

车载人机交互界面的适老化设计研究

李君华, 沈柯宇, 徐源, 周应斌

(武汉工程大学, 武汉 430205)

摘要: **目的** 研究车载界面的适老化设计方案, 提升老年用户车载人机交互界面的使用体验与安全性。**方法** 通过对老年用户群体的研究, 总结出影响老年人使用车载界面的主要因素与使用障碍; 通过用户访谈、问卷通过访谈调研获取老年用户对车载界面的设计需求, 然后利用 Kano 模型对需求进行分类, 并对设计需求的用户满意度进行计算, 从而获得关键设计需求; 根据计算结果, 从视觉设计、交互设计两个方面提出车载人机交互界面的适老化设计方案, 并采用 HMI 动态评价法对实践成果进行可用性测试。**结论** 对设计方案的可用性测试结果表明, 通过研究老年人身体机能退化与社会认知障碍而进行的车载界面适老化设计, 可以有效提升老年用户驾驶时使用车载界面的安全性与使用体验。

关键词: 车载界面; 适老化; 关键设计需求; 可用性测试

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)14-0145-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.14.015

Elderly-oriented Design of On-board Human-computer Interface

LI Jun-hua, SHEN Ke-yu, XU Yuan, ZHOU Ying-bin

(Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430205, China)

ABSTRACT: The work aims to study the elderly-oriented design scheme of on-board interface to improve the experience and safety of elderly users in using on-board human-computer interface. The main factors and obstacles affecting the use of on-board interface by the elderly were summarized through the research on the elderly groups. Through user interviews and preliminary research, the design requirements of elderly users for on-board interface were obtained and classified by Kano model. The user satisfaction of the design requirements was calculated, so as to obtain the key design requirements. According to the relevant results, from the two aspects of visual design and interactive design, the elderly-oriented design scheme of on-board human-computer interactive interface was proposed, and HMI dynamic evaluation method was used to test the usability of practical results. The usability test results of the design scheme show that the elderly-oriented design of the on-board interface by studying the physical deterioration and social cognitive impairment of the elderly can effectively improve the safety and experience of the elderly in using the on-board interface.

KEY WORDS: on-board interface; elderly-oriented; key design requirements; usability test

根据公安部 2021 年 6 月公布的数据显示, 中国机动车驾驶人总量达 4.31 亿, 其中 60 岁以上的驾驶人 1 657 万, 同比增加 233 万人。由此可见, 未来几年, 我国 60 岁以上老年人驾驶出行的数量会越来越高。然而, 与日益增长的需求相比, 车载人机交互界面设计却没有针对老年人进行相应适配。而且, 车载人机交互界面还随着技术与功能的进步变得更加复

杂, 进一步提高了老年驾驶者使用车载人机交互界面的难度, 增加了驾驶时停留在车载人机交互界面上的时间, 存在一定的事故风险。因此, 需要通过合理的适老化方法来提升老年驾驶人的使用车载人机交互界面的易用性, 从而提升用户满意度与降低事故发生率。

在信息技术领域, 适老化设计的主要方法是通过

收稿日期: 2023-02-17

作者简介: 李君华 (1976—), 女, 硕士, 教授, 主要研究方向为工业设计。

通信作者: 周应斌 (1979—), 男, 硕士, 讲师, 主要研究方向为数字媒体设计。

的因素特点进行综合考虑,为老年用户群体满足其所需的功能需求与应用服务。适老化的最终目的是希望通过各类技术手段来让老年用户群体可以平等、高效、安全地使用智能技术产品,为他们提供方便。

基于此,本文将研究老年用户群体使用时的障碍并结合用户访谈与问卷调查,综合考虑老年人对车载人机交互界面的需求,并使用 Kano 模型确认车载人机交互界面适老化设计需求的优先级,从而抓住用户的主要需求,提出相应的车载人机交互界面适老化设计方案^[1],包括传统的横置触屏及目前较为流行的竖置触屏等两套方案。

