

疗愈导向的街道设计：基于 VR 实验的探索

Healing Oriented Street Design: Experimental Explorations via Virtual Reality

徐磊青 孟若希 黄舒晴 陈箬

Xu Leiqing, Meng Ruoxi, Huang Shuqing, Chen Zheng

摘要：本文以两个 VR 实验对城市环境的疗愈性进行了研究。第一个 VR 实验采用沉浸感极好的虚幻 4 建模，虚拟了道路和绿地两种不同的城市环境。皮电数据表明绿地比道路景观有更好的疗愈性。第二个实验以绿视率和街道界面的不同水平建构了街道模型，以 HTC 的头盔展示虚拟环境。实验结果表明绿视率和街道界面都对街道的疗愈性有显著影响。论文最后总结了绿视率和街道界面对街道疗愈的影响，并以城市更新为背景，论述了疗愈性街道的设计策略。

Abstract: This paper designs two virtual reality experiments to study the healing potential of urban environment. The first one uses Unreal Engine 4 with excellent immersion to model two different urban environments: streets and another with green space. Sympathetic conductance response data shows that green space has better healing potential than streets. In the second experiment, street models are constructed at different levels of green vision and street interfaces, and HTC helmet is used to display the virtual environment. The experimental result shows that both the green viewing rate and the street interfaces have significant effects on healing potential on streets. Finally, the paper summarizes the influence of green vision rate and street interfaces on the healing potential of streets, and discusses the design strategies of Healing Street based on urban renewal.

关键词：城市更新；健康街道；疗愈环境；恢复性环境；VR；绿视率；街道界面

Keywords: Urban Renewal; Healthy Street; Healing Environment; Restorative Environment; Virtual Reality Technology; Green Vision; Street Interface

国家自然科学基金资助项目 (51778422, 51878461)，中央高校基本科研业务费专项资金资助 (22120180084)，上海市城市更新及其空间优化技术重点实验室开放课题资助 (201810201)

作者：徐磊青，同济大学建筑与城市规划学院教授，博导。leiqing@tongji.edu.cn
孟若希，上海市黄浦区规划和土地管理局科员。272443564@qq.com
黄舒晴，同济大学建筑与城市规划学院博士研究生。
shuqinghuang@tongji.edu.cn
陈箬（通信作者），同济大学建筑与城市规划学院副教授。
zhengchen@tongji.edu.cn

1 城市更新与街道疗愈

城市道路向城市步行公共空间转变，依赖于街道的步行活动品质^[1]。从城市更新来看，街道的疗愈健康方面是一个重要方向。我们对街道步行环境与城市人身心健康的关系很有兴趣，试图回答这个问题：高密度的街道步行环境与人们心智健康恢复之间存在怎样的影响关系？哪种街景要素对健康更有帮助？关于街道环境对人们身心健康影响研究很少，这与街道作为城市公共空间的地位不相称。街道像血管一样蔓延在城市的各个角落，也是居民活动发生的主要场所。城市人需要释放压力时，公园和绿地往往是城市人休闲放松的首选。但公园的休闲功能因为用地紧张或位置稍远等原因一定程度上会被弱化，而精心设计的街景为什么不能替代公园绿地的作用？在什么情况下又能替代？

2 街道感知与居民健康

2.1 街道的感知品质

城市感知与物质环境特征有着复杂微妙的关系。城市设计文献指出众多可能会影响步行环境的感知品质，环境心理学以及越来越多的视觉偏好和视觉评估文献在此方面做出了贡献。尤因和汉迪 (Ewing & Handy)^[2]在文献揭示的 51 个感知品质的基础上提炼出了 8 个品质，分别是意象性、围合性、人的尺度、透明性、复杂性、易读性、连接性和一致性，并提出了前 5 个品质的量化方法。徐磊青和施婧研究了街道步行活动品质与建成环境之间的关系，发现连续店面、密路网、绿化、可坐设施、高品质建筑立面、历史建筑和宜人尺度，都对步行活动品质的提升有着非常重要的意义^[3]。

2.2 城市病与恢复性环境

另一方面，城市居民的心理健康令人担忧。很多研究发现，生于城市中的人出现精神疾病的几率会增加，而且城市化程度越高，生活年限越长，风险就越大。佩德森和莫滕森（Pedersen & Mortensen）利用丹麦民事系统的登记数据，从 189 万样本的调查研究发现，生活在比 5 年前城市化程度更高地区的个体其健康风险增加了 1.40 倍（95% 置信区间，1.28~1.51），而生活在城市化程度低于 5 年前地区的个体其健康风险增加了 0.82 倍（95% 置信区间，0.77~0.88）。15 岁之前就生活在城市化级别最高地区的个体，其患精神分裂症的风险则增加 2.75 倍（95% 可信区间，2.31~3.28）^[4]。

