

力学与工程师培养

徐秉业 等 编

北京理工大学出版社

(京)新登字 149 号

2262/04

~~力学与工程师培养~~
徐秉业 等编

*

北京理工大学出版社出版发行

各地新华书店经售

北京地质印刷厂印刷

*

787×1092 毫米 32 开本 6.375 印张 136 千字

1995 年 2 月第一版 1995 年 2 月第一次印刷

ISBN 7-81013-992-4/O · 107

印数:1-1100 册 定价:8.00 元

《力学与工程师培养》编委会名单

主 任:徐秉业

委 员:(以姓氏笔划为序)

丁皓江 王 克 毛溢麟

李文玲 杨挺青 吴望一

单辉祖 赵学仁 樊蔚勋

秘 书:陈 伟 赵蜀北

前 言

由中国力学学会教育工作委员会主办的全国力学与工程师培养暨中等专科学校力学教学经验交流会于1993年11月16日至19日在南京召开。出席会议的有来自全国20多个省市的代表共100余人。交流100余篇学术论文。

在交流和研讨的基础上,选出了有代表性的33篇论文编辑出版了这本论文集。这些论文涉及力学与工程师培养的关系,力学在工程中的应用、现代化力学教学、力学与其它课程交叉经验总结,教学体系的组织和改革、教材研究等各个方面。作者从不同角度对力学教学中的关键问题提出了自己的见解,论文还表明一些新的教学方法、新的思想正在不断涌现。

我们期望这本小册子能在力学与工程师培养这一重要问题上交流看法并能在中专力学教学中起到应有的良好作用。衷心地欢迎读者批评指正。

《力学与工程师培养》编辑委员会

一九九四年三月

目 录

一、力学与工程师培养

论力学与工程师培养	(1)
力学与工程技术的关系及其在培养工程型人才中的作用	(7)
借船出海,推陈出新	(13)
力学教育要适应现代工业技术的发展	(19)
厂校合作,让流体力学为纺织行业作贡献	(24)
力学在汽车生产及运行中的作用	(30)
机械类工程型人才的培养与材料力学教学	(34)
面向 21 世纪的工程教育	(43)
断裂力学与相关应用学科交叉在工程型人才培养中的实践	(48)
力学教育和思维方式的变革与更新	(53)

二、力学教学经验

关于工科力学课程质量检查评估的实践与体会	(64)
高专工程专科学校力学课程教学改革的回顾与探索	(72)
系统科学与中专力学教学	(77)
中专力学加强几何法教学的必要性与尝试	(83)
从“虚功原理”谈中专力学课中定理公式的证明问题	(89)
增强中专材料力学实验教学效果的新尝试	(94)
中专力学教学必须考虑中专学生的特点	(99)
关于启发式教学法的实践与探讨	(104)
在受力图教学中如何引导学生积极自觉地进行思维活动	(108)
少学时工程力学课程设置新尝试	(112)
折纸帮助我上好了一堂力学课	(117)
怎样提高实验在力学教学中的作用	(124)

材料力学四种基本变形内容提纲的形象化表示	(129)
材料力学中能量法的教学新法	(134)
浅谈力学教学中的德育渗透	(138)
利用现代化手段开创力学教学新局面	(143)

三、教材研究及其它

经典与现代的结合	(148)
来自英国的教材	(153)
高工专理论力学教材浅议	(161)
工科力学教学中关于力学哲学的几个问题	(166)
石油测井工程中的一个力学问题	(171)
一种新型金属切削刀具的力学分析	(180)
材料力学教材中需要更新的几项内容	(189)

一、力学与工程师培养

论力学与工程师培养

萧敬勋 李熙山

(河北工学院)

摘 要 工程师的思维能力受益于力学的思维方式,工程师的实践能力依赖于深厚的力学基础。工程师不能“有术(专业)无力(力学)”。

关键词 力学,工程师,思维能力,实践能力。

力学主要是研究工程技术的基本规律。而工程师者顾名思义即为工程之师,在工程实践活动中应“为人师表”。我国唐代著名思想家韩愈在“师说”一文中对师表曾有精辟的论述,即“闻道在先”、“术业有专攻”^[1],我认为此处之“道”,应理解为工程技术的基本规律,这就要求工程师不仅擅长所辖专业的工程技术,而且要有深厚的力学基础及其思维方式,这样才能形成“逢山开路,遇水架桥”的开拓精神,才能走在时代的前列。

