

# 面向卓越土木工程师培养的结构力学教学改革与实践

周臻, 陆金钰, 尹凌峰, 缪志伟

(东南大学 土木工程学院, 江苏 南京 210096)

**摘要:**文章分析了结构力学教学在卓越土木工程师培养中的重要地位及存在的不足,指出了结构力学教学改革的目标和思路,结合教学实践提出了引入趣味结构力学知识、融入工程背景及典型案例分析、开展结构力学课外知识讲座、进行结构模型设计与制作4项具体措施。通过调查反馈对改革措施和效果进行了实证分析,并从优化课程教学内容、开展系列专题讲座和构建研学实践平台3个方面提出了教学改革设想。

**关键词:**结构力学;卓越工程师;教学改革

中图分类号:TU311;G642

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2012)04-0074-04

《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010-2020年)》和《国家中长期人才发展规划纲要(2010-2020年)》明确提出:将“卓越工程师教育培养计划”列为未来10年内中国全日制工科高等教育的重大改革项目<sup>[1]</sup>。土木工程是工科中的传统专业与基础专业,其内容涵盖建筑、桥梁、地下空间等方向,构成了基础设施建设最重要的行业。如何顺应国际高等教育的发展趋势与工科高等教育的发展需求,在未来10年内成功实施土木工程行业的“卓越工程师”计划,培养大批高质量土木工程技术人员,已成为目前土木工程教育亟待解决的问题。

## 一、结构力学教学改革的必要性

在土木工程专业课程设置体系中,结构力学课程具有不容置疑的重要地位,是联系基础力学课程与工程设计课程的纽带,是从力学基本理论过渡到工程实际应用的重要桥梁<sup>[2]</sup>。在各个高等工科院校土木工程专业的教学计划中,均将结构力学视为最重要的专业基础课,同时也是大部分高校招收土木工程专业研究生时重点考试和考察的课程。

传统的结构力学课程强调结构的定量计算和求解能力,这在计算机数值分析技术尚不发达的情况下值得肯定。但随着结构分析技术的突飞猛进,工程实际中复杂结构的定量分析大多借助于专用的分析软件和先进的数值计算方法进行,在此背景下,精确的定量计算和求解能力并不是衡量一名优秀土木工程师的最重要依据<sup>[2]</sup>。实际工程中需要的更应是力学概念清楚、工程思维

收稿日期:2012-02-03

基金项目:“结构力学国家精品课程”项目和东南大学教改重点项目“面向卓越土木工程师培养的结构力学创新教学模式”支持

作者简介:周臻(1981-),东南大学土木工程学院副教授,博士,主要从事空间结构力学分析,(E-mail) seuhj@163.com。

性强、结构创新意识浓厚的优秀技术人员。换言之,能够将力学概念与实际工程进行紧密联系、有效融合,进而在概念分析基础上进行合理结构创新的卓越土木工程师。这恰好与“卓越工程师教育培养计划”中“强化培养学生的工程能力和创新能力”特点和要求高度吻合。

为适应卓越土木工程师培养需求,应在传统结构力学教学的基础上进行改革,适度弱化计算能力方面的培养,突出概念分析与工程思维能力培养,并探索出适合、有效的教学方式,以形成集知识性、趣味性、工程性和思维性于一体的面向卓越土木工程师培养的结构力学创新性教学模式。

## 二、结构力学教学改革思路与实践

基于以上分析,笔者认为结构力学教学改革应以充分激发学生学习兴趣为基础,围绕力学基本概念及其科学运用这条主线,以工程实践为背景,工程思维与创新实践能力培养为根本目标。为此,在经典结构力学教材内容与传统课堂教学方式的基础上,笔者在教学实践中尝试引入了如下改革举措。

