# 2009 年中国力学学会学术大会
# 会议纪要

杨亚政 1，冯西桥 2，詹世革 3，陈常青 2，许春晓 2，姚明辉 4，

赵建福 5，梁军 6，郭旭 7，赵红平 2

1. 中国力学学会，北京 100190

2. 清华大学工程力学系，北京 100084

3. 国家自然科学基金委员会数理科学部，北京 100085

4. 北京工业大学机电学院， 北京 100124

5. 中国科学院力学研究所国家微重力实验室，北京 100190

6. 哈尔滨工业大学复合材料与结构研究所，哈尔滨 150001

7. 大连理工大学工程力学系，大连 116023

## 1 会议概况

2009 年 8 月 24~26 日，中国力学学会学术大会’2009 在河南郑州召开。本次大会是由中国力学学会和郑州大学主办，郑州大学承办，51 家高校和科研院所协办的一次学术盛会。来自全国高等院校、科研院所的 1800 余名专家学者欢聚一堂，其中包括 16 位科学院和工程院院士，20 余位大学校长和副校长，共同交流探讨近两年我国力学各分支学科的新进展。

在开幕式上，河南省人民政府副省长宋璇涛、中国力学学会理事长李家春、国家自然科学基金委员会数理学部常务副主任汲培文、中国科协学会学术部副部长赵小敏、郑州大学校长申长雨分别致词。随后举行了颁奖仪式，中国科学院院士、清华大学黄克智先生获得“第六届周培源力学奖”，陈少华、陈伟球、冯西桥、康国政、郭旭、季葆华、梁军、张田忠 8 位青年学者分别获第十届和第十一届中国力学学会青年科技奖。南京理工大学姜峣等 53 名同学获第七届全国周培

© Copy Right Reserved.

源大学生力学竞赛个人赛一、二、三等奖；清华大学获第七届全国周培源大学生力学竞赛团体赛特等奖，大连理工大学、南京航空航天大学获团体赛一等奖，国防科技大学、郑州大学、华南理工大学、同济大学获团体赛二等奖，吉林大学等9所高校获得团体赛三等奖，西北工业大学、江苏省力学学会、湖南省力学学会获得大赛组织奖。

本次大会共设立1个主会场，16个分会场，51个专题研讨会，交流论文1600余篇，其中主会场安排8篇大会特邀报告。大会交流与讨论的内容涵盖了固体力学、流体力学、动力学与控制、生物力学等力学分支学科的广泛领域，较好地反映了近年来我国力学在基础研究、工程应用等方面所取得的主要进展。本文对大会学术报告进行了简要总结，更多内容请详见论文摘要集与CCTAM’2009主页http: //www.cstam.org.cn/xkfz.asp?unid=240。

## 2　大会主要内容简介

这次大会的学术活动包括大会邀请报告、分会场报告与专题研讨会等多种交流形式。大会邀请报告以综述性报告为主体，力求反映国内在力学及其交叉学科的重大进展与研究趋势；分会场报告主要介绍各力学分支学科的前沿研究和代表性成果；专题研讨会由各学科专业委员会及专业组和各领域专家负责组织，较为全面地反映了我国力学学科的发展现状以及在各领域中的应用进展。

### 2.1 大会邀请报告

本次大会共安排了大会邀请报告8篇。哈尔滨工业大学杜善义院士的报告“高超声速飞行器的热防护材料及结构问题”，系统总结了高超声速飞行器的热防护材料与结构的研发与应用现状及其关键的力学问题。热防护材料与结构是关系高超声速飞行器成败的核心技术之一。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。杜善义院士就高超声速飞行器热防护特征及需求、热防护材料与结构的性能表征与评价、陶瓷化与复合化是非烧蚀防热材料的重要发展趋势以及防、隔热材料与结构一体化进行了深入分析和讨论。中国科学院力学研究所樊菁研究员的报告“高超声速流动研究进展”，介绍了高超声速流动的若干关键问题以及中科院力学所在这些方面取得的进展，包括高温气体效应判据、高超声速流动相似律、高超声速升阻比、远程超低飞行轨道、高超声速峰值热流估

计、新型空天推进技术、爆轰驱动地面实验方法、临近空间流动领域划分等。郑州大学申长雨教授做了题为“先进塑料成型及模具技术中的关键力学和工程问题”的报告，阐述了诸如固体输送、熔融、熔体输送、流动、压实、固化、相变、分子取向、纤维取向、翘曲变形、复杂流体动力学计算、成型过程和制品性能预测的多尺度分析、模具优化设计和成型工艺控制等先进塑料成型及模具技术中的系列关键力学和工程问题。美国西北大学黄永刚教授的“柔性电子器件中的力学问题”报告，评述了柔性电子器件的研究现状和最新进展及其力学问题，介绍了柔性硅、柔性集成电路、世界首部眼睛状摄影机和柔性晶硅光电等相关问题的国际发展概况。天津大学陈予恕院士的“旋转机械发展中的若干非线性动力学问题”，评述了旋转机械非线性动力学的新理论和新方法、某些非线性动力学复杂现象的新机理、非线性转子动力学理论的若干发展与转子系统重大振动故障的治理与应用。北京大学陈十一教授做了题为“流体湍流的多尺度模拟与计算”，其研究组基于湍流的多尺度物理过程，引入了一系列物理约束条件，解决了湍流大涡模拟的若干问题，并探讨了该方法在可压缩复杂湍流中的应用。中国石油勘探开发研究院宋杰教授的“化学驱提高石油采收率中的数学力学问题”报告，介绍了其建立的化学驱提高石油采收率的数学模型，即多孔介质的多维多相多组分流动的数学模型，并重点评述了该方法中的数学力学问题。

此外，海岩院士的题为“面向研究工程师的力学教育”的大会邀请报告也引起了与会者的极大兴趣。他指出，要从国家工业化对工程师的需求出发，讨论力学教育所涉及的若干问题。他首先以航空科技工业所需的飞行器结构工程师和强度工程师为例，通过分析人才数量、知识结构的变化情况，指出我国既需要大批以应用现有技术为主、研制开发产品的工程师以适应当前以集成创新、引进消化吸收再创新为主的工业发展模式，又需要一批以技术创新为主的研究工程师去适应未来以原始创新、集成创新为主的工业发展模式。他还从培养研究工程师的目标出发，对人才培养模式进行分析，建议采用本硕贯通的培养方案，提高人才的培养质量和培养成效。他还认为，从技术科学统一性的角度看待力学理论教学环节，对技术科学体系所具有的统一性特征进行分析，建议进一步对专业基础课程体系进行改革，通过深化力学教育来带动专业基础课程教学质量的提高。此外，

他建议要从实践与创新统一性的角度看待力学实践教学环节，建议对大作业、考试、毕业设计、课外科技活动进行改革，增加创新内容和要求。

### 2.2 分会场与专题研讨会报告

#### 2.2.1 固体力学

在本次大会上，固体力学共有 9 个分会场和 23 个专题研讨会，大体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。从研究内容上，主要分布在实验固体力学、计算固体力学、疲劳与断裂力学、微纳米力学、智能材料与结构力学、电子电磁器件力学、环境力学、岩土力学、材料与结构力学性能测试、生物材料与仿生力学、结构力学、薄膜与界面力学等方向，反映了固体力学的研究现状与最新进展。此外，国内学者在石油管线/管柱力学、生物力学与人类健康研讨会、特种设备安全检测与评价技术研讨会、柔性电子器件力学、近空间飞行器材料与结构的力学问题、轻质多孔材料与结构的性能表征和多功能应用等方面也取得了具有重要成果。