工程师的实践活动有赖于其思维能力和实践能力的培养。心理学研究表明:这些能力的培养不仅需要专业知识和基础理论的“数量”,而且也取决于组成知识体系的方式。人们在解决某一实际问题时,首先要在自己的知识结构中去寻找与

目前要解决的问题有类似性的“模块”，再按某种方式组成合理的知识体系，去分析、判断、推理，搞清问题的机制、机理，使问题得到解决。因此，我认为对工程师的培养应按下述两种方式组成知识体系。一是由工程结构的基本规律出发，按照力学的思维方式来培养工程师解决问题的思维能力；二是由工程技术的学科特点出发，依靠深厚的力学基础来培养工程师解决问题的实践能力，这一论点可由筑楼、修路、架桥、造机等工程实践中予以证实。

一、工程师的思维能力受益于力学的思维方式

众所周知，力学对所要解决的问题都是由工程结构中抓取主要矛盾、提出力学模型，根据需要设计计算方法，而后再应用到各种具体的工程结构中。这一思维方式，在工程界几乎已是“约定俗成”，成为工程师形成思维能力的重要模式。如 19 世纪法国工程师布累赛(J. A. C. Bresse, 1822~1883)根据工程上使用的构件，于 1854 年提出了曲杆(小曲率杆)这一力学模型，并发表了“曲杆弯曲与抗力的解析研究”(Recherches analytiques Sur la flexion et la r'esistance des pieces Courb'es)，这一理论不仅可用来分析工程上的曲杆结构，而且也被用到拱和鱼雷艇、潜水艇的框架设计中去^[2]。在 20 世纪美国工程师特纳(M. J. Turner)等人在飞机结构的分析中以三角形单元或矩形单元的组合物来代替原来的结构，并将结构矩阵分析法扩大到平面应力问题中^[3]，此即有限元法的初创工作，后经不断地充实、完善，使得这一方法由航空工程迅速扩展到土木、水利、造船、机械等工程中去。

由此我们可以看出，曲杆也好、单元及其组合物也好，它们都是由工程结构中概括出的力学模型，这种思维是一种有

集中指向性的收敛思维,而将曲杆理论或有限元法应用于具体的工程结构则是多路奔驰的发散思维,有了这种思维方式,工程师就具备了解决实际问题的能力。

二、工程师的实践能力依赖于深厚的力学基础

工程师对结构、机器、设备等,在设计、制造、使用或运行等各个实践过程中,所遇到的问题也会根据学科特点,运用力学手段来形成知识体系将问题予以解决。

如在设计工程结构时,为了节省开支,就要少用材料、减轻重量,这就导致许用应力的增加,这只有分析了材料的力学性能和结构的应力之后才能解决这一问题。

在 18 世纪法国工程师彭西列特(Poncelet, 1788—1867)曾对建筑材料进行了一系列的力学性能实验,考虑到可能承受的动载荷,因而推荐建筑材料的工作应力不应大于其弹性极限之半^[4]。为了选择巴黎圣金尼菲夫(Sainte Genevieve)教堂立柱的合理截面,工程师高绥(Gauthey, 1732—1807)用各种石料进行抗压强度实验来解决这一问题^[5]。而英国工程师垂得柯尔德(T. Tredgol, 1788—1829)筹措了铸铁的力学性能实验,进行了研究之后,制定了设计铸铁结构的规范^[6]。

19 世纪德国工程师包申格(J. Bauehinger, 1833—1893)由钢的拉伸实验中,观察到了屈服现象^[7],并注意到超过屈服点后,卸去载荷当再次加载时会得到较高的比例极限。包申格的研究成果无疑为工程师的计算工作及许用应力的制订提供了重要的依据。为了选择制造锅炉和船用机械的合适材料,英国工程师克尔卡台(D. Kirkaldy)对钢和熟铁进行了一系列力学性能实验,他认为高的强度极限并不能表明材质的优、劣,因为这时材质尚有致密而柔韧、疏松而硬脆之分,所以克尔卡台

