

基于照明及眼动实验的冰箱操作界面优化设计

田琦, 吕淑然

(首都经济贸易大学, 北京 100070)

摘要: **目的** 随着人们生活水平的提升, 冰箱已然成为了每家每户必不可少的家用电器, 冰箱操作界面的可用性也越来越受到用户的重视。经调查发现, 用户对于市面上大多数冰箱操作界面的设计并不满意, 因此通过设计照明及眼动实验对冰箱操作界面进行优化, 以提升用户的视觉和操作体验。**方法** 选取 3 款冰箱操作界面作为研究对象, 在环境照度为 150 lx 的家居环境下, 设计照明实验, 测量冰箱操作界面上小字符、中字符和大字符的亮度以及字符与背景的亮度对比度, 结合被试主观评价确定最优亮度区间、最优亮度对比度区间。通过设计眼动实验, 获取被试佩戴眼动仪完成指定任务的精确时间、瞳孔直径数据、轨迹图及热点图, 分析 3 款冰箱操作界面设计上的优劣。**结果** 照明实验得出了小、中、大字符的最优亮度区间分别为 50~65 cd/m²、45~85 cd/m²、40~120 cd/m², 最优亮度对比度区间分别为 40~60、20~70、40~130。眼动实验得出了 3 款冰箱操作界面的设计优劣表。**结论** 对实验结果进行总结分析, 提出冰箱操作界面优化设计方案, 即小字符亮度 57.5 cd/m², 亮度对比度 50; 中字符亮度 65 cd/m², 亮度对比度 45; 大字符亮度 80 cd/m², 亮度对比度 85, 并绘制设计图。

关键词: 照明实验; 亮度; 对比度; 眼动实验; 界面优化设计

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)24-0230-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.24.027

Optimal Design of Refrigerator Operation Interface Based on Lighting and Eye Movement Experiments

TIAN Qi, LYU Shu-ran

(Capital University of Economics and Business, Beijing 100070, China)

ABSTRACT: With the improvement of people's living standards, refrigerators have become an indispensable household appliance in every household, and the usability of the refrigerator operation interface has received more and more attention from users. After investigation, it is found that users are not satisfied with the design of most refrigerator operation interfaces on the market. Therefore, the refrigerator operation interface is optimized through design lighting and eye movement experiments to enhance the user's visual and operating experience. Three types of refrigerator operation interfaces are selected as the research objects. The illumination experiment is designed under the environment illumination of 150 lx. The brightness of small characters, middle characters and large characters on the refrigerator operation interface and the brightness contrast between characters and background are measured. Combined with the subjective evaluation of the subjects, the optimal brightness range and the optimal brightness contrast range are determined. Through the design of eye movement experiment, obtain the accurate time, pupil diameter data, trajectory map and hot spot map of subjects wearing eye tracker to complete the specified task, analyze the advantages and disadvantages of three refrigerator operation interface design. The lighting experiment shows that the optimal brightness intervals for small, medium, and large characters are 50~65 cd/m², 45~85 cd/m², 40~120 cd/m², and the optimal brightness and contrast intervals are 40~60, 20~70, 40~130, respectively. The eye movement experiment got a table of the design advantages and disadvantages of the operating interface of 3 refrigerators. The experimental results are summarized and analyzed, and the optimal design plan for the refrigerator operation interface is proposed, namely, the brightness of small characters is 57.5 cd/m², the brightness

收稿日期: 2021-07-09

作者简介: 田琦 (1996—) 女, 北京人, 首都经济贸易大学硕士生, 主攻安全科学与工程。

通信作者: 吕淑然 (1964—), 男, 北京人, 博士, 首都经济贸易大学教授, 主要研究方向为管理科学与工程。

contrast is 50; the brightness of medium characters is 65 cd/m^2 , the brightness contrast is 45; the brightness of large characters is 80 cd/m^2 , and the brightness is contrast 85, and draw design drawings.

