

养老机构居住空间老年人视觉舒适距离 及颜色偏好分析

付瑶¹,王梓通¹,惠荣²,马欣怡³

(1. 沈阳建筑大学建筑与规划学院,辽宁 沈阳 110168;2. 中国建筑西南设计研究院有限公司湖南分公司,湖南 长沙 410000;3. 谢菲尔德大学建筑学院,英国 谢菲尔德 S10 2TN)

摘要 目的 研究沈阳地区养老机构居住空间中距离长短对老年人看电视时行为的视觉舒适性影响,以及老人对不同颜色喜好程度的偏爱。**方法** 通过设计皮电反射实验和眼动仪实验,采用主观问卷调查方法,分别获取老年人不同距离、不同颜色的生理反馈数据和主观评价结果。采用统计学非参数检验和方差检验,对比分析不同距离下老年人的舒适情况以及不同颜色的喜好程度。**结果** 通过调查和实验统计分析结果表明,1.6 m、1.9 m、2.2 m、2.5 m、2.8 m的老年人主观舒适评价和皮电反馈数据具有明显统计学差异;0.9 m和1.2 m的距离差值具有明显生理和主观不舒适;红、橙、青、绿、蓝等9种颜色中老年人主观喜好程度具有统计学差异,眼动生理数据不具有统计学差异。**结论** 距离越远老年人不舒适感越强;距离差值越大,老年人不舒适感越强烈;老年人对于橙色、绿色、红色、黄色的喜好程度强于其他颜色。

关键词 视觉舒适距离;颜色偏好;养老居住空间;EDA;眼动生理指标

中图分类号 TU114 文献标志码 A

Investigation and Analysis on Visual Comfort Distances and Colors Preference of the Elderly People in Living Space of Pension Service Institutions

FU Yao¹, WANG Zitong¹, HUI Rong², MA Xinyi³

(1. School of Architecture and Urban Planning, Shenyang Jianzhu University, Shenyang, China, 110168; 2. Hu'nan Branch of China Southwest Architectural Design and Research Institute Co. Ltd., Changsha, China, 410000; 3. School of Architecture, The University of Sheffield, Sheffield, England, S10 2TN)

Abstract: This paper studies the influence of distances on the visual comfort of the elderly people when watching TV and to study the preference of different colors to the elderly people, direct at the elderly people in living space of pension service institutions. We used the subjective

收稿日期:2020-12-15

基金项目:国家自然科学基金项目(51678372);辽宁省“兴辽人才计划”创新领军人才项目(tpjs2019001)

作者简介:付瑶(1971—),女,教授,博士,主要从事健康城市与健康建筑、养老建筑等方面研究。

questionnaire method and designed the electrodermal activity(EDA) experiment and the eye tracker experiment. The experiments to obtain the EDA and subjective evaluation results data of different distances and different colors for the elderly people. We compared and analyzed the comfort of the elderly at different distances and the degree of preference for different colors, using statistical nonparametric test and variance test. The results of survey and experimental statistical analysis show that there are significant statistical differences in the subjective comfort evaluation and the EDA data of the elderly at 1.6 m, 1.9 m, 2.2 m, 2.5 m, and 2.8 m. Obvious physical discomfort and subjective discomfort when the distance change value is 0.9 m and 1.2 m. There are statistical differences in the subjective preference for the elderly people in 9 colors such as red, orange, cyan, green and blue, and no statistical differences in physiological indexes of the eye tracker. The conclusion shows that the longer the distance and the more intensely discomfort of the elderly people, the greater the distance change value and the more intensely discomfort of the elderly, and the elderly people prefer orange, green, red, and yellow to other colors.

