

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2026.02.003

欢迎按以下格式引用:严健,何川,晏启祥,等.土木工程智能建造专业人才培养模式研究[J].高等建筑教育,2026,35(2):19-25.

# 土木工程智能建造专业 人才培养模式研究

严健,何川,晏启祥,汪波,方勇,徐国文,陈子全

(西南交通大学土木工程学院,四川成都 610031)

**摘要:**针对土木工程智能建造专业人才培养问题,西南交通大学以土木工程国家一流学科为基础,在分析智能建造发展背景、趋势和需求的基础上,提出智能建造专业内涵包括“土”字型知识结构、“建造为本”核心能力和可持续发展理念三个方面,形成涵盖3级目标和12种能力的智能建造专业人才培养目标体系,并在隧道工程智能建造方向开展人才培养实践。实践表明:构建多优势学科协同的智能建造专业培养体系、建立科教产教双融合的育人机制、完善多学科交叉课程体系是深化智能建造专业内涵的必要途径;进一步突出人工智能素养与创新能力培养目标,通过智慧赋能提升教师创新胜任力,打造以创新工作室为特色的人才实践能力培养新基地,可在实现智能建造专业人才培养目标的同时,有效提升人才培养质量。相关成果可为院校智能建造专业人才培养提供参考。

**关键词:**土木工程;智能建造;人才培养模式;人才内涵;科教产教双融合

中图分类号:G642

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2026)02-0019-07

随着土木工程建造技术数字化与智能化进程的加快,新材料与智能材料的研发应用不断深化,大型工程机械装备的集成化、自动化和智能化水平持续提升,土木工程学科逐渐形成多学科、多技术领域交叉融合的知识体系<sup>[1]</sup>。近年来,国内诸多高校对智能建造专业的建设思路、建设途径开展了实践探索<sup>[2-3]</sup>,提出了产学研合作人才培养模式<sup>[4]</sup>。相关研究认为,融合理论教学、创新和实践技能培养的产学研教学模式对智能建造专业建设和土木工程创新人才培养十分必要<sup>[5]</sup>。目前,我国智能建造人才数量和知识结构尚不能满足经济建设发展的需求,专业型人才、复合型人才和领军型人才严重短缺,制约了我国智能建造领域的发展<sup>[6]</sup>。西南交通大学智能建造专业依托土木工程国家双一流学科建设,在专业建设之初便深度融入工业化、信息化和智能化理念,经过近几年的实践发展,探索出一条新工科背景下智能建造专业建设发展和智能建造人才培养的有效路径。

修回日期:2025-04-30

基金项目:国家自然科学基金项目(52478420,52178397);国家重点研发计划项目(2024YFF0507901,2024YFF050790201);高铁联合基金资助项目(U2468217)

作者简介:严健,副教授,博士,主要从事山岭隧道设计理论与方法、隧道智能建造技术研究,(E-mail)sharefuture@swjtu.edu.cn。

## 一、土木工程专业的智能化发展背景及趋势

### (一) 智能建造发展背景

近200年以来,世界经历了四次重大产业革命:以蒸汽机的改良和应用为标志的蒸汽革命;以电力的广泛应用为核心的电力革命;以电子计算机和通信技术的发明和应用为标志的信息技术革命;以人工智能、物联网、大数据、云计算等技术的广泛应用为标志的第四次工业革命(工业4.0)。第四次工业革命不仅提高了生产力,而且伴随着“劳动力的极大解放”。为适应产业变革趋势,国务院印发了以创新驱动、质量为先、绿色发展、结构优化和人才为本为基本方针的《中国制造2025》。智能建造体现在投资、建设、运营的全产业链上,其将从产品形态、生产方式、经营理念、市场形态和行业管理等方面重塑建筑业,具体体现为从实物产品转向“实物+数字”产品,从工程施工转向“制造+建造”,从产品建造转向服务建造,从管理模式转向治理模式<sup>[7]</sup>。

