

新工科背景下多学科融合的工程实训模式探索与实践

轩俊杰, 张坤, 王睿

西北民族大学, 甘肃 兰州 730000

DOI: 10.61369/RTED.2025270028

摘要: 传统实验教学存在课程割裂、实践环节孤立、创新能力培养不足等问题。以原位实验为核心的工程实训模式, 通过整合多学科知识(如地基与基础、土力学、岩体力学、岩土检测与监测技术等), 可有效提升学生的工程实践能力和复杂问题的解决能力。本文以岩土体剪切理论为融合点, 探索了多学科融合内循环的实训模式构建路径, 构建了“三阶段”循环的实训模式, 并结合思政教育元素, 为新工科背景下的实验教学改革提供参考。

关键词: 多学科融合; 自循环实训体系; 岩土体剪切理论; 原位实验; 工程实训

Exploration and Practice of Multidisciplinary Integrated Engineering Training Models Under the Background of Emerging Engineering Education

Xuan Junjie, Zhang Kun, Wang Rui

Northwest Minzu University, Lanzhou, Gansu 730000

Abstract: Traditional experimental teaching faces issues such as fragmented courses, isolated practical components, and insufficient cultivation of innovative abilities. An engineering training model centered on in-situ experiments can effectively enhance students' engineering practice capabilities and their ability to solve complex problems by integrating multidisciplinary knowledge (e.g., foundation engineering, soil mechanics, rock mass mechanics, geotechnical testing and monitoring technologies). This paper takes the shear theory of rock and soil masses as its entry point, explores the construction path of a multidisciplinary integrated internal circulation training model, develops a "three-stage" cyclic training model, and incorporates elements of ideological and political education, thereby providing references for experimental teaching reform under the background of emerging engineering education.

Keywords: multidisciplinary integration; self-circulating training system; rock-soil shear theory; in-situ experiment; engineering training

引言

我国高等教育中的传统实验教学模式在课程体系设计上存在有学科割裂、实践环节孤立等问题, 难以满足当前复杂工程场景对复合型人才的需求。近年来, 多学科交叉融合的土木工程教学改革逐渐成为研究热点。而新工科所倡导的“产教融合”的理念, 通过教学模式重构打破了学科壁垒, 构建了以实践创新能力为核心的培养体系^[1]。

周阳等^[2]针对传统桥梁抗震设计课程存在的学生学习自主性不足问题, 以“新工科+OBE+课程思政”为导向, 从“学生—教师—企业”三维主体需求出发, 深度探索了“思政融合+科教融合+产教融合”的三融合人才培养模式, 实现了知识传授与价值引领的统一; 彭孝军等^[3]提出“土木+”跨学科课程体系, 通过整合材料、智能技术等学科资源, 探索了复杂工程问题的多维度解决路径; 侯月琴^[4]以土工材料实验教学模式为研究对象, 引入项目驱动式实验课程教学模式, 进行了与传统教学模式在实验教学的过程及效果方面的教学实验对比研究; 艺卢^[5]提出将人工智能技术、课程思政教育与项目式学习深度融合的混合式教学模式改革方案, 构建“AI赋能、思政引领、项目驱动”的三维一体教学框架。然而, 现有研究多聚焦于实验室模拟场景, 对原位实验的工程实训模式及多学科知识内循环机制仍缺乏系统性探索。

本文以岩土体剪切理论为融合点, 提出“多学科融合原位实训”创新模式。通过整合地基与基础、岩土检测技术等学科知识链, 构建了“三阶段”循环的实训模式, 本模式依托真实工程场景强化土体抗剪强度参数测定、数据关联分析等综合能力, 并融入了工程伦理与工匠精神, 实现了专业技能与思政价值塑造的协同发展^[6]。

一、原位试验课程教学中存在的问题分析

(一) 课程体系割裂与知识应用脱节

当前高校中的岩土工程实验教学存在着多学科知识点割裂的

问题。以土力学、岩体力学、工程地质、岩土工程检测技术等课程为例, 其理论教学与实验环节往往分属不同的学期, 导致学生难以将力学理论、力学参数计算、实验仪器操作规范及工程伦理等知识系统整合。