Key words: visual comfort distance; colors preference; elderly living space; EDA; physiological indexes of eye tracker

中国人口老龄化越发严重,将面临一系列问题。2019年我国65周岁及以上老人占总人口数达到12.6%。预计2040年时我国的老龄化比例将超30%,2050年老年人口将达到4.8亿。截止到2019年底,沈阳市60岁以上的老年人口数量占总人口的25.6%,远高于全国老年人口占比,老龄化问题需引起关注。在应对日趋紧迫的养老需求中,养老机构的居住空间设计成为建筑领域的研究重点。在考虑人本视角的前提下,对老年人的生理心理行为、生活习惯等方面的反馈进行设计和优化具有重要意义。

由于老年人身体机能的减弱,其视觉层面的空间感知能力变低,从而影响老年人的基本生活。在建筑居住空间设计中,目前研究多关注影响老人的居住行为以及视觉舒适的光照强度上。张玉芳^[1]通过实验得到老年人阅读照明最舒适条件为照度1000 lx、照度均匀度微弱变化、深色背景、暖色温。王恬等^[2]对养老机构卧室进行调查、实测和建模,研究表明光环境主观满意度最高,达到85.8%,预测的满意度模型表示老年人照度满意下限为231 lx。在老年人使用空间光环境中,针对视觉舒适距离及颜色偏好的研究较少。王雅静^[3]等总结了养老空间采光照

明的问题,指出有必要研究适宜老人观看电视等活动的健康照明环境;张军等^[4]采用心理生理实验,从疗愈角度探讨了老年人居室色彩色调舒适度。

对于居住行为和感知方法上,目前研究多采用从心理学领域延展至建筑学科的人因设备和主观量表进行评价。人因设备的空间感知评价中,陈箐^[5]、叶宇^[6]、孙澄^[7]等均通过生理指标反馈对建成环境或城市空间等进行了评价或综述。原林^[8]、张军^[4]等分别采用脑电仪、心电以及VR设备对老年人的卧室照明环境和色彩搭配的视觉舒适进行了评价。为了能客观、准确地反应老年人的居住行为和感知情况对养老机构空间的影响,笔者针对养老机构居住空间的使用颜色和老年人在其空间内看电视的行为,采用皮电反馈以及眼动仪进行分析,在已有研究及数据^[9]的基础上进行实验,研究老年人看电视时距离长短对视觉舒适性的影响,以及老年人对不同颜色喜好程度的偏爱。

1 实验

1.1 实验原理

实验原理基于科学、客观、标准的心理测量测试手段,其中主观评价多采用鉴别个体

最为常用的心理评价工具即心理量表,在视觉舒适性评价中一般采用顺序量表、语义差异量表、类别量表等^[10]。客观评价则采用生理指标反馈进行实验,其原理在于当外界环境产生刺激时,人的心理以及生理会产生应激反应,情绪随之变化,这些变化会产生一定的生理反应,通过这些生理反馈的差异可以评价个体在一定条件下的情绪或压力^[11-13]。

1.2 实验被试与材料

考虑养老机构内部实际使用情况以及统计样本的基本需求,选取机构内34名老年人作为被试,实验被试人群年龄在70~89岁。

实验采用可穿戴式生理反馈仪器进行测试,包含皮肤电反应指标模块(EDA)、便携式眼动仪、人机环境同步平台(ErgoLab)等。EDA生理监测模块统一配戴于被试食指与中指的指肚部位,校准后被试以舒适姿态放置被检测部位,实验时保持静止。眼动仪安装在实验笔记本电脑屏幕边框正下方,实验时保证眼睛距离眼动仪(65 ± 5)cm处,并校准瞳孔中心点位置。实验还采用主观问卷对被试的舒适程度进行评价,问卷采用李克特五级量表标尺。

1.3 实验方案及流程

笔者针对老年人的视觉舒适距离和颜色偏好设计两组实验分别调查。

(1)视觉舒适距离实验。采用EDA生理监测模块测定的皮电信号和舒适主观问卷调查视觉舒适距离的影响,选取1.6 m、1.9 m、2.2 m、2.5 m、2.8 m五组距离进行实验。实验在地面划分标记五组距离,让被试观看视频。

实验流程:首先被试实验前进行简单的任务培训以及操作须知,在被试明确任务后,保持被试心情平静、呼吸平稳,按照要求佩戴EDA模块,采集3~5 min静息数据作为基准数据。然后让被试坐在随机指定距离标尺下,保证被试静息数据与基准数据一致,被试注视电视屏幕开始播放视频时记录数据,视

