自动控制原理混合式一流本科课程教学改革研究

张 淼，介 婧

（浙江科技学院 自动化与电气工程学院，浙江 杭州 310023）

[摘 要] 为响应教育部一流课程“双万计划”，加快发展新工科建设，积极探索自动控制原理一流本科课程教学改革。从课程教学现状出发，分析了在课程教学改革中要解决的重点问题，坚持以学生为中心、以能力产出为导向，从课程思政、教学模式、实践教学和课程考核等四个方面进行自动控制原理线上线下混合式课程教学改革，充分激发学生学习的主动性和创造性，提高学生解决复杂工程问题的能力。

[关键词] 自动控制原理；线上线下混合式；教学改革；教学模式

[基金项目] 2022年度浙江省线上线下混合式一流本科课程建设“自动控制原理”；2021年度浙江科技学院校一流本科专业课程建设项目“自动控制原理”（2021k1）；2022年度浙江科技学院校级课程思政示范课程“自动控制原理”（2022-ks2）。

[作者简介] 张 淼（1991-），女，湖北荆州人，博士，浙江科技学院自动化与电气工程学院讲师（通讯作者），主要从事复杂系统建模研究；介 婧（1972-），女，山西运城人，博士，浙江科技学院自动化与电气工程学院教授，主要从事智能控制与优化研究。

[中图分类号] G 642.0 [文献标识码] A

为进一步贯彻党的十九大精神，落实“立德树人”根本任务，教育部全面推进一流课程“双万计划”建设，加快形成中国特色、世界水平的一流本科课程体系[1]。为更好地适应社会发展新需求，加快发展新工科建设，作为一所工程应用型高等院校，我校在制订2021版人才培养方案时对创新应用型人才培养提出了新的要求，着力建设既具有高阶性、创新性、挑战度，又具有课程育人时代性、针对性、实效性的一流本科课程[2]。

自动控制原理是自动化、机器人、建筑电气与智能化等专业必修的专业基础课程。通过该课程的学习，使学生系统地掌握自动控制系统的基本概念及原理、系统建模、分析与综合的理论和方法，具有独立系统分析和实验的技能，初步具有解决自动化及相关领域内实际工程控制问题的能力。通过本课程教学，应达到能够对实际控制问题进行识别、分析及判断，获得有效结论并用于工程实践等能力产出为导向的教学目标。自动控制原理具有工程背景鲜明、理论性强、数学要求高、概念抽象、知识点繁杂等系列特点，学习难度较大，所以要特别注意教学方法的改进，尤其是在新工科的背景下，不仅要深化自动控制原理课程的理论性，也要探索多元化的实践教学模式，增加理论知识的实用性。

因此，本文从自动控制原理课程教学现状出发，分析总结在课程教学改革中要解决的重点问题，坚持以学生为中心、以能力产出为导向，充分利用互联网+技术，从课程思政、教学模式、实践教学和课程考核等四个方面，探索自动控制原理线上线下混合式一流本科课程教学改革方法，以满足未来新兴产业和新经济人才需求。

一、教学现状分析

自动控制原理从自动化专业设立以来，一直是其课程体系中必修的专业基础课程。随着控制技术在各工程领域的广泛应用，随着我校专业建设以及招生的多维度化，该课程已由原来的自动化专业，逐渐推广至电气及自动化、建筑电气及智能化、机器人等本科专业、中本一体化和国际化专业。本课程数学基础要求高、涉及的先修知识面广、内容综合且抽象，一直以来都是令师生头疼的课程。而专业层次的多维化以及生源的复杂化，更是加剧了该理论课程的教学难度。

