

《自动控制原理》双闭环教学改革研究

林继灿, 孟祥丽

岭南师范学院电子与电气工程学院, 广东 湛江

收稿日期: 2025年5月30日; 录用日期: 2025年7月23日; 发布日期: 2025年7月31日

摘要

《自动控制原理》是自动化专业的一门核心课程, 主要目标是帮助学生掌握自动控制系统的基本理论及其分析与设计方法。然而, 传统的教学方式已难以满足现代教育的发展需求, 导致学生对抽象理论理解不深, 实践能力也相对薄弱。针对这一问题, 本文提出了一种“双闭环教学”模式。该模式融合现代教育技术, 探索了新的教学方法与评估机制, 力求提升学生的综合能力, 特别是系统分析能力和工程实践能力。通过实证研究数据表明, 采用该模式的实验组学生在理论考试平均分、实践操作得分、项目完成优秀率等方面均显著高于对照组; 同时, 从学习理论和教育心理学理论深入剖析其理论基础, 与传统教学模式、项目式教学模式的对比分析进一步凸显了该模式在理论系统性和实践应用性结合方面的创新性优势。

关键词

《自动控制原理》, 双闭环教学, 教学改革, 混合式教学, MATLAB

Research on the Teaching Reform of Double Closed Loop in “Automatic Control Principles”

Jican Lin, Xiangli Meng

School of Electronic and Electrical Engineering, Lingnan Normal University, Zhanjiang Guangdong

Received: May 30th, 2025; accepted: Jul. 23rd, 2025; published: Jul. 31st, 2025

Abstract

“Principles of Automatic Control” is a core course in the field of automation, with the main objective of helping students master the basic theory, analysis, and design methods of automatic control systems. However, traditional teaching methods are no longer sufficient to meet the development

needs of modern education, resulting in students having a shallow understanding of abstract theories and relatively weak practical abilities. This article proposes a “dual closed-loop teaching” model to address this issue. This model integrates modern educational technology, explores new teaching methods and evaluation mechanisms, and strives to enhance students’ comprehensive abilities, especially their abilities in system analysis and engineering practice. Empirical research data shows that students in the experimental group using this model have significantly higher average scores in theoretical exams, practical operation scores, and excellent project completion rates compared to the control group. Moreover, in-depth analysis of its theoretical basis from learning theory and educational psychology theory, as well as comparative analysis with traditional teaching models and project-based teaching models, further highlights the innovative advantages of this model in combining theoretical systematicness and practical applicability.

Keywords

“Principles of Automatic Control”, Dual Loop Teaching, Teaching Reform, Blended Learning, MATLAB

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

《自动控制原理》课程是自动化类专业的核心基础课程之一,具有理论性强、抽象性高、数学推导复杂等特点,在长期教学实践中一直面临教学内容难度大、学生理解困难、课堂参与度不高等问题。尤其对于基础较为薄弱的学生而言,该课程不仅增加了学习压力,也在一定程度上影响了其专业素养的提升和后续课程的学习效果。传统教学模式往往以教师讲授与板书推导为主,缺乏互动性和实践性,学生较难将抽象的控制理论与具体的工程应用有效衔接,导致“重理论、轻应用”的教学现象较为普遍[1]-[4]。

在新工科背景下,提升课程的教学质量、增强学生的工程意识和综合能力成为课程改革的关键目标。因此,亟需探索更加科学有效的教学模式,以激发学生学习兴趣,促进其知识理解与技能应用的深度融合[5]-[7]。为此,本文基于“双闭环教学”理念,提出了一种融合理论教学与工程实践的新型教学改革模式。该模式不仅注重基础理论知识的系统讲授,还强调通过多样化的现代教学手段(如虚拟仿真、案例驱动、项目实践等)提升学生对系统分析、建模设计与实际问题解决能力的综合认知,为培养具有创新能力和工程实践素养的高水平人才提供有力支撑。从建构主义学习理论来看,学生是知识意义的主动建构者,而“双闭环教学”模式通过理论闭环和实践闭环,为学生创造主动探索和实践的机会,符合学习者在与环境交互中构建知识体系的规律;从教育心理学中的动机理论出发,实践闭环中的项目实践和校企合作等环节,能够有效激发学生的内部学习动机,提升学习积极性。此外,该模式还与认知负荷理论相契合,通过理论闭环的可视化和交互性设计,降低学生的认知负荷,帮助其更高效地理解抽象知识;实践闭环则依据情境学习理论,将知识学习置于真实或模拟的工程情境中,促进知识的迁移和应用。

