



非线性力学国家重点实验室

<2010> 第2期(总第195期)

简讯

State Key Laboratory of Nonlinear Mechanics, Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences

荣誉奖励

白以龙院士荣获 2010 陈嘉庚数理科学奖

2010 年陈嘉庚科学奖 6 月 9 日在北京揭晓并颁奖。非线性力学国家重点实验室学术委员会主任白以龙院士获本年度陈嘉庚数理科学奖，他的获奖项目是“固体的变形局部化、损伤与灾变”。



白以龙院士的主要学术成就为：对热塑剪切变形局部化，得到其发生判据，演化和准稳态结构的规律。针对微损伤演化，建立了亚微秒应力脉冲技术，统计细观力学理论和演化诱致突变等概念。发表学术论文百余篇，英文专著二部。曾获国家自然科学基金二等奖、何梁何利科技进步奖，周培源力学奖、美国 John Rinehart 奖等。白以龙院士在剪切带形成和材料损伤领域做出了系统的、开创性的工作，引领了该领域的发展。

陈嘉庚科学奖（前身为陈嘉庚奖）是以我国近代史上蜚声全球的华侨领袖陈嘉庚先生（1874—1961）命名的科技奖励，现共设六个奖项：数理科学奖、化学科学奖、生命科学奖、地球科学奖、信息技术科学奖和技术科学奖，每两年评选一次，每个奖项每次评选一项，旨在奖励取得杰出科技成果的我国优秀科学家。

国家重点实验室评估

非线性力学国家重点实验室召开评估总结及复评工作动员会

4月17-20日，非线性力学国家重点实验室进行了评估总结及复评动员会。白以龙院士，王自强院士，院计划财务局科研基地处周鼐主管，所科技处孙相人副处长及实验室全体人员出席了会议。

会议由戴兰宏副主任主持，何国威主任介绍了实验室参加数理领域重点实验室评估的情况，并针对复评工作，报告了实验室的工作设想。白以龙院士指出复评是一个新的开始，需要实验室人员众策众力，团结一心，共同做好这项工作。王自强院士特别建议在复评中要突出特点。周鼐主管介绍了国家重点实验室复评的程序和关键问题。孙相人副处长表示科技处将为复评组织相应的研讨会。

党支部李战华书记回顾了初评工作，并建议在复评报告中要体现出实验室科研工作人员对科学的追求。

与会人员踊跃发言，集思广益，提出了对实验室复评工作的建议和今后工作的展望。

非线性力学国家重点实验室参与评估复评答辩

5月24日上午，非线性力学国家重点实验室(LNM)以小组第一名的成绩，作为4个推荐评优实验室之一，在西郊宾馆参加了国家科技部委托国家基金委组织的国家重点实验室复评答辩。在评优答辩中，何国威主任进行了30分钟主任报告和10分钟答辩，充分展现了LNM五年来的工作成绩，达到了预期的效果。复评的具体结果将由国家科技部公布。

在此，LNM感谢所有对实验室工作给予支持和帮助的同志。也希望LNM全体同志能够再接再厉，在今后五年做出更大的成绩。

学术交流

来访人员

王建祥教授应邀来 LNM 做学术报告

6 月 28 日上午, 北京大学工学院力学与空天技术系主任王建祥教授应邀来非线性力学国家重点实验室(LNM)做了题为“天然蜜蜂窝的微观结构和力学性能研究”的精彩学术报告。该报告主要基于王教授课题组与英国 Cardiff 大学工学院 Bhushan Karihaloo 教授合作发表在今年 5 月 25 日出版的《美国国家科学院院刊》(PNAS)关于天然蜜蜂窝结构和力学性能研究的论文(Hierarchical, multilayered cell walls reinforced by recycled silk cocoons enhance the structural integrity of honeybee combs. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 107: 9502-9506)。该项研究揭示了天然蜜蜂窝在微观和细观尺度上的层次结构, 发现了蜂窝的力学性能随其使用时间的增加而增强的规律, 指出了天然蜂窝新的仿生学价值, 从而可设计出轻质、高模量、热膨胀系数可变化的新型多孔材料, 可广泛应用于精密仪器、航天航空等工程领域。PNAS 将该论文作为当期的亮点论文之一给予了介绍。

洪友士研究员、魏悦广研究员、戴兰宏研究员、陈少华研究员、魏宇杰研究员, 以及新加坡南洋理工大学的孙长庆教授等来自于多个学术单位的 60 余人参加了该报告会, 报告会由赵亚溥研究员主持。

