

高等教育数字化转型的学习空间转向： 从智慧教室到全息教室

范文翔 李珂琳

【摘要】高等教育数字化转型背景下,高校学习空间将朝虚实空间深度融合、支持多元学习场景、数字化与智能升级、资源 3D 立体呈现及多感官具身交互等方向变革。对此智慧教室显露出一定局限。全息教室具有沉浸式虚实融合空间、支持多种教学活动的开展、裸眼 3D 形式直观呈现、良好具身交互学习体验等特点,能在智慧教室基础上完成学习空间变革升级。全息教室不仅可支持高等教育不同课程和教学活动的开展、开启全息教育资源存储共享方式,还具有全息数字人学伴指导、立体沉浸全息情境、体感交互实践训练、强临场感远程教学及三维可视反馈指导等应用,具有广阔应用前景。

【关键词】高等教育 数字化转型 全息教室 全息课堂 智慧教室

《教育部 2022 年工作要点》和《党的二十大报告》都明确提出实施教育数字化战略行动,加快推进教育数字转型和智能升级。标志着教育数字化转型已成为国家战略重要行动,我国高等教育发展从教育信息化阶段正式迈向数字化转型新阶段。^[1]学习空间作为承载高等教育教学的重要场所,不仅是教育数字化转型的重要组成部分,也是数字时代教与学变革的重要抓手。高等教育信息化阶段,学习空间的建设主要以智慧教室为主^[2],通过智慧教室实现信息技术与教育教学融合。高等教育数字化转型与教育新型基础设施建设背景下,学习空间将以智慧教室为基础,在硬件与软件配备、功能与学习支持、人机交互与学习评价等多维度变革升级。^[3]全息教室作为智慧教室变革升级的典型代表^[4],将成为高等教育学习空间数字化转型的重要转向。

一、学习空间的变革趋势

学习空间是学生主要学习场所。数字化转型背景下,学习空间变革的核心目标是更好支持大学生数字时代的学习与全面发展。^[5]围绕此目标,高等教育学习空间将迎来新的变革。

(一) 虚实空间深度融合

基于网络虚拟学习空间逐渐成为大学生重要的学习空间,如中国大学 MOOC、超星学习通等。虽然虚拟学习空间可打破时空限制,为大学生学习提供更多可能性,但物理学习空间的临场感和

具身学习实践是虚拟学习空间无法替代的。可见,虚拟学习空间与物理学习空间并不是相互替代,而是作为数字时代支持不同学习方式的学习空间长期存在,最终走向深度融合^[6],形成无缝集成的融合学习空间。

(二) 支持多元学习场景

传统物理学习空间与虚拟学习空间支持的学习场景较为单一,物理学习空间主要以集体学习为主,虚拟学习空间主要以自主学习为主。数字化转型背景下,为适应学习需求与方式从单一到多元的发展,学习空间也将朝支持多元学习场景方向变革。^[7]具体而言,学习空间不仅要支持多种不同类型课程的实施,也应支持多元学习方式。为更好支持多元学习场景,学习空间布置应从固定走向灵活组合,综合利用技术使其与虚拟空间融合,实现学习空间的拓展延伸与功能复合。

(三) 数字化与智能升级

学习空间数字化转型,主要是为学生数字化学习提供基础条件与场所,进而推动学习的数字化。^[8]因此,高校应不断完善与建设新型学习空间,充分利用 5G、全息投影、大数据、云计算、人工智能、数字孪生、元宇宙等数字技术,推动学习空间基础设施的数字化与智能升级。变革升级后的学习空间,不仅应提供丰富多样的数字化学习资源,还要能支持数字化学习方式,记录学生学习过程,提供循证化与富针对性的反馈与指导。此外,

收稿日期: 2023-10-16

基金项目: 全国教育科学规划 2021 年度国家一般课题“智能时代高品质学习空间的表征及构建路径研究”(BAA210020)