KEY WORDS: lighting experiment; brightness; brightness contrast; eye movement; interface optimization design

随着技术水平的发展,冰箱的操作界面变得越来越复杂,其操作已不仅停留在单纯对于温度的控制,用户还可以通过冰箱操作界面调整模式,设定特殊功能,甚至调整冰箱内部的照明情况。然而复杂的操作也为用户带来了挑战,某些冰箱操作界面可用性较差的问题开始暴露无遗。为了提升冰箱操作界面的操作效率,降低设计和操作中带给人的不舒适感,对冰箱操作界面进行优化设计具有十分重要的现实意义。国内对于冰箱操作界面设计的研究较少,现有的研究多为定性分析,还比较缺乏定量数据的支持。中标能效科技(北京)有限公司发表于《电器》杂志的《三大类中高端冰箱显控界面可用性问题分析及建议》一文中提到在设计冰箱时,无论采用哪一种方式和风格,冰箱显控界面的操控均应尽可能让用户容易知道有哪些操控内容、如何操控、操控是否成功,并以简单的方式操控^[1]。林影丽在《冰箱界面人性化设计研究》一文中指出以用户为中心的界面设计思路和方法,为冰箱以及类似产品界面设计提供了重要参考^[2]。

眼动实验的研究方法如今在心理领域已有较为成熟的应用,也有少量应用于服装设计方面的先例。许鸿飞等人指出,眼动测试对于交互设计具有非常重要的研究价值,能够为进一步改进设计提供合理依据,并最终做到提升用户体验^[3]。用户的界面设计需要通过提高可用性、通用性、灵敏性来提高用户的体验,以此来赢得用户的信赖^[4-17]。本研究将眼动实验

与冰箱界面设计相结合,通过照明及眼动实验为冰箱界面优化和设计提供量化支持。

1 实验设计

1.1 研究对象

本研究选取博世 BCD-491W (KFN86AA26C)、卡萨帝 BCD-633WDCHU1、海尔 BCD-557WDGSU1 (后续简称博世、卡萨帝、海尔) 3 款冰箱的操作界面为研究对象,3 款冰箱操作界面见图 1。

1.2 实验设备

1) 用于模拟家居环境的实验装置为 6 台 LEDCube 任一照明场景模拟器,该模拟器是目前世界上最好的商业化光谱可调照明设备,配合其配套软件可达到模拟任一照明场景的功能。LEDCube 及无线发射器、软件狗见图 2。

2) 照明实验仪器为 Photo Research VideoWin3 图像式亮度计,见图 3,配合其配套分析软件,可得出任意区域的平均亮度、最小亮度、最大亮度、亮度对比度等数据。

3) 眼动实验仪器为 SMI 头戴式光学眼动仪,配合其配套分析软件可得出热点图、路径图、轨迹图、眨眼频率等定量数据。SMI 头戴式光学眼动仪及软件狗见图 4。

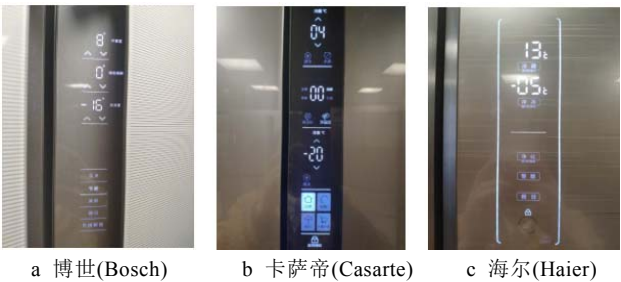


图 1 3 款冰箱操作界面
Fig.1 3 Refrigerators operation interface



图 2 LEDCube 及无线发射器、软件狗
Fig.2 LEDCube and wireless transmitter, softdog



图 3 Photo Research VideoWin3 图像式亮度计
Fig.3 Photo Research VideoWin3 image luminance meter



图 4 SMI 头戴式光学眼动仪及软件狗
Fig.4 SMI head-mounted optical eye tracker and softdog



1.3 被试

照明实验被试 30 人，综合考虑其性别、年龄、身高、使用经验以及其他现实情况；眼动实验被试 3 人，既不近视也不远视，综合考虑其性别、年龄、身高、使用经验。照明实验及眼动实验被试统计见表 1。

1.4 实验任务

本研究不区分冰箱操作界面上的数字与文字，仅根据其字符的高度大致分为小字符（0.5~1.0 cm）、中字符（1.0~1.5 cm）、大字符（1.5~2.0 cm）。眼动实验任务见表 2。

