

面向新工科的实践教学贯通式培养机制与体系研究

杨 勇, 江京亮, 刘国梁

青岛理工大学机械与汽车工程学院, 山东 青岛

收稿日期: 2024年6月25日; 录用日期: 2024年8月13日; 发布日期: 2024年9月25日

摘 要

针对学生实践教学能力培养不足问题, 立足新工科, 以培养高阶工程人才为目标, 以能力培养为主线, 对实验、工程实训、企业实习等实践教学环节进行贯通研究。探索了贯通式培养中的有效衔接机制、逆向反馈机制和保障机制, 构建了基于实验室资源的LAB-CDIO工程教育新模式, 进行实践教学贯通式培养中基于专业认证能力要求和企业需求反馈的“精准供给”工程训练项目及其体系设计, 形成了“实验、工程实训、企业实习”三位一体化贯通培养系统。人才培养实践应用表明, 实践教学贯通式培养体系能够确保实验、工程训练、企业实习三环节有效衔接, 使实践教学管理水平与质量不断提高, 有效促进了学生实践创新与工程应用能力的培养。

关键词

新工科, 实践教学, 贯通培养, 机制, 体系

Research on the Through-Training Mechanism and System for Practice Teaching Oriented to Emerging Engineering Education

Yong Yang, Jingliang Jiang, Guoliang Liu

School of Mechanical and Automotive Engineering, Qingdao University of Technology, Qingdao Shandong

Received: Jun. 25th, 2024; accepted: Aug. 13th, 2024; published: Sep. 25th, 2024

Abstract

Aiming at the problem of insufficient training of students' practical ability, on the basis of the emerging engineering education, this paper takes cultivating high-level engineering talents as the

goal and takes ability training as the main line, carrying out a study of through-training in practice teaching including experiment, engineering training and enterprise practice. The effective cohesion mechanism, reverse feedback mechanism and safeguard mechanism are researched. A new model of LAB-CDIO engineering education based on laboratory resources is constructed, and carried out "precision supply" engineering training projects and system design based on professional accreditation requirements and feedback from enterprise needs. At last, a tripartite integrated training system of "experiment, engineering training and enterprise practice" is formed. The practical application of talent training shows that the system of through-training in practice teaching can ensure the effective connection of experiment, engineering training and enterprise practice, the level and quality of practical teaching have been continuously improved, and the practical innovation and engineering application ability of students have been also effectively promoted.

Keywords

Emerging Engineering Education, Practice Teaching, Through-Training, Mechanism, System

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

高等工程教育发展已经从数量扩张转向质量提升,全面振兴本科教育将是新时代高等工程教育发展的核心任务,质量发展成为新时代发展的关键[1]-[3]。面向新工科,如何培养工程实践能力强的综合性工程创新人才,成为当前我国高等工程教育面临的重要任务。

近年来,各类高校对实践教学日趋重视,对专业的实验室、实验设施与设备投入力度在不断加大,对学生的阶段实习与毕业实习也十分重视,使教学的专业实践环节得到了加强[4] [5]。然而,现存的主要问题是:理论教学和实践教学不能齐头并进,实践教学人才培养质量仍然不高[6]-[8]。更为重要的是,在以上实验、工程实训和企业实训三个实践教学环节中,培养过程都比较独立,在训练内容和能力锻炼方面缺少有效衔接,从而导致整个实践教学能力培养不足[9] [10]。如何提高实践教学培养质量,如何更为有效地培养和提升学生的工程实践应用能力和创新能力,为学生的职业发展打好基础,成为高校人才培养亟待解决的重要问题。

本研究针对该人才培养难题进行深入研究,从实践教学贯通式培养这一新的视野和角度出发,探索和建立其中涉及的若干机制、创新模式与应用体系,提供一套有关实践教学贯通式培养的设计理念、基本理论与应用模式,为有效提升学生工程实践应用能力与创新能力提供一定的理论和技术方案支持,在高素质应用型创新人才培养方面起到显著的促进作用。

