

机械设计专业虚拟仿真实验平台构建的探讨

陈吉朋 施明宏 张慧春 周海燕 周宏平

(南京林业大学机械电子工程学院, 南京 210037)

摘要: 虚拟仿真实验教学强调以学生为中心,注重其综合能力和创新能力的培养。分析了机械设计专业虚拟仿真实验的特点,阐述了虚拟仿真实验平台构建难点在于从原理验证性或演示性实验拓展为综合性和研究性实验,关键在于解决机械设计的精准性、定量化和虚拟实验开放性、探索性要求之间的矛盾。在此基础上,提出一系列面向机械设计专业虚拟仿真实验平台的构建策略,包括:以问题为导向,引导学生通过设计手段解决具体问题;设置多目标、多任务问题,形成大型综合性实验;提供交互式、开放式、自助式的设计环境,增强实验过程体验,引导学生尝试采用不同方案解决实际问题;设置优化设计环节,形成研究性实验等。以2018年国家虚拟仿真实验项目“高射程喷雾机优化设计虚拟仿真实验”为例,从问题设置、场景设置、设计环境设置等方面给出了机械设计专业虚拟仿真实验平台的构建实例。机械设计专业虚拟仿真实验平台的构建方法很好地解决了机械设计的精准性与虚拟实验的开放性、探索性之间的矛盾,为机械设计专业虚拟仿真实验的构建提供了参考。

关键词: 机械设计;虚拟仿真实验;平台构建

一、机械设计专业的实验分类

机械设计专业知识体系广、实践性强、学习难度大,需借助实验教学环节让学生对相关原理、结构、系统等内容获得直观的认识,以加深学生对所学知识的理解。然而,现实情况是课堂理论教学所占的比重较大、实践性教学较少^[1],多数的实验附属于理论教学中,而且多以验证性实验为主,综合性实验几乎没有^[2]。

根据内容和性质,实验可分为验证及演示性实验、综合性实验和研究性实验3类。验证及演示性实验一般由教师讲解实验原理和实验仪器设备的操作使用方法,学生按规定的实验内容和实验操作规程进行实验测试、记录;综合性实验培养学生综合运用所学理论知识的能力,通过对专业中的问题进行模拟实验并对实验数据进行整理、分析以培养学生综合运用知识的能力;研究性实验要求学生自主提出问题、制定研究方案、搭建实验台、测试并处理实验数据,并最终建立各因素间的联系或找出新的规律^[14]。在上述3种实验中,研究性实验为最高层次的教学实验^[15]。

客观上,机械设计专业部分相关实验设置难度大,实验装置成本高、损耗大,实验周期长、危险性高等,致使相关实验的开展不具备条件或者很难具备经济性和可行性。针对机械设计专业相关实验开展难度大或无法开展的问题,可借助虚拟仿真技术实现。虚拟仿真实验教学是教育信息化背景下出现的

一种新教学模式^[3],主要依托虚拟现实、多媒体、人机交互、数据库和网络通讯等技术,通过构建高度仿真的虚拟实验环境和实验对象,实现实体实验不具备或难以完成的教学功能^[4],对实体实验具有很好的补充作用^[5]。

二、机械设计专业虚拟仿真实验的建设难点

虚拟仿真实验教学具有三维可视化沉浸感、丰富灵活的交互性和构想性等特点^[6],其教学资源易于优化整合、动态更新、高效管理和便捷应用,容易实现教学资源跨地区、跨院系、跨专业的全面共享^[7]。现阶段,虚拟仿真技术已被应用于诸多课程的教学实践中,如“工业机器人实训”^[8]“流体力学”^[9]“控制类多学科融合”^[10]“采矿工程”^[11]“基础医学”^[12]等课程。教高函〔2018〕5号文指出,虚拟仿真实验教学项目是推进现代信息技术融入实验教学项目、拓展实验教学内容广度和深度、延伸实验教学时间和空间、提升实验教学质量水平的重要举措^[13]。

