

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2024.01.010

欢迎按以下格式引用:许月萍,赵羽习,许贤,等.土木、水利与交通工程专业“五强一化”课程体系探索与实践[J].高等建筑教育,2024,33(1):76-84.

# 土木、水利与交通工程专业“五强一化”课程体系探索与实践

许月萍,赵羽习,许贤,夏晋,路琳琳

(浙江大学建筑工程学院,浙江杭州 310058)

**摘要:**基于新工科背景下的高素质复合型和管理型人才培养已经成为土建类专业的目标需求,培养体系中课程的迭代更新则是其中的关键。以浙江大学建筑工程学院土木、水利与交通工程新工科专业为例,结合新时代发展和新工科建设的实际需求,创新性地提出“土水交融通”的先进教育理念,构建了土木、水利与交通工程专业以强智能和强实践为核心的“五强一化”课程新体系,探讨了土木、水利与交通工程专业在创新与实践、前沿与智能化两个方面的改革和实践经验。“五强一化”课程新体系实现了大土木融通的培养模式,开辟了土建类本科人才培养改革的新方向,可为高校开展新工科专业建设和人才培养提供参考。

**关键词:**土水交融通;“五强一化”;强智能;强实践;新工科

中图分类号:TU-4

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2024)01-0076-09

当前百年未有之大变局背景之下,我国知识生产模式正朝多元性、网络性与耦合性发展方向快速迈进,对创新人才的培养提出了“厚基础、宽口径、专业化、创新型”的新要求。2021年4月19日,习近平总书记在清华大学考察时强调:要加强基础学科培养能力,打破学科专业壁垒,对现有学科专业体系进行调整升级,瞄准科技前沿和关键领域,推进新工科、新医科、新农科、新文科建设,加快培养紧缺人才。为了培养引领未来技术和产业发展的优秀人才,教育部在2017年开始通过一系列的政策和措施积极推进新工科建设<sup>[1-3]</sup>。随着新工科的快速建设,一批崭新的高等工程教育形态已经形成<sup>[4-8]</sup>。

根据20世纪70年代苏联教育家巴班斯基提出的教学过程最优化理论<sup>[9]</sup>,教学设计应从系统论角度出发,运用系统观点对整体教学过程的有机组成部分和要素进行整体优化<sup>[10]</sup>,包括教学内容的最优化和教学方法的最优化,这为新工科的课程体系设计提供了理论支撑。关于教育理论与实

修回日期:2023-12-01

**基金项目:**浙江省高等教育“十四五”教学改革项目“新工科办学示范区促进人才培养的改革与实践”;浙江省课程思政教学项目“水科学与工程模块课程思政体系建设与实践”;浙江大学建筑工程学院重点教改项目“基于结构设计竞赛3.0版的教学改革与实践”

**作者简介:**许月萍(1975—),女,浙江大学建筑工程学院教授,博士,主要从事水灾害研究,(E-mail)yuepingxu@zju.edu.cn。

践关系的基本认识,卡尔(Carr, W.)认为:“理论与实践是相互构成的,而且是辩证相关的”<sup>[11]</sup>。因此不仅需结合教学理论内容,还需从实际教学情况出发,探讨新背景下的课程体系构建和教育方式更新。随着新兴智能技术的不断发展,如计算机科学、神经科学等为高等教育课程体系的构建提供了新的理论基础和发展方向,丰富了课程教育体系,实现了更好地将理论与实践应用相结合。

自2018年开始,面向国家重大战略和经济社会发展需求,浙江大学立足学科专业一体化建设,以高水平学科为支撑、宽口径培养为导向<sup>[5]</sup>,主动优化本科专业布局,实施一流专业综合改革,升级优势专业、迭代低效专业、布局新兴专业,共撤销合并本科专业共计37个。结合浙江大学专业优化之后的新工科建设现状,本文重点探讨了浙江大学建筑工程学院优化之后的新专业——土木、水利与交通工程(以下简称“土水交工程”专业),通过以强智能、强实践为核心的“五强一化”课程新体系<sup>[12]</sup>探索和实践,可为新工科土建类专业的建设和人才培养提供一定的参考建议。

