

## 新工科背景下基于科教融合的《土力学》课程教学改革

章 涵\* 赵二平

三峡大学土木与建筑学院, 湖北 宜昌 443002

**[摘要]** 在新工科背景下, 为培养多元化、创新型卓越工程人才, 针对《土力学》课程普遍存在的理论陈旧、学科交叉性差、灌输式教导等问题, 基于科教融合理念对《土力学》课程进行了多方位改革: 基于交叉学科科研成果的土力学教学内容改革, 基于科学问题的问题探究式教学模式改革, 基于开放式小型科研方案设计的成绩评价体系改革。通过实施教学与调查问卷评价分析, 发现基于科教融合的《土力学》教学内容、问题探究式教学模式与开放式科研课题都使学生增加了学习的兴趣, 增加了课堂专注力, 可培养学生学科交叉意识、创新意识与批判思维能力。学生对于计算机新技术在土力学中的应用尤为感兴趣, 但对于采用计算机新技术的科研小课题的设计及应用表示难度较大。

**[关键词]** 新工科; 土力学; 科教融合; 教学内容; 教学模式; 成绩评价体系

DOI: 10.33142/fme.v4i3.10311

中图分类号: G642.0

文献标识码: A

## Teaching Reform of Soil Mechanics Course Based on the Integration of Science and Education in the Context of New Engineering

ZHANG Han\*, ZHAO Erping

College of Civil Engineering & Architecture, China Three Gorges University, Yichang, Hubei, 443002, China

**Abstract:** In the context of the new engineering discipline, in order to cultivate diversified and innovative outstanding engineering talents, in response to the common problems of outdated theory, poor interdisciplinary nature, and indoctrination teaching in the course of Soil Mechanics, a multi-dimensional reform has been carried out based on the concept of integrating science and education. The reform of soil mechanics teaching content based on interdisciplinary research achievements, the reform of problem-based inquiry teaching mode based on scientific problems, and the reform of performance evaluation system based on open small-scale research scheme design. Through the implementation of teaching and questionnaire evaluation analysis, it was found that the teaching content of Soil Mechanics based on the integration of science and education, problem-based teaching mode, and open scientific research topics have all increased students' interest in learning, increased classroom focus, and cultivated students' interdisciplinary awareness, innovation awareness, and critical thinking ability. Students are particularly interested in the application of new computer technologies in soil mechanics, but they find it difficult to design and apply small scientific research projects using new computer technology.

**Keywords:** new engineering; Soil Mechanics; integration of science and education; teaching content; teaching mode; performance evaluation system

### 引言

在新产业革命和新经济背景下, 2017 年教育部召开了高等工程教育发展战略研讨会, 达成“复旦共识”, “新工科”概念正式提出, 新工科专业是将人工智能等新兴科学交叉应用于传统工科专业的升级改造, 以继承与创新、交叉与融合为主要途径, 培养未来多元化、创新型卓越工程人才为目标, 以适应当今社会面临的工程产业变革。

近年来围绕新工科建设的研究主要体现在新工科教育理念、人才培养、教学改革, 以及学科建设四个方面, 涉及学科专业主要分布在工业通用技术、计算机、建筑、自动化等学科<sup>[1]</sup>, 说明高校已开始重视传统工科专业的改造。孙康宁等(2019)<sup>[2]</sup>在新工科背景下针对“工程材料与机械制造”课程体系, 提出知识、能力、实践、创新一体化培养的教学模式改革, 以体现理论与实践的融合, 加快知识向能力的转化。清华大学林健(2020)<sup>[3]</sup>指出我国

