“端-边-云”数智化人才培养模式改革研究

艾　炎，王海燕

（广东轻工职业技术大学人工智能学院，广州　510300）

摘　要： 面向建筑业数字化转型与智能建造发展需求，高职土木类专业传统人才培养模式在数据感知、数据传输与治理及工程决策等方面存在明显的能力短板，难以满足智慧工地、结构健康监测等新兴岗位对复合型技能的需求。针对上述问题，依托工业互联网“端-边-云”技术架构，提出一种面向高职土木类专业的数智化跨界复合型人才培养模式。首先分析行业人才需求与现有教学体系之间的结构性矛盾，在此基础上构建基于“岗位能力图谱”的课程重构逻辑，设计包含“感知层技术、边缘数据治理、云端分析应用”的三级模块化课程体系；进一步提出“轻量化原型+真实案例数据”的虚实融合实训生态建设路径，并引入过程伴随式数字化评价机制。实践表明，该模式能够有效打通土木工程与信息技术之间的学科壁垒，提升学生解决复杂工程问题的数智化能力，为高职院校土木类专业转型升级提供可复制的改革路径。

关键词： 工业互联网；智能建造；人才培养；端-边-云；教学改革；跨界融合

中图分类号： G712　　**文献标识码：** A

Research on reform of “device-edge-cloud” digital talent training model

AI Yan，WANG Haiyan

（School of Artificial Intelligence，Guangdong Industry Polytechnic University，Guangzhou 510300，China）

Abstract：Aiming at the digital transformation of the construction industry and the development demands of intelligent construction，the traditional talent cultivation model for civil engineering majors in higher vocational colleges is found to exhibit significant capability deficiencies in data perception，data transmission and governance，as well as engineering decision-making，making it difficult to meet the compound skill requirements of emerging positions such as smart construction sites and structural health monitoring. To address the above issues，a digital-intelligent cross-disciplinary composite talent cultivation model for higher vocational civil engineering majors is proposed，based on the “device-edge-cloud” technical architecture of the industrial Internet. The structural contradictions between industry talent demands and the existing teaching system are first analyzed，based on which the curriculum reconstruction logic grounded in a “post competency map” is constructed，and a three-level modular curriculum system comprising “perception-layer technology，edge data governance，and cloud-based analysis applications” is designed. Furthermore，a virtual-real integrated training ecology construction path featuring “lightweight prototypes combined with real case data” is proposed，and a process-embedded digital evaluation mechanism is introduced. As demonstrated by practice，the proposed model effectively breaks down the disciplinary barriers between civil engineering and information technology，enhances students’ digital-intelligent capabilities in solving complex engineering problems，and provides a replicable reform path for the transformation and upgrading of civil engineering majors in higher vocational institutions.

Key words：industrial Internet，smart construction，talent training，device-edge-cloud，teaching reform，cross-disciplinary integration

1　引言

相关部门发布的《“十四五”建筑业发展规划》明确提出，要加快智能建造与新型建筑工业化协同发展，推广数字化管理、智能化施工和信息化运维。工业互联网作为新一代信息通信技术与工业经济深度融合的重要基础设施，已逐步融入工程建设全生命周期。从深基坑自动化监测、高支模实时预警，到大型桥梁结构健康监测（Structural Health Monitoring，SHM），“端-边-云”协同架构正在成为工程数字化和智能化的重要技术支撑。

然而，与产业数字化、智能化发展需求相比，现有高职土木类专业人才培养体系仍存在较为明显的“学科孤岛”现象。土木类专业学生通常具备施工工艺、工程制图和结构力学等方面的知识基础，但对传感器选型、数据采集以及数据传输协议等电子信息技术掌握不足；电子信息类学生虽然具备一定的底层技术能力，却往往缺乏对工程结构机理和施工现场复杂环境的深入理解。由此形成了“懂工程但不懂信息技术、懂信息技术但不懂工程”的结构性矛盾，使行业所需的既掌握工程技术又具备数智化运维能力的复合型人才相对匮乏[1]。因此，突破传统专业和学科边界，面向智能建造产业需求重塑数智化人才培养模式，已成为高职院校土木类专业改革的重要课题。