1.5 实验流程

1）照明实验流程。调整实验环境照度及色温；告知被试实验目的及注意事项；引导被试进入实验场地；由主试操作冰箱界面，根据问卷内容让被试对亮度逐项进行打分并记录；结束测试后更换被试，重复上述过程。

2）眼动实验流程。引导被试进入实验场所，传达本次实验任务以及注意事项；为被试佩戴眼动仪并让其坐在指定位置；在一张 A4 纸上点 3 个不共线的点，将纸贴在距被试眼高平视处前约 1 米的位置；选择 3 点校准法进行校准，与此同时再次向被试强调头部不要移动并且不要眨眼，校准确认无误后开始实

验；引导被试走到待测冰箱操作界面前，让被试完成任务，期间主试不得提示被试任何有关界面操作的内容，仅可对任务内容进行重复；被试完成所有任务后主试停止眼动实验记录，为被试取下眼动仪；更换被试重复上述实验流程。

2 实验数据

2.1 字符亮度、亮度对比度及主观评分数据

在环境照度为 150 lx 下，每种字符取 3 个点测量亮度及对比度后取平均值作为最终结果。被试主观评价采用 7 分制打分，1—3 分为被试认为该项较一般标准更差，4 分为被试认为该项较一般，5—7 分为被试认为该项比一般标准更好。在测试中主试不做出任何干扰被试打分的行为。将 30 名被试的打分求平均值最后最终评分。3 款冰箱操作界面字符亮度（cd/m²）、亮度对比度、主观评分见表 3。

2.2 眼动实验数据

对 3 款操作界面各项任务检查点累计时间进行处理，得出每名被试完成每项任务的时间，求取平均值（被试未能完成任务的记为耗时 120 秒）。搜寻被试在进行每项任务中观察到该设计区域时的瞳孔直径，与被试在自然状态下的瞳孔直径进行对比判断被试瞳孔放缩情况，进而判断被试的好恶情况。被试各项任务平均完成时间（s）见表 4，被试瞳孔直径变化情况表 5。

3 实验结果分析

3.1 照明实验结果分析

对照明实验所得亮度、亮度对比度、主观评价分数进行统计分析，得到不同种类字符的亮度及亮度对比度的优化区间。当小字符亮度为 44.06 cd/m² 时，

表 1 被试统计
Tab.1 Participant statistics

冰箱界面照明实验 30 人 眼动实验 3 人			
性别	男	14	1
	女	16	2
年龄	18~34 岁	10	1
	35~49 岁	10	1
	50~65 岁	10	1
	160~170 cm	3	0
身高	170~175 cm	12	1
	175~185 cm	15	2
使用经验	6 门或法式	12	2
	其他	18	1

表 2 眼动实验任务
Tab.2 Eye movement experiment task

任务	任务描述	获取指标
解锁	解锁冰箱操作界面	
调温	冷藏室温度由 2℃调至 7℃	操作时间
	冷冻室温度由-18℃调至-23℃	
功能	冷藏室调为速冷功能	
	冷冻室调为速冻功能	
观察	主试解锁冰箱操作界面后让被试保持不动对界面任意观察 5 秒左右	热点图、轨迹图、瞳孔直径变化信息

表 3 冰箱操作界面字符亮度（cd/m²）、亮度对比度、主观评分

Tab.3 Refrigerator operation interface character brightness (cd/m²), brightness contrast, subjective score

类别	博世	评分	卡萨帝	评分	海尔	评分
小字符亮度	44.06	5.03	63.29	6.23	22.05	2.80
中字符亮度	16.79	3.03	83.74	6.37	29.77	3.33
大字符亮度	55.98	6.43	116.90	6.57	106.54	6.37
小字符与背景亮度对比度	35.26	5.80	60.61	6.20	4.99	3.80
中字符与背景亮度对比度	1.69	2.50	78.80	6.33	7.74	4.93
大字符与背景亮度对比度	10.53	4.23	123.60	6.50	48.66	6.16

表 4 被试各项任务平均完成时间 (s)
Tab.4 The average completion time of each task of the subjects (s)