本课程目前的教学中存在以下问题：（1）缺乏对学生的思政教育。该课程内容信息量大，学生对控制理论的实际工程应用了解很少，对控制论的发展脉络不清楚，因而对课程的重要性认识不足，应试的目的比较明显，出现重视知识传授而忽略价值观引领的现象，课程教学中往往会偏重追求知识的掌握，而忽略了对学生思想政治的再教育。（2）教学模式传统，多媒体应用不足。当前本课程大部分章节仍然采用课堂授课模式，少部分章节采用翻转课堂教学，然而线上学习的反馈信息通常滞后于线下课堂，无法与授课同步进行，这种传统的被动学习模式会抑制学生的积极性和主动性，学生课堂参与度低，注意力容易分散。（3）偏重知识获取，工程实践能力欠缺。学生在学习过程中只关注公式应用，缺少学习的自主性和创造性，不会应用所学知识去分析解决实际工程问题；而且课程教学中实际控制工程的项目案例涉及较少，实验与理论内容相对分立，难以提升学生的工程实践能力。（4）课程考核缺少过程评价。当前课程总评成绩由平时成绩、实验成绩和卷面成绩三部分构成，所占比重各不相同，但缺少对学生学习过程的评价，导致教师不能及时掌握学生的学习情况，不能根据教学反馈及时调整教学内容和教学手段，也不能有效调动学生的学习积极性。

二、教学改革要解决的重点问题

针对现有课程教学中存在的问题，以建设自动控制原理线上线下混合式一流本科课程为目标，教学改革应着重解决以下几个问题。

（1）如何以“立德树人”为目标，挖掘思政元素，有效推进课程思政建设

自动控制原理课程教学已不单单是要教会学生有关知识和技能，更要通过合理地引导，让学生积极地对待人生和社会，发自内心地产生精神和思想动力，进而提升自己的育德意识与育德能力。如何以“立德树人”为目标，挖掘课程思政元素，积极探索和实践课程的育人功能，提高课程的教学质量，实现知识传授与价值观协同发展。

（2）如何“以学生为中心”，基于互联网+技术，创新多维度智慧教学模式

教师在教学过程中注重以学生为本，不断优化教学方法和手段，改善学生学习效果，有效提升教学质量。如何利用先进的信息化技术，实现多种优质教育资源的落地应用，创新多维度智慧教学模式，将课堂与课外相互融合，引导学生从注重“考试结果”向注重“学习过程”进行转变，实现“以学生为中心”和“以教师为主导”的现代教育理念。

（3）如何以“学生能力培养为导向”，“理实”并重，探索多元化实践教学

自动控制原理课程的实际操作，是以培养工程型人才为目标，理论与实践联系密切。如何以“学生能力培养为导向”，结合实际控制工程需求，探索多元化的实践教学模式，从而增加理论知识的实用性。在教学过程中有意识地培养学生的工程意识，注重弘扬工匠精神，渐进培养学生解决自动化及相关领域复杂工程问题的能力。

（4）如何构建多元化考核方式，完善课程评价与持续改进机制

OBE教育理念关注对学生学习实际产出进行分析，制订教学计划及成绩考评体系，建立持续改进机制。如何构建线上线下混合式教学考核方式，使课程评价体系从结果评价转向结果与过程评价相结合的方式，并且基于多元过程数据进行课程目标达成度分析及持续改进，助力课程目标及毕业要求有效达成。

三、教学改革的主要措施

（1）融入课程思政

在课程教学改革中，将思政教育融入到整个教学过程中，育人与育才相结合、显性教育与隐形教育相统一。本着价值塑造、能力培养、知识传授“三位一体”的育人理念[3]，深入挖掘自动控制原理课程的思政元素，明确课程的思政教学目标；将知识目标达成、能力目标达成、情感目标达成与“思政育人”目标相融合，系统设计德育递进路径，完善自动控制原理课程的教学大纲，将德育目标固化在教学大纲中。以培养具有社会主义核心价值观、适应新时代发展需求的社会主义事业建设者为整体思政目标，将自动控制原理课程的教学设计与先进控制、人工智能等前沿性问题相衔接，与工程实践相融合，充分挖掘控制领域大国工匠事迹、大国重器最新成果、时事事件等有机融入教学内容，将控制理论及技术的专业教学与思政教育进行有机融合，在学习知识的同时培养学生的世界观、人生观、价值观。

