

新工科背景下结构力学“三阶段 + 四模块”混合式教学改革

李柔含*, 杨刚, 李晓飞, 张鹏

大连海事大学交通运输工程学院, 辽宁 大连

收稿日期: 2025年11月2日; 录用日期: 2025年12月3日; 发布日期: 2025年12月12日

摘要

在新工科建设与土木工程转型的双重驱动下, 传统结构力学课程面临教学模式单调、教学内容滞后、能力培养不足及与产业需求脱离等诸多突出问题。文章针对双一流线下课程结构力学, 提出“三阶段 + 四模块”混合教学新模式, 其中“三阶段”为课前引导 - 课中参与 - 课后巩固的闭环设计, 并将“四模块”, 即思政元素、工程案例、学科前沿及应用实践, 合理嵌入到教学的各个环节。并以课程矩阵位移法一章为例, 阐述了运用所提的教改方法对教学模式和内容进行重构的详细方案。本研究对传统工科的同类课程改革具有一定参考价值。

关键词

新工科, 混合式教学, 课程思政, 工程案例, 实践应用

Blended Teaching Reform of Structural Mechanics with “Three Stages + Four Modules” under the New Engineering Discipline

Rouhan Li*, Gang Yang, Xiaofei Li, Peng Zhang

College of Transportation Engineering, Dalian Maritime University, Dalian Liaoning

Received: November 2, 2025; accepted: December 3, 2025; published: December 12, 2025

*通讯作者。

文章引用: 李柔含, 杨刚, 李晓飞, 张鹏. 新工科背景下结构力学“三阶段 + 四模块”混合式教学改革[J]. 教育进展, 2025, 15(12): 591-597. DOI: 10.12677/ae.2025.15122319

Abstract

Under the development of new engineering disciplines and the transformation of civil engineering, the traditional structural mechanics course encounters numerous challenges, including a monotonous teaching approach, outdated teaching content, inadequate cultivation of students' capabilities, and a lack of connection with industrial requirements. For the offline double first-class course, this paper presents a "three stages + four modules" blended teaching method. The "three stages" involve a closed-loop design encompassing pre-class guidance, in-class engagement, and post-class consolidation. The "four modules," including ideological and political components, engineering cases, disciplinary frontiers, and application practice, are incorporated into each teaching stage. Taking the course chapter on the matrix displacement method as an illustration, the specific plan for reconfiguring the teaching mode and content is elaborated by employing the proposed teaching reform method. This study provides valuable insights for the reform of similar courses in traditional engineering disciplines.

Keywords

New Engineering Discipline, Blended Teaching, Course Ideological and Political Education, Engineering Case, Practical Application

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着新一轮科技革命的到来,以互联网和工业智能为核心的新工科迅猛发展。与此同时,传统工科的土木工程专业向智能建造、绿色建筑和智慧运维等方向快速转型[1]。2024年住建部调研显示,智能建造试点企业所需的核心能力中,传统力学分析仅占18%,而数字孪生(31%)、自动化施工(27%)等交叉能力需求显著。在大土木环境下,复合型创新人才面临着更高的要求和新的挑战[2]。为适应新时代产业需求,培养实践能力强、创新能力强、具备国际竞争力的高素质复合型新工科人才,传统结构力学课程的改革势在必行。

结构力学是土木工程专业重要的专业基础课,对于新工科更高的要求,传统教学模式和方法暴露了诸多问题[3][4]: 1) 教学模式方面:传统结构力学教学多采取课堂理论灌输+课后习题训练的模式,不能最大程度提高学生的学习兴趣和参与度。2) 教学内容方面:传统课程内容相对于科技发展明显滞后,结构分析案例比较陈旧,不能满足创新型需求。3) 能力培养方面:传统教学目标主要关注基础理论知识和方法的学习,针对学生应用实践和创新能力的培养环节相对薄弱。4) 学科融合方面:传统教学以力法、位移法和矩阵位移法手算杆件体系静力特性为主,难以满足新工科背景下土木工程领域面向的结构形态更为多样、分析问题更为复杂的产业需求。

