

应用力学进展

APPLIED ADVANCES IN MECHANICS

祝贺郑哲敏先生八十华诞

洪友士 主编



科学出版社
www.sciencep.com

应用力学进展

洪友士 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本文集是祝贺郑哲敏先生八十华诞应用力学学术报告会论文集,采用定向征稿形式共收集论文 70 篇,覆盖应用力学的多个分支学科领域,包括:爆炸力学、岩土力学、冲击动力学、材料力学性能、生物力学、物理力学、海洋工程力学、环境流体力学等。这些领域均为郑哲敏先生长期从事或关注的学科方向。文集内容展示了应用力学研究的最新进展。

图书在版编目 (CIP) 数据

应用力学进展 / 洪友士 主编. 北京: 科学出版社, 2004

ISBN 7-03-014331-0

I 应 II 洪 III 应用力学 学术会议 文集 IV. 039-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 092081 号

责任编辑: 郝德平 / 责任印制: 钱玉芬

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

、 邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004 年 9 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2004 年 9 月第一次印刷 印张: 32

印数:1-1 000 字数: 745 000

定价: 96.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换(新欣))

祝贺郑哲敏先生八十华诞应用力学报告会 ——应用力学进展论文集

2004 年 9 月 29 日

北 京

主办单位 中国科学院力学研究所

会议组委会

主 任 洪友士

副 主 任 樊 菁 李和娣

委 员 (以姓氏拼音为序)

白以龙 段祝平 金 和 李家春 石光漪

谈庆明 王文标 王自强 吴应湘 虞吉林

杨亚政 赵士达 赵亚溥

秘 书 王 薇

编辑小组 鄢德平 金 和 王 薇 杨亚政

序

2004年10月2日是郑哲敏先生八十华诞。值此，中国科学院力学研究所举行“祝贺郑哲敏先生八十华诞应用力学学术报告会”，对郑哲敏先生和夫人卢凤才教授表示热烈的祝贺，并通过报告会弘扬郑哲敏先生倡导的学术思想和治学精神。

郑哲敏先生从事科学研究50余年。从20世纪50年代后期到90年代，他为爆炸力学学科的创建和发展做出了创造性贡献。20世纪70年代后期以来，他带领和推动了材料力学性能、非线性力学和海洋工程力学等方面的研究。1978年至1989年，他先后担任力学研究所副所长、常务副所长、所长。

几十年来，郑哲敏先生不仅在力学研究所的建设和发展过程中起了关键作用，而且不遗余力地致力于我国科学技术事业的多方面工作，特别是参与或主持制订了各阶段我国的力学学科发展规划并担任中国力学学会第一届理事会常务理事，第二届理事会常务副理事长，第三届理事会理事长和《力学学报》第三届编委会主编。郑哲敏先生以他的学术贡献和人格魅力赢得了力学界和工程部门由衷的赞誉，并先后当选为中国科学院院士、中国工程院院士和美国工程院外籍院士。

作为一名杰出的科学家，郑哲敏先生发表了百余篇学术著作，获得了多项国家和中国科学院的科技奖以及多项个人荣誉奖，包括国家“新产品、新技术、新材料、新工艺”一等奖一项，国家自然科学二等奖两项，国家科技进步二等奖一项，全国科学大会奖四项，中科院自然科学一等奖两项，中科院科技进步一等奖一项，陈嘉庚技术科学奖，何梁何利科学与技术进步奖等。

郑哲敏先生代表中国力学界在国际学术舞台上发挥了重要作用。1986年，他被推举为国际理论与应用力学联合会(IUTAM)理事任职至今。1988年至1996年期间任两届国际理论与应用力学联合会的大会委员会委员。他在IUTAM的讲坛上代表中国力学界行使责任，和多个国家的理事建立了联系和友谊，在若干关键问题上鲜明表达了中国力学界的意见。在本论文集已在出版社排版的时候，正值ICTAM2004期间，他当选为IUTAM八位执委之一。这是继王仁先生之后中国在IUTAM拥有这一席位，体现了中国力学界在国际力学最高学术组织中的重要地位。

本论文集收入了12篇邀请报告和58篇定向征稿论文。其中，若干文章的内容涉及对郑哲敏先生在应用力学和技术科学的发展上做出创造性贡献的综述以及学习郑哲敏先生学术思想的体会；此外，大部分学术论文的内容覆盖了应用力学的多个领域，包括：爆炸力学、岩土力学、冲击动力学、材料力学性能、生物力学、物理力学、海洋工程力学、环境流体力学、计算力学、微尺度力学、非线性流体动力学等。所涉及的这些领域，都是郑哲敏先生亲身从事过或非常关注的。这些学术论文的内容体现了应用力学相关领域的新进展。

会议组委会和力学研究所向本论文集所有论文的作者表示衷心的感谢。

在此，我谨代表力学研究所和包括所有作者在内的全体参会人员，衷心祝愿郑哲敏先生和夫人健康长寿、平安如意！

洪友士

2004年8月26日

目 录

邀 请 报 告

郑哲敏先生的主要经历与成就 —— 祝贺郑哲敏先生八十华诞	洪友士 (1)
内禀 Deborah 数在破坏现象中的意义	白以龙 汪海英 (13)
空天技术发展中的若干基础力学问题	崔尔杰 (21)
爆炸波在混凝土夹层结构中传播特性分析	段祝平 (26)
海洋内波与海洋工程	李家春 程友良 范 平 (41)
湍流大涡模拟的复杂系统模型	余振苏 史一蓬 张志雄 (46)
郑哲敏先生为推动我国力学和技术科学发展所作的贡献	谈庆明 (52)
复合材料点阵结构	杨 卫 范华林 王 斌 阎 勇 傅 强 方岱宁 庄 茁 (56)
泡沫金属材料 and 结构的冲击力学行为	虞吉林 王二恒 李剑荣 (63)
开发深海资源的海底空间站技术	曾恒一 (76)
微系统动力学研究的一些新进展	赵亚溥 (84)
爆炸近区空气冲击波规则反射和非规则反射	周丰峻 陈叶青 任辉启 (91)