### (二) 行业升级转型趋势

在工程建设技术领域,我国实现了跟跑、并跑到领跑的重大飞跃。港珠澳大桥、京津城际铁路、南京长江隧道等工程的建成,标志着我国在大型跨海桥梁、高速铁路和大盾构隧道等工程技术领域已处于世界领先水平。特别是以高铁为代表的交通基础设施建设已成为我国一张亮丽的名片,据统计,截至2025年底,全国铁路营业里程达16.5万公里,其中高铁超5万公里。然而,随着消费升级,土木工程的市场需求也在发生变化,建设不能仅满足基本生活需求,而应更加注重人居环境的舒适性、安全性和可持续性。为此,迫切需要借助物联网、大数据、人工智能等新兴技术,推动建造技术、材料和方法的持续升级,以适应市场的变化与需求。

### (三) 高校学科发展需求

传统的工程设计、施工和管理主要依赖人工经验和常规施工技术。随着信息化时代的来临,BIM、CAD等信息化技术率先被引入,实现了设计与管理环节的初步数字化转型。为进一步推动行业的高效、精准和智能发展,土木工程开始深度融合计算机科学、物联网技术、人工智能等知识,逐步构建起更为全面、系统的知识体系,并推动智能装备研发、结构健康智能监测系统构建、智能运维管理等智能化实践。土木工程专业智能建造演进路径如图1所示。行业的转型影响着高校的人才培养方向。西南交通大学创建于1896年,在办学过程中始终坚持以国家重大战略需求为纲,紧跟行业领域科技创新和人才培养的前沿<sup>[8]</sup>,深度结合工业化、信息化、智能化发展趋势,建设新工科专业,探索土木工程智能建造人才培养模式。

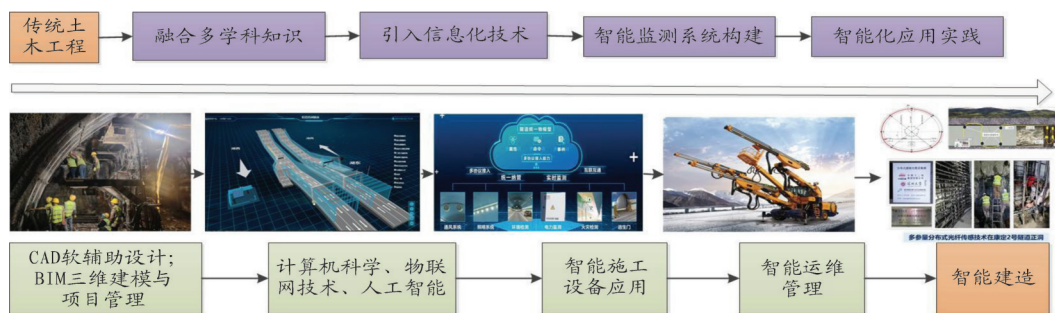


图1 土木工程专业智能建造演进路径

## 二、智能建造专业人才内涵及培养目标

土木工程与智能建造的发展,对专业技术人才的知识结构、技术能力、视野理念等均提出了新

的要求。智能建造技术技能人才不仅需具备扎实的传统土木工程专业知识,还应掌握信息技术、人工智能、机械工程和电气工程等领域知识<sup>[9]</sup>。

### (一) “土”字型知识结构

土木工程智能建造具有土木工程、计算机科学、人工智能、机械工程和电气工程等学科交叉融合的特征,人才培养注重面向工程实际,培养学生发现、分析和解决问题的能力。智能建造专业人员的知识结构应呈现“土”字型结构,如图2所示。“土”字上面的“一横”代表交叉学科前沿知识(如AI大模型、大数据分析等),是专业的高层次,以显示专业的高水平为主;下面的“一横”代表扎实的专业知识、高尚的思想和健全的人格,是专业的基础层次;中间的“一竖”则代表智能建造专业人才应具备不断突破、创新的能力,以及可量化延长度的知识结构。“一竖”与上面的“一横”交叉形成一个中心点,这个中心点作为智能建造专业人才知识网络的“纽结”,联结起一个上可突破、下能沉淀、左右纵横的复合型知识网,进而实现知识广度与深度的统一。基于此,从人格养成、能力培养、知识探究三个维度,构建智能建造人才培养体系。

