

基于虚拟现实技术的操作系统教学改革思考

甘吉¹, 胡波¹, 古长军², 杨燕¹

¹重庆邮电大学计算机科学与技术学院, 重庆

²重庆邮电大学自动化学院, 重庆

收稿日期: 2024年9月28日; 录用日期: 2024年11月14日; 发布日期: 2024年11月25日

摘要

《操作系统》是计算机技术专业最为核心的专业课程之一, 如何引导本专业学生学习好这门课程尤为重要。然而, 传统的教学模式存在着互动性不高、直观性不强、实践性不足等问题, 严重影响了学生的学习体验和学习效果, 因此我们亟需引入新的技术来对操作系统课程现有的教学方法进行有效地改革, 从而显著地提升教学效果。随着虚拟现实技术与人工智能的发展, 虚拟现实技术已经逐渐开始普及化, 同时也逐渐开始影响教育领域的改革。本文拟基于虚拟现实技术对操作系统课程的教学进行改革, 并思考如何将虚拟现实技术融入课程教学过程中, 探索突破教学空间与硬件资源的限制, 拓展传统教学的边界, 推动教、学模式转型, 为操作系统的课程改革带来新的思路。

关键词

操作系统, 教学改革, 虚拟现实技术

Reflections and Explorations on Teaching Reform of the Operating System Course with the Virtual Reality Technology

Ji Gan¹, Bo Hu¹, Changjun Gu², Yan Yang¹

¹School of Computer Science and Technology, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing

²School of Automation, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing

Received: Sep. 28th, 2024; accepted: Nov. 14th, 2024; published: Nov. 25th, 2024

Abstract

"Operating System" is one of the core professional courses for computer technology majors, and it is extremely important to guide computer science students to excel in this course. However, the

traditional teaching mode is plagued by issues such as low interactivity, insufficient intuitiveness, and inadequate practicality, which have significantly impacted students' learning experiences and outcomes. Consequently, there is an urgent need to introduce new technologies to effectively reform the existing teaching methods for the "Operating System" course, thereby significantly enhancing teaching effectiveness. With the advancement of virtual reality (VR) technology and artificial intelligence, VR has gradually become more widespread and is beginning to influence educational reforms. This paper proposes reforming the teaching of the "Operating System" course based on VR technology, explores how to integrate VR technology into the course delivery, and endeavors to break through the limitations of teaching space and hardware resources, thereby expanding the boundaries of traditional teaching, facilitating the transformation of teaching and learning models, and introducing fresh perspectives to the teaching reform of operating systems.

Keywords

Operating System, Teaching Reform, Virtual Reality Technology

Copyright © 2024 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

操作系统课程是计算机专业最为核心的专业课程之一，占据着极其重要的地位。操作系统课程不但帮助学生理解计算机硬件与软件之间关系、资源管理、并发控制、进程管理、内存管理、文件系统和设备驱动等关键概念，还是同学们后续学习计算机专业更加高级课程的基础，对于深入理解计算机工作原理、解决计算机问题具有重要意义。操作系统课程在计算机科学与技术专业教学中的重要性不言而喻，如何引导本专业学生学习好这门课程尤为重要。

然而，操作系统课程的传统教学模式存在着互动性不高、直观性不强、实践性不足等问题，严重影响了学生的学习体验和学习效果。另外，传统教学中存在实验教学空间和硬件资源不足的问题，这使得我们严重依赖于集中式的教学模式，缺乏针对不同学生的个性化教学，无法做到因材施教[1]。因此我们亟需引入新的技术来对操作系统课程现有的教学方法进行有效地改革，从而显著地提升教学效果。

