

基于工程教育认证的机械类专业实验教学体系构建研究

黄志诚 李 杨 李晓高

(景德镇陶瓷大学机电学院, 江西 景德镇 333000)

摘要: 基于工程教育认证背景下, 分析了国内高校机械类专业实验教学存在的弊端, 构建了面向工程教育认证的机械类专业“分层次、分模块”的实验教学新体系, 从能力层次、实验模块、实现效果三个方面开展探索研究。基于以学生为中心、以成果为导向和持续改进的理念, 根据工程教育认证的标准, 我们致力于培养学生的科学思维和创新意识, 目标是塑造具备实践能力、创新精神和务实态度的应用型人才, 从而全面提升学生的自主学习能力、实践能力和创新能力。

关键词: 工程教育认证; 机械类专业; “分层次、分模块”; 实验教学新体系

2016年6月, 中国正式成为《华盛顿协议》的第18个成员国, 这表明我国工程专业教育达到了国际质量的标准。在多数国外与工程教育专业认证相关的背景下, 高校课程建构以需求为导向, 设立合理的培养目标。在一定培养目标的指导下, 合理架构理论课与实践课, 以培养工科毕业生的实际处理工程问题的能力。国内学者研究领域从认证的发展历程到认证标准、从单纯的理论研究到与实践相结合, 都取得了一定的研究成果。地方大学工科课程改革的研究与实践也取得了较大的发展, 但是在工程专业认证背景下, 地方高校工科专业实验教学体系改革还需进一步研究, 系统性、科学性、可操作性强的改革策略和方案还没形成。

总的来说, 无论国内还是国外研究显示, 实验教学在提升学生查阅资料、动手实践、创新思维以及问题分析和解决能力方面至关重要, 这是培养高素质、具备开拓精神和创新能力的工程技术人才的有效方式。本文在工程教育认证的背景下, 贯彻践行“以学生为中心, 以学习成果为导向, 持续改进”的教学理念, 探讨了机械类专业的实验教学体系, 并建立了一个分层次、模块化的实验教学模式。

一、机械类专业实验教学存在的弊端

(一) 实验内容传统, 教学方法单一

机械类专业实验教学课程内容设置上仍然比较传统, 实验的内容仍在遵循一些已使用许多年的传统模式, 比如基本的机械制图、机械加工、热力学基础实验等。虽然这些实验对于机械工程基础知识的掌握非常重要, 但是由于不能反映当前的科技发展和行业需求, 缺少像智能制造、机器人技术、3D打印技术等方面培养大学生实验能力的课程, 使得学生可能对实验失去兴趣。

实验教学的教学方法普遍较单一, 多数教师仍采用传统的教学方式, 如直接指导或者论文式的教学方式, 即教师讲解, 学生跟着做。这种教学方式可能导致学生缺乏创新和独立思考的能力。同时, 缺乏更为主动、互动的教学方式。

(二) 缺乏“分层次、分模块”的实验课程

传统机械类实验教学内容往往不够区分不同学生的水平。没有针对性地为不同水平的学生提供相应难度的实验项目, 以适应不同层次和需求的学生。实践活动缺乏层次性, 导致高水平学生得不到充分挑战, 而基础相对薄弱的学生则面临较大的学习压力。良好的实验课程应该包括从基础到进阶的各种难度层次的实验, 以便在培养学生基础技能的同时, 逐步提高他们解决复杂问题的能力。

(三) 学生面对复杂问题能力不足, 缺乏综合性实验

传统的实验教学较少涉及多专业交叉的综合性实验。在科技飞速发展的现在, 多学科交叉合作已经变得越来越普遍。面对日益复杂的工程问题, 学生除了需要掌握机械原理、机械设计等方面的知识以外, 还需要了解人工智能、机器人技术等领域, 而这种缺乏综合性和交叉性的实验无法培养学生在跨学科合作中解决问题的能力。

(三) 实验缺乏创新性

经典实验过度重复, 许多学校在实验课程中依然使用老旧的实验案例, 并反复执行, 学生只需要按照既定流程操作即可。这种类型的实验虽然能培养学生基本的实验操作技能, 但是在提升学生实验设计、分析和解决问题的能力方面作用不大。

