

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2022.05.008

欢迎按以下格式引用:管东芝,朱明亮,郭正兴,等.建筑工业化与智能建造背景下新型土木工程施工教学体系构建[J].高等建筑教育,2022,31(5):56-62.

建筑工业化与智能建造背景下 新型土木工程施工教学体系构建

管东芝¹,朱明亮¹,郭正兴²,陆金钰¹,姚一鸣¹

(1.东南大学土木工程学院,江苏南京 211189;2.东南大学成贤学院土木与交通工程学院,江苏南京 210031)

摘要:新型建筑工业化和智能建造协同发展的背景下,土木工程行业的转型升级不断加快,行业特征呈现出工业化、数字化和智能化新特点,从业人才特点和相关专业的教育教学也发生着巨大转变。东南大学土木工程施工研究所结合时代发展特点,提出“三维六度”的土木工程施工教学理念。同时,创新施工教学体系,通过“接触认知—夯实基础—拓展延伸—综合精通—提升创新—前沿引领”模块化教学链覆盖本科、硕士、博士人才培养各阶段,并通过多年实践取得了较好的教学效果。

关键词:新型建筑工业化;智能建造;土木工程施工;教学体系

中图分类号:G642

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2022)05-0056-07

目前,中国建筑业正处于从传统产业向现代工业转型升级的重要时期,国家不断推进新型建筑工业化和智能建造协同发展,建筑业乃至土木工程行业向着工业化、数字化、智能化方向快速发展^[1-2],对人才的要求也有了新的转变^[3-4]。作为土木类专业教育重要组成部分的土木工程施工教学体系,在新的时代背景下也呈现出新的需求和变化^[5-7]。东南大学土木工程施工研究所依托土木工程施工学科发展,始终以施工类人才培养为根本任务,坚持教学改革和创新,建设有国家级精品课程、国家级精品资源共享课程、江苏省首批省级一流本科课程等,曾获国家级教学成果二等奖、江苏省教学成果特等奖等荣誉。近年来,东南大学土木工程施工研究所结合新时代行业发展和人才需求变化,提出“三度六维”的土木工程施工教学理念,并构建具有特色的土木工程施工教学体系,为广大土木工程施工教学工作提供参考。

修回日期:2022-08-01

基金项目:江苏省教改项目重点课题(2019JSJG081);中国高校“金课”建设推进平台计划重点课题(JKJH201904);江苏高校“青蓝工程”中青年学术带头人项目;国家自然科学基金项目(52278154);江苏省教改项目重中之重课题“前沿引领、软硬支撑、开放互融”的土木类专业国际化高层次创新人才培养模式探索与实践(2021JSJG012)

作者简介:管东芝(1989—),男,东南大学土木工程学院副教授,博士,主要从事土木工程施工教学研究和装配式建筑研究,(E-mail)gdzh.js@163.com。

一、新时期建筑工业化与智能建造发展战略的沿革

2013年,国务院办公厅发布《关于转发发展改革委、住房城乡建设部绿色建筑行动方案的通知》(国办发〔2013〕1号),明确提出推动建筑工业化,该年被认为是中国新时期建筑工业化发展高潮的开端。2016年,国务院办公厅发布《关于大力发展装配式建筑的指导意见》(国办发〔2016〕71号),首次将“智能化应用”与“标准化设计、工厂化生产、装配化施工、一体化装修、信息化管理”进行并列。2017年,国务院办公厅发布《关于促进建筑业持续健康发展的意见》(国办发〔2017〕19号),要求推广智能和装配式建筑,该文件也首次将智能与装配式建筑并列,凸显了智能化技术在装配式建筑中的重要性。

