

力学未来15年

国际学术讨论会论文集

PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM
ON MECHANICS IN THE NEXT 15 YEARS

第1卷 Vol.1



中国科学院力学研究所建所30周年纪念

1986年6月8—10日 北京

Thirtieth Anniversary of the Institute of Mechanics, Academia Sinica

June 8—10, 1986 Beijing

科学出版社

5062

力学未来 15 年

国际学术讨论会论文集

PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM
ON MECHANICS IN THE NEXT 15 YEARS

第 1 卷 Vol.1

O3-53/5062

中国科学院力学研究所建所 30 周年纪念

1986 年 6 月 8—10 日 北京

Thirtieth Anniversary of Institute of the Mechanics, Academia Sinica

June 8—10, 1986 Beijing

科学出版社

1989

内 容 简 介

中国科学院力学研究所于1986年6月举行了以学术讨论为中心的庆祝建所30周年活动。为了广泛进行学术交流,将主要学术论文分成两卷出版。本文集(第1卷)收集了该讨论会上高水平的学术论文及综述共20篇,其中不少论文内容新颖,见解精辟、独到,对力学未来发展有指导意义。本文集第2卷收集了部分分组报告论文,已于1988年5月由力学所印刷出版。

读者对象为高等院校力学及有关专业师生以及与力学有关的科学研究人员和技术人员。

力 学 未 来 15 年 国际学术讨论会论文集

Proceedings of the International Symposium
on Mechanics in the Next 15 Years

第 1 卷 Vol. 1

中国科学院力学研究所建所30周年纪念

1986年6月8—10日 北 京

Thirtieth Anniversary of the Institute of Mechanics, Academia Sinica

June 8—10, 1986 Beijing

责任编辑 李成香

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100707

中国科学院研究生院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1989年12月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

1989年12月第一次印刷 印张: 12 5/8

印 数: 0001—1 500 字数: 299 000

ISBN 7-03-001377-8/O · 292

定 价: 8.90 元

前 言

中国科学院力学研究所于1956年建立，第一任所长是钱学森，副所长是钱伟长、郭永怀，他们都是著名力学家。建所30年来，力学所在学科基础研究及应用研究的各个方面作了许多工作，取得可喜成果。为了总结回顾30年来的工作，展望未来的发展前景，1986年6月8日至10日进行了以学术交流为中心内容的庆祝活动。参加庆祝大会的力学所全体人员和国内外300多位来宾，其中包括6个国家和地区的19位著名力学家，国内高等院校和科研单位的知名学者，以及有关单位的领导。庆祝大会后举行了“力学未来15年国际学术讨论会”，11位国内外专家作了大会学术报告。分组会学术报告情况是：流体组15个，固体组12个，其他组13个。报告大多内容丰富，学术水平高，实际意义大，特别是论述力学未来发展的许多见解十分精辟。为了广泛进行交流，特将讨论会的报告分两卷出版。第1卷包括大会报告、综述论文和国外学者报告共20篇，由科学出版社出版。第2卷包括分组会的报告共30篇，由中国科学院力学研究所出版。文集中不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

中国科学院力学研究所

目 录

代序：力学所30年.....	郑哲敏 (1)
对今后10年工程力学中一些应着重研究项目的个人看法.....	W. Johnson (5)
力学的远景.....	冯元桢 (17)
Hamilton 形式体系和辛几何的差分格式——纪念华罗庚教授	冯 康 (21)
地球构造运动的力学分析.....	王 仁 (32)
环境岩土工程学介绍.....	方晓阳 (38)
土与污染物的相互作用对土性及基础结构稳定性的影响.....	方晓阳 (51)
流体动力学中的大尺度结构.....	朱家赬 (62)
关于平行流的流动不稳定性.....	周 恒 (70)
近代流变学的发展.....	陈文芳 (78)
激波管在气体混合过程的气动力学研究中的应用.....	
.....小口伯郎 船曳胜之 佐藤俊逸 正广畑山	(81)
热等离子体工艺：一种新出现的技术.....	E. Pfender (87)
分子动力学和物理力学.....	蔡锡年 (100)
湍流火焰和爆轰在管中的传播.....	李克山 (111)
力学所在爆炸力学研究方面的发展状况.....	郑哲敏 (126)
计算结构力学的现状和展望.....	钱令希 (143)
合成纤维绳索的组合及其模型.....	C. M. Leech (149)
复杂载荷作用次序引起的结构响应的差异.....	Tsuyoshi Hayashi (170)
力学所在固体力学研究方面的发展.....	柳春图 王自强 王震鸣 (175)
固体动力学当前的一些问题.....	W. Herrmann (183)
附录：力学未来15年国际学术讨论会全部报告目录	(193)

