

虚拟现实恢复性环境感知评价体系构建

Construction of Virtual Reality Restorative Environment Perception Evaluation System

李同予 冯清清 尹程程* 薛滨夏*
LI Tongyu FENG Qingqing YIN Chengcheng* XUE Binxia*

(哈尔滨工业大学建筑学院, 寒地城乡人居环境科学与技术工业和信息化部重点实验室, 哈尔滨 150006)
(School of Architecture, Key Laboratory of Cold Region Urban and Rural Human Settlement Environment Science and Technology, Ministry of Industry and Information Technology, Harbin Institute of Technology, Harbin, Heilongjiang, China, 150006)

文章编号: 1000-0283(2023)06-0046-08
DOI: 10. 12193 / j. laing. 2023. 06. 0046. 006
中图分类号: TU986
文献标志码: A
收稿日期: 2023-04-02
修回日期: 2023-05-07

摘 要
虚拟现实恢复性环境 (Virtual Reality Restorative Environments, VRRE) 的健康促进作用已在多项研究中得到证实, 但对其进行定量评价的方法与成果尚不多见。为系统构建虚拟现实恢复性环境评价体系 (VRRE-PES), 首先, 运用扎根理论质性研究方法开展半结构式访谈, 归纳总结出 80 000 字的原始纪要; 其次, 通过三级编码生成核心范畴并进行结构饱和度检验, 构建包含 VRRE 安抚力、VRRE 支持力、VRRE 沉浸性、VRRE 美学吸引力、VRRE 构想性 5 大核心范畴和 14 个主范畴的评价模型; 最后, 进行评价模型的结构验证, 各观察变量因子载荷系数均在 0.6 以上, 说明各潜在变量对应所属题目代表性较强, 适配性较好。归纳可得, VRRE-PES 具有较强的科学性、精准度和可操作性, 可运用该评价体系对虚拟现实恢复性环境进行精准设计, 进而提升其身心复愈的效果。
关键词
虚拟现实; 恢复性环境; 环境感知; 质性分析; 评价体系

Abstract
The health-promoting effects of virtual reality restorative environments (VRRE) have been confirmed in several studies, but there are few methods and results for their quantitative evaluation. This study aims to systematically construct the Virtual Reality Restorative Environment Evaluation System (VRRE-PES). Firstly, we conducted semi-structured interviews using the qualitative research method of rooted theory and summarized the original 80000-word summary; secondly, we generated core categories through three-level coding and conducted structural saturation tests to construct the VRRE-PES, which contains five core categories and 14 main categories of VRRE appeasement, VRRE support, VRRE immersion, VRRE aesthetic appeal, and VRRE conceptualization; finally, the VRRE-PES; finally, the evaluation system structure was verified, and the factor loading coefficients of each observed variable were above 0.6, indicating that each potential variable corresponds to a strong representation of the topic to which it belongs, and the adaptability is good. Therefore, it is concluded that the VRRE-PES has strong scientific precision and operability, and the evaluation system can be used to accurately design the VRRE and thus improve its physical and psychological recovery effect.
Keywords
virtual reality; restorative environment; environmental perception; qualitative analysis; evaluation system

李同予
1984 年生 / 女 / 黑龙江哈尔滨人 / 博士 / 副教授、博士生导师 / 研究方向为健康促进环境设计、园艺疗法

尹程程
1998 年生 / 女 / 黑龙江佳木斯人 / 硕士 / 研究方向为健康促进环境设计

薛滨夏
1966 年生 / 男 / 河南卢氏人 / 博士 / 副教授、博士生导师 / 研究方向为健康人居环境规划设计、康复景观设计

*通信作者 (Author for correspondence)
E-mail: 923158337@qq.com; binxia68@126.com

基金项目:
文旅部互动媒体设计与装备服务创新文化和旅游部重点实验室开放课题“基于可穿戴设备交互技术的复愈性环境识别评测方法研究”(编号: 20201)、“基于VR实验探索的大学校园健康环境循证研究”(编号: 20206); 黑龙江省自然科学基金面上项目“应对学生身心健康问题的大学校园康复景观循证设计策略研究”(LH2020E052); 黑龙江省高等教育教学改革研究项目重点委托项目“健康人居环境创新创业课程跨学科教学模式研究”(编号: SJGZ20200196)

