

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2022.06.006

欢迎按以下格式引用:李霄琳,朱珊,王伯昕,等.新工科背景下“五位一体”土木工程创新型人才培养模式的探索与实践[J].高等建筑教育,2022,31(6):42-50.

新工科背景下“五位一体”土木工程创新型人才培养模式的探索与实践

李霄琳,朱珊,王伯昕,胡忠君,于莉,周林聪

(吉林大学 建设工程学院,吉林 长春 130026)

摘要:土木工程专业是典型的传统工科专业,在新工科建设背景下普遍面临教育理念落后、课堂教学有效性差、创新培养方式单一、课程思政协同育人机制不健全等问题。吉林大学土木工程专业以价值塑造、能力培养、知识传授“三位一体”教育理念为统领,以培养符合科技发展和产业革命需求的土木工程创新人才为目标,系统设计“思政、课程、实践、竞赛、科研”五位一体人才培养模式,以“夯实基础、强化实践、激励创新”为原则构建课程体系,以“注重基础、融合前沿、聚焦工程”为指导建设课程内容,“以学生为中心”探索教学方法,通过“多要素课堂教学改革”“多方式协同创新能力培养”“多课程育人”推进土木工程创新型人才培养。

关键词:新工科教育;人才培养;土木工程;教学改革

中图分类号:G642.0;TU-4 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2909(2022)06-0042-09

“一带一路”建设、“中国制造2025”“互联网+”的实施对工程技术人才提出了新的要求,给工程教育带来了新的挑战,新工科建设应运而生。2017年,教育部新工科建设三部曲“复旦共识”“天大行动”“北京指南”启动,共同奠定了新工科教育改革的格局,随之提出的“天大方案”“F计划”“成电方案”以及哈工大“ Π 型方案”“重大经验”等则体现了新工科建设的多样性。如今新工科建设已进入“深入推进、落实提高”的战略攻坚阶段,新工科建设已经由“轰轰烈烈”的理念倡导和顶层设计走向“扎扎实实”推进落实和质量提升,一种崭新的高等工程教育形态逐步呈现^[1-4]。

一、土木工程人才培养现状

新工科建设与发展的重点是新工科专业建设及新工科人才培养,其中,人才培养是满足行业、

修回日期:2021-11-05

基金项目:吉林省高教科研课题(JGJX2019D8);吉林省高等教育教学改革研究课题(JLJY202218230173);吉林大学本科创新示范课程建设项目(弹性力学);吉林大学2021年度课程思政“学科育人示范课程”项目(SK2021107);吉林大学研究生“课程思政示范课”建设项目(0812603042);吉林大学本科教学改革研究项目(2021XZC065,2021XYB149)

作者简介:李霄琳(1986—),女,吉林大学建设工程学院副教授,博士,主要从事土木工程、力学教学与研究,(E-mail)291395457@qq.com。

产业和未来发展最重要、最核心的任务^[5]。土木工程专业是典型的传统工科专业,在国家基础建设中占有极为重要的地位。多年来,土木工程专业在自身专业人才培养中积累了丰富经验,但在新工科建设的背景下,面向“中国制造 2025”和“工业 4.0”的需求,如何重构土木工程专业教育理念、人才培养模式、课程体系、教学内容、实践平台等,是亟需探讨和解决的问题。美国约翰斯·霍普金斯大学土木工程专业本科教育采用精英教育模式,为每位学生配备专门的学术指导教师,提倡研究性学习模式,学生步入高年级以后可以进入教师的项目组,进行规范化的科研训练,重视实践锻炼,在理论课程中引入大量的实践教学环节,以提高学生的专业实践能力^[6]。美国伊利诺伊大学厄巴纳-香槟分校土木工程系设立了 10 个专业,包括 7 个常设专业和 3 个特色专业,其课程体系的建构更关注学生科技论文写作和团队协作交流能力的培养,通用基础课程较多,体现了美国高校的大类培养理念和通用型人才培养观,每门课程的课堂学时少,作业量大,课程持续时间较长,注重培养学生的自主学习能力^[7]。在中国,为紧跟建筑行业的尖端技术,哈尔滨工业大学针对社会上 BIM 人才缺口问题,将 BIM 技术引入土木工程专业课,提出了涵盖 BIM 技术的土木工程专业人才培养模式^[8]。同济大学土木工程学院为推动学科交叉、融合,积极探索交叉复合型人才培养模式,开设了城市桥梁美学创作课程^[9]。重庆大学土木工程学院探索并形成了产学研一体化的土木工程创新人才培养模式,校企携手构建集协同办学、协同育人、协同创新于一体的产学研合作育人体系^[10]。西南交通大学土木工程学院在课程修订、学生顶岗实习、科研型卓越工程师培养、毕业生追踪制度、全课程思政等方面多措并举,建立了旨在培养复合型卓越土木工程师的人才培养体系^[11-12]。中国矿业大学(北京)土木工程专业采用全程导师制人才培养模式,以学生为中心,因材施教,为学生全面发展提供个性化的培养方案和一对一的学术指导^[13]。成都理工大学基于 TRIZ 理论,提出土木工程创新型人才培养方案,基于 TRIZ 理论加强土木工程专业师资队伍建设,并将该理论应用于理论课程和实践课程教学,启发学生的创新思维^[14]。

