



面向新工科的“多元交叉”实践教学改革研究

李 露, 罗晓燕, 刘 博, 周付根

(北京航空航天大学 宇航学院, 北京 100191)

摘要: 在新工科大背景下, 依托北京航空航天大学飞行器控制与信息工程新专业的建设任务, 以课程设计和综合实验为例, 构建具有交叉融合特色的实践教学改革。分别从立体化实验体系、综合性教学大纲、智能化实践平台等方面, 将飞行器、控制与信息处理等学科专业进行交叉融合, 依托多元的学科研究方向设计综合性实验项目, 并将传统教学实践中的算法设计和智能化创新实践平台进行有机的交叉融合, 有效衔接高校教学活动与科技发展的最新趋势, 培养学生具备系统思维、设计思维、工程思维方式, 有效提高学生实践创新能力。

关 键 词: 新工科; 实践教学; 飞行器控制与信息工程; 创新能力

中图分类号: G642

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20200151

“Interdisciplinary-Integrated” Practice Teaching Reform Research Based on New Engineering Education

LI Lu, LUO Xiaoyan, LIU Bo, ZHOU Fugen

(School of Astronautics, Beihang University, Beijing 100191, China)

Abstract: Under the background of new engineering education, in order to conduct interdisciplinary-integrated practice teaching reform, this paper takes the curriculum design and comprehensive experiment of a new discipline named aircraft control and information engineering in Beihang University as an example, and incorporates several disciplines such as aircraft, control and information processing from the perspectives of three-dimensional experimental system, comprehensive syllabus and intelligent practice platform. By designing comprehensive experiment project based on diverse research direction, this paper combines the algorithm design in traditional teaching practice and intelligent innovation practice platform, which enables universities to carry out teaching activities that keep pace with the most update trend of technology development. In addition, it helps cultivate the students' systematic thinking, design thinking, and engineering thinking, and promote their practical innovation ability.

Key words: new engineering education; practice teaching; aircraft control and information engineering; innovation ability

随着现代科技的发展, 世界范围内新一轮的科技革命、产业变革以及席卷全球的新经济蓬勃发展对工程教育的改革和发展提出了新的挑战^[1-4]。2017年2月以来, 教育部积极推进“新工科”建设, 以科学技术和经济社会的发展趋势为导向, 按需求建专业, 从适应服务向支撑引领转变, 推动学科跨界整合, 培养综合素质高的复合人才^[5-7]。为响应国家新工科建设的发展要求, 北京航空航天大学作为首批“新工科”项目建设单位, 针对航空航天新技术、新产业、新业态, 开展了“空、天、信、医交

叉融合的新兴专业建设探索与实践”“本研一体化的新工科高级专业人才培养研究与实践”“大类培养下面向新工科的基础课程及通识教育课程体系”等一系列重要的教学改革探索。

学校以“飞行器控制与信息工程”的专业建设为发展契机, 进行了专业课程教学实践的改革, 取得了较好的教学效果。在此基础上, 本文结合“新工科”建设对学生实践创新能力的要求, 探讨了实践教学体系、教学大纲以及实践教学平台的改革方向及人才培养模式, 是培养具有航空航天信息类综合素质人才的具体实践。

收稿日期: 2020-04-01; 修回日期: 2020-06-19

基金项目: 国家自然科学基金(61806015); 北京航空航天大学教改项目(2018150202, 2020150204)。

作者简介: 李露(1983-), 女, 博士, 副教授, 主要从事图像处理、模式识别领域的研究。

1 实践教学改革的必要性

实践教学是巩固理论知识和加深理论认识的有效途径,是培养具有创新意识的高素质专门人才的重要环节,是理论联系实际、培养学生掌握科学方法和提高动手能力的重要平台^[8-9]。北京航空航天大学长期以来一直非常重视实践教学体系的建设,尤其对于理工科专业,不仅在理论课程中配备了相应的配套实验,也分别针对本科低年级和高年级开设不同级别的综合性实验课程。以“飞行器控制与信息工程”本科专业为例,在新专业申请之前,该专业的前身为“探测、制导与控制技术(图像)”专业。“飞行器控制与信息工程”新专业顺应了新形势下国家人才培养结构的变化。根据国内外航空航天技术的发展趋势和航空航天本科专业世界一流教育的需求,面向未来的航空航天信息类人才培养,新的专业将更加突出航空航天的专业背景,以飞行器的智能控制和信息处理为主,着眼于航天系统的信息融合、处理与智能控制一体化,引领飞行器控制与信息工程发展的新方向。

