

人工智能赋能建筑业数字化转型的路径探索与实践研究

杜平 严琳

广东建设职业技术学院 广东广州 510440

摘要: 人工智能正推动土木工程从“建造”迈向“智造”，深刻重塑行业技术范式与人才需求。本文针对当前土木工程教育在智能化转型中面临的知识体系滞后、师资短缺、课程僵化与实践平台缺失等核心问题，系统阐述了AI在智能设计、自动化施工、智能运维与工程决策等关键领域的应用与价值。研究构建了以“厚基础、强交叉、重实践、追前沿”为理念的模块化课程体系，并提出内培外引、校企协同、资源整合与政策支持等多维度保障机制，以培养具备人工智能素养的复合型土木工程人才，支撑行业高质量发展^[1]。

关键词: 人工智能；智能建造；课程重构；学科融合；人才培养

引言

以人工智能（AI）、大数据、物联网等为代表的新技术正深刻改变土木工程行业的面貌，推动其由传统“建造”向以数据驱动和智能决策为特征的“智造”跨越。智能设计、自动化施工、智慧运维等新范式不断涌现，促使行业知识体系与价值创造方式发生根本性重构。国家相继出台政策推动智能建造与建筑工业化协同发展，加快行业转型升级。然而，传统土木工程人才培养模式仍以力学和结构设计为核心，课程体系固化，难以适应智能化发展需求。当前既掌握土木专业知识又精通AI技术的复合型人才严重短缺，人才供给侧与产业需求侧之间存在显著结构性矛盾。现有研究多聚焦人工智能在结构监测、施工安全等领域的具体应用，缺乏对学科知识体系重构、师资转型、课程融合等深层问题的系统性探讨。因此，本文旨在系统分析人工智能驱动下土木工程学科转型面临的现实挑战，构建面向智能建造的模块化课程体系，并提出推动学科深度融合的实施路径与保障机制，为培养引领行业变革的复合型人才提供理论参考与实践方案。

基金项目:

2024年清远市产教融合社科专项课题项目（课题编号：ZJCYJY202444）研究成果。

2025年清远市科技智库专项课题项目（课题编号：QYZKJ-2025-15）研究成果。

作者简介: 杜平（1982.08--），女，汉族，工程师、信息系统项目管理师，工学硕士，研究方向：大数据技术、人工智能技术、高职教育。

一、行业需求与人才缺口

随着行业数字化转型的持续推进，智能设计、自动化施工、数字孪生等新兴技术正在深刻重塑土木工程领域的职业能力要求。传统岗位的职责边界逐渐模糊，取而代之的是多学科交叉的复合型职位，对人才的综合能力提出了更高标准。例如，智能结构优化师需掌握遗传算法、神经网络等AI优化工具，中国建筑集团有限公司某超高层项目采用AI算法优化结构配筋，节省钢材用量12%^[1]。智能建造项目经理则需熟练运用BIM协同平台与物联网技术，天津某地铁项目借助相关手段实现了施工进度偏差的实时预警，总工期缩短近17.6%^[2]。这些案例表明，项目管理正从依赖经验判断逐步转向数据与算法驱动的智能决策，要求从业者兼具工程技术能力与数据分析素养。

当前，智能建造领域面临“量质双缺”的人才困境，相关岗位年增长率超过30%，而具备“AI+土木”交叉背景的复合型人才缺口比例高达68%^[3]。调研显示，近六成企业反映新员工需经历3-6个月的岗位培训才能胜任智能设备操作，近九成企业呼吁高校加强智能建造实践类课程建设。这一矛盾在一线城市尤为突出，相应岗位薪资涨幅达20%-30%，而中西部地区因技术应用滞后，面临高达45%的人才流失率。

二、人工智能驱动土木工程在多个领域变革升级

人工智能技术正全面渗透至土木工程全产业链，推动行业向数据驱动和智能决策的新范式转变。其应用远超工具替代范畴，成为驱动行业创新的核心引擎。

在项目规划与设计阶段，AI技术显著提升了科学性效率。传统设计高度依赖工程师经验，而机器学习与

生成式设计能够通过分析历史项目数据，挖掘复杂规律与隐藏关系。例如，生成式设计工具可根据承重、成本与空间利用率等目标参数，自动生成大量可行方案供比选优化，实现传统方法难以达到的高效、节能目标。城市规划中也广泛应用AI算法模拟人口流动、交通拥堵及灾害蔓延，为构建智慧城市提供量化依据。

