

KAPI 一体化项目驱动的工程训练课程设计与实施

魏晓霞 赵云龙*

山东大学工程训练中心, 中国·山东 济南 250002

摘要: 为应对传统工程训练模式知识零散, 重技能传授, 轻能力培养的问题, 实施了基于 KAPI (知识、能力、实践、创新) 一体化项目工程训练模式。构建了一体化项目库, 以项目为主线串联知识学习、能力培养、实践训练和创新训练。实践结果表明, 一体化项目训练模式有效激发了学生的学习主动性, 提升了学生知识应用能力、工程实践能力与创新能力。

关键词: KAPI; 一体化项目; 项目式教学; 工程训练

Design and Implementation of Engineering Training Courses Driven by the KAPI Integrated Project

Wei Xiaoxia, Zhao Yunlong*

Engineering Training Center of Shandong University, China Shandong Jinan 250002

Abstract: To address the issues of the traditional engineering training model, which is characterized by scattered knowledge, heavy emphasis on skills teaching and insufficient attention to ability cultivation, an integrated project engineering training model based on KAPI (Knowledge, Ability, Practice, Innovation) was implemented. An integrated project library was constructed, with projects serving as the main thread to connect knowledge learning, ability cultivation, practical training and innovation training. The practical results show that the integrated project training model effectively stimulated students' learning initiative and enhanced their ability to apply knowledge, engineering practice ability and innovation ability.

Keywords: KAPI; Integrated project; Project-based teaching; Engineering training

0 引言

新一轮科技革命与产业变革, 引发了世界经济政治格局的深刻调整, 工程科技因其与产业发展的紧密联系, 成为经济社会发展的主要驱动力。工程教育是工程科技的基础支撑, 正通过持续有力的教育改革, 培养适应当今与未来社会和经济所需的工程科技人才^[1,2]。工程训练是工程教育的重要实践组成部分, 在工程科技人才培养中发挥着不可替代的作用。传统的工程训练课程, 按电、铸、锻、压、焊、车、铣、磨、钳等类别单列方式组织教学, 导致学生所学知识零散、不系统, 不能满足学生创新能力、解决复杂工程能力的培养要求, 而项目式教学在实践场景中促进学生间不同知识结构相互调整融合, 培养交叉融合知识体系和项目化学习能力^[3]。2019 年, 山东大学工程训练中心推行“以学生为中心, 以项目为载体, 以实践为基础, 以能力叠加为目的”^[4]的 KAPI 一体化项目 (以下简称“一体化项目”) 训练模式。一体化项目训练以项目为载体, 将产品的设计、选材、制造、装配、调试等过程融入教学环节, 学生通过项目训练获得完整的产品制造过程体验, 真

正做到“学中做、做中学”, 在产品制造过程中锻炼自主学习能力和实践动手能力、团队协作能力、解决复杂问题的能力、创新能力、沟通能力等, 达成知识向多维工程综合能力的转化。

1 一体化项目设计

训练项目 (产品) 设计是一体化训练的关键^[5], 为保证经过项目训练能达成知识、能力、实践、创新一体化培养的目标, 项目设计应考虑以下原则:

1.1 项目应源于真实场景

项目设计应源于工程领域与社会生活中的真实、典型问题^[6], 能够将学生置于真实的问题情境中, 通过设计、选材、制造、调试、装配等生产制造实践, 使其不仅掌握学科核心知识, 更能深刻理解知识的应用场景与价值, 锻炼在复杂现实情境中发现问题、定义问题并解决问题的能力, 最终形成满足社会需求的实践能力和职业素养。

1.2 项目应融入多个学科

复杂工程问题的解决往往超越单一学科的边界, 项目设计必须具有跨学科性。项目设计要有机融合机械、材料、

计算机、控制等多学科的知识与方法，引导学生进行交叉性思考与系统性探索。通过跨学科的项目训练，学生能够打破学科壁垒，整合碎片化知识，构建完整的知识体系，进而提升其应对复杂工程问题的创新求解能力。

1.3 项目应进行梯次配备

项目库应涵盖“基础级”与“竞赛级”等由浅入深、循序渐进的项目序列，构成支撑学生从知识内化到能力迁移，最终实现创新素养提升的完整学习路径。

基于上述设计原则，构建了包含手动折弯机、风力发电装置、便携式燃气炉、自动物流搬运车、新能源小车、水中机器人及生活垃圾智能分类箱等 20 个项目的教学项目库，见图 1。一体化项目能够有机串联各工程教学模块，系统性地打破不同工艺与方法之间的壁垒^[7]，从而在真实、交叉与进阶的实践环境中，有效促进学生知识、能力、实践与创新素养的整体性、系统化发展。

