

虚拟现实技术促进学习的核心要素及其挑战

高 媛¹, 刘德建¹, 黄真真², 黄荣怀¹

(1.北京师范大学 智慧学习研究院, 北京 100082;

2.北京师范大学 发展心理研究所, 北京 100875)

[摘要] 文章介绍了虚拟现实技术的定义、发展历程与应用现状、基本特点及其心理体验,并且回顾了与该技术相关的各类学习理论、主要教育应用形式及其教学效果的实证研究结果。在分析相关研究和应用案例的基础上,提出了虚拟现实技术有效促进学习的三大核心要素及十大挑战。期望本文能够对未来这一领域的学术研究和实践应用提供一定的借鉴和参考。

[关键词] 虚拟现实; 技术促进学习; 核心要素; 挑战; 学习者体验; VR 教学法; 资源与 VR 设备

[中图分类号] G434 **[文献标志码]** A

[作者简介] 高媛(1982—),女,澳大利亚籍。研究员,博士,主要从事现代教育技术、智慧学习环境、认知负荷理论、教育心理学理论及应用的研究。E-mail:yuangao0304@163.com。黄荣怀为通讯作者。

一、虚拟现实技术介绍

(一) 虚拟现实技术的定义与分类

虚拟现实技术(Virtual Reality Technology, 简称VR、虚拟现实),是一种可以创建和体验虚拟世界的计算机仿真系统。它利用计算机生成一种模拟环境,向使用者提供视觉、听觉、触觉等多种感官刺激,使用者通过头盔式显示器、手势(数据手套)、体势(数据衣服)和自然语言等方式与这一环境(以及其中的虚拟物体、人物)进行实时交互,带来一种身临其境的沉浸感受。

尽管虚拟现实技术能模拟逼真的三维世界,但由它创造的虚拟环境与真实世界基本是完全分割的。而由其延伸出来的混合现实(MR)技术,例如增强现实(AR)技术,则可以将虚拟世界和真实世界较好地结合起来。Millgram 在 1994 年定义了一个真实环境与虚拟环境的连续统一体(如图 1 所示),用来描述混合现实中各层次环境之间的关系。^[1]其中,增强现实是通过计算机技术,将虚拟的信息应用到真实世界中,真实环境和虚拟物体实时叠加,在同一时空中共存,身处其中的用户通过自然的方式与环境中的真实或虚拟物体进行实时交互。^[2]增强现实技术可以用来增强参与者对真实环境的感受,帮助感受那些现实中无法或很难

被感知的事物。虽然虚拟现实和增强现实在具体技术和环境性质上存在不同,但两者在系统特征和心理体验上具有很多共同之处,目前有很多研究者将增强现实视为虚拟现实系统下的一个子类别,^{[3][4]}所以,下文将针对含义更为广泛的虚拟现实技术进行论述。

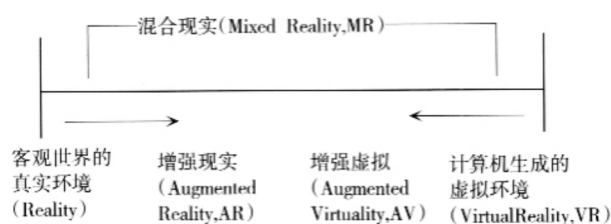


图 1 虚拟环境与真实环境的连续统一体

虚拟现实技术主要包括以下三种类型。^{[5][6]}(1) 桌面式虚拟现实系统(Desktop VR),用电脑屏幕呈现三维虚拟环境,通过鼠标、手柄等进行交互。使用者可能因受到现实环境的干扰而缺乏沉浸体验,但由于成本相对较低,应用广泛。(2) 完全沉浸式虚拟现实系统(Fully-immersive VR),使用者需要佩戴沉浸式的输出设备(比如头盔、具有力反馈的机械手臂等),以及头部、身体的追踪装置,从而确保其身体运动和环境反馈之间的精确匹配;可以将使用者的视觉、听觉与外界隔离,排除外界干扰,全身心投入虚拟世界中。目

前的这类产品主要包括两种,一种是需要与电脑相连的虚拟现实头盔(HMD),例如Oculus Rift和三星Gear VR,沉浸体验好,但价格比较昂贵;另一种是需要配合手机的虚拟现实眼镜,例如Google Cardboard和国内的暴风魔镜,成本低廉并且易于携带。(3)分布式虚拟现实系统(Distributed VR),将分散的虚拟现实系统通过网络联结起来,采用协调一致的结构、标准、协议和数据库,形成一个在时间和空间上互相耦合的虚拟合成环境,参与者之间可以自由交互和协同工作。这类系统最典型的代表是在国外得到广泛使用的多用户虚拟环境(Multi-user Virtual Environments) Second Life 以及 Active World 平台。^[7]

(二)虚拟现实技术的发展历程与应用概况

1965年,美国计算机图形学之父Sutherland在论文*The Ultimate Display*中,提出了虚拟现实概念的基本思想和经典描述,^[8]并在1968年组织开发了第一个头盔显示器HMD和头部位置追踪系统,这是虚拟现实技术的萌芽阶段。20世纪80年代,陆续出现了一些比较典型的虚拟现实系统。例如,NASA虚拟行星探测实验室完成的VIEW虚拟现实系统,涵盖了数据手套、头部追踪器等设备,提供手势、语言等交互手段,可以称得上是第一个“完整”的虚拟现实系统。^[9]1987年,James. D. Foley在论文*Interfaces for Advanced Computing*中,对虚拟现实的含义、接口硬件、人机交互界面、应用和未来前景作了全面的论述,^[10]虚拟现实的概念和理论开始初步形成。1989年,VPL公司的Jaron Lanier提出用“Virtual Reality”来表示虚拟现实一词,并且把虚拟现实技术开发为商品,推动了虚拟现实技术的发展和应用。^[11]

20世纪90年代开始,随着各类技术的不断发展成熟,虚拟现实逐步从实验室研究转向更广泛的应用,包括军事、科学与工程环境的模拟与仿真、教育与训练、医学、商业、艺术与娱乐等多个领域。2016年被称为虚拟现实技术元年,各大巨头公司纷纷将目光转向虚拟现实技术的开发和推广,虚拟现实技术进入全面发展阶段。

(三)虚拟现实技术的特点

Burdea,G.和Coiffet使用三个“I”来定义虚拟现实技术的基本特征:^[12]沉浸性、交互性、想象性,这一观点目前得到了较多研究者的认同。^{[13][14][15]}沉浸性(Immersion),是指利用计算机产生的三维立体图像使人置身于一种虚拟环境中,就像在真实的客观世界中一样,带给人一种身临其境的感觉。沉浸性主要来源于虚拟世界中存在的多重表征和感官刺激,除了常见

