

基于 FBS 扩展模型的适老化产品易用性设计研究

杨梅, 钟吴诚, 舒天骆

(山东科技大学, 山东 青岛 266500)

摘要: **目的** 为改进适老化产品易用性问题, 提出一种融合需求分析和外观编码的产品概念设计扩展模型。**方法** 首先运用文献分析法了解适老化产品易用性设计研究和经典概念设计模型的发展现状, 同时结合产品语义学中外观具备的传达产品功能和操作方式的价值, 提出将产品外观编码应用于改进适老化产品易用性的新思路。其次对传统 FBS 模型进行扩展, 构建一个包含“需求-功能-行为-结构-外观”多种要素的概念设计扩展模型。以需求分析和外观编码为重点, 具体阐述模型推导过程。进而通过老年用户判断产品功能和操作方式的正确概率和反应时间量化产品易用性, 从而优选出最佳的适老化产品设计方案。最后在设计应用中, 以家用电动护理床智能遥控的易用性改进设计为例, 验证了 NFBSA 模型的可行性。**结论** NFBSA 模型能有效改进产品易用性, 有助于缩小老年用户与适老化产品之间的使用鸿沟, 进一步增强老年用户对新兴产品的信心, 同时给予设计师与相关产品的易用性设计研究以参考价值。

关键词: 适老化产品设计; 易用性; FBS 扩展模型; 产品语义学; 外观设计

中图分类号: J525.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)14-0136-09

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.14.014

Usability Design of Elderly-oriented Products Based on FBS Extended Model

YANG Mei, ZHONG Wu-cheng, SHU Tian-luo

(Shandong University of Science and Technology, Shandong Qingdao 266500, China)

ABSTRACT: The work aims to propose an extended model of product concept design that integrates demand analysis and appearance coding to improve the usability of the elderly-oriented products. Firstly, literature analysis was used to understand the research on usability design of elderly-oriented products and the development status of classical conceptual design models. At the same time, combined with the value of appearance in product semantics to convey product functions and operation modes, a new idea was proposed to apply product appearance coding to improve the usability of the elderly-oriented products. Secondly, the traditional FBS model was extended to construct an extended conceptual design model of "Demands-Functions-Behavior-Structure-Appearance". The process of model derivation was elaborated with emphasis on demand analysis and appearance coding. Then, the usability of the product was quantified by calculating the correct probability and reaction time of the elderly users to judge the function and operation mode of the product, so as to optimize the best design scheme of the elderly-oriented products. Finally, in the design application, the feasibility of NFBSA model was verified by taking the improved design of the usability of intelligent remote control of household electric nursing bed as an example. NFBSA model can effectively improve the usability of products, help to narrow the use gap between elderly users and elderly-oriented products, further enhance the confidence of elderly users in emerging products, and provide reference value for designers and related product usability design research.

KEY WORDS: design of elderly-oriented products; usability; FBS extended model; product semantics; appearance design

收稿日期: 2023-02-19

基金项目: 山东省研究生教育质量提升计划专业学位教学案例库建设 (SDYAL21064); 山东省研究生导师指导能力提升项目 (SDYY18082); 山东省重点研发计划 (2023RKY01011)

作者简介: 杨梅 (1973—), 女, 硕士, 教授, 主要研究方向为工业设计及理论。

通信作者: 钟吴诚 (1997—), 女, 硕士生, 主攻工业设计及理论。

根据国新办关于最新人口普查数据的报道,我国60岁及以上人口约2.6亿,占全国总人口的18.70%,老年人口数量持续增长的态势下适老化产品受到更多关注^[1]。在适老化产品设计中,产品的易用性尤其受到老年用户和设计师的重视。易用性是衡量产品是否真正适老的关键因素,设计核心在于方便老年用户理解和使用^[2]。个体步入老年阶段后,认知能力会出现不同程度的老化,直观表现为学习理解能力、记忆力的显著衰退,这对产品的易用性提出了更高的要求^[3]。当前市场上新兴的适老化产品层出不穷,然而部分产品在开发过程中对老年用户的认知特征考虑不足,产品功能花样堆砌、外观高度简约带来了不会用、学得慢、用不惯等使用鸿沟问题,最终导致老年用户对新兴适老化产品的消极甚至抵触心理^[4]。作为产品开发的第一阶段,概念设计基本决定了产品大部分的功能及属性。研究表明,产品存在的易用性问题往往源于概念设计阶段的缺陷,一旦形成在后续的开发过程中便难以弥补^[5-6]。因此,针对概念阶段产生的产品易用性问题,优化概念设计模型从而改进适老化产品的易用性就显得尤为重要。

1 适老化产品易用性设计研究及FBS模型的发展现状

1.1 适老化产品易用性设计研究

近年来随着老龄化趋势的加速发展,产品如何高质量赋能于老年群体已经成为工业设计领域面临的一个重要问题。在此背景下,适老化产品的易用性设计研究越来越受到关注与重视。张为威等^[2]从设计伦理的视角探讨了数字时代老年智能产品和服务的包容性设计策略,为适老化产品发展提供了新的视角和思路;杨小静^[7]为改善智能产品的适老性,通过对老年用户生理及心理特征的描述性分析,提出了适老化智能产品的设计原则;姜霖和王勇彬^[8]为探索更适合老年群体的产品设计方法,融合老年生活状态和沟通方式提出了基于良好沟通的设计策略,有效提升了适老化产品的用户体验;张宁和王倩颖^[9]为解决图标设计与老年人认知能力的不匹配问题,通过构建老年能力需求匹配模型得到了相对客观且普适的老年图标设计方法。