## 一、传统土建类专业课程体系主要教学问题

浙江大学建筑工程学院历时10余年,经过广泛调研与实践,积极探索大土木的跨学科复合型人才培养体系,依托学院多专业优势,首次提出了“土水交融通”培养理念。结合学校“双一流”建设高校的定位和责任,将原土木工程、水利水电工程和交通工程三个本科专业进行了合并与优化,新开设了土水交工程专业。2020年土水交工程专业获教育部审批通过,同年被认定为教育部新工科研究与实践项目。经过3—4年时间的建设,土水交工程专业在“宽口径、厚基础”“土水交融通”培养和本(硕)博一贯制课程体系等方面取得了显著的成效。在这一过程中,基于原土木工程、水利水电工程和交通工程三个专业的新课程体系构建与持续优化是土水交新工科人才培养的核心。

原有的土木工程、水利水电工程和交通工程三个专业是为学生接受单一专业的训练而建立,是全国土木、水利与交通工程学科本科人才培养的普遍模式。根据行业划分的专业设置与人才培养模式,在一定程度上人为割裂了土木、水利与交通工程领域之间的关联与交叉,限制了学生综合性、系统性和交叉创新性思维能力的培养。随着全球化进程加速,人类命运共同体和环境可持续性发展要求日益突出,对综合性复合型人才的需求比以往任何时期更加迫切,“一带一路”“新型城镇化”“交通强国”等国家倡议与重大战略的实施对土建类综合性人才需求越发凸显。

传统土建类专业课程体系存在的主要教学问题如下。

### (一)“水土不合”,知识结构单一

在国家城镇化快速发展,土建行业“高、大、深”和绿色生态等发展理念指导下,迫切需要多专业交叉的跨学科复合型和创新型人才。然而,目前土建类不同学科间存在巨大的壁垒,缺乏足够的关联与融通,难以适应国家重大基础设施建设的行业综合素质人才培养需要。学科划分过细给土建类人才的培养带来了局限性,土建类学科融合不够,造成“水土不合”“水土不服”“交通不通”等现象。譬如,隧道虽然是土木、水利、交通工程等行业领域的重要工程结构,但隧道只与桥梁一起列入土木工程学科中的二级学科,而道路与铁道工程是交通运输工程学科中的二级学科,导致“路桥隧”分在两个学科。

### (二)知识结构陈旧,智能化课程建设不足

土木、水利与交通工程行业虽然是我国国民经济支柱之一,但存在发展模式粗放、知识结构陈旧、智能化水平较低等问题。世界正在快速进入以信息产业为主导的经济发展时期,需要把握数字

化、网络化和智能化融合发展的契机。同时,“一带一路”“长三角一体化”“交通强国”等国家倡议和重大战略部署,也给传统土建行业提出了更高的要求,大土木复合型和领导型人才的培养对传统土木工程的知识结构也提出了新的挑战,尤其新工科建设对人工智能、大数据和互联网等需求越来越高。然而,传统专业课程存在知识结构陈旧、智能化课程设置还不够等问题突出。

### (三) 专业创新实践能力不足

随着土木工程、水利工程和交通工程三大专业优化成土水交工程专业之后,学院原有的实训实践平台、实践课程等则展露出较大的局限性。专业优化前的实训实践平台较为单一,尽管专业性很强,但仅针对土木工程、水利工程和交通工程三个专业开设了各自的实践平台,课程体系缺少创新性设计类课程,不符合新工科对大土木专业的新要求。另外,课程体系中的第三、四课堂形式通常比较单一,缺少足够的数字化实践环节,使得新专业的实践能力严重不足。为适应土建类行业的变革与转型,创新能力正成为土建类专业学生越来越重要的能力培养目标<sup>[13]</sup>。

