



沉浸式大学智慧校园的整体实现： 理论构建与实践探析

钱小龙¹, 宋子昀², 黄蓓蓓^{1,3}

(1. 南通大学 未来教育研究所, 南通 226019; 2. 南通大学 教育科学学院, 南通 226019;
3. 南京大学 教育研究院, 南京 210023)

摘 要:伴随教育信息化的深入推进,大学智慧校园蓬勃发展,但教学的智慧性不足等问题还有待解决,而沉浸式大学智慧校园为重塑智慧校园生态带来新的希望。在理论层面,建构主义学习理论、具身认知理论和心流理论可以从外部环境、身体感知和心理状态 3 个维度为沉浸式大学智慧校园提供理论指引,进而形成沉浸式大学智慧校园的理论框架。在技术层面,扩展现实技术、数字孪生技术和 5G 技术能够为沉浸式大学智慧校园塑造和优化沉浸式体验提供支持。在此基础上,可以构建包含智能感知层、网络通信层、平台能力层、应用服务层、用户交互层、规范标准与评价体系、信息与数据安全保障体系在内的五横两纵式沉浸式大学智慧校园架构模型,为沉浸式大学智慧校园的建设和发展提供抓手。在实践层面,通过对菲斯克大学的虚拟现实尸体实验室和莫尔豪斯学院的数字孪生校园两个典型案例的深入分析,为沉浸式大学智慧校园建设提供示范,并从教育数字化转型、主体协同化治理、用户沉浸式体验等方面总结两所校园的共性并得出启示。面向未来,沉浸式大学智慧校园的建设要洞悉技术、理论和实践层面的机遇与挑战,加快谋划与布局。尽管沉浸式大学智慧校园主要侧重于智慧教学的创新,但其为高等教育带来的赋能作用无疑是巨大的。

关键词:沉浸式大学智慧校园;智慧校园;智慧教育;数字孪生;扩展现实;元宇宙;沉浸式学习

[中图分类号] G4009;G640 [文献标志码] A [文章编号] 16738012(2023)05004913

修回日期:20221226
基金项目:国家社会科学基金项目“全民终身学习视野下的国家在线教育体系发展研究”(20BSH053)
作者简介:钱小龙,男,江苏南通人,南通大学未来教育研究所所长,教授,博士生导师,美国加州大学欧文分校访问学者,主要从事开放教育资源、国际比较教育研究;
宋子昀,男,山东乳山人,南通大学教育科学学院硕士生,主要从事开放教育资源研究。
通信作者:黄蓓蓓,女,江苏通州人,南通大学未来教育研究所研究员,南京大学教育研究院博士生,主要从事高等教育信息化研究。
引用格式:钱小龙,宋子昀,黄蓓蓓. 沉浸式大学智慧校园的整体实现:理论构建与实践探析[J]. 重庆高教研究,2023,11(5):4961.
Citation format: QIAN Xiaolong, SONG Ziyun, HUANG Beibei. The whole realization of immersive smart campus: theoretical construction and practical analysis[J]. Chongqing higher education research,2023,11(5):4961.

一、问题提出

大学智慧校园是高等教育信息化发展的新阶段。已有众多高校对智慧校园进行系统规划和建设,有些已形成了自己的特色^[1],但还存在重管理而轻教学、现实与虚拟教育场域融合不够、学习者沉浸式体验与交互缺失等问题。《“十四五”国家信息化规划》指出,“加快基于 5G 网络音视频传输能力建设,丰富教育、体育、传媒、娱乐等领域的 4K/8K、虚拟/增强现实(VR/AR)等新型多媒体内容源”^[2]。沉浸式技术(如扩展现实)和 5G 技术的珠联璧合能突破沉浸式体验的边界,推动智慧校园向沉浸式的新阶段迈进,增强教育教学的融合性、体验性和智慧性。由此来看,建设沉浸式大学智慧校园十分必要。目前,对大学智慧校园的研究主要包括基于新技术的体系架构与建设研究^[3-5]、功能服务应用研究^[6-8]以及评价体系研究^[9-10]。邵晰提出了技术沉浸式的数字化校园建设模型,其“技术沉浸”更多指向多种技术的融合以及技术与教育的融合^[11]。国桂环等构建了基于 AR 的智慧校园应用模型并设计了 AR 整合智慧校园建设内容的技术流程^[12],为建设沉浸式智慧校园提供了参考。然而,像沉浸式大学智慧校园是什么、如何以沉浸式体验激发智慧、如何建设沉浸式大学智慧校园等问题还有待进一步研究。因此,本文从理论指引、技术支持、模型构建和案例解析 4 个方面勾勒沉浸式大学智慧校园的基本框架,以期通过新形态的智慧校园重塑教育体验,推动智慧教育的进阶,促使线上线下融合教育的实现,赋能教育高质量发展。

二、沉浸式大学智慧校园的理论指引

与传统智慧校园相比,沉浸式体验的塑造自然成为沉浸式大学智慧校园建设的核心与关键。建构主义学习理论、具身认知理论和心流理论分别从外部环境、身体感知和心理状态 3 个维度为沉浸式大学智慧校园的建设提供理论指导,并在此基础上形成沉浸式大学智慧校园的理论框架。

(一)建构主义学习理论

建构主义学习理论(constructivism learning theory)认为学习是个体在一定的情境下,以原有的知识经验为基础,通过社会交互主动进行知识的意义建构的过程。其中,情境作为学习的核心要素之一,是学习者知识建构发生的有效依托。换言之,在建构主义视角下,学习是学习者与情境间进行互动的结果。学习者在社会文化情境中,以积极主动的方式发现问题、分析问题、解决问题,从而进行知识的意义建构。

在建构主义学习理论指导下,沉浸式大学智慧校园要为学生创造虚实融合、具象化、智慧化的外部学习环境,从而让学生在沉浸式的情境中进行有效的知识构建。首先,要根据不同的校园应用场景合理利用 VR、AR 和数字孪生等沉浸式技术,在原有现实物理环境的基础上,构建完全数字化的虚拟环境和虚实融合环境,从而扩展校园空间的边界。例如,沉浸式大学智慧校园通过感知分析环境和空间等数据进行虚拟环境的三维建模。再如,通过基于传感器、标记和 SLAM 算法的跟踪注册技术进行环境理解,从而将虚拟信息更准确地叠加到现实场景中。其次,无论是虚拟环境还是虚实融合环境,都要以可视化和具象化的方式,降低用户的认知负荷,增强用户的直观体验,减少知识建构的干扰。例如,在智慧教学层面,可开展基于 AR 的可视化教学,使学习情境向有利于学习者知识建构的目标情境转化^[13]。最后,构建支持动态生成的沉浸式学习的智慧学习环境。要根据学习者与学习环境的实时特征,为学生动态生成个性化、自适应的沉浸式学习环境,给予学习者沉浸式的干预与诊断。因此,沉浸式大学智慧校园必须在沉浸式技术的基础上,借助大数据和人工智能优化数据处理过程,以多模态学习分析全面刻画学习者,并以 5G 技术保障海量数据的高速收集与传输。

