

基于“智能化桥梁施工建造平台”的学科交叉融合教学应用研究

祝 兵, 崔圣爱*, 徐国际, 康啊真

西南交通大学土木工程学院, 四川 成都

收稿日期: 2026年1月1日; 录用日期: 2026年1月29日; 发布日期: 2026年2月9日

摘要

面对智能建造时代对复合型人才的迫切需求, 传统土木工程教学体系在学科交叉与实践创新方面存在明显不足。本文以智能化桥梁施工建造平台为载体, 深入探讨学科交叉研究在教学实践中的创新应用。通过融入建构主义学习理论、成果导向教育(OBE)理念及“做中学”实践观, 系统阐述了如何将前沿科研成果转化为优质教学资源。教学成效表明, 该模式显著提升了学生的课堂参与度、学术表现、跨学科思维与实践创新能力, 增强了其对行业转型的信心。结合实践经验, 并基于教育理论对改革中的挑战与未来方向进行了讨论, 为前沿科研成果向教学资源的有效转化及交叉学科人才培养提供了可资借鉴的范式。

关键词

智能化施工平台, 交叉研究, 实践技能培养, 科研反哺教学

Research on the Teaching Application of Interdisciplinary Integration Based on the “Intelligent Bridge Construction Platform”

Bing Zhu, Sheng'ai Cui*, Guoji Xu, Azhen Kang

School of Civil Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu Sichuan

Received: January 1, 2026; accepted: January 29, 2026; published: February 9, 2026

Abstract

Facing the urgent demand for interdisciplinary talents in the era of intelligent construction, the

*通讯作者。

traditional civil engineering education system exhibits significant deficiencies in interdisciplinary integration and practical innovation. This paper takes the intelligent bridge construction platform as a carrier to explore the innovative application of interdisciplinary research in teaching practices. By incorporating constructivist learning theory, Outcomes-Based Education (OBE) philosophy, and the “learning-by-doing” practical approach, it systematically elaborates on the transformation of cutting-edge research achievements into high-quality educational resources. Teaching outcomes demonstrate that this model significantly enhances students’ classroom engagement, academic performance, interdisciplinary thinking, and practical innovation capabilities, while strengthening their confidence in industry transformation. Based on practical experience and grounded in educational theory, the challenges and future directions of the reform are discussed, providing an instructive paradigm for the effective conversion of frontier research into teaching resources and the cultivation of interdisciplinary talent.

Keywords

Intelligent Construction Platform, Interdisciplinary Research, Practical Skills Cultivation, Scientific Research Feeding Teaching

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

为深入贯彻全国教育大会精神和《中国教育现代化 2035》战略部署，教育部于 2019 年发布《关于深化本科教育教学改革全面提高人才培养质量的意见》(教高[2019]6 号)，明确提出“推动科研反哺教学”，引导高校将前沿科研成果有效融入教学实践，以激发学生专业志趣，同时倡导扩大国家级、省部级科研基地的开放共享，鼓励学生参与高水平学科竞赛，实现“以赛促教、以赛促学”的目标[1]。这一政策导向旨在最大化发挥高校自身的科研资源优势，构建教学与科研协同发展的良性循环机制，缓解高校内部教学与科研资源长期失衡的矛盾。2022 年，教育部、财政部、国家发展改革委联合印发的《关于深入推进建设世界一流大学和一流学科建设的若干意见》进一步强调了“推动学科交叉融合”的核心地位[2]。2025 年初，中共中央、国务院正式印发《教育强国建设规划纲要(2024~2035 年)》，其总体要求中明确指出，要“加强实施一流学科培优行动，推动学科融合发展，超常布局急需学科专业，加强基础学科、新兴学科、交叉学科建设”[3]。由此可见，推动科研反哺教学与促进学科交叉融合，已成为当前及未来一段时期内我国高等教育改革的核心方向与战略重点。这要求高校必须在科研基地与重大项目中，以学科竞赛与创新实践为场景，将前沿科技成果系统性地转化为跨学科、项目化的优质教学资源，在协同整合多学科知识的过程中，深化学科交叉研究在教学实践中的应用，为培养具备跨界创新与解决复杂工程问题能力的复合型人才提供坚实的制度保障与资源支撑[4]。

