

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2023.01.003

欢迎按以下格式引用:刘占省,李安修,杜修力,等.新工科背景下融合信息技术的土木工程教学实践创新[J].高等建筑教育,2023,32(1):15-23.

# 新工科背景下融合信息技术的 土木工程教学实践创新

刘占省,李安修,杜修力,张建伟

(北京工业大学 城市建设学部,北京 100124)

**摘要:**新工科教育的提出,旨在促进学科之间的交叉融合,革新教育理念与模式,为国家培养多元化、创新型的工科人才,满足行业对工科人才的要求。土木工程专业亟需在新工科发展的背景下寻求创新并进行改造升级,智能建造专业的建设与推广冲击着土木工程专业这一传统的工科专业,但同时也为土木工程专业信息化建设带来了机会。基于国家战略要求,针对土木工程专业知识滞后、本研隔断等教学问题,以新工科背景下人才能力培养要求为出发点,依托北京工业大学土木工程学科优势,将信息技术融入土木工程课程体系、教材体系、实践创新培养体系等各方面,进行土木工程教学实践创新。根据北京工业大学城市建设学部土木工程专业的改造升级要求,不断总结与归纳教学经验,以激发学生的学习兴趣 and 拓宽学生视野为教学目的,建立了融合信息技术的土木工程课程体系;融合VR等技术自主编写了多元立体化BIM技术系列教材,增强了学生对知识的理解能力;充分利用企业优质教学资源,搭建新工科背景下校企多方协同育人平台;注重科教融合,创新“学生竞赛-科技创新-教师科研”的交互模式。在具体的教学实践中,取得了良好的效果,为培养创新型工程人才提供了有力支撑,为传统土木工程学科改造奠定了基础。

**关键词:**新工科;土木工程信息化;人才培养;工程教育

**中图分类号:**G642.0;TU-4

**文献标志码:**A

**文章编号:**1005-2909(2023)01-0015-09

建筑业作为我国的支柱产业,随着时代的进步正在不断壮大,在信息化时代的大背景下,制造业智能化水平大幅提升,形成了一套智能化生产运营系统,而建筑业发展缓慢,还处在起步阶段。近几年,国家大力推广BIM、物联网、大数据、数字孪生、人工智能等信息技术在工程项目中的集成应用,BIM等信息技术在实际应用中也取得了众多成果。相应地,企业对创新型信息化工程人才的需求激增。

修回日期:2022-02-14

作者简介:刘占省(1983—),男,北京工业大学城市建设学部副教授,博士,主要从事BIM及智能建造技术研究,(E-mail) lzs4216@163.com。

伴随信息化技术的快速发展,新一轮科技革命和产业革命蓄势待发,建筑行业正在由手工化、机械化向信息化、智能化过渡。建筑行业走向信息化、智能化,单靠传统学科是很难实现的,学科交叉融合已逐渐成为发展趋势。创新作为驱动力,正成为国家发展的核心,国家间的竞争终归是技术创新的竞争<sup>[1]</sup>。面对以新技术、新服务、新产业、新模式为特点的新经济发展形式<sup>[2]</sup>,现有的人才培养方式与国家发展需求出现了相矛盾的地方,在这样的情况下,适时提出新工科建设。在新工科要求下,高校必须深化教育改革,构建具备新理念、新结构、新模式、新质量、新体系的工程教育,培养满足行业需求、高质量的创新型工程人才,找到契合时代发展要求的全新人才培养方案。

在新工科背景下,创新型工程信息化人才匮乏,传统土木工程专业如何改造升级是高校面临的重要问题。同时,高校土木工程专业传统教学体系暴露的问题逐渐增多<sup>[3-6]</sup>:(1)新知识呈指数级增长,现有工程知识陈旧,与社会发展需求脱节,滞后于建筑行业发展需求且缺少企业所需的核心课程体系;(2)本科生和研究生的培养体系相互独立,只顾夯实本科生的基础知识,而不注重其科研能力的培养,从而忽视了研究生与本科生之间的培养关系。实质上,研究生的培养应对本科生教育起引领作用,本科生教育应为研究生科研能力的培养奠定基础;(3)网络化、信息化发展导致教学方法和模式、教学环境和条件、教师的需求和结构等不相适应。

