

# Engineering Practice-Driven Reform in Teaching Methodology— A Case Study of Modern Control Theory Course

Shixi Wen<sup>1</sup> Yiwen He<sup>2</sup> Yuan Zhao<sup>1</sup> Chi Li<sup>1</sup> Jian Liu<sup>1</sup>

1. College of Information and Engineering, Dalian University, Dalian, Liaoning, 116600, China

2. College of Music, Dalian University, Dalian, Liaoning, 116600, China

## Abstract

To address the prevalent issues in modern control theory courses—namely, an overemphasis on theory at the expense of practice, abstract and inaccessible content, and inadequate cultivation of engineering application skills—this paper conducts a teaching reform study driven by engineering practice. Grounded in the technical demands of cooperative control for Intelligent and Connected Vehicles (ICVs) and leveraging an established ICV experimental platform, this paper deeply integrates modeling, analysis, and design tasks of ICV control systems into the curriculum. By restructuring teaching content and workflows and concurrently reforming the assessment and evaluation system, the paper targets core challenges such as the disconnect between theoretical instruction and engineering reality and students' deficient applied competencies. The reform demonstrably enhances students' engineering practical abilities and innovation skills, aligning with the overarching objective of cultivating versatile talents in application-oriented research universities.

## Keywords

Engineering application skills; Cooperative control for Intelligent and Connected Vehicles; Curriculum reform; Teaching methodology; Analysis and design of control system

# 工程实践驱动下的课程教学改革研究——以现代控制理论 课程教学为例

文世喜<sup>1</sup> 何怡文<sup>2</sup> 赵园<sup>1</sup> 李驰<sup>1</sup> 柳健<sup>1</sup>

1. 大连大学信息工程学院, 中国·辽宁 大连 116600

2. 大连大学音乐学院, 中国·辽宁 大连 116600

## 摘要

针对现代控制理论课程教学中存在的重理论轻实践、内容抽象难懂、工程应用能力培养不足等问题, 本文以智能网联车辆 (ICV) 协同控制的技术需求为背景, 依托建立的ICV实验平台, 开展工程实践驱动的教学改革研究。通过将ICV控制系统的建模、分析与设计任务深度融入课程教学, 重构教学内容与流程, 并同步改革考核评价体系, 旨在解决课程理论脱离工程实际、学生应用能力薄弱等痛点。在具体实施过程中, 结合实际案例分析与项目化学习, 引导学生从理论推导到实践验证, 切实提升解决复杂工程问题的能力。通过提升学生的工程实践与创新能力, 契合应用研究型大学对复合型人才培养的核心目标, 为新工科背景下的课程教学改革提供可借鉴的实践路径。

## 关键词

工程实践; 智能网联车辆协作控制; 课程教学改革; 课程教学方法; 控制系统分析与设计

## 1 概述

习近平总书记多次指出: “为谁培养人, 培养什么人,

【基金项目】 产学研协同育人项目 (项目编号: 230900805220407); 大连大学2024年度教学改革研究项目; 大连大学学科交叉项目 (项目编号: DLUXK-2024-YB-004)。

【作者简介】 文世喜 (1986-), 男, 中国辽宁大连人, 博士, 副教授, 从事智能网联车辆协作控制方面的教学和科研工作。

怎样培养人始终是教育的根本问题。”依据教育部颁布的《关于开展新工科研究与实践的通知》《关于推荐新工科研究与实践项目的通知》, 高校人才培养目标在于培养未来多元化、创新型、实践型、复合型的卓越工程人才 [1]。课程教学作为人才培养的重要过程, 其需要紧密结合工程实际, 面向未来产业需求。国家颁布《交通强国》战略以来, 智能网联车辆相关的产业以及技术在我国进入了快速发展时期。智能网联车辆协作控制技术是《交通强国》战略中的关键技术之一。其利用先进的计算、通信以及控制技术, 将行驶在道路上的车辆自动排列成紧密的队形, 通过保持较小的车间距, 来提高道路交通流量并减少燃油消耗和尾气排放 [5]。其中, 实

现智能网联控制的关键理论与技术需要以现代控制作为支撑。为此,依托建立的智能网联汽车控制实验平台,本文探索将智能网联车辆协作控制中的建模、分析与控制等问题融入于现代控制理论的课程教学改革和学生的工程实践训练中。为提高学生的学习能力、工程实践能力以及创新能力,注入新的方向和动力。通过培养具有智能网联车辆行业背景的复合型创新工程人才,缓解当前对于车联网、智能驾驶等相关领域的人才紧缺问题。

## 2 《现代控制理论》课程特点及教学现状分析

《现代控制理论》作为自动化专业的核心课程,在学科知识体系与人才培养中占据关键地位。从古代“指南车”蕴含的控制智慧,到现代工业、国防等领域的广泛应用,该课程不仅是理论知识的集大成者,更是连接经典控制与前沿智能控制的重要纽带,对培养学生控制逻辑思维、科研能力及工程实践素养具有不可替代的作用。然而,当前课程教学却陷入“重理论轻实践”的困境,抽象的数学推导与实际工程应用的脱节,导致学生虽掌握数学工具,却难以将理论转化为解决实际控制问题的能力。教材缺乏工程实例、课堂教学脱离行业背景、实践训练不足等问题,进一步削弱了学生的学习积极性与知识应用能力。深入剖析课程特点与现存问题,是推动教学改革、实现理论与实践深度融合的重要前提。

