

新工科背景下智能建造专业交叉融合内涵建设的探索与实践

田雨泽¹, 费爱萍^{1,*}, 史欣鑫¹

1. 辽宁科技大学, 土木工程学院, 辽宁 鞍山, 114051

摘要: 为应对新一轮科技革命与产业变革对建筑行业人才培养的挑战, 落实新工科建设要求, 辽宁科技大学以智能建造专业为研究对象, 开展交叉融合内涵建设教学改革。通过重构人才培养方案、打造跨学科师资团队、建设智能化实践平台、成立产业学院等举措, 构建“四位一体”的专业建设体系。经过三年实践, 修订3版人才培养方案, 建成4个专业实验室及1个虚拟仿真实验教学中心, 联合企业成立智能建造产业学院, 学生在国家级竞赛中屡获佳绩, 首届毕业生就业率达92.3%。研究表明, 以“交叉融合”为核心的内涵建设模式, 能有效提升人才培养质量, 为新工科专业建设提供可复制、可推广的实践经验。

关键词: 新工科; 智能建造; 交叉融合; 人才培养; 内涵建设

Exploration and practice of cross-disciplinary connotation construction in intelligent construction under the new engineering education context

Yuze Tian¹, Aiping Fei^{1,*}, Xinxin Shi¹

1. University of science and technology, School of civil engineering, Anshan, Liaoning, China, 114051

Abstract: To address the challenges posed by the new round of technological revolution and industrial transformation to talent cultivation in the construction industry, and to implement the requirements of new engineering education, Liaoning University of Science and Technology took the Intelligent Construction major as its research subject and carried out teaching reforms focused on interdisciplinary integration. Through measures such as restructuring talent cultivation programs, building cross-disciplinary faculty teams, establishing intelligent practice platforms, and founding industry colleges, the university constructed a "four-in-one" major development system [1]. After three years of practice, three revised talent cultivation programs were developed, four specialized laboratories and one virtual simulation experimental teaching center were established, an Intelligent Construction Industry College was jointly founded with enterprises, and students achieved outstanding results in national-level competitions. The employment rate of the first batch of graduates reached 92.3%. Research indicates that the interdisciplinary integration-centered connotation construction model can effectively enhance talent cultivation quality, providing replicable and scalable practical experience for new engineering major development [2].

Keywords: New engineering education; Intelligent construction; Cross-disciplinary integration; Talent cultivation; Connotation development

随着人工智能、大数据、物联网等新技术与建筑业深度融合, 传统土木工程人才培养模式面临

严峻挑战。2020年住建部发布《智能建造与新型建筑工业化协同发展行动计划》，明确提出需培养具备跨学科能力的智能建造专业人才。在此背景下，智能建造作为新工科重点建设专业，其核心特征在于“交叉融合”——既要扎根土木工程专业基础，又要融合智能技术、机械工程、计算机科学等多学科知识。

辽宁科技大学于2021年获批智能建造专业，针对该专业建设初期存在的课程体系碎片化、师资学科背景单一、实践平台滞后、校企协同不足等问题，于2022年立项“新工科背景下智能建造专业的交叉融合内涵建设”教学改革项目。项目旨在通过系统性改革，破解传统工科专业壁垒，构建符合行业需求的人才培养体系，对推动建筑行业数字化转型、提升高校新工科建设质量具有重要现实意义。

国际上，美国斯坦福大学、英国帝国理工学院等高校已开设智能建造相关方向，强调“工程实践+数字技术”的融合培养，依托校企联合实验室开展项目式教学。国内方面，清华大学、东南大学等高校率先探索智能建造专业建设，形成“BIM技术+装配式建筑”的特色方向，但多数院校仍存在以下不足：一是课程融合停留在“土木工程+计算机基础”的简单叠加，未形成跨学科知识体系；二是实践教学依赖传统实验室，缺乏智能化、虚实结合的实验平台；三是校企合作多为“实习基地”模式，未形成深度协同的育人机制^[1]。本研究在借鉴国内外经验基础上，聚焦“交叉融合”的深度与广度，构建全链条、立体化的专业内涵建设体系。

