

新质生产力背景下工业工程专业 毕业设计指导探索

任莹晖,熊德红,夏百战,黄向明

(湖南大学 机械与运载工程学院,湖南 长沙 410082)

摘要:推动形成新质生产力需要完善科技创新体系,培养科技创新人才。为实现专业培养适应国家战略发展的创新人才目标,通过毕业设计实践环节达成对专业培养目标支撑,是在新质生产力背景下本科人才培养的重要课题。以湖南大学工业工程专业为例,基于成果导向教育理念,阐述毕业设计 with 专业培养目标的支撑关系,以及毕业设计各环节对毕业要求评价的支撑。最后例证毕业设计中学生解决各类生产和服务系统复杂问题的成果,以及实践过程对专业培养目标的支撑达成。

关键词:毕业设计;新质生产力;创新能力;成果导向教育

中图分类号:G642

文献标志码:A

文章编号:1674-5884(2024)04-0036-05

着眼于新一轮科技革命和产业变革,习近平总书记创造性地提出新质生产力新概念^[1]。新质生产力涉及领域新、技术含量高,依靠创新驱动,要求的高质量发展归根结底是生产力的发展。我国“十四五”规划纲要的“发展壮大战略性新兴产业”中提到,新一代信息技术、新能源、新材料、高端装备、新能源汽车、绿色环保以及航空航天、海洋装备等都属于“战略性新兴产业”。面向发展新质生产力需要,培养适应国家工业化战略发展的创新人才,服务“战略新兴产业”,使之成为引领社会和技术发展的领军人物,是我国高等教育的重要历史使命、责任和挑战^[2]。

旨在提高生产系统及服务运作系统运作效率、资源配置及利用效率,以降低成本、减少浪费、持续改善为核心理念的工业工程(Industrial Engineering, IE)学科,具有工程技术与科学管理相结合的交叉学科特征^[3-4]。其科学理论与技术方法对制造业转型升级发挥着不可替代的作用,能为我国加快形成新质生产力提供强有力支撑。当今国际一流制造强国的最明显科技创新体系特征之

一,即将产品、工艺、设备、材料的技术创新与效率、质量、成本的管理创新结合,形成制造业发展新范式^[5-6]。为了加快形成以高效能、高质量为特征的新质生产力,需要完善科技创新体系,健全科技人才培养机制。本文以湖南大学工业工程专业为例,从为服务我国战略性新兴产业培养创新人才的角度,阐述专业通过毕业设计实践环节对学生的创新能力与综合素养培养的探索与实践。重点阐述工业工程专业在新质生产力背景下,基于成果导向教育(Outcome-based Education, OBE)理念,围绕培养目标如何设计毕业设计环节的毕业要求支撑关系,如何在毕业设计各环节中达成对毕业要求的支撑性评价,并例证毕业设计实践环节对学生创新能力和综合素质的培养达成。

1 毕业设计对专业培养目标的支撑关系

为满足国家制造业、服务业未来发展,以及国家经济建设对工程人才的迫切需求,湖南大学机械与运载工程学院于2004年设立了工业工程本科专业。2020年工业工程专业获批湖南省一流

收稿日期:2024-04-29

基金项目:湖南省普通高等教育教学改革研究项目(HNJG-2022-0507);湖南大学校级教改项目(HNUJG-2023)

作者简介:任莹晖(1979—),女,湖南永州人,副教授,博士,主要从事精密加工技术和智能制造技术领域研究和教学研究。

本科专业建设点,2022 年获批教育部国家一流本科专业建设点。湖南大学工业工程专业在设计本科培养方案时,将培养目标设定为:培养基础扎实、视野开阔、德才兼备,具有良好人文素养、科学精神和创新能力,具有扎实的工业工程学科基础理论和专业知识,学术研究型、自主创业型、科技开发型的工业工程领域经世致用领军人才,使学生成为德智体美劳全面发展的社会主义建设者和接班人。从政治经济学视角分析,习近平总书记提出的新质生产力是以科技创新为主导、实现关键性颠覆性技术突破而产生的生产力^[7]。专业制定的培养目标符合“形成新质生产力,增强发展动能”对人才培养的需要。湖南大学工业工程专业的培养目标可以细化为综合素养、工程知识和能力、综合知识和能力以及发展潜能四个方面要求。其中,综合素质体现在培养具有历史使命感、社会责任心、高尚品德、科学精神和人文素养,具有国际视野、重视多样化和包容性理念、伦理和可持续性方面的必备素质。工程知识和能力体现在能掌握数学及自然科学的基础知识、工业工程学科基础理论和专业知识,并能将其应用于解决发展中不断出现的复杂工业工程问题。综合知识和能力体现在能掌握法律、哲学、经济学、管理学等学科基础知识并具备跨学科学习能力、高效表达沟通能力、跨学科国际合作能力、第一性原理思维和计算思维能力。发展潜能体现在具备批判性思维、创造性学习和思考能力、新技术学习能力、终身持续学习能力。上述培养目标的核心是通过

