

基于眼动实验的健康检测产品界面评估及优化

石元伍¹, 解永霞^{2*}

(1. 武汉纺织大学, 武汉 430299; 2. 武汉工商学院, 武汉 430065)

摘要: **目的** 为了优化智能健康检测一体机人机界面, 提升自助老人检测界面操作效率。**方法** 以现有的智能健康检测一体机 PRS-X5 界面为原型, 通过问卷访谈与启发式评估对一体机的操作系统进行整体评估, 以用户调研与专家评估结果为导向, 设计出两种不同的界面方案; 利用眼动追踪技术与 SPSS 数据分析, 对两种界面方案进行评估, 并根据试验后用户满意度调查, 对一体机界面进行迭代优化。**结果** 将原界面与优化后界面再次进行眼动实验与 t 检验数据对比分析, 实验结果发现, 自助老人对优化后的界面操作效率和准确性均更高。**结论** 结合眼动实验, 综合运用定性与定量分析法进行优化设计, 有利于提高自助老人对智能健康检测产品界面操作效率, 同时, 此方法可为智能健康检测类产品界面评估与优化提供可借鉴思路。

关键词: 人机界面交互; 健康检测一体机; 自助老人; 眼动实验; 界面优化

中图分类号: TB472 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3563(2024)02-0286-11

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2024.02.030

Evaluation and Optimization of Health Detection Product Interface Based on Eye Movement Experiment

SHI Yuanwu¹, XIE Yongxia^{2*}

(1. Wuhan Textile University, Wuhan 430299, China;

2. Wuhan Technology and Business University, Wuhan 430065, China)

ABSTRACT: The work aims to optimize the man-machine interface of the intelligent health detection all-in-one machine and improve the operation efficiency of the self-service detection interface for the elderly. Based on the existing PRS-X5 interface of the intelligent health detection all-in-one machine, the overall evaluation of the operating system of the all-in-one machine was carried out through questionnaire interviews and heuristic evaluations, and two different interfaces were designed based on the results of user research and expert evaluation. The eye-tracking technology and SPSS data analysis were used to evaluate the two interface schemes, and iteratively optimize the all-in-one interface according to the user satisfaction survey after the test. The original interface and the optimized interface were compared and analyzed again by eye movement experiment and t -test data. The experimental results found that the self-service for the elderly had higher efficiency and accuracy in operating the optimized interface. Therefore, combined with eye movement experiments, qualitative and quantitative analysis methods are used to optimize the design, which is conducive to improving the operation efficiency of self-service for the elderly on the interface of intelligent health detection products. At the same time, this method can provide a reference for the evaluation and optimization of intelligent health detection product interface.

KEY WORDS: human-machine interface interaction; health detection all-in-one machine; self-service for the elderly; eye movement experiment; interface optimization

《“十四五”健康老龄化规划》指出我国正面临着越来越严峻的人口老龄化问题, 健康老龄化已经成为

健康中国非常重要的课题, 老年非传染性慢性病的发展也引发了广泛的关注, 成为威胁老年人健康的重要

因素^[1]。根据最新人口健康数据分析，我国约有 2.5 亿老龄人口，其中有慢性病的患者约占 3/4，在死亡总人数中约有 86%与慢性病有关。诊断指标准确性程度，关乎诊治慢性病的效率，迫切需要可用性高的智能健康检测一体机来帮助检测老年人的生理参数，以便预防疾病。智能健康检测一体机是近几年来应用较多的医疗产品，该产品主要用于检测人的体征迹象，其中用户检测界面是智能化体检不可缺少的一部分。目前已有学者对此类产品进行适老化设计研究，如陆宁^[2]，兰笑然^[3]，宣艾祺^[4]等；大部分集中在人机空间优化及产品造型优化等方面，鲜有人针对健康检测一体机用户界面可用性进行评估与优化。合理的界面评估与优化不但能提升健康检测一体机用户界面的可用性，还可保证人机交互的有效性，以及健康检测产品检测的准确性^[5-6]。从检验者角度用于可用性评估的定量测量法有访谈类、实验研究类之分^[7]；采用启发式评估和眼动实验数据分析相结合的方法，具体评估与优化人机界面，从而实现更为有效、客观的界面可用性评估^[8]。

1 专家评估与眼动追踪技术

1.1 可用性评估

国际上将可用性定义为特定用户基于特定的环境中，主观评价使用特定产品完成任务的效率、有效性及满意度^[9]。对用户界面进行可用性评估，即以可用性数值进行评估，所得出的值能够用于评估交互界面的优化过程。HARTSON^[10]认为对产品界面或其设计原型进行可用性评估，具有较大的实践价值，其价值主要体现在改进原界面及原型迭代等方面。

1.2 专家评估

专家评估采用启发式评估法，尼尔森最早提出该法，其准则如表 1 所示^[11]；该研究表明，3~5 位专家依据特定的评估准则，即可检测出研究对象面临可能出现的潜在问题，其检出率可达到 74%~87%^[12]。从专家的角度检验可用性问题的，可用较短时间有针对性地反馈所涉及的问题，保证反馈的有效性。这是单一用户评估法所无法媲美的。

表 1 启发式评估准则^[11]
Tab.1 Heuristic evaluation criteria^[11]

序号	启发式原则	描述
1	一致性	相似操作的执行方式是否保持一致
2	可视性	系统是否建立了适当的机制，通过适当的反馈和信息提示，告知用户系统当前状态
3	匹配	结合用户对产品的认知、经验、习惯等设计产品
4	简化	设计需要简洁明了，不要包含不相关的或者不需要的内容
5	记忆	避免用户需要过多的记忆，为用户提供可选择的项目或者信息
6	反馈	用户执行操作后，应向用户提供反馈
7	灵活性	系统需要同时适用于经验丰富的和缺乏经验的用户
8	信息	必要的信息提示与说明文档，以及信息是否易于检索，是否易于理解
9	错误	给用户明确的错误信息，方便用户从错误中恢复工作
10	终止	每个任务都有开始和结束，必须清楚地告知用户任务的完成情况

