



科研成果转化为虚拟仿真实验的设计与实现

董桂伟¹, 王桂龙¹, 全东¹, 张继祥², 赵国群¹

(1. 山东大学材料科学与工程学院, 济南 250061; 2. 重庆交通大学机电与车辆工程学院, 重庆 400074)

摘要: 基于快速热循环高光注塑成型新技术国家科技进步二等奖成果, 面向新时期高层次创新型人才培养目标, 以 42 吋液晶电视前壳蒸汽加热快速热循环注塑生产为主线, 设计了工艺与设备认知、快速热循环注塑宏观集成模拟与产品生产仿真全流程虚拟仿真实验项目体系。建设了“快速热循环注塑工艺宏观集成模拟与生产仿真”虚拟仿真实验课程, 开展了教学实践, 取得良好教学效果。

关键词: 科研成果转化; 虚拟仿真实验; 设计; 实践

中图分类号: G642.423

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20240022

Design and Implementation of Transforming Scientific Research Achievements into Virtual Simulation Experiments

DONG Guiwei¹, WANG Guilong¹, QUAN Dong¹, ZHANG Jixiang², ZHAO Guoqun¹

(1. School of Materials Science and Engineering, Shandong University, Jinan 250061, China;

2. School of Mechatronics and Vehicle Engineering, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)

Abstract: Based on the achievement of the second prize of the National Science and Technology Progress Award for the new technology of rapid thermal cycling and high gloss injection molding and aimed at cultivating high-level innovative talents in the new era, a virtual simulation experimental project system for the entire process of process and equipment cognition, rapid heat cycle injection molding macro and micro integration simulation, and production simulation is designed, which mainly focuses on 42 inch LCD TV front shell steam heating rapid heat cycle injection molding production. The virtual simulation experimental course of “Rapid Heat Cycle Injection Molding Process Macro and Micro Integration Simulation and Production Simulation” is constructed, and the teaching practice is carried out, which achieves effective teaching outcomes.

Key words: transformation of scientific research achievements; virtual simulation experiment; design; practice

加快建设创新型国家是当前我国国家发展的核心任务, 培养高水平创新人才是实现创新型国家建设的必要条件^[1]。高等学校作为国家创新体系的重要组成部分, 肩负着科技创新和人才培养的双重责任。近些年来, 高等学校不断加强创新平台体系建设, 加速汇聚创新资源, 在突破“卡脖子”问题的基础理论和核心技术方面作出了突出贡献^[2], 取得了丰硕的科技成果。将这些科技成果转化为高校教学资源, 无疑将为高水平创新人才的培养提供重要源动力^[3]。然而, 需要指出的是,

对广大本科教育而言, 直接将科研成果转化为教学资源特别是实验教学资源时往往面临成本高、难度大、周期长以及存在安全隐患等系列问题, 严重影响着实验教学的实际开展和人才培养的现实效果^[4]。

虚拟仿真实验是数字化时代兴起的一种创新实验教学方法, 目前已成为大学实验教学的重要组成部分^[5-6]。通过虚拟仿真的形式对实验过程进行模拟和重现, 既可拓展实验教学内容广度和深度, 还可延伸实验教学时间和空间, 能够有效解

收稿日期: 2024-01-20

基金项目: 山东省本科教学改革研究重点项目(Z2022251); 山东大学实验室建设与管理研究重大项目(sy20221301); 山东大学教育教学改革研究重点项目(2023Z01)。

作者简介: 董桂伟, 博士, 正高级实验师, 主要从事材料成型及控制工程专业的教学与研究工作。E-mail: gwdong@sdu.edu.cn

决实验教学过程中的“做不到”“做不好”“做不了”“做不上”等痛点和难点问题,为科研成果转化实验教学提供了可靠途径^[7]。另一方面,按照“两性一度”的虚拟仿真实验教学“金课”建设要求,科研成果转化为虚拟仿真实验,利用其理论知识的综合运用、研究模式的深度训练以及研究结果的辩证分析等科研要素对实验教学赋能,可显著提升实验项目的高阶性与创新性。

为此,本文以笔者团队荣获国家科技进步二等奖的“快速热循环高光注塑成型新技术开发及其产业化”项目成果为基础,面向新时期高层次创新型人才培养目标,精选科研成果转化素材,设计虚拟仿真实验项目体系,开发虚拟仿真实验内容,建设虚拟仿真实验课程,实现了科研成果向虚拟仿真实验教学的良好转化和应用。