由上述文献可知,面向适老化产品易用性的研究多以定性描述为主,并仍停留在设计理念及原则策略的探讨上。虽然有学者在适老化智能产品的图标研究领域进行了易用性设计的具体实践,但数量寥寥,相关研究有待深入。

1.2 传统FBS模型

由于概念设计过程直接影响了产品易用性的设计结果,所以适老化产品易用性设计研究需结合概念设计模型分析。FBS模型(Function Behavior Structure,

FBS)是概念设计中的经典模型,架构了“功能—行为—结构”逐层级推导产品设计方案的逻辑^[10]。目前,已有众多学者对该模型进行了相关探讨并取得了显著的成果,主要包括2个研究方向。

1)以文献[10]与[11]提出的在传统模型中融入用户需求和设计要求为基础,探讨新要素融入的具体方法。张青等^[12]将用户模糊需求引入FBS模型,结合弹性界限和自然交互技术获取了用户需求的最优解,并在无线终端的设计中证明了方法的可行性;苏珂等^[13]针对产品设计前期效率问题在FBS模型推导流程中引入了模糊层次分析法与三角模糊矩阵,最终求解得到产品关键设计要求;许艳秋等^[14]在坐便器设计中通过质量功能展开方法将用户需求转化为产品设计要求并引入FBS模型,实现了产品表现与用户需求的精准匹配。

2)面向FBS模型在应用过程中的不足探讨扩展模型的构建或与其他方法的结合。卢曼泽等^[15]探讨了机械装备概念设计过程中FBS模型与基元模型融合的方法,为复杂机械产品的人机交互设计提供了新的思路;孙利等^[16]通过构建融合了用户需求和原理空间两要素的FBS拓展模型,优化了可穿戴式康复机械手设计的用户体验。

由此可知,现有的FBS模型研究多侧重于产品实现过程的推理,忽视了产品基本的易用属性的表达。同时,对产品外观的求解仍处于模糊的黑箱状态,由设计师个人主观确定,且更多聚焦于外观的视觉效果,忽略了对其多元价值的发掘。

1.3 产品外观设计

产品语义学提倡外观应尽可能诚实直观地反映产品功能和操作方式,认为外观设计的实质在于通过造型、颜色等符号的编码达到产品功能的不言自明、操作方式的自教自学^[17-18]。由此可见产品外观在改进适老化产品易用性方面的价值。从语义学的观点出发,使用鸿沟是产品外观失效的表现,根本原因在于设计师与老年用户对符号语义的认知偏差。因此,若要将外观的传达作用应用于适老化产品,则首先须构建符合老年用户语义认知的产品外观编码。老年用户语义认知指的是在多年产品使用过程中老年用户积累形成的对产品符号的认识,主要包括符号象征的意义和指向的操作行为,如旋钮表示可调节和转动。此类有关产品符号的经验知识构成了老年用户语义认知的主体^[19]。符合老年用户语义认知的外观编码可以辅助老年用户解码产品功能和操作,方便老年用户的理解和使用。

综上,为解决概念设计阶段产生的产品易用性问题,通过分析传统概念设计模型的缺陷,在语义学的指导下提出以产品外观改进适老化产品易用性的新思路,对传统FBS模型进行扩展。在模型中融入需求和外观2个新要素,通过老年用户需求分析来优选

产品功能,从而符合老年用户语义认知的外观编码表征产品的功能和操作,以达到改进适老化产品易用性的目的。

2 FBS 扩展模型

2.1 NFBSA 模型构建

针对概念设计阶段出现的产品易用性问题,提出一种融合需求分析和外观编码的产品概念设计扩展模型(Need Function Behavior Structure Appearance, NFBSA),见图1。

扩展模型主要由认知源、模型要素和中间要素3部分构成。(1)认知源: C_U 表示老年用户认知, C_D 表示设计师认知;(2)模型要素: N_e 表示老年用户需求, F_w 表示功能, B 表示行为, S_w 表示产品内部结构, A_w 表示产品外观;(3)中间要素: N_t 表示需求类型, N_w 表示需求权重, S_i 表示关键交互结构, S_o 表示其他辅助结构, A_i' 表示关键交互结构的预期外观符号, A_i 表示关键交互结构外观, A_o 表示其他辅助结构外观。

2.2 扩展模型推导过程求解

NFBSA 模型形成了以老年用户需求分析为起点、以符合老年用户语义认知的产品外观编码为终点的概念设计流程。以新要素需求分析和外观编码为重

点,将模型推导过程划分为5个关键步骤。求解框架见图2。

2.2.1 老年用户需求分析

通过对老年用户的需求分析明确各项功能的需求类型和权重。KJ 法用于汇总和整理信息,依据亲和性进而归纳整合大量复杂资料,便于梳理信息层级^[20]。KANO 模型是用户需求分析中的经典方法,将影响用户满意度的产品质量要素分为必备(M)、意愿(O)、魅力(A)、无差别(I)、逆向(R)5类,通过计算要素对用户的满意度指标 S_{SI} 的影响和不满度指标 D_{DSI} 的影响,精确表示用户需求权重 W_f ^[21]。老年用户需求分析具体步骤如下。

