

工程测试技术实验教学改革探索

华 红

西华大学能源与动力工程学院 四川成都 610039

摘 要: 本文的工程测试技术实验教学改革, 成功构建了“技术传承—能力培养—创新孵化”的递进式育人体系。通过将行业前沿技术与工程实际问题融入教学与实验项目, 有效弥合了人才培养与产业需求之间的差距。改革不仅使学生掌握了核心测试技能, 更培养了系统的工程思维, 使其初步具备了从测试数据中发现并解决问题的能力。展望未来, 改革将持续深化产教融合, 建立动态更新的实验项目库, 并引入人工智能辅助测试系统, 旨在培养适应智能时代需求的新型工程技术人才, 为高等工程教育实验教学的转型升级提供有益借鉴。

关键词: 工程测试技术; 实验教学改革; 虚实融合; 创新能力培养

1. 引言

在新一轮科技革命与产业变革的背景下, 工程测试技术实验教学的革新成为高等工程教育转型的关键环节^[1]。该课程作为连接理论知识与工程应用的桥梁, 其教学质量直接影响学生工程实践能力与创新思维的培养。能源动力类及水利水电工程专业旨在培养具备系统工程思维和综合解决问题能力的技术人才, 要求学生能够运用科学方法设计实验、解析数据, 并将研究成果转化为工程解决方案^[2]。在此背景下, 实验教学的重要性日益凸显。

传统工程测试技术实验教学模式普遍存在理论与实践脱节、教学手段滞后等问题, 导致学生的工程认知停留在表面, 难以适应现代工程对复合型人才的需求。基于建构主义学习理论与情境认知理论, 现代实验教学应打破单向灌输的传统模式, 构建以学生为中心的沉浸式学习场景, 通过亲身体验深化对测试原理的理解与技术应用能力的掌握^[3]。姜萍等在能源与动力工程专业实验教学改革研究中也指出, 传统实验教学模式难以培养学生的创新能力和实践能力, 亟需进行改革^[4]。

本文结合水电动力工程领域的教学实践, 阐述了实验教学改革的具体路径。李小平等以创新实践能力培养为导向, 探索了能源动力类实验教学模式, 为本文的改革路径提供了借鉴^[5]。通过整合优质教学资源, 创新教学方法, 建立“理论认知—虚拟仿真—实操训练—工程应用”的递进式教学体系, 为同类课程改革提供理论参考与实践范式^[6]。

2. 教学现状与改革的必要性

随着新能源技术与智能装备的快速发展, 水电及动力工程领域对技术人员的知识结构和实践能力提出了更高要求^[7]。然而, 实验教学作为培养工程素养的核心环节, 其现存问题已成为制约人才培养质量的瓶颈。具体而言, 理论与实践脱节是突出问题。传统实验教学多采用“演示—模仿”的被动模式, 学生仅完成预设步骤操作, 缺乏对测试原理与工程场景关联性的深入思考, 导致他们虽能掌握理论知识, 却难以在复杂工程环境中灵活运用并选择合适的测试方案^[8]。

此外, 实验设备老化也是一大挑战。部分高校的测试实验室仍沿用陈旧设备, 其测量精度和数据采集效率已无法满足现代工程测试需求。老旧设备不仅限制了实验内容的拓展, 更使学生难以接触行业主流技术, 从而形成知识断层。同时, 实验内容单一的问题也普遍存在。现有实验项目中验证性实验占比过高(超过70%), 而综合性、探究性项目则显得匮乏, 学生长期重复标准化操作, 创新思维与问题解决能力的培养受到抑制^[9]。

工程关联性不足也是制约学生工程应用能力提升的关键因素。教学案例多源于教材中的经典场景, 与当前水利枢纽智能化改造、新能源装备优化等实际工程需求存在脱节^[10]。这使得学生毕业后往往需要较长的适应期, 才能将所学知识转化为实际工程应用能力。综上所述, 亟需构建融合现代测试技术、贴近工程实际的实验教学体系, 通过引入PIV流场测试系统、智能数据采集平台等先进设备, 并开发具有

工程背景的实验项目, 以实现从知识传授向能力培养的根本性转变。

3. 改革的总体设计与核心举措

本次改革以“虚实结合、理实交融”为理念, 从硬件升级、内容重构、方法创新三个维度推进。依托流体及动力机械教育部重点实验室的资源优势, 完成了测试设备的智能化改造; 基于典型工程案例设计实验项目, 强化知识的工程转化; 采用多元化教学方法, 激发学生的主动探究意识^[11]。改革实施前, 团队通过走访相关企业, 调研了行业对测试技术人才的能力需求, 同时参考黄瑞等^[9]在研究生实验教学改革中的分层设计经验, 形成了兼具科学性与实操性的改革方案。