智能施工是AI技术落地最具显著度的领域。计算机视觉（CV）通过现场摄像头与无人机实时监控进度，自动识别安全违规行为，实现主动式安全管理；同时可对混凝土裂缝、焊接缺陷等进行高精度检测，效率远超人工。建筑机器人逐步替代砌砖、焊接、喷涂等高重复性、高风险作业，不仅提高效率，也能在极端环境下施工。3D打印技术与AI算法结合，可实现打印路径实时优化与自适应调整，支持复杂形态建筑的建造。这些智能施工场景均依赖于数字孪生平台，通过多源数据集成与AI分析，实现施工模拟、资源调度和风险预测的精细化管理。

基础设施运维是其全生命周期中成本最高的环节，AI推动其从“定期检修”转向“预测性维护”。借助物联网传感器网络，可持续采集应力、变形、振动等数据，AI算法通过时间序列分析识别结构性能的异常变化，实现早期安全预警。例如，在桥梁监测中，通过分析振动模态变化可判断桥墩冲刷或构件疲劳，显著提升安全性与可靠性，降低全生命周期维护成本。

人工智能通过赋能设计、施工、运维与决策等关键环节，驱动土木工程向更安全、高效、经济和可持续发展的方向发展。这一技术变革对专业人才的知识结构与能力素养提出了全新要求。

三、学科融合的现实挑战与深层瓶颈

人工智能与土木工程的深度融合面临诸多系统性挑战，主要体现在知识体系、师资结构、课程设置及实践平台四个维度。

(1) 传统土木工程以“力学范式”为核心，依赖物理原理推导与确定性分析；而人工智能属“计算范式”，侧重从数据中挖掘相关性、寻求概率最优解。这两种范式在哲学基础与解决问题路径上存在根本差异，导致学生在知识整合与AI技术内化方面面临认知门槛。

(2) 跨学科师资短缺是另一大瓶颈。现有教师多具深厚工程背景，但缺乏人工智能与数据科学系统训练，自主转型难度大、成本高。同时，具备土木与计算机双学科背景的高层次人才稀缺，高校在吸引此类人才方面竞争力不足。不同学科教师之间缺乏可持续的合作机制与共同科研平台，难以实现真正的知识融合。

(3) 课程体系仍存在“拼盘化”问题。多数高校仅在传统课程基础上添加一两门人工智能概论课，未能将AI技术与结构设计、施工管理等核心课程有机融合。学生虽学习算法和编程，却无法将其应用于实际工程场景，形成知识与能力“两张皮”的局面。如何在有限学时内，打破课程边界，构建以真实问题为导向、AI技术为支撑的新课程体系，是亟待解决的结构性难题。

(4) 实践教学平台亦存在显著断层。传统实验室以验证经典理论为主，无法满足智能建造所需的数字孪生、物联网感知和算法开发等新型实践需求。建设具备传感器网络、机器人和高性能计算环境的智能实训平台成本高昂，使许多高校望而却步，导致学生缺乏将AI理论应用于工程实践的一手经验^[4]。

四、面向智能化的土木建筑工程课程体系渐进式改革

为应对人工智能技术带来的行业变革，培养具备跨学科创新能力的复合型人才，必须对传统课程体系进行系统性重构。新体系以“厚基础、强交叉、重实践、追前沿”为核心理念，结合现有课程基础，提出渐进式、嵌入式的课程改革方案，注重在传统课程中有机融入人工智能与智能建造内容，避免因跨度太大带来的实施困难。新课程体系遵循需求导向、交叉融合、实践创新和动态开放四大原则，紧密对接智能设计、自动化施工、智慧运维等产业新兴需求，推动人工智能技术与土木工程核心知识的深度重组，通过虚实结合与产学研协同强化学生实战能力，并建立课程内容与教学资源的持续更新机制。

在低年级阶段，保持原有数学、力学和识图等基础课程体系不变，将《计算机操作基础》升级为《Python语言程序设计》必修课，增设《数据分析基础》课程，重点培养学生编程思维和数据处理能力。在《建筑材料》《建筑结构》等传统课程中增加计算机辅助分析、材料大数据特性与智能仿真等内容，为后续智能技术应用奠定基础。

在专业课程层面，采用“嵌入式”改造方式，在各门核心课程中增设智能技术应用模块。在《土木工程CAD》中融入“生成式设计与AI辅助绘图”内容；在《建筑施工组织与管理》中增设“BIM与智能施工调度”专题；在《工程经济》中加入“大数据驱动的投资决策与成本预测”案例；在《建筑工程质量检验与安全管理》中引入“计算机视觉与传感器技术在检测中的应用”。同时开设《智能建造导论》作为必修课，系统介绍