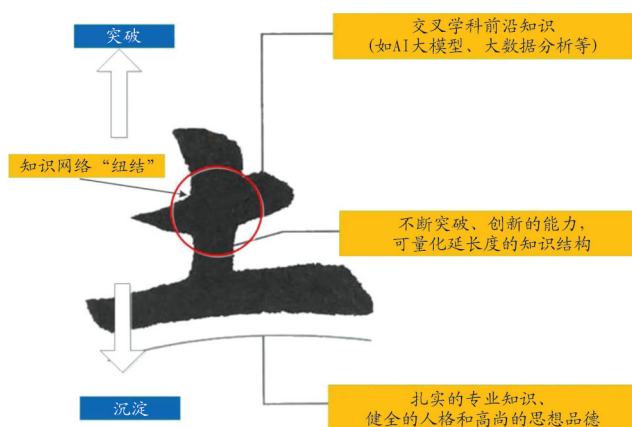


图2 智能建造专业人才“土”字型知识结构

### (二) “建造为本”核心能力

智能建造归根到底是要实现更高质量的工程建设,“建造”始终是核心,“智能”只是新型手段,因此,智能建造专业人才培养应服务于工程主线。具体而言,应以培养学生的工程建设能力为核心,使学生形成适配行业需求的知识结构,具备实践操作、科学决策和组织协调等综合能力,在未来的工程建设中具备良好的职业操守、扎实的科学素养和深厚的人文情怀,以及长远的历史眼光和开阔的全球视野。与此同时,土木工程全生命周期均朝着智能化、智慧化方向转型升级。传统以经验为主的工程建设技术和方法,将逐步被“经验—数据—模型”多重驱动的技术和方法所取代。因此,专家应立足行业变化,以培养具备先进建造核心能力的专业人才为目标。

### (三) 可持续发展理念

在满足上述人才培养内在需求的同时,要着眼培养“学”之大者。在推动工程科技发展的同时,工程师肩负着保护生态系统、促进人与自然和谐共生的光荣使命。这就要求智能建造人才具备强烈的社会责任感,树立可持续发展理念,深刻理解建筑产品在社会进步、国家建设与长远发展中的重要价值,秉持尊重生命、诚实守信的工程职业价值观,打造更绿色、更高品质的建筑产品,做到勇于担当、奉献国家、服务社会。

### (四) 人才培养目标

基于以上知识、能力和思维意识要求,结合工程教育认证标准,西南交通大学智能建造专业确立了总体培养目标:坚持学校“双严”传统,培养面向国家建设需要,适应未来社会发展需求,基础理

论扎实、专业知识面宽广、实践能力突出、科学与人文素养深厚,并具备创新精神、国际视野和领导意识,能胜任一般交通基础设施和土木工程项目的智能规划与数字设计、智能装备与工业生产、智能施工与智慧管理等工作的社会栋梁和专业精英<sup>[8,10]</sup>。这一培养目标包含3个能力层级,对应12个细化目标,如图3所示。

