

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2025.05.014

欢迎按以下格式引用:曹艳梅,王蕊,于桂兰,等.结构力学“唤醒式”差异化教学改革与实践[J].高等建筑教育,2025,34(5):108-116.

# 结构力学“唤醒式”差异化教学改革与实践

曹艳梅<sup>1</sup>,王蕊<sup>2</sup>,于桂兰<sup>1</sup>,向宏军<sup>1</sup>

(1.北京交通大学土木建筑工程学院,北京 100044;2.太原理工大学土木工程学院,山西太原 030024)

**摘要:**随着社会的发展和学情的不断变化,结构力学课程教学面临前所未有的挑战。针对结构力学教学中存在的“重一致轻差异”“重独立轻协同”问题,紧密结合结构力学课程“来源工程、反哺工程”的特点,提出了以工程案例为核心,以“感性入手—理性探究—应用拓展—科学探索”四步走为主线的“唤醒式”教学理念。基于该理念,通过课前精准分析差异化学情、建设高质量多样化教学资源、有机融通“线上+线下”多维度课堂、深度拓展“课内+课外”多实践平台,探索了多元素协同的差异化教学育人新模式。教学实践证明,该模式不仅能够唤醒学生的学习兴趣和参与意识、内驱力和专业情感,而且能够将力学理论、工程实践、科学前沿、课程思政进行有机融合,有效保障了土木工程人才的培养质量,为结构力学教学质量的提升和新形态课堂建设提供了一定的经验参考。

**关键词:**结构力学;唤醒式教学理念;差异化教学改革;多元素协同

**中图分类号:**G642

**文献标志码:**A

**文章编号:**1005-2909(2025)05-0108-09

结构力学是土木工程、铁道工程等专业必修的一门专业基础课。该课程既有“力学”的抽象性,又有“结构”的具象性,在整个专业课程体系中是联系基础课和专业课的重要桥梁和纽带,然而,近年来随着社会的发展和学情的不断变化,结构力学课程的教学面临前所未有的挑战。一方面,学生入学时对土木工程专业兴趣较低,如何激发学生专业热情和学习兴趣是该课程所面临的首要问题;另一方面,“00后”大学生逐步成为教育的主体,他们知识面广、思维活跃、自我意识强<sup>[1]</sup>、获取知识信息的渠道多样化,注重“我要什么”,而不是“给我什么”<sup>[2]</sup>。这就要求结构力学课程必须改变传统的教学理念和育人模式,以学生的需求为导向,注重学生在专业兴趣、前期知识储备、思维方式、学习态度、内驱力、目标规划等方面的差异。

随着教学改革的不深入,许多优秀的一线教研人员在结构力学课程的教学理论、教学模式、教学方法、教学手段等方面进行了有益的探索,取得了显著成效<sup>[3-8]</sup>。但是,结构力学教学仍然存在

修回日期:2022-12-11

基金项目:北京交通大学教学改革研究与建设重点项目(YJSSQ20240143)

作者简介:曹艳梅(1979—),女,北京交通大学土木建筑工程学院副教授,主要从事工程结构振动与控制研究,(E-mail)ymcao@bjtu.edu.cn。

“重一致轻差异”和“重独立轻协同”的问题。“重一致轻差异”主要体现为教师对学情变化的了解不足,常采用统一的教学模式,忽略了学生的个体化差异,容易造成部分基础较好的学生“吃不饱”,而部分基础较差的学生产生“恐学”心理;“重独立轻协同”主要体现为教师在教学过程中容易形成力学理论基础、工程案例、课程思政等“多张皮”现象,导致理论教学与工程案例协同度低、课程思政与专业教学融合度差、教学要素和教学资源发挥不足等。

针对上述问题,本文提出了结构力学的“唤醒式”教学理念,并基于此进行了多元素协同的差异化教学改革与实践,取得了较好的教学效果,为结构力学教学质量的提升和新形态课堂建设提供了一定的经验参考。