智能化技术在土木工程各领域的应用前景。

在高年级阶段，设置智能建造方向模块课程，包括《BIM技术应用》《土木工程大数据分析》《智能检测与监测技术》《建筑机器人与3D打印技术》等选修课。实践环节重点改造课程设计和毕业设计内容，鼓励学生采用智能方法解决传统工程问题，如基于计算机视觉的结构裂缝识别、基于机器学习的地基沉降预测、基于数字孪生的施工过程模拟等。

建立“基础—综合—创新”三层次实践体系：基础实验保留传统材料、结构实验；综合实验增设智能检测、三维扫描、无人机测绘等新内容；创新实践鼓励学生参与智能建造竞赛、校企合作项目与科研课题。利用虚拟仿真技术开发智能建造实验教学资源，弥补实体实验设备投入大的不足，提升学生智能化技术应用能力。通过上述渐进式改革方案，既保持了土木工程专业的核心知识体系完整性，又有机融入了智能化技术内容，有利于平稳推进专业转型升级，培养适应行业智能建造发展的高素质工程技术人才。

五、推动学科深度融合的可行路径与保障机制

师资队伍建设是改革的关键。应实施“内培外引、双向融合”策略：一方面设立教师智能技术能力提升计划，资助骨干教师赴企业或高校研修人工智能、大数据等课程，定期开展跨学科教学沙龙与工作坊，促进知识更新；另一方面设立“智能建造”特聘岗位，积极引进具有计算机与土木工程交叉背景的青年人才，并鼓励跨院系教师合作授课、联合开展课题研究，组建跨学科教学团队。

产教融合是弥补高校实践短板的重要途径。应与行业领先企业共建智能建造产业学院、联合实验室和实践基地，将企业真实项目、先进技术装备引入教学环节。通过“企业出题、师生解题”模式，将实际工程问题转化为毕业设计、学科竞赛等实践教学内容，让学生在实践中提升智能技术应用能力。同时建立“旋转门”机制，聘请企业专家参与教学，鼓励教师到企业锻炼，保持与产业发展的同步。

教学资源与平台建设是支撑教学改革的基础。应组织开发融入智能技术的系列教材、在线课程和虚拟仿真项目，建设智能建造实训平台。平台建设不必追求大而

全，可优先配备无人机、3D扫描设备、常用传感器及数据分析软件，满足基础教学需求，后期再根据发展逐步完善。

政策与评价体系是改革持续推进的保障。应积极争取教育主管部门在专业建设、招生指标等方面的支持，为智能建造方向提供合法性保障。高校内部应改革教师评价与激励机制，认可教师在课程创新、跨学科教学等方面的工作成果。同时完善学生评价体系，设立创新学分，鼓励学生参与智能技术相关的实践活动。

通过上述四位一体的保障机制，可系统性地解决师资、实践、资源和制度等方面的瓶颈问题，确保课程改革顺利实施，培养出适应行业发展的新型工程技术人才^[5]。

六、结论与展望

人工智能正深刻推动土木工程行业向智能化转型，但面临知识结构壁垒、师资短缺与实践条件不足等挑战。本文提出了渐进式课程改革方案及“师资—产教—资源—政策”四位一体的保障机制，旨在培养兼具工程专业能力和智能技术素养的复合型人才。

人工智能与土木工程的融合将不断深化，催生诸如智能运维师、AI辅助设计师等新角色。同时，算法透明度、数据安全与低碳可持续等问题也需重点关注。我国在智能建造领域拥有丰富的工程场景与政策支持，有望形成中国方案与世界标准，为全球土木工程转型升级贡献智慧。

参考文献

- [1] 梁腾飞. 面向智能建造的土木工程专业升级改造路径分析[J]. 陕西教育(高教), 2025(9): 36-38
- [2] 刘红波, 张帆, 陈志华, 等. 人工智能在土木工程领域的应用研究现状及展望[J]. 土木与环境工程学报(中英文), 2024(1).
- [3] 中国建筑业协会. 中国智能建造产业发展白皮书(2023)[R]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2023.
- [4] 乔文涛, 李文平, 等. 智能建造专业建设与课程体系构建研究[J]. 高等建筑教育, 2025, 34(4): 86-93.
- [5] 龙立, 陈小平, 王静, 等. AI驱动下智能建造现代产业学院的人才培养模式改革研究[J]. 百科论坛, 2025(7): 159-161.