

基于眼动追踪的自动售货机人机界面设计研究

关斯斯, 于帆

(江南大学, 无锡 214000)

摘要: **目的** 提升不同年龄层用户对自动售货机人机界面的使用体验。**方法** 将自动售货机人机界面原型作为研究对象, 采取眼动仪测试方法, 结合可用性测试量表对两种机型的人机界面进行评估, 分析中老年组与青年组的眼动测试结果。**结论** 智能带屏型自动售货机使用体验更为良好, 在具体的自动售货机人机界面设计时, 设计师应当注重用户注意分配能力与多通道联动作用, 以增强人机互动性, 保证界面布局合理性以及提升信息提取有效性为设计原则, 为自动售货机人机界面设计研究提供参考。

关键词: 眼动追踪; 自动售货机; 人机界面

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)08-0230-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.08.038

Human-machine Interface Design of Vending Machine Based on Eye Tracking

GUAN Si-si, YU Fan

(Jiangnan University, Wuxi 214000, China)

ABSTRACT: The paper aims to enhance the experience of users of different age groups in the human-machine interface of vending machine. The human-machine interface prototype of vending machine was taken as the experimental research object. The eye tracker test was carried out to assess the human-machine interfaces of two models in combination with the usability test scale. The smartband vending machine has better experiential experience. In design of the vending machine interface, designers should pay attention to the distribution of attention and multi-channel user interaction in order to enhance the human-machine interaction to ensure reasonable interface layout and improve the effectiveness of information extraction. The results of analysis and conclusions provide reference for design and research on human-machine interface of vending machine.

KEY WORDS: eye tracking; vending machine; human-machine interface

尽管自动售货机在我国正快速发展, 并具有巨大的市场前景, 但由于缺乏一定的通用性, 还不能满足所有人群的使用需求。实际上, 它只满足了社会中少部分身心功能健全、能够熟练使用智能电子设备的年轻人。老年人群体极少能成功使用自动售货机。从我国自动售货机使用情况的调查来看, 50%以上的用户由于担心操作出错以及不愿意花费太多时间学习操作步骤而不经常使用自动售货机^[1]。操作出错率高和认知学习成本高都与操作流程、界面布局不合理有直接关系。因此, 找到老年用户与年轻用户在自动售货机实际操作过程中的使用共性并优化界面布局, 对于

自动售货机人机界面设计研究有重要意义。

1 自动售货机

1.1 定义与结构

自动售货机, 作为一种新兴的商品零售形式, 是根据投入的钱币自动付货的机器, 主要销售食品、饮料、日用品、香烟、报纸等, 其内部结构一般包括电路、商品储存装置、电脑控制系统、机械传动装置等, 外部主要由商品展示窗、选择按钮、显示屏、投币口、退币口、取货口等部分构成^[2], 按照功能可分为展示

收稿日期: 2018-12-24

作者简介: 关斯斯(1994—), 女, 广西人, 江南大学硕士生, 主攻工业设计工程。

通信作者: 于帆(1968—), 女, 江苏人, 江南大学副教授, 主要研究方向为工业设计。

区、选择区、支付区以及取货区。自动售货机结构分析见图 1。



图 1 自动售货机结构分析
Fig.1 Structure analysis of vending machine

1.2 存在的问题

市场上现存的自动售货机见图 2，主要存在以下问题：(1) 人机互动性不强，市场上大多数自动售货

机均为双通道交互，即视觉交互与触觉交互，用户与机器之间互动性较弱，用户大多情况下通过视觉感知接收信息，经过一定的认知处理后才进行命令操作，这一过程是单向的、低效的，一旦用户认知处理错误而出现误操作，则机器无法快速、及时将错误信息反馈给用户，最终导致用户使用效率低、使用愉悦感不强；(2) 界面布局不合理，在操作逻辑规划方面缺乏科学性、合理性，用户在使用过程中对操作指令不理解，产生重复操作甚至误操作；随着移动支付模块、显示屏模块的加入，功能界面布局逐渐复杂化，用户经常会出现不容易找到目标功能区或者在某一区域操作过于频繁引起视觉或行为混乱，导致用户使用愉悦度不高；(3) 界面信息获取困难，尽管近年来自动售货机界面设计得到广泛关注，许多界面也增加了详细的操作说明，但大部分用户没有主动阅读说明书的习惯，且界面认知通用程度较低，造成用户获取界面信息难度大，无法理解界面提示的意义，引起操作失误。如何给用户提供一个友好的界面设计，最大限度地方便各个层次的使用群体，使每个用户都能体验到使用自动售货机的愉悦，是目前国内自动售货机设计亟待解决的问题。因此，本研究根据上述问题对自动售货机开展关于界面布局、操作流程方面的眼动追踪测试实验，以期改良自动售货机界面布局、操作流程提供定量参考。



