

基于《现代原位测试技术》的土木工程课程教学改革与创新实践

刘路路¹, 刘晓燕^{1*}, 蔡国军², 张宁², 汪芷珩¹

1. 中国矿业大学力学与土木工程学院, 江苏徐州;
2. 安徽建筑大学土木工程学院, 安徽合肥

摘要: 在土木工程学科中, 原位测试技术作为保障结构质量与安全的核心手段, 正随科技发展加速向智能化、数字化转型。这一变革为工程教育带来机遇与挑战。本研究以《现代原位测试技术》课程为例, 旨在推动教学体系的系统重构与创新实践。通过多维度分析, 揭示当前教学在理论与实践衔接、技术更新适应等方面的不足, 并提出涵盖理念革新、方法创新、内容迭代和评估优化的综合改革方案。课程体系构建“理论—技术—实践”一体化结构, 将分布式光纤传感、无人机测绘等前沿技术纳入教学; 在方法上引入项目驱动学习、翻转课堂和虚拟仿真, 提升学生主动性、批判性思维与实践能力; 在评估上构建以工程技能和创新思维为核心的动态机制, 实现精准评价。准实验研究结果表明, 该方案显著提升了学生的专业素养与创新能力。本研究不仅为土木工程教育现代化提供实践指南, 也为其他工程学科课程改革提供参考范式。

关键词: 原位测试; 教学改革; 项目化学习; 创新能力

Teaching Reform and Innovative Practice of Civil Engineering Courses Based on “Modern In-Situ Testing Technology”

Lulu Liu¹, Xiaoyan Liu^{1*}, Guojun Cai², Ning Zhang², Zhiheng Wang¹

1. School of Mechanics and Civil Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou, Jiangsu;
2. School of Civil Engineering, Anhui Jianzhu University, Hefei, Anhui

Abstract: In the discipline of civil engineering, in-situ testing technology, as a core means of ensuring structural quality and safety, is rapidly advancing toward intelligence and digitalization with technological development. This transformation brings both opportunities and challenges to engineering education. Taking the course “Modern In Situ Testing Technology” as an example, this study aims to promote the systematic restructuring and innovative practice of the teaching system. Through multidimensional analysis, it reveals the current shortcomings in bridging theory and practice and adapting to technological updates, and proposes a comprehensive reform plan encompassing conceptual innovation, methodological innovation, content iteration, and evaluation optimization. The course system constructs an integrated “theory-technology-practice” structure, incorporating cutting-edge technologies such as distributed optical fiber sensing and drone surveying into teaching. Methodologically, it introduces project-driven

*通讯作者: 刘晓燕, 中国矿业大学力学与土木工程学院, 副教授, happyliuxiaoyan@163.com。

learning, flipped classrooms, and virtual simulations to enhance students' initiative, critical thinking, and practical abilities. In terms of evaluation, it establishes a dynamic mechanism centered on engineering skills and innovative thinking to achieve precise assessment. Quasi-experimental research results indicate that this plan significantly improves students' professional competence and innovation capabilities. This study not only provides a practical guide for the modernization of civil engineering education but also offers a reference paradigm for curriculum reform in other engineering disciplines.

Keywords: In-situ Testing; Teaching Reform; Project-based Learning; Innovation Ability

1 引言

土木工程作为人类文明的基石，凭借结构力学与岩土工程等专业技术，创造了胡夫金字塔、都江堰等不朽奇迹，展现了对结构稳固与耐久性的极致追求。在全生命周期质量管控中，原位测试技术以波速测试、静力触探等方法，提供材料与地质本征特性的关键数据，是保障工程安全与质量的重要支撑[1]。

随着传感器、大数据和人工智能的快速发展，原位测试技术迎来范式转型。MEMS传感器与分布式光纤显著提升了测试精度，机器学习则推动了自动化数据解析，助力土木工程向智能化、精细化迈进[2]。然而，这一变革也暴露出现行教育体系的滞后：课程内容偏重经典理论而缺乏前沿覆盖，实验教学局限于验证性操作，创新教育体系尚未健全，导致毕业生难以满足行业对复合型人才的需求。

