

# 基于案例分析的土木工程理论力学教学实践

杨 赢 吴瑞潜

绍兴文理学院 土木工程学院 浙江绍兴 312000

**摘 要:** 理论力学课程具有知识点较抽象、理论推导多、与专业内容联系较弱等特点, 使得其学习难度较大, 学生学习积极性不高。采用案例教学法可促进学生理解, 激发学习兴趣, 培养学生力学思维和工程分析能力, 在理论力学教学中逐渐受到重视。本文以土木工程专业理论力学教学过程为背景, 介绍了工程案例选择、课堂教学方式和学生工程案例培养等方面的教学实践。相关经验可为土木工程专业力学课程的案例教学提供参考。

**关键词:** 理论力学; 土木工程; 工程案例; 教学

## 引言

理论力学是研究物体的机械运动规律的科学, 是以牛顿定律为基础, 低速、宏观的物体为研究对象, 为土木工程专业的一门重要的专业基础课程。作为联系基础课和专业课之间的纽带, 理论力学通常是在大一下学期开设, 是学生最早接触的一门力学课程, 其核心目标是培养学生力学思维, 为后续材料力学、结构力学等课程的学习奠定基础<sup>[1]</sup>。

当前的理论力学教学仍然以讲授基础理论和典型例题为主, 教学内容较为抽象, 教材中的例题与土木工程专业的实际应用差别较大。在遵守程序和步骤的前提下, 学生在掌握基本知识点后, 可以较好地完成习题, 但思路仅限于解题程序规定的范围内。这就导致学生会做书上的题目, 但对于具体工程实例缺乏力学抽象和分析的能力。对于刚接触力学的大一学生来说, 容易产生“学习理论力学就是为了解题吗”的疑惑。长此以往会对学生学习兴趣造成影响。当前, 新工科建设要求着力提升学生解决复杂工程问题的能力, 加大课程整合力度, 推广实施案例教学、项目式教学等研究性教学方法, 注重综合性项目训练<sup>[2]</sup>。以理论知识点讲授为主的传统教学模式显然难以适应新工科建设的需求, 对理论力学课程

的授课方式的改革已迫在眉睫。

案例教学法自从在美国哈佛大学诞生后, 迅速在医学、法学和工商管理等多学科的教学过程中广泛应用。因其区别于传统的讲授方式和良好的教学效果, 被认为是代表未来教育方向的一种成功教育方法。从20世纪90年代以来, 案例教学方法逐渐在我国大学教育中得到应用。

案例教学法具有明确目的性、客观真实性、复杂综合性、深刻启发性及学生主体性等特点<sup>[3]</sup>, 特别适用于理论性强、概念抽象的力学课程教学。通过对来源于实际工程的案例进行讲解、剖析, 引导并促使学生在学习、讨论与分析研究的过程中, 进行类比、归纳和判断, 将所学理论知识与实际工程相结合。学生在参与案例教学的过程中, 经历接触、理解、扩展和掌握四个阶段, 逐步建立严密的逻辑思维方法和和力学思维习惯, 为解决复杂工程问题能力的培养奠定坚实的基础。

因此, 在理论力学教学中融入工程案例, 通过案例分析展示理论力学的应用场景, 在强调解题规范的基础上, 进一步通过工程实例研讨强化力学思维能力和理解力学的工程应用, 对于学生更好地学习理论力学课程, 为后续力学课程的学习奠定基础具有十分重要的意义。

**基金课题:** 浙江省普通本科高校“十四五”教学改革项目—基于工程案例的分析的理论力学教学实践(jg20220545)。

## 作者信息:

杨赢, 男(1990.04-), 汉族, 浙江新昌人, 博士, 讲师, 研究方向: 桥梁结构;

吴瑞潜, 男(1972.11-), 汉族, 安徽潜山人, 博士, 讲师, 研究方向: 岩土力学。

## 一、工程案例在理论力学中的教学实践

### 1. 工程案例的选择

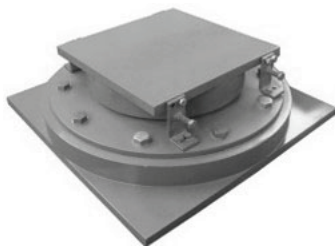
在日常生活中, 几乎所有的现象均与力学知识有关。如何选择合适的工程案例用于课堂教学至关重要。好的工程案例选择应考虑以下四个方面:

