

# 教研型高校结构力学课程建设探析

徐士代

(安徽工业大学 建筑工程学院,安徽 马鞍山 243000)

**摘要:**结构力学是土木工程专业中的主干专业基础课程。介绍了结构力学在土木行业重要地位的由来、结构力学核心知识点发展历史和当代结构力学教学的新进展。分析了教研型高校禀赋对结构力学课程建设的影响和要求,探讨适合教学研究型大学提高结构力学课程教学效果的途径,提出了“以生为本”、多元化成才、面向工程实践、注重能力培养的课程建设目标。

**关键词:**结构力学;教研型高校;禀赋;课程建设

**中图分类号:**TU311      **文献标志码:**A      **文章编号:**1005-2909(2010)03-0075-04

## 一、结构力学教学简介

### (一)结构力学在专业中的地位及由来

土木工程专业的结构力学本科课程一般开设在第四、五学期,主要相关的先修课程有力学、数学,如理论力学、材料力学、高等数学、线性代数、概率论与数理统计初步等,专业后续相关课程主要有结构设计类课程,如混凝土原理与设计、钢结构原理与设计、建筑结构检测、多高层建筑结构设计、结构抗震原理与设计、基础工程、桥梁工程等,在专业培养计划中起着核心作用,并在建(构)筑物结构设计与施工、健康检测、加固与改造等土木建筑作业中起着指导作用,是土木专业本科生培养质量的一块试金石。大二学生在初次接触结构力学时,对结构力学为什么具有这种专业地位认识不足,从而影响学习的主动性。中国高校培养土木工程专业本科生侧重于掌握结构设计、施工,而安全、便利、经济的建(构)筑物设计与施工,要保证建(构)筑物的骨架(传力路线)满足刚度、强度、稳定性、可靠性要求,这正是结构力学课程的主要内容(研究超静定结构在静、动力作用下的内力、位移、稳定性)。因此,结构力学在专业中的重要地位是由土木建筑工程界作业对象决定的。

### (二)结构力学其核心知识点发展历程

按照100学时左右开设的结构力学,核心内容包括几何组成分析、超静定(静定)结构内力位移计算、影响线、结构动力计算,“极限荷载、结构稳定性”章节作为重要补充内容对于土木工程的不同方向,在讲授要求上不同。常见的本科教材在编写上基本是按照两条线进行,即牛顿经典力学和由牛顿力学发展而来的能量原理。1687年牛顿在《自然哲学的数学原理》中系统阐述了牛顿运动定律和万有引力定律,在这些定律的基础上引入必要的数学知识,至此,在19世

收稿日期:2010-04-20

作者简介:徐士代(1974-),男,安徽工业大学建筑工程学院副教授,主要从事土木工程抗震与防灾减灾

教学与研究,(E-mail)daixs408@yahoo.com.cn。  
欢迎访问重庆大学期刊社 <http://qks.cqu.edu.cn>

纪就能够推导出前述结构力学全部的核心知识点。部分结构力学教材以能量原理(方法)为隐含主线<sup>[1]</sup>,该原理(方法)能够有效整合并统率传统结构的全部核心知识点,并对计算结构力学的发展提供力学理论基础。在结构力学课程中出现的能量原理(方法),主要有虚位移原理、虚功原理、卡氏定理、势能原理和余能原理。1717年 John Bernoulli 提出虚位移原理,1864年英国人 Maxwell 提出位移互等定理,为计算结构位移的单位荷载法奠定基础,并为连接静定结构与超静定结构内力计算提供条件;1879年意大利人 Castigliano 提出卡氏定理,1889年德国人 Engesser 提出余能原理,势能原理在以上时期也得到发展<sup>[2]</sup>,余能原理和势能原理分别是力法和位移法理论推导的基础。20世纪中叶能量原理和方法得到突破性进展,与计算机技术结合推动计算结构力学发展,如以矩阵位移法、有限元法为基础的大型工程计算软件 PKPM、ANSYS、Sap 等,在土木工程界得以广泛应用。通过对结构力学核心知识点的梳理,能够使学生了解结构力学发展历程和方向,从而克服畏难心理并树立“温故而求新”的科研探索意识。

