

力学—迎接 21 世纪新的挑战

1 前言

科学技术是第一生产力。我国正在进行的经济改革和技术改造，为科学技术提供了广阔的发展天地。我国力学界也将在经济主战场上大显身手、以新的姿态去迎接 21 世纪的新的挑战、为国民经济和国防建设的新起飞做贡献、并推进力学学科的繁荣和发展。力学是一门基础学科，它同数、理、化、天、地、生并列为七大基础学科之一。力学的应用范围十分广泛，它又属于技术科学，它植根于国民经济的各个产业门类。哪里有技术难题，几乎那里就有力学难题。在 20 世纪即将结束，21 世纪即将来临的转折时代，回顾我国力学界在国家经济建设与国防建设中取得的成就，分析了 we 面临的新的挑战，形成本报告。

2 对力学的再认识

2.1 历史悠久的学科

人类文明有多久，力学就有多久。人是使用工具的动物，从石头和木棍开始的迄今人类所创造的各种工具，都丰富发展了力学，大部分都是在力学指导下逐渐改进的。远的说，中国 2400 多年前《墨经》上便有杠杆等力学知识的记载，西方大约在同时期稍后，古希腊阿基米德对静力学就有了系统的论述。近的说，牛顿在 1687 年发表的《自然哲学的数学原理》一书标志着力学精确化的开始，也标志着近代整个自然科学精密化的开始。在此之后迄今 300 年里，力学有了大发展。

2.2 马克思如是说：力学是“大工业的真正科学的基础”

20 世纪前，人类的近代工业：蒸汽机、内燃机与机械工业、大水利工程，大跨度的桥梁、铁路与机车、轮船、枪炮，无一不是在力学知识积累基础上产生与发展起来的。

马克思的话，在现在也还没有过时。就拿高技术领域的航空和航天技术来说，它们全面地依靠力学在发展。如一架能坐 400 人的波音 747 飞机，它是长宽超过半个足球场大的庞然大物，重量超过 100t（有些军用飞机还更大）。想一想它竟然可以在比鸿毛还轻的空气中翱翔，恐怕不能不叹服近代空气动力学的成就；再看一看它那舒展的机翼，在飞机遇到不稳定气流时，它在上下颤动，而航行竟是如此安全可靠，则又不能不承认固体力学和结构力学的成就；当你身经一次跨越太平洋，遥遥数万里飞行时，无论是白天还是黑夜，它都能准确无误地到达，既不延误时间也不会走错路，更不会失控。对比二次大战时，德国空军奉命去轰炸苏联的 A 城市，结果由于领航员判断失误而炸了 B 城市“得胜”而还的那种迷失方向，我们又不能不感谢导航与自动控制的成就，而它最核心的技术却是一般力学研究的对象。

20 世纪，产生的许多高技术，除航天、航空外，还有高层建筑、巨型轮船、大跨度与新型桥梁（如吊桥、斜拉桥）、海洋平台、精密机械、机器人、高速列车、海底隧道等都是在力学指导下实现的。20 世纪，也产生了在许多其他基础学科指导下形成的高技术，如半导体，电子计算机，核工程等。表面上，与力学搭不上钩的高技术，也总是碰到力学难题在卡脖子。电子计算机，小型微型化是它的一个重要趋向，但是当计算机芯片愈来愈小时，1cm 体积内的存储器数以百万计，这就产生了由于电流生热而导致的热应力的力学问题往往使器件损坏。在通讯中有架设通讯网络以及高性能天线的力学问题，设计与生产光盘与硬盘等存储设备中，需要高精定位等等。人们现在常常说未来的 21 世纪的带头产业与学科是生命科学或生物学，似乎与力学毫无关系，这恐怕是一种误解。单就生物医疗器械而言，人工心肺、人工器官，就是力学家参与下方才实现的。此外还有许多血液流动、肌骨损伤等基本理论问题，现已成长为一门分支学科——生物力学。

钱学森先生 70 年代说过：“不可能设想，不要现代力学就能实现现代化”。马克思说过力学是“大工业的真正科学的基础”。当人们享受着现代工业进步的成果时，看到现代工业矗立入云的高楼大厦时，请不要忘记支撑这大厦的“基础”，因为“基础”总埋在地下不外露，而为一般人所忽略的。

2.3 恩格斯如是说：“认识机械运动，是科学的第一个任务”

力学是研究物质的宏观机械运动的学问，机械运动即简单的位置移动，宏观指的是同人的尺度相去不大的范围。由于各类复杂运动中都包含着这种基本的运动形态，不论是在自然界，在技术过程中力学问题都广泛存在。所以它的研究成果也深刻影响着别的基础科学的发展，当然其他学科的研究成果也丰富与推动力学的发展。力学与其他学科的相互影响主要是通过以下 5 种途径：

1) 力学是自然科学中精确化最早的学科。力学发展中最早与数学建立起密不可分的联系。历史上最伟大的力学家，也同时是伟大的数学家。将实际问题经过模式化转化为数学问题求解再回到实际，所形成的方法论，深深地影响着整个自然科学。如动力系统从力学中提出，它的要点是给定系统发展所必须遵从的规律及初始状态，去追踪系统的发展。这种方法应用到天文、物理，后来应用在化学中讨论反应过程形成化学动力学，精确化后的经济学的经济动力学也可以看作是这一方法论的延伸。

2) 力学中研究的宏观现象，是自然界最易于直接观察到的现象。许多重要发现和结论都是在力学中首先研究清楚后，才在其他学科中发现和应用的。例如，孤立子波是 1834 年在浅水渠中发现的一种力学现象。到 60 年代后发现它同量子力学间的联系，后来在光学中也发

现了这种现象，并在光导纤维技术中得到应用等。

3) 由于宏观运动规律广泛存在性，其他基础学科的研究有赖于基本宏观运动规律的认识。如天气预报要遇到大气湍流，而湍流是流体力学中的基础课题，生物学中血液循环，化学中的物质扩散过程等，无不本身就是力学的课题。

4) 力学研究为其他学科提出了挑战性的难题。如对数学提出运动稳定性问题以及各种复杂问题的描述和求解方法。多自由度保守系统，在数学上既是动力系统的研究对象，也是黎曼几何、辛几何的研究对象。

5) 力学吸收其他学科的成果完善发展自己。牛顿运动三大定律就是在丰富的天文观测资料基础上总结出来的。力学的先进的实验与测量技术，就是吸收了光学、电学、电子学与计算机的成果武装起来的。

所以周培源先生说：“只要自然界存在着机械运动，以及机械运动和其他高级运动形式的相互联系，力学就永远有无止境的研究课题，就永远有无限光辉的前景。”正是由于力学研究对象的“普遍的”属性，力学学科发展在诸基础学科发展中往往是举足轻重影响全局的。

1978年，在制定我国科学中长期规划时，邓小平同志根据谈镐生教授的建议批示，将力学归入基础学科规划。这是英明的举措，它正确地反映了自然科学发展的内在规律，正确地反映了力学的学科属性和历史发展的潮流，影响将是深远的。

2.4 力学既是认识世界、也是改造世界的有力武器

力学既是基础科学，也是技术科学。因此在力学的知识系统中，有理论与应用之分，即通常说的理论力学与应用力学。

理论力学是从观察研究大自然现象中用归纳和演绎的方法发展自己。如牛顿力学或称经典力学，近年来活跃的理性力学或理论连续介质力学，和流体力学中的湍流理论等。它们的着重点是从运动规律本身讨论问题，力求将规律弄清楚了再考虑应用于解释自然界和应用于指导技术。

应用力学则是从工业技术面对的难题，利用和扩充已有的力学原理提炼新的力学模型并加以解决从而推进力学的发展。一部航空工程的历史生动地说明了这种研究的成功。二次世界大战以前，飞机的速度超不过音速（每秒 330m），当时曾被一些人认为是不可逾越的，这就是所谓音障。由于高速空气动力学将高速流动的规律研究清楚了，才实现了高速飞行。航空对飞机轻、快、安全的要求，推动了力学全面的发展。

理论与应用力学的区分只是相对而言，并没有明显的界限。两种方法侧重不同都取得了

成功。他们互相补充互相推进，共同促进了力学学科的繁荣。

2.5 我国力学研究队伍是 1949 年后建立的一支科技新军

世界范围内，力学历史悠久，可我国的力学研究队伍却很年轻。

旧中国没有力学，这里“没有”不是指在漫长岁月中没有个别优秀学者从事力学研究，而是指在旧中国没有一支专门从事力学研究的队伍。在高等学校中没有一处力学专业。

人们不会忘记上世纪中叶到解放前夕，中国的“大刀长矛”屈辱于帝国主义列强的“洋枪洋炮”的历史。前者的生产背景是落后的手工业，而后者是现代机械工业，相应的科学技术基础就是力学。这种落后，反映在科学上勿宁说就是力学的落后。

事实正是如此，西方牛顿的《自然哲学的数学原理》一书出版于 1687 年，清代李善兰等曾着手翻译但没有完成，直到 1931 年才由商务印书馆出版了郑太朴的译本。到 1903 年才出版了第一本以力学为题的《力学课编》翻译教科书。截止于解放前夕，中国出版的力学书籍包括教科书在内寥若晨星。

我国力学队伍是 50 年代后建立的，1956 年科学院成立了以钱学森先生为所长的力学所，1952 年在北京大学周培源先生主持下开办了第一个力学专业。1957 年中国力学学会成立。经过几十年的努力，已有力学专门研究单位约 110 个，高等学校力学专业 39 个，力学期刊 26 个，力学硕士点 217 个，博士点 57 个，博士生导师 270 余位。力学学会会员达 2 万多人。不少力学研究成果为国际所瞩目。

力学队伍的迅速壮大，是和我国现代化建设紧密相联的。正是由于有了这支力学大军，作为一支重要的方面军，我国原子弹、导弹才很快研制成功，许多现代大工程、新产品才取得胜利。可以这样说，我国现代化不能没有力学，发展力学也不可能脱离我国现代化。

在 21 世纪，我们要赶上或超过发达国家。必须有相应的先进的力学科学，必须有一支数量上和质量上能胜任的力学科技队伍。

2.6 力学与经济和国防

发展经济、巩固国防，靠科学技术。美国科学院院士 J.G.Glimm 说过：“40 年前，中国有句话说：‘枪杆子里面出政权’，从 70 年代起应当是‘科学技术里面出政权’。”

60 年代，英国经济衰退之后，由于北海油田的开发，年产量为 1 亿 t，除自给外还向西欧出口，从而摆脱了困境。而在近海开采石油的关键技术是海洋石油开采平台的设计与建造，它是崭新的高难度的结构工程，是涉及海浪、岩土、结构等多个力学学科的课题。

70 年代后，日本汽车出口全世界，其竞争力主要是靠两条，一条是省油的发动机，另一条是外壳一次压力成形。后一条极大节约了成本，它是塑性力学在压力加工中应用的成功。

前一条有一半是靠力学燃烧过程的研究。

现代战争的一个侧面是高技术的较量。无论是军队快速调动、给养补给，还是攻防装备，都是力学的课题，如果说攻防设备是机械产品，是“猛兽”，它的运动是由力学规律所支配的，电子产品控制系统、雷达、干扰与抗干扰系统就是“猛兽”的眼睛。前几年海湾战争生动地说明了这一点。

2.7 近代力学是独立于物理学的基础学科

力学在历史上是物理学的一个分支，19世纪以前它构成物理学的主体部分。从19世纪末开始，力学与物理有了明确的分工，力学研究宏观现象，物理研究微观或宇观（比宏观更大的尺度）现象。力学和物理的近代发展各自形成独立的理论体系和众多的分支学科，不得不分家各自形成独立的基础学科。而在分家之前形成的那部分力学理论，仍旧是力学和物理的共同基础，有时也称为经典力学或古典力学。

中学物理课和大学普通物理课将力学作为物理的第一编，这一方面是教学上的方便，另一方面，这部分内容只是经典力学部分，而没有涉及力学的近代发展，所以不能以它作为科学分类的准则。

有人看见力学两个字便将量子力学、电动力学，统计力学等学科划归力学学科，这是不对的。它们是属于物理学科的。这些学科名字上冠以力学，只能说明力学在历史上对整个物理学起过巨大影响。

在一些科技管理部门，看到了力学广泛的技术应用一方面，将它列入技术科学，这是对的。但忽略了它也是一门独立的基础学科、仅将它看作物理的子学科、认定力学是基础学科的“黑户口”、对于近代力学发展的认识保持在中学教科书的水平、则同样是不对的。它将不利于自然科学基础学科的发展，其影响将是全局的。同时也不符合世界各国学科分类的事实。在国际科学联合会中，国际理论与应用力学联合会（IUTAM）是一个举足轻重的成员。国际力学独立的学术刊物有数百种之多。

2.8 “问渠那得清如许，为有源头活水来”