应 征 论 文

椭圆函数的精细积分算法	钟万镒 姚 征 (106)
量子蒙特卡罗法的研究	孙祉伟 (112)
拟 Hamilton 系统随机平均法在活性布朗粒子动力学研究中的应用	朱位秋 邓茂林 (117)
二个二阶张量的各向同性标量函数的广义坐标	王文标 段祝平 (124)
复合材料结构热传导问题的多尺度分析方法	李友爱 崔俊芝 (132)
弹性杆轴向碰撞波动问题理论分析	马 炜 刘才山 黄 琳 (140)
两个可变形结构的相互碰撞 —— 模型与验证	余同希 阮海辉 (146)
结构动力计算中自由度减缩方法概述	刘 彬 丁 桦 梁乃刚 (154)
用积分平均方法求解磁电弹性空心圆柱体中波的轴向传播	魏建萍 苏先榘 (166)
船撞桥的钢丝绳圈柔性防撞装置的冲击动力学分析	王礼立 张忠伟 黄德进 姚小虎 陈国虞 (172)
弹塑性系统动力行为探讨	杨桂通 (181)
Singularity theory on buckling of compressible elastic slender rods	Zhang Yitong, Xie Yuxin (186)
高能炸药的非理想爆轰性能研究	孙锦山 (193)
考虑小范围畸变区的压电材料在电载荷作用下的裂尖温度场	余寿文 杜宁宁 (198)
GCr15 钢超高周疲劳断口观察与裂纹起源分析	周承恩 洪友士 (204)
纳米金属银的高强性能与形变机制	吴希俊 林良道 (208)
关于含弱界面球形夹杂附近应力场的一点讨论	张 震 赵玉山 黄筑平 (212)
单晶体的疲劳变形与非晶材料的剪切断裂	张哲峰 王中光 (217)
纳米尺度毛细作用学 —— 纳米物理力学的新领域	朱如曾 (223)
范德华力作用下软物质薄膜的形貌失稳	冯西桥 黄世清 李群仰 余寿文 (226)
碳纳米管超薄柱壳模型的尺度效应	王立峰 郑泉水 刘 哲 蒋 庆 (233)

薄膜测试的微桥技术	张统一 李剑荣 (239)
Metallic cellular solids under impact loading	H. Zhao, S. Abdennadher, I. Elnasri (245)
Evidence for the applicability of elastic models to carbon nanotubes	K Y Xu, C Q Ru (253)
A framework of penetration mechanics for a hard projectile	Q M Li (261)
Modeling mechanical properties of biological nanomaterials	Baohua Ji, Huajian Gao (271)
Incubation time concept in problems of pulsed strength of continua: fracture, cavitation, and electrical breakdown	Yuri V Petrov (284)
X 射线衍射和纳米压痕法测试铁电薄膜的力学性能	郑学军 周益春 (291)
纳米晶镍镀层的喷射电沉积制备及显微硬度	戴翠英 江山 潘勇 周益春 (301)
热障涂层的氧化扩散——动力学模型	邹金龙 周益春 (307)
SiO ₂ , C 空心微球 / 环氧树脂复合孔隙材料的冲击压缩行为	戴兰宏 闫敏 沈乐天 (312)
One dimensional numerical simulation of laser accelerated flyer plates	Gu Zhouwei, Sun Chengwei, Zhao Jianheng, Zhang Ning (318)
一维平面磁驱动等熵加载发射飞片技术探索	赵剑衡 孙承伟 谭福利 王桂吉 刘仓理 唐小松 罗非 (325)
无量纲形式的混凝土靶侵彻经验公式	黄晨光 董永香 李思忠 黄西城 (333)
刚热黏塑性球对称塌缩一维流动解析解	王金相 李晓杰 赵峥 (339)
模型昆虫翼拍动运动中动态弦向弯曲变形效应研究	鲍麟 董秉纲 (345)
颈动脉模型中的非正常流动	于晓红 章梓雄 (352)
Non-Gaussian probability density function for a scalar advected by random shear flows	Guowei He (357)
尾迹型流动中的旋涡位错研究	凌国灿 (363)
消除圆柱绕流振荡尾迹的动波浪壁流动控制	吴锤结 王亮 (368)
交通流研究与技术科学思想	戴世强 (378)
Power-law sensitivity to initial conditions in a time series	Gao Jianbo, Tung Wenwen, Gao Yinhe, Hu Jing, Qi Yan, V Billock (383)
跨海桥梁工程建设的若干水动力学问题	刘桦 薛雷平 何友声 (390)
超大型浮体水弹性响应分析的力学问题	崔维成 吴有生 刘应中 (395)
感潮河流水环境容量总量控制的优化方法研究	王道增 赵玉峰 林卫青 (405)
二维造波过程中横向波产生的试验研究	邓丽梅 章梓雄 (411)
大气模式激光推进的实验探索	唐志平 (415)
海洋石油工业中的多相计量和多相分离技术研究	吴应湘 郑之初 李东晖 (422)
地震预报与地震控制	尹祥础 (435)
不均匀沙起动规律与草方格的动力稳定性	苗天德 慕青松 (443)
浅海陆架泥沙运移模型研究	林 颀 邹舒觅 袁志达 王伟伟 (451)
用于研究层圈相互作用的冰冻圈参数化模型	孙荻芬 张霞 (458)
CE/SE 方法在流体弹塑性介质问题中的应用	刘凯欣 王景焘 (467)
桶形基础承载力计算的极限反力法	吴梦喜 时忠民 (476)
滑坡灾害防治中的几个问题	李世海 孟祥跃 (481)
饱和土在反平面剪切条件下的应变局部化分析	鲁晓兵 王义华 王淑云 崔鹏 (488)
面向国家需求, 开拓海洋工程科学技术研究领域——郑哲敏院士为我国海洋工程研究所做的贡献	吴应湘 (493)
高瞻远瞩 心系科技发展——郑哲敏先生在国家科技规划和力学学科发展方面的贡献	李和娣 (499)

郑哲敏先生的主要经历与成就

—— 祝贺郑哲敏先生八十华诞

洪友士

(中国科学院力学研究所, 北京 100080)

