

## 高校室内学习空间绿视率恢复效益研究

### Research on the Restoration Benefit of the Visible Green Index in University Indoor Learning Environments

李同予<sup>1</sup> 张 桐<sup>2</sup> 郭思远<sup>1</sup> 薛滨夏<sup>1\*</sup> 赖锦玉<sup>3</sup>

LI Tongyu<sup>1</sup> ZHANG Tong<sup>2</sup> GUO Siyuan<sup>1</sup> XUE Binxia<sup>1\*</sup> Claudia Kam Yuk LAI<sup>3</sup>

(1.哈尔滨工业大学建筑与设计学院, 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 150001; 2.同济大学建筑设计研究院(集团)有限公司, 上海 200092; 3.香港理工大学护理学院, 香港 999077)

( 1. School of Architecture and Design, Harbin Institute of Technology; Key Laboratory of Cold Region Urban and Rural Human Settlement Environment Science and Technology, Ministry of Industry and Information Technology, Harbin, Heilongjiang, China, 150001; 2. Tongji Architectural Design (Group) Co., Ltd., Shanghai, China, 200092; 3. School of Nursing, Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, China, 999077 )

文章编号: 1000-0283(2025)12-0031-08

DOI: 10. 12193 /j. laing. 2025. 12. 0031. 004

中图分类号: TU986

文献标志码: A

收稿日期: 2025-07-29

修回日期: 2025-08-29

#### 摘 要

为探索适合大学生心理恢复的绿视率范围, 推动高校室内恢复性环境设计研究, 采用虚拟实验, 对44名大学生观看5种绿视率(0、5%、15%、25%、35%)教室场景图片的恢复效益进行测量与评价。结果表明, 在原本没有绿色植物的教室中引入绿色植物后, 大学生的心理恢复效益显著提升。在绿视率上限为35%的教室中, 25%~35%的绿视率可能最有益于大学生心理的恢复。此外, 35%绿视率的教室场景中硕博研究生群体的心理恢复效益可能低于本科生群体。综上, 引入绿色植物是提升高校教室恢复效益的重要途径, 进行室内绿化设计时, 需合理适量地设置绿视率, 并考虑大学生个性化需求和人群特征。

#### 关键词

恢复性环境; 绿视率; 虚拟现实技术; 大学校园; 室内学习空间

#### Abstract

In order to explore the range of visible green indexes suitable for college students' psychological recovery, and to promote the research of indoor restorative environment design in colleges and universities. A virtual experiment was used to measure and evaluate the recovery benefits of 44 college students viewing pictures of classroom scenes with five visible green indexes (0, 5%, 15%, 25%, and 35%). The results showed that the psychological recovery benefits for college students were significantly increased after introducing green plants into classrooms that previously had none. In classrooms with an upper limit of 35% visible green index, 25%~35% visible green index may be most beneficial to the psychological recovery of college students. In addition, the psychological recovery benefit of the master's and doctoral student groups in the classroom scene with a 35% visible green index may be lower than that of the undergraduate student group. In conclusion, introducing green plants is an important way to enhance the recovery benefits in college classrooms. When designing indoor greening, it is necessary to set the visible green index appropriately and to take into account the personalized needs of college students and the characteristics of the population.

#### Keywords

restorative environment; visible green index; virtual reality technology; university campus; indoor learning space

#### 李同予

1984年生/女/黑龙江哈尔滨人/博士/副教授  
/研究方向为疗愈环境设计研究、园艺疗法

#### 张 桐

1997年生/女/黑龙江哈尔滨人/硕士/研究方向为恢复性环境

#### 薛滨夏

1966年生/男/河南卢氏人/博士/副教授/研究方向为自然疗愈与康复景观规划设计

处于成年初期过渡阶段的大学生群体, 普遍承受着来自学业、职业发展及人际关系等多方面的复合压力。在信息化社会知识迭代加速与社会竞争日趋激烈的背景下, 大学

生身心亚健康状况呈现高发态势。相关研究中, 焦虑、抑郁等心理疾病症状的检出率均处于较高水平<sup>[1-3]</sup>。鉴于此, 大学生健康问题已成为社会层面关注的重要议题。

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

基金项目:  
国家自然科学基金面上项目“基于大学生积极心理促进的校园恢复性环境循证建构研究” (编号: 52378014)

面对大学生的健康促进需求,“恢复性环境”(restorative environment)相关理论提供了重要的研究视角。该环境特指那些具备远离性、延展性、兼容性与迷人性特征,能够有效帮助个体从注意力疲劳和压力状态中恢复过来的环境<sup>[4]</sup>。与普遍的“促进作用”相比,“恢复效益”更强调环境在个体出现心理损耗后,所发挥的修复功能。

植物景观是人们容易接触到的恢复性环境元素之一,众多研究表明将植物景观(如盆栽、绿墙等)引入室内可以缓解大学生的压力,恢复定向注意力(directed attention),促进身心健康。例如,Wang等<sup>[5]</sup>研究发现将一些自然元素引入没有窗户的教室是提升教室恢复效益的有效方法。Van den Berg等<sup>[6]</sup>评估了教室中带有活体植物绿墙的恢复效果,并认为绿墙可以作为一种提升教室恢复效益的设计手段。Li等<sup>[7]</sup>通过对照试验发现在室内观看叶片较大且以绿色或红色为主的混合色植物,更有助于大学生减轻压力,提高效率。

