

基于 INPD 与 KE 的老年人辅助陪伴机器人造型设计

李晓杰, 梁健

(广州理工学院, 广州 510540)

摘要: **目的** 为应对日趋严重的老龄化现象, 满足老年人群体生活需求, 完善老年人辅助陪伴机器人的设计方法。**方法** 运用 INPD 结合感性工学方法指导老年人辅助陪伴机器人设计, 首先从社会、经济、技术 (SET) 因素角度分析产品可能的机会点, 明确用户对产品的多种需求; 进而对用户需求进行分层次整理和排序; 再结合感性工学的理论方法, 选取符合感性意象词汇库的样本, 得出设计概念; 制作产品模型, 检查外观和结构合理性, 优化设计。**结论** 综合应用 INPD 与感性工学相结合的分析方法进行老年人辅助陪伴机器人的创新设计, 得出创新设计模型及一项概念设计产品, 设计过程更具科学性。以案例实证方式验证 INPD 与感性工学相结合方法的可行性与合理性, 为老年人多功能陪护产品创新设计研究完善思路与方向。

关键词: 工业设计; 辅助陪伴机器人; INPD; 感性工学; 老龄化问题

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2020)24-0070-09

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.24.010

Design of Assisted Companion Robot for the Elderly Based on INPD and KE

LI Xiao-jie, LIANG Jian

(Guangzhou Institute of Science And Technology, Guangzhou 510540, China)

ABSTRACT: The work aims to improve the design method of the assisted companion robot for the elderly, to meet various needs for the elderly users, and improve the design of assisted companion robot for the elderly to cope with the rising aging phenomenon in China. The INPD and Kansei Engineering method were used to guide the design of accompanying products for the elderly, and SET factor analysis was used to find the product opportunity gap from the perspective of social, economic and technical factors, and clarify the multiple needs of users for products. Analytic hierarchy process was used to sort the user's needs. Combining with the theoretical methods of Kansei Engineering, the paper selected the samples that matched the perceptual image vocabulary to get the design concept. Finally, the product model was constructed, the rationality of appearance and structure was checked, and the design was optimized. INPD and Kansei Engineering are combined to carry out innovative design of assisted companion robot for the elderly. An innovative design model and a conceptual design product are obtained. The design process is more scientific. The feasibility and rationality of INPD combined with Kansei Engineering are verified by case study, providing thinking and direction for perfecting the innovative design of multi-functional accompanying products for the elderly.

KEY WORDS: industrial design; assistant companion robot; INPD; kansei engineering; ageing

随着我国逐渐步入老龄化社会, 预测到 2030 年, 我国六十岁以上老年人口将超过三亿^[1]。伴随国内经济高速的发展, 社会以及生活节奏也越来越快, 老年人们迫切希望拥有独立生活的能力^[2], 使得未来家庭

对老年人家用陪伴辅助机器人的需求越来越大^[3]。人在步入老年后, 心理上 and 生理上都会呈现出显著的变化, 对老年人服务机器人的造型、安全性、情感交互、辅助生活等都提出了更高的要求。现阶段对老年人陪

收稿日期: 2020-09-08

基金项目: 广东省普通高校青年创新人才项目 (2019KQNCX217); 广东省大学生创新创业训练计划项目 (201812668017)

作者简介: 李晓杰 (1985—), 女, 四川人, 硕士, 广州理工学院讲师, 主要研究方向为产品创新设计、智能制造、虚拟现实等。

伴辅助机器人的研究主要针对外观造型以及人机交互设计^[4-5]。基于 INPD 结合感性工学的方法,运用 SET 因素分析法中针对社会、经济、技术等方面进行趋势性分析,寻找产品痛点以及机会,再结合感性工学进行感性意向分析,识别并理解机会,获得设计概念,最后开发更具情感需求的老年人陪伴辅助机器人。

1 INPD 方法

INPD 是 Cagan 教授与 Vogel 教授在著作《创造突破性产品》中主要研究的设计方法,是考虑以用户为中心进行设计,为整合创新产品开发^[6]。INPD 方法主要涵盖四个产品开发阶段:识别机会、理解机会、产品机会概念化、实施产品机会^[7]。INPD 方法在整个产品开发过程中,综合考虑了用户需求、市场趋势以及工程技术等多方面因素,并通过定性定量等分析等手段,挖掘并最终实现产品机会,提高了设计的有效率,工作成本得到降低,从而进一步提高了产品开发的成功率,因此该方法对现代设计有着比较重要的指导意义。

2 感性工学研究

老龄化社会,针对独居老年人的陪伴辅助机器人设计,需要以用户为中心,在满足老年人用户的功能需求的前提下,还需从用户情感需求方面来进行设计研究。感性工学作为产品情感化设计的手段,它是将用户模糊的对产品的感性意向进行量化分析,以此确定用户对产品体验的逻辑关系,将用户对产品的感性体验归纳总结为产品设计元素^[8-9]。在老年人陪伴辅助机器人设计过程中,基于 INPD 方法获取产品机会,再结合基于用户情感需求的感性工学分析,获得产品设计概念,再将其应用到具体的产品设计实践中。