力学历史是悠久的，但悠久和陈旧不同。

一个学科是否陈旧取决于是否不断有新课题新挑战提出。如果有朝一日没有新的课题提出，它的确就是陈旧了。然而力学从它诞生起，在历史的长河中新的挑战总是接踵而至。所以我们说它是历史悠久而又充满活力不断发展着的学科。

所以是这样，是由于宏观运动规律的复杂性，对它的认识在有限的时间内不可穷尽的。即使一个时期认识清楚了，随着人类活动领域拓广，在新的条件下又不清楚了。这里举两个

例子。

上世纪力学发展使造船业得到发展，开始建造排水量以千吨计的大轮船。1912年4月14日，当时最大、最豪华的4600t的英制邮轮“泰坦尼克”号，在处女航中失事了，使1513人丧生。二次世界大战中，仅美制“自由号”货轮2500艘中，非战斗损失达800多艘，其中145艘折为两段。直到“泰坦尼克”号失事30多年之后。这些轮船失事的原因才被找到。这就是材料冷脆性的发现，即在摄氏-40度—0度的范围内钢材表现为脆性导致破坏。

另一个问题是60年代混沌的发现。它被称为20世纪最伟大的发现之一。它之所以重要，需要回顾一下历史。

由于经典力学的发展，理论上日益完整，法国大科学家拉普拉斯（1749—1827）曾经总结过如下的命题，大致是：如果给我以原子运动的方程和所有原子的初始位置和速度，再有足够的计算能力，我就可以知道过去和未来的一切。这就是哲学上决定论的经典表述，这种观点一直是深深地影响着自然科学。直到上世纪与本世纪之交，量子力学测不准原理诞生才第一次打破一条缺口。然而人们仍在想：这种决定论，在宏观力学范围内也许还是对的。

混沌的发现表明，即使在经典力学中也会出现所谓内在随机性，从而宣告决定论的彻底动摇。

混沌现象最早的几个例子是从大气对流和单质点非线性振子等一些传统力学命题的计算中发现的。随后有数学家、物理学家、化学家和遍及自然科学、经济学各领域的专家参加研究，形成非线性科学热。

著名的华裔力学家冯元祯先生引用宋朝朱熹的诗句：“问渠那得清如许，为有源头活水来。”说明力学发展是有活力的，这就是不断有新的问题提出来。这些新的问题来源之一就是与其他基础学科的杂交。近几十年来新生和活跃的众多新学科：生物力学、岩石力学、地球动力学、物理力学、等离子体动力学、宇宙气体力学、化学流体力学、爆炸力学、理性力学、计算力学等等就是很好的说明。其实，力学发展的活水源头一共有3个，这就是生产与工业的需求，同别的基础学科的渗透，以及力学内在发展的矛盾提出的新课题。

所谓力学陈旧的说法，是以在一段时期内没有重大突破性进展而作出的片面认识。在相对静止中酝酿着变革，“于无声处听惊雷”。**2.9 力学是一种文化**

力学作为基础科学和技术科学，是科学家和工程师参与的事业。然而力学也是全民参与的事业，力学是一种文化。

力学与天文学、数学，是基础科学中历史最悠久的三个伙伴，都日益成为现代化社会每一个普通公民所必须了解的知识。

它作为一种文化，不仅是当我们欣赏文学著作，听音乐时，看马戏和气功师表演时，经常涉及力学知识，更重要的是我们的社会成员对力学了解愈多，则社会的正常生活与秩序愈易于运行。力学史上，像伽利略、布鲁诺与神权作斗争的英雄应当世代歌颂。

如果我们的加工工人多知道一些力学，次品就会大量减少，如果我们的装卸工搬运工也是这样，鸡蛋、玻璃、水果就会减少成批的损耗。驾驶员了解力学，交通事故就会减少，老百姓了解力学，灾害可以避免和减少损失，产业部门工作人员更多地了解力学，生产运行就会更加正常。如果我们人民多一些力学知识，愚昧、迷信、反科学、伪科学就会少一份市场。

力学又是迈入近代工程技术和科学的门槛，不论是什么行业的工程师，也不论从事哪一行的科学家，在他专业培训之前，他对力学的了解深度几乎决定了他进入专业之后的作为。更不要说在日常生活中，车辆时速、加速度、马力、刹车、摩擦、弹性、流量，比重、黏性、热效率等等几乎随时碰到。一个现代化社会的成员，缺少了力学文化，寸步难行。每个成员的这种文化素质提高了。将为社会增加无形的财富，减少有形的损失，社会的生产效率提高将是难以估计的。

因此，当我们在大力提倡科学普及，尖端技术知识普及的同时，不要忘了最基础的力学知识的普及。

2.10 未来的力学

时代不同了，力学的研究内容、手段也在起变化。从近 20 年的趋势来看，两个特点必须认识到，一是计算机科学和力学的结合，一是非线性力学提到突出的地位。

首先，60 年代，计算机解题能力大大提高，形成了计算机科学。它和力学交叉的产物是计算力学分支学科的产生，以及力学各分支学科广泛地使用计算机。传统力学研究两种手段，即理论与实验，现在增加了第三种手段，即理论、实验与计算。不仅如此，理论与实验的某些部分也逐渐求助于计算机，在理论研究中，计算机帮助推导复杂得人力难以胜任的公式，求解复杂的分析表达式解。在实验中计算机帮助整理数据，图形显示过程，协助修正和选用最优参数。这说明计算机已成为力学新发展的重要方面。十多年前钱学森先生曾经在力学学会讲过：“必须把计算机和力学工作结合起来，不然就不是现代力学，就不是现代化”。这个意见对于未来世纪的力学研究也是中肯的，因为那时计算机将更为发展，更为普及。

其次，自然现象与技术中的实际力学问题大都是非线性的。最简单的问题如牛顿二体问题也不是线性的。由于非线性问题复杂性，在数百年中，人们想尽办法，略去非线性因素以求近似解，得到的所谓线性问题。即在方程中只保留未知量及它们的微商的一次项，并花了大力气去发展线性问题的求解方法，在数学中形成了完整的线性数学宝库。这种思路在力学

与工程中解决了大量问题，但对于许多高阶项起重要作用的问题，这些方法就不灵了。留下许多问题至今难以突破。因之它们将是未来力学攻击的难点。

力学有悠久的历史，有丰硕的成果，有辉煌的业绩，但是，从未来需求的角度来看，从我们对客观世界认识的深度来看，力学所达到的水平似乎又是非常可怜。例如 2 个物体以万有引力相互吸引的运动问题早在牛顿时代就已解决，可是经过了几个世纪，至今 3 体问题尚没有弄清楚，何况我们还有量子力学、天文学等方面提出的多体问题。进而，所谓连续介质力学，研究对象无限多质点连续分布的系统，它的一般运动规律更是十分困难的难题。我们已知的比起未知的来说，正象牛顿说的，我们是在海岸边拣拾贝壳的小孩。在整个大自然中我们只不过拾到了几片心爱的贝壳而已。

科学技术的发展不断提出新的理论与应用课题等待我们去解决。英国学者丹皮尔说过：“知识之球愈大，则其与未知之界面也愈大”。等待我们去探求的未知世界变得更宽广了。

力学工作者必须面对这些现实，在科学征途上迎接困难，充分利用 20 世纪提供的新的好条件——计算机，去攻克难题，去争取力学学科的新的繁荣。

3 力学与国民经济的新起飞

前面说过，力学与国民经济、国防建设有着直接的密切的关系。我国经济水平处于发展中国家水平，在许多经济领域我们与发达国家差距还很大，为在下世纪赶上和超过发达国家，任务是十分艰巨的，它赋予力学学科的使命也是艰巨的。以下就国民经济和国防建设的 6 个重要方面：能源、交通、材料、化工、国防建设以及环境与灾害预防来粗略地加以讨论。

3.1 能源

包括煤、石油、天然气和电力。我国能源生产总量虽然仅次于苏联、美国、沙特阿拉伯而居世界第 4 位，但是我们人均能源消费仅及世界人均能源消费水平的 25%。在未来世纪，能源必须有成倍的增长。

能源增长，主要是靠勘探、开采、发展水电，以及研究和发​​展新能源，如核能发电。其中无论哪种方式哪一个环节以及降低能耗，力学都扮演重要角色。

能源勘探。近年来勘探石油发展的人工地震波的方法，是用人工激震，收集波传播讯号从中分析地层参数分布，然后再确定储油结构。它的全过程是一个典型的力学波动问题的反问题，正是由于这种需要才使波动反问题成为近年来新兴的研究热点。

在开采煤的过程中，为了生产安全，有井下支护问题。需要投入大量木材与其他材料的桩。俗称“以木换煤”。岩石力学，工程地质力学的研究可以使顶桩数大为减少，从而使生产成本降低，而又安全。

在开采石油和煤时，又需了解渗流过程，对于石油，掌握渗流过程可以多出油，对于煤则可以预防水气冒顶避免事故，这就是渗流力学。至于海上开采石油的平台结构设计，我们也还是十分落后，不得不靠引进技术。

在水力发电站的建设中，需了解基岩力学性质，以及建造耐用而又省钱的坝体结构。这又是大型结构工程的课题。长江三峡水利枢纽工程就提出：水工力学问题，通航水力学问题，爆炸及溃坝水力学问题，河流动力学问题，岩基力学问题，坝体抗震问题，动员了全国 200 多个单位攻关合作研究。力学是整个工程的一个关键。

原子能发电，我国起步较晚，世界先进国家原子能发电占总发电量的 1/5。而我国仅达 4%，所以必须迎头赶上。然而其中关键性技术问题是结构强度问题，即在任何条件下核燃料不允许外泄。这也是一项复杂结构课题。

可控核聚变能源的确有诱人的前景：无污染，原料丰富，产生能源大。如果能实现，将是最理想的人类能源。从 1956 年美国爆炸了第一颗氢弹起，世界各国科学家都在为此而努力。

可控核聚变，也称为可控热核反应是怎么回事呢？打个通俗的比方说，蒸汽机是 1692 年西方纽可曼的发明，但是由于速度不均匀，一直派不上大用场。经过了近 100 年直到 18 世纪 80 年代，瓦特改进了它，发明了离心调速器，速度可以自由控制了，才开始在工业中广泛应用。现在第一颗氢弹爆炸已过去了近 40 年，聚变的“调速器”也还没有诞生。人们预测在下世纪中叶可能实现核聚变速度的控制。蒸汽机的调速器是一个力学装置，而核聚变的调速器将是怎样的呢？多年来力学家为此而作出了重要贡献。苏联学者的方案托克马克装置曾是一种重要的想法，它的基本思想是建筑在电磁流体力学基础上的。力学工作者仍将参加这支探求的队伍，做出贡献。

3.2 材料工业

材料作为人类文明阶段的标志，如石器时代、铜器时代、钢铁时代等，足见材料对人类社会的重要性。随着社会进步，人类不断需求、研究新材料，未来世纪的材料将是怎样的呢？力学对材料工业将有什么作为呢？

材料的生产一般地说并不是力学家的事，但是只要是一种新材料来到世界上，总是给力学家提出无穷无尽的课题。主要是：如何改进材料加工过程；如何评价材料所造成结构的力学行为等等。

固体力学近 200 年的发展，主要就是为钢铁材料合理使用而积累起来的。塑性力学，是讨论它永久变形与压力加工的学问，极限分析与安定分析是讨论它如何造成结构物最大承载

能力，弹性力学则是讨论变形较小时的应力分布，损伤与断裂力学则是讨论它的寿命与脆性破坏问题，钢材加工、连续铸造等也在近年提出不少新的课题。当然所有这些理论也不断广泛应用于木、混凝土、岩石和其他金属。

人们预料，下一世纪将是塑料的世纪。1930年全世界产量是10万t，而到1977年已达5000万t，大约每过4~5年翻一翻，到2000年将大大超过钢产量。

然而塑料美中不足就是强度不够，它一来到世界上就给力学家提出新的课题：如何增强。从60年代开始，纤维增强塑料面世。用它造的汽车，重量可以减一半，节油可近1/3。同时它被大量用于火箭、飞机、卫星上。从而快速形成了一门新兴材料学与力学的杂交学科——复合材料力学。

塑料发展的同时，人们还寻求各种新型的材料，耐高温、耐腐蚀、高硬度，可以对电流产生应变反应的所谓智能材料，以及生物器官修复用的生物材料。它们也给力学家提出了新的课题。

材料的另一侧面的问题，即材料的破坏、断裂。迄今为止的结构与机械事故几乎都是由它引起的。这就产生了材料疲劳力学、断裂力学，材料的寿命估计以及复合材料不同材质界面断裂等学问。它们都是实际的，又都是困难的。每一项研究稍有进展其所创造的价值都是可观的。北京航空航天大学一位教授，曾接受了一批例应报废飞机的评估。经过严格实验与理论评定，认为它们还可以使用若干年，为国家节约了可观的资金。

