

基于具身认知的老年人多通道感知与行为研究

杨冬梅, 张从, 张健楠
(河北工业大学, 天津 300131)

摘要: **目的** 基于老年用户需求, 结合用户多通道感知特征, 分析老年人使用产品时具身的体验与感受, 并得到用户偏好, 促进老年产品设计, 以满足用户生理、心理需求。**方法** 以老年康复辅具为设计载体, 采用优序图法、行为地图法分析数据, 构建用户需求与具身行为的关联模型, 挖掘交互过程中的问题动作及相关接触点, 以指导后续设计研究。基于感性工学的0阶感性概念法, 构建0阶-PAD情绪词汇衍生模型。运用语义差分法得到用户对产品的感性意象数据, 采用主成分分析、皮尔逊相关性分析等方法得到满足用户需求的问题动作、相关接触点偏好。**结果** 依据感性意象与喜爱程度评价结果衍生的设计要素进行老年流食杯设计实践, 应用模糊综合评价法对设计方案进行验证。**结论** 从用户具身的知觉感知与需求出发, 结合感性工学相关方法获得老年用户对使用产品的偏好, 为设计实践提供客观的理论依据与实践验证, 对老年产品设计提供一定的设计研究参考。

关键词: 产品设计; 老年流食杯; 具身认知; 多通道感知; 语义差分法; 模糊综合评价

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2022)14-0122-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2022.14.014

Multi-channel Perception and Behavior of the Elderly Based on Embodied Cognition

YANG Dong-mei, ZHANG Cong, ZHANG Jian-nan
(Hebei University of Technology, Tianjin 300131, China)

ABSTRACT: Based on the needs of elderly users, this paper analyzes the physical experience and feelings of the elderly when using the product and therefore obtains user preferences in combination with the user's multi-channel perception characteristics, so as to promote the design of elderly products and meet the physical and psychological needs of users. Rehabilitation aids for the elderly were taken as the design carrier, the optimal sequence diagram method and behavior map method were used to analyze the data and thus construct the association model between user needs and physical behavior, and the problematic actions and related touch points in the interaction process were investigated to guide the subsequent design research. Based on the 0-order perceptual concept method of Kansei engineering, the 0-order PAD emotional vocabulary derivative model was constructed. The semantic difference method was used to obtain the user's perceptual image data of the product, and the principal component analysis, Pearson correlation analysis and other methods were applied to obtain problematic actions of user needs and related touch point preferences. Based on the design elements derived from the evaluation results of the perceptual image and the degree of affection, the design practice of the liquid cup for the elderly was carried out, and the design scheme was verified by the fuzzy comprehensive evaluation method. Starting from the user's personal perception and needs, the preference of elderly users for using products is collected combined with Kansei engineering-related methods, and thus provides objective theoretical basis and practical verification for design practice, as well as certain design research references for the design of elderly products.

KEY WORDS: product design; elderly liquid food cup; embodied cognition; multi-channel perception; semantic difference method; fuzzy comprehensive evaluation

收稿日期: 2022-02-22

基金项目: 天津艺术规划基金项目 (C16064); 河北省社会科学基金项目 (HB16YS017)

作者简介: 杨冬梅 (1977—), 女, 硕士, 副教授, 主要研究方向为感性工学与产品创新方法研究。

通信作者: 张健楠 (1976—), 男, 硕士, 讲师, 主要研究方向为智能信息处理。

具身认知 (Embodied Cognition) 理论认为身体在认知过程中发挥着关键作用, 人们对外界的认知是由身体的行为方式和体验决定的^[1]。目前国内关于具身认知理论的研究集中在哲学、心理学领域, 实际应用集中在教育学领域, 设计领域运用该理论的研究较少。李若星^[2]在其论文《试论具身设计——一种身体角度的建筑设计方法》中, 从感知层、认知层和行动层解析了身体与建筑设计的关联, 并结合建筑案例进行了分析, 构建了“具身设计”方法并进行了设计实践。焦阳^[3]在其论文《具身认知在产品中的应用研究》中将具身认知与产品设计的关联分为 4 个层面, 构建了设计策略与程序并应用于设计实践中。王秀丽等人^[4]在论文《基于具身认知的儿童智能玩具交互设计研究》中, 研究了儿童智能玩具交互设计的具身性, 分析并结合儿童的具身认知特性, 构建了基于具身认知的儿童智能玩具交互设计方法。然而, 上述

