



机械原理创新性实验项目探索

江 帆, 吴青凤, 黄卫清, 区嘉洁, 游思坤

(广州大学 机械与电气工程学院, 广州 510006)

摘要: 机械原理创新性实验项目对提升机械创新能力具有重要作用, 而构建创新性实验项目为开设创新实验奠定基础。该文建立了“一体两翼两保障”的机械原理创新性实验项目构建思路。以实验指导为体, 实验指导中除了常规内容优化外, 还需对创新方法在实验中的应用进行指导; 以教学方法与创新方法为两翼, 其中研究性学习与研究性教学的双研教与学流程有助于提升学生实验自主性; 考核方法与实验教学管理为两个保障机制, 构建了形成性考核方法、基于共轭分析的实验管理持续改进机制, 保障了实验教学目标的实现。

关键词: 机械原理实验; 创新性实验; 双研教与学; 创新能力; 共轭分析

中图分类号: G642

文献标志码: A

DOI: [10.12179/1672-4550.20210070](https://doi.org/10.12179/1672-4550.20210070)

Exploration on Innovation Experiment Project of Mechanical Principle

JIANG Fan, WU Qingfeng, HUANG Weiqing, OU Jiajie, YOU Sikun

(School of Mechanical and Electrical Engineering, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China)

Abstract: The innovative experiment project of mechanical principle plays an important role in improving the ability of mechanical innovation. The construction of innovative experiment project lays the foundation for setting up innovative experiment. In this paper, the thought of “one body, two wings and two guarantees” for innovative experimental project is established. The experiment guide is the body, besides the conventional content optimization, the experimental guidance also needs to guide the application of innovative methods in the experiment. Teaching methods and innovative methods are the two wings. The process of research-based learning and research-based teaching helps to enhance students’ experimental autonomy. Assessment method and experimental teaching management are two guarantee mechanisms. Formative assessment method and continuous improvement mechanism of experimental management based on conjugate analysis are constructed to ensure the realization of experimental teaching objectives.

Key words: mechanical principle experiment; innovative experiment; research-based learning and research-based teaching; innovative ability; conjugate analysis

机械原理实验是对机械原理课程内容检验与拓展, 是锻炼学生动手能力、分析与解决问题能力的重要课程。虽然各学校开设的实验项目与数量不一样, 但对机械原理实验重要性的认识是一致的: 机械原理实验是机械原理课程的重要组成部分。机械原理实验教学改革的研究与探索一直是机械原理教师关注的重点, 文献 [1] 对机械原理实验的教学内容、教学组织、考核等方面存在的问题进行分析, 并给出实验项目模块化、考核方

式等方面建议。文献 [2] 分析了机械原理实验教学中存在的问题, 提出了一些改革思路, 其中开设设计性、综合性实验是提高实验教学质量的重要手段之一。文献 [3] 分析机械原理实验的现状与问题, 在实验内容、教学手段、考核方式等方面进行探索。文献 [4] 在机械原理实验教学中增加创新成果展示和学生互评环节, 使课堂教学与网络自学结合, 提升了教学效果。文献 [5] 设计了曲柄摇杆动态测试与设计的综合实验, 将机械原理课

收稿日期: 2021-02-21; 修回日期: 2021-04-17

基金项目: 广东省高等教育教学质量工程项目(粤教高函〔2018〕179号-JXTD47); 广东省教育部高等学校创新方法学科建设与研究专项规划项目(20-2-6); 广州大学校级示范性实验建设项目(广大〔2018〕16号-3); 广州大学“课程思政”专项研究项目(教务〔2021〕220号)。

作者简介: 江帆(1974-), 男, 博士, 教授, 主要从事机械创新设计、机械 CAE/CFD 方面的研究。E-mail: jiangfan2008@126.com

程中机构运动分析、结构设计、速度调节等知识串联起来,激发学生的学习兴趣与潜能。文献[6]制作了新的机构运动参数测量系统,对实验内容与方法进行改进,拓展了学生知识面,培养了学生创新设计能力。文献[7]对平面连杆机构创新设计实验进行了研究,发现让学生自主选题,自行设计方案、机构搭建并调试,能够提升学生创造性。文献[8]将CDIO(构思-设计-实施-运行)理念引入机构创新设计实验教学,改进机构创新设计实验的教学方法和实验结果考核,培养了学生的团队合作意识与创新能力。文献[9-10]对机械原理实验教学方法进行改革,也取得了较好的效果。机械原理实验是培养创新能力的重要阵地,需要创新方法的支撑。文献[11-13]将创新方法引入机械原理实验,结合创新方法与创新设计实验提升学生的机构创新设计能力。