3 基于 INPD 方法结合感性工学的老年人辅助陪伴机器人概念设计

3.1 识别产品机会缺口

第一阶段的目标是识别出大量潜在产品机会以及作出最佳的产品机会的选择。将基于 SET 因素分析法,从社会趋势、经济趋势以及新技术等三大趋势的因素来进行综合分析,全方面审视并获得一个理想的产品机会^[10]。在不断研究了解老年人陪伴辅助机器人研究现状的基础上,对老年人陪伴辅助机器人的 SET 因素分析,老年人陪伴辅助机器人 SET 分析见图 1。

通过不同角度产品大量的产品机会点,再通过概括分析总结,产生了八个针对老年人陪伴辅助机器人产品机会并进行编号:PO-01 陪伴帮助老年人改善健

康生活习惯的新服务;PO-02 打造保障独自居家安全的新产品;PO-03 辅助智能拾取物品的新方法;PO-04 辅助便捷出行的新方式;PO-05 辅助个性化生活习惯的新产品;PO-06 创造户外使用场景的新体验;PO-07 打造健康生活社区交往与分享平台;PO-08 获得深度情感关怀的新的陪伴状态。

运用权衡矩阵方法,从八个初步的产品机会中挑选出一个更为理想的产品机会。参照 INPD 过程中产品机会识别阶段的权衡矩阵标准来进行具体的产品机会评估标准设计,其中每一列列举出不同的评估标准,设置不同的权重值,每一行为产品初步机会,共分为五个档次,分值设置为一到五分,分别代表低、较低、中、良、优。产品机会权衡矩阵评分统计见表 1。

从加权平均分来看,PO-03 辅助智能拾取物品的新方法,这个产品机会得分最高,将作为本次老年人陪伴辅助机器人研究的产品机会。

在完成 INPD 过程的第一阶段后,再根据产品机会描述,完成典型用户使用情景故事创作:老李,已经退休,生活在二线城市独居老人,他很爱做饭和做家务,每天外出参加完社区老年人活动,就买菜回家做饭,料理好自己的一日三餐,认真打理好每天的生活起居。然而每次回到家,面对空荡荡的房间,老李常常会感到孤独,感叹每天生活的大小事都得自己亲力亲为,没人可以搭把手帮帮忙,因此他需要一个可以陪伴并能辅助他完成一些生活事务的机器人。上了年纪之后,由于患有关节炎,老李手脚慢慢变得不灵活,记忆力也开始下降,时常想拿一个东西都要找来找去,从高处取物和低处拾物也变得很不方便,为此他感到很难过。以上的产品机会描述与故事情节说明,进一步明确了研究方向。

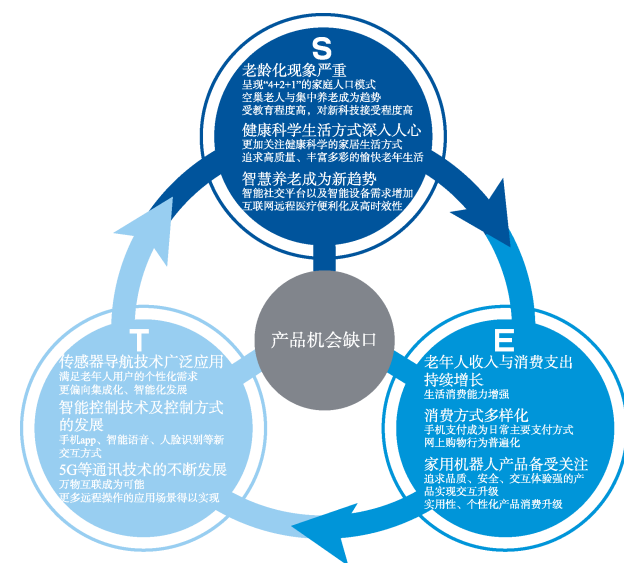


图 1 老年人陪伴辅助机器人 SET 分析
Fig.1 SET analysis of the assisted companion robot for the elderly

表 1 产品机会权衡矩阵评分统计
Tab.1 Rating of product opportunity tradeoff matrix

产品机会 编号	用户对产品功能 需求期望值（20%）	产品潜在创新 能力（20%）	现有技术资源等 硬性条件（30%）	产品未来可能占的 市场规模（10%）	团队对产品机会感 兴趣程度（20%）	最终获得的 加权平均值
PO-01	2.33	3.5	3.5	3.2	3.2	3.15
PO-02	2.5	3.2	3.0	2.5	2.8	2.8
PO-03	2.75	3.8	3.1	3.2	3.0	3.16
PO-04	2.25	3.3	3.3	2.8	3.0	2.93
PO-05	2.58	3.7	3.3	2.9	3.2	3.14
PO-06	2.5	3.4	3.2	3.1	3.0	3.04
PO-07	2.92	3.0	2.6	2.8	3.0	2.86
PO-08	2.8	3.0	2.8	2.4	2.2	2.68