今年 10 月 2 日是我们尊敬的郑哲敏先生八十华诞。我们向郑哲敏先生和夫人卢凤才教授表示热烈的祝贺。

郑哲敏先生从事科学研究 50 余年, 他既是一位杰出的科学家, 又是一位富有远见卓识的科技队伍的组织和领路人。从 20 世纪 50 年代后期到 90 年代, 他为爆炸力学学科的创建和发展做出了创造性贡献。20 世纪 70 年代后期以来, 他带领和推动了材料力学性能、非线性力学和海洋工程力学等方面的研究。1978 年他被任命为中国科学院力学研究所副所长, 1980 年 12 月起任常务副所长, 1984 年 2 月被任命为所长并履职至 1989 年 12 月。

几十年来, 郑哲敏先生不仅在中国科学院力学研究所的建设和发展过程中起了关键作用而且不遗余力地致力于我国科学技术事业的多方面工作, 特别是参与或主持制订了各阶段我国的力学学科发展规划并担任中国力学学会第一届理事会常务理事 (1978 年 3 月增补), 第二届理事会常务副理事长 (1982 ~ 1986), 第三届理事会理事长 (1986 ~ 1990) 和《力学学报》第三届编委会主编 (1982 ~ 1986)。90 年代, 郑哲敏先生还先后担任中国科学院技术科学部副主任、主任和中国科学院学部主席团成员。

郑哲敏先生以他的学术贡献和人格魅力赢得了力学界和工程部门由衷的赞誉并先后当选为中国科学院院士、中国工程院院士和美国工程院外籍院士。他发表了百余篇学术著作, 获得了多项国家和中国科学院的科技奖以及多项个人荣誉奖, 包括国家“新产品、新技术、新材料、新工艺”一等奖一项 (1964), 国家自然科学二等奖两项 (1982, 1993), 国家科技进步二等奖一项 (1990), 全国科学大会奖四项 (1978), 中科院自然科学一等奖两项 (1989, 1992), 中科院科技进步一等奖一项 (1988), 陈嘉庚技术科学奖 (1993), 何梁何利科学与技术进步奖 (1996) 等。

在郑哲敏先生 80 华诞之际, 我们举行“祝贺郑哲敏先生八十华诞应用力学学术报告会”, 以弘扬郑哲敏先生倡导的学术思想和治学精神并促进我国力学事业在新世纪的发展。在此, 我向各位介绍郑哲敏先生的主要经历与成就。

1 勤勉好学的青少年时期

80 年前, 郑哲敏先生出生在山东省济南市, 原籍浙江省鄞县。其父亲郑章斐幼年放牛, 念过几年私塾和小学, 后来进城当学徒, 而后经商开厂。郑章斐崇尚实业, 全力支持和鼓励子女用功读书, 教育子女勤勉好学、修身养性。家庭的影响给郑哲敏先生在青少年时期勤奋好学、正直做人品格的形成带来深刻的影响。

郑哲敏先生在济南市立第五小学读完小学后进济南育英中学。初中二年,抗日战争爆发,郑哲敏先生入川。他先后进成都建国中学、成都华阳县中学和金堂铭贤中学学习。他学习刻苦,乐于为大家做事,对物理和英文有浓厚兴趣,各科学学习成绩优异。

1943年,郑哲敏先生在金堂铭贤中学毕业后考入西南联合大学电机系,次年转入机械系。抗日战争胜利后,1946年学校迁回北平(北京),郑哲敏先生继续在清华大学机械系学习。钱伟长先生讲授的力学课程及其严密而生动的分析对郑哲敏先生产生深刻的影响。1947年在清华大学毕业后,郑哲敏先生留在清华大学做钱伟长教授的助教。

1947年底~1948年初,经清华大学,北平(北京)地区,华北区和全国(华北区、华中区、华南区)等4级选拔,郑哲敏先生脱颖而出成为全国唯一的一名“国际扶轮社国际奖学金”获得者。年轻的郑哲敏先生认为应用力学对中国工业建设有重要作用,提出以应用力学为专修的学科,同时将美国加州理工学院和英国伦敦大学列为拟入的学校,并得到梅贻琦、陈福田、钱伟长、李辑祥等人的推荐。1948年4月他的申请获准并确定入学美国加州理工学院,并于同年8月由上海乘船赴美。在加州理工学院学习一年后,他顺利获得了硕士学位。接着他成为钱学森先生的博士生,做热应力方面的研究。在那个著名学府,他听过豪斯奈尔(G.W. Housner),瑞奈(W.D. Rannie),爱尔德依(A. Erdelyi)等名教授的课,跟豪斯奈尔做过抗地震方面的工作;在跟瑞奈研究Bénard胞格现象时,体验到量纲分析方法的实质。他还有机会聆听到冯·卡门(T. von Kármán),泰勒(G.I. Taylor),冯·纽曼(J. von Neumann)等大师的报告。耳濡目染和多方面实践使郑哲敏先生对以普朗特-冯·卡门-钱学森为代表的近代应用力学学派的精髓有切身体验,其实质在于努力使工程立足于现代科学,着眼重大的实际问题,强调清晰表述、严格分析、创新理论,进而开辟新的技术和工业领域。1952年6月,郑哲敏先生获得加州理工学院博士学位。

2 学成回国,开创事业

20世纪50年代初,郑哲敏先生十分向往刚成立的新中国。取得博士学位后,他即着手准备回国参加祖国建设,但却遭到美国政府的阻挠。1954年日内瓦会议后,美国移民局取消了对一批留学生不得离境的限制。郑哲敏先生遂于1954年9月26日从纽约乘船离美,10月12日抵瑞士。由于办理途经地点的签证手续和等待船期,1955年1月19日他得以离法经香港于2月21日从深圳入境。途中历时近5个月,郑哲敏先生辗转回到了阔别6年半的祖国。他在《回国留学生工作分配登记表》中写了如下的话:“回国本是一贯的主张。我们之所以获得教育,直接或间接的是由于全国人民的劳动,因此回国服务是不可推辞的责任。同时一个人如果不是在为群众的利益工作,那么生活便失去了意义。”朴实的语言表达了他深刻的思想和崇高的境界。这也是他从此往后为祖国的科技事业孜孜不倦辛勤耕耘的思想基础。

