



自动控制实验课程混合式教学改革实践

王京锋^{1,2}, 樊泽明¹, 杨婷婷^{1,2}

(1. 西北工业大学 自动化学院, 西安 710129; 2. 陕西省自动化实验教学示范中心, 西安 710129)

摘要：自动控制原理实验课程是面向全校航空航天类、信息大类等专业本科生开设的一门重要的学科基础课程。为了能较好地解决了教学中的课程内容缺乏创新性、教学方式方法教学手段单一、实验综合考评不全面等问题，实验课程采取线上线下混合式教学，教学内容增加线上慕课内容和创新综合性实验项目，教学方式方法的多维度和教学手段上学生自主学习实验等改革新举措，都更加突出了自动控制原理实验课程的前沿性与时代性，提高了学生的学习兴趣和课程的深入参与度。同时，课程采取线上线下面向过程的全教学流程考核模式，大大激发学生在实验课堂中重过程的思想意识和学习态度，促进了实验课程的教学效果。

关键词：实验教学；自动控制原理；混合式教学；多维度教学；自主学习

中图分类号：G642

文献标志码：A

DOI: 10.12179/1672-4550.20230338

Practice on Hybrid Teaching Reform of Automatic Control Principle Experiment Course

WANG Jingfeng^{1,2}, FAN Zeming¹, YANG Tingting^{1,2}

(1. School of Automation, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710129, China;

2. Shaanxi Provincial Automation Experimental Teaching Demonstration Center, Xi'an 710129, China)

Abstract: The experimental course of automatic control principles is an important basic course for undergraduate students majoring in aerospace and information technology. In order to effectively solve the problems of lack of innovation in course content, single teaching methods and tools, and incomplete comprehensive experimental evaluation in the experimental teaching, the experimental course adopts online and offline hybrid teaching, with the addition of online MOOC content and innovative comprehensive experimental projects. New reform measures such as multi-dimensional teaching methods and students' autonomous learning experiments in teaching methods have further highlighted the cutting-edge and contemporary nature of the experimental course of automatic control principles. These measures improve students' interest in learning and in-depth participation in the course. At the same time, the course adopts a full teaching process assessment mode of "online and offline", which greatly stimulates students' awareness and learning attitude of emphasizing the process in the experimental classroom, and promotes the teaching effect of the experimental course.

Key words: experimental teaching; automatic control principle; hybrid teaching; multidimensional teaching; autonomous learning

西北工业大学《自动控制原理实验》课程是面向全校航空航天类、信息大类等专业本科生开设的一门重要的学科基础课程。自动控制原理实验课程的发展与理论课教学密不可分，目前在学校内已成为理论与实践教学协调同步发展的课程

典型。

课程旨在通过对实验对象的观察、分析和对参量的测定，加深对经典控制理论的基本概念、基本理论以及主要研究方法的理解；通过要求学生完成控制系统建模、控制算法设计、MATLAB

收稿日期：2023-07-09

基金项目：西北工业大学教改项目“面向大类专业人才培养的实验资源共享与实验教学内容优化整合研究”(2022JGY18)；西北工业大学 2022 年课程建设项目(PX-29232569)和 2023 年陕西省自动化实验教学示范中心资助项目。

作者简介：王京锋，博士，副研究员，主要从事实验教学与管理工作，《自动控制原理实验》课程负责人。E-mail: wangjingfeng@nwpu.edu.cn

仿真及实物实验等一系列类似工程实际流程培养学生自主学习、综合运用所学知识解决复杂工程问题的能力。

为了更好地解决自动控制原理实验教学中的课程内容缺乏创新性、教学方式方法教学手段单一、实验综合考评不全面等问题,2022 年课程改革开始立项建设,主要从教学内容方法优化、教学资源建设、考核方式改革和混合式教学实施等方面展开研究,进一步丰富实验教学体系,形成综合设计性实验的创新实验平台,促进了课程教学内容改革创新。

