

数字化赋能高校工程实践教学模式转型研究

闫晓玲, 程剑兵

北京工商大学人工智能学院, 北京 102488

摘要：实践是工程的本质属性，面对社会数字化转型与新一代信息技术的集群式突破，相应地急需具有数据整合、分析能力、技术重混的实践能力以及应对复杂问题情境的工程科技人才。文章通过梳理当前工程实践教学面临的困境，阐明数字化背景下高等工程实践教育建设的目标内容，提出把握传统产业数字化转型升级契机，明晰数字化人才培养标准；在孪生空间重构工程实践教学内容；协同多元主体，打造与工业场景深度融合的实践教学模式；强化技术伦理，构建人机协同、安全共生的数字化实践教学生态等有效措施，为数字化背景下我国工程教育创新提供参考，为国家数字战略谋划及以数字化能力建设为核心的工程师培养提供研究支撑。

关键词：数字化赋能；数字孪生；工程实践教学；人机协同；转型改革

Research on the Transformation of Engineering Practice Teaching Mode in Universities Empowered by Digitalization

Yan Xiaoling, Cheng Jianbing

Beijing Technology and Business University School of artificial Intelligence, Beijing 102488

Abstract：Practice is the essential attribute of engineering. In the face of the social digital transformation and the cluster breakthrough of the new generation of information technology, there is an urgent need for engineering talents with data integration, analysis ability, practical ability of technology remixing and coping with complex problem situations. By sorting out the difficulties faced by current engineering practice teaching, this paper expounds the contents of the goals of higher engineering practice education construction under the background of digitalization, proposes to grasp the opportunity of digital transformation and upgrading of traditional industries, and clarifies the standards of digital talent training. Reconstructing engineering practice teaching content in twin space; Cooperate with multiple subjects to create a practical teaching model deeply integrated with industrial scenes; Effective measures such as strengthening technical ethics and building a digital practical teaching ecology of man-machine collaboration and safe symbiosis provide reference for engineering education innovation in China under the digital background, and provide research support for national digital strategy planning and engineers training with digital capacity building as the core.

Key words：digital empowerment; digital twins; engineering practice teaching; man-machine coordination; transformation and reform

在智能制造背景下，人工智能、大数据、物联网等数字化技术深度融入工业生产环节，越来越多的工程技术岗位要求从业人员能够适应工业生产数字化、生产运营集成化和人机协同的发展趋势^[1]。从数据中获取有用知识解决复杂工程问题成为未来工程师应当具备的通用性能力。当前，我国工程实践教学^[2]普遍缺乏智能化学习情境、串联产品全生命周期的实践项目、多元主体协同打造的实践平台以及应用智能技术的标准体系等。改革的关键是搭建虚实结合的智能化实践场域，打造与工业场景深度融合的实践平台，加强对学生创新能力、实践能力的培养；创建人机协同、安全共生的教学生态，突破单一学科知识体系束缚，引导学生在多元主体打造的实践平台中构建网络化知识体系；通过沉浸式、互动式、开放式实践加快知识内化和转移；突破传统工程实践教育机械化、程序化操作的范式，构建服务智能制造的工程实践的教学模式；培养具有整体性、系统性思维，技术重混实践能力以及可持续创新数字化能力的工程科技人才。

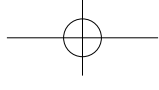
一、数据驱动的工程教育改革现状

以人工智能、大数据等新一代信息技术为新的增长引擎，不

断推进教育的数字化变革，是党的二十大报告明确指出的发展方向。大数据、AI、物联网、云计算等新技术给工业生产带来巨大变革，如何应对这种变革，培养出能够在数字技术产业化和产业

作者简介：（闫晓玲，1974年8月，女，汉族，山西运城，北京工商大学，博士，副教授，研究方向为高等教育信息化。）

项目基金：北京工商大学教育教学重点项目：一流本科视角下面向新工科的工程训练实践教学体系构建与实施。（jg2022015）



数字化转型过程中担当重任的工程科技人才，是新一轮工程教育改革要解决的关键问题。

最近5年，我国工程教育领域开展了一系列创新改革^[2]，首先，许多高校设置了诸如人工智能、智能制造等新技术专业和新技术赋能专业，年度培养人才规模达到40余万。其次，创建各类新的院系组织，培养适应新工业革命的卓越工程师。

