

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2022.01.003

欢迎按以下格式引用:刘占省,白文燕,杜修力.智能建造专业新型数字化教学模式研究[J].高等建筑教育,2022,31(1):15-23.

智能建造专业新型数字化 教学模式研究

刘占省,白文燕,杜修力

(北京工业大学 城建学部;城市与工程安全减灾教育部重点实验室,北京 100124)

摘要:推动建筑产业改革、发展、升级,需要大力推进“新工科”建设,培养创新型人才。北京工业大学率先开展智能建造专业建设的研究和实践,提出了一种适用于智能建造专业的基于新型教学平台的综合性数字化教学模式。学校确定了智能建造专业的人才培养目标,并对课程集群建设进行探究,打造智能建造专业集群课程体系。依托学校学科优势和科研实力,立足于学习过程,以“面向完整任务”为教学核心,筹建了新型教学平台;依托新型教学平台,分别从技术层面、软件层面和硬件层面对教学模式进行了改革,提高了教学质量。同时,完善了学生的知识架构,提高了他们的逻辑思维能力,为培养创新型专业技术人才提供了支持。

关键词:新工科;智能建造;数字化教学;教学新模式

中图分类号:G642.0 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2909(2022)01-0015-09

当前,中国建筑行业正处于深化改革、转型升级以及科技创新跨越并行相协调的重大发展时期^[1]。传统建造技术的转型和升级一直是国内外广泛关注的研究热点,各国也都已提出了与之相应的行业和产业长远发展前景,如建筑工业化、中国制造 2025、德国的“工业 4.0”、美国的“工业互联网”等^[2]。中国信息化建造的进程逐渐由手工化、机械化向智能化、智慧化的阶段发展。然而,由于我国制造业起步较晚,建造智能化进程缓慢,在基础理论、软硬件、人才储备等方面,仍与国外有着较大的差距。为了尽快缩短我国与国外的技术差异,推动我国制造业实现现代智能化的快速发展,国家相继出台了相关政策。住房和城乡建设部等 13 部门联合印发的《关于推动智能建造与建筑工业化协同发展的指导意见》指出,将全面提高建设工程行业的信息化水平,着手提高大数据、区块链、数字孪生、物联网、云计算、BIM 信息技术的综合集成应用能力^[3]。

智能建造专业的设立充分符合建筑业发展和转型升级的时代需求,是我国大力推进“新工科”建设,培养我国智能建造的科技人才,支撑我国迈向科技强国的重要举措^[4]。目前,同济大学、东南

修回日期:2021-09-08

作者简介:刘占省(1983—),男,北京工业大学城建学部副教授,博士,主要从事智能建造相关研究,(E-mail)lzs4216@163.com。

大学、北京工业大学、北京建筑大学等纷纷开设智能建造专业,以培养一批智能建造工程师,从而推进智慧城市发展和智能建造新技术的应用。对于高校的智能建造人才培养目标如何顺应未来土木建筑领域新时代发展,如何将传统的建筑技术学系与最新智能化建造新技术元素融为一体^[5],搭建一个以学生为本,全面而又适合个性化发展的多维立体化建筑技术培养体系^[6],是我国高校土木建筑类相关专业课程教育需要解决的,同时关乎到提高大学生建筑技术培养水平和质量的一个关键性问题。

人才培养的最终落脚点在教学,需要通过“教什么”来确定“学什么”,教学直接影响学生学习进度和学习质量^[7]。随着新工科教育改革,传统教学方法已经无法满足当今人才培养的需求。为适应当下需求,北京工业大学系统开展智能建造专业人才培养数字化教育的实践探索,以新型智能建造教学平台为基础,依托学科特点和专业优势,将数字化技术应用于智能建造课程教学中。