1) 在目标适老化产品功能需求的框架下以 KJ 法收集并梳理老年用户需求信息,得到产品功能清单。

2) 依据 KANO 模型计算老年用户对清单中各项功能的需求类型和需求权重,见式(1)^[22]:

$$\begin{cases} S_{SI} = (A + O) / (A + O + M + I) \\ D_{DSI} = (-1) \times (O + M) / (A + O + M + I) \\ S_R = 1 - \sum_{i=1}^7 R / T \\ W_f = S_R \times \sqrt{S_{SI}^2 + D_{DSI}^2} \end{cases} \quad (1)$$

式中: S_R 表示逆向(R)产品质量要素的需求度, T 为调查总人数。

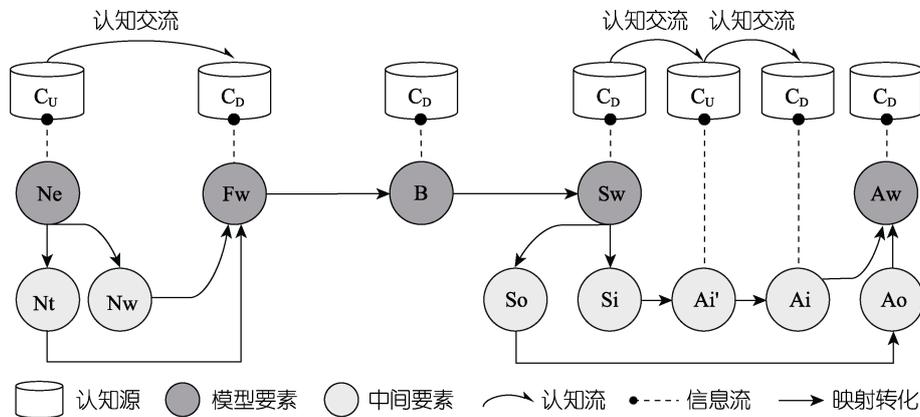


图1 NFBSA 模型
Fig.1 NFBSA model

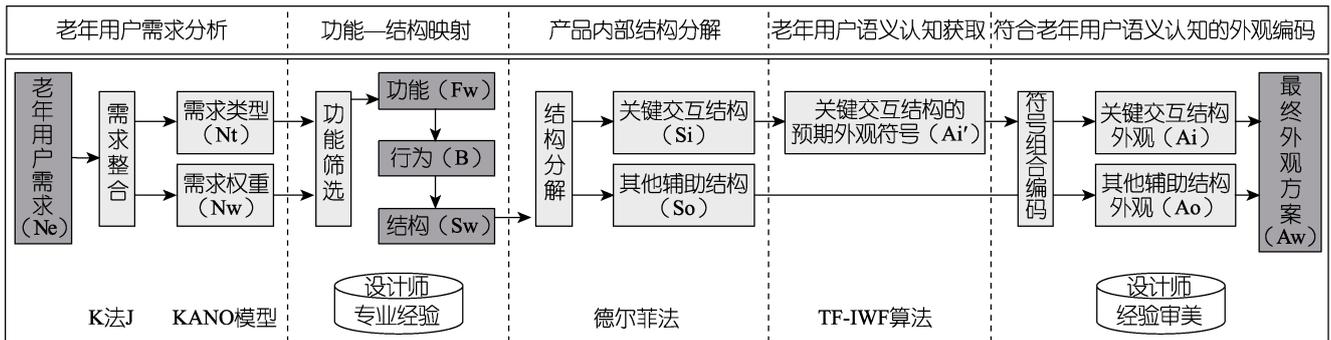


图2 NFBSA 模型求解框架
Fig.2 Solving framework of NFBSA model

2.2.2 产品功能至结构的映射转化

此过程是传统 FBS 模型的主要内容, 具体求解步骤如下。

1) 根据老年用户需求分析结果, 在功能适度原则下进行目标适老化产品功能的筛选。

2) 设计师依据专业经验将优选的功能转化为以行为表达的具体实现路径和行为解——获得匹配的产品内部结构。

2.2.3 产品内部结构分解

以是否影响老年用户产品使用为分解原则, 区分关键交互结构和其他辅助结构, 从而细化外观求解的粒度。德尔菲法 (Delphi Method) 又称专家意见法, 针对所要处理的问题采用匿名方式发表意见, 可靠性更高^[23]。采用德尔菲法对产品内部结构进行分解具体步骤如下。

1) 专家小组组建。结构分解任务较为简单, 邀请 3~5 位有相关经验的设计师组成专家小组即可。

2) 专家小组评估。研究人员介绍任务主题后, 征求专家意见并归纳统计, 若分解意见不一致, 将小组意见匿名反馈给各位专家以便在第 2 轮评估中参考和修改, 依此循环直至达成一致分解结果。

2.2.4 老年用户语义认知获取

此过程将老年用户语义认知作为外观编码的符号来源库, 从根本上避免了设计师与老年用户因符号语义认知偏差导致的使用鸿沟问题。词频逆词频算法 (Term Frequency-Inverse Word Frequency, TF-IWF) 是关键词抽取任务中的典型方法, 短时间内能够精确量化同类文本中词语的权重, 以便抽取特征词^[24-25]。关键交互结构的预期外观符号的具体求解步骤如下。

1) 文本采集。在文本库构建流程中, 通过半开放式访谈采集老年用户对于关键交互结构的预期外观符号。半开放式访谈通常由研究人员在一个主题的大框架下预设访谈提纲, 让访谈对象自由思维发散, 主题相关的同时具备高开放性、高灵活性的特点。正式访谈中全程以录音记录, 后续由研究人员整合所有访谈资料构成原始预期外观符号文本。