面向“新工科”在航空航天领域的建设需求,如何改变传统的实践教学体系以适应航空航天智能化发展的需求,如何引导实践教学新模式以提高学生的航天专业素养,培养具备前沿信息技术、具有交叉知识结构的高层次复合型航天人才,需要每一位教师的认真思考和探索。

2 “多元交叉”实践教学改革与探索

本科实践教学活动的目的在于引导学生验证理论基础知识和核心技术,在本科乃至研究生的教学阶段中,处于非常重要的地位^[10-11]。本教学改革综合考虑了本科“飞行器控制与信息工程”专业的培养计划,依托大四上学期的两门实践课程“课程设计”和“综合实验”开展。“课程设计”和“综合实验”,是本科阶段对学生实验技能和实验方法进行综合训练的一种复合性实验。旨在锻炼学生在具有一定基础知识和基本操作技能的基础上,运用某一课程或多门课程的综合知识,面对某一具体问题的解决思路进行系统化设计,同时培养学生查阅资料能力、综合分析能力、系统化设计能力、实验动手能力、数据处理能力以及运用多学科知识解决问题的能力。

基于“课程设计”和“综合实验”在本科教

学过程中的重要地位,本文提出“多元交叉”实践教学改革的,旨在构建专业理论体系的同时,为学生拓展基础知识面提供环境,并为后续进一步深造奠定基础。基于此,本文所提“多元交叉”实践教学改革的在本科乃至研究生的教学指导环节中的定位如下。

1) 巩固基础。“多元交叉”实践教学改革的所面向的“课程设计”“综合实验”,在从本科到研究生阶段属于承上启下的重要阶段。课程设计和综合实验之前,本科低年级开设有专业基础课程如航天智能信息处理系统设计与应用、控制理论及工程、目标探测与识别、C语言编程、数据结构等等。在课程设计和综合实验之后,有综合要求更高的本科毕业设计,乃至后续的研究生课程、模式识别、机器学习、图像处理等进阶课程。通过在“课程设计”和“综合实验”中引入多元交叉的实践教学改革的方案,对于学生本科阶段理论知识的进一步巩固和掌握以及实践动手能力的训练有着重要的意义,同时能够为研究生阶段的进一步深入学习打好扎实的基础。

2) 提高兴趣。本文所提“多元交叉”实践教学改革的通过立体化教学体系、综合性实验大纲、智能化实践平台,为学生提供多维度的实践环境。通过实践活动,学生在验证基础理论知识和核心技术的基础上,提高对本专业所研究对象和科学方法的理解,从深度和广度上进一步调动学生学习的积极性。在研究生阶段,能够基于本科阶段实践活动的基础上,选择自己感兴趣的研究方向进行探索。

学生们在之前教学环节中学习到的专业理论课程和实践能力,既能够充分地应用到课程设计和综合实验这两门系统性的实践课程中,又能够在此过程中从学科广度和专业深度方面提升自己的系统思维方式、综合设计能力以及对专业各研究方向的了解和兴趣,为后续毕业设计乃至研究生阶段的培养打下坚实的基础。如图1所示,本文以这两门综合性承上启下的实验课程为例,分别从立体化实验体系、综合性教学大纲以及智能化实践平台3个方面,探讨实践课程教学改革的具体措施,培养适应实践需求的复合型跨界人才。其中,教学体系、教学大纲及实践平台三者之间相辅相成,从不同维度进行本次教学改革。

1) 以立体化教学体系为纲,在课程设计和综合实验中涵盖多学科的教学内容,以学科交叉融

合作为教学改革的目标,指导教学大纲的设计,培养学生全局观。

2) 以综合性教学大纲为领,在立体化教学体系培养目标的指导下,在设计具体的实验项目时,考虑实践课程的系统性,将课程设计和综合实验全线打通,从设计到实验,从系统到综

合,以此建设创新实践平台,培养学生工程实践能力。

3) 以创新实践平台为课程改革创新之源,为学生课程设计提供身临其境的实验环境,为综合实验配置智能化的软硬件设备,实现立体化教学体系的建设目标,培养学生动手创新能力。