一、智能建造专业概述

(一) 专业设立

智能建造专业,是以土木工程专业为基础,面向国家策略需求和建筑业的升级转型,融合机械设计制造及其自动化、电子信息及其自动化、计算机科学与工程、工程管理等专业发展而成的新兴复合型工科专业^[8]。自2018年同济大学首次设立智能建造专业以来,东南大学、北京工业大学、华中科技大学等国内多所院校陆续设立了智能建造专业。截至2021年2月,我国已有20多所高等院校开设了智能建造专业(表1—表3)。

表1 2018年普通高等学校智能建造专业获批结果

学校名称	专业名称	学位授予门类
同济大学	智能建造	工学

表2 2019年普通高等学校智能建造专业获批结果

学校名称	专业名称	学位授予门类
北京建筑大学	智能建造	工学
北方工业大学	智能建造	工学
沈阳城市建设大学	智能建造	工学
青岛理工大学	智能建造	工学
青岛理工大学琴岛学院	智能建造	工学
西安欧亚学院	智能建造	工学

北京工业大学依托城建学部于2019年申请成立智能建造专业,并获得了教育部批准。北京工业大学自获批开设智能建造专业以来,推行产学研教育实践、校企共同培育模式,致力于培育基础理论扎实、专业知识面广、实际操作能力强、科学与现代人文素养深厚,并掌握智能化建造相关原则及基本方法,具有可持续学习与创新能力的复合型工程技术创新人才。为呈现建筑行业前沿智能建造技术,积极打造科研创新平台,搭建智能建造实验室,不断提升学生认知水平。

表 3 2020 年普通高等学校智能建造专业获批结果

学校名称	专业名称	学位授予门类
东南大学	智能建造	工学
华中科技大学	智能建造	工学
北京工业大学	智能建造	工学
天津城建大学	智能建造	工学
河北工业大学	智能建造	工学
福州外语外贸学院	智能建造	工学
福州工程学院	智能建造	工学
福州大学	智能建造	工学
郑州工程技术学院	智能建造	工学
广西警察学院	智能建造	工学
南宁师范大学师园学院	智能建造	工学
内蒙古科技大学	智能建造	工学
重庆城市科技学院	智能建造	工学
银川能源学院	智能建造	工学
长春工程学院	智能建造	工学
安徽理工大学	智能建造	工学
青岛黄海学院	智能建造	工学
沈阳工学院	智能建造	工学

(二) 智能建造人才培养目标

北京工业大学智能建造专业紧密围绕国家对该领域专业人才的迫切需求,结合北京市科技创新中心建设目标,面向建筑产业的转型升级,以土木工程专业为基础,融合电子信息及其自动化、机械设计制造及其自动化、计算机科学工程等专业基础知识,培养一批掌握土木工程项目中的智能设计、智能施工、智能管理等技术的复合型创新人才,为国家京津冀地区经济社会的发展建设提供了有力的技术支撑。人才培养目标主要包括以下几个方面。

(1) 自然科学方法及逻辑思维能力:熟练掌握数学、力学、物理等自然科学的理论基础知识;熟悉人工智能、信息科学、工程技术、环境科学等相关的科学基础知识;了解当代科学和信息技术不断进步及其未来发展的主要趋势与发展前景。在此知识基础上,熟练掌握基本的自然科学思维方法,具备基本的逻辑思维能力,能够运用以上知识及方法解决实际问题。

(2) 专业知识与技术水平:熟悉智能建造等相关知识,基础知识扎实,专业知识深厚;掌握解决建筑工程实际存在问题的理论与方法,并参加全面的建筑工程理论与实践培训,具备解决复杂建筑工程中存在的问题与管理的基本能力。