大连海事大学结构力学课程开设至今已有二十个年头,经历了长期发展,教师团队积累了丰富的教学经验和成果,如针对课程体系、教学内容和教学方法进行了一系列的改革,主要包括:制作板书式多媒体课件、建立结构力学试卷库、编制计算机辅助教学程序、举办校级弯矩图专业技能大赛等。经过团队多年努力,“结构力学”已建设成为辽宁省双一流线下本科课程、大连海事大学精品课程,团队教师也获得“大连海事大学教学名师”等荣誉称号。但总结已有教学工作,仍存在一些不足之处,如教学内

容和模式偏于传统，导致学生处于被动吸收的学习状态，进而在一定程度上影响学生的积极性和学习效果；此外，对学生应用实践和专业技能的重视程度不足，难以满足新工科背景下土木工程师的培养需求。因此，本文将以结构力学课程教学为例，介绍教学团队开展的结构力学课程混合式教学改革思路，并以矩阵位移法这一章为例，详细阐述教学方案的整体设计和各个环节的实施过程。

2. 课程改革的总体规划

2.1. 教学模式调整

作为双一流线下本科课程，结构力学具有“理论教学”底蕴深厚的优势。教学团队借鉴 TPACK (Technological Pedagogical and Content Knowledge) 理论将学科知识、教学方法和现代技术有机融合的思想[5]，并在此基础上进一步关注结构力学课程知识体系特点及教学实施具体环节，采用 BOPPPS 教学体系[6]，建设以学生为中心的“三阶段 + 四模块”混合式教学新模式。课程改革的总体思路如图 1 所示，其中，“三阶段”即课前引导、课中教学及课后巩固，主要内容包括：

1) 课前引导(Bridge-in 和 Objective)

该阶段采用 BB 系统 + 雨课堂 + 微信搭建的线上学习平台[7]，其中 BB 系统用于为学生共享课程教学日历、教学资料，雨课堂结合微信用于更新发布教学内容提纲、先导问题和经典案例，部分可作为下次翻转课堂的任务。通过课前引导环节，学生对课程的目标也更为明确，兴趣和积极性得以充分调动。与此同时，教师可以提前摸查并获得学生的学习基础情况，有利于后续教学的不断调整。

2) 课中教学(Pre-assessment、Participating learning 和 Summary)

该阶段包含教学体系中的 2P + S 环节。在课中教学的前 3 至 5 分钟，先对课前学生预习效果进行测试。通过第一个 P 环节，学生可以较快融入课堂学习状态。课中教学的核心是第二个 P，即“参与式学习”环节，教师依据教学日历及教案讲授理论知识和计算方法并对难点内容进行强化教学；对于课前布置的翻转课堂任务，学生以小组为单位展示调研情况或取得成果。在课中教学的最后 5 分钟开展 S 环节，即对本次课的教学内容进行总结，强化学生应掌握的主要知识点和基本能力。

3) 课后巩固(Post-assessment 和 Summary)

该阶段学生将完成布置的课后作业，作业题包括精选的教材习题及考研真题，通过学生线上提交，老师线上批阅和修改，减少原有纸质化作业不便于管理、后续查看困难的缺点。除了传统作业题目外，为提升学生实践能力和专业素养，学生分组完成一些创新性作业题目，比如对工程案例的分析计算、基于有限元软件的结构受力及变形电算等。此外，学生若对所学内容仍存困惑，可以通过线下集中答疑和线上课程讨论群的方式与教师进行交流，从而对所学知识进行及时巩固。

