



2006-2007

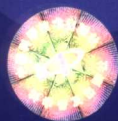
力学

学科发展报告

REPORT ON ADVANCES IN MECHANICS

中国科学技术协会 主编

中国力学学会 编著



中国科学技术出版社



2006-2007

力学

学科发展报告

REPORT ON ADVANCES IN MECHANICS

中国科学技术协会 主编

中国力学学会 编著



中国科学技术出版社

· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

2006—2007 力学学科发展报告/中国科学技术协会主编;
中国力学学会编著. —北京:中国科学技术出版社,2007.3
ISBN 978-7-5046-4522-7

I. 2... II. ①中... ②中... III. 力学—研究报
告—中国—2006—2007 IV. 03

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 024250 号

自 2006 年 4 月起本社图书封面均贴有防伪标志,未贴防伪标志的为盗版图书。

中国科学技术出版社出版

北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码:100081

电话:010-62103210 传真:010-62183872

<http://www.kjpbooks.com.cn>

科学普及出版社发行部发行

北京中科印刷有限公司印刷

*

开本:787 毫米×1092 毫米 1/16 印张:13 字数:312 千字

2007 年 3 月第 1 版 2007 年 3 月第 1 次印刷

印数:1—2000 册 定价:35.00 元

ISBN 978-7-5046-4522-7/O · 123

(凡购买本社的图书,如有缺页、倒页、
脱页者,本社发行部负责调换)

2006—2007 力学学科发展报告

DEVELOPMENT REPORT ON MECHANICS

首席科学家 李家春

专 家 组

组 长 方岱宁

副组长 (按姓氏笔画排序)

王建祥 朱克勤 刘青泉 杨亚政 张 伟
孟庆国

成 员 (按姓氏笔画排序)

马延文	王敏中	石耀霖	龙 勉	申长雨
白以龙	冯西桥	朱位秋	伍小平	刘丽坤
刘铸永	孙承纬	杜善义	杨嘉陵	李勇池
吴志强	吴承康	吴锤结	何友声	何国威
余同希	余寿文	沈 青	张洪武	陆启韶
陈予恕	陈 滨	林建忠	郑泉水	胡更开
俞鸿儒	姜宗林	洪嘉振	徐健学	黄文虎
黄 琳	黄筑平	梅凤翔	梁 军	程耿东
傅德薰	鲁传敬	樊 菁		

学术秘书 陈 杰

序

基于我国经济社会发展和国际社会竞争态势的客观要求,党中央、国务院做出增强自主创新能力、建设创新型国家的战略部署,这是综合分析我国所处历史阶段和世界发展大势做出的重大战略决策。学科创立、成长和发展,是科学技术创新发展的科学基础,是科学知识体系化的象征,是创新型国家建设的重要方面,是国家科技竞争力的标志。在科学技术繁荣、发展的过程中,传统的自然科学学科得以不断深入发展,新兴学科不断产生,学科间的相互渗透、相互融合的趋势不断增强;边缘学科、交叉学科纷纷涌现,新的分支学科不断衍生,科学与技术趋向综合化、整体化。及时总结、报告自然科学的学科最新研究进展,对广大科技工作者跟踪、了解、把握学科的发展动态,深入开展学科研究,推进学科交叉、融合与渗透,推动多学科协调发展,促进原始创新能力的提升,建设创新型国家具有非常重要的意义。为此,中国科协在连续4年编制《学科发展蓝皮书》基础上,自2006年开始启动学科发展研究及发布活动。

按照统一要求,中国力学学会、中国化学会、中国地理学会等30个全国学会申请承担了2006年相应30个一级学科发展研究任务,并编撰出版30本相应学科发展报告。在此基础上,中国科协学会学术部组织有关专家编撰了全面反映这30个一级学科的总报告——《学科发展报告综合卷(2006—2007)》。