恢复性环境是指能够帮助人们减轻压力和各种不良情绪，减少心理疲劳，促进心理和生理健康的环境^[5]。哈蒂格（Hartig）进一步阐释“恢复”是指重新获得在适应外界环境过程中被损耗的生理、心理和社会能力。恢复性环境中，个体将有效恢复衰退的能力，体验到身心深层的修复，恢复直接注意力资源，并增进对重要失误的反思^[6]。卡普兰（Kaplan）夫妇提出恢复性环境应当具备以下四个特征：远离（being away）、迷人（fascination）、延伸（extent）和相容（compatibility）。远离指从疲劳或压力状态中逃离。远离可以是身体上的也可以是心理上的。迷人是说这样的环境要够有趣能抓住人们的注意力。大自然被很好的赋予了吸引力——植物、动物、水和光。人们也有被自然吸引的趋势。延伸性是指一个空间具有足够的内容让人们感觉到他们正在远离压力。相容性是指环境可供性与人的喜好和活动相一致。哈蒂格等进一步提出并编制了“感知恢复量表”（PRS）^[7]。与恢复性理论接近的学说包括减压理论^[8]和瞭望—庇护理论^[9]等。

2.3 街道的疗愈潜力

当前恢复性环境的研究大多针对于野外、森林和大海，但高密度城市环境所具有的恢复性价值的研究已经逐渐展开^[10]。街道景色因其具有自然生态特征而具有恢复潜能，也是与人的健康方面有关。但是这样的研究目前还很少展开。

诺拉等（Nordh et al.）提出，在高密度环境中，设计良好的小型绿地空间对人们的心智恢复效果更佳，并认为某些成分能够增强环境的恢复性效果^[11]。在这样工作的基础上，诺拉及其同事进一步分辨出“高恢复性环境”和“低恢复性环境”的设计特征：高恢复性环境包括许多草坪、花草或植物以及水景；低恢复性环境包括很多交通、硬质的表面和无遮蔽的环境等^[12]。我们可以看出，街道空间中既有高恢复性特征，如树木和花草，也有低恢复性特征，如大量交通和硬质路面等。恢复性环境具有疗愈的潜力，良好

设计的街道在理论上是具有疗愈性的，但目前对街道疗愈性的研究太少。

2.4 虚拟现实感知城市

数字技术正在深刻的影响城市更新和场所营造的专业实践，包括虚拟现实（VR）、增强现实（AR）、建筑信息模型（BIM）等在内可以帮助我们离开现场远程体验城市或建筑环境。VR 技术所创建和体验的虚拟世界能够将多源信息融合，实现交互式三维动态实景并容纳体验者实体运动。研究表明，除却真实的实验场景，相比于录像和照片，虚拟现实技术构建的实验场景在沉浸感、真实感、立体感、景深乃至舒适度上，都有更好的表现（图 1）。未来的 VR、AR、BIM、等数字技术以其互动、逼真和增强等特质，必将成为体验城市环境的一种重要途径。

3 VR 实验一：城市环境的疗愈作用

3.1 城市环境的疗愈性

第一个实验的目的是了解不同城市环境的疗愈作用——道路和绿地，哪一个更具有疗愈效能？徐磊青和陈箴等分析了高密度背景下城市绿色空间的恢复性价值，但主要针对社区绿地、康复花园和建筑环境在减压和注意力恢复方面的分析，并没有拓展到街道环境中^[13,14]。在这个实验中我们试图将街道一并考虑进来，分别建立了道路和绿地的虚拟环境。绿地景观包括天空、树木、草地、水体、行人等；道路包括天空、楼宇、道路、行道树、车辆、行人等。为了使被试获得更好的沉浸式体验，我们同时为两种室外场景（图 2）搭

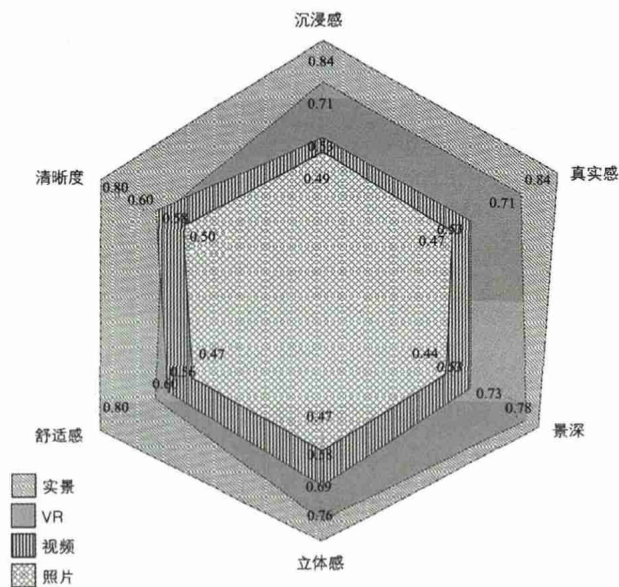


图 1 多种刺激媒介优势对比

资料来源：CHEN Y, CUI Z. An experimental methodology study on healthy lighting for the elderly with ad based on VR technology[C]. 9th CJK Lighting Conference, Busan, Korea, 2017: 457

配了与之匹配的音效,即混合了鸟鸣与水声的综合公园录音,以及混合了车声和人流声的综合城市录音。环境模型以浸入感最好的虚幻4(unreal engine 4)^①建模,被试佩戴 HTC 出品的 VR 头盔感受与体验场景。