2 高职土木类专业数智化人才培养现状与痛点

2.1 课程体系的滞后性：“知识孤岛”与技术脱节

现阶段，部分院校已经开设BIM相关课程，但教学内容多集中于上层软件操作与建筑模型构建，对于底层数据采集以及中间环节的数据传输、治理与分析涉及不足，尚未形成覆盖“感知—传输—分析—应用”的完整知识体系[2-3]。

2.2 实训条件的局限性：场景虚拟与数据黑箱

（1）过度依赖仿真软件：部分实训教学主要依赖商业化虚拟仿真软件，学生通过计算机操作完成“传感器部署”或“监测”等任务，实训成本较低，但难以真实体验施工现场设备安装、调试和维护过程中的复杂问题，如电磁干扰、线路故障以及防水防尘处理等。

（2）数据交互存在“黑箱”现象：仿真系统中的数据通常由后台预设，数据变化相对理想化，缺乏真实物理环境中普遍存在的噪声、波动和异常情况。学生难以完整接触从物理信号采集、模数转换到数据传输和处理的实际过程，导致其面对真实工程现场的设备故障和数据异常时，缺乏必要的分析与诊断能力。

2.3 师资结构的单一性：跨界协同机制缺失

智能建造涉及土木工程、物联网、大数据、人工智能等学科领域，需要不同专业教师协同开展教学。然而，现有教研室和专业组织体系通常按照专业进行划分，师资资源相对分散，跨专业协同能力不足。

3 基于“端-边-云”架构的人才培养模式构建

3.1 总体设计思路：“双螺旋”育人模型

针对上述问题，本文提出“双螺旋”育人模型（见图1），即以“土木工程逻辑”和“信息技术逻辑”为两条主线[4]。其中，土木工程逻辑主要围绕结构安全、施工工艺等工程知识展开，信息技术逻辑主要围绕感知、传输、数据治理与分析等技术能力展开，通过课程互嵌、师资互聘和项目互融，实现两类知识与能力的深度融合。

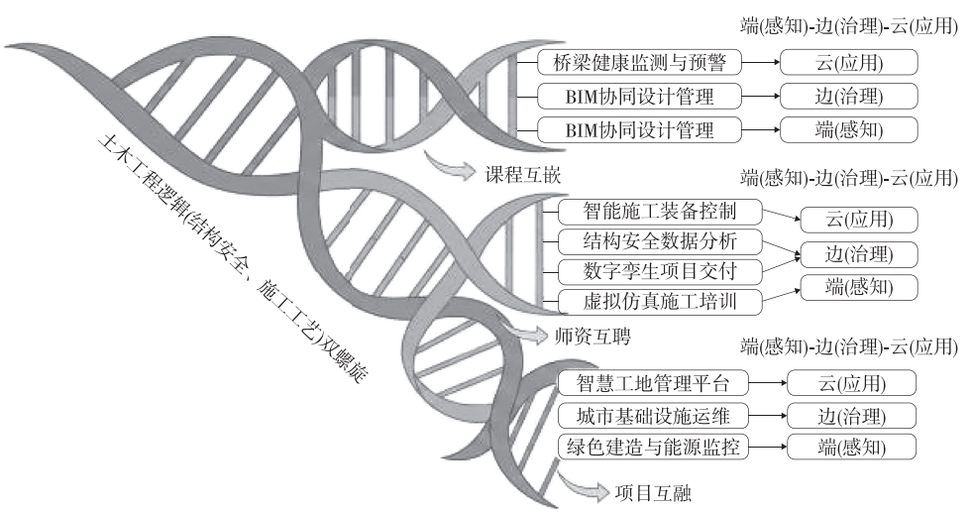

图1 “双螺旋”育人模型

该模式依托工业互联网典型架构，将人才培养过程映射为“端（感知）-边（传输与预处理）-云（分析与决策）”3个层级，并采用逆向设计思路，从典型工作任务出发分析岗位能力需求，再将职业能力转化为学习领域和课程模块，实现产业需求、岗位能力与课程教学之间的有效衔接。

