

新工科背景下土木工程应用型人才工程技能训练模式的构建与实践

陈善祥, 欧阳志勇, 姚勇, 沈飞
嘉应学院 土木工程学院, 广东 梅州 514015
DOI: 10.61369/SDME.2026080029

摘 要 : 对照新工科建设要求, 结合行业技术发展和企业人才需求, 分析了土木工程应用型人才工程技能训练存在的问题和创新途径, 构建了以学生为中心的“学校-企业-行业”三元协同育人机制, 以培养综合技能和创新能力为导向的“三课堂”联动实施“基础理论-基础实践-综合实践-创新实践”四阶递进的实践体系, 以培养复合型人才为目标的“跨界融合、产教融合、研教融合、校企融合、虚实融合”五融合技能训练模式。初步应用和实践表明: “三四五”技能训练模式能明显提高学生学习的兴趣和主动性, 提升学生的理论应用水平、技能水平、创新能力及就业竞争力, 从而提高了应用型人才培养质量。

关 键 词 : 新工科; 应用型人才; 技能训练; “三四五”训练模式; 实践效果

Construction and Practice of Engineering Skills Training Model for Applied Civil Engineering Talents under the Background of New Engineering Disciplines

Chen Shanxiang, Ouyang Zhiyong, Yao Yong, Shen Fei
School of Civil Engineering, Jiaying University, Meizhou, Guangdong 514015

Abstract : In response to the requirements of New Engineering Disciplines development, and considering industry technological advancements and corporate talent demands, this paper analyzes the existing problems and innovative approaches in engineering skills training for applied civil engineering talents. It establishes a student-centered "school-enterprise-industry" tripartite collaborative education mechanism. Guided by the goal of cultivating comprehensive skills and innovation capabilities, it implements a "three-classroom" integrated approach following a four-stage progressive practical system: "basic theory - fundamental practice - comprehensive practice - innovative practice". Aiming to cultivate compound talents, it develops a "five-integration" skills training model encompassing "cross-disciplinary integration, industry-education integration, research-education integration, school-enterprise integration, and virtual-real integration". Preliminary application and practice demonstrate that the "three-four-five" skills training model can significantly enhances students' learning interest and initiative, improves their theoretical application application levels, skill levels, innovation capacity and employment competitiveness, thereby improved the quality of applied talent training.

Keywords : new engineering disciplines; applied talents; skill training; "three-four-five" training model; practical effect

全世界范围兴起的新一轮科技革命和产业革命正在不断向前推进, 各行业面临新的发展态势和挑战。随着技术的进步和节能减排等要求的提高, 面对创新型、复合型、应用型人才的培养需求, 传统土木工程在技术技能培养方面存在许多的问题和不足, 面临诸多挑战和考验。土木行业当前正处于数字化、智能化转型阶段, 如何融合其它相关学科, 如何培养行业发展所需人才, 如何实现产学研有效融合, 如何实施人才技能训练, 都是当前值得思考和探索的问题。结合我校土木工程专业实际情况, 对照新工科建设要求, 深入分析当前工程技能训练存在的问题和不足, 思考新形势下工程技能训练的途径和方法, 构建“三四五”技能训练模式并进行了初步实践, 强化实践能力和创新能力的培养, 取得了一定的成效, 对地方本科院校土木工程专业应用型人才工程技能训练和应用型人才培养具有借鉴意义和参考价值。

一、土木工程专业技能训练存在的问题

（一）人才培养计划实践课程体系设置不合理

人才培养计划课程体系中理论课程教学占比过高，实践实训及应用性课程相对不足，对实践实训方面的重视度不够。例如，土木工程专业（道桥方向）的实践教学课程

体系设置不合理，在实践教学内容、课时、考核等方面存在不足。

（二）技能训练碎片化

传统工程技能训练以理论验证和基础实验为主，综合应用和创新实践不足、训练内容更新滞后，技能培养跟不上行业发展需求。例如，土木工程材料实验实践偏重原材料性能测试和力学强度指标验证，忽略从材料到结构的全过程的综合性训练，在新材料应用方面涉及也很少，导致毕业生的专业技能难以直接适应相应岗位要求。