北京工业大学城市建设学部意识到将 BIM 等信息技术融入土木工程课程体系的重要性,以此为出发点构建新工科背景下土木工程专业教学实践创新模式。将信息化技术引入土木工程课程体系,其教育理念符合国家发展战略需求。在保证传统课程正常开展并确保学生拥有扎实基础知识的情况下,信息化技术作为一门课程及一种教学手段融入土木工程课程体系可以激发学生的学习兴趣,拓展学生的视野,全面提高学生的实践创新能力,从而为学生走向社会奠定基础,提高人才培养质量。北京工业大学城市建设学部提出的土木工程专业教学实践创新模式已在实际教学中取得了良好效果,可为同类院校土木工程专业建设提供新思路。

## 一、专业发展概况

北京工业大学城市建设学部以创新为驱动力不断追求更高的教学品质,紧跟国家的发展步伐,积极响应国家号召。土木工程专业发展至今,始终以建设世界一流学科为目标,不断更新教育理念,开发优质教学资源,以培养更高质量的工程人才。北京工业大学土木工程学科发展概况如图 1 所示。目前,北京工业大学土木工程专业在教育部最新一轮的学科评估中位列前 5%,并入选国家“双一流”建设学科。

北京工业大学城市建设学部拥有优越的教学资源和条件。面向工程研究的重点实验室面积约 5 000 m<sup>2</sup>,拥有完备的配套实验设备和仪器,实验设备 1 300 余套,总价值 7 000 余万元,实验平台优越,并拥有较强的技术力量。在此基础上,学部筹备建立了国家级虚拟仿真实验教学中心,进一步丰富了教学资源。

在信息化浪潮中,以物联网、大数据、云计算、人工智能为代表的新一代信息技术,正在催生新一轮的产业革命<sup>[7]</sup>。随着制造业不断转型升级,对信息化人才的需求急剧增长。为满足这种人才需求,顺应新工科建设大势,北京工业大学城市建设学部于 2019 年获批成立智能建造专业。智能建造专业对现有的教学资源进行整合,并将全新的信息化技术和先进的设备引入土木工程学科。同时,广泛吸纳在 BIM、智能算法等方面经验丰富的教师,组建智能建造与工程管理研究所,开辟

BIM、数字孪生、人工智能等技术在工程项目中应用集成的特色研究方向。在研究开展过程中,形成了一系列智能建造应用于实际工程的理论体系与方法,极大地推动了智能建造技术的发展,产生了良好的社会影响。

依托上述学科建设的优势与优良的教学资源,促进传统土木工程信息化改造升级,为培养创新型信息化土木工程人才提供了有力支撑,在教育教学改革探索中,贡献“工大”力量与智慧。