1 老年用户群体研究

1.1 身体机能退化

1.1.1 感觉器官

大约从 40 岁开始,人的晶状体会开始硬化,角膜、瞳孔括约肌、视网膜等生理条件也随着下降,导致一系列的眼部问题,例如:1)晶状体黄斑变性,眼球会吸收更多的蓝色光,致使老年人的颜色识别功能水平会比年轻人平均衰退 33%,会更难分辨车载界面中的蓝色与黄色。2)老年人适应环境明、暗环境变化的能力降低,在强光或暗光环境下使用车载人机交互界面时需要更长的适应期,适应速度也明显更变慢。3)老年人由于视觉注意的分配功能衰弱,导致视觉信息搜索能力下降,很难关注到车载人机交互界面中的细节信息。4)老年人的视觉细胞减少及视觉功能衰弱,导致老年人的视线范围收窄与观察距离变短,使得老年人在操作车载人机交互界面时,更难观察整个屏幕的信息。

1.1.2 肢体退化

人类的肌肉会随着年龄增长而萎缩,导致老年人出现不同程度的力量与协调性下降,身体的活动幅度也受到局限,使用大屏的车载人机交互界面时,会比年轻人更难触碰到边缘部分的功能。

1.2 脑部老化

外部的生理变化会直接影响我们的生活状态,而那些不容易直观感知的生理变化,比如脑部老化引起的认知功能变化,也在无形的影响老年人使用车载人机交互界面。人类的脑部状态与认知功能密切,我们的认知水平会随着脑部功能的弱化而大幅下降,其中对老年人使用车载人机交互界面影响最大的是注意力和记忆力。

1.2.1 注意力下降

在使用车载人机交互界面时,老年人往往可以在一段较长时间的时间内,集中注意力去完成单项任务。而老年人出现操作障碍的主要情况通常是需要灵活控

制注意力的多任务,当需要操作两个及以下的功能或多个信息同时出现时,老年人的注意力很难在这之间进行快速分配,即使出现优先级更高的任务时,老年人也很难进行合理的资源分配。这就说明,老年人进行多任务存在障碍的主要原因并非因为选择性注意力缺失,而是由于老年人的脑部功能退化,导致信息处理速度下降,即老年人会更难进行需要不断分配或转换注意力的多任务操作,而车载人机交互界面往往功能复杂、信息量庞大,使得老年人在驾驶时更容易被分散注意力。

1.2.2 记忆力下降

老年人在操作车载人机交互界面时,通常要面对任务决策、任务解决、任务目标规划等许多复杂的任务,这些任务都需要接收与理解大量来自车载人机交互界面的信息。但老年人由于脑部功能退化,造成注意力和信息理解与处理功能减弱,使老年人在进行车载人机交互界面交互时,会在界面信息的重组或整合等任务出现障碍,即界面信息理解障碍。

1.3 社会认知障碍

社会认知是指人类从在社会中习得的社会性技能,通过适应社会环境来满足自身的需要。例如,年轻人需要某样物品时,下意识地会使用淘宝、京东等应用购买物品,这是成长于互联网时代的人形成的使用习惯,但老年用户则很难建立这种对购物与使用手机的认知联系。同样,目前智能车机系统的使用习惯也会给老年用户造成认知上的困惑,无法有效建立界面与操作、功能之间的联系。社会认知障碍是人在社会化进程的后期,由于已经适应并且固化了自身对社会的认知,而这种社会认知层面的落后,使得老年人无法很快理解已经成为社会共识的新模式。这种社会认知障碍不同于随着时间必然产生并且无法逆转的生理或记忆、注意力问题,新的社会认知是可以通过社会化训练习得的^[2]。

综上所述,通过对老年用户群体的车载人机交互界面使用障碍研究分析可见,随着年龄的增长,老年人的生理与心理相比年轻人有巨大的改变,其中影响老年人使用车机时的安全与体验的障碍主要包括:由于感觉器官退化影响了老年人在驾驶时的各类信息获取;身体四肢弱化,导致行动障碍与迟缓,操作车载人机交互界面存在障碍;同时由于脑部老化,造成记忆力、注意力下降,导致对车载界面存在操作与理解上的障碍;各类新的信息技术与信息产品的不断出现,冲击着老年人的认知,致使老年人很难在这种认知快速迭代的环境中迅速掌握新的产品规范,老年用户也因此对车载人机交互界面存在理解障碍;最终由于以上问题的综合影响,引发了老年人心理上的挫败感,不仅使得老年人拒绝或惧怕使用智能车机系统,