虽然室内绿化对大学生健康的促进作用已被广泛证实,但其对于大学生的恢复效益却因不同的绿视率而产生差异<sup>[8]</sup>。绿视率(Visible Green Index, VGI)由日本学者青木阳二<sup>[9]</sup>于1987年提出,指人眼视野范围内绿色植被所占比例。绿视率从人的生理感知出发进行人眼视野绿量测定,直观地表达三维空间绿量高低并间接反映视觉环境质量,同时反映了从人类视觉上影响人类健康和福祉的绿化程度,已逐渐成为一种新型的城市绿色空间指数<sup>[10]</sup>。

在目前一些关于绿视率对人们身心健康影响的研究中,人们观看或体验的场景主要分为真实场景和虚拟场景两种<sup>[11-12]</sup>。选择真实场景对于实验结果的可靠性具有一定保障,但不便于根据实验目标改变环境要素。虚拟

场景是通过对真实场景的模拟而构建出的场景,具有可重复性和可调整性。虚拟场景的可控性强,可根据实验目标设置场景中的要素,并进行不断地调整和修正,同时可以控制其他无关变量,形成针对实验目标的模拟场景。因具有上述优点,虚拟场景目前已广泛地应用于风景园林领域研究中<sup>[13]</sup>。此外,研究表明在参与者的感知方面,真实的物理空间和经过设计的虚拟环境之间并没有显著差异<sup>[14-15]</sup>,即参与者在虚拟场景中可以出现与真实场景近似的生理、心理和认知反应。

在高校室内学习空间这一特定功能场景中,受限于层高、布局、安全规范与维护成本等现实约束,其绿化营造存在一个客观的“物理上限”。过往研究较少基于这一现实约束条件,去精确测算室内空间绿视率所能达到的极限值,并在此有限的区间内,探索绿视率与恢复效益之间的联系。鉴于虚拟实验场景的优势,本研究基于恢复性环境相关理论,以哈尔滨工业大学室内学习空间为研究场地,检验大学生被试观看不同绿视率虚拟教室场景的恢复效果,探索适合大学生心理恢复的绿量范围,旨在为高校室内学习空间恢复性环境设计提供参考。

## 1 研究方法

本实验是一项准实验,通过组织大学生对不同绿视率的虚拟教室场景进行恢复效益评价,探索适合大学生恢复的教室绿视率范围。实验地点位于哈尔滨工业大学建筑与设计学院国家级“虚拟仿真实验教学中心”,该中心拥有三通道主(被)动立体显示系统、无缝金属幕等专业级虚拟实验设备,与量表评测方法结合使用,能为被试者提供半沉浸式立体显示情境,弥补环境心理学传统量表测试方法存在实验数据精确性不高、被试估

计作答等问题。

### 1.1 实验对象

实验对象为哈尔滨工业大学在校大学生,被试在实验前需作答“症状自评量表”(SCL-90),以此进行心理健康状态的评估。根据量表评估结果,患有神经症、适应障碍等其他轻性精神障碍的学生将被排除<sup>[16]</sup>。

经过招募与筛选,最终确定44名被试,年龄18~28岁(Mean=23.02, SD=2.77),其中男生21人、女生23人;本科生14人、硕博研究生30人,涉及建筑、城乡规划、风景园林等5个不同专业。所有被试均为自愿参与,可以随时退出研究,并被告知所有实验数据均保密,只用于研究目的。

本研究主要运用到的数据分析方法为单因素方差分析。根据G\*Power 3.1的计算,在设定Power(1-β)=0.80、α=0.05、Effect Size=0.60、Number of groups=5的前提下,进行单因素方差分析需要的最低被试量为40人,本研究有效样本量满足该要求。

### 1.2 教室模型构建

本研究采用将真实场景转化为虚拟场景的方式。选取哈尔滨工业大学土木楼中标准的教室为建模原型,净高4.2 m、长7.2 m、宽6.3 m。前墙面为黑板,外立面有三扇窗。该教室主要用于学生自习,调研当天课桌上有书籍、电脑等物品,教室内无绿色植物。

使用SketchUp软件,参照真实的教室场景建立教室的三维模型。在建立实验模型时,除了满足空间基本使用需求所必需的装置和要素外(如课桌、座椅等),尽量避免其他不必要的装置(如门后雨伞、墙面上海报等),以防止非实验要素对实验结果产生干扰。

### 1.3 绿视率指标测算

目前国内外关于绿视率指标测算方法的研究原理基本一致,主要包括获取绿视率观测图像和计算绿视率数值两个技术环节<sup>[17]</sup>。

#### 1.3.1 获取绿视率观测图像

用照相机在观测点前、后、左、右4个方向定点拍摄获取人眼视野范围的图像,方法简便,对设备的要求低,可推广性强,是目前获取绿视率观测图像最普遍的方式<sup>[17]</sup>。本研究采取这种方法。首先对绿视视域范围进行限定,将正视前方与地面平行的视线设定为标准视线,以人眼能识别颜色的视域范围作为绿视视域范围,即水平方向上标准视线左右各30°,垂直方向上标准视线向上30°、向下40°<sup>[18]</sup>。实验拍摄点高度为1.65 m,观测示意图如图1所示。