二、土木工程创新人才培养存在的问题

开办土木工程专业的高校众多,招生规模庞大,每年为国家的基础建设输送了大批高素质的工程技术人才。但世界范围内新一轮的科技革命和产业变革对工程技术人才提出了新的要求,给工程教育带来了新的挑战,土木工程专业教育的一些共性问题也由此凸显。

(1) 课程创新理念不足,教学内容滞后,多年传承的课程内容不能满足产业对毕业生的新知识和新技能的需求。课堂教学模式以教师课堂讲授为主体,学生缺乏自主学习、交流探究,教学效果不尽如人意。课程体系设置与行业发展脱节,围绕“智能制造”“工业 4.0”“互联网+”等开设课程的主动性和积极性不强,缺乏适合学生创新能力渐进式培养的课程体系。

(2) 受“分数至上”传统考核标准的影响,在人才培养中重视基础知识和理论教育,忽视实践训练、高阶思维、应用实践能力、创新能力的培养,存在“重理论轻能力”的现象,阻碍土木工程创新型人才培养目标的达成。

(3) 当前高等教育在人才培养上普遍存在“重智育轻德育”的现象,家国情怀、社会责任、工匠精神等的培养较为缺乏。课程思政协同育人机制不够健全,横向协同不足,尚未形成联动效应,纵向

衔接松散,难以实现持续效应。育人资源分配不均或重复投放,造成资源配置效率低,课程尚未形成共同价值取向,无法激发培育德才兼备人才的内生原动力。

三、“五位一体”创新人才培养模式

多年来课题组致力于推动“以学生为中心”的教学研究、教学改革。以价值塑造、能力培养、知识传授为核心教育理念,以培养符合科技发展和产业革命需求的土木工程创新人才为目标,系统设计思政、课程、实践、竞赛、科研“五位一体”人才培养模式(图1),通过多要素课堂教学改革、多方式协同创新能力培养、多课程育人,推进土木工程德才兼备型创新人才培养。

