

OBE理念下现代控制理论课程数字化教学改革与实践

赵 耀, 贺乃宝, 李 博

江苏理工学院电气信息工程学院, 江苏 常州

收稿日期: 2025年5月16日; 录用日期: 2025年6月26日; 发布日期: 2025年7月7日

摘 要

面向高等教育数字化转型的需求, 文章基于OBE理念, 在分析现代控制理论课程教学中存在问题的基础上, 从教学设计与实践、考核评价、持续改进三方面入手, 采用线上、线下相结合的方式, 以学生为中心, 开展现代控制理论课程数字化教学改革与实践探索。在改革与实践引入了数字化教学资源库和在线答疑环节, 设计了多元化的评价体系, 分析了改革前后学生课程目标达成度的变化情况, 结合教学实际给出了持续改进的方案。上述教学改革方法的实施有利于全面提升数字化课堂教学水平和自动化类专业人才培养质量, 从而实现培养目标、毕业要求和课程目标达成度的有机统一。

关键词

现代控制理论, 数字化转型, OBE理念, 达成度评价

Digital Teaching Reform and Practice of Modern Control Theory Course under the OBE Concept

Yao Zhao, Naibao He, Bo Li

School of Electrical and Information Engineering, Jiangsu University of Technology, Changzhou Jiangsu

Received: May 16th, 2025; accepted: Jun. 26th, 2025; published: Jul. 7th, 2025

Abstract

Facing the needs of digital transformation of higher education, based on the concept of OBE, this paper analyzes the problems in the teaching of modern control theory courses, starts from the three aspects of teaching design, assessment and evaluation, and continuous improvement, and adopts

文章引用: 赵耀, 贺乃宝, 李博. OBE 理念下现代控制理论课程数字化教学改革与实践[J]. 创新教育研究, 2025, 13(7): 37-43. DOI: 10.12677/ces.2025.137493

the combination of online and offline to carry out the reform and practical exploration of digital teaching of modern control theory courses in a student-centered way. In the reform and practice, the digital teaching resource library and online Q&A session were introduced, a diversified evaluation system was designed, the changes in the degree of achievement of the students' course objectives before and after the reform were analyzed, and the continuous improvement plan was given in the light of the teaching reality. The implementation of the above teaching reform methods is conducive to comprehensively improving the level of digital classroom teaching and the quality of automation professional talent training, so as to realize the organic unity of the training objectives, graduation requirements and the degree of achievement of course objectives.

Keywords

Modern Control Theory, Digital Transformation, OBE Concept, Attainment Assessment

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

数字化转型是指在新兴数字技术和创新商业模式的推动下,工作组织方式的变革,它不仅涉及技术解决方案的实施,更是数字技术、人力和组织因素之间的协调[1]。教育数字化是开辟教育发展新赛道的重要突破口,我国高度重视高等教育数字化资源建设,开展了一系列探索与实践工作[2][3]。此外,为主动服务“中国制造 2025”等国家战略,教育部召开专题研讨会,达成了新工科建设“复旦共识”[4],发布了新工科建设行动路线,即“天大行动”[5],描绘了新工科建设的美好愿景。

为了使中国的高等教育与世界接轨,我国在 2016 年正式加入了《华盛顿协议》,致力于建立共同认可的工程教育认证体系[6]。工程教育认证以“成果导向教育”(Outcome Based Education, OBE)为核心理念[7]。目前,国内诸多高校已陆续开展 OBE 理念下的教学改革,且初见成效[8][9]。自动化类专业属于工程教育专业的范畴,当前,自动化类专业本科生培养过程中普遍存在理论与实践联系不紧密的现象。现代控制理论作为自动化类专业的主干课程,课程建设中过多地强调理论知识,使得部分本科生课堂学习与实践应用脱节,无法适应新时代自动化类的岗位需求。因此,需要结合 OBE 理念,构建数字化转型背景下本科生现代控制理论课程体系,以适应自动化类新工科人才培养目标。

