



2010 实验力学发展战略研讨会介绍

亢一澜¹ 方岱宁² 孟庆国³ 詹世革³ 王清远⁴ 谢惠民⁵

¹ 天津大学机械工程学院, 天津 300072

² 北京大学工学院, 北京 100871

³ 国家自然科学基金委员会数理科学部, 北京 100085

⁴ 四川大学力学与工程科学系, 成都 610065

⁵ 清华大学应用力学教育部重点实验室, 北京 100084

随着能源技术、微纳米技术、生物技术、信息技术和先进制造技术等高科技领域的迅速发展, 近年来力学的研究对象发生了很大变化, 其载荷特点从力扩展到多场至多系统, 其尺度空间从宏观分别扩展至巨观与纳观, 其状态响应从静态分别扩展到时域与空域. 随着研究对象越来越复杂, 固体力学对实验提出了越来越多的新需求, 但是传统的实验力学测试技术已无法满足这些需求. 因此, 推动实验力学新技术与新方法的研究, 对于力学学科的可持续发展以及更好地为国民经济发展和国防建设服务具有重要意义. 实验力学发展趋势是进一步与物理、化学、电子和信息领域中的新技术结合, 其基础性、交叉性和技术性等特点更加突出. 微纳尺度实验力学技术与装置、多场与多系统实验测量技术、特殊环境与极端条件下力学量检测技术、超声与无损检测技术、力学场可视化技术与实验数据识别、大工程系统中的测量与安全监测技术和传感及检测装置与实验仪器设备研制等已成为实验力学学科发展的前沿问题. 在新形势下, 需要实验力学工作者着眼于“顶天立地”, 注意本学科的特点, 立足本学科的科学问题以巩固自己的根基, 同时要正确把握研究方向, 广泛吸取相关学科的新技术和新方法, 解决相关学科的主流科学问题, 不断拓展实验力学应用领域, 在经济建设中发挥更重要的作用. 为了迎接现代工业技术发展所带来的挑战和发展机遇, 必须了解在高科技迅速发展的新形势下, 实验力学如何满足力学和其他相关学科对测试技术的需求以及更好地满足国民经济和国防建设发展的要求, 以确定实验力学学科近期的发展战略.

由中国力学学会实验力学专业委员会主办, 四川大学承办的 2010 实验力学发展战略研讨会于 2010 年 5 月 14~17 日在四川省成都市召开. 本次研讨会由天津大学亢一澜教授、北京大学方岱宁教授、四川大学王清远教授和清华大学谢惠民教授担任会议主席, 伍小平院士、于起峰院士和国家自然科学基金委员会数理科学部孟庆国副主任、力学处詹世革研究员等来自全国 20 多所院校和科研单位的 30 余名教授、专家、学者参加了研讨会并进行了深入的讨论交流. 大会开幕式由王清远教授主持, 中国科技大学伍小平院士、国家自然科学基金委员会数理科学部孟庆国副主任、天津大学亢一澜教授和清华大学谢惠民教授分别在开幕式上致辞. 邢

永明教授和黄培彦教授主持了随后的研讨会. 在讲话中, 孟庆国副主任希望我国实验力学工作者充分利用基金委仪器专项基金的平台, 自主创新实验力学仪器和大型设备, 形成学科新的生长点; 找准新时期实验力学发展的落脚点, 为国家需求作出重要贡献; 他还建议加强实验力学人才队伍建设, 实现学科的可持续发展.

实验力学在解决国民经济和国防建设的重大问题中发挥了重要作用. 本次研讨会的宗旨是: 讨论十二五规划中实验力学的发展战略, 如何更好地围绕国家重大需求、特殊机遇和学科前沿发展需要, 推动实验力学学科的发展. 研讨会分为邀请报告和交流讨论两个阶段. 在邀请报告阶段, 国防科技大学于起峰院士和中国工程物理研究院赵剑衡研究员分别作了题为“大型结构与工程摄像机网络测量与检测方法”和“斜波加载技术及其在材料力学性能研究中的应用”的大会特邀报告, 介绍了他们在各自研究领域上所取得的最新研究进展. 于起峰院士建议实验力学发展应与国家发展和国防建设的需求相结合, 并就如何增强实验力学创新力度、发挥科技人员的人才作用和发展科研设备仪器等提出了自己的看法. 国家自然科学基金委员会数理科学部力学处詹世革研究员作了“力学学科研究现状与基金资助思考”的大会特邀报告, 对力学学科的研究及队伍状况、基金申请和资助情况等进行了重点介绍, 并对如何结合国家需求和提炼科学问题提出了建议. 天津大学亢一澜教授作了“实验力学发展战略研讨”的大会特邀报告, 介绍了实验力学未来的发展趋势, 提出了在新时期、新问题和新机遇下, 实验力学如何应对变化的问题. 从美国前来参加会议的赵玉津教授和齐刚教授也分别就“实验力学在美国的发展趋向及中国学者如何能在世界舞台上扮演重要角色”和“一个可测量多因素统计损伤变量及其在应对当今精密制造工程材料挑战的作用”作了报告.