实施培养方案对学生“解决复杂工业工程问题能力”和“创造力”的培养。

为培养毕业后有志在制造业、服务业、公共事业、科研院所、政府部门等单位从事生产、经营、服务、管理、教学、科研和咨询工作的学生,在设计专业培养计划的课程体系时要求,除学习学校规定的公共必修课和必须的工程类基础课程外,还需必修“电工电子技术”“机械设计基础”“机械制造基础”“管理学”“工程经济学”“运筹学”“系统工程”“智能生产与运作”“基础工业工程”“生产系统建模与仿真”“设施规划与物流分析”“质量管理与可靠性”等课程。与培养计划规定的课程学习相比较,毕业设计是完成本科教学计划最后一个重要实践教学环节。是学生达到培养目标进一步拓展和深化所学理论知识的综合训练过程,也是评估高校办学和人才培养质量的重要依据^[8-9]。根据工程教育专业认证标准要求(T/CEEAA 001—2022),基于成果导向(Outcome based education, OBE)教育理念,工业工程专业在培养方案中设定了 11 项毕业要求,并构建了毕业要求与培养计划内课程和实践环节的支撑关系。其中,设定毕业设计实践教学环节重点支撑 6 项毕业要求,包括:设计开发(毕业要求 3)、工具使用(毕业要求 5)、职业规范和伦理(毕业要求 7)、沟通与交流(毕业要求 9)、项目管理(毕业要求 10)以及终身学习(毕业要求 11)。毕业要求与毕业设计支撑环节关系及达成评价依据详见表 1。

表 1 湖南大学工业工程专业培养毕业要求与毕业设计环节支撑关系

工程教育专业 认证毕业要求	培养方案设定毕业要求	毕业设计支撑环节及评价依据
设计开发 毕业要求 3	在考虑安全与健康、法律法规与相关标准以及经济、环境、文化、社会等制约因素的前提下,培养具有针对生产或服务系统中复杂问题进行分析、规划、设计、管理和运作的的能力	中期检查、指导教师评价、交叉评议和答辩 依据:论文、周志
工具使用 毕业要求 5	在工业工程实践活动中开发、选择,并应用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具,了解其局限性	中期检查、指导教师评价、交叉评价和答辩 依据:论文、周志
职业规范和伦理 毕业要求 7	树立社会主义核心价值观,具有人文素养、科学精神、社会责任感,能够在工程实践中理解并遵守工程职业伦理与规范,履行责任,培养对多样性和包容性需求的理解能力	中期检查、指导教师评价、交叉评价和答辩 依据:论文
沟通与交流 毕业要求 9	能够就复杂工业工程问题与业界同行和社会公众进行有效的和包容性沟通和交流,包括撰写报告和设计文稿、陈述发言、清晰表达或回应指令,具有良好的国际视野,能够在跨文化背景下进行沟通和交流	开题答辩、中期检查、指导教师评价、交叉评价和答辩 依据:论文、答辩

续表 1

工程教育专业 认证毕业要求	培养方案设定毕业要求	毕业设计支撑环节及评价依据
项目管理 毕业要求 10	能够理解并掌握工程管理原理与经济决策方法,并能够在多学科环 境中应用	指导教师评价和答辩 依据:周志、论文
终身学习 毕业要求 11	培养学生能进行批判性思考,了解工业工程学科的前沿发展现状和 趋势,具有自主学习和终身学习的意识,具备不断学习和适应发展 的能力	指导教师评价、交叉评价和答辩 依据:论文

