

新工科背景下建筑土木研究生复合型人才培养模式探索

——以研究生“建筑空调虚拟仿真与人工智能”课程为例

李冠男, 袁 远, 刘腊美*, 陈 敏, 高佳佳, 李 涛

武汉科技大学城市建设学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2026年7月6日; 录用日期: 2026年8月7日; 发布日期: 2026年8月18日

摘 要

新工科建设与人工智能技术的快速发展,对建筑土木类研究生培养提出了知识交叉、能力复合的新要求,但传统培养模式长期存在学科壁垒森严、知识结构单一、技术素养滞后等结构性困境。本文以“课程锚点”为改革策略,选取处于学科交叉节点的《建筑空调虚拟仿真与人工智能》研究生课程作为突破口,从课程定位重塑、知识体系重构、教学模式创新以及课程思政有机融入四个维度,系统阐述了“锚点驱动、双线融合、三级进阶”的复合型人才培养模式改革实践。研究发现,以核心课程为“微缩试验区”推进培养模式改革,能够在有限资源条件下实现知识迭代与能力升级的有效联动;为传统工科专业在新工科背景下的渐进式转型提供了一条可操作、可推广的实践路径。

关键词

新工科, 人工智能, 建筑土木, 复合型人才, 培养模式, 研究生教育

Exploring the Cultivation Model of Interdisciplinary Talents in Architecture and Civil Engineering for Postgraduates under the Background of Emerging Engineering Education

—A Case Study of the Postgraduate Course “Building Air Conditioning”

Guannan Li, Yuan Yuan, Lamei Liu*, Min Chen, Jiajia Gao, Tao Li

*通讯作者。

文章引用: 李冠男, 袁远, 刘腊美, 陈敏, 高佳佳, 李涛. 新工科背景下建筑土木研究生复合型人才培养模式探索[J]. 教育进展, 2026, 16(8): 580-589. DOI: 10.12677/ae.2026.1681668

Abstract

The rapid advancement of emerging engineering education and artificial intelligence technologies has imposed new requirements on postgraduate training in architecture and civil engineering, necessitating interdisciplinary knowledge integration and compound competency development. However, the traditional training model has long suffered from structural deficiencies, including rigid disciplinary boundaries, monolithic knowledge structures, and obsolescent technological literacy. Taking the “curriculum anchor” as a reform strategy, this study selects the postgraduate course Virtual Simulation and Artificial Intelligence in Building Air Conditioning—a pivotal node at the interdisciplinary intersection—as a breakthrough point. It systematically elaborates on the reform practice of a compound talent training model characterized by “anchor-driven, dual-track integration, and three-level progression” from four dimensions: repositioning of course objectives, restructuring of knowledge systems, innovation in teaching methodologies, and organic integration of value-based education. The findings reveal that adopting a core course as a “micro-experimental zone” for training model reform can effectively synergize knowledge renewal and capability enhancement under constrained resources. This approach offers a feasible and scalable pathway for the gradual transformation of traditional engineering disciplines in the context of emerging engineering education.

Keywords

Emerging Engineering Education, Artificial Intelligence, Architecture and Civil Engineering, Interdisciplinary Talents, Cultivation Model, Postgraduate Education

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

新工科建设是我国高等工程教育应对新一轮科技革命与产业变革的重大战略举措。自 2017 年“复旦共识”达成以来，“天大行动”“北京指南”相继出台，新工科建设从理念走向实践，其核心要义在于推动现有工科专业的改造升级，培养具有创新创业意识、跨学科思维和解决复杂工程问题能力的复合型人才[1]。与此同时，以人工智能、大数据、数字孪生为代表的新一代信息技术正加速向建筑行业渗透，智能建造、智慧运维、建筑互联网等新兴业态蓬勃发展，对建筑土木类专业技术人员的知识结构与能力素养提出了前所未有的新要求[2][3]。在这一背景下，如何打破传统学科壁垒，推动建筑土木类专业研究生教育从“专深型”向“复合型”转型，已成为亟待破解的重要课题。

然而，当前建筑土木类研究生培养模式仍存在较为突出问题。其一，知识体系的更新速度相对滞后于技术前沿的发展，课程体系长期以经典专业理论为核心，人工智能、数据分析、虚拟仿真等新兴技术内容缺位或仅以概论式讲座蜻蜓点水，学生难以建立“建筑土木 + AI”的交叉知识框架。其二，能力培养与产业实际需求之间适配性有待提升，毕业生虽擅长传统设计计算与规范应用，却普遍缺乏利用数据驱动方法解决实际工程问题的能力，在智能建筑、智慧能源等新赛道中竞争力不足。其三，学科视野与