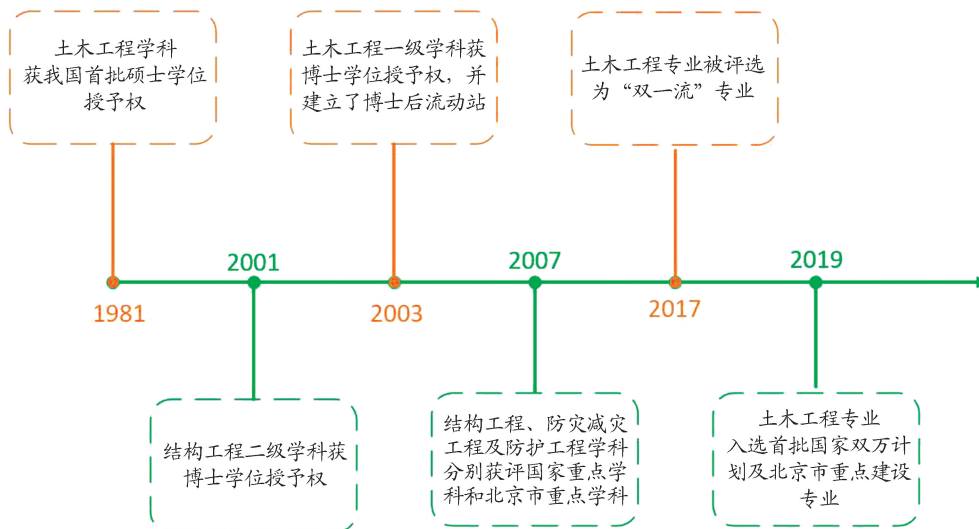


图1 北京工业大学土木工程学科发展概况

## 二、融合信息技术的土木工程教学实践创新方案

针对传统人才培养模式问题,以推动土木工程专业转型升级为核心,以建筑行业需求为驱动力,将 BIM 等新兴信息技术融入本科生和研究生的培养体系中。面向新工科人才需求<sup>[5]</sup>,从专业能力、通用能力和综合素质 3 个方面出发构建多维多元化的土木工程教学创新体系。融合新工科人才能力要求的土木工程教学实践创新方案如图 2 所示。



图2 融合新工科人才能力要求的土木工程教学实践创新方案

### (一) 建立融合信息技术的土木工程课程体系

BIM、物联网、人工智能等技术迅速发展,冲击着传统的土木工程学科,但也为其发展带来了机遇。面向建筑行业的人才需求,将 BIM、三维扫描、物联网、人工智能等信息技术引入土木工程课程

体系十分必要<sup>[8-9]</sup>。在土木工程课程体系改造的过程中,坚持以传统专业课程为基础,在学生扎实掌握工程基础知识后,新增土木工程信息化管理、智能建造案例分析、BIM 实操技术等课程并制定了相应的教学大纲,明确教学内容和目标。同时,基础知识学习与实践能力培养双管齐下,传授学生 BIM 系列软件操作技能,深入探索案例教学法、项目驱动法等教学方法<sup>[10]</sup>。以土木工程认识实习课程为例,进一步说明信息技术如何融入土木工程课程体系,如图 3 所示。



图3 认识实习课程教学流程

认识实习课程开设的目的是提升学生对土木工程专业的认知,增加对所学习专业的了解。将主流的信息技术融入认识实习课程是一个循序渐进的过程,首先,在学生具备一定专业知识的基础上,以案例学习的方式使学生了解新兴信息技术的应用原理,然后去企业实地参观,最后实际操作学习。这既是由理论到实践的过程,又是学生知识拓展的过程。

## (二) 自主编写多元立体化 BIM 技术系列教材

目前,土木工程专业将信息化技术融入课程体系中的一大障碍是没有配套的教材且没有与信息技术相匹配的教学资源<sup>[4,11]</sup>。针对教材匮乏问题,立足新形态、新理念、新模式、新内容,组织经验丰富的教师编写 BIM 技术系列教材。坚持学生自主学习的理念,契合信息化发展趋势,不断扩展教材知识点,在教材中以印刷二维码的形式附载与知识点相关的动画、模型等,并贯穿大国工程项目介绍,注重教材内容的拓展;突破纸质教材的局限性,充分发挥互联网技术的优势,将课程标准、教学动画、习题及答案、VR 和 AR 展示等在线课程资源与纸质教材充分融合,形成“纸质教材+在线课程+服务平台”的多元立体 BIM 教材体系,构建教材内容展示新形态,教材新形态使教学时空得到延展,从而形成“课堂教学+线上交流+服务平台实训”的教学新模式。教材内容与技术发展紧密结合,并不断更新、修正。

以《装配式建筑 BIM 技术应用(第二版)》为例作简要说明,以当前市场应用最为广泛的“装配式建筑 BIM 技术”为重点内容,将 BIM 技术与装配式建筑两个知识点充分结合,既注重理论知识,又强调实际应用及典型案例剖析。同时,充分应用多媒体手段,使知识输出形态更加立体化。以装配式建筑和 BIM 领域的学术论文、研究报告、政策文件、会议资料和实践案例为基础,构建装配式建筑 BIM 技术应用专业知识体系框架,以装配式建筑虚拟仿真建设项目作为数字化教学辅助手段,从动因、主体、层次、情景和逻辑等维度系统梳理和对比分析,将装配式建筑 BIM 技术应用知识归纳为“装配式建筑层次结构(空间轴)”“BIM 技术应用模块(时间轴)”“结合应用层级”3 个维度,从而确定教材编写的逻辑体系,如图 4 所示。



