

# Exploration and practice of teaching reform of intelligent control theory course

Ping Zhu<sup>1</sup> Yu Zhang<sup>2</sup>

1. School of Instruments and Electronics, North University of China, Taiyuan, Shanxi, 030051, China

2. School of Electrical and Control Engineering, North University of China, Taiyuan, Shanxi, 030051, China

## Abstract

This article explores innovative teaching methods for the intelligent control theory course in the field of intelligent perception, with a focus on 'sensing' as the technical core. It aims to build a solid knowledge foundation and systematically explain the theoretical framework by optimizing classroom instruction, enhancing experimental training, and developing rich and high-quality online resources. The article introduces micro-assistants as a modern teaching aid, adopting a 'three horizontal and three vertical' approach to the teaching content. Horizontally, it covers foundational theories, application cases, and cutting-edge research; vertically, it spans different levels of the knowledge system, helping students construct a comprehensive knowledge structure. In the teaching process, a blended learning approach is adopted, integrating theory with practice, online with offline, and teacher-led with student-centered activities. The assessment method is diversified, incorporating theoretical exams, experimental projects, and classroom performance to comprehensively evaluate students' learning outcomes and abilities. These measures have boosted students' enthusiasm for learning and effectively cultivated their practical application skills and innovative thinking.

## Keywords

basic theory of intelligent control; teaching reform; teaching method; experimental teaching

## 智能控制理论课程教学改革探索与实践

朱平<sup>1</sup> 张瑜<sup>2</sup>

1. 中北大学仪器与电子学院, 中国·山西太原 030051

2. 中北大学电气与控制工程学院, 中国·山西太原 030051

## 摘要

本文探讨了智能感知专业的智能控制理论课程创新教学方法,以“感”为技术主线,从优化精化课堂教学、强化实验训练体系和建立丰富优质网络教学资源三个方面来构建知识背景、系统全面阐述理论体系,落实教学思想。引入微助教这一现代化的教学辅助工具,在教学内容上,采用“三横三纵”的安排方式,横向涵盖基础理论、应用案例和前沿研究,纵向贯穿知识体系的不同层次,帮助学生构建系统的知识架构。教学过程中推行理论与实践相结合、线上与线下相结合、教师主导与学生主体相结合的教学方法。考核评价方式多元化,综合理论考试、实验项目、课堂表现等多方面,全面评估学生的学习成果和能力。经此举措,提高了学生的学习积极性,有效培养了实践应用能力和创新思维。

## 关键词

智能控制理论基础;教学改革;教学方法;实验教学

【基金项目】教育部产学合作协同育人项目“基于OBE理念的《智能控制理论基础》课程改革与教学实践研究”

(项目编号: 231103711220359), 中北大学2024年度教学改革创新项目“《智能控制理论基础》实验教学内容改革实践与探索”。

【作者简介】朱平(1976-),女,博士,副教授,从事智能感知技术研究。

【作者简介】张瑜(1979-),女,博士,副教授,从事测控技术及仪器研究。

## 1 引言

智能控制技术被称为自动控制理论的第三发展阶段,在近三十年来随着人工智能技术的迅猛发展而日益受到重视。现在许多高校的自动化类、信息类、机械类学科相继开设了该课程,成为要深入从事系统控制研究工作者的必修课。然而,它的理论体系还没有经典控制理论成熟,类似于混沌控制、群集智能控制和人工免疫等适用于学术研究的交叉问题,却并不适合作为本科阶段的课程教学内容使用<sup>[1-2]</sup>。因此,很多院校根据自身发展定位,立足区域经济或行业发展,不同专业背景下的“智能控制理论”课程包含的教学内