VR 实验之中人本身有适应性,以及 VR 场景毕竟不如现实世界那么有丰富的细节,本实验中确定被试在 VR 的实验时间少于 5 分钟,以避免晕眩和单调等不适感。

3.2 实验程序与测量

健康效益评价所常用的多种研究方法各有优势和侧重,其中通过实验对生理和心理进行综合测量是对于环境疗愈潜力进行评价的主要途径。本次虚拟实验将综合应用几种生理测量和心理测量方法,分别为呼吸率、心电的 R-R 间期和皮电(SCR)三种,以及两项可以反映心理状态的指标,分别为倒数数字作业测试(DSB)得分和状态—特质焦虑量表状态版(STAI-S)的得分,来对被试者的健康状态进行评估,间接推断实验环境的疗愈潜能。

实验在封闭的办公室环境下按照以下的顺序进行(图3):被试者首先应完成一份状态—特质焦虑量表的填写,随

后带上 VR 头盔,开始观看时长约为 11 分钟的 VR 视频。首先,被试者将观看 7 组倒数数字作业测试,须根据语音提示倒序背出刚刚所看到的数组;接着,被试者将接受英语口语考试;英语考试结束后,被试者进入实验场景,体验 VR 虚拟环境。场景为一个理想起居室模型,被试者可以走到起居室窗前,观看城市景色或进行小幅活动,时长为 3 分钟;然后起居室场景消失,被试者将再次接受一次新的九组数组的倒数数字作业测试。测试结束后,被试者在实验员的协助下摘下头盔,开始填写第二份状态—特质焦虑量表。单次实验流程需 30 分钟左右,步骤如图 3 所示。作为应激源的压力阶段和作为疗愈期的缓压阶段的具体时长分别为 222 秒和 180 秒(时长均经预实验被试多次试验得出),在此期间呼吸率、心电 R-R 间期以及皮电三种生理数据处于持续记录的状态。

本次实验共募集了 80 位大学生被试者,男性与女性的性别控制在 1:1;被试者的专业背景上覆盖文法理工医等多个专业。前 20 个人每人做了三次实验,后 60 个人每人做了两次实验,一共做了 180 次实验,为了防止试验场次的先后次序影响被试的表现,笔者通过设计保证每种实验组合所经历的被试人数均等,且男女比例均衡。

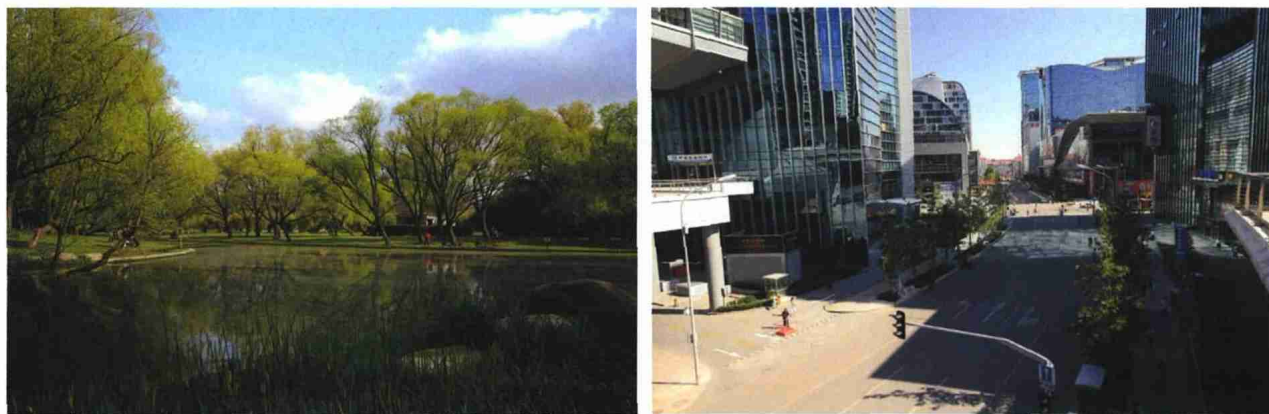


图 2 实验采用的两种不同的室外场景

资料来源: <http://www.nipic.com/zhuanli/1530441.html>, <http://citylife.house.sina.com.cn/detail.php?gid=69915>



图 3 单次实验流程与时间分配

资料来源:作者绘制

① 由 Epic Games 开发的游戏引擎又称虚幻引擎,虚拟 4 是目前最先进的一款,它具有逼真和沉浸感强的特点。

3.3 结果

在这个虚拟实验中，城市景观确实对人体身心健康水平有所影响，总体而言，对个体疗愈过程来说，自然景观优于道路景观，虽然不是所有指标都检测到了这种显著性，但是在关键的皮电测量数据上，绿地景观和道路景观在疗愈方面存在差异，绿地的疗愈效益比道路景观大（表 1）。

