

土木水利专硕产教融合协同育人机制创新与 教学实践

郭佳*, 钟俊萍, 王玉奎, 龙昊

湖南城市学院土木工程学院, 湖南 益阳

收稿日期: 2025年4月25日; 录用日期: 2025年5月23日; 发布日期: 2025年5月30日

摘要

针对土木水利专硕教育与产业需求脱节问题, 本研究基于协同创新理论, 构建“三维协同育人”机制: 通过政府、高校、企业多主体协同, 形成目标、资源、过程协同的育人体系。教学实践中, 创新“校企二元课程开发”(行业专家参与标准制定, 嵌入BIM、数字孪生等技术), 设计“项目驱动实践教学”(依托企业工程“真题真做”, 双导师指导), 构建“多方参与评价”体系(企业考核实践能力, 第三方评估质量)。研究突破传统产教融合瓶颈, 提供“理论构建-实践验证-范式输出”的创新路径, 推动产教深度融合, 为新工科应用型人才培养提供可复制的协同育人范式。

关键词

土木水利, 三维协同育人, 产教融合, 新工科应用型人才培养

Innovation and Teaching Practice of Collaborative Education Mechanism for Industry-Education Integration in Master of Civil Engineering and Hydraulic Engineering

Jia Guo*, Junping Zhong, Yukui Wang, Hao Long

College of Civil Engineering, Hunan City University, Yiyang Hunan

Received: Apr. 25th, 2025; accepted: May 23rd, 2025; published: May 30th, 2025

Abstract

To address the misalignment between Master of Civil Engineering and Hydraulic Engineering

*通讯作者。

(MCEHE) education and industrial demands, this research constructs a “Three-Dimensional Collaborative Education Mechanism” based on collaborative innovation theory by integrating government-university-enterprise multi-stakeholder collaboration to achieve synergy in objectives, resources, and processes. In teaching practice, innovations include “industry-university dual curriculum development” (involving industry experts in standard formulation with embedded BIM/digital twin technologies), “project-driven practical teaching” (utilizing real enterprise engineering projects with dual-tutor guidance), and “multi-party evaluation system” (combining enterprise assessment of practical skills and third-party quality audits). This study breaks through traditional industry-education integration bottlenecks by providing an innovative “theory-construction-practice-verification-paradigm-development” pathway to promote deep industry-academia integration and offer a replicable collaborative education model for cultivating applied talents in Emerging Engineering Education.

Keywords

Civil Engineering and Hydraulic Engineering, Three-Dimensional Collaborative Education, Industry-Education Integration, Cultivation of Applied Talents in Emerging Engineering

Copyright © 2025 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

在“新基建”与“双碳”战略推动下，土木水利行业加速向智能化、绿色化转型，对专业型硕士的工程实践能力、跨学科创新能力提出了迫切需求[1]。然而，当前土木水利专硕教育存在显著矛盾：培养目标与产业需求脱节，BIM技术、数字孪生等前沿技术未有效融入课程体系；校企协同机制停留在“实习基地”浅层合作，企业参与课程设计与导师指导的比例不足30% [2]；实践教学与复杂工程场景脱节，学生反映难以接触真实工程环境[3]。《教育部关于深化专业学位研究生教育的意见》明确要求构建“校企深度协同、产教融合发展”的培养模式，但现有研究仍存在两大瓶颈：一是多主体协同机制缺乏动态设计，政府、高校、企业的权责划分模糊，利益共享机制尚未健全；二是教学实践创新不足，数字化技术(如VR/AR模拟、云端协同平台)在工程场景中的应用滞后，难以满足行业对智能化人才的需求[4]。国内外探索虽取得进展(如德国“二元制”校企双主体认证、美国ABET工程教育认证体系对实践能力的刚性要求，以及河海大学“三维一体”校企协同模式、重庆大学职业能力导向的课程改革)，但尚未形成可复制的“机制创新-教学实践”闭环体系。

本研究基于协同创新理论，构建“三维协同育人”机制：目标协同对接《智能建造技术标准》等行业规范，将BIM应用、水利智能监测等能力纳入培养目标；资源协同推动校企共建产业学院、虚拟仿真实验室；过程协同贯穿招生、培养、评价全链条。教学实践中，创新“校企二元课程开发”、“项目驱动实践教学”、“多方参与评价”体系，推动产教融合从政策导向向实践纵深发展。

2. 国内外研究现状

产教融合作为提升专业学位研究生教育质量的核心路径，已成为全球高等工程教育的共同方向。国内研究起步于21世纪初，早期聚焦实践教学体系优化，随着《国家中长期教育改革和发展规划纲要》的实施，逐步转向协同育人机制创新。学者们围绕“校企合作模式”、“课程体系重构”和“实践教学强化”展开探索，提出“双导师制”“项目驱动教学”等策略[2]。然而，现有研究仍面临结构性挑战：