为直观呈现“端-边-云”架构、课程体系、实训生态和评价机制之间的整体关系，本文将改革方案抽象为人才培养改革模式，如图2所示。

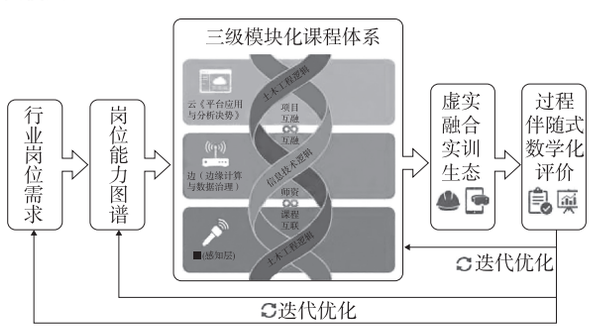

图2 工业互联网视域下土木类专业数智化人才培养改革模式

3.2 “端-边-云”架构的教学映射

（1）端（Device）——物理感知层。端侧对应工程现场的数字化感知环节，核心能力是多源异构工程数据采集。重点培养学生对物理工程环境进行数字化映射的能力，包括工程传感器的选型、布设、安装与调试等。

（2）边（Edge）——边缘计算层。边侧对应数据传输和现场级数据处理环节，核心能力是数据实时治理与传输保障。重点培养学生在资源受限的边缘侧开展数据清洗、协议转换和本地异常预警的能力。

（3）云（Cloud）——平台应用层。云侧对应数据价值挖掘与工程决策环节，核心能力是大数据分析与可视化应用。重点培养学生利用云平台开展结构状态评估、趋势预测以及数字孪生应用开发的能力。

为进一步明确“架构层级—典型任务—核心能力—课程模块”之间的对应关系，将上述教学映射关系进行图示化呈现（见图3），为后续课程重构与项目化教学实施提供依据。

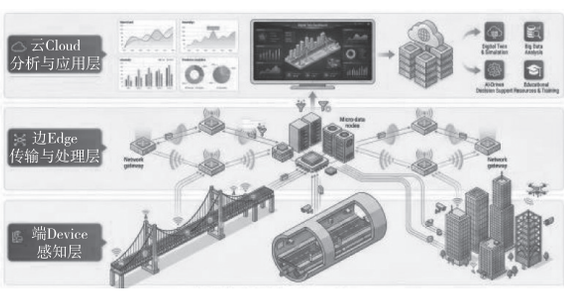

图3 “端-边-云”架构的教学映射

3.3 岗位能力图谱与人才培养规格

通过调研中建、中铁等企业智能建造相关岗位（如智能监测工程师、智慧工地运维员等），分析岗位典型工作任务及能力要求，构建全流程岗位能力图谱，并形成岗位能力与课程模块之间的对应关系，如表1所列。

表1 智能建造岗位能力图谱与课程模块映射

架构层级	典型工作任务	核心职业能力	对应课程模块
端（感知）	监测点位规划、传感器安装、采集仪调试	传感器选型与标定、现场布线与防护、信号采集与校准	“工程物联网感知技术”“建筑结构无损检测”
边（传输）	智能网关配置、现场组网、边缘规则设定	工业协议解析、异构网络搭建、数据清洗与异常识别	“智慧工地数据传输与治理”“工程Python编程基础”
云（应用）	监测平台运维、数据报表生成、预警阈值设定	平台配置与管理、数据可视化呈现、结构安全评估	“结构健康监测与大数据分析”“数字孪生技术应用”

