

新工科背景下《控制工程基础》课程教学改革与探索

邹 权

南京理工大学机械工程学院, 江苏 南京

收稿日期: 2025年9月6日; 录用日期: 2025年10月31日; 发布日期: 2025年11月12日

摘 要

《控制工程基础》是我校兵器类专业的核心课程, 传统课程教学偏重理论传授, 忽视实践应用, 存在教学内容抽象、教学模式陈旧、实践环节薄弱、考核评价方式不全面、课程思政融入不足等问题。文章以新工科建设背景下兵器类专业工程创新型科技人才培养需求为导向, 通过重构教学内容与知识体系、多样化教学模式与实践方法、完善评价体系与深化课程思政等措施, 推进新工科背景下《控制工程基础》课程教学改革, 助力学生工程思维与创新能力培养, 提高课程教学质量。

关键词

教学改革与探索, 《控制工程基础》, 新工科

Teaching Reform and Exploration of the Course “Fundamentals of Control Engineering” under the Background of New Engineering

Quan Zou

School of Mechanical Engineering, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing Jiangsu

Received: September 6, 2025; accepted: October 31, 2025; published: November 12, 2025

Abstract

“Fundamentals of Control Engineering” is a core course for the weapon-related majors in our university.

Traditional teaching of this course has been overly focused on theoretical instruction while neglecting practical application. There are problems such as abstract teaching content, outdated teaching methods, weak practical components, incomplete assessment and evaluation methods, and insufficient integration of ideological and political education into the curriculum. This paper, guided by the demand for cultivating innovative engineering talents in the weapon-related majors under the background of new engineering education, proposes measures such as reconstructing teaching content and knowledge systems, diversifying teaching methods and practical approaches, improving the evaluation system, and deepening ideological and political education in the curriculum to promote the teaching reform of “Fundamentals of Control Engineering” under the new engineering education background. This will help cultivate students’ engineering thinking and innovation abilities and improve the quality of the course teaching.

Keywords

Teaching Reform and Exploration, “Fundamentals of Control Engineering”, New Engineering

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

当今世界科技高速发展,我国国防工业的自动化、信息化水平不断提高,无人作战飞机、无人潜水器、无人战车等高度自动化、智能化的无人武器系统大量涌现,同时具有兵器专业背景的控制工程人才需求也急剧增长。在上述背景下,我校兵器类专业面临适应未来武器装备智能化、无人化发展需求和培养高素质应用型人才的挑战。《控制工程基础》课程作为我校兵器类专业的核心课程,教学内容涵盖控制系统数学建模、时域响应分析、频率特性分析、系统稳定性分析、系统误差分析、控制系统综合校正等经典控制理论核心内容[1],是兵器类专业学生掌握自动控制技术的核心课程。该课程具有理论性强、内容抽象、概念繁杂等特点[1][2],传统教学模式存在教学内容抽象、教学模式陈旧、实践环节薄弱、考核评价方式不全面、课程思政融入不足等问题,导致教学缺乏互动性、学生学习效果欠佳,难以激发学生的学习兴趣与创新动力。面对上述困境,朱春霞[3][4]等针对机械类专业探索了以工程能力培养为目标的《控制工程基础》课程改革,从教师自身能力、企业合作等方面提出了课程改革思路,并指出从学习能力、转化能力、应用能力和创新能力等四个方面出发,将控制工程专业所表达的思想贯穿其中,以此来完成对学生的培养。张莉等[5]同样针对机械类专业,从强化知识体系、优化教学内容、完善课程考核等方面进行了教学改革探索与思考。范红铭[6]等针对职业本科高校智能控制工程类专业群,探索了书证融通途径,构建了实践教学目标体系、实践教学内容体系、实践教学管理体系、实践教学评价体系等方式,全面提高了学生专业技能和综合素养。孙国鑫等[7]提出了以 OBE 教育理念为指导的《控制工程基础》课程改革,可为机械类专业的课程改革提供借鉴。吕迎[8]等以工程教育专业认证为背景,构建了材料成型及控制工程专业“三级管理、四级评估”模式的教学过程质量监控体系,有效提高了工程教育人才培养质量。目前,针对兵器类专业的《控制工程基础》课程改革与探索尚不多见。为了提升学生发现、分析和解决武器系统研制中实际工程问题的能力,培养新工科建设大背景下具备较强创新能力的兵器专业科技人才,推进《控制工程基础》课程教学改革、探索适应新工科背景的教学转型升级刻不容缓[9]。