我国的基础设施建设能力享誉全球，被冠以“基建狂魔”之称。然而，随着数字孪生、人工智能、物联网等新一代信息技术的迅猛发展，传统的土木工程建设模式与人才培养体系正面临前所未有的挑战。当前的土木工程教学，在一定程度上仍滞后于行业智能建造升级的实践需求，存在“理论与实践脱节、技术应用滞后、学科壁垒森严”等问题，难以满足未来智能建造领域对既懂土木工程原理，又精通信息技术的复合型人才的迫切需求[5]-[7]。对此，建构主义学习理论认为，知识不是通过教师传授得到，而是学习者在一定的情境即社会文化背景下，借助他人(包括教师和学习伙伴)的帮助，利用必要的学习资料，

通过意义建构的方式而获得[8]。这意味着，教学应创设真实、复杂的学习情境，引导学生主动探究、协作学习。这为我们将真实的科研平台引入教学，开展项目式、协作式学习提供了坚实的理论基石。

作为中国轨道交通领域的开拓者，西南交通大学始终积极探索土木工程学科的交叉融合与智能化转型路径。凭借深厚的学科积淀与持续的创新投入，学校土木工程专业在最新一轮学科评估中获评A类，并成功入选国家“双一流”建设行列。面对行业变革，我校前瞻性地设立了“智能建造”本科专业，开创性地将传统土木工程知识与人工智能、大数据、BIM等新一代信息技术深度融合。该专业不仅注重理论知识的系统传授，更强调实践能力与创新思维的协同培养，通过构建先进的虚拟仿真实验教学平台与实体实训基地，让学生在高度仿真的工程场景中锤炼技艺。其课程体系广泛涵盖智能传感技术、建筑信息模型(BIM)应用、工程大数据分析等前沿领域，旨在培养能够胜任智能规划、设计、施工与管理全过程的复合型卓越工程师[9]。

为积极响应国家创新驱动发展战略与智能建造人才需求，系统解决传统教学中存在的理论与实践脱节等问题，本文依托西南交通大学“智能建造虚拟仿真实验教学平台”及“智能化桥梁施工建造平台”的科研成果，将智能建造与学科交叉的理念系统性地融入本科及研究生教学实践。通过引入真实工程案例(如沪苏通长江公铁两用斜拉桥)，举办平台设计与创新竞赛，引导学生在“做中学”、“研中学”，深刻理解并掌握人工智能、数字孪生等技术赋能下的现代桥梁建造核心技术。本研究旨在为同类高校开展学科交叉教学改革、推动科研反哺教学提供一套可复制、可推广的实践方案与理论思考。

2. 理论基石：科研反哺、学科交叉与智能技术赋能教学的融合路径

本章立足新时代工程教育高质量发展需求，聚焦智能建造背景下土木工程人才培养的转型升级，系统梳理科研反哺教学、学科交叉融合与智能技术赋能教学的理论基础与研究进展。围绕“知识转化-共同体建构-教学范式革新”三重逻辑，构建“科研引领、交叉协同、技术支撑”的教学改革理论框架，为后续教学模式设计提供学理支撑。

2.1. 科研反哺教学：从知识生产到育人转化的闭环机制

科研反哺教学，本质上是将科学研究的过程、方法、精神及前沿成果，通过系统化设计与创造性转化，融入人才培养全过程的教学改革实践，其核心在于打破传统“科研与教学二元分离”的格局，实现知识发现、知识传播与知识应用的有机统一与动态循环[10]。该机制不仅体现为教学内容的更新，更是一种教育范式的转型，即从“知识传授型”向“能力生成型”转变。

在工程教育领域，科研反哺教学对培养学生解决复杂工程问题的能力与创新素养具有关键作用。苏俊宏等人指出，在研究生培养中，通过科研项目赋能，能有效训练学生的科学思维与工程实践能力[11]。张俊玲等在“双一流”建设背景下，提出科研平台开放、科研成果进教材、科研团队指导学科竞赛等多元路径，推动科研资源向教学资源转化，促进创新人才培养[12]。邹洪芬等人进一步强调，科研反哺有助于实现教学内容与产业技术发展的同步更新，提升人才的产业适应性[13]。

进一步分析可见，科研反哺教学的实现依赖于三大转化机制：

1. 成果案例化机制：将前沿科研成果提炼为教学案例，融入课程内容，增强教学的前沿性与现实性；
2. 平台共享化机制：向本科生开放科研实验室、重大仪器平台，提供真实科研体验；
3. 项目驱动化机制：引导学生参与教师科研项目、将科研问题转化为毕业设计或学科竞赛选题，实现“做中学、研中创”。

