新工科背景下材料力学性能实验教学模式改革创新与实践

王文彬　刘　飞　蔡会生　刘晓燕　庞　娜

内蒙古工业大学 内蒙古 呼和浩特 010051

【摘　要】：在新工科教育理念的推动下，材料科学与工程领域对实验教学提出了更高要求。针对传统材料力学性能实验教学中存在的模式陈旧、内容滞后、资源受限及评价体系不完善等问题，本文通过构建“探究性、创新性、综合性”实验教学体系，引入项目式学习、线上学习平台、虚拟仿真技术及多元化评价机制，探索适应新工科需求的实验教学改革路径。实践表明，改革有效提升了学生的实践创新能力和教学资源利用率，形成了可推广的教学模式，为同类课程改革提供了参考。

【关键词】：新工科；材料力学性能实验；教学模式改革；虚拟仿真；多元化评价

DOI:10.12417/2705-1358.25.17.048

随着新一轮产业变革与产学研要求的深入，新工科教育理念强调以学生为中心，培养具备实践能力、团队协作能力、创新思维的复合型人才。材料力学性能实验课程作为材料科学与工程专业的核心实践环节，是连接理论知识与工程应用的关键纽带。然而，传统实验教学模式存在“验证性实验为主、教学内容陈旧、资源配置低效、评价体系单一”等问题，难以满足新工科人才培养需求[1,2,3]。基于以上问题，本文围绕实验教学模式创新，探索契合时代需求的改革路径，旨在为高校工程教育实践教学提供借鉴。

1 传统实验教学存在的问题

（1）传统教学模式的局限性

当前材料力学性能实验教学普遍存在以下问题：其一，教学方法单一，以“教师讲解-学生操作-报告撰写”为主，学生被动执行实验步骤，缺乏自主探究空间，难以激发创新思维[4]；其二，实验内容以验证性实验为主（占比超 70%），设计性、开放性实验不足 30%，且教材更新滞后（平均 5-8 年更新一次），与前沿科研（如新型复合材料力学测试、新型测试技术）脱节；其三，实体实验室资源紧张，大型设备（如电子万能试验机、疲劳试验机）单次使用成本高、预约周期长（平均等待 1-2 天），安全风险（如高温、高压操作）限制了实验项目拓展；其四，评价体系依赖实验报告（占比 60%），忽视过程性考核（如方案设计、团队协作、问题解决能力），难以全面评估学生的工程实践能力[5]。

（2）新工科背景下的改革需求

新工科强调“学科交叉、产教融合、创新驱动”，要求实验教学从“知识传授”转向“能力培养”。调研显示（覆盖 200 名材料专业学生），82% 的学生认为现有实验课程“缺乏挑战性”，75%希望增加“基于实际工程问题的探究性实验”。此外，虚拟仿真技术（如 ANSYS Workbench 材料仿真模块）的成熟为突破实体实验限制提供了技术支撑，而成果导向教育（OBE）理念则要求建立“目标-实施-评价”闭环，倒逼实验教学构建多元化评价体系[6-8]。

2 改革目标与创新思路

（1）核心目标

1.构建“三性”实验教学体系：打破“验证性实验为主”的传统框架，建立以“探究性（引导学生自主提出问题）、创新性（融入科研成果）、综合性（跨学科融合）”为核心的实验课程体系，设计性实验占比提升至 50%以上。

2.创新教学模式与方法：引入项目式学习（PBL）、翻转课堂等模式，构建“线上预习-虚拟仿真-实体操作-成果答辩”四位一体教学流程，强化学生主体地位。

3.优化资源配置与技术融合：搭建“虚实结合”实验平台，整合实体设备与虚拟仿真资源，实现“低成本、高安全、广覆盖”的实验教学资源分配。

4.建立多元评价体系：基于 OBE 理念，构建“过程性评价（40%：方案设计、操作规范、团队协作）+成果性评价（30%：数据分析、创新点）+发展性评价（30%：反思总结、拓展应用）”的综合评价模型。

