

“材料设计及有限元分析”课程教学改革与实践

郑新华*, 路朋献, 刘世凯

河南工业大学材料科学与工程学院, 河南 郑州

收稿日期: 2025年5月13日; 录用日期: 2025年6月13日; 发布日期: 2025年6月20日

摘要

针对材料科学与工程专业传统培养模式和新形势下人才需求的间隙, 探索一种新型的材料设计课程以满足目前材料科学领域对新型人才的需求至关重要。“材料设计及有限元分析”课程致力于使用最先进的理论 + 实践的教学方式, 培养科研型材料专业的人才。本论文首先剖析了“材料设计及有限元分析”课程在教学体系下面临的挑战。提出研究式教学中理论 + 实践的新型模式, 制定完善的教学目标, 深入贯彻课程思政, 并结合多元的评价体系, 实现理论与实践的深度融合, 推动了课程体系的不断完善, 显著提升了教学质量。最后总结了教学改革后的成果并对未来进行了展望。

关键词

材料设计, 有限元分析, 课程改革, 实践

Teaching Reform and Practice of the Course “Material Design and Finite Element Analysis”

Xinhua Zheng*, Pengxian Lu, Shikai Liu

School of Material Science and Engineering, Henan University of Technology, Zhengzhou Henan

Received: May 13th, 2025; accepted: Jun. 13th, 2025; published: Jun. 20th, 2025

Abstract

Aiming at the gap between the traditional training mode of materials science and engineering ma-

*通讯作者。

文章引用: 郑新华, 路朋献, 刘世凯. “材料设计及有限元分析”课程教学改革与实践[J]. 教育进展, 2025, 15(6): 643-650.
DOI: 10.12677/ae.2025.1561041

jors with the demand for talents in the new situation, it is crucial to explore a novel type of materials design course to meet the current demand for new talents in the field of materials science. The “materials design and finite element analysis” course is committed to using the most advanced theoretical and practical teaching methods to cultivate research-oriented materials professionals. This thesis firstly analyses the challenges of the “Materials Design and Finite Element Analysis” course under the teaching system. It proposes a novel theory plus practice teaching method, formulates perfect teaching objectives, carries out the ideology and politics of the course in depth, and combines with a diversified evaluation system to achieve the in-depth integration of theory and practice. It promotes the continuous improvement of the course system and significantly improves the quality of teaching. It concludes with a summary of the results of the pedagogical reforms and a vision for the future.

Keywords

Materials Design, Finite Element Analysis, Curriculum Reform, Practice

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

1.1. 研究背景及意义

在当今科技飞速发展的时代，材料科学作为一门基础学科，正以前所未有的速度推动着各个领域的创新与进步。从航空航天到生物医学，从电子信息到新能源，材料的性能与应用直接关系到产品的质量、效率以及可持续发展。因此，培养具备扎实材料科学知识、熟练掌握材料设计与分析技能的专业人才，成为了高等教育面临的重要任务[1]。“材料设计及有限元分析”课程作为材料科学与工程专业的核心课程之一，旨在让学生掌握材料设计的基本原理和方法，学会运用有限元分析技术对材料的性能和结构进行模拟与优化。然而，传统的课程教学模式往往侧重于理论知识的传授，忽视了学生实践能力和创新思维的培养，导致学生在面对实际工程问题时，缺乏解决问题的能力 and 创新意识。

随着科技的不断进步，材料科学领域对人才的要求越来越高。一方面，新材料的研发需要专业人才具备深厚的理论基础和前沿的研究视野，能够运用先进的设计理念和方法，开发出具有高性能、多功能的新型材料；另一方面，在材料的实际应用中，需要工程师能够准确地分析材料的性能和结构，通过有限元分析等技术手段，对材料的使用进行优化，提高材料的利用率和产品的可靠性。因此，对“材料设计及有限元分析”课程进行教学改革，使其更好地适应时代的发展和需求，对培养学术型人才具有重要的现实意义。