的视觉感知之外,还有听觉感知、触觉感知、运动感知、嗅觉感知等。沉浸性还来源于虚拟环境的另一大特征——交互性(Interaction),是指虚拟现实系统能够随时探测使用者的输入信号,并且做出及时回应。在虚拟环境下,人们可以利用一些传感设备以更自然的方式与其中的物体进行交互,感觉就像在真实世界中一样;比如可以用手直接“操纵”虚拟物体,并且得到触觉反馈和力量反馈。后来的研究者进一步将“交互性”的概念从使用者和环境(及环境中的物体)互动拓展到不同使用者之间的交互行为上,比如虚拟世界中通常具有“代替真实用户出现的虚拟化身(Avatar)”和“方便沟通、互动的聊天工具”等社会性元素。^[16]想象性(Imagination),是指虚拟现实技术为人们认识世界提供了一种全新的方法和手段,能够帮助人们思考和想象现实世界中不存在的事物,提高感性和理性认识,从而深化概念以及引发新的联想。然而,目前关于虚拟现实技术究竟是否能够促进使用者创造性思维的发展和在创造性活动中的表现,还缺少实证研究成果的支持。虚拟现实技术对抽象符号的具象化呈现方式,可能会限制学习者自身的独特想象,使其在头脑中构建的事物模型更加趋于同质化,在一些开放性的问题情境中可能阻碍创意的发挥。比如在创意性写作课程中,学生需要完成对未来城市的描写任务,如果先让学生在虚拟技术创设的城市中漫游体验,可能会导致学生在接下来的描写更加类似于刚才见过的事物和场景。

综合不同研究者的观点,“沉浸性”和“交互性”被认为是虚拟现实技术最重要也最为普遍接受的两个特征。前者主要是指虚拟现实环境的逼真性和多种刺激表征的特性,后者主要是指虚拟环境中的自然交互方式和人际互动特点。

(四)虚拟现实技术的心理体验

1. 临场感(Presence)

在虚拟现实环境中,临场感(Presence)是一种最为核心的心理体验。研究者主要使用“置身其中”(The Sense of Being There)的隐喻来描述这一感受。虚拟现实环境中临场感可分为空间临场感(Spatial Presence)和社会临场感(Social Presence)。^[17]前者是指使用者感受到自己置身于媒体创设的虚拟环境中(就像处于真实世界中那样),并且能与其中的物体交互的主观感知;^[18]而后者则是指使用者对虚拟空间中其他社会个体(由电脑控制或者由真人控制)的存在以及与其进行社会化互动的主观感知。临场感会因为虚拟环境所具有的沉浸性和交互性特征而提高。具

体来说,影响临场感形成的因素主要有两个方面:首先是媒体环境相关的特征,包括媒体环境的形式和内容(例如视角(第一人称、第三人称)、多元信息的传递方式、环境中陈设以及故事脚本等);其次是使用者自身相关的特征,包括个体的认知能力、人格、动机和兴趣等。^{[19][20]}

虽然早期的一些研究者认为,增强临场感能够提升虚拟环境中的任务表现和学习效果。^[21]但是到目前为止,还没有清晰的研究证据支持临场感与学习表现之间的正向关系。甚至一些研究发现,学习效果与临场感之间的关系并不是简单的直接对应,可能会受到具体的教学方法和学习活动的影响。^[22]也有研究者认为,在包含多种刺激元素的虚拟环境中,使用者可能会对环境中某些元素产生更强的临场感,从而导致对其他元素的注意力发生分散,影响对特定元素的学习效果。^[23]比如在学习目标为认识海底地形结构的虚拟环境中,可能同时存在一些生活在海底的生物,学习者与这些生物之间的互动也许带来了更为强烈的沉浸体验,使得学习者的注意力主要被这些生物吸引,从而忽略了环境中的地形结构,无法较好地实现学习目标。

2. 虚拟自我与身份(Virtual Self and Identity)

在虚拟世界中,使用者往往拥有代表自我的视觉表征——虚拟化身(Avatar)。由虚拟化身代替使用者进入环境,操纵物体,或与环境中的其他社会个体(真实存在或者完全虚拟的学习同伴)形成社会联结、进行互动。这种“虚拟自我”是个体真实自我的一种延伸,由于虚拟环境的灵活性,使用者可以尝试各种类型的自我表征,有选择性地展示真实自我的特征,建立起“新的”自我形象与身份。^{[24][25][26]}这种虚拟表征中还可以融入我们的理想自我——就是我们希望成为的“自我”。^[27]

虚拟自我与身份会对使用者的行为产生影响。一方面,虚拟自我表征会对使用者在虚拟世界中的表现产生影响,使得人们根据虚拟自我而不是真实自我来行动,这被称为“Proteus 效应”。^[28]例如当人们的虚拟化身的外貌有吸引力时,他们的行为也更像一个有吸引力的人;当人们的虚拟化身是高个子时,他们在谈判任务中表现得更为自信。^[29]另一方面,虚拟自我表征也会对使用者在真实世界的表现产生影响,使用者对虚拟化身身上的“理想”特质的认同感,可能影响其在真实世界中的认知、态度和行为。例如有研究发现,游戏玩家对游戏角色的认同,能够迁移到真实世界的社会互动中;当青少年玩家越希望自己像所扮演的暴

力游戏中的人物一样,他们在游戏结束后表现出的攻击性行为也越多。^[30]

3. 多种空间视角(Multiple Perspectives)

由于虚拟学习环境具有多重表征特性以及灵活的交互方式,使用者可以在其中根据需要进行自己的空间视角,即在客体中心(Exocentric)和自我中心(Egocentric)这两种空间参照系之间进行转换。客体中心参照系是指从外部来观察物体、空间或现象的一种视角,自我中心参照系则是指一种内部观察的视角。^[31]这两种视角在学习中具有各自的优势。^[32]自我中心的视角能够让参与者与虚拟环境进行更多的沉浸式交互,带来更强的自我参与感,并且有助于对事物细节的具象化的学习。而客体中心的视角能够让使用者从情境中脱离出来,帮助其形成更加抽象的或符号化的整体表征。在学习复杂现象时,两种视角相结合的学习方式是一种有效的手段,能够促进学习成效更优化。^[33]

二、虚拟现实技术与教育

(一) 虚拟现实技术相关的学习理论

1. 建构主义理论(Constructivism)及相关教学策略

在将虚拟现实技术应用于教育领域时,其背后最重要的理论基础是建构主义学习理论。建构主义理论提倡以学生为中心,不仅要求学生由知识的被动接受者变为信息加工、意义建构的主体;而且要求教师由知识的传授者、灌输者变为帮助学生建构意义的促进者和引导者。^{[34][35]}建构主义学习环境中设计的情境、活动和社会互动能够持续地挑战学习者头脑中已有的经验,从而促进新知识的形成。^[36]由建构主义延伸出的一系列教学策略,例如情境化学习、体验式学习、合作性学习、问题导向学习、探究式学习等,因其都具有有一些与虚拟学习环境相一致的特点,可以广泛地应用于虚拟现实环境的教学与学习中。

2. 自主学习理论(Autonomous Learning)

