

项目导向教学模式探索与实践

——以课程《计算机辅助设计与制造》为例

汪启亮

江西理工大学机电工程学院，江西 赣州

收稿日期：2022年10月19日；录用日期：2022年11月9日；发布日期：2022年11月17日

摘要

传统教学方法以教师课堂上知识讲授为主，学生被动地接受抽象的理论知识，容易失去学习兴趣和主动性，导致学习效果不理想。本文以课程“计算机辅助设计与制造”为例探讨项目导向教学模式，将理论教学与科研项目相结合，通过项目将知识点进行串联，利用课内实验训练软件应用技能，进而完成项目具体任务，进行课外实践强化学习效果。该教学模式以项目为导向，引导学生针对具体项目任务进行探究学习和实践，提高学习兴趣与动力，促进实践与创新能力发展，提升了课程教学效果。

关键词

项目导向，教学模式，计算机辅助，机械设计与制造

Exploration and Practice of Project-Oriented Teaching Model

—Taking the Course “Computer Aided Design and Manufacturing” as an Example

Qiliang Wang

School of Mechanical and Electrical Engineering, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou Jiangxi

Received: Oct. 19th, 2022; accepted: Nov. 9th, 2022; published: Nov. 17th, 2022

Abstract

Traditional teaching methods are based on teachers teaching in the classroom. In this process, students passively receive abstract theoretical knowledge. This method tends to cause students to lose interest and initiative, and the learning effect is unsatisfactory. This paper takes the course “Computer Aided Design and Manufacturing” as an example to discuss the project-oriented teach-

ing mode. The teaching mode combines theoretical teaching with research projects and links theoretical knowledge through projects. Students are trained in software application skills during in-class experiments sessions. These experimental exercises help them to complete specific tasks in the project. In addition, extracurricular projects are completed to reinforce the learning effect. The teaching model is project-oriented. Students are encouraged to engage in inquiry-based learning and practice for specific project tasks. The project-oriented teaching modal can enhance student interest and motivation and promotes the development of practical and innovative research skills. The teaching model improves the quality of teaching.

Keywords

Project-Oriented, Teaching Model, Computer Aided, Mechanical Design and Manufacturing

Copyright © 2022 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

制造业是国民经济的主体，为促进制造业转型升级，国家提出实施创新驱动发展和“中国制造 2025”等重大战略，这对工程技术人才的理论水平和创新实践能力提出了更高的要求[1]。高校是人才培养的主阵地，为我国产业发展和国际竞争提供智力和人才支撑。课程教学是人才培养的主要载体，关系到人才培养的质量和水平。机械类专业课程注重实践能力培养，若仅采用传统偏重理论教学方式，难以对学生专业实践能力和素质进行培养。因此需要进行课程教学改革创新，探索新的教学模式，提升课程教学效果，培养理论基础扎实、实践和创新能力强的高素质工程技术人才。

机械类专业课程“计算机辅助设计与制造”目标在于培养学生综合利用计算机软件进行机械设计制造的能力，涉及多种理论和方法，涵盖知识点众多。课程注重应用软件解决实际问题的能力，若仅依靠传统课堂讲授教学，学生被动接受琐碎的知识点，缺乏从理论到应用的实践机会，学习效果不佳。近年来，项目导向型[2][3]、问题导向型[4]、任务驱动型[5][6]等教学方法得到不断发展。相比于传统教学方法，项目导向教学方法将理论知识与项目进行有机结合，通过项目进行知识点的讲解，激发学习兴趣。以项目为导向进行相关软件技能实践，增强学生的主观能动性，提高项目实践能力。笔者以“计算机辅助设计与制造”课程为例，探索项目导向教学模式，将课程教学与科研项目结合，通过项目将课程知识点进行串联，进行课程内容和教学方法的设计，将科研育人的思路和方法结合到课程教学中，期望通过项目导向课程教学提高学生的理论水平、实践能力和创新意识。