### (三) 结构力学在本科教学上的进展

结构力学在本科教学上的进展,与结构力学学科核心知识点和计算机技术的发展紧密相随,在教学内容、教学方式、教学改革等方面与20世纪90年代以前相比,获得了长足进展。

在教学内容上,结构力学逐渐向传统结构力学、计算结构力学、定性结构力学分化。结构力学核心知识点理论的完备和计算机理论技术的飞速发展,推动计算结构力学、定性结构力学快速发展。在传统结构力学讲授上,几何组成分析、静定结构内力位移计算、力法、位移法、结构动力计算等章节属于“双基”要求部分得到保持;超静定结构内力渐进计算章节,由于计算结构力学的广泛应用而重要性降低;矩阵位移法与计算结构力学联系紧密得到加强;从另一角度上看,专业顶级名校更多地基于能量原理(方法)诠释传统结构力学。计算结构力学侧重于结合结构力学原理开发计算机技术,目前在许多高校作为一门独立课程出现,以能量原理为力学基础编制的大型工程计算软件是计算结构力学在工程上的广泛应用,完成手算无法想象的计算量。力学原理、优化建模、工程经验参数选取、合理程序设计是该门课程

讲授的核心知识。定性结构力学侧重于培养以力学知识为背景对工程做快速定性判断的能力,与计算结构力学对应出现,在工程概念设计、计算模型与计算结果判断、工程结构的力学特性估测等方面培养定性分析能力<sup>[3]</sup>,建模竞赛与案例库建设在该门课程的建设与推广上发挥重要作用。

在教学方式上,课堂教学从板书方式发展到课件为主辅以板书的方式,增大了信息量并提高了效率,从传统的课堂教学发展到结合实验、实训、工程实践等进行案例教学;结构力学精品课程建设和网络资源的广泛使用提升了国内专业教学质量。面向土木工程实践的“力学+结构设计”课程组群建设(综合理论力学、材料力学、结构力学、弹性力学、土力学与土质学、基础工程、结构设计等)是本科教学改革的重要方向。

## 二、教研型高校禀赋对结构力学课程建设影响

“研究型、研教型、教研型、教学型”是国内流行的高校办学层次分类类型,教研型高校主要培养硕士、学士<sup>[4]</sup>,各高校享有的禀赋基本上与该分类相一致。国内土木专业的名校大多属于前两类,在教学理念、教材建设、科研实践能力培养等方面引领国内的结构力学课程建设方向。教研型及以下高校,承担着高校扩招后土木工程专业主要的扩招本科生,原本就相对薄弱的禀赋再度被扩招的学生人数所稀释。因此在参考先进结构力学课程建设经验的同时,教研型高校应充分考虑禀赋差异带来的影响。

### (一) 生源

教研型高校土木工程专业多属于一本招生,学生具有相当水准的智商、情商、知识储备,同一所高校的学生入学成绩差别很小。经过1年多的大学生活,由于学习成绩、专业认同与认知、学习劲头、职业规划等方面出现较大的差异,学生在结构力学课程的学习上,同届学生内部表现出很大的异质性。首先,学习内容侧重上的异质化,虽然核心专业内容(静定结构、超静定结构内力计算、结构动力计算)一致,但是土木工程专业开设方向较多,不同方向有不同的侧重点,如建筑工程方向在极限荷载内容上,道路与桥梁方向在影响线内容上,钢结构在结构稳定理论内容上,各自要求不同。在计算结构力学、定性结构力学内容的学习上,由于课时和兴趣等原因,学生掌握效果的差异更大。其次,学以致用目标的异质化,部分学生选择考研,部分学生选择就业,在严格按照教学大纲要求进行讲授的基础上,课堂教学

应体现考研入学要求和专业注册认证要求上的异质性。第三,学生在主动学习能力上、学习习惯上的异质化,结构力学具有理论体系严谨、计算技巧灵活的特点,要求学生抽象思维与定量计算紧密结合,在强调主动学习的大学学习氛围下,同级学生在学习效果上出现很大差异。在以上所述的学员异质化方面,教研型大学与其余3类大学相比更加突出,对结构力学课程建设影响显著。