然而，当前转化仍面临“重科研轻教学”“评价机制错位”“教师转化能力不足”等制度性障碍。未来改革需着力构建“激励-支持-评估”一体化的保障体系，推动科研反哺从个体自发行为走向制度

化、常态化实践。

2.2. 学科交叉融合：构建跨学科育人共同体的情境学习路径

学科交叉融合是指不同学科在概念、理论、方法与数据层面相互借鉴、渗透与整合，以应对复杂问题并催生新兴知识体系的过程。在教育层面，其本质是打破传统学科壁垒，重构跨学科的知识结构与育人生态，培养学生具备跨界整合、协同创新与系统思维的能力。

情境学习理论认为，学习是学习者通过“合法的边缘性参与”(legitimate peripheral participation)，逐步融入实践共同体的过程[14]。智能建造正是一个典型的由土木工程、计算机科学、数据科学、管理科学等多学科构成的“实践共同体”。真实工程项目往往涉及多专业协同设计、信息集成与动态决策，单一学科知识难以应对。因此，教学中应有意识地创设跨学科协作情境，模拟真实工程团队的工作模式，让学生在角色分工、信息交互与问题共解中实现能力成长。

实践中，可通过以下路径构建跨学科育人共同体：

1. 课程融合：设置跨学科课程群或模块化课程，如“智能施工 + 数据建模 + 项目管理”；
2. 项目驱动：以真实工程问题为牵引，组织多专业学生组队开展综合设计或创新实践；
3. 团队共导：组建跨院系教学团队，实施联合授课、协同指导；
4. 评价改革：建立多元评价体系，重视过程协作、创新思维与综合解决问题能力。

然而，跨学科教学仍面临诸多挑战：不同专业学生知识基础差异显著、缺乏成熟的跨学科课程标准与教材体系、院系条块分割导致协同困难、教师跨学科教学能力不足等[15]。未来改革需从制度设计、师资培育与资源共建入手，推动跨学科育人从“碎片化探索”走向“系统化建构”。

2.3. 智能技术赋能：数字孪生驱动下的土木工程教学模式革新

以数字孪生、BIM(建筑信息模型)、物联网为代表的新一代智能技术，正深刻重塑土木工程的设计、施工与运维方式，也为教学改革提供了前所未有的技术支撑。这些技术不仅改变了工程实践的形态，更催生了教学理念与模式的深层变革——从“二维图纸教学”向“三维可视交互”、从“经验传授”向“数据驱动决策”、从“高风险现场实习”向“低风险高仿真实训”转变。

借助 BIM 与数字孪生技术构建虚拟施工平台，可实现施工全过程的动态仿真、多方案比选与灾害预演，使学生在课堂中“走进”施工现场，开展“假设分析”(what-if analysis)与“反事实推理”，在无风险环境中掌握复杂施工逻辑与应急响应策略。这极大拓展了实践教学的时空边界与深度广度。

毛伟琦等指出中国大跨度桥梁建设已进入智能化、数字化发展新阶段，对工程人才的技术整合能力提出更高要求[16]。王铁强调基于 BIM 的智能化施工管理依赖于信息集成与可视化决策支持[17]。朱军、祝兵等进一步提出“数字孪生驱动的桥梁智能建造方法框架”，为教学内容更新与技术嵌入提供了前沿参照[18]。

在此背景下，智能技术赋能教学的改革路径可归纳为：

1. 教学内容重构：将数字孪生、智能监测、自动控制等前沿技术纳入课程体系，更新教材与案例库；
2. 教学环境升级：建设虚实结合的智能建造实训平台，集成 BIM、VR/AR、传感器模拟等功能；
3. 教学方法创新：推行“项目导向 + 数据驱动”的探究式学习，学生通过分析真实工程数据提出优化方案；
4. 教学评价数字化：利用学习行为数据分析学生参与度、协作效率与问题解决路径，实现过程性精准评价。