2. 改革思路与探索

2.1. 思路

机械类本科生课程“计算机辅助设计与制造”涵盖知识点众多，涉及了机械设计、机械制造、三维建模、有限元方法和优化设计等众多学科知识。课程教学目标是培养学生综合运用 UG、ANSYS、MATLAB 等软件进行机械产品设计制造的能力，提高设计制造效率和产品质量。笔者根据专业培养要求和课程教学目标，对本课程进行项目导向教学模式改革。基本思路如下：首先对课程知识体系进行梳理，引入匹配课程知识点的科研项目，将项目实施涉及的理论和方法融入到课程教学与实践，分析项目需要解决的具体任务，建立各个任务同课程知识点的关系，结合项目讲解知识点。解决项目具体问题需要结合相

应软件, 课内实验设置案例实践对核心方法、技能和软件进行训练。此外, 通过开放性的课外实践项目进一步强化学习实践效果, 实现科研项目、理论知识、课内实验、课外实践的有机结合, 通过科研项目导向教学促进课程教学质量的提高。

2.2. 教学改革探索

课程“计算机辅助设计与制造”主要内容及教学模式如图 1 所示, 课程注重应用实践能力培养, 首先对各章节知识点进行梳理, 选择密切相关的科研项目。进行项目导向式教学方案设计, 通过项目实践讲解导入课程知识点, 利用科研项目及案例对各知识点进行串联, 使知识系统化。理论知识应用需要借助具体软件, 利用课内实验训练软件应用能力, 结合课外实践进一步强化项目实践能力。