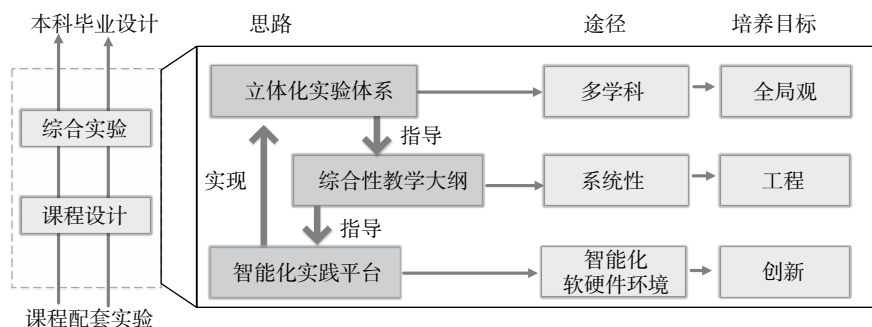


图1 “多元交叉”实践教学改革

2.1 搭建立体化实验教学体系,培养目标从“单一学科”到“交叉融合”

任何一个工程项目往往涉及多个专业,传统的理论课程设置和实验教学环节针对某一个具体的专业培养计划而定,很难在配套实验课程中开展一体化工程设计训练。“新工科”背景下国家对复合型人才的需求,要求学生不仅在某一学科专业上学业精深,而且应具有总工程师的头脑和眼光,以系统化思维方式去解决问题。

“飞行器控制与信息工程”正是应对了这一“学科交叉融合”的新要求,涵盖了控制理论与工程、信息科学与工程、图像处理、机器学习等学科,培养具有多学科交叉融合背景的综合性人才。在前期的专业课程中,学生通过学习掌握控制、信息、计算机等多个方向的基础理论,迫切需要有一门实践课程能够综合应用以上专业知识,在实践中锻炼、巩固、发现问题。课程设计和综合实验这两门实验课面对着这一挑战,需要将这些属于不同学科但又紧密相关的知识贯穿其中,使学生通过系统的实践训练,不仅见“树木”,更得以见“森林”,使得学生不仅能够掌握自己所学习的专业理论和实践技能,更能够在相关学科中拓宽知识结构的广度,从更高的系统级角度去思考实践项目。

围绕“飞行器控制与信息工程”的专业培养目标,本教学改革以突出航天信息处理和飞行器智能控制学科为主,作为重点实践的内容

和目标。飞行器控制与信息处理紧密不可分,如图2所示,飞行器控制可以获取目标、环境等的图像、视频、位姿等信息,这些信息经信息处理模块之后又可作为控制系统的有效输入,提高控制系统的准确度。因此,新的“飞行器控制与信息工程”专业的本科实践教学,将培养目标从图像处理的“单一学科”到飞行器、控制、信息等“多学科交叉融合”,探索相关专业不同阶段的核心知识、能力和素质要求的有效衔接,形成多渠道的学生发展路径。课程设计和综合实验,根植于多元交叉的学科设计思路,通过立体化实验教学体系的锻炼,学生有机会了解项目背后的复杂系统,理解构成一个项目所涉及的不同学科之间的相互影响和相互作用,并能够对所遇到的问题进行拆分解决,以此锻炼学生对于实践项目的全局观和系统化思维方式。

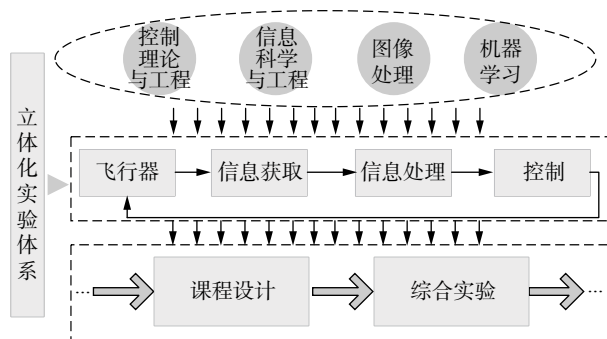


图2 立体化实验体系

2.2 制定综合性实验教学大纲, 实践课程从“单一模块”到“系统综合”

相对于传统的工科人才, 未来新兴产业和新经济需要的是工程实践能力强、创新能力强、具备国际竞争力的复合型“新工科”人才^[12-14]。飞行器控制与信息工程专业面向卫星、飞船、空间站、火箭与导弹等各类航天器, 开展飞行控制、信息融合与环境感知、运动规划与自主决策等方向的研究。课程设计和综合实验等实践教学环节中所体现的实验内容复合性、实验方法多元性, 是锻炼学生系统思维、设计思维、工程思维不可或缺的重要环节。