## 二、构建“五强一化”新课程体系

为解决前述教学问题,建筑工程学院在“土水交融通”“大土木”等先进教育理念引领下,积极构建以目标为导向的教学体系、以问题为导向的创新实践能力实践体系,共同致力于建设土建类卓越人才“贯通”和“融合”的立体式培养体系。“土水交融通”在课程体系上的融通主要体现为两个方面:一是专业课程上针对土木工程、水利工程和交通工程核心知识点进行融通,如工程经济、工程导论、施工管理等课程在讲授中同时包含三个专业的核心知识点;二是鼓励学生选择“双模块”进行专业方向上的知识学习,而不仅仅限于2个学分的模块外课程。

另外,专业优化时对标国际一流,注重“通、专、跨和国际化”,构建了以强智能、强实践为核心的“五强一化”课程体系,如图1所示,以服务于新工科土建类卓越人才培养。

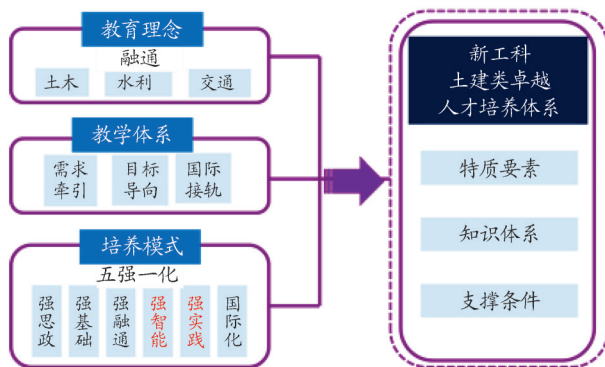


图1 践行“土水交融通”先进教育理念

新构建的“五强一化”课程体系突出强智能、强实践的人才培养理念,兼顾强思政、强基础、强融通和国际化。其课程体系与课程内容优化的具体实施路径主要包括:1)突破专业瓶颈,推进顶层设计与知识结构优化;2)打通学科壁垒,建立院—基层教学组织—系—课程组四级联动机制;3)加强组织实施,促进新工科教材建设与实践平台创新;4)突显新工科建设特点,打造智能与前沿新课程;5)整合优质资源,深入推进高水平国际化人才培养。

### (一) 新“五强一化”课程体系

土水交工程专业“五强一化”课程体系如图2所示。“强思政”,即通过引入土水交工程专业课程

的思政元素,强化学科高端人才和教学名师的全程思政引领作用;“强基础”“强智能”,即在课程体系中进一步夯实数理化和专业基础,强化AI、大数据和云计算等信息化和智能化课程;“强融通”,即前述专业课程融通和“双模块”教育;“国际化”,即加强国际化模块课程建设,经认定的国际化环节包括海外实践、全英文课程、联合毕业设计、联合培养项目和海外课程;“强实践”,即专题设计、创造性设计和第三、四课堂教学等,增强学生在创新性和数字实践方面的能力。科教协同,促进“课堂教学—基础科研—工程实践”全链条培养,构建“纵横贯通”“基础强化”“交叉前沿”“思政引领”和“强国际化”的立体化培养体系。