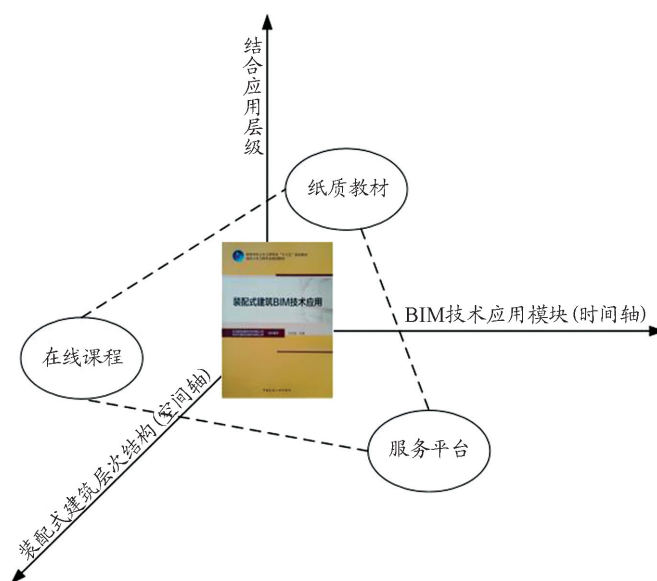


图4 教材编写逻辑体系

### (三) 搭建新工科背景下校企多方协同育人平台

积极响应教育部“产学合作、协同育人”号召,探索实际生产、课堂教学、科研创新结合的人才培养新模式。学校具有优质的师资力量和实验平台,企业具备完善的实践基地,充分整合学校与企业的教学资源,发挥校企合作优势,培养学生的实践创新能力。

(1) 建立双导师制度。聘请企业中工程经验丰富的工程师作为学生的校外导师,为学生提供实践动力与平台支撑,培养学生的自主学习意识与实践能力。

(2) 校内外教学资源整合。企业拥有实际的工程项目,学生可直接去企业实习,真切感受现场情况,熟悉 BIM 系列软件的操作方法和现场工作流程。北京工业大学拥有土木工程国家级实验教学示范中心、土木工程国家级虚拟仿真实验教学中心等优质教学资源,引入 3D 打印机、VR、MR 等先进设备,将虚拟仿真与现场实践相结合、相补充,建立了适用于本科生工程、科研素质培养的新型实验教学共享机制。企业提供的实践平台配合学校的实验资源可促进学生不断发现问题,并提高解决问题的能力,有利于学生科研素质的培养和实践创新能力的提升。校企多方协同育人平台如图 5 所示。

### (四) 创新实践“学生竞赛-科技创新-教师科研”的交互模式

北京工业大学城市建设学部积极探索“学生竞赛-科技创新-教师科研”的交互模式,三者之间相辅相成、关联密切,可有效推动科研成果的转化。学部积极引进与 BIM、人工智能、数字孪生、物联网等信息技术相关的横向、纵向研究课题,以任务驱动的方式鼓励学生与教师积极参与科研课题,不断开拓新的研究领域和新的研究思路。以实际项目为依托,为学生创造参与信息技术相关竞赛的条件,将学生竞赛和教师科研相结合,为学生将所学理论知识转化为实践提供机会。通过参加竞赛发现研究中的不足之处,还可进一步拓展新的研究思路。除此之外,为吸引更多学生参与 BIM 等信息技术的学习,以成立社团的方式促进学生交流学习。“学生竞赛-科技创新-教师科研”交互模式如图 6 所示。