(1) 与专业密切相关

在经典理论力学教材中,所选的例题与机械相关的较多,与土木工程相关的较少。尤其是静力学部分是学习材料力学和结构力学的基础,应更多地体现土木工程专业的特征,加深对力学基础知识的理解。如在讲授固定铰支座和活动铰支座时,教材所用的图形是较为理想化的支座构造简图,尽管其受力特征非常明确,但与实际工程应用中的支座形式差异较大。在讲解支座受力特征的基础上,进一步向学生展示桥梁工程中实际使用的固定支座和活动支座构造,结合图片和动画介绍支座如何实现与理想铰支座相同的约束效果,如图1所示。通过理论和实际工程的对比,学生可以更好地认识土木工程结构,了解结构受力特点,为结构力学模型简化奠定初步的基础。



(a) 构造简图



(b) 实际工程图

图1 滑动支座对比

## (2) 与知识点紧密联系

所选用的工程案例应能直接体现理论知识点,使学生能迅速理解理论在实际工程中的应用。如通过阳台悬挑梁和门在横向力作用下的变形对比,说明固定端约束在铰接连接的基础上,能进一步约束截面转角,使学生对固定端约束的特征形成直观认识;通过斜拉桥拉索的受力,讲解静力学公理中的刚化原理等。

## (3) 能激发学生兴趣,活跃课堂氛围

在体现力学基本原理的基础上,所选的案例如具备趣味性和观赏性则更容易激发学生参与课堂的兴趣,增强学习效果。如采用将多支笔用胶带绑扎形成“抄写神器”,能同时写出多行相同字的例子讲解“平移刚体中每一质点运动轨迹形状相同,每一瞬间速度相同”这一知

识点。因案例取自学生日常生活,许多学生甚至有实际操作,使其对学生更有亲切感,课堂氛围在展示案例过程中明显提升。在讲解定轴转动中动量矩守恒问题时,播放花样滑冰比赛视频,引导学生观察运动员高速旋转和结束旋转时身体姿态的变化,分析运动员质量分布对其转运惯量的影响。由于视频具有极高的观赏性,对学生的吸引力较强。

## (4) 努力挖掘综合性工程案例

目前在教学过程中采用的案例与理论知识点通常为一对一的关系,案例较小且分散。应结合专业特点,挖掘能实现更多知识点串联的综合性工程,对教学内容的整合具有非常高的价值。如在静力学部分,以大型钢桁架桥梁作为背景案例,可串联讲解支座约束特征、铰接点的工程实例、平面汇交力系、结构整体平衡条件、桁架受力特征和内力分析等内容,通过一个综合案例的讲解分析,几乎可覆盖静力学部分所有关键知识点,整体教学环节的关联性极高。综合性案例的应用更有助于学生加深对工程结构的整体认识,理解所学理论知识在结构分析中的应用落脚点。

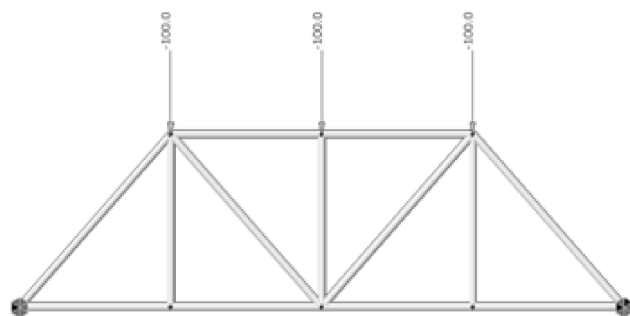
## 2. 工程案例的讲授方式

在选择合适工程案例后,应以直观生动的形式巧妙地融合到课程教学过程中<sup>[4]</sup>。相比于文字和符号,图像、视频和动画等形式更容易被观察者短期内接受并形成较深刻的印象。因此,在课件中尽量以多媒体的形式展示工程案例,可以为学生提供生动的学习环境,激发学生的学习兴趣、活跃课堂气氛。目前,多媒体手段已经在课堂教学中广泛应用,具有很好的效果。