4 VR 实验二：街道疗愈的作用

4.1 街道的疗愈性

实验一说明绿地景观的疗愈性高于道路，其中绿视率是非常重要的因素。绿视率已经被很多研究发现是愉悦和恢复性环境的重要因素。当环境的绿视率小于 15% 时，人们感知到的环境中人工雕琢的痕迹比较大。绿视率小于 5% 的地区中患有呼吸系统疾病的死亡率比绿视率大于 25% 的地区高^[15]。绿视率达到 15% 以上的地区人群的平均寿命也高于其他地区。但绿视率和压力减少不是简单线性关系，姜斌和同事们亦发现，压力纾解与绿视率是一个倒 U 型的关系：最能有效纾解压力的绿视率，既不是最高也不是最低，而是中等的 24%~34%。超过 34% 绿视率的街景，其对压力纾解的效用反而下降了^[16]。

除了绿视率，街道的界面也有影响。琳达（Lindal）和哈蒂格等用 145 个虚拟居住区街景图片，请被试在网络上就远离、迷人、恢复可能和偏好这几个项目上评分。研究发现立面的复杂性对恢复性的影响是积极的，而建筑物高度的影响是负面的^[17,18]。然而，自然界或城市场景的复杂性和偏好的研究往往报告了混合的结果，从弱负关系到强烈的积极关系都有^[19,20]。徐磊青等对山景城市天际线的偏好与景观的分析中，也是发现复杂性与偏好的正相关关系^[21]。除了立面复杂性，谭少华等证明建筑界面的通透性是街道内涵美的重要变量^[22]。本文从恢复性环境的另一个维度——延伸性（extent）出发，用界面的延伸性作为界面通透的测量指标。界面的延伸性也意味着一种丰富性。

街道的延伸性目前没有定义，笔者认为街道界面延伸性类似于开放性但又有不同，它指街道界面对身体的开放程度，包括对视觉、听觉、嗅觉等感官的开放。因而如果界面开敞则延伸性好，如果界面是墙体则延伸性差，在两者之间有不

同等级的延伸，如灰空间的延伸性就比玻璃界面的延伸性好，格栅界面的延伸性根据格栅密度大小而异，格栅后面的界面也对延伸性有影响。

基于上述文献本文确定了三个实验假设：（1）绿视率与街道步行环境恢复潜能之间有着正相关关联。绿视率越高，街道的恢复潜能也越高；反之街道恢复潜能越低。（2）街道界面与街道步行环境恢复潜能也有着一定关系，街道界面的延伸性越好，街道的恢复潜能也越高。延伸性指街景的视线或空间穿透性。（3）高绿视率与延伸性界面组合之街道，其恢复潜能最高；低绿视率与实墙界面组合的步行街道空间，其恢复潜能最低。

4.2 街景的空间变量

绿视率受到客体和主体等多种因素的影响。本研究中选择行道树冠幅作为自变量，其余因素均设定为控制变量。将绿视率控制为小于 15%（低）、15%~25%（中）和 25%（高）这三个量级。人在街道中的步行过程是一个动态的过程，而绿视率是一个静态的指标；人的步行速度为 1.1~1.5m/s，因而在 VR 虚拟模型中，将街道每隔 1.5m 截取一个街道横截面，控制每个截面的绿视率在对应的自变量范围中，最后取所有截面绿视率的平均数作为该条街道步行空间的总绿视率。本实验分析中将绿视率以 1、2、3 的等级值进入分析过程。

依据作者课题组之前相关调研，五种建筑界面类型作为测试变量：开敞界面、格栅界面、实墙界面、玻璃界面以及灰空间界面。有关商业街道活动量的研究表明透明度在 60% 以上时与活动量有着显著的相关性^[23,24]，所以在本实验中，我们将玻璃街道界面定义为玻璃橱窗超过 60%。将实墙界面定义为实墙面超过 60%。将绿视率的 3 个自变量和街道界面的 5 个自变量全排列，得到 15 个场景模型（图 4）。

4.3 实验程序与测量

本文在哈蒂格等编制的感知恢复性量表（PRS）中选择以下三项维度——迷人、和谐和相容作为街道步行环境恢复潜能的评价指标。没有使用远离这个维度的原因是，街道环境是与人们的生活频繁接触的环境。每一个维度包括两个问题，被试者这个维度的得分是这两个问题的得分平均。根据苏谦和辛自强对于中文版 PRS 信度效度的研究证明，中文版量表具有较好的信度和构想效度，与卡普兰的研究结果也相同^[25]。我们通过量表内部一致性检验发现，本次实验所用的 PRS 的可靠程度， α 系数约为 0.85，说明量表内部的一致性较高，再次证明该量表的内在效度较好。

实验的样本环境排除了街道上的车流人流、商铺广告、路灯电线杆等各种无关变量，把街道界面按照延伸性分为五

表 1 城市景观与健康水平之间的协方差统计结果

自变量	因变量	相关与否	疗愈效益推断
道路 vs 绿地	呼吸率	P=0.148	—
	心电 R-R 间期	P=227	—
	皮电反应	P=0.003 90 秒内显著	公园景观 > 城市景观（绿地健康效益 2 倍于道路）