回国后,郑哲敏先生先到中国科学院数学研究所任副研究员。同年年底,钱学森先生返回祖国。他随即参加钱先生创建中国科学院力学研究所的工作。1956年1月,中国科学院力学研究所成立,他成为力学研究所首批科技人员之一。1978年,郑哲敏先生晋升为研究员。

建所之初,郑哲敏先生被任命为弹性力学组组长,研究水坝抗震。随后,他领导了大型水轮机的方案论证。

从 1958 年起, 郑哲敏先生开始研究爆炸成形的理论和应用. 20 世纪 60 年代初, 他阐明了爆炸成型的主要规律, 并和工业部门合作生产出技术要求很高的导弹零部件, 使爆炸成型成为以科学规律为依据的新工艺, 该成果获得了 1964 年国家“新产品、新技术、新材料、新工艺”一等奖. 1964 年, 郑哲敏先生接受并完成了涉及地下核试验的有关任务, 并主动考虑地下核爆炸威力的预报问题. 1965 年, 他和解伯民先生与国外同时独立地提出了一种新的力学模型——流体弹塑性体模型. 同年, 他还指导兵工部门进行穿甲几何相似律的模型试验. 文革期间, 他的身心和科研工作都受到了冲击, 并于 1970 年 7 月~1971 年 11 月在“五七”干校劳动. 从干校回所后, 根据当时国家需求, 他组织力量研究穿破甲机理. 经过 10 年努力, 他和研究组先后解决了穿甲和破甲相似律、破甲机理、穿甲简化理论和射流稳定性等一系列问题. “流体弹塑性模型及其在核爆与穿破甲方面的应用”获 1982 年国家自然科学二等奖. 70 年代末, 他还应用流体弹塑性理论揭示了爆炸复合工艺的力学规律, 为这一工艺的推广应用提供了理论指导. 这方面的研究获 1989 年中国科学院自然科学一等奖.

20 世纪 80 年代初, 郑哲敏先生了解到我国各类爆炸事故频繁, 于是他大力提倡和组织对事故发生机制及防治措施的研究. 煤和瓦斯突出是煤炭生产中的一类重大事故, 他在 1982 年的一篇论文对此复杂现象做出了精辟的力学分析^[1]. 80 年代~90 年代, 他领导的研究集体在理论和实验两方面展开研究, 为建立瓦斯突出判据提供了依据.

20 世纪 80 年代末, 他在爆破方面又获得新成果, 他参与领导的研究集体创造了一种爆炸法处理水下软基的新技术, 并成功应用于连云港大堤等大工程的施工, 获得了 1990 年国家科技进步二等奖.

早在 20 世纪 60 年代, 他在研究爆炸成形时就开始注意研究材料的力学性质, 认为这类基础研究必须采用宏观与微观相结合的方法. 1979 年, 他领导组建了力学研究所的材料力学性能研究室并兼任第一任室主任. 80 年代~90 年代, 他指导和参与了金属动态力学行为和热塑剪切带、金属断裂与疲劳、压痕力学特征分析等方面的研究并提出了新的见解和模型.

1988 年, 郑哲敏先生领导组建了非线性连续介质力学开放研究实验室并兼任第一任室主任. 带领和指导材料非线性力学性质和流体非线性行为的基础性研究.

20 世纪 80 年代以来, 郑哲敏先生带领和组织了海洋工程力学的研究, 并任中国科学院海洋工程科学技术研究中心主任. 他促进力学研究所在 90 年代初组建了海洋工程力学研究部和在 2000 年组建了工程科学研究部, 海洋工程力学是后者的主要研究方向之一. 郑哲敏先生兼任工程科学研究部科技委员会主任, 具体组织和指导海洋工程力学项目的研究, 同时还组织和指导岩土力学及其边坡稳定性的研究.

从 1980 年 12 月~1989 年 12 月郑哲敏先生主持力学研究所工作期间, 以他为首的领导集体为力学研究所的改革和发展做出了若干重大的调整和决策. 1982 年, 决定调整所的方向和任务, 明确以应用基础研究为主, 军民兼顾, 加强推广等原则, 着手开展海洋工程力学、环境流体力学、能源、工业中爆炸灾害四个新领域的工作. 1984 年, 确定了根据国民经济和国防建设、人民生活、学科发展自身的需要确定研究所的科研方向、任务的指导思想, 优先发展四个领域: 能源、海洋工程、工业新技术和传统工业的改造、重要的军工科研项目. 1988 年, 强调一方面要从事力学前沿的基础性研究, 另一方面又要承担国民经济和国防建设中的重大综合

性任务,确定了科研工作的五大方向:能源开发和节能技术中的力学问题;新材料、新工艺、新技术中的力学问题;环境和国土整治;高技术和军工任务;基础性研究。郑哲敏先生为力学研究所的创建和发展发挥了不可替代的关键作用。

3 创建和发展爆炸力学

1958年起,郑哲敏先生和他领导的小组开始研究爆炸成形问题。他一方面到汽车厂、锅炉厂了解实际需求,另一方面探讨爆炸成形的规律。他将爆炸成形问题分为三个基本问题,即爆炸载荷、金属材料性质和成形规律,并组织三个小组展开研究。通过有关小组对金属板的变形过程的实际测量,肯定了板料经历过两次加速。郑哲敏先生根据这一实验结果,提出了水下爆炸空化理论,成功解释了板材的两次加速过程,形成了爆炸成形机理的核心内容。在此基础上,他提出了模型试验所应依据的几何相似律以及能量准则,并为工厂设计了一整套确定成形工艺参数和条件的试验方法。他与有关产业部门密切合作,应用上述理论和方法,生产出高精度的导弹零部件,为我国导弹上天做出了贡献。对于生产大型零件,必须铸造大型爆炸成形模具,这在技术上和实际施工中都是难题,他巧妙地发明了分块拼装的惯性模。他领导的研究集体在爆炸成形中所取得的成果总结在《高能成形》^[2]专著中,而后又经增补和修订,出版了专著《爆炸加工》^[3]。