3.3 交通运输业

我国交通运输业解放以来得到很大发展，运营能力比之解放前增长了20倍。可是当我们联想到春节到来时铁路部门的困难，联想到平时从北京到上海出差买票之艰难。我国交通仍然需要大发展。

所谓交通，无非是将人或物从甲地送往乙地，这本身总体上就是一个力学命题。比起先进国家来说，我们的差距还很大。先进国家火车行驶速度每小时可达250km，由北京到上海可以“朝发而夕至”而我们只有每小时100km。代表高技术的航空工业，飞机的出口可以振兴整个国家经济，而我们民航飞行的飞机则几乎都是外国制造的。汽车要进入家庭，则从汽车制造业到路面建设都是一系列的力学课题。此外还有轮船，管道运油运煤，架空公路建设。可以说，交通运输的振兴与发展，唯系于力学。

就以铁路提高速度来说，这就要改变线路，弯度要小，爬坡坡度不能陡，同时还要解决行进中的摆振问题，这些都需要精细的力学分析。要涉及车辆动力学、非线性振动等多方面力学知识。要彻底改造落后的铁路，首先就要建造一支专门的铁道力学研究队伍。

船舶力学也是这样，要提高航速，就得减少阻力，它是流体力学的课题。从1987年以来，在北海航行的巨轮已有十多艘在大浪中被折坏，为此提出了结构力学难题。此外潜水艇、水翼船、两栖船都提出了结构与水力学问题。潜水艇长期在水下航行，如何定位，是导航与控制问题，这也是一般力学的难题。

3.4 化学工业

在人们的印象中，化学工业似乎是化学家的事情，其实不然，化学工业，是大工业，它毕竟不是在实验室做实验，实验室反应一旦转移到规模生产，问题就来了。这来自两方面的问题。一是要加快反应速度，就需要增加参加反应成份的接触，流体力学从中大显身手，利用流场计算、利用湍流增加混合等手段加快反应。以往一个化工流程，从实验室走向生产要经过小试验、中试验，这种试验所以需要，并不是因为化学反应不清楚，而主要是物质宏观迁移规律、流动状态不清楚。当前先进国家在某些情况下可以免去小试和中试，原因就是得力于流体力学，利用计算去事先模拟流动。

另一方面的问题，是结构问题。有些化学反应必须在高温高压等苛刻条件下进行，实验室在较小的空间里保持高压、高温，比较易于实现。大规模生产，就产生了结构问题，高压罐爆炸，高温塔破裂。十年前印度毒气泄漏，死伤人数数以万计，不能不是惨痛的教训。不仅如此，化工产品常常带有腐蚀性，这些结构不仅要具有适当的功能，还要能耐腐蚀，能连续正常地运行多少年。化学环境下结构寿命估算问题，又为结构力学增加了难度。60年代断裂力学的产生，就是由于连续若干次严重的高压容器爆炸事故引发的。

3.5 国防建设

经济起飞可以使国富，要使民强还得要靠国防建设。所谓国防，无非是矛锐盾坚，自古以来一直是力学的命题。

现代国防，是高技术的竞争。海湾战争尽管有人说它是电子战，雷达、通讯、计算机、信号干扰发挥了巨大作用。但在它背后，不管是攻击导弹，还是飞机、拦截导弹，也都是力学原理支配下的产品。

穿甲力学就是研究总结攻防的科学总结，它还在飞速发展，即研究如何穿透对方的钢板，防护工事，而自己钢板、工事却不被穿透。战斗机与无人架驶飞机研制更是全面要求力学人才。此外还有弹道学，火炮的强度寿命分析，潜水艇、战斗船舰在相同推力条件下，如何减少阻力增加航速和机动能力等等。它们虽然同国民经济生产的交通机械产品有同样的要求，总的生产水平提高了，国防产品也会提高。不同的是，它们的性能要求比起民用产品更高，更具有竞争与挑战性。例如歼击机，不仅要有更高的速度，还要机动灵活，有较好的操纵性，

起飞、着陆的滑行距离要尽量短，作战半径又要尽量长。这种要求实在是没有止境的。

3.6 环境保护与灾害预防

近 20 年来，由于工业发展和人口数量猛增，人类正面临着全球性的环境污染、生态恶化、灾害频生的严峻形势。联合国多次为此呼吁，各国政府开始对此注意。

就我国来说，比较严重的是土地沙漠化，每年沙漠侵蚀的耕地约相当于两个县。自然灾害、地震、风灾、水灾，森林火灾等使每年损失达数十亿元。工厂排出的污染物，污染大气、河流。这些严重问题不解决，我们的生存环境将迅速恶化。

要完全避免自然灾害目前还不能做到，但是认识它的规律力求减少损害则是现实的。至于人为的污染，除了利用法律手段加以控制外，研究它的产生扩散过程，以及采取净化处理技术等积极措施则是完全必要的。而这些都同力学紧密相联着。

认识沙漠推进与沙丘移动规律，需要特别的力学风洞实验，和精细地建立力学模型。减轻地震灾害的抗震结构物研究则已是一个古老的研究领域。值得注意的是近年来由于在大风中不少重要建筑破坏，如 1965 年 11 月 1 日英国渡桥电厂的三座大型冷却塔倒于大风，随后 1973 年和 1984 年在英国又有冷却塔倒于大风，损失惨重。1993 年 4 月 9 日北京的一场大风，广告牌被吹落砸死 2 人。为了弄清风与结构物的相互作用，如风对桥、塔形建筑、高层楼房的作用，一门新的学科：风工程形成了。

如果说，环境问题，灾害问题是近 20 年才引起注意的问题，那末未来的 21 世纪可能是认真解决和深入研究的世纪。它的研究与解决将涉及多学科，海洋学、气候学、生态学、化学、医学，其中也有力学，我们力学工作者一定能在协同合作中充当一名得力的伙伴。

以上谈到的 6 方面，的确都同力学密切相关。除此之外，在其他领域大致相同。例如纺织工业中气流纺织的研究，食品工业中流变学的应用，造纸工业提高纸的强度性能，包装工业减少运输时的损坏，等等。而所有这些工业的机械设计，又都是与力学课题相关的。更不要说，机械工业从它诞生起一直都是“力学”的技术化，从机械产品设计与加工到处都是力学。在西方语言里力学与机械是同一个字。而建筑工程则是美化了的结构与结构力学。

综上所述，我国经济起飞得靠力学，而所有这些力学都属于工程力学或应用力学的领域，有些则是属于基础理论的课题。相对说来我们都是落后的，需要发展，加强或建立。但其中最紧迫的普遍的是以下两方面：

1) 大型与复杂的结构工程

人类文明程度的一种标志体现在各种结构上，承受力而又有一定功能的物体都可以归结为结构，如高楼、车、船、飞机、大桥、大坝、机床、望远镜、精密仪表等都可看为特定的

结构。广义地说，地壳、岩基、土层也可以看为结构。人类愈进步结构愈复杂。

结构设计，除包含结构物本身的强度、刚度、动力、及稳定性分析外，还包括保持一定功能的优化设计，新结构形式的研究与结构的加工与成形的研究。如果我们能在钢结构设计中选用优化的方法，节约 1% 的钢材，它就相当于建造一座年产百万 t 的钢厂。

目前结构设计大部分工作量都开始由计算机承担，这就是计算结构力学与结构 CAD（计算机辅助设计），应当说我国在软件开发上是有优势的，但由于各方面的原因优势表现不出来，总体上落后很多，尤其计算力学软件方面落后于国际水平 20 年。

结构设计的另一方面是确定结构所受的荷载。这方面必须研究流体力学，如飞机结构所受的空气动力，船受的阻力、浮力与波浪力、水坝受的水压、地震力与渗透压力、高层建筑物所受的风力等等。在这方面我国也是相当落后的。举例说：高层建筑需要了解风谱、气象、广播局的电视塔、桥梁建造，都需要了解风谱，然而我国却还没有这方面的资料。设计时，只好借用苏联、美国和加拿大等别的地区的资料。类似这种积累技术力学资料的应用基础研究我们注意还不够。

2) 新材料的力学研究

应当关注新材料的研究，如复合材料。我国在这方面还刚起步。特别是利用力学知识去指导新材料生产，以达到增韧、增强的目的。重视对新材料应用的研究，例如利用电流变体进行结构控制的研究，这就是目前人们说的智能材料生产与应用。

4 力学学科发展的若干紧迫课题

前一节，我们着重谈到了力学的应用方面。这些应用深深地与技术联系着，它很重要，它是力学学科同工业实际联系的纽带。然而如果力学学科的基础理论研究即对自然规律的了解停止了，应用和技术也便只能停留在同一水平上而停滞不前。所以为了力学应用不断前进最根本的还得着眼于力学学科的发展与建设。

力学学科发展，方向很多，它的分支学科以数十计。在众多的方向中以什么标准来选择着重发展的方向，是一个关键问题。我们认为必须考虑到以下两条原则：第一，原来基础比较好，在国际上能形成独特风格的方向；第二，我们基础虽然薄弱，但是对于整个基础学科全局，对国民经济潜在影响力比较大的方向。为此我们建议重点发展的几个方向是：

4.1 湍流与流动稳定性

湍流问题正式提出来已超过 100 年。由于其复杂性与困难性，虽然进展和成果不断出现，至今却仍未很好解决。

湍流是重要的，自然界与技术中无处不存在。一杯白开水放进一小块糖，如果听任糖溶

化，扩散变得均匀，恐怕要等一两个小时，但如果用汤勺一搅利用造成的湍流把糖分子均匀化，大约只要几秒钟的时间。研究表明，利用湍流可以在工业中增加热交换、物质交换的速度；近年来研究还表明，利用湍流还可以减小物体在流体中运动的阻力。而为了造成湍流，在有些情况下物体表面粗糙反而比光滑好，这对于传统观念是一项突破。

流体稳定性则是为揭示流体从层流转变为湍流机理的理论，利用它的研究成果可以指导降低噪声而使潜艇隐身，指导航空航天技术中的改善飞行性能涡系生成与控制。

由于这个方向的重要性，历史上曾吸引了众多的国际知名学者投入。我国学者在这个领域内在周培源教授带动下做出了一系列世人瞩目的贡献。周培源教授被誉为湍流模式理论的奠基人，著名美国流体力学家朗莱在总结中指出，世界上四大杰出的湍流科学家是普朗特，冯·卡门，柯尔莫果罗夫与周培源。继周培源之后，我国学者在湍流统计理论方面，在流体流动稳定性方面，都做出了世人瞩目的结果。湍流研究后继有人。

湍流是老大难题，被理论物理界认为是世界上最难的问题，彻底解决前途还不明朗。我们能否为此得出结论说：这根硬骨头不啃也罢。不行，湍流这样的难题与数学中的费马大定理不同。费马大定理即使解决了，数学的直接收益也不大，所以本世纪初希尔伯特在提出数学 23 个难题时，没有包含它，认为是一个过时的难题。而湍流永远是紧迫的课题，一是它的实用性，二是它对其他学科影响较大。而且，即使湍流没有彻底弄明白，我们的工业与国防，自然科学的其他学科也已分享了湍流阶段成果带来的好处。减少阻力、降低噪声、加快物质的传播，使航行省油而又安全，提高发动机效率及对大气湍流的解释等效果已足够报答对湍流研究的投入。周培源教授生前曾经在力学学会会议上说：“我们要决心去攻克难关，要避免‘浅水区拥挤不堪，深水区无人问津’的现象”。对湍流是这样，对其他方向不也应这样吗？

4.2 动力系统

动力系统是力学中传统的命题，牛顿力学所得到的微分方程组就是动力系统。上世纪法国大数学家、天体力学家庞加来正式提出动力系统的概念，由于它在方法论方面重要性，被许多学科所研究。如数学中研究动力系统定性行为，化学中研究反应过程的化学动力系统，经济中研究动态经济的经济动力系统。在力学中为了与数学中动力系统加以区分有时也称之为动力学系统。

动力系统在力学中的研究内容为：动力学系统的典型方程及其便于研究的形式，特别是对于多刚体弹性体带约束的系统；动力系统的稳定性分岔与混沌的研究；非线性振动及其应用；动力系统的数值方法等。它构成通常所说一般力学的主体。

古老课题，近年来有了突破性进展，主要是：（1）60年代混沌现象的发现，相应地出现在各种系统中混沌发生的条件及其控制的研究；（2）复杂大系统的运动稳定性与控制的研究，它是高技术领域提出的新课题。

一般力学总体上在我国起步较晚，从事一般力学教学与研究的主力大部分是解放后成长起来的学者。他们在非线性振动、非完整系统、运动稳定性、多刚体系统等方面都做出了较好的工作。

在整个力学学科中，动力系统的研究，从历史上看总是起着带头的作用。牛顿力学是从单质点开始的然后再将它的原理推广到固体力学、流体力学中。运动稳定性、分岔、混沌等概念飞跃也无不都是这样。所以从这一观点看，保持一支精悍的高水平的一般力学研究队伍，对于整个力学的发展是非常重要的。

