

面向工程创客教育的工程训练 多维新形态数字化

徐建安¹ 李欣¹ 肖钢¹ 黄平²

1. 哈尔滨工程大学机电工程学院

2. 哈尔滨工程大学智能科学与工程学院, 哈尔滨 150001

摘要: 在高等教育数字化转型的宏大背景下, 本研究立足于“传承与发展、跨界与整合、协同与共享”的时代特征, 紧扣实践课程的特质, 融合新工科建设与工程创客教育的人才培养目标, 统筹专业深度与国际广度, 系统推进工程训练课程资源的数字化建设与实践, 构建了“载体+慕课+教材+案例+虚拟仿真+平台”的多维立体化数字资源体系。为高等教育实践教学数字化转型提供可参考的范例, 也为工程创客教育的数字化建设与发展提供可借鉴的“工程范式”。

关键词: 工程创客教育; 数字化转型; 课程资源; 工程训练

引言

高等教育数字化转型是面向数字经济时代和高等教育普及化新常态的战略回应^[1]。全球范围内, 各国政府与国际组织正加速推进教育数字化领域的探索与改革进程。2022 年 8 月, 时任教育部高等教育司司长吴岩同志在接受《瞭望》新闻周刊专访时强调: “高等教育数字化绝非一般性策略选择, 而是关乎高等教育高质量发展的战略性议题, 是实现从学习革命到质量革命, 最终达成高等教育高质量发展的关键突破口和创新路径。”他指出, 以数字化转型驱动高等教育变革, 直接关系到我国能否在新一轮国际高等教育竞争中抢占先机、占据优势地位、掌握话语权和扩大影响力; 关系到中国高等教育能否实现从全面并跑向关键领域领跑的战略性跨越; 更关系到我国高等教育体系能否切实适应普及化阶段的发展需求。这充分表明, 推进高等教育数字化已成为未来高等教育可持续发展的必然选择和明确方向。

本文在深入开展教育数字化战略行动的时代大背景下, 以高等教育典型的实践类系列课程《工程训练》为载体, 探究实践类课程资

源数字化建设的实施路径, 以建设特色鲜明的新工科多维新形态课程数字化资源为目标, 综合运用数字驱动、信息技术和“智能+”技术, 为高等教育实践教学数字化转型提供可参考的范例, 催生高等教育实践教学新生态。同时, 通过智慧教学平台为所有学习者提供终身学习的机会, 使新工科优质教学资源成为现实, 赋能创新型人才培养。全面推动工程创客教育体系的全方位、深层次的重构和革新。

2 国内外数字化转型研究动态

近年来, 教育数字化已成为全球主要国家的战略重点, 被纳入各国数字化发展的核心议程。作为教育数字化的先行者, 美国持续强化技术在教育领域的深度应用, 已系统实施五轮国家教育技术规划, 并发布了具有前瞻性的《2022 地平线报告: 教与学版》等纲领性文件。英国则聚焦学习空间的重构、教学模式的多元化创新以及数据安全的多重保障体系建设。新加坡将提升教师数字素养、推进数字化课程改革、实施数字评估作为重点突破方向。韩国致力于构建数字化教育平台, 通过数字化手段提升教学效能, 强化数字评价能力建设。我国也

将教育信息化和数字化战略置于重要地位,自2012年起相继出台多项政策文件,包括发展规划、行动计划、信息化专项规划等,为教育数字化实践提供了系统的顶层设计和实施路径。2022年,在教育部高等教育司的主导下,全球首份《无限的可能——世界高等教育数字化发展报告》正式发布。该报告创新性地将高等教育数字化发展历程划分为三个递进阶段:转化阶段、转型阶段和智慧阶段。基于这一划分标准,我国高等教育数字化已基本完成转化阶段的任务,正稳步向转型阶段迈进。

