

面向卓越工程师培养的土木类专业产教深度融合育人体系重构与实践

李波 张垚 康爱红* 娄可可

扬州大学 土木与交通学院, 中国·江苏 扬州 225127

摘要: 针对土木类专业人才培养中产业需求与培养目标衔接不足、实践环节相对分散、校企协同不够深入和评价主体单一等问题, 从培养方案、导师队伍、实践平台和评价机制四个方面重构产教深度融合育人体系。通过将行业需求转化为能力要求和课程任务, 完善校企双导师协同机制, 构建基础实践、综合实践和工程创新三层级平台, 建立学校、企业和学生共同参与的全过程评价方式。依托产教融合品牌专业、碳中和产业学院、40 余家合作企业和 80 余名校外导师开展实践, 形成产业需求牵引、真实项目驱动、校企协同指导和评价反馈改进的实施路径。实践表明, 产教深度融合的关键不在于简单增加企业实习, 而在于明确校企双方在培养目标、教学过程和质量评价中的共同责任。

关键词: 卓越工程师; 土木类专业; 产教融合; 协同育人; 实践教学

Reconstruction and Practice of an In-depth Industry-Education Integrated Training System for Excellent Civil Engineers

Li Bo, Zhang Yao, Kang Aihong*, Lou Keke

College of Civil and Transportation, Yangzhou University, China Jiangsu Yangzhou 225127

Abstract: To address issues in civil engineering talent training such as the gap between industry needs and training objectives, relatively scattered practical components, insufficient school-enterprise collaboration, and single evaluation methods, we are reconstructing a deeply integrated education system from four aspects: training programs, mentor teams, practical platforms, and evaluation mechanisms. By translating industry needs into competency requirements and course tasks, improving the school-enterprise dual-mentor cooperation system, building a three-level platform of basic practice, comprehensive practice, and engineering innovation, and establishing an evaluation method involving schools, companies, and students, we aim to enhance practical training. Leveraging brand programs for industry-education integration, a carbon-neutral industry academy, over 40 partner companies, and more than 80 external mentors, we conduct practical training to create an implementation path driven by industry demand, real projects, school-enterprise collaborative guidance, and feedback-based evaluation improvements. Practice shows that the key to deep integration of industry and education is not simply increasing internships but clarifying the shared responsibilities of schools and enterprises in training objectives, teaching processes, and quality evaluation.

Keywords: Excellent engineer; Civil engineering; Industry-education integration; Collaborative education; Practical teaching

0 引言

土木工程具有工程对象复杂、实践链条长和专业协同要求高等特点。随着工程建设向绿色化、工业化和高质量发展转型, 行业对人才的要求已由专业知识掌握拓展到复杂工程问题分析、方案设计、项目协同和工程伦理等综合能力。《关于深化产教融合的若干意见》提出促进教育链、人才链与产业链、创新链有机衔接^[1]; 卓越工程师教育培养计划 2.0 进一步强调行业企业深度参与培养过程^[2]。本科

教育教学改革和现代产业学院建设也对协同育人、实践平台及持续改进提出要求^[3-4]。

新工科建设要求传统工科面向产业变化调整培养目标、课程结构和教学方式^[5-7]。目前, 部分校企合作仍集中于参观、讲座或阶段性实习, 企业需求尚未稳定进入培养方案、课程教学和质量评价。产教融合需要从人才培养全链条开展系统设计, 并通过制度建设形成长期机制^[8-10]。因此, 本文结合学院已有基础, 围绕培养方案、双导师、

实践平台和评价体系开展重构。

1 土木类专业产教融合育人的现实问题

1.1 产业需求与培养目标衔接不足

土木行业涉及设计、施工、检测、运维和项目管理等环节,不同岗位对工程能力的要求存在差异。传统培养方案主要依据学科知识设置课程,企业参与目标修订和课程更新的渠道有限,新技术和新规范难以及时进入教学。培养目标、课程目标与实践任务的对应关系不够清晰,学生缺少综合解决现场问题的训练。