1.2. 研究现状

传统材料设计课程主要以教师主导课堂教学为主，缺乏实践性以及学生在课堂上的参与。这造成了学生学习兴趣和对知识的探索欲望低，整体学习效果欠佳[2]。同时，学生以课堂接收知识为主，缺乏主动学习的能力，难以实现对知识的真正掌握。长此以往，在课堂学习的过程中，学生的参与度低、厌学情绪高涨，同时课堂抬头率、听课率下降。最终难以实现对材料设计学术型人才的培养。

采用理论与实践相结合的教学模式，完善课程目标，深入贯彻课程思政并采用多元化的考核方式不仅突破了传统以课堂教学为主的模式，而且为教育改革提供了新思路。该模式通过灵活的学习方式和多元的考核方式，督促并引导学生主导并参与课堂，完成相应的实践教学任务。材料设计及有限元分析课

程的实践教学模式需要学生独立完成有限元分析的模型搭建、数据处理及相关结果的分析。这不仅能够检验课堂学习的教学成果,又能够使学生切实地将理论教学的知识运用到实践中去[3]。从而进一步使学生深化对材料设计的理解,直观的接触如何设计新材料,不仅调动了学习的积极性而且有利于检验学习成果。在材料科学这一经典的工科专业中,如何使用计算机辅助的新手段与传统材料的设计方法结合起来,形成既符合现代教学理念又高效的教学模式,仍是一个亟待解决的问题。本研究旨在探讨通过理论和实践的教育融合打破传统教学模式下的学科壁垒,实现理论知识与实践的深度融合,并深入贯彻课程思政,制定完善的课程目标和多元的考核方式培养学生的综合素养与材料创新能力。

2. 传统教学模式的痛点

2.1. 学生缺乏主动学习的动力

传统以教师主导的教学课堂中,学生很少能够做到积极主动的参与课程,这是一个核心的问题。教师在讲台上讲述自己对知识点的理解,而学生只会单方面的接受观点的输入[4]。造成学生在学习过程中难以发挥主观能动性,并凸显其在学习中的主导地位。同时,学生也难以按照教师的要求完成新知识点的预习,课后复习,整体造成主动学习和思考的热情差。长此以往,学生学习几节课程后容易丧失对课程的学习兴趣,难以高质量的完成课程的设计内容,从而造成教师授课过程变得被动。

2.2. 教学内容及方法单一

随着传统制造行业以及高新技术领域对新材料的需求与日俱增,造成技术创新的速度远远超过了教材编写和修订的周期。因此,传统教材上关于材料设计的内容往往是落后和不全面的,其无法及时跟进最新的课程成果和技术[1]。因此,在传统的教学内容下,难以培养学术型的材料专业人才,以应对未来市场对新材料的需求。结合目前资料与最前沿的成果和技术,引领学生掌握材料最前沿领域的知识和技术动态,成为材料设计课程迫切需要解决的问题。

此外,传统的材料设计课程多以经验式和半经验式的“炒菜法”传授材料设计的方法,无疑这种方法是落后的、不科学的。这种经验式的设计材料的方法的特点是根据科学家的经验,需找到影响合成的因素,从而逐步尝试。该方法效率低、成本高、周期长,并难以设计出需求的材料。因此,传授学生向科学性较强的理论指导+实验验证方法设计材料,是目前该课程的改革方向。

2.3. 思政元素零散,思政效果难体现

习近平总书记为高校思想政治教育事业指明了清晰的方向,确立了明确的指导理念。在新时代教育格局中,高校的核心使命与根本立足点在于落实立德树人的根本任务,培育具备高尚品德与扎实学识的新时代人才。课堂教学作为知识传授与价值塑造的主阵地,在思政教育中占据关键地位,其重要性不言而喻[5]。因此,学生要树立明确的社会责任感,了解自己的使命和责任。教学过程中要将课程思政元素衔接到专业课程的知识点中,实现高素质人才的培养。因此,近年来课程目标中的思政目标在教学地位中逐步突出。材料设计及有限元分析课程中涵盖的知识点丰富,同时也具有多样化的思政元素。如何形成具有层次感、全面性及高效的思政知识架构,让思政思想滋润学生心田,培养学生树立科技报国的思想至关重要。

2.4. 教学评价体系单一

传统“材料设计及有限元分析”课程教学评价手段单一。一般学生总成绩为“平时成绩(30%~40%)+期末成绩(60%~70%)”。其中,平时成绩主要由课后作业、课堂考勤等方面构成。这种评价方式往往忽略

