

实验室建设与管理

面向虚拟仿真实验教学的高校公共实验室研究

许丽^{1,2}, 王鸿鹏^{1,2}, 刘觉晓³, 高振元⁴

(1. 南开大学 虚拟仿真实验教学中心, 天津 300350; 2. 南开大学 人工智能学院, 天津 300350;
3. 南开大学 实验室设备处, 天津 300350; 4. 天津瀚海星云数字科技股份有限公司, 天津 300131)

摘要: 为了整合全校虚拟仿真实验教学资源, 建立开放共享机制, 探索并实践了建设高校虚拟仿真实验教学公共实验室的设计理念、整体架构和技术方案。实验室采用开源、开放的设计思想与技术路线, 充分体现了通用性、集成性、交互性与创新性。在面向全校各专业的虚拟仿真实验教学应用中已取得了一定的效果, 对实验室设计的先进性进行了验证。

关键词: 虚拟仿真; 人工智能; 实验教学; 公共实验室

中图分类号: G482; G642.0 文献标识码: A 文章编号: 1002-4956(2019)11-0262-04

Research on university public laboratory for virtual simulation experimental teaching

XU Li^{1,2}, WANG Hongpeng^{1,2}, LIU Juexiao³, GAO Zhenyuan⁴

(1. Virtual Simulation Experimental Teaching Center, Nankai University, Tianjin 300350, China; 2. College of Artificial Intelligence, Nankai University, Tianjin 300350, China; 3. Laboratory Equipment Department, Nankai University, Tianjin 300350, China; 4. Tianjin Miragestars Digital Technology Co., Ltd., Tianjin 300131, China)

Abstract: In order to integrate the resources of virtual simulation experimental teaching in the whole university, and to establish opening and sharing mechanism, the design idea, overall structure and technical scheme of constructing the public laboratory for virtual simulation experimental teaching in colleges and universities are explored and practiced. The laboratory adopts the open source and open design idea and technical route, which fully reflects the universality, integration, interaction and innovation. Some results have been achieved in the application of the virtual simulation experimental teaching for all majors in the university. The advanced nature of laboratory design has been verified.

Key words: virtual simulation; artificial intelligence; experimental teaching; public laboratory

随着人工智能技术的不断进步, 智能化产业涉及的领域越来越广。虚拟仿真技术属于人工智能学科的研究范畴, 教育部、科技部均将虚拟仿真技术教学、研究作为重点发展方向之一。2017年, 国务院在《关于印发新一代人工智能发展规划的通知》中提出, 利用智能技术加快推动人才培养模式和教学方法改

革^[1]。2018年, 教育部关于印发《教育信息化 2.0 行动计划》的通知中也明确了教育智能化的必然性, 指出: 智能环境不仅改变了教与学的方式, 而且已经开始深入影响到教育的理念、文化和生态^[2]。2019年, 国务院印发的《中国教育现代化 2035》中更是强调要利用现代技术加快推动人才培养模式改革, 实现规模化教育与个性化培养的有机结合^[3]。

虚拟仿真技术在教育方面的应用是我们现在面临的新机遇和新挑战。虚拟仿真实验教学可以提升教学能力、拓展实验领域、丰富教学内容、降低实验风险, 有利于培养学生综合设计和创新能力。

2015年我校获批的“计算机与控制工程国家级虚

收稿日期: 2019-06-27

作者简介: 许丽(1987—), 女, 内蒙古通辽, 硕士, 实验师, 研究方向为虚拟仿真实验教学与管理。

E-mail: xuli@nankai.edu.cn

通信作者: 王鸿鹏(1979—), 男, 山西晋中, 博士, 副教授, 研究方向为人工智能与智能机器人技术, 虚拟现实与智能仿真技术。

E-mail: hpwang@nankai.edu.cn

拟仿真实验教学中心”,其发展促进了虚拟仿真技术在实验教学方面的深入研究和应用。2017年,人工智能学院开始承担面向虚拟仿真实验教学的校级公共实验室建设,目前已完成一期工程。

校级虚拟仿真实验平台具有综合性、强交互性和易扩展性等优点,它的建设可以使资源的效用达到最优,促成高等教育教学的良性发展,从而为实现高校人才培养、科学研究及服务社会三大根本任务提供有益保障^[4]。

