

引文格式: 施杰, 张毅杰, 杨琳琳, 等. 农科院校机械类专业智能制造人才培养模式改革——基于云南农业大学机械设计制造及其自动化专业的实践探索 [J]. 云南农业大学学报(社会科学), 2022, 16(1): 150-155. DOI: 10.12371/j.ynau(s).202104060.

农科院校机械类专业智能制造人才培养模式改革

——基于云南农业大学机械设计制造及其自动化专业的实践探索

施 杰, 张毅杰, 杨琳琳, 孙 波, 张鸿富

(云南农业大学 机电工程学院, 云南昆明 650201)

摘要: 本文针对地方农科院校机械类专业在智能制造人才培养过程中存在的问题, 特别是在当前“新工科”与“新农科”这一发展背景下, 分别从改革人才培养目标、重构课程体系、构建适应智能制造的教学模式、改革教学内容、构建新的实践创新能力培养体系、研制虚拟仿真实验系统等方面进行了人才培养模式的改革探索。通过在云南农业大学机械设计制造及其自动化专业中的实践, 学生的智能制造意识和综合能力得到了显著提高。同时, 研究成果对于农科机械类专业、工科机械类专业以及其他学科专业的人才培养教学改革有着一定的参考和借鉴价值。

关键词: 智能制造; 人才培养模式; 新工科; 新农科; 机械专业

中图分类号: G 642.0 文献标识码: A 文章编号: 1004-390X(2022)01-0150-06

Reform on Intelligent Manufacturing Talents Education Mode of Mechanical Profession in Agricultural Colleges: Practice and Exploration Based on Mechanical Design, Manufacturing and Automation Specialty of Yunnan Agricultural University

SHI Jie, ZHANG Yijie, YANG Linlin, SUN Bo, ZHANG Hongfu

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

Abstract: Aiming at the existing problems in the training process of intelligent manufacturing talents of mechanical specialty in local agricultural university, this paper explores the reform of talent education mode, through reforming the traditional training objective and reconstructing the curriculum structure of intelligent manufacturing, constructing the teaching mode based on intelligent manufacturing, exploring the teaching content adapting to the course system of intelligent manufacturing, construction of practical innovation ability training system, development of virtual simulation experiment system for professional practice teaching. By practice, students' awareness of intelligent manufacturing and comprehensive ability have been significantly improved. At the same time, this research result has a certain reference value for other talents education mode reform.

收稿日期: 2021-04-16

修回日期: 2021-05-20

基金项目: 教育部产学合作协同育人项目“OBE模式下机械专业智能制造课程群教学内容和课程体系改革”(201802204006); 云南农业大学教育教学改革研究项目“面向新工科与专业认证的地方农业院校机械类专业人才培养模式研究与实践”(YAU2018DSZX05); 省级一流本科专业建设项目“云南农业大学机械设计制造及其自动化专业”。

作者简介: 施杰(1981—), 男, 云南昆明人, 副教授, 主要从事制造业信息化、机械故障诊断技术研究。



Keywords: intelligent manufacturing; talents education mode; new engineering course; new agricultural course; mechanical specialty

“中国制造2025”是要将传统制造业向智能化、自动化、网络化方向转型,其核心是智能制造^[1-4]。智能制造所带来的新产业、新装备、新工艺、新标准等,也必然需要相应的专业人才进行支撑。这就要求高校机械类专业必须尽快适应智能制造技术的发展需求,对传统的人才培养方式进行变革,培养满足智能制造要求的工程技术人才。作为地方农业院校的云南农业大学开办有农业机械化及其自动化、机械设计制造及其自动化、机械电子工程等机械类相关专业。农业院校的机械类专业与工科院校相比,通常存在人才培养目标定位不清晰、建设投入不足、人才培养与企业脱节等问题^[5-6]。特别是在当前“新工科”与“新农科”这一发展背景下,对农科机械类人才的培养提出了许多新要求。这也加速这一问题的改革成为当前高校特别是农科院校共同关心的问题。因此,本文以云南农业大学为例,针对农科院校机械类专业在智能制造人才培养过程中存在的问题,通过对培养目标、课程体系、教学模式、教学内容与实践创新能力培养等方面进行改革,并探索“新工科”与“新农科”相结合的农科院校办学特色,提出了面向智能制造的人才培养新模式,还对此作了实践探索。

