

数智赋能背景下土木研究生“四位一体”教学模式创新研究

祝 兵, 崔圣爱*, 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9月6日; 录用日期: 2026年10月7日; 发布日期: 2026年10月14日

摘 要

面对“交通强国”战略与智能建造产业升级对高层次复合人才的迫切需求, 传统土木工程研究生教学模式在数智技术融入深度、科研实践转化效率与创新能力培养系统性方面存在明显不足。本文提出并系统论证了“科研引入-理论讲解-小组竞讲-问卷及成绩调研”四位一体教学模式, 以建构主义学习理论、成果导向教育理念、情境学习理论及SECI知识创造模型为基础, 通过智能化桥梁施工建造平台为科研载体将数智技术系统性地转化为研究生教学资源。本文详细阐述了四位一体模式的理论逻辑、设计框架、实施路径及研究生特有培养环节, 构建了面向数智时代的土木研究生教学改革方案, 为同类高校开展研究生教学模式创新提供了可复制、可推广的理论框架与实践范式。

关键词

数智赋能, 四位一体教学模式, 智能建造, 科研反哺教学, 研究生教学

Research on the Innovation of the “Four-in-One” Teaching Model for Civil Engineering Postgraduates Empowered by Digital Intelligence

Bing Zhu, Sheng'ai Cui*, Azhen Kang

School of Civil Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu Sichuan

Received: September 6, 2026; accepted: October 7, 2026; published: October 14, 2026

*通讯作者。

文章引用: 祝兵, 崔圣爱, 康啊真. 数智赋能背景下土木研究生“四位一体”教学模式创新研究[J]. 教育进展, 2026, 16(10): 283-291. DOI: 10.12677/ae.2026.16102110

Abstract

In response to the urgent demand for high-level interdisciplinary talents driven by the “Transportation Power” strategy and the industrial upgrading of intelligent construction, traditional teaching models for civil engineering postgraduates exhibit notable deficiencies in the depth of digital-intelligence technology integration, the efficiency of converting research achievements into teaching practice, and the systematic cultivation of innovation capability. This paper proposes and systematically justifies a “Four-in-One” teaching model comprising research introduction, theoretical instruction, group competition-based presentation, and questionnaire and achievement assessment. Grounded in constructivist learning theory, outcome-based education, situated learning theory, and the SECI knowledge creation model, the model employs an intelligent bridge construction platform as the research vehicle to systematically transform digital-intelligence technologies into postgraduate teaching resources. The paper elaborates on the theoretical logic, design framework, implementation pathways, and graduate-specific training components of the model, thereby constructing a teaching reform scheme for civil engineering postgraduates oriented to the digital-intelligence era. It provides a replicable and generalizable theoretical framework and practical paradigm for postgraduate teaching model innovation in peer universities.

Keywords

Digital-Intelligence Empowerment, Four-in-One Teaching Model, Intelligent Construction, Research Feeding Back into Teaching, Postgraduate 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

近年来,《教育强国建设规划纲要(2024—2035年)》明确提出“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”,同时强调“推进教育数字化”[1]。教育部等九部门关于加快推进教育数字化的意见进一步提出“坚持数字赋能,推动教育理念、教学模式和教育治理整体性变革”[2]。《关于深入推进世界一流大学和一流学科建设的若干意见》¹亦将“推动学科交叉融合”置于核心地位。在此宏观政策框架下,“数智赋能”——即以数字技术与智能技术融合驱动教育教学改革已成为研究生教育创新发展的重要方向[3][4]。

在“交通强国”战略引领下,我国大跨度桥梁建设正加速向智能化方向转型,传统土木工程研究生教学模式与行业需求之间的落差日益凸显,表现为三个层面的结构性矛盾。其一,科研成果向教学资源的转化通道不畅:教师积累的前沿科研成果往往停留在论文与项目报告中,未能系统性地转化为教学内容,“科研”与“教学”在事实上形成二元分离[5];其二,数智技术与传统工程教学的融合深度不足:以数字孪生、BIM+GIS、人工智能为代表的前沿技术已在工程实践中展现显著效能,但课程教学仍以“概念介绍”为主,缺乏基于真实工程场景的深度实训;其三,跨学科创新能力的系统培养机制欠缺:智能建造是土木工程、计算机科学、数据科学等多学科交叉领域[6],现有课程教学多以单一学科为界,缺乏真实跨学科协作情境的教学设计[7]。针对上述问题,本研究团队依托西南交通大学“智能建造虚拟仿真

