

场景法优化的舱式熏蒸机迭代设计研究

付晓莉, 黄震, 杨树峰
(中原工学院, 郑州 451191)

摘要: **目的** 在医疗器械智能化、人性化发展的时代背景下, 舱式熏蒸产品款式老旧、用户满意度低的问题日益凸显, 为提升用户体验, 对舱式熏蒸产品进行迭代设计。**方法** 基于场景法梳理现有舱式熏蒸机的作业流程, 建立医师、患者、患者陪同人员三者的典型场景; 采用交互设计方法深度挖掘交互摩擦点、整理用户需求, 重构具备良好交互性能的目标场景; 运用全局人机界面原件(HIEs)解析方法解构舱式熏蒸机, 建立功能部件与功能性元器件的映射关系, 结合目标场景获得舱式熏蒸机的功能需求; 以黑箱原理创建功能模型, 提出舱式熏蒸机各功能部件的设计目标。**结论** 得出满足用户需求的舱式熏蒸机方案, 验证了使用场景法进行产品迭代设计的可行性, 为提升同类产品可用性与用户满意度提供了设计方向和思路。

关键词: 舱式熏蒸机; 场景法; 功能重构; 黑箱原理; 迭代设计

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)04-0188-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.04.023

Iterative Design of Cabin Fumigation Machine Optimized by Scenario Method

FU Xiao-li, HUANG Zhen, YANG Shu-feng

(Zhongyuan University of Technology, Zhengzhou 451191, China)

ABSTRACT: Under the premise of intelligent and humanized development of medical equipment, the problems of obsolete styles and low user satisfaction of cabin fumigation products have become increasingly prominent. The work aims to conduct iterative design on cabin fumigation product to improve user experience. Based on the scenario method, the operation process of the existing cabin fumigation machine was sorted out, and the typical scenarios of the doctor, the patient, and the patient's accompanying person were established. The interactive design method was used to deeply explore the interactive friction points, organize the user needs, and reconstruct the target scenarios with good interactive performance. The analysis method of human interface elements (HIEs) was used to reconstruct the cabin fumigation machine. The mapping relationship between functional parts and functional components was established. Combining the target scenarios, functional requirements of the cabin fumigation machine were obtained. The functional model was created based on the black box principle, and the design goals of each functional component of the cabin fumigation machine were proposed. A cabin fumigation machine program that meets the needs of users was obtained. It verifies the feasibility of iterative product design with the scenario method and provides design directions and ideas for improving the usability and user satisfaction of similar products.

KEY WORDS: cabin fumigation machine; scenario method; function reconstruction; black box principle; iterative design

熏蒸疗法作为中医常用的治疗方法, 利用药物蒸汽打开毛孔, 使药物通过皮肤直达病灶, 能够达到改

善人体微循环、活血通络、缓解痉挛、镇痛等效果^[1]。舱式熏蒸机是实现患者全身熏蒸治疗的现代医疗器

收稿日期: 2022-09-16

基金项目: 河南省重点研发与推广专项(科技攻关)(212102210346)

作者简介: 付晓莉(1962—), 女, 教授, 主要研究方向为工业设计技术理论及应用、康复产品工业设计创新方法及应用。

通信作者: 黄震(1995—), 男, 硕士生, 主攻工业设计创新方法及应用。

械,具有作用范围广、药物渗透性佳的特点。近年来,人们对康复医疗器械的使用体验关注度逐渐提高,设计师逐步将人机工程学、人工智能等用于熏蒸机的设计以提高其便捷度和舒适度。李娜等^[2]依托 PID 智能控制器重新设计熏蒸机舱内控温方案,优化控温性能,增强熏蒸治疗的安全性和舒适性;孔令哲^[3]根据人体尺寸研究熏蒸机的主体结构,使用 ANSYS Workbench、FLUENT 等软件进行流场分析,研发了自动控温单片机系统,设计出了具备智能控制功能、符合人机工程学的舱式熏蒸机方案。拥有良好的工作性能、安全性和舒适性是产品保证用户体验的基础,而直接影响用户使用体验的是产品的交互性能。

