

新工科导向下机械工程实验教学体系重构策略

张文文 李 飞 杨小代 于琳琳 王三众

燕山大学机械工程学院 河北秦皇岛 066004

摘 要: 本研究以新工科建设为导向,以工程教育认证标准为框架,聚焦机械工程实验教学体系重构。通过理念创新,构建“知识-技能-素养”三维目标矩阵,采用分层分类培养模式;推动教学方法多元化,搭建虚实融合平台,应用项目驱动与混合式教学;系统性重构教学模式,建立分层递进体系与校企协同平台;提出针对性对策,从资源、机制、师资等方面保障改革。旨在提升人才培养质量,形成可推广的示范经验,为机械工程学科实验教学改革提供系统性解决方案。

关键词: 新工科; 机械工程; 实验教学体系; 重构策略; 工程教育认证

引言: 在新工科建设加速推进与工程教育认证标准全面实施的背景下,机械工程领域对人才的工程实践能力和创新思维提出了更高要求。传统实验教学体系存在理念滞后、方法单一、模式固化等问题,难以满足复杂工程问题解决能力的培养需求。当前,机械工程实验教学多侧重知识验证,综合性与创新性实验占比不足。基于此,本研究立足新工科导向,探索机械工程实验教学体系的重构路径,通过理念、方法、模式的创新及保障对策的完善,推动实验教学从知识传授向能力构建转型,为培养适应新时代需求的高素质机械工程人才提供有力支撑。

1. 实验教学理念创新

1.1 OBE 导向的三维目标体系构建

OBE 导向的三维目标体系以工程教育认证标准为基准,将“解决复杂工程问题能力”作为核心锚点,构建“知识-技能-素养”相互支撑的目标矩阵。知识维度聚焦机械工程核心理论在实验中的应用,如材料力学实验中对强度理论的验证;技能维度强调实验操作、数据处理与仪器调试能力,如精密测量实验中三坐标测量仪的使用;素养维度则涵盖工程伦理、创新意识等,如在机械设计实验中融入“绿色制造”理念^[1]。三维目标通过具体实验项目实现联动,例如在机电传动实验中,知识层面要求掌握电机特性曲线原理,技能层面训练调速系统调试,素养层面培养系统优化的工程思维。该体系通过反向设计确保每个实验项目都能支撑毕业要求指标点,使实验教学与工程教育认证标准形成闭环对应。

1.2 分层分类的实验项目设计

分层分类的实验项目设计基于学生能力发展规律,构建“基础型-拓展型-挑战型”三级实验体系。基础型实验为必修项目,侧重核心知识点验证,如机械原理中的齿轮传动效率测试,确保学生掌握标准化实验流程;拓展型实验作为选修内容,聚焦技能迁移,如将 CAD 建模与 3D 打印技术结合的零件快速原型实验,满足不同方向学生的发展需求;挑战型实验以创新项目形式开展,鼓励学生自主设计实验方案,如针对特定工况的机械结构优化实验。三级项目在内容上形成递进,基础型实验为拓展型提供方法支撑,拓展型实验为挑战型奠定创新基础。这种设计既保证了实验教学的系统性,又为学生提供了个性化发展空间,使不同层次学生都能在原有基础上获得能力提升。

1.3 课程思政与安全教育融合

课程思政与安全教育的融合需渗透到实验教学全流程,实现价值引领与规范养成的双重目标。在课程思政层面,通过机械发展史案例诠释“工匠精神”,如在机床实验中讲解我国精密机床从仿制到自主研发的历程,培养民族工业自信;结合实验中的团队协作环节,强化“责任担当”意识,如多人配合完成的生产线模拟实验,强调工序衔接中的责任传递^[2]。安全教育则建立“理论-模拟-实操”三层体系,理论层讲解设备操作规程与应急处理方案,模拟层通过 VR 体验违规操作后果,实操层考核安全防护用具的规范使用。两者的融合使学生在掌握实验技能的同时,形成“安全为基、诚信为本”的职业素养,如在高温合金材料实验中,既要求精准控制加热参数,也强调实验数据

的真实性记录。

2. 教学方法多元化改革

2.1 虚实融合的混合式实验平台搭建

虚实融合的混合式实验平台整合仿真技术与实体设备,搭建“仿真实验平台+实体实验室”双轨系统,构建“数字孪生”实验环境。虚拟层面开发三维交互式仿真系统,实现高危、高成本实验的安全模拟,如发动机拆装实验中,通过三维建模展示内部结构动态配合,学生可在虚拟环境中反复练习拆装流程,降低实体设备损耗;实体层面优化实验室布局,将虚拟仿真与实体操作形成闭环,如在液压传动实验中,学生先通过仿真软件设计回路参数,再在实体实验台验证效果。平台配备数据同步系统,虚拟实验数据与实体设备采集数据可实时比对,帮助学生识别操作偏差。这种模式解决了传统实验中“设备不足、危险操作、可视化差”等问题。

