

第四届全国力学史与方法论学术研讨会论文集

Proceedings of the 4th National Symposium
on Mechanics History and Methodology



中外力学思维纵横

Thinking Review of Sino-Foreign Mechanics

曲淑英 杨正光 主 编

大众文艺出版社

第四届全国力学史与方法论学术研讨会论文集

Proceedings of the 4th National Symposium

on Mechanics History and Methodology

中外力学思维纵横

Thinking Review of Sino-Foreign Mechanics

江苏工业学院图书馆

藏书章

曲淑英 杨正光 主 编

大众文艺出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

中外力学思维纵横 / 曲淑英, 杨正光主编. —北京: 大众文艺出版社,
2009.7
ISBN 978-7-80240-330-7

I. 中… II. ①曲…②杨… III. 理论力学—文集 IV. 031-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 111609 号

书 名	中外力学思维纵横		
主 编	曲淑英 杨正光		
责任编辑	冰 宏		
出版发行	大众文艺出版社	发行部电话	84040746
地 址	北京市东城区交道口菊儿胡同 7 号	邮编:	100009
经 销	新华书店		
印 刷	烟台现代印务有限公司		
开 本	880×1230	1/32	
印 张	10		
字 数	200 千字		
版 次	2009 年 7 月第 1 版	2009 年 7 月第 1 次印刷	
定 价	40.00 元		

第四届全国力学史与方法论学术研讨会

(2009.7.10-12, 烟台)

主办单位: 中国力学学会力学史与方法论专业委员会

承办单位: 烟台大学土木工程学院

烟台大学工程力学实验中心

学术委员会

主 任	隋允康				
副主任	戴世强	罗 恩	余寿文	张 文	郑晓静
委 员	蔡中民	戴念祖	戴 英	冯秀芳	高云峰
	胡海岩	姜 楠	刘延柱	孟庆国	曲淑英
	唐少强	叶志明	王希诚	王省哲	王晓春
	吴柏生	钟万勰	仲 政		

组织委员会

主 任	曲淑英			
秘 书	杨正光			
委 员	王志强	吴江龙	张春萍	董 坤

内容提要

本书为第四届全国力学史与方法论学术研讨会文集，收录会议交流论文 30 余篇。

每一门学科都有其发展的历史。力学学科既有其历史性又有其现实性，其现实性主要表现在概念与方法的延续性，今日的科学研究在某种程度上是对历史上科学传统的深化与发展，因此我们无法割裂科学现实与科学史之间的联系。从今天的教育现状来看，文科与理科的鸿沟导致我们的教育所培养的人才不能适应当今自然科学与社会科学高度渗透的需要，通过力学史的学习，可以使工科学生在接受力学基础训练的同时，获得人文科学方面的修养，文科或其它专业的学生通过力学史的学习可以了解力学概貌，获得工程方面的修养。国内外许多著名的力学大师都具有深厚的力学史修养，并善于从历史素材中汲取养分，做到古为今用，推陈出新。

力学史研究的任务在于，弄清力学发展过程中的基本史实，再现其本来面貌，透过这些历史现象对力学成就、理论体系与发展模式做出科学、合理的解释，进而为我们今日的科学研究提供经验教训和历史借鉴，少走弯路。达到使一般人看来枯燥无味，视其为畏途的一门学科，结合力学史的渗透，让力学的教学内容活起来，激发学生的学习兴趣，提高学生对力学概念、方法和原理的理解与认识。

因此每一届的全国力学史与方法论学术研讨会，都吸引了很多力学科研工作者和力学教学工作者。第一届全国力学史与方法论学术研讨会于 2003 年 8 月在北京举行，由北京工业大学承办；第二届全国力学史与方法论学术研讨会于 2005 年 10 月在上海举行，由上海大学承办；第三届全国力学史与方法论学术研讨会于

2007年7月在兰州举行，由兰州大学、甘肃省力学学会和西部灾害与环境力学教育部重点实验室承办。本届全国力学史与方法论学术研讨会在黄海之滨的烟台举行，由烟台大学、烟台大学工程力学实验中心承办。