2. 现代控制理论课程教学存在的问题

现代控制理论课程是自动化类专业的专业必修课,课程针对现代控制科学的内涵,全面系统和深入浅出地介绍了现代控制系统模型、内部结构特性、反馈调节和最优控制等方面内容。通过本课程的学习,学生能够全面掌握线性系统理论和最优控制理论的基本原理和基本设计方法,对现代控制方法与发展方向有较为全面的了解。更重要的是能够学习用数学语言描述动态系统的方法,学习用数学工具分析改善系统动态性能的方法,从而培养用数学语言解决工程问题的能力,为学生今后从事相关控制领域的理论研究和工程设计工作打下坚实的基础。然而,该课程在教学实施过程中存在以下问题:

- (1) 教学内容重理论,轻应用,学生学习积极性不高;
- (2) 未充分利用数字化教学资源;
- (3) 评价体系不够完善。

为解决上述问题,本文基于 OBE 理念,从教学设计与实践、考核评价、持续改进三方面入手,采用线上、线下相结合的方式,开展现代控制理论课程数字化教学改革与实践探索,研究思路如下图 1 所示。

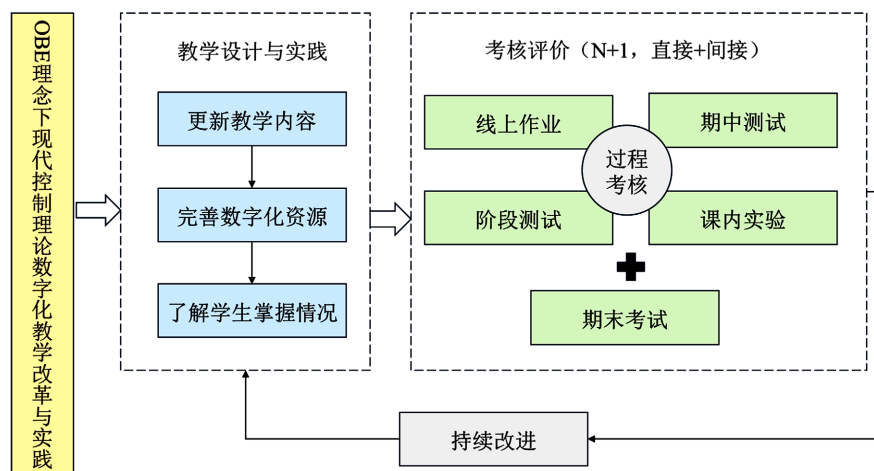


Figure 1. Research ideas on digital teaching reform of modern control theory course
图 1. 现代控制理论课程数字化教学改革研究思路

3. 现代控制理论课程数字化教学设计与实践

结合本课程对工程认证的毕业要求指标点的支撑情况,以及现阶段高等教育数字化转型的需求,在更新教学内容、完善数字化教学资源的基础上,及时了解学生对知识点的掌握情况,及时动态调整线上、线下授课的资源 and 进度,体现以学生为中心的基本思想,在教学实践过程中不断优化现代控制理论课程数字化教学设计。

3.1. 更新教学内容

以自动化专业本科生培养目标和教学目标为基本依据,结合学科的发展动态,对教学内容进行调整与更新。以机器人控制系统为切入点,融合系统能控性、能观性等相关基础理论知识,将教学内容与其在机器人领域的应用实践紧密结合。适当删减复杂且实用性不强的内容,突出教学重点和难点,弱化理论证明和公式推导,着重讲解现代控制理论在机器人领域的实际应用。同时,将教师在本领域的研究成果与知识点有机融合,如多智能体系统协同控制在机器人控制系统中的应用,在授课过程中适当介绍自动控制学科的发展动态与科学前沿,拓宽学生的视野,丰富教学内容,构建完善的知识体系。

3.2. 完善数字化教学资源

针对现代控制理论课程理论性强、抽象概念多的特点,利用各种多媒体工具,将线上、线下教学相结合,通过学习通上传课程教学相关的教学视频、电子教材、课件、习题等教学资源,帮助本科生结合具体工程应用加深对理论知识的理解。针对部分本科生专业基础较为薄弱的情况,在学习通平台上有选择地补充电路原理、线性代数、自动控制原理等前序课程的相关知识点,方便学生进行课前预习和课后复习,调动学生的学习积极性。在线下授课之外的特定时间段,借助腾讯会议进行线上答疑,改善本科生传统线下教学一对多的课堂体验感。