国际组织层面同样将教育数字化转型置于战略优先地位,积极倡导并大力推进数字时代教育体系的革新与重构。2015年,联合国在《2030年可持续发展议程》中明确提出教育领域的可持续发展目标,旨在构建优质、公平的教育体系,扩大全民教育机会。在第三届全球高等教育大会上,与会各方达成共识,强调高等教育改革与重塑是实现可持续发展目标的必然要求。2022年在北京召开的世界慕课与在线教育大会,以“教育数字化引领未来”为主题,从全球教育共同体视角出发,系统总结了各国政府与国际组织在高等教育数字化领域的实践探索,凝聚发展共识,研判数字化行动趋势,直面现实挑战,并发布了具有里程碑意义的高等教育数字化发展全球倡议。

在数字化课程资源建设领域,全球范围内呈现出多元化发展态势,混合式教学模式已成为主流趋势。各国积极探索线上线下融合的教学创新路径,致力于通过高质量混合教学推进教育现代化进程。美国在在线教育领域率先布局,相继打造了edX、Coursera和Udacity三大慕课平台,构建了全球领先的在线教育生态系统。德国自2021年起启动国家教育平台(NDP)建设项目,着力整合现有及新兴平台资源,旨在打造统一的国家级数字化教育枢纽。韩国则推出了官方慕课平台K-MOOC,汇聚国内顶尖高校优质课程资源,为学习者提供高水

平的在线学习机会。据Class Central全球在线课程排行榜数据显示,目前全球(不含中国)已有超过2.2亿学习者、950余所高校参与慕课建设,在线课程总量突破19,400门,形成了覆盖广泛、内容丰富的全球数字化学习网络。与此同时,欧洲慕课联盟携手美国多个州,正积极推进微证书的试点项目、评估体系及颁发流程,并致力于构建微证书的质量保障体系。

我国慕课建设呈现跨越式发展态势,已形成全球最大的在线教育服务体系。“国家高等教育智慧教育平台”作为核心载体,汇聚2.7万门优质课程,吸引了逾1300万国际用户注册学习。教育部大力推进“虚拟教研室”建设,建成600余个高校虚拟教研室,构建起覆盖全国高校教师的网络研修共同体。截至目前,我国慕课总量突破6万门,累计学习人次超过10亿,创造了全球在线教育发展的“中国速度”。2020年,高校在线开放课程联盟联席会正式成立,推动中国慕课走向国际舞台,各平台国际版已上线近千门多语种课程,涵盖14种语言,服务67万海外学习者。同时,通过实施“慕课西部行计划”,为725所西部高校提供17万门慕课资源和定制化教学服务,有效缩小了区域数字教育鸿沟,促进了教育公平与均衡发展。

具体到国内高等教育实践教学的数字化升级和改造方面,很多高校陆续开展了工程训练课程数字化建设的相关科学研究和实践探索^[2]。我国的多所高校,包括浙江大学、哈尔滨工业大学、河北工业大学、南京航空航天大学以及大连理工大学等,已经相继在诸如中国大学慕课、爱课程等智能教育平台上推出了工程训练系列在线课程。推出了教材、课件、习题库等数字化资源^[3]。从目前的资源建设情况来看,大部分的课程资源以单个技术知识点阵列展开并串联编排章节,缺乏符合新工科建设理念,以多学科交叉、多技术集成的综合性训

练项目为主线串联知识点的结构设计。数字化资源的种类、形式、应用场景等都有待进一步丰富。面对新工科建设的新形势、新任务、新要求^[4]，以数字化转型为主要方向的课程资源建设与改革亟需系统开展并深入研究与实践。