CONTENTS

Thirty years of the Institute of Mechanics—In lieu of introduction	
.....	Zheng Zhe-min (1)
A personal statement concerning some topics for research attention in	
engineering mechanics for the next decade.....	W. Johnson (5)
Prospects of mechanics.....	Y. C. Fung (17)
Difference schemes for Hamiltonian formalism and symplectic geometry	
—In memory of Prof. Loo-Keng Hua.....	Feng Kang (21)
Mechanics' problems in tectonic analysis.....	Wang Ren (32)
Introductory remarks on environmental geotechnology.....	H. Y. Fang (38)
Soil-pollutant interaction effects on the soil behavior and the stability	
of foundation structures.....	H. Y. Fang (51)
Macrostructures in fluid dynamics.....	C. K. Chu (62)
On the nonlinear theory of hydrodynamic stability of parallel flows	
.....	Zhou Heng (70)
Advances in present day rheology.....	C. F. Chan Man Fong (78)
An application of shock tubes to gasdynamical problems with special	
regard to gases mixing process.....	
Hakuro Oguchi, Katsushi Funabiki, Shunitsu Sato, Masahiro Hatakeyama	(81)
Thermal plasma processing: An emerging technology.....	E. Pfender (87)
Molecular dynamics and physical mechanics.....	D. H. Tsai (100)
The propagation of turbulent flames and detonations in tubes	
.....	John H. S. Lee (111)
On the study of explosion dynamics at the Institute of Mechanics	
.....	Zheng Zhe-min (126)
Computational structural mechanics: Now and future.....	Qian Ling-xi (143)
The assembly and modelling of synthetic ropes.....	C. M. Leech (149)
Difference in structural response due to acting sequence of combined loads	
.....	Tsuyoshi Hayashi (170)
Advances of solid mechanics in the Institute of Mechanics	
.....	Liu Chun-tu, Wang Zi-qiang, Wang Zhen-ming (175)
Current problems in solid dynamics.....	W. Herrmann (183)
Appendix: Complete list of reports presented in the International Symposium	
on Mechanics in the Next 15 Years	(193)

代序：力学所30年

——在庆祝中国科学院力学研究所 成立30周年大会上的报告

郑哲敏

(中国科学院力学研究所所长)

今天，我们欢聚在这里共同庆祝中国科学院力学研究所建所30周年。

首先让我代表力学所全体同志，向各位领导和专程前来参加庆祝活动的中外来宾，以及曾经和我们在力学所这个阵地上共同战斗过的同志们表示热烈的欢迎和衷心的感谢。

这次活动的中心内容是展望今后15年的力学，借以指导力学所的发展。我们十分高兴，今天到会的有这么多中外力学专家和科技界的领导同志以及有丰富经验的管理人员。通过下午要开始举行的国际性的、以未来力学15年为主题的学术会议，以及与之并行的各种形式的座谈会，我们相信，这个目标是一定能够达到的。

现在请允许我简要汇报一下力学所30年来的历程和对今后的展望，请同志们、朋友们批评指正。

30 年 的 历 程

中国科学院力学研究所成立于1956年1月5日，钱学森任所长，钱伟长、郭永怀任副所长。

回顾一下成立前后形势是颇有教益的。那时第一个五年计划刚刚结束，全国经济形势很好，1956年中央发出向科学进军的号召，许多最优秀的大学生被选派到力学所来。

1955，1956年以钱学森、郭永怀为首的一批科技人员回国参加祖国建设工作，使这个新的研究所一开始就在学科方向与课题上有个很高的起点。

这个研究所的办所思想在钱学森所长1956年1月6日的讲话中阐述得很清楚。他谈到：“任何科学研究必须和实际结合，挑选题目应和国家工业推进方向相适应，要注意实际生产过程中发生什么问题，我们要耐心考虑并从里面（可以）发现其中共同之点。解决这一问题就可以解决类似的若干问题”。他又说，“研究结果要注意实践的意义”，“研究结果应该拿给人看”，人家要“能用你的才算完事”。他还特别强调了研究工作（包括青年干部的培养）的计划性和培养集体工作的精神，并十分强调实验在建立理论模型中的关键作用。

力学所正是在这样的好形势下和这种建所思想的指导下，迈开步子的。全所最早的花名册上只有18位同志的名字。如今我们已经是有800多名职工的大所了。

力学所的发展大体上可以分为三个时期：即，1956—1966；1966—1976；1976—1986。

不论在哪个时期，就主流而言，力学所在不断开拓新的学科领域的同时，始终把主要力量放在解决国民经济和国防建设的重大的中长期的综合性的力学问题上。

建立与国家重大项目的联系，规划力学所的研究方向和任务，筹建实验设备和实验基地，培养青年科技队伍是第一个时期的主要任务。1960—1966年间，研究队伍逐步形成，涌现一批有价值的成果。

这一时期，在对力学所作为综合研究所做全面安排的基础上，突出了高速空气动力学和高温高压物理气体力学，完成了超声速风洞和激波管的建设，电弧加热器投入使用并取得重要成果。逐步明确了以激波管技术为主的发展超高速风洞的技术途径，在火箭发动机的原理与技术的探讨方面取得重要进展。在力学所建立了物理力学、化学流体力学、磁流体力学、爆炸力学、土力学等新的分支学科，在爆炸成形的理论与实践上有较突出的成果。同时，按照钱学森所长的思想，当时力学所还在国内首先组织了自动控制和运筹学的研究，这些方向后来发展成为自动化研究所和系统科学研究所。