3.2 识别产品机会缺口

INPD 方法中的第二阶段，根据已识别的产品机会，展开对目标用户的定性分析和定量研究，进一步明确产品价值机会^[11]。并把价值机会转化为总体的、一般性的产品设计准则。

3.2.1 建立针对老年人陪伴辅助机器人的用户需求层次结构图

通过对全国六个大城市四十五位六十岁至八十岁老年人进行问卷调研，问卷围绕陪伴辅助机器人的使用情况设计了二十四个问题，同时随机实地访谈了四位老年人及其子女，再结合专业人士反馈，建立针对老年人陪伴辅助机器人的功能需求模型。目标用户需求层次结构见图 2。

3.2.2 构造判断矩阵

运用 Saaty 的九个重要性等级，对目标需求层次结构的第二层和第三层进行两两因素比较，目的是在数值上面体现两两因素间重要程度的等级。比值按照九种取值分别为 1/9，1/7，1/5，1/3，1，3，5，7，9，也可以取上述各数值的中间值及其倒数。

第二层评价指标的判断矩阵及权重值见表 2，主观功能评价指标的判断矩阵及权重见表三，客观功能评价指标的判断矩阵及权重见表 4，市场反馈评价指标的判断矩阵及权重见表 5。将表 2 所得权重值分别与

表 3、表 4、表 5 其他子评价指标的对应权重值相乘，得出每个子评价指标在整个评价体系中的综合权重值，综合权重值见图 3。再对计算结果的排序后，在设计实践中功能部分设计将陪伴聊天、物品取放、远程报警、子女数据共享、安全稳定作为主要的参考指标。

表 2 第二层评价指标的判断矩阵及权重值

Tab.2 Judgment matrix and weight value of the second-level evaluation index

Z	A1	A2	A3	权重（w）	一致性结果
A1	1	3	5	0.6370	0.3320
A2	1/3	1	3	0.2582	
A3	1/5	1/3	1	0.1047	

表 3 主观功能评价指标的判断矩阵及权重

Tab.3 Judgment matrix and weight value of subjective function evaluation index

A1	B1	B2	B3	B4	权重（w）	一致性结果
B1	1	5	1/2	5	0.3652	0.0824
B2	1/5	1	1/5	1/3	0.0634	
B3	2	5	1	3	0.4437	
B4	1/5	3	1/3	1	0.1276	

表 4 客观功能评价指标的判断矩阵及权重

Tab.4 Judgment matrix and weight value of objective function evaluation index

A2	C1	C2	C3	权重（w）	一致性结果
C1	1	3	1/3	0.2921	0.0332
C2	1/3	1	1/5	0.1185	
C3	3	5	1	0.5894	

表 5 市场反馈评价指标的判断矩阵及权重

Tab.5 Judgment matrix and weight value of market feedback evaluation index

A3	D1	D2	D3	D4	权重（w）	一致性结果
D1	1	1/3	1/5	1/3	0.0831	0.0734
D2	1/3	1	1/5	1/3	0.1459	
D3	5	5	1	3	0.6201	
D4	5	3	5	1	0.1509	

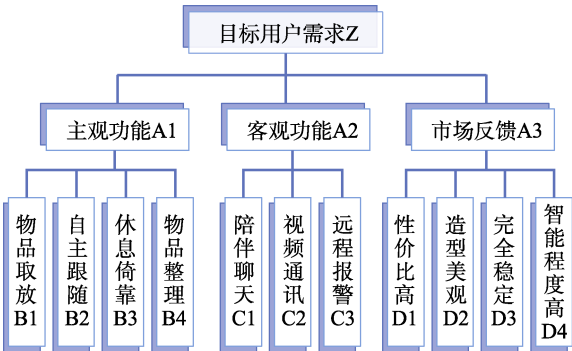


图 2 目标用户需求层次结构

Fig.2 Structural chart of users' hierarchy of need

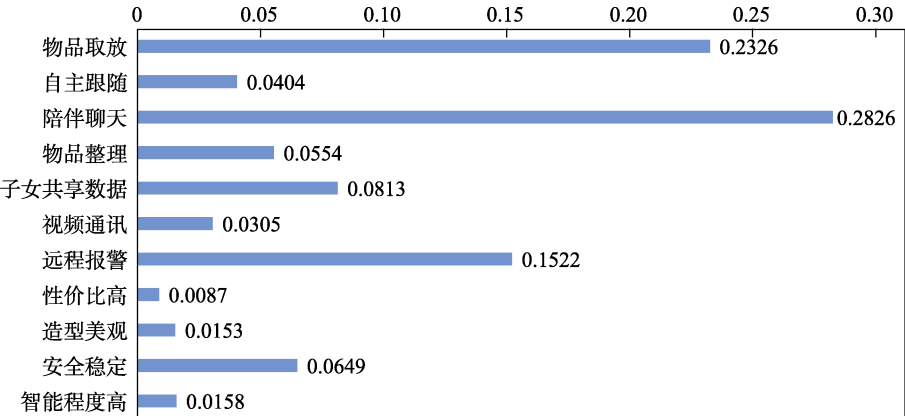


图 3 综合权重值
Fig.3 Comprehensive weight

3.3 基于 SET 用户需求因素的老年人陪伴辅助机器人的感性意向分析

3.3.1 建立老年人陪伴辅助机器人感性词汇库

首先通过对目标用户的调查问卷、面对面访谈等方式，获得大量的关于老年人用户对老年人陪伴辅助机器人的感性意向词汇，建立意向词汇库。基于 SET 因素分析后所得到的产品机会，再加上现有产品造型分析作为判定条件，再运用语义差异法（SD）^[12]，对感性词汇库进行筛选，最终获得二十对感性词汇对。