## 一、四步走“唤醒式”教学理念

欲从根本上解决“重一致轻差异”和“重独立轻协同”的教学痛点,首先要革新结构力学的传统教学理念。结构力学的教学目标不能仅仅局限在知识传授层面,而是应不断上升至学生的能力锻炼、思维培养、价值塑造层面。尽管学生存在各个方面的差异性,但是进行有效的教学设计,培养学生学习的主动性,实现“授之以鱼,不如授之以渔”是解决一切差异性的基础。

### (一)“唤醒式”理念设计

兴趣是最好的老师,是探索未知世界的原动力。茅以升先生在其工程教育思想中指出:“盖人类求知之欲,发源于好奇之念。今先授以精深之理论,而不使其知其应用之所在,则不但减少其求学之兴趣,且研习理论,亦不易得明澈之了解。”<sup>[9]</sup>当今的大学生通常没有生产实践经验,部分大学生甚至缺乏最基本的工程常识,极易造成对土木工程专业的误解,进而影响专业课的学习。课堂上单一的理论传授只会让学生机械地记忆,无法生动地展示理论及方法的来源、意义和应用,学生的学习热情、探究兴趣和学习主动性都很难得到充分的发挥,在一定程度上影响人才培养的质量。因此,课程团队紧密结合结构力学课程“来源工程、反哺工程”的特点,提出了以工程案例为核心,以“感性入手—理性探究—应用拓展—科学探索”四步走为主线的“唤醒式”教学理念(图1)。

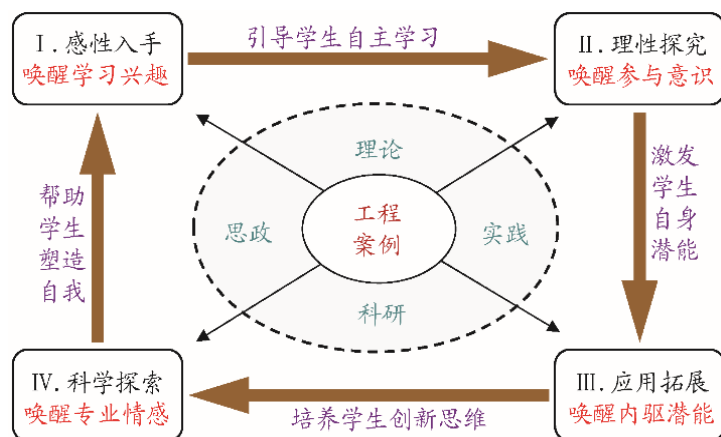


图1 结构力学四步走“唤醒式”教学理念

首先,引入与结构力学课程内容相关的工程素材和工程案例,通过“感性入手”激发学生的学习兴趣和对工程案例所蕴含的力学理论的探索欲望;其次,水到渠成地引导学生“理性探究”,从“感性入手”到“理性探究”的教学设计完全符合知其然、知其所以然的认知规律,能够极大地唤醒学生的参与意识,培养其自主学习能力;再次,通过“应用拓展”加强学生对理论知识的深层次应用,进一步

激发学生的自身潜能,重点在于锻炼学生利用理论知识分析、解决实际工程问题的能力;最后,结合科学前沿和科教融合开展研究性项目或讨论性专题,通过“科学探索”培养学生的创新思维,唤醒学生的专业情感,帮助学生塑造自我。

## (二)“唤醒式”教学案例

以结构力学课程中“温度变化时超静定结构的计算”这一知识点为例。在“感性入手”阶段,将深圳黄木岗立交桥由温度变化造成的工程事故案例<sup>[10]</sup>作为导入,唤醒学生的学习兴趣,自然地融入课程思政,培养学生的工程责任意识和职业使命感,并激发出学生对“温度变化时超静定结构如何计算?温度变化时超静定结构的内力有何特征?为什么温度变化会引起该工程事故?”等问题的探究欲望。

