

新工科背景下机械类课程教学创新与实践

孙梦馨¹, 郑璐恺¹, 冯勇², 成焕波¹

(1. 南京工程学院机械工程学院, 江苏 南京, 211167; 2. 常熟理工学院, 江苏 苏州, 215506)

摘要: 在新工科建设背景下, 针对传统机械类课程实施中存在的理论与现实脱节、内容僵化以及考评欠准的问题, 课程团队提出了项目式工坊化教学理念, 主要从课程资源建设、教学方式转变、考评发散探索3个方面开展了教学创新。实践团队实施了“四化”资源支撑课程建设、“三入”课堂驱动教法改革、“一过程三发散”评价创设课程环境等举措, 逐步打造了资源吸睛、内容耐听、学生显水平的机械类课程, 完善了传统的教学及评价模式, 在多方面取得了较好的教学效果, 为新工科背景下机械类本科课程的建设与改革提供了一定的参考价值。

关键词: 新工科; 课程教学创新; 课程资源建设; 教学方式转变; 考评发散探索

中图分类号: G642.0

电影《流浪地球》中, 高功率的行星发动机被视作人类命脉, 推动地球带着文明的火种在宇宙中寻找宜居的新家园。现如今我国工业飞速发展, “天问一号”“华龙一号”“深海一号”“天宫一号”等大国重器, 承载着民族崛起的希望, 在制造领域打造着全球顶尖的工业体系。无论是文明命脉还是大国重器, 都离不开机械学科的基础与自主创新观念的支撑。助力我国从制造大国向智能制造强国的转变, 高端机械大类人才的培养也成为了时代的使命。

为了应对新一轮的科技革命和产业变革带来的新机遇与新挑战, 2017年教育部发布了《关于开展新工科研究与实践的通知》, 对高等教育提出大规模的革新需要, 新工科成了高等教育“质量革命”的重要抓手^[1]。自新工科概念被提出以来, 从“复旦共识”“天大行动”到“北京指南”, 相关理论研究和改革实践日渐增多, 主要在人才培养、教学改革、实践教学、产教融合等方面^[2], 研究者为了实现核心目标——提升高等教育人才的培养质量, 核心举措的落脚点逐渐集中到提升学生的实践能力和创新能力上。在落实新工科建设举措的过程中, 各个环节都应及时进行调整和更新, 包括培养目标和专业方向的调整、培养规格和培养方案的修

订、课程体系和教学方式的创新改革, 等等, 保证新工科建设内容和人才培养内涵能够与时俱进, 培养符合我国经济转型发展需求的卓越工程科技人才。项目化教学作为一种新兴的教学方式^[3], 突出以学生为中心, 在培养学生的合作探究能力与创新思维素质方面具有传统教学不可比拟的优势, 打破了传统学科知识结构单一的现象, 其理念与新工科理念对人才培养的需求不谋而合, 因此新工科视域下的项目化教学改革研究成为当下研究的热点。

在项目化教学方面, 国外已有多个成熟的改革模式: 学生能力为本位, 个人能力为基础进行模块化、理实结合教学, 督促学生自学的能力导向教育模式(CBE)^[4]; 以成果为目标导向, 以学生为本, 采用逆向思维的方式进行课程体系建设的成果导向教育(OBE)^[5]; 强调构建支撑联系的一体化课程体系, 以产品全生命周期为载体促使学生学习的构思—设计—实施—运行教育模式(CDIO)^[6]。除了这些成熟模式以外, 国外高校也在探索项目式教学、工程教育的新模式。麻省理工学院提出了国际科技计划(MISTI), 促使学生在与工业生产紧密结合的学科领域, 到海外或者名企进行交流实践^[7]; 斯坦福大学向本科生全面开放实验室, 提供项目研究, 并以项目为基础进行交叉教学, 让学生为用而

收稿日期: 2022-10-18; 修回日期: 2022-11-29

基金项目: 江苏省产教融合型品牌专业建设项目“机械设计制造及其自动化”; 中国高等教育学会“数字化课程资源研究”专项课题资助(21SZYB13); 南京工程学院校级教学改革与建设项目(JXJS2021022)

作者简介: 孙梦馨, 博士, 讲师, 主要从事机械设计方面的教学与科研工作。

E-mail: mxsun@njit.edu.cn

引文格式: 孙梦馨, 郑璐恺, 冯勇, 成焕波. 新工科背景下机械类课程教学创新与实践[J]. 南京工程学院学报(社会科学版), 2022, 22(4): 74-78.