王教授的报告反响强烈, 讨论深入, 启发良多。

王教授是全国优秀博士论文指导教师(2007), 曾荣获国家教育部跨世纪人才基金(2000)、中国力学学会青年科技奖(2002)、国家杰出青年科学基金(2005)。2008 年被聘为教育部长江学者特聘教授。

学术报告

形式	日期	报告人	单位	报告题目
学术报告	4月9日	魏宇杰 研究员	非线性李学国家重点实验室	Where is the maximal strength in face-center-cubic metals?
	4月12日	Dr.Xiaofeng Liu	Johns Hopkins University	Pressure PIV: An Opical Based Pressure Measurement Technique and Its Applications
	5月7日	Zhou Yu 教授	The Hong Kong Polytechnic University	Flow structures behind two cylinders
	5月7日	Romesh C.Batra 教授	Virginia Polytechnic Institute and State University	Adiabatic Shear Bands in Particulate Composites
	5月18日	Dr.Ma Jan	Nanyang Technological University	Advanced Functional Materials Research
	5月19日	L.E.Murr 教授	The University of Texas at El Paso	Microstructure evolution associated with adiabatic shear bands and shear band failure in ballistic plug formation in Ti-6Al-4V targets
	6月12日	Wei Tong 教授	Southern Methodist University	Microstructure -Based Characterization and Modeling of Trabecular Bone Fracture
	6月21日	张统一 教授	香港科技大学	Eigenstress model for surface stress of solids
	6月28日	王建祥 教授	北京大学工学院力学与空天技术系	天然蜜蜂窝的微观结构和力学性能研究
	6月28日	孙长庆 教授	Nanyang Technological University	Dominance of broken bonds and nonbonding electrons at the nanoscale
6月29日	Dr. Xiang Cheng	National University of Singapore	A General Framework for Identification of Complex Systems using Multiple Models	
学术沙龙	5月14日	陶建军 副教授	北京大学工学院力学与空天技术系	剪切流的稳定性与感受性

大会邀请报告

报告题目	报告类型	报告人	会议名称	地点	时间
Electro-elasto-capillary (EEC) dynamics: Experiments and MD simulations.	邀请报告	赵亚溥	IUTAM Symposium on Surface Effects in the Mechanics of Nanomaterials and Heterostructures	北京大学	2010-04
Electro-elasto-capillarity (EEC): Experiments and molecular dynamics simulations	邀请报告	赵亚溥	The Sixth International Conference on Mathematical Modeling and Computer Simulation of Materials Technologies (MMT-2010)	以色列 艾瑞尔撒马利亚中心大学	2010-04
Electro-elasto-capillarity (EEC): Experiments and molecular dynamics simulations.	邀请报告	赵亚溥	Workshop on Chemi-Thermo-EM Phoresis in Complex Fluids,	韩国浦项工大	2010-04
Where is the maximal strength in face-center-cubic metals?	邀请报告	魏宇杰	International Conference on Mechanical Properties of Materials	杭州	2010-05
Peeling behavior of a finite-size nano-film on a substrate	邀请报告	陈少华	ICMPM	杭州	2010-05
Nano Physical Mechanics	Keynote Presentation	赵亚溥	ICPC NanoNet Workshop	清华大学	2010-06
Electro-elasto-capillarity (EEC): Combination of electrowetting and elasto-capillarity.	邀请报告	赵亚溥	7th International Meeting on Electrowetting, POSTECH	韩国	2010-06
Dynamic interaction of precursor film with elastic membrane in electro-elasto-capillarity (EEC): A molecular dynamic study	邀请报告	赵亚溥	4th Shanghai International Symposium On Nonlinear Sciences And Applications 2010	徐州	2010-06

科研进展

国家自然科学基金重点项目 “水中悬浮隧道的关键力学问题研究”通过结题验收

国家自然科学基金重点项目“水中悬浮隧道的关键力学问题研究”近日通过结题验收。项目全面完成计划，研究工作取得突出结果，综合评价为 A。该项目于 2006 年 1 月正式启动。项目负责人为非线性力学国家重点实验室洪友士研究员，项目依托单位为中国科学院力学研究所。

国家自然科学基金委组织的专家组一致认为，项目组在发展水中悬浮隧道材料及结构力学等基本理论、开发试验设备和测试技术、进行材料和结构的多场耦合分析、以及阿基米德桥原型桥设计及其结构分析等方面取得了创新性的突出研究成果，尤其在“水中固体结构的波流载荷响应”和“流—固—土耦合力学行为”两个方面特色鲜明，对水中固体结构的强度理论发展和工程应用具有重要的意义。课题组不仅全面完成了预期的研究目标，而且还拓宽了研究内容。主要表现在以下几方面：

