

Optimizing Finite Element Method Teaching Through Integrated Undergraduate-Graduate Curriculum

Guyue Jiao Yuanchen Huang* Yujia Hu Huijie Yu

School of Mechanical Engineering, Shanghai University of Science and Technology, Shanghai, 200093, China

Abstract

The Finite Element Method course, integrating fundamental theories and cutting-edge applications, is well-suited for an integrated undergraduate-graduate teaching model, enhancing knowledge coherence and instructional efficacy. Its strong engineering-oriented nature allows tiered task design to meet differentiated training needs for undergraduates and graduates. This study systematically explores optimization strategies from five dimensions: demand analysis, content/method optimization, interactive learning implementation, ideological-political education integration, and tiered evaluation mechanisms. The proposed framework aims to bridge the undergraduate-graduate divide, optimize teaching resources, improve quality, stimulate student engagement, and strengthen moral cultivation, thereby supporting high-quality innovative talent development.

Keywords

finite element method; integration of teaching and research; teaching

有限元方法课程的本研一体教学优化研究

焦古月 黄元辰* 胡育佳 余慧杰

上海理工大学机械工程学院, 中国·上海 200093

摘要

《有限元方法》课程兼具基础理论与前沿应用特性, 适合采用本研一体化教学模式, 实现知识体系贯通并提升教学效能。其突出的工程实践性特征使其能够通过分层任务设计, 有效满足本科生与研究生的差异化培养需求。本文从特征与需求分析、教学内容与方法优化、交互学习实施路径、思政教学贯通以及差异化课程评价机制五个维度, 系统探讨了该课程本研一体化教学的优化策略, 旨在打破本研教育的隔阂, 实现教学资源的优化配置与教学质量的提升, 激发学习主动性, 强化道德培养, 为培养高素质创新型人才提供有力支撑。

关键词

有限元方法; 本研一体化; 教学

1 本研一体化课程模式的发展现状

本研一体化教学模式作为高等教育改革的重要方向, 通过打破本科与研究生教育壁垒, 实现课程体系、教学内容

【基金项目】上海理工大学机械工程学院研究生优秀课程建设项目——本研一体化课程建设项目(项目编号: 10-00-304-008); 上海理工大学2024年度本科教学研究与改革培育项目(项目编号: JGXM202430); 2025年度上海理工大学本科教学研究与改革项目(项目编号: JGXM202533)。

【作者简介】焦古月(1983-), 女, 中国江苏仪征人, 博士, 讲师, 从事力学研究。

【通讯作者】黄元辰(1985-), 男, 中国江苏无锡人, 博士, 讲师, 从事力学研究。

和评价机制的有机衔接, 有效提升创新型人才培养质量。

目前该模式已在多个学科领域得到应用。合肥大学生物化学教学团队通过挖掘具有本研连贯性的思政案例, 塑造从本科生到研究生的渐进式价值观, 实施本研一体化的“自授式”教学模式, 营造了浓厚的自学氛围^[1]。哈工大传热学教学团队建立了本研贯通式传热学反问题课程体系^[2], 南航通信电子线路教学团队开展扩展性习题教学实践, 充分考虑不同背景学生的学习需求, 有效保障了课堂差异化教学的效果, 并形成了具有鲜明特色的本研贯通课程体系^[3]。北工大数学课程团队倡导导师制和导生制^[4], 北航车辆工程课程团队构建学科交叉课程来弥补知识结构单一和知识体系滞后的问题^[5], 哈师大软件工程专业提出竞赛小组培养模式^[6], 通过差异化教学设计满足本科生与研究生不同层次的学习需求。

这些实践表明, 本研一体化模式通过优化教学资源配置、创新教学方法、完善评价机制, 不仅提升了学生的专业

素养和实践能力,更培养了创新思维和团队协作精神,为高素质人才培养提供了有效路径。各高校的探索经验为深化高等教育改革提供了重要参考。

尽管该教学模式在上述学科领域取得了显著成效,但在实际推进过程中仍面临一些挑战。基于此,本文聚焦于本研一体化课程改革现状,深入探讨机械工程学院本科课程《有限元法》和研究生课程《有限元方法》的本研一体化教学推进策略,探索如何实现本研课程的有机衔接,为本研一体化教学模式的进一步发展提供参考,为培养更多适应新时代需求的高素质创新型人才提供支持。

2 一体化教学方式的特征与需求

本研一体化教学模式具有知识连贯性、教学多样性和评估差异性三大核心特征。知识连贯性确保本研课程内容无缝衔接,使学生形成完整的知识体系;教学多样性通过启发式、探究式等多元化方法激发学习兴趣;评估差异性则针对不同层次学生特点实施科学评价。这些特征构成了本研一体化教学的理论基础和实践方向。