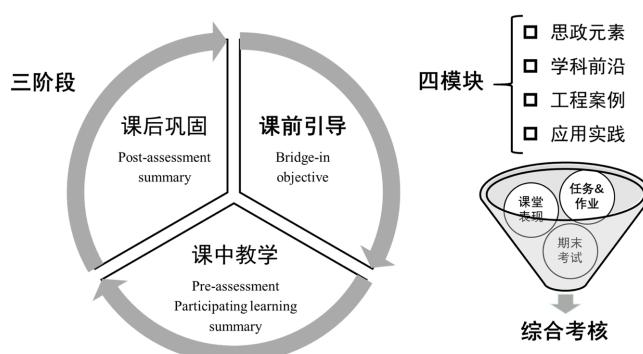


Figure 1. Overall framework of curriculum reform

图 1. 课程改革的总体框架

在本文提出的“三阶段”新教学模式下，通过重新梳理教学内容，授课教师将“四模块”(即思政元素、学科前沿、工程案例及应用实践)合理安排在课程章节的各个教学环节中。教师不仅关注学生对基础知识和计算方法的掌握情况，并且加强对学生专业能力和综合素质的全面培养。此外，在课程考核中，依据线上和线下记录的教学数据，获得在各个教学环节中每位学生反馈的学习效果，建立更优化的课程成绩评定机制[8]。

2.2. 教学内容改进

双一流课程“结构力学”线下教学内容以李廉锟、侯文崎编著的《结构力学(上、下册)》(第7版)为主，同时为学生提供自学资料，比如国内精品教材《结构力学(I、II)》(龙驭球等著)、强化解题计算的《结构力学考研指导》、激发学习兴趣的《趣味结构力学》(单建著)及经典外文教材 *Structural Analysis* (R. C. Hibbeler 著)等。为适应新工科人才培养需求，进一步对授课内容进行整合：结构力学(上)确定五个专题，即静定结构内力和位移计算的基础专题、超静定结构力法和位移法的强化专题、矩阵位移法和有限元的应用专题、影响线分析的扩展专题及大学生创新竞赛的进阶专题；与此同时，结构力学(下)确定四个专题，即结构弹塑性分析专题、结构稳定性分析专题、结构动力分析专题及工程案例分析专题。

此外，教师团队结合工程教育认证要求及课程培养目标，对教学内容进行全面、系统梳理，明确各章节知识点的适用教学模式，如线上自主学习、线下集中授课和课堂翻转教学等。对 MOOC、学堂在线、智慧树和腾讯课堂的学习资源进行调研，并按照章节内容、难易程度、适用环节和资源属性进行归类。线上发布与课程相关的学习资料，比如将 MOOC 上大连理工大学的国家精品课程结构力学资料作为辅助教学，同时推送中国建筑和桥梁建设的纪录片、结构力学分析方法发展、实际工程案例分析等资料作为课程思政和创新思维的教学内容。此外，采用云盘方式实现同步共享，后期根据教学反馈，不断更新和整合教学资源库。

2.3. 考核制度完善

“结构力学”课程成绩评价最初由平时成绩(15分)和期末考试(85分)两部分组成。随着教学改革的不断推进，课程成绩评价后期调整为平时成绩(30分)和期末考试(70分)，其中平时成绩包括出勤、课堂表现和作业等方面综合评定。平时成绩占比的提高，可以避免一些学生“平时不学，期末突击”的不良趋势。但值得注意的是，由于原有课程教学模式主要以线下课堂为主，所以成绩评价往往由教师线下记录和试卷批阅结果获得，这将不适应本文提出的教学新模式。

因此，基于本文提出的混合教学模式及改进的教学内容，课程考核需针对学生各个环节的学习情况进行“过程性+多方位”综合考评。例如，在课前引导阶段，线上学习平台用于记录学生的学习时长、问题回答准确率。在课中教学阶段，通过课堂提问、讨论及翻转并借助于雨课堂的随堂测试功能，充分掌握学生的线下学习情况。在课后巩固阶段，学生提交完成的作业题目并由教师在线上平台进行批阅。此外，对于资料调研、案例分析和软件运用相关的实践或创新类作业题目[9]，学生的参与积极性和完成度也将作为最终成绩评定的一部分。

