

基于感性工学与 TRIZ 的助眠仪创新设计研究

陶瑞¹, 梁惠萍^{1,2*}, 李纳璽¹, 陈佳婧¹, 陈亚君¹

(1.桂林电子科技大学, 广西 桂林 541004; 2.广西师范大学, 广西 桂林 541004)

摘要: 目的 为解决当前市面上助眠产品对青年用户群体情感需求关注不足、缺乏针对性的问题, 运用感性工学与 TRIZ 相关研究方法, 设计一款针对青年用户群体的助眠仪。方法 首先, 建立基于感性工学与 TRIZ 理论的助眠仪创新设计流程, 收集筛选感性词汇与样本, 运用感性工学构建助眠仪设计要素与感性意象的判断矩阵; 其次, 采用主成分分析法对数据降维, 确定影响助眠仪感性判断的主要因素, 分析归纳样本得到待满足设计需求特征; 最后, 使用冲突理论对助眠仪进行创新设计。结果 在创新设计流程的指导下, 科学高效地开发设计了符合用户感性需求的助眠仪。结论 助眠仪创新设计实例表明, 应用感性工学与 TRIZ 能科学有效地将用户情感需求转化为设计元素, 并能进行符合目标用户需求的创新设计, 同时, 该设计流程能在相关产品进行创新设计时提供思路与方法。

关键词: 助眠仪; 感性工学; TRIZ; 创新设计

中图分类号: TB472 文献标志码: A 文章编号: 1001-3563(2024)10-0404-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2024.10.046

Innovative Design of Sleep Aid Based on Kansei Engineering and TRIZ

TAO Rui¹, LIANG Huiping^{1,2*}, LI Nawen¹, CHEN Jiajing¹, CHEN Yajun¹

(1.Guilin University of Electronic Science and Technology, Guangxi Guilin 541004, China;

2.Guangxi Normal University, Guangxi Guilin 541004, China)

ABSTRACT: The work aims to design a sleep aid for the youth user group by applying the relevant research methods of Kansei engineering and TRIZ, in order to solve the problem of insufficient attention to the emotional needs of the youth user group in the current market. Firstly, the innovative design process of sleep aid based on Kansei engineering and TRIZ theory was constructed, the perceptual vocabulary and samples were collected and screened, and the Kansei engineering was used to construct the judgment matrix of design elements and perceptual images of sleep aid. Secondly, the principal component analysis was used to reduce the dimensionality of the data, determine the main factors affecting the perceptual judgment of the sleep aid and analyze the samples to get the characteristics of the design needs to be met. Finally, the conflict theory was adopted to carry out the innovative design of the sleep aid device. Under the guidance of innovative design process, a sleep aid that met users' perceptual needs was developed scientifically and efficiently. The example of innovative design of sleep aid shows that the application of Kansei engineering and TRIZ can effectively transform users' emotional needs into design elements, and can carry out innovative design that meets the needs of target users. At the same time, the design process can provide ideas and methods for innovative design of related products.

KEY WORDS: sleep aid; Kansei engineering; TRIZ; innovative design

随着社会的快速发展, 睡眠障碍逐渐年轻化, 青年群体因工作压力而导致的睡眠质量不佳问题日益

加剧, 如何针对性解决青年用户的睡眠问题日益受到设计界的关注^[1]。齐延成等^[2]运用感性工学获取老年

收稿日期: 2023-12-22

基金项目: 广西哲学社会科学规划研究课题 (21FMZ051); 桂林电子科技大学研究生教育创新计划资助项目 (2022YCXS103)

*通信作者

人感性需求,设计了一款符合老年人感性需求的睡眠健康产品。马旭娜等^[3]针对影响最为显著的光打扰、噪声、夜间监测 3 种外界环境因素,通过设计智能睡眠眼耳一体罩,来营造舒适自然的睡眠环境,提升老年住院患者的睡眠质量。邵慧^[4]通过分析学龄前儿童的睡眠特点及睡眠监测产品的现状,为家长设计了一款反映儿童睡眠质量的睡眠监测产品。在上述研究中,助眠产品设计对象主要为儿童或老年人,缺乏对青年群体的关注和针对性设计。因此,本研究从青年用户需求的角度出发,探讨一款针对青年群体睡眠问题的助眠仪;在助眠仪产品创新设计中集成应用感性工学与 TRIZ 理论,运用感性工学对青年用户的感性需求进行深入研究,结合 TRIZ 理论进行助眠产品创新设计。