一是协同主体单一化，政府、企业、高校的权责划分模糊，企业多以“资源提供者”身份参与，缺乏培养目标共定、课程共建的深度协同，研究显示仅 28% 的企业参与课程设计[3]；二是课程内容滞后性显著，BIM 技术、数字孪生等行业前沿技术融入不足，部分高校未形成“智能建造 + 绿色水利”的模块化课程体系，教学内容滞后行业发展[4] [5]。

发达国家的土木水利教育则通过制度化设计实现产教深度融合。德国“双元制”模式以《职业教育法》为基础，要求企业与高校共同制定培养方案，学生每周 3 天在企业实践、2 天在校学习，企业导师需通过国家认证，形成“理论学习 - 实践训练 - 职业认证”的闭环。美国高校依托 ABET 工程教育认证体系，强制要求高校与企业共建实训平台，MIT 等院校通过“工业联络计划”建立校企利益共同体，学生参与企业研发项目可获学分认证，课程内容每年更新 20% 以反映行业趋势[6]。英国“产官学”协同模式中，政府设立专项基金支持校企合作，企业深度参与课程评审，行业协会主导职业能力认证，形成“政策引导 - 产业需求 - 教育响应”的动态机制。理论层面，协同创新理论[7]与利益相关者理论[8]为产教融合提供了分析框架，强调多主体间的资源整合与权责分配，尤其注重政府政策工具(如税收优惠、认证制度)对企业参与的激励作用。

对比国内外研究，我国土木水利专硕教育的产教融合仍存以下问题：一，多主体动态协同机制缺失，现有研究多聚焦“高校 - 企业”二元合作，忽视政府在政策供给、资源调配中的引导作用，以及家庭、行业协会等利益相关者的协同价值；二，数字化教学实践创新不足，VR/AR、数字孪生等技术在复杂工程场景中的应用覆盖率不足，尚未形成“虚拟仿真 - 实地操作 - 云端协同”的立体化实践教学体系；三，多方参与评价体系缺位，国外企业导师对学生实践能力的评分占比较高，而国内高校企业评价权重不足，且缺乏第三方机构的客观评估。本研究基于协同创新理论，构建“政府引导 - 高校主导 - 企业参与”的三维协同机制，通过政策激励、课程重构、实践创新与评价改革，突破传统产教融合的“浅层合作”瓶颈，为土木水利专硕教育提供“理论构建 - 实践验证 - 范式输出”的创新路径。

3. 三维协同育人机制的创新构建

3.1. 多主体协同机制的动态设计

1) 政府：政策激励与资源整合

建立“产教融合型企业”认证制度，给予税收减免等政策倾斜，设立专项基金支持校企共建智能建造实验室等设施。制定《土木水利专硕产教融合标准》，明确政府、高校、企业资源投入比例，激发企业参与动力。

2) 高校：课程重构与教学模式创新

对接行业标准，将 BIM 技术、水利智能监测等前沿模块嵌入课程，开发跨学科课程。推行“项目式教学”，增加企业导师授课时长，利用 VR/AR 模拟复杂工程场景，提升实践教学针对性。

3) 企业：深度参与与实践赋能

参与培养方案制定和课程开发，共建“现代产业学院”，企业工程师担任“产业教授”并编写案例教材。提供核心技术岗位实习，实习考核合格者获预录用资格，推动学生培养与企业需求无缝对接。

3.2. 三维协同的运行逻辑

1) 目标协同：产业需求导向的能力图谱

对接《智能建造技术标准》等行业规划，制定“工程实践 + 创新能力”双维度目标，明确 BIM 建模效率、水利数字孪生搭建周期等量化指标，形成职业能力图谱，确保培养目标与产业需求精准匹配。

2) 资源协同：共建共享的立体化平台

构建三类平台：国家级工程实践中心提供实地操作环境；虚拟仿真实验室覆盖 80% 以上复杂工程场景；云端协同平台集成企业课程、模型库和监测数据，形成“线上学习 - 线下实践 - 云端反馈”闭环。

3) 过程协同：全链条校企联动培养

招生阶段企业参与职业倾向测试，培养阶段实施“双导师制”（校企联合教研每学期 ≥ 3 次），评价阶段企业导师实践评分权重 $\geq 40\%$ ，引入第三方机构评估质量，形成多方参与的动态评价机制。

4. 教学实践路径的创新设计

4.1. 校企双元课程开发

1) 行业标准导向的课程重构

组建“高校 + 企业 + 行业协会”开发团队，对接《智能建造技术标准》等规范，制定核心课程标准，保障前沿技术模块占比。将 BIM、数字孪生等融入《智能建造理论与实践》等课程，例如联合企业开发《超高层建筑智能建造技术》，覆盖 BIM 运维、顶升钢平台等核心技术。

2) 案例模块化课程设计

采用“理论(30%) + 案例(50%) + 实操(20%)”结构，编写《土木水利产教融合案例集》，收录企业真实项目(如港珠澳大桥 BIM 应用、南水北调智能监测)。企业导师参与案例分解，如华为云将洪水预警系统开发过程转化为教学单元。

3) 动态迭代更新机制

建立校企双周联席会，每学期更新课程内容。例如，响应“双碳”政策，在《绿色建筑技术》中新增碳排放计算模块，引入“零碳社区”案例；在《水利工程施工》中增加生态护岸技术，结合长江大保护实践教学。

