

老龄服务机器人色彩设计的视觉认知绩效研究

王秋惠, 陈微

(天津工业大学, 天津 300387)

摘要: **目的** 在智能养老广泛应用的背景下, 探索服务机器人设计色彩对老年人视觉认知绩效的影响。**方法** 选取24名老年被试者进行眼动实验, 获取被试者观察8组实验图片时的眼动指标。首先, 对总注视次数和第一次注视时间这两项眼动数据进行客观分析, 采用单因素方差分析方法验证数据的显著性; 其次, 对老年被试者与青年被试者数据进行 t 检验分析, 研究不同年龄段用户对服务机器人色彩设计的视觉认知绩效是否存在差异; 最后, 利用相关性分析方法验证色弱是否会影响老年人的视觉认知绩效。**结论** 老年人对黑色比较敏感, 对白色极容易忽略, 冷暖色之间不存在显著差异; 不同年龄段用户对颜色关注度存在差异; 色弱会略微影响老年人的视觉认知绩效, 但不会影响老年人对色彩的选择。

关键词: 服务机器人; 色彩设计; 老年人; 视觉认知; 眼动实验

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)24-0175-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.24.020

Visual Cognitive Performance of Color Design of Service Robot for the Elderly

WANG Qiu-hui, CHEN Wei

(Tiangong University, Tianjin 300387, China)

ABSTRACT: Under the background of the wide application of intelligent pension, this paper explores the influence of service robot design color on the visual cognitive performance of the elderly. 24 elderly subjects are selected for eye movement experiment, and the eye movement indexes are obtained when the subjects observed 8 groups of experiment pictures. Firstly, the data of AOI fixation count and AOI time to first fixation are analyzed objectively, The significance of the data is verified by using one-way ANOVA. Secondly, t-test was used to analyze the data of elderly and young subjects to study whether there are any differences in the visual cognitive performance of color design of service robot among users of different age groups; Finally, correlation analysis was used to verify whether chromatic weakness affects visual cognitive performance of the elderly. The elderly are more sensitive to black, easily to ignore white, and there is no significant difference between warm and cold colors. Users of different ages have different attention to color. color weakness slightly affects the visual cognitive performance of the elderly, but does not affect the color choice of the elderly.

KEY WORDS: service robot; color design; the elderly; visual cognition; eye movement experiment

随着人口老龄化程度的不断加深, 服务机器人广泛应用于智能养老领域, 为老年人提供移动辅助、陪伴互动、视频聊天、监控管理等服务。越来越多的老年人选择“原宅养老”^[1]模式, 即在家中接受机器人的帮助, 就近养老。服务机器人被老年人接

受, 色彩是最强有力的表达方式, 在视觉传达上起着主导作用^[2]。因此, 研究服务机器人色彩设计对老年人视觉认知绩效的影响, 能够有效帮助设计师进行老龄服务机器人的外观设计, 提升老龄服务机器人的可接受度。

收稿日期: 2021-08-29

基金项目: 教育部人文社科规划基金项目“老龄服务机器人界面设计评价指标研究”(19YJAZH093)

作者简介: 王秋惠(1969—), 女, 山东人, 博士, 天津工业大学教授, 主要研究方向为工业设计、智能装备人因工程、老龄康复产品可用性研究及人机界面设计。

1 服务机器人色彩设计研究现状

目前,相关学者对服务机器人色彩设计进行了比较深入的研究。如张泽^[3]等人研究公共医疗服务类机器人色彩的人性化设计,得出公共医疗服务类机器人可使用高明度灰色进行配色,以白色为主,在功能区增加冷色以达到色彩平衡。邹捷^[4]等人探析色彩情感在老年家用智能服务机器人中的应用,得出老年家用智能服务机器人色彩设计应避免凌乱的色彩,少用冰冷的金属色,多用较中性的颜色,如白色,以提高老年人对信息的辨别力。毕翼飞^[5]根据意向尺度法分析老龄陪护机器人色彩设计,得出机器人色彩应以灰色为主,结合深浅灰色、黑色和白色,避免过多使用彩色。另外,在老年产品色彩研究上,马璐璐^[6]等人基于色彩心理学定位老年药品包装色彩设计,得出老年药品包装色彩设计应选择对老年人产生积极影响的颜色,不同的老年病症的老年人对色彩的需求也不同,如低血压老人的积极颜色是红色,糖尿病老人的积极颜色是黄色。杨冬梅^[7]等人基于感性意向研究老年产品色彩,得出老年人偏好明亮、温馨、朴素、快乐等感性意象的产品配色。陈永超^[8]等人采用回归分析法和区间估计法,对老年人色彩偏好进行预测,得出老年人对红绿蓝3种色相存在偏好,且对色彩明度和纯度的偏好,会随着年龄增加而呈现出递增趋势。于东玖^[9]等人基于人文关怀研究老年产品色彩,得出老年产品色彩应选择高亮度、高饱和度、高对比度的颜色,提出绿色、蓝色和橙色更适合老人。