容并不统一。

中北大学的智能感知工程专业主要围绕“感”和“知”两个关键点,形成具有自身特色的人才培养体系。其中,“感”就是针对视觉、听觉、触觉、力觉等检测环境信息,“知”就是将检测到的环境信息进行合理正确地处理并应用。物联网、机器视觉等技术拓宽了“感”的宽度,人工智能、云计算等技术则增强了“知”的深度。《智能控制理论》作为我校智能感知工程专业的核心专业课程,对于培养学生的专业素养和创新能力具有重要意义。结合我校办学定位和社会需求,《智能控制理论》课程以智能感知专业领域实际案例贯穿教学过程,开展了具有行业特色的课程教学改革。

## 2 课程教学现状及问题

智能控制理论课程的本科教学内容包括,经典控制理论、人工智能理论(如模糊控制、神经网络控制、专家控制、学习控制等)两个方面,如图 1 所示。特别是人工智能理论又可独立出几个研究分支,所以不同专业背景下课程授课比例并不相同,因此,“智能控制”理论内容上的交叉互补特色导致了教材内容上的多样性<sup>[3-4]</sup>。传统电气工程、自动化专业规划教材里多按控制类型安排章节,经典控制理论内容作为先修课程并未安排在讲授内容中。这种设置的优点是很大程度上遵循了智能控制技术的发展轨迹。由于我校智能感知工程专业的课程设置里未单独安排经典控制理论课程,在教学内容里安排了经典控制理论基础内容,因此存在着过多的交叉分支,使得整体内容过于庞杂不利于横向联系与比较,具体表现为学生预备知识不足、基础知识点数量庞杂、基本实例不足、实验环节薄弱等。对任课教师而言,在课时量为 48 学时的情况下,要想提高学生的创新能力和实践能力将是一项极富挑战性的工作。面对这种教学现状,我们主要以“感”(针对电压、电流、触觉、力觉等检测物理信息)为技术主线,从优化精化课堂教学、强化实验训练体系和建立丰富优质网络教学资源三个方面来构建知识背景、系统全

面阐述理论体系,落实激发兴趣启迪思维的教学思想。

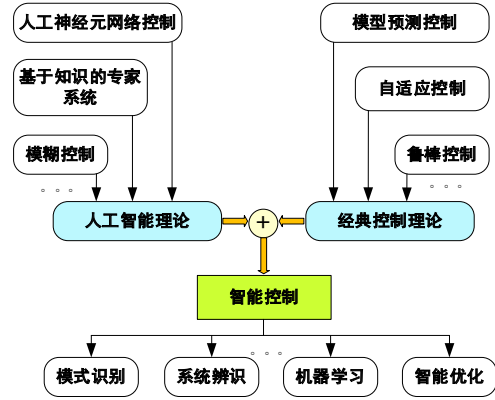


图 1 智能控制相关课程之间的关系

## 3 教学改革措施

### 3.1 “三横三纵”的教学内容安排

结合中北大学智能感知工程专业的办学特色,本课程内容设置成:经典控制理论、模糊控制理论与控制系统、神经网络理论与控制系统等。通过本课程的学习,可使学生了解智能控制理论领域发展的前沿和成果、基本理论与控制原理、应用场合及发展趋势,掌握智能控制的基本概念、理论基础及其在实际控制系统中的应用方法,开阔视野,扩大知识面,为后续课程的学习和毕业后从事智能控制领域的工作奠定技术基础。

由于智能控制研究流派众多,所含内容较为庞杂,合理梳理知识体系显得尤为重要<sup>[5-6]</sup>。立足于为学生呈现智能控制相对完整的知识体系结构,课程按照“三横三纵”的格局来组织课程教学内容,如图 2 所示。“三横”是指按照智能控制理论历史上的热点迁移顺序,将除绪论和前沿之外的主体内容分为经典控制、模糊控制和神经网络控制三个部分,组织章节内容。“三纵”是指在各章内部,按照基本概念、算法模型和应用设计进行逐步的深化提升。