¹https://jsz.mof.gov.cn/zhengcefagui/202202/t20220217_3788323.htm

实验教学平台”及“智能化桥梁施工建造平台”，在本科教学层面进行了前期探索，初步验证了将科研成果转化为教学资源的可行性[8][9]。本研究在此基础上聚焦研究生教育层次，提出并系统论证“科研引入-理论讲解-小组竞讲-问卷及成绩调研”四位一体教学模式，将研究定位从本科升格至研究生，将研究主题从“学科交叉融合”深化至“数智赋能”，将零散经验上升为系统性理论建构。

在本研究中，“数智赋能”被进一步界定为以数字孪生、BIM+GIS、物联网等数字技术与人工智能、机器学习、大数据分析等智能技术的深度融合为技术底座，依托智能化桥梁施工建造平台等真实科研载体，将前沿科研成果转化为可演示、可操作、可交互的研究生教学资源，进而对教学情境创设、知识呈现方式、协作探究组织与教学效果评价进行系统性重塑的教育赋能过程。具体而言，该定义包含三个可观测的操作层面：技术层面，表现为数字技术与智能技术在真实工程场景中的集成应用；资源层面，表现为科研成果经教学化改造后形成的平台化、模块化教学资源；机制层面，表现为技术介入对“教师怎么教、学生怎么学、效果怎么评”的系统性重构。这一界定，为后文模式设计中数智技术功能角色的具体讨论提供了概念基础。

2. “四位一体”教学模式的理论建构

2.1. 理论总体构架

“四位一体”模式由四个逐层递进、闭环反馈的环节构成，形成“科研输入-知识建构-能力生成-效果反馈-持续优化”的完整教学链条，教学模式的环节结构图如图1所示。环节一为“科研引入”：以智能化桥梁施工建造平台的科研成果为切入点，将前沿科研内容进行教学化转化，核心功能在于激发学术兴趣、建立直观认知；环节二为“理论讲解”：系统讲解数字孪生原理、BIM+GIS集成技术、施工过程力学分析、结构健康监测理论、机器学习算法应用等跨学科理论与方法，核心功能在于构建系统知识框架；环节三为“小组竞讲”：通过实践大作业、课前学科交叉汇报及研究竞赛等形式，引导研究生以跨学科团队形式进行协作探究，在“做中学”、“研中学”、“赛中学”中实现知识内化与能力生成，核心功能在于促进隐性知识转化、培养跨学科协作能力；环节四为“问卷及成绩调研”：通过问卷调查与学业成绩对比分析，系统收集反馈并量化评估改革成效，核心功能在于提供循证依据、支撑持续优化。

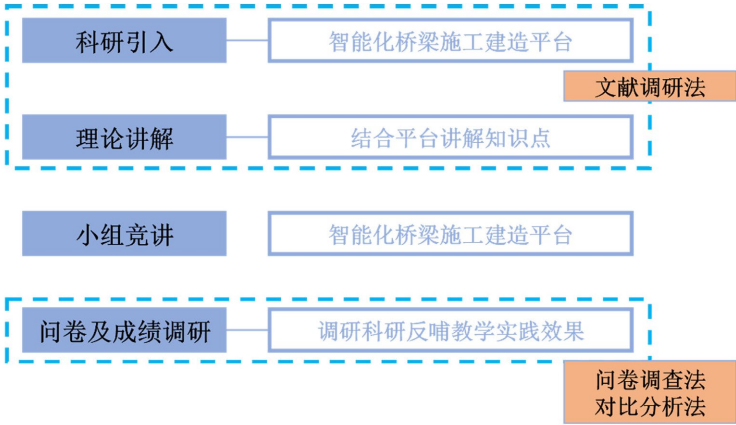


Figure 1. Structural framework of the “Four-in-One” teaching model
图 1. “四位一体”教学模式的环节结构图