3.1 改革框架设计

本次改革分为基础验证、综合应用和创新研究三个层级, 构建有机衔接的能力培养链条。基础验证层(占总课时 40%)聚焦传感器原理与信号分析, 设置标准化实验, 旨在夯实理论基础与规范操作能力。例如, 压力传感器校准实验要求学生完成从安装到误差分析的全流程操作, 深化对测试精度影响因素的理解。综合应用层(占 35%)以虚拟仪器技术为核心, 设计实验项目, 培养系统集成与问题诊断能力。学生需自主选择传感器、设计数据采集方案, 并运用 LabVIEW 开发虚拟仪器。创新研究层(占 25%)结合水利工程实际问题, 设立“基于 PIV 的风生流水动力特性测试”、“基于 LDV 的气体雾化喷嘴性能测试”等探究性课题。

3.2 实验结果与分析

在流场测试实验中, 学生使用 PIV 系统(分辨率 2048×2048 像素, 采样频率 15Hz)完成不同风速条件下水库模型流态的可视化测量。某小组通过对比 3 种风速(3m/s、5m/s、8m/s)下的流场矢量图, 发现坝体下游存在回流区, 其范围随风速增大呈非线性扩张, 并结合动量守恒原理解释了这一现象。该发现被纳入课程案例库, 为类似水利模型实验提供参考。

喷雾测试实验采用 LDV(PDPA)系统, 分析喷嘴孔径(0.5mm、1.0mm、1.5mm)与工作压力(0.2MPa、0.4MPa、0.6MPa)对雾化粒径的影响。学生通过正交实验设计, 得出“孔径 1.0mm+ 压力 0.4MPa”为最优组合(雾化粒径 $D_{50}=85 \mu\text{m}$, 均匀性指数 0.82)。据此改进的小型喷雾装置在绿化灌溉中试用, 节水效率提升 23%。

数据分析显示: 改革后 85% 的学生能独立完成实验方案设计(改革前为 45%), 其中 32% 的方案包含创新性设计; 开放性问题解决中, 平均每个小组提出 2 个改进方案(改革前为 1 个); 实验报告中工程术语规范使用率从 68% 升至 91%, 包含误差分析与不确定度评定的报告占比从 19% 增至 76%。这些数据印证了改革在提升学生工程素养与创新能力方面的成效。

3.3 实验考核评价体系

我们建立了新的评价体系, 知识维度通过方案设计答辩评估, 侧重方案的工程需求契合度、原理应用准确性及创新性。技能维度(过程性记录占 60%, 成果展示占 40%)考察学生实验预习、设备操作规范性、数据记录完整性、安全防护到位率, 以及数据图表规范性、分析结论合理性、报告完整性等。素养维度(小组互评占 30%, 教师观察占 70%)侧重团队贡献度、安全意识和问题解决能力。

4. 课程教学改革具体内容

课程教学改革是工程测试技术实验教学革新的核心环节, 其目的是通过重构课程目标、优化教学内容、创新教学方法及手段, 全面提升教学质量, 培养出更符合现代工程需求的技术人才。

4.1 课程目标体系构建

重构后的课程目标体系呈现递进式特征, 各目标相互关联, 共同构成完整的能力培养链条。基础目标聚焦知识奠基, 要求学生掌握测试系统构成原理, 并能根据工程需求选择合适的传感器与数据采集方案, 确保测试过程的科学性与安全性。能力目标注重技能提升, 要求学生熟练运用 LabVIEW 等工具开发测试程序, 实现多类型信号的同步采集与分析, 并具备测试系统调试与故障排除能力。发展目标致力于综合素养培育, 要求学生能针对复杂工程问题设计综合性测试方案, 并通过数据分析提出优化建议, 形成“测试-分析-改进”的闭环思维, 例如针对水泵机组效率问题设计全面测试方案并提出优化建议。

4.2 教学内容设计

课程模块采用“模块化+项目式”架构, 既保证知识系统性, 又通过项目式教学增强实用性与学生应用能力。传感技术基础模块(如应变片式压力传感器校准、电磁流量计特性测试)是课程基石, 旨在扎实掌握信号转换原理。虚拟仪器应用模块(如温度、振动多参数监测系统搭建)紧跟现

代测试技术,培养学生系统集成与开发能力。流场测试技术模块引入 PIV 系统,开展明渠水流测速、水轮机模型流场分析等实验,直观理解现代光学测试技术应用。喷雾特性测试模块基于 LDV (PDPA) 系统,研究喷嘴结构对雾化质量的影响,为水力机械喷雾冷却设计提供支持。动力设备测试模块聚焦实际动力设备性能测试,构建离心泵性能测试平台,培养设备性能评估能力。