(二)具身认知理论

具身认知理论(embodied cognition)强调认知、身体和环境之间的统一性,其中身体是认知发生

的关键。换言之,认知是具身的,认知根植于身体、源于身体行动。个体以身体体验物理世界的方式获取直接经验,从而形成认知、塑造思维和发展心智。具体而言,身体的形态结构、感觉系统、运动系统和神经系统都影响着人们的认知加工过程^[14],而身体正是环境中的身体,身体通过与环境进行互动促进认知发展。

在具身认知理论的指导下,沉浸式大学智慧校园要为用户提供视、听、触、味、嗅多通道融合的多模态交互体验,支持用户与学习环境的具身交互,从而弥补学习过程中的交互缺失或交互不良。一方面,沉浸式大学智慧校园要配置XR头戴式显示器、触感手套、味觉模拟器、平板电脑等智能化的终端设备,以及全息屏等大型教学设备。在追踪定位和感觉反馈等智能设备的基础上,沉浸式大学智慧校园的建设要融合运用5G、XR和AI等技术,从而为用户提供多模态交互体验,促进用户的深度学习和高阶思维能力培养。另一方面,沉浸式大学智慧校园要立足于多模态交互体验,开发多模态智慧课堂、交互式XR实验室和AR探索式校园导览等应用,以具身化的交互体验挖掘教学、科研和校园服务的智慧属性。例如,构建5G多模态智慧课堂,通过多模态交互和多模态评估推动教育教学模式的重构与创新。具体而言,通过多模态数据融合分析来准确识别用户的动作、表情、语音等信息并给予实时反馈,提供更自然的多模态交互,让用户能够充分调动身体多种感官,获得生动且深刻的体验。

(三)心流理论

心流理论(flow theory)也称沉浸理论,由森特米哈伊(Csikszentmihalyi)于1975年首次提出。心流是一种融合认知、生理和情感的心理健康状态。在这种状态下,个体高度专注并完全沉浸于一项引人入胜的活动中,会忘记时间和空间,同时也会体验到极大的满足感、愉悦感,从而形成心流体验(flow experience)。明确的目标、及时的反馈、技能与挑战的平衡是心流体验发生的条件因素^[15]。芬尼兰(Finneran)等提出了由用户、工具和任务组成的PAT模型(Person-Artefact-Task Model),进一步指出在计算机中介环境(computer-mediated environment)中影响心流体验的因素,包括用户的人格和情绪、工具的临场感、任务难度等^[16]。

尽管传统智慧校园实现了线上与线下、虚拟与现实结合式的教学并逐步开展混合教学,但学习者的学习体验并不好。具体而言,学习者的持续学习意愿不强,学习满意度不高,学习“高辍学率”现象频发。为此,沉浸式大学智慧校园的建设需要着眼于个体的心理状态,从多个维度塑造并保障心流体验。首先,沉浸式大学智慧校园要充分挖掘扩展现实和数字孪生等技术的特性,从叙事、情境、感官和交互等多个维度重塑沉浸感和临场感,促进用户移情发生,激发个体内部的心流体验,使其沉浸于当前的活动中,为其产生积极的影响。其次,沉浸式大学智慧校园要提供及时的反馈。此处的反馈主要指沉浸式体验下的感官反馈。及时的反馈既有赖于5G网络对高速率、大带宽和低时延的支撑,又有赖于各种感官反馈设备的配置等。最后,可以综合考虑心流体验的发生条件和影响因素,对XR教育游戏进行设计和开发,让学习者在安全、无干扰、可反复练习的游戏化情境中集中注意力,培养问题解决能力与高阶思维。

(四)沉浸式大学智慧校园的理论框架

在以上3个理论的指引下,沉浸式大学智慧校园的理论框架如图1所示。首先,建构主义学习理论、具身认知理论和心流理论分别从外部环境、身体感知和心理状态3个维度为沉浸式大学智慧校园沉浸式体验的塑造提供方向。尽管3个理论分别在境、身、心3个方面有所侧重,但境、身、心三者实则是交织相连、互相影响、通融共生的,三者的协同作用共同塑造了沉浸式体验。其次,为创设“境—身—心”一体化融合的沉浸式体验,沉浸式大学智慧校园需满足数据感知与分析、追踪定位与匹配、环境理解与渲染、多模态学习分析、感知交互与反馈、智能设施配备和高速网络传输等功能要素。这些功能要素是沉浸式大学智慧校园架构模型的核心组成,是后续沉浸式大学智慧校园建设的骨架支

撑。再次,对沉浸式大学智慧校园功能要素中相关的技术进行分析与功能整合,把沉浸式大学智慧校园的技术支持归纳为扩展现实技术、数字孪生技术和 5G 技术。最后,以沉浸式体验激发智慧(尤其是教学智慧),进而培养智慧型人才是沉浸式大学智慧校园的目标。智慧型人才是智能与品性的融合^[17],是做的智慧与思的智慧的协同^[18]。智慧型人才是具有良好的价值取向、较强施为能力和较好思维品质的人才^[19]。与传统人才相比,智慧型人才立足于智慧层面的人才观,强调全与专的辩证统一以及三维的思维结构^[20-21]。在技术蓬勃发展、劳动力市场结构转变、社会数字化转型以及不确定性挑战增多的背景下,智慧型人才更需要数字素养、人机协同能力、数字学习能力、高阶思维、设计思维、计算思维、共情关怀、全球意识等,以回应未来时代对人才素质的新要求。例如,指数时代要发展成为智慧型的“指数人才”^[22]。由此来看,智慧型人才反映了人才培养从“知识人”向“智慧人”的转变,注重知识、思维、能力、价值观、品性等的互相影响与协调共进,强调人机融合共生下的自适应发展。为实现这一目标,沉浸式大学智慧校园的建设必须以智慧教育为突破口,即通过重塑沉浸式体验来推动教育创新与变革,为智慧型人才培养提供有效依托。综上,沉浸式大学智慧校园是以智慧型人才培养为目标,以智能信息技术驱动下“境一身一心”一体化的沉浸式体验为关键,提供高速网络通信和沉浸式体验服务,能智能感知校园环境,形成有效激发教学智慧的教育教学与生活环境。

