

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2020.05.022

欢迎按以下格式引用:官慧卿,许景峰,龚承晋,等.虚拟现实在建筑空间认知中的应用研究[J].高等建筑教育,2020,29(5):156-166.

虚拟现实在建筑空间 认知中的应用研究

官慧卿^{1a,1b},许景峰^{1a,1b},龚承晋^{1c,2},高露³

(1. 重庆大学 a. 建筑城规学院;b. 山地城镇建设与新技术教育部重点实验室;
c. 经济与工商管理学院,重庆 400030;2. 光辉城市(重庆)科技有限公司 重庆 400043;
3. 重庆建筑工程职业学院 建筑与艺术系,重庆 400072)

摘要:空间认知能力是建筑学基础教育的一项重要指标,而虚拟现实技术在提高空间认知能力与训练设计思维等方面具有独特优势,但目前,虚拟现实结合建筑教育的案例多侧重于教学过程描述与技术路线分析,对教学成果的评价仍需进一步证明。通过对空间认知能力基本定义、形成方式和评价要素进行阐述,并提取空间尺度认知要素,将虚拟现实技术作为部分教学手段介入建筑初步教学改革实践课程,以调查问卷的形式对低年级学生空间认知能力提升情况进行量化分析。结果表明,虚拟现实介入教学过程后,可对学生的建筑空间尺度认知能力提升 11.2%~68.7%,对立面开窗尺度的理解变化则表现出局限性。此外,经 VR 教学的学生更加关注空间体验感,表明空间思维方式受教学手段的影响,虚拟现实使视觉表征与空间思维关系更加密切。

关键词:虚拟现实;建筑教育;空间认知

中图分类号:G642 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2909(2020)05-0156-11

建筑学是一门古老而传统的学科,其专业基础教育注重空间能力的提升,空间能力又包括空间认知、空间想象、空间创造能力,其中,空间认知是建筑初步的重要学习内容,其教学模式经历了 3 视图渲染到小比例手工模型制作过程。中国近现代建筑教育是舶来品,同西方国家一样完成了从古典“布扎体系(Beaux-Arts)”到现代主义“包豪斯(Bauhaus)体系”的过渡,其中包含了未能延续但产生一定影响力的“ETH(苏黎世联邦理工)”与“德州骑警”等教学方法^[1-2]。近年来,中国建筑学专业基础教学改革致力于构架新的以空间为核心的教学体系^[3],虚拟现实(Virtual Reality,简称 VR)的出现为学生空间认知与思维转变提供了技术基础。建筑设计类课程核心内容是空间形态设计,虚拟现实技术的基本功能是对这种空间形态构成的实际场景进行虚拟再现^[4]。在国家政策推

修回日期:2020-05-25

作者简介:官慧卿(1993—),女,重庆大学建筑城规学院硕士研究生,主要从事建筑设计及其理论研究,(E-mail)418437310@qq.com;(通讯作者)许景峰(1980—),男,重庆大学建筑城规学院副教授,博士,硕士生导师,主要从事建筑技术研究与设计,(E-mail)151431437@qq.com。

动下,VR 技术应用于实际教学的案例屡见不鲜,但对新技术应用带来的效果评价相对匮乏。结合建筑学专业的学科特殊性,以教学案例实践方式探究虚拟现实技术在空间认知过程中的作用,并对教学成果进行量化评价。

一、建筑空间认知能力

(一) 空间认知能力的定义与形成

“认知”的概念最早由心理学家提出,其实质是把客体的信号转换编译成人脑中观念的创造过程^[5]。空间认知是认知科学的一个分支,指的是中枢神经系统整合空间信息的能力,也指个体将注意力转向相关信息的能力,通过对新刺激的自主导向,构建个人空间、个人周边空间和形象空间的表征^[6]。空间认知能力,是将空间关系的视觉信息进行加工的能力,它包括空间观察能力、空间记忆能力、空间想象能力、空间思维能力等^[7]。

空间认知能力受多个行业和领域的重视,如航空航天、地理、军事、建筑设计等,这些专业均需对学生的空间能力进行培养,而空间认知能力的获取方式,除特意训练外,均由日常生活所得。对空间的认知代表人脑将图像和实体进行“二维-三维”的转译能力,现实世界中的物体在大脑中成像,画面与物体一一映射,久而久之便在大脑中形成了“物-像”对应的潜意识,当其固化下来,便形成了认知,因此,提升建筑空间认知能力的有效方法之一就是反复体验、观察,并形成意识。

(二) 建筑学基础教育与空间认知

建筑学专业学习大致可归纳为对空间进行“感知-认知-模仿-创作”的过程,特别在基础教育阶段,多以视觉空间表象为基础,而近年来,技能培训的重点从古典的“构图”逐渐过渡到空间的“构成”,顾大庆^[8]教授在香港中文大学建筑学院推行“空间与建构”工作坊,将教学内容分解为“要素、策略和空间”3大设计与分析模块,将建筑空间的创作与认知紧密相连。