其次，根据李克特量表制作感性词汇对情感认知程度分析调查问卷^[13]，采用五级制设置重要程度，共通过网络投放四十五份问卷，回收四十份，通过数据分析得出重要程度最高的六组感性词汇对，即安全-危险、流线-呆板、亲和-疏远、科技-现代、简洁-复杂、精致-粗糙。

3.3.2 陪伴辅助机器人样本的收集与筛选

通过市场调研走访、互联网资料收集等多种途径，收集整理符合陪伴辅助机器人设计构想的相似产

品图片。再运用 Likert 量表制作成四十五份感性词汇情感认知程度调查问卷，对六十岁至八十岁老年人以及子女进行问卷投放调研，从不符合到非常符合等五个情感认知程度对陪伴辅助机器人样本进行打分。根据调查问卷结果，最终筛选出十二款陪伴辅助机器人产品代表性样机，老年人辅助陪伴机器人样本见图 4。

3.3.3 陪伴辅助机器人产品特征解析

这一阶段根据产品造型设计原理与方法为基础，以传统形态分析学为指导，解析产品特征，并建立形态元素分析图表^[14]。分析提取老年人陪伴辅助机器人的每个造型单元特征，并运用简化线框图来分别表示。通过大量对老年人辅助陪伴机器人样本的观察、分析、概括、总结，将老年人辅助陪伴机器人造型设计产品特征归纳为头部、胸部、手臂、腹部、便携设备、底盘等独立单元，并分单元进行产品造型设计元素的提取与分析，寻求该类产品的造型设计规律，产品造型形态元素分析编码见表 6。将所保留的服务机器人样本与产品特征解析编码进行一一匹配，得到每个样本的产品造型形态元素分析编码表，陪伴辅助机



图 4 老年人辅助陪伴机器人样本
Fig.4 Samples of assisted companion robots for the elderly

表 6 产品造型形态元素分析编码
Tab.6 Morphological element analysis coding of product modeling

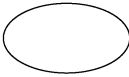
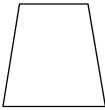
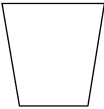
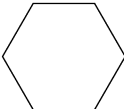
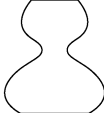
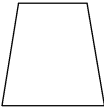
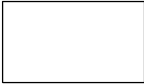
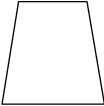
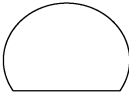
产品特征分类	形态细化示意					
头部 (X1)	 X11	 X12	 X13	 X14	 X15	其他 X16
胸部 (X2)	 X21	 X22	 X23	 X24	 X25	其他 X26
手臂 (X3)	关节裸露 X31	关节包裹 X32	其他 X33			
腹部 (X4)	 X41	 X42	其他 X43			
底盘 (X5)	 X51	 X52	 X53	 X54	其他 X55	
交互显示屏 (X6)	4 : 3 X61	16 : 9 X62	其他 X63			

表 7 陪伴辅助机器人产品特征解析
Tab.7 Analysis of product features of assisted companion robot

样本	头部	胸部	手臂	腹部	底盘	交互显示屏
1	X15	X22	X32	X42	X52	X62
2	X13	X22	X32	X42	X52	X63
3	X13	X26	X31	X43	X52	X63
4	X14	X23	X31	X42	X55	X62
5	X15	X21	X31	X41	X53	X62
6	X12	X24	X32	X43	X55	X61
7	X11	X22	X32	X43	X51	X61
8	X14	X22	X31	X43	X52	X61
9	X14	X21	X31	X41	X53	X61
10	X13	X25	X31	X43	X54	X61
11	X13	X22	X31	X41	X52	X62
12	X12	X21	X31	X41	X52	X62

器人产品特征解析见表 7。

3.3.4 感性工学意向评价分析

此阶段针对老年人辅助陪伴机器人外观造型进行感性工学意向评价分析。将六组感性词汇对，与老年人辅助陪伴机器人外观造型元素特征进行一一对应，让用户进行感性评价。感性评价同样通过设计调查问卷，采用语义差异法，针对每对感性评价词汇对

建立五级评价标准，共投放十八份，调研对象需对每组样本进行打分，最终获得感性意向评价的平均值^[15]。感性评价平均值统计见表 8。

综合分析感性意向的评价结果，针对每一组感性词汇对，选出最具代表性的产品样本，提取其造型特征^[16]，作为老年人陪伴辅助机器人外观造型设计时的设计方向，造型特征分析见表 9。