学^[8];欧林工学院提出了以项目为基础,以设计为中心的工程教育模式,促使学生在项目实践中跨学科团队学习,提高自学和动手能力的同时,提升跨学科思维、双创能力、团队合作、全球视野和伦理道德,推动了工程科学范式向工程实践范式的转变,引领了世界工程教育改革和发展的方向^[9]。

国内在工程教育改革、项目化教学领域起步较晚,新工科建设行动计划提出以来,我国工程院校纷纷从服务国家战略、满足产业需求和面向未来发展的高度,探索实施了以实践为主导的理实结合的教育理念和项目、问题驱动的教学模式,在认知逻辑、教学理念、授课方式、评价方式上展开研究,努力实现传统课堂教学向面向项目的教学的转变,在新工科背景下开展的项目化教学有了长足的进步。李津津针对机械工程专业人才培养提出了贯通式项目制研究型综合实践教学新模式,倡导从大一开始针对学生设计一个综合性的实践项目,以项目为主导,导师为指导,学生用3~4年完成实践项目,为新工科建设提供了新思路^[10];李伟结合高等材料热力学课程教学实践基础,在新工科理念下项目化学习的应用范式指导下,形成了“3+6”的教学应用范式,各步骤间存在内部逻辑关系又相互作用,为实现教学目标服务^[11];温秀平立足专业内综合能力培养、跨专业综合能力培养、创新创业能力培养3个维度,从课程、课程群、专业、工程4个层次,依据从简单到复杂、从单一到综合的能力进阶式培养原则,创新性提出了“三维度、四层次”进阶式项目化教学思路,构建了创新创业项目化教学课程体系,以课程实证进行了论述^[12]。

从上述国内外研究现状可以发现,目前大多数专家学者开展的项目化教学实践普遍需要一定的项目平台、资金支撑和长周期规划,在教师课程内开展项目式教学的探索还较少。机械类课程作为理论与实践并重的专业基础课,在践行课堂项目化教学中也遇到了一系列的矛盾,主要表现在:教材中的基础知识与工程实践的联系不够紧密、传统的教学内容较难满足学生日益增长的知识需求以及固定的应试型评价无法衡量学生的能力思维提升程度。因此,对现有机电类课程进行教学创新以提高课堂项目化教学质量具有必要性。

一、传统机械类课程教学困境

在新工科发展背景下的传统机械类课程教学体系存在一系列的困境:

1. 知识点呈现困境:形式单一,关联性不足

对于新时代的近机类专业学生来说,机械是枯燥、刻板、过时的一代名词,学习过程漫无目标,前期的力学、图学类课程基础水平不一,为理解机构原理、掌握零件应用平添困难,而传统教学仅能提供吸引力不强的课件讲义供学生自行关联,流于形式,缺乏创新。

2. 课堂氛围营造困境:理实脱节,触碰度不足

在课堂中,基本的知识讲授式课堂与工程案例相去甚远,一般的学生较难将理论与实践有机联系,举例形式无法给予学生工程经验,先进技术、行业软件的应用也不够普遍,以至于学生在后期面对课程项目、课程群项目时无从下手。

3. 达成考核评价困境:考评欠准,沉浸感不足

考评仍以终结性评价为主,对标知识—能力—素养的阶梯式课程目标,仅仅完成了低阶的知识目标,缺乏课程高阶性的合理评价方法。课程外的发散模式不够清晰,直接导致学生对课程内设置的各个环节缺乏参与热情。

二、教学创新理念与举措

(一) 项目式工坊化教学理念

针对以上传统机械类课程教学困境,课程团队提出了项目式工坊化教学理念,主要从课程资源建设、教学方式转变、考评发散探索3个方面对课程教学深化了改革,实施了“四化”资源支撑课程建设、“三入”课堂驱动教法改革、“一过程三发散”评价创设课程环境等举措,力求资源吸睛、内容耐听、学生显水平,旨在建设匠心传承、循循善诱、深入浅出、破茧成蝶的机械类课程。

(二) 课程资源建设

面向行业和产业对本专业高水平应用型工程技术人才的需求,校企合作共同制定课程大纲与授课计划,在能力目标中突出培养学生解决复杂工程问题的能力,使学生具有改进或开发新零部件及机械装置的设计能力。在素质培养中,结合工程设计、智能制造等典型教学案例,培养学生的工程素养、社会责任感、团队合作精神和奉献精神,课程团队在以下4个方面建成了高丰富度的多维度课程资源。