传统学习认知在心理学领域为“刺激-反应”论,这个过程既是教师与学生之间的教与学,也是从感知到认知的主动建构。知识结构的形成,即空间的转译能力需要亲身经历空间体验过程,才能在大脑中留下深刻印象,进而辅助空间能力的内化发展。所谓空间体验,即人在建筑空间中的亲身经历,它是沿时间轴线所发生的知觉感受变化过程^[9]。人在进行空间体验时,其知觉变化大致分4个阶段:直觉体验、联觉体验、唤醒记忆、反思体验^[10],这个过程精炼的阐释了人从进入空间时的视觉信息输入到五官联觉,再到记忆触发和反思,如图1所示,进一步印证了建筑学基础教育中,学生对空间的理解来源于从感知到认知的过程。

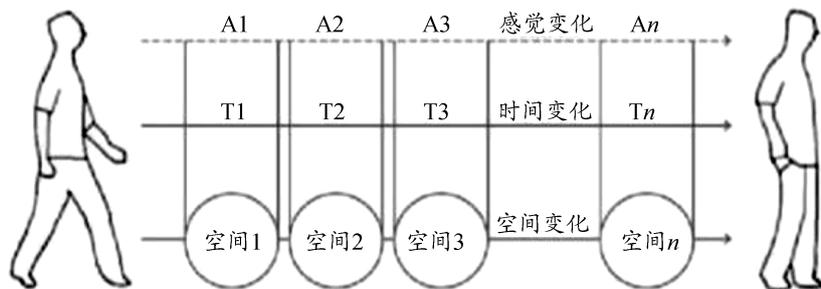


图1 建筑空间的知觉体验过程示意^[10]

(三) 空间认知能力的评价要素

人们对空间认知能力要素的判断主要切入点为思维感知与空间视觉化, Mohler 等^[11]在“空间因素与定义表格”中以时间为轴线进行了详尽的整理,纵向对比发现,空间认知要素的发展从关注“推理”与“实践”能力,到关注空间视觉化、空间关系、空间旋转、空间定向及完形速度等,均无一例外地重视视觉与思维的联系。

与普遍意义上对“折纸”、“图形”和“立方体”^[12]的认知略有不同,建筑空间认知更加关注物体“虚空”部分的特征,且被划分为单体空间认知和组合空间认知^[12],单体空间包括尺度、材质、光影、围合方式等要素,组合空间包括对比、形式、序列及情感变化等要素,与上文相同,都以人脑处理复杂空间图形内容的能力为评价标志。

二、虚拟现实技术概述

(一) 虚拟现实技术的定义

虚拟现实(VR, Virtual Reality)于1989年由美国VPL Research公司的Jaron Lanier首次提出,该技术采用以计算机为核心的现代高科技手段生成逼真的视觉、听觉、触觉等一体化虚拟环境,用户借助特殊的输入输出设备,采用现实的方式与虚拟世界中的物体进行交互,相互影响,从而产生亲临真实环境的感受和体验^[13]。

在《远距离开放教育词典》中,虚拟现实亦称虚拟教育,是利用计算机技术生成具有逼真的视觉、听觉、触觉及嗅觉的模拟现实环境,学生可与这一虚拟的现实环境进行交互作用,作用的结果与学生在相应的真实环境中的体验结果相似或相同。虚拟现实技术是多媒体技术的重要应用,它为发现式学习创造有利条件,在虚拟学习环境中,学习者进行探索、思考,即时做出反馈^[14]。

(二) 虚拟现实技术的特征

Burdea G、Philippe Coiffet 等^[15]于1994年提出虚拟现实技术具有沉浸性(Immersion)、交互性(Interaction)、构想性(Imagination)3大特征,目前这一说法被人们普遍接受,具体含义如下。

1. 沉浸性

用户以第一视角置于计算机设定的虚拟环境中,通过传感设备获取视觉、听觉、触觉、嗅觉等多重感知,产生身临其境之感。

2. 交互性

用户通过交互设备与虚拟环境进行交互,主体动作可以实时反馈,较大程度上增加了沉浸感。

3. 构想性

用户可在虚拟环境中模拟未执行事件的多种可能性,对比各项结果后得出最佳执行方案。

(三) 虚拟现实技术应用于教育的理论基础

在教育实践中,虚拟现实的研究目标是呈现知识信息、辅助教学活动,从而加速和巩固学生学习知识的过程,以设计和优化学习过程和学习情境。黄奕宇^[16]提出虚拟现实技术应用于教学的理论基础,主要包括4个方面。

1. 建构主义学习理论

在教学过程中,除了知识的传达,更注重学生主动建构能力的培养,虚拟现实技术可在一定程度上提升学生获取知识的主动性,自主完成对新旧知识的整合与重组。

2. 有效教学理论

有效教学研究由环境变量、过程变量和结果变量组成,构成了其基本框架,通过一系列有效教育活动使学生学习符合预期最佳效果^[17],有效教学理论强调师生互动、学生合作、自主学习、及时反馈以及尊重学生差异等,虚拟现实技术的自主性与交互性恰好符合这些要求。

3. 情境认知理论

情境认知理论强调理论知识学习与情景实践相结合,虚拟现实技术扩大了可用于教学的场景数量,能够加快学生的主动认知与建构进程。

4. 模拟思维方法

模拟思维方法分为物理模拟与数学模拟,虚拟现实可采用物理模拟方法,模拟无法简单创建的教学场景、重现稍纵即逝的自然现象、放大或缩小肉眼难以感知的结构等。

三、虚拟现实技术应用研究现状

虚拟现实技术应用于教育领域,多以场景模拟、情景认知及主动建构为理论基础,而建筑学作为以空间理论为基础的实践学科,存在理论学习与实践脱节问题,虚拟现实技术的应用将给建筑学教育带来新的变革。近年来,虚拟现实(与仿真)技术在国家政策的大力推动下逐渐走进高校。