传统的实践环节, 不同的老师分别带领不同的小组进行课程设计和综合实验, 每个小组属于“单一模块”, 如图像融合、目标检测、目标识别、图像质量评价等。事实上, 这些不同模块在系统级的工程项目中, 往往同时存在, 并相互影响。在前期的教学改革中, 经过本专业本科教学全体教师多次集体研讨分析, 已经完成两轮课程改革, 将课程设计、综合实验、毕业设计环节的教学内容打通, 统一规划

和统一建设, 实现一体化和立体化实践教学模式, 提高了本科实践教学环节的效果。然而, 新专业建设之前, 实验内容均以学生动手编程实现某一个图像处理领域的软件或算法为目标, 如“图像质量评价系统设计与实现”“图像探测与识别系统的软件设计”“手写数字识别软件设计与实现”等软件算法的设计实现。而面对“新工科”背景下新专业的培养目标, 既要使学生具备宽广的知识面, 又要夯实重要理论基础; 既要培养学生的系统观点, 又能够熟练地进行系统分析和系统设计。

新专业实践环节的实验教学大纲, 需要设计综合性的工程实践项目, 使得学生在实验过程中不仅能够运用所学习的知识去解决某一领域的现有问题, 更能够培养学生的系统观点, 熟练地进行系统分析和系统设计。如图 3 所示, 以“无人机视觉探测与导航系统”综合实验专题为例, 实践环节的培养目的是使学生通过课程设计、综合实验环节的训练, 能够了解飞行器的飞行原理、信号处理、自动控制理论, 以及与导航相关的视觉信息处理所涉及的相关技术及方法^[15]。