交叉趋势之间的融合深度尚显不足,建筑、土木、暖通、给排水、电气等细分学科各自为政,研究生缺少跨学科对话与协作的系统训练,难以适应现代工程实践日益综合化的趋势[4]。上述“三个问题”构成了传统培养模式向新工科转型的内在障碍。

针对上述问题,学界已从多个角度展开探索。在培养模式层面,部分高校尝试通过设置交叉学科方向、开设跨学科课程模块等方式推进改革[5];在课程教学层面,虚拟仿真、项目式学习、翻转课堂等教学方法被引入工科课堂[6];在价值引领层面,课程思政作为落实立德树人根本任务的重要抓手,已在专业课程建设中受到广泛重视[7]。然而,既有研究多聚焦于本科阶段或宏观层面的培养方案设计,专门针对研究生层次、以具体专业课程为载体的交叉融合培养研究仍相对薄弱。尤其是在建筑土木这类学科传统深厚、课程体系固化的工科领域,如何在有限资源条件下找到可操作的改革切入点,尚缺乏系统的理论建构与实践验证。

本研究提出“课程锚点”改革策略——即在培养方案中选取处于学科交叉节点上的核心课程作为改革突破口,通过一门课程的深度改造形成可复制的经验与方法,进而撬动更大范围的教学改革。选取研究生专业课程《建筑空调虚拟仿真与人工智能》为实践载体,该课程天然位于热力学、人工环境学、计算机仿真与人工智能的交叉地带,具有成为“锚点”的独特条件。研究围绕“锚点驱动、双线融合、三级进阶”的培养模式展开系统探索,力求为建筑土木类及同类传统工科专业在新工科背景下的研究生培养改革提供一条可操作、可推广的实践路径。

2. 理论框架与能力模型构建

2.1. 复合型人才培养的理论基础

复合型人才培养的理论根基可追溯至跨学科教育理论。美国学者 Klein 在跨学科研究理论中指出,跨学科并非多学科知识的简单叠加,而是不同学科知识体系之间的有机整合与重构,其核心在于打破学科边界,形成新的认知框架与问题解决范式[8]。这一理论对工程教育具有重要启示:传统工科教育长期遵循“分科治学”的逻辑,将知识按照学科门类切割成彼此孤立的课程模块,学生虽能掌握各学科的系统知识,却难以在真实工程问题面前实现知识的贯通与整合。跨学科教育理论提醒我们,复合型人才的培养不能止于“开几门交叉课程”或“要求学生在不同学科领域修满学分”等形式层面的安排,而必须深入到知识组织方式与教学逻辑的层面,构建真正能够促进学生实现知识融合的学习经历与认知过程。

在工程教育实践领域,CDIO 工程教育模式为复合型人才培养提供了方法论参照。CDIO 将工程教育置于产品、过程或系统的完整生命周期之中,强调在“构思-设计-实施-运行”的真实工程情境中培养学生的综合工程能力[9]。该模式的核心贡献在于揭示了能力发展的情境依赖性——即跨学科的知识迁移与整合能力并非在抽象课堂中能够有效习得,而必须在解决真实、复杂问题的过程中逐步建构生成。此外,建构主义学习理论进一步从认知层面提供了支撑,知识不是被动接收的信息碎片,而是学习者在与环境互动、解决认知冲突的过程中主动建构的意义网络。这意味着研究生培养模式的设计应当从“教师系统讲授→学生吸收掌握”的单向传递逻辑,转向“问题驱动-探究实践-反思内化”的能力生成逻辑。上述理论共同构成了本研究改革实践的认识论基础,也为后续能力模型的建构提供了学理依据。

2.2. 新工科“复合型人才”的能力模型构建

新工科对人才培养的规格要求已从“专业精深型”转向“复合创新型”。《教育部办公厅关于推荐新工科研究与实践项目的通知》中明确提出,新工科人才应具备“较强的创新创业意识、跨学科的知识融合能力、复杂工程问题的解决能力以及良好的沟通与团队协作素养”[10]。这一导向性表述揭示了研究生能力结构的根本性变化:不再是单一学科知识的纵深积累,而是多维度素养的交叉整合。有学者进一步

将新工科人才的核心能力概括为“学习能力、思维能力、融合能力和领导能力”四个维度，强调在快速变革的技术环境中，人才竞争力的本质不在于“已知多少”，而在于“能多快学会未知、多有效地整合不同知识”。