(一) 虚拟现实技术在建筑教育领域的应用

自2013年教育部开展国家级虚拟仿真实验教学中心以来,共成立300多个虚拟教学中心,其中,建筑类主要有哈尔滨工业大学建筑虚拟仿真实验教学中心、同济大学建筑规划景观虚拟仿真实验教学中心、山东建筑大学建筑工程管理虚拟仿真实验教学中心、华南理工大学数字建筑与城市虚拟仿真实验教学中心等。以教学中心为基础,2018年起,教育部开展国家级虚拟仿真实验教学项目征集工作,入选示范性项目名单的课题均侧重知识点的碎片化与虚拟化、仿真模拟与实时交互,截至2020年6月,上传到国家虚拟仿真实验教学项目共享平台(<http://www.ilab-x.com/>)的建筑类实验教学项目共21个。近年来,全国建筑院系建筑数字技术教学与研究学术研讨会专门设有“虚拟现实与增强现实技术应用”板块,各高校借助VR/AR技术进行空间研究及教学实践日趋丰富,其中,不乏空间认知、案例分析、哲学思想、创作思维、建构方式、教学评价等精彩论题。

综上所述,从大型实验教学中心建设到课程教学改革,再到一节课的临场实践,虚拟现实与仿真技术应用研究受到教育界及建筑界的重视,正处于从基建到内容的过渡期,因此,新技术为传统建筑教育带来怎样的变革及成果将是重要议题。

(二) 虚拟现实技术对建筑空间认知能力的提升及评估

由于虚拟现实技术的发展正逐渐走向轻量化,且在高校建筑相关专业教学中得到较为广泛的应用,但目前可检索的文献多侧重于教学过程描述与技术路线分析,对教学成果的评判仍在探索中。

虚拟现实技术应用于建筑教学成果主要有:一是VR技术的直观性、可体验性与交互性可帮助学生理解空间、强化思维训练,在方案形成和完善的各阶段发挥一定效能,并弥补和提升传统图示的表达能力^[18-19];二是VR技术的教学效果综合评价可通过课前评测、课中表现、课下测验3分项的方式进行^[20];三是通过技术与建筑设计思维的关联耦合度分析现有BIM+VR平台系统在逻辑思维、形象思维、直觉思维和灵感思维这4种模式交互中的优势和不足^[21];四是在完整有效的教学实验过程中提取虚拟环境行为特征与空间认知要素,通过主观评价、数据分析与测试反馈对实时交互

设计方法进行有效性判断^[22]。虚拟现实技术应用于教育,将促使教育形态、教育环境、教学过程的基本要素及相互关系发生重大变化,使教学过程中的教师、学生及媒体之间的关系形成新的架构^[23]。

综上所述,由于虚拟现实在沉浸式空间体验与交互方面具备极强的优势,对学生的空间理解能力、三维识图能力、设计思维训练以及成果表达等方面有所帮助,因此,在低年级建筑学专业教学中,引入新技术对学生的空间认知能力起到积极的正向作用。为论证该论断的科学严谨性及正向效果,结合重庆建筑工程职业学院建筑初步教学改革实践,以实验教学的方式进行验证研究。

四、虚拟现实技术在空间认知过程中的作用探究

建筑初步是建筑学专业启蒙课程,在教学内容上,注重培养学生对建筑的形象认识、感性体验、理性分析、创新运用和清晰表达等能力,建筑空间认知是该课程的重要教学内容^[24]。对未经专业训练的学生来说,如何认识空间、理解空间,如何把思维概念变成三维空间概念,并完成空间生成是该课程的难点^[9]。实验过程中,重点观察学生对单体建筑空间尺度的认知,在课程学习的4个阶段分别对被测学生进行问卷测试,并与对照组形成对比,涵盖评价要素不尽完整,在此仅作为部分试验结果进行参考讨论。

(一) 实验环境

1. 硬件

教学实验完成于重庆建筑工程职业学院“虚拟现实梦工厂”教学空间内,教学设施配备完善,实验所需硬件主要有惠普高性能工作站、HTC Vive 虚拟现实交互设备以及 Epson CH-TW6300 投影设备等。

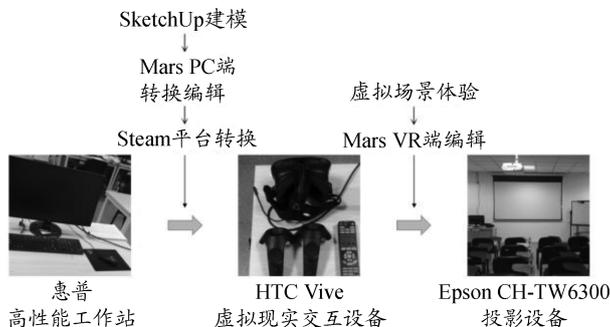


图2 教学实验环境示意图

2. 软件

SketchUp: 目前应用较为普遍且简单高效的三维建模软件,帮助学生快速表达空间设计成果; Mars: 由光辉城市开发运营的虚拟现实设计平台,实现3D模型到虚拟场景的转换与编辑。Steam: 由Valve公司运营全球最大的综合性数字发行平台,用以完成虚拟场景与虚拟现实交互设备的对接。