1 感性工学与 TRIZ 理论

1.1 感性工学理论

感性工学是一门用于研究设计中存在的感性元素的新兴学科^[5];作为一种感性设计方法,主要针对用户的感性需求,能将设计中用户模糊的感性因素转化为可视化的数据,为感性设计提供理论依据^[6],王天赋等^[7]对汽车驾驶空间内饰进行优化设计,采用语义差异分析法和 Likert 心理量表分析法探讨了用户需求与设计形态之间的关联,经过验证表明感性工学能将用户感性需求转化为产品设计要素,设计出的方案符合用户的偏好。用户感性需求正在成为当下产品创新设计的研究热点,用户感性需求是产品创新设计的重要源泉,通过将用户感性需求转化为产品设计要素所得到的技术方案,以及用户对产品性能与品牌价值的认同,可促使产品的市场价值生成。在工业设计领域,常用感性工学^[8]和 ZMET^[9]等方法探究用户感性偏好。其中,感性工学能科学地研究用户的感性需求与对产品的感性认知;感性工学的核心在于通过科学的数据研究用户的知觉和情感因素在认知行为过程中的关系,来分析用户感性偏好与设计要素之间的关系;感性工学能科学地将设计中用户的感知信息转换成设计元素^[5]。因此,将感性工学理论应用于助眠仪创新设计中,能有效获取用户感性需求。

1.2 TRIZ 理论

TRIZ 理论是由阿尔舒勒等发明家所提出的发明问题解决理论和方法,用于分析设计要素中的矛盾和冲突,主要在定义问题和解决问题阶段具有优势,具有科学性、严谨性和逻辑性的特性,在创新领域发挥着重要作用^[10]。李衍豪等^[11]对手部按摩仪进行创新设计研究,通过实践证明 TRIZ 构建的创新设计模型能科学地解决技术问题,有效满足用户需求。周东亚等^[12]运用 TRIZ 理论相关工具分析解决了创新设计中

的问题。通过以上研究可知,TRIZ 用于分析设计要素中的矛盾和冲突,在解决创新设计问题上具有优势。因此,将 TRIZ 理论应用于助眠仪创新设计中,能有效解决问题。

1.3 感性工学与 TRIZ 理论集成研究

刘小勇等^[13]从产品感知设计中的冲突入手,进行感知设计领域的专业化重建,结合 TRIZ 建立基于冲突解决原理的产品感知设计方法。张云帆等^[14]根据用户的情感需求进行产品创新,提出感性工学和 U-TRIZ 理论结合的设计方法。Kusumo 等^[15]运用感性工学分析重要的正、负属性所产生具有吸引力的产品,并用 TRIZ 进行创新设计。刘华等^[16]提出一种面向产品族造型设计的多用户群感性需求分析模型,使产品族造型满足多用户群间的差异化感性需求。上述研究成果在不同程度上解决感性工学与 TRIZ 在产品创新设计中面临的问题,但在针对青年群体的助眠仪产品创新的相关研究还存在一定缺失,因此,本研究将感性工学与 TRIZ 理论集成应用于助眠仪创新设计中,应用感性工学满足用户感性需求,运用 TRIZ 分析解决用户需求与产品设计元素之间的矛盾,使设计实践在满足自身创新设计要素的同时,满足用户的感性偏好。

2 助眠仪创新设计框架

建立助眠仪创新设计流程,使用感性工学将青年群体的用户感性需求进行量化,首先运用网络调研收集筛选相关产品图片样本,将收集到的样本进行聚类分析;其次采用问卷调查收集用户感性词汇并筛选感性词汇,构建助眠仪设计要素与感性意象的判断矩阵,通过主成分分析法得到主成分因子,将样本进行归纳分析得到待解决设计问题,运用 TRIZ 工具分析解决用户需求与设计要素之间存在的矛盾问题;最后进行设计实践验证。本研究将感性工学与 TRIZ 理论相结合引入助眠仪创新设计中,并梳理了助眠仪创新设计框架,见图 1。

3 助眠仪创新设计方法的应用

3.1 助眠仪市场调研

3.1.1 目标用户画像

在调研时选取 60 名青年用户发放问卷,发现用户在睡眠环境中感官感觉被放大,对声音、气味、光线、触觉更为敏感,且睡眠环境对用户的睡眠质量影响较大。在选取其中 4 名具有不同睡眠问题的青年用户进行深入访谈后得到用户画像,见表 1。因此本研究针对青年群体的用户痛点问题进行助眠仪的创新设计。