在会议的交流讨论中, 亢一澜教授、何小元教授、谢惠民教授和张青川教授先后主持了讨论会, 与会代表就“当前实验力学发展的战略意义、机遇和挑战、国家需求和发展战略目标、重点”、“实验仪器与技术研发”和“人才队伍建设”等议题进行了热烈讨论, 并达成共识, 实验力学必须面向国家战略需求和国际科技前沿, 加强实验科学问题和方法研究, 促进自主创新实验力学仪器设备的研制, 加大实验技术与软件研发的投入, 加强实验力学

科研后备力量的建设。

为了让实验力学学科广大同仁分享会议成果,根据本次与会代表的报告和交流讨论内容,特将会议纪要详细扩展,总结为以下几个方面:

1 实验固体力学的背景、意义、现状与发展趋势

实验固体力学包含实验测试技术与力学实验两个部分,它除了具有力学研究的基础性外还具有技术性与工程应用的特点,其中实验测试技术与光、机、电、声、图像和计算机等领域技术紧密交叉,与工程技术和生产实践密切结合,是一门力学与新技术紧密交叉的学科领域。美国等西方国家长期以来就十分重视实验力学技术的研究,美国实验力学协会每年组织国际性的实验力学年会,欧洲以实验和计算为主题的力学会议近来也十分频繁。近年来,我国的实验力学工作者在开发新技术、完善已有技术和拓展工程应用方面取得了许多突出进展,在光学测量、图像处理、无损检测、传感技术和工程电测等实验力学的测试理论与技术上取得了可喜成果,同时,在促进力学发展与国防建设和工程实践中发挥了重要作用。

2 优先发展的实验技术方向

2.1 多场和多系统的实验测量技术

该领域与智能材料、生物材料、生化材料、生命过程相关,建立多场与多系统的加载和实验测量技术是今后极具挑战性的研究领域,主要研究内容包括:(1)力-电-磁-热多场加载技术与测量技术;(2)力-化-生多系统反应过程实验力学测量技术;(3)生命与仿生中的实验光电测量技术。

2.2 微纳尺度实验力学检测技术与装置

随着微纳尺度力学的迅速发展,迫切需要建立与之相应的微纳尺度实验力学检测技术与装置,主要研究内容包括:(1)低维材料及器件力学性能实验;(2)微传感技术与变形场精细测量;(3)非经典微力测量与表征(表面力、范德华力、卡士米尔力、静电力和本征应力等);(4)微力加载及夹持技术与实验装置。

2.3 特殊环境与极端条件下力学量检测技术

该领域与国防军工、交通设施、航天航空工程等领域的材料及结构性能的损伤破坏研究密切相关,未来主要研究内容包括:(1)高低温、高低压、强辐射等各种特殊环境下力学量与多维运动参数的测量技术;(2)高周与超高周应力循环、高速与超高速等极端条件下的实验检测技术;(3)特殊环境与极端条件下的光学测试技术。

2.4 无损检测新技术(声、光、电、磁等)

属于实验力学新技术领域,与机械、能源等大型工程结构检测以及材料和器件的性能检测密切关联,未来主要研究内容包括:(1)结构或材料的超声无损检测新技术;(2)微波无损检测新技术;(3)三维表面变形及内部变形的无损测量新技术;(4)制造工艺应力与残余应力的无损检测新技术;(5)利用国家大装置中的实验力学测量新技术。

2.5 大工程系统中的测量与安全监测技术

该领域直接与国家经济建设和国防建设中的大装置、大系统和重大设施的安全运行相关,未来主要研究内容包括:(1)全局化集成性的传感、数据传输与处理技术;(2)重大装备与大型结构在复杂环境下安全性运营