1 虚拟仿真公共实验室的建设思路

虚拟仿真实验教学是依托虚拟现实、人工智能、多媒体、人机交互、数据库和网络通信等技术,构建高度仿真的虚拟实验环境和实验对象,让学生在开放、交互、自主的虚拟环境中开展实验。这种虚实结合的实验教学形式能够拓展学生实验的深度和广度,有利于实验教学要求高的教学大纲顺利实施^[5],学生可以更加系统、全面地掌握实验技能,拓宽学科视野^[6]。面向虚拟仿真实验教学的校级公共实验室的建设理念和设计思想如下:

(1) 科学研究与教育教学的深度融合。虚拟仿真技术属于人工智能相关学科的研究范畴,是教学和科研不可或缺的组成部分,也是提升学生能力的教学载体。虚拟仿真公共实验室将以人工智能学科的前沿技术引领教学发展,不断将科研成果应用到实验教学全过程。在虚拟仿真中紧扣科学问题实现实验内容的高体验度和强交互性,使实验教学及科学研究相互融合,产出创新性研究成果,促进基础研究和应用研究协调发展,将学科建设的成果转化为人才培养优势^[7]。

(2) 探索虚拟仿真技术对实验教学的改革。实验室的设计突出了虚拟仿真的科学性、时间/空间的真实性,摆脱一般意义下“仿而不真”的动画式或影片式教学方式,实现基于数学模型/多种算法的计算、实时渲染与三维交互相结合的实验教学新模式^[8]。开设综合性、研究型和创新性的开放实验项目,加强师生间的沟通与交流,使学生在相关课程的虚拟仿真实验教学环节中,既领会了相关实验的科学问题所在,又提升了相应的动手实践能力和创新意识。

(3) 构建虚实结合的虚拟仿真实验教学体系。虚拟仿真公共实验室的建设是高校实验教学改革的典型案例,打通与各院虚拟仿真实验室之间的技术和内容壁垒,形成“双核”校级虚拟仿真实验教学与各院实验室之间的教学资源共享。并设计虚拟仿真实验教学管理与共享应用平台,面向全校师生提供虚拟仿真教学资源共享服务,并逐步形成完整、系统、科学的虚拟仿真实验教学体系^[9]。

2 虚拟仿真公共实验室的设计理念

(1) 通用性设计。虚拟仿真公共实验室的设计满足学校各学院、各学科的虚拟仿真教学需求,与实验课程教学紧密结合^[10],提供多学科的虚拟仿真项目开展软硬件平台,并同时支持高校实验室安全、大型仪器的使用等面向全校学生的通识课,如“高校实验室安全课程”“大型仪器的操作”等,平台运行高效、学生受益面广、使用效益好,资源开放共享程度高^[11]。

(2) 综合性设计。实验室具备虚拟仿真教学与开发的双重功能,具备智慧实验室为基础的虚拟现实(virtual reality, VR)、增强现实(augmented reality, AR)与3D技术的综合应用。建设时充分考虑后期的维护和升级需求,从基础建设开始着手,做到强弱电的分离、预留、可扩展等,形成了专业特色突出、学科交叉融合、多元化的综合性实验教学新模式^[12]。

3 虚拟仿真公共实验室功能结构设计

在虚拟仿真实验项目开发时,作为承载、展示项目内容的虚拟现实多媒体硬件平台是建设关键。为了体现虚拟仿真实验教学的完整性和综合性,实验室合理分割功能区,虚拟仿真公共实验室功能见图1。功能结构分区如下:

(1) 沉浸式大屏交互体验区。可承载全班学生共同参与3D教学展示。整个区域采用弧幕屏展示,搭载两台高流明、高分辨率的专业工程投影,保证清晰度和色彩还原。利用计算机虚拟现实技术、仿真技术、智能控制技术和交互设备,进行三维可视化展示。可穿戴设备的使用可提升虚拟仿真实验的沉浸感和真实感。直观的立体教学模式,有效激发专业学生的学习兴趣,提高教学质量。

(2) 虚拟仿真开发工作区。支持36台共6组学生的虚拟仿真开发实验,配备高性能图形工作站、三维自动化建模扫描仪和三轴力反馈器,并把桌椅设计成可移动拼接的形式,既可以便捷地使用桌椅,又可以灵活地运用此区域,满足不同的专业课程特点。扫描仪和力反馈器等人机接触交互设备充分满足学生的创作及创造能力,实现不同场景的VR、AR资源内容的设计与实现。

(3) VR实验体验区。虚拟现实实验系统采用主流的虚拟现实显示终端,为学生提供沉浸式虚拟体验,可以通过通用的虚拟现实设备进行交互操作,满足对交互性强的课程需求,使学生体验到实验的真实环境、操作过程和运行状态的变化^[13]。