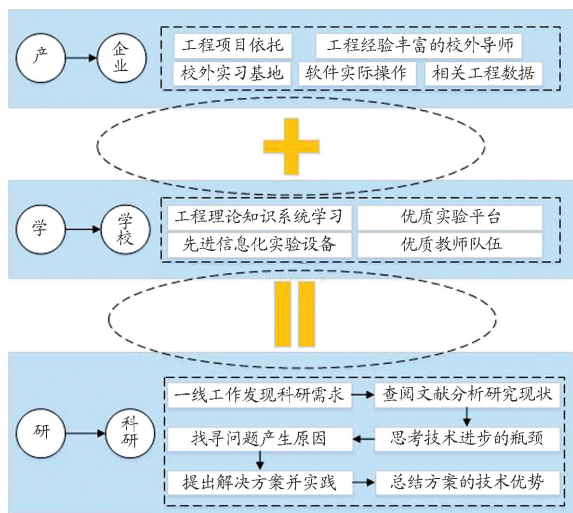


图5 校企多方协同育人平台

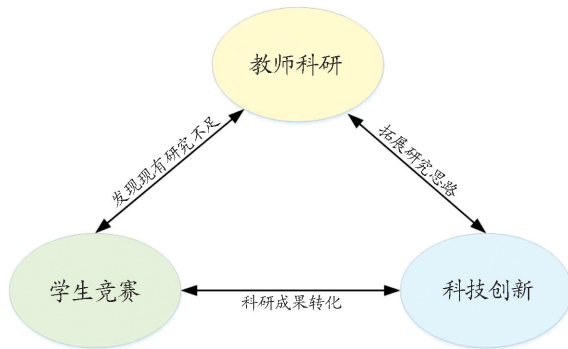


图6 “学生竞赛-科技创新-教师科研”交互模式

### 三、教学实践创新方案实施效果

#### (一) 以信息化技术为手段进行土木工程教学体系改革

##### 1. 激发学生对专业的学习兴趣

在平时的教学中,融合现代信息化技术,鼓励学生接触前沿研究领域,让学生不再单纯与文字、数字打交道,提升学生的认知,全新的课程体系带来新的课程内容体验,结合新的培养理念,激发学生对专业学习的兴趣。

##### 2. 帮助学生确定职业规划

紧密结合社会对土木工程技术人员的需求,新增的 BIM 实操课程内容将 BIM 技术在不同领域的应用进行划分,并详细讲解不同领域的人才培养目标,分析其就业前景。在提高学生实践意识的同时,引导学生做好职业规划,使学生进一步了解信息化技术对土木工程专业发展的意义。

##### 3. 激发学生创造力与家国情怀

以个性化通识核心课程智能建造技术与工程案例分折为例,提供热点技术、交叉领域技术等短时探究项目,学生按兴趣选择项目模块,进行探究性实践。创新课程教学方式,打破学科壁垒,以公开课、讲座与培训、大学生创新项目等方式,使学生从多角度验证所学的专业知识,扩展思维,激发创造力。同时,通过智能建造工程案例及大国工程讲解,使学生了解土木工程发展现状,激发学生的责任意识与家国情怀。

#### (二) 以 BIM 相关教材的编写推动 BIM 技术学习

自主编写的 BIM 教材不仅解决了相关教材缺乏的问题,同时在社会上也引起了强烈反响。其中,《智能建造概论》为国内第一本与智能建造专业相关的指导教材,《BIM 技术概论》《BIM 应用及项目管理》均被列为工信部 BIM 技术人才培养专用教材,图 7 为部分教材封面。《BIM 案例分析》《BIM 项目管理》为“十三五”国家重点出版物出版规划教材、工业与信息化领域急需紧缺人才培养工程专用教材;《装配式建筑 BIM 技术应用》为普通高等院校土木工程专业“十三五”规划教材,为本科、专科和高职院校提供了 BIM 教材。除此之外,随着建筑工业化的推进,响应国家号召,相继编

写了《装配式建筑 BIM 技术概论》《装配式建筑 BIM 技术操作实务》,为专业技术培训和本科教学提供了专用教材。



图7 部分教材封面

### (三) 建立协同育人和实践能力培养体系

深入推进协同育人。目前已建成布局合理、相对稳定的校外实践教育基地多个,派出专家联合指导学生毕业论文和实习实践,协同开展科学研究、成果推广和技术培训,将科教融合落实到促进经济社会发展中,辐射到培养高素质创新人才上,有效推动校企等多方协同育人模式的发展。