1. 数字化建设

在知识与技能层面上,以偏重知识讲解的慕课资源结合偏重于个性定制的学习通在线资源作为支撑,帮助学生通过线上学习,掌握机械设计基础

中基本机构设计原理与典型零件选型校核的知识,构建基本认知体系,了解机械设计流程。

2. 多元化建设

在课程教学中,课程团队融合机械类课程群,申报获批各类教改项目并建设完成“有限元仿真案例库”“机械制造车间虚拟仿真实验”“原理分析程序库”和“机械机构运动仿真案例库”,搭配实验教具共同使用,虚实结合,助力学生理解机械原理与设计,贯通学科知识,体会创新方法。

3. 动态化建设

根据每年学生产出的优秀成果(竞赛获奖作品、优秀毕业设计、优秀课程设计等),课程团队动态更新以上案例资源库,同时引入科技热点(如冬奥会机器人、中国空间站机械臂等)更新案例库,紧跟时事,融入思政,调动学生学习兴趣。

4. 合作化建设

课程团队加强与企业的产学研深度融合,共同培养满足现代行业需求的应用型人才;针对课程知识点,由合作企业提出工程需求,进行项目化驱动教学,如:由企业提出轨道门辅助锁的设计要求,教师引导学生利用机械设计基础中齿轮+凸轮的机构原理知识提出可行方案,以项目合作形式真正做到“人员互通,资源共用,成果共享”的产教融合机制。

(三)教学方法改革

课程团队以传统教授式课堂为基础,引入故事串联+工坊实践+化雨思政相结合的兴趣式、践行式、启发式教学模式,打造强参与度的致用型互动课堂。

1. 故事串联引入

对教学知识点进行重构,采用起承转合的故事型教学模式,以情境代入、案例教学形式激发学生的学习兴趣。例如:

螺纹自锁:与科研结合,以轨道门闭合螺旋传动科研项目引入,引导学生思考变导程丝杠为何可以实现无锁锁闭,带着问题讲授新知识,在理论知识完成后,启发学生利用螺纹自锁的多个状态解释引入的科研问题,层层引导,强调主题,理清螺纹自锁从书本理论到实际应用的脉络。

链传动:与工程结合,以花生收割机的链传动摘取机构引入,促使学生感受链传动的优势,同时跟随收割机故事的发展,体会摘取原理,根据故事转折——掉链子的发生,分析链传动的缺陷所在,并提出改进方案与故事中的方案做对比,最终以故事的完满结局收官课程理论部分内容。

死点位置:与生活结合,课名“死点伴我行”,“行”指代机器人行走及各种交通出行方式,以机器狗为何设计成弯曲的作为引入问题,讲授四杆机构的死点知识,引导学生用死点知识来解释问题,发现生活中火车、汽车、自行车、飞机、地铁中的死点存在的位置,以所学死点的克服与利用知识解释生活中的现象。

平面机构运动简图:与艺术结合,以小提琴的演奏以及钢琴击弦机构的演示引发学生的好奇心,将艺术气息带入课堂,以机械中的平面机构运动简图对演奏小提琴的动作以及击弦机构的运动进行描述,指导学生逐步建立机械图形思维,启发学生发现机械之美。

齿轮加工根切现象:与实验结合,通过范成仪手绘实验和小程序分析实验,阐明渐开线齿廓形成过程及根切现象发生原理,将实验引入课堂,提升学生课堂参与度,锻炼其独立思考能力和动手能力。

2. 工坊实践植入

针对故事串联中设计的知识点和科学问题进行相应的随堂工坊实验剖析与探讨,以翻转课堂的形式开展工坊实践项目,以启发教学的形式,培养学生探索与解决问题的能力,锻炼动手能力与设计能力。工坊项目植入课内外教学全过程:

课内项目式工坊化教学形式:课内主要环节包括理论教学、实验教学和项目设计。理论教学中融入情境创设式项目,在课堂中模拟工程背景,应用任务驱动、案例探究、问题研讨等教学方法,引导学生在面对真实场景时提炼、质疑并讨论;实验教学中引入教仪探究项目,引导学生根据企业真实需求,运用成品或半成品教学仪器创意组合,完成企业大项目中拆解出的小而精的小项目,阶梯式提升学生动手实践能力;项目设计为实践制作式项目,主题来源于产业研究院与企业的真实工程案例,由企业导师和主讲、指导教师共同拆解优化课题为具备实践性、挑战性、高阶性的课程项目课题,需要集合上述各个子项目的小成果,在企业需求的指示与企业导师的引导下,由学生分组形成团队共同完成。多元实施、多方参与、理实一体、阶梯递进的项目化教学实施,有效地激发学生学习潜能,提高了学生的动手实践能力,提升了教学效率与教学质量。

