

“工程地质数值模拟技术与应用”课程教学改革与实践 ——以中国地质大学（武汉）为例

付茹¹, 程瑶¹, 黎伟¹, 胡新丽¹, 周博²

1. 中国地质大学（武汉），湖北 武汉 430074

2. 华中科技大学土木与水利学院，湖北 武汉 430074

DOI: 10.61369/SSSD.2025140022

摘 要： 本文以中国地质大学（武汉）“工程地质数值模拟技术与应用”课程为研究对象，结合数值模拟技术在工程地质领域的广泛应用背景，分析传统教学中存在的理论与实践脱节、教学方法单一等问题。通过整合课程内容、引入三维可视化技术、构建“理论——案例——实践”三位一体教学模式等改革举措，结合典型案例验证了教学改革在提升学生创新能力与实践能力方面的显著成效，为工程地质专业数值模拟类课程建设提供了可复制的改革范式。

关 键 词： 工程地质；数值模拟；教学改革；三维可视化；实践教学

Engineering Geology Numerical Simulation Technology and Its Application Course Teaching Reform and Practice —Taking China University of Geosciences (Wuhan) an Example

Fu Ru¹, Cheng Yao¹, Li Wei¹, Hu Xinli¹, Zhou Bo²

1.China University of Geosciences (Wuhan), Wuhan, Hubei 430074

2. School Civil and Hydraulic Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, Hubei 430074

Abstract： This paper takes the course "Engineering Geology Numerical Simulation Technology and Its Application" of China University of Geosciences (Wuhan) as the research object. Combined with the extensive application background of numerical simulation technology in engineering geology, this paper analyzes the problems existing in traditional teaching, such as disconnection between theory and practice and the single teaching method. Through the reform measures such as integrating the course content, introducing three-dimensional visualization technology, and constructing the "theoretical case – practice" teaching mode, the teaching reform is verified to be significantly effective in improving students' innovation and practical ability by combining typical cases. It provides a reform paradigm that can replicated for the construction of numerical simulation courses in engineering geology.

Keywords： engineering geology; numerical simulation; teaching reform; three-dimensional visualization; practical

引言

工程地质数值模拟技术作为解决复杂地质问题的核心手段，在边坡稳定性分析、地下工程支护设计、地震灾害预测等领域发挥着不可替代的作用。随着计算机技术的突破性发展，有限元法、离散元法、快速拉格朗日法等数值方法已成为工程地质研究的标准工具。为培养具备“地质建模——数值分析——工程决策”复合能力的创新型人才，中国地质大学（武汉）作为地质工程领域的高地，于2018年开设“工程地质数值模拟技术与应用”课程。笔者作为中国地质大学（武汉）“数值模拟技术与应用”课程组的核心成员，现对该课程开设以来的教学改革实践进行梳理和总结，以求教于各位同仁。

一、课程教学存在的问题

“工程地质数值模拟技术与应用”课程开设以来，尽管在培养工程地质专业人才方面发挥着重要作用，但当前教学过程中仍暴露出一些亟待解决的问题。这些问题在一定程度上制约了教学质量的提升和学生能力的培养。

（一）知识体系衔接不畅，基础能力薄弱

课程涉及数学、力学、地质学、计算机科学等多学科交叉内容，要求学生具备扎实的前期知识储备，如弹性力学的张量分析、土力学的本构关系等。但教学实践中发现，部分学生存在前期课程知识缺失或掌握不牢固的问题；地质专业学生对数学力学公式的推导理解困难，力学专业学生对地质现象的工程解读能力

不足,导致对数值模拟原理的理解流于表面,难以建立“地质现象——力学模型——数值方法”的逻辑关联。这种知识断层的根源在于,部分学生未系统学习弹性力学、塑性力学等前置课程,或基础知识掌握不扎实,无法实现多学科知识的综合应用,严重影响了课程教学的深度与效果。

（二）教学内容更新滞后,与实践脱节

传统教学内容存在明显的“三重三轻”问题:重经典算法推导轻现代方法应用、重软件操作步骤轻原理机制解读、重虚构案例练习轻实际工程分析。一方面,教材内容对数值流形法、耦合分析等新技术的涵盖不足,对 FLAC3D、UDEC 等专业软件的工程化应用讲解简略,与工程实践中广泛应用的技术方法存在差距;另一方面,教学案例多为简化的理想模型,缺乏对三峡库区边坡、武汉地铁盾构区间等真实工程场景的还原,导致学生难以理解数值模拟在实际工程决策中的应用价值与局限性。这种内容滞后性与《普通高等学校本科专业类教学质量国家标准》中对应用型人才培养的要求存在差距。