在“理性探究”阶段,从学生熟悉的悬臂梁这一静定结构入手,引导学生回忆静定结构在温度变化时的特征,思考悬臂梁自由端如果加了竖向支座会有何不同,对比分析静定结构和超静定结构在温度变化作用下的差异,解答黄木岗立交桥的事故原因。通过探讨如何避免工程事故的发生,自然地引出求解超静定结构的内力的方法,层层递进,逐步唤醒学生的参与意识和主动性。学生通过对计算实例的“观察—思考—质疑—讨论—总结”完成自我知识的建构。随后,抛出诸如“是否可以通过加大截面尺寸来减小温度变化引起的结构内力”等问题引导学生深层思考。

在“应用拓展”阶段,引入中国高铁的工程实例,通过讨论“无缝钢轨如何克服温度变化引起的热胀冷缩问题,以及钢架结构在温度变化作用下的内力计算”,唤醒学生的内驱潜能,实现对学生理论知识应用能力的培养,增强学生的民族自豪感,树立学生“强国有我”的责任意识,再次将课程思政有机融入专业教学。

在“科学探索”阶段,除了布置常规作业,还增加了文献阅读作业,鼓励学生用批判性思维阅读《一个典型的定性结构力学命题—两端固定单跨梁在温度变化条件下的弯曲变形》<sup>[11]</sup>,并展开小组学习和探讨。同时,要求学生阅读《单箱多室混凝土箱梁结构的日照温度场分析》<sup>[12]</sup>,思考实际工程结构中的温度场,以及温度变化下超静定结构的位移计算问题。通过自主学习、对理论的深层挖掘和实际应用,有助于学生塑造自我,激发其对工程问题和专业知识的进一步探索欲望。课后作业的设计、布置和要求应充分考虑不同层次学生的差异性。

该教学案例可看出,以结构力学“唤醒式”教学理念为主线的教学设计能够将理论、实践、科研、思政有机融合,不仅弘扬了茅以升先生工程教育思想的精髓,即“习而促其学,习而知其用”<sup>[13]</sup>,而且在夯实理论基础的同时,培养了学生于工程中认识力学、从力学中解析工程综合素质。

## 二、多元素协同的差异化教学

针对学生在专业兴趣、前期基础、专业需求、内驱力、学习目标等方面的差异,以四步走“唤醒式”教学理念为主线,将多样化教学资源、多维度课堂、多实践平台相融通,利用问题引导、案例聚焦、师生对话、小组研讨、自我反思等教学方法探索了多元素协同的差异化教学育人新模式。

### (一)课前精准分析差异化学情

每学期上课前,教师不仅需要准备教学内容,而且需要精准分析学情。分析途径主要包括两部分:一是借助教务处的大数据平台,调出任课班级学生的大学物理、理论力学、材料力学等先修课程的成绩,认真分析每位学生的既往学习情况,间接了解其学习基础和态度等;二是在每学期开课前建立班级微信群,发布调查问卷充分了解班级学生在学习习惯、力学思维、学习主动性等方面的差异(图2),摸底结果为差异化教学和分层式教学的设计提供参考。



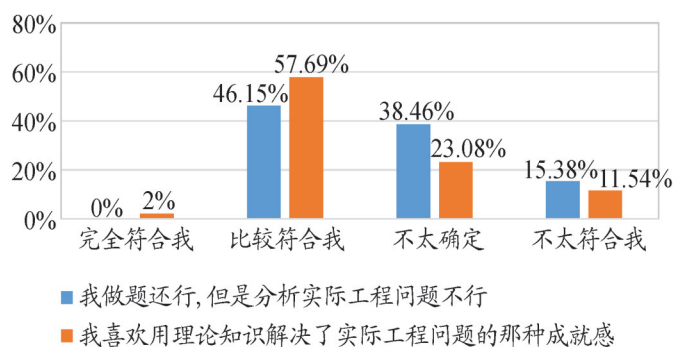


图2 差异化教学的课前调研结果示例

## (二) 建设高质量多样化教学资源

为对差异化教学提供有力支撑,基于四步走“唤醒式”教学理念建设了工程素材库(图3)、工程案例库(图4)、思政元素库、科研探索作业集、MOOC/SPOC课程、在线题库、课程公众平台等多样化的教学资源。