图 2 市场上现存的自动售货机
Fig.2 Existing vending machine on the market

2 实验

2.1 材料与设备

实验材料是两种不同型号（标准机型与带屏机型）的米源饮料自动售货机产品，见图3。实验设备为 Tobii Studio 型眼动仪，采样频率为 120 Hz，实验数据均由眼动仪配套的分析软件处理，实验设备及现场情况见图4。自动售货机人机界面划分多个不同兴趣区(AOI)，见图5。标准机型界面共有6个兴趣区，带屏机型界面共有7个兴趣区，每个矩形表示一个兴趣区，图中不同颜色的矩形被试者操作时并不可见。



图3 产品
Fig.3 Product

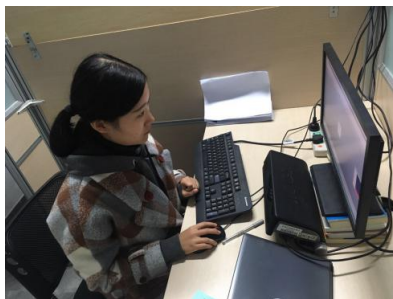


图4 实验现场
Fig.4 Experimental site

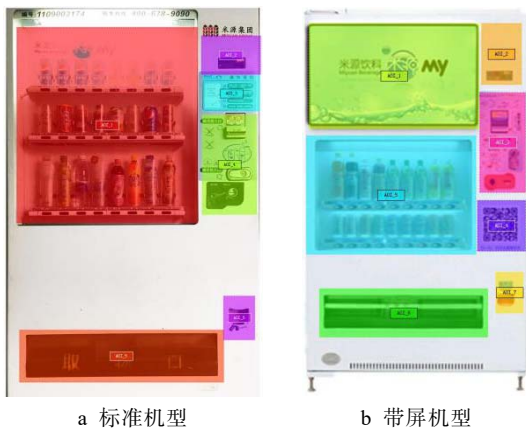


图5 人机界面兴趣区(AOI)划分示意
Fig.5 Division diagram of human-machine interface area of interest (AOI)

2.2 被试

实验共 19 名被试，分为中老年组与青年组，其中中老年组 8 人，年龄 50~65 岁，青年组 11 人，年龄 20~30 岁。青年组被试均具有计算机和不同程度的自动售货机使用经验，老年组被试均具有不同程度的计算机以及自动售货机使用经验。两组男女比例接近 1 : 1，受教育水平均为高中及以上水平。

2.3 实验设计

本研究基于眼动追踪技术，对自动售货机人机界面布局和显示数目进行分析，结合注视时间、眼动扫描路径以及热点图对用户与设备人机界面的交互行为，结合 SUS 系统可用性量表分析用户对操作界面的主观感受。实验分为 2 个环节：(1) 调整眼动仪，向被试对象介绍实验流程；(2) 向被试对象说明实验任务，让被试对象按照不同机型的用户基本任务模型逐个操作，实验结束后对被试对象进行访谈，实验人员记录整个实验过程；标准机型与带屏机型的用户基本任务模型见图6。在操作过程中不允许讨论实验内容。

