

基于 SPOC 与 BOPPPS 的“机械工程测试技术”课程混合教学模式探究

和丹 肖渊* 杨鹏程 孙戡 屈萍鸽
西安工程大学 机电工程学院, 陕西 西安 710600

[摘要]针对机械工程测试技术课程目前教学模式单一、学生参与度不够、工程实践能力培养不足等问题,结合西安工程大学学生学情,提出构建基于 SPOC(Small Private Online Course,小规模私有在线课程)与 BOPPPS(Bridge-In Objective Pre-Assessment Participatory Learning Post-Assessment Summary, 导入、目标、前测、参与式学习、后测、总结)的混合式教学模式。首先,开展素质教育素材库、工程案例库和线上课程等资源建设,并将其导入 SPOC 网络平台;然后,将 SPOC 与 BOPPPS 教学模式结合,形成课前异步、线下同步、课后异步教学框架;接着,以调制与解调章节教学为例,构建教学设计方案;最后,结合新教学模式形成多阶段教学考核方式。经三轮教学资源建设与实践验证,丰富了教学模式,学生能深入参与教学过程,学生成绩及评教满意度不断提高,提高了“机械工程测试技术”的教学质量。

[关键词]SPOC; BOPPPS; 混合式教学; 实践教学; 机械工程测试技术

DOI: 10.33142/fme.v7i2.19281

中图分类号: G642

文献标识码: A

Exploration on the Blended Teaching Mode for the Course "Mechanical Engineering Testing Technology" Based on SPOC and BOPPPS

HE Dan, XIAO Yuan*, YANG Pengcheng, SUN Jian, QU Pinge

School of Mechanical and Electrical Engineering, Xi'an Polytechnic University, Xi'an, Shanxi, 710600, China

Abstract: Aiming at the problems existing in the current teaching mode of the Mechanical Engineering Testing Technology course, such as a single teaching method, insufficient student participation, and inadequate cultivation of engineering practical abilities, this paper proposes a blended teaching mode based on SPOC (Small Private Online Course) and BOPPPS (Bridge-In, Objective, Pre-Assessment, Participatory Learning, Post-Assessment, Summary) combined with the learning situation of students at Xi'an Polytechnic University. Firstly, the construction of resources including a quality education material library, an engineering case library, and online courses is carried out, which are then imported into the SPOC network platform. Secondly, SPOC is integrated with the BOPPPS teaching mode to form a teaching framework consisting of asynchronous pre-class learning, synchronous offline teaching, and asynchronous post-class review. Next, taking the teaching of the "Modulation and Demodulation" chapter as an example, a teaching design scheme is constructed. Finally, a multi-stage teaching assessment method is developed in conjunction with the new teaching mode. After three rounds of teaching resource construction and practical verification, the teaching mode has been enriched, students can deeply participate in the teaching process, their academic performance and teaching evaluation satisfaction have been continuously improved, and the teaching quality of Mechanical Engineering Testing Technology has been enhanced.

Keywords: SPOC; BOPPPS; blended teaching; practical teaching; mechanical engineering testing technology

引言

机械工程测试技术是机械类本科生一门综合性高、实践性强的专业基础课,涉及数学、物理、控制理论及计算机科学等众多知识,既属于理论和实践密切结合课程,又属于跨学科、更新较快的课程,需要学生理论知识牢固,又有较高的动手能力,但传统课程知识点内容多、学时少,理论课学时远多于实验实践。学生普遍认为该课程

深奥抽象、晦涩难懂、理论与工程应用联系不紧密。

针对以上问题,国内高校针对该课程开展了持续性的课程改革与探索,主要可分为两大类:第一类是基于单一模式应用的教学改革研究,主要包括:基于工程案例教学^[1]、基于项目式教学^[2]等。这类教学模式改革往往具有鲜明的问题导向性,但存在功能单一、适应性不强、缺乏互补性等问题。第二类是基于多模式应用的教学改革研

究,主要包括:翻转课堂教学^[3],混合式教学^[4]等。这类教学改革模式具有全面性、互补性和灵活性等优点,但操作相对复杂。其中,翻转课堂主要聚焦于教学流程的变革以及课堂功能的转换;而混合式教学模式则更加注重多种教学形式与资源的综合运用。鉴于国内网络资源极为丰富,知识获取途径广泛多样,学生能够借助网络获取自己感兴趣的国家级一流课程资源展开线上学习。在此情形下,教师更应承担起帮助学生筛选并整合有价值信息的双重任务,为学生解答在线上学习过程中遭遇的困惑,组织线下深入探讨以及实践活动,从而切实实现知识的内化与能力的提升,这也与 OBE (Outcome Based Education, 以结果为导向教育) 教学理念更为契合。