文献中的用户年龄偏小, 老年人的身体行为方式与体验感受特殊且相较其他人群存在巨大差异, 因此, 将具身认知理论应用于老年产品设计研究具有较大意义。

1 老年人康复辅具需求分析

目前国外的康复辅具创新设计及服务发展处于领先水平, 然而, 我国的辅具设计仍处于起步阶段且种类单一^[5], 同时缺乏对饮食辅具的研究。移情图是设计师将语言、行为、心理等调研结果简单化的图表^[6]。本文将以流食杯为载体, 运用观察法与焦点小组法进行用户移情分析, 挖掘用户使用饮水产品的痛点与需求并得到用户移情图, 见图 1。

运用优序图法对用户移情分析得到的用户需求进行权重排序, 其中需求“避免烫伤”“减少呛水次数”“增加水杯稳定性”的权重系数较高, 见表 1。

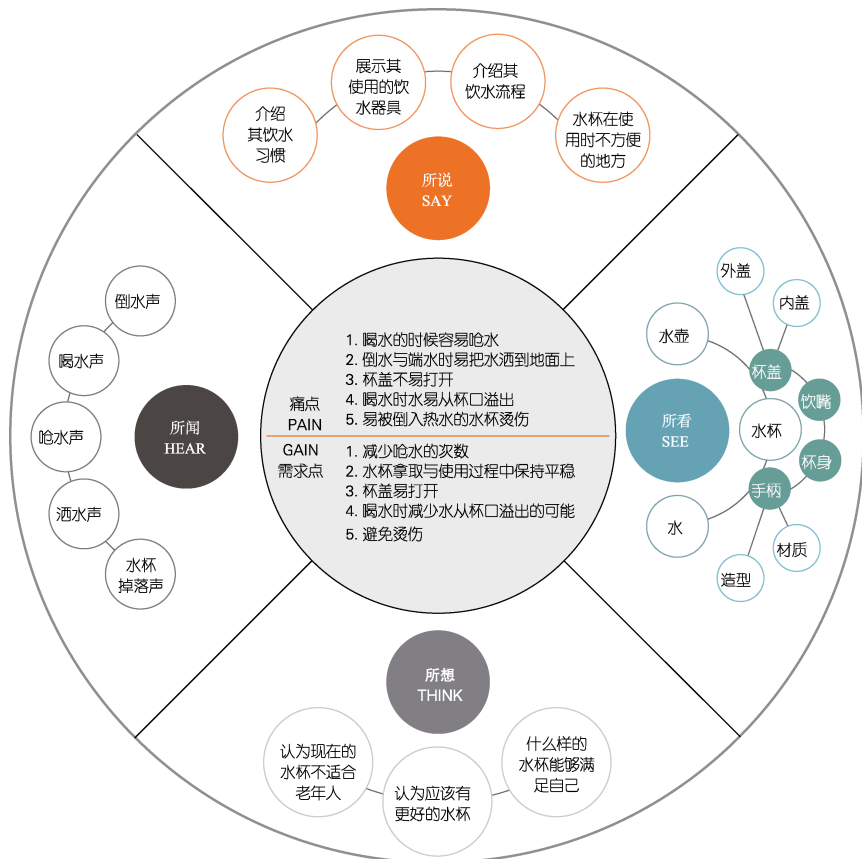


图 1 用户移情图
Fig.1 User empathy map

表 1 用户需求权重系数
Tab.1 User demand weight coefficient

用户需求	权重系数
减少呛水的次数	0.305
增加水杯稳定性	0.185
杯盖易打开	0.085
减少水从杯口溢出	0.1
避免烫伤	0.325

2 老年人多通道感知与行为分析

具身认知理论认为, 身体在认知过程中发挥着关键性、决定性作用^[7], 身体上的生理体验对心理认知的塑造有着重要的影响作用, 生理体验的来源是多通道的, 其中包括视觉通道、触觉通道、动觉通道等。

2.1 老年人多通道感知特征

人进入 45 岁后身体机能开始逐渐老化, 认知功能会出现衰退的现象^[8], 与感觉器官相关的感知觉以及与肢体相关的动觉也随之产生变化。从具身认知的角度看, 老年人的身体机能和心理功能均呈现出老化特征, 老化会导致其生理、心理功能发生变化, 这些变化之间存在相关关系^[9]。

