

# 中国力学大会-2011 暨钱学森诞辰 100 周年纪念大会总结

王正道<sup>1</sup>，季葆华<sup>2</sup>，周济福<sup>3</sup>，陶建军<sup>4</sup>，柯燎亮<sup>1</sup>，冯雪<sup>5</sup>，  
陈伟球<sup>6</sup>，汤亚南<sup>7</sup>，詹世革<sup>8</sup>，杨亚政<sup>7</sup>，冯西桥<sup>5</sup>

1. 北京交通大学力学系，北京 100044
2. 北京理工大学宇航学院力学系，北京 100081
3. 中国科学院力学研究所，北京 100190
4. 北京大学工学院力学与空天技术系，北京 100871
5. 清华大学航天航空学院工程力学系，北京 100084
6. 浙江大学工程力学系，杭州 310027
7. 中国力学学会，北京 100190
8. 国家自然科学基金委员会数理科学部，北京 100085

## 1. 会议概况

值此钱学森诞辰 100 周年和明年即将在北京举办第 23 届“世界力学家大会”（ICTAM-2012）之际，由中国科学技术协会和国家自然科学基金委员会指导，中国力学学会和哈尔滨工业大学主办，哈尔滨工业大学和中国力学学会办公室承办，中国科学院力学研究所、清华大学、北京大学等 63 家单位协办的“中国力学大会-2011 暨钱学森诞辰 100 周年纪念大会”于 2011 年 8 月 22~24 日在哈尔滨召开，中国力学学会理事长胡海岩院士担任大会主席。来自中国科学院、高等院校、研究院所以及国外的代表 2400 余人参加了本届大会，其中包括 30 余位院士。

“中国力学大会”始于 2005 年，此后隔年召开，前三届名为“中国力学学会学术大会”。今年初，中国力学学会常务理事会决定，将这个系列会议更名为“中国力学大会”，努力将其打造成力学工作者了解学科前沿的窗口，力学与工程实际结合的桥梁，不同学科研究人员交流的纽带，青年力学工作者展示风采的舞台。概括而言，就是让它成为中国力学界的“奥林匹克”盛会。

今年是我国近代力学和航天事业奠基人、中国力学学会创始人之一、中国力学学会首任理事长钱学森先生诞辰 100 周年，而明年将由中国力学界首次承办第 23 届“世界力学家大会”(ICTAM-2012)。因此，本次大会的主题是：追忆钱学森在开创和推动中国力学事业方面所做出的卓越贡献，交流当今力学学科前沿和应用领域的最新研究进展。

中国力学学会理事长胡海岩在大会开幕辞中指出：缅怀钱老的最好方式是学习和弘扬他的高尚品质，追求真理，报效祖国，造福人类；是汲取和发展他的学术思想，学习和运用哲学，提升战略思维，重视系统科学，勇于推陈出新，善于凝聚队伍；是传承和振兴他开创的事业，让中国力学事业繁荣昌盛，走向世界，乃至引领世界。为此，我们要弘扬科学精神，努力营造优良的学术风气；我们要面向国家重大需求和世界科技前沿，勇于发现、提出和解决重大技术科学难题；我们要积极推进我国力学学科的国际化进程，大幅度提升中国力学家在世界力学界的话语权。

在开幕式上，黑龙江省委宣传部长张效廉、中国科协副主席冯长根、国家自然科学基金委员会数理科学部常务副主任汲培文、钱学森之子钱永刚、哈尔滨工业大学校长王树国先后致辞。大会随后举行颁奖仪式，中国科学院院士、浙江大学杨卫获得“第七届周培源力学奖”，刘彬、段慧玲、冯雪、高福平、王春荣获“第十二届中国力学学会青年科技奖”。南京理工大学黄焕军等 20 名同学获第八届全国周培源大学生力学竞赛个人赛特等奖和一等奖，四川大学等 30 所高校获第八届全国周培源大学生力学竞赛团体赛各奖项，江苏省力学学会、湖南省力学学会、清华大学航天航空学院获优秀组织工作奖。

本次大会共收到论文 2256 篇，包括郑哲敏先生的“回顾钱学森——工程科学与应用力学”大会特邀纪念报告和 8 篇大会特邀学术报告。大会设置了 1 个主会场、17 个分会和 60 个专题研讨会。参会代表人数和论文篇数较上届力学大会增加近 50%，为中国力学界有史以来规模最大的一次盛会。大会交流和讨论的内容涉及了固体力学、流体力学、动力学与控制、生物力学等力学学科与交叉领域，反映了近年来我国力学界在面向国家重大需求和科学前沿的研究及教育等方面取得的主要进展、成果和新的生长点。会议内容体现了力学与物理、数学、材料、生命、能源、化学、信息等学科的交叉与融合，展现了力学对航空、航天、机械、兵器、石化、环境、土木、水利、海洋、船舶工程等领域的巨大推动作用。

大会期间,中国力学学会和大会组委会还特别组织了学会新老领导与媒体的见面会。《人民日报》、《新华社》、《科技日报》、《科学时报》等国内多家媒体对本次大会的盛况、ICTAM-2012 的筹备进展以及我国力学学科的发展等进行了采访和宣传报道。

本文对中国力学大会-2011 的学术报告内容进行概要总结与评述,以便力学界同仁和读者了解本次大会和中国力学学科的发展。更多内容请参见中国力学学会编著的论文摘要集和中国力学大会-2011 主页(<http://cctam2011.cstamconferences.org>)。由于大会内容十分丰富,而本文篇幅有限,加之作者难免有所疏忽,内容不全面或不准确之处,敬请原谅和指正。

## 2. 大会主要内容介绍

本次大会的学术活动包括大会特邀报告、分会场邀请报告、专题研讨会报告等多种形式。其中,大会特邀报告 9 篇,包括 1 篇纪念性报告及 8 篇学术报告,学术报告内容涵盖高超吸气推进技术、低维纳米材料、活性软材料力学、岩石力学、生物力学、复合材料、湍流、非线性动力学与控制等重要研究领域,力求反映力学及其交叉学科的重大进展和重要发展趋势;由各学科专业委员会及其专业组、各领域专家负责组织的分会场邀请报告和专题讨论会报告则更为全面地反映了我国力学学科的发展现状。

### 2.1. 钱学森诞辰 100 周年纪念报告

本次大会特别邀请了钱学森在美国加州理工学院时培养的博士、中科院力学所郑哲敏院士作了题为“回顾钱学森——工程科学与应用力学”的纪念报告。郑哲敏先生以钱老在不同时期发表的两篇文章和一个报告为主线,回顾了钱老关于工程科学思想的形成过程、内容和意义,以及钱老对应用力学的认识和见解。其中第一篇文章<sup>[1]</sup>发表于 1948 年,时值第二次世界大战结束不久,此前钱学森在加州理工学院师从著名力学大师冯·卡门多年,并有参与多项美国国防与航天重要工程的经历。在多年工作的基础上钱学森敏锐感觉到:科学与技术发展到当时,在它们之间事实上已形成了一个科学领域,即工程科学(又称作技术科学)。他在文章中就“工程科学家做些什么?任务是什么?特色在哪里?工程科学研究

的领域有哪些？如何培养工程科学家？”等一系列关键问题发表了自己的见解。第二篇文章<sup>[2]</sup>发表于 1957 年，是钱老在参加“国家 12 年科学技术规划”之后发表的。在这篇文章中，钱老详细阐述了怎样做技术科学类型的研究工作，并具体列举了技术科学当时的一些新方向，包括运筹学（当时称为运用学）、计算技术、土和岩石力学等，以及提出了关于将技术科学扩展至社会科学领域等的一些新想法。郑先生提到的报告是钱学森于 1982 年完成的，其背景是这之前学术界关于力学学科性质的大讨论。结合自己在开创和推动中国力学学科发展过程中的一些体会，钱老提出了对力学学科的一些看法。如：“...我总觉得它与数、理、化、天、地、生不大一样，力学发展到现在，主要是应用力学...力学或叫应用力学，有两个方面的服务对象，一是为工程设计服务...二是为自然科学服务...前者应占我们力量的大部分...后者也是要做，但应该是小一部分的工作。”

在上述介绍基础上，郑先生总结了钱老关于技术科学的主要论点和应用力学的定位问题：技术科学是自然科学与工程技术间的桥梁，也是人类知识的源泉；技术科学属于科学，技术科学要起带动工程技术的作用；技术科学要创造性地运用最新的自然科学研究成果，又要灵活运用工程技术经验；技术科学的研究成果要回到工程技术中去并得到验证和进一步的发展；在这个过程中实现技术科学本身的发展；应用力学属于技术科学，要为技术科学服务，也要为其他科学服务。同时，郑先生也谈了自己对应用力学的特点和力学工作者应具有的一些素质的一些看法：应用力学的研究领域十分广泛；应用力学应从实际中来，并往往涉及综合性、大系统、极端条件等；作为力学科技工作者，保持自主性非常重要，失去了自主性就必然没有创造性。最后，郑先生尤其强调“学会应成为学术方面的旗帜”。

## 2.2. 大会特邀学术报告

中国科学院力学研究所俞鸿儒院士的报告“发展高超吸气推进技术有关几个问题的探究”，旨在探究历经半个世纪，投入巨额经费，众多一流科学技术专家参与发展的“超声速燃烧”技术的进展仍然步履艰难的深层原因。探查了“超然”的优势与难点，试探发展替代的新途径。研制能复现飞行参数的试验装置，用来考核当前常用的污染气体试车台给出数据的可信度。怀疑吸气量不足制约吸气式

