

# 新工科背景下控制工程基础课程教学改革探索

张莉, 杨建伟, 邬娜

北京建筑大学机电与车辆工程学院, 北京

收稿日期: 2024年4月22日; 录用日期: 2024年5月21日; 发布日期: 2024年5月28日

## 摘要

随着新工科建设的推进以及人工智能技术的迅速发展, 社会对机械工程类专业人才提出了新的要求。为加快培养新兴领域工程科技人才, 有必要对传统工科专业课程进行教学改革与改造升级。控制工程基础是机械类学生的专业核心课程, 对于推动社会的技术创新与发展有重要作用。因此本文以控制工程基础课程为例, 结合该课程特点及实际存在的问题, 分别从教学模式、教学方法、教学内容、课程考核四个方面探讨了新工科背景下该课程的教学改革思路与方向。通过课程改革, 可以进一步培养学生的创新意识与实践能力, 实现新工科建设背景下创新型高素质人才的培养目标。

## 关键词

新工科, 控制工程基础, 教学改革, 智能技术

# Teaching Reform and Exploration of Control Engineering Fundamentals under the Background of New Engineering

Li Zhang, Jianwei Yang, Na Wu

School of Mechanical-Electronic and Vehicle Engineering, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing

Received: Apr. 22<sup>nd</sup>, 2024; accepted: May 21<sup>st</sup>, 2024; published: May 28<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

With the continuous advancement of the new engineering construction and the rapid development of artificial intelligence technology, new requirements have been put forward for mechanical engineering professionals. It is necessary to reform and upgrade the traditional engineering

courses in order to accelerate the cultivation of engineering technology talents in emerging fields. Fundamentals of control engineering is a core professional course for students of mechanical engineering, playing a crucial role in promoting technological innovation and development. This article takes the fundamentals of control engineering course as an example, and combines the characteristics and actual problems of this course to explore the teaching reform ideas and directions under the background of new engineering from four aspects: teaching mode, teaching method, teaching content, and course assessment. The innovative awareness and practical ability of students are further cultivated through the teaching reform, thereby achieving the goal of cultivating innovative and high-quality talents under the background of new engineering construction.

## Keywords

New Engineering, Fundamentals of Control Engineering, Teaching Reform, Intelligent Technology

Copyright © 2024 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

新工科建设是从服务国家战略、满足产业需求和面向未来发展的高度，在“卓越工程师教育培养计划”的基础上，提出的一项持续深化工程教育改革的重大行动计划[1]。随着新工科建设的不断推进，社会对高端创新型人才提出了更高的要求，相关数据显示，2025年新工科高素质人才缺口将达到1000万人[2]。新工科对卓越工程科技人才培养的内涵要求不断更新，使得工程学科、专业和人才培养始终处于“新”的状态。为了贯彻落实新工科的教育教学理念，新工科专业必须及时地调整培养目标、修订培养标准和培养方案、创新培养模式、改革课程体系、更新教学内容。只有这样，才能使得新工科专业培养的人才始终满足当前和未来产业发展的需要，甚至引领产业未来的发展。因此，深入推进工科专业的教学改革与课程改造升级成为高等院校新工科建设的重要任务。

控制工程基础是普通高等院校机械类专业学生的专业必修课，也是培养智能制造卓越工程师的核心课程[3][4]，对于推动技术创新发展、提高产业竞争力、促进社会可持续发展和培养跨学科人才等方面具有重要意义，对培养机械工程人才、推动社会发展和进步也具有重要作用。然而，现有控制工程基础课程的主要内容是经典控制理论[5]，随着新一代大数据与人工智能技术的进步，控制技术逐渐朝着数字化、网络化、智能化的方向飞速发展，导致课程教学内容与行业发展差异逐渐增大。同时，新工科建设迫切需求新兴领域多元化、创新型高端工程科技人才的培养。上述背景为机械类专业的课程改革与发展带来了新机遇，迫切需要对控制工程基础课程进行探索与改革[6][7]。

## 2. 控制工程基础课程特点及教学改革必要性

控制工程基础是一门综合性较强的专业基础课，涉及高等数学、工程数学、电工电子学等知识，课程内容包括控制系统数学模型、传递函数建立与求解、控制系统时域分析与频域分析、系统稳定性判定、控制系统校正等，旨在通过课程学习使学生掌握自动控制系统的基本组成和工作原理，注重基础理论、计算方法与分析能力的培养。

然而，传统控制工程基础课程的内容多偏重于理论推演，涉及大量的数学公式和复杂计算过程，数理基础薄弱的学生难以理解课程内容，易产生畏难情绪，导致学习积极性不足。同时，该课程理论知识

