

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2023.01.005

欢迎按以下格式引用:姚未来,刘元雪,孙涛,等.新工科背景下土木工程专业研究生创新实践教学平台构建[J].高等建筑教育,2023,32(1):31-38.

新工科背景下土木工程专业 研究生创新实践教学平台构建

姚未来,刘元雪,孙涛,穆锐,田镇华,成鑫磊

(中国人民解放军陆军勤务学院 军事设施系,重庆 401311)

摘要:从学科导向转向产业需求、从专业分割走向跨界融合,着力培养复合型工程人才是新工科建设的基本内涵。研究生实践教学作为培养工科专业创新型、创新型、创业型卓越工程人才的重要环节,需立足高校新工科建设背景,紧扣研究生教育的基本理论与基本规律,对创新实践教学模式进行探索和研究。针对当前高校实践教学的工程性、实践性、探究性、启发性等缺位问题,以新工科建设为核心导向,以重大疑难工程沉浸式体验为牵引,突出学科交叉,可实现打造土木工程研究生创新实践教学平台。通过阐释创新实践教学的基本理念和讨论实践教学环节在土木工程专业研究生人才培养中的作用机制,明晰了建构创新实践教学平台的三大基本思想内核:突出创新,激发思维突跃;重大工程沉浸式体验,培塑工程师素养;强调前沿交叉,培育科学家嗅觉。突出学生的中心主体地位,尊重学生的个人志趣与自我职业发展定位,开展多接口模块化实践教学,实现了四大重构:课程体系重构、教学内容重构、教学方法重构与评价体系重构。创新实践教学改革实施以来,前沿交叉研究顺利起步,人才培养质量明显提升,培养的毕业生深入各大军方工程研究单位一线,正迅速成长为牵头各项重大国防工程、履行重大作战工程保障任务的骨干型力量,有效助推了学院土木工程专业学科的转型升级,逐步形成工程教育新范式。

关键词:新工科;土木工程;研究生;工程教育;实践教学

中图分类号:G643.2;TU-4 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2909(2023)01-0031-08

为主动应对新一轮科技革命和产业变革,支持创新服务发展、“中国制造2025”等一系列国家战略^[1],教育部提出加快深化高校专业供给侧结构性改革,以“四新”(新工科、新医科、新农科、新文科)建设为引领,带动高校专业结构调整优化。新工科建设是“四新”建设的“领头雁”,是“卓越工程师教育培养计划”2.0的核心内容和主要抓手。将传统工程教育从学科导向转向产业需求导向、从专业分

修回日期:2022-02-21

基金项目:重庆市高等教育教学改革研究项目(213503;193352;202133;203550)

作者简介:姚未来(1990—),男,中国人民解放军陆军勤务学院军事设施系讲师,博士,主要从事结构防护工程研究,(E-mail)1131015227@qq.com;(通信作者)刘元雪(1969—),男,中国人民解放军陆军勤务学院军事设施系教授,博士生导师,主要从事岩土塑性力学和结构防护工程研究,(E-mail)lyuanxue@vip.sina.com。

割转向跨界交叉融合,着力培养能力复合的卓越工程创新人才,是新工科建设的重要思想内涵^[2]。

实践是工程的灵魂与根本,开展实践教学是培养具有深刻理论联系实际能力的卓越工程人才的重要举措^[3-5],研究生作为培养优秀工程人才的输出端,实践教学的重要性不言而喻。尽管如此,土木工程专业研究生培养中的实践教学环节却长期存在以下两个问题:一是缺乏重大工程项目的常态化实践。当前,实践环节主要由一至两门实验课程代替^[6],工程项目现场实习量不足,尤其缺少重大疑难项目的见习经历。二是实践教学对基础科研能力的培养作用不明显。实验课程主要开展验证性实验,试验规律、现象、结论基本已提前知晓,缺乏探究性与启发性,与研究生培养强调自主创新、深入探索的科研精神相悖。妥善解决上述问题,并在其过程中同时完成实践教学的新工科改造是土木工程学科新工科建设的迫切要求。

