

# 中国力学大会-2013 简介<sup>1)</sup>

陈伟球<sup>1</sup>, 郭旭<sup>2</sup>, 赵建福<sup>3</sup>, 许春晓<sup>4</sup>, 王青云<sup>5</sup>, 赵红平<sup>4</sup>  
郑跃<sup>6</sup>, 刘洋<sup>7</sup>, 汤亚南<sup>7</sup>, 詹世革<sup>8</sup>, 杨亚政<sup>7</sup>, 冯西桥<sup>4</sup>

1. 浙江大学工程力学系, 杭州 310027
2. 大连理工大学工程力学系, 大连 116024
3. 中国科学院力学研究所, 北京 100190
4. 清华大学工程力学系, 北京 100084
5. 北京航空航天大学航空科学与工程学院, 北京 100191
6. 中山大学物理科学与工程技术学院, 广州 510275
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

2013年8月19~21日,“中国力学大会-2013”在历史文化古城西安隆重举行。此次大会由中国力学学会和西安交通大学共同主办和承办,由中国科学技术协会和国家自然科学基金委员会指导,有近50家力学相关单位参与协办。“中国力学大会”系列会议始于2005年,此后隔年召开,已成为力学工作者了解学科发展前沿的窗口、联结不同学科的纽带、展示研究风采的舞台,是中国力学界的“奥林匹克”。大会吸引了近2900位代表参加,包括中国科学院院士、中国工程院院士、国内著名专家学者,以及来自科研、生产、教学第一线的力学科技工作者和海外专家学者。本次大会是继“中国力学大会-2011暨钱学森诞辰100周年纪念大会”之后力学界又一次规模空前的盛会,充分显示了我国力学事业蒸蒸日上的繁荣景象。大会在西安召开,不仅对全国力学学科的发展有推动作用,而且有利于陕西科技和经济的发展。

8月19日上午,大会开幕式在陕西大会堂举行。中国力学学会秘书长冯西桥主持开幕式,理事长胡海岩致开幕词。国家自然科学基金委员会数理科学部常

---

1) 国家自然科学基金资助项目(11342003)。

务副主任汲培文和西安交通大学校长郑南宁出席开幕式并致辞。大会随后举行颁奖仪式，中国科学院院士、大连理工大学程耿东获得“第八届周培源力学奖”，柯燎亮、曲绍兴、王记增、魏宇杰、郑跃荣获“第十三届中国力学学会青年科技奖”。同济大学祝卫亮等 40 名同学获第九届全国周培源大学生力学竞赛个人赛特等奖和一等奖，山东科技大学等 40 所高校获第九届全国周培源大学生力学竞赛团体赛各奖项，北京市力学学会、湖南省力学学会、江苏省力学学会、四川大学获优秀组织奖，四川大学秦世伦获特殊贡献奖。

大会学术委员会共收到论文摘要 2485 篇，最后录用 2200 篇，数量超出以往历届会议。大会设 1 个主会场，15 个分会场和 71 个专题研讨会。主会场邀请程耿东等八位著名力学学者作大会特邀报告，主题涉及结构优化、风沙环境、材料设计、高超声速、分子生物力学、海洋工程等多个方面。15 个分会场涵盖了流体力学、固体力学、动力学与控制、计算力学、实验力学、爆炸力学、环境力学、生物力学、微纳米力学、物理力学、电子电磁器件力学、流变学等传统力学学科和新兴交叉学科领域，二百余位国内外知名专家学者在分会场邀请报告会上交流各自学科近期的前沿研究和代表性成果。会议还设立力学教学改革成果分会场，介绍在工程教育认证、精品课程建设、人才培养新思路等方面的探索与实践。

本次大会交流的内容充分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重要进展和创新成果，展现了力学与物理、数学、材料、生命、能源、化学、信息、医学等学科的交叉与融合，揭示了力学对航空、航天、机械、化工、环境、土木、水利、海洋工程等领域的巨大推动作用。

本文对中国力学大会-2013 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办公室编著的论文摘要集和中国力学大会-2013 主页 (<http://cctam2013.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，敬请谅解和指正。

## 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 8 个，以系统性、前瞻性为主，力求反映力学

及其交叉学科的重大研究进展和重要发展趋势；分会场邀请报告 271 个，侧重于交流各分支学科的前沿研究和代表性成果；专题研讨会报告 1921 个，涉及力学学科的基础、前沿、热点、应用等研究，更加全面地反映出我国力学学科的发展现状。

## 2.1. 大会特邀报告

第八届周培源力学奖获得者、大连理工大学程耿东院士的报告“结构拓扑优化的基本思想及其发展展望”，回顾了连续体结构拓扑优化的发展历程，指出将连续体结构拓扑优化转化为材料在设计空间内的分布这一思想突破了不同拓扑间不能通过连续变换相互转换的数学困难，引发了三十多年持续的拓扑优化研究热潮，也伴生出了目标和约束在拓扑变化时的连续性问题，并由此产生了奇异最优解、非对称最优解等特殊理论问题。结构拓扑优化已成为一个重要的设计工具，推进了制造数字化的步伐，在航空航天、汽车工程、武器装备等国家重大需求中已得到了广泛的应用。

西安电子科技大学郑晓静院士的报告“风沙环境力学研究的若干进展”，系统介绍了其研究团队依托兰州大学西部灾害与环境力学教育部重点实验室在大气边界层流场的湍流结构、沙粒带电机理和风沙电场、风沙流以及风成沙丘场演化规律等研究中取得的成果，强调在研究跨尺度问题的演化过程中，不仅要关注对系统微观量的统计分析，也要关注对系统微观过程的统计分析。

西安交通大学卢天健教授的报告“从材料的孔结构设计谈如何开展原创性力学研究”，从超轻多孔材料研究的历史演化观点出发，指出超轻多孔材料成为结构材料必须使其孔形貌呈现为周期点阵结构，而力学在这一认识的形成中扮演了关键作用。在“需求—设计—制备—性能”一体化的指导思想下，其课题组将超轻多孔材料的结构功能与吸能、传热、降噪等功能特性结合起来开展多学科交叉研究，不仅在理论上取得了重要突破，而且成功实现了在航天、国防等领域的多个关键工程应用。

中国科学院力学研究所姜宗林研究员的报告“高超声速飞行与高温气体流动研究进展”，从三大主要关键问题，即高焓气体流动实验模拟、飞行器气动力学/热规律与气动布局、超声速燃烧与推进技术入手，回顾了国内外研究进展，介绍

了高温气体动力学国家重点实验室的部分研究成果。他着重指出，高超声速空天飞行器是航空航天领域的革命性创新工程，亟需一系列新概念、新方法和新技术的提出、发展与支撑。

美国佐治亚理工学院朱承教授的报告“**Molecular Biomechanics**”，首先强调分子生物力学应包括两个相互联结的内容，即生物大分子的机械力学性能研究以及运用力学原理与方法研究细胞的分子生物学。他举例说明了分子生物力学中与机械传感和机械转导有关的研究进展，包括采用力学方法量测生物化学反应、观察蛋白质构象变化、调控分子离解、分析细胞表面受配体相互作用与细胞内信号活动的协同等。

香港城市大学吕坚教授的报告“基于多尺度应变非局域化原理的高强高韧金属材料原子与纳米尺度组织结构设计、制备及应用”，系统总结了其课题组与合作者近年来在高强高韧纳米金属材料、金属玻璃断裂机制与组织结构的关系和增韧制备方法的研究进展，也介绍了各种新发展的纳米材料在汽车、低碳能源、生物医学、微机械、土木工程等领域的应用前景及纳米材料超轻先进结构集成设计的案例。

北京理工大学胡更开教授的报告“波传播控制与超材料设计”，指出利用波动方程的全局坐标变换形式的不变性可建立空间与材料的等价关系，从而为波传播控制的材料设计提供了一套简洁有效的方法。他首先介绍了该方法的基本思路，然后利用力学变形场的概念统一对该方法进行描述，重点探讨对弹性波传播控制的方法，研究了通过变形场的调节实现设计材料参数的简化和优化。针对电磁和声波超材料，重点介绍了相关的物理机理和实现方法，具体讨论了声波超材料的微结构设计方法。

