



力学教育的前世今生¹⁾

周宏伟²⁾

(中国矿业大学(北京), 北京 100083)

摘要 从现代力学教育体系的形成以及力学教育思想包含的要素入手, 简要回顾了力学教材的发展过程, 探讨了力学教育家的教育思想, 并指出重基础是力学教育思想的核心。

关键词 力学教育, 力学教材, 教育思想

中图分类号: O3, G642 **文献标识码:** A

doi: 10.6052/1000-0879-14-217

引言

采矿工程、土木工程、机械工程、航空航天等本科专业中, 力学历来是重要的基础和专业基础课程, 各校基础力学课程的学时数占总学时数的 10% 左右^[1]. 传输给学生什么样的力学知识(教什么)、谁来传授知识(谁来教)、如何传授力学知识(如何教), 是摆在力学教育工作者面前的重要课题, 同时也构成了力学教育思想的基本内涵. 教育思想既包含具体层面的教育理念、教育方法、教育模式、教育体系等, 也可上升到作为哲学家同时也是数学家、力学家的帕斯卡(1623—1662)提出的“人最高贵之处乃在于其思想”的境界. 简言之, 力学教育应包含教材、教师、教学法三大要素.

力学系列课程是公认的教师难教、学生难学的课程, 一成不变的教材内容容易使为师者陷入照本宣科的尴尬, 学生面对一个个远离生活与工程的知识点, 经常是雾里看花、不得要领. 有些学生上课分心甚至旷课、厌学有其深层次的原因, 但为师者枯燥乏味的讲课, 必定也是原因之一吧^[2]. 因此, 如何增加力学的魅力就成为力学教育无法回避的重要问题. 一个力学教师如果将力学课程讲授得活色生香、清澈见底、荡气回肠, 由此带给教师本人事业的成就感和身心的愉悦感是其他任何东西都无法比拟的.

力学教育大致可分为 3 个境界. 第 1 境界是入门, 掌握系统的专门知识、经历助课的历练, 走上讲台, 知道要讲什么, 就算入门了. 渴望一展才能、踌躇满志的青年才俊虽然满腔热血, 但未游刃有余, 当属入门境界; 第 2 境界是工匠, 对讲授的知识已是烂熟于心, 驾驭课堂得心应手、了解学生, 知道要怎么讲, 就算工匠了, 所谓“教书匠”是也. 经过岁月的沉淀、不断的追求, 已然人到中年、早生华发, 顿生“逝者如斯夫”的无限感慨, 但雄心犹在, 渴望再创辉煌, 渐入工匠佳境; 第 3 境界是大师, 精通透过现象看本质、透过知识看能力, 将学生的素质培养作为第一要务, 学富五车、声名远播、博古通今, 门墙桃李、遍于天下, 深谙“授人以鱼, 不如授人以渔”的教学思想, 教学活动已然进入“有就是无、无就是有”的佛家境界. 具备深邃的思想, 时时处处都能感召他人, 实现了学品与人品的高度统一, 进入大师级境界. 力学教育家当属此列.

1 力学教材与现代力学教育体系的形成

1.1 现代力学教育体系形成

力学与天文学是最早形成的两门自然科学. 从牛顿(1642—1727)时代开始, 到 19 世纪, 力学以质点、质点系、刚体、理想弹性体和理想流体为模型, 运用微积分等数学工具形成了自己完整的理论体系. 在那个名人辈出的时代, 力学的传世之作也不出其左右, 例如牛顿的《自然哲学的数学原理》(1687), 实在是伟大的天才之作, 无怪乎波普(Pope, 1688—1744)惊叹到: 道法自然, 久藏玄冥; 天降牛顿, 万物生明. 随后的《力学》(欧拉, 1736)、《流体力学》(伯努利, 1738)、《力学研究》(达朗贝尔, 1743)、《分析力学》(拉格朗日, 1788)等等, 已大体构成了力学

本文于 2014-06-16 收到.

1) 北京市精品课程、北京市优秀教学团队资助项目.

2) 周宏伟, 博士, 教授, 从事工程力学教学与科研工作. E-mail: zhw@cumtb.edu.cn

引用格式: 周宏伟. 力学教育的前世今生. 力学与实践, 2015, 37(1): 113-116

Zhou Hongwei. The previous and the present lives of mechanics education. *Mechanics in Engineering*, 2015, 37(1): 113-116

知识体系的基本框架。

系统的现代力学教育体系形成则较晚, 仅可追溯到法国巴黎综合工科学校。1789 年法国大革命后, 为了战争和建设的需要, 急需培养道路、桥梁、枪炮等方面的专门人才, 1795 年正式成立了巴黎综合工科学校, 标志着真正现代理工科高等教育的开始。法国数学家、物理学家蒙日 (1746—1818) 应邀担任第一任校长。