目前,已有不少学者对创新实践教学做了探索和研究,为解决上述问题提供了一些思路。陈杰等^[7]提出构建校内基础课程专业实验、校内仿真模拟实验、校内中试实验、校外产学研实习基地的一体化实践教学平台;李涛等^[8]在教学团队建设、教学机制创新、科研交流体系、校企合作机制和导师科研项目等政策制度层面上对实践教学进行了探索;张钰等^[9]提出采用“校内实践教学中心+校外实践教育基地”模式,形成“横向互动循环,纵向递进深入”的创新实践教学体系;陆怡等^[10]阐述了现代工程中心实践教学平台建设的原则,提出在构建新型工程实践教学体系基础上,建设现代工程中心实践教学平台。上述研究立足人才培养整体视角,对创新实践教学的总体方案与行动路径进行探索^[10],实现了工程实践的制度化保证,有助于解决现场实习工作量不充分的问题。然而,对新工科核心思想的体现仍显不足,学科交叉融合、立足新经济与新产业^[11]等方面未得到充分彰显。

吕庆功等^[12]基于国家级虚拟仿真实验教学中心的建设与应用背景,构建钢铁生产全流程虚拟仿真实践教学平台,对软、硬件系统与运行场景行了展示;黄文涛等^[13]建设了机械工程学科实践教学平台,对传感及测试技术实验子平台、数字化制造技术实验子平台、机器人技术实验子平台、微纳米测量技术实验子平台和汽车零件与大型曲面精密成型实验子平台的硬件设施条件做了详细分析;朱兴动等^[3]构建了舰船光电装备工程实践教学平台的体系结构,对其所包含的舰船光电装备模拟器、维修管理信息系统、虚拟控制台等硬件平台做了详细阐述。上述研究对实践教学实施条件的建设升级做了探索,为教学平台深入开展科研试验,培养学生科研素养提供了支撑和保障。然而,也应注意到,上述研究体中的教学内容、能力目标、价值引领、培养导向等方面并未明显突破传统工科界限,设施系统的先进精良化并未服务于新工科建设。

以上分析表明,现有研究成果虽对解决当前土木工程专业研究生实践教学存在的问题有一定帮助,但并未形成强大合力实现推动实践教学向新工科发展方向建设发展。基于该现状,本文以新工科建设为总体导向,以解决目前实践教学存在的问题为目标,注重课程教学结构优化和质量保障,专注对研究生培养规律的探索,以构建土木工程专业研究生创新实践教学平台。

一、创新实践教学的理论基础

(一) 创新实践教学的基本理念

实践是马克思主义哲学的基本观点^[14]。科学研究是对客观世界认知、探索、改造的过程,遵循“认识—实践—再认识—再实践”的往复循环模式。研究生创新能力和科研素养的形成,理论学习是基础,深度思考是关键,实践感知是根本,三者相互渗透,不可分割。工科专业研究生培养应突出

产学合作,基于实际项目和任务教学,强调“做中学、做中探究”的理念^[15-17]。美国教育学家杜威认为:“当一个人将观点告诉另一个人时,对听者而言,已不再是观念,而是降格为一种事实。仅有当他亲身考虑问题的种种条件,并寻求解决方式时,才算真正的思维。”^[18]对于研究生培养而言,教学不应是知识的直接灌输,需要学生在实践活动中完成经验和知识的自主建构。

同时,教育教学不仅应从教育者的视角出发,还需立足学习者的视角,强调学生的主体中心地位。哈佛大学心理学家加德纳提出的“多元智能理论”认为:不同学生的智能轮廓、智能倾向不同,应倡导以学生为中心的因材施教,就学生的差异性做出恰当反应^[19]。实践教学看似是某个教学班级的集体行为,实质上却是每个人的实践。相比而言,研究生的心智相对成熟,已经初步制定了职业规划,以包容态度接受个性化、多样化的智能维度,尊重学生的个人思维特征和兴趣志向,突出学生的中心地位,是创新实践教学教育理念的体现。

(二) 实践教学在研究生人才培养中的作用机制

土木工程专业研究生的培养主要包括前期学习、论文开题和论文研究三个阶段(图1)。前期学习阶段包括一定总学分要求的课程学习和课余时间零星参与的非系统性科研活动(如协助高年级学生开展试验等)。其中,课程学习包括理论课程(公共专业课、专业学位课等)和实践课程(实验、实操等)的修习。论文研究包括试验开展、理论分析、结果讨论、结论凝练、撰写论文、参加答辩等,该阶段是具有明确目的和能动性的科研实践过程。

