

虚拟仿真项目在高分子材料与工程专业实验教学中的实践

程 捷, 闫红强*, 方征平, 郭正虹

(浙大宁波理工学院高分子材料与工程研究所, 宁波 315100)

摘要:应用于实践性较强的高分子材料与工程专业实验教学中的虚拟仿真技术, 是学生提高发现问题、解决问题和动手能力, 培养高素质创新型人才的重要手段。本文探讨与实践“阻燃改性聚合物热氧化降解与燃烧过程测试”虚拟仿真实验教学项目的建设情况和在专业实验教学中的应用。其教学效果充分体现了在线实验教学的有效性和与传统实验教学模式的相容性, 同时也厘清虚拟仿真项目建设的发展与改进方向, 进一步推动实验教学各类一流课程建设, 对于丰富实验教学资源、培养学生的实验技能、促进人才培养质量起到积极的作用。

关键词:虚拟仿真; 高分子材料与工程; 实验教学

引言

高分子材料与工程专业是实践性较强的一门学科, 虚拟仿真技术广泛应用于高校的实验教学, 是学生提高发现问题、解决问题和动手能力, 培养高素质创新型人才的重要手段。截止到目前, 虚拟仿真实验还未见应用于高分子材料与工程专业的教学实验中。“高分子材料阻燃改性及其性能测试”实验项目已在我校高分子材料与工程专业的专业实验中开设。但由于高分子材料的基体聚合物的燃烧是一个非常复杂的物理化学变化过程, 导致学生了解聚合物的热氧化降解行为现象直观性差、聚合物的燃烧机理概念难理解等问题, 同时在测试过程中需使用明火及放出一定量的浓烟和毒气, 会对学生身体和环境造成一定的危害。为此, 我校高分子材料与工程专业教师开发出了“阻燃改性聚合物热氧化降解与燃烧过程测试”虚拟仿真实验教学项目。该虚拟仿真实验项目是浙大宁波理工学院获直接认定的浙江省“十三五”高校虚拟仿真实验教学项目(浙教办函〔2019〕365号), 并于2019年推荐至国家虚拟仿真实验教学项目共享服务平台——国家“实验空间”(www.ilab-x.com)^[1], 向有在线实验教学需求的高校免费提供在线智能实验室服务。按照浙江省开展高等教育“十三五”人才培养项目立项建设的不神^[2], 为了提升在线实验教学的有效性、与传统实验教学模式的相容性, 厘清虚拟仿真项目建设的发展与改进方向, 进一步推动实验教学各类一流课程建设, 针对该项目在分子材料与工程专业实验教学中的应用进行探讨与实践。

1 虚拟仿真实验教学资源的建设

1.1 开展虚拟仿真实验项目的必要性

高分子材料正以前所未有的速度改变和提高着人们的生产生活水平。“十三五”期间, 我国新材料产业规模增速达到25%, 从2010年的6500亿元上升到2017年的31400亿元, 其中高分子材料占比超过24%。但是, 大多数高分子材料都属于易燃(B3级)或可燃(B2级)材料, 燃烧时热释放速率大、火焰传播速度快, 伴随着浓烟和有毒气体的产生, 从而使人们面临新的火灾威胁。高分子材料的基体是聚合物, 聚

10.14028/j.cnki.1003-3726.2021.08.008

收稿: 2020-08-15; 修回: 2021-06-15;

基金项目: 浙江省“十三五”高校虚拟仿真实验教学项目(浙教办函〔2019〕365号), 校级一流课程建设项目(NITJG-202094);

作者简介: 程捷, 女, 高级实验师, 主要从事林产化工及高分子材料方面的实验教学和研宄。E-mail: chengjie@nit.net.cn;

* 通讯联系人: 闫红强, 男, 副教授, 主要从事高分子材料改性方面的研宄。E-mail: yanhongqiang@nit.net.cn.