2.1.1 视觉功能变化

老年群体晶状体硬化, 眼睛无法根据物体远近调节距离, 容易出现老花眼^[10], 老年人的晶状体更容易吸收蓝光和紫光, 因此, 老年人对黄色感受增强, 对蓝色和绿色分辨能力降低。相比于年轻人, 老年人更容易被不一致的视觉刺激而分神^[9]。

2.1.2 触觉功能变化

老年人的触觉感知退化, 60 岁以上老年人皮肤上敏感的触觉点数目显著下降, 皮肤上的感觉神经纤维数量减少, 皮肤对触觉刺激产生最小感觉所需要的刺激强度逐渐增大, 定位能力减退且迟钝^[11]。因此, 老年人对外界触觉刺激的感知能力减退, 对冷热温度感知不敏感, 容易受到烫伤或灼伤。

2.1.3 肢体功能变化

由于肌肉的萎缩, 老年人的肌肉力量每 10 年下降 15%~20%, 老年性肌肉衰退会导致老年人跌倒、损伤、失能等^[12]。老年人肌肉的强度与控制能力不断衰退, 上肢和手部的肌肉力量与操作准确性大大降

低, 其中 30 岁男性的合格握力为 44.8~50.4 kg, 而 60 岁男性的合格握力仅为 34.4~40.4 kg。

与视觉通道相比, 老年人触觉与动觉通道的交互伴随产品使用的每个阶段, 而视觉通道的交互是间断性的且视觉感知能力退化更为显著, 因此, 触觉与动觉通道交互是老年人的主要交互方式, 本文将对这 2 个通道进行重点研究。

2.2 老年人行为分析

老年人脑组织萎缩, 其神经传导的速度较年轻时大幅降低, 造成老年人具有动作缓慢、行动不稳、运动障碍、反应能力差等特殊的行为特征。

基于老年人特殊的动觉体验, 采用行为地图法分析老年人使用水杯时的具身饮水行为。从用户任务、使用流程、具身动作等方面描述老年人饮水的行为过程, 得到用户需求与具身行为的关联模型, 从而发现问题动作, 见图 2。

通过分析图 2 可知, 权重系数较高的 3 个需求点分别和使用流程中饮水时的具身动作“仰头”“握”“端”相关联。老年人咽喉部肌肉松弛且饮水时需仰起头部, 容易导致水误入气管而呛水。触觉感知能力退化使老年人对高温感知迟钝, 同时其肌肉力量与操作准确性降低, 容易在完成“握”“端”动作时出现洒水或烫伤的情况。结合行为地图中的具身动作, 本文将“仰头”“握”“端”作为问题动作, 将与问题动作相关的接触点(饮嘴、手柄、杯体等)作为重点内容进行后续设计。

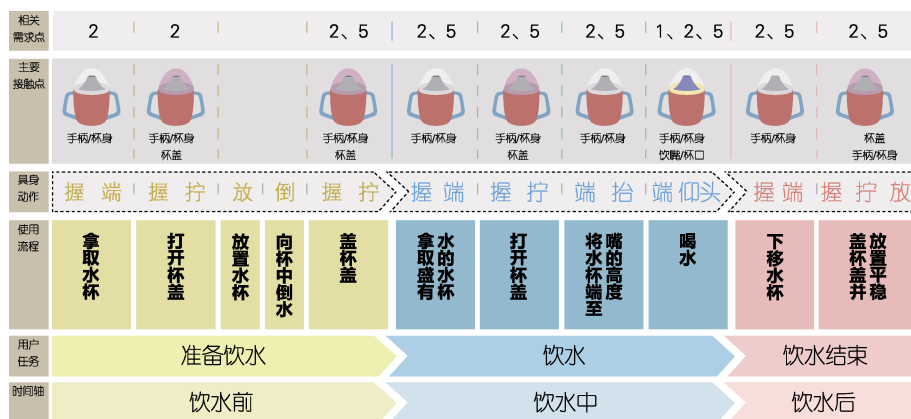


图 2 用户需求与具身行为关联模型

Fig.2 Association model between user needs and physical behavior

3 老年产品具身设计模型

在具身认知理论的发展中, 外周情绪理论认为情绪是对外界事物所引起的身体变化的感知^[13], 情绪体验主要是身体变化造成的。老年人的多通道具身体验是影响老年人情绪变化的主要因素, 本文将结合感性工学的相关方法, 建立老年人具身体验与情绪之间的

