

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2022.02.020

欢迎按以下格式引用:张美亮,张军侠,何忠茂.面向智能建造的多专业实训教学体系重构路径[J].高等建筑教育,2022,31(2):152-159.

面向智能建造的多专业实训教学体系重构路径

张美亮¹,张军侠²,何忠茂¹

(1. 宁波大学科学技术学院,浙江 宁波 315300;2. 宁波城市职业技术学院,浙江 宁波 315211)

摘要:培养智能建造工程人才,需要优化实训教学体系。建筑行业正在经历整体转型,一是从人力稀缺导出建筑工业化、二是从管道产品转向零部件产品、三是从一次交讫转为全周期运维;与此对应,土建工程师的适岗能力也有新诉求,尤其是应用型人才的工程能力、建筑工业化的协作能力和产品服务化的数据能力。应用系统动力学理论,解析实训教学与技能习得两大变量之间的因果链、增强回路、调节回路和反馈机制,研究结果表明:地方高校土建类专业可以从设计教学语境、人机交互平台和产教融合课程三个方面优化实训要素的连接关系,重构多专业全周期实训教学体系,契合智能建造人才需求。

关键词:智能建造;职场变迁;实训教学

中图分类号:G646

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2022)02-0152-08

为实现建筑业转型升级、持续健康发展、迈入智能建造世界强国行列目标,住房和城乡建设部等十三个部门联合印发《关于推动智能建造与建筑工业化协同发展的指导意见》(建市〔2020〕60号),要求各地建立智能建造人才培养和发展长效机制。智能建造是信息技术与工程建造融合的创新结果,对应专业人才要求具有T形知识结构、工程建造能力和工程社会意识^[1]。按照多学科融合交叉,培养复合型新工科人才的思路,高水平大学相继开设智能建造专业,探索人工智能与土木工程全生命周期深度融合^[2]。根据工程认证理念的要求,优化实践性教学环节方案设计^[3],高职院校积极推动智能建造专业集群建设^[4],利用“互联网+”的优势,构建“共享平台+专业模块+方向拓展”课程体系^[5],地方本科院校逐步实现从CAD设计制图到BIM技术集成的基础教学平台迁移^[6],初步形成基于智能建造的创新创业实践教学新思路^[7]。

智能建造应用型人才培养应突破加法思维的路径依赖。在智能建造人才培养的起步阶段,基于物理世界的确定性、因果关性和机械思维的进化逻辑,增设机械设计制造及其自动化、电子信息

修回日期:2020-10-03

基金项目:浙江省高等教育“十三五”教学改革研究项目“面向全周期设计的多专业实训体系研究”(jg2019609);浙江省教育科学规划课题“双师型教师培养、评价与激励机制研究”(2020SCG082)

作者简介:张美亮(1974—),男,副教授,硕士,主要研究方向为空间规划与设计教学方法,(E-mail)645125793@qq.com。

及其自动化、工程管理等知识课程和技能训练,从而改造传统土木工程专业。在“互联网+”背景下传统产业转型过程中,智能商业成为模范生,其运营主要依赖网络协同和数据智能^[8],而建筑行业和教育领域受数据离线和迁移成本约束,总体数字化程度偏低^[9]。进入“互联网×数据×计算”的在线时代,互联网已成为基础设施,云计算将成为公共服务,大数据就成为生产要素^[10],土建工程师的工作场景和适岗能力在演化迭代,应用型专业的专业知识传授和实践技能训练也需系统化重构。

一、建造智能化的工作场景变迁

智能建造的兴起将极大地改变建筑工人和工程师的工作场景,可见结果是从机械代人、机器人转向人机协作^[11],在动力机械相继取代手工操作的自动化进程中,智能机器正在快速获得结构化知识,助推建筑产品向空间服务融合迭代,实现建筑工业与数字经济演化升级。