合物的燃烧是一个非常复杂的物理化学变化过程。大量研究表明,绝大多数聚合物的燃烧都经历了热氧化降解途径。因此,高分子材料与工程专业和化学专业高分子方向的学生了解聚合物的热氧化降解行为,掌握聚合物的燃烧机理并在此基础上开展对聚合物进行阻燃改性的研究是非常必要的^[3]。

“阻燃改性聚合物热氧化降解与燃烧过程测试”虚拟仿真实验由《高分子材料与工程专业实验》课程中的“高分子阻燃改性及其性能测试”实验项目拓展而来,并结合了宁波市“先进阻燃高分子材料研发”科技创新团队教师的相关科研成果。该项目实验内容涵盖物料特性、配方设计、工艺设计及阻燃改性聚合物的热分析和燃烧性能表征,涉及转矩流变仪、差示扫描量热仪、热重分析仪、锥形量热仪、万能材料试验机等大型仪器设备(总价超过 300 万元)。由于设备台套数的限制,原来的“高分子阻燃改性及其性能测试”实验项目只能多人(通常 4~6 人)一组,每组做一个配方,并进行非常有限的几项测试,根本无法进行创新性试验。而开展虚拟仿真实验,则可以做到每人一组,并在配方和工艺设计中开展交互式、创新性的试验,分析表征和测试项目也比较完整。另外,采用虚拟仿真实验可以规避污染毒性大的“高分子材料阻燃改性及其性能测试”实验对学生身体和环境造成的危害和污染。

1.2 虚拟仿真实验项目的建设

基于全面推进以学生为主、以学为主,问题导向,任务驱动的虚拟实验教学改革,构建层次结构清晰、适宜共享、易于扩展的高分子材料与工程虚拟仿真实验教学体系。指导思想是为学生提供自主学习的平台,弥补传统实验的不足,解决因学生实验基础参差不齐所导致的教学困扰。利用网络仿真实验平台教学,打破上课时间和地点的限制,实现一对一个性化教学,使每位学生都能够充分使用实验资源,学习实验知识,达成实验目标^[4,5]。

通过该项虚拟仿真实验,应使学生达到了解聚合物的热氧化降解与燃烧机理,熟悉相关测试方法;掌握聚合物材料的阻燃改性原理与方法;培养查阅文献、发现问题、设计实验、解决问题、论文写作等科研素养和创新能力的要求。为此,该虚拟仿真实验项目设计了贯穿 5 个知识点的四个模块(如图 1 所示):一是实验预习与文献检索;二是阻燃改性聚合物的配方设计与优化;三是阻燃改性聚合物的制备;四是阻燃改性聚合物热氧化降解与燃烧过程测试。



图 1 该虚拟仿真实验项目的四个模块示意图

Figure 1 Schematic diagram of the four modules for the virtual simulation experiment

每个模块根据实验教学目标再进行细分,由简单到复杂,通过计算机软件对实验环境的模拟,建成了结构层次清晰、内容扩展、可独立组合的虚拟仿真实验项目,同时结合选择国家“ilab-x 实验空间”已开发建设的实验室安全虚拟仿真演练系统等,构建高分子材料与工程专业虚拟仿真实验教学平台。学生通过仿真软件可以在电脑上下载安装,自主操作,打破时空限制,虚实结合,由浅入深,并分析该实验设计思

想,让学生学会阻燃改性聚合物理论,怎样选取表征仪器,为后续复杂实验的结构及原理的理解,掌握仪器功能和使用方法,培养设计奠定基础。

该虚拟仿真实验项目有效链接网址为 <http://nit.dlvrtec.com>,全体师生可在国家虚拟仿真实验教学项目共享服务平台——国家“实验空间”(www.ilab-x.com),通过注册并建立账号和密码登录后使用。

2 虚拟仿真项目在 高分子材料与工程专业实验教学中的应用

2.1 采用虚-实相结合实验教学方法

利用虚拟仿真技术实现阻燃改性聚合物的配方设计、制备以及热氧化降解与燃烧过程测试流程的模拟仿真。在此基础上,采用课堂教学与实验教学相结合、虚拟仿真与实体实验相结合、学生自主操作与教师在线辅导相结合的方法开展实验教学^[6]。

2.1.1 课堂教学与实验教学相结合 实验教学是高等学校教学工作的重要组成部分,是全面实施人才培养计划,提高教学质量的重要教学环节。聚合物的热氧化降解与燃烧机理在“聚合物阻燃改性”等课程、聚合物的分析测试方法在“聚合物近代研究方法”等已有全面深入的学习,通过该实验可以加深对原理的理解,熟悉仪器设备的操作。

2.1.2 虚拟仿真与实体实验相结合 实体实验通常需要两人或多人配合完成,可以有效地培养学生的团结协作精神。学生在实体实验中可以有效地掌握实验原理及测试方法,观察实验现象,探究各种问题,进而及时解决。在实践中有效培养学生的动手能力。

