



第 8 届断裂基础国际会议 (ICFF VIII) 会议纪要

近半个世纪以来,对材料和结构断裂问题的研究取得了重要进展,断裂力学成为固体力学的重要学科分支之一。人们对材料断裂机理的认识日渐深刻,又发展了各具特色的实验测试技术和理论分析方法,用以解决航空航天、土木、水利、机械、微电子等诸多领域遇到的强度和安全性技术难题。与此同时,现代科技的发展对材料和结构的安全性、可靠性等提出了越来越高的要求,断裂力学面临着大量新的挑战科学难题,断裂力学在现代科技和工业中发挥着越来越重要的作用。“断裂基础国际会议”是断裂力学领域最具影响的国际系列学术会议之一,其宗旨是推进断裂力学的前沿性基础研究、开拓创新性研究方向、并促进断裂力学领域青年学者的发展和成长。前七届断裂基础国际会议分别在 Gaithersburg (美国, 1983), Gatlinburg (美国, 1985), Irsee (德国, 1989), Urabandai (日本, 1993), Gaithersburg (美国, 1997), Cirencester (英国, 2001) 和 Nancy (法国, 2005) 召开。

第八届断裂基础国际会议 (The Eighth International Conference on Fundamentals of Fracture, 简称 ICFF-VIII) 于 2008 年 1 月 3 日—7 日在我国的香港和广州分两个阶段召开,其中 1 月 3—5 日在香港科技大学召开,1 月 6—7 日在广州市召开,这也是该系列会议首次在中国召开。ICFF-VIII 会议主席为香港科技大学张统一教授、中山大学王彪教授和清华大学冯西桥教授。本次会议共有来自中国、美国、德国、日本、英国、韩国、澳大利亚等 18 个国家或地区的 142 名学者参加,其中包括不少国际著名学者。

本次会议重点关注断裂理论最新的研究进展,特别是理论研究在工程技术方面的应用。大会涉及工程材料、智能材料、生物材料以及电子器件和电子封装等领域,涵盖了在原子尺度、细观尺度和宏观尺度上的断裂、损伤、蠕变和疲劳等问题的最新理论和实验研究进展及其工程应用。主要的议题包括:

- 1) 原子、细观和宏观尺度上的断裂、损伤、疲劳和蠕变;
- 2) 工程材料和结构的断裂、损伤、疲劳和蠕变;

- 3) 智能材料和结构的断裂、损伤、疲劳和蠕变；
- 4) 生物材料的断裂、疲劳和蠕变；
- 5) 环境效应相关的断裂问题；
- 6) 力、热、电、磁等多场作用下的断裂、损伤、疲劳和蠕变；
- 7) 电子器件与电子封装的可靠性与失效分析；
- 8) 多尺度断裂模拟。

会议报告分为大会邀请报告、口头报告和展板报告等形式。部分内容简介如下：

由于微纳米系统和技术的应用和发展，表征、理解和控制微纳米尺度材料的力学性能成为重要前沿领域，也是本次会议关注的问题。由于实验仪器和微纳米力学理论的发展，微纳米压痕和划痕技术被广泛用于表征材料在微纳米尺度上的力学性能，比如硬度、弹性模量、断裂韧性、磨损和蠕变行为等。美国肯塔基大学 F. Q. Yang 研究了用压痕实验方法，测量了生物玻璃中的残余应力。澳大利亚悉尼大学 Y.-W. Mai 介绍了如何从压痕实验提取线性粘弹塑性材料材料参数。清华大学江五贵和冯西桥用准连续介质力学的方法，考察了表面粗糙度对压痕实验中硬度和弹性模量测试结果的影响。郑州大学赵明灏基于非局部 Timoshenko 梁理论，提出了弹性基体/薄膜系统在微楔压痕实验中的一种脱粘屈曲模型。在纳米材料的测试与表征方面，沈阳金属研究所卢柯院士通过系统的实验，研究了纳米孪晶对纯铜力学性能的影响。北京科技大学陈国梁院士详细研究了一种新型钛铝合金的组分、微结构和力学性能。澳大利亚悉尼大学叶林介绍了其小组近年来对纳米颗粒增强的环氧树脂基纳米复合材料的制备和断裂力学研究的进展。在纳米材料的理论方面，清华大学黄克智院士根据原子间势建立了碳纳米管的一种有限变形壳体理论。美国 UIUC 大学 K. J. Hsia 通过理论模型探讨了表面应力对纳米线断裂韧度的影响。浙江大学杨卫院士分析了纳米晶金属中的裂纹行为。美国布朗大学高华健系统介绍了生物材料多级结构和微纳米力学研究，包括其对缺陷的不敏感性和材料的断裂强韧化问题。西安交通大学王刚峰利用 Gurtin 表面弹性理论，研究了在纳米尺度上材料和器件的表面效应问题。

