

系统工程观视域下项目化深度教学模式研究

钱 夔, 路 红, 陈 桂, 温秀兰, 刘义亭

(南京工程学院自动化学院, 江苏 南京, 211167)

摘要:工程教育承担着培养工程人才的使命,项目化教学在培养学生工程技术能力中发挥了重要作用。目前,项目化教学仍更多注重学生专业知识实践运用,存在工程思维缺失、专业知识边界过重等问题。新工科复合型人才培养需要发展系统工程观视域下项目化深度教学模式,建立跨学科综合素养人才培养路径体系,解析综合素养能力所包容的系统思维深刻内涵,设计多维度、多视角、深层次教学逻辑策略,发展学生高阶思维能力、提高综合素养水平。

关键词:项目化教学;系统工程观;深度教学模式;综合素养

中图分类号:G420

“国势之强由于人,人才之成出于学。”培养什么人、是教育的首要问题。工程教育承担着培养工程人才的使命,当前新一轮科技革命和产业变革正在重构全球创新版图、重塑全球经济结构新变局,高等学校对于未来工程师专业技能、胜任素质和创新能力培养也提出更高的要求。

纵观世界工程教育史,美国工程教育一直处在世界前列,20 世纪 90 年代初,美国掀起“回归工程运动”,其核心内容就是要改革美国“过度工程科学化”的工程教育体系,转为重视工程教育本身的系统性和完整性^[1]。之后, Moses J 提出“大工程观”概念^[2],并指出这是未来工程教育发展的新方向,获得广泛认同。“大工程观”理论在实践中逐步丰富与完善,逐渐从概念演变为一门系统学科——工程系统学,至今仍深刻影响着整个世界工程教育^[3]。

钱学森院士早在 20 世纪 80 年代就提出“物—事—人”系统思考方法论^[4],为我国工程教育系统思维的培养奠定了坚实的理论基础并逐步建立以系统思维为理念,从系统视角来分析、设计和管理复杂工程问题的系统工程观。长期以来我国高等工程教育也紧紧围绕系统工程观进行教育实践,注重培养学生创新设计能力和解决复杂工程问题能力,促进创新实践能力持续、递进提升。

面对百年未有之大变局下的人才战略重大需

求,我国迫切需要加快工程教育改革创新。为此,教育部提出新的教育改革方向,面对国内、国际发展新形势,以培养多元化、国际化、创新型人才为目标,以立德树人为发展内涵,面向工程教育发展“新工科”,以工程教育专业认证引领专业建设与国际接轨^[5]。

当前,中国工程教育认证通用标准规定 12 项基本要求^[5]:(1)工程知识;(2)问题分析;(3)设计/开发解决方案;(4)研究;(5)使用现代工具;(6)工程与社会;(7)环境和可持续发展;(8)职业规范;(9)个人和团队;(10)沟通;(11)项目管理;(12)终身学习。这些能力要求既包括解决复杂工程问题的知识技能要求,还包括个人和团队、沟通、终身学习、职业规范、工程与社会、环境和可持续发展等非技术性指标体现的能力,而这正是“新工科”学生核心能力的范畴。高等工程教育正从注重技术应用的“技术范式”向注重实践、能力、综合素质的“工程范式”转变,学生培养路径正从解决“复杂技术问题”向解决“复杂工程问题”转变。

国内各高校也纷纷进行了众多有益探索^[6-7]。尤其应用型高校教学体系越来越注重学生实践能力的培养,设立各类实验课以及实践课程,并引入工程化教学模式,将知识获取和工程实践能力提升结合,有效提高学生创新能力以及对理论知识运用的工程实践能力,这也十分契合新工科建设中提出

收稿日期:2023-05-04;修回日期:2023-06-20

基金项目:江苏省教育科学“十三五”2020 年度规划课题(C-c/2020/01/22);教育部高等教育司 2022 年第二批产学研合作协同育人项目(220904822132431);江苏省研究生教育教学改革课题(GKT22_C049);南京工程学院高等教育研究课题(2022YB15);南京工程学院教学改革与建设项目(JXJS2021056)

作者简介:钱夔,博士,教授,研究方向为机器人、人工智能。

E-mail: kuiqian@njit.edu.cn

引文格式:钱夔,路红,陈桂,温秀兰,刘义亭.系统工程观视域下项目化深度教学模式研究[J].南京工程学院学报(社会科学版),2023,23(4):69-73.