中国科协是中国科学技术工作者的群众组织,是国家推动科学技术事业发展的重要力量,开展学术交流、活跃学术思想、促进学科发展、推动自主创新是其肩负的重要任务之一。开展学科发展研究及学科发展报告发布活动,是贯彻落实科技兴国战略和可持续发展战略,弘扬科学精神,繁荣学术思想,展示学科发展风貌,拓宽学术交流渠道,更好地履行中国科协职责的一项重要举措。这套由31卷、近800余万字构成的系列学科发展报告(2006—2007),对本学科近两年来国内外科学前沿发展情况进行跟踪,回顾总结,并科学评价了近年来学科的新进展、新成果、新见解、新观点、新方法、新技术等,体现了学科发展研究的前沿性;报告根据本学科的发展现状、动态、趋势以及国际比较和

战略需求,展望了本学科的发展前景,提出了本学科发展的对策和建议,体现了学科发展研究的前瞻性;报告由本学科领域首席科学家牵头、相关学术领域的专家学者参加研究,集中了本学科专家学者的智慧和学术上的真知灼见,突出了学科发展研究的学术性。这是参与这些研究的全国学会和科学家、科技专家劳动智慧的结晶,也是他们学术风尚和科学责任的体现。

希望中国科协所属全国学会坚持不懈地开展学科发展研究和发布活动,持之以恒地出版学科发展报告,充分体现中国科协“三服务、一加强”(为经济社会发展服务,为提高全民科学素质服务,为科学技术工作者服务,加强自身建设)的工作方针,不断提升中国科协和全国学会的学术建设能力,增强其在推动学科发展、促进自主创新中的作用。

A stylized, handwritten signature in black ink, likely belonging to Shi Dongsheng, positioned above the date.

2007年2月

前 言

现代科学技术日新月异,给力学学科提出了新的基础科学问题;中国的社会经济发展对力学提出了新的国家战略需求。进入 21 世纪,和其他学科一样,力学学科进行了回顾和思考,以发展的眼光,直面新的挑战,肩负着使命和责任,满怀希望和憧憬,思索未来我国的力学将如何发展、力学将如何面向国家需求开展基础研究和科技创新等问题。因此,我们迫切需要对当今学科发展现状与趋势作出正确的判断,全面调研我国力学学科的发展势态,为力学在基础研究和工程应用这两个方面取得新的重大进展奠定基础。为贯彻落实全国科技大会和《国家中长期科学和技术发展规划纲要》的精神,促进学科发展和提高原始创新能力,受中国科学技术协会委托,在中国力学学会常务理事会的帮助下,中国力学学会对我国力学学科年度进展进行全面的总结和研究,对国内外状况进行分析和对比,预测学科发展趋势,提出未来几年内重点研究方向和具体措施建议,遂形成了这份学科发展报告。

该报告旨在使公众和管理部门进一步了解现代力学在认知世界,促进经济、社会发展,维护国家安全中的重要作用。因此,现代力学是一门具有广泛应用和强大生命力的重要基础学科,扩大力学在学术界和社会中的影响力,使从事与力学相关的研究者正确把握前沿方向,并积极介入面向国家需求的研究项目,同时为国家管理层面提供权威性的参考依据。

中国力学学会于 2006 年 6 月成立“力学学科发展研究”项目综合小组和四个专题小组(固体力学组、流体力学组、动力学与控制组、交叉力学组)。各个专题小组又根据其学科特点细分为不同的研究领域,由该领域的专家、学者撰写其领域的发展研究报告。调研组先后召开了六次工作研讨会,讨论和确定了调研报告的框架,并对报告进行了多次讨论和修改。2006 年 7~10 月,综合组和四个专题组开展调查研究,广泛搜集国内外期刊文献资料,进行各分支学科发展专题研究,撰写分支学科的发展研究报告;2006 年 11~12 月,对综合组和各个专题组的发展研究报告进行汇总,并进行综合研究。综合组在分报告的基础上,形成调研报告的征求意见稿;2006 年 12 月 11 日,中国力学学会常务理事会组织了专家讨论会,中国科协有关同志参加了此次会议,对 2006—2007 力学学科发展综合报告及各专题调研报告进行了充分的讨论,提出修改意见;2006 年 12 月中旬,根据专家意见,完成了《2006—2007 力学学科发展报告》。

