

基于信息化数字化背景下VR技术在工科实践教学中的应用探索

——以合肥工业大学材料成型及控制工程专业课程为例

甘国强, 李萍, 严思梁, 王雪, 孟淼

合肥工业大学材料科学与工程学院, 安徽 合肥

收稿日期: 2023年11月14日; 录用日期: 2023年12月13日; 发布日期: 2023年12月20日

摘要

作者在信息化、数字化背景下以隶属于机械类的材料成型及工程专业中的基础课程《材料成形原理》实践教学为例, 针对工科实践教学环节中课程实验、毕业实习、生产实习中存在的问题, 采用VR虚拟现实技术进行教改探索。采用桌面级虚拟现实技术和投入式虚拟现实技术, 构建《材料成形原理》虚拟现实信息化实践教学平台, 提出了理论、实践一体化教学的课程信息化建设的构想, 实现实践教学环节新的教学模式, 解决新工科背景下实践教学问题, 也供其它工科类课程参考和借鉴。

关键词

虚拟现实技术, 实践教学, 材料成形原理, 信息化数字化

Exploring the Application of VR Technology in Engineering Practice Teaching under the Background of Informatization and Digitalization

—Taking the Professional Course of Materials Forming and Control Engineering at Hefei University of Technology as an Example

Guoqiang Gan, Ping Li, Siliang Yan, Xue Wang, Miao Meng

School of Materials Science and Engineering, Hefei University of Technology, Hefei Anhui

Received: Nov. 14th, 2023; accepted: Dec. 13th, 2023; published: Dec. 20th, 2023

文章引用: 甘国强, 李萍, 严思梁, 王雪, 孟淼. 基于信息化数字化背景下 VR 技术在工科实践教学中的应用探索[J]. 教育进展, 2023, 13(12): 10046-10054. DOI: 10.12677/ae.2023.13121552

Abstract

The author takes the practical teaching of the basic course “Principles of Material Forming” in the field of material forming and engineering, which belongs to the mechanical field, as an example in the context of informatization and digitization. In response to the problems existing in the course experiments, graduation internships, and production internships in the engineering practical teaching process, VR virtual reality technology is used to explore teaching reform. By adopting desktop level virtual reality technology and immersive virtual reality technology, a virtual reality informatization practical teaching platform for “Principles of Material Forming” has been constructed. The concept of course informatization construction for integrated theory and practice teaching has been proposed, realizing a new teaching mode for practical teaching, solving practical teaching problems in the context of new engineering courses, and providing reference and reference for other engineering courses.

Keywords

Virtual Reality Technology, Practical Teaching, Material Forming Principle, Informatization and Digitalization

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

高等学校教育教学过程中实践教学是一个极为重要的环节，尤其在这信息化、数字化新工科背景环境下对机械专业尤为重要。教育部于 2012 年就指出高校教育要切实加强实践教学环节[1]，2018 年明确提出加快推进信息技术与教育教学的深层次融合[2]，2021 年教育部答复《关于高质量做好线上线下融合，推动教育事业健康发展的提案》中又明确指出要充分激发学校、教师和学生应用线上教育教学资源的积极性，推动线上线下教育融合发展，促进信息技术与教育教学深度融合，发展更加公平更有质量的教育[3]。由于前两年新冠疫情的影响，众多实践教学环节不能出校门，使得工科教学过程中毕业实习、生产实习等实践教学环节多在线上完成，也涌现出许多线上实习承接机构，但该类机构提供的实习过程主要是学生通过登录 APP 观看动画、拍摄的现场视频等形式来完成，最后通过 APP 内的观看时间和答题情况进行考核，但对专业来说存在内容缺乏完整性、系统性、多样性、针对性，且原理性内容偏少或讲解不透彻，其线上实习内容与课程实践教学内容无法一一对应等问题。而 VR (Virtual Reality) 虚拟技术可以将课本中工艺、模具、设备以及抽象、不易理解的原理性内容做成用户可操作式的动态三维模型，使学生更加直观的理解和掌握工科教学内容中的基础理论。因此，本文基于虚拟现实技术探索机械类——材料成型及控制工程专业中的《材料成形原理》专业基础课实践教学解决方案，根据该课程教学内容，合理设计实践教学内容并提取课程中不易理解的抽象理论知识，基于 UG、Composer、VR 技术构建动态的、可视的、三维的便于理解的虚拟实践教学信息化平台，进一步提升实践教学过程中学生学习动力，也为本专业其它课程以及工科实践教学改革提供借鉴。