图3 工程素材库示例

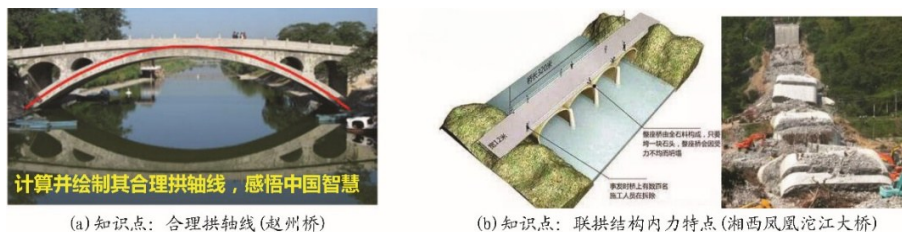


图4 工程案例库示例

## (三) 有机融通“线上+线下”多维度课堂

针对结构力学课程的不同知识点和学生的不同学习目标,将知识点合理分类,分别从线上、线下、“线上+线下”三种不同的教学模式中选取适合该知识点的模式,为差异化教学提供有效途径。MOOC/SPOC线上课堂重在自主式学习,强调预习、复习、学习检测、应用拓展、科学探索;线下课堂重在互动式精讲,强调结构力学的基本概念、基本原理、重点和难点;“线上+线下”混合式课堂则要求学生合理规划时间,充分利用课前、课中和课后阶段,课前根据教师布置的任务单,借助SPOC和雨课堂自主学习,完成在线测试,课中在教师的启发引导下进行互动式探究,课后完成作业并进行学习总结,探索小组合作式应用。

#### (四) 深度拓展“课内+课外”多实践平台

为满足不同学生的多层次实践需求,整个教学过程中设置了模型搭建、软件应用、户外实习、竞赛实创、公益实践五大类实践活动供学生自主选择(表1)。

表1 “课内+课外”多实践平台的设计示例

实践活动类型	对应知识点	适用学生	完成方式
杆系结构模型搭建	平面体系的几何组成分析	所有学生	独立完成或小组完成
结构力学求解器的应用	桁架结构计算简图	所有学生	独立完成
数值分析软件的应用	静定结构选型分析大作业	所有学生	小组完成
Matlab/Python 编程分析	矩阵位移法研究性大作业	所有学生	小组完成
土木工程认识实习	静定结构、超静定结构	所有学生	教师带队工程实践
3D设计与打印	结点类型、静定结构特征	对3D打印感兴趣的学生	独立完成或小组完成
结构设计、纸桥设计等竞赛	超静定结构内力和位移	对竞赛感兴趣的学生	小组完成
大学生创新性试验	结构静力分析、动力分析	对科研感兴趣的学生	小组完成
“茅以升公益桥”项目	结构静力分析、动力分析	有志于服务社会、对桥梁设计感兴趣的学生	小组完成

模型搭建主要在《平面体系的几何组成分析》一章开展,教师准备结构杆件让学生动手搭建模型,深刻领会结构杆系的合理布置和几何组成性质,该活动无难度,适用于所有的学生。软件应用主要讲解结构计算分析软件的使用,适用于所有学生。由于课程组的多数教师兼任土木工程认识实习的带队教师,为结构力学课程的户外实习提供了条件,结构力学理论课程与土木工程认识设置在同一学期,实现了课内课外知识的贯通。针对部分学有余力的学生,积极引导他们参加大学生结构设计竞赛、纸桥设计大赛、大学生创新性试验等竞赛实创类项目,在项目中探索和创新。同时,学生通过参加“茅以升公益桥”项目,可将知识真正服务于社会,不仅锻炼了学生的知识应用能力,而且极大培养了学生的爱国情怀和奉献精神。

