

· 国外实验室 ·

# 国外高校虚拟仿真实验教学现状与发展

王卫国<sup>1</sup>, 胡今鸿<sup>2</sup>, 刘宏<sup>3</sup>

- (1. 海军工程大学 训练部, 湖北 武汉 430033;  
2. 哈尔滨工程大学 实验室与资产管理处, 黑龙江 哈尔滨 150001;  
3. 空军工程大学 理学院, 陕西 西安 710051)



**摘要:** 介绍了支撑虚拟仿真实验教学的主要信息技术, 归纳总结了国外高校虚拟仿真实验教学的类别、形式、特点以及实践案例, 分析了国外高校以信息技术推动实验教学改革的发展趋势, 指出了一些值得关注的新动向。

**关键词:** 虚拟仿真; 实验教学; 信息技术; 实践案例; 发展动向

**中图分类号:** TP 391; G 482      **文献标志码:** A

**文章编号:** 1006-7167(2015)05-0214-06

## Current Situation and Development of Virtual Simulation Experimental Teaching of Overseas Universities

WANG Wei-guo<sup>1</sup>, HU Jin-hong<sup>2</sup>, LIU Hong<sup>3</sup>

- (1. Training Department Naval Engineering University, Wuhan 430033, China;  
2. Department of Laboratory and Asset Management, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China;  
3. Faculty of science Air Force Engineering University, Xian 710051, China)

**Abstract:** This paper introduced main information technology to support virtual simulation experimental teaching and made a generalization about the types and feature and practice cases of virtual simulation experimental teaching of overseas universities, analyzed, development trends of promoting experimental teaching reform based on information technology and point out noteworthy new trends.

**Key words:** virtual simulation; experimental teaching; information technology; practice case; development trend

### 0 引言

以信息技术应用为本质特征的虚拟仿真实验教学, 适应了信息时代高等教育开放办学、资源共享的变革要求, 为学生开展探究性学习、自主实验和创新实践提供了先进手段、开放平台和优质资源, 在提高人才培养质量的同时, 也为实验教学改革和实验室建设增添

了活力和动力。当前, 虚拟仿真实验教学中心建设受到高校的高度重视, 其发展也面临着一些新问题和新的挑战。为此, 结合虚拟仿真实验教学资源开放共享机制课题研究, 通过对网络搜集、资料收集和文献检索获取的大量资料和信息的研究分析, 归纳总结了支撑虚拟仿真实验教学的主要信息技术、国外高校虚拟仿真实验教学的现状和特点以及以信息技术推动实验教学改革的动向与趋势, 或许能够从中得到一些启发和借鉴。

### 1 支撑虚拟仿真实验教学的主要信息技术

#### 1.1 对虚拟仿真实验教学产生重要影响的信息技术

美国新媒体联盟(NMC, New Media Consortium)主导的“地平线研究项目”始于2002年, 主要目的是预

收稿日期: 2014-0-0

基金项目: 教育部项目“高等学校仪器设备和优质资源共享系统机制研究课题”(教高司函(2014)18号)

作者简介: 王卫国(1954-), 男, 河北保定人, 教授, 全国高校实验室工作研究会副理事长, 主要研究方向为系统工程、模拟与仿真、实验室建设与管理。

Tel.: 027-65460247 13607138536; E-mail: hg43794wwg@163.com

测和描述对教育教学产生重要影响的新兴、主流和最有前景的教育信息化技术及其发展趋势,其按年度、分系列发布的《国际教育信息化地平线报告》被视为教育信息化建设与发展的风向标,备受世界各国教育界的关注。该报告按照技术演进成为普及应用的主流技术所需要的时间,分近期、中期、远期3个阶段提出了5年内对教学、学习和创造性探究产生重要推动作用