2.2. 四重理论逻辑

“四位一体”模式并非四个环节的简单线性拼接，而是根植于多重教育理论的有机系统，其内在逻辑

辑可从认知、知识转化、共同体建构与评价四个维度加以阐释。

在认知维度上,该模式遵循建构主义学习理论所揭示的知识生成机制。建构主义认为,知识并非经由教师传授而得,而是学习者在特定情境即社会文化背景下,借助他人的帮助,利用必要的学习资料,通过意义建构的方式而获得[10]。四位一体模式与这一逻辑高度契合,“科研引入”创设了真实的科研情境,以智能化桥梁施工建造平台作为复杂工程问题的载体,为研究生提供了有意义的知识建构背景;“理论讲解”提供了必要的学习资料,依托多学科理论与技术方法的系统讲授,为研究生自主建构知识提供了认知工具;“小组竞讲”营造了社会性协作环境,跨学科团队中的交流、协商与共享激活了同伴互助下的意义建构过程。建构主义所强调的情境、协作、会话、意义建构四大要素,在该模式中得到了系统性落实。

在知识转化维度上,该模式与 Nonaka 和 Takeuchi 提出的 SECI 知识创造模型存在深层的结构性对应[11]。SECI 模型将知识创造过程描述为隐性知识与显性知识之间四个阶段的转化:社会化(Socialization)、外化(Externalization)、组合化(Combination)和内化(Internalization)。“四位一体”模式中,“科研引入”对应于外化阶段,即教师将自身科研经验(隐性知识)转化为可教可学的教学模块(显性知识);“理论讲解”对应于组合化阶段,即将多学科离散知识整合为系统化的智能建造理论框架;“小组竞讲”对应于内化阶段,即研究生通过“做中学”将理论知识转化为实践能力;“问卷及成绩调研”以及竞讲中的团队协作,则对应于社会化阶段,即跨学科团队协作中的经验共享与师生互动中的默会知识传递。这一对应的理论意义在于:“四位一体”模式为科研反哺教学提供了一条完整的知识转化通道,使教师科研成果中难以言传的隐性知识,经由外化、组合化、内化、社会化四个环节,逐步内化为学生自身的隐性知识,增强学生的创新能力,实现了从知识生产到育人转化的闭环。

在共同体维度上,该模式依托 Lave 和 Wenger 的情境学习理论,通过系统设计构建了模拟的跨学科实践共同体[12]。情境学习理论指出,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。智能建造正是一个由土木工程、计算机科学、数据科学等多学科构成的实践共同体。“四位一体”模式中,“科研引入”将研究生合理地引入智能建造的实践场域,使其成为共同体的边缘参与者;“理论讲解”为研究生提供共同体所需的专业语言与概念工具,缩小其与核心参与者的知识差距;“小组竞讲”通过跨学科编组、真实工程任务驱动及角色分工与协作,使研究生在实践参与中逐步从边缘走向中心,实现身份转变;“问卷及成绩调研”则为共同体提供反思性评价机制,促进共同体的自我更新与持续发展。

在评价维度上,该模式体现了成果导向教育(Outcomes-Based Education, OBE)的核心理念[13]。OBE 强调教学设计应以学生最终获得的能力成果为出发点,反向设计教学目标、教学内容与评价方式[14]。四位一体模式以“培养具备跨学科整合能力与工程创新素养的智能建造高层次人才”为预期成果,反向设计四个环节的教学活动;通过“问卷调研+成绩分析+竞讲表现”构建多维度评价体系,全面评估研究生在知识、技能、素养三个层面的达成度;问卷及成绩调研环节的反馈数据则直接驱动教学模式的动态优化,形成“设定目标-实施教学-评估成效-改进优化”的完整闭环。

上述四种理论并非各自孤立地“分别对应”某一教学环节,而是相互嵌套、彼此互补,共同构成一个逻辑自洽的有机理论整体。从功能分工看,四种理论分别回答了教学模式建构中四个不可相互替代的根本问题:建构主义回答“学习如何发生”的认知机制问题,SECI 模型回答“什么知识被转化、如何转化”的知识运行问题,情境学习理论回答“学习发生于何种社会结构之中”的共同体建构问题,OBE 则回答“学习指向何种目标、如何检验目标达成”的价值导向问题;四者分别锚定认知、知识、组织与评价四个层面,恰好完整覆盖了教学模式设计的核心问题域。从互补机制看,四种理论恰好彼此校准了各自的固有局限,建构主义强调学习者的自主意义建构,但开放性探索容易流于发散,OBE 的目标导向恰为