2. VR 技术介绍

虚拟现实(Virtual Reality)技术，简称 VR 技术，又称灵境技术，是以计算机为核心的新型视听技术，

它结合相关科学技术,可以在一定范围内生成与真实环境在听觉、视觉、触感等方面高度近似的数字化环境,给人一种“身临其境”的感觉[4] [5] [6] [7],前期由于成本和技术原因主要运用于影视行业。用户借助于电脑、穿戴式头盔等外部工具与数字化环境中的对象进行交互,通过人机交互可获得近似真实环境的体验和感受,主要通过显示设备、数据获取设备、触力觉交互设备、跟踪定位设备、专用芯片等实现。如果将虚拟现实技术运用到高等教育领域中,可以利用计算机模拟现实环境,创造逼真的教学情景,让学生沉浸其中,并通过人机交互沉浸式的掌握课程知识。

目前,虚拟现实技术主要分为四大类:① 桌面级的虚拟现实;② 投入的虚拟现实;③ 增强现实性的虚拟现实;④ 分布式虚拟现实[8]。本文所要建立的专业基础课程《材料成形基本原理》虚拟实践教学信息化平台拟采用的虚拟现实技术主要以桌面级虚拟现实技术为主,投入式虚拟现实为辅。

2.1. 桌面级虚拟现实技术

桌面级虚拟现实系统是利用个人计算机和低级工作站进行仿真,以计算机的屏幕或者投影为用户观察虚拟境界窗口,使用鼠标、键盘等外部设备操纵虚拟场景中的虚拟物,进而实现身临其境的现场感及近乎实际的交互和沉浸感。虽然桌面级虚拟现实系统受视界局限及噪声干扰,缺少完全的沉浸,难以达成完美真实的现实体验,但因其低成本、高性能特点,具备向普通大众推广和使用的价值。目前常见的多媒体课件往往以平面图形图像展示为主,缺乏空间多维视角、人际自然交互控制及虚实结合的身心体验。运用虚拟现实技术制作的教学课件却可以模拟适合教学的特定环境,并允许学生与计算生成各种仿真物体交互,可将抽象的概念、原理直观化和立体化,方便学生理解抽象知识,因此受到教师和学生们的欢迎。为此,如何找到并掌握合适的开发工具是教师使用虚拟现实课件教学的前提[9]。图 1 为桌面级虚拟技术中的模具结构图,学生可通过界面完成各零件的认知、组装及工作原理,该桌面级虚拟现实平台老师可以过一台电脑,结合专业知识基于建模软件就可以完成,教学过程中可通过智慧教学工具进行教学。

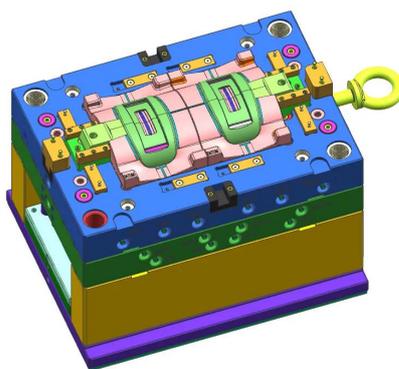


Figure 1. Desktop level virtual technology mold structure diagram

图 1. 桌面级虚拟技术模具结构图

2.2. 投入式虚拟现实技术

高级虚拟现实系统提供完全投入的功能,使用户有一种置身于虚拟境界之中的感觉。它利用头盔式显示器或其它设备,把参与者的视觉、听觉和其它感觉封闭起来,并提供一个新的、虚拟的感觉空间,并利用位置跟踪器、数据手套、其它手控输入设备、声音等使得参与者产生一种身在虚拟环境中、并能全心投入和沉浸其中的感觉[10]。以汽车中涉及到的结构件为例,如图 2 所示,以穿戴式设备为纽带,将桌面级虚拟现实技术升级为投入式虚拟现实技术,使学生参与感更强、理解能力进一步提高,也为专业培养目标的实现奠定更坚实的基础。