本书在力学史方面，介绍了驻波、行波的发现与研究，船舶结构力学学科的创建与发展，力学发展历程中做出重要贡献的几位女力学家的生平和研究成果，固体力学中的复变函数方法提出的背景和发展历程，系统论对分析力学学科发展的指导意义，中国古代拱桥结构的历史演变和发展，清代力学家邹伯奇对求解物体重心问题的研究，建国六十年以来理论力学教学模型、教材的演变与发展，近二十年来非光滑力学在基础理论与数值方法两方面取得的重要研究成果与进展等；在力学方法论方面，从牛顿第一定律的几种表述形式谈起，到粘弹性体研究的方法论启示，工程优化设计中的黑箱方法，特征线法及其在流固耦合系统中的应用，弹性梁的动力学建模方法，特种结构分析方法的演进，直至压杆稳定临界力的确定与猜想。

本书可供广大的力学科研工作者、教育工作者和相关专业研究生参考，也可作为力学史与方法论的研究者和爱好者开拓视野的有趣读物。

目 录

几位大物理学家的力学贡献·····	武际可 1
早期的几位著名女力学家·····	杨桂通 14
从波的故事说起·····	郑兆昌 23
《船舶结构力学》学科的创建人·····	郭日修 36
一特种结构分析方法的演进及其方法论启示·····	尹益辉 45
试论系统论与分析力学的学科发展·····	罗绍凯 52
工程优化设计中的黑箱方法·····	王希诚 62
粘弹性体研究的方法论启示·····	朱克勤 72
牛顿第一定律表述形式浅析·····	赵福焱 李颖 78
从甘肃渭源霸陵廊桥谈起·····	王恩涌 胡玉霞 陈翔 董向成 86
关于弹性梁的动力学建模·····	刘延柱 96
固体力学中的复变函数方法·····	郭俊宏 卢子兴 107
从微分方程到测度微分包含·····	富立 117
特征线法及其在流固耦合系统中的应用·····	陈贵清 董保珠 130
清代力学家邹伯奇对求解物体重心问题的研究 ·····	白欣 刘树勇 冯立升 140
孤立波史话——浅谈观察与思考·····	戴世强 162

浅谈钱伟长的力学观·····	孟庆勋	170
当代的知识传播者应具备知识探索者的素质·····	隋允康	178
理论力学课程教学模型、教材和实验的回顾与发展 ·····	庄表中 王惠明	184
流体力学大家 G.I. Taylor 的学术思想初探·····	陈然	192
基于压杆失稳定义的压杆稳定试验装置研制过程分析 ·····	吴江龙 褚福运 曲淑英 王超 董锐	201
Seminar——头脑风暴的孵化器——上海大学应用数学和力学所 seminar 剖析·····	戴世强 陈然 冯秀芳	211
长输管道随机地震反应的理论研究·····	陈贵清 郝婷玥	223
BLACKBOARD 网络教学平台在结构力学课程中的应用 ·····	于玲玲 徐琳	230
构建“多功能”例题创新教学模式的尝试 ·····	冯辉荣 周新年 李正红 聂丽华	235
在《理论力学》教学和学习中克服思维定势的影响 ·····	孟泉 蔺金太 梁忠雨 兰姣霞 杨晓蓉 褚瑞花 王静	245
矩阵位移法中的半坐标变换法·····	于玲玲 汪海峰 徐琳	251
海洋平台管节点疲劳研究方法·····	张宝峰 曲淑英	258
关于结构力学教学中几个问题的探讨·····	杨正光 徐琳	282
猎奇不是科普·····	武际可	289

几位大物理学家的力学贡献

武际可

北京大学力学与工程科学系, 北京 100871

20 世纪初, 整个科学特别是物理学科经历了巨大的革命性的变化。在这一变化的前夜, 19 世纪后半叶到 20 世纪初的这半个多世纪里, 出现了为这一变化准备条件的许多科学巨人。由于这些物理学家在物理学上的杰出贡献名声很大, 远远盖过了他们在力学上的贡献, 所以在许多他们的传记或介绍中, 大都不提到他们在力学上的贡献。在当今社会分工越来越细的条件下, 学力学的不知道他们曾经做过重要的力学研究工作, 学物理的也不知道他们在力学领域中的耕耘。不过, 仔细考察这些大科学家的经历, 我们发现他们共同的特点不仅是在力学上有深厚的功底, 并且在力学学科发展上也留下了不可磨灭的开创性的贡献。这里我们就来介绍其中属于英、法、德的七位, 即麦克斯韦、基尔霍夫、赫兹、开尔文、瑞利、汤姆孙和迪昂。

