

基于“虚实三段式”的自动化专业实践课程教学改革与实践 ——以《控制系统综合创新实践 III》为例

王秀丽, 许月, 吴文瑾

安徽信息工程学院, 安徽 芜湖 241000

DOI: 10.61369/ETR.2025380040

摘要 : 针对自动化专业实践教学中存在的理论与实践衔接不紧、虚拟与实物调试脱节及评价方式单一等问题, 本文以《控制系统综合创新实践 III》课程为例, 提出“虚实融合 +OBE 成果导向”双驱动教学模式。通过构建“仿真筑基—虚实协同—实物落地”三阶段递进式项目设计, 并结合成果导向的形成性评价机制, 实现从知识传授到能力培养的有效转化。教学实践表明, 该模式显著提升了学生的系统集成与复杂工程问题解决能力, 为应用型自动化人才培养提供了可借鉴的实践路径。

关键词 : 自动化专业; 虚实融合; OBE 理念; 项目化教学; 形成性评价

Teaching Reform and Practice of Practical Courses in Automation Major Based on the "Virtual-Real Three-Stage" Model —— A Case Study of Comprehensive Innovation Practice in Control Systems III

Wang Xiuli, Xu Yue, Wu Wenjin

Anhui Institute of Information Technology, Wuhu, Anhui 241000

Abstract : Addressing issues such as the loose connection between theory and practice, the disconnection between virtual and physical debugging, and the monotonous evaluation methods in the practical teaching of automation majors, this paper proposes a dual-driven teaching model of "Virtual-Real Integration + OBE (Outcome-Based Education) Outcome-Oriented" using the course "Control System Comprehensive Innovation Practice III" as an example. By constructing a three-stage progressive project design of "Simulation Foundation – Virtual-Real Collaboration – Physical Implementation", combined with an outcome-oriented formative evaluation mechanism, effective transformation from knowledge impartation to ability cultivation is achieved. Teaching practice shows that this model significantly enhances students' system integration and complex engineering problem-solving abilities, providing a practical path for reference in cultivating applied automation talents.

Keywords : automation major; integration of virtual and real worlds; OBE concept; project-based teaching; formative evaluation

引言

随着工业 4.0 与智能制造的快速发展^[1], 自动化领域对人才的工程实践能力、系统集成能力以及创新素养提出了更高要求^[2]。然而, 目前高校自动化专业实践教学仍面临多重挑战^[3]: 理论教学与工程实践衔接不足, 导致学生难以将所学知识应用于实际工程场景; 虚拟仿真与实物调试相互脱节; 教学评价维度较为单一, 无法全面反映学生的能力发展水平。

《控制系统综合创新实践 III》作为自动化专业高年级的核心实践课程, 在人才培养体系中具有重要地位。该课程旨在通过系统化的项目教学, 整合 PLC 控制、C# 程序设计、伺服系统调试等多领域知识, 培养学生的工程实践能力和创新思维。传统的教学模式往往侧重于单项技能训练, 缺乏系统性的工程思维培养^[4], 难以满足现代工业对复合型人才的需求。基于此, 本研究以解决传统教学痛点为导向, 通过对学生学情的深入分析, 构建“虚实三段式”教学体系, 创新性地采用“仿真验证—虚实联动—实物实施”的阶梯式训练模式, 并融入全过程形成性评价机制, 形成“学一做一评”闭环教学体系, 为自动化专业实践教学的系统化改革提供新思路。

一、课程设计理念与目标

(一) 设计理念

本研究立足“工程能力阶梯式培养”核心理念, 遵循“认

知—实践—创新”的递进规律^[5], 构建“虚实结合、项目引领、思政融通”的教学模式。该模式依据学生的学习规律和工程能力形成特点, 通过三个阶段的有序推进, 实现学生能力的逐步提升。

首先，依托仿真平台降低初期操作风险，缓解实物调试中设备损耗高、试错成本大的问题。学生可以在虚拟环境中反复练习，熟悉系统操作流程，掌握基本技能。其次，虚实协同阶段通过虚拟仿真与实物操作的结合，使学生能够在模拟环境中验证方案，在实物设备上实现功能调试，培养系统集成与工程实践能力。最后，实物落地阶段借助工业级设备实操，全面提升学生的实战能力与创新意识，使其经历完整的工程实践过程，掌握解决复杂工程问题的能力。