“固体力学研究进展”分会场邀请了国内知名专家交流了固体力学不同方向的研究进展。王自强介绍了非局部理论的一个新框架和基于新框架的应变梯度塑性理论，该理论避免了高阶应力项的出现，简化了分析和计算，成功解释了实验中观察到的尺度效应。余寿文研究了表面吸附对表面变形、弯曲和共振频移的影响，指出表面弹性和表面层厚度均有显著的尺度效应。张统一针对纳米丝和纳米薄膜分析了表面效应引起的纳米材料杨氏模量的尺度效应，探讨了其内在机理。韩杰才介绍了复合材料、非均质材料结构的热冲击问题以及在长期高温环境下的损伤演化、增韧等国内外研究进展。周益春报告了其研究在铁电薄膜的制备和性能表征方面的研究进展。吴承伟以蚊子为对象研究了昆虫生物材料与表面的微纳米力学，并基于仿生学原理发明了一种微米锯齿手术刀。卢天健对超轻多孔材料性能表征、结构设计、制备及多功能工程应用等方面的研究进展进行了系统介绍，指出了亟待解决的关键科学问题。胡更开讨论了电磁/声波超材料的研究进展，重点介绍了两种超材料分析中采用的方法。汪越胜综述了声子晶体波传播特性表征方法和计算方法，指出了各种方法的优缺点及发展趋势。王建祥对非均质广义输运性能研究中的若干重要问题进行了讨论，介绍了等效输运性能、界面相模型

等问题的研究进展。仲政介绍了在功能梯度板壳结构的解析解、梯度材料结构的断裂分析以及梯度材料的细观力学研究等领域的新进展。

微纳米力学是固体力学最为活跃的前沿方向之一。郑泉水发现微纳米石墨具有自缩回性能，指出了基于石墨烯的微纳机电系统中的机遇和挑战性问题。张洪武分析了碳纳米管中流动传输的特点和可能的应用前景。黄克智等提出了一个基于原子势碳纳米管纳米尺度的连续壳体新理论，指出了该理论的适用范围；还讨论了柔性电子器件力学。周进雄基于流体模型和金兹堡—朗道理论，模拟了聚合物凝胶的相变演化，发现应力和浓度的演化决定其相变动力学过程。赵亚溥采用分子动力学和第一原理方法研究了固气和固液微纳米界面力电耦合特性对纳米器件的影响。张青川介绍了在基于微悬臂梁传感技术的系列研究进展，涉及光学读出双材料微梁阵列红外成像技术等。冯西桥报告了其研究组织碳纳米管及其复合材料多尺度力学方面的系列工作。李喜德介绍了微纳米固体实验中的关键技术和实验平台，并针对探针检测技术和系统给出了具体的典型应用。胡仲豪讨论了力学在材料多尺度多物理场模拟中的角色和作用，评述铁电、铁磁、位错动力学等方面的若干进展。成会明介绍了石墨烯的结构和物性，以及在石墨烯制备和应用方面的探索。白雪冬介绍了一种可用于半导体纳米线机电耦合性质研究的新实验方法。姜开利揭示了基于热声效应的碳纳米管薄膜扬声器的优点和研究进展。郭万林以碳、硼/氮纳米结构和器件研究为例，详细说明了纳米尺度下物理力学的研究方法。俞大鹏介绍了单根氧化锌纳米线在弯曲应力作用下的力电耦合效应新结果。张田忠讨论了碳纳米管机械双稳器件的特点和近期进展。

多物理场耦合特性研究长期以来被认为是固体力学热点之一。“电子电磁器件力学”分会场和“磁电弹多场耦合材料与结构的力学问题”专题研讨会吸引了众多与会代表的关注。匡震邦讨论了快速热冲击和微尺度情况下的不同温度波理论的优缺点，提出了新理论来模拟温度的波动特性。裘进浩采用改进的 Prandtl-Ishlinskii 模型，模拟了压电陶瓷驱动器非对称迟滞特性。李显方介绍了压电材料中几种典型裂纹的奇异性以及不同断裂参数适用性。李龙土等利用有限元方法和激光测振仪分析了压电陶瓷电机的性能，并讨论了多层压电变压器的断裂问题。金峰给出了金属薄膜—功能梯度压电基体结构中的 B-G 波的传播特性解析分析。裴永茂介绍了他在铁磁智能材料的多场耦合实验方面的研究工作，以

及对超磁致伸缩材料磁畴观测、智能桁架结构的强度分析。马宇立利用广义射线理论以及回转矩阵法研究了弹性波在电磁弹性层合板中的传播。许金泉等介绍了一种新设计的实验装置来测试电子封装结构的温度循环疲劳特性，并分析了热循环应力。龙士国介绍了稀土超磁换能器的动态特性及在桥梁混凝土 CT 无损评价中的应用。胡元太等分析了宽频带分段双晶片压电俘能器性能，对结构尺寸、分别和连接方式进行了优化，并讨论了压电圆板俘能器中压电板与储能电路中的非线性界面效应。王骥等讨论了石英晶体板非线性波动方程同伦分析，指出同伦分析能较好求解非线性波动方程，并采用有限元方法分析了石英晶体板的非线性振动。高存法等介绍了电致伸缩材料中点电荷和偶极子的基本解及其与压电材料中基本解的比较。王云讨论了功能梯度压电圆板的轴对称弯曲问题。王惠明给出了功能梯度压电空球的解析解。吕朝锋介绍了微纳米压电薄膜的非经典薄板弯曲理论，从表面效应角度出发讨论了尺度效应。陈伟球等介绍了功能梯度压电声波器件的回传射线矩阵分析、基于电阻抗模型的复合材料中裂纹识别研究等。禹建功利用多项式级数展开方法分析了压电压磁梯度球形板中波的问题。

在“磁电弹多场耦合材料与结构的力学问题”专题研讨会上，郑晓静、周又和等系统介绍了电磁材料一系列问题，如击穿断裂失效模型、梯度吸波材料的电磁波吸收与反射以及温度应力分析、考虑磁力和磁致伸缩效应的软铁磁材料的磁弹性耦合理论、基于涡结构的广义悬浮力计算模型等。王省哲讨论了铁磁形状记忆合金 NiMnGa 马氏体重定向的细观力学模型、铁磁颗粒随机粒径分布下的磁流变弹性体磁致剪切模量、基于孪晶界移动的铁磁形状记忆合金相变动力学模型等问题。刘金喜分析了压电-压磁层状半空间中 SH 表面波的传播特性、非理想界面压电/压磁双材料板中弹性波的传播、半无限大压电压磁功能梯度材料亚表面圆孔的动应力分析。沈亚鹏、陈常青等介绍了有限厚度压电材料压痕响应分析、双轴拉应变对四方相 PbTiO3 和 BaTiO3 力学性质和压电效应的影响的第一原理计算、铁电陶瓷多轴行为的实验研究、受移动热源作用时二维广义热弹耦合等系列问题。秦太验等讨论了磁电热弹材料裂纹问题的超奇异积分方程方法、三维磁电弹材料多裂纹干扰问题。王骥等给出了薄膜体声波谐振器压电多层板结构振动分析、考虑黏性耗散的有电极压电板的振动和 Love 波的传播。高存法讨论了含孔功能梯度材料内的热应力、电致伸缩材料内传导裂纹的电击穿模型。此外，郭

旭讨论了基于广义接触模型的横观各向同性压电半空间黏附接触分析，王保林介绍了电磁弹性材料中椭圆夹杂问题的一般解，赵明皞介绍了 HEDD-CSM 在平面压电断裂问题中的应用等问题。