表1 课程思政教学切入点及实施途径

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **育人元素** | **教学切入点** | **典型案例** |
| 民族自信和爱国情怀 | 前言，控制理论的发展简史 | 控制领域名人轶事、中国航天航空航海高铁等领域内最新技术成果 |
| 科技强国的责任意识 | 课程导学；控制系统结构剖析；系统稳定性分析 | 国际技术封锁、芯片之战、智能制造等领域卡脖子问题；疫情防控、卫星发射、经济发展等不同领域内稳定的重要意义 |
| 工匠精神、敢为人先勇于超越的创新精神 | 系统稳准快性能分析、控制系统设计及校正方法 | 中国太空站的最新建设进展、神州系列卫星发射控制任务剖析；航母高铁等大国重器的自主研发 |

教学组织上，采用协同增效的课程思政教学模式，课前教师根据素质目标挖掘思政元素，设计单元任务书，初步建设自动控制原理思政案例库，在教学内容中融入师生熟悉的生活案例、工业案例以及科技热点前沿。课中阶段，教师和学生可以在教学活动中模拟工程师实战和角色互换扮演，通过教学实践培养学生的系统观、科技发展意识、责任与担当。课后阶段，教师根据学生的获得感和提出的问题及时进行教学反思，进一步丰富、迭代思政案例库。课程思政具体教学切入点及典型案例如表1所示。通过这种协同增效的教学模式，将思政教育贯穿于自动控制原理教与学的全过程，构建师生共同体，实现知识传授与价值观协同发展，培养学生的民族自信和爱国情怀、科技强国的责任意识、敢为人先、勇于超越的创新精神。

（2）创新智慧教学模式

智慧教学能够对学生学习的动态数据进行统计、加工和分析，形成即时化的教学评价体系，实现教师和学生全时空的持续沟通，并且提供了丰富多彩的教学资源。雨课堂基于科学理论和混合式教学，通过课前－课中－课后三个环节的功能支撑，实现大数据时代的智慧教学[4]，包含师生多元实时互动系统、教学全周期数据分析系统。教师借助雨课堂教学平台，能够丰富教学手段、优化教学方法，从而激发学生的学习兴趣，提高课程教学效果[5]。



图 1 自动控制原理的三步曲多维度教学路径

在智慧教学模式下，根据自动控制原理课程教学大纲及教学目标，进行学情精准分析，精进教案及教学设计，保证教与学有的放矢；在教学过程中加强教学管理，注重过程考核和反馈，并通过设问、研讨、课堂检测、案例剖析等多元方式，有效提高学生课堂参与度及学习热情，建立良好的课堂生态。以学生为中心，基于雨课堂教学平台构造如图1所示的课前—课中—课后三步曲多维度教学路径，将课前、课中、课后三个环节贯穿于教学过程的始终，为学生提供灵活丰富的网络学习资源和不受时空限制的学习方式，形成多维度立体化教学模式。

课前阶段，教师将教学内容分层，对于自主学习层次的知识点采用线上教学，由个人独立完成，让学生学起来、测起来；对于引导学习层次的知识点采用线上+线下教学，分小组进行组内协同，让学生说起来、问起来；对于深度学习层次的知识点采用线上+线下教学，分小组进行组间对决，让学生思起来、辩起来。通过雨课堂发布预习内容和预习任务单，教师可以对每一页课件进行重点提点和针对性讲解，丰富课件内容，方便学生理解和学习；学生不受教学时间和地点约束，随时随地的在线学习、完成任务、反馈问题；教师可以随时查看班级课件预习情况和完成情况，根据预习测试题的测试结果进行综合学情分析，据此拟定合适的教学设计。课中阶段，教师以具体工程案例为背景导入教学知识点，抛出问题引发学生思考，设计理论精讲、讨论疑问、答疑互动、示范重难点、实操练习等多样化的教学活动方式；对于重点和难点知识，线下精讲之后可以利用雨课堂组织学生进行线上限时随堂测验与小组协作学习，开展教师讲评、学生互评、学生互学等多元化的过程评价，并根据课堂教学情况随时开启弹幕，组织学生讨论，活跃课堂气氛；对于学有困难的课件，学生通过点击“不懂”进行反馈，教师可实时查看学生“不懂”情况，及时调整课堂教学进度，进行有针对性的讲解或个性化辅导。课后阶段，教师根据雨课堂统计的教学详情数据，对学生的学习情况进行全面分析，有针对性地布置线上和线下作业并进行个性化资源推送，学生通过雨课堂在线提交作业、复习课程内容、发布心得体会或课程疑问，进行学习成果共享、师生共建工程案例库。教师对学生的课后学习情况给出多元评价和层级任务，并利用线上或线下的教学平台进行有针对性的二次讲解或答疑，针对每个学生的实际差异性进行个性化辅导，帮助学生实现对课程知识的巩固和提高。