Figure 2. Input based virtual reality for automotive component structure diagrams

图 2. 汽车件结构图投入式虚拟现实

3. 材料成型及控制工程专业特点及实践教学中存在的问题

3.1. 材料成型及控制工程专业特点

我校材料成型及控制工程专业属于机械类专业，是以成型技术为手段、以材料为加工对象、以过程控制为质量保证措施、以实现产品制造为目的的工科专业。培养目标是培养德、智、体、美全面发展，具备机械、材料科学、材料成型及控制等的基础理论及专业知识与应用能力，具有创新精神和实践能力，能够在机械制造、材料成型加工等应用领域从事工程技术应用与管理、科学研究、教育等方面工作，适应现代化科技与工业发展的具有创新精神的高素质复合型人才。教学内容主要分为铸造、锻压、焊接三大主方向和塑料成型一个方向，四部分内容涉及到工艺、设备、模具、原理多方面内容，其实践教学环节主要包括：毕业实习、生产实习、金工实习、课程实验、毕业设计、课程设计，其中毕业实习、生产实习一般都是赴相关企业完成。

3.2. 材料成型及控制工程专业传统实践教学存在的问题

材料成形及控制工程专业中的基础课程《材料成形原理》主要讲授铸造、锻压、焊接工艺过程中所涉及到的基本概念及原理，为后期具体的铸造工艺、锻压工艺和焊接工艺知识的讲授奠定理论基础。《材料成形原理》课程中涉及的原理具有抽象、晦涩难懂、不易理解的特点，尤其涉及到介观尺度层面上的原理，比如铸造过程中的铁水在砂型中的凝固原理、锻造过程中金属流动规律以及焊接过程中热源处焊接热影响区微观组织及应力应变的分布情况。目前本专业实践教学环节主要存在以下问题：

1) 毕业实习、生产实习实践教学资源匮乏

现有的毕业实习、生产实习单位多是通过专业老师自己联系，大多数企业由于存在校企项目合作或人情关系才愿意接待实习任务，且考虑到安全因素，实习过程主要以参观讲解为主。部分企业考虑到生产工期进度，实习过程中有些工艺、装备学生看不到或看不清，而且有些具有先进制造工艺、设备的企业不愿意接待实习，导致部分学校毕业实习、生产实习流于形式，达不到教学大纲所要求的实习效果。近两年由于新冠疫情原因涌现出不少线上实习接待机构，但线上实习机构存在实习内容与专业内容匹配度不高的问题，有些学生存在听不懂看不明白的问题。

2) 课程介观/纳观尺度原理性实验偏少

学好材料成型及控制工程专业课程需要有坚实的理论基础，现有的理论及工艺课除了讲授工艺、原理、设备除外，主要是以基础原理为主，原理性内容大多数具有抽象、晦涩难懂的特点，比如铸造过程中凝固原理，涉及到介观尺度的形核、孕育及长大过程，属于课程中的难点及抽象部分。目前，现有的课程实验主要以工艺实验为主，通过宏观实验结果来分析微观机理，对于部分学生来说依然存在不易理解的问题。

3) 教学媒介与实验教学融合不足

现阶段，实验理论及课堂理论教学环节还是以多媒体授课方式为主，多媒体授课方式仍然贯穿教学

过程始末, 虽然目前采用了雨课堂等智慧课堂教学工具可以发送弹幕、问卷等提升师生之间的互动性, 但对于实验理论课程依然存在教学手段单一的问题。本专业实验课程涉及到工艺、模具设计、原理、设备等多方面内容, 仅采用多媒体授课方式会存在与教学工具、实验模型、实验设备的融合性差, 文字、图片、视频动画等平面教学要素难以表达机械类复杂性、隐蔽性的空间机构, 例如锻造工艺及模具设计过程中, 难以呈现和表达学生的零件图设计步骤和看图方法, 需要授课教师的引导和示范来培养和提升学生的三维空间想象能力。