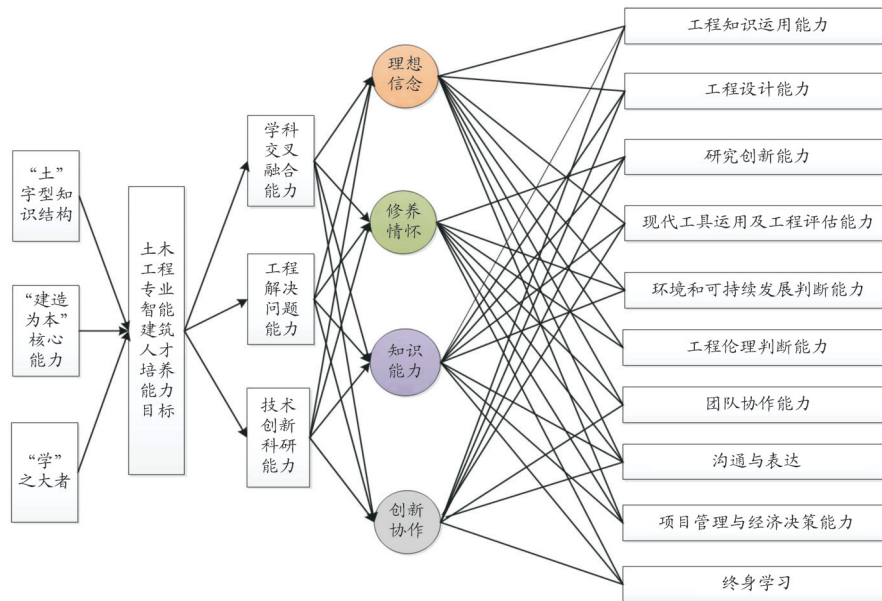


图3 智能建造人才能力目标

### 三、土木工程智能建造专业人才培养实践

#### (一) 构建优势学科协同的专业培养体系

西南交通大学深入开展调研,紧密结合交通土建行业发展趋势、市场需求和学校办学实际,积极构建多学科协同的智能建造专业培养体系。例如,基于土木工程专业优势,发挥优势学科群协同效应,对标工程教育专业认证标准,整合全校土木工程、机械工程、电子信息科学与工程、控制科学与工程、计算机科学与工程等学科优质教学资源,构建了智能建造专业人才培养体系。在土木工程地下工程方向,初步形成了钻爆法隧道智能建造人才培养方案。西南交通大学地下工程是国家第一批桥梁与隧道工程重点学科,现有院士1名,国家级人才9名,为国家培养了大批隧道与地下工程领域高级专业技术人才,已成为我国铁路隧道、公路隧道和城市地下铁道领域重要的人才培养与科学研究基地。近十年来,地下工程系承担重要科研项目/课题390余项,其中国家级150余项,年均科研经费约6000万元;出版专著60余部、发表期刊论文2300余篇(SCI/EI收录1500余篇);获授权国家发明专利300余项、软件著作权30项、国家重点新产品2项。西南交通大学计算机与人工智能学院组建于2021年,其前身可追溯至1960年创办的计算技术专业。在包括7位国家级人才在内的国家重点领域创新团队和一批具备国际竞争力的学科领军人物带领下,计算机与人工智能学院组建了人工智能团队,研究领域涵盖人工智能理论基础、智能交通、智能土木和智慧城市等。通过与人工智能团队协同发展,传统地下工程专业向深度学习、知识图谱、智能决策、知识融合,以及专业大模型等领域拓展。同时,本硕博贯通培养模式为学生提供了持续深造的广阔路径,满足了行业对高层次人才的迫切需求。

## (二) 创新科教产教双融合的育人机制

强化科教产教双融合育人机制,拓展智能建造人才科技创新能力培养途径,以高水平科学研究支撑高质量本科人才培养。首先,鼓励教师深度参与国家重点研发计划川藏铁路专项、交通运输部智能交通先导应用试点项目,提升学校智能建造领域导师队伍的整体水平。其次,依托极端环境岩土和隧道工程智能建养全国重点实验室的平台优势,整合城市地下空间工程、水利、交通、岩土等领域的产教资源,打造面向硕士和博士研究生的基础理论课程、核心技术课程和复合素养课程,同时注重研发以智能建造场景为导向、以精品项目为驱动的高阶专业课程。在科学研究、技术服务和生产实践中锻炼学生的智能建造核心能力和科技创新能力。最后,与卓越工程师学院联动,大力开展产学研协同育人项目;与中国中铁、中国交建、蜀道集团等单位深度合作,共建智慧校园、学院、研究院和产业平台,以学增厚度、以产促广度、以场拓宽度、以实强精度、以创立高度、以研筑深度,最终实现教育与经济社会发展的深度融合。科教产教双融合为学生搭建了更广阔的科研创新平台,全面提升了智能建造人才的竞争力。

## (三) 完善多学科交叉的课程体系

课程体系是培养方案的核心内容,影响着专业人才培养目标达成度和专业人才的社会适应度<sup>[11]</sup>。参考我国《工程教育认证标准》(2017版)的课程设置要求,学校打破传统学科壁垒,整合建筑工程、计算机科学、机械工程等学科资源,建立跨学科培养模式,设置了专业主干课程、专业方向课程和专业限选课程。在本科培养阶段,注重基础学科与专业学科的深度融合,除开设传统土木工程专业课程外,还开设了大数据分析、人工智能原理等信息技术课程。以土木工程核心课程建设为基础,以土木信息技术交叉课程为牵引,优化课程体系,提升课程的系统性及前沿性。其中,主干学科包括土木工程、交通运输工程、信息科学、机械工程、电气工程、工程管理;主干课程包括工程力学、结构力学、土力学与基础工程、工程流体力学、结构设计原理、计算机语言、智能建造概论、大数据应用与分析、物联网和人工智能、Python程序设计、建造机械控制原理、BIM技术基础、数字化智能测绘技术、混凝土结构设计原理、工程地质与智能勘察技术、装配式结构设计与智能化设计、人工智能与专家系统原理、建筑工程和绿色建筑等。