关联, 为流食杯的设计提供依据。

结合感性工学中的 0 阶感性概念法与语义差分法, 建立用户感性需求与流食杯设计之间的关系。0 阶感性概念法以某一个感性词汇作为 0 阶词汇, 以树状图的形式进行词汇衍生, 最后得出更明确的设计需求^[14]。随后, 将得到的词汇作为语义差分法的感性词汇, 进行用户评价与评价结果的定量分析, 从而得到用户感性需求与流食杯设计的关系。

3.1 基于 0 阶感性概念法的情绪词汇衍生

依据 PAD 情绪维度模型建立 0 阶-PAD 情绪词汇衍生模型。基于情绪理论,运用“八爪鱼”采集器对“老年人正面情绪”进行检索,并对得到的网页进行文本爬取,应用 Python 对文本中的关键词进行挖掘,筛选出高频感性词汇共 56 个并对其进行合并删减,最后选取词频最高的“放松”作为 0 阶词汇。

在 1 阶概念衍生阶段,运用 PAD 情绪维度模型的 3 个情绪维度——愉悦度、唤起度和支配度对 0 阶词汇进行衍生,共得到 3 个 1 阶词汇。在 2 阶概念衍生出的 3 组词汇中选出 3 个词汇作为侧重用户情绪感受的感性词汇,见图 3。对线上购物平台上老年流食杯的商品评论进行文本爬取并挖掘其中的关键词,收集偏重感官层面的词汇共 21 个并对其进行合并删减,最终选取了柔软的、简约的、现代的、轻薄的、独特的、精致的作为侧重于用户触觉、视觉、动觉层面的感性词汇,并对这些词汇进行词汇对匹配,见表 2。

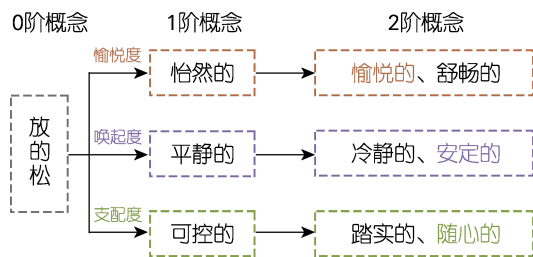


图 3 0 阶-PAD 情绪词汇衍生模型
Fig.3 0-order PAD emotional vocabulary derivative model

表 2 感性意象词组
Tab.2 Perceptual image phrase

编号	意象词组	编号	意象词组
1	愉悦的-沮丧的	6	现代的-传统的
2	安定的-不安的	7	轻薄的-厚重的
3	随心的-被控的	8	独特的-普通的
4	柔软的-坚硬的	9	精致的-粗糙的
5	简约的-复杂的		

3.2 典型样本选取

目前现有的老年流食辅具数量有限,结合相关功能产品,共搜集到相关样本 50 个,依据造型差异进行筛选得到 20 个典型的流食辅具样本,其中部分典型样本见图 4。

3.3 数据分析

运用语义差分法对 20 个样本和 9 组意象词组建立 5 级量表,选取 45~59 岁的初老期人群与 60~79 岁的老年期群体进行问卷调查,共收集到有效问卷 101 份。对样本的评分数据进行均值计算,得到每个样本对应的每组意象词组与喜爱程度的均值,见表 3。

对问卷数据进行定量分析,将均值输入 SPSS 软件进行主成分分析,见表 4。由表 4 可知,老年流食辅具产品受 2 个主成分影响较大,成分 1 与成分 2 的方差贡献值分别为 76.812%、16.042%,相加大于 90%,因此,提取 2 个主成分是合适的。



图 4 部分典型样本
Fig.4 Some typical samples

选取成分矩阵中对应关系大于 0.8 的意象词汇进行下一步分析,分别为成分 1 中的愉悦的、随心的、简约的、现代的、精致的以及成分 2 中的轻薄的,见表 5。对成分矩阵中对应关系小于 0.8 的意象词汇进行剔除。