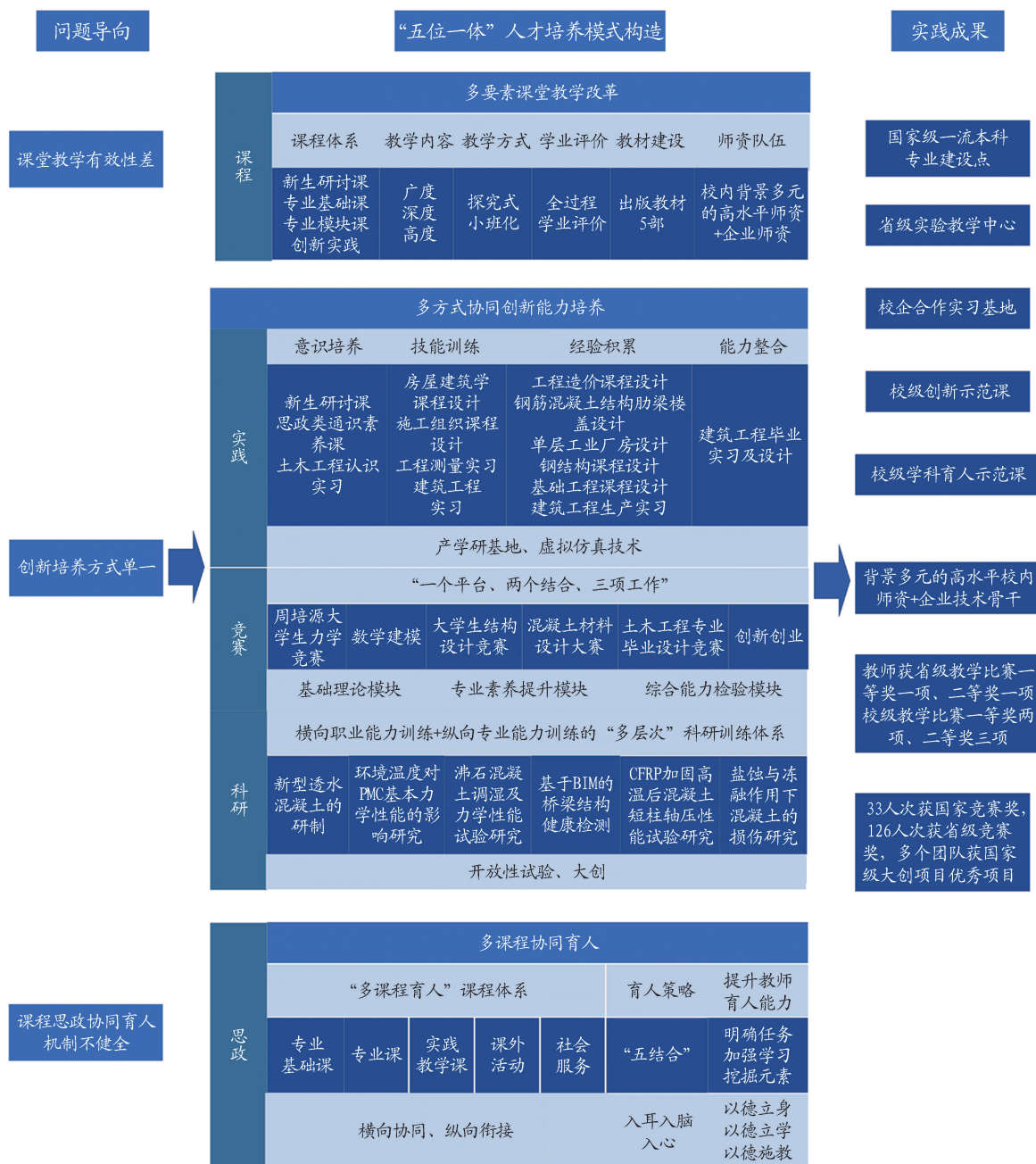


图1 “五位一体”人才培养模式

(一) 课程:多要素课堂教学改革

1. 课程体系

通过对国家政策、高校创新人才培养现状、企业及科研院人才需求的调研,吉林大学土木工程专业确定以“夯实基础、强化实践、激励创新”为总体原则,优化重构以“新生研讨课→专业基础课→专业模块课→创新实践”为主线的土木工程专业培养方案。在总课时减少并保证专业课程课时的前提下,对现有课程进行优化整合,增加实验、实训内容。此外,为进一步促进创新人才培养目标的达成,建立了周培源力学竞赛、结构设计大赛、混凝土材料设计大赛等竞赛指导课程群,实现了“创新意识→创新能力→协作创新→创新实践”的渐进式培养。