1 研究方法与创新

1.1 研究方法

文献研究法：梳理新工科建设、智能建造专业发展相关政策文件与学术成果，明确改革方向。

调研访谈法：走访广联达科技、中铁九局等10余家企业及华中科技大学等高校，收集行业需求与教学建议。

案例分析法：以辽宁科技大学智能建造专业为实践案例，跟踪记录改革过程与效果。

数据分析法：通过学生成绩、竞赛获奖、就业率等量化指标，评估改革成效。

1.2 创新点

提出“土木工程+”多学科融合模式，突破传统课程体系框架，构建模块化、项目式的知识体系。

首创智能建造本科生“网格化”培养模式，结合“以赛促学、以赛促教”理念，形成师生共同成长机制。

建立“产学研用”闭环生态，通过产业学院实现人才培养、技术研发、行业服务的深度协同。

2 教学改革的理论基础

2.1 建构主义学习理论

建构主义强调学习是学生主动构建知识的过程，而非被动接受。本项目以此为指导，设计“项目式学习(PBL)”主线，从大一认识实践到大四毕业设计，设置“基于计算机视觉的建筑质量检测”“智能施工进度大数据分析”等真实工程项目，引导学生在解决问题中融合土木工程、计算机科学、数据分析等多学科知识，实现知识的主动建构。

2.2 多元智能理论

多元智能理论认为，学生的智能具有多样性，应通过多样化的培养路径挖掘潜能。项目在人才培养方案中设置“智能设计”、“智能施工”和“智能运维”三个选修方向，配套不同的课程群与实

践项目,允许学生根据兴趣与职业规划自主选择,既保障“宽基础”,又实现“强特色”,契合智能建造行业对多样化人才的需求。

2.3 产教融合理论

产教融合理论强调教育与产业的协同发展,是新工科建设的核心原则。项目通过成立智能建造产业学院,推动企业深度参与人才培养全过程——企业专家参与方案修订、工程师担任产业导师、企业项目引入教学实践,实现“教学-实践-就业”的无缝衔接,让教育链、人才链与产业链、创新链同频共振^[2]。

3 传统智能建造专业建设存在的问题

3.1 课程体系碎片化,交叉融合不足

传统课程体系仍以土木工程核心课程为主,仅简单增设《BIM技术应用》《智能建造导论》等课程,未形成跨学科知识网络。例如,学生在学习《结构力学》时未结合智能监测技术,学习《Python程序设计》时未关联工程数据处理需求,导致知识“孤岛化”,无法满足智能建造全生命周期的岗位需求^[3]。

3.2 师资学科背景单一,跨学科教学能力薄弱

专业初期师资以土木工程背景为主,80%以上教师缺乏人工智能、机械工程等相关知识储备。尽管部分教师通过短期培训接触智能技术,但难以将其深度融入教学,导致课程教学仍停留在理论层面,无法指导学生开展跨学科实践项目^[4]。

3.3 实践平台滞后,与行业技术脱节

传统土木工程实验室仅能满足材料力学、结构试验等基础实验需求,缺乏智能建筑机器人、BIM协同设计、结构健康监测等智能化实验设备。学生无法接触行业前沿技术,实践能力培养局限于“图纸识图-现场观摩”的传统模式,与智能建造的“数字化、智能化、工业化”特征严重不符^[5]。

3.4 校企协同不足,育人机制不健全

校企合作多为“短期实习”“企业参观”等浅层合作,企业未参与人才培养方案制定、课程设计等核心环节。由于缺乏稳定的协同机制,企业提供的实践项目多为“观摩性”而非“参与性”,学生难以在真实项目中锻炼解决复杂工程问题的能力,导致“毕业即失业”与“企业招工难”的矛盾并存^[6]。

4 智能建造专业交叉融合内涵建设的实践路径

4.1 重构人才培养方案,搭建交叉融合课程体系

4.1.1 模块化课程设计

构建“通识教育基础+土木工程核心+智能技术模块+交叉创新实践”四大课程模块:

通识教育基础:强化数学、物理等基础学科,增设《工程伦理》《创新思维》等课程,培养学生的科学素养与人文精神。

土木工程核心:保留《理论力学》《材料力学》等核心课程,增加授课学时(如《结构力学》从48学时增至64学时),夯实专业基础。

智能技术模块:设置BIM技术、智能监测、大数据分析、智能机器人等子模块,开设《BIM正向设计》《结构健康监测》《工程大数据挖掘》等课程,实现“土木+智能”的深度融合。