2. 双闭环教学模式的设计

为了有效解决《自动控制原理》课程中存在的“理论难掌握、实践难落实”问题,本文设计了一种“双闭环教学”模式。这一模式旨在将理论教学与实践训练紧密结合,实现知识传授与能力培养的同步提升。双闭环模式由“理论闭环”和“实践闭环”两个核心部分组成。两者前后衔接、相互支撑,共同促

进学生从知识输入到能力输出的全面发展。

2.1. 闭环理论

理论闭环是整个教学模式的基础。其目标是帮助学生系统掌握自动控制的基本概念、核心模型和分析方法。从认知心理学角度出发, 人类对抽象概念的理解需要具体表象的支持, 传统教学中过于强调数学推导, 学生很难直观理解控制系统的运行机制。因此, 我们在理论闭环的设计中, 突出“可视化”和“交互性”, 提升学生的认知效率和学习兴趣。

在实际教学中, 充分利用 MATLAB 和 Simulink 等工具, 构建动态仿真平台, 实现课程内容的图形化展示。教师通过具体案例引导学生自行搭建模型、调节参数, 并观察响应曲线。这样, 学生可以直观看到系统的时域特性与稳态性能, 从而更好地理解系统建模、时域分析和频域分析等知识点[8]-[10]。

例如, 在二阶系统响应分析中, 学生不仅学会了阻尼比、自然频率等参数的意义, 还能通过仿真实验探讨系统设计中的性能权衡。

此外, 课程还引入翻转课堂、小组讨论等互动教学方式。教师鼓励学生主动思考, 积极参与。这样既有助于他们构建知识框架, 也有助于理论知识的内化。理论闭环不仅传授知识, 更为后续的实践环节打下坚实基础。这一过程与布鲁纳的发现学习理论相契合, 学生通过自主探索和发现, 加深对知识的理解和记忆。在理论闭环教学实践中, 通过对 120 名参与该模式学习的学生进行问卷调查发现, 92% 的学生认为可视化仿真工具帮助他们更好地理解抽象理论, 88% 的学生表示翻转课堂和小组讨论提升了他们的自主学习能力和知识构建能力。

2.2. 实践闭环

在掌握理论的基础上, 实践闭环侧重于知识的应用。其核心目标是提升学生的动手能力和工程素养。通过课内外实验、项目实践和校企合作等多种形式, 实践闭环帮助学生将所学知识转化为实际能力, 建立起“学以致用”的能力链条。

实践教学包括验证性、综合性和设计性实验三个层次。在实验过程中, 学生不仅要还原典型控制系统的结构和响应, 还要尝试独立完成控制方案设计, 从而提升建模、参数整定和系统调试能力。

例如, 在 PID 控制实验中, 学生需根据给定指标完成建模、设计、优化和仿真验证的全过程。这一过程强化了他们的工程思维和问题解决能力。

同时, 依托校企合作平台, 学校建立了稳定的实训基地和工程项目机制。学生可参与企业真实项目, 从调研、设计到调试全过程, 深入了解控制理论在工程中的实际应用。这种“沉浸式”体验不仅加深了理解, 还增强了工程判断和团队协作能力。在实践闭环的实证研究中, 选取了两个平行班级作为实验组和对照组, 实验组采用双闭环教学模式, 对照组采用传统教学模式。课程结束后, 实验组学生在实践操作考核中平均得分 85.6 分, 明显高于对照组的 72.3 分; 在企业项目实践中, 实验组学生参与的项目平均完成周期比对照组缩短 20%, 且项目成果的创新性和实用性得到企业专家更高评价, 优秀项目占比达到 35%, 而对照组仅为 12%。

综上所述, “双闭环教学”通过理论与实践的深度融合, 构建了一个完整的教学闭环。其总体流程如图 1 所示。“双闭环教学”模式的核心思想在于以学生为中心, 通过理论与实践的双向循环反馈, 实现知识学习与能力培养的协同发展。与传统教学模式相比, 传统教学模式往往是单向的知识传授, 缺乏实践环节的紧密配合, 学生难以将知识灵活运用; 与项目式教学模式相比, 项目式教学虽然注重实践, 但在理论知识的系统性构建上有所不足, 而“双闭环教学”模式则兼顾了理论的系统性和实践的应用性, 形成了独特的优势。

