

基于产教融合的有限元分析教学研究

吴入军

上海电机学院机械学院, 上海

收稿日期: 2025年3月13日; 录用日期: 2025年5月16日; 发布日期: 2025年5月27日

摘要

有限元分析技术在航空航天、通用机械、医疗器械等各行各业具有广泛的应用, 在产品升级和技术创新方面起到举足轻重的作用。基于产教融合背景, 建立产教融合型有限元分析教学体系, 成立校企联合课程团队, 引入产业标准、产业技术以及产业案例, 建设产业型教学案例库和教学内容, 有助于培养具有解决企业复杂工程技术问题能力的新型技术人才, 契合产业升级的专业需求, 提高教学质量。

关键词

产教融合, 有限元分析, 教学改革

Research on the Teaching of Finite Element Analysis Based on Integration of Industry and Education

Rujun Wu

School of Mechanical Engineering, Shanghai Dianji University, Shanghai

Received: Mar. 13th, 2025; accepted: May 16th, 2025; published: May 27th, 2025

Abstract

Finite element analysis technology has a wide range of applications in various industries such as aerospace, general machinery, and medical equipment, playing a crucial role in product upgrades and technological innovation. Based on the background of industry-education integration, establishing a finite element analysis teaching system for industry-education integration, forming a school-enterprise cooperation curriculum team, introducing industry standards, industry technologies, and industry cases, building a new teaching system, will help cultivate new technical talents with the ability to solve complex engineering technical problems in enterprises, meet the professional needs of

industrial upgrading, and improve teaching quality.

Keywords

Integration of Industry and Education, Finite Element Analysis, Teaching Reform

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

有限元分析技术在通用机械、航空航天、医疗卫生、生物医药、能源动力以及汽车轮船等行业得到越来越广泛的应用,在产品开发、产品质量升级以及产品运营维护等各个方面都起到了不可替代的作用。在实际应用中,有限元分析可以有效地代替传统试验,大幅缩减产品开发周期,加快产品上市进程,减少人力成本和开发成本[1][2]。有限元分析技术在产品开发和科技创新方面起到巨大作用,已成为各大公司产品开发和技术革新的重要引擎,并且取得了重大经济利益。教育部和学位委员会提出:产教融合是新型的与时俱进地培养新一代大学生和研究生的典型特征,“中国智能制造 2025”也为新时代的大学生掌握高新企业的先进技术和行业标准,提高科研能力,提高解决企业复杂工程技术问题提出了更高的要求 and 期待[3]。

有限元技术是一门理论与应用深度融合的知识体系,其所涉及到的理论知识包括:弹性力学、塑性力学、流体力学、热力学、电磁学、断裂力学、多体动力学等多门基础学科,这需要学生拥有一定的理论基础,因此这门课一般安排在大学三年级或研究生一年级开设;同时,有限元分析牵扯到软件的学习与运用,需要学生熟练掌握软件操作;最后,针对企业复杂的工程技术问题,需要对企业复杂技术问题的应用场景深度理解,能够用有限元技术进行模拟计算并提出所需要的结论。有限元分析技术对企业提升产品技术创新具有举足轻重的作用,现阶段企业对掌握有限元技术的大学生需求巨大,然而现有的有限元教学并不能满足现阶段产业日新月异的发展对有限元分析技术人才的需求,因此,以企业发展为导向,培养掌握解决企业复杂工程技术问题的高素质人才是企业 and 高校共同的期望 and 目标[4][5]。

虽然各大高校针对机械类专业开展了有限元分析这门课程,但是现有的教学体系基本上还是沿用传统的教学体系,缺乏老师与学生之间的互动,教学内容陈旧,更是严重与产业发展脱离。因此,探索产教融合培养方式,建立基于产教融合的数字化教学体系和教学培养框架以及产教融合型有限元分析教学内容,促进仿真技术人才的产业化培养,以期成为支撑中国制造 2025 的实现,促进我国的产业化升级改造。

2. 《有限元分析》教学中存在的问题

2.1. 教学内容与产业脱钩

传统的《有限元分析》课程教学内容来自于教材内容,重视理论教学和基本的软件操作,如:桁架问题、梁问题、平面应变问题、平面应力问题、变分原理等方面的理论学习,非常枯燥乏味,而软件教学仅限于课本的简单例题,缺乏有限元分析技术在产业中的应用,教学内容严重与有限元技术产业应用脱钩,已经远远达不到企业对新时代大学生的期望,因此有限元分析教学内容亟需要引入产业案例、产业技术和产业标准等,实现对教学内容的系统性革新。