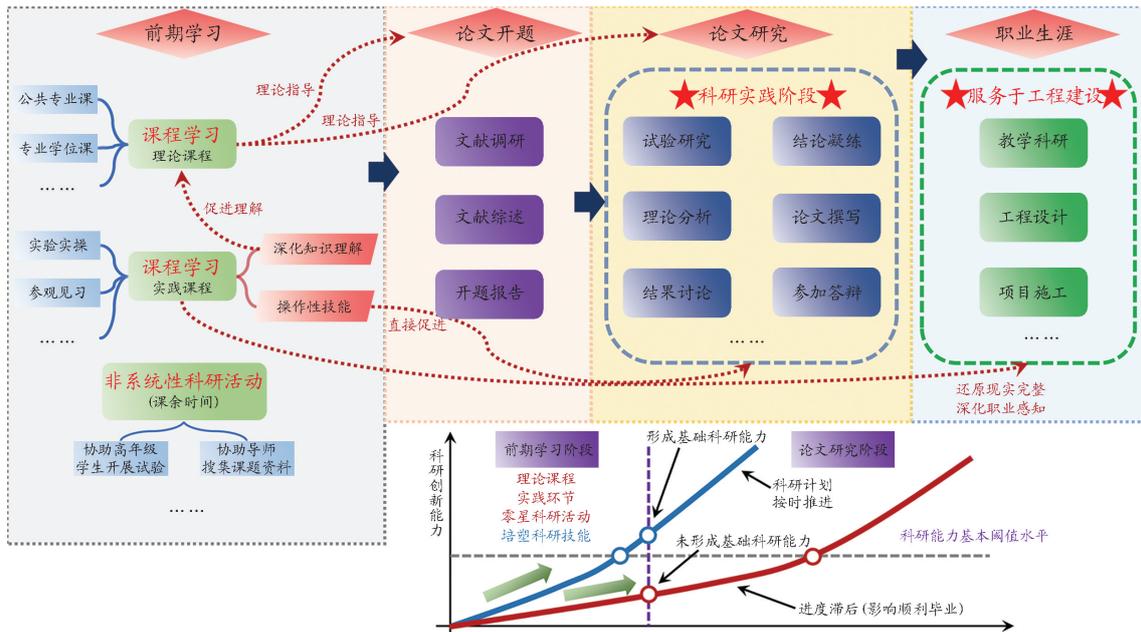


图1 实践教学在人才培养中的作用路径

从攻读学位视角来看,前期学习阶段应服务于后期科研实践阶段。通过前期学习,学生应明确如何开展科研活动,形成达到最低阈值的基础科研能力,使“科研发动机”被顺利启动。随着科研实践向纵深推进,科研能力稳步提升,成果逐步出现,直至完成学业。前期学习阶段的理论课程知识扩充,可为科研实践阶段提供理论指导。实践课程,一方面通过感官、行为刺激加深对专业理论知识的理解;另一方面可实现提高操作性技能(仪器操作、数据提取、误差分析等)水平,对后期科研实践具有直接促进作用。从研究生职业规划视角来看,土木工程专业与工程实践紧密关联,教学科

研、工程设计、施工组织等目标均是服务于实际工程建设。

二、创新实践教学平台的思想内核

为彰显创新实践教学基本理念,着力解决教学中现存问题,实现实践教学向新工科方向发展转型升级,本文遵循实践教学在研究生人才培养中的作用机制,提出建构创新实践教学平台,以更新现有实践教学模式。创新实践教学思想内涵,即增强实验课程探究属性,着力培养基础科研技能;制度化、常态化落实重大工程见习活动,聚力培养具有理论联系实际素养的工程师;瞄准新工科前沿方向,强化交叉领域科研,大力培养学生的科学家“嗅觉”。

(一) 增强实验课程探究属性,着力培养学生基础科研技能

理工科专业实践训练以理性著称,在形式上虽体现逻辑性和严密性。重大成果的背后往往强调创造、直觉、顿悟等非理性的思维突跃,非理性心理活动如同智慧火种,尽管早期微弱,但却经常预示着重大突破的出现。当前,互联网技术迅速发展,许多基础性、重复性工作已由电脑代替,科研工作的核心越来越聚焦于研究人员的创新性思维培养。学院创新实践教学平台摒弃传统实验课验证性实验模式,转向以教师主导、学生为中心的探究性实践实验教学,重视精准捕捉关键科学问题、设计创造性研究方案等活动的思维过程,鼓励学生大胆假定和群体头脑风暴,激发学生探索热情,以着力培养其创新能力。