对市场十余款舱式熏蒸机进行调研分析,其中 90% 的产品仅在外观及色彩方面有所差异,功能布局及使用流程等方面存在极大趋同性。采用访谈与问卷相结合的方式对使用 XY 公司的舱式熏蒸机的实际使用场景进行调研,共回收问卷 107 份,得出 80% 的医生将大量时间消耗在功能参数调节、辅助病患治疗、日常维护和维修等方面,61.2% 的患者反馈在治疗过程中因熏蒸机布局不合理体验感较差。因此,运用场景法分析熏蒸机的使用场景,系统发掘用户痛点,提升熏蒸机的交互性能,帮助用户高效舒适地达成治疗目标,可以极大地提升用户的使用体验。

1 场景法迭代设计流程

区别于以物为设计对象的工业设计方法,场景法主要通过收集与优化用户行为来指导设计,以系统论的观点贯穿整个设计流程,将交互场景中人、机、环境三个因素作为一个整体进行分析^[4-5],以减少产品使用过程中的交互摩擦。2005 年诺曼(Norman)在某杂志中提出“以用户为中心的设计可能是有害的”,并将以活动为中心的设计方法作为研究的重点。王玉梅等^[6]在产品设计中采用客观场景来分析用户需求,以交互设计方法来建造目标场景,经过场景验证和评估得到实际场景;罗琴等^[7]在医疗系统的设计中,基于行为设计学方法发掘用户行为特征和行为执行方面的潜在需求;王江涛等^[8]通过研究用户的操作行为和认知行为,将用户体验量化设计方法用于智能家居产品设计中,降低使用难度,提升了产品可用性;付晓莉等^[9]利用实地访谈法、观察法对用户行为进行调研,使用人物角色法、头脑风暴法分析用户特征,优化儿童康复熏蒸床用户体验;王秋惠等^[10]整理消杀机器人作业中的典型事故案例,对其工作场景进行逻辑分析,得出以功能、形态、色彩与交互为四项安全要素的产品设计策略。相对于直接根据用户反馈提出产品改进方法的设计方法,场景法可有效降低用户主观意识的干扰性,更易全面感知用户的真实状态,保证设计方向的正确性。

迭代设计是一种根据市场反应和用户反馈,分析

总结现有产品的缺陷与不足,并结合产品及企业规划,对下代产品进行精准优化设计的方法,是目前产品设计常用的方法之一^[11]。基于场景法的产品迭代设计包括:运用场景法还原现有产品使用流程,分析用户行为,发掘交互摩擦点;解构产品以获取功能部件,并以全局人机界面解析方法找到其与交互摩擦点的映射关系;通过交互设计方法重构目标场景,解决交互摩擦点,设计产品功能模型和实际方案;对新方案进行场景模拟和专家评价,验证结果的合理性与可行性;迭代流程如图 1 所示。

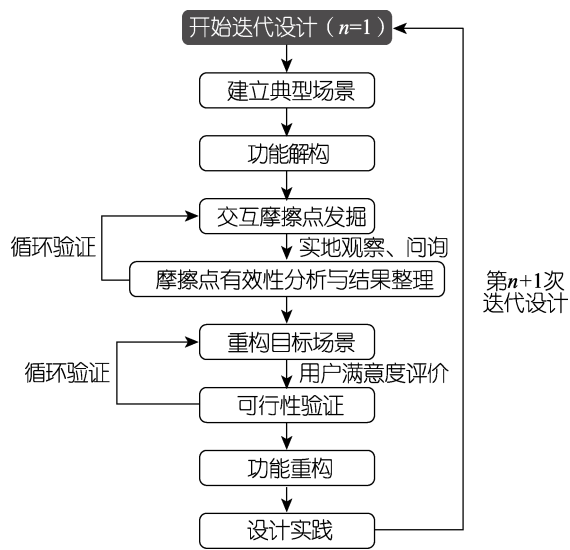


图 1 场景法迭代设计流程
Fig.1 Process of scenario-based iterative design

1.1 建立典型场景

典型场景源于大量真实使用场景的观察和总结,以时间顺序描述用户及用户行为、使用环境、产品工作状态^[12],可用于模拟大多数情况下的使用情形。利用典型场景分析提取用户需求并用于产品设计,能有效解决用户痛点。如图 2 所示,在后续的研究中,按照时间节点将获得的使用流程分割为场景 A、B、C 等,以图形表示各场景中用户与其他用户、产品之间