因此为了保证学生在学习期间更加直观地理解理论知识并掌握, 结合 VR 技术、三维建模软件和场景展示技术可直观动态的再现课程中所涉及到的原理过程成为必然趋势, 基于 VR 技术的信息化实践教学平台不仅能再现各类成形工艺原理, 而且可虚拟设定各类参数, 从而使得各种条件工艺过程原理再现, 与现有课程实现教学内容相结合, 可进一步提高学生掌握专业知识及运用专业知识解决实际问题的能力。

4. 教学实践课程中 VR 技术的应用现状

随着计算机水平的快速发展及虚拟仿真技术的出现, 国内外很多机构也开始注重虚拟仿真技术在教学过程中的应用和研究。比如国外有名的乔治梅森大学动态虚拟环境中的流体实时虚拟系统, 麻省理工学院的微电子在线实验室和休斯敦大学的虚拟物理实验室, 北卡罗莱纳大学的虚拟物理实验室[11]。国内初期 VR 技术多运用于影视、飞机飞行模拟、舰艇航行操作、装备虚拟操作、消防演练模拟等方面, 后期慢慢引入到高等教学实践教学过程中。李倩[9]等人利用虚拟仿真技术辅助高职教学, 解决了实验、实训设备短缺的问题, 也加强了学生动手能力和创新能力的培养; 陈清奎[12]等人针对传统机械类实验课程存在的问题, 以互联网和虚拟现实技术为基础开发了“VR + 云平台”, 探索实践了应用“VR + 云平台”的机械类课程实验教学改革, 创新了“VR + 学习动机激励”教育理念, 并重塑了“教与学”模式。通过将实验课程与理论课程相结合, 虚拟仿真实验与真实实验相结合, 丰富了教学内容和手段, 并超越了实验教学的时空限制。采用多元化考核方式, 激发教师教学活力, 丰富实验资源, 提高学生学习动力。薛志婧[13]等人将 VR 技术融入高校地理科学专业《土壤地理学》课堂的教学设计中, 探讨了虚拟现实技术在土壤地理学课程中的应用优势, 更好地激发了学生学习兴趣, 开拓了思维。林文友[14]等人针对舰船传统训练模式存在的周期长、设备耗损大、效率低的问题, 利用 VR 技术开发新型舰船模拟训练系统, 使训练效果得到显著提升。马志磊[15]等人基于 5G 技术的发展结合 VR 虚拟技术构建 VR 运动训练平台, 是训练不再枯燥乏味。黄杏[16]等人运用文献分析法、案例分析法以及调查法探讨了如何完善基于 VR 技术的高校创新型人才培养实践教学体系并提出建议, 为创新型人才的培养提供参考。可以看出, VR 技术已越来越多的应用在实践中, VR 虚拟技术的应用进一步提升了学生学习动力, 结合传统的实践教学使得学生掌握知识及解决实际问题的能力进一步提升, 但 VR 虚拟技术在工科实践教学中的运用还是偏少。

5. VR 技术与课程实践教学结合步骤及效果对比

5.1. VR 技术与课堂实践教学结合步骤

材料成型及控制工程专业作为国家双一流专业建设点[17], 包含金属液态成形、金属塑性成形、金属连接成形三方面内容, 涉及知识面广、内容繁杂, 其实践教学课程包括生产实习、金工实习、毕业实习及相关课程实验, 以材料成型及控制工程大三第一学期开设的专业基础课《材料成形原理》为例, 该课程主要讲授液态成形、塑性成形、连接成形工艺基本原理。虚拟仿真交互式教学环境开发是整个课程实践教学信息化建设平台的重点, 采用 UG 三维建模技术、composer 三维立体动画场景展示技术、VR 虚拟仿真技术等开发, 使实践中涉及的介观原理不再以图片和简单的动画视频呈现, 而是学生头戴 VR

设备，沉浸在一个个虚拟的教学环境中，把课程中涉及到的抽象、晦涩难懂的内容动态再现，使学生充当工艺中的一份身临其境去感受，从而更加快速高效地获取所学知识，实现了全新的信息化课程实践教学环境与资源拓展。开发路线图如图3所示，其中开发内容模型如图4所示，主要包括：