1 转化背景

注塑成型是高分子材料成型与加工最主要的方法,在塑料制品生产中占有非常重要的地位^[8]。学习和掌握注塑成型技术是材料成型及控制工程专业本科生的基本培养目标要求之一,能够为其将来从事聚合物材料相关领域产品的工艺设计、技术改造、生产和质量管理等方面工作提供重要支撑。长期以来,材料成型及控制工程专业学生一般通过基础理论学习和简单工艺实验相结合的形式,认知和掌握注塑成型技术。这对学生基础知识的学习强化作用明显,但对其创新能力的培养明显不足,特别是不少注塑工艺实验仍以简化的教学仪器和树脂模具等为主,导致这些实验资源在先进性、前沿性以及与实际生产的贴近程度上均有明显差距,难以激发学生兴趣和培养学生的综合与创新能力。

快速热循环注塑成型技术是本文作者团队历经十余年开发而成的一种绿色注塑新技术,该技术针对传统注塑件存在的熔接痕、云纹等表面缺陷,提出动态控制注塑过程模具温度策略,能够一次成型表面高光且没有熔接痕的塑料制品,实现了短流程、节能减排和绿色环保的注塑生产,在海信集团等行业单位获得成功推广和产业化应用,取得了显著的经济、社会和环境效益,荣获国家科技进步二等奖。目前,该技术已广泛应用于各塑料加工企业的注塑生产过程中,代表着注塑技术的前沿发展方向。

前期,项目团队根据科研实际和本科实验教学需要,进行了部分科研成果向真实物理实验的初步转化,开发了“快速热循环注塑工艺与模具”综合实验教学项目^[9],取得了阶段性成效。但由于快速热循环注塑工艺普遍使用高压蒸气或电热系统进行加热,极易发生机械伤、烫伤等安全事故,同时注塑工艺固有的封闭模具内成型模式,导致重要教学内容中“聚合物材料在不同工艺条件下的微观流变行为”通过常规实验难以直观展现,这两方面构成了快速热循环注塑工艺在真实物理实验教学应用中的现实瓶颈。因此,通过虚拟仿真形式,将快速热循环注塑技术基础、产业应用、工艺宏微观集成模拟等与实验教学进行融合转化,解决真实物理实验过程中存在的安全隐患、原料和生产周期成本高以及流变行为难以观测等问题,是本专业构建高水平人才培养体系,提升创新型人才培养质量的迫切需求。

2 虚拟仿真实验转化设计

为充分发挥虚拟仿真实验的虚拟优势,同时考虑学生的学习难度和实践能力培养需要,确定以成果应用单位海信模具有限公司的42吋液晶电视前壳产品蒸汽加热快速热循环注塑生产为转化主线,构建工艺与设备认知、快速热循环注塑宏微观集成模拟和产品生产仿真3个虚拟仿真实验项目,帮助学生完成从工艺基础认知到宏微观虚拟试验研究再到产品仿真生产验证的层次化学习和全流程训练,转化设计思路如图1所示。

根据确立的转化设计思路,基于快速热循环注塑工艺基础研究及装备开发研究,将团队研发的快速热循环注塑工艺基础成果转化为学生需要先期学习掌握的基础知识学习内容,将研制的“蒸汽加热快速热循环模温控制系统”及与之对应的“蒸汽加热快速热循环注塑模具”结构与功能转化为学生开展虚拟仿真实验的设备认知内容。基于快速热循环注塑技术机理与工艺调控研究,将核心工艺参数对产品表面质量的影响规律、不同工艺方案对产品微孔流变行为的影响规律、快速热循环注塑工艺调控技术等科研成果转化为学生进行虚拟实验的主体内容,让学生进行自主虚拟宏观工艺操作和微观流变分析,并在此基础上获取对快速热循环注塑工艺的深刻理解和最佳工艺参数设置。基于产业化成果,将快速热

循环注塑生产应用与质量检验转化为学生进行虚拟仿真实验的结论验证与成果考核。上述 3 个方面的转化设计，围绕 42 吋液晶电视前壳产品蒸汽加热快速热循环注塑生产为中心进行落地，从基础学习到虚拟实验再到结果验证 3 个连续递进性内容，帮助学生建立全流程的层次化和沉浸式学习认知。

