

线上线下融合的《自动控制原理》课程实验平台搭建与优化

苗爱敏, 张小花, 刘 芹, 黎 敏, 叶丽萍

仲恺农业工程学院自动化学院, 广东 广州

收稿日期: 2022年10月10日; 录用日期: 2022年11月4日; 发布日期: 2022年11月14日

摘 要

针对自动化类课程实验平台及内容体系方面存在的实验内容侧重理论仿真, 工程性不强, 以及实验设备和共享虚拟仿真平台“利用率”不够, 电子类实验教材缺乏等方面的问题, 结合自动化课程实验教学及人才培养方式的改革和创新, 研究以工程问题为导向, 提出自主集成及研发实验平台, 融合虚拟仿真实验平台的线上线下混合式实验教学模式, 通过开放式、互动式和更新式的实验类云教材开发, 建立针对工程实践能力、专业素养能力和自主学习能力等多维度实践能力提升方案, 最终获得由浅入深的、符合移动信息化时代自动化技术发展潮流的、线上线下融合的实验平台搭建和模式优化。为培养自动化类本科学生具备“智能制造”系统的综合设计、系统分析和系统实现以及理论验证和能力创新, 提供一个坚实的实践基础。

关键词

自动控制原理, 平台搭建与优化, 虚拟仿真, 云教材

Construction and Optimization of Online and Offline Integration of the Course Principles of Automatic Control Experimental Platform

Aimin Miao, Xiaohua Zhang, Qin Liu, Min Li, Liping Ye

School of Automation, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou Guangdong

Received: Oct. 10th, 2022; accepted: Nov. 4th, 2022; published: Nov. 14th, 2022

Abstract

Aiming at the problems existing in the experimental platform and content system of automation courses, such as the experimental content focusing on theoretical simulation, weak engineering,

insufficient utilization of experimental equipment and shared virtual simulation platform, and the lack of electronic experimental textbooks, etc. In combination with the reform of automation course experiment teaching and talent training methods, an engineering problem oriented online and offline hybrid mode of course experiment was proposed, which integrates research and design platform with virtual simulation experiment platform. Through the development of open, interactive and updated practical cloud textbooks, a multi-dimensional practical ability improvement scheme is established for engineering practical ability, professional quality ability and independent learning ability. Finally, the experimental platform construction and mode optimization of online and offline integration, which is from simple to deep, in line with the development trend of automation technology in the mobile information age, will be obtained. It provides a solid practical basis for the undergraduate students to have the ability of comprehensive design, system analysis, system realization, theoretical verification and innovation of "intelligent manufacturing" system.

Keywords

Automatic Control Principle, Platform Construction and Optimization, Virtual Simulation, Cloud Textbook

Copyright © 2022 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

以生产高度数字化、网络化、自动化为标志的第四次工业革命的到来,机器学习、大数据分析、物联网等前沿技术的发展正在改变着这个时代。传统的生产模式已经被改变,新经济形态的变化对我国高等工程教育提出了新挑战,也将促使高等教育的教学理念、方式、学习模式发生重要变革。自动化专业的人才培养模式主要是应用导向型,因此实践教学在培养学生工程性思维和专业应用认知上具有不可替代的重要作用。

2016年12月,习近平在《在全国高校思想政治工作会议上的讲话》指出“要重视和加强第二课堂建设,重视实践育人,坚持教育同生产劳动和社会实践相结合,广泛开展各类社会实践,让学生在亲身参与中认识国情、了解社会,受教育、长才干。”开展实践教学是响应习近平总书记重要指示,提高实践教学质量,促进高等教育内涵式发展的要求。2020年4月,教育部等八部门发布《关于加快构建高校思想政治工作体系的意见》中,第8条指出“工学类专业课程要注重科学思维方法的训练和科技伦理的教育,培养学生探索未知、追求真理、勇攀科学高峰的责任感和使命感,培养学生精益求精的大国工匠精神”。作为培养自动化类本科生创新精神和实践能力的重要教学手段,高校思想政治工作从根本上是要求专业知识与实验学习体系结合,实践需要反映新技术、学科的新发展以及学科之间的交叉与融合,同时又需要培养大学生具有科学探索和科学精神,提高科学素养,使人才培养目标具有经济前瞻性的、适应性。从教学效果上,自动化专业课程知识面广、内容多、理论性强,尤其是自动化专业核心课程《自动控制原理》中控制系统分析、设计过程涉及到各种分析方法和复杂的计算模型,内容比较抽象,课堂理论教学学时较少,教学过程中难以让学生将系统理论与各种实际的自动控制系统联系在一起,极易造成理论与实际脱节,所以教学时必须辅以足够的课程实验。