点繁多,且伴随着工程认证教育改革,控制工程基础课程的课时缩减,为了在规定的课时内完成大纲中的教学内容,通常课程进度较紧凑,导致学生理解、掌握困难,难以从繁杂的算法原理和理论中跳出来,更难将知识提升到应用层次,与工程实际应用脱节。此外,随着产业环境不断升级,实际工业中控制技术通常与智能化和自动化技术结合,而目前课程以经典控制理论为主,教学内容较为陈旧固化,与当前学科和技术领域发展结合的紧密程度不足。传统的控制工程基础课程考核与作业内容仅仅包含有限的知识点,对课程的大部分知识理论覆盖程度不足,难以全方位评价学生学习情况[8][9]。综上所述,传统控制工程基础课程存在“难”“繁”“旧”“偏”等问题。

随着信息技术的迅猛发展以及新工科建设的不断推进,工科教学理论也在持续创新,传统教学模式下培养的学生越来越难以满足用人单位对高素质工程人才的需求。为减小课堂教学内容与行业发展前沿的差异,避免教学内容陈旧、脱节现象,迫切需要对控制工程基础课程进行教学改革[10]。将新兴科学技术与先进教学手段融入控制工程基础课程中,持续创新教学模式、改进教学方法、优化教学内容、完善课程考核,以培养多元化、创新型高端人才为目标,在夯实专业基础知识的前提下不断更新知识领域。控制工程基础课程教学改革有利于帮助学生掌握新工科技术理论知识,培养满足市场和行业发展需求的高素质复合型“新工科”人才。

### 3. 控制工程基础课程教学改革探索与思考

传统机械专业的控制工程基础课程难以满足现代工业对于自动化、智能化和精细化的要求。因此,针对控制工程基础课程的教学现状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,亟需紧密结合课程内容和行业发展需要,基于新工科建设及其发展方向调整课程内容和教学内容。在此背景下,控制工程基础课程的教学可以从四个方面进行改进,如图1所示。

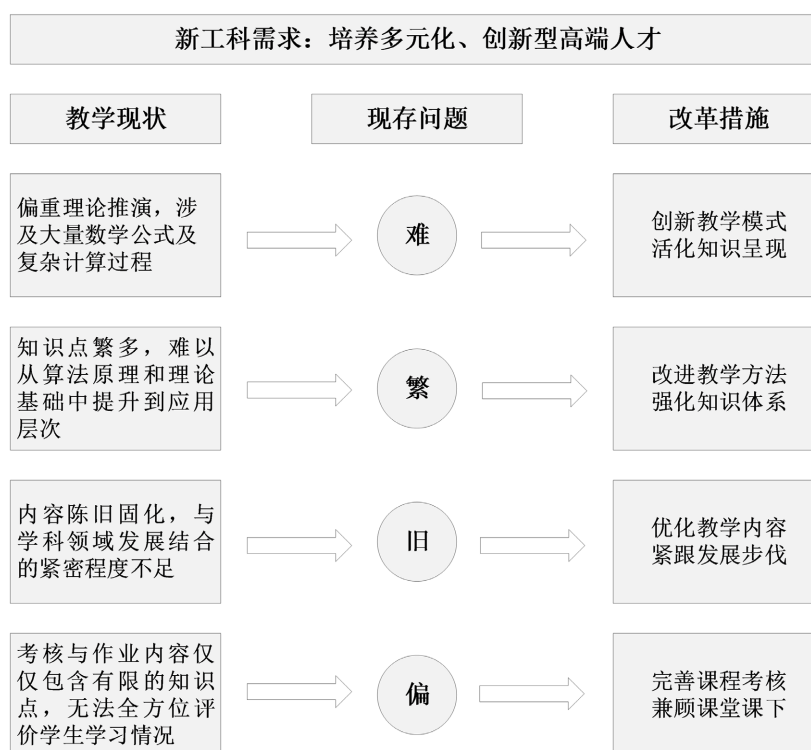


Figure 1. Technology roadmap for teaching reform of control engineering fundamentals

图 1. 控制工程基础课程教学改革技术路线

### 3.1. 创新教学模式，活化知识呈现——解决“难”

控制工程基础课程内容较为晦涩抽象，大部分学生学习热情不高，导致学习效果不理想。因此可通过采用多元化的教学模式，改进知识呈现方式，提升学生的学习兴趣，从而更好地帮助学生理解、掌握课程内容。