1 英国物理学家麦克斯韦 (James Clerk Maxwell, 1831—1879)

麦克斯韦在力学上的贡献至少有四项是奠基性的。即光弹性、求解杆系超静定结构的力法、线性粘弹性的本构关系和调速器的稳定性条件。

在 1850 年, 他还只有 19 岁的时候, 发



图1 麦克斯韦像

表了一篇题为《弹性固体的平衡论》的论文。文中讨论了若干个弹性力学的特殊问题，如三角形受力问题等，这些问题的精确解大半已为其他学者解出。他把这些解与利用光弹性方法测得的结果进行验证，结果符合得很好。所以后人认为麦克斯韦是以光弹性方法实际求解弹性力学应力场的第一人，也是光弹性仪器的实际发明者。

到 19 世纪末，光弹性方法迅速扩展成为测量应力方法的重要手段。

1864 年麦克斯韦总结他关于桁架研究的一般结论。他已经可以区分静定与超静定桁架。对于静定桁架，麦克斯韦在前人的基础上简化了用作图的方式去求桁架的内力。对于超静定桁架，拱和吊桥等结构，麦克斯韦从能量法导出了解超静定结构的一般方法。大约在 10 年之后，他的这个方法为莫尔(O. Mohr, 1835—1918)加以整理，给出规范的形式，这就是目前通用的力法，又称为麦克斯韦——莫尔方法。

麦克斯韦在流变学方面最早提出应力应变关系与时间有关的概念。并且引进了现今称为麦克斯韦粘弹性体的应力应变关系。

1712 年，英国人纽可曼(Thomas Newcomen, 1663—1729)发明了蒸汽机，但是由于速度无法自由控制，所以一直派不上大用场，只是在矿山抽水。到了大约 1782 年，英国人瓦特(James Watt, 1736—1819)发明了离心调速器，蒸汽机的使用才迅速得到推广。离心调速器从 18 世纪一直到 19 世纪中叶都使用得很好。到了 19 世纪中叶以后，由于蒸汽机的速度提高了，就出现了调速器不稳定的情况。这个问题最早引起麦克斯韦的注意，在 1868 年曾经研究过这个问题，并得到了一个稳定性的条件；在 1876 年俄国人维式涅格拉德斯基(1831—1895)又研究了这个问题，得到了以包含物理参数的不等式表示的稳定性条件。这些工作是关于动力系统运动稳定性的最早的研究。

此外他在数学上最早定义了向量场的旋度，他对陀螺仪、光

学、彩色摄影、原子结构等方面也有重要的贡献。

麦克斯威在早期作了弹性力学与结构力学的研究之后，兴趣转向了光学、电磁学，他以综合提出控制电磁场的麦克斯韦方程而出名。由于狭义相对论早先就是首先对控制电磁场的麦克斯韦方程讨论引出矛盾才出现的。巧合的是麦克斯韦逝世的那一年恰好相对论的提出者爱因斯坦出生。

麦克斯韦发展了英国物理学家法拉第(Michael Faraday 1791—1867)关于电磁场的概念，用一组偏微分方程把电场与磁场连接在一起。这组方程后来被称为麦克斯韦方程组。他用这组方程证明了电荷的振荡会产生电磁波。并且提出光也是一种特殊的电磁波。这些看法后来都被实验所证实。

麦克斯韦 1850 年以优异的成绩考入剑桥大学。1856 年在阿尔伯丁被任命为教授，1871 年接受剑桥大学实验物理学教授的聘任。在剑桥期间组建了卡文迪什实验室。该实验室对 20 世纪的物理研究产生了巨大的影响。