20世纪60年代初,钱学森先生和郭永怀先生敏锐地关注着与爆炸关联的工艺和力学理论的发展,并正式命名了“爆炸力学”,以其作为力学的一个分支学科。关于爆炸力学的明确定义,在郑哲敏先生作为“爆炸力学”分支学科主编的《中国大百科全书·力学》中表述为“是研究爆炸的发生和发展规律以及爆炸的力学效应的利用和防护的学科”^[4]。

1964年,郑哲敏先生接受并完成了空中核爆炸冲击波压力标定的任务。经过调研和分析,他认为当时国外把全场分为内部流体区和外部固体区的分区模型存在不连续的缺点。1965年,他和解伯民先生提交了《关于地下爆炸计算模型的一个建议》^[5],提出了一种新的力学模型——流体弹塑性体模型。这一模型能够满意地体现介质在流体性质和固体性质之间的紧密耦合及其运动在时间和空间上的连续变化的特征。在此后的两年中,他们应用这个模型对地下核爆炸进行了模拟计算。

还在20世纪60年代初,郑哲敏先生就提出用室内小型枪击试验代替实弹靶场考核的建议,并且准备研究将流体弹塑性模型应用到穿破甲机理研究中。1971年11月从干校回所后,他主动联系兵工部门,建立合作关系,继续指导他领导的集体完成了杆式弹穿甲相似律研究,并且提出了杆式弹的穿甲模型。这个模型抓住了弹头在孔底边进边碎的特点,引入碎渣作为弹靶作用的中间过渡体,从而改进了国际流行的Tate公式。他解决了破甲相似律、破甲弹金属射流失稳拉断机理、射流侵彻金属装甲和非金属装甲的机理等一系列问题。他分析了记录破甲弹射流的变形、颈缩和断裂的X光相片。在1977年发表的论文中^[6],他巧妙地采用量纲分析和解析方法给出了射流失稳断裂的计算公式,证明了射流高速段的失稳是空气动力作用的结果,而低速段的失稳则与射流材料的强度性质有关。国际上同一年也发表了射流失稳的文章,但只讨论了低速段,而证明手段用的是数值方法。1975年~1977年,他建立了一个描述金属装甲破甲机理的流体弹塑性体模型,指出金属材料的惯性和强度起决定作用,而可压缩性和相变影

响可被忽略。据此理论, 他提出了一个比流行的 Eichelberger 公式更符合实际的计算侵彻速度的公式。1981 年, 他的集体又在记录纤维增强复合材料的侵彻过程的 X 光照片上, 发现孔底附近孔壁发生回缩的重要现象。他们分析判断材料发生了热裂解, 于是进一步组织专门实验和理论分析, 建立了流体弹塑性加热裂解的侵彻模型。上述工作有力地指导了兵工部门的研制和设计工作。

郑哲敏先生十分关心爆炸事故和灾害对人民生命和财产所造成的损害, 从 20 世纪 80 年代初期, 他便开始组织气相燃烧和爆炸、粉尘燃烧和爆炸的研究; 接着又组织煤和瓦斯突出、森林火灾的发生和防治等课题的研究。煤和瓦斯突出这类事故在我国煤矿中频繁发生, 严重威胁着工人的生命安全和煤炭生产。由于现象复杂, 世界上主要产煤国家长期研究其发生机制而得不到有效解决。郑哲敏先生出于对煤矿工人的真挚感情, 力图攻克这个难关。他在 1982 年的中国力学学会第二届理事会上发表了《从数量级和量纲分析看煤与瓦斯突出的机理》一文^[1], 对我国历年发生的大型瓦斯突出事故从力学角度做了分析和估算, 认为突出的主要能量来源于煤层中的瓦斯, 而地压只是触发煤层破坏的条件。他指导的集体在 20 世纪 80 年代 ~ 90 年代发表多篇论文^[7,8], 从室内模拟和理论分析两方面不断展开他的想法。他们的室内实验证明, 在一定条件下会发生恒速推进的自持突出; 同时还建立了关于两相介质的渗流破坏的简化模型, 定性揭示了突出的主要过程和特征, 并且为一个重要的实用突出判据提供了理论说明。

郑哲敏先生对于爆炸和冲击过程中出现的失稳现象非常重视。除了前面提到过的高速射流的拉断失稳问题外, 在高速变形固体材料内部发生的绝热剪切以及两块金属在爆炸复合时产生的波状界面现象等稳定性问题上, 他都做过深入的探索。在这些工作中, 他总是立足于收集和分析实验数据和资料, 除了宏观现象以外, 还深入考察金相微观特征, 从中选择主要参数, 分析彼此间的因果关联, 然后再提出理论模型。

郑哲敏先生为爆炸力学学科的创建和发展做出了一系列开创性的贡献, 包括:

- (1) 在声学理论方面, 提出了薄板在水下爆炸击波作用下的变形理论;
- (2) 在爆炸后期效应方面, 提出了高速射流的准定常侵彻理论、爆炸成形后期的第二次加载理论以及爆破的鼓包运动理论等;
- (3) 提出了反映爆炸和冲击问题中的高速、高压和高温特征以及惯性与强度相互耦合效应的流体弹塑性体模型和多种应用理论;
- (4) 提出了多种爆炸和冲击的相似律;
- (5) 提出了多种耦合运动的理论, 包括两种物体的耦合运动以及同一物体中流体性质和固体性质相互影响的耦合效应的理论;
- (6) 在稳定性问题方面, 提出了射流拉断、界面波、绝热剪切等理论。

鉴于在爆炸力学的理论和应用的贡献, 1993 年 2 月, 郑哲敏先生当选为美国工程院外籍院士。当年全世界仅有 8 名非美科学家获此殊荣。时任中国科学院院长的周光召先生给郑哲敏先生的贺信中写到: “您在热弹性力学、水弹性力学、振动及地震工程力学、爆炸力学等方面的研究中取得了多方面的成果。您与您的研究集体完成的高能成形工作, 开辟了力学与工艺相结合的‘工艺力学’的方向, 为爆炸成形工艺在我国的建立和推广作出了贡献; 您独立地与国际上同时提出了新的力学模型——流体弹塑性模型, 用以统一处理从高压到低压固体的爆炸

与高速碰撞问题;您在核爆炸效应方面,比国外更早提出了描写岩体的‘饱和模型’、‘迟滞模型’,计算了各种因素对核爆效应的影响.您的成就证明您获得这一称号是当之无愧的.”