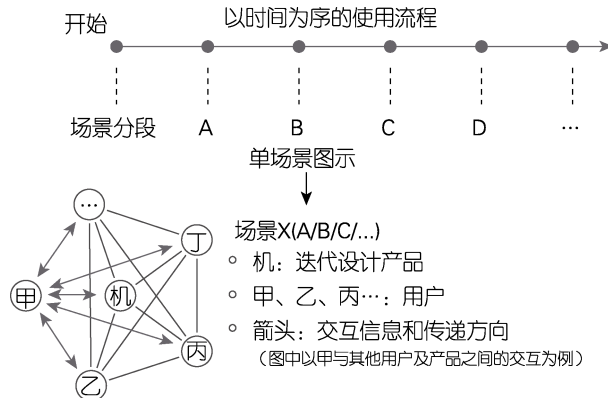


图 2 典型场景图示
Fig.2 Illustration of typical scenarios

的交互行为, 线段和箭头指向表示交互行为及其发起方向。

1.2 产品解构

在产品使用过程中, 各部件的功能直接或者间接影响交互行为, 依据交互功能解构产品, 可探究用户行为与各功能部件之间的关系。林丽等^[13]提出全局人机界面原件 (HIES) 解析方法, 将产品解构为功能性元件, 并将其作为影响用户情感意向的变量进行研究, 张芳兰等^[14]将此方法应用于人机产品的用户需求分析。全局人机界面元件解析方法通过分析产品功能部件和功能性元器件的共同输入以及视觉、听觉、触觉、嗅觉的交互通道, 对产品进行功能解构和元器件拆解, 建立其映射关系, 得到可单独发挥交互功能的最小功能部件和对应的功能性元器件, 实现产品解构, 如图 3 所示。

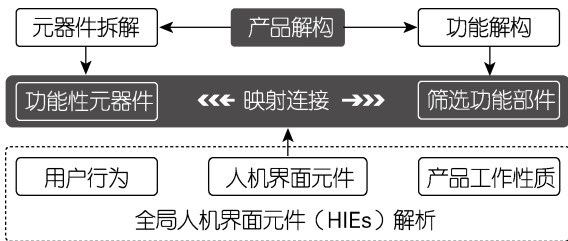


图 3 产品解构流程
Fig.3 Product deconstruction process

1.3 交互摩擦点发掘

交互摩擦是由产品交互特征与使用者真正需求的差异性造成的, 包含用户在使用产品过程中产生的生理痛点和心理痛点, 源于设计人员对用户真实行为和使用场景缺乏实质的了解^[15]。发掘交互摩擦点, 需在典型场景中发现可能存在的用户受阻行为, 映射功能部件设计特征, 并针对相关用户和功能部件, 验证该受阻行为的真实存在性, 如图 4 所示。

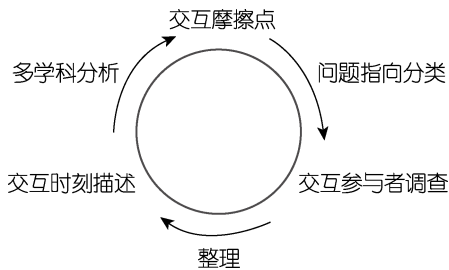


图 4 交互摩擦点分析
Fig.4 Analysis of cross friction points

1.4 重构目标场景

目标场景的构建以典型场景为基础, 优化用户交互体验为主题, 与行为动线分析方法相结合^[16], 对用户的行进行合理分配、排序, 寻求交互摩擦点的方

案最优解, 如图 5 所示。提取用户行为受阻原因, 对于功能缺陷、缺失造成的交互摩擦, 采用疏通用户行为流程的方式, 对原行为进行继承式优化; 对于行为不合理复合 (单个行为中包括一个以上的目标) 造成的交互摩擦, 以目标为导向, 采用拆分、合并、移位的方式重新规划用户行为, 将优化后的行为带入目标场景中, 进行模拟验证, 并通过用户调研探究其合理性。

