界层中的基本结构. 本次会议 CFD 的文章占有一定比例. 李志辉等的邀请报告“稀薄流到连续气体流动问题统一算法研究”建立起基于 Boltzmann 模型方程能有效模拟稀薄流到连续流不同流域气体流动问题的统一算法, 弥补了传统 N-S 计算和 DSMC 模拟范围过载的不足, 其数值实验结果与连续流理论值、N-S 与 DSMC 模拟的数值结果和相关实验结果一致性很好.

流体力学在航空工程中具有极为重要的地位. 杨国伟的邀请报告“航空工程跨声速气动弹性研究进展”阐述了作者利用他们发展的基于多块网格的流体/结构耦合计算方法在数值模拟航空工程中动弹性方面的进展, 如颤振、副翼颤鸣、阵风响应等问题.

环境问题和风工程是现在非常受关注的问题. 顾志福的邀请报告“电厂直冷系统风效应风洞模拟”以中国北部某电厂空冷项目为对象, 利用风洞模拟的方法研究了电厂直冷系统的风效应, 并结合流动显示给出并分析了一些有典型意义的结果, 重点讨论了不同条件回流现象产生的机理. 在微流动方面, 何枫的邀请报告“微管道中连续流或离散流的流动特征”介绍了其研究组在微槽道种气体流动的亚堵塞现象、微槽道液体流动的 Micro-PIV 测量、微槽道中的液滴运动等方面的研究工作.

2.2.3 一般力学

CCTAM '2005 中以动力学、振动和控制为主要论题的分会场和专题研讨会“动力学、振动与控制”、“力学中的不确定性”、“随机振动分析与材料制备的数值模拟”、“力学中的 Hamilton 辛对偶体系”、“复杂系统动力学”、“机械系统非线性动力学、分岔和混沌”、“多体系统动力学和控制”、“结构振动与控制”、“转子动力学与电磁轴承”、“分析力学”. 下面对其中的非线性动力学、多体动力学和控制、振动分析和控制和分析力学等方面的会议报告进行简单介绍.

在非线性动力学方面, 复杂网络的问题尤其是神经元分析是大会的热点之一. 陆启韶阐述了神经元放电活动和信息编码动力学的内容、意义和方法. 王如彬提出用能量函数导出关于耦合神经元方程, 其解析解可再现耦合条件下神经元的电参数, 从而表明能量原理可以深刻地反映耦合神经元活动的物理本质. 刘曾荣阐述了复杂系统的特性, 开放性、非均匀性、非线性、自适应性和网络性.

机械系统中的分岔和混沌问题仍有大量研究. 张伟利用改进能量相位法分析了两自由度机械系统的全局分岔和混沌, 数值计算发现在三维相空间中存在一种新的 Shilnikov 型多脉冲跳跃现象. 陈立群总结了作者在轴向运动弦线和梁的稳定性、振动和混沌的进展, 包括变速运动黏弹性梁的稳定性, 非线性黏弹性弦线和梁的稳态响应及其稳定性, 截断阶数和基函数对分岔和混沌行为影响的数值研究等. 丁千等总结转子系统非稳态动力学的一些典型现象, 对转子启、停过程中碰摩、失稳、破坏等问题进行了研究. 许斌等通过对

单盘转子的同步碰磨及其稳定性分析发现 Jeffcott 模型多个全周碰摩数学解中仅有一个可能稳定并导出稳定性条件.

时滞和非光滑系统已受到不少关注. 徐鉴等报告了时滞在实际系统中普遍存在性, 概述了近年出现的时滞动力学系统模型及其主要分析方法. 王在华等提出了一种估计“功”函数的简单有效方法, 通过分析系统的总“能量”的变化来判断系统是否由于耦合使得各振子停止振动而趋于一个稳定的平衡点.