老年人视觉认知的变化,由于老年人身体机能不断下降,对色彩亮度的感知能力将不断减弱^[10]。在老年人视觉认知研究方面,余漾^[11]等人对老年人色觉环境进行研究实验得出,老年人对蓝色、绿色等短波光的辨别能力减弱,对灰色和白色等明度相近的颜色辨别能力也相应减弱。吴国荣^[12]分析老年人生理与心理的功能属性特征,得出老年人室内空间色彩设计要避免大面积白色、蓝色及绿色,尽量选择纯度、明度较高的颜色。CHENG H^[13]等人研究韩国老年人颜色偏好,得出韩国老年人喜欢浅色且柔和的颜色,不喜欢深色及强烈的颜色,老年男性更喜欢蓝色,老年女性更喜欢红色。李宏汀^[14]等人通过研究青年人与老年人对网页颜色偏爱发现,老年人相对青年人来说,更喜欢暖色调。DITTMAR M^[15]研究老年人与青年人之间是否存在颜色偏好,从中发现随着年龄增长,老年人对蓝色的喜爱逐渐降低,更偏爱绿色和红色。

尽管上述学者对服务机器人色彩、老年产品色彩及老年人视觉认知进行了一定的探索,但关于服务机器人色彩设计对老年人视觉认知绩效的影响方面研究较少。因此,本文通过色盲/色弱实验和眼动实验,研究老年人视觉认知规律,对比老年人与青年人视觉认知差异,为老龄服务机器人色彩设计应用提供参考。

2 眼动实验研究

2.1 实验设备

色盲/色弱实验使用《色觉检查图》^[16]进行测试。眼动实验采用 Tobbi 公司 Tobbi Pro X3-120 眼动仪,被试者观看实验图片时的眼动数据由津发公司 ErgoLAB V3.0 获取,再由 Excel 预处理,最后采用 SPSS 23.0 进行统计分析。

2.2 实验材料

实验材料为4款具有代表性的服务机器人图片,其中拟人、拟物各2款,分别对机器人头部、躯干、上肢、下肢,进行冷暖、黑白4种颜色变化(冷色即蓝色,暖色即红色),然后每一款机器人分别形成两组不同顺序的实验图片,最后形成8组实验图片,见图1。将实验图片导入眼动设备,设置随机播放图片,每张图片的停留时间为5s。

2.3 实验对象

联合国世界卫生组织根据老年人身体素质及平均寿命提出老年人划分标准,60~74岁为年轻老年人,75~89岁为老年人。为确保本次实验数据的完整性,在这两个年龄阶段选取24名社区老人作为被试者,其中男性7名,女性17名,年龄阶段分别是60~74岁15名,75~89岁9名,均身体良好,无眼部疾病,有自主行为能力。

主试者有3名,其中1名负责色盲/色弱实验,并记录被试者相关信息;2名负责完成眼动实验(指引、帮助穿戴设备及说明实验)。

2.4 实验过程

实验过程分为两个部分,分别为色盲/色弱实验及眼动实验。在实验开始前,被试者需要阅读知情同意书并签字,然后由主试者对实验任务进行说明。实验流程见图2。

色盲/色弱实验阶段:眼动实验开始前,首先进行前测试即色盲/色弱实验,以确保被试者是否进行后续眼动实验。主试者向被试者展示提前选定的“色盲检查图”,被试者快速回答所见的数字或图形,主