2020年,住建部等13部门发布《关于推动智能建造与建筑工业化协同发展的指导意见》,提出到2035年,中国智能建造与建筑工业化协同发展取得显著进展,建筑工业化全面实现,迈入智能建造世界强国行列,并提出了加快建筑工业化升级的重点任务。同年,住建部等9部门联合发布《关于加快新型建筑工业化发展的若干意见》,明确解释了新型建筑工业化是通过新一代信息技术驱动,以工程全寿命周期系统化集成设计、精益化生产施工为主要手段,整合工程全产业链、价值链和创新链,实现工程建设高效益、高质量、低消耗、低排放的建筑工业化。同时提出以大力发展建筑工业化为载体,以数字化、智能化升级为动力,创新突破相关核心技术,加大智能建造在工程建设各环节应用,形成涵盖科研、设计、生产加工、施工装配、运营等全产业链融合一体的智能建造产业体系。首次阐明了建筑工业化与智能建造的关系,即建筑工业化是智能建造的载体。2022年,住建部发布《“十四五”建筑业发展规划》,明确了加快智能建造与新型建筑工业化协同发展的任务。

从中央层面的政策和规划看,以装配式建筑为主要载体的建筑工业化与新一代信息技术相融合升级为新型建筑工业化,并与智能建造紧密结合,更快更好地协同发展,已经成为当下建筑业乃至整个土木工程行业发展的必然趋势。行业的发展带动人才知识、能力、素养需求的变化,从而使新型建筑工业化和智能建造背景下的土木工程教育呈现出新的特征。

二、新时代土木工程施工建造专业人才发展需求变化

新时代土木工程施工建造专业人才要强调工程项目和行业特点的全局意识。土木工程建造活动是一个系统性、集成性的技术服务活动,装配式建筑作为建筑工业化的主要载体,其建造过程更加突出了项目论证、工程勘察设计、工程制造施工、项目运行维护的全生命周期过程以及相关企业单位的运行和经营特征,前后环节和相关主体更加需要协同和配合。因此,新形势下土木工程行业的从业人员需要更加广阔的全局意识,包括工程项目全生命周期和行业全产业链,能够综合考虑各个建造环节的技术与过程要求,以及相关主体的运转特征和需求,才能在整个土木工程系统工程中高质量完成工作,体现出更大的价值。

新时代下,人才培养更加注重社会主义核心价值观的塑造。在当下智能时代发展的背景下,国内外形势变化快速、剧烈,新媒体、移动互联网等技术的发展给国内外交流和融合带来了便利,同时也给社会主义建设者的思想动态和核心价值的塑造带来了挑战。在数字化、信息化、智能化技术与土木工程高速融合的进程中,坚持社会主义核心价值观,才能在应对土木工程快速升级转型的诸多挑战时,坚定目标,明确道路,为中华民族伟大复兴的事业添砖加瓦。

新时期土木工程行业发展需要施工建造人才关注多专业协同交叉,重塑知识结构。新型建筑工业

化和智能建造在强调土木工程建造方式转变的同时,更加注重大数据、物联网、机器人、人工智能等新技术与土木工程的结合和应用。这要求相关从业人才在夯实土木工程专业的的基础上,掌握其他相关学科的相关知识,如机械工程、电子信息科学与工程、控制科学与工程、工程管理等,建立“厚大土木基础—融多学科知识”的系统性知识体系。

新形势下,新型技能方法的掌握成为当下土木工程施工建造人才的必备素质。BIM、物联网、虚拟仿真、三维扫描、自动控制等相关技术与土木工程基本原理和需求的结合,迅速催生了大量适用于土木工程的新技术,大大提升了土木工程从业者的工作模式、工作效率,乃至土木工程技术形态。土木工程一线工作者对新技术的接纳和掌握日趋重要。

新的发展形势更加需要土木工程施工建造人才突出系统创新与解决问题的能力。当前新型建筑工业化和智能建造的发展尚处于起步阶段,大量未知问题和领域尚待解决和开发,这依赖于土木工程相关专业系统融合创新工程建设的具体问题。在教育部大力推进“产教融合”“卓越工程师”过程中,土木工程专业人才在整体系统层面和具体问题层面的创新和能力对中国新型建筑工业化和智能建造的发展至关重要。