自主学习也称为自我导向的学习(Self-directed Learning)或自我调节的学习(Self-regulated Learning),是指学习者在获得知识的过程中自己主动确定学习目标、选择学习方法、监控学习过程、评价学习结果。^[37]在自主学习中,教师起指导作用,但学生自主探索、建构知识的过程更重要;所以学生在学习过程中需要借助于反馈信息,形成对客观事物的认识及解决实际问题的能力。虚拟现实技术为自主学习提供了必要的资源,学生可以根据学习需要选择适合自己的学习环境,并能够无限次地重复和练习,通过环境反馈检测

自己的学习成果。然而,虚拟学习环境对学生的自我控制能力要求较高,相对于面对面的教学和观察,目前教师在虚拟教学情境下还较难实现对学生全部学习行为的监控,例如教师无法通过观察学生头盔下的表情来判断其对于学习内容的反馈。

3. 认知负荷理论(Cognitive Load Theory)

认知负荷理论是教学和教材设计的指导理论,其中心是工作记忆(Working Memory)在认知历程中的核心地位。工作记忆在其容量和维持时间上均存在局限性,因此,有效的学习需要把认知负荷控制在学生工作记忆能够承载的范围内,避免学习过程中的认知负荷超载。认知负荷通常被分为三种类型:(1)外在认知负荷(Extraneous Cognitive Load),即由不恰当的教学及教材设计所引起的负荷,能够通过优化教学及教材设计而降低;(2)内在认知负荷(Intrinsic Cognitive Load),即学习内容本身的难度所带来的负荷,无法通过改良教学设计而改变;(3)相关认知负荷(Germene Cognitive Load,也有部分台湾学者将其翻译为“增生认知负荷”、“有用的认知负荷”),即学生在解决与内在认知负荷相关问题时产生的负荷,能够促进知识构建,是一种对于学习有益的认知负荷。由于相关认知负荷与内在认知负荷的相关性,近年来,越来越多的认知负荷理论学者将这两种类型的认知负荷归为一种类型,统称为内在认知负荷。^[38]认知负荷理论通过长期的实证研究,提出了一系列控制和调节认知负荷的原则,即在设计具体的学习内容时,需要尽量减少外在认知负荷,适当地操纵及平衡内部认知负荷,并且增加相关认知负荷。^{[39][40][41][42]}

虚拟现实技术通过多种媒体方式,打造了一个多元信息环境,如声音、图像、文字甚至力感等触觉信息的同时传送,一方面营造了高度拟真的效果,使得学习者身临其境,获得沉浸式学习体验;但另一方面,多渠道的信息传递,丰富的刺激容易造成单位时间内工作记忆的大量负荷,造成认知负荷超载,影响学习效率。若环境设置及学习脚本设计不恰当,学生有限的认知资源将无法投入到与学习目标相关的活动中。例如,环境中多刺激物的设置可能会造成“分散注意力”效应,使学生关注其中某一种刺激物,而忽略真正需要学习的目标。而在同一物体上的多重信息传送方式,虽然可以增强学生的临场感(如同一内容的画面和文字同时出现),却容易造成信息传送上的冗余,耗费有限的认知资源。因此,虚拟现实学习环境内容的构建、学习材料的呈现都应该参考认知负荷理论的相关原则,以适应学生的认知历程,增强学习效果。

(二)虚拟现实技术在教育上的应用

目前,虚拟现实技术在教育领域还处于初步尝试阶段,尚未大规模地引入常规课堂。但是,由于其“沉浸性”和“交互性”的特点,能够创设各种各样的拟真的学习环境,特别是模拟现实世界中难以接触、甚至完全不存在的事物,所以在各类学科的学习中具有广泛的应用前景。根据具体的学习方式和任务特征,我们将虚拟现实技术在教育中的应用分为观察性学习、操作性学习、社会性学习、科学研究这四种类型。在实际应用中,这些不同的应用类型之间并不是互相排斥的,而是可以在同一个虚拟学习环境中结合使用。

1. 观察性学习

虚拟现实技术可以将物体的运动和行为的模拟拓展到三维空间,学习者可以在虚拟环境中自由导航,根据需要从不同的空间视角获得对事物的直观体验和感受,从而对事物特征、结构或相关过程产生更为深入的理解。这种通过多视角观察而展开的三维虚拟空间中的学习活动,我们将其概括为观察性学习。虚拟校园是虚拟现实技术较早应用的领域,其利用虚拟现实技术创设三维拟真校园场景。国内外目前已有很多高校都建立了自己的虚拟化校园,Sourin、Sourina和Prasolova-Førland^[43]在研究中描述了新加坡南洋理工大学的虚拟校园,不仅仅展示了关于校园结构的基本信息,国际学生还可以在其中漫步,参观各个学院、宿舍区、图书馆、演讲厅等,从而帮助他们提前熟悉校园环境 and 设施,更快适应真实的校园环境。

虚拟现实技术不仅能模拟真实世界中的场景,还能超越时间、空间以及人们生理感官的限制,复原当下时空里不存在的场景,或者创造出现实中不存在、想象出来的世界。使用虚拟现实技术可以对物理空间进行缩放、转换,展示微观世界和宏观世界中的事物,或者将一些抽象概念具象化,在科学教育中的应用较广。比如,既可以在虚拟宇宙的行星中漫游,学习天文知识,^[44]也可以进入微观世界去探索分子和细胞的结构。^{[45][46]}在历史课上,学生也可以借助虚拟现实技术重新“回到”真实再现的历史场景和事件中,“参观”历史遗址,观察复原的虚拟文物,通过亲身观察体验学习历史知识。

2. 操作性学习

虚拟现实技术打造的情景化学习环境,为学生的动手操作提供了平台。学习者可以通过一些动手操作的学习活动,获得行为结果和环境反馈,从而更好地掌握正确的操作行为和概念知识。一方面,在一些技能训练和操作任务的学习中,虚拟现实能够模拟真实

的任务情境,并为学生提供在其中反复练习的机会,有利于学生将所学技能迁移到真实的操作任务中。模拟驾驶训练以及医务人员和医学学生的操作练习都属于这一类操作性学习的常见范例。对于那种在真实世界中开展起来成本昂贵,或者存在较高危险性的学习任务,虚拟现实技术为其提供了更为便捷和安全的训练和操作机会。例如,虚拟环境已被用于训练日本核电站的工作人员和训练宇航员维修天文望远镜等。^{[47][48]}

另一方面,在概念性知识的学习中,学习者可以通过“操纵”虚拟世界中的学习对象,观察自己行为所带来的结果,检验自己原来的假设是否正确,从而修正原有的认识或者建构新的理解。例如美国 NASA 资助开发的 Science Space 项目,包含一个叫做“牛顿世界”(Newton World)的虚拟平台,可以模拟没有任何重力和摩擦力的场景,学生在这一平台上尝试用“虚拟手”来发射和接住不同质量的球,通过实际操作来预测、实验和解释这些物理现象,从而认识牛顿运动定律和能量守恒定律。在这个项目包含的另一个虚拟平台“麦克斯韦世界”(Maxwell World)中,学生也可以通过动手操作来探究静电力、电通量等现象,比如可以将带有不同电荷量的正负电荷“放入”这个世界中,也可以通过将手指移动到电场中的任何一点,观察连接该点与特定电荷的场线。^[49]