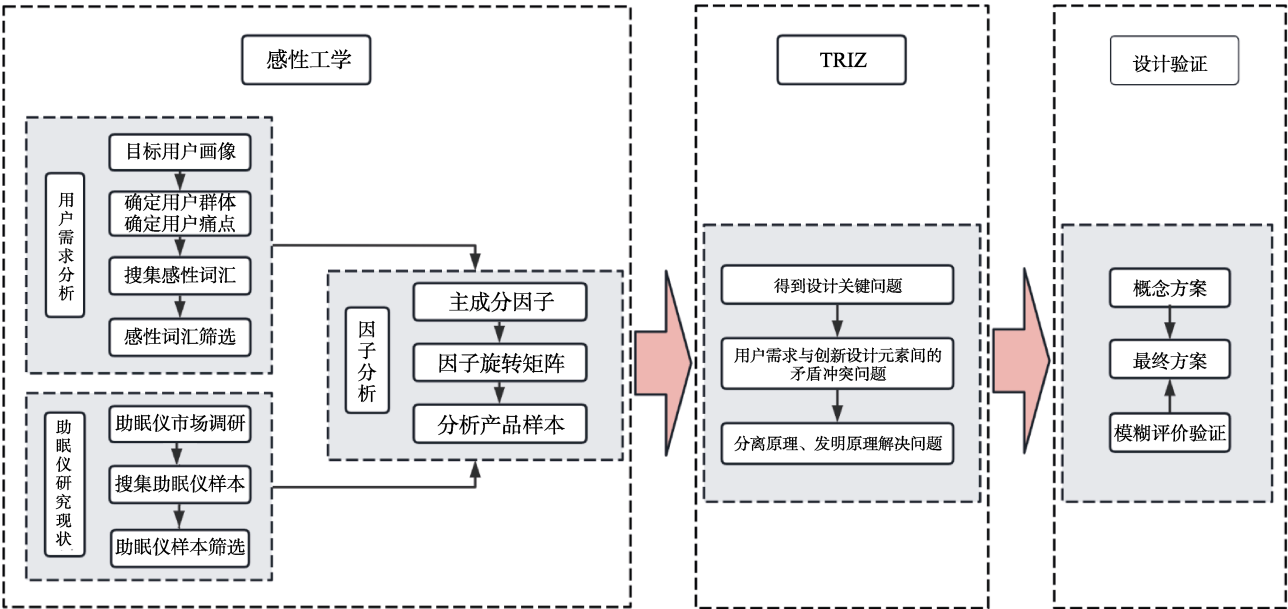


图 1 助眠仪创新设计框架图
Fig.1 Innovative design framework diagram of sleep aid

表 1 用户画像
Tab.1 User portrait

	实验组	对照组
睡眠条件	a: 静音环境下，入眠缓慢	a: 播放白噪声，屏蔽非均匀的声音，能快速入眠
	b: 无光环境下，褪黑素分泌慢，入眠缓慢	b: 使用 590~750 mm 波长的红橙色灯光，能使身体分泌褪黑素，快速入眠
	c: 普通枕头，入眠缓慢	c: 使用人体工学枕头，能快速入眠
	d: 无味环境，入眠缓慢	d: 使用薰衣草味香薰能快速入眠
用户痛点	没有科学辅助入眠工具 没有睡觉的环境氛围	
用户诉求	能有效引导入睡 非药物方式改善睡眠 营造睡眠环境	
产品假设	符合感官需求 满足现有技术条件下青年群体对助眠仪的需求	

3.1.2 助眠仪的研究现状

近年来，助眠仪市场日渐火热，对市面上主流助眠仪进行分析得出：用户可选择功能单一，且缺乏针对青年群体用户的助眠产品设计。目前，缺少针对青年用户的助眠仪设计，且多数以一种功能为主，用户

选择模式少^[17]。由表 2 可知，市场上的助眠仪主要有 3 种功能类型：一是微波疗法，通过微电流来改善大脑的电波释放，以此达到助眠的效果；二是声波助眠仪，通过释放一些白噪声来达到助眠的效果；三是光照疗法，通过光照影响褪黑素的分泌，从而调节睡眠。

表 2 助眠仪的市场调研
Tab.2 Market research on sleep aids

名称	主要特点
DENBA charge	助眠，调节生物钟
Oura	测量手指动脉来获取穿戴者的健康指数
Sleepion 助眠仪	声波，光学睡眠调节
Sleep Bank	模拟自然频率磁场，缓解改善深度严重失眠快速入睡
PEGASI 倍佳睡智能睡眠仪器	基于 Lcahmc 理论，利用特定双光谱来调节人体褪黑素的分泌，从而解决睡眠障碍问题

3.1.3 助眠仪样本搜集与筛选

专家小组基于前期助眠仪市场调研得出的 3 种助眠仪功能类型出发, 针对 3 种不同功能, 对不同类型的助眠仪进行样本收集。共收集 86 个样本, 建立产品样本集; 然后组织评价人员, 成立专家小组。通

过聚类分析筛选出 32 件助眠仪的图片样本, 专家小组通过讨论和分类, 对图片样本进行筛选, 筛选掉功能结构相似、外观相似的样本后, 最终获得 15 种代表性样本。为便于分析, 对助眠仪样本进行调整, 使助眠仪样本的方向、大小和角度等尽可能一致, 见图 2。



图 2 相关产品样本收集筛选
Fig.2 Sample collection and screening of relevant products

3.1.4 助眠仪感性词汇搜集与筛选

通过对部分有睡眠问题的青年群体进行访谈, 搜集体现用户对助眠仪的感性意象词汇。根据词性及用户相关性对收集得到的感性词汇进行筛选, 最终获得 16 个相关意象词汇, 见表 3。

