



## 实验力学最新进展 —— 2008 国际实验力学会议概况

杨福俊<sup>1</sup> 何小元<sup>1,†</sup> 谢惠民<sup>2</sup> 亢一澜<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 东南大学力学研究所, 南京 210096

<sup>2</sup> 清华大学工程力学系, 北京 100084

<sup>3</sup> 天津大学力学系, 天津 300072

介绍了 2008 国际实验力学会议的基本情况. 大会报告内容涉及数字图像相关测量、激光干涉测量、光栅应变传感技术、非制冷型红外探测技术等当今实验力学的热点研究领域, 以及其它科学领域的发展对实验力学带来的挑战和机遇, 尤其是微纳米和多尺度力学问题的研究给实验力学提出的诸多具有挑战性的研究课题. 分会场邀请报告和交流论文也充分展示了实验力学各个研究领域的最新研究成果和发展动向.

### 1 会议基本情况

由中国力学学会主办, 中国力学学会实验力学专业委员会和东南大学共同承办的 2008 国际实验力学会议 (international conference on experimental mechanics 2008, ICEM2008) 于 2008 年 11 月 8 日 ~ 11 日在南京水秀苑大酒店举行. 来自中国 (含台湾和香港特别行政区)、美国、德国、英国、法国、意大利、新加坡、澳大利亚、日本和韩国等 17 个国家和地区的 300 多位代表出席了会议, 其中, 境外代表 71 人. 会议主席由中国科技大学伍小平院士与香港城市大学 Y. Y. Hung 教授共同担任.

实验力学具有基础和应双重视学科特点, 最初的力学实验可以追溯到 400 多年前的达·芬奇的拉伸试验、1632 年伽利略的弯曲实验以及 1678 年虎克做的“弹簧”实验研究等. 随着材料科学、电学、光学、现代激光技术和计算机技术的不断进步, 实验力学也得到了迅速发展, 并已经成为科学研究与解决实际工程问题的重要手段. 采用实验力学方法, 不仅可以对材料、结构在弹性、塑性、蠕变、破坏、静动载荷、高温高压和强电磁场条件下的力学行为进行实验研究, 而且, 能够为工程设计过程中结构优化、设备使用的安全与可靠性评估等提供依据. 实验研究的价值不仅仅是它的实用性, 更重要的是通过实验研究可以发现新的现象, 这是建立新的力学理

论和改进现有力学模型必不可少的前提条件. 本次会议参会论文表明, 目前实验力学的技术研究领域已经不断扩大, 从传统的电测技术、光测技术已经扩展到图像技术、超声技术、微纳光测技术、无损检测技术、分析识别技术、传感与监测技术、动态与冲击测量等多技术领域. 同时随着科学研究的不断深入, 实验力学的应用领域已由原来的机械冶金、能源动力、水利地质、土木交通和航空造船等逐步拓展到材料、微电子和生物工程等.

本次会议针对实验力学领域研究的热点课题, 特别邀请了 5 位国内外著名学者做了大会主题报告, 27 位国内外知名学者在分会场做了邀请报告. 83 岁高龄的美国实验力学学会前主席、荣誉终身会员 A. S. Kobayashi 也应邀出席了会议. 在 3 天的会议中, 以现代科技发展为背景, 以展示实验力学研究的新成果和新思想为宗旨, 主要对微纳米测试 (micro and nano testing)、智能材料与结构 (smart materials and structures)、生物材料与生物工程 (bio-materials and bio-engineering)、残余应力 (residual stresses)、无损检测与评估 (NDT/NDE) 以及混合法 (hybrid concept and methods) 等 23 个专题进行了报告与交流. 大会为每位与会者提供了本领域的最新研究信息, 增进了国内外学者之间的相互了解, 进一步探讨了实验力学研究的热点问题.

会议共收到摘要投稿 400 余篇, 经专家评审, 正式录用论文 272 篇, 其中, 251 篇论文的作者到会进行了口头或张贴交流. 出席会议的代表共分 27 个口头报告分会场和 5 个张贴分会场进行交流. 与会交流的论文全文将由 SPIE 正式出版会议论文集.