在力学的各分支学科中，一般力学与数学有着最为密切的联系，他们研究的命题常常也同时是数学家研究的命题。然而各有所侧重，数学家侧重量，而力学家侧重在力学背景与应用前景。我们不能因为两个行业在研究同一名称的命题而顾此失彼。例如，对动力系统稳定性来说，数学家可以提供稳定性判据，而一般力学家则可以将它和飞机飞行的安全联系起来，找到实际的生产应用。并且将生产中的难题化为数学家提出的数学问题。这中间，力学的研究是数学与生产联系的纽带。

4.3 交叉学科

所谓交叉学科，是力学与其他基础科学或技术科学互相渗透的产物，是近20年来国际上科学综合性趋势的产物，也是科学发展的需要。在自然与技术过程中，总是不同运动形态联合出现，一个过程常常既是物理过程，又是力学、化学过程。要将它弄清楚必须多学科联合研究。国外一些学者认为多学科分析是一个跨世纪的项目。力学同别的学科的渗透力很强，他几乎与所有的基础学科与技术学科之间都有交叉学科形成，有时和同一学科形成多门交叉学科。这从一个侧面说明宏观运动的普遍性。

必须重视交叉学科，因为它是发展需要，也生长最快，它常常是近代自然科学的生长点。

交叉学科门类较多，不必要也不可能仔细罗列。这里就几个我国开展得较好的方向简单介绍一下：

1) 计算力学。它是力学与数学、计算机科学交叉学科。最早以计算结构力学的形式在工业中发挥了巨大作用。它是借助计算机求解力学问题，探索力学规律、加工力学数据的总称。有限单元法的成熟和广泛应用是它的代表性成果。它的研究内容包括计算力学数值方法，算法，计算力学软件，计算流体力学与计算固体力学。在力学中各分支都在使用计算机，但

并非使用计算机便是计算力学。它独特的追求是尽可能使一类问题用计算机统一求解。广泛的适应性是它的追求。

我国计算力学起步不晚，并且已在工程建设与科技发展中发挥了重要作用。今后特别应关注与支持计算力学软件研制。

2) 生物力学。是力学同生物学的交叉学科。它大致分生物固体力学，生物流体力学以及运动生物力学等。它的研究成果为揭露心血管病，制造人工器官，人体安全防护，提高体育运动成绩等发挥了作用。

3) 爆炸力学。爆炸过程是化学同力学共同参与的过程。爆炸力学在国民经济与国防建设中有广泛的应用。我国科学工作者开展这一方向的研究有 30 年的历史，得到了独具特色的成果。

4) 物理力学。是物理学与力学的交叉学科，采用物理学微观方法分析宏观行为，例如在极端条件下的物性等。

5) 地质构造力学。采用力学的方法研究地质构造的驱动机制，需要解决地球深部条件下介质极缓慢变形过程，要进行非线性反演。它的研究成果还将揭示地震机理和用于地震预报，对于寻找矿藏，工程地质评定都有指导意义。

4.4 材料破坏机理的研究

材料破坏的研究是一个传统的力学领域，它的历史可以追溯到牛顿以前。随着工业发展，新材料不断出现，老材料的使用条件和范围的变化，层出不穷地提出各种新的挑战。

近年来出现了研究材料的疲劳、断裂、损伤的新方向。一方面是由于愈来愈多地采用高强度材料。高强度材料大多表现为脆性破坏。经验告诉我们，脆性材料比韧性材料更难驾驭。韧性材料，由于破坏前产生较大的变形，使整个结构应力重新分布，所以虽然局部超过了许用应力，而整个结构还不致于马上就坏。脆性材料却不然，只要有一点超过许用应力就会导致整个结构崩溃。于是不断出现的事故要求人们对这些高强度材料进行研究。另一种需要是理论上的追求，早在 40 年代物理学家在实验室内制出了无缺陷的单晶体，俗称金属胡须。它的强度是普通金属的 1500 倍。这一事实对人类具有颇大的诱惑力。如果我们能在宏观尺寸上制出这样高强度材料，那么一根普通铅丝粗细的金属线就可以吊起一辆火车头。金属就会成百倍地节约。为了寻求这种理想的材料，驱使人们不断探求。即使找不到这样的理想材料，能够在现有基础上将强度提高一倍不也很好吗。

材料所以达不到理想强度，是由于在宏观材料中都有这样那样的缺陷或微裂纹。这些裂纹或缺陷的存在，不仅降低了强度，而且在重复的小应力作用下时间长了也会破坏，这就是

所谓疲劳现象。近年来由于复合材料的出现使问题变得更为复杂，复合材料的不同材质之间常常脱开，或称界面断裂。这些都是断裂机理研究的课题。

眼下研究材料破坏的方法，一般说是唯象的，采用细小裂纹的假设，按照计算应力集中的方法有时还采用随机过程和统计的方法去讨论裂纹对强度的影响，普通也称为细观模型。

我国在材料破坏机理研究方面，有迫切的需要，也有较好的研究基础。

上面列举的这 4 个方面，当然不能概括迫切问题的全部。有些方向如实验力学，它是力学研究的一个方面，而且实验既是新现象的启示者，也是最后检验力学理论是不是站得住脚的检验者。它的重要性自不待言。

5 为力学学科的繁荣而奋斗

未来世纪里，我国力学应当有一个大发展。除了力学家应当认识自己的历史使命加强历史责任感之外，还应当加强各行各业对力学的了解、采取合适的政策。

5.1 力学是国民经济起飞的“菜篮子”

人要吃饭，这是常识。但如果只吃粮食，没有副食、蔬菜，就会发育不全，得软骨病或其他病。

力学在国民经济中应用的普遍性，须臾不可离开。如果说，我们的工业当前还比较落后，大量产品是靠仿制，那末总有一天我们要进行独立设计，进入创新。独立设计与创新是不能没有力学的。没有一支强大的力学队伍作后盾，永远只能处于模仿阶段，这是一种工业上的“软骨病”。

随着市场搞活，奇花异草最先显示出自己的价值，君子兰、米兰的经营者最先成为万元户。有的菜农转业经营花草或别的什么去了。

当前力学界也处于类似的情况。面临解体的危险。大学力学专业招不到好学生，优秀力学工作者在转行或流向国外。

建国以来，我国积 40 年的努力，从无到有建立了一支颇具规模的力学队伍，他们已为我国工业起飞做出了巨大贡献。能不能稳住这支队伍是关系到下世纪工业能否起飞的大问题。力学研究队伍不象民兵或菜农，能够“召之即来，来之能战”，一旦这支队伍解体了，将使我们积 40 年的努力付诸东流，即使重建也不是一二十年所能奏效的。

我们市场经济刚刚起步，新生的市场还不足以调节到正常地维持与人民生活关系密切的“菜篮子”，所以我们的政府部门还得隔一二年抓一次。同样，我们的市场也还没发达到足以维持与国民经济起飞至关重要的力学事业正常运行。也需要适当的宏观调控。

5.2 力学是规模科学

部分力学课题，靠研究者单枪匹马是很难结出硕果的。这如同规模经济一样，一座现代化钢厂，只有一名工人，什么也产不出，只有达到一定规模才能产出钢来。现代科学的这种特点有人称之为“大科学”。南极考察，发射卫星都是这样。在力学中航空空气动力学，船舶力学，也都是这样。即使是基础理论课题，要理论实验计算联合作战，也必须有一定的规模。

规模科学的特点要求力学研究队伍的规模性，分工合作，有组织有计划。有地方军有野战军。我国在工业的各个部门都有专业力学研究机构，如航空、航天、造船、机械、建筑、水利、石油等等。此外还有像科学院力学所、岩土所、工程力学所等从事一般理论与应用的研究机构。它说明我国力学研究队伍已初具规模。

规模科学，对人才的需要上，除了对于具体力学课题能有创见，发表高质量论文的“将才”外，还应当特别注意培养既能发表高质量论文又有组织科技工作者解决复杂课题才能的“帅才”，“一将难求”。应当在平等竞争的环境下，造成这种人才脱颖而出的条件。

5.3 振兴力学教育

力学研究需要一支有素养的成千上万的大军。据不完全统计目前我国力学学会会员有两万多名。其中 80% 在 50 岁以上。到下世纪初这批人退休后，即使现在的研究生每年大约不到 1000 人，他们一个也不转行，全部顶替也还难以维持。

我国高等学校在校学生大约 500 万，这 500 万中需要以力学课作为基础课的理工科学生大约占一半还要多。这些课是：理论力学，材料力学、流体力学、弹性力学、水力学、结构力学等，所需要的教员数就数以万计。何况一般或专业力学研究所、大型企业与设计单位都需要力学人才。我们面对的现实是不仅“一将难求”，“千军也难得”。

力学人才，来自高等学校力学专业。我国高等学校力学专业在 1957 年人造卫星上天的敲锣打鼓声中兴旺过几年后，渐渐被冷落了。这种冷落是全社会对力学淡忘的反映。它反映在优秀学生不报考力学专业；反映在一部分力学专业纷纷改名换招牌；反映在力学学生毕业分配不吃香；反映在力学家中也有部分人认为力学不需要单独办专业等等。它是整个理科教育衰落的一个侧面。

这里我们想着重讨论两个问题：

第一，学力学是否有前途？据少数几个力学专业对 1958 年以前毕业生调查，这批人目前都行将退休，他们都在力学研究或生产单位立下了汗马功劳。在生产第一线，例如大产业部门的力学研究单位或设计单位的力学毕业生反映，他们由于理论扎实，接受与理解新方向快，后劲足，在开拓创新工作中比起同资历的工科学生要干得出色。这说明，学过力学的学

生可以出色地从事任何工科学能从事的事业。而学工科的学生从事力学研究或涉及力学较多的专业课题一般说较为吃力。所以学力学出路更宽，更有广阔的前途。

力学既然是基础科学又是技术科学，大学力学专业的毕业生既可以从事力学的教学与研究，又可以从事与力学有关的机械、土木、交通、能源、化工、自动控制等工程专业的设计与研究，还可以从事数学、物理、天文、化学、医学等基础研究与教学工作。这些都是专业对口的，都不能认为是“转行”。从这个意义上讲，力学专业教育的对口是无比宽广的社会对力学的需求。搞建设，力学是墙根；攻科技，力学是刀刃；砌墙根，要好砖；打刀刃，要好钢；学力学，要好女好男。对于即将报考高校的学生来说，如果你想急于毕业后就业，那么报考什么专业倒也差别不大。但如果你是一位有志攀登科技高峰的青年，在还不十分了解现代科学技术时就仓促地选择一个具体工程专业，白白失去了进一步了解和深入近代科学技术的机会，实在有点可惜。我国许多著名的老一代力学家，阅历半个多世纪，在他们退休之后还说：“如果上帝还给我一次青春的话，我还是选择力学。”想一想他们的话，是很有道理的。

第二，力学人才是否过剩？回答：不过剩。前苏联，每一所综合大学都有力学专业，工科大学也不乏力学专业，人家从来没有说过剩。有人援引美国的大学只有少数几个力学专业为口实，说是中国力学专业过多，应当砍掉一批。

这是只及其一，不及其二的说法。

首先，美国的高校和中国体制不同。美国高校学生本科毕业后，一般并不能马上就上岗从事专业工作，其间要经过一段由公司进行的职业培训和见习阶段，不同公司时间长短不一，或者要通过研究生阶段的培养才能胜任专业工作。所以美国大学专业一般是宽口径，厚基础，在美国土木、机械、航空、化工等专业的教学计划大致同国内力学专业相同，只有少数几门专业课不同。用美国人的话说：“我们到处都是力学”。而我国高校毕业生的职业培训阶段是在校内本科生学习阶段进行的。以机械工程类为例专业就有 200 多种，分工过细，专业课对口又窄，力学的教学就很少。怎能同美国相比。何况，教育体制改变绝不是一朝一夕也不是力学一个专业的事。当务之急，是应当加强工程专业的力学教育，而不是先砍掉力学专业。

其次，我们要向用人单位说几句话。对绝大多数产业部门来说，力学人才对你们不仅是有用的，而且哪个产业部门能吸收与融化更多的力学人才，哪个产业部门就会有更大的活力与后劲。

我国的产业部门，相对美国来说，是省去了上岗培训的麻烦。大量的按窄口径培养的学生虽然一进厂就可以拿描图笔，但是，对过去的产品与生产过程过分熟悉、对生产革新与产

品换代来说不是也构成一种无形的阻力吗？我们的汽车 30 年不换代，机械产品数十年无更新。难道不需要为下一代产品贮备、培训一批力学人才吗？须知，力学知识，对产品换代、设计革新起着关键作用。在这里“短、平、快”怕是不可能的，在国际竞争中，需要往前看三步棋。“十年树木，百年树人”，在人才上，至少得提前 10 年作准备。

我国 50 年代末 60 年代初，航天与核工业两个部门就是很好的榜样。那时，力学专业毕业生大批去这两个部门工作，他们都成为有关工作的骨干，这两个部都得到飞速发展并取得了举世震惊的成果。