表 3 助眠仪感性意象词汇
Tab.3 Vocabulary of perceptual imagery for sleep aids

编号	感性意象词汇	编号	感性意象词汇
1	人性化	9	易维护
2	个性化	10	高级感
3	稳定性	11	轻便型
4	易用性	12	科技感
5	舒适性	13	简洁性
6	安全性	14	耐用性
7	功能性	15	可靠性
8	精致感	16	协调性

使用语义差异法搜集筛选代表性助眠仪样本产品和用户的感性意象词汇, 获取用户的感性偏好与产品设计要素用于构建感性评价矩阵, 以此进行设计要素与感性意象间的关系分析。

首先, 将语义词汇和典型样本制成问卷, 邀请 35 位具有睡眠问题的青年群体进行语义差异打分,

问卷取值为 1、2、3、4、5, 5 个分数值分别对应 5 个词汇: 非常不符合、较不符合、说不清、较符合、非常符合。由于语义词汇与典型样本之间的相关性较复杂, 本研究采用主成分分析法, 辨识用户对助眠仪感性需求的主成分。为构建关系矩阵, 对原始数据进行降维处理。将收集得到的数据进行 KMO 球形检验, 系数值为 0.777, 系数值大于 0.6, 同时显著性系数 $P<0.05$ 。因此, 所获取的问卷数据是有效的。通过对数据进行降维, 提取最主要的感性意象, 反映原始数据信息。

如表 4 所示, 3 个公因子中的初始特征值和旋转载荷平方和的总和均大于 1, 由此可知, 公因子对指标的影响程度较大, 三个主成分对助眠仪设计有重要影响。公因子 1 变异率为 40.964%、公因子 2 变异率为 17.416%、公因子 3 变异率为 10.97%。通过矩

表 4 变量解释
Tab.4 Variable explanation

公因子	初始特征值			旋转载荷平方和		
	总计	变异率/%	累计变异率/%	总计	变异率/%	累计变异率/%
1	6.554	40.964	40.969	4.136	25.851	25.851
2	2.787	17.416	58.380	3.773	23.584	49.434
3	1.755	10.970	69.351	3.187	19.916	69.351

阵旋转后，三个主成分总的累计变异率未变，为 69.351%，表明三个主成分可解释 69.351%的数据变化情况，包含指标的主要信息。

3.2 助眠仪的感性需求映射设计要素

为深入分析感性意象词汇对助眠仪的影响，构建三个主成分，将超过 60%累积变异率指标的一列归为一类，见表 5。主成分 1、2、3 分别描述产品功能、产品外观、人机交互。因此，分别将主成分 1 命名为功能要素；主成分 2 命名为造型要素；主成分 3 命名为人机要素，实现对原始指标的降维。

表 5 因子旋转矩阵
Tab.5 Factor rotation matrix

编号	感性意象词汇	主成分			编号	感性意象词汇	主成分		
		1	2	3			1	2	3
15	可靠性	0.844			8	精致感	0.847		
6	安全性	0.833			12	科技感	0.718		
16	协调性	0.763			7	功能性	0.610		
14	耐用性	0.755			11	轻便型		0.903	
9	易维护	0.716			4	易用性		0.802	
3	稳定性	0.656			13	简洁性		0.751	
10	高级感		0.885		1	人性化		0.612	
2	个性化		0.877		5	舒适性		0.608	

由表 5 可知样本 2、4、7、11、12 的功能要素得分较高。通过对得分较高的样本进行分析，得到这些样本的功能共性特征为利用白噪声助眠功能、香薰缓解疲劳助眠、CES 微电流物理助眠及使用光源影响褪黑素等功能。

样本 3、10、13、14、15 的造型要素得分较高。这些样本的结构转折都采用大角度圆角设计，体型轻便，体现出产品的高级感和个性化。机体主要以其与用户接触的地方符合人体工学、曲线为主，使用塑料材质，体现出简洁的风格。针对青年群体的感性偏好，在配色方面考虑青年人群的审美，色彩避开杂乱的色彩搭配采用统一色系，以极简风格为主^[18]。

样本 1、5、6、8、9 的人机要素得分较高。用户与产品需要进行接触，助眠仪的造型曲线应贴合所接触的人体曲线。因功能需求，操作部位应与机体其他部分的材质进行区分，同时，操作按钮的位置和调节方式需要简单易懂。机体设计应符合人体工学的接触面造型，以确保使用过程中的人性化和舒适性。

在前期用户画像调研的基础上，结合用户痛点，通过 16 个感性意象词汇对 15 个样本进行问卷调研，将 15 个样本通过 3 个公因子进行划分，得到助眠仪产品的关键设计问题，见表 6。

