

沉浸式与非沉浸式媒介的注意力恢复作用比较

李靖怡¹, 柳喆俊¹, 董华^{1,2}

(1.同济大学 艺术与传媒学院, 上海 201804; 2.同济大学 设计创意学院, 上海 200092)

摘要: **目的** 通过在球幕与银幕中模拟自然环境, 比较两者的注意力恢复作用。探讨沉浸式媒介中虚拟自然环境的应用价值。**方法** 挑选30名大学生, 随机分成两组。施加压力进行引诱, 进行注意力能力指标测量以及持续性注意力的反应测试。实验组观看球幕自然影片, 对照组观看银幕自然影片, 两组观看影片后再次采集注意力数据。**结果** 两组在观看自然影像后, 注意力皆得到恢复, 球幕组的注意力恢复效果更显著。**结论** 较传统使用非沉浸式媒介模拟自然环境而言, 利用沉浸式媒介能获得更显著的注意力恢复效果。在沉浸式媒介中, 虚拟自然环境的应用实践值得深入研究。

关键词: 沉浸式媒介; 注意力恢复; 虚拟自然环境; 球幕

中图分类号: TB472 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2018)16-0050-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.16.009

Comparison between the Effects of Immersive and Non-Immersive Media on Attention Restoration

LI Jing-yi¹, LIU Zhe-jun¹, DONG Hua^{1,2}

(1.College of Arts and Media, Tongji University, Shanghai 201804, China;

2.College of Design and Innovation, Tongji University, Shanghai 200092, China)

ABSTRACT: It aims to analyze the attention restoration effects of virtual natural environment in immersive and non-immersive media, such as the fulldome and film screen. In total 30 undergraduate students were divided into two groups. They were asked to take stress-inducing tasks(e.g. noise), finish a composition of 400 characters, and then took the attention function index(AFI) and sustained attention to response test(SART). After watching the virtual natural scenes, both groups have restored attention. Besides, the fulldome group has more distinct effect of attention restoration, with more increase of subjective evaluation in AFI, more decrease of reaction time, and more increase of accuracy in SART. Compared with non-immersive media, immersive media, such as fulldome, has more significant effect of attention restoration. The applications of virtual natural environment in immersive media are worth further study.

KEY WORDS: immersive media; attention restoration; virtual natural environment; fulldome

人类对自然环境有着与生俱来的亲切感, 在这漫长的进程中, 人类对某些自然环境机制产生了偏好^[1]。自然疗法是一种常见的心理疗法, 其通过利用自然中的某些环境, 帮助在城市环境中久居的人们重新接触自然, 获得良好的心理疗效。注意力恢复理论认为人类在自然环境中度过一段时间后, 注意力将得到短暂转移, 进而帮助人们更好地集中注意力于下一件事情^[2]。

丰富的软性引力能吸引人的无意识注意力, 其相对的是有意识注意力, 能帮助人维持有效率的日常生活, 但长期使用有意识注意力将消耗神经中枢机制的巨大能量, 产生疲劳、压力及注意力难集中等消极影响^[3]。注意力恢复, 即指注意力从难以集中、短暂转移、至再次集中的这一过程, 是自然对人类认知产生积极影响的有力证明^[4]。在相关研究中, 通常先对被试进行注意力损耗, 测得注意力基准值, 然后让被试接

收稿日期: 2018-02-12

作者简介: 李靖怡(1993—), 女, 上海人, 同济大学硕士生, 主攻虚拟现实、用户体验。

通信作者: 董华(1976—), 女, 新疆人, 博士, 同济大学教授, 主要研究方向为包容性设计、设计理论与方法。

触自然环境, 体验后再次进行注意力测试。前后数据对比分析, 由此检测注意力的恢复情况^[5]。其中对于注意力恢复效果的数据采集, 主要分为生理及心理数据。生理数据通过心电图反映心率的变化, 脉搏传导间期反映心血管收缩压, 脑电图反映脑细胞的电活动水平, 动态血压监测反映血管平滑肌的张力等。心理数据通过量表反映主观变化, 通过实验反映客观变化^[6]。

