



## 第四届全国固体力学青年学者学术研讨会简介

李振环<sup>1</sup> 赵红平<sup>2</sup> 冯西桥<sup>2</sup> 詹世革<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 华中科技大学土木与力学学院力学系, 武汉 430074

<sup>2</sup> 清华大学工程力学系, 北京 100084

<sup>3</sup> 国家自然科学基金委员会数理科学部, 北京 100085

由国家自然科学基金委员会数理科学部发起、国家自然科学基金委员会数理科学部和中国力学学会青年工作委员会主办的第四届全国固体力学青年学者学术研讨会于 2010 年 8 月 13 日 ~ 15 日在湖北武汉华中科技大学召开, 清华大学冯西桥教授和华中科技大学李振环教授担任会议主席。

全国固体力学青年学者学术研讨会是由国家自然科学基金委员会数理科学部和中国力学学会青年工作委员会主办的系列会议之一, 旨在为活跃在固体力学研究第一线的 40 岁以下的青年学者打造一个学术交流和合作的平台, 通过推动青年学者之间的学术交流和合作来促进他们的成长, 为固体力学学科的未来发展提供人才队伍支撑。前 3 届青年学者学术研讨会分别在浙江大学 (2005 年)、西南交通大学 (2006 年) 和西安交通大学 (2008 年) 召开。

本届研讨会邀请了全国从事固体力学研究的 40 岁以下的青年学者 49 人, 并特邀了两位著名的中青年科学家与会。会议期间, 各位代表分别介绍了他们近年来取得的代表性成果, 并针对在学科前沿发展和国家重大需求双重驱动下的固体力学发展的新趋势和挑战性科学问题进行了深入研讨。

本届研讨会共有两个特邀报告。清华大学郑泉水教授在题为“力学使命的变迁”的报告中, 介绍了他在负责清华大学钱学森力学班的建设过程中不断思考的一个问题: “明天”力学的历史使命是什么? 为此需要给“钱班”学生怎样的基础训练? 他认为, 力学完成的第一个使命, 是以牛顿力学、相对论和量子力学, 构建整个自然科学的基础; 近代力学的主要使命旨在帮助大多数工程实现量化, 是工程与科学之间的桥梁; “明天”力学的主要使命, 很可能会强烈体现多学科交叉的特征。进一步, 他以“钱班”和清华大学今年创办的微纳力学与多学科交叉创新研究中心为例, 对当今力学学科的未来发展、青年学者的成长和力学教育等问题阐述了自己的见解, 引发了与会代表的热烈讨论。中山大学王彪教授的报告题目为“光电功能材料的力学模型”。他系统阐述了微

纳尺度下铁电热力学理论中亟待解决的一些关键科学问题, 介绍了基于经典热力学理论与统计物理的铁电材料纳尺度热力学模型, 并对下一代介电存储器的发展趋势进行了展望。两位特邀代表还畅谈了他们从事科研工作的体会, 对青年学者的科研选题与治学方法等提出了很好的建议和指导。