作者简介: 范文翔,杭州师范大学经亨颐教育学院/中国教育现代化研究院副教授,教育学博士;李珂琳,杭州师范大学经亨颐教育学院硕士研究生。

还提供智能化的学习支持与帮助。

（四）资源 3D 立体呈现

随着计算机技术发展，高校学习资源从以实体物化的课本、教具和模型为主，逐渐发展为以二维平面的多媒体学习资源为主，突破了实体物化资源的局限，极大拓展了学习资源的丰富性。之后，随着人工智能、VR、AR、MR 等技术发展，学习资源呈现从二维平面转向更生动直观的 3D 立体呈现，学生借助 VR 眼镜或头戴设备就能看到资源 3D 全貌。近年来，随着元宇宙、全息等技术发展，学习资源开始朝裸眼 3D 方向发展^[9]，进一步提升学习体验。

（五）多感官具身交互

近年高校教育教学愈来愈重视学生与学习空间的多感官具身交互。这是因为，具身认知揭示了主体认知结构的改变，以主体与学习空间多感官交互为前提。^[10]因此，高校学习空间建设与变革必然朝支持多感官具身交互方向发展。这意味着，学习空间应充分利用数字孪生、体感交互等技术，调动大学生利用视觉、听觉、嗅觉、味觉和触觉等感官与学习空间发生即时交互，为促进大学生技能习得、认知发展与创新能力提升提供支持。

二、智慧教室基本样态及其局限

智慧教室建设一直是高校教育信息化的重点内容。目前，我国高校智慧教室建设已取得一定进展，智慧教室成为当前高校重要新型学习空间。

（一）智慧教室基本样态

根据不同需求与应用场景，智慧教室分化出不同类型（主要如表 1 所示）。也有一些高校智慧教室是多种类型的复合，具有更好的功能。纵观

表 1 不同智慧教室的功能特点

类型	功能与特点
常态型	多基于传统普通教室改造，增设智慧教学系统和配套多媒体、电子白板和电脑等，支持常态化教学、混合学习、翻转课堂等活动，能记录教学过程数据信息。主要亮点是建设成本低、可推广性强。
互动型	在常态型基础上，配备可拼接与可移动桌椅，增加学生响应器、教学互动系统、多屏互动系统和交互式智能平板等软硬件，支持互动抢答、无线投屏、多屏显示、信息交互、在线协作等功能。亮点是有助于提升学生学习参与度与成效。
研讨型	是在常态型基础上，增配可拼接研讨桌、旋转椅、交互式电子白板、多屏互动系统、智能平板等软硬件，支持在线自主学习与协作学习、无线投屏、信息交互、汇报交流与展示等活动开展。亮点是学生可随时随地自主学习、交流研讨与汇报展示。
移动型	是在常态型基础上，配备可拼接与可移动桌椅，增设平板电脑、便携式电子白板、多屏互动系统、移动学习平台等软硬件，支持师生随时随地学习，随时访问云端学习资源并获取在线机器人智慧学伴支持。亮点是灵活性高，适用于多场景教学。
物联网型	是在常态型基础上，增配可拼接移动桌椅，增加物联网中控平台、全方位摄像头、拾音器、传感器等智能化学习分析与管理软件，支持基于物联网的考勤、互动问答、学习情况全过程数据分析。亮点是学习管理与学习分析效率高。

不同类型的智慧教室，智慧教室的基本样态有较为立体的认识：硬件层面，智慧教室的桌椅从固定变成可移动、可拼接，且还配备足量的交互式电子白板、平板电脑、摄录设备、各种传感器等，使空间布置和利用更灵动多样；软件层面，智慧教室增加了教学互动、多屏互动、在线协作、智慧学伴、学习云空间、智慧教学数据分析等平台与系统，具有更强的数智能力；功能层面，智慧教室不仅可支持多种不同“教”与“学”活动全过程开展，还具有支持研讨与教研、学习评价与学习管理等功能，可为高质量教学活动的开展提供全方位支持。^[11]值得指出的是，物联网型智慧教室的过程性数据智能采集与分析，已成为高校教学方式变革与质量“提质增效”的重要依据。