2.2. 教学方式陈旧

有限元分析技术具有极强的产业应用性，在产品升级改造、技术革新等方面具有重要的作用，传统的课堂教学方式已经不适用于日新月异的产业升级和技术革新，因此以产教融合为契机，成立校企联合教学团队，聘请企业有限元分析领域的技术专家走进校园，亲自讲授企业在技术开发和产品升级中的优秀技术案例、技术标准、技术团队协作作战的合作精神以及精益求精的工匠精神。同时，学校教师走进企业进行实践，增强对企业需求的认知，提高教学水平。通过校企合作教学团队的建立，满足社会对有限元分析技术人才的需求。

3. 产教融合型有限元分析课程体系的建立以及实施效果

3.1. 基于产教融合的有限元分析课程目标和毕业要求

基于教育部和学位委员会提出的“产教融合”教学培养目标，结合企业实际需求，制定《有限元分析》课程教学目标以及课程教学目标相对应的毕业设计指标点，课程目标与毕业设计指标点的支撑关系见表 1。

课程目标：

- 1) 从产业应用的角度，利用自然科学知识、有限元方法，结合机械设计制造及其自动化专业相关知识，对机械设计制造及其自动化专业的产业发展中的复杂工程技术问题进行深入理解和表述。
- 2) 实现有限元分析技术与行业发展紧密融合，从有限元分析的角度掌握产业最新的技术标准、计算方法、行业前沿，能够针对行业复杂工程技术问题制定可行性技术方案。
- 3) 熟练掌握企业主流的有限元分析软件，能够独立完成企业实际的复杂工程技术问题的计算，并提出合理的建议，解决产品升级和技术创新过程中遇到的复杂问题。

毕业设计要求指标点：

指标点：1-1 掌握数学、物理和化学等自然科学知识，能够用于机械设计制造及其自动化领域复杂工程问题的表述。

指标点：2-2 能够运用力学、热流体、电工电子学、材料科学等工程基础知识和科学基本原理，识别和科学基本原理，识别和表达机械工程相关技术要素，并进行可行性方案分析与论证。

指标点：5-2 能够针对具体的机械设计制造及其自动化领域复杂工程，开发、选择与使用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具。

Table 1. Relationship between teaching objectives and graduation design index points

表 1. 教学目标与毕业设计指标点的关系

教学目标	指标点	1.1	2.2	5.2	毕业要求
目标 1		☆☆		☆	工程技术
目标 2			☆☆	☆	问题分析
目标 3				☆☆☆	使用现代工具

注：用☆☆☆、☆☆、☆分别表示教学目标对毕业要求的贡献度为强、中、弱。

3.2. 有限元分析教学内容改革

《有限元分析》作为一门应用性非常强的课程，与产业深度融合，将产业的最新技术标准、技术规范以及优秀技术案例等融入教学课程，推动有限元分析课程教学内容与产业实际需求科学对接，以适应

产业发展需求，培养具有行业发展视野的大学生。

结合有限元分析技术在空调行业、机床行业以及纺织机械行业等领域在技术开发中的实际复杂工程项目案例，将有限元分析技术在各领域的技术标准、计算流程、不同工况下的行业案例进行整合，融入有限元分析课程中，构建高校教学与行业应用相融合的教学内容和教学方式，同时建立适用于产教融合教学的评价体系，探索产教融合教学模式，提升学生创新能力和解决复杂工程技术问题的能力，提高人才培养质量。

在课程资源建设方面，与企业紧密合作，建立校企共建教学团队，引入有限元技术在不同行业的技术标准、技术方法以及产业案例，共同建设企业案例库，将企业的优质前沿的有限元分析项目案例、最新技术标准和技术方法编制成案例库；同时，选取典型案例制作成多媒体课件、视频资料和课程网站以供学生可以线上学习和线下授课，同时引进企业技术专家骨干走进课堂，采取校企联合授课模式授课以提高授课效果。

3.3. 校企联合教学方式的引进

校企联合课程团队采用课程双负责人制，由企业教师和校内教师共同担任课程负责人。课程团队的高校老师定期进入典型行业企业中实践锻炼，学习企业先进的设计分析技术、不同的行业技术标准及企业项目案例，聘请的企业技术骨干进校园授课，由高校教师和企业技术专家共同组建理论教学与实践教学相结合的产教融合型课程教学团队。

教学团队根据产教融合实际情况，培养学生利用企业标准、先进技术和方法解决企业实际复杂工程技术问题为目标，确定人才培养与产业需求相适应的课程改革理念。(1) 加强校企联合，优化课程内容。通过高校与企业的合作，使课程内容更加具有针对性和实用性。如结构强度问题、刚度问题、振动性等相关内容以产教融合典型案例，做到学以致用。(2) 引企入校。建立校企共建的产教融合教学模式，形成培养方式产业化，课程教学项目化，实现企业技术专家进课堂，高校教师进企业，形成人才培养的产业化方式。同时，培养学生的实践和创新精神，以产教融合为契机，鼓励学生参与实际项目，培养他们积极参与实践，勇于解决企业复杂工程技术问题的能力。