(4) AR实验体验区。增强现实技术不仅展现了真实世界的信息,而且将虚拟的信息同时显示出来,两

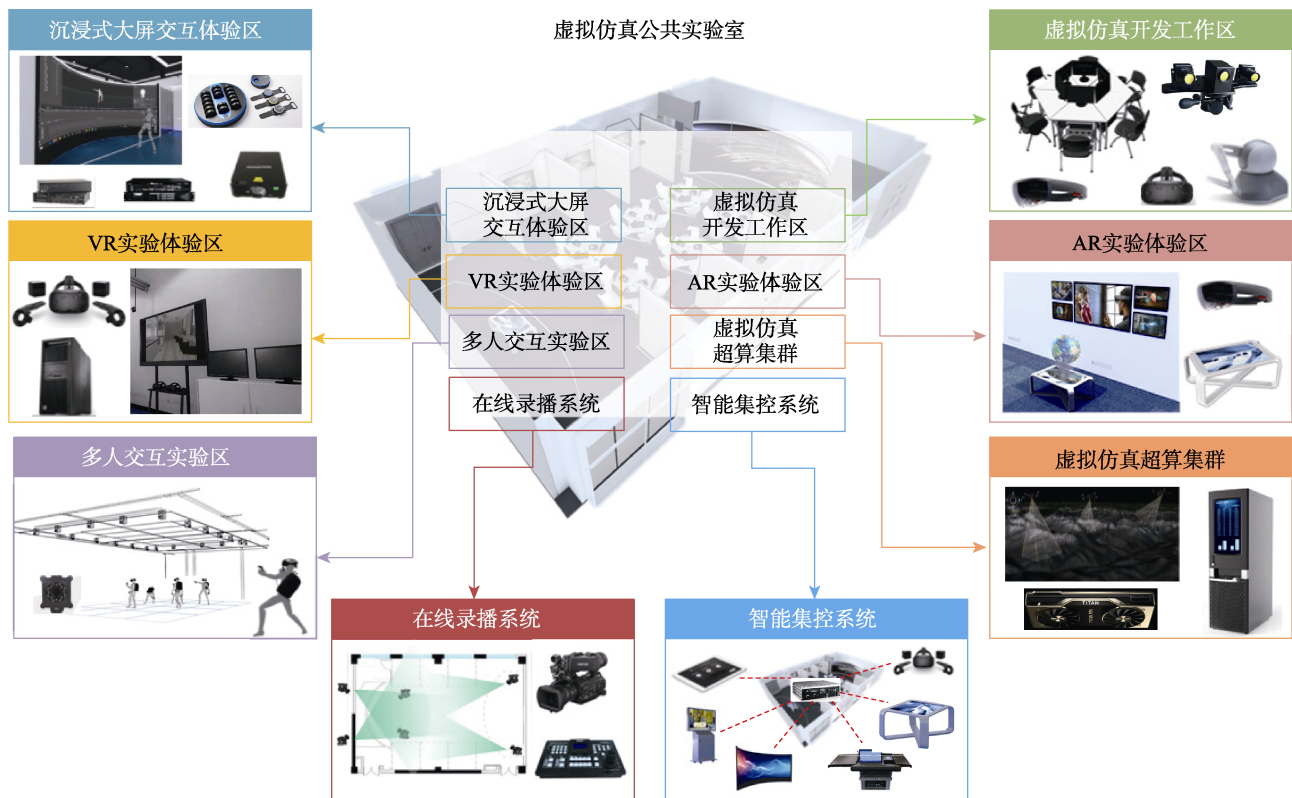


图1 虚拟仿真公共实验室功能图

种信息相互补充、叠加。在视觉化的增强现实中，学生利用头盔显示器，把真实世界与电脑图形重合成在一起，提供了在一般情况下不同于人类可以感知的信息。可以使学生更近距离地接触平时不便接触的事物，增加对学科的兴趣。

(5) 多人交互实验区。大空间多人交互解决方案是光学动作捕捉技术、惯性动作捕捉技术、VR显示技术、VR交互技术和VR资源内容有效结合的产物。打破了单个VR设备空间局限性以及交互人数的限制，适合大空间里的演练以及多人共同操作的项目内容。