的6项主流应用的信息技术(见表1)。同时,对消费者技术、数字化策略、互联网技术、学习技术、社交媒体技术、可视化技术、使能技术这7大类新兴信息技术的发展给与了持续关注<sup>[1-5]</sup>。综合美国新媒体联盟近年来对新兴、主流信息技术的预测、描述和发展实际,将对虚拟仿真实验教学产生重要影响且已经或行将应用的主流信息技术归类如下(见表2)。

表1 近年来美国新媒体联盟预测和描述的新兴和主流信息技术

年度	近期(1年内)	中期(2年~3年内)	远期(4年~5年内)
2015	自带设备(BYOD)、翻转课堂	创客空间、可穿戴技术	自适应学习、物联网
2014	翻转课堂、学习分析技术	3D打印技术、游戏和游戏化	量化自我、虚拟助手
2013	大规模网络开放课程、平板电脑	游戏和游戏化、学习分析技术	3D打印技术、可穿戴技术
2012	移动应用、平板电脑	基于游戏的学习、学习分析技术	基于手势的计算、物联网
2011	电子书、移动技术	增强现实、基于游戏的学习	基于手势的计算、学习分析技术
2010	移动计算、内容开放	电子书、简易增强现实	基于手势的计算、可视化数据分析

表2 对虚拟仿真实验教学产生重要影响的信息技术

消费者技术	学习技术	可视化技术
3D视频	学习分析	3D打印/快速成型
移动应用	移动学习	虚拟现实、增强现实
量化自我	在线学习	信息可视化
平板电脑	开放内容	可视化数据分析
远端临场	个人学习环境	立体显示、全息显示
可穿戴技术	大规模网络开放课程	使能技术
数字化策略	虚拟实验和远程实验室	神经网络
翻转课堂	社交媒体技术	地理位置应用程序接口
创客空间	合作环境	基于位置的服务
位置智能	集体智慧	机器学习
游戏和游戏化	社交网络	移动宽带
互联网技术	数字身份	自然用户接口
云计算、物联网	隐性智能	开放硬件
		虚拟助手

## 1.2 虚拟仿真实验教学主流应用的信息技术

基于虚拟仿真实验教学综合应用虚拟现实、多媒体、人机交互、数据库以及网络通讯等技术的重要特征,汇总国外高校相关领域教学应用的文献、资料和网络信息,目前在虚拟仿真实验教学中得到较多应用的信息技术,主要有以下10种。

(1) 多媒体技术。利用计算机对文本、图形、图像、动画、声音、视频等多种媒体信息进行综合处理,构建生动逼真的二维和三维场景。同时,通过建立逻辑关系和人机交互作用,使计算机具有交互展示不同媒体形态的能力,并通过图形交互界面、窗口交互操作实现人与计算机之间的信息输入与输出。基于交互式多媒体技术的虚拟仿真实验教学,具有形象、生动、直观、高效的特点,常用于进行理论教学、原理演示以及辅助

操作训练。

(2) 人机交互技术。泛指借助计算机输入与输出设备,以有效方式实现人与计算机对话的技术。就虚拟仿真实验教学而言,较为典型的应用如:基于多媒体技术的触摸式显示屏实现的“桌面”计算机、3D立体空间显示器、3D/4D打印机等。此外,还有智能手机中的地理空间跟踪技术;应用于可穿戴计算机、沉浸式游戏中的动作识别技术;应用于虚拟现实、遥控机器人以及远程维修、医疗中的触觉交互技术和基于脑电波的人机界面技术等。

(3) 可视化技术。应用计算机图形学和图像处理技术将大量数据以图形或图像的形式在屏幕上显示(解释)出来,进而使人们产生深刻和意想不到的洞察力,即可视化技术。可视化的主要过程是建模和渲染,前者将数据映射成物体的几何图元,后者则将几何图元描绘成图形或图像。可视化技术的应用大至核反应堆运行过程模拟、地震断裂带数据分析,小至股市行情预测、分子结构演示,无处不在。将可视化技术应用于虚拟仿真实验教学,必将促进实验教学方式、实验方法发生根本性变革。