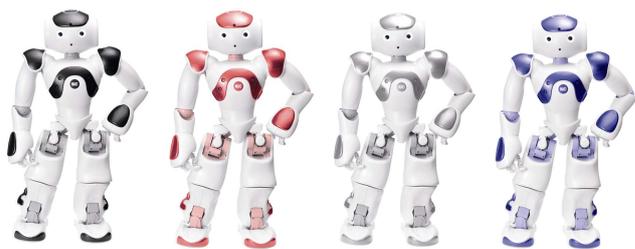


图1 实验图片——拟人1上色排版1
Fig.1 Experiment picture: anthropomorphic 1 Color Layout 1

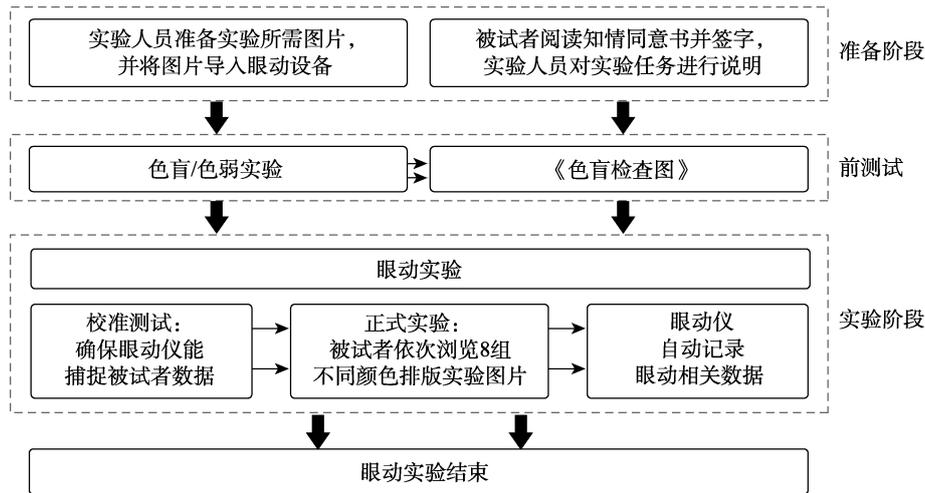


图 2 实验流程
Fig.2 Experiment flow

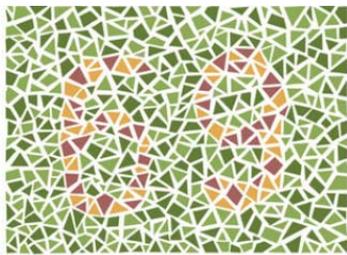


图 3 色盲/色弱实验色卡
Fig.3 Color blindness and color weakness experiment color swatches

试者记录被试者的回答是否正确，若被试者浏览时间过长，可做进一步核实，最终确定被试者视力是否正常，见图 3。

眼动实验阶段：对通过色盲/色弱实验的被试者进行眼动实验，首先进行校准测试，被试者调整好坐姿，尽量保持头部稳定，确保眼动仪能准确捕捉数据。然后开始正式实验，被试者依次浏览 8 组实验图片，眼动仪自动记录眼动数据。一名被试者完成眼动实验后，主试者引导下一名被试者进行实验，直至所有被试者全部实验完毕^[17]。

3 实验数据分析

通过色盲/色弱实验结果得知，50%老年被试者属于绿色弱，其次是红色弱，然后是蓝（紫）色弱，没有黄色弱，个别老人存在多种色弱现象，均无色盲。实验结果表示老年被试者存在色弱属正常现象，无色

盲的情况下均可参加后续眼动实验。

3.1 老年被试者眼动数据分析

根据服务机器人色彩及色域特征来划分眼动兴趣区。将冷暖、黑白 4 种颜色变化的实验图片对应 4 个兴趣区，分别为暖色 AOI-1、冷色 AOI-2、黑色 AOI-3 和白色 AOI-4。选取总注视次数与第 1 次注视时间，作为研究老年人视觉认知绩效影响因素的主要指标。