线上线下混合式教学作为信息化条件下面向泛在学习的一种教学组织形式,能够有效拓展课堂学习的时空边界,给传统教学带来很大活力。近年来,随着我国高校优质 MOOC 的蓬勃发展,这种教学模式逐渐得到推广应用^[1]。经过教学团队成员近年来的教学实践,课程采取线上线下混合式教学的改革和创新举措落地后,实验教学效果明显提升,学生反响较好。

1 课程实验教学内容和教材的优化

1.1 精心设计教学内容,增加创新综合实验比重,提升课程创新性

教学内容是课程的灵魂,课程教学内容的改

革首当其冲^[2]。课程首先将控制理论在“三航”等领域的最新科研成果融入到教学内容,引入思想实验、数字仿真等科学的分析方法,培养学生基于世界观的创新思维能力和科学思维习惯。课程还将科学研究与课程内容相结合,增设倒立摆等为代表的实践创新环节,以培养学生解决复杂工程问题的能力。

原有实验课教学内容设置 10 项实验内容(20 学时)主要为验证性实验,课程建设后的教学内容扩增到了 14 项实验内容(24 学时),增加了 4 项创新综合性实验,控制对象新增倒立摆、弹簧小车系统、直流伺服综合实验平台等。教学团队通过与理论授课老师多次讨论后一致认为:在保证经典控制理论实验完成的前提下,对原有实验教学体系内容归类后将性质相近的内容合并同类项,压缩出 4 个课时安排两项创新综合实验项目(弹簧小车控制系统设计与直流伺服电机控制系统设计),另外新增的 4 个课时安排直线一级倒立摆控制系统设计,新增创新综合实验被控对象具体丰富、设计任务具有一定的挑战性。所有创新综合实验项目均要求学生完成相应的大作业报告,报告中必须体现设计思路、设计步骤、仿真结果和结果分析。课程内容体系优化前后变化情况如下图 1 所示。

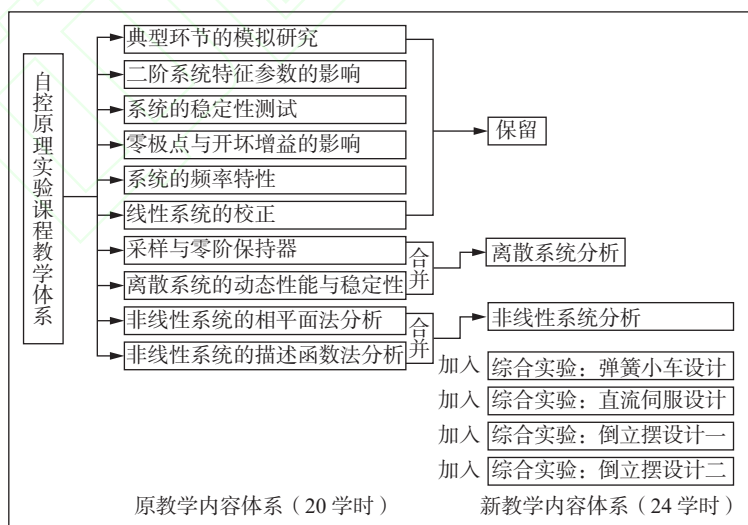


图 1 自动控制原理实验内容体系改革框图

目前课程内容优化后已在 2019 级、2020 级本科生教学中成功实施,教学实践表明这种优化方案在教学中是可行的,并且也得到了学生的肯定。

1.2 课程实验指导教材的修订

教学团队按照优化后的自动控制原理实验内容重新编写了《自动控制原理实验指导书(第四版)》(如图 2 所示)、《自动控制原理实验报

告》、《自动控制原理实验预习报告》和课程课件。



图2 课程使用自编讲义教材

课程新的实验教学内容体系使实验教学更富有设计性、研究性、综合性、创造性和实用性, 提高学生创新能力的培养。创新综合性实验的增加, 让绝大多数学生在明确目标的基础上自主学习完成任务, 产生兴趣, 增加了学生的自信心与积极性, 提高了学生解决复杂问题能力和工程设计水平, 为将来学习与工作打下良好基础。