(6) 虚拟仿真超算集群。基于高性能超算的虚拟仿真实验系统支持大数据存储、数据集成、大规模定量计算和人机交互，使用多个处理器协同解决同一问题，提高了应用程序的计算速度，支持开展数据处理量庞大的虚拟仿真实验。

(7) 在线录播系统。录播系统可以全方位多角度记录实验讲授、操作和互动过程，能够分别摄录实验室每个实验分区，实现大规模的远程共享和在线学习功能。

(8) 智能集控系统。实验室采用智能化控制，实验室内部设施，包括投影、音响、灯光、窗帘、卷帘等电气设备均可智能化远程管理。

4 开源开放的虚拟仿真实验项目开发平台

借助本学科研究虚拟仿真技术的优势，对虚拟仿

真中的智能化建模、驱动与人机交互等共性关键技术进行提炼，以标准化、模块化为准则，构建开源、开放、通用的虚拟仿真引擎与开发平台，开源虚拟仿真开发平台技术框架见图2。该虚拟仿真实验教学平台拥有完全自主知识产权，并且用户可编程进行二次开发，该技术路线对于虚拟仿真实验教学平台建设是非常重要的也是十分必要的，并可在相关实验教学领域起到一定的示范应用。

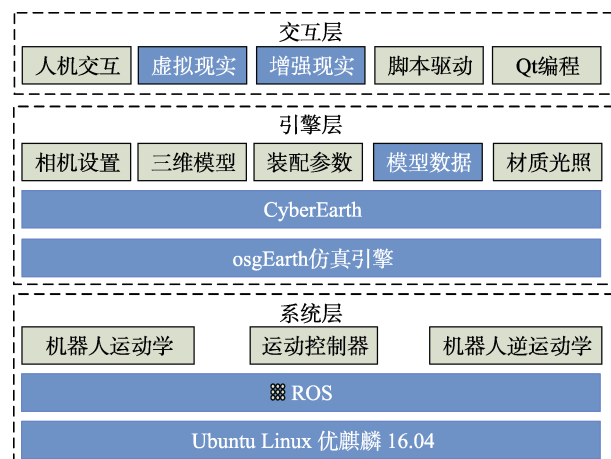


图2 开源虚拟仿真开发平台技术框架

(1) 三维地理信息系统 (geographic information system, GIS) 编辑器。基于OSG的三维GIS编辑器提供一个可以表达广袤空间的地球表面，在该表面上

可以叠加卫星影像图和高程数据, 该地球表面是由无线细分的三角面构成, 由算法提供可以动态管理三角面密度的方法。当从太空向地面推进时, 地球表面的网格会越来越密, 所表达的地形越来越精致, 推进到地面时达到最大精度, 而在太空上观测时地球表面起伏会被忽略掉, 地球网格得到了极大的简化。同样附加在地球表面的影像图也同样做着类似的变化, 在不同分辨率的图像间不断切换。

(2) SDK 二次开发工具包。为用户实现三维地球与场景的核心功能服务提供丰富的接口, 这些内嵌的功能可以以简单易用接口被外界程序调用, 可支持虚拟仿真运动单元等实验教学内容的研发。SDK 提供了一套 OSG/Python/C++/ROS 控件, 将三维窗口、导航图以控件对象方式嵌入到用户系统的可视化界面中, 这些接口都可以通过脚本语言或非脚本语言来控制操作。

(3) 机器人操作系统 (robot operating system, ROS) 虚拟仿真对象驱动。基于 ROS 开源次级操作系统进行虚拟仿真对象驱动, 包括硬件抽象描述、底层驱动程序管理、共用功能的执行、程序间的消息传递等, 有效支持 C++/Python 语言。

(4) 地图服务器。地图服务器用来满足客户端和服务端数据传输需求, 能将地形、特征或地图数据传输到客户端。三维 GIS 平台可以将这些数据附加到地球表面, 同时也可以传输给二维地图窗口, 用户可以点击点、线、面来向服务器请求特征数据。

5 虚拟仿真实验教学管理与共享应用平台

虚拟仿真教学管理与共享平台的搭建与互联可以使更多的学生有机会参加高水平的实验^[14], 该平台充分体现互联网资源与技术实验教学创新模式改革中的作用, 具有重要意义^[15]。

(1) 用户权限管理模块。采用基于角色的权限管理模式, 可以设置不同的用户组, 灵活地为用户设置不同的权限, 系统权限管理模块具有扩展性。

(2) 虚拟现实资源共享管理模块。作为校级共享平台, 支持各学院虚拟现实内容资源的统一管理和存储, 支持虚拟现实资源的查询、共享, 最大限度提高资源的利用率, 并可以此为据, 对未来的虚拟教学资源建设进行合理的规划。