目前随着虚拟现实技术的发展, 已有大量国内外研究证明人工制造的虚拟自然环境同样起到积极的心理恢复作用^[7-8]。虚拟现实技术是指采用以计算机技术为主, 视、听、触觉等一体化的虚拟环境。用户借助必要的设备以自然的方式与虚拟世界中的物体进行交互, 产生身临其境的用户体验^[9]。其最显著的体验之一就是沉浸感, 是指精神状态的全神贯注, 往往能够较快且较长时间地使注意力集中。目前的主流虚拟现实设备有头戴式设备、洞穴状自动虚拟系统、球幕等^[10]。其中数字化大型球幕投影, 覆盖却不约束用户的视场, 成功营造了沉浸式虚拟环境。利用虚拟现实技术营造的沉浸式虚拟环境已被大量应用于心理治疗领域。20 世纪 90 年代初, VR 在心理治疗领域的应用拉开序幕^[11]。目前虚拟现实技术已经应用在焦虑障碍、创伤后应激障碍、注意缺陷障碍和精神分裂症的治疗, 以及缓解疼痛、进食障碍、自闭症等方面的心理障碍治疗^[12]。虚拟现实技术在心理治疗领域具备特有的优势, 其一为沉浸感, 使被试能够沉浸其中, 忘却自己在做治疗, 可被评估为一种自然的状态, 更有利于观察评估个体的典型行为; 其二为可控性, 实验控制作为科学研究的必备条件, 在心理学实验中尤为严格。虚拟现实则在创造虚拟的生态环境同时, 严格控制实验变量^[13]。虚拟现实中的心理治疗突破了传统的心理治疗模式, 通过模拟创建过去发生的场景或虚构的未来场景, 使原本只能在脑海中的想象得以可视化, 让被试在身临其境中以最自然的状态接受心理治疗^[14]。

1 实验对象与方法

1.1 被试

在同济大学嘉定校区招募 30 位大学生志愿者, 均分为两组。球幕组 15 人, 其中男生 10 人, 女生 5 人; 银幕组 15 人, 其中男生 8 人, 女生 7 人。

1.2 实验材料

1.2.1 压力引诱任务

被试需在完成艰巨任务时将压力引诱出来。参照 Markus & Peters 心算测试^[15], 要求被试在工业噪声中完成一系列具有挑战的数学心算题。该方法能使心率和皮肤传导水平上升并且引诱出负面情绪^[16]。在本测试中要求被试听着喧闹的城市噪音, 同时在 1 张空白

的 400 字 A4 稿纸上写下最近半年内 2~3 件亲身经历且备感压力的事件。球幕组压力引诱任务见图 1。

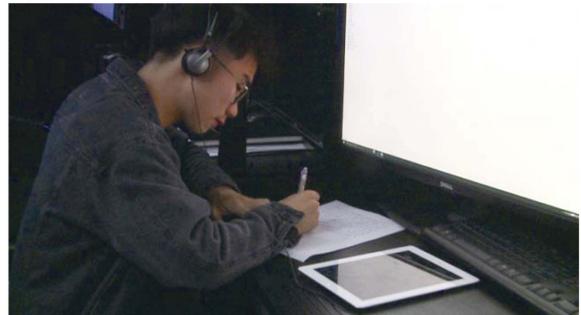


图 1 球幕组压力引诱任务

Fig.1 The stress-inducing task in the fulldome group

1.2.2 注意力能力指标

注意力能力指标是用于测量定向注意力的主观测试^[17], 其中包含 13 项注意力能力指标^[18]。测量方式采用李克特 7 级量表, 1 代表完全不擅长, 7 代表极其擅长。其中 1~9 题为正向问题, 分数越高代表注意力越高, 10~13 题为反向问题, 即分数越低代表注意力越高。球幕组注意力能力指标问卷见图 2。



图 2 球幕组注意力能力指标问卷

Fig.2 The AFI questionnaire in the fulldome group

1.2.3 持续性注意力反应测试

测试中有 2 个不同阶段。第一阶段叫“寻找数字 4”, 其中当数字 4 出现在电子屏幕上时, 测试者需要通过点击鼠标左键作出正确的反应; 第二阶段叫作“寻找数字 0”, 其中当除了 0 以外的任何数字出现时, 测试者需要作出反应。在本测试中采用 iOS 系统中的 SART 应用程序, 其中一共有 10 个数字以及字母 X^[19]。系统将自动计算正确率以及反应时间。球幕组持续性注意力反应测试见图 3。