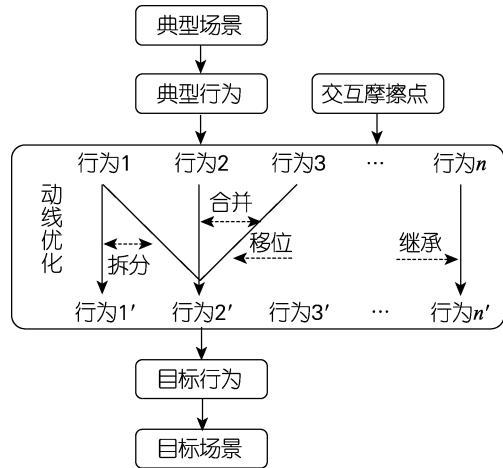


图 5 目标场景构建流程
Fig.5 Construction process of target scenario

1.5 创建功能模型

创建功能模型是将产品作为一个黑箱系统, 不考虑技术性因素, 对产品能量、物质、信息的输入和输出进行研究的方法。结合产品解构将目标场景中的用户需求转变为具体的功能需求^[17], 依据功能模型, 在后续的设计中保留正向功能、去除负向功能、新增有效功能^[18], 结合实际生产制造情况设计新方案。

2 典型使用场景构建与分析

XY 公司的 XY-VI 型坐姿舱式熏蒸机安全性高、适应性强、疗效好, 广泛应用于各大医院中医科、妇产科、康复科等, 但该熏蒸机在使用体验方面还存在一定的问题, 故针对该型号熏蒸机开展设计。

2.1 典型使用场景调研

通过观察多人治疗流程, 访谈企业工程师、销售人员和操作医师, 得到多组用户行为历程, 获取能够代表大多数治疗场景中用户行为所产生的交互内容, 去除发生率低于 10% (参考人机工程学中设计产品的通用尺寸时取 95-5 百分位作为上下限) 的用户行为, 总结出一套完整的交互流程。如表 1 所示, 以场景为主线, 将治疗流程分为: 治疗准备、治疗开始、治疗过程前期、治疗过程中期、治疗结束、下次治疗准备共 6 个阶段, 经医师确认, 符合实际操作流程。

2.2 熏蒸机解构

拆分现有熏蒸机零部件, 结合典型使用场景, 采

用全局人机界面解析方法, 筛选具有交互功能的零部件并定义为功能性元器件, 按照各部位产生的交互行为类型为熏蒸机逐步解构为一级功能部件、二级功能

部件, 并与功能性元器件相对应, 功能部件与功能性元器件内容及其对应关系见表 2。

表 1 典型场景描述
Tab.1 Description of typical scenario

场景阶段	A 治疗准备	B 治疗开始	C 疗程前期	D 疗程后期	E 治疗结束	F 清洁
图示						
描述	1、患者、陪同人员进入科室 2、医师确认患者身份(处方) 3、医师检查机器, 加水、加药、开机、预热	1、医师通知患者准备 2、陪同人员辅助患者脱衣 3、医师打开舱盖, 医师、陪同人员辅助患者入舱	1、医师设定模式和时间 2、医师对患者、陪同人员说明注意事项	1、医师询问患者治疗情况, 调整熏蒸机参数 2、陪同人员为患者提供饮用水	1、熏蒸机提示结束 2、医师关闭机器, 打开舱盖 3、陪同人员辅助患者擦干身体, 穿衣、下机	医师清理舱体

表 2 熏蒸机解构
Tab.2 Deconstruction of fumigation machine

图解	一级功能部件	二级功能部件	功能性元器件
	a 坐姿熏蒸舱	a1 座椅	头枕、靠背、坐垫
		a2 淋浴装置	喷头、挂架、水路阀门
		a3 舱盖	红光发生器、舱上盖、舱盖把手
	b 界面交互	b1 医师操作面板	总开关、PC 贴膜面板
		b2 患者操作通道	开关式双手出口
	c 蒸汽发生装置	c1 物料通道	加水口、加药口
		c2 维护通道	后舱盖
		c3 蒸汽扩散装置	肩、腰部扩散喷口、腿部扩散喷口、会阴部扩散喷口
		c4 水路操作装置	进水阀、出水阀

3 重构目标场景

3.1 交互摩擦点发掘

交互摩擦点包含环境、人物、目标、行为和关联功能部件五个维度, 其表现形式为用户使用熏蒸机完成某个目标时的受阻行为。经分析, 受阻行为有三种: 疑惑, 即用户不知道下一步该做什么或完成某项任务时无法找到合适的工具; 重复, 即同一个目标需要用户多次重复某些动作; 难以胜任, 即任务超出了用户的能力范围。