早在19世纪60年代,奥姆斯特德就提出利用绿色空间缓解城市居民注意力疲劳、减轻工作生活压力的设想^[1]。当前随着城市化进程的加快,自然环境固有的结构和状态遭到破坏,规模不断缩减,城市居民亲近自然的机会也日趋减少。人们期望有更多便捷的方式亲近大自然,从自然环境中获得身心的恢复。在此背景下,虚拟现实恢复性环境正在成为一种重要的恢复力来源和手段^[2]。虚拟现实(Virtual Reality, VR)是通过计算机衍生出的数字环境,可以创造与真实环境相近的交互式、多源信息融合的三维动态视景,使用者通过虚拟现实设备与之互动,满足视觉、听觉、触觉等感官体验,从而获得与真实环境体验相同的感知效果。虚拟现实技术的出现,最早可以追溯到1957年,美国摄影师Morton Heilig设计了一个经典的虚拟现实系统,名为“Sensorama”,通过3D图像、真实环境气味、立体环绕声音和座椅震动来增加环境体验的真实感,为虚拟现实的发展奠定了基础。1987年计算机科学James D. Foley教授发表了《先进的计算机界面》(*Interfaces for Advanced Computing*)一文^[3],自此,虚拟现实的概念和理论研究体系初步形成。近年来,虚拟现实技术开始被广泛地应用于环境设计、军事训练、医疗健康、生理康复、心理疗法等领域^[4-10],受益人群非常广泛。

虚拟现实恢复性环境(Virtual Reality Restorative Environment, VRRE)从字义上看可理解为通过计算机技术呈现的模拟真实场景的环境,能够帮助人们从心理疲劳和消极情绪中恢复过来。VRRE已被证明可以有效作用于人的知觉与情绪,是传统恢复性环境的良好补充,但其在内容和形式上都与真实的自然环境存在本质的差别。目前,相关领域研究主要集中在以下5个方面:(1)探索身心恢复效益,

Chiang等^[11]揭示暴露于虚拟的自然环境能够有效减缓压力、认知疲劳等身心负面影响,同时改善近期经历的压力事件带来的消极影响;(2)指导环境设计,Yin等^[12]利用VR技术,将虚拟的自然环境带入办公空间,发现虚拟的大自然可以给工作人员带来“镇定”作用,对血压、皮肤电导的改变和短期记忆力有正向作用,并提出办公空间环境设计策略;(3)减轻患者治疗的痛感,将虚拟的天空景象投射在病房的天花板上、将具有强现实感的天然壁画布置在病房墙壁上、在候诊大厅播放虚拟海洋图像等,能够有助于削弱病人的痛觉^[13-17];(4)为健身运动提供虚拟场景,从而激活运动者的注意力恢复机制并弱化其对疲劳的感知,无形中加大运动强度,提高运动频率^[18-19];(5)支持智能康复技术,虚拟现实技术可以和脑机接口技术(Brain-computer interface, BCI)组合运用,前者提供多样化的虚拟场景体验,后者即时识别参与者的心理状况,例如将VR技术融入心率变异性生物反馈技术,可以使康复训练者保持轻松、乐观的心情,缓解反馈的负面效应,从而改善传统训练中反馈视觉枯燥、训练单调乏味的缺陷,使其达到最大程度情感释放和行为调节^[20-21]。本研究通过构建虚拟现实恢复性环境感知评价体系(VRRE-PES),寻求建立恢复性环境理论相关因素与虚拟现实环境身心复愈效果之间的联系,评估人们对虚拟环境的感知体验和心理效价,从而为虚拟现实恢复性环境(VRRE)的建构提供有价值的信息。

1 数据来源

1.1 研究方法

运用扎根理论质性研究方法,通过半结构化访谈记录被试在虚拟现实恢复性环境中的感知特征,通过三级编码从访谈文本中提

取影响虚拟现实恢复性环境感知的主要范畴及其构成因子,最后对评价模型进行信效度检验,完成虚拟现实恢复性环境评价体系(VRRE-PES)的构建。扎根理论作为质性研究的重要方法,其特点是研究之初并不提出理论假设,而是扎根于经验数据,通过严谨、规范的分析流程进而从质性资料中生成理论的一种方法^[22]。其克服了一般定性研究缺乏规范流程指导、结论说服力不强等问题,同时也避免了研究定见造成的主观干扰,是一种典型的自下而上的研究方法^[23]。