混合式教学模式主要有三种:课堂教学为主,网络资源学习为辅;网络资源自主学习为主,课堂交流学习为辅;课堂教学与网络资源深度融合,相辅相成^[5]。然而,传统混合式教学模式在实际应用中尚存在一些可优化之处。例如,在以课堂教学为主的模式中,网络资源的辅助作用可能未得到充分挖掘;以网络资源自主学习为主的模式里,课堂交流的深度和广度有时难以保证;而课堂教学与网络资源深度融合的模式,在实施过程中对教师的教学设计和教学组织能力提出了更高要求,若把握不好,可能影响教学效果。基于此,传统混合式教学模式的教学效果在一定程度上还需进一步提升,因此,探索新的教学模式达成教学效果势在必行。

BOPPPS 教学模式包含导入、目标、前测、参与式学习、后测、总结六个方面,具有科学且系统的教学流程与设计思路,近几年广泛应于经济学^[4]、食品科学^[6]、生物工程^[7]、控制工程^[8]和城市管理学^[9]等课程的混合式教学中。笔者所在的教学团队以工程教育专业认证和新工科改革为契机,结合“金课”建设标准的要求,积极转变教学理念,探索 BOPPPS 在“机械工程测试技术”课程的教学改革应用,通过构建基于 SPOC 与 BOPPPS 的混合式教学模式,培养学生多平台学习能力,提升学生课程参与度和解决复杂工程问题等能力,为相关课程教学改革提供新思路^[10]。

1 课程目标与教学痛点

1.1 课程目标

(1) 知识目标: 学生掌握机械工程测试基础知识,测量系统特性、传感器工作原理,不失真测试条件,常见参数测试方法和测试系统的组成等。

(2) 能力目标: 培养学生具备根据测试对象、测试要求、测试环境等因素,合理选择测量原理和测量方法的

能力,为从事机械工程测试与科学研究打下坚实基础。

(3) 素质目标: 提高学生科学和专业素质,增强学生社会责任感和家国情怀,能将所学知识应用于国家所需科技领域。

1.2 教学痛点

(1) 知识目标教学痛点——教学模式单一

机械工程测试技术课程内容涉及多个学科领域,如数学、物理学、控制理论等,具有繁多且复杂的特点。学生需在有限的学习周期内实现多学科知识的融会贯通,这对教学方法提出了巨大挑战。然而,传统教学模式较为单一,难以充分激发学生的学习兴趣 and 主动性,严重影响了教学质量和学习效果。

(2) 能力目标教学痛点——工程实践能力培育不足

在前期课程设置中,理论课占比较大,学生的实践机会极为有限。面对具体测试任务时,学生难以将所学理论知识有效地转化为实际可行的操作方案。这种理论与实践的脱节,使得学生在实际工程应用中无从下手,无法满足工程实践能力的要求。

(3) 素质目标教学痛点——学生参与度不够

在达成学生素质目标过程中,学生参与度不足成了突出问题。部分学生对将知识应用于国家所需科技领域缺乏热情,在培养社会责任感和家国情怀方面也不够积极主动。需采取有效措施,激发学生的参与热情,以实现素质目标。

2 混合式教学模式构思

针对本课程 3 个教学痛点问题,构思基于 SPOC 与 BOPPPS 相结合的混合教学模式框架(如图 1 所示),具体过程如下:

针对教学模式单一问题,利用 BOPPPS 教学模式将每章节的教学内容设计为“引入、目标、前测、参与式学习、后测和总结”6 个阶段。引入阶段,利用 SPOC 平台导入工程问题或案例,并以视频、动画等形式呈现,引发学生好奇心;在目标设定上,通过 SPOC 平台发布每节课的课程目标,学生随时查看,做到心中有数;前测阶段,借助 SPOC 平台开展线上测试、发布讨论话题,并结合课堂提问等方式,全面了解学生知识掌握情况;参与式学习阶段,运用小组讨论、项目式学习等方法;后测阶段,利用 SPOC 平台布置在线作业、在线考试等,不受时间地点限制,高效检验学习成果并进行反馈;总结阶段,在 SPOC 平台发布知识总结文档、思维导图等,助力学生梳理知识脉络,构建全方位知识体系。