资料来源：作者绘制

类界面模型。使用 Sketchup2014 软件建立模型。利用头盔式的沉浸式虚拟街道体验。模型经过 Unity 软件处理转化成 VR 场景，通过 HTC Vive 眼镜实现街道模型的虚拟现实。被试带上改外接式头戴设备即可体验在虚拟现实环境中的街道场景。

我们招募了 90 名志愿者参与实验，男女比例接近 1 : 1。其中 60 名被试者是非建筑学类学生。30 名被试者是等建筑学类专业学生。2016 年 11 月—2017 年 1 月 15 日，在教育部高密度人居环境实验室进行实验。被试者带上 VR 眼罩，按照抽取的顺序依次体验 15 个场景。每体验完一个场景后，回答一份感知恢复性的量表问卷 (PRS)，每个场景完整的实验时间为 68 秒。

4.4 结果

(1) 迷人与街景

该分析结果与实验假设一致，即街道步行环境中，绿视率越高，人们所感知到的环境的迷人程度越高。两个有关迷人的问题中绿视率得分的变化趋势接近相同。得分最高的是高绿视率街道环境，其次是中绿视率的街道环境，最后是低绿视率的街道环境。

分析结果显示，灰空间、实墙和开敞三种界面差异界面在本次实验中，能显著影响迷人性感受，它们和绿视率一起可以解释 13.41% 的迷人性特征。影响作用大小依次是实墙界面 ($\beta=0.290, p<0.001$)、灰空间界面 ($\beta=0.129, p<0.001$)、绿视率 ($\beta=0.0755, p=0.006$) 和开敞界面 ($\beta=0.0610, p=0.041$)。界面的影响大于绿视率，其中实墙界面会导致迷人性显著降低，而增加灰空间界面、提高绿视率、增加开敞界面均能显著提高迷人性感受。并且发现，被试者专业对于人们判断街

道步行环境的协调程度存在一定影响， $P=0.001$ 小于 0.01，在统计学上具有显著意义 (表 2, 图 5)。

(2) 和谐与街景

该分析结果与实验假设并不一致。绿视率与和谐的关系，是中等绿视率的和谐性最高，而低绿视率或高绿视率的和谐性都下降了 (该维度下得分越高表示环境越不和谐，得分越低表示环境越和谐)。也就是说，被试者们普遍认为中绿视率的街道步行环境是感觉最有序、最和谐的，而高绿视率的街道步行环境给人们相对混乱的感觉，这可能会导致不安全的印象。在街道环境中，行道树排列的方式、树种造型、冠幅大小等都会对其与环境的协调程度造成一定的影响，进而影响人们对于步行环境和谐性的判断。

Stata 的多元回归分析显示，灰空间和玻璃两种界面在本次实验中，能显著影响和谐性。它们和绿视率一起可以解释 13.57% 的和谐感受特征。影响作用大小依次是灰空间界面 ($\beta=0.356, p<0.001$)、玻璃界面 ($\beta=0.145, p<0.001$) 和绿视率 ($\beta=0.118, p<0.001$)。其中增加灰空间和玻璃界面，提高绿视率均能提高和谐性的感受。将和谐性两个问题的得分综合分析，发现和谐的街道界面排序是：实墙街道 > 开敞街道 > 格栅街道 > 玻璃街道 > 灰空间街道。灰空间街道中人

表 2 迷人性的多元回归分析

迷人	Coef.	Std. Err.	Beta	t	P> t
绿视率	0.13	0.05	0.08	2.77	0.006
实墙界面	-1.01	0.10	-0.29	-9.73	<0.001
灰空间界面	0.45	0.10	0.13	4.32	<0.001
开敞界面	0.21	0.10	0.06	2.04	0.041

资料来源：作者绘制



图 4 街道感知 VR 的 15 个实验场景

资料来源：作者绘制

们觉得最混乱无序，其次是玻璃街道，格栅街道、开敞街道和实墙街道的和谐性差不多。这似乎表明，街道界面的空间形式和建筑元素越简单，其与环境和谐程度越高。而灰空间街道界面中，在原有玻璃街道界面的上又增加了走廊和柱子两种建筑元素，是五种街道中建筑元素最丰富的界面（表 3，图 6）。

（3）相容与街景

综合考虑两个问题的答案之后，显示绿视率与街景相容性之间存在正向的线性关系。也就是说，绿视率越大的街道越能提供符合人们心理需求的场所环境或氛围。

五个街道界面与相容性中，开敞街道的得分最高，表明开敞的界面环境更能够满足人们对环境的相容需求。相容这一维度下五种街道界面的关系分别是：开敞街道 > 灰空间街道 > 格栅街道 > 玻璃街道 > 实墙街道。不幸的是我们没有发现相容和绿视率有统计相关 ($\beta=0.0344, p=0.2395$)，我们接下来通过多元回归分析五种街道界面的共同影响。结果显示开敞、实墙和灰空间三种界面能显著影响环境相容性感受。作用大小依次是开敞界面 ($\beta=0.199, p<0.001$)、实墙界面 ($\beta=-0.195, p<0.001$) 和灰空间界面 ($\beta=0.0729, p=0.016$)。其中增加灰空间和开敞界面、减少实墙界面能够显著提高环境相容性感受（表 4，图 7）。