交叉创新实践:以项目式学习为主线,设置“认识实践-课程设计-生产实习-毕业设计”四级实

践体系，每个环节均融入跨学科任务，如大三课程设计要求学生完成“基于 BIM 的装配式建筑结构设计及智能施工模拟”。

4.1.2 个性化方向设置

针对智能建造行业的细分领域，设置“智能设计”、“智能施工”和“智能运维”三个选修方向，每个方向配套 5-6 门特色课程：

智能设计方向：开设《BIM 协同设计》《建筑性能仿真》等课程，培养学生的数字化设计能力。

智能施工方向：开设《智能施工装备》《装配式建筑施工技术》等课程，聚焦工业化施工技术。

智能运维方向：开设《建筑物联网技术》《设施管理大数据》等课程，侧重建筑全生命周期运维。

4.2 打造跨学科师资团队，夯实交叉融合教学基础

4.2.1 精准引进高层次人才

围绕“土木工程为体，智能技术为用”的师资建设目标，三年间引进 6 名博士，其学科背景涵盖计算机科学（2 人）、人工智能（1 人）、机械工程（1 人）、材料科学（2 人）。例如，引进具有 BIM 正向设计经验的计算机专业博士，牵头开设《BIM 协同设计》课程；引进智能机器人研究背景的机械工程博士，指导学生开展建筑机器人相关竞赛项目。

4.2.2 系统推进教师转型培训

制定“教师跨学科能力提升计划”，采取“走出去+请进来”的培训模式：

外出进修：选派 8 名教师赴华中科技大学、广联达科技等高校与企业进修，学习智能建造前沿技术，如 BIM 正向设计、智能算法在工程中的应用等。

校内培训：邀请行业专家、高校教授开展 20 余场专题讲座，内容涵盖“智能建造产业发展趋势”“跨学科课程设计方法”等；组织教师参与“智能建造教学工作坊”，集体开发跨学科教学案例。

通过培训，100%的专任教师具备跨学科教学能力，其中 5 名教师成为校级“智能建造教学骨干”，3 名教师牵头的跨学科课程获校级精品课程^[7]。

4.3 建设智能化实践平台，构建虚实结合实践体系

4.3.1 打造实体实验室集群

投入 800 余万元建成 4 个智能建造专业实验室：

BIM 设计实验室：配备高性能图形工作站、AR/VR 设备，支持 BIM 正向设计、多专业协同与沉浸式评审，可开展“基于 BIM 的管线综合优化”“建筑性能仿真”等实验。

混凝土 3D 打印实验室：引进混凝土 3D 打印机、材料性能测试设备，开展新型建筑材料研发与智能化建造工艺实验，如“3D 打印混凝土配合比设计”“打印构件力学性能测试”。

智能建筑机器人实验室：配置钢筋绑扎机器人、砌筑喷涂机器人，学生可通过编程控制机器人完成施工任务，掌握智能装备的操作与维护技术。

结构健康监测实验室：搭建传感器网络与数据采集系统，可对建筑结构的应变、位移等参数进行实时监测，开展“基于物联网的结构健康诊断”等实验^[8]。

4.3.2 建设虚拟仿真实验教学中心

联合企业开发覆盖“设计-施工-运维”全流程的虚拟仿真实验项目，包括：

建筑钢筋机器人智能焊接虚拟仿真实验：模拟机器人焊接过程，解决实体实验成本高、危险性大的问题。

无人机航空测绘虚拟仿真实验：通过无人机建模软件，实现建筑场地的三维扫描与地形分析。

智能施工进度模拟虚拟仿真实验：结合 BIM 与进度管理软件，模拟施工过程中的资源优化与进度控制。

该中心覆盖土木工程、智能建造等 4 个专业，年均服务学生 1200 余人次，获校级“虚拟仿真实验教学示范中心”称号。

4.4 成立智能建造产业学院，深化产教融合协同育人

4.4.1 构建校企协同机制

与上海二十冶建设有限公司、中国二十二冶集团等 5 家行业龙头企业共建智能建造产业学院，签订“3+1”联合办学协议，明确校企双方职责：

共同制定方案：企业专家参与人才培养方案修订，提出岗位能力需求，如“智能施工设备操作能力”“工程数据分析能力”等，确保培养目标与行业需求一致。

共享教学资源：企业提供真实项目案例（如鞍山市高新区新型教学楼智能建造项目），工程师担任产业导师，联合讲授《智能施工技术》《工程管理信息化》等课程；学校为企业提供技术培训、科研支持，实现资源互补。