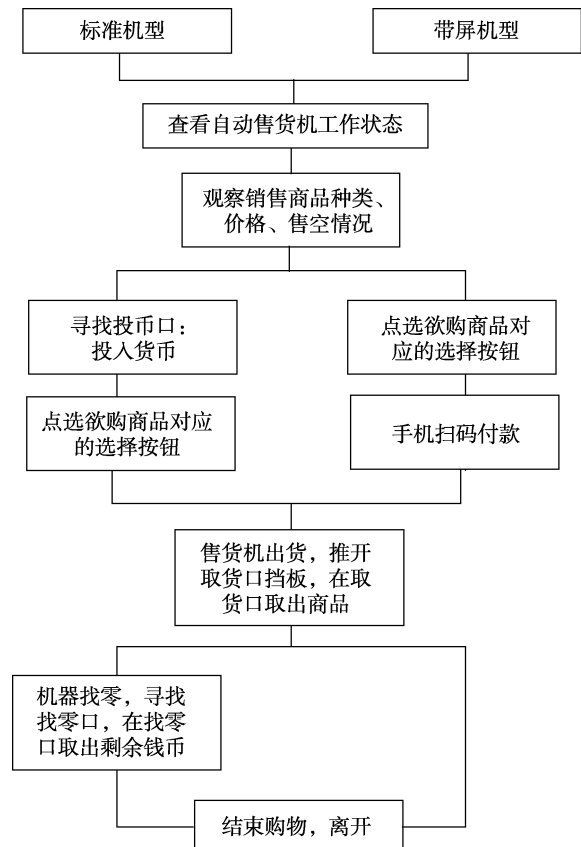


图6 两种机型的用户基本任务模型
Fig.6 User basic mission model for both models

2.4 评价指标

本研究根据评价人机互动性、界面布局合理性以及界面信息提取难易度等选择可用性量表分数、第一注视点时间、注视点序列、观察时间长度、注视热点

作为评价指标，各指标具体含义如下^[3]：(1) 可用性量表分数，SUS 系统可用性量表共 10 个陈述句，其中①③⑤⑦⑨为正向表达，②④⑥⑧⑩为反向表达^[4]，SUS 系统可用性量表见图 7；分数采取百分制，60 分以上通常被认为是人机互动性较好；(2) 第一注视点时间，表示在界面搜索并第一次到达特定目标区域所需要的时间，也是度量界面布局合理性的重要指标之一；(3) 注视点序列，表示注视点在各 AOI 之间的转换情况，是度量界面布局合理性的重要指标之一；(4) 观察时间长度，表示某个兴趣区停留时间，反映被试对象信息提取的难易度，注视时间越长则说明被试对象从各 AOI 中获取信息越困难；(5) 注视热点，反映被测对象注视点具体的空间分布情况，采用颜色深浅程度反映注视时间的长短。



图 7 SUS 系统可用性量表
Fig.7 Availability scale of SUS System

3 结果与讨论

3.1 人机互动性分析

结合可用性测试结果以及访谈结果，在机型种类方面，不同的机型对于中老年用户、青年用户而言差异显著 ($P_{\text{中老年}}=0.004<0.01$, $P_{\text{青年}}=0.026<0.05$)，提示传统标准型自动售货机可用性较差，人机互动性不强，而智能带屏型自动售货机可用性较高，人机互动性较强，操作信息反馈及时且亲密度高。一旦用户出

现误操作，则带屏型立即通过智能屏将信息及时反馈用户并提示正确操作，增强用户与产品之间的互动性。相较带屏型，标准型可用性测试结果不理想的原因在于：(1) 选货区按键区域高度不佳；(2) 操作流程多且繁杂；(3) 支付区布局分散，硬币出口高度不佳；(4) 出货区与选货区之间的操作路径长，且出货区位置偏低需弯腰操作。可用性测试结果见表 1，不同机型自动售货机的无重复双因素方差分析见表 2。

表 1 可用性测试结果($\bar{x}\pm s$)
Tab.1 Results of usability test ($\bar{x}\pm s$)

组别	人数/个	可用性量表得分	
		标准型	带屏型
中老年组	8	57.50±5.07	65.25±3.46**
青年组	11	66.18±5.62	72.54±4.36*

注：与标准型相比，** $P<0.01$ ，* $P<0.05$ 。

表 2 不同机型自动售货机的无重复双因素方差分析
Tab.2 Unreplicated two factors analysis of variance for different models of vending machines

	SS	df	MS	F	P-value	F crit
中老年组	240.250	1	240.250	17.204	0.004	5.591
青年组	222.727	1	222.727	6.806	0.026	4.965

