

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2025.04.010

欢迎按以下格式引用:乔文涛,李文平,熊清清,等.智能建造专业建设与课程体系构建研究[J].高等建筑教育,2025,34(4):86-93.

# 智能建造专业建设与课程体系构建研究

乔文涛,李文平,熊清清,张旺,曹立辉

(石家庄铁道大学 土木工程学院,河北 石家庄 050043)

**摘要:**智能建造专业是面向国家战略需求和工程建设行业转型升级,以土木工程专业为基础,融合信息与计算科学、机械设计与自动化、控制科学与工程等专业而形成的“新工科”专业,具有显著的学科交叉特点。文章分析了智能建造专业的发展背景和当前智能建造本科专业建设与人才培养现状,以石家庄铁道大学智能建造本科专业建设情况为例,从培养目标、课程体系、实践创新三个方面重点论述了智能建造专业知识体系与实践创新模式的人才培养方案构建,以期为同类型高校智能建造专业建设与后续相关研究提供参考。

**关键词:**智能建造;土木工程;专业建设;课程体系

**中图分类号:**G420      **文献标志码:**A      **文章编号:**1005-2909(2025)04-0086-08

近年来,新一代信息技术与人工智能得到空前发展,并已经渗透、融入多个行业领域,建筑业乃至整个工程建设领域也正朝着信息化、智能化与绿色低碳方向转型升级。在此背景下,行业对从业人员提出了新的要求,进而要求人才培养在知识体系、素质和能力方面做出相应更新,以满足行业与社会对人才的需求。2016年麦肯锡国际研究院《Imagining Construction's Digital Future》报告指出,全球行业数字化指数排行中,建筑业数字化应用水平仅高于农业,居倒数第二位<sup>[1]</sup>。我国建筑业是在工业化转型尚未完全完成的情况下,提前进入了数字化和智能化的全球竞争时代,发展智能建造已迫在眉睫。2020年,住房和城乡建设部等13部门联合印发了《关于推动智能建造与建筑工业化协同发展的指导意见》,明确提出了推动智能建造与建筑工业化协同发展的指导思想、基本原则、发展目标、重点任务和保障措施。2022年国家“十四五”规划纲要中明确提出将“发展智能建造”作为国家建筑业发展重点任务。

智能建造是以人工智能为核心的现代信息技术与以工业化建造为主导的先进建造技术深度融

---

修回日期:2025-02-10

基金项目:教育部产学合作协同育人项目(202102113007);河北省教育厅高等教育教学改革研究项目(2022GJJG224);河北省高等教育教学改革研究与实践项目(2023GJJG232)

作者简介:乔文涛(1982—),男,石家庄铁道大学土木工程学院建工系主任,教授,博士,主要从事智能建造技术、超低能耗装配式建筑技术及相关教育教学创新研究,(E-mail)qwt@stdu.edu.cn。

合形成的新型建造模式,既体现了新质生产力中的“新”,即以人工智能等核心科技培育建筑业新模式、新业态、新动能,引领建筑业转型升级,又体现了新质生产力中的“质”,即把数据作为新质生产要素实现数字经济与建筑业实体经济的融合,推动建筑业高质量发展,智能建造技术的应用范围已深入到建筑工程、桥梁工程、公路工程、隧道工程、铁道工程、水利工程等建设项目。面对智能建造技术引发的工程建设行业深刻变革,如何培养适应行业未来发展需要、满足产业转型升级的创新型智能建造工程科技人才,支撑我国迈向建造强国,已经成为高校人才培养的重要挑战<sup>[2]</sup>。