共建实践基地：在企业设立 10 个实践教学基地，学生大三学年在企业完成顶岗实习，参与真实项目的设计、施工与运维，大四毕业设计选题来自企业实际需求。

4.4.2 开展产学研合作项目

产业学院成立以来，校企联合开展 12 项科研项目，如“基于 BIM 的装配式建筑质量管控研究”“智能监测技术在桥梁运维中的应用”等，其中 3 项成果获市级科技进步奖。教师将科研成果转化为教学案例，学生参与项目的过程中发表学术论文 9 篇，申请专利 3 项，实现“教学-科研-产业”的良性互动。

4.5 实施“网格化”培养模式，以赛促学提升创新能力

4.5.1 “网格化”培养机制

将学生分为若干“网格小组”，每个小组由 1 名跨学科教师、1 名企业导师指导，成员涵盖不同年级、不同兴趣方向的学生。小组围绕一个跨学科项目开展研究，如“基于 YOLO 算法的路面损伤检测”“BIM 与大数据结合的施工成本控制”，通过“高年级带低年级、跨专业互补”的方式，培养学生的团队协作与创新能力。

4.5.2 “以赛促学”实践活动

依托实验室与产业学院资源，组织学生参与国家级、省级智能建造相关竞赛，如“全国大学生智能建造与管理创新大赛”“全国高校 BIM 毕业设计创新大赛”等。通过竞赛驱动，学生将理论知识转化为实践成果，三年间获国家级奖项 15 项、省级奖项 28 项，其中“基于 BIM 的智能施工进度优化系统”获全国大学生智能建造与管理创新大赛一等奖。

5 教学改革成效与反思

5.1 改革成效

5.1.1 人才培养质量显著提升

学业成绩：学生跨学科课程平均成绩从改革前的 72 分提升至 85 分，力学类核心课程及格率从 80%提升至 95%，专业基础更加扎实。

竞赛成果：学生在国家级、省级竞赛中获奖 43 项，较改革前增长 300%；发表学术论文 12 篇，申请专利 5 项，创新能力明显增强。

就业质量：2025 年首届智能建造专业毕业生就业率达 92.3%，其中 80% 的毕业生就职于中国建筑、中铁等大型企业，从事智能设计、智能施工等岗位，起薪较传统土木工程专业毕业生高出 20%。

5.1.2 专业建设水平持续提高

方案与大纲：修订 3 版人才培养方案，编制 28 门课程的教学大纲，其中《智能施工技术》《BIM 协同设计》等 5 门课程大纲获行业专家认可，被 3 所高校借鉴。

师资队伍：形成一支“土木工程+智能技术”的跨学科师资团队，其中教授 3 人、副教授 5 人，博士学历教师占比达 70%，较改革前提升 40%。

平台与资源：建成 4 个专业实验室、1 个虚拟仿真中心、10 个实践基地，编写《智能施工技术》《工业化构件制造技术》等 2 本特色教材，获校级教学成果一等奖 2 项。

5.1.3 社会影响力不断扩大

学术交流：2023 年承办“第三届辽宁省智能建造学术论坛暨智能建造人才培养专题研讨会”，吸引省内 20 余所高校、30 余家企业参与，推广改革经验。

行业认可：产业学院合作企业对毕业生满意度达 95%，鞍钢建设集团、辽宁鞍设集团等企业多次来校招聘，并捐赠价值 100 余万元的教学设备。

5.2 存在问题与反思

5.2.1 交叉融合的深度有待加强

目前课程融合仍以“模块叠加”为主，如《结构力学》与《智能监测技术》的结合仅停留在案例分析层面，尚未开发出本质上跨学科的新课程（如《智能结构力学》）。未来需组建跨学科课程团队，打破学科壁垒，重构课程内容体系。