针对工程实践能力培育不足的问题,引入案例式教学和项目式教学方式,并将其融入 BOPPPS 教学模式的参

与式学习阶段。首先，教师在课堂上引入工程案例，把抽象的理论问题转化为形象的工程问题。学生运用所学知识分析案例中的测试需求、方法选择、数据处理等，在交流中激发思维火花，以此培养学生解决复杂工程问题能力。其次，在实验室的“快速可重组综合实验平台”上开展项目式教学。学生依据不同的测试对象和测试要求，选择合理的测量原理和测量方法，设计测试系统进行验证。通过虚实结合的实验教学，提升学生的实践操作技能和团队协作能力。

针对素质教学目标中的学生参与度不够问题，以 BOPPPS 的流程为框架，在 SPOC 平台的资源中融入体现科学素养、社会责任感等内容。在目标设定中明确素质培养方向，借助平台开展相关主题的在线讨论作为前测，了解学生初始认知。在参与式学习环节，组织学生参与科研项目、社会实践等活动，利用 SPOC 平台记录过程和成果。最后通过后测与总结，引导学生反思，培养科学态度和价值观，增强社会责任感和家国情怀。

3 基于 SPOC 与 BOPPPS 的教学模式建立

3.1 课程教学资源建设

(1) 素质培育素材库建设

分别从课程历史发展，工程应用案例、工程伦理三个角度挖掘并建设素质教育素材库。首先，根据课程发展历程，展示科学家们在面对困难和挑战时坚持不懈、勇于探索的精神。例如，讲述早期测试技术简陋条件下，科学家

凭借坚定信念逐步改进和完善技术。然后，挖掘工程应用案例，分析测试技术在重大工程项目中的应用，强调其对国家经济和社会发展的贡献，培养学生爱国情怀和社会责任感。例如，列举我国在高铁、航空等领域中先进的测试技术，激发学生民族自豪感。最后，从工程伦理角度，探讨测试中的数据真实性、可靠性，培养学生的诚信意识和职业道德。举例说明因测试数据造假导致的严重后果，警示学生坚守职业操守。

(2) 立足真实工程实践的案例库建设

从行业报告、企业实际项目等渠道获取案例。对收集到的案例分析和整理，提取关键信息，筛选出具有代表性、典型性和教学适用性的案例。例如，在测量系统特性章节，针对汽车发动机性能测试问题，通过测量转速、扭矩、油温等参数，评估发动机的动力输出和工作稳定性，分析测量系统的静态特性和动态特性。在传感器工作原理章节，针对智能手环中的心率监测传感器，通过检测血液流动引起的光吸收变化来测量心率，解释传感器的工作原理和性能特点。在不失真测试条件章节，针对齿轮箱故障诊断问题，分析在振动信号采集过程中的不失真测试条件，如何避免频率混叠，以及傅立叶变换在齿轮箱故障诊断的工程应用价值。在信号处理初步章节，针对地下输油管道漏损位置的探测问题，引入振动传感器测试和互相关分析理论，精准探测地下输油管道的漏损位置，为及时修复管道提供依据。



图 1 混合式教学模式构思

(3) 聚焦实践能力提升的实验平台建设

在计算机实验室利用 Matlab 软件搭建测试系统和信号处理模拟平台, 为学生自主学习提供信号采集、信号滤波、傅里叶变换以及相关分析等仿真软件, 加强学生对采样频率、卷积、滤波器, 傅里叶变换和信号处理方法等基础理论理解。更新先进实训设备, 包括: 快速可重组综合实验平台, 电桥试验台, 转子试验台和振动试验台等, 为学生进行实战演练提供平台支撑。除此之外, 开放研究生实验室, 鼓励学生在研究生的带领下参与创新竞赛和科学研究, 实现创新想法和知识有机融合。

(4) 知识能力培养的测试题库与讨论题库建设

首先应明确课程重点与目标。对于测试题库, 按知识点分类, 涵盖不同题型与难度, 如简单的概念填空、中等难度的计算以及复杂的综合应用题。讨论题库则围绕开放性问题、对比性话题和最新研究方向构建, 如探讨新型测试技术的应用前景, 对比不同测量方法的优劣, 引入最新研究作为讨论点, 激发学生兴趣与思考。