(3) 基本身心素质:具备良好的个人修养及基本职业道德;有责任担当,具有将所学的智能建造相关知识贡献社会的意识和价值取向。

(4) 表达与沟通能力:具有口头和书面表达能力,能够在团队中与人合作,发挥有效作用。

(5)学习能力:具备终身学习智能建造相关技术的能力,借助继续教育或者其他途径不断提高自己的个人能力,了解和紧随相关学科发展。

(三)专业集群课程体系

北京工业大学城市建设学部打造了智能建造专业集群课程体系。基于通识教育理念,逐步加强对数理基本能力的培养,打造一个交叉式的学科和信息技术新元素的模块化教育课程,并将其融入传统的学科知识体系中^[9];逐步建立“人工智能+”人才培养模式,开发“数字+设计”“BIM+建造”“绿色+建筑”等适应行业升级转型发展的特色课程;不断推进教学内容创新,从而培养具备解决问题能力、满足智能建造行业需要的人才队伍。

智能建造专业的教育课程体系以土木工程课程为基础,结合机械工程、电子信息工程、工程管理等课程,培养学生的智能设计、智能施工和智能管理能力,学生毕业后主要从事智能建造领域的设计、施工和管理等方面的技术工作。课程的主要特色如图1所示。

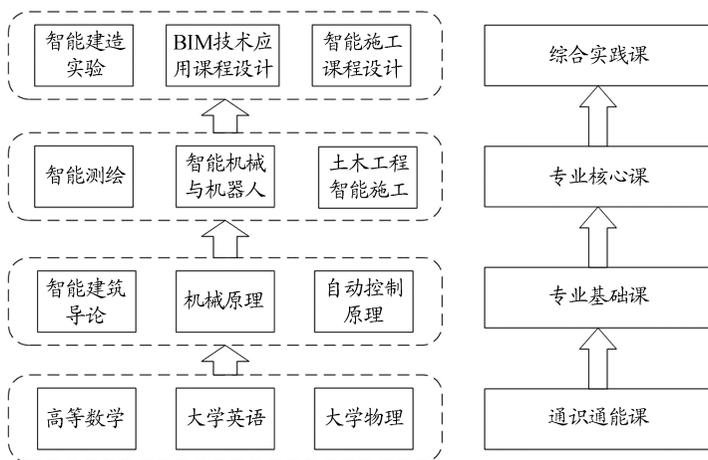


图1 智能建造专业集群课程体系建设

(1)专业基础方面,强化力学、电学、土木工程、机械工程、控制科学与工程、计算机、互联网、工程管理等基础知识,要求学生掌握建筑智能建造相关设计方法和工具,开设智能建造导论、机械原理、自动控制原理、运筹学等课程。

(2)核心课程中融入智能建造新思维和新技术,开设课程包括智能测绘、图形学与虚拟设计、智能机械与机器人、土木工程智能施工、建筑环境智能化系统等。

(3)实践环节重视项目化课程建设,综合培养学生“智能设计、智能施工与智能管理”的能力,课程包括智能建造实验、BIM技术应用课程设计、装配式结构课程设计、智能施工课程设计、智能化管理课程设计、智能建造全过程课程设计等。

二、智能建造数字化教学平台

(一)教学平台

北京工业大学筹建了新型教学平台,平台的建立采用五星教学原理,立足于学习过程,以“面向完整任务”为教学核心,包括两层相互联系的循环圈,内外层循环圈共同指导学生在真实的情境中科学且循序渐进地自主学习,以实现学生学习效果好、效率高和主动性强的预期目标。该方法可改善网络学习、多媒体教学或E-learning等在线教学只注重信息呈现,忽视有效教学特征的问题。

教学平台在五星教学原理指导下,按照“以学生为中心、促进自主学习、提升综合能力”的思路,紧密对接建筑产业转型升级,并对从业人员提出新要求,将最新理论、技术、规范、方式方法及新版软件操作及时引入课堂,以完整项目任务的实施过程作为教学主体内容;遵循职业成长规律,按照由简单到复杂、由基础到核心的方式将项目任务合理序化为若干相对独立又有衔接的工作任务。同时,将岗位工作要求和思政教育等内容有机融入平时课堂,并利用信息化技术手段将课程标准、微课视频、动画演示、模型展示、PPT、教学设计、高阶训练任务及讨论等课程资源嵌入教学任务中,配合训练基地等相关软硬件设备,使课堂学习为学生高阶能力发展提供有效支撑。