大连理工大学滕斌教授的报告“深海工程水动力学问题及其分析”，指出波浪与海上工程结构和装备的相互作用问题十分复杂，不仅涉及到水波问题的非线性，还与结构本身的动力特性和几何形状有关，传统的拟静态方法和准动力法不再适合，必须开展波浪与结构物的真正非线性时域动力耦合分析。在报告中，他系统介绍了其课题组近年来的研究进展及其在多个重大海洋工程中的应用。

## 2.2. 分会场及专题研讨会报告

### 2.2.1. 固体力学

本次大会上，共有 5 个分会场和 30 个左右的专题研讨会属于大固体力学的范畴，相对体量与历届大会基本保持一致，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、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。在表/界面力学、弹性波理论、结构健康监测、疲劳与断裂、石油石化装备力学、飞行器结构等方面也进行了充分交流。

“固体力学”分会场邀请了国内 11 位知名学者作学术报告。于起峰院士介绍了其课题组近年来在大型结构变形测量和大尺度运动测量的理论方法研究和应用研究方面的典型进展。由学生代作报告，介绍了张统一院士基于 Gibbs 方法发展了纳晶多晶体中晶界偏析的吸附等温线，可同时分析晶体颗粒和晶界中的应力、浓度及其相互耦合，分析表明纳晶材料中的溶质浓度可以得到显著增强。洪友士探讨了高强钢超高周疲劳裂纹起源和初始扩展的特征与机理，在对实验结果分析的基础上，提出了计及超高周阶段的疲劳裂纹寿命估算模型。周又和介绍了 ITER 超导磁体从 CICC 导体的复杂制备到运行过程中所涉及到的力学、热传导与超导物理等相互作用的基础理论与实验研究现状及存在的主要问题，重点报告了其课题组在超导电磁系统的力学特性研究方面的进展成果。张俊乾针对锂离子电池开展了扩散应力和阵列电极分层破坏等的研究，揭示了电极材料特性、几何参数和充放电规程与扩散应力的定量关系，建立了充放电诱导分层模式及其分析模型。王铁军指出了重型燃气轮机制造中的若干基础力学问题，提出了高温透平叶片服役环境的调控理论与方法。郑泉水全面综述了石墨的有关力学和摩擦特性的研究进展，并对今后的发展方向提出了若干预测。王彪针对基于聚焦和非聚焦入射的连续光波诱导的奇特光动量现象，建立了一个基于广义虚位移原理的能量模型，发现理论预测与实验结果相一致。彭向和结合片层微结构特征，得到了珠光体团的损伤本构描述，进而利用自洽方法得到了珠光体钢的损伤本构模型，与实验结果比较表明了该模型可准确预测相关材料特性中的尺度效应。姚伟岸将力学辛求解体系应用于规则区域的解析分析，构造出系列解析奇异单元，并用于裂

纹表面有任意荷载作用的界面裂纹、双材料 Dugdale 模型界面裂纹及疲劳裂纹扩展等问题的分析。李世海采用 Lagrange 方程统一表述力学问题，并针对固体力学问题，基于应变强度分布准则和破裂场特征长度给出了表征断裂过程的建立方程的方法。

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 4 个。“计算力学”分会场安排了 18 个邀请报告。姚振汉对边界元法的计算误差、离散误差和常见的模型误差进行了细致的分析，提出了保证精度的方法和需要注意的问题。李刚针对结构多目标全局拓扑优化问题，考察了算法的收敛性和计算效率并提出了算法的改进。邱志平介绍了基于 POD 方法与区间数学理论的区间随机本征正交分解方法的研究成果，并给出有工程背景的算例。邱吉宝开展了太阳能帆板动力学中的动力刚化问题研究，建议在非惯性系中研究该类问题的一种途径。隋允康讨论了结构拓扑优化问题求解中的自适应调整约束值到位方法，实现了迭代过程的收敛性控制。岑松给出了一种采用杂交应力函数的单元，可高效模拟准静态裂纹扩展问题。亢战提出和求解了薄壁结构阻尼材料最优布局的动力学拓扑优化列式，并基于复模态展开提出了非比例阻尼下动响应灵敏度分析算法。张雄基于三维质点法发展了基于减聚力模型的延性断裂数值模拟方法并预测了带孔金属试件的裂纹扩展等问题。冯志强介绍了计算力学软件平台与图形用户界面的研发并讨论了自主 CAE 软件研发。王东东提出了一种结构振动分析的新型超收敛等几何方法，通过构造高阶质量矩阵提高振动频率的计算精度。高效伟给出了一种基于同时消元回代法的大型线性方程组迭代求解法，讨论了求解复杂问题的迭代收敛性。袁明武等开展了基于解析试函数的三角形厚薄通用板单元显式格式的研究，并通过数值算例验证了其良好性能。在“无网格及边界元法”专题研讨会上，共安排了 32 个学术报告。如，刘岩介绍了基于物质点法的泡沫铝微观结构生成及宏观力学性质研究；姚林泉基于方向的无网格法和有限元法耦合的三维板方法分析了层合板弯曲问题；牛忠荣发展了弹性力学边界元法高阶单元几乎奇异积分的半解析算法。在“科学与工程计算中的模型验证与确认”专题讨论会上，共有 24 位学者作了学术报告，其中庄茁介绍了基于连续体壳扩展有限元的面向目标误差估计方法，以及壳体断裂问题扩展有限元仿真的可靠性；陈华从三方面对如何提高数值模拟软件置信度进行了探

讨；张元章报告了基于形式化分析方法的弹塑性材料本构程序部分功能模块的正确性证明；李云龙介绍了基于截断分布的数值模型确认方法研究。“不连续变形分析与数值流形方法”专题研讨会共交流 15 个学术报告，其中石根华给出了离散体接触判断和分析的数学理论基础；郑宏介绍了数值流形法的若干研究进展，且数值论证了其在处理裂纹问题中的网格无关性；李录贤以数学单元为最基本单位，取代常规数值流形方法中的数学覆盖，提出了一种生成流形单元的新方法，实现了单元生成时的“所见即所得”。“小波方法及其在力学问题中的应用”专题研讨会会有 10 个学术报告，交流了小波方法在各类力学问题数值模拟中的扩展应用。在其他的相关专题研讨会上，多尺度计算和材料与结构失效破坏的数值模拟得到了较多的关注。例如，在“新型材料与结构多尺度力学”专题研讨会上，黄敏生基于三维位错动力学研究了高温合金应力反常行为和多晶多层金属薄膜变形机制，曲绍兴基于多尺度模拟方法研究了组织结构对纳米结构金属材料强韧性能的影响及内在变形机理；在“复合材料破坏、强度与多尺度、多场耦合力学”专题研讨会上，张发基于平纹机织织物增强相细观结构，建立有限元几何模型，模拟研究了平纹机织玄武岩增强复合材料面内动态压缩力学性能与破坏机制，孟松鹤对超高温陶瓷热冲击试验进行了多场耦合数值模拟研究，王自强直接从具有三维周期结构的复合材料板模型出发，在参考单胞上利用构造性的方法定义了单胞函数模型，对复合材料板热力耦合问题开展了多尺度模拟分析。

实验研究得到越来越多力学工作者的重视，本次大会设有相关分会场 2 个及直接相关的专题研讨会 1 个，共有近 120 位学者分享了他们的工作进展及研究成果，涉及电测、光测、实验数据处理分析等方面的各种新技术新方法，微应力应变、大尺度运动和变形、高温环境、高速运动、生物力学等的测量测试技术，以及实验力学在新材料、土木工程、岩土工程、损伤检测等方面的应用等。“实验力学”分会场邀请了 24 位学者作学术报告。亢一澜研究了基于海量实测数据的反演识别方法并建立了盾构装备载荷的力学模型。李玉龙通过将高速摄像与数字图像相关法（DIC）相结合，实现了动态加载过程中材料表面变形场的测量。黄培彦提出了一种呈同步周期变化的温度和湿度环境与疲劳载荷共同作用的结构件耐久性实验方法，并对 FRP 加固 RC 梁进行了测试。仲政将昆虫的血液循环与蜻蜓翅膀的微纳米结构相结合，揭示了蜻蜓通过独特的微纳米构造以及可调的