其划定了探索的边界与基准,使“自主建构”始终锚定于预期学习成果;OBE 偏重结果达成,存在窄化学习过程的风险,建构主义与情境学习理论所强调的情境性与社会性参与,则保障了目标达成过程本身的教育质量;SECI 模型提供了知识转化的阶段化静态刻画,情境学习理论为之注入了动态的参与结构——正是在共同体“从边缘走向中心”的参与进阶中,社会化、外化、组合化与内化才得以螺旋式推进。由此,四种理论在本模式中产生了超越简单叠加的综合效应,它们共同支撑起“目标定向-情境创设-知识转化-共同体支撑-循证评价”的一体化解释框架,使“四位一体”模式的每一个教学环节都同时处于多重理论的交叉支撑之下。这种多理论叠合论证所形成的解释力与规范性,远超任何单一理论的孤立应用,也构成了该模式区别于既有教学改革方案的核心理论特质。

2.3. 理论优势

相较于传统的“理论讲授+课后作业”教学模式以及单一的“项目驱动”或“案例教学”模式,“四位一体”模式具有四方面比较优势。其一为系统性:四个环节覆盖了从科研资源输入到教学效果输出的完整链条,避免了局部改革的碎片化倾向;其二为闭环性:问卷及成绩调研环节为模式提供了自我修正的反馈机制,使教学改革成为可迭代进化的动态过程;其三为理论自觉性:由建构主义、SECI 模型、情境学习与 OBE 组成的四重理论逻辑为模式中的每个环节提供了清晰的学理依据,使教学实践从“经验驱动”走向“理论驱动”;其四为可推广性:四位一体的结构化框架具有较强的学科适配弹性,替换具体的科研载体,如将桥梁平台替换为隧道、建筑、水利等领域的智能建造平台,便可向其他工科研究生课程推广。

3. “四位一体”教学模式的设计与实施

3.1. 教学载体与课程定位

本研究以“智能化桥梁施工建造平台”为核心教学载体。该平台以主跨 1092 米的沪苏通长江公铁两用斜拉桥为工程背景,集成了数字孪生建模、BIM+GIS 数据融合、施工全过程动态仿真、结构健康监测及人工智能辅助决策等核心技术模块[8][15]。承载本模式的课程为面向土木工程学院研究生的前沿课程,如《智能建造理论与技术》《桥梁数字孪生技术》等,课程定位为学科前沿交叉类选修课,旨在帮助研究生系统掌握智能建造领域的核心理论与关键技术,培养跨学科工程创新能力。

在该模式的教学设计中,数智技术并非整体性地充当单一的教学辅助工具,而是随教学环节的推进承担差异化的关键角色。在科研引入环节,数智技术主要作为信息呈现与情境创设工具,通过数字孪生建模、BIM+GIS 场景集成与施工过程动态仿真,将抽象的前沿科研成果转译为可视化、可感知的工程情境,为研究生建立直观认知;在理论讲解环节,数智技术主要作为认知脚手架,平台的建模、仿真与分析操作将数字孪生五维模型、IFC 数据架构、LSTM 序列预测原理等抽象理论“外显”为可反复观察、可动手验证的对象,有效降低复杂跨学科内容的认知负荷;在小组竞讲环节,数智技术主要作为协作交互平台,跨学科团队围绕同一平台的共享数据、统一工具链与真实工程任务开展协作探究,使不同学科背景的成员在同一“数字中介物”上实现观点碰撞与知识整合;在问卷及成绩调研环节,数智技术则作为数据驱动的评价支撑,依托平台操作日志与学习行为数据,为教学成效的量化评估与模式的迭代优化提供循证基础。正是通过这种“情境呈现-认知支架-协作平台-评价支撑”的角色递进,数智技术从教学的背景性工具转变为贯穿整个教学链条的结构要素,凸显了该模式在数字时代的独特性与创新性。

3.2. 科研引入环节

科研引入环节的核心任务是将智能化桥梁施工建造平台这一复杂科研成果转化为研究生可理解、可参与的教学内容,具体实施策略涵盖三个层面。第一层面为成果解构与模块化处理:将平台的整体架构