课外项目式工坊化教学形式:课外主要环节包括线上学习和虚拟训练。线上学习在课后运用思辨解析式项目,针对多定义多零件型号的记忆环

节,引入企业真实选型任务,启发学生于完成任务中复习与巩固课堂知识;虚拟训练在课后运用实景模拟式项目,将工程设计与研究环境通过开发的虚拟仿真平台展现出来,强化学生的工程认知意识和对知识点的理解和掌握。

3. 化雨思政融入

在课程的各知识点与工坊项目中融入思政内涵,显隐结合,互促互补,具体实施方式如下。

课程思政隐性融入,立德树人贯穿全课程知识点:充分挖掘思政育人目标并有效融入课程目标,紧跟地区前沿高端装备产业技术发展,建立课程思政矩阵,修订授课计划,编纂包含多方多元项目化教学的教案,有效满足产业对应用型人才的需求;在课程内容方面,以工匠精神、自主创新为线索,将五维度思政资源(家国情怀、国际视野、职业规范、伦理安全、创新创业)有效融入课程内容,实现核心知识点的思政元素全覆盖,运用四引导方式展开如盐化水的思政育人模式:一是知识引导,以知识本身为主体,引申人生道理;二是教师引导,教师全程参与学生思维过程,出谋划策形成师生共同体;三是企业引导,以企业项目为主体,在产教融合中体会产业技术魅力与国家战略意义;四是前沿引导,以科研项目为主体,在触碰前沿科技中领悟机械行业需求。

工程项目显性驱动,学以致用内置产教融合项目:在项目式工坊化教学中注重加强基于企业工程项目的实践课程内容开发,由合作企业提出前沿工程需求,依据企业真实情景的真实项目,依靠校内外导师共同进行课程化改造,自主研发智能制造实训平台、智能搬运机器人平台、智能制造车间虚拟仿真项目以及全景AR在线教学平台等虚拟实验室平台,化零为整优化课程内容,模拟真实工程环境,强化工程认知意识;依托校内产业技术研究院,开发产教融合项目,建立零件设计选型、智能化机械设计工程案例库,通过案例驱动加深知识点的学习、理解与掌握,培育学生分工协作意识、创新创业能力、团队管理意识等核心素养。

(四) 考评发散探索

在考评中,注重过程性评价,引入线上资源自测以及课中工坊项目评价,同时营造以工程、竞赛、前沿引领的广发散性的氛围感执行环境。

1. 过程性评价方式

在考评方面,依据建设的新课程资源,引入线上自测的评分环节,通过学习通分章节发布在线资源,并指导学生完成慕课理论测试题,同时鼓励学

生完成学习通平台的各类思考探索作业;在课堂的工坊项目中,采用自评与互评结合的方式,以自评快速构建学生在项目完成过程中的学习观,提高学生学习的主观能动性,以互评促使学生分组间产生竞争合作意识,以旁观认知的方式理解理论知识与践行项目的内在联系,潜移默化训练工程评判能力。自主开发项目化教学云端自评互评系统,并投入试运行。

2. 工程发散

将各行业相关工程项目引入课程与项目,促使学生在接触新知识后可以及时灵活应用所学知识,并能就相关机械问题与企业资深工程师进行有效沟通与交流,巩固知识技能,提供创新方案,解决实际问题,营造解决工程问题的责任感。

3. 竞赛发散

在课程中利用小组以竞赛形式进行自评互评,同时邀请历年省级校级得奖项目团队到课堂进行成果与感悟介绍,帮助课程学员拓展思维,以榜样形式激发课程与竞赛参与积极性,营造积极参与竞赛项目的学习交流感氛围。

4. 前沿发散

在课堂中启发学生思考行业前沿的重点难点工程问题(轮系无损检测、飞轮储能应用等),促使学生接触科技前沿,培养学生的研究思维,鼓励学生在学通及课程项目官方网站中进行交流探讨,营造对科技前沿和学术研究的研讨氛围。