3.3. 了解学生掌握情况

教师通过课堂观察与提问、学生访谈、线下阶段性一对一答疑、线上资源学习时长统计、作业批改

等多元互动方式，及时了解学生对相关知识点的掌握情况。学生在多元互动的环境下，分别接收同学、教师和线上习题练习结果的反馈，有助于更好地了解自身对该门课程知识的掌握情况，从而在师生之间形成良性的互动，有效提升课堂教学的效果，为每位学生提供和教师更直接的互动，方便学生主动参与课堂活动，增强课堂融入感。

4. 基于 OBE 理念的课程目标达成度评价与持续改进

4.1. 课程目标

该课程理论教学 40 学时，实验教学 8 学时，共 48 学时。有如下 3 个课程目标：

- (1) 能够运用线性代数等数学工具正确描述状态空间模型等控制系统模型，利用大学物理、电路等知识解释控制系统问题的实际物理意义。
- (2) 能够运用控制系统模型的分析方法，判断与分析计算系统的能观性、能控性与稳定性等关键性能与参数，具有对复杂工程问题分析的能力。
- (3) 能够根据实际工程情况，分析比较不同控制设计方案的非技术因素，并理解设计方案对社会、健康、安全、法律、文化等所产生的影响。

4.2. 课程成绩评定及达成度评价方法

4.2.1. 成绩评定方法

基于 OBE 理念，本课程采用过程性考核加期末考试的“N+1”考核模式。课程成绩考核办法为：总成绩 = 过程考核成绩(40%) + 期末考试成绩(50%) + 实验成绩(10%)，其中，过程考核成绩(40%) = 线上作业(10%) + 阶段测试(10%) + 期中测试(20%)。课程考核环节内容及比例分配如表 1 所示。

Table 1. Distribution of contents and proportion of course assessment sessions

表 1. 课程考核环节内容及比例分配

课程目标	考核环节					合计
	线上作业	阶段测试	期中测试	课内实验	期末考试	
目标 1	4%	3%	5%	3%	15%	30%
目标 2	4%	5%	15%	6%	30%	60%
目标 3	2%	2%		1%	5%	10%
合计	10%	10%	20%	10%	50%	100%

4.2.2. 课程目标达成度评价

(1) 直接评价

课程目标达成情况具体评价方法如下：

$$\text{课程目标达成评价} = \frac{\sum \text{对应课程目标各考核环节平均得分}}{\text{对应课程目标考核环节总分}} \quad (1)$$

按照本文提出的教学改革和达成度评价方法在 2023 年秋季与 2024 年秋季学期进行了教学实践，实践对象为本校 2021 级和 2022 级自动化专业本科生。课程目标达成度直接评价结果如下表 2 所示。

从下表中的课程目标达成度直接评价结果可知，2021 级学生所有课程目标的达成情况的最低值为 0.68，最高值为 0.75，在经过一轮的教学实践后，2022 级学生的课程目标达成度有所提高，最低值为 0.71，

最高值为 0.81，所有课程目标的达成度均超过了 0.7。

Table 2. Results of the direct evaluation of the attainment of course objectives

表 2. 课程目标达成度直接评价结果

课程目标	总分	2021 级 实际得分	2022 级 实际得分	2021 级直接 评价结果	2022 级直接 评价结果
目标 1	30	21.6	24.3	0.72	0.81
目标 2	60	44.9	44.7	0.75	0.75
目标 3	10	6.8	7.1	0.68	0.71

(2) 间接评价

为了更好地了解学生对课程知识学习的自我评价情况，设计了“课程目标达成情况调查问卷”如表 3 所示(共 20 题，课程目标 1 包含 6 题，课程目标 2 包含 12 题，课程目标 3 包含 2 题)。学生结合自身掌握知识点的实际情况，针对具体的问题给出了相应的主观评价，评分 1 至 5 分依次代表达成情况“很好”、“较好”、“一般”、“较差”、“很差”。