(二) 重大疑难工程浸入式体验,培育学生工程师素养

随着我国西部大开发战略持续推进、城市化进程进一步深化和国家级重大地下基础设施建设快速展开,当前正面临深部高应力地下工程安全性评估与设计优化、高陡边坡稳定性问题、高放核废物深地质处置安全性问题、深部岩体分区碎裂化的演化机制等工程技术难题^[20]。妥善处置各种疑难工程问题是国家战略对建筑产业界提出的要求,也是对培养具备深刻理论联系实际能力和具有丰富工程、科研经验的新工科卓越人才的迫切需求^[21]。学院创新实践教学平台以此为契机,以重庆市多个重大地下工程项目为教学实践依据,安排研究生参与部分项目,开展浸入式实践教学,以实现聚力培养学生工程师素养的目标。

(三) 强化交叉领域科研,培育学生的科学家“嗅觉”

立足新经济与新产业,紧跟前沿技术发展方向,更新工程人才知识体系是新工科建设的核心思想之一。当前,以互联网和工业智能为核心,传统工科与大数据、云计算、人工智能、机器人等新领域相互融合,出现了交叉研究领域,如图像科学与工程、生物机械电子工程、智能交通工程等。土木工程领域也出现了利用大数据、云计算手段开展岩土材料本构建模、地下结构健康监测、地质灾害预警等新兴研究课题和现实工程项目。

创新实践教学平台依托学院承担的交叉研究课题,使研究生在前期课程教学阶段直接参与前沿科研活动。一方面,有助于学生基础科研素养的积淀;另一方面,使学生能够亲历科研创新路径,练就前瞻性视角,培育创新嗅觉,对后期科研学习具有启发性意义。