(二) 实验对象

教学实验的对象为重庆建筑工程职业学院2017级建筑设计专业1班全体学生,对比组为同校同级同专业剩余班次中随机抽取的同等人数,年龄段为17~19岁,均未接触过虚拟现实软交互设备。实验组27人,男生19名,女生8名;对比组27人,男生14名,女生13名,共采集54组实验数据。

(三) 实验流程

主要实验方法为问卷调查法,实验内容为4阶段空间认知测试,从知觉想象到平面手绘,再从三维建模到VR沉浸式体验,分别从4个阶段对实验组学生的空间认知能力变化进行跟踪测试与观察,统计数据变化曲线,将虚拟现实技术在教学中的作用量化体现。

对比组学生由该校教师采用传统方式授课,空间认知过程主要包括平面手绘与小比例手工模型制作,与实验组相比,多了手工模型制作,缺少VR体验环节,仅在此次教学开始前与结束后进行问卷调查,问卷内容与实验组同。

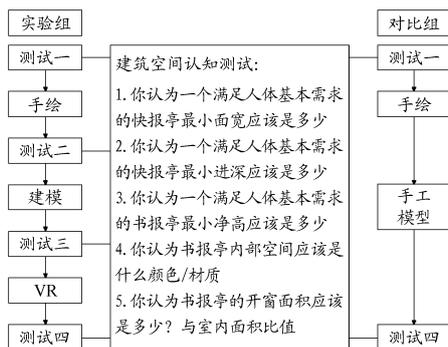


图3 实验组空间认知测试流程图

第一步:请学生扫码填写问卷,问卷内容如图4所示,问卷结果作为测试一统计结果。

第二步:请学生在A4纸上按照1:50的比例画出一个满足基本需求的书报亭平面图、正立面图、与立面图垂直的剖面图、轴测图,标注尺寸并自行排版。

第三步:对上一步的图纸标注内容进行整理填表,作为测试二的统计结果。

第四步:SketchUp软件学习,并在教师的辅助下完成书报亭建模,注意尺寸正确。

第五步:对上一步的三维模型进行尺寸及材质整理填表,作为测试三统计结果。

第六步:Mars软件及VR交互设备学习,并在教师的辅助下完成三维模型到VR场景的转换,进行沉浸式体验。体验过程中至少包含以下动作:1)站在书报亭内部,利用VR测距功能对建筑面宽、进深及净高进行尺寸测量;2)对墙面开窗面积及室内面积进行测量;3)调节时间滑块,观察书报亭内24h的采光变化情况。

第七步:再次扫码填写问卷,问卷结果作为测试四统计结果。

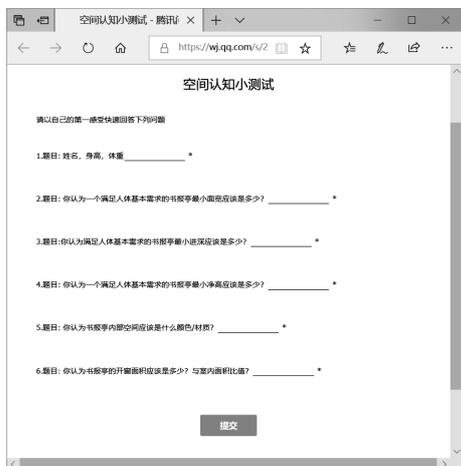


图4 空间认知测试网络问卷截图

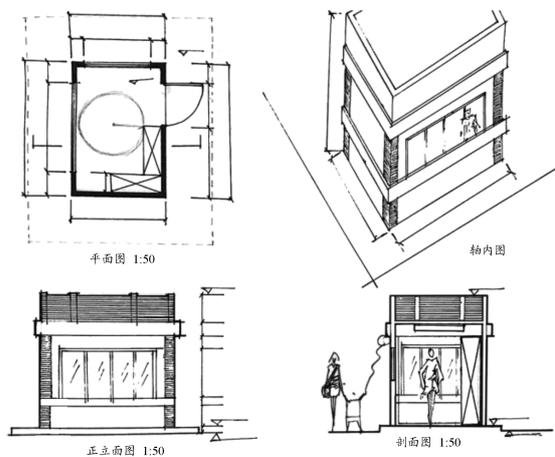


图5 学生手绘内容扫描图



图6 学生建模过程现场照片



图7 VR体验环节现场照片

(四) 实验结果与分析

教学实验结束后,将问卷统计结果进行横向与纵向比较:首先,分别从面宽、进深、净高、开窗面积、窗地比等维度分别进行4个阶段的数据对比,观察分析VR介入教学过程的实验组学生对空间尺度的认知变化曲线;然后,将实验组与对比组的最后一次问卷(测试四)数据进行统计,形成VR介入教学与未介入的横向对比。从上述两个角度分析虚拟现实作为一种新型教学手段为低年级学生的空间认知能力带来的影响。