在实践设计方面,移动信息技术的发展又对自动化实践课程的构建和发展注入了更广泛的技术内涵。面对未来智能化、自动化、网络化的趋势,自动化专业课程《自动控制原理》的知识体系既要反映新技术、学科的新发展以及学科之间的交叉与融合,又要反映信息化时代的学生学习模式和信息获取特点。

因此,作为培养学生创新精神和实践能力的重要教学手段,实验平台及内容体系都应该符合前沿技术和移动信息化的发展潮流,对实现创新型人才培养为目标的实践模式具有重要意义。

2. 实验体系现状及存在问题

课程实验教学平台建设是自动化类专业面临的主要问题,不少高校在控制类实验设备方面投入了大量的建设资金,加强了实验环节的教学力度,为培养具有创新性且工程能力强的本科生进行了不断的探索。如,北京航空航天大学(刘中,2013)提出了加大《自动控制原理》实践教学的设计性实验比重的方案[1];重庆大学(杨欣,2011)对自动化类课程的实验模式和系统进行了充实和提高,实现对自动化专业及不同工程专业学生的综合实践能力、创新能力和工程能力的培养[2];全国50余所本科院校建立了基于西门子先进控制系统的实验室、控制工程实验室,开展了过程控制、运动控制、电力系统自动化方面的实验内容[3][4][5]。例如,仲恺农业工程学院自动化学院自成立以来建立了自动化学院实验中心,建有“智能测控实验室”、“控制网络实验室”、“过程控制实验室”、“自动控制系统实验室”。2015年获得广东省实验教学示范中心建设立项,中心实验室教学体系内容基本满足了自动化类专业核心课程和选修课程的实验教学需求,也为控制科学与工程学科的相关科研实验提供必要的平台支撑。

2.1. 偏重基础,实验设备潜力发挥不足

目前高校实验设备为学生基础实验训练提供了有效的支撑,一定程度上提升了学生的实验水平,但是目前实验多是传统的软件仿真或者试验箱的形式,实验偏重基础理论,工程性和应用性有限,且一般是基于现有的实验操作书进行基础的实验,较少进行实验的扩展[6][7][8]。比如现有的实验设备THK GK-1型过程控制实验装置,该装置采用多种常用的控制方式和理论,除了常见的PID算法及其改进算法外,还增加了模糊控制、人工神经元控制等国内外先进的控制策略,还嵌入了国际上流行的MATLAB软件平台,使老师和学生能轻松方便地进行算法编制,除了基础实验可以进行其他多种实验的扩展。但是由于课时和缺乏相应的指导基础,很少对设备进行扩展实验,未能发挥现有实验设备的潜力。因此,上述实验模式及内容已无法全面调动他们的主动性和积极性,不利于学生创新能力和工程设计能力的培养。

2.2. 设备局限,创新及实践能力培养不足

传统的实验模式依赖于实验设备,设备内部的电子电路集成在一起,具有不可拆卸性,学生对基础工作原理理解困难[9][10],且潜在破坏性、未知性故障实验在学校实验室很难开展,如控制工程在智能汽车开发、复杂流程工业过程及自动化医疗设备等方面的应用等。而虚拟仿真技术基于实验仪器、人工智能、人机交互和计算机仿真模拟实验工程的新技术,通过模拟真实实验环境和操作过程的直观展示,虚拟仿真技术的发展为课程创新、改革教学形式和手段,提供了巨大的潜力和技术支撑。很多高校建立了共享虚拟仿真平台并将虚拟现实技术应用于实践教学,如北京航空航天大学计算机系最早开始虚拟仿真技术的研究和应用,研究开发用于优化和提升飞行员训练的系统;武汉大学国家级电力生产过程虚拟仿真实验教学中心,应用于电力生产过程仿真实验和教学;广西师范大学化工制药虚拟仿真实验教学中心等。虚拟仿真实验室平台则是依托虚拟现实与多媒体技术,融合多种互动硬件设置,对实验教学的各个环节进行真实的模拟仿真,节约现实教学资源,共享教学设施,提高学生学习兴趣,促进学生实验操作能力。基于虚拟仿真技术的应用和发展起点高、资金投入大,重复各个学校上线也会导致资源的浪费,且上述很多平台能够实现高校资源共享和远程实验,可以进行多个学校的共享使用。虽然很多高校建立了开放式虚拟仿真实验教学管理平台和实验教学中心,但是基于共享平台的实验课程较少,线上实验潜力发挥不足。因此,基于目前的实验室硬件设备和现有的线上虚拟仿真平台,构建混合式实验教学模式,提高实践教学效果,满足自动化技术的发展潮流是当前的重要工作[11][12][13]。