在传统教学手段的基础上，充分挖掘计算机和信息技术的发展优势，广泛结合多媒体教学、网络教学等先进的现代教学手段，开展线上线下结合教学。对于基础理论知识，学生预先通过慕课等平台进行自主学习，作为课堂学习的补充，提升教学效率。在课堂教学中，教师通过多媒体课件展示课程主要内容，同时辅以板书教学帮助学生理清学习思路，帮助学生克服对理论推导的畏难情绪，提升教学质量。同时，在超星学习通平台上提供电子课件等教学资料，开展签到、作业、讨论等教学活动，学生可结合自身情况灵活完成学习内容。线上线下结合的教学模式降低了课时受限的影响，可将节省的课时用于工程应用知识的拓展，增加了教学内容的丰富度与直观性，为学生提供良好的教育环境和有力的学习工具。

现有的教学模式注重知识的传授，强调接收学习，易导致学生出现机械学习、死记硬背的情况。因此，可采用“翻转课堂”教学模式，通过“教”与“学”的角色互换优化知识获取途径，引导学生自主学习、深入探索，在学习基础知识与基本技能的同时培养学生的信息搜集与处理能力、分析与解决问题能力、沟通与合作能力。互联网的飞速发展及多媒体教学手段的广泛应用为翻转课堂的实施提供了机遇与保障，有利于进一步培养学生的自主学习能力，达成更高阶的学习目标。

针对理论知识复杂抽象、计算多、绘图困难的问题，在课堂中结合 MATLAB 等软件对控制系统建模、分析等内容进行演示。例如在讲解系统稳定性分析和系统校正时，可借助 MATLAB 绘制系统的奈氏图和伯德图，并通过动画形式生动形象地呈现知识，化难为易，帮助学生理解掌握相关知识。采用现场仿真实验教学的方式将理论与实际应用结合讲解，培养学生对知识的综合应用能力，帮助学生掌握先进的数学工具并以此解决工程问题，使学生从算法原理和理论基础中跳出来，提升到知识的应用层次。

### 3.2. 改进教学方法，强化知识体系——解决“繁”

控制工程基础课程理论知识点繁多，导致学生难以从繁杂的基础理论中跳出来将知识提升到应用层次。因此通过改进教学方法，将繁杂的知识简化串联，强化学生运用所学知识解决问题的能力，培养符合新工科建设需求的高素质人才。

采用案例式教学，在课程中选择经典的控制系统——数控机床工作台位置控制系统为案例，将其贯穿在整个教学过程中。从开始的系统基本概念与原理，到建立控制系统常用数学模型、时域响应分析、频率特性分析、系统稳定性判断，再到系统的校正与综合，均围绕此案例展开，帮助学生“串联”完整的知识体系，做到学以致用。

为进一步强化知识体系，避免理论知识与工程应用脱节，在课程的中后期，可结合工程项目开展教学，即在学习过程中以解决某一具体项目为主线，将繁杂的理论知识串起来，化繁为简。项目式教学法以学生为教学中心，由老师下达任务书，利用项目进行引导，为学生创造解决实际工程问题的机会。引导学生采用仿真与数值计算软件进行项目分析计算，培养学生将课堂知识与实际工程问题融会贯通的能力。将此部分内容加入到课程考核中，让学生以小组形式完成一个自选项目，并定期进行工作进展汇报与展示，锻炼学生的团队协作能力和工程素质。

除此之外，还可采用启发式教学激发学生的学习热情，增强学生的知识层次。通过设置研究型课程专题，鼓励学生针对工程中的实际问题，自主查阅学术论文、专利、科技报道等资料，了解并掌握专业领域的最新动向与技术，深入思考解决方案。同时，组织学生进行相关专题的课堂讨论，促使学生理解并消化授课内容，建立理论知识与工程应用之间的联系，加强应用能力培养。

### 3.3. 优化教学内容, 紧跟发展步伐——解决“旧”

面向未来产业是新工科建设的主要目标, 高等院校应时刻以学以致用、与时俱进为原则, 合理优化、丰富课程内容, 以适应社会变化, 紧跟时代发展步伐。随着工业生产的自动化与智能化发展, 融合了人工智能的控制技术成为发展主流与研究重点。智能控制系统基于机器学习、深度学习等人工智能算法优化控制系统的设计与参数, 不仅提高控制精度与稳定性, 还能有效降低生产成本、增强设备抗干扰能力, 保障系统运行稳定性, 改善运行效率。

因此, 大力推进信息技术、人工智能技术与现有课程的深度结合, 将智能控制系统相关知识融入课程内容, 补充人工智能与机器学习、大数据、数字孪生、云计算等知识, 帮助学生了解并掌握最新的智能控制技术。结合人工智能技术在自动化控制系统中的代表性应用案例进行讲解, 例如机器人焊接、自动驾驶汽车等, 阐明人工智能技术对于提高控制系统性能的优势。同时, 增加轨道车辆设计、智能制造、智能运维过程中先进智能控制技术应用的相关教学内容。