(一) 从人力稀缺导出建筑工业化

以往建造浪费现象与建筑要素供给特征相关联。建筑要素供需决定生产组织方式,1930年以来,在住房需求激增和建筑工人短缺的影响下,欧美国家以建筑标准化设计、构配件工厂化生产和现场装配式施工为基本特征的建筑工业化得到持续发展。中国改革开放以来,建筑产业规模化增长与工业化滞后并存的背景,带来了钢材、水泥、玻璃等建材和农民工供给充分的典型表征,现场现浇结构体系和线性分工生产方式,虽然满足了快速城市化的大规模建设需求,但也产生了资源能源浪费、产品质量不高、运维服务滞后等转型升级问题^[12],还伴生出工作环境差、劳动强度高、收入水平低等职业场景认知。随着人口红利消失,人力要素供给已成为传统建筑产业维持和可持续发展的约束条件,尤其是普遍接受中高等教育的独生子女成为社会劳动主力,建筑业劳动力稀缺局面进一步加剧,建筑工业化成为必然选择。

人机协作进化是建筑工业化的主导变量。近年来许多建筑企业陷入微利、无利甚至亏本经营状态,高校土建类专业报考人数和招生分数持续走低,虽然主管部门不断出台建筑工业化相关政策,国家层面也明确了智能建造发展目标,但与机械、电子、化工和诸多服务行业的人工智能革命相比,建筑业仍停留在机械化阶段,自动化程度普遍较低,既与产业组织模式有关^[13],也受转型升级成本约束。建筑工业化依赖技术创新和人才支持^[14],在大数据驱动的人机协作进化过程中,人工智能机器不仅会取代低技术工人和熟练技工,被认为是“脑力工作”的设计和管理岗位也将不复存在。

(二) 从管道产品转向零部件产品

现行建筑质量问题与最终产出特征相关联。建筑虽然由桩柱、梁板、门窗等各部件组成,也可区分为砖木、混凝土、现浇和钢构等结构体系,但现行生产模式,是与牛奶面包类似的管道产品,而非如汽车手机一样的零部件产品。2008年三鹿奶粉事件几乎摧毁中国的奶制品产业,事后调查发现,从原料供应、生产加工到包装运输等各个环节,都存在污染或恶意添加的可能,同行业品牌企业不得不采用垂直整合方式,重建全要素全过程质控体系。反观汽车质量监控,很容易就可以追踪到是哪个零部件不合格或组装操作不达标,因为各主体都知道自己能被追溯,所以即使小企业也能保证配件质量,结果就是市场分工不断深化,生产效率持续提升。类比分析,现场浇筑就像一桶桶奶倒进奶罐车里,一旦产品出现建筑质量问题,很难快速锁定问题源头,责任调查不得不覆盖设计、材

料、施工、管理等全过程,不仅维修整改成本大幅提升,也成为建筑管理成本居高不下的主要原因。

推行装配式建筑是为实现零部件产品转型。为推进建筑业供给侧结构性改革,2016年国务院出台《关于大力发展装配式建筑的指导意见》(国办发〔2016〕71号),明确要求发展装配式建筑,全面推动建造方式深彻变革和建筑产业转型升级。但在管理实践中,许多地方却简化“装配式建筑占新建建筑的比例”这一硬性规定。现浇向装配转型,是从管道产品向零部件产品转型,前提条件是实现建筑构件模数化、标准化、通用化和系列化,这对现有建筑企业及相关利益主体产生极大的冲击,更有可能引发行业重组。除了垂直整合和横向联合,装配式建筑还将催生各类预制构件生产、现场装配和信息服务企业,进而实现基于网络协同的建筑数字化,因此面向智能建造的土建工程师需具备网络协同能力。

(三) 从一次交讫转为全周期运维

既有建筑运维难题与商品交易特征相关联。建筑不是标准品,而是一种具体的个性化服务。以房地产为例,尽管是装配式建筑,名义上是一种产品,且有不动产权证加持,但每套房不仅有面积、户型、楼层、设施、装修等空间属性差异,还对应着地段区位、周边配套、未来规划等环境条件,所以是一房一价成交,更有学区房、廉租房、经济适用房等类别^[15]。人们买一套房,首先是要能满足私人性的居住需求,其次还要能得到就医、入学、换乘、娱乐等公共性的生态服务,当然还不乏有投资性的收入预期。公共建筑、市政工程也类似,一座图书馆既要提供购书、阅读等学习服务,更有彰显城市品味和城市品质的潜在功能。既有建筑改造更新,虽然可以按原始图纸更换部件,维持原初设计形态,但在功能升级的基础上,必须建立空间实体与在线数据的信息对应。