通过分析表 6 中的待满足的设计需求特征，发现待满足的需求特征与所对应的常规技术方案间存在一定程度的冲突问题。运用工程参数来解决冲突问题

进行创新设计。

表 6 助眠仪产品设计关键问题
Tab.6 Key issues in sleep aid design

主成分	得分较高的样本	待满足的设计需求特征
1	2、4、7、11、12	声波助眠、微波助眠、环境助眠、生态助眠
2	3、10、13、14、15	流线型、质感柔和圆滑、单一色彩明度低、体积轻巧
3	1、5、6、8、9、	操作简单、人性化、个性化

3.3 对感性需求与设计元素间的矛盾冲突问题求解

基于前文得到的待满足的设计需求特征进行设计，运用 TRIZ 解决设计过程中存在的冲突问题。运用发明原理和 39 个技术参数构成的矛盾矩阵来解决助眠仪设计过程中技术矛盾和物理矛盾。通过分析发现存在 4 组冲突，将其转化为 TRIZ 问题模型，见表 7。

表 7 TRIZ 理论矛盾冲突问题求解方法
Tab.7 Conflict problem solving method in TRIZ theory

冲突序号	冲突类型	负相关特性	通用工程参数
1	物理冲突	释放微电流 存储电量	38. 自动化程度
2	物理冲突	锁香助眠 扩香外散	20. 静止物体消耗的能量
3	技术冲突	功能多样要求 机体体型	35. 适应性及多用性 8. 静止物体的体积
4	技术冲突	操作简单 个性化设置	33. 可操作性 24. 信息损失

对以上 4 个冲突问题进行分析。

1) 使用 CES 物理助眠需通过低强度电刺激脑部来促进神经介质的分泌，从而改善生理信号。而在使用过程中需要释放微电流作用于人脑，在释放前需要储存足够的电量。因此，释放微电流与储存电量之间存在物理冲突。

2) 锁香助眠需长时间保持香味才能实现整晚持续的效果，而扩香则需要迅速散发香味以达到助眠效果。因此，锁香和扩香之间存在物理冲突。

3) 助眠仪在功能上需具备多种功能设置，如 CES 物理助眠、香薰助眠、声波助眠等，这使系统变得更加复杂，导致产品体积增大，不适用于睡眠环境。因此，助眠的多功能与整机体积的减小之间存在技术冲突。

4) 多操作步骤会影响用户的使用体验，需简化操作步骤。这会导致用户可选择范围缩小，缺少个性化设置，因此简化操作步骤与个性化设置之间存在技术冲突。

如表 8 所示, 运用 TRIZ 理论解决方案逐一解决冲突问题。

表 8 分离原理与发明原理的对应关系
Tab.8 Correspondence between separation principle and invention principle

冲突序号	冲突类型	TRIZ 理论解决方案
1	物理冲突	1. 分割
2	物理冲突	6. 多用性
3	技术冲突	3. 局部质量
4	技术冲突	10. 预先作用

4 助眠仪创新设计实践方案与评价

4.1 设计实例

基于前文针对冲突问题给出的具体解决方案, 结合感性需求和发明原理进行创新, 参考待满足设计需求特征, 确定并筛选出了香薰助眠、CES 物理助眠、声波助眠等 3 项设计需求, 基于感性工学与 TRIZ 的创新设计模型, 结合矛盾冲突的解决方案, 将三个主成分影响因子应用到助眠仪创新设计实践中, 形成 3 种初步方案, 见图 3。



图 3 初步设计方案
Fig.3 Preliminary design schemes

运用决策矩阵, 从产品功能、产品外观、人机交互等 3 个评价指标来分析 3 个方案, 由图 4 可知, 方案 3 的各项标准值最高。因此, 根据分析结果, 最终选择方案 3 进行细化设计。

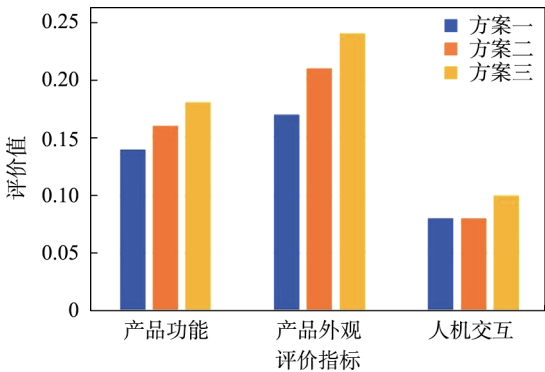


图 4 设计方案的评价指标决策柱状图
Fig.4 Histogram of decision-making on evaluation indicators for design schemes

为满足不同用户的多种助眠需求, 助眠仪机体需分为三大模块结构, 包括顶部香薰助眠模块、机体中间 CES 物理助眠模块、机身音频助眠模块。在使用 CES 物理助眠功能时, 需控制机体的体积大小。通过设计, 将不同的助眠功能集成到一个机体, 使机体具有更好的综合性能, 从而满足用户在助眠过程中的多样化需求。同时, 在保证机体实用性的前提下, 控制机体体积, 从而使用户能合理地使用 CES 物理助眠功能, 最终设计方案见图 5。