4.2. 项目驱动实践教学

1) 企业项目三段式实践

将企业重点工程转化为教学项目，实施“需求分析 - 方案设计 - 成果交付”三段式实践。如高校与中国铁建合作“地铁智能化改造”项目，学生完成 BIM 建模、算法开发等任务，成果应用于实际工程。

2) 双导师协同指导模式

校内导师负责理论框架，企业导师(高级工程师)主导实践指导，制定《双导师手册》明确分工：校内导师承担的理论教学，企业导师负责的实践指导工作量，每学期联合评审 3 次。

3) 能力导向过程考核

采用“里程碑 + 答辩”考核，设置需求分析、方案设计等节点，企业导师评分权重 $\geq 60\%$ 。如“海绵城市规划”项目中，企业导师按雨水计算(30%)、设施选型(30%)、经济分析(40%)评分，替代传统笔试。

4.3. 建立多元化质量评价体系，完善产教融合育人导向机制

1) VR/AR 虚拟仿真系统

开发覆盖 80% 工程场景的虚拟平台：地震工程：VR 模拟桥梁震害评估与加固；水利施工：AR 还原三峡大坝施工流程；智能建造：BIM 虚拟建造系统支持超高层预制构件设计与碰撞检查。

2) 云端协同资源库

构建“产教融合云平台”，集成：企业直播课，如 BIM 正向设计系列课程；工程数据库；在线实训系统，如桥梁健康监测虚拟模块，支持数据采集 - 分析 - 决策全流程线上操作。

3) 混合式教学闭环

采用“线上预习(云平台理论)-线下实操(虚拟 + 实地)-线上反馈(企业云端点评)”模式。如“水利数字孪生”课程，学生线上学习建模理论，线下虚拟仿真建模，企业导师云端批注，教学效率提升 30%。

5. 协同育人机制的实施与评价

协同育人机制的实施以高校与企业共建“智能建造联合培养基地”为载体，通过“三步走”推进落地：首先，校企共同制定《智能建造专硕培养方案》，明确 BIM 技术应用、数字孪生系统开发等 12 项核心能力指标；其次，依托企业真实项目开展“双导师制”项目教学，企业导师全程参与课程教学；最后，构建“三维评价体系”：企业导师对实践能力评分占比 40%，第三方机构(如中国工程教育认证协会)对培养质量进行周期性评估，毕业生需通过“工程场景模拟答辩”(企业专家占比 50%)，形成“企业深度参与 - 课程动态更新 - 能力精准输出”的可复制范式。该机制通过制度化设计将产教融合从“项目合作”升级为“体系化育人”，为土木水利专硕教育改革提供了实践范本。

6. 结语

本研究针对土木水利专硕教育与产业需求脱节的核心问题，基于协同创新理论构建“三维协同育人”机制，通过政府引导、高校主导、企业参与的多主体动态协同，实现目标、资源、过程三维协同。教学实践中，创新校企二元课程开发、项目驱动实践教学、数字化平台赋能，形成“理论 - 案例 - 实操”一体化路径。研究突破传统产教融合“浅层合作”瓶颈，构建了“机制创新 - 教学落地 - 成效反馈”的闭环体系，为新工科背景下专业学位教育提供了可复制的协同育人范式。未来可进一步深化 AI 与教育融合，拓展“一带一路”产教融合联盟，推动土木水利人才培养向智能化、国际化迈进。

基金项目

湖南省学位与研究生教学改革研究项目：基于“六位一体”的土木水利专业型硕士研究生产教融合培育模式研究与实践(2022JGYB213)；益阳市社科课题项目：地方建设过程中应用型高校硕士研究生产教融合能力培养体系探索(J1216705)；湖南城市学院学位与研究生教学改革研究项目：应用型高校土木工程专业型硕士研究生产教融合培养体系探索。

参考文献

- [1] 教育部高等教育司. 新工科研究与实践项目指南[J]. 高等工程教育研究, 2020(2): 1-5.
- [2] 王树声, 李岩, 张磊. 产教融合背景下土木工程专业实践教学体系构建[J]. 高等建筑教育, 2020, 29(3): 112-118.
- [3] 李国强, 陈晓明, 王勇. 产教融合视角下土木工程专业教学改革研究[J]. 教育理论与实践, 2023, 43(9): 48-52.
- [4] 陈以一. 土木工程专业产教融合人才培养模式探索[J]. 中国高等教育, 2022(12): 34-37.
- [5] 张永兴, 李华, 王磊. 土木工程专业产教融合育人模式探索[J]. 高等建筑教育, 2021, 30(4): 22-27.
- [6] MIT (2019) Undergraduate Research Opportunities Program (UROP) Annual Report 2019. MIT Press.
- [7] Etzkowitz, H. (2003) The Triple Helix: University-Industry-Government Innovation in Action. Routledge.
- [8] Freeman, R.E. (1984) Strategic Management: A Stakeholder Approach. Pitman Publishing.