建筑数据采集是智能建造的基础性工作。人工智能的显著特征是机器能够直接做决策,然后配置物料、引导机器运转。虽然装配式建筑是建筑工业化的必由之路,但数据将成为核心生产力,数字化就成为传统建造向智能建造转型的关键环节。要让数据与建造对接,实现建材配置自动化、建造流程在线化、建成实体智能化,需要数据在线、实时更新,也就是在实际建造场景中全本、实时记录,而非抽样、主动采集。针对既有建筑提供精准运营服务,首先要建立物理实体、空间数据和多元需求的有效连接,通过在线数据持续记录建筑信息,通过数据智能不断深化对用户的理解。在线数据是建筑全生命周期服务的决策基础和实现平台,面向智能建造的土建工程师需强化数据决策思维。

二、土建工程师的适岗能力诉求

当信息技术大面积席卷生产领域时,许多人通过习得知识,接受培训,获得与机器组成新系统的能力,就可以在需要更高技术的生产领域、服务部门或办公园区找到工作^[16],对于智能建造应用型人才而言,适岗能力首先表现为工程思维、协作能力和数据意识。

(一) 适应建筑工业化的系统性思维与工程能力

专业化分工与系统性合作是现代经济发展的内在逻辑,建筑工业化发展依赖纵向分工和横向协作。智能建造虽然类似乐高积木,但装配式构件本身就是材料、技术和工艺的复合物,系统要素相互联系、相互作用、相互影响,构件组合既要符合物理定律,也需遵从演化规律,实现建造需要统

筹人、机、料、法、环要素,每位工程师不应只关注自身负责的部分,还要从系统层面思考并提供协作。现行施工领域有分工无合作的“五大员”或“八大员”,以及设计单位的工种设计、总工统筹、产值分配模式将难以维继。

现行教育模式忽视系统性思维与工程能力。具有工匠精神的工程师,不应局限于学习、应用和传承科学知识和工匠手艺,还应在工程实践中,思考如何把手艺变成工艺,进而实现标准化操作。掌握手艺需要个体工匠日积月累,个体消亡手艺有可能失传,而工艺是系统性思维与工程能力的集合,形成工艺就可以导向机械化、自动化,而且可以实现数据累积,通过快速迭代完成智能化转型。智能建造工程师需要掌握工艺所包含的工程知识和实操能力,但在现行教育体系下,土建类专业普遍重视知识传授,忽视技能实训,很难形成对工艺的准确理解,“眼高手低”“学无所用”成为建筑企业对毕业生的评价共识。

(二) 适应装配式建造的批判性思维与协作能力

建筑业向智能建造转型,离不开科学家和工程师这两类核心人力要素。一方面,在中国传统分工语境下,建造活动由工匠承担,因此最早的工程师,多数是从工匠转化而来,工匠精神与批判性思维一脉相承,许多土建工程师的职业追求就是成为“大国工匠”。另一方面,智能建造是由一系列新技术和新产品组合而成的复杂系统,而任何复杂系统都具有不确定性,这就需要科学家发现未知之事,工程师创造未有之物,前者提出并论证可能性,后者把这种可能性转化为现实^[17],在此分工体系下,工程思维与协作能力相互转化。

现行教育模式轻视批判性思维与协作能力。智能建造工程师面对的是1+1大于2的挑战,关注的是一个部分的变化,会不会对整个系统产生影响。大量针对装配式建筑和建筑工业化的研究探索,表明以往土建类专业教育存在明显缺陷,工程师教育未能有效对接建筑业转型升级诉求^[18],虽然有校企合作教学创新实践,但教师自身对预制装配式建筑的设计理论、建造技术、信息化工具和教育模式的理解还有待深化,还需要从建造教学的角度重新审视土建类专业教育的新特征和新要求^[19],尤其需要关注在竞争导向的高考体系下成长的独生子女,如何在工程技能训练中提升合作意愿和协作能力。