2. 目前存在的问题

2.1. 教学内容方面

1) 教学内容更新不及时, 知识结构滞后。新工科建设背景下, 科技高速发展, 大量新技术涌现, 知识更新速度快, 然而《控制工程基础》课程教学内容仍主要围绕控制系统建模、时频域分析、稳定性分析、误差分析、控制系统综合与校正等经典控制理论展开[9], 未能充分紧跟网络化控制系统、无人化控制系统、智能化控制系统等自动控制学科发展前沿, 对神经网络控制、模糊控制、强化学习控制等先进控制理论和前沿控制技术的引入深度和广度不足, 与未来武器系统智能化、无人化、集群化发展需求存在明显差距。

2) 课程知识体系单一, 跨学科融合不足。控制工程涉及机械、电气、液压、力学、信息等多个学科的知识[7], 跨学科知识的融合对先进武器系统研制至关重要, 然而课程在设置上过于侧重以传递函数为基础的經典控制理论, 对于参数估计、非线性系统控制、最优控制等现代控制理论介绍偏少, 并且缺乏与计算机科学、人工智能、现代传感技术等领域的交叉融合, 使得课程知识体系较为单一, 限制了学生利用多学科知识解决复杂工程控制问题的视野和能力, 难以满足未来武器系统研制对复合型人才的要求。

2.2. 教学方法与实践方面

1) 教学模式陈旧, 教学效果差。课程教学主要采用以教师 PPT+ 板书讲授为主的传统教学模式, 通常以概念介绍和公式推导为教学主线, 对工程背景、应用场景等介绍不足。同时教师在教学过程中, 常以数学推导为教学重点, 推导过程涉及较多的数学公式和大量的复杂计算, 不仅教学内容枯燥抽象, 而且对学生的学习自主性不够重视, 导致学生缺乏主动思考和参与互动的机会, 学习积极性不高、效果差。例如, 学生理解线性系统频率特性及稳定性等抽象概念时, 过度依赖传递函数与公式推导, 问题驱动教学和案例式教学[10][11]等先进的教学方法融入不足, 缺乏动态模拟与可视化工具的辅助, 难以形成直观认识, 导致学生学习效果差。

2) 实践环节薄弱, 缺乏工程应用背景, 解决实际工程问题的能力有待进一步提高。实践教学环节是对理论教学环节的有效补充, 然而课程实践教学环节在课程体系中的比重只有 10%, 且受实验设备限制, 实验内容仅对由电路网络构建的典型一阶及二阶系统的时域瞬态响应进行探究, 控制系统综合与校正方面的实践较少, 缺乏以武器系统为背景的综合实践环节, 难以满足未来无人智能武器系统对控制系统设计与调试的实际需求。此外, 实践教学环节缺乏以实际工程问题为背景的综合性项目设计, 学生难以将建模、分析、设计、仿真、调试等环节融会贯通, 无法满足培养学生解决实际控制工程问题的需求。