（二）智慧教室的局限

智慧教室虽可支持多元学习场景，契合学习空间数字化与智能升级发展趋势，但也显露出一定局限：其一，智慧教室虚实空间没有完成较好融合。大部分智慧教室只在物理学习空间中，支持师生通过使用智能手机、平板电脑或交互式电子白板使用虚拟学习空间资源，虚拟学习空间和实体学习空间实际还是各自独立的场域；其二，智慧教室资源的 3D 立体呈现较弱，仅极少数智慧教室配备 VR 设备。虽然 VR 设备能呈现 3D 立体资源，但需要学生佩戴头显设备，时间长了会引起生理不适。因而智慧教室 3D 立体资源呈现方面还需进一步发展完善；其三，智慧教室多感官具身交互方面有待提高。虽然不少智慧教室都支持师生动手探索实践，少数智慧教室能实现基于语音的智能交互，但普遍无法给师生具身实践操作提供精准交互反馈。个别智慧教室基于手柄或移动终端，完成点击或滑动等特定操作时，会给予一定交互反馈。^[12]但这种具身交互不能使身体在无约束状态下自然做出各种动作，交互灵活性不够好也不够舒适与自然。

三、全息技术赋能全息教室建设

可预见的是，高校学习空间变革，势必在智慧教室基础上，朝优化和弥补智慧教室发展局限的方向发展。近年随着全息技术发展，全息教室有望突破智慧教室发展局限，成为高校未来学习空间变革新方向。

（一）全息技术原理

全息技术主要有传统光学全息、数字全息及计算全息三种，尽管成像效果相近，但成像原理上存在一定差异。

光学全息技术成像包括波前记录与波前再现两环节。图 1“光学全息学习空间”部分显示，波

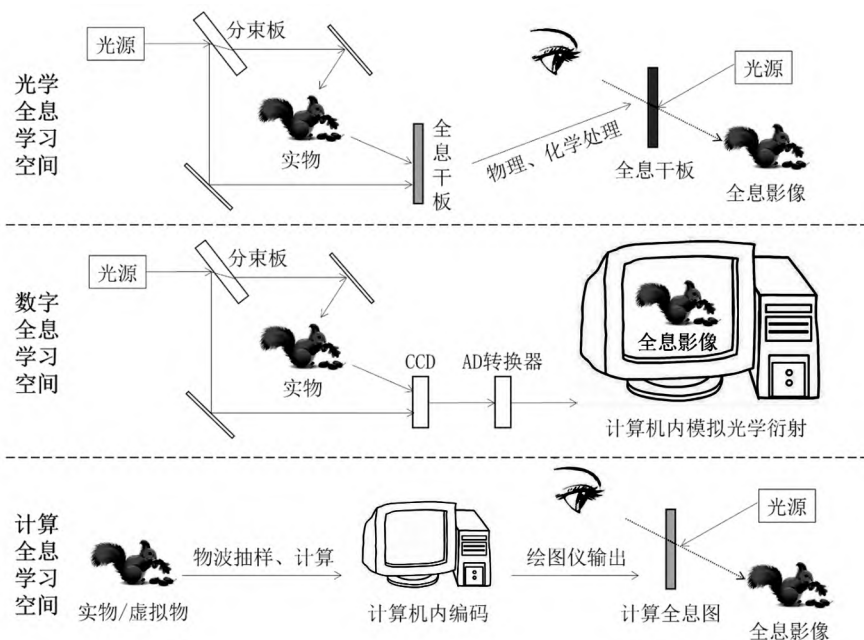


图 1 三种全息技术的成像原理

前记录指利用光的干涉记录物体光信息,形成干涉条纹,即全息图。^[13]波前再现指利用光的衍射再现实物光信息,由于全息图能再现原物波前全部光学信息,因此再现的是原物立体影像。^[14]

数字全息技术与光学全息技术相比,在光学干涉阶段用光电探测器代替全息干板来记录物体波前各点的全部光学信息,通过计算机模拟光学衍射,得到物体的数字全息影像^[15](图 1“数字全息学习空间”部分)。数字全息技术实现记录、存储全息图及再现影像的数字化,极大拓展了全息技术的实用性与应用领域。

计算全息技术与前两种全息技术相比,完全抛开了光学干涉过程,先对抽样得到的物光波进行数值计算与编码,随后使用绘图仪输出或其他方式生成计算全息图,最后经过与传统光学全息技术相同的衍射过程重现原物的全息影像^[16](图 1“计算全息学习空间”部分)。计算全息技术能够实现任意物体(含非真实存在物体)的全息显示,具有极高的灵活性。