与会青年学者的邀请报告体现了我国固体力学青年一代的活跃思想和创新成果, 部分报告内容简介如下。

在微纳力学方面: 北京大学段慧玲针对不同尺度的管束结构 (单壁碳纳米管管束和毫米尺度的塑料管管束), 分别采用连续介质力学方法、准连续介质力学和密度泛函方法分析了在收缩和膨胀作用下宏观尺度的管束和单壁碳纳米管束的形貌演化及其物理机制; 燕山大学郝圣旺讨论了非均匀介质灾变破坏的机理、非均匀效应、局部化和物理聚集量的临界行为, 指出在利用统计物理前兆信息预测灾变破坏过程中, 前兆特征是否与最终的灾变破坏直接关联是关键; 天津大学黄干云基于表面弹性理论, 研究了纳米颗粒球和圆柱的弹性振动, 分析了表面弹性对纳米结构低频拉曼频移的影响, 并讨论了利用拉曼散射技术测定表面弹性中所涉及的新材料常数的可能性; 暨南大学黄世清研究了多种微纳软物质薄膜结构在不同外载下的表面失稳问题, 讨论了失稳特征波长与薄膜厚度、薄膜弹性以及表面应力等因素之间的定量关系, 并给出了薄膜表面的稳定性相图; 华中科技大学罗俊用表面弹性理论和复变函数方法得到了反平面情况下纳米椭圆夹杂和螺位错相互作用的应力场, 并进一步讨论了表面效应对纳米椭圆裂纹的端部应力场、位错发射、屏蔽效应和韧脆转变的影响; 浙江大学曲绍兴报告了他在具有多尺度结构的金属材料强韧性方面的研究成果, 获得了纳米结构孪晶界的微观强韧化机理, 提出了实现含纳米孪晶界金属材料持续强化的新方法; 西安交通大学王刚锋基于表面弹性理论, 分析了表面效应对纳米线振动和屈曲的影响, 给出了纳米线横向振动的固有频率和临界轴向载荷, 研究结果有望对纳米线力学行为表征和纳米器件的设计提供借鉴和指导; 浙江大学王宏

涛在报告中介绍了镧系稀土金属氧化物薄膜和钎薄膜的生长行为及其电学特性,并给出了薄膜密度、导电性、结晶型态与氧的反应浓度之间的密切关系;天津大学王建国通过实验和理论揭示了高分子片晶手性生长的各向异性表面效应,针对手性高分子片晶等手性多级结构,研究了手性在多尺度层次上的传递,并利用空间曲线外微分形式和积分变分给出了纳米线手性形貌的形状方程;中国科技大学吴恒安结合分子动力学和量子力学模拟,提出一种从石墨烯窄带通过稳态拉伸形成较长碳原子单链的方法,结合分子动力学和连续介质力学方法,对自由和加载条件下的石墨烯起皱形态及其机理进行了分析;清华大学徐志平报告了纳米尺度界面的力学性质(刚度、强度)和能量输运行为(热传导,电子输运)之间的内在关系,通过实例给出了纳尺度界面热/电传导率与分子结构以及环境(温度、压力等)的内在关系;上海大学张能辉基于双链 DNA 的 Strey 状态方程和层合梁方法,给出了表面应力变化的解析模型,发现微悬臂梁-DNA 系统明显不同于 Strey 渗透压实验系统,构型熵的作用在许多检测条件下不可忽略,而且对盐浓度的变化非常敏感;上海大学张田忠报告了他在碳纳米管力学行为研究方面的系列成果,着重介绍了描述碳纳米管小尺寸效应的理论模型和方法,以及这些小尺寸效应在微纳器件设计中的可能应用;西安交通大学张伟旭给出了包含表/界面应力的基于线性比较材料的 Ponte-Castaneda 变分原理,估计了表/界面应力对非均匀材料宏观塑性变形的影响,并给出了纳米多孔材料和含内压闭孔金属泡沫材料的宏观变形曲线和屈服面。

在生物材料力学方面:北京理工大学季葆华报告了一个能将亚细胞和分子尺度上的力学性质与细胞尺度上的宏观力学行为关联起来的细胞粘附微观力学模型,能成功地预测细胞粘附斑失稳的临界载荷和牵拉载荷作用下的细胞重排行为;上海大学任九生报告了动脉壁和静脉壁在正常和非正常状态下的力学响应,并基于稳定性理论对动脉瘤的生成与破裂、静脉的负压失稳等临床现象进行了解释;兰州大学王记增报告了细胞粘附的弹性-随机-扩散耦合模型,给出了细胞粘附强度及其稳定性与粘附系统力学性质及粘附分子密度、化学键强度和扩散的依赖关系,探讨了细胞借助自身收缩机制对粘附斑进行主动调控的生物力学机理;中山大学姚海民研究了“鳞角腹足”蜗牛外壳和“屁步甲炮虫”爆炸反应腔内壁纤毛结构的特点,并对蜗牛外壳的耐热和“屁步甲炮虫”腔内爆炸缓冲的机理进行了解释;清华大学赵红平、冯西桥等研究了牛角角质层的微纳观结构与力学性能,并与贝壳珍珠母的微结构及其性能进行了比较,结果表明,尽管在自然界中有着完全不同的自组装路径(角质化与生物矿化),但牛角角质层与贝壳珍珠母有着相似的结构形态和力学性能,有望为仿生提供借鉴。