通过与清华大学合办力学研究班，协助中国科技大学开办近代力学系，招收研究生，吸收分院派来的进修生等多种方式培养了大批技术干部，并且向全国各个部门，特别是向航天工业部输送了多批科技与管理人员，许多人现在是航天和其他科技战线上的中坚力量。

第二个10年，即1966—1976年，正处在国家10年动乱时期，力学所也蒙受了重大损失。1968年长期主持力学所工作，受到普遍尊重和爱戴的郭永怀副所长因公牺牲。好几位优秀的科学家和科技与管理人员受迫害致死。更多的同志以莫须有的罪名受到摧残和迫害。许多重要的科研与建设项目停顿了，课题组被冲散了，有的设备被拆散。

但是，值得庆幸的是，即使在那样的条件下，许多同志仍然坚持工作。第一个10年中规划的高温激波管、激波风洞、电弧加热器等都陆续投入使用，开始为航天部门提供重要的数据和实验与理论成果。并发展了绕钝头体高速流场，有化学反应和质量引射的层流与湍流边界层等的计算方法。在固体力学方面，70年代初我们及时地把一部分主要力量转入断裂力学这个国际上不久前兴起的新领域并迅速取得成果，如复合型裂缝尖端的应力场分析，四点弯曲试验方法等。60年代中期独立发展的流体弹塑性理论在应用于核爆的同时，有效地被应用于穿甲和破甲，并解决了一系列的新问题。物理气体力学的原有基础使力学所能迅速进入气动激光及电激励激光的研究领域。在这一时期还取得了一批开发型的应用成果。

还有一部分同志避开运动的冲击，冒着受批判的风险，在新领域的理论方面进行着探索，为国家保留了十分宝贵的“火种”。

第三个10年迎来科学的春天。科学技术是生产力，知识分子是劳动者，当代中国人民面临的主要任务是经济建设，科学技术是关键等一系列新的认识和作法，把人们从长期压抑的心情中解脱出来，全所的精神面貌为之一新。力学所参与制定了1977年院内和1978年全国科学规划。并不断根据改变了的形势，调整自己的学科方向。例如，材料力学性质的研究就是那次规划认为应当重点发展的，从而在力学所建立了专门从事这项研究的一个室。这几年，在院领导的支持下，在这方面的实验室建设上有相当集中的投资。现在，在材料动态性质研究、材料的本构和断裂与细观结构的关系方面已经初步形成特色。也是在规划的带动下，我们开辟了一些新领域，如生物力学、天体和地球流体力学、应用数学方法等。

高速空气动力学和物理气体力学的研究为航天部门做出愈来愈多的重要贡献，力学所在

这方面是国内颇有影响的一支队伍，而且形势要求我们要以更大的力量从事探索性和基础性的研究工作。

1981年以来，在广泛和深入调查研究的基础上，我们在海洋石油部门的密切配合下，组织了多种专业的科技人员，开展以海洋工程为对象的研究。主要有波浪载荷、波浪与平台结构的相互作用，结构的静态和动态应力分析，断裂分析，疲劳与安全评定，结构与基础的相互作用，桩基、海洋土力学在工程地质考察与评价中的应用等。有的研究工作已经取得很好的成果，如南中国海一个区块的工程地质考察与评价；管接头三维应力分析等。

在煤的利用方面，最近在煤粉与水煤浆燃烧室设计方面有新进展，水煤浆管道输送、瓦斯爆炸、瓦斯突出等方面也都有了起步。

这几年，开展了大量的开发性工作，他们都是力学所多年科研成果的积累与发展，有的颇有特色。如爆破工程、控制爆破技术，等离子体技术，高能激光器的应用，保温和节能技术，射流技术等。

我们是硕士学位和博士学位授予单位，以及两个博士后的点。恢复研究生制度以来，已毕业硕士生79名，博士生18名。在学硕士生75名，博士生19名。

实行对外开放政策以来，我们接待国外学者讲学402人（21个国家），出国考察、进修213人。这些活动使我们开阔了眼界，增长了知识，学习到很多对我们有用的经验。

这10年挂靠在力学所的中国力学学会和它的学报编辑部工作也是很出色的，我们对它和中国力学学会理事会给力学所的多种支持表示衷心的感谢。

总之，第三个10年是充满生机的10年，是结出丰硕果实的10年，也是使力学所满怀信心，走向下个世纪的10年。今天我们特别缅怀郭永怀、杨刚毅、晋曾毅等所有为力学所的建设和发展做出贡献的已故同志。我提议大家起立为这些同志默哀。

展 望

力学所现有13个研究室，分别从事固体力学、材料力学性质、气动力学、低速流体力学、物理化学流体力学、磁流体力学、土力学、爆炸力学、力学测量技术的研究。研究室共有研究技术人员502人，其中高级科学技术人员47人，中级研究人员近350人。应该指出，中级研究人员大都是1966年前大学毕业的优等生，其中许多人已具备晋升条件。现在正在进行专业职务聘任工作，以逐步解决这个问题，同时我们要大力培养研究生和青年科技人员。我们相信再用几年的功夫，人员结构定将日趋合理。

从力学所的专业和历年所从事的工作看，我们与其他部门相比有重复较少和基础性较强的特点。同时作为中国科学院所属的一个研究单位，我们既立足于本专业，又能根据国家总的需要，从大局出发，做机动的战略性转移，起到一个野战军的作用。这正是科学院先天优势的一部分。