(4) 仿真技术。仿真技术以控制论、系统论、相似原理和信息技术为基础,以计算机和专用设备为工具,利用数学模型对实际的或设想的对象进行动态试验、性能分析和综合评估。基于仿真技术实现的“虚拟装备”采用全软件仿真方法建立实际装备的高精度数学模型,应用虚拟现实等技术构建逼真的运行环境,其主要特点:一是采用了虚拟的外壳和虚拟的环境,易于在多个计算机终端上进行教学;二是通过修改或更换仿真软件,即可针对不同装备和环境条件开展教学;三是与移动通信、网络等技术结合,可便捷地实现远程交

互训练和网上异地教学。

(5) 虚拟现实技术。综合应用计算机三维图形、图像处理与显示、传感、人机交互等技术,为使用者提供一个观察并与虚拟世界交互的多维人机界面,使之能够直接参与、深入探索仿真对象在所处环境中的作用和变化,并产生沉浸感。应用虚拟现实技术构建的“虚拟现场”和“虚拟环境”,能够使学生身临其境地去“亲身”经历真实环境、操作过程和运行状态的变化,达到前所未有的教学效果。

(6) 虚拟仿真技术。虚拟仿真技术是在多媒体、虚拟现实、人机交互、网络、通信等技术不断发展的基础上,将仿真技术与虚拟现实等技术相结合而产生的更高层次的仿真技术,具有4个基本特性:一是沉浸性。使用者可获得视觉、听觉、嗅觉、触觉、运动感觉等多种感知,进而产生身临其境的感受;二是交互性。不仅环境能够作用于人,人也能够以近乎自然的行为(如自身语言、肢体动作等)对环境进行控制,虚拟仿真系统还能够对人的操作给与实时反应;三是虚幻性。即环境是虚拟仿真系统构建的;四是逼真性。虚拟环境给人的感觉与所模拟的客观世界非常相像,当人以自然行为作用于虚拟环境时,所产生的反应也符合客观世界的有关规律。

(7) 增强现实技术。作为在虚拟现实技术基础上发展起来的一门新技术,也被称之为混合现实(或现实增强,或扩展现实,扩张实境)。增强现实技术综合应用多媒体、人机交互、三维建模与显示、多传感器信息集成、实时跟踪与注册、场景融合等技术,将计算机生成的虚拟物体、环境和系统信息实时叠加到真实场景中,采取透过式头盔显示系统和注册系统(对用户观察点和计算机生成的虚拟物体的定位)相结合的形式,增强用户对现实世界的感知和理解,进而获得超越现实的感官体验,具有真实世界与虚拟世界信息集成、实时交互性强、可在三维尺度空间中增添定位虚拟物体的特点<sup>[6,13]</sup>。

(8) 虚拟世界。虚拟世界是一个不同于现实世界且由人们应用计算机、互联网、虚拟现实等技术创造的人工世界,其涵义可从狭义和广义两个层面来表述。简言之,狭义的虚拟世界是一种“模拟的世界”,广义的虚拟世界是一种动态的网络社会生活空间。就教学应用而言,虚拟世界为教师和学生创建了一个“同一空间”,使学生产生集体上课的感觉,交流方式也与现实交往相差无几,可有效缩短师生之间的时空距离<sup>[7]</sup>。

(9) 3D打印技术。3D打印最初在航空航天、再生医学、装备制造与维修等领域得到应用并取得了快速发展,随之衍生出了3D生物打印、金属打印、纳米颗粒、叠加打印等新技术,展现出十分广阔的应用前

景。3D打印技术为学生开辟了崭新的学习空间,学习者通过设计、制作、展示等多种角色进入该学习空间,亲历学习过程的趣味性和生动性。此外,3D打印机可以将抽象的空间构思转变为真实、立体的彩色模型,一些难以理解的空间概念和结构因被引入现实世界中而变得更加具体和直观。通过直接参与和亲身体验,学生的思维能力、设计能力以及实践能力得到了全面的提高。