发动机用作高马赫数飞行器的推进动力，初步设想再利用燃烧产物增大吸气发动机推力。

浙江大学杨卫院士的报告“低维纳米结构的模拟与实验研究”，系统介绍了其研究团队近期在纳米金属薄膜和石墨烯两类低维纳米结构材料方面的研究新进展。包括：原位拉伸观察到由原子扩散导致的纳米结构材料原子尺度变形机理及强韧性能机制，数值模拟阐述了孪晶在增强和增韧方面的作用及纳米金属的非弹性应变恢复行为；发展了大尺度石墨烯制备与转印技术，首次观察到石墨烯动态断裂过程，揭示了其脆性断裂本质；利用电子束加工，首次制备了最细的石墨烯纳米条带；发明了一种两步法石墨烯参杂的新方法，实现了“体”参杂和边界修饰，并揭示了单缺陷的原子结构和杂质原子边界扩散的动态过程。

美国哈佛大学锁志刚院士的报告“Soft active materials——when mechanics meets chemistry”，以生动的语言和图片，介绍了活性软物质——胶体材料的广阔应用前景，所面临的关键科学问题，以及他们在该领域建立的力-化学多场耦合理论框架及相关实验结果。报告内容涉及：电刺激介电弹性体的变形模式、稳定性分析和大变形机理，胶体结构在生物与工程中的应用，非线性力/化学耦合场理论等。最后指出，活性软物质在自然界广泛存在，并具有重要的工程应用价值，在该领域工程应用刚刚开始，而机理研究尚有许多挑战性的课题，如生物活体的力与化学场之间的耦合关系等。

四川大学谢和平院士的报告“孔隙岩石分形重构与能量灾变分析”指出深部资源开采具有高温、高压、高应力、不可视性和强时效等独特特征，涉及孔隙岩体力学、多组裂隙岩体力学、采动力学、工程灾变力学四大力学问题。谢和平院士介绍了其领导的研究团队近期将分形与能量理论相结合，提出了岩体非连续结构的分形重构模型与重构方法，分析了孔隙岩体的力学性质、渗流性质以及孔隙结构的拓扑性质；从损伤与灾变的能量属性出发，建立了基于能量原理的矿山岩体损伤强度理论与整体灾变准则。

美国佐治亚理工学院包刚教授的报告“Cell and molecular biomechanics: perspectives and challenges”，系统介绍了细胞和分子生物力学的一些最新研究进展。包刚教授指出，在细胞力学方面，目前已有可对单细胞力和变形做定量化实验表征的测试工具，但对细胞如何感知机械载荷与变形，并进而转化为相应的生

物响应的作用机理尚不清楚，必须发展基于单细胞力学行为的本构模型；在分子生物力学方面，必须了解载荷作用下细胞内分子间作用机理。最后，介绍了其研究团队在采用工程办法构造和优化细胞机器方面所取得的一些新进展。

哈尔滨工业大学韩杰才教授的报告“超常环境下复合材料的服役行为”，重点分析高超声速飞行产生的高温、高热、高晗、热冲击等各种因素组合的极端物理环境下复合材料与结构的服役行为，内容涉及针对超常环境的材料制备与评价、模拟与表征、建模与预报。他指出，确定超常服役环境与特种材料的耦合作用，建立科学的实验室模拟和表征技术，是充分发现问题和认识问题的关键，是研究超常环境下复合材料服役行为的基础；超常环境下应用的特种材料问题，对广大力学工作者提出了巨大的挑战和机遇，充分发挥力学的基础和工程性优势，并与其他学科进行有效地交叉和融合，可为力学的发展增添新的活力。

香港中文大学夏克青教授的报告“湍流热对流研究进展”，首先阐述了国际上目前研究热对流问题的主要模型和手段，然后介绍了其研究团队近年来在湍流热对流领域内的主要研究工作，包括湍流流动热输运问题、温度和速度的边界层动力耦合及其标度律、湍流热对流的小尺度统计特性、大尺度环流的结构与动力学特性等。最后指出，“终极区间”的存在性问题、大尺度环流动力学的统一理论框架和“完整”BO59 标度律的存在性问题是目前该领域亟待解决的主要问题，而未来热对流研究的主要方向在于对经典 Rayleigh-Bénard 对流系统的扩展和延伸。

北京工业大学张伟教授的报告“非线性动力学与控制研究的若干新进展”主要涉及高维非线性系统的复杂动力学理论和应用，这是非线性动力学领域的前沿课题。该报告介绍了作者及其团队近年来在该方向取得的一些新进展，内容包括：高维非线性系统全局分析方法的研究、改进及应用，高维非自治和自治非线性系统单脉冲和多脉冲混沌动力学，新型材料结构动力学建模及非线性分析，以及非线性动力学理论在一些典型工程结构（如柔性梁、黏弹性传动带、变刚度主动式电磁轴承）中的应用。

## 2.3. 分会场及专题研讨会报告

### 2.3.1. 固体力学

在本次大会上,共有 9 个分会场和 32 个专题研讨会属于大固体力学的范畴,相对体量与往届大会基本保持一致,也大体反映了固体力学科研人员在我国力学科研队伍中所占的比重。学术报告内容十分广泛,覆盖了计算固体力学、实验固体力学、微纳米力学、爆炸力学、地球动力学、材料力学性能、电子电磁器件力学、新型结构力学、多尺度分析、软物质力学、结构优化等研究方向。在薄膜与涂层力学、表/界面力学、非均质材料力学、位错力学、结构健康监测、本构关系与破坏、断裂损伤力学、灾变力学、石油石化装备力学、结构完整性与耐久性、空天飞行器与武器装备、冲击动力学、生物材料与仿生等方面也取得了系列成果。总计近 1300 个学术报告全方位报道了我国学者在固体力学领域取得的最新进展,多层次勾勒出了我国固体力学的研究概貌。

“固体力学”分会场邀请了国内 11 位知名学者作学术报告。崔俊芝院士介绍了针对微纳尺度下的热-力耦合行为研究而建立的原子-连续关联模型及其递归式多尺度算法,为此提出了“变形环境函数”的概念,以反映微纳米尺度下原子团簇内的非均匀变形,并将原子运动分为结构形变和热振动两部分,用不同的方法进行了处理。孙庆平对典型 NiTi 相变多晶体在外场作用下的非平衡固-固相变力学行为的实验和理论研究作了系统的介绍,考察了多物理过程的耦合与竞争对材料中涌现结构的特征空间尺度的影响,揭示了两个重要的 Deborah 数对于控制这一多尺度过程的关键作用。李振环基于离散位错动力学深入探讨了小尺度材料微塑性力学行为,包括晶界-位错相互作用、内部尺寸效应与外部几何效应之间的相互竞争、单晶及多晶材料的微循环塑性行为等。魏悦广提出一种同时考虑表/界面效应和应变梯度效应的跨尺度力学理论,建立了有限元分析列式,并应用于若干问题的分析,成功解释了相应的实验现象。周又和介绍了其课题组近 10 年来针对超导材料结构在低温与强电磁场环境作用下的电-磁-热-力多场耦合非线性力学特性所开展的系列工作及研究成果,并对国际热核聚变反应实验堆装置研制中有关超导磁体设计与安全运行所关注的力学研究作了展望。软物质力学是当前一个热点研究方向,有 3 个邀请报告与此相关。冯西桥对软物质的表面失稳问题进行了系统的理论分析,提出了一种软材料表面失稳和斑图演化的高效数值模拟方法,并与实验测量进行了比较验证。亢一澜发展了用于软材料大变形断裂力学实验研究的数字云纹与数字散斑相关技术,以及用于软材料接触力学实

验研究的数字云纹与数字网格技术,其研究工作表明可视化的数字图像技术可以直接给出软材料在力作用下的二维或三维大变形的全场分布。仲政以连续介质理论和自由能最小原理作为基本框架,建立了关于向列相凝胶的连续介质模型,不但考虑了高分子网络与溶剂分子间的混合作用,也计及了高分子链构象改变对凝胶宏观变形的影响,并运用该模型成功地解释了向列相凝胶因干燥而引起的“条带”现象。由于重大民用工程和军工国防的需求,轻质结构的研究近几年在国内得到了广泛的重视,有3个邀请报告涉及轻质点阵或者夹芯结构的理论分析、数值模拟或实验研究。方岱宁的报告侧重于点阵材料的动态力学性能研究,主要包括点阵夹芯板在爆炸荷载下的响应、含缺陷点阵材料的动态拉伸行为以及点阵夹芯圆柱壳的振动性能。王铁军介绍了其课题组在轻质夹芯结构屈服判据、金属泡沫夹芯结构大挠度静态响应、金属泡沫夹芯结构的低速撞击和爆炸冲击响应等方面的研究成果。吴林志重点考察了复合材料点阵结构在面外平压、面外剪切、面内压缩、三点弯曲及冲击载荷作用下的力学行为,绘制了复合材料点阵结构的失效机制图,揭示了结构几何参数与各种失效模式之间的关联。

计算固体力学是固体力学的重要组成部分,本次大会设有计算力学分会场1个及直接相关的专题研讨会3个。“计算力学”分会场安排了36个学术报告。庄茁建立了分层式多尺度位错-晶界反应模型以研究产生亚微米晶体特殊塑性流动现象的离散位错机理。亢战和张卫红分别介绍了基于节点密度变量的结构拓扑优化方法和轻质结构优化设计方法研究的新进展。刘凯欣改进了Chang的非结构格式,提出了时空守恒格式及其算法。张雄介绍了其课题组近年来针对高速碰撞、侵彻和爆炸问题在物质点法算法、软件开发和应用等方面的工作。王东东介绍了基于改进边界条件施加方式和应变光滑子域积分的NURBS几何有限元分析方法。刘占芳提出了包含旋转变形的一般弹性体的运动与变形耦合动力学模型,建立有限元方程并进行应用分析。岑松介绍了“形状自由”的有限元法。隋允康指出了结构拓扑优化模型映射函数的理性形成途径。陈文采用边界元法中奇异积分的数值处理技术对其提出的奇异边界方法作了改进。李刚根据锻件不同塑性加工阶段的特点建立动力学模型,分析了操作机锻压过程中的缓冲动力学行为。邱吉宝介绍了航天飞行器结构载荷分析的研究进展。此外,来自不同单位的研究人员还报告了在特殊结构非线性建模、动网格构造、网格质量优化、大规模数值模