3.2 界面布局合理性分析

标准型第一注视点时间测试结果见表 3，两组被试搜索选货区所需时间存在显著差异，而搜索其他功能区所需时间无显著差异 ($P_{\text{AOI1}}=0.001<0.01$, $P_{\text{其他}}>0.05$)。结合访谈结果，中老年用户反映选货区屏幕眩光，内容辨识度较低，而且选货区按键区域高度不合理。带屏型第一注视点时间测试结果见表 4，两组被试搜索设备工作状态提示区所需时间存在显著差异，而搜索其他功能区所需时间无显著差异 ($P_{\text{AOI2}}=0.022<0.05$, $P_{\text{其他}}>0.05$)。结合访谈结果，两组被试均表示设备工作状态提示区布局不合理，相比中老年用户，青年用户对目标区域搜索效率更高。

注视点序列测试结果见图 8—图 9，结合访谈结果可发现：(1) 青年用户与中老年用户首先均将第一视线集中在界面中心与上部区域，其次对右侧操作说明区的图标、文字说明进行逐个扫视，接着对选货区与操作说明区、支付区与取货区间进行跳跃式扫视，最终形成“Z”字形扫视结果，表明青年用户与中老年用户更习惯按照由中心向四周这一逻辑顺序浏览界面；另一方面“Z”字形的扫视结果说明各功能区之间排布不合理，视觉追踪路径过长，无法一步到位；(2) 中老年用户在操作说明区与选货区的视线轨迹有 3 条以上，说明中老年用户在操作说明区域与选货区之间布局不合理，用户无法在获取信息提示的同时进行选货操作，降低用户使用效率；另一方面反映两

表3 标准型自动售货机各AOI注视时间对比($\bar{x}\pm s$)
Tab.3 Contrast on AOI watch time of standard vending machines ($\bar{x}\pm s$)

单位: s

组别	AOI1	AOI2	AOI3	AOI4	AOI5	AOI6
第一注视点时间						
中老年组	0.30±0.08	1.33±1.18	1.98±3.26	2.00±2.76	1.70±1.24	2.73±3.35
青年组	0.01±0.00**	0.82±1.06	0.30±0.44	0.56±1.13	1.13±1.53	1.08±0.91
P-value	0.001	0.269	0.336	0.397	0.680	0.387
观察时间长度						
中老年组	27.83±6.83	1.56±2.83	9.95±7.32	9.57±7.51	10.02±11.62	3.95±3.43
青年组	12.44±10.11*	0.00±0.00	9.52±14.51	7.70±3.67	7.10±4.68	9.45±7.29
P-value	0.026	0.286	0.965	0.684	0.653	0.150

注: 与中老年组相比, ** $P<0.01$, * $P<0.05$ 。

表4 带屏型自动售货机各AOI注视时间对比($\bar{x}\pm s$)
Tab.4 Contrast on AOI watch time of screen-type vending machine ($\bar{x}\pm s$)

单位: s

组别	AOI1	AOI2	AOI3	AOI4	AOI5	AOI6	AOI7
第一注视点时间							
中老年组	0.23±0.21	1.62±0.94	1.61±1.41	0.08±0.00	1.70±1.24	0.31±0.43	0.02±0.04
青年组	0.20±0.24	0.03±0.04*	0.62±0.49	0.11±0.17	0.78±0.40	0.08±0.00	0.02±0.04
P-value	0.857	0.022	0.274	0.266	0.253	0.309	0.885
观察时间长度							
中老年组	3.92±6.87	2.57±2.57	23.39±10.17	9.14±4.32	11.57±8.06	14.46±6.16	0.20±0.19
青年组	4.54±1.26	0.62±0.89	9.78±6.59*	4.33±2.43	19.69±5.67	11.57±3.57	0.16±0.15
P-value	0.859	0.261	0.024	0.158	0.111	0.089	0.306