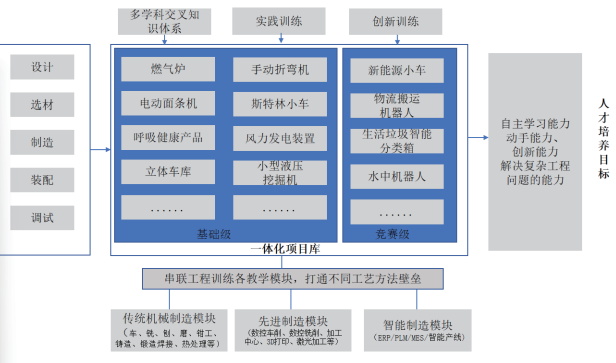


图1 一体化项目库

2 课程设计

2.1 课程目标

课程通过一体化项目训练，使学生在研制项目作品的过程中，达成掌握知识、锻炼能力和塑造价值的有机统一。具体目标如下：

- （1）掌握一体化项目所涵盖的工程材料、机械制造、智能控制、工程训练等课程的核心知识点，完成项目作品的结构、工艺、功能等方面的创新设计。
- （2）能够独立操作设备、运用合适的加工工艺完成项目作品零件加工、装配及功能调试，提高动手实践能力、团队协作能力及解决实际工程问题能力。
- （3）增强严谨求实、精益求精的工程素养，磨炼攻坚克难、开拓创新的意志品格。

2.2 课程内容与教学方法

教学内容包括理论学习、项目训练和项目评估。

（1）理论学习。将一体化项目涉及的工程材料与机械制造基础课程、工程训练课程、创新训练课程的理论知识制作成 MOOC 课程，通过“雨课堂”发布课程学习目标、讨论主题等，让学生带着明确的学习目的进行线上课程学习，并完成线上随堂测试检验知识的掌握程度；开设“翻转课堂”，分小组围绕项目作品的材料选型、材料成形、机械加工、零件结构工艺、安装调试等知识点进行研讨学习，检验学生的知识掌握和应用能力（见表 1）。

（2）项目训练。传统的工程训练课程，主要是老师将加工制造工艺编好，学生只需按照给定的工艺路线进行练习，重视技能训练，缺乏创新能力的培养，使得学生在创

表1 “翻转课堂”的讨论主题

讨论主题	讨论内容
项目作品材料选型	材料牌号与用途；讨论材料性能、组织结构、成分、工艺、应用之间的关系；讨论铁碳合金相图在材料性能\热处理工艺\铸造工艺\锻压工艺\焊接工艺中的应用。 基于学习及讨论结果，为所研制产品每一个零件选取合适材料。
项目作品材料成形	液态成形基础知识、塑性成形基础知识、连接成形基础知识、粉体成形基础知识、非金属材料成形（等材制造）、3D打印成形基础知识（增材制造）等。 讨论比较各种成形原理的特点与优缺点，为所研制产品选择合适成形工艺。
机械加工基础知识	讨论切削加工（车、铣、刨、磨、钳等）、数控加工、特种加工、非金属材料加工技术等加工工艺。 讨论比较各种加工工艺的特点与优缺点，为所研制产品初步选择合适的加工工艺。
材料的改性技术和工艺原理	结合一体化项目讨论包括金属材料、非金属材料热处理、表面工程技术等。 为所研制产品零件制定改性工艺。
讨论零件的结构工艺性问题	讨论所研产品每一个零件的结构工艺性（设计原则），为所研制产品每一个零件制定合理的工艺规程。
讨论所研产品的安装调试技术问题	讨论尺寸链问题、钳工安装、产品调试等。 为所研制产品安装调试做准备。
产品制造过程的经济性、环保、管理等问题	结合一体化项目讨论包括机械制造的加工成本、经济性原理、可能存在的污染、市场问题、产品企划、生产质量管理等可能涉及到的复杂工程问题，为产品制造制定合理的企划书。

新实践方面的锻炼严重不足^[8]。一体化项目训练,老师不提供现成图纸、不设定工艺路线,学生团队需要在学习理论知识和深入研究原型机的基础上,对项目作品进行结构、材料、工艺、功能等方面的创新设计,自主完成零件图、装配图、工艺卡的编制,并制定明确的任务分工和详细的项目计划,通过小组合作的方式,完成项目作品的制作。