三、创新实践教学的实施方案

(一) 构建多接口模块化教学平台

构建模块化实践教学平台,预留多样化人才培养接口。尊重学生兴趣,以学生为中心,实行个

性化模块组合,创新实践教学方式与手段。创新教学平台分为三大模块,即经典实践模块、工程实践模块、前沿实践模块(图2)。

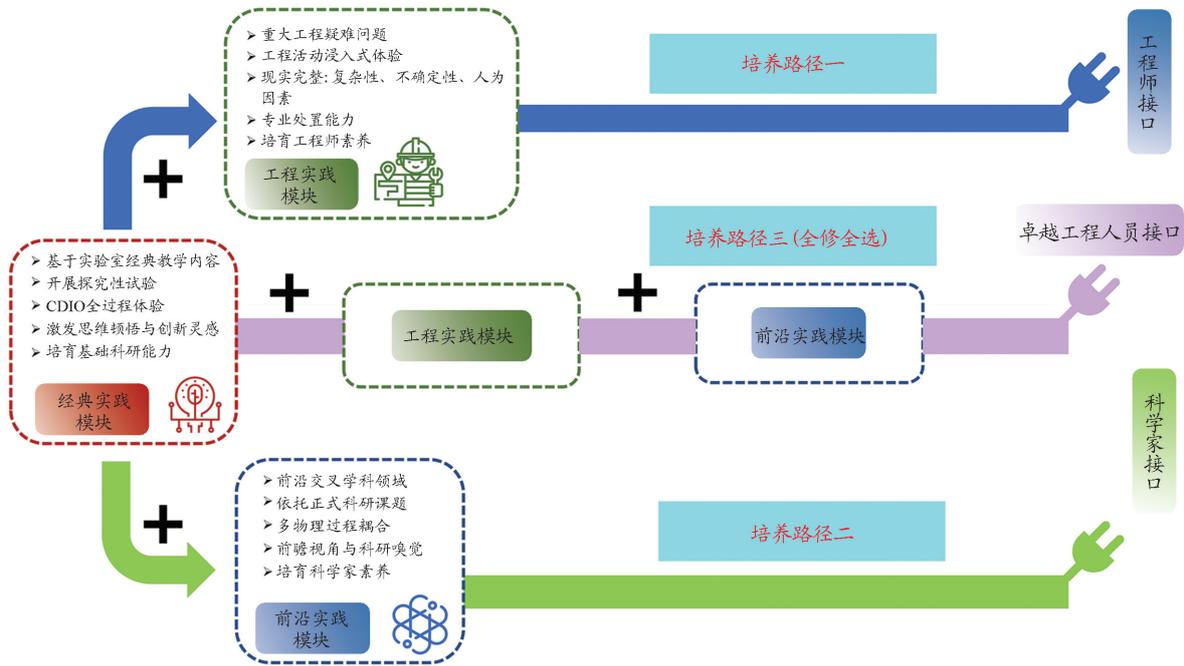


图2 多接口模块化实践教学平台示意图

经典实践模块以现有实验课程内容为蓝本,在高等岩土塑性力学经典试验项目基础上,进一步开展探究性实验教学。涉及内容主要包括多应力路径三轴压缩试验、土体循环荷载动力试验、非饱和和土干湿循环试验、复杂工况的空心扭剪试验等,要求在熟悉试验操作方法的基础上,突破验证性试验范畴,开展1~2个原创性探究试验。如在深入理解岩土材料基本特性后,设计研究多种力学特性的复杂性试验;开展改进的三轴试验,设置变化的荷载边界条件(围压变化、轴向加载方式变化等),探究真实受力条件下的土体力学特性;参考国际先进的工程教育CDIO模式^[22],历经构思(conceive)、设计(design)、实现(implement)、运作(operate)全过程,引导学生关注新现象和新结果,触发新讨论和新分析,注重积累基础科研能力,培养科研直觉和激发思维顿悟。

工程实践模块以重大工程项目为教学背景,带领学生亲赴工地现场,沉浸式参与实地勘测、实地调查、实地讨论、实地协商等工程活动。科学研究讲求客观,力求排除主观人为因素,探寻自然界本真规律。工程项目作为人工物,要求从理想简化回归现实完整,需要对现场环境因素、人为因素、社会因素等方面进行考虑。实践模块强调感知现实条件的完备性、复杂性和不确定性,要求学生深刻理解科研课题与工程项目、理想简化与现实完整之间的差异。如课题组带领学生参与了重庆市两江大桥渝中连接隧道与解放东路接口工程的建模分析工作,评估了该工程对附近银行、医院、住宅等既有建筑物的影响,并对不同隧道施工方案下附近建筑物的响应开展了对比分析。学生亲身参与现场巡查、模型计算与评估、项目协调与讨论等实际工程活动,学习专业工程人员对实际工程问题的处置思维,进而实现培养学生工程素养的目的。

前沿实践模块主要是带领学生参与已获立项的交叉领域课题。上述经典实践模块虽已要求学生开展探究性试验,但研究内容规模有限,属于专题性、局部性研究。相比之下,前沿实践模块中的正式科研项目具备更加齐全的研究要素。教学团队依托重庆市自然科学基金项目,带领研究生参

与了对重庆市涪陵区王爷庙等大量滑坡问题的数据分析研究,以及利用人工智能、机器学习等手段实现了灾害大数据特征提取和滑坡预测模型建立。该实践模块内容涉及岩土力学与大数据信息化监测、岩土工程与石油工程物理机制耦合等交叉学科前沿,对指导学生后期学位论文选题和确定科研职业生涯研究方向都具有重大参考价值。

研究生教育属于高层次人才培养,应兼顾学生能力培塑、个人志趣和职业规划。三大实践教学模块允许按照一定规则实现弹性组合。经典实践模块主要涉及专业经典内容,为培养基础性专业素养而设计,是必选模块;工程实践模块偏向于工程师素养的培塑,为志向成为工程专业人才的学生预留工程师接口;前沿实践模块偏重于正规化科研素养的培塑,着力培养前瞻性眼光和科研嗅觉,为志向成为科研专门人才的学生预留科学家接口。工程实践模块、前沿实践模块以课程多样化弹性搭配的方式顺应学生志向,体现以学生为中心的创新教学理念。

(二) 课程实施与考核

在保证对原有人才培养方案整体性不构成影响的前提下,对原有实践环节的2门实验课程进行整合重构,变为1门必修的创新实践课程,总学时仍控制在60~70学时。制定“基础—综合”的两阶段实践教学方案(表1)，“基础”环节(创新实践I)开展经典实践模块教学,分配25~30学时;“综合”环节(创新实践II)开展工程实践模块或前沿实践模块教学,分配40~45学时。岩土专业研究生前期课程教学通常安排2~3个学期,创新实践基础环节安排在第1学期(第一学年上半期),综合环节安排在第2或第3学期(第一学年下半期或第二学年上半期)。其中,综合环节中的工程实践模块与前沿实践模块会错开教学时间,以为自我要求严格、志向远大、学有余力的学生预留全选全修的机会。