拟、混合精度有限元、高阶流形元、扩展有限元、可靠性分析、解析分析等方面的研究进展。计算固体力学相关的专题研讨会也吸引了众多研究人员的积极参与。在“无网格与边界元法”专题研讨会上，姚振汉基于弹性力学的广义平面应力问题的薄板梁问题，研究了保证计算精度的若干关键因素。余德浩综述了自然边界元方法及其相关的耦合法与区域分解、超奇异积分数值计算等方法。“计算力学的方法与应用”专题研讨会侧重于新型高效计算方法的开发与应用，而在“复杂数值模拟模型验证与确认”专题研讨会上航天航空领域是关注的焦点。

实验研究同样是固体力学的重要支撑，本次大会设有实验力学分会场 1 个及直接相关的专题研讨会 4 个。“实验力学”分会场邀请了 22 位学者做了学术报告，于起峰院士介绍了大型结构变形摄影测量技术研究进展；亢一澜利用拉曼效应研究了碳纳米管纤维材料多尺度力学行为；吕坚介绍了实验力学在先进高强材料研究和发展中的贡献；邵龙谭介绍了岩土力学和工程试验测试设备研发进展；黄培彦介绍了 FRP 加固混凝土结构耐久性实验研究；何小元研究了微结构三维动态测试与分析方法；张青川研究了微悬臂梁力学效应和应用；方竞研究了高性能细胞牵引力测量技术；王清远研究了超低周-超高周多时间多尺度疲劳损伤与灾变问题；张泰华研究了脆性材料断裂韧性的纳米压入识别方法；李喜德探讨了微纳米实验固体力学的研究进展及其关键问题；龚兴龙通过实验研究了磁流变弹性体阻尼特性；卿新林介绍了结构健康监测技术在飞行器复合材料结构应用中的机遇与挑战；赵兵研究了标记物测量的应变信号提取；赵春旺介绍了几何相位分析方法在实验力学测试中的应用；侯振德研究了骨的压电性与电致伸缩效应；何存富介绍了一种低频单一 AO 模态兰姆波压电换能器的研制；励争研究了基于导波的结构损伤检测方法；张东升研究了基于 DIC 的显微形貌测量与牙纯面微观裂纹的测量技术；姚学锋介绍了先进实验力学在航天航空材料与结构力学行为研究中的发展前景；缪泓介绍了基于数字全息干涉的动态相位提取技术及应用；谢惠民介绍了热障涂层残余应力测量技术及应用。“多尺度实验力学新技术与方法”专题研讨会来自 13 个学术研究单位的代表分别做了 26 个精彩的学术报告，代表们着重围绕着多尺度实验力学及其相关领域展开讨论。“空天飞行器与武器装备实验力学及其测试技术”专题研讨会报告总计 26 个，与会代表面向国防建设国家重大需求，关注各种极端、复杂实验条件下的实验力学问题，分别介绍了各

自从事的研究进展及应用情况。在“力学专业实验力学教学”专题研讨会中，10多名学者就现代光测力学在实验力学教学中的地位和作用、首届全国大学生力学实验竞赛思考、工程力学创新实验开发、力学虚拟实验系统在实验力学教学中的作用等开展了深入的研讨。此外，“实验力学青年沙龙”专题研讨会共有20余位青年学者作了学术报告，综合反映了近年来我国实验力学青年人才队伍的活跃程度和研究水平。

因为具有明确的工程和国防应用需求，近几年我国学者在爆炸和冲击动力学方向的研究十分活跃，本次大会设有爆炸力学分会场1个和直接相关的专题研讨会4个，其中“爆炸力学”分会场邀请了13位学者作了交流。陈小伟介绍了其课题组近两年来在先进钻地弹与高速侵彻机理研究方面取得的成果。唐志平讨论了复合应力加载相变波的传播特性以及温度变化和有温度界面存在时的相变波传播行为。戴兰宏重点分析了非晶合金剪切带的物理起源、剪切带韧性、剪切带厚度、断裂不稳定性与能量耗散机制。张庆明利用二级轻气炮开展了超高速碰撞产生等离子体及其对电子器件影响的理论与实验研究。李玉龙针对石英玻璃复合材料开展了超高速碰撞的动态响应研究。陈为农分析了目前利用Hopkinson杆对软材料/超软材料进行高应变率测试中所涉及的材料惯性问题。在“强冲击载荷下材料与结构动力学行为的模拟与仿真”专题研讨会上，朱志武探索了Johnson-Cook模型在土体材料冲击动态响应研究中的应用。王成报告了爆炸与冲击问题的高精度计算与多介质界面处理方法。尚新春根据金属弹性材料受热冲击后的实验结果分析建立了均匀温度场下大变形热弹性组合球内球心处空化模型。在“冲击动力学发展”专题研讨会上，余同希基于近年来对金属空心球材料及圆胞蜂窝材料的实验研究、数值模拟和理论分析，对这两类多胞材料的动态力学行为进行总结与比较。曹国鑫通过计算模拟和试验相结合的方法考察了纳米多孔能量吸收耗散系统。在“应力波、冲击波和爆轰波”专题研讨会上，盖秉政采用波函数展开法研究了两个相连半空间中界面对入射P波的散射问题。杨在林对一些特殊组合地形考察了SH波的散射问题。陈阿丽利用局部化因子研究了一维固-液型准周期声子晶体中波的传播特性。田晓耕对国内外广义热弹性问题的研究进行了总结。在“冲击动力学在飞行器结构设计中的应用”专题研讨会上，来自西北工业大学、北京航空航天大学、中国飞机强度研究所、中航工业第一飞机设计研

究院、中航工业飞机强度研究所、上海飞机设计研究院等单位的研究人员交流了鸟撞试验与数值模拟、复合材料冲击响应、飞机结构及部件的动力学特性、振动抑制及阻尼材料性能等方面的研究成果。

针对微纳尺度上力学、物理机理的探究以及微纳器件的创新设计与产业发展持续不断地为微纳米力学提供的大量研究课题，本次大会设有微纳米力学分会场 1 个和直接相关的专题研讨会 3 个，其中“微纳米力学”分会场邀请了 17 位学者作了学术报告。单智伟考察了单晶 Ni 和 Mo 亚微米柱的力学行为，首次实验观察到位错饥饿发生机理。王宏涛通过分子动力学模拟揭示了金属单晶纳米线由于表面效应具有与块体单晶不同的变形机制，在原子层面实验揭示了金薄膜断裂的微观机制。郭万林介绍了纳米尺度多场耦合导致的纳米材料结构中普遍的智能性质及其器件原理。倪勇采用相场动力学着重研究锂电池电极材料中丰富的有序纳米畴结构的形成与多形性转变。郑泉水介绍了清华大学微纳米力学与多学科交叉中心在石墨烯或者石墨烯薄片机械、摩擦、力电耦合及润湿等性能上的研究进展。魏宇杰采用分子动力学方法考察了非晶纳米线在玻璃化温度附近的蠕变尺度效应。张洪武针对感性材料提出三维扩展多尺度有限元法，并发展了周期边界条件型函数构造方法。“纳米尺度材料与器件的力学问题”专题研讨会组织了 25 个专题报告，从理论分析、计算模拟、实验测试等方面就材料及器件应用在纳米尺度上表现出来的新的变形与响应机制进行了交流讨论。在“新型微纳米复合材料力学及模拟”专题研讨会上，学者们交流了在热震、压痕、逾渗、表面效应、有效性能、换能器非线性响应、电阻-温度特性等方面的研究成果。来自大陆和香港各高校和研究机构的 20 多位代表出席了“多尺度物理力学”专题研讨会，内容涉及石墨烯、纳米孪晶结构、原子模拟匹配边界条件、动态裂纹多尺度模拟、位错均匀形核等方面的研究进展。

材料与结构的力学性能一直是固体力学的核心研究内容，本次大会设有材料与结构之力学性能和先进反应堆结构力学分会场 2 个和相关专题研讨会 8 个。“材料与结构之力学性能”分会场有 36 个学术报告，探讨了结构与材料本构关系、疲劳和断裂以及相应的测试手段的新发现和新进展。其中，蔡力勋系统考察了材料本构参数的压入法、材料全阶段的单轴本构关系等问题。王建国介绍了金属材料弹性模量的不确定度评定方法和高精度数显试样标距划线与测量仪的研制过

程。胡桂娟发展了 45 号钢后继屈服面的试验测试方法。孙国芹分析了高温变幅多轴疲劳损伤积累过程，建立了损伤累积公式，对变幅载荷下的疲劳寿命进行了预测。“先进反应堆结构力学”分会场具有明确的工程应用背景，25 篇学术报告涉及了核电站和组件设计、结构屈曲和破坏、可靠性、鉴定技术、优化、传热、参数识别等方面的研究。8 个相关专题研讨会分别围绕有机高分子材料力学、孔隙材料热-力学性能研究、非均质材料力学、轻质非均匀介质的力学行为、轻质材料与结构的基础理论及应用、复合材料的本构关系与破坏、大型结构完整性及耐久性、石油石化装备中的关键力学问题等主题进行组织开展，可以看出，轻质和非均匀材料及其结构由于其优越的材料性能和明显的学术价值而得到特别的关注。

由于近几年国内外重大地震灾害的频发，引起了力学工作者对地球动力学问题的研究兴趣。本次大会的“地球动力学”分会场邀请了 18 位研究者作学术交流。蔡永恩通过模拟地震断层破裂导致的海啸传播和登陆的全过程，研究海岸坡度和海底地形对海啸登陆时骤升高度的影响。朱伯靖采用超奇异积分方程和格子 Boltzmann 方法研究了流体驱动的各向异性多孔介质中孔-核-网络开裂问题。其他学者交流了水库诱发地震、地应力反演、泊松比效应、时空尺度、热对流侵蚀、地震海啸、网格优化等方面的研究进展。