任务	博世	卡萨帝	海尔
解锁冰箱操作界面	3.38	2.52	8.70
搜寻冷藏室调温区域	2.16	2.59	3.13
冷藏室温度由 2℃调至 7℃	4.04	2.80	19.79
搜寻冷冻室调温区域	2.43	2.38	1.76
冷冻室温度由-18℃调至-23℃	2.58	4.40	9.51
冷藏室调为速冷功能	91.16	6.91	44.56
冷冻室调为速冻功能	81.21	1.59	43.85

表 5 被试瞳孔直径变化情况
Tab.5 Changes in the pupil diameter of the subject

操作界面	博世			卡萨帝			海尔		
被试编号	1	2	3	1	2	3	1	2	3
解锁设计	放	放	放	放	放	放	放	放	放
冷藏室调温设计	放	放	放	放	放	放	缩	缩	缩
冷冻室调温设计	放	放	放	放	放	放	缩	缩	缩
功能键—速冷设计	缩	缩	缩	放	放	放	缩	缩	缩
功能键—速冻设计	缩	缩	缩	放	放	放	缩	缩	缩

平均主观得分达到 5.03, 已经高于一般水平, 被试普遍认为小字符亮度还可以接受, 但更亮一点会更好, 因此将小字符最优亮度区间的下限定为 50 cd/m²。当小字符亮度达到 63.29 cd/m² 时, 平均主观评价得分已高达 6.23, 可见大部分被试对此亮度值已经十分满意, 但较小的字符如果过亮可能会出现眩光现象, 产生刺眼的感觉, 因此将小字符最优亮度区间的上限定为 65 cd/m²。当中字符亮度为 83.74 cd/m² 时, 相应的平均主观评价得分高达 6.37, 被试对该亮度值较为满意, 因此将 85 cd/m² 设定为中字符最优亮度区间的上限。考虑到中字符比小字符高度更大、线条更粗, 在同等亮度下视觉效果比小字符更好, 其最优亮度区间下限相较于小字符最优亮度区间下限可略有降低, 因此取为 45 cd/m²。根据亮度及主观评分可以看出大字符亮度在较低时也能带给被试很好的视觉效果。故大字符对于亮度要求较低, 相应的最优亮度区间可为 40~120 cd/m²。

小字符亮度对比度为 35.26 时, 主观评价得分已经达到 5.80 分, 超过了一般水平, 因此将小字符亮度对比度最优区间下限定为 40。当小字符亮度对比度增加至 60.61 时, 主观评价得分已经超过 6 分, 表示被试较为满意。但是, 考虑到小字符本身较小的问题, 亮度对比度过大将出现对比过于强烈的情况, 眼睛长时间处于这种状态下会产生疲劳和不适感, 所以将小字符最优亮度对比度区间上限定为 60, 不再向上扩大。中字符最优亮度对比度区间下限设定为 20。当中字符亮度对比度为 78.8 时, 平均主观评价得分

高达 6.33, 被试对于该亮度对比度较为满意, 但是, 有少许被试认为该亮度对比度过于强烈, 因此, 将中字符最优亮度对比度区间上限定为 70。

3 款冰箱操作界面大字符亮度对比度的主观评价得分都已超过一般水平, 当大字符亮度对比度为 48.66 时, 评分已高达 6.16, 表明被试已经十分满意, 大字符亮度对比度继续增大至 123.6, 平均主观评价得分也继续上升, 且被试未出现感觉对比过于强烈的现象。因此大字符最优亮度对比度区间设定为 40~130。字符最优亮度 (cd/m²)、亮度对比度区间见表 6。

3.2 眼动实验结果分析

3.2.1 轨迹图及热点图分析

轨迹图可以逐点连续显示被试注视点位置, 以及各个注视点的注视时间等信息, 轨迹图中的圆圈越大则表明被试在此点的注视时间越长、注视次数越多^[18]。热点图是通过使用不同的标志, 将界面上的区域按照受关注程度的不同加以标注并呈现的一种分析手段, 图中以颜色暖色度来显示注视点的时间和位置的动态变化, 即图中颜色越暖, 表明注视该区域的时间越长, 同时也表明该区域对被试最具吸引力, 进而找出该操作界面上设计的亮点区域。