1.2 访谈准备

1.2.1 访谈地点及对象选择

访谈地点位于哈尔滨工业大学建筑学院的数字化创新中心虚拟仿真实验室,实验室管控严格,能够保证有计划、严格地控制访谈条件,保证了访谈结果的有效性。考虑到虚拟现实是一种新颖的数字科技,需要被试具有较高的接收新鲜事物的能力,因此选取在读大学生作为被试样本。根据Glaser B G和Strauss A提出的数据饱和理论,访谈法研究应当根据研究目标、复杂度、兴趣点的范围和分布确定样本数量。当被访谈者的观点被充分挖掘,连续多人没有提出新的信息时,即认为达到了数据饱和、样本量足够,可以结束访谈。当访谈到第30、31、32名被试时,没有再出现新的有关虚拟现实恢复性环境感知的信息,因此可以判断,数据达到了饱和。以这32名被试的访谈信息作为访谈样本,所有访谈者的信息如表1所示。

1.2.2 感知评价所用设备

感知评价所用虚拟现实设备为HTC Vive Pro,是由微软HTC与电子游戏开发公司Valve联合开发的一款VR头戴显示产品,用户通



图1 HTC VIVE 头戴显示设备
Fig. 1 HTC VIVE head-mounted display device

过头戴显示器、单手持控制器、定位器三个设备获得沉浸感(图1)。头戴显示器具有高分辨率的AMOLED屏幕, 双眼分辨率为3k(2880×1600), 刷新率为90 Hz。实验全程使用HTC VIVE官方应用软件VIVEPORT与虚拟现实引擎Unity3.0呈现虚拟现实恢复性环境。

1.2.3 虚拟现实恢复性环境素材

本研究所选用虚拟现实恢复性环境为人类认知探索范围内的自然环境, 包括太空环境和卡门线以内的地球环境, 其中太空环境包括近地空间与地外空间, 地球环境基本涵

盖地球上所有的自然环境类型, 包括森林、草原、冻土带、荒漠、水体5类自然环境, 又将森林环境划分为针叶林、阔叶林、针阔混交林, 草原环境划分为高原与平原, 冻土带环境划分为高纬度冻土与高海拔冻土, 荒漠环境划分为沙质荒漠与石质荒漠, 水体划分为陆地水体与海洋水体, 共13种具体环境类型(图2)。

1.3 访谈设计

访谈于2022年4月10日-20日实施, 具体访谈时间为每日上午9:00-11:00, 下午14:00-

16:00。采用半结构式访谈, 依据相关文献的梳理, 设置逻辑上逐步深入的相关问题, 引导受访者表达与研究目标相关的意见和看法。同时, 为了避免受访者被过度引导而无法自由表达想法, 研究者全程以倾听者的身份和开放式畅谈的态度参与其中。所有被试均进行虚拟现实恢复性环境声画体验。被试者头戴HTC VIVE显示器360°环顾四周, 手持控制器控制前进与方向, 漫游体验4 min(图3)。随后进行访谈, 每人45 ~ 60 min, 通过录音笔进行记录, 再将所收集到的音频资料整理为文本资料, 以便开展进一步的资料分析。

访谈第一部分为受访者基本信息, 第二部分主要围绕虚拟现实恢复性环境认知与诉求两大访谈核心问题展开(表2)。

2 资料处理

2.1 三级编码

使用ATLAS.ti分析软件, 整理和分析从访谈中获得的原始资料。运用扎根理论研究方法, 对原始资料进行分析, 主要包括三个步骤: 第一个步骤是“开放编码”, 用标记和初步归纳的方法筛选数据, 其主要目标是理清概念、提炼指标项; 第二个步骤是“轴心编码”, 利用聚类分析方法, 对已提取的指标项进行初步关联, 从而进一步确立族群的概念, 并将它们归结为“轴心”; 第三个步骤是“选择性编码”, 即结束开放编码, 进一步精炼轴心编码, 并完善细节。以上步骤可将各要素连贯, 构成一条完整的故事线和理论架构。

开放编码是登录原始数据、逐字编码和设立标签, 得到初始概念和新发现的范畴。为了预防研究界的“定见”和个体的“偏见”, 尽可能地将调查者的初始语句作为标签。从32份访谈资料中归纳出80 000多字的原始纪