注: 与中老年组相比, * $P<0.05$ 。

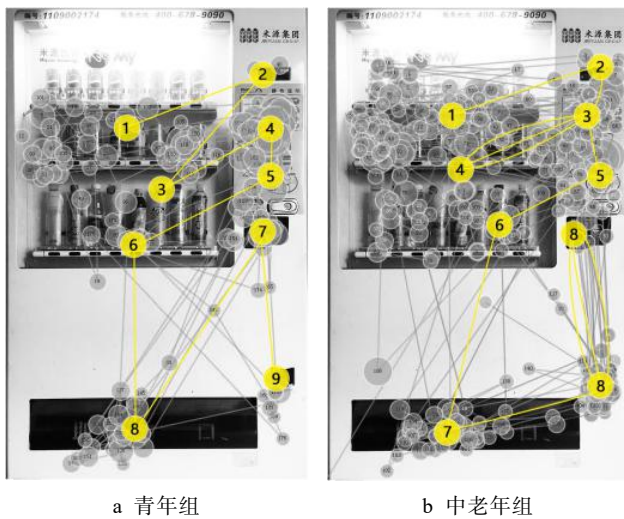


图8 标准型注视点序列

Fig.8 Gazing point sequence of standard vending machines

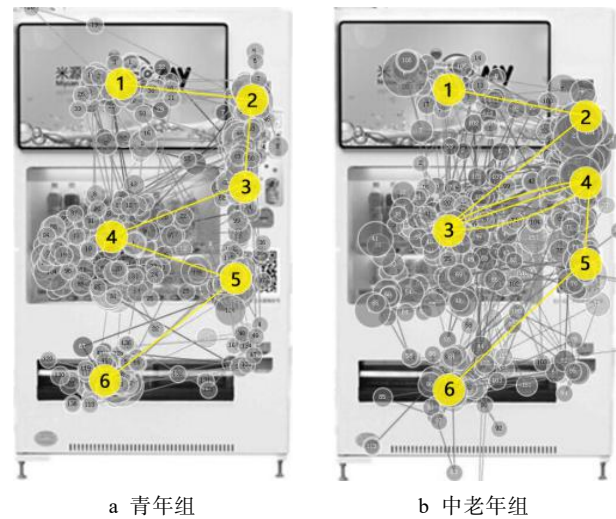


图9 带屏型注视点序列

Fig.9 Gazing point sequence of screen-type vending machines

款机型在设计时未考虑用户的注意分配能力; (3) 对比两种不同机型的注视点序列发现, 标准型操作流程多且繁杂、操作路径长。

3.3 界面信息提取难易度分析

标准型观察时间长度测试结果见表3, 两组被试在选货区停留时间存在显著差异, 而其他功能区停留时间无显著差异 ($P_{AOI1}=0.026<0.05$, $P_{其他}>0.05$), 表明两组被试信息的提取效率不同, 相比青年用户, 中老年用户从选货区中获取相应信息更为困难, 认知学

习时间较长。带屏型观察时间长度测试结果见表4, 两组被试在操作说明区停留时间存在显著差异, 而其他功能区停留时间无显著差异 ($P_{AOI3}=0.026<0.05$, $P_{其他}>0.05$), 反映两组被试信息提取的难易度不同, 青年用户更容易理解操作说明区中所表达的信息并开展相应操作, 认知学习时间较短, 中老年用户认知学习成本较高, 在另一角度上反映操作说明区的文字图标设计存在较低可用性, 中老年用户无法快速理解操作说明。

热点图测试结果见图 10 和图 11, 结果表明:

(1) 青年用户与中老年用户关注更多的区域主要分布在人机界面右侧的操作说明区与支付区, 而人机界面左侧与中部几乎没有关注, 青年用户与中老年用户对人机界面右侧注视程度均比左侧注视程度要高; 在实际操作时左侧也需要用户进行操作的步骤, 青年用户与中老年用户仍旧没有进行过多的关注, 一方面说明在实际操作过程中用户的视觉关注度与年龄、需求无关, 与使用习惯有着密切的关系, 另一方面表明各功能区存在一定的信息提取难度; (2) 对比标准型中两组被试热点图, 发现中老年用户对操作说明区关注的时间较长, 结合访谈结果可知, 中老年用户反映操作说明语言不精炼且文字小, 界面信息提取难度大; (3) 对比两种不同机型的热点图, 发现带屏型自动售货机人机界面中的用户视线关注区域较为集中, 标准型自动售货机人机界面中的用户视线关注区域较为分散, 用户操作视线跨度大, 易造成使用疲劳。