虚拟实验在实践中将理论与实践进行融合,可以解决阻燃改性聚合物过程中产生烟毒、作用机理复杂,设备台套数限制的问题。同时规避伴随高污染,高风险、高成本,实验周期长。该虚拟仿真实验是从项目负责人的创新团队研究成果中提炼出来的,运用软件平台,采用模块设计,最大限度地让学生了解聚合物阻燃改性热氧化降解与燃烧过程和材料制备的手段,及测试方法和判断依据,采用虚拟实验的方法既经济、环保,又可达到预期的教学目的。但虚拟实验不能完全代替实体实验。利用少量的实体实验对虚拟仿真实验的结果进行验证,同时,进一步培养学生的实际动手能力,加强各种表征仪器操作的熟练度,激发学生的科研创新思维和解决实际问题的能力。

2.1.3 学生自主操作与教师在线辅导相结合 虚拟实验在实践中是一种利用计算机模拟的方式,对于一些通过实体实验获得已知规律进行仿真实验,在实践中与实体实验有着本质的区别。在实体实验开展过程中会存在一些异常的问题与故障隐患,而在虚拟实验中是不会出现各种故障、异常问题以及安全隐患的。按照设计,学生在本虚拟仿真实验中可以自主完成全部实验过程,但不排除个别同学在实验中存在操作不下去等特殊情况。因而在虚拟的实验中,需要教师通过自己的言传身教对其进行影响,将实体实验与虚拟实验进行充分的融合,形成虚实结合实验教学模式,才可以充分地提升教学效果与质量。

2.2 涵盖多门实验教学的实施过程

首先根据不同用途,选择聚合物基体、阻燃剂、协效剂、其他助剂等,对树脂基体进行阻燃改性的配方设计与优化(设计的关键为选材、搭配、用量、工艺四大要素),设计出高性能、易加工、低价格的配方;再根据聚合物的种类选择制备工艺(对于热塑性树脂基体采用熔融共混制备阻燃材料,对于热固性树脂基体则采用平板硫化机固化制备阻燃材料)制备阻燃改性聚合物试样;最后对制备的聚合物阻燃改性试样进行热氧化降解与燃烧过程的测试与分析。根据实验目的与要求、实验内容覆盖的知识点等核心要素的匹配情况,通过合理制定线上实验教学实施方案,即可开展线上实验课程和线上线下混合式实验课程的建设与运行。该虚拟仿真实验不仅是“高分子材料与工程专业实验”课程的重要组成部分,还可高度配合“高分子物理”这一高分子材料专业重要的专业基础课的理论及核心知识学习,协同在线构建“高分子物理实验”课程群。同时也可实施于“聚合物成型加工”、“高聚物近代研究技术”、“高分子助剂及配方设计”

等课程的实践环节。

2.3 培优育新的实施效果

在应用实践中,要求学生能够在学习实验目的,基本原理等知识后完成文献检索,自主学习实验。在练习模式下,学习软件的使用,按照操作步骤熟练掌握阻燃改性聚合物热氧化降解与燃烧过程测试操作流程,并在提示模式下完成整个实验过程和实验报告。系统根据实验操作步骤和完成时间等,预定评分,达到 80 分以上,考核合格。在规定时间内完成虚拟仿真实验全过程,参加实验系统的自动考核并达到 80 分以上,考核分数占总成绩的 20%。实训实验中考核基础实验技能掌握程度、实验操作、研讨情况、实验数据处理、结果讨论等,考核分数占 80%。

该虚拟仿真项目自投入使用以来,已在本校高分子材料与工程专业 2014 级至 2017 级学生的“高分子材料与工程专业实验”教学中实施了四届,并通过浙江省塑料工程学会、宁波市塑料行业协会等机构向相关企业推广。虚拟仿真技术的使用,打破了传统实验对空间时间的限制,学生可随时随地地进行实验,在虚拟的环境下,声临其境地进行知识点的学习和反复演练,直观深入地掌握相关理论和知识。

虚拟仿真实验的开设,开拓了学生的视野,激发了学生的实验兴趣,显著提升了学生的创新精神和实践能力,并作为技术储备,支撑学生的各类学术竞赛,近年来获省级化学实验技能大赛、大学生新材料创新设计大赛等各类奖励 30 余项。有多名学生进入 985 高校继续深造。