三、成效与反思

机械类课程教学创新实施至今,课程团队取得了一定的成效:建成案例库、虚拟实验室等多项教学资源,课程创新模式得到了高校与媒体的肯定与推广;小项目课堂竞争合作模式的形成,学生动手能力得到显著提高,形成了创新团队,激发了学生参加机械类竞赛的热情,提高了其各类竞赛的参与度并取得丰富的竞赛成果;依托本教学模式,团队教师获得包括全国创新教学大赛一等奖、江苏省高校教师教学竞赛一等奖在内的多项教学竞赛奖项,实现了教学相长,相辅相成,师生互助的成长模式。

课程教学创新在实施过程中仍存在一定的问題,主要为如何科学评价企业工程项目的课程化拆解是否合理以及各类课程案例库及虚拟线上平台如何在课程教学中更好地应用。改进措施包括:更新课程教学内容和教学资源,依据区域集群产业链发展方向,适当增加高端智能装备、轨道交

通装备中典型通用零件与定制零件的知识点,满足高等工程教育改革对应用型人才培养的需求;建设新型课程资源库,开展数字化资源建设,实现借助新媒体和通信技术的即时学习和交流,为师生提供便利。

机械类课程历史悠久,是近机类专业学生必不可少的专业基石类课程,在新工科思想引导下,课程团队利用多维度资源建设、致用型内容重构以及发散性氛围营造的方式,促使学生秉承求知意志,践行工匠精神,期望在他们心中开启一台永葆创新动力的“永动机”。

参考文献:

- [1] 钟登华. 新工科建设的内涵与行动[J]. 高等工程教育研究, 2017(3):1-6.
- [2] 刘鑫桥, 王庚, 吴津蕊. 新工科的研究现状、实践进展与未来趋势[J]. 西北工业大学学报(社会科学版), 2021(4):63-70.
- [3] 史金飞, 郑锋, 邵波, 等. 能力导向的应用型本科人才培养模式创新——南京工程学院项目教学迭代方案设计与实践[J]. 高等工程教育研究, 2020(2):106-112.
- [4] 邵欣, 姚雯, 王峰, 等. CBE理念下的“工业机器人技术”实训项目探索[J]. 实验技术与管理, 2018,35(3):177-180.
- [5] 施晓秋. 遵循专业认证 OBE 理念的课程教学设计与实施[J]. 高等工程教育研究, 2018(5):154-160.
- [6] 孟艳艳, 贾长洪, 刘萌. 新工科背景下基于 CDIO 工程教育理念的应用型本科院校人才培养研究[J]. 高教学刊, 2021(3):152-155.
- [7] SCHARMER O. MOOC4.0: The Next Revolution in Learning & Leadership[EB/OL]. (2017-12-06) [2018-01-05]. <http://mitsloanexperts.mit.edu/mooc-4-0-the-next-revolution-in-learning-leadership/>.
- [8] School of engineering. History [EB/OL]. [2020-10-12]. <https://engineering.stanford.edu/about/history>.
- [9] 袁广林. 欧林工学院:工程教育的一种新范式[J]. 高教探索, 2022(1):80-86.
- [10] 李津津, 叶佩青. 新工科背景下贯通式项目制研究型综合实践教学模式探讨[J]. 中国大学教学, 2020(10):58-61.
- [11] 李伟. “新工科”理念下项目化学习推动课堂教学实践[J]. 高等工程教育研究, 2021(S1):3-6.
- [12] 温秀平, 解乃军, 黄家才, 等. “三维度、四层次、进阶式”创新创业项目化教学课程体系构建与实施[J]. 工业和信息化教育, 2021(7):5-9.

Teaching Innovation and Practice of Mechanical Courses under the Background of New Engineering

SUN Meng-xin¹, ZHENG Lu-kai¹, FENG Yong², CHENG Huan-bo¹

(1. School of Mechanical Engineering, Nanjing Institute of Technology, Nanjing 211167, China;

2. Changshu Institute of Technology, Suzhou 215506, China)

Abstract: In the context of constructing new engineering courses, this paper puts forward a concept of “project-based workshop teaching” to address problems of disconnection between theory and practice, rigid teaching content, inaccurate assessment in the teachings of traditional mechanical courses. This idea involves course resource construction, teaching method transformation, and divergent evaluation exploration. Other methods include “our modernizations” resource support course construction, “three entries” classroom driven teaching reform, and “one process, three divergences” evaluation, which are designed to gradually create a mechanical course with attractive resources, durable content, and outstanding students. All those approaches improve traditional teaching and evaluation model, and achieve good teaching results in many aspects, casting light on construction and reform of mechanical undergraduate courses under the new engineering background.

Key words: new engineering; teaching innovation; curriculum resource construction; transformation of teaching methods; exploration of evaluation divergence