表 8 感性评价平均值统计
Tab.8 Average of perceptual evaluation

机器人样本	样本 1	样本 2	样本 3	样本 4	样本 5	样本 6
安全的-危险的	1.60	1.46	1.13	0.66	0.87	1.27
流线的-呆板的	1.53	1.60	1.20	0.87	0.80	1.63
亲和的-疏远的	1.73	1.60	1.07	1.07	0.87	1.60
科技的-现代的	1.47	1.53	1.20	1.47	0.80	1.40
简洁的-复杂的	1.60	1.33	1.27	0.93	1.20	1.35
精致的-粗糙的	1.47	1.33	1.20	1.13	0.60	1.67

机器人样本	样本 1	样本 2	样本 3	样本 4	样本 5	样本 6
安全的-危险的	1.47	1.20	1.27	1.27	1.40	1.00
流线的-呆板的	0.93	1.20	0.67	1.13	1.33	0.80
亲和的-疏远的	1.27	1.33	0.73	1.20	1.27	0.73
科技的-现代的	0.20	1.13	1.65	1.07	1.33	1.07
简洁的-复杂的	0.20	1.63	1.00	1.00	1.33	1.00
精致的-粗糙的	1.60	1.33	1.20	1.00	1.47	0.93

表 9 造型特征分析
Tab.9 Analysis of modeling feature

样本		造型特征
安全的	1	整体包裹感强，线条柔和
流线的	6	主体轮廓线条
亲和的	1	线条柔和、圆润
科技的	9	直线、折线轮廓硬朗，材质搭配
简洁的	8	外观曲线，以及分模线
精致的	6	外观层次丰富，小而圆滑的倒角

3.4 产品机会概念化

3.4.1 定位产品功能及形成产品概念

INPD 方法过程中的第三阶段是产品机会概念化。通过一系列的市场和用户调研，针对老年人用户的需求、期望与喜好进行系统分析，再结合现有陪伴辅助机器人的不足和用户需求，将新产品定义为：面向六十岁以上老人消费群体的，操作稳定安全的、造型简洁亲和的、交互简易舒适的家用陪伴辅助取物机器人。根据上一阶段产品功能定义，再运用头脑风暴，提出十四种设计概念并进行筛选，产品功能设计概念矩阵见图 5。

考虑陪伴辅助取物机器人的使用环境是以室内居家为主，空间相对比较狭窄，在取物过程中要保持良好的稳定性与安全性，底盘结构采用履带式或轮轴式，而不采用人形足。另外要满足取物功能，考虑按照人形机器人的手臂和手指构型特点来进行设计。机器人各部分整合进行设计时，在造型上需更富有包裹感、流线感和整体感。

3.4.2 老年人陪伴辅助机器人造型设计方案

首先是根据老年人辅助陪伴机器人的外形结构设计要求，分别进行具体造型元素提取，寻找设计规



图 5 产品功能设计概念矩阵
Fig.5 Functional design concept matrix of product

律。具体方法是根据表 9 中每对感性词汇对所对应的样本单元，完成该样本的形态元素特征的分析与提取。机器人整体形态包裹感强，弧线、曲线、圆形等柔和的线条在外轮廓线条上的应用会更加体现出安全感；身体与腹部底盘一体化设计，轮廓的流体弧线更具流线型；形体采用弧线、圆角更具有亲和力；直线、折线、切角的处理会使得轮廓更具硬朗的感觉；同形态弧线的重复使用以及侧身有弧度的分模线使得整体造型更加简洁；双曲率切面更具精致感，机器人感性样本造型元素提取见图 6。