(10) 遥现技术。随着平板电脑、智能手机、无线网络以及可视化等技术的快速发展,人们越来越多的进行远程工作。然而,这种远程工作方式还不能与真实的实验室、办公室以及会议现场氛围相融合,缺乏直面交流和协同工作的自然感觉,易产生一种分隔两地的疏离感。遥现技术综合应用多媒体、虚拟现实、机器人、智能控制以及可视化等技术,通过创建真实的自然交互、实时显现的现场环境,使远在异地的参与者产生身临其境的感觉,从而为远程协同实验和科研提供了有力支持<sup>[8]</sup>。

## 2 国外高校开展虚拟仿真实验教学基本情况

### 2.1 国外高校虚拟仿真实验教学的主要类别与形式

按照虚拟仿真实验应用的主要技术、实验方式、技术平台、配套资源以及共享特征,对国外高校虚拟仿真实验教学的主要类别和形式进行了简要汇总(见表3)。

### 2.2 国外高校开展虚拟仿真实验教学的实践案例

英国开放大学开放科学实验室建设的目标定位:

① 成为研究和探索实验教学改革在线中心;② 提供对现场(异地)实验数据进行真实、严格且科学的分析手段;③ 构建具有3D沉浸式环境,可支持远程控制、虚拟仪器、交互式多媒体实验以及在线分析与研究活动的实验和研发平台。目前,该实验室已能够在线实现所有的实验室功能,学生即可下载虚拟仪器软件进行在线实验,也可以借助遥控仪器进行远程控制实验。此外,该实验室还开设有一批应用网络、虚拟现实等技术,可实现虚拟仪器共享使用的实验项目。例如,应用于地球科学实验研究的虚拟显微镜,可提供当前存放在世界各地博物馆、大学、科研机构中的地球表面岩石材料和数百种英国本土岩石样本,既避免了昂贵的显微镜、薄切片制备设施与设备的购置费,还可以作为开放共享的虚拟仪器使用。

作为“印度-美国高等教育领域校际创新”合作项目中的一项重要内容,美国20所顶尖大学利用印度甘露大学的远程教育网络,为印度几百所高校的学生开设了计算机科学、信息与通信、生物技术、材料科学等网络课程,并与印度高校开展网上合作研究和交流协作。在此基础上,印度甘露大学相继启动了虚拟

表3 国外高校虚拟仿真实验教学的主要类别与基本形式

应用技术	实验方式	支撑平台	资源类别	共享特征
多媒体	交互式虚拟实验	虚拟实验室		
虚拟现实	沉浸式实验	虚拟现实实验室	视频、电子教材、课件、软件、实验平台、仿真系统、虚拟实验室、课程	软件共享 仪器共享
增强现实	3D 虚拟实验	虚拟实验室		
3D 打印	综合设计性实验	虚拟实验室		
遥现	远程协同实验	网络实验室	视频、电子教材、课件、软件、实验平台、智能仪器、测试系统、课程	远程控制
移动应用	移动式虚拟实验	移动实验室	视频、电子教材、课件、软件、虚拟实验室、课程	软件共享
平板电脑	交互式移动实验	虚拟实验室		
虚拟世界	网络协同实验	网络实验室	视频、课件、电子教材、教育类游戏软件、课程	软件共享
游戏和游戏化	个性化自主实验	网络实验室		