3. 社会性学习

学习者在拟真的社会情境下,通过与他人的交互及合作进行学习,我们将其称之为虚拟现实情境下的社会性学习。这是相对于“合作式学习”更为广泛的学习模式,学生在利用虚拟现实技术打造的多用户虚拟环境中尝试完成各种各样的学习任务,突出了虚拟现实环境高度交互性的特点。三维虚拟环境可以为教师和学生提供一个开展社会性学习活动的空间,由于其能够克服物理空间距离的限制,尤其适用于远程教育。通过多用户虚拟平台,学生能够参与实时的课堂互动,完成小组讨论和工作;他们感受到自己仿佛真正置身于这一环境中,并且对社会群体产生了归属感。

除了在空间上营造社会化环境,虚拟环境下使用的虚拟化身(Avatar),可以为学习者提供更为丰富的社会化沟通方式,包括言语和非言语的不同形式。言语的沟通往往通过基于文字的实时聊天功能实现,而非言语的信息则可以通过虚拟化身动态变化的表情、身体姿势和手势等来传达。在 Peterson 的研究中,一群来自日本的学生需要在 Active Worlds 虚拟世界中使用英语进行交流,并且和自己选择的搭档共同完成

一系列合作性任务。除了使用基于文字的实时聊天功能,大部分学生还使用了基于虚拟化身的沟通方式,比如招手来吸引搭档的注意,或者使用虚拟化身表现出的情绪反应,比如高兴。^[50]虚拟现实不仅可以促进不同学习者之间的合作,还可以在真实的学习者与虚拟世界的人物之间建立联系,促进两者的信息交流。在一个叫作 River City 的多用户虚拟世界中,学生通过和虚拟世界中的“居民”沟通来收集有用的资料和线索,帮助研究活动的顺利开展。^[51]

4. 科学研究

除了在教学中的应用,目前虚拟现实技术在一些学科的科研活动中也扮演着重要角色。国内外已有很多高校建立了虚拟现实实验室,特别是在理工类的学科领域。虚拟现实技术能够方便地模拟各种科学与工程环境,大大降低了在真实环境下进行实验的成本和风险。另一方面,虚拟现实还可以创造出真实世界无法实现的场景和效果,能够灵活地进行实验条件的操纵与控制。

具体来说,在医学研究中,虚拟现实不仅可以对身体内部的器官可视化,还允许研究人员对一些虚拟的神经组织进行“操作”。^[52]在工程领域,虚拟现实可以模拟诸如工业机器人的复杂机械系统,通过设置和调整各种控制参数、添加传感器、辅助建模等,学生不仅可以学习操作方法和相关理论知识,还能使用这一工具进行科学研究。^[53]在心理学研究中,虚拟现实技术可以用来改变人们对于自己身体状态的感知,从而探讨这种感知对人们的认知、情绪和行为等各方面的影响。比如有研究发现,减少人的高度会引起更多对自身的负面评价,并且增加对别人的不信任。^[54]

(三) 虚拟现实技术在教学中的应用效果

虚拟现实技术究竟是否能够促进教学和学习效果?目前,使用实验方法直接考察虚拟现实环境下学习效果的研究还相对较少,^[55]并且缺乏对学习效果指标的客观化测量和实验对照。但是总体来看,大部分研究表明,虚拟现实技术在一定程度上能够给学习带来积极的影响。例如,在一个由哈佛大学教育学院开发的面向中学生的生态系统课程(EcoMUVE)中,使用了类似电子游戏的多用户虚拟环境(MUVEs),在学习前后对学生进行了因果推理的测试。结果发现,在后测时学生对生态系统的因果模式及作用过程的理解明显提升。^[56]在另一项探讨虚拟现实的触觉反馈对学习的作用的研究中,学生被分为实验组和控制组,在两周时间内学习关于“太阳和地球之间的引力”的学科知识。实验组的学生在沉浸式虚拟环境中使用触觉的

力反馈装置来学习,控制组则进行传统课堂教学,学习结束后测量学生的知识理解和对物理学科的态度。结果表明,触觉反馈装置的使用对学生的知识理解、学习动机和自主性等方面产生了明显的积极影响。^[57]除了理工类学科,虚拟现实技术还可以在文史类知识的学习中发挥作用。一项研究中模拟了一个北美土著部落居住的古代城镇,学生在这一虚拟环境中通过角色扮演来学习这个部落的文化和历史,在游戏前后都设置了一系列测试问题来考察学生的内容知识(对部落文化的了解)。结果表明,学生的后测分数显著高于前测分数,说明其知识水平确实得到了提升,这一结果在不同年份的不同学生群体中都得到了证实。^[58]

然而,有部分研究表明,使用虚拟现实技术不一定能对学习带来积极作用,其效果会受到具体的教学方法、学习对象的影响。Jestice、Kahai 和 Jestice^[59]对比了使用虚拟现实技术和使用传统的课件配合语音展示这两种方式学习关于中国紫禁城的知识。一组学生先在虚拟世界中学习然后接受传统教学,另一组学生的学习顺序正好相反;每个学习阶段结束后都针对所学知识、学习过程的主观感知和满意度对学生进行测量。结果表明,学生对使用虚拟世界的学习过程的评价更为积极,但是当他们先使用虚拟世界进行学习时,其知识掌握水平要低于先接受传统教学的组别。在另一项使用多用户虚拟环境进行科学课程学习的研究中,学生在虚拟城镇“River City”里合作研究和解决与疾病相关的问题。实验中设计了三种版本的虚拟现实课程,对比了三个实验组与控制组(传统教学)的表现。研究者通过分析学生撰写的实验报告来考察他们对科学研究过程的理解,发现参加虚拟现实课程的学生获得的分数是控制组的两倍;但是在探究能力和生物知识的测试中,实验组并没有表现出明显优势。^[60]

甚至也有少数的一些研究报告了在应用虚拟现实进行教学时产生的消极结果。Richards 和 Taylor^[61]在研究中分别使用了 2D 和 3D 虚拟技术(NetLogo 和 Unity)来构建一个复杂生物概念(Marginal Value Theorem)模型,并在学习前后分别针对两组学生测试概念理解,从而对比使用这两种模型与使用传统课堂教学的效果。研究发现,3D 模型的“第一人称”视角阻碍了学生对此模型的迁移应用,对概念理解没有促进作用;而 2D 模型的使用则明显提升了学习效果。研究者推测,三维环境中存在的更丰富的视觉元素可能会分散学生对关键内容的注意力,导致认知负荷超载,影响学习效果。

总之,目前的研究结果表明,虚拟现实技术在教

育上的应用效果并不稳定。尽管一些研究证实了虚拟现实技术能够在一定程度上增加学生的领域知识,但是这些研究往往偏重于问卷调查等描述性数据,缺乏实验考证,而且缺乏与使用传统的或者其他形式的教学方法的控制组别之间的对照,这在某种程度上降低了其教学效果的说服力。在未来的研究中,可以通过更加严格的实验控制和变量操纵,使用多种方法对学习效果进行客观测量,从而更好地揭示虚拟现实的教学效果。对于虚拟技术究竟是否能够促进学习这一问题的回答,很可能没有一个简单统一的答案,而是会受到环境设置、学习内容以及操作差异等复杂因素的共同影响,这也可能是导致目前一些研究中得到彼此不一致的结论的原因。虚拟现实技术若要广泛地应用于教育领域,除了概念性的创新和尝试,仍需要大量的实验性研究来进行长期、反复的论证。