二、构建工程教育认证的机械类专业实验教学新体系

(一) 实验教学新体系总思路

本研究以工程教育认证为指南, 目标是培养实践能力突出、创新务实的应用型人才, 贯彻“以学生为中心, 以学习成果为导向, 持续改进”的教学理念。注重全面提升学生的自主学习能力、创新能力和实践能力, 强调培养科学思维和创新意识, 同时兼顾个性化人才培养需求。本文探讨了机械类专业的实验教学体系, 构建“分层次、分模块”的教学模式, 循序渐进地培养学生工程实践能力, 不断推进实验教学质量的全面提升。其技术路线如图1所示。



图1 实验教学体系技术路线

(二) 提升四个能力层次

为实现人才培养目标, 依据专业知识结构和学生的学习、认知规律, 制定了获取基础知识、提升专业技能、具备科技创新能力、具备实践拓展能力四个层次的培养目标。四个层次从简到繁、从易到难循序渐进培养学生, 从掌握基础实验的基本操作和技能, 到提升动手操作能力、科学实验能力、问题分析与解决问题的能力, 进而增强团队协作的能力。最后综合运用所学知识解决复杂工程实际问题能力。

1. 第一层次: 获取基础的机械类专业基础知识。通过学习掌握扎实的机械工程学科的理论基础, 包括制造技术基础、机械基础、电工与电子技术、机械设计等领域的基础知识。帮助学生掌握常规实验仪器和设备规范的使用方法, 培养他们在处理实验数据和撰写实验报告时的严谨态度, 具有基础实验的基本操作方法和技能。

2. 第二层次: 提升学生的专业技术技能。培养学生在智能制造工艺、机械设计与制造、控制与自动化等方面利用专业知识解决问题的能力。培养学生具有基本的工程技能, 例如图纸阅读、机械设计、机械零件制造、计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)等。

提升学生的实验技能、实操能力、问题分析与解决能力以及团队协作、相互协作能力。

3. 第三层次：培养学生具备工艺创新、思维创新的能力。通过科技竞赛、工艺创新和机械设计创新等活动，加强学生综合运用机械及相关领域理论知识和技能的创新能力。鼓励学生思维创新，在解决实际的机械工程问题时，结合新的科技发展，找出新的解决方案。

4. 第四层次：通过对机器人技术、先进制造技术、新能源技术等学习，让学生具备工程实践应用的能力。开阔学生的视野，使其掌握机械工程与其他学科交叉的知识。通过实验、工程项目等形式，培养学生良好的实践操作能力，将所学的理论知识和技能应用于实际工程问题的解决。

（三）推动各个模块的实验

实验教学四个层次的能力对应着十三个模块的实验，各实验模块具体内容如表1。学生通过学习专业知识、动手实验，更快地掌握不同层次的能力。从实验学习基础知识，掌握专业技能，提升动手能力、创新能力、解决问题的能力。

三、预期的实验教学成效

（一）化解理论知识与能力训练割裂

通过“分层次、分模块”的实验教学体系对学生进行各方面能力的培育，化解了理论知识与实践能力相割裂的问题。实验教学体系增强了理论知识的理解和巩固，使学生能够将书本上的理论知识付诸实践，提高了学生的实践能力。实验教学为学生提供亲身参与的机会，使他们能够更好地将抽象的概念转化为具体的实际应用，从而激发学生的学习兴趣 and 热情。

（二）解决各层次、各模块脱节

在重构的“分层次、分模块”的实验教学课程体系下，四个层次的实验项目是层层递进相互贯穿的，但是在具体实施过程中，很容易因为规划、实施不当，造成各层次实验模块脱节的问题。

解决这一问题的方法是实行贯穿式教学。大一和大二上学期，通过技术基础实验让学生能够实现从机械零件的认知，机械零件图的绘制，力学性能的分析，机电控制的了解等，大二下学期和大三进行专业型实验，通过开设各种综合性和设计性实验使学生掌握机械零件的设计、机械传动方式选择及参数设计、工艺分析等，同时大三也开设一些开放创新型实验项目供有兴趣的同学选做。大四开设专业拓展训练实验项目。在这种实验教学体系中，学生可以通过实践认知、理论设计和实践检验的学习过程，全面增强对专业知识的理解和掌握。

四、结束语

机械类专业聚焦工程教育认证的人才培养目标，重点推进机械工程学科，致力于培养实践能力强、创新精神丰富的应用型人才。把训练学生基本操作能力、提升专业综合素质作为教学重点，以产出为导向，以行业特色为亮点，面向机械类专业，设计分层次、模块化的实验教学体系，将实验课程的能力培养目标细化，恰当融入到各个层次的实验教学及具体的实验模块中，明确各实验层次和实验模块的具体内容，强化实验教学在人才创新能力培养中的作用，提高学生实验基础技能和综合创新能力，提升应用型人才培养的质量。