频内容为随机播放,在观看2 min视频结束后填写主观舒适评价问卷。主观问卷标尺分别为很不舒适计1分、较不舒适计2分、中等舒适计3分、较舒适计4分、非常舒适计5分。随后更换其他距离标尺位置,重复上述操作,确保被试在五组距离均被有效测量,每组距离的间隔时间为2~3 min,保证被试静息数据与前基线数据一致。

(2)视觉颜色偏好实验。采用Tobii Pro X3眼动仪测定的瞳孔直径等眼动数据和舒适主观问卷调查颜色偏好,其目的主要研究老年人对所处环境的颜色喜好程度。针对居住空间设计的常用色彩选用孟塞尔颜色系统,颜色选取包括主要的色相:红、黄、绿、蓝,同时包含前序调查中老年人选择较多的中介色相红黄(橙)、绿蓝(青)、紫红(玫红),并在原有的色相基础上增加室内较为常见的咖啡色、灰色。最后测试的颜色包括绿(5G/4/6)、橙(5YR/7/12)、青(5PB/6/14)、玫红(5RP/6/20)、咖啡(5R/5/6)、蓝(5B/7/8)、红(5R/5/16)、灰(2.5P/6/2)、黄(5Y/9/12)共9种颜色。

实验流程:首先被试实验前进行简单的任务培训以及操作须知,要求被试视线全程保持在电脑屏幕上,并想象居住空间的颜色,同时重点关注喜爱的颜色。在被试明确任务后,让被试观看室内绿植,放松心情,然后让被试坐于实验电脑屏幕前就位,保持正常观看坐姿,进行眼动仪校准。随后被试浏览笔记本电脑屏幕随机播放的颜色图片,图片素材均为1600×1600像素,总计9张,每张间隔10~15 s,每张图片浏览时间10 s。在每次浏览颜色图片结束后,被试填写主观喜好评价问卷。主观问卷标尺分别为很不喜欢计1分、较不喜欢计2分、中等喜欢计3分、较喜欢计4分、非常喜欢计5分。

2 研究结果

由于个别老年人身体因素如易出汗、过

敏、测试过程中产生心理抵触等原因,生理信号采集的数据会有丢失及异常,因此剔除无效数据后的有效被试为30人。其中视觉舒适距离实验采集有效EDA皮电信号30组,每组包含5种不同距离下的有效生理反馈;视觉颜色偏好实验中眼动仪采集有效数据30组,每组包含9种不同颜色下的有效生理反馈。对初始数据在ErgoLab软件中按不同