课题或基金项目：内蒙古工业大学教改项目“新工科背景下材料力学性能实验教学模式改革创新与实践”（编号：2024214）；内蒙古高等学校科学研究项目“一流学科科研专项项目”（编号：YLXKZX-NGD-002）

（2）实施路径

围绕“问题导向-技术赋能-评价驱动”主线，通过“调研诊断-试点迭代-推广应用”三阶段推进改革（图 1）。

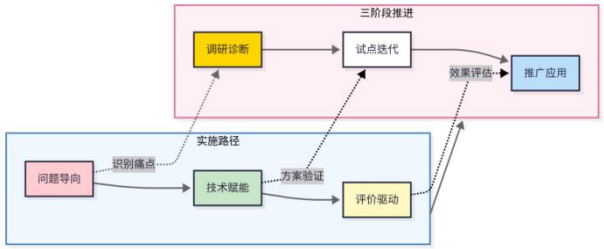

图 1 实施路径流程图

3 改革实施方案与实践

（1）教学内容重构：从“验证”到“探究”

1.层实验项目设计

基础层（必修，40%）：保留经典验证性实验（如准静态拉伸实验、冲击韧性实验、硬度测试），但增设“异常数据分析”环节，引导学生探究实验误差来源（如试件加工精度、人为测量与操作）。

提高层（选修，40%）：开设设计性实验，如“成分及热处理工艺对铝合金性能的影响”，要求学生自主设计实验方案、选择测试方法（拉伸/冲击/疲劳实验）、分析数据并优化工艺参数。

创新层（开放，20%）：对接科研前沿，由学业导师制定不同的研究题目，学生需查阅文献、设计实验、测试分析、获取数据，并撰写实验报告。

2.科研成果向实验课程转化

将教师课题组在“金属、无机非金属材料、有机高分子、复合材料”等领域的科研成果转化为实验案例，如开展“基于数字图像相关法（DIC）的材料变形测量”实验，使学生掌握非接触式测试技术，缩短“课堂”与“科研”的距离。

（2）教学模式创新：技术赋能与多元互动

1.虚实结合实验平台搭建

虚拟仿真模块：引入 ANSYS、MATLAB 等仿真软件，开发“准静态拉伸模拟”、“材料冲击断裂过程模拟”、“疲劳寿命预测”等虚拟实验项目，学生可在课前通过线上平台（雨课堂/超星学习通）完成仿真操作，掌握设备原理与操作流程（图 2）。

实体实验模块：优化实验室预约系统（接入物联网技术），实现设备状态实时监控、智能排课（缩短预约周期）；配备 AR 辅助系统，通过扫码获取设备操作三维动画，降低操作失误率。

2.项目式学习（PBL）实施以“复杂工程问题”为导向，设置团队项目（3-5 人/组），如“某桥梁用钢力学性能检测与失效分析”。学生需完成“问题拆解（确定测试指标：强度、韧性、疲劳极限）、方案设计（选择实验设备、制定流程）、合作实验、报告撰写、答辩汇报”全流程，教师仅提供方向性指导，强化团队协作与问题解决能力。

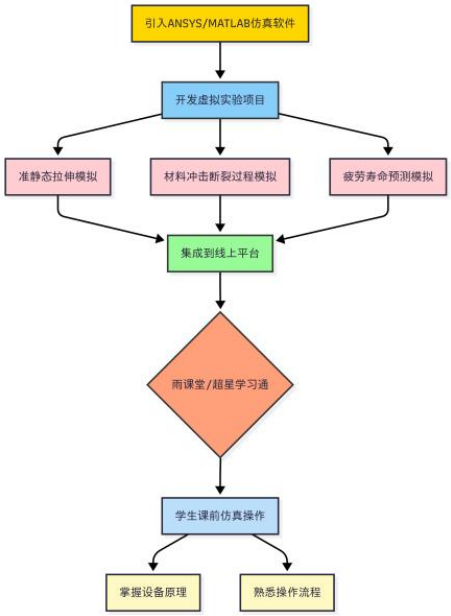

图 2 虚实结合实验平台运行流程

（3）评价体系改革：从“结果”到“全过程

建立“三维度、多主体”的评价体系（表 1）。特别引入“创新加分项”，对提出新实验方法（如改进夹具设计）、发现规律性现象（如温度对材料韧性的非线性影响）的学生给予额外奖励，激发探索热情。