1.3 眼动追踪技术与可用性评估

眼动追踪技术属于一种使用较多的界面评估方法，该技术基于对眼球信息的捕获，能够显示用户在屏幕上注意的空间位置及转移过程^[13]。所以可以通过该技术对界面质量进行评价，从而为界面评估及优化提供准确的依据^[14]。

2 智能健康检测一体机及前期调研

2.1 产品概述及界面构成

健康一体机（PRS-X5）是以工作站系统为核心，提供身高、体重、血压、血糖、心电等 20 余项身体指标的一站式自助检测设备，针对常见的心脑血管疾

病（高血压、高血脂等）、高尿酸、高血糖等重点人群提供早期检测和筛查、形成健康评价报告。同时可依托健康管理云平台，形成电子健康档案，社区可结合这些信息开展老年健康管理服务。

智能健康一体机能够满足慢病、亚健康人群的日常管理需求，帮助他们随时与医生互动交流，得到专业医生的指导；能够满足医院不能覆盖的慢病人群的院外健康管理，从而有效管理自助老人健康问题。

健康一体机（PRS-X5）的用户界面主要由 3 个部分组成：用户登录界面（见图 1a）；各人体成分检测界面主要包括检测项目选择区域、检测项目操作流程演示区域、结果展示区域（见图 1b）；检测结果查询界面（见图 1c）。



图 1 健康一体机 PRS-X5 界面构成
Fig.1 Interface composition of health all-in-one machine PRS-X5

2.2 健康检测一体机 PRS-X5 功能构成及服务系统

PRS-X5 最新版本的健康检测集成系统，从功能构成方面分析，健康检测集成设备主要包含操作显示屏、多项人体成分检测（血糖、尿酸、胆固醇、血脂、血氧和人体脂肪检测等）、刷卡器、超声波红外线超声探头、体重检测（自动计算 BMI 数值）等，其详

细组成部分如图 2 所示。
此设备结合“互联网+物联网+大数据+云管理平台”信息技术应用，通过健康一体机综合检测血压、血糖、血脂、身高、体重、心电等多项日常健康指标，数据实时上传云端管理平台，通过大数据算法实时为老年人提供健康监测、健康管理服务等，其服务系统如图 3 所示。



图 2 健康一体机 PRS-X5 功能构成^[15]
Fig.2 Function composition of health all-in-one machine PRS-X5^[15]



图 3 健康一体机 PRS-X5 服务系统
Fig.3 Service system of health all-in-one machine PRS-X5

2.3 问卷访谈调查

通过问卷访谈能直接了解用户意图，收集各用户使用一体机后的体验，并倾听用户的建议。启发式评估法主要从专家的角度分析系统目前存在的问题，这样更有利于直观分析健康一体机人机交互界面设计上的潜在缺陷与待改进之处。综上所述两种方法，有利于明确问题方向，横向研究健康检测一体机界面布局及操作流程、使用体验等方面的问题，为健康检测产

品界面提供优化设计方向。

访谈问卷调查,即通过设计问题的方式了解情况。本问卷具体围绕如下五个方面展开：一是自助老人了解自身健康情况；二是自助老人使用产品的经验；三是感知使用产品易学性的情况；四是感知产品易用性的情况；五是视觉呈现效果。如表 2 所示，本问卷共设计了 14 个题目。所访谈的对象均使用过健康检测一体机。

表 2 社区自助老人健康体检访谈问题

Tab.2 Health examination interview questions in the community self-service for the elderly

序号	访谈问题	序号	访谈问题
1	请问您多大年纪？	8	您觉得健康检测一体机哪些功能不太好用？（多选）
2	请问您和家人居住在一起吗？	9	您觉得使用健康检测一体机体检的操作流程是否合理？
3	请问您对自己的身体健康程度了解多少？	10	您觉得健康检测一体机控制系统的界面怎么样？
4	请问您多久进行一次体检呢？在哪里进行体检呢？	11	在使用健康检测一体机交互屏幕时有不舒适的地方吗？
5	请问您有在社区进行体检过吗？	12	请问您在体检后会拿检测结果咨询社区医生吗？
6	您使用过社区健康检测一体机吗？	13	您更倾向于体检报告是什么样的形式？
7	您初次学习用健康检测一体机大约用了多长时间？	14	您觉得健康一体机能否以通俗易懂的方式呈现检测结果？

从界面布局方面分析（问题 7、10、11），自助老人对社区健康体检一体机操作界面的可视化程度关注度比较高。55.27%的自助老人觉得界面布局不符合自己的认知习惯，界面布局合理更有利于用户高效检测。

从检测流程方面分析（问题 8、9），健康体检机的界面操作流程贯穿了体检的始终，40.25%的自助老人认为界面操作对新手用户不友好，其操作流程繁琐，难以操作。这部分用户提出界面流程有必要减少节点，让用户尽快掌握仪器操作技巧，提升用户满意度。

从感官视觉方面分析（问题 14），自助老人在使用健康体检一体机及相关应用时，更加喜欢健康系颜色（绿色、灰蓝色、暖橘色等）。在改进检测系统界

面视觉设计方面，应该遵循两大原则：一是适老化产品设计原则；二是医疗器械设计原则。

2.4 专家启发式评估

本次邀请医疗产品人机界面设计相关方向的 5 位专家进行启发式评估。由于健康检测一体机检测项目较多，根据《医疗器械分类目录》，选取 6821-23（动态血压检测）为主要操作项目。第一步，让专家悉知界面操作步骤，使用检测一体机进行相关操作，并完整记录操作过程中发现的各种问题，将发现的问题进行汇总，剔除重复的可用性问题，总结出代表性可用性问题；第二步，专家根据既定的启发式准则（见表 1），对识别的问题和用户交互界面的各元素展开评估，确定问题所违反的启发式（见表 3）；第三步，针对确