2 课程线上实验教学资源的建设

开展自动控制原理实验课程在线资源的建设, 录制实验课程慕课视频, 并做好线上课程的运行规划, 并不断利用现代信息技术提升在线教学的质量。

录制慕课《自动控制原理实验 I》课程视频 15 项, 包括实验项目视频 13 个, 实验台介绍和课程引导视频各 1 个, 课程图片和开课情况如图 3 所示。2022 年建设完成, 在中国大学 MOOC 慕课平台完成 SPOC 课程上线, 并运行完成两个教学学期, 参加学习人数达到 306 人, 在线课程反映良好。

线上课程环节设置教学测试问题点、互动讨论区、题库等, 并从学生的慕课学习时长和测试题正确率等维度反馈学习情况, 可实现跟踪、持续改进线上实验教学的良好效果。对于线下实验教学部分则是侧重启发学生, 特别是对于综合性、开放性实验, 提出问题, 要求学生独立思考, 提升学生针对问题进行思辨、设计方案以及解决问题的能力^[3]。



自动控制原理实验	编号: U00M2104401	5.5/5.0
第六学期	王京锋	正在进行 2024年08月25日开课
第五学期	王京锋	已结束 2024年06月30日开课
第四学期	王京锋	已结束 2024年01月30日开课
第三学期	王京锋	已结束 2023年07月10日开课
第二学期	王京锋	已结束 2023年01月10日开课
第一学期	王京锋	已结束 2022年09月20日开课

图3 线上慕课 SPOC 课程

3 线上线下混合式实验教学的实施

3.1 线上线下合理选取实验教学内容设计维度

根据实验内容难易程度不同, 建设时将实验项目分为验证性、综合设计性和开放创新性实验内容^[4]。其中验证性实验内容可由学生在线上自学+线下独立操作完成; 综合设计性和开放创新性实验内容在线下由老师提出问题, 引导学生进行思辨、互动与实践, 学生可自主组队一起完成。

教学设计分为课前、课中、课后三个时间模块。要求学生课前线上自学预习, 在线提交答题, 学习成绩格式如下图 4 所示; 课堂中鼓励学生上台试讲实验内容, 注重学生互动研讨和解决实验问题的能力, 学生课堂上台讲解翻转式课堂如图 5 所示; 课后实验报告不定期抽查, 督促学生做好实验数据记录和数据析工作。

序号	学校	spsc成绩	视频观看次数	视频观看时长
2020302328	西北工业大学	100.0	11	5:40:41
2020301393	西北工业大学	100.0	10	8:59:18
2020302396	西北工业大学	100.0	14	6:7:22
2020303281	西北工业大学	98.75	14	4:38:55
2020301251	西北工业大学	97.5	14	9:9:42
2020303501	西北工业大学	97.5	14	5:40:33
2020301725	西北工业大学	93.53	12	4:11:57
2020302501	西北工业大学	92.5	12	11:42:45
2020302309	西北工业大学	92.5	12	8:3:36
2020302421	西北工业大学	92.5	14	6:19:30
2020302347	西北工业大学	91.47	11	4:23:38
2020302527	西北工业大学	90.0	10	5:16:41
2020302289	西北工业大学	90.0	12	11:55:33
2020301206	西北工业大学	90.0	11	7:37:51
2020302524	西北工业大学	90.0	10	6:18:47
2020302482	西北工业大学	89.04	10	4:4:5
2020302554	西北工业大学	88.75	10	4:56:14
2020302394	西北工业大学	85.82	13	3:51:18
2020301254	西北工业大学	81.95	12	3:26:2
2020302335	西北工业大学	81.25	14	3:23:14
2020302426	西北工业大学	81.04	8	3:22:26
2020303197	西北工业大学	78.54	14	3:22:27
2020303489	西北工业大学	77.83	10	3:14:39
2020302429	西北工业大学	74.83	6	3:22:59