4 组织和指导材料力学性能、非线性力学、海洋工程力学的研究

20 世纪 70 年代后期以来,郑哲敏先生在全面负责力学研究所领导工作的同时,根据力学学科前沿发展趋势和国家重大需求,重点抓了材料力学性能、非线性力学、海洋工程力学的科技工作,并使这三个方面都取得了重要的进展和成绩.

4.1 组织和指导材料力学性能的研究

郑哲敏先生十分重视固体材料力学性质的研究.早在 20 世纪 60 年代,他就领导了一个研究组开始研究材料在冲击载荷下的变形和破坏.20 世纪 70 年代初,他邀请著名的断裂力学专家陈旻先生到力学研究所做了断裂力学的专题学术报告,以传播和推动断裂力学的研究工作.1978 年,在他主持制订的全国力学规划中,把材料力学性能的研究列为 14 项重大课题的第一项.1979 年,郑哲敏先生即在力学研究所组建材料力学性能研究室,并兼任该室的第一任室主任.

郑哲敏先生倡导以钱学森先生关于“物理力学”及其“固体材料强度及变形问题”的学术思想开展材料力学性能研究,强调宏观、细观、微观相结合,实验、计算、分析相结合,力学与材料科学相结合.材料力学性能研究室的研究工作主要包括动态(高应变率)材料力学行为和静态材料力学行为研究.1982 年,郑哲敏先生发表了《连续介质力学与断裂》的论文^[9],针对当时流行的线弹性断裂力学在计及塑性功的分析中忽略了一个长度量纲,从而指出在断裂分析中存在一个被忽视的长度量并提出尺度效应必须包括到断裂理论中.这篇论文的学术观点引导了那个时期材料力学性能研究室的科技研究工作.

七五期间,郑哲敏先生联络力学所、金属所、固体物理所、腐蚀和防护所等单位,发起和组织院内大协作,他作为首席科学家承担了中国科学院七五重大基础研究项目“材料的变形损伤和断裂行为的机制及其力学理论”.此外,郑哲敏先生还作为首席科学家承担了中国科学院八五重点项目“材料变形损伤和破坏的机理和宏微观力学理论”.

郑哲敏先生一方面总体领导材料力学性能方面的研究工作,另一方面直接指导并参与了若干方面的研究,包括裂尖特征尺度分析、热塑剪切带、疲劳短裂纹、金属压痕力学分析等.

在郑哲敏先生的带领和指导下,力学研究所在材料力学性能研究方面取得了一批重要的科研成果,包括获得 12 项国家和中科院的科技成果奖.其中特别突出的是郑哲敏先生参与完成的“热塑剪切带”研究,该成果提出了用于研究热黏塑性变形局部化的模型和基本方程,给出了分析剪切带发展关系的判据,获得了 1992 年度中科院自然科学一等奖和 1993 年度国家自然科学二等奖.

4.2 组织和指导非线性力学的研究

在郑哲敏先生领导下,力学研究所非线性连续介质力学开放研究实验室(LNM)于 1988 年 6 月正式成立,郑哲敏先生任 LNM 第一任室主任至 1993 年.而后,他担任 LNM 学术委员会主任至 2000 年.

1993 年, 郑哲敏先生在“中国科学院院刊”以《非线性连续介质力学》为题撰文^[10]指出, “从国际国内发展看, 我们认为存在着两个突出的, 也是许多人关心的前沿问题, 那就是经典流体力学中的波动、涡、稳定性与湍流和固体力学中材料的损伤萌生、演化, 直至破坏的理论. 这两个方面的任何实质性进展, 都会对整个连续介质力学理论与应用产生推动作用. 也可以鉴于其中某些非线性现象的普遍意义, 丰富非线性科学的内容. …… 在非线性连续介质力学开放实验室成立时, 我们把实验室的主要研究方向确定为: (1) 材料的力学性质, 特别强调了宏观手段与方法的结合. (2) 经典流体力学中的波、涡、分离流与湍流. (3) 有关环境力学的若干基础的流体力学问题.” 这些论述, 表达了郑哲敏先生对力学前沿领域的深刻与敏锐的思考以及对 LNM 研究方向的大局观.

郑哲敏先生强调实验室要“开放”, 要“联合”. LNM 从组建以来一直坚持组织开放课题, 团结和联合一大批所内外、院内外, 国内外的优秀人才到 LNM, 以多种方式开展合作研究. 同时, LNM 的仪器设备坚持开放使用, 如“配备拉伸台的扫描电子显微镜”在 20 世纪 90 年代成了中关村地区知名的共享实验仪器. 以开放联合促进实质性的合作交流, 使 LNM 成为国内从事非线性力学基础性研究的重要基地、学术交流中心和优秀青年力学人才的聚集之所.

1995 年, 国家自然科学基金委员会受国家计委和国家科委的委托, 组织同行专家对物理和力学领域的 16 个国家重点和部门开放实验室进行评估. LNM 被评为优秀实验室, 而且是当年被评为优秀的唯一的一个部门开放实验室. 评估组认为: “LNM 在研究方向上都是当前国际力学基础研究最主要的前沿和攻坚目标, 近几年取得了一批有国际影响的成果, 多次在国际会议上作特邀报告, 论文被大量引用.” 此后, LNM 被科技部批准立项建设国家重点实验室, 并于 2000 年 4 月通过验收, 同时定名为“非线性力学国家重点实验室 (LNM)”.

此后, 1997 年, LNM 被中国科学院党组授予首批中国科学院“双文明先进集体”的荣誉称号.

在 LNM 接受国家对实验室评估并获得“优秀”的成绩后, 郑哲敏先生语重心长地告诫 LNM 的成员们, 前面的路途任重道远, 我们仍然要力戒浮躁, “不断爬坡”.

在郑哲敏先生的领导下, LNM 形成了优良的 tradition 和室风.