从表 1 中可见,设计开发毕业要求培养具有针对生产或服务系统中复杂问题进行分析、规划、设计、管理和运作的能 力。工具使用毕业要求指能够在工业工程实践中开发、选择,并应用恰当的技术、资源、现代工程工具和信息技术工具。职业规范和伦理毕业要求指树立社会主义核心价值观,具有人文素养、科学精神、社会责任感,能够在工程实践中理解并遵守工程职业伦理与规范,履行责任,培养对多样性和包容性需求的理解能力。沟通与交流指能够就复杂工业工程问题与业界同行和社会公众进行有效的和包容性沟通和交流,具有良好的国际视野,能够在跨文化背景下进行沟通和交流。项目管理和财务毕业能力指能够理解并掌握工程管理原理与经济决策方法,并能够在多学科环境中应用。终身学习毕业要求指培养学生能进行批判性思考,了解工业工程学科的前沿发展现状和趋势,具有自主学习和终身学习的意识,具备不断学习和适应发展的能力。

2 毕业设计培养环节设计

毕业设计实践环节包括出题、选题、指导和答辩。结合新质生产力背景下生产与服务系统发展特点,聚焦工业工程学科发展前沿,专业要求指导教师根据社会需求与指导教师承担项目两方面拟定毕业设计题目。将工业工程专业毕业设计题目划分为三类:工业工程设计类、工程软件应用与开发类、理论分析及论文类。工业工程设计类:选题必须面向生产或服务系统的规划、设计、优化及评价,设计工作必须包含需求与问题分析、数据收集与分析、基于定量分析的方案设计与优化、方案验证与评价,形成完整的设计技术文件,使学生达到工业工程师的基本训练。工程软件应用与开发类:选题应以制造业的生产、服务(物流)、管理系统等为对象,应用与开发用于产品全生命周期或工程管理中分析、规划、设计、管理用途的工业工程软件。该类选题必须提供相应的方法、手段来验证软件功能、分析计算或仿真结果的正确性和

可靠性,并通过现场演示验证软件运行的结果。所做工作必须包含软件功能需求、应用与开发方案、信息模型构建、数据管理与交换方案。开发软件课题应独立开发出应用软件或模块,有详细开发流程、使用指南、软件设计说明书(附有源程序清单)、软件使用说明书及运行和测试结果等,并能在计算机上实际运行,使学生达到工业工程工程师的基本训练。理论分析及论文类:选题必须以工业工程应用为背景,运用所学的基础理论和专业知识对某一科学或技术问题进行学术前沿探索、理论分析与计算,得到有关该问题的一般理论结果、方法或结论。所做工作必须包含对研究问题的国内外研究现状、研究意义和发展方向的综合分析和评价,对研究问题进行理论分析与模型构建、通过模拟仿真或实验得到某一具体的正确可行的结论,所采用的方法或结论应具有较强的创新性,能解决工程实际问题,论文具备公开发表的基本条件,使学生达到工程科学与技术研究的基本训练。

工业工程设计类和工程软件应用与开发类题目多数源于工程问题,适合大多数同学完成。理论分析及论文源于指导教师科研项目,偏向引导具有科研基础和未来在专业方向继续深造的同学完成。教师在指导学生完成毕业设计的同时,也可以推动完成自身所承担的科研项目。三类题目全面覆盖设计开发、工具使用、职业规范和伦理、沟通与交流、项目管理和财务以及终身学习的 6 项毕业要求,达到对全体同学在毕业设计实践环节的毕业要求支撑评价。

指导环节通过开题检查、周志、中期检查进行过程质量监控和评价。答辩环节包括指导教师评价、交叉评阅评价和现场答辩评价进行最终考核。指导环节贯穿第 8 学期全过程,通过设计过程性评价环节和考核评价支撑专业学生毕业要求达成和创新能力培养。专业要求指导过程需要把握以下几方面要求。(1)紧密结合所学专业的工程实践问题,指导学生运用多学科知识和专业工具描

述、分析及制定解决复杂工业工程问题的方案。(2)侧重工程实践能力的培养和训练,提高学生可持续发展、工程伦理、项目管理和财务问题的关注度,不断培养学生的社会责任感和民族复兴大任担当自豪感。(3)要注重学生团队协作和独立分析解决问题能力的提升,培养学生适应国家工业化战略发展的智能制造创新的创新思维和意识,鼓励创新创造。(4)应有相关企业、行业专家沟通或参与,保证毕业设计过程贴近工程实践和实际生产。