提出材料的截面收缩率是材料的又一重要特性,他选择了质量轻、强度高、塑性好的锻钢来代替熟铁^[8]。

铁路建设的发展时期,曾引起工程界对钢轨受力分析的关注,英国工程师巴洛(P. Barlow, 1776—1862)将钢轨视为简支梁,来研究其抗弯强度,如载荷为 P , 跨度为 l , 得出最大弯矩 $M_{\max} = 0.25Pl$, 而德国工程师文克尔(E. Winkler, 1835—1888)将钢轨视为刚性支座上的连续梁, 得出最大弯矩 $M_{\max} = 0.189Pl^{[9]}$, 工程师齐美曼(H. Zimmermann)则将钢轨视为弹性基础上的连续梁, 最大弯矩 $M_{\max} = (P/4) \sqrt[4]{4EI/K}^{[10]}$, 式中 I 为钢轨的惯性矩, E 为钢轨材料的弹性模量, K 为基础系数。为了将上述三种情况进行粗略地比较, 我们假设钢轨 $E = 207\text{GPa}$, $I = 18.31 \times 10^{-6}\text{m}^4$, 枕木间距为 l , 钢轨承受 $P_0 = 44.5\text{kN}$ 时, 枕木下陷 $S_0 = 0.76 \times 10^{-2}\text{m}$, 按基础系数的定义 $K = P_0/S_0l$, 则最大弯矩为 $M_{\max} = 0.1P^4 \sqrt{l}$, 可见此式较上两种情况算出的最大弯矩要少得多, 当人们对钢轨掌握了较精确的应力计算之后, 就可选取较低的许用应力, 或承受较大的载荷。

19 世纪中期, 工程师对动载荷在桥梁上的作用尚没有取得一致的意见时, 寻求一个移动载荷在钢制桥上的不利位置将是一个引人注目的问题。针对这一问题, 法国工程师摩尔(O. Mohr, 1835—1918)提出了影响线的概念^[11], 有了这一概念, 移动载荷在桥上的不利位置便可迎刃而解了。

由 19 世纪及进入 20 世纪之际, 机械零件在交变应力作用下, 由于疲劳而造成的意外事故成为突出的问题, 德国工程师魏勒尔(Wöhler, 1819—1914)设计、制造了疲劳实验机、进行了一系列疲劳实验, 得出了魏勒尔曲线(Wöhler's Curse)及材料的持久限, 经研究指出: 在制造轴时于不等截面处, 宜采

用圆角过渡来代替尖角过渡,这样可提高轴的使用寿命,在设计、制造其它机械零件时,这一概念也很重要^[12]。

工程师所具有的力学知识对保障机器的正常运行也是至关重要的。20世纪70年代,英国一台50万千瓦发动机的转子,由于故障电流使转子承受了5~7倍于设计的额定电流,转子因过热引起了高残余拉应力,致使转子产生裂纹(最深处达180mm),该轴是否能够继续使用,成为人们极为关切的问题。工程师斯台华特(A. T. Stewart)等人经过对裂纹沿转子分布的观察并根据断裂力学理论分析,得出裂纹扩展速率是渐渐减少的,而最终裂纹将被止住,因此仍然把带有裂纹的转子重新投入使用,并指出该轴至少可以继续使用7000小时^[13]。

三、结 语

力学与工程师培养讨论的实质是需要培养什么类型的工程人才的问题,对于人才,我认为可分为两类。

1. 再现型人才 这种人才有着熟练的专业知识,所谓“术业有专攻”,但基础理论不深,他们只能再现已学过的知识来解决多次发生过的问题或一般性的问题。

2. 开拓型人才 这种人才不仅有着熟练的专业知识,而且有着深厚的力学基础,因此,他们“闻道在先”,他们能解决首次发现的或前沿性的问题,他们的工作具有创造性或开拓性,如本文上述列举的事例。强调或忽略力学在培养工程型人才中的作用是涉及到培养什么类型的工程人才的问题。答案是明显的,工程师如果没有深厚的力学知识及其思维方式,工作起来就会“弱不禁风”,工程师不能“有术(专业)无力(力学)”!

参考文献

- [1] 隋树森等. 古代散文选. 北京: 人民教育出版社, 1963
- [2] M. Marbec. bull. Assoc. Tech. Maritime. 1908
- [3] Turner. M. J, Clough. R. W, Maritin. H. C, and Topp. L. J, stiffness and deflection analysis of complex structure. J. Aero. sci. 23, 1956
- [4] Poncelet. Introduction a la Mecanique Industrielle, Paris, 1870
- [5] Gauthey. Traite de la construction des ponts, 1809
- [6] Tredgold. T, Apractical Essay on the strength of cast Iron, 1822
- [7] Leon. A, Die Entwicklung Und die Bestrebungen der Materialprüfung, Vienna, 1912
- [8] Kirkaldy. D, Results of an Experimental Inquiry into the tensile strength and other properties of Varius kinds of Wrought iron and steel, Glasgow, 1862
- [9] E. Winkler, Vorträge uber Eisenbahnbau, prague, 1875
- [10] H. Zimmermann, Die Berechnung des Eisenbahn oberbaues, Berlin, 1988
- [11] O. Mohr, Abhandlungen, 1914
- [12] Wöhler, Z. Bauwesen, Vol. 8, 1858
- [13] (英)P. 斯坦利主编, 断裂力学的工程应用. 机械工业出版社, 1982