1.2.4 球幕自然影片及银幕自然影片

球幕影片选择理光全景相机 Theta S, 在上海及深圳实地选景拍摄。其中包含森林、海滩、礁岩、山峰等自然景观。在 3ds Max 三维软件中分段建立球幕影像, 进行旋转等镜头语言编辑。之后在 Ae 视频软

件中,进行防抖、合并、渲染及球幕画面视觉效果等后期处理。配乐选择含有自然声效的钢琴旋律,较为舒缓。球幕自然影片见图4。



图3 球幕组持续性注意力反应测试
Fig.3 The SART test in the fulldome group



图4 球幕自然影片
Fig.4 Natural scenes in the fulldome

1.3 实验流程

被试分为两组,球幕组在同济大学艺术与传媒学院球幕影院中进行测试,银幕组在同济大学艺术与传媒学院小影院中进行测试。实验为个体单独测试。首先被试填写注意力能力指标问卷,记录作为其注意力基准值。随后球幕组实验人员要求被试戴上耳机,同时打开电脑中城市噪音开始播放,进行400字压力写作;银幕组实验人员打开电脑中城市噪音,通过小影院立体声音响播放,同时要求被试同样进行400字压力写作。之后球幕组实验人员向被试提供iPad,打开SART应用程序进行持续性注意力反应测试;银幕组被试在提供的iPhone中打开相同的SART应用程序,进行测试。由于设备有限,两组采用不同的移动端进行测试,但应用程序界面及测试内容皆保持一致。测试完成后,邀请球幕组被试入座球幕座椅,放松并观看球幕自然影片,时长为5分钟;邀请银幕组被试入座影院座位,放松并观看银幕自然影片,时长为5分钟。观看影片后,要求被试再次填写注意力能力指标问卷以及完成持续性注意力反应测试。获得的数据与观影前数据进行对比分析,得出球幕与银幕对于注意力恢复作用的差异。

1.4 数据分析

通过主观及客观测试结果综合评判注意力恢复前后差异,本次实验共采集了3类数据,分别为注意力能力指标问卷的评价总分、持续性注意力反应测试的正确率和反应时间。其中正确率指所有点击次数减去所有错误点击次数后的次数在所有点击次数中的比例。将3组前后数据,分别录入统计软件SPSS 22.0,进行配对样本T检验^[20]。

2 结果与分析

数据结果中银幕组与球幕组中各有两名被试问卷作废卷处理,不进入数据处理分析阶段。故有效样本总人数26人,其中银幕组13人,球幕组13人。

2.1 注意力能力指标测量结果

球幕组中13名被试在观看球幕自然影片之前的注意力指标为 55 ± 5.5 ;该13名被试在观看球幕自然影片之后的注意力指标为 57.7 ± 6.7 ,球幕组注意力配对样本统计见表1。该组被试前后注意力数据比较相关(相关系数0.724),并且这种相关性比较显著($0.005 < 0.05$),见表2。球幕组中被试观看影片前后差值的均值为-2.692,为负值表示前低后高,样本的注意力是提高的。Sig显著度为0.059,表示观看影片前后无差异的概率非常小,仅5.9%,见表3,因此球幕组被试观看自然影片前后,在注意力能力指标测试中对于自己注意力的主观评价明显变高,且主观评价提高在总体上同样有效。

表1 球幕组注意力配对样本统计
Tab.1 Paired-samples' statistics of attention in the fulldome group

	总分平均值 (E)	人数/人	标准 偏差	标准误差平 均值
观影前	55	13	5.54	1.54
观影后	57.69	13	6.68	1.85

表2 球幕组注意力配对样本相关性
Tab.2 Paired-samples' correlation of attention in the fulldome group