（三）技能训练内容范围偏大

土木工程专业技能训练内容广泛，包含了多门理论课程和基础技能及单项专业技能训练，占用了大部分实践教学学时，分散了精力，专业技能训练的强度和深度不足，减弱了专业学习兴趣，导致技能训练效果欠佳。新基建时代的企业对技术人才的专业深度提出了更高的要求，这种“面广不专也不精”的技能训练体系，难以满足企业对高水平“专精型”人才的需求。

（四）技能训练条件薄弱

土木工程是一个讲究过程性的复杂的系统性工程，校内实践实训设备、场地等无法实现过程性综合技能训练，短时间的模拟式、单指标式的技能实训缺乏真实工程的综合性、整体性和复杂性，出现理论与实践场域割裂现象，限制了学生的动手能力和综合应用能力。实践教学教师的实践能力未能与时俱进，未能对新技术技能训练提供有效指导。

（五）技能训练和产业融合度不高

当前大力实施“产学研”合作和协同育人培养模式的环境条件下，在技能培养计划制定、校外实践教学基地建设、本科生科研参与度和实践教学内容及方法等方面存在与地方产业融合不深入的现象。我院当前建立了几十个校外实践教学基地，在协同育人方面大部分停留在参观学习和学术讲座等浅层形式，学生很少参与企业业务的过程性实践实训，协同育人效果不明显；技能培养计划未能充分考虑实践教育基地的实际情况而量身定做，企业在协同开展工程技能训练的参与度不足，学生难以切身了解企业运作方式和岗位需求，技能训练的目标导向缺乏，不利于学生能力的培养和提高；和企业共同开展科研课题研究不多，学生参与的机会稀缺，教育和产业的交流沟通不畅，导致培养的人才难以适应行业的变化和升级，影响到就业后的适应能力。

（六）新工科背景下技能训练的学科交叉不广

在教育部发布的《新工科研究与实践项目指南》的24个选题方向中有很多是旨在工程实践能力和创新能力的培养[2]。土木工程正在向智能化、数字化、信息化、网络化方向转型，当前的技能训练已经涉及BIM、3D打印、无人机等新技术，但深度不

足，与数字孪生、人工智能、大数据、物联网、智慧能源、智慧交通等学科的交叉融合地方性院校尚在探索阶段。

二、新工科背景下土木工程专业技能训练的创新途径

（一）优化并创新人才培养计划，优化课程体系

1. 结合行业发展需求，更新人才培养计划。

根据新工科建设目标和要求，以交叉融合为核心，实施“土木工程+微专业/辅修专业”复合人才培养模式，更新人才培养计划。我院在“土木工程+辅修专业”的基础上，陆续实施“土木工程+智慧交通”、“土木工程+减灾防灾”两项微专业建设。

2. 根据人才培养计划，完善课程体系。

在教师积极探讨、往届学生走访和企业调研的基础上，为适应技术发展，整合调整现有课程，剔除旧课程，增加与专业发展、企业需求和未来就业等高度契合的创新课程，形成课程群，以供学生根据自身职业规划发展需要进行选择。如，土木工程课程群可增设智能建造、装配式建筑设计与施工、BIM技术与应用、智慧测量及智能建造等课程；力学与结构试验课程群可增设智能检测、数字孪生、大数据等课程。

（二）优化理论教学，强化实验和实践教学

1. 优化理论教学内容，创新教学方式。

土木工程专业的理论教学内容应紧密结合行业技术发展需求，不断丰富教学内容。紧跟前沿技术，在理论教学中适时引入智能建造、人工智能、大数据、数字化、BIM等前沿技术的基本知识，使学生了解行业最新发展趋势；强化实际应用，在理论教学环节增加新技术应用实际工程案例，理论和实践相结合，培养学生解决实际工程问题的理论思考；拓宽知识面，在理论教学过程中，积极引入与土木工程相关的其他学科的知识及课程思政，培养学生的跨学科思维和综合素养。理论教学应创新教学方式，以提高教学效果，提升学生理论指导实践的能力。采用问题导向式教学，以实际工程问题为导向，通过课堂讲授、讨论交流、答疑解惑等方式引导学生主动思考和探索；采取多元化教学方式，通过案例分析、讨论交流、课题研究、实践实训、虚拟仿真等方式，激发学生的学习兴趣 and 主动性；实施项目式教学，以实际项目为对象，分组开展，通过组内讨论、教师答疑及项目汇报等途径，提升学习的实效性。

