

基于工科学生工程能力培养的进阶式实验教学模式探索

韩海燕¹ 闫永亮² 赵志¹ 石瑞丽¹ 张艳军¹

1. 河北工程大学 数理科学与工程学院; 2. 河北工程大学 工程实训中心

摘要: 基于目前高校工科类本科生培养过程中实验课程教学模式中所存在的过度依赖标准化实验流程操作, 难以培养学生解决实际工程问题能力等现状; 本文提出了一种以培养学生工程设计能力为目的的渐进式实验课程教学模式。在该实验教学模式中, 采用渐进式开展的教学模式, 将学生基本实验技能操作训练、实际工程问题提炼及处理、工程项目设计进行有机结合, 形成从基础到深入、从理解到应用、从操作到设计的渐进式工科类实验教学模式。所提出的渐进深入实验教学模式, 能够帮助并引导学生在实践中深化理论认知, 培养工程思维, 激发创新潜能, 从而达到提升学生解决复杂工程实际问题的目的, 为培养适应新时代需求的卓越工程人才奠定坚实基础。

关键词: 教学模式; 实际应用; 素养培养

引言

随着《中国制造 2025》“创新驱动、质量为先、绿色发展、结构优化、人才为本”基本方针的提出^[1-2], 我国已逐渐从制造大国向制造强国转型, 这种国家战略转型使得当今社会的人才需求从最初的对劳动型人才需求转向对复合型、工程型、创新型人才的需求^[3]。教育部、工信部、中国工程院联合发布的《关于加快建设发展新工科实施卓越工程师教育培养计划 2.0 的意见》文件中明确提出, 工科学生培养过程中应注重培养学生的设计思维、工程思维、批判性思维和数字化思维, 提升创新精神、创业意识和创新创业能力^[4]。高校实验课程在这一人才培养体系中扮演着重要角色^[5], 是高校将理论知识与实践能力深度融合的关键环节, 也是新工科人才培养从理论认知向工程能力提升的关键平台, 是贯通知识掌握、能力培养、素养提升的重要载体^[6]。

当前高校工科类本科生实验课程的教学过程基本依赖标准化或流程化的实验操作指导, 这种统一固化式的教学模式在保证学生掌握基本知识、确保基础操作的规范性、验证实验结果准确性、保证教学过程流畅性方面有其积极明确的作用, 但同时也严重制约了对学生自主设计能力的激发和所学知识实际应用和设计能力的培养^[7-8]。大部分学生在实验中一直扮演的是实验仪器操作员的角色, 根据实验指导书中所给出的实验流程和既定仪器操作步骤进行实验操作获取实验结果, 学生在整体实验过程中没有对所验证知识及所

使用实验设备原理的深度探究、缺乏问题型实验参数测量及实验方案设计或优化的能力^[9]。这种传统的实验教学模式使得学生很难将课堂所学的理论知识进行真正地掌握, 也不能将所学知识与实际生活中的应用场景进行关联有效链接, 面对复杂、多变, 甚至定义模糊的真实工程问题时, 往往束手无策, 无法将标准实验中的结论和结果迁移和应用到独立分析和解决实际问题上^[10]。

针对当前高校工科实验课程教学模式的现状, 本文提出了一种以系统培养学生工程设计能力为目标的渐进式实验课程教学模式。该模式旨在突破传统实验教学模式的固化教学局限, 通过阶梯式实验引导方式, 将学生基本实验技能操作训练、实际工程问题提炼及处理、工程设计环节有机融合、层层递进, 形成“从基础到深入、从理解到分析、从知识到工程”的完整实验能力培养模式。在基础实验阶段, 通过实验技能训练使学生掌握实验仪器的基本操作规范, 完成基础实验验证项目, 引导学生理解实验原理及其应用场景; 在提升实验阶段, 结合真实工程实践或工程虚拟场景中的复杂问题情境, 帮助学生能够将所学习的抽象理论转化为可执行实验, 以及解决实际问题的能力, 激发学生综合运用跨学科知识, 完成具有一定原创性或显著应用价值的综合性项目, 以达到提升工程设计能力的目的。