新型教学平台研究与开发的基本设计思路与步骤:第一步,深入相关企业调研,了解该专业岗位对从业人员的技术应用能力要求,同时,根据专业教学标准和相关人才培养方案确定本专业教学目标;第二步,根据教学目标和岗位要求确定教学框架结构,系统梳理教学过程中涉及的专业知识点和职业技能点,遴选典型的企业真实项目,对接智慧建筑施工的全过程,遵循专业人才成长规律和认知规律,序化课程中的专业知识点和技能点;第三步,根据各知识点和技能点的特征,设计其在教学中的表现形式,确定重难点,设计微课视频、训练基地等课程资源,以及思政元素呈现方式;第四步,制作教学所需视频、模型等嵌入到课堂学习中,并根据产业发展及新技术、新标准动态更新。图2为新型教学平台建设路径图。

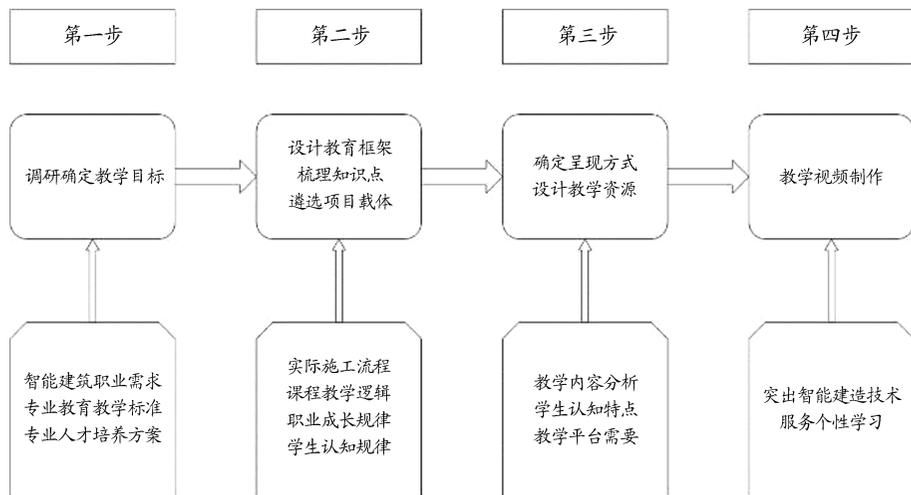


图2 新型教学平台建设路径

(二) 数字化教学

智能建造是在传统土木工程专业的的基础上,融合了大数据、人工智能、物联网等新技术发展而来的新兴学科^[10],涵盖整个建筑的生命周期(工厂化构件的制作、设计、施工以及运维等),涉及多个子体系(建筑体系、结构体系、施工装备体系、运维和管理体系等)^[11]。

北京工业大学采用“三位一体”与“四个目标”相结合的理念,进行智能建造专业数字化建设,实现虚拟操作、数字化全媒体方式、仿真模拟的一体化,使教学形式立体化。建设方案以教学为核心,在课堂教学的基础上配备服务平台,嵌入数字孪生技术的BIM建设项目智能管理数字化平台,建筑虚拟仿真实训实习二合一训练基地这三项内容作为辅助教学的数字化手段,结合数字孪生原理形成一套完整的智能建造专业数字化解决方案,其结构框架如图3所示。