任务完成时间可以表征冰箱操作界面设计的有效性, 通过被试能否完成指定任务, 以及将完成任务的时间进行比较, 可以对比出相应功能操作设计的优劣。当被试执行任务时, 注视点会跟随手部的操作注视相应区域, 通过任务的累计时间匹配被试的瞳孔直径变化信息。当人们看到引起兴趣的物体或者兴奋的时候瞳孔会扩大, 看到厌恶或憎恨的对象时瞳孔会收缩。因此通过被试的瞳孔变化信息可以判断被试对此操作的设计是喜爱还是厌恶。对 3 名被试的轨迹图及热点图进行叠加处理, 得到博世冰箱操作界面轨迹图及热点图, 见图 5。轨迹图中橘色为被试 1 眼动轨迹, 浅蓝色为被试 2 眼动轨迹, 深蓝色为被试 3 眼动轨迹。卡萨帝冰箱操作界面轨迹图及热点图见图 6, 海尔冰箱操作界面轨迹图及热点图见图 7。

将冰箱操作界面分为冷藏室温度与调温区、生物保鲜与周围显示区、冷冻室温度与调温区、功能键区共 4 个区域, 以便进行后续分析。通过图 5 中的轨迹图可知, 被试 1 在冷冻室和功能键区域注视时间最

表 6 字符最优亮度 (cd/m²)、亮度对比度区间
Tab.6 Optimal character brightness (cd/m²), brightness contrast interval

	最优亮度区间	最优亮度对比度区间
小字符	50~65	40~60
中字符	45~85	20~70
大字符	40~120	40~130

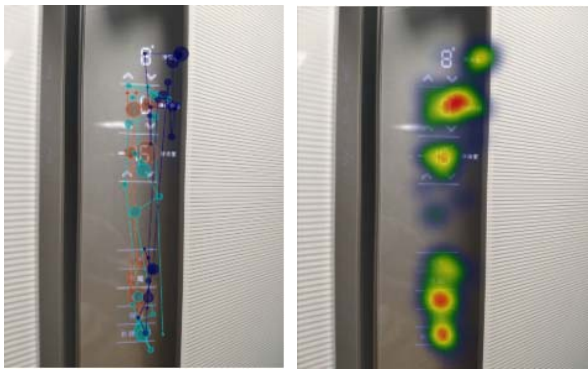


图 5 博世冰箱操作界面轨迹图及热点图

Fig.5 Bosch refrigerator operation interface trace and heat

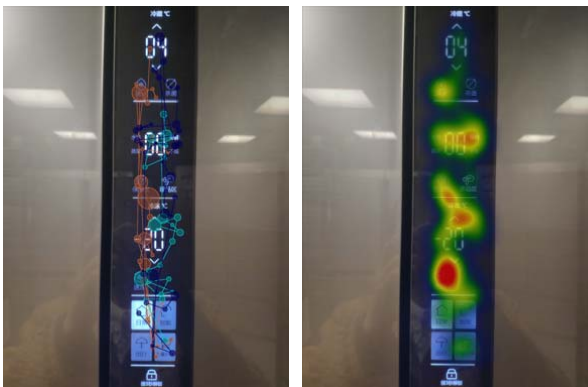


图 6 卡萨帝冰箱操作界面轨迹图及热点图

Fig.6 Casarte refrigerator operation interface trace and heat

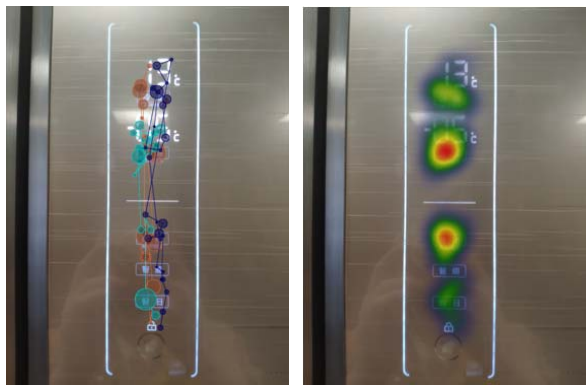


图 7 海尔冰箱操作界面轨迹图及热点图

Fig.7 Haier refrigerator operation interface trace and heat

长、注视次数最多；被试 2 在功能键区域注视时间最长，尤其关注了功能键区域的“长按解锁”；被试 3 在冷藏室及冷冻室区域的侧面文字标注上投入了较多的注视时间。可以认为被试对如上区域较为感兴趣。通过博世冰箱操作界面热点图（如图 5）可知，除去温度数值，功能键区域尤其是“长按解锁”与侧面文字标注区域是最为吸引被试的地方，可以认为是博世冰箱操作界面的亮点设计。