三种全息技术成像原理不同,特点也不尽相同。传统光学全息技术使用全息干板记录全息图,具有记录介质分辨率高、影像精确度高的优点。数字全息技术使用光电探测器作为记录介质,因而波前记录速度更快,且能够实时记录,但光电传感器的分辨率与数字图像处理技术的水平限制着再现影像的精确度。计算全息技术采用数学计算的波前记录方式,因而记录对象的范围更广,但该技术对计算机运算能力提出了更高要求。无论哪种全息技术,都能对全息赋能学习空间提

供有力技术支持,尤其是数字全息与计算全息。

(二) 全息教室的样态

以全息技术为核心的全息教室,可轻松实现物体裸眼 3D 立体呈现,完成虚拟学习空间与物理学习空间深度融合。在人工智能、感知交互等技术支持下,全息教室还能支持多感官具身交互,轻松突破智慧教室三大局限。面向未来教育的全息教室,仅能突破智慧教室局限是不够的,还应能契合学习空间变革趋势,至少能满足支持多元学习场景,且能实现数字化与智能升级。为满足这些要求,全息教室可通过空间布局与技术应用,完成学习空间升级变革(如图 2)。全息教室配备全息黑板、全息显示屏与可交互全息移动终端,不仅可呈现裸眼 3D 学习资源、完成虚实空间深度融合,还支持学生直接与 3D 资源交互及反馈,给学生提供良好多感官具身交互体验。全息教室还配备平板电脑、全方位摄像头、拾音器、传感器等智能化学习分析与管理软硬件,能实现智能化考勤、互动问答、学习情况全过程数据记录与分析,助力教育教学数字化与智能升级。全息教室采用可拼接与可移动桌椅,保留了智慧教室讲台与学习管理平台,可灵活布局以适应不同教学需要。此外,全息教室还配备全息云平台和全息中控台,教师可通过全息云平台上传和下载所需全息教学资源,通过全息中控台控制教室内全息显示屏与全息移动终端。

全息教室布局图只是一个典型参考,高校可根据实际情况灵活增加或删改相关功能配置。为更好完成全息教室创建,不仅要关注外显布局示

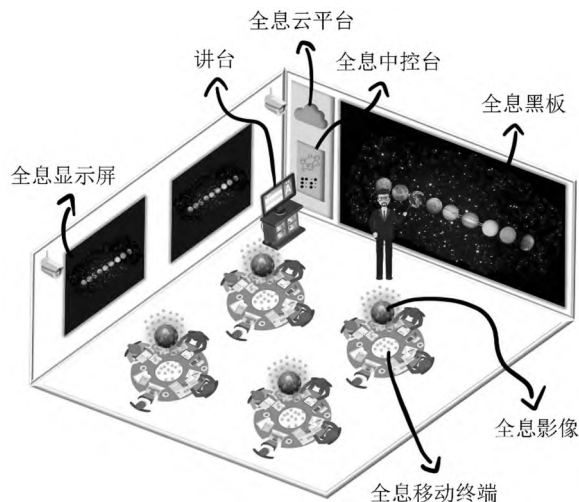


图 2 全息教室布局图

意,还要重视内在逻辑架构。只有梳理出全息技术创建所需的核心技术支持,才能让全息教室实现预期功能。布局图对应的逻辑架构如图 3 所示。可以看出,全息教室首先需要在高速率、低时延、大连接 5G 通讯技术支持下,完成教室网络布置。然后将全息投影、感知交互、数字孪生、人工智能、大数据、物联网、云计算等技术融入全息黑板、全息显示屏、全息移动终端、平板电脑、智能学习平台、学习分析与管理平台等软硬件,实现裸眼 3D 资源呈现、具身交互、学习过程数据采集与分析等功能。全息教室除可支持多元场景教学外,还有如全息教育资源存储、全息智能导师(全息数字人)、全息沉浸学习、全息实践系统、全息远程互动与全息学习评价等特色功能。

(三) 全息教室的特点

梳理全息教室与智慧教室的区别,学习环境、学习场景、内容与资源、教学交互、测试与评价、学

习支持等维度的对比分析(如表 2 所示),可提炼出全息教室六个主要特点,即沉浸式虚实融合空间、支持多种教学活动开展、裸眼 3D 形式直观呈现、良好具身交互学习体验、即时可视的评价与反馈、全息数字人的学伴指导。