力学与工程技术的关系及其在 培养工程型人才中的作用

吴永端 周克印

(南京航空航天大学测试工程系)

本文目的在于探讨在当前改革开放和走社会主义市场经济的新形势下,作为具有 300 年历史的力学学科,如何在人才培养和科学研究中发挥作用,应采取的策略? 试图抛砖引玉,取得共识。

一、力学学科的性质和特点及其与工程技术的关系

17 世纪后期提出牛顿三大定律,标志着力学已形成为一门独立的学科。20 世纪以来,力学对航空航天事业的发展起着重大推动作用。近 40 年来,力学与其它基础科学、与科学技术相结合,涌现出诸如数学力学,物理化学力学、天体物理力学、地学力学、生物力学、计算力学、实验力学等等力学分支,从量变到质变占领了力学的主要舞台,形成现代力学。解决诸如动力学控制和运动稳定性、分叉混沌和耦合作用、多相流、湍流、非线性、细微观、粘弹塑性、超塑性、波动等等重大基础理论问题,同时也在土木、机械、水利、海洋、地质、地震、勘探、卫星姿态、智能机械、新型材料、计算和试验等众多工程技术中解决了很多应用问题。因此,力学既是基础学科,又是应用学科;既有古老性,又有现代性。

力学是研究力、功能和物性的学科。在认识自然过程中,上至天文、宇宙,下至陆地、海洋,从生物组织到动物器官和骨

骼受力……,无不成为力学研究的对象。力学为发展科学技术、加快四化建设、增进人民健康、提高生活素质等诸方面都作出众多的贡献。能包括机械能、热能、电能、风能、水能、太阳能、核能、光电能、生物能、化学能……。功是力的表现,功与能可转换,所以,工程技术、工艺、农艺、文化、社会生活……的形形色色无不充满着人类了解能和利用能来作功的表现。物性包括种种材料的特性,它为开发高科技用材,拓宽材料的应用范围、延长结构的使用寿命……,起着投石探路的作用。

当前,我国改革开放和现代化建设事业进入了一个新阶段,力学作为基础学科又是应用学科。在进一步解放和发展生产力,提高整体素质和综合国力,理应起到应有的作用。

二、力学在培养工程型人才中的作用

“中国教育改革和发展纲要”中指出,要基本稳定基础学科的规模,适当发展新兴和边缘学科。高等教育担负着培养高级专门人才,发展科学技术文化和促进现代化建设的重大任务。在国内外几乎所有的工程技术专业中都将力学作为必修课,有些专业还被列入专业基础课或高级选修课,它不仅在内容上,还在思维方法 and 研究问题的途径上给予工程型人才的培养以重要的启迪。因此,力学在培养工程型人才的教育中是不可缺少的。只有认识自然,才能改造自然。认识客观事物的发展规律和存在的问题,才能谋求解决的途径。工程型专门人才,必须具有发现规律、探索未来,科学思维、智力开发、实验计算、分析归纳、联系实际、结合工程、附合国情、创新务实、开拓奋进的精神和能力。力学课程的教学内容、方法和手段,必须围绕这些精神和能力作不断地改革和创新,才能满足人才培养的基本要求。

三、力学工作者面临的挑战和对策

科技的发展,促使边缘学科和交叉耦合效应的兴起;市场经济的发展,引起自由竞争浪潮的突起。国外先进技术的引进,有时会削弱传统力学研究的迫切性和需求;国民经济的全方位高速发展,引起资金短缺和基础学科研究经费的投入不足。片面强调“效益”和拜金主义的抬头,也对力学工作者(力学教育和基础性研究)产生很大的压力和冲击。