本研究以《现代原位测试技术》课程为切入点，基于OBE理念构建理论、实践与创新相结合的新型教学模式。通过梳理技术演进路径与典型工程案例，分析现有教学问题，并在内容、方法与评价机制上提出系统改革：建立“理论—实验—实践”一体化体系，引入项目式与探究式学习，打造线上线下融合的智慧教学平台，并构建多元化的过程性评价体系。准实验研究结果表明，该改革有效提升了学生的专业素养与创新能力，为土木工程及其他工程教育提供了可推广的理论参考与实践范式。

2 现代原位测试技术概述

现代原位测试技术是土木工程中用于直接评估地下材料原状性质的重要手段，其结果直接关系到工程设计、施工质量与结构寿命。从传统的钻探取样到如今的自动化、数字化监测，技术的发展跨越了人工操作到智能化传感系统的历程。它不仅弥补了实验室测试在真实性上的不足，更为工程师提供了实时、精准的地下材料信息，从而有效优化设计、降低风险，保障公共安全。

当前广泛应用的测试方法包括标准贯入测试（SPT）、锥形贯入测试（CPT）、压力计测试、地震波速测试及地质雷达（GPR）等[3]。例如，高铁建设中利用地震波速测试精确获取土壤弹性模量和剪切模量，为轨道基础设计提供关键数据；城市地下管廊建设中，地质雷达能提前探测隐蔽空洞与裂缝，避免施工事故。此外，这些技术已扩展至环境监测领域，如地下水污染防治和长期水位监测，为城市的可持续发展提供技术支撑。可以说，原位测试技术既是工程建设的“探路者”，也是施工安全与环境治理的“守护神”。

尽管原位测试成果斐然，但在操作技能、设备成本与数据管理方面仍面临挑战。复杂技术要求操作者具备多学科知识并熟练掌握软件分析能力，高精度传感设备的高昂费用也增加了项目预算，而海量数据的高效处理更是亟需突破。对此，可通过加强专业培训、推广设备租赁共享模式以及建立智能化数据平台逐步化解。展望未来，随着传感器、计算机算法与大数据分析的不断融合，原位测试技术

必将进一步提升土木工程的前瞻性与精细化水平，开拓更广阔的应用前景。

3 土木工程教学现状分析

土木工程，作为人类文明的基石，其发展历程犹如一部波澜壮阔的史诗，从古老的砖石结构到如今的智能建筑，不断书写着人类改造自然的传奇。然而，在行业技术日新月异的当下，土木工程教育却仿佛陷入了一个“时间胶囊”，传统教学模式的种种弊端逐渐凸显，亟待一场深刻的变革[4]。

3.1 教学内容：知识地图亟待更新

土木工程教育长期依赖材料力学、结构分析等经典课程，这些课程为学生搭建了坚实的理论框架，却难以回应行业技术的快速革新。如今，从物联网驱动的智能监测到新型建筑材料的广泛应用，工程实践已大幅超越课堂内容。学生学到的仍是“旧地图”，难以指引其在数字化、智能化背景下的实践探索。若不及时更新教学内容，培养出的工程师将与时代需求脱节，缺乏跨学科融合的能力。

3.2 实践教学：失落的工程灵魂

实践教学是连接理论与应用的关键环节，但现实中却因设备陈旧、资金短缺与场地受限而被弱化。学生本应通过原位测试、实验操作等实践活动，掌握先进技术与设备使用方法；然而多数只能停留在课堂设想，难以跨越“纸上得来”的鸿沟。这种脱节直接削弱了工程教育的应用性与可靠性，使得毕业生在真实项目中难以实现平稳过渡。

3.3 创新培养：被忽视的能力缺口

全球可持续发展议程要求土木工程师具备应对气候变化、能源节约和城市韧性等多维挑战的创新思维。然而，现有教学模式仍以知识灌输为主，研究与创新平台不足，学生的创造力缺乏有效激发。没有被点燃的创新火花，不仅限制了他们解决复杂问题的能力，也使教育与未来产业发展之间

出现断层。

3.4 教学方法与评价：突破“单向通道”与“偏轨指挥棒”

传统教学方法过度依赖教师讲授，学生被动接受，思维空间受到禁锢。而新兴的多媒体、虚拟仿真与在线课程虽已出现，却未被充分整合进课堂。同时，评价体系仍以理论成绩为主，忽视综合能力与创新素养的培养。这种“单向通道”与“偏轨指挥棒”的双重限制，不仅抑制了学生主动性和探索精神，也使教育目标偏离了应用导向和能力导向。