三、土木工程教育教学特征变化

在建筑工业化和智能建造发展的背景下,土木工程教育教学同样呈现出新的变化。首先,教育教学理念和方式在转变。传统土木工程教学往往以教师授课、学生被动听讲为主,课堂教学结束后学生难以再进行相关学习。信息化时代背景下学生可轻松获取大量的教学视频、慕课、虚拟项目、电子教材等资源,但是也存在着信息量过大、学生注意力碎片化等问题。因此,教育教学需要转变理念和方法,适应当下学生学习的特点,促使学生更好地接受土木工程相关领域专业知识。

其次,更新教学内容。土木类专业的核心课程往往以力学、结构分析和设计为主,随着建筑结构高度屡刷新高、建筑结构形式日渐复杂、地下工程规模日渐扩大、桥梁等大跨结构跨度不断加大,土木工程行业核心技术发展迅速。与此同时,随着数字化、信息化和智能化相关技术融入,新型建筑工业化和智能建造背景下土木类专业迅速与其他学科交叉融合。因此,相关的教学内容需要随着行业发展不断更新,才能保证学生掌握行业所需的知识。

升级教学依托的载体。传统的“以教材和讲授为中心”的土木工程课程理论教学无法激发学生的学习兴趣 and 主体意识,教学效果难以保证。在智能化时代,数字化、虚拟化的教材、教具快速发展,为教学活动提供便利,促进了新教学模式和方法的发展。结合新型建筑工业化和智能建造的内涵,相关新内容也易于通过新型教学载体呈现,提升教学效果。

四、土木工程施工创新教学理念

为响应高等教育教学改革工程,国内各大高校结合政策要求及自身发展优势,开展了一系列改革措施。其中双一流大学作为各学科领域的领军队伍,紧跟新时代发展方向,整合优势资源,在保持教育的初心上充分发挥特色,值得借鉴学习。如东南大学土木工程施工研究所,在总结数十年一线教学经验基础上,系统凝练新型建筑工业化和智能建造背景下土木类专业施工教育的特征和变化,形成了“三维六度”的土木工程施工教学理念,“三维”指纵向、横向和深度3个维度,“六度”分别指3个维度方向上的具体内涵。

(一) 纵向维度:全产业、全周期

虽然土木工程施工教学主要集中于工程项目施工阶段,但着重从全产业链和全寿命周期的角度下传授学生施工相关的知识,强调具体施工方法与前后环节的关系,及与相关企业的关系,从而进一步夯实学生对工程项目,特别是装配式建筑的全寿命周期和全产业链观的建立和理解。

(二) 横向维度:多交叉、重融通

基于土木工程施工的需要和当下行业发展的特征,教学过程中注重采用新理念、新手段展现建筑工业化相关的施工知识。结合工程机械、BIM、自动控制等多学科知识的交叉,升级传统施工教学内容。在具体施工环节的实践过程中,融合智能建造相关技术,培养学生系统创新思维。在教学环节中注重课程思政的融入,塑造学生社会主义核心价值观。

(三) 深度维度:强专业、精技能

在当下时代社会分工高度细化的趋势下,高校需要培养具备高度专业化能力的人才适应于土木工程建设的具體工作。因此,在纵、横维度扩展教学内容和教学元素的前提下,通过实践环节,强调学生具备解决某个具体问题的能力和技能,并做强做精,形成个体独特的专业化技能。在此过程中,培养学生识别问题、分析问题、解决问题的实践能力。

五、土木工程施工教学体系的构建与实践

基于上述教学理念,突破课程的边界,融入新载体、新业态,涵盖本科、硕士、博士阶段,东南大学土木工程施工研究所构建了全过程多层次的土木工程施工教学体系,形成“接触认知-夯实基础-拓展延伸-综合精通-提升创新-前沿引领”的模块化教学链。