在功能材料、器件与结构的力学方面,复旦大学丁淑蓉介绍了弥散型核燃料元件在辐照作用下的力学行

为,给出了弥散型核燃料元件的细观力学模型和数值模拟方法,讨论了弥散型核燃料元件优化设计的多尺度研究方法;河海大学范华林报告了他们在轻质复合材料结构方面的研究进展,介绍了纤维增强点阵复合材料、轻质纺织夹层复合材料和多尺度轻质复合材料的制备及力学表征方法;兰州大学高原文介绍了多晶热电材料 Seebeck 系数的理论预测模型以及热电器件的热-力耦合行为,讨论了多晶热电材料 Seebeck 系数的晶粒尺寸效应,分析了透射率、温度和平均自由程等对 Seebeck 系数的影响;华中科技大学胡洪平报告了他在压电俘能器方面的研究成果,提出了多种新型压电俘能器模型,给出了适用于不同俘能器模型的结构优化方法;北京大学李法新报告了基于数学优化的多晶铁电/铁弹材料畴结构演化计算模型,该模型采用 Eshelby 夹杂方式考虑晶间作用,具有与传统相场模型类似的优势但计算量小得多,并且可以重现 Taylor 塑性原理;湘潭大学李江宇报告了一种新的适合于多铁材料微观结构形成和演化的相场模拟方法,给出了一系列多铁材料的微观结构演化的模拟结果,揭示了多铁材料宏观响应与微结构演化之间的内在关联。北方交通大学刘颖报告了二维(环系和空心球阵列)及三维(空心球阵列)梯度多孔材料模型,建立了梯度多孔材料动力响应与材料梯度分布、冲击速度之间的关系,可望实现对多孔材料的多目标集成优化设计;哈尔滨工业大学马力报告了他们开发的一次成型复合材料点阵结构,介绍了金字塔点阵夹芯结构在平压、剪切、侧压等典型载荷下的变形特性及其失效破坏机理;北京大学裴永茂介绍了超磁致伸缩材料多场耦合实验技术和相关的实验结果,通过综合考虑不同磁场、应力场和温度场耦合条件下的磁畴分布,建立了预测超磁致伸缩材料多场耦合性能的多场耦合模型。清华大学邱信明报告了二维周期格栅结构在单轴准静态压缩载荷下的失效强度,以及格栅结构形式对其大变形本构行为的影响,并给出了各种格栅在动态冲击载荷作用下动态响应的计算结果;同济大学万永平基于等效夹杂方法和微分法建立了描述多孔铁电驻极体材料有效力电性质的微分方程,并考察了多孔铁电驻极体薄膜的有效力电性质与孔洞结构、极化电荷密度等参数的内在关系;湘潭大学王金斌基于 Landau-Devonshire 理论,建立了系统分析铁电体电热效应的相场方法,并详细研究了应变和畴结构对电热效应的影响,提出了利用应变提高材料电热系数和调节工作温度的方法;浙江大学王杰采用基于 Ginzburg-Landau 方程的相场模型,研究了周期性铁电材料畴结构的演化规律、应力和电场作用下铁电畴的翻转行为,并通过铁电相场方程的非线性多场耦合有限元方法,模拟了三维非周期性铁电纳米材料的畴结构及其丰富的电学和力学特性;兰州大学王省哲介绍了铁磁形状记忆合金力-磁耦合相变动力学模型和力-磁畴壁演化模型,获得了马氏体变体质量分数的演化方程,探讨了铁磁形状记忆合金在外加磁场下不同马氏体变体内磁畴结构变