二、数字化背景下工程实践教育建设的目标和内容

（一）因应新工业革命的发展，在孪生空间重构工程实践教学内容，其关键在于实现数字世界与物理世界的深度融合

新工业革命的突出特点为数字世界与物理世界的融合^[3]，尽管许多学校在工程实践教学增加了大数据、虚拟现实、工业互联网、物联网等方面的教学内容，但那只是解决了数字技术与工程专业领域相关技术“混合”的问题，距离实现数字世界与物理或现实世界的“融合”仍然有较大差距。数字孪生技术采用数字化描述的方法反映物理实体运行或物理空间运动变化的特质与规律。在数字孪生技术构建的孪生空间中才能实现物理—数字两个世界的深度融合。因此，体现数字世界与物理世界的深度融合是工程教育改革的重要任务。基于数字孪生技术的工程实践教学是学生建立数字世界和物理世界深度“融合”观念、意识的有效途径，具备物理世界与数字世界深度融合意识的工程科技人才，能够汲取数字孪生模型中反映物理产品“魂”之所在的知识与技术，为物理产品的设计与开发提供创新思想与智力支持。

（二）协同多元主体，创设依托真实情景、虚实结合、校企融合的工程实践平台

依托现代科技企业的技术与资源优势，充分利用智能化技术，联合多元主体协同打造工程实践平台的新场景、新方式与新组织。第一，数字化工程实践平台能够模拟真实的工业生产环境，学生可以沉浸式参与智慧车间产品设计、制造、运行和运营情况。第二，构建校企双方互利共赢的长效育人机制。高校可以将企业中真实存在的经典工程项目、企业发展急需解决的工程问题打磨成可操作、可落实的工程实践教学案例，探索高校师生为企业提供智力支持、企业充分发挥自身优势参与新型工程科技人才培养的机制。

（三）强化技术伦理，构建人机协同、安全共生的数字化实践教学生态

工程实践中要加强技术伦理教育，培养和强化工程人才批判性使用技术、有效审查技术的能力和意识。第一，制定智能技术应用标准，在实践中普及智能技术应用的法律与伦理规范。第二，将互动式道德案例作为工程实践教学内容，引导学生明辨是非，明确应用智能技术的规约，能够合理、合法地应用智能技术。第三，引入社会评价，由于智能技术可能引发激烈的价值冲突（例如基因编辑婴儿违反人类伦理秩序、滴滴公司信息泄密违反国家法律等），为了保证工程实践项目的道德取向符合社会规范与伦理道德要求，建立多学科、多主体、多行业的社会评价机制，使工程实践项目的道德取向最大限度符合社会规范与伦

理道德要求。

三、工程实践教学模式数字化转型路径取向

（一）把握传统产业数字化转型的契机，明晰人才培养标准：数字化能力框架

2020年，“新一代人工智能标准体系建设指南”由国家多部委联合发布，该指南指明了人工智能技术的发展方向，但缺乏各界共识的数字人才能力框架指导产业和教育实践。落实指南中的相关精神，高校应牵头推进教育界与产业界加强对话，联手行业或工程联盟等多元主体，加快探索具有普适性（例如全民数字素养、工程科技人才数字素养）的数字化能力框架，推动数字化人才生态建设的良性运转。工程实践中数据生命周期的循环过程（数据获取、数据处理、数据存储、数据分析、可视化、创造价值），可归纳为数据科学的三个维度：知识维、技能维、专业维。知识维度体现了数据科学的跨学科属性；技能维度强调数据科学技术包含的范畴；专业维度展示了数据科学应用的行业领域。上述三个维度分别对应工程实践教育目标中的“知”“会”“是”（学识、做事、做人），这是构建数字化人才培养标准的依据。

（二）协同多元主体，在孪生空间重构工程实践教学内容，打造与工业场景深度融合、产教全方位支撑的实践教学模式

产业变革和新一代信息技术革命带来全新的发展机遇，数字化的信息、数据和知识成为不可或缺的生产要素。产业数字化转型符合国家战略需要以及行业技术发展、企业发展运作的要求，因此，构建多元组织参与的数字化人才培养生态符合时代发展的需要。工程实践教学要为学生提供优质教育资源和技能，应当构建校企双方互利共赢的长效育人机制，在教学中充分利用现代科技企业的技术与资源优势。数字孪生的诞生与发展为产学研的深度融合及实践教学的创新发展提供了新的机遇。改革过程中的着力点主要包括：

第一，创新管理机制，灵活设置相关专业以及调整课程体系，以适应国家战略需求以及人才市场的需求变化。此外，将产教融合的成果纳入高校绩效评价体系，推动高校科研成果与企业实际需求的对接。第二，设计、优化校企合作、产教融合的具体方法及途径，做到合作共赢，使工程实践教学成为整个工程教育改革的突破口。基于数字孪生技术打造与工业场景深度融合的智慧实践教学空间，学生可以沉浸式参与到智慧工厂的产品全生命周期（设计、制造、管理、物流和回收）任务中，基于数字孪生及其三维设计模型，通过数据驱动、建模仿真改进、优化甚至创新产品设计，在此过程中还可以为企业提供产品质量评估、生产线性能评估、物流优化策略、生产布局优化等报告，进而实现数字孪生模型设计、工艺与生产的自我感知、预测及智能升级。第三，积极支持教师与企业的交流与合作。首先，搭建校企合作交流平台，教师通过交流平台可以深入了解企业的实际需求和最新市场动态，运用自身的专业知识、科研成果帮助企业解决实际问题。其次，鼓励教师深入企业一线，直接面对和解决工业生产现场的实际问题，增强产业洞察力和实践能力。最后，高校