1.2 实践环节之间缺少递进联系

现有实践教学主要问题在于各环节之间联系不够紧密。课程实验通常围绕单门课程的知识展开,以完成规定操作和验证理论为主;课程设计侧重计算、制图和成果提交;专业实习受企业项目进度与现场条件影响,教学任务不易统一;毕业设计安排在培养过程后期,与前期实验、设计和实习成果的联系较弱。这种安排容易造成实践内容重复而能力训练不连续。学生能够按照指导完成具体任务,却较少经历从发现问题、分析条件到比较方案、修改成果的完整过程。因而,有必要按照工程任务的复杂程度重新梳理实践内容,使基础训练、综合应用和工程创新之间形成清晰的承接关系^[11-12]。

1.3 校企协同与质量评价深度不足

现有校企合作多集中在认识实习、企业参观、专题讲座和现场指导等环节。企业导师能够介绍工程背景和现场经验,但较少参与课程任务确定、阶段成果审查及最终评价,企业意见与校内教学之间缺少稳定的传递渠道。校内教师与企业导师有时分别开展指导,双方对任务目标、成果深度和质量评价标准的理解并不完全一致。评价内容也较多集中于知识掌握程度和最终成果,对任务实施过程中的方案选择、规范执行、团队分工和职业责任关注不足。企业实习结束后形成的评价往往较为概括,难以进一步对应到具体课程或培养环节。

2 面向卓越工程师的产教深度融合育人体系重构

深化产教融合,推动土木工程专业大学生培养模式的全方位变革,满足社会对卓越工程师的需求,其长远效应是推进经济转型升级,培育经济发展新动能。因此,深化产教融合推动土木类工程人才培养模式的构建,需要形成教育与产业的良性互动。本项目以“夯基础、强实践、重创新”为育人核心,以行业和区域工程建设需求为起点,以复杂工程问题解决能力为主线,紧紧围绕“知识、能力、

素质”,以协同创新理论为基础,构建多主体协同土木类卓越工程师培养模式,见图1所示。

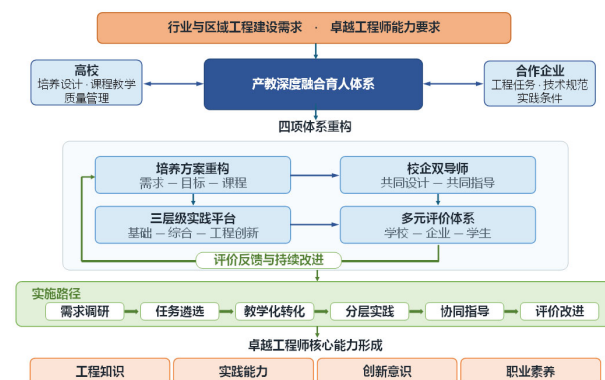


图1 面向卓越工程师的土木类专业产教深度融合育人体系

2.1 面向工程能力重构培养方案

培养方案重构首先需要把行业需求转化为能力要求。通过走访企业、邀请行业专家论证、分析典型岗位和工程任务,明确学生在工程分析、方案设计、试验检测、项目协同、规范应用和职业责任等方面应达到的要求,建立“行业需求—培养目标—毕业要求—课程与实践环节”的对应关系。以高校为主体,通过产教融合与行业共同制定培养方案。专业课程设置必须回应新技术、新产业、新业态的要求,高校携手行业产业共同制定培养目标、培养方案、共商教学内容,保持与实务相伴同行。

课程调整不以增加数量为主,而是将行业标准和工程案例融入专业课程,强化课程实验、专业实习和毕业设计的衔接^[8]。以“课程内容与行业发展同步更新、实践内容与专业知识紧密融合、产学研项目与工程案例有效转化”为主线,以品牌示范课程、案例库及教材建设、行业专家同堂授课制度全覆盖等为抓手,构建现代大工程格局下的课程教学体系。其中,专业课程知识体系的构建如图2所示。