4 “全栈式”课程体系重构与教学内容设计

4.1 感知层（端）：工程物联网感知技术模块

工程物联网感知技术模块主要解决工程数据“从何而来”的问题。教学内容突破传统测量技术的范围，引入微电子技术和传感技术相关知识，使学生掌握工程现场数据感知的基本方法。其中，核心内容涵盖电阻应变片、振动传感器（加速度计）、光纤光栅（FBG）、MEMS倾角仪等常用工程传感器的工作原理、选型方法和应用场景；教学项目为“混凝土梁应力监测系统搭建”，要求学生完成应变片粘贴、数据采集仪连接与系统调试，体验由物理量变化到电信号变化的转换过程，理解工程监测数据的产生机制。

4.2 传输与边缘层（边）：工业数据治理与边缘计算模块

工业数据治理与边缘计算模块主要解决工程数据“如何传输以及如何保障数据质量”的问题。其中，核心内容涵盖重点讲授工业网关配置、无线传感网络（WSN）组网技术，以及ZigBee，NB-IoT，4G/5G等通信技术的基本应用，同时讲授Modbus和MQTT等工业通信协议；教学项目为“智慧工地环境监测网络搭建”，要求学生配置工业网关，将温湿度、PM2.5等环境数据通过MQTT协议上传至服务器，并实现现场超限报警功能。

4.3 平台应用层（云）：结构健康监测与数字孪生模块

结构健康监测与数字孪生模块主要解决工程数据“如何实现价值转化”的问题。其中，核心内容涵盖依托工业互联网平台，讲授时序数据库基本操作、监测数据可视化方法（ECharts/DataV）、结构安全预警模型构建，以及BIM与IoT数据融合等技术；教学项目为“深基坑安全监测数字孪生系统”，要求学生将实时监测数据映射至BIM模型，实现监测数据与工程模型的关联展示，形成虚实联动的安全监控场景。

5 虚实映射的产教融合实训生态建设

为解决实训教学中的“黑箱化”问题，本文提出建设“轻量化、模块化、全栈式”的工业互联网实训生态，使学生能够在接近真实工程环境的条件下完成从数据感知到数据分析应用的完整实践过程。

5.1 物理感知层的真实化部署

在校内结构实验室或实训工法楼中部署真实传感器阵列。例如，在缩尺桥梁模型或框架结构中植入光纤光栅传感器和加速度计。相关设备不采用单纯的仿真道具，而是采用能够实时感知结构受力与振动状态的实际设备，为学生提供真实的物理操作对象，使其掌握传感器安装、调试和数据采集等基本技能。

5.2 异构网络环境的现场级还原

搭建包含有线网络（RS485/以太网）与无线网络（LoRa/Wi-Fi/4G）的混合异构网络环境，并设置模拟干扰源，如变频器干扰等，模拟施工现场较为复杂的电磁环境。通过故障设置和任务驱动，引导学生开展线路故障排查、网络拓扑优化以及数据传输稳定性保障等实践操作。

5.3 数字孪生监控中心的教学化改造

引入企业级工业互联网平台或开源物联网平台（如

ThingsBoard），并结合实际需求进行教学化改造。开发低代码应用环境，使学生能够通过组件拖拽快速搭建工程监测大屏；开放API接口，支持学生利用Python或Java编写自定义数据分析程序，实现从数据监测、平台操作向系统开发与应用的能力拓展。