了过程考核和多元化评价，这会造成学生参与度低，学习热情差，难以实现教学效果。因此，改革方向聚焦在加大过程考核力度，全面提升学生在学习过程中的参与度，调动学生的学习积极性等方面。

3. 教学创新举措

3.1. 完善课程目标，全面发展

为完善材料设计及有限元分析的课程目标，在课程改革的条件下其包括知识目标，能力目标、素质目标和思政目标。具体如下：

知识目标：能够理解材料设计与有限元分析的基本思路、过程及方法，并能对无机非金属材料及相关领域需要的数据进行分析、建模并利用计算机求解；

能力目标：能够对无机非金属材料及相关领域研究中的一些复杂问题进行材料设计和有限元分析计算，并具备从事材料计算设计的初步基础，以及深入分析材料的结构、组成和物理化学过程中微观变化机制的能力；

素质目标：能够针对无机非金属材料及相关领域一些具体的工程问题进行模拟和计算，并具备从较高层次上理解有限元方法的实质，并具备初步优化处理工程问题的能力。通过科学方法对新材料进行设计，引导学生应对科研和学术保持严谨认真的态度；

思政目标：通过系统梳理无机非金属材料工程专业的历史演进脉络、剖析当下发展态势并展望前沿领域，可有效唤醒学生内心深处的责任担当、使命意识与职业荣誉感。在此过程中，着重引导学生持续深化专业知识储备、增强实践能力。使其精准把握国家高速发展进程中的战略机遇窗口，主动探寻契合自身价值实现与理想抱负施展的成长路径及发展契机，进而切实提高学生树立高远理想信念的现实可操作性。

3.2. 理论 + 实践教学，激发学习热情

传统的教学模式下常采用以教师课堂授课为主导，学生被动接收课堂知识的模式。在该教学模式下学生无法真正的融入课堂，参与度较低，无法实现课堂授课的高效性[6]。理论 + 实践的教學模式中部分课时采用教师课堂教授，其余课时采用实践教学的模式，在教师的指导下由学生完成。在这种模式下，可以检验学生在授课过程中的学习效果。这无疑增加了学生对材料设计的学习兴趣，真正使学生成为课堂主要参与者。在授课过程以及实践教学中的具体操作如下：

(1) 教师课堂授课

材料设计及有限元分析课程主要针对无机非金属材料专业学生，目标是培养材料领域的学术型人才。无机非金属材料涵盖范围较广，除高分子材料外，其它类型的材料均属于无机非金属材料的范畴。传统无机非金属材料主要包括水泥、玻璃、陶瓷、耐火材料等，而新型的无机非金属材料涵盖类型和应用范围广泛，包括半导体、新能源、航空航天、国防等高新领域。尽管如此，高科技应用领域的无机非金属材料仍然属于硅酸盐材料范畴。如何突破传统的观念，赋予无机非金属材料“前瞻性”、“时尚性”、“不可替代性”，破除对无机非金属材料“老、旧、土”的错误观念十分重要。教师在授课过程中不仅介绍传统无机非金属材料的总类、特点和应用，更需要注重其衍生的新材料类型，以及其在新型领域的应用。授课过程中要引导学生明确：无机非金属材料类型及应用的广泛性；市场对其需求的多样性；新型如半导体、通讯、新能源领域对其的迫切性；大国重器、航空航天等领域对其需求的不可替代性。从而为无机非金属材料赋予新生命，同时激发学生的学习兴趣，为材料领域培养创新型人才，觉醒科技报国的血脉。

(2) 实践教学

实践教学过程中是使用有限元模拟的方法验证新材料的性能，案例具体是通过多物理场模拟的COMSOL 软件进行金属离子在不规则界面锌离子电镀过程中的电场、电流密度、沉积形貌等的分布情况。