技术赋能不仅是工具替代，更是教学逻辑的重构。未来需警惕“重技术轻育人”倾向，始终坚持“以

学生发展为中心”，确保技术真正服务于能力培养目标，而非流于展示性应用。

3. 科研反哺教学：智能化桥梁施工建造平台的教学实践探索

在国家“交通强国”战略和“十四五”综合交通运输体系发展规划的引领下，大跨度桥梁建设正加速向智能化、数字化方向转型。面对传统施工模式信息滞后、可视化不足、安全风险高等问题，数字孪生技术依托 BIM、GIS、物联网与大数据等前沿技术，为桥梁智能建造提供了全新路径。然而，该技术在工程教育中的应用仍处于探索阶段，存在理论与实践脱节、跨学科融合不足等问题。为此，本教学实践以大跨度公铁两用斜拉桥(沪苏通长江大桥为工程背景)为核心案例，构建智能化桥梁施工建造平台，推动科研成果向教学转化，实现“科研反哺教学”的闭环，培养具备系统思维与创新能力的智能建造人才。

3.1. 教学设计背景与目标

本课程立足于复杂环境下的大跨径桥梁建设需求，聚焦斜拉悬索协作体系桥等先进结构形式，针对传统施工依赖二维图纸、缺乏实时监控与多源数据协同的痛点，引入数字孪生理念，构建集设计、施工、监测、仿真于一体的智能化桥梁施工建造平台。教学目标明确为：

1. 帮助学生理解智能化技术在桥梁建造中的实际应用场景；
2. 提升学生对 BIM + GIS、有限元仿真、施工监控等多学科知识的整合能力；
3. 培养具备跨专业协作意识和工程实践能力的复合型人才；

3.2. 教学实施策略：分组协作与问题驱动

智能化桥梁施工建造平台的搭建、理解与应用，涉及土木工程、计算机科学、软件工程、数据可视化等多个学科的知识，技术集成度高，对学生的综合能力提出了挑战。为有效应对这一挑战，并最大化学习效果，我们采用了基于社会互赖理论的分组协作学习模式[19]。该理论强调，在合作性的社会情境中，个体目标与群体目标紧密相连，个体的成功有赖于他人的成功。

在教学实践中，将选修该课程的学生(通常来自土木、计算机、测绘等不同专业)混合编组，形成若干项目团队。每个团队在教师指导下，共同承担一个简化版的“桥梁数字化建造平台”搭建与分析任务，或对现有平台的某个功能模块进行深入探究与优化。为解决不同专业学生知识结构的“异构性”问题，课程设计了针对性的“实训”模块。针对土木工程相关专业学生，增设了“数据处理与可视化基础”模块，重点训练数据处理与前端可视化代码能力；针对非土木工程相关专业学生，则增设了“桥梁施工与监控流程”模块，通过虚拟仿真实验快速建立工程概念。各模块融合在教学实践中，而不是单纯的理论教学，具体设计如下表 1 所示。这一设计确保了后续团队协作中，成员间具备基本的“共同语言”。

Table 1. Course syllabus and cross-cutting knowledge points table

表 1. 课程大纲及交叉知识点表

教学周次	土木工程知识点	学科交叉知识点	融合实训任务
第 1~3 周	斜拉桥施工控制原理	BIM 建模基础	建立桥梁参数化模型
第 4~6 周	施工过程力学分析	有限元软件二次开发接口	实现 BIM 与有限元模型的数据互通
第 7~9 周	结构健康监测理论	物联网传感器原理与部署	搭建虚拟传感网络
第 10~12 周	施工进度管理	数字孪生驱动引擎(GIS、数据映射)	开发施工全过程数字孪生可视化界面
第 13~15 周	风 - 浪耦合环境下的结构响应	机器学习、深度学习算法基础	基于 LSTM 的结构响应预测模型训练
第 16 周	-	-	实践作业汇报

通过明确的分工与紧密的协作，各组需要整合资源，定期讨论，协同攻克技术难点，最终以团队形式提交项目成果并进行汇报答辩。这种模式不仅模拟了真实工程项目中多学科团队的工作场景，更重要的是，它创造了一个建构主义所倡导的“学习共同体”。在这个共同体中，学生通过交流、协商、共享，共同建构起关于智能化桥梁建造的复杂知识体系。教师在过程中扮演引导者、顾问和资源提供者的角色，而非单纯的知识灌输者。这种实践显著提升了学生的学习自主性、团队协作能力以及解决复杂工程问题的信心。