2. 提高实验和实践教学比重，探索实践训练方式。

实践教学和实践训练是土木工程专业的重要教学环节，为提升学生的实践能力和专业素养，必须提高其比重并强化实践内容及考核，并不断探索实践训练模式。土木工程实践教学和训练可采用实验研究、工程实践、科研项目、学科竞赛、虚拟仿真等多种方式。一是强化实验研究，要求学生理解实验目的，熟悉实验过程，强化实际操作，认真记录数据并分析实验结果，验证理论知识。二是重视工程实践，认真落实包括专业认识实习、专业实习和毕业实习，鼓励学生利用寒暑假积极参加工程实践，了解岗

位职能及技能需求、行业现状与发展,提升专业技能和专业认知。三是支持学生积极申报科研课题或参与教师科研项目,如新技术应用、结构分析、新材料研发等,使学生能深入了解行业前沿,培养学生的科研能力和创新能力。四是鼓励学生参加土木相关的学科竞赛,如大学生创新创业大赛、挑战杯、攀登计划、结构设计竞赛、测绘技能竞赛、BIM 大赛、“一带一路”暨金砖国家技能发展与技术创新大赛等,运用所学的土木工程知识解决实际工程问题,由此提升学生解决实际工程问题的能力。五是引导学生自主参加虚拟仿真线上训练,了解工程建设的全过程,熟悉工程施工技术,突破工程实践和实习的时间局限性和系统复杂性,提高学生的专业综合技能及应用能力。

(三) 加强与企业合作,深化校企协同育人

1. 联合校外实践教学基地,拓展实践教学范围。

积极与校外实践教学基地开展协同育人,根据基地业务范围和工程进展情况,依托实体工程适时组织学生开展工程设计实践、施工实践、工程检测与监测实践、预算与造价实践及新技术应用实践等多种实践活动,拓展实践教学范围,增强工程体验感,提升工程技能训练的实效性。

2. 加强与企业合作,展开多层次的协同育人。

主动跟土木工程相关企业联系沟通,为学生争取更多的寒暑假期间及日常空闲时间的实习和实践机会。如,非本地企业可吸纳更多的学生利用寒暑假进行实习,本地企业可以接纳学生日常空闲时间(含寒暑假)开展测量、检测、造价、资料整理、设计协助及新技术应用等相关的实习实践。

(四) 多维融合培养

1. 顺应土木行业发展趋势,结合企业人才需求,将 AI 技术、大数据、人工智能、BIM 技术、数字孪生、虚拟仿真等新技术融合到人才培养计划和技能训练体系中,联合企业和行业通过学术讲座、技能实践、工程实践、行业赛事及科研课题等方式开展协同培养高水平技能人才。

2. 对标新工科要求的复合型人才培养目标,理论教学和实践训练应当融合材料科学、计算机技术、机械工程、环境科学、能源动力、智慧交通等学科的相关知识,以突破单一学科在认知边界、研究范式 and 创新能力上的局限性,以更有效、更综合的方式解决现实工程复杂的问题。

3. 关注行业前沿和科研热点,工程技能训练应融合科研,将科研项目转化为综合性的项目式教学案例以打破“教材”与“前沿”的壁垒,将科研方法和流程嵌入训练环节以训练学生的批判性思维和逻辑推理能力,构建教研一体的共享生态,实现从“操作规范、成品合格”的单维评价转向为“知识、能力、素养”并重的多元化成果导向评价。