麦克斯韦在 1857 年对土星的光环进行研究时，他认为，如果光环是固体或液体的话，就会由于旋转时所受的引力和惯性力而破裂。只有光环是由无数小颗粒组成才会稳定的观点。随后麦克斯韦从微小颗粒的观点讨论气体，他考虑到分子不仅在各个方向上运动，而且在不同速度上运动，分子之间以及和器壁的碰撞是完全弹性的。由此和当时也讨论这个问题的奥地利物理学家玻耳兹曼(Ludwig Boltzmann, 1844-1906)同时创建了麦克斯韦-玻耳兹曼气体分子运动论。他并且认为温度是分子运动的平均速度有关的宏观物理量，从而给以前流行的热质说的热流动的说法最后的打击。

玻耳兹曼还设想，如果有两个盛有相同温度气体的容器，有一个小门连接起来，有一个妖精把门，当运动慢的分子到右边门就打开，运动快的分子到左边，门也打开，它们向相反的方向运动，门就关闭。这样左边的容器就会愈来愈热，右边的容器会愈

来愈冷。这是违背热力学第二定律的一种设想。这个妖精被称为麦克斯韦妖。

2 德国物理学家基尔霍夫(Gustav Robert Kirchhoff, 1824—1887)

基尔霍夫是德国一位律师的儿子，大约是在欧拉之后 100 年的人物。1842 年他进入哥尼斯堡大学，他曾听过牛曼 (L. Neumann) 的课并被后者发现其卓越才能，推荐为最有希望的科学家。1848 年获博士学位，1854 年在海德堡大学执教。



图2 基尔霍夫像

他的主要成就在物理学方面。他第一个证明电脉冲是以光速传播的；最早发现光谱与化学元素的关系建立了光谱学，后人由此发现了若干新元素并且借以了解太阳与别的恒星的元素构成；最早提出理想黑体并进行了黑体辐射的实验，后人认为是对量子力学产生有很大的影响，量子力学的奠基人普朗克是他的学生，在他指导下进行过研究；他提出电路计算的规则，至今被称为基尔霍夫定律。

基尔霍夫在固体力学中最重要的贡献是提出了精确的板的理论。基尔霍夫在 1850 年发表了平板问题的重要论文，文章纠正了以往关于平板问题边界条件的错误。基尔霍夫采用虚位移原理推导板的边界条件，指出对于求解平板问题不需要三个边条件而只要两个边界条件便够了。他正确地求解了圆板的振动问题。

在建立平板问题的方程时，他假定：1) 变形时垂直于中面的直线仍保持为直线，变形后还垂直于中面，2) 中面的元素在变形时不伸长。这个简化平板问题的假设现今仍在使用，被称为直法线假设也称为基尔霍夫假设。

1888 年，英国人乐甫利用基尔霍夫对平板问题的假设导出了

弹性薄壳的平衡方程，至今这个假设被人称为基尔霍夫——乐甫假设。

他在弹性杆方面发展了欧拉的工作。他导出了大挠度杆的一般平衡方程。他说：“当力作用在杆端时，这些方程与刚体绕固定点运动的方程相同。”这个看法是基于在变形后杆的每一点，由单位切向量、法向量、次法线所组成的单位三面体，沿曲线弧上运动时，也产生如同刚体绕固定点运动的转动。所以他得到的方程为

$$A \frac{dp}{ds} + (C - B)qr - N_2 + m_1 = 0$$

$$B \frac{dq}{ds} + (A - C)rp + N_1 + m_2 = 0$$

$$C \frac{dr}{ds} + (B - A)pq + m_3 = 0$$

其中 A, B 为截面的两个主弯曲刚度， C 为扭转刚度， p, q 为曲率沿主方向上的投影， r 为挠率。杆上的切力，为分布力矩。

这就是所谓基尔霍夫动力学比拟。最简单的一个情形便是单摆与受压杆在超过临界变形的情形，二者的积分都是椭圆函数。

基尔霍夫在 1876 年出版的《理论力学讲义》是理论力学方面的一本影响很大的教材，后来被多次再版并被翻译为多种文字。书中比较明确地定义力学是关于运动的科学，运动，即随时间的空间变化，也就是物质。

3 德国物理学家赫兹 (Heinrich Rudolf Hertz, 1857—1894)