同时还容易造成使用时分心而带来的车祸风险。下面将以此为调研依据,对老年用户使用车载交互过程中的需求展开研究^[3]。

2 老年用户群体需求分析

2.1 适老化用户群体需求提取

为获得适老化车载人机交互界面的设计需求，

对武汉、成都，共计 20 名 60 岁及以上并拥有 3 年驾龄的用户进行了深入访谈，通过访谈来深层次挖掘用户需求,了解用户在使用车载人机交互界面时的使用需求与体验，结合前文对老年用户群体的研究与分析，对用户需求进行整合与分类，最终设置了感官体验与交互体验 2 个需求类型、5 个体验类型和 18 个设计需求及其说明,并按照类型进行序号排列，见表 1。

表 1 车载界面适老化设计需求
Tab.1 Elderly-oriented design requirements of on-board interface

需求类型	体验类型	设计需求	需求说明	序号
感官体验	视觉感受	无衬线字体	无衬线字体结构清晰，降低老年人使用时的眼睛疲劳感	A1
		加大字号	最小字号使用 16 px	A2
		提高字重	加粗文本使文字轮廓更加清晰	A3
		中性色彩	采用中性色，避免对老年人眼睛的造成过度刺激	A4
		加强色彩对比	重要信息使用对比强烈的互补色	A5
		避免使用蓝色	老年人眼球会选择性吸收蓝光，避免使用蓝色	A6
		拟物化图标	拟物化的图标设计更加符合老年人的认知	A7
		昼、夜模式	提供昼、夜两种不同模式的操作界面	A8
交互体验	手势交互	尽量使用单击	单击操作方式对老年人更加易用	B1
		加长交互时间	延长老年人可操作页面的时间	B2
		增大操作区域	放大触摸目标使目标足够清晰	B3
		降低操作难度	减少操作最短距离及精准度要求高度手势操作	B4
	交互反馈	有效反馈提示	延长提示性信息的存在时间	C1
		明确行为指引	对操作加上文字说明	C2
		内容可理解	对专业进行符合老年人认知的口语化改编	C3
		缩短操作链路	减少非必要操作与场景的干扰	C4
	交互界面	界面清晰简洁	信息架构和导航要简洁清晰	D1
	语音交互接口		通过界面接口与车机进行语音交互	E1

2.2 问卷调查研究与验证

本次车载人机交互界面的适老化设计研究共发放问卷 110 份，回收有效问卷 103 份。参与调研的用户男性 89 名，女性 21 名，研究用户均为 60 岁及以上并拥有 3 年及以上驾龄，符合研究中的目标群体，为了保证问卷调研的有效性，通过 SPSS25.0 数据统计软件对问卷信度进行分析，其中积极问题的 Cronbach's alpha 值为 0.919，消极问题的 Cronbach's alpha 值为 0.905，均大于 0.85，证明结果内部一致性良好，数据具备相当的可信度。

2.3 适老化用户群体需求的重要性确认

将问卷调查结果进行统计并结合 Kano 模型，并对设计需求进行归类分析，得出基于 Kano 模型的适老化车载人机交互界面需求属性分类，见表 2。

通过对表 2 中对车载人机交互界面的适老化设

计需求进行属性分类，计算出各个设计需求的用户满意度系数。利用 USI (User Satisfaction Index, 用户满意度系数) 中用的 SII 系数 (Satisfaction In-crement Index, 满意度增加系数) 和 DDI 系数 (Dissatisfaction Decrement Index, 不满意度降低系数)，来计算车载人机交互界面的适老化设计对用户满意度的影响^[4]，计算公式为：

$$S=(A+O)/(A+O+M+I)$$
 (1)

$$D=|M+O|/(A+O+M+I) \times -1$$
 (2)