一、方法与过程

近年来,云南农业大学机械设计制造及其自动化专业教学团队为了适应新工科、新农科背景下智能制造对机械类专业人才培养的新要求,在教育部产学研合作协同育人项目、国家大学生创新创业训练计划项目、学校教育教学改革研究项目和学生科技创新创业行动基金项目的支持下,围绕着智能制造人才培养模式改革,从以下几个方面进行了探索:(1)探索通过优化重构以“学科前沿讲座→专业基础课→专业模块课→专业实践→毕业设计”为主线的课程体系和教学内容,来打造集机械、信息技术、人工智能等多学科于一体的智能制造课程群;(2)探索构建基于数字化设计软件平台(Digital Design Software Platform, DTPC)的教学模式和信息技术与专业课程深度融合的教学模式;(3)探索将教改和科研成果融入

教学内容,编写智能制造课程教材;(4)探索构建“专业课程+专题培训+全程指导+学生项目+学科竞赛”的培养体系,来培养学生的实践创新能力;(5)探索研制相关的虚拟仿真实验系统来弥补实践教学条件的不足。同时,教学团队还充分结合地方农业院校的办学特色。特别是在课程体系、教学模式、教学内容和指导各类学生科技创新项目等方面都力求体现出“新工科”与“新农科”的交叉与融合。

二、结果与分析

通过几年来改革的实践探索,教学团队总结出了农科机械类专业智能制造人才培养模式,如图1所示。

(一)改革传统人才培养目标,重构智能制造课程体系

“智能制造”人才不仅要有扎实的机械工程专业知识,而且还要能运用所学知识去解决实际中的复杂工程问题,同时具备学习新知识和新技术的能力,具有工程实践能力和创新能力强等特点^[7-8]。因此,整个教学团队结合“新工科”建设,对传统的机械专业人才培养目标和课程体系进行了改革。树立要培养面向行业、企业,让机械专业教育回到“工程”中去,以专业知识为支撑、能力培养为核心、素质提升为目的,将学生培养成为能够解决机械工程领域相关实际问题的高级工程技术人才。目前,机械类专业课程体系普遍存在构建不合理的问题,仍然沿用传统教学模式,学科基础知识比较薄弱。虽然比较重视学科体系中知识宽度和深度,但教学内容却达不到要求,还没有构建起满足“智能制造”要求的课程体系。针对云南农业大学机械类专业课程体系存在的问题,教学团队按照“工程教育认证标准”和“普通高等学校本科专业类教学质量国家标准”的要求,本着培养智能制造高素质应用型创新人才的理念,围绕强化机械工程基础、多学科交叉融合和创新能力培养,来开展机械类专业课程体系改革。通过优化重构以“学科前沿讲座→专业基础课→专业模块课→专业实践→毕业设计”为主线的课程体系和教学内容,打造集机械