1. 研究了水中悬浮隧道（SFT）受波流载荷的动力响应特征，给出了基于尾流振子模型的 SFT 柔性杆件响应幅值和结构应力的预测方法；建立了结构和环境流体耦合的自激振动及尾迹流场的计算方法；合理地分析了张力锚索轴向参数的振动特性、以及大长径比圆柱体的三维涡激振动；建立了数值波流水槽，模拟了 SFT 在纯波浪作用及波流联合作用下的受力特征；分析了均匀来流中振动圆柱所受升力随振动频率的变化规律，阐述了 SFT 在不同流动条件下升力发生跳跃的特征。

2. 给出了浮重比、管体单位长度的剩余浮力、锚索体系刚度系数等 SFT 结构参数对其动力响应的影响规律；分析了在波浪作用下考虑锚索松弛的动力响应，讨论了浮重比和锚索倾角两个结构参数的影响；实验研究了两种锚索形式的 SFT 在波浪作用下的动力特性随浮重比的变化规律。

3. 开展了现场地质勘察，实验分析了岩土的力学特性；建立了耦合计算柱

体绕流流场和土体的流固耦合有限元模型，初步探明了海流作用下水平柱体结构悬空的渗透破坏机理；通过理论分析及水槽耦合模型实验，获得了水平柱体结构涡激振动与土体冲刷之间的流—固—土耦合作用规律。

4. 数值分析了地震与偶发载荷下 SFT 的动力响应，并应用于千岛湖 SFT 原型桥的工程案例分析；提出了 SFT 在冲击载荷下模型的理论求解和数值模拟方法。

5. 研究了淡水和海水对合金材料高周和超高周疲劳行为的影响，获得了淡水和海水环境显著弱化两种材料疲劳强度的重要结论。

此外，还实施了千岛湖阿基米德桥原型桥的初步设计及其结构分析与强度校核，为该类桥的工程设计奠定了一定的基础。

上述研究成果已发表学术论文 72 篇，其中 SCI 收录 20 篇，EI 收录 41 篇，申请发明专利 13 项，授权 5 项，登记软件 2 项。

课题组已培养博士生 10 名（已毕业 5 名），硕士生 8 名（已毕业 5 名）。

课题组开展了很好的国际合作与交流，对项目的高质量完成起到了积极的促进作用。与意大利那布勒斯大学、米兰工业大学等建立了良好的合作关系。

仿生材料研究取得新进展

对材料的结构和性能进行仿生设计、以获得满足某些特定服役环境要求的工程材料是目前材料研究中的热点之一。最近，中国科学院力学研究所非线性力学国家重点实验室（LNM）“生物及仿生材料力学”课题组的宋凡研究员、许向红副研究员和邵颖峰助理研究员及其合作者，用等离子刻蚀和酸腐蚀的办法，在陶瓷表面成功引入了仿蜻蜓翼表面纳米结构，使陶瓷表面的水接触角提高五十度以上成为超疏水表面，有效地提高了陶瓷材料的抗热震性。研究表明，在热震过程中，仿生处理后的陶瓷表面能够自动地覆盖一层空气膜，使得出现在陶瓷与热震介质间剧烈的温差所产生的热梯度和应力不能直接作用于实际陶瓷上，这层空气膜使陶瓷表面热阻增加了近万倍。

相关研究结果已发表在《Phys. Rev. Lett》(2010, 104: 125502.) 上，并在美国《Physical Review Focus》(<http://focus.aps.org/story/v25/st12>)

和英国《New Scientist》(<http://www.newscientist.com/article/dn18685-new-ceramic-is-not-afraid-of-the-cold.html>)上进行了专题报道,得到了包括《J. Am. Ceram. Soc.》主编、著名陶瓷材料学家 David Green 等人的高度评价。同时被选入由 the American Institute of Physics 和 the American Physical Society 共同主办的反映当前物理学和材料科学研究前沿中的焦点问题 (covering a focused area of frontier research) 的刊物《Virtual Journal of Nanoscale Science & Technology》。该项工作得到了国家自然科学基金委和中国科学院资助。

二相湍流流动的大涡模拟取得进展

携带颗粒的二相湍流流动是自然界和工业生产中常见的流动形式,如沙尘暴、大气中雨滴的形成、发动机中的喷雾燃烧等。大涡模拟方法通常用于预测单相湍流流动,近年来开始用于预测二相湍流,其优点是可以模拟颗粒与湍流相互作用的非定常过程。但大涡模拟方法只能求解大尺度的湍流运动,缺失的亚格子湍流对颗粒运动的影响是二相湍流流动大涡模拟方法没有解决的问题之一。