在 SPSS 软件中对成分矩阵中对应关系大于 0.8

的意象词汇与用户喜爱程度进行皮尔逊相关性分析,见表 6。由表 6 可知,愉悦的、随心的、简约的、现代的与用户喜爱程度的相关系数大于 0.8,属于高度相关。剔除意象词汇精致的、轻薄的,选取愉悦的、随心的、简约的、现代的作为后续设计参考的感性意象。

表 3 感性意象词组评分均值
Tab.3 Mean score of perceptual image phrase

典型样本	愉悦的- 沮丧的	安定的- 不安的	随心的- 被控的	柔软的- 坚硬的	简约的- 复杂的	现代的- 传统的	轻薄的- 厚重的	独特的- 普通的	精致的- 粗糙的	喜爱程度
样本 1	0.58	0.54	0.47	0.65	0.61	0.6	0.43	0.64	0.29	0.5
样本 2	1.26	1.2	1.13	1.11	1.04	1.01	0.5	0.29	0.64	0.97
样本 3	-0.02	-0.05	-0.02	0.08	0.18	0.29	-0.43	0	-0.21	0.1
样本 4	0.26	0.17	0.21	0.22	0.33	0.41	0.43	0.21	-1.21	0.22
样本 5	0.89	1.04	0.85	0.51	0.78	0.82	-1.36	-0.57	-0.71	0.79
样本 6	1.26	1.21	1.22	0.99	1.32	1.05	0.86	0.64	1.29	1.12
样本 7	0.78	0.82	0.76	1.03	0.98	0.76	0.07	0.36	-0.21	0.67
样本 8	-0.12	-0.24	-0.18	-0.25	-0.07	0.1	-1.07	-0.79	-1.36	-0.13
...										
样本 19	0.76	0.64	0.76	0.59	1.1	0.88	0.64	0.93	-0.43	0.66
样本 20	0.65	0.57	0.56	0.68	0.69	0.7	0.29	0.29	-0.57	0.59

表 4 主成分分析
Tab.4 Principal component analysis

成分	特征根合计	方差贡献值/%	累积值/%
1	6.913	76.812	76.812
2	1.444	16.042	92.854
3	0.401	4.460	97.314
4	0.127	1.411	98.725
5	0.078	0.871	99.596
6	0.032	0.353	99.949
7	0.003	0.031	99.980
8	0.002	0.017	99.997
9	0.000	0.003	100.000

表 5 成分矩阵
Tab.5 Component matrix

意象词汇	成分值	
	成分 1	成分 2
愉悦的	0.967	-0.219
安定的	0.940	-0.325
随心的	0.969	-0.214
柔软的	0.957	0.006
简约的	0.973	-0.003
现代的	0.974	-0.204
轻薄的	0.489	0.840
独特的	0.672	0.703
精致的	0.809	0.048

表 6 意象词汇与喜爱程度的相关性
Tab.6 Correlation between image vocabulary and degree of affection

意象词汇	皮尔逊相关性
愉悦的	0.991**
随心的	0.994**
简约的	0.955**
现代的	0.997**
精致的	0.751
轻薄的	0.282

注：**表示高度相关。

在意象词汇愉悦的、随心的、简约的、现代的与喜爱程度的评价结果中，样本 2、5、6 的评价均值较高，样本 3、8 的评价均值较低。对均值较高的样本 2、5、6 进行问题动作相关接触点分解，见表 7。评价均值最高的样本 6 在相关接触点上采用饮嘴与双手柄设计，且杯体适中；样本 2 采用饮嘴与单手柄设计，且杯体适中；样本 5 采用吸管设计但没有设置手柄，且杯体较大，因此，评价均值较样本 2、6 更低。采用饮嘴或吸管设计可以避免“仰头”动作，减少呛食的可能，手柄与适中的杯体增加了“握”“端”动作时流食杯的稳定性，样本 3、8 杯体偏小且未配有手柄与饮嘴，外形较为生硬，缺乏亲和力，因此评价均值较低。

表 7 流食杯接触点分解
Tab.7 Liquid cup contact point decomposition

样本编号	样本 2			样本 5			样本 6		
造型特征									
具身动作	仰头	握	端	仰头	握	端	仰头	握	端
接触点	饮嘴	单手柄	300 ml	吸管	无手柄	600 ml	饮嘴	双手柄	250 ml