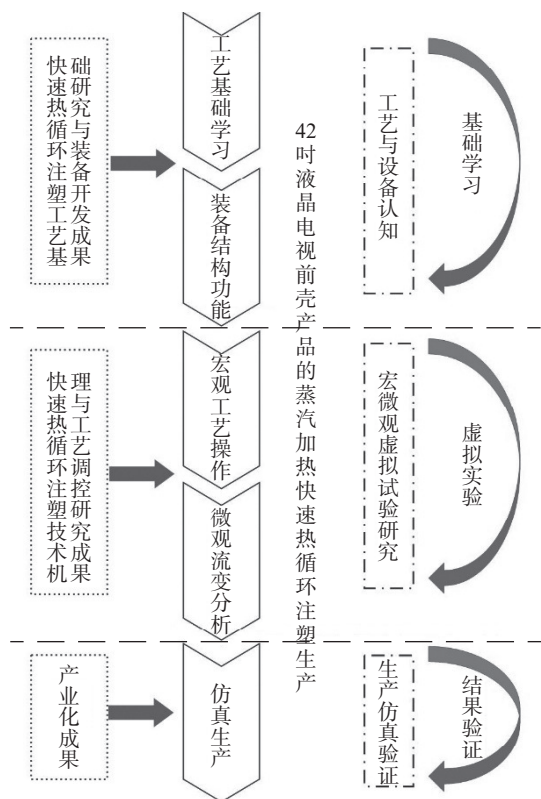


图 1 快速热循环注塑科研成果转化虚拟仿真实验设计思路

3 虚拟仿真实验开发

“快速热循环高光注塑成型新技术开发及其产业化”科研成果转化的虚拟仿真实验包括工艺与设备认知、快速热循环注塑宏微观集成模拟和仿真生产 3 个项目，具体实验内容开发如下。

3.1 工艺与设备认知实验

工艺与设备认知实验是整个虚拟仿真实验的基础，其目的是引导学生学习掌握快速热循环注塑工艺的基本原理和设备与模具组成及功能。对此，以海信公司 42 吋液晶电视前壳蒸汽加热快速热循环注塑生产线为原型，进行 1:1 建模，构建了虚拟仿真实验教学场景，建立了注塑机、注塑模具以及模温控制系统等核心单元模型，搭建了管

路连接系统，实现了不同单元之间的匹配联动，为学生开展实验建立了沉浸式虚拟环境，如图 2 所示。

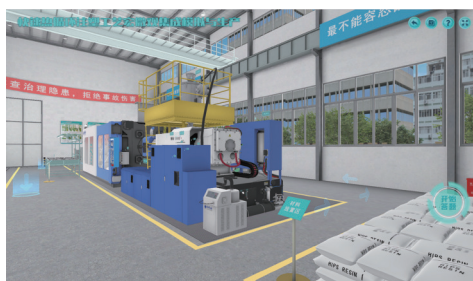


图 2 快速热循环注塑虚拟仿真实验环境

学生进入本实验项目，首先根据图文内容学习快速热循环注塑的基本工艺原理，然后根据场景提示，熟悉虚拟仿真实验环境，随后逐一进行进入到注塑机、快速热循环注塑模具和模温控制系统前，通过點選相应部件进行注塑机组成及功能、快速热循环注塑模具构成及功能以及蒸汽加热快速热循环模温控制系统组成及功能的学习，学习完毕后，进入考核模式，通过客观题目考核学生的学习掌握程度。

3.2 快速热循环注塑宏微观集成模拟实验开发

快速热循环注塑宏微观集成模拟实验作为虚拟仿真实验的核心，目的是帮助学生熟悉和掌握快速热循环注塑工艺的宏观工艺操作，通过自主实验设计分析不同工艺参数条件下的微观流变行为，进而探明主要工艺参数对注塑产品表面质量的影响规律，并总结得出最佳工艺参数组合。在工艺与设备认知实验的基础上，选取注射速度、熔体温度以及模具温度作为主要模拟工艺参数，按照不同水平的参数组合，进行数值仿真模拟，获得不同工艺参数组合条件下的微观流变数据，建立微观流变数据库，并结合研究成果获得真实产品表面形貌、表面光泽度等特征，构建不同工艺参数组合条件下的宏观产品质量数据库，如图 3 所示。

学生进入本实验项目，首先根据场景指引，进行注塑机开机，然后行进至注塑机控制面板前，逐一学习控制面板按钮的功能和设定，随后行进至蒸汽加热模温控制系统前，学习模温控制系统的设定。设定一组工艺参数组合后，进行注塑机合模与注塑生产，获得本次虚拟实验的产品数据，学生通过点击产品按钮，查看宏微观数据库对应给出的宏观质量和微观流变数据，分析产