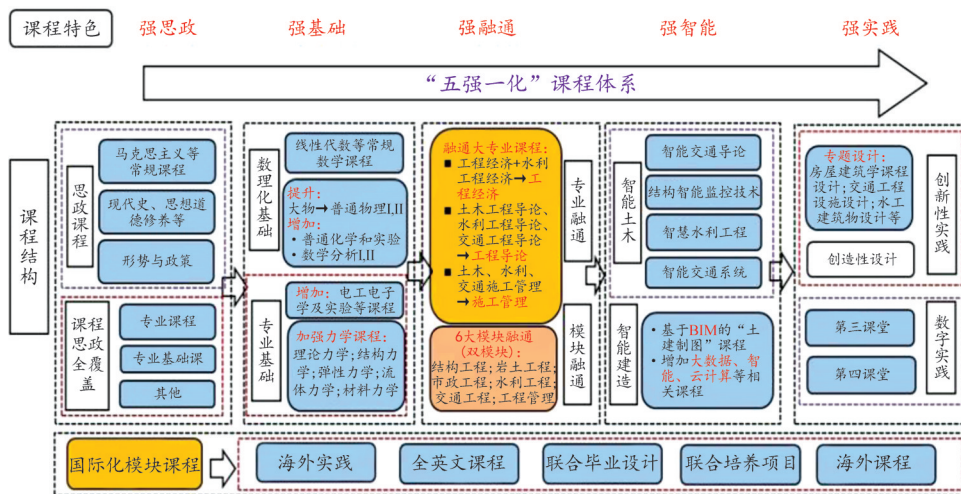


图2 土木、水利与交通工程专业“五强一化”课体系

“五强一化”课程体系的构建兼具概念性、原理性、逻辑性和系统性等特质,推动了专业高质量教育体系的建设,对“新工科课程体系应该是什么”“什么是更好的新工科教育”进行了尝试性的解答,帮助改变教育者们对既有教育图景的认知,尝试建构了一种新的教育图景,对“什么应该是更好的教育”进行评估与指引,促进学科间视野的融合,深化高质量教育体系的建设。

## (二) 前沿与智能化

针对土木工程、水利工程和交通工程原有课程体系的不足,学院专门开设了体现环境持续性和土木、水利与交通学科新专业知识前瞻性、智能化、信息化的全新课程,及时提升智能化、可持续等前沿知识在专业课程体系中的比例。同时,在授课过程中融入智能化手段,授课内容中融入可持续理念。经讨论研究,在优化后的土水交工程专业课程体系中新增前沿和人工智能等新课程,以建立学生智能化、可持续和学科前沿相关知识体系。同时,增加专业核心课程中信息技术和人工智能等相关知识点,以丰富新工科建设的内涵。

以钢筋混凝土结构课程为例,主讲教师在教学中积极采用新技术和新方法,如通过虚拟仿真试验技术可以提高教学效果,培养学生的工程思维与实践能力,实现理论知识的综合应用,弥补实验条件限制,降低教学成本等。浙江大学国家级土建类虚拟仿真实验教学中心通过钢筋混凝土结构受力破坏虚拟仿真实验平台建设,使学生可以直观观察混凝土结构在荷载作用下的变形、断裂过程,理解相关理论知识,提高了学生的学习效果。同时,在虚拟仿真试验中可以模拟复杂的工程场景,成为学生进行课程设计与创新实验的重要工具。学生在虚拟环境中进行方案设计、参数优化

等,可以理清解决实际工程问题的思路,进而培养工程创新思维。另外,虚拟仿真技术作为新技术范畴,如图3和图4所示,在教学过程中应用虚拟仿真试验平台,可以让学生直接体验新技术在工程中的运用情况,进而熟练使用相关软件或设施。



图3 浙江大学钢筋混凝土结构受力破坏虚拟仿真实验平台



图4 学院综合性实训平台

结合新工科背景下钢筋混凝土结构的发展方向,主讲教师在钢筋混凝土结构基本原理课程教学中讲解新思维、新方法与新技术,如BIM技术、智能结构、智能建造技术与方法等,通过在课程中引入计算机应用与仿真技术,采用结构优化算法和仿真软件进行结构布置、截面选择等方案的优化计算和分析,有助于培养学生的计算机应用和优化设计能力。通过介绍混凝土结构的智能监测技术,将结构性能计算与监测技术相结合,让学生理解结构监测技术如何检验结构力学行为,以培养学生的创新精神和实践能力。注入绿色、节能与可回收利用等新理念,让学生了解可持续发展在工程实践中的重要性,培养学生的可持续发展意识。在混凝土结构课程教学中,加强理论与技术的融合、传统知识与新技术的结合、知识学习与工程实践的关联,推动专业教育发展,培育未来工程技术领域亟需复合型人才。

### (三) 创新与实践改革

为提高学生的创新实践能力,新专业扎根学院优质竞赛土壤(如全国大学生结构设计竞赛<sup>[14]</sup>、

美国土木工程竞赛等),充分发挥科研竞赛获奖在本科生推免和评奖评优等环节中的加成机制,鼓励学生积极参加国家级、省部级和院级科研竞赛。同时,将竞赛作为知识实践与拼搏竞技相辅相成的第二课堂,使学生能够贯通知识、开阔视野、聚焦前沿、拓展思路、积累实践和协同团队,实现自我综合素质的全面提升。