(5) 面向多学习场景的线上课程资源建设

团队结合新大纲, 认真分析教学内容, 精选清华大学王雪教授开设的《测试与检测技术基础》国家精品课程作为线上资源, 该课程分章节录制, 每个视频 10min 左右, 视频内容与本课程教学内容一致, 便于学生利用碎片化时间学习。除此之外, 团队将教学大纲、线上课程、工程案例库、素质教育素材库、测试题、讨论题等资料导入雨课堂平台, 搭建 SPOC 教学平台, 为后续开展 BOPPPS 教学模式做准备。

3.2 构建混合式教学模式

考虑到 BOPPPS 具备专业教学体系, SPOC 具有丰富教学资源 and 交流平台, 本课程提出构建基于 SPOC 与 BOPPPS 的混合式教学模式, 包括课前异步 SPOC, 线下课堂教学, 课后异步 SPOC 三个环节(如图 2 所示)。

在课前异步 SPOC 教学环节中, 运用 BOPPPS 教学设计中的“引入、目标、前测”3 个阶段, 在引入阶段, 利用 SPOC 平台推送工程案例, 激发学生学习兴趣, 学生体会课程价值。在目标阶段, 首先利用 SPOC 推送章节知识目标、能力目标、素质目标要求; 然后针对三大目标, 利用 SPOC 推送与之匹配视频内容供学生课前学习。在前测阶段, 利用 SPOC 平台发布课前测试、讨论话题等, 了解学生对相关学科基础知识的掌握程度和预习情况。

在线下课堂教学环节中, 主要运用 BOPPPS 教学设计中的“参与式学习”模式。针对知识目标, 引入实际工程测试案例, 将抽象的理论知识具象化, 帮助学生理解理

论知识。针对能力目标, 开展实验教学和项目式教学。在实验教学中, 学生亲自动手操作设备, 提升实践能力; 在项目式教学中, 学生参与完整工程项目。针对素质目标, 采用问题导向教学和专题研讨。利用问题导向教学, 提出工程测试难题, 学生自主探究, 培养其科学素养; 利用专题研讨, 设置“测试技术在国家重大工程中的应用”专题, 学生主动调研, 体会测试技术突破对国家发展的重要性。

在课后异步 SPOC 中, 开展 BOPPPS 教学设计中的“后测, 总结”2 个阶段。在后测阶段, 首先, 教师利用 SPOC 平台发布作业题、学生通过练习题巩固知识; 其次, 教师利用 SPOC 平台发布测试题和思考题, 检验学生学习能力目标和素质目标达成情况。在总结阶段, 首先, 教师根据线上线下学生反馈情况对本章知识、能力、素质目标达成度进行总结反思, 便于下一章节课程内容及时调整。其次, 学生根据教师后测反馈结果, 自我调整学习计划, 及时沟通求助, 形成良性循环。

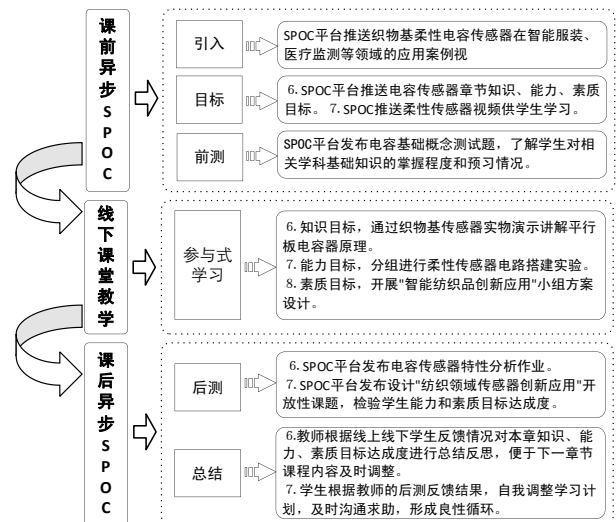


图 2 基于 SPOC 和 BOPPPS 的教学框架

3.3 教学案例设计

以“调制与解调”章节教学为例, 介绍教学案例设计。首先, 在课前异步 SPOC 环节中, 运用 BOPPPS 中“引入、目标、前测”3 个阶段; 然后, 在线下课堂教学环节中, 运用 BOPPPS 中“参与式学习”模式; 最后, 在课后异步 SPOC 环节中, 运用 BOPPPS 中“后测, 总结”2 个阶段(详细教学活动见表 1)。

3.4 多阶段教学考核方式

考核方式不仅是检验学生学习效果的重要依据, 而且是提高教学质量的关键。本课程原有的评价主要包括平时成绩(作业和实验成绩占比 15%), 期中考试成绩(占比

15%)和期末考试成绩(占比70%)三个部分,这种考核方式侧重于书本知识的记忆,弱化了能力和素质目标考核,导致学生在学习过程中的参与度不高,容易陷入“考前突击,考完就忘”的恶性循环。