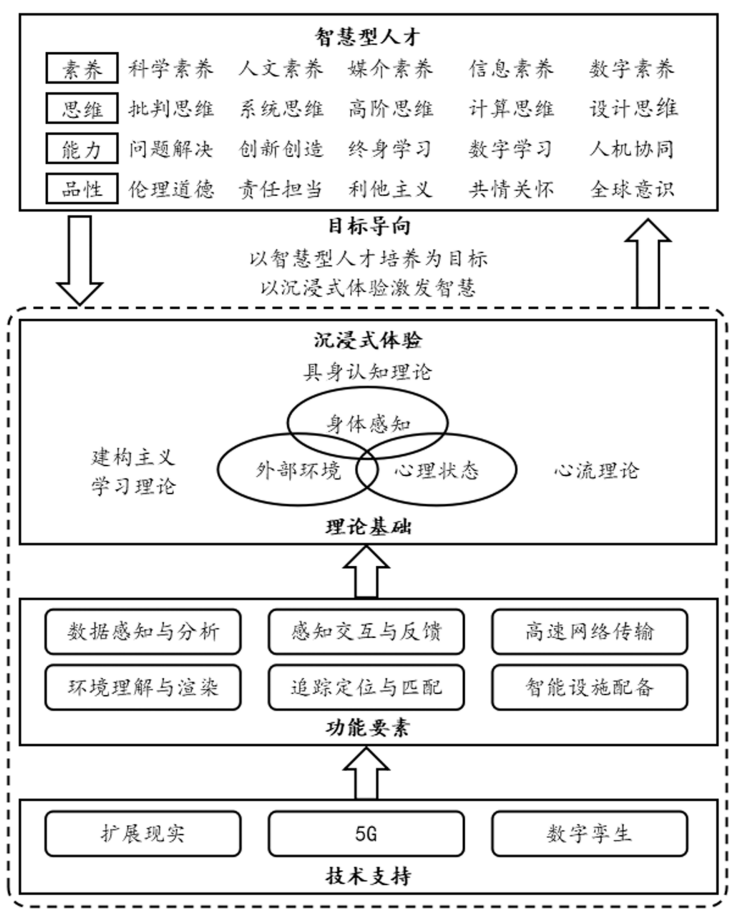


图1 沉浸式大学智慧校园的理论框架

三、沉浸式大学智慧校园的技术支持

技术是重塑沉浸式体验的驱动力,也是激发智慧潜能的引擎。技术对沉浸式大学智慧校园的支持作用如图2所示。扩展现实技术是塑造沉浸式体验的主要技术,数字孪生技术赋予沉浸式大学智

慧校园全生命周期交互和深度洞见等智慧属性,5G 技术为沉浸式大学智慧校园提供了强有力的网络保障。5G 和数字孪生技术的珠联璧合则从时延、渲染、交互、精度等方面推动沉浸式体验的进阶,在扩展现实技术的基础上进一步为沉浸式大学智慧校园优化“境—身—心”一体化的沉浸式体验。

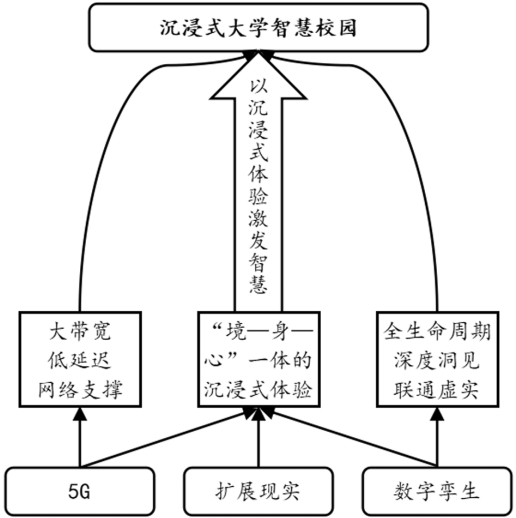


图2 沉浸式大学智慧校园的技术支持

(一)扩展现实技术

扩展现实(Extended Reality,XR)是物理环境与虚拟环境的结合或提供完全沉浸式虚拟体验的环境^[23],包括虚拟现实、增强现实、混合现实和全息投影等沉浸式技术。XR 是一个综合性的术语,X 可被看作一个变量,包含因技术进步而出现的新的沉浸式技术^[24]。XR 能够融合 VR、AR 和 MR 等技术优势,为沉浸式大学智慧校园带来全新的沉浸感。

首先,XR 能够创建沉浸式的智慧环境。借助建模与显示技术,XR 能够创建虚拟环境和虚实环境。此外,XR 不仅能将虚拟信息叠加到现实中,还能将物理世界的物件引入到虚拟世界中并实现对现实的编辑^[25],从而实现虚拟与现实的无缝融合,扩展沉浸式体验的边界。基于 XR 沉浸式环境的“智慧性”表现在以下两个方面。其一,可以将抽象内容具象化,打破时空、成本、安全等因素对校园业务场景的限制,从而降低用户的认知负荷,促进深度学习的发生,提高用户对复杂概念和问题的理解,提升教学、科研、管理的有效性。其二,沉浸式环境具有全局感知性,其通过对人、机、物和环境数据的收集和分析来提供及时反馈、干预和修正,从而促进个性化和生本化智慧教学法的升级,促进学习者多元智能的发展。当 XR 与 5G、AI、边缘计算相结合,这种干预反馈能够以沉浸式可视化的方式实时展现在学习者视野中,帮助学习者在沉浸体验中实现自适应发展。

其次,XR 支持多元化的感知交互,为用户模拟丰富的直接经验,使其能够进行体验式学习。伴随追踪定位技术的日趋智能化,感知交互技术日益自然化、去中介化。一方面,XR 能够实现视、听、触、味、嗅五感融合的感官交互,让用户在做中学,通过真实的感官体验发展认知。另一方面,配有六自由度(DoF)追踪定位的 XR 终端可让用户在俯仰、偏摆、翻滚、前后、左右、上下 6 个维度与虚拟内容交互,更加全面地模拟身体的运动。在此基础上,多模态交互成为智慧校园中交互的常态。而支持多模态交互的具身学习环境不仅能够促进学习者情绪记忆、情节记忆和语义记忆的协同发展,还能有效提升学习者的分析、评价、创造、问题解决、协作沟通等高阶思维能力^[26-27]。在 XR 技术的支持下,多模态课堂、XR 实验室、远程互动教学等应用场景应运而生。

