

# 《工程力学》案例式教学的探索和实践

## ——以土木工程专业为例

聂小春 罗钧 陈世崑 李定玉 郑恒伟  
重庆科技学院建筑工程学院

**[摘要]**《工程力学》是土木类专业的重要基础课程之一,该门课程概念力学抽象、理论性强且计算复杂,学生学习吃力。本课程团队将案例式教学和翻转课堂融入课堂中,将抽象的力学问题“工程化”和“具体化”的同时也提升了课堂的趣味性,并在考核方式中融入工程案例的元素,以期能培养学生理论联系实际和学以致用能力。

**[关键词]**工程力学;案例式教学;翻转课堂

**[DOI]** 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.10.1096

### 1 引言

《工程力学》是力学类、机械类和土木类专业的一门重要基础课程,该课程主要培养学生运用力学知识对工程实际问题进行力学建模、受力分析等能力,在其专业教学中起到承上启下的核心作用。在土木工程专业中,《工程力学》是后续学习《钢筋混凝土基本原理》、《钢结构》和《建筑结构抗震》等核心专业课程的基础。

《工程力学》既是以力学分析为主的一门课程,又是与工程实际结构联系较为紧密的一门课程。该课程包含大量的抽象力学概念和公式,理论性强且计算复杂<sup>[1]</sup>,传统的教学方式主要采用理论推导和多媒体资源相结合的方式进行知识点讲解,难以激发学生对知识点的理解和感悟,容易造成学生学习吃力、兴趣不高。另外,由于《工程力学》是专业学习的基础课程,因此该门课程的教学通常被安排在第一年或者第二学年上期。在此时间段,学生的大部分经历都是学习大学本科期间的基础理论知识,并未参加专业实习,几乎没有工程实践的经历,对实际工程结构的认知非常有限,难以将课堂的理论知识与工程中的实际结构联系起来。最终,学生对知识的理解仍停留在课本上的例题和习题中,难以将其与实际工程问题联系起来,更难以利用知识点解决实际工程问题,无法满足培养应用型人才的要求。

土木工程专业毕业学生的就业去向主要为设计院、施工单位、监理单位和房地产公司。上述单位的员工几乎都会深入到工地一线进行作业,要求员工具备一定的理论知识储备,并且将其正确运用到实际工程中。因此,如何更好地帮助学生理解课本抽象的知识点,并将课程知识点与实际工程问题相联系,对于培养学生认识、分析和解决问题的能力具有重要意义。本文以《工程力学》在土木工程专业教学中的改革为例,将工程案例与课本各重点章节的理论知识相结合,探索理论与工程案例讲解相结合的教学模式,并通过翻转课堂让学生参与到工程案例的讲解中,充分调动学生的学习积极性,提升课堂的趣味性;最后,对传统的考核方式进行改进,将试卷考核的题目“工程化”,培养学生具备利用力学知识分析和解决实际工程问题的能力。

### 2 教学改革的实施过程

#### 2.1 重点章节知识点的梳理

案例教学是一种将工程实际问题和课堂理论知识相结合的启发式教学方法<sup>[2]</sup>。近年来,案例式教学已经被广泛应用到力学类基础课程的教学中<sup>[3-4]</sup>。目前《工程力学》教材上主要以讲解杆件受力分析的基本原理和过程为主,少有把各章节的内容与实际工程中杆件的受力情况进行对照讲解。另外,课后习题和期末考题中关于杆件受力后的强度、刚度和稳定性分析等内容几乎是直接给出杆件的计算简图,并没有给出受力简图的实际工程背景,缺少了计算模型和实际工程的关联。传统的课堂教学也主要集中在理论公式的推导和讲解,使得学生对知识的理解仍停留在课本上的例题和习题中,难以激发学生对知识点的理解和感悟,致使《工程力学》的课堂教学与工程实际分析之间严重脱节,学生难以将理论知识与实际工程问题联系起来,更难以利用所学知识解决实际工程问题。

本课程团队将《工程力学》课程的材料力学部分内容进行梳理,分别从杆件轴向拉伸和压缩计算、圆轴扭转的强度和刚度计算、弯曲梁的强度和刚度分析、杆件的组合变形计算和细长压杆的稳定性分析等方面展开梳理,将土木工程结构中典型的相应受力构件进行总结,以用作教学材料。

在杆件轴向拉伸和压缩部分,引入工程中的屋架结构进行讲解。在屋架结构中,分析上弦杆、腹杆和下弦杆在屋面荷载作用下的受力特点;在扭转构件的强度和刚度计算部分,对框架结构中主梁和次梁的连接进行分析,分析主梁在次梁作用下的受弯和受扭;在弯曲梁的强度和刚度分析部分,建筑结构中受弯的构件非常多,如主、次梁和悬臂梁等构件均属于受弯构件;在杆件的组合变形计算部分,可以讲解上述部分提及到的与次梁相连接的主梁的弯扭组合变形,另外可以将建筑结构中常见的偏心受压柱作为授课题材;在细长压杆的稳定性分析部分,以钢结构中的细长受压的弦杆为例分析弦杆设计时临界压力值、强度及刚度校核,将抽象的压杆失稳问题具体化。

#### 2.2 计算简图与工程案例对照讲解

对于杆件轴向拉伸和压缩部分,在屋架结构受竖向集中力作用的计算简图中,集中荷载施加的位置为上弦杆和腹杆的连接节点,且屋架中所有杆件的连接均简化为铰接,即最终屋架结构所有杆件仅受轴向的拉压荷载。在理论课堂上,

需要给学生讲解屋面板荷载的等效原理及等效施加的位置,同时需要对照讲解钢结构屋架的各杆件连接节点的设计形式及近似等效为铰接点的原因,通过理论和实物的对照讲解让学生掌握屋架结构受力简图的简化原理及其受力特性。