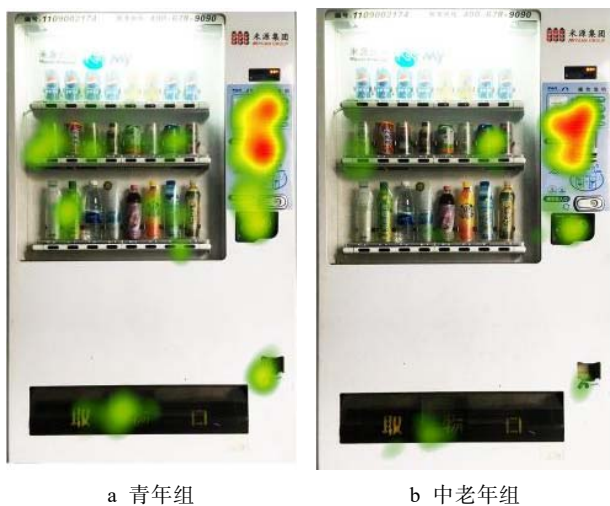


图 10 标准型热点图

Fig.10 Hot-map of standard vending machines

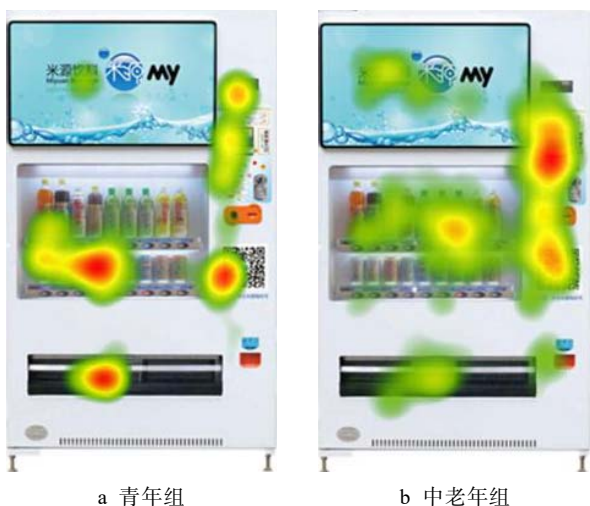


图 11 带屏型热点图

Fig.11 Hot-map of screen-type vending machines

4 自动售货机人机界面设计原则

4.1 增强人机互动性

在具体人机界面设计时, 设计师应当着重考虑不同用户的注意分配能力与多通道联动作用, 整合视觉、手势、语音等新的交互通道与交互技术, 促使用户通过多通道以并行、自然、协作等方式开展人机互动对话, 通过多通道的、模糊的或明确的、静态的或动态的操作命令实现用户交互意图的精准捕捉, 缩短传统操作方式上用户视觉追踪路径, 减少用户视觉任务, 以此增强人机互动性, 提升人机交互的高效性以及自然性。

4.2 保证界面布局合理性

在开展具体设计时, 一方面设计师应当将使用频率与重要程度高的功能栏设置在用户习惯性注视区域, 特别是用户最常关注的区域是界面中心与顶部区域。另一方面, 为了保证使用效率, 各功能区之间不易过于分散, 否则用户注视点多, 注视时间长, 认知学习负荷大, 容易导致产品经济效益变低^[5]。此外, 由于大多数自动售货机使用步骤制定不合理, 使得用户操作跨度大, 且在一定程度上区域之间的布局存在使用浪费^[6], 因此为了满足布局合理性, 可直接在选货区增加设备工作状态提示、获取查看以及货物选取的操作, 并放大相应的文字提示字号, 不但能较好地解决设备工作状态提示区、选货区按键区布局不合理的问题, 还能极大程度上提升人机界面的清晰性^[7]。