从建室伊始, 就注重建章立制, 使实验室的各项工作有章可循, 科学管理.

LNM 定期出简讯, 报道科研动态和信息; LNM 每年出一本年报, 记录 LNM 的运行情况和研究进展.

LNM 每年召开一次学术年会. 在 LNM 的旗帜下, 从最初的几十人参加, 发展到近年的二百余名参与者的较大规模的学术盛会. LNM 的学术年会在中关村以至在力学界已形成有影响的 brand.

4.3 组织海洋工程力学的研究

20 世纪 80 年代初, 根据国外海洋资源开发的发展趋势, 周培源、严济慈、钱三强等老一辈科学家提出建议, 在中国科学院开展海洋工程科学技术研究工作. 1982 年 10 月~11 月间, 林同骥、李敏华、钱寿易、郑哲敏先生等组成中国海洋工程力学考察团, 先后访问了英国、挪威等海洋资源开发比较先进的国家. 回国后, 他们根据国外的发展情况和国内的实际需要, 提出了重点解决海洋油气开发中的 14 个国际前沿的科学技术问题; 同时在中国科学院力学研究所

组织海洋工程科学与技术的研究队伍,并在科学院设立“海洋石油勘探开发中的科研问题”的攻关项目,进行海洋开采平台和海洋工程力学问题的研究。

郑哲敏先生等不仅在力学所领导开创了海洋工程力学的科研方向,而且强调要发挥中国科学院多学科的综合优势。

1986年,卢嘉锡院长批准成立了“中国科学院海洋工程科学技术研究中心”,并任命郑哲敏先生担任中心主任。该中心由力学研究所、海洋研究所、南海海洋研究所、福建物质结构研究所厦门二部、沈阳金属腐蚀与防护研究所、金属研究所、武汉岩土力学研究所等单位联合组成。

近二十年来,郑哲敏先生领导中国科学院海洋工程科学技术研究中心开展了多项海洋工程领域的研究工作,先后承担了国家科委公关项目和国家自然科学基金重大项目。中国科学院海洋工程科学技术研究中心与中国海洋石油总公司建立了长期友好的合作关系,完成了数十项中国海洋石油总公司委托的科研和工程开发项目,如“涠 11-1、涠 11-4 工程地质调查和评价”,“莺歌海阿科区块海洋环境调查及研究”,“珠江口盆地卫滩北区海底土体稳定性研究”等,解决了许多工程或技术中的难题,为多个海区的海底油气开采创造了条件。作为首席科学家,郑先生主持了科学院“七五”、“八五”、“九五”重大项目。郑哲敏先生带领和指导的队伍在海洋工程研究中获得了多项国家、中国科学院和国家部门的科技奖,其中包括国家科技进步三等奖一项、中科院科技进步一等奖一项、中科院科技进步二等奖三项等。

1999年5月,郑哲敏先生与中国海洋石油总公司曾恒一院士商谈认为:中国科学院与中国海洋石油总公司的科技合作对促进国家的科技发展和经济发展具有重要作用,并议定向双方高层领导建议,商谈中国科学院与中国海洋石油总公司“十五”科技合作的问题。

在他们的筹划下,促成了中国科学院路甬祥院长与海洋石油总公司卫留成总经理签署了“中国科学院与中国海洋石油总公司‘十五’科技合作意向书”。

意向书签署后,双方成立了科技合作指导委员会和科技合作办公室。郑哲敏先生担任了指导委员会成员和合作办公室中科院方主任,合作办公室中海油方主任由曾恒一先生担任。在两位先生的领导下,合作办公室在中国科学院与中国海洋石油总公司“十五”科技合作中起到了关键性作用。他们曾数十次组织双方的有关管理人员、科技人员、工程技术人员商讨并确立双方科技合作项目的研究内容,探讨和审查研究工作的技术路线和实施方法。经过一年半的努力,双方为我国渤海油田开发,和东海、南海油气勘探、开发中的关键技术确定了研究课题。这些课题正在积极进行中,有的已经取得可喜的成果。

5 组织制订力学学科发展规划

1956年,我国制订12年科学技术发展远景规划时,郑哲敏先生作为助手参加了钱学森先生主持的第一次全国力学规划的制订工作。他在大量调研我国各行业部门的需求基础上,整理和起草了相关规划的文件。

1977年,郑哲敏先生参与主持制订了中国科学院的力学发展规划。1978年,郑先生作为主持人之一,组织了制定全国力学规划的工作。他在会前做了充分的准备,组织了一个班子研究力学史,把握力学发展的趋势。在这次规划研讨中,取得了统一的认识:力学是众多自然科学学科和工程技术的基础,既是基础科学,也是技术科学。郑哲敏先生还非常重视一些薄弱环节的

发展. 早在 20 世纪 60 年代初, 他已认识到固体材料的力学性质在固体力学中的基础作用, 而我国在这方面的研究工作却相当薄弱, 严重影响了新材料和新工艺的发展与使用. 在这次会议中, 他强调并确定了对这个问题的立项. 流体力学中最基本的问题当推湍流机理, 郑哲敏先生深刻体会到这一问题的重要性以及它的困难程度, 认为应该在规划中把它放在重点的位置. 此外, 郑哲敏先生对理性力学和应用数学的发展也十分重视, 在这次规划中也给予重要的体现. 通过与会专家们的共同努力, 在规划中确定了 14 项重大课题, 其中第一项是固体材料的力学性质, 第二项是湍流机理. 为了支持这两个重点方向, 郑哲敏先生代表力学研究所承担了有关任务, 并亲自筹划在力学研究所组建了材料性能研究室.

20 世纪 80 年代末, 国家自然科学基金委员会决定开展学科发展战略研究, 1990 年, 确定了以郑哲敏先生为组长, 黄克智先生, 周恒先生, 黄文虎先生为副组长的力学学科发展战略研究组, 1997 年, 研究组完成了《力学 —— 自然科学学科发展战略调研报告》^[11]. 郑先生主持全书的编写并撰写了该书的“详细摘要”, 其中贯穿了技术科学研究为发展国民经济服务的战略思想.