基于上述理论指引以及建筑土木学科在人工智能时代的转型需求，本研究构建了建筑土木研究生“三层四维”复合型能力模型，见下图 1。

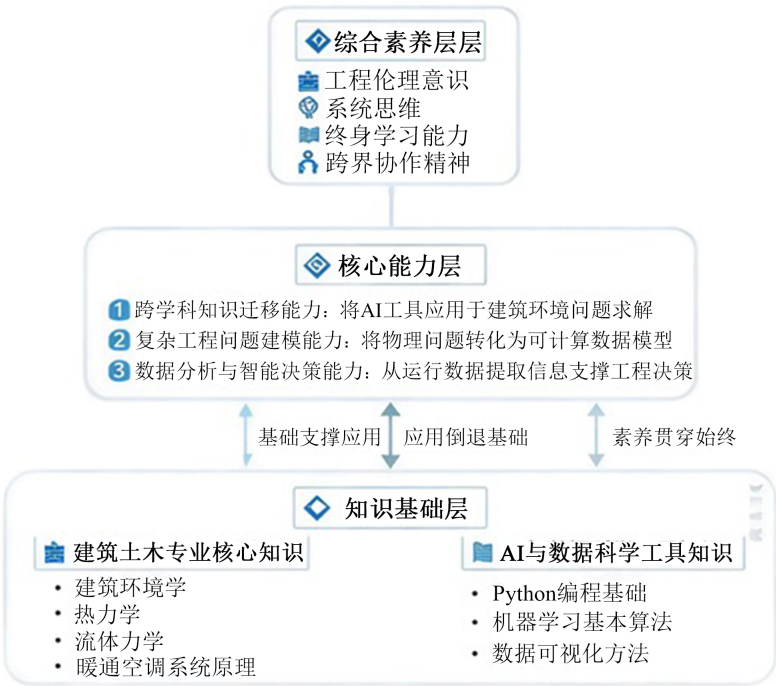


Figure 1. A “Three-Tier, Four-Dimensional” composite competency model for graduate students in architecture and civil engineering
图 1. 建筑土木研究生“三层四维”复合型能力模型

需要指出的是，该模型并非对研究生培养目标的全面替代，而是在传统专业知识培养基线之上，针对“新工科 + 人工智能”这一特定时代命题所设置的增量要求。其建构逻辑遵循“适度前瞻、可行可达”的原则。一方面面向建筑行业智能化转型的趋势，为研究生的职业发展预留能力空间；另一方面充分考虑建筑土木类研究生的知识起点与认知基础，避免脱离实际的技术崇拜。

2.3. “课程锚点” 改革策略的理论依据

“课程锚点”是本研究所提出的核心改革策略概念，其内涵为在研究生培养方案中，选取处于学科交叉节点上的一门或若干门核心课程，集中资源进行深度改造，使之成为撬动更大范围教学改革战略支点。研究生培养方案涉及课程体系、师资配置、考核方式、管理制度等多重要素的耦合，整体性修订周期长、协调成本高、推进阻力大。而“课程锚点”策略采取渐进式路径，通过在关键课程上实现“局部突破”，积累改革经验与制度共识，为后续“整体转型”积蓄能量。

从知识组织的视角审视，建筑土木类传统工科专业的课程体系虽整体固化，但在某些“边缘 - 交叉”地带存在制度空隙——即那些需要调用多学科知识方可有效讲授和学习的课程。这类课程天然不具备“单一学科归属”的知识属性，恰恰为跨学科知识与方法的嵌入提供了空间。以《建筑空调虚拟仿真与人工智能》为例，其课程内容涵盖了建筑环境物理过程、热力系统建模、计算机数值仿真和智能算法等多个

知识域，任何单一学科的教师都无法仅凭本学科知识完成完整教学，反而为课程内容的重构与教学方法的创新提供了操作空间。

3. 改革实践：以《建筑空调虚拟仿真与人工智能》课程为例

3.1. 课程定位重塑与内容体系重构

《建筑空调虚拟仿真与人工智能》是武汉科技大学土木工程学科研究生的专业课程，开设于研究生一年级第二学期，共计 32 学时。改革实施前，该课程定位于“科研工具课”，以讲授空调系统经典仿真计算方法为主，服务于研究生后续学位论文中涉及系统仿真与性能分析的研究需求。教学内容聚焦于建筑空调系统稳态仿真模型的建立与求解，虽在专业深度方面有所保障，但存在两个突出问题：其一，与人工智能技术的关联名不副实——“人工智能”仅作为概况性介绍在课程末章蜻蜓点水，缺乏实质性的内容融合；其二，仿真教学局限于传统数值方法，未能反映虚拟仿真技术及数据驱动方法的最新发展。改革后的课程定位发生了根本性转变：从“工具课”升级为“交叉融合枢纽课”，目标不止于传授具体的仿真计算方法，更在于帮助研究生建立“从物理问题到数学模型再到智能求解”的完整认知链条，培育跨学科思维范式。