工科课程建设普遍存在学科交叉性不足、缺乏对前沿性问题的分析和挑战、缺乏与实践教学环节的密切结合等问题, 并提出应将科研活动、科研项目、科研成果引入工科课程进行改革。习小慧等(2022)<sup>[4]</sup>根据新工科背景下生产实践知识在教学过程中的重要作用, 从教学方法、实践教学内容、考核机制等多方面对“材料成型原理”课程开展了教学改革, 调查表明实践案例教学方法可有效提高学生的学习兴趣与理解程度。王贤等(2023)<sup>[5]</sup>基于 OBE 理念, 结合新工科内涵对“环境学”课程进行了教学改革与实践, 在改革方案中提出应创建跨学科理论与实践相结合的多维度立体化教学过程, 调查问卷结果表明, 大部分学生认为教师介绍学科新动态新发展有利于学习兴趣的提升。根据上述教改研究可以看出, 针对新工科对人才培养的新要求, 在工科课程中应加强对学生实践与创新能力的培养, 通过学科交叉融合、科学前沿的引入等方式对传统工科课

程进行改革,可有效提高学生学习的兴趣与积极性,加深对知识体系的理解,有利于培养多元化创新型卓越工程人才。

针对高校传统土木工程专业课程普遍存在理论陈旧、学科交叉性差、灌输式教导等缺点,结合高校教师丰富的科学研究经验,对于传统土木工程专业《土力学》课程融入科研思维与前沿科研成果开展教学内容、教学模式与成绩评价体系多方位改革,提升新工科背景下工科学生创新能力与学科交叉能力,培养创新型卓越工程人才。

### 1 《土力学》课程特征与存在的问题

#### 1.1 《土力学》课程特征

土力学是应用工程力学方法来研究土的力学性质的一门学科,是众多高校土木工程专业公共核心课程,是后续专业方向课程《基础工程》《边坡工程》《地基处理》等课程以及毕业设计的基础。通过《土力学》课程的学习,使学生掌握土的组成、土的渗流、土的变形与土的强度等知识,并能依此解决工程中管涌、流砂、不均匀地基沉降、边坡稳定性等问题,具备一定的土木工程专业素质。

#### 1.2 《土力学》课程教学中存在的问题

##### (1) 部分理念陈旧

目前大部分高校所用的《土力学》教材中介绍的部分理论是18世纪~19世纪提出的,如摩尔-库伦强度准则、Bishop 条分法等。随着岩土工程科技的不断进步,部分经典理论被发现并不能适用于所有的土体与工程,如有学者发现粗粒土的库伦公式存在非线性特征,与我们《土力学》课程中教授的知识不一致。因此,在教学的过程中,亟需结合土力学研究领域近年来的研究成果融入经典理论的教学,让同学认识到所学知识理论的局限性。

##### (2) 学科交叉性差

近几年,随着社会信息化与智能化的融入,土力学也在飞速发展,已有大部分前沿研究将人工智能、图像数字处理、大数据处理等新兴学科与知识运用于土力学相关科学研究中,并应用于工程实践(凌跃等,2023)<sup>[6]</sup>。但在我们《土力学》教学内容中,仍主要以教材中的知识讲解为主,学科交叉性差,使学生无法真正认识目前土力学的发展,对现在基于多学科交叉的复杂工程项目的认知也缺乏认识,难以通过学习成为新时代卓越工程人才。因此,亟需通过土力学科学前沿介绍,了解新兴学科在土木工程行业的结合与应用,将新兴学科有机融入《土力学》教学内容中,提升学生的学科交叉应用能力。

##### (3) 灌输式教导

很多土力学课程的教学方式为介绍土的基本概念、讲解土力学相关理论、推导土力学公式等讲授法,学生在有限的课堂学习时间内,存在枯燥乏味、概念太多而记忆疲劳、公式推导难度大跟不上进度等问题,造成课堂学习效率低下,甚至对土力学课程产生畏难情绪,不愿真正理解与记忆,难以掌握土力学知识,无法完成预期的培养目标。

对于此类问题,亟需将灌输式教导方式的讲授法教学方法与问题探究式的教学方式相结合,增加师生课堂的互动,增加学生自我思考的时间,使学生能更高效地掌握与了解土力学的基本理论与公式推导过程。

### 2 基于科教融合的《土力学》课程多方面改革措施

#### 2.1 基于交叉学科科研成果的土力学课程教学内容设计

通过新兴学科在土力学领域的最新科研成果与工程应用,结合基于新兴学科的先修课程与后修课程内容融合,实现基于科教融合的土力学课程教学内容改革,总体思路如图1所示。具体改革方案如下:

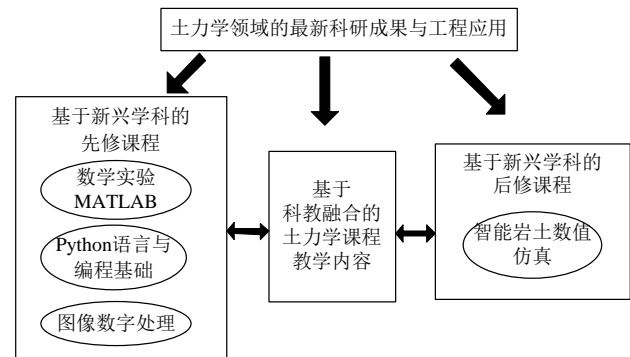


图1 基于科教融合的土力学课程教学内容改革思路

①在土木工程本科生培养方案上,目前诸多高校结合新工科的要求与培养方案改革,在土木工程专业增加了如Python语言、数学实验(MATLAB)、数字图像处理、智能岩土数值仿真等基于新兴学科的课程,学生也掌握了一定的计算机编程基础,了解了一些计算机算法,此类课程可作为《土力学》课程的先修与后修课程,并相互融入进教学内容中。

②在基于土力学本科教学内容每章对应的工程问题,搜索应用于该类工程问题的土力学前沿科研成果,重点找寻与新兴学科或非工程类学科的交叉应用成果,融入课程教学内容设计中,让学生了解土力学领域热点问题,以及如何采用交叉学科方式解决问题,打开学生视野,拓宽学生思维,提升学生学科交叉意识。

教学内容改革案例如下:针对某滑坡稳定性分析,首先应了解滑坡土体的剪切力学性质;滑坡土体通常为碎石土,碎石的含量与形态等特征对土体的剪切力学性质的影响不容忽视。在此类工程中往往存在两个问题:①碎石的含量与形态难以准确测量;②针对碎石土的剪切力学性质需要使用大型直剪试验进行检测,而大型试验的开展费时费力,因此在工程中通常仅测量剔除碎石部分的土体的力学性质来代替碎石土的强度,此种方法存在较大误差。

针对上述工程中的问题,我们可以基于图像处理的方法,采用先修课程中学习过的Python、MATLAB等编程软

件对滑坡表层土体的碎石含量与形态进行精确测量。结合图像处理得到的碎石形态与后续将开设的智能岩土数值仿真可成中的大型剪切数值试验,可便捷地通过计算机技术测算碎石土的剪切力学性质。

## 2.2 基于科学问题的问题探究式土力学教学模式改良

在讲授法教学的基础上,针对部分土力学理论知识,结合土力学前沿研究成果,以热门科研问题为背景,创设问题情景,提出问题假设,使学生认识所学理论的适用性及不足之处,并引导学生讨论与思考,介绍基于所学理论改进的新理论与新方法,提高学生的批判性思维能力。

案例如下,在介绍土颗粒粒径概念的教学过程中,课本中解释土颗粒的粒径即是土颗粒的大小。而在近几年热门研究对象南海钙质砂的研究中,诸多学者对钙质砂这种土颗粒的形态进行了详尽的研究与分析,发现钙质砂的形态各异,并非都是球状颗粒。在土的粒径介绍过程中,以钙质砂形态的最新研究成果为背景,通过展示一个基于CT扫描得到钙质砂颗粒三维立体图,设置了一个问题:对于非球状的土颗粒,土的粒径是指土的长轴长度、中轴长度还是短轴长度?