我们认为力学既是许多工程技术的基础又是一些自然科学的基础，它是发展国民经济和高技术不可缺少的一个重要环节。力学所应主要从事应用力学的研究，以适当的力量从事基础研究，并且有选择地从事开发工作。力学所建所30年来涌现出不少有才智的工程人员，他们中的许多人还可以从事开发工作，是我们宝贵的科技人员的一部分，采用这样的方针，

我们一定能为四化建设做出比过去更大的贡献。

总结我们的经验，我们认为力学所应是以基础性研究为主体的研究所，它的选题应当密切结合国家经济发展的需要，应当高水平地、创造性地去满足这种需要。这就需要组织力学所多专业和利用科学院多学科的优势组织科技人员来从事这类研究工作，并要求有很强的计划性。回忆起来这正是我们老所长钱学森同志1956年1月6日讲话中所指出的办所方针。近半年多来我们通过群众性酝酿提出下面八个字作为力学所的所风。它们是创新、严谨、团结、奋进。为了便于外国朋友理解，我们试译如下：Creativeness, Excellence, Cooperation, Dedication.

我们决心沿着中央关于科技体制改革决定指明的道路，朝着以上目标前进，也热切希望所外、院外、国外的同志们、同行们、朋友们给我们以各种可能的支持。

与50年代相比，国内科技力量大大地增强了，开放政策使我们能更迅速更直接地学习国外的经验。因此，力学所担负的责任也相应地在发生变化。我们必须正确选定我们的主攻方向。这几年，经过多次调查研究，结合我们自己的切身体会，我们认为力学所应当抓以下五个领域中的力学问题；（1）能源的开发与利用（近海石油、煤）；（2）新材料、新技术、新工艺（如复合材料、等离子体技术）；（3）农业、国土整治及环境科学；（4）高技术；

（5）力学中的若干重大基础或基础性问题。这几年我们在国内外就水资源、沙漠、泥石流、冰川、气候、污染作了些了解，有的同志还专门研究了大气模式中陆地与大气间水分交换的问题和长江三峡筑坝与生态环境的问题，我们感到，这里确实有许多重大的力学问题值得研究。地学部门的同志也深有同感，共同认为力学与地学相结合将是今后发展的一个趋势。这就是我们提出要重视抓好农业、国土整治及环境科学中的力学问题研究的原因。在重大基础或基础性问题方面我们认为当代力学正在酝酿着一些新的突破，具体地说，比如：①如何把宏观性质与细观或微观结构结合起来建立新的“连续”介质理论；②非线性动力系统中出现了分叉、混沌等，它们冲击着经典力学的传统观念。作为中国科学院的一个单位我们应当部署力量迎接这场挑战。

同志们，朋友们，以上我简要汇报了力学所的情况。下午力学未来15年国际学术讨论会就要开幕，许多中外专家将对这个问题发表精辟的见解，同时还将举行多种类型的讨论会。我们衷心希望听到各种批评和建议。我们追述了过去，目的也是为了今后做得更好些。30年来我们不断得到兄弟单位特别是高等学校中有关系和专业的老师的支持。我们深信今后也一定会继续得到这种支持。

THIRTY YEARS OF THE INSTITUTE OF MECHANICS

—In Lieu of Introduction

Zheng Zhe-min

(Director, Institute of Mechanics, Academia Sinica)

对今后10年工程力学中 一些应着重研究项目的个人看法*

W. Johnson

(英国 Cambridge 大学工程学系)

提要 本文认为要成功地预言一些新课题是有疑问的。文中叙述了这些新课题的出现和发展日益受到政府和企业所左右的情况。文中援引了伦敦皇家学会会刊“关于未来10年的技术”各卷中的主要内容,如材料在空间中的加工;空间移民地的展望;石油平台的拆除;冰山破碎;木材在今后的重要性等。文中也叙述了对计算机模拟重视过分的忧虑,以及对火灾和碰撞工程研究应予重视的意见。本文最后对今后的教育以及有关研究成果出版物的类型、价格和数量等提出了一些看法,陈述了对力学史的重要性的看法,提到了“大”技术给公众带来危害的问题以及对先进制造技术方面的意见。

关键词 空间材料加工; 空间移民地; 石油平台拆除; 动态粉末压实; 核防护; 冰山破碎; 弯曲机; 木材; 计算机模拟; 碰撞; 火灾; 学术交流和教育; 对公众的保护; 先进制造技术

“本章我一点也没有谈到航空的到来或旅行。这是由于我并不怀疑其最后的可行性,或由于我不考虑它应用于人类时的任何新的影响。但我根本不认为有可能使航空学变得实用,从而使运输和通讯发生重大的变化……”

(Anticipation, by H.G.Wells, p.32. Chapman and Hall Ltd., 1902)