基于新的课程定位，课程内容体系按照“双螺旋”结构进行了重构。所谓“双螺旋”，意指专业理论知识线索与 AI 方法技术线索并非先后讲授的“串联”关系，而是相互缠绕、互为支撑的有机融合关系。两条线索以建筑空调系统的真实工程问题为“键连点”，在课程的各个教学单元中交替推进。依据上述思路，课程形成了三大教学模块：基础理论模块(约 12 学时)，讲授建筑空调系统经典热力学与传热学原理、系统构成与运行机理，同时嵌入 Python 编程基础与数据分析工具介绍；虚拟仿真模块(约 10 学时)，讲授动态系统建模方法与仿真工具应用，同时引入基于机器学习的模型参数辨识与校核方法；人工智能应用模块(约 10 学时)，讲授深度学习、强化学习等典型算法在空调负荷预测、故障诊断与智能控制中的实现路径，并通过案例教学引导学生完成从问题定义到模型训练的全流程实践。三大模块内部均体现“双线融合”逻辑，从而在课程层面实现建筑土木专业知识与人工智能技术的实质性交叉。

3.2. 教学模式创新：方法组合与实践进阶

教学方法的改革是课程改革理念落地的关键环节。针对传统课堂以教师讲授为主、学生被动接受、理论与应用割裂等突出问题，本研究在《建筑空调虚拟仿真与人工智能》课程中系统引入了多元教学方法的组合创新，并设计了“基础层-提高层-拓展层”三级递进的实践能力培养链条。

3.2.1. 教学方法的多元化组合

首先，案例驱动教学贯穿课程始终。每一教学单元均以真实工程问题作为知识导入的起点——例如以某办公楼中央空调系统全年运行数据为素材，引导学生完成“问题定义→数据清洗→特征提取→模型训练→结果解释”的全流程数据分析实践。其次，项目式学习(Project-Based Learning, PBL)作为课程的重要组织形式，深度契合了建构主义的“情境-协作-会话-意义建构”四大核心要素。以课程核心项目“建筑冷热负荷智能预测模型”为例，在具体实施中，教师首先设定源自真实工程的“情境”(如提供某商业综合体一年的实际运行能耗与气象数据，要求构建冷热负荷预测模型)。学生以 3~4 人小组为单位进行“协作”分工，分别负责物理模型抽象、数据清洗、特征工程、算法搭建、模型训练与结果可视化等任务；在角色互补与联合调试中相互启发、彼此支撑，体验真实工程团队的合作逻辑。在模型调试与方案设计中，组内成员及师生之间围绕技术难点展开高频的“会话”与探究；课堂设置了阶段性汇报与代码互审环节，师生之间、生生之间就技术路线选择、模型预测精度与误差成因展开深入对话，认知冲突

在会话中暴露、辨析与化解,推动理解走向深化。最终,通过代码实现、结果验证与公开汇报,学生不仅输出了预测精度达标的模型算法这一具象产出,更在解决实际工程问题的过程中,完成了对“专业理论-数学模型-智能代码”这一交叉知识链条的“意义建构”。这种设计使理论框架不再悬浮,而是切实落地于每一次具体的项目探索中。从学生的产出效果来看,每组项目报告不仅可以一定程度达到设定的预测精度最低要求,还主动探讨了模型在不同气象条件下的适用性与物理解释性,部分小组进一步分析了数据质量对模型泛化能力的影响。这表明,学生已开始跨越“照猫画虎”式的浅层模仿,初步进入“知其然更知其所以然”的深层理解,理论应用不再悬浮于教学表面。此外,翻转课堂被应用于AI工具操作类内容的讲授——将Python数据处理、机器学习库调用等实操内容制作为15~20分钟的模块化微课视频,供学生课前自主观看学习,课堂时间则集中于疑难讨论、代码纠错与方案深化。上述三种方法的组合有效破解了“课时有限与内容扩容”的结构性矛盾,将有限的面对面教学时间聚焦于高阶思维训练与实践指导。