本次教学改革对传统以考试为主的评价方式进行了革新,采用课前异步评价、线下教学评价以及课后异步评价相结合的多阶段考核模式。新考核方式不但能够重视学生对理论知识和实验技能的掌握情况,同时也密切关注学生在解决复杂工程问题以及素质等方面的能力表现,具体

见表2)。

结合表1和表2分析可知,多阶段考核评价方式与混合式教学设计呈现高度统一性,实现了全过程评价。该评价模式一方面能够在教学进程中及时为学生提供反馈信息,使学生清晰地认识到自身的优势与不足之处,从而便于教师适时调整教学策略;另一方面,它可以更为全面、客观地评定学生的学习成效,有效激发学生的学习兴趣与主动性,契合不同学生的学习风格,进而有力地推动教学质量的提升。

表1 调制与解调教学设计案例

SPOC	BOPPPS	教师活动	学生活动
课前异步	引入	SPOC 推送工程案例: ①齿轮发生偏心故障时,在运行过程中,振动信号会出现调制信号,该特征可以用于齿轮故障诊断。 ②华为5G技术中采用的先进调制解调技术。	①产生兴趣;②意识课程价值和重要性。
	目标	SPOC 推送学习目标: ①知识目标:掌握调制与解调基本概念和原理; ②能力目标:掌握基于 Matlab 调幅、调频和解调仿真; ③素质目标:培养学生工程思维和创新意识,运用调制与解调技术解决工程问题。 SPOC 推送与学习目标匹配的教学视频。	①掌握课程目标和重点;②学习老师推送教学视频。
	前测	SPOC 推送问题: ①画出简单调幅和调频信号时域波形图,标注关键参数? ②对比同步检波和包络检波两种解调的性能和适用条件? ③齿轮发生偏心故障时,振动信号表现形式? 根据前测反馈结果进行总结反思,微调课程内容。	积极作答前测题,展示真实学习情况。
线下教学	参与式学习	①针对知识目标,案例教学——齿轮偏心导致振动信号产生调频和调幅,分析调制信号产生原因和解调机制。 ②针对能力目标,实验教学——学生利用齿轮箱故障试验台采集齿轮偏心故障振动数据,Matlab 分析时频域特征。 ③针对素质目标,专题研讨——当轴承内圈发生局部故障时,其运行过程中的振动信号是否具有调幅调频?并分析原因。	①与教师充分互动;②以小组为单位进行实验;③与教师研讨互动。
课后异步	后测	SPOC 推送测试题: ①知识目标作业题:已知调制信号 $m(t)=5\cos(2\pi \times 100t)$,载波频率为 $f_c=1000\text{Hz}$,求调幅信号表达式。绘制调频信号通过鉴频器解调的原理框图,简述各部分作用。 ②能力目标测试题:利用 Matlab 绘制知识目标作业题①中的调幅信号时域、频谱图,分析调幅信号时域和频谱特征。 ③素质目标思考题:作为一名工程师,如何根据调制与解调理论,实现齿轮故障诊断?给出具体步骤和实施流程。	①完成作业题巩固基础知识;②完成能力目标测试题;③完成素质目标思考题。
	总结	根据学生后测情况对本章知识、能力、素质目标达成度进行总结反思,便于下一章节课程内容及时调整。	根据后测结果,调整学习计划。

表2 多阶段考核方式

阶段	成绩构成	分值	考核方式	评价方式
课前异步	视频学习成绩	10%	视频观看完成度	雨课堂软件评价
	案例学习成绩	5%	课前异步问答	教师评价
线下教学	实验成绩	10%	实验报告	教师评价
	课堂互动成绩	10%	课堂问答/课堂讨论	教师评价/学生互评
课后异步	课后作业成绩	15%	作业达成度	教师评价
	期末考试成绩	50%	期末考试	教师评价

4 教学效果评价

(1) 形成知识、能力和素质相统一。在混合式教学改革的推动下,真正把课堂还给学生,学生从“学会”变成“会学”,不仅提高了知识和能力水平,而且将素质教育潜移默化地融入学生心中,进而提高学生灵活应用知识、解决实际问题能力,达到知识、能力和素质相统一。