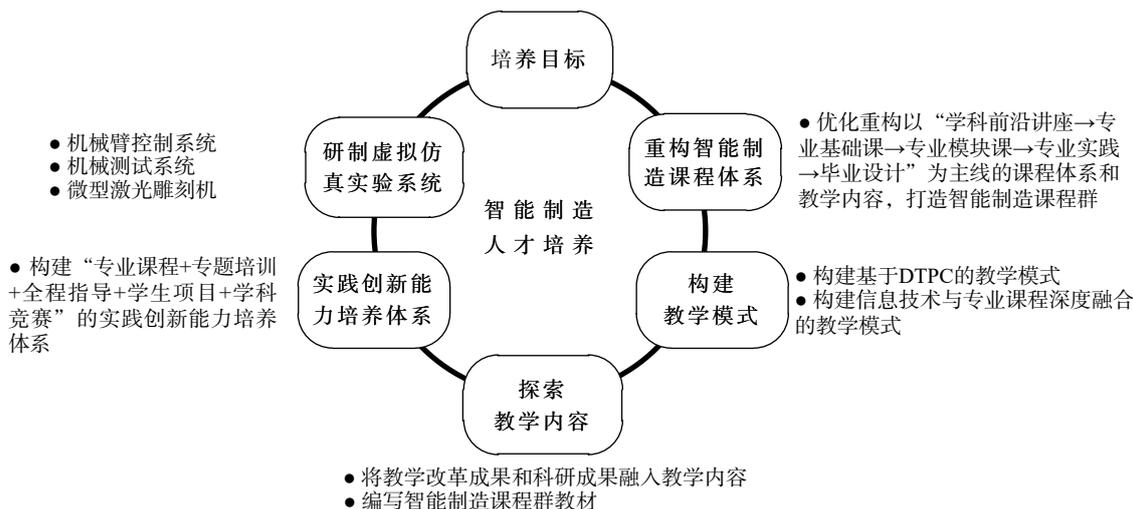


图 1 智能制造人才培养模式

工程、计算机、信息技术、人工智能等多学科知识于一体的智能制造课程体系。

如图 2 所示，教学团队首先通过开展“机器人技术”“工业大数据应用”“人工智能概论”“智能制造技术”“云制造技术”等一系列学科前沿讲座让学生了解本专业最前沿的发展动态，从而激发学生的学习兴趣。再将原有的专业基础课、核心课和选修课，通过课程改革和教学设计整合成一个科学、高效、逻辑性强、理论和实践互补的课程群。例如：把机械原理、机械设计、互换性与测量技术的课程设计整合为机械设计综合训练。该综合训练能将专业课程进行统筹融合，实现知识与能力的有效贯通。通过综合训练培养学生的自主学习能力、实践能力和综合设计能力，并引导学生以主动的、实践的及课程之间有机联系的方式开展工程设计工作。又比如：MATLAB 数值分析与应用、PLC 可编程控制器和微机原理与应用等课程能够培养学生基础编程能

力，而在液压与气压传动和机电传动控制课程中通过加入对传动控制问题的编程训练，则可以加深学生对自动控制技术和编程技术的理解与掌握，实现课程间的交叉融合与应用。然后，再进一步调整人才培养方案，开设更多符合智能制造要求的课程。新增如：虚拟仪器技术、机器人技术、嵌入式系统开发、人工智能、深度学习、Python 程序设计等 10 多门新课程。并将这些课程划分为：先进制造模块、智能制造模块、控制能力模块，让学生根据兴趣进行选择学习。在专业实践环节，教学团队积极探索产教融合的智能人才培养模式。通过教育部产学研合作协同育人项目，与先进制造企业一起探讨智能制造课程群的建设方案，特别强调将理论教学与实践项目相结，为学生实践操作夯实基础，培养其解决实际工程问题的能力。在课程的实验部分，设计以工程项目为实验任务，将学生进行合理的分组，每一组学生合作完成一个实验项目，培养学生的团