最后,XR 能够引发用户的移情,唤起用户的情感从而加强临场感,并可能使其转化为现实中的

实际行动。根据普罗透斯效应(proteus effect),当用户以虚拟化身(virtual avatar)的形式进行游戏化的沉浸式体验时,其认知、态度和行为会有意或无意地受到化身的影响^[28]。当用户在沉浸式虚拟环境(Immersive Virtual Environment, IVE)中以与现实生活身份相同或不同的虚拟化身进行具身体验时,可能会强烈感受到同一时空下另一个人的情绪或处境,并通过移情进一步感受到一种具身的临场感和认知感,将自己视为 VR 环境的一部分,同时将 VR 组件视为自己身体的一部分^[29],从而沉浸其中。此外,沉浸式故事讲述、仿真模拟、360°VR 视频等沉浸式环境也会对个体的移情产生影响。有证据表明,这种移情最终可能增加用户的亲社会和他他行为,减少偏见和歧视态度^[30]。当对沉浸式环境、移情目标和伦理道德等因素进行合理的设计与考量时,便有望为培养具有伦理道德和共情关怀的智慧型人才提供一条新途径。

(二)数字孪生技术

数字孪生(Digital Twin, DT)是物理实体在其全生命周期的虚拟表示,通过数据融合感知和虚实交互反馈,可以对实体对象进行全过程的预见、模拟和修正。数字孪生具有虚实共生、高虚拟仿真、高实时交互和深度洞见等技术特性^[31],能够实现以虚映实、以虚控实和虚以实用^[32]。数字孪生与扩展现实的结合能够重构沉浸式的智慧学习空间,其自身基于全生命周期的实时交互和深度洞见特性也为沉浸式大学智慧校园的发展增添了独一无二的智慧属性。

首先,数字孪生能够创建全新的智慧学习空间。数字孪生能够实现物理实体与数字孪生体之间数据的双向流动交互,对物理实体进行动态实时映射。在 VR、AR、MR 和全息投影等底层技术的赋能下,数字孪生体及其各要素能够以三维可视化的方式呈现。在 5G 网络的保障下,高仿真、高精度、高分辨率的虚拟模型得以构建,如大型虚拟教具、虚拟实验器材等。在此基础上,数字孪生技术有望融合物理学习空间和虚拟学习空间等各类学习空间,构建数字孪生智慧学习空间。例如数字孪生校园、数字孪生学习工厂、全息课堂和数字孪生实验室等。这种智慧学习空间下高仿真的学习环境能够增强个体的直观体验,有利于个体更有效地进行知识迁移和问题解决。

其次,数字孪生通过实时的虚实交互反馈,为用户提供贯穿全生命周期的实时具身交互,让学习者在做中学。凭借这一特性,数字孪生技术可应用于制造、航空和医疗等需要动手训练的复杂实操课程培训领域。例如,利用数字孪生技术创建汽车的数字孪生体,学习者可以与同伴协作完成汽车的设计和模拟驾驶,并根据反馈信息对汽车存在的问题进行分析、处理。此外,教师可以利用数字孪生体开展远程互动教学。在这种交互体验中,学习者能进行反复操作验证、团队项目合作、沉浸式体验、创意设计等活动,从而为学习者具身探究自然与社会提供支持^[33],并允许学习者在重复可验的环境中发展设计思维、提高人机协同能力。

最后,数字孪生能够实现深度洞见,联通虚拟与现实。数字孪生技术通过全面采集物体实体的多维数据并进行融合分析,可以构建基于物理实体的数字孪生体,对物理实体进行全过程的实时模拟、诊断、修正、决策与预测。在数字孪生技术的赋能下,可构建智慧校园、教学模式乃至学习者的数字孪生体,实现数据驱动的精准化与绿色化治理、高等教育教学模式的改革与创新、数字孪生学习者的深度刻画。例如,借助脑机接口、数字孪生和全息投影技术,教师可通过监测、分析、评估实时映射到孪生学习者上的多维数据,对现实中的学习者进行精准的指导与干预,促进学习的个性化与最优化^[34]。

(三)5G 技术

5G 指第五代移动通信技术,具有大带宽、高速率、低时延、大连接、高可靠等特征。国际电信联盟(ITU)把 5G 的应用场景定义为增强型移动宽带(eMBB)、高可靠低时延通信(URLLC)和海量机器通信(mMTC)^[35],其中增强型移动宽带和高可靠低时延通信与沉浸式大学智慧校园所提供的沉浸式服务密切相关。

一方面,5G 能突破 4G 网络下沉浸式技术在定位、时延和渲染等方面的短板,推动虚拟与现实的精准匹配、交互的实时响应以及画面渲染质量的飞跃,从而实现沉浸式体验的进阶,并加快沉浸式智慧校园应用的落地与推广。在 5G 大带宽和低延迟的保障下,“5G+XR”远程沉浸式教学、5G 超高清直播教学和远程人机协同教学等新型教学模式能更快为高等教育注入新鲜血液。凭借高移动性,5G 还能使沉浸式体验移动化和泛在化,使学习者在校园的任意角落都可以借助移动终端进行沉浸式学习,为学习者数字学习能力的提高提供环境保障。此外,5G 的发展还为触觉互联网(Tactile Internet, TI)以及感官互联网(internet of senses)的发展提供强大的网络保障,为用户提供融合触觉、味觉和嗅觉的多模态感官体验。

另一方面,5G 为沉浸式大学智慧校园提供坚实的网络通信保障。传统智慧校园综合部署有线网、Wi-Fi 等来为校园各类业务提供网络与通信服务,但仍未能有效支持新型沉浸式教学应用、降低网络建设与维护成本、实现终端设备的互联互通和打破信息孤岛困局等,而 5G 与边缘计算和网络切片相结合而构建的边云融合的教育专网结构能够有效解决智慧校园中网络重复部署、数据存储的安全隐患、无法灵活应对业务需求、校园智慧性不足等问题^[36]。例如,5G 借助边缘计算和云计算架构可以更高效、更经济地处理更接近最终用户的海量数据,使 XR 应用程序通过在设备和云之间拆分处理来解决此问题,从而满足 XR 内容对高速率和低延迟的需求。