一、现有工科类实验教学模式

(一) 实验操作流程化

当前工科类专业实验教学模式中最显著的特点是

基金项目: 河北省高等教育教学改革研究与实践项目(2023GJJG262); 河北省省级示范课建设项目(KCJSX2022089)。

学生实验操作流程化、标准化，在实验过程中过度依赖实验指导书中所给出的实验操作指导，按照指导书中的实验操作步骤、实验仪器选择、元件连接组合、实验数据记录、实验数据分析、数据预期结果等内容都成为统计定制，过度依赖标准化、流程化的操作指导。这种流程式的实验教学模式在帮助学生理解相应基本理论知识，确保实验过程的规范性、安全性以及重复性等方面有一定的积极作用，尤其是对于低年级刚刚开始接触和使用基本实验仪器的学生而言尤其重要。但这种可靠性的流程式操作所带来的弊端也是显而易见的，该实验教学模式使学生的实验学习过程变化了机械性执行既定流程和仪器操作的过程，例如某些工科专业所开设的电路类实验课程中，学生按照实验指导书进行元件选取、线路连接、设置参数、测试数据、分析数据等固有步骤，获取预期实验数据；没有按照问题主动设计实验方案的机会，缺乏对实验背后核心原理的理解与设问，例如，为何选择此测量方法？设备内部工作机制是什么？有没有其他元件可以替换？从而使学生进入一种惰性思维，限制了学生在灵活运用知识解决未知问题方面的能力培养。

（二）脱离工程应用场景

传统实验教学模式的另一个明显缺点是实验题目和实验过程不能结合真实工程实际应用场景或实际社会生活需求。大部分实验题目是对一些理论知识的经典验证，而且是在特定条件或者理想化模型的条件下开展，虽然能够帮助学生进行知识的理解和验证，但是缺乏对实际场景中仪器使用环境的考虑，例如，材料或机械类专业中对于材料力学的实验项目主要用于帮助学生理解和测定标准试件的拉伸强度，但是测量过程中的变量数值改变引起的实验结果，忽略复杂受力、使用寿命、环境参数等实际工程场景中的参数变化被直接忽略，因此该实验模式难以帮助学生将课堂所学的理论公式、概念原理与实际工程应用的复杂场景相融合，从而导致学生就业后再遇到真实工程问题时，无法将实验室里习得的标准知识模式转化为解决实际问题的有效方案。

二、进阶式实验教学模式

针对上述当前高校工科实验课程过度依赖标准化流程、缺乏实际应用练习与工程设计能力培养的现状，提出并构建了一种以系统培养学生工程设计能力为核心目标的进阶式实验课程教学模式。该模式旨在突破传统标准化实验课程教学的局限性，通过一种进阶式的实验课程教学模式，将学生基本实验技能操作训练、实际工程问题提炼及处理、前沿创新项目设计三个方

面进行有机融合、逐渐提升实验和设计能力，形成“从基础操作到深入掌握、从基本训练到实际处理、从专业能力到工程设计”的进阶式实验教学模式。该实验教学模式的特点及实施方式包括以下几方面。

（一）基本实验操作及技能训练

在该实验阶段，主要培养学生实验技能操作和知识掌握能力、实验信息数据提取及利用能力。

1. 基本实验操作能力

该部分主要目标是系统性地完成传统实验教学模式对学生在实验课程的要求和作用，即通过所设计的实验内容指导学生完成相关课程理论知识的对应实验，完成传统实验教学模式对学生的基础能力的塑造。主要包括：依据课堂教学或实验指导完成理论知识相对应的验证性实验，通过规范化的标准实验流程操作（包括仪器的初始化校准、基本参数设定、实验前的安全检查等）和重复操作训练使学生熟练掌握基本仪器和操作流程的掌握；按照预设流程进行实验操作和数据的获取，将实验结果与理论预测值进行对比，通过实验数据与理论模型的吻合度分析，确认对课程关键知识点的掌握程度。

2. 探究性实验训练能力

在完成前面叙述的基本实验操作的基础上，通过在基本的实验操作中加入目标导向的方式，引导学生通过实验现象反推底层知识。例如以电路分析中的RC电路瞬态响应为例，在传统模式中学生按照实验指导连接电离，设置示波器的测量流程，记录RC电路的瞬态关系，形成实验结果记录，在本实验模式中在此基础上再邀请学生最底层的电路微分方程预测充放电常数 τ 的理论值并分析误差，当误差较大时，不要简单地定性为操作失误，而是进行更深层次分析，引导学生分析分布电容、信号源阻抗等非理想因素，达到探究型实验技能训练的结果。