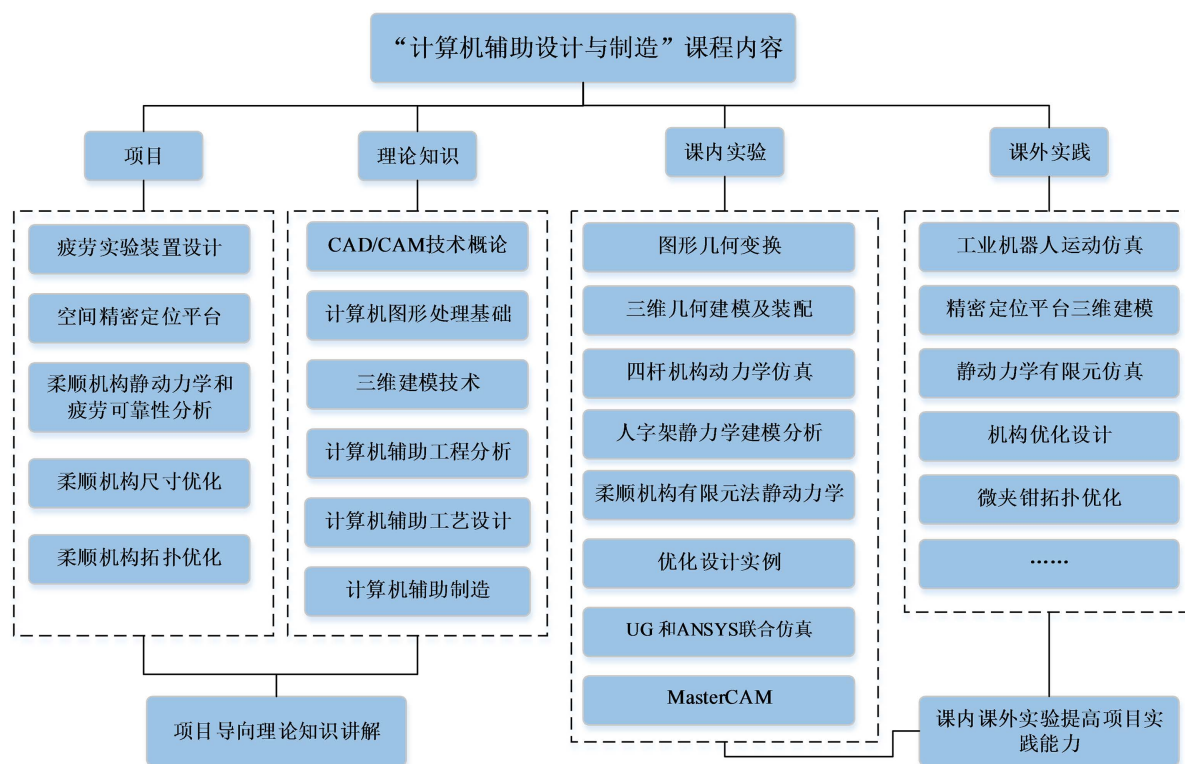


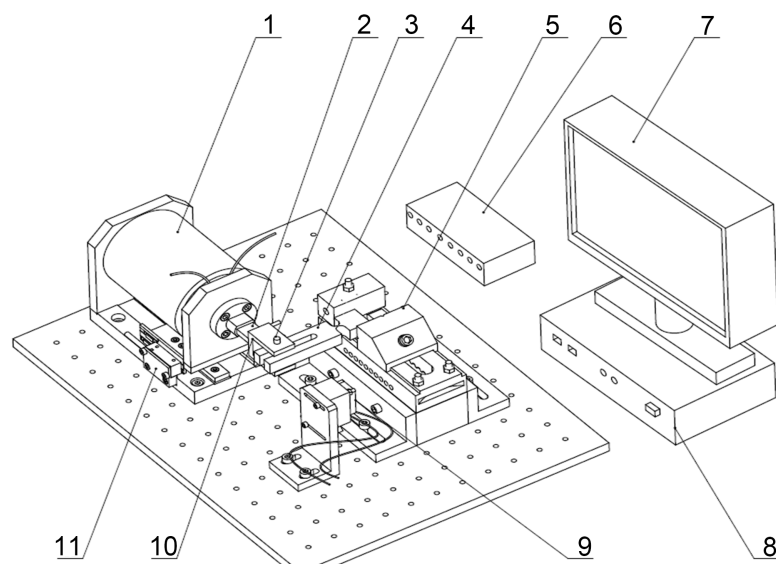
Figure 1. Main content and teaching mode of the course “Computer Aided Design and Manufacturing”

图 1. “计算机辅助设计与制造”课程主要内容及教学模式

2.2.1. 理论知识

课程涵盖了计算机辅助机械设计制造的理论、方法和软件, 主要包括: 图形处理技术、三维建模技术、计算机辅助工程、计算机辅助工艺设计和计算机辅助制造。在讲解课程理论知识和方法基础上, 重点在于培养学生应用软件进行机械设计制造能力, 锻炼解决工程实际问题的能力和素质。若仅仅依靠课堂讲授理论的方式, 学生难以明确知识点在实际问题中的应用, 容易觉得枯燥, 若增加理论知识应用于具体项目案例的讲解, 将提高学生理论联系实际的能力。而项目导向教学将课程繁杂又互相关联的知识点通过项目串联起来, 能帮助学生建立系统的知识框架, 理解理论知识的具体应用, 培养学生综合利用多学科理论、方法、技术和软件解决实际问题的能力。在具体执行过程中, 首先对课程知识体系和重难点进行分析, 选择匹配知识点的项目案例, 并对项目实施过程中关键的理论、方法、软件和技能进行重点讲解, 为之后课内实验的软件实践奠定基础。

以课程知识点：三维建模技术、装配和虚拟样机技术为例，结合项目“柔顺机构疲劳试验机设计”(图2)进行课程教学。首先阐明项目研究目的、研究内容与课程知识点的关系。项目研究对象柔顺机构依赖材料变形实现运动容易发生疲劳失效，讲解课程知识点疲劳设计。为进行实验研究，项目综合三维建模和虚拟样机技术等设计柔顺机构疲劳试验装置。设计过程中，首先对被测对象的应力应变进行分析，进行电机和传感器等的选型，进行零件的设计和三维建模，包括：夹具体、连接头、作用杆等。在建模过程中，讲解课程知识点三维建模技术，实体的表示方法，说明零件特征建模基本原理和方法。在建立零件模型基础上，进行装配搭建虚拟样机并进行运动仿真，讲解课程知识点装配建模和运动仿真，加深对知识点的理解。