任课教师在科研过程中会涉及大量的诸如人工智能算法的前沿科学技术。因此, 鼓励任课教师通过科研反哺教学的方式优化教学内容。例如, 可采用科研专题讲座、科研成果展示等形式, 让学生充分融入到科研项目中, 认识到智能控制技术发展的必然性, 拓宽学生的知识视野, 提升学生的认知水平, 培养学生的先进思维。这不仅有利于多元化、创新型人才的培养, 还为我国智能控制技术与机械工程专业的融合发展打下基础。

### 3.4. 完善课程考核, 兼顾课堂课下——解决“偏”

课程考评是教育教学中不可或缺的一环。然而, 在机械控制工程基础课程中, 原有的考评方式过于偏重终结性考核, 忽视了过程性考核, 并且过分局限于书本知识的评估, 对实践行为的考核程度不足。这种考评方式无法及时、客观、公正地对学生在整个学习过程中的表现进行动态评价, 无法有效激励和约束学生, 难以推动学生不断调整、完善和探索学习过程, 因此难以建立完整的知识体系, 也无法为后续课程的学习奠定坚实的基础。因此, 建立科学完善的课程考核体系对于提高教学质量具有重要意义。

在加权综合考核的过程中, 应当积极推广教学 APP 的使用, 为学生能够提供多样化的学习资源, 促进互动和参与, 个性化学习体验, 提供实时反馈和评估, 提供便捷的学习管理工具, 同时增强学习动力和自主学习能力。具体来说, 教学 APP 包含在线讨论、实时投票、在线测验等功能, 可以促进学生之间的互动和合作, 增强参与感, 从而激发学生的学习热情。同时 APP 针对学生在线提交作业进行实时反馈与评估, 帮助学生及时了解自己的学习进展, 发现并纠正错误, 提高学习效果。

控制工程课程总成绩由平时成绩和期末成绩两部分组成, 其中平时成绩主要由课堂考勤、随堂作业、课后测验以及期中考试几部分构成。由于随机课堂测验内容只包括少部分知识点, 且学生完成课后习题作业的过程也缺乏必要的监督机制, 导致现有考核方式并不能全方位评价学生全过程的学习情况。对学习过程进行全方位评价可以提升学习投入和学习效果。因此将学生各个章节任务点的学习情况、课堂活动的参与积分和课后作业的累积得分进行了加权综合考核, 把学生平时的学习态度和学习过程真实、公正、有效地纳入课程最终考核体系, 提高学生学习的积极性和主动性。

## 4. 结语

随着新工科建设的不断推进以及智能技术的不断发展, 为培养多元化、创新型、高素质的应用型人才, 满足当前和未来产业发展的需要, 将新工科建设融入课程教学改革势在必行。本文针对控制工程基础的课程特点, 从创新教学模式、改进教学方法、优化教学内容、完善课程考核四个方面进行了深入探索与改革思考, 加强了对学生综合能力和工程素质的培养, 保障了新工科背景下高素质工程技术人才培

养目标的实现，为培养大批卓越工程科技人才打下坚实基础。

## 基金项目

北京建筑大学校级教研项目(Y2226);北京市高等教育学会 2023 年课题(MS2023337);中国建设教育协会教育教科研课题(2023101)。

## 参考文献

- [1] 林健. 引领高等教育改革的新工科建设[J]. 中国高等教育, 2017(Z2): 40-43.
- [2] 夏建国, 赵军. 新工科建设背景下地方高校工程教育改革发展刍议[J]. 高等工程教育研究, 2017(3): 15-19+65.
- [3] 王衍学, 杨银银, 蒋占四. 《控制工程基础》课程教学改革若干思考[J]. 科技信息, 2011(21): 454.
- [4] 刘雁峰, 毕仁贵, 曾钦. 新工科背景下机械控制工程课程教学改革的探索性思考[J]. 时代汽车, 2019(13): 40-41.
- [5] 沈钰杰, 吴皆凝, 刘雁玲, 杨晓峰. 新工科背景下的车辆工程专业课程多元化教学改革探析[J]. 教育教学论坛, 2020(35): 151-152.
- [6] 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.
- [7] 田雪虹. 工程教育专业认证下《机械控制工程基础》课程教学改革[J]. 装备制造技术, 2021(2): 139-141+158.
- [8] 唐腾飞, 肖莉. “机械控制工程基础”教学过程方法研究[C]//湖北省机电工程学会. 机电创新与产教融合新思考. 武汉: 武汉工程大学, 2021: 4.
- [9] 江桦. 基于轨道交通硬件平台的“自动控制原理”实验教学改革[J]. 科技与创新, 2021(3): 90-91+94.
- [10] 李小虎, 王朝晖, 郭艳婕, 张进华. 基于产出导向的“机械控制工程基础”课程教学体系改革及实践[J]. 教育教学论坛, 2021(49): 52-55.