学习环境、网上联合研究中心和在线实验室(ONLINE LABS)等一批建设项目。

美国耶鲁大学发挥移动实验具有的即时性、参与性、情境性、泛在性、愉悦性优势,采用平板电脑完成分子生物学、细胞生物学、发育生物学等课程实验,教师通过 iPad 上的移动应用程序与学生分享从中心实验室数字显微镜中获取的数据和图像等资源。通过将可远程控制的数字显微镜与平板电脑连接,学生既可以对实验数据进行记录、分析和注解,也可以将获取的实验图像存档备用。澳大利亚雷德兰兹大学利用平板电脑易携带、高分辨率显示和触摸屏的特点,以此替代笨重的实验仪器、视频设备和其他的昂贵工具开展野外实践教学,拍摄和注解地形图片资料,收集和分享岩石数据,快速获取参考资料并对收集的数据进行记录和分析。美国亚利桑那州立大学自 2013 年起,推行应用智能手机、平板电脑、教育类游戏软件等技术的移动和在线学习,开展基于问题求解的实践教学活

英国开放大学从 2006 年开始,应用基于互联网的三维虚拟世界“第二人生”(Second Life)开展教学,通过构建一个与课堂平行且身临其境的三维虚拟环境,使师生既能够实时进行交互、完成学习任务 and 参与集体活动,也可以使教师通过虚拟世界与异地学生进行“面对面”的交流和辅导。美国明尼苏达护理学院通过与行业协会和企业合作,联合开发基于网络的互动游戏,其目的是让护理专业的学生能够参与形同真实生活中的情景演练,进而提高实践技能。西班牙马德里 IE 商学院运用名为“唐宁街 10 号”的教育类游戏软件开展教学,意在使学生学习和了解全球经济政策的复杂性,站在更高层次进行思考,培养解决相关领域紧迫问题的实际能力。在运用这个游戏软件的教学过程中,学生可以承担英国首相的角色,并与保罗·克鲁格曼、撒切尔夫人和米尔顿·弗里德曼等重要人物一起工作,拟定影响国民经济福祉的有关协议。此外,学生还可以 6 人一组参与辩论,以确定最可行的政策,然

后通过一轮全体投票后将其付诸实践。

美国科罗拉多大学开设的 PhET 交互式虚拟仿真实验,通过构建一个结构化的虚拟实验室,为学生开展探究性学习提供实验条件,并帮助学生研究、分析和探索物理世界中各种感兴趣的问题。学生通过运行基于物理现象分析的交互式虚拟仿真软件,在高度仿真的虚拟环境中,以个性化学习、自主式实验的方式,启迪创新思维,验证所提出的实验方案和技术构想。美国加州大学圣迭戈分校开发的 StarCAVE 虚拟现实系统,能够展示公元前十世纪约旦堡垒的三维虚拟现实模型,学生利用手持式控制器,可步行穿越堡垒,旋转物体或在上空进行鸟瞰观测,每次需要一个月的时间来测试、记录和分析虚拟空间的立体数据,并利用这些数据建立整个堡垒的仿真模型,以破解这一巨型堡垒的建筑和作用之谜。美国纽约大学利用自研的长达 36 米的高清晰度交互式多媒体显示墙,应用可视化技术开展教学,将复杂的股市数据形象化,显现出蜜蜂蜂拥而至采集花粉的动画场面。

加拿大维多利亚大学建设了 3D 实验室和人类学创客实验室,配备了最新的 3D 扫描仪和打印机、动作传感器以及激光切割机等高科技设备,其目的是培育和激励学生的创新能力和探索精神。这些实验室不仅提供有专门场所和各类工具,还允许学生操作和研究诸如化石、文物之类的易碎品(如经 3D 扫描、打印的古埃及花瓶),并鼓励创客们积极开展协作。新西兰惠灵顿维多利亚大学建筑和设计学院建设了一个包括金属制品和木工机械区域、一系列三维数字化制造和建模设备的 3D 模型车间,其目的是为学生提供专门的原型设计和制作空间,学习使用如 3D 打印机等高科技设备的方法,制定解决问题的实际方案,并提供创造性指导和咨询。美国凯斯西储大学新发明中心创建的 Think [box],为学生提供了一个充分发挥想象力、创新潜能并进行创造的空间。在这里,学生们可以使用 3D 打印机、激光切割机及各种工具进行原型设计