随着虚拟现实技术与人工智能的发展，国内外也有部分学校在教学中探索教学内容的智能呈现，但未能真正地将这些技术紧密而有效地融入经典教学中。针对现有教学方式的不足，亟需在现有教学的基础上引入新的教学方式和技术来弥补这些不足，从而提升计算机专业核心课程《操作系统》的教学效果。随着元宇宙概念的提出和虚拟现实的普及化，我们的社会正在走向虚拟化，虚拟现实已经逐渐开始普及化，对于提升人们的生活质量具有重大意义。2017年7月，国务院发布的《新一代人工智能发展规划》[2]文件指出利用人机协同增强智能加快推动人才培养模式、教学方法改革，构建包含智能学习、交互式学习的新型教育体系。2018年12月，工信部研究制定了《工业和信息化部关于加快推进虚拟现实产业发展的指导意见》[3]，明确指出引导和支持“VR+教育”的发展，推动推进虚拟现实技术在高等教育、职业教育等领域在实验性、演示性课程中的应用，创新融合发展路径，培育新模式、新业态，拓展虚拟现实在教育领域的应用空间。因此，不论从国家层面还是政府层面都要求高校教育利用虚拟现实等人机交互技术手段来提升教育教学的信息化和智能化水平。

本文旨在遵循当前国家与政府关于推进人机协同与“VR+教育”的教育改革战略方针，基于虚拟现实技术对操作系统课程的现有教学模式改革进行深入的思考，重点探索操作系统的多元化沉浸式教学模

式，通过引入虚拟现实技术增加教学的互动性与交互性，同时利用“零成本”的虚拟数字资源构建突破教学空间和硬件资源的限制，构建虚拟现实学习平台及时形成教学反馈，并根据学生特点提供个性化和自适应的学习体验，拓展教学的边界，促进虚拟现实教育资源开发，实现规模化示范应用，促进以学习者为中心的个性化学习，推动教、学模式转型。

2. 虚拟现实技术进行教学的社会重要性

虚拟现实技术作为一种新型手段推动教育方式的创新和变革，在教学中涵盖了多个维度的社会重要性，既推动了教育模式的创新，又为社会提供了新的学习方式和公平教育的机会。

2.1. 教育资源的共享与公平化

教育资源的不均衡是全球范围内的一个难题，许多偏远或经济落后地区的学校缺乏足够的教师、设备和教材，导致学生无法享受到高质量的教育，然而虚拟现实技术有效突破这一障碍。具体来说，虚拟现实技术能够突破教学空间和硬件资源限制，使学生可以在虚拟环境中进行学习和实践，并进行模拟仿真和实践操作。该方式不仅节省了空间和硬件资源，还扩展了学习的边界，使学生可以“零成本”地获取高质量的教育资源。同时虚拟现实技术还可以打破地域和经济壁垒，使得边远地区或欠发达地区的学生能够获得与城市学生同样的学习资源和机会，另外通过虚拟的国际文化体验，学生能更好地理解 and 接受不同文化，有助于社会的多元化与全球合作精神的培养。

2.2. 教育需求的多元化和个性化

虚拟现实技术为实现个性化学习提供了可能。在虚拟学习环境中，学生可以根据自己的学习进度和兴趣自由探索和学习，同时虚拟现实技术可以根据学生的表现，动态调整学习内容和难度，确保学生在每个学习阶段都能得到适合自己的挑战和反馈。这种个性化的学习方式能够满足不同层次学生的需求，避免“一刀切”的教学方式。因此，虚拟现实技术为不同背景和能力的学生提供了量身定制的教育内容，帮助不同学习方式的学生找到适合自己的路径，同时个性化学习有助于提高学生的自主学习能力，帮助他们更好地掌握知识，这对于终身学习和自我发展的社会需求至关重要。可以说，虚拟现实技术对于促进多元化和个性化的教育具有重要社会意义。

3. 虚拟现实技术进行教学的理论

虚拟现实技术在教学中的应用包括了建构主义学习理论、情境认知学习理论、认知负荷学习理论等坚实的理论依据，证明了虚拟现实能够通过沉浸式、互动性和多感官的体验优化教学过程，促进学习者主动构建知识、增强动机、并在真实情境中有效应用知识。这些理论不仅革新了操作系统课程传统的教育方式，还为未来的教学方法提供了广泛的理论支持。