#### (五) 差异化教学设计与实施

当结构力学课堂面向不同专业的学生时,在授课过程中可尽量采取小班教学(30~35人),将相同专业的学生组成一个班级进行授课。任课教师根据班级学生的专业方向,适当调整教学内容,主要体现在课堂教学中引用的工程素材、应用拓展时采用的工程案例、布置大作业时的专业倾向等。如果授课班级内有多个专业的学生,授课教师在布置研究型大作业时可以准备不同专业方向的案例供学生选择。具体而言,需体现差异化教学的总体设计思路(图5)。

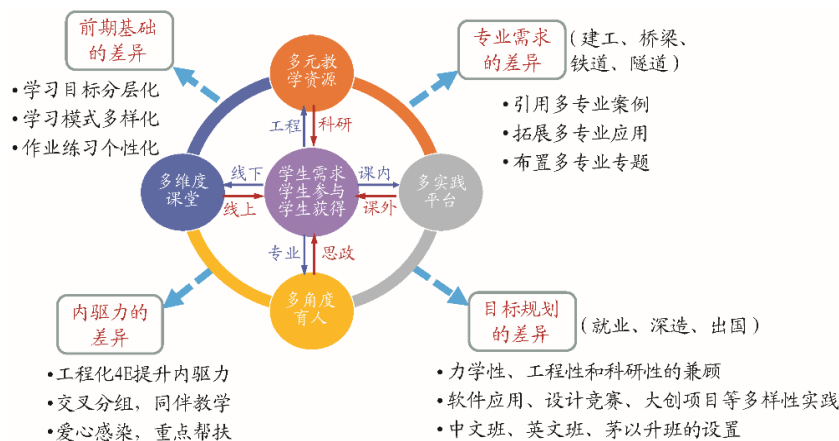


图5 差异化教学的总体设计

针对学生前期基础的差异化,分别从学习目标、学习模式、作业类型等方面进行分层化教学设计。例如,在课后作业的布置上,设置常规作业、MOOC/SPOC 自学任务、在线测试、常规习题、拓展思考题、科研探索题等不同层级的作业,让不同学习基础的学生选择适合自己的作业去完成。同时,还布置“亮闪闪、帮帮我”类型的自我反思型作业<sup>[14]</sup>,保证不同基础的学生都能进行学习的反思和总结,提升自我。

针对学生在内驱力方面的差异,通过“唤醒式”教学理念的设计和实施,逐步激发学生的潜能,并根据学生的整体表现或成绩进行“强一中一差”组合式的交叉分组,采用同伴教学<sup>[15]</sup>让学生之间形成互帮互助的氛围。针对非常欠缺主动学习能力的学生,实施重点帮扶计划,即每学期任课教师需重点帮扶班级内的3~4名学生,通过多关注、多鼓励、一对一辅导等方式,运用爱心、关心和耐心来感染学生,激发其学习动力。

针对学生在就业、深造、出国等方面的规划差异,开设了中文班、茅以升班、全英文班三种班型供学生选课学习。授课过程兼顾力学性、工程性和科研性,有机融入软件应用、设计竞赛、“大创”项目等多样性的实践,为不同目标规划的学生提供锻炼的平台和机会。

从多元素协同的差异化教学设计及实施示例(图6)可以看出,整个教学过程不再是教师单方的“传道、授业、解惑”,而是通过问题引导、案例聚焦、师生对话、小组研讨、自我反思等多种教学方法激活教师的引导者、启发者、组织者身份,激活学生的主动学习者、思考者、质疑者身份,促进学生螺旋式求索。