## 一、智能建造专业背景和现状

### (一) 智能建造专业背景

BIM 技术最早起源于美国,之后发展到德国、日本、新加坡等国家。美国、英国、澳大利亚等国家已经将 BIM 技术纳入国家建筑行业标准,并且在政府采购项目中进行了强制性要求。我国自 21 世纪初期虚拟现实技术应用于复杂结构工程的虚拟建造<sup>[3]</sup>,到港珠澳大桥、拱北隧道、望京 SOHO、武襄十铁路、首都国际机场、上海中心、上海世博会等一系列高端复杂的工程使用 BIM 技术,BIM 技术在建筑和土木工程领域的应用越来越广泛。建设领域 BIM 技术应用飞速发展,信息技术在工程全生命周期发挥重要作用,工程建设已愈发离不开智能建造技术的支撑,这也对高校这一培养高级专业技术人才的重要阵地提出了明确需求,智能建造专业应运而生。

智能建造专业为 2018 年教育部新增备案专业,是面向“一带一路”“新基建”“中国制造”“互联网+”等国家重大战略实施,紧密结合国家新基建建设、土木工程智能建造、智慧城市建設,以及基础设施智能运营维护的需要而开设,是以土木工程专业为基础,融合信息与计算科学、计算机应用技术、机械自动化、工程管理等专业发展而形成的教育部鼓励建设和发展的新工科专业。

### (二) 智能建造专业现状

自 2018 年首次新增智能建造专业到 2024 年,全国已有 156 所院校开设智能建造本科专业,专业建设发展规模与历程如图 1 所示。石家庄铁道大学于 2021 年获批该专业,2022 年开始招生。

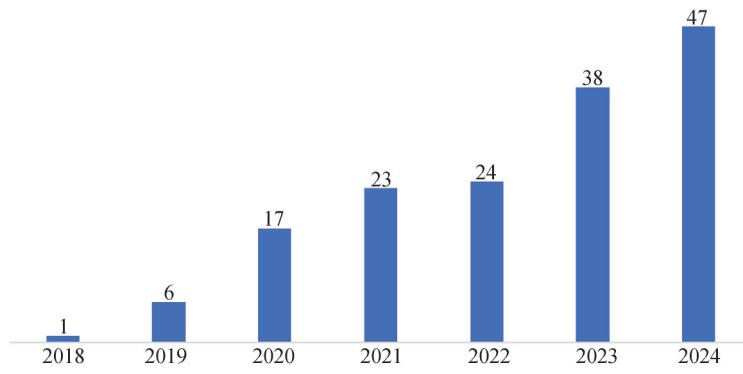


图 1 每年新增智能建造本科专业数量示意图

156 所院校开设的智能建造专业中,95% 依托专业为土木工程,5% 为工程管理,智能建造专业从申请、获批到建设,各高校均与所依托专业的自身特色相结合,因此,在制定专业目标、课程体系上各有特色。本文集中调研了 2018—2020 年开设智能建造专业的高校,这些高校智能建造专业成立较早,课程体系建设与人才培养方案相对较为完善,并已有本科毕业生。调研发现,各高校的培养目标、培养方式、课程体系等均不相同。限于篇幅,仅列出有代表性的 5 所高校在培养目标、毕业设计内容等方面的数据进行对比说明。

此外,从各高校的课程和实践教学可以看出,相较于传统土木专业,智能建造专业学生更倾向于探索并应用计算机视觉、点云、智能设计等方法解决土木工程行业中的技术问题。由于各高校现有土木工程专业的办学特色不同,因此,在智能建造专业人才培养目标、毕业设计模块和毕业生去向方面各有特色,如表1所示。

表1 各校人才培养目标、毕业设计模块及毕业生去向

学校	第一届招生年份	所属学院	人才培养目标	毕业设计模块	首届毕业生继续深造比例
同济大学	2018年	土木工程学院	社会栋梁和专业精英	智能设计与规划模块 智能装备与施工模块 智能运维与管理模块 智能防灾与减灾模块	90%
东南大学	2020年	土木工程学院	土木工程领军人才	智能设计模块 智能建造模块 智能运维模块	80%
华中科技大学	2020年	土木与水利工程学院	高素质复合型人才	工程设计类 分析研究类 施工运维类 鉴定加固类	84%
北京工业大学	2020年	建筑工程学院	复合型工程技术 创新人才	智能设计方向 智能施工方向 智能管理方向	79%
福州大学	2020年	土木工程学院	复合型专业人才	建筑结构设计 桥梁结构设计 隧道设计 信息管理系统开发	33%