本文讨论的《有限元方法》是工科专业的一门重要基础课程,主要涵盖固体力学有限元法的基本理论及其应用。课程在讲解有限元法原理和方法的同时,结合计算实例和大型工程软件应用示例,帮助学生加深理解并巩固所学知识。

该课程实施本研一体化教学的核心需求源于当前工程教育面临的三大矛盾:首先,传统分层教学模式难以满足工程实践对复合型人才的能力要求,亟需构建贯通本研的知识体系;其次,有限元技术在新材料研发、智能制造等领域的快速迭代,要求教学必须兼顾基础理论稳固性与前沿技术前瞻性;最后,工程教育数字化转型背景下,需要建立适应不同认知层次学生的智能化教学平台。

具体而言,该课程的本研一体化需求体现在三个维度:在知识体系方面,需要建立弹性化的课程架构,既能确保本科生掌握单元离散、刚度矩阵等基础理论,又能支持研究生开展多物理场耦合、非线性收敛等深度研究。在教学实施方面,需要开发分级系统,通过知识点难度标注、案例分层设计等方式,实现同一课堂中的差异化教学。在资源建设方面,亟需构建包含基础算例库、工程案例库和科研项目库的三级资源体系,并配备相应的虚拟仿真平台,支持本研学生的协同学习和自主探究。这些需求本质上反映了新时代工程教育对知识贯通性、教学精准性和资源适配性的更高要求。

3 教学内容与方法的优化设计

本课程核心目标是提升学生的工程设计能力和解决实际问题的能力,使学生初步掌握这一现代设计中的重要方法,以适应科学技术发展的需求。围绕这一目标,我们将本科与研究生阶段的教学内容有机结合,以满足不同层次学生的学习需求,同时确保知识体系的连贯性和完整性。具体而言有以下特色:

3.1 知识体系构建:从基础理论到高阶应用的递进式教学设计

教学大纲采用循序渐进的编排方式,从有限元法基本概念出发,依次涵盖弹性力学方程、杆梁单元分析等核心内容,最终延伸至薄板弯曲、轴对称问题等高级应用。这种阶梯式的知识架构既遵循认知规律,又确保了本研知识体系的有机衔接。本科生可系统掌握基础理论框架,研究生则能在已有基础上实现知识的深化拓展,形成完整的有限元方法知识链条。

3.2 教学重点标注:基于可视化符号的分层学习指引系统

通过建立“★◆▲■”四级标注体系,实现教学内容的精准分层。“★”标注杆梁单元等本科生重点,“◆”标识非线性分析等研究生重点;“▲”指向弹性力学方程等本科生难点,“■”标记收敛性分析等研究生难点。配合[基础][进阶][拓展]三级学习要求,以及基础例题、综合案例、挑战问题三类资源,构建起完整的差异化教学框架,使教师能灵活调控教学深度,支持本研学生的协同发展。

3.3 实践能力培养:本研协同的阶梯式实训体系

在实践教学环节,采用分层示范模式:面向本科生重点讲解 ANSYS 基础操作规范,确保其掌握标准分析流程;针对研究生则深化工程实例解析,培养复杂问题建模能力。课外实践环节实施项目导师制,由研究生带领本科生组成科研小组,共同完成从基础仿真实训到创新课题研究的全过程。通过建立本研共享的工程案例库和在线仿真平台,实现实践资源的无缝衔接。这种阶梯式实训设计既保证了本科生基础工程技能的规范化培养,又为研究生提供了科研领导力的锻炼机会,形成了“教学相长、能力递进”的良性循环。

3.4 本研交互学习的实施路径

在有限元方法课程中,实施本研交互学习是提升教学效果和学生能力的重要途径。通过本科生与研究生的互动合作,不仅可以促进知识的深度理解和应用,还能培养学生的团队协作和创新能力。

3.4.1 组建本研混合学习小组

在课程开始时,根据学生的专业背景、学习能力和兴趣,将本科生和研究生混合编组,每组4-6人。每个小组中至少包含1-2名研究生,以确保小组在学习过程中有较强的引领和指导能力。这种混合编组方式能够充分发挥研究生的学术优势和本科生的创新潜力,促进知识的交流与共享。

3.4.2 设计本研分层教学任务

针对本科生和研究生的不同学习目标,设计分层教学任务。对于本科生,重点在于掌握有限元方法的基本理论和操作技能,如杆、梁单元的有限元分析和平面问题的有限元法。研究生则需要在掌握基础理论的基础上,深入研究复杂问题的解决方案,如薄板弯曲问题和轴对称问题的有限元分析。通过分层任务设计,确保每个层次的学生都能在适合自

己的难度下进行学习和探索。

3.4.3 开展本研究互项目式学习

以实际工程问题为导向,设计项目式学习任务。例如,可以选取一个复杂的结构分析问题,要求学生团队运用有限元方法进行建模、分析和优化。在项目实施过程中,本科生负责基础数据的收集和初步分析,研究生则负责指导和优化模型,确保分析结果的准确性和可靠性。通过项目式学习,学生不仅能够将理论知识应用于实际问题,还能在团队合作中提升解决问题的能力。

