

# 面向未来工程需求的《土木工程数值仿真》 课程更新与教学策略研究

魏保立

郑州航空工业管理学院土木与环境学院 河南 郑州 450046

**【摘要】**：基于土木工程技术未来的发展趋势，高等院校硕士研究生教育必须面向未来工程目标培养高水平数值仿真的应用型人才。在分析本校土木与水利工程专业硕士培养目标基础之上，满足教育强国对未来工程技术人才的需求，针对土木工程数值仿真课程的内容和教学方法进行更新和改革。建构“理论-方法-工程-行业”四方面课程体系，结合学校地方航空特色，引入并应用航空、交通等特色工程案例，使课程内容和行业发展能够并轨。在改革教学策略的前提下，采用案例精研究、软件真实操、研讨深赋能和智能巧辅助的教学方法和手段，形成专业硕士自主创新与实践的机制，增强学生的科研主动性。融合多元评估系统和PDCA机制，进一步优化教学进程。实践表明，本文采用的教学改革提高了学生数值仿真水平与创新主动性，为同类课程建设提供了可借鉴的经验。

**【关键词】**：土木工程；数值仿真；课程更新；教学策略；专业硕士；实践创新

DOI:10.12417/2705-1358.26.03.071

为了培养具有扎实工程实践能力和技术创新水平的高层次应用型人才，我国设立的土木工程专业硕士，其教育是衔接高等教育与工程实践的关键环节。基于上述背景，专业硕士课程设置必须瞄准相关行业发展方向，突出实践性、创新性与前沿性三大核心特征<sup>[1]</sup>。但是，目前有一些高校开设的《土木工程数值仿真》或《有限元分析》等课程存在一些问题，在新技术快速发展的时代趋势下，很难适应未来工程发展需求。

一，教学内容偏重数学推导与理论阐释，与真实工程场景结合不足，导致学生虽掌握算法原理，却难以有效转化为解决实际工程问题的实操能力；二，课程内容更新缓慢，未能及时融入人工智能、数字孪生等新兴技术，与行业技术前沿存在显著代差；三，教学模式仍以单向度的“讲授-接受”为主，师生互动匮乏，难以激发学生的自主探究与创新思维。这些问题导致学生仿真应用能力与工程需求脱节，制约培养质量提升。因此，精准对接行业趋势，探索课程更新路径与教学优化方案，破解传统课程困境，成为高等工程教育亟待解决的课题。

本文基于地方高校土木与水利专硕《土木工程数值仿真》课程实践，结合学科重点与区域需求，系统阐释课程内容更新路径（基础理论迭代、前沿技术融入、特色案例开发）及“教学方法创新-支撑体系构建-评价机制优化”三位一体教学策略

框架，形成适配地方高校工科专硕培养的课程改革方案，为同类高校破解数值仿真类课程理论与实践脱节、内容滞后等共性难题提供可操作的范式参考，助力其更好适应未来行业的技术变革与发展需求。

## 1 课程内容更新：构建多层次递进知识体系

将土木工程未来发展的趋势和专业硕士培养实践创新能力目标相融合，克服传统教学中知识分散、理论与实践分离的弊端，编制层次递进（“基础理论—数值方法—工程应用—行业前沿”）知识框架，更新课程内容体系。

### 1.1 基础理论：夯实数值仿真核心概念与理论根基

基础理论是数值仿真应用的根本，学生通过系统化理论知识学习，可以更好的掌握数值仿真的根本原理<sup>[2]</sup>。通过调研和分析数值仿真理论，选择有限元原理，计算力学和数值分析作为核心基础理论；内容包含弹性力学基本方程（平衡方程、几何方程、物理方程）、有限单元法求解方法、单元类型选择的适配性原则，以及非线性分析的基本假设与适用场景等理论。

### 1.2 数值方法：强化计算实施能力与误差调控工程思维

在数值仿真教学中，前处理阶段尤为关键，我们特别强调工程实际中的力学模型简化、网格单元选型与划分、材料本构

作者简介：魏保立（1978年—），男，汉族，河南漯河人，博士，讲师，主要研究方向交通基础设施加固与修复技术。

项目：郑州航空工业管理学院研究生质量提升工程项目（项目编号：2024YJSJG47）。

关系的合理赋值等核心技术；仿真后处理模块，重点讲解结果表达、可视化表征等方法。特别是误差分析与调控技术，学生需学会识别网格误差、计算误差和系统误差及估计方法，实践环节要求学生采用网格自适应细化策略，通过网格细化和选型，对比仿真分析结果，培养学生在考虑精度的前提下兼顾效率的工程思维能力。