2) 文本预处理。文本数据载体库, 将访谈获取的原始文本载入 Python 语言; Jieba 分词, 将非格式化的原始文本切分为更细的粒度, 转化为计算机可识别的格式化文本, 依据分词效果决定是否执行自定义词典等程序; 去停用词, 删除主题无关标点、人称代词、助词等优化文本分词效果, 具体根据提取目标载入、更新、停用词表; 输出格式化文本。

3) 以 TF-IWF 算法量化预期外观符号文本中各符号权重并排序。 T_{if} 为词频, 表示文本 j 中某个词 x 的出现频率, 具体计算见式 (2)。

$$T_{if} = \log \frac{n_j}{\sum_{j=1} n_{x,j}} \quad (2)$$

式中: n_j 表示预处理文本 j 中的总词数, $\sum n_{x,j}$ 表示词 x 在文本 j 中出现的总次数。

4) I_{iwf} 为逆词频率, 表示词 x 在文本库 m 中的鲜活度, 具体计算见式 (3)。

$$I_{iwf} = \log \frac{\sum_{m=1} n_{x,m}}{n_m} \quad (3)$$

式中: n_m 表示文本库 m 中所有文本的总词数, $\sum n_{x,m}$ 表示词 x 在文本库 m 中出现的总次数。

TF-IWF 表示词语最终权重, 词 x 最终权重记作 W_x , 具体计算见式 (4)。

$$W_x = T_{if} \times I_{iwf} = \log \frac{n_j}{\sum_{j=1} n_{x,j}} \times \log \frac{\sum_{m=1} n_{x,m}}{n_m} \quad (4)$$

基于 TF-IWF 算法得到预期外观符号文本中各符号的权值和排序, 抽取高权重符号作为关键交互结构的预期外观符号。

2.2.5 符合老年用户语义认知的外观编码

此过程依赖设计师经验审美, 借助 3D 表现软件生成产品外观方案。具体步骤如下。

1) 在关键交互结构预期外观符号的范围内筛选符号, 组合编码得到关键交互结构外观。

2) 整合关键交互结构外观与其他辅助结构, 进行外观的综合美化并输出产品方案组。

3) 邀请老年用户基于外观要素判断产品功能和操作方式, 通过判断的正确概率和反应时间量化方案易用性, 最终得到方案最优解。

至此, 整个适老化产品概念设计过程结束。

3 设计案例应用

以典型适老化产品家用电动护理床智能遥控为例进行设计实践。护理床以往多应用于医院、养老机构, 近些年随着居家养老趋势的发展, 逐步受到更多家庭青睐。不同于医养环境下护理员操作的模式, 家用护理床主要操作人为老年, 且一般而言居家老年身体状况良好, 对护理床功能需求较为简单。而当前市场上的家用电动护理床普遍延续了智能遥控的操作模式和繁多冗杂的医养功能。智能遥控作为护理床控制终端, 其设计常为精简按键数量的多功能按键或多数量的单一按键两种形。前者易对老年用户造成认知负荷, 后者按键数量过多影响操作效率。基于此, 应用 NFBSA 模型改进家用电动护理床智能遥控设计, 以期降低老年用户独立使用家用电动护理床的难度。

3.1 目标老年用户需求分析

以社区为单位进行调研, 为期一周走访 4 个社区。考虑到家用电动护理床照护和日用的双重属性, 综合采集了 3 位专业护理工作者和 65 位有相关使用

经验或意向的老年用户(60岁及以上)2类群体的意见及需求。在“家用电动护理床智能遥控功能”的主题框架下搜集受访者需求,运用KJ法整合得到家用电动护理床智能遥控功能清单。清单中第二层级功能覆盖已较为全面且区分度显著。运用KANO模型对该层级指标进行问卷调研,邀请老年用户参与需求评估,根据式(1)计算得到各项功能的需求类型和权重,见表1。

重,见表1。

3.2 家用电动护理床智能遥控功能至结构的映射转化

遵循适老化产品功能适度原则,选取必备型功能(f3、f5、f6、f7、f11、f12、f13)和部分高需求权重功能(f9、f14)作为家用电动护理床智能遥控功能,功能至结构的映射转化过程,见图3。

表1 家用电动护理床智能遥控功能的需求类型和权重

Tab.1 Demand type and weight of intelligent remote control function of household electric nursing bed

一级功能指标	二级				三级功能指标
	功能编号	功能指标	需求类型	需求权重 (W_f)	
医疗照护功能	f1	生理体征监测	<i>I</i>	0.508 7	生理体征监测
	f2	基础医疗救助	<i>A</i>	0.474 1	基础医疗救助
	f3	紧急呼救	<i>M</i>	0.813 0	紧急呼救
辅助肢体运动	f4	定时翻身	<i>A</i>	0.610 3	定点自动翻身
	f5	遥控翻身	<i>M</i>	1.026 1	向左/右区间翻身 平躺
	f6	腿部抬落	<i>M</i>	0.971 7	向上抬/下区间屈腿 平放
	f7	背部升降	<i>M</i>	0.899 0	向上区间起背 平躺
	f8	电动便孔	<i>I</i>	0.409 8	便孔开启/关闭
快捷操控	f9	一键复位	<i>O</i>	0.780 1	一键复位
	f10	一键轮椅模式	<i>I</i>	0.5230 6	一键轮椅模式
反馈功能	f11	急停	<i>M</i>	0.820 0	急停
	f12	操作反馈	<i>M</i>	0.849 9	语音提醒/灯光闪烁/震动
基础功能	f13	防摔防水	<i>M</i>	0.719 1	防摔防水
	f14	蓄电	<i>O</i>	0.891 0	蓄电性能