2.3. 教材落后，互动式实验指导书匮乏

实验教材作为人才培养的物质基础，起着重要的导向作用，为了更好地开展实验工作，提高教学质量，努力提高实验指导书的质量十分关键。目前针对《自动控制原理》课程的实验指导书主要集中在传统的针对基础实验的实验操作和实验步骤指导，包括设备说明，实验操作过程、实验步骤以及实验分析等详细指导内容，基础实验外的引导性、创造性、启发式的扩展实验指导较少；在共享的虚拟仿真实验平台中，实验指导多是具体的实验系统，缺乏针对平台实验的指导书，学生基础实验需要较长时间摸索，容易产生挫败心理。此外，传统纸质指导书更新较慢，而基础平台扩展实验和虚拟仿真实验平台实验内容不断更新，传统书籍难以满足当前虚拟仿真实验平台不断改进的需求。当今自动化领域已迈向了“网络化”，“智能化”，“数字化”时代，教育现代化实施加快推进，如何充分利用互联网和新兴的移动信息技术实施人才培养和教学，实现的有效的教学十分重要和迫切，目前随着富媒体数字出版、移动学习、云服务和大数据四大领域的前沿技术的发展，书籍情景化、动态化、形象化的学习需求越来越高，尤其是多样化展示和内容可更新需求的实验类课程，现有的传统模书籍难以满足当前在移动信息化时代大学生的实验需求[14] [15]。

3. 实验平台及内容体系提升方案

基于《自动控制原理》专业课程特点以及实验需求，针对目前实验教学存在实验平台潜力发挥不足，线上实验较少，互动式实验教材匮乏，导致实验教学工程性、探索性、系统性差等方面的问题。对现有的实验内容体系及平台进行扩展、充实和更新，构建基于线下平台扩展、线上共享虚拟仿真实验平台，并设计基于该基础课程的交互式实验云教材，实施信息化、工程化的实验内容改革，实现实验教学及平台的搭建与优化，创新人才培养方式，为培养自动化类本科生具备先进控制系统的综合设计、系统分析和系统实现以及理论验证和能力创新，提供一个坚实的实践基础。图 1 给出了《自动控制原理》课程实验平台及内容体系提升方案框架图。

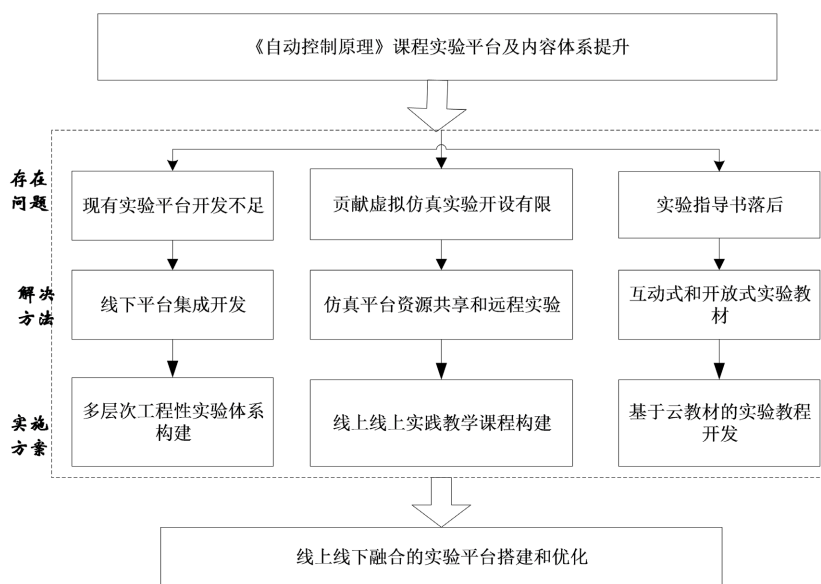


Figure 1. Framework of the experimental platform construction and content system improvement scheme