(三) 适应产品服务化的创造性思维与数据能力

智能建造将打通建筑产品与运维服务的交付边界。以房地产为例,在现行建造体系下,房产交付与物业服务提供有明确时间节点,多数情况下分属不同的市场供给主体,现实交易中产生的大量纠纷,都可归结为产品与服务的机械分割。部分品牌企业已经放弃一次性销售开发模式,组建物业服务团队,落实“产品即服务”供应链模式。除垂直整合外,类似服务外包的横向协作模式,也能实现建造与运营一体化,而基于数据驱动的区块链和物联网技术,将引导建筑产品、服务、体验一体化创新演化^[20]。

现行教育模式漠视创造性思维与数据能力。数据意识是人工智能时代的普适诉求,包括数据生成能力、数据运用能力和信息系统开发能力,对应着组件化产品生产与体验性服务供给的人机交互进程^[21]。住建部《关于推广建筑信息模型技术应用的指导意见》(建质函〔2015〕159号),明确要

求到2020年底90%规模以上项目都要应用BIM,在注册执业资格人员的继续教育必修课中增加有关BIM的内容。如果说传统建造是通过人与人交流,完成从图纸到实体的渐近生成,那么智能建造主要是通过人与机器互动,实现从物理空间到数据空间的实时映射^[22],基于数据决策提供全生命周期服务,智能建造工程师面对的就是混合型工作,不仅需要土建工程技能,还要具备数据编程和在线分析能力。

三、土建类专业的实训教学体系重构

面向智能建造的工作场景变迁,响应工程数字化、多专业协同和全周期服务能力诉求,应用系统动力学理论和方法^[23],解析专业实训与技能习得两大变量的因果链,优化思维与能力对应的增强回路、调节回路和反馈机制,重构实训教学要素的连接关系。

(一) 全面优化数字化设计教学语境

大数据是智能建造的生产力,培养学生的系统性思维和工程能力,是土建类专业实训教学体系重构的近期目标。构建并维护标准统一的建筑信息模型,是实现建筑工程数字化的前提,浙江省建筑信息模型(BIM)服务中心组织编制了《专业技术人员建筑信息模型(BIM)能力评估标准》(T/SC0244638L19ES3),获得国家相关部门的大力支持和企业的广泛认可。因此,土建类专业应用型人才培养体系重构的第一步,就是突破从AutoCAD向Revit教学软件转换的约束条件,全面优化面向工程数字化的设计教学语境。

重组系统性思维与工程能力培养的增强回路。以建筑设计教学为例,在传统的类型化设计和AutoCAD软件模式下,建筑设计基础(1-2)、计算机辅助设计(1-2)、建筑设计(1-6)等课程既有承接关系,也可独立运作,教师多结合各自熟悉的工程项目选择设计场地和功能定位,学生主要通过手绘、计算机辅助设计和实体模型呈现设计思路,虽然教学的灵活性大,但空间表达缺少数据完备性支持,教学内容重复与关键技能缺失的问题长期存在,规划条件、建筑设计、结构优化之间固有的增强回路很难形成。基于建筑全周期和学习全周期的相互关联特征,各专业同步转向Revit软件系列,分解规划策划、建筑设计、结构选型、材料设备、工程造价、装配建造等系统要素,分析类型设计和阶段设计的增强机制,激活设计教学与工程建造环环相扣的增强回路,提升实训教学的真实有效性。

(二) 统筹建设多专业人机交互平台

人机协作是智能建造的生产方式,培养学生的批判性思维和协作能力,成为土建类专业实训教学的中期目标。智能建造意味着土建工程师要与人工智能机器、组件化复杂系统一起工作,机器能够理解建造要素的变量关系,但不擅于处理复杂信息的运用场景,尤其是多专业诉求的矛盾冲突,凡是重复性的体力劳动都有机器承担,凡是能实现结构化表达的专业知识也将转化为机器行为。因此,土建类专业应用型人才培养体系重构的第二步,就是解析在线数据驱动的机器智能迁移条件,统筹建设面向多专业协同的人机交互平台。