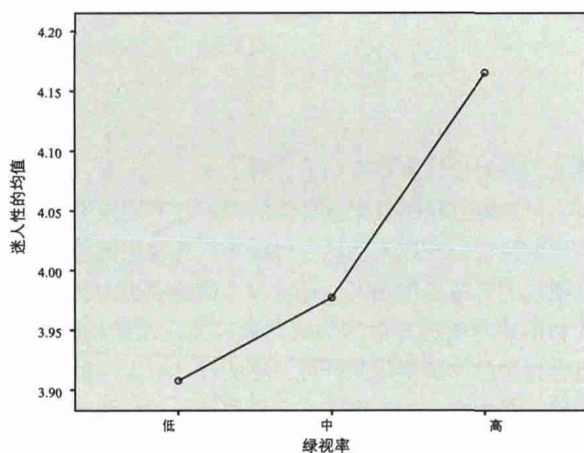


图 5 绿视率与迷人的平均得分（左）和界面与迷人的平均得分（右）
资料来源：作者绘制

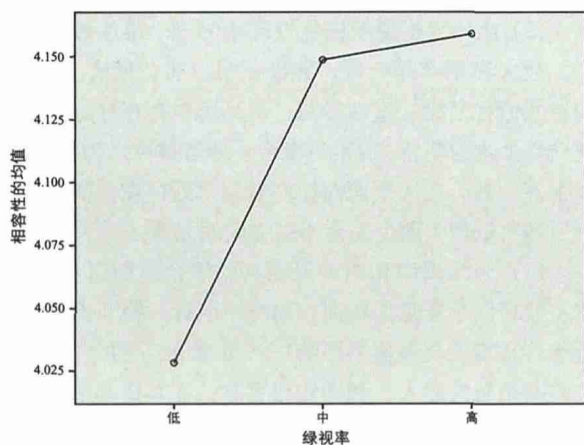
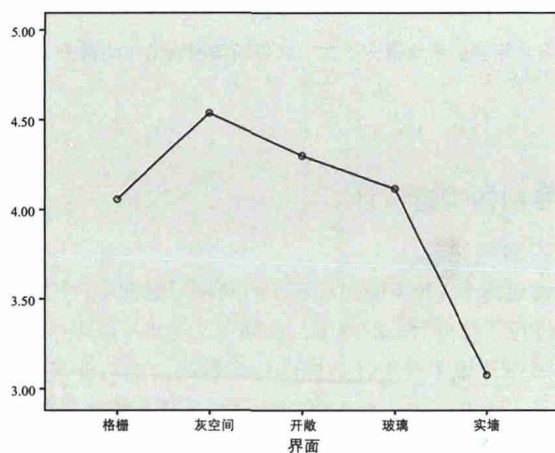


图 6 绿视率与和谐的平均得分（左）和界面与和谐的平均得分（右）
资料来源：作者绘制

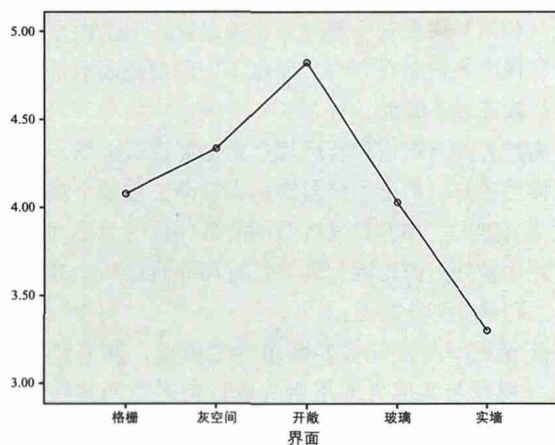


表 3 和谐性的多元回归分析

和谐性	Coef.	Std. Err.	Beta	t	P> t
绿视率	0.18	0.04	0.12	4.33	<0.001
灰空间界面	1.14	0.09	0.36	12.66	<0.001
玻璃界面	0.46	0.09	0.14	5.15	<0.001

资料来源：作者绘制

表 4 相容的多元回归分析

相容性	Coef.	Std. Err.	t	P> t	Beta
灰空间界面	0.28	0.12	2.4	0.016	0.07
开敞空间界面	0.77	0.12	6.53	<0.001	0.20
实墙界面	-0.76	0.12	-6.41	<0.001	-0.19