基金项目: 2023年校级人才培养质量提高项目(2023 XJYBJG-45)。

作者简介: 轩俊杰(1981—), 男, 青海西宁人, 博士, 副教授, 研究方向为岩土与地下工程。

（二）学生参与度低与创新能力培养不足

受制于设备台套数与安全规范，原位实验常沦为“教师主导—学生观摩”的流程化操作。以现场直剪试验为例，试件制备、传感器布设及数据校准等核心环节多由教师预完成，学生仅参与荷载施加与数据记录，对岩土体渐进破坏机制、边界条件敏感性等关键问题缺乏主动探究。

（三）跨学科实践与职业素养培养缺位

近年来，我校持续对毕业生所在的用人单位进行调研，用人单位反馈指出，岩土工程师需具备“力学分析—现场检测—风险评估”的复合能力，但现有的实验教学存在学科壁垒和团队协作薄弱两个方面的短板等问题。

上述问题均凸显出了传统原位实验模式与“新工科”强调的“产教融合”、“解决复杂工程问题”目标之间存在的显著差距。下文将以岩土体剪切理论为融合点，试图构建多学科融合的实训路径，为新工科背景下的实验教学改革提供参考。

二、跨课程工程实训模式构建

（一）跨课程整合与知识串联

考虑到岩土工程中的岩土体抗剪理论教学普遍存在着多学科知识点割裂的问题，基于“新工科”对复合型人才的需求和便于学生融汇贯通各课程的相关知识，下文将本院岩土系本科生的相关的专业课程开设时间及课程的核心知识点整合为一个模块化实训体系，如下表1所示。

表1 跨课程实训模块设计

课程名称	核心知识点	实训关联内容
土力学（第四学期）	抗剪强度理论、莫尔圆分析	室内直剪试验设计
岩体力学（第五学期）	软弱结构面力学特性	室内岩石剪切试验设计
地基与基础（第六学期）	地基承载力计算	室内三轴剪切试验设计
岩土工程测试技术（第七学期）	地基承载力及参数的原位测试	现场大型直剪试验设计

由上表1可知，从学期的时间维度来看，学生由浅入深、由基础到专业、由理论到实践地进行了相关知识的渐进学习；从广义岩土力学的维度来看，学生先学习初步的抗剪强度理论，再到后面的软弱结构面分析、地基承载力验算设计，再到大四时期原位实验的动手实践，乃至后期参与校外工程项目，总体上是符合教育学的渐进理论和岩土工程专业课程设置及教学大纲要求的。但是，由于学习的时间线较长，学生若不及时进行专项复习，极易遗忘掉相关知识点，待第七学期学习原位实验时不能快速有效地理解、掌握实验相关理论基础、实验流程、数据处理等任务。

本工程实训将带领学生重新梳理岩土体抗剪理论的知识体系，将前几个学期的相关实验在实训基地快速复现，使学生能够快速回忆起知识点，快速进入最新实验操作的思维轨道上。

（二）“三阶段”自循环实训体系构建

本文构建了“三阶段”循环的实训模式，分别是第一阶段的

基础训练，即实验室模拟与多学科知识融合的阶段，要求学生在实验室中进行室内剪切试验，掌握设备操作与数据分析，并设计正交试验矩阵进行多参数耦合实验等；第二阶段为综合实训，即原位试验与多学科协同开展的阶段，期间进行现场原位试验，结合地质勘察与工程的需求设计实验方案；第三阶段为创新拓展，即基于试验结果提出工程优化建议，并为融入虚拟仿真技术验证其可行性。本模式以“学科交叉、虚实结合、工程驱动”为核心理念，构建了三阶段循环实训框架^[7]。