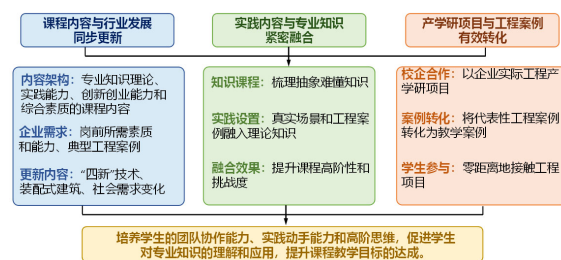


图2 产教融合专业课程体系构建示意

2.2 完善校企双导师协同机制

双导师制是让两类导师围绕同一项教学任务开展分工合作。校内导师熟悉课程要求和学生的知识基础,主要负责确定能力目标、分解任务、指导理论分析并把握教学进

度;企业导师熟悉工程现场,重点说明项目背景、技术标准和实施条件,帮助学生理解成本、工期、安全及施工组织等实际约束。

项目确定后,双方共同讨论任务书,明确学生需要完成的工作、阶段成果及考核要求。涉及企业实际项目时,先由企业导师介绍工程问题和资料条件,再由校内教师判断其难度、工作量及课程适配程度。对于内容过多或实施周期过长的项目,可截取其中相对完整的问题,转化为课程设计、综合训练或毕业设计任务。

联合指导结合课程教学、现场学习和毕业设计灵活开展,不要求所有环节采用相同形式。校内导师负责教学组织和日常指导,企业导师在项目启动、方案审查和成果评价等关键节点参与。双方的指导意见、学生修改情况和阶段成果应予以记录,既作为过程评价依据,也用于判断项目是否适合继续进入下一轮教学。

2.3 构建递进式三层级实践平台

实践平台按照任务难度及学生自主程度划分为基础实践、综合实践和工程创新三个层级,见图3。这样的划分是对现有实验室、课程实践、产业学院和企业项目进行重新组织。

基础实践主要安排在校内实验室、课程实验和课程设计中。任务边界较为明确,学生依据试验规程或设计要求完成操作、计算和数据处理,重点掌握基本方法,理解技术规范对试验过程和成果质量的要求。教师在这一阶段提供较为具体的指导,并通过原始记录、计算过程和成果复核发现基础训练中的问题。

综合实践依托产教融合品牌专业、碳中和产业学院以及校企合作平台展开。任务不再对应单一知识点,而是要求学生调用多门课程知识处理一项较为完整的工作。例如,学生不仅需要完成技术分析,还要说明依据、比较不同处理方案,并通过小组分工完成成果汇报。教师的指导由讲解操作步骤逐步转向检查分析思路和工作组织。

工程创新层主要利用企业项目、专业实习、毕业设计和创新实践等资源。学生面对的条件更接近实际工程,需要自行识别主要问题,分析技术、经济、安全和时间等限制,经过比较后提出方案。企业项目进入教学前,应先审查保密要求、资料完整度、实施难度和教学周期。不能直接用于教学的项目,可保留其工程背景和关键矛盾,将其拆分为工作量适当、成果可评价的子任务。

三个层级体现任务复杂程度和学生自主程度的递进:基础层强调正确完成,综合层强调知识整合,创新层强调问

题界定和方案权衡。真实项目进入教学前,应审查保密性、难度和时间适配性,必要时拆分为可评价的教学子任务。

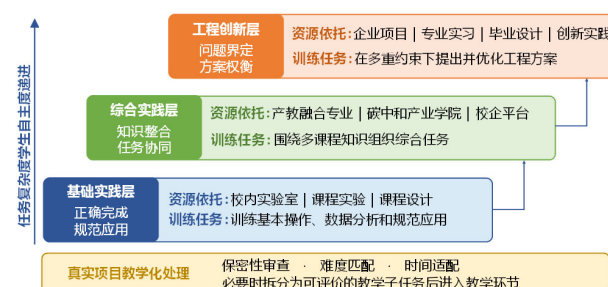


图3 递进式三层级实践教学平台示意图

2.4 建立多主体全过程评价体系

评价内容应与三个实践层级的任务特点相对应,见图4。基础实践侧重操作是否规范、原始记录是否完整以及数据是否可靠;综合实践重点检查知识运用、方案说明和团队分工;工程创新则关注学生能否准确识别问题、分析约束、比较方案并说明工程可行性。