表 2 智慧教室与全息教室对比

维度	对比项	智慧教室	全息教室
学习环境	虚实空间深度融合	浅层融合	深度融合
学习场景	沉浸式学习环境	沉浸感差	沉浸感强
	支持多元学习场景	场景较少	场景较多
内容与资源	资源呈现方式	平面 2D	裸眼 3D
教学交互	多感官具身交互	体验一般	体验较好
测试与评价	即时评价反馈	学习者画像	三维可视反馈
学习支持	学习学伴指导	平面学习助手	3D 全息数字人

1. 沉浸式虚实融合空间

智慧教室除物理学习空间外,通常还包含网络学习空间,两个空间各自独立。全息教室是在原有物理学习空间基础上,直接完成虚拟全息学习空间叠加,能轻松完成虚实空间深度融合,创设沉浸式学习空间,支持不同场景任意切换。

2. 支持多种教学活动开展

智慧教室有不同类别,每种类别能支持的学习场景较为有限。全息教室兼具多种不同类型智慧教室功能模块,布局灵活,配备功能更丰富的软硬件,支持常态教学、互动教学、研讨教学、移动教学、探究教学、实验教学、实操训练等活动开展。

3. 裸眼 3D 形式直观呈现

虽然不少智慧教室可借助特定应用软件向学生展示立体教学内容,但本质仍是 2D 平面图像,真实感与纵深感不强。全息教室能将复杂难懂内容,以逼真的裸眼 3D 形式直观呈现,有利于减少认知负荷。

4. 良好具身交互学习体验

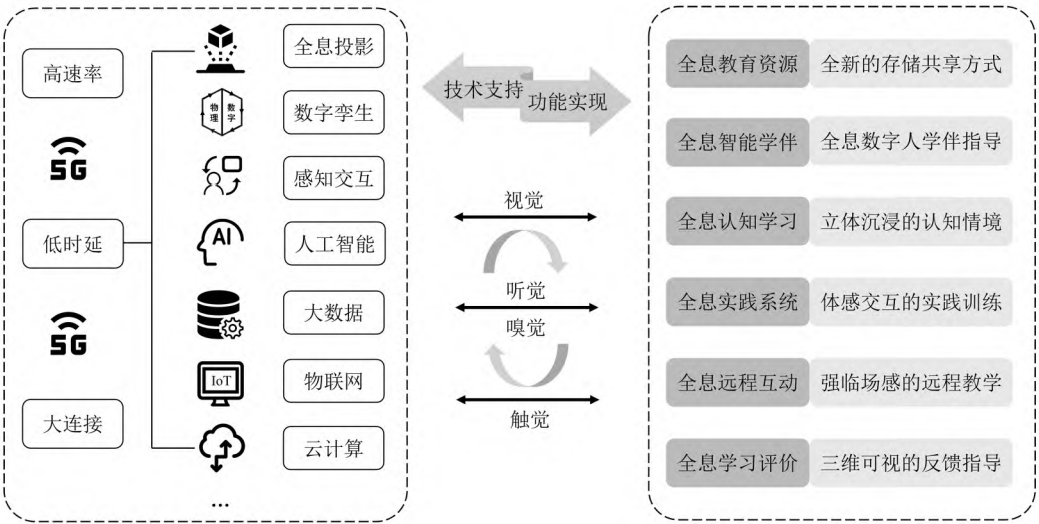


图 3 全息教室逻辑架构

智慧教室的人机交互体验比较一般。全息教室可将复杂学习内容与穿越时空的学习场景,以裸眼3D形式直观呈现。呈现的立体影像不受设备终端屏幕大小限制,且可直接交互,可给学生提供身临其境且富有趣味性的具身学习体验。

5. 三维可视评价与反馈

不少智慧教室都能采集教与学过程数据,并以图表可视化形式给学习者与教师画像。全息教室不仅可提供学习者画像,还能把画像数据以三维立体形式呈现,甚至可将评价与反馈数据信息转化为可触摸、可感知的全息影像。

6. 全息数字人学伴指导

部分智慧教室在线学习平台,可利用在线学习助手进行答疑、呈现学习画像、提供学习建议等操作。全息教室将学习助手在线虚拟平面形象升级为3D数字人形象,在大数据、ChatGPT等智能技术支持下,能提供更有针对性的学伴指导。