对于扭转构件的强度和刚度计算部分,可以将建筑结构中主梁和次梁的连接进行分析。主要讲解次梁将楼板传递来的分布荷载以集中力和扭矩的形式施加到主梁上,因此主梁既受弯也受扭,然后将主梁两端与立柱的连接简化为固定支座,最后给出主梁受力的计算简图。另外,也可以分析建筑结构中门洞开口上方的雨棚和过梁组成的受力体系,雨棚的自重荷载以均布荷载和扭矩的形式施加到过梁上,因此也可以讨论带有雨棚的过梁结构受扭分析,并给出对应的受力简图。

对于弯曲梁的强度和刚度分析部分,以次梁的受力分析为例进行讲解,将次梁从结构体系中抽离出来,将楼板的自重荷载以分布荷载的形式简化到次梁结构的轴向上,等效主次梁在连接处的支座形式,得到次梁的受力简图,以此可以对次梁的受弯进行分析;

对于杆件的组合变形计算部分,除了分析主次梁的连接组合变形分析之外,也可以将建筑结构中常见的偏心受压柱作为授课题材,偏心受压柱除受到沿轴向的压力荷载之外,又同时受到绕形心主惯轴的附加力偶矩,形成压弯构件,给出相应的受力简图,最终把课本中抽象的计算简化还原到具体的工程案例中。

对于细长压杆的稳定性分析部分,首先举例讲解工程结构因其压杆丧失稳定性而导致的工程事故的案例,分析案例中发生失稳的杆件在杆端连接点的约束情况,将其约束形式分别与以两端铰支、一端固定一端铰支和两端固定等常见的约束形式进行比较,以确定案例中失稳杆件的具体约束形式,最后分别根据临界轴力的欧拉公式和材料的许用应力对其最大荷载进行计算,以理解细长杆受压时的平衡稳定性。

### 2.3 翻转课堂讲课工程案例

任课教师在《工程力学》理论课堂中引入实际工程案例后能将抽象的力学模型具体化,这个过程虽能提升课堂的趣味性和易懂性,但依然不能最大程度地提升课堂的师生互动性。加之,《工程力学》课程的理论课时量有限,任课教师只能将个别具有代表性的工程实际案例问题进行梳理并对照讲解。因此,本课堂可采用翻转课堂的形式,在每章节理论教学完成之后布置一次工程案例讲解的翻转课堂教学。翻转课堂要求学生按学号分成若干组,在课前将本章知识点相关的其他工程问题进行归纳,搭建案例分析库,以小组的形式在课堂上进行汇报,并根据各小组的表现进行打分,最终将其计入平时考核成绩中。

翻转课堂可以让学生在课后收集工程案例题材并在课堂上通过所学的理论知识对案例进行讲解,这个过程可以让学生对所学知识进行重新理解和运用的过程,既提升了课堂的

互动性也培养了学生学以致用能力,对实现应用型人才的培养具有重要意义。

### 2.4 课程的考核体系改进

目前,《工程力学》的考核方式通常为闭卷考试,考核的题型主要包括:选择、填空和计算题,但试卷所考核的题目大多属于课本知识点的直接体现,其内容较为抽象、缺乏将实际工程背景融入考核题目中。另外,《工程力学》教材课后习题的内容也主较为抽象,特别是在计算题中基本都是直接给出杆件或结构的计算简图,让学生通过计算简图直接进行受力分析,上述方式容易让学生将所学的理论知识停留在课本上,学生将课本知识死记硬背就能应付课程考核,甚至还能获得高分,但在这个过程中学生缺乏了对理论知识应用场景的思考,学生对于实际工程问题的简单计算和分析往往束手无策,难以将其与实际工程问题关联起来。

因此,为更好地培养学生举一反三和学以致用的能力,除了通过翻转课堂让学生在课堂上讲解《工程力学》知识在实际工程中的应用之外,还需要在考核的题目中将题目的信息与实际工程背景关联起来,让学生通过题目给出的信息抽象出简化的力学模型,并最终进行计算和分析。另外,除了传统的选择、填空和计算题之外,也可以设置一道开放式的综合分析题,让学生列举实际工程中的一些受力构件(不包括试卷上已出现过的案例),并说明该构件可以抽象为什么类型的力学问题,最后简要对其最不利受力截面或位置进行讨论。

### 3 结束语

《工程力学》是土木类专业的一门重要基础课程,本课程团队将工程案例融入理论课堂和期末考核中,将抽象的力学概念“工程化”,培养学生理论联系实际、学以致用的能力,以期对土木类专业的《工程力学》课堂教学改革和应用型人才的培养贡献力量。

### 参考文献

- [1] 赵秋玲, 张君华, 刘芳. 《工程力学》案例教学的探索和实践[J]. 教育教学论坛, 2017, 43: 144-145.
- [2] 王琳, 郭维城, 陈丽华, 等. 工程力学教学方法的创新探索与实践[J]. 科教导刊, 2014, 3(中): 131-132.
- [3] 李梅. 基于工程案例研究材料力学教学探索[J]. 绍兴文理学院学报, 2013, 33(9): 100-103.
- [4] 池德汝, 花海燕, 余罗兼, 陈世辉. 基于工程实践的工程力学案例教学法探索[J]. 科教文化(下旬刊), 2020(03): 67-69.

项目基金: 重庆科技学院本科教育教学改革研究项目资助(No. 201963, 202037, 202133)

### 作者简介:

第一作者: 聂小春(1990-), 男, 汉族, 博士, 讲师, 研究方向: 结构非线性振动。