类别分段进行处理,去噪得到皮电、瞳孔直径以及注视时长数据,同时导出被试对颜色图片的眼动热点图。结合被试的主观问卷,对实验结果进行整理和分析。

2.1 视觉舒适距离实验结果

2.1.1 主观评价结果

不同距离下老年人视觉舒适主观评价结果见图1。

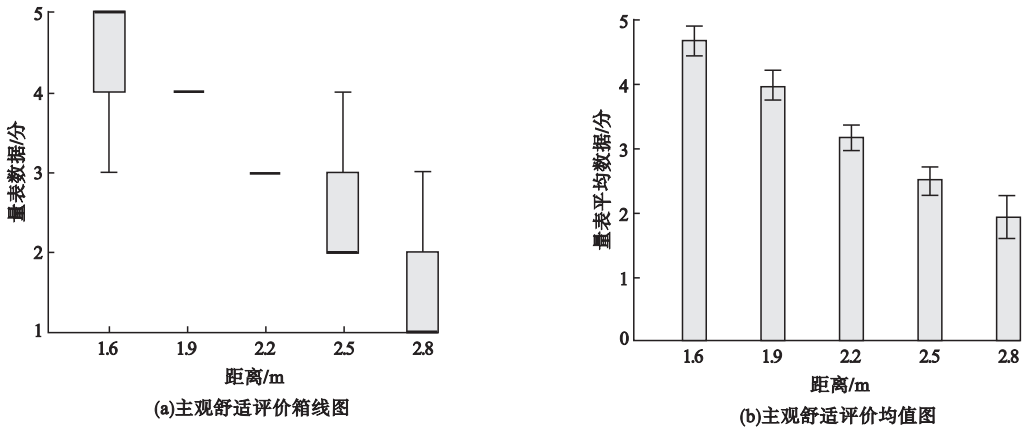


图1 老年人在不同距离处的主观舒适评价

Fig. 1 Subjective comforts evaluation of the elder people at different distances

从图中可以看出,在不同距离下,老年人主观评价的数据分布较为均匀。其中在1.9 m、2.2 m处的舒适程度评价最为集中,分别为较舒适、中等舒适。1.6 m、2.5 m、2.8 m的评价数据分布离散程度相对较小,数据特征较为明显。其中1.6 m处舒适程度评价结果相对偏高,中位数及上四分位数达到非常舒适;2.5 m及2.8 m处舒适程度评价结果的中位数均为较不舒适,但2.8 m相较2.5 m的总体评价低,介于很不舒适与较不舒适之间。

对主观评价结果进行单因素方差分析,研究被试对不同距离的主观舒适感受是否存在显著性差异。在分析方差之前,对数据进行正态分布检验和方差齐性检验。其中Kolmogorov-Smirnov检验和Shapiro-Wilk检验显著性均小于0.05,不满足正态分布;方差齐性检验显著性为0.033,小于0.05,则方差齐性检验未通过。因此应用非参数检验进

行差异性分析,采用Jonckheere-Terpstra检验,结果表明被试对不同距离的主观舒适感受具有统计学差异,即显著性小于0.05。在事后两两比较中各距离相互之间的主观感受均具有明显差异,距离越大主观感受评价越低。

2.1.2 皮电结果

对被试老人的EDA皮电结果进行统计,由于老年人交感神经反馈的个体差异,需对皮电数据进行预处理,采用皮电变化率进行统计与分析,即皮电变化率=(测量值-基线值)/基线值。被试老人的皮电变化率在不同距离下的分布较为明显,距离越近皮电变化率范围越小,越远皮电变化率范围越大(见图2)。

对皮电结果进行单因素重复方差分析,研究被试对不同距离重复测量的皮电数据是否存在显著性差异。对皮电变化率数据进行检验,数据满足正态分布,即Shapiro-Wilk显

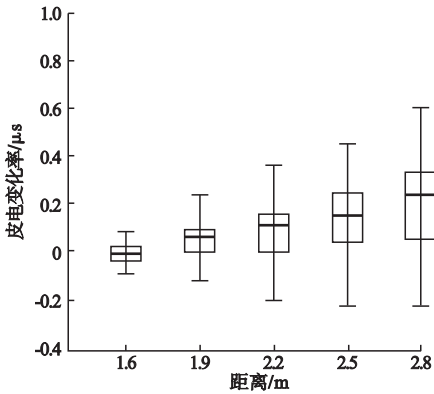


图2 老年人在不同距离处的皮电变化率分布
Fig.2 The distribution EDA rates of the elder people at different distances

著性大于 0.05; 方差齐性检验显著性为 $0.168 > 0.05$, 数据方差齐性检验通过。进行单因素重复方差分析, 其中 Mauchly 球形检验显著性小于 0.05, 未通过球形检验; MauchlyW 值为 0.025, 需要进行校正处理。当 MachlyW 小于 0.75 时采用 Greenhouse Geisse 方法校正, 校正后方差统计量 F 为 11.495, 自由度 df 为 1.485 和 43.057, 显著性为 $0.00 < 0.05$, 偏 Eta 方 $\eta^2 = 0.284$ 。被试在不同距离下皮电变化率数据具有统计学的差异, 不同距离单因素重复方差预估皮电变化率均值见图 3。

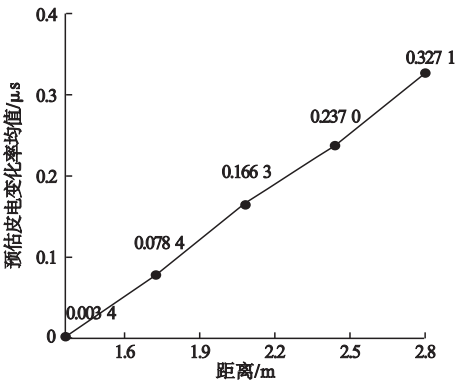


图3 不同距离预估皮电变化率均值
Fig.3 Estimate the average EDA change rate at different distances