（3）探索多元化实践教学

针对自动控制原理理论性强的特点，在课程理论教学中结合工程应用增加实操练习环节，将MATLAB辅助分析与设计控制系统方法贯穿在相关章节中，课堂上将纯理论的教学内容实验化，能够增强学生的主观能动性，激发学生的创造力。授课过程中培养学生应用MATLAB辅助分析与设计控制系统的综合能力，包括系统数学模型的MATLAB表示、MATLAB辅助分析控制系统时域性能、用MATLAB绘制根轨迹、MATLAB在频率法中的应用、Simulink在控制系统仿真中的应用、MATLAB在离散系统分析中的应用等[6]，增加理论知识的实用性。选择符合所教专业的工程实例，着重介绍工程应用的思路，在课堂上开展实践化演练，让学生自己动手仿真做实验，加深学生对知识的理解和应用。

在课程实验教学中，增加设计性实验和综合性实验，以实际控制工程项目案例为牵引，将实验项目分为构思、设计、实施、操作四个环节，分小组进行组内协同；推进“理实协同学习”方式[7]，引导学生通过理论学习一步一步地提出解决方案，注重让学生“做中学”，使学生从“不会”到“解决一定难度问题”，实现从知识到能力的转化。教师对实验项目的四个环节分别设置合理的阶段性过程评价，并增加学生互评、学生互学环节，激发学生学习的主动性和创造性，最大程度上实现理论与实践的有机结合，从而提高学生独立分析系统和实验的技能，渐进培养学生解决自动化及相关领域复杂工程问题的能力。进一步以学生工程能力培养为主旨，着手建设虚拟仿真平台，虚实结合，丰富课程综合实验项目内容及实验手段，打破时间地点的限制，让学生能够随时完成实验。

（4）线上线下混合式教学考核方式

课程考核是教学过程的重要环节，科学合理的考核方式不仅可评价学生对课程目标的达成情况，也为教学中存在的不足之处进行持续改进提供重要依据。线上线下混合式教学改革对自动控制原理课程设计了多元化的课程评价机制，并借助雨课堂及时统计、反馈学生学习情况和成绩，推动课程评价管理数字化、智能化。为有效达成课程目标，本课程采取线上、线下、实验以及期末等多种考核方式，通过设置合理的考核权重，对学生的课程学习情况和学习效果进行综合考评，最终构建了如图2所示的线上线下混合式教学考核方式。总评成绩=线上考核成绩+线下考核成绩+实验考核成绩+期末考核成绩，其中，线上考核包括在雨课堂平台上布置的线上任务、课堂测试和阶段测试，用来评定学生的学习态度及主动性，实时评定学生对所学内容的掌握程度；线下考核主要形式为线下作业，用来督促学生及时巩固所学知识并应用；实验考核包括预习报告、实验过程和实验报告，用来评定学生的学习态度、操作能力和学习效果；期末考核采用闭卷考试形式，综合评定学生的知识掌握和独立解决控制问题的能力。自动控制原理课程评价方式改革的创新在于过程考核的多样化、数字化，重视过程考核，有利于建立良好的课堂生态，激发学生学习的自主性和热情，有效促进学生分析与解决问题、团队协作、严谨求实等个人整体素养的增进。授课结束后，基于线上和线下的多元过程数据，针对教学班整体和个体分别进行课程目标达成情况分析，从而对学生的学习效果进行评价，找出教学中的薄弱环节，将评价结果作为课程教学质量持续改进的重要依据，助力课程目标及毕业要求的有效达成。