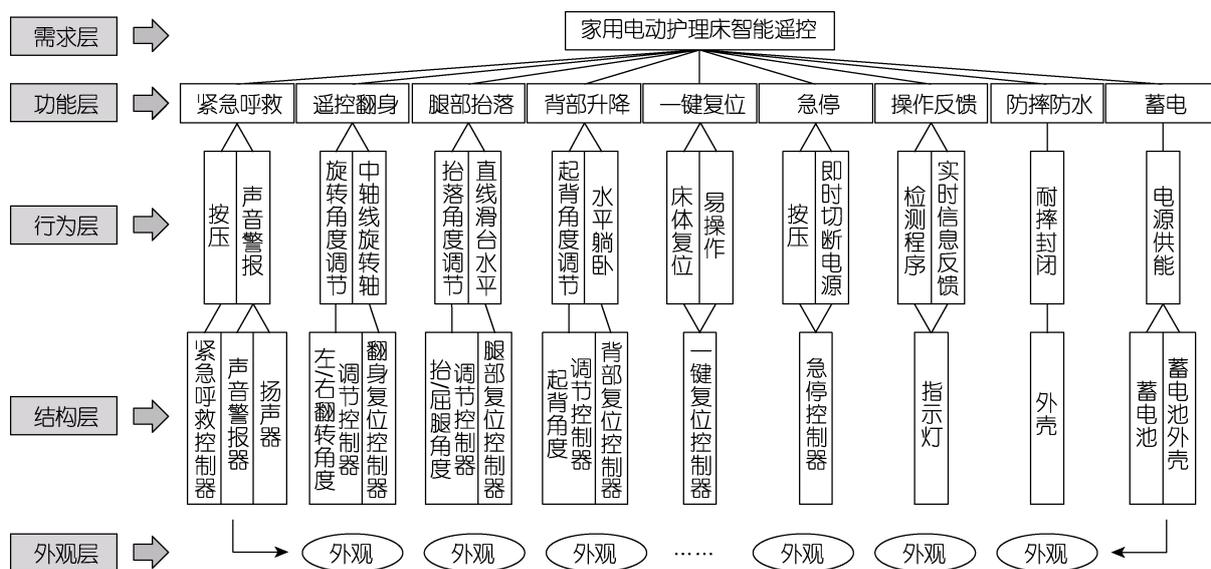


图3 基于NFBSA模型的家用电动护理床智能遥控概念设计过程

Fig.3 Conceptual design process of intelligent remote control of household nursing bed based on NFBSA model

3.3 家用电动护理床智能遥控内部结构分解

为保证分解结果的可靠性, 邀请 3 位家用电动护理床设计师根据德尔菲法对产品内部结构进行分解, 经两轮匿名评估后分解意见一致, 见表 2。

表 2 关键交互结构
Tab.2 Key interaction structures

结构编号	关键交互结构	分解依据
S1	紧急呼救/急停控制器	使用产品的基本结构、功能属性相近 (长按呼救、短按急停)
S2	左/右翻转角度调节控制器	使用产品的基本结构
S3	抬/屈腿角度调节控制器	使用产品的基本结构
S4	起背角度调节控制器	使用产品的基本结构
S5	翻身/腿部/背部复位控制器	使用产品的基本结构、功能属性一致
S6	一键复位控制器	使用产品的基本结构

3.4 目标老年用户语义认知获取

家用电动护理床智能遥控外观由按键造型、颜色、材料、说明性图文等符号构成, 剔除操作指示性较弱的符号, 最终以造型、颜色、图文 3 种外观符号采集为重点。在关键交互结构预期外观符号的主题框架下, 以 6 项关键交互结构的预期造型、颜色和图文为访谈提纲, 分 2 组对 65 位老年用户进行半开放式集体访谈, 构建原始预期外观符号文本。将原始文本载入 Python 3.6 进行分词、去停用词等预处理后, 以 TF-IWF 算法量化各符号权重并以降序排序, 抽取权重排序前 3 的符号, 同时过滤权重过低, 不具备代表性的特征词, 结果见表 3—8。

表 3 紧急呼救/急停控制器预期外观符号
Tab.3 Expected appearance symbols for SOS/stop controllers

权重排序	预期造型	权值	预期颜色	权值	预期图文	权值
1	按钮	0.956 2	红色	1.191 4	提示文字	1.003 3
2	声控	0.297 8	黄色	0.329 2	感叹符号	0.768 1
3	-	-	-	-	-	-

表 4 左/右翻转角度调节控制器预期外观符号
Tab.4 Expected appearance symbol for left/right roll angle adjustment controller

权重排序	预期造型	权值	预期颜色	权值	预期图文	权值
1	旋钮	0.438 9	白色	0.188 1	翻转文字	0.470 2
2	滑钮	0.423 2	蓝色	0.141 8	旋转床体	0.423 2
3	船型翘板	0.141 1	绿色	0.125 4	活动人体	0.407 6

表 5 抬/屈腿角度调节控制器预期外观符号
Tab.5 Expected appearance symbol for raise/bend adjustment controller