(3) 项目评价。项目式教学方法评价方式比传统的教学方法更注重过程性评价以及多元性评价,评价的重心由单项知识向综合技能转变^[9]。一体化项目评价由过程评价和结果评价构成。过程评价包含教师评价与学生评价。教师根据项目实施各阶段学生的学习态度、学习效果、参与度、任务完成情况等进行打分。学生根据团队成员在项目训练中的贡献度进行自评与互评。结果评价通过综合项目作品展示、项目答辩、项目研制报告等情况,对学生的学习成果进行考核。

3 一体化项目训练实施

为保证项目结果完成度和项目过程可控性,一体化项目训练分阶段实施,并根据每个阶段学生的表现和阶段任务的完成情况进行考评。项目的阶段实施安排如图2。

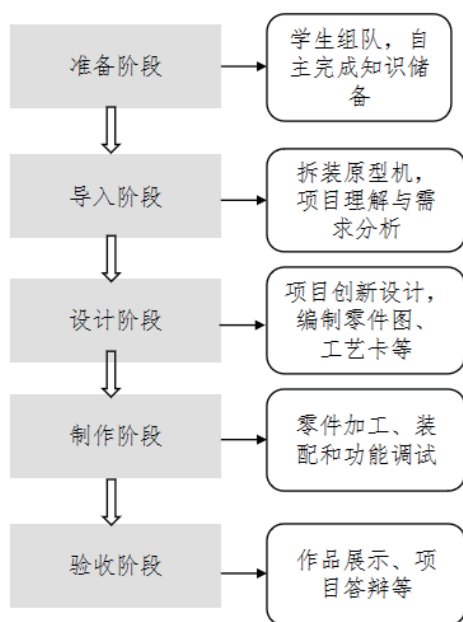


图2 项目实施的阶段安排

(1) 准备阶段。召开宣讲动员会,介绍课程内容、课程实施过程、课程考核方式等,展示项目作品原型机,让学生对一体化项目训练有更加直观的认识,进一步提高学生的学习兴趣 and 参与项目训练的积极性、主动性。学生选择项目作品并自由组队,4-6人组成一个项目小组,按照“雨课堂”发布的任务,查阅项目作品相关资料、学习项目

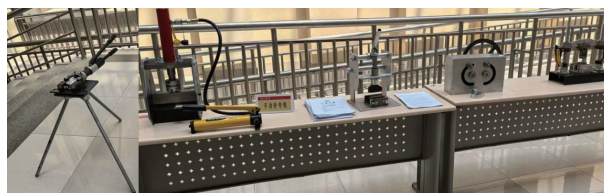
指导书,做好项目实施准备。

(2) 导入阶段。首先,介绍原型机的功能、结构、原理,使学生对项目作品形成整体认知,讲解每一个零件涉及的制造工艺和方法,帮助学生将所学的理论知识与实际应用结合起来,启发学生对产品功能、结构、选材、工艺等方面的深入思考。其次,进行原型机拆装,帮助学生深入地理解设备的机械结构、结构的设计原则以及传动原理,对提高学生的动手能力、培养学生分析和解决问题的能力起到促进作用^[10],为后续项目作品的创新设计与制作打下坚实基础。

(3) 设计阶段。项目设计是整个项目训练的核心环节,发挥着承上启下的作用。项目设计不是对原型机的简单复刻,而是要求学生在深入剖析原机型的基础上,开展基于实践的创新设计,并为后续制作环节中的实物转化奠定基础。项目小组完成目标作品的结构与工作原理解析后,在教师的指导下,学习运用 Solidworks 等计算机辅助工程软件,进行三维建模、动态仿真分析,并生成规范的零件图与装配图。为确保项目后期实施,教师需严格把控进度与质量,定期组织项目小组进行交流研讨,传授项目设计经验,指导学生解决问题。以手动折弯机为例,不同的项目小组经过创新设计之后,作品的结构、零件选材、加工工艺、折弯方式都有很大的不同。



(a) 折弯机的原型机



(b) 不同项目组创新设计的折弯机

图3 小型折弯机创新设计

(4) 制作阶段。采用“集中训练+分组制作”的方式实施。集中训练阶段,老师分工种讲解示范设备的操作规程、加工工艺、加工步骤,学生通过操作训练获得零件加工的基本技能。分组制作阶段,项目小组分工协作,围绕