2. 教学内容

紧跟科学研究、行业需求,优化课程教学内容,增加课程内容的高度、广度、深度。站在学术前沿挖掘知识点本身与科学研究成果的结合点,增加课程的高度;将实际工程案例引入课程,构建部分课程的工程案例库,引导学生利用所学知识对实际工程问题进行分析,培养学生解决实际工程问题的能力,增加课程内容的广度;每学年定期开设竞赛辅导课程,讲解竞赛相关内容,加深学生对基础知识的理解,提高课程的深度。如,在授课过程中向学生介绍新材料的力学性能、负泊松比材料的研究进展、“地壳一号”万米钻机和极地冰钻中的材料力学问题、夹层复合材料梁的弯曲问题、材料失效机理的最新研究进展等;将涵盖课程知识的实际工程案例引入课程,构建了材料力学工程案例库;通过材料力学问题的建模和简化、材料力学的理论体系和分析方法、材料力学中的移动荷载和移动支座问题3个专题的研讨课,将周培源力学竞赛的内容引入课堂。

3. 教学方式

采用“探究式-小班化”教学,新生研讨课、专业基础课、专业课、实践课采用小班化授课,授课人数基本控制在45人以内。创新教学方法,推进启发式讲授、互动式交流、探究式讨论,加强学生对相关知识的理解,提高学生的创新能力、自主学习能力和综合素质。此外,在新生研讨课和部分专业基础课中注重学生创新思维和动手能力的培养,开展了“高空护蛋力学实践活动”“纸质结构设计大赛”“吸管结构设计大赛”等,真正做到理论与实践结合,见图2。

4. 学业评价

从知识、能力、素质等方面对学生进行学业评价,重视学生成长过程。依据“重视基础、挖掘深度、激发智慧”的原则,推行全过程学业评价,将实践课、研讨课表现,作业,平时测验等成绩计入最终成绩,主要考核学生灵活运用基本概念和基本理论的能力、分析和解决问题的综合能力,以及创新能力。

5. 教材建设

为推进教材建设,全面提升教材质量,发挥教材育人作用,课题组先后编写主干课程教材5部,分别为《钢筋混凝土结构原理与设计》《房屋建筑学》(2部)《土木工程概论》《建筑结构试验与检测》,并将其应用于本科教学中,效果良好。

6. 师资队伍建设

组建背景多元的高水平师资队伍。引入具备力学背景的教师,理工交叉;鼓励教师特别是青年

教师苦练教学基本功,研究线上线下等多种教学模式,并将成果应用于本科理论课程教学与实践教学环节;在众多产学研基地中选拔企业骨干进入教师团队,吉林大学土木工程专业的认识实习、教学实习、生产实习、工程造价、工程造价课程设计、毕业设计等均聘请合作企业的技术骨干承担部分教学任务,通过讲课、讲座、实践教学等方式增强学生理论联系实际的能力,促进工程型人才 and 学术型人才在学术思维和工程应用理念等方面的交叉渗透。



图2 “高空护蛋力学实践活动”“纸质结构设计大赛”“吸管结构设计大赛”

(二) 实践、竞赛、科研:多方式协同创新能力培养

1. 实践强能

构建“意识培养—技能训练—经验积累—能力整合”递进式实践教学体系,强化实践能力培养。在材料力学、弹性力学、结构力学授课过程中向学生介绍数值模拟软件 Ansys 的基本操作方法,利用软件对材料力学、弹性力学、结构力学问题和与之相关的工程问题进行模拟分析。基于教师科研成果和企业横向课题等设计大创项目、毕业设计等,将数值仿真技术与实践结合,建立立体化的实践手段和展示方法。与相关企业签约建立产学研基地,安排企业兼职教师进行指导,使学生实习中接触先进的设计施工方法和仪器设备。增设教学实习环节,全方位锻炼学生的综合素质,提高学生与企事业单位对接的能力。毕业设计成果接受甲级设计院总工审核,提高学生工程实践能力和行业适应能力。

2. 竞赛强驱

设置三模块“渐进式”专业梯度竞赛。基础理论模块:周培源大学生力学竞赛、数学建模;专业素养提升模块:大学生结构设计竞赛、混凝土材料设计大赛;综合能力检验模块:毕业设计竞赛、创新创业等。依据“以赛促学、以赛育人、以赛促建”的原则,形成“一个平台、二个结合、三项工作”的学科竞赛实践教学模式,在提高大学生学科竞赛实践教学质量方面取得了一定成效。