2. 实践教学贯通式培养的基本机制

围绕着如何保障实验、工程实训、企业实习的实践教学环节高效运行,进行实践教学贯通式培养的基本机制研究,具体包括有效衔接机制、逆向反馈机制和保障机制等方面。在有效衔接机制方面,对工程教育专业认证和卓越工程师教育培养计划的标准与毕业能力要求进行分析,结合实验、工程实训、企业实习各环节的教学目标和内容,制定了相应的能力培养指标,形成能力指标体系;进一步将这些能力指标在实验、工程实训、企业实习各环节实现,以能力递进培养为原则,构建了各实践环节有效进行的衔接机制;在逆向反馈机制方面,研究了各实践环节之间的相互影响、相互促进作用规律,构建了各环节之间的逆向反馈机制,具体是建立了实践教学系统回路流动过程中涉及的能力信息、知识信息和技术

信息等的传递和需求运作制度；在保障机制方面，以实践教学顶层设计和协同管理作为保障，研究了各实践环节有效衔接的保障机制。基于上面三方面机制研究，建立了各实践环节有机集成、密切结合的贯通式培养理论体系。实践教学贯通式培养的基本机制如图 1 所示：

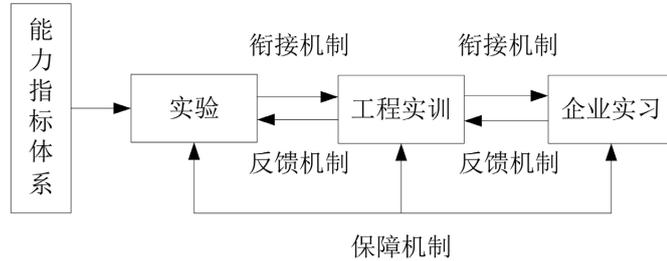


Figure 1. Practice teaching through the basic mechanism of training
图 1. 实践教学贯通式培养基本机制