的监测技术与预警方法。

2.6 实验数据的分析识别与力学场可视化技术

该领域主要涉及实验力学分析方法与图像处理技术,主要研究内容包括:(1)数字与光学图像技术;(2)实验数据的分析识别与力学场可视化技术。

3 国际合作与交流的现状、成果及未来发展

会上,赵玉津教授提出,要定位好中国学者在世界舞台上扮演的角色,多参加国际会议,加强国际合作和交流,建立好桥梁,跟国外接轨,把经验带到国内,帮助国内实验力学发展。

近年来,在我国实验力学工作者的共同努力下,在国际合作与交流方面取得了突出的成果,主要体现在:(1)多次成功主办国际实验力学会议,如在2009年南京召开的国际实验力学大会与在安徽黄山召开的国际实验力学会议,邀请了国际实验力学顶尖级学者作大会报告,通过会议了解实验力学的前沿和发展新方向,共同探讨了实验力学学科的发展趋势;(2)在专业委员会的组织下,通过组团方式参加了亚洲实验力学的系列会议,展示了我国实验力学的成果,扩大了学术影响;(3)推动了我国《实验力学》期刊的国际化,邀请国际知名学者担任特邀编委,出版英文专刊;(4)我国实验力学工作者担任了许多重要国际实验力学学术期刊的重要学术职务,如方岱宁教授担任了国际刊物 *Experimental Mechanics* 的副主编,谢惠民教授担任了国际刊物 *Optics and Lasers in Engineering* 的副主编,伍小平院士和亢一澜教授等作为主编出版了 *Optics and Lasers in Engineering* 的实验力学和微纳米力学专辑。

未来发展:将积极参加国际重要实验力学学术会议,组织国际学术研讨会和双边会议,加强同国际一流学者的合作和交流,吸引他们来华交流和担任工作,推动我国实验力学学科的发展。

4 提高国家自然科学基金对研究设施、仪器设备研制、实验技术与表征方法研究的支持

4.1 关于实验技术、仪器设备和软件发展的重要性、当前问题和发展思路的探讨

会上就实验力学仪器与设备发展的重要性、当前问题和发展思路,与会代表进行了热烈的探讨。何小元教授指出,实验力学研究人员应该为有特殊设备需求的单位和人员提供支持,按需定制设备,设计新设备。现在普遍面临经费不足的问题,国内的技术加工水平难以与国际水平竞争,怎样做出高品质的设备是当前的重要任务。李喜德教授指出,要促进新的实验方法的发展,将实验方法和力学分析方法相结合,通过新的实验方法直接获得对自己有利的结果。并认为,直接需要解决问题的研究人员更有可能做出新的实验设备。谢惠民教授指出,在重视实验方法技术研究的同时,还要注意将研究成果升华到检测设备,将利于相关成果的检测设备进一步推广。应注意设备功能的多样性和操作方便性及软件的开发。实验力学工作者可通过基金委员会的软件专项基金的资助,开发有自主知识产权的实验力学软件,这将促进国产实验设备整体水平的提高,有利于我国实验力学检测设备在国际范围的推广和应用,提高竞争力。张泰华教授提出用新的方法和技术来推动实验仪器的研制,要带着问题去发展技术,再固化为仪器实体。不用去定位商业化的仪器设备,而是发展具有实际应用价值和深刻力学内

涵的设备。陈金龙教授指出, 现在实验力学常见的问题是需求急和前期技术储备不足。通常只针对教学, 很难涵盖更广阔的应用范围。设备是对力学行为的研究, 成果为原理性样机, 与需求方的要求仍然有差距。于起峰院士指出, 在现有体制下, 科研人员可开发出检测设备的实验室样机, 但要真正形成产品, 需要深度开发和研究。形成产品要走很长的路, 如何调动科研人员的积极性, 需要政策的引导和体制的保障, 使科研成果得到尊重。邢永明教授和张青川教授指出, 在研究工作中要重视针对重大工程问题的需求, 提炼出科学问题, 发展针对性强的仪器。注重学科交叉和需求, 结合自然科学基金和国家科技部项目, 获得有特色、自主创新的科研成果, 为学科发展作出重要贡献。亢一澜教授提出, 要根据需求带动实验技术研究和仪器的开发, 涉及国家的大型科学工程的问题, 有需求, 但是有难度, 需要强强结合, 组织强有力的研究团队, 集中优势力量解决重大工程中的科学问题。

伍小平院士强调了实验力学软件开发的重要性, 她对实验力学近 40 年发展历史进行了回顾, 指出光测力学是十分活跃的方向, 在光测力学方法、技术等方面的发展十分迅速, 近 20 年来, 计算机技术的快速发展, 实验力学方法与计算机紧密结合, 使得检测结果的处理和分析更加便捷。利用计算机可实现人力难以完成的工作。软件的品质会提供很好的竞争力和展示度, 应该加大投入发展实验力学软件的研究。目前研究的热点问题如: 3D 数字图像相关和条纹图的位相处理等。目前, 国内软件相关的问题十分突出, 国外软件很贵, 自主开发的软件也有获得成功的实例, 但缺乏通用性软件, 需要进一步加强。实验力学工作者可在软件问题的研究中发挥自己的优势。

4.2 关于项目申请的建议

会上, 亢一澜教授指出, 现在设备项目申请面对的实际问题是, 申请小项目的多, 提出确定大项目的方向, 申请大项目; 申请书问题明确, 目标明确, 有利于获得支持。孟庆国副主任指出, 项目申请要注意重点项目和仪器项目的数量限制, 60~70 万的项目主要是发展实验技术, 要结合实际问题, 不是单一的仪器开发, 今后项目申请的主题是基于研究问题的实验技术发展 (及仪器研制)。何存富教授提出有组织地进行项目申请的建议。