三、“三元四阶五融合”技能训练模式构建与实践

(一) “三元”协同机制探索技能训练模式新路径

紧跟行业技术发展、企业人才需求和岗位技能标准,坚持

“学生为本”构建“学校-企业-行业”三元协同育人机制,如图1所示。



图1 “三元”协同育人机制

1. 创新人才培养计划。土木工程专业将新基建时代新工科人才需求贯穿人才培养全过程,适时修订人才培养计划、开设新课程、选用新教材、开放实训项目、实施科技研发和创新创业及微专业等,实现人才培养行业化、专业建设产业化。

2. 改革技能训练标准。充分发挥校企合作平台资源,将行业用人标准和企业岗位技能需求作为技能训练的质量标准,实现技能人才培养、行业发展需求、就业岗位体系的有效衔接。

3. 深化校企协同育人。聘请企业高水平技术人才担任行业导师,实施项目式实践教学及训练;选派骨干教师赴校外实践基地参与产学研合作,推动协同创新。

(二) “四阶”递进实践体系构建技能训练新构架

新工科背景下土木工程专业以创新型应用型人才为培养目标,坚持产出导向,整合校内外资源深化协同育人,构建“基础理论-基础实践-综合实践-创新实践”层层递进的实践体系,如图2所示。通过“三课堂”联动实施工程技能训练,见表1。许多学者认为学生的学习活动可以分为三课堂,第一课堂是指校内课堂教学,第二课堂是指课余创新训练及学科竞赛等,第三课堂包含校外实践、线上学习、项目实践等^[5-6]。

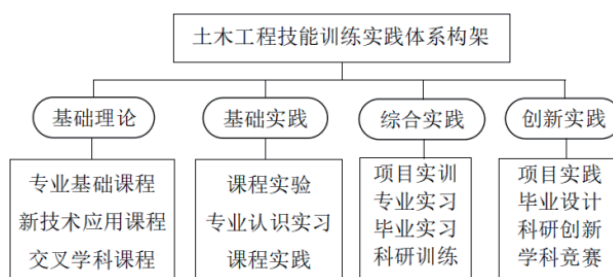


图2 “四阶”递进实践体系

1. 第一课堂主要是校内集中开展的理论课程学习、课程实验、课程实践,旨在强化学生的理论基础和基础技能,拓宽专业视野。理论课程包括专业理论课程、新技术课程(如BIM技术与应用、智能监测检测技术、3D打印建造技术及学科前沿讲座等)、交叉学科课程(如环境科学与工程、机械工程原理、物联网技术与应用等)及创新创业基础课程;课程实验主要有工程材料实验、土工实验、力学实验等;校内开展的课程实践主要有工程制图实习、工程测量实习及多门专业课程的课程设计等。

2. 第二课堂主要是学生利用课余及周末实施,主要有通过校企合作由校内外指导老师协同开展的集中实施的专业认识实习和

专业实习，校外导师共同指导的学生组队参加的项目实训（如大创项目、攀登计划项目等），学生参与教师纵横向科研课题的科研训练，学生或个人或组队参入的行业学科竞赛（如结构设计竞赛、测绘技能竞赛、BIM 大赛等）以及撰写学术论文等，通过项目实训、科研训练及学科竞赛提高学生专业技能水平、综合实践能力和创新实践能力及科研能力。

3. 第三课堂是学生利用寒暑假时间，采用分散形式自主独立开展的线上学习、企业见习、毕业实习、虚拟仿真学习及学科竞赛等，以提升学生自主学习、独立思考、发现问题并解决问题的能力。

表1 “三课堂”联动开展工程技能训练

三课堂	基础理论	基础实践	综合实践	创新实践	教师	形式
第一课堂	理论课程学习	课程实验、课程实践		创新创业	课程团队	集中授课、训练
第二课堂		专业认识实习	项目实训、专业实习	所有	校外导师	科研实训、校企合作
第三课堂	线上学习	企业见习、虚拟仿真	毕业实习	学科竞赛	行业+导师组	校外、线上