本报告是在中国科学技术协会的正确指导下,调动了力学界诸多专家、学

者,涉及高校与科研院所共计 22 个单位、68 人,集思广益后最终完成的,这是集体智慧的结晶。特此感谢中国科协领导的关心和支持,感谢中国力学学会常务理事会的核心作用,感谢参与这次力学学科发展调研工作的所有专家、学者,感谢为这次力学学科发展调研工作付出辛勤劳动的中国力学学会办公室的所有工作人员!

中国力学学会
2006 年 12 月

目 录

序言	韩启德
前言	中国力学学会

综合报告

力学学科发展现状与趋势	(3)
一、引言	(3)
二、力学的定义和学科性质	(4)
三、力学学科的发展趋势	(6)
四、力学学科的国内研究现状与主要成果	(16)
五、力学学科发展目标和具体措施	(27)
参考文献	(33)

专题报告

固体力学学科发展	(37)
附件	(44)
多尺度力学	(44)
微纳米力学和细观力学	(48)
新型材料力学	(52)
弹性力学	(56)
塑性力学	(60)
断裂力学	(63)
振动、冲击动力学和波动理论	(66)
计算力学	(71)
实验固体力学	(75)
制造工艺力学	(79)
流体力学学科发展	(83)
附件	(94)
湍流	(94)
涡动力学	(98)
高速水动力学	(101)
高超声速空气动力学	(104)
稀薄气体动力学	(108)
多相流	(111)
非牛顿流体力学	(114)

计算流体力学	(117)
动力学与控制学科发展	(120)
附件	(128)
非线性系统动力学	(128)
随机系统动力学	(133)
稳定性与控制	(136)
多体系统动力学	(139)
分析力学	(144)
非线性振动	(150)
航空航天动力学	(154)
交叉力学学科发展	(159)
附件	(166)
生物力学	(166)
环境力学	(170)
爆炸力学	(174)
等离子体力学	(178)
地球动力学	(182)