1) 音圈电机; 2) 力传感器; 3) 作用杆; 4) 柔性铰链; 5) 平口钳; 6) 采集卡; 7) 显示器; 8) 工控机; 9) 位移传感器; 10) 连接架; 11) 光栅尺

Figure 2. Fatigue testing device

图2. 疲劳试验装置

为加深学生对课程知识点有限元法的理解，结合科研项目“空间多自由度柔顺并联机构疲劳损伤与疲劳可靠性分析及设计研究”进行导入和讲解。结合项目研究目标，指出为保证机械系统安全可靠运行，需要对其静动力学和可靠性等进行分析。然而系统的参数众多且相互耦合，使用传统的解析法很难精确建模。为此，引入课程知识点有限元法，阐述该方法是根据变分原理进行求解的离散化数值计算方法，广泛应用于结构静动力学仿真分析。

对于本项目，利用 MATLAB 基于有限元法对平面柔顺机构应力、应变、固有频率和疲劳寿命进行建模分析，结合项目实践过程，讲解有限元法概念和分析步骤，阐述知识点：单元类型，刚度矩阵，建立刚度矩阵的方法，进行整体刚度矩阵组装，设置边界条件，方程求解和后处理等。商业有限元仿真软件在工程中应用广泛，针对此项目，进一步利用 ANSYS Workbench 对机构进行静动力学和疲劳分析(图3)。讲解课程知识点，说明仿真流程，介绍常用商业有限元分析软件 ANSYS, NASTRAN 和 FLUENT 等。

结合科研项目“空间多自由度柔顺并联机构疲劳损伤与疲劳可靠性分析及设计研究”导入机械优化设计学习内容。课程以项目中平面柔顺机构的优化设计为例进行讲解。项目研究以支链尺寸参数为设计变量，要求机构在满足驱动力、固有频率和疲劳可靠性前提下，使机构的工作空间最大。传统的设计方法通常是基于经验来调整设计参数，不能保证得到最优设计。而若能结合优化算法，则能得到满足约束

条件下的最佳设计，引出机械优化设计的概念。该优化设计问题设计对象和数学模型如图 4 所示。该问题为典型的多变量约束优化设计问题。结合项目实践讲解利用 MATLAB 进行编程并求解优化设计问题的步骤，详细阐述课程知识点：设计变量、约束条件和目标函数，讲解建立优化设计问题数学模型的基本步骤，优化设计问题类型，不同优化算法及其优缺点等。此外讲解 ANSYS Workbench 优化设计模块 Design Exploration，并对该机构进行优化设计。讲解知识点：参数化建模、设置目标函数和约束条件、仿真分析、后处理、优化方案评价和确定等，使学生结合项目实践的讲解熟悉基于 ANSYS Workbench 进行优化设计的具体步骤。