赫兹在 1889 年继 R. 克劳修斯任波恩大学物理学教授。1887 年赫兹用自己设计的振荡器第一次通过实验证实了电磁波的存在，证明了 J.C. 麦克斯韦理论的正确性，后又研究电磁波的各种性质（反射、衍射、折射、形



图 3 赫兹像

成驻波等),证实了电磁波在空气中的传播速度等于光速,确立了电磁波和光波基本特性的等同性。1886~1887年,研究了共振回路理论、紫外光对放电的影响发现了光电效应、阴极射线的性质等。赫兹曾多次获得意、法、奥、德等国科学院和学术团体的奖章和奖金,并被选为柏林科学院、剑桥哲学学会等7个主要学术组织的通讯会员。为纪念他,人们以赫兹作为振荡频率的单位。

纵观赫兹一生的科学历程,像他的老师亥姆霍兹一样,他是严格地坚持将力学作为物理科学的共同基础,他在一篇文章中说:“所有物理学家都同意这样的观点,即物理学的任务在于把自然现象归结为简单的力学定律。”但与牛顿的古典力学不同,赫兹是被称为“无力力学”运动学流派的拥护者,这一流派认为,一切物理现象都是运动着重物在接触时的相互作用,而不是用力的概念作为解释的依据。赫兹对力学的研究成果,主要体现在他的学术著作《无力的力学》及1876年出版的《力学原理》等书中。赫兹最早将力学定律看作是发展着和变化着的事物,从而为突破近代力学的思想束缚作出了思想上的准备。

1883年初解决了长圆柱受集中力的解。1889年,赫兹说明了用球形物体与圆柱形物体相互挤压问题的实验结果。结论是如果挤压前在表面上涂以烟炱则表现接触面的轮廓为椭圆。他同时给出了这个问题的理论解。这个解现在人们还称为赫兹接触问题解。

1894年赫兹将力学系统区分为完整系统与非完整系统两类,对应于完整约束与非完整约束。后来开辟了非完整力学的研究。

4 英国科学家开尔文(lord Kelvin 即 William Thomson ,1824—1907)

1892年受封为开尔文勋爵。W.汤姆孙

1845年毕业于剑桥大学。1846~1899年任格拉斯哥大学自然哲学教授。1904年任格拉



图4 开尔文像

斯哥大学校长直至逝世。

在他的科学活动的早期在弹性力学中求解了在均匀各向同性无限弹性介质中受一集中力的解，这个解称为开尔文解。在流体力学中，他证明了在理想流体条件下，流体内部的涡量守恒定理，这个定理至今被称为开尔文定理。能量的概念虽然是由托马斯·杨于 1807 年早就提出的，只有经过 Kelvin 大力提倡和论证之后才为科学界普遍接受，他认为所有看得见的物理与化学现象，其背后有一个看不见的共通原则在引导着，这就是“能量”(Energy)。

他是热力学和气体动理论的创始人之一。国际单位制中热力学温度单位中的开(尔文)氏温标即为纪念他而命名。他在 1851 年发表题为《热动力理论》的论文，给出热力学第二定律的 Kelvin 表述：我们不可能从单一热源取热，使它完全变为有用功而不产生其他影响。所以后人称他为热力学之父。

开尔文一生贡献甚多，涉及电磁学，热力学，工程科学，电工仪表与测量，波动、涡流和以太学说、地球年龄的估计等，尤其是他负责敷设了大西洋海底电缆工程。在这项工程实施中，他研究了电缆中信号传播的情况，导出了信号传播速度减慢与电缆长度平方成正比的规律。他还研制成可提高仪器测量灵敏度的镜式检流计、可自动记录电报信号的虹吸记录器；设计制作了绝对静电计、开尔文电桥、圈转电流计等；建立了电磁量的精确单位标准，为近代电学单位标准奠定了基础。海底电缆的敷设成功不仅使英国在海底电报通信上居世界领先地位，还对现代大型工程的建设起了重要推动作用。他最早获得液态氮。