图4 线上慕课 SPOC 课程学习成绩



图5 学生课堂上台讲解翻转式课堂

3.2 面向问题引导的多维度自主学习实验教学方法

通过面向问题的启发式引导、立体化的授课环境、“变客为主”的多维度兴趣教学，最大限度地激发学生对实验的兴趣，培养通过实验来分析问题、利用理论知识解决问题的能力^[5]。

课程在原有教师授课、学生实验验证、实验结果分析的基础上，增加基于 MATLAB 的控制系

统设计预习、线上学习慕课(含测试题)、设计结果分析、学生自主讲课、设计结果研讨与实验意见反馈等环节，形成了以问题为引导的多维度自主学习实验教学方法，如图6所示。

采用“线上+线下混合式”的新型实验教学模式，将课前、课中和课后的内容合理规划，效果可大大提升；学生课前线上自学课程进行预习，提交预习报告，采用数字仿真；课堂上学生上台试讲实验内容，注重学生思辨、互动研讨；课后实验报告不定期抽查，督促学生做好实验数据记录和数据分析和数据工作。执行这些措施以确保学生实验课程学习效果。

通过采取新型实验教学方式方法，使学生成为实验课的中心与主体，主动地开展设计与实验验证，有助于提高学生独立设计、分析与解决问题的能力，增强动手能力与兴趣，并提升工具软件的使用能力。

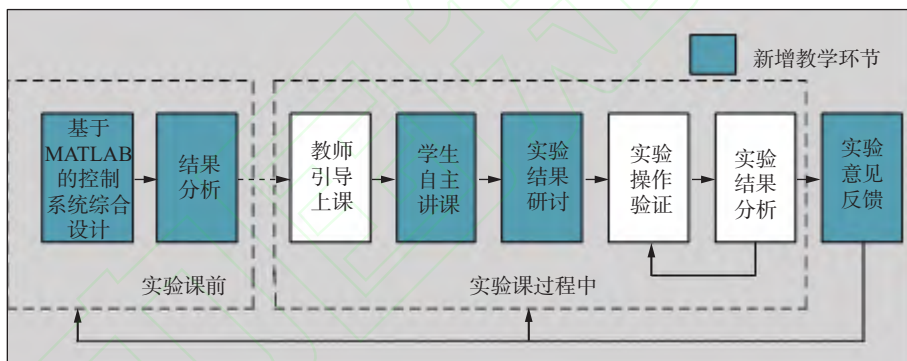


图6 以问题为引导的多维度自主学习教学方法

3.3 面向全过程的线上线下教学流程考核模式

强调过程评价与总结性评价相结合的全面评价模式。特别是过程评价，侧重考核学习态度以及在实验全过程中学生动手能力和解决实际问题的能力。

以全面考评为“指挥棒”，通过在学习能力、设计能力、动手能力、分析能力等多方面的综合考评，激励牵引学生提升自身创新能力与设计分析能力^[6]。注重考查学生的综合运用所学知识的能力、解决问题的能力以及创新思维的能力，主要从实验课预习质量、线上学习情况、课堂提问、课堂试讲、学生现场试验动手操作能力和实际问题能力、实验报告等方面进行全教学流程地评定。课堂或课后采取提问、随访、实验报告检查批阅等多种方式评价学生实验效果及满意度。

对学生实验课的线上线下全面评价，按百分制划分为如下方面：

- ◆ 实验报告成绩(50分)；
- ◆ 实验线上预习效果(10分)；
- ◆ 实验讲解与分析(10分)；
- ◆ 开放式实验参与程度(10分)；
- ◆ 课堂问题解决能力(15分)；
- ◆ 意见反馈(心得体会等，5分)。