权重排序	预期造型	权值	预期颜色	权值	预期图文	权值
1	滑钮	0.674 0	白色	0.250 8	提示文字	0.517 3
2	旋钮	0.501 6	暖黄	0.125 4	腿部变换	0.470 2
3	按钮	0.470 2	-	-	上下箭头	0.329 2

表 6 起背角度调节控制器预期外观符号
Tab.6 Expected appearance symbol for back angle adjustment controller

权重排序	预期造型	权值	预期颜色	权值	预期图文	权值
1	滑钮	0.830 8	白色	0.203 8	坐姿姿势	0.674 1
2	旋钮	0.297 8	-	-	提示文字	0.580 0
3	按钮	0.282 2	-	-	活动背板	0.517 3

表 7 翻身/腿部/背部复位控制器预期外观符号
Tab.7 Expected appearance symbol for roll-over/leg/back reset controllers

权重排序	预期造型	权值	预期颜色	权值	翻身复位		腿部复位		背部复位	
					预期图文	权值	预期图文	权值	预期图文	权值
1	按钮	0.564 3	白色	0.203 8	水平躺姿	0.564 3	腿部水平	0.501 6	背部水平	0.470 3
2	船型翘板	0.235 1	和谐	0.188 1	平直床面	0.533 0	平直脚板	0.454 6	提示文字	0.454 6
3	旋钮	0.235 1	蓝色	0.109 7	提示文字	0.533 0	提示文字	0.423 4	平直背板	0.438 9

表 8 一键复位控制器预期外观符号
Tab.8 Expected appearance symbol for one touch reset controller

权重排序	预期造型	权值	预期颜色	权值	预期图文	权值
1	按钮	0.971 9	绿色	0.830 8	复位文字	0.501 6
2	船型翘板	0.329 2	白色	0.172 4	复位符号	0.454 6
3	旋钮	0.235 1	-	-	-	-

3.5 符合目标老年用户语义认知的家用电动护理床智能遥控外观编码

依据预期外观符号进行关键交互结构外观的组合编码。符号权重偏差过大时, 取高权重符号。以紧急呼救/急停控制器预期造型为例, “按钮”权重(0.956 2)远大于“声控”(0.297 8), 优选“按钮”作为其造型, 6 项关键交互结构外观, 见表 9。

在关键交互结构外观的设计过程中,应确保整体风格和谐统一,功能属性相近或一致的结构可在前文求得的关键交互结构外观中选取相同的符号进行优选。例如结构 S2(左/右翻转角度调节控制器)、S3(抬/屈腿角度调节控制器)、S4(起背角度调节控制器)功能属性一致,则可取“滑钮”“旋钮”或“按钮”作为其造型。需要说明的是,结构 S2 在使用过程中包含了 S5(翻身复位控制器)的状态。因此将其纳入 S2 的外观设计中,腿部复位与背部复位亦相同。

在此基础上,设计师对关键交互结构外观和其他

辅助结构进行综合美化,借助 CINEMA 4D R25 平台综合生成 A1、A2、A3、A4、A5、A6 六种外观方案。邀请老年用户通过智能遥控外观判断其功能和操作方式,以正确概率和反应时间对六种方案进行易用性评估,见表 10。由实验数据可以发现,基于 NFBSA 模型生成的 6 种方案的老年用户正确概率和反应时间综合来看都远优于原方案,易用性大大提升,验证了 NFBSA 模型的可行性。其中方案 A5 的两项指标表现最佳,可作为最优方案输出。至此,家用电动护理床智能遥控概念设计过程结束。

表 9 关键交互结构外观
Tab.9 Appearance of key interaction structures

结构编号	关键交互结构外观
S1	(按钮,红色,提示文字/感叹符号)
S2	(旋钮/滑钮,白/蓝/绿色,翻转文字/旋转床体/活动人体)
S3	(滑钮/旋钮/按钮,白/暖黄色,提示文字/腿部变换/上下箭头)
S4	(滑钮,白色,坐姿姿势/提示文字/活动背板)
S5(翻身)	(按钮,白色/和谐/蓝色,水平躺姿/平直床面/提示文字)
S5(腿部)	(按钮,白色/和谐/蓝色,腿部水平/平直脚板/提示文字)
S5(背部)	(按钮,白色/和谐/蓝色,背部水平/提示文字/平直背板)
S6	(按钮,绿色,复位文字/复位符号)

表 10 方案易用性评估
Tab.10 Usability evaluation of the conceptual design schemes

编号	原方案	A1	A2	A3	A4	A5	A6
产品外观方案							
正确概率	0.718	0.879	0.891	0.922	0.552	0.927	0.863
反应时间/ms	26 765	14 113	12 066	9 057	11 971	9 036	14 831

4 结论

当今时代,智能化与老龄化交叉发展,可以说老年用户与适老化产品之间的使用鸿沟是不可回避的。针对概念设计阶段出现的产品易用性问题,将产品语义学中外观传达产品功能和操作的理念应用于适老化产品易用性的改进中,提出一种融合需求分析和外观编码的产品概念设计扩展模型,以期让老年用户通过适老化产品外观快速理解产品有什么用、怎么用。NFBSA 模型构建了从老年用户需求分析到产品外观编码的概念设计流程,在需求层上,基于 KJ 法和 KANO 模型分析老年用户对功能的需求类