还有，即使是在美国，有一段时间力学人才奇缺，曾经引起了全社会的恐慌，那是在 1957 年苏联人造卫星上天后。一方面高校纷纷改变教学计划，增加数学力学的课时；一方面，派人拿重金到全世界招募力学人才。在短短几年内就赶了上来。在最近 10 多年内，美国从我国、印度、苏联和东欧以各种手段挖走了数以万计的优秀数学、力学人才，可是人家并没有说人多了要砍要关，还是喊技术人才奇缺，来多少收多少。而我们呢，路子只有前一条，必须早看几步棋。后一条呢，不仅拿不出重金去招聘外国人，我们自己的优秀人才只要不过多地让别人招募了去就算万幸的了。我们不能*外国人来建设现代化的中国，在人才培养上，还是要立足国内。

5.4 稳住一头、放开一片

力学相对于别的更接近生产第一线的技术科学来说，就科学技术的全局来说是属于应当稳住的一头。即使是在发达国家如美国，有若干力学研究集中的机构仍由国家维持，不能完全推向市场，如太空总署，非线性科学中心等，因为它们是国家实力的代表。

在力学学科内部，属于基础理论研究、属于体现国力的关键技术基础研究，国家应当集中财力物力有重点地支持他们，使他们不但能维持下去，作出特色与贡献并能有所发展。这些方面除本报告第 2、3 部分谈到的若干方向外还应当包括像气动中心，船舶力学中心等研究单位。

对于力学中与实际生产联系比较直接的研究方向，应当逐步地有计划地帮助它们走向市场，以智力产品等价交换来维持或部分维持自身的发展。

智力产品出卖和收费是理直气壮、完全合理的事情。而且由于资料、使用器械以及高智力的预投入，收费不应当过低，应当逐步与国际接轨。著名力学家冯·卡门有一则经历如下：他在德国阿亨时，一工具厂老板求人查找机器严重振动的原因，谁也找不出，卡门去了，几分钟就得出结论，将齿轮转过 90 度就解决问题。几天后老板又来了并大声叫苦：“为把齿轮转 90 度要我这么多钱？”冯·卡门说：“把齿轮转回去，我就把帐单撕掉。”这就是市场经

济，要么一切照旧，不收钱，要么照付。我们的力学工作者应当习惯于市场经济。我们的劳动不是*慈善的施舍，不是*有钱人的闲钱来赞助来维持，它既然是创造价值的，就应当理直气壮地从社会得到补偿去维持。

事实上，我们有些企业享受免费的智力服务施舍习惯了，不仅不加以珍惜，反而误以为“价廉”必定“物不美”。1973~1974年，北京大学力学系曾为某部卡脖子的一项技术难题攻关，从风洞实验载荷曲线到成套结构分析程序投入了数十人-年工作，只收取了20万元成本费，这项结果在当时已处于世界领先水平，使用中效果非常好。然而十年之后，1984年该部有关技术决策人却又以300多万美元的重金从国外引进了一套程序。资料既不完整，技术也是落后的，经过消化三年之后结论是同北大的差不多。看到这些难道不令业务部门寒心，科技同仁愤慨吗？300多万美元的重金除了少数人出国逛了半年外一无所获。

当然，我国还不富裕，国家经济短缺，对于基本理论研究，力学知识的普及，推进力学教育等事业，我们还是要向全社会宣传，争取多方面的资助，力学工作者也必能以他们的优异的劳动成果报答社会。

5.5 建立适合我国国情的学术评价体系

在发展科学中，许多单位纷纷为赶超世界先进水平制定评价学术水平的标准。这是一个十分复杂的问题。对于力学中一些基础理论方向，为了同国际水平接轨，按国际刊物发表论文数与引用率来衡量，虽有偏颇，也还无可厚非。但用来对待力学整个学科，就需要认真考虑。

我国是发展中国家，力学的大部分研究课题又必须植根于国民经济中，所以大部分成果是比不过别人的。力学又是技术科学，而技术的关键又不发表，即使生产需要也得重复去研究，等于重新发明。这些都不是单纯用外国人引用率多少多少，在国外发表文章多少多少所能度量的。

以在国外发表文章数目多少来评定学术水平已是一种流行的办法，甚至有的单位在定职、发奖时，只计算国外发表文章数。本来，论文投向哪家杂志是作者根据各方面情况自主选择的事。问题是，在这样的倾斜政策指引下，表面上看，单位和个人得到了好处，提高了“水平”，却不知它为外国杂志拉了稿源、作了广告，而置国内学术刊物于崩溃之地。国内出版的学术刊物水平是一个国家综合科学实力的标志。这种政策的结果无异于拆了国家总体学术水平的东墙补个人与小单位“水平”的西墙。是一种损“公”而肥“私”不可取的办法。

另一方面，举计算力学的例子来说，在西方亿次计算机使用很方便，我们却远远还没有普及。人家在亿次机上计算的结构问题，当然是世界水平。如果我们的力学工作者在微处理

机上计算了同一复杂的题目，怕付出的辛苦要大多少倍，可是从解题规模上，当然无法跟人家相比。总是落在人家后面。然而换个角度来讲，难道这不也是一种世界水平吗？如果我们在评价学术，晋级、奖励等各个环节上，总是用外国人的尺度来要求，这就等于埋没了我国90%的力学工作者的劳动，忘却了他们默默地推动我国经济的实际贡献，是不利于力学事业发展的，最后也会毁掉我国自主的工业。

也许会有人提出反问，在我们评估系统中，不是也有创造价值多多少少一项吗？这不是直接与我国经济发展相联系的估价吗？问题不这么简单。在商品经济不充分发展的条件下，谈等价问题难免是片面的，我们不妨设身处地地想一想，前面举的冯·卡门的帐单在我国条件下能被接受吗？可见这个问题关键还得往前看几步棋。力学既然在工业中与“菜篮子”一样重要，在商品经济不发达的今天还必须有宏观的倾斜措施。

一个适合我国国情的学术评价体系，一方面要体现在基本理论上赶超世界先进水平的需要，另一方面要反映科学成果在推动我国经济与国防建设、增强我国科技在国际竞争力方面的作用。而为此就要广泛开展学术讨论、学术评论，加强学术民主，特别是加强对评价体系的民主讨论与评论。使它逐步地、健康地形成和发展。

5.6 根深才能叶茂

1994年8月4日，在苏黎世召开的世界数学家大会上，瑞士的参议员露特·德瑞福斯夫人的致词中有如下的一段话：“现代生活中，我们对我们生活中的任何事情都执着地追求缩短时间跨度，我们要求投资马上偿还，我们期望实时信息，技术的时间跨度一再缩短。增值率与速度已成为判断任何人类活动的基本准则。这是危险的，因为它是短见的。在这种环境下不断去认识知识本身的价值是非常重要的。数学或者哲学或者任何其他的基础研究仅仅是在把它们看做我们文明的重要部分的原则下发展着。假如我们开始忘掉这条原则，我们就是在砍我们进步的树根。”

在对待科学事业上不能急功近利，这是中外有识之士的共识。

力学是基础科学，又是技术科学，它的兴旺影响着社会文明，影响着其他基础学科，影响着各种工业和技术。它同数学、哲学、天文等一样，是人类文明进步的主根。根深才能叶茂。为了迎接21世纪中华民族的富强与文明，让我们全社会共同关注力学学科的发展，让我们力学工作者更紧密地团结起来，认识自己的历史使命，并把力学这根文明的主根培育得更加茁壮吧。

参考文献

- 1 马克思. 剩余价值理论（第二册）. 马克思恩格斯全集 26 卷 II, 116

2 恩格斯. 自然辩证法, 人民出版社, 1971: 230

3 钱学森. 现代力学——在 1978 年全国力学规划会议上的发言. 力学与实践, 1979, 1(1): 4~9

4 周培源. 谈谈对力学的认识和几个关系问题. 力学与实践, 1979, 1(1): 1~3

关于“力学——迎接 21 世纪新的挑战”一文的讨论

编者按 本刊 1995 年第 2 期刊登的中国力学学会“力学——迎接 21 世纪新的挑战”一文，在力学界与科技知识界中产生了热烈的反响，读者纷纷来信来稿参加讨论，特别是我们力学学会的两位老理事长钱学森先生和钱令希先生也来稿参加讨论。本期我们先刊登两位先生以及中国科学院力学研究所谈庆明研究员的 3 篇来稿作为这次讨论的开端。

亲爱的读者，力学是值得自豪、值得讴歌的事业，力学是有无限光明前景的事业。我们处在世纪之交，从整个科学技术和力学面临的挑战来说，又是呼唤新一代英才和巨人的时代。本刊热切地希望您能积极投入这场讨论，今后我们将陆续在力学界栏目编发这方面的来稿。

《力学与实践》编委会

《力学与实践》编委会：

我对贵刊第 17 卷第 2 期的中国力学学会：“力学——迎接 21 世纪新的挑战”，有点想法。现写在另纸附呈，请阅。

此致

敬礼！

钱学森
1995-04-25

我对今日力学的认识

钱学森

从过去 100 年来力学发展的情况看，力学是一门处理宏观问题的学问。它包括相对论，但它不包括量子理论。它是用理论，通过具体数字计算解答一个个实际问题。这些问题在过去都来自工程技术，但今后也会来自自然科学的研究，如对星系的运动发展。

力学是要对实际问题做出数字解答，当然要用电子计算机。这就是两方面的问题：一是对计算机的要求，看来是不会有上限的今天已有每秒数十亿次 FLOP 的计算机，力学也欢迎将来每秒万亿次 FLOP 的巨型计算机。二是计算方法的问题；这也需要不断研究改进。

力学工作也会遇到一时对解决实际问题的理论方法尚不能认为有十分把握，怎么办？这时就要设计一个实验，用实验来验证理论的关键部分。如现在要设计超声速燃烧的冲压发动机(Scramjet)，就要作爆燃风洞的试验，它的实验时间还不到(1/10)s，但已足够验证理论的正确性了。有了对理论的把握就可以心中有数地去解决实际课题了。

总起来一句话：今日力学是一门用计算机计算去回答一切宏观的实际科学技术问题，计算方法非常重要；另一个辅助手段是巧妙设计的实验。

谈计算力学

钱令希

(大连理工大学工程力学研究所，大连 116024)

读《力学与实践》17 卷 2 期所载“力学——迎接 21 世纪新的挑战”这一重要文章，很感振奋，因而有所启发。现在就计算力学这一问题，谈谈认识，作为讨论。

力学的发展与数学物理方程的发展是并行的不可分割的过程。从力学的角度看，建立起基本方程就将问题对数学的要求表达清楚了，以下就是如何去求解。常常是基本方程建立起来了，然而其求解却非常困难，长期得不到有效的途径。弹性力学与流体力学的基本方程在上世纪早已建立，然而对于它们的求解方法至今尚需研究发展。基本方程建立起来了，找不出其数值解答，问题还是不能解决。因此求解是通向应用的必经之路，也是当前艰巨的任务。

在计算机问世之前，求解只能通过解析法。数学家与力学家通力合作，对工程力学的数理方程进行求解，既发展了工程力学也丰富了数理方法。然而可以用解析法求解的问题毕竟有限，因此工程师与力学家努力简化分析计算的模型，并提出了包括各种变分原理及其它近似方法在内的多样手段。其中许多仍指引着当前的计算方法与模型。

应当看到，当年能精确求解的课题主要是线性体系。数理方法主要讲的，也是线性体系的理论与求解。即使在流体力学、空气动力学等非线性较强的领域，也是在很大程度上借助线性化或局部线性化而求解的。然而完全不考虑非线性因素是不行的，数学家、力学家为了分析这些非线性因素发展出一整套以小参数法为其基础的摄动法、渐近法、逐次迭代的牛顿法等。直至今日这些方法仍是基本的分析工具。除了解析的途径，数值方法也已研究。象 Rayleigh-Ritz 与伽辽金的降维法、坎托洛维奇半解析法、弯矩分配法与松弛迭代法、双曲型方程的特征线法、差分法、积分方程法等等。都为解答问题起了作用。它们并为计算机出现后的大发展打下了良好的理论基础。

进入 50 年代，计算机问世，有限元法首先在力学中出现，迅速改变了局面。它以强大的计算能力为后盾，过去以线性方程为基础的结构力学、固体力学等很快就发展出通用灵活的有限元数值计算方法，并系统化为大规模有限元程序系统，解算了数以万计未知数的线性代数方程，成为工程师手中强大的分析工具。在此基础上，也只有在此基础上，CAD、CAE 等技术才得以蓬勃发展，使计算机不仅成为数值分析的工具，而且也成为设计的工具。要求力学既能分析，又能设计，这反映了人类认识世界与改造世界的强烈愿望。