（二）实际问题处理及工程构建能力训练

在该实验阶段，主要通过将实际实践中的工程需求与学生实验理论知识相结合，利用所学知识解决实际工程问题，培养学生理论与实际工程问题相结合的能力：

1. 从实际需求中提炼工程问题

引导学生针对具体实际生活或工程方面的需求进行专业角度分析，从实际生产生活的需求中提取工程影响因素，将具体实际需求规划到与自己专业知识相关的领域，并利用专业知识将其转化为可实验验证和解决的工程问题。以自动控制或光电类工科类专业学生为例，在所开设的单片机相关课程的实验教学过程

中,指导学生实地调研大学校园的能源浪费现象,如教学楼各教室中无人时照明或空调仍然全开的现象进行实际工程问题的提炼,将“降低能耗”需求转化为可量化参数,如照明功耗、教室人数变化等,通过对固定设备运行模式与动态人流需求不匹配的基础数据分析得到凝练核心矛盾的实际工程问题中的“针对校园中教学楼节能问题”等。

2. 利用实验知识解决实际工程问题

此过程聚焦于将实验知识与工程实践深度融合,培养学生构建解决方案并验证所提出方案有效性的分析解决问题的能力。引导学生针对之前所提出的实际工程问题基础上,综合运用专业知识并进行系统分析确定所采用的解决方案,结合现有实验仪器元件,通过参数调节测试获取不同实验参数下的方案效果,最终形成针对实际工程问题的有效解决方法,并形成详细实验过程及评估方案。例如在之前学生提出的实际工程问题“针对校园中教学楼节能问题”的解决问题的实验过程中,指导学生将问题拆解为多步骤完成,选用红外传感器检测和技术教室人流量、利用单片机控制继电器的耦合参数、在优化参数的基础上进行电路元件的选取与连接,最终实际测量其性能并根据实际测量对参数进行优化,达到培养学生将技术方案与工程约束条件相结合的实践能力。

三、结语

在科技迭代加速的时代背景下,传统实验课程教学模式日益显现其局限性,难以应对未来科技发展对人才工程设计能力与系统级工程思维的核心需求。为此,高等教育亟需构建基于工程设计能力培养的进阶式实验教学模式。本文所提出的基于工程设计能力培养的进阶式实验教学模式,将实验教学从知识传递工具升级为实际工程问题解析和提升工程设计的培育,通过这一阶段的实验教学模式,学生不仅掌握工程设计的实现方法,更深度理解专业知识设计的工程实践,达到培养学生以问题驱动知识整合、以验证驱动工程

技术,从而发掘学生敏锐的问题发现能力、将理论知识灵活应用于解决实际工程问题的迁移转化能力,达到锻炼学生深刻掌握专业知识并结合专业最新前沿进行工程设计的能力,为学生工程素养培养奠定基础,也为学生就业提供能力支撑。

参考文献:

- [1] 李金华.德国“工业4.0”与“中国制造2025”的比较及启示[J].中国地质大学学报(社会科学版),2015,15(5):71-80.
- [2] 李拓宇,李飞,陆国栋.面向“中国制造2025”的工程科技人才培养质量提升路径探析[J].高等工程教育研究,2016(6):17-23.
- [3] 王世斌,顾雨竹,邵海霞.面向2035的新工科人才核心素养结构研究[J].高等工程教育研究,2020.
- [4] 郑丽娜,姜子娇,雷庆.新时代卓越工程师核心能力:基于扎根理论的探索性研究[J].中国高教研究,2022(9):38-45..
- [5] 叶婉星.创新人才培养视角下的开放实验室管理模式探究[J].中国设备工程,2024(7):75-77.
- [6] 徐晓飞.面向可持续竞争力的未来高等工程教育态势及服务型教育[J].中国计算机学会通讯,2019(4):10-15.
- [7] 杨永伟,高朝盼,魏金占,等.基于创新能力核心要素的中国大学生创新能力培养策略[J].创新与创业教育,2022,13(6):40-45.
- [8] 盛晓娟,李立威.“专创、产教”双融合视角下的实践创新人才培养模式研究与实践[J].实验技术与管理,2019,36(9):206-210.
- [9] 吕淑平,马忠丽,王科俊,等.基于创新型工程科技人才培养的实验教学体系建设与实践[J].实验技术与管理,2012(29):133-135.
- [10] 华小虎,杜双明.优化实验教学体系和资源培养学生认知和实践能力[J].实验室研究与探索,2017,36(1):215-217.