## 2.3 基于开放式小型科研方案设计的土力学多元成绩评价体系改进

在以课堂表现、课后作业、实验报告与期末考试为主的土力学多元成绩评价体系中,加设开放式小型科研方案设计纳入成绩评价体系,将学生进行分组,分别布置不同的开放式土力学热点研究问题,让学生根据所学土力学知识与试验技能,通过查阅文献、讨论与试验探索的方式,运用交叉学科思维撰写一套研究方案,并于课堂上讲解研究思路与方案可行性,教师开展点评与评价并纳入最终成绩,增强学生未来面对新工程问题的创新思维能力。如:如何设计实验探寻土的初始孔隙度对土体压缩性质的影响,如何结合新技术分析土体压缩过程中孔隙度的变化规律?在试行过程中,初步将研究方案以总分的10%纳入最终成绩。

## 3 《土力学》课程改革效果

为评价基于科教融合的《土力学》课程改革效果,在2023年秋季学期对本校开设《土力学》课程的220名土木工程专业大三学生实施了课程改革教学,并在课程结束时对学生开展了问卷调查。

### 3.1 教学内容改革效果评价

在本学期的教学内容改革中,根据土力学的前沿热点问题,选取了四个近几年发表的基于学科交叉的科研成果融入课程教学中,具体为①基于图像数字处理的碎石土粒径、结构与形态判别(尚进鑫,2021)<sup>[7]</sup>;②基于有限元数值仿真的土体地基变形分析(黄志怀等,2020)<sup>[8]</sup>;③玄武岩加筋黄土的应用(杨若辰等,2022)<sup>[9]</sup>;④生物结皮与植被混凝土在边坡生态护坡中的应用(闫书星等,2023)<sup>[10]</sup>。上述4点教学内容可分成两类学科交叉类型:

土力学与计算机技术结合应用、土力学与新型材料融合应用。根据调查问卷分析结果发现(图2),大部分同学均对学科交叉在土力学中的应用成果感兴趣,其中更多学生对土力学与计算机技术结合应用的内容更感兴趣。这说明学生愿意在课堂学习过程中接触当下土力学热点研究问题,不仅能扩展学生的眼界,还能增加学生对土力学学习的兴趣,培养学生学科交叉能力。

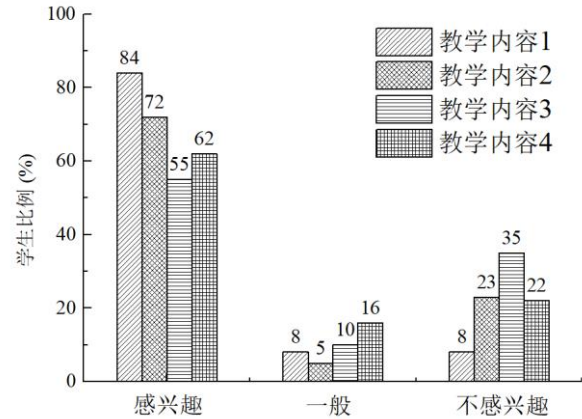


图2 教学内容兴趣度调查问卷结果

### 3.2 教学模式改良效果评价

在本学期课程改革教学过程中,结合相关土力学科研究成果,针对土的粒径、土的密实度、土的压缩性、土的抗剪强度等内容采用了讲授法与问题探究法进行教学,其他章节内容仍采用讲授法进行教学。在调查问卷中提出8个问题让学生进行回答:①土的粒径指土颗粒三维尺度的哪个尺度?②土的密实度如何能达到最优状态?③土的压缩系数主要受哪些因素影响?④土的库仑公式是否适用于所有土体?⑤土的黏土矿物主要有哪几种矿物?⑥土的塑性指数受什么因素影响?⑦土的变形模量与弹性模量的区别是什么?⑧土的附加应力如何计算?其中问题①~④为进行问题探究法结合热点科研知识开展教学讲解的知识点,而⑤~⑧为采用讲授法讲解的课本知识点。

经统计,220名学生问题①~④的回答正确率为76%、75%、60%、78%,平均正确率为72%;而问题⑤~⑧的回答正确率为75%、42%、65%、70%,平均正确率为63%。这说明结合热点科研知识开展问题探究法进行知识点的讲解更能吸引学生课堂学习专注力,留给学生更深刻的印象,可有效提高学生相关理论知识理解与掌握程度。

### 3.3 多元成绩评价体系改进效果评价

在课程后期设计了四个开放性小型科研课题:①如何设计实验探寻土的初始孔隙度对土体压缩性质的影响,如何结合计算机新技术分析土体压缩过程中孔隙度的变化规律?②如何设计试验探寻干湿循环对土体剪切强度的影响,如何结合计算机新技术分析土体干湿循环过程中裂隙的发展过程?③搜寻不同植被种类加强土体抗剪强度,

如何通过试验设计判断哪种材料可更加有效增强土体强度? ④搜寻不同无机材料以加强土体抗剪强度, 如何通过试验设计判断哪种材料可更加有效增强土体强度?