和产品制作,实现他们有创意的新产品。

### 3 国外高校以信息技术推动实验教学改革的新动向

#### 3.1 加快新兴信息技术在教育领域中的应用

以信息技术为主导的新一波教育技术的快速发展,有力促进了教育领域面貌极大改观。目前,移动学习已成为教育必不可少的一个组成部分,学习分析、开放教育资源也在高校逐步得到应用,使之学生真正成为能动性颇高的学习主体,充分显现出信息技术在推进教育现代化建设中的重要作用。表1、表2所列举对虚拟仿真实验教学产生重要影响的新兴信息技术,诸如立体显示、3D打印、增强现实、信息可视化、可穿戴技术等,推出伊始即在教育领域获得了应用<sup>[1-3,9]</sup>。

#### 3.2 整合教育资源于在线学习、混合式学习和协作学习之中

近年来的教育改革实践表明,采用面对面教学、在线学习和混合式学习模式能够有效克服传统教学难以为学生提供更多合作学习机会的不足,既有利于发挥学习者的信息技能,使学生充分交流各自对探究主题和实验项目的意见,也使教学内容更为丰富、生动、灵活且易于获取。为鼓励学生开展合作学习,提高解决实际问题的能力,目前国外许多高校正积极构建有利于同伴合作的在线学习环境、平台和工具。例如,美国印第安纳大学和普渡大学印第安纳波利斯联合分校的普通化学课、普渡大学和佛罗里达国际大学的生物学导论课都采取了同伴领导的团队学习模式和工作坊协作方式,并将电子教材、交互式多媒体课件、虚拟仿真软件、网络实验室以及视频资料等整合于在线学习环境之中<sup>[1-2]</sup>。

#### 3.3 基于信息网络技术的教育教学由理论课程单一教学形态向理论与实践教学相辅相成转变

为克服在线教育和网络课程缺乏实验环节、学生实践能力偏弱的不足,美国斯坦福大学、麻省理工学院、哥伦比亚大学、佐治亚理工学院等知名高校以及英国开放大学,相继在一些网络开放课程中增加了以虚拟实验室为依托的实践教学内容,并采用三种形式的实验手段,即:基于手持式设备(平板电脑、智能手机、可穿戴计算机)的移动式交互实验;基于虚拟世界、教育游戏软件的个性化自主实验;基于遥现技术的远程交互协同实验。目前,一些增添了实践教学环节的网络开放课程,已被纳入“慕课”(MOOCs)三大主流机构之一的Coursera在线学习平台<sup>[10]</sup>。

#### 3.4 促使学生从以往的课程内容单一消费者向创造者和设计者转变

近年来高等教育领域的一个新动向,就是创作、创新和创造逐渐成为主动学习、实践教学的代名词。就

此而言,国外高校进行了一些值得关注的教育变革:一是以往没有实验室或缺乏实践教学环节的大学院系,已将实践教学作为课程和学位计划的一个有机组成部分,并制定政策、完善条件以吸引更多的学生结合教学内容进行创新、创造和设计;二是积极构建有利于学生合作学习、自主实验、协同探究的创新环境和物理空间,跨学科的创客空间(创客实验室)和配备有传统的手工制作工具、先进的数字化设备(如激光切割机、微控制器、3D打印机等)的开放实验室数量迅速增加。英国普利茅斯艺术学院与欧洲一些主要的微观装配实验室合作,开展以工作坊和实习形式的专业实验教学,学生可使用这些实验室内的3D打印机和扫描仪、数控铣床和机床、激光切割机等设备自由实验并实现创意;三是将创客空间整合到实验教学过程,并对本地创客开放教育资源。美国印第安纳大学的“做中学”(Make-to-Learn)项目,旨在将制造者、教育工作者和研究者融为一体,共同探讨DIY(Do It Yourself)如何促进学习并形成不同的学习风格。美国范德比尔特大学设立的“学生作为制造者”项目,要求学生结合尚未得到圆满解决的问题,以自我导向为主、专家建议为辅、多学科专业学生组合的方式来开展创新探索,如要求生物专业的学生自行设计实验,工程专业的学生创建有关项目的播客,英语系的学生利用课程博客中的多媒体来表述他们的观点<sup>[1-2,17]</sup>。