校企联合实施培养,确保学生有机会对学习到的理论知识进行验证,提高动手能力,让学生了解工程实践和理论学习的关系,清楚建筑行业对土木工程人才的能力要求。在实践中,学生可有针对性地提高技能,从而提升就业竞争力。另外,利用企业的实习平台,学生可以在现场发现科研需求,获取第一手数据,有利于科研工作的展开。

通过引入先进的信息化设备,如 VR 眼镜、MR 头盔及 3D 打印设备等,学生可以展开 BIM 等信息化技术实践学习。先进的信息化设备使教师讲解的抽象内容更加具体形象,学生可以深入理解信息化技术的相关知识。借助信息化设备,教师将实际项目引入实践,学生利用 BIM 系列软件、VR 设备等对工程项目进行虚拟仿真、进度模拟、工程量计算等,既达到了实践目的,又辅助工程项目开展,增进学生对所学知识的理解,充分调动了学习积极性。通过智慧性、互动性、沉浸性和高效性的实验教学方式,利用先进的信息化设备,学生可探索不同信息技术之间的集成原理,扩展思维,迸发创新活力。

校企合作育人模式提升了学校的社会影响力。在保证学校内部实训教学任务的前提下,利用自身资源,充分挖掘潜力,面向社会开展服务与交流合作。如,依托中国技术创业协会,北京工业大学牵头成立了智慧建造学组;北京工业大学作为中国图学学会授权的全国 BIM 等级考试培训点,面向社会开展 BIM 应用技能培训服务,包括开放共享学习资源、职工教育培训、下岗人员再就业培训及农业转移人口职业技能培训等,扩大了社会影响力;北京工业大学承接了多项利用 BIM 技术的工程项目,开展建设全过程的技术咨询服务,在经济效益基础上,促进了产学研用一体化发展。

### (四) “学生竞赛-科技创新-教师科研”交互相融增强学生创新实践能力

随着 BIM、数字孪生、虚拟现实、人工智能等信息技术的发展,智能建造领域的研究热度不断攀升。将与智能建造技术相关的课题引入科研,保证学生的研究以实际项目为依托,给予学生明确的研究方向,全面提高学生解决问题的能力,拓展学生的思路,促进多学科交叉融合。同时,以科教相融、科创相助(科:学科与科技竞赛;创:创新创业能力)的人才培养理念为学生创造竞赛条件,在 BIM 相关的竞赛中取得了优异的成绩,部分获奖情况如表 1 所示。通过以赛促教、以赛促学,提高学生的实践和创新能力,增强学生的团队协作能力,缩短社会适应期,提升就业竞争力。

表1 部分竞赛获奖情况

比赛名称	获奖等级
中国图学学会“龙图杯”全国 BIM 大赛	以团队参赛形式在第六届、第七届、第八届连续三届比赛中获得一等奖
“共创杯”全国智能建造技术创新大赛	以团队参赛形式在第一届、第二届比赛中获得一次特等奖、两次一等奖
全国“物联杯”BIM 运维大赛	以团队参赛形式在第一届、第二届比赛中共获得三次一等奖
“优路杯”全国 BIM 技术大赛	以团队参赛形式在第二届比赛中获得一次金奖

## 四、结语

基于新工科建设背景,针对传统土木工程专业改造升级问题,围绕创新型工程人才培养,适时建立了融合信息技术的土木工程课程体系,自主编写了多元立体化 BIM 技术系列教材,搭建了校企多方协同育人平台,创新了“学生竞赛-科技创新-教师科研”的交互模式。在土木工程教学中融入信息技术的新理念,编制多元立体化 BIM 教材,符合传统工科技术升级需求,科教融合协同育人模式符合当前创新型工程技术人才的培养需求。在实践创新方案应用的过程中,有效激发了学生的学习兴趣,使学生充分认识到自身的责任感并培养了学生的家国情怀,提升了学生对土木工程专业认知,增强了学生创新实践能力,同时也提高了学校在社会上的影响力。