在教学模式上,结合当下教学手段和学生的学习特点,力主改革,形成了以学生为中心,以自主知识建构为目标,将学习内容、学习场景、教学载体、教学方法 4 个方面有机整合为“四位一体”教学模式^[8],如图 1 所示。

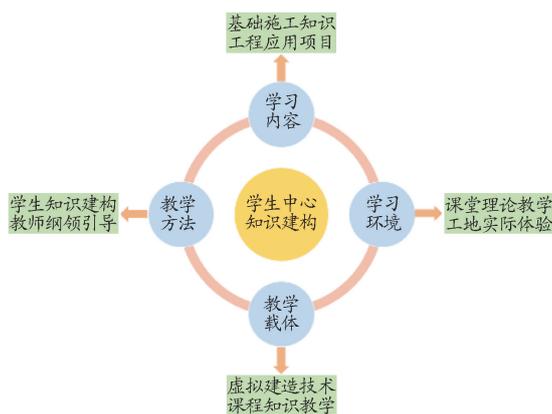


图 1 土木工程施工“四位一体”教学模式

(一) 接触认知

东南大学本科生教育实行大类培养,土木交通类专业学生在大一阶段统一接受大类课程的学习。土木交通导论、认识实习是面向土木交通大类一年级新生的学科认知类课程,主要承担着让学生初步了解大类专业任务。通过在认知类课程中专门设置土木工程施工相关的教学内容,让学生接触工程施工的基本任务和情况。

土木交通导论课时少、内容多,但仍专门安排“土木工程建造与管理”和“智能建造”章节,着重结合案例介绍在项目全寿命周期过程中的施工建造阶段基本要义和新型业态,突出工业化建造中的制造和施工环节,使学生初步建立施工建造相关的基本概念。认识实习课程最大的特点在于让学生深入建造现场一线,设置基础工程、结构工程、桥梁工程等施工过程参观环节,与实际场景面对面,使得学生最大程度地接触和认识实际工程的建造过程和知识要点。其中,通过智慧化装配式建筑施工项目、现代化预制构件制造工厂的参观,使学生了解和感受建筑工业化和智能建造相结合的具体方式。与此同时,基于认识实习课程特点,将“爱国荣校情怀、工匠精神、安全意识、社会责任”等价值观渗透式融于教学内容,形成“工程-场景-知识-体验”4联动的课程思政教学方式,该课程也因此成为东南大学课程思政示范课。

(二) 夯实基础

该模块是东南大学土木工程施工教学体系的重点环节之一,主要由专业主干课土木工程施工、模块选修课现代施工技术和施工组织与工程估价、课程设计施工组织课程设计和工程估价课程设计、实习课程生产实习组成。

土木工程施工是国家级精品课程、国家精品资源共享课程、江苏省首批一流本科课程,通过对土木工程施工基本工种工程的教学,促使学生建构施工相关基础知识和基本理论体系。现代施工技术课程在学习土木工程施工课程基础上,对基本工种工程的施工技术与基本理论进行再综合,基于工程项目使学生掌握施工技术;施工组织与工程估价课程着重于土木工程产品施工生产应遵循的组织管理和技术经济规律,使学生形成制定土木工程施工全过程合理的施工组织方案的能力。施工组织课程设计和工程估价课程设计则分别以实际案例作为载体,初步培养学生施工组织和造价方面的设计能力,学生可根据兴趣和实践选择。生产实习课程以学生进入实际施工项目开展实习为特征,重点引导和安排学生进入实行智慧工地系统的装配式项目,在一线实践装配式工程相关建造的同时了解现代智慧技术下的工地运作方式。

在注重课程教学的同时,结合网络在线授课、新媒体等教学载体,补充常规教学,如图2所示。利用建筑信息模型(BIM)技术、虚拟仿真建造技术以及在线教学方式等,建设慕课教学资源,并上线慕课网,增设装配式建筑结构相关专门章节,结合装配式建筑实体模型,做到虚实结合,增强趣味性,吸引学生注意力。开设土木工程施工视频号,通过精炼的短视频,实景展示土木工程施工关键工艺,主动走进学生碎片化时间,让学生对土木工程施工产生感性认识。