1 引 言

H.G. Wells (1866—1946)¹⁾ 是一位有世界声誉的作家和自由派改良主义者,早年(约1900)以他的如下一些科学幻想小说而出名:《时间旅行机》(1895),《失窃的杆菌》(1895),《隐身人》(1897)和《首先登上月球的人们》(1901)等。他受过生物学方面的科学训练(在 T.H.Huxley 的指导下,毕业于1890年),还写出了一些社会的和科学的著作。这些著作以对某些主题的非凡和独到的处理,在热心求知的读者中赢得了巨大的声望。如《世界史纲》(1920),《生命的科学》(1931)和《人类的工作、财富和幸福》(1932)等。他还

* 原文为英文。中文为白以龙译,董务民校。

1) 江苏科学技术出版社1980年曾出版《威尔斯科学幻想小说选》上、下册,共有如下6篇作品:《时间旅行机》,《摩若博士岛》,《隐身人》,《星际战争》,《首先登上月球的人们》,《神食》。——校者

写出了大量有关政治、社会和科学问题的随笔，例如《人类的命运》（1939）。今天，人们已经到达月球和更远的空间。Wells 在第 1 次世界大战前预言的坦克在战争中的应用已经实现，他因此而知名于世。后来他又预言了空战甚至原子弹战争的可能性。然而，如上述引文却表明，有很高声誉的预言家并非每次说准了，实际上他们往往糟糕地错误推断未来，并且大大低估了技术变革的速度。

20多年前，我曾经试图预测过力学的发展趋势，但只有部分预测是成功的。我低估了自动控制的发展速度，石油供应的价格对汽车发动机效率和汽车生产所起的影响，以及海上石油平台提出的问题。而后，关于计算机辅助设计（CAD）、计算机辅助制造（CAM）和有限元体系等，也没有事先预见到。我倾向于认为，对基于科学的工程作预言是件危险事情，人们看不到经济力量在主宰和指导新的发展工作方面的作用，从而会犯极大的错误。为了使预言可以希望有高于平均水平的成功率，需要有人是专职的**未来学教授**。（这项职务是Wells提出的，他认为，需要未来学教授就象需要历史学教授是一样的。

然而，今天已有一些**技术评价**之类的大学系科，从事考查和比较各种科学研究的价值、效益和发展方向。这些系科往往更愿作政府利益的臂膀，而不愿作基础研究的中心，更不愿作判断哪些可能是“跃进式”竞争者的工作。我愿在这里插叙（或回忆）一件事：试图叙述科学在社会中的作用和效能，早就是受到很大注意和赞扬的《科学的社会功能》¹⁾一书的主题，该书是 J.D. Bernal（贝尔纳）²⁾ 写的，他是一个马克思主义者。

这本早期的马克思主义者的著作和20世纪研究社会和科学的先驱们的工作，后来又不断有所发展。而我的失败是这些年来没有跟上它的进展。当然，它已成为几十年来各方面人士和团体日益关心和焦虑的课题，而且今后将继续受到关注。

以下是我个人对未来前景的一些看法。我是作为一个独立身分的教授来写作本文的，我无需管一个系或一个研究所，也无需给它定出今后10年或更长时期的计划。我并不想特别重视对研究的趋向作广泛的一般评估——这可能是一种标准的英国的经验方法！我觉得，我最好是针对下一个10年的进程中值得注意或更加需要关心的课题，提出一些建议来作出我的贡献。（这或许是我工作退休之后的晚年，我愿意花时间去关心的一些问题。）

尽管如上所述，但我觉得，或许你们当中许多人也已经感到，连续不断的研究活动，已经越来越多地转移到那些在很大程度上依附于政府感兴趣的问题上。研究经费在逐渐增加，而因为政府是主要的资助者，所以它常常操纵着课题的确定。在美国，陆军和海军资助了大量的研究工作，它们至少在某种程度上是军事上的应用。当然，国家科学基金会（NSF）是对不太专门定向的工作或不太针对任务的工作提供经费的重要来源。

在英国，我深信，工程学研究也已经明显地变为由政府所主宰³⁾。我在访问苏联后有如下的印象，工程学的研究已经非常严密地纳入政府的计划。事实确实是这样，在20世纪末，研究工作一般说来变得越来越耗资巨大，而因为它需要政府的钱（政府几乎是唯一富有的资助者），它就得努力去达到政府选定的目标。军事上的应用，以及用其他手段的战争，即国际

1) The Social Functions of Science, G. Routledge and Sons, Ltd. (1938): 482 p.

2) 以前是伦敦 Birkbeck 学院的物理学教授。

3) 我回忆起 Manchester 大学的副校长 William Mansfield Cooper 爵士在1950年曾预先警告我们说，我们大学收入中由政府拨款的部分越大，我们就越必须顺从政府的需要和愿望，从而我们就变得越脆弱。这已经为整个大学的业务活动所证实了。

上的工业竞争,现在极大地决定着各个国家的科学的方向。

英国的大学曾经大部分是私立的,与政府无关的。现在不再如此了。今天,它们得到的国家经费约达90%,从而它们的发展、物资、目标和业务活动,在很大程度上都要受到国家的约束¹⁾。甚至,由专业人员开出的课程的内容也都感受到了这种影响,这在以前是闻所未闻的!这在多大的程度上是心甘情愿的,仍有争议,也许这是不可避免的。这就是在我的晚年所遇到的现象。对于下一个15年,我们完全可以外推出,过去30年间已经有的政府的控制将加强,并且预料我们新近的这些经验将继续有用。各国对庞大经济资源的控制,武器和工业能力的水平,通讯的加快,以及甚至人们自己的期望,这一切都协力促成了这样的变化。面对着这种背景,我们要确定,在今后15年里,我们搞力学的这一大批人应怎样地工作。