2.3. 教学评价与思政方面

1) 教学评价方式不全面。教学评价是重要的教学环节, 对评估课程体系设计科学性、教师教学质量、学生学习成效具有重要意义[12]。《控制工程基础》课程考核主要包括期末闭卷考试、课程实验以及平时成绩。期末闭卷考试成绩与学生考试时的身体及精神状态息息相关, 如近年来多次发生的学生带病考试、连续多门考试引起的压力大等导致的考试成绩不理想, 且闭卷考试侧重于考察学生对公式、理论的记忆能力, 易出现期末突击复习侥幸通过的现象[3]。课程实验则往往具有固定的实验步骤, 学生只需按照实验指导书上规定的步骤进行操作即可获得实验结果, 忽略了实验过程中对学生提出、分析、解决问题能力的考察。平时成绩往往过度依赖课堂点名及提问, 在大班教学模式难以客观评价全体学生的学习效果。总体来说, 课程考核评价体系不够科学全面, 难以真实全面反映学生的学习效果。

2) 课程思政元素融入不足。控制工程基础教学内容理论性强、缺乏实际工程应用背景, 导致教学过

程中课程思政元素融入不足，且思政元素与专业知识的结合不够紧密，缺乏与我国典型武器装备或重大事件的有机融合，未能深入挖掘课程知识体系中蕴含的军工精神、工匠精神等思想政治教育元素，难以实现价值塑造、知识传授和能力培养的有机融合。

3. 教学改革与探索

本文针对我校兵器类专业《控制工程基础》课程当前所面临的多重挑战，以及新工科背景下对于培养多元化、创新型高端人才的改革需求，从重构教学内容与知识体系、多样化教学模式与实践方法、完善评价体系与深化课程思政等方面进行教学改革与探索。

3.1. 重构教学内容与知识体系

1) 构建模块化课程知识图谱，助力学生学习效果提升。为满足不同能力水平学生的学习需求，构建“基础模块-分析模块-综合模块”的课程知识图谱，其中基础模块涵盖自动控制基本概念、状态空间方程与传递函数等系统数学模型建立，引入网络化控制系统、无人化控制系统、智能化控制系统的基本概念；分析模块包括时域响应分析、频域分析、误差分析、稳定性分析(除代数及几何稳定性判据外，引入李雅普诺夫稳定性判据、波波夫稳定性判据)；综合设计模块聚焦控制系统的综合与校正，在原有教学内容的基础上增加自适应PID、自抗扰控制、滑模控制等现代武器系统中应用较广的现代控制理论，同时介绍强化学习、多目标优化等理论在控制系统综合与校正中的应用前景。

2) 设计分层教学目标，逐步提升学生实践能力。设置“基础层-进阶层-创新层”三层教学目标，逐步提升学生分析、解决实际工程问题的能力。基础层使学生掌握时域响应分析、频域分析、误差分析、稳定性分析、综合与校正等控制理论的基础知识，通过例题、习题等教学案例强化基础知识理解；进阶层提高学生动手能力，采用MWoks、MapleSim、AMESim等专业仿真软件建立武器装备随动系统、装填系统等典型部件仿真模型，并完成控制系统仿真与参数调整；创新层丰富学生实战经验，通过参加我校举办的武器创新设计大赛、科研训练或校企合作项目，融合模糊控制、神经网络、强化学习等智能控制算法开展实战训练，提升学生综合运用人工智能等先进技术和解决复杂实际工程问题的能力。

3) 丰富知识体系，融入多学科知识与前沿技术。在经典教学内容的基础上，及时融入控制学科前沿技术和必要的跨学科知识，增强与信息论、人工智能、计算机等领域的联系，构建立体化多层次知识体系，满足未来武器系统研制对复合型人才的要求。在教学过程中适当增加基于神经网络、模糊系统等智能方法的控制系统建模与控制等教学内容，适度引入信号处理与滤波、参数辨识、故障诊断与健康管理等、数字孪生、复杂系统多智能体协作与博弈等多学科知识，丰富学生利用多学科知识解决复杂工程控制问题的视野和能力。