四、沉浸式大学智慧校园的模型建构

本研究首先通过梳理现有的智慧校园架构模型并结合 2018 年国家发布的《智慧校园总体框架》,总结了大学智慧校园一般性架构模型的基本要素,主要包括感知层、通信层、平台层、应用层等。其次,以建构主义学习理论、具身认知理论和心流理论指导下沉浸式大学智慧校园应该满足的功能要素为核心骨架,进一步分析扩展现实技术、数字孪生技术和 5G 技术的功能特性,以及底层支撑技术和具体应用,按照“层内功能内聚,层间耦合松散”的原则,将沉浸式大学智慧校园应该满足的功能要素层次化。最后,以中观和微观相结合的方式构建了五横两纵式的沉浸式大学智慧校园架构模型,如图 3 所示。该模型自下而上依次为智能感知层、网络通信层、平台能力层、应用服务层和用户交互层,并辅以规范标准与评价体系和信息与数据安全保障体系。

(一)智能感知层

智能感知层是指协同利用 RFID、GIS、传感器技术等多种智能感应技术和设备全面收集智慧校园内的多维度数据,主要包括横向维度的个体数据、环境数据、空间运动数据和资源数据,以及纵向维度的历史数据和实时数据,从而为多模态学习分析、追踪定位、三维建模、全生命周期交互和智慧决策等提供数据支持。

(二)网络通信层

网络通信层是以 5G 为主并融合网络切片、边缘计算和云计算等技术,搭建的边云融合的、能灵活支持多样化定制需求的、可管可控可感的、保障信息安全的 5G 智慧校园专网。该网络能为应用服务提供高速的网络条件,满足 XR 沉浸式教学、远程互动教学、全息课堂等多个沉浸式教学场景对带宽和时延的双重需求。此外,还能保证校园内网络的高覆盖与无感接入,实现对感知数据的实时传输与多维数据的安全互融,促进“人—机—物”的互联互通。

(三)平台能力层

平台能力层通过搭建数据处理、学习分析、环境理解、三维建模、渲染处理和交互反馈等平台,为沉浸式大学智慧校园的各大应用场景赋能。数据处理包括数据汇聚、数据识别、数据挖掘、数据分析和数据存储,为沉浸式大学智慧校园的运作提供数据基础。环境理解、三维建模、渲染处理和交互反

馈则是塑造沉浸式体验的核心能力平台。多模态学习分析、人工智能算法和大数据技术为学习者构建起沉浸式的自适应和智适应学习路径。

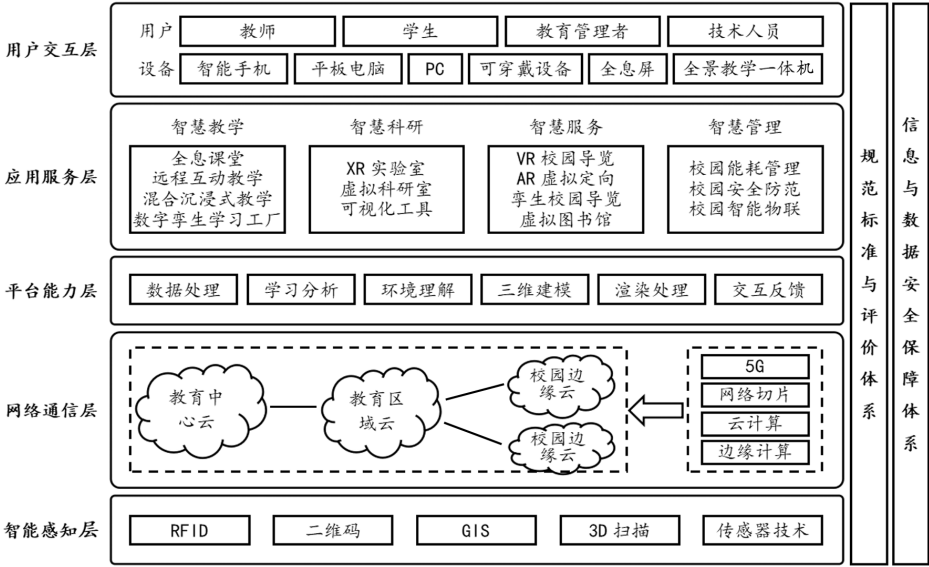


图 3 沉浸式大学智慧校园的架构模型

(四)应用服务层

应用服务层表明智慧校园的功能指向,沉浸式大学智慧校园旨在提供高临场感、真情境化、富交互性的沉浸式体验服务。立足于智慧型人才培养的目标,着眼于“境—身—心”一体化沉浸式体验所指向的对象,沉浸式大学智慧校园重点是为教师和学生重塑体验,推动智慧教学创新,增强教育的体验性、智能性和实效性。因此,沉浸式大学智慧校园的功能以智慧教学为主,以智慧科研、智慧管理和智慧服务等为辅。

(五)用户交互层

用户交互层通过配备 XR 眼镜、头戴式显示器、手套、平板电脑和 PC 等智能化的设备,让教师、学生、教育管理者以及技术人员等获取沉浸式大学智慧校园提供的服务。例如,学生借助智能手机对标记或位置环境进行扫描,从而获得增强显示;借助 VR 头显访问数字孪生校园和虚拟现实校园并在其中与其他用户进行讨论。再如,教师利用全息屏和全景教学一体机开展全息课堂教学。

(六)规范标准与评价体系

规范标准与评价体系从目标起点和最终结果两个维度规定沉浸式大学智慧校园建设应该遵循的一般性原则、规范与标准,以及最终要达到的效果。除了信息技术标准与评价体系、应用服务标准与评价体系、校园管理标准与评价体系、师生发展标准与评价体系等外,沉浸式大学智慧校园的标准与评价体系更应把沉浸感程度、智慧校园的“智慧性”和伦理道德规范考虑在内,以满足新形态智慧校园的可持续发展。

(七)信息与数据安全保障体系

在智能信息技术驱动下,不仅校园环境数据、教学数据、管理数据和设备运行数据等能够得到收集,包括情绪状态数据、体质健康数据等在内的个体生理和心理数据也能够得到全面感知与采集。与此同时,校园信息安全、网络安全、用户隐私数据泄漏等信息与数据安全问题也随之而来。因此,必须通过信息与数据安全保障体系来保证沉浸式大学智慧校园的有序运转。

五、沉浸式大学智慧校园的案例解析

扩展现实技术、数字孪生技术和 5G 技术的融合发展推动智慧校园进入史无前例的发展阶段。

为了给沉浸式大学智慧校园的建设提供示范,根据构建的沉浸式大学智慧校园架构模型对菲斯克大学和莫尔豪斯学院的实践案例进行系统分析,并在此基础上总结两所学校在沉浸式大学智慧校园探索构建中的共同经验并得出启示。