传统的验证性实验越来越难以适应新工业革命背景下的教学要求,因此培养具备全球视野、发展意识、创新意识、创新能力的“创新型工程人才”成为工程和教育领域学者^[16-19]的共识。作为机械设计专业虚拟仿真实验,其构建思路应该符合“创新型工程人才培养”的实际需求,强调实验设置的开放性和创新性,促使学生由被动的观摩学习转变为深度的研究学习和试验。因而,在构建虚拟仿真实验平台的过程中,如何将其从原理验证及演示性实验拓展为综

合性和研究性实验成为难点问题。

构成上述难点问题的原因在于机械设计专业虚拟仿真实验平台的构建存在诸多矛盾。图1为一组关键性矛盾,即机械设计的精准性、量化、程式化等要求与虚拟仿真实验的开放性、探索性、自主性等要求之间的矛盾。虚拟仿真实验的优势是,通过虚拟技术加强实验的开放性和探索性,以促进学生最大限度地开展自主性实验和个性化的实验探索研究;而机械设计往往有固定的流程、要求和方法,具有标准化的特点,虽然将设计过程虚拟化,可解决设计的可视化、周期和成本等问题,但依然远远无法满足培养“创新型工程人才”所需的开放性和研究性实验的要求。因此,在固有的机械设计模式下,机械设计专业虚拟仿真实验平台构建极容易被建设成程式化、固定流程的验证及演示性实验。

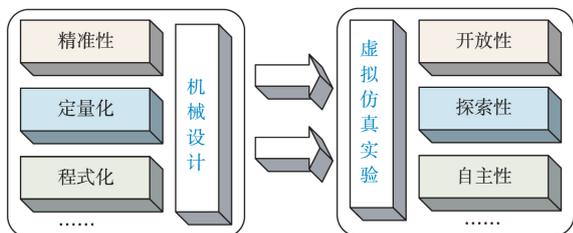


图1 机械设计要求与虚拟仿真实验特点之间的矛盾

三、机械设计专业虚拟仿真实验平台的构建路线

“开放式、研究性”是研究型教学的内涵^[20]。机械设计专业虚拟仿真实验平台构建的要点是服务于研究性教学,因而其构建核心及建设方向是形成综合性和研究性实验。在实验的顶层设计方面,笔者根据专业背景,结合虚拟仿真技术在三维显示、人机交互、超越时空限制方面的优势,对机械设计和虚拟仿真实验之间的关键矛盾进行了解决,具体的构建策略见图2。

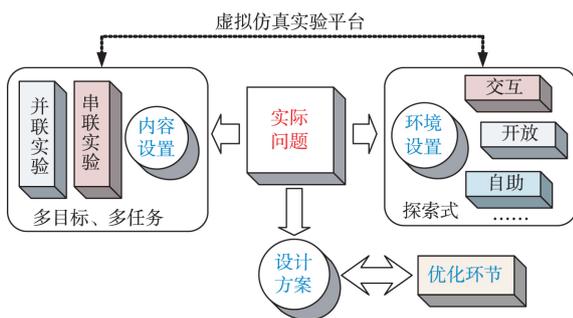


图2 机械设计专业虚拟仿真实验平台的构建路线

(一)以问题为导向,引导学生通过设计手段解决具体问题

在常规的机械设计过程中,往往有明确的设计指标和设计参数,极容易将设计过程程式化、固定化。在机械设计专业虚拟仿真实验平台构建时,教师可通过设置某一实际问题,引导学生为解决该问题而进行设计。其设计的目的在于完成实验本身,而在于解决实际问题,即通过开放性的问题设置,促使学生从多角度进行个性化方案拟定,并完成设计,实现问题的自主解决。