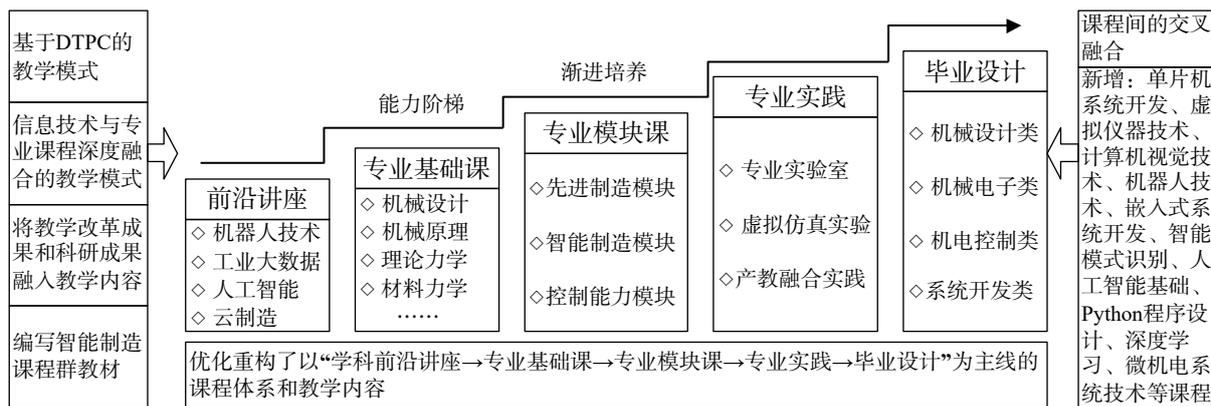


图 2 构建智能制造课程群

队沟通协作能力以及解决工程实际问题的能力。最后,通过不同模块所对应的毕业设计题目,完成一次综合的实践训练。

(二) 构建适应智能制造的教学模式

1. 构建基于 DTPC 的教学模式

教学团队以数字化设计软件为平台,将学科特色案例贯穿于整个理论和实践教学过程,构建基于 DTPC 的教学模式。DTPC 是数字化设计软件平台(Digital design software platform)、理论教学(Theory teaching)、实践教学(Practice teaching)和特色案例(Characteristic case)的简称^[9-10]。DTPC 教学模式主要特色是:(1)紧密围绕具有农科特色的真实科研案例,设计内容具有挑战性,有利于拓展学生的视野,锻炼学生的创新能力;(2)在完善学生的知识结构的同时,充分引导学生将现代设计方法与数字化设计手段相融合,提升学生的综合设计能力;(3)强调以学生为主体的自主学习和自主攻关模式,锻炼学生独立解决工程实际问题的能力;(4)改变学生评价体系,注重从知识、技能和创新能力的三个层面立体评价学生的综合素质。

以机械设计基础课程的 DTPC 教学模式为例,它借助数字化平台打通机械原理和机械设计课程各个教学模块内部的知识脉络,并构建各个教学模块充分融合的系统性知识体系。DTPC 教学模式设计是从理论教学和实践教学两个方面进行:(1)DTPC 中的理论教学内容,将机械原理知识体系模块和机械设计知识体系模块内部的各个知识点,通过基于数字化设计平台的工程案例贯穿起来。机械原理知识体系模块设计 5 个基于数字化设计软件的典型案例,教学案例来源于对科研项目的提炼。例如,从科研项目“辣椒移栽机构植苗过程模拟分析与动态性能优化研究”提炼出三个案例,涵盖三个分析、三大机构的主要教学内容。机械设计知识体系是学生成为合格工程师的基本知识储备,使学生扎实地掌握通用零部件的结构特点以及深刻领会各典型零部件的设计方法是教学模块的核心目标。由于减速器具有十分典型的机械特征,可以完美地融合于整个机械设计课程教学全过程中,较以往仅在课程设计之前单独讲授减速器相关内容的教学方式更为有效。该模块全面融合数字化设计分析手段,设计 4 个典型案例;(2)DTPC 中的实践教学内

容强调具有学科特色的工程设计案例的应用,通过沉浸式情景学习使学生真实体验到本专业学习的乐趣与成就感。实践教学环节是整个 DTPC 教学模式中最具专业特色和最能提升创新思维能力的工程实践环节,也是从专业知识积累(量变)到机械设计能力提升(质变)的关键环节。该环节是从近些年教师的科研项目中精心提炼出 10 多个具有农科工程特色、难度适中、兼具实用性和创造性的训练项目,例如火腿揉制机、三七播种机等;(3)DTPC 教学模式的主旨是将理论教学和实践教学通过数字化工程设计案例库有效地衔接起来,因此,综合性的工程设计案例库的建设是 DTPC 教学模式成功实施的关键支撑。