### (一) 引入趣味性结构力学内容

针对经典结构力学教材内容中的主要概念,融入了相关的一些趣味性知识内容(如表1),以充分调动学生的学习兴趣 and 积极性。

表1 各教学章节的相关趣味性内容

教学章节	部分相关趣味性内容
几何组成分析	“十七孔桥”之几何不变性分析 <sup>[3]</sup> 、“刚片等效替换”分析复杂体系、“瞬变体系”之力学特性
静定结构内力计算	中间带铰杆件的活用叠加法、对称结构受力特点的利用、剪力图与弯矩图的几何数学关系、弯矩图速绘技巧
结构位移计算	弯矩图乘的加法与减法、弹簧支座的位移计算、桁架杆件与弹簧的等效替换、制造误差与温度作用的等效、“拉不直”的桁架 <sup>[3]</sup>
力法	取半结构简化的诀窍、自由项与系数的不同基本体系、弯矩图“闭合环路”积分为零的妙用
位移法	抗侧刚度串并联的电工学模拟、桁架结构的典型方程法、判断复杂牵连位移的瞬时中心法 <sup>[4]</sup> 、不能定向的“定向”支座、剪力静定杆的侧移未知量哪去了
渐进法和近似法	转动刚度与传递系数的灵活应用、力矩分配法能否求结点转角、中间带铰杆的转动刚度与传递系数、带弹簧支座杆的转动刚度问题
影响线	定向结点机构位移的几何特征、多层静定结构影响线绘制的机动法、关于影响线的“微分关系” <sup>[3]</sup> 、超静定结构影响线形状及最值位置的快速确定方法

### (二) 分析工程背景及典型案例

结合各章知识点和基本力学概念,在导入新知识内容前,通过图片、视频和动画等动态元素,创设实际工程情境,从而引出本部分教学内容对应的工程任

务,以充分激发学生的学习动机。在相关理论知识点讲解完毕,通过典型的工程案例分析进行强化,让学生在潜移默化中将工程思维渗透到结构力学的学习过程中。各教学章节部分相关工程背景举例如表2。

表2 各教学章节部分相关工程背景举例

教学章节	部分相关工程背景
几何组成分析	几何可变体系应用之攀达穹顶和荷载缓和体系 <sup>[3]</sup>
静定结构内力计算	工程中的拱结构与悬索结构、不同类型工程桁架受力之比较
力法	工程结构温度效应与约束刚度的关系、预应力—主动利用制造误差的经典工程案例、工程结构材料收缩与徐变的等效分析、系杆拱桥与弦支体系的自平衡特性
位移法	一个真实的“半结构”、超长混凝土结构减小温度应力的措施、厂房排架纵向支撑与高层建筑框—剪结构纵向剪力墙的设置原则、烟囱和管道在内部温变作用下的变形与内力 <sup>[5]</sup>
渐进法和近似法	复式刚架的近似计算、水平荷载作用下厂房排架近似计算、矩形衬砌在土压力作用下的内力计算 <sup>[6]</sup>
影响线	吊车荷载作用下厂房排架的受力计算、桥梁结构横向分布系数概念、建筑结构活荷载的最不利布置
综合案例分析	输电塔是被大雪压塌的吗? 唱凯决堤工程事故分析、上海莲花河畔景观大厦整体倒塌之迷等,预应力如何减小甚至消除混凝土梁的弯矩

### (三) 开展结构力学课外知识讲座

邀请学校名师开展了“怎样学好结构力学”的学习方法讲座;邀请外校名师开展了“卓越工程师概念分析能力的培养”的课外研学讲座;邀请课程组教师开展了“结构力学与工程结构抗震减灾”的前沿知识讲座。通过知识讲座拓展了学生的思维眼界,丰富了学生的知识结构,促使学生对结构力学与工程实际的联系进行深入思考。

### (四) 结构模型设计与制作

为提高学生对结构力学概念的应用和工程实践能力,在课外教学中引入了结构模型设计与制作。首先,针对结构在移动荷载作用下的受力分析,要求学生根据命题要求,利用有机玻璃设计和制作桥梁结构,并通过手拉小车施加移动荷载。此外,针对近年来全球范围内地震频发所导致的大量工程结构事故,要求学生利用木材制作一个多层房屋结构,在各层通过铁块施加附加质量,并通过实验室振动台施加汶川地震荷载,让学生近距离感受地震对于结构的破坏作用,初步了解如何通过合理的结构力学知识设计具有良好抗震性能的工程结构。

## 三、结构力学教学改革措施和效果的实证分析

在初步实施上述教学改革思路后,发放问卷,了解学生对改革措施和效果的反应(表3)。82.5%的学生认为结构力学很有趣,但同时66.25%的学生认为结构力学难懂,这充分体现了结构力学趣味性较强但同时思维性亦要求较高的特征;绝大部分学生认为各项改革举措都有必要,其中对趣味知识、工程背景和模型实践的需求最为突出;82.5%的学生认为教学改革有助提高学习兴趣,75%的学生认为教学改革对学习有帮助,同时对于教学的总体满意率为97.5%,教学改革取得了初步成效。

## 四、改革设想

### (一) 优化课程教学内容

由表3调查结果可知,学生对于结构力学的趣味和工程知识有较大需求,但目前的结构力学教学课时较为有限,两者之间存在一定矛盾。如何优化经典结构力学教学内容,使之与趣味性和工程性补充知识有效融合,让学生在掌握基本力学概念的基础上,充分增加学习兴趣,锻炼工程思维能力,也是进一步改革的重点。