通过图 6 中的轨迹图可知，被试 1 和被试 2 均在功能键区域注视时间较长、注视次数较多；被试 3 则更为关注生物保鲜区周围的 4 类功能分布情况。通过

卡萨帝冰箱操作界面热点图（如图 6）可知，被试普遍对于带有图标效果的功能键更为感兴趣，由此可见将功能键制作为图标加文字的形式是卡萨帝冰箱操作界面设计的亮点。

由图 7 可知，3 名被试均对功能键净化按钮下的“按 3 秒强效”、冷藏文字下的“按 3 秒速冷”、冷冻文字下的“按 3 秒速冻”较为感兴趣，可以认为该文字提示的设计方式引起了用户的关注。然而鉴于其文字提示归类为小字符，高度较小、线条较细，在操作中实际效果是否优于图标加文字形式的功能键仍需通过后续任务时间比较进行确定。

3.2.2 任务完成时间及瞳孔直径变化结果分析

1) 博世和卡萨帝冰箱解锁操作界面任务平均用时均较短，并且 3 名被试瞳孔直径变化情况均为放大，表明被试对于这两款操作界面的解锁设计都比较喜爱。海尔冰箱操作界面出现解锁时间较长的现象，但是被试瞳孔情况仍为放大，表明本身设计并无较大问题，产生该现象的原因为当海尔冰箱操作界面解锁时没有较为明显的提示，导致有被试还未完成解锁就认为已经解锁完毕。博世冰箱操作界面的解锁功能，有明确的解锁条，当解锁条达到顶端时表示解锁完毕，结合轨迹图及热点图分析结果，被试对于“长按解锁”的提示较为感兴趣，因此博世冰箱操作界面的解锁设计最为优秀。

2) 在 3 款冰箱的操作界面中被试搜寻冷藏室及冷冻室调温区域的时间都较短，由此可见 3 款冰箱操作界面的冷藏室调温区域设定位置及大小均较为优秀。

3) 在博世和卡萨帝冰箱冷藏室及冷冻室调温任务中被试完成平均时间均较短，并且 3 名被试瞳孔直径变化情况均为放大，表明这两款冰箱操作界面在该区域采用箭头式的调温方式设计得较好，其箭头设计的区别在于博世冰箱采取的是双线箭头而卡萨帝采取的是单线箭头。

4) 在卡萨帝冰箱操作界面调整至速冷及速冻功能时 3 名被试的平均时间均较短，并且瞳孔都呈放大状态，表明将速冷和速冻分别制作成图标加文字形式的功能键且位置较为显眼时很受用户喜爱。与之相对，在博世和海尔冰箱操作界面调整至速冷和速冻状态时被试用时较长，分别出现了两名和一名被试未能完成任务的情况，并且 3 名被试瞳孔均呈收缩状态，表明这两款冰箱操作界面速冷和速冻功能键的设计差。通过本次眼动实验获得了 3 款冰箱操作界面设计中用户较为感兴趣的区域和设计的优劣，3 款冰箱操作界面设计优劣分析见表 7。

4 冰箱操作界面优化设计方案

以带给用户更加优化的冰箱操作界面视觉体验为目的，在优化设计方案中，字符亮度及亮度对比度

表 7 3 款冰箱操作界面设计优劣分析
Tab. The pros and cons of 3 refrigerator operation interface designs

	优	劣
博世	冷藏及冷冻调温区域位置； “长按解锁”以及解锁条； 温度调整双线箭头； 区域划分说明处于温度右侧；	速冷和速冻模式开启方式过于隐蔽
卡萨帝	冷藏及冷冻调温区域位置； 温度调整箭头； 图标加文字形式的功能键；	解锁后无明显提示
海尔	冷藏及冷冻调温区域位置	解锁后无明显提示； 温度调整较难操作； 速冷和速冻模式开启提示不明显