## (四) 突出人工智能素养及创新能力培养目标

学校将人工智能全面融入人才培养方案和实践体系,按照“系统深入、强化实践”的原则,以“专业实践课程—综合课程设计—毕业实习与毕业设计”为主线,加强虚拟教学资源建设,推动教学形式向“授课为主+专题为辅+AI实践”转变,培养学生的实践能力、创新能力和人工智能综合素养,全方位提升教学质量。智能建造毕业生不仅掌握了相关基础理论,还能融会贯通智能建造领域各学科专业知识,胜任一般土木工程项目的智能规划与设计、智能装备与施工、智能设施与防灾、智能运维与管理等工作<sup>[12]</sup>,具备跨界从事系统开发、金融与保险、社会服务与管理等工作的潜力,适应新时代国家建设和发展的需要。

## (五) 数智赋能提升教师创新胜任力

学校鼓励教师参加各类行业培训和企业智能建造实践活动,并运用DeepSeek、ChatGPT、Kimi等AI软件赋能教学,全面促进智能时代教师知识结构的完善、教育理念的革新、教学内容的更新、教学资源的优化、教学方法的创新,以及实践能力的提升。充分利用校内土木工程、计算机科学、管理工程学科领域的师资力量,以及校外优质师资力量,构建“基础知识—教学应用融合—知识生产—技术创新”进阶式教师智能建造素养提升体系。加速教学、科研、实践等模块的融合,选派优秀教师深度参与交通土建智能建造项目,在为生产企业提供智力支持的同时,助力教师凝练教学内容,提升智能建造技术水平。通过设置理论专题、开设教师工作坊、组织教学实践等方式,深化智能技术

在工程领域的应用,提升教师以人工智能赋能教学创新的积极性、主动性和实效性。

#### (六) 打造人才实践能力培养的新基地

创新工作室是一种项目化、情境化和岗位化的教学模式。传统的工作室教学往往局限于单一专业,生产任务来源难以保障,且多为模拟或仿真项目,缺乏完整的理论体系与实践支撑。与传统的工作室模式不同,创新工作室由学校与一线企业共建,设于项目现场,并结合课程设计、毕业设计选题设置实践内容。在校企联合培养的背景下,创新工作室成为全过程智能化教学、生产,以及多专业协同创新的第一平台。以钻爆法隧道智能建造创新工作室为例,工作室设于隧道洞口,真实生产任务贯穿教学全过程,实现“真项目教学、真任务承担、真环境育人”,如图4所示。在整个过程中,教师和企业项目负责人共同承担指导任务,采用“两师一徒”模式和分层教学,使学生了解智能建造全流程,熟知智能建造的工作内容,提升发现、分析和解决问题的能力。同时,通过考勤考核制度上墙、工作牌上身、数据上网、人员上线,进一步强化学生的智能建造角色认知。



图4 创新工作室

## 四、结语

针对智能建造专业建设和人才培养模式问题,西南交通大学以土木工程国家一流学科为基础,围绕培养体系、育人机制、课程实践、师资建设等方面开展改革,探索出一条新工科背景下智能建造专业建设发展和智能建造人才培养的有效路径。

(1)剖析了智能建造快速发展的背景、土木工程行业转型升级的趋势,以及高校土木工程学科自身发展的需求,明确了智能建造演进路径和智能建造人才培养模式的研究核心。

(2)提出了智能建造人才应具备“土”字型知识结构、“建造为本”核心能力和可持续发展理念,形成了涵盖3级目标和12种能力的智能建造专业人才培养目标体系。

(3)通过构建多优势学科协同的智能建造专业培养体系、创新科教产教双融合的育人机制、完善多学科交叉的课程体系、突出人工智能素养及创新能力培养目标、数智赋能提升教师创新胜任力,以及打造以创新工作室为特色的人才实践能力培养新基地,在实践中全面完善了智能建造专业人才培养模式,有效提升了人才培养质量。