品缺陷和形成原因,进而再次修改工艺参数进行实验,直至学生自己总结出主要工艺参数对产品质量的影响规律,获得最佳工艺参数组合。

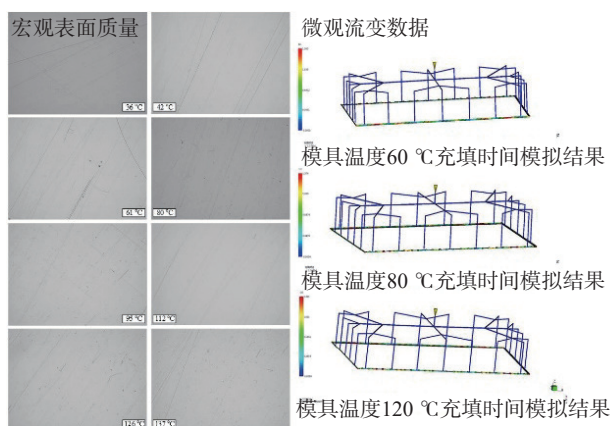


图3 快速热循环注塑宏微观数据

3.3 快速热循环注塑仿真生产实验开发

快速热循环注塑仿真生产是整个虚拟仿真实验的结果验证和考核评估环节,其目的是评估学生获得的最佳工艺参数组合,并考核学生对快速热循环注塑生产的操作,以及提交实验报告。

学生进入本实验项目,在没有场景提示的前提下,逐一完成快速热循环注塑设备的连接,然后按照操作顺序,进行注塑工艺参数和模温控制参数的设定。参数设定以在“快速热循环注塑宏微观集成模拟”获得的最佳工艺参数组合为准,随后进行注塑仿真生产,获得虚拟注塑产品,并根据产品质量情况,结合在上一个实验项目得出的主要工艺参数对产品质量的影响规律,分析实验结果,撰写和提交实验报告,如图4所示。

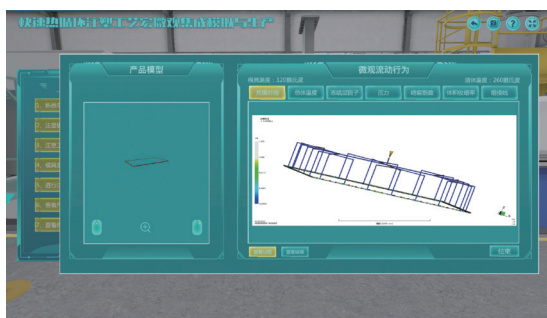


图4 快速热循环注塑仿真生产实验

4 教学实现

基于科研成果转化的“快速热循环注塑工艺宏微观集成模拟与生产仿真”虚拟仿真实验开发完成后,目前已在智慧树平台上线(课程主页:

https://www.zhihuishu.com/virtual_portals_h5/virtualExperiment.html#/indexPage?courseId=2000069151),本虚拟仿真实验既可作为传统注射成型理论的课程实验,也可作为独立的虚拟仿真实验。同时,根据虚拟仿真实验信息技术性强、教学时空拓展性好等特点,笔者团队进一步利用雨课堂和BOPPPS模型等教学工具,构建了产学研融合的快速热循环注塑虚拟仿真互动在线实验教学模式和多元考核机制,开展了教学实践,取得良好教学效果。

虚拟仿真实验作为创新的在线实验教学形式在促进教育资源的共建共享方面具有积极作用。为了充分发挥该优势,开发上线的“快速热循环注塑工艺宏微观集成模拟与生产仿真”虚拟仿真实验积极面向全国特别是西部高校共享,联合重庆理工大学、重庆交通大学等西部兄弟院校建设了虚拟教研室,开展在线共享教学实践与共建共享机制探讨,为东西部学校的创新人才培养提供了重要支撑。

参考文献

- [1] 王若斯,冯登国.加快高水平研究型大学科技创新人才培养[J].中国高等教育,2022(S2):6-8.
- [2] 中华人民共和国教育部.高校是我国基础研究主力军[N].中国青年报,2022-07-20.
- [3] 郝世甲,伏永祥.高校科技成果转化能力对创新性人才培养质量的影响研究[J].中国大学教学,2020(6):54-59.
- [4] 刘金库,盛潇潇,张敏,等.科研成果向实验教学一线转化可借鉴实施模式探索[J].实验室研究与探索,2021,40(11):160-163.
- [5] 中华人民共和国教育部.教育部办公厅关于2017—2020年开展示范性虚拟仿真实验教学项目建设的通知[EB/OL].(2017-07-11)[2020-12-19].http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7945/s7946/201707/t20170721_309819.html.
- [6] 王进仕,赵媛媛,种道彤,等.火电机组虚拟仿真实验教学的建设与实践[J].高等工程教育研究,2019(S1):201-203.
- [7] 万春秋,李擎,李希胜,等.面向复杂工程能力培养的精轧AGC实验虚拟仿真系统[J].实验室研究与探索,2023,42(6):95-100.
- [8] 王兴天.注塑工艺与设备[M].北京:化学工业出版社,2010.
- [9] 董桂伟,赵国群,王桂龙,等.科研成果转化为实验教学资源的探索[J].实验技术与管理,2019,36(4):114-117.

编辑 王燕