拆解为若干既独立又关联的子模块，如三维 BIM 建模、GIS 场景集成、施工过程动态仿真、结构监测数据采集、AI 智能分析等，每个模块对应一个教学单元，便于研究生分阶段掌握，这一设计降低了复杂科研成果的认知门槛，使研究生能够“化整为零”地进入学习状态；第二层面为真实工程场景的情境化还原：以沪苏通长江大桥的工程资料为基础还原真实工程场景，使研究生在课程伊始即被赋予“工程角色”，如 BIM 工程师、数据分析师、施工监控工程师，建立身份认同感与使命驱动感；第三层面为科研思维的早期渗透：在展示平台功能的同时，同步揭示背后的“科研故事”，如平台研发过程中遇到的技术瓶颈、解决思路以及仍有待探索的问题，引导研究生自主思考，使科研思维训练贯穿教学全程，而非局限于未来的学位论文阶段。

3.3. 理论讲解环节

理论讲解环节采用“理论精讲 + 实操演示 + 即时练习”的三段式教学法，区别于传统的“教师讲授、学生听讲”模式。理论精讲聚焦于核心概念与关键原理，涵盖数字孪生五维模型、BIM 的 IFC 数据架构、有限元分析的基本流程及 LSTM 网络的序列预测原理等内容；实操演示环节中，教师同步操作平台，展示建模、仿真、分析等完整流程，重点揭示操作背后的理论逻辑；即时练习环节则由研究生在教师指导下进行同步练习，遇到问题即时反馈与解决，实现理论与实践的即时衔接。针对不同专业背景的研究生，课程还设计了差异化的知识补充模块：土木工程背景研究生增设计算机编程与数据处理强化模块，非土木工程背景研究生增设结构力学与施工工艺基础模块，这一设计确保后续跨学科协作中成员间具备基本的“共同语言”，解决了因学科背景差异导致的学习起点不均衡问题。

3.4. 小组竞讲环节

小组竞讲是四位一体模式中最核心的能力转化环节，其设计基于社会互赖理论——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[16][17]。跨学科编组遵循将不同专业背景的研究生混合编组的原则，确保每组包含至少两个不同学科背景的成员，共同完成一个完整的智能建造相关项目任务。竞讲活动分布于课程全过程，形成逐级递进的三层结构：课前学科交叉汇报由各组围绕指定主题，从不同学科视角展开分析——例如围绕“施工过程数字孪生的数据延迟问题”，土木背景研究生侧重施工逻辑分析，计算机背景研究生侧重数据传输与处理效率分析，并通过同伴互评与教师点评机制强化知识建构；课中案例研讨针对平台技术难点组织小组讨论与观点辩论，培养研究生的批判性思维与论证表达能力；期末综合创新竞赛则要求各组完成一个完整的创新项目，进行公开汇报与答辩，接受教师与同伴评审。在创新导向上，期末实践大作业鼓励研究生在“智能传感 - 数据驱动 - 决策优化”一体化方案设计、基于深度学习的施工风险预警模型开发、多源数据融合的施工进度智能预测系统、人机协同的施工方案优化决策支持工具等方向进行探索，充分激发研究生的创新潜能。

3.5. 问卷及成绩调研环节

问卷及成绩调研环节旨在系统收集教学反馈，为教学模式的迭代优化提供循证依据。问卷设计基于科研反哺教学效果评价的既有研究，涵盖课程感知、学习收获及综合满意度三个维度，课程感知指标包括新颖性、互动性、学科关联性，学习收获指标包括知识掌握、技能提升、科研兴趣，采用李克特五级量表与开放式问题相结合的形式。成绩数据方面，采集改革实施后的研究生课程成绩与往届传统教学模式下的对应成绩数据，采用描述性统计、差异显著性检验及效应量分析等方法，从多维度量化教学改革成效。

3.6. 研究生特有培养环节

研究生不仅要“掌握知识”，更要“生产知识”。基于此，四位一体模式增设了四个特有培养环节。

其一为科研方法论嵌入，在理论讲解中系统融入文献检索与综述、工程问题到科学问题的转化、实验设计与数据分析、学术写作与表达等训练，使课程汇报同时成为学术训练场；其二为学位论文选题衔接，鼓励研究生在竞讲与竞赛中发现研究方向，将课程掌握的建模、仿真、机器学习等技术方法应用于学位论文预研，课程平台积累的工程数据在脱敏后可作为论文基础资源；其三为产学研协同培养，邀请企业专家参与竞讲评审，组织研究生赴重大工程现场进行“虚实对照”学习，将产业实际问题引入竞赛选题[18]；其四为学术共同体融入，将期末答辩设计为“模拟学术会议”，对高质量成果提供从课程报告到学术论文的转化指导，并推动跨校学术交流与联合竞赛。