3 虚拟仿真实验教学项目特色

3.1 项目建设的先进性及特色

该虚拟仿真实验秉承“虚实结合、相互补充、能实不虚、思维和实践共同升华”的教学理念,有效推动了教学方式、方法和内容的改革,充分发挥数字化实验教学资源共享优势,实施以学生为中心的多种实验教学模式。有以方征平教授为学科负责人的“化学工程与技术”“十三五”浙江省一流学科、“高分子材料与工程”浙江省普通本科高校新兴特色专业以及“先进阻燃高分子材料”宁波市科技创新团队作为支撑,项目内容取自于团队研究成果。既拓展了学生实验的时空,又丰富了实验教学体系,虚实结合的实验教学还激发了学生的学习积极性,促进了学生实践能力和创新能力的培养,为创新人才培养提供了一条新途径。利用虚拟仿真实验平台,采用虚实结合的教学模式、借助 3D 界面,形象直观的展现整个实验的过程,指导学生在虚拟的环境下,分步完成实验的全过程,避免因学生错误操作造成仪器设备损毁和事故的发生,可有效缩短了学生熟悉基础操作的时间,提高了学生的学习效率。同时也解决了在现场教学过程中因仪器台数的限制许多学生无法参与仪器操作,甚至不能清楚地观察到实验的测试过程,而无法达到相关实验教学目的和要求的问题^[7]。

3.2 教学方式方法灵活机动

充分利用虚拟仿真实验技术和“任务驱动”探究式教学模式辅助实验教学,顺应“互联网+”时代发展,满足新时期信息化环境下在线学习和虚拟实验操作需要。激发学生的学习兴趣 and 探索欲望,使其充分发挥学习主动性和创造性,进而提高实验教学质量,培养大学生的创新创业意识、工程观点和动手能力。特别是在今年的疫情期间,该虚拟仿真实验积极响应“停课不停学”的号召,发挥了在线学习优势,面向高校在校大学生提供在线实验学习资源,采用线上线下混合式实验课程,为学生提供了虚拟现实学习渠道,有效地开展线上实验教学活动,保证疫情防控期间的教学进度和质量。同时在学生微信群中,提供导学和国家虚拟仿真实验教学项目共享平台的使用教程。

3.3 线上线下相结合的评价体系

构建线上线下相结合的评价体系,线上学生通过虚拟仿真实验软件,实现亲自动手做实验,观察实验现象,记录实验数据等操作,仿真实验软件自动记录学生操作全过程,给出实时评价和打分,线下学生实地操作,然后完成实验报告,老师根据学生线上操作过程和线下实验报告质量,给出最终综合评价和

打分。

3.4 对传统教学的延伸与拓展

虚拟仿真实验项目的应用解决传统的实验教学模式的缺陷,如项目的高危性、高成本、环境风险、极端条件下的实验难以满足每个学生实际操作,达不到锻炼学生动手能力的目的。为学生提供24小时实时网络虚拟仿真实验教学,充分满足学生利用业余时间进行远程培训和学习的需要。实验教学排课灵活,可统一安排,也可自选,学生可随时随地进行虚拟实验实训,有利于课内实验教学和课外创新。

该仿真实验项目的选择突出学院自身特色。结合学院自身科研优势,将学科科研前沿技术引入学生的实验教学中,对实验项目的目的、内容、要求及操作过程中可能出现的问题进行归纳,实验项目由浅入深,循序渐进,让学生了解科学技术发展前沿,促进学生自主学习、研究探索以及创新能力的培养。

3.5 实验教学项目持续建设服务

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。“虚拟仿真实验教学项目”以普通本科高校为项目建设和应用的主体,以立德树人为根本目标,以实验教学项目为建设基本单元,是推进完善现有实践教学体系、提高实验教学质量以及建设高水平本科教育的重要举措,也是打造高校现代教育“金课”、培养创新型人才的重要途径。该虚拟仿真项目在专业实验教学中的应用实践,有利于促进学校实验教学和信息化的深度融合,探索线上线下教学相结合的个性化、智能化实验教学新模式,建立完善虚实结合、产教融合的虚拟仿真实验教学体系,推动学校实验教学质量持续、稳步提升,促进高素质应用型创新人才的培养。

