

虚拟仿真技术在自动控制系统教学中的应用实践

王双印, 贾鸿莉*, 太淑玲, 孙晶, 岳羿如
黑龙江农业工程职业学院, 黑龙江 哈尔滨 150000
DOI:10.61369/EIR.2026070029

摘 要 : 自动控制原理课程概念抽象、计算量大、工程性强, 高职教学面临学生基础弱、理实脱节、实验资源有限等问题。本文以电气自动化技术专业改革实践为基础, 探索项目驱动的 MATLAB 虚拟仿真教学改革路径, 从课程内容重构、项目体系设计、教学方法创新、实验体系构建、考核方式改革五维度展开。以机械位移、直流调速、温度控制等系统为载体, 将时域分析、根轨迹分析、PID 整定等仿真案例嵌入项目全过程。实践表明, 项目式教学与仿真技术结合能有效降低学习门槛、激发兴趣、增强实践能力, 为课程改革提供可操作路径。

关 键 词 : 虚拟仿真; MATLAB; 自动控制原理; 项目式教学; 教学改革; 高职教育

The Application of Virtual Simulation Technology in the Teaching of Automatic Control Systems

Wang Shuangyin, Jia Hongli*, Tai Shuling, Sun Jing, Yue Yiru
Heilongjiang Agricultural Engineering Vocational College, Harbin, Heilongjiang 150000

Abstract : The Automatic Control Principles course is characterized by abstract concepts, substantial computational requirements, and strong engineering orientation. Higher vocational education faces challenges such as students' weak foundational knowledge, a disconnect between theory and practice, and limited experimental resources. Based on the reform practices in the Electrical Automation Technology program, this paper explores a project-driven approach to reforming MATLAB virtual simulation teaching, covering five dimensions: curriculum content restructuring, project system design, teaching method innovation, experimental framework development, and assessment methodology reform. Using systems such as mechanical displacement, DC speed regulation, and temperature control as case studies, simulation scenarios—including time-domain analysis, root locus analysis, and PID tuning—are integrated throughout the entire project process. Practice demonstrates that combining project-based teaching with simulation technology effectively lowers learning barriers, stimulates interest, enhances practical skills, and provides a actionable pathway for curriculum reform.

Keywords : virtual simulation; MATLAB; principles of automatic control; project-based teaching; educational reform; higher vocational education

引言

自动控制原理是电气自动化技术专业的核心课程, 涵盖系统建模、时域分析、频域分析、稳定性判定及系统校正等知识模块。该课程概念抽象、数学工具密集, 在高职教学中面临三重结构性矛盾: 学生数学基础参差不齐, 繁琐推导易引发挫败感; 理论讲授与工程实践存在断层, 学生难以建立知识与实际的关联; 实验设备台套数有限, 难以支撑大规模动手需求。上述矛盾长期存在, 构成课程提质增效的主要瓶颈。

MATLAB 仿真技术集数值计算与可视化于一体, 能将参数变化对系统性能的影响实时图形化呈现, 有效降低认知门槛。项目式教学通过将课程内容嵌入工程项目, 引导学生在完成任务中主动建构知识^[1]。已有研究表明, 二者结合能有效解决理实脱节问题。陈磐等以机械位移系统为载体开展项目化教学, 王晓旭等主张以项目驱动创建知识点关联案例库。本文以电气自动化技术专业教学改革实践为依托, 系统呈现基于项目驱动的 MATLAB 虚拟仿真技术融入自动控制原理课程的具体路径与实施效果, 以期同类院校课程改革提供参照。

一、教学改革面临的主要问题

自动控制原理课程的传统教学以理论讲授为主、验证实验为辅，在高职情境中暴露三方面问题。其一，课程数字化倾向与学生基础落差明显，拉普拉斯变换、微分方程等工具令学生陷入“算不出、听不懂”困境，只能机械记忆。其二，理论教学与工程实际脱节，传递函数、系统框图等抽象符号难以与现实控制系统对应，章节孤立导致学生“学后面忘前面”。其三，实验教学受硬件制约，设备台套数不足、人均操作时间有限，且多为预设参数验证，缺乏系统设计与参数探索环节。三者相互强化，形成恶性循环。项目式教学以工程项目串联分散知识点，为打破这一困局提供了整合性方案^[2]。