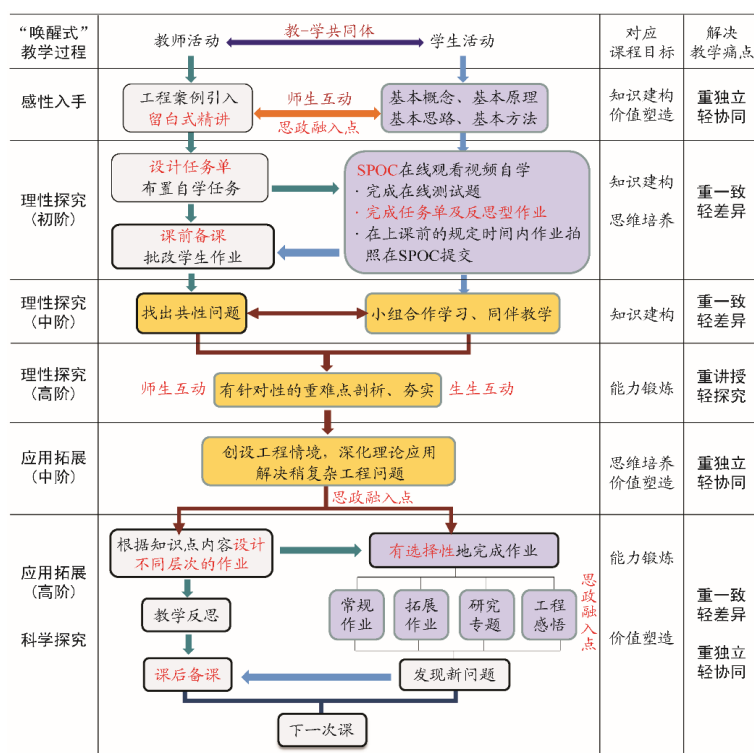


图6 多元素协同的差异化教学设计及实施示例

### 三、教学改革与实践成效

由于“唤醒式”差异化教学的实施,结构力学课程实现了从“理论课堂”向“厚理论、强应用课堂”的转变、从“输入课堂”到“探究课堂”的转变,学生实现了从“学会”到“会学”,再到“乐学”的转变。

教务处的学生评教结果显示,多数学生认为“老师的课堂教学能够吸引我的兴趣和注意力”“老师补充或拓展的内容很有用”(图7)。

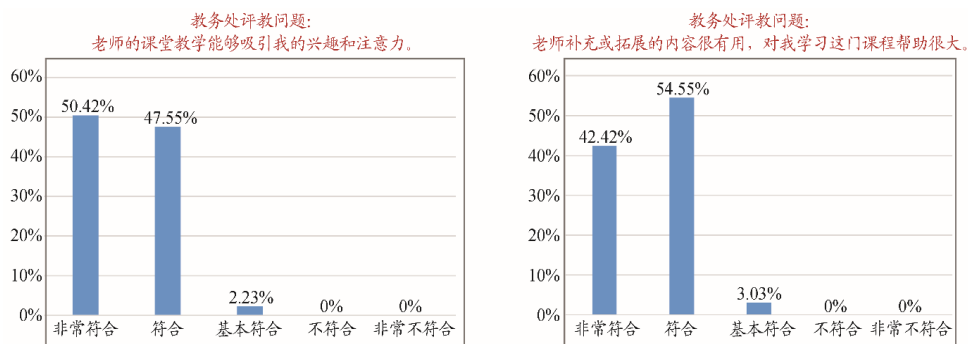


图7 学生对课堂改革的反馈结果

同时,教学运行中心的统计数据显示,学生参与“大创”项目、学科竞赛等实践活动的人数逐年上升(图8),多次获得北京市级“大创”项目资助,连续三年获得北京市大学生结构设计竞赛一等奖、全国大学生“茅以升公益桥——小桥工程”设计大赛一等奖等,学生的实践能力和创新能力得到全面提升。