在“薄膜、涂层及界面力学”专题研讨会上，涂层和界面的实验表征方法是讨论的重点，共有 8 个重点报告。魏悦广总结了基于第一性原理提取金属/氧化物界面结合强度与宏观韧性的研究进展。徐可为介绍了金属表面脆性涂层材料的大载荷圆锥压入法界面结合性能实验表征研究进展，探讨了各种失效机制。陈光南分析了涂层界面结合性能的动态评价方法，讨论了新型弹丸冲击诱导的涂层/界面层裂行为。冯雪介绍了热障涂层的动静态热力耦合响应，通过理论分析涂层应力从瞬态到稳态的转变过程，给出了热震响应。郑学军讨论了铁电薄膜的断裂增韧行为及畴变判据，发现该判据与已有结果比较吻合。许金泉讨论了薄膜涂层界面缺陷的一种无损探伤方法，该方法能较好反映缺陷的位置和大小。赵明皞介绍了用于薄膜/基体系统的脱层与屈曲分析的新理论，讨论了基体变形、压痕缺口等不同参数的影响。此外，对界面演化的微细观模拟等问题也有多个有意思的报告。

在“轻质多孔材料与结构的性能表征和多功能应用”专题研讨会上，各种新型轻质多孔材料和结构的性能表征成为讨论的热点。何德坪等分析了二次发泡法连接泡沫铝界面结构与力学性能、梯度孔径多孔铝合金的压缩及吸能性能、闭孔泡沫铝孔结构三维几何特征。韩福生等讨论了 Al 基非晶合金泡沫材料的非晶特性与力学性能表征、藕状多孔铝的压缩变形及应力应变特征、高孔隙率开孔多孔铝约束压缩应力应变行为。卢天健、陈常青等针对多孔金属纤维毡介绍了一种新的数值模拟方法和实验测试结果，针对超轻点阵结构讨论了制备、冲击特性、波动特性和传热特性。邓子辰等介绍了二维格栅夹芯圆管在高速移动内压作用下的结构响应分析及优化设计、哈密顿系统下夹层圆柱壳中弹性波的传播特性。邱信明讨论了格栅结构在单轴冲击下的动力学响应。方岱宁等介绍了二维点阵芯子夹层梁的优化设计。王晓林介绍了烧结纤维多孔金属的吸声性能优化。胡更开等介绍了多孔材料电磁波拐弯波导的设计。刘书田等介绍了 SRR 谐振型左手材料相对带宽的优化设计、蜂窝夹芯圆柱结构轴向冲击的耐撞性、基于偶应力理论的多孔固体微结构尺寸设计、新型非凸截面薄壁管轴向冲击吸能等问题研究进展。吴

林志等介绍了铝硅合金空心圆管夹芯结构基本力学性能、碳纤维点阵夹芯结构的低速冲击性能和剩余拉伸强度性能、全复合材料点阵夹芯结构的热分析、直杆点阵型和斜杆点阵型夹芯结构弯曲性能比较等问题进展。

固体材料和结构的波动特性研究在理论上具有挑战性，同时具有很强的应用背景。黄西成介绍了内爆加载下圆筒的应力状态与破坏模式研究，指出圆筒破坏模式与内爆载荷和筒厚度相关，以及合适的初始缺陷对模拟破坏模式具有重要意义。汪越胜等采用传递矩阵法分析含周期裂纹的周期层状介质中弹性波的传播特性，讨论了点缺陷对压电声带隙特性的影响。刘凯欣等在改进的 CE/SE 算法和二步模型基础上，开展了爆轰波楔面反射模拟，得到可信度更高的数值结果，并将该方法应用到层裂问题的模拟，此外还提出了用小试件研究抗破甲的方法。陈成军等研究了聚碳酸酯动态力学特性，提出了宏观唯象本构模型，并进行了试验研究和验证。戴耀给出了刚塑性球壳受弹体冲击响应的近似解，并用有限元数值模拟进行了验证。张庆明等介绍了 Zr 基块体非晶合金的层裂破坏、内爆炸条件下钢筋混凝土表面鼓包的试验观测和数值分析、爆磁压缩发生器的耦合损耗因子、梯度飞片冲击加载特性理论和数值模拟等问题的研究进展。黄风雷等讨论了带弱连接结构弹体斜侵彻混凝土、混凝土侵彻模型经验参数、爆轰法合成含硼金刚石、带前舱弹体倾角侵彻混凝土靶的动力学响应等研究进展。韩旭等提出了利用一种平板撞击的自由表面速度响应来反求一维应力—应变关系的方法，还讨论了侵彻载荷作用下 AD95 陶瓷/钢复合装甲动态响应研究。张雄介绍了新所开发的冲击爆炸问题的三维物质点法数值仿真软件 MPM3D，以及它在一些典型问题上的应用。

实验固体力学也呈现出蓬勃发展的态势。吕坚介绍了在微纳米尺度下材料和器件的多尺度实验研究进展情况，主要综述了在破坏力学、失效机理以及残余应力方面的实验测量及手段，包括：纳米与非晶材料多尺度实验，纳米压痕方法测量多尺度材料的本构关系，薄膜实验力学性能以及先进材料残余应力测量。孟松鹤对高温防热材料的细观组分材料原位性能、非均质复合材料基本力学性能的测试方法、超高温力学性能测试、各向异性防热复合材料复杂应力测试技术以及在多场耦合条件下的材料热力学响应的信息提取技术的挑战和需求进行了阐述。汤立群对集中式远程实时桥梁健康监测系统中能有效克服横向应变影响的光纤光

栅应变应力和温度传感器的设计和制作、制作中的损伤评估以及系统管理软件等方面进行了介绍。胡更开设计了一种颗粒型电磁超材料，并通过波导的投射实验进行了验证，然后介绍了利用矢量网络分析仪、电控位移台和平面铝板搭建的测量电磁超导材料内部电场、散射场和相位分布的测试系统，最后通过利用微力学材料试验机、弹簧和质量块搭建一维弹簧—质量块系统证实了负等效质量的现象。李喜德、冯西桥等对纳米多孔金薄膜的力学性能进行系统的试验研究，通过 SEM、TEM 和 AFM 对试样表面及内部进行了观测和对比，解释了吸水后材料力学性能变化的机理，最后介绍了利用探针加载测量平台测量不同特征孔径纳米多孔金薄膜的力学性能。黄培彦利用 HY-500 红外热像仪建立 FRP 加固钢筋混凝土构件的界面损伤和温度的定量关系，判断界面时候发生剥离，提出的损伤模型能较好地描述加固构件界面的疲劳损伤演化规律。陈伟球对结构健康监测中应用的机电抗法的理论进行了综述并且对不同试件、环境温度以及损伤模式进行了大量的机电阻抗法试验，并采用回传射线矩阵法结合适当的机电阻抗法耦合动力模型和结构损伤模型进行了理论研究。冯雪对薄膜涂层力学行为的实时全场测量方法和技术进行了介绍：可以通过 X 射线衍射法测量薄膜的应变以及测量基底的曲率和位移两种方式得到薄膜的应力，利用相干梯度敏感干涉方法对全场的薄膜系统曲率实时测量。谭晓惠就悬臂梁式能量采集器的机械振动建立了一种数学模型，能合理描述能量采集器动态特性及其机电耦合效应，找到了决定机电耦合效应强弱而影响输出电能大小的因素。高怡斐对圆柱形多点测量方式最大弯曲应变计算方法进行了研究，并介绍了金属材料断裂度试验方法国家标准与美国 ASTM 标准的比较情况。查小琴介绍了一种用于圆弧面上疲劳表面裂纹与组织关系关系观测方法并应用到高周疲劳试样、低周轴向试样和低周悬臂弯试样的疲劳表面裂纹萌生、扩展和组织观测。胡哲利用冲击应力波方法和共振法分别对碳钢梁、玻璃钢梁和合金钢梁等试样的力学性能测试，主要参考材料的动态弹性模量和阻尼比等参数。郭杏林等采用锁相红外热像系统对含盲孔的平板试样在周期载荷作用下的疲劳试验进行实时监测，对比同一频率不同深度试件的表面温度边和不同频率相同深度试件表面温度变化。王晓刚阐述了现行几种疲劳热像法的理论基础和工作原理，对三种最主要的疲劳评估指标进行了对比分析，对现有疲劳热像法的研究进行了改进和工程应用。许峰采用 SR-CT 方法实现了碳化硅粉末高温烧结过程