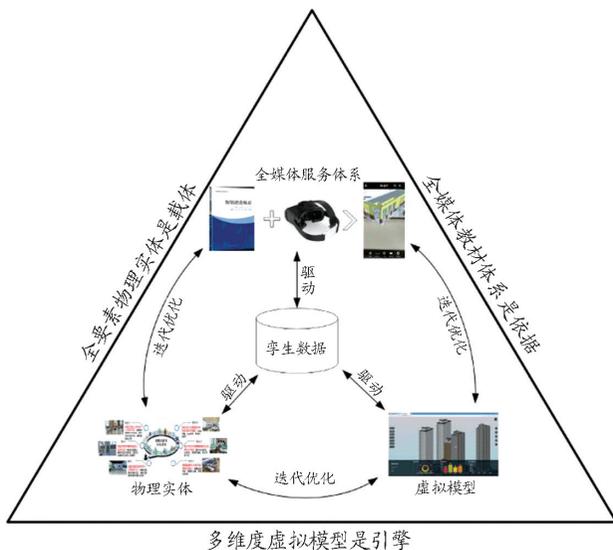


图3 智能建造专业数字化建设

本文以装配式建筑 BIM 技术应用课程教学为例,介绍智能建造专业数字化建设的具体内容。

1. 理论层面:全媒体教材服务体系

在教材基础上配备新型数字资源,即打造“教材+服务平台”的模式。拟选配资源有:教学动画、微课视频、习题与答案、VR 和 AR 展示、模型文件等。每一章节的知识节点、项目节点、案例节点、课后习题等内容都设有专门的二维码,学生通过扫描二维码可进入相应的服务平台观看相关工艺的施工动画,如:装配式建筑套筒灌浆、现浇节点钢筋绑扎、叠合楼板吊装等相关工艺流程动画。也可以进入微课视频,重新学习在授课过程中自己没有明白的知识点;可以在服务平台中找到每一道题目的解析,并配有相关题目进行反复训练,其中还包含了历年期末考试题、国家相关职业资格证书考试试题、国家相关竞赛考试试题等内容。学生还可以通过佩戴 VR 设备进入教材涉及的案例中进行沉浸式体验,通过 VR 设备观看装配式建筑部品、部件的生产过程,观摩具体部品部件的安装过程等。服务平台提供的资源还包括:建筑行业相关政策方针、改革措施,国内外工程典型案例、先进的技术手段、新工艺、新方法等资讯信息,建筑行业最新的数字化、智能化软硬件设备介绍等。最终实现“互联网+教学”的立体化全媒体教材理念。

思想政治教育是一项十分重要的工作,它是人才培养的具体体现,更是抓好立德树人工作的关键。为此,将思政教育的相关内容有机地融入服务平台中,具体内容如下:(1)服务平台中会不间断更新相关资讯、时政要闻、实播中国、快闪、党史、军事等信息,信息展示形式为微信朋友圈的模式,学生可以对自己感兴趣的内容进行点赞或评论提问,服务平台中会设有专人进行解读,并定期进行数据分析统计,把浏览量较高的内容作为重点宣传内容;(2)智能党建 VR 体验,服务平台中包含各类党建的体验场景,学生通过佩戴 VR 设备,即可进入到虚拟场景中进行 VR 党建体验;(3)学生在服务平台中进行思政方面学习、体验的过程,系统会自动进行记录,并作为思政课程的平时成绩计入到总成绩中;(4)平台还会设置一些党政学习展示任务,学生以小组为单位接受任务,选择自己感兴趣的党政内容进行学习准备,在课上的前 10 分钟进行学习成果展示。

2. 软件层面:虚拟模型(即嵌入数字孪生技术的建设项目智能管理数字化平台)