采用 Bonferroni 方法对重复测量的不同距离下皮电数据进行事后两两比较, 平均值差异在 0.05 层级显著结果见表 1。从表中

可以得出, 1.6 m 与 2.5 m、1.6 m 与 2.8 m、1.9 m 与 2.8 m、2.2 m 与 2.8 m 之间具有显著差异, 其他距离之间未发现显著性差异。

表1 不同距离下皮电数据的事后两两比较

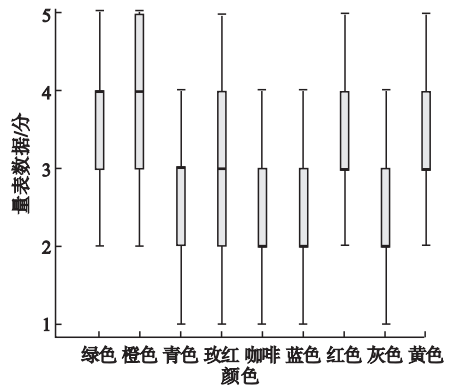
Table 1 Paired comparison of the EDA at different distances

距离对比值	平均差异	标准误差	显著性	95% 置信区间	
				下限	上限
1.6/2.5	-0.307	0.09	0.02	-0.582	-0.033
1.6/2.8	-0.410	0.109	0.008	-0.743	-0.077
1.9/2.8	-0.342	0.102	0.023	-0.653	-0.031
2.2/2.8	-0.213	0.066	0.03	-0.414	-0.013

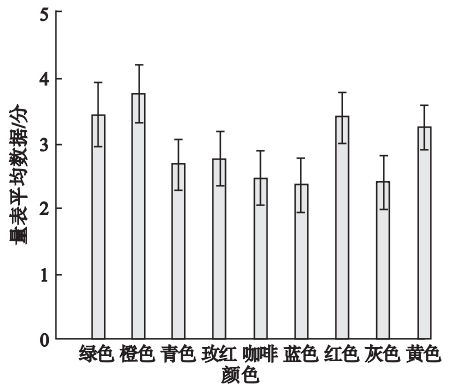
2.2 视觉颜色偏好实验

2.2.1 主观评价结果

老年人视觉颜色偏好的主观评价数据分布如图 4 所示。



(a) 主观舒适评价箱线图



(b) 主观舒适评价均值图

图4 老年人对不同颜色的主观舒适评价

Fig.4 Subjective comforts evaluation of the elder people in different colors

从图中可以看出, 不同颜色的主观评价

数据分布较为均匀。其中绿色、红色、黄色分布较为一致,主要集中在中等喜欢与较喜欢之间;橙色、玫红数据分布较为离散,其他颜色分布则集中在较不喜欢与中等喜欢之间。

对主观评价结果进行单因素方差分析,研究被试对不同颜色的主观舒适感受是否存在显著性差异。对数据进行正态分布检验和方差齐性检验,其中 Shapro-Wilk 检验 $P < 0.05$,不满足正态分布;方差齐性检验 $P = 0.559 > 0.05$,满足方差齐性。采用 Welch's

方差检验,结果表明不同颜色对被试的主观舒适感受具有统计学差异。

2.2.2 眼动结果

眼动仪收集老年人的生理反馈数据主要体现在瞳孔直径与注视时长,其中瞳孔直径的数据集中在 2.68 ~ 3.18 mm,其中位数在 2.95 mm 上下浮动;注视时长数据分布集中在 0.92 ~ 3.46 s,其中位数在 2.02 s 上下浮动(见图 5)。