中内部微观结构演化的实时观测，通过数字图像处理方法对不同烧结时刻的样品空隙率进行了统计，得到了孔隙率随烧蚀时间对数的变化曲线。仇巍以碳纳米管为传感器，应用偏振拉曼光谱技术并利用碳纳米管的共振拉曼响应，建立较完备的碳纳米管传感器拉曼应变测量理论，并提出拉曼应变花技术。薛长国等对一种全新的微梁阵列传感器系统光路实现阵列化微梁传感器进行了研究，实验数据表明利用该系统对微悬臂梁进行的温度激励可以得到较好的系统检查灵敏度。

计算固体力学方面共有 2 个分会场和 7 个专题研讨会。在“计算力学进展”分会场中，钟万勰院士作了有关计算力学与动力学控制研究进展的邀请报告，着重论述了辛体系在相关问题研究中独特的优越性。此外，李锡夔概括介绍了其研究组近年来在颗粒材料多尺度耦合分析数值分析所获得的系统成果。刘凯欣介绍了其自主研发的时-空守恒元动力学分析软件及其在爆炸工程中的成功应用。韩旭和亢战分别介绍了考虑不确定性的动态荷载识别以及鲁棒性优化的研究进展。王东东介绍了采用稳定子域积分消除自锁现象、提高求解精度的伽辽金无网格方法。袁明武等报告了基于混合变形技术的高效有限元网格重构方法。欧阳洁和符松分别介绍了三维复杂流场多尺度模拟理论和数值算法方面的研究工作。庄茁利用离散位错动力学-有限元耦合方法研究了单晶铜反常本构行为。黄茂松等分别介绍了计算岩土力学方面的最新研究进展。在“计算力学的新进展、新方法和新理论”专题研讨会上，邢誉峰、邓子辰等介绍了基于辛体系的积分算法研究进展。陈震、张雄等介绍了物质点法在多物理场以及爆炸冲击问题数值仿真中的成功应用。杨海天介绍了他在参数反演方面的系统研究工作。作为传统有限元方法的重要补充，无网格方法以及边界元方法的研究近年来受到了广泛重视。陈文提出了基于正则化的边界节点法以及奇异边界法中的反插技术。龙述尧重点介绍了一种利用无网格技术所发展的拓扑优化高性能算法。高效伟利用边界元方法成功进行了瞬态导热分析以及热物理性参数的反演。姚振汉等介绍了含液多孔介质力学的边界元方法。

结构优化研究近年来呈现出快速发展的态势并已经成为了计算固体力学的一个重要方向。在“结构与多学科优化分会场”，程耿东院士着重论述了近年来结构优化领域在理论研究以及工程应用等方面的最新进展。同时介绍了我国学者在这一领域研究中作出的重要贡献。报告内容引起了与会学者的浓厚兴趣。隋允

康回顾了结构优化研究中常用的建模方法，分析了各种方法的优缺点并对未来的发展做了展望。段宝岩介绍了基于多场耦合理论所开展的电子装备多学科优化设计工作。王希诚针对现代工程设计的复杂性和发展趋势，重点讨论了近年来广泛应用的黑箱优化方法。郭旭介绍了有关可置信性结构鲁棒性优化的最新进展，重点讨论了如何构建可置信性优化列式并介绍了相关求解算法。张卫红综述了组件广义布局优化国内外研究进展，对此类问题的建模、参数定义等关键问题进行了讨论。韩旭介绍了基于序列线性近似的高效区间不确定性优化算法，并报告了不同初始条件下算法的收敛性和求解效率。另外在“飞行器多学科设计优化技术”专题研讨会上，刘书田、张卫红等报道了拓扑优化技术在飞机翼面结构、支撑梁设计以及组件布局优化中的成功应用。邱志平等利用响应面以及并行子空间方法求解了多学科稳健性优化设计问题。此外，在“计算爆炸力学学科前沿”专题研讨会上，宁建国介绍了基于 VOF 和 PIC 耦合多界面处理算法等方面的工作。袁帅等报道了 SPH 方法在爆炸力学中的应用。李晓杰等介绍了聚能穿墙等的参数设计以及数值模拟方面的研究进展。此外，来自不同单位的研究者还报道了高性能计算在大飞机设计、桥梁工程、轨道交通、运载工程、金属成型等领域产品设计和研发中的重要应用。

### 2.2.2 流体力学

流体力学在航空、航天、航海、环境、能源、化工、生物、水利等诸多领域发挥着越来越重要的作用。CCTAM’2009 设有“流体力学”分会场，“计算力学进展”、“流变学进展”、“激波和激波管前沿问题”、“环境力学”、“微纳米力学”、“爆炸力学”、“岩土力学新进展”、“力学教学的理念、方法和实践”等分会场也涉及到流体力学的诸多研究侧面。大会上还举办了“湍流工程模型”、“湍流与流动稳定性研究——第 9 届全国湍流与流动稳定性学术会议”、“湍流热对流”、“计算力学的新问题、新方法和新理论”、“计算流体力学研究与应用”、“无网格与边界元”、“高性能计算在工程中的应用”、“航天航空航海工程与能源动力系统中的关键力学问题”、“小型和微型无人机前沿问题”、“水动力学前沿问题”、“环境水动力学”、“风沙运动与大气环境”、“第六届全国多相流与非牛顿流学术研讨会”、“多孔介质渗流与应用”、“界面力学的机理和流体力学研究”、“颗粒物质力学及其应用”、“应力波、冲击

波和爆轰波”、“计算爆炸力学学科前沿”、“流动控制技术及其应用研究”、“生物材料与仿生力学”、“生物力学与人类健康研讨会”等流体力学领域的多个专题研讨会。此外，“近空间飞行器材料与结构的力学问题”、“航天器动力学与控制”、“空天与武器装备测试技术”、“破碎岩体结构与渗流突变力学”、“研究生力学教学的实践与创新”等专题研讨会也涉及到若干与流体力学的研究和应用密切相关的方面。

“流体力学”分会场会议共进行了 11 个邀请报告。赵建福做了题为“微重力气液两相流动与传热”的报告，介绍了在微重力环境中气液两相管流流型与压降、池沸腾现象中的气泡动力学行为与传热特征以及燃料电池/电解电池内部伴有电化学反应的两相流动特征与电性能等方面的研究进展。李存标介绍了对静水中薄圆盘自由下落运动的实验研究结果，以及所观测到的一种新的螺旋运动类型。罗喜胜介绍了伴随水非平衡相变的可压缩流动的物理建模和数值方法，并针对一些非定常流中的凝结问题进行了数值模拟。詹杰民介绍了“线性与非线性及规则与不规则波浪数值水池的研究”成果。刘桦介绍了国内外在该方面的研究进展，讨论了波浪水池模型实验与数值波浪水池相结合的复合模型技术以及该领域需要着重研究的问题。任玉新介绍了他们最近提出的一种以非定常流动敏感型方程为基础的、可以计算各种静态和动态稳定性导数的新方法。瑞典国防研究院的彭夏辉介绍了 RANS-LES 耦合模型及其在工程湍流数值分析中的应用。何国威介绍了湍流噪声大涡模拟的研究成果。高正红介绍了现代航空飞行器与气动外形的优化设计方法。徐力平进行了题为“民用航空发动机研发中的若干流体热力学基础问题”的学术报告。以上邀请报告涉及到湍流、空气动力学、水动力学、多相流、生物和仿生力学等流体力学的众多基础和应用领域，体现了流体力学在基础理论方面和实际工程应用中的巨大作用。