考核方式设计是评价实践环节支撑毕业能力达成的重要手段。湖南大学工业工程专业的毕业设计考核包括过程性评价和最终考核两部分。毕业设计过程性评价由周志、开题答辩、中期检查构成。专业要求指导教师每周从设计开发、工具使用、职业规范和伦理、沟通与交流等方面对学生研究进展、研究能力和工作态度予以评分,并将周志成绩记入最终考核的指导教师评价部分。开题答辩和中期检查由指导教师组完成,根据学生自我陈述和进展情况展示提醒进度及方向建议。通过学生陈述表现重点考查设计开发、工具使用、沟通与交流以及项目管理方面的毕业要求支撑达成情况。

最终考核由指导教师评价、交叉评阅评价及答辩组评价构成。设置相应权重,综合三方独立考核评价结果,最终达成学生毕业设计对应的毕业能力支撑达成情况及创新能力培养评价。在设计评价指标时,指导教师评价包括平时成绩(周志)和论文质量。论文质量评价依据是论文或图纸,评价学生对解决复杂问题的创新能力。评价项目与评价要素相互对应。方案可行性评价的评价要素包括针对生产或服务系统中复杂问题进行分析、规划、设计、管理和运作,并且能够应用所掌握的工程管理原理与经济决策方法,解决工业工程活动中的成本与效益问题,支撑毕业要求 3 和毕业要求 10。评价论文研究结论准确性的评价要素包括能够在工业工程实践中理解并遵守工程职业道德与规范并履行责任,并且就复杂工业工程问题与业界同行和社会公众进行有效沟通与交流,包括撰写报告和设计说明书、陈述发言、清晰表达,支撑毕业要求 7 和毕业要求 9。评价论文(图纸)规范性支撑毕业要求 5。交叉评阅教师从论文质量和论文技术水平两方面给出评价,评价要素考虑论文内容的创造性和实用性、社会可持续发展、经济成本等,支撑毕业要求 3、毕业要求 5、毕业要求 7 和毕业要求 10。答辩组评价项目除了涵盖

论文质量、论文技术水平外,增加对答辩过程评价,评价要素侧重创新性、运用工具能力、经济成本及伦理规范和表达,支撑毕业要求 3、毕业要求 5、毕业要求 7、毕业要求 10 和毕业要求 11。

3 毕业设计指导实践

突破以往有固定研究结论的出题定式,依托企业和科研需求真题实作,培养学生科研和创新能力。案例 1,对某离散逆向生产系统人机混流生产线展开生产仿真与插单调度研究。在毕业设计前期指导学生了解传统产线向智能化改造推进的需求和功能要素,要求学生自学补充教学计划内课程学习中未涉及的相关专业知识。结合生产线实景,锻炼学生收集并分析离散生产系统运作数据的能力。指导学生将新兴行业逆向生产人机混流线插单进行数学问题描述与建模。再训练学生运用专业软件模拟计算分析任务分配、生产线平衡及插单调度优化的工具使用能力。在研究过程中,培养了学生面对复杂生产系统综合运用专业知识的能力,以及自学新领域知识的能力。研究成果获得企业认可,也是科研项目研究的有效支撑。选题同学将相关研究成果整理为学术论文,在中文核心 EI 检索源刊上发表。案例 2,展开结合多源信号融合的刀具寿命预测研究。题目源于进行中的科研项目,鼓励选题同学提前参与研究团队,与参研的硕士研究生共同搭建多传感器在位信号采集平台。指导学生通过学术文献阅读、参与课题讨论等方式,自主选定研究方法。鼓励学生自学人工智能算法领域相关知识,结合图像与信号数据分析,构建基于双向长短时记忆神经网络的小样本推理微刀具磨损预测模型及算法,实现同工况与变工况的智能预测推理。完成毕业设计答辩后,选题同学在英文 SCI 检索源刊上发表论文一篇。毕业设计过程培养了学生的学术研究能力和学术论文写作能力。