表3 结构力学教学改革措施和效果反馈

问题	回答选项	占比
1. 您认为结构力学课程	很有趣	41.25%
	有趣	41.25%
	一般	16.25%
	没有趣	0.00%
	很没有趣	1.25%
2. 您认为结构力学课程	很难懂	16.25%
	难懂	50.00%
	一般	30.00%
	不难懂	3.75%
	很容易	0.00%
3. 您认为是否有必要在结构力学教学中引入一些趣味结构力学知识	很有必要	40.00%
	有必要	53.75%
	一般	6.25%
	没必要	0.00%
	很没必要	0.00%
4. 您认为是否有必要在结构力学教学中增加相关的工程背景或案例分析	很有必要	32.50%
	有必要	56.25%
	一般	7.50%
	没必要	3.75%
	很没必要	0.00%
5. 您认为是否有必要开展课外结构力学知识讲座	很有必要	26.25%
	有必要	43.75%
	一般	27.50%
	没必要	2.50%
	很没必要	0.00%
6. 您认为是否有必要在结构力学课外引入结构模型设计与制作	很有必要	41.25%
	有必要	43.75%
	一般	15.00%
	没必要	0.00%
	很没必要	0.00%
7. 您认为本学期结构力学教学中的改革尝试是否有助于提高您的学习兴趣	很有帮助	36.25%
	有帮助	46.25%
	一般	13.75%
	没帮助	3.75%
	很没帮助	0.00%
8. 您认为本学期结构力学教学中的改革尝试是否对您的学习有帮助	很有帮助	30.00%
	有帮助	45.00%
	一般	22.50%
	没帮助	2.50%
	很没帮助	0.00%
9. 您对本学期结构力学教学的总体评价	很满意	61.25%
	满意	36.25%
	一般	1.25%
	不满意	1.25%
	很不满意	0.00%

### (二) 开展系列专题讲座

表3调查结果中有70%的学生觉得有必要开展课外讲座,但仍明显低于其他三项改革举措,这与初

次开展结构力学讲座的主题针对性不强、系统性不够有关。在进一步的改革举措中,应针对教学过程中学生感兴趣的主体,由浅入深、分层次开展系列专题讲座,以进一步提高讲座效果。

### (三) 构建研学实践平台

表3 调查结果中有 41.25% 的学生认为在课外引入结构模型实践很有必要,居 4 项改革措施之首。这充分体现了学生对工程研学实践的渴望。但目前引入的结构模型实践仍以集中和教师命题式为主,开展的时间和形式有一定局限性,还不能充分锻炼概念应用和工程实践能力。在今后的教学改革中,应着重构建柔性开放式结构力学研学实践平台,针对教学内容设计多个模拟工程实践项目,供学生自主选题并可随时开展研学活动,使学生将力学概念与工程实践的联系常态化,从而真正实现工程思维

能力与创新实践能力的培养。

### 参考文献:

- [1] 林健. 卓越工程师教育培养计划通用标准研制[J]. 高等教育研究,2010(4): 21-29.
- [2] 周臻,尹凌峰,缪志伟. 基于首要教学原理的结构力学教学过程重构[J]. 高等建筑教育,2011(5): 59-64.
- [3] 黄达海,郭全全. 概念结构力学[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2010.
- [4] 单建. 趣味结构力学[M]. 北京:高等教育出版社,2008.
- [5] 朱慈勉,张伟平. 结构力学[M]. 2版. 北京:高等教育出版社,2009.
- [6] 朱慈勉,郭志刚,张伟平. 概念力学分析中的延拓方法[J]. 力学与实践,2011,33(4): 61-62.
- [7] 龙驭球,包世华. 结构力学 I—基本教程[M]. 2版. 北京:高等教育出版社,2006.

## Teaching reform and practice of structural mechanics towards eminent civil engineer training

ZHOU Zhen, LU Jinyu, YIN Lingfeng, MIAO Zhiwei

(School of Civil Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, P. R. China)

**Abstract:** The importance and deficiency of structural mechanics teaching in eminent civil engineer training is analyzed. The objective and thought of structural mechanics teaching is presented, and four concrete and practical teaching measures are advised, including introducing interesting structural mechanics knowledge, incorporating engineering background and typical example analysis, organizing extra-curriculum knowledge lectures, and developing structural model design activity. The reform effect is analyzed through investigation feedback. The further teaching reform scheme is presented through three aspects: optimizing course teaching content, developing series special topic lectures, and constructing research and study practice platform.

**Keywords:** structural mechanics; eminent engineer; teaching reform

(编辑 梁远华)