3.3. 考核体系重构：变被动应试为主动探究

为了帮助学生更好地掌握智能化桥梁施工建造平台的搭建，对考核评价体系进行系统性重构。摒弃传统闭卷笔试考核模式，构建“过程性评价 + 综合性实践”的多元考核体系，其中日常考核占比 60%，期末综合性实践大作业占比 40%。日常考核涵盖课堂研讨参与度、跨学科知识应用能力及科研思维训练成效，通过“课前学科交叉汇报 - 课中案例研讨 - 课后拓展探究”的三段式教学环节，引导学生将土木工程、计算机科学、数据科学等多学科知识进行整合应用。每次课程伊始设置 10 分钟的小组汇报环节，要求学生围绕智能化桥梁施工平台的技术难点，从不同学科视角展开分析，并通过同伴互评与教师点评机制强化知识建构。

期末实践大作业采用“真实工程问题驱动”的项目模式，要求学生以跨学科团队形式完成某实际桥梁工程的智能化施工平台设计与实现。下图 1 展示了学生的实践过程。作业需包含三维 BIM 模型构建、施工过程数字孪生仿真、实时监控系统开发三个核心模块，重点考察学生在多源数据融合、人机协同决策、跨领域问题解决等方面的能力。

这种考核体系改革，深刻体现了多元智能理论与建构主义评价观，不再局限于对碎片化知识的记忆考查，而是转向对学生综合应用能力、创新思维与合作精神的整体评价。“以能力为本位、以过程为重点”的考核方式更符合实际工程人才的成长规律，能有效引导学生从“学会”向“会学”、“会用”转变。它成功地将学生的注意力从“期末突击”吸引到“平时积累”和“项目实践”上来，实现了从被动接受向主动建构的知识获取模式的转变。

这种考核体系既响应了教育部“科研反哺教学”的政策导向，又通过“做中学”的实践路径，将前沿科研成果转化教学内容，有效提升学生的科研思维与创新能力。根据教育评价理论，该体系通过多元化的评价维度，实现了对学生知识掌握、实践能力、创新思维的全方位评估，为交叉学科人才培养提供了可复制的考核范式。

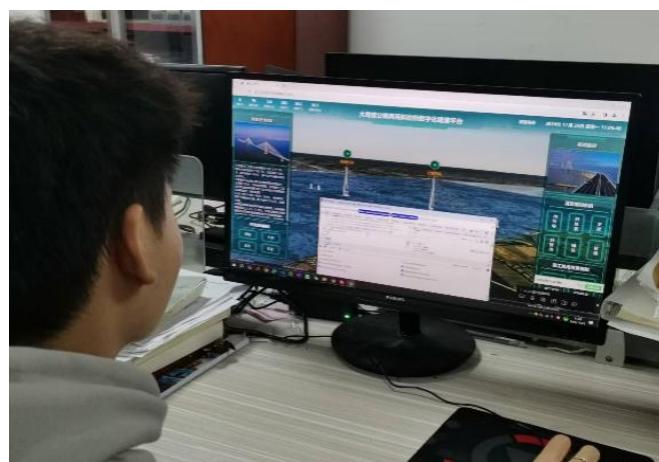


Figure 1. Building an intelligent platform (Practical project)
图 1. 智能化平台的搭建(实践大作业)

通过考核评价体系的革新，有效促使学生实现从被动接受向主动探究的学习范式转变。这种考核改革通过将科研思维训练融入日常教学环节(如小组汇报、案例研讨)，构建了“输入 - 建构 - 输出”的闭环学习系统，使学生在真实工程问题解决中实现知识内化。教学反馈分析表明，该模式不仅优化了“以评促学”的教育生态，更通过多元评价机制激活了学生的创新潜能，为交叉学科背景下的实践能力培养提供了量化佐证。这一改革既契合建构主义学习理论中“学习者主体建构”的核心理念，也为研究型高校探索科研反哺教学的有效路径提供了实证支撑。

3.4. 教学成效与反馈

教学实践改革是一个动态过程，需要持续地进行反馈和改进，且教学改革的效果需要通过科学的评估来验证。本研究选取了 2021 年至 2023 年连续 3 年的教学数据作为分析样本，共计涉及学生样本量 $N = 361$ 人(其中改革后实施新体系的学生为 120 人，改革前传统教学为 241 人)。为了客观评估教学改革的效果，我们采用了多种方式收集反馈，包括课程成绩分析、学生满意度问卷调查以及深度访谈。