三、虚拟现实技术在教育中应用的核心要素与挑战

(一)虚拟现实技术促进学习的核心要素

虚拟现实技术作为一种新兴的现代教育技术,如何使其有效促进学习是教育者普遍关注的问题。基于以上对相关理论和实证研究成果的梳理,我们认为在使用虚拟现实技术促进学习的过程中存在着三大核心要素——VR 教学法、资源与 VR 设备以及学习者体验。其中,“学习者体验”是影响虚拟现实技术能否有效促进学习的最直接因素,包括学生在虚拟现实学习环境下的临场感受、对虚拟身份的认同以及与设备、环境及其他虚拟化身之间的交互(观察、操作及合作等学习行为)等。身临其境的感受和自然丰富的交互体验不仅极大地激发了学习者的学习动机,更给学习者提供了大量亲身观察、操作以及与他人合作学习的机会,促进了学生的认知加工过程及知识建构过程,有利于实现深层次理解。“资源与 VR 设备”和“VR 教学法”作为另外两个关键要素,彼此之间亦存在着紧密联系。“资源与 VR 设备”是虚拟学习环境的技术基础,为教学法的实施创设了合适的环境和平台;“VR 教学法”中包含虚拟学习环境下的教学内容与教学策略,对“资源与 VR 设备”提出技术及内容上的要求,使之进一步丰富和完善。这两个关键要素互为条件、相互影响,共同作用于“学习者体验”,呈现出“教学+VR”的新兴教育模式。其中,“资源与 VR 设备”会影响虚拟学习环境下学生的沉浸感受和交互体验;“VR 教学法”能够调节虚拟学习环境下的学习行为,为学习体验提供科学引导。“学习者体验”对上述两个要

素的不断反馈,促进VR设备与资源逐渐完善与发展,教学法不断更新和改良。总之,只有综合考量“资源与VR设备”、“VR教学法”及“学习者体验”这三个核心要素,使其彼此调节、共同发展,才能构建具有强大兼容性和扩展性的虚拟现实集成学习环境,让该技术与其他现代教育技术、虚拟现实学习环境与传统教室充分融合、互为补充,形成灵活有效的智慧学习体系(如图2所示)。

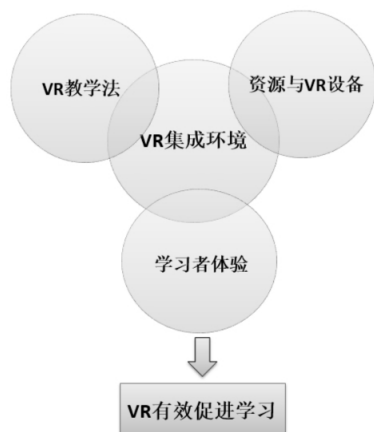


图2 虚拟现实技术促进学习的核心要素

(二)虚拟现实技术促进学习的十大挑战

虚拟现实技术满足了多种教学理论及教学法的需要,因此在教育领域被寄予厚望。近年来的一些相

关实验研究,也证实了虚拟现实技术在教学与学习中的积极作用。然而,虚拟现实的教育应用目前仍面临着众多的挑战,围绕着促进学习的核心要素,在产品技术层面、教学应用层面及学习者体验层面上均需要进一步发展和改良(见表1)。

1. 产品技术层面

(1)控制设备成本与增强便携化

总体来说,目前虚拟现实相关设备的成本还比较高,尤其是借助于头盔的完全沉浸式的虚拟现实设备。高精度的输出设备,例如虚拟现实头盔的重量较大,也不便于长时间携带。随着越来越多虚拟现实产品的开发,这一技术的使用成本也在不断降低。不过,要想真正在教育实践中大规模地推广和应用这一技术,还需要开发更加便携、廉价的设备,并将虚拟现实设备与手机、Pad等现代通讯终端相连,从而应用于移动学习(Mobile Learning)等领域。

(2)改善环境拟真度

虚拟现实技术高度沉浸性的特点对其营造的学习环境拟真度提出了极高的要求。只有在场景设置和操作体验上均提升虚拟现实环境的拟真度,学生才会在一个近乎真实的学习环境中实现自然语义状态下的深层次理解。目前,一些用户在使用虚拟现实产品时仍可能会出现眩晕的情况,特别是较长时间的使用

表1 虚拟现实技术促进学习的十大挑战

类别	面临的挑战	简介
产品技术层面	1. 控制设备成本与增强便携化	开发更便携、廉价的设备,并将虚拟现实设备与手机等现代通讯终端相连,应用于移动学习领域
	2. 改善环境拟真度	进一步提高产品的精度和反应速度,并呈现来自触觉、力觉、嗅觉等多个通道的反馈信息,增加临场感受
	3. 提升交互体验	提升人与设备及环境之间的自然交互体验,并拓展方便实时沟通的系统社交工具,促进多用户之间的合作
教学应用层面	4. 明确系统内容及教学策略	明确虚拟现实技术适用的教学对象,设计适合的系统内容,并探索虚拟学习环境下有效的教学策略和原则
	5. 避免认知负荷超载	在构建虚拟学习环境的时充分考虑认知负荷这一要素,场景设计及学习材料的呈现和组织方式都应避免造成认知负荷超载
	6. 监测与评估学习效果	注重虚拟学习环境下对学习行为的追踪、监控和评估,并且针对该技术的教学效果开展更多严格的实证研究
学习者体验层面	7. 减少技术使用困难	为教师、学生提供技术使用和操作的相关培训;提升产品的可拓展性,允许用户对内容的自主编辑和调整
	8. 适应身份转换及促进身份认同	帮助学生更好地适应虚拟现实环境下的身份转换,通过提升对虚拟身份的认同感进一步激发参与学习活动的兴趣
	9. 提高用户隐私保护及数据安全	在开放性虚拟现实平台中,需要注重个人信息安全的保护,制定产品开发和开放的行业标准
综合以上三个层面	10. 实现技术集成、打造可灵活运用的智慧学习环境	增加虚拟现实与其他教育技术、虚拟学习环境与真实学习环境之间的兼容性;围绕教学目标,灵活运用各种技术开展教学,打造最优的智慧学习环境

后,这主要是由于虚拟视觉刺激与用户自身的本体感觉刺激之间出现了不匹配。所以,虚拟现实产品的精度和反应速度需要进一步提高,尽量减少视觉刺激更新的延迟。此外,目前大多数虚拟现实系统仍然仅停留在对于视觉和听觉信息的提供上,只有呈现来自触觉、力觉、嗅觉等多个通道的反馈信息,学生才能够对学习对象不同方面属性产生临场感受,虚拟环境的综合拟真度才能得以提高。