表1 访谈样本基本信息
Tab. 1 Basic information about the interview sample

信息 Information	描述 Description
年龄	19~26岁
专业	风景园林、城乡规划、建筑学、数字媒体技术、植物学、控制科学与工程、设计学、数学、社会学、电气工程及其自动化
年级	本科(三、四、五年级)
	硕士(一、二、三年级)
	博士(一、三年级)



图2 虚拟现实恢复性环境素材
Fig. 2 Virtual reality restorative environment material



图3 学生体验虚拟现实恢复性环境
Fig. 3 Students experience a restorative virtual reality environment

要, 得到的原始语句和初始概念280多条, 从中选取2/3的样本, 用于编码分析, 剩余1/3用于理论饱和度检验。因为目前的初始概念比较复杂, 彼此之间具有概念交叉, 为便于概念分类, 将提及频率低于两次的初始概念去除, 同时也排除不一致的矛盾原始概念, 最后得出多个初始概念。表3为部分访谈文本资料编码标签列表。

轴心编码旨在发掘概念彼此间的基本逻辑联系, 再进一步发展出初始范畴。以研究目的为基础, 基于对研究情境和对象的全面理解, 对每个初始概念的属性进行深度分析, 并基于文献研究, 根据不同概念之间的逻辑顺序和相互联系进行归纳整理。

选择性编码是为了更好地发掘主范畴之间的联系, 使之符合逻辑, 进而生成研究的核心范畴, 将14个主范畴归纳整理为5个核心范畴, 其对应从属关系如表4所示。

表2 访谈提纲
Tab. 2 Interview outline

受访者基本信息 Basic information of interviewees	性别、年龄、专业、年级 Gender, age, major, grade
核心问题1	环境认知: 请您谈谈对于VRRE的认知
	分问题1 您是否了解或体验过VRRE? 阐述您的理解 (了解/体验过、不了解/未体验均进行VRRE声画展示 防止理解认知偏差)
	分问题2 您认为VRRE与真实环境的差异有哪些 (五感丰富度、真实环境外在干扰影响、VR环境极致纯粹等)
	分问题3 您在进行虚拟现实恢复性环境体验后的心理状态如何? 是否受到了影响 (主观心理感受变化: 舒缓、满足、放松、平静、舒适等) (情绪变化: 乐观、快乐、兴奋、激动、愉悦、疲惫等)
	分问题4 您在什么状态下, 会主动使用体验虚拟现实恢复性环境 (深夜画图、下班回家、课间活动疲惫时、放松休息时)
核心问题2	环境诉求: 您在进行VRRE体验时, 哪些环境特性与因素对您的体验产生了影响
	分问题1 (1) 环境类型喜爱偏好 (林地、高原、沙漠、海滩、草原、城市人文等) (2) 环境整体氛围 (森林中的静谧感、星空宇宙的浪漫感、草原的辽阔感、高原雪山的壮阔感、工业赛博城市的科技感等) (3) 环境中的客观物质因素 (树木、草地、水体、山峰、建筑、设施等) (4) 环境感知因素 (视觉: 天气、季节、色调、光线、视角; 听觉: 鸟鸣、虫鸣、风声、流水声、海浪声、机械声等) (5) 环境特征感知 (沉浸感、超越现实感、参与感、空间存在感、真实感、征服感、成就感、挑战感、探索感、自然联系感、亲生物感、期待感、活力感、安抚感等)
	分问题2 您能否描述一下理想中的VRRE该具备哪些环境特性/因素 您认为什么样的VRRE能给您带来良好的复愈体验? 您认为VRRE是否还有其他因素对您产生影响? 产生了什么样的影响 可以畅所欲言

表3 开放编码资料标签列表 (示例)
Tab. 3 List of open coded information labels (example)