进入设计领域，就要研究系统或结构的优化、控制、参数识别，还要发展人工智能和专家系统等等。这类工作没有计算机的支持是不可想像的。一旦进入了这些新领域，就成为非线性的课题了。这类非线性课题的特点是，如果参数是确定的，则方程的解算本来是线性的；问题的非线性性质体现在设计进程中设计变量、控制参数有所变化的情况。所以问题的求解也必然会划分成二个层次，即系统参数给定时的数值分析（线性）；以及系统参数修改时的设计分析计算（非线性）。

设计中的非线性问题 这一类由于系统设计变量或参数修改引起的非线性问题是工程力学发展中很重要的一个方面。应当大力加强和支持这方面的研究。应当看到问题的识别参数或设计变量往往数目比较多，因此直接列出非线性方程再予以求解是不现实的。不仅如此，困难还在于系统对于参数的依赖关系是隐式的，而不是显式的。因此，计算力学对付这方面的任务是很艰巨的。但它为工程设计服务的效益也是巨大的。目前对于这类非线性问题，数学提供的小参数法展开的近似法、牛顿法、修正牛顿法、规划论方法等多种方法，给这一类非线性力学问题的求解提供了有力手段。

应当看到，对付非线性问题，高效的和适应性强的线性分析能力常常是必要的。在系统的参数，或结构的设计变量作修改时，要作“灵敏度分析”以弄清楚系统或结构的反应，这是很重要的。当修改幅度比较小时，可以化为线性系统的差分问题，即所谓半解析灵敏度算法。当今世界上一些著名的有限元分析系统纷纷开发并增加结构优化的功能。半解析灵敏度算法得到流行，这正是以现有的线性分析系统为基础的。

结构优化分析反过来对于力学基本理论也作出了重要推动。在板优化研究深入之际，已

发现传统的连续体并不是最优的，理论的优化解应当是由无限密集的肋组成的板结构。这个结论影响深远，由此启发出微结构材料设计这一新的领域。结构的拓扑优化是更高层次的非线性问题。通常的非线性方程能通过解析公式将非线性项表达清楚；然而在结构的参数优化、形状优化中其设计未知量虽是连续变化的，但方程却不能显式表达；在拓扑优化中参数变化则是离散的，而且改变着区域的拓扑性质，所以其非线性性质更高出一个层次；至于设计方案、总体布局等则连问题都无法找到恰当的数学模型来表达，这一类非线性只能用人工智能、专家系统的手段了。

以上所述是设计带来的非线性问题，对于工程应用非常重要，带有鲜明的计算机时代的特征。解决好这类问题会产生明显的经济效益与社会效益，许多课题可以在经济竞争中力争上游，直接转化为生产力。这是工程力学非线性分析中应予优先考虑的部分，不妨称之为设计中的非线性问题。

分析中的非线性问题 在工程力学中还有一类非线性问题，即传统的非线性问题。在计算力学手段对线性问题取得巨大成就之际，这类非线性问题自然就更加突出了。

严格地说，真实问题都是非线性的。用线性方程组来表达，是人们提炼了问题的主要因素而形成的。例如弹性力学就是忽略掉大变形因素而再将物性用广义虎克定律表示而形成的。如将材料的塑性引入则就成为弹塑性非线性；如再将大变位大变形加入则成为几何非线性的问题了。

这类大变形固体力学是当今有限元法的一个重要发展方向。在加工制造业中成型的工艺过程的计算机模拟就会面临这类问题。它是需要下大力气改造、发展现有的程序系统予以推进的项目，在力学中是涉及材料黏塑性、流变、热传导等的大应变大变位课题，在各种必要的基本参数定量之后，回答问题就得靠计算了。这类课题的应用将对我国加工成型工业产生很大的推动作用。应当说，我国在这方面落后很多，队伍不稳定，也缺少支持。这方面的落后会直接影响到制造业多方面的水平，不容忽视。

计算力学的任务，就是要结合计算机功能的日新月异，针对时代对力学的要求，研究先进的算法并提供软件，以解答力学过去难以处理，甚至无法处理的问题，还要为力学开拓新的领域提供理论与方法上的条件。当初有限元算法就是个典型的例子。直至今日，沿着这个算法所开辟的方向还在不断发展。

在静力学分析取得巨大成果的形势下，结构动力学问题自然被推到了前台。时程积分是结构动力学的基本问题。结构在冲击荷载、突加荷载、控制力、热冲击等作用下都要作时程积分的计算。当前熟知的结构动力学时程积分算法是Newmark法、Wilson- θ 法、中央差分法等，都是差分类的算法，比较容易带入误差，还不尽人意。

为此，最近推出了一种逐步时程积分的精细算法^[1~3]。

这个时程精细积分的核心是对于矩阵指数函数， $\exp(\mathbf{H}\cdot\Delta t)$ 的计算，其中 \mathbf{H} 为给定矩阵。这个函数应用广泛，过去并没有满意的算法。精细积分法放弃了通常的差分格式，可以将逐步积分的计算精度大幅度提高，而在计算机上可以很方便地实现。对于线性定常系统解答达到了在计算机字长范围内几乎是精确的数值解。这个算法看来潜力很大，已经用于结构动力方程、控制论Riccati方程的求解。也已用于非平稳随机振动的快速分析。对有限元半解析法、断裂奇点元、波的传播计算等也将起作用，还应该进一步进入非线性领域中去。

动力系统的高精度计算无疑是一个引人注目的课题。本世纪发现的混沌现象揭示了非线性方程的混沌，一个初值的微小变化都可能使随后系统的运动出现完全不同的图像，因此混沌的系统就是对初值敏感的系统。混沌问题的性质要求尽量减少积分过程中的误差积累，对算法有高度要求。

所举时程精细积分算法只是计算力学发展中出现的一个例子。还有许多很出色的算法，象快速富里叶变换（FFT）、哈密顿系统的辛数学算法、各种形式的数值与分析结合的算法、优化的诸多算法等等，对力学的发展都起了不可忽视的作用。

力学要应付时代对它的挑战，就必须发展自己的理论、实验、计算三大支柱。三者互相扶持，缺一不可。今后计算机硬件的功能肯定将有更大的发展，力学必须充分利用这种时代给予的机遇，应该加强计算力学的算法研究和软件开发，以回答理论探索 and 实际建设中的问题。当然，计算力学也并不仅仅是按力学中现成的理论作一些计算而已。计算力学有很大的能动作用，它拓展了设计分析的领域，成为力学通向工程应用的桥梁；它极大地增强了力学的手段，发现了许多未知的现象；对力学的理论体系发生了深刻的影响。所有这些清楚地表明，计算力学已成为工程力学中最活跃的成员之一。计算力学的发展现仍处在年青阶段，在下世纪定会取得更大的成就。

1 钟万勰. 计算结构力学与最优控制. 大连理工大学出版社, 1993, p269--277

2 钟万勰. 大连理工大学学报, 1994, 34(2)

3 钟万勰. 计算结构力学及其应用. 1994, 11(2), 12(3)

也谈力学——基础和前沿

谈庆明

（中国科学院力学研究所，北京 100080）

最近一个时期常听见对力学的两种评价：一种是力学过时了，没什么好研究了；另一种是力学不解决问题，时髦的说法是不能转化为生产力。不论哪一种都是力学无用论，因此，力学要被排除在基础学科之外，研究所和大学的系要改名字，考大学不念力学，力学真的不时兴了，真的无用了？实际不是如此，这里简单说说力学既是科学的基础和前沿，也是工程技术的基础和前沿。

有人认为力学不是基础学科，而物理是最基础的学科。那末请问物理学的定义是什么，它包含什么内容？我看不容易答好。顾名思义，物理学是研究和反映物质（或物体）本性和运动规律的科学。如果进一步问，物质、本性和运动又是指什么？那就太广泛了，物质可以小到基本粒子，大到宇宙，而运动形态则从宏观机械运动、光、电、磁、量子效应等等，可谓包罗万象。在这些形态中，机械运动是人类最能直接观察和感知的，力学是研究物质机械运动规律的科学，可见力学是物理学的一个分支，而且是最大最具基础性的分支。试想如果大学的物理课不先讲力学那末先讲什么呢？记得谈镐生先生在 1978 年时就说过，为什么物理学家命名量子力学、热力学、统计力学、相对论力学等等，都称力学；而力学家却退退缩缩，不敢理直气壮提力学。前几天美国生物力学之父的知名科学家冯元桢先生在中科院力学所做题为“力学园地的源泉”的讲演，说 20 世纪上半叶出现了牛顿力学、量子力学、相对论力学、统计力学等，都以力学命名，那末下半叶有哪几样科学也是由力学唱主角呢？冯先生没有直接回答，只是说 100 年以后力和运动还在，只要力学家自己安定下来，便有做力学的灵感。为说得更确切，他便讲自己做生物力学的一段历史，也介绍了在分子、细胞、组织和个体各层次中存在的问题。可见生物也要以力学作其基础，而力学家在各层次中都大有用武

之地。长时期以来，中国科学院内存在一种偏见，谈起基础学科总是谈数理化天地生，唯独没有力学，这里先不说天地生属基础还是应用科学，前面已谈到生物和力学的关系，再说几句力学和其他几门科学之间的关系。想想天文学，人类最早研究行星和恒星的运动，提出物体运动的第一个模型：质点和质点系运动，牛顿从行星运动的规律出发建立了牛顿力学，从那时起力学模型不断发展，从质点、刚体、变形体、流体、直到等离子体等，说明探讨星体、星系和宇宙的起源和演化离不开力学。谈到数学，在历史上数学和力学简直是孪生兄弟不可分离，牛顿研究力学，同时发明了微积分。数学家吴新谋先生曾经说过，百分之九十几的微分方程可以在力学中找到。求解非线性方程的有力工具，如摄动法就要提到力学家郭永怀、钱伟长的名字。又如反演散射法则从研究水波中来。至于地学，有地球动力学、大陆动力学、海洋动力学，它们与力学没有什么两样。再谈化学，化学现象不只是单个分子内部或分子与分子之间的作用和变化，实际反应总伴随大量分子的物质扩散和混合运动，均与力学不可分。所以说，数理化天地生少不了力学，而力学又是它们的基础部分。最近二、三十年来，从力学研究中发现了混沌，并已经成为数学、光学、化学等等非线性科学的一个非常活跃的研究前沿。至于流体中的湍流和固体中的破坏更是大家关心的基础和前沿难题。关于力学和工程技术的关系，工程师最有发言权，他们公认力学是工程技术的基础，而前面提到的湍流和强度则是迫切需要研究解决的前沿。工学院的学生都要学力学，美国第一流的工学院中的机械系、航空系、土木系、动力系、化工系、环境系等等，如果愿意改名为力学系也未尝不可，在这些系里出现优秀的力学教授是不足为奇的，想想我们所处的喷气推进时代的来由，这和自称是工程师的力学大师 von Karman 分不开。郑哲敏先生在 1992 年的力学学会理事会上做过一个重要报告，他举 von Karman 和钱学森先生在三、四十年代所做的力学杰作为例说明优秀的力学工作要超前工业技术二、三十年，由于他们的工作，才有今天的航空、航天时代。这正是力学研究最终必然会创造巨大生产力的典范。如果设想当年要 Karman 和钱到市场上转化为生产力，那末喷气飞机和导弹又怎么来呢？

现在政治家中的有识之士已经认识到基础研究、应用研究和技术之间存在密切关系，而把某项具体活动绝对划入任何一个领域常使人误入歧途。最近，我国政府已决定到本世纪末将科研投资增大到国民经济总产值的 1.5%。除了投资以外，还应注意下面两个急需扭转的危险倾向。一个是科研队伍的中空现象，很多科研骨干已向技术开发转移，重要的课题组解散或不配套；另一个是后继乏人，现在的高材生不愿学力学，他们奔外语、生物、经济去了，不少工学院教常微方程只是一带而过，使弹性力学的教授无法讲授，相当多的研究生热衷于学外语和计算机课，认为学数学和力学吃力不讨好。数学和力学的基础没学好，哪来高水平的科技队伍。希望领导重视，动员全社会的力量早日扭转上述倾向。

关于工程专业的力学教育

陈立群

（鞍山钢铁学院，鞍山 114002）

中国力学学会在文献[1]中谈到力学与工程结合时明确指出“当务之急是应当加强工程专业的力学教育”。这无疑是很必要的，因为力学对工程技术的作用很大程度上也表现在大多数工程专业学生同程度受过力学教育，也因为除专在职研究人员、工程师和力学专业教师外相当多的力学工作者主要从事工程专业的力学教育工作。这里拟谈些个人的看法。

无须讳言，现在工程专业的力学教育处于某种危机之中。在当今急功近利的社会风气之下，基础课教学都受影响，而且在基础课中，外语和计算机的重要性已受到社会公认并建立相应的统一标准考试和证书制度调动了学生的积极性。数学和物理专业差别不大便于统一管理相对也受较小影响。唯有力学，在各专业制订教学计划中学时一再减少，已无法达到基本要求。这种形势更要求力学教师不是单纯地以更高的热情和献身精神投入更多的时间和精力，更要重新思考工程专业的力学教育思想以争取某种转机。