3.2.2. 实践能力的三级进阶设计

实践教学遵循“认知-应用-创新”的认知发展规律,构建了三级进阶体系。基础层以虚拟仿真实验为主,依托建筑能耗模拟软件(如EnergyPlus)与自建仿真平台,完成空调系统运行特性的参数敏感性分析,旨在帮助学生理解系统物理规律与仿真工具的基本操作逻辑。提高层以数据驱动的AI建模实践为核心,基于课程提供的真实建筑运行数据集,完成负荷预测或故障诊断模型的构建、训练与评估,实现从“物理问题”到“数据建模”的能力跨越。拓展层则以校企合作项目与学科竞赛为牵引,引导学有余力的学生将课程成果深化为“互联网+”、“挑战杯”等竞赛作品,或在企业真实场景中验证和优化模型方案。三级进阶并非所有学生的必修路径,前两级为全员达标要求,第三级为选修拓展,以此兼顾学生基础差异与个性化发展需求。

此外,课程构建了线上线下的混合教学场景。线下聚焦理论讲授、案例研讨与实操指导;线上依托虚拟仿真实验平台与学习社区,实现仿真实验的远程访问、课后讨论的持续延伸以及学习资源的按需获取,有效拓展了教学的时间与空间边界。

3.3. 课程思政的价值引领

课程思政是落实立德树人根本任务的重要途径,其核心在于实现专业知识传授与价值引领的有机统一。然而,工科研究生课程的思政建设长期面临一个实践难题——思政元素与专业知识的“两张皮”现象,即思政内容被机械地“粘贴”于专业教学之上,而非从学科知识的内在逻辑中自然生发出来。本研究主张并践行“嵌入式”思政融入路径:思政元素的挖掘不应从外部向课程内容强行附加,而应从课程所涉及的知识领域、技术应用与工程实践中提炼其固有的价值维度,使价值引领成为专业教学的内在组成部分而非外挂装饰。

围绕《建筑空调虚拟仿真与人工智能》的课程内容特征,本研究系统梳理了四个主要的思政融入点。其一,科技自立自强与家国情怀。在讲授我国绿色建筑与超低能耗建筑发展成就时,引入我国建筑节能政策的演进脉络与自主技术创新成果,引导学生认识自主创新在国家能源战略中的关键作用。其二,“双碳”战略与可持续发展观。空调系统能耗占建筑总能耗的40%~60%,其节能优化直接服务于国家“碳达峰、碳中和”战略目标。在讲授系统仿真与智能控制方法时,始终将“节能减碳”作为技术方案评价的核心维度之一,引导学生建立工程实践中的生态文明意识与社会责任担当。其三,科学精神与辩证思维。AI模型的“黑箱”特性与工程领域对可解释性的严格要求之间存在张力,教学中引导学生辩证看待数据驱动方法的优势与局限,培养严谨审慎的科学研究态度。其四,工程伦理与数据安全意识。在讲授智能运维中的数据建模时,同步讨论建筑运行数据的隐私保护、算法公平性等议题,引导学生树立“技术向

善”的工程伦理观。

在融入方式上,上述思政内容以“盐溶于水”的方式嵌入各教学单元的讲授与讨论之中,不独立成章、不刻意拔高,而是以“知识点→价值关联→自然引申”的路径实现润物无声地融入。两轮教学实践表明,多数学生在问卷中认为思政内容“自然不突兀”“增强了学习的意义感”,初步验证了“嵌入式”思政路径在研究生专业课程中的有效性。

3.4. 改革成效的多维评估

课程改革迄今已完整实施两轮(2024~2025 学年、2025~2026 学年),累计覆盖研究生 46 人。为客观评估改革成效,研究从学生反馈、能力产出与教学评价三个维度进行了多源数据的采集与分析。

学生反馈层面,课程结束后通过匿名问卷收集学生对课程内容、教学方法及思政融入的评价。两轮调查结果显示:92.3%的学生认同“课程内容具有前沿性,有助于拓宽学术视野”,87.8%的学生认为“AI 方法的学习对自身科研能力的提升有实质性帮助”,84.6%的学生对“课程思政融入自然、不显生硬”表示赞同。在开放式问题的回答中,多位学生提到“这门课让我认识到 AI 不是遥不可及的技术,而是真正能用来解决本专业问题的工具”——这一反馈在相当程度上印证了课程改革在“建立交叉学科思维”方面的预期目标。

能力产出层面,通过课程项目的完成质量来观测学生跨学科能力的增值情况。改革前(2023~2024 学年)的课程项目中,学生多选用传统数值方法解决仿真问题,极少涉及 AI 建模内容;改革实施后,超过 70%的研究生在课程项目中主动采用了机器学习方法(如随机森林、支持向量回归、长短时记忆网络等)完成负荷预测或故障诊断任务,部分项目成果经深化后被转化为学术论文或学科竞赛作品。项目汇报环节中,多数学生能够清晰地阐述从工程问题到数据建模的转化逻辑,表现出初步的“建筑土木 + AI”融合思维能力。