依托国家一级重点学科资源优势,学院着力搭建了基础实验、实践基地和交叉科研一体化的创新实践平台,通过一三四课堂贯通式开展实践教育。结合港珠澳大桥、大兴机场、鸟巢等国家重大工程实践,依托超重力离心模拟与实验装置国家重大科技基础设施等重大平台,切实提升学生的创新实践能力。目前,学院建有七大创新实训平台和卓越工程培养与创新实践基地,聚焦绿色建筑技术、防灾减灾、装配式建筑、智慧城市、地下空间、建筑信息化和智能结构与材料等方向,建筑信息化实训平台弥补了传统实训实践平台不足。学院建设的超重力离心模拟与实验装置,可模拟从瞬态到万年时间尺度、从原子级到千米级空间尺度、从常温常压到高温高压等多相介质物质运动的实验环境,配有边坡与高坝实验舱、岩土地震工程实验舱、地质过程实验舱、深海工程实验舱和深地工程与环境实验舱,不仅是教师从事土木、水利与交通工程行业科研的优质平台,也为土水交工程专业的学生提供了良好的科研实践平台。

为培养学生的创新、数字化等综合能力,学院开展了创新性实践课程建设,包括土水交专题设计课程、创新性课程等。同时,在第三课堂、第四课堂中开展了数字化实践教育。譬如,学院开设了创造性设计课程,成功申请了省级高等教育教学改革项目,教改项目相关成果反映在省级教学成果一等奖“面向重大工程建设需求的土木工程卓越人才培养体系与实践”中,课程同时入选省级一流课程。创造性设计课程的核心是创新与合作,要求学生在规定的时间内运用创造性思维完成一项创新设计任务,并根据设计方案制作模型,最后进行项目汇报与展示<sup>[15]</sup>。在此过程中可培养学生的创新能力、决策能力、表达能力,以及团队合作过程中的沟通理解、交流与合作的能力,使学生的能力获得综合提升。课堂教学模式改变了“教师讲—学生听”的传统授课方法,采用启发式、开放式、研讨式等多种形式,通过方案设计、模型制作、汇报交流、作品评价等环节,让学生在教学过程中拥有学习课程的主导权。

创造性设计课程的设计主题主要围绕土水交工程新专业展开,给学生留下足够的放飞思想空间,鼓励学生放眼未来进行大胆设想。同时,结合工程实际情况实现项目的创新与突破,让学生在对专业知识的理解和应用中开创发展、推陈出新。设计主题有较强的综合性和前沿性,有利于促进学生跨土水交工程专业进行学习,拓宽自身知识面,锻炼学生的全局把控和细节处理能力。如图5所示,创造性设计课程在2020年的设计主题为“人工智能与土木工程”,要求学生设计团队将人工智能和土木工程两个学科相结合,创想未来人工智能化的土木工程。以此为基础,学生需综合考虑经济、环境、文化等多种因素,选择一处合适的地址,设计一个智能化的土木工程建筑(建筑功能不限),并给出工程设计、施工、管理、养护等阶段中一个或多个阶段的人工智能化方案。2021年创造性设计课程的设计主题为“零碳主题公园”,要求学生团队选取零碳主题公园作为设计对象,深入考虑功能分区(如生态游览、康体健身、碳汇科普、互动体验、文化娱乐等)、地势地貌、水资源、可再生能源应用、新型低碳技术、先进科学技术(如数字化、智能化)等设计信息,围绕碳循环与“碳中和”理念来确定所设计的主题。

复合型人才的培养对于实践性很强的土木工程、水利工程与交通工程专业而言尤为重要。创造性设计课程通过结合智能、绿色低碳等设计主题教学,可充分培养学生的创意创新和创造能力,