图 1. 实验平台构建及内容体系提升方案框架图

3.1. 实验平台改进和优化设计

针对现有的实验平台，构建以工程问题、人工智能和大数据分析融合的实验教学方法和体系，培养

学生较强的针对工程问题的理论分析基础；提出针对现有实验平台的改进方法，针对目前工业、农业、医疗的研究问题，提出工程化、智能化、数字化应用背景下的实验提升方案，提高实验装置实验潜力，制定“简单、复杂、智能、网络化”的多层次实验内容体系，在逐步提升学生工程实践能力的同时，培养学生具备“人工智能”、“数字信息融合”、“物联网+”等现代技术融合特征的专业化工程人才，提高学生理论和工程融汇贯通的能力。图2给出了实验平台设计和改进思路。

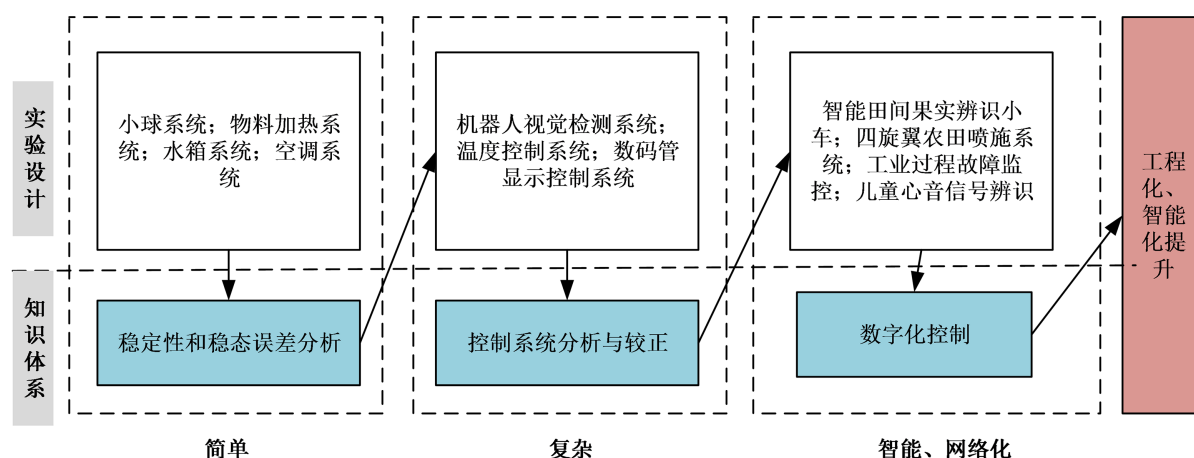


Figure 2. Experiment improvement and design ideas

图2. 实验改进和设计思路

3.2 基于共享虚拟仿真平台的线上实验平台构建

研究目前国家级，省级和校级平台仿真实验平台实验内容并进行信息融合，通过多个虚拟仿真平台实验展示当前前沿科技和核心关联技术，增强学生兴趣，提高自动化专业学生的科学素养并增强学生主动性；研究同一实验不同平台的实验设计和实验内容，丰富实验内容，加深学生理解，提升知识学习灵活性和教学效果；建立了以学生为中心的开放式科研及工程训练培养模式，基于共享虚拟仿真平台的工程化展示关联线下控制实验，引导学生在自动化领域的工程兴趣和科研精神。

基于研究内容1中基础实验设备和研究内容2的虚拟仿真平台，设计相关实验，构建基于线上线下的混合式实验教学内容。表1给出了《自动控制原理》实验课程线上线下教学总体框架和内容设计。

Table 1. The scheme content of online and offline hybrid experiment system

表1. 线上线下混合式实验内容体系方案

仿真平台	实验层次	主要内容	类型	实验装置
基础实验平台	理论仿真实验	典型环节时域响应；线性系统稳定性分析；线性系统跟轨迹分析	线下实验平台	自动控制系统实验装置；
	工程设计实验	智能交通系统；多层电梯控制系统；数码管显示控制		计算机控制系统技术实验系统；
扩展实验平台	扩展基础实验	PID控制仿真；解耦控制系统比值控制；串级控制		可编程控制器综合实训装置；过程控制实验装置；
	扩展工程实验	智能田间果实辨识小车；四旋翼农田喷施系统；工业过程故障监控；儿童心音信号辨识		电机控制实验装置；智能控制系统

