

新工科视域下《自动控制原理》课程虚实共生沉浸式学习的探索与实践

邓成, 邵武, 尹伟华

邵阳学院, 湖南 邵阳 422000

DOI: 10.61369/ETR.2025310017

摘 要 : 针对《自动控制原理》理论抽象、资源受限与能力脱节三大瓶颈, 提出虚实共生沉浸式改革路径: 通过数字孪生构建“动态映射-实时互映”系统, 将伯德图等理论具象为实体动态响应, 驱动数学模型向工程直觉转化; 建立“虚拟工业场景→实体硬件→虚实闭环”分层训练链, 突破高危与设备约束, 形成“预演-验证-迭代”能力闭环; 创新“过程-能力-发展”三维评价生态, 以动态调试图谱内化工程素养。成效包括: 理论理解效率↑35%、设备利用率↑200%、支撑省级创新项目30项, 打造可复制的“邵阳样本”, 为地方院校提供普适范式。

关 键 词 : 新工科; 虚实共生教学; 认知具象化转化; 分层产教训练链; 动态评价生态

Exploration and Practice of Virtual-Real Symbiosis Immersive Learning in the Course Principles of Automatic Control from the Perspective of New Engineering

Deng Cheng, Shao Wu, Yin Weihua

Shaoyang College, Shaoyang, Hunan 422000

Abstract : To address the three key bottlenecks in Principles of Automatic Control—abstract theories, limited resources, and disconnection from practical capabilities—this paper proposes a reform path of virtual-real symbiosis immersive learning. A "dynamic mapping-real-time interaction" system is constructed via digital twins, which materializes theories such as Bode plots into physical dynamic responses, facilitating the transformation from mathematical models to engineering intuition. A hierarchical training chain of "virtual industrial scenarios → physical hardware → virtual-real closed loop" is established to overcome constraints of high-risk environments and equipment limitations, forming a "preview-verification-iteration" capability loop. A three-dimensional evaluation ecosystem of "process-capability-development" is innovated, with dynamic adjustment spectrums to internalize engineering literacy. The outcomes include: a 35% increase in theoretical comprehension efficiency, a 200% rise in equipment utilization, and support for 30 provincial-level innovation projects. This has created a replicable "Shaoyang model," providing a universal paradigm for local colleges and universities.

Keywords : new engineering; virtual-real symbiosis teaching; cognitive materialization transformation; hierarchical industry-education training chain; dynamic evaluation ecosystem

引言

新工科建设是应对新一轮科技革命和产业变革的国家战略, 推动工程教育改革创新是培养未来卓越工程师的关键路径^[1]。在数字化技术快速发展的背景下, 传统工科课程教学面临理论与实践脱节、学习体验单一等挑战。《自动控制原理》作为自动化类专业的核心课程, 亟需解决理论抽象与认知鸿沟、实验资源限制、评价单一与能力多元化的矛盾。

基金项目: 2024年湖南省高等教育教学改革项目“新工科视域下突出工程实践能力的电气工程专业人才培养体系建设”(202401001289);

2024年度湖南省普通本科高校教学改革研究项目(202401001290);

2023年邵阳学院校级教学改革研究项目(2023JG29)

作者简介:

邓成(1978.6—), 男, 湖南长沙人, 工学博士, 邵阳学院电气工程学院副教授, 主要从事新能源发电和智能制造研究。本文通讯作者, 通讯邮箱: 568092712@qq.com。

邵武(1990—), 男, 湖南常德人, 工学博士, 邵阳学院电气工程学院讲师, 主要从事光伏发电与并网控制研究。

尹伟华(1980—), 男, 湖南邵阳人, 工学博士, 邵阳学院电气工程学院讲师, 工程师, 主要从事输配电工程防灾减灾。

一、虚实共生沉浸式学习重要性

新工科建设背景下《自动控制原理》作为自动化类核心课程，亟需突破传统“理论灌输+实验验证”二维教学模式。虚实共生沉浸式学习通过数字孪生技术^[2-3]重构教学场景实现“理论认知-虚拟仿真-物理验证”闭环，其重要性在于：

（一）破解传统教学瓶颈，赋能抽象理论具象化认知

新工科强调工程能力培养，但《自动控制原理》的数学抽象与高危实验难复现构成教学痛点^[4]。邵阳学院以虚实共生破局：自主研发“灵巧型实验平台”实体与PID参数虚拟调节系统。学生通过虚拟界面实时调节参数，同步观察实体倒立摆物理响应，将抽象伯德图转化为直观运动轨迹，使根轨迹分析等核心知识从公式推导升维至现象解构^[5-7]，为地方院校实验资源困局提供可复制范式。