经实地调研,重庆市渝中区及南岸区部分书报亭各项尺度范围参考数据如下:面宽2 000~4 000 mm,进深2 000~3 000 mm,净高2 000~3 000 mm,开窗面积1~3 m²,窗地比0.3~0.7。实验数据核查过程中,部分结果出现缺失及异常,原因为统计过程中学生操作失误,故未将无效数据展现在图表中。

1. “面宽”4阶段问卷数据统计

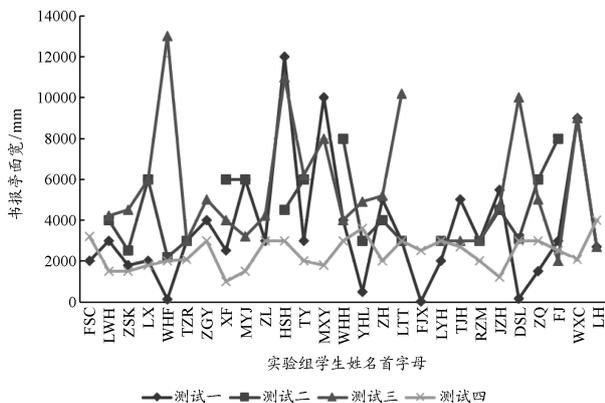


图8 书报亭面宽4次测试结果折线图

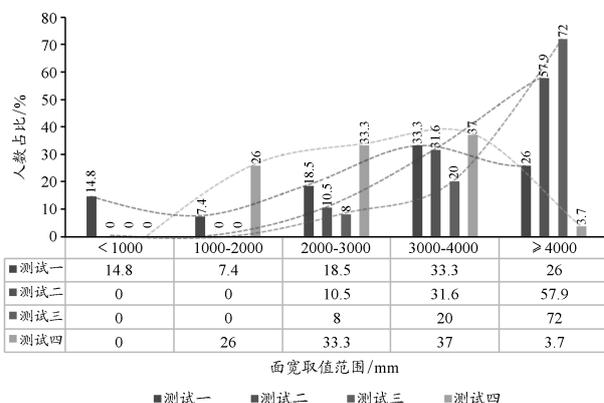


图9 书报亭面宽4次测试结果柱状图

如图8所示,测试四折线波动最为平缓,说明经过VR体验式教学之后实验组个体差异最小;如图9所示,测试4柱形图大致呈正态分布,数据集中在合理范围(2 000~4 000 mm)内,与其他3组测试相比,人数占比分别增长了18.5%、28.2%、42.3%。

2. “进深”4阶段问卷数据统计

图10~图11与图8~图9结论相似,测试4折线波动最缓,表明经过VR体验式教学之后,实验组个体差异最小;4次测试结果均未产生正态分布结果,但测试四在合理范围(2 000~3 000 mm)内占比最高,与其他三组测试相比,人数占比分别增长了16.4%、12.9%、24.4%。

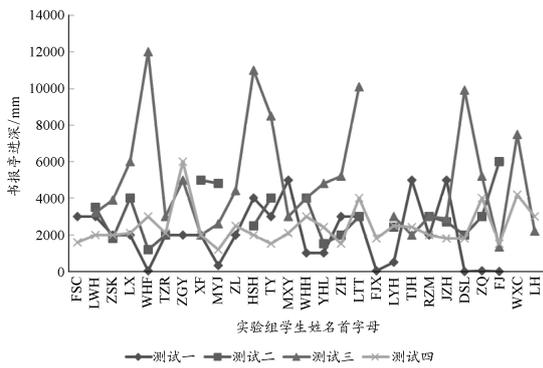


图 10 书报亭进深 4 次测试结果折线图

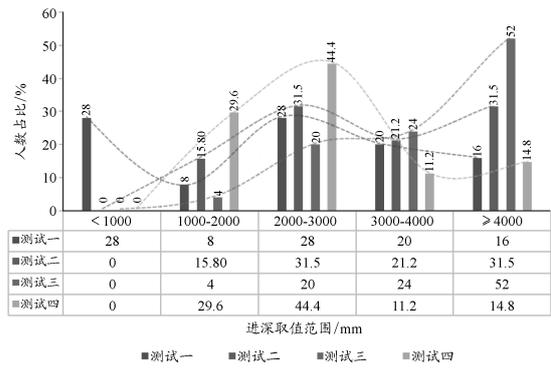


图 11 书报亭进深 4 次测试结果柱状图

3. “净高”4 阶段问卷数据设计

如图 12~图 13 所示,测试四折线波动最为平缓,表明经过 VR 体验式教学后,实验组个体差异最小;且测试四柱形图大致呈正态分布,集中在合理范围(2 000~3 000 mm)内的数据占比高达 74%,与其他 3 组测试相比,人数占比分别增长了 30%、68.7%、42%。