突出工业工程专业具有的工程技术与科学管理相结合的交叉学科特点,并尊重学生能力差异,以解决身边服务系统优化问题出发,培养学生使用新工具、新方法和新技术的能力,达到工业工程师的基本训练。案例 3,以突发公共卫生事件为背景,展开大学校园生活园区内生活物资配送服务研究。指导学生结合特殊时期社会环境背景,训练收集和分析数据的基本能力,研究突发公共卫生事件下大学校园生活园区内物资配送服务系统需求特点、配送风险和运作成本、环境要素等。

以教学计划内专业课程知识为基础,指导学生完成无人配送物流方案规划设计,及应急物资转运站点选址问题计算。要求运用仿真工具,对比评价并优化研究方案。此外,结合社会发展引导学生关注新兴行业服务业态,例如,同城配送路径规划及订单时空预测问题、新能源汽车共享充电场选址问题及有序充电问题、无人快递收发站点最后一公里配送问题等等。培养学生以人为本的意识,发挥专业特长解决社会发展中的新问题。上述案例中都结合了新质生产力,通过毕业设计培养过程对专业培养目标形成有力支撑。

4 总结

本文分析了新质生产力发展对创新型人才培养的需求,以湖南大学工业工程专业为例,阐释在新质生产力要求下该专业对人才培养目标从综合素质、工程知识和能力、综合知识和能力以及发展潜能四个方面的设计。基于 OBE 理念介绍了培养方案中本科毕业设计各环节对培养目标达成的支撑关系。以企业需求和科研项目为牵引,通过真题实作实践了对创新型人才解决复杂问题能力的培养,达成了毕业设计对专业培养目标和毕业要求的支撑。湖南大学工业工程专业在新质生产力背景下开展的毕业设计指导探索与实践,可为其他院校相关专业探索培养适应国家工业化战略

发展、服务“战略性新兴产业”、引领社会和技术发展的创新人才提供参考。

参考文献:

- [1] 沈坤荣,金童谣,赵倩.以新质生产力赋能高质量发展[J].南京社会科学,2024(1):37-42.
- [2] 王书亭,谢远龙,尹周平,等.面向新工科的智能制造创新人才培养体系构建与实践[J].高等工程教育研究,2022(5):12-18.
- [3] 张建桃,曾莉,韦婷婷.基于市场需求的工业工程专业课程设置[J].高等工程教育研究,2022(3):67-73.
- [4] 马一鸣,Yannou Bernard,Cluzel Francois,等.工业工程教育中的严肃游戏设计[J].高等工程教育研究,2022(6):80-85.
- [5] 齐二石,霍艳芳,刘洪伟.面向智能制造的工业工程和精益管理[J].中国机械工程,2022(21):2521-2530.
- [6] 张栋豪,刘振宇,郑维强,等.知识图谱在智能制造领域的研究现状及其应用前景综述[J].机械工程学报,2021(5):90-113.
- [7] 张林,蒲清平.新质生产力的内涵特征、理论创新与价值意蕴[J].重庆大学学报(社会科学版),2023(6):137-148.
- [8] 顾涵,房勇.基于工程教育专业认证标准和 OBE 理念对毕业设计环节的创新探索与实践[J].实验技术与管理,2020(11):209-212.
- [9] 齐宝金,魏进家,伊春海,杨福胜.“新工科”背景下工科专业毕业设计与思政要素的融合与创新[J].当代教育理论与实践,2024(1):101-107.

Exploration of Graduation Design Guidance for Industrial Engineering under the Background of New Quality Productive Forces

REN Yinghui, XIONG Dehong, XIA Baizhan, HUANG Xiangming

(College of Mechanical and Vehicle Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China)

Abstract: The main focus of this paper is on achieving innovative talent cultivation in the context of new quality productive forces. To adapt to national strategic development, a university must cultivate innovative talent, which is the fundamental and core task. Undergraduate talent training should focus on the topic of “new quality productive forces” to achieve professional training goals through graduation design practice. Taking the industrial engineering major of Hunan University as an example, and based on the concept of outcome based education, this paper introduces the relationship between graduation design and professional training objectives, and explores the support of each link of graduation design to the evaluation of graduation requirements. Finally, the results of students solving complex problems of various production and service systems in graduation design are illustrated, as well as the achievement of supporting professional training goals through practical process.

Key words: graduation design; new quality productive forces; innovation ability; outcome based education

(责任校对 朱正余)