	经典控制	模糊控制	神经网络控制
基本概念	线性系统的时域分析法、线性系统的频域分析法、基于MATLAB的控制系统数学建模与转换、基于MATLAB的时/频域响应分析	模糊集合、隶属函数、模糊关系及其运算、模糊推理、模糊控制的基本原理、模糊控制系统分类、模糊逼近、自适应模糊控制	神经网络原理、神经网络分类、神经网络的特征及要素、BP神经网络、RBF神经网络、神经网络控制结构
算法模型	传递函数模型、零点极点模型、反馈控制系统标准模型、PID控制模型	Mamdani模糊模型、T-S模糊模型	神经网络学习算法(Hebb学习规则、Delta学习规则)、神经元自适应控制算法、神经网络内模控制算法
应用设计	水箱液位控制系统	温度和压力控制、飞行器自动驾驶	BP神经网络逼近、基于神经网络的温度、压力及电流跟踪控制,面向机器人运动控制的最佳运动轨迹规划

图 2 课程的知识体系设置

### 3.2 “三个相结合”的教学方法

为了提高智能控制理论课程的教学效果，采用了“三个相结合”的教学方法，即：理论与实际相结合、课堂教学

与实验室教学相结合、常规课堂教学与现代教育技术相结合，并引入了微助教这一现代化的教学辅助工具。三个相结合的分层式教学模式简化框架示意如图3。

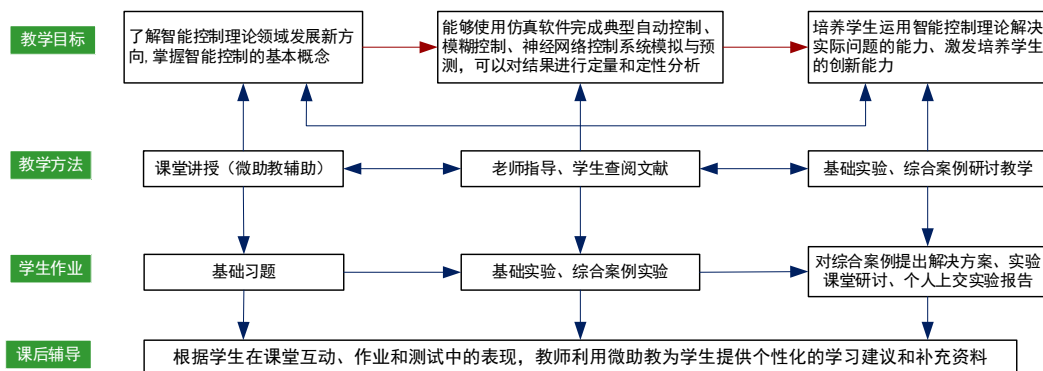


图3 三个相结合的分层式教学模式

微助教是从教师角度研发的课堂教学互动工具，可以记录出勤率、课堂研讨、虚拟论坛发言、平时作业和小测验等结果，便于老师对学生学习的全过程进行持续观察，做出最后发展性的评价。在本课程的整个教学过程中，采用微助教完成了以下8个方面的工作：

①课堂互动：在讲解智能控制的某个概念时，通过微助教随时提出问题，如：神经网络控制器的主要特点是什么？学生即时作答。教师可以快速查看学生的回答情况，了解他们对知识点的掌握程度，并进行针对性的讲解。此外，还可以发起关于某个控制问题的讨论，让学生发表自己的观点，促进学生之间的思想碰撞。

②虚拟实验课堂：基于微助教开展虚拟实验课堂教学。例如，在讲解PID控制器的参数整定方法之前，先通过微助教推送一个虚拟实验，让学生在虚拟环境中尝试不同的参数组合，观察系统的输出响应。然后，在课堂上引导学生分析实验结果，深入理解PID控制器参数整定的重要性和方法。