多物理场耦合力学分析长期以来是固体力学的热点研究方向，而新型电子元器件的研发也有重大的国家需求，因此“电子电磁器件力学”分会场吸引了众多与会代表的关注。余寿文提出了一种唯象表面压电理论，导出了一组新的热力学形式的表面本构关系。张统一介绍了张开型压电裂纹的自洽分析方法及静电力求解方法。李江宇发展了一套基于相场模型的计算方法，对纳米尺度力电耦合现象进行了模拟。严蔚利用三维有限元模型分析了含裂纹压电智能梁的动力特征。徐荣桥提出一种新的频率可调压电俘能器。王惠明研究了应力边界条件对压电/压磁圆柱形换能器磁电效应的影响。胡更开介绍了基于颗粒物质在交变电场中受介电泳力和库仑力作用发展起来的交变电场除尘方法。周益春制备了 Pt/BNT/YSZ/Si 和 Pt/SBT/HfO<sub>2</sub>/Si 结构的铁电二极管，并进行了表征分析。金峰研究了非理想界面对横观各向同性压电层合结构中电声波传播特征的影响。王杰采用相场模型，对铁电/介电层状复合薄膜性能的畴结构演化，以及在电场和错

配应变作用下电畴的翻转行为进行了研究。

随着 MEMS、NEMS 技术的发展和日益成熟，表/界面力学成为了力学界广泛关注的研究方向，本次大会设有两个相关的专题研讨会。“薄膜、涂层及界面力学”专题研讨会共组织近 50 个学术报告，其中 12 个是邀请报告。陈曦介绍了曲面基体上薄膜自组装的屈曲图案，讨论了基体临界曲率和其他材料系统参数对薄膜屈曲的影响。冯雪介绍了一种新型柔性铁电薄膜的制备方法，通过实验和理论方法分析了薄膜屈曲变形和压电性能。施惠基分析了热障涂层中粘结层的抗氧化性、界面断裂解和热疲劳循环寿命预测模型。段慧玲提出了两种消除薄膜内残余应力和缺陷的方案。此外，有多个报告涉及了铁电薄膜、生物膜、热障涂层和界面微结构演化等问题的理论分析和数值模拟等有意思的工作。在“表面与界面物理力学与应用”专题研讨会上，生物材料、新型纳米材料和功能器件等的表面与界面物理力学及应用问题成为大家关注的重点。其中，何陵辉建立了任意变形下弹性固体分子间的相互作用模型。陈少华通过构建有限长纳米薄膜的表/界面黏附模型，揭示了壁虎类生物的微观黏附影响因素。

结构优化研究近年来呈现出快速发展的态势并已经在各领域工业装备的创新设计中发挥了重要作用。本次大会“结构优化的理论与方法”专题研讨会共收到来自 30 多个单位的 74 篇稿件，内容涵盖了结构拓扑优化、多学科优化、不确定性优化设计以及结构优化的工程应用等诸多方面。其中，程耿东院士课题组针对热荷载下梁的振动与稳定性优化设计和新型点阵夹层结构的多功能优化设计工作报告了最新的研究成果。隋允康课题组重点报道了基于 ICM 思想的拓扑优化算法的最新进展。郭旭在报告中讨论了考虑载荷不确定性的多尺度鲁棒优化设计的可置信性优化列式与求解算法。

材料与结构在各种因素下的破坏失效及其健康监测多年来一直是固体力学的重要研究内容，也是实际工程结构设计和运营所需考虑的主要因素。本次大会设有 6 个相关的专题研讨会，其中“结构健康监测与损伤诊断技术”专题研讨会组织了 55 个学术报告，显示该方向已成为固体力学及相关领域的研究热点。在“疲劳裂纹扩展行为的实验研究与数值模拟”专题研讨会上，吴承伟对核主泵主轴表面热疲劳进行了数值模拟。在“材料断裂损伤力学性能与测试规范”专题研讨会上，汪德根回顾了我国断裂力学测试方法的研究历史。各种灾变因素作用下

对土木水利工程的作用机制和数值模拟方法是“灾变破坏力学与数值模拟”专题研讨会上讨论的重点。在“位错力学及应用”专题研讨会上，共有 22 位研究者作了学术报告，其中买买提明·艾尼通过分子动力学模拟，采用嵌入原子势法，研究了 BCC 铁中刃型位错与掺杂物之间的相互作用。“动态断裂前沿”专题研讨会组织了 22 个学术报告，涉及金属、玻璃、编织复合材料、功能梯度材料和压电（铁电）陶瓷等材料动态断裂过程的分析。

由于软物质或软材料呈现出许多不同于传统固体的力学特性，软物质力学研究近几年逐渐成为了固体力学的新研究热点。除了“固体力学”分会场有 3 个软物质力学方面的邀请报告外，本次大会还组织了相关的 3 个专题研讨会。在“软物质力学及柔性电子”专题研讨会上共交流了 32 个学术报告，凝胶、介电弹性体、液晶弹性体、颗粒材料及柔性电子器件中的力学问题成为讨论的热点。在“第二届分数阶动力学和软物质力学中的幂律现象”专题研讨会上，分数阶方程的计算和利用分数阶方程建模是讨论的重点。在“固体流变学与应用”专题研讨会上交流了 18 个学术报告，其中 7 个为邀请报告，内容涉及理论分析、数值模拟及实验验证等多个方面。

### 2.3.2. 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、灾害、海洋等诸多领域发挥着越来越重要的作用。本次大会除专门设有“流体力学”分会场外，还组织了与流体力学直接相关的“力学与灾害和环境”、“激波与激波管”、“流变学”3 个分会场和 15 个专题研讨会，内容涵盖流体力学的一些主要研究领域，包括磁流体力学、湍流与流动稳定性、湍流热对流、湍流减阻技术及机理、流动控制技术及其应用、多相流与非牛顿流、飞行器进排气系统、多孔介质复杂流动、设计空气动力学、计算流体力学、环境水动力学、微纳米流体力学、非贴体网格方法及应用、复杂介质和非平衡流动等。此外，“计算力学”、“生物力学”、“地球动力学”等分会场也收录了诸多流体力学的研究报道。这些分会场和专题研讨会的报告反映了当今流体力学基础理论的研究前沿和应用需求。

“流体力学”分会场共有 14 个邀请报告。何国威发展了多点映射封闭方法，构造了湍流扩散模型并将其应用于湍流燃烧大涡模拟。李沁介绍了利用 ILES 方

法对微型涡流发生器流动控制机理进行计算与分析的研究工作,给出了系列新机理和新发现。林建忠报道了他们建立的雾化射流过程三维数值模型及流体物性对雾化效果的影响。罗宏介绍了一类采用任意网格求解可压缩流动问题的重构非连续 Galerkin 方法,比较了各种方法的精度、效率、鲁棒性等。倪明玖围绕磁约束核聚变反应堆研发所涉及的多方向、大强度、强梯度磁场作用下的金属磁流体力学问题,介绍了磁流体力学数值方法、软件平台的发展和应用。肖志祥介绍了以两方程  $k-w-SST$  为基准模式的脱体涡模拟类混合方法的特点及与之匹配的数值特性。沈清基于直接数值模拟和流动显示实验,提出了基于亚谐共振原理的边界层人工转捩方法、“W”型燃油喷嘴设计及光滑壁面低内阻燃烧室设计概念。孙德军针对强非平行流动,分析了经典的整体稳定性分析方法的局限性,同时总结了 Arnoldi 算法应用于不可压缩和可压缩流动整体不稳定性分析的优势和实现方法,并给出了若干典型算例。陶建军研究了初始扰动和边界扰动诱发的转捩,提出了一个局部雷诺数来描述 bypass 型转捩的初始状态,提出粗糙壁引起的雷诺应力会修正平均流及一种关于 Nikuradse 实验结果的新标度关系式。王晋军针对上游钝体扰流尾迹影响下的边界层转捩过程进行了深入的实验研究,并采用壁面粗糙元对横向尾迹诱导的转捩进行控制,给出了初步解释。王利坡的报告认为,标量梯度线和矢量流线是湍流标量场和矢量场固有的特殊几何结构,基于此特殊结构的条件统计可以显示更多的流动细节。吴雪松通过大活化能与小马赫数渐近分析,研究了管道中声模态与 DL 不稳定模态的弱相互作用,并指出通过火焰与声的共振弱扰动也可以使原本稳定的火焰失稳。严红展示了稳态和非稳态热扰动对流动的影响,探讨了热扰动产生的涡结构与可压缩边界层的非线性相互作用。周裕介绍了他们关于湍流边界层中减阻的实验研究。这些邀请报告主要涉及湍流转捩机理、减阻与控制,体现了航空航天领域对流体力学湍流理论、数值模拟和实验研究的重大需求。

全球气候变化所带来的新的重大环境和极端灾害问题,越来越为人们所关注和重视,环境演化的预测、极端灾害的预警和减轻都强烈地依赖于对其动力学过程的深刻认识,海洋、水利等领域重大工程措施的决策论证迫切需要力学的基本理论、基本原理和方法。为此,本次力学大会组织了“力学与环境 and 灾害”分会场,共有 10 篇邀请报告。胡非根据国内外风力发电的现状和发展趋势,提出了

风能资源开发中与大气边界层密切相关的 10 个挑战性问题。顾兆林报告了风沙运动的电场-流场耦合模型及数值模拟研究。买买提明·艾尼报告了有限沙粒群局部微观行为的 SPH 方法和无限沙粒群风沙流宏观行为的数值分析方法。曹文洪研究建立了一套实体模型测控系统，实现了水流和推移质输沙率的有效测量。王道增的报告将河口地区水流、泥沙和污染物作为一个完整的水环境系统，初步研究了三者之间的动态耦合效应。夏军强介绍了突发性洪水中行人与汽车稳定性的数值模拟研究，建立了一个突发性洪水中行人与汽车安全程度评估的综合数学模型。王义刚针对大规模滩涂围垦所面临的巨大挑战和江苏沿海的自然条件与发展需求，提出了江苏省沿海开发中的若干问题。刘桦的报告介绍了海啸生成、传播和爬高过程的数值模拟方法，针对我国南海马尼拉海沟和东海琉球海沟潜在的地震海啸风险，开展了预测研究。王大雁讨论了目前深土冻土研究所面临的主要力学问题。刘青泉介绍了新发展的地质体渗流与稳定性分析耦合动力学模型，分析了自然降雨、三峡水库运用引起的渗流及其导致的滑坡体稳定性变化。这些邀请报告涉及流域环境和灾害、沿海环境、灾害与资源利用需求、风沙环境等问题，充分体现了流体力学对于当前经济社会发展所面临的重大环境和灾害问题的巨大支撑作用。