（二）课程目标

基于自动化专业毕业要求与行业企业人才需求，本研究确立了多层次、多维度的课程目标体系：

1. 知识目标：掌握 Factory IO 仿真平台的应用、PLC 控制系统设计与编程、C# 上位机软件开发、伺服控制系统调试与优化技术，理解 Modbus/TCP 通信协议^[6] 的工作原理，了解工业控制系统设计的基本流程与技术标准。

2. 能力目标：培养复杂控制系统的设计与实现、跨设备联调与性能优化能力，能够解决设备通信、控制精度调整、抗干扰设计等典型工程问题，强化工程项目管理能力。

3. 素养目标：注重工程素养的培养，包括自主学习能力、团队协作意识与严谨的工程态度；培育精益求精的工匠精神，树立工业安全与可持续发展理念，增强社会责任感和工程伦理意识。

4. 思政目标：通过国产 PLC 技术应用等案例增强学生的家国情怀与技术自信；融入工程伦理教育，培养社会责任感，树立正确的职业价值观。

二、“虚实三段式”教学体系构建

（一）课程整体框架

基于 OBE 教育理念^[7] 和工程教育认证^[8] 要求，本研究构建了三阶段递进式项目教学框架，如表 1 所示。该框架遵循“由易到难、由简到繁、由虚拟到现实”的教学规律，每个阶段设置特定项目任务和能力培养重点，形成完整的能力培养链条。

表 1 “虚实三段式”教学框架

阶段	项目名称	教学形式	核心能力培养	评价重点
仿真筑基	基于 Factory IO 和 C# 的输送线控制	全仿真	仿真平台操作、控制逻辑设计	方案设计、仿真效果
虚实协同	基于 PLC、Factory IO 和 C# 的分拣系统	虚实结合	跨设备通信、系统集成	系统联调、故障排查
实物落地	基于控制卡与 C# 的伺服往返控制系统	全实物	工业级设备调试、精度优化	系统稳定性、控制精度

（二）课程教学内容

1. 仿真筑基阶段（项目 1）

采用全仿真教学形式，通过 Factory IO 搭建输送线仿真场景，重点训练学生的仿真平台操作与 C# 通信接口开发能力。学生需完成场景搭建、通信调试、逻辑控制设计全流程，从而掌握控

制逻辑的快速验证方法。

2. 虚实协同阶段（项目 2）

采用虚实结合的教学形式，衔接西门子 PLC 与 Factory IO 仿真平台，实现 PLC 分拣逻辑与上位机实时数据交互。通过 PLC 编程、Modbus 通信配置、上位机界面开发的任务链，学生需要完成 PLC 程序编写、通信配置、上位机界面开发等任务，实现虚拟仿真与实物控制的有机衔接。

3. 实物落地阶段（项目 3）

采用博派 ETH_GAS_N 控制卡与台达伺服系统，完成硬件接线、参数调试、运动控制程序开发的全流程实践。这一阶段突出抗干扰设计、定位精度优化等实战技能的培养，使学生真正掌握工业级控制系统的设计与调试能力。通过工业级设备实操，强化学生的抗干扰设计与误差分析能力。

（三）教学实施流程

本课程采用“线上预习—课堂实操—课后拓展”三环节闭环组织教学。课前通过讯飞 AI 课堂等平台发布微视频和学习资料，引导学生完成仿真测试及设备手册查阅；课中采用任务分解、分组实施、动态反馈机制，将每个项目分解为方案设计、系统联调、成果验收三个里程碑，学生以小组形式开展实践，教师巡回指导并引入小组互评和阶段性汇报；课后鼓励学生开展创新性实践，开发远程监控、故障自诊断等扩展功能，建立线上答疑平台等。

整个教学过程坚持以项目驱动为主线，构建“线上资源学习→线下实践深化→项目结果反馈”的循环教学模式，在各教学阶段有机融入思政元素，通过国产 PLC 技术应用、工业 4.0^[9] 政策解读、工匠精神等案例，实现专业技术教育与价值引领的有机统一。

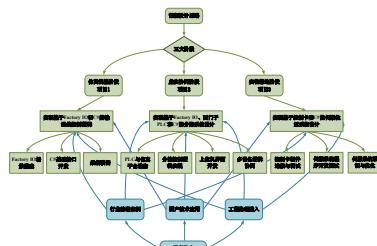


图 1 教学项目课程实施方案

三、形成性评价体系构建

（一）评价维度与方法

本研究构建了“三维度、双路径”的综合评价机制，该评价体系注重过程性评价与发展性评价^[10]，充分关注学生的学习过程与实践能力发展，有效避免“重结果轻过程”的评价偏差。各考核环节所占分值比例及考核细则如表 2 所示。