4 教学改革理论基础

教学改革不仅仅是方法层面的更新，而是涵盖理念、方法、内容与评价在内的系统性变革。土木工程作为服务国家基础设施建设的重要学科，其教学改革必须建立在坚实的教育理论之上，才能有效回应时代需求并培养契合行业发展的专业人才。

《现代原位测试技术》课程作为土木工程的重要组成部分，不仅要求学生掌握前沿的测试理论与方法，还必须在真实或仿真的工程环境中锻炼其实践能力。因此，教学改革的核心在于实现“理论—实践—创新”的有机统一，使课程目标既能满足学生的学术发展，又能契合未来的职业要求。

多种教育理论为《现代原位测试技术》课程的改革提供了坚实支撑。建设性教学理论强调知识通过个体与环境的互动建构，这要求教师由“传授者”转变为“引导者”，推动学生主动探索并解决工程问题。认知学徒制理论则通过“示范—模仿—实践”的路径，强化学生对专业技能的掌握，尤其适用于实验室和现场测试的环节。情境学习理论强调知识获得必须嵌入具体情境，促使学生在真实或仿真的工程环境中学习，完成从课堂到职场的无缝衔接。此外，技术接受模型为先进仪器和软件工具的引入提供了理论指导，提示教育者在课程设计中必须兼顾技术的易用性与有用性，以提升学生的接受度和应用效果。

在教学改革理论的支撑下，《现代原位测试技

术》课程的目标、内容、方法与评价体系都需要重新审视与设计。课程目标应当兼顾学术发展与职业需求，课程内容需体现最新的原位测试方法与工程案例。教学方法上，可以引入混合学习与翻转课堂模式，结合线上资源与线下实践，既提高学习的灵活性，又强化知识的迁移与应用。评价体系则应多元化，不仅检验学生的理论理解，更要考察其实践能力与创新潜质。通过这一系列改革，课程能够在理论与实践的双重维度上培养学生，使其具备应对复杂工程挑战的综合能力，从而为土木工程行业输送更具竞争力的人才。

5 课程设计创新实践

随着土木工程领域数字化、智能化转型的加速，原位测试技术迎来爆发式发展，行业对专业人才的需求也随之发生深刻变化。为培养具备卓越实践能力与创新思维的复合型人才，《现代原位测试技术》课程设计需突破传统范式，以创新实践为驱动，构建一套契合行业发展趋势的动态教学体系。以下从六个维度，阐述课程的创新实践设计方案[5]。

5.1 内容与模式的双重革新

《现代原位测试技术》课程以数字化与智能化转型为契机，打破传统教学范式，构建模块化与动态化的知识体系。基础模块注重夯实原位测试理论与通用方法，高级模块则聚焦前沿技术与复杂工程案例，推动学生从“知其然”走向“知其所以然”。与此同时，翻转课堂与在线学习深度融合，学生在课前自主掌握理论，课堂则聚焦讨论与实践；配合VR/AR沉浸式学习资源，实现从理论到操作的全流程升级。

5.2 实践导向的多元培养

课程强调以项目驱动学习，通过跨学科团队任务模拟真实工程环境，使学生全程参与数据采集、处理、分析与成果汇报，提升系统思维与实操能力[6]。在此基础上，构建“实验室—现场”双元教学模式：一方面，学生在实验室熟悉先进仪器与模拟测试流程；另一方面，依托产学研合作，深入真实

工程项目，完成现场测试与数据转化，实现从课堂到行业的无缝对接。

5.3 跨界视野与评估创新

在培养工程人才的过程中，课程注重跨学科融合与国际视野拓展。通过引入结构工程、地质学、环境科学等知识，学生能够跨界解决复杂问题；同时结合国际案例与标准，强化跨文化交流与全球竞争力。评估体系也突破传统笔试，建立多维度评价方式：同行互评、小组自评、项目成果与操作考核相结合，不仅考察结果，更重视学习过程，全面激励学生的自主性与创新力。