3.2. 多样化教学模式与实践方法

1) 多样化教学提升课堂教学效果。《控制工程基础》课程教学内容繁多，传统课前预习、课中讲解、课后巩固的教学模式效果差，采用多样化教学能有效提升教学效果[13]。在教学过程中，以案例式教学为主要手段，有机结合问题导向式教学、讨论式教学等，提升学生的学习效果。例如，以某火炮随动控制系统为教学实例，首先制定随动系统设计的快速性、稳定性、准确性等指标，然后将项目分解成系统建模、时域和频域分析、控制器综合等几个环节，并依次从随动系统各环节数学建模，到时域响应分析、频率特性分析、系统稳定性分析、系统误差分析，再到控制系统综合校正，所有核心教学内容均围绕该案例展开，将问题逐层分解并关联至课程知识点，帮助学生构建系统化的知识体系并理清解决实际工程问题的技术路径。同时，课前预习合理设置引导问题激发学习兴趣，课中讲解适时设置讨论环节提高学习主动性，课后巩固引导学生动手实践加深重要知识点理解。例如，在讲解控制系统综合与校正时，以

“如何提升火炮随动系统的位置控制精度?”为问题引导学生进行课前预习,鼓励学生在课前主动查阅教材、网络资源并进行讨论;课中讲解适时引入超前校正、滞后校正、滞后-超前校正等典型装置的校正机理讨论,并以随动系统为例进行对比验证,帮助学生理解与掌握不同的课程知识,提升学生学习效率;课后巩固引导学生采用 MWoks、Matlab/Simulink、Multisim 等专业软件对课后习题、课堂教学内容等进行仿真分析并验证,并采用微信群、QQ 群等方式进行线上答疑,加深对重要知识点的理解并提高学以致用能力。

2) 项目式教学提升实践能力。在实践教学环节中,借助校企合作平台、省部级实验室等各类平台以及各类科研项目成果,结合实际工程项目开展项目式教学。例如,借助我校特种装备发射与控制工信部重点实验室的中大口径火炮弹药装填系统、小口径高炮自动机等教学平台以及工信部条件保障建设平台,同时引入 Matlab/Simulink、MapleSim、MSC Easy5 等控制系统虚拟仿真实验平台,引导学生根据实际系统进行控制系统建模、性能分析、控制器设计、控制系统调试等工作,实现“建模+分析+仿真+实践”的多维融合教学模式,让学生亲身体验理论知识到工程实现的完整流程。此外,还可鼓励学生主动参加科研训练、学科竞赛或科研项目,丰富学生实践经验。

3.3. 完善评价体系与深化课程思政

1) 构建多元化考核评价机制,实现学生科学全面评价。基于产出导向的教学理念,构建过程和结果并重的多元化考核评价体系[11]。过程性评价注重学生学习态度及动手能力考察,主要包括学生课前预习、课堂考勤、课堂问答、课堂测验、课后作业、文献分享、网络资源使用、实验操作、参加竞赛等方面,而结果性评测则聚焦于期末考试,重点考察学生的知识掌握程度,并视情况增加答辩环节以全面评估学生知识应用、工程实践能力。同时利用数字化手段完善课程考核评价体系,例如,在课堂问答方面,可借助课程教学平台进行课堂答题、选人提问、抢答等互动活动,根据学生答题统计情况进行过程性评价,单次课程教学回答超过 3 次或者作出有价值的回答可视为课堂表现活跃,应给予较高的评价,反之应适当降低评价。课后设置问卷调查、项目作品展示等环节,充分了解学生学习成效。

2) 深入挖掘课程思政元素,弘扬军工精神。深入挖掘课程知识体系中蕴含的军工精神、工匠精神等思想政治教育元素,实现价值塑造、知识传授和能力培养的有机融合。例如在介绍控制理论发展历史时,介绍我国古代的铜壶滴漏计时系统、张衡发明的水运浑象仪和候风地动仪等自动化系统远早于欧洲工业革命时期的蒸汽机等自动化系统,提升学生的民族自豪感;在介绍控制系统性能指标时,以不同用途火炮对随动控制系统的性能指标要求为例讲解稳定性、快速性、准确性三个指标,培养学生抓住主要矛盾、兼顾次要因素的全局掌控能力;在控制系统的稳定性分析课堂讨论中,介绍劳斯、李雅普诺夫等科学家的生平和贡献,说明数学知识对科学发现的重要作用,同时介绍王泽山院士以“一辈子做好一件事”的执着与坚韧工作于火炸药研究第一线的先进事例,培养学生追求真理、献身科学的精神;在介绍系统鲁棒性(Robustness)时,以随动系统设计为例阐述实际工程问题内部参数的非线性、时变性和外部环境的多样性,引导学生理解在复杂多变环境中保持系统稳定、坚守原则的重要性,将专业知识的内涵与价值引领更紧密地结合起来。