4 设计实践验证

依据上述研究结论进行老年人流食杯设计, 运用模糊综合评价法对设计方案进行验证, 该方法应用模糊变换和最大隶属度原理, 对多因素影响的事物或现象进行了综合评价^[15]。本研究将对图 5 中的设计方案 A (样本 4)、方案 B (样本 6)、方案 C (样本 8) 与市面上具有代表性的 5 款流食杯进行评价, 从而验证设计方案是否能够满足用户的多感官需求。



图 5 验证样本
Fig. 5 Verification sample

结合用户需求, 基于用户动觉、触觉、视觉感受将评价因素集设定为 6 个评价因素; 评语集设定为好、较好、一般、较差、差 5 个等级, 以此对评价因素进行评价。

邀请 45 名老年使用者对方案进行评价, 以本研究得到的设计方案样本 6 为例, 见表 8。用该等级评价人数除以总评价人数得到设计方案的评价变换矩阵 R_6 。

表 8 样本 6 评价结果
Tab.8 Evaluation results of sample 6

评价因素集		评语集				
		好	较好	一般	较差	差
动觉	减少呛食	25	16	3	0	1
	握持稳定	31	8	3	1	2
触觉	避免烫伤	23	16	4	0	2
	杯体防滑	29	12	3	0	1
视觉	色彩舒适	29	9	5	1	1
	造型美观	28	10	5	1	1

$$R_6 = \begin{bmatrix} 0.555 & 0.356 & 0.067 & 0.000 & 0.022 \\ 0.689 & 0.178 & 0.067 & 0.022 & 0.044 \\ 0.511 & 0.356 & 0.089 & 0.000 & 0.044 \\ 0.644 & 0.267 & 0.067 & 0.000 & 0.022 \\ 0.645 & 0.200 & 0.111 & 0.022 & 0.022 \\ 0.623 & 0.222 & 0.111 & 0.022 & 0.022 \end{bmatrix}$$

运用择优比较法赋予评价因素权重系数, 得到评价因素的权重分配, 权重矩阵为: $W = \{0.256, 0.215, 0.243, 0.157, 0.074, 0.055\}$

依据模糊数学理论, 得出评价模型为: $B = W \times R = (b_1, b_2, b_3, \dots, b_n)$

得出样本 6 的评价结果为:

$$B_6 = (0.597, 0.285, 0.078, 0.008, 0.021)$$

得出的评价结果没有对样本进行整体评价, 因此确定评判集合 $V = \{\text{好, 较好, 一般, 较差, 差}\} = \{10, 8, 6, 4, 2\}$, 对评价结果 B 与 V 进行点乘运算, 得出反应隶属度较高样本整体的评价结果 N : $N_2 = 5.054$, $N_4 = 6.352$, $N_5 = 4.842$, $N_6 = 8.792$, $N_8 = 7.23$

由上述评价结果可知, 本研究得到的设计方案 B 得分最高, 符合老年人群愉悦的、随心的、简约的、现代的感性需求, 因此依据本研究得到的设计方法进行设计后得到的产品能够满足老年人的需求。

5 结语

本文提出了基于具身认知的老年产品设计方法及流程, 研究了老年人对产品的多通道感知。从具身认知角度出发, 分析了用户多通道感知特征, 并结合老年用户需求分析了其饮水行为, 挖掘了问题动作与动作相关的接触点。针对这些接触点, 通过感性工学相关方法分析发现老年用户偏好带有手柄、饮嘴和杯体造型体身适中的流食杯。依据分析结论从动觉、触觉、视觉角度考虑完成设计实践, 并运用模糊综合评价法对设计方案进行评估。我国现有的老年饮食辅具数量稀少且缺乏对老年用户需求的考虑, 本文将用户具身感受中的动觉与触觉作为重点内容进行了研究, 但忽略了用户视觉感受中对色彩的认知, 因此后续将完善对流食杯配色的研究。

参考文献:

[1] 叶浩生. 具身认知: 认知心理学的新取向[J]. 心理科学进展, 2010, 18(5): 705-710.
YE Hao-sheng. Embodied Cognition: A New Approach in Cognitive Psychology[J]. Advances in Psychological Science, 2010, 18(5): 705-710.

[2] 李若星. 试论具身设计——一种身体角度的建筑设计方法[D]. 北京: 清华大学, 2014.
LI Ruo-xing. On Embodied Design —An Approach of Architectural Design from the Viewpoint of Body[D]. Beijing: Tsinghua University, 2014.