（三）实践教学环节薄弱,能力培养不足

课程实践性要求极高,但受课时限制,传统教学中理论讲授占比超过70%,实践环节多局限于“教师演示——学生模仿”的简单操作,缺乏系统性的工程化训练。学生虽能完成指定软件的操作步骤,但在面对实际问题时,普遍存在三大困惑:一是不知如何根据地质勘察资料构建合理的数值模型;二是无法科学选取本构模型与计算参数;三是不能有效分析模拟结果的合理性并提出工程建议。这一问题的核心在于实践教学时间被严重压缩,学生缺乏从建模到结果分析的全流程训练,难以形成解决实际工程问题的综合能力,导致“知其然不知其所以然”的学习困境。

（四）考核方式单一固化,评价维度不全

传统考核以“期末笔试+平时作业”为主,考核内容侧重理论知识记忆与软件操作步骤复述,忽视对学生综合能力的评价。这种考核方式存在明显弊端:一是难以衡量学生对复杂工程问题的建模分析能力;二是无法反映学生的团队协作与创新思维水平;三是容易滋生“考前突击记公式、课中机械练操作”的学习态度,偏离了课程培养“解决复杂工程问题能力”的核心目标。同时,考核未涵盖对数值方法局限性的认知能力评价,而这一能力恰恰是实际工程应用中判断模拟结果合理性的关键。

二、课程教学改革举措

（一）重构课程内容体系,实现多维融合

1. 模块化知识整合。将课程内容划分为“基础理论”“方法应用”“工程实践”三大模块。基础理论模块衔接前期课程,增设“地质——力学基础先导课”,通过案例解析复习张量分析、本构关系等核心知识点;方法应用模块聚焦主流技术,系统讲解有限元法、离散元法等方法的适用场景与优劣对比,特别强化对各类方法局限性的分析;工程实践模块按地质工程类型分为边坡稳定、地基变形、灾害演化等专题,实现“理论——方法——应用”的层层递进。

2. 动态化内容更新。建立“学术前沿+工程案例”双更新机制,每年吸纳行业新技术(如 AI 辅助参数反演)、教师科研成果(如秭归滑坡模拟研究)及企业实际项目更新教学内容,编制《工程地质数值模拟案例集》,其中80%案例源自真实工程实践。结合学校专业建设方向,新增“物理驱动——数据驱动耦合模拟”等前沿专题,介绍人工智能与数值模拟的融合应用。

3. 数字化资源建设。借鉴“新奥法隧道施工工法虚拟仿真实验”的建设经验,搭建课程在线平台,整合 VR 地质模型、软件操作视频、工程勘察数据集等资源。利用 VR 技术还原北戴河地质认识实习、秭归工程地质实习中的典型场景,帮助学生直观理解地质结构与工程问题的空间关系;提供三峡库区、鄂西页岩气田等区域的实测地质数据,为实践训练提供真实素材。

（二）创新教学方法,强化能力培养

1. 运用“原理——软件——工程”三阶教学法。改变传统“先理论后操作”的模式,采用“地质问题导入→原理简化讲解→软件实现路径→工程验证分析”的教学逻辑。以“边坡滑坡模拟”为例,先展示秭归滑坡现场影像提出问题,再讲解摩尔——库仑准则的核心原理,然后演示 FLAC3D 中滑坡模拟的操作流程,最后对比模拟结果与现场监测数据进行分析。

2. 科研与教学深度融合。推行“导师课题进课堂”制度,将汪洋等教师在地质灾害防治领域的科研项目拆解为教学案例。鼓励学生参与“大学生科研立项”,利用课程所学技术开展小型研究,如“武汉软土地区基坑变形数值模拟”,由教师提供技术指导与数据支持。同时,引入研究生助教辅助指导学生的科研与实践训练。

3. 多元化实践训练。构建“基础操作——综合建模——创新应用”三级实践体系。基础操作层开展软件专项训练,掌握网格划分、参数设置等技能;综合建模层要求团队完成完整工程模拟,如“地铁隧道施工对邻近建筑的影响分析”;创新应用层鼓励结合 GIS、3D 建模等技术开展跨方法研究,培养创新思维。依托学院虚拟仿真实验平台,开展复杂场景下的模拟训练。

（三）完善考核评价体系,注重过程导向

1. 建立“过程考核+能力考核+创新考核”的三维评价体系,其中过程考核占30%、能力考核占50%、创新考核占20%。过程考核涵盖课堂互动、作业完成质量及实践出勤;能力考核以综合建模任务为核心,评价学生的模型构建、参数选取与结果分析能力,特别加入对模拟结果合理性判断的考核指标;创新考核包括科研参与、案例优化建议等,鼓励学生提出个性化解决方案。考核采用“教师评价+peer review+企业专家点评”的多元评价方式,确保评价结果的客观性与专业性。

（四）构建协同育人机制,强化实践保障

1. 校内资源整合。联合学校工程训练中心、地质调查研究院,共建“工程地质数值模拟实验室”,配备 ANSYS、FLAC3D、UDEC 等专业软件与高性能计算设备,保障实践教学开展。共享“岩土工程施工”等课程的线上教学资源与案例库,形成课程建设合力。