	人数/人	相关系数	显著性
观影前&观影后	13	0.724	0.005

银幕组中13名被试在观看自然影片之前的注意力指标为 57.31 ± 6.2 ;该13名被试在观看自然影片之后的注意力指标为 57.31 ± 4.9 ,见表4。该组被试前后注意力数据一般相关(相关系数0.543),并且这种相关性一般显著($0.055 > 0.05$),见表5。银幕组中被试观看影片前后差值的均值为0,表示前后注意力指标几乎没有改变。Sig显著度为1,表示观看影片前后

表 3 球幕组注意力配对样本检验
Tab.3 Paired-samples' T test of attention in the fulldome group

	配对差值					<i>t</i>	<i>df</i>	<i>Sig</i> (双尾)
	均值(<i>E</i>)	标准偏差	标准误差 均值	差值的 95%置信区间				
				下限	上限			
观影前&观影后	-2.692	4.66	1.29	-5.51	0.12	-2.08	12	0.059

表 4 银幕组注意力配对样本统计
Tab.4 Paired-samples statistic of attention in the film screen group

	总分平均 值 (<i>E</i>)	人数/人	标准 偏差	标准误差 平均值
观影前	57.31	13	6.20	1.72
观影后	57.31	13	4.87	1.35

表 5 银幕组注意力配对样本相关性
Tab.5 Paired-samples correlation of attention in the film screen group

	人数/人	相关系数	显著性
观影前&观影后	13	0.543	0.055

无差异的概率是 100%，见表 6。因此银幕组被试观看自然影片前后，在注意力能力指标测试中对于自己

表 6 银幕组注意力配对样本检验
Tab.6 Paired-samples' T test of attention in the film screen group

	配对差值					<i>t</i>	<i>df</i>	<i>Sig</i> (双尾)
	均值(<i>E</i>)	标准偏差	标准误差 均值	差值的 95%置信区间				
				下限	上限			
观影前&观影后	0	5.42	1.50	-3.27	3.27	0	12	1

表 7 球幕组正确率配对样本统计
Tab.7 Paired-samples statistic of accuracy in the fulldome group

	正确率平 均值 (<i>E</i>)	人数观影 前&观影后	标准 偏差	标准误差 平均值
观影前	0.84	13	0.09	0.02
观影后	0.88	13	0.08	0.02

表 8 球幕组正确率配对样本相关性
Tab.8 Paired-samples correlation of accuracy in the fulldome group

	人数/人	相关系数	显著性
观影前&观影后	13	0.677	0.011

表 9 球幕组正确率配对样本检验
Tab.9 Paired-samples' T test of accuracy in the fulldome group

	配对差值					<i>t</i>	<i>df</i>	<i>Sig</i> (双尾)
	均值 (<i>E</i>)	标准偏差	标准误差 均值	差值的 95%置信区间				
				下限	上限			
观影前-观影后	-0.04	0.07	0.02	-0.09	-0.00	-2.4	12	0.034

的注意力主观评价前后无变化，且主观评价前后无变化在总体上不一定有效。

2.2 持续性注意力反应测试结果

2.2.1 持续性注意力反应测试正确率

13 名被试在观看自然影片之前的持续性注意力反应测试正确率为 0.84±0.09；该 13 名被试在观看自然影片之后的持续性注意力反应测试正确率为 0.88±0.08，见表 7。该组被试前后正确率比较相关(相关系数 0.677)，并且这种相关性比较显著(0.011<0.05)，见表 8。球幕组中被试观看影片前后差值的均值为-0.04，为负值表示前低后高，样本的正确率是提高了。*Sig* 显著度为 0.034，表示观看影片前后无差异的概率非常小，为 3.4%，见表 9。因此球幕组被试观看影片前后，在持续性注意力反应测试中正确率得到提高，且正确率的提高在总体上同样有效。

银幕组中 13 名被试中在观看自然影片之前的持续性注意力反应测试正确率为 0.88±0.07；该 13 名被试在观看自然影片之后的持续性注意力反应测试正确率为 0.91±0.09，见表 10。该组被试前后正确率不相关(相关系数 0.126)，并且这种不相关性较显著(0.682>0.05)，见表 11。银幕组中被试观看影片前后差值的均值为-0.03，为负值表示前低后高，样本的正确率是提高了。*Sig* 显著度为 0.349，表示观看影片前后无差异的概率较高，为 34.9%，见表 12。因此银幕组被试观看影片前后，在持续性注意力反应测试中正确率得到提高，但正确率的提高只在个体中有效，非全体的正确率都得到提升。