[3] 焦阳. 具身认知在产品设计中的应用研究[D]. 镇江: 江苏大学, 2016.
JIAO Yang. Research on the Application of Embodied Cognition in Product Design[D]. Zhenjiang: Jiangsu University, 2016.

- [4] 王秀丽, 蒋晓, 赵丹琳, 等. 基于具身认知的儿童智能玩具交互设计研究[J]. 包装工程, 2019, 40(16): 165-170.
WANG Xiu-li, JIANG Xiao, ZHAO Dan-lin, et al. Interaction Design of Children's Smart Toy Based on Embodied Cognition[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(16): 165-170.
- [5] 赵彦军, 李剑, 苏鹏, 等. 我国康复辅具创新设计与展望[J]. 包装工程, 2020, 41(8): 14-22.
ZHAO Yan-jun, LI Jian, SU Peng, et al. Innovative Design and Forecast of Rehabilitation Aids in China[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(8): 14-22.
- [6] 亚历山大·奥斯特瓦德. 商业模式新生代[M]. 北京: 机械工业出版社, 2013.
ALEXANDER O. Business Model Generation[M]. Beijing: Engineering Industry Press, 2013.
- [7] 李炳全, 张旭东. 具身认知科学对传统认知科学的元理论突破[J]. 南京师大学报(社会科学版), 2014(6): 116-123.
LI Bing-quan, ZHANG Xu-dong. Embodied Cognitive Science and Its Contribution to Breakthroughs in Meta-Theory of Cognitive Science[J]. Journal of Nanjing Normal University (Social Science Edition), 2014(6): 116-123.
- [8] 张连成, 傅涛, 高淑青. 认知老化的机制研究进展[J]. 中国临床心理学杂志, 2014, 22(6): 999-1003.
ZHANG Lian-cheng, FU Tao, GAO Shu-qing. A Review on the Research of Cognitive Aging[J]. Chinese Journal of Clinical Psychology, 2014, 22(6): 999-1003.
- [9] 戈洪鑫. 具身认知视角下老年人身心变化关系探讨[J]. 老龄科学研究, 2019, 7(8): 34-43.
GE Hong-xin. Explorations on the Relationship between Physical and Mental Changes of the Elderly from the Perspective of Embodied Cognition[J]. Scientific Research on Aging, 2019, 7(8): 34-43.
- [10] POLAT U, SCHOR C, TONG Jian-liang, et al. Training the Brain to Overcome the Effect of Aging on the Human Eye[J]. Scientific Reports, 2012, 2: 278.
- [11] 白学军, 于晋, 覃丽珠, 等. 认知老化与老年产品的交互界面设计[J]. 包装工程, 2020, 41(10): 7-12.
BAI Xue-jun, YU Jin, QIN Li-zhu, et al. Cognitive Aging of the Elderly Population and Interaction Interface Design of Elderly Products[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(10): 7-12.
- [12] 张杰. 摄入 BCAA 溶液对老年性肌肉衰退的影响[J]. 基因组学与应用生物学, 2019, 38(12): 5671-5675.
ZHANG Jie. Effect of BCAA Solution on Senile Muscle Decline[J]. Genomics and Applied Biology, 2019, 38(12): 5671-5675.
- [13] 杨立昊, 许远理. 具身认知与具身情绪[J]. 信阳师范学院学报(哲学社会科学版), 2014, 34(2): 33-38.
YANG Li-hao, XU Yuan-li. Embodied Cognition and Embodied Emotion[J]. Journal of Xinyang Normal University (Philosophy and Social Sciences Edition), 2014, 34(2): 33-38.
- [14] BAKAEV M, GAEDKE M, KHVOROSTOV V, et al. Extending Kansei Engineering for Requirements Consideration in Web Interaction Design[M]// Lecture Notes in Computer Science. Cham: Springer International Publishing, 2016: 513-518.
- [15] 张思兰, 张春, 王丹, 等. 基于模糊综合评价的钻井岩屑土壤化利用可行性分析[J]. 安全与环境学报, 2020, 20(5): 1924-1931.
ZHANG Si-lan, ZHANG Chun, WANG Dan, et al. Feasibility Analysis of Drilling Cuttings for Soil Utilization Based on Fuzzy Synthetic Evaluation[J]. Journal of Safety and Environment, 2020, 20(5): 1924-1931.

责任编辑: 马梦遥