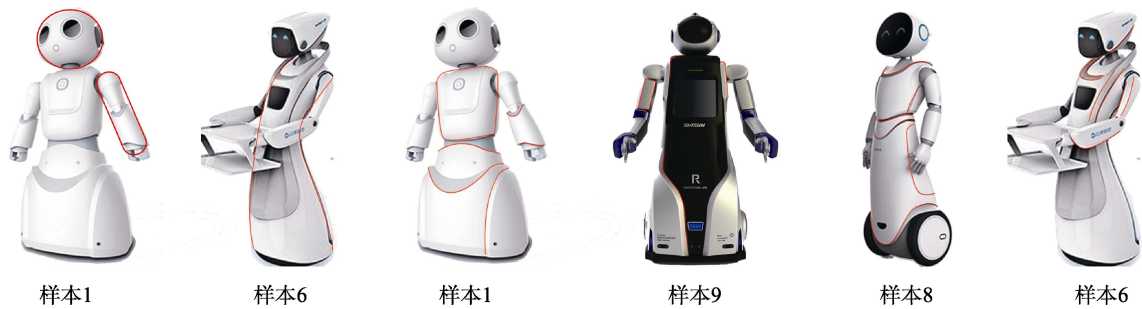


图 6 机器人感性样本造型元素提取
Fig.6 Modeling elements extraction of robot perceptual samples

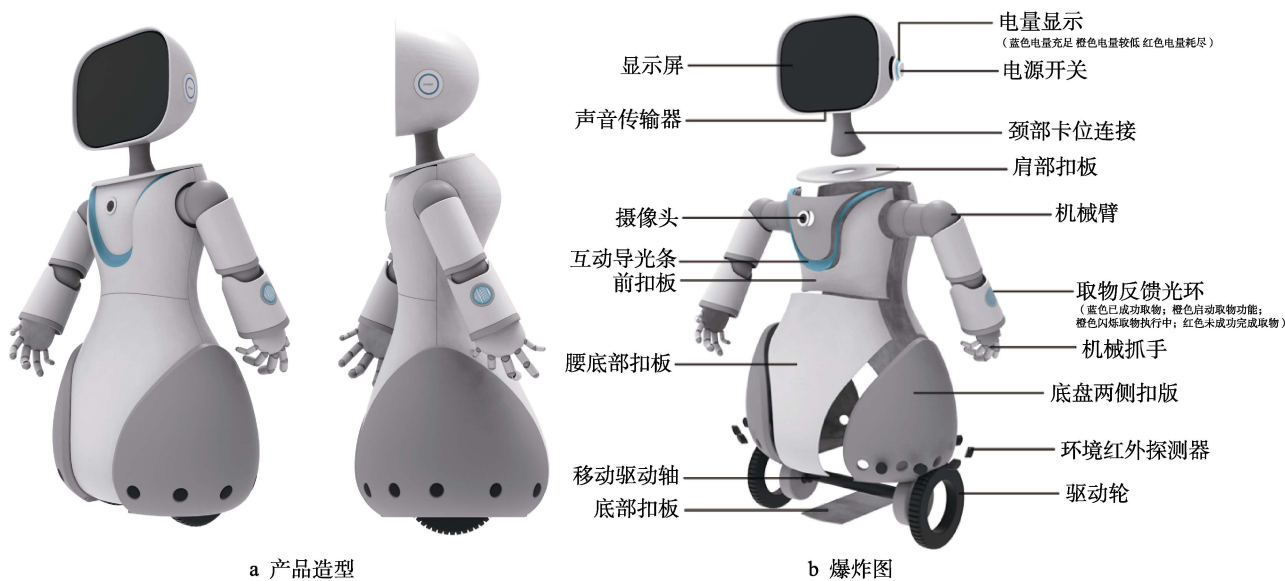


图 7 老年人辅助陪伴机器人产品效果
Fig.7 Rendering of the product of assisted companion robot for the elderly

其次是色彩设计,为了使得老年人陪伴辅助机器人更具亲和力,在家用环境中更和谐,在配色上选择更为简洁大方。主体色彩以白色搭配黑色为主,交互光源提示灯或者机身细节部分采用莫兰迪色系中的蟹壳青作为点缀。

3.5 产品机会实施

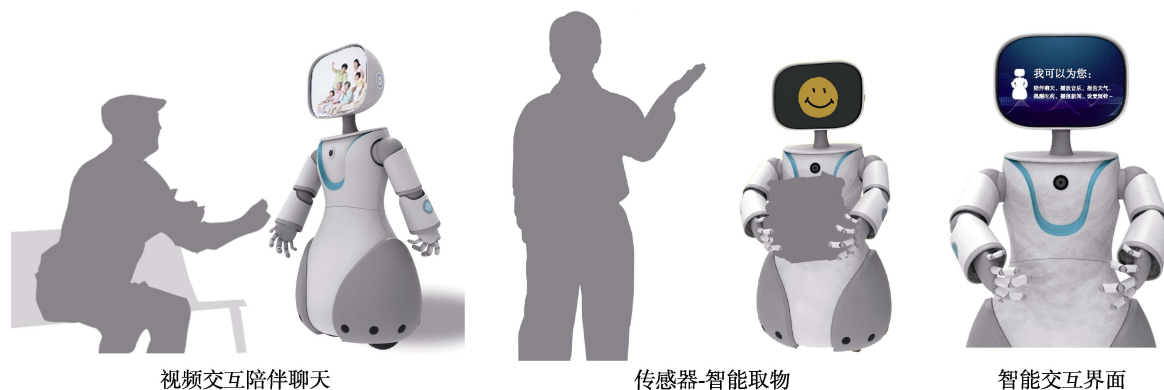
INPD 过程中的最后一个阶段是对产品机会的实施。依据老年人陪伴辅助取物机器人的功能设计概念,外观造型设计要素与整体配色方案为设计依据,进行老年人陪伴辅助机器人的创新设计,运用 Rhino 软件 3D 建模,再用 Keyshot 进行后期渲染,并完善得出最终设计方案。老年人辅助陪伴机器人产品效果见图 7。