2 伦敦皇家学会对 80 年代和 90 年代技术的讨论

关于今后15年的趋势,我无需考虑我们可以讲多少可靠的话,我也无需是这个问题的十足的专家,我可以举出伦敦皇家学会出版的关于“90年代的技术”的两卷会刊来引起你们的注意。这两卷刊物各约200页,它们是:①海洋(Vol.307, No.1499, 1982年10月, pp.261—464);②水工水泥科学技术的发展(Vol.310, No.1511, 1983年9月, pp.1—207)。类似地有“80年代的制造技术”(Vol.275, No.1250, 1973年11月, pp.309—424);“80年代的食品技术”(Vol.191, 1975年, 198p.),都有较长的讨论。因为对今后15年的趋势有许多方面要猜测,所以人们愿意看到这些会刊对15年后预测得是否准确。可以说,上述各卷会刊的内容,对于关心所论述课题的人们是有价值的。

上述几卷会刊对未来的预测做得怎样呢?显然,如果没有这方面的资料,评价这些预测工作就将是困难的。我们需要一大批资料来讨论特殊的课题,如**水工水泥**这个课题,但是,我们中的许多人也只不过知道一些混凝土的知识,而不了解土木工程结构!今天,在这里能否有一个人来严肃地和胜任地推测整个问题的未来呢?

3 两个有广泛兴趣的热门课题

3.1 空间材料加工

空间制造业是一个正在迅速发展着的“新的前沿”,可以预料,在下一个10年或以后将有更快的进展。空间环境几乎均有如下一些优点:①几乎无限地接近完全真空;②低温;③可利用高水平的太阳能;④没有引力。

虽然前三个条件可以在地球上模拟,但零重力条件是不能在地面上长时间地复制的。空间环境提供一个独一无二的参数组合条件来用于材料加工。我们可以补充一点,利用非地球上的原料资源进行加工,也为材料科学和技术提供了一个新的前景和方面。

空间加工的可能应用(商品开发)主要为冶金加工和半导体加工,“生物制品”和“光学制品”。表1列出已提出的某些物质,不过只有加工触及我们今天的主题。**金属凝固的基**

1) 一所大学即 Buckingham 大学除外,然而,它是非科学性的学校。

本过程影响到材料的性质和进一步的加工（如成形等），这个过程尚未很好地了解。减小重力可以使详细研究液固界面处原子附着过程中自然对流与浮力现象的相互作用。对液态金属小滴的凝固动力学（solidification kinetics）的研究，据说可能用以研制具有特别优良物理性质和力学性质的玻璃态物质。

表 1

电 子 器 件	光 学 制 品
○ 半导体 ○ 集成电路片 ○ 磁开关 ○ 继电器 ○ 磁探测器 ○ 超声频和光频滤波器 ○ 超导体 ○ 大功率整流器 ○ 辐射探测器 ○ X 射线靶 ○ 全息存储晶体 - 等等	○ 窄带滤波器 ○ 大直径晶体 ○ 均匀掺杂晶体 ○ 选择波长光学制品 ○ 激光光学 ○ 高折射率玻璃制品 ○ 改进的纤维光学 ○ 陶瓷波导 ○ 红外透射玻璃制品 ● 超高质量棱镜和镜片 - 等等
生 物 制 品	材 料/结 构
○ 人的细胞提纯 ○ 高纯生物制剂（疫苗用） ○ 酶的分离 ○ 淋巴细胞的鉴别、分离和培养 ○ 免疫球蛋白的生产 ○ 蛋白的提纯和生产 ○ 激素的生产 ○ 红细胞部分的分离 - 等等	● 高温涡轮机叶片 ● 低破坏率材料 ● 长寿命材料 ● 改进型润滑剂 ● 低腐蚀率高强度材料（钻头，骨固定钉） ● 高强度复合材料 ● 优质表面材料 ● 高纯材料 ○ 优质核燃料棒 ○ 高灵敏度探测器材料 - 等等

无容器材料加工技术利用了空间中提供的各种良机，这便于材料的熔化、凝固或其他加工，因为它无需跟别的支撑或包容实体结构直接接触。这种方法消除了容器引进的污染，限制了由于流体静压力或跟容器直接接触引起的样品变形。这种工艺对非常活泼的材料特别适用。需要特殊熔炉的高熔点材料也可用这种方法来制取。混合物（特别是涉及气泡行为的）无容器加工的一般的讨论，可参见“计算的前景”（R.S.Subrainanian, Perspectives in Computing, Vol. 4, No. 2/3, 1984: pp.4—8）。

焊接与钎焊也是可能从空间计划中获益的加工工艺。现在设想，周围低压和无重力将改善焊接时电弧中的质量传递、电弧穿深和焊条运行特性。目前在各种研究所中正在进行模拟来验证这些推测。