从这些机械原理实验教学改革中看到,开设创新设计实验、重视创新能力是机械原理实验教学改革的重要方向,但鲜有讨论创新实验项目设计方法、教学方法及保障方法。本文就机械原理创新性实验项目的构建思路、实验指导、教学方法、考核与管理等方面研究创新实验项目设计方法以及相应的教与学方法和保障机制,为高校机械原理实验教学改革提供参考模式。

1 机械原理创新性实验项目构建思路

根据创新能力培养要求,建立机械原理创新性实验项目的构建思路为:结合主动学习理论与建构主义学习理论,激发学生的内驱力,让学生在內驱力的作用下自主地投入实验中,增强实验教学效果。

基于上述构建思路,根据机械原理课程实验要求,以及现有实验教学改革成果基础上,构建以实验指导为体、实验教学方法与创新方法为翼、测评机制与实验教学管理方法为保障的“一体两翼两保障”的机械原理创新性实验项目建设思路,如图1所示。

从图1中看到,机械原理实验项目的实验指导(包含实验目标、实验内容等)是主体,指引整个实验的开展。教学方法与创新方法是两翼,为学生掌握实验内容,达到实验目标提供驱动力。测评机制与实验管理方法为实验目标实现提供保障,同时反馈优化实验指导的内容。“一体”指

导“两翼”“两保障”系统的构建及提供指标体系,而“两翼”“两保障”保障“一体”目标的实现。

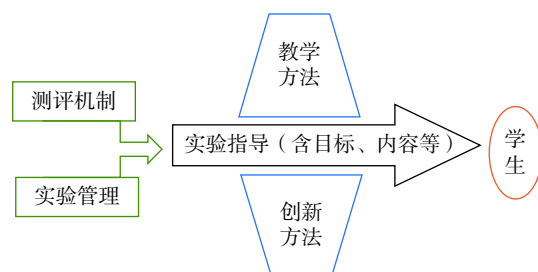


图1 机械原理创新性实验项目建设思路

2 实验指导的构建

实验指导是整个实验的指导文件集合,包含实验目标、实验内容、实验设备(或仪器、工具)、实验原理与手段、实验步骤、思考题等,如图2所示。对应创新设计类实验项目,需要在实验目标与实验内容、思考题中设计一些应用创新方法的要求,并结合创新方法,给出一些以往实验案例,以帮助学生理解创新点在哪儿,实验如何进行等。例如在“机构创新设计与搭建”实验指导中,在实验目标部分增加了“创新机构方案、创新思维与能力”方面的目标;在实验内容部分增加“机构拟订方案创新度”的要求等。

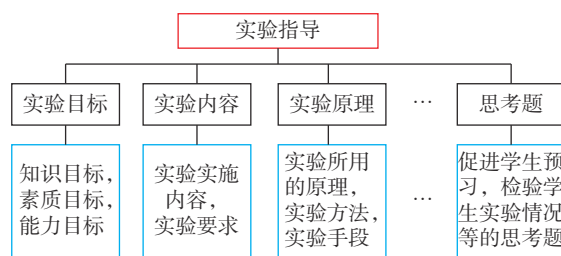


图2 实验指导的构建

创新性实验的实验内容与实验步骤中适当地增加创新方法的介绍与创新案例,有助于指导学生应用创新方法解决实验中的困难问题。例如在“机构创新设计与搭建”实验会碰到各种运动实现的问题,对应往复运动,可以结合可拓创新方法,介绍从曲柄滑块机构拓展到正弦机构、齿轮齿条机构等,同样还有其他运动形式(如摇摆、间歇等)实现问题,结合可拓创新方法给出一些思路,帮助学生快速利用创新方法设计自己的创新方案,如表1所示。