创新设计方案整体布局合理,人机交互顺畅。界面视觉信息传达方面,整体设计较为简约,为提高多数老年人的可读性,增强字体显示,同时调整字体号数,采用 14~16 Pt 字体号,功能演示和系统界面效果见图 8。尽量简化界面的功能和元素设计,以减少老年人用户的使用学习时间。运用互联网云技术,在头部和底座部分内嵌了蓝牙模块,可使老年人陪伴辅助机器人与智能手持设备中的专用 APP 连接,获取

更多的辅助服务,并在用户使用过程中,逐步学习记录老人的习惯特征,不断完善服务,APP 交互界面设计效果见图 9。同时,子女可通过 APP 对老年人的使用状况予以掌控,随时关注老年人身心动向,促进亲子间的交流。

4 结语

以老年人辅助陪伴机器人造型设计作为研究对象,运用 INPD 结合感性工学的方法,以获得用户以及消费者对老年人陪伴辅助机器人的大量需求,通过社会、经济、技术 (SET) 因素分析发现产品机会,运用权衡矩阵挑选出最佳产品机会,再对用户需求进行分层次整理和排序,运用感性工学,对提出的设计概念进行权衡筛选出感性意象词汇,通过语义差异法进行调查分析得出最优样本,并概括分析最优样本的外观形态设计要素,通过设计实践设计更符合目标老年用户的陪伴辅助机器人。通过实际案例的设计研究,进一步验证了 INPD 产品创新设计方法结合感性工学方法的可行性,完善同类型产品造型设计方法,具有一定的参考价值。



视频交互陪伴聊天

传感器-智能取物

智能交互界面

图 8 功能演示和系统界面效果

Fig.8 Effect chart of function demonstration and system interface

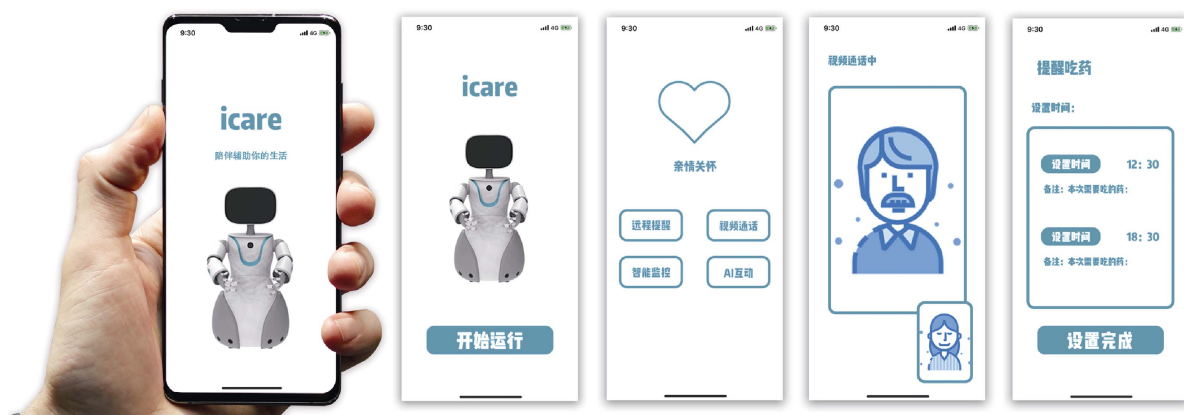


图 9 APP 交互界面设计效果

Fig.9 Effect chart of APP interface

参考文献：

- [1] 李硕雅. 从全国第六次人口普查看我国人口问题[J]. 经济论坛, 2012(1): 89-91.
LI Shuo-ya. View China's Population Problems from the Sixth National Population Census[J]. Economy Forum, 2012(1): 89-91.
- [2] 朱上上, 张一琦. 城市社区退休老年人休闲社交服务设计研究[J]. 包装工程, 2015, 36(12): 5-9.
ZHU Shang-shang, ZHANG Yi-qi. The Leisure Service Design for the Retired People in City Community[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(12): 5-9.
- [3] 毕翼飞, 王年文, 朱亦吴. 基于感性工学的老年陪护机器人造型设计[J]. 包装工程, 2018, 39(2): 160-165.
BI Yi-fei, WANG Nian-wen, ZHU Yi-wu. Form Design of Accompany Robot for the Elderly Based on Kansei Engineering[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(2): 160-165.
- [4] 胡康, 邱杰, 艾险峰. 基于 iNPD 与 AHP 的老年人陪护产品创新设计[J]. 包装工程, 2019, 40 (24): 179-186.
HU Kang, QIU Jie, AI Xian-feng. Innovative Design of Elderly Nursing Products Based on iNPD and AHP[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(24): 179-186.
- [5] 李雪亮. 移动互联网视角下老年人智能产品服务设计研究[J]. 包装工程, 2016, 37(2): 57-60.
LI Xue-liang. Intellectual Product Service Design for the Elderly from the Perspective of Mobile Internet[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(2): 57-60.
- [6] CAGAN J. 创造突破性产品[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.
COGAN J. Create Breakthrough Products[M]. Beijing: Machinery Industry Press, 2003.
- [7] 杨熊炎, 肖狄虎. 以 iNPD 方法为导向的按摩垫产品设计[J]. 机械设计, 2014, 31(4): 111-113.
YANG Xiong-yan, XIAO Di-hu. Massage Mat Design Based on iNPD Approach[J]. Journal of Machine Design, 2014, 31(4): 111-113.
- [8] NAGAMACHI M. Kansei Engineering: A New Ergonomic Consumer-Oriented Technology for Product Development[J]. International Journal of Industrial Ergonomics, 1995, 15(1): 3-11.
- [9] NAGAMACHI M. Kansei Engineering as a Powerful Consumer-Oriented Technology for Product Development[J]. Applied Ergonomics, 2002, 33(3): 289-294.
- [10] 陈旺, 石元伍. 基于 SET 与 FAHP 的老年助行机器人创新设计[J]. 机械设计, 2016, 33(10): 116-117.
CHENG Wang, SHI Yuan-wu. Innovative Design of Walking Robot for the Elderly Based on SET and FAHP[J]. Machine Design, 2016, 33(10): 116-117.
- [11] 陈亮. 基于 SET 因素的高层建筑幕墙自动清洗机设计