重设批判性思维和协作能力的调节回路。学生在校接受的是分专业教学,工作中面对的多是

集合性问题,“会的用不上,要用的没学过”,类似抱怨在应届毕业生与中小建筑企业主间普遍存在。以建筑学和土木工程为例,虽然实训教学普遍采用计算机辅助设计制图,但各专业通常采用不同的第三方软件,实训项目虽有基础、专业和综合之分,但囿于学分学时和考核评价,通常只会设定具体的单一目标,很难反映实际建设项目的集成逻辑和协作条件,也不呈现真实建造过程的工序延误冲突和动态调节场景,类似实训教学虽能训练学生的专业自洽技能,但无助于培养协作意识、平衡理念和批判性思维。基于土建类多专业全周期实训统筹目标,考虑不同专业实训教学所需要软硬环境条件,建议选择中等规模民用建筑作为通用模型,提取规划、建筑、结构、材料、设备等形态数据,纳入BIM人机交互平台,打通协作行为与目标平衡的调节回路,有助于突破实训教学的专业局限性。

(三) 合作开发全周期产教融合课程

体验服务是智能建造的持续产出,培养学生的创造性思维和数据能力,可作为土建类专业实训教学的长期目标。智能建造意味着创新设计与用户思维有效关联,体验服务与建筑实体全面对接,对未来的土建工程师来说,创新敏感性与工程建设技能同等重要,甚至要求更高,但目前的课程设置和教学方法,主要还是关注知识的传播和吸收,学生通过工地参观、课程实验、课题研究、毕业实习等途径获得的真实体验相对有限,难以了解用户最终的使用需求。因此,土建类专业应用型人才培养体系重构的第三步,就要按照大数据支持服务创新的智能建造发展趋势,校企合作开发面向全周期服务的产教融合课程。

重组创造性思维和数据能力的反馈闭环。产教融合是应用型人才培养的实施路径,传统师徒制是教学双方合意、产教全面融合的典型模式,徒弟的劳动投入和产出,对应着师傅在传帮带过程中的显性收入,但在工业化催生的分工体系中,教学是学校的事务,生产是企业的职能,产教融合需要相应的制度创新^[24],企业本质上是经济人,要追求利润最大化,但因为现代社会高度关联,承担学生实习任务就成了企业的社会责任,当社会责任与经济成本偏离时,校企合作的不确定性就会突显,尤其在学生实习存在一定安全隐患的现实语境下,实训教学的场景体验效果和实时反馈功能也会大打折扣。基于以人为本的动态视角,专业教育与行业就业的交汇点,在于培养具有创新敏感性和用户思维的工程技术人才,专业教师与企业工程师分工合作,开发并承担面向建筑全生命周期服务的产教融合课程,增强知识吸收、校内实训和现场实践的体验场景,形成实训教学效果评价的反馈闭环。

四、结语

研究智能建造发展与土木工程教育的关系,不能忽视产业的发展现状和教育的滞后效应。在快速城市化进程中,土建类专业曾经是热门专业,但近年来学生报考意愿和高校招生分数持续走低。教育的经济意义和投资属性已广为大众接受,大多数学生希望在知识经济时代获得体面的白领工作,但传统公司经济形态下的办公室岗位却在持续减少,地方本科院校的办学初衷是培养应用型人才,但招生宣传还是侧重学生发表论文、申请专利、竞赛获奖、考证考研、出国留学等量化等级