开尔文 1890~1895 年任英国皇家学会会长。1896 年当选为彼得堡科学院名誉院士。

此外，汤姆孙还是一位卓越的教师和科研事业领导人，他还努力促进大学与中学物理教学的提高，写出了几本出色的教材。其中与台特合著的《自然哲学教材》是一本涉及力学与热学以及物理的基础教材，影响很大。英国能够在 20 世纪前 30 年在原子

物理学领域保持重要的领先地位，汤姆孙的有力指导和优秀教学能力起了相当作用。

5 英国科学家斯特拉特·瑞利 (John William Strut Rayleigh 1842—1919)

斯特拉特·瑞利在 31 岁的时候继承了父亲的爵位，因此人们通常称他为瑞利勋爵。1865 年以全班第一名的优异成绩毕业于剑桥大学，1873 年被选入皇家学会，1879 年他继麦克斯威尔任剑桥大学卡文迪什实验室主任。他在卡文迪什实验室工作的前后，他自己有一个相当好的自费实验室。他的许多重要发现是在他自己的实验室中完成的。



图 5 瑞利像

瑞利最为著名的研究工作是在化学方面，他从各种不同的途径制备的氮经过测量发现从空气中制备的密度要大。这个实验导致了稀有气体的发现。并为此而得到了 1904 年的诺贝尔物理奖。

瑞利研究工作的主要兴趣集中在各种波动上。在电磁波方面，他得到了光的色散随波长变化的方程，并且证实了前人关于天空呈现蓝色是由于光被大气尘埃散射的观点。瑞利还求出了对应于黑体辐射波长分布的方程。此外他在研究声波、水波与地震波上都取得了重要的成果。在计算振动频率中他提出了一种靠简化假定、将复杂问题化为单自由度问题的方法，此方法后来于 1909 年由李兹加以改进成为基于能量的近似计算方法，现在被称为瑞利—李兹法。

1877—1878 年间，瑞利 (John William Strut Rayleigh, 1842—1919) 发表了他的最重要的著作《声学理论》。这本书分两册出版，上册是关于弦、杆、薄和板的振动，下册是关于气体和固体声学的讨论，总结了至他为止的这方面的研究结果。1894 年又出版了增订版。他第一次指出弹性体的表面波的存在，后人称为瑞利波。

这本著作影响很大，它与乐甫的《弹性的数学理论教程》，一本是关于弹性动力学的，一本是关于弹性静力学的，成为弹性力学方面的互为补充的两本经典著作。

6 英国物理学家汤姆孙（Joseph John Thomson，1856-1940）

他 1876 年毕业于剑桥大学三一学院。1884 年即瑞利任卡文提什实验室主任。汤姆孙最出名的工作是研究阴极射线，从而发现了电子。并且测量了电子的荷质比。断定电子是带负电的比原子小的基本粒子。由于这项研究开辟了亚原子领域的研究，为原子物理研究走出了第一步。另外他在气体导电方面开创性的工作使他获得了 1906 年的诺贝尔物理奖。1908 年被授予爵士称号。

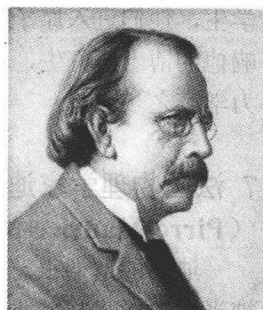


图 6 汤姆孙像

汤姆孙在主持卡文提什实验室期间，大大推进了近代实验物理。他的继任者是 20 世纪原子物理大师卢瑟福（E.Rutherford, 1871-1937）。他的助手中有七位获得了诺贝尔奖。

与本文介绍的其他著名物理学家所不同的是，汤姆孙本人没有力学领域中作出过出名的成果。不过他却写过一本对整个物理界影响深远的力学书：《动力学在物理与化学中的应用》（Applications of Dynamics to Physics and Chemistry, 1888 年伦敦出版）。这本书是作者在 1886 年在卡文提什实验室讲义基础上写成的。它虽然不能说是一本完全是力学方面的著作，但是对经典力学应用于近代物理和化学却是一本承前启后的重要著作。

作者在序言中说：“建立两种物理现象之间的联系有两种模式；其中最明显和最有兴趣的是从现象的可靠的理论出发去询问和追踪它们之间联系的每一步。这只有在有限数目的情形是可能