3.4. 企业项目为主导的实践教学

加强企业优秀技术案例的实践训练，安排 16 节上机实践课程，其中 6 节课用于软件基本操作的学习，另外 10 节课程安排企业专家进课堂教学，在企业技术专家的讲解下，学生自主完成优秀案例的模型建立、边界条件的施加、问题分析计算、结果分析以及报告撰写，通过 5 个企业优秀案例，锻炼学生发现问题、分析问题以及解决的能力，掌握有限元分析技术在实际工程问题中的应用，实现大学教育与企业需求紧密结合，达到学以致用的目的。上机实践结束后，由老师提供若干实际工程问题，由学习分组自主完成并撰写课程报告，以锻炼学生分析问题、解决问题的能力。

3.5. 课程思政教学的引入

在有限元分析课程的教学过程中，根据有限元分析技术在各行各业中的实际应用，将不同思想教育融入课程教学中，加强思想政治教育，培养学生的爱国主义精神、创新精神、团队协作精神及严谨公正的科学态度等，实现有限元分析教学与德育教育相互促进相互融合的教育目的。结合有限元方法发展历程培养爱国主义精神教育、激发学生的远大志向、创新精神等，通过讲述科学家的经历或者某个定理的发现过程，引起学生的共鸣，激发学生学习的动力。

通过产教融合，引入产业技术专家走进课堂，在课程教学中努力创造真实的职场环境，增强学生职

业感, 导入企业的核心价值观、团队合作、分工协作及创新精神, 进一步完善校园精神文化建设, 引入企业优秀企业制度, 了解企业教职工管理规范和企业吃苦耐劳精神。

3.6. 考核形式多样化改革

校企双方基于产教融合的教学模式, 共同制定课程考核新方法, 切实可行地加强课程考核的导向激励作用, 达成课程目标, 实现对毕业要求支撑点的支撑作用。考核主要采用过程化考核方式, 考核内容分为两部分: 平时成绩占 20%和项目化报告占 80%。其中, 平时成绩包括: 平时表现(10%)和考勤(10%); 项目化报告占 80%, 项目化报告中含有五次企业案例分析, 每个案例分析占 16%。

3.7. 教学效果

通过对教学体系以及教学团队与产业化的深度融合, 学生对有限元技术在行业中的具体应用有了深刻的理解, 特别是通过 5 个典型行业优秀案例, 同学们基本都掌握了利用课堂所学的理论知识去解释在空调、核工业等领域中遇到的问题, 并采用所学的先进技术方法和技术标准顺利完成了数值模拟, 得出了正确的结果, 且能够给出合理的分析和改进方案, 极大地提高了学生分析问题、解决问题的能力, 达到与产业新技术、新标准以及新要求的深度融合。

4. 结语

基于教育部和学位委员会提出的“产教融合”型大学生培养教学体系的建立, 建立了校企联合教学团队, 引入企业专家走进课堂, 将企业的技术标准、技术案例、企业文化以及思政教育等理念进入到教学体系中, 同时, 大学老师主动进企业学习先进技术, 向企业技术专业和骨干学习, 企业技术专家进课堂传授企业经验, 实现理论与实践的结合, 培养具有行业发展视野的大学生。通过有限元分析技术产教融合课程教学, 大学生理解有限元分析技术在企业技术创新中的巨大作用, 掌握不同行业的先进技术方法、技术案例和技术标准, 实现大学生培养目标与行业发展需求相契合。

参考文献

- [1] 叶红玲, 尚军军, 张兴宇, 杨庆生. 产教融合提升数字化仿真能力的力学课程改革与实践[C]//北京力学学会第二十九届学术年会论文集. 2023: 134-135.
- [2] 梁策, 韩奇钢, 于歌, 程敏. 基于“产教融合”的材料成型技术基础课程改革及思政探索[J]. 高教学刊, 2024(21): 42-45.
- [3] 刘高升. 仿真技术人才培养新路径探索[J]. 软件导刊, 2022(10): 231-235.
- [4] 金伟, 谢世坤, 刘朝晖, 郭于明. 产教融合背景下机械原理课程教学改革探索产业与科技论坛[J]. 产业与科技论坛, 2024, 23(12): 157-159.
- [5] 张忍东, 桂芳, 张立勇, 刘文学, 俞翔, 巨智超. 产教融合视野下职业院校机械设计基础课程教学改革研究[J]. 造纸装备及材料, 2024, 53(5): 189-191.