### 2.1 课程内容特点

《现代控制理论》课程是自动化专业的核心课程[3]。在我国古代,从“指南车”到“木牛流马”,处处体现“自动控制”“反馈”的思想。随着控制理论的发展,以研究多变量控制系统的现代理论诞生后,其已成为一门重要的应用理论科学,广泛应用于工业、农业、交通运输业和国防军事等领域,并取得了举世瞩目的成就。通过对现代控制理论的基本理论和研究方法的学习,学生能够更加深入地理解和掌握控制理论知识,进一步形成控制逻辑思维。学生系统掌握现代控制理论中状态空间分析法的相关知识和概念,能够应用状态空间分析法对控制系统运行过程进行建模和分析,并针对控制过程中的复杂控制问题提出解决方案[2]。从而具备分析和提高控制系统性能的方法以及利用控制手段满足控制系统性能指标要求的能力。此外,现代控制理论作为经典控制理论向智能控制等控制前沿学科过渡的桥梁课程,为继续深造的本科生奠定了理论基础并强化了科研思维能力。因此,现代控制理论课程,是控制学科的研究生入学考试的重要科目之一。

### 2.2 课程教学存在的问题

目前,《现代控制理论》教学内容理论、抽象、严谨,课程学习须通过对定理、公式、判据的严格证明,主要培养了学生采用数学工具解决自动化工程问题的能力。虽然学生较易地掌握通过数学手段解决问题的能力,但难以从控制角度深入理解和解决工程问题。由此,课程呈现概念抽象、理论枯燥、难以理解、脱离工程实践的学习现状。现有的教

材和课堂教学存在的主要问题有:①重理论轻工程。现有的教材和教学重点倾向于对理论知识、概念的讲解,缺乏理论在实际工程中应用的实例展示、讲解以及配套实验。②内容偏向于理论学习,缺乏具体的行业应用背景。课程理论知识点多且全面,且大部分知识点概念抽象、晦涩难懂。在课程教学过程中,若没有适当引入具有行业背景的工程实例进行讲解,将导致学生对课程的积极参与度低、难以理解现代控制理论的基本原理和基本设计方法,甚至逐渐对课程产生厌倦感。③缺乏将现代控制理论应用于实际工程,解决实际自动控制系统的设计与分析问题的能力训练[4]。目前,针对现代控制理论中涉及的控制算法的应用与验证,主要依赖于Matlab仿真软件的计算机仿真手段。但计算机仿真与实际工程应用仍然有较大的差别。

## 3 教学改革

针对《现代控制理论》课程现存的理论与实践脱节、教学模式单一等问题,亟需通过系统性改革实现课程教学的转型升级。本次改革以智能网联车辆协同控制为切入点,以工程实践驱动为核心路径,从教学内容、方法和评价体系三个维度展开创新。在内容层面,将科研成果与前沿技术转化为教学案例,既引入智能网联车辆的建模与控制问题,拓展非线性系统等进阶内容,又通过工程实例揭示理论局限,激发学生探索兴趣;在方法层面,采用“弱化推导-强化应用”的策略,借助信息化手段与AI辅助教学,结合实验平台构建实践体系,推动学生从被动接受向主动创新转变;在评价体系层面,通过提升实践考核权重、多样化作业设计和小组协作汇报,构建全过程、多维度的评估机制。这些改革举措旨在打破传统教学桎梏,培养兼具理论深度与实践能力的复合型自动化人才,实现课程教学与产业需求的精准对接。

### 3.1 教学内容改革

#### 3.1.1 紧密连接科技前沿

围绕教师团队的科研项目以及建立的实验平台,将智能网联车辆协作控制系统的建模、分析与控制问题,融入现代控制理论课程教学内容中。例如,在系统状态空间描述中,以智能网联车辆为被控对象,建立基于状态空间描述的跟踪误差控制模型。基于所建立的智能网联车辆控制模型,求解并分析智能网联车辆跟踪误差轨迹。利用李雅普诺夫稳定性判据,对智能网联车辆的跟踪误差系统的稳定性进行判断。最后,依据智能网联车辆协作控制系统的期望控制性能,利用基于状态反馈的极点配置方法,解决车辆协作控制中的车间距保持以及速度跟踪控制问题。特别的,针对复杂道路交通导致的智能网联车辆跟踪误差不可完全获取的情况,可依据系统的能控性情况,通过状态观测器的设计,构建基于状态观测器的反馈策略,实现智能网联车辆的状态反馈控制。