③实时反馈与作业批改：教师布置智能控制相关的作业，学生通过微助教提交。教师随时随地在手机或电脑上进行批改，并及时给予反馈。对于一些常见问题，教师可以直接在微助教上进行集中讲解。同时，微助教能够自动统计学生的答题情况和作业成绩，为我们提供详细的数据分析，发现学生的薄弱环节。

④知识点拓展：教师将与智能控制理论相关的前沿论文、应用案例等资料推送给学生，方便学生在课后进行拓展学习。例如，推送关于人工智能在机器人控制中的最新应用案例，激发学生的学习兴趣和创新思维。

⑤案例分析讨论：教师提供一些实际的智能控制系统案例，通过微助教发起讨论，让学生分析系统的工作原理、控制策略以及可能存在的问题和改进方法。比如举例：面向机器人运动控制的运动轨迹规划，学生可以讨论机器人手臂运动涉及哪几个关节的非线性运动，如何通过神经网络控制器学习手臂从一个位置移动到另一个位置的最佳运动

轨迹等。

⑥个性化学习指导：根据学生在课堂互动、作业和测试中的表现，利用微助教为学生提供个性化的学习建议和补充资料。例如，对于在模糊控制方面理解较弱的学生，推送一些相关的视频教程或解释文章，帮助他们更好地掌握该知识点。

⑦考勤管理：使用微助教的多种考勤方式，如一键签到、位置签到等，随机安排考勤时间和次数，有效管理学生的出勤情况，确保学生按时参与课程学习。

⑧课堂小测试：定期通过微助教发布一些简短的在线测试，检验学生对近期所学智能控制理论知识点的掌握情况。测试结果可以直观地反映学生的学习效果，为后续教学调整提供依据。



图4 微助教主界面

### 3.3 建立多元化的考核方式和教学模式修正

在智能控制理论课程的教学过程中，多元化考核具有重要意义，其具体方式是：①理论考试与综合实验相结合，期末进行理论知识的闭卷或开卷考试，涵盖智能控制的基本概念、原理、算法等。安排综合实验汇报，要求学生在规定时间内完成特定的智能控制任务，如设计并实现一个简单的智能控制系统；②基础实验考核，学生需提交实验报告，包括项目背景、目标、技术路线、实施过程、结果分析等；③课堂表现评估，微助教记录学生在课堂上的参与度，包括提问、回答问题、小组讨论中的表现等；④作业与小测验，微

助教线上布置课后作业,检验学生对知识点的掌握和运用能力,不定期进行小测验,及时了解学生的学习进度和存在的问题。

智能控制理论课程将平时作业、课堂表现、基础实验报告、综合实验报告等纳入考核范围。考核环节成绩比例,平时作业占总成绩的10%,课堂表现占10%,基础实验报告占20%,综合实验报告占10%,期末考试成绩占50%。

根据智能控制理论多元化考核的结果来调整教学方法从以下几个方面入手:①分析理论考试成绩,如果学生在某些概念和原理的理解上普遍得分较低,说明在教学中对这些知识点的讲解不够清晰或深入。教师可以在后续的课程中增加相关内容的讲解时间,采用更直观、生动的例子来帮助学生理解。对于反复出现错误的知识点,重新设计教学方法,例如采用小组讨论、案例分析等方式加深学生的印象。②关注实践操作考核结果,如果学生在实践操作中表现不佳,可能是对实验设备和工具的使用不熟练,或者在将理论应用于实践时存在困难。教师可以增加实验课程的辅导时间,提供更多的实践练习机会,并在课堂上进行实际操作的演示和详细讲解。若发现学生在某个实验环节上频繁出错,针对性地加强该部分的教学,提供更多类似的实验任务让学生练习。③综合实验考核情况,若小组项目的整体完成质量不高,可能是学生在团队协作、任务分配或项目规划方面存在问题。教师可以在课堂上开展关于团队合作和项目管理的专题讨论,提供相应的指导和培训。针对学生在项目中暴露出的技术难题或创新不足,调整教学内容,引入更多前沿的技术和案例,激发学生的创新思维。④考虑课堂表现评估,如果学生在课堂上参与度不高,可能是教学方式不够吸引人或者课程内容过于枯燥。教师将采用更互动的教学方法,如翻转课堂、小组竞赛等,增加课程的趣味性和吸引力;对于在课堂讨论中表现出色的学生,给予更多的机会让他们分享经验和见解,同时鼓励该学生积极参与更多国家级竞赛。⑤综合作业与小测验结果,从作业和小测验中总结学生容易出错和理解困难的知识点,在后续的教学中进行重点复习和强化训练,根据作业完成情况,调整作业的难度和数量,确保既能巩固知识又不至于繁重。