ABSTRACTS IN ENGLISH

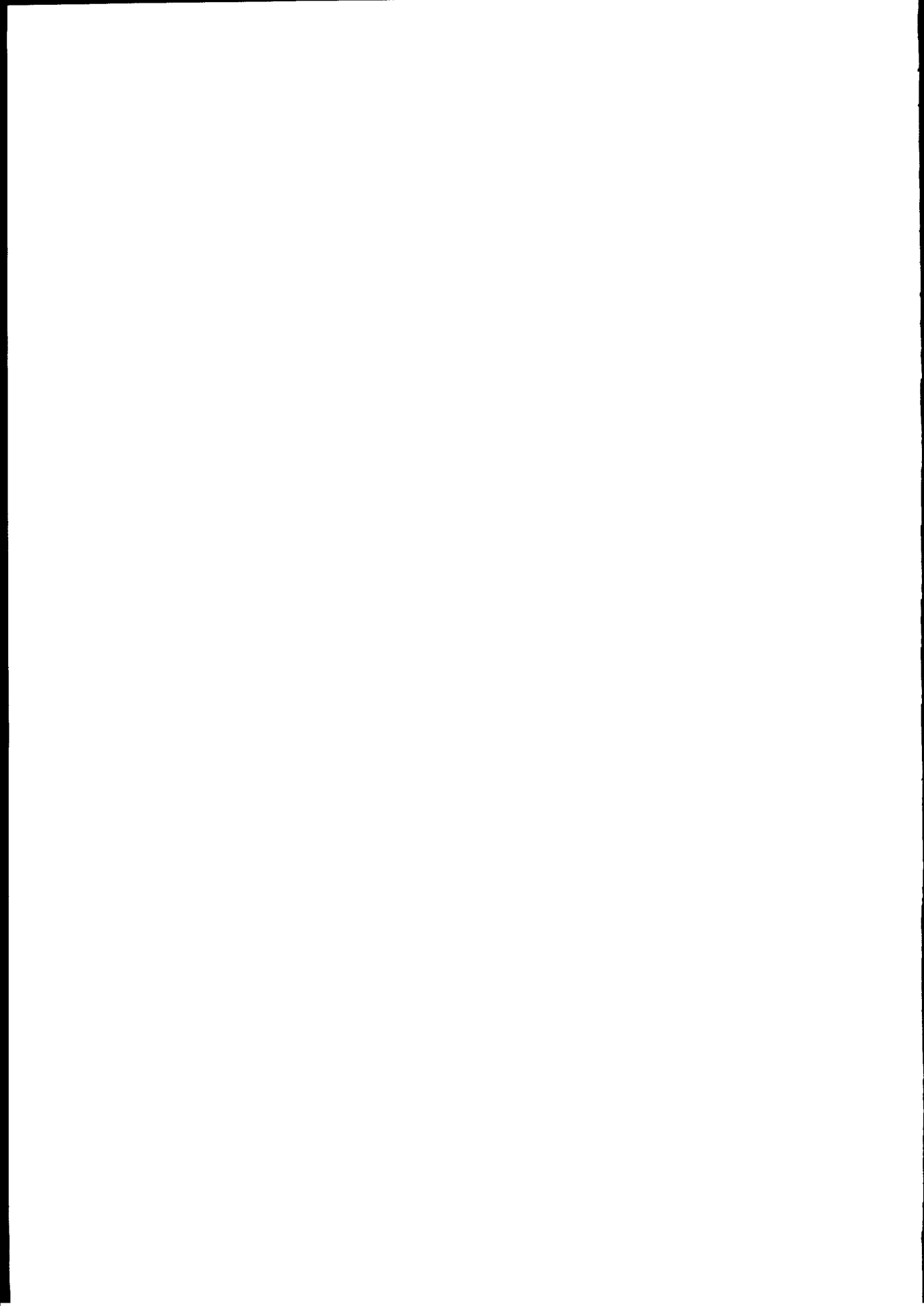
Comprehensive Report

Development in Mechanics	(187)
--------------------------------	-------

Reports on Special Topics

Development in Solid Mechanics	(193)
Development in Fluid Mechanics	(194)
Development in Dynamics and Control	(195)
Development in Interdiscipline of Mechanics	(196)

综合报告



力学学科发展现状与趋势

一、引言

力学是有关力、运动和介质(固体、液体、气体和等离子体)的宏、细/微观力学性质的学科,研究以机械运动为主及其同物理、化学、生物运动耦合的现象。它的主要分支学科有:动力学与控制、固体力学、流体力学和交叉力学。18世纪,连续介质力学的出现使力学学科从物理学中脱颖而出,成为一门独立的学科。1977年,对于力学的性质曾进行过一次广泛的大讨论,在我国制订自然科学基础学科规划时,方毅同志和邓小平同志批示同意将力学学科归入基础学科,确立了力学是一门独立的基础学科的地位。力学作为基础学科之一,在1987年国家科委基础研究规划和1999年国家重点基础研究发展规划总纲(草稿)中都有所反映。近30年来的实践表明,这样的认识促进了力学学科的发展,也使力学在经济建设和国家安全方面作出了巨大的贡献。

我国的近代力学事业始于20世纪50年代。从这时起,力学对新中国现代科学发展和国民经济建设肩负着特殊使命,作出了巨大贡献:从两弹一星到深潜弹道导弹核潜艇的研制,从长江大桥到长江三峡的建设,从三次采油到大型水轮发电机组的设计、制造,从天气、灾害的预报到环境治理,无不反映了力学的理论在生产实践中的巨大作用,无不凝聚着力学工作者和相关学科的科学家、工程技术人员的共同心血。目前,中国力学学会的会员总数超过2万人,从事与力学相关研究的两院院士有60余名。对国内86个单位的力学基础研究人员的调研结果表明,目前国内拥有5300余人的力学基础研究队伍(具有正高级职称的人员1651人,副高级职称人员2363人,中级职称人员1289人)。