4. 教学评价与成效评估

4.1. 教学评价体系

教学评价遵循三项原则：过程性与终结性相结合、个体与团队相结合、定量与定性相结合。过程性评价涵盖课堂参与、课前汇报、课中研讨及课后探究，终结性评价聚焦期末实践大作业与创新竞赛答辩。该体系具有三个特色：从“知识复述”转向“能力展示”，这要求研究生完成完整功能模块开发，综合考察知识整合与成果汇报能力；从“个体竞争”转向“协作共赢”，通过团队成绩与个人表现相结合的评分机制促进协作成长；从“一次性评价”转向“持续性反馈”，贯穿全过程的评价节点为研究生提供多次展示与改进机会，使评价本身成为学习的一部分。

4.2. 成效评估与持续改进

教学成效通过问卷调查与成绩对比分析两个路径评估。以改革后研究生为实验组，以往届传统模式研究生为对照组，从课程成绩及多维度满意度评分进行系统比较，并同步收集论文发表、竞赛获奖及学位论文选题关联等科研产出数据作为延伸性证据。在持续改进方面，该模式建立了三级反馈机制：每轮教学结束后根据当届反馈进行微调；每两至三轮周期后进行系统性评估；优秀学生作品与教学反思纳入案例库，实现教学资源的迭代积累。

5. 结论与展望

5.1. 研究结论

本文以智能化桥梁施工建造平台为科研载体，系统构建并论证了面向土木研究生的四位一体教学模式，得出以下主要结论。

第一，四位一体模式通过层层递进、闭环反馈的环节设计，将科研成果的教学转化从零散行为整合为可复制的系统方案，“科研引入－理论讲解－小组竞讲－问卷及成绩调研”四个环节形成了“科研输入－知识建构－能力生成－效果反馈－持续优化”的完整链条，使“科研与教学相互滋养”从愿景走向现实。

第二，建构主义学习理论、SECI 知识创造模型、情境学习理论及成果导向教育理念，分别从认知、知识转化、共同体建构和评价四个维度为模式中的每一环节提供了清晰学理依据，使教学改革从“经验驱动”走向“理论驱动”。其中，基于 SECI 模型的科研－教学知识转化机制尤具理论价值，它能把教师科研成果中难以言传的隐性知识，经由外化、组合化、内化、社会化四个环节，逐步内化为学生自身的隐性知识，增强学生的创新能力。

第三，该模式在理论层面实现了三方面推进：为科研反哺教学提供了可操作的中观理论框架，使相关实践从理念倡导走向模式化实践；超越将数智技术视为教学辅助手段的工具论理解，将其提升为重塑知识呈现方式、师生互动形态与能力评价标准的范式性力量；通过嵌入科研方法论训练、学位论文选题

衔接、产学研协同培养及学术共同体融入等特有环节，凸显并回应了研究生教育区别于本科教育的学术性与研究性属性。

5.2. 展望

在模式优化方向上，未来可从多个层面持续推进。其一，开展纵向追踪研究，收集毕业生的职业发展数据与学位论文质量数据，将教学成效评估从课堂延伸至职业生涯，以更全面地验证改革的远期成效；其二，组建跨院系联合教学团队，吸纳计算机、测绘、控制等学科教师以及产业界技术专家参与协同指导，从师资层面消解单一学科背景的知识盲区，提升跨学科指导的专业深度；其三，引入学习行为数据分析技术，如平台操作日志分析、代码贡献量统计，以及通过小组互评对研究生个体在小组协作中的贡献进行更客观的量化评价，使团队协作机制运行更为公平高效；其四，完善问卷评估设计，在满意度自评基础上引入前后测设计及多元数据源交叉验证方法，进一步提升教学效果评估的科学性与说服力。