在非线性动力学的理论和应用研究方面还有: 徐健学讨论了与吸引子的吸引域相关问题. 龙以明基于他们提出的辛矩阵路径指标迭代理论, 得到一系列关于给定能量超曲面上非线性 Hamilton 系统周期解的数学结果. 刘延柱介绍了分子生物学中的弹性杆模型和弹性杆形态的拓扑描述, 讨论了 Kirchhoff 动力学比拟、弧坐标分析力学、弧坐标相关的稳定性理论.

多体系统的建模和数值算法是大会重点讨论的问题. 洪嘉振总结了“动力刚化”、刚柔耦合系统建模、离散方法和实验研究的进展. 刘才山等建立了多体系统含摩擦碰撞问题的一般理论, 进而发展了处理含摩擦空间碰撞问题的算法. 航天器动力学是多体动力学的重要应用领域. 李俊峰等总结作者在卫星编队飞行和充液卫星晃动动力学方面的研究进展. 袁长清等研究了柔性多体航天器的鲁棒姿态跟踪控制问题, 在存在模态不确定性和外扰动情形下用非线性逆系统加 PD 补偿实现控制. 在机车、轿车、船舶、人体系统应用方面, 张锐等对提速货车非线性多刚体问题进行了动力学仿真模型研究, 利用 Matlab/Simulink 软件建立计及摩擦、交叉支承. 郭京波等导出高速机车弓网接触力的灵敏度计算公式并应用于工程问题分析.

确定性振动的研究集中于非线性系统. 陈树辉介绍了在强非线性振动系统的定量分析方面的研究成果, 包括改进的 L-P 方法、椭圆函数摄动方法、广义谐波函数摄动方法、增量谐波平衡法、摄动-增量法和其他各种推广的摄动法等. 郭树起等基于磁流变的 Bingham 模型导出了车辆传递函数的理论解并进行数值验证. 陈贵清等基于 Galerkin 截断用多尺度法研究管道的流固耦合主共振和内共振. 在随机振动方面, 徐伟将路径积分法推广到随机参激和外激联合作用系统, 并应用于几类典型非线性随机系统. 李杰等阐述随机动力系统概率密度演化方法的原理、优点、数值实现及其应用. 林家浩等提出求解移动荷载作业下结构响应的精确积分算法, 可以等效荷载向量的渐进变化反映荷载移动位置的连续变化. 孙东科等将虚拟激励法应用于板桥风致抖振分析中的多振型和振型耦合问题, 并以青马桥为例计算了给定条件下的三维抖振响应. 分析力学的主要研究领域是系统的对称性和守恒量. 梅凤翔等综述约束力学系统对称性的基本思想和最新进展. 罗绍凯分别给出完整和非完整约束 Hamilton 系统的非 Noether 对称性和不同的守恒量以及绝热不变量. Hamilton 力学由于在算法设计方面的应用受到特别重视. 钟万勰院士突出 Hamilton 系统的保辛特征, 倡导将分析力学发展到分析结构动力学, 由连续时间变量发展到离散时间变量,

由同时刻位移向量发展到不同时刻位移向量,由始终不变的维数发展到有限元变动的维数,由物性的即时响应发展到考虑物性的时间滞后。

2.2.4 生物力学

大会的生物力学分会场收到摘要 90 余篇,共有来自全国各地 18 个高校、科研院所的专家学者 70 余人参加会议并作了报告。这次会议所涉及的内容包括:细胞-分子生物力学、心脑血管生物力学、组织工程中的生物力学、骨及软组织生物力学、口腔生物力学、运动生物力学、生物力学专用设备研制以及其他与生物力学相关的研究。四位青年专家应邀作了专题邀请报告:中科院力学所的龙勉作了题为“2D Kinetics and Forced Dissociation of Selectin-Ligand Bonds”的报告,北京大学的谭文长作了题为“细胞内钙信号传导的动力学研究”的报告,复旦大学的瞿开蓉作了题为“流动、应力与血管重建”的报告,清华大学的季葆华作了题为“*How Does Nature Design Strong Materials? A Biomimicking Point of View*”的报告。此外,候振德利用光测技术研究了骨裂间尖端压电电位分布的特点;张东升利用数字图像相关技术研究了牙本质的力学性能;姚学锋等进行了股骨头坏死的松质骨结构特征及生物力学特性的实验研究。