中国在国际力学界处于举足轻重的地位。据SCI源库中106种力学期刊的国际联机检索统计数据表明:2000~2004年间中国力学学科(不含港澳台)的论文数分别为2000年655篇、2001年761篇、2002年799篇、2003年931篇、2004年993篇,2000~2002年世界排名为第3名,2003~2004年世界排名上升到第2名,而中国总的SCI收录论文数为世界第11名。最近5年,在力学类影响因子前10位期刊的论文排行情况为2000年13篇、2001年31篇、2002年38篇、2003年40篇、2004年48篇,中国学者在力学顶尖刊物上发表的论文数呈明显增加趋势,由1.4%增加至约5%,表明中国力学总体水平的提高。目前,我国在国际理论与应用力学联合会(IUTAM)中有4名理事,1名执委会委员,1名大会委员会委员,2名工作委员会委员。我国的力学期刊数已达20余种,其中进入SCI的刊物有3种。我国已经常主办和承办各种国际力学学术会议,近20年来中国力学学会举办的国际会议就达100余次,国外参会代表超过5000人。

力学是我国具有传统优势的学科之一,也是一门独立的重要学科。我国学者钱学森、周培源、钱伟长、郭永怀等在湍流理论、喷气推进、空气动力学、板壳理论、航空工程、工程控制论、物理力学、广义变分原理、应用数学等方面享誉国际学术界;李四光在地质力学、

冯康在有限元法和辛算法方面所做的开创性贡献,赢得了世界力学界的尊重。我国力学学者王仁、程耿东被四年一度的 IUTAM 大会邀请做 1 小时大会专题报告,表明我国在地球动力学和拓扑优化领域具有重要国际影响。原子弹、氢弹爆炸及其小型化,中远程导弹发射,回收技术,载人飞行等,表明我国在爆炸力学、空气动力学的研究具有世界先进水平。我国在泥沙运动力学方面的研究也具有特色,在板块运动和地球构造动力学等方面达到了国际水平。海外的中国力学学者已成为一支举足轻重的力量,目前国际力学界 40 岁左右最出色的学术带头人很多来源于中国内地。我国力学研究的优势领域为:湍流、流动稳定性、复杂流动等流体力学领域,本构关系、断裂、宏微观力学、计算结构力学与优化设计、光测实验力学等固体力学领域,运动稳定性、非线性振动、结构振动等动力学与控制等领域,爆炸力学、微重力、生物力学、环境力学等交叉学科领域,在板壳理论、广义变形原理等与数学紧密结合的力学分支领域。在上述国内相对优势领域已经成长起一批国家自然科学基金委员会的“创新研究群体”。此外,我国学者在国际上做出了一些较有影响的成果,最近 5 年共获得国家自然科学奖二等奖 6 项、国家科技进步奖一等奖 3 项、二等奖 14 项。

随着科学技术的发展,力学学科与其他学科的交叉越来越明显,同时也使得现代力学所涉及对象的复杂性越来越突出,出现了一系列处于科学前沿的新问题和新领域,力学体系正孕育着重大变革,其学科发展前沿为:①湍流、非定常流动及控制;②复杂介质及超常环境流动;③非线性系统的复杂动力学与控制;④微纳米力学;⑤新型材料与结构的多场耦合力学;⑥跨尺度关联;⑦生物力学。另一方面,结合国家战略需求,力学的重点研究领域为:①国家安全中的关键力学问题;②航空航天中的关键力学问题;③深海环境下资源开采中的关键力学问题;④环境与灾害关键力学问题;⑤人类健康科学领域的关键力学问题;⑥先进装备中的关键力学问题。

二、力学的定义和学科性质

力学是有关力、运动和介质(固体、液体、气体和等离子体)宏、细/微观力学性质的学科,研究以机械运动为主及其同物理、化学、生物运动耦合的现象。它的主要分支学科有:固体力学,主要研究材料与结构的变形、损伤、断裂和破坏的规律;流体力学,主要研究流体介质的流动和相应的动量、能量和物质运输的规律;动力学与控制,主要研究离散系统的运动和演化规律。