4.3 实验力学发展的重要研究领域

力学的研究对象比以往更加复杂。在力学与物理、力学与生物和化学等交叉领域, 提出了许多新的基础科学问题, 需要通过实验发现新规律, 检测新理论, 这一背景需求将进一步提升实验在力学研究中的重要作用。但目前支持这些力学研究的实验仪器与设备匮乏, 开发和研制力学学科实验研究所需的设备和仪器是今后需要重点扶持的领域。在应用研究方面, 在卫星、大飞机、高速列车、核电装备、武器装备、重型巨载装备和大型桥梁等重大设施为背景的需求中, 在其研发和运营的关键技术中, 提出很多与力学测量相关的技术科学问题, 开展与之相关的检测技术及表征方法的研究, 研制相关的检测仪器和设备, 也是力学发展的重要研究领域。建议内容包括:

(1) 力-生化多场检测系统与设备——利用微梁的单传感器、阵列传感器及光电测量系统;

(2) 力-生物体材料显微测量系统与设备——力测量、图像采集和生化环境控制, 用于细胞尺度的生物体的加载与变形测量;

(3) 低维结构力学性能测试仪器——校准和计量测

源技术、低维材料与结构的夹持加载系统以及微力与变形协同测量;

(4) 大型结构的应力、变形与位移监测系统与设备——可实现对飞机、舰船、高层建筑、桥梁、隧洞、地铁、边坡等大型结构的变形、位移的测量与监测;

(5) 重大装备中的关键部件监测技术与安全预警系统——长时效高可靠性的力学量传感器、网络传感技术、数据处理技术以及预警系统;

(6) 三维数字散斑测量系统及相关软件/三维云纹干涉测量系统及相关装置/电子散斑测量系统及相关软件/动态显微数字全息干涉测量仪——集成现有技术优势, 自主研发, 解决在材料力学性能表征与结构的力学行为检测等方面装备需求;

(7) 在极端条件下的材料物性测试设备: 力-电-磁-热多场加载测量技术与设备——分别实现在强磁场中的材料物性测量、在高温中材料力学行为的测量 (航天已考虑 4000°C 以上)、在低温中材料力学行为的测量 (在新能源领域受控核聚变, 其超导线圈在 4K 工作, 要多点测量变形和膨胀系数);

(8) 结构与材料健康检测中损伤检测仪器——基于超声导波技术与超声相控阵检测技术研制相应仪器, 满足土木/交通工程领域及航空、航天飞行器领域的无损检测需要;

(9) 便携式复合材料界面损伤测试仪、应力腐蚀试验机以及原位残余应力无损检测仪——能测定在役结构修复界面损伤、预应力及预残余应力;

(10) 土和颗粒材料现代三轴试验系统: 可以进行饱和与非饱和土的三轴试验; 具有位移、荷载和加载速率控制功能; 高精度的力和变形测量功能; 配备三维全表面变形数字图像测量系统。

5 加强青年研究队伍的培养

会上, 对于后备人才的培养, 孟庆国主任提出, 青年教师队伍的来源, 研究生扩大生源是唯一可行的办法; 何小元教授提出互相推荐、交换推免生的建议; 李喜德教授指出, 实验力学方向研究生的培养, 教材稀少, 新的测试手段没有进入教科书; 王清远教授指出现在的力学竞赛偏向于理论, 提出组织力学实验竞赛, 培养学生对实验力学的兴趣, 引导学生进行实验训练的建议。

詹世革研究员在特邀报告中指出, 加强对青年研究队伍的培养, 可以采取以下措施:

(1) 采取多种方式加大对 40 岁以下青年学者的资助, 使他们能够尽快地自主开展科研工作;

(2) 举办 40 岁以下的青年学者专题学术研讨会、沙龙, 为青年人才提供一个学术交流和思想碰撞的机会, 如 2010 年组织举办“实验力学青年学者研讨会”;

(3) 继续举办力学高级讲习班, 为青年教师、博士后和研究生提供一个高起点、大范围、多领域的学术交流平台。

闭幕式上, 专家一致认为, 要更加明确实验技术和仪器的定位和切入点, 研究层面针对前沿和基本科学问题及国家需求。最后, 王清远教授作了闭幕式讲话。在大家的共同努力下, 研讨会顺利完成了预定议程, 取得了圆满成功。这次发展战略研讨会的成功举办, 为大家提供了很好的交流和学习机会, 获得了大量信息和经验, 达到了交流思想和展望学科未来方向的目的, 对实验力学学科的研究和发展起到了重要的指导和推动作用。