为系统呈现“物理实训场景—数字平台—案例资源—过程评价”之间的闭环关系，本文进一步对虚实融合实训生态与过程伴随式数字化评价机制进行一体化设计，其关系如图4所示。

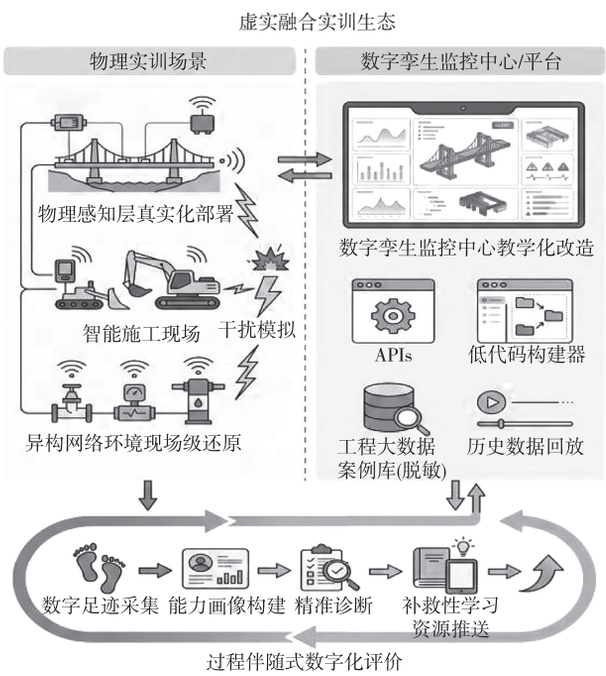

图4 虚实融合实训生态与过程伴随式数字化评价闭环

6 教学资源开发与数字化评价机制

6.1 基于真实工程数据的项目化资源开发

依托校企合作，收集典型工程项目（如超高层建筑、地铁隧道等工程）的监测数据、施工日志和设计图纸。经过脱敏和教学化处理后，构建工程大数据案例库，为项目化教学提供真实数据资源。

6.2 过程伴随式数字化评价体系

突破以最终成果为主要依据的单一评价方式，建立基于全过程学习数据的增值评价机制。

7 实施路径与保障措施

7.1 分阶段实施路线图

顶层设计阶段：成立跨界专家委员会，制定人才培养方案与课程标准，明确专业人才培养目标及能力要求。

资源建设阶段：完成实训平台硬件升级和软件部署，建设工程案例库，开发配套教材、工作页及数字化教学资源。

试点运行阶段：在智能建造技术专业试点班开展教学改革实践，收集教学实施过程中的反馈数据，并根据实际情况持续优化课程内容和教学方案。

推广辐射阶段：总结改革实施经验，形成典型案例和可推广成果，并逐步向相关兄弟院校及行业企业推广应用。

7.2 “结构化”跨界师资团队建设

内培：组织土建类教师参加物联网、数据治理等相关技术培训，同时安排电子信息类教师参与工程现场实践，提升其跨专业教学和工程实践能力，培养具备“双栖”能力的复合型教师。

外引：聘请企业技术总监等行业技术人员担任产业教授，参与人才培养方案制定、课程开发和实训指导，进一步强化校企协同育人。

混编：组建由“土建骨干+电子信息骨干+企业导师”构成的模块化教学团队，根据不同教学任务实施“双师同堂”或分段式协同教学，发挥不同专业教师的优势。

8 结束语

针对高职土木类专业数智化转型过程中存在的课程体系滞后、实训条件有限以及跨界师资协同不足等问题，基于工业互联网“端-边-云”架构，本文构建了跨界融合的数智化人才培养模式。实践表明，该模式能够提升学生跨学科技术技能和解决复杂工程问题的数智化能力，为高职院校土木类专业在新工科背景下开展专业升级和人才培养模式改革提供可行路径。

参考文献：

[1] 孙巍，李明.智能建造背景下土建类专业跨界融合人才培养模式研究[J].职业技术教育，2023，44(12)：34-39.
[2] 李晓东.基于工业互联网的工程实践教学体系构建与实施[J].高等工程教育研究，2022(4)：88-93.
[3] 王强.高职院校“双师型”教师队伍建设的困境与路径[J].教育与职业，2021(15)：65-69.
[4] 张华，刘军.数字孪生技术在土木工程教学中的应用探索[J].图学学报，2023，44(2)：312-318.

作者简介：

艾炎（1988—），硕士，副教授，研究方向：教育改革、电子信息，E-mail：2018090134@gdip.edu.cn。

王海燕（1979—），博士，高级工程师，研究方向：公共教育改革、现代物理。