访谈文本原始语句 (部分) Original statements of the interview text (partial)	初始概念 Initial concept
A1-1: 我感觉从现实被带入到旅行者的视角, 抛下脑子里面要处理的事情, 让我的身体充满行动的欲望	行动欲望
A3-4: 非常开敞的这个场景, 好像能把我的身心都舒展敞开一样的	身心舒展
A3-7: 我看到外星球的时候会想, 其他的一些星球与行星上之上会有什么生物	联想
A3-9、10: 就感觉在这种场景下, 一些小事儿, 就烟消云散了, 觉得微不足道, 没有之前自己想的那么严重, 觉得还有这么多美好的事情等着我呢	释怀
A3-15: 我是喜欢视线开阔一点的自然场景, 就是不要说头顶上面天空都被遮盖到了, 是会有一些阳光进来, 感觉很安全, 周边什么东西都能看得到	视线开阔; 安全感
A7-1: 这个环境很像我小时候, 在村子里山上小森林, 有水那种环境, 有点回到了小时候的那种感觉, 忘记现在自己身处环境, 回到小时候那种无忧无虑的时光, 就觉得还挺放松的	儿时回忆
A7-8: 在大自然面前觉得那些东西好像都渺小了, 变得微不足道, 就是在这些事情面前, 我就觉得这是环境给我带来的一种鼓励感, 甚至可以说给人增强一种信心感, 内心波澜很大	自身渺小; 鼓励; 自信

2.2 饱和度检验

根据数据饱和理论^[23], 使用其余 1/3 的样本进行再次编码和范畴化过程, 从而检验评价模型的饱和程度。结果表明, 该评价模型所包含的理论范畴已十分丰富。除已经产生的 5 个理论范畴外, 没有新的理论范畴和关系生成, 5 个核心范畴中也没有新的组成因素出现。据此得出, 本研究所构建的虚拟现实恢复性环境感知评价体系是合理有效的。

3 评价体系结构验证

3.1 探索性因子检验

对评价体系首先进行因子相关性检验得到 KMO 值为 0.685, Barlett 球状检验显著性 (P) 为 0.000, 即可实现因子分析。经数据分析得到, 总体的克隆巴赫系数 (Cronbach's α) 为 0.615, 表明整体的信度符合要求。如表 5 所示, 所有潜在变量的 Cronbach's α 系数均在 0.657 ~ 0.869 之间, 说明各个潜在变量与观测变量设置合理。上述分析结果表明该评价体系通过信效度检验, 评价结果可信度较高。

3.2 验证性因子检验

评价体系各观察变量因子载荷系数均在 0.6 以上, 说明各个潜在变量对应所属题目代表性较强, 该评价体系适配良好 (表 6)。大部分潜在变量平均方差萃取 AVE 值均在 0.5 以上, 并且全部潜在变量的组合信度 CR 值均大于 0.7, 说明观测变量对潜在变量有良好的测度, 且测量结果内部的一致性较好, 该评价体系的聚敛效度符合适用标准。

4 评价指标阐释

4.1 VRRE 安抚力

虚拟现实恢复性环境能够帮助人们舒

缓紧张情绪，恢复心灵的平和状态。有研究表明，远离社会的原生自然环境能够激发人类对大自然的敬畏感受，引发对生存意义和永恒过程的思考^[24]；也有助于产生愉悦感，体悟内心的平静和满足，与自然世界融为一体^[25-26]。虚拟现实恢复性环境通过提供一种沉浸式的体验，在有限的场所内呈现无限的空间维度，为人们提供了一种方便快捷

的方式体验原生自然环境，能够有效缓解由于紧张的现代生活引起的精神疲劳。

4.2 VRRE支持力

一些现实世界中难以到达的自然地点，如雪山顶峰、岩石峡谷、高原冻土、沙漠深处，可以在虚拟世界中轻松实现。通过挑战自然与领略极限风光，能够满足成就感、增强自信心。Kaplan与Talbot认为荒野体验是一种强大的治疗工具，能够使参与者产生新的生活行为模式与自我认知^[24]，培养毅力、勇敢等坚韧品格，提高正确面对生活中的困难、掌控应对风险情境的能力^[25-26]。