爆轰现象、超声速燃烧及激波与流体界面的相互作用等是目前国际流体力学研究的热点领域。我国的激波和激波管研究在航空、航天、国防以及其他工业领域需求的推动下得到了很大的发展，研究领域也在不断拓宽。“激波与激波管”分会场邀请了22位知名学者作学术报告。报告内容涵盖了激波与流体界面的相互作用，RM和KH等不稳定性及其诱发的湍流混合的数值模拟，高超声速流对边界层转捩和气动光学的影响，壁面热流测量技术进展，爆轰波精细结构的高精度数值模拟，激波风洞的建设及实验技术，自由界面与水下超声速射流的相互影响，冲击波致原发性创伤性脑损伤的机制，化学活性材料对温压炸药冲击波的影响规律，超声速燃烧室内点火过程大涡模拟及非匹配网格上二维辐射流体力学计算方法等诸多前沿领域，在很大程度上反映了国内科技工作者在激波和激波管特别是爆轰波的相关工作上所取得的最新进展。

流变学是流体力学领域的经典问题，石油、化工、材料、环境、海洋等相关领域的流动问题均涉及复杂流体介质的流变理论，它是进一步开展相关研究的理



论基石。本次力学大会“流变学”分会场共有 13 位知名学者做邀请报告。韩式方介绍了各向异性非牛顿流体新概念本构理论及其流体动力学研究进展。刘跃军的报告认为,稳态剪切流场与平行叠加振荡流场的耦合作用可以显著降低稳态剪切流场的黏度,他们还建立了振动力场作用下无机刚性粒子填充聚合物复合材料动态挤出过程中的流动与变形的物理与数学模型。李鸿英的报告指出了黏温关系预测的关键点,并预测了大庆原油的黏温关系。谢晓玲介绍了关于 CTAC/反式肉桂酸黏弹性胶束体系的流变特性和减阻性能的研究。马宁的报告介绍了关于表面活性剂稀溶液流变性质的研究结果。罗迎社报告了高聚物板材黏塑性变形热致磁效应的实验研究。王之银介绍了盐穴储气库围岩流变特征参数及稳定性评价方法。肖宏彬的报告研究了南宁非饱和膨胀土非线性流变模型,建立了可描述非线性流变的本构关系。李之达的报告利用黏弹性理论,对高速公路隧道支护结构受力进行了计算与分析。王智超的报告研究了高填方路基流变沉降问题,建立了基于分数阶微积分的流变本构关系,给出了计算思路和方法。王小龙报告了嵌入式行星螺杆挤出机内三维流动的数值模拟结果。冯尚华的报告研究非离子表面活性剂壬基酚聚氧乙烯 10 醚/水体系六角状液晶的线性黏弹性和松弛特性。上述邀请报告所涉及的基本理论、数值方法以及所得到的研究结果丰富了复杂介质的流变学理论,为相关的油气开发工程、路基工程、化工制备等提供了科学的依据,体现了流变学基本理论的研究对于相关实际问题的支撑作用。

本次大会还设立了 10 余个流体力学领域的专题研讨会,主要涉及磁流体力学、湍流、多相流与非牛顿流、多孔介质渗流、水环境流动、微纳米流动等。

磁流体力学是流体力学的一个重要分支,是结合流体力学和电动力学的方法研究导电流体和电磁场相互作用的学科。郭永怀先生早在 20 世纪 50 年代就倡导开展电磁流体力学的研究。“磁流体力学”专题研讨会上有 30 位学者做了学术报告,内容主要涵盖热核聚变堆包层磁流体动力学数值模拟与实验研究、电渣重熔过程中两相流动传热及凝固分析、电磁制动、电磁搅拌和电磁净化等冶金领域中的应用技术以及纵向磁场对不同尺寸高温合金定向凝固组织的影响等诸多前沿领域。这些报告反映了我国能源问题和冶金领域当前所面临的迫切需要解决的力学前沿课题,反映了我国科技工作者在磁流体力学的相关研究方面所取得的最新进展。

湍流是流体力学的经典难题，也是航空航天、环境、能源、化工等领域中普遍需要面对的瓶颈问题。湍流及相关课题的研究一直受到我国流体力学工作者的重视。本次力学大会设有两个湍流方面的专题研讨会。“第十届全国湍流和流动稳定性学术会议”共进行了 42 个学术报告，内容非常丰富。陈十一的邀请报告介绍了可压缩湍流约束大涡模拟方法，并指出该方法可以消除传统 RANS/LES 存在非物理过渡区的问题。吴雪松做了自由剪切层非线性动力学的邀请报告，分析了两单频扰动如何导致宽谱流动的非线性过程，并进一步数值研究了小尺度湍流和平均流的非平行性对相干结构的影响。其他报告涵盖了 RM 和 KH 不稳定性，边界层转捩机理与转捩预测，湍流噪声，可压、不可压湍流模型及统计理论，涡对相互作用及激波边界层相互作用机理，热毛细对流和旋转湍流等领域，充分展示了我国在湍流和流动稳定性方面的丰硕成果。“湍流热对流”专题研讨会共有 14 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，其中一个突出特点是研究背景更为广泛，内容包括：微流动，移动边界和非牛顿流体的湍流热对流，化学反应器内、超声速燃烧室、星体内部以及旋转条件下的热对流等领域。

流动控制与减阻以及气动优化设计是现代舰船与飞行器设计所必需的关键技术。本次力学大会共有 4 个相关的专题研讨会。“流动控制技术及其应用”专题共进行了 60 个学术报告。邓学葢通过实验指出小后掠机翼和大后掠机翼扰流诱发的自由摇摆存在不同的流动机理，并进一步分别给出了有效的控制方法。李应红介绍了国内外在等离子体气动激励特性、等离子体冲击流动控制理论等方面的最新进展。其他报告内容包括了合成射流、零质量射流、吹吸气、涡流发生器、等离子体、粗糙元等主、被动流动控制方法。研讨会还设立了优秀学生论文奖以鼓励青年学子投身科研工作。“流动减阻技术及机理研究”专题研讨会共进行了 17 个学术报告。内容涉及采用高分子、微纳米颗粒、表面活性剂、壁面沟槽、空泡超空泡、等离子体等方法来实现减阻的数值、理论和实验研究。高速飞行器的进排气系统和翼型的优化设计是空气动力学的重要研究方向，在航空航天工程领域有重要应用。“飞行器进排气系统”专题研讨会共进行了 44 个学术报告，内容涉及高超声速变几何进气道气动特性与流动控制、超燃冲压发动机一体化设计、尾喷管的实验、数值模拟与优化设计以及进气道流场的非定常特性等研究领域。“设计空气动力学及其应用研究”专题研讨会共进行了 13 个学术报告，报

告内容涵盖了不同的应用领域，包括了超声速引射器混合室、螺旋桨尖小翼、高速列车、襟翼、飞船及风机翼型等所涉及的空气动力学问题。

多相流和非牛顿流体广泛存在于石油、化工、冶金、航空、航天、热能、核能、环境和水利等工程中，是流体力学和工程热物理等学科的重要分支。“第七届全国多相流与非牛顿流学术研讨会”上共有51篇学术论文。林建忠介绍了纳米颗粒形成、凝结以及传输与沉降的最新结果。朱克勤报告中采用线性和非线性稳定性分析方法，对柔性基底上黏弹性液膜的稳定性特性进行了研究，并进一步分析了液膜失稳后的非线性演化过程。赵建福回顾了近年我国微重力多相热流体动力学的主要成果，并对若干国际前沿领域进行了分析。谭文长研究了黏弹性流体在旋转多孔介质中的热对流不稳定性，通过线性和非线性稳定性分析指出了该类流动不同于牛顿流体的特征及失稳的超临界分岔特性。陈斌通过发展基于Bubble Packing方法的二维非结构化网格生成技术，提出了一种基于三角形网格的VOF方法分段线性界面重构方案。研讨会的其他报告涉及气固多相流、气液多相流、液固和气液固多相流、非牛顿流和渗流等多个领域的理论、实验和数值研究。

为了提高石油采收率，或者寻求新的能源开发途径，如煤层气、页岩气、水合物等，人们迫切需要深入认识复杂多孔介质中的油气运移规律。“多孔介质复杂流动研究”专题研讨会上有52位学者做了学术报告，内容主要涵盖复杂多孔介质的精细刻画、复杂岩层条件下复杂流体的渗流运动、流体与岩层的相互作用等。涉及的复杂介质包括：裂缝型多孔介质、疏松砂岩介质、裂缝-孔洞型碳酸盐储层、条带状双重介质、复杂断块油藏、水力压裂岩层、低渗透煤层、氧化硅纳米多孔材料、人造血管等；涉及的复杂流体包括：聚合物微粒乳液、页岩气、煤层气、稠油等。这些研究工作主要源自我国当前能源领域的紧迫需求，对提高油气采收率有重要意义，对推动煤层气、页岩气开发技术的发展有巨大的应用前景。

随着计算机技术的迅猛发展以及高效流动控制和气动优化设计的需要，当今的计算流体力学在基础研究和工程应用中发挥着至关重要的作用。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49篇学术论文。报告内容涉及了计算流体力学在水利、化工、船舶、环境、生物、航空、航天等诸多工程中的应用，并可大致分为两类。一类是对工程问题进行数值模拟，如对连铸板坯流场、水平温差对流、可压缩湍流、城市街谷内气流与污染物扩散、晃荡液体、激