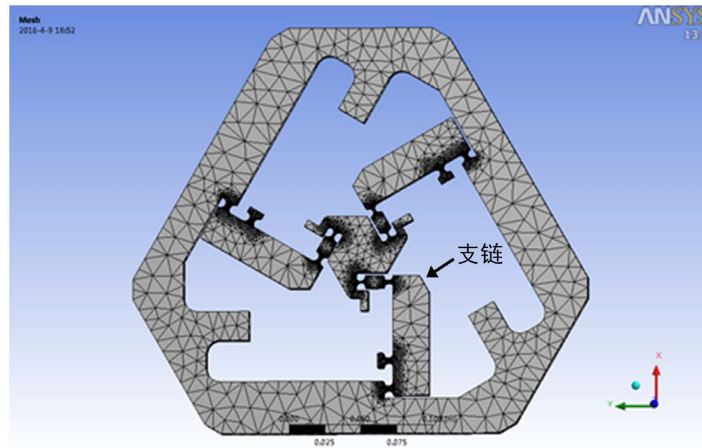


Figure 3. Finite element simulation of planar compliant mechanism

图 3. 平面柔顺机构有限元仿真

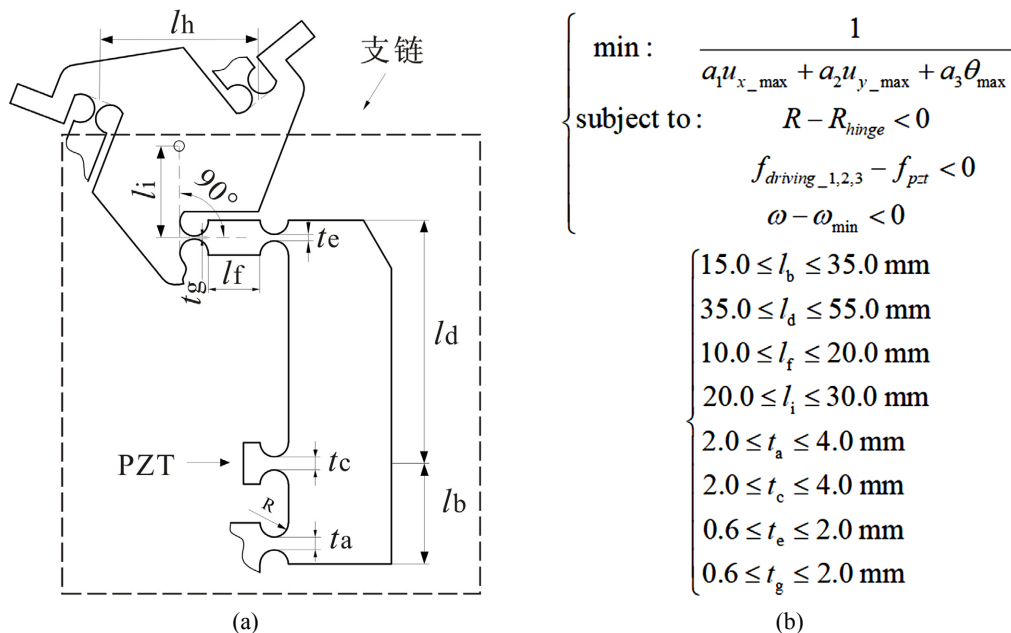


Figure 4. Optimization model of planar compliant mechanism ((a) Structural parameters, (b) Optimization model)

图 4. 平面柔顺机构优化模型((a) 结构参数, (b) 优化模型)

通过项目案例与课程教学相结合，使学生明确课程知识点在具体项目中的应用过程，激发学生的学习兴趣 and 动力。为锻炼项目实施能力，仅仅课堂讲授基本理论方法是不够的，还需要在深入理解理论方

法基础上,掌握相关软件操作方法并进行实践,才能解决项目中的具体问题。为了提高学生的软件应用能力,根据项目需要设置了对应的课内实验,通过实验案例锻炼软件应用能力,强化对理论知识和方法的掌握,为完成课内外项目实践任务奠定基础。

2.2.2. 课内实验

通过项目导向教学对课程知识点进行讲解,使学生能更系统掌握理论知识,熟悉了项目实施流程及需要用到的软件,建立了感性认识,但是缺乏实践能力。为训练学生应用软件解决具体问题的技能,设置八个有针对性的课内实验项目,相关信息如表 1 所示。