2. 校企合作共建。与中铁第四勘察设计院等企业建立合作关

系,聘请企业工程师担任兼职教师,开展“工程中的数值模拟实践”专题讲座;建立实习基地,安排学生参与实际工程项目的模拟分析工作。参照企业标准设计实践教学任务,提升学生的岗位适应能力。

3. 加强师资队伍建设。鼓励教师参与工程实践,要求授课教师每年不少于1个月深入工程一线;组织教师参加数值模拟技术高级研修班,提升对前沿技术的掌握能力。支持教师将科研成果转化为教学内容,推动教学与科研的协同发展。

三、实践效果

(一) 学生综合能力显著提升

改革实施后,学生在知识掌握、实践能力与创新思维方面均有明显进步。课程结束后开展的测试显示,学生对数值模拟原理的理解正确率从改革前的62%提升至85%,能够独立完成真实工程建模任务的学生比例从38%增至76%。近三年,选课人数从个位数突破到超过50人/学年,学生对数值方法局限性的认知能力明显增强,能够在实践中合理选择模拟方法并分析结果可信度。

(二) 教学质量与口碑改善

课程满意度调查显示,学生对教学内容、方法及效果的满意度从改革前的71%提升至92%,认为课程“对专业学习帮助很大”的比例达88%。同行评价中,该课程的教学改革案例被纳入学校“优质课程建设经验汇编”,为其他工科课程提供了参考。在学校专业建设检查中,该课程被评价为“实现了科教产教融合的有效落地,为地质工程专业数字化转型提供了课程支撑”。

(三) 人才培养与行业需求衔接紧密

毕业生就业质量跟踪显示,在地质工程、岩土工程等领域就业的学生中,83%反馈课程知识能够快速应用于工作实践,受到用人单位好评。企业评价称,该校毕业生“数值模拟能力扎实,

能快速参与实际项目”,相比其他院校同类专业学生具有明显优势。尤其在地铁建设、边坡治理等领域,毕业生能够熟练运用ANSYS、FLAC3D等软件解决实际工程问题,符合行业对复合型技术人才的需求。

(四) 教学科研良性互动

课程改革促进了教学与科研的协同发展,教师以教学案例为基础完成教学研究论文,聚焦于“地质工程数值模拟课程的科教融合路径”等主题。学生参与的小型科研项目为教师的研究提供了有益补充,如基于武汉软土数据的参数反演研究成果被纳入相关科研论文。依托课程建立的实践教学体系,为学校地质工程专业通过工程教育专业认证提供了重要支撑。

四、结语

“工程地质数值模拟技术与应用”课程的教学改革,立足中国地质大学(武汉)的学科优势与人才培养目标,针对传统教学中存在的知识脱节、实践薄弱等问题,通过内容重构、方法创新、考核完善与协同育人等举措,构建了“理论——实践——创新”一体化的教学体系。实践证明,改革有效提升了课程教学质量与学生综合能力,实现了人才培养与行业需求的精准对接,是学校地质工程专业数字化转型在课程层面的成功实践。

未来,随着数字技术的持续发展,课程将进一步深化与人工智能、大数据等技术的融合,优化“物理驱动——数据驱动”耦合模拟等教学内容;加强跨学科教学探索,与计算机科学、测绘科学等专业开展联合课程;持续完善校企协同育人机制,引入更多真实工程场景的虚拟仿真训练。通过持续改革创新,不断提升人才培养的质量与水平,为地质工程领域培养更多具备数字技术应用能力的高素质人才。

参考文献

- [1] 江成鑫,刘伟,覃庆炎.基于CDIO的工程地质数值法课程教学改革[J].黔南民族师范学院学报,2018,38(4):4.
- [2] 唐辉明,晏鄂川,胡新丽.工程地质数值模拟的理论与方法[M].中国地质大学出版社,2001.
- [3] 刘萍.基坑工程地质数值分析及支护方案研究[J].科技创新导报,2022,19(30):157-160.
- [4] 王晓明,齐剑峰,吴锋波.“工程地质数值法”课程的哲学思考与教学启发[J].教育教学论坛,2018(34):2.
- [5] 曹小红,尚彦军,孟和,等.新疆工程学院地质工程专业课程设置及实践教学探讨[J].甘肃科技,2019,35(3):3.
- [6] 吴燕玲,张民波,雷克江.工程地质课程思政教学研究[J].山海经:教育前沿,2021(31):0200-0200.
- [7] 刘瑜,赵正宝.水文与工程地质专业课程委员会的构建研究[J].微计算机信息,2019.
- [8] 侯晓亮谭晓慧钱家忠马雷.“工程地质学”课程思政的教学实践[J].2025.
- [9] 罗定伦,林于廉,田秀美.工程地质课程教学模式改革探索[J].教师,2020(6):2.
- [10] 王小红.中职土力学与工程地质课程教学方法探讨[J].前卫,2023(26):0176-0178.