指标。与此同时,除大型建设集体和品牌房地产公司外,多数中小型建筑企业很难吸引应届本科生,智能建造的底层创新能力严重受限。

未来已来,机器智能在解放人的同时,也会取代一部分人的工作,如何应对智能机器的竞争挑战,高水平知名大学和普通地方院校的可选策略先天不同,但在实训教学过程中培养学生的系统性思维、批判性思维和创造性思维,是土建类专业教学改革共同目标。人才培养和教学改革具有滞后效应,从智能建造的产出来看,建筑企业并非土建类专业人才的终极用户,但当前的实训教学体系重构,离不开建筑企业这一最现实的用人单位支持,校企合作能提供真实的创新创业场景。除此以外,地方高校还应深入研究支持个性化成才的实训模式和评价方法,进一步打破专业选择限制,为学生提供更多的选择自由。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 鲍跃全, 李惠. 人工智能时代的土木工程[J]. 土木工程学报, 2019, 52(5): 8-11.
- [3] 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.
- [4] 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(综合版), 2019, 19(3): 83-86.
- [5] 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.
- [6] 李富平, 皇甫平, 郭铁能. 提高土建类专业学生制图创新实践能力的探讨[J]. 高等建筑教育, 2019(3): 116-121.
- [7] 吴军. 智能时代[M]. 北京: 中信出版集团股份有限公司, 2016.
- [8] 曾鸣. 智能商业[M]. 北京: 中信出版集团股份有限公司, 2018.
- [9] 袁烽, 赵耀. 智能新工科的教育转向[A]. 数字技术·建筑全生命周期——2018年全国建筑院系建筑数字技术教学与研究学术研讨会论文集[C]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2018.
- [10] 王坚. 在线[M]. 北京: 中信出版集团股份有限公司, 2018.
- [11] 吴光东, 唐春雷. BIM技术融入高校工程管理教学的思考[J]. 高等建筑教育, 2015, 24(4): 156-159.
- [12] 王俊, 赵基达, 胡宗羽. 我国建筑工业化发展现状与思考[J]. 土木工程学报, 2016, 49(5): 1-8.
- [13] 刘禹. 我国建筑工业化发展的障碍与路径问题研究[J]. 建筑经济, 2012(4): 20-24.
- [14] 陈振基. 我国建筑工业化60年政策变迁对比[J]. 建筑技术, 2016, 47(4): 298-300.
- [15] 薛兆丰. 薛兆丰的经济学讲义[M]. 北京: 中信出版集团股份有限公司, 2018.
- [16] 约瑟夫·E. 奥恩. 教育的未来——人工智能时代的教育变革[M]. 李海燕, 王秦辉, 译. 北京: 机械工业出版社, 2020.
- [17] 娜塔莎·麦卡锡. 人人都该懂的工程学[M]. 张焕香, 宁博, 徐一丹, 译. 杭州: 浙江人民出版社, 2020.
- [18] 吴国雄, 苟寒梅, 董莉莉, 等. 对接装配式建筑产业链的专业集群人才培养体系创新与实践[J]. 职业技术教育, 2018, 39(32): 25-28.
- [19] 罗佳宁, 张宏, 丛劲. 建筑工业化背景下的新型建筑学教育探讨——以东南大学建筑学院建造教学实践为例[J]. 建筑学报, 2018(1): 102-106.
- [20] 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.

- [21]涂子沛. 数文明[M]. 北京:中信出版集团股份有限公司,2018.
- [22]魏力恺,张备,许蓁. 建筑智能设计:从思维到建造[J]. 建筑学报,2017(5):006-012.
- [23]丹尼斯·舍伍德. 系统思考[M]. 邱昭良,刘昕,译. 北京:机械工业出版社,2007.
- [24]李玉珠. 产教融合制度及影响因素分析[J]. 职教论坛,2017(13):24-28.

Reconstruction path of multi-professional practice teaching system for the intelligent construction

ZHANG Meiliang¹, ZHANG Junxia², HE Zhongmao¹

(1. College of Science & Technology Ningbo University, Ningbo 315300, Zhejiang, P. R. China;

2. Ningbo City College of Vocational Technology, Ningbo 315211, Zhejiang, P. R. China)

Abstract: The talents training of intelligent construction engineering requires optimizing practical teaching system. The construction industry is undergoing an overall transformation, three salient features can be observed, one is to derive the industrialization of construction from the scarcity of manpower, the second is to shift from pipeline products to parts and components, and the third is to shift from one-time delivery to full-cycle operation and maintenance. Correspondingly, civil engineering engineers also have new demands for their job-fitting capabilities, such as the engineering capabilities of applied talents, the collaboration capabilities of building industrialization, and the data capabilities of product services. Applying system dynamics theory, analyze the causal chain, enhancement loop, adjustment loop and feedback mechanism between the two major variables of training teaching and skill acquisition. The research results show that civil engineering majors in local colleges and universities can learn from the design teaching context, man-machine interactive platform and integration of production and education courses in three aspects, optimize the connection relationship of training elements, reconstruct the multi-professional full-cycle training teaching system, and meet the needs of intelligent construction talents.

Key words: intelligent construction; workplace changes; practical teaching

(责任编辑 王森卉)