嵌入数字孪生技术的建设项目智能管理数字化平台(以下简称管理平台)是模拟装配式建筑全

过程的模拟平台,它结合 BIM 技术进行实际应用。该平台作为教学过程中的重要虚拟仿真辅助工具,其目的是将教学过程中涉及的方案、方法、组织计划、现场布置等内容在平台中进行仿真模拟,平台会根据相关内容给出结果,让学生体验各类方案、方法的具体应用过程与应用价值,提前积累实践经验。学生根据平台给出的结果进行方案调整与修订,真正意义上实现与实际内容的衔接。该平台可从工程建设的规划、设计、施工、运维方面提供一套完整的教学方案,让学生全面了解工程建设的全过程;平台可以实现规划、设计、施工、运维各个阶段成果相互转换,让每个阶段联通,通过这样的形式让学生形成相对完整的知识框架,避免出现知识断层现象。每个阶段生成的数字模型与成果,都可上传到服务平台上,形成个人数据库,并实现与教材内容对应,学生在学习过程中结合自己所建的模型、拟定的方式方法、具体的操作步骤,加深了印象;还可通过编辑器导出相应成果(如:模型、构件、工艺等),导出成果可对接 VR、3D 打印等设备,学生可以通过该方式对自己绘制的模型进行 VR 漫游体验,并通过 3D 打印机将自己所建立的模型在现实中呈现出来,真正意义上达到了虚拟与现实互相交融。在每个学习阶段都配备有物联网编辑器,学生可以根据自己的爱好对其进行简单的编程与逻辑搭接,就像搭积木一样简单易操作,无需掌握太多编程基础知识,就可以完成此类操作。嵌入数字孪生技术的建设项目智能管理数字化平台框架图如图 4 所示。



图 4 嵌入数字孪生技术的建设项目智能管理数字化平台框架

3. 硬件层面:物理对象(即建筑虚拟仿真实训实习二合一训练基地)

建筑虚拟仿真实训实习二合一训练基地(以下简称训练基地)是集装配式建筑智慧学习工场演示区、装配式构件智能建造工法演义区、装配式施工员培训工艺演习区等六大区域模块为一体的综合性实习、实训二合一训练基地,作为教学内容的重要实践场所,该训练基地的作用是将教学过程中提到的工艺、工法等相关内容在现实中进行实际操作模拟,学生可以体验课堂中所提到的预制构件生产过程、预制构件运输过程,亲自参与预制构件的安装,让教学形式更加立体多样,从而更好地培养学生的实际工作能力。该训练基地各个模块的功能分别为以下 6 个部分。(1)区域模块一:装配式建筑智慧学习工场演示区,其中,包括装配式建筑政策宣传区、装配式建筑节点与构造展示区、预制构件生产区、装配式施工展示区等,可满足 40~50 名学生在此区域内开展装配式建筑相关课程的教学需求;(2)区域模块二:装配式构件智能建造工法演义区,通过建造一座实体工法楼和实体的生产模台,让学生体验装配式建筑中相关工法的实施过程和构件的生产过程,工法楼和生产模具都配有特定二维码,通过移动终端扫描知识点,可在服务平台中展示相关信息化知识,并可通过 VR、AR 等设备进行沉浸式体验;(3)区域模块三:装配式施工员培训工艺演习区,在演习区中通过定制相关的轻质构件或实训道具,开展装配式构件吊装、套筒灌浆、接缝施胶等实训内容;(4)区域模块四:物联网与互联网技术设备模拟仿真区,其功能为无线传输、lora 技术、智能传感器的使用与实操;(5)区域模块五:数字孪生与智慧管理平台类模拟仿真区,其功能为数字孪生技术应用、GIS 技术应

用、管理驾驶舱、综合管理平台等;(6)区域模块六:智能监测与运输设备模拟仿真区,其功能为健康监测系统体验、智慧化运输体验、智慧化管理体验等。该训练基地的实习、实训内容与课堂教学内容一一对应,并通过结合全媒体教材服务体系、虚拟仿真模型等方法对其进行迭代、交互和优化,使得教学形式呈现出空间化;在掌握相关理论知识的同时,可以对教材上的内容进行实际体验操作,二者同步进行,最终形成个人的成果数据库,让学生获得一种成就感,使人才培养更加科学、完善。装配式建筑虚拟仿真实训实习二合一训练基地框架如图5所示。