DTPC 是构建新工科课程体系与实践教学体系紧密结合的新模式,这一模式蕴含的思想和理念也同样适用于智能制造课程群中的其他专业课程体系的教学改革。近年来,在机械原理、机械设计、液压与气压传动等课程中都开展了 DTPC 教学模式的实践,取得了良好的教学效果。

2. 构建信息技术与专业课程深度融合的教学模式

为增强机械专业学生的信息技术应用能力,在教学过程中无论是案例演示,还是实验设计,都要突出信息技术与专业的相关性和融合性。从而使信息技术与专业课程结构、课程内容、课程资源以及课程实施融为一体。教学团队利用信息技术来组织以学生为中心的课堂,改革教学结构、使教与学达到最优化的效果,从而构建信息技术与专业课程深度融合的教学模式。例如:在讲授管理信息系统课程时,首先从中国制造业现状、华为缺芯等讨论出发,激起学生对制造业的关注,再提出怎样将中国建设成为制造业强国的思考。通过引导学生激烈讨论,让学生们了解到通过智能制造能够全面提升我国制造业竞争力,而管理信息系统正是智能制造建设的重要组成部分。同时,在后续课程的案例选择、实验设计上还要注意突出与专业的密切联系。如将制造企业中常用的 ERP 信息系统等内容纳入教学内容当中。实验方面,安排信息系统的开发,也安排信息系统使用的实验内容。结合机械专业自身的特点,在系统开发实验环节采用比较容易上手的编程语言和数据库来开发一些设备管理系统。在信息系统使用实验方面,也没有简单照搬经管类专业使用财务软件的实验,而是安排学生使用与专业相关的制造业信息化软件。通过这些环节的设

计与融合,学生不但掌握了怎样在现代信息技术条件下完成各项实际工作,也提高了适应能力、动手能力和创新能力。通过将信息技术与专业课程进行深度融合的研究和实践,学生的专业知识和信息技术应用能力得到很大的提升,机械专业学生在各类信息化竞赛中都能获得优良的成绩。

(三) 改革适应智能制造课程体系的教学内容

1. 将教学改革成果和科研成果融入教学内容
团队教师将教学改革成果和科研成果以不同方式融入专业课程的课堂教学和实践性教学环节中,为智能制造课程体系的教学内容改革提供了良好素材。通过“践行四个回归探索互换性与测量技术基础课堂教学方法^[1]”的教改项目研究,团队教师对互换性与测量技术课程教学内容进行重构,突出以学生为主的课堂教学和工程问题训练来提高学生学习兴趣,并将思政教育与专业教育有机结合,培养学生能学以致用,成为社会的建设者和接班人,为国家的发展贡献力量,真正实现学以致用,从而提升课程教学效果。在机器学习、深度学习课程中将团队教师的科研论文“采用 HHT 算法与卷积神经网络诊断轴承复合故障”“变分模态分解结合深度迁移学习诊断机械故障”作为教学案例,让学生了解人工智能技术如何真正应用于机械工程领域,从而增强课程的实用性。在机械故障诊断课程中还将团队教师研制的“齿轮故障诊断虚拟仪器实验系统”“轴承故障诊断虚拟仪器实验系统”“信号处理虚拟实验室系统”“通用传感器标定系统”等科研成果用于实践教学,用于模拟工业现场的实际设备,使学生感受到真实故障诊断的情况。