(一)菲斯克大学的虚拟现实尸体实验室

在建设新一代虚拟校园浪潮的推动下,菲斯克大学(Fisk University)与 HTC VIVE、T-Mobile 和 VictoryXR 联手为医学预科和生物学相关专业的学生推出了由 5G 驱动的交互式虚拟现实人体尸体实验室(VR Human Cadaver Lab)^[37]。这种新的学习模式将面对面的课堂体验与 5G 驱动的 VR 技术相结合,使学生在与同学和教师进行面对面交流的同时,能够在探索完整的骨骼结构、肌肉结构和人体器官系统的过程中进行沉浸式学习。

根据构建的沉浸式大学智慧校园架构模型,分析菲斯克大学的虚拟现实尸体实验室,如图 4 所示。第一,智能感知层综合利用距离传感器、追踪摄像头和 G-sensor 等感知设备,来收集包括视觉数据、深度数据、速度数据等在内的环境数据,实现更高水平的内向外空间位置跟踪(inside-out tracking),从而为精准确定现实位置与虚拟位置的映射关系以及提供更真实的人机交互奠定数据基础。第二,网络通信层借助 T-Mobile 提供的 5G 网络保障带宽密集型 VR 尸体实验室应用程序所需的低延迟、大容量和高速度。HTC VIVE Focus 3 耳机通过 Wi-Fi 连接到 Inseego 5G 路由器,然后由路由器接入 5G 网络,以确保多用户同时体验所需的低延迟和高速连接。在 5G 的加持下,VR 尸体实验室可以支持多达 20 名学生的同步实时学习。第三,在平台能力层,VictoryXR 基于 Engage 平台开发 VR 尸体实验,并使用 Unity 实时 3D 平台完成三维建模、图像处理等功能。交互反馈则结合了高清视觉效果、卓越的音频以及更高水平的内向外跟踪和控制器。例如,耳机采用 5K 分辨率、更宽的 120°视场角和更平滑的 90Hz 刷新率,可使用户获得更沉浸式的视觉效果。此外,5G 能为该体验提供更清晰的图形细节。例如,学生可以更好地辨别静脉和动脉。第四,在应用服务层,VR 尸体实验室支持沉浸式教学、虚拟仿真实训教学等智慧教学应用场景。例如,教师可以利用 VR 尸体实验室对医学预科和生物学相关专业的学生进行模拟实训,以低成本、高仿真、真体验的方式创新智慧教学模式。学生可以在具身交互过程中深化对知识的理解,提高动手操作能力,促进自身智慧的发展。第五,在用户交互层,用户通过 HTC VIVE Focus 3 耳机进入 VR 尸体实验室,从而获得沉浸式学习体验。在 VR 尸体实验室中,学生能够与其他学生和教师互动,可以检查人体各个内脏器官,能将器官进行放大和缩小,甚至可以“走进”器官中去观察。教师甚至可以把器官从身体里取出来,让学生们用手拿着观看。

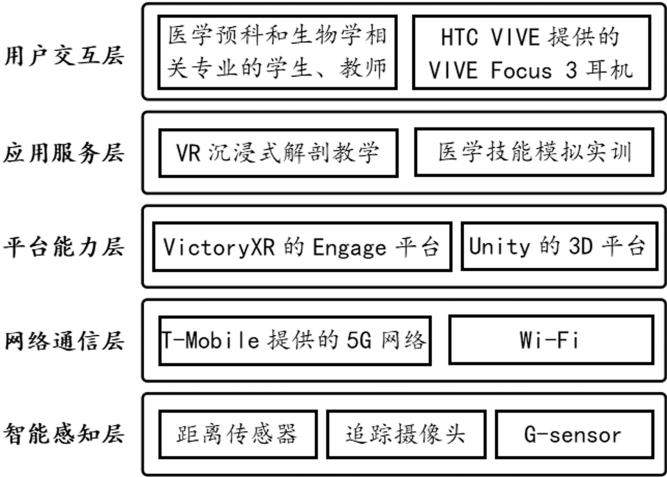


图 4 菲斯克大学虚拟现实尸体实验室的架构模型

(二)莫尔豪斯学院的数字孪生校园

莫尔豪斯学院 (Morehouse College) 与 VictoryXR 和 Qualcomm Technologies 合作推出数字孪生校园和虚拟现实课程^[38]。学生可以在数字孪生校园里聚会、上课和与教授进行私人会议。此外,莫尔豪斯学院还与 Beame 的制造商 Aetho 合作,利用 AR 技术,在 Verizon 的 5G 网络边缘使用 AWS Wavelength 创建一个完全互动的 3D 在线校园,使未来的学生可以在无需前往学校的情况下亲身体验校园之旅。

根据构建的沉浸式大学智慧校园架构模型,分析莫尔豪斯学院的数字孪生校园,如图 5 所示。第一,智能感知层借助图像采集设备、物联网技术和传感设备等访问现实校园的图像,实现对现实校园各类环境数据信息的实时捕捉,从而从整体上对校园进行三维建模。为凸显校园特色,对格雷夫斯大厅、百年纪念公园和乔治亚水族馆等著名地标进行数据感知,从而为用户提供 AR 远程校园导览服务。第二,网络通信层使用实时云计算平台 Verizon 5G Edge 和 AWS Wavelength,将 AWS 计算和存储服务带到 Verizon 无线网络的边缘。这种组合最大限度地减少了从 AWS 上托管的应用程序连接到最终用户设备所需的延迟和网络跃点。在此基础上,莫尔豪斯学院能够为学生提供超低延迟的高保真共存体验。第三,平台能力层以数据为支撑,利用 VictoryXR 的 Engage 平台对实体校园进行建模与渲染处理、创建 VR 课程以及现实校园不存在的场馆、器材、建筑等各类教学资源,实现对现实校园的映射与优化。借助 AR 中的识别与显示技术,还将著名校园地标叠加到现实场景中。第四,应用服务层支持在线沉浸式学习等智慧教学以及远程校园导览等智慧服务,减少了疫情大流行期间学生在线学习的隔离感,弥补了在线环境中交互的缺失,从而优化了在线学习和在线服务的体验。例如,学生可以参加虚拟的历史课,能够在战场上行走及其上方盘旋,能以第一视角感受拿破仑征服俄罗斯的全过程。第五,用户交互层允许学生借助 VR 终端设备在数字孪生校园内学习、社交和游览。学生能够远程访问直播课程、参加虚拟现实课程以及身临其境地在各类实验室进行学习。通过 Qualcomm 提供的 Quest 2 耳机,学生还可以在共享的持久空间内与同龄人进行社交,并实时进行项目合作。此外,经济困难或地理位置偏远的准学生可以在他们的智能手机或 AR 耳机上使用 Beame 的应用程序,与招生顾问进行一对一实时互动,也可以远程参观校园。