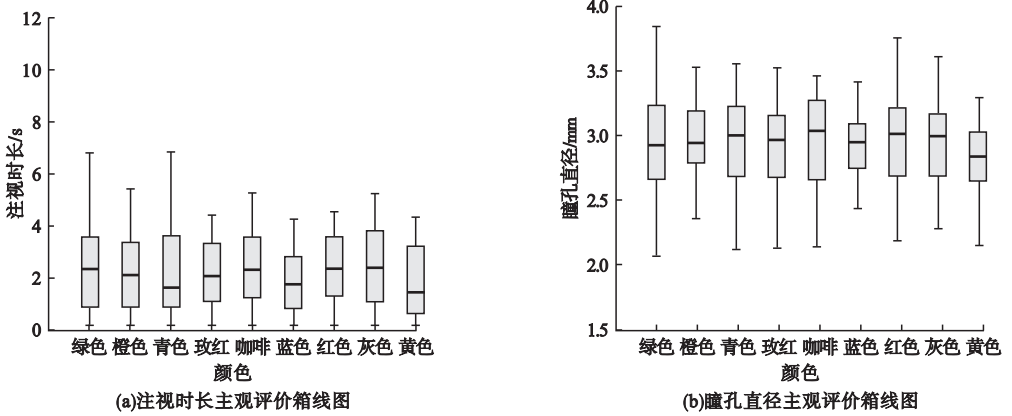


图 5 老年人在不同距离下视觉生理指标分布

Fig. 5 The distribution of visual physiological index of the older people in different colors

通过图 5 可以看出,瞳孔直径与注视时长均有少量单因素离群值,离群值是由于老年人身体机能的个体差异导致,因此对其进行筛选。对瞳孔直径与注视时长进行多元方差分析,对数据进行假设检验;筛选后的数据服从正态分布,且散点图发现因变量间存在线性关系,马氏距离未发现多元离群值;瞳孔直径与注视时长的 Pearson 相关系数为 0.597,两因变量间存在中等的相关关系,不存在多重共线性(相关系数小于 0.9,显著性小于 0.05);Box's M 检验显示方差的协方差矩阵相等(显著性为 0.847 > 0.001),瞳孔直径与注视时长在不同颜色的各个组中的 Levene's 方差均具有齐性(显著性均大于 0.05)。不同颜色的瞳孔直径与注视时长均值如图 6。各颜色水平下的眼动生理指标组

间不存在统计学差异,方差统计量为 0.501,显著性大于 0.05, Wilks' Lambda 多元统计量为 0.964,偏 Eta 方 $\eta^2 = 0.018$ 。

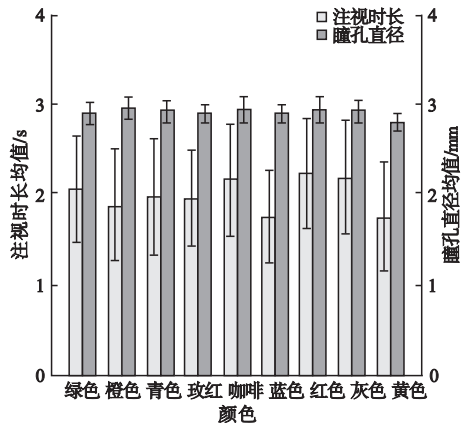


图 6 被试对不同颜色的瞳孔直径与注视时长均值

Fig. 6 The mean pupil diameter and gaze length of examinees in different colors

3 研究分析

3.1 老年人视觉舒适距离

实验发现,距离的远近对老年人观看电视行为的主观感受具有明显差异,其舒适程度随距离的远近成平均下降趋势,距离越近老年人的舒适程度越高,越远则舒适评价越低。同时不同距离下的皮电结果也显示,老年人的生理反馈具有显著差异,与主观问卷相互对应,即距离越远生理反馈波动越大。在事后多重比较中,2.8 m 的皮电反馈显著高于 2.2 m、1.9 m、1.6 m,同时 2.5 m 反馈也显著高于 1.6 m。说明在老年人在 2.8 m 距离下的交感神经异常兴奋,相较于其他距离的情绪唤醒度高,从而引起皮肤表面汗腺的电传导能力的变化值较大。其紧张、高兴、惊恐的情绪较高,结合主观舒适度评价量表的结果可以推断,2.8 m 的观看距离相较其他距离为负向情绪,老年人不舒适。同理,2.5 m 处的不舒适感比 1.6 m 处强烈,其他距离之间则无明显差异。研究发现具有生理差异的距离差值为 0.6 m、0.9 m 和 1.2 m。构建不同距离的差值差异性对比,各距离差的主观舒适反应均具有差异,但距离差值在 0.3 m 以内,老年人的生理舒适程度没有明显差异;距离差值在 0.9 m 以上,老年人的生理舒适具有较大差异。