其中，A5、A6 为 I 无差异需求，此类需求不会对用户满意度产生影响，因此不做满意度计算，对其余适老化用户群体的车载人机交互界面需求属性进行计算，结果见表 3。

为确认设计需求重要度，根据表 3 的计算结果，以 16 种需求的 SII 平均值为纵轴临界线,数值 0.573;以 16 种需求的 DDI 平均值为横轴临界线,数值 0.608，见图 1。

表 2 车载界面适老化设计需求 Kano 属性分类 Tab.2 Kano attribute classification for elderly-oriented design requirements of on-board interface						
序号	魅力需求 A	期望需求 O	必备需求 M	无差异需求 I	反向需求 R	Kano 属性
A1	21	49	18	11	4	O
A2	20	22	52	9	0	M
A3	17	20	57	7	2	M
A4	20	22	54	5	2	M
A5	14	9	27	52	1	I
A6	7	18	26	57	2	I
A7	55	18	14	16	0	A
A8	15	32	45	11	0	A
B1	27	45	18	13	0	O
B2	21	13	47	33	0	M
B3	19	19	54	10	1	M
B4	12	52	19	20	0	O
C1	16	55	17	15	0	O
C2	14	48	19	22	0	O
C3	55	17	20	11	0	A
C4	23	53	15	13	0	O
D1	51	19	21	12	0	A
E1	49	22	20	12	0	A

表 3 车载界面适老化设计需求满意度系数计算结果 Tab.3 Calculation results of elderly-oriented design requirement satisfaction index of on-board interface							
序号	分类	SII 值	DDI 值	序号	分类	SII 值	DDI 值
A1	O	0.707	0.677	B3	M	0.373	0.716
A2	M	0.407	0.718	B4	O	0.621	0.689
A3	M	0.366	0.762	C1	O	0.689	0.699
A4	M	0.416	0.752	C2	O	0.602	0.650
A7	A	0.709	0.311	C3	A	0.699	0.359
A8	M	0.553	0.747	C4	O	0.738	0.660
B1	O	0.699	0.611	D1	A	0.679	0.388
B2	M	0.330	0.583	E1	A	0.689	0.408

由图可知，第一象限为期望型需求，包括 A1、B1、B4、C1、C2、C4，即当满足无衬线字体、尽量使用单击、尽量使用单击、降低操作难精度、有效反馈提示、明确的行为指引、缩短操作链路等需求时，会提升老年用户群体在使用车载人机交互界面时的满意。位于第二象限的是魅力型需求，包括 A7、C3、D1、E1，即提升拟物化图标、提供昼、夜模式、内容可理解、界面清晰简洁、语音交互，当这类用户意

料之外的需求得到满足时，可以使用户产生惊喜感，加强产品与用户的情感联系。第三象限为无差异需求，包括 B2，即加长交互时间，这类需求不会显著影响用户对产品的满意度。第四象限为必备型需求，包括 A2、A3、A4、A8、B3，即加大字号、提高字重、中性色彩、增大操作区域、提供昼、夜两种不同模式的操作界面等需求是车载人机交互界面适老化设计需求的基础，这些需求与老年人视觉功能退化明显相关，也是用户在使用时能最直接感受到的部分，在设计中需要优先满足，避免用户满意度大幅降低。基于以上分析，第四象限的设计需求是满足老年用户对车载人机交互界面的重要部分，第一、二象限的设计需求，则可以有效提升用户的使用满意度，因此将这些象限的需求，作为后续设计的依据^[5]。

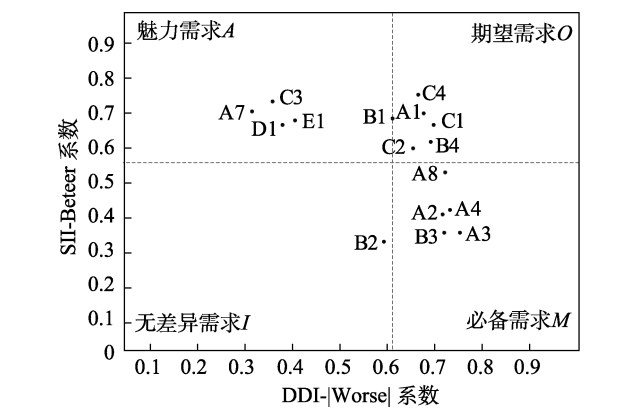


图 1 车载界面适老化设计需求四象限
Fig.1 Four quadrants of elderly-oriented design requirements for on-board interface