图2 线上线下混合式教学考核方式

四、教学改革实施成效

自动控制原理线上线下混合教学模式在近三年逐渐推进，教师组不断优化教学方法和手段，通过分析课程在线过程考核效果和近三年课程目标的达成情况，对自动控制原理课程教学进行综合性的分析评价。首先分析上一轮课程的在线学习成效，对教学过程中的随堂在线测试（多次）和阶段测试（2次）进行了对比分析，结果如图3所示，可以看出，经过多次随堂在线测试训练后，2个阶段综合测试成绩均有明显提升，说明线上线下混合式教学模式改善了学生的学习效果，有效提升了教学质量。



图3课程在线过程考核效果分析

该课程近三年的课程目标达成情况对比如图4所示，其中课程目标CO1和CO2主要涉及理论教学部分，由图可知这两个目标达成情况逐年稳步提升，说明线上线下相融合的三步曲多维度智慧教学模式有效提升了学生理论学习的主动性和效果。CO3主要涉及实验教学部分，由图可知该目标达成情况也逐年稳步提升，说明多元化实践教学模式加深了学生对自动控制原理知识的理解和应用，提高了学生对实际工程控制问题的分析和解决能力。从教学数据统计和学生评价来看，学生课内注意力显著增强，对课程的主动参与意识提高，对教师的教学满意度提升。本课程教学改革得到学生普遍认可，学生评教持续优秀，并于2020年春被认定为校优质课堂、2021年获教学质量优秀奖。



图4 近三年课程目标达成情况分析

五、总结

自动控制原理线上线下混合式一流本科课程教学改革始终坚持以学生为中心、以能力产出为导向，不断聚焦人才培养新需求，将课程教学改革与课程思政建设并行，借助于互联网和大数据技术，优化线上线下教学资源，创新多维度智慧教学模式，探索多元化实践教学方式，完善课程评价与持续改进机制，为培养适应时代需求的新工科应用型人才提供了有效途径。

参考文献

[1]王昕，华臻，隋金雪,等.“自动控制原理”一流本科课程教学建设探索[J].教育教学论坛,2021(47):71-74.

[2]金红娇,罗时光,齐峰.新工科背景下“自动控制原理”教学改革研究与实践[J].无线互联科技,2022(6):163-164.

[3]朱文兴.“自动控制原理”课程思政教学案例设计与实践[J].电气电子教学学报,2021,43(5):16-19+38.

[4]王秀珍，王粉梅，裴斌.基于雨课堂的智慧教学模式构建[J].计算机教育,2018(4):139-142.

[5] 李光磊,牛生洋,陈春刚,等.基于智慧教学平台雨课堂的混合式教学模式研究——以“食品分析”课程为例[J].食品工业,2022,43(4):274-278.

[6]白圣建，邹逢兴，卢惠民.聚焦差异，因材施教——“以学生为中心”的“自动控制原理”课程建设与实践[J].高等教育研究学报,2021,44(4):101-105.

[7]张丽,介婧,朱文. 基于OBE-CDIO理念的自动控制原理课程教学改革探索与实践[J].高教学刊,2021(36):128-131.

**Research on Teaching Reform of Hybrid First-class Undergraduate Course of Automatic Control Principle**

ZHANG Miao, JIE Jing

(School of Automation and Electrical Engineering, Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou, Zhejiang 310023, China)

Abstract: In order to respond to the "double ten thousand plan" of the Ministry of Education and accelerate the development of new engineering construction, this paper actively explores the teaching reform of the first-class undergraduate course of automatic control principle. Based on the analysis of the teaching status of automatic control principle, this paper summarizes the key problems to be solved in the course teaching reform. Adhering to the student-centered and production-oriented, this paper carries out the automatic control principle online and offline mixed course teaching reform from four aspects: curriculum ideology and politics, teaching mode, practical teaching and course assessment. The teaching reform fully stimulates the initiative and creativity of students, cultivates their ability to solve complex engineering problems, and improves the quality of training new engineering talents.

Key words: Automatic Control Principle; mixed online and offline; teaching reform; teaching mode