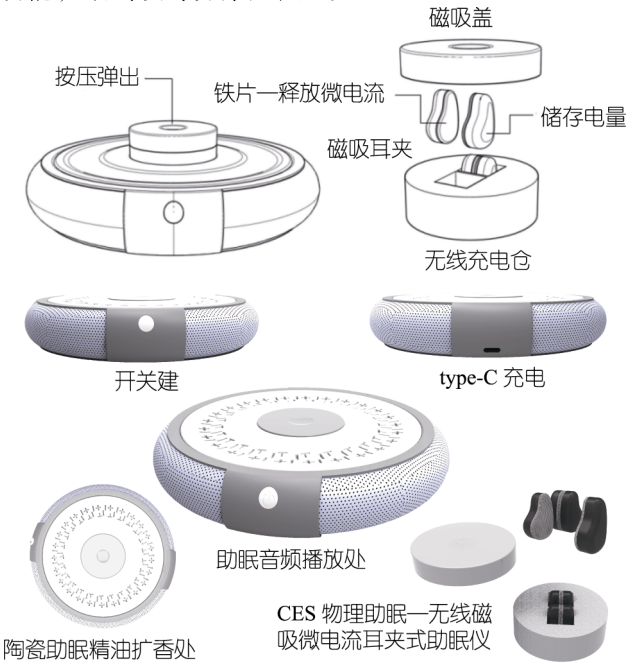


图 5 助眠仪概念设计方案
Fig.5 Conceptual design scheme of sleep aid

1) 针对 CES 物理助眠过程中既要释放微电流又要储存电量的物理冲突。利用 1 号分割原理进行改进。针对释放微电流与储存电流的分工不同, 将储存电流与释放微电流分割为两个部分, 用户可根据需求将耳夹部分单独使用。

2) 锁香助眠与扩香外散的物理冲突, 运用 6 号多用性原理, 通过改变扩香片的材质, 使用陶瓷材质实现助眠精油慢挥发, 对扩香处进行纹路设计, 可以在保留扩香功能的同时, 满足锁香助眠的需求, 避免两者之间的物理冲突。

3) 针对助眠仪的多样化功能要求与整机体积减小的技术冲突, 采用 3 号局部质量原理。通过将 CES 物理助眠、声波助眠、光源助眠和香薰助眠等功能合理设计在助眠仪的不同部位, 可以实现多功能助眠且体积适中。

4) 针对简化操作和个性化设置的冲突, 使用 10 号预处理原理。目前常见的助眠仪仅具有单一功能, 无法根据用户需求进行个性化设置。因此, 可以预设多种功能, 例如选择声波及音量大小、微电流大小和设定时长等, 同时内置智能实时检测 APP, 以可视化

的方式分析用户睡眠质量并推荐个性化助眠方案,用户可以直观便捷地选择所需的设置。

4.2 评价验证

模糊综合评价法是基于模糊数学的一种综合评价方法,其在进行综合评价时,能够处理难以量化的定性指标,并能够根据隶属度原则将定性指标转化为定量指标进行分析和处理^[19]。因此,引入模糊综合评价对最终设计方案的可行性进行验证。首先,使用李克特五级量表,将评价设定为非常满意、满意、一般、不满意和很不满意,对应的分数分别为 5 分、4 分、3 分、2 分、1 分;其次,邀请 5 位行业专家和 5 位工业设计人员从造型、功能和人机交互三个方面进行评分;最后,运用熵权法计算指标项的权重,具体结果见表 9。

表 9 指标权重计算
Tab.9 Index weight calculation

项	信息熵值 e	信息效用值 d	权重/%
产品外观造型	0.551	0.449	39.118
产品功能结构	0.631	0.369	32.148
产品人机交互	0.67	0.33	28.734

由熵权法进一步进行分析,得到 5 个分别为 0.454、0.366、0.181、0.0、0.0 的评语集隶属度。由表 10 可知,5 个评语中“非常满意”的权重最高,因此,最终综合评价的结果为“非常满意”。

表 10 隶属度矩阵计算
Tab.10 Calculation of membership degree matrix

	非常满意	较满意	说不清	较不满意	不满意
隶属度归一化 (权重)	0.454	0.366	0.181	0	0

结果表明,最终设计出的助眠仪满足目标用户的感性需求,验证了感性工学与 TRIZ 理论在助眠仪创新设计应用中的可行性和有效性。

5 结语

本研究通过分析青年用户的感性需求对助眠仪进行创新设计。首先,使用问卷调研收集感性词汇,运用感性工学分析用户的感性偏好;其次,通过因子分析得到三个主成分因子,根据主成分因子将图片样本进行分类,归纳分析用户需求与创新设计要素间的矛盾,运用 TRIZ 理论中相应的发明原理进行助眠仪的创新设计;最后,基于感性工学与 TRIZ 的助眠产品创新设计框架得到符合青年群体需求的最终设计方案。本文构建了基于感性工学与 TRIZ 的助眠仪创新设计框架,为助眠仪的创新设计提供了科学性的指导意见,进一步推动助眠仪的相关创新设计研究提供了新的思路和创新点。

参考文献:

[1] 黄彦可,汪田明. 基于五感设计理念的睡眠干预型产品设计[J]. 湖南包装, 2022, 37(2): 91-95.
HUANG Y K, WANG T M. Sleep Intervention Product Design Based on Five Senses Design Concept[J]. Hunan Packaging, 2022, 37(2): 91-95.