### 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] 涂劲松, 李瑞霞, 周明, 等. “新工科”背景下建筑信息化课程体系建设与思考[J]. 武夷学院学报, 2019, 38(12):88-93.
- [3] 郭增伟, 周建庭, 梁波. 土木工程专业研究生创新思维和科研自信的培养方法[J]. 高等建筑教育, 2020, 29(5):55-60.
- [4] 胡梦玲, 吴迪, 张辉, 等. 基于 BIM 技术的土木工程专业人才培养体系创新与实践[J]. 技术与创新管理, 2020, 41(5):527-532.
- [5] 吴琛, 麻胜兰, 詹金武, 等. 新工科背景下国家级虚拟仿真实验教学中心的新挑战与教学改革实践探索[J]. 高等建筑教育, 2020, 29(6):22-29.
- [6] 陆国栋, 李拓宇. 新工科建设与发展的路径思考[J]. 高等工程教育研究, 2017(3):20-26.
- [7] 丁烈云. 智能建造创新型工程科技人才培养的思考[J]. 高等工程教育研究, 2019(5):1-4, 29.
- [8] 李其林, 万玲. 基于 BIM 技术的土木工程专业课程设计教学改革探索与实践[J]. 创新创业理论研究与实践, 2020, 3(18):41-43.
- [9] 郭涛, 李鹏飞, 郑显春. BIM 技术优化工程类专业课程教学的实践研究[J]. 教育教学论坛, 2019(49):260-261.
- [10] 王艳, 杨应. 以“新工科”理念推进地方应用型高校土木工程专业建设与改革探究[J]. 白城师范学院学报, 2021, 35(2):78-81.
- [11] 史少华. 新工科下土木专业 BIM 课程体系研究[J]. 四川文理学院学报, 2021, 31(2):54-57.

## Practice innovation of civil engineering teaching integrating information technology under the background of emerging engineering education

LIU Zhansheng, LI Anxiu, DU Xiuli, ZHANG Jianwei

(Department of Urban Construction, Beijing University of Technology, Beijing 100124, P. R. China)

**Abstract:** The strategy of emerging engineering education has been put forward, aiming at promoting the cross-integration between disciplines, innovating educational concepts and models, cultivating diversified and



innovative engineering talents for the country, and meeting the requirements of the industry for engineering talents. The civil engineering specialty needs to seek innovation and upgrade under the background of emerging engineering education. The construction of intelligent construction specialty impacts the traditional civil engineering specialty, but it also brings opportunities for the information construction of civil engineering specialty. Based on the requirements of national strategy and the existing teaching problems of civil engineering specialty, such as the lag of knowledge and the separation of undergraduate and postgraduate education, taking the requirements of talent ability training under the background of emerging engineering education as the starting point, relying on the advantages of civil engineering discipline construction of Beijing University of Technology, the information technology is integrated into the curriculum system, teaching material system and practical innovation training system of civil engineering, and the practical innovation of civil engineering teaching is carried out. According to the requirements of the transformation and upgrading of civil engineering specialty in the Department of Urban Construction of Beijing University of Technology, the teaching experience is summarized. To stimulate students' interest in learning and broaden their horizons, a civil engineering teaching curriculum system integrating information technology is established. Integrating VR technology and independently compiling a series of multi-dimensional BIM technology textbooks, students' ability to understand knowledge is enhanced. By making full use of the high-quality teaching resources of enterprises, a school-enterprise multi-party collaborative education platform under the background of emerging engineering education is built. The integration of education and research is emphasized, and the interactive mode of student competition - scientific and technological innovation - teachers' scientific research is innovated. In the specific teaching practice, good results have been achieved, which provides a strong support for the cultivation of innovative engineering talents and lays a foundation for the transformation of traditional civil engineering disciplines.

**Key words:** emerging engineering education; civil engineering informatization; talent training; engineering education

(责任编辑 周沫)