3 总体研究框架

本文针对目前工程训练课程在数字化建设方面存在的系统性不够、前沿性不足和学科交叉性不强等现实问题，在充分考虑新工科建设和工程创客教育人才培养目标的基础上，我们还需兼顾专业化视角和国际化视野，全面推动对课程内容和知识体系的重构重塑。我们从“研发综合性教学载体、重塑多模块教学内容、建设新形态双语教材、打造五育融合案例库、设计虚拟仿真项目和课程资源集成与共享”六个方面逐层深入开展课程资源的数字化建设与升级，形成“载体+慕课+教材+案例+虚仿+平台”的多维新形态数字化资源库。完善国家级实验教学中心网站、公众号等数字化信息平台，利用专业的智慧教学平台进行资源的集成、发布和共享。构建“线上+线下、理论+实践、课内+课外、虚拟+现实”的教学过程，通过教学信息反馈机制形成课程资源建设持续优化的良性循环。最终实现提高实践教学质量，促进工程创客教育高质量发展，催生工程创客教育新生态的目标。

4 具体实施路径

4.1 研发综合性教学载体

基于新工科人才培养的能力要求，对标工程创客教育“开展基于项目导引的通识类课程改革以及跨院系跨学科创客能力协同培养”^[5]的目标要求，对基础工程训练项目进行深度改造和全面升级，合并原始车钳铣等独立单元，设计开发以“智能航行船模”、“无人潜器模型”为代表的高阶训练载体，整合机械工程、电子技术、自动控制、信息技术等多学科知识与工艺方法，构建复杂工程问题解决模型，围

绕训练载体的设计与制作开发实训课程体系及相关知识图谱。在课程实施过程中，与智能工程学院、船舶与海洋工程学院等院系开展跨学科合作，协同开发教学资源，为工程创客人才培养提供有力支撑。同时，紧密对接“中国大学生工程实践与创新大赛”和“全国海洋航行器设计与制作大赛”等学科竞赛要求，深入推进课程与竞赛的有机融合。通过将部分优秀参赛作品转化为教学案例，创新性地实践“以课程支撑竞赛、以竞赛促进训练”的教学理念，实现课赛协同育人。

4.2 重塑多模块教学内容

在教学内容上，我们打破以往单一技术点串联的逻辑结构，重构知识体系，形成“工程训练导论-工程实践训练-工程综合创新”三段式逐层递进的课程体系，构建突出综合创新能力培养的“基础训练-进阶训练”的进阶式实训方案。围绕综合性载体构建知识图谱，增加多学科知识的关联度。打通设计（创意）、技术（创新）和商业（创业）的学科壁垒，有效落实跨学科工程创客教育模式。同时，我们与西门子、固高等企业建立联合实验室，建设“数字化智能制造创新中心”，开发基于职业角色和工业场景下的“智能装配+智能制造”数字化工程实训内容，构建集工业机器人控制、现代工业软件编程、增材制造技术应用于一体的全流程智能工程训练，增强课程的前沿性。

4.3 建设新形态双语教材

在教材的修订过程中，我们秉承“学生为核心、学习成果为导向、促进自主学习”的教育理念，增设了以综合性实训单元为内容的章节，并配备了微课视频、动画展示、虚拟仿真等数字化教学资源。同时，我们注重引入反应产业发展前沿的新技术、新工艺、新规范和新标准等相关内容。为实现知识传授、能力培养与价值塑造的有机统一，我们创新性地将思政教育、工程伦理、创新思维、劳动教育、美育

熏陶等元素融入实践教学，通过精选案例、优化设计，促进德智体美劳“五育”与实践教学的深度协同。同时，针对我校南安普顿联合学院的办学特色，量身定制了具有国际化特征的实训方案，开发了配套的双语工程训练教材，有效推动了工程创客教育的国际化进程，为培养具有全球视野的卓越工程人才提供了有力支撑。

4.4 打造五育融合案例库

为了进一步丰富课程内涵，我们开发了以“工程伦理篇”、“大国工程篇”、“大国制造篇”、“大国工匠篇”、“创新故事篇”、“劳动教育篇”、“美育教育篇”为代表的“五育育人案例库”。创新性地构建并实施了兼具“国防底色”、“军工特色”、“船海特色”、“龙江特色”、“制造特色”的面向新工科实践课程的五位一体“工程思政”。结合工程文化环境建设，实现育人要素有机融入实践教学全过程。