如图 6 所示, 对各使用者的目标、行为和关联功能部件进行分析统计, 得到典型场景中的行为节点(行为节点编号由场景和关联功能部件组成)并模拟各行为节点中的交互摩擦点。如图 7 所示, 实地调查交互摩擦点的真实存在性和优化必要性, 保留发生率

○—— 医师行为节点 ●—— 患者行为节点 ◯—— 患者家属行为节点

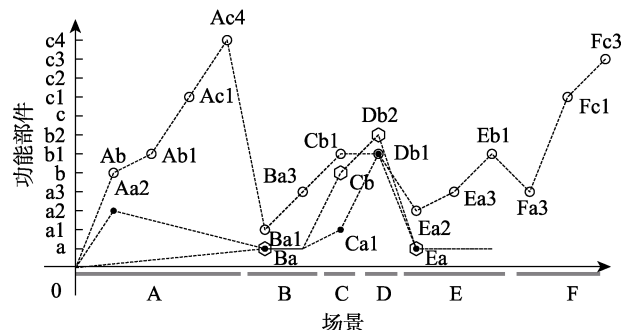


图 6 交互摩擦点发掘

Fig.6 Discovery of cross friction points

高于 30% 的有效交互摩擦点。

3.2 目标场景构建

依据交互摩擦点优化用户行为, 得到目标场景。

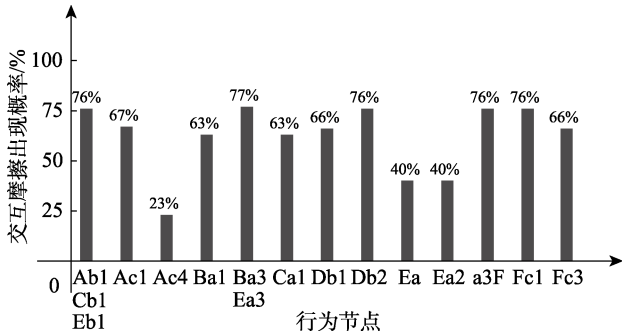


图7 交互摩擦出现概率
Fig.7 Probability of cross friction

拆分 Ac1 中医师的水量/药量观察行为，与 Ab1 中熏蒸机预热操作合并。在物料量足的情况下，医师不必打开物料舱门，减少了医师的重复动作和无效动作；

拆分 Db1 中患者与医师的界面操作内容，增强各自交互内容的专一性，降低误操作概率；在行为节点 Ea、Ea2 中，将患者身体清理操作移位至舱内，改善患者治疗体验，降低其由于湿气造成疾病的可能性；针对其他交互摩擦点，通过改善工作方式、减少工作量等方法进行继承式优化，如表 3 所示。目标场景表现形式与典型场景相同，故不再列出。

3.3 功能模型创建

功能模型依据目标场景中的用户行为，在合理范围内对熏蒸机各功能部件设计特征进行描述，不具备实际的形态。如图 8 所示，将用户行为目标和需求作为输入，功能及其特征作为输出，以黑箱方式创建熏蒸机的功能模型。