#### 3.1.2 延伸拓展内容,立足创新培养

目前,现代控制理论的课程教学内容主要涉及针对线性系统且是最基本的稳定性分析与控制器设计方法。然而,

实际工程中,往往面临的是非线性系统的分析与设计问题,并且系统模型中一般都会存在不确定参数。通过将理论应用于实际工程系统,引导发现已有控制方法存在的局限性,激发学生自主学习先进的控制理论的兴趣。

### 3.1.3 结合工程实践驱动理论学习

将课程教学内容与智能网联车辆的工程实践相结合,基于现代控制理论设计智能网联车辆协作控制算法。同时,利用智能网联汽车实验平台,进行网联车辆协作控制相关控制算法的分析、设计、验证及改进,以此培养学生的工程实践能力以及创新能力,实现从工程应用角度学习、应用现代控制理论的知识。

## 3.2 教学方法改革

### 3.2.1 教学过程改革

针对现代控制理论课程公式推导多、理论性强的特点,结合学生的实际情况,在教学过程中弱化理论公式推导,注重向学生阐明公式背后的工程意义,培养学生形成控制逻辑思维逻辑。例如在讲解最优控制理论时,以智能网联车辆能耗优化为实例,将数学模型与车辆动力系统运行关联,帮助学生理解抽象理论的现实价值。通过结合网联车辆协作控制实例,运用状态反馈极点配置法实现车辆间距精准控制,强化学生对控制理论的理解与应用。同时,在授课过程中注重信息化教授手段以及利用智能 AI 辅助课堂教学,通过虚拟仿真软件模拟车辆协同避障场景,借助 AI 自动批改作业并生成知识薄弱点分析报告,提升教学效率与针对性。

### 3.2.2 强化工程训练

基于智能网联汽车车辆实验平台以及教师的科研项目构建创新性教学实验体系。以此增加实验教学 and 课程设计等实践环节,设计模块化实验内容:从基础的车辆传感器数据采集与处理,到复杂的多车协同路径规划控制,逐步提升实践难度。如,开设与智能交通系统、网联车辆相关的且工程背景明确的设计性实验项目或课程设计题目,包括智能网联车辆编队行驶控制系统开发、动态交通环境下的车辆协同决策系统搭建等,使学生了解相应的理论具体的工程应用场景。另外,鼓励学生和实验室的研究生组队参加各类学科竞赛和创新活动,如中国智能车未来挑战赛、世界智能驾驶挑战赛等,在竞赛中锻炼团队协作能力与创新实践能力,深化对理论知识的应用理解。

## 3.3 完善教学考核评价体系

提高工程实践环节在平时成绩以及在总成绩中的占比。开展形式多样测试环节,如以学习小组为单位,开展基于网

联车辆协作控制算法设计、工程应用讨论,并以 PPT 的形式进行汇报、展示。此外,进行作业方式改革。改变传统的完成教材课后习题的作业方式。采用紧密联系工程实践的的作业方式,每一章作业题除了需完成一定数量的教材课后习题外,还需要解决与网联车辆协作控制系统所涉及的该章知识点的问题,从而完成理论知识与控制工程实践的紧密结合,以此加深学生对抽象概念与理论知识的理解。同时,能够增加课程的趣味性,提高学生解决控制工程实践问题的能力。

## 4 总结

本文以智能网联车辆协作控制为工程实践背景,将其中的系统建模、分析和设计,融入现代控制理论课程教学中,以此驱动对教学过程的改革以及教学考核评价体系的改革,解决现代控制理论课程教学中存在的重理论轻工程、内容理论且抽象难懂以及缺乏应用现代控制理论解决实际工程需要的能力训练问题。以此提高学生的实践、创新能力,满足应用、研究型大学对学生综合能力培养的要求。通过课程教学改革,学生不仅能充分理解、掌握理论知识,并可通过实际案例和工程项目,锻炼学生的实践能力和综合应用理论知识的能力,培养学生的创新意识。

综上所述,以智能网联车辆协作控制为载体的现代控制理论课程改革,是破解传统教学困境、培育新时代自动化人才的有效路径。这场改革通过构建“理论+实践”深度融合的教学体系,实现了从知识传授到能力塑造的质变。未来,课程将持续紧跟技术前沿,深化产教融合,为培养兼具理论功底与创新实践能力的高素质人才、推动学科与产业协同发展贡献力量。

## 参考文献

- [1] 倪晓昌,杨旭,芦宇,等.新工科理念下应用型工科专业人才培养模式探索[J].创新创业理论与实践,2022,5(23):130-132
- [2] 周颖,张燕,王婕,等.工程认证下控制理论课程体系改革与实践[J].电气电子教学学报,2020,(01):57-59.
- [3] 王峥荣,马永昌,高艳娥.课程目标达成度评价目标值计算方法:面向工程教育专业认证[J].教育教学论坛,2021,(21):41-44
- [4] 赵斌,郭建国,卢青,等.现代控制理论课程的教学创新探索与实践[J].中国现代教育装备,2022,(17):101-105.
- [5] 李启朗,郭文静.基于模型预测控制算法的车辆编队研究[J].安徽建筑大学学报,2024,32(5):40-45.