经过多届学生实践反馈,同济大学智能建造专业人才培养方案中课程体系设计不断更新完善,目前,课程总学时量和难度适中,侧重为学生提供个性发展空间和多元化实践机会。东南大学智能建造专业在理论课程和实践环节多以开放式的研讨教学为主,毕业设计选题涵盖结构设计与优化、城市生命线工程、建筑机器人等学术前沿方向和行业热点问题,综合运用了数字孪生、人工智能、物联网、计算机视觉、大数据等智能方法与手段。华中科技大学的专业主干课程侧重计算机软硬件和数据库技术的学习,毕业设计环节采用土木工程毕业设计系统,通过手工调参、自动计算到智能计算完成建筑结构一体化设计,从智能化角度切入,通过智能驱动方式为建造领域注入新的活力。该校毕业生继续深造的研究领域包括人工智能与自动化、数字建造技术、人工智能、建筑机器人等方向。北京工业大学的专业基础课和专业核心课程在土木工程、计算机技术、信息技术、机械工程等方面比较均衡,围绕设计、施工、运维三个应用场景开展教学,与其复合型工程技术创新人才的培养目标高度契合。福州大学设置了建筑结构、桥梁结构和隧道结构三个专业细分方向,毕业设计选题涉及装配式建筑设计、装配式桥梁与隧道设计、信息管理系统开发等,充分体现了智能建造专业在土木工程和信息技术的多学科交叉融合。

由上述调研情况可以看出,研究型人才、应用研究型人才和应用型人才的定位各不相同。研究型大学引领专业办学,结合社会需求,制定培养目标是以继续深造为主,继续保持和夯实土木的基

础课程,融合多个学科的课程,学生要研究理论核心技术的升级或者创新。应用研究型高校需要根据学校的办学特点体现专业特色,学生能够掌握部分理论核心技术,并能熟练操作,对操作中的一些问题能够改进,或者具有一定程度的创新。应用型人才的定位自然重在应用,压缩土木的基础课程,融合学科的专业课程多一些,内容浅一些,创新“岗课赛证”综合育人模式,能够在企业进行平台、设备操作,高效率完成预期任务<sup>[3]</sup>。当前,各高校对智能建造人才培养定位中,应用型和创新应用型人才占绝大多数。

## 二、智能建造专业特点

智能建造专业是土木工程特色专业,与土木工程专业密切相连,但又不属于土木工程专业下设的如建筑工程、桥梁工程、岩土工程、地下工程等专业方向,具有显著的多学科交叉特点,除了包括土木工程专业原有的知识体系外,还包括信息、计算机、机械、工程管理等专业知识体系。从人才培养目标对比看,土木工程专业着重培养土木工程及相关领域能胜任勘察、设计、施工、运维、管理及研发等工作,能适应时代发展需要的高素质复合型人才。智能建造专业则更注重培养学生掌握土木工程专业基础知识、与工程建设相关的一般机械原理与控制工程原理、计算机开发语言、物联网技术,能够应用现代化、信息化技术手段开展土木工程领域的智能测绘、智能设计、智能施工和智慧运维管理工作。因此,如何制定智能建造专业人才培养方案、如何设置智能建造专业课程体系和教学内容,成为该专业建设与发展亟须解决的重要问题。通过广泛调研、分析与总结,智能建造专业的学科特点有以下几个方面。