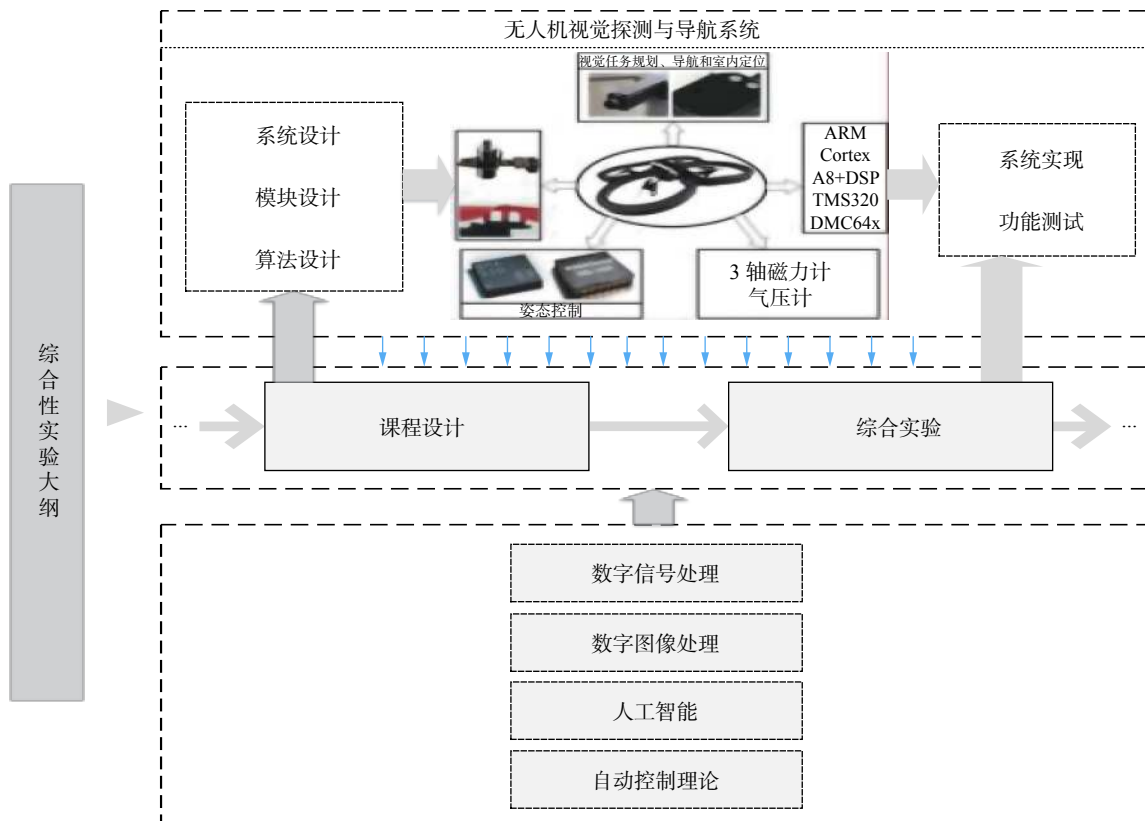


图 3 综合性教学大纲

在课程设计阶段,学生需要考虑“无人机视觉探测与导航系统”所涉及的硬件以及相关系统模块,其中各学科的教学指标具体如下。

1) 数字信号处理:了解信号处理的流程,掌握数字信号处理方法——傅里叶变换。

2) 数字图像处理:了解图像处理系统的组成,掌握图像去噪、增强、分割、目标检测等方法。

3) 人工智能:了解人工智能应用领域,掌握机器学习、计算机视觉及智能控制基本原理和方法。

4) 自动控制理论:了解自动控制系统基本概念及工作原理,掌握控制系统的建模方法。

通过以上分学科的指标验证,学生可将信号处理、图像采集及预处理、图像传输、图像处理、目标检测、姿态控制、自动导航等属于不同学科的内容贯穿起来,并通过调研进行有效的设计和配置,使系统达到最优。在综合实验阶段则按照前期的详细系统设计和算法设计,实现该系统所需要的各种功能,并完成系统的测试分析。将学生在本专业的控制理论、信息处理、模式识别等理论知识应用在实践中,培养学生的MATLAB建模、C语言开发及算法设计能力。在课程设计阶段,可利用台架实验进行算法的设计和仿真分析,训练学生对于系统的设计能力;在综合实验阶段,则可分不同的模块,将姿态控制与图像处理算法进行有效的结合,训练学生综合应用所学解决问题的能力。

通过设计综合性的实验大纲,将学科所涉及的不同方向融合起来,学生在面对系统级的实践课程项目时,需要对学科的不同研究方向有深入的理解,不仅要实现系统设计、模块设计、算法设计,更要对不同模块之间的关系和作用进行设计,在系统实现阶段遇到的问题则再进一步反馈给设计阶段。利用多元的学科方向设计综合性的实验项目,可拓展学生的知识结构深度,锻炼学生系统化思维方式和综合设计能力。

2.3 建立创新实践平台,从“软件算法”到“智能化实践平台”

正如互联网时代人们大多关注软件,而在人工智能时代则有更多软件与硬件结合的创新产品层出不穷一样,任何一个图像领域软件算法的设计与实现,都是在某一个与之相适应的硬件平台的支撑下得以开展。本科专业对于学生能力的培养,也不应该仅仅局限于能够通过设计实现某一

类软件算法去解决某一类问题,而需要在实际应用背景和硬件环境中综合考虑算法适用性、软件系统的设计方法以及性能指标。因此,新的“飞行器控制与信息工程”专业的本科实践教学,从目前单纯的软件系统设计发展为软硬件结合的综合能力拓展平台,更好地搭建实践课程的知识“脚手架”,使得学生不仅能够对于实践项目进行设计和实现,还能利用该平台对感兴趣的内容进行深入拓展,为学生提供实践创新之源。

北京航空航天大学飞行器控制与信息工程专业以人才培养和行业需求为导向,搭建“遥感天地一体化智能信息处理演示平台”“空间目标交会对接与姿态测量系统”和“无人机地空协同智能控制系统”等智能化实践平台,课程设计和综合实验的选题可依附于以上平台进行设计。以“无人机地空协同智能控制系统”为例,该系统是一个为航空航天服务的多智能体协调控制平台,包含了无人机飞行器、地面智能小车、多传感器系统以及月球表面实景沙盘,是一个集环境感知、规划决策、自动行驶为一体的多目标航空教学实验平台。无人机飞行器与智能小车可分别实现空中与地面的信息获取,与实景沙盘配合模拟演示月表图像的获取和处理过程。飞行器侦查处理的结果和智能小车感知的信息可以共同传输给中央控制站,协调控制小车自主、智能地规划路径,前往感兴趣区域,同时可以实现无人机编队控制和协同控制。地空协同控制系统提供了一个实现多智能体协调控制、多传感器融合的实验平台。基于此平台,课程设计和综合实验可以开设有关飞行器自主导航、控制、信息融合、运动规划、避障控制、目标探测与识别、3D场景建模以及SLAM等专业培养内容。

在实践课程教学过程中,将传统图像处理软件算法设计与智能化实践平台相结合,如图4所示,使得学生自主设计的实验项目“看得见、摸得着、可演示”,极大调动了学生参与的积极性。内驱力是创新的源泉,基于各种智能实践平台设计的实践课程,紧跟最新的科技发展并且面向未来,学生的心态变“被动完成”为“主动探索”,创新意识、创造能力在此过程中得到锻炼。另一方面,传统的算法设计是否能够在实际的硬件平台上得以实现时,考验的不仅仅是学生