2. 编写智能制造课程教材

智能制造课程群的特点是集机械工程、计算机、信息技术、人工智能等多学科知识于一体,针对教学过程中普遍缺乏相关的教材和工具书的情况,教学团队编写了《机械工程软件开发技术研究》一书。该书在“中国制造 2025”的战略背景下,通过 8 个与机械工程相关的软件开发项目,详细介绍了软件工程思想、统一建模语言、软件开发工具、数据库技术和软件测试技术,在 ASP.NET 网络开发、LabVIEW 虚拟仪器开发、Visual Basic 单机程序开发等实践项目中的综合应用过程。同时,该书中的软件开发项目案例在制造企业信息化应用中也具有极强代表性,是一部综合了机械工程、软件工程和信息技术的实用教

材和工具书。该教材在管理信息系统课程设计和毕业设计中进行推广使用,学生普遍反映既方便查阅相关软件开发的知识,又能具体了解制造业信息化企业案例,在一定程度上提高学生的学习兴趣 and 积极性,教材受到学生的广泛欢迎。

(四) 构建基于大创项目与学科竞赛的实践创新能力培养体系

大学生创新创业训练计划项目和各类学科竞赛是开展专业性高级思维能力训练、实战化训练的重要手段和平台,可以帮助学生学会自主思考,有助于锻炼逻辑思维能力和独立解决问题的能力,还能培养学生创新意识和团队精神,激发学生的学习潜能,有利于培养创新型人才意义。同时,学生也普遍对具有竞技性、趣味性和综合性的创新创业项目和学科竞赛表现出了浓厚的兴趣。因此,团队教师每年指导机械类专业学生申报国家级、省级、校级大学生创新创业训练计划项目和参加“互联网+”大学生创新创业大赛、“挑战杯”大学生课外学术科技作品竞赛、全国大学生数学建模竞赛、全国大学生工程训练综合能力竞赛、全国应用型人才综合技能等各类学科比赛,构建了“专业课程+专题培训+全程指导+学生项目+学科竞赛”的实践创新能力培养体系(图 3)。该培养体系首先是通过专业基础课、核心课、模块课和实践课来培养学生的专业素养;然后开设软件开发、机器人技术等专题培训来拓展学生的专业知识,激发学生的专业兴趣;再引导学生申报各类科技创新项目,来培养学生的创新能力、实践能力和科研能力;最后通过参加学科竞赛让学生的专业知识能够得到检验和应用。为了让更多的学生有参加学科竞赛的机会,团队教师还积极筹办多届云南农业大学“尺规制图竞赛”及“机械图识图橡皮泥造型竞赛”,参赛学生达到 500 余人。近年来,教学团队指导 4 项国家级、1 项省级、3 项校级的大学生创新创业训练计划项目和 10 项学生科技创新创业行动基金项目;参加各类学科竞赛获得国家级、省级、校级奖励 20 余

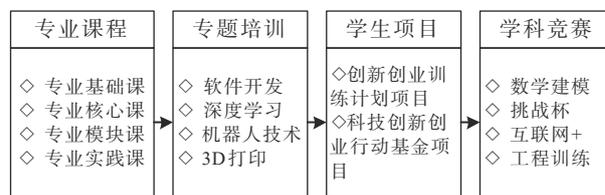


图 3 实践创新能力培养体系

项。参与学生的实践创新能力得到极大提高。

(五) 研制适合专业实践教学的虚拟仿真实验系统

农科院校机械类专业实验室建设, 存在设备一次性投入大、占用空间大和使用效率低等问题, 同时还受到学校发展、体制等诸多方面因素的影响, 导致实验室建设水平不高, 难以满足实践教学的要求。针对这些问题, 研究应用虚拟仿真技术来改善机械专业实践教学条件, 设计和研制出适合专业课实践教学的虚拟仿真实验系统^[12]。教学团队开发“机械臂控制系统”“机械测试系统”“微型激光雕刻机”等, 这些虚拟仿真实验系统在相关课程的实践教学中得到很好运用。