4.3 VRRE沉浸性

虚拟现实技术基于交互式、多源信息融合的三维动态视景和对一些实体行为的系统仿真，让使用者更好地沉浸其中。与真实的恢复性环境相比，虚拟现实恢复性环境提供

表4 虚拟现实恢复性环境感知评价体系 Tab. 4 Virtual reality restorative environmental perception evaluation system		
核心范畴 Core scope	主范畴 Main scope	初始概念 Initial concepts
VRRE安抚力	A1平静感	平和 安静享受
	A2舒缓精神感	缓解焦虑 安抚内心消除负面情绪
VRRE支持力	A3乐观感	乐观 希望
	A4成就感	成就感 征服自然 行动欲望
	A5鼓励感	鼓励 自信
VRRE沉浸性	A6身临其境感	沉浸其中 代入其中
	A7超脱现实感	脱离现实 释怀
	A8视觉真实感	视觉冲击力 真实感
	A9空间存在感	感受水汽湿润 气味联想 新奇 反差
VRRE美学吸引力	A10视野开阔度	视线开阔 安全
	A11层次与构图	元素多样 层次丰富 构图和谐
	A12纵深与比例	纵深感强 黄金比例
VRRE构想性	A13联想感	科学思考 联想 未知的向往
	A14故事感	度假回忆 儿时回忆 似曾相识

表5 虚拟现实恢复性环境感知评价体系信效度 Tab. 5 Reliability and validity of virtual reality restorative environmental perception evaluation system							
潜在变量 Latent variable	观测变量 Observational variable	平均方差萃取 AVE值 Average variance extraction AVE value	组合信度CR值 Combination reliability CR value	Cronbach's α系数 Cronbach's α coefficient	总体Cronbach's α 系数 Overall Cronbach's α coefficient	KMO和Bartlett检验 KMO and Bartlett tests	
						KMO值	Bartlett 球形度 检验 (P值)
VRRE 安抚力	A1平静感	0.605	0.735	0.657	0.615	0.685	0.000***
	A2舒缓精神感						
	A3乐观感						
VRRE 支持力	A4成就感	0.557	0.790	0.788			
	A5鼓励感						
VRRE 沉浸性	A6身临其境感	0.599	0.856	0.855			
	A7超脱现实感						
	A8视觉真实感						
	A9空间存在感						
VRRE 美学吸引力	A10视野开阔度	0.721	0.883	0.869			
	A11层次与构图						
	A12纵深与比例						
VRRE 构想性	A13联想感	0.614	0.743	0.669			
	A14故事感						

注：***、**、*分别代表1%、5%、10%的显著性水平。

表6 因子荷载系数
Tab. 6 Factor loading coefficients

潜在变量 Potential variables	观察变量 Observed variables	标准化荷载系数 Standardized load coefficients
VRRE安抚力	A1平静感	0.790
	A2舒缓精神感	0.628
VRRE支持力	A3乐观感	0.819
	A4成就感	0.695
	A5鼓励感	0.732
VRRE沉浸性	A6身临其境感	0.768
	A7超脱现实感	0.703
	A8视觉真实感	0.870
	A9空间存在感	0.777
VRRE美学吸引力	A10 视野开阔度	0.681
	A11 层次与构图	0.959
	A12 纵深与比例	0.861
VRRE构想性	A13联想感	0.656
	A14故事感	0.783

的场景主题更加丰富多样，包括一些人类难以到达的空间场景；与二维的图片、视频等形式相比，虚拟现实恢复性环境拥有更高的空间存在感，强化人与环境的感官连接^[27-28]，从而对人体的心理、生理和认知功能产生正向的干预作用^[28]。

4.4 VRRE 美学吸引力

虚拟现实技术能消除一些真实环境或图片、视频中的负面影响因素，如暗淡的光线、不良的天气、空间局限性等，从而更加完美地展现恢复性环境的美学价值。同时，能够将特定地域的建筑与景观美学特征、地域风情风貌、地方场所精神等美学与文化特质整合于虚拟环境之中，丰富人们对于特定物理空间的感知，突破时空与地域的限制，获得深层次的身心疗愈。

4.5 VRRE 构想性

虚拟现实恢复性环境具有广阔的想象空

间,可以拓宽人的认知范围。体验者往往将虚拟环境的直接体验与以往的自然体验记忆相关联，当看到类似的虚拟场景或接收到环境刺激时，这些记忆便会被激活从而引发联想。也有研究表明，在农村和郊区这种自然环境丰富的地方长大的个体，愿意花更多时间去接触自然^[29]。这种自然体验记忆的感知触发，能够促进人体的镇静与放松^[30]，强化身心疗愈效果。