### 1.3 工程应用：融入多领域典型案例与实践场景

本课程实施“理论转化实践”策略，将实际土木工程应用场景融入案例讲解<sup>[5]</sup>，强化学生的动手操作能力。基于学生的认知学情，教学案例遵循从单一构件分析到复杂系统仿真的阶梯式认知规律，融入结构防灾抗震、岩土渗流耦合、道路损伤机理、桥梁几何非线性仿真等工程案例。通过“场景导入—机理剖析—建模实操—验证评估”的规泛化训练，这不仅强化了学生动手实操能力，更重要的是培养了应对复杂边界条件与多物理场耦合问题的系统化工程思维。

### 1.4 行业前沿：对接技术发展趋势与学科特色需求

面向行业发展趋势前沿，将课程内容同步行业发展，以拓宽学生技术视野，进而突出学科特色<sup>[6]</sup>。依托学校航空背景与地方区域发展需求，增加航空基建相关内容，比如机场跑道运维仿真等特色内容。紧跟数值仿真专题的前沿知识的同时，兼顾国产仿真软件的知识<sup>[7]</sup>介绍。通过专家讲座、文献研读及软件实操，激发学生科研敏锐力，助力其探索前沿应用，拓展学生职业生涯范围。

## 2 教学方法创新

### 2.1 案例教学法的应用

采用案例驱动教学，锚定学科前沿与重大工程实践，遴选兼具代表性、挑战性与交叉性的典型工程问题，如钢筋混凝土剪力墙滞回性能分析（深耕混凝土塑性损伤本构机理）、非饱和土流固耦合渗流模拟（聚焦多物理场耦合规律）。教学以 ABAQUS 为核心、MIDAS 为补充，引入 ANSYS、FLAC3D 拓展细分领域技能；确立“理论精讲—过程可视化—分层实操—工程复盘”全周期范式，精讲力学与数值理论，可视化呈现建模要点，分层适配学习需求，对标规范复盘优化，系统提升学生软件适配与工程应用能力。

### 2.2 实践操作软件工具箱

为保障软件教学的科学性、适配性与前沿性，课题组先系统调研国内 10 余所土木工程双一流高校数值仿真课程软件体系<sup>[9]</sup>，再紧扣本校土木水利专硕结构抗震、机场基建、岩土工程等研究方向，结合未来工程技术需求，构建“主选核心+备选专业+拓展前沿”多层次软件教学工具箱。主选 ABAQUS 通用有限元软件，以全流程实操教学夯实学生数值仿真核心功

底；备选 MIDAS/Civil（桥梁专项）、PLAXIS 3D（岩土专项）等软件，精准匹配细分领域仿真需求；同步纳入同济曙光 GeoFBA3D、FELAC 等自主可控国产软件作为拓展模块。配套“理论讲解-步骤演示-自主实操-错误复盘”四步教学法，全面提升学生软件应用与工程适配能力。

### 2.3 虚拟学术研讨的范式创新

结合专业硕士学生论文开题方向，设置建筑、岩土、道路、桥梁四大研讨方向，引导学生拟定研讨题目（如“混凝土梁裂缝扩展数值模拟”“路基工后沉降仿真分析”），确保研讨内容与研究方向紧密结合。采取“主讲+提问+点评”模式。主讲学生须提出问题、展示方案、分析结果、优化路径。听众学生则从“模型是否合理、参数是否科学、结果是否充分”三个维度提出质疑。这种“以问促思”的机制，迫使学生深入审视研究过程，培养了批判性思维。

### 2.4 基于 OBE 理念的多元评价体系

为适配土木水利专硕应用型人才培养导向，摒弃传统“一考定终身”的单一评价模式，构建“过程性评价与成果性评价深度融合”的多元考核体系<sup>[10]</sup>。过程性评价占比 35%，聚焦软件实操规范性、研讨参与深度及阶段性工程任务完成质量，动态追踪学习成效；成果性评价占比 65%，以真实工程问题为载体，重点考察数值仿真方案设计、结果合理性分析及工程适配优化能力，实现“以评促学、以评促用”，全面保障教学质量与人才培养质量。

## 3 实践创新能力培养机制的系统设计

### 3.1 师资队伍建设

构建“师资建设+技术赋能”协同育人体系：以“学术交流-工程实践-教学培训”三位一体模式夯实师资基础，通过组织教师参与全国路面材料力学与数值仿真研讨会等学术活动追踪前沿，聘任基建领域资深高级工程师担任客座导师对接行业需求，选拔优秀研究生任助教开展软件实操分层辅导，形成多元师资梯队。同步引入 AI 学智通平台实现智能答疑、个性化路径推荐等功能，开发 AI 讲伴强化课堂互动，精准提升教学实效。