表1 创新实践教学实施方案

基础教学方案			综合教学方案		
创新实践(I) (必选)	学时	考核方式	创新实践(II) (二选一或全选)	学时	考核方式
经典实践	25~30	实验报告+ 答辩	工程实践	40~45	项目报告+答辩
			前沿实践		研究报告+答辩
			工程实践+ 前沿实践 (卓越模式)	80~90	项目报告+研究报告+ 答辩(两次)

为强调对研究生书面撰写、成果展示与交流能力的培养,考核方式主要采用提交书面报告和汇报答辩的方式。其中,基础环节主要考核开展探究实验的情况,要求提交实验报告(成绩占比40%),并汇报展示创新探究过程,回答教师质询(成绩占比60%)。综合环节中工程实践模块,主要考核学生对重大工程项目现实条件、问题解决、推进过程等方面的理解,提交项目报告(成绩占比40%),展示工程实况,回答教师质询(成绩占比60%);综合环节中前沿实践模块,主要考核学生对交叉领域新技术、新进展、新应用、新问题等方面的理解,提交研究报告(成绩占比40%),展示研究成果,回答教师质询(成绩占比60%)。综合环节全修全选的学生需同时参加工程实践考核、前沿实践考核,即提交项目报告、研究报告,参加两次答辩。

四、创新实践教学的成效

土木工程是中国人民解放军陆军勤务学院历史最悠久、综合实力最强的专业之一。研究生培养创新实践教学改革以来,推进了学院土木工程学科群的进一步转型升级,专业学科的新工科属性日益突出,在人才培养、教学科研等方面均取得了突出成果。前沿学科交叉领域,教学团队获国家自然科学基金资助项目1项、重庆市自然科学基金资助项目1项、重庆市教育委员会资助项目2项。培养开展岩土力学与大数据交叉领域研究的博士研究生4名、硕士研究生6名,在《岩土力学》《岩土工程学报》等专业领域顶级期刊发表论文10余篇。培养的毕业生深入各大军方工程研究单位一线,正迅速成长为牵头各项重大国防工程、履行重大作战工程保障任务的骨干型力量。

五、结语

本文以新工科建设为背景,突出新工科目标导向和价值引领,深入剖析实践教学在人才培养中的作用和地位,以重大工程案例、前沿交叉研究课题为牵引,强调实践教学的探究性与启发性,建构创新实践模块化教学平台,对土木工程专业研究生实践教学模式进行重构和升级,在解决实践教学当前存在的问题同时,完成了新工科改造。实践教学改革以来,学院前沿交叉科研顺利起步,研究进程逐渐向纵深推进,对研究生人才培养、学生知识结构体系更新做出积极贡献,助推学院土木工程专业向科研前端方向转型重塑。

参考文献:

- [1] 李进,李蓉.“新工科”建设形势下对高校科研发展的思考——以某大学为例[J]. 高等教育发展研究,2018(3):27-32.
- [2] 谭志,曹红玉. 多伦多大学电气电子信息技术人才培养途径及对新工科建设的启示[J]. 高等建筑教育,2020,29(3):24-32.
- [3] 朱兴动,黄葵,王正. 舰船光电装备工程实践教学平台的体系构建[J]. 实验技术与管理,2015,32(11):4-7.
- [4] 刘勇健. 基于协同育人理念的城市地下空间工程实践教学体系探索——以广东工业大学为例[J]. 高等建筑教育,2020,29(2):152-157.
- [5] 孔纲强,刘汉龙,沈扬,等. 基于科研资源的路基工程课程设计实践教学探索[J]. 高等建筑教育,2020,29(3):145-151.
- [6] 同济大学土木工程学院. 研究生培养方案[M]. 上海:同济大学,2010.
- [7] 陈杰,陆树河,廉晓庆,等. 材料工程基础省级精品课程实践教学平台建设[J]. 实验室研究与探索,2019,38(7):170-172.
- [8] 李涛,任宏伟,刘波,等. 城市地下工程实践教学平台建设[J]. 实验技术与管理,2019,36(3):242-246.
- [9] 张钰,徐琪,陈一兵. 基于产业需求的农科专业创新实践教学平台建设[J]. 实验技术与管理,2019,36(11):205-210.
- [10] 陆怡,徐明华,邹海燕. 建设现代工程中心实践教学平台的思考[J]. 实验技术与管理,2012,29(7):110-113.
- [11] 刘坤,陈通. 新工科专业供给侧结构性改革的路径和机制[J]. 高等工程教育研究,2020(3):55-59,73.
- [12] 吕庆功,牟仁玲,许文婧,等. 钢铁生产全流程虚拟仿真实实践教学平台的建设与应用[J]. 实验室研究与探索,2019,38(7):83-87,93.
- [13] 黄文涛,赵学增. 机械工程学科应用型研究生实践教学平台的建设及应用[J]. 实验室研究与探索,2011,30(8):143-146.
- [14] 冯建军. 教育怎样关涉人的生活——马克思主义实践论的观点[J]. 高等教育研究,2011,32(9):14-19.
- [15] 许晓东,李培根,陈国松. 我国重点大学本科工程教育实践教学研究[M]. 武汉:华中科技大学出版社,2015.
- [16] 杨黎黎,邬华宇. 践行实作 突破传统——探索高校实践教学模式改革[J]. 高等建筑教育,2020,29(3):152-158.
- [17] 史维秀,孙方田,王瑞祥,等. 卓越工程师人才培养背景下能源与动力工程专业课程多元化实践教学方法研究[J]. 高