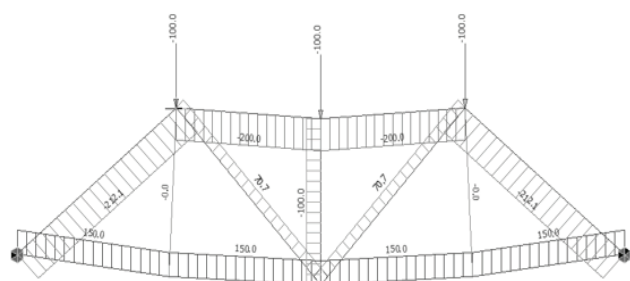
除此之外,有限元软件是力学案例教学中的一个很好的工具。对刚接触理论力学的低年级学生来说,其力学思维方式还未建立,对力学概念和分析结果仍以抽象认识为主。因此会觉得理论力学较为枯燥乏味。有限元软件可很好地 will 将力学模型和计算结果可视化呈现,使课堂教学更为直观。如图2所示,为采用Midas/civil建立的平面桁架结构模型。通过计算分析可以得到杆件的轴力图 and 变形情况,将计算结果以图形的方式可视化显示。通过不同加载工况的计算结果,进一步清楚地讲解零杆的判断、二力杆的受力特点、铰节点的传力方式等知识准确性,同时加深对理论求解方法的理解。在点。计算完成后,引导学生通过理论力学求解方法进行分析对比,验证有限元计算的正确性。在低年级教学过程中引入有限元软件的应用,也有助于学生尽早接触本专业内容,

激发学习兴趣。

当然，在引入工程案例分析后，在课时有限的情况下，应对上课内容进行一定的灵活调整。应强调课前预习，对于一些力学基本概念和难度较小的内容，要求学生在课前自学掌握。课堂教学不再重复讲解，仅以提问方式检查学生自学效果。



(a) 桁架有限元模型



(b) 杆件轴力计算结果

图2 有限元力学案例分析

### 3. 工程案例分析能力的培养

除教师课堂举例外，还需要进一步引导学生自主发现和更多与理论力学相关的工程案例，以培养力学思维模式<sup>[5]</sup>。培养学生力学分析能力可分三个环节：(1) 在完成理论知识讲解后，由教师给出工程案例，学生进行分析。如在刚体运动形式判断中，以行驶中的自行车、公园健身器材等为例，要求学生分析不同构件的运动状态和相应的运动参数，加深对不同刚体运动特征的理解；(2) 在教师讲授工程案例后，由学生举例新的案例。如让学生寻找教室中的铰接约束，并分析其限制了哪些位移。(3) 学生自主发现工程案例并完成分析。以

小组作业的形式要求学生在课外寻找与理论力学相关的工程案例，分析其中的力学原理并形成相关的研习报告。在此基础上，组织学生进行课堂PPT汇报讨论，从案例合理性、新颖性、分析正确性等方面进行生生互评。通过全过程的工程案例分析，使原本抽象的理论在与工程案例一一对应中逐渐具象化，提高学生对于力学知识的理解，培养了力学思维和分析能力<sup>[6]</sup>。

### 结语

理论力学是土木工程专业力学课程的基础，是引导学生形成力学思维习惯的第一步，也是最重要的一步。通过工程案例教学，可以使学生尽早加深对本专业的认识，明确理论力学在课程体系中的地位和作用，理解本课程知识点与专业需求的对应关系，使学生在过程中不再迷茫。案例教学将理论和实践联系起来，培养学生从实际工程中抽象形成力学分析模型的能力，为后续力学课程的学习打下坚实的基础。同时，案例教学也要求教师持续改进，在生活和工作中积极思考，不断丰富和更新工程案例资源，实现真正的教学相长。

### 参考文献

- [1] 李宝辉, 王正中, 李会军. 新工科背景下“理论力学”教学改革探索[J]. 黑龙江教育: 高教研究与评估, 2020(11): 15-16.
- [2] 张娟. 基于进阶式力学思维培养的理论力学教学研究[J]. 力学与实践, 2022, 44(4): 947-954.
- [3] 毛东风. 基于案例研究的《理论力学》教学改革[J]. 科教导刊, 2022(8): 122-124.
- [4] 张应迁, 付磊, 华斌, 等. 工程案例教学在理论力学教学中的应用[J]. 教育教学论坛, 2015(20): 169-170.
- [5] 张立勇, 缙瑞斌, 申立泉, 等. 案例分析在理论力学教学中传递工程思维的应用探索[J]. 中国设备工程, 2020(1): 209-210.
- [6] 宋淑萍, 刘兵飞. 案例教学法在理论力学教学中的应用[J]. 教育现代化: 电子版, 2017(44): 167-168.