6 教改实践案例分析

6.1 案例背景与改革目标

在工程教育不断深化改革的背景下，本案例聚焦于某工程技术大学土木工程系《现代原位测试技术》课程。长期以来，该课程主要依赖课堂讲授与基础实验操作，内容相对滞后，难以契合土木工程行业数字化与智能化发展的新趋势，学生所学知识与行业需求存在脱节，制约了其综合能力培养。基于此，教学团队提出系统性改革，旨在构建符合行业发展趋势的课程体系。具体目标包括：一是更新教学内容，引入分布式光纤传感、无人机测绘等前沿技术，强调数据分析与新型仪器操作的应用；二是采用建构主义理念下的创新教学方法，提升学生自主学习与创新思维；三是强化实践环节，依托产学研平台拓展真实工程环境中的训练机会；四是构建成果导向教育（OBE）理念下的多元化评价体系，全面提升学生专业素养与实践能力，培养能够应对未来工程挑战的复合型人才。

6.2 改革实施与具体举措

课程改革从四个方面展开：首先，教学团队通过德尔菲法广泛调研行业前沿，修订课程大纲，将分布式光纤监测、无人机测绘、三维激光扫描等内容纳入其中，并结合实际工程案例讲解最新数据分析成果。其次，在教学方法上，推行以学生为中心的模式，引入项目式学习（PBL），

以真实工程项目为载体,培养学生跨环节解决复杂问题的能力,同时结合翻转课堂与MOOC、虚拟仿真平台,实现线上线下融合[7]。再次,在实践环节中,学校与建筑企业合作,为学生提供轨道交通、高层建筑等重大项目的原位测试实践,同时加大实验室建设投入,引进地质雷达、三维扫描仪等先进设备,打造沉浸式实训环境。最后,在评价方式上,改革传统以考试为主的单一模式,增设项目报告、实验考核、同行互评和自我反思等多元化环节,注重过程性、能力性评价,强化学习闭环与持续改进机制。

6.3 实践成效与综合评估

改革实施后成效显著。在教学内容方面,学生普遍认为课程紧贴行业发展,理解与应用能力明显增强,企业专家也认可学生行业适应性提升。在教学方法上,项目式学习和翻转课堂有效提高了学生的学习主动性和团队协作能力,学生能够提出创新性解决方案,展现较强的批判性思维与创新意识。在实践教学方面,实地训练与实验室升级显著增强了学生工程操作与问题解决的综合能力,超过八成学生表示实践环节极具价值。评价体系方面,多元化考核促进了学生自主学习与合作精神,同行互评与自我反思提升了其学习自觉与专业认知。综合评估表明,改革不仅显著提升了学生的考试成绩与课程作业质量,更在创新实践、学科竞赛及企业实习中取得优异成果,学生综合素质全面提升,赢得用人单位高度认可,充分体现了改革的有效性与推广价值。

7 学生能力提升

7.1 知识理解与应用能力的深度学习构建

在《现代原位测试技术》课程改革的框架下,课程设计遵循建构主义学习理论,致力于推动学生对基础理论知识的深度学习,并强化现代原位测试技术的工程应用能力。借助案例教学法与问题导向学习法,课程将理论知识与复杂的现实工程问题深度融合。例如,在模拟大型水利工程地基土壤测试项目中,学生不仅要完成数据采集、处理与解读

的全流程操作,还需运用岩土力学、信号分析等多学科知识,深入理解原位测试技术的原理与工程逻辑。通过这种沉浸式的学习过程,学生对课程核心概念的理解将从表面的认知,深化为对知识本质的把握,显著提升运用理论知识解决实际工程问题的能力。

7.2 实践技能的场景化与智能化培养

课程设计紧密围绕行业发展趋势,构建了实验室与现场实践相结合的双场景教学体系,通过虚拟现实(VR)、增强现实(AR)等技术,打造高度仿真的工程实践环境。在实验室教学环节,学生通过操作三维激光扫描仪、分布式光纤传感系统等先进设备,开展土壤力学参数测试、结构健康监测等实验项目,提升对现代测试仪器的操作熟练度与数据处理能力。在现场实践环节,学生参与城市轨道交通、高层建筑等真实工程项目,执行标准测试程序,解决测试过程中出现的突发问题。此外,课程还引入智能化数据分析平台,培养学生运用机器学习算法进行数据挖掘与分析的能力,使学生的实践技能与行业数字化转型需求紧密接轨。