在政策层面，推进数智赋能研究生教育改革可沿以下路径着力。第一，建立科研反哺教学的制度化激励机制，将科研成果的教学转化纳入教师考核体系，扭转“重科研轻教学”的评价偏向；第二，构建跨学科智能建造教学资源共享平台，依托虚拟仿真实验中心整合各团队平台资源，降低教师开展数智赋能教学的技术门槛；第三，培育跨院系智能建造教学团队，鼓励土木、计算机、测绘等学科教师联合授课，从师资层面打破学科壁垒；第四，推进研究生课程数智化改造，以智能建造、数字孪生、人工智能等方向为切入点，确保教学内容与产业技术发展同步迭代；第五，建立长期追踪评估机制，将学位论文质量、学术成果产出及职业发展纳入改革成效评估体系，从“课程成绩”的短期评估拓展为“培养质量”的长期追踪。

在推广路径上，该模式具有较强的学科适配弹性：保留“科研引入－理论讲解－小组竞讲－问卷及成绩调研”的结构性框架，替换具体科研载体即可向隧道、建筑、水利等工科领域迁移；根据专业核心课、学科前沿课、科研方法论等不同课程性质，可灵活调整四个环节的权重分配；根据硕士生、博士生等不同培养层次，可分别调整科研引入的深度与竞讲环节的创新要求，实现层级适配。

基金项目

2025 年西南交通大学学位与研究生教育教学改革项目“土木研究生数智赋能教学模式改革创新”（YJG6-2025-Z002）。

参考文献

- [1] 中共中央 国务院印发《教育强国建设规划纲要（2024—2035 年）》[EB/OL]. https://www.gov.cn/zhengce/202501/content_6999913.htm, 2025-01-19.
- [2] 教育部等九部门关于加快推进教育数字化的意见[EB/OL]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202504/content_7019045.htm, 2025-04-11.
- [3] 翟亚军, 王战军. 数智赋能我国研究生教育管理组织形态的变革与建构[J]. 清华大学教育研究, 2023, 44(6): 63-73.
- [4] 于妍, 蔺跟荣. 数字技术赋能研究生教育高质量发展: 何以可能与何以可为[J]. 中国高教研究, 2022(11): 53-60.
- [5] 李俊杰. 科研反哺教学的合理性及地方高校因应策略[J]. 教育研究, 2012, 33(3): 53-56, 70.
- [6] 陈天爱, 张蕾, 马晓轩. 探索人工智能背景下培养智能建造专业人才的机遇与挑战[J]. 教育进展, 2023, 13(7): 4563-4569.
- [7] 张炜, 徐沛璠, 林永春. 美国高校跨学科研究生培养的创新举措: 组织模式与运行机制——以美国密歇根大学拉克哈姆研究生院为例[J]. 外国教育研究, 2025, 52(3): 100-110.
- [8] 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.

-
- [9] 祝兵, 崔圣爱, 徐国际, 等. 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[J]. 教育进展, 2026, 16(2): 609-617.
- [10] 刘芳, 姚莉, 刘斌, 等. 建构主义视角下的研究生课堂教学策略研究[J]. 军事高等教育研究, 2020, 43(4): 103-106.
- [11] Nonaka, I. and Takeuchi, H. (1995) *The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. Oxford University Press.
- [12] Lave, J. and Wenger, E. (1991) *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511815355>
- [13] Spady, W.D. (1994) *Outcome-Based Education: Critical Issues and Answers*. American Association of School Administrators.
- [14] 李志义. 成果导向的教学设计[J]. 中国大学教学, 2015(3): 32-39.
- [15] 林楷奇, 郑俊浩, 陆新征. 数字孪生技术在土木工程中的应用: 综述与展望[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2024, 56(1): 1-16.
- [16] Deutsch, M. (1949) A Theory of Co-Operation and Competition. *Human Relations*, **2**, 129-152. <https://doi.org/10.1177/001872674900200204>
- [17] Johnson, D.W. and Johnson, R.T. (2009) An Educational Psychology Success Story: Social Interdependence Theory and Cooperative Learning. *Educational Researcher*, **38**, 365-379. <https://doi.org/10.3102/0013189x09339057>
- [18] 教育部发展改革委财政部关于加快新时代研究生教育改革发展的意见[J]. 中华人民共和国国务院公报, 2020(34): 72-76.