项目作品选择合适的加工工艺完成零件加工、装配和调试,并进行归纳总结,撰写项目研制报告。考虑到不同项目、不同加工复杂度导致制作时长不同,分组制作阶段不设统一课时,各小组可在实验室开放时段,在教师指导下自主安排实施。

(5) 验收阶段。项目验收作为项目课程的终期考核,既要有成果展示,又要对整个项目进行全面总结^[11]。项目验收包括作品展示、项目答辩、项目研制报告。作品实物展示,检验学生的创新设计、零件加工质量、作品装配水平及功能实现等情况,直观评价学生的创新能力、实践动手能力。项目答辩,学生利用 PPT、视频等方式呈现项目制作过程中的团队分工协作、项目管理、遇到的实际问题及解决方法,是对整个研制过程的系统梳理。项目研制报告,要求涵盖项目作品的原理分析、方案设计、工艺规程、经济性与环保性分析等内容,是学生对项目实施过程与项目结果的系统性与规范性总结。

4 教学实施效果

自实施 KAPIV 一体化项目训练以来,每年共有来自材料学院、机械学院、能动学院 800 余名本科生接受项目训练。通过一体化项目训练,学生的知识理解和运用能力、动手实践能力、专业软件的应用能力、创新能力等均得到了显著提升。经过 KAPIV 一体化训练选拔的学生,在 2023 年、2025 年举办的中国大学生工程实践与创新能力大赛中分别获得金奖 5 项、银奖 1 项、铜奖 3 项和特等奖 1 项、一等奖 2 项、二等奖 2 项的竞赛成绩。

5 结语

实践证明,一体化项目训练将知识学习、能力锻炼、素质培养有机融合为一体,在项目牵引下的知识学习,提高了学生的自主学习及知识运用能力;将产品开发流程融入教学环节的教学模式,提升了学生的积极性与参与度;基于真实问题的项目训练,培养了学生的解决复杂工程问题的能力和创新能力。一体化项目训练在教学内容、教学模式、教学评价等方面的探索实践,对培养新时代所需的工程科技人才具有参考与借鉴的意义。

参考文献:

[1] 吴岩,新工科:高等工程教育的未来[J]. 高等工程教育研究,2018(6):1-3.

[2] 吴爱华,侯永峰,杨秋波等.加快发展和建设新工科主动适应和引领新经济[J]. 高等工程教育研究,2017(1):1-9.

[3] 陈华胜,李恩普,朱宏伟等.一流本科视角下工程训练中心建设思考与实践[J]. 高等工程教育研究,2020(3):85-90.

[4] 朱瑞富,曹利华,刘新等.“实践实训+创新创业”一体化训练平台建设及应用[J]. 实验技术与管理,2018,35(3):11-18

[5] 孙康宁,于化东,梁延德.基于新工科的知识、能力、实践、创新一体化培养教学模式探讨[J]. 中国大学教学,2019(3):93-96

[6] 张安富.项目化教学是提高工程型人才培养质量的有效之法[J]. 高等工程教育研究,2019(3):166-169.

[7] 高守锋,尚妍,金鑫等.阶梯式项目驱动的工程实践教学改革与探讨[J]. 实验室研究与探索,2023,5(3):179-182,203.

[8] 王群,蔡立军,刘彬彬等.创新型工程训练教学模式的探索[J]. 实验室研究与探索. 2020(8):236-239.

[9] 陈巍,陈国军,郁汉琪等.建构主义理论的项目式教学体系构建[J]. 实验室研究与探索. 2018(2):183-187.

[10] 李敏,廖冬梅,翟显等.基于项目式教学的工程训练课程改革[J]. 实验科学与技术,2022,20(3):127-131.

[11] 罗玮,邵霞.“2+X”工程训练模式下项目教学的设计与实践[J]. 实验室研究与探索,2018,37(2):235-238.

基金项目:山东大学实验室建设与管理研究项目一般项目,“基于 BOPPPS 教学模型电子产线实践教学项目开发”(项目编号:sy202433);山东大学 2024 年本科教育教学改革研究重点项目,“服务“四新”专业创新人才培养的劳动教育虚拟教研室建设研究”(项目编号:2024Z04);教育部高等教育司产学研协同育人项目,“先进设计与增材制造实训平台建设”(项目编号:231104992223104)。

作者简介:魏晓霞(1986-),女,山东济南人,硕士,实验师,研究方向:移动通信网络,智能制造。

通讯作者:赵云龙(1988-),男,吉林省吉林市人,硕士,实验师,研究方向:信息与通讯系统。