顺便提一下，爆炸焊接对于进行结构的空修是很吸引人的一种方法。

另一个有兴趣的领域是提取各种重要的元素，可以从各种废料，月球土，小行星和其他地球外天体物质提取。太阳炉可以用来加热和进行土壤的真空水解，静电选矿工艺可以用来高效地分离矿物。

通常从熔料中生长出来的晶体都有组分和结构上的缺陷。这限制了对它们在固态电子学

方面全部潜力的开发。这些缺陷的来源主要与重力引起的输运现象及界面有关。消除这些因素有助于对与晶体的材料性质有关的生长参数进行定量的研究。

3.2 空间移民地

在21世纪将考虑开始在太阳系的其他天体上混合稀有物质,或许还要加工有害物质,这可能是毫无疑问的。为了从事这些工作并实施特殊的科学使命,将导致建立地球外的住所。

因此,有关人类移民地的地点,建立这些移民地的技术问题和解决方案的讨论,将是我们这个力学未来15年学术讨论会的一个非常合适的主题。这样,或许在第三个1000年开始时,有可能着手做出实质性的努力。

在Gauti 和 Almart 的一篇文章中宣称,在整个太阳系中,独立于地球的人类移民地的最好地点,可能是木星的伽利略卫星¹⁾,即Titan 和 Callisto²⁾。定居点或许要建造在这些卫星的冰层中的人工洞穴里(比如说,水平的筒体,直径20米,长75米,深80米)。于是,对宇宙线的防护,隔热,对陨星的防护,都可以借助于安放在表面上的太阳能装置阵和光合作用器来实现。该处有可用的水,而在太阳系的内部一般是没有水的。看来,在这些卫星上令人感兴趣的区域中几乎没有火山和构造活动。显然,有可能生产必需的氢和氧,但是碳和氮则供应短缺。在这些卫星上几乎没有大气,从而尘暴和对太阳能装置阵的危害可以略去不计,不过微陨星对太阳能面板阵的损害可能是重要的。可能要考虑把筒体深埋于冰中的方法,特别是用炸药来加快它们埋入的方法。

4 特殊的研究课题

现在我简要地介绍6个特殊的专题。它们是我觉得值得重视并且我对它们有一些经验的。如果能给我另一个10年的积极研究生涯,我将很高兴地将我自己(以及一些大学生)奉献于其中的一些。

4.1 石油平台拆除

目前有8座混凝土的和大约130座巨大的钢制的石油平台矗立于北海之中,另外还有100座将于公元2000年之前安装。它们之中有一些高过200米(腿架有5厘米厚,直径有许多米),另一些则非常之重。

国际法(如果有关的条约已由各石油公司所属国家签定了的话)规定,石油公司在它们的工作结束了之后,必须拆除这些海上结构物。估计拆除这些结构物需要60亿英镑。各公司更愿意在平台竖立的地方就地推倒旧的平台,或者在最低潮位之下40米处将平台切割掉。但是,所有专职的航海人员看来都要求彻底地、全面地按国际法的要求实施。

有一种格状塔式金属导管架平台,是在它们的位置处浮着,或者用桩固定于海床上。另一种是钢筋混凝土重力式平台,是在它们的基底用重载的大沉箱来固定。平台可以让它们自己腐蚀掉(这时将形成污染灾害),或者更好一些是由海上用户将它们拆除。对导管架平台

1) Ganymede 是木星的最大的卫星,但是据说它有分布广泛的构造运动。

2) 参见 Earth Oriented Applications of Space Technology, Vol. 2, 1982, p.63.

曾经建议让它们重新浮运走。在海岸上切割达10万吨重的钢和混凝土的导管架，其最低费用一般要超过其废料的价钱。所以，截断掉平台到水下40米处看来比较便宜些，如果这是可能做到的话。

在深水中用聚能装药法切割，被认为是很重要的方法。但是，看来安排不畸变的线性聚能装药是非常困难的。曾经使用燃烧氧炬来形成120吨的厚块。也曾经破碎过巨大的混凝土块，但是很费钱。还有用于切割平台甲板的锯子。

全世界已经安装了6000座平台。但是，在象北海那样深和多浪的区域中，还没有拆除过一座平台。直到现在，对北海来说，还没有确认哪些处理方法是有效的。

在“国际强动载及其效应学术会议 (ISIDL)” (北京, 1986年6月) 上涉及的主题，显然，紧密地与向我们提出的这个很费钱的对环境极重要的问题有关。对今后15年提出象这种综合的重大挑战问题可能极少。一个广泛的真正国际性的途径将会是便宜的、值得的和及时的，假如达到上述的目标的实质性国际合作将证明是可能的话。