上述是对实验指导内容进行创新设计,同时

也能利用创新方法扩展出一些新的实验项目, 丰富实验项目库, 拓展学生视野与实验技能。如增加新型机构调研实验, 让学生了解机构的前沿发

展情况; 又如设计一个凸轮图解与解析法设计凸轮轮廓的对比实验, 让学生了解凸轮设计方法的差异。

表 1 执行机构拓展表

功能要求	初始机构	拓展机构1	拓展机构2	拓展机构3	拓展机构4
往复运动	曲柄滑块	正弦机构	螺旋传动	齿轮齿条	凸轮机构
摇摆运动	曲柄摇杆	凸轮机构	曲柄摇块	转动导杆	组合机构
间歇转动	棘轮机构	槽轮机构	非完全齿轮	擒纵机构	凸轮机构

3 实验教学方法

3.1 整体思路

教学方法是实验教学效果、学生实验能力实现的重要一翼, 根据建构主义的观点, 实验教学方法应以促进学生自主建构知识为主, 故构建教学方法的思路为: 引导学生课前与课后研究性学习, 课中教师实施研究性教学, 如图 3 所示。无论研究性学习与研究性教学, 都需要创新方法与机械创新设计案例支撑。

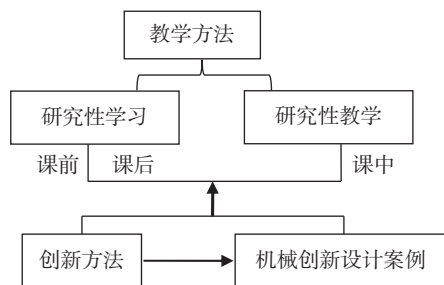


图 3 教学方法的构建思路

3.2 研究性学习构建

学生实验课前需要熟悉实验内容, 自己拟定机构运动方案(实现预期的功能)。课后需要巩固实验所映射的知识。为了促进学生自主完成这些工作, 构建了研究性学习流程(如图 4 所示): 学生带着自拟的任务(实现某个预期功能), 研学机械原理的相关知识, 利用创新方法进行机构运动方案设计训练, 之后总结, 拟订好机构运动方案供课堂检查。研究性学习能够较好地激发学生的内驱力, 促使学生自主在课外完成预习与总结的工作。

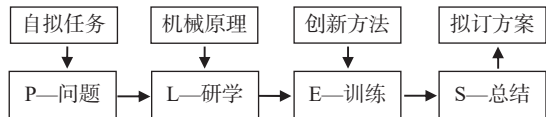


图 4 研究性学习流程

3.3 研究性教学构建

为实现实验教学目标, 实验课采用研究性教学流程, 如图 5 所示。针对“如何实现特定功能的机构运动方案拟定”的问题, 复习理论课中机构运动方案设计的内容, 并讲解机械项目 CDIO (C—构思, D—设计, I—实现, O—运行) 流程。机构运动方案与社会、环境的关系(确保机构运动方案设计不损害社会伦理、不污染环境等), 主要结合功能分析、执行机构选型、方案评价部分渗透立德树人的观念。指导学生研讨小组每个人拟定的机构运动方案, 使用可拓优度进行方案比选, 选择较优的方案进行搭建。

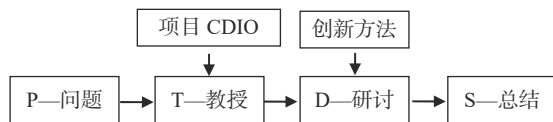


图 5 研究性教学流程

创新方法也是创新性实验项目构建的重要一翼, 本文主要将可拓创新方法的工具应用创新性实验项目设计与教学中, 用结合实验内容的案例引导学生进行创新方法应用, 解决创新性实验中碰到的问题。

4 实验考核与管理

4.1 形成性实验考核

实验考核是实验目标达成的重要保障, 为了保证全面考核学生实验情况, 构建形成性实验考核机制, 在实验课的全过程进行监测, 包含课前预习报告(含拟定的运动方案)、实验表现、搭建机构的质量、实验报告, 具体说明如表 2 所示。

考核过程师生共同参与, 包括组内评价、小组互评等环节。实验结果展示是小组互评环节, 如果出现预习报告与实验报告抄袭, 则实验记为 0 分。

表2 创新性实验考核要素

知识点	阶段考核节点			
	课前:预习报告(15%)	课中:实验表现(20%)	课中:机构质量(30%)	课后:实验报告(35%)
参考指标	功能的合理性,机构方案合理性与创新性,机构运动简图的规范性	方案优选研讨表现,搭建时参与度,问题回答的完整性	机构运动灵活性,机构功能实现度,机构的创新性	报告的规范性,报告内容正确性,拓展问题的创新性