Table 3. Questionnaire on attainment of course objectives

表 3. 课程目标达成情况调查问卷

序号	课程目标	内容
1	目标 1	能理解状态与状态空间的概念
2	目标 1	能由状态空间模型求系统的微分方程
3	目标 1	掌握平衡状态的定义
4	目标 1	掌握单变量线性定常连续系统的稳定条件
5	目标 1	掌握能控性和能观性的定义
6	目标 1	掌握能控性和能观性的判别准则
7	目标 2	掌握李雅普诺夫稳定性的定义
8	目标 2	会利用李雅普诺夫方法判断系统的稳定性
9	目标 2	掌握线性定常连续系统状态方程的求解方法
10	目标 2	掌握线性离散系统状态方程的求解方法
11	目标 2	能够写出状态空间模型的能控标准型与能观标准型
12	目标 2	理解对偶原理
13	目标 2	理解状态反馈对传递函数的影响
14	目标 2	掌握单输入系统的极点配置方法
15	目标 2	掌握状态观测器的设计方法
16	目标 2	了解最优控制的概念
17	目标 2	掌握带状态观测器的状态反馈系统的设计方法

续表

18	目标 2	掌握状态反馈系统的能控性与能观性
19	目标 3	了解变分法
20	目标 3	了解泛函的极值条件

通过对每个课程目标相关题目的评价结果进行统计，经过计算平均值得到相应课程目标的间接评价结果。具体的统计结果见表 4 所示。图 2 为 2021 级与 2022 级学生课程目标达成度柱状图。

Table 4. Results of the indirect evaluation of the attainment of course objectives

表 4. 课程目标达成度间接评价结果

课程目标	总分	2021 级 自评得分	2022 级 自评得分	2021 级间接 评价结果	2022 级间接 评价结果
目标 1	30	22.2	23.5	0.74	0.78
目标 2	60	45.1	45.6	0.75	0.76
目标 3	10	7.1	7.2	0.71	0.72

通过学生对课程学习效果的自评问卷调查结果可知：2021 级学生课程目标 1 的间接评价结果高于直接评价结果 0.02，课程目标 2 的间接评价与直接评价持平，课程目标 3 的间接评价高于直接评价 0.03，表明 2021 级学生对课程目标达成的主观评价稍显乐观。2022 级学生在直接评价和间接评价方面总体达成度都优于 2021 级学生，表明本文提出的教学改革方法在实践中取得了一定的效果。

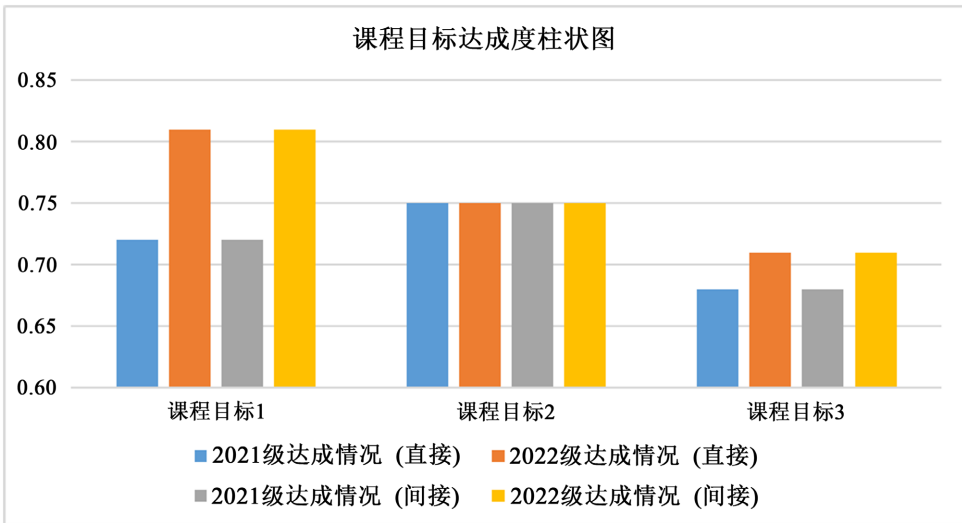


Figure 2. Comparison chart of attainment of course objectives

图 2. 课程目标达成度对比图

通过采用学生访谈、线下阶段性一对一答疑、线上资源学习时长统计等形式了解到，学生认为对系统的状态空间表达式、传递函数矩阵、控制系统稳定性分析、能控性与能观性的判别与分析、线性定常连续系统齐次状态方程求解等基础知识掌握的情况较好；但对非齐次状态方程求解、对偶原理、状态反馈设计与状态观测器设计等相对更高的要求方面表现得相对薄弱。