3.1. 建构主义学习理论依据

建构主义理论[4]强调学习者通过与环境的互动，主动构建知识体系，而不是被动接受信息。该理论认为知识是在特定的情境中构建的，而非单纯依赖教师的讲解。因此，虚拟现实技术可以为学生提供了一个互动和探索的虚拟环境，通过模拟真实的学习情境，使学习内容与具体情景紧密结合，从而通过交互式探索和操作主动参与到知识的建构过程中。

3.2. 情境认知学习理论依据

情境认知理论[5]主张知识的获得和应用与具体的情境密不可分。情境学习理论进一步认为，学习是社会化的、实践性的活动，学生通过在真实或模拟的情境中应用知识，才能真正掌握它。因此，虚拟现

实技术具备极强的沉浸式、交互式特性，可以为学习者提供真实感极强的虚拟情境，帮助他们在接近现实的环境中应用和练习所学知识。

3.3. 认知负荷学习理论依据

认知负荷理论[6]认为学习时大脑的工作记忆容量有限，教育者应设计能够减轻认知负担的学习任务，同时过高的认知负荷会影响学习效果，而适当的认知负荷可以提升学习效率。因此，虚拟现实技术可以通过创建沉浸式的虚拟现实环境，实现多维信息的交互呈现，可以将抽象的概念具象化，使学生能够更加直观地理解复杂原理从而避免复杂的想象，有效减少学习过程中不必要的认知负荷。

4. 虚拟现实技术融入操作系统课程改革的迫切性

操作系统课程的传统教学方式存在许多不足之处，限制了学生的学习体验和学习效果。首先，现有的教学方式缺乏互动性，它通常是一种师生单向传递知识的方式，学生的参与度较低，学生被动接受信息，互动性较低，难以积极思考和参与讨论，这可能导致学习效果不佳。其次，传统教学缺乏直观性，其主要依赖书本、幻灯片等平面媒体，而操作系统课程中的一些概念和理论相对抽象，使得学生在学习和深入理解过程中存在困难。同时，现有的教学方式缺乏实践性，学生往往缺乏资金购买足够的硬件设备进行学习实践，同时教学实验室的数量还不能满足所有班级的学生进行动手实践，从而限制了学生的学习体验和学习效果。最后，传统教学方式缺乏个性化，其通常采用集中式教学，难以针对每个学生的不同学习风格、兴趣和能力进行个性化指导，无法满足每个学生的个体差异和学习需求。因此，现有的教学方法亟需引入新技术来进行多元化地改革与实践。

随着科技的快速发展，高校的教学方式也在不断地发展和改革。当前，基于微课、慕课等网络教学模式在互联网浪潮的背景下蓬勃发展[7][8]。但是，限于网络课程现实交互性上的欠缺，面对越来越重要的个性化教学需求显现出了一定的不足之处。近些年出现了“线上-线下”相结合的教学模式探索，部分小规模试点实践也取得了令人称赞的效果。然而，从整体上来看这种新型教学模式依旧缺乏系统性，难以为学生提供个性化的学习内容。另外，国外一些知名大学在教学中对某些经典知识点进行深层次的探讨，同时在课堂教学中增加该领域前沿研究内容，并辅以网络公开课等线上教学模式，有效增加了课程教学的广度和深度。随着计算机技术的发展，虚拟现实技术逐渐普及化并引起了教育界的关注，教师们也尝试了将虚拟现实技术融入教学改革[9]-[13]。