### (一) 多学科融合

从知识结构层面看,智能建造专业人才应当具有宽泛的知识面,也就是“一横”要足够宽。同时,智能建造专业人才所具备的知识结构和体系也需要解决“一竖”的问题,即需要具备某一方面足够深入的专业知识。传统工科专业的学科基础包括两方面,一是土木工程、机械工程、航空航天工程等专业以力学为基础,二是计算机科学与技术、电子信息工程、人工智能等专业以电学为基础。而智能建造专业在知识体系上体现为多学科交叉融合的知识体系,既需要打牢传统基础知识,包括数学、工程力学、电学、运筹控制等构建智能建造“元知识”,又要融合机械原理、机器学习、大数据、物联网等知识。

### (二) 新技术应用

工程建设行业经历了从手工化、机械化到自动化的技术进步,分别对应了1.0的手工化时代、2.0机械化时代和3.0自动化时代的发展阶段,随着以数字化、网络化、智能化为特征的第四次工业革命时代的到来,工程建设行业需要打破传统方式,实现转型升级,向4.0智能化方向发展,和工业4.0接轨。先进的信息技术与智能化技术广泛应用到工程的勘测、规划、设计、施工、运维等环节,构建起全链条、全方位、全生命周期的智能化建造时代。智能建造是基于工业化和数字化的建造,从时间上包括规划、勘察、设计、施工、运维、拆除,从空间上包括构件、材料、机械、成本、质量、安全等内容。智能建造主要采用的新技术包括:BIM技术、物联网技术、3D打印技术、人工智能技术、云计算技术和大数据技术等,不同技术之间相互独立又相互联系,搭建构成完整的智能建造技术体系<sup>[4]</sup>。

### (三) 理论与实践结合

智能建造专业是以工程建设行业发展需求而产生的新工科专业,教育部和住建部组织的行业资源调查报告表明智能建造技术人才短缺突出表现在智能设计、智能装备与施工、智能运维与管理等工程建设各阶段细分领域。因此,智能建造专业强调学生的实践操作和工程项目实践,要求学生

掌握智能建造技术的核心知识和技能。实现途径除了认识实习、课程设计、生产实习、毕业设计、毕业实习等传统的实践教学环节外<sup>[5]</sup>,还有以校企深度合作培养人才的新型模式,校企教学团队共同参与人才培养<sup>[6-7]</sup>,以及基于企业需求的智能建造专业工程实践能力培养<sup>[8]</sup>。

#### (四) 注重创新能力培养

智能建造专业的目标之一是培养适应数字化、智能化背景下具备系统思维、可持续学习与创新能力的复合型工程技术人才。多学科技术交叉、多元化参与主体、复杂多变的建设环境使工程项目的复杂性日益突出,这对智能建造专业人才的知识、能力、素质、思维都提出了新要求,也即在新场景、新业态下掌握更多专业知识,对工程有深入的认知,能进行工程创新<sup>[9]</sup>。

### 三、智能建造知识体系和实践创新模式构建

石家庄铁道大学土木工程学院于2021年申请并获批智能建造本科专业,2022年开始招收本科生。为全面掌握行业对该领域人才需求的具体情况,采取函询和实地调研相结合的形式进行调研、咨询,以土木类单位和新兴BIM科技类公司为主要调研对象,共调研、咨询了五十多家相关单位。同时通过走访参加全国智能建造专业建设的会议,了解各高校的智能建造专业的培养目标和课程体系。在分析近年来已开设智能建造专业的高校对其专业建设与人才培养的基础上,借鉴其他高校已有做法和经验<sup>[10-12]</sup>,结合土木工程学院的专业特点及专业人才的定位,制定出本校智能建造专业的培养目标、课程体系、实践创新体系。

#### (一) 培养目标

将学生培养为能够熟练掌握土木工程专业基本知识,精通工程结构设计原理、构件生产和施工安装方法,了解工程建造的一般机械原理和控制工程原理,掌握相关计算机开发语言,能够应用现代化、信息化技术手段进行智能测绘、智能设计、智能施工和智能运维管理的工程应用型人才。毕业生能胜任传统和智能化建筑工程项目的设计、施工管理、信息技术服务和咨询服务等工作,具备创新精神和国际视野,具备较强的计算机应用能力和较高的外语水平,并具有较强实践能力和一定创新能力的高级专门人才。