#### 参考文献:

- [1] 白海峰, 赵丽华, 刘军. 土木工程学科产学研合作实践教学运行保障机制研究[J]. 高等建筑教育, 2016, 25(4): 117-121.
- [2] 同济大学校长办公室. 同济大学以“三个强化”打造人工智能赋能人才培养新范式[EB/OL]. (2024-11-12)[2025-01-11]. <https://deanoffi.tongji.edu.cn/36/49/c5233a341577/page.htm>.
- [3] 杨琳, 何亚伯, 章梦平. 土木工程专业实践教学校企合作模式的创新研究[J]. 高等建筑教育, 2015, 24(2): 121-124.
- [4] 胡朝英. “产学研”合作的土木工程专业特色教材建设探究[J]. 教育教学论坛, 2017(19): 213-214.

- [5] 丁选明, 陈志雄, 仇文岗, 等. 产学研一体化土木工程创新人才培养研究[J]. 高等建筑教育, 2021, 30(3): 30-36.
- [6] 郭彩霞, 赵诗雨, 刘占省, 等. 面向“一流专业”建设的智能建造课程体系发展探索[J]. 建筑技术, 2022, 53(9): 1262-1266.
- [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] 严健, 晏启祥, 富海鹰, 等. 工程教育认证背景下城市地下空间工程专业培养方案构建[J]. 高等建筑教育, 2020, 29(6): 80-87.
- [9] 郭跃, 管晗波. 智能建造技术技能人才培养路径优化研究[J]. 教育理论与实践, 2024, 44(30): 30-33.
- [10] 西南交通大学智慧城市与交通学院. 智能建造专业介绍[EB/OL]. (2023-06-13)[2025-01-11]. <https://iscit.swjtu.edu.cn/info/1044/3380.htm>.
- [11] 刘少东, 马永财, 刘文洋. 工程教育认证背景下水利水电工程专业培养方案的构建——以黑龙江八一农垦大学为例[J]. 高等建筑教育, 2019, 28(4): 48-54.
- [12] 全国高校人工智能与大数据创新联盟. 全国44所高校成功申报智能建造专业 教育部公布名单(2021年)[EB/OL]. (2021-11-12)[2025-01-11]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1716213629836361255&wfr=spider&for=pc>.

## Research on the talent training model for intelligent construction majors in civil engineering

YAN Jian, HE Chuan, YAN Qixiang, WANG Bo, FANG Yong, XU Guowen, CHEN Ziquan  
(School of Civil Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, P. R. China)

**Abstract:** Aiming at the problems in talent training for the intelligent construction specialty in civil engineering, Southwest Jiaotong University, building on its nationally recognized first-class discipline of civil engineering and based on an analysis of the background, trends, and demands of intelligent construction development, proposes that the connotation of intelligent construction talents comprises three aspects: a soil-shaped knowledge structure, core competencies centered on construction as the foundation, and the concept of sustainable development. A talent cultivation objective system for intelligent construction professionals is thus established, encompassing three levels of goals and twelve types of abilities. Furthermore, practical training in talent cultivation has been carried out in the direction of intelligent construction for tunnel engineering. The practice shows that constructing an intelligent construction training system with the coordination of multiple advantageous disciplines, establishing an education mechanism integrating science-education and industry-education, and improving the interdisciplinary curriculum system are necessary ways to deepen the connotation of intelligent construction talents. Further highlighting the training objectives of artificial intelligence literacy and innovation ability, improving teachers' innovative competence through smart empowerment, and building a new practice-oriented talent training base featured by innovation studios can effectively improve the quality of talent training while achieving the training objectives of intelligent construction professionals. The relevant results can provide references for talent training of intelligent construction specialty in colleges and universities.

**Key words:** civil engineering; intelligent construction; talent cultivation mode; talent connotation; dual-integration of science-education and industry-education

(责任编辑 代小进)