将每 4~5 位学生分至一个小组, 分别抽取四个问题中的一个进行为期两周的调研与讨论形成研究方案, 并于最后一节课进行汇报, 根据学生汇报情况进行评价与打分, 纳入期末成绩。根据调查问卷可知, 约 85% 的学生认为将该种形式的考查加入最终成绩是合理并可以接受的, 其中 70% 的学生认为可以增加研究方案成绩占总成绩的比重。对于设置课题的难易程度, 40% 的学生认为课题①与②难度较大, 理由是对于新的计算机技术难以在较短时间内理解并实施。综上所述, 在成绩评价体系中增加科研课题汇报成绩评价有助于提高学生自主学习能动性, 相比于闭卷考试而言, 学生更喜欢以团队的形式进行开放性的考查, 而小型课题的难度应该根据学生选修课程的学习内容与掌握的知识做进一步的调整。

#### 4 结语

基于新工科教育背景下对未来的工程人才培养的新要求, 本文结合科教融合理念对《土力学》进行了教学内容、教学模式与成绩评价体系等多方位改革。通过实施教学与调查问卷评价分析, 发现基于科教融合的《土力学》教学内容、问题探究式教学模式与开放式科研课题都使学生增加了学习的兴趣, 增加了课堂专注力, 可培养学生学科交叉意识、创新意识与批判思维能力。学生对于计算机新技术在土力学中的应用尤为感兴趣, 但对于采用计算机新技术的科研小课题的设计及应用表示难度较大。鉴于此, 在新时代土木工程专业学生的培养中, 建议加大本科生计算机能力的培养, 比如增加计算机类先修课程, 才能使使学生更能快速适应土木工程行业新技术。

基金项目: 三峡大学高教研究项目 (GJ2315)。

#### [参考文献]

- [1] 闫玺玺, 张静, 赵宗渠. 我国新工科建设研究现状的可视化分析[J]. 计算机时代, 2023, 370(4): 147-151.
- [2] 孙康宁, 于化东, 梁延德. 基于新工科的知识、能力、实践、创新一体化培养教学模式探讨[J]. 中国大学教育, 2019(3): 93-96.
- [3] 林健. 新工科专业课程体系改革和课程建设[J]. 高等教育教育研究, 2020(1): 1-13.
- [4] 习小慧, 王金亮, 张世健, 等. 新工科背景下《材料成型原理》课堂教学模式改革[J]. 广州化工, 2022, 50(20): 248-250.
- [5] 王贤, 宋文路, 卓金龙, 等. 新工科背景下基于 OBE 理念的环境学课程教学改革与实践[J]. 高教学刊, 2023, 9(9): 144-148.
- [6] 凌跃, 刘元雪, 赵久彬. 黏性土大数据黏弹塑性本构模型研究[J]. 地下空间与工程学报, 2023, 19(3): 725-736.
- [7] 尚进鑫. 强时效性的基于数字图像处理的粗颗粒土粒径信息识别技术研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2021.
- [8] 黄志怀, 杨帅东, 贵宁. 黏土覆盖砂土地基堆载预压特性数值仿真研究[J]. 东北水利水电, 2020, 38(8): 46-48.
- [9] 杨若辰, 张吾渝, 童国庆等. 玄武岩纤维加筋黄土力学性质及微观机理研究[J]. 青海大学学报, 2022, 40(6): 61-67.
- [10] 闫书星, 夏栋, 艾尚进, 等. 不同结皮类型对植被混凝土基材团聚体及有机碳的影响[J]. 水土保持通报, 2023, 43(3): 414-420.

作者简介: 章涵 (1992.1—), 男, 湖北荆州, 博士, 讲师, 从事土石混合体力学研究。