型和需求指数,解决功能堆砌问题;在功能层至结构层的映射转化上,遵循传统 FBS 模型推导逻辑,由专业设计师主导;在结构层上,通过德尔菲法分解得到关键交互结构和其他辅助结构,细化外观求解粒度;在外观层上,通过引入 TF-IWF 算法抽取老年用户语义认知中关键交互结构的预期外观符号,组合编码得到关键交互结构外观,同时综合其他辅助结构外观生成符合老年语义认知的产品外观方案;最后,应用 NFBSA 模型对家用电动护理床智能遥控设计进行改良和易用性评估,实践验证了 NFBSA 模型的可行性。NFBSA 模型能有效改进适老化产品的易用性,降低老年用户认知负荷,进一步提升了老年用户对新

兴适老化产品的自信心,为适老化产品设计提供了一定参考价值。

参考文献:

- [1] 黄凡,段成荣.从人口红利到人口质量红利——基于第七次全国人口普查数据的分析[J].人口与发展,2022,28(1):117-126.
HUANG Fan, DUAN Cheng-rong. From Demographic Dividend to Education and Health Dividend--Based on the 7th Population Census Data[J]. Population and Development, 2022, 28(1): 117-126.
- [2] 张为威,刘明惠,王韞.数字时代的包容性:设计伦理视角下老龄化智能产品设计研究[J].装饰,2022(5):46-51.
ZHANG Wei-wei, LIU Ming-hui, WANG Yun. Inclusion in the Digital Age: Research on the Design of Intelligent Products for Aging from the Perspective of Design Ethics[J]. Decoration, 2022 (5): 46-51.
- [3] 李德明,陈天勇.认知年老化和老年心理健康[J].心理科学进展,2006,14(4):560-564.
LI De-ming, CHEN Tian-yong. Cognitive Aging and Mental Health in the Elderly[J]. Advances in Psychological Science, 2006, 14(4): 560-564.
- [4] 李永锋,周俊,朱丽萍.基于田口质量观的老年人电子产品用户体验评价研究[J].机械设计,2020,37(2):131-137.
LI Yong-feng, ZHOU Jun, ZHU Li-ping. User Experience Evaluation of Electronic Products for the Elderly Based on Taguchi Quality View [J]. Journal of Machine Design, 2020, 37(2): 131-137.
- [5] 张建明,魏小鹏,张德珍.产品概念设计的研究现状及其发展方向[J].计算机集成制造系统,2003,9(8):613-620.
ZHANG Jian-ming, WEI Xiao-peng, ZHANG De-zhen. Research Status and Development Direction of Product Conceptual Design[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2003, 9(8): 613-620.
- [6] 雷永刚,彭颖红,阮雪榆.机械产品概念设计:综述与分析[J].机械科学与技术,2000,19(1):18-21.
LEI Yong-gang, PENG Ying-hong, RUAN Xue-yu. Conceptual Design of Mechanical Products: Summary and Analysis[J]. Mechanical Science and Technology, 2000, 19(1): 18-21.
- [7] 杨小静.基于用户特征的适老智能产品设计研究[J].包装工程,2020,41(6):123-126.
YANG Xiao-jing. Design of Intelligent Products for the Elderly Based on User Characteristics[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(6): 123-126.
- [8] 姜霖,王勇彬.基于良好沟通的老年人产品设计策略[J].南京艺术学院学报(美术与设计版),2017(1):181-186.
JIANG Lin, WANG Yong-bin. Product Design Strategy for the Elderly Based on Good Communication[J]. Journal of Nanjing Arts Institute (Fine Arts & Design), 2017(1): 181-186.
- [9] 张宁,王倩颖.基于能力需求匹配模型的老年图标设计[J].包装工程,2022,43(6):103-109.
ZHANG Ning, WANG Qian-ying. Icon Designing Based on Ability Demand Matching Model for the Elderly[J]. Packaging Engineering, 2022, 43(6): 103-109.
- [10] GERO J S, KANNENGIESSER U. The Situated Function-Behaviour-Structure Framework[J]. Design Studies, 2004, 25(4): 373-391.
- [11] CASCINI G, FANTONI G, MONTAGNA F. Situating Needs and Requirements in the FBS Framework[J]. Design Studies, 2013, 34(5): 636-662.
- [12] 张青,陈登凯,余隋怀.产品设计中基于FBS模型的用户需求分析方法[J].机械设计,2018,35(7):119-123.
ZHANG Qing, CHEN Deng-kai, YU Sui-huai. User Requirement Analysis Method Based on FBS Framework in Product Design[J]. Journal of Machine Design, 2018, 35(7): 119-123.
- [13] 苏珂,郑艺,朱运海,等.面向产品设计前期的集约化设计方法[J].计算机集成制造系统,2020,26(10):2670-2677.
SU Ke, ZHENG Yi, ZHU Yun-hai, et al. Intensive Design Method in Early Stage of Product Design[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2020, 26(10): 2670-2677.
- [14] 许艳秋,宋端树,辜俊丽,等.基于QFD与FBS模型的坐便器多适性设计研究[J].包装工程,2018,39(24):283-287.
XU Yan-qiu, SONG Duan-shu, GU Jun-li, et al. Multi-suitability Design of Toilet Based on QFD and FBS Model[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(24): 283-287.
- [15] 卢曼泽,王新亭,张峻霞,等.基于FBS与基元模型的机械装备概念设计研究[J].机械设计,2018,35(5):111-115.
LU Man-ze, WANG Xin-ting, ZHANG Jun-xia, et al. Research on Mechanical Equipment Concept Design Based on FBS Model and Primitive Model[J]. Journal of Machine Design, 2018, 35(5): 111-115.
- [16] 孙利,张鹏,吴俭涛,等.基于FBS拓展模型的可穿戴式康复机械手设计研究[J].图学学报,2021,42(1):150-157.
SUN Li, ZHANG Peng, WU Jian-tao, et al. Design of Wearable Rehabilitation Manipulator Based on FBS Extended Model[J]. Journal of Graphics, 2021, 42(1): 150-157.
- [17] 陈雨.乌尔姆设计学院的历史价值研究[D].无锡:江南大学,2013.
CHEN Yu. Research on the Historical Value of Ulm School of Design[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2013.
- [18] 欧静.基于语义特征的复杂产品工业设计系统研究[D].长沙:湖南大学,2016.