湍流是流体力学的经典难题，也是工程上广泛存在的流动问题，湍流研究一直受到我国流体力学工作者的重视。湍流方面共进行了 3 个专题研讨会。“湍流工程模型”专题研讨会共有 11 个学术报告，对非惯性系湍流模型、可压缩流动转捩和湍流/激波相互作用、以及结构系综动力学在不同湍流流动中的应用进行了探讨。“湍流热对流”专题研讨会共有 18 个学术报告，涉及了湍流热对流的理论、实验、数值模拟等多个方面。 “第九届全国湍流和流动稳定性学术会议”

共进行了 38 个学术报告，涵盖了流动稳定性、湍流机理、可压缩湍流、湍流大涡模拟、湍流模式、湍流减阻控制、湍流工程应用等主题，充分展示了我国在湍流和流动稳定性方面的丰硕成果。

随着计算机技术的迅猛发展，计算流体动力学在流体力学的基础研究和工程应用中发挥着越来越大的作用。本次大会设立的“计算流体力学研究与应用”专题研讨会，共有 60 篇学术论文，分两个组进行了学术报告，内容涉及了计算流体力学, 基础理论、算法以及在水利、化工、船舶、环境、生物、航空、航天等诸多工程中的应用。需要说明的是，计算流体力学作为揭示流动问题细观结构与内在机制的有力手段，在流体力学各个分支学科都有越来越重要的应用，在“计算力学进展”分会场、“无网格与边界元”、“计算力学的新问题、新方法和新理论”、“高性能计算在工程中的应用”等专题研讨会上均有大量报告，介绍了计算技术在流体力学各分支领域的进展。

激波与激波管实验技术与激波物理、爆轰现象、超声速与高超声速流动、超声速燃烧、高温气体动力学的基础研究密切相关，是目前国际上研究最为活跃的流体力学领域之一。本届大会不仅设有“激波和激波管前沿问题”分会场，涵盖了激波管实验技术、超声速混合层流动控制、高超声速进气道设计及喷管中水蒸气凝结、爆轰波的传播、粉尘爆轰理论、旋转爆轰流场结构、连续爆轰发动机的实验技术和数值模拟等多个前沿领域，在很大程度上反映了自 2008 年第十三届全国激波与激波管学术会议以来，国内科技工作者在激波和激波管方面工作所取得的最新进展；而且在“爆炸力学”分会场及“应力波、冲击波和爆轰波”、“计算爆炸力学学科前沿”两个专题研讨会中的部分报告同样涉及了爆轰过程、爆炸驱动流场等方面的实验、理论与数值模拟研究。此外，涉及与航空航天相关的流体力学研究的还有“流动控制技术及其应用研究”、“小型和微型无人机前沿问题”、“航天航空航海与能源动力系统中的关键力学问题”等专题研讨会上的部分报告。

流体力学在航海及环境等领域中也有着直接而广泛的应用，尤其是面对当今世界严重的环境问题，环境流体力学等新兴学科分支的研究越来越展现出突出的作用。为此，本届大会设有“环境力学”分会场及“水动力学前沿问题”、“环

境水动力学”、“风沙运动与大气环境”等专题研讨会，并且在“颗粒物质力学及其应用”、“航天航空航海与能源动力系统中的关键力学问题”专题研讨会也有部分报告报导了相关研究成果。与会代表主要就水质污染（如湖泊富营养化控制等）、泥沙/风沙、城市道路精细化气象预报及国家重大工程建设中遇到的环境问题等方面开展了广泛而深入的讨论，并就水动力学在江湖洪水调度、海啸及船舶与海洋工程等方面的应用进行了研讨。

随着科学进步与技术发展，当代流体力学研究问题超出经典流体力学所处理的单相、简单介质的范围，向多场、多相、多介质、非牛顿流体等领域扩展。因此，本届大会设有“流变学进展”分会场及“第六届全国多相流与非牛顿流学术研讨会”、“界面力学的机理与流体动力学研究”、“多孔介质渗流及应用”、“破碎岩体结构与渗流突变力学”、“风沙运动与大气环境”、“颗粒物质力学及其应用”等专题研讨会，较为集中地展现了我国近年来在相关领域的进展情况。此外，在“水动力学前沿问题”、“环境水动力学”等专题研讨会上也报导了利用多相流动技术解决相关环境与工程问题的研究进展。

生物流体力学研究是目前一个重要的新兴方向，本届大会设有“生物材料与仿生力学”、“生物力学与人类健康”等专题研讨会，就昆虫飞行力学、鱼类尾鳍流场、血流动力学、脉搏波传播及呼吸系统流动与传热等问题进行了深入研讨，反映了我国在该领域的快速发展和进步。

### 2.2.3 动力学与控制

以动力学、振动与控制为主要论题的分会场和专题研讨会有“动力学与控制研究的新进展”、“非线性动力学理论及应用”、“多体系统动力学及其应用”、“航天器动力学与控制”、“分析力学新进展”、“时滞系统动力学与控制”等。

动力学与控制分会场共有九个邀请报告，涉及到近年来动力学与控制学科取得地若干新进展。陈关荣简要介绍了广义 Lorenz 混沌系统族、超混沌 Lorenz-Chen 系统、分数阶 Chen 系统，以及这些复杂混沌系统的一些可能的工程应用。孟光报告了载人航天和空间对接若干动力学与控制问题的建模、仿真分析和实验分析，分析了多场耦合环境和复杂空间环境对空间复杂机构和结构的动

力学与控制问题的影响，建议了进一步的研究方向。徐世杰主要介绍了航天工程中的若干关键动力学与控制问题，包括深空探测中的平动点轨道问题，月球探测器的着陆与返回问题，近地航天器的相对动力学问题，以及大型复杂航天器的姿态动力学与控制问题，着重介绍这些领域的理论和应用研究现状、存在的问题和未来的发展趋势。林志华讨论了纳米结构非局部弹性应变场的两个临界问题，并利用纳米结构非局部弹性场理论和变分原理推导了纳米梁弯曲的平衡条件、运动控制微分方程和边界条件。洪嘉振采用添加删除约束的方法对柔性多体系统接触碰撞问题进行准确描述，从而实现了柔性多体动力学全局仿真。郭永新报告了非完整力学的近代主要发展，包括 Riemann-Cartan 几何学在非完整力学中的应用、非完整力学的逆问题和非完整系统的 Birkhoff 约化。刘曾荣分别从建模、动力学和控制的角度说明动力学与控制研究方法在生物系统中的应用。毕勤胜介绍了一类典型的多时间尺度 Belousov-Zhabotinsky 反应的动力学行为，给出了各种不同的猝发现象。

非线性动力学理论及应用是动力学与控制的一个研究热点，其中有一部分报告内容是关于非线性动力学理论和方法的研究，钱有华、张伟将同伦分析方法应用于多自由度非线性系统周期解的求解中，得到解析近似解并与 Runge-Kutta 数值解进行了比较，结果表明同伦分析方法是求多自由度非线性系统周期解的有效方法。荣思远、于开平采用基于 UKF 算法的神经网络辨识模型计算仿真非线性时变系统，可以有效识别快变参数问题，这种算法适用于跟踪性能要求较强的系统识别问题。李莹和程昌钧将 Hamilton 变分原理推广到有限变形孔隙热弹性结构中，建立以 Kirchhoff-Love 假设为基础的孔隙热弹性薄板的大挠度理论。陈洋洋、陈树辉将双曲函数 L-P 方法推广并应用此方法研究三次非线性自治系统的同宿解和异宿解问题。陈淑萍、张伟等研究了高维非线性动力系统的 Bogdanov-Takens 规范形，并将该方法应用于非线性非平面运动悬臂梁的动力学方程规范形计算问题。随机动力学也是非线性动力学理论及应用的重要组成部分，黄志龙、金肖玲研究了受 Gauss 白噪声激励具有时滞反馈控制的单自由度强非线性系统响应的瞬态概率密度。王弢、帅健等建立了转子-轴承-密封动力学模型，研究了动态多因素对系统振动的影响。邓茂林、朱位秋通过引入氧离子与肽键之间的距离和肽键键能之间的关系，研究了酶作用下肽键断裂的随机动力学。