Arnold 循环实现翅膀多重优化动力学调控机制。何小元介绍 DIC 方法在纤维加固混凝土材料试验以及钢结构的破坏过程测量方面的相关研究结果。李喜德总结了微纳米尺度实验力学技术,并列举了这些方法在材料表面力学性能与相互作用研究中的若干应用。冯雪介绍了激光剪切干涉方法,并利用该方法实现了高温环境下薄膜非均匀应力的测量。张兴义利用自行研制的基于磁光技术的超导体内部结构损伤演化观测实验平台,研究得到了 Y 系高温超导材料在外拉伸作用下的内部损伤演化规律。施惠基介绍了各向异性镍基高温合金低周疲劳和裂纹扩展的实验技术和结果,并分析了其疲劳损伤机制。张庆明针对超高速碰撞产生的电磁辐射进行了实验研究。张幸红介绍了其课题组在超高温陶瓷材料的研究进展。龚兴龙研究了挤压模式下磁流变液的法向力并探索了其在小振幅系统隔振方面的应用。何存富通过微波无损检测对热障涂层孔隙率进行了研究。励争探索了基于模态分析的无损检测方法。“材料与结构之力学性能测试”分会场邀请了 23 位学者作学术报告,内容涉及各类先进复合材料与结构的力学性能测试与分析,与实际工程应用联系紧密。其中,断裂与疲劳试验及寿命评估得到了较多的关注,例如刘牧东试验测定低温环境和恒幅载荷作用下铝合金材料在三种应力比下的裂纹扩展曲线;姚瑶采用新方法测试了汽轮机低压转子材料等的断裂韧性和阻力曲线。“实验力学新技术应用与教学”专题研讨会的报告涵盖力学实验检测新方法、新技术和设备,极端条件、复杂环境与多场耦合条件下的检测技术与分析方法,超大型结构及微纳米尺度实验新方法、关键检测平台研发和实验力学教学实验研讨等多个方面。例如,李凯研究了数字全息显微术中的位相畸变矫正问题;潘兵针对标准数字图像相关方法中若干问题进行了检讨与改进;郭荣鑫应用 DIC 实现了高温环境下测量材料热/力学性能的实验测量;朱建国探索了基于环芯法和聚焦离子束技术的微观残余应力测试技术及其应用;于泽军介绍了其课题组在力-电-磁多场耦合微纳米鼓泡仪的研制工作;张伟旭总结了热障涂层检测技术;杨丽介绍了基于声发射信号频谱分析的热障涂层裂纹模式识别方法;马少鹏对线接触结构接触屈服过程进行了实验研究;郭春华对岩石抗压强度试验进行了理论分析。

微纳米力学依旧是固体力学的一个重要研究热点,本次大会设有微纳米力学分会场1个及直接相关的专题研讨会1个。“微纳米力学”分会场邀请了15位学者作



学术报告，其中郭万林介绍了石墨烯、氮化硼、二硫化钼等二维纳米材料物理力学研究进展，并就其应用前景作了展望；何陵辉基于偶氮分子光致异构动力学过程发展了一种无定型侧链偶氮聚合物纳米薄膜的变形和表面结构形成模型；李晓雁利用大规模分子动力学方法研究了纳米孪晶柱的强度、塑性变形、断裂行为与孪晶厚度以及孪晶界取向之间的联系；魏宇杰研究了石墨烯中5-7环的力学问题及其对强度的影响；胡宁利用分子力学计算了在两类典型的碳管拔出方式下所需要的碳管拔出力，并探讨了相应的界面力学特性；郭旭从基于第一性原理的密度泛函理论出发，对微纳米力学系统的统一建模问题进行了讨论；李群仰介绍了利用原子力显微镜等实验手段观测到的微纳米尺度几种奇特的摩擦现象，并进行了建模分析；张田忠报告了关于纳尺度能量转换和驱动原理方面的若干研究进展；赵亚溥通过实时在位实验，观测到由于液滴接触线移动所诱导的蛋白质薄膜褶皱与断裂过程。“微纳米力学：材料、器件和流体”专题研讨会安排了40个学术报告，其中尚福林对直径处于10~3000微米的单晶镍柱体在混合加载方式下的塑性流动行为进行了系统研究；吴恒安采用分子动力学模拟方法研究了在纳米流体环境中的油滴从固体壁面脱附的过程；陈彬提出了壁虎黏附中湿度效应的另一解释；楚海建通过对TEM照片的考察，总结提出了芯/壳纳米线结构应变松弛的新机理；钟向丽利用压电力显微镜和瞬时翻转电流测试方法研究了BNT铁电薄膜和铁电场效应晶体管的电畴翻转动力学过程；胡国庆研究了单链DNA分子穿过石墨烯/氧化石墨烯纳米孔的动力学行为；师明星建立了二阶应变梯度非局部壳体模型以考察单壁碳纳米管的模态转变。

材料与结构的力学行为无疑是固体力学的最主要研究内容，本次大会设有相关分会场2个及直接相关的专题研讨会7个。除了前面介绍的侧重于实验的“材料与结构之力学性能测试”分会场外，“电子电磁器件力学”主要关注压电声波器件等新型功能器件的力学研究，邀请了15位学者作学术报告。汪越胜对近些年发展的声子晶体能带结构的若干数值计算方法进行了详细的评述，并讨论了存在的若干问题。陈伟球建议了压电表面理论的一个新的推导方法，并考察了表面效应对压电器件波动特性的影响。申胜平建立了考虑挠曲电和表面效应的Euler梁弯曲模型，考察了力热化学反应多场耦合下功能材料的力学行为。赵明皞比较了电磁极化饱和模型和电磁击穿模型在电磁介质裂纹问题中的应用。何文明报道了

具有小周期结构的各向异性矩形板的解析分析。高存法开展了具有功能梯度涂层夹杂相有限尺寸基体在任意方向均匀热流作用下的二维热应力分析。吴林志针对含涂层球夹杂三相复合材料给出了有效磁导率的上下限。胡元太提出了一种新型的扭转型低频俘能结构，并进行了线性与非线性特征分析。倪勇报道了在层状薄膜结构非线性屈曲方面的研究进展。严蔚给出了含黏弹性界面的智能层合梁的机电响应。蒋泉评述了电致伸缩材料中裂纹或夹杂问题的若干特征。“新型材料与结构的多尺度力学”专题研讨会侧重于多尺度建模和计算，如陈万吉基于新的各向异性修正偶应力理论建立了多尺度复合材料层合板力学模型。“智能材料与结构的多尺度力学”则突出多功能智能材料的多尺度分析，如万永平推导了含非完整界面的非均匀压电体的内能和焓的表达式，进而给出了有效性质上下限的矩阵表达式；朱林利给出了 GaN 纳米薄膜中三种模态波的色散关系；苏煜就固体表面张力以及界面特性对纳米铁电材料特性的影响进行了相场计算分析；王杰发展了钛酸钡铁电材料挠曲电系数的第一性原理计算；郑跃针对低维铁电材料的微观涡流畴结构及相关特性的力学载荷可控性规律开展了系统的理论、计算与实验研究；王金斌建立了多畴低维铁电材料电热性能计算的理论模型和相场模拟方法；高原文提出了一个非理想界面下层状柱壳非线性磁电效应的理论模型。“高分子材料力学行为研究”专题研讨会就高分子材料的力学研究进行了交流，共有 20 个学术报告，其中陈兴在统计热力学的框架下提出了各向异性高斯链本构模型；王记增研究了受限半柔性高分子链的拉力—伸长关系；罗文波实验研究热氧老化对含碳黑橡胶材料拉伸和断裂行为的影响。“材料性能的力学相关性”专题研讨会共组织了 24 个学术报告，主要涉及不同工况下不同材料的本构模拟和试验分析。马悦建立了内变量参量和冻土强度之间的关系，并描述了冻土动态损伤发展过程；张克实针对 Q235 钢进行了拉扭多轴低周疲劳的试验研究；郝鹏研究了在静电荷和温度场作用下的锯齿形和扶手型石墨烯的力学行为；刘伟介绍了测量超导股线在应变下临界电流的试验系统及工作原理。“材料微结构稳定性与演化模拟”专题研讨会组织了 18 个学术报告，侧重于与材料微结构有关联的力学性能演化分析。例如，余新刚模拟了含有氢原子的钨材料在单向拉伸作用下的力学响应过程；冯露报道了针对外延生长过程中形貌稳定性的相场模拟研究；易炜讨论了微观骨结构的重建仿真及其应用。“泡沫和多孔材料及结构的力学”专题研讨会安排