资料来源：作者绘制

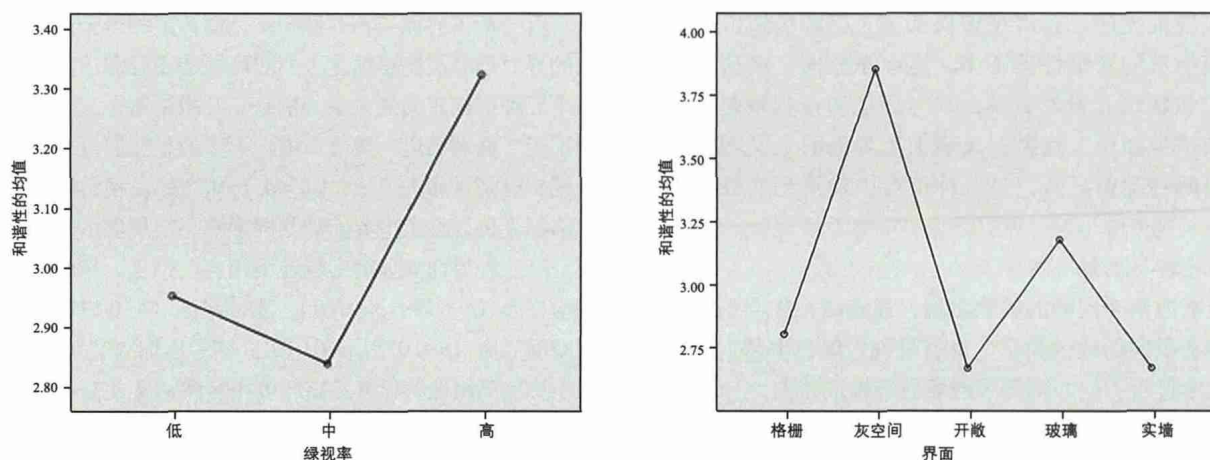


图7 绿视率与相容的平均得分 (左) 和界面与相容的平均得分 (右)

资料来源：作者绘制

5 疗愈导向的街道设计

5.1 VR 实验结论

本文通过两个 VR 实验对街道步行环境与绿视率、街道界面的关系进行了疗愈潜能的测度，总结全文得出了以下结论：

(1) 城市环境中绿地比道路的疗愈性高。这可能与道路的绿视率低、建筑密集、大量的车辆和人以及机械声音有关。

(2) 绿视率与疗愈潜能之间有着正相关关联。绿视率越高，街道的恢复潜能也越高；反之街道恢复潜能越低。在三个维度中有两个维度（迷人、相容）发现绿视率正相关，另一个维度（和谐）中发现中等绿视率为最佳。但是由于我们实验中，绿视率被控制在 25%，所以不同的更高的绿视率对恢复性的效果还需要研究。

(3) 街道界面与街道步行环境疗愈潜能也有关系，街道界面的延伸性越好，街道的恢复潜能也越高。在三个维度中有两个维度（迷人、相容）发现透明的延伸性的界面（灰空间、开敞）比较好。而正因为延伸性好而导致这两个界面的复杂性高，和谐性可能略差。

(4) 高绿视率与延伸性界面组合之街道，其恢复潜能最高；低绿视率与实墙界面组合的步行街道空间其恢复潜能最低。

5.2 疗愈街道的设计

街道更新已经成为当前城市更新的课题。与街道步行性相比，街道的疗愈作用没有被广泛重视，但是其作为社会空间网络的组成，具有重要的社会意义，也具有极高的健康价值。2016 年颁布的极有影响力的《上海街道设计导则》中，绿色已经成为街道设计导则的四大主题之一。绿色不仅具有生态意义，也有健康价值。本文就是证明了街道疗愈方面的

意义，并对设计策略有如下思考：

(1) 街道界面与疗愈潜能的关系在不同维度下表现出了不同的特征。在迷人性这一维度下，无论空间的开敞程度还是视线的开敞程度越大，环境对人们的吸引力就越大。环境的和谐感与街道界面的构成元素有关，元素越简单的界面，包含越少的建筑变化的环境，更能够营造出一种和谐有序的环境。在相容这一维度下，环境所能提供的场所感与周边环境的可达性存在较大的关联，周边环境的可达性越高，无论是空间可达还是视线可达，该街道步行环境就越能满足人们的内心需求或是当时活动或行为的要求。

(2) 因子分析说明恢复性环境的三个维度被明确分为两个，迷人和相容是一类，和谐是另一类，两者有不同趋势。前者我们称之为探索性参与，即环境中存在好奇、未知的景观允许个人的期待、探索与融合。后者被称之为简洁的有序，即整齐一致。这两个面向如左右互搏般存在。街景的疗愈性价值其实依赖于两个完全不同方向的品质。

(3) 当绿视率和街道界面共同围合出街道步行环境时，本文发现两个变量的协同作用并不明显，推断出两者对于街道步行环境恢复潜能的影响并不是简单的叠加或消减。当人们判断街景的迷人、和谐和相容时，在本样本中街道界面对于人们判断的影响要强于绿视率，并推断对于街道步行环境来说，恢复潜能主要决定因素是街道界面，绿视率作为次要决定因素会起到重要的影响。

(4) 灰空间界面、开敞界面比格栅和玻璃界面对疗愈性有积极作用。也就是说延伸性好的界面其疗愈性好，如街边的开敞绿地和骑楼界面的街道。即使是格栅界面的街道，如果格栅后面是绿植的话，也具有较好的疗愈性，因为这提高了街道的延伸性。