鄂国康、朱海涛等采用指数多项式闭合法构造了高斯白噪声激励下滞回随机动力系统响应的稳态概率密度函数求解过程。温建明、冯奇研究了随机干摩擦两自由度系统的 Stick-Slip 运动。张凯、李刚利用降维方法求解了考虑不确定性因素的结构的响应统计矩。还有相当一部分报告是关于机械、航空航天、生物等系统的动力学建模、分岔、混沌及其应用。刘延柱讨论了基于精确 Cosserat 模型的螺旋杆稳定性问题。程善、吴泉军等从动力学与控制角度考虑多个相互作用的强迫 Lienard 振子时滞网络系统的同步动力学。丁虎、陈立群运用数值方法研究了超临界速度范围的轴向运动梁的静平衡分叉。高发宝、张伟等分别研究了绳系卫星椭圆轨道的稳定性和周期解、高速飞行条件下可伸缩变形机翼的非线性振动和混沌动力学问题。李芳芳、李伟艳等分别研究了参数激励和外激励联合作用下的输流管道的非线性振动问题、覆冰悬索结构的非线性振动特性。郭翔鹰、刘长亮等分别研究了非对称角铺设的纤维增强复合材料层合板的非线性动力学响应问题、正六边形蜂窝芯的蜂窝夹层板的非线性动力学问题。王建军、韩勤锴等讨论了具有时变系数的参数振动系统的振动响应特性以及齿轮啮合过程中相应的振动稳定性问题。李佰洲、胡宇达等分析了磁场环境中导电薄板的亚谐波共振问题。王琳、倪樵研究了横向流引起热交换器管道的失稳现象。杜国君、于超等针对具有初挠度阻尼夹层圆板的非线性振动问题进行了研究。杨海天、李哈汀提出了一种求解动力载荷作用下梁的多总量反问题的数值模型。万金国、杜新喜等改进了梁单元几何非线性计算方法。魏旭壕、叶红玲等利用有限元软件对液体静压支承工作转台进行数值模拟与分析。康厚军、赵跃宇等研究了参强激励下带集中质量两端铰接斜拉索的动力学问题。赵晓华、林路婵研究了一类对任意参数都具有反转对称性的二阶耦合非线性系统的动力学。古华光、李玉叶等在实验结果的基础上建立了包括钾、钠和钙等离子的四维常微分方程的动力学模型。化存才围绕高校招生规模与相关问题开展了微分方程动力学建模应用研究。冯剑丰、万越之等研究了不同捕食者干扰强度对浮游生态系统非线性吸引子的影响。

在非线性动力学的研究中，时滞系统的动力学与控制也是一个研究热点。杜茂林、王在华报告了在位移差分控制作用下闭环系统的时滞量、反馈增益等对强迫振动的影响。王怀磊、王在华等将时滞系统的状态空间由无穷维函数空间还原到有限维物理空间，分析了时滞控制系统平衡态的吸引域结构。郑远广、王在华

研究了时滞反馈对 Class-B 激光系统动力学行为的影响。徐鉴、齐欢欢、赵艳影等分别报告了悬臂输液管道颤振失稳时的时滞控制、时滞对非线性饱和控制系统减振频带漂移的影响。蔡国平、陈龙祥介绍了一个基于 DSP 的时滞反馈实验系统，概括了近年来柔性结构时滞反馈控制的若干研究进展。张继业、任殿波、徐晓慧研究了具有时间滞后的自动化高速公路车辆跟随系统的指数稳定性，根据变结构滑模控制策略设计了车辆跟随系统的纵向控制规律。刘中华、朱位秋报告了具有时滞反馈控制的拟可积哈密顿系统随机动力学。左志强、杨翠丽分析了饱和区间时滞系统的局部镇定问题和吸引域。包俊东研究了一类非线性中立型时滞系统的 H-infinity 控制问题。范蓉蓉、孙中奎等分别研究了一类具有非线性扰动的连续时间时滞系统的鲁棒无源控制问题、含常数及时变时滞动力系统的鲁棒控制。蒋卫华、魏俊杰分析了时滞动力系统的 Hopf-transcritical 分叉的余维二开折。孙清、薛晓敏、张斌等分别报告了含时滞受控系统的稳定性研究、基于遗传算法策略的含时滞结构振动控制的研究、精细积分方法分析含双时滞受控系统动力响应及其稳定性、非线性时滞反馈控制系统超谐及亚谐共振分析。时滞系统动力学与控制理论的一个重要应用方向就是复杂网络、神经网络和神经元动力学中的时滞研究。周进、吴泉军、刘曾荣报告了复杂多主体时滞网络系统的脉冲一致性。焦贤发、黄小娟、王如彬报告了时滞作用下神经振子集群同步神经发放模式及其控制。王青云研究了小世界神经元网络在不同因素作用下的时空同步现象，并揭示其产生的机理。孙伟刚、程尊水、杨俊平等分别研究了具有双时滞和非线性内部耦合函数的复杂动力网络的同步问题、时滞复杂网络模型的分叉控制问题、互联网 TCP-RED 拥塞控制系统的稳定性和分叉问题。尚慧琳、徐旭、颜渝力等分别研究了两神经元时滞 Hopfield 神经网络的吸引子和吸引域、具有惯性项的时滞神经元动力学、神经元的非线性函数-延迟反馈实现控制。

多体系统动力学及其应用是动力学与控制的重要组成部分，多体系统的建模、数值算法、仿真和实验是多体系统动力学的主要研究方向。张素英给出了一个求解动力学微分方程初值问题的一个通用李级数解法。彭慧莲、王琪等研究了含摩擦双边约束多体系统动力学方程的数值计算方法。李伟明、洪嘉振提出了一种新的模型缩聚-模型修正迭代方法。董富祥、洪嘉振等基于柔性体碰撞问题的变拓扑性质，提出了一种柔性多体系统碰撞动力学建模方法，并通过激光测振仪对两

铝杆碰撞问题进行了实验研究。刘铸永、洪嘉振研究了作大范围运动的柔性薄板的刚柔耦合动力学建模方法，探讨了柔性薄板大范围运动和变形运动的耦合机理。郭正雄、戈新生利用系统相对于总质心的动量矩守恒这一特性研究了双刚体航天器的三维姿态运动控制问题。蔡国平、章敏对柔性航天器的模型降阶问题进行了研究。潘科琪、刘锦阳研究了复合材料梁刚柔耦合的动力学特性，分析了旋转角速度、轴径比、纤维角的方向等对于旋转梁模态特性的影响。周跃发、李宏量等对六自由度船舶运动模拟器进行了动力学仿真研究。