了 37 个学术报告，内容涉及新型轻质结构的计算模拟、理论分析和实验测试等多个方面。卢天健课题组开展了深入的结构与功能关系研究，如辛锋先采用遗传算法进行了复合材料加筋板的声幅射优化分析；杨肖虎针对非球形闭孔泡沫铝建立了有效导热系数的解析模型。吴林志课题组报道了在点阵夹芯结构的阻尼、低速冲击等方面的研究进展。张立元提出了一种基于刚度矩阵的张拉整体找形分析方法。王博给出了多层级蜂窝材料面内等效模量的缺陷敏感性分析。“极端环境材料与结构”专题研讨会交流了 8 个学术报告，集中在高温、强磁等特殊环境。如雍华东基于变分不等式讨论了超导块体在受到强磁场作用时的力学特性；梁军课题组报道了高温环境下复合材料的强度与烧蚀特性以及双轴拉伸响应。

材料与结构的破坏分析及健康监测是固体力学的重要研究方向，吸引了众多学者。本次大会上，除了众多分散的学术报告外，组织有 5 个直接相关的专题研讨会。“复合材料破坏、强度与多尺度、多场耦合力学”专题研讨会上交流了 58 个学术报告，对象涉及了连续纤维增强复合材料、短纤维复合材料、颗粒增强复合材料、碳纳米管增强热塑性复合材料、高温和超高温材料、磁电复合材料和功能梯度材料等多种材料体系及其相应的二维/三维编织、叠层、蜂窝、薄膜、连接乃至微细观尺度的多种结构形式，研究涵盖了基本材料力学性能与强度准则、结构在静/动载荷、低速冲击、冷/热冲击、辐射、疲劳载荷、多物理场耦合作用下的线性与非线性力学响应分析及其损伤失效机理研究，强调了复合材料多尺度和多场耦合特性对材料破坏和强度的影响。在“疲劳与断裂的基础理论与工程应用”专题研讨会上交流的 41 个学术报告，探讨了各种材料（压电、合金、纳米晶体、准晶、复合材料等）和不同结构（层合板、螺栓连接件、焊接构件、U 形切口平板、核反应堆主管道等）中裂纹及其疲劳扩展的现象，通过理论分析、数值模拟和试验测量揭示了内在的机理和规律。“无损检测与健康监测”专题研讨会重点关注结构中缺陷的监测与失效评估，共有 23 个学术报告。其中，李法新介绍了一种基于局部接触刚度的无损检测新方法；丁克勤提出一种基于光纤光栅传感器的大型装备结构的应力监测技术；孙汝杰对 Lamb 在板结构中的传播特性进行了研究，并探索了其在损伤识别中的应用。“第四届灾变破坏力学与数值模拟”和“混凝土类复合材料细观破坏机理研究”两个专题研讨会与土木工程等应用联系紧密，共计 51 个学术报告中的大部分与混凝土、岩石、土体材料的变形破坏、

断裂、稳定性等力学响应特性研究有关，为基础工程设施的设计、分析与评估提供了重要的参考。

固体中的弹性波传播是器件设计、抗震分析、无损监测等的共同基础。本次大会组织了两个专题研讨会，共安排 51 个学术报告。“弹性波理论与应用”专题研讨会的报告内容多涉及弹性波在不同材料之间界面上的反射与透射特性、弹性波的散射与衍射以及传播特性等的研究。例如，杨在林考察了双相介质附近圆孔与裂纹对 SH 波的散射；刘颖分析了 Rayleigh 波在液晶高弹体材料中的传播特性。“声子晶体、声波超材料及声波器件中的波动问题”主要探讨声子晶体与声波超材料中的波动特性，考察结构周期性和材料特异性的影响。其中，周萧明建立了声凋落波与具有各向异性质量均匀平板介质相互作用的解析模型；徐艳龙开展了复杂周期结构弹性波能带特性研究；庞玉研究了磁电层状周期板中 SH 波的频散特性；李凤明从固体物理学的角度反思了周期结构动力学并提出了减振降噪方法；郭永强提出了分析一般双耦合周期梁中弯曲波传播的回传射线矩阵法；向志海提出了用于超材料设计的坐标变换方法的统一描述。

结构优化已成为制造数字化的重要组成部分，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、方法与应用”专题研讨会交流了 53 个学术报告，内容涵盖了结构拓扑优化、多学科/多目标优化、不确定性优化设计以及结构优化在航天航空、交通、注塑成型、动力机械等工程领域应用诸多方面。其中，程耿东院士课题组报道了在耐撞性拓扑优化、几何多尺度拓扑优化和网格加筋稳定性优化方面的最新研究成果；张卫红探讨了多组件布局、复合材料铺层一布局协同优化等研究；郭旭讨论了对称优化问题全局最优解对称性的一些重要性质；邱志平发展了非概率混合可靠性分析方法；韩旭完善了结构系统可靠性优化设计；刘书田对考虑结构热稳定性及脱模约束的结构拓扑优化算法作了改进；王博结合航天结构轻量化需求介绍了网格加筋稳定性优化的最新研究工作；阎军围绕热弹性点阵材料设计讨论了几何多尺度拓扑优化；陈建桥、刘桂萍等学者分别介绍了土木工程、压力容器、动力机械等不同工程设计的最优化算法。

针对固体力学的其它前沿热点问题，如软物质力学、表界面力学、多物场耦合力学、能源中的力学问题等，大会也设置了若干专题研讨会。“第二届软物质力学研讨会”安排了 27 个学术报告，从理论、实验与数值模拟等多方面探讨了多

种典型软物质与结构的力学响应特性，如介电高弹体、生物组织、凝胶、铁电薄膜、DNA、液晶高聚物、形状记忆聚合物、柔性电子器件等。“固体流变学与应用”专题研讨会安排了 15 个学术报告，大都集中在各类固体材料的黏弹性性能研究上，如邓旭辉考察了 PMMA 纳米压痕的黏弹性回复响应；张晓春研究了沥青路面在恒车载频率和载荷作用下的黏弹性响应。“第三届分数阶动力学和统计力学研讨会”的 15 个学术报告讨论了分数阶微分方程、分数阶广义积分方程、分数阶可动边界问题的构造、性质、求解以及应用。“表面和界面效应的力学问题”专题研讨会安排了 35 个学术报告，经典的 GM 表面弹性理论及其推广被广泛应用于结构建模及响应分析中，吸附、接触等问题引起了与会者的高度兴趣，界面对复合材料有效性能的影响则是会场的另一个聚焦点。“多物理场耦合力学与多学科优化”专题研讨会安排了 35 个学术报告，涉及热力耦合、刚液耦合、流固耦合，不仅研究有关结构的静动力和屈曲响应，也发展相应的算法、程序、优化策略和可靠性设计。“电池材料和系统的力—化学耦合”专题研讨会安排了 10 个学术报告，锂离子电池在充放电过程中的力学问题得到了大家的普遍关注，锂离子的扩散机制、电极材料的变形和破坏、薄膜分层、局部电迁移等问题得到了充分的交流和讨论。

国家在重大工程项目中的持续科研投入使固体力学发挥出重要的指导作用，本次大会安排了若干专题研讨会，针对性地交流相关领域的研究进展。“航天飞行器结构强度与动力学环境研究”专题研讨会共安排 61 个学术报告，内容涉及液体火箭发动机、空间站伸展机构、蜂窝夹层结构、天地返回舱、航天贮箱、螺旋天线等飞行器结构在高温、跨音速、噪声、冲击、随机荷载等环境下的力学性能和静动力响应研究。“先进电子封装技术中的力学问题”专题研讨会安排了 17 个学术报告，重点讨论了微电子封装材料和结构的损伤、断裂、疲劳、分层开裂等力学行为，以及缺陷检测、可靠性分析和寿命评估。“智能可变形飞行器关键技术”专题研讨会安排了 18 个学术报告，从仿生和智能化角度深入探讨了可变性飞行器的设计，研究其力学建模、气动布局与优化、实验辨识。“石油工程与石化装备中的力学问题”专题研讨会组织了 17 个学术报告，对海底柔性管道、页岩气水平井、石化管道、钻杆、煤层气井、封隔器等重要石油石化结构和装备的力学问题进行了深入探讨。由于涉及复杂的工况、形状、非线性等因素，数值