1) 总注视次数：是指每个被试者在某一兴趣区内的注视次数。一般来说，注视次数越多，表示被试者对该区域的关注就越多。本次实验对 8 组实验图片，4 个 AOI 注视次数进行统计分析结果显示：各实验图片中黑色 AOI-3 ($M=5.125, Std(N-1)=4.25$) 注视次数明显高于白色 AOI-4 ($M=3.25, Std(N-1)=2.875$)，暖色 AOI-1 ($M=4.125, Std(N-1)=3.375$) 与冷色 AOI-2 ($M=4, Std(N-1)=3.375$) 注视次数基本一致，由此可推断出黑色是老年人最关注的颜色，注视次数最多，白色注视次数最少，冷暖色注视次数之间无明显差异，见表 1。

2) 第一次注视时间：是指被试者对某一兴趣区的第 1 次注视时间。一般来说，第 1 次注视时间越短，表示该区域越能引起被试者关注。对 8 组实验图片，4 个 AOI 第 1 次注视时间进行统计分析得出：黑色 AOI-3 ($M=1.72, Std(N-1)=1.87$) 与白色 AOI-4 ($M=2.55, Std(N-1)=2.31$) 第 1 次注视时间差异明显，暖色 AOI-1 ($M=2.03, Std(N-1)=1.67$) 与冷色 AOI-2

表 1 8 组实验图片 AOI 总注视次数 (部分)
Tab.1 AOI fixation count in 8 experiment pictures (partial)

数值	实验图片 1				实验图片 2				...
	AOI-1	AOI-2	AOI-3	AOI-4	AOI-1	AOI-2	AOI-3	AOI-4	...
Mean	3	6	5	2	8	2	3	5	...
Std(N-1)	2	4	4	2	6	2	3	4	...

表2 8组实验图片AOI第一次注视时间(部分)
Tab.2 AOI time To first fixation in 8 experiment pictures (partial)

数值	实验图片1				实验图片2				...
	AOI-1	AOI-2	AOI-3	AOI-4	AOI-1	AOI-2	AOI-3	AOI-4	...
Mean	2.1	1.9	1.42	2.73	1.38	3.48	2.11	1.85	...
Std(N-1)	1.27	2.43	2.01	2.31	1.75	2.49	2.22	2.29	...

($M=2.26$, $Std(N-1)=1.81$)第1次注视时间差异不明显,由此可得,黑色能引起老年人的关注,第一次注视时间最短,白色最容易被忽略,冷暖色之间没有明显的差别,见表2。

3)为更进一步验证上述结果,对黑色AOI-3与白色AOI-4总注视次数、第一次注视时间作单因素方差分析得出 $F=3.492$, $p>0.05$; $F=5.634$, $p<0.05$,因此可得,虽然黑色与白色在总注视次数未出现显著性差异,但在第1次注视时间上存在显著差异,例证上方黑色能引起老年人注意,第1次注视时间最短,白色最容易被忽略。对暖色AOI-1与冷色AOI-2总注视次数、第1次注视时间作单因素方差分析得出 $F=0.010$, $p>0.05$; $F=0.244$, $p>0.05$,因此可得,暖色与冷色之间无显著差异,例证上方暖色与冷色之间没有明显差别,见表3。

3.2 老年被试者与青年被试者眼动数据对比分析

实验为研究不同年龄段用户对服务机器人色彩的视觉认知绩效是否存在差异,另选取青年被试者24名,年龄20~26岁,其中男性8名,女性16名,进行相同眼动实验。对老年被试者与青年被试者数据进行独立样本 t 检验分析,分别研究不同年龄段用户对黑色AOI-3及白色AOI-4总注视次数、第1次注视时间之间是否存在显著性。

研究不同年龄段用户对黑色AOI-3总注视次数、第1次注视时间之间是否存在显著性,对老年被试者与青年被试者数据作独立样本 t 检验分析可得 $t=0.698$, $p>0.05$; $t=0.303$, $p>0.05$ 。因此,不同年龄段用户对黑色AOI-3总注视次数、第1次注视时间无显著差异存在,说明无论用户在何种年龄阶段,黑色均能第一时间引起用户注视且总注视次数最多。

研究不同年龄段用户对白色AOI-4总注视次数、第1次注视时间之间是否存在显著性,对老年被试者与青年被试者数据作独立样本 t 检验分析可得, $t=-1.169$, $p<0.05$; $t=0.629$, $p>0.05$ 。因此,青年被试者与老年被试者对白色AOI-4总注视次数上存在显著差异,但在白色AOI-4第1次注视时间上,不同年龄段用户无显著差异存在。说明无论用户是何种年龄阶段,白色均能被用户忽略,但青年被试者对白色关注比老年被试者多,这可能与青年人的偏好有关,因此在总注视次数上存在显著差异,见表4。