3. 实践教学贯通式培养的创新模式

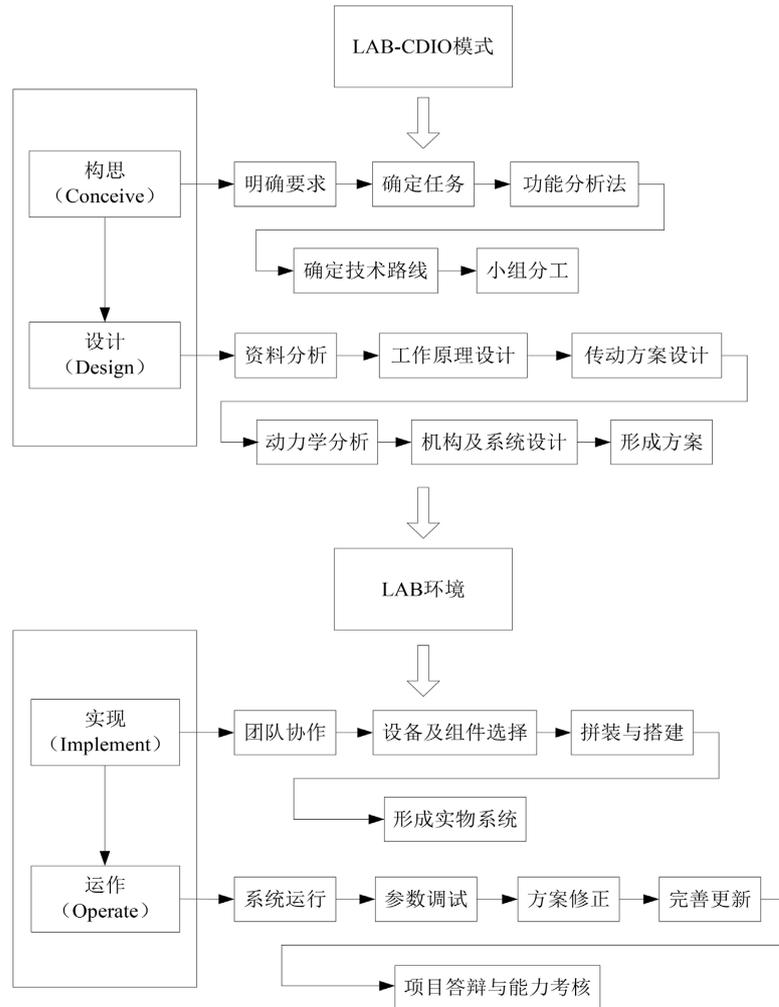


Figure 2. LAB-CDIO new mode implementation technical route
图 2. LAB-CDIO 新模式实施技术路线

CDIO 是当前高等工程教育的一种先进教育模式，能够有效培养学生的创新能力、动手实践能力、团队协作能力。结合实验教学改革建设，提出基于实验室资源的 LAB-CDIO 应用新模式。LAB-CDIO 新模式的实施步骤包括：

- 1) 根据不同专业不同类型课程及教学目标，设计 LAB-CDIO 项目；
- 2) 根据 CDIO 流程，制定项目实施方案；
- 3) 利用实验室设备等资源实施 CDIO 项目教学；
- 4) 进行实验组件的拼装、搭建，执行“Implement (实现)”环节；
- 5) 进行实验设备动态演示、优化修正，执行“Operate (运作)”环节；
- 6) 进行项目答辩，完成 LAB-CDIO 训练项目。