模拟方法在这类问题的研究中扮演了主要角色。“反应堆结构力学”安排了 11 个学术报告，聚焦于反应堆结构和有关部件的地震反应分析、热应力分析、极限承载能力分析和断裂分析。

### 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、灾害、海洋等诸多领域发挥着越来越重要的作用，本次大会设有“流体力学”分会场和 17 个流体力学专题研讨会。另外，“激波与激波管”、“流变学”等分会场和其他专题研讨会上也进行了充分的与流体力学有关的学术交流活动。学术报告内容涵盖流体力学的主要研究领域，包括湍流、多相流、非牛顿流、水动力学、高温气体动力学、渗流力学、工业流体力学、实验流体力学、计算流体力学以及磁流体力学、微纳米流体力学、交通流、环境流体力学、生物流体力学等，反映了我国流体力学基础理论的研究前沿和应用需求。

“流体力学”分会场共安排了 11 个邀请报告和 4 个青年邀请报告。许春晓介绍了关于壁湍流相干结构和减阻控制方面的研究进展，基于直接数值模拟揭示了主动控制影响流向涡生成与演化的物理机理，提出并深入研究了反相与同相控制方案及其减阻效果。马庆位讨论了关于 MLPG-R 方法的发展及其在非线性水波与结构相互作用研究中的应用。罗喜胜发展了一种不需要支撑和网格的肥皂膜界面，研究了平面激波冲击下界面的变形与发展。郁伯明围绕低渗和特低渗透油气藏渗流研究热点评述了若干基础理论研究进展与研究策略。张建明关注于泄洪消能理论和新技术的发展。李战华重点介绍了在微纳流动中连续性和边界条件方面的实验研究进展情况。沈清报告了高超声速飞行器中若干气动难题（如边界层转捩、激波-边界层干扰等）的实验研究，并讨论了若干实验新技术及其在高超声速飞行器气动力热研究中的应用。张来平报告了高阶精度计算格式方面的研究进展，提出了“静态重构”和“动态重构”概念，并利用“动静态混合重构”思路，构造了一类基于非结构/混合网格的高阶精度 DG/FV 混合格式，实践表明具有较高的计算效率。周全报告了湍流 Rayleigh-Benard 对流中的边界层结构，发现采用瞬时热与速度边界厚度的动态标度方法，则温度和速度边界层分布将与经典的 Prandtl-Blasius 层流边界层相一致。田红旗和王同光分别报告了高铁和风力机方

面相关的流体力学问题与研究进展。

青年邀请报告为本次会议首次设立，主要针对优秀青年研究人员，展示他（她）们所取得的创新性成果。仲峰泉实验研究了超临界态碳氢燃料湍流流动与对流传热特性，发现临界点附近出现传热先恶化后强化现象，通过数值模拟揭示该现象和近壁区湍流强度变化、平均速度剖面间的联系。田保林发展了一种多介质整体 ALE 方法，能模拟多介质大变形和可压缩多相湍流问题，成功应用于多物质复杂流动模拟中。丁航报告了对液滴浸润界面动力学过程的研究，显示了液滴快速铺展导致表面毛细波，其在液滴顶端的汇聚产生小液滴喷射现象。杨立军介绍了胶体火箭发动机中凝胶推进剂流动演化中的力学问题（如射流破裂雾化、雾化参数表征等）。

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”分会场的 24 个邀请报告，内容涵盖了激波与界面的相互作用、爆轰波精细结构与稳定性、RM 不稳定性及其诱发的湍流混合、高超声速流与飞行器气动布局、激波风洞建设与实验技术等诸多前沿领域，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。“流变学”分会场共有 17 个邀请报告，内容涵盖了对非牛顿磁性纳米流体、含蜡原油、高分子减阻液、高聚物等复杂介质流变特性及其运动规律的研究，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，为我国油气开发、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。

本次大会组织了 30 余个与流体力学直接或间接相关的专题研讨会，主要涉及湍流、多相流、非牛顿流、水动力学、高温气体动力学、渗流力学、工业流体力学、实验流体力学、计算流体力学以及磁流体力学、微纳米流体力学、交通流、环境流体力学、生物流体力学等。

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。本次大会设有三个湍流方面的专题研讨会，其中，“湍流与稳定性”专题研讨会安排了 55 个学术报告，“RANS/LES 混合方法研究进展”和“湍流热对流”两个专题研讨会分别有 12 和 22 个学术报告，从多方面充分展示了我国学者在湍流领域所取得的最新进展。

流动控制与减阻以及气动力、热特征与优化设计是现代舰船与飞行器设计所必需的关键技术。本次大会共有 8 个相关的专题研讨会，其中，“流动控制与流动减阻技术及其应用研究”专题研讨会共进行了 42 个学术报告，“飞行器进排气系统”专题研讨会共进行了 11 个学术报告，“风力机空气动力学及叶片设计”专题研讨会共进行了 22 个学术报告，“激波-边界层干扰与流动控制”专题研讨会共进行了 14 个学术报告，“稀薄气体动力学”专题研讨会共进行了 27 个学术报告，“等离子体气动热力学暨第二届等离子体在航空航天中的应用”专题研讨会共进行了 30 个学术报告，“气动热力学环境与热防护”专题研讨会共进行了 38 个学术报告，“智能可变形飞行器关键技术”专题研讨会共进行了 18 个学术报告。上述报告内容涵盖了不同的应用领域，充分反映了我国学者在相关领域所取得的最新进展，显示了流体力学在流动控制与减阻以及气动力、热特征与优化设计等方面所发挥的重要作用。

多相流、非牛顿流和渗流广泛存在于石油、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、工程热物理、物理化学等学科相互交叉、融合的重要研究方向。本次大会共有 6 个相关的专题研讨会，其中，“多介质多相复杂流动”专题研讨会共进行了 16 个学术报告（其中，邀请报告 5 个），“离散介质（颗粒/液滴/气泡/纳米）多相流体力学”专题研讨会共进行了 20 个学术报告（其中，邀请报告 4 个），“大气边界层中的风沙与大气环境、水环境”专题研讨会共进行了 33 个学术报告，“颗粒材料计算力学与环境力学”专题研讨会共进行了 15 个学术报告，“非牛顿流体力学的理论与应用”专题研讨会共进行了 25 个学术报告（其中，邀请报告 8 个），“多孔介质复杂流动研究”专题研讨会共进行了 29 个学术报告。这些报告内容反映了我国多相流、非牛顿流和渗流研究范围的不断拓展和研究水平的不断提高，以及相关研究成果在重大工程实践中的应用日益广泛。



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。“计算流体力学及其应用”专题研讨会共进行了 56 个学术报告,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,涵盖了数值方法与数值模型以及利用数值模拟方法对工程问题的分析与研究。计算模拟同样是流体力学的重要研究手段。另外,在“计算力学”分会场,刘谋斌应用改进的 SPH 方法进行了爆炸焊接过程的光滑粒子动力学模拟,展现了爆炸焊接过程的力学行为特征;李启兵总结了高精度多维气体动理学格式的研究进展和高阶动理学格式最新研究进展;郑耀介绍了面向燃烧模拟的高端数字样机系统。这些报告主要涉及流体力学计算方法与计算技术,反映了我国计算流体力学的若干新成就、新成果。

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。“磁流体力学”专题研讨会上有 32 位学者作了学术报告,内容主要涵盖热核聚变堆包层磁流体动力学和电磁冶金领域中的应用技术等诸多前沿领域,涉及我国能源问题和冶金领域当前所面临的迫切需要解决的磁流体力学前沿课题,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。