图2 在线教学资源建设

(三) 拓展延伸

在学生具备了土木工程施工基本知识的基础上,结合智能建造等发展的变化,大四时设置工程机

械、大跨空间结构等选修课程。工程机械课程主要为学生讲解建筑工程、道路与桥梁工程、地下工程等专业领域施工机械的运转原理,分析工程机械的基本构成,拓展学生工程建造自动化的相关知识,适应土木工程智能化建造的需求。结合东南大学土木工程施工学科在大跨空间结构施工领域的积累和优势,通过大跨空间结构课程,向学生拓展大跨空间结构特点及先进施工技术,重点突出该类型结构设计-施工一体化流程和关系,形成空间结构的整体观。同时着重介绍提升、张拉等现代自动液压控制相关知识点,进一步使学生深入了解智能建造在施工阶段应掌握的知识。

(四) 综合精通

东南大学土木工程施工方向的毕业设计均依托实际工程项目,要求学生完成实际项目的总体施工组织设计和2~3个专项施工技术方案,并完成包括施工总平面图在内的6张施工相关的技术图纸。在建筑工业化和智能建造背景下,工程项目以装配式建筑工程为主。总体施工组织设计要求学生从工程全局出发,制定可行的施工方案,并且与智慧工地等智能建造元素结合,体现新时代土木工程施工建造的特点;通过总体施工组织的制定,使学生综合应用所学施工知识,融会贯通。专项施工方案则要求学生针对项目中出现的重、难点分项分部工程,制定具体可操作的专项技术方案,使得学生在具体的专门问题上,掌握所需的技能,培养快速解决问题的能力。

(五) 提升创新

东南大学土木工程施工教学在硕士研究生层面,设置了以工程施工技术理论、复杂工程施工与安全技术、现代混凝土施工技术、先进施工技术为代表的研究生课程。工程施工技术理论课程以土木工程施工中的计算理论及其工程应用为主要内容,主要培养研究生施工过程与施工控制的(深化)设计与施工一体化理论与工程实践的能力。复杂工程施工与安全技术课程旨在拓展研究生在大型复杂工程施工技术领域的知识面,完善并提升研究生工程实践知识架构体系,培养研究生面对实际大型复杂工程的技术创新及方案决策能力。现代混凝土施工技术课程着重讲解现今最新的混凝土施工技术,包括原材料的控制、混凝土配合比设计、高性能混凝土和特种混凝土的制备和应用、混凝土工程的裂缝控制技术、混凝土裂缝修补技术等。先进施工技术课程通过介绍基础基坑工程、高层建筑工程、桥梁工程、空间结构工程、隧道工程、预应力工程等专业领域的先进技术,使研究生了解土木工程施工的新技术、新方法,具有一定的采用综合先进施工技术解决复杂施工问题的能力。这些课程在本科课程的基础上,深化当下施工技术的发展,特别增设建筑工业化和智能建造相关内容,研究生可根据自身的研究方向,选择1~2门课程,提升施工相关方面的能力,为研究生结合施工新技术进行相关创新奠定基础。

(六) 前沿引领

在博士研究生层次,设置土木工程施工新技术课程,该课程是土木工程施工学科的高阶课程,以创新施工技术为主题,通过介绍土木工程施工方面的国内外前沿技术,结合大量工程实践、多个经典案例,拓宽研究生的视野,并引导和提高学生解决工程问题的实际能力,为研究生独立承担大型复杂施工项目实施和相关科研奠定基础。在当下土木工程发展进程中,课程内容主要从土木工程智能建造新技术、装配式建筑结构建造、大型空间钢结构和预应力钢结构施工技术、新型模板与脚手架技术及安全4个方面进行构建,促进学生根据工程施工技术发展潮流,形成独立的理解和观点,进而针对工程建设需要,创新工程技术,促进和引领施工技术的发展。