Continued

虚拟仿真实验平台	工程设计实验	智能交通系统虚拟仿真；工业机器人控制系统；DOF 姿态控制系统；加热炉及其控制系统；工业过程控制仿真系统。	线上实验平台	国家虚拟仿真平台；省级虚拟仿真平台；校级虚拟仿真实验平台；虚拟仿真实验室软件平台
----------	--------	---	--------	--

3.3. 基于云教材的交互式实验教学

针对线下扩展和改进实验，融合线上实验过程，采集课程视频、图片、媒体新闻等素材，作为实验教材基础材料，撰写基于云教材的实验教程，为学生提供丰富的、可扩展的、精致化的、社交化的全新学习体验；研究集成教学内容，通过富媒体编排设计和交互设计，面向智能手机、平板电脑进行全新设计呈现，构建内容可更新的云教材；转变传统实验教材形式，发挥信息技术在学科实验教学中的优势，开展基于“教师主导、学生主体”的开放式实践活动；研究交互式教学，使学生自主规划学习内容和节奏，通过不同学习风格和知识呈现形式，满足现代大学生的学习特征和追求时间、空间自由的个性化需求，并根据自己的学习基础和学习能力调整学习时间和进度，实现自我规划和自主学习。图 3 给出了针对自动控制原理实验课程的教材开发及内容体系的构建，包括了视频、图片和动画素材的搜集，以及针对素材的编撰和应用过程。

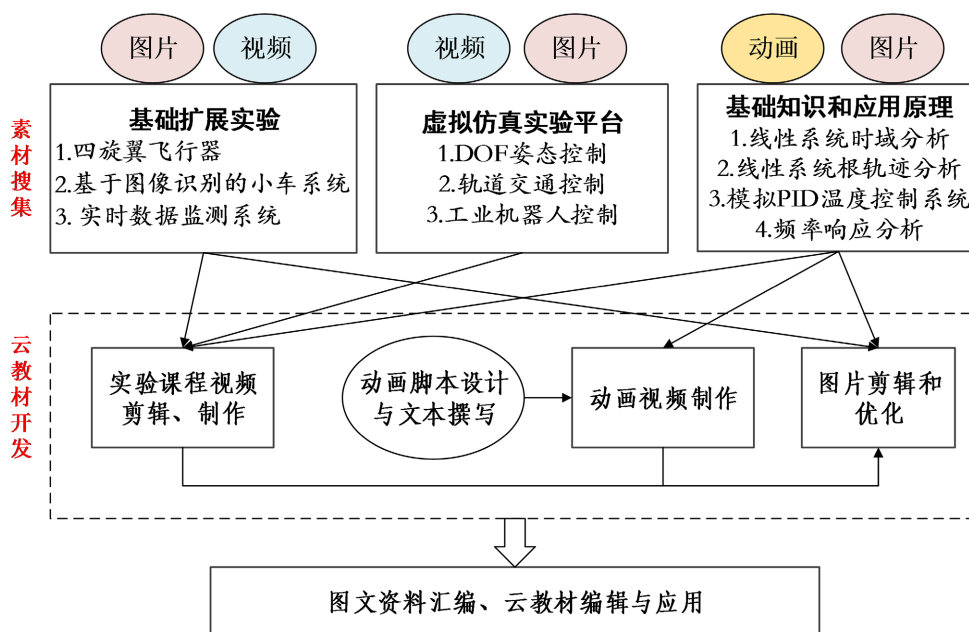


Figure 3. The content system of the experimental cloud textbook of Automatic Control Principle
图 3. 《自动控制原理》实验云教材内容体系

4. 结语

针对自动化类课程实验平台及内容体系方面存在的实验内容侧重理论仿真，工程性不强，以及实验设备和共享虚拟仿真平台“利用率”不够，电子类实验教材缺乏等方面的问题，结合国家“智能制造 2025”发展战略人才培养需求，提出了通过完善现有实验平台的实验内容体系，基于共享虚拟仿真实验平台和

工程应用, 开发线上线下混合式实验平台, 解决目前实验系统的“利用率”低的问题; 基于线上线下实验内容, 开发基于多媒体实验系统的自动化专业实验教程云教材, 实现开放式、交互式和自主式学习, 解决现有实验指导时空局限性和内容无法更新的问题。最终获得由浅入深的、符合工业 4.0 时代自动化技术发展潮流的课程实验平台搭建与优化方案。课题将有助于提升高校自动化类课程实验内容的“工程性”及“前瞻性”, 以及实验设备的“利用率”及“潜力”, 为培养自动化类本科学生具备“智能制造”系统的综合设计、系统分析和系统实现以及理论验证和能力创新, 提供一个坚实的基础。