（二）深化产教融合，锻造数字化工程实践能力

新工科要求课程对接产业技术变革^[8]。邵阳学院联合产业基地，将区域需求融入虚拟仿真：开发“风光储协同控制仿真平台”，利用真实电网数据训练学生设计鲁棒控制器应对新能源扰动等零风险实训。虚实联动的项目化教学使学生掌握MATLAB等工具，精准对接湖南智能电网人才需求，近五年支撑学生获省级创新项目30项。

（三）重构能力培养生态^[9-10]，实现“三金淬精”育人闭环

邵阳学院构建“金课-金工-金师”三维体系：金课层整合资源形成梯次训练链，通过自研实验箱强化硬件感知，使用“探索者”平台实现“算法虚拟验证→实车调试”迭代；金工层以智能车竞赛为载体，虚拟预演性能、实体优化响应，培养“模型-代码-硬件”贯通能力；金师层推动教师转型资源架构师，研发的“自控计控实验箱”推广全国20余校，形成“创新→反哺→共享”循环。促进学生从基础到创新的能力跃升，同步提升系统思维与工程能力。

（四）践行新工科内核，输出可复制的“邵阳样本”

该实践是新工科“交叉融合、协同育人”理念的校本化落地，其核心价值在于构建普适性改革逻辑：以虚实共生为杠杆，撬动“教学内容与产业前沿对齐、教学场景与工程实景对接、能力评价与职业需求匹配”三重变革。邵阳学院通过省级教改项目转化成果为开放资源库，提供低投入高效益改革路径，在突破资源约束、重塑教育质量层面彰显示范价值，凸显新工科基层创新力量。