操作系统是一门专业知识较强、学习难度较大的课程，是计算机专业最为核心的专业课程之一，现有的课程知识点中有许多经由实践验证才能深入理解体会的地方，这意味着操作系统在强调理论的同时也比较看重实践。然而，传统以教师为中心的课堂往往缺乏深度的互动性、直观性和实践性，使得在学生培养方面存在不足。此外，操作系统课程也着重于理论理解与编程开发能力，涉及到系统架构设计、部署与实施、分析与测试、进程同步通信以及网络应用开发等诸多知识与编程实践，但受限于硬件资源和实验场地限制导致了操作系统课程实践的匮乏，使得学生的主体性难以充分发挥。

针对上述现状，基于虚拟现实技术对操作系统课程现有的教学方式改革迫在眉睫，亟需探索针对操作系统课程的多元化沉浸式教学模式，通过引入虚拟现实技术增加教学的互动性与交互性，构建虚拟教室、虚拟实验室等教育教学环境，发展虚拟备课、虚拟授课、虚拟考试等教育教学新方法，即时形成教育学习反馈，并可以根据学生特点提供个性化和自适应的学习体验，促进以学习者为中心的个性化学习，推动操作系统课程的教学改革。

5. 虚拟现实技术融入操作系统教学改革的拟解决关键问题

本文旨在通过引入虚拟现实技术来改进操作系统课程的教学过程，期望通过引入虚拟现实技术的沉

浸式交互特性来实现多元化的教学模式，同时解决以下几方面的问题来提升教学效果，从而来改进传统的教学方式存在许多不足之处。

5.1. 解决教学过程单一及知识点抽象难懂的问题

在操作系统教学中部分专业知识过于抽象化，而传统教学过程又过于单一，增加了教学难度。本文拟通过虚拟现实技术创建虚拟实验模拟场景，提供三维可视化和模型展示，重建虚拟教学案例和场景，以及促进虚拟创作和实践项目，从而实现了一种身临其境的多元化沉浸式教学，通过结合视觉听觉融合的学习体验深入理解抽象化的知识概念，激发学生的学习兴趣，提高学习效果。

5.2. 解决教学空间和硬件资源不足的问题

实际教学中存在实验教学空间和硬件资源不足的问题，本文构建虚拟教室、虚拟实验室等教育教学环境，虚拟化各种硬件仪器设备，从而突破教学空间和硬件资源限制，使学生可以在虚拟环境中进行学习和实践，并进行模拟仿真和实践操作。该方式不仅节省了空间和硬件资源，还扩展了学习的边界，使学生可以“零成本”地获取高质量的教育资源，充分满足学生动手实践和学习创新的需求。

5.3. 解决个性化教学服务匮乏的问题

传统教学方式采用集中式教学，因此缺乏针对不同学生的个性化教学。本文拟虚拟现实技术发展虚拟授课、虚拟考试等教学手段，提供个性化的教育教学新方法，根据学生的学习进度、兴趣和能力进行智能调整，提供量身定制的学习内容和学习路径，不同的学生可以根据自己的需求和能力进行学习，从而更好地满足学生的学习需求，提高学习效果，并培养学生的自主学习能力和个人发展。

6. 虚拟现实技术融入操作系统课程教学的改革思路与方案

本文基于虚拟现实技术对现有的课程教学模式改革，重点探索操作系统课程的多元化沉浸式教学模式。我们思考通过以下几个方面对操作系统课程进行教学改革，并给出了具体方案。

6.1. 教学过程的多元化构建

传统的教学方式由于单一的教学方式存在诸多问题，严重影响了教学效果和学生的学习体验。首先，传统教学通常是一种师生单向传递知识的方式，学生的参与度较低，学生被动接受信息，难以积极思考和参与讨论，这可能导致学习效果不佳；其次，操作系统课程的知识概念和理论相对抽象和晦涩难懂，而传统教学方法主要依赖书本、幻灯片等平面媒体，缺乏直观性和趣味性，学生往往难以直观地理解和应用，限制了学生的学习体验和深入理解，而枯燥难懂的专业知识也大大降低了学生的学习兴趣；最后，传统教学空间和硬件资源往往存在限制，教学实践中很难为各个专业课程安排足够的实验场地和硬件设备，学生的课程实践开展受到限制，不利于锻炼操作系统专业学生的动手实践，也无法通过实践加深学生对理论知识的理解。因此，针对目前经典教学模式过于单一的问题，我们提出基于虚拟现实技术构建多元化沉浸式的教学过程，提升教学效果和教学质量。