3 设计输出

基于对老年用户群体的研究与设计需求分析的结果，本次适老化车载人机交互界面应当采用简洁、符合老年人认知和适应环境变化的界面设计；简单的操作方式；高效的功能等重要程度高的需求进行相应的设计，以降低老年用户在操作时的危险性和提升操作的体验感。本次车载人机交互界面的适老化设计将围绕以上研究结果，对横置界面与竖置界面进行视觉与交互设计，并通过可用性测试对适老化设计后的车载人机交互界面的使用安全性与用户体验进行验证^[6]。

3.1 车载人机交互界面设计

3.1.1 视觉设计

车载人机交互界面作为人与车机系统进行交互的终端设备，根据前期的分析与研究，并结合老年用户的车机使用场景、功能和方式等方面特点，对车载人机交互界面进行了适老化的横版与竖版视觉设计，见图 2—3。本次研究从三个方面提出车载人机交互界面的适老化视觉设计。



图 2 横置车载界面适老化设计—夜模式
Fig.2 Elderly-oriented design of horizontal on-board interface - night mode



图 3 横置车载界面适老化设计—昼模式
Fig.3 Elderly-oriented design of horizontal on-board interface - day mode

第一，在车载人机交互界面的色彩设计方面，由于老年人适应环境明、暗环境变化的能力变弱^[7]，因此车载界面采用了昼、夜两种模式，一种以深灰色为底色，浅灰色与白色为主作为文字信息与图标的颜色，一种以白色为底，深灰色与浅灰色作为文字信息与图标的颜色，这种简单、干净的色彩搭配，使车载人机交互界面的设计给人沉稳的感受，符合老年用户对产品的审美偏好^[8]。

第二，老年用需要高效的方式从车载人机交互界面中的中获得与驾驶相关的信息，而文字的可读性是影响用户获取车载人机交互界面信息的最直接方式^[9]。可读性高的字体可以使老年人在驾驶过程中，更容易阅读，提高辨认信息的速度。因此在适老化车载界面的字体设计中选择了非衬线字体，这种字体结构清晰，轮廓醒目，可以提高老年用户的阅读界面信息的效率。同时，分别对昼、夜模式进行了文字颜色适配，在以浅色背景为主对昼模式中运用黑色字体，反之则会显示白色字体。

第三，适老化车载界的图标设计，采用了更为符合老年人认知习惯的拟物化图标，使老年人能直观理解图标蕴含的功能作用^[10]。

3.1.2 交互设计

车机系统的设计往往会十分关注物理交互需求（PIC），却容易忽视需要更多注意力及记忆力的心理交互成本（MIC）。由于车机系统通常存在复杂的任务、密集的指令、非常规的交互模式都会造成老年人的心理交互成本增加，会造成老年人使用车载人机交互界面时的理解与操作障碍^[11]。基于此，适老化的车载人机交互界面交互设计应当简单易用，减少老年人的操作步骤，使其能够快速准确达到操作目的。根据对老年用户的车载人机交互界面使用需求分析，摒弃了其他非常用功能，将地图导航、收音机和时间与天气等老年人驾驶时最为关注与常用的功能作为界面的核心，并且根据老年人的驾驶传统汽车时的使用习惯，设置了模拟传统汽车的交互方式，例如，点开收音机功能，会变成传统机器式的收音机调节频道的模

式,降低老年人适应智能车机的难度。而竖置界面对老年人的车机交互体验提出了新的要求。例如,按钮、文字的位置需要进行新的合理设计,使老年人可以更好地坐在驾驶位上手去操作车载人机交互界面。因此,根据前文的老年用户群体的分析与研究,对竖置界面进行了针对性的交互布局改进,将需要进行手指操作的部分放置在操作更为轻松的界面下部,便于用户进行点击,同时将无需操作的时间与天气放在语音助手的上部,防止优先级最高的语音助手与其他功能按钮距离过近导致误触,见图4。