对于理论知识的掌握和编程实现能力,更涉及整个项目的系统工程设计和分析解决问题的能力,通过完整的工程化实验教学活动,可培养学生的工程化思维方式,提高实践动手能力。

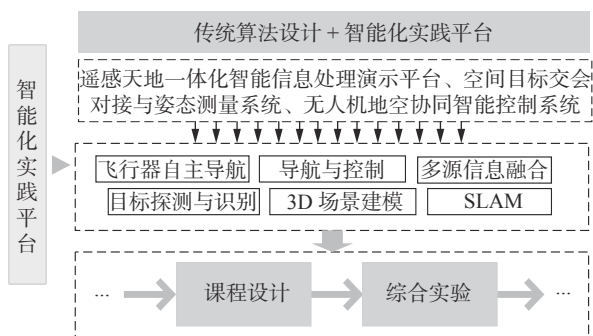


图4 传统算法设计和智能实践平台相结合

3 结束语

在科技融合迅猛发展的今天,多学科交叉已经成为高校教学改革的重要方向之一。本文立足新工科背景下航空航天信息类专业的实践教学改革,对飞行系控制与信息工程专业的实践教学模式进行了探讨,从立体化实验体系、综合性教学大纲、智能化实践平台3个方面阐述了教学改革交叉融合的具体措施。通过将飞行器、控制与信息处理等学科专业进行交叉融合,依托多元的学科研究方向设计综合性实验项目,并将传统教学实践中的算法设计和智能化创新实践平台进行有机的交叉融合,建设具有“多元交叉”的实践课程体系。通过本文的实践改革,使得学生具备系统思维、设计思维和工程思维能力,从而锻炼其综合设计能力和实践动手能力,培养能够满足“新工科”建设要求的复合型专业人才。

参考文献

- [1] DANIEL B. Big Data and analytics in higher education: Opportunities and challenges[J]. *British Journal of Educational Technology*, 2015, 46(5): 904-920.
- [2] KOKOTSAKI D, MENZIES V, WIGGINS A. Project-based learning: A review of the literature[J]. *Improving Schools*, 2016, 19(3): 267-277.
- [3] YANG R. The third delight: Internationalization of higher education in China[M]. [S.l.]: Routledge, 2002.
- [4] JOHNSON L, BECKER S A, CUMMINS M, et al. NMC horizon report: 2016 higher education edition[R]. Austin, Texas: The New Media Consortium, 2016.
- [5] 刘洋, 谢胜利, 杜玉晓, 等. 面向新工科的工业4.0实验基地课程体系与平台构建[J]. *实验技术与管理*, 2018, 35(11): 229-233.
- [6] 邵辉, 龚方红, 徐萍, 等. 工程应用型创新人才教育培养活动的思考与实践[J]. *成才之路*, 2015(23): 5-6.
- [7] 陆国栋, 李拓宇. 新工科建设与发展的路径思考[J]. *高等工程教育研究*, 2017(3): 20-26.
- [8] 孙占学, 周林图. 高校特色实践教学体系之构建[J]. *教育评论*, 2007(1): 58-60.
- [9] 王亚良, 潘柏松, 董晨晨, 等. 新工科背景下的机械类创新设计性实验项目群设置与实施[J]. *实验室研究与探索*, 2019, 38(6): 162-167.
- [10] 李文雷. 构建创新实验体系 培养创新人才[J]. *实验室研究与探索*, 2016, 35(2): 266-268.
- [11] 熊勇清, 胡娟. 研究生创新创业素质与学科交叉培养模式: 基于在校研究生的调查与分析[J]. *研究生教育研究*, 2017(2): 40-46.
- [12] 黎海生, 夏海英, 宋树祥. 基于新工科的电子信息类专业人才创新能力培养模式研究与实践[J]. *实验技术与管理*, 2019, 36(4): 200-202.
- [13] 王忠辉, 李艳红, 范浩军. 以培养新工科人才为目标的综合教学实验探索[J]. *实验技术与管理*, 2018, 35(10): 177-180.
- [14] 任光辉, 付威, 吴金栋, 等. 面向新工科的高校实验平台建设模式研究[J]. *实验技术与管理*, 2018, 35(11): 194-197.
- [15] 何磊, 李玉霞. 基于图像二值化处理的四旋翼飞行器教学实验系统设计[J]. *实验科学与技术*, 2019, 17(3): 10-13.

编辑 张莉