### (二) 教学队伍

教研型大学一般属于省(部)属重点建设及以上的大学,拥有较强的师资队伍,结构力学作为土木工程专业主干专业基础课程,多数专业教师具有讲授该门课程的能力,结构力学精品课程也在多数该类高校中得到建立,但是在教师队伍建设上仍待改进。首先,开课教师偏少,一届学生一般在4~6个自然班(140~210人),而结构力学教师在1~2人,教师面对高异质化的大班学生,课堂教学效果难以保证,个别辅导、课后答疑、作业批改、实践教学等必要的教学活动也只能简单进行。其次,教师团队合作不足,结构力学作为主干专业基础课程,不仅需要该门课程教师之间的研讨合作,与后续课程(尤其是设计类课程)教师研讨合作十分必要,这种课程组群层次上的科研与教研团队合作,有助于计算结构力学、定性结构力学课程建设,从而全面提高结构力学课程建设。第三,结构力学教师领军人物稀缺,也缺乏培养该类教师的土壤。课程的发展已经超出了传统结构力学范畴,计算结构力学和定性结构力学的出现呼唤融力学原理、计算机技术、工程应用于一体的领军人才,教研型高校培养着中国大部分应用型土木本科生,领军人物的缺失使这些学生基本不能分享结构力学前沿教学成果。第四,与校外合作与交流少,由于资源有限,参加校际间结构力学活动少,这对教师的教育力增长十分不利。

### (三) 其他

教研型高校在结构力学课程教学基本硬件上获得了长足的进步,如多媒体教室、计算机房、土木结构实验室、大学生实训中心、实习基地等,如果这些硬件得到有效利用,则有力充实结构力学实践教学,并对加深理解课堂理论教学有重要作用。教研型大学土木专业在科研活动、服务地方社会等方面每年发挥巨大作用,把部分科研成果、工程实例整理后带入结构力学教学中,进行案例教学,如建筑结构健康监测与评估、加固与改造等工程项目大量用到结构

力学原理和计算,一个合适的案例即可综合力学建模、定性分析、超静定结构内力计算(近似计算和软件计算)、动力学计算、模糊优化设计概念等结构力学知识点<sup>[5]</sup>,这种工程案例教学不仅能提高学生在学习结构力学的兴趣,而且对培养学生的科学思维与实践能力有益。教研型高校应利用现有禀赋,调动师生的积极性,促进结构力学课程建设。

### 三、课程建设探索

本科阶段的结构力学课程建设,重点在于把与科研、工程实践相结合的结构力学核心知识体系传授与学生,拓展学生的科研思维疆界,锻炼学生的科研方法论和动手实践能力,既要跟踪国内外教学、科研、工程实践的前沿成果,加大合作与交流的力度,又要结合本校禀赋,深挖内部潜力,为促进结构力学发展、培养优质人才而努力。

#### (一) “以学生为本”、多元化成才目标的教学理念

教研型高校土木工程专业学生的异质化程度较高,在结构力学的学习要求上,应考虑到这种差异,树立“以学生为本”的多元化成才目标的教学理念。在教学内容上,传统结构力学核心知识点仍然是主要讲授内容,可以结合学生所选的不同专业方向进行个别章节重点讲解;在课堂教学上,应改变以“教师为本”、以“学科为本”的方式,在提升讲课技巧之外,应加强对学生的过程指导,既要“授人与鱼”,又要“授人与渔”,更要培养学生主动“寻鱼”的意识;在课程考核上,既要从严要求又要灵活,结构力学研究土木建筑结构物的承力骨架,一旦出现错误造成严重后果,为了培养学生严谨、负责的工程意识,结构力学课程考核必须严格,考核的方式可以灵活,如以闭卷考试的成绩为主、辅以平时成绩(出勤、作业、课堂提问、实验等)和工程案例分析报告成绩;在注重对学生进行基础知识、基本能力培养的同时,结构力学的教学还要兼顾考研和专业认证等提高性要求,这对于实现多元化成才目标具有现实意义。