表 3 启发式评估统计

Tab.3 Heuristic evaluation statistics

序号	检测步骤	主要问题描述	违反的启发式原则
1	登录界面	a. 只有身份证感应和手动输入身份证号码两种登录方式，无其他登录方式 b. 手动登录界面不符合自助老人认知及使用习惯 c. 在忘记身份证号码的情况下无法进行体检	3,5,7,9
2	开始检测界面	d. 提示操作、操作对象间存在过大的距离 e. 信息输入未见显著的层级关系 f. 缺少开始检测按键，不知数据从何时开始录入 g. 具体操作流程不清晰 h. 界面确认键标识不明显，无明确提示	2,3,4,6,7

续表			
序号	检测步骤	主要问题描述	违反的启发式原则
3	检测中界面	i. 无终止检测按钮	2,5,8,9,10
		j. 未告知终止检测的后果	
		k. 如果出现错误操作，没有相应的错误提醒	
		l. 没有告知用户当前界面的状态	
4	检测结束界面	m. 无检测结束界面	6,10
		n. 检测结束相应的按键应该有颜色区分	
5	检测结果详情界面	o. 查看详细检测报告操作不明确，过程相对比较复杂	1,4,10
		p. 获取体检报告应该和登录方式保持一样，操作流程尽量简洁	
		q. 体检报告专业性过强，尽量简单易懂	
		r. 检测结果无视觉区分	
6	整体界面	s. 布局划分不适合用户认知习惯	1,3,4
		t. 界面背景色与整体风格不相符	
		u. 界面背景颜色不符合老人认知习惯	

认的问题开展严重度打分，关联各主要问题与所违反的启发式准则，针对已确认的问题，向评估者提供独特问题的列表，然后评价严重性等级，在此过程中需要采用 Nielsen 提出的严重度评价方法，依据各问题的描述，结合操作过程中对问题的整体感知、对严重性等级进行评估。5 位专家依据表 4 可用性问题程度评分量表，对总结的可用性问题进行程度评分（评价法规定：严重性等级从 0~4 级，不同等级的含义如表 4 所示），各专家评分及平均分如表 5 所示。

表 4 可用性问题程度评分量	
Tab.4 Usability problem level rating scale	
分值	描述
0	我完全不同意这是一个可用性问题
1	表示是可用性问题很小
2	表示可用性问题是次要的
3	表示是主要的可用性问题
4	该问题属于可用性灾难，有必要给出最高的修复优先级。

表 5 专家评估可用性程度评分及均分																					
Tab.5 Expert evaluation usability score and average score																					
专家	可用性問題																				
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u
专家 1	3	3	3	2	2	3	3	2	2	3	3	3	1	2	3	3	2	2	3	3	3
专家 2	2	3	3	1	2	3	3	3	3	3	3	1	2	2	3	2	1	3	3	2	4
专家 3	3	2	3	2	1	4	4	2	1	2	3	2	2	2	3	3	2	1	4	3	3
专家 4	2	3	3	2	2	3	3	3	2	3	2	1	1	1	2	2	2	2	3	2	3
专家 5	3	2	3	1	1	3	3	2	1	2	3	3	2	2	3	3	1	3	4	3	4
评估均值	2.6	2.6	3	1.6	1.6	3.2	3.2	2.4	1.8	2.6	2.8	2	1.6	1.8	2.8	2.6	1.6	2.2	3.4	2.6	3.4

评估结果：在启发式评估中，共发现 35 个问题，对重复问题进行删除处理后，合并报告，累计剩余可用性问题 21 个，主要包括不太合理的布局，操作流程导向不明确，背景颜色区分不够明显等，大多数集中在人机界面交互过程中出现的设计问题，这些问题将影响用户使用效率，这与前期用户访谈结果基本一致。在此次启发式评估中，启发式“匹配”“简化”“终止”原则分别被违反了 3 次；接下来将针对启发式评估中违反程度较高的相关可用性问题（f、g、s、u）及结合 2.3 章节问卷访谈结果进行界面设计分析。

2.5 自助老人使用界面的设计特点

自助老人的各项身体机能随着其年龄的增大而逐

步弱化，往往会出现对形象的分辨能力降低、注意力不够集中、容易遗忘、理解能力下降等问题^[16]，大量的界面信息及复杂的操作流程会影响自助老人的使用体验。对结构布局而言，需遵循老年人眼部的视觉神经运动基本规律^[17]，组织合理的结构布局能够聚集自助老人的注意力，增强界面操作过程中的舒适度，便于界面信息的阅读与理解^[18]；对于任务效率而言，简单易懂的界面操作流程会增加自助老人在使用过程中的自信心，通过识别操作流程来弥补记忆遗忘的缺陷，有助于提升任务的成功率^[19]；对于认知理解而言，自助老人由于认知能力的退化，其对界面信息（字体、背景色、按键）的理解能力会随之减弱，因此应该结合自助老人的认知特征来实现对界面的设计，并降低

其认知负荷, 改善其使用体验^[20]。

2.6 智能健康检测一体机界面设计分析

通过问卷访谈及专家启发式评估, 系统分析健康一体机人机交互界面在设计上的潜在缺陷与待改进之处, 主要存在于界面布局、操作流程及界面背景色彩等方面, 为自助老人健康检测类产品界面提供优化设计方向。通过调研市场现有的智能健康检测一体机, 总结得出两类比较常见的用户操作界面布局类型(以血压测量界面为例): 分为上下型、左右“T”型, 见图 4(界面布局结构作为变量, 为忽略其他无关变量, 对图片做灰度处理); 根据自助老人界面设计特