3. 教学案例设计——以矩阵位移法一章为例

3.1. 改革前的教学情况

依据教材内容及教学日历，矩阵位移法这一章的教学共计五次课，依次为：概述、局部和整体坐标系下单元刚度矩阵、连续梁和刚架整体刚度矩阵、等效结点荷载及计算步骤和算例、刚架及组合结构整体分析。原教学模式以线下为主，课堂上教师通过 PPT+板书讲解主要知识点和计算方法，并辅助提问

和讨论环节。此外,学生将运用教学团队的杆件结构静力分析程序,对选定算例进行矩阵位移法编程计算。在以往的教学中,同学普遍反映这一章的知识点多、理解难度大,一些同学仍不清楚此章学习内容有什么实际应用,出现学习兴趣不足和抵触情绪,直接导致历年期末考试中此章考题得分率很低的结果。

3.2. “三阶段” 教学环节设计

依据课程改革总体思路,教学团队对教学内容进行重新梳理,在不改变原有学时的基础上,对五次课的各个教学环节进行调整和完善,具体改进情况见图2。

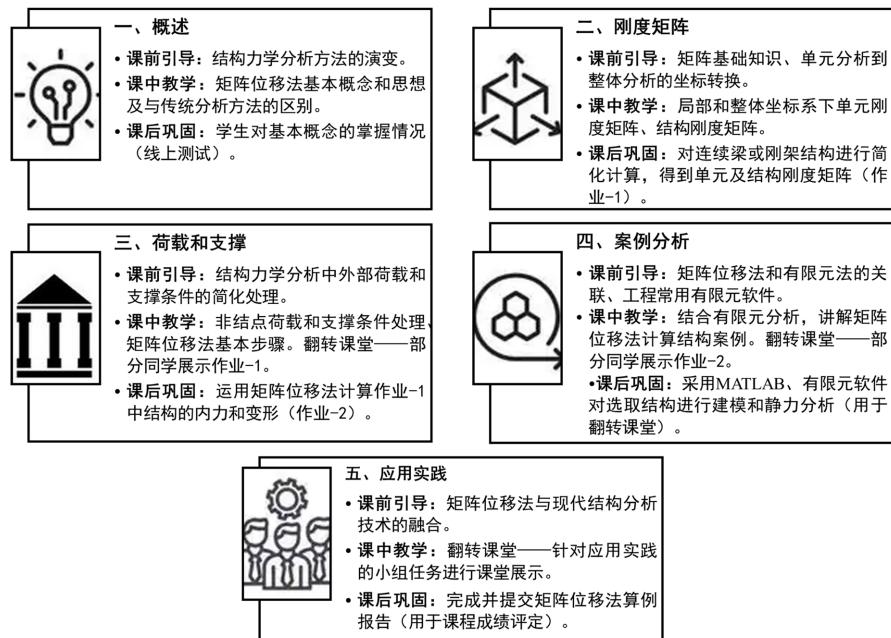


Figure 2. “Three-stages” teaching design for the matrix displacement method
图2. 矩阵位移法的“三阶段”教学环节设计

在课前引导阶段,教师借用雨课堂提前发布下一次课的内容概要、学习要求及学习资源,并精心设计引导问题和布置课堂翻转任务。比如,在本章首次课前,推送结构力学发展历程的相关文章,可以让学生提前熟悉结构力学分析的各类方法;分享与有限元、大规模云计算及人工智能的相关视频,可以让学生了解矩阵位移法与新工科热点方向之间的关联性。再比如,本章第二次课前,通过提前线上温习矩阵分析的基础知识、提出由局部单元分析到整体结构分析的先导问题,能够让学生在课堂上顺利弄清刚度矩阵之间的变换和元素的含义,有利于学习效率提升。