均选择最优区间的中值即小字符亮度为 57.5 cd/m²，亮度对比度为 50；中字符亮度为 65 cd/m²，亮度对比度为 45；大字符亮度为 80 cd/m²，亮度对比度为 85。在设计方面，用户普遍对博世冰箱操作界面“冷藏”及“冷冻”文字标识放置在侧面较为感兴趣，因此在优化设计方案中将卡萨帝冰箱操作界面中的这两个标识移至侧面，增加生物保鲜标识，并将“按 3 秒解锁”换为“长按解锁”，单线箭头改为双线箭头。并且在解锁按键上方添加一个分为 3 块的解锁条，当用户按住解锁按钮后，3 块解锁条从左至右依次点亮，当第 3 块解锁条亮起后锁定图标消失，以此来告知用户解锁已完成^[19]。冰箱操作界面优化设计方案见图 8。

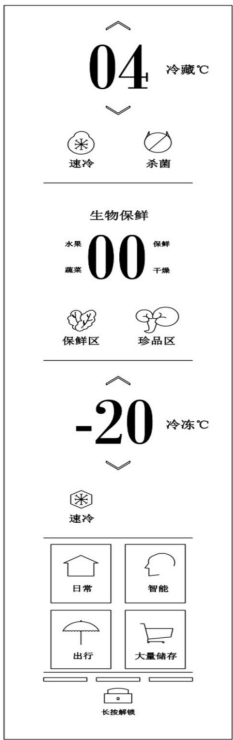


图 8 冰箱操作界面优化设计方案
Fig.8 Optimal design of refrigerator operation interface

5 结语

本研究基于照明及眼动实验所得数据，得出冰箱操作界面上不同高度字符的最优亮度区间、最优亮度对比度区间，提出冰箱操作界面的优化设计方案，为改进现有的冰箱操作界面提供了数据支持和理论参考。未来在进行相关研究时，可扩充与本研究不同设计类型的冰箱操作界面为研究对象，并对数字、文字及图标等字符类型进行详细分类，以得出更加详细的最优亮度区间和最优亮度对比度区间，提出更加优化的设计方案，不断提高操作界面的视觉舒适性及可用性，为用户带来更好的使用体验。

参考文献：

[1] 三大类中高端冰箱显控界面可用性问题分析及建议[J]. 电器, 2015(2): 62-65.
Analysis and Suggestions on the Usability of the Display and Control Interface of Three Types of High-end Refrigerators[J]. Electrical Appliances, 2015(2): 62-65.

[2] 林影丽. 冰箱界面人性化设计研究[D]. 天津: 天津大学, 2005.
LIN Ying-li. Research on Humanized Design of Refrigerator Interface[D]. Tianjin University, 2005.

[3] 许鸿飞, 高文君. 交互设计中眼动仪的可用性研究[J]. 科技传播, 2017, 9(22): 145-146.
XU Hong-fei, GAO Wen-jun. Research on Usability of Eye Tracker in Interaction Design[J]. Technology Communication, 2017, 9(22): 145-146.

[4] 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, 605(2): 24-29.
SUN Cheng, YANG Yang. Research on the Visual Saliency of Pathfinder Markers Based on Eye Tracking: A Case Study of Harbin Capital Plaza Shopping Center[J]. Architectural Journal, 2019, 605(2): 24-29.