二、项目驱动式虚拟仿真教学改革的整体框架

（一）项目式教学改革的设计理念

本改革确立了“以项目为载体、以仿真为工具、以能力为目标”的教学改革理念。核心思路是：打破传统的“理论讲授—验证实验—一期末考核”三段式结构，将课程内容重新组织为若干个相互关联的工程项目，每个项目覆盖一个核心知识模块，学生在完成项目的过程中同步学习理论、开展仿真、解决问题。

项目设计遵循三条原则：工程真实性—项目来源于真实的工程应用场景；知识覆盖性—每个项目涵盖该模块的核心知识点，多个项目串联后覆盖课程全部内容；难度递进性—从基础验证型项目到综合设计型项目，难度逐步提升。

（二）项目体系的总体设计

本改革构建了“多层次、四项目”的项目教学体系。三个层次分别为：基础验证层—通过仿真复现教材中的经典结论，建立理论与图形的对应关系；综合设计层—给定工程需求，学生独立完成系统建模、控制器设计和仿真验证；创新探索层—鼓励学生自主提出问题、设计方案、仿真验证^[3]。

四个核心项目覆盖课程主要内容：项目一为机械位移控制系统建模与时域分析，覆盖传递函数建立、二阶系统时域分析等知识点；项目二为直流电机调速系统根轨迹分析与稳定性判断，覆盖根轨迹法、稳定性判据等知识点；项目三为温度控制系统 PID 控制器设计与参数整定，覆盖 PID 控制、系统校正等知识点；项目四为综合控制系统设计与仿真验证，要求学生综合运用课程所学知识完成完整流程。四个项目之间既相对独立又相互关联，前三个项目分别侧重于不同知识模块，第四个项目起到综合串联的作用。

三、项目式教学融入课程改革的具体路径

（一）以项目为载体重构课程内容

传统教学按知识逻辑组织内容，便于教师讲授却不利于学生建立知识关联。改革后以项目为单元重构内容，每个项目围绕一个完整的工程问题展开^[4]。

以“机械位移控制系统建模与时域分析”项目为例，该项目覆盖二阶系统传递函数和时域分析两个知识模块。项目任务设定为：已知机械位移系统的物理参数（质量、阻尼系数、弹簧刚度），要求学生建立系统数学模型，分析不同阻尼比下的阶跃响应特性，并确定最佳性能参数范围^[5]。学生首先根据物理定律建立微分方程，推导传递函数，随后在 MATLAB 中运行仿真代码，直观对比不同阻尼比下的响应差异，最后根据仿真结果撰写分析报告，解释参数变化对系统性能的影响规律。这种组织方式使理论知识嵌入解决实际问题的过程中，学生在“需要用到”的情境下学习，理解深度和记忆保持率均优于传统方式。

（二）以项目任务驱动课堂教学方法创新

项目式教学推动课堂从“教师讲、学生听”转向“教师引导、学生探究”。

以“直流电机调速系统根轨迹分析与稳定性判断”项目为例。传统教学中，根轨迹法手工绘制需遵循幅值条件、相角条件等多条规则，过程烦琐。改革后的教学流程为：教师提出项目任务——分析系统在不同增益下的稳定性变化规律；学生分组讨论分析思路；教师利用 MATLAB 现场生成根轨迹图，闭环极点随增益变化的轨迹一目了然，极点在虚轴上的临界位置直观标识稳定边界。各小组据此确定系统稳定的增益范围、计算临界增益值并提交分析报告。仿真工具的介入使课堂重心从手工计算转向对系统特性的理解和分析^[6]。