1. 基础训练阶段——实验室模拟与多学科知识融合

本阶段着重于设备操作与数据分析基础能力培养，通过模块化实验箱模拟不同岩土层的剪切特性。学生需完成室内剪切试验，根据库伦定律，土的抗剪强度与剪切面上的法向压力成正比。通过制备多个相同土样，分别施加不同大小的垂直压力，然后沿剪切面施加水平剪力，测定土样剪切破坏时的剪应力，即为抗剪强度。根据多个试样的试验结果，绘制抗剪强度与垂直压力的关系曲线，通过曲线拟合确定土的抗剪强度指标—粘聚力 c 和内摩擦角 ϕ ^[8]。

实验设备及学生实验操作图如下图1、2所示。



图1 室内四联直剪仪



图2 学生实验操作现场

将基础训练阶段的多学科知识如支撑学科、工程能力目标及评价指标进行整合设计，如下表2所示。

表2 基础训练阶段的多学科知识整合设计

工程能力目标	支撑学科	实验任务	评价指标
设备操作精准度	土木实验	传感器安装	系统误差 $\leq 3\%$
参数规律分析	统计学	正交试验矩阵设计	拟合优度 $R^2 \geq 0.95$

2. 综合实训阶段——现场原位试验与多学科协同

该阶段将实验室操作转换到原位实验室场地的实践模拟场景，以重点培养学生的复杂系统的设计能力、实践能力及团队协作能力。以现场大型直剪实验为背景，实施六步进阶的步骤：场地勘察与试样定位→多学科方案设计→设备协同安装→分级加载与数据采集→破坏形态多学科分析→工程参数确定。

将综合实训阶段的具体环节与关联的学科课程及核心知识点进行整合对应，如下表3所示。

表3 综合训练阶段的多学科知识整合设计

综合实训环节	关联课程	核心知识点
试样定位	《工程地质》	土体成因类型
垂直荷载设计	《土力学》	有效应力原理
剪切面粗糙度测量	《岩体力学》	结构面抗剪强度公式
参数工程应用	《地基与基础》	Terzaghi 极限理论

现场大型直剪实验的实训现场如下图3所示，实验原理示意图如图4所示。

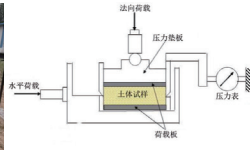
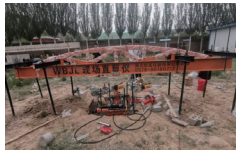


图3 现场大型直剪实验实验现场 图4 大型直剪实验原理示意图

实验要求学生将原位试验数据进行拟合处理，并编写 Python 程序自动拟合粘聚力 c 值、内摩擦角 ϕ 值^[9]，再分析不同参数组合下莫尔-库仑强度包络线的变化规律。

3. 创新拓展阶段：虚拟仿真与工程优化

基于前两阶段成果，利用虚拟仿真技术突破实体试验局限，通过多学科协作来优化工程设计。以下是本实训针对该阶段设计的三步创新路径。

(1) 试验过程三维重构与机理可视化

本阶段将学生划分为地质组、岩土组和数据组。地质组学生利用现场剪切面扫描数据，构建含裂隙的数字岩土体模型；岩土组学生在软件 ABAQUS 中复现直剪的全过程：输入现场实测 c 、 ϕ 值，模拟土体渐进破坏；数据组同学负责生成动态应力云图。

(2) 新型试验装置 VR 开发与验证

本项目需要充分利用“国家虚拟仿真实验教学共享平台”的数字资源，在线上开展岩土原位虚拟仿真实验，如基于最新的 HTML5 技术开发的岩土工程原位测试虚拟实训系统（下图5所示），充分调动了学生学习的积极性，进一步激发了学生的创新能力^[10]。



图5 岩土与地下工程原位测试虚拟平台展示图

三、工程实训效果评价

(一) 学生综合能力培养

经调查统计发现，超过80%的参与学生能够独立或在团队协作中主导完成原位试验全流程操作，标志着学生实践动手能力与工程自信心的实质性飞跃。此外，该实训模式成功打通了课程壁垒，约72%的学生能够将现场直剪试验实训中的计算流程及分析结果，直接应用于《地基与基础》课程设计中的地基承载力计算环节，实现了从理论认知、实验验证到工程应用的“知识内循环”，提升了知识整合与扩展应用的能力。