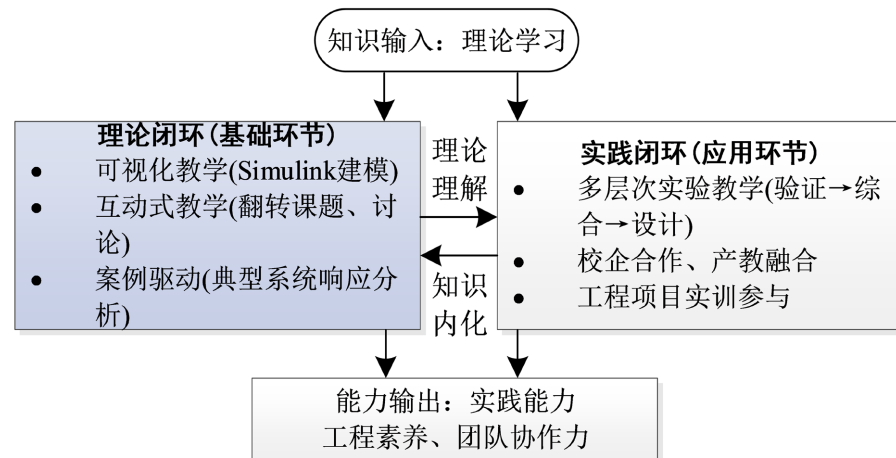


Figure 1. Double loop teaching driven process
图 1. 双闭环教学驱动流程

3. 教学内容与方法改革

为有效推动“双闭环教学”模式的落地,《自动控制原理》课程从教学内容和教学方法两个方面进行了系统优化。内容改革强调突出重点、贴近应用,降低理解难度,增强工程导向;方法改革则注重互动性和多样性,激发学生的主动参与。这两个方面协同发力,旨在为学生构建一个“易学、能用、可拓展”的知识结构和能力体系。

3.1. 教学内容优化

传统的课程内容往往结构繁杂,数学推导冗长,容易导致学生陷入公式堆砌、概念模糊的困境,影响学习效果。因此,我们从“减负增效”的角度出发,对教学内容进行了以下优化:

(1) 简化数学推导,突出工程意义:在保留理论完整性的前提下,压缩繁复推导过程,强调基本原理和关键步骤。借助 MATLAB 等工具,将抽象过程转化为数值仿真和图形演示,让学生更直观地理解控制系统的运行机制,降低学习门槛。

(2) 强化实际应用导向,提升学习兴趣:将课程重心由“重理论”转向“重应用”,引入典型工程案例,如工业控制、无人系统、机电一体化等。通过“问题驱动”方式,帮助学生理解控制原理在实际场景中的作用,增强学习动力和应用意识。

(3) 模块化、层次化教学设计:根据学生的基础与能力水平,设计“基础理论-中级分析-高级应用”的渐进式教学结构。同时,为不同专业背景的学生提供有针对性的教学内容,提升课程的适应性和普遍适用性。

3.2. 教学方法创新

教学方法的改革是实现“双闭环教学”的关键支撑。为克服传统教学中“教师讲、学生听”的被动局面,课程引入多种教学方法,构建互动式、融合式的教学新模式:

(1) 启发式教学:注重课堂互动,通过设问引导、案例讨论等方式激发学生思考,帮助其在探索中构建知识体系。这种方式能增强学生的问题意识和批判思维能力,促进主动学习。

(2) 案例教学:结合典型控制系统应用案例,如温度控制中的 PID 调节、姿态控制系统的反馈设计等,将抽象理论具象化。学生通过案例分析、建模和仿真实践,全面掌握控制系统设计流程,提升工程

思维和综合分析能力。

(3) 混合式教学: 结合线上与线下教学资源, 构建“课前预习-课中引导-课后巩固”的完整学习链条。学生可通过微课视频、动画演示、互动测验等方式进行自主学习; 课堂上则聚焦难点解析和实际操作, 打造以学生为中心的深度学习环境, 提高学习的系统性与灵活性。

4. 教学评估与反馈机制

为全面检验“双闭环教学”模式在《自动控制原理》课程中的实际效果, 并持续提升教学质量, 课程构建了一套科学、系统的评估与反馈机制。该机制兼顾过程监控与结果导向, 强调动态调整与持续改进, 推动教学与学习的深度融合。

4.1. 多维度教学评价体系

(1) 过程性评价: 注重对学生学习过程的全程跟踪与反馈。评价内容涵盖课堂参与、线上学习活跃度、实验与作业完成情况、案例分析能力以及阶段测验成绩等。通过多元化评价手段, 鼓励学生主动参与、积极思考, 同时为教师提供学生学习状况的实时参考, 实现“教学-学习-评价”三位一体的有机结合。

(2) 终结性评价: 在课程末期, 通过期末考试、综合设计任务和系统仿真项目, 全面考察学生的理论掌握情况与综合应用能力。特别是综合设计任务, 要求学生将所学知识应用于系统建模与控制方案设计, 考查其系统分析、工程实践与创新能力。