[2] 齐延成,马梦云. 老年人睡眠健康产品适老化设计[J]. 包装工程, 2022, 43(10): 99-107.
QI Y C, MA M Y. Design of Sleep Health Products for the Elderly[J]. Packaging Engineering, 2022, 43(10): 99-107.

[3] 马旭娜,韩挺,杨艳. 用于改善老年住院患者睡眠质量的眼耳一体罩的设计研究[J]. 包装工程, 2018, 39(2): 26-31.
MA X N, HAN T, YANG Y. Design of an Eye and Ear Integral Cover for Improving the Quality of Sleep in Elderly Inpatients[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(2): 26-31.

[4] 邵慧. 学龄前儿童睡眠监测的产品设计[J]. 包装工程, 2017, 38(22): 66-70.
SHAO H. Product Design of Preschool Children's Sleep Monitoring[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(22): 66-70.

[5] LI X, SU J N, ZHANG Z P, et al. Product Innovation Concept Generation Based on Deep Learning and Kansei Engineering[J]. Journal of Engineering Design, 2021, 32(10): 559-589.

[6] 柯靖雯,宋武. 基于感性工学的儿童水杯形态优化设计研究[J]. 工业设计, 2023(9): 57-60.
KE J W, SONG W. Research on the Optimization Design of Children's Water Cup Form Based on Kansei Engineering[J]. Industrial Design, 2023(9): 57-60.

[7] 王天赋,徐子豪. 基于感性工学的汽车驾驶空间内饰优化设计[J]. 包装工程, 2020, 41(24): 98-103.
WANG T F, XU Z H. Optimal Interior Design of Car Driving Space Based on Perceptual Engineering[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(24): 98-103.

[8] QUAN H F, LI S B, HU J J. Product Innovation Design Based on Deep Learning and Kansei Engineering[J]. Applied Sciences, 2018, 8(12): 2397.

[9] 谭乐霖. 历史文化街区居民旅游发展感知的共识地图构建——基于隐喻抽取技术(ZMET)[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2020, 45(12): 93-101.
TAN Y L. Construction of Consensus Map for Residents' Perception of Tourism Development in Frontier Tourism Destinations—Based on Zaltman Metaphor Elicitation Technique(ZMET)[J]. Journal of Southwest China Normal University (Natural Science Edition), 2020, 45(12): 93-101.

[10] 付晓莉,张斌,许桥,等. 基于 TRIZ 理论的下肢康复训练器结构改进设计[J]. 机械设计, 2023, 40(1): 148-154.
FU X L, ZHANG B, XU Q, et al. Structure Improvement Design of Lower Limb Rehabilitation Trainer