(1) 建设“一个平台”。

建设创新实验教学平台,学校“土木工程实验教学中心”2011年被吉林省教育厅确立为省级实验教学示范中心,为开展结构设计竞赛、混凝土材料设计大赛、创新创业等竞赛项目,提升竞赛水平

提供了良好平台。

(2) 实施“两个结合”。

学科竞赛与教学团队建设相结合。根据不同的竞赛项目,组建了混凝土材料设计大赛、创新创业大赛、大学生结构设计竞赛、周培源大学生力学竞赛等多个学科竞赛指导教师团队,由此提高了教师的教学水平、创新能力、组织协同能力,有力促进了专业教师团队建设。

学科竞赛与课程教学改革相结合。学科竞赛是高校课堂教学的有效补充和延伸,将竞赛的部分题目引入其中以提高课程内容的深度;将竞赛中的实践操作题目引入新生研讨课、材料力学、弹性力学等课程中,开展纸质结构设计大赛、吸管结构设计大赛等,做到理论与实践结合,培养学生创新思维、动手能力、团队协作能力、发现问题和解决问题的能力。

(3) 做好“三项工作”。

普及校级竞赛。学科竞赛是培养学生实践和创新能力的有效载体,是激发学生潜能的有效手段,应尽量拓宽学科竞赛覆盖面、受益面。吉林大学土木工程专业自成立以来,一直致力于引导学生积极参与各项学科竞赛,每届大学生结构设计竞赛和周培源大学生力学竞赛除了吸引土木工程、地质工程专业学生参赛外,还吸引了地球科学学部、工学部、农学部、信息科学学部的学生参与。

参加省级以上竞赛。每年吉林大学建设工程学院选派近百人次参加周培源大学生力学竞赛、大学生结构设计竞赛、土木工程专业毕业设计竞赛、混凝土材料设计大赛、数学建模及创新创业等省级以上学科竞赛,形成以校级竞赛为基础,省级、国家级竞赛为目标的多层次学科竞赛体系。

承办学科竞赛。积极申请承办校级、省级高水平学科竞赛,连续10年承办吉林大学大学生结构设计竞赛,参赛学生三千余人,承办了第五届吉林省大学生结构设计竞赛、2014年吉林省高校土木工程专业毕业设计竞赛、2016年建设工程学院混凝土材料设计大赛,既加强了与其他院校的交流,又扩大了学科影响力。

3. 科研强志

因材施教。针对不同年级学生,量身定制不同难度的科研实训方案。例如,将教师的最新科研项目或工程项目中的部分实验引入学生的专业实验中,设为开放性实验;将项目中的问题有选择性地设计为“大创”实验项目,以科研训练为出发点,促进学生多渠道、深入、持续参与科研课题等实践培养,用科研和工程实践来增加学生学习中的“代入感”。

(三) 思政:构建土木工程“多课程协同育人”机制

建立“门门课程有思政,教师人人讲育人”的土木工程多课程协同育人体系。实现价值引领、知识教育和能力培养的有机统一,培养学生成为德才兼备的创新型人才。

(1) 多课程育人体系。将“立德树人”融入土木工程专业基础课、专业课、课外活动等环节,构建以理想信念教育为内核,全面覆盖、类型丰富、层次递进、相互支撑的课程体系,使各类课程与思想政治理论课同向同行,形成协同效应,将“立德树人”落实在土木工程本科教育的全课程、全过程、全领域。

(2) 课程思政育人策略。灌输与渗透相结合、理论与实际相结合、历史与现实相结合、显性教育与隐性教育相结合、共性与个性相结合,使思政教育入耳入脑入心,激发家国情怀,强化社会责任感,培育工匠精神、进取精神和锲而不舍的态度。

(3)提升专业教师育人能力。深入理解课程思政内涵,明确育人根本任务;不断加强政治理论学习,提高个人思想政治素质;深入挖掘专业课程体系中的思政元素,丰富创新教学设计;关注时政热点,优选思政教育资源辅助专业教学;掌握学生思想动态,建立师生全程、实时良性互动机制,以德立身、以德立学、以德施教,为学生点亮理想的灯,照亮前行的路。