学校将加大经费投入,进一步优化虚拟仿真实验项目,提高系统模拟的准确性,强化虚拟仿真实验项目内涵建设,与企业合作,研发并增加先进的虚拟实验实训项目,改善虚拟仿真实验平台的运行环境,培养学生的工程观念和创新创业意识。加大项目对外连通和服务情况的持续监管,加强在线教育服务人员和技术支持人员队伍建设和培训,增强教学服务和技术支持能力。浙大宁波理工学院生物与化学工程实验教学中心将建设具有扩展性、兼容性、前瞻性的虚拟仿真实验教学管理和共享平台,将现有的虚拟仿真实验移植到统一的共享平台上来,高效管理实验教学资源,实现校内外、浙江省及全国范围内的实验教学资源共享,满足多地区、多学校和多学科专业的虚拟仿真实验教学的需求。

4 结语和展望

通过探讨和实践虚拟仿真实验教学项目应用于专业实验教学表明,应在国家重视教育信息化建设(教育部于2012年出台了《教育信息化十年发展规划(2011~2020)》等文件)的背景下,根据自身特点,致力于破解实验实训教学老大难问题;坚持问题导向,重点解决真实实验项目条件不具备或实际运行困难,涉及高危或极端环境,高成本、高消耗、不可逆操作、大型综合训练等问题;坚持需求导向,重点解决专业特色和行业产业发展紧迫需求,重点解决实践能力培养紧迫需求。虚拟仿真实验教学是信息技术高速发展应运而生的产物,是借助多媒体、数据库及网络通信等技术,构建虚拟实验环境和实验对象,进而帮助学生在虚拟的环境中进行实验过程,其具有高仿真、智能化、互动性、直观性、开放性等特点,极大地促进了教学效果的提高。但虚拟仿真实验也有一定的局限性,在实际应用时,需将其与实体实验结合起来,做到虚实结合、相辅相成。因势利导,针对应用型本科院校学生的理论基础较薄弱,自律意识和意志力较差,缺乏自我约束和自我管理能力,结合应用型本科院校的培养目标和学生特点^[8~10],不断优化创新人才成长环境,真正实现虚拟教学资源的开放和共享,推进培养具有一定理论知识的应用型、复合型、外向型创新人才质量的提高。

参考文献:

[1] 教育部. 关于开展2019年度国家虚拟仿真实验教学项目认定工作的通知(教高司函[2019]33号). 2019. 7.

[2] 浙江省教育厅办公室关于开展高等教育“十三五”人才培养项目立项建设工作的通知(浙教办函[2019]316 号).

[3] 曾令艳,王海明,黄怡琨,姜宝成,宋彦萍,陈智. 实验室研究与探索,2020,39(3):163~167.

[4] 徐其言,冉铭泽. 安徽工业大学学报(社会科学版),2020,37(1):90~94.

[5] 强彦,赵涓涓,吴俊霞,董云云,武仪佳. 计算机教育,2020,2:72~75.

[6] 张敏,刘俊波. 中国现代教育装备,2020,1:10~13.

[7] 曲家利,周丽霞,隋刚,李齐方. 高分子通报,2020,3:63~66.

[8] 闫红强,程捷,方征平. 高分子通报,2019,7:62~68.

[9] 郭正虹,方征平,程捷. 高分子通报,2013,5:88~92.

[10] 邓萌,程捷,陈珏,陈飞. 高分子通报,2018,9:72~76.

Practice of Virtual Simulation Technology in Experimental Teaching of Polymer Material and Engineering

CHENG Jie, YAN Hong-qiang* , FANG Zheng-ping, GUO Zheng-hong
(*Lab of Polymer Materials and Engineering , NingboTech University , Ningbo 315100, China*)

Abstract: The virtual simulation technology, which is applied to the experimental teaching of polymer materials and engineering with strong practicality, is an important means for students to improve their ability of finding, solving and operating problems and cultivating high-quality innovative talents. The construction of virtual simulation experiment teaching project of thermal oxidation degradation and combustion process test of flame retardant modified polymer and its application in professional experimental teaching is discussed in this paper. Its teaching effect fully reflects the effectiveness of online experimental teaching and the compatibility with traditional experimental teaching mode. Meanwhile, the improvement direction of virtual simulation project construction has also been clarified, and the construction of all kinds of first-class experimental teaching courses is also promoted further. Therefore, virtual simulation experiment plays a positive role in enriching experimental teaching resources, cultivating students’ experimental skills and promoting the quality of talent training.

Key words: Virtual simulation; Polymer materials and engineering; Experimental teaching