表 10 银幕组正确率配对样本统计
Tab.10 Paired-samples statistic of accuracy
in the film screen group

	正确率 平均值 (E)	人数/人	标准偏差	标准误差 平均值
观影前	0.88	13	0.07	0.02
观影后	0.91	13	0.09	0.03

表 11 银幕组正确率配对样本相关性
Tab.11 Paired-samples correlation of accuracy
in the film screen group

	人数/人	相关系数	显著性
观影前&观影后	13	0.126	0.682

表 12 银幕组正确率配对样本检验
Tab.12 Paired-samples' T test of accuracy in the film screen group

	配对差值				t	df	Sig (双尾)	
	均值 (E)	标准偏差	标准误差 均值	差值的 95%置信区间				
				下限				上限
观影前&观影后	-0.03	0.11	0.03	-0.10	0.04	-0.97	12	0.349

表 13 球幕组反应时间配对样本统计
Tab.13 Paired-samples statistic of reaction time
in the fulldome group

	反应时间 平均值 (E)	人数/人	标准 偏差	标准误差 平均值
观影前	0.46	13	0.03	0.01
观影后	0.44	13	0.03	0.01

表 14 球幕组反应时间配对样本相关性
Tab.14 Paired-samples correlation of reaction
time in the fulldome group

	人数/人	相关系数	显著性
观影前&观影后	13	0.673	0.012

表 15 球幕组反应时间配对样本检验
Tab.15 Paired-samples' T test of reaction time in the fulldome group

	配对差值				t	df	Sig (双尾)	
	均值 (E)	标准偏差	标准误差 均值	差值的 95%置信区间				
				下限				上限
观影前&观影后	0.02	0.03	0.01	0.01	0.04	3.19	12	0.008

表 16 银幕组反应时间配对样本统计
Tab.16 Paired-samples statistic of reaction time
in the film screen group

	反应时间 平均值 (E)	人数/人	标准 偏差	标准误差 平均值
观影前	0.44	13	0.05	0.01
观影后	0.41	13	0.05	0.02

2.2.2 持续性注意力反应时间

球幕组中 13 名被试中在观看自然影片之前的持续性注意力反应时间为 0.46 ± 0.03 ; 该 13 名被试在观看自然影片之后持续性注意力反应时间为 0.44 ± 0.03 , 见表 13。该组被试前后反应时间相关性比较显著 ($0.012 < 0.05$), 见表 14。球幕组中被试观看影片前后差值的均值为 0.022, 为正值表示前高后低, 样本的反应时间是减少的。 Sig 显著度为 0.008, 表示观看影片前后无差异的概率非常低, 为 0.8%, 见表 15。因此球幕组被试观看影片前后, 在持续性注意力反应测试中反应时间减少, 反应速度变快, 注意力提高, 且反应速度提高在总体上同样有效。

银幕组中 13 名被试中在观看自然影片之前的持续性注意力反应测试反应时间为 0.44 ± 0.05 ; 该 13 名被试在观看自然影片之后的持续性注意力反应测试反应时间为 0.41 ± 0.05 , 见表 16。该组被试前后反应时间比较相关 (相关系数 0.852), 并且这种相关性比较显著 ($0 < 0.05$), 见表 17。银幕组中被试观看影片前后差值的均值为 0.026, 为正值表示前高后低, 样本的反应时间是减少的。 Sig 显著度为 0.006, 表示观看影片前后无差异的概率非常低, 为 0.6%, 见表 18。因此银幕组被试观看影片前后, 在持续性注意力反应测试中反应时间得到减少, 反应速度变快, 注意力提高, 且反应速度提高在总体上同样有效。

表 17 银幕组反应时间配对样本相关性
Tab.17 Paired-samples correlation of reaction time
in the film screen group

	人数/人	相关 系数	显著性
观影前&观影后	13	0.852	0

表 18 银幕组反应时间配对样本检验
Tab.18 Paired-samples' T test of reaction time in the film screen group