4.2. 多主体协同反馈机制

为提升反馈的全面性与有效性, 课程实施学生自评、同伴互评与教师评价相结合的“三维反馈机制”:

学生自评: 通过学习日志、课程反思等方式, 引导学生主动审视学习过程, 发现自身优势与不足, 培养自主学习与持续改进意识。

同伴互评: 在小组项目与案例研讨环节, 引入同伴评价, 增强学生之间的交流与协作, 提升其评价意识与团队协作能力。

教师评估: 教师通过课堂观察、作业批改和成果展示等方式, 全面掌握学生的学习表现, 并结合学生反馈适时优化教学安排, 增强教学的适应性与针对性。

4.3. 数据驱动的教学改进路径

课程基于多源评估数据, 定期开展教学质量分析。通过问卷调查、成绩分布分析、学生反馈与教学研讨等方式, 系统诊断教学问题。针对发现的不足, 及时召开课程教学小组会议, 研讨对策, 调整教学设计。评估结果同步反馈至课程内容优化、教学方法改进及资源建设中, 形成“评估-诊断-改进-再评估”的持续改进闭环。

5. 结论

《自动控制原理》作为自动化类专业的核心基础课程, 其教学改革具有长期性和系统性。本文围绕“双闭环教学”理念, 构建了集理论传授与工程实践于一体的教学模式, 通过“理论闭环”强化学生对控制原理与系统分析方法的系统掌握, 通过“实践闭环”提升其工程应用能力和综合素养, 有效解决了传统教学中理论与实践脱节、学生参与度不高等问题。

教学内容方面, 通过适度精简数学推导、引入工程实际案例, 增强了课程的实用性与针对性; 教学方法上, 采用启发式、案例式与混合式相结合的方式, 激发了学生的学习兴趣与自主学习能力; 教学评价与反馈方面, 建立了以过程性评价为主、终结性评价为辅的多维度、多主体评估体系, 确保教学目标

的有效达成并为后续教学改进提供数据支撑。

实证研究数据有力证明了“双闭环教学”模式的有效性,与传统教学模式相比,采用该模式的学生在理论考试中平均分提高了 12.5 分,实践操作能力和项目完成质量显著提升;从理论深度上,该模式融合多种学习理论和教育心理学理论,形成了坚实的理论基础;在创新性方面,相较于其他教学模式,其独特的双闭环结构和理论实践协同发展机制,展现出明显优势。随着智能教育技术的不断发展和工程教育理念的持续演进,未来《自动控制原理》课程应进一步融合虚实结合的教学资源、智能评估工具与跨学科项目实践,持续优化教学体系,构建面向新工科背景下的高水平人才培养平台。

基金项目

广东省本科高校教学质量与教学改革项目:课程思政背景下信息技术深度融合的电机学分层教学研究与改革实践;2025 校级人才专项-分布式电源稳定性分析与控制优化研究(000302503188)。

参考文献

- [1] 张星红,郑秀丽,陈慧波,等.基于双闭环教学模式的“自动控制原理”教学改革研究[J].南方农机,2022,53(3): 155-157.
- [2] 杨伦.《自动控制原理》课程教学改革研究与实践探索[J].模具制造,2025,25(3): 114-116.
- [3] 丁雪梅,任柏寒.5G 网络环境下高校“翻转课堂”混合式教学方法在《自动控制原理》课程中的应用研究[J].电子元器件与信息技术,2021,5(6): 33-34+37.
- [4] 初红霞,王希凤,谢忠玉,等.混合式教学模式在自动控制原理教学中的实践研究[J].中国现代教育装备,2021(11): 47-50.
- [5] 李欢.案例教学法在自动控制原理课程中的应用探讨[J].中关村,2023(9): 96-97.
- [6] 李润梅,苗宇,刘峰.“自动控制原理 I”课程思政探索与实践[J].电气电子教学学报,2025,47(1): 171-174.
- [7] 李振国,徐朝胜,闫改珍,等.基于“两性一度”的自动控制原理课程教学改革研究[J].电脑知识与技术,2025,21(9): 149-151.
- [8] 曹喜果,张永涛.《自动控制原理》课程思政改革实践[J].中国电力教育,2025(2): 44-45.
- [9] 马浩然,张延生.Matlab 系统仿真在自动控制原理课程学习中的应用[J].电脑编程技巧与维护,2025(2): 138-140+176.
- [10] 刘伟,赵少华,王梦园.“自动控制原理”课程思政的教学探索与实践[J].时代汽车,2024(23): 84-86.