课程改革后对专业毕业要求的支撑采取课程达成度评价方式进行。从评价数据可得出，课程总体达成度合格，为88.32%，各项较为均衡，效果较好。

4 结束语

自动控制原理实验课程教学内容增加创新综

合性实验, 教学方式方法的多维度以及采取线上线下混合式教学, 都更加突出了课程的前沿性与时代性, 提高了学生的学习兴趣; 采取混合式教学和数字仿真等信息化工具的应用提高了学生对课程的深入参与度, 提升了学习效果; 采取面向全过程的教学流程考核模式, 大大激发学生在实验课堂中, 重过程的思想意识和学习态度, 形成实验团队良好氛围。

课程经过建设后, 实现线上线下混合式教学, 既可以充分利用在线教学优势, 做好实验课前知识回顾、实验设计等预习工作, 又可以实施翻转课堂, 强化教师与学生、学生与学生面对面线下课堂互动, 进行思辩、互动与实践的全新模式, 使传统以教师为中心、知识灌输为主的教学模式转变为以学生为中心、以解决问题的能力提升为核心的个性化教学模式, 效果明显。

参考文献

- [1] 于歆杰. 论混合式教学的六大关系[J]. 中国大学教学, 2019(5): 14-18, 28.
- [2] 郭漪, 刘刚, 等. 信息论基础课程线上线下混合式教学创新探索与实践[J]. 高教学刊, 2024(14): 119-123.
- [3] 赵俊生, 焦建军, 等. 以课程目标为导向的混合式教学研究与实践: 以电气控制与 PLC 课程为例[J]. 大学教育, 2024(5): 58-62.
- [4] 肖丽仙, 王建秋, 等. 基于 SPOC 线上线下混合式教学模式实施方案设计: 以“电气控制与 PLC 技术”课程为例[J]. 楚雄师范学院学报, 2021, 36(6): 147-150.
- [5] 洪化清. 信息技术赋能实现教与学的翻转: 新加坡南洋理工大学的教与学变革[J]. 中国大学教学, 2019(12): 44-48.
- [6] 王晶心, 冯雪松. 基于慕课的混合式教学: 模式、效果与趋势-基于 SSCI 和 ERIC 数据库的分析[J]. 中国大学教学, 2019, (10): 49-55.
- [7] 卢京潮. 自动控制原理[M]. 清华大学出版社, 2013.
- [8] 冯晓英, 孙雨薇, 曹洁婷. “互联网+”时代的混合式学习: 学习理论与教学法基础[J]. 中国远程教育 (综合版), 2019, (2): 33-35.
- [9] YOUSEF A M F, CHATTI M A, SCHROEDER U, et al. A usability evaluation of a blended mooc environment: an experimental case study[J]. International Review of Research in Open & Distributed Learning, 2015, (2): 69-93.
- [10] 彭斌, 皮子坤, 等. 新工科背景下工业通风课程线上线下混合式教学模式探讨[J]. 高教学刊, 2024, (1): 119-122.
- [11] 邢卉, 孙晓云, 王明明, 等. 自动控制原理课程的混合式教学模式实践研究[J]. 科技风, 2022, (6): 111-113.
- [12] 周振超, 张岳. “自动控制原理”一流本科课程教学改革初探与实践[J]. 辽宁科技学院学报, 2022, 24(2): 73-75.
- [13] 王世明, 贾红艳, 薛薇. 面向应用型专业的自动控制原理异步 SPOC 教学模式研究[J]. 中国轻工教育, 2021(5): 91-95.
- [14] 李冬燕, 任春梅, 黄裕娥. 线上线下混合式教学在《膜科学与技术》课程中的实践[J]. 云南化工, 2021, 48(11): 173-175.
- [15] 王冠舒, 武斌. 高等数学“三段式”混合教学模式的构建与探索: 以山东石油化工学院为例[J]. 大学教育, 2023(11): 58-61.

编辑 钟晓