四、培养模式的推广应用效果

(一) 学生方面

通过“五位一体”人才培养模式,吉林大学土木工程专业培养出一大批综合素质高的创新型人才。近8年,有33人次获国家级竞赛奖(结构设计大赛9人次+周培源大学生力学竞赛24人次),126人次获省级竞赛奖(结构设计大赛42人次+周培源大学生力学竞赛49人次+毕业设计竞赛35人次),多次获国家级大创项目优秀项目。

土木工程专业本科生就业率在吉林大学名列前茅,其中40%左右的学生本科毕业后进入中建、龙湖、万科等国内知名企业;45%左右的学生保送或考取清华、同济、浙大、吉大等国内一流高校攻读硕士学位;10%左右的学生出国深造,进入斯坦福大学、哥伦比亚大学、伦敦大学、早稻田大学、筑波大学等国际知名大学。此外,多名学生考入同济、大连理工等知名高校的建筑学专业,实现了土木+建筑学的学科融合培养。

(二) 教师方面

教师教学水平与创新型人才培养密切相关,吉林大学土木工程专业一直致力于打造高素质、高水平、高技能的师资队伍,不断提升教师的创新教育研究水平。积极开展教师教学能力培训,充分激发教师提升自身水平的内生动力,鼓励教师结合学科建设需要,创新教学内容、教学方法。近10年教师个人及团队获教学相关国家级奖项3项(宝钢优秀教师奖、全国徐芝纶力学优秀教师奖、全国周培源大学生力学竞赛优秀指导教师奖),省级奖项3项(吉林省教学新秀、吉林省本科院校教师说课大赛一等奖、吉林省首届智慧课堂教学创新大赛二等奖),校级奖项10余项(吉林大学青年教师教学水平大赛一等奖1项、二等奖3项、三等奖2项,吉林大学首届智慧课堂教学创新大赛一等奖,吉林大学本科“课堂教学质量奖”“优秀奖”4项等)。编辑出版主干课教材5部,公开发表教学论文10余篇,建设本科生校级示范课程4门,建设网络课程5门,承担教学项目20余项,新建产学研示范基地2个,并在学院相关的产学研基地中选拔6名企业教师参与人才培养,采取“学校导师+企业导师”联合指导模式。基于土木工程专业全体教师及学生的不懈努力,吉林大学土木工程专业获评国家级一流本科专业建设点,土木工程实验教学中心获评省级实验教学中心。

五、结语

综上所述,通过“课程体系、训练体系、保障机制”集成土木工程“五位一体”创新人才培养要素及资源,培养符合科技发展和产业革命需求的德才兼备型创新人才。

1. 课程体系:建立多元立体化土木工程创新人才培养课程体系

以“夯实基础、强化实践、激励创新”为总体原则,优化重构以“新生研讨课→专业基础课→专业

模块课→创新实践”为主线的土木工程专业创新人才培养课程体系,并将“立德树人”融入专业基础课、专业课和课外活动,使各类课程与思想政治理论课同向同行,形成横向协同、纵向衔接效应。

2. 训练体系:建立实践教学与科研训练和学科竞赛相融合的“多层次、渐进式、多元协同”土木工程创新人才培养训练体系

依托开放性实验和“大创”实验项目建立横向职业能力训练与纵向专业能力训练相结合的“多层次”科研训练体系;设置“基础理论模块”“专业素养提升模块”“综合能力检验模块”渐进式专业梯度竞赛;与企业签约建立产学研基地,构建“多元协同”实践教学体系,构建“实践教学—学科竞赛—教师科研”的多层次、渐进式、多元协同土木工程创新人才训练体系。

3. 保障机制:建立“1主1补3支撑”土木工程创新人才培养保障机制

构建以校内高水平师资队伍为主,以企业师资为补充的师资结构,内外部优势资源有机结合保障创新人才培养的专业性和稳定性;构建企业支撑(产学研基地)、社会支撑(长春市规划展览馆、长春市水文化生态园、长春市政工研院伊通河中段治理工程等)、校友支撑相结合的外部智力和物质支撑,为创新人才培养奠定了物质基础。