1992 年 10 月, 国家科委设立“21 世纪初科学发展趋势”的课题, 并由中国科学院科技政策局承担组织, 其目的是为国家制定第九个五年科技发展规划和到 2010 年的规划提供科学发展趋势的重要参考. 然而, 由于某些原因, 力学没有被列为基础学科. 郑哲敏先生会同力学学科的院士和专家多次召开力学学科发展战略研讨会, 科学地阐明了力学既是基础科学又是技术科学的两重性, 以及其在推动国民经济发展和国防科技中不可替代的重要作用. 鉴于力学界院士、专家们的不懈努力, 以及对于力学严密、科学、系统的论述, 并得到科学院研究总体组的支持, 国家科委正式下文, 确立力学学科的地位, 成立了以郑哲敏先生为组长的“力学科学小组”, 筹划力学学科的发展战略. 力学作为门类科学与学科之一, 系统编入了《21 世纪初科学发展趋势》的总体规划中^[12,13]. 这项规划的基础研究内容后来纳入多项国家计划(科技部, 基金委, 科学院)并获得立项支持.

1993 年 ~ 2000 年期间, 郑先生作为中国科学院力学学科专家组主要成员, 为中国科学院科技发展“九五”和“十五”计划以及 2015 年远景规划做了大量的工作, 指导了“中国科学院‘九五’基础研究发展规划 —— 力学”和“中国科学院科技发展‘十五’计划和 2015 年远景规划 —— 力学”的编写工作.

在此期间, 中国科学院技术科学学部曾经多次召开院士会议, 院士们出于振兴国家科技, 推动现代化建设的强烈责任感, 经过多次研讨, 向国家呈交了发展技术科学的建议书. 在此期间, 郑先生撰写了《关于技术科学和技术科学思想的几点思考》^[14]等文, 呼吁国家有关部门积极组织具有战略性、基础性和前瞻性的技术科学研究, 这再次体现了郑先生执着的爱国热忱和高瞻远瞩的科学观.

1999 年 7 月, 国家自然科学基金委员会受科技部委托开展“全国基础研究‘十五’计划和 2015 年远景规划”的工作. 郑哲敏先生作为力学学科规划顾问组组长, 和顾问组的其他 10 位院士一起, 对力学学科发展规划进行了总体指导和逐段审议, 使得制定的规划特别把握了力学学科的地位和作用, 论述了力学学科的发展趋势, 提出了力学学科的发展方向、学科前沿和优先领域. 这一力学学科发展规划报告^[15]登载于 2001 年出版的《中国基础学科发展报告》.

2003 年~2004 年, 年近八旬的郑哲敏先生依旧十分关注国家未来的科学和技术发展前景, 他对“国家中长期科学和技术发展规划发展战略研究”投入了极大的热忱. 受中国科学院技术科学部的委托, 他担任“国家战略高技术与高新技术产业化研究”专题咨询组组长, 负责组织高层专家对“国家中长期科学和技术发展规划发展战略研究”中的第 13 专题提出咨询意见. 同时, 他还担任第 12 专题“国防科技问题研究”咨询组副组长, 并参与了第 14 专题“基础科学问题研究”的咨询工作. 在这些工作中, 郑哲敏先生与数十位院士和专家一道, 针对国家规划中的发展思路、政策措施、重点领域建议等方面提出了重要的咨询意见.

2004 年, 郑哲敏先生受国家发展改革委员会和中国科学院院士工作局的委托, 承担了“世界高技术产业的发展趋势和我国的战略对策”咨询项目. 他组织技术科学部和数学学部, 成立了航天、航空、材料、能源、信息等几个工作小组, 分析了世界高技术产业发展的前景和趋势, 总结了过去 20 年~30 年的世界高技术产业发展的成功经验和失败教训, 以及世界高技术产业发展的规律. 在此基础上, 他们对我国高技术产业发展的现状进行全面分析和梳理, 重点阐明了高技术产业应有的内涵和核心技术, 并根据未来 20 年世界科学技术发展的突破可能引发的新的高技术产业发展的走向, 提出了我国高技术产业发展的对策和建议.

以上事例表明, 郑哲敏先生是力学和技术科学领域的战略科学家, 他为中国力学和技术科学的发展做出了重要贡献.

6 广泛的国际学术交流

郑哲敏先生十分重视国际学术交流并且作为中国力学界的代表在国际学术舞台上发挥了重要作用.

1986 年, 郑哲敏先生被推举为国际理论与应用力学联合会 (IUTAM) 理事 (Member of General Assembly) 任职至今. 1988 年~1996 年期间, 他任两届国际理论与应用力学联合会的大会委员会委员 (Member of Congress Committee). 他在 IUTAM 的舞台上代表中国力学界行使责任, 和多个国家的理事建立了联系和友谊, 在若干关键问题上鲜明表达了中国力学界的意见. 在本文已在出版社排版的时候, 恰逢 ICTAM2004 期间, 他当选为 IUTAM 八位执委之一 (Bureau Member). 这是继王仁先生之后中国在 IUTAM 拥有这一席位, 体现了中国力学界在国际力学最高学术组织中的重要地位.

郑哲敏先生数十次参加多种类型的国际学术访问和交流, 特别是作为大会主席多次组织重要国际学术会议, 包括首届国际强动载荷及其效应学术会议 (1986), 北京国际工程爆破技术学术会议 (1991), 第二届国际强动载荷及其效应学术会议 (1992), ICSU/WMO 国际热带气旋灾害研讨会 (1992), IUTAM 冲击动力学学术研讨会 (1993), 第二届国际工程爆破技术学术会议 (1995), 第二届国际冲击工程学术会议 (1996, 荣誉主席) 等.

由于郑哲敏先生深厚的学术造诣和善于学术交流的品格, 使他建立了广泛的国际学术联系. 他与北美、西欧、日本、澳大利亚以及香港、台湾等国家和地区的一大批有成就的力学家有广泛而真诚的学术联系, 特别是与冯元桢, 吴耀祖, 林同骅, 何志明, 朱家骅, 谢定裕等一批杰出的海外华裔力学家有深厚友谊和密切的学术联系.

郑哲敏先生在广泛的国际学术活动中展示了他作为杰出力学家在国际学术舞台上的风范.