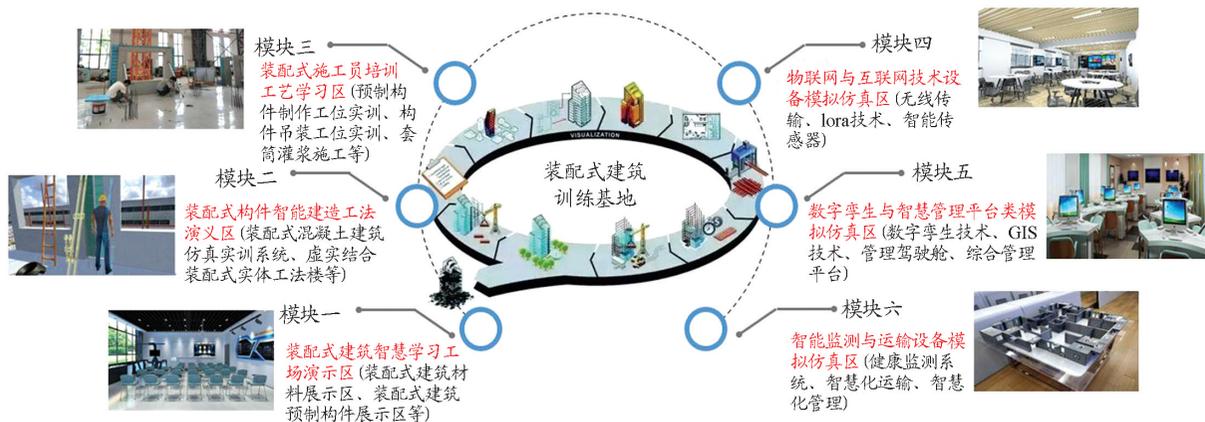


图5 装配式建筑虚拟仿真实训实习二合一训练基地

四、教学成效

采用数字化教学,可以最大限度地引导学生主动学习和实践,调动学生悟道、问道、寻道的积极性,形成学生主动求是、求真、求业的价值观思想,在这一教育过程中可以提升学生的思考和积极性,使学生更多地参与到课程教学中。教师与学生充分利用人工智能、大数据、虚拟现实等技术手段和方法,建立交流学习的平台,将学术讨论贯穿于整个教学过程,为广大师生共同探讨、互动营造了积极的学术氛围,学生的主动性、参与性也得以提高。教学模式从以教师为主体的课堂学习改革转化为以学生为主体的整体性综合运用学习。此外,在现代教学手段和方法的帮助下,教师个性化教学方法也成为可能,通过开展必要的课程设计和综合实践指导,使学生的创新能力、实际操作能力得到提高。

注重鼓励学生结合工程项目的启发式创新,鼓励学生参加各类全国技术创新大赛,从2019年至今,我校学生参加优路杯全国BIM技术大赛获得过金奖;参加第八届龙图杯全国BIM大赛获得过团体一等奖;参加物联杯IoT+BIM设计运维大赛获得过一等奖等,共计获得各类国家级大学生比赛奖项10余项。

在智能建造科研成果方面,学校开发了BIM模型管理系统和评论展示系统,在深化设计、虚拟装配及三维交底等方面进行了深度应用,实现了微观、中观和宏观的多元层次化管理。创建了B/S架构的远程可视化平台及云端服务平台,满足了建筑工程信息化和智能化管理的要求。研究成果达到了国际先进水平,成功应用到北京新机场、FAST、冬奥体育场馆等项目,获得了北京市科技奖二等奖、华夏建设科技奖二等奖。

在工程实际应用方面,学校承担了北京大兴机场、北京市政服务中心、500米FAST射电望远镜、哈尔滨火车站房、冬奥会冰上项目训练馆、京杭运河枢纽港扩容提升工程、西安350米国瑞·西安金融中心超高层等百余项大型工程项目的智能建造及BIM技术咨询。目前正在为北京副中心交通枢纽、冬奥会雪车雪橇项目、亚运会水上运动中心、雄安大型安置房、深圳地铁16号线5-7工区、西安灞灞生态区灞河隧道项目等工程的智能建造、BIM及智慧工地建设咨询服务。