从分会场的报告和讨论中可以看出目前我国生物力学的发展呈现以下特点:研究队伍不断壮大并实现了年轻化。从参会的研究单位和研究人员的数目看,生物力学已成为力学研究的重要分支,一批中青年专家已经成为生物力学的中坚力量;多学科交叉融合:参会人员来自生物、医学、力学、工程等多个不同的专业,多数报告的研究内容都由多个单位协作完成;宏-微观多层次同步发展、基础研究与应用开发并进:报告中既有分子、细胞、组织、器官、系统等多个层次的基础性和机理性研究,也有直接面向临床的应用系统软硬件的研制。通过这次大会,与会者对目前我国生物力学的研究动态和最新进展有了较全面的了解,同时,增进了彼此之间的了解,为今后我国生物力学同行间的交流与合作奠定了基础。此外,会议还探讨了我国生物力学下一步的发展方向 and 模式;并对第八届全国生物力学学术会议的相关事宜进行了调查和统计。

3 体会

CCTAM '2005 是到目前为止覆盖范围最广、级别最高的全国力学大会,在该会议上发表论文的数目和报告的类别大体反映了我国力学发展的现状。通过这次大会,我们有如下体会:

(1) 目前,力学的研究对象和领域不断拓展,各传统分支学科之间的界限不断被打破,正如郑哲敏院士在大会闭幕式上所指出的,自然现象和工程问题本身是非常复杂的,它们通常并不告诉我们,这是一个固体力学问题还是一个流体力学问题。力学研究已经与物理、化学、生物、材料、微电子、环境、航天航空、交通、机械等众多学科相互融合,力学研究在面临诸多挑战的同时,也为力学的发展和更有效地为国民经济服务提供了很好的机遇。在这方面,会议上的许多报告都展示了我国力学工作者的开拓精神和取得的创新成果。

通过这次大会也可以看到,现代力学所面临的对象的复杂性越来越明显,提出了一系列处于科学前沿的新问题和新领域,如微纳力学,多场耦合力学,复杂介质力学行为,跨尺度关联与多尺度计算,生命科学中的力学问题,仿生力学;复杂系统非线性动力学,环境与灾害力学,非线性与远离热力学平衡的力学行为等。

(2) CCTAM '2005 是中国力学学会推动学术交流制度改革的一次尝试,它充分借鉴国内外学术交流的成功经验,适应学术交流的新特点。过去多年来,我国力学界学术交流主要采取以专业委员会(组)为主的活动形式,这比较符合当时客观形势的要求,对推动学术交流和促进我国力学学科发展起到了重要作用。但是随着学术会议数量和频度的日益增加,会议之间难免会出现一些重复,给广大力学工作者参加会议带来一定的不便。而且近年来,交叉学科发展势头迅猛,成为许多新兴学科的增长点,因此,组织规模更大的多学科之间的学术交流,已成为力学学科发展和广大力学工作者的迫切要求。为了适应这一新的发展形势,学会经过多方征求意见、反复研究,决定组织尽可能包括所有力学学科在内的、全国性的大会——CCTAM '2005,并计划今后每两年召开一次。

(3) 这次会议还充分反映说明,进一步加强与国民经济和国防建设重大需求的结合,是今后我们力学工作者的努力方向,我国国民经济和国防建设各个领域中都存在许多相关的力学问题需要力学工作者来参与解决,为力学工作者施展才能提供了广阔的天地,这次会议的一些大会报告和分会场报告在这方面起到了很好的示范作用。此外,在如何加强自主创新的基础研究仍是我们面临的重任。郑哲敏院士指出的,基础理论的创新性要体现在新概念、新发现和新方法上。因此,中国的力学研究仍然是任重而道远,我们深信,通过这次大会能够引起广大力学工作者的思考,从而进一步促进中国力学的全面发展。