4.3. 持续改进措施

从直接和间接评价结果分析可知,课程目标 1、2 的达成情况相对较好,表明学生对控制系统稳定性、线性系统动态性能分析、线性系统的能控性和能观性分析的理解比较深入;课程目标 3 的达成度略低,表明学生在掌握状态反馈控制与状态观测器设计、最优控制的概念等方面不够扎实。因此,在后续教学过程中拟采取以下措施持续改进教学效果。

(1) 围绕课程目标 1,回顾相关大学物理、电路知识,加强学生解释控制系统问题的实际物理意义的能力,同时更新数字化资源库,并在阶段测试中增加对应的题目。

(2) 围绕课程目标 2,加强学生运用控制系统模型分析复杂工程问题的能力,用问题驱动式教学,在讲解控制系统相关知识点时,多设计课堂启发互动环节,带领学生共同完成复杂控制系统的分析过程。

(3) 围绕课程目标 3,加强学生对不同控制设计方案的认知,在理论教学与实验教学中重点分析各控制方案的特点与适用场合。

(4) 在教学过程中持续收集样本数据,扩大样本容量,并与之前的课程目标达成度进行对比分析,更全面地评估教学改革效果。

5. 结语

本文针对自动化专业本科生现代控制理论课程教学中存在的教学内容重理论、轻应用、未充分利用数字化教学资源 and 课程评价体系不够完善的问题,结合高等教育数字化转型的需求和专业工程认证的需要,从教学设计与实践、考核评价、持续改进三方面入手,采用线上、线下相结合的方式,开展了 OBE 理念下现代控制理论课程数字化教学改革与实践。教学实践和课程目标达成度评价结果表明,实施本文提出的教学改革方法有利于全面提升数字化课堂教学水平和自动化类专业人才培养质量。

基金项目

江苏理工学院教改项目(11610212413),常州市应用基础研究计划项目(CJ20241081)。

参考文献

- [1] Oliveira, K.K.d.S. and de Souza, R.A.C. (2021) Digital Transformation towards Education 4.0. *Informatics in Education*, **21**, 283-309. <https://doi.org/10.15388/infedu.2022.13>
- [2] 胡宇弘, 王彤, 闫艾萍. 我国教育数字化转型发展研究——基于 CiteSpace 的可视化分析[J]. 继续教育研究, 2025(6): 90-97.
- [3] 韩娇柔. 教育数字化转型助推高等教育强国建设的逻辑、困境和策略[J]. 渭南师范学院学报, 2024, 39(12): 57-64.
- [4] “新工科”建设复旦共识[J]. 高等工程教育研究, 2017(1): 10-11.
- [5] “新工科”建设行动路线(“天大行动”)[J]. 高等工程教育研究, 2017(2): 24-25.
- [6] 王俊伟, 杨俊玲. 基于 OBE 理念的现代控制理论教学改革研究与探讨[J]. 大学教育, 2022(8): 81-83.
- [7] 周剑峰. OBE 理念下基于单片机开发板的“单片机原理与应用”课程教学探索[J]. 现代农机, 2025(3): 99-101.
- [8] 刘微容, 李炜, 鲁春燕, 等. 能力导向、一体双模、虚实协同“控制理论与工程实践”课程群建设探索[J]. 高等工程教育研究, 2024(1): 58-64.
- [9] 杨慧, 闫兆进, 慈慧, 等. OBE 驱动的工程教育课程教学创新设计[J]. 高等工程教育研究, 2022(2): 150-154.