（三）“五融合”训练模式打造技能训练新体系

新工科背景下土木工程专业应以“跨界融合、校企融合、产教融合、研教融合、虚实融合”五融合技能训练模式，打造新基建时代面向新技术、新科技的技能训练体系，如图3所示。

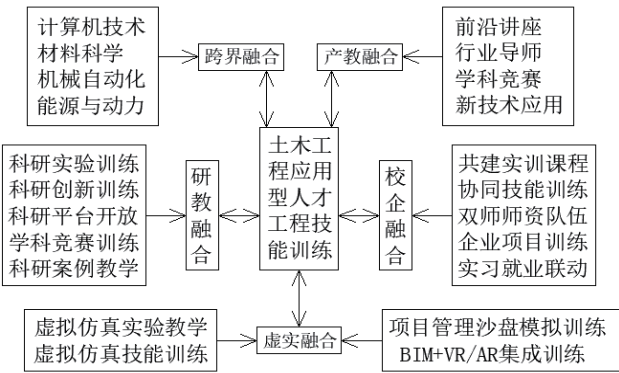


图3 “五融合”工程技能训练模式

1. 实现跨界融合。顺应土木工程行业发展趋势，结合行业技术发展需求和人才技能需求，寻找土木工程专业与计算机科学与技术、材料科学与工程、机械工程与自动化、能源与动力工程、信息工程、智慧交通等相关学科的交叉融合点，深入探索线上线下、虚现结合的技能训练体系，培养土木工程专业应用型技术技能人才。

2. 实现产教融合。把握行业新技术、新业态、新产业对土木类专业人才培养要求，积极将 AI 技术、大数据、虚拟仿真等新技术融合到人才技能训练体系中，聘任行业高水平技术人才担任校

外导师，通过前沿学术讲座、行业竞赛、新技术应用及合作科研项目训练等方式协同培养高水平技能人才。

3. 实现研教融合。将科研活动的理念、方法、资源和成果系统性地转化为实践教学内容与过程，实现“科研反哺教学、教学支撑科研”的良性循环。采取学生申报科研及竞赛项目、学生参与教师横向课题等方式通过科研平台开放共享开展科研实验项目训练、科研创新训练和学科竞赛训练，提升学生的科研创新能力和应用能力，同时将科研项目转化为教学资源融入实践教学体系，激发学生自主学习的兴趣，促进工程综合技能的培养。

4. 实现校企融合。依据产业发展趋势、行业前沿发展和企业人才需求，动态调整实践课程体系，实施校企合作建设“双师型”师资队伍、共建实训课程、协同开展技能训练、推动企业合作项目训练、落实实习就业一体联动服务等实践教学，“产学研”一体化推进学生技术技能和创新能力的提升。

5. 实现虚实融合。土木工程专业传统教学中存在“高危工序难实训、复杂工程难呈现、全周期难贯通”的难点和瓶颈，将虚拟仿真技术（VR/AR/BIM）与实体工程实践深度融合，通过虚拟仿真实验中心、数字孪生集成平台、智能建造实体工坊等途径构建“以虚补实、虚实结合、相互补充”的实践教学新生态，以培养出既“懂理论”又“会动手、能创新”的复合型技术人才。

四、“三元四阶五融合”技能训练模式实践效果

依托土木工程专业（道桥方向）班级，按照“三元四阶五融合”技能训练模式开展应用和实践，取得了初步成效。

（一）学生学习兴趣和技能水平

近几年申报学生科研项目、报名参加学科赛事、参与横向课题的学生人数越来越多，覆盖率达到了90% 以上，学生专业学习兴趣得到较大提升。采用线上线下、虚拟和现实、校企合作等多种方式，通过专业基础实验、基本技能训练、综合技能实践和新技术创新应用的多层递进式训练，学上的专业综合技能和应用能力得到较为明显的提升。

（二）学生参加各项赛事成果

近三年学生参加如结构设计、建筑建模等传统行业赛事以外，还参加了许多新的赛事并取得了可喜的成绩，如2024年虚拟仿真测绘技能大赛获得省级二等奖1项而实现获奖零的突破并继而在2025年获得国家级二等奖和省级一等奖各1项；2025年第二次参加“一带一路”暨金砖国家技能发展与技术创新大赛获得三等奖1项；BIM 大赛和“斯维尔杯”大赛的获奖数也在逐渐增加。学生申报大学生创新创业训练项目等级在提升且完成的质量也越来越高，公开发表的学术论文也在逐年增加。