	配对差值					<i>t</i>	<i>df</i>	<i>Sig</i> (双尾)
	均值 (<i>E</i>)	标准偏差	标准误差 均值	差值的 95%置信区间				
				下限	上限			
观影前&观影后	0.03	0.03	0.01	0.01	0.04	3.32	12	0.006

3 讨论

球幕组被试在观影前后，注意力指标得到提升，反应时间得到减少，由此得出球幕组被试在观看球幕影片后注意力得到明显恢复。并且以上三方面数据前后都成显著相关性，代表这种注意力恢复效果具有全面统计学意义，在总体上同样有效。检验显著度都较小，代表球幕被试在观影前后注意力无差异的情况概率极低。本次实验研究发现，沉浸式媒介在虚拟自然疗法中对注意力具有显著的恢复效果。

银幕组被试在观影前后，注意力指标没有发生改变、持续性注意力反应测试正确率得到提升以及反应时间得到减少，银幕组被试在观看银幕影片后注意力得到一般恢复。在以上三方面数据中，注意力指标（ $0.055 > 0.05$ ）以及持续性注意力反应测试正确率（ $0.682 > 0.05$ ）前后不相关，代表这种注意力指标以及正确率的提升只在个体中有效，并非全体的注意力指标及正确率都得到提升。仅反应时间一项前后成显著相关性，代表这种反应时间减少效果具有全面统计学意义，在总体上同样有效。同时仅反应时间检验显著度较小，代表银幕被试在观影前后注意力无差异的情况概率较高。综上，本次实验研究发现，非沉浸式媒介在虚拟自然疗法中对注意力恢复效果一般。通过两组观影前后数据比较，发现沉浸式媒介比非沉浸式媒介具备更好的注意力恢复效果。

由于本研究实验操作中条件所限，所以仍存在一些未控制变量，如实验环境。两组备试的实验环境有所差异：银幕影院和球幕影院在空间布置、灯光、音量音效等方面存在差异，而这些差异对于实验结果是否有直接影响仍需验证。银幕影院空间更宽敞、布局更简单、灯光更明亮、音量音效效果更好，应该更有助于注意力集中，这在两组被试观影前的注意力指标中有所体现。银幕组和球幕组的被试持续性注意力反应测试中的设备一个选用 iPad，一个选用 iPhone，设备虽为同一品牌，但屏幕大小有所不同。以上差异是本次实验条件所限，能够改进之处是在同样的环境中，采用同样的设备，进行观影前后的注意力问卷及测试，保证仅观影环境有差异，其余实验环境一致。

本研究采用的自然影片，用于银幕放映的影片比较多，但相关球幕影片缺乏，只能自行制作。由于全景相机精度限制，导致球幕影像像素较低是一大遗

憾，在以后的深入研究中若采用更高精度的全景相机，例如由 6 个 Go Pro 组成的全景相机，可大幅度提高球幕影像效果。

4 结语

研究得出，较传统非沉浸式媒介中创建的虚拟自然环境而言，沉浸式媒介中的虚拟自然环境，能使观者获得更显著的注意力恢复效果。具体表现在有助于观者提高自身注意力的主观能力评价，在持续性注意力反应测试中提高正确率以及减少反应时间。沉浸式媒介中的虚拟自然环境通过传统平面媒介加强用户的沉浸感，让观者好像身临其境。该优势可在注意力恢复的相关心理专业治疗中加以利用，有助于患者获得更好的心理治疗效果。