航天器动力学与控制是多体动力学与控制的重要应用领域，是紧密结合当前国家重大需求的一个研究领域。刘春川、方勃、黄文虎利用行波方法得到了一维梁式结构航天器对全频激励的动力学响应，并应用自适应主动控制方法实现了对航天器高速旋转部件抖动的抑制。李凤明、陈照波、黄文虎研究了椎壳结构的受迫振动响应和振动主动控制。方勃、黄文虎、刘芳等研究了圆盒隔振器的控制模型，以及隔振系统的参数设计和阻尼特性。陈力奋、云永旺等研究了结构振动控制的动柔度方法。岳宝增、曹健、杨旦旦等研究了受液体燃料晃动及柔性附件扭振影响的全充液航天器作大角度姿态机动过程中的混沌姿态动力学，以及航天器中液体燃料晃动的稳定性和控制。张景瑞、王珩、岳玉娜等研究了航天器大角度姿态快速机动控制器的参数优化设计、以及控制力矩陀螺系统部分失效时灵敏航天器的姿态机动控制。周炳红、胡炜等采用流体体积法对微重力条件下火箭液氢贮箱中推进剂的重定位过程进行数值模拟研究。蔡志勤、赵军等研究了位于日地系统共线平动点附近的轮辐状旋转多体绳系卫星的质心轨道控制问题。杨庆成、孟宪红从防碰撞的角度考虑，研究了小卫星在轨二次分离的模式和相关参数的定量关系。李晓明、曾国强研究了编队飞行卫星之间的相对轨道确定。李强、黄奕勇等利用 ADAMS 对在轨加注航天器对接紧锁装置在空间对接过程中的动力学建模与仿真。李爽系统地总结了各种各样的深空任务转移轨道的设计方法。张谭、刘赵淼研究了外形结构设计对微喷管性能的影响。

分析力学专题研讨会报告了近年来在此领域的最新研究进展和发展方向，梅凤翔报告了理论力学中的六个问题。郭永新报告了 Riemann-Cartan 空间自平行运动的非完整映射理论，并利用此理论研究了 Chaplygin 非完整系统的运动、刚体的定点转动、无旋粒子在有挠时空中的运动。郑春龙报告了(2+1)维破裂孤子

系统的孤波同伦映射解。傅景礼、何玉芳、赵丽分别报告了离散电机系统的对称性、新格子中波动方程的对称性、2 维非线性扩散方程的 Lie 对称性和不变量。方建会研究了一般完整力学系统Lie对称性直接导致的一种新守恒量存在的条件和形式。董文山报告了广义非完整力学系统的弱 Hojman 守恒量和强 Hojman 守恒量存在的条件、形式及其应用。张宏彬提出了一种保完整约束力学系统 Lie 对称性的差分格式。李自炎建立了用非局域实时动能代替动能的非保守系统的欧拉-拉格朗日方程和哈密顿理论。王鹏将协调函数引入力学系统的 Noether-Mei 对称性，研究了相空间中力学系统 Noether-Mei 对称性导致的两类广义守恒量。王勇通过计算位形空间的度规和挠率，建立了平面上小球无滑滚动的运动方程。刘世兴报告了量子系统的 Birkhoff 表示。

2.2.4 生物力学

在本届大会上，以生物力学为主题的论文约有 100 篇，反映了国内学者在细胞与分子力学、心血管力学、力学生物学、骨－关节生物力学、生物材料力学、动物运动、仿生力学、认知神经动力学等方面的快速发展。

在生物力学与人类健康的专题研讨会中，姜宗来介绍了 Rho-GDIα ，、Rac1 及 p38 信号通路在周期性张应变调控血管平滑肌细胞迁移和增殖过程中的作用。何凡通过构造流固耦合算法，利用有限元方法数值仿真了脉搏波在正常和增厚的动脉壁厚度两种情况下的传播。杨春等采用了机械牵张装置对原代分离的大鼠肺泡 II 型上皮细胞施加静态牵张，观察了肺泡 II 型上皮细胞在力学刺激下形态和功能上的改变并分析了相关机制。任九生用一个受均布内压作用的由不同的材料组成的两层圆柱形圆筒来模拟动脉血管壁的力学性能，研究了动脉血管瘤的形成及破裂问题。乔爱科基于 CT 图像，利用计算流体动力学方法模拟了个性化胸主动脉瘤血的流动。龙勉建立了骨细胞网络中力致钙信号响应与传递的理论模型，数值分析表明该理论模型可以很好地描述流体剪切作用下骨细胞网络内胞浆钙响应的多峰现象以及单细胞受力学刺激后的钙响应单峰以及在周围细胞内的钙传递现象。侯振德构造了基于指数衰减的拟合函数，研究了骨压电电压的松弛规律。尤锁柱建立了一种基于 CT 扫描的股骨三维有限元模型重建方法，并模仿实际力学环境进行静力加载，对模型应力分布及变形情况进行了分析。陈力奋介绍

了基于混合单元的中耳听骨链系统的有限元分析。毛文玉基于三维重建技术及有限元模拟分析了骨强度与骨密度之间的关系。王盛章介绍了具有病人特异性的脑动脉瘤非牛顿流体血流动力学研究。赵改平通过离散数学模型模拟了实体肿瘤内外的血管生成。蒋文涛对两类补丁对 S 型旁路移植影响的血流动力学进行了数值研究，结果表明在 S 型股动脉旁路移植手术中采用 Taylor 补丁可以更好地改善吻合口的流场特性。樊瑜波介绍了纳米材料经关节腔注射后在生物体内的转运过程，为进一步研究纳米涂层及磨损颗粒的生物安全性及植入体的生物学和力学性能提供了基础。刘迎曦介绍了人体鼻腔温度场的数值模拟。刘应征基于数值模拟方法研究了血流突变对颅内动脉瘤血液动力学的影响。孙淦云通过在体测量实验技术，得到了兔眼视网膜粘附力的图谱。李红霞介绍了植入支架的狭窄血管内的血流动力学以及血流对血管壁的作用的数值模拟研究。严志强研究了组蛋白去乙酰化酶在低血流诱导血管重建中的作用与机制。张小军介绍了脉搏波在动脉内传播的非线性动力学模型。

有多个分会场的邀请报告或专题研讨会也涉及到了生物力学与人类健康的研究。邓小燕介绍了动脉系统中的旋转流动现象，发现在心血管介入治疗和器械设计中引入旋动流可明显改善这些器械中的血流流场，并可达到抑制小口径人造血管的急性血栓形成和搭桥手术后血管内膜增生的目的。张西正的报告“力学生物学与组织工程”探讨了力学因素在组织和器官构建方面所起的重要作用，并进一步分析了力学生物学在再生医学与组织工程中的应用。李元超对 RF 脊柱内固定器的静态及疲劳力学性能进行了系统的实验研究，得到了该固定器相关的力学参数。谭文长基于细胞浆的粘弹性和钙离子的电场作用，提出了钙火花空间反常扩散的力学模型，成功解释了“钙火花峰宽”。李西成介绍了一个经皮吸收的分数阶药物动力学模型。邓茂林研究了肽键在有酶和无酶情况下发生断裂活动的随机动力学，分析了影响肽键断裂速率的两种主要动力学机制，即 Fermi 共振和穿越势垒降低。赵静一对组织工程支架内不同结构参数的微管网中微流体流动进行了数值仿真，分析了人工骨内部结构设计及流场状态。汪玉综述了我国舰艇水下非接触爆炸冲击动力学发展与应用，建议可以有效利用假人进行冲击试验来研究人员在战时的冲击安全性。王海民考虑了蛋白质气泡膜变形的粘弹性特性与 Casson 流体间的耦合作用，建立了单个蛋白质气泡在血液中有限变形的动力学

方程。彭雄奇利用实体标本实验数据对人体椎间盘纤维环超弹性纤维加强材料的本构模型进行了验证。孙裕晶概述了近年来食品咀嚼力学的研究进展，提出了采用离散元方法进行食品咀嚼动力学分析的思路，分析了离散元方法用于食品咀嚼过程研究的可行性和基本过程。