表 2 形成性评价体系构成

评价维度及权重	评价内容	评价方法
课堂表现（10%）	出勤情况、课堂参与度、提问与回答问题质量	考勤记录、课堂观察
过程考核（50%）	需求分析、硬件实施、软件开发、汇报展示、文档撰写	小组评价（50%）+个人考核（50%）

实践结果（40%）	项目报告质量、系统功能实现度、技术创新性	教师评价
-----------	----------------------	------

考核方式强调过程考核，检验课程目标达成度，评价学生学习成果达成度。考核方式强调过程考核，考核环节包括课堂表现、过程考核和实践结果。总评成绩采用五级制评分（优秀：90~100分、良好：80~89分、中等：70~79分、及格：60~69分、不及格：60分以下），各考核环节均以百分制计。

（二）评价实施与效果分析

通过教学实践，本评价体系得到了全面验证。通过对成绩进行统计与分析得出以下实施效果：

1. 能力提升效果显著：超过80%的学生能够独立完成从仿真到实物的系统调试全过程。课程综合优秀良好率达到85%，较传统教学模式提升20个百分点。期末项目验收合格率达到100%，其中优秀项目占比35%，良好项目占比50%，整体项目质量显著提升。

2. 学习态度积极改善：通过课堂观察和问卷调查发现，学生的学习主动性和参与度明显提高。小组合作更加顺畅，团队协作能力得到加强。学生更愿意尝试创新性解决方案，表现出较强的工程创新意识。

四、课程特色与创新

本研究的主要特色与创新体现在：

1. “虚实三段”梯次训练体系：实现“虚拟—虚实—实境”的知识应用与能力升华，有效降低设备损耗成本，解决仿真与实

物脱节的问题；

2. “双螺旋”能力提升机制：横向形成“仿真→虚实→实物”的知识递进，纵向实现“执行→协作→管理”的能力跃迁，契合工程实践与系统思维的培养需求；

3. 思政与专业深度融合：各阶段有机融入科技前沿、工匠精神、家国情怀等元素，实现知识传授、能力培养与价值塑造的协同统一。

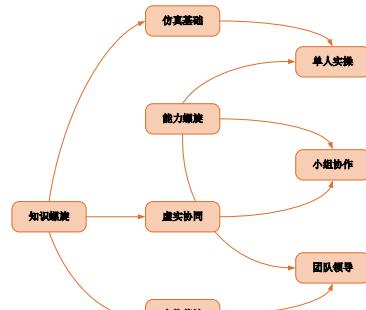


图2 双螺旋提升路径

五、结论与展望

《控制系统综合创新实践Ⅲ》的教学实践表明，“虚实三段式”项目教学模式有效提升了学生的工程实践与系统集成能力，形成性评价体系全面反映了学生的综合水平。后续将进一步引入企业真实项目案例，增强课程内容与行业需求的契合度，深化产教融合，为自动化领域高素质应用型人才培养提供持续支持。

参考文献

- [1] 李浩然.人工智能与智能制造在工业4.0时代的融合与创新[J].物联网技术,2025,15(12):121-124+128.
- [2] 杨衍波,秦月梅.新工科背景下自动化专业人工智能课程群建设研究[J].高教学刊,2025,11(10):19-22.
- [3] 王一波,刘斌,王娟,等.基于多元融合的应用型自动化专业实践教学模式研究[J].江苏科技信息,2025,42(08):23-26+61.
- [4] 杨新刚,刘鸿雁,呼刚义,等.机械专业机电一体化综合实践课教学模式探索[J].高等工程教育研究,2021,(05):88-93.
- [5] 李振武.基于CDIO教育理念的地方高校工科专业实践教学体系改革研究与实践[J].大学教育,2018,(10):49-51+102.
- [6] 许波.Modbus通信协议的研究与实现[D].安徽大学,2010.
- [7] 彭秀艳,梁洪,綦志刚,等.自动化专业“OBE教育理念+创新创业教育+课程思政”融合模式探索[J].创新创业理论研究与实践,2022,5(19):146-149.
- [8] 常江,奚琪,马常友,等.工程教育认证背景下智能制造工程专业课程体系构建[J].农机使用与维修,2024,(08):165-168.
- [9] 边扬帆,成全.工业4.0时代的中国科技政策热点及政策导向分析[J].情报探索,2020,(01):112-119.
- [10] 周一卉,武锦涛,李志义,等.关于形成性评价机制与课程产出合理评价的思考[J].化工高等教育,2023,40(01):70-75.