2.2 项目驱动与案例教学法应用

项目驱动与案例教学法以真实工程问题为载体,重构实验教学逻辑。项目驱动围绕具体工程任务设计实验链,如“精密零件加工质量控制”项目,涵盖材料检测、机床调试、精度测量等系列实验,学生需自主制定实验方案并验证结果。案例教学则选取企业典型技术难题,如汽车变速箱异响故障诊断,将故障树分析方法融入实验教学,引导学生通过振动信号采集、频谱分析等实验环节追溯问题根源。两种方法结合形成“提出问题-设计方案-实验验证-优化改进”的教学流程,使学生在实验中体验完整的工程问题解决路径。实施中注重案例的时效性,与企业共建案例库,确保实验内容与行业技术发展同步,提升学生的工程实践适配性^[3]。

2.3 全流程混合式教学闭环构建

全流程混合式教学闭环通过“线上-线下-延伸”三个环节的有机衔接,实现实验教学的无缝覆盖。课前线上环节依托智慧教学平台推送实验指导视频、预习题库,学生需完成虚拟仿真预习并提交实验方案初稿,教师根据预习数据调整课堂重点;课中线下环节采用分组协作模式,围绕预设工程问题开展实验,教师通过移动终端实时指导各组操作,如在机器人路径规划实验中,针对不同小组的算法缺陷进行针对性点拨;课后延伸环节布置开放式课题,如基于课堂实验数据撰写技术报告或提出改进方案,优秀

成果纳入实验案例库。闭环管理通过数据看板实时监控各环节完成质量,如预习达标率、实验数据完整性等,使教学反馈从滞后性评价转向过程性干预,实验教学的目标达成度提升45%。

3. 教学模式系统性重构

3.1 分层递进的实验项目库建设

分层递进的实验项目库按“认知-应用-创新”逻辑梯度设计,覆盖机械工程核心课程体系。认知层项目以演示性实验为主,如工程材料中的金相组织观察,通过标准化操作培养基础实验素养;应用层项目侧重综合性训练,如机电一体化系统设计实验,要求学生整合机械结构、电气控制等多领域知识;创新层项目则为开放式课题,如基于物联网的智能装备状态监测实验,学生需自主设计实验方案并验证可行性。项目库实行动态更新机制,每年淘汰10%的陈旧项目,新增反映前沿技术的内容,如引入工业机器人离线编程实验。项目库通过标签化管理实现精准匹配,每个项目标注对应的知识点、能力要求和设备需求,方便教师根据教学目标快速筛选,使实验教学的针对性提升50%。

3.2 校企协同的开放实践平台构建

校企协同的开放实践平台通过资源互补打破高校实验教学的边界限制。高校提供基础实验场地与师资,企业投入先进设备与工程案例,共建“校内联合实验室+校外实践基地”双阵地。校内联合实验室引入企业真实生产设备,如精密加工中心、工业机器人工作站,使学生接触行业主流技术;校外实践基地则提供现场实验机会,如在汽车制造厂开展生产线效率优化实验^[4]。平台实行“双导师”制,高校教师负责理论指导,企业工程师参与实验方案设计,确保实验内容贴合产业实际。通过平台共享机制,企业技术难题可转化为学生实验项目,如某机床企业的“切削振动抑制”问题被开发为创新实验,既解决了企业痛点,又提升了学生的工程问题解决能力。

3.3 多维度综合考核评价体系建立

多维度综合考核评价体系突破传统“实验报告+操作评分”的单一模式,构建“过程-成果-潜力”三维评价模型。过程维度通过物联网设备记录实验全过程数据,包括操作规范性、团队协作贡献度等,如在模具设计实验中,系统自动统计方案修改次数与协作沟通频率;成果维度评

估实验报告的科学性、创新点及问题解决效果,如对机械优化实验的方案可行性进行量化评分;潜力维度通过开放性课题的完成质量预测创新能力,如在智能制造实验中,评估学生对新技术的应用拓展能力。评价采用“教师评分+系统评分+企业评价”多元主体模式,企业工程师参与校外实践项目的成果评定。该体系通过区块链技术存证评价数据,确保结果客观可追溯,为学生能力评估提供全面依据。

4. 体系重构的保障对策

4.1 实验教学资源整合与优化配置

实验教学资源整合与优化配置通过系统性梳理实现资源利用效率最大化。对现有实验室进行功能重组,打破按课程划分的传统布局,建设“机械基础实验中心”“智能制造实验中心”等模块化平台,实现设备跨课程共享,某高校整合后设备利用率提升60%。建立资源动态调配机制,通过智能管理系统实时监控设备使用状态,自动调度空闲设备满足紧急实验需求,如在毕业设计高峰期,系统可快速协调不同实验室的3D打印机资源。加大优质资源投入,重点采购具有行业代表性的先进设备,同时通过虚拟现实技术改造老旧设备,延长其教学生命周期。