- OU Jing. Research on Industrial Design System of Complex Products Based on Semantic Features[D]. Changsha: Hunan University, 2016.
- [19] 魏长增, 张品. 工业设计与产品语义学[J]. 包装工程, 2003(2): 81-83.
WEI Chang-zeng, ZHANG Pin. Industrial Design and Product Semantics [J]. Packaging Engineering, 2003(2): 81-83.
- [20] 李志春, 包长江, 白凯. 基于风格意象的拖挂式房车造型设计[J]. 机械设计与研究, 2021, 37(3): 167-171.
LI Zhi-chun, BAO Chang-jiang, BAI Kai. Research on Modeling Design of Travel Trailer Based on Style Imagery[J]. Machine Design & Research, 2021, 37(3): 167-171.
- [21] 周祺, 李旭, 周济颜. 模糊 Kano 与情景 FBS 模型集成创新设计方法[J]. 图学学报, 2020, 41(5): 796-804.
ZHOU Qi, LI Xu, ZHOU Ji-yan. Integrated Innovative Design Method of Fuzzy Kano and Scenario FBS Model[J]. Journal of Graphics, 2020, 41(5): 796-804.
- [22] 穆芸, 张佳欣, 王安琪等. 基于 KJ 法和 Kano 模型的风衣产品设计研究[J]. 毛纺科技, 2020, 48(05): 42-48.
MU Yun, ZHANG Jia-xin, WANG An-qi, et al. Research on Windbreaker Product Design Based on KJ Method and Kano Model[J]. Woolen Textile Technology, 2020, 48(05): 42-48.
- [23] 张婉玉, 周春燕, 陈宇. 改进 Delphi 和多属性决策的老年服务机器人造型设计评价[J]. 机械设计, 2020, 37(10): 134-138.
ZHANG Wan-yu, ZHOU Chun-yan, CHEN Yu. Evaluation on Modeling Design of Elderly Service Robot with Improved Delphi and Multi-attribute Decision-making[J]. Journal of Machine Design, 2020, 37(10): 134-138.
- [24] 李昌兵, 段祺俊, 纪聪辉, 等. 融合卡方统计和 TF-IWF 算法的特征提取和短文本分类方法[J]. 重庆理工大学学报(自然科学), 2021(5): 135-140.
LI Chang-bing, DUAN Qi-jun, JI Cong-hui, et al. Method of Short Text Classification Based on CHI and TF-IWF Feature Selection[J]. Journal of Chongqing University of Technology (Social Science), 2021(5): 135-140.
- [25] QI Jun-duan. Method of Short Text Classification based on TF-IWF Feature Selection[J]. International Journal of Social Science and Education Research, 2021, 4(4): 367-375.

责任编辑: 蓝英侨

(上接第 135 页)

- [16] 冯豫韬, 杨泽辉, 宋锦然, 等. 通用视域下多感官通道的视障产品设计研究[J]. 包装工程, 2020, 41(6): 110-114.
FENG Yu-tao, YANG Ze-hui, SONG Jin-ran, et al. Multi-Sensory Product Design for the Visually Impaired under the General Vision[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(6): 110-114.
- [17] 杨璐. 中国盲童触摸认知图形书的设计研发探索[J]. 装饰, 2019(4): 112-115.
YANG Lu. Research on the Design of Cognitive Graphic Touch Book for Chinese Blind Children[J]. Art & Design, 2019(4): 112-115.
- [18] 焦阳, 龚江涛, 徐迎庆. 盲人触觉图像显示器 Graille 设计研究[J]. 装饰, 2016(1): 94-96.
JIAO Yang, GONG Jiang-tao, XU Ying-qing. Graille: Design Research of Graphical Tactile Display for the Visually Impaired[J]. Art & Design, 2016(1): 94-96.
- [19] 丁熊, 周文杰, 刘珊. 服务设计中旅程可视化工具的辨析与研究[J]. 装饰, 2021(3): 80-83.
DING Xiong, ZHOU Wen-jie, LIU Shan. Analysis and Research on Journey Visualization Tools in Service Design[J]. Art & Design, 2021(3): 80-83.
- [20] 张晓晨, 姚小玉, 胡飞. 具身认知视角下连续触感导盲导向产品设计[J]. 包装工程, 2021, 42(16): 113-119.
ZHANG Xiao-chen, YAO Xiao-yu, HU Fei. Embodied Cognition Based Design and Verification of Continuous Tactile Guiding Products for the Visually Impaired[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(16): 113-119.

责任编辑: 蓝英侨