与个别传授体系很大不同的是, 巴黎综合工科学校成批地集中授课、分年级组织教学, 开创了现代力学教育之先河。同时学校组织出版了一批影响很大的教科书, 如泊松 (1781—1840) 的《力学教程》、普朗尼的《力学分析讲义》、纳维 (1785—1836) 的《力学在结构和机械方面的应用》等。该校还开始有了基础课与专业课的区分, 要求学生在前两年学习基础课, 第三年才开始学习专业课。后来取消了专业课的教学, 变为一所只教授基础课的基础培训学校。学生在这里上两年基础课, 然后被分入其他工程学校如桥梁道路学院、矿业学院、军事学院等。把基础课和专业课分开来, 是教育思想上的巨大进步, 培养出一大批数学和力学的巨人, 如柯西、泊松、纳维等。整个弹性力学和流体力学基础的奠定, 就是在法国学者的推动下完成的。

1.2 理论力学教材的形成与演化

牛顿开创了研究自由质点运动的力学, 由于现代机械工业与科学的发展提出了大量含约束的力学问题, 拉格朗日采用统一的方法将研究自由质点运动的力学发展到能够系统处理任何有约束的力学系统, 由此产生了《分析力学》。理论力学最早由拉格朗日《分析力学》作为开端, 其教材的历史应当追溯到巴黎综合工科学校。1811 年泊松出版了《力学教材》, 作为巴黎综合工科学校的教材, 最早奠定了理论力学教材的取材框架, 包含了静力学、质点动力学、质点组动力学、流体力学等 4 部分。后来法国的理论力学教材的各种版本基本上都是在这本教材内容的基础上改写和扩充而成的, 如 20 世纪初, 法国力学家阿佩尔 (Appell, 1855—1930) 的《理论力学》, 成为在 20 世纪有重要影响的教材。这本书在 1911 年被译为俄文, 1932 年出版的前苏联学者普赫哥尔茨著的《理论力学基本教程》大致就是按照阿佩尔的体系写成的。我国 1944 年由龙门联合书局出版的范会国著的《理论力学》也是大致按照阿佩尔的体系写成的, 是用于物理学和工程专业的教材。

从 1938 年开始到 1942 年完成的周培源的《理论力学》讲义, 是用于当时清华大学物理系的教材。

实际上, 从 18 世纪开始, 由于有关理论力学的新研究成果的不断出现, 理论力学的教材内容不断扩展。到 20 世纪初, 理论力学的教材内容已经发展到非常庞杂的地步, 包括运动学、静力学、质点动力学、质点组动力学、刚体动力学、分析力学、打击与碰撞、流体力学等 8 大块。进入 20 世纪后, 许多学校和许多学者都从不同的方向上进行改革, 将流体力学从理论力学的内容移出去, 按照专业需要专门开设流体力学或水力学。这几乎是世界所有学者的共识, 所以后来在理论力学的教学中还保留流体力学的教科书已经没有了^[3]。

随着高等学校理工科的专业分化越来越细, 理论力学也随之有了不同的分工。从 19 世纪开始, 有了主要适应机械与土木建筑专业的《工程力学》和适应一般理工科需要的《理论力学》的分工。前者主要的作用已经不是介绍力学方面的新成就新进展, 而是只介绍有关专业学习所必需的理论力学知识。

1.3 材料力学教材的形成与演化

材料力学是第一门引入变形概念和变形体的力学, 主要研究材料在各种外力作用下产生的应变、应力、强度、刚度、稳定和导致各种材料破坏的极限, 同样具有非常悠久的历史。材料力学的快速发展与成熟正好是现代蒸汽机大发展的时期, 大量的机械与结构需要鉴定材料与构件的强度。材料力学的发展得益于几个经典问题的解决。

首先是拉伸问题。通常认为, 伽利略《关于力学和局部运动的两门新科学的对话和数学证明》一书的发表 (1638 年) 是材料力学开始成为一门独立学科的标志。在该书中这位科学巨匠尝试用科学的解析方法确定构件的尺寸, 讨论的第一问题是直杆轴向拉伸问题, 得到承载能力与横截面积成正比而与长度无关的正确结论。

其次是梁的弯曲问题。早在 1620 年荷兰物理学家和力学家比克门 (Beeckman) 发现, 梁弯曲时一侧纤维伸长、另一侧纤维缩短, 必然存在既不伸长也不缩短的中性层。英国科学家胡克 (Hooke) 于 1678 年也阐述了同样的现象, 但他们都没有谈及中性层位置问题。首先论及中性层位置的是法国科学家马略特 (Mariotte, 1680)。其后莱布尼兹 (Leibniz)、雅科布·伯努利 (Jakob Bernoulli, 1694)、伐里农 (Varignon, 1702) 等及其他学者的研究工作尽管都涉