(3)提升交互体验

尽管交互性是虚拟现实技术的另一显著特点,然而,目前虚拟现实学习系统的交互体验仍有待提高。一方面在技术层面需进一步提升用户与系统之间的交互体验,允许用户以更自然的方式对虚拟环境及其中的物体进行操纵、控制。另一方面,目前在虚拟学习系统中,用于人与人之间社会沟通方面的工具还比较单一,主要以传统文本形式的言语信息为主。虽然在一些系统中,可以通过虚拟化身的肢体动作、面部表情等呈现非言语信息,但是这些沟通方式的有效性仍然不如真实环境下的社会互动。所以,虚拟现实技术除了提高人与设备及环境之间更为自然的交互外,还需要进一步拓展方便实时沟通的社交工具,为多用户之间的合作提供支持。

2. 教学应用层面

(1)明确系统内容及教学策略

在教学应用中我们首先需要考虑的是,可以运用虚拟现实技术来教什么以及如何教的问题。虽然虚拟现实技术在许多学科领域的教学中都具有应用潜力,但只有明确了适用范畴和教学对象,弄清虚拟现实环境的呈现及建构原则,发展和设计出更丰富的、符合教学要求的虚拟现实系统内容,才能充分发挥这一技术的优势,实现学习效果的最优化。另一方面,运用虚拟现实技术进行教学,目前仍缺乏相对系统、成熟的方法论指导。传统纸质教材上的知识内容在虚拟现实环境下应该如何呈现,学生在虚拟现实环境中如何进行自主学习,教师如何在虚拟现实环境中对学生进行指导,这些都需要进一步探索虚拟环境下有效的教学内容及策略。

(2)避免认知负荷超载

虚拟现实环境中存在的大量多渠道信息载体会在瞬间将多元信息传递给使用者,如设计不当,很容易引起认知负荷超载,影响学习效果。虚拟世界拥有的众多功能和丰富的模拟场景可能会分散学生的注意力,干扰学习者对目标学习内容的注意。多元的信息通道会增强学生的临场感,但也可能会造成信息传

递的重复和冗余,耗费认知资源。虚拟现实学习环境的构建与其他用于游戏和娱乐的拟真环境不同,它的根本目的在于传递知识,让学生把有限的认知资源投入到与学习对象直接相关的活动中去。因此,虚拟现实学习环境的构建需要充分考虑认知负荷这个重要元素,其场景的设计、学习材料的呈现和组织方式都应该顺应学生的认知加工过程,避免学习中造成认知负荷超载,例如,设计时应充分考量虚拟环境中包含事物的数量及布局,多元媒介(声音、文字、图形、动画等)的组织 and 呈现方式以及学习者的先备知识水平等对于学生认知历程和学习效果的影响。

(3)监测与评估学习效果

在实际应用中,借助头盔营造的完全沉浸式虚拟现实学习环境下,教师无法通过传统的行为线索和反应(比如走神、困惑时的表情)来辨别学生的学习状态,难以对教学过程进行实时监控。所以,虚拟现实系统需要增加更多的辅助技术来更好地追踪、记录和评估学习行为表现,从而为学生和教师提供学习效果的反馈。在教学研究方面,需要进行严格的实验控制,选取有效的效果指标,在涉及不同学习对象和运用不同教学方法的情境下,针对虚拟现实技术的教学效果开展实证性研究。并且开展时间跨度更长的追踪研究来考察虚拟学习环境的长期效果,以及探讨虚拟环境下所学的知识技能是否能够迁移到真实环境下的任务中。

3. 学习者体验层面

(1)减少技术使用困难

作为一种较为复杂的新技术,用户在使用时需要适应虚拟现实系统中特定的操作方式,由此可能遇到一些困难。为了保证虚拟现实技术在课堂中的顺利使用,需要先为教师提供技术应用方面的培训,使其能够对学生进行有效的指导,随时解决学生在使用中遇到的问题。同时,学生在使用虚拟现实系统之前也应该接受相关的培训课程和练习,保证其在学习中的顺畅操作,减少技术应用对学习带来的额外负荷。此外,由于目前大多数的虚拟现实产品的可拓展性较差,用户无法根据需要对其中的内容进行自主编辑和调整,在实际应用中也造成了诸多不便。

(2)适应身份转换及促进身份认同

在虚拟现实环境中,学生所建立的“虚拟身份”可能与其真实身份之间存在一定的差异,进而降低学生身份认同感。身份认同感影响社会环境中的学习动机。虚拟现实学习环境是具有高度交互性的拟真社会环境,尤其在多用户虚拟平台上,身份认同感的缺乏导致学生无法以虚拟身份完成学习任务,与他人进行

交互。因此,在虚拟环境的人物角色设计上,应该考虑如何帮助学生更好地适应这种身份转换,并且通过提升身份认同感来进一步激发其参与虚拟学习活动的兴趣。未来可以进一步探究学习者对虚拟化身的使用规律,以及这种虚拟身份究竟会如何影响学习效果。例如,学生倾向于使用更接近真实自我还是更接近理想自我的虚拟化身,虚拟人物的表征(例如身高等外貌特征)如何影响学生与其的社会互动,以及对其所传达信息的感知等。

(3)提高用户隐私保护及数据安全

个人数据的隐私问题是 K-12 领域的教育者在应用虚拟现实技术时较为关注的问题。^[62]在大规模开放的虚拟现实平台中,如何维护个人信息安全,尤其是年纪较小的未成年用户的信息安全,需要引起广泛的重视。虚拟现实技术产品开发和开放的行业标准以及其相关教育产品的标准,目前尚未得到较好的解决。

综合以上三个层面的问题,虚拟现实技术教育应用的最后一个挑战,即为实现虚拟现实技术集成,增加虚拟现实技术与其他教育技术之间以及虚拟现实环境与真实学习环境之间的兼容性。“虚拟现实+教育”并非一种新的教学方法,而是一种教育工具;不是为了分离于传统课堂教学,而是为了贡献于传统教学模式。目前的虚拟现实产品开发仍然缺乏开放设计的设计标准,这为想要整合其他教育技术和教学资源的使用者带来困难。虚拟现实技术如何与其他的教育技术结合使用,虚拟现实环境如何实现与真实学习环境无缝

连接,虚拟现实内容如何覆盖不同学科,都是非常值得探讨的问题。我们对于虚拟现实技术的探讨和研究,是为了更好地满足教学要求,围绕具体教学目标,灵活地综合运用各种技术和手段来开展教学,从而打造一个最优的智慧学习环境。