具体是学生首先需要掌握 COMSOL 模拟软件的操作流程,以确保实践教学的顺利进行。在软件操作的过程中,首先需要收集相关的参数,如离子浓度、电导率、扩散系数;独立完成几何模型的绘制和网格的划分;输入边界条件以及使用的方程;进行瞬态计算,设置沉积时间和取点的间隔;导出相应的结果,并对结果进行分析;结合金属离子沉积的文献,对结果进行分析;最后形成完整的报告。该方法可以探究所设计的金属合金材料在不同形态下的电化学反应,从而验证其作为金属离子电池电极的可行性[7]。通过上机的实践教学,可以让学生更好的参与课堂,并验证所学习的理论知识。此外,实践教学过程中可以使学生很好地掌握新材料设计的科学方法,从传统对材料的经验式设计跨越到科学方法设计材料的阶段,从而为材料领域培养专业的学术型人才。实践教学激发学生个人的成就感,从而较大程度上提升对该课程的兴趣。

3.3. 深入贯彻思政目标,培养学生家国情怀

课程思政是当代高等教育实施过程中最重要的部分之一,教师作为学生学习过程中的引入者,其所处的政治站位高度,直接影响学生关于思政的理解。因此,对于教师而言,其不仅要具有渊博的知识和技能,还要具有较高的思想政治素养,了解最新的实政动态,学习相关的政治文件,并在授课过程中巧妙地融入最新的思政新闻动态。教师在教学过程中,要关注培养学生的家国情怀和爱国主义精神[8]。让学生理解国家的强大及快速的发展才造就了当下幸福的生活,要树立感恩国家,回馈社会的思想。因此在教师授课过程中,要坚持稳定中求进的工作基调,坚定不移推进专业思政改革,统筹专业课程教学的思政工作,把立德树人的思政本质融入到课堂教学中。

基于材料设计及有限元分析课程,难点是将思政元素自然融入到专业课程的知识点中,不可生硬强行地拼接。如在材料设计的讲解过程中,可将系列目前社会重点且热点材料的使用价值进行体现。如航空母舰、隐身战机、高超音速导弹的建设强大国防力量,其所使用的特种钢材、合金、隔热材料等体现出不可或缺的价值,通过案例的剖析让学生感受到祖国的强大,体现民族自豪感,科技报国的成就感。此外,中国的 5G 通讯事业、人工智能等领域的发展离不开先进的半导体材料,以此引导学生明确无机非金属材料专业的重要价值。专业领域中材料的创新将会引领时代的发展,进一步强化学生对世界观、人生观和价值观的理解。培养学生坚韧不拔的意志品质,鼓励其直面科研与社科领域的重重挑战,以无畏的勇气和决心探索未知、突破难题,着力锻造支撑科技创新的青年人才梯队。在有限元分析实践教学的过程中,引入有限元模拟在大国重器中应用如石油开采平台的腐蚀模拟、隐身战机结构力学模拟、航空母舰多物理场模拟等应用的实例,让学生感受到实践教学中的重要作用。激发其对该课程以及未来建设国家的信心,树立民族自豪感。同时,注重夯实学生基础理论根基,通过系统性教育塑造严谨治学、追求卓越的工匠精神,厚植科技报国的深厚情怀,强化青年学子服务国家战略需求的责任意识与使命担当。

3.4. 多元化考核,提高学生学习积极性

目前,课程的考核主要以平时成绩 + 期末成绩结合的方式,这种考核方法单一,无法引导学生成为课堂的主角,也无法激发他们学习的热情。基于材料设计及有限元分析课程,将考核形式分为三个大模块,分别包括平时成绩 30% (平时成绩中课堂考勤占 10%、线上线下作业占 40%、课堂讨论占 20%、学习通课前课后自主学习占 30%),上机实践成绩 20%,期末考试成绩占 50%。采用多元化的考核模式,让学生主动参与到课程中,使他们成为课堂的主人,激发其学习的热情。

4. 结论与展望

4.1. 改革成果总结

通过本次对“材料设计及有限元分析”课程的教学改革,在学生能力提升与教学质量改进等方面取

得了丰硕成果。在学生能力提升上,学生的实践能力得到了显著增强。通过开设理论 + 实践的教学方式,深化了学生将理论知识熟练应用于实际问题解决的能力。通过有限元分析软件的实际操作,学生自主解决了关于锌离子在不规则边界上沉积的问题,从而更进一步的使他们了解了该课程的应用领域,这有助于提升学生的学习热情。不仅如此,实践教学还能够深化理论教学的知识,加深学生对材料设计及有限元分析课程知识的理解,实现理论教学和实操的深入融合。