波钝体相互作用、复杂下垫面条件下的风场、射流撞击、气动噪声、仿生鱼尾鳍结构及游动控制、超燃燃烧、数控电解阴极流场、船坞灌水廊道水力特性、等离子弧焊接熔池温度场、减振器叠加阀片动力学仿真、高速列车明线会车时的非定常流等问题的数值研究。另一类是对数值方法与模型的研究，如对 Rykov 模型方程、非规交六面体网格、基于混合网格的多重网格法、非结构网格下的高精度有限体积方法、浸没边界法、时空二阶精度隐式迭代 NND 算法、无内部网格的边界单元法、适用于复杂内流和外流问题的多块并行大涡模拟方法、格子 Boltzmann 方法、螺旋波谱方法等。研讨会报告内容丰富，反映了我国学者在计算流体力学这一重要分支学科所取得的最新进展。

近年来，沙尘暴、滑坡、泥石流、极端洪水、海啸、风暴潮、咸潮、赤潮等水环境灾害事件频发，给环境力学和水动力学提出了新的挑战课题，本次力学大会设立了两个相关的专题研讨会。“环境水动力学”专题研讨会上有 10 个学术报告，主要涉及自然和工程条件下，流域上游坡面土壤侵蚀、中下游河道水沙关系、河口涌潮和风暴潮传播、咸潮入侵、污染物运移等水环境问题，以及相应的数学建模、数值模拟、实验方法等。“水动力学”专题研讨会上有 30 个学术报告，内容涉及空泡流的水动力特性、空泡流的实验和数值模拟研究、波浪场的数值模拟、水波的传播与爬高的数值建模与模拟，以及水波与海洋结构物的相互作用等。这些报告反映了当前我国面临的水环境问题、海洋资源开发利用工程和海防建设所迫切需要解决的水动力学前沿课题，对于极端水环境事件的预测/预警、水灾害的减轻、海洋油气开发平台建设、海洋风能资源利用等实际环境和工程问题具有重要作用。

由于人工超晶格、纳米材料、微电子机械系统、生物芯片等技术的诞生和深入发展，微纳米流动成为了流体力学的研究热点。本次大会设立的“微纳米流动的机理与分析”专题研讨会共有 33 个学术报告，内容涵盖了微纳米尺度流动的机理、微尺度下颗粒/液滴的运动规律、微纳尺度实验测量技术等，涉及理论分析、数值计算及实验研究等方向，体现了国内学术界在微纳米尺度流动相关研究工作中的最新进展及优秀成果。这些报告充分体现了纳微流体力学鲜明的交叉学科特性，将为纳微流控器件的设计提供新的思路与理论指导。

综上所述，本次力学大会在流体力学领域的分会场与专题研讨会场的研究报告反映了我国航空航天事业、能源开发与利用工程、环境演化预测、灾害预警与

减轻、水利交通工程、化工制备工程等经济社会发展中的重大工程与环境问题对流体力学基础研究的重大需求，展示了流体力学学者在湍流、多相流、非牛顿流、水动力学、计算流体动力学及复杂介质流动等国际前沿方向的最新研究成果。本次力学大会上，与会学者所开展的广泛而深入的研讨，将进一步促进我国流体力学研究更好地面向流体力学发展的前沿，更好地为我国经济社会发展的重大需求服务。

### 2.3.3. 动力学与控制

以动力学、振动与控制为主要论题的分会场合和专题研讨会会有“动力学与控制”、“非线性动力学理论及应用”、“时滞系统动力学与控制”、“多体系统动力学及其应用”、“航天器动力学与控制”、“分析力学”、“神经动力学”等。本次力学大会共收到动力学与控制方面的论文 210 篇，研究内容不仅涉及学科发展的科学问题，而且涉及国民经济发展的国家重大工程建设关键技术问题，不仅有深入的理论研究，还有复杂的实验研究；充分体现了动力学与控制学科与航空航天、机械、建筑、信息、物理、生物等其他学科交叉与融合。

“动力学与控制”分会场合共有 8 个邀请报告，涉及近年来动力学与控制学科取得的若干最新进展。郑泉水简要介绍了从石墨烯为基础的滑移器件到液滴在固体表面的湿润和自发运动等各种界面运动和其中的力学问题。徐鉴报告了他在振动驱动系统的动力学分析方面的最新研究成果，给出了具有线性摩擦的系统稳态运动的形式，并利用 stick-slip 运动的特点提出了进一步优化系统稳态运动的方法。黄志龙介绍了随机扰动对复杂网络系统动力学行为影响的一些研究，利用 Karhunen-Love 分解法研究了各种随机扰动的复杂网络的同步行为，还研究了一些经典网络上的点集到点集的随机步行的首次穿越问题。郭永新的报告着重阐述了完整力学系统、非完整力学系统、伯克霍夫系统的几何力学，讨论了几何力学对力学理论的新发展和力学应用的新拓展所发挥的作用。金栋平针对短距绳系卫星动力学问题，报告了计入姿态的圆轨道绳系卫星系统状态保持阶段的面内振荡。江俊介绍了基于全局数值分析数值方法的耦合振子全局结构演化及噪声作用下的巡游现象，并着重探讨了噪声诱导混沌和噪声诱导巡游的条件和机理。Zhu Wei-Dong 介绍了分布式结构系统的振动和稳定性问题的最新进展，从能量的角

度分析了两类动力学稳定性问题。Dai Hui-Hui 报告了非线性弹性材料中的行波动力学问题，这类非线性波能够很好地克服能量耗散的影响，因而在传播很长距离后仍然能够探测到。

“非线性动力学理论和应用”专题研讨会在本次力学大会上设有 3 个分会场，共收到相关的论文 71 篇，其中相当一部分研究内容是关于机械系统的非线性振动、分叉、混沌、稳定性及其应用。姚明辉将叶片模型简化为矩形截面的悬臂梁，研究了航空发电机高速旋转叶片的非线性动力学问题。吴志强以含 Washout 滤波器的受控 Rossler 系统为例，讨论了高维非线性系统 Hopf 分叉控制的鲁棒性问题。李映辉报告了风力机叶片三次超谐波共振时的非线性动力学行为，考察了非线性挥舞振动的分叉行为和叶片的气动弹性稳定性。文桂林介绍了基于投影同步的 Hopf 极限环反控制方法，可以设计出响应系统具有所期望特性的稳定 Hopf 极限环。应祖光介绍了磁流变黏弹性材料的制备、性能实验和滞迟动力学模型，为进一步振动与控制分析提供重要的基础。冉政研究了各向同性湍流能量级串中的旋涡分叉机制，发现湍流能量级串由一系列的旋涡分叉过程刻画，呈现 Feigenba 微米倍周期分叉的途径。鄂国康提出了一个全新的状态空间分裂-PC 法用于求解高维 FPK 方程和大型非线性随机动力系统响应的概率密度函数。洪灵借助于模糊广义胞映射方法研究具有模糊不确定性 Duffing-Vandelpol 系统的分叉，在加性噪声和乘性噪声两种情况下解释这种模糊合并分叉现象。李静利用首次积分法、新次数函数和多重李括号相结合法、同调代数理论与 Hilbert 级数相结合法研究了几类幂零非线性动力系统的超规范形问题。张伟课题组对梁、板、弦-梁耦合系统等开展了非线性动力学、混沌和分叉的深入研究。张文明研究了有界噪声激励下静电驱动微谐振器的非线性动力学特性。柯燎亮利用线性转动弹簧模型研究了开裂功能梯度梁的非线性振动。王琳研究了涡激力作用下输流管道的非线性动力学行为，给出了管道振动幅值随外流速变化的响应图。李凤明讨论了含间隙铰的空间桁架梁结构的非线性动力学问题，分析了非线性铰的参数对空间桁架梁结构动力学行为的影响。丁虎研究了因黏弹性 Rayleigh 梁的轴向运动速度带有周期小扰动，而发生参数共振时由于非线性而产生稳态响应及其稳定性问题。张国策研究了超临界速度范围轴向运动梁横向受迫振动的稳态响应。雷佑铭针对一类周期激励下高维耦合的振子系统，研究了参激周期激励的随

机相位对时空混沌的控制作用。张海军研究了微气体轴承-转子动力学特性,发现随着转速的升高,转子轴心运动表现出倍周期和概周期等复杂的动力学特性。乐源考虑了一类具有双侧碰撞约束的对称三自由度碰撞振动系统,数值模拟得到了 Poincare 映射的对称不动点的 Neimark-Sacker-pitchfork 分叉。李明介绍了具有轴承不对中和转子不平衡故障的柔性转子系统非线性动力学特性。倪樵研究了一种类 Pasternak 型非线性弹性地基上悬臂输流管的非线性动力响应。杨旭辉讨论了一种小波变换与神经网络相结合的方法,对 IWIN 模型参数进行辨识。胡伟鹏以微扰 Sine-Gorden 方程为例,研究了微扰哈密尔顿系统的微扰多辛算法。胡宇达研究了热环境中陶瓷-金属功能梯度圆板在横向简谐激励作用下的分叉与混沌动力学问题。

“时滞系统动力学与控制”在本次力学大会上受到了不少的关注。郑远广利用几何奇异摄动法,研究了含有周期性慢变参数系统的稳定性,得到了系统渐近稳定性的充分条件。陈龙祥开展了柔性板的时滞  $H_\infty$  控制的理论与实验研究,结果显示当控制率已知时,采用 Lyapunov-Krasovskii 泛函和自由权矩阵法确定的保证系统稳定性的时滞区间更大、更真实。陈振研究了时滞对轴流压气机喘振现象的影响,发现很小的时滞值使系统进入到喘振状态,而大的时滞值则会使系统趋于稳定。王青云介绍了时滞诱导的神经元网络的复杂同步转迁机理,解释了神经元网络的同步呈现不同步到同步再到不同步等阵发性的转迁现象。王天忠着重考虑了不同温度下超磁致伸缩棒实时变化的真实应力,建立了一个包含时滞效应的超磁致伸缩换能器的非线性动态模型。尚慧琳以 Holmes-Duffing 系统为研究对象,研究了时滞位移反馈对系统的安全盆侵蚀的控制作用,发现时滞量的增大能够提高安全盆边界分形的阈值。柴元研究了拓扑等价的多个时空混沌系统组成的链式网络,提出了一种 Backstepping 同步控制方法。孙中奎介绍了时滞信号对 Duffing 系统动力学行为的影响。