五、结语

智能建造专业是以土木工程专业为基础,融合多个学科内容发展而成的新兴复合型工科专业,智能建造专业的设立为建筑产业的改革发展和传统土木学科的转型升级提供了技术和人才支撑。基于智能建造教学平台,开展智能建造专业数字化建设,搭建虚拟操作、数字化全媒体方式、仿真模拟的一体化教学体系,既创新教学方式、丰富教育资源,又解决专业人才培养的模式老化问题,真正将智能建造人才培养目标落到实处。实践证明,新型教学模式效果显著,培养了一批智能建造专业创新型人才,为国家和京津冀区域经济社会发展提供有力的人才支撑。

参考文献:

- [1] 尤志嘉, 郑莲琼, 冯凌俊. 智能建造系统基础理论与体系结构[J]. 土木工程与管理学报, 2021, 38(2): 105-111, 118.
- [2] 蒋菲, 杨倩倩. “卓越计划”2.0 背景下土木工程专业人才培养方案优化路径研究[J]. 高等建筑教育, 2021, 30(1): 26-33.
- [3] 王淑桃. 工程建设管理中智能建造技术的创新应用[J]. 建筑经济, 2021, 42(4): 49-52
- [4] 李志强, 曾晓云. 新工科背景下土木工程专业人才培养模式改革探索[J]. 科教文汇, 2021(13): 83-84.
- [5] 欧阳利军, 王庆. 智能建造专业的提出和高等院校学生创新创业新思路探索[J]. 教育教学论坛, 2019(22): 1-4.
- [6] 刘世平, 骆汉宾, 孙峻, 等. 关于智能建造本科专业实践教学方案设计的思考[J]. 高等工程教育研究, 2020(1): 20-24.
- [7] 武鹤, 孙绪杰, 杨扬, 等. 面向“新工科”的智慧建筑学院土木工程专业人才培养研究与实践[J]. 高等建筑教育, 2021, 30(1): 10-16.
- [8] 张卫华, 李照广, 隋智力, 等. 新工科背景下智能建造专业集群建设探析——以北京城市学院为例[J]. 高教学刊, 2020(21): 96-98.
- [9] 徐广舒. “互联网+”时代智能建造专业集群的教学资源建设[J]. 江苏工程职业技术学院学报, 2019, 19(1): 83-86.
- [10] 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.
- [11] 刘占省, 刘诗楠, 赵玉红, 等. 智能建造技术发展现状与未来趋势[J]. 建筑技术, 2019, 50(7): 772-779.

New digital teaching mode of intelligent construction major

LIU Zhansheng, BAI Wenyan, DU Xiuli

(College of Architecture and Civil Engineering; The Key Laboratory of Urban Security and Disaster Engineering of Ministry of Education, Beijing University of Technology, Beijing 100124, P. R. China)

Abstract: To promote the reform, development, and upgrade of the construction industry, it is necessary to vigorously promote emerging engineering education and cultivate innovative talents. Beijing University of Technology took the lead in carrying out the research and practice of the construction of the intelligent construction major, and proposed a comprehensive digital teaching model based on a new teaching platform. The school has determined the talent training goal of the intelligent construction major, and has explored the construction of curriculum clusters to create a cluster curriculum system for the intelligent construction major. Relying on the school's subject advantages and scientific research strength, based on the learning process, with “oriented to complete tasks” as the core of teaching, a new teaching platform has been prepared. Relying on the new teaching platform, the teaching mode has been reformed from the technical level, the software level and the hardware level to improve the quality of teaching. At the same time, the students' knowledge structure has been improved, their logical thinking ability has been improved, and it has provided support for cultivating innovative professional and technical talents.

Key words: emerging engineering education; intelligent construction; digital teaching; new teaching mode