表 3 用户行为优化
Tab.3 Optimization of user behaviors

交互摩擦点统计	行为优化方式	行为优化内容
Ab1: 侧身侧头操作，面板按钮手感不佳，占用时间长	继承、合并	合并预热操作与 Ac1 中物料观察操作，优化界面显示和操作方式
Ac1: 物料通道位置低、内部结构全机械封闭、难以观察	继承、拆分	物料观察操作至 Ab1，优化物料操作便捷度
Ba1: 使用增减坐垫调节座椅高度，挡位有限，适应性弱	继承	用界面调整座椅高度
Ba3: 舱盖重、下落无缓冲	继承	减小医师开关舱门时需要手动干预的力量
Ca1: 座椅、颈托质地硬，硌皮肤，长时间静坐不适	继承	均匀患者坐姿体压，保持舒适姿态
Cb1: 同 Ab1	同 Ab1	同 Ab1
Db1: 熏蒸机连续性工作情况不明，微调花费时间久，患者易误操作	拆分	拆分医师与患者的界面交互内容，增强信息反馈
Db2: 患者操作不畅	继承	优化患者操作通道
Ea: 患者出舱时，毛巾不能充分去除身上水分，湿气易入人体	移位	移动移动患者清洁身体操作至舱内进行
Ea2: 淋浴装置直接自来水，无法用于患者清理	移位	移动移动患者清洁身体操作至舱内进行
Ea3: 同 Ba3	同 Ba3	同 Ba3
Eb1: 同 Ab1	同 Ab1	同 Ab1
Fa3: 舱盖开合角度小、剪刀式设计有一定危险性	继承	减小舱盖对清洁操作的阻力
Fc1: 水箱、药箱开口小，存在清洁死角	继承	减少部件清洁次数，降低部件清洁难度
Fc3: 扩散喷口孔多径细，结构复杂，易堵塞	继承	减少部件清洁次数，降低部件清洁难度

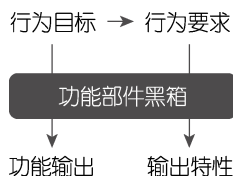


图 8 功能模型黑箱
Fig.8 Black box of functional model

1) 界面黑箱。拆分界面中与医师和患者交互的内容，分别为界面 1 和界面 2。两部分界面共同点在于用户操作与界面显示都符合人机尺寸，确保交互流畅进行。不同点在于界面 1 针对医师进行交互，需要

显示处方设置、物料余量、多区历史温度显示、计时提醒等专业功能，界面 2 面向患者等非专业人员，需要负责报警信息的传达，适当范围的温度调节权限，一些娱乐功能等。

2) 熏蒸舱黑箱。舱盖密封性能好，开合轻便安全；舱内温度分区设定和监控，保持动态平衡；座椅尺寸多级可调，姿态舒适，透气性和抗菌性好；满足患者在舱内清洁自身的需要，提供淋浴水和烘干装置。

3) 蒸汽发生装置黑箱。优化物料箱盖开合方式，放置在医师易操作的位置；蒸汽扩散装置均匀分布，

汽量可控, 可拆、易清洁; 水路操作装置简单有效, 满足多种使用场景; 维护通道方便拆卸, 覆盖面广。

4 方案设计与评价

如图 9 所示, 依据功能模型进行新款坐姿舱式熏蒸机设计: 将面向医师的界面 1 置于机体侧面, 方便医师操作, 降低误触概率。将面向患者及陪同人员的界面 2 置于舱盖上方, 具备报警功能, 赋予患者及陪同人员一定的操作权限, 体现对患者的人文关怀, 通过主副舱门设计, 使行动不便的患者也能轻松上下机, 且能在舱内进行治疗准备和人体清洁工作, 如图 10 所示。配置高度可调座椅, 优化患者操作通道, 使患者在舒适的姿态下接受治疗; 优化了蒸汽发生装置舱外操作区的位置排布, 使医师和维护人员的操作更便捷, 蒸汽扩散装置做可拆设计, 方便清洗杀菌。