(3) 实验室预约及管理模块。此为平台的核心功能之一, 也是虚拟仿真公共实验室管理的重要组成部分。在开放式实验教学和优质资源共享的背景下, 合理分配实验室资源, 有效提高实验室的使用效率, 同时支持学生提交实验报告并查询成绩。

(4) 校园应用及数据共享集成模块。充分利用数

字化校园建设的成果, 支持与学校信息化平台的无缝对接, 支持学校信息门户统一身份认证。

(5) 数据统计分析模块。对平台中产生的业务数据 (学生成绩及使用记录等) 和资源数据进行统计和分析, 生成不同维度的统计图表。

6 建设特色

6.1 一体化平台

应用人工智能、物联网、人机交互等技术实现了面向虚拟仿真实验教学的软硬件系统的智能集控与智能交互; 自主研发的开源开放的虚拟仿真实验项目开发平台摆脱了对商业软件的依赖; 虚拟仿真实验教学管理与共享平台的使用可以提高实验室使用效率和管理能力。一体化的建设体现了实验平台的标准化和规范化, 保障了实验平台的平稳安全运行, 从而提高实验教学、管理的水平, 提高学生参加实验的自主性^[16]。

6.2 校企合作的共建模式

充分发挥学校学科专业优势, 积极利用企业, 特别是本地优质企业的开发实力和支持服务能力, 充分整合学校信息化实验教学资源, 以培养学生综合设计和创新能力为出发点, 探索校企共建共管的新模式和新途径。充分发挥企业技术强、理念新、善实施等突出优势, 鼓励企业开发虚拟实验教程并参与实验教学改革^[17], 建立可持续发展的虚拟仿真实验教学服务支撑体系。

6.3 院际共享的运行模式

面向虚拟仿真实验教学的公共实验室建设具有创新的机构特色, 由实验室设备处与人工智能学院共建, 旨在为全校虚拟仿真实验教学项目搭建公共技术支撑平台。人工智能学院负责提供技术和运维支持, 由全校各学院实验教学中心、虚拟仿真实验教学中心提供建设意见和项目支持, 打造成为服务全校虚拟仿真实验教学和项目建设的强兼容性平台, 并在相关领域起到一定的示范作用。

7 结语

虚拟仿真公共实验室经过两年的建设, 初步实现了整合全校虚拟仿真实验教学资源的目的, 在面向全校各专业的虚拟仿真实验教学应用中已取得了一定的效果, 一定程度上体现出了对于全校虚拟仿真实验教学工作的支撑作用。

参考文献 (References)

- [1] 国务院. 关于印发新一代人工智能发展规划的通知[EB/OL]. (2017-07-20). http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content_5211996.htm.

(下转第 269 页)

推广。在这样的时代背景下, 化学专业“双创”实验室建设也应保证与工程专业认证同步, “双创”实践教学的相关指标也必须满足工程专业认证的要求, “双创”课题的管理与实施也需要按照工程专业认证的标准来执行。有了工程专业认证这一标准, 实验室的各项建设就有了标尺、规范, 以及建设的目标。只有这样, 化学专业“双创”实验室才能在“新工科”的浪潮中健康稳步发展。

3 结语

“新工科”对高校化学专业“双创”实验室建设提出了更高的要求。在“新工科”背景下, 化学专业“双创”实验室建设应提高学科交叉融合度, “双创”课题应加大专业应用拓展类选题。实验室管理应更加趋于智能信息化, “双创”实践教学要面向通识教育, 注重企业实践能力与卓越的工程知识, 同时吸取多方力量构建产学研协同育人模式, 在工程专业认证的方向上良性发展, 培养出更多创新型复合人才。

参考文献 (References)

[1] 吴涛, 尤卓炜. 适应新工科建设的机电专业实践教学改革与

探索[J]. 实验室研究与探索, 2018, 37(12): 209-212.

[2] 陈孟威, 陈兴明. “新工科”理念下地方高校人才培养路径探析[J]. 教育探索, 2018(6): 37-40.

[3] 吴爱华, 杨秋波, 郝杰. 以“新工科”建设引领高等教育创新发展[J]. 高等工程教育研究, 2019(1): 1-7, 61.

[4] 陈志荣, 荆广珠. 新工科背景下数据工程能力培养的探索与实践[J]. 高等工程教育研究, 2019(1): 71-75.