具体而言，我们基于虚拟现实技术构建一种线上-线下融合的多元化沉浸式教学过程，从而实现传统的教学方式改进。一方面，教师需要在教学过程中对某些经典知识点进行深层次地讲解和探讨，在课堂教学中增加该领域前沿研究内容，并辅以网络公开课等线上教学模式普及学校优秀课程，有效增加课程教学的广度和深度；另一方面，教师在教学过程中还需引入虚拟现实技术手段有效地解决教学中知识概念过于抽象的问题，提供更直观和沉浸式的学习体验，并利用虚拟现实技术的强交互性提升课堂互动效果。在操作系统课程的专业知识教学中，教师可以尝试引入虚拟现实技术使得学生可以进入虚拟

实验室或模拟场景中进行实践操作和观察，以更直观的方式理解和应用抽象的知识概念；另外，虚拟现实技术可以将抽象的概念转化为可视化的三维模型和图像，使学生可以直观地从多个角度观察和理解计算机处理器与存储器的工作模式及进程数据的交换过程等，通过直观化的过程展示加深学生对于知识点的理解；最后，教师利用虚拟现实技术可以重建真实世界的教学案例和场景，让老师和学生通过扮演特定角色亲身参与其中，并在虚拟实验场景下实现互动，从而实现一种视觉、听觉交织融合的多元化沉浸式教学体验。最终，我们可以通过虚拟现实技术改进操作系统课程现有教学模式的不足，构建一种线上-线下融合的多元化沉浸式教学过程，从而显著提升教学效果。

6.2. 教学资源的虚拟化配置

传统教学中存在着教学资源受限和匮乏的问题，无法满足学生的实践需求和创新需求。特别是操作系统是一门强调动手能力、编程能力的课程，学生的课程实践在教学中显得尤为重要。例如，传统教学中实验室的数量十分有限，学生到实验室参与课程实践的时间和机会成本大大增加，同时由于教学成本有限导致教学中往往缺乏先进的实验设备(例如大型服务器、计算机集群等)，从而限制了学生进行实践操作和多样化学习，影响了他们的学习体验和能力的培养，无法满足学生的实践需求和学习创新。因此，针对目前经典教学中资源受限的问题，我们提出基于虚拟现实技术构建虚拟教室、虚拟实验室等教育教学环境，“零成本”地构建各种虚拟硬件仪器设备，打造虚拟实训基地，从而有效地提升学生实践创新的学习效果。

具体而言，我们基于虚拟现实技术构建虚拟教室、虚拟实验室等教育教学环境，虚拟化各种硬件仪器设备，从而突破教学空间和硬件资源限制。一方面，教师可以通过虚拟现实技术创建虚拟实验室和模拟设备，提供学生进行实践操作和实验的机会，通过虚拟资源配置在无需实际物理设备的情况下，学生可以在虚拟环境中进行实验，探索各种科学现象和技能，丰富学习体验。另一方面，教师还可以通过虚拟现实技术创建虚拟图书馆和数字化资源，使学生可以访问大量的电子书籍、学术论文、教育视频等，并针对不同教学内容给学生提供相应的阅读文献，学生可以通过 VR 头显在虚拟环境中阅读、研究和学习，充分利用丰富的教育资源。在操作系统的专业知识教学中，教师可以创建虚拟实验室环境，模拟操作系统服务器，让学生可以在虚拟环境中进行实验，在不再需要实际物理设备的前提下节约了硬件成本和空间需求，并且还提供了更多的实验机会和灵活性；另外，教师还可以基于虚拟现实技术来模拟操作系统工作运行场景，让学生在虚拟环境中体验和学习操作系统的相关知识和技能，通过模拟真实的进程工作流程，学生可以应用所学的知识来观察和分析，提高他们的实践能力；最后，教师还可以创建进程通信案例，让学生在虚拟环境中进行仿真实验，这样的教学方式可以让学生更好地理解进程的临界资源互斥访问原理，以及信号量的使用机制。最终，本文将通过虚拟现实技术对教学资源进行了虚拟化配置，通过“零成本”的虚拟场景构建突破教学空间和硬件资源的限制，获取高质量的教育资源。