四、结 论

虚拟现实技术可以创设各种拟真的学习环境,为学习者提供丰富的感官刺激和自然的交互方式,从而带来一种沉浸式的学习体验。在建构主义理论、自主学习理论和认知负荷理论的指导下,虚拟现实技术在各类学科的学习中具有广泛的应用前景。在虚拟现实环境中,学生可以通过多视角观察获得对事物的直观体验,通过动手操作来学习概念知识和操作技能,通过与他人的合作、交互进行社会性学习,以及进行科学研究等活动。在大量理论和实证研究的基础上,本文提出了虚拟现实技术有效促进学习的三大核心要素:VR 教学法、资源与 VR 设备和学习者体验,这三大核心要素共同作用、致力于打造灵活有效的 VR 集成学习环境。尽管目前大部分研究表明,虚拟现实技术对学习具有一定的积极作用,但围绕着三大核心要素,这一技术在产品技术、教学应用及学习者体验层面还存在着许多问题与挑战。未来应该对虚拟现实环境下适合的教学方法、学习对象、教学效果以及评估手段等进行深入研究,从而更好地指导实际应用,充分发挥这一技术的价值与优势。

[参考文献]

- [1] Milgram, P., Kishino, F.. A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays[J]. IEICE Transactions on Information and Systems, 1994, 77(12):1321~1329.
- [2] 徐媛. 增强现实技术的教学应用研究[J]. 中国远程教育, 2007, 10:68~70.
- [3] [5] 宋达. 虚拟现实技术在教育领域中的应用与设计[D]. 长春:东北师范大学, 2005.
- [4] [6] 史铁君. 虚拟现实在教育中的应用[D]. 长春:东北师范大学, 2008.
- [7] Dieterle, E., Clarke, J.. Multi-User Virtual Environments for Teaching and Learning [J]. Encyclopedia of Multimedia Technology and Networking, 2007, (2):1033~44.
- [8] Sutherland, I.E.. The Ultimate Display[J]. Multimedia:From Wagner to Virtual Reality, 1965.
- [9] 王梅艳. 虚拟现实技术的历史与未来[J]. 中国现代教育装备, 2007, (1):108~110.
- [10] Foley, J.D.. Interfaces for Advanced Computing[J]. Scientific American, 1987, 257(4):126~35.
- [11] 邹湘军, 孙健, 何汉武, 等. 虚拟现实技术的演变发展与展望[J]. 系统仿真学报, 2004, 16(9):1905~1909.
- [12] Burdea, G. and P. Coiffet. Virtual Reality Technology [M]. New York, USA:John Wiley & Sons, 1994.
- [13] 单美贤, 李芝. 虚拟实验原理与教学应用[M]. 北京:教育科学出版社, 2005.
- [14] 张占龙, 罗辞勇, 何为. 虚拟现实技术概述[J]. 计算机仿真, 2005, 22(3):1~3.
- [15] Huang, H.M., Rauch, U., Liaw, S.S.. Investigating Learners' Attitudes toward Virtual Reality Learning Environments:Based on A Constructivist Approach[J]. Computers & Education, 2010, 55(3):1171~1182.

- [16] Dickey, M.D.. Brave New (Interactive) Worlds: A Review of the Design Affordances and Constraints of Two 3D Virtual Worlds as Interactive Learning Environments[J]. *Interactive Learning Environments*, 2005, 13(1-2):121~137.
- [17] Sacau, A., Laarni, J., Hartmann, T.. Influence of Individual Factors on Presence [J]. *Computers in Human Behavior*, 2008, 24(5): 2255~2273.
- [18] [19] Wirth, W., Hartmann, T., Böcking, S., et al. A Process Model of the Formation of Spatial Presence Experiences[J]. *Media Psychology*, 2007, 9(3):493~525.
- [20] Coelho, C., Tichon, J.G., Hine, T.J., et al. Media Presence and Inner Presence: The Sense of Presence in Virtual Reality Technologies [C]. *From Communication to Presence: Cognition, Emotions and Culture towards the Ultimate Communicative Experience*, 2006:25~45.
- [21] Regian, J.W., Shebilske, W.L., Monk, J.M.. A Preliminary Empirical Evaluation of Virtual Reality as A Training Tool for Visual-Spatial Tasks[J]. *Journal of Communication*, 1992.
- [22] [23] Persky, S., Kaphingst, K.A., McCall, C., et al. Presence Relates to Distinct Outcomes in Two Virtual Environments Employing Different Learning Modalities[J]. *Cyber Psychology & Behavior*, 2009, 12(3):263~268.
- [24] Nakamura, L.. *Cybertypes: Race, Ethnicity, and Identity on the Internet*[M]. Taylor & Francis, Inc. 2002.
- [25] Suler, J.R.. Identity Management in Cyberspace[J]. *Journal of Applied Psychoanalytic Studies*, 2002, 4(4):455~459.
- [26] [27] Suler, J.. The Online Disinhibition Effect[J]. *Cyber Psychology & Behavior*, 2004, 7(3):321~326.
- [28] [29] Yee, N., Bailenson, J.N.. The Proteus Effect: Self Transformations in Virtual Reality[J]. *Human Communication Research*, 2007, 33(3):271~90.
- [30] Konijn, E.A., Nije Bijvank, M., Bushman, B.J.. I Wish I Were A Warrior: the Role of Wishful Identification in the Effects of Violent Video Games on Aggression in Adolescent Boys[J]. *Developmental Psychology*, 2007, 43(4):1038.
- [31] Dede, C.. Immersive Interfaces for Engagement and Learning[J]. *Science*, 2009, 323(5910):66~69.
- [32] [49] Dede, C., Salzman, M. C., & Loftin, R. B.. *Science Space: Virtual Realities for Learning Complex and Abstract Scientific Concepts* [A]. *Proceedings of IEEE Virtual Reality Annual International Symposium*[C]. New York: IEEE Press, 1996.
- [33] Spector, J.M., Merrill, M.D.. *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*[M]. New York: Springer, 2014.
- [34] Cunningham, D., Duffy, T.. *Constructivism: Implications for the Design and Delivery of Instruction* [J]. *Handbook of Research for Educational Communications and Technology*, 1996:170~198.
- [35] 张宇. 基于虚拟现实技术的研究性学习的设计与开发 [D]. 武汉: 华中师范大学, 2009.
- [36] Dabbagh, N., Bannan-Ritland, B.. *Online Learning: Concepts, Strategies, and Application*[M]. Prentice Hall, 2005.
- [37] Zimmerman, B.J.. Dimensions of Academic Self-Regulation: A Conceptual Framework for Education [J]. *Self-regulation of Learning and Performance: Issues and Educational Applications*, 1994, 1:33~21.
- [38] Sweller, J.. Element Interactivity and Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load[J]. *Educational Psychology Review*, 2010, 22(2):123~138.
- [39] Sweller, J.. Instructional Design Consequences of An Analogy between Evolution by Natural Selection and Human Cognitive Architecture[J]. *Instructional Science*, 2004, 32(1-2):9~31.
- [40] Mestre, J., Ross, B.. *The Psychology of Learning and Motivation: Cognition in Education*[M]. Oxford: Academic Press, 2011.
- [41] Gao, Y., Low, R., Jin, P., et al. Effects of Speaker Variability on Learning Foreign-Accented English for EFL Learners[J]. *Journal of Educational Psychology*, 2013, 105(3):649.
- [42] Kalyuga, S., Sweller, J.. The Redundancy Principle in Multimedia Learning [M]// Mayer, R.E.. *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*, Cambridge: Cambridge University Press, 2014.
- [43] Sourin, A., Sourina, O., Prasolova-Førland, E.. Cyber-Learning in Cyberworlds [J]. *Journal of Cases on Information Technology (JCIT)*, 2006, 8(4):55~70.
- [44] Yair, Y., Mintz, R., Litvak, S.. 3D-Virtual Reality in Science Education: An Implication for Astronomy Teaching [J]. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 2001, 20(3):293~306.
- [45] Limniou, M., Roberts, D., Papadopoulos, N.. Full Immersive Virtual Environment CAVE TM in Chemistry Education[J]. *Computers &*