为防止视角不同对实验产生干扰,研究中将视角标准化,选取SketchUp软件所构建教室空间的中心为观测点,模拟人在这个点上向正前、正左、正后、正右4个方向看,以这4个方向作为本研究的4个观测视角。教室模型4个视角的观测图像如图2所示。

#### 1.3.2 计算绿视率数值

在观测点拍摄的照片中,绿色植物在照片中占据的面积比率即为该点拍摄方向的绿视率。计算见公式(1):

$$R = (A_1/A_2) \times 100\%^{[17]} \quad (1)$$

式中,  $R$  为绿视率,  $A_1$  为照片画面中的绿色面积,  $A_2$  为照面画面视野面积。4个拍摄方向绿视率的平均值,即为该观测点的绿视率。

具体的计算方法通过像素法进行<sup>[19-20]</sup>,运用Photoshop软件提取照片中的绿色植物,然后在直方图中查看画面上绿色植物的像素数,通过计算其和整个照片像素数的比例,

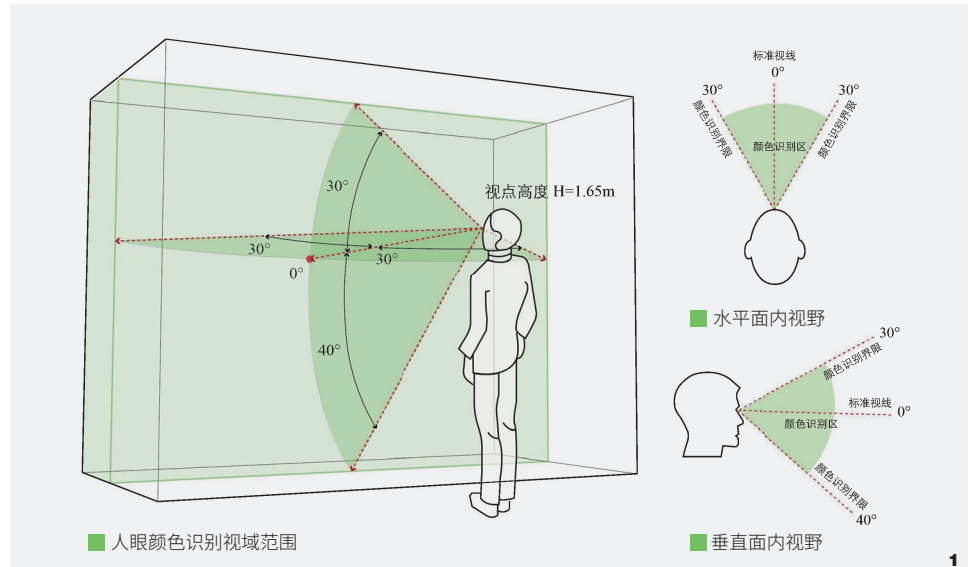


图1 教室场景的观测示意图  
Fig. 1 Schematic observation of a classroom scene

图2 教室模型4个视角的观测图像  
Fig. 2 Observed images of the four simulated human viewpoints of the classroom model

即可获得该场景的绿视率。这种方法具备较好的精确性和可信度<sup>[17]</sup>。

### 1.4 实验场景生成

#### 1.4.1 不同绿视率的设置

以满足教室日常使用功能为前提,根据

所选教室的实际情况计算出该教室的最大绿视率。根据图3展示的4个视角图片,运用Photoshop软件提取每个视角下不可放置绿色植物区域(如黑板、屋顶、窗户、门、过道等),剩余区域则为可以放置绿色植被最大区域。运用像素法分别计算4个视角的最大