(二)设置多目标、多任务问题,形成大型综合性实验

在机械设计专业虚拟仿真实验平台构建时,教师需设置多目标、多任务问题,将分散的个体实验串联或并联成大型综合性实验。传统的实验多附属于各门课程中,各实验之间的关联度较低,因此教师应在虚拟仿真实验平台上将多门课程的相关知识通过设置多目标、多任务问题的形式串联或并联起来,形成综合性实验,以进一步锻炼学生综合运用知识解决实际问题的能力。

(三)提供交互式、开放式、自助式设计场景,增强实验过程的体验

提高学生参与度的重要途径之一是设置开放式、交互式、自助式的设计环境,通过实验场景的多元化吸引学生的注意力,提高实验兴趣。在实验平台构建时,教师可针对不同的环节设置不同的场景。比如,对于设计和装配环节,需提供工厂设计室和装配室场景;对于设计效果验证环节,需提供实验场地等场景,以实现场景的交互式与自助式。设计场景的开放式可以通过设计参数来设置,学生输入不同的设计参数可实时显示设计对象的大小、形状等,所见即所得。从多元化角度设置场景,有助于改变单一化的设计背景,使学生更好地参与设计,增强其对实验过程的体验。

(四)设置优化设计环节,形成研究性实验

机械设计的重要环节之一是优化设计,因而可在虚拟仿真环境中,调用、植入或建构一系列优化设计环节(包括对优化结果的验证环节),以避免将虚拟仿真实验设计成演示及验证性实验,并形成研究性实验,目的是锻炼学生的科研素养。比如,针对流体机械,可植入关键部件的流场仿真环节,教师可通过流场模拟计算结果引导学生进行优化设计;针对结构件,可植入结构的静力学仿真环节,引导学生通过对比不同的结构或尺寸下的载荷分布特征开展优

化设计;针对运动机构,可植入运动学仿真环节,引导学生通过机构的运动特性加深对原理的认识,并探索开展机构运行稳定性的优化方法设计。

四、机械设计专业虚拟仿真实验平台建设实践

高射程喷雾机适用于高大林木的病虫害防治,是重要的农林业植保机械之一,其设计周期长、制造成本高,而且农药还存在较大的毒副作用和安全隐患,因此导致实际的喷雾实验很难开展,需构建高射程喷雾机虚拟仿真实验平台开展实验,见图3。

图3为2018年国家虚拟仿真实验项目“高射程喷雾机优化设计虚拟仿真”实验平台的登录界面,笔者以该平台为例具体阐述机械设计专业虚拟仿真实验平台的构建实践。



图3 “高射程喷雾机优化设计虚拟仿真实验”平台的界面

(一)以“林木病虫害防治”这一实际问题为导向,引出高射程喷雾机的设计任务

在构建实验平台时,笔者以林木病虫害防治这一实际问题为背景引出“高射程喷雾机优化设计虚拟仿真”实验。比如,在实验开始之前,平台的背景介绍部分给出如下内容:N市爆发大规模行道树病虫害,病虫害吞食树叶,对景观大道造成严重损害,急需设计有效的病虫害防治机具,……。在此基础上,笔者引导学生了解景观大道树木特征、思考防治对象的施药难点及有效的解决方案,进而引出高射程喷雾机的设计任务。

(二)设置“喷雾高度”“喷雾覆盖率”等多项指标,形成高射程喷雾机设计综合性实验

在引出高射程喷雾机的设计任务后,笔者引导学生通过树木参数测量获得基本的设计指标。除了要考虑喷雾高度这一关键性设计指标外,还可以增加喷雾覆盖率等设计指标。在此基础上,设置多项子任务,如风送系统设计、施药系统设计、动力系统设计、摆动机构设计等。在设计过程中涉及的参数

指标以开放、可变的形式设置,如风筒系统中的整流叶片个数、施药系统中的喷头数量和药箱容积、动力系统中电机功率和型号、摆动系统中的曲柄摇杆参数等,均由实验者利用所学知识并综合考虑多种因素自主确定,以形成高射程喷雾机的大型综合性实验。