LAB-CDIO 新模式的实施技术路线如图 2 所示：

以我校机械专业人才培养模式改革为例，构建了基于 LAB-CDIO 模式的教学体系，如图 3 所示：

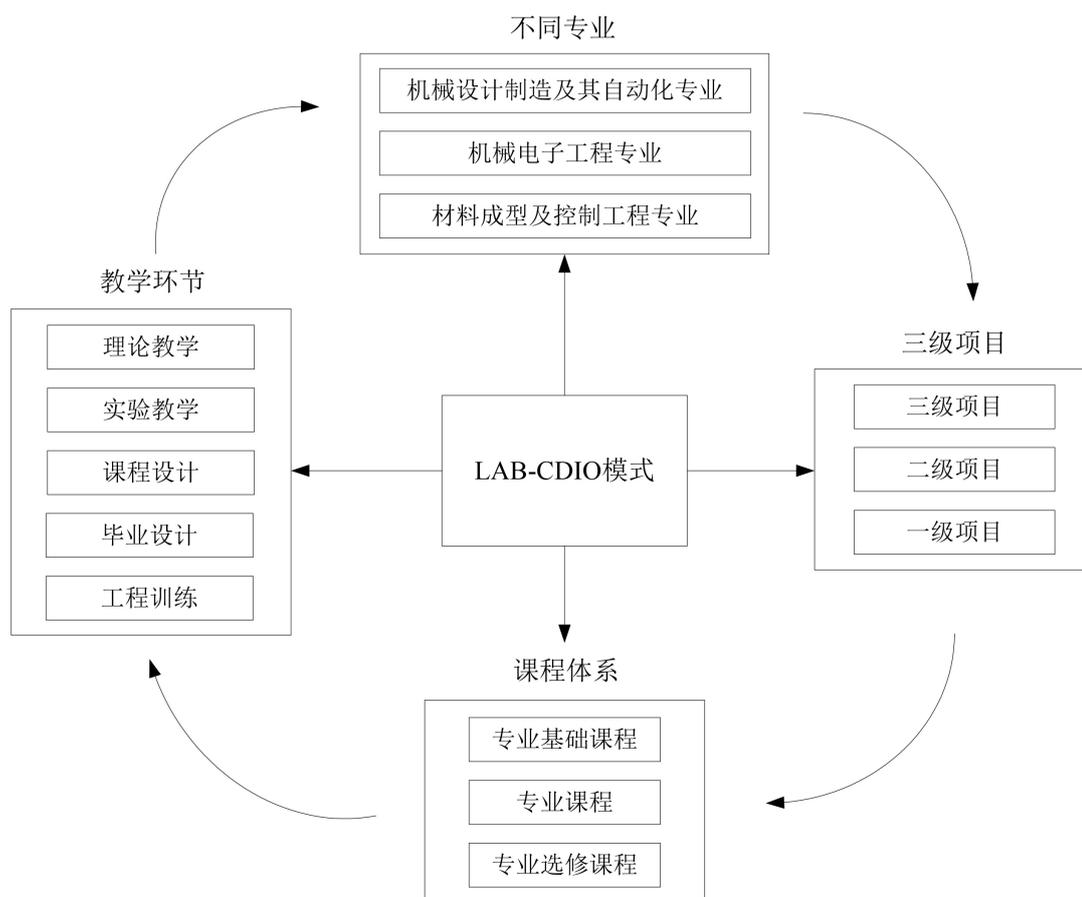


Figure 3. Application system of LAB-CDIO mode for mechanical specialty

图 3. 机械类专业 LAB-CDIO 模式的应用体系

4. 实践教学贯通式培养的系统性实验教学体系

以能力培养为主线，构建了以设计为导向、工程能力培养为目标的项目驱动式系统性实验教学体系。根据不同学期、不同课程以及专业要求，设计了基础实验、综合实验和专业实验，形成了系统性实验教学体系，如图 4 所示：

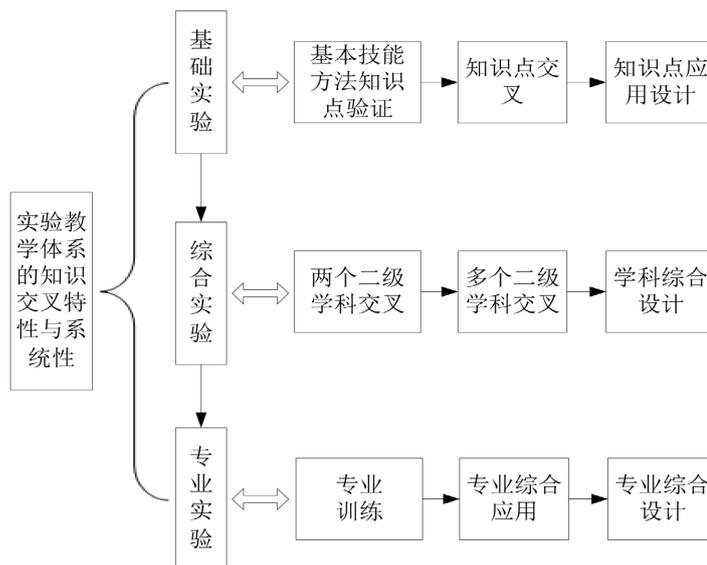


Figure 4. Cross-knowledge characteristics and systematic design of experimental teaching system
图 4. 实验教学体系的知识交叉特性与系统性设计

基础实验内容，使其与理论知识同步，以验证性实验为主，以综合实验为辅，既加深对理论知识的理解，又培养实验基础技能与应用。在大三下学期增加综合实验，实验内容表现为至少两个二级学科之间的交叉，既巩固实验技能与应用，又加强学科之间的横向联系。在宽厚基础理论与实验技能的基础上，在大四上学期增加专业方向设计性实验，以培养学生发现问题、分析问题、解决问题的能力。针对上述不同类型的实验，实验内容选择上力求融知识性、自主性、应用性、开放性为一体，并凸显个性化培养模式。

在实验教学手段和方法方面，采用 LAB-CDIO 模式，以“项目”形式对不同类型的实验进行具体实施，根据实验类型设置不同级别的实验项目，构建项目驱动式系统性实验教学体系。“项目”设置如图 5 所示：