微纳米流控器件自上世纪 90 年代开始,在生物医学、化学分析、新能源、军事、信息等领域得到了广泛应用。作为其理论基础的纳微流体力学是研究纳微尺度下流体运动、传质、传热、生化反应等规律的一门新兴交叉学科。“微纳流动的机理与应用研究”专题研讨会共进行了 28 个学术报告,内容涵盖了微纳米尺度下的流动机理、物质运动规律、多相流动现象、实验测量技术等,涉及理论分析、数值计算及实验研究等各研究方向,体现了国内学术界在微纳米尺度流动相关研究工作上的最新进展及优秀成果。

城市化的发展,交通拥堵成为关系民众日常生活、工作休闲等的大事。利用流体力学的方法研究交通问题,并为解决相关难题提供可行方案,成为流体力学发展的新的热点。“复杂交通现象的实测和模拟”专题研讨会共进行了 15 个学术报告,内容涵盖了城市、城际与内河航运交通流的特征、路网结构、交通灯控制策略等不同方面,反映了我国学者在交通流这一重要的新兴交叉分支学科方面所

取得的最新进展。

### 2.2.3. 动力学与控制

近年来,动力学和控制学科与航空航天、机械、建筑、信息、物理、生物等其他学科得到了较好的交叉与融合,并且在相关领域已经取得了很好的研究成果。本次大会设有“动力学与控制”分会场及“分析力学”、“非线性动力学理论和应用”、“时滞系统动力学与控制”、“多体系统动力学”、“随机动力学、振动、控制和实验”、“神经网络和网络系统的动力学与控制”、“航天器动力学与控制”、“复杂系统建模与分析”和“不确定性的传播与工程可靠性”等专题研讨会,共安排学术报告 253 个,内容不仅涉及学科发展的基础科学问题,而且涉及国家重大工程需求的关键技术问题,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涵盖领域的广泛性。

“动力学与控制”分会场共安排了 9 个邀请报告,主要反映近年来动力学与控制学科取得的若干最新进展和研究展望。胡海岩阐述了从工程科学角度研究热防护结构动力学的基本思路,对机械连接式热防护结构进行了动力学建模和模型修正,预测了高温环境和宽频带声激励联合作用下的结构振动响应,并进一步给出了该领域值得关注的若干基础科学问题。张崇峰介绍了我国对接机构的系统方案,飞行器在空间的碰撞、对接捕获和对接能量缓冲等动力学问题以及对接机构的研制思路,对空间对接技术的后续发展也进行了探讨。欧阳华江讨论了移动载荷下结构的振动控制问题。张伟概述了他们对高维非线性系统的全局摄动法、能量-相位法和广义 Melnikov 方法的研究、改进和推广,并将这些方法用于研究工程系统中存在的单脉冲和多脉冲全局分叉以及 Shilnikov 型混沌动力学。丁千简要介绍了主要的静、动态摩擦力模型及适用范围,摩擦系统自激振动的研究方法和典型分岔现象,以及摩擦结构不稳定机理、强迫振动和摩擦振动控制方面的若干研究进展。余振苏指出必须走出传统机械力学的框架,在面向生命、人体、社会等智能性复杂系统时,力学的概念有待大力开拓,应从多维多层次耦合的角度来讨论系统力学。谢建华对一维混沌动力学中的若干概念、方法和理论及应用作了较为详细的介绍。李常品研究了分数阶动力系统的线性化,分析了分数阶动力系统的混沌同步,并指出了分数阶动力学面临的几个挑战性问题。在实验方面,

宋汉文从如何根据测试信号辨识系统耦合参数及如何将未知复杂控制规律的辨识变换为对结构动力学参数在一系列不同状态下的跟踪辨识两个方面展现模态参数的精细化辨识算法、未知开环载荷下的模态参数辨识方法、系统非线性特性及时滞耦合参数辨识、非自伴随系统的特征向量辨识等近代辨识方法和实验技术。

近 10 个相关的专题研讨会都包含了新颖而饱满的报告主题。“分析力学”专题研讨会的 12 个学术报告内容主要包括 Birkhoff 力学、非完整力学、几何力学、动力学系统的保结构计算研究、分析力学及其他相关学科的交叉研究和分析力学方法在工程科学中的应用研究。“非线性动力学理论和应用”专题研讨会安排了 45 个学术报告，分成 2 个会场进行交流，主要内容包括分岔分析、混沌预测与控制方法及其应用、同步现象及复杂网络动力学、非线性系统的分析方法和数值方法、非光滑及多场耦合系统的非线性动力学、实验中的非线性动力学现象及机理研究、非线性振动及非线性减振和隔振方法与技术、利用非线性特性的能量产生和收集方法、非线性系统的运动稳定性问题和工程实际中的非线性动力学问题。“多体系统动力学”专题研讨会的 28 个学术报告涵盖了多体系统动力学建模理论、多体系统动力学数值计算方法、多体系统动力学实验研究、多体系统动力学应用、航天器轨道动力学与控制等。“随机动力学、振动、控制和实验”专题研讨会分成 2 个会场，共 45 个学术报告，内容包括线性随机系统的响应与可靠性，非线性随机系统的稳定性、分叉与混沌，非线性随机系统的共振与同步，非线性随机系统的控制，时滞非线性随机系统，随机动力学系统与随机激励的建模，随机结构动力学，非光滑随机动力学以及随机扰动的分数阶动力学，振动理论及其应用，非线性振动分析及其控制，振动主被动控制理论和方法，振动实验分析及信号处理和振动及其主被动控制实验等。“神经网络和网络系统的动力学与控制”专题研讨会组织了 23 个学术报告，主要内容有神经系统的非线性动力学分析，知觉编码的神经动力学模型与数值模拟，学习与记忆的神经动力学模型、数值模拟与实验研究，运动控制的神经动力学模型与数值模拟，高级认知功能的神经建模与实验分析，EEG 信号与其他生物医学信号处理的分析与应用，复杂网络系统同步、控制及其应用，复杂网络动力学建模、分析及其在神经系统中的应用，与神经网络和网络系统相关的动力学与控制，等等。在“时滞系统动力学与

控制”专题研讨会上交流的 19 个学术报告，涉及了时滞系统的建模、仿真与实验，时滞系统的稳定性与非线性动力学，时滞状态反馈控制与鲁棒控制、时滞系统的同步与混沌控制，随机时滞系统的动力学与控制，工程中的时滞动力系统等相关问题。“航天器动力学与控制”专题研讨会安排了 33 个学术报告，主要内容包括航天器姿态动力学与控制、航天器轨道动力学与控制、航天器结构动力学与控制、液体燃料晃动动力学与控制、复杂航天器液-固-柔-控耦合动力学、相关领域的非线性动力学及控制问题、空间交会对接动力学与控制 and 空间编队与星座动力学与控制等其他相关的问题。“复杂系统建模和分析”专题研讨会会有 23 个学术报告，大家从构建动力学数学模型、模块划分、适应性和敏感性分析、开关效应的动力学、网络系统的可控性、数学模型的拓扑结构与系统动力学的关系、鲁棒性分析等方面进行了深入的交流。“不确定性的传播与工程可靠性”专题研讨会组织了 33 个学术报告，涉及了不确定性的表达与动力激励的建模、大型复杂非线性系统的精细化分析与多尺度综合模拟、非线性随机振动与随机动力学的最新进展、工程结构与系统的动力可靠性与整体可靠性等各方面。

#### 2.2.4. 生物力学

生物力学是研究生命体运动和变形的学科，其基本内涵是运用力学原理、理论与方法深化对生物学与医学问题的定量认识。本次大会设有“生物力学”分会场以及与生物力学直接相关的“细胞力学微环境”与“生物材料与微纳结构”2 个专题研讨会，内容涵盖了生物力学的主要研究领域，诸如运动生物力学、心血管生物力学、血液动力学、骨力学、脊椎生物力学、眼生物力学、细胞力学、分子生物力学、生物材料力学与仿生、计算生物力学与生物力学的哲学层面等。