研究不同年龄段用户对暖色AOI-1、冷色AOI-2总注视次数之间是否存在显著性,对老年被试者与青

表3 黑色与白色、暖色与冷色AOI单因素方差分析
Tab.3 One-way ANOVA of black and white, warm and cold AOI

统计指标	黑色与白色兴趣区 眼动指标		暖色与冷色兴趣区 眼动指标	
	总注视 次数	第1次 注视时间	总注视 次数	第1次 注视时间
F	3.492	5.634	0.010	0.244
p	>0.05	<0.05	>0.05	>0.05

表4 老年被试者与青年被试者对黑色、白色兴趣区 t 检验

Tab.4 T-test of black and white AOI for elderly and young subjects

统计指标	黑色兴趣区眼动指标		白色兴趣区眼动指标	
	总注 视次数	第1次 注视时间	第1次 注视时间	第1次 注视时间
t	0.698	0.303	-1.169	0.629
p	>0.05	>0.05	<0.05	>0.05

表5 老年被试者与青年被试者对暖色、冷色兴趣区 t 检验

Tab.5 T-test of warm and cold AOI for elderly and young subjects

统计指标	总注视次数	
	暖色兴趣区	冷色兴趣区
t	-1.018	-1.655
P	<0.05	<0.05

年被试者数据作独立样本 t 检验分析可得, $t=-1.018$, $p<0.05$; $t=-1.655$, $p<0.05$ 。因此可得,青年被试者与老年被试者对暖色AOI-1与冷色AOI-2总注视次数上有显著差异存在,表明青年人相比老年人,对冷暖色的敏感度比较高,总注视次数比较多,见表5。

4 讨论

服务机器人作为未来老年人生活中不可或缺的一部分,应该从老年用户的角度去解读它。本研究主要从色盲/色弱实验和眼动实验中获取数据进行分析。

通过色盲/色弱实验研究发现,绿色弱存在于大多数老人中,其次是红色弱,然后是蓝(紫)色弱、黄色弱。该现象主要是因为老年人眼组织结构相比年轻时发生一系列变化,导致他们对颜色的辨别能力减

弱，只有在颜色饱和的情况下才能辨别颜色，而且对明度比较近的颜色辨别能力也相应减弱，例如灰色与白色。因此服务机器人色彩设计要充分考虑这些问题。

此外，通过分析冷暖、黑白这 4 种颜色对老年人视觉认知绩效的影响研究发现，不同色彩对老年人认知绩效影响不同，此研究结果更多是与老年人生理和心理变化有关系，本研究通过分析老年人对这 4 种颜色的总注视次数，第 1 次注视时间，得出老年人更加关注黑色的服务机器人色彩设计，对白色极容易忽视，这与侯艳红^[18]等人研究结果一致，视觉认知绩效受生理影响，非彩色之间的白色、灰色、黑色，视觉认知绩效依次增加。而本文研究得出的冷色与暖色基本无差异，这与李宏汀等人的研究结果不同，因此该结果有待后续验证。

本次研究是在被试者中存在色弱情况下进行的，利用相关性分析验证色弱是否会影响到用户对冷暖、黑白这 4 种颜色的关注度。结果表明，色弱会略微影响老年人对冷暖、黑白这 4 种颜色的关注度，但不会影响老年人对色彩的选择。根据相关性数据分析，正常被试者对色彩辨别能力强，因此出现暖色与黑色相关性显著， $r=-0.756$ ， $P<0.05$ ；色弱被试者对色彩辨别能力降低，即使他们对这些色彩是识别的，但其相关性仍并不显著，见表 6—7。

研究还通过对比青年被试者与老年被试者的数据，得出黑色均能引起不同年龄段用户关注，白色均能被忽略。然而，青年用户对白色总注视次数比老年用户多，且青年用户对冷暖色调的关注也比老年用户多，这与老年人的身体机能有关；随着老年用户年龄增加，视觉功能下降，容易忽略白色，老年人心态平稳，对冷暖色调的关注没有青年人活跃，因此总注视次数少，而青年人在视知觉正常的情况下，对白色关注比较多，这可能与个人偏好有关，因此，在总注视