#### (二) 课程体系

除智能建造专业外,石家庄铁道大学土木工程学院现有五个本科专业,其中土木工程专业设置四个专业方向。基于当前土木工程学院学科专业布局,与现有建筑工程、桥梁工程、地下工程等土木工程专业方向,以及测绘工程、城市地下空间工程、铁道工程等本科专业紧密结合,制定智能建造专业的各门专业理论课程,建立完善的理论课课程体系,使专业课程设置兼具这些方向特色,突出专业优势。以智能设计、智能施工、智能运维为三大技术知识模块,制定的智能建造专业理论课课程体系如图2所示,具体说明如下。

(1)在土木工程专业的基础上升级,如原建筑施工课程升级为土木工程智能施工,原结构试验课程升级为结构智能检测与监测,原工程测量课程升级为智能测绘等。

(2)课程模块和原土木工程保持一致,分为通识与公共基础课程、学科基础课、专业基础课、专业课、平台课、集中实践环节等模块。

(3)专业基础课程根据专业特色增加,比如增加了智能建造导论、智能算法原理及应用、BIM技术原理与应用等课程。

(4)核心课程根据专业特色设置,如设置了数字化建筑设计、智能机械与机器人、结构韧性与智能防灾、土木工程智能运维与健康管理等课程等。

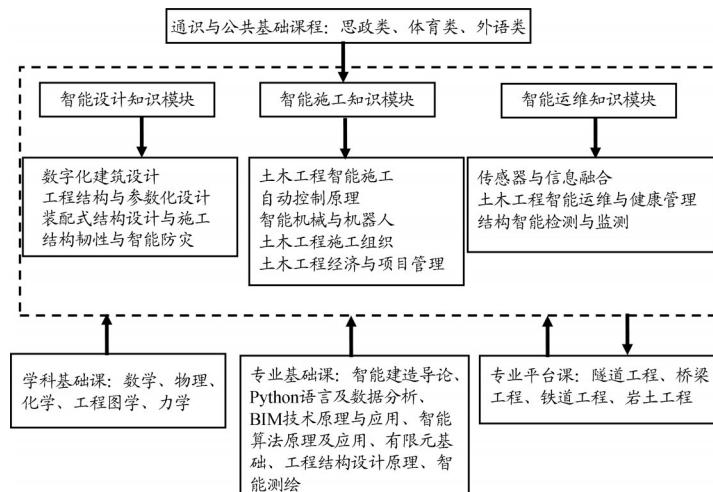


图2 智能建造专业理论课课程体系

(5)同一类课程进行融合和升级,例如,将工程制图和计算机绘图课程融合升级为工程图学基础,将混凝土结构设计原理和钢结构设计原理课程融合升级为工程结构设计原理,将混凝土房屋结构设计和钢结构房屋设计融合升级为工程结构与参数化设计等。

(6)基于大土木的思想,在大一大二时不分专业方向,在大三学年由学生选修两门专业平台课,在后续的课程设计及毕业设计中由该专业的教师进行指导,使智能建造以建筑工程为主干方向的同时,也兼具桥梁、隧道、铁道等方向,学生可以根据自己的兴趣灵活选择。

### (三) 实践创新

根据专业培养目标,除理论课程设置外,还有集中实践环节,包括:实习实训、课程设计、毕业设计。课程设计主要有:BIM技术应用课程设计技能训练、智能施工课程设计、智能建造全过程实验;实习实训包括:认识实习、工程实训与生产劳动、智能监测实习、数字测绘实习、生产实习、毕业实习。