四、全息教室在高教领域的应用

全息教室不仅可支持高等教育阶段不同课程和教学活动开展,还将开启一些特色应用,有助于推动高等教育数字化转型与教育教学变革。

(一) 全息教育资源:全新存储共享方式

全息教室主要采用三维立体空间存储方式,将数据存储密度提升一个维度,通过各种复用技术极大提升了全息存储容量,记录介质局部缺损也不会引起信息丢失,通过介质碎片仍能恢复原有数据。相比当前高校普遍采用二维平面的且存储能力较为有限的半导体电存储、磁存储与光存储技术,全息存储容量与可靠性都有较大提升,可轻松应对教育过程产生的海量数据与教育资源的存储。^[17]更重要的是,全息存储方式跟实体作品存储相比,不占物理空间。与图片、视频存储方式相比,又能再现作品全部样貌和细节。

(二) 全息智能学伴:全息数字人学伴指导

与网页2D学习助手相比,全息智能学伴的形象不仅是3D的,且可根据学生的喜好,定制来源于实体或是完全虚拟的专属全息数字人形象。全息智能学伴对学生学习支持是全过程的,不仅会伴随式采集学生学习过程各类数据,精准刻画学习者肖像,为学生提供个性化资源推荐、学习结果反馈、学习规划建议等服务,还能根据学生需要,提供知识讲解、操作演示、答疑解惑等个性化支持。如果接入ChatGPT为代表的生成式人工智能,全息智能学伴将更加智能化,对学习的支持将更加精准。

(三) 全息认知学习:立体沉浸的认知情境

全息教室不仅可将医学的人体器官构造、艺

术设计、机械结构等复杂难懂教学内容,以裸眼3D形式直观呈现,还能通过缩放全息影像打破实体教具大小限制,支持与全息影像交互,化抽象为具体,降低学生认知负荷,提升学习体验与成效。此外,全息教室还能根据教学需要,轻松创建立体沉浸认识情境。如地理科学课上变换呈现各种震撼的地貌情境、考古课上通过全息还原第一现场、建筑课上将世界各地经典建筑悉数展现等,让师生足不出户,就能置身于各种超真实情境,给学生提供全新学习体验。

(四) 全息实践系统:体感交互实践训练

理学、工学、医学等学科门类的诸多专业培养,都涉及大量实验与实践训练模块。全息教室有先进的全息体感交互实践系统,学生可直接裸眼参与全息3D实验与操作技能训练。搭载感知交互功能的全息实践系统,通过触觉手套等硬件设备,能让学生清晰感受到物体的形状、质地、温度、软硬度等特征。还可灵敏捕捉学生的触摸与手势,根据学生的操作,提供多感官即时互动反馈。相比于场景单一且主要依靠机械拖拽鼠标操控的虚拟仿真系统,全息实践系统可提供高沉浸感及与真实操作无异的学习体验。

(五) 全息远程互动:强临场感远程教学

全息远程教学与一般的专递课堂、双师课堂、同步互动课堂、名师课堂等远程教学相比,最大优势是能把授课教师空降到远端现场,将教师形象一比一还原于远端授课现场,使远端学生对教师的感知不再是屏幕中二维平面形象与声音,而是一个完整、三维立体的教师本人。全息远程教学中,教师能清晰地看到远端每名学生的一举一动,不仅可根据学生即时反应,通过肢体语言、神态、微表情与学生互动,也可直接“面对面”交流与讨论,能有效解决传统远程教学临场感差、互动体验不佳等问题。

(六) 全息学习评价:三维可视反馈指导

全息教室以三维可视呈现方式,助力高校教师探索诊断性评价、形成性评价与总结性评价相结合的评价改革。其中,诊断性评价可通过全息教室的学习分析与管理平台采集学生学习全过程数据,精准把握学生的学习起点。总结性评价可通过智能终端与全息移动平台检测学生学习成效。这两种评价结果数据,都可绘制成学习者画像,且以可触摸、可感知的三维全息影像形式直观呈现。形成性评价可通过全息移动终端与智能终端,对学生学习、实践与操作部分提供即时、多感官全息反馈指导。