### 2 大会报告 —— 实验力学发展的前沿领域

聆听国际著名学者高水平的大会报告是许多国内外学者参加本次大会的目的之一. 大会报告人包括美国实

<sup>†</sup> E-mail: mmhxy@seu.edu.cn

验力学学会前主席、美国南卡罗莱纳大学 M. A. Sutton 教授, 德国斯图加特大学副校长 W. Osten 教授, 亚洲实验力学学会主席、新加坡南洋理工大学 A. Asundi 教授, 美国国家科学基金会力学及材料工程部主任 K. P. Chong 博士, 中国科学院院士、中国科技大学伍小平教授等 5 位国内外著名学者. 他们的报告涉及数字图像相关测量、激光干涉测量、光栅应变传感技术、非制冷型红外探测技术等当今实验力学的热点研究领域, 以及其它科学领域的发展对实验力学带来的挑战和机遇等.

美国南卡罗莱纳大学是在变形测量研究中最早运用数字图像相关测量技术的先驱者和开拓者, 经过 20 多年的发展, 该技术已被公认为表面变形测量最直接的无损检测方法. Sutton 教授以“2D and 3D digital image correlation in computer vision: background and applications”为题, 系统介绍了以计算机图像处理技术为基础的新型光学测量方法. 他不仅报告了基于扫描电镜 (SEM) 成像技术的数字图像相关测量技术在二维微纳米尺度变形测量方面所取得的重要成果, 并且介绍了他们研制的用于生物组织变形测量的三维非接触变形测量系统.

激光干涉测量技术是实验力学中一种最为广泛使用的光学变形测量方法, 它具有全场、实时和灵敏度高等优点, 但由于测量系统的物理和几何参数对测量数据的准确性有很大影响, 尤其是微尺度下的测量, 系统的标定将是能否获得正确的测量结果和保证系统测量精度的一个至关重要的因素. 德国斯图加特大学副校长 W. Osten 教授以题为“Calibration of optical systems for the measurement of microcomponents”的报告, 重点介绍了利用传统激光干涉技术精确测量微机电系统 (MEMS) 中微尺度元器件的微小变形. 在他多年从事干涉测量研究的基础上, 提出了一系列用于光学系统标定的实验方法, 使测量结果的准确性得到了保证.

以光栅为测量基本元件的云纹/云纹干涉方法, 可以用来测定构件的位移场或应变场. 该测量方法不仅可应用于弹性范围内的变形测量, 在塑性变形和蠕变变形的测量中也有很好的应用. 亚洲实验力学学会主席、新加坡南洋理工大学 A. Asundi 教授长期从事光测力学研究, 特别是光栅变形测量技术. Asundi 教授题为“Diffraction and grating method for strain sensing”的报告着重介绍了应用光学差分技术代替数值差分方法获得全场变形与应变的方法, 克服了传统处理方法给测量结果带来的近似性和因过分追求数值分布曲线的光滑性而导致的数据失真.

美国国家自然科学基金会 (NSF) 力学及材料部主任美籍华人 K. P. Chong 博士通过以“Simulation and experiments in nano and multi-scale mechanics”为主题介绍美国自然科学基金近年来资助的部分重大研究领域的课题及相关的研究成果. 报告指出了实验力学与计算机模拟计算技术在面临当前力学研究的热点问题——纳米和多尺度力学研究中的机遇与挑战. 他认为当前和将来一段时间需要进行研究的主要领域包括: 生物力学与材料、多尺度模拟与建模、薄膜力学与材料、MEMS, NEMS (nano-electro-mechanical system)、智能材料与结构、纳米力学与材料、设计与装饰材料以及防火材料与结构等.

工业领域广泛应用的非制冷型红外成像探测器是通过读取红外探头的热电子电流进行工作的, 然而这种探测器加工工艺复杂、且工作时易受热噪声的影响. 中国科学院院士中国科技大学教授伍小平教授的“Optical readout uncooled infrared imaging with knife-edge filter method and substrate-free FPA”报告介绍了中国科技大学研制的基于光学读出双材料微梁阵列非制冷红外成像探测器. 采用谱平面刀口滤波微梁阵列转角测量高精度光学读出方法, 设计制作出无基底回折腿间隔镀金微梁单元变形放大结构红外焦平面阵列的红外成像探测器, 这种红外成像系统已成功观察到人体热像, 其 NETD (noise equivalent temperature difference) 优于 80mK. 他们在国际上继美国 Berkeley 大学和日本 Nikon 公司之后, 第 3 个实现光学读出红外成像的研究小组.