- [J]. 机械设计, 2015, 32(3): 123-125.
- CHEN Liang. Curtain Wall Automatic Cleaning Machine Design for High-rise Building Based on SET Factors[J]. Machine Design, 2015, 32(3): 123-125.
- [12] 常瑜, 刘宝顺, 田园. 基于层次分析法的扫地车造型模糊综合评价方法及应用[J]. 机械设计, 2017(3): 121-125.
- CHANG Yu, LIU Bao-shun, TIAN Yuan. Method and Application of Fuzzy Comprehensive Evaluation of Sweeping Vehicle Modeling Based on AHP[J]. Journal of Machine Design, 2016, 37(2): 57-60.
- [13] 曹恩国, 张歆, 张嵘. 基于 SET 分析法的居家养老交互产品系统设计研究[J]. 机械设计, 2014, 31(12): 119-122.
- CAO En-guo, ZHANG Xin, ZHANG Rong. Research on the Home Care Interactive Product System Design Based on SET Analysis[J]. Machine Design, 2014, 31(12): 119-122.
- [14] 李梦君, 许开强. 基于 INPD 与 SD 的角向磨光机造型设计[J]. 机械设计, 2017, 34(2): 115-118.
- LI Meng-jun, XU Kai-qiang. Modeling Design of Angle Grinder Based on INPD and SD[J]. Journal of Machine Design, 2017, 34(2): 115-118.
- [15] 罗丽弦, 洪玲. 感性工学设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2015.
- LUO Li-xian, HONG Ling. Kansei Engineering Design [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2015.
- [16] 景楠, 方海, 张秦玮. 基于类型学的产品风格创新设计研究[J]. 机械设计, 2015, 32(4): 273-275.
- JING Nan, FANG Hai, ZHANG Qin-wei. Research on Product Style Innovation Design Based on Typology[J]. Machine Design, 2015, 32(4): 273-275.

(上接第 52 页)

- [18] WU T C, WU Mei-ying. A Research of Color Universal Design for Hospital's Orientational Sign[C]. Yiwu: 2010 IEEE 11th International Conference on Computer-Aided Industrial Design & Conceptual Design 1, 2010.
- [19] 倪春洪. 基于特殊群体生活需求的城市公共空间导视系统设计[J]. 包装工程, 2015, 36(8): 43-46.
- NI Chun-hong. Visual Sign System Designing of the Urban Public Places Based on Living Needs towards Specific Groups[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(8): 43-46.
- [20] Washington, DC: Society for Environmental Graphic Design. Signage Requirements in the 2010 Standards for Accessible Design[EB/OL]. (2012-10-11)[2020-09-09]. <https://segd.org/>.
- [21] 方兴, 田颖慧. 现代地铁导视系统的交互数字化研究[J]. 包装工程, 2019, 40(4): 88-92.
- FANG Xing, TIAN Ying-hui. Digital Interaction of Modern Metro Sign System[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(4): 88-92.
- [22] 王照伟. 城市公共空间的导视系统设计[J]. 包装工程, 2019, 40(4): 283-286.
- WANG Zhao-wei. The Design of Guiding System in Urban Public Space[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(4): 283-286.
- [23] 解春风. 地域文化元素在文创产品设计中的应用[J]. 包装工程, 2020, 41(8): 313-316.
- XIE Chun-feng. Application of Regional Cultural Elements in Cultural and Creative Product Design[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(8): 313-316.
- [24] 范玥. 城市导视系统多元化设计研究[J]. 包装工程, 2019, 40(8): 276-278.
- FAN Yue. Diversified Design of City Sign System[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(8): 276-278.
- [25] 陈志莹, 赵薇. 基于新媒体技术的“智慧景区”导视系统设计开发探索[J]. 包装工程, 2018, 39(24): 60-64.
- CHEN Zhi-ying, ZHAO Wei. Development and Exploration on the Design of “Smart Famous Scenic Sites” Sign System Based on New Media Technology[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(24): 60-64.