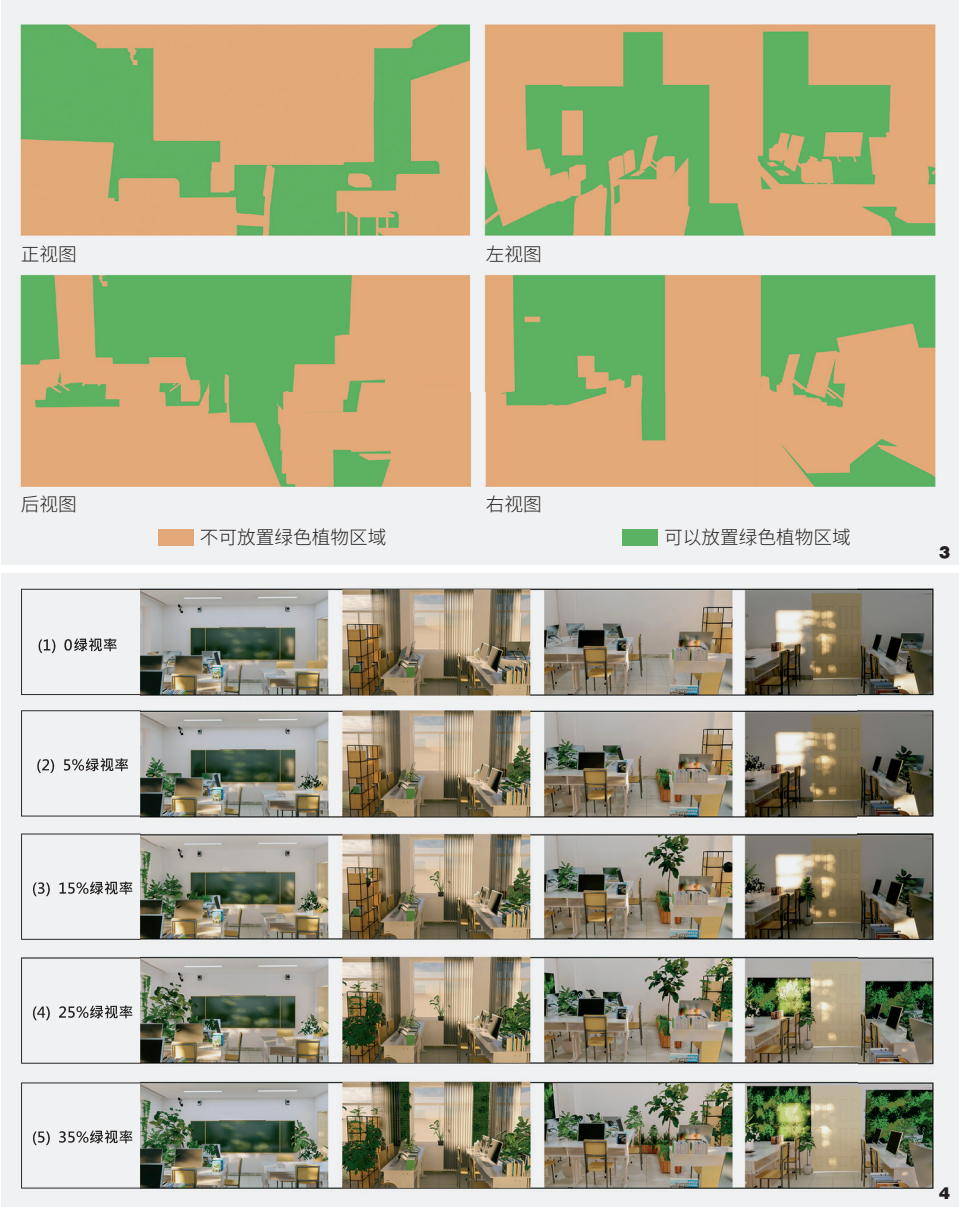


图3 Photoshop提取绿色植物区域示意  
Fig. 3 Schematic for extracting green plant areas using Photoshop

图4 不同绿视率的教室虚拟场景  
Fig. 4 Virtual scenes of classrooms with different levels of visible green indexes

绿视率，相加取平均值即可得到该环境的绿视率上限。

经过计算，本研究教室的最大绿视率为36.48%。参照日本学者折原夏志<sup>[21]</sup>的绿视率5级分类标准：极低（<5%）、低（5%~15%）、

中等（15%~25%）、较高（25%~35%）、高（≥35%），分别表征绿量感知由微弱至优良

的连续变化。本研究选取35%作为该研究教室的绿视率上限，设置5%~10%的绿视率为一个级别，依次划分出0、5%、15%、25%及

35%这5种绿视率水平进行后期的恢复效益比较。0绿视率的场景即未经添加任何绿色要素的原始场景，35%绿视率的场景即该教室达到最大绿视率时的场景。

1.4.2 虚拟场景的生成

运用SketchUp软件，在已建好教室场景的4个视角中分别置入植物要素，结合Photoshop像素法，使视野画面达到5个水平的绿视率值。李侃侃<sup>[22]</sup>在探索不同特征观叶植物对大学生注意力恢复影响的研究中发现，观看小型叶片植物和中等叶片植物均具有复愈效果；观看单色叶植物的复愈效果优于彩色叶和斑色叶植物；在色相方面，绿色的植物在复愈效果上具备优势。同时，根据前期调研，被试大学生更偏好于不同叶片大小、不同组合形式相结合的绿化设计。因此，本研究在各个绿视率场景营建中均统一选用绿色的单色叶植物，将小型叶片植物和中等叶片植物相结合，用盆栽、垂直绿化等形式进行组合设计（为保证场景整体美观、近真实，部分绿视率较低的场景不宜进行垂直设计，因此未设置），以尽可能形成层次丰富多样的室内景观，并控制窗外无绿色植物干扰。

对SketchUp中初步生成的不同绿视率教室虚拟模型进行多轮的修改和调整，确定最终版本后，将模型导入Enscape软件中进行渲染，以使虚拟场景更加贴近真实场景，最终形成5种绿视率的教室虚拟场景图片共20张（图4）。

1.5 心理数据获取

选择“自评恢复量表”（Short-version Revised Restoration Scale, SRRS）<sup>[23]</sup>，从“情绪”“生理”“认知”“行为”4个核心维度测量不同绿视率的教室对大学生心理恢复的效益。量表

采用李克特 9 分制进行数据统计, 1 分=完全不同意, 9 分=完全同意。为提高量表有效性, 将生理维度的反向题项做正向处理<sup>[24]</sup>。被试针对 5 种绿视率教室场景分别进行评价, 所有题项正向记分, 得分越高, 代表该场景的恢复效益越高。

## 1.6 实验程序

实验共分为 5 个阶段 (图 5)。第 1 阶段为准备阶段, 被试被引导进入观看虚拟场景图片的实验室中, 实验员向被试说明实验全部流程, 邀请被试填写基本信息问卷 (包括年龄、性别、学历、专业等信息), 共用时 3 min。

第 2 阶段为调整阶段, 实验员引导被试平静调整 2 min。

第 3 阶段为施压阶段, 施压方式采用 Trier 社会压力测试 (Trier Social Stress Test, TSST), 共包含测试介绍 (30 s)、模拟面试准备 (1 min)、模拟面试 (1 min 30 s) 及口算 (1 min 30 s) 4 个部分, 共用时 4 min 30 s。