铁电、铁磁、形状记忆合金、多铁性材料及其复合材料等智能材料是本次会议关注的热点之一。智能材料正在广泛应用于智能结构、微力电系统 (MEMS) 等领域,其在力、电、磁等载荷作用下的耦合断裂行为是一个复杂而重要的问题。南京航空航天大学高存法报告了考虑麦克斯韦应力的柔性铁磁材料裂纹的理论分析,结果表明纯磁场载荷不能使裂纹扩展。他还探讨了压电体中的空洞在机械载荷作用下的部分释电现象。香港科技大学张统一用相场模拟研究了铁电材料中可穿透性裂纹在电-力载荷作用下的断裂行为。中山大学王彪分析了铁磁纤维-铁电基体复合材料中在多场载荷作用下裂纹扩展的能量释放率。美国加利福尼亚大学 McMeeking 介绍了电活性材料断裂力学的发展状况。清华大学余寿文提出了一种考虑铁电材料连续畴变微观过程的本构关系,并分析了疲劳损伤对迟滞循环的作用。德国达姆施塔特工业大学 D. Gross 用相场模型模拟了铁电材料中微结构和微缺陷的演化。浙江大学陈伟球研究了压电介质中币形裂纹在对称载荷作用下的非线性问题。

工程实际中,蠕变、疲劳、环境侵蚀及其联合作用是材料破坏的常见机制,本次会议对上述问题给予了较多关注。韩国原子能研究中心 W. G. Kim 报道了镍基合金 Hastelloy-X 在 950° 的蠕变行为。澳大利亚 W. Zhuang 利用对谱分析方法,对疲劳裂纹进行寿命预测。宁波大学陈建康研究了水泥灰浆受硫酸盐腐蚀时的损伤演化。Liu 研究了 PMMA 聚合物的裂纹愈合,发现裂纹几何形状在裂纹愈合过程中有重要作用,在 $110^{\circ} \sim 160^{\circ}$ 时,圆柱形裂纹可以愈合,而在 $170^{\circ} \sim 190^{\circ}$ 时,球形孔洞会长大。

在断裂力学计算方法方面,法国 X. B. Zhang 针对脆性或准脆性材料,给出了在准静态载荷作用下应力集中处裂纹形核的准则。南京航空航天大学郭万林介绍了三维结构强度和断裂中几个基本问题的深入研究。清华大学冯西桥提出了一种基于位错的半解析方法,用于求解不同构型下裂纹的应力强度因子。清华大学庄茁介绍了动态扩展有限元方法及其在壳体断裂方面的应用。澳大利亚悉尼大学古斌研究了利用氢离子切割硅片的智能切削技术中的断裂力学问题。李东风等提出了一种微裂纹相互作用的计算方法。

生物材料中的断裂问题也是本次会议值得关注的一个重要方向。美国国家标准和技术中心 **B. Lawn** 利用层状材料的接触损伤模型和实验手段，研究了牙齿的断裂和损伤行为，并探讨了在医学工程方面的应用。美国加州大学 **R. O. Ritchie** 利用环境扫描电镜时实观测的实验结果和非弹性断裂力学理论，确定了皮质骨中不同方向的断裂阻力曲线。法国巴黎十一大学 **Kirchner** 介绍了骨中裂纹形成和愈合的热动力学问题，指出能量动量的散度驱动了骨中裂纹的扩展和愈合。

本次会议还有不少论文研究了非均质材料、复合材料、柔性电子器件等方面的断裂和强度问题。中科院力学所白以龙院士探讨了岩石等非均质材料的灾变性破坏问题，提出了一种预测这类材料破坏的新判据。美国华盛顿大学 **Bahr** 研究了柔性电子器件中聚合物和金属材料之间界面的断裂和破坏行为。中科院力学所魏悦广针对界面脱粘问题，研究了内聚力模型及其对应的微观机理，并介绍了一种银薄膜/**MgO** 基体的剥离实验和相应的有限元分析。英国拉夫堡大学 **Silberschmidt** 以航天航空应用为背景，研究了铝和碳纤维加强层之间的粘接部分在冲击疲劳载荷下的断裂行为。湘潭大学周益春等研究了高温下热障涂层的界面断裂和裂纹扩展问题。

本次会议的内容涉及了断裂的诸多基本问题，其中包括来自力学、物理、生物科学、纳米科学、冶金、陶瓷、聚合物科学等多个学科的研究工作，从理论建模、数值模拟和实验方法的各个侧面，展示和讨论在断裂方面的最新科学和技术发展，也为青年学者提供了一次有深度和广度的交流机会。同时，这次会议还有利于促进和加强我国断裂研究的发展及其在诸多工程领域的应用，增进与国外高校和研究所的合作和交流。通过本次会议的报告还可以看到，当前在关注常规结构与材料断裂研究的同时，发展力学—化学—物理—生物学—冶金学等领域的断裂问题交叉学科研究，不断拓展研究领域和应用领域，成为多个学科密切关注的问题。

本次会议收到的会议全文，经过严格匿名评审，部分刊登在三个学术期刊的专刊，包括《*Acta Mechanica Solida Sinica*》2008 年第 21 卷第 4 期、《*Engineering*

Fracture Mechanics》2008 年第 75 卷第 17 期和《International Journal of Fracture》2008 年第 151 卷第 2 期。

第九届断裂基础国际会议将在美国召开。