图4 车载界面适老化交互设计

Fig.4 Example of elderly-oriented interactive design for on-board interface

3.2 可用性测试

可用性测试是设计实践中的重要组成部分,目的是检测进行适老化设计后的车载人机交互界面的可用性。本次可用性测试邀请6位60岁以上并且驾龄超过5年的资深驾驶者对适老化设计后的车载人机交互界面进行深度体验。由于主要研究对象为身体机能退化的老年用户群体,因此安全性与用户体验满意度为本次可用性测试的重点。测试标准将基于Thoughtworks HMI 动态评价法体系中的视觉行为表现(Visual Behaviors)对设计的安全性进行测试和通过主观感受(Subjective Feelings)对用户使用体验进行测试^[14]。

视觉行为表现是指在动态条件下,让被试者佩戴眼动测试装置,对某项车机功能进行操作时,视线离开路面的时长,并结合Thoughtworks所提出的测评指标进行计算,一旦测试结果分值低于80分,则意味着用户进行该项操作时,视线离开路面时间过长。视觉行为表现的具体评价指标为用户在车机单次扫视时长(权重54%),车机总扫视时长(权重16.3%),车机操作完成时长(权重29.7%)。以空调调节功能为例,测试者在车控屏中间区域向上/向下划动,调节空调温度;向左/向右滑动,调节空调风量大小,

本次车载界面交互设计的适老化从精简功能与设置符合认知的交互方式两个方面减少老年人在驾驶时使用车载人机交互界面的心理交互成本。同时,采用了语音交互为主导的车机交互模式,在横置界面与竖置界面都将语音交互的接口放置在老年用户最容易点击的位置,并通过舵式导航凸显出来^[12],使用户在任何一个页面,都可以快速点击语音助手图标,说出自己的交互内容,降低身体与眼神移动的次数与时间,提升老年用户使用车载人机交互界面时的驾驶安全性^[13]。

将被试者的三项指标平均时长的测试结果与指标进行数学拟合,结果见图5,根据测评标准提出的权重,最终计算出适老化设计后的空调调节功能的测试分数:87.57分。

依据这种方式,对其他9项常用任务场景(找喜欢的歌手选择歌曲播放、降低音乐音量、导航回家、搜索导航至指定地点、切换下一首、降低导航音量、切换歌曲播放模式、连接蓝牙、拨打电话)进行测评,最终横置界面与竖置界面成绩均超过80分,表明经过适老化设计的车载人机交互界面可以满足老年人行驶的安全需求。同时横置界面与竖置界面的各项分值较为接近,表明两版设计一致性较高,减轻了老年人切换使用横置界面与竖置界面时的适应难度,结果见表4。

主观感受的评价标准包括用户在静态条件下,对车载人机交互系统的视觉感受(车载界面的视觉复杂程度)、认知感受(用户对车载界面信息的思考难度)、操作感受(用户移动手指触碰车载系统的负荷)三方面进行评测。主观感受测试采用李克特七点量表对横置界面与竖置界面进行评分。6位资深老年驾驶者最终评分见表5,平均分为6分,表明本次设计整体可用性为“优秀”,说明本次车载人机交互界面的适老化设计有效提升了老年用户的使用体验^[15]。