点及老年人眼部的视觉神经运动基本规律, 健康检测一体机左右“T”型操作界面布局类型更符合自助老人, 故选择左右“T”型布局类型进行界面方案的设计; 面向自助老人的健康检测类产品交互界面背景色彩设计, 需要综合考虑多方面的因素; 除了自助老人的审美需求和行业需求(医疗器械), 也需要发挥色彩对界面的编码作用, 以提高自助老人界面交互工效。因此, 本文以用户访谈与专家评估结果为导向, 基于自助老人界面背景色彩设计原则及自助老人界面设计特点设计出(区别用户操作界面布局、背景颜色)2款界面方案。

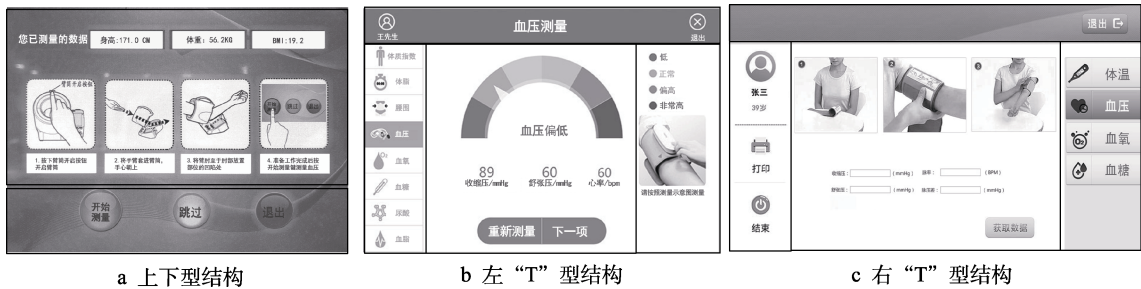


图 4 健康一体机用户操作界面结构布局类型

Fig.4 Structural layout type of user interface of health all-in-one machine

3 眼动实验

3.1 实验目的

用眼动实验及数据对比分析, 来客观验证并评价设计的两款智能健康检测一体机界面。

3.2 实验对象

眼动追踪研究通常和心理物理学或生理学研究很像, 与无定向浏览研究相比, 使用目标定向搜索任务的可用性实验需要更小的实验样本。总体而言, 眼动实验研究所需被试者在 12~63 名浮动。由于本文所选取的眼动受试者要满足以下条件。

1) 身体机能存在一定的老化现象, 与其年轻时期相比各项生理指标有所降低, 但生活行为与常人无异, 能自主开展各类活动满足自己需求, 乐于接受新事物, 有一定学习能力的自助老人。

2) 受试者均有使用智能健康监测一体机体检经验。

为满足以上条件, 最终筛选受试者为 20(男性 10 名, 女性 10 名) 名自助老人。实验设备为 Tobii X2-30 眼动实验仪, 以 30 Hz 的频率进行采样。

3.3 实验材料

选用根据前期访谈问卷调查和专家启发式评估后设计的两款(见图 5)自助老年用户血压测量界面作为实验材料, 自变量包括用户界面的背景颜色、布局; 因变量为眼动指标, 选出符合自助老年用户的优化方案。

1) 设计方案 A(见图 5a~b): 左右框架式, 中间为操作流程图(分为三个具体操作步骤), 左边为操作按键区, 有蓝、绿两种不同背景色。

2) 设计方案 B(见图 5c~d): 左右框架式, 中间为操作流程图(分为三个具体操作步骤), 右边为操作按键区, 有蓝、绿两种不同背景色。

3) 健康一体机 PRS-2000A 原界面 C(见图 6): 左右框架式, 中间为操作图, 背景色为浅蓝色。

3.4 实验任务

按照健康检测一体机的血压检测界面使用流程, 指定实验任务。

- 第一步: 点击测量血压按钮;
- 第二步: 观看测量血压仪器操作流程;
- 第三步: 点击开始测量按钮。

被试者需要按照指定实验任务分别完成界面测试任务; 实验结束, 填写问卷, 下个被试者重复以上流程。

3.5 实验流程

在同一个环境中进行实验, 能保证整个实验过程无外界干扰, 这样更有利于保证实验的有效性, 实验流程见图 7。

3.6 眼动数据指标

本次研究运用统计分析软件 SPSS Statistics 25, 分别统计分析两种改良方案对应的眼动数据。选取以下眼动指标。



图 5 自助老年用户血压检测界面图设计方案 A、B
Fig.5 Self-service blood pressure detection interface design scheme for the elderly users

1) 总注视时间（任务完成总时间）。采用被试者完成任务的总时长；被试者用越短的时间完成任务，则说明交互界面可识别性、可读性越强，反之亦然(总注视时间越短越好)。

2) 首次注视时间（从界面呈现到被试者目光集中到实验任务开始之前的时间）。首次注视时间越短，证明被试者对该操作界面的可读性越强(首次注视时间越短越好)。

3) 注视次数。任务完成时注视的总次数，反映被试者对界面信息的加工难度，如存在过多注视点，则说明界面布局不够合理，元素排列不当，浏览效率较低(注视次数越少越好)。



图 6 健康一体机（PRS-X5）原界面 C
Fig.6 Original interface of health all-in-one machine (PRS-X5)