4.5 设计虚拟仿真项目

我们与企业联合，共同开发满足工程训练实际需求的“虚拟仿真素材库”、“典型仪器装备拆装项目”以及“安全事故应急处理及安全工程三维虚拟实验教学系统”等虚拟仿真项目，发挥“虚拟仿真”技术在提升工程训练实践教学效果中的作用。提升学生理解、分析、解决实际工程问题的能力、处理突发事件的应变能力和适合社会发展需求的最核心的创新实践能力。

4.6 课程资源集成与共享

我们建设了集模拟仿真动画、安全教育视频、工程思政案例、工程技术微课、虚拟仿真项目等资源于一体的“工程实践数字化教学平台”，结合工程训练中心自建的“工程数字图书馆”，为学生打造线上的“学习工厂”。实践教学过程中，我们综合运用建设的数字化教学资

源和雨课堂、智慧教室等教学工具，实施“线上+线下、虚拟+现实、课内+课外”相结合的多模态智慧教学。

5 教学实施与反馈

在实践教学过程中，我们以项目制为牵引，充分应用数字化教学资源，采用“三航六步三课堂”的教学实施过程，具体为第一课堂进行项目实践，按照课前导航、课中巡航和课后抵航三个阶段，执行“探任务—学理论—定规划—做执行—评效果—拓视野”六个步骤完成整个工程项目开发的全周期训练。在第二课堂的科创竞赛与第三课堂的社会实践活动中，学生通过工程创新“一站式”社区进行组织，依托工程训练国家级实验教学示范中心开放式、共享型双创平台的硬件优势，联合学院、企业不同专业背景的师资力量，形成“专业教师+实践导师+企业导师”的三师型指导团队，共同助力工程创客人才培养。数字化资源应用以来，通过与未使用数字化资源时期的学生学习成绩进行对比，我们发现，学生对课程的满意度提升了 15%，学生的获得感提升了 8%，学生作品成绩的优秀率提升了 6%，学生参与竞赛的获奖规模提升了 3%。学习过本课程的学生在对课程的评价中写道“工程实践为我们提供了丰富的学习资源，让我们可以随时、随地在‘数字梦工厂’获取想要的知识”。“这门课程让我学会了对知识的融会贯通，增强了实践创新能力，拓展了我的专业视野”。

6 结论

本文以工程创客教育理念为导向，以信息化、“智能+”技术赋能实践教学，提出并实践了“载体+慕课+教材+案例+虚仿+平台”的多维新形态数字化资源库的建设，形成具备新工科特征的实践性课程资源建设的“工程范式”，在实践教学过程中取得了良好的成效，为工程创客教育课程及资源建设提供了可借鉴的范例。

参考文献

- [1]吴龙凯,刘姚慧等,国内外高等教育数字化发展现状分析,中国高等教育[J],2023. 2
- [2]刘坤,刘鑫桥等,教育数字化下的新工科新形态教学资源——逻辑内涵、要素特征与建设径,高等工程教育研究[J],2023. 4
- [3]高等工程教育研究[J], 2020. 3
- [4]钟登华,新工科建设的内涵与行动,高等工程教育研究[J],2017. 3
- [5]李双寿,新时代新业态新工科工程训练教学体系创建,高等工程教育研究[J],2023. 1

资助项目:黑龙江省高等教育学会高等教育研究课题(项目编号:23GJYBF014);黑龙江省实验教学 and 教学实验室建设研究项目(项目编号:SJGZ20240019)

作者简介:徐建安(1977—),男,教授,博导,主要研究领域为机械设计及理论,高等教育实践教学理论。

李欣,女,高级实验师,主要研究领域为MIMO雷达信号处理,高等教育实践教学理论, xinxin_forever@126.com。