教学评价层面,课程的学生评教分数从改革前的 4.56 分(满分 5 分)上升至 4.81 分,同行听课反馈亦给予了积极评价,认为“课堂互动充分、案例贴合学科前沿、思政融入自然”。值得注意的是,上述成效的取得是在不增加课时总量、不改变课程基本属性的前提下实现的,这表明以“课程锚点”推进教学改革的路径在资源约束条件下具有较高的“性价比”。当然,改革成效的评估尚存在一定局限——如缺乏标准化测试的前后测对比、学生自评报告的效度控制不足等,需要在后续研究中进一步优化评价工具,建立更具科学性的课程思政效果评价体系。

4. 模式提炼与推广路径

4.1. 课程改革的成功要素提炼

《建筑空调虚拟仿真与人工智能》课程改革的实践表明,以“课程锚点”推进复合人才培养模式创新,其成功实施依赖于四个关键要素的协同支撑。

其一,锚点课程的选择是改革的前提条件。并非所有课程均具备成为“锚点”的条件。有效的锚点课程应同时满足三重属性:知识交叉性——课程内容天然处于多个学科领域的交叠地带,为跨学科知识与方法的嵌入提供了空间;内容可扩展性——课程知识体系具备向新技术方向延伸的内在逻辑,而非封闭自足的知识集合;教学团队改革意愿——任课教师对课程现状有清醒的问题意识,并具备推动变革的内在动力。本案例中的《建筑空调虚拟仿真与人工智能》恰恰同时满足上述三项条件。

其二,内容重构是改革的核心环节。改革不是“做加法”——在原有内容上简单堆砌新知识,而是“做乘法”——以新的问题逻辑重组知识架构。“双螺旋”结构的设计要义在于将 AI 方法视为解决专业问题的工具而非独立的知识板块,以真实工程问题为纽带实现知识与方法的有机融合,避免形成“专业

理论课”与“AI技术课”两张皮的局面。

其三,师资能力是改革的根本保障。传统工科教师面临从“单一学科专家”向“跨学科学习引导者”的角色转变压力。本案例中,教学团队前期在“AI+建筑能源”交叉领域的科研积累(国家自然科学基金项目、相关高水平论文等)为课程改革提供了学理底气与教学素材,使教师在面对学生关于AI算法原理的追问时能够从容应对。

其四,评价导向是改革的牵引力量。突破传统考核单纯侧重知识记忆的局限,将课程项目的创新性、AI工具的合理运用能力、工程问题建模的完整性纳入评价维度,以评价方式的改革倒逼学生学习方式的转变。

4.2. 复合型人才培养模式的提炼

基于课程改革的实践经验,本研究提炼出“锚点驱动、双线融合、三级进阶”的复合型人才培养模式,其内涵可系统阐释如下。

“锚点驱动”是模式的启动机制。所谓“锚点”,即培养方案中处于学科交叉节点上的核心课程,它作为改革的“最小可行单元”承担着“试验田”与“示范窗”的双重功能。一方面在小范围内检验跨学科教学内容与方法的可行性,降低改革风险;另一方面以可视化的改革成效积累制度共识,为更大范围的教学变革积蓄势能。锚点驱动的策略本质是一种渐进式改革哲学,它承认学科制度惯性的强大,但相信在关键节点上的精准干预能够产生系统性的连锁反应。从本案例的实践经验来看,一门课程的成功改造确实是在学院内部产生了辐射效应:相邻课程(如《建筑节能与可再生能源技术》《智慧城市与建筑信息化》)的任课教师主动表达了参与后续改革的意愿,这说明“以点带面”的路径在实践层面具有可操作性。

“双线融合”是模式的内容组织逻辑。专业知识习得与AI工具能力培养并非先后进行的两段式教学,而是在同一教学过程中互为表征、相互支撑。双线之间以两类“键连点”实现融合:一是工程问题键连,以空调负荷预测、故障诊断等真实问题为纽带,将专业理论与AI方法统摄于同一解决框架之内;二是思维方式键连,引导学生逐步建立“物理机制+数据驱动”的双重视角,避免陷入“唯理论”或“唯数据”的任一极端。