工程专业的力学教育目标有三个方面：其一，为后继课作准备；其二，培养学生能力；其三，直接应用于工程实际。在以往的教学过程中，对第一方面始终是充分重视，后来对第二方面也逐渐重视，但对第三方面至今重视不足，以至于学生提到工程力学的直接应用便想到机械运动分析和构件强度校核，这对于只学过理力和材力的学生尚可，但若是已选修过机械振动、弹塑性理论、断裂力学等课的学生，则暴露了力学教育中存在的问题。

工程专业的力学教育应在一定程度上体现力学在工程问题中的应用。力学直接应用于工程问题大体可描述为以下 5 步骤：（1）工程问题力学化（力学建模）；（2）力学问题数学化（数学建模）；（3）数学问题离散化（制订算法）；（4）离散问题程序化（编制程序）；（5）程序问题技术化（优化程序）。在传统的专业性很强的教学计划中，第 1 步属于各门具体专业课，如冶金机械专业便开炼铁、炼钢、轧钢、起重设备 4 门专业课，足以解决相关力学建模问题；第 2 步属于力学传统教学内容，但局限于讨论便于求精确解的简单情形，后三步在本科生阶段很少涉及，而且在计算机足够普及之前也是不可能的。现在的情况有所变化，一方面各工程专业都在积极拓宽，另一方面，微机迅速普及，计算机能力受到普遍重视。在此背景，工程专业的力学教育也不应局限于力学问题的数学建模和理论解，而应积极稳妥地扩展教学内容。

以上我们主要强调力学的应用。我们也很赞成力学是一种文化的观念，任何文化中都有非实用的内容。工程专业也应该讲些并非直接或马上有用的力学，主要是普及力学新知识以提高学生力学素养，这大概也正是教育与培训的差别所在，培训的内容是完全实用的。但那是工程专业力学教育更高的目标，是发展的问题。而力学的应用是基本的目标，在某种意义上可以认为是生存的问题。

21 世纪的实验力学

贾有权

（天津大学力学系，天津 300072）

看了“力学——迎接 21 世纪新的挑战”后，很受启发和鼓舞，心里有许多话要说，想来，还是先谈谈实验力学吧。

“力学——迎接 21 世纪新的挑战”一文中，只提到实验是新现象的启示和理论的验证，这是不够的，也许是受到双重性限制的缘故。其实，实验力学是典型的技术科学，它根本不是什么基础学科，它跨学科的特点十分明显，并具备学科间的互相渗透和快速发展的特点。它不仅为理论服务，还直接为生产服务。比如实测、无损检测、监测、监控、失效分析、故障诊断、预警预报、安全评估、材料力学行为的测量、特殊条件下各种力学参数的测量等等。如果把它看成为理论的学科服务那就太局限性了。美国、日本、英国等国均把力学放在其他学会之中，但美国有实验力学学会(SEM)，日本有光弹性协会。欧洲有 IUTAM，另外有 EMEKO。

力学人才的培养也受到双重性的影响，强调基础的一面，加强理论的学习是重要的，但绝不能忽视应用的一面。我国办了那么多力学专业，理论人才倍出，解决实际生产问题的人有多少呢？如田昌霖教授说：“我参加哥伦比亚号航天飞机五人小组，隔热瓦与主体脱落的关键问题是一个机械系三年级学生可以解决的传热问题”。不需要太深的理论。他说专门办力学专业不是好办法，应当学习日本和美国改造机械专业和土木专业。我们现在不是有的学校把力学专业改为“力学与机械系”，有的改为“力学与工程测试系”等等。现在我们各行各业都在改革，为什么我们的老专业不改革一下呢？应当加强机械，土木专业的力学课的分量，比单纯办力学专业强得多。从历史上看最有权威的力学专家多数为工科出身，少数为数学家。如流体力学大师普朗特就是学机械工程的。冯·卡门，铁木辛科，冯元桢等，均是工学院出身。我国最有权威的学者钱学森、钱令希、张维、王仁、郑哲敏、胡海昌等教授都是学工的，很多老一代的力学家都是学工的出身。所以说改造工学院的课程，加强力学课的比重比单独办力学专业好。但这要克服工科专业的保守思想和专业保护主义。

美国固体力学专家们在预测未来 20 年发展时强调固体力学有三大支柱：理论，计算和实验，这三者互相结合才能更好的创造性地完成未来的工作。比如现在流行的优等结构 (smart structure) 和优等材料 (smart materials)，都需要以上三大支柱。我体会这三大支柱就是钱学森所说“桥”的桥墩。缺一不可，少个墩子桥就建不起来。1976 年以后第二个十年力学规划中，把实验力学与计算力学并列为二级学科，现在有的规划把实验力学划为三级学科，这是十分错误的，对我国现代化十分不利。

21 世纪是个未知数，很难预测得恰如其份。20 年前谁预测到当今微机发展得如此迅速，图像处理如此之快。科学技术的发展是不依人的意志为转移的，但它的高速度、高渗透、高交叉是人所共知的，力学应当利用它本身的优势向其他学科渗透是当务之急。近年来，德国 11 大科学研究所的科学家们受联邦政府的委托研究 21 世纪决定性的技术，他们提出 9 大学科，值得我们参考。九大学科是：1. 新材料；2. 微电子；3. 纳米技术；4. 光子学；5. 显微系统技术；6. 软件技术；7. 分子电子学；8. 细胞生物工艺学；9. 生产及管理技术。其中除第 9 项外都与实验力学有关，因此实验力学工作者在 21 世纪的未来中大有作为。一方面用以上新技术武装自己，发展新的测试手段，一方面用新手段为力学及生产服务。另外在本世纪中，在全球范围内崛起了 6 大高技术群体，它们是：1. 信息技术群体（包括微电子、计算机、激光、光纤、光电子等）；2. 新材料群体（包括薄膜、碳纤维、结构陶瓷、记忆合金等）；3. 新能源技术群体（包括核能、太阳能、风能、生物质能、海洋能、地热能等）；4. 生物技术群体；5. 海洋技术群体；6. 空间技术群体。这些高技术群体到 21 世纪仍然是研究的领域。它们无一不与力学有关，它们之中有许多内容是要靠力学工作者去解决，实验力学在这些群体中大有用武之地。

21 世纪的实验力学应当把已有的为生产服务的有效手段商品化，成立若干个公司，有如美国 Vashy 公司，可以更有效地为生产服务。另一方面引入最新技术和纳米技术，显微技术，新材料，微电子技术，创造出许多新方法，反回去为新材料、微电子、细胞生物等科学服务，从而可以更好地为力学新分支服务。

18 世纪没有虎克的试验，就没有虎克定律，也就没有弹性力学。19 世纪没有发现光弹性现象，许多弹性力学难题就无法解决，到 20 世纪出现了激光技术，脉冲激光全息技术，光电子技术，微机及图像处理技术，使得实验力学大发展，原来看不见的应力波，可以形象的看到波的传播。21 世纪许多新技术会渗透到实验力学中来，会有更多的软件图象处理技术在实验力学中得到应用。用微机实验代替过去繁琐的模型实验，用杂交法代替工作量极大的单一法。21 世纪前景是广阔的，任务是繁重的，既要懂力学又要懂新技术，这种双重任务落在实验力学工作者的肩上。我们要发奋图强，自力更生的迎接 21 世纪新的挑战。

我国当前力学发展现状的分析

梁在潮

(武汉水利电力大学, 武汉 430072)

读《力学与实践》17卷2期所载“力学——迎接21世纪的挑战”，很受鼓舞和启发，现对我国当前力学发展的现状做些讨论。

当前在我们面前存在一个尖锐的矛盾，一方面是国家大规模的建设，向力学工作者提出了无数需要解决的生产问题，而且难度愈来愈大。例如三峡工程就涉及到流体力学、固体力学、爆炸力学、工程抗震等各种力学问题。该工程的技术负责人甚至形象地说过，三峡工程的工程技术是“材料加力学”，可见力学在三峡工程建设中的地位和作用。但另一方面，由于种种原因，力学工作者又难于接到研究任务。科研工作无法得到经费上的支持，满腔热情，“报效无门”。而且近年来，高材生不愿学力学，力学专业招生困难，后继乏人。造成这种矛盾的原因很复杂，为了分析问题方便，首先简要的重述一下力学的性质。

众所周知，力学是研究物质机械运动规律的科学，而机械运动又是物质运动的基本形式，即物质在时间、空间中的位置变化，包括移动、转动、流动、变形、振动、波动、扩散等，因此，力学与物理学、数学等学科一样，是一门基础科学，它所阐明的规律带有普遍的性质。然而力学又是一门技术科学，它是许多工程技术的理论基础，许多关键性的工程问题的进展，都有赖于力学中有关运动规律、强度、刚度等问题的解决。反之，力学在广泛的应用过程中不断得到发展。因此，力学具有基础科学和技术科学的二重性。尤其是力学发展到今天，其内容已具有基础性研究、应用基础研究和应用研究几个层次，而后两种是大量的，普遍的。因此，力学的发展应是多层次的发展，甚至湍流研究也应如此。

对“经济建设必须依靠科学技术，科学技术工作须面向经济建设”理解及贯彻不力是力学发展受到限制的外部原因。就技术学科讲，有些人又认为力学太理论化，不能独立解决生产问题，所以力学始终处于“少不了的配角”地位。尤其甚者，由于我国科研竞争机制还不够完善，不属于任何一个专业部门，又与任何一个专业部门有关的力学，始终得不到有关部门的重视。正是由于两方面都难于得到支持，力学工作者的工作难于开展。年轻人亲眼目睹这些情况，用现在的价值观念一衡量，必然得到学力学是“吃力不讨好”的结论。由此希望有关领导重视力学的基础性。谁都知道，一位优秀的工程师，他的数学和力学的基础一定是好的。一项工程，只有力学问题解决的好，工程安全才能有保证。

就力学工作者本身讲，要面对现实，积极采取措施，迎接21世纪新的挑战。我认为有以下几点值得注意：

(1) 坚信科学技术来源于生产，服务于生产的观点。恩格斯在研究了自然科学发展史后指出，“科学的发生和发展从开始起便是由生产所决定的”。党中央规定，科学技术工作必须面向经济建设。这就意味着研究的课题应来源于生产的需要，研究的内容要有利于发展生产，研究的成果要尽快地转化为生产力。当然，由于科研内容的层次不同，面向经济建设的含义应有所不同，有的是直接的，立即见效地为生产服务；有的是潜在的，长远的有利于发展生产。但不管是哪个层次的科学研究，从自然科学的认识论来说，应将科学技术来源于生产，服务于经济建设作为指导思想。只有如此，才能高度热情地，不怕困难地研究经济建设中的具体力学问题。力学发展到今天，除部分基础理论研究外，大部分内容和广大的力学工作者都是从事工程中的力学问题的研究，也就是说，我们的力学与其它学科一样，主要力量是在

直接为经济建设服务的主战场，这点也是值得有关领导注意的，发挥力学在经济建设中的作用，将会大大有利于经济建设的发展。

(2) 生产任务往往比较复杂，不是一两个数学公式能解决的，有不少的课题还是多学科性的，但是我国的高等学校，由于长期受原苏联高等教育模式的影响，使受教育者的知识面比较“专”而“窄”，难于适应解决复杂的生产任务。同时高等学校的实验设备和计算工具又比较落后，因而在科研市场上竞争力就显得不足。为了克服这个矛盾，一方面寄希望于工程建设和科技管理部门，多给予科研工作的经费投入，给力学工作者更多的支持。另一方面我们自身也必须努力提高自己，在观念上提高适应科研竞争的认识，扩大知识面，提高解决工程实际问题的能力。特别是要形成自己科研技术的特色，通俗的说法是，要有自己的“拳头产品”，才有可能在科技竞争中取得主动权。熟悉生产环节是当前不少的力学工作者迫切需要的。

力学有广阔的前景，力学一定会得到发展，其基础是经济建设的需要，自然科学发展的需要，这不是以人们的意志为转移的。我们力学工作者对力学的发展要充满信心。在今天经济建设大发展的时期，力学应多层次发展。发挥力学的优势同时，向其它工程技术中渗透，力学的前途将无量。

力学的两种定义及其与物理学的关系

朱如曾

(中国科学院力学研究所，北京 100080)

在《力学与实践》上发表的中国力学学会的文章，对力学的重要性及今后的任务作了很好的评述。笔者只是想对该文所提到的力学范围问题上的分歧和力学与物理学之间的关系谈一些看法。

1 力学的两种不同定义

文[1]说：“有人看见力学两个字便将量子力学、电动力学、统计力学等学科划归力学，这是不对的，它们是属于物理学科的。这些学科名字上冠以力学两个字，只能说明力学在历史上起过巨大影响”。