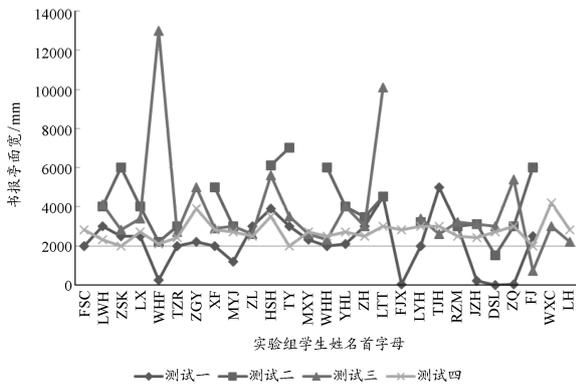


图 12 书报亭净高 4 次测试结果折线图

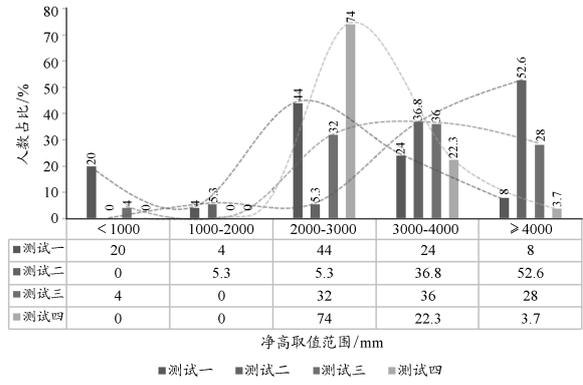


图 13 书报亭净高 4 次测试结果柱状图

4. “开窗面积”4 阶段问卷数据统计

如图 14~图 15 所示,由于对开窗面积常识判断不足,导致测试一结果波动较大,图表纵轴被压缩,因此,其他 3 次测试数据波动不明显,但仍然可以看出测试四折线更加平稳,且测试四数据均分布在 0~10 m² 范围内,相对合理;图 15 柱状图中,测试四结果分布在合理范围(1~3 m²)内的人数占比 48.1%,与其他 3 组测试相比,人数占比分别增长了 11.2%、23.1%、28.1%。

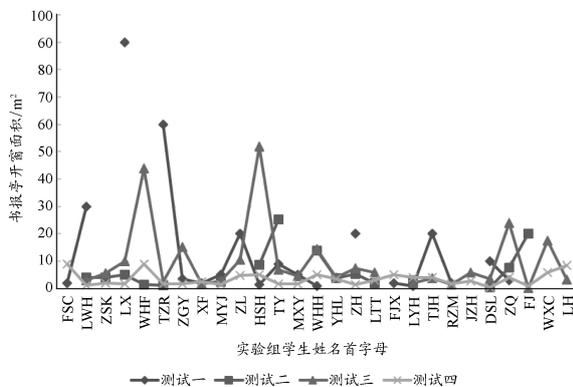


图 14 书报亭开窗面积 4 次测试结果折线图

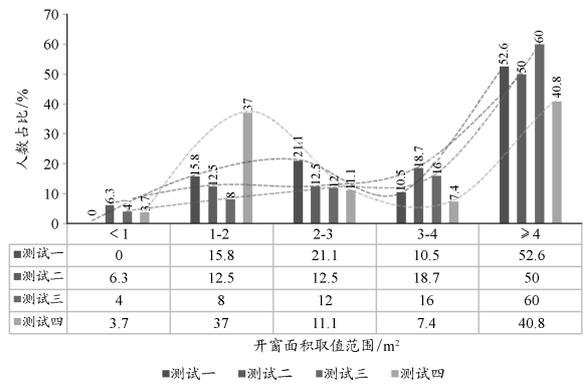


图 15 书报亭开窗面积 4 次测试结果柱状图

5. 窗地比 4 阶段问卷数据统计

如图 16~图 17 所示,从折线图来看,4 次测试结果波动程度相仿,无明显变化,且数据分布区间无明显特征,表明学生对窗地比的理解与认知受教学手段影响较小。同时,低年级学生对窗地比概念了解不足,测试一数据量偏少,因此,图表未能反映有价值的结论。

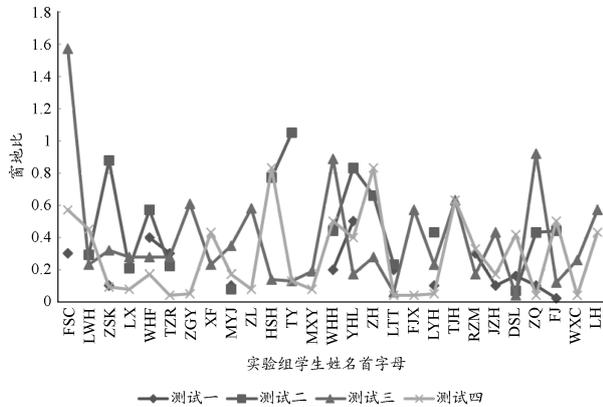


图 16 书报亭窗地比 4 次测试结果折线图

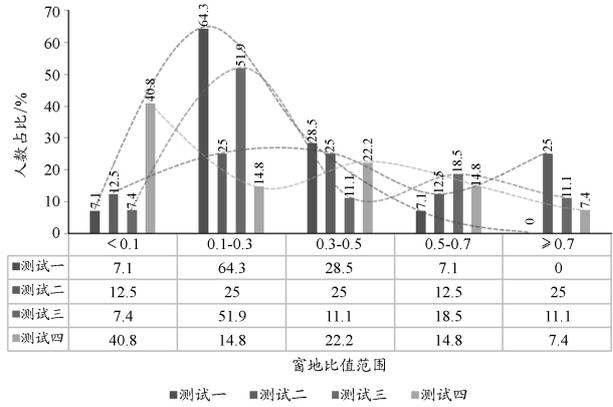


图 17 书报亭窗地比 4 次测试结果柱状图

6. 实验组与对比组测试 4 数据横向对比

经统计,测试四中实验组与对比组问卷结果分布如图 18 所示,从箱型图覆盖范围可得,两组学生对“面宽”、“进深”与“净高”3 项最终认知均主要分布在 1 200~3 000 mm 区间内,结论普遍合理,整体差异不明显;对比各项均值,如表 1 所示,实验组相较对比组高 296.3~462.9 mm,表明经过 VR 体验的学生对合理空间尺度的认知不仅停留在满足人体基本需求,更加注重视觉舒适与空间体验感。