力学所非线性力学国家重点实验室的晋国栋副研究员与合作者研究了颗粒与亚格子湍流相互作用时间与大涡模拟滤波宽度和颗粒惯性的关系,发展了颗粒与亚格子湍流相互作用时间的模型。该模型给出封闭描述颗粒与亚格子湍流相互作用的郎之万随机微分方程的关键参数。有关结果最近发表在《国际多相流杂志》上 (Int. J. Multiphase Flow, 36, 432-437, 2010, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijmultiphaseflow.2009.12.005>)。

在此基础上,晋国栋副研究员与合作者研究了颗粒碰撞率受大涡模拟滤波宽度和颗粒惯性的关系,发现中、小惯性 (Stokes 数小于 3) 颗粒的碰撞率必须考虑亚格子运动的作用。该研究为进一步发展颗粒碰撞的亚格子模型打下了基础。有关结果最近发表在《流体物理》上 (Phys. Fluids, 22, 055106, 2010, <http://dx.doi.org/10.1063/1.3425627>)。

该研究得到国家自然科学基金委、中科院重要方向项目和科技部 973 项目

的支持。

《物理评论快报》发表力学所有关电弹性毛细模拟的封面论文

在国家科技部、中国科学院和国家自然科学基金委员会的大力支持下，中国科学院力学研究所“微纳系统力学与物理力学课题组”在液滴润湿、电润湿和电弹性毛细现象的分子动力学模拟方面取得新进展，研究成果作为封面论文发表在美国《物理评论快报 (PRL)》上 (Yuan QZ and Zhao YP*. Precursor film in dynamic wetting, electrowetting and electro-elasto-capillarity. *Physical Review Letters*, 104 (24): 268101 (2010)) (图 1)。

动态润湿在物理、化学、生物等基础学科，以及航空航天、汽车、石油等工业的发展中都发挥着重要的作用，属于“移动接触线 (Moving Contact Line, MCL)”这一经典问题。近年来，由于在微纳流控、芯片上的实验室、微纳透镜、电子显示等方面的突出应用，动态电润湿受到了广泛的关注。移动接触线问题存在着一个重要的“佯谬 (paradox)”——Huh & Scriven 佯谬。液滴铺展的名义接触线的前端在分离压力的作用下，有一层非常薄 (1-2 个分子层厚) 的前驱膜 (precursor film)。前驱膜对于润湿和电润湿的过程至关重要，体现在：(1) 在润湿过程中，首先是前驱膜铺展，然后液滴在前驱膜上铺展。(2) 在电润湿过程中，前驱膜内电场能的大小已经和热能大小相当，使得前驱膜体现出特殊的性质。然而，从未开展过对于动态电润湿中前驱膜的研究，对于动态润湿中的前驱膜的认识仍然十分匮乏。

中国科学院力学研究所的博士生袁泉子和导师赵亚溥研究员通过分子动力学 (MD) 和分子动理论 (molecular kinetic theory, MKT) 相结合的方法，研究了液滴润湿、电润湿和电弹性毛细现象中的前驱膜的作用，在如下方面取得突出进展：

1. 在动态润湿和动态电润湿过程中前驱膜的行为方面 (图 2)，发现：(1) 前驱膜的铺展半径 R 和铺展时间 t 呈幂函数关系 ($R \propto t^\alpha$)，其中指数 α 是电场强度 E 的函数；(2) 前驱膜的铺展速度很快，是液滴表面原子扩散到前驱膜前端的结果 (图 3)；(3) 前驱膜内有特殊的二维氢键网络 (图 2e)；(4) 由于基底的限制作用，前

驱膜是类固体 (solid-like) 性质, 其自扩散系数比体相水 (bulk water) 要小很多。前驱膜通过引入原子细节来消除由非滑移边界条件导致的接触区域无穷大的能量耗散, 可以作为移动接触线问题“Huh & Scriven 佯谬”的答案之一。

2. 首次应用分子动力学模拟实现了课题组提出的“电弹性毛细 (Electro-Elasto-Capillarity, EEC)”现象。当液滴的尺寸超过“弹性毛细长度”, 弹性软膜会自发地包裹液滴。当系统中引入外电场, 又会发生“电弹性毛细”现象, 即通过电场力作用使得前驱膜将弹性软膜撑开(图 1)。“电弹性毛细”现象显示了前驱膜在电润湿过程中的重要作用, 也展示了前驱膜在微纳药物输运方面潜在的应用前景。