6.3. 教学服务的个性化实现

传统教学难以针对每个学生的不同学习风格、兴趣和能力进行个性化指导，无法满足每个学生的个体差异和学习需求。这是由于传统教学通常以教师为中心，教师按统一教学大纲给一大批学生进行标准化授课，在这种方式下任课教师限于有限的时间与精力从而难以针对不同的学生提供个性化的教学服务。另外，传统教学中通常采用大班授课模式，在这种情况下教师难以在短时间内充分了解每个学生的学习差异和需求，无法充分考虑学生个体的学习进程和速度差异，在没有及时反馈和评估的情况下，教师很难对学生的学习进行调整和个性化指导。最后，传统教学方式局限于传统的教学方法和教材资源，并且按照统一的教学计划和进度进行，因而严重缺乏多样性和灵活性，无法满足每个学生的个性化学习需求。因此，针对目前经典教学中个性化教学匮乏的问题，本文基于虚拟现实技术发展虚拟备课、虚拟

授课、虚拟考试等教育教学新方法，促进以学习者为中心的个性化学习，提供更加个性化的学习体验和支持。

具体而言，本文拟基于虚拟现实技术发展虚拟备课、虚拟授课、虚拟考试等教学手段，从而提供个性化的教育教学新方法。一方面，教师可以结合传统教学的优势在课堂教学中讲解该领域的前沿研究内容，并结合线上-线下教学平台对知识点进行充分地灌输和讲解，帮助同学们掌握最基本的专业知识，针对重点、难点概念形成粗略的知识轮廓；另一方面，教师可以利用虚拟现实技术创造虚拟考试环境，指导学生在虚拟现实平台上进行模拟考试，接受个性化的题目设置和考试安排，从而能够提供实时反馈和评估，帮助学生了解自己的学习进展和薄弱领域，进而调整学习策略和加强个性化的学习，并针对学生的学习需求和困难提供个性化的解答、指导和资源，以满足不同学生的学习需求和个性化教学目标。在操作系统的专业知识教学中，教师可以利用虚拟现实技术创建虚拟网络实验室，学生可以在虚拟环境中进行代码编程、故障排除和落地测试等实践操作，根据自身的学习进度和兴趣进行自主探索和实践；另外，教师可以通过虚拟现实技术提供操作系统课程的考试与培训，让学生在虚拟课堂中接受个性化的知识培训，并根据测试成绩即时获得反馈，从而调整课程内容和难度，提供个性化的学习资源和辅导。最终，本文将通过虚拟现实技术实现个性化的教学服务，帮助学生获得实践经验、个性化指导和即时反馈，从而提升操作系统专业学生的学习效果。