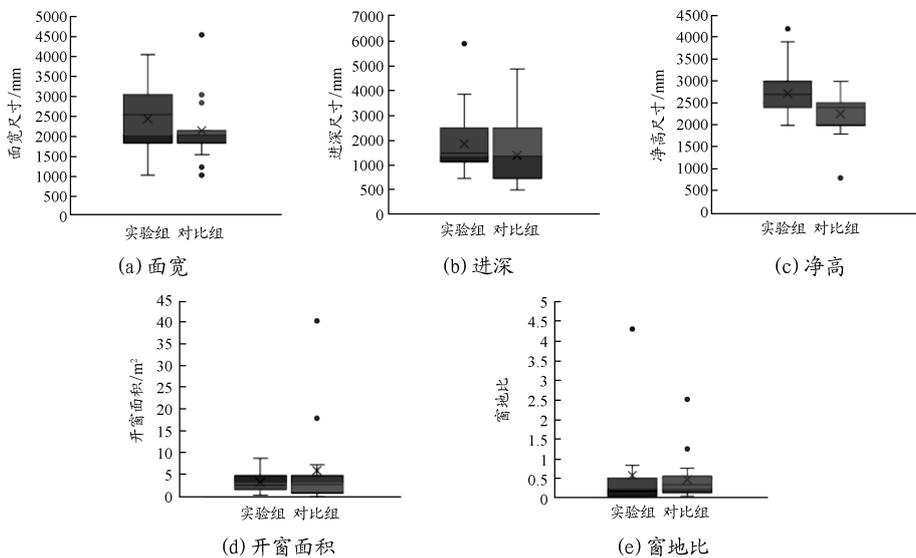


图 18 实验组与对比组最终次测试结果箱形图 18(a)~图 18(e)

表 1 两组各项数据均值对比

组名	面宽/mm	进深/mm	净高/mm
实验组	2 407.4	2 444.4	2 722.2
对比组	2 111.1	2 033.3	2 259.3

开窗面积与窗地比数据统计结果分布区别不明显,但各项均值存在一定差异,实验组开窗面积

均值为 3.5 m²,对比组为 6.1 m²,实验组均值更接近开窗面积合理范围(1~3 m²);实验组窗地比均值为 0.57,对比组为 0.67,差异不明显,与“窗地比 4 阶段问卷数据统计”结论一致。

7. 综合分析讨论

综上所述,VR 介入建筑学基础教学,对学生的建筑空间尺度认知能力提升较明显,对窗地比的理解变化则表现出局限性;另外,实验组学生对空间尺度的认知更加关注体验感,表明视觉表征与空间思维的关系也受教学手段的影响。

因实验条件受限等因素,实验仍存在以下不足:一是实验组手绘阶段(测试二)及建模阶段(测试三)数据统计不完整,造成数据缺失或无效数据偏多;二是实验组相较对比组,学生多两次中间阶段问卷调查,可能造成反复的心理暗示,影响实验结果,未能做到完全控制变量;三是两组学生男女比例不同,建筑学基础教育应做到无差别教学,因此,实验未关注性别对结果的影响。

五、结语

教学实验表明,虚拟现实技术凭借其沉浸式体验与交互的特点,可对低年级学生的空间尺度认知能力提升 11.2%~68.7%,而作为一种新型教学手段,其对空间认知能力其他要素的影响情况仍然有待探究。将虚拟现实作为技术手段介入建筑学基础教学,可以从更为直接的角度影响学生对空间的认知方式,提高空间认知能力,并培养学生主动进行知识建构的意识。

虚拟现实技术在建筑教育领域的应用仍处于起步阶段,基于 VR 技术的建筑学专业课程教学模式还有待进一步推广和完善,对新兴技术持开放态度并积极实践,充分发挥其技术优势以及在传统教学手段之外的辅助作用,进而推动建筑专业与行业的发展。

参考文献:

- [1] 顾大庆. “布扎-摩登”中国建筑教育现代转型之基本特征[J]. 时代建筑, 2015(05): 48-55.
- [2] 温玉清, 谭立峰. 从学院派到包豪斯: 关于中国近代建筑教育参照系的探讨[J]. 新建筑, 2007(4): 93-95.
- [3] 谭雪露. 基于 ATN·CDIO 人才培养模式的“空间认知”建筑设计基础教学探索[J]. 中国建设信息化, 2019(09): 74-75.
- [4] 罗小华. 虚拟现实技术应用于建筑设计类课程教学初探[J]. 高等建筑教育, 2009, 18(6): 146-149.
- [5] 丁生军. 空间认知能力及其养成[J]. 地理教学, 2016(21): 7-10.
- [6] RODE G, PÉRENNOU D, AZOUVI P. Spatial cognition [J]. Annals of Physical and Rehabilitation Medicine, 2017, 60(3): 123.
- [7] 唐任杰. 建筑专业学生空间能力测评及培养研究[D]. 北京: 清华大学, 2011.
- [8] 顾大庆. 关于“建构实验”课程的方法学和教学法意义[J]. 中国建筑教育, 2012(1): 10-13.
- [9] 滕凤宏. 研究性学习方法在空间认知与设计训练系列教学单元中的实践与应用: 以建筑设计基础教学为例[J]. 高等建筑教育, 2014, 23(4): 116-121.
- [10] 徐梦琪. 基于儿童空间认知的幼儿园空间设计研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2015.
- [11] KANG, HELEN W. The effectiveness of spatial visualization training for children with and without Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) [D]. West Lafayette: Purdue University, 2010.
- [12] 周同, 赵景伟, 初妍. 《建筑设计基础》教学内容改革[C]. 全国高等学校城市规划专业指导委员会. 2008 年全国高等学校城市规划专业指导委员会年会论文集. 2008: 153-156.
- [13] MADOLE D, BEGAULT D. 3-D sound for virtual reality and multimedia [J]. Computer Music Journal, 1995, 19(4): 99.

- [14] 谢新观. 远距离开放教育词典[M]. 北京: 中央广播电视大学出版社, 1999:357.
- [15] BURDEA G, COIFFET P. Virtual reality technology, second edition[M]. New York: John Wiley&Sons, 2003: 3-4.
- [16] 黄奕宇. 虚拟现实(VR)教育应用研究综述[J]. 中国教育信息化, 2018(1): 11-16.
- [17] 高文. 现代教学的模式化研究[M]. 济南: 山东教育出版社, 2001: 127-128.
- [18] 胡映东, 康杰, 张开宇. VR技术在建筑设计思维训练中的效用试验[C]. 数字技术·建筑全生命周期——2018年全国建筑院系建筑数字技术教学与研究学术研讨会论文集, 2018: 317-323.
- [19] 胡映东, 康杰, 张开宇, 等. VR在建筑设计思维训练中的效用再研究[C]. 共享·协同——2019年全国建筑院系建筑数字技术教学与研究学术研讨会论文集, 2019: 435-441.
- [20] YANG, NING, ZHAO, 等. 基于桌面虚拟现实技术的《建筑识图与绘图》课程改革研究[J]. 邢台职业技术学院学报, 2018, 35(5): 4-9.
- [21] 张若曦, 张乐敏, 王鹏宇. BIM+VR与建筑设计思维交互的耦合度评价及应用建议——以高校建筑设计教学为例[J]. 动感: 生态城市与绿色建筑, 2018(1): 65-69.
- [22] 白雪海, 陈超萃, 张寒, 等. 基于实时同步的BIM-VR交互设计方法初步研究——以中美两校的空间认知教学实验为例[C]. 数字技术·建筑全生命周期——2018年全国建筑院系建筑数字技术教学与研究学术研讨会论文集, 2018.
- [23] 李苏旻, 严钧, 梁智尧. 虚拟现实技术在建筑学教育中的应用研究[J]. 高等建筑教育, 2009, 18(6): 142-145.
- [24] 潘明率, 蒋玲. 体验·认知·分析——从空间设计题目看建筑初步课程教学[J]. 华中建筑, 2013, 31(7): 166-170.

Application of virtual reality in architectural space cognition

GUAN Huiqing^{1a,1b}, XU Jingfeng^{1a,1b}, GONG Chengjin^{1c,2}, GAO Lu³

(1. a. School of Architecture and Urban Planning; b. Key Laboratory of New Technology for Construction of Cities in Mountain Area; c. School of Economics and Business Administration, Chongqing University, Chongqing 400030, P. R. China; 2. Sheencity(Chongqing) Technology Co., Ltd., Chongqing 400043, P. R. China; 3. Department of Architecture and Art, Chongqing Jianzhu College, Chongqing 400072, P. R. China)

Abstract: Virtual reality technology in such aspects as spatial cognition and design thinking training has unique advantages and spatial cognitive ability is an important index of the basic education of architecture. At present, the cases of application virtual reality technology in architectural education mainly focus on the description of teaching process and analysis of technical process, while the evaluation of teaching results still needs further verification. This paper expounds the basic definition, formation and evaluation factors of space cognitive ability, and extracts the space scale cognitive factors. It also takes virtual reality technology as part of the teaching method into teaching reform, and makes a quantitative analysis on the improvement of junior students' spatial cognitive ability in the form of a questionnaire. The results show that, after the intervention of virtual reality in the teaching process, students' cognitive ability of building spatial scale has increased by 11.2 percent to 68.7 percent, while the understanding of the windowing scale has showed limitations. In addition, students who have been taught by virtual reality pay more attention to space experience, indicating that the way of spatial thinking is influenced by teaching methods, and virtual reality makes the relationship between visual representation and spatial thinking more close.

Key words: virtual reality; architectural education; spatial cognition

(责任编辑 邓云)