在课中教学阶段,引入线下翻转课堂环节。学生以小组为单位,于课前引导阶段接收翻转课堂任务,并在课中教学阶段展示完成情况。这一章共安排三次翻转课堂,其中作业-1和-2属于传统型作业题目,要求学生对梁式或刚架结构进行内力和变形计算,第三次翻转课堂为实践类任务,要求学生采用编程或有限元软件对选取结构进行建模分析,并于第五次课中进行小组展示。通过传统教学和翻转课堂相结合,教学成为师生之间思想流动和碰撞的过程,这对提升学生的主观能动性和学习效果大有裨益。

在课后巩固阶段,学生复习途径不仅是完成线上测试题和教材作业题,还包括提交一份矩阵位移法的工程案例报告,用于最终课程成绩评定。在课后复习中,学生可不受时间和地点的限制,翻看线上平台上的学习资料。若遇到问题,学生也可通过线上和线下双渠道与教师进行交流或与其他同学互动讨论。

3.3. “四模块”新添内容设置

本章的“四模块”设置情况如图3所示,可见通过思政元素融入、工程案例解析、学科前沿扩展和软件实操训练,使原有“以线下理论教学为主”的教学内容变得更加丰富。比如,模块一将“结构分析方法对比”设置在课中教学环节,讲授传统位移法是基于力法的对偶原理,以“未知位移”为基本未知量,通过“力平衡→位移协调→求解”实现;矩阵位移法则是基于有限元思想,将复杂结构分解为单元,通过“单元分析→整体组装→求解”实现。通过对不同结构分析方法的核心思想、适用场景和计算效率,师生在课堂上进行互动讨论,使学生明确各类方法的差异与联系,有利于培养学生良好的思辨能力和正确的工程价值观。再比如,模块二将轻工厂房的工程案例(图4)合理设置在三个教学阶段:在课前引导阶段,学生通过参观实际工业厂房,可以预先熟悉此类结构的具体构造;在课中教学阶段,学生重点学习用于力学分析的结构、荷载简化计算模型及分析方法;在课后巩固阶段,学生通过有限元软件建立数值模型,

模块一： 思政元素融入	模块二： 工程案例解析	模块三： 学科前沿拓展	模块四： 软件实操训练
<ul style="list-style-type: none"> 培养学生思辨能力,全方位比较矩阵位移法和传统位移法。 引入工程伦理视角,探讨不同方法在计算精度和效率上的差异。 	<ul style="list-style-type: none"> 轻工厂房设计案例:建模过程中从结构简化到单元划分的关键步骤。 高层结构分析案例:结构刚度矩阵的组装技巧和计算要点。 	<ul style="list-style-type: none"> 邀请行业专家讲座,分享工程中的实践经验和创新应用。 布置文献阅读作业,了解结构分析新技术,如基于机器学习的结构分析、BIM技术与矩阵位移法融合等。 	<ul style="list-style-type: none"> MATLAB编程软件,掌握刚度矩阵集成的编程逻辑和实现技巧。 ANSYS/ABAQUS有限元软件,熟悉从建模到结果分析的软件操作流程。

Figure 3. New content settings of “four-modules” for the matrix displacement method
图3. 矩阵位移法的“四模块”新添内容设置