六、结语

随着土木工程行业的转型升级不断加快,新型建筑工业化和智能建造协同发展成为普遍的共识。

在工业化、数字化和智能化发展背景下,土木工程人才特质在工程全局观、价值观、知识结构、技能、能力方面呈现新的变化,对人才教学理念和方式、教学内容和教学载体提出了新的要求。东南大学土木工程施工教学体系始终结合时代发展特点,与时俱进,创新提出“三维六度”的土木工程施工教学理念。首先构建了涵盖本科、硕士、博士阶段的“接触认知—夯实基础—拓展延伸—综合精通—提升创新—前沿引领”模块化教学链,在实践基础上总结多年经验,不断探索前进,取得了良好的教学效果,使东南大学土木工程专业服务新型建筑工业化领域毕业生人数提升70%,具备装配式建筑专业能力的毕业生有力支持全国抗疫,产生了广泛影响;教学体系内容作为重要组成部分,获得了2021年度江苏省教学成果特等奖。建筑工业化与智能建造背景下新型土木工程施工教学体系的构建,可为高等教育土木工程施工教学提供参考与思路。

参考文献:

- [1] 丁烈云. 智能建造推动建筑产业变革[N]. 中国建设报, 2019-06-07(8).
- [2] 叶浩文. 新型建筑工业化的思考与对策[J]. 工程管理学报, 2016, 30(2): 1-6.
- [3] 毛超, 严薇, 刘贵文, 等. 智能建造专业教育创新与实践[J]. 高等建筑教育, 2022, 31(1): 1-7.
- [4] 陈孝珍, 张邓昊楠. 土木工程专业建筑工业化新型人才培养探索[J]. 南阳理工学院学报, 2017, 9(5): 50-52.
- [5] 管东芝, 郭正兴, 罗斌, 等. 建筑工业化进程下土木工程施工的本科教育探索[J]. 昆明理工大学学报(社会科学版)(增刊), 2018, 18(1): 20-23, 32.
- [6] 蒋翔. 浅谈新型建筑工业化背景下建筑施工专业课程体系改革[J]. 湖北函授大学学报, 2017, 30(2): 127-128.
- [7] 李芸. 基于智慧教育的《土木工程施工》课程思政建设[J]. 创新创业理论与实践, 2022, 5(5): 168-170.
- [8] 管东芝, 陆金钰, 朱明亮, 等. 基于学生知识建构的施工技术类课程“四位一体”教学方法的应用[J]. 高等建筑教育, 2020, 29(1): 148-155.

The establishment of new teaching system in civil engineering construction under the development of building industrialization and intelligent construction

GUAN Dongzhi¹, ZHU Mingliang¹, GUO Zhengxing², LU Jinyu¹, YAO Yiming¹

(1. School of Civil Engineering, Southeast University, Nanjing 211189, P. R. China;

2. School of Civil Engineering & Transportation, Southeast University Chengxian College, Nanjing 210031, P. R. China)

Abstract: With the development of new building industrialization and intelligent construction, the transformation and upgrading of the civil engineering industry accelerate continuously. The industry of civil engineering shows new characteristics of industrialization, digitization, and intelligence. There are tremendous changes in characteristics of practitioners and the educating and teaching of related majors. Considering the new characteristics of the era, Research Institute of Civil Engineering Construction in Southeast University proposes the teaching philosophy called “three-dimensional and six-degree” in the teaching system of civil engineering construction and innovates the teaching system of civil engineering construction. This teaching system covers the undergraduate, master and doctor education stages by establishing the modular teaching chases of “cognition-laying foundation-extension-synthesizing-improvement-leading edge”, and the teaching system has achieved good teaching results after years of practice.

Key words: new building industrialization; intelligent construction; civil engineering construction; education system

(责任编辑 邓云)