[5] 李志鸿. 地方本科高校“新工科”建设的四个基本问题[J]. 黑龙江高教研究, 2018, 36(12): 40-43.

[6] 郭笑, 孙晶波. 基于“双创”人才培养视域下的高校教学改革探索[J/OL]. 中国成人教育, 2018(23): 88-91.

[7] 凌海蓉. “双创教育”视域下大学生实践能力培养的思考[J]. 教育理论与实践, 2018, 38(27): 15-17.

[8] 周琴. 双创背景下高校在国家创新体系中的功能及定位[J]. 中国高校科技, 2018(8): 84-86.

[9] 董丽萍, 赖春霞, 杨祖幸. “双创”背景下智能化自主实验平台的平台安全管理[J]. 实验技术与管理, 2019, 36(1): 177-179.

[10] 田景芝, 荆涛, 郑永杰, 等. 化学实验室资源优化配置的探索与实践[J]. 实验室研究与探索, 2014, 33(2): 238-242.

[11] 田景芝, 荆涛, 郑永杰, 等. 基于粒子群的化学实验室无纸化资源优化配置[J]. 科技通报, 2014, 30(1): 134-137.

[12] 田景芝, 荆涛, 郑永杰, 等. 基于计算智能的化学类实验室安全管理评价研究与实践[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2016(9): 270-272.

(上接第 265 页)

[2] 教育部. 关于印发《教育信息化 2.0 行动计划》的通知[EB/OL]. (2018-04-18). http://www.moe.gov.cn/srcsite/A16/s3342/201804/t20180425_334188.html.

[3] 新华社. 中共中央、国务院印发《中国教育现代化 2035》[EB/OL]. (2019-02-23). http://www.gov.cn/xinwen/2019-02/23/content_5367987.htm.

[4] 王志华, 张继红, 曹广胜. 优质实验资源共享环境下的虚拟仿真教学实践[J]. 实验科学与技术, 2017, 15(5): 73-76.

[5] 刘亚丰, 吴元喜, 苏莉, 等. 信息化背景下虚拟仿真实验教学中心建设规划与实践[J]. 高校生物学教学研究(电子版), 2015, 5(3): 39-43.

[6] 贺占魁, 黄涛. 虚拟仿真实验教学项目建设探索[J]. 实验技术与管理, 2018, 35(2): 108-111, 116.

[7] 马学条, 程知群, 郑雪峰, 等. 电子信息技术虚拟仿真实验教学平台的建设与实践[J]. 实验技术与管理, 2018, 35(11): 130-133.

[8] 陈国金, 姜周曙, 苏少辉, 等. 智能制造技术人才培养的实验教学体系研究[J]. 实验室研究与探索, 2016, 35(11): 189-192, 195.

[9] 王国强, 傅承新. 研究型大学创新实验教学体系的构建[J].

高等工程教育研究, 2006(1): 125-128.

[10] 崔媛, 武艳君, 孙萌萌, 等. 依托虚拟仿真实验教学中心, 培养工程实践能力[J]. 实验科学与技术, 2015, 13(2): 142-144.

[11] 胡今鸿, 李鸿飞, 黄涛. 高校虚拟仿真实验教学资源开放共享机制探究[J]. 实验室研究与探索, 2015, 34(2): 140-144, 201.

[12] 徐晓红, 郑志强, 卢惠民. 构建机器人技术创新实践基地的探索与实践[J]. 实验室研究与探索, 2015, 34(3): 185-189.

[13] 王卫国, 胡今鸿, 刘宏. 国外高校虚拟仿真实验教学现状与发展[J]. 实验室研究与探索, 2015, 34(5): 214-219.

[14] 杜玉宝, 孙淑强, 亓文涛. 虚拟仿真实验教学信息化平台的建设与思考[J]. 中国现代教育装备, 2016(17): 26-28.

[15] 蔡书平, 陈丽. 基于 ADAMS 软件的机器人动作设计与仿真实验研究[J]. 实验技术与管理, 2011, 28(11): 79-81.

[16] 李平, 毛昌杰, 徐进. 开展国家级虚拟仿真实验教学中心建设提高高校实验教学信息化水平[J]. 实验室研究与探索, 2013, 32(11): 5-8.

[17] 王开宇, 金明录, 程春雨, 等. 面向工程教育的电工电子国家级实验教学示范中心建设与创新实践[J]. 工业和信息化教育, 2018(1): 3-9.