应该看到,从我国的经济实力和科技发展的现状以及力学从属于某种工程技术来发挥其作用更趋明显的今天,全国范围从事力学基础性研究的只能是少数。绝大多数应投入到与国民经济、国防建设密切相关的主战场,即偏重于搞力学的应用性。钱学森先生早在 50 年代就已指出:“任何科学研究,必须和实际相结合,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”。但至今仍有些力学工作者,注意了基础性而忽视应用性,跨学科性和发展性,从而使教学和科研陷入困境。

在当今市场经济的浪潮中,力学完全可身兼“养料”和“制成品”双肩挑的角色,自我武装,自我保护。

传统的力学领地,经几个世纪的努力,多数问题都已获得解决。如今科学技术和生产发展提出的新问题,往往需交叉和跨学科从事研究。交通、能源、管道、生物工程、材料工程、试验工程、自动化与智能、工艺与机械……,无不涉及到大量的力学问题,但必须走力学与其它学科、力学与工程技术相结合的道路。迫使我们不能仅固守原有阵地,应跨出学科门,去学习和熟悉我们原来不甚了解的内容,才能发展边缘学科和交叉学科。要将不便实用的冗长的表达式加以简化,满足工程实用

需要。力学要争取合作者。

力学与其它学科、力学与工程技术相结合,是科学发展的必然趋势。许多新生长的力学分支目前已处于初期阶段,前途无量。研究对象从单一到复杂,从理想到真实;研究方法从宏观到细、微观,从纯理论到实用,从精确解到数值解。因此,数值计算、实验研究和理论分析成三足鼎立之势。实验研究占有重要地位,计算机应用和检测技术会有飞跃发展。

近年来,计算机技术、光电子技术等的迅速发展,有力地推动了力学研究的进展,形成了计算力学、实验力学等各具特色的独立的力学学科分支。与工程应用相结合,在现代力学发展中占有日益重要的地位。

计算机技术的发展,对力学研究带来革命性的变化。这不仅因为它为力学计算提供了工具,发展了原来理论上已经成熟,但难以结合工程实际解决复杂问题的实用解;它还为与工程实际众多影响因素作综合分析的专家系统提供了手段,同时也为理论模型的创建,提供了一个效率较高的数值模拟或数值实验的手段。检测手段的进步,为实验研究提供了现场模拟、在线实时数据采集和处理系统,使人们能更深入细致地了解和认识客观实际中力学量变化的真实过程,为理论研究创造有利条件。

四、当前力学课程存在的问题和应改进的建议和措施

力学的基础性和现代性,既体现在它给予人们认识客观事物所应具有的基本概念、基本理论和基本技能,还体现在它能联系科学技术和工程应用进行多学科交叉或跨学科研究。处理好基础性和应用性的关系、古老性和现代性的关系,是当前在力学教学中所应解决的关键问题。限于篇幅,在此仅结合

材料力学加以阐述。

1. 解决教学内容、方法、手段、观念、设备的陈旧性 随着教学计划和专业设置的不断调整,时数也在不断压缩。如果不从内部挖潜和不断改革创新出发,不更改教育方法和思想,力学课程只能机械地紧缩,退守在越来越陈旧的基本内容上,削减实践环节和实验,导致与人才培养和科技发展的基本要求相脱节。

要改变传统的教育方法和观念,即满足于现有知识的简单传授和学生死记硬背、应付考试、维持性的被动学习方法,代之以培养有丰富创造力的创造性教育方法,即启发诱导、分析研究、举一反三、主动探索、概念明确、思维有序、不墨守陈规,有超前意识。考虑到当代青年的知识结构和思维能力与以前的相比要丰富并富有想象力。因此,在单位时间里可有更多的信息量,加上采用现代化教学手段,使抽象思维更富有形象化的感性认识。可用 80% 的时间来达到现有基本要求所规定的内容,余下的时间用来解决扩大应用性和现代性的初步需要。可从分析单一材料引伸到组合材料、从各向同性引伸到各向异性、从弹性引伸到塑性、从立足于静载的许用应力法引伸到动载的损伤容限法、从精确解引伸到数值解、从基本理论引伸到工程应用。

在教学方式上应改变讲课——作业——讲课的模式,向讲解——实践——思维——归纳——讲解的模式过渡。增加实验技术和计算机技术的培养要求和实践能力,推进计算机辅助教学和形象化思维教学。

由于资金有限,难以增添和更新大型设备,而招生人数又逐年增加,供求矛盾突出。有的采取竭泽而渔来弥补课时不足或避设备的不足,采取削弱实践的作法,这是不可取的。解