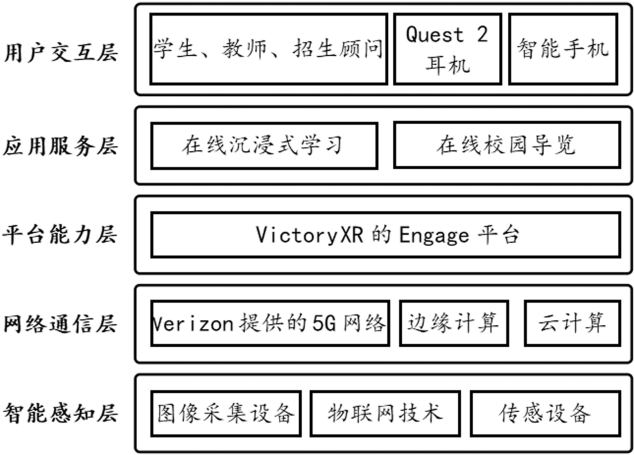


图 5 莫尔豪斯学院数字孪生校园的架构模型

(三)两所沉浸式大学智慧校园的共性与启示

不可否认的是,真正意义上的沉浸式大学智慧校园还处在摸索尝试阶段。无论是菲斯克大学的虚拟现实尸体实验室,还是莫尔豪斯学院的数字孪生校园,其都是部分意义上的沉浸式大学智慧校

园,两者在沉浸式体验的塑造、技术的融合支持、多元应用服务的开发、智慧型人才培养等方面还有待进一步强化。尽管如此,两所大学的实践对我国沉浸式大学智慧校园建设却具有重要的启示。首先,加强系统规划,推动数字化转型。菲斯克大学和莫尔豪斯学院都着眼于疫情下通过以虚拟现实为重要组成部分的元宇宙技术对高等教育进行变革,从教育创新项目建设、伙伴关系共建、基础设施配备、应用服务开发等方面系统推进校园的数字化转型。例如,2021年12月,莫尔豪斯学院加入建设元宇宙大学(Metaversities)项目。如今,我国正处在教育信息化向教育数字化转型的关键时期,建设沉浸式大学智慧校园应该服务于教育数字化转型。其次,调动多元主体促进协同化治理。两所大学都寻求与 VictoryXR 等扩展现实教育产品开发公司和通信公司等合作,以强化技术对校园的赋能。莫尔豪斯学院还鼓励教师参与 VR 课程设计以及元宇宙教学应用框架的构建。因此,我国沉浸式大学智慧校园的建设和治理还要调动教师、技术人员和企业等多元主体的力量,实现协同化治理。最后,聚焦用户需求,塑造沉浸式体验。两所大学都重视学习者在知识学习、社会交互和在线访问等方面的需求,致力于为学习者提供沉浸式体验。我国沉浸式大学智慧校园的建设必须坚持用户需求引领的原则,坚持“以人为本”,强调体验的创设与激发。尽管两所大学侧重于构建沉浸式环境来支持智慧教学,以可视化、具身化、体验化的方式促进思维与认知的协同发展,培养学习者的实操能力、高阶思维、问题解决能力等,但其对人机协同能力、设计思维、共情关怀等新要求关注较少,对智慧型人才的培养仍有局限。因此,我国在建设沉浸式大学智慧校园时必须更加关注智慧型人才培养目标的整体实现,以智慧教育为重要抓手和实施路径,对智慧校园进行设计与开发。

六、结 语

伴随扩展现实、数字孪生、全息投影和 5G 等智能信息技术的融合发展,智慧校园迈向了沉浸式体验的新时代。针对现阶段智慧校园教学功能不突出以及教学不智慧的关键问题,本文提出建设沉浸式大学智慧校园的解决方案。面向未来,沉浸式大学智慧校园建设机遇与挑战并存。首先,在技术层面,元宇宙代表了沉浸式技术发展的最新阶段,在元宇宙技术的系统性赋能下,沉浸式大学智慧校园有望在虚拟身份、智能决策、社会交往、资源生成、认证保障等方面实现进一步优化。在此基础上,从新场域、新主体、新资源、新模式、新评价等方面推动教育数字化转型^[39],形成虚实交融的未来教育新生态。其次,在理论层面,沉浸式大学智慧校园与元宇宙的作用机制是什么,元宇宙技术驱动下沉浸式大学智慧校园的形态特征和可能场景有哪些,如何基于元宇宙建设沉浸式大学智慧校园等问题有望成为未来理论研究的热点与重点。此外,在虚实融合教育环境中,虚拟人的权责界定、AI 的算法隐蔽、教育主体本我的缺失等伦理道德问题更有待加强研究。最后,在实践层面,沉浸式大学智慧校园的发展不是高等教育机构的独角戏,社会各方力量的协同共创是沉浸式大学智慧校园可持续发展的必然之举。沉浸式大学智慧校园建设需要国家政策支持,需要校企加强合作以破解技术支持和基础设施建设等难题,还需要教师提高专业素养从而能够对沉浸式教学模式进行有效的设计、开发和应用。

参考文献:

[1] 杨萍,姚宇翔,史贝贝,等.智慧校园建设研究综述[J].现代教育技术,2019,29(1):1824.
[2] “十四五”国家信息化规划[EB/OL].(2021-12-27)[2021-12-31].http://www.cac.gov.cn/2021-12/27/c_1642205314518676.htm.
[3] 余鹏,李艳.基于教育大数据生态体系的高校智慧校园建设研究[J].中国电化教育,2018(6):816.
[4] 赵磊磊,代蕊华,赵可云.人工智能场域下智慧校园建设框架及路径[J].中国电化教育,2020(8):100106,133.
[5] 余胜泉,陈璠,李晟.基于5G的智慧校园专网建设[J].开放教育研究,2020,26(5):5459.
[6] 李新,杨现民,刘雍潜,等.智慧校园公共空间体系的设计与发展趋势[J].现代教育技术,2018,28(7):2531.

[7] 廖宏建,黄立冬.面向智慧校园的移动情境感知服务模型研究[J].现代教育技术,2021,31(4):105111.

[8] 周全,李有增.面向高校智慧校园建设的“产学研用训”协同创新研究[J].中国电化教育,2021(3):104110.

[9] 李璐,王运武.高校智慧校园评价指标体系研究[J].现代教育技术,2020,30(5):8793.

[10] 张永波,胡小杰.高校智慧校园评价指标的设计与组成框架[J].现代教育技术,2020,30(9):7478.