表 6 正常被试者各变量之间的相关性

Tab.6 Correlation among variables of normal subjects

变量	M	1	2	3	4
1 暖色 AOI-1	3.83	1			
2 冷色 AOI-2	3.45	0.664	1		
3 黑色 AOI-3	4.68	0.756*	0.390	1	
4 白色 AOI-4	3.11	0.562	0.629	0.525	1

注：*表示 Sig.<0.05，相关性显著。

表 7 色弱被试者各变量之间的相关性

Tab.7 Correlation among variables of color weakness subjects

变量	M	1	2	3	4
1 暖色 AOI-1	4.52	1			
2 冷色 AOI-2	4.22	0.581	1		
3 黑色 AOI-3	5.72	0.623	0.350	1	
4 白色 AOI-4	3.32	0.026	0.539	0.471	1

次数上与老年人存在显著差异。刘翔^[19]等人在研究不同年龄段用户对界面指定任务的视觉差异，得出不同年龄段用户在界面指定任务序列下，注视时间、注视数目间存在显著性差异，这与文中得出的结论一致。

5 结语

针对服务机器人色彩设计对老年人的视觉认知绩效影响进行研究，基于色盲/色觉实验及眼动实验，得出老年人对黑色比较敏感，对白色极容易忽略，冷暖色之间无显著差异。对相同 AOI 区域，老年人与青年人之间的关注度存在差异，虽然青年人和老年人一样容易忽略白色，但青年人对颜色关注更加多元，对黑色与白色没有明显的分化注意，对冷暖色视觉更敏感，第 1 次注视时间短，总注视次数多；色弱会略微影响老年人视觉认知绩效，但不会影响老年人对色彩的选择。因此，在老龄服务机器人的色彩设计上，应主要选择黑、白两色的对比搭配，小面积黑色在大面积白色上更有识别度，这样对比鲜明、一目了然，对老年人的视觉产生强烈的冲击效果；然后适当增加冷暖色，增强老龄服务机器人本身的色彩层次感。在后续研究中，将考虑老年人对机器人造型偏好是否对本次实验结果产生影响，并加大实验被试者数量，对颜色进行细分，切实得出色彩设计对老年人认知绩效的影响。

参考文献：

- [1] 万江, 余涵, 吴茵. 国外养老模式比较研究——以美国、丹麦、日本为例[J]. 南方建筑, 2013(2): 77-81.
WAN Jiang, YU Han, WU Yin. A Comparative Study of Foreign Pension Models: Taking USA, Denmark and Japan as Examples[J]. South Architecture, 2013(2): 77-81.
- [2] 杨冬梅. 基于感性工学的老年产品外观色彩的认知与识别设计研究[D]. 天津: 河北工业大学, 2016.
YANG Dong-mei. Research on the Cognition and Identification Design of the Appearance Color of the Elderly Product Based on Kansei Engineering[D]. Tianjin: Hebei University of Technology, 2016.
- [3] 张泽, 李明. 公共医疗服务类机器人的人性化设计研究[J]. 工业设计, 2019(3): 141-142.
ZHANG Ze, LI Ming. Research on Humanized Design of Public Medical Service Robots[J]. Industrial Design, 2019(3): 141-142.
- [4] 邹捷, 李翠玉, 董艳晴, 等. 色彩情感在老年人家用智能服务机器人中的应用探析[J]. 大众文艺, 2019(3): 84-85.
ZHOU Jie, LI Cui-yu, DONG Yan-qing, et al. The Application of Color Emotion in the Elderly Intelligent Home Service Robot[J]. Popular Culture and Arts,