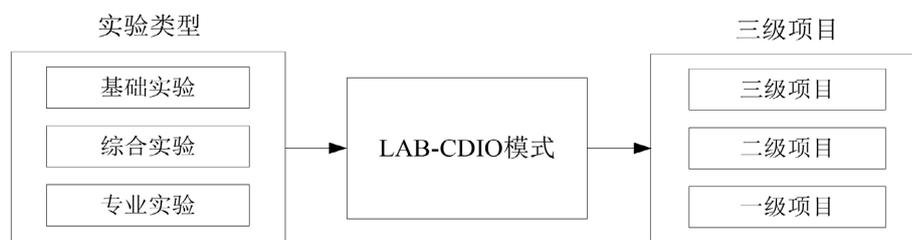


Figure 5. Experimental projects at different levels
图 5. 不同级别的实验项目

5. 实践教学贯通式培养中的“精准供给”工程实训模块项目设计及其体系

在“精准供给”工程实训项目设计方面，结合工程教育专业认证在工程训练实践教学环节的能力要求和企业能力需求反馈，特别是企业共性的能力需求，制定了工程训练项目应该达到的能力指标，设置和开发了“精准供给”模块化工程实训项目，形成了有针对性的能力实训方案，为进一步的企业实习环节奠定良好的能力基础。

在综合创新实践工程训练体系构建方面，注重工程训练的系统性和层次性设计，从能力指标要求和能力递进培养原则出发，开发了工程技术基本技能训练、工程技术专业能力训练以及工程技术综合技能

训练三个模块,以项目为载体进行训练。在工程技术基本技能训练模块,和金工实习相结合,重点进行基础知识和基本技能的训练。进一步通过电工基础、电子技术基本操作技能的工程实训,初步培养和训练学生的专业基本技能,该模块采用集中培训与分散训练相结合的方式进行,集中培训主要以课堂讲授知识为主,分散训练则在时间和形式上有所区别。课堂讲授与实训环节是同步进行的,可以将课堂上所学的知识活学活用,用实训来验证所学到的基础理论知识,并掌握一定的实际操作技能,实现理论知识与实践相结合。在工程技术专业能力训练模块,设计专业能力训练模块,通过对典型零部件从设计、加工到检测的全方位实践训练,让学生独立地设计完成若干较小的系统,旨在强化专业能力训练,并逐渐培养工程设计的初步概念,强化专业的工程应用背景。在工程技术综合技能训练模块,进行工程技术综合技能的培养和训练。该阶段是前两个阶段的深化和综合,它既可体现前面两个阶段的效果,又可找出短板加以补强。研究并采取灵活多样的方式,结合专业综合工程实训、工程科研项目研发等项目,以开发制造具有特定功能的机器进行实训,通过让学生参与实际设计和创造活动,实现对学生各项综合能力和素质的锻炼。在此过程中学生得到的锻炼是全面和感性的,同时还能培养团队合作的精神、科研思维能力、科技论文写作能力以及与团队成员的交流沟通能力。综合创新实践工程训练体系如图6所示:

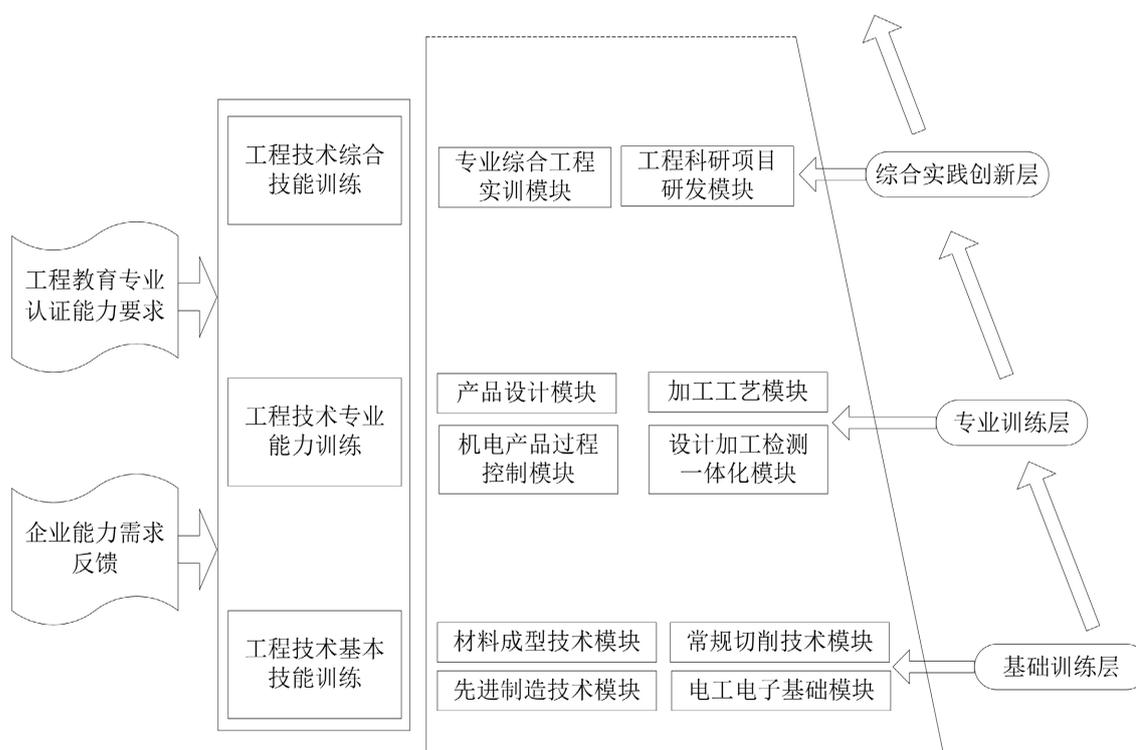


Figure 6. Comprehensive innovation practice engineering training system

图6. 综合创新实践工程训练体系

6. “实验、工程实训、企业实习”三位一体化贯通培养系统

以学院拥有的2个国家级实践教育基地和一批与企业联合建设的产学研合作基地为载体,深入开展了校外实习环节的改革研究,探索企业实习运行规律与校内实践教学规律的有机衔接与融通。在实验、工程实训校内两环节改革建设的基础上,将企业实习环节纳入整个能力培养框架中设计和统筹规划,根据企业实习反馈设计校内能力“衔接”模块,在能力培养方面实现真正的“产教”融合,达到与校内的其他实践环节紧密结合。进一步,以能力为主线,通过对实验、工程实训、企业实习三个环节进行有机集成和有效互动,在衔

接机制、逆向反馈机制和保障机制的驱动下,进行三个实践环节的整体和系统性建设,构建了贯通实验、工程训练、企业实习等实践环节的一体化系统培养新体系,创建形成了校内外实践环节全过程管理的一体化创新人才培养模式。“实验、工程实训、企业实习”三位一体化贯通培养系统如图7所示:

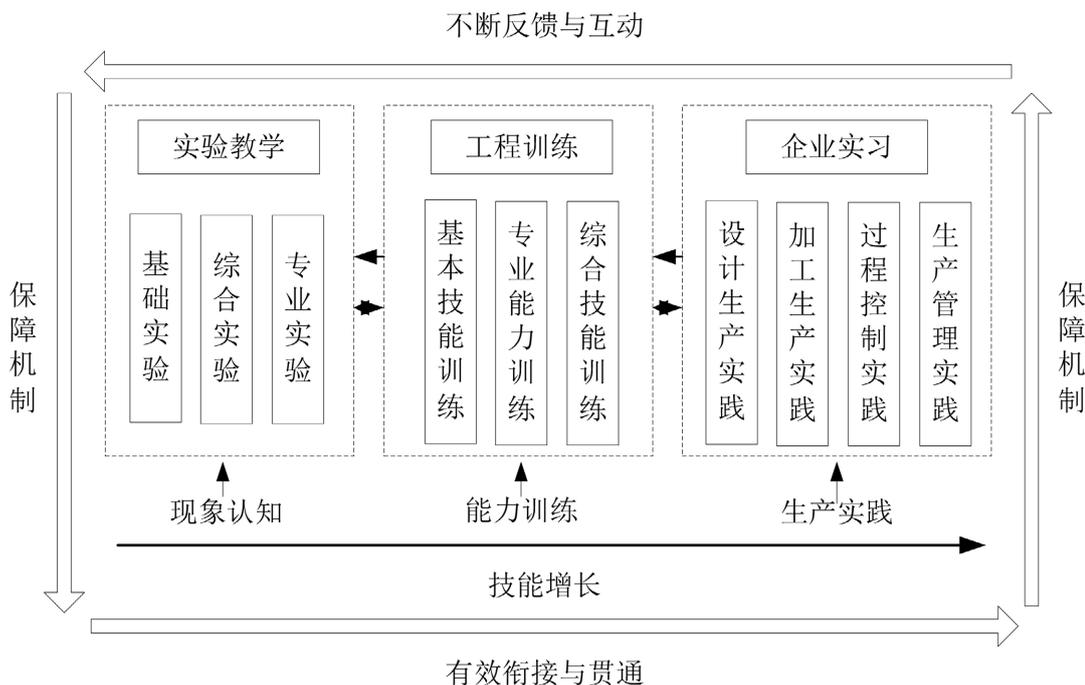


Figure 7. “Experiment, engineering training, enterprise practice” trinity through-training system

图7. “实验、工程实训、企业实习”三位一体化贯通培养系统

7. 实践教学贯通式培养体系应用

将以上实践教学贯通式培养的理论体系在我校机械设计制造及其自动化专业进行了应用,建立了实践教学过程质量监控、实践教学课程目标与毕业要求达成情况评价、实践教学质量反馈、持续改进等过程规范文件,形成了聚焦“产出”的“项目教学”、“课程评价”、“持续改进”等制度和长期运行的课程质量分析报告等教学资料,实践应用表明,该体系能够确保实验、工程训练、企业实习三环节有效衔接,使实践教学管理水平与质量不断提高,有效促进了学生实践创新与工程应用能力的培养:

1) 在实践教学质量方面,由于每轮实践课程(含实验、工程实训、实习等)结束后都要撰写课程分析报告,包括总结本轮课程教学质量、指出教学过程存在的问题、提出的改进措施、上一轮改进措施在本轮教学中的实施效果等方面,使实践课程不断持续改进,教学质量得到有效提高;

2) 在持续改进方面,将专业教师评价、在校生评价等各类评价结果用于实践教学课程目标及毕业要求的修订,使之更加具体、更加符合社会需求和学校定位;将评价和反馈结果用于培养方案和实践教学课程体系修订,使之更加合理和完善;将教学督导组专家、学校评估、教师评学等评价和反馈结果用于主要实践教学环节的改进,采取针对性措施,进行有效改进,使实践教学质量不断提高;

3) 在人才培养质量方面,学生实践创新与工程应用能力不断增强,参加科研训练计划、学科竞赛、申请专利、发表学术论文的数量逐年增加,近三年参加国家大学生创新训练计划项目100余项,获得“挑战杯”全国大学生课外学术科技作品竞赛、“全国大学生机械创新设计大赛”等在内的国家级竞赛奖励50余项,省部级科技竞赛奖励200余项。