从教学质量改进来看,教学内容和课程目标的优化使课程体系更加科学合理。通过对材料设计与有限元分析知识的优化整合,打破了传统教学中知识相互分离的局面,构建了一个有机融合、逻辑连贯的知识体系。加强理论与实践结合,使教学内容更加贴近实际工程应用,提高了教学内容的实用性和针对性。引入前沿知识,及时更新了教学内容,使学生能够跟上材料科学领域的发展步伐,增强了教学内容的时代性。

从思政育人角度改进来看,通过国家各高科技行业在材料领域的突破性发展,激发了学生的爱国情怀,从而觉醒它们科技报国的决心。

考核评价体系的改革实现了对学生学习成果的全面、准确评价。构建全面考核体系,涵盖平时成绩、实践成绩和考试成绩,从多个角度评估学生的学习表现;强化过程性评价,关注学生的学习过程,及时反馈学生的学习状况,为教学调整提供依据。考核结果的反馈与应用,帮助教师了解教学效果,发现教学中存在的问题,为学生提供针对性的学习建议,促进了学生的学习和成长。

最终,对于课程目标中的知识目标、能力目标和素质目标,课程整体目标达成度较高(图 1A),参与问卷调研 25 人,84%的同学(21 人)认为上述的教学目标完全达成,仅有 4%(1 人)认为基本达成,说明整体教学目标达成度较高。此外,针对考核结果课程目标达成度统计发现知识目标、能力目标和素质目标均超过期望值 0.65,分别达到了 0.855, 0.883 和 0.78(图 1B)。从学生统计和考核结果分析可以得出整体说明教学目标达成较好,说明对材料设计及有限元分析的课程改革获得了优异的效果。

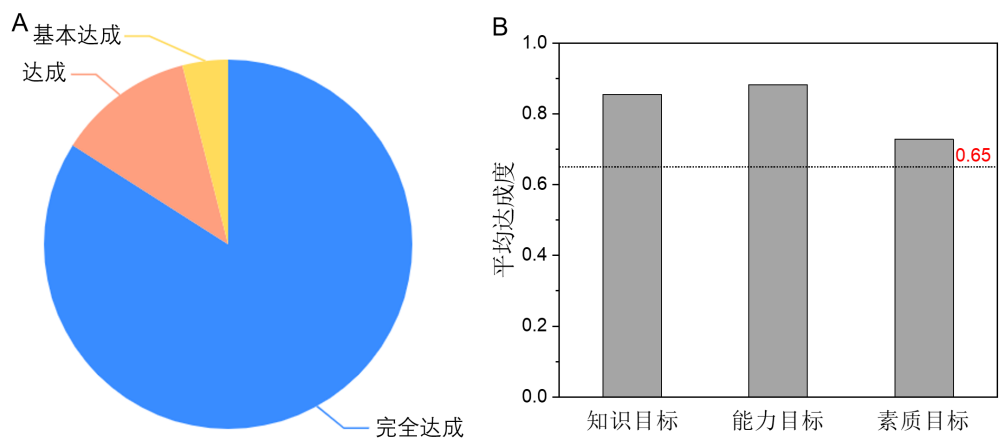


Figure 1. A. The situation of the achievement degree of the curriculum goal of the questionnaire survey; B. The statistical chart of the achievement degree of the assessment result goal

图 1. A. 问卷调查课程目标达成度情况; B. 考核结果目标达成度统计图

4.2. 未来发展展望

展望未来,“材料设计及有限元分析”课程教学改革仍有广阔的发展空间和众多的探索方向。在深化教学改革方面,我们将进一步优化教学内容,紧密跟踪材料科学领域的前沿发展动态,及时将最新的研究成果和技术应用融入课程教学中。随着量子材料、智能材料等新型材料的不断涌现,我们将深入研

究这些材料的设计原理和性能特点,将相关知识纳入教学内容,使学生能够接触到最前沿的材料科学知识。在有限元分析领域,持续关注算法的改进和软件功能的升级,将最新的多物理场耦合分析算法、并行计算技术等引入教学,提高学生的分析能力和解决复杂问题的能力。