的人才培养目标。然而,12 条通用标准是毕业最低要求,未来工程师的知识、技能、素养在程度上需要高于通用标准。

以 ChatGPT^[8]为代表的新一代人工智能新形态,正加速教育的革命性重塑。新工科复合人才培养^[9]正是应对当前教育难题与未来教育变革的重要路径。因此,面对文理整合、理工并重的复合型人才要求,高等学校工程培养教学模式如何引入新信息革命赋能下的系统工程观,对满足未来新型工程技术人才培养意义重大。

一、项目化教学模式发展现状

工程化教学作为一种系统的教学模式,在国内外已得到大量教学实践^[10],并被认为是工业 4.0 时代实现教育可持续发展目标的重要手段^[11]。Musa^[12]强调工程化教学对学生知识构建和能力培养的作用,让学生围绕来自项目中的现实任务来学习知识和技能;Almulla^[13]以学生为中心,利用知识、信息共享与讨论等手段来提高学生的参与度。此外,研究者已发现工程化教学模式可促进深度学习产生^[14-15],有助于实现可用知识的复杂实践,同样以高阶认知能力培养为目标的深度学习教学理念在建构式教学过程中也起着重要作用。

国内研究者也提出一系列工程化教学模式与实践创新,在培养思路、培养途径等方面进行改革尝试,如梁海英^[16]利用信息化将工程化教学与在线课程设计结合,提高学生综合能力;李军^[17]则提出三维联动的教学模式,将项目化教学融入课堂与竞赛,以项目促能力;张蕾^[18]在新工科背景下将工

程化教学用于翻转课堂,进行能力培养方面的实践探索。在工程化教学实践研究中,也有不少学者发现深度学习教学策略可与项目化教学模式相结合^[19-20],以加深学生对知识的理解与运用。

然而目前工程化教学研究仍偏重培养学生专业知识实践运用能力,存在学生工程思维缺失、专业知识边界过重等问题,而深度学习理论仍处于浅层阶段,两者结合过程中易出现教学策略偏差导致的重视知识难度忽视广度、过于强调学生主动性与弱化教师引导作用而导致的学习低效等问题。

在深度学习理论与项目化教学实践指导下,面向新工科学生综合素养培养目标,通过跨学科整合与重构,改变传统知识简单组合拼接的浅层融合,扩展深度学习宽度、延伸项目化教学深度,是新工科新理念下以人才培养为核心的教学模式变革与创新研究的重要内容。

二、项目化深度教学模式顶层设计

本文围绕新工科复合人才培养目标,提出项目化深度教学模式。该模式以项目化教学为抓手,通过对项目的深入实践和探究,加强系统工程观视域下核心素养培养,在反思和评估中促进深度学习和终身学习。项目化深度教学模式旨在发展学生高阶思维能力,提高综合素养水平,在教学框架、人才培养、教学实践等方面提出新理论、新路径、新策略,从而实现目标、内容与方法的系统教学体系整合统一,促进学生跨学科知识的融合建构,培养体系化系统工程思维。项目化深度教学框架如图 1 所示。