3.2 老年人视觉颜色偏好

实验表明,老年人颜色偏好的主观反应具有明显差异,从事后多重比较中可以看出,具有明显偏爱颜色的喜好差异集中在橙色、绿色、红色、黄色上。其中橙色喜好程度较高,与其他颜色的差异数量较多;绿色与红色的喜好程度相同,与其他颜色差异数量相同;黄色的喜好程度一般,主要与咖啡、蓝色、灰色具有差异。然而眼动生理数据结果表明,老人对颜色偏好没有统计学差异,与主观量表结果无明显关联,但文献[14-15]指出,颜色对注视时长和瞳孔直径应有显著性差

异。分析原因:①注视时长应反映被试关注材料的注意程度,从而反映对兴趣区内的喜好程度,实验关注的老年人群由于其眼部内晶体浑浊、变黄的变化,对颜色的感知能力会受到很大影响,因此对颜色的注意程度较弱,仅集中在实验材料的情况上;②瞳孔直径是表征被试对信息注意状态的指标,可以用来推测不同颜色刺激条件下的情绪变化,但其与疲劳密切相关^[16],连续呈现的刺激会增加观看疲劳对瞳孔直径的影响,从而影响瞳孔直径对颜色偏好程度的敏感性降低^[17-18];③被试的选取由于其地区以及人数的限制,数据样本量不足以及个体局限性导致数据分析不显著。因此,实验结果导致被试对颜色的眼动生理数据无显著性差异。

4 结论

(1)距离的远近与老年人的主观评价以及生理反馈数据存在显著性差异,距离越远老年人不舒适感越强烈。

(2)老年人对 0.3 m 以内的距离变化无生理舒适程度差异,对 0.9 m 和 1.2 m 的距离差值具有明显生理和主观不舒适。

(3)不同颜色对老年人眼动生理数据没有统计学差异,但对其主观评价具有显著性差异,橙色、绿色、红色、黄色的喜好程度强于其他颜色。

参考文献

- [1] 张玉芳. 老年人室内照明光环境试验及研究[D]. 天津:天津大学,2007.
(ZHANG Yufang. Studies of the lighting environment of the interior for the elderly [D]. Tianjin: Tianjin University, 2007.)
- [2] 王恬,于航,焦瑜,等. 上海养老机构室内环境调查与评价[J]. 建筑科学,2015,31(4):45-49,63.
(WANG Tian, YU Hang, JIAO Yu, et al. Indoor environment investigation and evaluation of elderly care centers in Shanghai [J]. Building science, 2015, 31(4): 45-49, 63.)
- [3] 王雅静,黄海静. 老年人行为活动及光环境满意度调研分析:以重庆地区养老院为例[J]. 照明工程学报,2017,28(4):47-54.