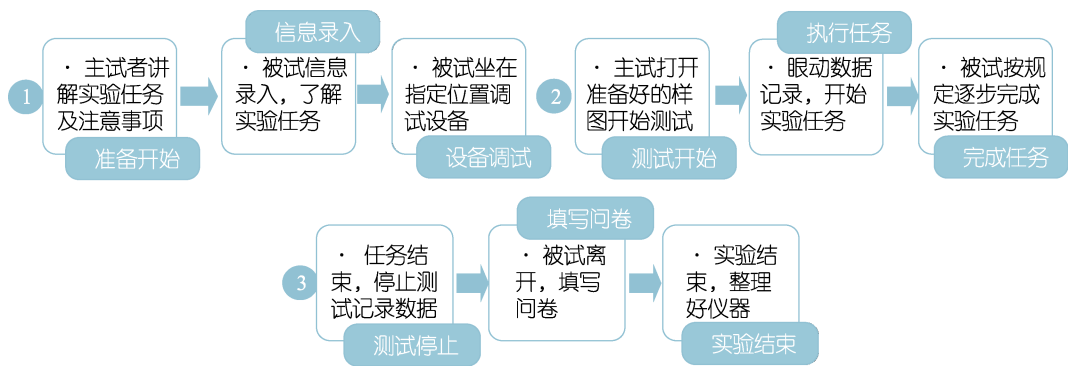


图 7 实验流程
Fig.7 Experiment process

3.7 统计分析流程

在此实验中，分别采用了前期设计的两款自助老年用户界面设计方案 A、B；设计方案 A 中，A1（蓝色背景）和 A2（绿色背景）界面布局相同（左“T”

型），但背景色不同；设计方案 B 中，B1（蓝色背景）和 B2（绿色背景）界面布局相同（右“T”型），但背景色不同；选取合适的眼动指标（3 个），分别是总注视时间、注视次数、首次注视时间；在每个眼动指标中，均采用配对样本 t 检验对每次对比进行统计

分析，具体如下：对相同布局下，不同背景色的界面采用配对样本 t 检验进行统计（A1-A2, B1-B2），在相同的背景色下，不同布局的界面采用配对样本 t 检验进行统计（A1-B1, A2-B2）；之后将更优结果与原始界面 C 进行配对样本 t 检验统计，四种方案之间与原始界面 C 在三个眼动指标的综合对比结果，筛选出最优界面搭配。

3.8 具体数据分析

3.8.1 总注视时间指标数据分析

在总注视时间指标上，对相同布局不同背景色进行配对样本 t 检验，见表 6；结果显示，方案 A 中绿色背景 A2 的总注视时间显著短于蓝色背景 A1， $t=2.259$, Sig.<0.05，方案 B 中绿色背景 B2 的总注视时间显著短于蓝色背景 B1， $t=2.456$, Sig.<0.05。得出相同布局下，绿色背景界面更优。（任务完成总时间）

表 6 相同布局不同背景色的数据对比
Tab.6 Data comparison of different background colors in the same layout

相同布局不同背景色	平均值	t	Sig.(双尾)
A1-A2	3.673	2.259	0.036
B1-B2	5.529 5	2.456	0.024

对相同背景色不同布局进行配对样本 t 检验，见表 7，结果显示：在蓝色背景色下，布局 A1 的总注视时间显著少于布局 B1，Sig.<0.005，在绿色背景下，布局 A2 总注视时间显著少于布局 B2。得出相同背景色下，A 方案布局界面更优。

表 7 相同背景色不同布局的数据对比
Tab.7 Data comparison of different layouts with the same background color

相同背景色不同布局	平均值	t	Sig.(双尾)
A1-B1	-7.209	-4.663	0.000
A2-B2	-5.3525	-3.910	0.001

将前文得到的更优背景色（绿色）中的布局 A2 和 B2 与原始界面 C 进行配对样本 t 检验，见表 8；结果显示，A2 界面的总注视时间显著短于原始界面，Sig.<0.005，B2 界面的总注视时间显著短于原始界面，Sig.<0.05。分析实验数据得出：以总注视时间指标为准，设计方案 A2 为最优界面且优于原界面。

表 8 较优背景色下不同布局界面与原始界面的数据对比
Tab.8 Data comparison between different layout interfaces and the original interface under better background color

与原始界面对比	平均值	t	Sig.(双尾)
A2-C	-9.949	-6.157	0.000
B2-C	-4.5965	-2.883	0.010

3.8.2 首次注视时间指标数据分析

在首次注视时间指标上，对相同布局不同背景色进行配对样本 t 检验，见表 9；结果显示，方案 A 中绿色背景 A2 的首次注视时间显著短于蓝色背景 A1， $t=4.217$, Sig.<0.005，方案 B 中绿色背景 B2 的首次注视时间显著短于蓝色背景 B1， $t=3.44$, Sig.<0.05。得出相同布局下，绿色背景界面更优。

表 9 相同布局不同背景色的数据对比
Tab.9 Data comparison of different background colors in the same layout

相同布局不同背景色	平均值	t	Sig.(双尾)
A1-A2	0.197 5	4.217	0.000
B1-B2	0.163	3.44	0.003

对相同背景色不同布局进行配对样本 t 检验，见表 10；结果显示，蓝色背景色下，A1 的首次注视时间与 B1 的首次注视时间无显著差异（Sig.>0.05），绿色背景下，A2 的首次注视时间显著短于布局 B2， $t=3.26$, Sig.<0.05。得出相同背景色下，A2 方案布局更优。

表 10 相同背景色不同布局的数据对比
Tab.10 Data comparison of different layouts with the same background color

相同背景色不同布局	平均值	t	Sig.(双尾)
A1-B1	-0.084	-1.521	0.145
A2-B2	-0.118 5	-3.26	0.004

将前文得到的更优布局 A2 与原始界面 C 进行配对样本 t 检验，见表 11；结果显示，A2 界面的首次注视时间与原始界面差异不显著（Sig.>0.05）。分析实验数据得出：以首次注视时间为准，A2 布局界面为最优界面。

表 11 较优布局界面与原始界面的数据对比
Tab.11 Data comparison between different layout interfaces and the original interface under better background color