5 结论与建议

本研究基于扎根理论质性研究方法，通过半结构式访谈记录被试在不同的虚拟现实恢复性环境中的感知特征，通过三级编码从访谈文本中提炼出5大核心范畴和14个主范畴，随后对评价模型进行信效度检验，证明评价体系信度效度各指标均符合要求，说明本量表的结构合理，可靠性较强，最终形成虚拟现实恢复性环境感知的评价体系。

基于本研究提出如下建议，为未来该领

域的深入研究提供参考：首先，可以通过提升体验者偏好的虚拟环境类型、环境氛围、环境细节来增强感知体验，选用分辨率更高的虚拟现实呈现设备，确保带给体验者身临其境感与沉浸感；其次，有关VRRE的研究还有待深入，未来应考虑与医学、运动学、计算机等学科开展交叉研究，构建满足体验者多元需求的虚拟空间；最后，虚拟现实恢复性环境研究对于实验平台要求很高，需要邀请被试进入VR实验室，而本研究的开展正逢疫情封校期间，实验样本的选取主要是在校大学生，随着疫情解封，高校实验平台的逐步开放，可吸纳不同年龄段、职业背景的人群参与实验和评价等研究探索。

注：图1引自 www.vive.com；图2引自 www.assetstore.unity.com/VIVEPORT；其余图表均由作者绘制。

参考文献

[1] ULRICH R S. Visual Landscapes and Psychological Well-being[J]. Landscape Research, 1979, 4(1): 17-23.

[2] BELL S, MISHRA H S, ELLIOTT L R, et al. Urban Blue Acupuncture: A Protocol for Evaluating a Complex Landscape Design Intervention to Improve Health and Wellbeing in a Coastal Community: 10[J]. Sustainability, 2020, 12(10): 4084.

[3] FOLEY J D. Interfaces for Advanced Computing[J]. Scientific American, 1987, 257(4): 127-135.

[4] JUNG K, LEE S, JEONG S, et al. Virtual Tactical Map with Tangible Augmented Reality Interface[J]. 2008 International Conference on Computer Science and Software Engineering, 2008: 1170-1173.

[5] MAPLES-KELLER J L, BUNNELL B E, KIM S-J, et al. The Use of Virtual Reality Technology in the Treatment of Anxiety and Other Psychiatric Disorders[J]. Harvard Review of Psychiatry, 2017, 25(3): 103-113.

[6] STETZ M C, KALOI-CHEN J Y, TURNER D, et al. The Effectiveness of Technology-enhanced Relaxation Techniques for Military Medical Warriors[J]. Military Medicine, 2011, 176(9): 1065-1070.