吉林大学土木工程专业“五位一体”创新人才培养方案的实施,强化了学生创新思维的训练,提升了学生的综合素养,极大提高了土木类人才培养的有效性,是新工科建设深入推进与落实的有效探索。

参考文献:

- [1]刘坤,代玉,张志金,等.首批新工科研究与实践项目指南达成度评价及未来发展研判[J].高等工程教育研究,2021(1):31-38.
- [2]李周密,付玲,骆清铭,等.新工科工程科学创新人才培养特色及其启示——基于华中科技大学工程科学学院的实践[J].高等工程教育研究,2021(5):16-22.
- [3]吴雅琴.基于“本科生导师制”的“新工科”人才培养模式探究[J].中国大学教学,2021(8):8-11.
- [4]黄廷祝,黄艳,杨建宇.“科研育人”新工程教育:认识、思考与实践[J].中国大学教学,2021(7):33-39.
- [5]田华,刘德宝,韩婷.新工科背景下PjBL课程教学的设计与实施——以天津理工大学“工程材料及其成形前沿”课程为例[J].高等工程教育研究,2021(4):59-65.
- [6]袁煥鑫,杜新喜,郭耀杰.约翰·霍普金斯大学土木工程专业课程设置与教学分析[J].高等建筑教育,2020,29(1):102-109.
- [7]王卫东,蒋琦玮,何旭辉,等.基于中美土木工程专业课程体系比较的学生自主学习教育模式改革研究[J].高等工程教育研究,2020(6):156-161,175.
- [8]何蕊,栾英艳,高岱.基于BIM人才培养的土木工程课程体系改革研究[J].图学学报,2017,38(1):102-108.
- [9]徐利平,张建龙,肖汝诚.桥梁与建筑交叉课程建设和创新型工科人才培养[J].高等建筑教育,2021,30(4):70-76.
- [10]丁选明,陈志雄,仇文岗,等.产学研一体化土木工程创新人才培养研究[J].高等建筑教育,2021,30(3):30-36.
- [11]严涛,赵菊梅.新工科背景下复合型卓越工程师人才培养探索[J].大学教育,2021(4):133-135.
- [12]富海鹰,杨成,李丹妮,等.“三全育人”视角下工科课程思政实践探究[J].高等工程教育研究,2021(5):94-99,165.
- [13]吴丽丽,龙思晨,赵卫平,等.土木工程本科生全程导师制人才培养模式探索[J].山西建筑,2021,47(14):171-173.
- [14]Xue X Q, Lu J F. Training mode of innovative talents of civil engineering education based on TRIZ theory in China[J]. EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 2017, 13(7): 4301-4309.

Exploration and practice of “five-in-one” training mode for creative talents of civil engineering specialty in the context of emerging engineering education

LI Xiaolin, ZHU Shan, WANG Boxin, HU Zhongjun, YU Li, ZHOU Lincong

(College of Construction Engineering, Jilin University, Changchun 130026, P. R. China)

Abstract: Civil engineering specialty is a typical traditional engineering specialty, faces numerous problems under the background of emerging engineering education. These problems include backward education concepts, low classroom teaching effect, single innovative training methods, and unsound collaborative education mechanism of curriculum ideological and political education. The civil engineering specialty in Jilin University systematically designs “five-in-one” talent training mode integrating ideological and political education, courses, practices, competition, and scientific research under the guidance of triune education philosophy covering value shaping, ability training, and knowledge teaching, with the goal of cultivating creative talents in civil engineering meeting the demand for technological development and industrial revolution. A curriculum system is built based on the principles of laying a solid foundation, strengthening practices, and encouraging innovation and the content of the curriculum is set under the guidance of highlighting foundation, integrating with frontier fields, and focusing on engineering. Moreover, the specialty explores the teaching methods in a student-oriented way and promotes the cultivation of creative talents with both political integrity and professional competence through class teaching reform in multiple factors, multi-mode collaborative cultivation of innovative ability, and multi-course education.

Key words: emerging engineering education; talent training; civil engineering; teaching reform

(责任编辑 周沫)