化的过程及其机理;西北工业大学谢宗蕙针对复合材料夹层结构低速冲击损伤特性进行了落锤冲击试验、准静态压入试验和冲击后压缩试验,并利用他们提出的解析方法成功地模拟了复合材料夹层结构的低速冲击损伤产生、扩展与结构失效的动态过程;西北工业大学徐绯基于功率谱密度法给出了一种估算复合材料结构声疲劳寿命的方法,综合地考虑了随机响应、时域转换和疲劳损伤等对复合材料声疲劳的影响;中山大学郑跃综合考虑力电耦合及隧穿、光电特性,建立了描述纳米尺度对称-非对称型金属/铁电/金属异质隧道结在力学载荷作用下的光电二极管效应的理论模型,可望进一步用于铁电纳米尺度光电器件设计及性能分析;西安交通大学周进雄汇报了聚合物凝胶中由力学-化学耦合而诱发的自振荡现象及其数值模拟结果,分析了 Belousov-Zhabotinsky 化学振荡和变形耦合的自振荡凝胶颗粒的非线性动力学行为,模拟了一维凝胶杆大变形与反应-扩散耦合的自振荡现象,给出了自振荡离子聚合物-金属复合材料驱动器的多物理场耦合模型;北京理工大学周萧明利用质量弹簧结构,通过实验揭示了负质量介质具有的宽带低频隔振特性,并基于细观力学模型解释了弹性超材料等效质量的物理机理,同时还介绍了负质量超材料在低频隔声方面的一些应用。

在实验固体力学方面:清华大学冯雪报告了课题组在材料高温性能测量方面的研究进展,介绍了高温测试装置的研制、测试方法设计及其在实际测量中的应用;华中科技大学胡莉莉通过激光层裂法研究了多晶钨在高应变率下的破坏机理,实验观察到晶界开裂是多晶钨破坏的主要模式,由此提出了晶界面强度的测量方法;北京理工大学马少鹏报告了一种网格化数字散斑相关方法(Mesh-DSCM)的模型,实现了基于高阶等参单元和基于节点插值位移表征的 Mesh-DSCM,并用 DSCM 方

法对岩石损伤破坏及地震断层破坏力学问题进行了实验研究;北京交通大学王正道基于磁电荷模型,给出了应力集中处的漏磁场分布特征,分析了应力集中宽度、缺陷埋深、缺陷位置以及传感器脱离值等对漏磁信号幅值和作用范围的影响,并基于磁畴运动和位错钉扎理论,提出了一种弹塑性力磁耦合模型。

在计算固体力学方面:清华大学岑松介绍了他在新型有限元自然坐标方法和杂交应力函数新型有限元方法方面的研究进展,提出了能有效解决网格畸变敏感性的模型和算法;大连理工大学亢战围绕压电智能结构的拓扑优化问题,介绍了压电层合板变形控制、多压电层作动器及二相材料平面作动结构最优构型、以及周期构型压电作动器最优设计等问题的数学模型和数值求解方法;中国科学院力学研究所汪海英针对耦合的分子/集团统计热力学方法发展了一种自适应新算法,不仅能准确地判断需要细化和切换的集团区域,而且能有效地将集团进行细化或者转换成分子,和分子统计热力学方法相比,计算效率显著提高;大连理工大学阎军介绍了在多功能轻质多孔材料结构几何多尺度优化方面的若干研究进展,通过在结构和材料两个尺度上引入拓扑优化和多学科优化技术,建立了宏观结构与多孔材料微结构的创新构型设计的系统方法及其高效实现技术。

作为本次会议的主要内容之一,与会学者围绕固体力学发展前景、学科前沿探索和工程应用研究之间的关系、力学教育和人才培养、青年学者之间的交流与合作等问题畅所欲言,进行了热烈讨论.国家自然科学基金委员会数理科学部力学科学处詹世革博士全程参加了会议,并就力学学科的资金资助情况、研究现状与发展趋势进行了介绍、分析和展望。

经过大家讨论,决定第五届全国固体力学青年学者学术研讨会将于 2012 年在大连理工大学召开。