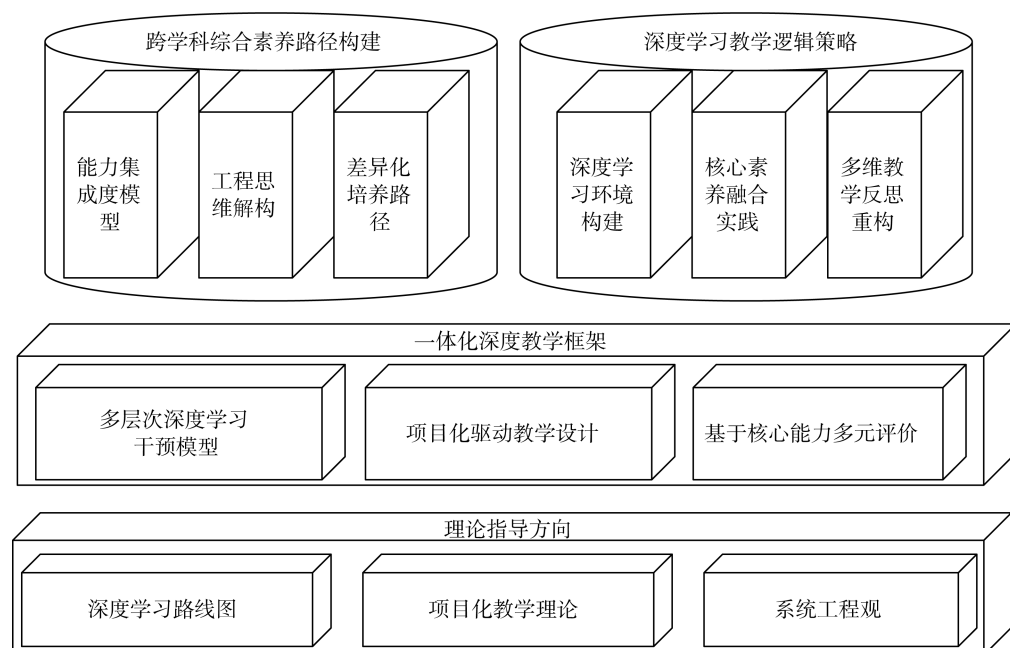


图 1 项目化深度教学顶层设计框架

项目化深度教学模式主要包括一体化深度教学框架,跨学科综合素养路径构建以及深度学习教学逻辑策略,通过探究项目化深度教学理论基础与构成要素,建立统一融合教学理论架构,以指导新工科综合性、交叉性、跨学科等人才培养实践。

(一) 一体化深度教学框架

一体化深度教学框架结合深度学习理论与项目化教学设计,在项目化驱动的教学模式中,提出多层次深度干预模型,将宏观教学阶段与微观知识内容连接起来,在教学流程、协同机制、即时反馈等多方面迭代优化,实现从浅层学习到深度学习的不断进阶,并建立基于核心视角的多元智能评价,建构耦合共生的“教、学、习、评”共同体。

在具体实践中,教师根据多元化、高阶性和过程导向的深度学习能力发展趋势,及时干预、引导教学过程当中的深度学习路线。首先,浅层学习可视为深度学习的基础,教师应在课堂教学中传授学生对知识进行浅层加工和简单记忆的方法;其次,在浅层学习的基础上,教师将学生浅层加工和简单记忆的专业知识转化为能力,进而引导学生掌握程序性知识以及解决问题的方法;最后,教师运用学习策略和问题解决策略对学习内容进行深度理解和创造性运用,进而帮助学生形成和掌握新的综合知识学习策略和复杂工程问题解决策略,同时发展出更为高阶的思维能力。

(二) 跨学科综合素养路径构建

跨学科综合素养路径构建以项目化工程全生命周期为重点,在教学过程中基于 CMMI(能力成熟度模型集成)进行项目过程域分解,面向哲学元素、知识元素、道德元素以及行动元素等跨学科工程思维要素解构,建立工程过程域下的人才差异化培养路径,实现传统工程教育由单一维度向多维度模式的转变,这也是构建新工科复合型人才培养路径的核心所在。

CMMI 模型在每个成熟度等级规定了不同的关键过程域。若要达到某一成熟度,就必须满足关键过程域所规定的不同要求。由于该模型涵盖了整个工程实践周期,基于项目过程域分解实施跨学科工程培养,与中国工程教育认证通用标准规定 12 项基本要求也十分契合,二者对应关系如表 1 所示。

(三) 深度学习教学逻辑策略

深度学习教学逻辑策略通过构建深度学习环境产生有益条件,确立学习活动逻辑顺序和规则设计,在教学实践中整合综合素养关键思维能力,重塑知识结构体系,并有效进行师生共同体下的多维教学反思重构,加强学生知识群之间的关联性、系统性、逻辑性,以项目化形式提高深度学习模式下学习效果,逐步提升不同学科的整体认识。