表 1 新实验评价体系组成

评价维度	指标构成	权重	实施方式
过程性评价	实验方案合理性、操作规范性、团队协作度、问题响应速度	40%	教师记录 + 组内互评 + 平台日志
成果性评价	数据准确性、分析深度、创新点、报告/答辩质量	30%	教师评分 + 企业导师评分 + 参与答辩

发展性评价	学习反思、拓展应用（如自主设计实验、发表论文）	30%	学生自评 + 跟踪访谈

（4）分阶段实施计划

1.调研与试点阶段：完成多所高校同类课程调研，梳理问题清单；在本科班开展试点，引入 PBL 项目，搭建虚拟仿真实验。

2.优化与推广阶段：根据试点反馈（调查学生满意度、创新项目参与度），优化实验项目难度分级，扩展虚拟仿真资源，在更多班级全面实施新教学模式。

3.总结与固化阶段：形成《实验教学改革研究报告》，发表教改论文，完成成果鉴定，推广至材料类相关专业。

4 改革成效与反思

（1）实施成效

1.学生能力提升情况：对比实验，研究改革后学生实验方案设计完整度、数据分析创新点数量提升情况，以及在“全国大学生材料设计/测试大赛”中的参与项目班学生获奖率。

2.教学资源高效利用：统计虚拟仿真实验使用率、实体设备利用率、实验成本下降、（设备损耗减少、耗材节约）、安全事故零发生等情况。

3.形成可复制模式：构建的“虚实结合 + 项目驱动 + 多元评价”模式在学校多个专业实验课程中进行试点。

（2）挑战与展望

尽管改革取得初步成效，但仍面临“教师信息化能力有待加强”、“跨学科实验项目设计难度较大”等问题。未来计划：①建立教师培训机制，定期开展虚拟仿真技术、PBL 教学设计等培训；②联合机械、计算机等专业开发“智能材料结构力学性能测试”跨学科项目，深化产教融合；③引入 AI 学情分析系统，实时诊断学生能力短板，实现个性化教学。

5 结语

新工科背景下的材料力学性能实验教学改革，需以“学生能力培养”为核心，通过教学内容创新、技术深度融合、评价体系重构，突破传统模式的桎梏。本研究构建的“三性”实验教学体系与虚实结合模式，有效提升了教学质量与学生创新能力，为工程教育实践教学改革提供了可操作的解决方案。未来需进一步强化产教协同与智能技术应用，推动实验教学从“实践验证”向“创新孵化”升级，培养更多适应产业变革的新工科人才。

参考文献：

[1] 王文彬,史志铭,史兴隆,等.材料科学与工程实验教学改革与探讨[J].教育与学习,2021,3(7):56-57.

[2] 廖小建,李毅群,徐石海.科教融合完善实验教学体系提高化学类本科生实践和创新能力[J].广东化工,2021,48(12):292-293.

[3] 马胜男,赵志伟,李强,等.材料专业实验教学手段的改革与应用[J].辽宁工业大学学报(社会科学版),2021,23(3):123-125.

[4] 秦淑芳,王岗,陶爱峰,等.线上线下资源互补的实验教学改革与实践[J].实验科学与技术，2024,22(5):105-109.

[5] 章芳芳,朱红英,黄小峰.新工科视域下基于分层次实验的材料力学实验教学改革[J].安徽建筑,2021,28(5):111-113.

[6] 王保明,汤建伟,任珂,等.工程教育专业认证背景下环境科学专业化工原理实验教学改革与实践[J].河南化工,2023,40(1):62-64.

[7] 许明智.高校工程教学中创新实践能力培养体系的构建[J].教育学报,2025,2(4):235-239.

[8] 史晟,高立斌,赵万荣,等.“新工科”背景下高校实验室安全教育改革及实践[J].教育科学发展,2020,2(12):151-153.