### 3.2 PDCA 循环动态调整机制

构建 PDCA 闭环优化机制，保障土木水利专硕数值仿真软件课程动态迭代：规划阶段（P）聚焦学情精准画像（全覆盖选课学生）与行业技术迭代需求，锚定结构抗震、岩土工程等细分领域，制定适配的课程内容与教学方案；实施阶段（D）落地案例驱动、研讨式教学等核心模式，推进课程方案落地；核验阶段（C）通过课堂互动反馈、中期能力测评、成果质性分析，系统评估学生软件实操与工程问题解决能力提升成效；

改进阶段(A)凝练教学成效,针对数值建模逻辑薄弱、规范适配不足等专业问题制定靶向改进措施,纳入下一循环形成持续优化闭环。

### 3.3 实践教学资源建设

构建“自选仓库+荐选工具”的软件资源体系,提供 ABAQUS、MIDAS、ANSYS 等软件安装包、教程视频与案例模型,满足学生自主学习需求。收集整理航空基建、土木工程典型工程案例 10 余例,包括机场跑道仿真、桥梁抗震分析等,按难度分级分类存储,支持教学调用与学生自主练习。

## 4 教学实践成效

### 4.1 学生实践创新能力显著提升

通过对 2023 级 23 名选课学生的跟踪评估,改革成效显著。学生的创新意识与自主实践能力增强。问卷调查显示,94.7% 的学生认为实践创新主动性得到提升,89.5% 的学生能够熟练运用软件解决实际问题,57.9% 的学生取得实践创新成果(如国赛二等奖、中标创新项目)。再者,课程成果的科研与工程转化效果明显;68.2% 的学生将课程成果进一步延伸为论文开题基础或科研项目支撑,如“机场道面裂缝扩展数值模拟”等成果已应用于相关课程或硕士论文研究。

### 4.2 课程辐射效应与行业认可

课程建设成果已辐射至土木与环境学院《高等工程结构》《机场防护工程》等相关课程,对学院工科课程整体改革起到

一定的推动作用。课程团队已形成较为系统的教学资源体系,如课程大纲、知识图谱、案例库等,投稿教学改革论文 2 篇,获批校级教学改革项目 1 项。

## 5 展望

面向人工智能赋能的未来工程教育,土木水利专业硕士教育仍然需要在以下三个方面进行改革:

第一,以行业需求与技术前沿为导向,实施课程内容动态修订体系。结合科技发展趋势,每年更新 15%-20% 的教学案例;及时纳入数字孪生、物理信息神经网络、大模型驱动仿真等前沿技术。

第二,需深度融合教育大数据与学情分析技术,构建精细化的学生能力数字底座。借此推动教学模式由传统的“统一内容、统一节奏”转向“精准赋能、差异支持”,更好地满足多元背景研究生的个性化成长需求。

最后,推动教师队伍向教学学术化发展。现行培训体系偏重工具与技能,未来需要引导教师在教学中开展系统研究,形成“以教促研、以研强教”的良性循环。通过将课堂实践、学习行为与教学成效纳入学术研究范畴,产出具有推广价值的教学研究成果,从根本上提升课程创新能力与教师教学水平。

课程改革是一项持续演进的系统工程。我们将秉持“以学生为中心、以产出为导向、以创新为灵魂”的教育理念,为培养兼具扎实功底、卓越实践能力与持续创新精神的新时代工程人才贡献力量。

## 参考文献:

- [1] 鲍硕超,王罡,刘芳.新工科导向下应用研究型高校课程体系改革[J].教育教学论坛,2024(28):94-97.
- [2] 教育部.关于加快新时代研究生教育发展的意见[EB/OL].
- [3] 张一鸣,王雪雅."工程数值计算与有限元"课程建设[J].教育教学论坛,2021(1):4.
- [4] Cheng Z,Yang Y,Shen G,et al.Comparison on Major Courses Setting for Graduates of Mechanical Engineering in Domestic-foreign Universities[J].Advances in Education,Humanities and Social Science Research,2023,7(1):141.
- [5] 程钢,王忠雷,李锦,等.案例教学在有限元分析研究生课程中的应用[J].当代教育实践与教学研究(电子刊),2023(16):86-88.
- [6] 刘月飞,樊学平.问题导向与成果导向相融合的钢筋混凝土结构设计原理课程教案设计[J].高等建筑教育,2024,33(2):104-109.
- [7] 刘计良,司政,李炎隆.国产有限元软件在有限元法类课程中的推广应用-以"水工结构数值分析"课程为例[J].科技视界,2022(29):175-177.
- [8] 胡家航,强添纲,郭明辉.ANSYS 在木结构构件中的应用[J].世界林业研究,2016,29(3):5.
- [9] 钟广.矿山法修建城市隧道的施工力学行为及工程环境影响研究[D].中国铁道科学研究院,2013.
- [10] 蒋玲,韦秋文,蒋晓波.基于 OBE 理念的教学质量评价体系研究与实践[J].教育教学论坛,2024(37):57.