深度教学环境构建是进行深度学习的首要任务。教师一方面要为学生创建出心流体验,在学习过程中真实地投入注意力、思维、情感、意志、价值观,从而发挥学生的主观能动性;另一方面,要改变知识传授型教学模式,将项目化教学内容中零散繁杂的知识点体系化重建,构建具有一定挑战性、反映学科本质的教学主题,既要考虑该教学内容是否为跨学科内容的联结点,还要考虑国家课程标准的相关要求以及当前社会性的热点。

表 1 关键过程域分解与能力要求培养

CMMI 等级	过程域名称	过程类型	能力要求培养
一级	无	无	无
二级	需求管理	工程类	工程知识
	项目规划	项目类	项目管理
	项目监控	项目类	项目管理
	供应商协议管理	项目类	项目管理
	度量分析	支持类	使用现代工具
	过程和产品	支持类	使用现代工具
	质量保证	支持类	项目管理
三级	配置管理	支持类	项目管理
	需求开发	工程类	工程知识、问题分析
	技术方案	工程类	工程知识、研究、设计/开发解决方案
	产品集成	工程类	工程知识、设计/开发解决方案
	验证	工程类	研究、使用现代工具
	确认	工程类	个人和团队、沟通
	组织过程焦点	过程类	项目管理
四级	组织过程定义	过程类	项目管理
	组织培训	过程类	个人和团队、终身学习
	集成化项目管理	项目类	项目管理
	风险管理	项目类	职业规范
五级	决策与解决方案	支持类	工程与社会、环境和可持续发展
	组织过程绩效	过程类	个人和团队、沟通
	定量项目管理	项目类	项目管理
五级	组织革新与推广	过程类	个人和团队、沟通
	原因分析与解决方案	支持类	工程知识、问题分析、设计/开发解决方案

多维教学反思重构为思维拓展的关键路径。教师为学生提供真实的学习情景和问题迁移,引导其

提升逻辑思维和应用知识的系统性,为处理分析现实生活中的各类工程问题奠定基础;同时激发学生的内在动机,强化学生的逻辑抽象能力,提供更多从学科融合视角发现问题、提出问题、分析问题、解决问题的机会。这个过程需要学生在批判的基础上对问题解决方案进行重构,教师需根据学生学习效果不断调整深度学习教学策略,在相互反馈交织过程中,持续培养学生的高阶思维能力。

三、项目化深度学习过程细化设计

项目化深度学习模式顶层设计确立了系统工程观视域下教学总体目标与框架结构。本文针对具体的教学活动和环节,以深度学习路线图为指导,结合项目化教学基本流程,给出项目化深度教

学过程细化设计,如图 2 所示。从宏观层面看,教学过程分为导学启动阶段、深度学习阶段、强化深度学习阶段及教学反思阶段。从微观层面看,项目化深度教学根据教学内容分为课前自主学习、课中深度教学及课后全面反思三个环节。

围绕新工科人才培养目标,工程人才素质急需由单一维度向多维度模式转变。本文提出的系统工程观培养视域下的素养包括问题分析能力、实践才能、创新意识和创新能力、较高的伦理道德标准以及职业素养、知识应用与迁移能力、良好的沟通能力、管理技能、领导才能等,涉及需求开发、技术方案、产品集成、产品验证、项目计划、配置管理、风险管理、组织培训、项目管理、决策分析、质量管理等工程过程域,涵盖工程、过程管理、项目管理等过程类型。