#### (二) 锻造结构力学教师队伍

结构力学作为重要的专业基础课程,需要一支数量充足、教育力强、团队协作的结构力学教师队伍。从任课教师数量上看,一名教师所带班级不宜超过2个(70名学生以下),否则“以学生为本”没有实现的基本条件。结构力学教师的教育力与教师的责任心、指导技巧、业务能力密不可分,与其他课程相比,结构力学具有课后教学任务繁重的特点,如个别辅导、答疑、批改作业、考研辅导、实验准备、案例构

思等,需要教师付出大量时间和精力完成这些无硬性规定的工作,责任心显得十分重要;指导技巧在结构力学教学中起着桥梁作用,适宜的指导技巧能够让学生快速、准确、深入地领会讲授的重点,观摩名师教学、了解学生情况可以有效提高教师指导技巧;教师的业务能力与掌握结构力学理论知识、科研活动、工程实践活动紧密相关,扎实掌握传统结构力学知识点,把科研活动和工程实践案例引入到计算结构力学和定性结构力学教学中,是提高教师业务能力、培养结构力学领军人物的可行路径。团队协作在结构力学教师队伍建设中具有重要作用,它可以集思广益、相互启发激励,有效整合力学、结构设计教师资源,从而促进结构力学教师队伍开放式发展。

### (三)立足实际、跟踪先进的教学大纲体系

教研型高校主要培养应用型人才,在制定结构力学课程教学大纲时,应立足于本校实际。对于传统结构力学部分,几何组成分析、静定结构内力位移计算、力法、位移法、结构动力计算等“双基”章节应做重点要求,适量章节采用能量原理(方法)诠释。对于计算结构力学和定性结构力学,由于多数教研型高校的土木工程专业培养计划中不作为必修课程,可把这两门课程作为校公开选修课或者系列讲座,把计算机技术在结构力学中的应用与前沿研究、结构力学在工程中定性应用案例讲授给学生。传统结构力学、计算结构力学和定性结构力学组成一只结构力学“珊瑚树”,前者是树干,后两者是珊瑚虫,教研型高校的结构力学教学大纲体系,应该是生长的、完整的珊瑚树。

### (四)面向工程实践、注重能力培养的教学改革方向

教研型高校的工科办学尤其要面向工程实践,结构力学作为专业基础课程,与建筑结构设计、健康监测与评估、加固与改造等土木工程实践密切联系,这些工程实践中的案例、模型对于提高结构力学课堂教学效果作用很大。在运用结构力学知识解决具体工程实践案例时,学生会发现与教材上例题不同,有许多待定项需要自己确定,如约束、荷载、材料特性值( $E$ 、 $I$ 、 $A$ )如何确定,这些值对于计算结果的影响是偏保守还是偏风险,力学模型如何合理简化,计算分析结果如何验证等。通过这些案例、模型教学,引导学生认识理论与实践之间的相互作用,培养学生的学以致用意识、辩证思维能力、主动认知能力、可持续发展能力、团队合作能力、实践创新能力等关键素质。

### 参考文献:

- [1]龙驭球,包世华. 结构力学(第2版),北京:高等教育出版社,2008.
- [2]杨迪兄. 结构力学发展的早期历史和启示[J]. 力学与实践,2007(6):83-87.
- [3]袁驹. 一个基础 两座大厦[J]. 力学与实践,1998(4):56-58.
- [4]杨兴林.“四分法”理论的重新审视与中国高校分类的再思考[J]. 高教探索,2007(1):55-58.
- [5]王光远. 论不确定性结构力学的发展[J]. 力学进展,2002(2):205-211.

## Course construction of structural mechanics in teaching and research universities and colleges

XU Shi-dai

(College of Architecture and Civil Engineering, Anhui University of Technology, Maanshan 243000, P. R. China)

**Abstract:** Structural mechanics is a specialized and fundamental course in civil engineering specialty. The paper introduced the reason of its key status, the development history of main structural mechanics theories, and progress of structural mechanics teaching. The influences and requirements of endowments in teaching and research universities and colleges on structural mechanics course were analyzed. An appropriate approach to improve the teaching effect of structural mechanics was discussed, and the object of structural mechanics course construction was proposed, which is student-oriented, diversified talent training-oriented, engineering practice-oriented, and capacity building-oriented.

**Keywords:** structural mechanics; teaching and research universities and colleges; endowment; course construction

(编辑 周虹冰)