- (WANG Yajing, HUANG Haijing. Investigation and analysis on the satisfaction degree of light environment and behavior activities of the elderly: a case study of nursing homes in Chongqing [J]. China illuminating engineering journal, 2017, 28(4): 47 - 54.)
- [4] 张军, 张慧娜. 养老机构居室色彩与材质要素的视觉舒适度评价[J]. 华侨大学学报(自然科学版), 2020, 41(6): 759 - 764.
(ZHANG Jun, ZHANG Huina. Study on visual comfort of color and material elements in bedroom of pension institution [J]. Journal of huaqiao university (natural science), 2020, 41(6): 759 - 764.)
- [5] 陈箴, 杨云, 邱明, 等. 面向城市空间的实景视觉体验评价技术[J]. 风景园林, 2017(4): 28 - 33.
(CHENG Zheng, YANG Yun, QIU Ming, et al. In-situ assessment of visual experience for urban space [J]. Landscape architecture, 2017(4): 28 - 33.)
- [6] 叶宇, 戴晓玲. 新技术与新数据条件下的空间感知与设计运用可能[J]. 时代建筑, 2017(5): 6 - 13.
(YE Yu, DAI Xiaoling. Spatial perception and design potentials in the context of new analytical techniques and new data [J]. Time architecture, 2017(5): 6 - 13.)
- [7] 孙澄, 杨阳. 基于眼动追踪的寻路标志物视觉显著性研究: 以哈尔滨凯德广场购物中心为例[J]. 建筑学报, 2019(2): 18 - 23.
(SUN Cheng, YANG Yang. A study on visual saliency of way-finding landmarks based on eye tracking experiments as exemplified in Harbin Kaide shopping center [J]. Architectural journal, 2019(2): 18 - 23.)
- [8] 原林. 脑电图检测数据分析在老年人卧室照明环境设计中的应用[J]. 包装工程, 2017, 38(18): 141 - 145.
(YUAN Lin. Medical signal detection and processing technology in the bedroom design for the elderly [J]. Packaging engineering, 2017, 38(18): 141 - 145.)
- [9] 惠荣. 基于视觉舒适的沈阳养老机构居住空间研究[D]. 沈阳: 沈阳建筑大学, 2019.
(HUI Rong. The research on residential space of shenyang pension institution based on visual comfort [D]. Shenyang: Shenyang Jianzhu University, 2019.)
- [10] 徐剑, 向泽锐, 支锦亦, 等. 光环境视觉舒适性测评方法综述[J]. 重庆理工大学学报(自然科学), 2020, 34(11): 190 - 198.
(XU Jian, XIANG Zerui, ZHI Jinyi, et al. Survey on measurement and evaluation method of visual comfort in lighting environment [J]. Journal of Chongqing university of technology (natural science), 2020, 34(11): 190 - 198.)
- [11] BOUCSEIN W. Electrodermal activity [M]. New York: Springer US, 1992.
- [12] SZABADI E, BRADSHAW C M. Autonomic pharmacology of 2-adrenoceptors [J]. Journal of psychopharmacology, 1996, 10(S3): 6 - 18.
- [13] 张仙峰, 叶文玲. 当前阅读研究中眼动指标述评[J]. 心理与行为研究, 2006, 4(3): 236 - 240.
(ZHANG Xianfeng, YE Wenling. Review of oculomotor measures in current reading research [J]. Studies of psychology and behavior, 2006, 4(3): 236 - 240.)
- [14] 杨坤, 杜晶. 基于眼动指标的平视显示器字符颜色对平视显示器和下视显示器相容性影响分析[J]. 科学技术与工程, 2018, 18(14): 101 - 106.
(YANG Kun, DU Jing. Analyses on the influences of head up display character color on head up display and head down display compatibility based on eye movement index [J]. Science technology and engineering, 2018, 18(14): 101 - 106.)
- [15] 姜哲, 张强, 邓作兵, 等. 不同电子文本的对比度极性和颜色组合对阅读疲劳的影响 - 来自眼动追踪实验的证据[J]. 心理学探新, 2015, 35(1): 18 - 23.
(JIANG Zhe, ZHANG Qiang, DENG Zuobing, et al. The effects of electronic text contrast polarities and color combination patterns on reader's visual fatigue - the evidences of eye tracking experiments [J]. Psychological exploration, 2015, 35(1): 18 - 23.)
- [16] 韩宇翊, 贾玉岭, 李维亮, 等. 基于心理生理测量方法的座椅舒适性评价研究[J]. 包装工程, 2020, 41(6): 150 - 156.
(HAN Yuhong, JIA Yuling, LI Weiliang, et al. Seat comfort evaluation based on psychophysiological measurement method [J]. Packaging engineering, 2020, 41(6): 150 - 156.)
- [17] 郭程程. 认知选择过程中心理疲劳对瞳孔大小的影响[D]. 西安: 西安体育学院, 2012.
(GUO Chengcheng. The effect of mental fatigue on the size of pupil during the cognition choice process [D]. Xi'an: Xi'an Physical Education University, 2012.)
- [18] 刘敬东, 李楠, 郭廷际. 中日机构养老模式及适老建筑室内空间对比分析[J]. 沈阳建筑大学学报(社会科学报), 2017, 19(2): 128 - 133.
(LIU Jingdong, LI Nan, GUO Tingji. Comparative analysis of institution endowment model and interior space of building in China and Japan [J]. Journal of Shenyang jianzhu university (social science), 2017, 19(2): 128 - 133.)

(责任编辑: 杨永生 英文审校: 刘永军)