Table 1. In-class experiments

表 1. 课内实验项目

实验项目	学时	实验类别	必做	实验内容
图形几何变换	2	验证性	√	1) MATLAB 图形矩阵表示; 2) 比例、平移和对称变换; 3) 旋转、错切和透视变换等。
三维几何建模及装配	2	综合性	√	1) 熟悉 UG 软件实体建模; 2) 四杆机构三维建模及装配; 3) 柔顺机构三维建模。
四杆机构动力学仿真	2	综合性	√	1) 熟悉 UG 软件运动仿真; 2) 添加驱动和约束条件; 3) 机构运动仿真及结果分析; 4) 了解 Simulink 运动仿真。
人字架静力学建模	2	综合性	√	1) MATLAB 数学建模; 2) 人字架应力建模; 3) 人字架应力绘图及分析。
柔顺机构静动力学有限元仿真	2	综合性	√	1) 柔顺机构三维建模; 2) 熟悉 ANSYS Workbench 软件; 3) 静力学有限元仿真流程; 4) 应力应变仿真结果分析; 5) 动力学有限元仿真流程; 6) 机构固有频率及振型。
优化设计实例	2	综合性	√	1) MATLAB 优化设计模块及函数; 2) 建立人字架优化设计数学模型; 3) 编制/调用优化算法函数求解; 4) 评估优化设计结果。
UG 和 ANSYS 联合仿真	2	综合性	√	1) UG 建立柔顺机构三维模型; 2) ANSYS Workbench 机构有限元仿真分析; 3) 设计变量、约束条件和目标函数; 4) 基于响应面法机构优化设计; 5) 得到最优方案。
MasterCAM	2	验证性	√	1) 熟悉 MasterCAM 软件; 2) 建立柔顺机构三维模型; 3) 模拟加工过程并生成数控加工代码。

实验内容涉及计算机辅助设计制造的各个方面,具体包括:UG 三维建模、装配和运动仿真,利用

MATLAB 进行机构静力学建模、动力学建模和优化设计, 利用 ANSYS Workbench 进行机构静动力学有限元仿真和优化设计, 利用 MasterCAM 进行零件加工仿真和数控代码生成等。学生可以自由选择同类建模、编程和仿真软件, 熟悉算法和仿真流程, 使学生在实验过程中能运用所学理论知识和软件解决具体问题, 为后续进行课外项目实践奠定基础。

2.2.3. 课外实践

通过项目导向课程教学, 学生加深了计算机辅助机械设计与制造理论方法的理解, 通过课内实验案例实践, 熟悉了相关软件的使用。为巩固所学理论知识, 进一步提高专业实践能力, 鼓励学生进行课外实践项目。积极参加三维数字化创新大赛、机械创新大赛和数学建模大赛等。综合运用所学方法和软件, 提高设计制造效率和质量, 设计加工了斯特林发动机, 拓扑优化设计了微夹钳等, 如图 5 所示。

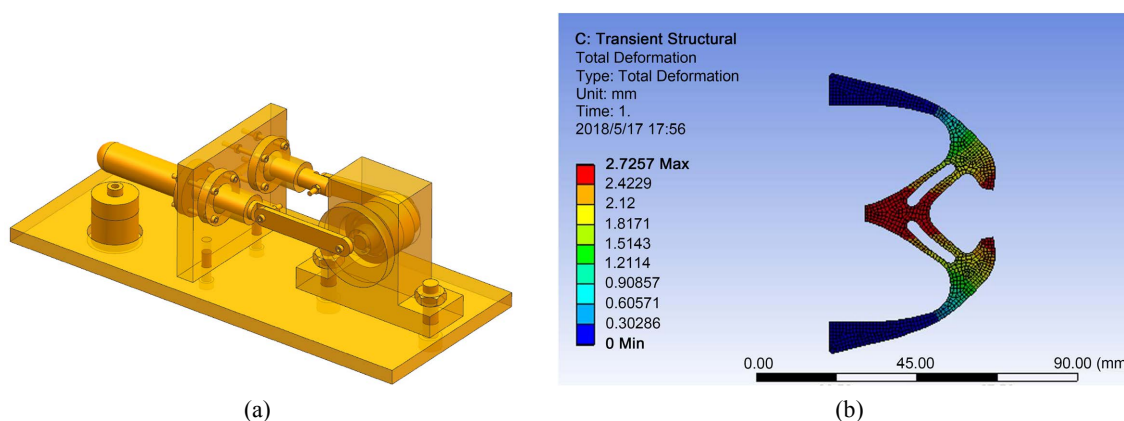


Figure 5. Extracurricular practical projects ((a) Stella engine, (b) Topology optimized micro-gripper)
图 5. 课外实践项目((a) 斯特林发动机, (b) 拓扑优化微夹钳)