及了这一问题,但都没有得出正确的结论.18 世纪初,法国学者帕伦 (Parent) 对这一问题的研究取得了突破性的进展.直到 1826 年纳维 (Navier) 才在他的材料力学讲义中给出正确的结论:中性层过横截面的形心,并得出了正确的挠曲线微分方程式及梁的弯曲强度的正确公式,为梁的变形与强度计算问题奠定了正确的理论基础.俄罗斯铁路工程师儒拉夫斯基于 1855 年得到横力弯曲时的切应力公式,1885 年,他的同胞别斯帕罗夫开始使用弯矩图,被认为是历史上第一个使用弯矩图的人.

再次是杆件扭转问题.对于圆轴扭转问题,可以认为法国科学家库仑 (Coulomb) 分别于 1777 年和 1784 年发表的两篇论文是具有开创意义的工作.其后英国科学家杨 (Young) 在 1807 年得到了横截面上切应力与到轴心距离成正比的正确结论.此后,法国力学家圣维南 (Saint-Venant) 于 19 世纪中叶运用弹性力学方法奠定了柱体扭转理论研究的基础,因而学术界习惯将柱体扭转问题称为圣维南问题.闭口薄壁杆件的切应力公式是布莱特 (Bredt) 于 1896 年得到的;而铁摩辛柯 (Timoshenko, 1922)、符拉索夫 (1939) 和乌曼斯基 (1940) 则对求解开口薄壁杆件扭转问题做出了杰出的贡献.

经过近几十年的教材改革,理论力学、材料力学教材的精炼化使一些专门的、相对独立的课题从“百科全书”式的教材中分离出来^[4],仅包含了最基础、最普遍的内容,逐渐演化为当今的几大力学课程.

2 力学教育家的教育思想

一个好的力学家不一定是力学教育家,但力学教育家一定是一流的力学家.在力学的历史长河中,涌现了大量杰出的力学家,如:牛顿、胡克、伽利略、莱布尼兹、泊松、欧拉、柯西、铁摩辛柯、卡斯蒂利亚努、周培源、钱学森、钱伟长等等,真是灿若星河、繁星闪烁.但能够冠以力学教育家头衔的却寥寥无几,其中铁摩辛柯和周培源是公认的力学教育家,我们姑且以点带面、挂一漏万,从剖析他们的力学教育思想入手,揭示力学教育思想的一个侧面.

2.1 铁摩辛柯的力学教育思想

铁摩辛柯 (Stephen P. Timoshenko, 1878—1971) 是公认的最伟大的力学教育家之一.他出生于乌克兰,1901 年毕业于俄国彼得堡交通道路学院.之后他按规定服役一年,于 1902 年回彼得堡交通道路学院任实验讲师,一年后到彼得堡工学院任讲师.从 1903

年到 1906 年,他每年利用夏天的时间去德国哥廷根大学进修,在克莱因 (1849—1925)、普朗特 (1875—1953) 的指导下进行研究工作,深受哥廷根学派的影响.在 1907—1921 年间先后在基辅、彼得堡与南斯拉夫任教.从 1922 年铁摩辛柯到美国费城振动专业公司,第二年到匹兹堡威斯汀豪斯电器公司从事力学研究工作.从 1928 年起他在美国密歇根大学、1936 年到斯坦福大学任教,讲授静力学、材料力学和弹性理论,并组织每周一次的大学生讨论.直到 1955 年他 75 岁高龄时才决定减少讲课时间,将主要精力用于修订和编写教材.

铁摩辛柯是一位力学教育家,他培养了许多研究生,还编写了大量适合于大学力学教学用的优秀教材,计有《材料力学》、《高等材料力学》、《结构力学》、《工程力学》、《工程中的振动问题》、《弹性力学》、《板壳理论》、《弹性系统的稳定性》、《高等动力学》、《材料力学史》等 20 多部.这些教材影响很大,被翻译为世界各国的多种文字出版,其中大部分有中文译本,有些书至今仍被教学采用.一般国内用的教材,大多是铁摩辛柯在 20 世纪 50 年代写的教材,而这本教材是取材于作者 1914 年的同名教材写成的.

2.2 周培源的力学教育思想

周培源 (1902—1993) 先生自 1929 年 27 岁出任清华大学物理系教授算起,到 1993 年去世,在大学的教学岗位上共工作了 64 个年头.这 60 多年中,无论是在作为一名普通教授,还是他担任繁重的行政工作,他始终没有脱离教学第一线.