“多体系统动力学”是动力学与控制的重要组成部分。吴根勇介绍了几何精确梁理论及其在柔性多体系统动力学仿真中的应用。钱震杰研究了由  $n$  杆和  $n$  转动铰构成的柔性机器人的碰撞动力学问题,给出了碰撞动力学仿真算例。胡海岩课题组报告了大型空间可展开结构动力学研究、环形可展桁架天线多柔体动力学研究、基于绝对节点坐标法的旋转薄板模态分析。王卓基于多刚体系统动力学

理论,采用自然坐标法建立了空间多关节机械臂多体动力学模型。郑彤利用一次刚柔耦合动力学模型,发现飞机发电机叶片高速转动振动时存在动力刚化效应。庞勇介绍了低速刚性体冲击密实散体介质的动力学实验与理论研究,发现刚性圆柱体在与干沙颗粒冲击作用过程中具有典型的 3 个特征阶段。孙岩磊基于平行轴和相交轴功率传递过程中齿轮啮合原理建立三维模型和齿轮传动系统弯扭耦合动力学模型,进行了多柔体系统动力学研究。张新宇介绍了 FAST 望远镜舱-索系统振动模态的简化分析方法,该方法能实现真正的全观测轨迹仿真。潘科琪、庄方方、杨方、齐朝晖、陈思佳分别研究了曲梁刚柔耦合动力学、含摩擦滑动铰的动力学建模与数值算法、柔性绳网动力学建模与仿真、多体系统中的小缝隙滑移铰的接触分析、大变形下柔性梁的动力学分析。

“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。王琪研究了弦向柔性机翼弯度随时间变化,浮沉-俯仰-弯曲三自由度翼段的颤振控制问题。王琪基于二体问题,导出了三维引力辅助前后飞行器的速度、能量、角动量和轨道倾角与引力辅助参数之间的解析公式,该公式可以满足引力辅助轨道初步设计的需要。陈涛对二组元周期梁结构中的弯曲波的主动控制问题进行了研究,控制结果表明周期梁结构中需要施加 4 个控制力抑制振动。彭海军提出了用于航天器轨道转移的滚动时域控制方法,对已规划好的最优路径具有良好的跟踪效果,并能很快消除初始入轨误差的影响。李家文介绍了一类大型捆绑火箭的通用姿态动力学模型,对大型捆绑火箭的姿态控制系统设计具有一定的参考价值。祝乐梅、荣吉利、谢惠丰、苗常青分别研究了充液航天器跟踪机动神经网络控制、旋转弹箭横向振动的固有特性、充气机翼的自由振动特性、充气展开桁架结构振动特性。

在分析力学专题讨论会上,梁立孚讨论了应用能量守恒定律来建立刚柔耦合动力学的泛函,进而应用变分方法来研究刚柔耦合分析动力学,这种方法能够方便地应用电子计算机进行计算。丁光涛研究了 Birkhoff 力学在分析力学体系中的位置,从 3 个方面论述它是状态空间中的分析动力学。楼智美介绍了力学系统运动微分方程的梯度表示以及二阶梯度表示,给出了系统成为梯度系统和二阶梯度系统的条件。施沈阳介绍了非完整约束弹性介质的对称性和守恒率,利用无限维自由度广义坐标 Hamilton 变分原理和约束变分原理建立了弹性介质物理场的 Euler-Lagrange 场方程、Hamilton 正则场方程和非完整约束方程。丁光涛提出并



且论证了力学系统的第一积分与 Lagrange 函数之间存在一种与对称性理论无关的新关系。张毅将 Bertrand 定理推广到相空间, 考虑了非保守力依赖于广义坐标的情况和非保守力依赖于广义动量的情况。刘畅和王勇分别介绍了非完整力学系统的对称约化和完整约束系统约化方法的几何比较。

“神经动力学”属于动力学、生物力学当前的前沿方向, 它基于动力学的观点, 通过把神经系统看作动力学系统, 应用非线性动力学的概念与方法对大脑和神经系统的各个层次开展研究, 研究和分析大脑和神经的工作原理。曹淑红研究了时滞对电耦合 Morris-Lecar 系统同步后的放电模式的影响, 结果表明耦合神经系统表现出由簇同步到峰同步的周期性迁移。徐旭颖通过对一个由 3 个相互连接的 H-H 抑制性神经元构成的模型进行动力学分析, 检验了神经环路独立发放与簇发放的独立性或者相关性。于蓉蓉探讨了神经元模型的慢流形与同步行为之间的联系。胡吉永研究了基于人指尖触摸柔性纹理材料的接触-刺激-响应过程, 建立耦合物体-指尖-触觉感受体及细胞膜动力学规律的神经动力学模型, 揭示了伴随物体的柔韧性变化的神经元诱发响应模式。刘深泉对神经元模型 ISI 分叉机制进行了研究, 结果说明一类微分模型确定的变分模式显示倍周期分叉现象。王青云研究了具有通道阻塞和时滞的神经元网络的同步动力学, 为理解通道阻塞和信息传递时滞对真实的神经元网络的动力学行为提供了新的理论基础。

通过上面关于动力学与控制的分会场和专题研讨会报告内容可以发现, 我国已经广泛和深入地开展了与动力学与控制学科相关的各种科学研究, 包括经典的和前沿科学问题。但是, 其中出现的一些问题也需要引起我们的注意, 如现有研究出现了几种不平衡关系: 动力学研究多, 控制研究少; 理论研究多, 实验研究少; 原理型探索多, 工程应用少。这些不平衡可能会制约动力学与控制学科的发展, 应引起大家的注意。

#### 2.3.4. 生物力学

在本次力学大会上, 以生物力学为主题的论文有 115 篇, 比上届力学大会又有所增加, 反映了国内学者在生物力学, 特别是细胞与分子生物力学、力学生物学、心血管力学、骨与软组织生物力学、生物材料力学、动物运动、仿生力学、神经动力学等方面的快速发展。与生物力学相关的分会场和专题包括“生物力学”分会场, “生物材料与仿生”和“神经动力学”专题研讨会。

生物力学分会场由中国力学学会/中国生物医学工程学会生物力学专业委员会负责组织工作。为了保证会议质量，专委会在分会场筹备期间，通过电话或邮件一一确认报告主持人、主旨报告人和口头报告人能否按时参会，使得缺席报告人的比例降至最低，极大提高了学术会议的交流质量。另外，为了组织和加强生物力学及相关领域同行之间的学术交流，及时跟踪生物力学研究动态，努力为生物力学科研工作者服务，生物力学专委会利用本次分会场机会开展了新会员入会的宣传活动，以期进一步凝聚和拓展生物力学的研究队伍。

“生物力学”分会场上共有 50 个报告，涉及近年来生物力学学科取得的若干最新进展。在细胞与分子生物力学方面，季葆华介绍了描述细胞粘附行为的多尺度力学模型，并利用多尺度模型研究了粘附斑的稳定性、细胞转向以及细胞迁移行为。龚晓波等利用基于连续介质力学的数值方法对红细胞的血液流变学行为进行了研究。姚伟对在体细胞的微流动环境进行了数值模拟分析。沈在意等运用 IB-LBM 法模拟了红细胞在微血管中的运动。李芬等采用体外实验模拟的方法研究红细胞在微管中的流动，分析了红细胞浓度和微管管径对血液流动现象的影响。熊春阳等介绍了细胞牵引力显微镜技术及其在心肌细胞力学行为的实时、动态的表征中的应用，并分析了心肌细胞外基质刚度的变化对细胞的影响。吴洁和董澄等分析了肿瘤微循环内血液流动条件，并建立了模拟流动条件的实验系统。严志强和姜宗来等观察了血管平滑肌细胞缝隙连接蛋白 Cx32 在平滑肌细胞 VSMCs 中的表达，并探讨了转化生长因子  $\beta 1$  对 Cx32 表达的影响。吕东媛和龙勉等以力学加载条件下的表皮细胞和成纤维细胞体外共培养体系为研究对象，揭示了成纤维细胞及其旁分泌效应对力学诱导表皮细胞非对称迁移的调控机制。王业全研究了机械应力作用下低氧以及炎症因子对 ACL 成纤维细胞 MMP-2 表达的影响。钱宇娜等制备了聚己内酯 (PCL) /丝素蛋白 (SF) /透明质酸 (HA) 三元混合纳米纤维，并分析了 HA 成分对皮肤成纤维细胞初期黏附、增殖、迁移等的影响。杨春等实验研究了细胞在过度牵张力下肺泡上皮细胞黏附位点的失效和细胞应力保护响应的行为。叶尚军等通过显微 CT 扫描对多孔支架微结构进行了三维重构，并采用计算流体力学方法研究了细胞增殖对多孔支架内壁面剪切应力的影响。王益川和王伯初进行了拟南芥 CML24 参与根正常机械响应与皮层微管细胞排列的研究。吕守芹和龙勉等综合运用同源模建和分子动力学模拟等手段，

从原子层次考察了特定位点磷酸化对捕光天线 LHCII 结构的影响。李德昌等采用分子动力学模拟研究了不同药物分子与 I 型艾滋病病毒蛋白酶分离的过程，并揭示了不同药物分子分离速率常数存在巨大差异的原因。杜婧等实验研究了细胞外基质弹性对整合素的活性和运输的影响及其对调节 BMP 受体的内吞和干细胞的世系分化的影响。康红艳和邓小燕通过联合培养血管内皮/平滑肌细胞研究了糖萼破坏与低密度脂蛋白浓度极化的相关性研究。祖岩等利用免疫电镜方法观测了在软基底上生长的间充质干细胞中的整合素与骨成型蛋白受体的共定位。