(1)加强认识实习、生产实习、毕业实习进企业、到基地、去现场、重实操。例如,认识实习带领学生赴当地绿色超低能耗建筑材料科技公司、装配式建筑企业的工厂车间参观学习新型节能材料、新型节能墙体、预制建筑部品部件的智能化生产线,以及智能机器人、智慧车间管理云平台等智能建造技术,为今后的理论课程学习奠定了良好的实践基础。为了更加长期稳定地开展上述实践教学活动,目前已与多家设计院、施工单位、软件开发公司等建立校企合作实践基地。

(2)提倡课程设计、毕业设计出生产结合题或科研结合题。例如,毕业设计题目涉及基于参数化方法的工程结构优化设计、木结构参数化设计与机械臂智能化加工营造实践、建筑物化阶段碳排放智能监测技术以及基于机器视觉的混凝土裂缝、钢筋绑扎点特征识别等内容,题目丰富、广泛,涵盖设计、施工、监测与检测多个环节,既与土木工程专业密切相关,又突出了智能建造专业特色,这些题目均来自指导教师的科研项目或实际工程。在课程设计、毕业设计过程中,聘请校外企业优秀专家作为辅助与补充指导学生,增强了教学内容的实战性。通过上述一系列举措,大幅提升学生学以致用的能力和水平,使毕业与就业无缝衔接。

(3)校内与其他学院联合,并加强校企合作。联合土木工程学院、机械工程学院、信息科学与技术学院的专业课教师共同指导学生,使实践教学真正体现“实践”和“智能”特色。另外,联合北京盈建科软件股份有限公司申请的河北省本科高校现代产业学院——土木工程智能建造现代产业学院于2021年获批,两年多来,校企合作双向赋能,以立德树人为根本任务,在教学改革、共建人才培养

基地等方面开展了许多有实效性的工作,在强化专业与产业的对接、共建教学资源、提升“双师型”教师队伍建设、产学研用协同创新等方面均作出了实践性的探索并取得良好的成效。校企深度合作互融共生,对智能建造专业人才培养起到了极大的推动促进作用,实现了共建、共享、共赢。

(4)指导学生积极参加各类创新创业比赛与专业技能大赛培养学生的实践创新能力。土木工程学院的专业课教师多年来一直坚持指导学生参加互联网+、大学生创新创业等比赛并多次取得优异成绩。2019年作品“基于参数化设计和自动化控制的智能遮阳窗”获得全国高等学校土木工程专业本科生优秀创新实践成果奖一等奖、2020年作品《瑞信智能建筑有限责任公司》在“挑战杯”河北省大学生创业计划竞赛中获得一等奖。本科生作为项目负责人申请并立项了多项智能建造相关国家级创新创业项目,包括:基于参数化设计和机械臂的3D打印建造技术、Arduino辅助控制机械臂自动铣削榫卯木构件技术、基于机械臂的自动化木构加工装置及其参数化程序模块开发、辅助机械臂智能建造的实时纠偏补偿系统研究、建筑机器人木构加工工具转换装置与人机交互技术等。此外,在全国数字建筑创新大赛、全国BIM毕业设计创新大赛等专业技能比赛中多次获得一等奖。