周培源教授不仅是一位教学工作的实践者,同时是教育界的一位组织者、领导者,是我国杰出的教育家.周培源在教育和科学研究中,一贯重视基础理论,教学过程中积累了丰富的教学和办学经验,形成了自己的教书育人风格和办学思想、办学理念.其中最突出的是以他自己的学识、见解和治学、做人之道等人格魅力,被人们称为“桃李满园的一代宗师”,为我们留下了一笔宝贵的财富.总结起来,他的教育经验和教育思想就是:重视基础、尊重教师和因材施教^[5].

在教学上重视基础理论,是周培源的一贯主张.周培源教授在教学中总是把本学科中最重要的内容教给学生.他说:“只有掌握好自然规律,即深入了解客观事物的内部联系,才能提出自己分析问题和解决实际问题的见解.掌握好自然规律的具体要求

是：能够正确理解和解释自然规律，运用自然规律，并探索新的自然规律。”

1981年4月，周培源教授在《人民日报》上发表了一篇题为《访美有感》的文章，第一次喊出了“教师是学校的主体”。周培源的文章在教育界产生了很大的反响。周培源说：“我认为，一所大学办得好与不好，其水平如何，它的绝对因素或根本标志之一乃是这所大学的教师阵容。教师是学校的主体，古今中外，绝无例外。”他还说：“一所好的大学，必须有严选良师的办法和传统，必须有选拔人才的条件。否则，人才就会在死水一潭中被埋没掉。”这些远见卓识即使到今天也体现出重要性和深刻性。

周培源在教学活动中，始终贯彻了因材施教的理念。据他的学生钱伟长(1912—2010)回忆：“周培源教授是当年最年轻的教授，他主讲理论力学，还担任高年级的相对论、电动力学、统计力学等理论物理的课程。在讲课中鼓励学生随时提问，甚至展开热烈讨论。记得在讲滑轮时，曾展开猴子爬滑轮问题的辩论，一连两堂没有讲课只是展开讨论。这样用一个普通的有趣的问题，使每一个学生深入了解动力学和静力学的本质差别，从而缩短了其他章节的讲解时间，这种讲课方法，很受同学们的欢迎，使同学们感受到这种讲授过程贯彻了民主精神，增强了学生学习的自尊心和自信心。同学们普遍认为这样启发引导同学主动钻研问题是好得。”周先生的教学是帮助学生往前跑，能跑多快就跑多快，尽每个人的能力跑。在科学与现代工业落后的时代，他们师生二人是最深刻地认识到力学对发展现代工业和现代科学重要性的学者，因而也是自始至终在国内奋斗进行力学教学与研究并取得重要成果的学者。

周培源从事高等教育工作60余年，培养了几代知名的力学家和物理学家。早期学生中王竹溪、彭桓武、林家翘、胡宁等都成为著名的科学家。“善教者，使人继其志”。他在教育上所以能够取得那样辉

煌的业绩，培养了我国数以千计的力学和物理专门人才，和他先进的力学教育思想是密不可分的。

3 结语

力学从形成独立的学科经历了300余年的发展历程，其学科分支越来越多、也越来越注重与具体工程的结合，当今力学的学科前沿似乎已湮灭于工程技术科学发展中，成为众多工程技术科学的横断科学，但无论如何仍改变不了力学作为基础科学属性的事实。因此，重基础是力学教育思想的核心。力学教育应帮助学生构筑力学知识体系的基础环节，既要注重基础力学的系统性，又要让基础力学呈现丰富多彩的一面，并将自己的科研课题融入教学活动中，加深对基础力学内涵的理解。

致谢 多次聆听武际可教授的讲座，拜读了武教授的博客(<http://blog.sciencenet.cn/u/武际可>)，感谢武际可教授对本文的启发、指导与修改建议。爱课程网上观摩了蒋持平教授的授课视频，还聆听了胡海岩、朱克勤、王敏中、隋允康、李俊峰、殷雅俊、黄克服等教授的讲座，深受启发，一并致谢。在本文构思、撰写的一年多时间里，从百度百科、维基百科等信息平台上引用了一些资料，对于涉及的文献资料和相关作者除一并致谢外，也敬请谅解不能逐一提及和引用之误。

参考文献

- 1 黄再兴, 胡海岩. 国内外大学工科专业力学课程设置情况对比. 力学与实践, 2003, 25(1): 72-73
- 2 周宏伟. 浅谈基础力学教学中的人文因素. 力学与实践, 2007, 29(1): 79-80
- 3 武际可, 林文惠. 理论力学教材的发展趋势. 力学与实践, 2005, 27(4): 65-67
- 4 武际可. 对于力学教材的几点看法. 力学与实践, 2000, 22(6): 69-72
- 5 武际可. 力学史. 上海: 上海辞书出版社, 2010

(责任编辑: 胡漫)