“三级进阶”是模式的能力培养路径。基础层对应“知”——通过虚拟仿真实验掌握系统物理规律;提高层对应“会”——通过AI建模实践实现从物理问题到数据模型的转化;拓展层对应“创”——通过校企合作与竞赛孵化实现知识的综合创新应用。三级进阶遵循“认知-应用-创新”的能力发展规律,前一级为后一级奠定基础,后一级对前一级形成深化与检验。

4.3. 模式的普适性讨论与迁移条件分析

“锚点驱动、双线融合、三级进阶”模式的适用边界与迁移条件,是评估该模式推广价值的关键问题。

从适用范围来看,该模式对建筑土木大类中具备交叉属性的课程具有直接的适用性。例如,“建筑结构健康监测+智能传感技术”课程可借鉴本模式的“双线融合”逻辑,将结构力学专业知识与振动信号处理、机器学习异常检测方法有机整合;“城市规划+GIS与大数据分析”课程可参照“三级进阶”路径,设计从空间数据分析工具掌握到城市模型构建再到智慧城市方案设计的递进式实践链条。进一步而言,该模式的底层方法论,即以处于交叉节点的课程为锚点、以“问题导向的双线融合”为内容组织原则,对机械、化工、矿业等传统工科专业同样具有方法论层面的借鉴意义。

然而,模式的成功迁移需要满足若干必要条件。首先,院系层面的制度支持是前提。锚点课程的改革需要培养方案修订、学分认定、排课安排等配套制度的弹性空间,若院系缺乏对教学改革的政策倾斜

与资源投入，单凭教师个人努力难以持续。其次，跨学科协作机制是关键。本案例的改革之所以能够推进，与教学团队中不同学科背景教师的分工协作密不可分。迁移实践中，若仅依赖一位教师单打独斗，双线融合的教学设计将面临难以逾越的能力瓶颈。再次，教学资源的可及性是基础，包括真实工程数据的获取渠道、虚拟仿真平台的运行条件、AI 计算资源的可用性等。最后，评价体系的配套调整是闭环，若学生评价仍以期末闭卷考试为核心，过程性的能力增值将无法得到制度性承认，改革动力也将随之衰减。上述条件在迁移实践中需因地制宜地进行评估与适配，而非机械套用。

4.4. 挑战与反思

在“课程锚点”改革的推进过程中，真实教学场景下也暴露出若干实施难点与挑战。

其一，跨学科融合导致的学生认知负荷骤增。在有限的 32 学时内，学生既要消化建筑环境的物理过程等专业知识，又要掌握 Python 编程与机器学习算法。部分缺乏编程基础的学生在前期容易产生挫败感，甚至出现畏难情绪。课程同时涵盖建筑空调系统理论与 AI 技术两大知识域，而相当一部分土木工程背景的研究生编程基础薄弱、数理统计知识储备参差。在短期内同时跟上 Python 数据处理、机器学习算法与专业应用三条线索，部分学生感到负荷过重，出现了“依葫芦画瓢”式的机械模仿，未能真正理解算法选择与物理问题之间的深层关联。针对这一挑战，教学团队采取了“分层递进、资源前置”的策略：开学前通过线上平台推送 Python 入门与数据分析微课，供学生自主补修，课程初期安排一次不占学时的水平摸底与答疑；在教学中提供标准化的基础代码框架，让学生将精力集中于算法逻辑设计与核心参数调优，而非纠缠于底层的代码语法细节；在项目任务中明确区分“基础达标要求”与“进阶挑战选项”，确保所有学生都能完成核心能力训练，同时为学有余力者提供深入探究的空间。实施后，学生的畏难情绪明显缓解，但跨学科基础差距的缩小是一个长期过程，难以通过一门课程彻底解决，仍需在课程群层面建立连贯的能力培养阶梯。

其二，跨学科内容深度融合的难点。课改初期，AI 模块与专业内容的结合尚显生硬，部分学生将机器学习视为脱离专业语境的“调包”操作，对算法在物理系统中的可解释性缺乏追问意识。对此，课程在每个 AI 方法的讲解前，强化了工程应用背景、引出问题驱动、机制关联的教学设计：先以空调系统实际运行中的诊断困境或预测需求为引子，再引出对应的智能方法，并明确要求学生在项目报告中设置“模型物理解释”小节，将数据驱动结论与经典热力学、传热学规律、暖通空调系统基本原理进行对照分析。这一调整推动了学生从“会用”向“懂用”的转化，但在有限课时内如何进一步深化机理与数据的双向印证，仍需持续探索更高效的教学活动设计。