3.5 本研贯通的思政教学体系构建

我们构建了本研贯通的思政育人体系,将价值引领、知识传授和能力培养有机结合。本科生与研究生的学习阶段差异显著。本科生科研训练时间短、课题难度低,难以深刻理解专业伦理道德、敬业奉献精神 and 攻坚克难的勇气等价值理念。

考虑到学生成长过程中品德塑造和精神引领的阶段性与连续性,我们通过资源共享促进本研思政教学内容融合,以国家重大战略需求为导向,系统融入工程伦理教育。建立思政教学资源库,收集力学领域的经典案例、科研故事和行业热点问题,并按本科与研究生阶段需求分类整理。教师根据学生特点灵活调用资源库内容,确保思政教学既有针对性又具连贯性。同时,鼓励研究生参与思政教学资源开发与更新,丰富教学素材,提升教育实效性。

除了常见的思政案例,如钱学森、钱令希等力学家追求真理的科研故事外,我们充分发挥研究生的榜样作用,邀请他们在课堂上分享自己在科研项目中遇到的挑战及克服困难的过程。让这些真实案例激发本科生的学习兴趣,帮助他们理解勇攀高峰的创新精神和严谨求实的治学态度的重要性。

这种“工程案例-科学精神-学术规范”三位一体的思政教育模式,夯实了学生专业基础,培育了家国情怀和创新精神,为培养新时代卓越工程师提供了价值引领,实现了知识传授与价值塑造的同频共振。

3.6 差异化课程评价机制设计

3.6.1 全过程动态评价系统:多维融合的学习成效监测体系

建立包含形成性评价(40%)与终结性评价(60%)的复合评估系统。形成性评价涵盖课堂互动参与度(10%)、作业完成质量(10%)、阶段性测验(10%)、专题研讨表现(10%);终结性评价包含模块化知识测验、小组作业和课程报告等形式,具体考核内容和权重见下文。

3.6.2 差异化评估机制构建:基于认知层次的能力评价体系

在终结性评价中,进一步采用分层递进的评估标准,

针对不同培养层次设置差异化考核要求。本科生重点考察基础理论掌握和规范操作能力,要求能够完成标准结构的 APDL 参数化建模,具体考核内容及权重分配为:杆/梁单元理论分析(40%)、典型工程案例的 APDL 基础编程(30%)、标准操作流程执行(30%)。研究生则侧重高阶理论应用和科研创新能力,需具备针对复杂工程问题开展文献研究、建模分析的能力,具体考核内容及权重分配为:平面/轴对称问题理论推导(50%)、文献调研(10%)与建模分析(40%)。这种分层评价机制既体现了本研培养目标的差异性,又保持了知识体系的连贯性,为教学质量提升提供了量化依据。

4 总结与展望

本文针对《有限元方法》课程,提出了打破本科与研究生教育壁垒的具体策略,旨在实现教学内容、教学方法及考核评价的有机衔接。通过本科生与研究生共同参与课程学习,促进不同层次学生之间的交流与合作,从而激发学生的学习积极性。此外,这种模式优化教学资源配置,提高教学效率,为工科专业打造一种高效、连贯且具有创新性的教学模式。

未来,我们将继续探索该模式在教学实践中的应用效果并提出持续改进方案,以期对相关课程教学改革提供有益的参考和借鉴。同时,高校可继续加强顶层设计,打破学科界限,探索跨校、跨学科的协同育人机制。通过整合数字化资源和设计个性化培养路径,进一步提升本研一体化教学模式的质量与效能,为培养适应新时代需求的高素质创新型人才提供有力支持。

参考文献

- [1] 王晓飞,孟伟,魏波.“本研一体化”课程思政模式在生物化学教学中的应用——以合肥大学为例[J].合肥大学学报,2024,41(05):133-138.
- [2] 任亚涛,何明键,高包海,等.传热学反问题课程体系本研贯通式一体化建设[J].高教学刊,2025,11(02):44-47.
- [3] 王毅,陈未央,郭淞冉.基于扩展性习题设置的本研一体式教学[J].电气电子教学学报,2025,47(01):34-37.
- [4] 杨瑞琪,郝春林,徐大川.基于学生个人发展的本研一体化人才培养模式研究[J].教育教学论坛,2024,(51):25-28.
- [5] 宋凌璐,徐向阳,徐国艳,等.智能电动背景下车辆工程专业人才培养模式探索与实践[J].高教学刊,2024,10(30):168-171.
- [6] 丁鸿云,刘琪,刘靖宇.软件工程专业本研一体化培养模式探索[J].计算机教育,2025,(02):213-218.