第 4 阶段为恢复阶段, 本实验根据 5 种绿视率教室场景, 将整个恢复阶段划分为 5 个恢复单元, 每个单元包括一种绿视率场景虚拟图片观看和填写自评恢复量表两个环节。为消除组内实验顺序效应对实验结果的影响, 减少样本选择偏差, 5 个恢复单元随机播放。以 0 绿视率单元为例, 当随机播放至该单元时, 屏幕上依次出现 0 绿视率教室场景 4 个视角的图片 (即图 5 中 0 绿视率对应的 4 张图片), 观看过程持续 40 s。观看结束后, 被试有 1 min 30 s 时间填写自评恢复量表, 填写完毕后平静调整 30 s, 进入下一轮图片观看与量表填写。1 个单元耗时 2 min 40 s, 5 个单元耗时共计 13 min 20 s。

第 5 阶段实验结束, 实验员有序收集被

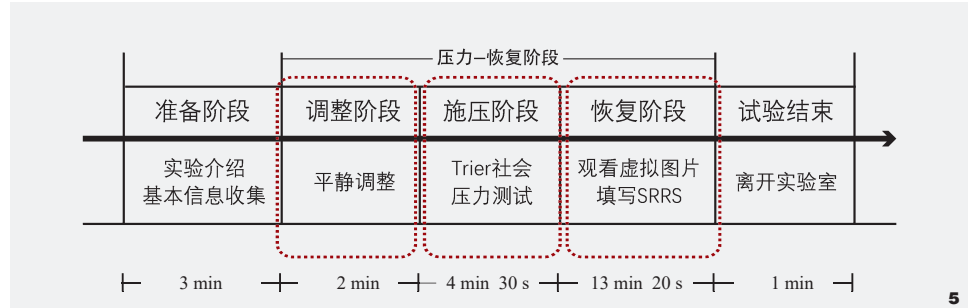


图 5 实验流程图  
Fig. 5 Flow chart of the experiment

试的问卷, 并引导被试离开实验室。

## 1.7 数据分析方法

运用 SPSS 22.0 进行数据分析。描述性分析用于统计参与者的人口统计学信息。通过单因素方差分析 (经过正态分布、方差齐检验, 数据满足要求), 比较 5 种绿视率教室场景的心理恢复效益差异; 基于方差分析结果, 对呈现显著差异的组别进行事后多重比较。根据人口统计学特征, 运用 Mann-Whitney U 检验 (相关数据不满足正态分布), 比较不同性别被试、本科生和硕博研究生被试在 5 种绿视率教室场景的心理恢复效益差异。

## 2 结果与分析

### 2.1 自评恢复量表的信度检验

信度分析结果 (表 1) 表明, 在不同绿视率的教室场景中, 自评恢复量表 4 个维度的

Cronbach's  $\alpha$  系数介于 0.628 ~ 0.963, 总量表的 Cronbach's  $\alpha$  系数在 0.674 ~ 0.785。所有系数均 > 0.6, 说明该量表在 5 种实验场景下, 整体与各维度均具有可接受的信度, 可用于后续数据分析。

### 2.2 不同绿视率教室场景的恢复效益

根据单因素方差分析结果 (表 2), 5 种绿视率教室场景下, 大学生在自评恢复量表的情绪、生理、认知、行为各维度及总分上, 均存在显著的统计学差异 ( $p < 0.01$ )。通过对比平均值可知: 相对来看, 0 绿视率的教室场景在量表 4 个维度和总分的得分均为最低, 表明没有绿植的教室场景恢复效益较差; 25% 绿视率场景量表总分最高, 表明 25% 绿视率的教室场景可能具备最佳的恢复效益。

根据表 1 的分析结果, 选取量表总分进行事后多重比较, 检验每两组绿视率场景之

表 1 自评恢复量表信度检验  
Tab. 1 Reliability analysis of Short-version Revised Restoration Scale

信度指标 Reliability index	0 绿视率 0 VGI	5% 绿视率 5% VGI	15% 绿视率 15% VGI	25% 绿视率 25% VGI	35% 绿视率 35% VGI
情绪维度 $\alpha$ 系数	0.733	0.852	0.728	0.628	0.713
生理维度 $\alpha$ 系数	0.780	0.795	0.724	0.637	0.805
认知维度 $\alpha$ 系数	0.901	0.714	0.747	0.944	0.891
行为维度 $\alpha$ 系数	0.816	0.753	0.817	0.963	0.892
自评恢复量表 $\alpha$ 系数	0.785	0.740	0.674	0.743	0.706

表2 不同绿视率教室场景的恢复效益  
Tab. 2 Restoration benefits of classroom scenes with different visible green indexes

	情绪维度 Emotional dimension	生理维度 Physiological dimension	认知维度 Cognitive dimension	行为维度 Behavioral dimension	量表总分 SRRS total score
0 绿视率 (n = 44)	9.02±2.79	8.57±2.05	8.36±4.30	7.61±3.93	33.57±10.09
5% 绿视率 (n = 44)	10.39±2.14	10.34±1.99	9.11±4.00	9.50±3.74	39.34±8.38
15% 绿视率 (n = 44)	12.48±2.14	12.43±1.97	10.50±3.69	11.07±3.34	46.48±7.57
25% 绿视率 (n = 44)	12.98±2.46	14.45±1.85	11.93±4.76	12.07±4.16	51.43±8.50
35% 绿视率 (n = 44)	13.36±2.65	14.20±2.14	11.27±4.26	12.25±4.26	51.09±8.76
<i>F</i>	25.420	70.277	5.438	10.971	35.097
<i>p</i>	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**