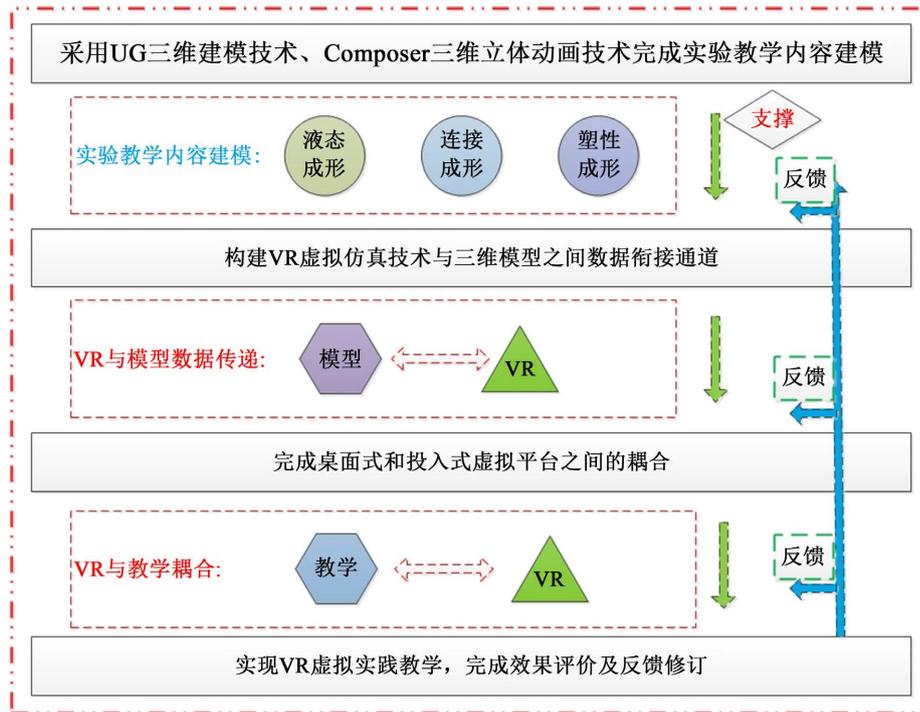


Figure 3. Flow chart of VR practical teaching implementation
图3. VR 实践教学实现流程图

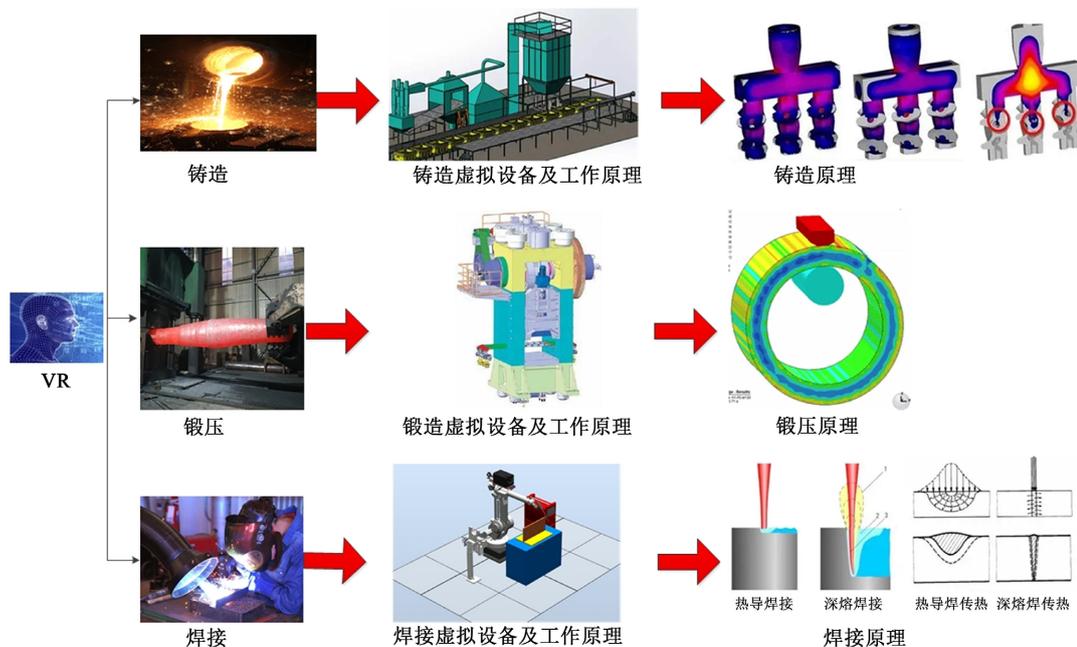


Figure 4. Distribution map of information content in VR practical teaching of "Principles of Material Forming"
图4. 《材料成形原理》VR 实践教学信息化内容分布图