4.3 提升信息提取有效性

从调研与分析结果中发现, 选货区屏幕眩光, 内容辨识度较低。为了解决上述问题, 提升信息提取有效性, 一方面可以在选货区屏幕表面贴磨砂贴膜, 以提高屏幕表面粗糙度, 从而避免眩光出现^[8], 另一方面可采用 LED 背光显示屏。在原设计中, 设备工作状态提示区在右上侧, 且文字小, 不易引起用户注意。为了解决这一问题, 在具体设计过程中应当遵循相关的图形符号设计原则: (1) 符号含义不宜过于复杂, 应当使人快速、准确理解且无歧义; (2) 符号构形简单明了, 突出符号特性; (3) 符号构形醒目清晰、易辨识; (4) 尽可能使用封闭轮廓的图形, 有助于积聚吸引用户视线^[9], 用户对文字识别需要更多的认知学习与负荷^[10], 所以相应的图标设计应当易于理解, 尽量降低用户对文字的关注度, 这样才能够保证青年用户正常使用的同时, 提升中老年用户的使用体验。

5 结语

本研究基于眼动追踪技术, 构建了自动售货机人机界面设计原型测试实验, 通过对青年用户、中老年

用户的系统可用性测试分数、注视时间、注视热点图、注视点序列等实验结果的分析,提出了自动售货机人机界面设计原则,即在具体的自动售货机人机界面设计时应当考虑增强人机互动性,保证界面布局合理性以及提升信息提取有效性,对自动售货机人机界面设计研究提供一定的参考依据。

参考文献:

- [1] 苗毅斐,黄艳群,高一歌,等.以用户为中心的自助售货机交互界面设计[J].机械设计,2017(1):126—128.
MIAO Yi-fei, HUANG Yan-qun, GAO Yi-ge, et al. User-centric Self-service Vending Machine Interface Design[J]. Journal of Machine Design, 2017(1): 126—128.
- [2] 俞宁,梅杰,陈智.基于人因工程学的自动售货机设计改进研究[J].重庆理工大学学报,2017,31(3):43—51.
YU Ning, MEI Jie, CHEN Zhi. Research on the Improvement of Vending Machine Design Based on Human Factors Engineering[J]. Journal of Chongqing University of Technology, 2017, 31(3): 43—51.
- [3] 刘青,薛澄岐, FALK H.基于眼动跟踪技术的界面可用性评估[J].东南大学学报,2010,40(2):331—334.
LIU Qing, XUE Cheng-Qi, FALK H. Interface Usability Assessment Based on Eye Tracking technology[J]. Journal of Dongnan University of Technology, 2010, 40(2): 331—334.
- [4] 金小璞,毕新.基于用户体验的移动图书馆服务质量影响因素分析[J].情报理论与实践,2016,39(6):99—103.
JIN Xiao-pu, BI Xin. Analysis of Influencing Factors of Mobile Library Service Quality Based on User Experience[J]. Information Studies: Theory & Application, 2016, 39(6): 99—103.
- [5] 朱婧茜,何人可.Android手机应用界面布局的可用性测试研究[J].包装工程,2014,35(10):61—64.
ZHU Qian-xi, HE Ren-ke. Usability Test of Android Mobile Application Interface Layout[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(10): 61—64.
- [6] 闵庆飞,李双明.基于可用性的移动商务系统采纳研究框架[J].计算机应用研究,2009,26(5):1799—1802.
MIN Qin-fei, LI Shuang-ming. Based on the Availability of Mobile Commerce System to Adopt a Research Framework[J]. Application Research of Computers, 2009, 26(5): 1799—1802.
- [7] ROSS P R, WENSVEEN S. Designing Behavior in Interaction: Using Aesthetic Experience as a Mechanism for Design[J]. International Journal of Design, 2010, 4(2): 3—13.
- [8] 冯俊元,万珍平,汤勇.液晶显示屏防眩光结构的研究现状与展望[J].中国表面工程,2015,28(4):14—25.
FENG Jun-yuan, WAN Zhen-ping, TANG Yong. Research Status and Prospect of Anti: Glare Structure of Liquid Crystal Display[J]. China Surface Engineering, 2015, 28(4): 14—25.
- [9] 张立.基于用户的移动应用产品界面视觉设计研究[J].理论月刊,2017(4):67—72.
ZHANG Li. Research on Visual Design Based on User Interface of Mobile Application[J]. Theory Monthly, 2017(4): 67—72.
- [10] 陈昭霓.认知心理学在UI界面设计中的应用[J].包装工程,2017,38(16):30—33.
CHEN Zhao-ni. Application of Cognitive Psychology in UI Interface Design[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(16): 30—33.