下图6是本课程的考核成绩评价结果，依据课程目标要求预先设计出能反映课程目标的调查表，通过专家评价的方式，了解了教师对课程目标达成情况的认可度和同行专家对课程目标达成情况的评价与意见。整体目标达成度评价值为0.850，显示课程目标达成整体良好。



图6 课程考核成绩评价结果及柱状图

(二) 思政内容融入

实训过程也有机的融入了价值塑造元素，着重强调了岩土数据真实性与精确性背后所承载的工程伦理与社会责任，使学生在专业学习之初即建立起对工程安全的敬畏之心，潜移默化地培养了学生追求卓越的工匠精神。

(三) 教学改革成效

在课程整合度上，跨课程知识点的覆盖率从教改前的45%大幅提升至80%，有效破解了知识割裂的困境。在我校近三年持续开展“访企拓岗”专项工作中，录用我校毕业生的企事业单位反馈，经过此类实训模式培养的学生“动手能力和现场解决问题能力比同行强”。

四、结论与建议

针对传统土木工程实验教学中存在的学科割裂、实践环节薄弱与创新能力培养不足等核心问题，本文成功构建并实践了一套以岩土体剪切理论为融合点的跨课程、多学科融合的原位工程实训模式。实践证明，该模式不仅显著提升了学生的工程实践操作技能、复杂问题解决能力和跨学科知识整合能力，实现了知识传授、能力培养的协同并进。

本实训模式仍有持续深化与拓展的广阔空间。后期可进一步强化“虚实结合”的教学手段，引入更先进的人工智能与大数据分析技术，开发智能化的试验数据实时处理与参数反演系统，使学生能更深入地理解岩土体变形破坏的智能预测与评价。

最后，探索了建立基于该模式的可复制、可推广的课程标准与评价体系，为全国高校土木类专业的“新工科”实践教学改革提供了一些有意义的参考，最终为培育能够胜任未来复杂工程挑战的优秀工程师奠定坚实的基础。

参考文献

- [1] 王磊, 王守艳, 吴子龙, 吴运东. 新工科视野下混合式“金课”建设实践——以“水处理工程设计实训”课程为例[J]. 教育教学论坛, 2024, No.52: 118-122.
- [2] 肖伟晶, 胡紫薇, 万宏鹏. 新工科背景下土木工程专业材料力学课程教学改革实践[J]. 西部素质教育, 2025, 11(19): 168-171. DOI:10.16681/j.cnki.wcqe.202519038.
- [3] 彭孝军, 叶俊伟. 创新驱动化工高等教育内涵式发展[J]. 化工高等教育, 2020, 37(02): 92-96.
- [4] 侯月琴. 项目驱动式实验课程教学模式[J]. 教育教学论坛, 2018, 11(46): 265-267.
- [5] 艺卢. “AI+思政+项目”融入混合式教学的改革与实践[J]. 教师教育与发展研究, 2025, 1(9): 106-108.
- [6] 吴修国. 数智赋能课程思政融入混合式教学的改革与实践[J]. 高教学刊, 2025, 11(15): 139-143.
- [7] 路隼, 武红娟, 苗强强. 跨课程自循环工程实训模式的构建与实践[J]. 实验室研究与探索, 2024, 43(9): 177-181.
- [8] 范华英. 基于现场大面积剪切试验的风化岩强度参数获取[J]. 福建建设科技, 2022, No.4: 50-52.
- [9] 张建华, 姚志华, 冯世清. 基于现场和室内剪切试验的原状黄土强度特性研究[J]. 水利水电技术, 2021, 52(6): 188-197.
- [10] 谢超冲. 人工智能背景下中职计算机课程教学探究[J]. 教师教育与发展研究, 2025, 1(19): 73-75.