- Based on TRIZ Theory[J]. *Journal of Machine Design*, 2023, 40(1): 148-154.
- [11] 李衍豪, 戚彬, 娄轲, 等. 基于 INPD-AHP-TRIZ 集成模型的手部按摩仪设计研究[J]. *包装工程*, 2023, 44(12): 172-179.
- LI Y H, QI B, LOU K, et al. Design and Research of Hand Massage Instrument Based on INPD-AHP-TRIZ Integrated Model[J]. *Packaging Engineering*, 2023, 44(12): 172-179.
- [12] 周东亚, 金燕, 朱宏轩. 基于 TRIZ 理论的榨汁机创新设计研究[J]. *包装工程*, 2023, 44(8): 402-411.
- ZHOU D Y, JIN Y, ZHU H X. Research on Innovative Design of Juicer Based on TRIZ Theory[J]. *Packaging Engineering*, 2023, 44(8): 402-411.
- [13] 刘小勇, 吴小玲, 李荣丽, 等. 基于 TRIZ 冲突解决原理的产品感知设计方法研究[J]. *机械设计*, 2021, 38(10): 136-144.
- LIU X Y, WU X L, LI R L, et al. Research on Product Sensorial Design Method Based on Conflict Resolution Theory of TRIZ[J]. *Journal of Machine Design*, 2021, 38(10): 136-144.
- [14] 张云帆, 侯宁波. 基于感性工学和 U-TRIZ 理论的老年助行器设计[J]. *机械设计*, 2022, 39(9): 155-160.
- ZHANG Y F, HOU N B. Design of Elderly Walker Based on Kansei Engineering and U-TRIZ Theory[J]. *Journal of Machine Design*, 2022, 39(9): 155-160.
- [15] KUSUMO A H, HARTONO M, WAHYUDI R D. Product Design with Integration of Kansei Engineering and TRIZ to Promote Sustainable Tourism[J]. *AIP Conference Proceedings*, 2019, 2114(1): 060018.
- [16] 刘华, 李泽珩, 卫文韬. 面向产品族造型设计的多用户群感性需求分析模型[J]. *机械设计*, 2021, 38(9): 131-138.
- LIU H, LI Z H, WEI W T. Multi-User Groups Perceptual Demand Analysis Model for Product Family Design[J]. *Journal of Machine Design*, 2021, 38(9): 131-138.
- [17] 孟刚, 陈纾. 基于创新扩散的智能助眠枕分型优化设计研究[J]. *装饰*, 2021(12): 80-83.
- MENG G, CHEN S. Research on Optimal Design of Cervical Pillow Products Based on Innovation Diffusion[J]. *Zhuangshi*, 2021(12): 80-83.
- [18] 柳武妹, 刘红艳, 陈毅楠, 等. 睡眠缺乏影响外观可爱产品偏好的现象、机制和边界条件研究[J]. *管理评论*, 2023, 35(5): 112-124.
- LIU W M, LIU H Y, CHEN Y N, et al. A Study on the Mechanism of how Consumers' Lack of Sleep Influences Their Preference for Visually Cute Products and the Boundary Conditions of the Influence[J]. *Management Review*, 2023, 35(5): 112-124.
- [19] 孟兆新, 殷乐乐, 崔立松, 等. 基于层次分析法的木材绿色干燥模糊评价[J]. *林产工业*, 2023, 60(10): 28-32.
- MENG Z X, YIN L L, CUI L S, et al. Fuzzy Evaluation of Green Drying of Wood Based on Hierarchical Analysis Method[J]. *China Forest Products Industry*, 2023, 60(10): 28-32.
- (上接第403页)
- [21] SAKAO T. A QFD-Centred Design Methodology for Environmentally Conscious Product Design[J]. *International Journal of Production Research*, 2007, 45(18/19): 4143-4162.
- [22] LI F, CHEN C H, LEE C H, et al. A User Requirement-Driven Approach Incorporating TRIZ and QFD for Designing a Smart Vessel Alarm System to Reduce Alarm Fatigue[J]. *Journal of Navigation*, 2020, 73(1): 212-232.
- [23] KIM T, LIM H, CHO K. Conceptual Robot Design for the Automated Layout of Building Structures by Integrating QFD and TRIZ[J]. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2022, 120(3): 1793-1804.
- [24] 刘小勇, 吴小玲, 李荣丽, 等. 基于 TRIZ 冲突解决原理的产品感知设计方法研究[J]. *机械设计*, 2021, 38(10): 136-144.
- LIU X Y, WU X L, LI R L, et al. Research on Product Sensorial Design Method Based on Conflict Resolution Theory of TRIZ[J]. *Journal of Machine Design*, 2021, 38(10): 136-144.
- [25] CHAI K H, ZHANG J, TAN K C. A TRIZ-Based Method for New Service Design[J]. *Journal of Service Research*, 2005, 8(1): 48-66.
- [26] 陈旭, 薛垒. 基于 QFD/TRIZ 的适老化智能家居产品交互设计研究[J]. *包装工程*, 2019, 40(20): 74-80.
- CHEN X, XUE L. Interaction Design of Elderly-Oriented Intelligent Home Products Based on QFD/TRIZ[J]. *Packaging Engineering*, 2019, 40(20): 74-80.
- [27] CHEN S H, KAMARUDIN K M, YAN S H. Product Innovation: A Multimodal Interaction Design Method Based on HCI and TRIZ[J]. *Journal of Physics: Conference Series*, 2021, 1875(1): 012012.
- [28] 罗峰, 吴正仲, 潘国庆. 基于评论挖掘和 TRIZ-AHP 的电动牙刷改良设计研究[J]. *包装工程*, 2023, 44(2): 217-224.
- LUO F, WOO J C, PAN G Q. Improved Design of Electric Toothbrush Based on Comment Mining and TRIZ-AHP[J]. *Packaging Engineering*, 2023, 44(2): 217-224.
- [29] WANG Z S, ZHANG B Y. QFD/TRIZ Based Mechanical Structure Design of Elderly Walker[J]. *Journal of Physics: Conference Series*, 2023, 2542(1): 012006.
- [30] 刘旭, 郑茹萍. 基于 TRIZ/QFD 的适老化产品设计[J]. *中国科技信息*, 2022(8): 115-117.
- LIU X, ZHENG R P. Design of Aging-Resistant Products Based on TRIZ/QFD[J]. *China Science and Technology Information*, 2022(8): 115-117.