- 等建筑教育,2020,29(5):143-148.
- [18] 杜威. 民主主义与教育[M]. 王承绪,译,北京:人民教育出版社,1990.
- [19] 加德纳,沈致隆. 多元智能新视野[M]. 北京:中国人民大学出版社,2012.
- [20] 刘元雪,郑颖人. 高等岩土塑性力学[M]. 北京:科学出版社,2019.
- [21] 林鸿州,李广信. 从岩土工程设计理念谈土力学教学中概念理解上的难点与问题[J]. 高等建筑教育,2021,30(6):8-15.
- [22] 董平,岳国强,张海,等. 燃气轮机结构和强度课程教学实践研究——基于CDIO工程教育模式的教学改革[J]. 高等工程教育研究,2019(S1):172-173,194.

Construction of innovative practice teaching platform for postgraduates majoring in civil engineering under the background of emerging engineering education

YAO Weilai, LIU Yuanxue, SUN Tao, MU Rui, TIAN Zhenhua, CHENG Xinlei
(*Department of Military Facilities, Army Service Academy of Chinese People's
Liberation Army, Chongqing 401311, P. R. China*)

Abstract: From subject orientation to industry demand, from professional division to cross-border integration, and focusing on cultivating compound engineering talents is the basic connotation of emerging engineering education. As an important part of cultivating creative, innovative and entrepreneurial outstanding engineering talents in engineering majors, postgraduate practical teaching needs to be based on the background of emerging engineering education in colleges and universities, closely follow the basic theories and basic laws of postgraduate education, and explore and research innovative practical teaching models. In view of the lack of engineering, practicality, inquiry, and inspiration in practical teaching in colleges and universities, taking the construction of emerging engineering disciplines as the core orientation, the immersion experience of major and difficult engineering as the traction, highlighting interdisciplinary subjects, an innovative practical teaching platform for the training of civil engineering graduate students can be established. By explaining the basic concept of innovative practical teaching and discussing the mechanism of practical teaching in the cultivation of civil engineering postgraduate talents, the three basic cores of constructing innovative practical teaching platforms are clarified: highlighting innovation, and stimulating thinking leaps; immersing in major projects experience, and cultivating the literacy of engineers; emphasizing cutting-edge intersection, and cultivating the sense of smell of scientists. Highlighting the central subject position of students, respecting students' personal interests and self-professional development orientation, and carrying out multi-interface modular practice teaching, four major reconstructions are realized: curriculum system reconstruction, teaching content reconstruction, teaching method reconstruction and evaluation system reconstruction. Since the implementation of innovative practice teaching reform, cutting-edge interdisciplinary research has started smoothly, and the quality of personnel training has improved significantly. The graduates trained have gone deep into the front lines of major military engineering research units, and are rapidly growing into leading various major national defense projects and performing major combat engineering support tasks. The backbone force has effectively promoted the transformation and upgrading of the civil engineering discipline of the college, and gradually formed a new paradigm of engineering education.

Key words: emerging engineering education; civil engineering; postgraduate; engineering education; practical teaching

(责任编辑 崔守奎)