其实，把量子力学、电动力学、统计力学等学科划归力学学科，并不是望文生义，而是由于采用了一种比宏观意义下的力学更为普遍，但现已较少使用的力学定义。这些学科之所以冠以力学两个字，不是因为它们受到力学的外来的历史影响，而是因为它们确实符合本来意义下的普遍的力学定义。为了说清楚这一点，本文表述两种不同的力学定义，阐明其合理性。一旦注意到存在两种定义，则以往的有关分歧将可大大缩小，甚至消除。

力学的第一种定义是谈镐生教授所强调的^[2]，力学是研究物质运动基本规律的科学，即研究运动和力的科学。这是普遍意义下的力学，也是力学的本来含义，本文称它为“普遍力学”。谈教授认为它应包括古典力学、相对论力学、量子力学、电动力学和统计力学，根据以上定义，可以认为力学和数学的关系如同 π 字的两条腿，它们支撑了整个物理科学(即数学以外的自然科学)，从而形成基础科学的 π 结构图象^[3]。这第一种定义与文[4]的定义基本一致，也与著名科学家冯元桢教授的看法一致，并得到谈庆明教授的支持^[5]；冯教授把牛顿时力学、量子力学、相对论力学和统计力学等划为力学，并强调力学是研究力和运动的学科。“ π 结构图象”还得到白以龙教授的赞同^[6]。

笔者认为，“普遍力学”按定义还应包括量子场论，即量子电动力学、量子色动力学、弱电统一理论和量子超弦理论（尚待实验证实）。理由有二：一是“运动”一词应包括物质基本

形态的转换（实际上，从相对论质能关系看，经典电动力学已描述了电磁场这一物质形态与带电物质形态之间的转换），而“力”应包括自然界一切相互作用力，目前认为基本的是4种力（强相互作用、弱相互作用、电磁相互作用和万有引力相互作用，而量子超弦理论若被实验证实，便统一了这4种力）。概念的一致性要求“普遍力学”应包括以4种基本相互作用和基本粒子形态转换为对象的量子场论。二是基础科学的 π 结构图象也要求作为 π 字的一条腿的“普遍力学”包括量子场论。

“普遍力学”又称为理论物理学。既然如此，有什么必要别出心裁，搞一个“普遍力学”的名称呢？下面先就“普遍力学”各学科的来历和内容具体说明“普遍力学”名称的合理性，在引进另一定义——宏观力学之后，再就“普遍力学”与宏观力学之间的关系进一步阐明在理论物理这一名称之外，记住“普遍力学”名称的积极意义。

人们曾试图将牛顿力学应用于微观领域但遇到困难，于是着手修正它，使之既适用于微观领域，而又在宏观条件下能以牛顿力学作为其足够精确的近似形式。这样修正后的形式称为量子力学，它当然仍是力学，正像几何光学是光学，比几何光学更为精确，从而适用面更宽的波动光学不会不是光学一样。若量子力学只是名义上，而非实质上的力学，科学史何以称牛顿力学为“古典力学”呢？同样，以牛顿力学为低速和弱引力场近似形式的狭义和广义相对论当然也是力学。万有引力定律和广义相对论的引力理论分别是牛顿力学和广义相对论中不可分割的力学规律，那么讨论电磁力变化规律和带电或带电流物体宏观机械运动规律的经典电动力学又怎能不是力学呢？更为精确的量子电动力学以及其他量子场论当然无疑也是力学了。既然它们都力学，这就说明了普遍力学的定义是合理的，早就被科学史承认了的，本来意义下的力学定义。这也就是理论物理各分支学科的名称大都冠以“力学”二字的根本原因。

钱学森教授曾指出^[7]：“从严密的综合科学体系讲，最基础的是两门学问。一门物理，是研究物质运动基本规律的学问。一门数学，是指导我们推理演算的学问”。这里“物理”既指基本规律，当然，就是理论物理，即谈教授的普遍力学了。所以两位科学家关于普遍力学基础性的见解是完全一致的。

力学的第二种定义是：力学是研究物质宏观机械运动的学问。这是狭义意义下的力学，本文称它为“宏观力学”（这里，“宏观”指远大于原子、分子大小的尺度，所以它包括了近年来所说的“宇观”在内，事实上，力学确已伸向宇观现象，如星系旋臂结构研究等）。国际理论和应用力学大会的力学和七大基础学科（数、力、理、化、天、地、生）中的力学，均是“宏观力学”的简称。

宏观力学包括一般力学、固体力学和流体力学等分支学科及交叉学科，是为力学界所公认的，但关于量子力学、电动力学、统计力学和相对论力学是否属于宏观力学的问题，说法很不一致。文[1]认为，“从19世纪末开始，力学与物理学有了明确的分工，力学研究宏观现象，物理研究微观或宇观现象”，所以这些学科都不属于宏观力学，而在文[5]中，钱学森教授则认为宏观力学“包括相对论，但它不包括量子理论”。

上面已指出，相对论力学、量子力学、电动力学和统计力学与牛顿力学一样，都属于“普遍力学”，它们是所有自然科学的共同基础，也都是当代宏观（包括宇观在内）力学的重要基础。但是笔者认为，不能因此而认为它们都属于宏观力学，否则就可以因化学以量子力学为基础而认为量子力学属于化学，或化学包括量子力学了；这恐怕连化学家也不会承认的。在宏观力学的上述五门基础中，只有牛顿力学和相对论力学是宏观力学之所以被称为宏观力学的原因，所以可以说这两门力学属于宏观力学，而其余三门则以称为宏观力学的基础为宜。

需要说明，宏观力学确实以相对论、量子力学、电动力学和统计力学为重要基础。相对论作为宏观力学的基础，这不仅由于“宏观”应包括目前常说的“宇观”（如宇宙爆炸、宇宙膨胀，星系形成和演化等动力学问题）在内，就是在不包括宇观的那个狭义的宏观范围内，相

对论也是不能被排除的，因为强引力场中的狭义宏观机械运动（如中子星的内部及附近）以及准静态弱引力场中的高精度要求（如水星等行星轨道近日点的进动现象）都要用广义相对论。宏观力学若不采用电动力学中的洛仑兹力公式和电磁场的变化方程，以及材料本构关系（或内参量、细、微观方程），也不能完整描述有关的宏观机械运动；本构关系等等方程，虽然目前大多靠经验、半经验或恰当的模式假设来解决，但随着实验和工程精度要求的提高和人类对自然界统一性的不断追求，最终还是要求助于量子力学和平衡、非平衡统计力学，并发展非平衡统计力学方法来彻底解决。

任何学科都是从无到有，内容不断充实和深化，范围不断变化的，宏观力学也不例外，正如郑哲敏等教授所指出^[8]：宏观力学“过去建立在牛顿定律和经典热力学的基础上，现在则扩大到量子力学描述的微观层次”。固体力学已明确地打出了宏、细、纳、微观力学的鲜明旗帜固然如此，流体力学、天体力学等其它分支也无不如此，并且研究范围已扩大到宇观。例如 2.19K 以下液氦（HeII）的宏观流动表现出宏观量子效应，即使对于普通的流体，其宏观性质也密切依赖于由量子力学所决定的分子作用势、甚至内部能级结构；恒星的演化结局取决于总质量所决定的引力与压力的平衡，这是宏观力学问题，但白矮星和中子星中的压力却由相对论电子或中子气的量子统计结果给出。又如：星系旋臂结构的力学研究已明显属于宇观范围。再如宇宙膨胀动力学和天体演化动力学与基本粒子的演化有关，这就还需要以量子场论为基础。所以宏观力学植根于普遍力学的面正在日益增宽。

乍看起来，上面所引证的内容似有占物理学的领地为宏观力学所有之嫌疑，对此，可以借用诺贝尔物理奖得主劳厄的一段话来加以澄清：“物理学总是跟它的邻近学科天文学、化学和矿物学密切相关的。它们同物理学的分界只能用相当表面的区别来表征……因此这些分界常常变化移动。”并说，“物理学家在 21 世纪又开始关心晶体理论，否则就得听任矿物学家来处理了”^[9]。不言而喻，矿物学家若用量子力学来处理，将产生出量子矿物学。如今宏观力学家从宏观力学的角度出发，用量子力学来处理固体等，当然就产生出量子固体力学等宏观力学的分支学科了。正象化学家用量子力学处理原子、分子结构而产生出量子化学，从而使化学的面貌大为改观，牛顿力学和相对论使天文学大为改观一样，量子力学、相对论力学将大大改变宏观力学的面貌，这是人类的求知欲和科学发展的必然趋势。

顺应这一发展趋势，及时唤醒并记住理论物理的本来名称——“普遍力学”，这对于宏观力学的当前研究和未来发展都具有积极的意义。因此谈镐生教授指出：“作为一个力学工作者，在工作上可以集中研究某一领域中的现象。但在观念和认识上，则应该对传统的和新兴的力学范畴都争取有一定的认识。应该看到力学的整个领域。看到实际上力学和数学一起，形成物理科学的基础，物理学的两根主要支柱(笔者认为，即 π 结构)。一切物理现象，都在力学概念的基础上，通过数学的渠道，取得深入的认识。^[2]”这里“力学”指普遍力学，“集中研究某一领域中的现象”对我们而言主要指观力学中的现象。基于对普遍力学与宏观力学之间关系的深刻认识，谈教授提出了“基础力学”分支学科这一名称^[10]，已得到科学界的承认，并设立了博士点，培养了不少博士生。这一增进普遍力学与宏观力学之间联系的举措，对促进宏观力学的发展必将产生深远的影响^[10]。

2 力学与物理学的关系

普遍力学就是理论物理学，属于物理学的基础部分，这一关系已十分清楚。但是实际上既是基础学科，又是技术学科的宏观力学，在作为独立的基础学科资格问题上，往往存在混淆：现代宏观力学以理论物理学中的牛顿力学、相对论、量子力学、统计力学为基础，乍看起来它不能与物理学科并列，而只能是物理学的子学科。对这一问题的最好回答是提出下述反问：化学以量子力学和统计热力学为主要基础，为什么它可以与物理学并列呢？天、地、生以数、力、理、化为基础，它们又为什么可以与理、化、数并列呢？

实际上，基础学科的基础性是相对于各类自然现象和有关的工程技术而言的，并不要求

它们是最彻底的基础；基础学科之间的并列性并不表示它们之间没有彼此的逻辑依赖性，并列性之依据主要在于研究物质世界时看问题的角度之并列性以及所包含的问题的质和量之多，足以使它们各构成一个完整、系统的研究领域。宏观力学着眼于物质的宏观机械运动，这不失为研究物质运动的一个重要角度。文[1, 6, 8]和上文阐明了宏观力学的系统性、完整性和基础性，充分表明现代宏观力学已发展到完全可以像化学等其它基础学科一样与物理学并列的程度，只是人们对现代力学的内容了解不够，或虽然有所了解，但对于由缓慢的量变积累而引起的质变，在认识上往往表现出Thom突变理论中的滞后性规律，所以至今仍有人不承认宏观力学相对于物理学的独立性。这并不奇怪，事实上许多我们今天看来是理所当然的学科，如应用数学、理论物理等，它们的分支学科地位当初都是经过许多优秀学者的奋斗才得到承认的。19世纪末，当时处于世界物理学中心的德国大学里，开始设置理论物理学教授的席位。普朗克后来回忆说，这种职位曾经被周围的人视为怪事：“怎么，物理学还有理论？”（物理学一直被认为是实验科学）。今天为使宏观力学的独立的基础学科地位被普遍承认并得到巩固，我们力学工作者应当一方面做好研究工作，另一方面学习谈镐生教授倡导力学基础性的精神^[11]，继续大力宣传宏观力学在自然科学体系中的地位和作用。

笔者感谢傅裕寿教授的有益意见。

参考文献

- 1 中国力学学会. 力学——迎接 21 世纪新的挑战. 力学与实践, 1995, 17(2): 1~18
- 2 谈镐生. 力学和它的发展. 力学学报, 1978, (3): 242~250
- 3 谈镐生. 关于力学学科的基础性和现代化, 力学情报, 1978, (1): 130~134
- 4 苏联百科词典. 北京: 中国大百科全书出版社, 1986, 183
- 5 谈庆明. 关于“力学——迎接 21 世纪新的挑战”一文的讨论, 力学与实践, 1995, 17(4): 1~12
- 6 白以龙. 力学在现代自然科学和工程中的作用, 中国科学基金, 1993, 7(3): 171~174
- 7 徐行. 自然科学概要. 北京: 宇航出版社, 1988, 8
- 8 郑哲敏, 周恒, 张涵信, 黄克智, 白以龙. 21 世纪的力学发展趋势, 力学进展, 1995, 25(4): 433
- 9 劳厄 M.V. 物理学史. 北京: 商务印书馆, 1978, 8
- 10 谈镐生. 力学的展望——介绍“基础力学”, 中国力学学会 第二届理事扩大会议论文集, 1982
- 11 朱如曾, 谈镐生. 中国现代科学家传记(2). 北京: 科学出版社, 1991, 70~85