4. 结束语

本文通过重构教学内容与知识体系、多样化教学模式与实践方法、完善评价体系与深化课程思政等措施,实施新工科背景下我校《控制工程基础》课程的改革与探索,实现知识传授、能力培养与价值塑造的协同发展,并在未来教学中选择 1~2 个教学周期将所提出的改革方案付诸实践,以实证结果来验证改革的有效性。未来还将进一步深化与人工智能、大数据、物联网等新兴技术的交叉融合,进一步探索

个性化学习路径,全面提升学生学习效果。例如,引入人工智能、数字孪生等前沿工具,开发源于实际工程场景的综合性控制案例和项目;加强校企合作,联合企业开设实训基地,将实际工程问题转化为教学项目,构建更贴近工程实际的实践教学体系。同时,持续不断优化教学评价机制,利用大数据分析等技术实现对学生学习过程的全面跟踪和个性化指导,推动课程教学质量的持续提升,为新工科背景下培养掌握控制工程核心技术的高素质创新型工程人才提供更加有力的支撑。

参考文献

- [1] 董景新,赵长德,郭美凤,等.控制工程基础[M].第3版.北京:清华大学出版社,2009.
- [2] 朱春霞,王学尧,范丽婷,刘振鹏.混合教学模式下《控制工程基础》层次化教学研究[J].教育进展,2022,12(4): 1172-1176.
- [3] 朱春霞,王学尧,范丽婷.以工程能力培养为目标的《控制工程基础》课程改革探索[J].创新教育研究,2023, 11(2): 340-345.
- [4] 朱春霞,孙家宁,王丹,范丽婷.面向机械工程专业能力培养的《控制工程基础》课程教学改革探讨[J].创新教育研究,2022,10(4): 695-700.
- [5] 张莉,杨建伟,邬娜.新工科背景下控制工程基础课程教学改革探索[J].教育进展,2024,14(5): 957-962.
- [6] 范红铭,樊棠怀,蒋淦华.职业本科智能控制工程类专业群实践教学改革创新与实践[J].教育进展,2022,12(9): 3305-3310.
- [7] 孙国鑫,谭心,邢静宜.基于OBE理念的机械工程控制基础课程改革探索[J].教育进展,2022,12(10): 4013-4020.
- [8] 吕迎,李俊刚,张达,庄明辉,廖平.面向工程认证的材料成型及控制工程专业持续改进机制探索与实践[J].教育进展,2024,14(10): 250-255.
- [9] 白艳艳,庞新宇,张晓俊.机械控制工程基础课程教学改革探索[J].中国现代教育装备,2024(3): 133-135.
- [10] 孙桂荣.问题驱动教学法在《复变函数》课程教学中的应用研究[J].教育进展,2025,15(5): 739-747.
- [11] 张琰,苏静,张峻霞,杨硕,邱强.新工科背景下AI赋能的“机电一体化系统设计”案例和项目驱动课程教学实践[J].创新教育研究,2025,13(4): 78-84.
- [12] 王华军.推进人工智能驱动数学专业研究生教育教学及评价改革研究[J].创新教育研究,2025,13(4): 662-667.
- [13] 李俊博,纪伟,牛娜,陈立钢.以创新能力培养为导向的“分析化学实验”教学改革与探索[J].创新教育研究, 2025,13(3): 233-238.