5.2.2 评价体系与跨学科培养不匹配

现有评价体系仍以考试成绩、论文数量为主，难以衡量学生的跨学科创新能力与复杂工程问题解决能力。需建立“过程性评价+综合性评价”相结合的体系，引入企业评价、竞赛成果、项目报告等多元评价指标。

5.2.3 教材与技术迭代不同步

智能建造技术更新迅速，现有教材内容滞后于行业发展，如 BIM 技术章节未涵盖正向设计最新方法，智能机器人章节未涉及最新算法。需联合企业开发活页式、工作手册式教材，建立教材动态更新机制，确保内容与行业技术同步。

6 结论与展望

6.1 研究结论

本项目通过三年的教学改革实践，构建了“人才培养方案重构-跨学科师资建设-智能化实践平台搭建-产业学院协同”的智能建造专业交叉融合内涵建设体系，取得以下成果：

- （1）形成了模块化、项目式的跨学科课程体系，学生的知识整合能力与创新能力显著提升。
- （2）打造了一支结构合理、能力突出的跨学科师资团队，为交叉融合教学提供了人才保障。
- （3）建成了虚实结合的实践平台与深度协同的产业学院，实现了“教学-实践-就业”的无缝衔接。

(4) 验证了“交叉融合”内涵建设模式的有效性, 首届毕业生就业率与就业质量均处于行业领先水平。

6.2 未来展望

深化课程融合: 组建跨学科课程团队, 开发《智能结构力学》《工程大数据分析》等本质上跨学科的新课程, 推动知识从“物理拼接”向“化学融合”转变。

完善评价体系: 联合行业企业制定“智能建造专业人才能力评价标准”, 引入多元评价指标, 建立适应跨学科培养的评价体系。

推动资源共享: 将虚拟仿真实验项目、跨学科教学案例等资源上传至省级教学资源库, 为同类高校提供参考; 与产业学院合作开发在线课程, 服务行业人员终身学习。

拓展国际合作: 与国外高校开展“智能建造专业联合培养”项目, 引进国际先进教学理念与技术, 培养具有国际视野的智能建造人才。

新工科建设是一项长期任务, 智能建造专业的交叉融合内涵建设需持续深化。未来, 辽宁科技大学将继续以行业需求为导向, 以学生发展为中心, 不断优化改革举措, 为培养引领智能建造行业发展的卓越人才贡献力量。

参考文献

- [1] 卢昱杰, 高 慧, 霍天昭. 智能建造专业建设体系与教学方案设计[J]. 高等建筑教育, 2022, 31 (1): 8-14.
- [2] 钟灵芳, 陈忠源. 基于新工科视域的智能建造专业教学改革研究[J]. 吉林农业科技学院学报, 2023, 32 (3): 74-77.
- [3] 毛 超, 阎 维, 刘贵文, 等. 智能建造专业教育的探索与实践[J]. 高等建筑教育, 2022, 31 (1): 1-7.
- [4] 刘占省, 刘士南, 赵宇宏, 等. 智能建造技术发展现状与未来趋势[J]. 建筑技术, 2019, 50 (7): 772-779.
- [5] 张文辉, 邓红星, 王先斌, 等. 新工科背景下跨学科教学团队建设与协同育人模式探索[J]. 中国冶金教育, 2022 (1): 34-37.
- [6] 于 沛, 高素芹, 黄小龙, 等. 基于产教融合与多元智能理论的智能建造专业人才培养策略[J]. 广西开放大学学报, 2024, 35 (5): 79-83.
- [7] 满 轲, 程海丽, 崔光耀, 等. 智能建造专业实践教学改革研究[J]. 智能制造, 2022 (1): 121-123.
- [8] 张 恒, 郑兵云, 唐根丽, 等. 面向智能建造的工程管理专业 BIM 实践教学[J]. 高等工程教育研究, 2021 (3): 54-60.

¹ **第1作者简介:** 田雨泽 (1970-), 男, 硕士研究生, 教授, 研究方向: 新型建筑材料、装配式建筑。 E-mail: 319933700033@ustl.edu.cn。

* **通讯作者简介:** 费爱萍 (1980-), 女, 博士研究生在读, 副教授, 研究方向: 岩土工程。 E-mail: feiaipingxfr@126.com。