参考文献：

- [1] WILSON E, MASSACHUSETTS U. Biophilia[M]. Cambridge: Harvard University Press, 1984.
- [2] KAPLAN, STEPHEN. The Experience of Nature[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.
- [3] KAPLAN S. The Restorative Benefits of Nature: Toward an Integrative Framework[J]. Journal of Environmental Psychology, 1995, 15(3): 169—182.
- [4] 陈晓, 王博, 张豹, 等. 远离“城器”: 自然对人的积极作用、理论及其应用[J]. 心理科学进展, 2016, 24(2): 270—281.
CHEN Xiao, WANG Bo, ZHANG Bao, et al. Far from the "Madding Crowd": the Positive Effects of Nature, Theories and Applications[J]. Advances in Psychological Science, 2016, 24(2): 270—281.
- [5] 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, 18(1): 177—184.
SU Qian, XIN Zi-qiang, The Research on Restorative Environments: Theories, Methods and Advances[J]. Advances in Psychological Science, 2010, 18(1): 177—184.
- [6] 赵欢, 吴建平. 复愈性环境的理论与评估研究[J]. 中国健康心理学杂志, 2010, 18(1): 117—121.
ZHAO Huan, WU Jian-ping. Review on Restorative Environment: the Theories and Evaluation[J]. China Journal of Health Psychology, 2010, 18(1): 117—121.
- [7] 俞静. 虚拟自然疗法[J]. 大自然探索, 2014(2): 50—55.

- YU Jing. Virtual Natural Therapy[J]. *Discovery of Nature*, 2014(2): 50—55.
- [8] VALTCHANOV D, BARTON K R, ELLARD C. Restorative Effects of Virtual Nature Settings[J]. *Cyber Psychology Behavior & Social Networking*, 2010, 13(5): 503.
- [9] 胡小强. 虚拟现实技术基础与应用[M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2009.
HU Xiao-qiang. *The Foundation and Application of Virtual Reality Technology*[M]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications Press, 2009.
- [10] SCHNALL S, HEDGE C, WEAVER R. The Immersive Virtual Environment of the Digital Fulldome: Considerations of Relevant Psychological Processes[J]. *International Journal of Human-Computer Studies*, 2012, 70(8): 561—575.
- [11] 李涛. 虚拟现实技术在心理治疗中的应用[J]. *中国临床心理学杂志*, 2005, 13(2): 244—246.
LI Tao. *The Application of Virtual Reality in Psychotherapy*[J]. *Chinese Journal of Clinical Psychology*, 2005, 13(2): 244—246.
- [12] 端霏. 虚拟现实技术在心理治疗中的运用[J]. *大众心理学*, 2009(12): 20—21.
DUAN Fei. *The Application of Virtual Reality in Psychotherapy*[J]. *Popular Psychology*, 2009(12): 20—21.
- [13] 陶维东, 孙弘进, 陶晓丽, 等. 浸入式虚拟现实技术在心理学研究中的应用[J]. *现代生物医学进展*, 2006, 6(3): 58—62.
TAO Wei-dong, SUN Hong-jin, TAO Xiao-li, et al. *Application of Immersed Virtual Reality Technology in Psychology Study*[J]. *Progress in Modern Biomedicine*, 2006, 6(3): 58—62.
- [14] WIEDERHOLD B K, BOUCHARD S. *Advances in Virtual Reality and Anxiety Disorders*[J]. *Series in Anxiety & Related Disorders*, 2014.
- [15] PETERS M L, GODAERT G L, BALLIEUX R E, et al. Cardiovascular and Endocrine Responses to Experimental Stress: Effects of Mental Effort and Controllability[J]. *Psychoneuroendocrinology*, 1998, 23(1): 1—17.
- [16] KORT Y A W D, MEIJNDERS A L, SPONSELEE A A G, et al. What's Wrong with Virtual Trees? Restoring from Stress in a Mediated Environment[J]. *Journal of Environmental Psychology*, 2006, 26(4): 309—320.
- [17] BERTO R. Exposure to Restorative Environments Helps Restore Attentional Capacity[J]. *Journal of Environmental Psychology*, 2005, 25(3): 249—259.
- [18] KELLER, PAYNE G. Determining Level and Trajectory of Change in Reported Attentional Function in Women with Breast Cancer Receiving Chemotherapy[J]. *A Pilot Study*, 2015.
- [19] Robertson I H. Chapter 55: the Sustained Attention to Response Test(SART)[J]. *Neurobiology of Attention* Elsevier Inc, 2005: 337—338.
- [20] 于晓冬, 温蓉. SPSS 简明教程[M]. 北京: 中国社会科学出版社, 2015.
YU Xiao-dong, WEN Rong. *A Concise Course on SPSS*[M]. Beijing: China Social Sciences Press, 2015.