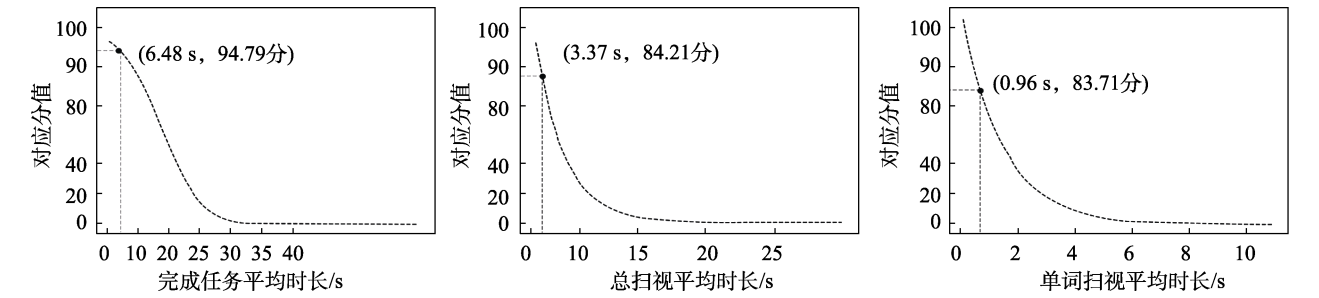


图 5 空调调节功能的视觉行为表现分数
Fig.5 Visual behavior performance score of A/C regulation function

表 4 视觉行为表现测试
Tab.4 Visual behavior performance test

测试项目（横置界面）	最终分值	测试项目（竖置界面）	最终分值
找喜欢的歌手选择歌曲播放	87.08	找喜欢的歌手选择歌曲播放	86.71
降低音乐音量	87.34	降低音乐音量	85.68
导航回家	86.13	导航回家	85.13
搜索导航至指定地点	85.31	搜索导航至指定地点	84.21
切换下一首	82.24	切换下一首	82.01
降低导航音量	86.68	降低导航音量	86.45
切换歌曲播放模式	89.44	切换歌曲播放模式	88.75
连接蓝牙	80.2	连接蓝牙	80.19
拨打电话	80.75	拨打电话	80.15

4 结语

本文结合用户研究和 Kano 模型, 对老年用户的车载人机交互界面需求进行研究, 根据研究结果对车载界面进行了适老化设计, 并通过可用性测试验证了设计的有效性。本研究表明, 将适老化设计理论应用于车载界面, 能有效减少老年用户使用车载人机交互界面的障碍, 提升老年用户的车载界面使用体验, 为这类用户群体适应新兴信息技术提供有效帮助。

参考文献:

[1] 李永锋, 陈则言. 基于 FMEA 和 FTA 的老年人汽车人机界面交互设计研究[J]. 包装工程, 2021, 42(6): 98-105.
LI Yong-feng, CHEN Ze-yan. Research on Automobile Human Machine Interface Interaction Design of the Elderly Based on FMEA and FTA[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(6): 98-105.

[2] 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.

[3] 何若乔, 李永锋, 朱丽萍. 基于 QFD 的老年人车载信息系統用户体验优化设计[J]. 包装工程, 2022, 43(8): 164-170.
HE Ruo-qiao, LI Yong-feng, ZHU Li-ping. User

Experience Optimization Design of Elderly Vehicle Information System Based on QFD[J]. Packaging Engineering, 2022, 43(8): 164-170.

[4] 郭会娟, 汪海波, 殷垌. 基于语言认知的智能电视 VUI 适老化设计研究[J]. 包装工程, 2022, 43(8): 50-54.
GUO Hui-juan, WANG Hai-bo, YIN Shuang. Adaptive Aging Design of Smart TV VUI Based on Language Cognition[J]. Packaging Engineering, 2022, 43(8): 50-54.

[5] 张郅政, 张利, 李亚军. 基于老年特征分类的移动产品界面优先级研究[J]. 包装工程, 2020, 41(18): 249-257.
ZHANG Zhi-zheng, ZHANG Li, LI Ya-jun. Priority of Mobile Product Interface Based on Feature Classification of the Elderly[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(18): 249-257.

[6] 程海峰. 情绪视角下的车载信息交互界面设计研究[D]. 徐州: 中国矿业大学, 2020.
CHENG Hai-feng. Research on the Design of Vehicle Information Interaction Interface from the Perspective of Emotion[D]. Xuzhou: China University of Mining and Technology, 2020.

[7] 吴正新, 金涛, 顾浩然, 等. 亮度对比及颜色组合对车载界面认知的影响[J]. 包装工程, 2022, 43(10): 108-114.
WU Zheng-xin, JIN Tao, GU Hao-ran, et al. Effects of Luminance Contrast and Color Combinations on IVIS Interface Cognition[J]. Packaging Engineering, 2022, 43(10): 108-114.

(下转第 169 页)