4.2 共轭管理体系构建

创新性实验教学管理是达成实验教学目标的另外一个重要的保障。实验教学管理需要拓展管理机制,这里引入可拓创新方法中的共轭分析方法来持续改进创新性实验管理体系,如图6所示。实验管理包括制度制订、设备仪器管理、开放管理、安全管理等,可以从虚实、软硬、潜显、负正8个方面进行拓展。如管理制度可以利用潜显分析,找出显现与隐藏的问题,完善规章制度,这样能保障创新性实验的安全开展;又如可以从虚实分析入手,满足师生现实需求与未来需求,提升学生实践与创新能力,取得较佳的实验效果,这样能发挥辐射示范作用;再如,为了解决创新性实验学生需求旺盛与实验室管理人员工作超负荷的矛盾,通过软硬分析,让高年级学生参与开放管理,可以减少实验管理人员的工作量,也让学生有足够的实验机会。

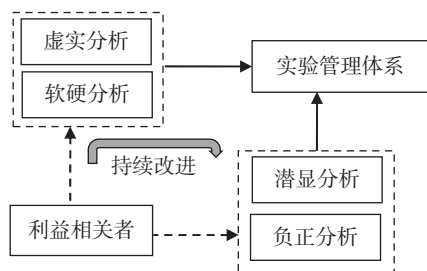


图6 实验管理的持续改进

实验管理体系需要召集利益相关者参与,如教师、在校生、毕业生、行业专家、企业工程师等,特别是学生参与,学生在制度制订、实验室开放管理方面均能发挥作用。

5 结束语

本文根据创新性实验项目建设要求,构建了“一体两翼两保障”的机械原理创新性实验项目建设思路,通过“两翼”与“两保障”促进机械原理创新性实验项目构建目标的实现,保证“一体”的创新性实验项目顺利开展。

给出了机械原理创新性实验的实验指导的构

建方法,构建了促进课前课后学生预习与深化的研究性学习流程,以及课中实验教学的研究性教学流程,并构建了形成性考核规则与基于共轭分析实验管理持续改进机制,希能为创新性实验项目设计与创新实验教学的开展提供参考。

参考文献

- [1] 夏斯伟,周海,董香龙,等.机械原理实验课程的教学现状分析与改进思考[J].教育现代化,2018(46):274-277.
- [2] 杨金花,徐学忠.机械原理实验教学的改革实践与效果[J].实验科学与技术,2016,14(3):156-159.
- [3] 聂阳文,胡星,闫磊.机械原理实验教学改革探索[J].中国教育技术装备,2015(14):155-156.
- [4] 张婧,赵坚,张玲莉,等.面向创新人才培养的机械原理实验教学模式研究与实践[J].实验室科学,2014,17(1):92-94.
- [5] 卢秀泉,张小江.基于机构动态测试与设计实验台的机械原理实验教学探讨[J].中国电力教育,2013(32):155-156.
- [6] 常宗瑜,孙祥林,秦娜,等.“机械原理”机构运动参数测量实验教学的改革与实践[J].实验技术与管理,2012,29(7):158-160.
- [7] 张薇,贾智.平面连杆机构创新设计实验的开发与实施[J].职业技术教育,2011,32(32):32-34.
- [8] 吴青凤,江帆,龙云.机构创新设计实验的研究[J].实验技术与管理,2013,30(9):170-172.
- [9] 付晓莉,车江宁,张伟杰.机构创新设计实验立体化教学模式研究[J].实验室科学,2011,14(2):41-43.
- [10] 徐春明,周艳,孙瑛,等.机械原理实验教学改革与实践[J].大学教育,2018(11):89-91.
- [11] 江帆,孙骅,王一军,等.TRIZ理论在机械原理实验教学管理中的应用[J].实验科学与技术,2010,7(2):140-143.
- [12] 江帆,张春良,王一军,等.机械原理MOOC教学设计[J].工业与信息化教育,2017,7(7):33-37.
- [13] 江帆,陈江栋,萧仲敏,等.面向机械原理课程的TRIZ进化创新案例分析[C]//高校机械类课程报告论坛论文集,珠海:[s.n.],2017.

编辑 张俊