与原始界面对比	平均值	t	Sig.(双尾)
A2-C	-0.0805	-1.43	0.169

3.8.3 注视次数指标数据分析

在注视次数指标上，对相同布局不同背景色进行配对样本 t 检验；见表 12；结果显示，方案 A 中的

表 12 相同布局不同背景色的数据对比
Tab.12 Data comparison of different background colors in the same layout

相同布局不同背景色	平均值	t	Sig.(双尾)
A1-A2	1.75	1.15	0.264
B1-B2	2.1	1.534	0.141

蓝色背景 A1 的注视次数与绿色背景 A2 差异不显著 (Sig.>0.05), 方案 B 中的蓝色背景色的注视次数与绿色背景色差异不显著 (Sig.>0.05)。

对相同背景色不同布局进行配对样本 *t* 检验, 见表 13; 结果显示, 在蓝色背景色下, A1 的注视次数显著少于 B1, Sig. <0.05, 在绿色背景下, A2 的注视次数显著少于 B2. 得出相同背景色下, 方案 A 布局更优。

表 13 相同背景色不同布局的数据对比
Tab.13 Data comparison of different layouts with the same background color

相同背景色不同布局	平均值	<i>t</i>	Sig.(双尾)
A1-B1	-3.1	-2.956	0.008
A2-B2	-2.75	-1.968	0.003

将前文得到的更优布局 A1 和 A2 与原始界面 C 进行配对样本 *t* 检验, 见表 14; 结果显示, A2 界面的注视次数显著少于原始界面, *t*=2.991, Sig.<0.05, B2 界面的注视次数与原始界面无显著差异 (Sig.>0.05)。分析实验数据得出: 以注视次数为准, A2 界面为最优界面。

表 14 较优布局界面与原始界面的数据对比
Tab.14 Data comparison between different layout interfaces and the original interface under better background color

与原始界面对比	平均值	<i>t</i>	Sig.(双尾)
A2-C	-4.7	-2.991	0.008
B2-C	-1.95	-1.308	0.207

3.8.4 眼动实验数值统计与结论

从三个眼动指标的数据统计结果 (见表 15) 可以看出, A2 界面在总注视时间指标上平均值最小, 并且不论是从布局还是颜色进行对比均优于其他界面方案和原始界面, 在首次注视时间指标上平均值最小, 且在布局对比和绿色背景的对比中, 优于其他界面方案, 在注视次数指标上平均值最小, 因此可筛选出 A2 界面在四种方案里面为最优界面。

表 15 眼动实验数据统计
Tab.15 Eye movement experiment statistics

眼动指标	布局类型	A1	A2	B1	B2	C
总注视时间/s	均值	32.46	28.79	39.67	34.14	38.74
	标准偏差	5.91	3.94	5.75	7.16	6.5
首次注视时间/s	均值	1.07	0.87	1.15	0.99	0.95
	标准偏差	0.19	0.12	0.15	0.15	0.24
注视次数	均值	40.2	38.45	43.3	41.2	43.15
	标准偏差	2.55	5.78	5.25	3.56	4.84

3.8.5 热区图分析

用热区图来反映自助老人在该区域关注的持续时间, 若时间越长, 则表明该用户更加关注该区域的特征元素。其中红色区域代表用户关注时间最长, 绿色区域代表关注时间最短; 黄色区域则表示关注较少。原界面热区图与 A2 热区图, 见图 8 所示; 在原界面热区图中, 红色区域主要集中在操作流程观看区域, 表明自助老年用户在此区域用时过长; A2 界面热区图显示操作流程观看区红色区域明显减少, 表明自助老年用户在此界面流程观看区域用时较短。



图 8 原界面热区图 (左) A2 热区图 (右)
Fig.8 Original interface heat map (left) and A2 heat map (right)

由原界面和方案 A2 热区图对比分析可知, 原界面视觉热点, 大多数处于操作流程观看区域及任务目标区域; 设计方案 A2 流程区域视觉热点较原方案明显减少, 受试者在 A2 查验及结束按键区域注视时间延长, 在此步骤界面热点分布较广, 后续将对其进行优化迭代。

3.8.6 被试者访谈及结果

被试者进行眼动实验后, 结合用户访谈定性分析, 获得用户在各方面关于改进检测界面所提出的改进意见。访谈结果与 A2 热区图显示结果一致 (认为 A2 查验及结束按键区域不符合老人认知状态, 应突出按键区域及放大加粗字体)。

4 设计优化

4.1 面向自助老年用户的健康检测类产品界面设计优化思路

基于自助老人视觉认知特征，在自助老年用户界面设计时，应以减轻视觉负荷为准则；界面设计应采用功能设置简单、操作流程简便、占用时间短的信息架构方式，从而提高界面易用性与实用性。页面布局在遵循自助老人视觉规律的同时，也要遵循稳定原则，选择简单、整齐的页面布局风格。按钮要明显，避免出现不可读、难读的元素。界面视觉设计（布局、色彩搭配）的合理呈现，能够保证信息传达的舒适性。

在本次健康检测一体机的优化界面中，采用左“T”型界面布局（眼动实验最优布局结构），将检测项目选择功能放在左栏并突出按钮；具体操作流程示范讲解区域放在视觉重点区，并突出相应操作按钮，将原界面操作流程示范改为三个具体示范步骤；简洁易懂的操作流程，减少自助老年用户的记忆负担。按钮采用斜面 and 浮雕方式，并选择较高对比度的配色方案，这样可以将色彩与质感在按钮上的凝聚力和表现力最大化，从而减轻自助老年用户视觉认知负荷。