“生物力学”分会场上共邀请 25 位学者作学术报告，涉及近年来生物力学学科取得的若干最新进展。刘志成介绍了其从哲学层面认识力学并在生物范畴内开展研究，表明认识疾病过程中的力学规律并加以合理调控对人类健康意义重大。宫赫建立了 8 个基于影像的具有不同退变程度的腰椎 L2-L3 节段非线性有限元模型，由此分析评价了不同退变程度对于腰椎 L2-L3 节段力学性能的影响。贺纓通过生物力学方法研制出基于脑部计算机断层扫描图像的个性化脑 Willis 环体外模型，考察其通过交通动脉的血液调节作用，揭示了动脉瘤的存在对脑部供血的影响。蒋文涛进行了药物洗脱支架连接筋构型、数量和药物涂层对流场和浓

度场分布的血液动力学数值研究。康慧敏将骨悬臂梁试样置于均匀的电场中,发现了骨的电致伸缩特性。尹赛赛通过对一名健康成年男性的腰椎进行 64 排螺旋 CT 连续薄层扫描,获得 L1-L5 的 DICOM 格式的二维断层图像,从而建立有限元模型对全腰椎侧凸进行了力学研究。范毅方通过足印迹主轴对足印迹进行定位等标准化处理,建立了沿足印迹主轴的足印迹时序指标和足印迹冲量指标。齐颖新应用高血压动物模型和体外细胞张应变加载系统,探讨 Rab28 在高血压血管重建中的作用及其可能的分子机制。姚伟基于数值模拟研究了机械刺激下肥大细胞网络中内钙信号和 LTC<sub>4</sub> 的释放,探索肥大细胞网络中信号传播途径以及组织液流动对细胞网络中信号传递和生物响应的影响。张旻探讨了 BMPs 在压力调控兔 BMSCs/PRF 成软骨响应过程中的具体作用及其信号途径。钱秀清利用光学相干断层扫描仪获取在体猫眼的断层图像,重建出包含视网膜和脉络膜的三维模型,并进行了力学分析。卢金秋利用动脉内膜切除术后的斑块切片,建立新生血管和其他组织的有限元分析模型,进行了动脉粥样硬化斑块内新生血管对斑块破裂影响的数值分析。刘雯雯探讨了骨折愈合的过程和持续动态压应力对骨折愈合的影响及相关机制。李志勇数值分析了血小板的疲劳寿命,结果表明血小板的破裂可能来源于其疲劳裂纹的扩展。覃开蓉采用理论分析和数值仿真相结合的方法探讨了电阻抗法检测肱动脉 FMD 的可能性,结果表明脉动流引起的红细胞变形和排列的变化对动脉血流电阻抗的影响远小于动脉管径改变的影响。徐献忠分析了食品力学性能对人类咀嚼行为的作用和影响。张昆亚实验模拟了恶性青光眼的发病过程,获得虹膜面积等参数随眼内压的变化规律。潘友联探讨了窦管交界和窦部直径对主动脉瓣关闭功能的影响。刘岩正研制了一种新型多功能体外细胞动静态正负压加载系统,进一步通过对不同压力条件作用下 BMSCs 从增殖活性、细胞周期到超微结构、细胞骨架、凋亡情况、乃至 BMSCs 的成软骨基因的 PCR 检测等多方面进行分析,揭示了不同压力条件下 BMSCs 的力学生物学响应。乔爱科对 3 种具有不同连接筋的支架治疗椎动脉狭窄进行了支架-血管斑块-血液等边界耦合的固体力学和血流动力学数值模拟。张春秋采用琼脂糖凝胶作为人工软骨,建立了组织工程修复关节软骨浅层缺损和深层缺损的体外模型。刘展有限元模拟了术后各特征时期愈合骨段及 TMJ 的应力分布。尹协振采用旋转铸造法制备出高透光率、均匀薄壁的低弹性模量硅胶管。赵秋云探讨了以红细胞为载体的造影剂制备方法与工艺。甘延量化分析了左心室心肌局部性运动,评价了心脏

的运动功能。

细胞及其生物分子的形态、功能与活动行为与其力学环境和微环境密切相关，探索微环境对细胞或生物分子力学响应的影响机制，对于认识人类自身健康与疾病将有着重要的意义。“细胞力学微环境”专题研讨会共安排 17 个学术报告，其中，娄继忠探讨了力调控的 Notch 跨膜蛋白激活与基于 T 细胞急性淋巴细胞白血病/淋巴瘤的 Notch 蛋白负调控区的结构基础；陈彬等发展了一个分子模型，从而揭示了肌球蛋白马达独特的力学响应与肌动蛋白与肌球蛋白结合的随机行为；李德昌研究了 HIV-1 蛋白酶结构与功能关系及其与药物分子相互作用的机理，解释了蛋白酶系统中不同药物分子分离速率常数存在巨大差异的原因；刘程林实验表明 MSCC-PLC-ER 钙响应信号通路参与调控破骨单体细胞的迁移；和世杰模拟了黏附斑的成熟和肌动蛋白丝与细胞膜断开的过程；霍波系统研究了单细胞压缩和流体剪切力等不同力学刺激下细胞网络内钙响应和钙传递的特性和信号传导机制；赵虎成揭示了基底刚度对 BK 通道电流的影响可能是通过改变通道的表达量来实现的。

经过长期演化，地球上形成了由动物、植物与微生物组成的高度复杂的生态系统，其中动、植物种类就多达上千万种。优胜劣汰的进化过程是多尺度的，不仅体现了宏观上物种的演化，个体的器官和组织形态的演化，而且反映在生物材料的分级结构、功能等全方位的发展。研究生物材料在多尺度多级结构上的力学行为，对于认识自然与人工仿生具有重要的科学意义。“生物材料与微纳结构”专题研讨会共安排 21 个学术报告，其中 5 个为邀请报告。冯西桥系统地介绍了生物材料的强韧化机制，并以蚕茧、蚕丝、珍珠母、牛角等几种典型生物材料为例，综述了生物材料多级结构、优异性能、断裂特点及其主要强韧化机制。戴振东介绍了其团队发明的三维微米级小载荷力传感器，并和高速摄像机联用，研制了三维运动反力和运动行为测试阵列。郭万林发现了水分子在钾通道的开闭、钠钾通道的非选择性离子传导和钠通道的离子导通等神经活动的基本过程中的分子物理力学机制，并提出了一种基于碳纳米管振动的纳米水泵模型。林灏通过对细胞在流场中变形的理论预测与实验观察达到了对细胞膜力学参数的定量测算，推导出了关于细胞变形几何参数的常微分方程，发现了细胞膜放松的普遍对数相似率。梁海弋采用变厚度球壳模型，通过实验、模拟和理论手段，阐释了锥形角膜的发生机理，分析了角膜厚度的影响。

### 2.2.5. 力学交叉学科

力学的发展一直伴随着与其他学科的交叉融合,在我国,环境力学、爆炸与冲击动力学、物理力学的影响力和规模最大,在本次大会上,在这三个力学交叉方向都设有相应的分会场合和专题研讨会。

全球气候变化和人类活动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、防沙治沙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。本次大会“环境力学”分会场合共邀请 15 位学者作学术报告。在河流泥沙方面,曹志先提出了明渠挟沙水流双层积分模式;钟德钰通过引入水沙两相流的相分布函数建立了泥沙运动的动理学理论框架;方红卫介绍了河流泥沙磷迁移过程的环境力学研究;舒安平针对黄河上游塌岸侵蚀建立了动力学模型;包芸开展了珠江河口磨刀门水道盐水上溯和咸潮灾害研究。在海洋与水利工程方面,林缅分析了中尺度涡旋对深水环境低频声波传播特性的影响;刘谋斌对波流环境下海洋溢油拦截进行了基于 SPH 方法的数值模拟;陈文利用分数阶导数模型考察了水利和海洋工程中的反常扩散现象。在大气环境方面,崔桂香针对城市大气环境开展了多尺度大涡模拟;苗世光研究了北京城市化对大气边界层结构和降水的影响;丁珏分析了雾霾天气气溶胶形成和迁移过程的力学机制;王元通过实验研究了风沙运动的相似率问题。另外,黄宁阐述了近年来积雪分布研究所取得的新进展及存在的问题,指出了揭示流域积雪分布时空变化规律的有效途径;陈云敏详细介绍了城市固体废弃物填埋场环境土力学的研究进展和应用效果;殷德顺基于实验观察提出防治隧道沉降的主要措施应是减少隧道周围软土的含水量。这些邀请报告充分显示了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。另外,“颗粒材料计算力学与环境力学”专题研讨会安排学术报告 18 个,侧重于颗粒材料的本构建模、计算方法和破坏机理等的研究。其中,黄鹏采用物质点法进行了堆积物坍塌流动过程的数值模拟;张传虎将三维宾汉姆流体自由表面流动算法应用到水泥砂浆的坍塌度试验模拟中;费明龙实现了对准静态加载条件下颗粒体系中的速度场、应力场等内部信息的演化过程的模拟。