(三)提供设计、加工、组装、验证等设计场景,增强学生的实验体验

在形成大型综合性实验后,考虑到大型综合性实验平台的构建需求,学生围绕林木喷雾高度和喷雾覆盖率的指标进行场景构建。在场景的构建过程中,要注重将高射程喷雾机的设计、加工、组装、验证等环节设置成交互式、开放式、自助式的场景。如,在设计环节,提供设计室的虚拟仿真场景;在加工环节,提供加工车间的虚拟仿真场景;在组装环节,提供装配车间的虚拟仿真场景;在验证环节,提供景观大道喷雾的虚拟仿真场景等。

上述不同场景的设置,旨在给学生提供沉浸式体验,使其更直观地感受高射程喷雾机的设计要点、加工途径、组装特点、喷雾验证试验效果,从而使学生更好地融入到高射程喷雾机的设计与实验过程中。

(四)设置风筒收缩角度、整流片数量优化等设计环节,引导学生开展探索性研究

在高射程喷雾机大型综合性实验平台构建过程中,设置风筒收缩角度优化的模拟单因子实验,见图4。学生通过单因子实验结果研究收缩筒角度和射程之间的规律,从而寻找优化的风筒收缩角度。对于整流片数量的优化设计,笔者为学生提供基于Fluent等工具的计算流体动力学(CFD)仿真资料,引导他们进行基于CFD的风筒整流结构的优化设计。另外,对于户外行道树的喷雾验证优化设计,也可以设置多因子实验,引导学生开展基于Mintable等工具的喷雾试验,探索喷雾机运动速率、风速等指标对喷雾的影响规律,从而提高学生的探索和研究能力。

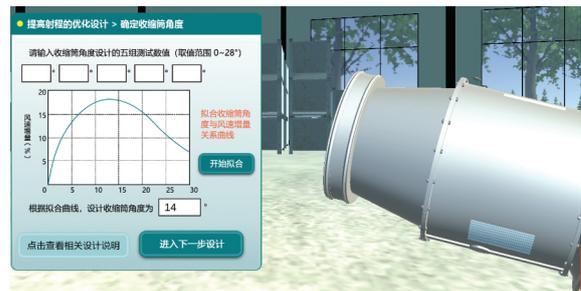


图4 高射程喷雾机风筒收缩角度单因子实验的平台界面

五、机械设计专业虚拟仿真实验平台建设取得的成效

(一)拓展了机械设计专业实验教学的深度和广度

笔者所述的机械设计专业虚拟仿真实验平台的构建方法,考虑了完整的机械设计与优化流程,可集成文字、图片、视频等多种媒介,具备了研究性和综合性实验的特点,较好地解决了机械设计的精准性、量化、程式化等要求与虚拟仿真实验的开放性、探索性、自主性等要求之间的矛盾,弥补了实体实验和传统机械设计实验教学的不足,提高了实验教学的深度和广度。

(二)提高了教师的教学效率,扩大了教学受益面

对于教师而言,通过上述构建方法搭建的虚拟仿真实验平台,将线下实验拓展至线上,大幅度减少了常规的实验准备环节,有效地提高了教学效率。并且,虚拟实验资源可通过网络远程访问,面向开设机械工程专业的其他院校,实现了教学资源的共建共享和课程互选、学分互认,充分发挥了虚拟仿真实验教学的资源共享与开放优势,扩大了教学的受益面。

(三)提高了学生的参与度,优化了学生的学习过程

上述实验平台的构建方法注重以问题为导向,设置多目标任务,设置自助式、交互式场景,可有效地吸引学生的注意力,提高了学生的参与度。以高射程喷雾机虚拟仿真实验平台为例,学生普遍反映,通过该虚拟仿真实验平台可直观、方便地了解高射程喷雾机的构造,并能更好地进行高射程喷雾机的计算、校核、设计、检验,大大缩短了学习周期,加深了对“机械原理”“机械设计”“林业机械”“泵与风机”“现代设计方法”“实验设计方法”等课程相关知识的理解和应用。