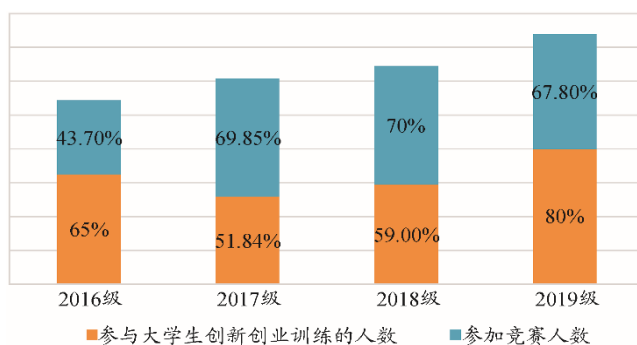


图8 学生参加“大创”项目和学科奖赛的积极性明显提升

以2019年和2021年的两学期期末考试数据为例,在相同的考核体系下,采用差异化教学的班级中55分以下的人数明显少于采用传统一致化教学模式的班级;在55~80分数段,采用差异化教学的班级优势更加明显(图9),因此,本文提出的多元素协同式差异化教学实现了“一致课堂”向“差异化课堂”的转变,能够明显提升学生的成绩和整体优良率,对提高土木工程人才培养的整体质量发挥了较大作用。

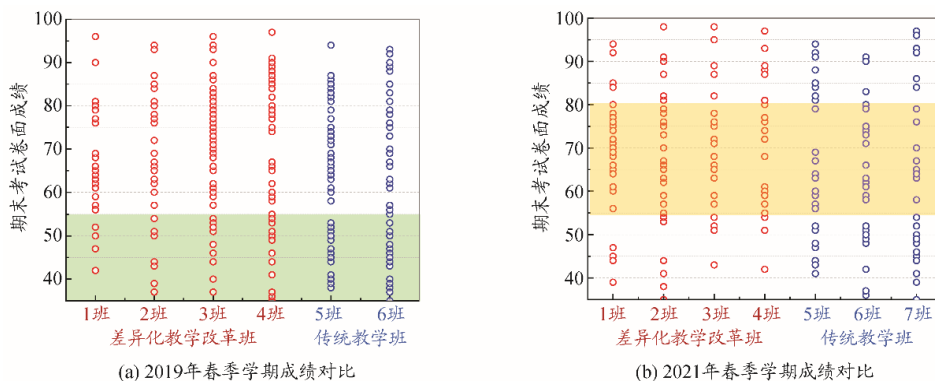


图9 差异化教学改革带来的学生成绩分布变化



此外,教师发展中心的教学反馈数据显示,大部分学生认为结构力学的课堂使其“收获了知识的同时,在工程能力和素质方面也取得了显著的提升”“思维能力得到很大的锻炼”“联系实际的能力有了很大的提高”,有学生还表示“学习方法和以前都不一样,鼓励式教学非常适合我,知识掌握很牢固”;教务处评教数据显示,96%的学生认为结构力学课程任课教师具有良好师德师风,对其产生了深远影响,因此,基于“唤醒式”教学理念的多元素协同差异化教学能够有效避免专业理论、工程案例、课程思政相互割裂的情况,实现了“单元素课堂”向“多元素协同课堂”的转变,形成了课程承载思政、思政融于课程的浸润式结构力学教学体系。

## 四、结语

针对结构力学教学中出现的“重一致轻差异”“重独立轻协同”问题,提出了以工程案例为核心,以“感性入手—理性探究—应用拓展—科学探索”四步走为主线的“唤醒式”教学理念。基于该理念进一步将多样化教学资源、多维度课堂、多实践平台、多角度育人相融通,探索了多元素协同的差异化教学。教学实践证明,该课程改革能够唤醒学生的学习兴趣、参与意识、内驱力、专业情感,使结构力学的教学实现“理论课堂”到“厚理论、强应用课堂”,“输入课堂”到“探究课堂”,“一致课堂”到“差异化课堂”,“单元素课堂”到“多元素协同式课堂”的四大转变,为提高结构力学的教学效果和土木工程人才培养质量探索了一条有益的途径。

课程的教学改革成效得到了国内外同行的认可,于2020年获得首批国家级线下一流本科课程的认定,2021年获评北京交通大学校级课程思政示范课程,2022年获得北京市教学成果一等奖、北京市教学创新大赛二等奖、北京交通大学教学成果特等奖等教学荣誉。诚然,结构力学课程在教学改革和应用中可能会遇到一些新的问题,仍需在实践中不断改进和完善。