致 谢

感谢广东省教育厅广东省高等教育教学研究和改革项目, 教育科学规划课题高等教育教学专项项目对本论文的支持, 感谢浙江大学开放课题对本论文的支持, 感谢仲恺农业工程学院校级质量工程项目的支持。

基金项目

多维协同和移动信息化融合的《自动控制原理》实践课程教学改革研究, 广东省高等教育教学研究和改革项目(粤教高函[2021] 29 号); 移动信息化背景下的本科高校《自动控制原理》课程实践教学模式转型研究, 2022 年度教育科学规划课题高等教育教学专项, (2022GXJK214); 基于 OBE 理念的线上线下混合式教学模式在《电机拖动》课程的实践与探索, 广东省高等教育教学改革(一般类); 新工科背景下基于 OBE 的《电机拖动》在线开放课程建设研究(2022ZXKC232), 2022 年广东省本科在线开放课程(一般类); 基于移动信息化教学的“自动化类课程”实验教学改革, 2020 年校级本科教学质量与教学改革工程项目(仲教学[2021] 4 号, KA220160220); 自动控制原理实践课堂, 2020 年仲恺农业工程学院“课程思政”示范课堂项目(KA210315750); 基于多维协同的农业工程专业研究生《现代测试技术及应用》课程教学改革研究, 2022 年校级研究生教育创新计划项目(仲研字[2022] 4 号, KA220160220); 高原山地型城镇能源互联网用户负荷特性分析及预测模型研究(ICT2022B24)。

参考文献

- [1] 周映江, 朱松豪, 赵勃, 等. 基于无人飞行器的自动控制原理课程实验教学改革[J]. 学周刊, 2018, 381(33): 7-8.
- [2] 陶洪峰, 刘艳君, 熊伟丽, 等. 新工科工程教育背景下自动控制原理课程建设改革模式探讨[J]. 高教学刊, 2020(3): 124-126.
- [3] 杨焱超, 熊盛武, 饶文碧, 等. 基于云计算的计算机类实验教学平台搭建与应用简[J]. 实验技术与管理, 2016(10): 147-151.
- [4] 朱涛, 周天沛, 李红. 仿真和原型实现相结合的仪表自动化实验系统开发[J]. 实验技术与管理, 2015, 32(4): 136-140.
- [5] 夏静萍, 王瑛. 工程专业认证背景下的自动控制原理实验教学改革与实践[J]. 实验技术与管理, 2016, 33(2): 159-165.
- [6] 关常君, 程方晓, 于鑫. 自动控制原理课程实验教学体系的改革[J]. 当代教育实践与教学研究, 2018(2): 50-51.
- [7] 李辉. 应用型自动化专业计算机课程体系建设与实践[J]. 实验技术与管理, 2015(11): 166-169.
- [8] 吴洪兵. 自动控制原理课程理论, 实践并重教学改革研究[J]. 教育现代化, 2018, 5(10): 64-66, 76.
- [9] 赵洋. 自动控制原理课程教学改革的探索——借鉴德国德累斯顿工业大学[J]. 东莞理工学院学报, 2020, 27(1): 115-119.
- [10] 汤健, 柴天佑, 片锦香. 工业过程智能优化控制半实物仿真实验平台[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2009, 30(11): 1530-1533.
- [11] 李海岗, 吴喜骊, 吕凯, 等. 基于虚拟仿真技术的汽车电子实践教学研究[J]. 实验室科学, 2019, 22(5): 55-57.
- [12] 张生军. 互联网 + 虚拟仿真技术在通信类课程教学中的应用研究[J]. 中文信息, 2018(4): 139.

- [13] 李军华. 虚拟仿真技术在弱电工程类课程教学中的应用研究[J]. 产业与科技论坛, 2019, 18(2): 152-154.
- [14] 李丽. 基于蓝墨云班课和云教材的信息化教学改革对策[J]. 吕梁教育学院学报, 2018, 35(3): 114-116.
- [15] 姚燕. 基于蓝墨云班课的高职信息化教学改革探讨——以《电气控制与 PLC 应用技术》课程为例[J]. 开封大学学报, 2017, 31(3): 63-66.