其三，PBL 项目引导的难度与师资精力瓶颈。小组项目激发了学生的主动性，但也带来了选题发散、组内协作不均衡、教师逐一指导耗时过多等现实问题。在单个教学班近 30 人的规模下，教师难以对每个小组的阶段性产出给予充分、及时的反馈。为此，课程逐步引入了“同侪互助”机制与 AI 辅助工具。为此，课程建立了“选题库 + 分阶段任务模板 + AI 辅助工具”的支持机制：提供经筛选的规范选题库以避免过于宏大或偏离课程目标的课题；将项目拆解为数据探索、基线模型、优化改进等子任务，并配以明确的交付物模板；鼓励小组间进行交叉代码审查(Code Review)，并引导学生规范使用大语言模型(如生成式 AI)解决基础语法报错，使教师能够将宝贵的指导时间聚焦于工程逻辑验证、模型可解释性与技术路线优化等高阶问题的探讨。

上述挑战的应对过程使我们深刻认识到，复合型人才培养模式的改革并非一蹴而就，而是一个需要在目标高阶性与实施可行性之间不断进行动态平衡的迭代过程。

5. 结论与展望

本研究以新工科建设与人工智能技术革命为宏观背景，以建筑土木类研究生培养面临的三个结构性

困境为问题起点,提出了“课程锚点”改革策略,并以《建筑空调虚拟仿真与人工智能》课程为案例,系统呈现了从理论框架建构、课程定位重塑、内容体系重构、教学模式创新到课程思政价值引领的完整改革实践。研究得出以下核心结论。

第一,“课程锚点”策略是传统工科专业渐进式转型的有效路径。选取处于学科交叉节点上的核心课程作为改革突破口,以“局部突破”积蓄“整体转型”的能量与共识,在有限的资源条件下实现了知识与能力的迭代升级。第二,“双线融合”的知识组织方式是破解“有限课时内实现深度交叉”这一核心矛盾的关键。专业理论与AI方法以真实工程问题为纽带实现有机互嵌,在不增加课时总量的前提下实现知识体系的实质性扩容。第三,课程思政的有效实施依赖于从学科知识内在逻辑中提炼价值维度的“嵌入式”路径,以“知识点→价值关联→自然引申”的方式实现润物无声的价值引领。

展望后续研究,将从深化评价体系研究、推动标杆课程向课程群拓展、建立毕业生职业发展跟踪机制三个方向持续推进,进一步检验和完善复合型人才培养模式的实践效果。

基金项目

武汉科技大学研究生教育质量工程研究生教育教学改革研究项目一般项目、新工科与人工智能背景下建筑土木复合型人才模式与课程思政探索、编号:Yjg202530;武汉科技大学本科教学改革研究项目重点项目、新工科背景下《流体力学》课程思政的“多维融合”教学模式探索、编号:2025Z003。

参考文献

- [1] 关于加快建设发展新工科实施卓越 工程师教育培养计划 2.0 的意见:教高〔2018〕3 号[EB/OL]. 2018-09-17. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/moe_742/s3860/201810/t20181017_351890.html, 2026-06-25.
- [2] 住房和城乡建设部办公厅,关于印发《智能建造技术导则(试行)》的通知:建办市〔2025〕14 号[EB/OL]. 2025-03-17. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202503/content_7014454.htm, 2026-06-25.
- [3] 王林珠,王净丰,王克珍.人工智能背景下新工科专业人才培养存在的问题及对策[J].西部素质教育,2026,12(9):43-46.
- [4] 王巧云,方海.绿色智能转型背景下土木工程研究生学科交叉培养模式研究与实践[J].硅酸盐通报,2026,45(2):735-740.
- [5] 胡博,闫龙.交叉学科在土木工程教学与科研中的应用研究与实践[J].智慧引航,2025(33):81-83.
- [6] 骆浩浩,边亚东,袁振霞,等.人工智能在土木工程教学改革中的应用与前景[J].高等建筑教育,2026,35(3):53-59.
- [7] 赵晓霞,蒋琦玮,王卫东,等.坚持立德树人创建土木工程专业课程思政育人体系[J].高等建筑教育,2022,31(6):95-103.
- [8] 饶佩.现代学科范式下高等教育学的再学科化研究[D]:[博士学位论文].广州:华南师范大学,2025.
- [9] 黄美根,王涛,明梦君,等.基于建构主义的工程能力 CDIO 实践培养模式[J].高等工程教育研究,2023(4):58-64.
- [10] 教育部办公厅关于推荐新工科研究与实践项目的通知:教高厅函〔2017〕33 号[EB/OL]. 2017-06-21. http://www.moe.gov.cn:8080/srcsite/A08/s7056/201707/t20170703_308464.html, 2026-06-25.