力学在揭示各尺度下生物功能逐渐起到了关键的作用，人们开始利用生物学与生物技术来设计材料和器件。生物材料力学及其已经成为生物力学研究的一个重要热点与前沿方向。吴承伟在题为“生物与仿生材料表面微纳力学行为”的报告中，介绍了以蚊子腿与蚊子口器表面的微纳力学行为，并仿生制造出微米锯齿刀，发现其振动切割力比普通刀切割力降低 80%以上。曲传咏、余寿文等研究了多场耦合载荷对废用状态下骨损伤的影响。陈少华根据壁虎最小黏附单元的真实铲状结构，建立了相应的力学模型，并进一步对仿生单纤维黏附的尺寸效应进行了研究。赵红平等介绍了其丝素复合水凝胶的制备及其在生物医学中的应用。侯振德实验研究了牛骨薄梁试样的逆压电性弯曲变形。陈明建立了描述鱼鳍材料松弛特性的分数元模型。冯剑丰研究了不同捕食者干扰强度分别对具有对称、非对称以及同种作用矩阵的生态系统的非线性吸引子的影响。杨庆生通过推导生物组织自由能密度函数，并基于有限变形理论对生物组织化力耦合的准静态大变形问题进行了研究。于洋与郑泉水对荷叶表面多级结构的力学稳定性与超疏水稳定性进行了分析，研究表明蜡晶体构成的多级结构能够在保持超疏水性稳定的前提下大大提高结构自身的稳定性，从而同时满足以上两种稳定性的要求。冷慧杰基于单向拉伸的累进加载实验，提出了皮质骨的后屈服本构模型。姚大鹏对机械蜻蜓悬停时的气动力学行为进行了实验研究。周风华研究了含内部介质的运动物体与静止物体碰撞时的破坏特性，分析了运动与静止物体的破坏概率不均匀现象。宋凡介绍了其仿生纳米界面及其热性能的研究工作，基于蜻蜓翼膜表面结构的粗糙化仿生处理，使陶瓷表面成为了一种纳米尺度的散热肋结构，从而提高其强度的抗热震突变能力。高原文基于非局部弹性理论对蛋白质微管的小尺寸效应进行了研究。黄争鸣实验制备了 PLLA 纳米纤维编织缝合线，并通过 MTT 实验表明缝线材料具有良好的生物相容性和安全性。李岩介绍了天然纤维的多尺度结构。季葆华建立了细胞黏附斑的微观模型，分析了细胞对不同尺度下外力的响应。陈文建立了修正的 Szabo 声波模型，研究了乳腺癌 CARI 医学超声频率的依赖耗

散。孔祥清对蚊子口针刺破人体皮肤的过程进行了数值模拟。买买提明·艾尼介绍了受多向载荷的组织仿生拓扑优化。刘芳研究了蚯蚓爬行的生物力学行为。赵红平等对牛角的微纳观结构与力学性能进行了系统的观察与测量，其结果加深了对天然角蛋白材料及其结构的理解，对工程材料的强韧化仿生设计具有一定的参考价值。王建山与冯西桥研究了纳米手性形貌力学，不仅可用来调控纳米材料的力学性能和光电等物理性能，还可以阐释一些纳米生物材料的形貌。刘建林研究了毛细与弹性耦合的现象，结果对于材料表面疏水性质、微器件的尺寸、微型水上运载工具的设计与制造具有一定的参考价值。戴福洪介绍了其埋金属双稳定混杂复合材料层板固化变形预报的工作。刘兵飞探讨了静水压力对多孔形状记忆合金相变的影响。杨庆生与马连华介绍了生物组织细观力学模型及其分析方法，可反映从细胞层次到组织层次的生物力学现象，对揭示生物组织的结构、性能及其演化的基本机理提供一定的研究手段。曹艳平、冯西桥等讨论了如何用基于失稳的方法测量薄膜、微纳米纤维的弹性模量。曹艳平等还研究了以压痕实验确定黏弹性材料的正则化松弛模量。卢天健等研究了压荷载作用下温度引起的皮肤粘弹行为变化，讨论了热伤害对组织行为的影响以及加载过程中其内部的改变。

动物的精巧运动一直是人类仿生的源泉。孙茂通过理论分析和 NS 方程/运动方程耦合的数值模拟研究了昆虫悬停的横向动稳定性，讨论了微小昆虫飞行的非定常高升力和飞行能耗等力学机理以及昆虫飞行动力学。吴锤结将自适应多重网格投影法和浸没边界法相结合，研究了三条鱼组成的鱼群基本单位的自主游动，分析了“槽道效应”在鱼群游动中的节能机制。丛文超利用计算流体动力学软件 Fluent，对自主航行模式下二维摆动尾鳍的推进性能进行了数值模拟。敬军也基于 Fluent 软件，通过数值模拟方法研究了鱼类 C 形起动中不同形状的尾鳍的流场结构及动力性能。杨岸龙用 FTLE 和 LCS 表示了圆盘起动涡环结构，用以测量游动和飞行生物研究中的生物受力。詹国强对蝴蝶飞行的非定常气动特性进行了数值模拟，气动干扰研究表明在双翅由“合拢”到”打开”这一过程中，双翅之间的气动干扰对增加气动力有明显的作用。魏榛与杨基明设计实现了一种以鹰蛾为参照昆虫并基于微电机驱动的超微型扑翼飞行器“CAKE”，并对实际的扑翼飞行过程应用大尺度水下测力模型进行了相关机理的实验研究。王利光根据鸟

类翅膀运动规律，设计了能实现扑动和展向折叠的扑翼机构，通过风洞实验手段对不同的机翼展向折叠位置、折叠角度等进行了研究。

认知神经动力学是生物力学中一个重要的前沿方向，它主要采用动力学的观点，把神经系统当作动力学系统来研究，应用非线性动力学的概念与方法对大脑的微观、介观和宏观等各个层次开展研究，以分析大脑的工作原理。在本届力学大会上，计有 25 篇文章与一个认知神经动力学的专题研讨会反映了国内学者在该领域的研究进展。

除了上述固体力学、流体力学、动力学与控制、生物力学等方面的内容以外，本次大会的其它分会场与专题研讨会还广泛涉及了爆炸力学、颗粒物质力学、航天航空航海工程与能源动力系统中的关键力学问题、灾变破坏力学与数值模拟题、力学教学的理念、方法与实践等，展现了这些方向的新进展与新见解，内容丰富，这里未作详细介绍。

3、结束语

本次大会是继 2007 年“庆祝中国力学学会成立 50 周年大会暨中国力学学会学术大会’2007”之后，力学界又一次规模空前的、非常成功的盛会，参会人数和发表论文数量都再创新高。会议内容比较全面地反映了我国力学学科的现状，充分展现了我国力学工作者在各个领域所取得的巨大成就，也反映了我国力学工作者的开拓精神和创新意识。会议表明，我们力学领域的研究内容覆盖面广，多学科交叉与融合日益深入和广泛，基础研究和应用研究都有很大进展，进一步缩小了与国际先进水平的差距。尤其值得一提的是，近年来广大力学工作者一方面在学科前沿方面的研究水平不断提升，与物理、化学、生物等学科的结合日益紧密，取得了多方面的基础理论成果，既深化了对基本力学理论的认识，又发展了各具特色的实验测试技术和理论分析方法；另一方面更加紧密地结合国民经济发展，解决航空航天、环境、能源、交通、机械、健康等重要领域所遇到的技术难题，对国民经济各产业的发展起到了很大的推动作用，对相关学科的进步也起着越来越大的牵引作用。

科学技术日新月异的发展，既为力学提供了丰富的机遇，也使它面临巨大的挑战。本次大会，不仅帮助国内力学工作者了解国内力学学科的最新进展动

态、前沿热点、发展方向和新生长点等，促进各研究院所之间、学校与产业部门之间、研究者个人之间的合作与交流，加强青年学者和研究生的培养，而且也有利于进一步探索在科学技术迅速发展的情况下我国力学如何发展、如何解决具有普遍性和根本性的力学基础和应用基础问题、力学如何结合国家需求的新交叉领域来开展基础创新研究工作等。我们深信，这次大会能够引起国内力学工作者更多、更深刻的思考，从而进一步推进中国力学全面、健康的发展。