4.2 动态粉末压实

在今后10年或其后，会产生对工业很有价值的一个课题，即粉末的压实。无定形的粉末金属压实成很坚硬的模具和工具（以及对于某些磁学的应用），即使在现在，也还是世界范围中有竞争力的研究课题。今天，大多数粉末成形是用热等压加压工艺进行。改变热等压加压工艺的温度，会产生不同的细观结构，这就改变了产品的力学性质、硬度和耐冲击力。压实体的挤压成形可产生比热等压加压工艺更精细的结构（在相同的温度下），以及增大硬度和韧度：实际上，例如镍-钼-硼合金，其洛氏硬度达68，并具有良好韧度。（在大收缩比的挤压工艺中，可以产生高达金属屈服应力几倍的流体静压力。）温度低于500℃时的压实，还在用动态压实（或许是爆炸压实）法¹⁾以及用热压法进行研究，其中前者可能更有利。用运动速度为1400米/秒的冲头进行压实的能力已经得到了开发，并且已有达到“实体密度”的压实工艺的报道。还有报道说，已用6英寸口径的海军炮来推动高速运动的冲头。出于同一目的，把放电方法推广用于压实粉末材料的研究工作也正在进行中；这种方法是当电流通过时同时向压实体给出一次冲击²⁾。

从学术上讲，需要了解或预测这些固体的力学性质。这些固体是在不同温度下用快速或缓慢的方式压实硬质粉末而得到的。

4.3 核防护

使笔者感兴趣的是，据报道，大约在1985年8月在新墨西哥州成功地建成了一个复合材料的掩蔽所，它可以抵挡8000吨当量的非核爆炸。

一个多梁结构，先选用单块平板，然后用手工铺盖，堆叠成层。使用了长方形的塑料聚酯薄膜（密拉膜），但需要把黑色石墨环氧树脂放在密拉膜之上，以便使边界定位。热压固化工艺将预浸过的环氧树脂转变为完全硬化的状态。然后，热敷层工艺再用到梁和蜂窝结构

1) 回忆 Rinehart 和 Pearson 在《金属爆炸工作》(Explosive Working of Metals, Pergamon Press, 1963) 一书中提出的爆炸压实。
2) 据说在交流电和直流电之间密度对磁性的影响是不同的。

上。这种表面敷层能抵抗射到表面上的热辐射。这些 8 英尺×12英尺的板块，可以组装成掩蔽所，它是一种在梁中间夹装了 rohacello（类似于聚苯乙烯泡沫（styrofoam））非金属蜂窝的结构。已有报道说，1986年将建立 500 个这种掩蔽所。

这些板块设想成能在“一次邻近的爆炸中”保护军事装备。（但是邻近到什么程度，承受的又是什么载荷，还不知道。）6 个壁的拖车型容器被设想为一种可能的结构。另外，重量轻的便利的直升机运输使这种板块极具吸引力。

4.4 冰山破碎

除了由于开展空间旅行所产生的技术问题外，寒冷极地的新环境也必然提出许多新问题。（无疑，苏联一定在这一领域有较多的知识和经验。）但我曾经遇到一个具有很大挑战性的问题，这就是破碎冰山的问题。（冰山问题也具有某些军事和安全方面的意义。）破碎冰山常常是为了将它拖到低纬度地区去供给饮用水。这是由于在一些地区人口迅速增长，因而水的供应跟不上（如香港）。在水的供需矛盾尖锐的这些地区，由于政治原因和气候变化无常，环境是很不利的（例如被人为地毒化了）。

乍一看来，我们可能倾向于用爆炸法来破碎。但仔细想想，冰山巨大的山体对高能炸药需要量之大和它们的质量的 9/10 是在水下这些事实，立刻就知道，破碎它们的方法并不是那么简单和迅速的。水下冰山与液态水的阻抗匹配很不利于冰山的崩碎和断裂。再有，深水中的冰块处于巨大的静水压力作用下，其性质不是脆的而是有相当大的韧性的。

4.5 弯曲机，梁和柱

在金属成型塑性理论中，某些理论课题的工作已经是相互“撞车”或者是画蛇添足的了，例如关于挤压载荷的界限和应变率效应；而某些领域则完全被忽视了。例如，关于弯曲的问题，要进行这方面的研究，需要更深入地了解机器中成型材料的弹-塑性力学问题。

在冲模中，将较厚的扁平板料进行弹-塑性弯曲以提供单轴或双轴大半径的曲板，然后焊接在一起形成壳体结构，例如，液体容器或塔，以及船板，这只是在最近才予以研究的一个问题。这一工作还很少能在金属成型塑性理论方面的书中找到。弹性效应（弹性回弹）在这里很重要，它使这类问题难于解析地处理。同样地还有一些关于角锥体的弯曲以及关于在矫形机械类中的弯曲的问题。

尽管塑性力学工作者对塑性弯曲问题是很熟悉的，但是这个问题在今天并不是十分重大和引人注目的课题。有许多事情需要研究，有许多事实需要弄懂，计算弯曲半径，从实验上确定残余应力的分布等等，都是需要研究的课题。

工业研究需要有一部优秀的专著，它应收集有用的分析和结果，增加新的东西并指出这个课题中的空白。对塑性弯曲作新的考察是适时的，这种对国际听众有广泛用途的信息非常需要。在这个领域内，完成调查、研讨、写作和书籍出版等工作，现在是可能的，并且对于今后 15 年的一部分时间是一项有价值的工作——虽则就力学而言这不是一件迷人的事情。北京大学的余同希（T.X. Yu）教授有很好的准备来进行这项工作；或许他是自从塑性力学诞生以来对这个课题比其他人作出了更有用的研究的人。

一旦写出了上述这种专著，生产制造者就将有良好的条件来提供机器程序，容易地获得