课程成绩分析：实施新的教学与考核模式后，本学年学生的课程平均成绩较往年有显著提升，平均成绩提高了 15.1%。更重要的是，在实践大作业和项目汇报中，涌现出一批具有创新性的方案和高质量的成果，定义大于 38 分的实践作业为优秀(共 40 分)，优秀率高达 37.3%，体现了学生良好的知识整合能力与实践应用能力。

学生满意度调查：在课程结束后，对参与 2023 年“智能化桥梁施工建造平台”交叉学科课程的学生进行了匿名的满意度问卷调查，并与往届传统课程数据进行对比，结果如图 2 所示。

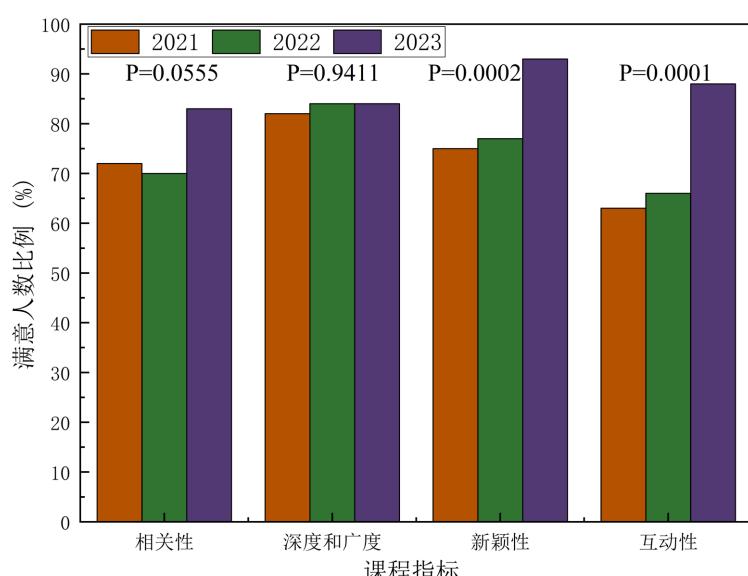


Figure 2. Investigation on students' satisfaction before and after the implementation of interdisciplinary courses
图 2. 开设交叉学科课程前后学生满意度调查

为了验证改革前后学生满意度差异的显著性，我们对调查数据进行了卡方检验。结果显示，学生在课程“新颖性”($P = 0.0002$)、“互动性”($P = 0.0001$)两个维度上的值均小于 0.01，课程“相关性”($P = 0.0555$)上的 P 值也非常接近 0.05，表明改革后的教学模式在提升学生满意度方面具有统计学上的显著差异。调查结果显示，学生对课程的新颖性、互动性、学科关联性的满意度均有大幅提升。许多学生在定性评价中写道：“这门课让我第一次感受到土木工程可以这么‘酷’”、“通过自己动手搭建平台，我

对 BIM 和数字孪生的理解比读许多书还深刻”、“小组合作虽然辛苦，但和不同的同学碰撞想法，收获巨大”。值得注意的是，交叉学科的设立与实践，显著增强了学生对土木工程行业未来发展的信心，激发了他们的学习内驱力。

深度访谈：与部分学生的交流进一步揭示了改革的深层效果。学生普遍认为，这种“做中学”、“研中学”的模式，让他们感受到了知识的力量和应用的乐趣，克服了对跨学科学术的畏难情绪。

4. 结论

本文积极响应国家创新驱动发展战略与智能建造人才培养需求，以“智能化桥梁施工建造平台”的科研成果为基石，进行了深入的学科交叉教学实践探索。通过“小组协作、问题驱动、教学做合一”的模式，系统论证了学科交叉课程对于培养面向未来的新型土木工程人才的必要性与有效性。主要结论如下：

(1) 教学考核方式的改革是激发学习动力的关键。采用以过程性评价和综合性实践大作业为主的多元考核体系，能够有效逆转学生的被动学习状态，提升其学习兴趣与主动性。课前的跨学科小组汇报，作为形成性评价的重要一环，显著增强了学生对课堂内容的深度理解与参与感。

(2) 学科交叉是激发学生兴趣与行业信心的有效途径。土木工程领域的学生对智能建造、数字孪生等交叉学科知识表现出浓厚的兴趣。通过亲身体验跨学科项目，学生能够更深刻地理解土木工程行业的智能化转型趋势与广阔前景，这有助于稳定专业思想，培养既扎根土木又放眼技术的复合型人才。