### 参考文献:

- [1] 曹艳梅,贾影,董俊,等. 本科生学习性投入研究及对一流课程建设的启发——基于北京交通大学的实证研究[J]. 教学研究,2021,44(6):34-40.
- [2] 金秋. 大学生学习参与特点变化的实证研究[J]. 上海教育评估研究,2021,10(6):59-64.
- [3] 咸庆军,张庆章,金立兵,等. 工程教育认证背景下结构力学“金课”设计研究[J]. 高等建筑教育,2022,31(1):113-122.
- [4] 贾红英,赵均海,单建. “感而遂通”参与式教学法——在结构力学课程中的探索与实践[J]. 力学与实践,2018,40(2):222-226.
- [5] 曹周阳,薛茹,谢祥兵. 结构力学课程线上混合式教学实践[J]. 高等建筑教育,2022,31(3):164-171.
- [6] 王达谕,陈朝晖. 面向工程教育认证的结构力学课程混合式教学设计[J]. 高等建筑教育,2020,29(1):110-118.
- [7] 周海龙,安珍. 基于心流理论的结构力学教学思考[J]. 高教学刊,2021,7(1):82-85.
- [8] 张军锋,郭院成,黄亮,等. 土木类专业结构力学课程思政教育探索与实践[J]. 许昌学院学报,2022,41(1):139-143.
- [9] 茅以升. 茅以升选集[M]. 北京:北京出版社,1986.
- [10] 何柏雷. “太阳把桥晒跑了?”——深圳市某立交A匝道桥事故分析[J]. 城市道桥与防洪,2002(2):39-43,3.
- [11] 姚瑶,袁文阳. 一个典型的定性结构力学命题——两端固定单跨梁在温度变化条件下的弯曲变形[J]. 力学与实践,2010,32(6):100-101,99.
- [12] 付春雨,严鹏,唐波. 单箱多室混凝土箱梁结构的日照温度场分析[J]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版),2022,46(2):270-274.
- [13] 樊治辰. 以“茅以升教育理念”构建拔尖创新人才创新能力培养体系[J]. 今日中国论坛,2013(11):106-107.
- [14] 张学新. 对分课堂:中国教育的新智慧[M]. 北京:科学出版社,2016.
- [15] Mazur E. Peer Instruction: A User's Manual[M]. NJ: Pearson, 1997.



## Reform and practice of “wake-up” differentiated teaching of structural mechanics

CAO Yanmei<sup>1</sup>, WANG Rui<sup>2</sup>, YU Guilan<sup>1</sup>, XIANG Hongjun<sup>1</sup>

(1. School of Civil Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, P. R. China;

2. College of Civil Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, P. R. China)

**Abstract:** With the development of society and the changing of students' conditions, the teaching of structural mechanics is faced with unprecedented challenges. Aiming at the teaching problems of paying more attention to conformity than difference and paying more attention to independence than collaboration, a “wake-up” teaching idea is proposed. Based on the course characteristics of originating from engineering and feeding back to engineering of structural mechanics, the “wake-up” teaching idea takes engineering cases as the core, and takes the four steps of exciting-enlightening-extending-exploring as the principal line. Based on the teaching idea, a new educational mode of multi-elements collaborative differentiated teaching is explored, in which differentiation of students is precisely analyzed before class, diversified and high-quality teaching resources are constructed, online and offline multi-dimensional classrooms are integrated in an organized way, and a variety of in-class and out-class practice platforms are deeply expanded. The teaching practice shows that the teaching reform can not only wake up learning interest, participation consciousness, inner drive, and professional emotion, but also integrate mechanical theory, engineering practice, frontier of scientific research, and ideological and political education effectively, so the cultivation quality of civil engineering talents can be effectively guaranteed. It provides experience and reference for the teaching quality improvement of structural mechanics and the construction of new forms of classroom.

**Key words:** structural mechanics; wake-up teaching idea; differentiated teaching reform; multi-elements collaboration

(责任编辑 代小进)