#### 3.5 重视和加强开放教育资源的建设、使用和维护

作为学习基础设施中的一项重要元素,开放教育资源(OER)以多种形式存在且任何人都能够免费从网络上获取,通常包括播客视频、电子教材、数字图书馆、交互式多媒体课件、虚拟仿真软件、网络实验室、教育类游戏以及课程等适合进行学习、教学和研究的资源。目前,开放教育的价值已得到全世界的认可,国外政府机构和高校对其建设、使用和维护给予了高度重视。一是修订或重新制定有关评价和选择教学资料的政策,将数字化资源建设纳入其中;二是确保所建立的教育资源既要最新,也要满足教学使用需求,更要符合已认可的内容通用性标准;三是加大投入、优先建设、统筹集力教育资源的设计、评价、鉴定和进一步开发工作;四是积极探索有利于教育资源建设、使用和维护的商业模式<sup>[1-3,12-13]</sup>。

#### 3.6 建设具有完备数字化学习条件和虚拟实验环境的未来教学实验室

未来教室和实验室是一个新兴的研究领域,其特点是融合创新教育理念、先进科学技术、心理学、传播学、人体工学以及空间构建理论,注重高度的交互性、开放性、启发性和自然、灵活、安全、高效的人性化设计,进而为以学生为主体开展小组讨论、探究实验和研究性学习提供有力支撑。目前,一些发达国家对未来

教室和实验室的研究与应用较为成熟,产生了一批理念前瞻、技术先进、特点突出的建设成果,如:新加坡南洋理工大学的 COTF、东京大学的 KALS、德国伊尔默瑙工业大学的虚拟现实实验室、美国明尼苏达大学的主动学习楼,以及美国匹兹堡大学的可扩展协作学习空间(创新课堂)<sup>[3,15-16]</sup>。美国哈佛大学的一些教授还将创客空间引入教学过程,将教室转变为学生可以进行探究和创造的开放式、启发式环境,创客空间/实验室已经取代了传统的阶梯教室<sup>[3]</sup>。

美国麻省理工学院为改革传统的物理教学模式,增强学生对抽象概念的理解,自2000年起开始实施 MIT TEAL(Technology Enabled Active Learning)计划,其目的是以信息技术营造一个以学生为主体,激发主动学习兴趣,彼此合作、高度互动、动手实作、虚拟实验、过程可视的新颖教学环境,体现“教室就是实验室”的理念。该教室空间布局为13张直径约2公尺、可坐9名学生的圆桌,教师讲台位于教室中央,教室内配置有无线网络、交互式多媒体设备、多屏投影/摄影系统、3D虚拟仿真实验软件、动态仿真实验平台、桌面实验装置、实验器材以及个人实时反馈系统等。TEAL计划要求采用三维动态显示和二维模拟动画进行教学,通过小组合作、实验分析辅之计算机仿真呈现的方式,使学生形象、直观地理解诸如电场、磁场等抽象概念并消化产生学习上困难的知识<sup>[16-18]</sup>。

#### 4 结 语

信息技术的快速发展为虚拟实验室、虚拟仿真实验系统、协同实验平台、沉浸式实验软件以及开放教育资源的建设与应用提供了有力的支撑,促使实验教育理念、模式、方法及手段发生了深刻的变革。考察和分析国外高校虚拟仿真实验教学的建设理念、发展道路和实践经验,可以为我们推进实验教学信息化建设提供有益的他山之石。

#### 参考文献(References):

[1] L·约翰逊 S·亚当斯贝克尔,等.新媒体联盟地平线报告(2013

高等教育版[M].张铁道,殷丙山,等译.美国奥斯汀,德克萨斯:新媒体联盟,2013:1-19.