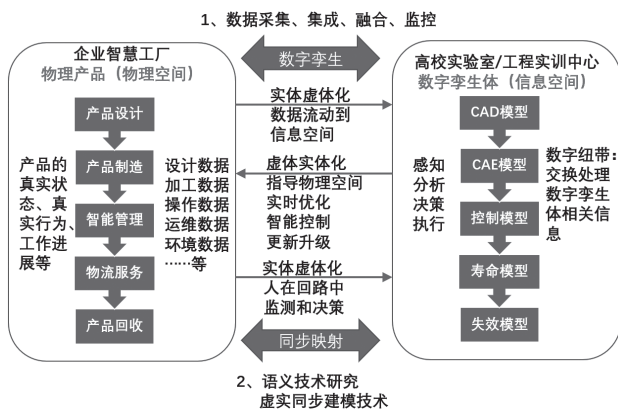


图1 基于数字孪生技术与工业场景深度融合的实践教学模式

聘请企业技术专家开设工程实践课程及专业讲座，为高校师生提供了解前沿工程技术及行业动态的机会。第四，支持技术创业，更好地推动产教融合。通过提供资金、场地、建设创业孵化平台，促进和提高教师和学生科研成果转化率。此外，要加强创新创业教育，培养具有创业基本素质和创新型个性的人才。例如清华大学工程训练中心构建的工程实践和创新教育平台，实现了理工、人文社会学科的交叉融合，学生在该中心可以获得前沿科技知识、进行工程实践训练、获得创新创业、跨界合作机会。

（三）强化技术伦理，构建人机协同、安全共生的数字化实践教学生态

智能技术在促进社会发展的同时，也可能产生潜在的、巨大的破坏性。例如采用数字孪生技术可打造与工业场景深度融合的智能实践教学模式，通过虚实互动，让教师、学生沉浸式参与到企业智慧工厂和智慧车间，充分调动、融合高校师生、企业工程师的创新思想。但数字化实践教学环境下面临着网络安全防控、商业数据泄密等隐患问题。因此，如何选择智能技术、怎样设

计、制造智能化产品？工程实践教学要不断强化技术伦理教育。第一，高校牵头推进教育界与产业界加强对话，联手行业或工程联盟等多元主体，打造一套贴合实际、与时俱进的智能技术应用标准。然后，在实践教学普及智能技术应用的法律与伦理规范。第二，设置工程实践教学活动的道德情境，就是把社会公认的、普世的道德观念融入技术开发与应用，确保人工智能技术应用和创新符合以人为本的理念。第三，建立多学科、多主体、多行业的评价机制。通过公平、公开的对话和辩论，使工程实践项目的道德取向最大程度符合社会规范与伦理道德要求。首先，加强工程教育学界的交流，探讨和研究工程教育学科建设面临的共性问题（如课程体系、教学方法、评价标准等）、关键问题的解决方法，推动相关问题的合理解决。其次，依托试点高校联盟、工程院教育委员会等全国性的工程教育学会，搭建专业人员交流、沟通平台，在学术会议上发表、共享和深化工程教育研究成果。最后，开展国际交流合作，与国际上代表性工程教育研究机构密切对话互动，扩大国际话语权，提升中国工程教育的全球影响力。

四、结语

实践是工程的本质属性，21世纪以来，产业变革和新一代信息技术革命带来全新的发展机遇，数字化的信息、数据和知识成为不可或缺的生产要素。相应地急需具有数据整合、分析能力、技术重混的实践能力以及应对复杂问题情境的工程科技人才，工程教育数字化转型是势在必行的大趋势。当前世界处于信息化、智能化快速发展变革之中，我国的工程实践教学应当以跨越式、竞争式发展模式改革创新，才能适应产业发展的智能化、数字化转型升级需求，为建设创新型国家和世界科技强国提供智力支持。

参考文献：

- [1] 马廷奇, 刘思远. 工业生产智能化背景下工程实践教学模式创新[J]. 国家教育行政学院学报, 2021, 8: 64-71.
- [2] 靳玉乐, 陈玲辉. 反思性实践论视角下工程实践课程的反思与重构[J]. 高等教育研究, 2021(1): 77-82.
- [3] 吴婧娜, 施锦诚, 朱凌. 数据赋能工程教育转型: 基于五份美国数据科学咨询报告的分析[J]. 高等工程教育研究, 2020(4): 41-47.