资助项目:江苏省高等教育教改研究课题“新工科背景下林科特色机械类专业人才培养‘OBE’模式探索与实践”,项目编号 2019JSJG312;国家虚拟仿真实验教学项目“高射程喷雾机优化设计虚拟仿真实验”,项目编号 2018-71。

参考文献

- [1] 高海燕. 高等工程教育人才培养模式改革若干问题探析[D]. 西安:西安电子科技大学,2006:1-30.
- [2] 李仁兴,施江澜. 改革机械实验课程体系 培养大学生创新能力[J]. 江苏理工学院学报,2003,9(2):79-83.
- [3] 刘亚丰,苏莉,吴元喜,等. 虚拟仿真教学资源建设原则与标准[J]. 实验技术与管理,2017,34(5):18-20.
- [4] 雷冬,朱飞鹏,殷德顺. 力学虚拟仿真教学实验室建设的探讨[J]. 实验技术与管理,2014,31(12):95-96.
- [5] 刘亚丰,余龙江. 虚拟仿真实验教学中心建设理念及发展模式探索[J]. 实验技术与管理,2016,33(4):108-110.
- [6] 胡东萍,张延玲. 虚拟仿真教学在应用型本科中的应用[J]. 亚太教育,2016(18):63.
- [7] 刘亚丰,苏莉,吴元喜,等. 虚拟仿真教学资源开放共享策略探索[J]. 实验技术与管理,2016,33(12):137-141.
- [8] 郝翠霞,叶晖. 工业机器人实训课程的虚拟仿真教学研究[J]. 实验技术与管理,2018,35(6):144-146.
- [9] 刘雪岭,王悦. 流体力学课程虚拟仿真教学资源库平台开发[J]. 高教学刊,2017(4):76-77.
- [10] 白瑞峰,于赫洋,靳荔成,等. 控制类多学科融合虚拟仿真教学资源建设[J]. 实验技术与管理,2018,35(6):126-129.
- [11] 徐剑坤,习丹阳,马文顶,等. 采矿工程专业虚拟仿真教学资源库建设[J]. 教育现代化,2017(13):73-74.
- [12] 郭静,刘晓燕,朱学江,等. 虚拟仿真教学平台在基础医学教学中的应用[J]. 南京医科大学学报(社会科学版),2014(6):498-500.
- [13] 中华人民共和国教育部. 教育部关于开展国家虚拟仿真实验教学项目建设工作的通知[EB/OL]. (2018-06-05)[2020-01-20]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7945/s7946/201806/t20180607_338713.html?from=timeline&isappinstalled=0.
- [14] 丁启翔. 用开放式、研究性的思想建设耕作机械实验教学条件[J]. 中国农机化学报,2009(1):98-100.
- [15] 苏亚欣,汝俭. 对创新性实验教学的思考[J]. 教学改革,2007(3):12-15.
- [16] 周绪红. 中国工程教育人才培养模式改革创新现状与展望——在 2015 国际工程教育论坛上的专题报告[J]. 高等工程教育研究,2016(1):1-4.
- [17] 张建辉. 改革机械设计实验教学 培养学生的创新能力[J]. 高校实验室工作研究,2003(2):8-10.
- [18] 吴少雄. 工业工程专业实验教学体系的设计与实施[J]. 嘉兴学院学报,2005(S1):27-29.
- [19] 李森. 机械实验教学改革建议[J]. 轻工科技,2009,25(8):145-146.
- [20] 王金发,何炎明,威廉标,等. “开放式、研究性”实验教学模式的创立与实践[J]. 高等理科教育,2007(6):97-100.

(责任编辑 孙艳玲)