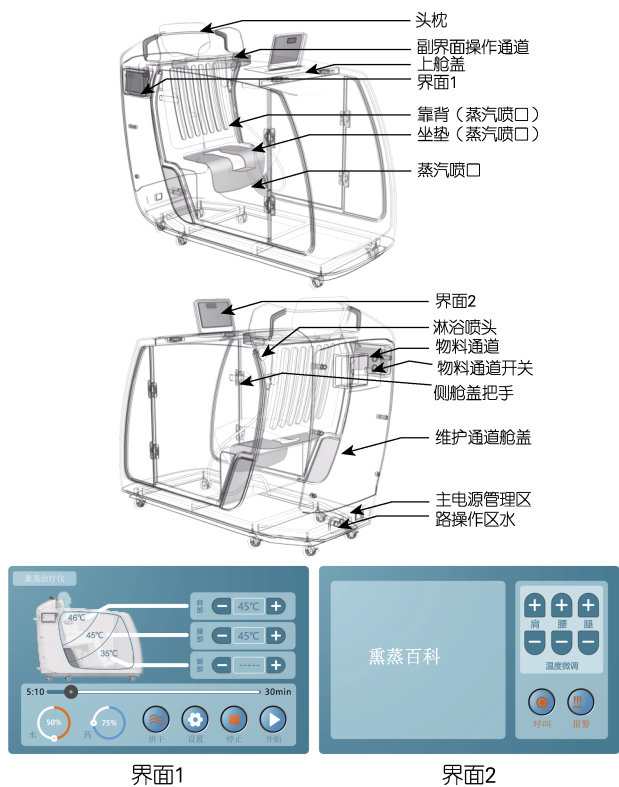


图 9 坐姿舱式熏蒸机设计方案
Fig.9 Design scheme of sitting cabin fumigation machine

邀请使用原熏蒸机的某医院 24 名操作医师、30 名患者和 20 名企业工程师使用李克特量表对熏蒸机方案各功能部件的交互性能进行评价。熏蒸机交互性能评价由各评价项目权重和权值的矩阵组成^[19], 将单人治疗中用户执行单目标任务时的平均困难程度表示为 H (范围: 2-10), 平均任务重要性表示为 M (范围: 2-10), 重复次数为 R , 任务种类总数表示为 n , 则各用户的总负担指数 C 可表述为:

$$C = \sum_{i=1}^{i \leq n} H_i * M_i * R_i \quad (1)$$



图 10 不同治疗状态下的熏蒸机
Fig.10 Fumigation machine in different treatment states

调研结果如图 11 所示, 横坐标表示治疗过程中各用户与熏蒸机发生交互的功能部件, 纵坐标表示迭代前后医生、患者完成该交互的负担指数。据统计, 医生和患者的交互负担分别降低为原方案的 84.7%、69.5%, 考虑到用户思维惯性, 在实际使用过程中, 该数值会进一步降低。经企业工程师评价, 在合理成

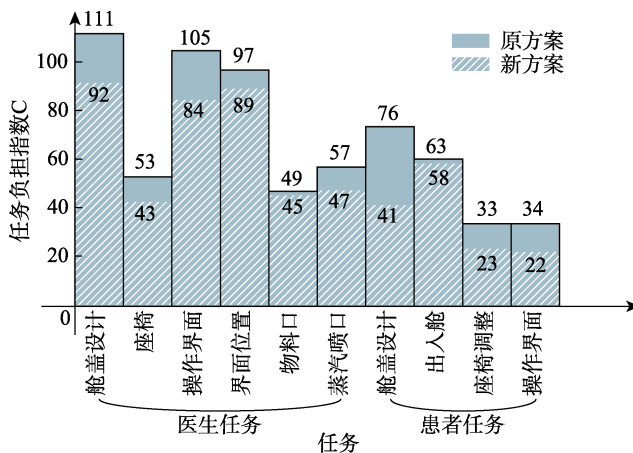


图 11 熏蒸机交互负担指数调查
Fig.11 Survey on fumigation machine interaction burden index

本控制下,各功能部件的可实现性均值为76%,最低值63.6%,不可实现的概率为8.85%,最高值为22%,证明了新方案的可行性。

5 结语

本研究基于场景法发掘用户体验需求,以全局人机界面元件(HIEs)解析方法和黑箱原理重构产品功能模型,用于产品迭代设计。得出以下结论:

1)通过对真实使用场景的观察和总结得到典型场景,发掘每个时间节点中包含的交互摩擦点,使用拆分、合并、移位、继承四种行为优化方法解决交互摩擦点,将用户行为重组、排列,得到了符合用户真实需求的目标场景。使用HIEs解析方法通过交互功能建立产品功能部件与功能性元器件的映射,结合目标场景得到具有输入输出特性的功能模型黑箱,结合实际情况进行新方案设计。

2)将基于场景法的设计流程应用于新款坐姿舱式熏蒸机的设计,方案精准解决了当前的用户需求,受到了用户和专家的好评,验证了使用场景法进行产品设计的可行性。

3)使用场景法主动从使用场景中发掘用户需求,可以避免设计师和用户主观情绪的干扰,提升产品各设计特征的客观有效性,在不断的迭代中,产品的使用体验会愈加完美。

参考文献:

- [1] 冯俊佳. 中药熏蒸机的常见故障维修和日常维护[J]. 医疗装备, 2021, 34(18): 135-136.
FENG Jun-jia. Maintenance of Common Faults and Daily Maintenance of Traditional Chinese Medicine Fumigation Machine[J]. Medical Equipment, 2021, 34(18): 135-136.
- [2] 李娜, 赵东亮, 陈皓宇. 智能化熏蒸床控温策略及性能优化研究[J]. 中国医疗设备, 2019, 34(1): 52-54, 62.
LI Na, ZHAO Dong-liang, CHEN Hao-yu. Research on Temperature Control Strategy and Performance Optimization of Intelligent Fumigation Bed[J]. China Medical Devices, 2019, 34(1): 52-54, 62.
- [3] 孔令哲. 熏蒸治疗设备的设计与开发[D]. 大连: 大连交通大学, 2015.
KONG Ling-zhe. Research and Development of Fumigation Facility[D]. Dalian: Dalian Jiaotong University, 2015.
- [4] 吴琼. 信息时代的设计伦理[J]. 装饰, 2012(10): 32-36.
WU Qiong. Design Ethics in Information Age[J]. Art & Design, 2012(10): 32-36.
- [5] 李世国, 华梅立, 贾锐. 产品设计的新模式——交互设计[J]. 包装工程, 2007, 28(4): 90-92, 95.
LI Shi-guo, HUA Mei-li, JIA Rui. A New Mode of Product Design: Interaction Design[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(4): 90-92, 95.
- [6] 王玉梅, 胡伟峰, 汤进, 等. 产品交互设计中场景理论研究[J]. 包装工程, 2017, 38(6): 76-80.
WANG Yu-mei, HU Wei-feng, TANG Jin, et al. Scene Theory in Product Interaction Design[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(6): 76-80.
- [7] 罗琴, 张瑞秋. 基于行为设计学的移动医疗系统设计研究[J]. 包装工程, 2021, 42(22): 191-203.
LUO Qin, ZHANG Rui-qiu. Mobile Medical System Design Based on Behavior Design[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(22): 191-203.
- [8] 王江涛, 何人可. 基于用户行为的智能家居产品设计方法研究与应用[J]. 包装工程, 2021, 42(12): 142-148.
WANG Jiang-tao, HE Ren-ke. Research and Application of Design Method of Smart Home Products Based on User Behavior[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(12): 142-148.
- [9] 付晓莉, 靳瑜哲. 基于用户体验的儿童康复熏蒸床设计研究[J]. 工业设计, 2017(1): 98-99.
FU Xiao-li, JIN Yu-zhe. Research on the Design of Children's Rehabilitation Fumigation Bed Based on User Experience[J]. Industrial Design, 2017(1): 98-99.
- [10] 王秋惠, 王雅馨. 医院消杀机器人作业安全与交互设计策略[J]. 图学学报, 2022, 43(1): 172-180.
WANG Qiu-hui, WANG Ya-xin. Work Safety and Interaction Design Strategies of Hospital Disinfection Robot[J]. Journal of Graphics, 2022, 43(1): 172-180.
- [11] 钱炜苗. 基于功能分析、约束理论和TRIZ创新设计理论的产品改进设计研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2011.
QIAN Wei-miao. Research on Product Improvement Design by Integrating FA/TOC/TRIZ[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2011.
- [12] 李世国, 费钊. 和谐视野中的产品交互设计[J]. 包装工程, 2009, 30(1): 137-140.
LI Shi-guo, FEI Qian. Product Interaction Design in the Perspective of Harmony[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(1): 137-140.
- [13] 林丽, 薛澄岐, 王海燕, 等. 优化KE模型的产品形态解构方法[J]. 东南大学学报(自然科学版), 2010, 40(6): 1353-1357.
LIN Li, XUE Cheng-qi, WANG Hai-yan, et al. Product Form Deconstruction Method to Optimize KE Model[J]. Journal of Southeast University (Natural Science Edition), 2010, 40(6): 1353-1357.
- [14] 张芳兰, 陈玉, 李帅. 基于全局HIEs解构的人机产品用户需求模型构建[J]. 图学学报, 2019, 40(2): 303-307.
ZHANG Fang-lan, CHEN Yu, LI Shuai. Construction of User Need Model for Ergonomic Product Based on the Global HIEs Deconstruction[J]. Journal of Graphics, 2019, 40(2): 303-307.

(下转第218页)