4.2 健康一体机血压检测界面优化设计

在研究过程中，针对不同界面方案的眼动数据进行了对比分析，发现在注视次数、总注视时间、首次注视时间三项指标上，左“T”型布局、绿色背景方

案表现出显著优势。因此，最终优化方案以 A2 为基础进行智能健康检测一体机界面优化迭代设计。结合 A2 热点图及用户访谈获得的关于改进检测界面所提出的改进意见，各操作按钮部分采用斜面 and 浮雕方式，并选择较高对比度的配色方案，优化后界面 D 与热点分布图 D1，见图 9；从热点分布图 D1 中看出，用户在各操作按钮区域关注的持续时间较 A2 方案有所减少；通过描述统计分析与 *t* 检验对比分析被试者使用经二次改良后方案的相关情况，包括首次注视时间、完成任务的总时间，注视次数等，分析上述各指标是否有显著性差异，数据结果见表 16（由于 A2 方案跟原界面在前文已做眼动对比分析，D 方案又是在 A2 界面基础上进行的改良设计，所以选择 A2 跟 D 方案作对比分析）。

在对 A2 界面进行改良后，将 A2 界面与改良后的界面 D 的三个眼动指标进行统计，配对样本 *t* 检验表明，在总注视时间上，改良后的界面 D 的总注视时间显著短于改良前的 A2 界面， $t=2.629$, $\text{Sig}.<0.05$ ；在注视次数上，改良后的界面 D 的注视次数显著少于改良前的 A2 界面 $t=2.555$, $\text{Sig}.<0.05$ 。

在界面改良前后的三个眼动指标的统计对比中，可以看出，虽然改良后的界面 D 与改良前的界面 A2 在首次注视时间上没有显著差异，但是在总注视时间和注视次数上，改良后的界面 D 均优于改良前的界面 A2。因此，可认为改良后的界面是更加合理的，可以更好的缩短用户对界面的整体加工时间，提高界面的认知速度。



图 9 最终优化方案 D（左）与热点分布图 D1（右）
Fig.9 Final optimization plan D (left) and hotspot distribution map D1 (right)

表 16 优化迭代前后的数据对比
Tab.16 Data comparison before and after optimization iteration

参数	总注视时间/s		首次注视时间/s		注视次数	
	改良前	改良后	改良前	改良后	改良前	改良后
均值	28.787	25.585	0.869	0.916	38.45	35.05
标准差	3.9425	4.1143	0.1203	0.2658	5.78	4.75
标准误差均值	0.8816	0.92	0.0269	0.0594	1.29	1.06
<i>t</i>		2.629		-0.77		2.555
Sig.(双尾)		0.017		0.451		0.019

5 结语

通过用户访谈及专家启发式评估,明确智能健康检测一体机在界面操作流程、界面布局等方面的大量可用性问题,对其操作流程进行优化,减少节点数,调整界面布局及背景颜色,提高核心操作内容的吸引力,为此确定两类界面设计方案;运用眼动追踪实验对智能健康检测一体机界面方案进行可用性评估,左“T”型布局优于右“T”型布局,绿色背景优于蓝色背景且优于原界面;借助 SUS 系统可用性量表,再次明确自助老人对健康检测一体机的界面使用满意度及相关建议,对优选设计方案 A2 进行迭代优化得到界面 D。

对界面迭代前后的三个眼动指标数据进行对比分析,改良后的界面 D 各指标优于改良前的界面 A2,因此可认为优化后的健康检测界面系统易用性、可用性更强。该方案提出了健康检测类产品界面布局符合行业要求及用户使用规范且统一、操作流程简洁明了的设计原则,优化了设计师依靠主观经验设计界面的不足。证明了采用专家评估和眼动实验对比分析,定性与定量分析相结合的方法,对智能健康检测相关产品的界面进行评估及优化迭代具有可行性。同时,此研究方法对其他相关健康检测系统可用性研究具有借鉴(参考)意义。

参考文献:

- [1] 揭春雁,王育卷,梁健仪. 强化老年人健康防线[N]. 人民政协报, 2022-08-22(6).
- [2] JIE C Y, WANG Y J, LIANG J Y. Strengthening the Health Defense of the Elderly[N]. People's Political Consultative Conference News, 2022-08-22(006).
- [3] 陆宁,朱读鑫,李芳宇. 老年智能健康检测一体机的人机工程设计与仿真分析[J]. 机械设计, 2020, 37(10): 128-133.
- [4] LU N, ZHU D X, LI F Y. Ergonomic Design and Simulation Analysis of Integrated Intelligent Health Testing Machine for the Elderly[J]. Journal of Machine Design, 2020, 37(10): 128-133.
- [5] 兰笑然. 基于人机交互的智能生命检测仪适老性设计研究[D]. 秦皇岛: 燕山大学, 2021.
- [6] LAN X R. Intelligent Life Detector Based on Human Computer Interaction Research on the Design for the Aged[D]. Qinhuangdao: Yanshan University, 2021.
- [7] 宣艾祺. 健康一体机适老化设计研究[D]. 天津: 天津工业大学, 2020.
- [8] XUAN A Q. Study on Aging Design of Health Integrated Machine[D]. Tianjin: Tianjin Polytechnic University, 2020.
- [9] 谢伟,辛向阳,丁静雯. 基于眼动测试的产品人机界面交互设计研究[J]. 机械设计, 2015, 32(12): 110-115.
- [10] XIE W, XIN X Y, DING J W. Interaction Design of Product HMI Based on Eye Tracking Testing[J]. Journal of Machine Design, 2015, 32(12): 110-115.
- [11] 吴慧果,张鑫莱,王璐,等. 杭州智慧医疗系统自助机终端界面可用性评估[J]. 人类工效学, 2018, 24(5): 62-67.
- [12] WU H G, ZHANG X L, WANG L, et al. Usability Evaluation of Terminal Interface of Self-Service Machine in Hangzhou Smart Medical System[J]. Chinese Journal of Ergonomics, 2018, 24(5): 62-67.
- [13] 曹恒魁. 基于眼动追踪和传统评估法的血液透析机系统可用性研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2020.
- [14] CAO H K. Research on Usability of Hemodialysis System Based on Eye Tracking and Traditional Evaluation Method[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2020.
- [15] 董世裕,王军锋,杨舒雨,等. 基于眼动实验的核酸检测仪人机界面优化研究[J]. 机械设计与研究, 2021, 37(6): 190-195, 203.
- [16] DONG S Y, WANG J F, YANG S Y, et al. Optimization of Nucleic Acid Detector Interface Based on Eye Movement Experiment[J]. Machine Design & Research, 2021, 37(6): 190-195, 203.
- [17] International Organization for Standardization. ISO9241-111: Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals VI Dts: Part L1: Guidance on Usability [EB/OL]. (2021-06-01)[2023-04-01]. <https://www.iso.org/standard/16883.html>.
- [18] REX HARTSON H. Human-Computer Interaction: Interdisciplinary Roots and Trends[J]. Journal of Systems and Software, 1998, 43(2): 103-118.
- [19] 江明尹,王骁踊,付艳,等. 基于专家评估和用户测试的国产放疗设备的可用性研究[J]. 工业工程, 2019, 22(4): 64-70.
- [20] JIANG M Y, WANG X Y, FU Y, et al. A Usability Study of Two Radiotherapy Devices Based on Expert Evaluation and User Testing[J]. Industrial Engineering Journal, 2019, 22(4): 64-70.
- [21] NIELSEN J. Finding Usability Problems through Heuristic Evaluation[C]// Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. Monterey: ACM, 1992: 373-380.
- [22] 李宏汀,葛列众,郑燕. 网页可用性评价的视线追踪技术研究[J]. 人类工效学, 2007, 13(4): 12-14.
- [23] LI H T, GE L Z, ZHENG Y. An Eye-Track Technic Study of Webpage Usability Test[J]. Chinese Journal of Ergonomics, 2007, 13(4): 12-14.
- [24] 王刚,王子凡. 基于眼动追踪的智能电视界面可用性评估研究[J]. 包装工程, 2022, 43(18): 65-71.
- [25] WANG G, WANG Z F. Usability Evaluation of Smart TV Interface Based on Eye Tracking[J]. Packaging Engineering, 2022, 43(18): 65-71.
- [26] 普瑞森. 健康一体 PRS-X5(2019-03-10) [2023-06-12]. <http://www.jnprs.com/X5.html>.
- [27] Presen. Health integrated PRS-X5(2019-03-10)[2023-06-12]. <http://www.jnprs.com/X5.html>.

(下转第 317 页)

- 2005:110-111.
- [15] 故宫博物院. 故宫博物院藏明清家具全集[M]. 北京: 故宫出版社, 2015: 262-267.
- The Palace Museum. Complete Collection of Ming and Qing Dynasty Furniture in the Palace Museum Collection[M]. Beijing: Palace Museum Press, 2015: 262-267.
- [16] 容希白. 商周彝器通考(上)[M]. 台北: 台湾大通书局, 1973: 514.
- RONG X B. A Comprehensive Examination of Yi Wares in the Shang and Zhou Dynasties (Part 1) [M]. Taipei: Taiwan Datong Book Company, 1973: 514.
- [17] 台北故宫博物院. 楠木带屉百什件活腿桌[EB/OL]. (2020-05-01)[2023-06-01]. <https://theme.npm.edu.tw/opendata/DigitImageSets.aspx?sNo=04027471>.
- Taipei Palace Museum. Nanmu with Drawers and 100 Pieces of Movable Leg Table[EB/OL]. (2020-05-01) [2023-06-01]. <https://theme.npm.edu.tw/opendata/DigitImageSets.aspx?sNo=04027471>.
- [18] 嵇若昕. 上下五千年, 东西十万里——清宫中的百什件[J]. 故宫文物月刊, 2007(9): 5-9.
- JI R X. Five Thousand Years Up and Down, Ten Thousand Miles East and West - A Hundred Pieces of the Qing Palace Museum [J]. The Palace Museum Cultural Relics Monthly, 2007 (9): 5-9.
- [19] 吕章申. 大美术艺—中国明清家具珍品[M]. 北京: 北京时代华文书局, 2014: 100.
- LYU Z S. Da Mei Wood Crafts - China's Ming and Qing Dynasty Furniture Treasures [M]. Beijing: Beijing Times Chinese Book Company, 2014: 100.
- [20] ROBERT D. Jacobsen. Classical Chinese Furniture in the Minneapolis Institute of Arts[M]. Chicago: Art Media Resources Ltd., 1999: 132-133.

(上接第296页)

- [16] HUANG H, YANG M G, LV T F. Ergonomic Analysis of Washing Machines for Elderly People: A Focus Group-Based Study[J]. International Journal of Industrial Ergonomics, 2018, 68: 211-221.
- [17] 王悦. 基于老年认知特性的界面交互设计研究——以移动智能终端的适老化设计为例[D]. 南京: 南京理工大学, 2018.
- WANG Y. Research on Interactive Interface Design Based on Cognitive Characteristics of the Elderly — Taking the Aging-Adaptive Design of Mobile Intelligent Terminal as an Example[D]. Nanjing: Nanjing University of Science and Technology, 2018.
- [18] SACHAN M, DUBEY A, HOVY E H, et al. Discourse in Multimedia: A Case Study in Extracting Geometry Knowledge from Textbooks[J]. Computational Linguistics, 2020, 45(4): 627-665.
- [19] SHARP H, PREECE J, ROGERS Y. Interaction Design; Beyond Human-computer Interaction[M]. New York: John Wiley&Sons, Inc. 2019.
- [20] 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 X J, YU J, QIN L Z, et al. Cognitive Aging of the Elderly Population and Interaction Interface Design of Elderly Products[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(10): 7-12.