由于人们可以亲自观察到宏观力学现象,所以力学是人类在生产实践活动中最早取得直接经验,并加以利用的自然科学领域。到 17 世纪,大量积累起来的天文观测事实已经成为原始创新的源泉,并孕育着科学理论的诞生。牛顿适时地提出了三大定律和万有引力定律,建立了牛顿力学。牛顿力学不仅从理论上严格证明了开普勒的行星运动规律,甚至还可以预见未被观察到的行星——天王星的存在,牛顿力学的出现标志着真正自然科学的兴起和黎明。

18 世纪,连续介质力学的出现使力学学科从物理学中脱颖而出,成为一门独立的学科。然而,力学中的运动定律、哈密顿力学、能量守恒原理等无时无刻不在物理学发展过

程中得到应用。量子力学和相对论则是经典力学向着微观和宇观的衍生,因此,德布罗意认为:相对论和量子力学形成了我们对整个力学现象领域认识前进途中的两个最高峰。鉴于力学的基础性,它还曾经和继续推动着其他基础学科的发展。孤立波和激波现象推动了数学家对各种非线性发展方程的研究,解释流动转捩和压杆稳定是研究分岔理论的动力,非线性系统相空间分析促进了动力系统和现代微分几何的发展,哈密顿力学是辛几何诞生的物理背景;天体物理是等离子体动力学的一个重要应用领域;动力气象学的出现推动了大气科学的发展,考虑层结和旋转效应的地球物理流体则是大气动力学和物理海洋学的基础;基于力学原理的地球构造动力学,探讨地壳和岩石圈大尺度构造运动的动力过程和驱动机制,包括地幔对流,涌升热柱,海底扩张,岩石的剪切、挤压、褶皱、破裂和地应力演化等,可以用来解释地震、火山、成矿的原因;应力与生长则是生物力学的重要课题。

在自然规律的科学认识论方面,由于牛顿力学可以准确预测宏观世界物质低速运动的规律,是自然规律因果论和确定论思想的重要来源和直接证据。随后,数学家提出了描述不确定现象的概率论和随机论。1960年,洛伦兹在研究对流运动时,发现了反映内在随机性、对初始扰动敏感依赖的混沌现象,冲击了牛顿的确定论观点,这是力学对自然规律认识论飞跃的又一重大贡献。

在科学研究方法论方面,伽利略通过在比萨斜塔上有名的自由落体实验,以简单的事实证实了正确的运动规律。“观察、实验、理论”科学方法的三部曲是由力学家开普勒、伽利略和牛顿完成的,从而开创了科学研究的崭新时代;20世纪,力学家谢道夫总结的量纲分析是具有普遍意义的理论方法,它不仅指导工业放大和缩尺实验,而且是科学家在复杂纷繁的现象中识别主次因素的有效工具。著名力学家泰勒曾根据1945年美国在新墨西哥州爆炸火球的照片,用量纲分析方法计算出原子弹的TNT当量,使学术界感到震惊。力学家善于应用理论和实验相结合的方法,由表象到本质,由现象到机理,由定性到定量,解决自然科学和工程技术中的关键科学问题。力学家及时地预见到计算将成为科学研究的重要途径,提出了有限元方法,并形成了计算力学学科。在超级计算机出现后,力学中大规模复杂工程问题计算的需求,对于促进计算科学的发展起了重要作用。