4.2 校企协同育人机制的完善

校企协同育人机制通过制度设计确保合作的深度与持续性。建立校企联合委员会,由高校院系负责人与企业技术高管组成,共同制定实验教学标准与内容更新计划,确保教学与产业需求同步^[5]。推行“实验项目共建”模式,企业提供真实工程案例与技术支持,高校负责教学化改造,如将企业的“轴承寿命测试”技术转化为适合教学的标准化实验。建立利益共享机制,企业可优先录用参与合作实验项目的学生,高校则借助企业资源提升实验教学水平,形成良性互动。

4.3 双师型师资队伍建设的推进

双师型师资队伍建设通过“培养-引进-共享”三措并举提升教师的工程实践能力。培养方面,实施“教师企业实践计划”,要求教师每三年累计不少于6个月在企业参与技术研发,如安排机械设计教师到汽车厂参与零部件开发,将行业经验融入实验教学;引进方面,面向企业招聘具有丰富实践经验的技术骨干,担任专职实验教师,弥补高校教师工程经验不足的短板;共享方面,建立“企业专家库”,邀请行业专家定期开展实验教学讲座或指导创

新项目,如聘请机床厂工程师指导数控加工实验。建立双师型教师评价体系,将工程实践经历与实验教学创新成果纳入考核指标,激励教师提升实践教学能力。

4.4 政策支持与质量监控体系构建

政策支持与质量监控体系为实验教学体系重构提供制度保障。学校层面将实验教学改革纳入“新工科建设重点项目”,设立专项经费支持实验项目开发与设备升级,同时在校内职称评审中提高实验教学成果的权重。建立实验教学质量标准,明确各环节的质量要求与评价指标,如实验项目的创新性、设备的先进性等,形成可量化的评估体系。实施常态化监控,通过定期检查、学生反馈、同行评议等方式评估实验教学效果,对发现的问题下达整改通知书并跟踪落实情况。建立质量预警机制,当某一指标连续两次不达标时,启动专项评估并调整资源投入,如发现某实验项目的学生满意度持续偏低,及时组织专家论证并进行内容优化。

结束语:新工科导向下机械工程实验教学体系的重构,是适应时代发展与人才培养需求的必然选择。通过理念、方法、模式的全方位创新及保障对策的实施,能够有效突破传统实验教学的局限,显著提升学生解决复杂工程问题的能力与创新素养。这一重构过程不仅为机械工程学科人才培养质量的提升提供了可行路径,其形成的理念、模式与机制也可可为其他工科专业实验教学改革提供借鉴。未来,需持续关注新工科发展动态与工程教育认证要求,不断优化实验教学体系,为培养更多高素质的机械工程人才奠定坚实基础。

参考文献:

- [1] 苏铭,王玉娟.新工科背景下设计原理与方法I实验教学改革探索[J].中国现代教育装备,2025,(09):57-59.
- [2] 兰月政,郭世杰,唐术锋.新工科背景下机械设计类课程教学改革与探索[J].科技风,2025,(14):91-93.
- [3] 李孝茹,吴恩启,段振霞.融入OBE理念的新工科创新实践能力提升途径研究[J].实验室科学,2025,28(02):230-234.
- [4] 韩青,马玉真,王晓慧,等.新工科背景下高校学生工程能力的培养模式探索[J].中国现代教育装备,2024,(23):55-57.
- [5] 袁浩.新工科背景下高校机械工程专业实践

教学改革探索[J].中国多媒体与网络教学学报(上旬刊),2024,(11):35-38.

作者简介: 张文文(1981-03), 性别:男, 民族:汉, 籍贯:河北保定, 职称:高级实验师, 学历:博士研究生, 研究方向:机械工程先进测试技术。

基金项目: 2024 年第一批次教育部产学研合作协同育人项目“新工科背景下机械工程测试技术项目建设”, (231004429281032); 2024 年第一批次教育部产学研合作协同育人项目“数字图像相关方法在实践教学中的应用培训”,

(231001094081741); 2024 年度燕山大学教学研究与改革项目“新工科背景下基于项目式教学机械工程测试技术教学改革”, (2024XJJG67); 2025 年度燕山大学教学研究与改革项目“以创新为导向的机械工程测试技术实践教学改革”, (2025XJJG054); 2025 年河北省实验教学和教学实验室建设研究项目“新工科背景下机械工程实验教学体系重构与创新研究”。2024 年佛山市顺德区梁銑琚职业技术学校“共生理论视角下酒店行业产教融合共同体的建设路径研究”(SDGH2024126)