校内教师、企业导师和学生分别从不同角度参与评价。校内教师主要判断专业知识的运用、分析过程和成果质量;企业导师重点审查技术方案与实际条件是否相符,以及学生在现场沟通和任务协同中的表现;学生通过自评和小组互评说明个人承担工作、方案修改及尚未解决的问题。

过程材料包括任务书、原始数据、阶段成果、指导意见和修改记录。最终成果评价则根据任务性质采用报告、图纸、试验结果或现场汇报等形式。若多轮教学中反复出现同类问题,应进一步判断问题来自知识不足、任务难度不当,还是指导节点安排不合理,并据此调整下一轮教学。

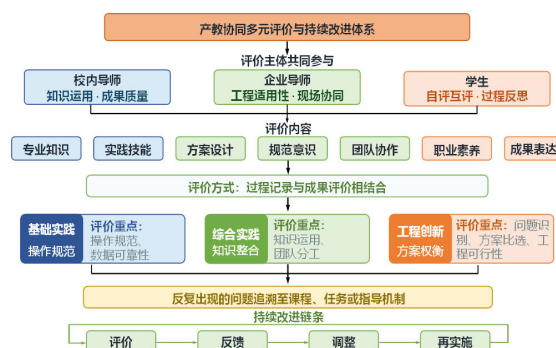


图4 卓越工程师培养质量多元评价体系示意

3 育人体系的实施路径与实践探索

3.1 整合产教资源,明确协同责任

学院已经建有产教融合品牌专业和碳中和产业学院,与40余家企业保持合作,聘任校外导师80余名。已有资源数量较多,但不同企业能够提供的项目、场地和指导时

间存在差异,不能用同一种方式安排。实施过程中,对于合作较为稳定、项目条件较好的企业,可安排连续性实践任务,使学生在不同学习阶段接触同一类工程问题;对于暂时不具备长期接收学生条件的企业,通过提供工程资料、参与案例讨论或审查学生方案等方式进入教学。校外导师的安排也应与具体任务对应,避免仅按人数分配或临时邀请。

专业负责人主要协调培养目标、课程关系和资源安排,课程教师负责将工程资料转化为教学任务,企业联系人负责落实资料、场地和现场条件,双导师共同完成关键节点指导。

3.2 将真实工程任务转化为教学项目

真实任务按照“企业提出问题—校企共同遴选—教师教学化设计—学生分组实施—双导师阶段指导—成果评价与反馈”的流程进入教学。任务书除说明技术内容外,还应明确对应课程目标、学生分工、阶段节点和评价标准。学生需要完成资料收集、现场或试验数据分析、方案比较和成果汇报,不能只提交描述性实习报告。

不同层级任务保持必要联系,基础实验形成的方法可用于综合项目的方案比较,综合实践成果可继续用于企业项目或毕业设计。相关改革研究均强调真实任务、双导师与多元评价的协同作用^[13-15]。

3.3 完善运行保障和过程管理

产教项目的运行管理应抓住项目准入、指导记录和结果反馈三个环节。项目进入教学前,先核对资料是否可以使用、工作量是否适合学生、实施周期能否与课程安排衔接。企业生产计划发生变化时,应及时缩小任务范围或启用备用案例,不能让学生长期等待现场条件。

任务实施后,保留任务书、阶段成果、导师意见和学生修改记录。企业导师评价不只在项目结束时填写结论,还应在方案确定或中期检查等节点提出具体意见。课程结束后,由课程教师汇总实施中出现的问题,区分知识准备不足、任务要求不清和指导安排不当等不同情况。

4 结语

土木类专业的产教融合不能仅以合作企业数量、校外导师人数和实习基地规模来衡量。企业资源能否进入培养方案和课程任务,校企导师能否围绕同一项目开展指导,学生的实践成果能否反映工程问题处理过程,这些内容更能说明融合是否深入。