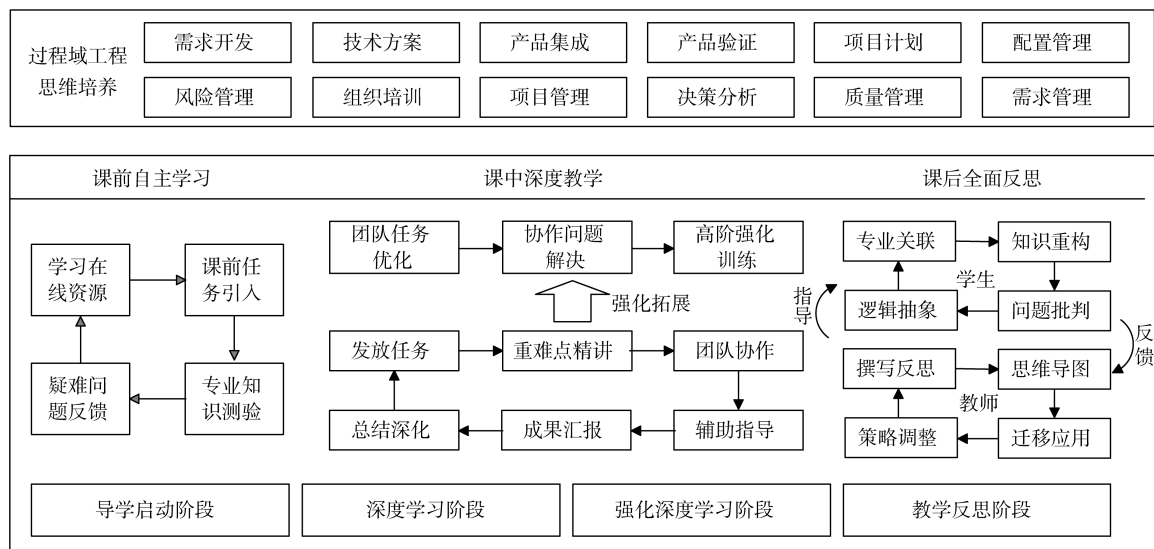


图 2 项目化深度学习过程

项目化深度教学以项目化驱动教学方式,融合了学习知识的批判理解、学习内容的有机整合、学习过程的建构与专业知识的迁移运用等深度学习关键特征,重构传统项目化教学过程。

在启动导学阶段,教师根据课程目标和具体的教学内容,将设定的教学项目融入教学设计当中,学生提前在线上资源平台完成任务预习,并通过线上测试以发现问题,感受重难点。

在深度学习阶段,教师与学生应明确各自在项目教学活动中的地位和角色。项目活动主体为学生,他们经过身临其境的学习锻炼,体验工程项目全生命周期过程域;教师针对发放拟定的教学任务进行重难点精讲,明确项目目标、任务内容、成果要求等事项,随后在项目实施中负责过程监督和指导,保证教学活动顺利开展。学生根据项目任务开

展团队协作、任务分工,并汇报完成情况或阶段性成果,教师进行相应的总结与点评。

在强化深度学习阶段,教师以高阶性学习活动为主,将“分析、评价和创造”作为教学目标,整合跨学科教学内容,通过打破课本内容结构,灵活整合学科知识并根据课程内容特征设计案例分析、同伴互评和协作问题解决等教学形式,促进学生深度学习的高阶思维强化训练。

在教学反思阶段,学生要形成信息关联思维与连接保持能力,能够多视角发现问题、提出问题、分析问题、解决问题,面对新问题还能够对解决方案进行再构,持续锻炼高阶反思思维能力。教师则需针对教学目标与内容进行思维导图制作,帮助学生及时复习、整理学习内容,深入思考所学知识的内部结构和相互联系,形成完善的知识结构,让学生

更好经历有意义的学习过程,把握学习内容的本质特征,体验学习内容的思维方法,促进学生关键能力与核心素养的发展。

四、结语

本文面向新工科复合型人才培养需求,将深度学习理论与现有项目化教学模式结合,构建系统工程观视域下的项目化深度教学模式;围绕培养综合素养能力所包容的工程思维深刻内涵,将项目化教学目标、教学内容、教学模式与培养要求有机统一,融合学习知识的批判理解、学习内容的有机整合、学习过程的建构与专业知识的迁移运用等深度学习关键特征,完善跨学科综合素养人才培养路径体系,建立多维度、多视角、深层次教学逻辑策略,为一体化教学体系下加强新工科人才工程思维培养提供新思路。

参考文献:

- [1] 李培根. 工程教育需要大工程观[J]. 高等工程教育研究, 2011(3): 1-3.
- [2] Moses J. The anatomy of large scale systems revisited[C]//Second International Symposium on Engineering Systems. MIT, Cambridge, Massachusetts, 2009.
- [3] 江桂云, 罗远新, 李聪波. 大工程观视域下一流机械工程人才培养研究与实践[J]. 中国大学教学, 2020(2): 37-41.
- [4] 郑新华, 曲晓东. 钱学森系统工程思想发展历程[J]. 科技导报, 2018, 36(20): 6-9.
- [5] 蒋敏兰, 张长江, 沈建国, 等. 基于工程教育认证的电子信息工程专业人才培养体系研究[J]. 大学教育, 2020(8): 23-26.
- [6] 韩婧. 基于 OBE 教育模式的高校课程体系研究[J]. 教育现代化, 2019(65): 97-98.
- [7] 卫建国. 大学课堂教学改革的理念与策略[J]. 高等教育研究, 2018(4): 66-70.
- [8] Tlili A, Shehata B, Adarkwah M A, et al. What if the devil is my guardian angel: ChatGPT as a case study of using chatbots in education[J]. Smart Learning Environments, 2023, 10(1): 15.
- [9] 姜晓坤, 朱泓, 李志义. 新工科人才培养新模式[J]. 高教发展与评估, 2018, 34(2): 17-24.
- [10] Chen J, Kolmos A, Du X. Forms of implementation and challenges of PBL in engineering education: a review of literature[J]. European Journal of Engineering Education, 2021, 46(1): 90-115.
- [11] Nurtanto M, Fawaid M, Sofyan H. Problem based learning (PBL) in Industry 4.0: Improving learning quality through character-based literacy learning and life career skill (LL-LCS) [C]//Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing, 2020, 1573(1): 012006(文献号).
- [12] Musa F, Mufti N, Latiff R A, et al. Project-based learning: Promoting meaningful language learning for workplace skills[J]. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 2011(18): 187-195.
- [13] Almulla M A. The effectiveness of the project-based learning (PBL) approach as a way to engage students in learning[J]. Sage Open, 2020, 10(3): 2158244020938702(文献号).
- [14] Miller E C, Krajcik J S. Promoting deep learning through project-based learning: a design problem[J]. Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research, 2019, 1(1): 1-10.
- [15] Silalahi S A, Zainal A, Sagala G H. The Importance of Deep Learning on Constructivism Approach [C]//2nd International Conference of Strategic Issues on Economics, Business and, Education (ICoSIEBE 2021). Atlantis Press, 2022: 243-246.
- [16] 梁海英, 叶海跃, 孟小华. 基于项目化教学的在线课程教学内容设计与探索[J]. 中国教育信息化, 2019(6): 41-44.
- [17] 李军. 课堂—项目—竞赛三维联动教学模式的研究[J]. 高教学刊, 2018(6): 49-51.
- [18] 张蕾, 李平, 柴俊武. 新工科背景下项目式教学提升翻转课堂教学研究[J]. 电子科技大学学报社科版, 2020, 22(6): 107-112.
- [19] 申大魁, 刘峰贵. 促进本科生深度学习的翻转课堂教学模式研究[J]. 大学教育, 2018(3): 141-143.
- [20] 李人, 夏晓菲. 促进深度学习的项目式学习教学策略[J]. 教育导刊: 上半月, 2020(4): 48-54.

Research on Project-based Deep Learning Teaching Mode from the Systems Engineering Perspective

QIAN Kui, LU Hong, CHEN Gui, WEN Xiulan, LIU Yiting

(School of Automation, Nanjing Institute of Technology, Nanjing 211167, China)

Abstract: Engineering education undertakes the mission of cultivating engineering talents, and project-based teaching has played an important role in cultivating students' engineering and technology ability. However, for the cultivation of composite talents in new engineering disciplines, project-based teaching still focuses more on the practical application of students' professional knowledge, and there are serious constraints such as the lack of engineering thinking and overloaded professional knowledge boundary. Therefore, it is essential to develop a project-based deep teaching model within the framework of systems engineering, establish a cross-disciplinary talent cultivation pathway, delve into the profound implications of systemic thinking inherent in comprehensive literacy, and devise multi-dimensional, multi-perspective, deep-level teaching strategies to cultivate students' higher-order thinking abilities and enhance their overall literacy.

Key words: Project-based Teaching; Systems Engineering Perspective; Deep Teaching Mode; Comprehensive Literacy