### 3 分会场邀请报告——实验力学涉及到工程技术的各个领域

除了前述的 5 个大会报告外, 本次会议共设 3 个并行的口头报告分会场和 1 个张贴分会场. 邀请了包括 83 岁高龄的美国实验力学学会前主席、荣誉终身会员 A. S. Kobayashi 教授在内的 27 位国内外知名学者在分会场做邀请报告. 这些知名学者中 6 名来自美国、另外来自法国、日本、新加坡各 2 名, 意大利和印度各 1 名, 其余均来自中国 (含台湾和香港特别行政区), 这些知名学者来自不同的研究领域. 主要包括: 航空航天、机械工程、土木交通、工程力学、应用物理、纺织工程和生物工程等.

邀请报告的报告内容涉及: 液体火箭发动机的主动健康监测, 纤维加固混凝土的疲劳研究及损伤监测, PEM 燃料电池的封装力学问题, MEMS 元件及微结构动力学行为研究, 细胞的生物力学性能, 纳米薄膜力学特

性, 双材料界面力学行为, 网球冲击性能, 多尺度力学性能与多尺度测量方法, 光测力学方法与光力学图像处理研究等. 其中有三个为专题性综述报告, 分别为意大利 C Pappalettere 教授的“A review on optical techniques for measurements at different scales”, 中国香港吕坚教授的“Recent development of prestress engineering approach for taking into account the residual stress of advanced materials”, 中国哈尔滨工业大学冷劲松教授的“Recent progress and application of novel smart composite materials”. 报告中涉及的研究对象大到数

十米小到数十纳米, 尺度跨越近十个数量级, 研究方法从传统的电阻应变、光弹性法到现代的激光干涉、超声波、X-射线技术和计算机模拟技术. 使用的仪器包括: 飞秒激光、原子力显微镜、扫描电镜、透射电镜和高速摄像机等.

#### 4 交流论文总结

限于篇幅所限, 这里不再对口头报告和张贴论文进行详细评述, 仅对整个会议交流论文做一下总结. 表 1 是按交流专题进行的论文统计.

表 1 主要分会场交流的论文统计

分会场主题	微纳米测试	微结构动力学行为	断裂与疲劳	静动态与冲击测量	无损检测	生物工程与反问题	智能材料与结构	图像处理与综合运用	光力学与光电传感器	残余应力与材料力学性能	流体实验力学
论文数	29	9	32	34	29	9	10	39	17	29	18

在微纳米测试与微结构动力学行为研究领域, 由于传统的宏观结构与材料力学理论不再适用于微纳米尺度的测量, 实验力学在微纳米和多尺度力学性能测量的研究显得尤为重要. 在测试方法研究中, 当前多数采用非接触测试技术, 如光、电磁场、超声技术和 X-射线技术等.

在工程结构与材料测试领域, 当前实验力学研究主要集中在桥梁与建筑物加固及健康长期监测, 新型材料(如复合材料、泡沫金属等)的蠕变、断裂和疲劳性能, 特别是动态和冲击荷载下的力学响应. 在测试方法研究领域, 光测法主要集中在动态变形测试方法及图像处理等.

#### 5 结 语

2008 国际实验力学会议是自 1980 年天津大学贾有权先生率领中国实验力学代表团首次参加在美国召开的第四届国际实验力学会议以来, 第四次在中国召开的国际实验力学会议. 这次会议为国内外实验力学同行提

供了进行广泛学术交流的平台, 增进了国内外学者之间的相互了解, 进一步探讨了实验力学研究的热点问题. 高水平的大会报告以及分组邀请报告具有代表性, 反映了实验力学测试方法与测试技术的最新水平, 以及实验力学在当前前沿领域的应用研究进展.

学科间的交叉与融合是当今科学发展的一个重要特征, 随着科学技术的不断发展, 现代实验力学可以为研究人员在不同时间尺度与空间尺度下认识新型材料与结构力学行为提供可靠的测试手段.

**致 谢** 本届会议得到了东南大学、国家自然科学基金委员会、教育部、美国国家科学基金会和国际光学工程学会的大力支持. 中国力学学会办公室、东南大学力学研究所以及实验力学专业委员会在会议筹备和组织过程中付出了辛勤的劳动, 使得会议圆满成功. 在此, 对所有为本次会议做出贡献的人们表示衷心感谢.