3. 改革效果与分析

1) 成绩方面。选取江西理工大学 2014 级和 2015 级机械设计制造及其自动化专业学生的“计算机辅助设计与制造”课程期末成绩进行对比, 两个年级学生的课程学时、教材内容均相同, 学生的基础大致相同。2014 级采用传统教学模式, 2015 级采用项目导向教学模式, 2014~2015 级学生成绩平均值分别为 76.46 和 80.09, 标准差分别为 5.00 和 5.33。2015 级平均成绩明显高于 2014 级, 期末成绩综合反映了学生的理论知识和实践能力掌握情况, 项目导向课程教学模式取得了较好的效果。

2) 实践方面。传统的课堂讲授教学模式, 容易导致学生对于知识的理解仅限于书本。通过项目导向教学模式, 注重软件应用和项目实践。通过课程教学和案例实践, 使学生具备使用 UG 等软件进行机械产品三维建模、装配和运动仿真的能力, 熟悉有限元法基本原理, 并能利用 ANSYS Workbench 软件进行零件静力学和动力学仿真分析。熟悉 ANSYS Workbench 优化设计方法和流程。熟悉 MATLAB 进行数学建模和分析的流程, 并在此基础上进行优化设计。学生在项目实践过程中加深了理论知识的理解, 强化了软件应用能力, 积极参加机械创新大赛、三维数字化创新设计大赛、数学建模大赛等课外实践, 取得了优异成绩。

4. 总结

机械类专业课注重理论和实践, 传统的教学模式偏重理论讲授, 而知识应用和项目实践机会有限, 导致学习效果不理想。因此, 笔者探索将科研项目结合到课程教学中, 对课程“计算机辅助设计与制造”

进行项目导向教学模式改革。该课程实践性强,注重应用计算机软件进行机械设计制造的实践能力。以项目为导向,对理论知识、课内实验及课外实践三个方面进行教学改革。理论知识方面,利用科研项目将课程知识点进行串联,既讲授理论方法也阐述其在具体项目的应用,理论结合实际且使知识系统化。以项目为导向设计课内实验,使用软件进行计算机辅助设计制造实践,使学生掌握理论方法在软件层面的应用。在掌握方法和软件基础上,鼓励学生积极参加课外学科竞赛等,进一步强化项目实践能力。通过项目导向教学模式探索和实践,加深了学生对理论知识的理解,提高了实践能力、创新能力和专业素养,取得了良好的教学效果,该教学模式可供其他实践性较强同类课程借鉴和进一步探索改进。

基金项目

本文由江西理工大学教学改革项目(编号 XJG-2017-15)、江西省教育厅科学技术研究项目(编号 GJJ170559)及江西理工大学博士启动基金资助项目(编号 205200100345)资助。

参考文献

- [1] 《中国制造 2025》与工程技术人才培养研究课题组.《中国制造 2025》与工程技术人才培养[J].高等工程教育研究,2015,155(6):6-10+82.
- [2] 林冬梅,陈晓雷,杨富龙,马玉润.项目导向型“机器视觉技术”课程科研育人教学模式探索[J].工业和信息化教育,2022(7):21-26+34.
- [3] 李志勇,孙克.PBL和PjBL教学法的多维度比较分析与未来展望[J].未来与发展,2020,44(9):67-73.
- [4] 谢羽,陈侯秀.问题导向教学的应用——以本科会计专业《会计相关法规》课程为例[J].教育教学论坛,2018(30):175-177.
- [5] 王超,李昂.“项目导入任务驱动”教学法在桥梁电算教学中的应用[J].大学教育,2021(9):72-74.
- [6] 严晖,李小兰,刘卫国,奎晓燕,曹岳辉.基于任务驱动的线上线下混合式教学设计与实践研究——以“大学计算机基础”课程为例[J].工业和信息化教育,2020(11):52-56.