由于工程和国防应用的重大需求,我国学者在爆炸和冲击动力学方向的研究

也十分活跃，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 3 个。“爆炸力学”分会场邀请了 14 位学者作学术报告。虞吉林利用基于 Voronoi 技术的细观有限元模型，考察了随机缺陷和不均匀性等对泡沫金属动态力学性能的影响。刘凯欣实验研究了高速冲击载荷下金属玻璃的力学特性，并建立了相应的力学模型。李玉龙建立了一种高温、高应变率耦合条件下的力学性能拉伸实验技术，并开展了应用研究。卢芳云针对 3 种船体钢进行了准静态和动态拉伸试验，获得了不同加载应变率下的应力应变曲线。王志华研究了多孔金属及其夹芯结构的冲击力学行为。陈鹏万对不同形式低速撞击下炸药装药的安全性及尺寸效应的影响进行了分析。胡海波讨论了金属柱壳高应变率断裂行为的认识进展。戴兰宏介绍了其课题组在金属高速切削方面的研究进展。赵剑衡重点介绍了斜波加载技术的研究进展和相关的物理力学性能研究现状。周刚利用相似性理论开展了爆炸容器和侵彻弹体的缩比实验研究。洪滔数值模拟了炸药非冲击点火过程。董新龙开展了绝热剪切热黏塑性失稳演化及多重绝热剪切带形成机理方面的研究。王成给出了能够描述火焰加速和爆燃转爆轰过程不同阶段的化学反应模型，并进行了大规模数值模拟。“应力波、冲击波和爆轰波”专题研讨会安排了 29 个学术报告，大多数侧重于数值模拟的研究，包括本构建模、算法、自适应网格等。“水下爆炸威力评估及其数值模拟仿真”专题研讨会组织了 15 个学术报告，对水下爆炸的实验评估和数值仿真进行了充分交流。如，李晓杰制作了连续压导探针，可准确测出水中冲击波近场连续速度，得到水中冲击波在近场的衰减规律；赵海涛采用高精度 WENO 格式进行空间离散，采用 TVD Runge–Kutta 法进行时域离散，发展了水下爆炸问题的高精度计算方法；李上明采用比例边界有限元法模拟冲击波作用下水工结构载荷及其响应，克服了传统有限元分析中冲击波在无限域中传播的问题。“轻质结构抗冲击与能量吸收”专题研讨会共安排了 18 个学术报告，其中新型轻质结构（如密度梯度复合靶、多层功能梯度复合靶、多胞金属薄壁结构、充液夹层结构、轻质点阵夹芯板、预折纹管等）的冲击力学性能得到了大家的普遍重视，从数值模拟、实验测试、理论预测和设计等角度进行了分析和讨论。

物理力学侧重于从材料的原子、分子结构等微观性质出发预测工程材料或结构的宏观力学行为。本届大会“物理力学”分会场共有 14 个邀请报告。王育人结合局域共振声子晶体和多尺度互穿网络结构，设计了声子玻璃复合材料，实验结



果表明其有宽频范围的强吸声性质。李志刚针对纳米尺度的流体流动开展了大量的分子动力学仿真，表明了纳米尺度可能有不同的流动规律。王红岩对 DPAL 和 SLGS 中亟需解决的原子物理问题进行了综述。王军基于气体动力学理论研究了纳米颗粒在二元混合稀薄气体中的热泳现象。毛卫国研究了复杂环境下隔热防护涂层断裂失效的实时表征，并定性评价了涂层拉伸损伤演变过程。王晶研究了航空煤油替代燃料环己烷的热解机理。王沫然基于 Enskog 方程的广义 Enskog Monte Carlo 法模拟了高 Kn 数非理想气体的流动和换热过程。戴佳钰针对高温稠密物质，结合电子结构处理方法，发展了平均原子模型及其分子动力学方法、量子朗之万分子动力学方法和路径积分分子动力学方法。钱劲从力学角度，建立受体-配体分子键团簇随机过程与连续介质变形的耦合理论体系。袁泉子采用跨尺度实验、分子动力学模拟等手段探索了不同黏度的液滴在不同粗糙度的微柱阵列亲液表面的润湿动力学。张昌华采用发射光谱法研究了碳氢燃料在激波管中的自点火燃烧特性。侯永分析了温稠密等离子体中离子关联效应对离子价态分布的影响。“激光与物质相互作用”专题研讨会组织了 15 个学术报告，主要涉及激光等强光辐射作用下物质或材料的性能变化和响应特性以及相应的实验装置建设。例如，夏伟光实验研究了激光冲击强化对形状记忆合金热力学性质及微结构的影响；谷渝秋介绍了星光 III 装置的主要参数和结构、性能及建设进展以及利用该装置开展的材料准等熵压缩实验研究。“表面和界面物理力学”以及“薄膜界面力学及物理力学”两个专题研讨会共组织了 58 个学术报告，从物理力学的角度探讨表界面效应及其对材料和结构性能的影响。例如，王志乔从连续介质力学出发，考虑影响表面能改变的物理机制，研究纳米薄膜结构在不同环境温度和加载条件下的热弹性振动规律；殷雅俊指出在微纳米卷曲空间能够诱发新的驱动力，如曲率和曲率梯度调制的驱动力；刘建林运用可动边界条件变分的思想，对黏附问题的可动边界条件进行了分析；刘彬介绍了原子有限元在多物理场研究中的新进展；陈少华采用分子动力学方法系统研究了石墨烯与粗糙表面基底的相互作用。

### 3. 结语

本次力学大会的众多学术报告充分表明力学在现代科技与社会中发挥着越

来越重要的作用，并且随着科技的高速发展，其作用更显得不可或缺。另一方面，自然科学中的新现象与工程实践中的新问题不断涌现，也在不断拓展着力学的研究范围，促使其与能源、生物、化学、微电子、环境、医学等领域进行深度的交叉融合，不断激发出新的学科生长点和蓬勃的发展潜力，对发挥力学在自然科学与重大工程技术间的桥梁作用作出了积极的贡献。

本次力学大会反映了我国力学学科的如下主要特征和发展趋势：（1）多尺度多场耦合力学依旧是重要的研究热点和学科增长点，近年来进一步突出了问题的非线性和其它复杂因素的影响，更强调了与其它学科的交叉融合，在微纳米力学、生物力学、软物质力学、表界面力学等领域这一特征尤为明显；（2）理论—计算—实验三位一体的研究方法越来越得到大家的重视，创新成果不断涌现，近年来在国际顶尖学术期刊上发表的论文数量上升较快，我国学者在一些前沿研究领域的国际学术地位也呈不断上升趋势；（3）国际交流机会明显增多，国际合作越来越紧密，合作层次更为深入，合作双方的地位更为平等，催生了一批高质量、有影响的合作科研成果；（4）与国家重大需求的结合呈上升趋势，由力学工作者牵头负责的 973 等国家重大科研项目数量增多，力学在工程技术中的作用得到学界和社会的普遍认可。

本次力学大会无论从参会规模还是整体学术报告质量上与历届会议相比都有所提升，较真实、全面地反映了我国力学学科近年来的稳步发展态势与创新研究成果，这受益于我国经济发展和政府对基础科研的持续投入，受益于航空航天、国防军工等重大国家需求对科技的呼唤，也受益于各项人才支持计划对海外高层次人才吸引和对本土学者的激励。本次大会充分体现了我国力学工作者的开拓精神、创新意识和合作风貌，大会取得了圆满成功，必将对我国力学学科起到很好的宣传和推动作用。

**致谢：**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。