8. 结论

1) 针对学生实践教学能力培养不足问题,进行了实践教学贯通式培养的创新模式、系统性实验教学体系、“精准供给”工程实训模块项目设计及其体系、“实验、工程实训、企业实习”三位一体化贯通培养系统等方面研究。实践应用表明,该体系能够确保实验、工程训练、企业实习三环节有效衔接,使实践教学管理水平与质量不断提高,有效促进了学生实践创新与工程应用能力的培养。

2) 通过大量研究,建立了实践教学贯通式培养的有效衔接机制、逆向反馈机制和保障机制,提出了基于实验室资源的 LAB-CDIO 应用新模式,构建了以设计为导向、工程能力培养为目标的项目驱动式系统性实验教学体系,开发了工程技术基本技能训练、工程技术专业能力训练以及工程技术综合技能训练三个模块,建立了贯通实验、工程训练、企业实习等实践环节的一体化系统培养新体系。

3) 本文进行了实验、工程训练、企业实习等环节的贯通性研究与系统设计,从实践教学贯通培养这一新的角度出发,研究提出了实践教学贯通式培养的新机制、新模式和新体系,相对于独立、散乱的传统实践教学有较大的创新和改革,具有鲜明特色。

4) 研究成果对国内同类高校实践教学改革有较大的借鉴意义,为相关高校工科专业实践教学人才培养模式、教学管理模式的改革与创新提供参考。

项目资助

山东省研究生教育教学改革研究项目(项目编号:SDYJG21129):依托优势特色学科构建“五环三维”专业学位研究生人才培养新模式的研究与实践;山东省优质研究生课程(项目编号:SDYKC2022084):《高端装备与智能制造》;中国高等教育学会高等教育科学研究规划课题重点项目(项目编号:23PG0204):地方高水平大学智能制造工程新工科专业建设路径与评价体系研究;山东省本科教学改革研究项目重点项目(项目编号:Z2023086):地方高水平大学新工科专业建设机制、模式与评价研究;山东省高等教育学会高等教育研究专项课题重点项目(项目编号:14):新工科背景下“五元协同进阶式”高素质应用型创新人才培养机制与模式研究;青岛理工大学本科教学改革与研究项目(项目编号:F2022-010):基于五元驱动的《机械原理》课堂教学改革探索与实践;青岛理工大学研究生教育优质课程(项目编号:Y012022-001):《高端装备与智能制造》。

参考文献

- [1] 宋亚峰,孙晶,鄯海霞.高等工程教育研究的世界图景与中国特色[J].高等工程教育研究,2022(6):186-192.
- [2] 胡文龙,李忠红.论新时代高校高质量发展的“内涵扩张型”模式[J].高等工程教育研究,2019(4):133-138.
- [3] 汤瑞丽,梁阜卓,周利民.面向复杂系统的高等工程教育再设计——南方科技大学 SDIM“深度整合”新工科教育实践[J].高等工程教育研究,2023(5):41-47.
- [4] 马静岩.“双创”育人视域下高校创新创业教育与实践教学深度融合研究[J].高教论坛,2022(36):104-106.
- [5] 韦贻春,蓝平.高校化工虚拟仿真实验中学生工程实践能力培养[J].实验室科学,2023,26(3):94-97.
- [6] 林隆荣,黄鸣,李实懿,吴郑思.多层次机械原理实验教学改革与实践[J].现代制造技术与装备,2021,57(10):205-208.
- [7] 刘兆青,陈敏.基于情境认知理论的工科生企业实习现状研究[J].高等工程教育研究,2013(2):170-175.
- [8] 袁庆宏,范冠华.找回从学校到工作的“中间地带”——大学本科生的实习的类型区分与意义解析[J].中国大学教学,2012(4):78-82.
- [9] 孙竹,刘贵杰,郑中强,葛安亮.面向新工科的多维耦合工程实训体系研究[J].高等工程教育研究,2022(6):25-31.
- [10] 编辑部.工程训练要着力培养大学生的工程观、质量观、系统观——中国工程院院士邵新宇访谈[J].高等工程教育研究,2022(3):1-5.