- 1) 铸造工艺、锻压工艺、焊接工艺三维立体教学模型开发(例如消失模铸造、正挤压和冲裁工艺、CO₂ 氩弧焊);
- 2) 铸造工艺、锻压工艺、焊接工艺过程原理三维立体模型开发(例如消失模过程中的凝固原理、挤压过程中金属流动原理、CO₂ 氩弧焊过程中热源移动过程中温度分布);
- 3) 铸造、锻压、焊接工艺生产线三维立体模型开发等(例如冲压过程中的复合膜生产线)。

通过构建 VR 虚拟实践教学平台, 课程中抽象、难以理解的原理性问题学生更好的予以理解掌握, 具体实现流程如图 5 所示, 首先确定工艺, 然后挖掘工艺介观/纳观尺度原理或机理, 根据工艺和原理采用 UG、Composer、VR 技术进行宏观尺度和介观/纳观尺度几何建模, 最后形成桌面式和投入式虚拟平台, 通过虚拟平台不断的测试和完善, 建立虚拟数据库, 数据库信息又可为优化工艺提供参考, 整个循环过程构成实践教学信息化平台。

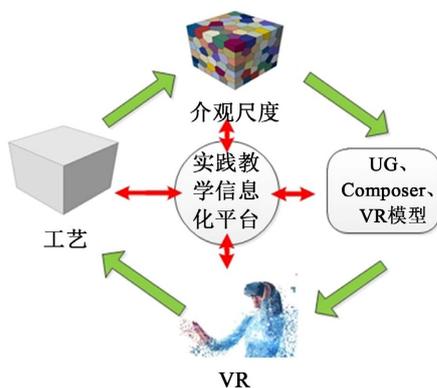


Figure 5. VR virtual platform construction process
图 5. VR 虚拟平台构建流程

5.2. VR 教学效果对比

通过对 2019 级材料成型及控制工程专业学生采用 VR 虚拟现实课程实验教学后, 其教学效果反馈表如表 1 所示, 效果对比如图 6 所示, 可以看出课程实验教学效果有明显的提升, 对原理性内容理解更加透彻, 说明 VR 虚拟现实技术在实践教学中的运用能明显提高教学效果, 为后期推广到专业其它实践教学过程奠定基础。

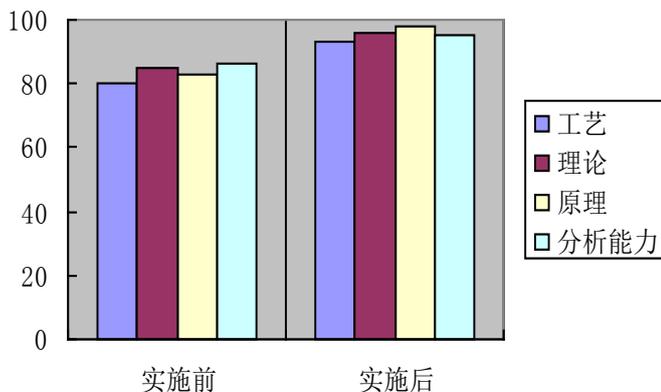


Figure 6. Comparison of VR teaching effects
图 6. VR 教学效果对比图

Table 1. Statistical table for feedback on teaching effects of VR virtual reality technology
表 1. VR 虚拟现实技术教学效果反馈统计表

问卷数	88		返回数		85
指标 EI (%)	1、工艺(%)	2、理论(%)	3、原理(%)	4、分析能力(%)	
具体评价方法	铸锻焊具体工艺、设备掌握能力	铸锻焊工艺理论基础知识	铸锻焊工艺原理、设备工作原理	企业案例中铸锻焊缺陷分析能力	
实施前达成度	80%	85%	83%	86%	
实施后达成度	93%	96%	98%	95%	