马克思指出:“力学是大工业的真正科学的基础。”经典力学曾是工业革命的杠杆,随后造就了一个时期的辉煌。例如,在力学原理指导下,瓦特发明了蒸汽机离心调速器之后,蒸汽机才真正成为动力。爱因斯坦曾对连续介质力学给予了极高的评价,称其具有“伟大的实际意义”。20世纪初,人类刚刚实现动力飞行,普朗特提出的边界层和升力线理论,使飞机的科学设计成为可能。随后,通过在冯·卡门领导下的古根海姆实验室应用力学学派的共同努力,突破声障和热障,逾越声速,人造卫星,登月计划,使人类进入空间时代,这是力学发展的“黄金时期”。近50年来,大型客机、载人飞行和深空探测在流动控制、轻质材料、防热方法、推进技术等方面给力学家提出了新的课题。社会的需求表明,现代力学不仅是航空、航天工程的先导,而且还与能源、环境工程,海洋、海岸工程、石油、化学工程,土木、机械工程,材料、信息工程,生物、医学工程有紧密的联系和广泛的应用,并处于核心地位。例如,由于理解了飓风形成、发展及其与全球天气系统相互作用的机理,飓风登陆和强度的预报将得到改进;对具有群体缺陷、裂纹和裂隙的不连续、非均匀介质

的力学演化过程的了解可以减轻因地震、滑坡、泥石流、矿井崩塌等灾害给人类带来的威胁和损失。界面不稳定限制了现有核聚变装置的能量密度,了解和控制这种不稳定可以加速聚变能的利用。核电、风能、高坝和大功率水轮发电机组是能源现代化的关键技术,需要研究极端环境下材料和结构的力学行为和安全评估;要设计出在严峻海洋环境中安全、可靠作业的深水平台,必须正确预测流体动力载荷和海洋结构物的动力响应;多相物理化学渗流的研究可以预见在地层中油、气、水、聚合物、表面活性剂的运动和分布,从而通过提高驱动效率和扩大波及面积实现提高采收率;化学工业的效率也依赖于通过控制流动中“传热、传质和化学反应”过程得以提高;可以制造出各种新一代微尺度装置,如代替电池的燃烧器、冷却电子系统的先进流动控制装置,检测 DNA 的芯片实验系统;血液流动对动脉粥样硬化和血管重建有重要作用,需要更好地理解壁面剪应力与瘢痕的形成,内皮细胞相应的反应与组织生长的关系,才能发展对这些疾病更好的治疗方法。由此可见,力学已经是现代社会经济发展和人类生活中不可替代的重要学科,因此,钱学森说:“不可能设想,不要现代力学就能实现现代化。”,而探究各种真实介质的复杂力学是对力学家新的挑战。

综上所述,力学学科是自然科学的先导和基础,它在学科自身发展和实际工程应用的驱动下不断发展,为人类社会的进步作出了巨大贡献,应用和理论力学学派的光辉成就已经载入科学史册。毫无疑问,现代力学仍将是一门具有广泛应用前景和强大生命力的重要基础学科。

三、力学学科的发展趋势

现代科学技术的日新月异,给力学学科提出了新的基础科学问题;中国的社会经济发展对力学提出了新的国家战略需求。进入 21 世纪,和其他学科一样,力学学科进行着回顾和思考,带着发展眼光,直面新的挑战,肩负着使命和责任,满怀着希望和憧憬,思索未来我国力学将如何发展、力学将如何面向国家需求来开展基础研究和科技创新工作。因此,我们迫切需要对当今学科发展状况与趋势作出正确判断,全面调研我国力学学科发展势态,这将为规划力学学科,并在基础研究和工程应用两个方面上取得重大进展奠定基础。

在 21 世纪,国家面临提高全民的知识层次、生活质量、健康水平和国防实力的总体需求,这也对力学提出了新的国家战略需求。可持续性发展、污染治理的需求呼唤着环境力学的出现;数字地球的兴起为河流动力学、大气动力学提供了用武之地;水资源的短缺促进多个力学分支的发展;能源和化工领域中高效清洁生产的需求推动着化学流体力学和非平衡热力学的前进;对非常规油气能源的强化开发需借助岩石压裂和渗流力学的定量模拟;南水北调工程期待着岩土力学一展身手。空间应用的发展需要微重力科学、非线性动力学与控制 and 高温空气动力学的新突破;虚拟制造需要借助于计算力学和材料工艺力学的新进步;深海开发有赖于波、浪、流、内波及其与结构的相互作用,管道多相流和土力学的新发展;工程结构可靠性依赖于故障诊断学、宏微观破坏力学、智能结构力学和主动控制理论的新应用;微机电产业的发展需要开拓微动力学和力电失效学;新材料的研制需