注：\*\*代表 $p < 0.01$ 。

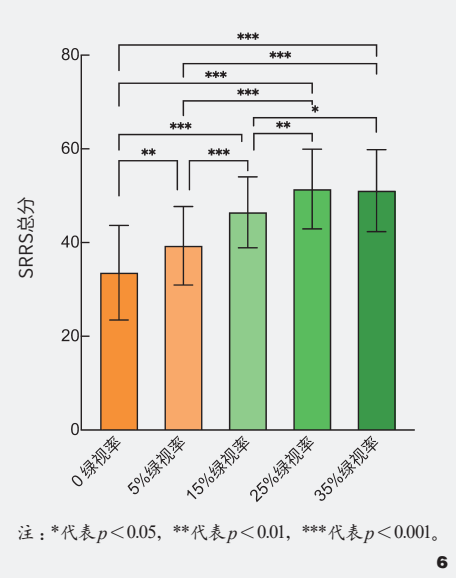


图6 不同绿视率教室场景自评恢复量表总分均值比较  
Fig. 6 Mean value of SRRS of classroom scenes with different visible green indexes

间的恢复效益差异。结果显示(图6)，在0、5%、15%、25%这4种绿视率的教室场景中，随着绿视率的增大，自评恢复量表的总分呈现显著的增长( $p < 0.05$ 、 $p < 0.01$ 或 $p < 0.001$ )，表明教室场景的恢复效益也显著增加，但是25%绿视率和35%绿视率的教室场景未呈现显著的恢复效益差异( $p = 0.854$ )，表明绿视率从25%增加到35%对于大学生恢复效益的提升作用不明显。恢复效益的排序为：0

绿视率<5% 绿视率<15% 绿视率<25% 绿视率<35%  
0 绿视率<5% 绿视率<15% 绿视率<35% 绿视率。

2.3 不同大学生群体的恢复效益

根据自评恢复量表总分，使用Mann-Whitney U检验比较不同大学生群体在5种绿视率教室场景的心理恢复效益差异。根据表3的分析结果，不同性别大学生在5种绿视率教室场景的自评恢复量表得分未表现出显著差异( $p > 0.05$ )，表明性别差异对恢复效益的影响不显著。表4的分析结果显示：本科生和硕博研究生在35%绿视率教室场景的自评恢复量表得分呈现出显著差异( $p = 0.035 < 0.05$ )，本科生自评恢复量表的中位数(55.0)高于硕博研究生的中位数(52.0)，表明在此特定场景中，本科生群体可能获得了更优的心理恢复效益。

3 讨论

3.1 适宜的室内绿视率范围

绿视率是城市空间心理感知绿量的评价指标，一般情况下，高绿视率的场所能使人产生自然、清凉、湿润、放松、舒适、色彩鲜艳和景观丰富的心理感受<sup>[17]</sup>。20世纪

80年代的早期研究认为，绿视率>25%时个体体验较好<sup>[9]</sup>。近年来基于实景绿视率分析与满意度问卷调查的研究表明，当街道景观绿视率为20%~40%时，游览者认为环境良好<sup>[25]</sup>。

然而，过高的绿视率场景可能给人带来压力，并显著降低愉悦度，最适宜人体恢复的绿视率有一个上限<sup>[26]</sup>。教室作为正式的学习空间，需要承担授课、自习等功能，为了不影响教室的正常使用以及干扰使用者的注意力集中，教室的绿视率不宜过高。林燕芳<sup>[8]</sup>研究发现在0~50%的室内绿视率范围中，8%~30%是最容易恢复精神的绿视率范围，当绿视率超过30%后，受测者的复愈效益平均值呈现下降趋势。这与本研究的结论相似，绿视率从0上升至5%、15%、25%的过程中，大学生的恢复效益均显著提升，然而当绿视率达到25%后，将绿视率提升至35%不能显著地提升大学生的恢复效益。因此，在最大绿视率为35%的教室中，25%~35%的绿视率可能最有益于大学生的心理恢复。

3.2 不同大学生群体恢复效益差异分析

由表3和表4结果可知，大学生心理恢复效益在性别维度上无显著组间差异，但在35%绿视率教室场景下，教育背景维度存在显著效应( $p < 0.05$ )，硕博研究生的恢复水平低于本科生。这一发现与既往研究结论一致<sup>[27]</sup>，即教育背景是恢复效益差异化的关键因子。这种学历相关的恢复效益差异可能源于硕博生群体独特的压力源：相比于本科生，硕博研究生群体通常面临更高强度的学术挑战(课程深度、科研创新与实践复杂度)，易诱发持续性心理负荷<sup>[28]</sup>；同时，其深度认知加工过程导致注意力疲劳程度加剧，从而提升了对恢复性环境的需求。这种内在差异可

表3 不同性别大学生群体的恢复效益差异  
Tab. 3 Differences in restoration benefits of college students according to sex