7.3 创新思维的开放式与协同式培育

课程改革以培养学生的创新思维为核心目标,通过项目式学习与跨学科协作,营造开放包容的创新环境。在项目式学习过程中,学生以团队形式参与真实工程项目的设计与管理,针对工程中的复杂问题,探索新的测试方法与解决方案[8]。例如,在优化原位测试效率的项目中,学生运用系统工程的方法,对测试流程进行全面分析,提出基于物联网技术的自动化测试方案;在提升测试精度的项目中,学生探索将人工智能技术应用于数据处理,有效提高测试精度。此外,课程还鼓励学生参与科研项目、学科竞赛等活动,与行业专家、企业技术人员进行深度交流,拓宽创新视野,激发创新潜能。

8 结论

本次对《现代原位测试技术》课程开展的系

统性教学改革，并非对传统教学的简单修补，而是顺应土木工程行业智能化、数字化发展趋势的前瞻性探索。改革通过搭建“动态—协同”的课程更新机制，让学生第一时间接触到原位测试技术的最新理论、设备与应用案例；依托“引进来、走出去”的双师型教师培养战略及“校企联动、虚实结合”的资源共享平台，全面提升教学质量，打造沉浸式学习环境。在教学方法上，推行“渐进式引导、精准化反馈”策略，激发学生主动学习的热情；构建“过程性—综合性—发展性”的多维评价体系，对学生的知识掌握、实践能力和创新思维进行全面评估。通过这一系列举措，学生在知识理解、技能应用和问题解决能力方面实现了质的飞跃，为其职业发展奠定了坚实基础，也为土木工程领域培养出一批理论扎实、实践丰富、思维活跃的高素质人才。

面向未来，教学改革将继续紧贴行业前沿和技术发展动态，保持迭代优化。我们将构建敏捷的技术跟踪机制，确保课程内容的前瞻性和实用性；加强师资培训和国际交流，提升教师专业素养和全球视野；推动数字化教学资源建设，打造沉浸式、交互式智慧教学生态；推进跨学科融合，培养学生的综合创新能力；建立常态化的行业反馈与长期效果评估机制，实现“评估—反馈—改进”的闭环，确保改革成果可持续。通过持续探索与实践，我们有信心打造示范性教学模式，为土木工程领域输送更多兼具实践能力与创

新精神的高素质人才，助力行业高质量发展。

致谢

本文由基金项目：中国矿业大学教学改革研究与实践项目“创新驱动下卓越工程师研究生培养模式与选拔机制的优化与实践”（项目编号：2025Y01）支持。

参考文献

- [1] 朱正伟, 马一丹, 李茂国, 卢黎, 卢谅. 土木工程专业课程思想政治的研究与探索——以土力学课程为例[J]. 高等建筑教育, 2024, 33(5): 173-185.
- [2] 黄毅, 何飞, 刘斌. 新工科背景下土木工程实践教学改革研究[J]. 高等建筑教育, 2023, 32(6): 73-79.
- [3] 刘松玉, 蔡国军, 张炜, 等. 岩土工程勘察、测试与评价进展[J]. 土木工程学报, 2024, 57 (10): 108-124.
- [4] 狄方殿. 高校土木工程专业“结构动力学”课程教学现状分析与对策 [J]. 教育教学论坛, 2024, (13): 17-20.
- [5] 李瑾杨, 杨建功, 石晓娟, 王璐, 张子静. 土木工程专业创新型、复合型、应用型人才培养实践教学模式研究[J]. 创新创业理论研究与实践, 2025, 8 (04): 112-114.
- [6] 白岩慧, 刘真, 李红辉, 等. 工程实践导向的铁路信息技术教学平台建设研究[J]. 工业和信息化教育, 2023, (03): 59-64.
- [7] 郭晓, 谢开仲, 周筱航, 等. 大跨钢管混凝土拱桥施工虚拟仿真教学平台构建[J]. 实验室研究与探索, 2025, 44 (06): 125-128.
- [8] 王贤敏, 赵伟, 王旭, 等. 行业背景高校工科开放式创新教学模式构建与实践[J]. 高教学刊, 2024, 10 (19): 42-45.