要发展细观力学和计算材料学;现代化农业和人体健康需要借助生物力学的研究成果;环境灾害预报与防治有赖于灾害力学的研究进展;国防建设更需要力学的发展,载人航天和民用飞机的发展依赖于实验和全机计算空气动力学;在现代战争中的“制信息权”依赖于星座动力学和自主导航;精确打击和突防能力依赖于流体力学和动力学与控制相交叉的运载控制;“禁核试”条件下核威慑的有效性依赖于多介质的计算力学模拟;战略潜艇的隐蔽性依赖于减噪的力学控制,等等。

当今国际理论与应用力学界的研究非常活跃。以 2004 年 8 月在波兰华沙召开的第 21 届国际理论与应用力学大会为例,会议共设置了 55 个主题分会,代表 1 515 人,有 1 574 篇文章被接受发表,与前几届大会相比均有明显增加。从会议报告涉及的研究内容来看,除了反映力学的基础和传统的领域之外,还充分显示了国际力学的前沿热点问题和新的发展方向。如固体力学主要包括:微纳米固体力学,计算固体力学,弹塑性蠕变,疲劳与断裂,接触、黏着、摩擦与磨损,复合材料力学,智能材料与结构,结构优化,冲击与波的传播等。流体力学主要包括流动稳定性与转捩、湍流、可压缩流、计算流体力学、流体力学实验方法、复杂与智能流体、环境流体力学、薄膜流动、生物流体力学、颗粒流、涡动力学、液滴与气泡、微流体力学、流动控制等。动力学与控制包括非线性动力学、多体动力学、结构振动与控制、固体和流体中的混沌等。另外,在生物力学领域,细胞力学、组织力学、分子力学、生物材料的力学行为占据一定的份量。这在一定程度上反映了力学各领域目前的主要研究状况和趋势,表明理论与应用力学发展的良好态势及其应用的日益广泛。国际理论与应用力学联合会(IUTAM)成立了 4 个新的跨学科的工作委员会来研讨力学的发展,现有的 9 个工作委员会为:非牛顿流体力学和流变学、动力系统和机电学、材料力学、材料加工、计算流体力学和固体力学、生物力学、力学中的微纳米尺度现象、地球物理和环境力学、力学教育。

总之,力学学科的发展呈现出如下趋势:

(1)宏观与微观相结合。力学界正在关注跨物质层次、多尺度的力学现象和非线性并远离热力学平衡态的力学行为,这是力学基础研究的重要发展趋势,意味着将突破连续介质力学的理论框架,突破简单还原和叠加的经典方法,突破确定性和随机性之间联系的传统概念。如何用全新的微结构力学和跨尺度的关联跨越这条理论鸿沟,表征固体原子集群的力学行为是力学家、物理学家、材料科学家长期渴求的共同目标。实现这一目标的标志在于创建“微纳米力学”的新学说,并建立其与细观、宏观尺度约化连接的跨尺度关联方法。微纳米力学的创立,以及“微—细—宏”尺度的关联,将使 21 世纪的材料和系统设计面貌焕然一新。

(2)学科的交叉与融合。力学与其他学科的交叉将进一步扩大与加强。全球气候、环境、海洋、自然灾害等自然环境中的诸多问题将不断提出具有学科交叉性和综合性的新的力学问题。在 21 世纪,力学与生命科学和医学相结合的生物力学,力学与地学相结合的地球动力学,力学与物质微观运动规律相结合的物理力学,都将会有重要进展。随着高技术的发展,力、热、电、磁、信息等多场耦合的问题将不断涌现,促进新的学科交叉。诸如磁浮超导、智能材料与结构、生物医学工程和生命支持体系中,均包含这类在多场耦合下的学科交叉问题。