数字技术与学习空间深度融合,是高等教育

数字化转型的必然趋势。全息教室完成了虚实学习空间深度融合,能轻松切换沉浸式学习情境,支持多种教学活动开展。学习过程中,学生直接通过裸眼就能看到三维立体全息影像,还能与全息影像进行多感官具身交互,给学生认知与实践学习提供更直观、真实、沉浸的交互体验,有利于提升学生学习热情与学习成效。全息教室还具有智能记录学习全过程和分析反馈功能,能给学生提供更个性化与优质的学习支持。随着全息技术和人工智能等技术发展,全息教室的功能将愈加丰富与完善。高等教育数字化转型背景下,全息教室必将走入现实,成为高等教育学习空间的新常态,推动我国高等教育数字化与智能化,对高等教育教学变革产生重大影响。

参 考 文 献

- [1] 邬大光. 成就与预警:我国高等教育普及化进程的思考[J]. 中国高教研究, 2023(4): 8-18.
- [2] 文灿, 李中旗, 刘浩, 等. 基于智慧教室的融合式教学支持平台研究[J]. 现代教育技术, 2022(6): 115-121.
- [3] 葛道凯. 推动数字化转型融入高等教育全过程[J]. 中国高等教育, 2023(2): 27-30+36.
- [4] 靳彤, 李亚芬. 理解数字化时代的学校公共空间[J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 2023(3): 45-51.
- [5] 刘晓彤, 柳士彬, 盖丽那. 智能时代高校数字化学习空间[J]. 电化教育研究, 2022(12): 25-31.
- [6] 朱珂, 张莹, 李瑞丽. 全息课堂:基于数字孪生的可视化三维学习空间新探[J]. 远程教育杂志, 2020(4): 38-47.
- [7] 秦一鸣, 于竞. 高校学习空间变革:趋势、特征与优化[J]. 重庆高教研究, 2021(2): 71-81.
- [8] 沈书生. 学习空间的变迁与学习范式的转型[J]. 电化教育研究, 2018(8): 59-63+84.
- [9] 万昆, 李建生, 李荣辉. 全息技术及其教育应用前瞻[J]. 现代远距离教育, 2020(6): 35-40.
- [10] 钟柏昌, 刘晓凡. 论具身学习环境:本质、构成与交互设计[J]. 开放教育研究, 2022(5): 56-67.
- [11] 刘选, 刘革平, 廖剑. 智慧教室结构模型构建研究[J]. 中国远程教育, 2023(2): 45-53.
- [12] 王会亭. 从“离身”到“具身”:课堂有效教学的“身体”转向[J]. 课程·教材·教法, 2015(12): 57-63.
- [13] 王舒晓. 浅析全息投影、裸眼 3D、虚拟现实技术的区别[J]. 电子测试, 2018(22): 107-109.
- [14] 赵凯华. 新概念物理教程光学(第二版)[M]. 北京:高等教育出版社, 2021: 186-187.
- [15] GOODMAN J W, LAWRENCE R W. Digital image formation from electronically detected holograms[J]. Applied physics letters, 1967, 11(3): 77-79.
- [16] 侯瑞宁. 计算全息三维显示的研究[D]. 重庆:重庆大学, 2007.
- [17] 王亚鑫. 光学体全息存储专利技术综述[J]. 中国发明与专利, 2020(S2): 78-84.

On Turning of Learning Space in Digital Transformation of
Higher Education: from Smart Classroom to Holographic Classroom

Fan Wenxiang, Li Kelin

Abstract: In the context of the digital transformation of higher education, the learning space of universities will be transformed towards deep integration of virtual and real spaces, support for diverse learning scenarios, digital and intelligent upgrades, 3D presentation of resources, and embodied interaction of multiple senses. Compared to the changing trend of learning space, smart classrooms have shown certain limitations. The holographic classroom has the characteristics of immersive virtual and real fusion space, supporting various teaching activities, visually presenting in naked eye 3D form, and providing a good embodied interactive learning experience. It can complete the transformation and upgrading of the learning space on the basis of a smart classroom. Holographic classrooms not only support the development of different courses and teaching activities in higher education stages, but also enable the storage and sharing of holographic education resources. They also have characteristic applications such as holographic digital human learning companion guidance, three-dimensional immersive holographic scenarios, practical training for tactile interaction, strong telepresence remote teaching, and three-dimensional visual feedback guidance. They have broad application prospects in the field of higher education.

Key words: higher education; digital transformation; holographic classroom; holographic class; smart classroom

(责任编辑 骆四铭)