（三）学生就业竞争力

根据行业发展趋势，在基础实验实践的基础上，采用校企合作方式在工程检测和新技术应用及虚拟仿真等方面开展了专项训

练和自主实践，如沥青混合料配合比设计和路用性能测试、改性沥青热再生利用、基于 BIM 技术 Bentley 软件在道路设计中的应用、虚拟仿真测绘技能训练等，学生的综合技能和应用水平得到较大提升，学生就业竞争力得到较大提高，同时与合作企业开展实习就业联动，实现技能训练和就业一体化，2024 届有不少毕业生突破式顺利应聘到如广东交科、中霖集团等知名企业及相关设计企业。

（四）技能训练理念、体系和模式

坚持创新型应用型人才为培养目标，树立“产出导向”理念，构建“学校－企业－行业”三元协同育人机制，结合岗位需求协同开展技能训练，技能训练从单指标式训练向综合型、创新型及内涵式训练转变；以新技术为导向，融合其他学科，技能训练体系逐步从传统的以基础验证为主逐渐向“三课堂”联动的“基础理论－基础实践－综合实践－创新实践”层层递进的实践体系转变；以项目为引导，开展项目式实践教学，培养学生的综合技能和创新能力，技能训练模式稳步向跨界融合、产教融合、研

教融合、校企融合、虚实融合的“五融合”模式转变。

五、结语

本文基于新工科背景下土木行业的技术发展和人才需求，构建了土木工程专业应用型人才“三元四阶五融合”工程技能训练模式并进行了初步应用和实践。通过“学校－企业－行业”三元协同育人机制完善人才培养计划和技能训练计划，实施“三课堂”联动的“基础理论－基础实践－综合实践－创新实践”四阶递进的实践体系优化实践课程内容，采用“学科交叉、产业与教学、科研与实践、校企合作、虚实结合”五融合工程技能训练新模式，显著提高了学生学习的兴趣和主动性，提升了学生的理论应用水平、技能水平和创新能力及就业竞争力。后续研究将继续推进并不断完善“三元四阶五融合”技能训练模式，持续提升新工科背景下土木工程应用型人才的工程技能水平和培养质量。

参考文献

[1] 教育部高教司. 新工科研究与实践项目指南 [M]. 北京: 教育部, 2017.

[2] 李頔, 郭菲菲, 刘延金, 等. 新基建时代基于数字技术赋能的土木工程专业“三维协同”实践教学改革研究 [J]. 西部素质教育, 2025, 11(21): 45-48.

[3] 张建伟, 杜修力, 乔崎云, 等. 土木工程专业复合型创新人才立体化培养模式构建与实践 [J]. 当代教育理论与实践, 2023, 15(1): 53-57.

[4] 龙乾新. 基于“三库”建设的大学物理“互联网+”与传统教学融合模式探索与实践 [J]. Scientific Development of Modern Education, 2025, 2(30): 74-77.

[5] 夏维奇, 程书松, 李松. “三三联动”与地方应用型高校人才培养模式创新研究——基于 H 高校的实践探索 [J]. 淮南师范学院学报, 2022, 24(2): 102-108.

[6] 罗强. 高校人才培养“三个课堂”模式及其价值探索 [J]. 黑龙江教育 (高教研究与评估), 2019(10): 10-12.

[7] 杨树财, 郭静兰, 夏伟, 等. 新工科背景下高校工程训练课程建设探索 [J]. 高教学刊, 2024, 10(12): 46-49.

[8] 李瑾杨, 杨建功, 石晓娟, 等. 土木工程专业创新型、复合型、应用型人才培养实践教学模式研究 [J]. 创新创业理论与实践, 2025, 8(4): 112-114.

[9] 陈善祥, 姚勇, 韩春光. 基于应用型人才培养的土木专业实践教学探索 [J]. 中国科技经济新闻数据库 教育, 2017(3): 296-297.