(5) 提高街道的绿视率可以提高街道的疗愈性，这可以

通过增加树冠、绿植等手法达成。但是需要小心过高的绿视率，因为这可能会使和谐性变低，有不安全的隐患。需要保证在视线高度不被遮挡下提高绿视率。

5.3 VR 和真实环境

目前认知健康方面研究中运用VR进行还比较少，属于逐渐探索的领域。本次研究中VR实验环境尽管采用了虚拟4建模手段，大大提高了沉浸感，但是它的仿真性与真实性还是需要提高。相比真实环境，VR在实验方法上有容易控制和操作的优势，但是未来还需要进一步校对和验证。

感谢徐蜀辰博士生对实验二建模的帮助；感谢施澄博士和陈易教授分别为两个实验提供了设备与场地。

参考文献

- [1] 徐磊青. 街道转型——一部公共空间的现代简史[J]. 时代建筑, 2017(6): 6-11.
- [2] 里德·尤因, 苏珊·汉迪. 测量不可测的: 与可步行性相关的城市设计品质[J]. 国际城市规划, 2012(5): 43-53.
- [3] 徐磊青, 施婧. 步行活动品质与建成环境——以上海三条商业街为例[J]. 上海城市规划, 2017(1): 17-24.
- [4] PEDERSEN C B, MORTENSEN P B. Evidence of a dose-response relationship between urbanicity during upbringing and schizophrenia risk[J]. Arch. Gen. Psychiatry, 2001(58): 1039-1046.
- [5] KAPLAN S, TALBOT J F. Psychological benefits of a wilderness experience[M] // ALTMAN I, WOHLWILL J F, eds. Human behavior and environment: advances in theory and research: behavior and the natural environment. New York: Plenum Press, 1983: 163-203.
- [6] HARTIG T. Guest editor's introduction[J]. Environment and Behavior, 2001, 33(4): 475-479.
- [7] HARTIG T, KORPELA K, EVANS G W, et al. A measure of restorative quality in environments[J]. Scandinavian Housing and Planning Research, 1997, 14(4): 175-194.
- [8] ULRICH R S. Aesthetic and affective response to natural environment[M] // ALTMAN I, WOHLWILL J F, eds. Human behavior and environment: advances in theory and research: behavior and the natural environment. New York: Plenum Press, 1983: 85-125.
- [9] APPLETON J H. Experience of landscape[M]. Wiley-Blackwell, 1975.
- [10] 徐磊青, 刘念, 卢济威. 公共空间密度、系数与微观品质对城市活力的影响——上海轨交站域的显微观察[J]. 新建筑, 2015(4): 21-26.
- [11] NORDHA H, HARTIG T, HAGERHALLA C M, et al. Components of small urban parks that predict the possibility for restoration[J]. Urban Forestry and Urban Greening, 2009, 8(4): 225-235.
- [12] HELENA N, KJERSTI Ø. Pocket parks for people – a study of park design and use[J]. Urban Forestry and Urban Greening, 2013, 20(1): 12-17.
- [13] 徐磊青. 恢复性环境、健康和绿色城市主义[J]. 南方建筑, 2016(3): 101-107.
- [14] 陈箴, 翟雪倩, 叶诗韵, 等. 恢复性自然环境对城市居民心智健康影响的荟萃分析及规划启示[J]. 国际城市规划, 2016(4): 16-26.
- [15] 吴立蕾, 王云. 城市道路绿视率及其影响因素[J]. 上海交通大学学报, 2009, 27(3): 267-271.
- [16] JIANG B, CHANG C, SULLIVAN W. A dose of nature: tree cover, stress reduction, and gender differences[J]. Landscape and Urban Planning, 2014(132): 26-36.
- [17] PALL J, LINDALA, TERRY H. Effects of urban street vegetation on judgments of restoration likelihood[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2015 (14): 200-209.
- [18] PALL J, LINDALA, TERRY H. Architectural variation, building height, and the restorative quality of urban residential streetscapes[J]. Journal of Environmental Psychology, 2013 (33): 26-36.
- [19] ARTHUR S. Mystery of environmental mystery effects of light, occlusion, and depth of view[J]. Environment and Behavior, 2007, 39(7): 165-197.
- [20] CAGRI I. Complexity, liking and familiarity: architecture and non-architecture Turkish students' assessments of traditional and modern house facades[J]. Journal of Environmental Psychology, 2000(20): 5-16.
- [21] 徐磊青, 周峰, 吴人韦. 山景城市天际线的偏好与景观知觉: 建筑高度与视廊数量的影响[J]. 中国园林, 2013(10): 46-52.
- [22] 谭少华, 胡亚飞, 韩玲. 基于人群心理满足的城市美丽街道环境特征研究[J]. 新建筑, 2016(1): 64-70.
- [23] 陈泳, 赵杏花. 基于步行者视角的街道底层界面研究——以上海市淮海路为例[J]. 城市规划, 2014(6): 24-31.
- [24] 徐磊青, 康琦. 商业街的空间与界面特征对步行者停留活动的影响——以上海市南京西路为例[J]. 城市规划学刊, 2014(3): 104-111.
- [25] 苏谦, 辛自强. 恢复性环境研究: 理论、方法与进展[J]. 心理科学进展, 2010(1): 177-184.

(本文编辑: 许玫)