- Education, 2008, 51(2):584~593.
- [46] Minogue, J., Jones, M.G., Broadwell, B., et al. The Impact of Haptic Augmentation on Middle School Students' Conceptions of the Animal Cell[J]. *Virtual Reality*, 2006, 10(3-4):293~305.
- [47] Akiyoshi, M., Miwa, S., Nishida, S.. The Application of Virtual Reality Technology to Maintenance Task of Substations[J]. *Mitsubishi Denki Giho*, 1996, 70:34~38.
- [48] Psofka, J.. Immersive Training Systems: Virtual Reality and Education and Training[J]. *Instructional Science*, 1995, 23(5-6):405~431.
- [50] Peterson, M.. Learner Interaction Management in An Avatar and Chat Based Virtual World[J]. *Computer Assisted Language Learning*, 2006, 19(1):79~103.
- [51] Ketelhut, D.J.. The Impact of Student Self-Efficacy on Scientific Inquiry Skills: An Exploratory Investigation in River City, A Multi-User Virtual Environment[J]. *Journal of Science Education and Technology*, 2007, 16(1):99~111.
- [52] Morehead, M., Jones, Q., Blatt, J., et al. BrainTrek—An Immersive Environment for Investigating Neuronal Tissue [A]. Poster presented in Symposium on[C]. IEEE, 2014.
- [53] Potkonjak, V., Gardner, M., Callaghan, V., et al. Virtual Laboratories for Education in Science, Technology, and Engineering: A Review[J]. *Computers & Education*, 2016, 95:309~327.
- [54] Freeman, D., Evans, N., Lister, R., et al. Height, Social Comparison, and Paranoia: An Immersive Virtual Reality Experimental Study[J]. *Psychiatry Research*, 2014, 218(3):348~352.
- [55] Hew, K.F., Cheung, W.S.. Use of Three-Dimensional (3-D) Immersive Virtual Worlds in K-12 and Higher Education Settings: A Review of the Research[J]. *British Journal of Educational Technology*, 2010, 41(1):33~55.
- [56] Grotzer, T.A., Tutwiler, M.S., Dede, C., et al. Helping Students Learn More Expert Framing of Complex Causal Dynamics in Ecosystems Using EcoMUVE[A]. In: National Association of Research in Science Teaching Conference[C]. Orlando, FL, 2011.
- [57] Civelek, T., Ucar, E., Ustunel, H., et al. Effects of A Haptic Augmented Simulation on K-12 Students' Achievement and Their Attitudes towards Physics[J]. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 2014, 10(6):565~574.
- [58] Hokanson, G., Borchert, O., Slator, B.M., et al. Studying Native American Culture in An Immersive Virtual Environment [A]. IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies[C]. Santander, Cantabria, Spain, 2009.
- [59] Jestice, R., Kahai, S. S., & Jestice, R.. The Effectiveness of Virtual Worlds for Education: An Empirical Study [A]. Sustainable IT Collaboration Around the Globe. Americas Conference on Information Systems[C]. Lima, Peru, 2010.
- [60] Ketelhut, D.J., Nelson, B.C., Clarke, J., et al. A Multi-User Virtual Environment for Building and Assessing Higher Order Inquiry Skills in Science[J]. *British Journal of Educational Technology*, 2010, 41(1):56~68.
- [61] Richards, D., Taylor, M.. A Comparison of Learning Gains when Using A 2D Simulation Tool Versus A 3D Virtual World: An Experiment to Find the Right Representation Involving the Marginal Value Theorem[J]. *Computers & Education*, 2015, 86:157~171.
- [62] Dawley, L.. Social Network Knowledge Construction: Emerging Virtual World Pedagogy[J]. *On the Horizon*, 2009, 17(2):109~121.

The Core Factors and Challenges of Virtual Reality Technology Enhanced Learning

GAO Yuan, LIU De-jian, HUANG Zhen-zhen, HUANG Rong-huai

[Abstract] This paper introduces the concepts of Virtual Reality (VR) technology, its development history and application status, and its fundamental features and the relevant psychological experiences. The paper also reviews the learning theories, the major educational application models, and the results of empirical research that are related to VR. Based on an analysis of related research and cases of applications, this paper abstracts three core factors and ten key challenges of effective learning under the VR environment. We expect that this paper can inform future research and applications of VR technology in education.

(下转第103页)

- [17] 王雪,王志军,付婷婷,李晓楠.多媒体课件中文本内容线索设计规则的眼动实验研究[J].中国电化教育,2015,(5):99~104.
 [18] 王清,戎媛媛.论网络课件的艺术性[J].远程教育杂志,2005,(3):18~19.

Studying the Effect of Text Artistry on Digital Learning

WANG Xue, WANG Zhi-jun, LI Xiao-nan

[Abstract] This study was to explore whether the text artistry of digital learning resources could affect learners' learning behaviors. While 30 college students were studying using multimedia courseware with different text artistry, we used Tobii X120 to record their eye movement data. We also examined these students' learning outcome. Our study indicated that: For interactive text, the artistic styles of text could help learners quickly locate the position of interactive text, and guided them using the interactive function of the courseware; learners' first fixation time, total fixation counts, and total fixation duration in artistic interactive text condition were better than that in non-artistic interactive text condition. For content text, artistic text could effectively attract learners' visual attention; learners' total fixation duration and total fixation counts in artistic content text condition were significantly higher than that in non-artistic content text condition; and, when the content was harder, artistic content text could help learners acquire more learning content and better learning quality.

[Keywords] Text; Artistry; Eye Movement; Digital Learning

(上接第 76 页)

In this study, we first collected data using a survey. Then we analyzed the degree of centrality of each learner using a visualization software——Netdraw. We also analyzed network density and constructed a condensed subgroup graph of the learners using Ucnite. Later on, we constructed a learning community using the condensed subgroup graph. To further examine the influence power of the members of the learning community and their position in the community, we calculated Katz index and the similarity matrix to obtain the influence power index, the degree of centrality, and the position (central or marginal) of each member of the learning community. Finally, we performed chi square test, significant differences test, and scoring rate calculation using SPSS on seven related factors that affect the learners' choice of partners in the learning community. The results of these tests and calculations indicated that the major factors that a learner considered when they chose a partner were related to the candidate's interpersonal skill, personal quality, and personal influence power.

[Keywords] Community; Learning Community; Centrality; Impact Index

(上接第 87 页)

[Keywords] Virtual Reality; Technology Enhanced Learning; Key Factors; Challenges; Learner Experience; VR Pedagogy; Resources and VR Equipment