7. 虚拟现实技术教学改革方法可实践的效果

虚拟现实技术在操作系统课程教学改革中的应用具有显著的可实践效果，能够改善传统教学的局限性，提升学习效果。首先，虚拟现实技术的核心优势在于其高度沉浸感，通过虚拟与现实的结合，学生能够进入与学习内容高度相关的三维虚拟场景，从而实现沉浸式教学，学生能够更加直观地学习和体验知识，增强了感知记忆和理解能力，尤其是对于抽象或难以直观感知的知识点，虚实结合的体验有助于打破学生的认知障碍。其次，虚拟现实技术突破了传统教学资源的物理和地理限制，尤其在实验设备、远程教学和特殊资源上提供了新的解决方案，学生可以通过虚拟现实技术模拟实验室，进行精细的实验模拟，不需要单独购买昂贵的实验设备和仪器，甚至在偏远地区或资源不足的学校，学生也可以通过虚拟现实技术接触到顶尖的教学资源，享受优质教育。最后，虚拟现实技术能够根据学生的学习需求和能力，提供个性化的教学内容和学习路径，使学生能够按自己的节奏学习，增强学习效率，虚拟现实教学还可以适应学生的学习速度和能力水平，根据学生的表现自动调整知识难度，针对学生的错误之处提供实时反馈，有针对性地强化薄弱环节，避免传统教学中“一刀切”的问题，使得每个学生都可以得到量身定制的学习体验，最大限度地发挥学习潜力。综合来看，虚拟现实技术在教学改革中展现了巨大的可实践效果，打破了传统教育模式的瓶颈，使得教学更加生动、灵活且富有成效。

8. 总结

我们思考如何基于虚拟现实技术尝试对操作系统课程的传统教学模式改革，探究探索操作系统课程的多元化沉浸式教学模式，尝试创建虚拟现实交融的学习环境和场景，构建实验性、演示性课程虚拟现实应用，发展虚拟备课、虚拟授课、虚拟考试等教学手段，给学生提供身临其境、个性化、多样化的沉浸式学习体验，将抽象的专业知识具象化，突破教学空间与硬件资源的限制，拓展传统教学的边界，促进以学习者为中心的个性化学习，推动教学模式转型，在提高学生学习动力和效果的同时，也为操作系统课程的教学改革带来了新的思路。

基金项目

重庆邮电大学教育教学改革研究项目(项目编号: XJG23223, XJG23105, XJG23230, 以及 XJG23237)。

参考文献

- [1] 李廉. 以计算思维培养为导向深化大学计算机课程改革[J]. 中国大学教学, 2013(4): 7-11.
- [2] 中华人民共和国国务院. 国务院关于印发新一代人工智能发展规划的通知[EB/OL]. https://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content_5211996.htm, 2017-07-08.
- [3] 中华人民共和国工信部. 工业和信息化部关于加快推进虚拟现实产业发展的指导意见[EB/OL]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2018-12/31/content_5442943.htm, 2018-12-21.
- [4] 王沛, 康廷虎. 建构主义学习理论述评[J]. 教师教育研究, 2004, 16(5): 17-21.
- [5] 张振新, 吴庆麟. 情境学习理论研究综述[J]. 心理科学, 2005, 28(1): 125-127.
- [6] 陈巧芬. 认知负荷理论及其发展[J]. 现代教育技术, 2007, 17(9): 16-19.
- [7] 刘继斌, 赵晓宇, 黄纪军, 等. MOOC 对我国大学课程教学改革的启示[J]. 军事高等教育研究, 2014, 36(4): 7-9.
- [8] 蔡宝来, 张诗雅, 杨伊. 慕课与翻转课堂: 概念, 基本特征及设计策略[J]. 教育研究, 2015, 36(11): 82-90.
- [9] 刘革平, 王星, 高楠, 等. 从虚拟现实到元宇宙: 在线教育的新方向[J]. 现代远程教育研究, 2021, 33(6): 12-22.
- [10] 李平. 推进虚拟现实技术应用提高高校教育教学质量[J]. 实验室研究与探索, 2018, 37(1): 1-4.
- [11] 王金岗. 虚拟现实技术在高职实践教学中的应用研究[J]. 中国职业技术教育, 2011(23): 76-80.
- [12] 宋欣, 朱世敏, 张重阳, 等. 基于虚拟现实技术的高校程序设计类课程教学改革实践研究[J]. 江苏科技信息, 2016, 33(17): 74-75.
- [13] 熊宏齐. 虚拟仿真实验教学助推理论教学与实验教学的融合改革与创新[J]. 实验技术与管理, 2020, 37(5): 1-4, 16.