- [5] 张森, 李京诚, 徐守森, 等. 眼动仪的开发现状及其在运动心理领域的应用[J]. 首都体育学院学报, 2007(2): 43-45.
ZHANG Sen, LI Jing-cheng, XU Shou-sen, et al. Development Status of Eye Tracker and Its Application in Sports Psychology[J]. Journal of Capital Institute of Physical Education, 2007(2): 43-45.
- [6] 黄潇婷, 李玟璇. 眼动实验研究方法[J]. 旅游导刊, 2017, 1(5): 91-95.
HANG Xiao-ting, LI Wen-xuan. Eye Movement Experimental Research Method[J]. Travel Guide, 2017, 1(5): 91-95.
- [7] 贾双, 章依凌. 基于眼动仪试验的针织服装图案部位量态设计[J]. 针织工业, 2018(4): 57-60.
JIA Shuang, ZHANG Yi-ling. Measurement Design of Pattern Parts of Knitted Garment Based on Eye Tracker Test[J]. Knitting Industry, 2018(4): 57-60.
- [8] 金煜. 基于眼动仪分析的女性内衣平面广告效果评价研究[D]. 西安: 西安工程大学, 2018.
JIN Yu. Research on the Effect Evaluation of Women's Underwear Print Advertisement Based on Eye Tracker Analysis[D]. Xi'an: Xi'an Polytechnic University, 2018.
- [9] 刘文杰, 刘文龙. 基于桌面式眼动仪的高校人因工程教学案例设计[J]. 中国多媒体与网络教学学报(上旬刊), 2019(1): 12-14.
LIU Wen-jie, LIU Wen-long. Teaching Case Design of Human Factors Engineering in Colleges and Universities Based on Desktop Eye Tracker[J]. Chinese Journal of Multimedia and Network Teaching (First Issue), 2019(1): 12-14.
- [10] 罗国良, 吕冰, 李天航. 眼动仪的现状及其在技术进化中的应用[J]. 农业装备与车辆工程, 2016, 54(3): 78-80.
LUO Guo-liang, LYU Bing, LI Tian-hang. The Current Status of Eye Tracker and Its Application in Technology Evolution[J]. Agricultural Equipment and Vehicle Engineering, 2016, 54(3): 78-80.
- [11] 邵光达, 罗虹, 赵朝义, 等. 家用电器界面工效学测评技术与应用[C]//2015 年中国家用电器技术大会论文集. 北京: 电器杂志社, 2015.
SHAO Guang-da, LUO Hong, ZHAO Chao-yi, et al. Evaluation Technology and Application of Ergonomics of Household Appliances Interface[C]// Proceedings of China Household Appliance Technology Conference 2015. Beijing: Electrical Magazine, 2015.
- [12] 孙博文, 杨建明, 孙远波, 等. 基于眼动实验的车辆人机界面色彩设计研究[J]. 包装工程, 2019, 40(2): 23-30.
SUN Bo-wen, YANG Jian-ming, SUN Yuan-bo, et al. Research on Color Design of Vehicle Human-Machine Interface Based on Eye Movement Experiments[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(2): 23-30.
- [13] 吴丹, 刘春香. 交互式信息检索研究中的眼动追踪分析[J]. 中国图书馆学报, 2019, 45(2): 109-128.
WU Dan, LIU Chun-xiang. Analysis of Eye Tracking in Interactive Information Retrieval Research[J]. Journal of Library Science in China, 2019, 45(2): 109-128.
- [14] 张迪. 行为型与功能型用户界面比较研究[D]. 无锡: 江南大学, 2016.
ZHANG Di. A Comparative Study of Behavioral and Functional User Interfaces[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2016.
- [15] WANG Hai-bo, XUE Cheng-qi, LIU Qing: the Eye Movement Experiment and the Usability Evaluation of the Fighter Cockpit Digital Interface[C]. New York: ASME Press, 2010.
- [16] Vahedi Abdollah, Dianat Iman. Employees' Perception of Lighting Conditions in Manufacturing Plants: Associations with Illuminance Measurements[J]. Journal of Research in Health Sciences, 2014, 14(1): 10.
- [17] Fiorentin P, Scroccaro A. Illuminance from Luminance Measurement Experimental Results[C]. Wuhan: International Conference on Information Engineering and Computer Science, 2011.
- [18] 马丽莎, 吕健, 潘伟杰, 等. 基于眼动模式的隐式意图识别分类方法研究[J]. 图学学报, 2017, 38(3): 332-340.
Marisa, LYU Jian, PAN Wei-jie, et al. Study on the Classification Method of Implicit Intent Recognition Based on Eye Movement Pattern[J]. Journal of Graphic Sciences, 2017, 38(3): 332-340.
- [19] 王宁, 余隋怀, 周宪, 等. 人机交互界面中形状特征的视觉显著度计算[J]. 图学学报, 2016, 37(4): 514-518.
WANG Ning, YU Sui-huai, ZHOU Xian, etc. The Visual Significance of Shape Features in the Human and Computer Interface is Calculated[J]. Journal of Graphic Sciences, 2016, 37(4): 514-518.