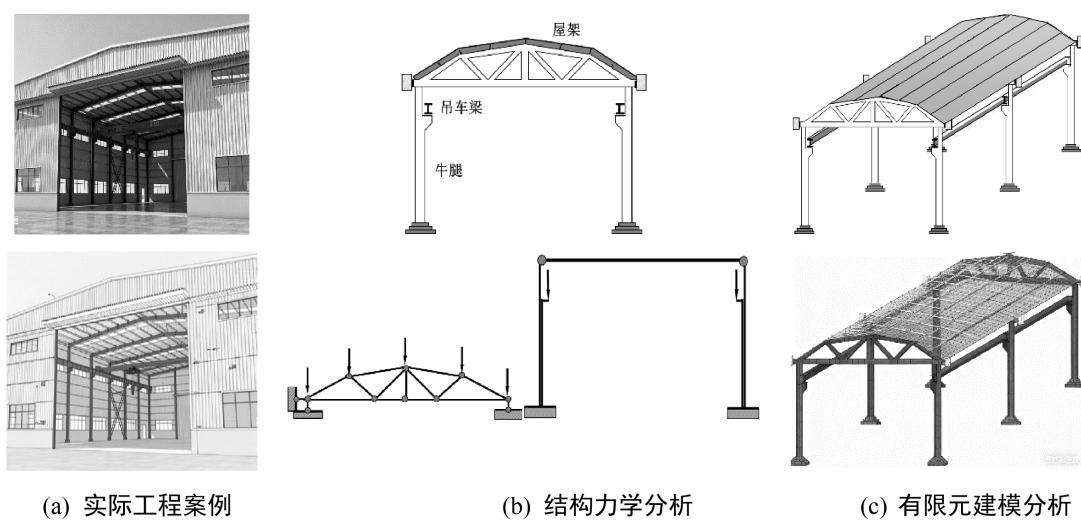


Figure 4. Design and analysis case of light steel industrial building
图4. 轻钢工业厂房的设计与分析案例

进一步熟悉单元和材料类型、构件连接方式、网格划分、荷载和边界条件设置等相关内容。此外，不同类型的结构均可选为工程案例分析的对象，从而进一步加强学生对矩阵位移法中刚度矩阵、刚度方程和单元集成法等知识点的理解和掌握。再比如，模块三和模块四属于课程教学的进阶要求，可以灵活设置在各个教学阶段，让学生接触到前沿的结构分析技术和方法，了解实际工程中的创新应用并尝试使用工程中常用的结构分析软件。通过四个模块的精心设置，学生在有限的学时内，既可以掌握基础知识和计算方法，又能在创新思辨、自主学习和应用实践等多个方面提升职业素养和专业能力，从而更好适应当前社会对高素质复合型新工科人才的需求。

基金项目

中国高等教育学会 2024 年度高等教育科学研究规划课题“新工科背景下交通运输类专业创新型人才培养模式的探索与实践”(编号：24CX0406)；大连海事大学 2024 年教学改革项目“基于以赛促学的结构力学混合教学模式改革与实践”(编号：BJG-C2024090)。

参考文献

- [1] 丁胜勇, 崔先泽, 陈露. 新工科背景下结构力学课程“线上 + 线下”教学模式的实践与探索[J]. 科技风, 2022(6): 105-107.
- [2] 汤玉刚, 赵艳影. 新时代背景下“工程力学”课程思政的教学探索与实践[J]. 教育教学论坛, 2024(44): 109-112.
- [3] 王保实, 曹书文. 结构力学线上线下混合式教学模式的创新实践与成效分析[J]. 教育进展, 2025, 15(8): 1312-1322.
- [4] 江守燕, 金蓉, 杨海霞, 等. 基于混合式教学与课程思政教育的结构力学课程教学设计[J]. 高教学刊, 2023, 9(33): 102-105.
- [5] 陈卓, 周开发, 王帅. 基于 TPACK 理论的力学类课程教学新形态构建[J]. 中国信息技术教育, 2022(11): 104-108.
- [6] 曹艳梅, 于桂兰, 向宏军, 等.“3E + 3E”工程化教学理念下的结构力学一流课程建设[J]. 高等建筑教育, 2022, 31(2): 110-118.
- [7] 孟庆成, 齐欣, 李翠娟, 等. 基于雨课堂的混合式教学在结构力学中的应用与探索[J]. 大学教育, 2020(11): 67-71.
- [8] 郝艳娥, 程麦理. 基于 SPOC 的“翻转课堂 + 对分课堂”在《结构力学》课程中的实践研究[J]. 创新教育研究, 2023, 11(9): 2856-2862.
- [9] 魏莎, 宋亦诚, 宋丽芬, 等. 架起力学与实践的桥梁——“力学与实践”课程建设[J]. 力学与实践, 2022, 44(4): 974-977.