三、结论与建议

面向智能制造人才培养模式的改革, 是提高人才培养质量的有效手段。本文针对农科院校机械类专业人才培养方面存在的问题, 明确以改革传统人才培养目标和重构智能制造课程体系为主线; 在此基础上提出 DTPC 的教学模式和信息技术与专业课程深度融合的教学模式; 并且构建适应智能制造的实践创新能力培养体系。云南农业大学机械设计制造及其自动化专业教学团队在开展的智能制造人才培养模式的实践探索过程中取得一定的成绩。团队完成国家级和校级教改项目 8 项, 发表相关教改论文 6 篇, 出版教材 1 部, 获得软件著作权 3 项; 指导 18 项国家级、省级、校级大学生创新创业训练计划项目和 10 项学生科技创新创业行动基金项目; 指导学生参加各类学科竞赛获得 20 余项国家级、省级、校级奖励, 学生的工程实践能力和创新能力得到显著提高。近年来, 机械设计制造及其自动化专业入选云南省一流本科专业, 其在第一志愿录取率、就业率等方面的成绩都名列前茅, 专业的社会认可度也在不断提高。同时, 教学团队还在课程体系、教学模式、教学内容和指导各类学生科技创新项目等方面充分突出“新工科”与“新农科”的交叉与融合办学特色。这一研究成果对于农科机械类专业、工科机械类专业以及其他学科专业的人才培养教学改革有着一定的参考和借鉴价值。在今后工作中还需进一步确定清晰、准确的人才培养目标, 将各类软硬件资源进行整合, 通过优化课程

体系, 强化综合实践训练等措施, 培养出知识、能力、素养等方面协同发展, 具有较强工程实践能力和创新能力, 符合“中国制造 2025”要求的工程技术人才。

[参考文献]

- [1] 余南平, 王德恒. 中国制造 2025 [M]. 上海: 上海人民出版社, 2017.
- [2] 刘淑萍. “互联网+”促进制造业升级机理与路径研究 [D]. 武汉: 中南财经政法大学, 2019.
- [3] ARTURO MOLINA, PEDRO PONCE, JHONATAN MIRANDA, et al. Enabling Systems for Intelligent Manufacturing in Industry 4.0 [M]. Cham, Springer: 2021.
- [4] 周济. 智能制造是“中国制造 2025”主攻方向 [J]. 企业观察家, 2019(11): 54.
- [5] 彭巍, 董元发, 张存吉, 等. 面向新工科的工业工程专业人才培养模式探索 [J]. 轻工科技, 2021, 37(5): 206.
- [6] 王平祥. 研究型大学本科教育人才培养目标研究 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2018.
- [7] 周世杰, 李玉柏, 李平, 等. 新工科建设背景下“互联网+”复合型精英人才培养模式的探索与实践 [J]. 高等工程教育研究, 2018(5): 11.
- [8] 江本赤, 苏学满, 刘玉飞, 等. 智能制造背景下机械类专业复合型人才培养的实践探索: 滚动轴承自动装配作业机器人工作站研发 [J]. 中国现代教育装备, 2020(13): 34.
- [9] 张毅杰, 施杰, 孔令琼. 面向新工科机械设计基础课程体系的 DTPC 教学模式研究 [J]. 农业教育研究, 2019(2): 30.
- [10] YIJIE ZHANG, JIE SHI, SHENSONG GAO, et al. Research on Digital Case Teaching Mode of Mechanical Design Basic Course for Emerging Engineering [R]. Proceedings of the 3rd International Conference on Economics and Management, Education, Humanities and Social Sciences (EMEHSS 2019), 2019.
- [11] 基于四个回归探索“互换性与测量技术基础”的教学 [J]. 科教导刊(中旬刊), 2020(1): 116. DOI: 10.16400/j.cnki.kjdzk.2020.01.053
- [12] 施杰, 张毅杰, 杨琳琳, 等. 虚拟仪器技术在农科院校机械类专业实验教学中的应用研究 [J]. 农业教育研究, 2019(1): 17.

(责任编辑: 许敏)