(2) 全面提升学生应用实践能力。近三年学生参与大学创新创业大赛、挑战杯大赛,获得一等奖 2 项目,二等奖 2 项,三等奖 3 项目。其中,2023 年本科生获“互联网+”大学生创新创业大赛省级金奖、全国铜奖,实现从无到有突破。

(3) 本科生科研能力得到提升。2023 年,本科生以第一作者在《噪声与振动控制》期刊(CSCD)发表名为“基于 DIA 的最优尺度形态滤波器及其在轴承故障诊断中应用”科研论文,实现从“0”到“1”,从无到有。

(4) 学生课程总评成绩逐步提升,学生评教满意度逐步提升。近 3 年,学生总评成绩良好以上人数比例从 46% 提升到 57%,不及格人数比例从 5% 下降到 3%;学生评教满意度从 86% 提升到 95%。

(5) 2024 年,基于混合式教学改革的《机械工程测试技术》成功获批陕西省的省级一流课程。此次获批省级一流课程是对该课程教学改革成果的充分肯定,也为进一步提升课程质量和教学水平提供了新的机遇和挑战。

5 结束语

面向我国制造业高端化、智能化、绿色化发展对人才培养的需求,本团队遵循以学生为中心理念,结合本校学生学情和培养目标,选取“机械工程测试技术”专业核心课,构建“基于 SPOC 与 BOPPPS 相融合”的混合式教学模式。在实际教学应用中,SPOC 模式整合了丰富的线上优质课程资源,为学生提供了多元化的学习素材和广阔的交流空间;BOPPPS 模式使教学流程更加条理清晰、科学合理。通过两种模式的融合,能够根据 OBE 教学理念明确预期的学习成果,以成果为导向反向设计教学活动,帮助学生在实践中更好地参与教学,并提高学生解决复杂工程问题能力。相关课程建设内容与方法,对其它工科课程建设也具有一定的参考价值和借鉴意义。

基金项目:西安工程大学本科教育教学改革研究项目“以工程能力为导向的纺织院校机械电子工程专业课程建设与实践”(23JGZD04);西安工程大学本科教育教学

改革研究项目“机械类专业课程体系优化的教学改革研究”(23JGQN14)。

[参考文献]

[1]文成,周传德.工程案例法在“机械工程测试技术”课程教学中的应用[J].重庆科技学院学报(社会科学版),2012(21):188-190.

[2]曹修全,陈艳.基于“项目式教学”的《传感器与工程测试技术基础》课程实践研究[J].创新创业理论与实践,2022(23):162-165.

[3]樊继东.基于 OBE 的测试技术课程翻转课堂教学模式研究[J].三峡高教研究,2020(2):6.

[4]杜小娟.教育数字化转型背景下宏观经济学课程教学改革研究——基于“OBE+BOPPPS”的混合式教学模式[J].中国现代教育装备,2025(17):111-113.

[5]刘兴莉,俞颖奇.基于 BOPPPS 和超星学习通的线上线下混合教学应用价值分析[J].创新创业理论与实践,2025,8(6):161-163.

[6]陈启佳,李雪梅,李丹丹,等.BOPPPS-CDIO 相结合教学模式在“食品专业综合实验”课程中的教学改革与实践[J].食品与发酵工业,2023,49(15):351-356.

[7]袁建琴,唐中伟,史宗勇,等.基于 BOPPPS+翻转课堂的“蛋白质工程”线上线下混合式教学模式探索[J].生物工程学报,2023,39(7):3037-3048.

[8]明银安,刘丹,张莉,等.基于“双碳”目标的“水污染控制工程”教学创新设计探究[J].中国给水排水,2023,39(16):56-62.

[9]张湘云,刘利珍.基于 OBE 理念的 BOPPPS 教学模式在开放教育混合式教学中的应用研究——以内蒙古开放大学行政管理专业城市管理学课程为例[J].创新创业理论与实践,2025(3):158-161.

作者简介:和丹(1986—),男,讲师,工学博士学位,目前主要从事故障诊断与 NVH 研究;肖渊:(1975—),男,教授,工学博士学位,目前主要从事微滴喷射打印成型和 3D 打印研究;杨鹏程:(1985—),男,副教授,硕士生,工学博士学位,目前主要从事激光干涉精密测量、机器视觉与图像处理研究;孙骥:(1984—),男,副教授,工学博士学位,目前主要从事结构设计及仿真分析,高等教育教学研究等;屈萍鸽:(1977—),女,讲师,工学硕士学位,目前主要从事机电系统控制研究。