6. 结论与展望

可以看出,在信息化数字化背景下 VR 虚拟技术在工科实践教学中的运用将会对虚拟信息化平台涉及到的教学内容、场景、模型等提出更高的要求,且线上、线下相结合是作为未来课程教学重要发展方向之一,尤其在信息化数字化新工科背景下,线上教学替代实地的实践教学成为趋势。因此本文针对机械类材料成型机控制工程专业《材料成形原理》课程建立 VR 虚拟技术实践教学信息化平台的探索,将具有为其它工科课程实践教学提供借鉴的意义。

基金项目

2022 年合肥工业大学教学改革示范课程项目“课程思政示范课程《材料成形原理(下)》”,项目编号:KCSZ2022009。

参考文献

- [1] 教育部,中宣部,财政部. 教育部等部门关于进一步加强高校实践育人工作的若干意见[EB/OL]. 教思政[2012]1号. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A12/moe_1407/s6870/201201/t20120110_142870.html, 2012-01-10.
- [2] 教育部办公厅. 教育部办公厅关于印发《2018 年教育信息化和网络安全工作要点》的通知[EB/OL]. 教技厅[2018]1 号. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A16/s3342/201803/t20180313_329823.html, 2018-02-12.
- [3] 教育部. 关于政协第十三届全国委员会第四次会议第 4271 号提案答复的函[EB/OL]. 教科信提案[2021]361 号. http://www.moe.gov.cn/jyb_xxgk/xxgk_jyta/jyta_kjs/202111/t20211104_577687.html, 2021-10-14.
- [4] 欧非凡, 欧以克. 人工智能在高等教育领域的应用及其影响[J]. 高教论坛, 2020, 12(12): 127-130.
- [5] 陈洁. 论船舶与海洋工程专业 VR 虚拟实验室建设必要性及可行性[J]. 农家参谋, 2018(4): 298.
- [6] 林加福, 吴碧莲, 李丹. 虚拟人在高职解剖学实验教学中的应用[J]. 解剖学杂志, 2020, 43(6): 532-534.
- [7] 陈杰, 陈朝阳, 朱文琦. 《头号玩家》中的 VR 虚拟技术[J]. 电影文学, 2019, 9(8): 141-143.
- [8] 魏巍. 虚拟现实技术在城轨车辆技术课程信息化建设中的应用[J]. 绿色科技, 2020(23): 256-257, 270.
- [9] 王建虎, 陈佛连, 狄小雪. 基于 VRP-Builder 的桌面级虚拟现实课件的设计与开发[J]. 系统仿真技术, 2017, 13(1): 69-73.
- [10] 余郭辉, 陈传波. 虚拟现实技术及其在远程教学中的广泛应用[J]. 湖北大学学报, 2002, 24(3): 224-227.
- [11] 李倩, 张宁仙, 李文昌. 开放式虚拟仿真实验室在高职实践教学中的应用探究[J]. 科技与创新, 2020(24): 153-154.
- [12] 陈清奎, 魏鑫鑫, 何芹, 刘畅. 基于“VR + 云平台”的机械类专业实验教学模式改革与实践[J]. 实验技术与管理, 2020, 37(7): 1-4.
- [13] 薛志婧, 刘俊娥, 李霄云. VR 虚拟技术在土壤地理学教学中的应用探索[J]. 教育教学论坛, 2018(11): 4-5.
- [14] 林文友, 武红梅, 厉行军. VR 技术在舰船训练中的运用前景[J]. 船海工程, 2020, 49(6): 130-133.
- [15] 马志磊, 张麟寰, 王绪东. 5G 视角下 VR 虚拟技术在运动训练领域的理论探究[J]. 体育世界, 2020(2):

111-112.

- [16] 黄杏. 基于 VR 技术的高校创新型人才培养实践教学体系研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 武汉理工大学, 2019.
- [17] 马陆亭, 刘承波, 鞠光宇. 扎根中国大地建设“双一流” [J]. 现代大学教育, 2019(3): 11-16.