4.3 教学方法创新

教学方法与手段的创新是提高教学效果的关键,采用“双师协同+虚实融合”模式,充分发挥不同教师优势,结合虚拟与实体实验特点,提升教学质量。“双师协同”即理论教师与实验技师共同授课,形成知识传授与技能培养合力。“虚实融合”教学流程包括工程案例导入、虚拟仿真预习、实操训练强化、工程问题研讨四个环节:工程案例激发兴趣;虚拟仿真预习借助在线平台,提高实体实验效率并降低风险;实操训练在实体实验室进行;工程问题研讨则在实验后,结合数据讨论工程应用价值。此外,引入“微项目”教学法,将大型工程问题拆解为可操作的实验任务,降低复杂度,引导学生循序渐进掌握解决复杂问题的方法。

5. 教学改革成效

改革前,实验设备以传统指针式仪表为主,数据记录依赖人工读数,导致测量误差较大。实验内容局限于教材指定项目,与工程实际严重脱节。教学过程普遍采用“教师讲步骤,学生按流程操作”的被动模式,学生的学习主动性受到严重抑制。这种教学状态直接导致毕业生在就业时,往往需要重新学习企业的测试系统,适应周期长达 3-6 个月,严重影响了人才培养的效率和质量。

改革后,实验室依托教育部重点实验室资源,成功建成自动化测试系统实验平台,实现了数据采集与分析的自动化,显著提升了测试精度和效率。教学内容方面,新增了风流水动力特性测试、气体雾化喷嘴性能测试等前沿项目,紧密结合行业最新发展。教学模式也转变为“问题引导-小组探究-成果展示”的流程,学生在解决实际工程问题中主动建构知识体系,极大地激发了学习兴趣和创新能力。改革实施以来,学生参加省级以上工程训练竞赛的获奖数量增长 2 倍,用人单位反馈毕业生的工程适应期缩短约 1 个月,实践能力评分提高 20 个百分点。这些显著变化有力印证了改革在提升人才培养质量方面的实效。

6. 结论与展望

本次工程测试技术实验教学改革构建了“技术传承-能力培养-创新孵化”的递进式育人体系。通过将行业前沿技术转化为教学资源,将工程实际问题转化为实验项目,有效缩短了人才培养与产业需求的差距。学生在掌握测试技能的同时,形成了系统的工程思维,初步具备了从测试数据中发现问题、提出解决方案的能力。

后续改革将进一步深化产教融合,建立动态更新的实验项目库,并引入人工智能辅助测试系统,以培养适应智能时代需求的新型工程技术人才。王春兰等^[12]在“双碳”背景下能源与动力工程专业实验课程教学的改革研究中,也提出了类似的发展方向,强调要跟上时代步伐,培养符合社会需求的人才。这种以能力为本位、以工程为导向的改革路径,为高等工程教育实验教学的转型升级提供了有益借鉴。

参考文献:

- [1] 周静. 新工科背景下地方高校工科人才培养改革与实践 [J]. 实验室研究与探索, 2022, 41(07): 256-263.
- [2] 朱庆霞, 汪和平. 基于高水平应用技术人才培养的能源与动力工程核心课程教学改革与研究 [J]. 科教文汇, 2018(4): 4.
- [3] 田素燕, 郑秀文, 马军. 建构主义理论的研究型实验教学模式探究 [J]. 山东化工, 2019, 48(17): 205-207.
- [4] 姜萍, 梁晓玲, 徐靖, 等. 能源与动力工程专业实验教学改革研究 [J]. 知识窗, 2019(20): 79.
- [5] 李小平, 矫承轩, 张召. 以创新实践能力培养为导向的能源动力类实验教学模式探索 [J]. 黑龙江教育 (高教研究与评估), 2022(12): 30-32.
- [6] 卢海山, 王志奇. 能源动力类专业多元融合实验教学模式探索与实践 [J]. 高教学刊, 2021, 7(28): 129-132.
- [7] 张全长, 陈征, 马琪欣. 多学科融合: 面向新科技革命的能源与动力工程专业人才培养模式探索 [J]. 高教学刊, 2025, 11(12): 164-167.
- [8] 宋其晖, 龚德鸿. 能源与动力工程专业实验教学改革实践 [J]. 中国电力教育, 2024, (07): 63-64.
- [9] 黄瑞. (2017). 研究生热能与动力工程测试实验教学改革与创新. 热能与动力工程, 27(6), 86-92.
- [10] 陆志艳, 廖丽芳, 邱恺培, 等. “新工科”背景下能源与动力工程专业实验教学改革与实践 [J]. 实验科学与技

术,2025,23(1):61-66,73.

[11] 邱荣华,肖渊,周阿维,等. 机械工程测试技术的创新设计实践教学方法 [J]. 高教学刊,2019,(02):35-37.

[12] 王春兰,赵世飞. “双碳”背景下能源与动力工程

专业实验课程教学的改革研究 [J]. 大学教育,2024(15):80-83.

作者简介: 华红, 1988.12.30, 女, 汉族, 籍贯: 四川省简阳市, 学历: 博士研究生, 职称: 讲师, 从事的研究方向: 流体机械及工程。单位所在地: 四川省成都市