提高学生的创新实践能力。

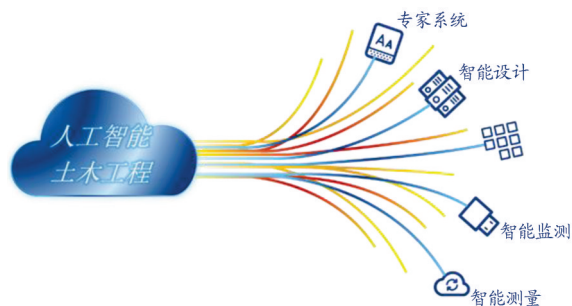


图5 创造性设计课程主题之一:人工智能与土木工程

### 三、改革与实践成效

通过改革与实践,学院土水交工程专业已经建立了较为完善的“五强一化”课程体系,基于“土水交融通”的复合型和创新型人才培养理念也在土建类本科生培养中成效凸显。

目前,在专业优化和课程体系优化过程中,学院对材料力学、钢结构设计原理、钢筋混凝土结构基本原理、工程经济等14门专业核心课程进行了土木、水利与交通工程知识点融合,打破了专业界限,通过融通课程内容,补充了共性知识和拓展了知识范围,并以实际工程案例等为导向对课程内容进行了重新编排。具体成效上,荣获国家级土建类虚拟仿真实验教学中心新立项项目4项;4门虚拟仿真实验课程顺利通过省级“十三五”高校虚拟仿真实验教学项目验收;校外实践教育基地获批省级大学生校外实践教育基地立项。依托土水交课程体系优化,获得了一批国家级和省级新工科研究与实践项目立项,增开了多门人工智能和前沿性课程,包括土木工程工业化、土木工程信息化、智能建造、智慧水利工程、结构智能监控技术、交通规划、给水排水管网系统、运筹学、国际工程管理等课程,在个性修读课程中增开了混凝土结构及组合结构最新研究进展、超重力试验原理与实践等前沿性课程,并对工程抗震、钢筋混凝土结构基本原理、工程水文学等多门传统课程进行了智能化内容革新。另外,《大跨空间结构》等14部教材获批住房和城乡建设部高等教育职业教育住房和城乡建设领域学科专业“十四五”规划教材;智能建造管理与技术等5部新工科教材获省级普通本科高校“十四五”首批新工科、新医科、新农科、新文科重点教材建设项目,新工科课程和教材建设成效显著。

以土水交工程专业交叉融通为手段,以“五强一化”课程体系优化为抓手,学院土建类人才培养成效显著,学生综合学术素养、科研能力和实践能力等均获得了显著提升。譬如,通过全国大学生结构设计、美国土木工程竞赛等学生竞赛和创新性设计等课程训练,极大地锻炼了土建类学生的创新创造能力。图6所示为学生参与创造性设计课程的部分模型照片。

### 四、结语

培养德智体美劳全面发展、具有全球竞争力的高素质复合型新工科人才是土建类新工科建设的目的。面对“一带一路”国家倡议、“长三角一体化”“交通强国”等重大战略需求,以及人工智能、云计算、大数据等颠覆性技术带来的各种机遇和挑战,积极主动探索新工科教育的创新模式成为全

国高校科研教学工作当务之急。本文介绍了新形势下传统土建类课程体系存在的主要教学问题,针对这些教学问题介绍了浙江大学专业优化后的土水交工程新专业“五强一化”课程体系,并以强智能、强实践为核心阐述了新工科课程建设、综合性实践性平台建设、创新性课程开设的部分改革和实践经验,可为我国高校开展新工科专业建设和人才培养提供了新思路 and 参考建议。目前,“五强一化”课程体系已经过3-4年的实践检验,未来该课程体系在国际化人才培养、专业协同实践平台建设和思政内容方面的建设还需要进一步加强。另外,受学校培养方案中的学分限制,课程体系中新增的前沿和智能课程设置尚需进一步完善。