以“温度控制系统 PID 控制器设计与参数整定”项目为例，这是一个综合设计项目。教师首先演示比例、比例积分和比例积分微分三种控制策略的仿真对比：比例控制响应快但存在稳态误差，加入积分环节后稳态误差消除但超调增大，再加入微分环节后超调受到抑制。学生在直观对比中建立对三个参数功能的理解后，以小组为单位接受具体设计任务——在给定性能指标约束下确定最优 PID 参数组合。各小组在仿真环境中反复调试参数、观察响应变化、记录整定过程，综合运用系统建模、时域分析、控制器设计等多模块知识。

（三）以项目链条串联分层递进的实验体系

改革构建了与项目体系相对应的分层递进实验体系。基础验证型实验对应项目一和项目二的前期阶段，确保每位学生亲手操作、亲眼观察，建立理论与图形的对应关系^[7]。设计提高型实验对应项目二的后半段和项目三，要求学生面对具体工程设计任务，综合运用所学知识完成完整解决方案。综合创新型实验对应项目四，面向学有余力的学生开放，项目来源可以是真实工程问题或学科竞赛题目。

三个层次通过四个项目串联，形成从“学着做”到“自己做”再到“想着做”的能力培养链条。已有研究表明，联合 MATLAB 和 VR 工具进行虚拟仿真实验教学，能够有效改善课程的教学手段。

四、改革实施效果与反思

（一）实施效果

教学改革以传统班级为对照，从三方面评估。学习兴趣方面，92%学生认可项目式仿真教学提升吸引力，课堂参与度显著提高。理解深度方面，改革班级分析设计类题目得分率高出对照班18个百分点，学生反映抽象概念“有了实际含义”。实践能力方面，学生普遍掌握 MATLAB 仿真方法，能独立完成从建模到验证的全流程^[8]。

（二）实施中的问题与应对

项目式教学面临四方面约束：项目难度把控上，设置基础与拓展任务两个层次；课时分配上，将基础操作前移至课前预习；教师角色转变上，需持续教学反思积累经验；仿真与硬件关系上，以仿真为主、鼓励对比验证。

五、结语

自动控制原理课程改革的核心命题，是帮助学生在理解抽象理论的同时发展工程应用能力。MATLAB 仿真将控制过程可视化，使理论与直观感知同步；项目式教学以工程项目为载体串联知识点，实现“做中学”。实践表明，仿真技术解决“怎么看懂”，项目教学解决“怎么用上”，二者共同推动课程从“知识传授型”向“能力培养型”转变。改革仍在持续迭代，项目库有待丰富，项目衔接尚需优化，翻转课堂等新形式也在探索中，期望为同类课程改革提供参考。

参考文献

- [1] 陈磐, 朱红霞. 基于机械位移系统的自动控制原理项目化教学探索与实践 [J]. 科教文汇, 2023(21): 92-95.
- [2] 王晓旭, 闫朋涛, 王承林, 等. 自动控制原理应用型课程教学改革方案设计 [J]. 科技与电子, 2024(33): 78-81.
- [3] 李爱莲, 解韶峰. 基于 OBE 理念的自动控制原理课程教学模式探索 [J]. 中国现代教育装备, 2024(15): 56-59.
- [4] 陈梅; 费玉环. 基于 MATLAB GUI 的自动控制原理仿真实验平台设计 [J]. 曲阜师范大学学报 (自然科学版), 2024, 50(2): 87-92.
- [5] 姜鸣. 基于学科竞赛的自动控制原理课程案例式教学改革研究 [J]. 高教学刊, 2024, 10(20): 123-126.
- [6] 孙凤鸣; 孙犇渊; 黄超. 项目式教学推动下的电气控制类课程群教学改革 [J]. 科技风, 2024(3): 89-91.
- [7] 邵康敏; 赵雪梅. 基于虚实结合的自动控制原理课程教学改革探索与实践 [J]. 职业, 2024(4): 45-48.
- [8] 蔡晓敏, 周映江, 韩燕. 多元阶梯式教学在“自动控制原理”课程中的应用 [J]. 工业和信息化教育, 2024(4): 87-90.