本文围绕培养方案、双导师、实践平台和评价方式,对学院现有产教资源进行了重新梳理。改革的重点是理顺

各环节的关系:行业需求用于修订培养要求,工程项目经过处理后进入课程和实践,校企导师分别承担相应指导任务,评价中发现的问题再反馈到课程和项目安排。产教融合品牌专业、碳中和产业学院、合作企业和校外导师由此不再是彼此分散的条件,而是对应到具体培养环节。

目前能够确认的主要是运行机制和教学组织方式的变化,尚不宜据此推断学生能力提升幅度。后续还需要持续收集课程目标达成情况、学生阶段成果、企业评价和毕业发展等材料,并对不同类型项目的实施效果进行比较。

参考文献:

- [1] 国务院办公厅. 关于深化产教融合的若干意见: 国办发〔2017〕95号[Z]. 2017.
- [2] 教育部, 工业和信息化部, 中国工程院. 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[Z]. 2018.
- [3] 教育部. 关于深化本科教育教学改革全面提高人才培养质量的意见: 教高〔2019〕6号[Z]. 2019.
- [4] 教育部办公厅, 工业和信息化部办公厅. 现代产业学院建设指南(试行): 教高厅函〔2020〕16号[Z]. 2020.
- [5] 刘洋, 张道明, 郭丽婷等. 新工科背景下土木工程专业虚实结合实践教学探讨[J]. 砖瓦, 2024(1):175-177.
- [6] 张瑶, 孟庆娟, 乔京生等. 产教融合驱动下应用型转型示范专业建设的路径与成效——以唐山学院土木工程专业为例[J]. 唐山学院学报, 2025,38(3):19-23+74.
- [7] 康爱红, 李波, 娄可等. 产教融合背景下土木工程专业课程改革探索——以沥青与沥青混合料课程为例[J]. 高等建筑教育, 2025,34(2):114-120.
- [8] 施晓秋, 徐赢颖. 工程教育认证与产教融合共同驱动的人才培养体系建设[J]. 高等工程教育研究, 2019(2): 33-39.
- [9] 陈继彬, 许元敏, 李汉宸等. 产教融合背景下土木工程专业实训基地建设策略初探[J]. 科教文汇, 2025(18): 92-95.
- [10] 朱柯锦, 马近远, 蔡瑜琢. 新工科背景下大学产教融合组织创新的影响因素及挑战[J]. 高等工程教育研究, 2021(2): 39-46.
- [11] 刘勇健, 李丽娟, 朱江等. 土木工程专业多元协同育人模式的研究与实践[J]. 高等建筑教育, 2019, 28(5): 35-41.
- [12] 游春华, 尹影, 刘传辉. 基于信息技术与校企协同的应用型土木类专业综合改革与实践[J]. 高等建筑教育,

2021, 30(5): 17-25.

[13] 徐超, 陈晨, 夏永强. 面向智能建造的土木工程专业课程教学改革研究—以“土木工程施工”课程为例[J]. 科技风, 2026(4):52-54.

[14] 洪晓江, 王倩. 新工科背景下土木工程专业虚拟仿真实实践教学体系建设探讨[J]. 西昌学院学报(自然科学版), 2025,39(2):108-114.

[15] 梁传扬. 新工科建设背景下土木工程专业教学改革的探索与思考[J]. 安徽工业大学学报(社会科学版), 2025,42(2):74-75+98.

基金项目: 江苏省工程师学会研究课题 (JSIE2025KT08); 中国电力教育协会本科教育研究课题 (中电教协[2026]9号); 中国建设教育协会教育教学科研课题 (2023244)。

作者简介: 李波 (1982-), 男, 湖南郴州人, 博士, 副教授, 硕士生导师, 研究方向: 主要从事土木工程材料研究与教学。

* 通讯作者: 康爱红 (1973-), 女, 江苏如东人, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向: 主要从事道路工程研究与教学。