- [7] HERRERO R, GARCÍA-PALACIOS A, CASTILLA D, et al. Virtual Reality for the Induction of Positive Emotions in the Treatment of Fibromyalgia: A Pilot Study over Acceptability, Satisfaction, and the Effect of Virtual Reality on Mood[J]. *Cyberpsychology, Behavior and Social Networking*, 2014, 17(6): 379-384.
- [8] 李同予, 薛滨夏, 杨秀贤, 等. 基于无线生理传感器与虚拟现实技术的复愈性环境注意力恢复作用研究[J]. *中国园林*, 2020, 36(12): 62-67.
- [9] VAN K H, BRENGMAN M, WILLEMS K. Escaping the Crowd: An Experimental Study on the Impact of a Virtual Reality Experience in a Shopping Mall[J]. *Computers in Human Behavior*, 2017, 77: 437-450.
- [10] FURMAN E, JASINEVICIUS T R, BISSADA N F, et al. Virtual Reality Distraction for Pain Control During Periodontal Scaling and Root Planing Procedures[J]. *Journal of the American Dental Association* (1939), 2009, 140(12): 1508-1516.
- [11] CHIANG Y, LI D, JANE H. Wild or Tended Nature? The Effects of Landscape Location and Vegetation Density on Physiological and Psychological Responses[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2017.
- [12] YIN J, ZHU S, MACNAUGHTON P, et al. Physiological and Cognitive Performance of Exposure to Biophilic Indoor Environment[J]. *Building and Environment*, 2018.
- [13] 黄杰, 黄安民, 杨飞飞, 等. 旅游者恢复性环境感知与游后行为意向——影响机制和边界条件[J]. *旅游学刊*, 2022, 37(02): 31-45.
- [14] SUTHERLAND I E. A Head-mounted Three Dimensional Display[C]//*Proceedings of the* December 9-11, 1968, fall joint computer conference, part I. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 1968: 757-764.
- [15] KRUEGER M W, GIONFRIDDO T, HINRICHSSEN K. VIDEOPLACE-An Artificial Reality[C]//*Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 1985: 35-40.
- [16] FURNESS T A. The Super Cockpit and Its Human Factors Challenges[J]. *Proceedings of the Human Factors Society Annual Meeting*, 1986, 30(1): 48-52.
- [17] CRUZ-NEIRA C, SANDIN D J, DEFANTI T A, et al. The Cave: Audio Visual Experience Automatic Virtual Environment[J]. *Communications of the ACM*, 1992, 35(6): 64-72.
- [18] CALOGIURI G, EVENSEN K, WEYDAHL A, et al. Green Exercise as a Workplace Intervention to Reduce Job Stress. Results from a Pilot Study[J]. *Work* (Reading, Mass.), 2015, 53(1): 99-111.
- [19] FOCHT B C. Brief Walks in Outdoor and Laboratory Environments: Effects on Affective Responses, Enjoyment, and Intentions to Walk for Exercise[J]. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 2009, 80(3): 611-620.
- [20] KOHLI V, TRIPATHI U, CHAMOLA V, et al. A Review on Virtual Reality and Augmented Reality Use-cases of Brain Computer Interface Based Applications for Smart Cities[J]. *Microprocessors and Microsystems*, 2022, 88: 104392.
- [21] 尹程程, 李同予, 翟长青, 等. 恢复性虚拟自然环境研究进展——基于CiteSpace可视化分析[J]. *中国城市林业*, 2022, 20(04): 147-154.
- [22] WEBER A M, TROJAN J. The Restorative Value of the Urban Environment: A Systematic Review of the Existing Literature[J]. *Environmental Health Insights*, 2018, 12: 1178630218812805.
- [23] GLASER B G, STRAUSS A L, STRUTZEL E. The Discovery of Grounded Theory; Strategies for Qualitative Research[J]. *Nursing Research*, 1968, 17(4): 364.
- [24] KAPLAN R. Some Psychological Benefits of an Outdoor Challenge Program[J]. *Environment and Behavior*, 1974, 6: 101-116.
- [25] KAPLAN R, KAPLAN S. The Experience of Nature: A Psychological Perspective[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.
- [26] KAPLAN R. The Nature of the View from Home: Psychological Benefits[J]. *Environment and Behavior*, 2001, 33(4): 507-542.
- [27] KAHN J R P H. The Human Relationship with Nature: Development and Culture[M]. Cambridge: The MIT Press, 1999.
- [28] BIRENBOIM A, DIJST M, ETTEMA D, et al. The Utilization of Immersive Virtual Environments for the Investigation of Environmental Preferences[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2019, 189: 129-138.
- [29] YIN J, ARFAEI N, MACNAUGHTON P, et al. Effects of Biophilic Interventions in Office on Stress Reaction and Cognitive Function: A Randomized Crossover Study in Virtual Reality[J]. *Indoor Air*, 2019, 29(6): 1028-1039.
- [30] HINDS J, SPARKS P. The Affective Quality of Human-natural Environment Relationships[J]. *Evolutionary Psychology*, 2011, 9(3): 147470491100900320.

2023年《园林》学刊专题征稿

为紧贴时代脉搏, 突显时代主题, 集中展示中国风景园林标志事件和新时代重大规划, 2023年《园林》学刊拟选推出如下专题 (所列专题顺序, 不作为最终发刊专题顺序):

(1) 城市绿地大数据管理与应用; (2) 气候变化与风景园林; (3) 植物园规划设计; (4) 自然保护地及人地协调; (5) 东亚绿色城市; (6) 蓝绿空间与环境效应; (7) 园林遗产数字化; (8) 城市用地变化情景模拟; (9) 江南园林美学思想索隐。

专题文章采用学术主持人组稿与作者自由来稿相结合的方式。稿件具体要求可关注“园林杂志”微信公众号。

投稿系统: <https://www.gardenmagazine.cn>; 编辑部邮箱: LA899@vip.163.com。稿件自发稿之日起3个月内未接到本编辑部任何通知, 可自行处理。

请踊跃投稿!