表1 各个实验模块具体内容

实验模块	实验内容
制造技术基础	金属切削、焊接技术、铸造过程、计算机数控加工技术、机械装配实践、材料力学性能测试等。
机械基础	认识简单机构、零件和刀具，学习测量原理，使用基本工具，以及拆装和测绘典型机械机构和零件。

电工与电子技术	验证电工与电子技术的基本原理,掌握仪器和仪表的使用,了解数字电路和模拟电路的控制基础。
智能制造工艺	设备通讯与网络搭建、PLC 总控编程、机器人搬运编程等。
机械设计与制造	计算机辅助设计（CAD）、计算机辅助制造（CAM）、制造流程和流程控制、机器元件的装配等。
控制与自动化	模拟和数字系统实验、自动化设备实验、PLC 编程实验、控制系统实验、传感器和执行器实验。
计算机与仿真	机械 CAD, CAE, CAM, Matlab, 机械装备虚拟实验, VR 体验。
科技竞赛创新	大学生机械创新设计大赛作品设计制造, 大学生各类机器人竞赛中各种机器人搭建与控制。
制造工艺创新	新型加工技术实验、三维打印与增材制造实验、数字化制造实验、新型先进材料制造实验。
机械设计创新	先进设计工具实验、机械优化设计实验、创新机械装置设计实验、机电集成系统设计实验等。
机器人技术拓展	基本机械构造和设计实验、编程和控制系统实验、人工智能和机器学习实验、机器视觉实验。
先进制造技术拓展	数字化设计与制造实验、增材制造与 3D 打印实验、减材制造实验、激光加工实验、微纳米制造实验。
新能源技术拓展	太阳能实验、风能实验、生物质能实验、氢能源和燃料电池实验、电动汽车实验等。

参考文献：

[1] 陈红兵, 何辉波, 马永昌等. 面向专业认证的机械类专业实践教学体系改革 [J]. 装备制造技术, 2022 (5): 3.

[2] 倪利勇, 吴彩容, 曹义泽等. 工程教育专业认证背景下的机械类学科基础课程改革实践 [J]. 装备制造技术, 2020 (9): 5.

[3] 徐向伟, 姚建涛, 森金等. 工程教育认证背景下机械类专业项目式实践教学体系的构建与实践 [J]. 教学研究, 2020, 43 (6): 5.

[4] 郭士清, 龙泽明, 颜兵兵等. 基于 OBE-CDIO 的机械 ... 越工程师一体化课程体系构建 [J]. 湖北函授大学学报, 2018, 31 (19): 3.

[5] 侯晓莉, 高志强, 李淑娟等. 基于 OBE 的工科实验教学设计与实践——以计算机数控技术课程实验项目为例 [J]. 高教学刊, 2021 (28): 4.

[6] 李艾民, 丰田, 张有忠等. 机械工程专业基于实践创新能力培养的综合实验教学改革 [J]. 实验技术与管理, 2021, 38 (6): 3.

[7] 古妮娜, 郭攀成, 张继林等. “项目任务 + 学科竞赛”双核驱动的教学创新与实践——以机械原理课程为例 [J]. 创新创业理论与实践, 2023 (17): 3.

[8] 彭翔, 秦宝荣, 李吉泉等. 面向工程能力培养的机械原理混合式课程教学改革研究 [J]. 教育教学论坛, 2020 (23): 2.

[9] 乔小溪, 李艳琳, 邱丽芳. 基于 OBE 的项目导向式教学模式在机械原理课程教学中的应用 [J]. 中国冶金教育, 2022 (3): 4.

[10] 王廷剑, 赵阳, 侯杰茹等. 基于 OBE 的《机械原理》课程构建实践 [J]. 机械设计, 2018, 35 (S2): 4.

[11] 李东明, 赵奎鹏, 强邵等. 新工科背景下民族院校机械设计制造及其自动化专业课程体系的构建与实施 [J]. 高教学刊, 2023 (25): 4.

[12] 周龙, 景大雷. 工程教育认证背景下机械专业实践教学体系建设 [J]. 实验室科学, 2020, 23 (1): 4.

[13] 于克强, 刘元林. 机械设计 OBE 教学模式改革研究 [J]. 内燃机与配件, 2020: 3.

基金项目：景德镇陶瓷大学教育教学改革研究课题（TDJG-22-Z11）