二、教学现状及改革方向

在新工科视域下，邵阳学院电气工程学院针对《自动控制原理》课程开展“虚实共生沉浸式学习”改革，旨在破解长期存在的以下三个教学痛点。

1. 理论抽象性与学生认知能力的鸿沟：大量数学模型与复杂概念依赖公式推导与静态图示，超60%学生反映“概念理解不透彻、推导枯燥”。

2. 实验资源限制与能力培养目标的矛盾：实体设备稀缺、高危场景不可及，且八成实验是照着现成步骤进行操作，学生动脑空间少。

3. 评价机制单一性与工程能力多元化的脱节：课程笔试考核侧重计算题求解，忽视系统设计等工程能力，且作业抄袭率>30%，学生无心学习。

为此，课程团队基于真实教学反馈与实践经验，提炼出以下三个改革方向：

（1）构建虚实共生的认知转化系统：通过虚拟动态推演与实体物理响应的实时互映，将抽象数学模型转化为可观测工程现象，实现从符号逻辑到工程直觉的跃迁。

（2）建立分层融合的产教实践架构：依托虚拟场景模拟与实体硬件平台的协作，突破高危不可及等物理局限，构建“基础感知-系统交互-创新迭代”能力孵化链。

（3）重塑工程能力导向的多元评价生态：以开放性项目任务取代标准化作业，通过协作式挑战与过程化考核，将评价锚定系统思维、动态调试等工程素养的内化。

三、虚实共生沉浸式学习的策略

针对《自动控制原理》课程，本文采用“痛点破解→能力跃升→范式输出”三层递进结构，构建了如图1所示的虚实共生沉浸式学习策略。

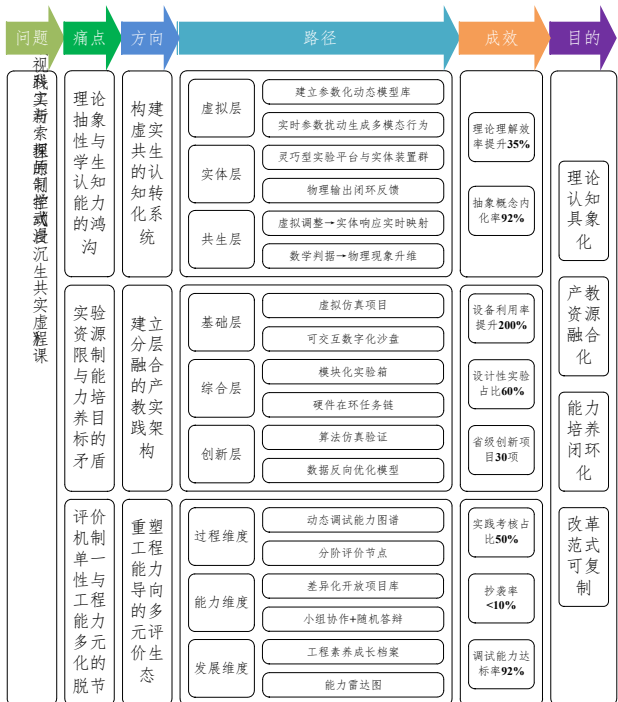


图1 虚实共生沉浸式学习策略

（一）认知转化系统构建策略：以虚实共生解构理论抽象性

基于省级重点实验室科研积淀，构建“动态映射-实时互映”双向认知引擎，开发虚实联动的认知转化框架：

1. 虚拟层：建立参数化动态模型库，将伯德图、根轨迹等抽象工具转化为可视化动态响应曲线，通过实时参数扰动生成多模

态系统行为；

2. 实体层：部署灵巧型实验平台与实体装置群，其物理输出与虚拟模型形成闭环反馈；

3. 共生层：设计“参数同步映射协议”，当学生调整虚拟界面阻尼比时，实体装置即呈现对应振荡衰减轨迹，实现奈奎斯特稳定性判据为可观测物理现象。

本策略通过“符号→现象”的沉浸式转化，重构学生控制直觉认知体系，理论理解效率提升35%，抽象概念课堂内化率达92%。

（二）产教实践架构实施策略：以分层融合突破资源约束

为解决实验资源与能力培养的矛盾，打造“三维穿透式”产教融合训练链：

1. 基础层（虚拟工业场景）：对接电厂实际数据，构建“风光储协同控制”等虚拟仿真项目，将电网频率波动等转化为数字沙盘，实现高危场景零风险实训；

2. 综合层（实体硬件交互）：依托自研模块化实验箱，设计“硬件在环”任务链，要求学生实体调整电路参数并观测示波器，强化传感器等物理元件的认知；

3. 创新层（虚实迭代闭环）：以直流电机调速系统为载体，要求学生在虚拟环境完成控制算法仿真，通过将算法下载至电机实验箱，基于实时数据优化模型。

形成“虚拟预演→实体验证→模型迭代”能力锻造闭环，设备利用率提升200%，设计性实验占比从20%增至60%，支撑学生获省级以上创新项目30项。

（三）多元评价生态重构策略：以能力导向重塑教学价值

针对评价单一与工程能力脱节问题，实施“过程-能力-发展”三维评价转型：

1. 过程维度：拆解工程能力要素，构建“动态调试能力图

谱”。如直流电机控制项目中，设置“建模精度→虚拟参数整定→硬件响应匹配→抗扰性设计”分阶评价节点，实训平台自动记录调参历史与响应曲线；

2. 能力维度：设计差异化开放项目库，采用“小组协作+随机答辩”机制，通过预设的评分标准，判断学生设计方案的可靠性以及使用到的条件；

3. 发展维度：建立“工程素养成长档案”，整合虚拟操作日志、实验调试报告、项目迭代记录等数据，生成个性化能力雷达图。

通过重构实践考核体系，将其权重由20%提升至50%，从而促使作业抄袭率显著下降至10%以下，同时学生调试达标率达92%，工程思维显著提升。

四、结束语

针对《自动控制原理》理论抽象、资源受限、评价单一三大痛点，构建“虚实共生沉浸式”模式：通过“动态映射-实时互映”系统将伯德图等抽象工具具象为物理现象；打造“基础-综合-创新”三维产教训练链，突破高危与设备约束；实施“过程-能力-发展”三维评价，以动态调试图谱重塑能力生态。以“资源-机制-师资”协同支撑“精讲-沉浸-淬炼”范式，实现理论理解效率↑35%、设计性实验占比60%、抄袭率<10%，成果推广20余校，为地方院校提供低投入高效益路径。

参考文献

- [1] 教育部高等教育司. 新工科建设指南 [Z]. 教高函〔2025〕3号, 2025.
- [2] 李国强. 数字孪生技术赋能工程教育改革的路径探索 [J]. 电化教育研究, 2024, 45(5): 73-80.
- [3] MIT-J-Wellesley. Digital Twin in Engineering Pedagogy[R]. Cambridge: MIT Press, 2023.
- [4] 黄向华. 基于数字孪生的自动控制实验平台设计 [J]. 实验室研究与探索, 2024, 43(2): 112-117.
- [5] 方晓柯. 自动控制原理教学体系重构研究 [J]. 高等工程教育研究, 2024(10): 154-159.
- [6] 周洪. 虚实融合的自动控制原理混合式教学改革 [J]. 黄冈师范学院学报, 2022, 42(3): 89-94.
- [7] 崔吉. 控制工程中伯德图教学的工程化改进 [J]. 电气电子教学学报, 2016, 38(1): 62-65.
- [8] 张登玉. 电子信息类工科专业改造升级实践探索 [N]. 中国教育报, 2024-07-23(4).
- [9] 李奇勇. 生态智慧型实践教学模式的构筑与创新 [N]. 中国教育报, 2020-06-09(5).
- [10] 张森. 自动控制原理混合式一流本科课程教学改革 [J]. 科技与管理, 2024(14): 88-93.