	中位数 (P25, P75) Median (P25, P75)		z	p
	女 (n = 23)	男 (n = 21)		
0 绿视率	32.0 (26.0, 39.0)	36.0 (28.0, 45.0)	-1.340	0.180
5% 绿视率	39.0 (33.0, 43.0)	41.0 (36.0, 46.0)	-1.095	0.273
15% 绿视率	47.0 (41.0, 52.0)	47.0 (43.5, 50.0)	-0.200	0.841
25% 绿视率	55.0 (46.0, 59.0)	52.0 (46.0, 58.5)	-0.247	0.805
35% 绿视率	53.0 (49.0, 57.0)	53.0 (44.0, 55.5)	-0.353	0.724

表4 本科生和硕博研究生的恢复效益差异  
Tab. 4 Differences in recovery benefits of undergraduate and graduate students

	中位数 (P25, P75) Median (P25, P75)		z	p
	本科生 (n = 14)	硕博研究生 (n = 30)		
0 绿视率	28.0 (17.8, 36.5)	35.5 (28.8, 41.3)	-1.828	0.068
5% 绿视率	37.0 (29.5, 41.5)	41.0 (35.0, 46.0)	-1.478	0.140
15% 绿视率	47.5 (43.5, 50.0)	47.0 (40.5, 52.0)	-0.202	0.840
25% 绿视率	54.0 (51.0, 59.0)	51.5 (41.8, 59.0)	-1.327	0.185
35% 绿视率	55.0 (53.0, 57.5)	52.0 (41.8, 55.3)	-2.108	0.035*

注：\*代表  $p < 0.05$ 。

能导致在特定环境条件（如本研究中的35%绿视率教室）下，硕博生群体的恢复效果相对弱于本科生群体。

此外，也有研究表明，不同性别群体的最佳恢复绿视率可能存在差异。例如，Choi等<sup>[29]</sup>在一项从心理、生理反应和主观偏好角度确定最优绿视率的研究中，招募了103名成年参与者（男性51人，女性52人），发现在部分生理和心理指标上，男性和女性存在显著差异。然而，在本研究构建的不同绿视率教室场景中，男性和女性的心理恢复效益均没有显著差异。这可能是由于本研究的样本量较小，未来可以增加研究的样本量，进一步探讨性别因素对绿视率恢复效益的影响。

3.3 研究局限性及展望

本研究仍具有一定的局限性。

（1）正式实验中44人的样本量对于这项研究来说是足够的，但它仍然是一个小样本，并且被试均为建筑相关专业背景，可能存在因专业训练所致的、对绿色景观固有的高敏感性偏倚。未来研究可以在扩大样本量的基础上纳入更多专业背景的大学生，并检验专业背景在恢复效应中的调节作用，以增强研究结论的普适性。

（2）对于不同绿视率场景的观看和评价，本研究控制在一次完成实验，即被试在一次施压环节后完成全部绿视率场景的观看和评测，主要是为了提高实验控制力，尽量消除或减少干扰因素对实验结果的影响，例如被试自身的不稳定性、多次重复实验导致被试产生作答态度偏差等，从而影响实验结果的准确性。但是被试一次性完成实验，无法排除实验后期压力自行恢复的可能，一定

程度上影响绿视率恢复效益的测度。未来的研究考虑进一步完善实验设计的合理性，尽量减少实验结果的偏差。

（3）本研究选择的实验场景是虚拟的，相较于完全真实的物理环境，其在感官体验的丰富性（如嗅觉、触觉、空气流动感）和空间的沉浸感上仍有不足<sup>[30]</sup>。未来可通过构建真实场景开展研究，进行循证比较，这对于室内恢复性环境的设计与改造同样至关重要。

4 结论

本研究基于恢复性环境相关理论，结合虚拟现实技术，探索了不同绿视率教室场景对于大学生的心理恢复效益，得出以下结论：

（1）在原本没有绿色植物（即绿视率为0）的教室中引入植物后，将显著提升大学生的心理恢复效益，证实了室内绿化的积极恢复作用。

（2）恢复效益随绿视率增加呈现先升后稳的趋势。在本研究设定的场景中（绿视率物理上限为35%），最有益的绿视率范围可能出现在25%或略低于35%的区间，而非简单地达到物理上限值。

（3）不同学生群体对高绿视率环境的响应存在差异。35%绿视率的教室场景对本科生群体的恢复效益可能优于硕博研究生群体。

综上，在教室中引入绿色要素是提升大学生健康的重要措施，大学校园可以积极进行室内绿化设计，以适应大学生对于环境质量和心理资源恢复的需求。其次，绿视率与心理健康恢复性效益并非在全域上均呈现正相关性，应注重适量设计，在不影响教室使用功能的同时，发挥植物资源最大的恢复效益。最后，注重大学生的个性化需

求, 根据大学生使用者的偏好进行室内绿化设计。对于自身注意力消耗严重的群体(如研究生群体)予以特殊照顾和加强设计, 在其主要使用的学习空间中适度提高绿植层次感、引入动态景观或沉浸式元素, 以适应其更高的心理负荷和恢复需求, 实现精准化的环境干预。

注: 文中图表均由作者绘制。

参考文献

[1] MA Z, ZHAO J, LI Y, et al. Mental Health Problems and Correlates Among 746 217 College Students During the Coronavirus Disease 2019 Outbreak in China[J]. Epidemiology and Psychiatric Sciences, 2020, 29: e181.