在血液流变学方面，李志勇介绍了基于核磁共振造影技术（MRI）的计算方法在研究动脉粥样斑块点破裂方面的应用。孙安强和邓小燕利用人体动脉系统中旋涡流原理研究了血管搭桥及小口径人造血管设计。高立丹等建立了冠状动脉移植管三维实体有限元模型，通过分析血流动力学参数研究了搭桥血管远期通畅率。文军等数值分析了产生旋涡流的螺旋型动脉搭桥和传统动脉搭桥对氧气传输的区别，以及螺旋型动脉搭桥对组织缺氧的改善作用。张俊峰等利用数值模拟方法研究了在高黏性血清中，在直的和分叉的微管中红细胞的变形能力对流动的影响。姬长金等运用一维血流动力学模型计算了体循环中的压力和流量变化，并研究了体循环中氧浓度的分布规律。王盛章等对一例具有病人特异性的颈内动脉瘤建立了支架辅助弹簧圈栓塞的数值模拟模型，模拟了治疗前后脉动血流在脑动脉瘤中的流动。陈家亮等数值模拟了多发性动脉瘤患者的局部血液流动情况，另外还分析了弹簧圈和支架的植入对于临床患者颅内动脉瘤血液流动的影响。

在骨和软组织力学方面，郭向东教授基于 ITS 分析技术分析了中国和美国白人妇女骨松质微结构的区别，并探讨了其中可能的原因。黄迅和白龙对耳蜗形状进行了研究，揭示了螺旋形耳蜗结构可以提高听觉系统的声源定位能力的机理。徐献忠等实验研究了不同食品类型与尺寸对切齿首次咬合时下颌运动模式的影响。晏菲等基于数值方法研究了不同药物支架对血管壁组织中药物含量和壁面切应力的分布的影响，为支架结构和药物缓释动力学的优化设计提供参考。刘志成等利用 CT 扫描建立了正常人体踝关节的三维有限元模型，并分析了正常人体体重作用下踝关节关键位置的应力、应变。时朋朋建立了哈氏皮质骨的复合纤维陶瓷基底模型，发现该模型存在孔洞效应，双向增强效应和反向逆差效应。李林等提出利用不同方向上兔腹部皮肤条状试样的单轴拉伸实验数据来确定兔子皮肤

本构关系的方法。于志锋等测量了螺钉周围骨纳米力学和骨组织成分的改变，并研究了显微损伤修复过程对骨微观材料力学性能的影响。崔倩倩等通过向活兔眼后房急性灌注生理盐水的方法获得了活兔眼内压随注水时间连续变化的关系。刘展和樊瑜波等建立了下颌全牙列-直丝弓矫治器的生物力学模型以及对滑动法关闭间隙有限元分析方法，分析了牙周组织的应力水平及牙齿的移动位移。陈宏伟等建立了人体上颌牙列、牙周组织以及摇椅弓、种植钉等正畸器械的有限元模型，研究了在微种植体牵引钩以及摇椅弓的共同作用下上颌前牙的移动情况，牙齿及牙周组织的应力分布。张海霞等采用单轴拉伸方法对兔眼角膜的生物力学特性进行了研究，分析了兔龄对角膜生物力学特性的影响。贺纓研究了激光照射下肿瘤组织内灌注率及氧气分布的变化，毛细血管管壁弹性及扭曲特性对氧运输的影响，以及微血管-组织系统内流体渗透特性。荣起国等利用 CT 数据建立了人体上气道的三维模型，并通过流固耦合数值模拟研究了上气道结构变形对睡眠呼吸暂停综合症的影响。同时，还介绍了基于三维有限元模型的个体化变换研究。欧阳钧等分析了钉道强化前后和疲劳前后不同状态下颈椎前路椎间融合术手术后颈椎的稳定性。华诚分析了耳蜗内流体与结构的相互作用，并研究了耳蜗内波动的传播问题。徐迎丽等建立了主动脉双叶机械瓣三维系列实体模型，利用数值模拟研究了同一直径瓣膜在不同开启角度与不同定常流量下的流场压力分布。杨含金等通过测量不同时间后不同位置组织的极限载荷、应变、最大应力等生物力学参数，探讨尸体软组织生物力学性状时序性变化规律。

在生物材料与仿生专题研讨会上，报告的主要主题有细胞与分子生物力学，生物材料与仿生力学和动物运动学。在细胞与分子生物力学方面，霍波等利用微模式化方法将成骨细胞培养于具有确定面积和形状的微模式化表面，研究了不同形状表面对成骨细胞存活和分化的影响。覃开蓉等介绍了剪应力和 ATP 定量调控细胞  $\text{Ca}^{2+}$  动力学的实验、建模与控制研究。钟原和季葆华等基于细胞黏附的多尺度力学-化学耦合模型研究了在基底牵拉作用下细胞转向时间与加载频率的两相性依赖关系的力学机理。李珑和王记增等研究了病毒弹性性质对细胞内吞的影响。姚金艳、王记增建立了一个具有波状表面软弹性体之间特异性黏附的弹性随机耦合模型，为表面形态设计，如新型医学修复材料与植入体的表面设计提供了理论依据。季湘樱和冯西桥提出了一种力-化学耦合的细胞微管模型，研究了微管生长的动力学过程，揭示出力学因素以及力-化学耦合机制在微管行为中的

重要性。施兴华等采用分子动力学模拟及理论建模的方法,研究了病毒颗粒的弹性对其入侵细胞过程的影响和机制。丁轶婷和郑泉水等利用粗粒化分子动力学方法对单根微管的拉伸、压缩、弯曲和扭转性能进行了研究。吴国强等介绍了非线性动脉顺应性及其测量装置的研制和人脐动脉及其细胞支架的生物力学性质。裘钧等基于流体剪切的准三维实验分析方法和流固耦合有限元数值模拟研究了骨细胞的力学性质。

在生物与仿生力学方面,季葆华综述了不同生物材料体系的从纳米到宏观尺度的多级微结构,研究了这些多级结构对生物材料力学性质和功能的重要的意义及其力学原理。吴承伟等模仿水黾腿微结构设计了一种超疏水平行格栅,并实验研究了格栅的长度和间距对承载能力和结构减阻的影响。张文龙和吴承伟等分析了瞬态热冲击条件下仿生微结构的温度场与热应力的分布,研究了热冲击事件与微结构几何参数对材料热防护性能的影响。彭志龙和陈少华针对与湿度相关的干黏附和湿黏附两种现象进行理论分析研究,揭示了相对湿度对表、界面黏附的影响机制。于洋和王学卫数值模拟了在湿黏附中起重要作用的液桥的变形和断裂过程,为微纳系统的黏附与失效问题提供了理论指导。辛事承等实验研究了内部预先充满气体的含气毛细管在液体不同深度中的稳定性。刘志远等利用纳米压痕仪器对牙齿、腿骨等硬组织及红细胞、皮肤等软组织进行纳米压痕实验,为新型医学修复材料与植入体的设计以及实验技术提供依据。张晓棣和陈文介绍了生物组织频率依赖性衰减的分数阶导数建模的研究。曹艳平介绍了超弹性曲面薄膜的屈曲行为的研究。马国军和吴承伟研究了蚊子口针刺入皮肤时的力学行为。吕存景和郑泉水报道了液滴在疏水锥形管壁上依靠曲率梯度驱动的高速自发输运现象,其研究结果可以为设计高速运输装置提供指导。黄萧和冯西桥等对矿物晶片从珍珠母中拔出的过程进行了理论建模,研究了珍珠母的强韧化机理,为建立珍珠母的力学分析模型提供了理论基础。刘庚和余咏亮等模拟了一个二维模型鱼体的逃逸机动行为,发现曲率行波能对尾迹中的三涡结构进行优化从而达到提高机动性能的效果。张薇和童秉纲等研究了鳗鱼巡游过程中从头部到尾部传播的行波行为,及其伴随的因组织黏弹性导致的能量储存和耗散。

### 3. 结语

本次力学大会比较全面地反映了我国力学学科的发展现状和最新成就,也体现了我国力学工作者开拓精神和创新意识明显提高,大会取得了圆满成功。此次盛会的顺利召开,必将对明年召开的 ICTAM-2012 起到很好的宣传和推动作用。

会议集中反映出当今中国力学的一些主要特征,例如:(1)力学研究的覆盖面进一步扩大,与其他学科的交叉与融合更为紧密和深入,相互合作的领域也更加广泛;(2)航空、航天、能源、交通、环境等关系国民经济和国防建设的关键领域仍是力学研究主要的方向,钱学森先生在半世纪前提出的力学的工程科学属性正在得到进一步加强;(3)若干世界科技前沿领域受到国内学者的高度重视。

进入 21 世纪的第二个十年,力学面临着全新的挑战与机遇:一方面,现代科技的日新月异对力学学科提出了源源不断的基础科学问题;另一方面,中国国力的显著增强和社会经济的蓬勃发展对力学工作者提出了新的国家战略需求。我们深信,本次力学大会的成功举办,必将凝聚起广大力学工作者,进一步扩大中国力学的影响力,促进中国力学的全面健康可持续发展。

**致谢:**感谢中国科学技术协会、国家自然科学基金委员会、哈尔滨工业大学和各协办单位对本次大会的资助。在撰写该会议总结的过程中,作者们得到了很多与会代表的大力帮助,特此致谢。

## 参 考 文 献

- [1] Tsien H S. Engineering and Engineering Sciences, C. I. E. Forum. Journal of the Chinese Institute of Engineers, 1948;6:1-14; 又见《钱学森文集, 1938-1956》. 北京: 科学教育出版社, 1991.550-563
- [2] 钱学森. 论技术科学. 科学通报, 1957:4:97-104
- [3] 钱学森. 在中国力学学会第二届理事会扩大会议开幕式上的讲话:《力学与生产建设》. 见: 中国力学学会第二届理事会扩大会议论文集. 北京: 北京大学出版社, 1982.1-6