图6 土水交工程专业学生参与创造性设计课程的部分模型照片

#### 参考文献:

- [1] 钟登华. 新工科建设的内涵与行动[J]. 高等工程教育研究, 2017(3):1-6.
- [2] 马会环. 新工科背景下信息化技术在创新型人才培养中的运用——以土木、水利与海洋工程专业为例[J]. 教育教学论坛, 2022(42):6-9.
- [3] 中华人民共和国教育部. 关于公布2020年度国家级和省级一流本科专业建设点名单的通知(教高厅函[2021]7号)[Z]. 2021.
- [4] 孙峻. “新工科”土木工程人才创新能力培养[J]. 高等建筑教育, 2018, 27(2):8-12.
- [5] 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.
- [6] 李克非, 张建民, 方东平, 等. 土木、水利与海洋工程: 大土木类本科宽口径培养模式探索与实践[J]. 高等工程教育研究, 2022(3):46-51.
- [7] 王文君, 肖建辉, 黎冬明, 等. 新工科和工程认证背景下工科专业建设探索[J]. 教育教学论坛, 2023(2):7-10.
- [8] 孙庆巍, 高辉, 张童, 等. 新工科背景下智能建造专业课程体系建设研究与构建[J]. 高教学刊, 2023(2):118-121.
- [9] [苏]巴班斯基, 著. 论教学过程最优化[M]. 吴文侃等译. 北京: 教育科学出版社, 1982.
- [10] 严继昌. 教育创新发展背景下高校继续教育的战略转型[J]. 开放学习研究, 2016(3):1-8.
- [11] [英]卡尔. 教育理论与教育实践的原理. [G]//瞿葆奎. 教育学文集: 教育与教育学[M]. 郭元祥, 沈剑平, 译. 北京: 人民教育出版社, 1993:558-569.
- [12] 浙江大学建筑工程学院. 2023级土木、水利与交通工程本科培养方案[N/OL]. [2023-08-18] <https://ugrs.zju.edu.cn/>



\_upload/article/files/9f/4c/2b5b775c417aa270ba7a069a9685/b3dd63bc-bb33-490d-b7d8-bd4ab8f5ee33.pdf.

- [13] 蒲武川,谷倩,冯仲仁. 以创新思维训练提升土木工程专业学生创新能力[J]. 高等建筑教育 2019,28(6):20-25.
- [14] 李涛,郑七振,彭斌,等. 结构设计竞赛促进土木工程专业大学生创新思维训练和创新能力培养[J]. 科技资讯,2021,19(36):95-99.
- [15] 赵羽习,段元锋,李育超. 创造性设计:创新型课程的探索与实践[M]. 杭州:浙江大学出版社,2020.

## Exploration and practice of “five-strengths and one-internationalization” curriculum system for civil, hydraulic and transportation engineering major

XU Yueping, ZHAO Yuxi, XU Xian, XIA Jin, LU Linlin

(College of Civil Engineering and Architecture, Zhejiang University, Hangzhou 310058, P. R. China)

**Abstract:** Based on the background of new engineering disciplines, high-quality composite and management talent training has become the target demand for the cultivation of civil engineering students, while the iterative updating of the curriculum in the cultivation system is the key. Taking the new engineering disciplines of civil, hydraulic and transportation engineering in the College of Civil Engineering and Architecture of Zhejiang University as an example, combining with the development of the new era and the actual needs of new engineering disciplines, we innovatively puts forward an advanced education concept of integration of civil, hydraulic and transportation engineering. And we constructs a new curriculum system of “five-strengths and one-internationalization” for the majors of civil, hydraulic and transportation engineering, which is centered on the core of strong intelligence and strong practice. We explores some reforms and practical experiences of civil, hydraulic and transportation engineering majors in two aspects of innovation and practice, frontier and intelligence. The new curriculum system of “five-strengths and one-internationalization” realizes the training mode of whole civil engineering integration, opens up a new direction of civil engineering undergraduate talent training reform. It can provide reference for universities to carry out construction of new engineering disciplines and talent cultivation.

**Key words:** integration of civil, hydraulic and transportation engineering; “five-strengths and one-internationalization”; strong intelligence; strong practice; new engineering disciplines

(责任编辑 崔守奎)