[2] SHAH T, POL T. Prevalence of Depression and Anxiety in College Students[J]. Journal of Mental Health and Human Behaviour, 2020, 25(01): 10.

[3] LV F L, ZHU R, HOU X R, et al. Psychological Health and Risk Factors of College Students Within the Context of the COVID-19 Pandemic: A Cross-sectional Study[J]. Behavioral Sciences, 2023, 13(10): 796.

[4] KAPLAN S, TALBOT J F. Psychological Benefits of a Wilderness Experience[M]// Behavior and the Natural Environment. Boston, MA: Springer US, 1983: 163-203.

[5] WANG R H, ZHAO J W, XING L. Perceived Restorativeness of Landscape Characteristics and Window Views on University Campuses[J]. Journal of Architectural and Planning Research, 2018, 35(04): 303-322.

[6] VAN DEN BERG A E, WESSELIUS J E, MAAS J, et al. Green Walls for a Restorative Classroom Environment: A Controlled Evaluation Study[J]. Environment and Behavior, 2017, 49(07): 791-813.

[7] LI K K, ZHAI Y, ZHANG Y, et al. Effects of Indoor Foliage Plants on College Students' Work Attention Recovery: An Experiment Focusing on Plant Characteristics[J]. European Journal of Horticultural Science, 2021, 86(06): 642-650.

[8] 林燕芳. 室内绿化之恢复性知觉与复愈效益研究[J]. 宁德师范学院学报(自然科学版), 2019, 31(01): 57-65.

[9] 青木阳二. 視野の広がり と緑量感の関連 [J]. 造园杂志, 1987, 51(01): 1-10.

[10] ZHU H Z, YANG F, BAO Z Y, et al. A Study on the Impact of Visible Green Index and Vegetation Structures on Brain Wave Change in Residential Landscape[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2021, 64: 1-22.

[11] 高翔, 董贺轩. 街道步行空间绿视率与步行愉悦度的关联研究——基于武汉多类型街道的实证比较[J]. 西部人居环境学刊, 2023, 38(02): 52-59.

[12] 贾江旭. 基于脑电实验的虚拟全景绿视率对人体愉悦度影响研究[D]. 合肥: 安徽建筑大学, 2022.

[13] 郝石盟, 王晨, 侯锐, 等. 虚拟疗愈环境及其疗愈效益研究进展[J]. 风景园林, 2022, 29(08): 79-85.

[14] HONG T, LEE M, YEOM S, et al. Occupant Responses on Satisfaction with Window Size in Physical and Virtual Built Environments[J]. Building and Environment, 2019, 166: 106409.

[15] GAO T, ZHANG T, ZHU L, et al. Exploring Psychophysiological Restoration and Individual Preference in the Different Environments Based on Virtual Reality[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2019, 16(17): 3102.

[16] 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.

[17] 肖希, 韦怡凯, 李敏. 日本城市绿视率计量方法与评价应用[J]. 国际城市规划, 2018, 33(02): 98-103.

[18] 徐磊青. 人体工程学与环境行为学[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006.

[19] 谢亮. Photoshop像素法在计算地图面积中的应用[J]. 电脑知识与技术, 2010, 6(15): 4021-4022.

[20] 徐跃家, 齐超杰, 冯昊, 等. 动态绿视率模型的探索与算法研究[J]. 城市发展研究, 2022, 29(01): 22-28.

[21] 折原夏志. 緑景觀の評価に関する研究——良好な景觀形成に向けた緑の評価手法に関する考察[J]. 調査研究期報, 2006, 142: 4-13.

[22] 李侃侃. 西安地区校园活动空间植物景观对大学生复愈效应研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2023.

[23] HAN K T. A Reliable and Valid Self-rating Measure of the Restorative Quality of Natural Environments[J]. Landscape and Urban Planning, 2003, 64(04): 209-232.

[24] 林娜, 谢雨纾, 卓志雄, 等. 自评恢复量表在城市公园环境中的测量及应用[J]. 西南林业大学学报(社会科学), 2018(04): 66-71.

[25] 李明霞. 基于绿视率的城市街道步行空间绿量视觉评估——以北京市轴线为例[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2018.

[26] 聂玮, 贾江旭, 王孜孜, 等. 基于脑电实验的虚拟现实环境全景绿视率对人体愉悦度的影响研究[J]. 景观设计学(中英文), 2022, 10(02): 36-51.

[27] 郭思远, 李同予, 赵晨洋, 等. 校园绿地景观对大学生

心理恢复作用研究[J]. 低温建筑技术, 2023, 45(02): 13-17.

[28] YUSUFOV M, NICOLORO-SANTABARBARA J, GREY N E, et al. Meta-analytic Evaluation of Stress Reduction Interventions for Undergraduate and Graduate Students[J]. International Journal of Stress Management, 2019, 26(02): 132-145.

[29] CHOI J Y, PARK S A, JUNG S J, et al. Physiological and Psychological Responses of Humans to the Index of Greenness of an Interior Space[J]. Complementary Therapies in Medicine, 2016, 28: 37-43.

[30] BROWNING M H E M, SHIPLEY N, MCANIRLIN O, et al. An Actual Natural Setting Improves Mood Better than Its Virtual Counterpart: A Meta-analysis of Experimental Data[J]. Frontiers in Psychology, 2020, 11: 2200.