《物理评论快报》的审稿人高度评价了该工作: “The Letter suggests a novel mechanism of contact line propagation and provides an important contribution to studies of dynamics of wetting.” (译文: 这篇快报提出了接触线铺展一个新颖的机制, 为动态润湿方面的研究做出了重要的贡献。) “The paper raises a lot of fundamental and technical questions.” (译文: 该文提出了很多基础和技术方面的问题。) 由于该文的创新性和重要性, 《物理评论快报》将该文选为第 104 卷第 24 期的封面论文。



图 1. 力学所的论文被选为《物理评论快报》第 104 卷第 24 期的封面。

该图说明了该课题组所提出的“电弹性毛细”现象的动力学过程以及前驱膜和弹性软膜之间的相互作用。

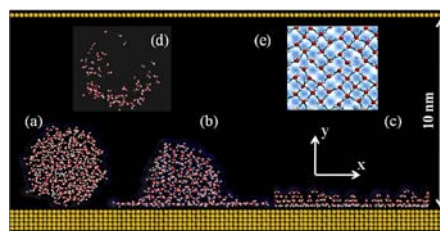


图 2. 润湿和电润湿过程。

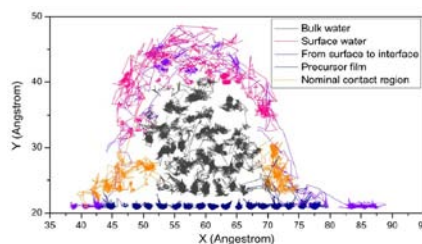


图 3. 液滴润湿过程中, 不同区域内水分子的迹线。

孙成奇，1980 年 8 月出生于辽宁省庄河市，中共党员。2003 年毕业于大连理工大学应用数学系，获理学学士学位，同年保送北京大学固体力学专业博士研究生，2008 年获理学博士学位。2008 年 7 月至 2010 年 5 月在高等教育出版社工作，2010 年 6 月至今在中国科学院力学研究所非线性力学国家重点实验室工作。曾获北京大学第十届学术十杰、北京大学学术创新奖、北京力学会第 13 届学术年会青年优秀学术论文。主要从事合金材料的超高周疲劳行为、碳纳米管力学行为以及弹性体中弹性波方面的研究，已发表学术论文 12 篇，其中 SCI 收录 9 篇，EI 收录 11 篇，共被 SCI 他引 31 次，单篇论文 (Solid State Commun., 143, 202 - 207, 2007) SCI 他引 16 次。

党支部活动

非线性力学国家重点实验室召开 2010 届毕业生欢送会

时光荏苒、岁月如梭，又是一年栀子花开，又要到了毕业告别之际。只有离别的时候，才知道时间的宝贵与短暂。为了和各位毕业生同学分享毕业的喜悦，畅谈研究生学习的心路历程，在 LNM 室务会及党支部精心筹备下，2010 届 LNM 毕业生欢送会于 6 月 23 日在主楼 344 会议室举行。LNM 党支部书记李战华、LNM 实验室副主任宋凡及王柏懿、魏宇杰、梁立红等老师和 2010 届毕业生张东波、杨晓雷、付强、徐金明、李建军、舒靖、宋金龙、张泽平及实验室近 20 位同学参加了欢送会。

宋凡副主任首先代表室务会讲话。他表达了对毕业生们的祝贺，同时感谢毕业生们在学期间对实验室的发展做出的贡献，希望他们毕业以后，能有更广阔的发展空间，将实验室的传统继续传承发扬。随后，毕业生们与在场的老师同学进行了广泛的交流。徐金明同学谈到了他在实验室学习的体会，希望同学

们能够利用实验室良好的学习条件、浓厚的科研氛围，努力提高自身素质，掌握基础、专业知识，为将来参加工作做好充分的准备。付强同学介绍了求职过程中的体会。希望实验室的同学们平时能够更多的关注理论与工程应用中的问题的联系，多思考如何将科学方法和手段应用到实际工程中去。今年我室有更多的毕业生选择去航空航天科研院所工作，投身到国防和大型工程建设中。王柏懿老师希望毕业生们利用研究生期间掌握的专业技能，努力做好本职工作，为建设创新型国家做出自己的贡献。最后，LNM 室务会和党支部为每位毕业生赠送了纪念品。欢送会在欢乐祥和的气氛中结束。