总之,通过仔细分析多元化考核的结果,教师能够准确地找出教学中存在的问题和学生的学习需求,从而有针对性地调整教学方法,帮助学生提高学习效果。

#### 4 教学改革的实施效果

我校智能感知工程专业采用的这一系列创新教学思路和方法,可以使学生明确本课程的具体专业应用背景,对专业知识的掌握更加系统和深入。表1是团队近三年来智能控制理论基础课程成绩汇总。其中,2022—2023学年智能控

制技术课程采用传统教学模式,2023—2024学年、2024—2025学年该课程采用本文所述的创新教学模式。采用创新教学模式后,综合成绩较以往提高了10分以上,特别是在实验环节,学生已经在主动与教师互动,从经典控制理论到模糊控制理论的角度去探讨不同PID校正方法的差异。在接下来的毕业设计中,学生已经能够综合运用多门课程知识完成高质量的智能感知项目。例如,有学生设计的基于多传感器融合的智能火灾监测系统,融合了传感器原理、数据融合算法、微处理器编程等知识,得到了企业的高度评价。学生在参加各类学科竞赛,如全国大学生电子设计竞赛、智能汽车竞赛等中的获奖数量明显增加。在竞赛中,学生能够熟练运用所学的实践技能,快速搭建和调试智能感知系统。我校的毕业生除一部分继续深造外,剩下的学生进入就业市场,均受到智能感知相关企业的欢迎,主要从事智能传感器研发、物联网感知层系统设计等工作,就业岗位与所学专业的匹配度达到80%以上,专业对口就业率远高于其他专业。

表1 近三年课程成绩汇总

学年	教学模式	人数	优	良	中	及格	不及格	平均分
2022—2023	传统	49	1	12	16	13	7	65
2023—2024	创新	48	5	20	10	10	3	71
2024—2025	创新	46	8	21	13	3	1	77

#### 5 结论

综上所述,智能控制理论的多元化考核方式和教学模式修正能够更科学、全面地评估学生的学习效果,促进教学质量的提高和学生的全面发展。在今后的教学过程中,我们将不断总结经验,持续推进教学改革,为培养适应社会发展需求的创新型人才做出应有的贡献。

#### 参考文献

- [1] 王飞跃.智能控制五十年回顾与展望:傅京孙的初心与萨里迪斯的雄心[J].自动化学报,2021,47(10):2301-2320.
- [2] Mingju Wang. Teaching Methods of Colleges and Universities Based on Intelligent Information Technology[J]. 2018 International Conference on Virtual Reality and Intelligent Systems, 318-323.
- [3] 孙传猛,杜红棉,李晓.融合OBE与PAD理念的智能控制课程教学模式研究[J].高等工程教育研究,2022,157-162.
- [4] 黄苏丹,胡智勇.基于OBE理念的智能控制课程教学改革[J].高教学刊,2020,14:109-113.
- [5] 徐凯,王爱娟.电气类专业智能控制理论教学改革的探讨[J].实验室研究与探索,2011,30(3):130-133.
- [6] 苏芃,李曼丽.基于OBE理念构建通识教育课程教学与评估体系一以清华大学为例[J].高等工程教育研究,2018(2):129-135.