在教学方法创新上,将更加注重学生的个性化发展需求。借助人工智能和大数据技术,实现教学方法的精准定制。通过对学生学习数据的分析,了解学生的学习风格、知识掌握程度和能力水平,为每个学生制定个性化的学习路径和教学方案。对于在材料设计方面表现出较强能力的学生,提供更具挑战性的项目和研究课题,激发他们的创新潜力;对于在有限元分析学习中遇到困难的学生,提供有针对性的辅导和练习,帮助他们克服困难,提高学习效果。

在拓展应用领域方面,加强与其他学科的交叉融合。材料科学与物理学、化学、生物学、信息科学等学科的交叉日益紧密,我们将积极探索与这些学科的合作,开设跨学科的课程和项目。在材料设计中,引入生物学的原理和方法,开展生物启发的材料设计研究,培养学生的跨学科思维 and 创新能力。加强与企业的合作,拓展课程的应用场景。与材料研发、制造企业建立更紧密的合作关系,共同开展实际项目的研究和开发。让学生参与到企业的新产品研发、工艺优化等项目中,了解企业的实际需求和技术难题,提高学生的工程实践能力和就业竞争力。

在实践教学方面,进一步加强实践教学基地建设。与更多的知名企业建立长期稳定的合作关系,为学生提供更多的实习岗位和实践机会。完善实践教学体系,增加实践教学的深度和广度。开发更多具有挑战性和创新性的实践项目,培养学生的综合应用能力和创新能力。加强实践教学的指导和管理,提高实践教学的质量和效果。

在师资队伍建设方面,持续加大对教师的培养力度。鼓励教师参加国内外的学术交流活动 and 专业培训,不断提升教师的学术水平和教学能力。引进具有丰富工程实践经验和跨学科背景的高层次人才,充实教师队伍,优化师资结构。建立教师教学激励机制,鼓励教师积极参与教学改革和创新,提高教学质量。

“材料设计及有限元分析”课程教学改革是一个持续不断的过程,需要我们不断地探索和实践。我们将以培养适应时代发展需求的高素质材料科学与工程专业人才为目标,不断深化教学改革,拓展应用领域,提高教学质量,为材料科学与工程学科的发展做出更大的贡献。

基金项目

国家自然科学基金(批准号:22409054);河南工业大学博士基金(批准号:2023BS063);河南省科技攻关项目(批准号:222102230034)。

参考文献

- [1] 金鸿,曾志雄,高锐涛.设计材料与加工工艺课程思政教学改革探索与实践[J].中国教育技术装备,2024(19):125-127.
- [2] 高国伟,刘国英,甄倩倩,黄勇杰,段晓云.线上线下混合式教学模式下中华优秀传统文化与数据结构课程的融合实践[J].安阳师范学院学报,2025,27(2):148-152.
- [3] 郭纯,胡瑞章,张立勇,陈丰.新工科背景下“设计材料与工艺”课程教学改革的探索与实践[J].北京印刷学院学报,2020,28(12):133-135.
- [4] 黄竹胜,薛伟,常永正,罗志敏.物理化学实验教学改革:培养学生创新与实践能力的[J/OL].大学化学,2025.
<http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1815.O6.20250327.1328.004.html>,2025-06-18.
- [5] 李小慧.立德树人视域下论文写作课程教学改革——以榆林学院学前教育专业为例[J].陕西教育(高教),2025(2):28-30.

- [6] 王立强, 赵群喜, 陈棒棒, 梁丹丹, 陈灵方. “机械工程材料”课程教学改革与实践浅析[J]. 南方农机, 2025, 56(6): 170-175.
- [7] Zheng, X., Liu, Z., Sun, J., Luo, R., Xu, K., Si, M., *et al.* (2023) Constructing Robust Heterostructured Interface for Anode-Free Zinc Batteries with Ultrahigh Capacities. *Nature Communications*, **14**, Article No. 76.
<https://doi.org/10.1038/s41467-022-35630-6>
- [8] 刘萌, 周雪飞, 蔡世昌, 陈利霞, 刘世凯, 王庆伟, 张猛. 新能源材料与器件课程教学改革的探讨[J]. 河南化工, 2025, 42(1): 57-59.