- 2019(3): 84-85.
- [5] 毕翼飞, 王年文, 朱亦吴. 基于感性工学的老年陪护机器人造型设计[J]. 包装工程, 2018, 39(2): 160-165.
BI Yi-fei, WANG Nian-wen, ZHU Yi-wu. Form Design of Accompany Robot for the Elderly Based on Kansei Engineering[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(2): 160-165.
- [6] 马聰珑, 王柳, 赵艳东. 基于色彩心理学的老年药品包装设计策略研究[J]. 包装工程, 2021, 42(12): 292-297.
MA Cong-long, WANG Liu, ZHAO Yan-dong. Packaging Design Strategy of Geriatric Drugs Based on Color Psychology[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(12): 292-297.
- [7] 杨冬梅, 张健楠, 丁满, 等. 基于感性意象的老年产品色彩设计方法[J]. 机械设计, 2018, 35(3): 110-113.
YANG Dong-mei, ZHANG Jian-nan, DING Man, et al. Color Design Method for Elderly Products Based on Kansei Image[J]. Journal of Machine Design, 2018, 35(3): 110-113.
- [8] 陈永超, 杨爱慧, 吴丹, 等. 针对老年社区文化设施设计的色彩偏好预测研究[J]. 包装工程, 2018, 39(4): 49-53.
CHEN Yong-chao, YANG Ai-hui, WU Dan, et al. Prediction on Color Design of Cultural Facility in Community for the Aged[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(4): 49-53.
- [9] 于东玖, 王样. 基于人文关怀的老人产品可持续设计研究[J]. 包装工程, 2015, 36(22): 92-94.
YU Dong-jiu, WANG Yang. Sustainable Product Design for Elderly Based on Humanistic Care[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(22): 92-94.
- [10] KUTAS G, KWAK Y, BODROGI P, et al. Luminance Contrast and Chromaticity Contrast Preference on the Colour Display for Young and Elderly Users[J]. Displays, 2008, 29(3): 297-307.
- [11] 余漾, 王羽, 郝俊红, 等. 老年人色觉环境实验预研究与应用需求报告[J]. 住区, 2016(5): 73-81.
YU Yang, WANG Yu, HAO Jun-hong, et al. Report on the Pilot Research and Application Demand of Elders' Response to Environmental Color[J]. Design Community, 2016(5): 73-81.
- [12] 吴国荣. 老年人对室内色彩环境的需求特征研究[J]. 设计, 2019, 32(11): 67-69.
WU Guo-rong. Study on the Demand Characteristics of the Elderly for Indoor Color Environment[J]. Design, 2019, 32(11): 67-69.
- [13] CHENG H, LEE K, LEE H. Color Preference of the Korean Elderly[J]. International Association of Societies of Design Research, the Hongkong Polytechnic University, 2007: 12-15.
- [14] 李宏汀, 王平飞. 青年人与老年人网页颜色偏爱研究[J]. 心理科学, 2012, 35(4): 848-851.
LI Hong-ting, WANG Ping-fei. Web Page Color Preference of Young and Aged[J]. Journal of Psychological Science, 2012, 35(4): 848-851.
- [15] DITTMAR M. Changing Color Preferences with Ageing: a Comparative Study on Younger and Older Native Germans Aged 19~90 Years[J]. Gerontology, 2001, 47(4): 219-226.
- [16] 王克长, 王新宇, 刘蕾, 等. 色觉检查图-第3版[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2012.
WANG Ke-chang, WANG Xin-yu, LIU Lei, et al. Color vision test-3rd Edition[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2012.
- [17] 肖旺群, 程建新, 周雪, 等. 基于眼动试验的工业机器人造型设计要素感性意象空间研究[J]. 机械设计, 2017, 34(7): 124-128.
XIAO Wang-qun, CHENG Jian-xin, ZHOU xue, et al. Research on Perceptual Image Space of Industrial Robot Modeling Design Based on eye Movement Experiment[J]. Journal of Machine Design, 2017, 34(7): 124-128.
- [18] 侯艳红, 张林, 苗丹民. 色彩背景对视觉认知任务的生理学及绩效影响研究[J]. 中国临床心理学杂志, 2008(5): 506-508.
HOU Yan-hong, ZHANG Lin, MIAO Dan-min. Physiological Influence in Vision Perception Tests with Different Color Background[J]. Chinese Journal of Clinical Psychology, 2008(5): 506-508.
- [19] 刘翔, 吕健, 虞杰. 基于界面指定任务的用户视觉认知差异研究[J]. 包装工程, 2018, 39(22): 97-103.
LIU Xiang, LYU Jian, YU Jie. User Visual Cognition Difference Based on Interface Designated Task[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(22): 97-103.