(3) 科研反哺教学需要制度化的保障与推广。建议高校从政策层面鼓励和支持教师将前沿科研成果转化为教学资源，以课程改革与项目实践为核心载体，构建理论与实践深度融合的教学模式。通过建立跨学科项目库、教学案例库和教学团队，常态化地激发学生的自主探究能力，最终形成科研与教学相互滋养、协同发展的良性循环机制。

本研究在土木工程教育中推进科研反哺教学与学科交叉融合提供了一个具体的实践案例与理论反思。未来的工作将聚焦于克服现有挑战，持续优化教学模式，扩大受益学生范围，并为构建适应智能建造时代的全新工程教育范式贡献更多力量。

基金项目

四川省科技厅重点研发计划项目“重大铁路大跨度桥梁状态感知与建维一体化关键技术研究”(编号：2023ZDZX0030)。

参考文献

- [1] 教育部关于深化本科教育教学改革全面提高人才培养质量的意见[J]. 中华人民共和国教育部公报, 2019(9): 26-30.
- [2] 教育部财政部国家发展改革委关于深入推进世界一流大学和一流学科建设的若干意见[J]. 中华人民共和国教育部公报, 2022(6): 8-13.
- [3] 中共中央, 国务院. 教育强国建设规划纲要(2024-2035 年) [EB/OL]. 2025-01-19.
http://www.ych.gov.cn/xxgk/bmptlj/bm/jyj/zc_18339/zcwj/202503/t20250313_3777434.shtml, 2025-05-29.
- [4] 袁国廷, 岳增慧, 许海云. 我国自主设置交叉学科的布局及关联特征研究[J]. 黑龙江高教研究, 2025, 43(4): 106-114.
- [5] 闫长斌, 杨建中, 梁岩. 新工科建设背景下工程意识与工匠精神的培养——以土木工程类专业为例[J]. 北京航空航天大学学报(社会科学版), 2019, 32(6): 152-160.
- [6] 张存贵. 新工科建设背景下学科交叉融合人才培养模式的探索与思考[J]. 职业技术教育, 2019, 40(17): 17-20.
- [7] 王玉梅, 覃春跃, 王倩. 基于数字化的土木工程专业科教融合教育改革探索[J]. 创新教育研究, 2024, 12(6): 288-294.
- [8] 何克抗. 建构主义的教学模式、教学方法与教学设计[J]. 北京师范大学学报: 社会科学版, 1997(5): 74-81.

-
- [9] 桥梁智能与绿色建造全国重点实验室. 实验室简介[EB/OL]. <https://bridge.swjtu.edu.cn/index.htm>, 2024-09-18.
 - [10] 徐晓娟, 丁勇, 单晶. 科研反哺教学在本科教学的应用初探[J]. 科技创新导报, 2017, 14(23): 204-205.
 - [11] 苏俊宏, 徐均琪, 吴慎将, 等. 科研赋能教学模式下研究生创新能力培养的探索与实践[J]. 学位与研究生教育, 2021(2): 36-39.
 - [12] 张俊玲, 白志毅, 陈立婧, 等. “双一流”背景下科研反哺教学促创新人才培养的探索与实践[J]. 高教学刊, 2022, 8(9): 33-36.
 - [13] 邹洪芬, 赵航涛. 高职院校“专业对接园区, 科研反哺教学”的物联网专业建设探索[J]. 职业技术教育, 2014, 35(26): 12-14.
 - [14] Lave, J. and Wenger, E. (2011) Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation.
 - [15] 孙立娟, 杨成佳, 李鑫, 等. 多学科交叉视域下“土木+”创新实践教学体系多维建构研究[J]. 高教学刊, 2025, 11(12): 68-71.
 - [16] 毛伟琦, 胡雄伟. 中国大跨度桥梁最新进展与展望[J]. 桥梁建设, 2020, 50(1): 13-19.
 - [17] 王铁. 基于 BIM 技术的智能化桥梁施工管理[J]. 中国信息界, 2024(2): 172-175.
 - [18] 朱军, 朱庆, 祝兵, 等. 数字孪生驱动的桥梁智能建造方法[J]. 遥感学报, 2024, 28(5): 1340-1349.
 - [19] Johnson, D.W. and Johnson, R.T. (1994) Learning Together and Alone. Cooperative, Competitive, and Individualistic Learning. 4th Edition. Allyn and Bacon.