多年的经验与毕业生培养质量证明了上述实践教学活动对培养学生的实践创新能力是科学的、合理的、卓有成效的。智能建造专业实践教学体系如图3所示。

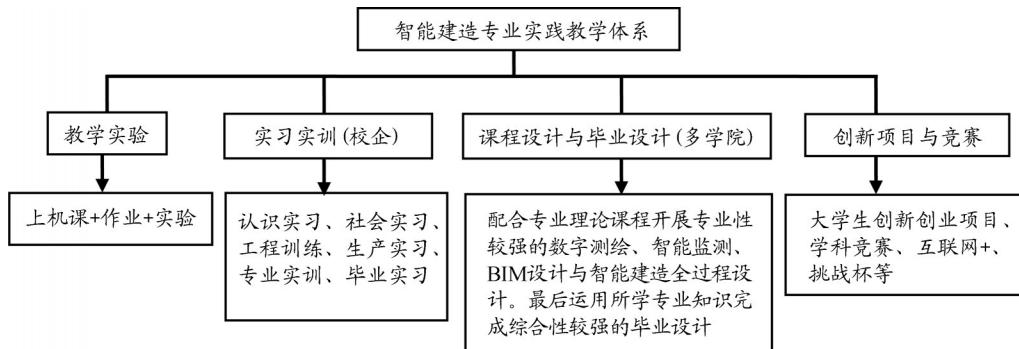


图3 智能建造专业实践教学体系

针对智能建造培养方案的人才定位,结合石家庄铁道大学的办学特色,在对培养目标上强调学生能够掌握相关计算机开发语言、应用现代化和信息化技术手段;在课程体系上突出智能设计、智能施工、智能运维三大模块,以及建筑、桥梁、隧道、铁道、岩土五个专业方向;在实践创新模式上体现为多学院联合、校企合作、创新项目和学科竞赛等方式。

## 四、结语

智能建造专业的产生和发展是工程建设行业向信息化、智能化方向转型升级的必然所需,作为一个新兴专业,建立起知识完善、实践创新突出的专业教学体系是保障人才培养质量的关键。文章介绍了智能建造的行业发展现状,分析了智能建造专业的产生背景及在我国高校开设与发展现状。以石家庄铁道大学智能建造本科专业建设情况为例,从培养目标、课程体系、实践创新三个方面重点论述了智能建造专业知识体系与实践创新模式的人才培养方案构建,可为同类型高校智能建造专业建设与后续相关研究提供参考。

### 参考文献:

- [1] 麦肯锡国际研究院. McKinsey Global Institute. Imagining construction's digital future [EB/OL]. (2016-06-24)[2024-07-05]. <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/imagining-constructions-digital-future>.

- [2] 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.
- [3] 高华国, 胡军, 李嘉奇, 等. 应用型本科院校智能建造专业教学体系构建[J]. 中国冶金教育, 2024(4): 24-26.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 王宁, 陈建伟, 武立伟, 等. 地方高校智能建造人才培养校企合作模式探索与实践[J]. 高教学刊, 2024, 10(26): 144-147.
- [7] 苏晴晴. 应用型本科高校智能建造专业学生工程实践能力培养探讨[J]. 科教导刊, 2024(18): 34-37.
- [8] 张恒, 郑兵云, 唐根丽, 等. 面向智能建造的工程管理专业BIM实践教学[J]. 高等工程教育研究, 2021(3): 54-60.
- [9] 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.
- [10] 刘占省, 薛洁, 杜修力, 等. 智能建造专业通专融合课程体系建设研究[J]. 高等工程教育研究, 2022(3): 26-31.
- [11] 孙庆巍, 高辉, 张童, 等. 新工科背景下智能建造专业课程体系研究与构建[J]. 高教学刊, 2023(2): 118-121.
- [12] 卢显杰, 高慧, 霍天昭. 智能建造专业建设体系与教学方案设计[J]. 高等建筑教育, 2022, 31(1): 8-14.

## Study on intelligent construction major development and curriculum system formulation

QIAO Wentao, LI Wenping, XIONG Qingqing, ZHANG Wang, CAO Lihui

(School of Civil Engineering, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, P. R. China)

**Abstract:** The intelligent construction major is a new engineering discipline that addresses national strategic needs and transformation of engineering construction industry. It is based on civil engineering and integrates disciplines such as information and computing science, mechanical design and automation, and control science and engineering, with significant interdisciplinary features. This paper analyzes the development background of the intelligent construction major and the current status of undergraduate program construction and talent cultivation. Taking the intelligent construction undergraduate program at Shijiazhuang Tiedao University as an example, from the perspectives of training objectives, curriculum framework, and practical innovation, this paper focuses on construction of talent cultivation plan that combines knowledge system and practical innovation model, providing valuable references for construction of similar majors in other universities and related research.

**Key words:** intelligent construction; civil engineering; major development; curriculum system

(责任编辑 邓 云)