[2] 新媒体联盟地平线报告(2014 高等教育版)[J].北京广播电视大学学报,2014(2):28-36.

[3] NMC Horizon Report > 2015 Higher Education Edition[DB/OL].  
http://cdn.nmc.org/media/2015-nmc-horizon-report-HE-EN.pdf

[4] Horizon Report 2011 年地平线报告[DB/OL].百度文库,http://wenku.baidu.com/.

[5] Horizon Report 2012 年地平线报告[DB/OL].百度文库,http://wenku.baidu.com/.

[6] 增强现实技术[DB/OL].百度百科,http://baike.baidu.com/view/4993039.htm.

[7] 虚拟世界[DB/OL].百度百科,http://baike.baidu.com/subview/47107/13226664.htm.

[8] 遥现[DB/OL].百度百科,http://baike.baidu.com/view/3872110.htm.

[9] 靳晓燕,张进宝.十大新技术,教育大变样[N].光明日报,2014-06-24.

[10] M. Mitchell Waldrop. The Virtual Lab[J]. Nature, 2013 July 18: 268-270.

[11] 黄荣怀,胡永斌,杨俊锋.从数字学习环境到智慧学习环境—学习环境的变革与趋势[J].开放教育研究,2012(1):75-84.

[12] 陶丹,译.2010 美国教育技术规划[R].美国教育部教育技术办公室.

[13] Su Cai, Xu Wang, Feng-Kuang Chiang. Case study of Augmented Reality simulation system application in a chemistry course[J]. Computers in Human Behavior, 2014(37):31-40.

[14] “增强现实”技术的教育应用[EB/OL].“移动学习”教育部-中国移动联合实验室,http://mllab.bnu.edu.cn/.

[15] 陈卫东,叶新东,张际平.智能教室研究现状与未来展望[J].远程教育杂志,2011(4):39-45.

[16] 谢未,江丰光.东京大学 KALS 与麻省理工学院 TEAL 未来教室案例分析[J].中国信息技术教育,2013(9):99-101.

[17] 2013 MOOCs 白皮书第一期.中国教育网络,http://www.edu.cn/html/rd/MOOC1/.

[18] 2013 MOOCs 白皮书第二期.中国教育网络,http://www.edu.cn/html/rd/MOOC2/.

[19] 石雪飞,原艳霞.高等教育移动学习现状及未来发展[J].中国教育网络,2015(4):35-38.

#### (上接第 118 页)

[10] YIN H, SONG D. TEMU: The BitBlaze Dynamic Analysis Component[EB/OL].  
http://bitblaze.cs.berkeley.edu/temu.html. [2014-3-4].

[11] YIN H, SONG D. Vine: The BitBlaze Static Analysis Component[EB/OL].  
http://bitblaze.cs.berkeley.edu/vine.html. [2014-3-1].

[12] Cui W, Kannan J, Wang H. Discoverer: Automatic protocol reverse engineering from network traces[C]//16th USENIX Security, Boston, MA, USA: USENIX Association, 2007: 1-14.

[13] 应凌云,杨轶,冯登国,等.恶意软件网络协议的语法和行为语义分析方法[J].软件学报,2011,22(7):1676-1689.

[14] Juan C, Pongsin P, Christian K, et al. Dispatcher: Enabling active botnet infiltration using automatic protocol reverse-engineering[C]//16th ACM Conference on Computer and Communication Security(CCS 2009). Chicago, IL, USA: ACM Press, 2009: 621-634.

[15] Cho C, Babic D, Shin E, et al. Inference and analysis of formal models of botnet command and control protocols[C]//17th ACM Conference on Computer and Communication Security(CCS 2010). Chicago, IL, USA: ACM Press, 2010: 426-439.

[16] 王志,蔡亚运,刘露,等.基于覆盖率分析的僵尸网络控制命令发掘方法[J].通信学报,2014,35(1):156-166.