[11] 邵晰.技术沉浸式数字化校园建设模型研究[D].武汉:华中师范大学,2013.

[12] 国桂环,曾睿,万力勇,等.增强现实技术在智慧校园建设中的应用[J].现代教育技术,2017,27(9):1925.

[13] 王志军,刘潇.促进学习情境转化的增强现实学习资源设计研究[J].中国电化教育,2019(6):114122.

[14] GLENBERG A M. Embodiment as a unifying perspective for psychology[J]. Wiley interdisciplinary reviews cognitive science,2010,1(4):586596.

[15] HOFFMAN D L,NOVAK T P. Marketing in hypermedia computer-mediated environments: conceptual foundations [J]. Journal of marketing,1996,60(3):5068.

[16] FINNERAN C M, PING Z. A person-artefact-task (PAT) model of flow antecedents in computer-mediated environments[J]. International journal of human-computer studies,2003,59(4):475496.

[17] 祝智庭,彭红超,雷云鹤.智能教育:智慧教育的实践路径[J].开放教育研究,2018,24(4):1324,42.

[18] 祝智庭,彭红超.智慧学习生态:培育智慧人才的系统方法论[J].电化教育研究,2017,38(4):514,29.

[19] 祝智庭,贺斌.智慧教育:教育信息化的新境界[J].电化教育研究,2012,33(12):513.

[20] 钱学敏.论钱学森的大成智慧学[J].中国工程科学,2002(3):615.

[21] 杨杏芳.“钱学森之问”与中国高等教育哲学的贫困[J].教育研究与实验,2014(2):5761.

[22] 祝智庭,俞建慧,韩中美,等.以指数思维引领智慧教育创新发展[J].电化教育研究,2019,40(1):516,32.

[23] EDUCAUSE. 2020 EDUCAUSE Horizon ReportTM(Teaching and Learning Edition) [EB/OL]. (20200304) [2021-1422]. <https://library.educause.edu/resources/2020/3/2020educause-horizon-report-teaching-and-learning-edition>.

[24] QUALCOMM. The mobile future of extended reality[R]. United States:Qualcomm Technologies,Inc. ,2017:4.

[25] 褚乐阳,陈卫东,谭悦,等.重塑体验:扩展现实(XR)技术及其教育应用展望——兼论“教育与新技术融合”的走向[J].远程教育杂志,2019,37(1):1731.

[26] 赵雪梅,钟绍春.具身认知视域下促进高阶思维发展的多模态交互机制研究[J].电化教育研究,2021,42(8):6571,87.

[27] 蔡苏,焦新月,杨阳,等.5G环境下的多模态智慧课堂实践[J].现代远程教育研究,2021,33(5):103112.

[28] 卞玉龙,周超,高峰强.普罗透斯效应:虚拟世界研究的新视角[J].心理科学,2014,37(1):232239.

[29] BAILEY J O,BAILENSEN J N,CASASANTO D. When does virtual embodiment change our minds? [J]. Presence teleoperators & virtual environments,2016,25(3):222233.

[30] RUEDA J,LARA F. Virtual reality and empathy enhancement: ethical aspects[J]. Frontiers in robotics and AI,2020,25(7):418.

[31] 褚乐阳,陈卫东,谭悦,等.虚实共生:数字孪生(DT)技术及其教育应用前瞻——兼论泛在智慧学习空间的重构[J].远程教育杂志,2019,37(5):312.

[32] 陈根.数字孪生[M].北京:电子工业出版社,2020:90.

[33] 李海峰,王炜.数字孪生智慧学习空间:内涵、模型及策略[J].现代远程教育研究,2021,33(3):7380,90.

[34] 张艳丽,袁磊,王以宁,等.数字孪生与全息技术融合下的未来学习:新内涵、新图景与新场域[J].远程教育杂志,2020,38(5):3543.

[35] ITU-R. IMT Vision-framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond[R]. Geneva:ITU, 2015.

[36] 余胜泉,陈璠,李晟.基于5G的智慧校园专网建设[J].开放教育研究,2020,26(5):5459.

[37] Fisk University, HTC VIVE, T-Mobile and VictoryXR Launch 5G-Powered VR Human Cadaver Lab [EB/OL]. (20240803) [20220404]. <https://www.fisk.edu/featured/fisk-university-htc-vive-t-mobile-and-victoryxr-launch-5g-powered-vr-human-cadaver-lab/>.

[38] Morehouse College Launches Groundbreaking Classes in Virtual Reality Joint effort between Morehouse College, VictoryXR and Qualcomm Technologies Set to Transform higher ed [EB/OL]. (20240309) [20220406]. <http://www.victoryxr.com/morehouse/>.

(编辑:刘大川 校对:王茂建)

The Whole Realization of Immersive Smart Campus: Theoretical Construction and Practical Analysis

QIAN Xiaolong¹, SONG Ziyun², HUANG Beibei^{1,3}

(1. *Institute of Future Education, Nantong University, Nantong 226019, China;*

2. *School of Education Science, Nantong University, Nantong 226019, China;*

3. *Institute of Education, Nanjing University, Nanjing 210023, China)*

Abstract: With the in-depth promotion of educational informatization, the smart campus is booming, but the lack of wisdom of teaching and other problems need to be solved, and the immersive smart campus brings new hope for reshaping the smart campus ecology. At the theoretical level, constructivist learning theory, embodied cognitive theory and flow theory may provide theoretical guidance for immersive smart campus from the three dimensions of external environment, physical perception and psychological state, thus forming a theoretical framework for the immersive smart campus. At the technical level, extended reality technology, digital twin technology and 5G technology can provide support for shaping and optimizing the immersive experience of the immersive smart campus. On the basis, a five horizontal and two vertical architecture model of immersive smart campus was built, including intelligent perception layer, network communication layer, platform capability layer, application service layer, user interaction layer, standard and evaluation system and information and data security system, so as to provide a starting point for the construction and development of immersive smart campus. At the practical level, through the in-depth analysis of two typical cases: the VR Human Cadaver Lab of Fisk University and the digital twin campus of Morehouse College, it provides demonstration and evidence for immersive smart campus, and summarizes the commonalities and enlightenment of the two campuses from the aspects of digital transformation of education, subject collaborative governance, user immersive experience, etc. Facing the future, the construction of an immersive university smart campus should understand the opportunities and challenges in technology, theory and practice, and speed up planning and layout. Although immersive smart campus mainly focuses on the innovation of smart teaching, its enabling role for higher education is undoubtedly huge.

Key words: immersive smart campus; smart campus; smart education; digital twin; extended reality; metaverse; immersive learning